

Ook PFAS een opkomende bedreiging voor de grondwaterkwaliteit

Reijer Hoijtink, Daphne Buijert-de Gelder, Rémon Saaltink (Arcadis), Bas Nelemans (provincie Noord-Brabant) en Janco van Gelderen (provincie Utrecht/Informatiehuis Water)

Uit provinciale metingen blijkt dat vrijwel overal in het ondiepe grondwater (84% van de meetpunten) één of meerdere milieuvreemde stoffen worden aangetroffen. Daaronder zijn ook diverse PFAS-stoffen die voor het eerst afzonderlijk door alle provincies zijn gemeten. Samen met de al langer bekende probleemstoffen uit de groepen van bestrijdingsmiddelen en overige verontreinigende stoffen, kan geconcludeerd worden dat het grondwater in Nederland, ook in onverdachte natuurgebieden, nagenoeg overal *vergrijs*. De beschreven resultaten leiden tot een verontrustend signaal naar onder andere besturen van provincies; verdere achteruitgang van de grondwaterkwaliteit moet worden voorkomen, onder meer in het belang van een duurzame drinkwatervoorziening.

Het Nederlandse grondwater kent tal van functies. Niet alleen is het de bron voor ongeveer 60% van het geproduceerde drinkwater [1], ook wordt het benut voor beregening van landbouwgewassen en voor uiteenlopende industriële (productie)processen. Daarnaast is voldoende grondwater van een goede kwaliteit een randvoorwaarde voor het functioneren van grondwaterafhankelijke natuur. Met het oog op duurzaam beheer van de grondwatervoorraden stellen de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en de Grondwaterrichtlijn (Gwr) kwaliteits- en kwantiteitsdoelen voor het grondwater. De provincies zijn verantwoordelijk voor het realiseren van deze doelen.

Via het Platform Meetnetbeheerders Grondwaterkwaliteit voeren de provincies gecoördineerd metingen van het grondwater uit, volgens een vastgestelde systematiek. Deze meetrondes hebben tot doel om zowel een provinciaal als een landsdekkend beeld van de grondwaterkwaliteit te verkrijgen. De metingen zijn verricht met het oog op de KRW en de Gwr, maar ook voor provinciale doelstellingen met betrekking tot de grondwaterkwaliteit. In opdracht van de provincies heeft Arcadis de resultaten van de meest recent uitgevoerde meetronde, in 2021/2022, gerapporteerd [2]. Voor het eerst zijn daarbij PFAS-stoffen als afzonderlijke stofgroep onderzocht en beschreven. Daarbij is ook een landelijke set PFAS-metingen van het RIVM meegenomen (behorend bij [3]).

Aanpak

Het ondiepe (ca. 5-10 m beneden maaiveld) en het diepe(re) grondwater (vaak ca. 25 m beneden maaiveld) zijn onderzocht op vijf stofgroepen. Dit betreft een aantal anorganische stoffen (niet beschreven in dit artikel), die van nature in het milieu voorkomen, en vier groepen van milieuvreemde stoffen: bestrijdingsmiddelen, medische stoffen, overige verontreinigende stoffen en PFAS. Per groep van milieuvreemde stoffen is bepaald voor welke 10 stoffen (top 10) de norm het vaakst wordt overschreden. Voor dit doel is gebruik gemaakt van indicatieve toetsing aan al dan niet vastgestelde normen, of aan generieke signaleringswaarden voor drinkwaterbronnen (verder generiek aangeduid als 'norm'). Tabel 1 geeft een overzicht. Officiële toetsing, bijvoorbeeld ter vaststelling van de toestand van de KRW-grondwaterlichamen, was nadrukkelijk géén doel van de rapportage en de resultaten dienen ook niet als zodanig te worden geïnterpreteerd.

