

ד"ר ליאור אסף יעוץ משאבי מים והידרולוגיה
Lior.asaf@gmail.com אחד העם 14 רמת גן

חוות דעת

הצורך להכניס את נושא ה"מיקרומזהמים" לתקינה של הטיפול בשפכים בישראל

מאי 2025



נכתב עבור עמותת צלול בסיוע האיחוד האירופי



במימון משותף
של האיחוד האירופי



אבא הלל סילבר 16, רמת גן 52506, Abba Hillel Silver, Ramat Gan
www.zalul.org.il ☎ +972-3-5762666 📠 +972-3-5762632
📧 office@zalul.org.il 🌐 ZalulIsrael

מסמך זה הופק בתמיכה כספית של האיחוד האירופי. תכניו הם באחריות הבלעדית של עמותת צלול ואינם משקפים בהכרח את עמדות האיחוד האירופי.

הקדמה

למרות מידע רב שהצטבר בשנים האחרונות בארץ ובעולם בדבר השפעתם המזיקה של שפכי מפעלי תרופות ותעשיות כימיות נוספות על מי השתייה, הקרקע והירקות המושקים בקולחים, התקנות החדשות המוצעות אינן מתייחסות כלל ל"מיקרומזהמים" (Micropollutants) אלה - למעט PFAS.

לא רק זאת, למרות שישראל היא מובילה עולמית בתחום ההשקיה בקולחים, היא אינה מחזיקה ברגולציה ייעודית שמגדירה ערכי סף לשאריות תרופות, הורמונים או מזהמים מעוררי דאגה (Contaminants of Emerging Concern, CECs) בקולחים ואינה מגדירה את אחריות המפעלים לניטור וטיפול - זאת בניגוד למדינות אחרות בעולם ובראשן גרמניה.

מבחינה סביבתית ובריאותית התקנות והכללים לשפכי תעשייה וקולחים צריכות לכלול מיקרו-מזהמים מעוררי דאגה (CECs), שיחולו על טיפולי הקדם של המפעלים ועל מוצאי מתקני הטיפול. מכאן המלצותינו, כפי שמפורטות בסוף המסמך, שיש לבחון את ההמלצות הרגולטוריות של התקינה האירופאית והגרמנית בפרט המוצגת להלן - שנחשבת למובילה בתחום זה - ולבדוק את התאמתה לישראל

רוב השפכים ממפעלי תרופות בישראל מטופלים במקור או מופנים לרמת חובב לטיפול מתקדם ולרוב אינם מגיעים ישירות למתקני הטיפול המרכזים. ולמרות זאת כמות לא מבוטלת של שפכים תעשייתיים כמו גם שאריות תרופות ומיקרומזהמים נוספים שמגיעים לאחר צריכה ושימוש ביתי מוזרמים אל מערכת הביוב העירונית ומשם לקרקע באמצעות ההשקיה בקולחים אך גם לנחלים ולים. אלה מחייבים יישום גישה מערכתית רב-שלבית שמבוססת על מניעה והפחתה של זיהום במקור מתוך מטרה לצמצם את הסיכון.

מיקרו מזהמים הם חומרים כימיים המצויים בסביבה, ובמיוחד במקורות מים, בריכוזים נמוכים מאוד – בדרך כלל בטווח של ננו-גרם לליטר (ng/L) עד מיקרו-גרם לליטר (µg/L). למרות ריכוזם הזעום הם עלולים לגרום להשפעות אקולוגיות ובריאותיות משמעותיות בשל עמידותם, פעילותם הביולוגית והשפעתם המצטברת במערכות טבעיות. בספרות המקצועית יש גם התייחסות ספציפית למזהמים מעוררי דאגה הכוללים שאריות תרופות והורמונים (Contaminants of Emerging Concern, CECs) שאינם מורחקים במתקני טיפול רגילים. המאפיינים העיקריים של מיקרו מזהמים מוצגים בטבלה שלהלן:

טבלה 1: מאפיינים עיקריים של מיקרו-מזהמים

מאפיין	הסבר
ריכוז נמוך	מופיעים בריכוזים מזעריים שאינם נראים לעין ואינם מורגשים – אך עלולים להזיק.
עמידות סביבתית	אינם מתפרקים בקלות, ולעיתים כלל אינם מוסרים בטיפול ביולוגי רגיל בשפכים.
שונות כימית	תרופות, חומרי הדברה, תוספים תעשייתיים, ממתקים ועוד.
השפעה ביולוגית	עלולים לשבש פעילות הורמונלית, לגרום לעמידות לאנטיביוטיקה ולהשפיע על בריאות האדם ובעלי החיים במערכות אקולוגיות רגישות

