

Deltafact – Opkomende stoffen in grondwater



INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING.....	3
2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS	5
3. BRONNEN EN ROUTES VERONTREINIGING VAN GRONDWATER.....	6
4. GRONDWATERBELEID EN -BEHEER.....	9
5. PRAKTIJKERVARING EN LOPEND ONDERZOEK.....	10
6. TOESTAND EN TREND OPKOMENDE STOFFEN IN HET GRONDWATER	18
7. KENNISLEEMTES EN VRAAGARTICULATIE.....	21
8. HANDELINGSPERSPECTIEVEN	24
9. LITERATUUR, BRONNEN EN LINKS.....	27
10. COLOFON.....	31

1. INLEIDING

Vrijwel alle activiteiten of vormen van landgebruik, hebben in meer of mindere mate effect op de kwaliteit van het grondwater. Bekend zijn de nutriënten en bestrijdingsmiddelen uit de landbouw, maar denk ook aan historische bodemverontreinigingen, een veelheid aan stoffen die af- en uitspoelen vanuit stedelijke gebieden en industriële verontreinigingen. Door antropogene activiteiten wordt daarmee het Nederlandse grondwater tot steeds grotere diepten verontreinigd met deze verschillende stoffen. Ook wanneer stoffen beneden de geldende grondwaterkwaliteitscriteria blijven, kunnen gebruiksfuncties worden aangetast, bijvoorbeeld op termijn elders in het systeem, of als verontreinigingen zich opstapelen ([Kools et al., 2019](#); [Van Driezum et al., 2020](#); [Van Gaalen et al., 2020](#); [Van Loon et al., 2020](#); [Wuijts et al. 2014](#)). Dit proces wordt de vergrijzing van grondwater genoemd: de voortschrijdende, sluimerende, beïnvloeding van de chemische kwaliteit van grondwater, ondanks preventief beleid (vooral voor bestrijdingsmiddelen en meststoffen); sanering en/of beheersing (van historische verontreinigingen) en afvoer, vastlegging, afbraak en verdunning (alle stoffen). De verslechtering van de grondwaterkwaliteit is volgens de Adviescommissie Water een urgent probleem, vooral met het oog op de drinkwatervoorziening. Om het grondwater beter te beschermen tegen vergrijzing is meer aandacht en kennis nodig in relatie tot de factor 'tijd' bij het grondwaterbeheer. Het bodem- en grondwatersysteem is namelijk traag en verontreinigingen die nu optreden hebben vaak pas vele jaren later effect op de kwaliteit van het grondwater ([Adviescommissie Water, 2017](#)).

Vergrijzing van het grondwater wordt voor een deel veroorzaakt door zogenaamde "opkomende stoffen". De groep van opkomende stoffen is een klasse van stoffen die in onderzoek en beleid vaak apart aandacht krijgt. In deze groep vallen alle nieuwe en relatief onbekende stoffen die (vaak) nog niet genormeerd zijn, of stoffen waarvan door voortschrijdend inzicht recent is gebleken dat ze grotere milieukundige of gezondheidskundige effecten hebben dan oorspronkelijk gedacht. Voorbeelden van opkomende stoffen zijn stoffen uit persoonlijke verzorgingsproducten, PFAS, (dier-)geneesmiddelen, sommige industriële chemicaliën en consumentenproducten. Ook stoffen die in het milieu terechtkomen als gevolg van illegale activiteiten zoals de productie van drugs, worden hiertoe gerekend. Gewasbeschermingsmiddelen worden soms ook tot de opkomende stoffen gerekend maar worden in deze studie niet behandeld, tenzij ze ook gebruikt worden als humaan of dierlijk geneesmiddel. We beschouwen ook Zeer Zorgwekkende

Stoffen bij de opkomende stoffen, dit zijn stoffen die gevaarlijk zijn voor mens of milieu en zeer zorgwekkend genoemd worden volgens criteria van de Europese REACH verordening. Daarnaast zijn van veel nieuwe stoffen de eigenschappen nog niet goed bekend, of ze zijn zelfs nog niet geïdentificeerd. Prioritering is belangrijk om te bepalen welke stoffen aandacht behoeven en welke problemen opgelost moeten worden.

Deze Deltafact vat de huidige stand van de kennis samen over opkomende stoffen in relatie tot het Nederlandse grondwater. Daarnaast legt het de kennisleemten bloot over de vergrijzing van het grondwater op lange termijn als gevolg van de huidige, en mogelijk ook toekomstige, toepassingen van opkomende stoffen. Tenslotte komen een aantal handelingsperspectieven aan bod. Deze informatie biedt houvast bij besluiten in het waterkwaliteitsbeheer, zoals voor welke opkomende stoffen en op welke wijze maatregelen kunnen worden genomen om de emissies van deze opkomende stoffen naar het grondwater te voorkomen of te beperken. Voor opkomende stoffen zal preventie van emissies een zeer belangrijke maatregel zijn om het grondwater te beschermen.

2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

Onderwerpen:

- Antropogene stoffen in het milieu
- Opkomende stoffen in oppervlaktewater
- Strategische grondwatervoorraden
- Drinkwaterbronnen in de toekomst

Deltafacts:

Vanuit het kennisimpulsproject grondwaterkwaliteit zijn ook de volgende Deltafacts opgesteld:

- Vergrijzing van het grondwater
(De Deltafact over vergrijzing is meer procesgericht, en de deltafact over opkomende stoffen is meer stofgericht over deze groep stoffen)
- Mogelijke lange termijneffecten van grootschalige geothermie op grondwaterkwaliteit
- Effecten van open en gesloten bodemenergiesystemen op de grondwaterkwaliteit
- Effecten van kunstmatige infiltratie van oppervlaktewater op de grondwaterkwaliteit

Vanuit andere kennisimpulsprojecten worden Deltafacts geschreven over gerelateerde onderwerpen, zoals in:

- Toxiciteit
- Gewasbeschermingsmiddelen
- Diergeneesmiddelen
- Ketenverkenner
- Gedragwetenschappen

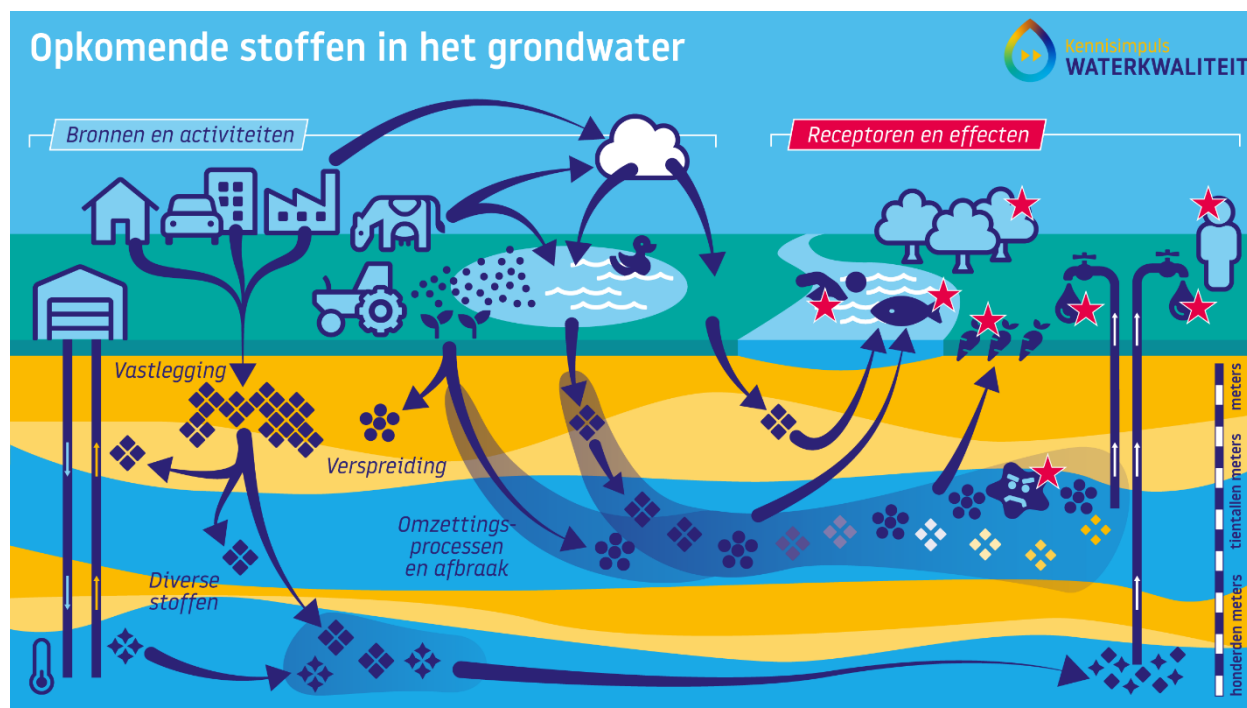
3. BRONNEN EN ROUTES VERONTREINIGING VAN GRONDWATER