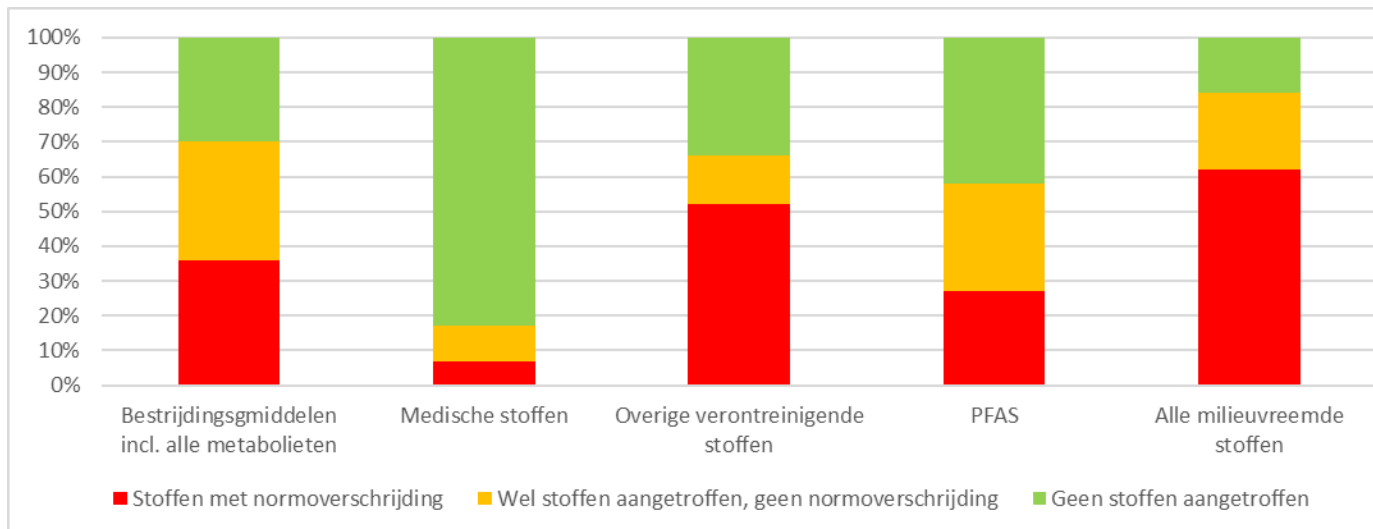
Tabel 1. Gehanteerde normen voor duiding van de meetresultaten

Stofgroep(en)	Nader onderscheid	Gebruikte norm voor duiding resultaten	Bron / opmerking
PFAS	24 specifieke PFAS	4,4 ng PEQ/l	Door EU voorgestelde somnorm; ook toegepast op TFA. Ook toegepast op individuele PFAS (omgerekend naar PFOA-equivalenten met zgn. RPF-factor)
	Overige PFAS	0,1 µg/l	Algemene signaleringswaarde voor drinkwaterbronnen; Bkmw-protocol monitoring en toetsing drinkwaterbronnen KRW
Bestrijdingsmiddelen	Alle individuele stoffen excl. humaan toxicologisch niet relevante metabolieten	0,1 µg/l	Grondwaterrichtlijn; van toepassing op al het grondwater
	Humaan toxicologisch niet relevante metabolieten	1 µg/l	Drinkwaterbesluit; van toepassing op drinkwaterbronnen
Medische stoffen, Overige verontreinigende stoffen		0,1 µg/l	Algemene signaleringswaarde voor drinkwaterbronnen; Bkmw-protocol monitoring en toetsing drinkwaterbronnen KRW

De resultaten zijn beschreven in een rapportage [2] - te vinden op het Waterkwaliteitsportaal [4] - en ruimtelijk gepresenteerd op bijbehorende kaarten. De belangrijkste resultaten zullen daarnaast nog worden ontsloten via een online GIS-viewer.

