

Een gemengde blik op industriële lozingen in water

Charles Bodar, Matthias Hof, Els Smit, Emiel Rorije, Leo Posthuma (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu)

Bedrijven hebben een vergunning nodig voor het lozen van gevaarlijke stoffen op water. Bij vergunningverlening wordt gekeken naar individuele stoffen. De mogelijke mengselrisico's van de geloosde stoffen (cumulatie) blijven vooralsnog buiten beeld. Het RIVM heeft de mogelijkheden verkend om hier wél rekening mee te houden. Aan de hand van een praktijkvoorbeeld worden de voor- en nadelen van een cumulatie-aanpak bij de vergunningverlening voor water besproken.

Bedrijven hebben een vergunning nodig voor het lozen van gevaarlijke stoffen op water. Bij de vergunningverlening wordt gekeken naar individuele stoffen. De mogelijke mengselrisico's van de geloosde stoffen (cumulatie) blijven vooralsnog vaak buiten beeld.

Lang is al bekend dat de effecten van mengsels groter kunnen zijn dan de effecten van één stof. Hoe groot het effect is, hangt af van de samenstelling van het mengsel en de concentraties en schadelijkheid van de individuele stoffen. De wetenschap heeft in de loop der jaren diverse manieren ontwikkeld om cumulatierisico's te bepalen.

De aandacht voor cumulatie is dus verre van nieuw. Voor binnen- en buitenlandse beleidsmakers is cumulatie echter vaak een (te) complex onderwerp gebleken. Den Haag en Brussel gaven cumulatie lange tijd geen plek in het stoffenbeleid. Recentelijk is dat gekenterd. Zo wijst de Europese 'Chemicals Strategy for Sustainability' [1] op het belang van een concrete aanpak voor de risicobeoordeling van mengsels van industriële stoffen. Ook in Nederland staat cumulatie door maatschappelijke zorgen nu meer in de schijnwerpers. Het RIVM heeft in het kader van het Impulsprogramma Chemische Stoffen van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om cumulatie te beoordelen, onder meer in relatie tot waterkwaliteit. In dit artikel wordt beschreven hoe dat concreet toegepast zou kunnen worden bij de vergunningverlening voor lozingen uit industriële bronnen naar water.

Immissietoets water

Immissietoetsen spelen een belangrijke rol bij het verlenen van vergunningen aan bedrijven die gevaarlijke stoffen lozen. Bij een immissietoets wordt de berekende of gemeten immissieconcentratie van een individuele stof in het ontvangende oppervlaktewater vergeleken met de bijbehorende norm. Als het quotiënt van concentratie en norm groter is dan 1, wordt gesproken van een risico. Een beperking van de huidige immissietoets is dat de mengselrisico's van lozingen buiten beeld blijven. Het RIVM heeft een methodiek ontwikkeld om de cumulatie van stoffen wél een plek te geven in de immissietoets water [2]. Bouwstenen voor deze aanpak zijn de Hazard Index (HI) en de bepaling van de toxische druk.

Hazard Index (HI)

De Hazard Index (HI) is de optelsom van de bovengenoemde risicoquotiënten van de afzonderlijke stoffen. Deze HI-methode wordt algemeen beschouwd als een eerste conservatieve aanpak voor de

beoordeling van mengsels, omdat de aanname is dat alle stoffen op dezelfde manier een effect hebben op organismen ('concentratie-additie'). Een ander belangrijk punt is dat de risicoquotiënten voor sterk uiteenlopende beschermdoelen worden opgeteld. Waterkwaliteitsnormen kunnen namelijk zijn gebaseerd op: 1. directe ecotoxiciteit, dus effecten op waterplanten en -dieren via de waterfase, 2. effecten bij de mens via visconsumptie of 3. effecten bij vogels en zoogdieren door het eten van vis (doorvergiftiging).

Tabel 1 geeft enkele voorbeelden van zo'n HI-beoordeling. In beide gevallen worden geen risico's verwacht van de individuele stoffen (de risicoquotiënten zijn kleiner dan 1). Dit geldt in voorbeeld I ook voor de HI en in dit geval kunnen mengseleffecten als verwaarloosbaar worden beschouwd. Is de HI-waarde groter dan 1 (voorbeeld II), dan zijn mengseleffecten niet uit te sluiten en kan er aanleiding zijn om te kijken naar verfijningsmogelijkheden. Zo'n verfijning kan bestaan uit een meer gedifferentieerde aanpak, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen groepen stoffen op basis van het werkingsmechanisme. Probleem daarbij is dat dit mechanisme van veel stoffen niet precies bekend is.

