



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Voorstellen voor trendbepaling in grondwater voor de KRW

Rapport 607402002/2011

W. Verweij | M.C. Zijp | L.J.M. Boumans |

H.F.R. Reijnders



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Voorstellen voor trendbepaling in grondwater voor de KRW

RIVM Rapport 607402002/2011

Colofon

© RIVM 2011

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

W. Verweij
M.C. Zijp
L.J.M. Boumans
H.F.R. Reijnders

Contact:
Wilko Verweij
Laboratorium voor Ecologische Risicobeoordeling
wilko.verweij@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, in het kader van het project 'Ondersteuning Grondwaterrichtlijn'.

Rapport in het kort

Voorstellen voor trendbepaling in grondwater voor de KRW

In de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) is bepaald dat concentraties van verontreinigende stoffen in grondwater niet mogen stijgen. In de tien jaar dat deze richtlijn van kracht is, bleek dat het in de praktijk erg lastig is om een dergelijke stijging vast te stellen. Het RIVM geeft daarom, in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) praktische adviezen om de belangrijkste problemen hierbij aan te pakken. Uitgangspunt daarbij is de beschikbare informatie op de juiste manier te gebruiken en te interpreteren in plaats van meer te gaan meten. Zo kan met weinig gegevens toch al een (soms voorzichtige) conclusie worden getrokken.

Trefwoorden:

Trendbepaling, Grondwaterlichaam, Kaderrichtlijn Water, Grondwaterrichtlijn

Abstract

Proposals for trend assessment in groundwater for the WFD

The European Water Framework Directive (WFD) determines that concentrations of pollutants in groundwater should not display an upward trend. The WFD is now ten years in force it appeared to be pretty hard to determine whether an upward trend exists. RIVM formulated practical recommendations to tackle the most prominent problems. Starting point was to optimally use the available information rather than put more effort in monitoring. That way (albeit sometimes carefully-worded) conclusions can be drawn with few data.

Key words:

Trend assessment, Groundwater body, Water Framework Directive, Groundwater Directive

Inhoud

	Samenvatting—6
1	Inleiding—7
2	Richtlijnen en handreikingen—9
2.1	Richtlijnen—9
2.2	Handreikingen—12
3	Aanscherpen vraagstelling—15
4	Vraag en antwoord—17
4.1	Voor welke stoffen?—17
4.2	Aantal jaren—17
4.3	Ontbrekende getallen of onvoldoende meetjaren—18
4.4	Benodigde meetnetdichtheid—19
4.5	Resultaten onder de kwantificeringslimiet—21
4.6	Randvoorwaarden en resultaten van tool—22
	Literatuur—24

Samenvatting

Dit rapport geeft een overzicht van de KRW-onderdelen waarvoor trendbepaling nodig is. De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW), in 2000 van kracht geworden, bepaalt dat stijgende trends van verontreinigende stoffen in grondwater moeten worden omgebogen. Daarnaast is op een aantal andere punten in de KRW trendbepaling nodig.

In 2008 is door het RIVM een Handreiking trend en trendomkering opgesteld. Uit de ervaringen van provincies met het vaststellen en beoordelen van trends in grondwaterlichamen op basis van deze handreiking bleek dat er behoefte is aan aanvullende ondersteuning voor dit onderwerp. Wat precies die behoefte is, is geïnventariseerd middels een kleine workshop met vier vertegenwoordigers van de provincies. In dit rapport worden de vragen van provincies rond trendbeoordeling in grondwaterlichamen voor de KRW beschreven en, vanwege het beperkte budget, de meest prangende vragen beantwoord. Het gaat om antwoord op de volgende vragen:

1. Van minimaal en maximaal hoeveel jaren heb je gegevens nodig om een trend te kunnen berekenen?
2. Wat doe je als getallen ontbreken of bij onvoldoende meetjaren in de datareeks?
3. Welke meetnetdichtheid in tijd en ruimte is nodig voor een verantwoorde trendbepaling op de schaal van een grondwaterlichaam?
4. Hoe kun je het beste omgaan met getallen boven de analysegrens, maar onder de kwantificeringslimiet?

1 Inleiding

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW; EU, 2000) heeft een duurzame veiligstelling van grond- en oppervlaktewaterlichamen tot doel. De KRW is in de Nederlandse wetgeving geïmplementeerd middels het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 (VROM, 2010), met uitzondering van het KRW-onderdeel 'inbreng van verontreinigende stoffen voorkomen en beperken (KRW artikel 4, 1 b i)'.

De KRW kent voor grondwater vijf verschillende doelstellingen:

1. de inbreng van verontreinigende stoffen in grondwater te voorkomen of te beperken (afhankelijk van de aard van de stof);
2. de achteruitgang van de toestand van alle grondwaterlichamen te voorkomen;
3. in grondwaterlichamen de goede toestand te halen en te behouden;
4. door de mens veroorzaakte significante en aanhoudende stijgende trends van concentraties verontreinigende stof om te buigen;
5. de doelen voor beschermde gebieden te halen.

Bij alle vijf doelstellingen speelt trendbepaling een rol.

De KRW kent een planningscyclus van 6 jaar. Tijdens de planningscyclus wordt ingeschat of zal kunnen worden voldaan aan de milieudoelstellingen uit de KRW. Dit is de karakterisering. Wanneer er bij de karakterisering wordt vastgesteld dat mogelijk niet aan de doelstellingen kan worden voldaan, dan is het grondwaterlichaam 'at-risk'. In dat geval moet monitoring worden ingericht en moeten maatregelen worden overwogen.

Aan het einde van elke planningscyclus dienen de EU-lidstaten aan de Europese Commissie te rapporteren of de (grond-)waterlichamen voldoen aan de KRW-milieudoelstellingen en over de maatregelen die worden genomen om deze doelstellingen te halen. In de Stroomgebiedbeheersplannen (SGBP's) moet onder andere worden aangegeven of er sprake is van significant stijgende trends op grondwaterlichaamniveau, wat er wordt gedaan om stijgende trends om te buigen en in hoeverre dit al lukt (GWR artikel 5, EU, 2006). Stijgende trends en omgebogen trends moeten met stippen op de kaarten in de SGBP's worden aangegeven (KRW Bijlage VII).