Resultaten

De resultaten van de metingen van milieuvreemde stoffen in het ondiepe grondwater zijn samengevat in afbeelding 1. De beschrijving van de resultaten is primair gericht op het ondiepe grondwater, omdat milieuvreemde stoffen die in het grondwater doordringen hier doorgaans het eerst worden aangetroffen. Ondiepe metingen hebben daardoor een 'early warning'-functie. Bovendien is het ondiepe grondwater het meest intensief en het meest homogeen bemeeten. Resultaten voor het diepere grondwater zijn wel in het rapport opgenomen.



Afbeelding 1. Samenvatting van het aantreffen van milieuvreemde stoffen in de ondiepe peilbuisfilters per stofgroep en voor alle milieuvreemde stoffen samen

Van de 264 geanalyseerde milieuvreemde stoffen zijn er 158 daadwerkelijk in één of meer peilbuisfilters aangetroffen, waarvan 126 ook normoverschrijdend. Uit het onderzoek blijkt dat in maar liefst 84% van alle ondiepe filters één of meer milieuvreemde stoffen zijn aangetroffen. In het grootste deel is daarbij ook sprake van normoverschrijding(en). Dit beeld is ruimtelijk weergegeven in afbeelding 2. Dit illustreert dat het grondwater in algemene zin sterk onderhevig is aan zogeheten ‘vergrijzing’. De niet-natuurlijke stoffen in het grondwater verspreiden zich naar steeds grotere diepten en hebben geleidelijk invloed op de grondwaterkwaliteit van meerdere lagen. Dit fenomeen wordt de vergrijzing van grondwater genoemd [5].

Bestrijdingsmiddelen (inclusief metabolieten daarvan), overige verontreinigende stoffen en PFAS zijn in (ruim) meer dan de helft van de filters aangetroffen. Medische stoffen als geneesmiddelen en röntgencontrastmiddelen worden relatief weinig aangetroffen.



Afbeelding 2. Aangetroffen milieuvreemde stoffen in het ondiepe grondwater in Nederland. Per filter is weergegeven hoeveel van de geanalyseerde milieuvreemde stoffen zijn aangetroffen boven de rapportagegrens (cijfer), of één of meer stoffen normoverschrijdend zijn aangetroffen (rode punten), ofwel stoffen zijn aangetroffen maar geen enkele stof de norm overschrijdt (oranje), of dat géén van de geanalyseerde stoffen is aangetroffen (grijs gearceerd)

PFAS

De groep van PFAS is voor het eerst afzonderlijk door de provincies onderzocht. Er is de afgelopen decennia een toenemende zorg over PFAS vanwege het feit dat ze persistent en mobiel zijn, toxische en bioaccumulatieve eigenschappen kunnen hebben en overal in het milieu voorkomen. Een deel van de PFAS is geclassificeerd als Zeer Zorgwekkende Stof (ZZS). Voor ZZS is het doel van het overheidsbeleid om deze stoffen zoveel mogelijk uit de leefomgeving te weren.

PFAS-stoffen zijn in ongeveer 58 procent van de ondiepe filters aangetroffen. De spreiding over het land is lastig vast te stellen, omdat de gehanteerde rapportagegrenzen in een aantal provincies lager zijn dan in andere. Dit blijkt ook uit het ruimtelijke beeld in afbeelding 3. In provincies waar (al) met de lagere rapportagegrenzen is gewerkt, ligt het percentage van aantreffen van één of meer stoffen zelfs tussen 80 en 100 procent van de ondiepe filters. Van de 37 gemeten PFAS zijn er 16 boven de rapportagegrens aangetroffen, waarvan 11 met één of meer normoverschrijdingen. In de

eerstvolgende meetronde, in 2024, zullen álle provincies met de lagere rapportagegrenzen meten. Het landelijke percentage van aantreffen zal hierdoor naar verwachting (fors) hoger uitvallen dan de nu waargenomen 58%.