Tabel 1. Voorbeelden (I en II) van een fictieve Hazard Index (HI)-beoordeling immissietoets water. Uitleg: zie tekst

	Immissieconcentratie (µg/L)	Milieuwaliteitsnorm (µg/L)	Risicoquotiënt
Voorbeeld I			
Stof A	23	205	0,11
Stof B	28	230	0,12
Stof C	5	75	0,07
Stof D	39	580	0,07
HI			0,37
Voorbeeld II			
Stof W	10	17	0,59
Stof X	150	475	0,32
Stof Y	3	23	0,13
Stof Z	12	18	0,67
HI			1,7

Toxische druk

Een andere mogelijkheid is de berekening van de toxische druk met de standaardmethodiek van de STOWA, Ecologische sleutelfactor (ESF) Toxiciteit [3]. De toxische druk wordt daarbij uitgedrukt in de dimensieloze eenheid Potentieel Aangetaste Fractie van soorten (PAF) voor enkelvoudige stoffen, of met de 'meer-stoffen-PAF' (msPAF) voor mengsels. De msPAF houdt direct verband met effecten op het waterleven: hoe hoger de msPAF in een situatie, hoe meer soorten last zullen hebben van het aanwezige mengsel.

Met de ESF-methode worden de verkregen msPAF-waarden voor de toxische druk geïnterpreteerd aan de hand van de Kaderrichtlijn Water (KRW)-definitie van Ecologische Toestand. Een (chronische) msPAF ≤ 0,05 (≤5%) komt bijvoorbeeld overeen met een beschermingsniveau van 95% van de soorten en is gekozen als de grens van de beoordeling 'goed'; msPAF-waarden van meer dan 5% wijzen op een

slechtere waterkwaliteit. Dit percentage is een milieubeleidsdoel dat van oudsher geldt als basis voor de normstelling voor individuele stoffen.

Een belangrijk verschil met de HI-methode is dat de msPAF een kwantitatieve maat levert voor mogelijke mengseleffecten. In tegenstelling tot de HI-methode, richt de msPAF zich alleen op de directe ecotoxicologische effecten op waterorganismen. Voedselketen-effecten worden niet meegenomen.

Casus

Als toets op praktische toepasbaarheid is een bestaande situatie doorgerekend met beide methodes. De casus bestaat uit de immissietoets van een afvalverwerker die via een rioolwaterzuiveringsinstallatie van een waterschap loost op oppervlaktewater. De vergunning betreft enkele tientallen stoffen, die elk individueel aan de immissietoets voldoen. De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de concentraties zoals berekend door derden in de oorspronkelijke immissietoets, zonder controle op de juistheid van deze getallen. De praktijktoets was immers niet bedoeld als herbeoordeling van de vergunning.

Resultaten HI-methode

De individuele risicoquotiënten van de geloosde stoffen zijn bij elkaar opgeteld voor de HI-schatting van de mengselrisico's in het water. Dit is gedaan op de drie officiële toetspunten binnen de immissietoets: direct na de afvalwaterzuivering (het effluent), de zogenoemde rand van de mengzone (de directe omgeving van het lozingspunt) en het monitoringspunt voor het waterlichaam verder benedenstrooms. Daarnaast is gekeken naar de achtergrondconcentraties van de geloosde stoffen, dus voordat de lozing plaatsvindt (bovenstrooms). Meer details zijn te vinden bij het Informatiepunt Leefomgeving [4].

De uitkomsten laten zien dat de HI-waarden bij de achtergrondconcentraties al groter zijn dan 1 (tabel 2). Verder is er na de lozing een verhoging van de HI-waarden te zien aan de rand van de mengzone en op waterlichaamniveau. De HI-waarde op waterlichaamniveau is echter weer nagenoeg gelijk aan die van de achtergrond. De HI stijgt dus bij lozingslocaties, waarna deze vervolgens weer daalt door verdunning in het watersysteem. Omdat er sprake is van HI-waarden groter dan 1, is het zinvol om de situatie nader te onderzoeken met de bepaling van de toxische druk (msPAF).

Tabel 2. Resultaten HI-berekening voor de onderzochte casus

	HI
Achtergrond	14,5
Effluent	3347
Rand mengzone	16,5
Monitoringspunt waterlichaam	14,7

Resultaten toxische druk-methode

Voor de berekening van de toxische druk is de chemierekentool van STOWA gebruikt [5]. Hierbij zijn de drie toetspunten (effluent, rand mengzone en monitoringspunt waterlichaam) en de achtergrond genomen als de situaties waarvoor de toxische druk van het aanwezige mengsel (chronische msPAF) berekend is.