In 2008 is door het RIVM een Handreiking trend en trendomkering opgesteld (Boumans et al., 2008), gericht op het vaststellen van stijgende trends van verontreinigende stoffen. De provincies, verantwoordelijk voor het uitvoeren van de berekeningen, hebben echter aangegeven behoefte te hebben aan meer gedetailleerde beschrijvingen en werkwijzen. In 2010 is met de provincies nagegaan welke verdere vragen er leven over het vaststellen van trends. Die vragen rond trendbepaling in grondwaterlichamen voor de KRW worden in dit rapport beschreven en, voor zover passend binnen het budget, beantwoord.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van dit rapport worden de relevante bepalingen uit de KRW en de Grondwaterrichtlijn (GWR) besproken, alsmede de guidance documents (documenten die in EU-verband worden gemaakt om de implementatie van de KRW en GWR te ondersteunen). Hoofdstuk 3 geeft aan hoe de vraagstelling nader is gespecificeerd (proces) terwijl hoofdstuk 4 de adviezen bevat.

2 Richtlijnen en handreikingen

Als basis is het belangrijk voor ogen te hebben wat er vanuit de KRW en GWR wordt gevraagd van de EU-lidstaten rondom trendbepaling en wat belangrijke handreikingen zijn ter ondersteuning daarvan. Dit is samengevat in dit hoofdstuk.

2.1 Richtlijnen

Allereerst wordt weergegeven wat de KRW en GWR zeggen over trends bij de karakterisering en bij de toestand- en trendbeoordeling. Overigens spreekt de KRW over 'tendens' en de GWR over 'trends'. Daarmee wordt hetzelfde bedoeld.

2.1.1 *Karakterisering*

In het KRW-systematiek zit een elke 6 jaar terugkerende activiteit om vooruit te kijken en in te schatten of aan het einde van de volgende KRW-planningscyclus de milieudoelstellingen worden gehaald. Dit is de karakterisering (artikel 5 van de KRW), ook wel gebiedsanalyse genoemd. Voor de karakterisering wordt trendbepaling ingezet. Aan deze trendbepaling worden in de richtlijnen geen eisen gesteld; bij de toestandbeoordeling is dit wel het geval. Bij de karakterisering speelt met name het conceptuele model (Spijker et al., 2009) een centrale rol, bij toetsen vooral waarnemingen.

2.1.2 *Toestand- en trendbeoordeling*

De KRW bevat milieudoelstellingen voor grondwater. Deze zijn geformuleerd in artikel 4 van de KRW, in de vorm van maatregelen. Lidstaten dienen maatregelen te nemen om:

1. de inbreng van verontreinigende stoffen in grondwater te voorkomen of te beperken (afhankelijk van de aard van de stof);
2. de achteruitgang van de toestand van alle grondwaterlichamen te voorkomen;
3. in grondwaterlichamen de goede toestand te halen en te behouden;
4. door de mens veroorzaakte significante en aanhoudende stijgende trends van concentraties verontreinigende stof om te buigen;
5. de doelen voor beschermde gebieden te halen.

In de GWR zijn deze doelstellingen uitgewerkt. Bij alle vijf speelt trendbepaling op de een of andere manier een rol. Deze doelstellingen worden in relatie tot trends hieronder kort besproken.

Het begrip 'goede toestand' wekt vaak verwarring; het is namelijk één van de vijf doelen en het is dus niet een soort samenvattend oordeel van alle vijf doelen. Daardoor kan een grondwaterlichaam in een goede toestand zijn en wel stijgende trends hebben (en dus wellicht maatregelen vereisen); andersom kan ook: geen stijgende trends maar toch geen goede toestand.

Inbreng voorkomen of beperken

Samenvatting van: KRW artikel 4bi en Bijlage VIII, GWR artikel 5.5 en artikel 6

Bij puntbronnen met één of meer pluimen verontreinigd grondwater moet trendbeoordeling worden uitgevoerd om te bewaken dat de verontreiniging zich niet verder verspreidt, de chemische toestand van het grondwaterlichaam er niet door verslechtert en er geen risico ontstaat voor de menselijke gezondheid en het milieu.

Achteruitgang voorkomen

Samenvatting van: KRW artikel 4bi

Deze doelstelling maakt deel uit van hetzelfde artikel als de vorige doelstelling, maar wordt vaak als een apart doel onderscheiden (zie ook EU, 2010). Er kan sprake zijn van achteruitgang van de toestand van een grondwaterlichaam als niet alle bronnen onder controle zijn of als er sprake is van historische verontreiniging waarvan de bron gesaneerd is, maar waarvan de pluim zich nog verder verspreidt.

Goede toestand

Samenvatting van: KRW artikel 4bii en Bijlage V, GWR artikel 4c en Bijlage III

Trendbepaling wordt gebruikt bij de toestandbeoordeling van grondwaterlichamen. De goede toestand van grondwaterlichamen bestaat uit een goede chemische toestand en een goede kwantitatieve toestand. De chemische toestand is goed als:

- grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen niet negatief worden beïnvloed; en
- de toestand van grondwaterafhankelijke oppervlaktewaterlichamen niet negatief wordt beïnvloed; en
- de kwaliteit van water bestemd voor menselijke consumptie niet achteruit gaat; en
- er geen intrusies plaatsvinden; en
- de omvang van een eventuele verontreiniging niet te groot is.

De beoordeling van de chemische toestand bestaat uit twee stappen:

Stap 1: Toets of drempelwaarden of communautaire normen worden overschreden in het KRW-monitoringprogramma. Een overschrijding betekent dat mogelijk één of meer elementen van de goede chemische toestand in gevaar is. Dit wordt vervolgens onderzocht in stap 2 (stap 2 wordt dus overgeslagen als de drempelwaarden en communautaire normen nergens in het KRW-monitoringprogramma worden overschreden).