Afbeelding 3. Aangetroffen van PFAS in het ondiepe grondwater. Per filter is weergegeven hoeveel van de geanalyseerde PFAS-stoffen zijn aangetroffen boven de rapportagegrens (cijfer), of één of meer stoffen normoverschrijdend zijn aangetroffen (rood, of paars bij één of meer overschrijdingen van meer dan 10x de norm), of wel stoffen zijn aangetroffen maar geen enkele stof de norm overschrijdt (geel), of dat géén van de geanalyseerde stoffen is aangetroffen (grijs gearceerd)

Overschrijdingen van de gehanteerde normwaarden zijn aangetroffen in ongeveer 27 procent van de ondiepe en 8 procent van de diepe filters. Dit betreft nagenoeg allemaal overschrijdingen van de door de Europese Commissie voorgestelde somnorm (zie tabel 1). De meeste normoverschrijdingen zijn waargenomen in de Utrechtse meetronde in natuurgebieden (waarbij in tegenstelling tot de overige metingen in deze provincie al met de lagere rapportagegrenzen is gewerkt), in zuid-Groningen en langs de kust. De hypothese voor de hoge concentratie langs de kust is dat PFAS oppervlakte-actieve stoffen

zijn die zich ophopen in het zeeschuim en door de wind worden verspreid naar de duinen (sea-spray) [6]. Dat PFAS-stoffen bij meten met lage rapportagegrenzen ook bijna overal worden aangetroffen in onverdachte locaties, zoals natuurgebieden, doet vermoeden dat PFAS zeer heterogeen verspreid zijn als gevolg van atmosferische depositie en niet enkel worden gevonden nabij puntbronnen. Dit is ook geconcludeerd in een separate rapportage over de meetronde in Utrechtse natuurgebieden [7].

De top-10 van normoverschrijdend aangetroffen PFAS-stoffen is weergegeven in tabel 2. Het relatieve aantal normoverschrijdingen varieert sterk tussen de stoffen. PFOA, de nummer 1-stof en geclassificeerd als ZZS, komt in meer dan 26 procent van de ondiepe filters normoverschrijdend voor en bepaalt in belangrijke mate het beeld voor de hele stofgroep. Andere stoffen uit de top-10, waaronder PFOS, L_PFHxS en PFHpA (ook alle drie ZZS), overschrijden de gehanteerde norm in minder dan 3 procent van de ondiepe metingen. Voor de overige zes stoffen bedraagt het overschrijdingspercentage minder dan 1 procent.

Tabel 2. Top-10 van PFAS-stoffen, gebaseerd op het normoverschrijdend aantreffen in de ondiepe filters, met vermelding van het percentage van aantreffen (\geq rapportagegrens) en door het RIVM afgeleide PMT-scores (zie verderop)

Nr.	Stofcode	Stofnaam	% normoverschrijding	% aantreffen	PMT-score
1	PFOA	Perfluorooctaanzuur	26.4%	51.8%	0,60
2	PFOS	Perfluorooctaansulfonzuur	2.9%	6.0%	0,53
3	L_PFHxS	Perfluor-1-hexaansulfonaat (lineair)	2.5%	12.0%	0,60
4	PFHpA	Perfluorheptaanzuur	1.5%	15.2%	0,63
5	PFNA	Perfluornonaanzuur	0.7%	0.7%	0,57
6	PFBA	Perfluorbutaanzuur	0.6%	36.0%	0,57
7	PFC5asfzr	Perfluoropentaan-1-sulfonzuur	0.3%	2.7%	0,69
8	L_PFHpS	Perfluor-1-heptaansulfonaat (lineair)	0.1%	0.3%	0,57
9	L_PFBs	Perfluor-1-butaansulfonaat	0.0%	22.6%	0,63
10	PFHxA	Perfluorhexaanzuur	0.0%	19.5%	0,65

Gemiddeld over alle bemeeten filters ligt het percentage van normoverschrijdend aantreffen van één of meer PFAS-stoffen ruim boven de 20%. Dit percentage geldt binnen de KRW-systematiek als bovengrens voor de goede chemische toestand van grondwaterlichamen. Dit betekent dat als de door de Europese Commissie voorgestelde somnorm voor PFAS wordt vastgesteld, naar verwachting een aanzienlijk deel van de grondwaterlichamen niet in goede toestand zal verkeren als gevolg van verontreiniging met PFAS-stoffen. Vanwege het indicatieve karakter van de uitgevoerde toetsing en de genoemde verschillen in rapportagegrenzen is nog geen goede voorspelling per grondwaterlichaam te geven. Het vermoeden bestaat echter dat met de landelijk gehanteerde lage rapportagegrenzen in 2024, de chemische toestand van grondwaterlichamen niet vanzelfsprekend meer goed zal zijn.