De toxische druk wordt berekend met zogenoemde Species Sensitivity Distributions (SSD's). De STOWA-rekentool bevat SSD's voor 701 stoffen. Van deze SSD's is bepaald dat ze van hoge kwaliteit zijn om de toxische druk van die stoffen te berekenen. Het blijkt dat niet voor elke stof in de casus zo'n goede SSD beschikbaar is; in totaal konden 11 van de 34 stoffen worden meegenomen in de toxische drukberekening (33%). Het ontbreken van stoffen met een goede SSD geeft dus op voorhand een onderschatting van het mengselrisico van de lozing. Daarom is er een nadere gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om voor de stoffen waarvoor geen SSD beschikbaar is in te schatten wat de bijdrage zou kunnen zijn aan de toxische druk. Hiervoor zijn vier aanvullende scenario's doorgerekend.

In scenario 1 zijn ook SSD's meegenomen die niet aan de gestelde kwaliteitscriteria voor de rekentool voldoen. Het gaat dan bijvoorbeeld om stoffen waarvoor toxiciteitsdata voor minder dan tien taxonomische groepen beschikbaar zijn. Voor meer details over de afleiding van SSD's en de kwaliteitsscores, zie [3].

Voor de andere drie scenario's zijn uit alle beschikbare SSD's 'surrogaat'-SSD's afgeleid. Deze beschrijven de situatie dat de stoffen zonder SSD weinig giftig zijn ten opzichte van de meeste stoffen (scenario 2), gemiddeld giftig zijn (scenario 3) of zeer giftig zijn (scenario 4). Tabel 3 geeft de percentage soorten dat een nadelig effect ondervindt, als resultaten van de msPAF-berekeningen volgens zowel de STOWA-rekentool als de bovengenoemde vier extra scenario's. De details van de uitgevoerde berekeningen zijn terug te vinden in [6].

Tabel 3. Percentage soorten dat een nadelig effect ondervindt, o.b.v. de chronische msPAF-berekening voor de casus

	STOWA-rekentool	Scenario 1: alle beschikbare SSD's meegenomen	Scenario 2: stoffen zonder SSD zijn weinig giftig	Scenario 3: stoffen zonder SSD zijn gemiddeld giftig	Scenario 4: stoffen zonder SSD zijn zeer giftig
Achtergrond	2,1	23	56	100	100
Effluent	98	100	100	100	100
Rand mengzone	2,6	29	66	100	100
Monitoringspunt waterlichaam	2,3	25	60	100	100

De berekeningen met de STOWA-rekentool laten zien dat de achtergrondconcentraties van de geloosde stoffen naar verwachting geringe mengseleffecten vertonen, met een chronische msPAF van 2,1%. Stroomopwaarts voldoet het mengsel dus aan het beschermdoel dat >95% van de soorten geen effecten ondervindt. De chronische toxische druk van het effluent is zeer hoog: de msPAF bedraagt 98%. Omdat na lozing verdunning van het effluent optreedt, is het uiteindelijke effect op waterorganismen in het ontvangende oppervlaktewater vanzelfsprekend kleiner. De berekende toxische druk blijkt gering te zijn aan de rand van de mengzone, met een chronische msPAF van 2,6%. Op het monitoringspunt waterlichaam is de verhoging van de chronische msPAF nog slechts zeer gering ten opzichte van de achtergrond.

In scenario 1, waarin dus alle SSD's zijn meegenomen, zijn de chronische msPAF-waarden voor de achtergrond, de mengzone en het monitoringspunt van het waterlichaam ongeveer tien keer zo hoog als bij de resultaten van de STOWA-rekentool (zie tabel 3). Een verklaring hiervoor is dat er door het meenemen van SSD's van lagere kwaliteit meer stoffen meegenomen kunnen worden in de berekening, waardoor er minder overschat wordt. Een kanttekening hierbij is wel dat er door het meenemen van SSD's van lagere kwaliteit ook juist een kans is op een overschatting van de toxische druk: de sterke verhoging kan komen door een klein aantal stoffen waarvoor de SSD toevallig een hoge toxische druk voorspelt, terwijl die in werkelijkheid misschien lager uit zou vallen.

Voor de scenario's 3 en 4 liggen de msPAF-waarden voor alle locaties op nagenoeg 100%. Voor het minst conservatieve scenario 2 wordt de toxische druk uiteraard lager ingeschat, maar deze is nog steeds relatief hoog met een chronische msPAF van minstens 50% op elke locatie.

