

Het vaststellen van toxische druk als basis voor identificatie van bronnen en het nemen van maatregelen.

Intro

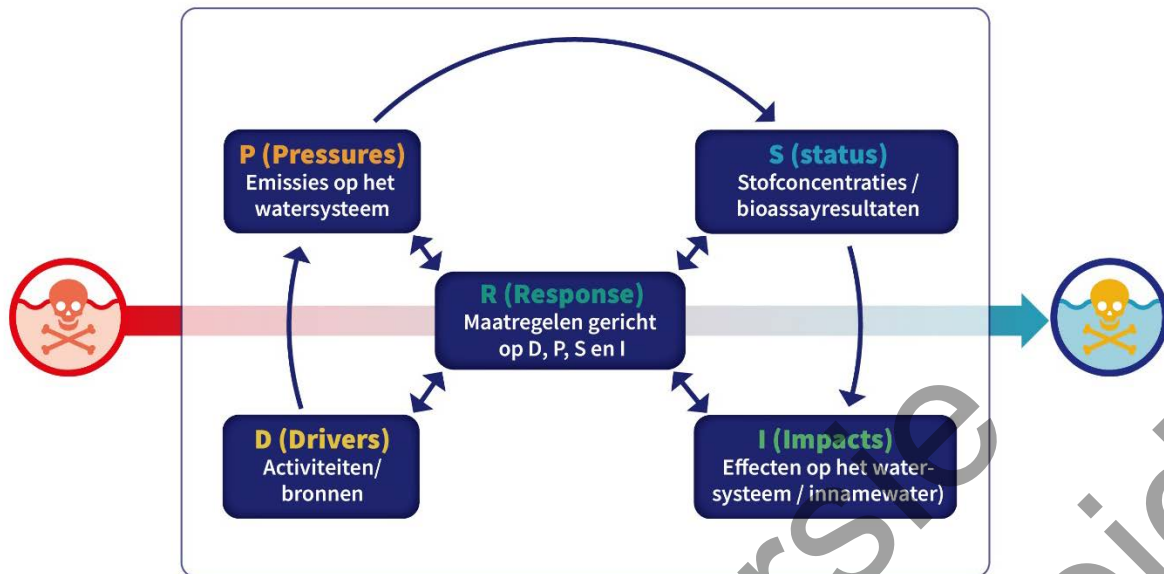
Het grote aantal chemische stoffen dat, vaak in lage concentraties, in ons milieu terecht komt, zorgt voor dat het watersysteem niet per definitie geschikt is voor alle functies die het heeft. De laatste jaren tonen steeds meer studies aan dat individuele stoffen, maar juist ook mengsels van die stoffen, de ecologie verstoren. De grote vraag is echter hoe groot de effecten van die mengsels zijn en hoe ze gerelateerd kunnen worden aan individuele stoffen en vervolgens aan bronnen, zodat de juiste maatregelen genomen kunnen worden. Het project Toxicologie binnen de Kennisimpuls Waterkwaliteit (KIWK-TOX) biedt waterbeheerders en drinkwaterbedrijven een verbeterde methodiek en vernieuwde instrumenten om grip te krijgen op het toenemende aantal chemische stoffen in het oppervlaktewater. Het instrumentarium kan de komende jaren helpen bij het kiezen van maatregelen en bij het monitoren van effecten van maatregelen.

Artikel - basistekst

Kopje: Zorgen over zoveel chemische stoffen.

In Europa en Nederland is er veel maatschappelijke aandacht voor chemische stoffen die in het milieu belanden. Dat heeft zich, naast de Kaderrichtlijn Water (KRW), vertaald in actieprogramma's zoals de Nederlandse Delta-aanpak waterkwaliteit en het Europese *Zero Pollution Action Plan*. Daarnaast halen specifieke stoffen of stofgroepen de publiciteit. De bekendste zijn de per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS), maar ook bestrijdingsmiddelen, melamine, dioxines en geneesmiddelen leiden tot maatschappelijke zorgen. Bovendien ontstaat er een gevoel dat de hoeveelheid stoffen te groot wordt om te overzien: we gebruiken in Europa ruim 200.000 chemische stoffen¹, die via verschillende routes, zoals waterzuiveringen, landbouw en depositie, in het oppervlaktewater terecht kunnen komen. De waterbeheerder staat voor de vraag hoe voorkomen kan worden dat het mengsel van stoffen voor onwenselijke effecten zorgt. Voor ca. 150 stoffen zijn normen gesteld via de Kaderrichtlijn Water, maar voor alle andere stoffen wordt beleidsmatig niet getoetst. Het waterkwaliteitsbeheer vraagt een bredere stoffenaanpak om tot zinvolle maatregelen te kunnen komen. Het DPSIR model van de KRW, zoals weergegeven in figuur 1, is het centrale hulpmiddel, en vraagt vier soorten kennis die samenkomen bij 'respons'.