De provincies Noord-Brabant en Limburg hebben naast het standaardpakket PFAS aanvullend ook op trifluorazijnzuur (TFA) geanalyseerd. Dit betreft een zeer kleine maar ook persistente en mobiele PFAS met de status van potentiële ZZS (pZZS). TFA is in meer dan 90% van de ondiepe filters aangetroffen. Ervan uitgaande dat dit percentage ook op landelijk niveau representatief is, dan belandt de stof met een overschrijding van de voorgestelde somnorm in bijna 24% van de filters op nummer 2 in de top 10, net achter PFOA. Het lagere overschrijdingspercentage is het gevolg van de geringere toxiciteit van TFA ten opzichte van PFOA. Ten behoeve van een adequaat landelijk beeld is TFA inmiddels toegevoegd aan het standaardpakket PFAS, dat tijdens de meetronde van 2024 door alle provincies wordt gemeten.

De vraag doet zich voor hoe 'erg' het is dat PFAS-stoffen in relatief hoge concentraties (met normoverschrijding) zijn aangetroffen. Om hier meer duiding aan te geven is de PMT-screeningstool van het RIVM gebruikt [8]. P staat hierin voor persistentie in het milieu, M voor mobiliteit in het milieu en T voor humane toxiciteit. In de toolbox is voor een groot aantal stoffen voor elk van deze afzonderlijke parameters een score vastgelegd, met een daaruit berekende PMT-score. Hoe hoger deze score, hoe zorgwekkender de stof. De stoffen uit de PFAS-top-10 hebben zonder uitzondering een zeer hoge PMT-potentie (score 0,5-1, zie tabel 2). De stoffen zijn over het algemeen zeer persistent, zeer mobiel en zeer toxisch. Verontreiniging van het grondwater met PFAS-stoffen is daarom vanuit (onder meer) gezondheidskundig perspectief zeer onwenselijk, temeer omdat de stoffen moeilijk uit verontreinigd water te verwijderen zijn [9].

Overige stofgroepen

In bijna 70% van de ondiepe filters zijn bestrijdingsmiddelen of al dan niet humaan toxicologisch relevante metabolieten hiervan aangetroffen. Metabolieten zijn de tussen- of eindproducten die ontstaan nadat een chemische stof bijvoorbeeld door bacteriën wordt afgebroken. Opvallend is dat in bijna de helft van alle filters meerdere verschillende stoffen uit deze groep zijn aangetroffen; in 15 procent van de filters zelfs meer dan tien. In ongeveer 36 procent van de ondiepe filters zijn één of meer normoverschrijdingen aangetroffen (zie tabel 1 voor het normkader). De meeste normoverschrijdingen komen voor in Limburg en in de bollenstreek, de minste in Gelderland, Utrecht en Noord-Holland.

De top-10 van normoverschrijdend aangetroffen bestrijdingsmiddelen is weergegeven in tabel 3. Vier van deze stoffen, waaronder de nummer 1, zijn humaan toxicologisch niet relevante metabolieten. In deze landelijke dataset komt géén van de bestrijdingsmiddelen in de buurt van het criterium van 20% normoverschrijdingen, dat als bovengrens voor de goede chemische toestand van grondwaterlichamen wordt beschouwd. Voor individuele grondwaterlichamen kan dit anders zijn. Dit criterium geldt alleen voor bestrijdingsmiddelen en humaan toxicologisch wél relevante metabolieten.