Opkomende stoffen in grondwater zijn vaak afkomstig uit geïnfiltreerd oppervlaktewater of uitspoeling vanaf het maaiveld onder invloed van neerslag. Voor geïnfiltreerd oppervlaktewater zijn lozingen door RWZI's en industriële afvalwaterzuiveringen en aangevoerd oppervlaktewater bepalende factoren. Voor uitspoeling is dat het landgebruik, met graduele verschillen tussen landbouwkundig, stedelijk en industrieel landgebruik ([Ter Laak et al., 2012](#)). In landbouwgebieden is uitspoeling van diergeneesmiddelen uit mest naar het grondwater bijvoorbeeld een route ([Kivits et al., 2018](#)), terwijl het vóórkomen van door mensen gebruikte farmaceutica veelal samenhangt met de infiltratie van oppervlaktewater dat is belast door rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) ([Van Driezum et al. 2019](#), [Hamann et al. 2016](#)). Als potentiële bron moet er daarnaast steeds meer rekening gehouden worden met stoffen die als gevolg van hergebruik van grondstoffen in het milieu terecht kunnen komen ([Gezondheidsraad, 2018](#)). Een voorbeeld hiervan is het in hoge concentraties voorkomen van verboden gebromeerde vlamvertragers in voor recycling bedoelde plastics. Deze vlamvertragers zijn ook daadwerkelijk aangetroffen in gerecycled plastic, onder andere in plastic speelgoed voor kinderen ([Leslie et al., 2016](#)).

Andere potentiële bronnen zijn bijvoorbeeld:

- wegverkeer, wegmeubilair en afstromend wegwater (bijvoorbeeld benzine-additief MTBE);
- lekkende riolen (bijvoorbeeld geneesmiddelen, hormonen en weekmakers als bisfenol A);
- atmosferische depositie;
- calamiteiten;
- dumpingen/afval (bijvoorbeeld drugsafval);
- stortplaatsen;
- oefenlocaties brandweer/defensie (bijvoorbeeld PFAS-houdend blusschuim);
- historische bodemverontreinigingen;
- grond en baggerverzet als secundaire bron, met name als grond onder grondwaterniveau wordt toegepast;
- allerlei bouwmaterialen die in omloop zijn en buiten gebouwen worden toegepast.

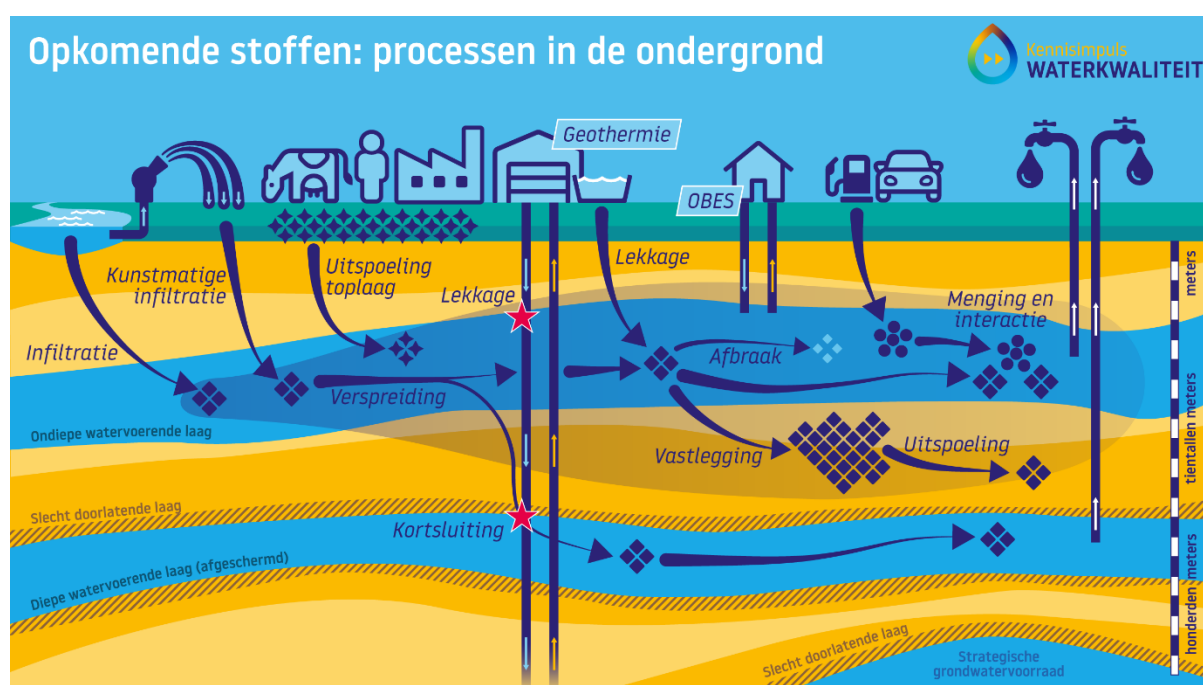
Met de opkomst van ondergrondse energietoepassingen zijn risico's op verontreiniging van het grondwater tegenwoordig niet meer aan het aardoppervlak gebonden. Onzorgvuldige aanleg en beheer kunnen mogelijk tot aantasting van de bodem – en ondiepe en diepere grondwaterkwaliteit leiden.



Figuur 1 Infographic opkomende stoffen in grondwater. Opkomende stoffen komen vanuit diverse bronnen het grondwater in, gaan via verschillende paden in de ondergrond en hebben op diverse receptoren effecten. NB de weergave van bronnen, paden en effecten is niet uitputtend.

Figuur 1 laat bronnen, paden en effecten van opkomende stoffen met routes in het grondwater zien. Bronnen en activiteiten waarbij opkomende stoffen vrijkomen bevinden zich veelal aan maaiveld, zoals landbouw, industrie, verkeer. Via water en atmosferische depositie kunnen stoffen naar de bodem en het grondwater getransporteerd worden. Ook in de grond kunnen stoffen vrijkomen, zoals bij de winning van aardwarmte. Eenmaal in het grondwater verspreiden stoffen zich met het stromende grondwater. Doordat grondwater langzaam maar gestaag stroomt, en verontreinigingen vastgelegd kunnen worden doordat ze zich kunnen binden aan bodemdeeltjes, verspreiden ze zich erg langzaam. Slecht afbreekbare stoffen of afbraakproducten zullen decennia of zelfs eeuwen in het grondwater aanwezig zijn en zich onder invloed van grondwaterstroming verspreiden. Wanneer dat water oppervlakte water of terrestrische ecosystemen voedt, of opgepompt wordt voor gebruik voor landbouw, industrie of drinkwaterproductie, kunnen de aanwezige stoffen effecten hebben op de gezondheid van mens en natuur. De processen in de

ondergrond die invloed hebben op de opkomende stoffen in het grondwater zijn in Figuur 2 verder uitgewerkt. De belasting van het grondwater met opkomende stoffen kan hierdoor langdurig ongewenste effecten hebben op het bodemleven. Wanneer het grondwater wordt opgepompt of het oppervlaktewater voedt, worden ook bovengrondse functies langdurig aan verontreinigingen blootgesteld. Doordat ter plaatse van de uitstroompunten grondwater met uiteenlopende ouderdom en herkomst mengt, zijn de concentraties weliswaar relatief laag, maar is vaker sprake van een mengsel van verontreinigingen. De risico's van mengseltoxiciteit zijn voor vee, voedselproductie, zwemwater en drinkwaterproductie nog grotendeels onbekend.



Figuur 2 Infographic Opkomende stoffen: processen in de ondergrond. Uitleg begrippen- OBES: Open bodemenergiesystemen. Kortsluiting: water kan door een beschadiging van een slecht doorlatende laag uitwisselen tussen watervoerende lagen. Lekkage: vloeistoffen en opgeloste stoffen kunnen door beschadiging of slijtage van leidingen en installaties in het grondwater terecht komen. Uitspoeling: ook wel uitloging genoemd, door passage van water worden stoffen die zijn vastgelegd in of aan de bodem meegenomen. Geothermie: aardwarmte. Infiltratie: water dat de ondergrond indringt. Kunstmatige infiltratie: door de mens opgewekte aanvulling van het grondwater. Vastlegging: stoffen blijven in of aan bodemdeeltjes vastzitten. Menging: stoffen uit verschillende bronnen komen nabij de uitstroompunten (bv een onttrekking of drainerend oppervlaktewater) samen, zodat concentraties door verdunning afnemen, maar tegelijkertijd nieuwe mengsels verontreinigingen worden gevormd. Interactie: bij zwaardere verontreiniging kunnen stoffen onderling reageren zodat verontreinigingen worden vastgelegd of nieuwe verontreinigingen ontstaan. NB de weergave van processen is niet uitputtend.