Stap 2: Passend onderzoek, waarin middels 5 testen wordt onderzocht of de overschrijding(en) gevolgen hebben voor bovenstaande 5 elementen van de goede chemische toestand. Als dat zo is, dan is de toestand van het grondwaterlichaam slecht.

Trendbeoordeling speelt een rol bij 2 van de 5 testen in stap 2, namelijk de test of de kwaliteit van water bestemd voor menselijke consumptie niet achteruit gaat, en de test of er geen intrusies plaatsvinden. Dit is

uitgewerkt in het Voorlopig protocol voor de toestandbeoordeling van grondwaterlichamen (VROM, 2009). Opgemerkt zij dat de manier waarop deze tests worden uitgevoerd niet is voorgeschreven; het is een Nederlandse keuze om door middel van een trendbepaling de tests uit te voeren.

Trends ombuigen

Samenvatting van: KRW artikel 4biii en Bijlage V, GWR artikel 5 en Bijlage IV

Door de mens veroorzaakte significante en aanhoudende stijgende trends van concentraties verontreinigende stof moeten worden omgebogen. Het gaat in principe om trends op grondwaterlichaamniveau¹, voor de stoffen waarvoor in dat grondwaterlichaam een drempelwaarde is afgeleid en voor stoffen met een communautaire norm (Bijlage IV, deel A, lid 1). Daarnaast kan het nodig zijn te bepalen of er op lange termijn sprake zal zijn van stijgende trends door natuurlijke of antropogene oorzaak. Significante en aanhoudend stijgende trend wordt in de GWR gedefinieerd als: 'elke statistisch en uit milieuoogpunt significante toename van de concentratie van een verontreinigende stof, groep verontreinigende stoffen of indicator van verontreiniging in het grondwater, die overeenkomstig artikel 5 moet worden omgekeerd'. Een statistisch stijgende trend voldoet dus niet automatisch aan die definitie. Een significante en aanhoudende stijgende trend moet worden omgebogen als een bepaald percentage van de drempelwaarde of communautaire milieukwaliteitsnorm wordt overschreden. Dit percentage staat standaard op 75%, maar lidstaten mogen hier onderbouwd van afwijken. Een significante trend is dus een statistisch significante trend die een van te voren vastgesteld percentage van de drempelwaarde of communautaire norm overschrijdt.

Specifiek voor de trendbeoordeling stelt de GWR eisen aan te gebruiken monitoring, de analysemethoden, de trendbeoordeling zelf en hoe daarbij gebruik te maken van meetwaarden onder de kwantificeringslimiet. Hoofdstuk 4 van dit rapport gaat hier verder op in.

In principe zijn er twee mogelijkheden voor de berekeningsmethode van een trend in een grondwaterlichaam.

1. Eerst het gemiddelde berekenen van alle gemeten concentraties in een grondwaterlichaam in een bepaald jaar en daarna dit gemiddelde in de tijd uitzetten.
2. Eerst per meetpunt een trendlijn berekenen en daarna de trendlijnen middelen.

Deze methoden verschillen niet van elkaar als er in elk meetpunt evenveel metingen zijn gedaan. Als er niet evenveel metingen zijn, dan ontstaan er kleine of mogelijk grote verschillen tussen de twee methoden. De KRW doet hier geen enkele uitspraak over. De GWR bevat twee passages die gaan over individuele monitoringpunten waar mogelijkwijs een keuze in ligt besloten voor één van beide

¹ Zie KRW Bijlage V, paragraaf 2.4.4: 'De tendensen worden berekend voor een grondwaterlichaam of, in voorkomend geval, een groep grondwaterlichamen.'

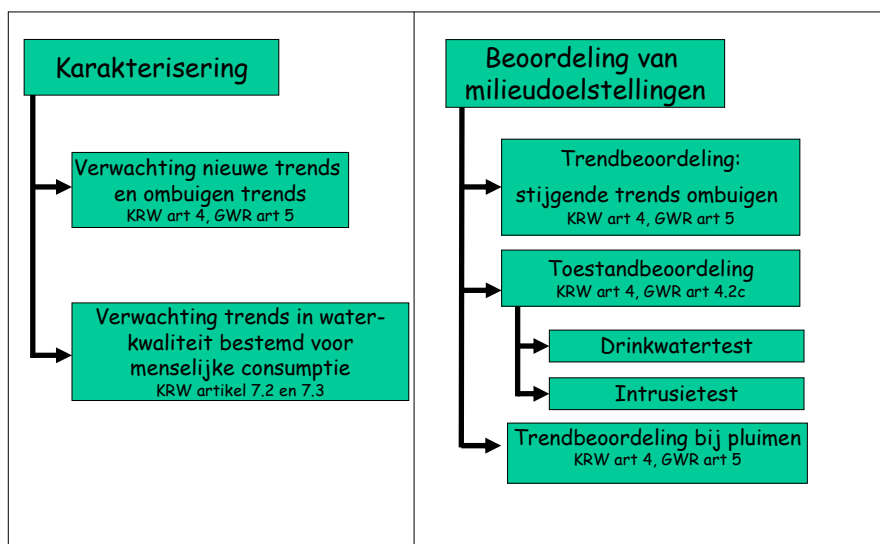
berekeningsmethoden. Bijlage IV (deel A, artikel 2c) van de GWR geeft aan dat 'de beoordeling wordt gebaseerd op een statistische methode (...) voor trendanalyse van tijdreeksen van individuele monitoringpunten'. Artikel 5 (lid 4a) geeft aan dat lidstaten moeten aangeven 'de wijze waarop de trendbeoordeling vanuit afzonderlijke monitoringpunten in een grondwaterlichaam (...) ertoe heeft bijgedragen dat er (...) in die lichamen een significante en aanhoudend stijgende trend in de concentratie van verontreinigende stoffen of een omkering in die trend is vastgesteld'. Dit suggereert dat het de bedoeling is per meetpunt een trendlijn te berekenen en daarna de lijnen per grondwaterlichaam te middelen²; maar de richtlijn is hier naar onze mening niet heel expliciet over.