Tabel 3. Top-10 bestrijdingsmiddelen (inclusief metabolieten), overige verontreinigende stoffen en medische stoffen, gebaseerd op het weergegeven percentage van normoverschrijdend aantreffen in de ondiepe filters (zie tabel 1 voor het normkader)

Bestrijdingsmiddelen				Overige verontreinigende stoffen			Medische stoffen		
Nr.	Stof	Type stof	%	Stof	Type stof	%	Stof	Type stof	%
1	Desfenyl-chloridazon	Herbicide#	9.1%	Acesulfaam K	Voedingsadditie f	19.3%	Gabapentine	Geneesmiddel	2.9%
2	Bentazon	Herbicide	3.9%	EDTA	Complexvormer	15.8%	Clopidol	Diergeneesmiddel	1.6%
3	Methyl-desfenyl-chloridazon	Herbicide#	2.8%	1,3-xyleen	Oplosmiddel	8.9%	Jopamidol	Röntgencontrastmiddel	1.0%
4	DEET	Biocide	2.2%	Tolueen	Oplosmiddel	8.9%	Fenazon (antipyriene)	Geneesmiddel	1.0%
5	BAM	Herbicide# Fungicide#	2.1%	Tetraglyme	Oplosmiddel	8.5%	Amidotri-zoïnezuur	Röntgencontrastmiddel	0.4%
6	Som dithiocarbamaten*	Fungicide	1.5%	1,2,3-benzotriazool	Corrosieremmer (o.a.)	6.1%	Carbamazepine	Geneesmiddel	0.4%
7	Dikegulac		1.5%	Tributylfosfaat	Oplosmiddel	4.3%	Sulfadimidine	Geneesmiddel	0.4%
8	Glyfosaat	Herbicide	1.2%	TCPP	Brandvertrager	4.1%	Paracetamol	Geneesmiddel	0.4%
9	Dimethyl-sulfamide	Fungicide#	1.1%	2-methyl-benzothiazool	Overige verontreinigende stof	3.4%	Furosemide	Geneesmiddel	0.4%
10	Mecoprop	Herbicide	1.1%	Tetrahydrofuraan	Oplosmiddel	3.4%	Sulfapyridine	Diergeneesmiddel	0.4%

Humaantoxicologisch niet relevante metaboliet van chloridazon (1 en 3), dichlobenil (5), fluopicolide (5), tolylfluanide (9) en dichlofluanide (9).

* De parametersom van dithiocarbamaten is getoetst aan de somnorm voor bestrijdingsmiddelen van 0,5 µg/l, in plaats van de norm van 0,1 µg/l voor individuele stoffen.

In ongeveer 66 procent van de ondiepe filters zijn één of meer overige verontreinigende stoffen aangetroffen. Dit is een hoog percentage, vergelijkbaar met dat voor bestrijdingsmiddelen. Het percentage ondiepe filters met één of meer overschrijdingen van de signaleringswaarde is met ongeveer 52 procent zelfs hoger dan bij de bestrijdingsmiddelen. De top 10-stoffen zijn weergegeven in tabel 3. De helft hiervan wordt getypeerd als oplosmiddel. De zoetstof acesulfaam K is zelfs in meer dan een derde van alle metingen aangetroffen en in ruim 19 procent ook boven de signaleringswaarde. Deze stof is humaan toxicologisch weinig relevant, maar is wel een belangrijke indicator voor vergrijzing van het grondwater onder invloed van door rwzi-effluent belast oppervlaktewater.

Medische stoffen zijn beduidend minder aangetroffen; in ongeveer 17 procent van de ondiepe filters. In ongeveer 7 procent van de ondiepe filters vinden één of meer overschrijdingen van de signaleringswaarde plaats. Overschrijdingen komen relatief vaak voor in Limburg en Overijssel. De top-10 van normoverschrijdend aangetroffen medische stoffen is weergegeven in tabel 3. (Humane) geneesmiddelen maken het grootste deel van de top-10 uit, aangevuld met enkele



diergeneesmiddelen en röntgencontrastmiddelen. Voor de meeste van deze stoffen, zeker die voor humaan gebruik, is rwzi-effluent een belangrijke verspreidingsroute richting het oppervlaktewater- en het grondwatersysteem.