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse benadrukken dat de STOWA-rekentool met de daarin beschikbare informatie naar verwachting een onderschatting geeft van de totale toxische druk van het mengsel.

Discussie en conclusie

Eerder onderzoek [8] toonde aan dat de totale mengseldruk op het aquatisch ecosysteem in Nederland op meer dan 36 procent van de locaties te hoog is. Dit beeld komt sterk overeen met een analyse van Europese monitoring data over de periode 1998-2021 [9]. In wateren zijn naast industriële chemicaliën ook andere typen stoffen aanwezig, zoals gewasbeschermingsmiddelen en (dier)geneesmiddelen. Een kaderoverstijgende aanpak is daarom noodzakelijk om uiteindelijk een goede waterkwaliteit te bereiken in Nederland. Onder het motto 'begin bij jezelf' verdient het aanbeveling om hier binnen de afzonderlijke wettelijke kaders al aandacht aan te besteden. Het toepassen van de HI-methode en de bepaling van de toxische druk bij immissietoetsen zijn manieren om inzichtelijk maken wat de bijdrage is van lozingen van industriële stoffen aan het mengselrisico. De HI-methode is gebaseerd op het concentratie-additieconcept en geldt als een wetenschappelijk solide, 'eerstelijns'-beoordelingsstap. De methode is daarnaast inzichtelijk en vraagt nauwelijks extra werk bij het uitvoeren van een immissietoets. Voordeel is ook dat deze methodiek naast directe ecotoxiciteit ook doorvergiftiging van vogels en zoogdieren meeneemt evenals de gezondheidkundige effecten bij de mens. Omdat alle stoffen en verschillende soorten risico's op één hoop worden geveegd, is de methode conservatief. Daarom kan een mengselrisico nagenoeg worden uitgesloten wanneer de HI kleiner is dan 1. De vraag is hoe vaak dit in de praktijk zo zal zijn. Tijdens recente werksessies met waterbeheerders was de algemene zorg dat bij veel van de huidige

vergunningen de HI boven de 1 uitkomt. Vanuit dat oogpunt zal de inzet van de HI-methode niet echt onderscheidend zijn. Aan de andere kant kan de conclusie dan ook zijn dat de in een vergunning toegestane emissies en de te verwachten concentraties in het oppervlaktewater te dicht tegen de normen aanliggen. Men overschrijdt dan snel een grens bij een mengselbeoordeling van de totale vracht van een bedrijf.

Wanneer mengseleffecten niet kunnen worden uitgesloten met de HI-methode ($HI > 1$) is het niet mogelijk om aan de hand van alleen de HI-waarde de mate van effecten verder te duiden. In dat geval is het nodig om verder te kijken. Een mogelijke vervolgstap is dan te kiezen voor een meer gedifferentieerde benadering. Dit kan bijvoorbeeld door het mengsel op te splitsen in groepen van stoffen met een vergelijkbaar werkingsmechanisme of met vergelijkbare typen effecten, en vervolgens de mengselrisico's van deze groepen te beoordelen. Dit verkleint de onzekerheden in de uitkomsten van de mengselbeoordeling.

In deze casus liet de HI-methode al een mengselrisico zien als gevolg van de achtergrondconcentraties. De interpretatie van verdere verhogingen van de HI als gevolg van de lozingen was daarmee lastig. Met de msPAF-methode is het wel mogelijk om de potentiële effecten op het ecosysteem inzichtelijk te maken. De methode die onderdeel is van de Ecologische Sleutelfactor Toxiciteit van de STOWA, maakt de relatie inzichtelijk tussen de chemische verontreiniging en de ecologische kwaliteit van het water. De STOWA-aanpak kan een aanvullende ecotoxicologische duiding geven van de mengseleffecten van industriële lozingen op de waterkwaliteit. Dit sluit goed aan bij de strekking van een recent ingebracht amendement op de Kaderrichtlijn Water (KRW), waarin wordt gepleit voor extra 'progress indicators' voor het beoordelen van de waterkwaliteit [10].