מפעלי תרופות, כמו גם תעשיות כימיות נוספות, מייצרים שפכים המכילים מגוון רחב של מזהמים שבהם שאריות תרופות (APIs), חומרים אנטיביוטיים, ממיסים אורגניים, מתכות כבדות, הורמונים, חומרים אנטי-בקטריאליים ותוצרים משניים של תהליכים ביוכימיים. להבדיל משפכים ביתיים, לשפכים אלו יש השפעה פוטנציאלית מזיקה גבוהה יותר על מערכת הביוב העירונית ועל תהליכי הטיפול הביולוגיים במתקני טיפול בשפכים (מט"שים).

העלייה המתמשכת בשימוש בתרופות והשפעתן על הסביבה הביאה את הרגולטורים האירופאים להדק את הבקרה על פליטות תעשייתיות – לא רק בנקודת השחרור הסופית למקורות מים אלא גם בכניסה למערכת הביוב.

2. תקנות חדשות באיחוד האירופאי 2024 – דירקטיבה 2024/3019

בשנת 2024 אושר שינוי מקיף לתקנות האירופיות שמטרתן התמודדות עם מזהמים מעוררי דאגה ובהם תרופות, חומרים אנדוקריניים ומיקרופלסטיק. השינוי יכנס לתוקף עד 2025.

שינויים עיקריים בדירקטיבה החדשה:

- 1. הרחבת התחולה:**
כל יישוב מעל 1,000 תושבים יחויב באיסוף וטיפול בשפכים (לעומת 2,000 בעבר). בכך נכנסות לרגולציה גם מערכות ביוב קטנות המשרתות תעשיות פריפריאליות.
- 2. טיפול בנוטריינטים:**
עד שנת 2035 גם מט"שים בינוניים יידרשו לטפל בחנקן וזרחן; עד 2039 חובה זו תחול גם על מתקנים גדולים במיוחד (מעל 150,000 נפש).
- 3. הוספת טיפול רביעי – Micropollutant Removal:**
עד 2045, יידרשו מט"שים גדולים להוסיף **שלב רביעי מתקדם** להסרת מיקרומזהמים – לרבות תרופות, הורמונים ותרכובות אורגניות יציבות (קשות פירוק).
- 4. עקרון "המזהם משלם":**
יצרני תרופות ומוצרי קוסמטיקה שאחראים לרוב המזהמים הנ"ל, יחויבו לממן לפחות 80% מעלות תוספת הטיפול במט"ש – לרבות הקמה, הפעלה ותחזוקה. זהו צעד ראשון מסוגו המטיל אחריות מערכתית על תעשייה ספציפית להסרת מזהמים סופיים.
- 5. ניטור חובה:**
כל מדינה תידרש לנטר באופן שוטף מזהמים כגון:
 - PFAS
 - מיקרופלסטיק
 - גופים (נורוירוס, רוטה)
 - עמידות לאנטיביוטיקה (AMR markers)

זאת לצורכי מידע בריאותי וסביבתי. עם זאת, נכון ל-2025, אין ערכי סף מוגדרים לרובם.

3. רשימת המעקב הגרמנית מיקרו מזהמים

העבודה המקיפה ביותר על מיקור מזהמים והצורך להוסיפם לתקנות נעשתה בגרמניה. רשימת המעקב הלאומית של גרמניה למיקרומזהמים (micropollutants) בשפכים עברה פיתוח משמעותי בין השנים 2016-2024, במטרה לזהות את השפעתם של מזהמים עמידים ומסוכנים במקורות מים ולהפחיתם.

2016: ייסוד הדיאלוג הפדרלי לרשימת המעקב מיקרו-מזהמים

הסוכנות הפדרלית לאיכות הסביבה (UBA). השיק את "הדיאלוג הפדרלי למיקרו-מזהמים" (Spurenstoffdialog) במטרה לגבש אסטרטגיה לאומית להפחתת מיקרו-מזהמים במים. תהליך זה כלל שיתוף פעולה בין רשויות, תעשייה, אקדמיה וארגוני סביבה וכלל דילוג נרחב בין האקדמיה התעשייה והגופים הרגולטורים כדי להחליט מהם העקרונות המנחים לקביעה של מיקרו-מזהמים בתקינה ובמעקב של הרשויות.