Ook veel van de top 10-stoffen uit de groepen van bestrijdingsmiddelen, medische stoffen en overige verontreinigende stoffen hebben hoge of zeer hoge PMT-scores, hoewel in veel gevallen lager dan de PFAS. (Verdere) verontreiniging van het grondwater met deze stoffen is daarom vanuit onder meer gezondheidskundig perspectief zeer onwenselijk. Wanneer deze of vergelijkbare stoffen op kortere of langere termijn worden aangetroffen in grondwater dat wordt onttrokken voor menselijke consumptie, dan kan aanvullende zuiveringsinspanning noodzakelijk zijn. Dit is maatschappelijk ongewenst en bovendien niet toegestaan vanuit Europese wetgeving (KRW).

Conclusie

De rapportage 'Grondwaterkwaliteit Nederland 2021-2022' biedt een objectieve en feitelijke weergave van de chemische samenstelling van het grondwater in Nederland. Voor het eerst zijn daarbij ook PFAS-stoffen als afzonderlijke stofgroep onderzocht en beschreven. De rapportage helpt om de huidige situatie van het grondwater in Nederland beter te begrijpen. De beschreven resultaten leiden tot het verontrustende signaal naar onder andere besturen van provincies dat het grondwater vrijwel overal verontreinigd is met één of meer milieuvreemde stoffen. Het is, in het belang van de drinkwatervoorziening en ook de natuurkwaliteit, noodzakelijk om verdere achteruitgang van de grondwaterkwaliteit te voorkomen.

In 2024 meten de provincies weer uitgebreid, onder andere ter vaststelling van toestand en trends van de kwaliteit van de KRW-grondwaterlichamen. Daarbij wordt overal met dezelfde (lage) rapportagegrenzen voor PFAS gemeten en wordt een aantal stoffen aan de analysepakketten toegevoegd die in de voorgaande meetronde slechts door enkele provincies zijn gemeten, maar wel frequent en ook normoverschrijdend zijn aangetroffen. Dit leidt naar verwachting tot een evenwichtiger en representatiever, maar ook verontrustender beeld van het voorkomen van PFAS en andere stoffen in het Nederlandse grondwater. Dit zal gepresenteerd worden in de in 2025 te verschijnen rapportage.

Referenties

1. Geudens, P.J.J.G. & Kramer, O.A.A. (2022). *Drinkwaterstatistieken 2022. Van bron tot kraan*. Vewin, Den Haag.
2. Arcadis (2023). *Grondwaterkwaliteit Nederland 2021-2022*. Arcadis, 's-Hertogenbosch, project 30170360.
3. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2021). *Landsdekkend beeld van PFAS in Nederlands grondwater*. RIVM, Bilthoven, briefrapport 2021-0205.
4. <https://www.waterkwaliteitsportaal.nl/rapport-grondwaterkwaliteit-nederland-2021-2022>
5. STOWA (2021). *Chemische stoffen in het grondwater: status van vergrijping in Nederland. KIWK 2021-58*.
6. Arcadis (in voorb.) *PFAS in sea spray aerosolen en zeeschuim*. In voorbereiding, januari 2024.
7. Vissers, M. (2022). *Grondwaterkwaliteit natuurgebieden provincie Utrecht. Monitoringsresultaten 2022*. Sweco, referentienr. 51011789.



8. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2023). *PMT-tool*. <https://rvszoekstestem.rivm.nl/PmtTool>, geraadpleegd oktober/november 2023.
9. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2022). *PFAS in Nederlands drinkwater vergeleken met de nieuwe Europese Drinkwaterrichtlijn en relatie met gezondheidskundige grenswaarde van EFSA*. RIVM, Bilthoven, briefrapport 2022-0149.