Beschermde gebieden

Beschermde gebieden zijn onder andere grondwaterbeschermingsgebieden. De KRW stelt dat de kwaliteit van water bestemd voor menselijke consumptie niet mag verslechteren, zodat op termijn de zuiveringsinspanning kan verminderen. Of aan dit doel wordt voldaan, wordt beoordeeld met trendbepaling. Ook hier geldt dat niet is voorgeschreven dat trends moeten worden gebruikt bij deze test. Het is een Nederlandse keuze om de tests met behulp van trendbepaling uit te voeren.

2.1.3 Schematisch

In bijgaand schema is aangegeven op welke onderdelen in het proces van de karakterisering en bepaling trends (moeten) worden gebruikt.



Figuur 1. Overzicht van onderdelen van KRW en GWR waar het begrip 'trend' in voorkomt.

2.2 Handreikingen

Er zijn verschillende handreikingen (guidance documents) geschreven ter ondersteuning van trendbepaling in grondwaterlichamen. De belangrijkste zijn:

² Dit is anders dan voor de Nitraatrichtlijn waar wel expliciet een berekening per 'station' is voorgeschreven (EC, 2000).

- technical report on statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends and aggregation of monitoring results (EU, 2001);
- guidance document on status and trend assessment (EU, 2009a);
- guidance document on risk assessment and conceptual models (EU, 2010).

Guidance documents bevatten een nadere invulling van de KRW en de GWR. Guidance documents zijn formeel niet bindend. Ze hebben echter wel een relatief hoge status omdat ze zijn goedgekeurd door de waterdirecteuren van alle EU-lidstaten en door de Europese Commissie.

2.2.1 *Technical report*

In 2001 is namens de Europese Commissie een rapport geschreven ter ondersteuning van trendbepaling in grondwaterlichamen. Dit is het technical report on statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends and aggregation of monitoring results (EU, 2001). Het document gaat in op:

- welke gegevens minimaal nodig zijn voor trendbeoordeling op grondwaterlichaamniveau;
- statistische methoden voor het beoordelen van trends en trendomkering;
- hoe om te gaan met waarden onder de kwantificeringslimiet.

Het technical report spreekt zich uit over de vraag hoe een gemiddelde op niveau van grondwaterlichaam moet worden berekend, de discussie die eerder aangevoerd is op blz. 11. Het technical report stelt dat de trend eerst per meetpunt moet worden bepaald en daarna ruimtelijk moet worden geaggregeerd over het grondwaterlichaam. Zie blz. 29 in het technical report: 'In general the procedure for data aggregation consists of a regularisation of the measured data for each sampling site and a spatial aggregation of the regularised data for a GW-body or a sub-body' en blz. 40 'Trend analysis should be based on aggregated data from the whole GW-body (WFD, Annex V). Data aggregation for trend assessment consists of the same procedures (regularisation and spatial aggregation) as for quality status assessment.'

Samen met het technical report is ook een instrument ontwikkeld voor het beoordelen van trends en trendomkering. Dit is het gratis te downloaden programma GWstat³. GWstat en het technical report zijn als uitgangspunt genomen voor de Nederlandse Handreiking trend en trendomkering die ten behoeve van de eerste toestand en trendbeoordelingen is opgesteld (Boumans et al., 2008).

2.2.2 *Guidance document on status and trend assessment*

Het EU guidance document on status and trend assessment (EU, 2009a) heeft tot doel lidstaten te ondersteunen bij het beoordelen van de toestand en trends in hun grondwaterlichamen.

Voor wat betreft de toestandbeoordeling is relevant dat de 5 tests, zoals besproken in paragraaf 2.1.2 (onderdeel **Goede toestand**), worden uitgewerkt. Hieruit blijkt inderdaad dat trendbeoordeling bij de drinkwatertest en de intrusietest een belangrijke rol speelt.

³ <http://www.wfdgw.net/report/GWstat-Setup.exe>

Voor wat betreft de trendbeoordeling wordt in dit document aanvullende informatie gegeven ten opzichte van de KRW en GWR over:

- het gebruik van meetgegevens onder de kwantificeringslimiet;
- het bepalen of een trend significant is vanuit milieuoogpunt.

2.2.3 *Guidance document on risk assessment*

Het EU guidance document on risk assessment and conceptual models (EU, 2010) gaat over het actualiseren van de karakterisering van grondwaterlichamen en het gebruik van conceptuele modellen daarbij. Het document geeft aan dat voor de karakterisering niet alleen naar waarnemingen wordt gekeken, maar dat voor het inschatten van eventuele toekomstige risico's ook rekening moet worden gehouden met veranderingen van emissies, het effect van maatregelen, klimaatverandering etcetera. Trendberekening kan worden ingezet om de effecten in te schatten.

3 Aanscherpen vraagstelling

Bij de uitwerking van de eerste fase van het project (inhoudelijke verkenning) is gebleken dat trendbepaling van grondwaterkwaliteit op vijf plaatsen in de KRW en de GWR voorkomt, met elk hun specifieke theoretisch (richtlijnen/ guidance) en praktisch raamwerk (zie Figuur 1).

Op dat moment is, in nauw overleg met de provincies, besloten de vragen verder aan te scherpen. In juni 2010 is daartoe een discussiebijeenkomst georganiseerd met een viertal vertegenwoordigers vanuit de provincies.

De opzet van de bijeenkomst was als volgt:

- presentatie overzicht trendbepaling in de KRW/GWR (RIVM);
- presentatie uitleg technische uitwerking trendbepaling in EU technical report #1 uit 2002 (RIVM);
- brainstorm op welk onderdeel behoefte is aan ondersteuning door het RIVM bij provincies;
- prioritering geïnventariseerde punten.