4. GRONDWATERBELEID EN -BEHEER

Om invulling te geven aan het onderdeel opkomende stoffen in de Delta-aanpak Waterkwaliteit is het *Uitvoeringsplan opkomende stoffen in water* opgesteld. Het programma is gericht op de industrie en huishoudens als potentiële bronnen van opkomende stoffen. Het bijbehorende *Uitvoeringsprogramma opkomende stoffen* ([IenW,2018](#)) vormt de basis voor concrete acties die met en door betrokkenen uitgevoerd gaan worden. Het vergroten van kennis over de aanwezigheid en mogelijke risico's van opkomende stoffen is een onderdeel van het uitvoeringsprogramma. Daarvoor is de werkgroep *Aanpak Opkomende Stoffen* in 2015 opgericht, waarin waterbeheerders, drinkwaterbedrijven en andere organisaties uit de watersector samenwerken aan het ontwikkelen van een strategische aanpak om meer inzicht te krijgen in opkomende stoffen. Deze werkgroep houdt zich bezig met opkomende stoffen in oppervlaktewater, grondwater en drinkwater.

De structurele aanpak van opkomende stoffen in water is een specifieke prioriteit binnen de Delta-aanpak Waterkwaliteit. Aanpak bij de bron blijft hierbij het belangrijkste uitgangspunt. Op Europees niveau zijn het toelatingsbeleid (waaronder REACH en de Industrial Emissions Directive (IED)) en het stellen van eisen aan industriële lozingen belangrijke instrumenten. Deze instrumenten zijn echter op dit moment niet toereikend om het probleem van opkomende stoffen op te lossen, daarom zijn nationale wetgeving en vergunningverlening op nationaal niveau de belangrijkste instrumenten. Binnen de structurele aanpak moeten de Algemene BeoordelingsMethodiek (ABM) en het Handboek Immissietoets verplicht worden gebruikt voor de beoordeling van (punt)lozingen. In het Handboek Immissietoets is een specifieke toets opgenomen van de risico's voor bronnen voor drinkwater. Voor een nieuwe verontreiniging (ontstaan na 1979) geldt binnen de Wet bodembescherming het voorzorgsprincipe: in principe moet de veroorzaker op grond van artikel 13 Wbb de verontreiniging indien redelijkerwijs haalbaar wegnemen. Opkomende stoffen in het grondwater kunnen gevolgen hebben voor gebruiksfuncties, zoals natuur, drinkwater en oppervlaktewater. Deze gevolgen kunnen verschillen per stofgroep en stof, van plaats tot plaats, en ze kunnen op verschillende tijdschorten spelen. Monitoring van opkomende stoffen in grondwater gebeurt in diverse meetnetten en projecten, bijvoorbeeld door provincies en drinkwaterbedrijven, en met diverse methoden en doelen.

5. PRAKTIJKERVARING EN LOPEND ONDERZOEK

Grondwaterkwaliteit Nederland 2020

In 2015/2016 en 2018-2019 hebben de provincies de kwaliteit van het grondwater in heel Nederland in beeld gebracht ([Sjerps et al., 2017](#); [Van Loon et al., 2020](#)). Daarbij is op ruim 600 locaties ondiep grondwater bemonsterd en geanalyseerd op 103 medicijnresten en 124 overige verontreinigende stoffen ([Van Loon et al., 2020](#)). Medicijnresten zijn op 35% van de meetlocaties aangetroffen, waarvan in 7% van de gevallen boven de signaleringwaarde voor drinkwaterbronnen. De meest voorkomende medicijnresten in grondwater zijn fenazon en carbamazepine. Deze stoffen komen voor in meer dan 5% van de monsters. 17 β -estradiol wordt vaker in grondwater aangetroffen dan de bovengenoemde medicijnresten, maar omdat het een natuurlijk hormoon is valt het strikt genomen niet onder de medicijnresten. Overige verontreinigende stoffen zijn aangetroffen op 71% van de meetlocaties. Met name EDTA wordt vaak aangetroffen. Daarnaast zijn bisfenol A, PFOA en PFOS vaak aangetroffen, in meer dan 10% van de monsters. De meetgegevens kunnen opgevraagd worden via het Informatiehuis Water.

Brede Screening Maas

In het Maasstroomgebied wordt sinds eind jaren '90 de Brede Screening uitgevoerd in grond- en oppervlaktewater. Eerst alleen in Brabant, maar inmiddels met deelname van alle waterschappen, provincies, drinkwaterbedrijven en Rijkswaterstaat in het hele Maasstroomgebied. In de eerste jaren werden alleen gewasbeschermingsmiddelen gemeten, maar in 2012, 2016 en 2019 ook opkomende stoffen, zoals medicijnresten, weekmakers en enkele PFAS-verbindingen. Voor grondwater zijn de metingen uitgevoerd op een selectie van locaties uit het Provinciaal Meetnet Grondwater (PMG) van de Provincies Noord-Brabant en Limburg en in waarnemingsfilters rond de drinkwaterwinningen van de drinkwaterbedrijven. De meetronde 2019 was een beperkte ronde, maar in 2012 en 2016 zijn opkomende stoffen op zo'n 87 locaties gemeten en bestrijdingsmiddelen op 238 locaties. In de meetronde van 2016 werden 42 van de 250 gemeten stoffen aangetroffen boven de rapportagegrens, de overige 208 zijn dus niet aangetoond in grondwater ([Verhagen, F. T., Holsteijn, A., Schipper, M. \(2018\)](#)). De top 10 van meest aangetroffen stoffen bestaat uit onder andere de PFAS-verbindingen PFBA, PFOA en PFHpA en de farmaceutica paracetamol en carbamazepine. Enkele stoffen die regelmatig zijn aangetroffen zijn EDTA (complexvormer), 1,2,3-benzotriazool

(anti-corrosie, antivriesmiddel, onderdeel van geneesmiddelen), bisfenol-A (verwerkt in plastics) en diglyme (oplosmiddel) ([Verhagen, F. T., Schipper, M., Avis, L. \(2020\)](#)). De meetresultaten van alle meetjaren zijn toegankelijk via de website [Brabant InZicht](#) in de paragraaf bestrijdingsmiddelen en opkomende stoffen.

Staat drinkwaterbronnen

Om in het kader van de KRW de waterkwaliteit van bronnen voor drinkwater te beoordelen, worden per winning gebiedsdossiers opgesteld. In deze gebiedsdossiers wordt alle feitelijke informatie verzameld, waarmee de problemen en risico's voor de winning zo volledig mogelijk in beeld komen. Onderdeel van de gebiedsdossiers is het maken van een analyse van de huidige toestand van de winning en mogelijke bedreigingen in de toekomst. De eerste en tweede generatie Gebiedsdossiers zijn gebundeld en de staat van de drinkwaterbronnen is geanalyseerd door RIVM ([Versteegh en Dik, 2014](#), [Wuijts et al. 2014](#), [van Driezum et al., 2021](#)). Hierin wordt naast bijvoorbeeld ruimtelijke ontwikkelingen en beschikbare wincapaciteit ook gekeken naar opkomende stoffen.

Van 2014 tot 2018 zijn bij circa 200 pompstations metingen in grond- en oppervlaktewater gedaan om de waterkwaliteit van drinkwaterbronnen in kaart te brengen. Er zijn metingen gedaan aan een grote verscheidenheid aan stoffen door de drinkwaterbedrijven, waaronder opkomende stoffen. Stoffen die voorkomen in concentraties op of boven de norm worden in de gebiedsdossiers gerapporteerd en worden aangeduid als huidige probleemstoffen, stoffen die op 75% van de geldende norm liggen als potentiële probleemstoffen. De meeste metingen werden verricht in de pompstations, in sommige gebiedsdossiers is ook informatie gegeven over concentraties in waarnemingsfilters in het grondwaterbeschermingsgebied. Uit de analyse van de staat van de drinkwaterbronnen is gebleken dat in 59 grondwaterwinningen opkomende stoffen aangetroffen worden in concentraties van 75% of meer van de norm. De meest aangetroffen stoffen zijn oplosmiddelen, voedingsstoffen (zoals zoetstoffen) en medicijnresten.