2021: הקמת המרכז הגרמני לחומרים מקרוסקופיים (SZB)

ב-2021 הוקם המרכז הגרמני לחומרים (מיקר ומזהמים (Bundes des Spurenstoffzentrum) במסגרת הסוכנות הפדרלית לאיכות הסביבה (UBA). המרכז אחראי על איסוף, ניתוח והערכת מידע על מיקרו-מזהמים, וכן על הכנת תיקי מידע (brief dossiers) לכל חומר נבחן.

2023–2024: הרחבת רשימת המעקב

רשימת המעקב הלאומית של גרמניה כוללת חומרים כימיים, תרופות, חומרי הדברה, תוספי מזון וחומרים תעשייתיים שנחשבים לרלוונטיים מבחינה סביבתית בשל נוכחותם במקורות מים, עמידותם בטיפול בשפכים והשפעתם האקוטית או הכרונית על מערכות אקולוגיות. את הסיווג מבצעת ועדת מומחים של ה-UBA והוא נועד להנחות ניטור, רגולציה ויישום טכנולוגיות טיפול מתקדמות.

בשנים אלו נוספו לרשימת המעקב חומרים חדשים: תרופות, תוספי מזון, חומרים תעשייתיים וחומרי הדברה. ההחלטות התקבלו על ידי ועדת מומחים המורכבת מנציגי רשויות, תעשייה, אקדמיה וארגוני מים וסביבה.

המידע הנוגע למיקרו-מזהמים רלוונטיים נאסף ומועבר בצורת "תיקי מידע מקוצרים" (brief dossiers) על ידי מרכז המיקרו-מזהמים בשיתוף פעולה עם מומחים מהסוכנות הפדרלית לאיכות הסביבה (UBA) בגרמניה. תיק המידע מחולק למספר פרקים:

- יישומים ושימושים עיקריים
- נתונים נבחרים על הופעת החומר בגופי מים וביצורים חיים
- מאפייני החומר בהתאם לקריטריונים של רלוונטיות לשיטות הטיפול הנדרשות
- עילות נוספות לדאגה סביבתית
- הערכת רעילות לאדם ואקו טוקסיקולוגיה
- החלטת הוועדה לזיהוי מזהמים רלוונטיים

מטרת תיק המידע היא לרכז את כלל המידע הנדרש לקבלת החלטה מושכלת של הוועדה, ולהציג את מידת הרלוונטיות של החומר במים עיליים. לצורך כך, גובשה מתודולוגיה להערכת מיקרו-מזהמים במסגרת הדיאלוג הרב-משתתפים שנערך תחת האסטרטגיה הפדרלית בנושא מיקרו-מזהמים ("Federal Strategy on Trace Substances"). תהליך ההערכה מתמקד בשטח גרמניה ומתבסס על מצב הידע המדעי העדכני נכון למועד ההחלטה. נכון להיום ישנם 21 חומרים מיקרוסקופיים שלגביהם התקבלה החלטה להכניס אותם לרשימת המעקב המוצגים בטבלה 2.

טבלה 2: רשימת מיקרו מזיהמים למעקב UBA, 2024

#	Substance	Category	UBA Decision Date	Primary Use	Environmental Risk
1	Acesulfame K (E950)	Food additive	09/04/2024	Artificial sweetener	Persistent in water, used as tracer
2	Sucralose	Food additive	09/04/2024	Artificial sweetener	Not removed by WWTPs, detected in rivers
3	Diclofenac	Human pharmaceutical	Pilot phase	Anti-inflammatory drug (NSAID)	Toxic to fish, not biodegradable
4	Iopamidol	Human pharmaceutical	Pilot phase	Radiocontrast agent	Persistent, detected in surface water
5	Oxipurinol	Human pharmaceutical	26/01/2023	Metabolite of Allopurinol	Persistent, low removal in WWTPs
6	Valsartan Acid	Human pharmaceutical	06/03/2023	Metabolite of antihypertensive drug	Persistent, mobile
7	Substance group sartans	Human pharmaceutical	28/06/2023	Blood pressure medications	Persistent residues in WWTP effluents
8	Metformin	Human pharmaceutical	08/04/2024	Antidiabetic	High usage, persistent degradation product
9	Guanyurea	Human pharmaceutical	08/04/2024	Metabolite of metformin	Persistent and mobile in water
10	1H-Benzotriazole	Chemical (REACH)	Pilot phase	Corrosion inhibitor	Persistent, ecotoxic
11	Decabromodiphenyl ether	Chemical (REACH)	Pilot phase	Flame retardant	Persistent, bioaccumulative
12	Sulphamic acid	Chemical (REACH)	Pilot phase	Cleaning agent/chemical	Persistent, low degradability
13	Trifluoroacetic Acid (TFA)	Chemical (REACH)	11/10/2022	Degradation product of fluorinated substances	Highly mobile, very persistent
14	Galaxolide	Chemical (REACH)	11/10/2022	Fragrance in cosmetics	Bioaccumulative and persistent
15	Melamine	Chemical (REACH)	27/06/2023	Industrial chemical	Toxic and persistent