De resultaten van de brainstorm kunnen worden onderverdeeld in drie onderdelen:

1. **Overzicht en uitleg van trendbepaling tijdens de karakterisering en bij de beoordeling** van de toestand van grondwaterlichamen in de KRW/GWR.
2. **Technische ondersteuning bij bepaling trends** (bij karakterisering en toestandbeoordeling)
 - Van minimaal en maximaal hoeveel jaren heb je gegevens nodig om een trend te kunnen berekenen?
 - Wat doe je als getallen ontbreken of bij onvoldoende meetjaren in de datareeks?
 - Voor welke stoffen moet je een trend bepalen?
 - Welke meetnetdichtheid in tijd en ruimte is nodig voor een verantwoorde trendbepaling op de schaal van een grondwaterlichaam?
 - Op welke meetdiepten moet je een trend bepalen?
 - Hoe kun je het beste omgaan met resultaten die op een rapportagegrens zijn afgekapt?
 - Welke typen regressieanalyse kunnen worden toegepast?
 - Ontwikkelen/ beschikbaar stellen van een gebruikersvriendelijke tool (al dan niet GWstat).
3. **Ondersteuning bij alternatieve trendbepaling** (bij karakterisering sowieso én bij toestand beoordeling als er onvoldoende data voor een verantwoorde trendbepaling zijn)
 - Kwaliteitseisen voor een expert judgement (bij karakterisering en beoordeling).
 - Is leeftijdsbepaling van grondwater KRW-proof en breed toepasbaar? Zo ja, dan protocol ontwerpen.
 - Overzicht en uitleg van alternatieve bepaling trend bij gebrek aan gegevens.
 - Rol conceptueel model.

Er is bij de provincies geen behoefte aan een protocol voor trendbepaling tijdens de karakterisering, want de karakterisering gebeurt op basis van alle beschikbare kennis. Die kan aanzienlijk verschillen per grondwaterlichaam en dan is een protocol niet zinvol.

De uitwerking per onderdeel kan verschillend zijn voor de karakterisering en toetsing. Bij karakterisering speelt met name het conceptuele model een centrale rol en bij toetsen vooral de waarnemingen.

Prioritering

Door de aanwezige provincies is onderdeel 2 (technische ondersteuning) geprioriteerd als meest urgent.

Vervolg

In het overleg met de provincies is afgesproken dat het RIVM een document maakt met **randvoorwaarden voor een te ontwikkelen gebruikersvriendelijke tool** waarmee provincies trends kunnen bepalen. In het document worden oplossingen op de vragen onder onderdeel 2 voorgesteld. Het ontwikkelen van de tool valt buiten het bestek van dit project. In het document wordt wel overzicht en uitleg gegeven van trendbepaling voor de karakterisering en beoordeling van grondwaterlichamen in de KRW/GWR (zie hoofdstuk 2).

Het resultaat van de bijeenkomst is vervolgens besproken in de Werkgroep Grondwater en daar goedgekeurd.

In het volgende hoofdstuk worden de vragen uit onderdeel 2 achtereenvolgens besproken.

4 Vraag en antwoord

In dit hoofdstuk worden de vragen besproken die in het vorige hoofdstuk zijn geselecteerd. De antwoorden zijn zoveel mogelijk zo geformuleerd dat ze generiek toepasbaar zijn, dus zowel voor de trendbepaling op grondwaterlichaamniveau als voor de trendbepaling op lokaal niveau zoals voor de drinkwatertest.

Voor een goed begrip van de vragen en antwoorden is het van belang te weten hoe Nederland het KRW-meetnet heeft opgezet. De KRW kent twee typen monitoring: de zogeheten 'toestand- en trendmonitoring' en 'operationele monitoring'. Daarbinnen zijn er in principe twee mogelijkheden:

1. één meetnet voor alle typen monitoring;
2. een apart meetnet voor elk type monitoring, dus ook voor het detecteren van stijgende trends.

De ene mogelijkheid is niet a priori beter dan de andere. Nederland heeft voor de eerste mogelijkheid gekozen. Dat impliceert dat het niet vanzelfsprekend is dat alle metingen uit het meetnet zonder meer moeten worden meegenomen bij het bepalen van trends. Er moet worden stilgestaan bij de vraag welke gegevens wel en niet bruikbaar zijn. Daartoe is een conceptueel model onontbeerlijk (zie Spijker et al., 2009).

4.1 Voor welke stoffen?

Trendberekeningen in een grondwaterlichaam moeten worden uitgevoerd voor twee categorieën stoffen namelijk:

1. stoffen met communautaire grondwaterkwaliteitsnormen (op dit moment nitraat en bestrijdingsmiddelen; zie GWR Bijlage I);
2. stoffen waarvoor drempelwaarden zijn afgeleid (GWR Bijlage IV, deel A, lid 1).

Voor andere stoffen (bijvoorbeeld stoffen met een drinkwaternorm) is een trendberekening niet verplicht.

4.2 Aantal jaren

Vraag: Van minimaal en maximaal hoeveel jaren heb je gegevens nodig om een trend te kunnen berekenen?

Bij de karakterisering wordt gebruikgemaakt van beschikbare metingen, maar ook van andere gegevens zoals die van de emissieregistratie. Er worden geen eisen gesteld aan het aantal te gebruiken meetgegevens. Het is 'roeien met de riemen die je hebt'.

Voor de toestand- en trendbeoordeling moet kunnen worden bepaald of een trend statistisch significant is. Daarvoor kunnen wel eisen worden gesteld aan het aantal te gebruiken meetgegevens. Zoals beschreven in hoofdstuk 2 geeft de GWR aan dat het aantonen van een trend gebaseerd moeten zijn op statistische methoden voor trendanalyse in een meetreeks van een individueel waarnemingspunt. Tabel 1 geeft aan wat mogelijk is met verschillende tijdreeksen van jaarlijkse waarnemingen op een waarnemingspunt.

Tabel 1. Samenvatting van wat mogelijk is met verschillende tijdreeksen van waarnemingen.