Hoewel de STOWA-rekentool in principe zeker toepasbaar is bij de immissietoets, blijkt wel dat de methode (nog) niet alle stoffen dekt. De uitgevoerde gevoeligheidsanalyses, waarin alle geloosde stoffen worden meegenomen door minder goede of 'surrogaat'-SSD's, laten zien dat de lozing kan leiden tot mengsels die lokaal zeer toxisch zijn voor het waterleven. Benadrukt wordt hierbij dat resultaten van berekeningen met dit soort aanvullende SSD's meer onzeker zijn dan berekeningen met de STOWA-rekentool. Ze laten vooral zien dat de toxische druk zoals berekend met de rekentool, zeer waarschijnlijk een onderschatting is van de daadwerkelijke mengseltoxiciteit, omdat niet alle relevante stoffen in de tool zitten. Dit is ook een verklaring voor verschillen tussen de HI- en de msPAF-uitkomsten. Op dit moment is het RIVM bezig met het ontwikkelen van een voorspellingstool op basis van Machine Learning-technieken, die het mogelijk maakt om voor een 'nieuwe' stof een SSD te voorspellen [8]. Dergelijke SSD's zouden in de toekomst kunnen worden toegevoegd aan de rekentool. De voorspellende waarde van de msPAF-berekeningen zal daarmee op termijn groter zijn. Met de relatief lage msPAF-scores die in deze casus zijn berekend met de STOWA-tool, valt ook niet uit te sluiten dat er risico's zijn voor vogels en zoogdieren of de mens. Als het mengsel stoffen bevat waarvan de milieukwaliteitsnorm is bepaald op grond van gezondheidkundige effecten of doorvergiftiging, kan dit ook een verklaring zijn voor verschillen tussen de HI- en de msPAF-uitkomsten. Er zal voor beide methodes dus altijd moeten worden gekeken welke stoffen het meest bijdragen aan de scores. De twee onderzochte methoden hebben vooralsnog nog geen wettelijke of beleidsmatige plek in de vergunningverlening. Parallel aan het onderzoeken van nieuwe casussen zijn vervolgstapen nodig voor de (mogelijke) invoering van deze methoden in het vergunningenbeleid voor water. Waterbeheerders benadrukten in de eerder genoemde werksessies het belang van zo'n beleidsmatige en vooral ook juridische inbedding van de methoden, alvorens zij ermee aan de slag kunnen gaan. Verder moet er

duidelijkheid komen over de handelingsperspectieven. Het RIVM gaat samen met waterbeheerders en beleidsmakers invulling geven aan deze aspecten. Maar hoe mooi zou het zijn als waterbeheerders nu zelf ook al gaan kijken naar de cumulatie-effecten van de lozingen in hun beheergebied? Een gemengde blik op lozingen maakt het water alleen maar schoner.

Referenties

1. European Commission (2020). *Chemicals Strategy for Sustainability. Towards a Toxic-Free Environment*. European Commission, Brussels. COM(2020) 667 final.
2. Bodar, C.W.M. et al. (2023). *Cumulatie ZZS en vergunningverlening (vervolgonderzoek 2023)*. RIVM briefrapport 2023-0411.
3. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (2024). *Sleutelfactor Toxiciteit* <https://www.sleutelfactortoxiciteit.nl/>, geraadpleegd op 16 oktober 2024.
4. Informatiepunt Leefomgeving (2024). *Vergunningverlening, toetsing en handhaving immissietoets*. <https://iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/vergunningverlening-toetsing-handhaving/immissietoets/>, geraadpleegd op 16 oktober 2024.
5. Posthuma, L. et al. (2019). 'Species sensitivity distributions for use in environmental protection, assessment, and management of aquatic ecosystems for 12 386 chemicals'. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38(4), 905–917.
6. Hof, M. et al. (2024). *Berekening mengsel-toxische druk voor oppervlaktewateren bij immissietoetsen-Twee casussen*. RIVM kennisnotitie 2024-0041.
7. STOWA (2024). *Aan de slag met de chemie-rekentool*. <https://www.sleutelfactortoxiciteit.nl/verdieping/werken-met-het-chemiespoor/aan-de-slag-met-de-chemie-rekentool>, geraadpleegd op 16 oktober 2024.
8. Postma, J. et al. (2021). *Toxiciteit van Nederlands oppervlaktewater in de jaren 2013-2018*. STOWA-nummer: 2021-43.
9. Rorije, E. et al. (2022). 'Characterization of ecotoxicological risks from unintentional mixture exposures calculated from European freshwater monitoring data: forwarding prospective chemical risk management'. *Science of the Total Environment*. 822 (2022);153585.
10. EU Council (2024). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy. data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-11383-2024-INIT/en/pdf/ Article 22a, p19.
11. Wassenaar, P. et al. (2024). *Forwarding maturation of Species Sensitivity Distributions using Machine Learning*. Conference Poster. SETAC Europe 2024.