¹ [Inventaris van indelingen en etiketteringen - ECHA \(europa.eu\)](https://www.echa.europa.eu/nl/inventaris-van-indelingen-en-etiketteringen)



Figuur 1: Interactief DPSIR model

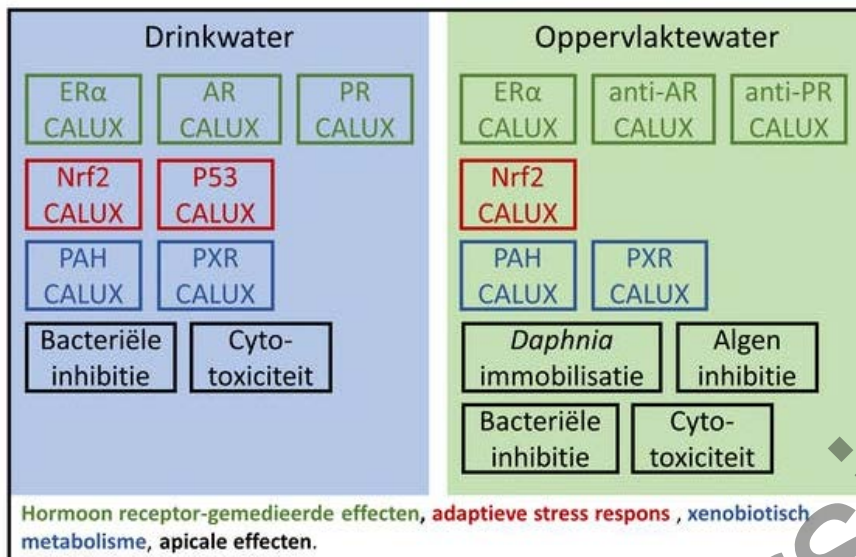
Het KIWK-TOX project leverde voor alle aspecten hulpmiddelen voor de praktijk. Gebaseerd op de Sleutelfactor Toxiciteit 2016 (ESF-TOX1) is verder gewerkt aan de verbetering van het vaststellen van de 'S' en 'I' in het DPSIR model: 1) de effectmetingen (bioassays) die biologische effecten meten die representatief zijn voor de ecologische status van het water zonder dat de toxische stoffen bekend zijn, 2) de chemietool die gemeten concentraties van stoffen vertaalt naar toxische druk en 3) de interpretatie van chemische metingen en effectmetingen met betrekking tot waterkwaliteit.

Op basis van de resultaten van het chemie- en/of bioassay-spoor worden adviezen en methoden gegeven om te komen tot 4) de identificatie van bronnen (de 'D' en de 'P' in DPSIR) en de mogelijkheden voor het nemen van maatregelen (de 'R' in DPSIR). De rest van dit artikel gaat nader in op de 4 genoemde onderwerpen.

Kopje: Effectmetingen reageren op 'echt' onbekende stoffen

Effectmetingen, door middel van bioassays, benaderen de impact op het ecosysteem door gebruik te maken van biologisch materiaal, variërend van cellen tot kleine aquatische organismen zoals watervlooien (Schuijt et al., 2021). M.b.v. deze bioassays worden de gezamenlijke effecten van alle bioactieve stoffen in het mengsel gedetecteerd. Daarbij reageren de hele organismen op een breed scala aan stoffen met verschillende werkingsmechanismen, terwijl de cellijnen vaak gericht zijn op een specifiek werkingsmechanisme, bijvoorbeeld hormoonversturende stoffen.

Het bioassay-spoor is gericht op de structurele, algemene beoordeling van locaties aan de hand van een bemonsterings- en voorbehandelingsprotocol, een basisset bioassays, en een interpretatietool. Er zijn twee basissets ontwikkeld, die stoffen met verschillende toxicologische effecten kunnen detecteren: één voor drinkwater en één voor oppervlaktewater (zie figuur 2). De interpretatietool zet vervolgens de uitkomsten per bioassay om in een eindscore in vijf categorieën (zie het laatste onderdeel van dit artikel). Naast de basisset wordt advies gegeven voor specifiek onderzoek op basis van bioassays. Daarvoor is een bioassayselectietool ontwikkeld om te komen tot een geschikte bioassaykeuze voor diepgaander onderzoek naar de waterkwaliteit. De interpretatie van specifiek onderzoek vraagt maatwerk.