16	1,3-Diphenylguanidine	Chemical (REACH)	28/06/2023	Rubber additive	Persistent, ecotoxic
17	TMDD	Chemical (REACH)	22/01/2024	Surfactant	Persistent in wastewater
18	6-PPD and 6-PPDC	Chemical (REACH)	10/06/2024	Tire additive	Highly toxic to fish, transformation product
19	Tebuconazole	Pesticide/Biocide	Pilot phase	Fungicide	Potential endocrine disruption, persistent
20	Thiacloprid	Pesticide/Biocide	Pilot phase	Insecticide (neonicotinoid)	Harmful to insects, persistent
21	Fipronil	Pesticide/Biocide	11/10/2022	Insecticide	Highly toxic to aquatic organisms

4. סקירת ספרותית: שאריות תרופות, הורמונים ומיקרו-מזהמים בישראל

בעשור האחרון התמודדה ישראל עם אתגרים סביבתיים הולכים וגוברים הנובעים מנוכחות שאריות תרופות, הורמונים ומיקרו-מזהמים במקורות מים, קרקעות ובמערכות אקולוגיות. חומרים אלו, המכונים לעיתים "מזהמים מעוררי דאגה" (Contaminants of Emerging Concern, CECs), כוללים תרופות, קוטלי חרקים, חומרים פלואוריים, ממתקים מלאכותיים, הורמונים וטואלטיקה. מזהמים אלו מהווים סיכון פוטנציאלי לבריאות האדם ולסביבה בשל רעילותם, יכולת השיבוש האנדוקריני שלהם ועמידותם לפירוק ביולוגי וכימי. סקירה זו מציגה ממצאים ממחקרים מובילים שנערכו בישראל בשנים האחרונות, תוך התייחסות למקורות, מסלולי הפצה, השפעות אקולוגיות וטכנולוגיות טיפול.

1. שאריות תרופות והורמונים במקורות מים

מחקר שנערך על ידי Paltiel et al (2016) ופורסם ב-Science of the Total Environment בחן את חשיפת הציבור לשאריות תרופות דרך צריכת תוצרת חקלאית. המחקר התמקד ב-carbamazepine, תרופה עמידה הנפוצה בשפכים, ומצא כי היא נותרת בצמחים לאחר השקיה במים מושבים. זהו מחקר חלוץ בתחום החשיפה התזונתית לשאריות פרמצבטיות בישראל.

מחקר נוסף של Ben Mordechai et al (2021), שפורסם ב-Environmental Pollution, מדד ריכוזים של אנטיביוטיקות שונות במים ובמי תהום באזורים המושקים בקולחים, כולל ciprofloxacin, sulfamethoxazole ו-trimethoprim. תוצאות המחקר הדגישו את פוטנציאל ההעברה של מזהמים למי תהום ואף למקורות שתייה.

2. השפעת השקיה בקולחים על קרקעות ותוצרת חקלאית

Chefetz et al (2017), מהאוניברסיטה העברית, בחן את נוכחותם של מזהמים מעוררי דאגה בקרקעות ובצמחים מ-445 שדות חקלאיים המושקים בקולחים. לפי הממצאים, מעל 99.6% מהדגימות הכילו מזהמים, כאשר ירקות עליים הציגו ריכוזים גבוהים במיוחד. החוקרים התריעו על הצטברות מזהמים בקרקע לאורך זמן וחדירתם האפשרית לשרשרת המזון.