Trendanalyse grondwaterkwaliteit van drinkwaterwinningen (2000 - 2018)

Voor de Europese kaderrichtlijn Water (KRW) heeft het RIVM de kwaliteit van het grondwater van drinkwaterwinningen in Nederland geïnventariseerd ([Wit et al., 2020](#)). Per winning is onderzocht of de gemiddelde grondwaterkwaliteit aan de normen voldoet, welke stoffen er worden aangetroffen en welke ontwikkelingen er door de jaren heen te zien zijn. Dit is gedaan tussen 2000 en 2018. Deze informatie

wordt gebruikt om elke zes jaar de concentraties van stoffen in de desbetreffende grondwaterlichamen te duiden.

In de onderzochte periode blijkt bij 92 van de 156 winningen het ongezuiverde grondwater (ruwwater) enige mate van verontreiniging bevat. De belangrijkste probleemstoffen zijn gewasbeschermingsmiddelen, oplosmiddelen en andere industriële stoffen.

Ten opzichte van de vorige inventarisatie (2000-2012) waren de ontwikkelingen zowel positief als negatief: sommige concentraties nemen af, andere nemen toe. Op 21 locaties is de concentratie van 13 verschillende stoffen gestegen. Het gaat in totaal om 36 combinaties van stoffen en locaties ('stijgende trends'). Op 23 locaties is de concentratie van 16 verschillende stoffen afgenomen. Het gaat in totaal om 41 combinaties van stoffen en locaties ('dalende trends'). Bij een aantal winningen zijn de concentraties van stoffen voor het eerst gestegen. Veel van de stoffen met normoverschrijdende concentraties zijn ook in andere studies gezien.

Voor de beoordeling van de grondwaterwinningen voor de drinkwatervoorziening zijn de data van REWAB (Registratie Waterkwaliteit Bedrijven) onder andere vergeleken met normen uit het Drinkwaterbesluit. In de REWAB-database rapporteren drinkwaterbedrijven over de drinkwaterkwaliteit in Nederland.

Veterinaire antibiotica in grondwater

In 2017 heeft TNO onderzoek gedaan naar het vóórkomen van veterinaire antibiotica in gebieden met intensieve veehouderij ([Kivits et al., 2018](#)). In totaal zijn 22 antibiotica, uit verschillende antibiotica groepen, gemeten. Zes typen antibiotica werden aangetroffen in een concentratiebereik van 0,30 tot 18 ng/l.

Sulfamethoxazol en sulfamethazine werden het vaakst aangetroffen. Antibiotica waren aanwezig in een meerderheid van de bemonsterde filters (31 van de 46 monsters). De antibiotica zijn aangetroffen op alle bemonsterde diepten tot 23 meter en in grondwater tot 40 jaar oud. Deze studie toont aan dat er in Nederland in het grondwater antibiotica aanwezig zijn als gevolg van de verspreiding van dierlijke mest. Op basis van de selectiecriteria van de putten is het onwaarschijnlijk dat de antibiotica een andere bron hebben dan verspreiding via mest.

Diergeneesmiddelen en hormonen in grondwater

In de provincie Gelderland is een verkennende studie uitgevoerd naar antibiotica, antiparasitaire middelen, coccidiostatica en natuurlijke hormonen in mest, waterbodem, grondwater en oppervlaktewater door de WUR en AD eco advies ([Lahr](#)

[et al., 2018](#)), vanuit de vraag 'Kunnen diergeneesmiddelen op locaties met drijfmestbelasting aangetoond worden in bodem, grondwater, oppervlaktewater en/of sediment en geven de resultaten aanleiding tot verdere agendering van de emissie van diergeneesmiddelen naar het milieu? Het onderzoek richtte zich met name op de bedrijven en hun percelen op zandgrond, omdat zandgrond kwetsbaar is voor uitspoeling van stoffen naar het grondwater. Er waren maar weinig stoffen uit de mest die systematisch werden aangetroffen in het grondwater. Wel werd een aantal stoffen hierin met enige regelmaat gedetecteerd: sulfadiazine, sulfadimidine (synoniem: sulfamethazine), toltrazuril(-sulfon) en incidenteel oxytetracycline, het antibioticum tiamulin, het antiparasiticum emamectine en het vrouwelijke hormoon oestron. Er is aangetoond dat persistente, maar oplosbare diergeneesmiddelen en hormonen worden aangetroffen in het grondwater van percelen waar drijfmest wordt verspreid. Over de mate en snelheid van uitspoeling van de hier genoemde stoffen kan door de weinige waarnemingen niets worden geconcludeerd. Er is niet aannemelijk gemaakt dat er binnen het tijdsbestek van het onderzoek, vier maanden, grootschalige uitspoeling naar het grondwater plaatsvindt vanuit zandbodems na toediening van drijfmest uit kalver- en varkenshouderij.

Non-target screening in grondwater

In 2012 zijn zogenaamde non-target screeningstechnieken toegepast op grondwater en oevergrondwater ([Ter Laak et al., 2012](#)). Monsters werden verzameld uit waarnemingsputten en pompputten in drinkwaterwingebieden en bekende verontreinigde locaties. Met deze studies werd een breed scala aan stoffen waargenomen, waarvan een klein deel kon worden geïdentificeerd. Het betrof geneesmiddelen en persoonlijke verzorgingsproducten, industriële stoffen en gewasbeschermingsmiddelen. Statistische analyse liet zien dat oeverfiltraat meer antropogene verontreinigingen bevatte dan grondwater onder kleilagen. Daarnaast correleerde de aanwezigheid van stofgroepen als gewasbeschermingsmiddelen met landelijk gebied, terwijl industriële stoffen, geneesmiddelen en persoonlijke verzorgingsproducten in alle landgebruik typen voorkwamen. De toepassing van non-target-methoden in grondwater biedt de mogelijkheid om onbevooroordeeld naar een breed scala aan grotendeels onbekende stoffen te zoeken.

PS-DRINK

In 2019 en 2020 is er binnen het RIVM-project PS DRINK een methode ontwikkeld om, met behulp van tekst mining, wetenschappelijk artikelen te identificeren die de

eerste detectie van stoffen en micro-organismen in drinkwater(bronnen) melden ([Hartmann et al., 2019](#) & [Hartmann et al. 2020](#)). Tekst mining helpt een grote hoeveelheid literatuur te kunnen scannen op relevante signalen in bronnen voor drinkwater. Van alle artikelen die naar boven zijn gekomen bij een zoekopdracht worden zowel de titel als het abstract ingeladen in Excel, waarna deze worden gescand op voorafgaand bepaalde woorden met behulp van R Studio. Binnen PS DRINK is gezocht naar signalen van een eerste detectie van een stof in water. Dit heeft als doel om mogelijk schadelijke stoffen voor de drinkwatervoorziening vroegtijdig te signaleren. De methode is toegepast op publicaties tussen 2016 en augustus 2018, resulterend in een lijst van 359 artikelen met mogelijke milieu- en gezondheidsrisico's. De aanwezigheid van 6 voor Nederland relevante voorbeelden uit de lijst (3 stoffen en 3 micro-organismen) is onderzocht in 2 monsternamecampagnes; van mogelijke bron via oppervlaktewater tot drinkwater. Vier van de 6 signalen zijn aangetroffen, waarmee de bruikbaarheid van de methode als onderdeel van een *early warning system* is aangetoond. De methode met behulp van tekst mining zou ook goed toe te passen zijn bij de signalering van opkomende stoffen in grondwater.

Passive sampling

Met behulp van passive sampling zijn meerdere metingen uitgevoerd in grondwater. Passive sampling is een monitoringstechniek waarbij samplers met sorptiemateriaal enige weken tot maanden in het water hangen. Gedurende die periode sorberen ze een deel van de stoffen aanwezig in het grondwater, mits het sorptiemateriaal voldoende affiniteit heeft voor de stof in kwestie. Deze tijds-geïntegreerde bemonstering maakt het mogelijk om lage concentraties te detecteren en eventuele kortdurende piekconcentraties op te pikken (het laatste is in grondwater minder relevant dan in oppervlaktewater). Met behulp van passive sampling kunnen verschillende opkomende stoffen in grondwater waargenomen worden, waaronder PFAS-verbindingen, medicijnresten en antibiotica. Een voorbeeld van een studie met passive sampling is het in 2015 in Noord-Brabant uitgevoerde onderzoek, waarbij op twee locaties op ca 4 m-mv en 23 m-mv samplers zijn uitgehangen. In deze studie zijn verschillende stoffen aangetroffen, waaronder de antibiotica sulfadiazine en sulfamethazine en farmaceutische stof salicylzuur ([Smedes en de Weert 2016](#)). Sulfamethazine en salicylzuur zijn aangetroffen op beide dieptes, sulfadiazine is aangetroffen in de ondiepe filters.