Figuur 2. De twee bioassay basissets: in het blauw voor drinkwater en in het groen voor oppervlaktewater. De verschillende kleuren van de kaders geven de algemene werkingsmechanisme van de bioassay weer.

Kopje: Van een veelheid aan chemische stoffen naar een toxische druk

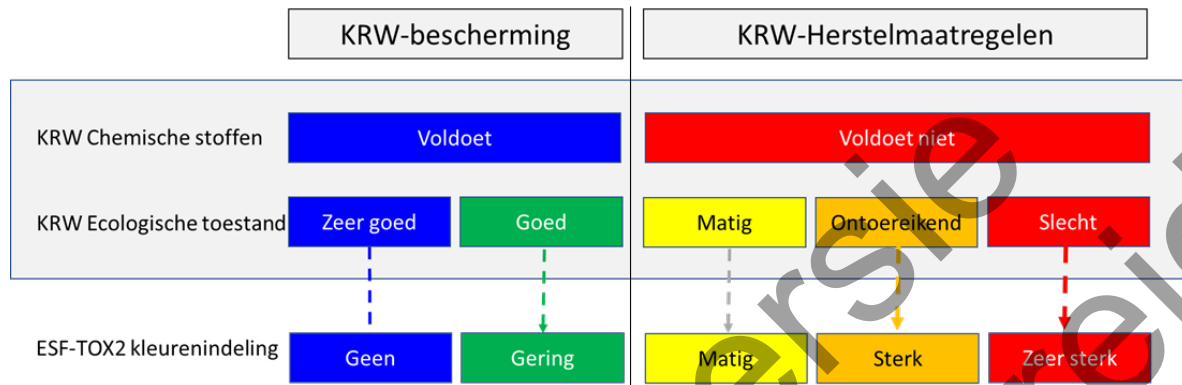
Veel beleidskaders zijn gericht op het beoordelen van individuele stoffen. Juist nu het aantal stoffen sterk toeneemt wordt het belangrijker om (ook) naar het totale mengsel te kijken. De chemietool is in staat om gemeten concentraties te vertalen naar een toxische druk van het mengsel. Dat gaat in 3 stappen: 1) de ingevoerde gemeten concentratie wordt omgerekend naar de biobeschikbare concentratie, 2) de biobeschikbare concentratie wordt omgerekend naar 'directe toxische druk van die stof op aquatische organismen'. Deze toxische druk heeft als eenheid de potentieel aangetaste fractie (PAF) van de organismen die in zo'n systeem kunnen leven. 3) de PAF per stof wordt geaggregeerd naar de fractie aangetaste soorten voor het mengsel (meer-stoffen PAF: msPAF), voor stofgroepen of voor alle stoffen samen. Het algemene principe van de chemietool is ongewijzigd ten opzichte van ESF-TOX1, maar de manier waarop de tool om kan gaan met biobeschikbaarheid is verbeterd en de uitkomsten hebben een hogere betrouwbaarheid, terwijl er makkelijk kan worden uitgebreid naar meer stoffen als er meer toxiciteitsgegevens beschikbaar komen. Bovendien is de Access-tool uit ESF-TOX1 vervangen door een R-tool met een R-shiny web-interface, wat zorgt voor meer gebruikersgemak.

Kopje: Van een veelheid aan chemische stoffen naar een zuiveringsopgave-inspanning

Ook voor de waterkwaliteit met betrekking tot de zuiveringsopgave-inspanning (ZOI) die drinkwaterbedrijven moeten leveren bij de drinkwaterbereiding is een verbeterde berekening opgesteld. Bij de berekening van deze waterkwaliteitsindex krijgen stoffen meer gewicht naargelang ze hun streef- of signaleringswaarde voor drinkwater overschrijden, en dit gewicht wordt groter (of kleiner) als ze aan de hand van stoffeigenschappen ook nog moeilijk (of juist makkelijk) te zuiveren zijn met eenvoudige drinkwaterzuiveringstechnieken. Opgeteld vormen deze de waarden van de waterkwaliteitsindex ZOI van het water (Pronk et al., 2021). Hoe hoger de ZOI (de status, 'S' in het DPSIR model), hoe slechter de waterkwaliteit voor het maken van drinkwater met weinig inspanning (de impact, 'I' in het DPSIR model). Op dit moment is dit geen applicatie maar een raamwerk met formules die ingezet kunnen worden.