Tijdreeks (aantal meetjaren in een waarnemingspunt, bij jaarlijkse waarneming)	Mogelijk gebruik
2	Het verschil kan functioneren als een signaal voor verder onderzoek
3 tot 8	Met lineaire regressie een indicatie geven van een stijging of daling per waarnemingspunt
8 tot 15	Met lineaire regressie en voldoende onderscheidend vermogen ⁴ aangeven of sprake is van een significant stijgende of dalende trend
14 tot 30	Met behulp van een bi-sectie-model aantonen dat sprake is van trendomkering

Het Technical Report #1 (EU, 2001) geeft aan dat als eens per jaar wordt gemeten minstens 8 opeenvolgende meetjaren nodig zijn om een significant stijgende trend van 30% aan te tonen met een onderscheidend vermogen van 90%. Als halfjaarlijks wordt gemeten zijn 5 meetjaren voldoende (10 tot 15 metingen). Aanbevolen wordt niet meer dan 15 meetjaren te gebruiken voor het aantonen van een trend. Voor het aantonen van trendomkering met hetzelfde onderscheidend vermogen stelt het Technical Report dat 14 meetjaren nodig zijn, of 10 meetjaren als meer dan 1 keer per jaar wordt gemeten. In het Technical Report wordt ook benoemd dat daarom waarschijnlijk pas in 2020 bepaald kan worden of trends ombuigen. Tevens wordt aanbevolen geen langere tijdreeksen dan 30 jaar te gebruiken voor het aantonen van trendomkering.

4.3 Ontbrekende getallen of onvoldoende meetjaren

Vraag: Wat doe je als getallen ontbreken of bij onvoldoende meetjaren in de datareeks?

Zoals in paragraaf 4.2 aangegeven, wordt bij de karakterisering gebruikgemaakt van beschikbare metingen, maar ook van andere gegevens zoals die van de emissieregistratie. Er worden geen eisen gesteld aan het aantal te gebruiken meetgegevens.

Voor de toestand- en trendbeoordeling van grondwaterlichamen kan, bij ontbrekende getallen, de REML-methode worden gebruikt (REsidual Maximum Likelihood; Welham et al., 2004). Daarmee kan de trend van de gemiddelde concentratie van een stof in een grondwaterlichaam worden berekend.

De REML-methode is speciaal geschikt om datasets te analyseren die verschillende bronnen van ruis bevatten en onvolledig zijn.

⁴ Het onderscheidend vermogen, of onderscheidingsvermogen (Engels: *power*) van een statistische toets is de kans om een nulhypothese terecht te verwerpen.

Voorbeeld: in een grondwaterlichaam staan 10 vaste meetpunten welke jaarlijks worden bemonsterd. Indien we het jaarlijks gemiddelde van het grondwaterlichaam schatten dan hebben we 10 onafhankelijke metingen ter beschikking. Indien we het 5-jaarlijks gemiddelde schatten dan hebben we minder dan 50, maar 10 of meer onafhankelijke metingen (vrijheidsgraden) ter beschikking. Indien de variatie (ruis) van de grondwaterkwaliteit *in* een put groter is dan *tussen* putten, dan tellen de waarnemingen in een put meer mee bij de schatting van het gemiddelde dan in het geval de variatie tussen de putten groter is. Indien de variatie in een put gelijk is aan 0, dan hebben we voor het 5-jaarlijks gemiddelde slechts 10 onafhankelijke waarnemingen.

Indien van een jaar waarnemingen van meetpunten ontbreken, dan wordt gebruikgemaakt van de correlatie tussen de waarnemingen van het ontbrekende meetpunt met de overige meetpunten om voor het betreffende jaar een gemiddelde te schatten. Bij het bepalen van de onnauwkeurigheid wordt rekening gehouden met het aantal echte vrijheidsgraden.

De REML-methode houdt rekening met verstoringen (onder andere ontbrekende waarnemingen, vervangen van waarnemingspunten, enzovoort) die kunnen voorkomen in tijdreeksen die van meerdere waarnemingspunten afkomstig zijn. Als de REML-methode op één waarnemingspunt wordt toegepast kan slechts de variatie rond één lijn worden berekend en dan komt de uitkomst van de REML-methode overeen met de uitkomst van een lineaire regressieberekening. Ons advies is dan ook om bij één waarnemingspunt (zoals bij de drinkwatertest) lineaire regressie toe te passen met de getallen die er zijn.

4.4 Benodigde meetnetdichtheid

Vraag: Welke meetnetdichtheid in tijd en ruimte is nodig voor een verantwoorde trendbepaling op de schaal van een grondwaterlichaam?

Deze vraag gaat specifiek over de trendbeoordeling op grondwaterlichaamniveau. Deze trendbeoordeling vindt plaats over de monitoringresultaten van het KRW-monitoringprogramma zoals dat naar aanleiding van de KRW, Bijlage V, is opgesteld. De monitoringfrequentie en locaties van dit monitoringprogramma moet zodanig zijn dat (GWR Bijlage IV):

- stijgende trends met voldoende betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van natuurlijke variatie kunnen worden onderscheiden;
- stijgende trends tijdig kunnen worden vastgesteld, zodat maatregelen kunnen worden genomen om milieusignificante nadelige veranderingen van de kwaliteit te voorkomen of te mitigeren;
- rekening kan worden gehouden met tijdsafhankelijke fysische en chemische kenmerken van het grondwaterlichaam (bijvoorbeeld grondwaterstroming, infiltratie, afbraak en adsorptie).

De eisen aan het meetnet kunnen worden opgesplitst in meetfrequentie, meetdiepte en meetdichtheid.

Meetfrequentie

Voor de meetfrequentie zijn twee zaken belangrijk:

1. tijd: wat is de tijdsperiode van het 'verontreinigende proces' dat je in beschouwing neemt; en
2. onafhankelijkheid van de monsters.