מחקר מוקדם יותר של Grossberger et al (2014) הראה כי תרופות כמו carbamazepine שורדות בקרקע גם לאחר חודשים של ייבוש, בשל עמידות גבוהה להתפרקות, והן עשויות לעבור למי נגר, מי תהום או תוצרת חקלאית.

3. זיהום ימי והשפעתו על חיים ימיים

Arnon et al (2018), במחקר רחב שפורסם ב-Marine Pollution Bulletin, תיעדו לראשונה בישראל נוכחות של תרופות בחופי ערים מרכזיות – עכו, בת ים, אילת והרצליה. בין החומרים שנמצאו: diclofenac, caffeine ו-sulfamethoxazole. המחקר קבע שמקור הזיהום הוא בעיקר מזרימות שפכים עירוניים, כולל נקזים ואירועי גלישה ממט"שים.

בהמשך לכך, Tannenbaum et al (2020) הראו במחקר שפורסם ב-Technology & Environmental Science כי חשיפה של דגים לרמות נמוכות של תרופות פסיכיאטריות כמו fluoxetine (פרוזק) משפיעה על התנהגותם: ירידה בתגובה לטורפים, פגיעה באינטראקציה חברתית ואף שינוי בפעילות הרבייה.

4. סיכונים סביבתיים ובריאותיים

במישור הבריאותי, מחקר של Segal et al. (2021), שפורסם ב-Environmental Health Perspectives, הצביע על קשר בין שאריות אנטיביוטיקה בשפכים לבין הופעת חיידקים עמידים לאנטיביוטיקה במי נגר ובשפכי קולחים. זהו ממצא מדאיג במיוחד במציאות של מחסור במים והסתמכות על שימוש חוזר במי שפכים מטופלים לחקלאות.

Ziv et al. (2019), במאמר שפורסם ב-Aquatic Toxicology, הדגישו השפעה של EDCs על דגים במקווי מים מתוקים. החשיפה גרמה לשינויים בהפרשת הורמוני מין ולפגיעות ברבייה, בקצב הגדילה ובאנטומיה הפנימית של הדגים.

מחקר של Berman et al. (2022), Journal of Environmental Management, הדגיש כי יש סיכון לחשיפה לשאריות תרופות דרך מי שתייה – במיוחד באזורים שבהם מתבצע עירוב של מי קולחים עם מקורות מים טבעיים.

5. דרכי התמודדות וטכנולוגיות טיפול

מחקר של ד"ר דרור אבישר (Avisar et al., 2019), מהפקולטה למדעי כדור הארץ באוניברסיטת תל אביב, העריך את היעילות של תהליכי אוזונציה, פוטו-קטליזה וסינון בפחם פעיל בהסרת תרופות. הממצאים הראו שהשיטות מבטיחות אך יקרות להטמעה נרחבת ודורשות התאמה למאפייני השפכים המקומיים.

et al Dalahmeh (2020), בשיתוף פעולה עם חוקרים ישראלים ושוודים, בחנו את הפוטנציאל של אגנים ירוקים (constructed wetlands) עם שתילת קנים וטכנולוגיות משולבות. המערכות הסירו בהצלחה עד 70% מהמזהמים, במיוחד בתנאי זמן ומגע ארוכים.

הספרות המחקרית בישראל מצביעה על נוכחות משמעותית של מיקרו מזהמים שאריות תרופות, הורמונים במקורות מים, בקרקעות חקלאיות ובסביבה הימית. החומרים שורדים בתנאים סביבתיים מגוונים, חודרים לשרשרת המזון, עלולים לשבש מערכות ביולוגיות ומציגים אתגר לרשויות המים והסביבה. קיימות טכנולוגיות טיפול מבטיחות, אך יש לשלב אותן במסגרת רגולציה חכמה, ניטור מתמשך וחקיקה מותאמת כדי להבטיח את שלמות משאבי המים בישראל.

רגולציה בישראל בנושא מיקרו-מזהמים ושאריות תרופות

העדר תקינה ספציפית לשאריות תרופות

נכון לשנת 2025, מדינת ישראל אינה מחזיקה ברגולציה ייעודית המגדירה ערכי סף לשאריות תרופות, הורמונים או מזהמים מעוררי דאגה (CECs) במי שתייה, במי קולחים או בקרקעות. אין תקנים מחייבים לריכוזים מרביים של תרופות כגון carbamazepine, diclofenac, או אנטיביוטיקות במי קולחים או במים מושבים לחקלאות - למעט הנחיות כלליות לגבי איכות קולחים. מצב זה שונה ממדינות כמו גרמניה, שווייץ והולנד, שכבר גיבשו רשימות מעקב עם ערכי ניטור ייעודיים ואף חובת טיפול מתקדם (כמו שלב רביעי במט"ש).

רגולציה קיימת – לא מותאמת למזהמים מעוררי דאגה

המסגרת הרגולטורית הנוכחית בישראל מבוססת על תקנות מוכרות כגון:

- **תקנות בריאות העם (מי שתייה), 2013** – כוללות עשרות מזהמים כימיים וביולוגיים, אך לא מתייחסות לשאריות תרופות או EDCs.
- **הנחיות המשרד להגנת הסביבה בנושא קולחים (2010)** – מתמקדות בניטריטים, נוטריינטים, מוצקים מרחפים, אך אינן כוללות ערכים לתרופות או למזהמים מיקרוסקופיים.
- **"מסמך עקרונות לניהול קולחים" (2022)** – מדגיש את הצורך ב"ניטור של מזהמים מעוררי דאגה", אך אינו כולל חובת סף רגולטורית או מדיניות סנקציות במקרה של חריגות.

פעולות התנדבותיות וניסיוניות

בשל היעדר תקינה ברורה, מספר רשויות מקומיות ואזוריות בישראל (כגון "איגוד ערים דן לביוב", עיריית מודיעין, והחברה הממשלתית "מקורות") ביצעו בשנים האחרונות **פילוסופיה לבדיקת נוכחות שאריות תרופות במים ובקולחים**. ממצאים רבים פורסמו בכנסים מקצועיים אך טרם תורגמו להנחיות מחייבות.

בנוסף, בשנת 2018 נערך כנס ייעודי באוניברסיטת תל אביב (בהובלת המרכז לחקר המים) בנושא מיקרו-מזהמים. בו הוצג מודל ניטור מרצון לשאריות תרופות בשמונה מתקני טיפול בשפכים, אך שוב – לא נגזר ממנו מסמך מדיניות.

פעילות ממשלתית עדכנית

- **רשות המים** החלה לכלול בסקרי איכות מי שתייה מספר תרופות כ"מדדים ניסיוניים".
 - **המשרד להגנת הסביבה** שוקל לכלול מזהמים מסוימים ברשימת חומרים מסוכנים (חוק החומרים המסוכנים), אולם תהליך זה נמצא בשלבי גיבוש ואינו בעל תוקף משפטי.
 - בשיתוף פעולה עם האיחוד האירופי, בוחנים בישראל את ההשלכות של הדירקטיבה האירופית החדשה UWWTD (2024/3019), אך **טרם הוטמעו חובות יישום או מימון יצרנים כפי שנעשה באירופה**.
- הפערים והאתגרים לנושא זה מוצגים בטבלה 3. אפשר לראות שקיים צורך דחוף בהסדרת נושא זה בישראל.

טבלה 3 : פערים בין החקיקה בישראל לחקיקה באירופה בנושא מיקרו מזהמים וחומרים מעוררי דאגה

נושא	מצב קיים בישראל	פער לעומת מדינות מובילות
ערכי סף לתרופות במים	אין	קיימים בגרמניה, שווייץ, שבדיה
שלב רביעי במט"שים	לא מחויב, בוחנים בפילוט	חובה באירופה למעל מט"ש המטפל ב-100,000 איש
חובת ניטור תקופתית (APIs)	לא קיימת	חובה רבעונית בכמה מדינות
אחריות יצרן (Extended Producer Responsibility)	אין	חובה באיחוד האירופי החל מ-2026

5. סיכום והמלצות לרגולציה בישראל

נכון לשנת 2025 מדינת ישראל אינה מחזיקה ברגולציה ייעודית המגדירה ערכי סף לשאריות תרופות, הורמונים או מזהמים מעוררי דאגה (CECs) במי שתייה, במי קולחים או בקרקעות. יש צורך דחוף בדיון בנושא זה גם בהקשר של אחריות המפעלים לניטור וטיפול לערכי סף לחומרים השונים שאינם נכללים בתקנות היום, או בתקנות החדשות המוצעות.