HOVER

In het Europese GeoERA-project Hover is onderzoek gedaan naar opkomende stoffen in het grondwater in Europa. In dit project is onder andere een review van 39 internationaal uitgevoerde studies naar opkomende stoffen in het grondwater gedaan. De top 2 van gedetecteerde opkomende stoffen zijn carbamazepine en cafeïne. Carbamazepine werd gedetecteerd in 22 studies, in concentraties tot 2325 ng/L, en cafeïne in 15 studies bij concentraties tot 14,77 µg/L. De meest gerapporteerde categorie was 'Farmaceutische producten', een veel bestudeerde groep met 135 verbindingen, waarbij 31 van de 39 studies (79%) een of meerdere parameters binnen deze categorie rapporteerden ([Bunting et al., 2021](#)).

Landsdekkend beeld van PFAS in Nederlands grondwater

RIVM heeft in 2021 onderzoek gedaan naar PFAS in freatisch en ondiep (ca 10 m-mv) en middeldiep (ca 25 m-mv) grondwater ([Wintersen et al., 2021](#)). Uit dit onderzoek blijkt dat PFAS-verbindingen overal in Nederland in het grondwater kunnen zitten. Het gaat meestal om lage concentraties. De hoogste concentraties PFAS zijn gevonden in het grondwater direct onder het maaiveld. Maar ook in dieper en ouder grondwater zijn PFAS gemeten. Het gaat dan vooral om PFAS die niet snel aan deeltjes in de bodem vast gaan zitten. Daardoor kunnen zij gemakkelijk met het grondwater meestromen en zich verspreiden.

SOILveR PREMISS

In het project SOILveR is door een consortium van verschillende partijen uit Frankrijk, Wallonië, Vlaanderen en Nederland (RIVM en Deltares), samengewerkt aan het opstellen van een methodiek voor de prioritering van opkomende stoffen in bodem en grondwater. Het eindproduct is een prototype van een tool voor de stakeholders om te prioriteren in de aanpak van opkomende stoffen ([Merly et al. 2021](#); [Merly et al., 2022](#)). Hierbij wordt gebruik gemaakt van bestaande data over de bronnen en gehalten van opkomende stoffen in bodem en grondwater. De concentraties worden geschat met berekeningen van *fate en transport* en toxiciteit.

REWAB

De drinkwaterbedrijven rapporteren jaarlijks de uitkomsten van hun wettelijk verplichte meetprogramma's. Hieruit worden door de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) jaarrapportage gemaakt waarin het aantal overschrijdingen per drinkwaterbedrijf worden gerapporteerd. De REWAB database biedt informatie over

het aantal uitgevoerde analyses per stof, de minimale en maximale concentratie en de gemiddelde concentratie. Deze informatie wordt gegeven voor alle wettelijke meetpunten voor ruw water, rein water en distributie. Metingen in individuele winputten en waarnemingsfilters binnen het grondwaterbeschermingsgebied worden niet in REWAB opgenomen.

NORMAN

Het [NORMAN-netwerk](#) verbetert de uitwisseling van informatie over opkomende stoffen in het milieu en moedigt de validatie en harmonisatie van gemeenschappelijke meetmethoden en monitoringinstrumenten aan, zodat beter kan worden voldaan aan de eisen van risicobeoordelaars en risicomangers. Het is specifiek bedoeld om zowel de synergiën tussen onderzoeksteams uit verschillende landen op het gebied van opkomende stoffen te bevorderen als ervan te profiteren. We kunnen kennis en systematiek vanuit dit netwerk toepassen op de problematiek in Nederland. Het netwerk richt zich op de volgende doelgroepen;

- Alle geïnteresseerde belanghebbenden die te maken hebben met opkomende stoffen - of ze nu hun voorkomen en effecten bestuderen of risicobeoordeling en risicobeheer.
- Bevoegde autoriteiten / referentielaboratoria: d.w.z. instituten en organisaties die door de bevoegde autoriteiten op nationaal niveau zijn aangewezen om technische en wetenschappelijke ondersteuning te bieden op specifieke gebieden die verband houden met milieubescherming.
- Onderzoekscentra en de academische wereld.
- Belanghebbenden in de sector.
- Overheidsinstellingen en normalisatie-instellingen.

QSAR (Quantitative Structure-Activity Relationship)-tool in de Risicotoolbox Grondwater

In opdracht van de Nederlandse drinkwaterbedrijven ontwikkelt KWR een generieke tool om de sorptie en afbraak van opkomende stoffen tijdens bodempassage te schatten op basis van een database van molecuuleigenschappen van bekende stoffen. Hierbij wordt voortgebouwd op het QSAR-model [Aquapriori](#), waarmee het verwijderingsrendement van nog niet geteste, prioritaire stoffen in waterbehandelingsprocessen wordt geschat op basis van informatie over bekende stoffen. De tool zal onderdeel worden van de Risicotoolbox Grondwater en wordt naar verwachting in 2022 beschikbaar gemaakt voor gebruik.

PPS Van bron tot effect

In het PPS-project 'Van bron tot effect' werken industriële lozers, overheden, belanghebbenden en kennisinstututen samen aan de ontwikkeling van een integrale aanpak van industriële probleemstoffen uit gezuiverde en ongezuiverde lozingen op het oppervlaktewater. Hiertoe wordt een bewakingsstrategie ontwikkeld waarmee industriële probleemstoffen (en/of hun markers) vroegtijdig gesignaleerd en herleid naar de bron kunnen worden. Daarnaast wordt kennis en informatie over de stoffen, verspreiding en doorwerking van de lozingen op verschillende receptoren via informatieplatforms en risicodialogen beschikbaar gemaakt. Dit project is in 2022 van start gegaan en loopt tot en met 2025.

6. TOESTAND EN TREND OPKOMENDE STOFFEN IN HET GRONDWATER

Het is praktisch en technisch onmogelijk om alle stoffen die aanwezig zijn in het grondwater te identificeren. Opkomende stoffen zijn vaak niet in een analysepakket van een bepaald onderzoek opgenomen. De onbekende stoffen komen dan alleen naar voren bij de inzet van zogenaamde brede screening technieken (non-target-analysis).

De verspreiding van stoffen in het grondwater is een traag proces. Als de stoffen eenmaal in het grondwater aangetroffen worden, is de verspreiding niet meer eenvoudig te reduceren, en sanering is moeilijk. Verspreidingseigenschappen zijn vaak niet bekend, terwijl juist deze informatie nodig is om te voorspellen welke stoffen in de toekomst een probleem voor het grondwater zouden kunnen vormen om tijdig te handelen. De mix van (vaak onbekende) stoffen zorgt er ook voor dat er mengseltoxiciteit kan optreden, de mate van mengseltoxiciteit is vanwege de interactie tussen stoffen erg lastig in te schatten. Kortom, de onbekendheid van de grote mix van stoffen en de onzekerheid van de verspreiding maakt het inschatten van effecten en beheer van de grondwaterkwaliteit uitermate ingewikkeld.

De route van het grondwater naar bijvoorbeeld een drinkwaterwinning of naar het oppervlaktewater is ook van belang voor het inschatten van effecten van opkomende stoffen. Belangrijke aspecten zijn de stofeigenschappen, de geohydrologie en de reactiviteit en microbiologie van de ondergrond. Met deze gegevens kunnen reistijden, verspreidingsrisico's en omzettingsprocessen ingeschat worden.

Het is belangrijk om de aanwezigheid van een stof in het grondwater te kunnen verklaren. Met een bron-pad-effect-analyse kunnen we grip krijgen op herkomst, het verspreidingsgedrag, en risico's van de stof. Deze analyse combineert kennis over het gebruik en de herkomst van de stof met aspecten die de route van de stof in het grondwater bepalen. Naast informatie voor het inschatten van de effecten, levert de bron-pad-effect analyse belangrijke input om te bepalen in hoeverre invloed kan worden uitgeoefend op de aanwezigheid van de stof in het grondwater. Hierbij moeten ook de mengseleffecten meegenomen worden (zie ook [Posthuma et al., 2021](#)).