Ad 1) De lengte van het filter is idealiter afgestemd op een karakteristieke periode van het verontreinigende proces. Bij diffuse verontreiniging is die periodeduur bijvoorbeeld vaak een jaar. Het filter moet dan een representatief monster geven voor een periode van het proces. Een monster dat betrekking heeft op een kortere periode kan worden uitgesloten (of verrekend (gemiddeld) met andere monsters).

Ad 2) Als er vaker wordt gemeten dan dat het water in een filter wordt ververs, dan zijn de metingen niet onderling onafhankelijk. De meetfrequentie moet dus worden afgestemd op tijd waarin een filter wordt ververs.

Veel van de meetpunten in het KRW-meetnet bevatten filters die ten minste 1 meter lang zijn. De jaarlijkse grondwateraanvulling bedraagt grosso modo 1 meter. Naarmate het grondwater dieper komt, neemt de horizontale stromingscomponent toe. Het grondwater om een filter van 1 meter lengte wordt dus eens per jaar of vaker ververs. Een jaarlijkse meting is dan voldoende. Voor meetpunten met kortere filters kan een hogere frequentie zinvol zijn, afhankelijk van het verontreinigende proces dat wordt beschouwd.

Meetdiepte

Het is niet goed mogelijk één vaste diepte te adviseren voor de te gebruiken gegevens. Dat hangt af van wat als probleem wordt gezien en dit verschilt dus per stof en per receptor. Een conceptueel model is onontbeerlijk om na te gaan van welke diepte gegevens moeten worden gebruikt en dus welke meetpunten relevant zijn.

Voorbeeld: als het de bedoeling is het effect van een maatregel te volgen zal het in het algemeen nodig zijn gegevens verkregen op relatief geringe diepte te gebruiken.

Ander voorbeeld: als het er om gaat te weten of een verontreiniging waarvan al bekend is dat die 'onderweg' is naar een drinkwaterwinning de winning bereikt heeft, is het gebruik van metingen op grotere diepte nodig.

Meetdichtheid

De benodigde meetdichtheid is afhankelijk van:

- de vraagstelling;
- de kennis van het geo-hydrologische systeem; en
- de variabiliteit in grondwaterkwaliteit, landgebruik en bodemtype in het grondwaterlichaam.

Daarbij zijn twee factoren van groot belang:

- het bodemgebruik (dat voor een groot deel de belasting van het grondwater bepaalt); en
- het bodemtype (dat mede de kwetsbaarheid bepaalt).

Stel dat in een grondwaterlichaam voor elke combinatie van bodemtype en bodembelasting minstens één waarnemingspunt zit in het KRW-monitoringprogramma. Dan worden de waarnemingspunten representatief verondersteld voor de oppervlakte van het gebied met die bepaalde bodemtype en bodembelasting. Om een jaargemiddelde te

bepalen voor het grondwaterlichaam kunnen waarnemingen worden gewogen naar de oppervlakte van het bodemtype en bodemgebruik. Dit is uitgewerkt in een voorbeeld: tekstbox 4.1. Daarnaast kan het soms handig zijn om 'handmatig' bepaalde punten een hogere relevantie toe te kennen, mits er voldoende kennis is van het grondwaterlichaam en die kennis daartoe aanleiding geeft.

Tekstbox 4.1 Een voorbeeld voor het toepassen van een weging op basis van een conceptueel model

Stel:

- volgens het conceptuele model wordt in het natuurgebied het grondwater minder belast met stof A dan in het landbouwgebied. Onder natuur vinden we gemiddeld 1 en onder landbouw 10 van stof A; of
- het oppervlak van het natuurgebied verschilt van het oppervlak van het landbouwgebied in het grondwaterlichaam.

In deze situatie kunnen we het oppervlakte gewogen percentage overschrijding van A voor het grondwaterlichaam als volgt berekenen:

Oppervlakte gewogen gemiddelde A van het grondwaterlichaam =

$$(a1 \cdot O1 + a2 \cdot O2) / (O1 + O2)$$

*a1 = fractie overschrijding natuur; O1 = oppervlak natuur;
a2 = fractie overschrijding landbouw; O2 = oppervlak landbouw*

Indien de meetpunten evenredig zijn verdeeld over de oppervlakten natuur en landbouw, dan is het percentage overschrijding tevens het oppervlakte gewogen percentage overschrijding.

Bepalen wat de meetdichtheid moet zijn is in feite onderdeel van de te ontwikkelen tool voor trendbepaling. De volgende paragraaf gaat hier verder op in.

4.5 Resultaten onder de kwantificeringslimiet

Vraag: Hoe kun je het beste omgaan met getallen boven de analysegrens, maar onder de rapportagegrens?

Wanneer resultaten van chemische analyses onder een bepaalde waarde komen, worden ze anders behandeld. Analyselaboratoria rapporteren in zo'n geval doorgaans alleen dat de gemeten concentraties kleiner zijn dan een bepaalde grens: de rapportagegrens. De hoogte van de grens wordt vaak uitgedrukt als een bepaald aantal maal de ruis in de blanco, maar dat aantal is niet uniform en bovendien tot op grote hoogte arbitrair.

Voor de trendbeoordeling verdient het naar onze mening aanbeveling resultaten boven de analysegrens, maar onder de rapportagegrens *niet* af te kappen. Idealiter moeten de ruwe data worden gebruikt, ook als die kleiner zijn dan de kwantificeringslimiet.

Als dat niet kan, bijvoorbeeld omdat analyselaboratoria die gegevens niet verstrekken, is het het beste de data onder de rapportagegrens te vervangen door de rapportagegrens. Als in een dataset data voorkomen met sterk uiteenlopende rapportagegrenzen, is het aan te raden alleen reeksen te gebruiken met lage rapportagegrenzen. Om te controleren of hierdoor geen trends 'over het hoofd worden gezien' is het aan te bevelen vervolgens een extra analyse uit te voeren. Vervang in dit geval de data onder de rapportagegrens door nul en bepaal wat de invloed daarvan is op het resultaat.

