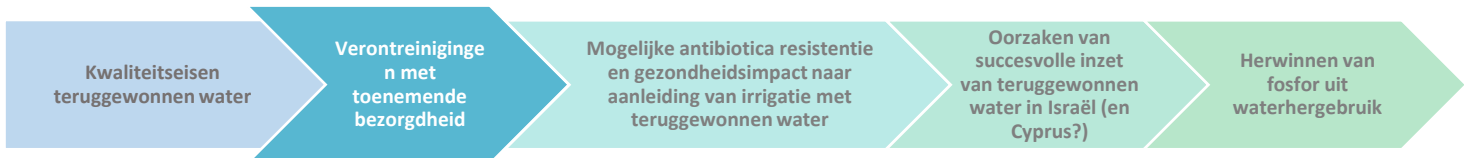


**Factsheet 3.2 – Verontreinigingen met toenemende bezorgdheid (belang, bestemming in het milieu, technologieën om deze te verwijderen, ecologische impact)**



**SUWANU EUROPE** is een H2020-thematisch netwerk de inzet van teruggewonnen water in de landbouw wil bevorderen door de stimulatie van de effectieve uitwisseling van kennis, ervaring en vaardigheden tussen de verschillende eindgebruikers en relevante actoren.

Deze factsheet maakt samen met 4 andere factsheets deel uit van het “Info-pakket 3” dat zich specifiek richt tot de operatoren die instaan voor de productie van teruggewonnen water. Deze factsheet beschrijft het belang van verontreinigingen waarrond de bezorgdheid toeneemt (CECs) en die aanwezig zijn in herwonnen water, hun bestemming in het milieu, ecologische impact en technologische mogelijkheden om deze CECs uit het gezuiverde effluent te verwijderen.

### 1. De aanwezigheid van CECs in teruggewonnen water en waarom ze van belang zijn

In het ongezuiverd afvalwater zijn verontreinigingen aanwezig waarrond meer en meer bezorgdheid groeit (CECs). Deze CECs zijn een belangrijk aandachtspunt bij het beoordelen van gevaren voor de menselijke gezondheid en ecosystemen tijdens de praktijken van het ter beschikking stellen en hergebruik van teruggewonnen water. Volgens het NORMAN-netwerk (2017) is een CEC "een stof die momenteel niet is opgenomen in routinematige milieumonitoringsprogramma's en mogelijk in aanmerking komt voor toekomstige wetgeving vanwege de nadelige effecten en/of persistentie". Momenteel is er geen gestandaardiseerde categorisering van CEC's. Met betrekking tot herwonnen water omvatten de onderzochte categorieën algemeen chemische verbindingen, zoals geneesmiddelen (inclusief antibiotica), producten voor persoonlijke verzorging, micro- en nanoplastics, per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS), pesticiden en bepaalde microbiële contaminanten zoals antibioticaresistente bacteriën (ARB) en antibioticaresistentie-genen (ARG's). Tot de CEC's behoren geneesmiddelen die in toenemende mate in de belangstelling staan vanwege hun farmacologische activiteit, hun stijgende consumptie vanuit de humane en diergeneeskunde en hun alomtegenwoordige aanwezigheid in het milieu (Kümmerer, 2008). De COST-actie ES1403: 'New and Emerging challenges and opportunities in wastewater REUse' (NEREUS) heeft een platform ontwikkeld voor een systematische consolidatie van gegevens en standaardisatie van methoden voor het beoordelen van nieuwe gevaren die samenhangen met hergebruik van afvalwater. Bijzondere aandacht gaat uit naar de meest zorgwekkende gevaren vanuit het perspectief van de volksgezondheid en het milieu en hoe deze kunnen worden overwonnen (<http://www.nereus-cost.eu/>).

### 2. Hoe CECs in het milieu terechtkomen

De behandeling van het afvalwater in de zuiveringsinstallaties (RWZI's) leidt vaak tot een reductie van de emissie van CEC's. Deze reductie is voornamelijk toe te schrijven aan een fasescheiding die optreedt tijdens het zuiveringsproces waarbij een deel van de CEC's in het slib terecht komt en wordt afgevoerd. Het zuiveringsproces verwijdert echter niet alle CEC's in even belangrijke mate. Zo blijven heel wat geneesmiddelen achter in het gezuiverde afvalwater. Sommige van deze stoffen ondergaan een gedeeltelijk afbraakproces waardoor afbraakproducten geproduceerd worden (Radjenović et al., 2009). Deze transformatieproducten kunnen net zo persistent en toxisch zijn als hun oorspronkelijke verbindingen, en als zodanig draagt hun aanwezigheid in het afvalwater alleen maar bij aan het risico dat gepaard gaat met hergebruik van afvalwater (Escher en Fenner, 2011). De onvolledige verwijdering van CEC's leidt ertoe dat bij hergebruik dit gezuiverde effluent kan beschouwd worden als een bron van CEC's, waardoor ze in de ontvangende waterlichamen terechtkomen. Een andere belangrijke bron van CEC's voor het milieu is de verwijdering van behandeld afvalwater en slib vanuit de chemische industrie, bijvoorbeeld bedrijven die geneesmiddelen, vlamvertragers en producten voor persoonlijke verzorging produceren. Ook hier dient een breed spectrum aan chemische en microbiële contaminanten, elk met hun specifieke fysicochemische en toxicologische kenmerken, beschouwd te worden waarop binnen het afvalwaterzuiveringsproces dient ingespeeld te worden. Bovenstaande scheidt reeds een idee van de complexiteit van de problemen die voortvloeien uit de aanwezigheid van CEC's in ruw afvalwater en teruggewonnen water.

### 3. Ecologische impact van de aanwezige CEC's in teruggewonnen water

De aanwezigheid van CEC's in teruggewonnen water kan verschillende ecologische gevolgen hebben, zoals onder meer hormoonverstoring bij organismen van hogere orde (bijv. vissen, amfibieën) en de ontwikkeling van antimicrobiële/antibiotische resistentie bij organismen van lagere orde, zoals bacteriën. De accumulatie van CEC's in organismen door direct/indirect contact met deze restverbindingen kan de abnormale hormonale controle verergeren, wat kan leiden tot aantasting van het voortplantingssysteem, verminderde vruchtbaarheid, verhoogde prevalentie van kankercellen, effecten die door toekomstige generaties van getroffen organismen kunnen worden behouden (Belhaj et al., 2015). Antibiotische verbindingen zijn erkend als een belangrijke categorie van CEC's, vanwege hun schadelijke effecten op aquatische ecosystemen (Kümmerer, 2009). De grootste bezorgdheid over het vrijkomen van antibioticaresiduen in teruggewonnen water hangt samen met de mogelijke ontwikkeling en verspreiding van antibioticaresistentie onder bacteriën in het ontvangende aquatische milieu, wat mogelijk leidt tot een vermindering van het therapeutisch potentieel van antibiotica tegen menselijke en dierlijke bacteriële pathogenen. Er zijn nieuwe aanwijzingen dat CEC's, zoals farmaceutische residuen, zich kunnen ophopen in landbouwproducten die met teruggewonnen water worden geteeld (Malchi et al., 2014). Hetzelfde onderzoek toont ook aan dat men dagelijks onrealistische hoeveelheden groenten zou moeten consumeren om geleikaardige concentraties farmaceutische producten binnen te krijgen zoals gangbaar is voor de hoeveelheden die voor therapeutische doeleinden worden gebruikt. Aan de andere kant hebben biochemische en moleculaire bewijzen van Christou et al. (2016) aangetoond dat verschillende geneesmiddelen in teruggewonnen water kunnen fungeren als een opkomende abiotische stressfactor van luzerneplanten. Bij luzerneplanten is namelijk aangetoond dat deze plantenontgiftingsmechanismen toepassen zodra ze worden blootgesteld aan hoge farmaceutische concentraties (Christou et al., 2016). Een andere studie van Christou et al. (2017) heeft aangetoond dat de concentraties van farmaceutische residuen in de bodem en in tomatenvruchten variëren, afhankelijk van de duur van de irrigatie en de herkomst van het toegepaste afvalwater, alsook van de fysisch-chemische eigenschappen van de geneesmiddelen, waarbij de zure farmaceutische opname en de bioconcentratie toenemen bij langdurige irrigatie met teruggewonnen water.

### 4. Behandelingsopties voor de verwijdering van CEC uit teruggewonnen water

De hardnekkige aard van de farmaceutische residuen die in afvalwater van RWZI's en teruggewonnen water worden aangetroffen, heeft geleid tot de ontwikkeling van technologische oplossingen die tot doel hebben het onvermogen om deze op adequate wijze te verwijderen met behulp van conventionele RWZI-processen te overwinnen. Membraan BioReactor (MBR) technologie en Advanced Oxidation Processes (AOP's) hebben een verbeterde verwijderingscapaciteit van farmaceutische microcontaminanten uit afvalwatermatrices van RWZI's laten zien. Bovendien hebben ze bewezen krachtige behandlungsprocessen te zijn voor de verwijdering van organische persistente en biologisch-recitrante farmaceutische verbindingen (Karaolia et al., 2017). Deze processen omvatten homogene door de zon aangedreven fotokatalytische processen zoals UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en fotofentonoxidatie en het heterogene fotokatalyseproces (Rizzo et al., 2019). Aanvullende methoden voor de verwijdering van CEC's uit afvalwater omvatten filtratie met behulp van biologisch actieve media en ontzilting van het afvalwater door middel van ultrafiltratie en omgekeerde osmose. Verschillende combinaties van de bovengenoemde processen zijn te zien in faciliteiten die een dergelijke geavanceerde behandeling van effluënten toepassen. De keuze van de technologie bij elke RWZI wordt bepaald op basis van een combinatie van wetenschappelijke en lokale overwegingen, waaronder regelgeving, kosten en waterkwaliteitsdoelstellingen. De verwijdering van CEC's en hun TP's is de focus van vele groepen in de academische wereld, het bedrijfsleven en beleidsmakers en is een belangrijke drijfveer voor een actief wetenschapsgebied vol nieuwe, interessante en baanbrekende innovaties.

### Referenties/verdere literatuur

- Belhaj, et al., (2015). *Sci. of the Total Environ.*, 505, 154–160.  
Bengtsson-Palme, J., Larsson, D.G.J. (2016). *Environ. Int.*, 86, 140–149.  
Escher B. I. and Fenner K. (2011). *Environ. Sci. & Technol.*, 45(9), 3835–3847.  
Karaolia et al., (2017). *Chem. Eng. J.*, 310, 491-502.  
Malchi et al., (2014). *Environ. Sci. Technol.*, 48(16), 9325-9333.  
Radjenović J. et al., (2009). *Water Res.*, 43(3), 831–841.  
Rizzo et al., (2019). *Sci. of the Total Environ.*, 655, 986-1008.  
Kümmerer, K. (2008). *Pharmaceuticals in the Environment: Sources, Fate, Effects and Risks*. (3rd Edn). Springer Berlin Heidelberg.

#### CONTACTS:

##### Coördinator

Rafael Casielles (BIOAZUL SL)  
Avenida Manuel Agustin Heredia nº18 1ª Málaga (SPAIN)  
Mail | [info@suwanu-europe.eu](mailto:info@suwanu-europe.eu)  
Website | [www.suwanu-europe.eu](http://www.suwanu-europe.eu)

#### CONTACTS:

##### Verantwoordelijke voor factsheet

Despo Fatta-Kassinou, Ph.D. ([dfatta@ucy.ac.cy](mailto:dfatta@ucy.ac.cy))  
Popi Karaolia, Ph.D. ([pkarao01@ucy.ac.cy](mailto:pkarao01@ucy.ac.cy))  
Nireas-IWRC | Website | <https://www.nireas-iwrc.org>  
University of Cyprus | Website | [www.ucy.ac.cy](http://www.ucy.ac.cy)

#### CONTACTS:

##### Verantwoordelijke voor factsheet

Diego Berger, Ph.D. ([dberger@mekorot.co.il](mailto:dberger@mekorot.co.il))  
Hadas Raanan Kiperwas, Ph.D. ([ohraanan@mekorot.co.il](mailto:ohraanan@mekorot.co.il))  
MEKOROT | Website | [www.mekorot.co.il](http://www.mekorot.co.il)



THIS PROJECT HAS RECEIVED FUNDING FROM  
THE EUROPEAN UNION' HORIZON 2020 RESEARCH  
AND INNOVATION PROGRAMME  
UNDER GRANT AGREEMENT N. 818088



NIREAS  
International Water Research Center



University  
of Cyprus