De provinciale meetrondes grondwaterkwaliteit geven een beeld van het vóórkomen van opkomende stoffen in het grondwater op 10 en 25 m diepte ([Van Loon et al., 2020](#)). Hieruit blijkt dat in 35% van de 633 grondwatermonsters farmaceutica zijn aangetroffen en in 71% van de 639 monsters andere opkomende stoffen. In de top 10 van de meeste aangetroffen farmaceutica staan drie pijnstillers, twee anti-epileptica, twee röntgencontrastmiddelen, één hormoon en één antibioticum. De belangrijkste bron van deze stoffen is waarschijnlijk infiltrerend oppervlaktewater dat direct of indirect onder invloed staat van RWZI-effluent. Van de andere opkomende stoffen is vooral de complexator EDTA wijdverbreid. Daarnaast staan vier oplosmiddelen, drie PAK's, twee PFAS-stoffen en één weekmaker in de top 10 meest aangetroffen stoffen. Veruit de meeste van de aangetroffen stoffen, zo'n 60%, zijn slechts incidenteel aangetroffen en hangen waarschijnlijk samen met lokale verontreinigingsbronnen.

Opkomende stoffen in grondwater, evaluatie van database van provincies en drinkwaterbedrijven

Binnen het project Grondwater in de kennisimpuls waterkwaliteit is een uitgebreide database samengesteld van gegevens van opkomende stoffen in grondwater van provincies (2015-2029) en drinkwaterbedrijven (2009-2019) en is een analyse uitgevoerd van deze database ([Verweij et al., 2022](#)).

Diffuse aanwezigheid van opkomende stoffen in het grondwater

De analyseresultaten bevestigen de diffuse aanwezigheid van opkomende stoffen in het grondwater. Opkomende stoffen komen op alle bemeten dieptes en door het hele land voor in het grondwater. In totaal zijn in deze database over het Nederlandse grondwater ruim duizend verschillende aangetroffen stoffen opgenomen die worden aangemerkt als opkomende stoffen. Hiervan is een beperkt aantal op grote schaal in het Nederlandse grondwater aanwezig. Veruit de meeste stoffen zijn echter incidenteel aangetroffen en lijken daarmee enkel de lokale grondwaterkwaliteit te bepalen. Dit lokale karakter is kenmerkend voor de verspreiding van opkomende stoffen in grondwater langs stroombanen. Pas bij de uitstroompunten, zoals onttrekkingen en drainerend oppervlaktewater, komen de opkomende stoffen die via het grondwater getransporteerd zijn, samen. Daarbij moet opgemerkt worden dat de bestudering van de database nog geen bron-pad-receptor analyse bevat en dus geen inzicht geeft in vóórkomen en verspreiding in combinatie met de setting in het bodem en watersysteem.

De diffuse verontreiniging van het grondwater met een verscheidenheid aan stoffen bevestigt het risico van mengseltoxiciteit voor verschillende receptoren. Ter plaatse van grondwateronttrekkingen en drainerend oppervlaktewater, bijvoorbeeld, komt door convergerende stroming grondwater met uiteenlopende ouderdom en herkomst bij elkaar. Dit betekent dat daar ook verschillende verontreinigingen, die tot dan toe op verschillende posities in de ondergrond aanwezig waren, bij elkaar komen. Hoewel dit mengen van verschillende verontreinigingen gepaard gaat met afnemende concentraties door verdunning kan dit de toxiciteit verhogen.

Trends in opkomende stoffen lastig te onderscheiden

Trends in de database zijn vertekend als gevolg van wisselende meetinspanningen in combinatie met wisselende keuzes voor analysepakketten en de daarmee samenhangende rapportagegrenzen. Voor een goede interpretatie van trends dienen deze artefacten in ogenschouw genomen te worden. Zo blijkt uit de database dat in alle typen putten her en der steeds meer stoffen zijn aangetroffen, maar dat dit geheel of gedeeltelijk samenhangt met uitbreiding van de analysepakketten. Globale trends in de data kunnen daarmee noch bevestigen noch ontkrachten dat opkomende stoffen een steeds grotere diepte bereiken.

Effectiviteit van beleid (nog) niet zichtbaar

Hetzelfde geldt voor de effectiviteit van recent beleid gericht op het verminderen van de belasting van het grondwater met opkomende stoffen; er is geen duidelijke trend zichtbaar in het aantal aangetroffen stoffen in ondiep grondwater. Hierbij valt echter ook niet uit te sluiten dat de effecten van beleid nog niet in de waarnemingsputten meetbaar zijn, doordat de reistijd van verontreinigingen tot de diepte van monitoring enkele jaren tot enkele tientallen jaren kan zijn. De rapportagegrenzen zijn belangrijk bij de analyses van de stoffen, hoe lager deze zijn, hoe beter een beeld gevormd kan worden van het voorkomen van de stoffen in het grondwater, en patronen in de ruimte en in de tijd kunnen beter gevolgd worden.

7. KENNISLEEMTES EN VRAAGARTICULATIE

Kennisvragen van stakeholders

Voor de vergrijzing van grondwater in het algemeen, zijn in project Grondwater in de kennisimpuls in 2021 door Stantec de actuele kennisvragen geïnventariseerd met de stakeholders ([Verweij et al., 2022](#)). Bij deze vragen spelen kennisleemtes voor opkomende stoffen een rol. De top 10 van deze inventarisatie is:

(nr 1). Ik wil inzicht in de kansen en bedreigingen van infiltratie van oppervlaktewater en andere klimaat adaptieve maatregelen op de kwaliteit van het grondwater, zodat waterschappen en provincies afwegingen kunnen maken welke techniek waar gewenst is t.a.v. grondwaterkwaliteit en waar infiltratie van oppervlaktewater een oplossing kan bieden voor het tegengaan van verdroging.

(nr 2). Ik wil per stof(groep) inzicht in de manier van verspreiding door het grondwater, zodat

per stof(groep) risico's op verspreiding kunnen worden ingeschat en een handelingskader gevormd kan worden.

(nr 3). Ik wil indicatoren voor vergrijzing: de verspreiding van verontreinigingen in het grondwater gemeten aan de hand van een aantal signaalstoffen en waarden, zodat ik kan bepalen bij welke (dreigende) overschrijdingen van signaalwaarden ik moet ingrijpen.

(nr 4). Ik wil inzicht in de toekomstige (cumulatieve) effecten van open en gesloten koude warmte opslag in de bodem op de kwaliteit van het grondwater, zodat ik een inschatting kan maken wat dit betekent voor: de provinciale regelgeving voor gwbg's en ASV's ; de ecologie en waterkwaliteit in het oppervlaktewatersysteem.

(nr 5). Ik wil inzicht in de risico's voor mens en milieu van mengsels van verontreinigingen (combitoxiciteit) in de bodem, zodat we handelingsperspectieven kunnen ontwikkelen, dit onderwerp meer aandacht krijgt bij eigen bestuurders en op landelijk niveau in o.a. het toelatingsbeleid.

(nr 6). Ik wil inzicht in het voorkomen van risicovolle stoffen in andere compartimenten zoals lucht, water en effluent en hoe deze in het grondwater terecht komen, zodat we inzicht hebben in mogelijke toekomstige risicovolle stoffen in grondwater.

(nr 7). Ik wil inzicht in de beleidsinstrumenten die er zijn om de risico's van verschillende stofgroepen te mitigeren en voor welke stofgroepen er nog gaten in de aanpak zitten, zodat er we handelingsperspectieven kunnen ontwikkelen voor alle stoffen.

(nr 8). Ik wil inzicht in de risico's van vergrijzing/verontreinigingen voor de drinkwaterwinning en overige winningen voor menselijke consumptie, zodat urgentiebesef gecreëerd kan worden en handelingskaders kunnen worden opgesteld.

(nr 9). Ik wil een indeling van gewasbeschermingsmiddelen, industriële stoffen en andere opkomende stoffen in stofgroepen op afbraakroute en/of andere eigenschappen, zodat er per stofgroep een handelingskader gevormd kan worden.

(nr 10). Ik wil een overzicht van mogelijke maatregelen om de risico's van bodemenergiesystemen (open en gesloten) te mitigeren, zodat de grond en oppervlaktewaterkwaliteit kan worden beschermd.

Kennisleemtes

Voor opkomende stoffen in grondwater zijn er voor de beantwoording van de kennisvragen kennisleemtes op het gebied van:

Status en risico's

- Het vóórkomen, de verspreiding en de afbraak van opkomende stoffen in grondwater nu en in de toekomst.
- De risico's die verbonden zijn aan het vóórkomen van stoffen in grondwater en mengsels van stoffen die ontstaan door menging ter plaatse van grondwateronttrekkingen en drainerende oppervlaktewateren.

Herkomst van opkomende stoffen in grondwater

- Wat zijn de verbanden tussen de grondwaterconcentraties en industriële en andere activiteiten (en daarbij het relateren van oppervlaktewaterkwaliteit aan effluenten van RWZI's en aan industriële bronnen, en het relateren van de grondwaterkwaliteit aan de oppervlaktewaterkwaliteit).
- De rol van overstorten voor opkomende stoffen in het grondwater, ook van oude overstorten die inmiddels niet meer bestaan.
- De rol van (historische) bodemverontreinigingen voor opkomende stoffen in grondwater.
- De rol van grootschalig grondverzet op de verspreiding en emissie van opkomende stoffen naar oppervlaktewater en grondwater.
- Wat is het effect op opkomende stoffen van de passage door slib en de waterbodem bij de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater, zowel bij infiltratie als bij uittredend grondwater.

Beleid

- kennis, informatie en kaders om te kunnen prioriteren en afwegen tussen gebruik van stoffen door de mens en de consequenties als de stoffen actief uit het milieu gehaald moeten worden (voor het afvangen of zuiveren bij gebruik van water)

- Circulaire economie met hergebruik van bodem en water en de mogelijke effecten op verspreiding en emissie van opkomende stoffen, waar wringt dit en waar en hoe kan het wel.

Monitorings en screeningsmethoden

- Bruikbare monitoringsstrategieën, met optimale stratificatie van meetnetten.
- Uitwerken/ontwikkelen van een methode voor monitoring van opkomende stoffen. Veel opkomende stoffen worden niet in reguliere pakketten gevonden (targetstoffen).
- In beeld krijgen van nieuwe routes en nieuwe stoffen en het bepalen van meetstrategieën voor verschillende compartimenten en routes (gerichte metingen of screening).
- Identificeren van mogelijke probleemstoffen aan het begin van de keten voor het nemen van preventieve maatregelen en het samenstellen van meetpakketten voor oppervlaktewater en voor grondwater.
- Hoe kunnen we opkomende stoffen in het oppervlaktewater gebruiken als *early warning* voor het grondwater.

8. HANDELINGSPERSPECTIEVEN

Veel handelingsperspectieven die van toepassing zijn op alle typen stoffen zijn ook van toepassing op opkomende stoffen ([Verweij et al., 2022](#)).

Gebaseerd op een "bron-pad-effect-benadering" richten de handelingsperspectieven zich op:

- het voorkómen van emissies op het oppervlaktewater en in de onverzadigde laag van de bodem;
- het voorkómen, of minimaliseren, van uitloging van reeds bestaande verontreiniging in de onverzadigde bodemlaag;
- risico-gebaseerd beheer van verontreinigingen 'in het pad', op basis van modellering en monitoring;
- beperken van verspreiding door optimaliseren van de beschermende barrières in de ondergrond (geohydrologisch, bodembologisch, geochemisch);
- ingrepen bij 'de receptoren' (humane en ecologische receptoren);

Daarnaast zijn er nog specifieke handelingsperspectieven die gelden voor opkomende stoffen. Deze richten zich op preventief beleid, identificeren van opkomende stoffen, integrale afweging kwantiteit-kwaliteit en kennis op orde brengen.

Preventief beleid

Bij toelating van nieuwe stoffen en lozingsvergunningen zou meer rekening gehouden moeten worden met afbraak/verwijderbaarheid en potentiële effecten van de stoffen in (grond)water en het hanteren van striktere voorwaarden als het gaat om lozingen of emissies naar de lucht.

Identificeren van opkomende stoffen

Het snel identificeren van stoffen in het grondwater is nodig, zodat preventieve maatregelen kunnen worden genomen tegen ongewenste stoffen en metabolieten. Dat kan op basis van het inventariseren van productieprocessen en -stromen (inclusief RZWI's) en de bijbehorende stoffen en metabolieten en met behulp van monitoring. Stappen die gezet kunnen worden om de identificatie van stoffen in grondwater te versnellen zijn het doorontwikkelen van non-targetscreening, het koppelen van databases, en gebruik maken van bestaande databases zoals de NORMAN database. Ook is een signaleringssysteem, een inventarisatiesysteem en

uitwisseling van kennis over opkomende stoffen vanuit verschillende compartimenten van belang. De ketenaanpak medicijnresten uit oppervlaktewater is een goed voorbeeld.

Wat betreft een systematische en actuele monitoring van opkomende stoffen kunnen aanvullende stappen worden gezet. Het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit en de provinciale meetnetten grondwaterkwaliteit zijn gestart in respectievelijk 80-er en 90-er jaren van de vorige eeuw en sinds ca. 2004 worden door provincies ook bestrijdingsmiddelen gemeten in de meetnetten (op 10 en 25 meter diep). Er zijn ook grondwaterkwaliteitsmetingen beschikbaar van voor 1980, maar niet in dit soort meetnetten. De drinkwaterbedrijven meten veel en risicogericht bij hun winningen. Vanuit het verleden kunnen we leren dat voor bestrijdingsmiddelen, waarvoor op het toelatingsbeleid werd gevaren (zonder metingen in het veld), decennia later problemen in drinkwaterbronnen ontstaan. Hieruit blijkt dat monitoring noodzakelijk is om het stoffenbeleid in de praktijk te toetsen en eventueel bij te sturen. Sinds 2010 worden ook 'exotische stoffen' en 'medicijnen en medicijnresten' gemeten in grondwater op 10 en 25 meter diepte, deze metingen zijn belangrijk voor het monitoren van opkomende stoffen; sinds 2015 is deze monitoring landelijk coherent uitgevoerd door provincies. Dit levert nieuwe inzichten op over het vóórkomen van opkomende stoffen in grondwater. In de monitoring ook aandacht schenken aan persistentie en mobiliteit in verschillende hydrogeochemische settings, inzicht verkrijgen in anoxische en diep-anoxische milieu's.

Ten slotte is het van belang om inzichten vanuit oppervlaktewatermonitoring en RWZI effluenten mee te nemen in grondwatermonitoring. Deze inzichten kunnen bijdragen aan het opzetten van een *early warning* monitoring systeem in oppervlaktewater en ondiep grondwater opzetten voor bedreigingen van grondwaterkwaliteit, ook specifiek rond drinkwaterwinningen. Uit deze screening van oppervlaktewater en grondwater kan vroegtijdig worden gesignaleerd welke stoffen een probleem kunnen zijn, waarvoor vervolgens gezocht moet worden naar bronnen. Hiervoor is samenwerking tussen de actoren in de monitoringscyclus belangrijk. Hierbij meer rekening houden met de factor tijd: wat betekent een gemeten concentratie op ene specifieke diepte voor beschermdoelen in de toekomst? Freatische monitoring hoort daarbij omdat je op 10 meter diep de situatie van 10 jaar geleden bekijkt.

Integrale afweging kwantiteit-kwaliteit

Bij wateraanvoerplannen expliciet meewegen van risico's op afwenteling op de grondwaterkwaliteit. Hiervoor is de ontwikkeling van een beoordelingskader vereist én een handelingskader om bij onacceptabele risico's de juiste maatregelen te kunnen treffen.

Immissietoetsen voor grondwater, calamiteitenplannen en scenario's voor sanering ontwikkelen en toepassen. Een strikte vergunningsverlening met gebruikmaking van de immissietoets van Rijkswaterstaat ([Rijkswaterstaat \(2019\)](#)); echter nu is vaak onbekend welke stoffen precies worden geloosd (zoals bij PFAS is gebleken).

Kennis op orde brengen

Voor alle bovengenoemde punten is het van belang om kennis over opkomende stoffen te ontwikkelen, coördineren en te delen. Dit richt zich op:

- Het opzetten van een effectieve kennisinfrastructuur over alle relevante aspecten van opkomende stoffen.
- Meetdata en kennis delen met belanghebbenden en uitwisselen van ervaringen met andere beleidsvelden (gezondheid, landbouw, industrie, etc.) in een integraal stoffenoverleg, op elkaar afgestemd taalgebruik en begrip van de problematiek.

9. LITERATUUR, BRONNEN EN LINKS

Adviescommissie Water, 2017. Advies over Grondwater.