Kopje: Wat zegt een ZOI, bioassay-score of msPAF over de effecten op drink- en oppervlaktewater?

Resultaten van bioassays of msPAF-berekeningen geven niet automatisch aan wat de toestand van het water is. De interpretatie van deze resultaten is echter sterk verbeterd in ESF-TOX2. Zo is er voor zowel het chemiespoor als het bioassay-spoor een interpretatiemethodiek ontwikkeld die nauw aansluit op de uitgangspunten van de KRW, waarbij de categorieën 'goed' en 'zeer goed' aangeven dat een systeem ecologisch gezond is en dus beschermd moet worden, terwijl de categorieën 'matig', 'onvoldoende' en 'slecht' vragen om maatregelen die de toxische druk verlagen (zie figuur 3).



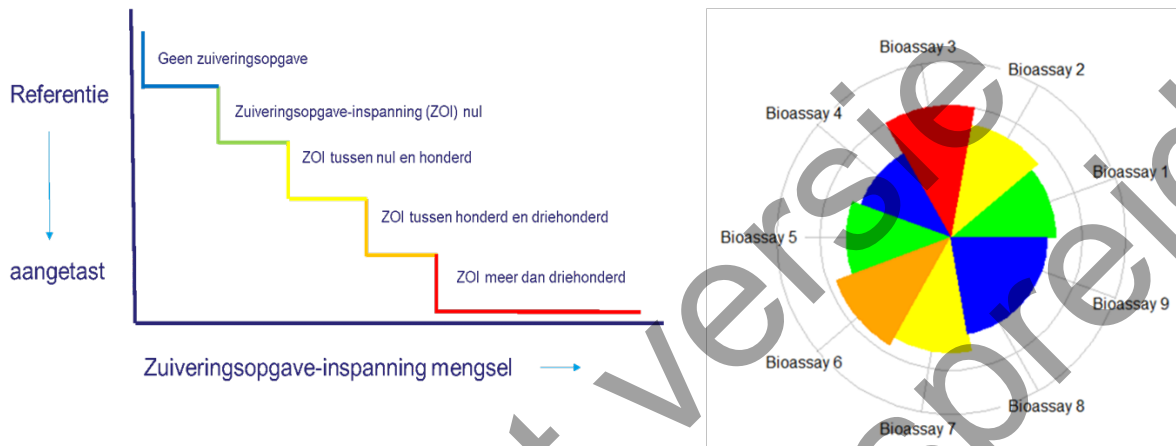
Figuur 3: Vertaling van de KRW-doelen naar de ESF-TOX2-categorieën.

Binnen het chemiespoor wordt hiervoor gebruikt gemaakt van een combinatie van de msPAF-NOEC (toxische druk op het niveau 'net geen effect') en de msPAF-EC50 (toxische druk op het niveau 50% effect), welke samen bepalen in welke van de 5 categorieën een locatie wordt ingedeeld (figuur 4). Binnen het bioassay-spoor wordt hiervoor gebruikt gemaakt van effect-sigitaalwaarden, de grenswaarde waarbij de bioassay aangeeft dat niet uit te sluiten is dat er effecten op soorten zullen plaatsvinden. Voor elke bioassay wordt een 'kleur' bepaald op basis van effect-sigitaalwaarden. De resultaten worden verwerkt in een taartdiagram.

Ook voor de waterkwaliteit met betrekking tot de zuiveringsopgave-inspanning is een vijfkleurenindeling gemaakt. Groen en blauw geven hier aan dat het niveau van benodigde zuivering laag genoeg is. Van oranje tot rood zijn er maatregelen nodig om de ZOI omlaag te brengen.

niet verdeeld verspreiden

ESF-TOX2 Chemische verontreinigingsklassen	Geen	Gering	Matig	Sterk	Zeer sterk
Grenswaarden toxische druk (msPAF)	msPAF-NOEC<0,005	msPAF-NOEC<0,05	msPAF-NOEC>0,05 msPAF-EC50<0,05	0,05 < msPAF-EC50 < 0,1	msPAF-EC50>0,1
In woorden	Begin van hinder bij maximaal 1 op de 200 soorten	Begin van hinder bij maximaal 1 op de 20 soorten (>95% beschermd !)	Effecten bij maximal 1 op 200 soorten	Effecten bij maximal 1 op 10 soorten	Effecten bij meer dan 1 op 10 soorten



Figuur 4: de uitgewerkte vijf-kleuren-kwaliteitsklassen voor het chemiespoor (boven), de zuiveringsopgave-inspanning en het bioassay-spoor.