1. **הטמעת רשימת מעקב לאומית (Watch List):** בדומה ל-UBA בגרמניה או ECHA באירופה – יש להקים ועדת מומחים ממשלתית שתקבע רשימת חומרים בעדיפות גבוהה לניטור.
2. **ערכי סף וולונטריים – שלב ביניים:** קביעת ערכי מטרות מבוססי סיכון (Risk-Based Targets) לתרופות ולחומרים נוספים.
3. **ניטור קבוע במט"שים ושדות שמושקים בקולחים:** שילוב ניטור רבעוני בנהלים המחייבים של רשות המים והמשרד להגנת הסביבה.
4. **תמרוץ טכנולוגיות טיפול מתקדם:** הקלות במס או סבסוד למתקנים שיטמיעו שלב רביעי לטיפול והרחקה של מיקרומזהמים ושאריות תרופות.
5. **חקיקת אחריות יצרן:** התחייבות של תעשיית התרופות והקוסמטיקה לממן לפחות חלק מהטיפול במזהמים – בהתאם לעקרון "המזהם משלם".

7. מקורות

- Arnon, S., et al. (2018). Pharmaceuticals in the marine environment: Occurrence and ecological risk. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.011> .1
- Avisar, D., et al. (2019). Advanced oxidation processes for pharmaceutical removal from water. *Chemical Engineering Journal*, 361, 1003–1014. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.12.123> .2
- Ben Mordechay, E., et al. (2021). Occurrence and fate of pharmaceuticals in soil and groundwater irrigated with reclaimed wastewater. *Environmental Pollution*, 268, 115703. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115703> .3
- Berman, T., et al. (2022). Health risks of emerging contaminants in drinking water. *Journal of Environmental Management*, 301, 113879. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113879> .4
- Chefetz, B., et al. (2017). Long-term irrigation with treated wastewater: Soil stability and bioavailability of pharmaceuticals. *Water Research*, 110, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.036> .5
- Dalahmeh, S., et al. (2020). Pharmaceutical removal by constructed wetlands: Mechanisms and efficiency. *Water Research*, 176, 115693. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115693> .6
- European Commission. (1991). Council Directive 91/271/EEC concerning urban waste-water treatment. .7
- European Commission. (2000). Water Framework Directive (2000/60/EC). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32000L0060> .8
- European Commission. (2010). Industrial Emissions Directive (2010/75/EU). .9
- European Commission. (2024). Urban Waste Water Treatment Directive (EU) 2024/3019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2024:3019> .10
- European Environment Agency. (2023). Micropollutants in European wastewater – Policy overview. .11
- European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations. (2021). Guidance on the management of pharmaceutical effluents. <https://efpia.eu> .12
- Grossberger, A., et al. (2014). Biodegradability of pharmaceutical compounds in agricultural soils irrigated with treated wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 277, 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.03.024> .13

- Ministère de la Transition écologique France. (2023). Arrêté du 2 février 1998 – Déversement industriel dans les réseaux d’assainissement. .14
- OECD. (2019). Pharmaceutical residues in freshwater: Hazards and policy responses. .15
- Paltiel, O., et al. (2016). Human exposure to wastewater-derived pharmaceuticals in fresh produce: A randomized controlled trial focusing on carbamazepine. *Science of the Total Environment*, 544, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.102> .16
- Rijkswaterstaat Netherlands. (2023). Wet milieubeheer – indirecte lozing op het riool. <https://www.rws.nl> .17
- Segal, Y., et al. (2021). Antibiotic resistance in aquatic environments: The role of pharmaceutical pollution. *Environmental Health Perspectives*, 129(4), 045001. <https://doi.org/10.1289/EHP7451> .18
- Tannenbaum, I., et al. (2020). Behavioral effects of pharmaceuticals on fish: Implications for ecological risk assessment. *Environmental Science and Technology*, 54(2), 707–716. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04635> .19
- Umweltbundesamt Germany. (2022). Abwasserverordnung – AbwV. .20
- Umweltbundesamt Germany. (2024). Relevant micropollutants. https://www.umweltbundesamt.de/en/relevant-micropollutants?utm_source=chatgpt.com#relevant-micropollutants .21
- World Health Organization. (2022). Water, sanitation, hygiene, and health: Emerging pollutants and policy frameworks. .22
- Ziv, G., et al. (2019). Endocrine disruption in fish due to environmental contaminants. *Aquatic Toxicology*, 210, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.02.007> .23