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/06/15/advies-over-grondwater-van-de-adviescommissie-water>

Bunting, S.Y., D.J. Lapworth, E.J. Crane, J. Grima-Olmedo, A. Koroša, A. Kuczyńska, N. Mali, L. Rosenqvist, M.E. van Vliet, A. Togola, B. Lopez (2020). Emerging organic compounds in European groundwater. *Environmental Pollution*, Volume 269, 2021, 115945, ISSN 0269-7491. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115945>

Posthuma, L., van Driezum, I., Pronk, T. (2021). Van toxische druk naar betere waterkwaliteit, Deltafact. [Van toxische druk naar betere waterkwaliteit in Nederland | STOWA](#)

Gezondheidsraad. Gevaarlijke stoffen in een circulaire economie. Den Haag: Gezondheidsraad, 2018; publicatienr. 2018/10.

https://www.gezondheidsraad.nl/binaries/gezondheidsraad/documenten/adviezen/2018/05/15/circulaire-economie/Gevaarlijke+stoffen+in+een+circulaire_economie+pro.pdf

Hamann, E., P.J. Stuyfzand, P.J., Greskowiak, J., Timmer, H., Massmann, G. The fate of organic micropollutants during long-term/long-distance river bank filtration *Sci. Total Environ.*, 545-546 (2016), pp. 629-640, [10.1016/j.scitotenv.2015.12.057](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.057)

Hartmann, J., Wuijts, S., van der Hoek, J. P., & de Roda Husman, A. M. (2019). Use of literature mining for early identification of emerging contaminants in freshwater resources. *Environmental Evidence*, 8(1), 1-15.

Hartmann, J., van Driezum, I., Ohana, D., Lynch, G., Berendsen, B., Wuijts, S., van der Hoek, J.P. & de Roda Husman, A. M. (2020). The effective design of sampling campaigns for emerging chemical and microbial contaminants in drinking water and its resources based on literature mining. *Science of the Total Environment*, 140546.

IenW (2018). Uitvoeringsplan opkomende stoffen in water. Groeidocument. Versie november 2018

<https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2018/11>

[/19/bijlage-1-uitvoeringsplan-opkomende-stoffen-in-water/bijlage-1-uitvoeringsplan-opkomende-stoffen-in-water.pdf](#)

Kivits, T., Broers, H. P., Beeltje, H., Van Vliet, M., & Griffioen, J. (2018). Presence and fate of veterinary antibiotics in age-dated groundwater in areas with intensive livestock farming. *Environmental Pollution*, 241, 988-998.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.085>

Kools, S., Loon, A. van, Sjerps, R., en Rosenthal, L., 2019. De kwaliteit van bronnen van drinkwater in Nederland. KWR, Nieuwegein, KWR2019.072.

<https://library.kwrwater.nl/publication/60016738/>

Lahr, J., Derksen, A., Wipfler, L., van de Schans, M., Berendsen, B., Blokland, M., Dimmers, W., Bolhuis, P., & Smidt, R. (2018). Diergeneesmiddelen & hormonen in het milieu door de toediening van drijfmest: Een verkennende studie in de Provincie Gelderland naar antibiotica, antiparasitaire middelen, coccidiostatica en natuurlijke hormonen in mest, (water)bodem, grondwater en oppervlaktewater. (Wageningen Environmental Research rapport; No. 2898). Wageningen Environmental Research.

<https://doi.org/10.18174/455340>

Leslie, HA, Leonards PE, Brandsma SH, de Boer J, Jonkers N. Propelling plastics into the circular economy - weeding out the toxics first. *Environ Int* 2016; 94: 230-4.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.05.012>

Merly, C; A. Togola, E. Bouhoulle, R. Van der Meiracker, J. Lijzen, L. Oste, P. Van Breemen, H. Passier, B. Lopez, R. Cartuyvels, K. Van Geert and S. Willems.

PREMISS project: Priorisation of emerging pollutants in soils, December 2021 .

BRGM/RP-71374-FR.

https://www.soilver.eu/wp-content/uploads/2022/02/PREMISS_Final_Report_VF.pdf

Merly, C; A. Togola, E. Bouhoulle, R. Van der Meiracker, J. Lijzen, L. Oste, P. Van Breemen, H. Passier, B. Lopez, R. Cartuyvels, K. Van Geert and S. Willems.

PREMISS Executive summary: Priorisation of emerging pollutants in soils, March 2022 . BRGM/RP-71530-FR.

https://www.soilver.eu/wp-content/uploads/2022/04/PREMISS_Executive-summary_March2022-VF.pdf

Sjerps, R., Maessen, M., Raterman, B., Ter Laak, T., Stuyfzand, P. (2017). Grondwaterkwaliteit Nederland 2015-2016 - Chemie grondwatermeetnetten en nulmeting nieuwe stoffen. KWR-rapport 2017.024.

<https://library.kwrwater.nl/publication/54910776/>

Smedes, F, en J. de Weert (2016). Passive sampling van grondwater: Een trial in peilbuizen van het provinciaal meetnet van de provincie Noord-Brabant, Deltares rapport 1210074-000-BGS-0009, http://publications.deltares.nl/1210074_000.pdf.

[Rijkswaterstaat \(2019\)](#). Handboek immissietoets. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 4 oktober 2019

Ter Laak, T., Puijker, L.M., Van Leerdam, J.A., Raat, K.J., Kolkman, A., De Voogt, P., en Wezel, A.P., 2012. Broad Target Chemical Screening Approach Used as Tool for Rapid Assessment of Groundwater Quality. Science of the Total Environment, 2012. 427-428: p. 308-313. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22551937/>

Ter Laak, T., Sjerps, R., en Kools, S., 2017. Quick-scan Diergeneesmiddelen in de waterketen. KWR, Nieuwegein, KWR 2017.037

<https://library.kwrwater.nl/publication/55041110/>

Van Driezum, I.H., Derx, J., Oudega, T.J., Zessner, M., Naus, F.L., Saracevic, E., Kirschner, A.K.T., Sommer, R., Farnleitner, A.H., . Blaschke A.P. Spatiotemporal resolved sampling for the interpretation of micropollutant removal during riverbank filtration Sci. Total Environ., 649 (2019), pp. 212-223,

[10.1016/j.scitotenv.2018.08.300](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.300)

Van Driezum, I.H., Beekman, J., van Loon, A.H., van Leerdam, R., Wuijts, S., Rutgers, M., Boekhold, S., Dik, H., Zijp, M., (2021). Staat Drinkwaterbronnen. RIVM rapport. [Staat drinkwaterbronnen \(rivm.nl\)](https://www.rivm.nl/staat-drinkwaterbronnen)

Van Loon, A.H., Pronk, T., Raterman, B., Ros, S., 2020. Grondwaterkwaliteit Nederland 2020. Anorganische parameters, bestrijdingsmiddelen, farmaceutica en overige verontreinigende stoffen in de grondwatermeetnetten van de provincies.

KWR 2020.067 <https://library.kwrwater.nl/publication/61459076/>

Van Gaalen, F., Osté, L., van Boekel, E.. Nationale Analyse Waterkwaliteit. Eindrapport PBL 30 april 2020. https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-nationale-analyse-waterkwaliteit-4002_0.pdf

Verhagen, F. T., Holsteijn, A., Schipper, M. (2018). Feitenrapport Brede Screening bestrijdingsmiddelen Maasstroomgebied 2016. Rapport alleen voor intern gebruik.

Verhagen, F.T., Schipper, M., Avis, L. (2020). Feitenrapport Smalle Screening bestrijdingsmiddelen en opkomende stoffen Maasstroomgebied. Rapport alleen voor intern gebruik.

Versteegh, J.F.M. en Dik, H.H.J., 2014. De Staat van het Drinkwater in Nederland, 2012. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2014-0137.pdf>

Verweij et al. (2022). Aantasting van de grondwaterkwaliteit door menselijke invloeden (vergrijzing van grondwater): synthese en handelingsperspectieven - Eindrapport van het KIWK-project Grondwater. <http://www.stowa.nl/kiwk>

Wintersen, A., Claessens, J., Wit, M., van Helvoort, K., Wolters, M., Stoffelsen, B., van Wijnen, H. & van Breemen, P. (2021). Landsdekkend beeld van PFAS in Nederlands grondwater,. RIVM-rapport 2021-0205. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2021-0205.pdf>

Wit, M., Claessens, J.,Dik H., van der Aa, M. (2020). Trendanalyse grondwaterkwaliteit van drinkwaterwinningen (2000 - 2018). RIVM-rapport 2020-0044. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0044.pdf>

Wuijts, S., J. J. Bogte, H. H. J. Dik, W. H. J. Verweij and N. G. F. M. van der Aa (2014). Eindevaluatie gebiedsdossiers drinkwaterwinningen. Bilthoven, Nederland, RIVM. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/270005001.pdf>

10. COLOFON

Auteurs

Hilde Passier, Rianne van den Meiracker, Kevin Ouwerkerk (Deltares)

Mariëlle van Vliet (TNO)

Arnaut van Loon (KWR)

Inge van Driezum, Julia Hartmann, Frank Swartjes (RIVM)

Controle

Wilko Verweij (Deltares)

Akkoord

Rob Nieuwenhuis (Deltares)