Kopje: Identificatie van drivers en pressures.

Op het moment dat uit de interpretatie blijkt dat het nodig is om de toxische druk te reduceren, dient de vraag aan welke drivers en pressures de toxische druk veroorzaken. Daarvoor is een aanzet gemaakt voor een opzoektabel "landgebruik - stoffenlijst". Per landgebruik kan daarin opgezocht worden welke stoffen geassocieerd zijn. Overigens is het niet de bedoeling dat deze alleen 'achteraf' wordt gebruikt als de metingen al zijn uitgevoerd, maar ook als leidraad om te bepalen welke stoffen gemonitord moeten worden, en welke specifieke bioassays nuttig zijn.

De totale ESF-TOX2 inclusief tools en achtergronddocumentatie zijn op een logische en toegankelijke manier ontsloten via [KIWK TOX \(kiwk-tox.netlify.app\)](https://kiwk-tox.netlify.app). De website heeft een deel voor deskundige gebruikers, maar ook een deel voor mensen die vooral geïnformeerd willen worden, zoals beleidsmakers en geïnteresseerde burgers.

Kopje: Bronnen:

R. van der Oost, L. Posthuma, D. de Zwart, J. Postma en L. Osté, 2016. Microverontreinigingen: hoe kun je ecologische risico's in water bepalen? ESF Toxiciteit. Water Matters 2016.

Lemm, JU, M Venohr, L Globevnik, K Stefanidis, Y Panagopoulos, J. van Gils, L. Posthuma, P. Kristensen, C.K. Feld, J. Mahnkopf, D. Hering, S. Birk, 2021. Multiple stressors determine river ecological status at the European scale: Towards an integrated understanding of river status deterioration. Global Change Biology 27 (9), 1962-1975

L Posthuma, MC Zijp, D De Zwart, D Van de Meent, L. Globevnik, M. Koprivsek, A. Focks, J. Van Gils, S. Birk. Chemical pollution imposes limitations to the ecological status of European surface waters. Scientific reports 2020, vol.10, p.1-12.

T. E. Pronk, R. C. H. M. Hofman-Caris, D. Vries, S. A. E. Kools, T. L. ter Laak, G. J. Stroomberg; A water quality index for the removal requirement and purification treatment effort of micropollutants. Water Supply 1 February 2021; 21 (1): 128–145. doi: <https://doi.org/10.2166/ws.2020.289>

Schuijt, L.M., F-J. Peng, S.J.P. van den Berg, M.M.L. Dingemans and P.J. Van den Brink (2021). Ecotoxicological tests for assessing impacts of chemical stress to aquatic ecosystems: facts, challenges, and future. Science of the Total Environment. 795: 148776.

Samenvatting

In het kader van de Kennisimpuls waterkwaliteit is de Ecologische Sleutelfactor Toxiciteit 1 (ESF-TOX1) doorontwikkeld tot ESF-TOX2. Er zijn drie belangrijke verbeteringen doorgevoerd: ten eerste het verbeteren en gebruiksvriendelijker maken van de chemietool, waarmee concentraties van chemische stoffen worden vertaald naar een toxische druk die gedefinieerd is als de fractie soorten die hinder ondervindt van chemische stoffen. Ook is er een raamwerk dat het benodigde niveau van zuivering voor de productie van drinkwater verder gekwantificeerd. De tweede verbetering is het verder uitwerken van een bioassay-spoor door een vernieuwde basisset bioassays te ontwikkelen met bijbehorende interpretatietool die voor algemene beoordeling kan worden gebruikt, en de facilitering van specialistisch onderzoek met specifieke bioassays. De derde verbetering betreft de interpretatie. De resultaten van het chemie- en bioassay-spoor wordt verwerkt tot een score in een van de vijf categorieën, vergelijkbaar met de Kaderrichtlijn Water: geen toxische druk – geringe toxische druk – matige toxische druk – sterke toxische druk – zeer sterke toxische druk .

Auteurs:

Leonard Osté en Wilko Verweij (Deltares)

Sanne van den Berg en Paul van den Brink (Wageningen Environmental Research),

Tessa Pronk en Milo de Baat (KWR)

Leo Posthuma en Inge van Driezum (RIVM)