De reden voor ons advies om de ruwe data (dat wil zeggen ongecensureerde resultaten van chemische analyses) te gebruiken is dat ook data lager dan de rapportagegrenzen van analyselaboratoria informatie bevatten. De rapportagegrens is een statistische constructie die alleen betekenis heeft als van een vaste betrouwbaarheidsgrens wordt uitgegaan. In de berekening van een trend worden meerdere waarnemingen met elkaar in verband gebracht, waardoor minder betrouwbare informatie toch nuttig is. Door lagere getallen te vervangen, wordt informatie weggegooid en kan in sommige gevallen een stijgende trend worden berekend terwijl die niet bestaat. Deze benadering wijkt af van wat is voorgeschreven in de Grondwaterrichtlijn. In de GWR staat dat de helft van de hoogste 'kwantificeringslimiet'⁵ uit de datareeks moet worden gebruikt voor het berekenen van trends op grondwaterlichaamniveau, met uitzondering van de somparameter voor bestrijdingsmiddelen. Guidance document #18 (EU, 2009a) en de richtlijn 'Technical specifications for chemical analysis and monitoring of water status' (EU, 2009b) sluiten hierbij aan. Deze behandeling zou echter tot artificiële trends kunnen leiden. Immers het waardentraject tussen waarnemingen juist boven de rapportagegrens en de helft ervan is niet meer met waarnemingen gevuld. Wij zijn echter van mening dat onze benadering meer recht doet aan de intentie van de GWR 'om vertekening bij het vaststellen van trends te vermijden' (Bijlage IV, deel A, 2 d). Guidance document #18 geeft trouwens ook aan dat dat op theoretische gronden te verkiezen is en dat de GWR wellicht op termijn hierop aangepast kan worden (blz. 12).

4.6 Randvoorwaarden en resultaten van tool

Gebaseerd op de bovenstaande paragrafen volgt hier een overzicht van de randvoorwaarden en de resultaten van de te ontwikkelen tool.

- De tool moet toepasbaar zijn voor het vaststellen van trends van een stof op grondwaterlichaamniveau en op lokaal niveau bij de toestandbeoordeling (drinkwatertest en intrusietest).

Specifiek voor grondwaterlichaamniveau:

- De trend en trendomkering van de gemiddelde waterkwaliteit in een grondwaterlichaam moet worden vastgesteld voor drempelwaardenstoffen en stoffen met een communautaire norm.

⁵ De GWR hanteert de term kwantificeringslimiet. De richtlijn QA/QC (EU, 2009b) gebruikt de term bepalingsgrens voor hetzelfde begrip.

- De trend en trendomkering zijn gedefinieerd als de gemiddelde verandering van het grondwaterlichaam, over een aantal jaar die worden vastgesteld met regressieanalyse en wel als de regressiecoëfficiënt.
- Indien het gemiddelde tijdens het laatste meetjaar 75% van de drempelwaarde overschrijdt, dan moet gezocht worden naar een trend.
- De tool moet kunnen omgaan met verschillende combinaties van bodemgebruik en bodemtype in een grondwaterlichaam en die kunnen gebruiken om te wegen indien bepaalde combinaties ondervertegenwoordigd zijn. Ook moet het mogelijk zijn bepaalde meetpunten een extra gewicht te geven.
- De tool moet om kunnen gaan met meetreeksen waarbij een stof niet elk jaar in elk punt is gemeten (REML).
- De invoer voor de procedure bestaat uit een datum, meetpuntidentificatie, gewicht afhankelijk van bodemgebruik en type (of het areaal per bodemgebruik en type per grondwaterlichaam), resultaat van chemische analyse.
- De tool moet trendomkering kunnen vaststellen met een bi-sectie-model, gebaseerd op lineaire regressie.

Het resultaat van de procedure moet zijn:

1. een regressiecoëfficiënt inclusief een uitspraak of die coëfficiënt significant afwijkt van nul; of
2. twee regressiecoëfficiënten en het tijdstip van trendomkering, inclusief uitspraken over de significante afwijking van nul respectievelijk een betrouwbaarheidsinterval van het omkeringspunt; en
3. een schatting van het minimale aantal waarnemingen en meetfrequentie die nodig zijn om een stijging van 30% met 95% zekerheid en met meer dan 90% kans vast te stellen.

Literatuur

- Boumans LJM, Reijnders HFR, Verweij W 2008. KRW en GWR: Handreiking trend en trendomkering. RIVM Rapport 607300006.
- EC 2000. De Nitraatrichtlijn (91/676/EG). Het aquatisch milieu en landbouwpraktijk: stand van zaken en tendensen. Leidraad voor de opstelling van verslagen door de lidstaten. Europese Commissie.
- EU 2000. Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen L327.
- EU 2001. The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results. CIS-WFD-technical report #1.
- EU 2006. Richtlijn 2006/118/EG van het Europees Parlement en de Raad van 12 december 2006 betreffende de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging en achteruitgang van de toestand. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen L372.
- EU 2009a. Guidance on groundwater status and trend assessment. CIS-WFD-guidance document #18.
- EU 2009b. Commission directive 2009/90/EC of 31 July 2009 laying down, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, technical specifications for chemical analysis and monitoring of water status. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen L201.
- EU 2010. Guidance on risk assessment and the use of conceptual models for groundwater. CIS-WFD-guidance document #26.
- Spijker J, Lieste R, Zijp MC, de Nijs ACM 2009. Conceptuele modellen voor de Kaderrichtlijn Water en de Grondwaterrichtlijn. RIVM Rapport 607300010.
- VROM 2009. Voorlopig protocol voor de toestandbeoordeling van grondwaterlichamen. Zijp MC, van Beelen P, Boumans LJM, van Ek R, de Nijs ACM, Verweij W, Wuijts S. Te downloaden via: <http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/kaderrichtlijn-water/grondwater-krw/toestand-en/> (2010-12-22).
- VROM 2010. Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009. Staatsblad 16 maart 2010.
- Welham S, Cullis B, Gogel B, Gilmour A, Thompson R(2004). Aust. N.Z. J. Stat **46**, 325-347.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl