A network diagram consisting of various sized light blue circles connected by thin white lines, set against a solid blue background. The circles vary in size, with some being significantly larger than others, and they are interconnected in a complex, non-linear fashion.

KWR 2020.003 | Maart 2020

Rapport
tijdstijghoogte-analyse
West-, Noord-, en
Oost-Nederland &
Scheldestroomgebied

Rapport tijdstijghoogte-analyse West-, Noord-, en Oost- Nederland & Scheldestroomgebied

KWR 2020.003 | Maart 2020

Opdrachtnummers

402487, 402727 & 402871

Projectmanager

Dr. Edu Dorland

Opdrachtgevers

Provincie Gelderland, Provincie Drenthe, Provincie Zeeland

Auteurs

Sharon Clevers MSc. (KWR),
Dr. Ir. Jos von Asmuth (Trefoil Hydrology)

Kwaliteitsborger

Dr. Ir. Ruud Bartholomeus

Verzonden naar

Henny Kempen (Prov. Gelderland), Rinke van Veen (Prov. Drenthe) & Ronnie Hollebrandse (Prov. Zeeland)

Keywords

Tijdreeksanalyse, KRW, Grondwaterstanden

Jaar van publicatie
2020

Meer informatie
T +31 30 606 9645
E Sharon.Clevers@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

The logo for KWR (Koninklijk Wetenschappelijk Instituut voor Water en Riolering) consists of the letters 'KWR' in a bold, blue, sans-serif font.

KWR 2020.003 Maart 2020©

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevens bestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoud

Inhoud3

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding en doel	5
1.2	Deelgebieden West-, Noord- en Oost-Nederland en het Scheldestroomgebied	5
2	Werkwijze	6
2.1	Gegevens verzamelen	6
2.2	Trendbeoordeling	8
2.2.1	Deeltest A: Trendbeoordeling stijghoogtemetingen	8
2.2.2	Deeltest B: Tijdreeksanalyse met klimatologische factoren	8
2.2.3	Deeltest C: Verdiepende analyse	8
2.2.4	Deeltest D: Aggregatie tot grondwaterlichamen	8
2.3	Scripts, functies en User Interfaces	10
2.3.1	Achtergronden	10
2.3.2	Prototype user interface	10
3	Resultaten	12
3.1	Resultaten trendbeoordeling deeltest A en B	12
3.2	Resultaten per grondwaterlichaam (deeltest D)	14
3.2.1	Deklaag Rijn-Noord	16
3.2.2	Deklaag Rijn-Oost	17
3.2.3	Deklaag Rijn-West	17
3.2.4	Duin Maas	18
3.2.5	Duin Rijn-West	18
3.2.6	Grondwater in diepe zandlagen	19
3.2.7	Wadden Rijn-Noord	19
3.2.8	Zand Eems	20
3.2.9	Zand Rijn-Midden	20
3.2.10	Zand Rijn-noord	21
3.2.11	Zand Rijn-Oost	21
3.2.12	Zand Rijn-West	22
3.2.13	Zoet grondwater in dekzand	22
3.2.14	Zoet grondwater in duingebieden	23
3.2.15	Zoet grondwater in kreekgebieden	23
3.2.16	Zout Eems	24
3.2.17	Zout grondwater in ondiepe zandlagen	24
3.2.18	Zout Maas	25
3.2.19	Zout Rijn-Noord	25
3.2.20	Zout Rijn-West	26
4	Conclusies en aanbevelingen	27
4.1	Inleiding	27

4.2	Trendoordeel	27
4.3	Kanttekeningen	27
4.4	Aanbevelingen	28
5	Literatuur	29
I	Bijlage: Resultaten tabel	30
II	Bijlage: Histogrammen trend deelttest A en B	31

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water (KRW) moet de toestand van grondwaterlichamen in Nederland beoordeeld worden. Hierbij wordt geanalyseerd of de grondwaterstanden per planperiode significant veranderd zijn ten opzichte van de referentieperiode 2000 t/m 2005 (Landelijke Werkgroep Grondwater, 2019). In vervolg op het in 2013 uitgevoerde onderzoek voor de periode 2006 t/m 2011 (Leunk, 2013) zijn in dit onderzoek tijdreekanalyses uitgevoerd voor de periode 2012 t/m 2017. Dit onderzoek is tegelijkertijd uitgevoerd voor deelgebieden West-Nederland, Noord- en Oost-Nederland en het Scheldestroomgebied. De (verfijning van de) methodiekontwikkeling, specifiek onderdeel van de analyse van het Scheldestroomgebied, is ook toegepast op de deelgebieden West-, Noord- en Oost-Nederland.

1.2 Deelgebieden West-, Noord- en Oost-Nederland en het Scheldestroomgebied

De stroomgebieden die zijn vastgelegd in de KRW zijn weergegeven in figuur 1-1. Het onderzoek voor West-Nederland omvat de stroomgebieden Rijn-West, Rijn-Midden en het zand Rijn-Oost gedeelte binnen de Provincie Gelderland. Het onderzoek voor Noord- en Oost-Nederland omvat de deelstroomgebieden Nedereems, Rijn-Noord en Rijn-Oost. Het Rijn-Midden gebied is opgenomen in het onderzoek voor West-Nederland aangezien hier interprovinciaal afspraken over zijn gemaakt met betrekking tot de inhoudelijke begeleiding. Dit geldt ook voor het zand Rijn-Oost gedeelte binnen de Provincie Gelderland; dit onderzoek wordt ook begeleid vanuit het onderzoek West-Nederland. Het onderzoek voor het Scheldestroomgebied bevat ook een deel methodiekontwikkeling.



Figuur 1-1 KRW stroomgebieden

2 Werkwijze

2.1 Gegevens verzamelen

Bij dit onderzoek zijn de volgende gegevens verzameld:

Meetreeksen en metadata van de grondwaterstanden

De grondwaterstandinformatie is gedeeltelijk aangeleverd door de provincies en aangevuld met gegevens uit DinoLoket. Voor locaties waarvan zowel een reeks is aangeleverd maar ook een reeks in DinoLoket staat is de aangeleverde reeks als uitgangspunt genomen en eventueel aangevuld met dinogegevens voor de datums die buiten de aangeleverde reeks vallen. Hierbij zijn verder de voorkeuren van de provincies voor het hanteren van de data uitgevoerd (zie tabel 2-1).

Tabel 2-1: gebruikte grondwaterstandsgegevens per provincie

Provincie	Bron grondwaterstandsgegevens
Noord-Holland	DinoLoket
Zuid-Holland	t/m 2012 DinoLoket, vanaf 2013 aangeleverde reeksen provincie
Utrecht	Aangeleverde reeksen provincie, aangevuld met data uit DinoLoket
Flevoland	DinoLoket
Gelderland	Aangeleverde reeksen provincie + Vitens, aangevuld met data uit DinoLoket
Friesland	Aangeleverde reeksen provincie, aangevuld met data uit DinoLoket
Drenthe	Aangeleverde reeksen provincie, aangevuld met data uit DinoLoket
Overijssel	Aangeleverde reeksen provincie, aangevuld met data uit DinoLoket
Groningen	DinoLoket
Zeeland	Aangeleverde reeksen provincie, aangevuld met data uit DinoLoket
Noord-Brabant	DinoLoket (voor locaties in de buurt van de KRW punten van Gelderland en Zeeland, die op de grens met Noord-Brabant liggen)

Meetreeksen meteorologische gegevens

Neerslag- en referentieverdampingsreeksen zijn voor de periode 2000 t/m augustus 2019 door KWR gedownload van de KNMI-website.

Shapefile grondwaterlichamen

Om de resultaten uiteindelijk per grondwaterlichaam te presenteren is door de provincies een shapefile van de grondwaterlichamen aangeleverd die als richtlijn dient.

KRW punten

De Kaderrichtlijn water meetlocaties zijn door verscheidene provincies aangeleverd. Deze lijsten zijn volgens tabel 2-2 gecombineerd om tot een eenduidige lijst te komen. Vervolgens zijn de grondwaterstandsreeksen uit tabel 2-1 gerangschikt in KRW punten en de omliggende punten.

Tabel 2-2: Bronnen KRW punten voor deelgebied West- en Noord- en Oost-Nederland

Provincie	Bron gebruikte KRW punten
Noord-Holland, Utrecht, Flevoland, Gelderland, Groningen	Geleverd uit offerte-aanvraag
Drenthe, Overijssel, Friesland	Provincie Drenthe
Zuid-Holland	Alle grondwaterstandreeksen aangeleverd door de provincie Zuid-Holland
Noord-Brabant	Provincie Gelderland
Zeeland	Provincie Zeeland

2.2 Trendbeoordeling

2.2.1 Deeltest A: Trendbeoordeling stijghoogtemetingen

In het kader van dit project is de methodiek toegepast die is beschreven door van Geer en Lourens (2001), en die eerder is toegepast voor o.a. de KRW-beoordeling van het Maasstroomgebied. De gehanteerde methode is generiek en statistisch van aard, en gebaseerd op een berekening van tijdreeksgemiddelden en de standaarddeviatie daarvan. De standaarddeviatie van het gemiddelde is een maat voor de bandbreedte waarbinnen het berekende gemiddelde kan afwijken van de werkelijkheid. Door deze berekening voor verschillende perioden te herhalen en de resultaten te vergelijken, kan een oordeel gegeven worden over het al dan niet aanwezig zijn van (significante) trends in het gemiddelde van tijdreeksen.

Voor toepassing van de methodiek zijn MATLAB-scripts geschreven door o.a. RoyalHaskoningDHV. In het kader van dit project is de methode verder verbeterd en expliciet gemaakt, zie voor meer details daarover de beschrijving van de methode door Von Asmuth (2020). Met behulp van de ontwikkelde scripts is in deze deeltest A een trendbeoordeling van allereerst de meetreeksen zelf gedaan. De gegevens en trends zijn daarnaast beoordeeld op data-integriteit en versieconflicten (zie hoofdstuk 3), maar niet verder dan dat.

2.2.2 Deeltest B: Tijdreeksanalyse met klimatologische factoren

Met behulp van het programma Menyanthes (Von Asmuth et al., 2012) zijn tijdreeksmodellen gemaakt met meteorologische gegevens (neerslag en verdamping) als verklarende variabelen voor de periode vanaf het jaar 2000, voor alle grondwaterstandsreeksen zoals beschreven in tabel 2-1. De verklaarbaarheid blijkt uit de verklaarde variantie van het tijdreeksmodel, maar ook uit de plausibiliteit van de geschatte parameters. Een beoordeling op deze punten is geautomatiseerd toegepast, voor meer detail over de gehanteerde criteria daarbij verwijzen we eveneens graag door naar hoofdstuk 3 en (Von Asmuth, 2020).

Meetreeksen die niet goed verklaarbaar bleken, zijn niet meegenomen in de uiteindelijke trendbeoordeling in deze deeltest B. De trendbeoordeling vindt in dit geval plaats op de residuen van het tijdreeksmodel, verder gebruikmakend van dezelfde methode en script als deeltest A

Voor de systemen die niet of nauwelijks klimatologisch gerelateerd zijn (bijv. diepe zandlagen Schelde), resulteert deeltest B in een laag percentage betrouwbare modellen. In dat geval is deeltest A een terugvaloptie om een eventuele trend in de reeksen te constateren.

2.2.3 Deeltest C: Verdiepende analyse

In deze stap worden de resultaten en aanpak van de vorige gestandaardiseerde deeltesten verder verdiept (d.w.z. geanalyseerd, gecontroleerd en aangescherpt). Hierbij worden extra verklarende reeksen toegevoegd, namelijk onttrekkingen en oppervlaktewaterstanden. De noodzaak tot uitvoeren van deze stap is met vertegenwoordigers van de provincies besproken. Er is besloten dat een verdiepende analyse voor de provincie Zeeland en de Brabantse Wal nuttig is, aangezien tijdens de eerste berekeningen met de KRW punten binnen deze grondwaterlichamen maar een beperkt aantal meetpunten een betrouwbaar tijdreeksmodel opleverden. Als onderdeel van deze stap is het volgende uitgevoerd:

Toevoeging extra meetreeksen - In principe vindt de KRW-toetsing enkel plaats o.b.v. het KRW-meetnet (exclusief overige meetpunten van de provincie Utrecht en andere provincies). Door het analyseren van een groter aantal meetreeksen (aangeleverd en uit DinoLoket, zie tabel 2-1) wordt echter een scherper beeld verkregen van de resultaten en hun ruimtelijke verspreiding. In overleg met de provincie Zeeland zijn nagenoeg alle beschikbare reeksen uit het PMG toegevoegd in de KRW trendbeoordeling, zoals beschreven in deeltest B.

2.2.4 Deeltest D: Aggregatie tot grondwaterlichamen

In overleg met vertegenwoordigers van de Landelijke Werkgroep Grondwater met betrekking tot Rijn-West, Rijn-Noord, Rijn-Oost, Eems, Maas en Schelde is bepaald dat een uitspraak per grondwaterlichaam gedaan wordt op

basis van histogrammen. Er zijn per grondwaterlichaam twee histogrammen gemaakt: een histogram met alle trends van de meetreeksen en een histogram met alle trends van de residuen van de tijdreeksmodellen. Als het gemiddelde van de trends niet meer dan 5 centimeter negatief is, wordt het grondwaterlichaam als positief beoordeeld. Deze beoordeling per grondwaterlichaam is in het projectoverleg van 2 december 2019 door en met de vertegenwoordigers van de betrokken provincies besproken. De gehanteerde aggregatiemethodiek wijkt daarbij af van degene die is beschreven door van Geer en Lourens (2001). Om pragmatische redenen heeft de eerder beoogde methodiekvergelijking en -verbetering op dit punt (nog) niet plaatsgevonden.

2.3 Scripts, functies en User Interfaces

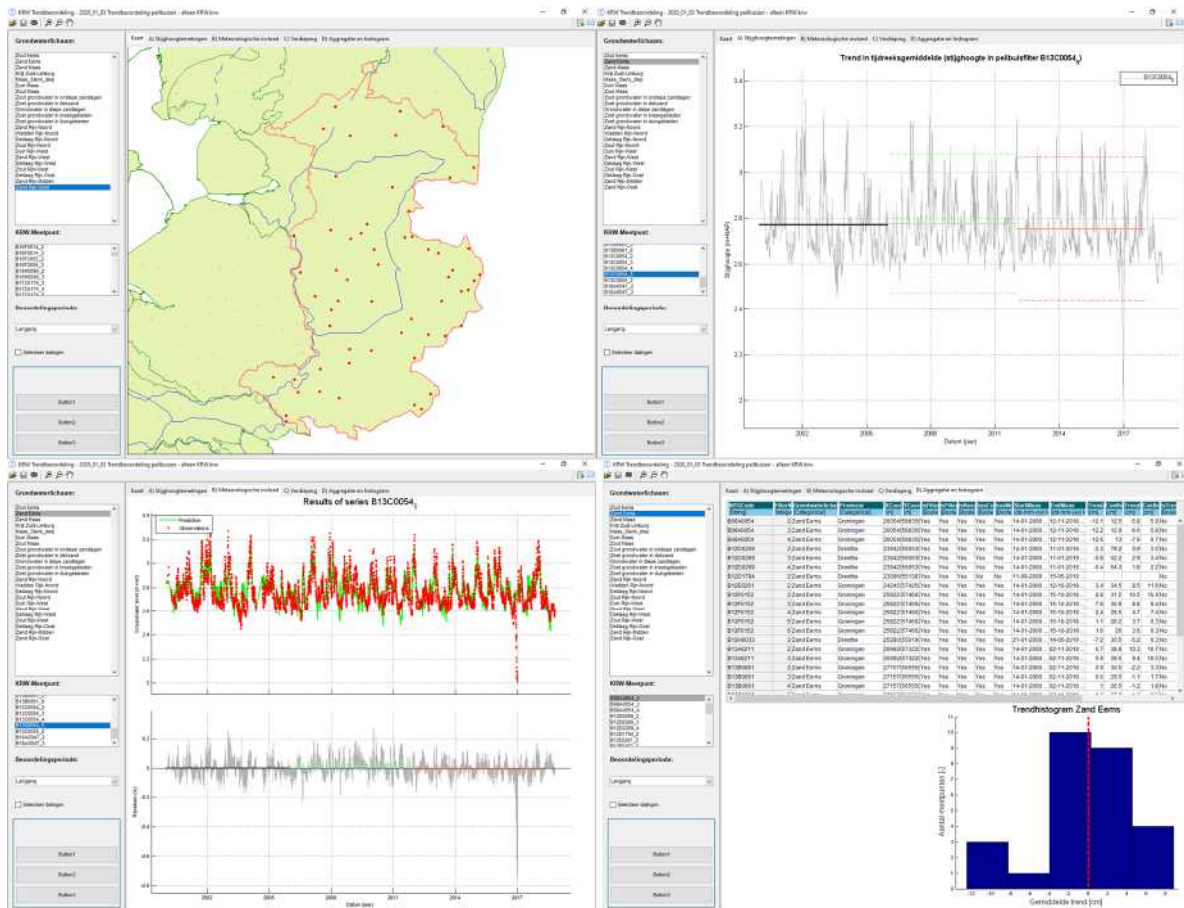
2.3.1 Achtergronden

De methodiek die is toegepast voor de trendbeoordeling van de KRW-grondwaterlichamen in dit en eerdere projecten, is nader uitgewerkt en beschreven in bijlage D3 van het rapport van Van Geer en Lourens (2001). De formules in deze bijlage bevatten een kleine slordigheidsfout (een ontbrekend wortelteken), die storend kan zijn indien ze niet of te laat wordt opgemerkt. Doordat daarnaast een aantal achtergronden en aannamen achter de methoden en formules voor de minder ingewijde lezer wellicht niet direct helder zijn, kan de beschrijving in dit rapport aanleiding geven tot verwarring en discussie. In het kader van de methodiekontwikkeling rond dit project is de beschrijving van de methode daarom verhelderd in samenspraak met bureau ICASSTAT, en meer expliciet gemaakt. Het resultaat daarvan is opgenomen in Von Asmuth (2020).

Voor het kunnen toepassen van de methodiek bestaan en bestonden MATLAB-scripts die geschreven zijn door RoyalHaskoningDHV in het kader van een eerdere beoordeling (Verhagen et al, 2012; Leunk en van Doorn, 2017). Ook deze MATLAB-scripts zijn echter niet eenduidig, onder andere omdat een beschrijving van al dan niet uitgevoerde (en deels benodigde) voorbewerkingen op de gegevens ontbreekt, net als een beschrijving van en/of controle op de eigenschappen van de benodigde invoervariabelen voor de scripts (bijv. de tijdreeks). Het bestaande MATLAB-script voor de beoordeling van trends in het gemiddelde van tijdreeksen is daarom omgezet in een functie en voorzien van toelichting, commentaar en foutencontroles, en uiteindelijk in een complete user interface (zie onder).

2.3.2 Prototype user interface

Het bovengenoemde MATLAB-script voert in feite slechts een zeer beperkt deel van de benodigde trendbeoordeling uit (namelijk het berekenen van het gemiddelde van een tijdreeks en de variantie daarvan). Vanwege de grote hoeveelheid gegevens en resultaten in dit project én omwille van de transparantie, uniformiteit en reproduceerbaarheid, is het belangrijk om een liefst zo groot mogelijk deel van het trendbeoordelingsproces geautomatiseerd en/of ondersteund met automatisering te kunnen doen. Om die reden is ervoor gekozen om het niet te laten bij een script of functie, maar om dit om te werken, aan te vullen, en op te nemen in een user interface. Screenshot van de gerealiseerde interface zijn te zien in figuur 2-1 **Error! Reference source not found.** Het ontwikkelen van software is en was echter een nevenopbrengst van dit project. Dit is de reden waarom het bij deze user interface om een (nog) niet operationeel bruikbaar prototype gaat. De doelstelling van het overzichtelijk presenteren van de belangrijkste resultaten van een grondwaterlichaam in één figuur brengt daarnaast andere wensen en randvoorwaarden met zich mee dan die van een user interface. Om die reden zijn de figuren die uiteindelijk in de in hoofdstuk 3 beschreven resultaten zijn opgenomen niet met de eigenlijke user interface gemaakt, maar via een afzonderlijke functie en figuur. De gerealiseerde user interface zal samen met de onderliggende scripts, functies en code openbaar en open source beschikbaar gemaakt worden op GitHub (in overleg met de provincies). Een nadere beschrijving hiervan is opgenomen in (Von Asmuth, 2020).



Figuur 2-1 Screenshot van de ontwikkelde User Interface (prototype) voor beoordeling van trends in de stijghoogte van grondwaterlichamen volgens de Kaderrichtlijn Water (KRW).

3 Resultaten

3.1 Resultaten trendbeoordeling deelttest A en B

Het resultaat van de analyses is samengevat in het Excel bestand Bijlage 1. KRW resultaten20200113, welke als digitale bijlage bij dit rapport is toegevoegd. De tabel in het eerste tabblad “resultaten” bevat enkele reekseigenschappen en de resultaten voor een trendbeoordeling van de metingen (deelttest A) en van het tijdreeksmodel (deelttest B). Er zijn een aantal problemen die optraden tijdens de analyse waardoor voor sommige reeksen geen/bepaalde resultaten verkregen zijn. Om deze problemen duidelijk te maken is in het tweede tabblad “resultaten met probleemgevallen” van de Excel tabel per reeks met ontbrekende resultaten, weergegeven wat het probleem is. In het derde tabblad “output interface” zijn alle ruwe data weergegeven die uit de analyse komen en is opgenomen aan welke criteria een reeks moet voldoen en bij welke reeksen niet aan deze criteria wordt voldaan. Tabel 3-1 geeft een omschrijving van de verschillende kolommen uit de Excel tabellen.

Tabel 3-1 Legenda Excel tabellen

	Kolom in Excel tabel	Omschrijving
Kenmerken en resultaten	NITGCode	NITGCode
	FilterNo	Filternummer
	Grondwaterlichaam	Grondwaterlichaam
	Provincie	Provincie
	Xcoordinate	X-coördinaat
	Ycoordinate	Y-coördinaat
	StartMeas	Startdatum metingen
	EndMeas	Einddatum metingen
	TrendA	Trend van de metingen (stap A)
	ConfIntTrendA	Betrouwbaarheidsinterval van stap A
	TrendB	Trend van het tijdreeksmodel (stap B)
	ConfIntTrendB	Betrouwbaarheidsinterval van stap B
	isTrendASignif	Is de trend van stap A significant?
	isTrendBSignif	Is de trend van stap B significant?
Probleemcriteria (weergegeven in 3e tab “interface output”) Yes= goed; No = probleem	isFilterSeriesFound	Is de reeks aanwezig in aangeleverde gegevens of DinoLoket?

	isFilterUnique	Is er 1 reeks in de data gevonden met deze NITG-code en filternummer?
	isResultUnique	Is er 1 reeks in de data gevonden met deze resultaten en gegevens?
	hasCorrectPeriod	Bevatten de metingen de referentieperiode (2000-2005)?
	hasModelResult	Is er voor deze reeks een model resultaat te berekenen?
	hasPassedSeriesQC	Is de QC-status van de reeks goed?
	hasPassedModelQC	Is de QC-status van het tijdreeksmodel goed?
Beoordelingscriteria voor betrouwbaarheid tijdreeksmodel (weergegeven in 3e tab "interface output")	PrecM0	Neerslag M_0 parameter
	PrecM0Std	Standaarddeviatie van de neerslag M_0 parameter
	EvapFctr	Verdampingsfactor
	EvapFctrStd	Standaarddeviatie van de verdampingsfactor

Het aantal resultaten en het aantal probleemgevallen is verder toegelicht in tabel 3-2. Te zien is dat er in totaal 803 KRW punten door de provincies zijn aangeleverd. Deze zijn aangevuld met 379 reeksen in het Scheldeestroomgebied. Onze analyse heeft voor 1043 punten resultaten opgeleverd. De ruwe resultaten in het Excel tabblad "interface output" bevatten meer reeksen, aangezien hierin 73 duplicaten zitten. Deze duplicaten hebben dezelfde NITG-code, filternummer en resultaten als een ander punt en zijn te zien door IsFilterUnique=No te selecteren in de tabel. Van deze duplicaten zijn er 19 (IsFilterUnique=No & IsResultUnique=Yes) waarbij de coördinaten wel verschillen van de voor de rest identieke reeks. Dit is te verklaren doordat er voor deze locaties waarschijnlijk een verschil zit in de coördinaten in DinoLoket en in de aangeleverde gegevens door de provincies.

Van 139 punten zijn geen/bepaalde resultaten verkregen. Dit is te verklaren door drie problemen. Ten eerste moet een reeks metingen in de referentieperiode 2000-2005 (januari 2000 t/m december 2005) en metingen in de planperiode 2012-2017 bevatten. Dit is voor 139 reeksen niet het geval, ze bevatten geen enkele meting in deze periodes. Ten tweede zijn er 12 punten waarvan geen metingen beschikbaar zijn, doordat het desbetreffende filternummer niet bestaat of er alleen grondwatersamenstellingsmetingen zijn. Ten slotte zijn er 4 reeksen waarvoor wel resultaten voor de trendbeoordeling van stap A gegenereerd kunnen worden maar geen tijdreeksmodel verkregen, met als gevolg geen resultaten bij stap B. Dit probleem wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een bug in Menyanthes. Aangezien het hier om enkel 4 punten gaat, is in overleg met de vertegenwoordigers van de provincies besloten geen tijd te investeren in het oplossen van dit probleem.

Tabel 3-2 Aantal resultaten en probleemgevallen

Omschrijving	Aantal reeksen/filters
Aantal KRW punten (uit lijst provincies)	803
Aantal extra meetreeksen toegevoegd door provincie Zeeland	379 (totaal aantal hiermee is 1182)
Aantal KRW punten met resultaten uit onze analyse	1043
Aantal punten waarvoor geen resultaten verkregen. Probleem is hieronder uitgesplitst:	139
1. Aantal reeksen met meetperiode dat 2000-2017 niet bevat (hasCorrectPeriod=No)	123
2. Aantal reeksen waarvan geen metingen beschikbaar (isFilterFound=No)	12
3. Aantal reeksen waarvoor Menyanthes geen tijdreeksmodel kan genereren	4

3.2 Resultaten per grondwaterlichaam (deelttest D)

Als onderdeel van deelttest D zijn de resultaten geaggregeerd per grondwaterlichaam en gepresenteerd in een histogram met de trend van stap A en een histogram met de trend van stap B. In overleg met de provincies is besloten dat een negatieve trend kleiner dan 5 centimeter nog als acceptabel wordt beoordeeld (groene kolom in de histogrammen). Om pragmatische redenen heeft de eerder beoogde methodiekvergelijking en -verbetering op dit punt (nog) niet plaatsgevonden. De KRW-beoordeling richt zich daarnaast alleen op negatieve trends en in het bijzonder op daling van de stijghoogte als gevolg van menselijke invloed (trend B). De KRW richt zich daarbij specifiek op 'uitputting van (zoete) grondwaterreserves' door bijvoorbeeld onttrekkingen en peilbeheer. De negatieve trends groter dan 5 centimeter zijn daarom met geel/oranje/rood-tinten weergegeven. Tijdens het projectoverleg van 2 december 2019 is op basis van de histogrammen samen met de vertegenwoordigers van de betrokken provincies een beoordeling per grondwaterlichaam gegeven. Deze beoordelingen staan in tabel 3-3 vermeld. In de daarop volgende paragrafen zijn de grondwaterlichamen met de histogrammen weergegeven. Voor de interpretatie van deze resultaten dienen met een aantal, algemene, kanttekeningen rekening te worden gehouden. Deze kanttekeningen zijn vermeld in paragraaf 4.3.

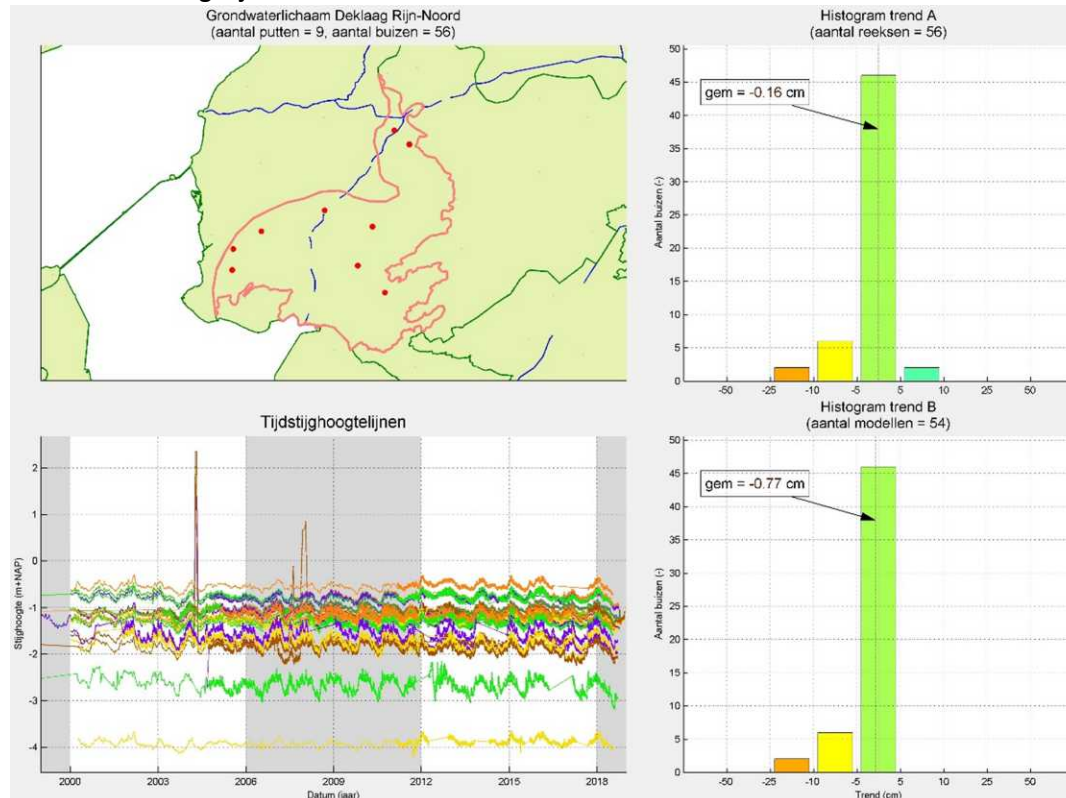
Tabel 3-3 Beoordeling per grondwaterlichaam

Grondwaterlichaam	Trend A gemiddelde [cm]	Trend B gemiddelde [cm]	Resultaat	Toelichting
Deklaag Rijn-Noord	-0,16	-0,77	Goed	Als de outliers weg gelaten worden is de trend vrijwel 0.
Deklaag Rijn-Oost	0,42	2,5	Goed	Lage positieve trend
Deklaag Rijn-West	-2,8	5,9	Goed	De trend van stap A is binnen de acceptabele marge, de trend van stap B is positief
Duin Maas	12	9,8	Goed	De gemiddelde trends zijn positief
Duin Rijn-West	11	5,6	Goed	De gemiddelde trends zijn positief

Grondwater in diepe zandlagen	-12	n.v.t. Trend A is representatief	(Nog) negatief	Geen betrouwbare tijdreeksmodellen ivm ontbreken interactie met neerslag en verdamping. Trend stap A is sterk verdeeld tussen de meetpunten. Door maatregelen in Vlaanderen is in een aantal reeksen een duidelijke trendomkering te zien.
Wadden Rijn-Noord	-5,8	-3,2	Goed	Beperkte negatieve trends
Zand Eems	-0,63	1	Goed	Gemiddelde trend is binnen de acceptabele marge
Zand Rijn-Midden	-6,6	1,4	Goed	Trend A is gemiddeld negatief, maar resultaten erg verdeeld. Trend van stap B is positief.
Zand Rijn-Noord	-9,7	0	Goed	Trend stap B is binnen de marges. Trend stap A is wel negatief
Zand Rijn-Oost	-7,7	-0,91	Goed	Negatieve trends
Zand Rijn-West	-6,9	3,4	Goed	Zonder de outliers hebben meeste reeksen een trend binnen de marge.
Zoet grondwater in dekzand	-1,3	18	Goed	Trend stap A beperkt negatief en trend stap B is positief. Aandachtspunt: Brabantse Wal nauwelijks tijdreeksmodellen
Zoet grondwater in duingebieden	21	20	Goed	Positieve trends (nabij winningen juist modellen; in de 'onbeïnvloede gebieden juist niet)
Zoet grondwater in kreekgebieden	-1,6	-3,3	Goed	Negatieve trends binnen de marge
Zout Eems	3,4	-0,28	Goed	Kleine trends. Nuancering: betreft een zout grondwaterlichaam.
Zout grondwater in ondiepe zandlagen	-4	-6,6	Negatief	Negatieve trends, nader onderzoek nodig. Nuancering: betreft een zout grondwaterlichaam.
Zout Maas	-7,3	-18	Geen oordeel	Te weinig modellen om oordeel te vormen. Nuancering: betreft een zout grondwaterlichaam.

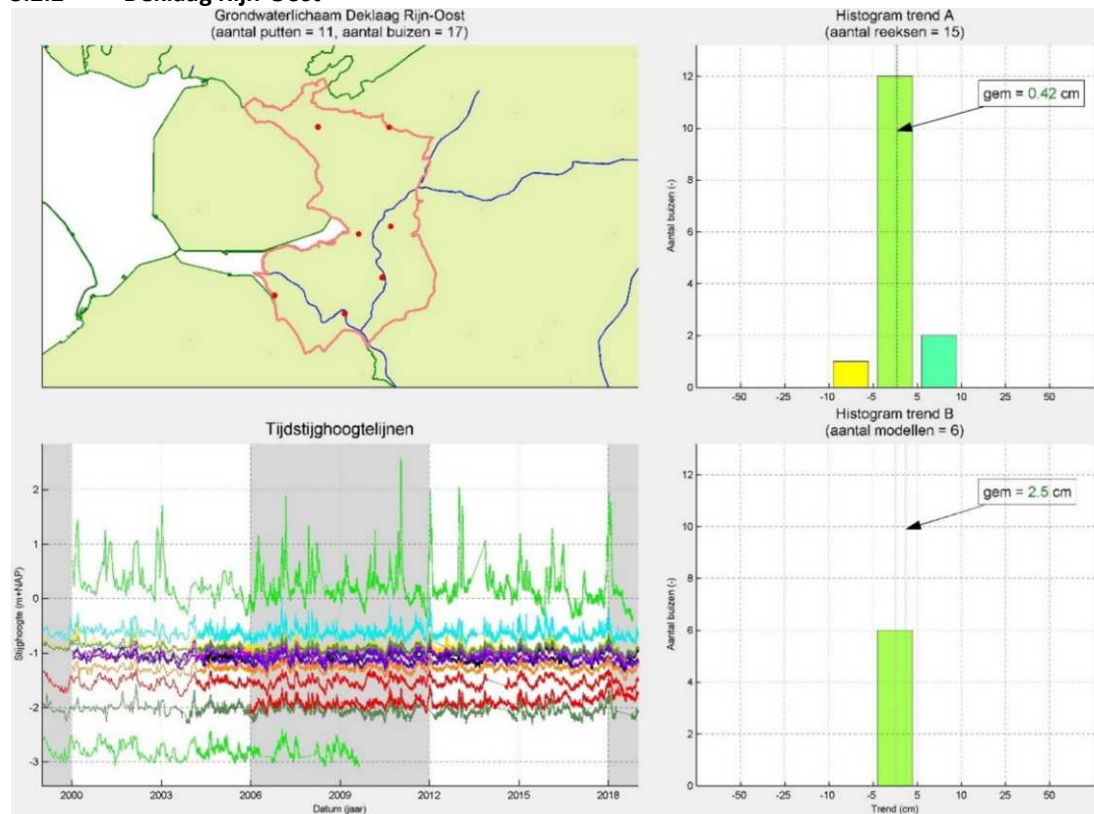
Zout Rijn-Noord	-2,2	-1,5	Goed	Gemiddelde trends zijn binnen de marges
Zout Rijn-West	9,7	3,3	Goed	Gemiddelde trends zijn positief

3.2.1 Deklaag Rijn-Noord



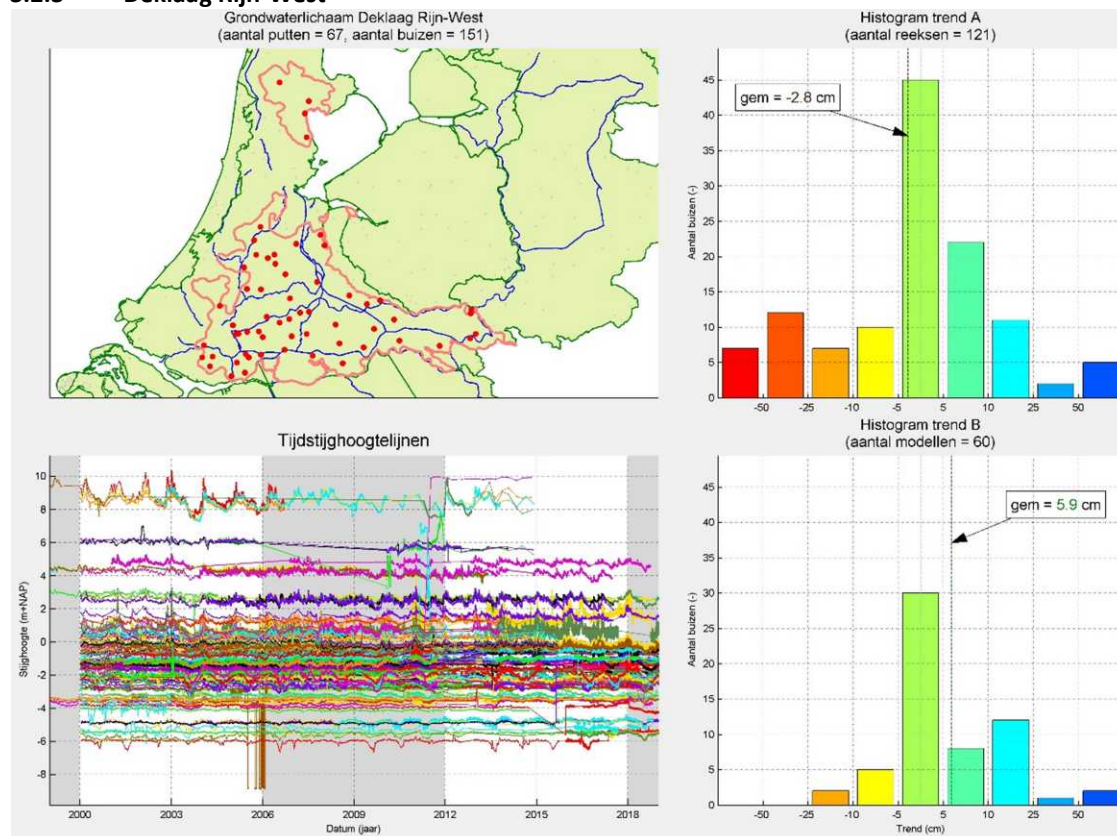
Figuur 3-1 Resultaten deklaag Rijn-Noord. In de afbeelding linksboven zijn de aangewezen KRW punten voor dit grondwaterlichaam weergegeven. De figuur linksonder laat voor deze punten de meetreeksen zien, hierbij zijn de planperiode en de referentieperiode in witte kolommen weergegeven. De figuren rechts bevatten de histogrammen van de trendbeoordelingen. Hierbij is trend A de resultaten van deeltest A en trend B de resultaten van deeltest B. De gemiddelde trend is weergegeven met gestippelde verticale streep. Voor details over de methodiek achter de figuren verwijzen we naar Von Asmuth (2020).

3.2.2 Deklaag Rijn-Oost



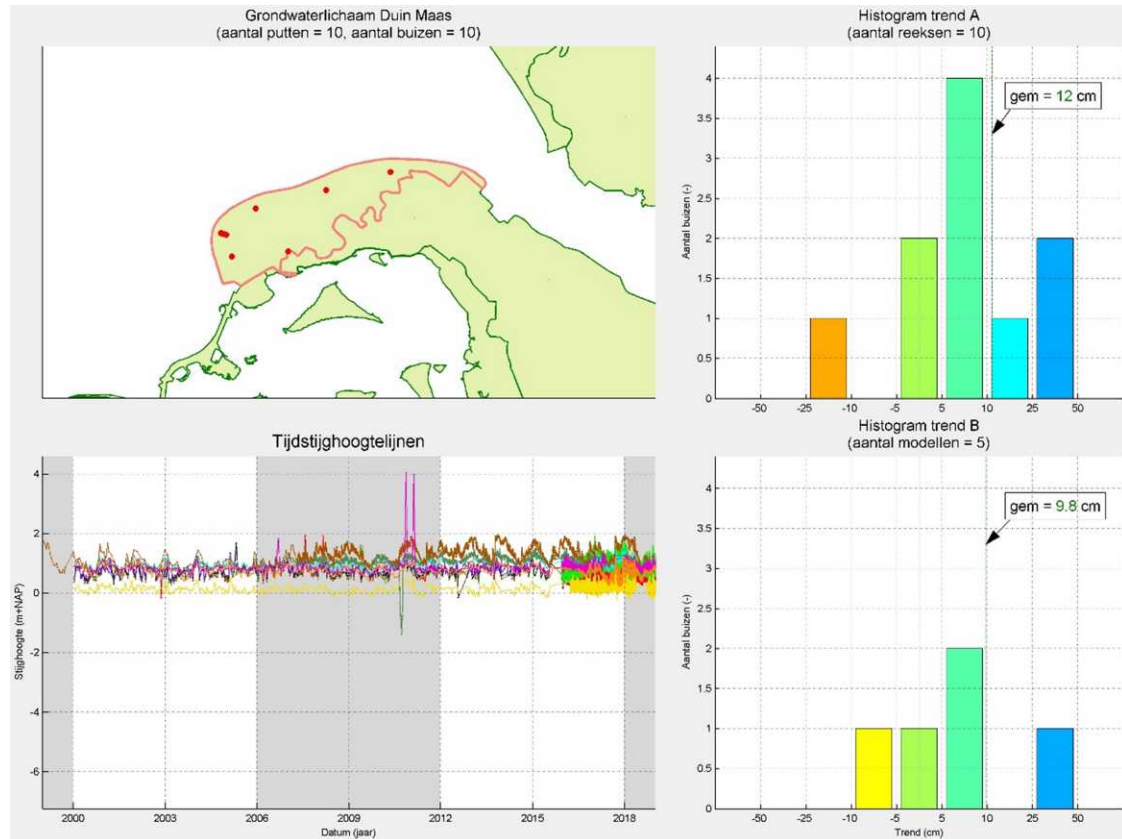
Figuur 3-2 Resultaten deklaag Rijn-Oost

3.2.3 Deklaag Rijn-West



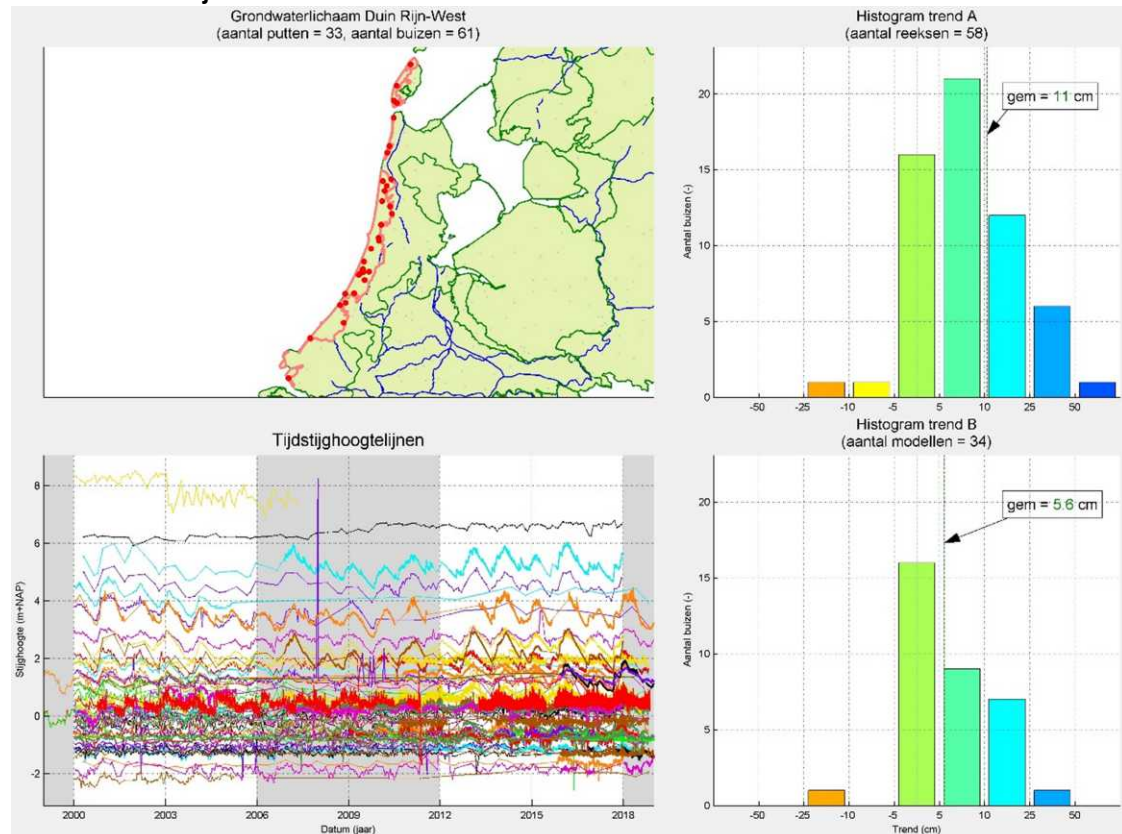
Figuur 3-3 Resultaten Deklaag Rijn-West

3.2.4 Duin Maas



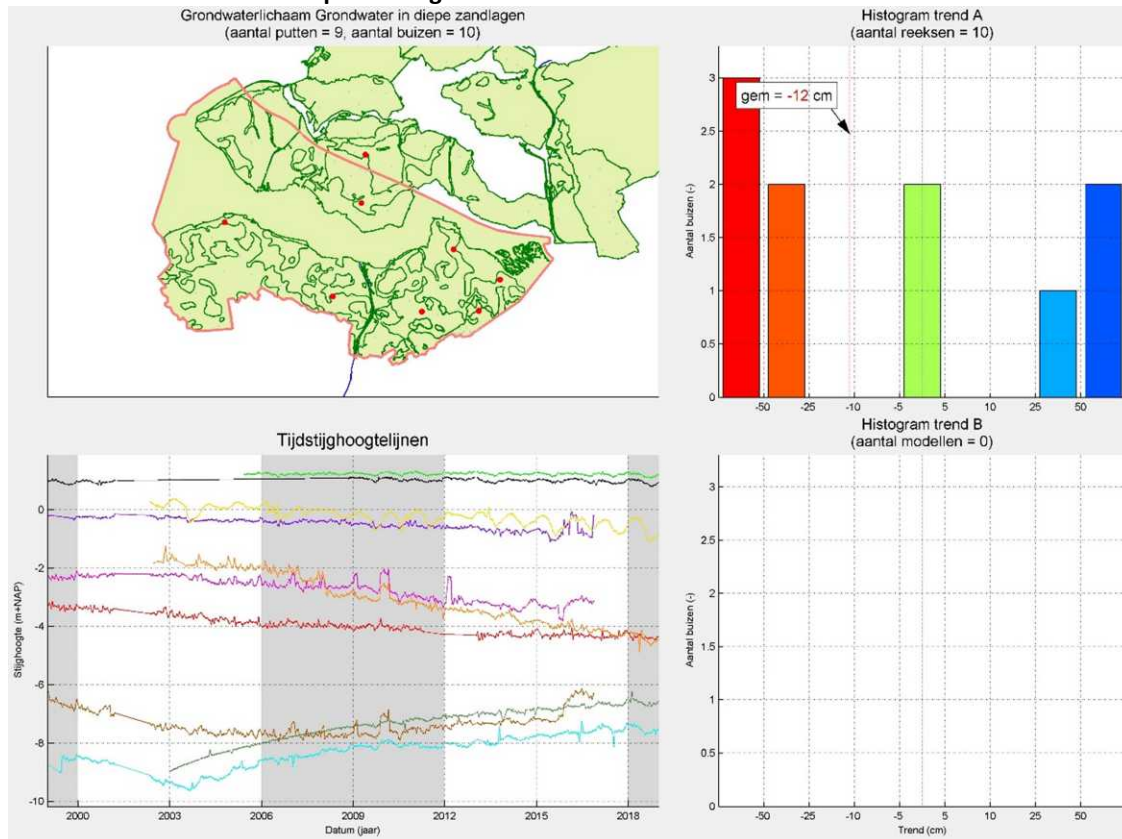
Figuur 3-4 Resultaten Duin Maas

3.2.5 Duin Rijn-West



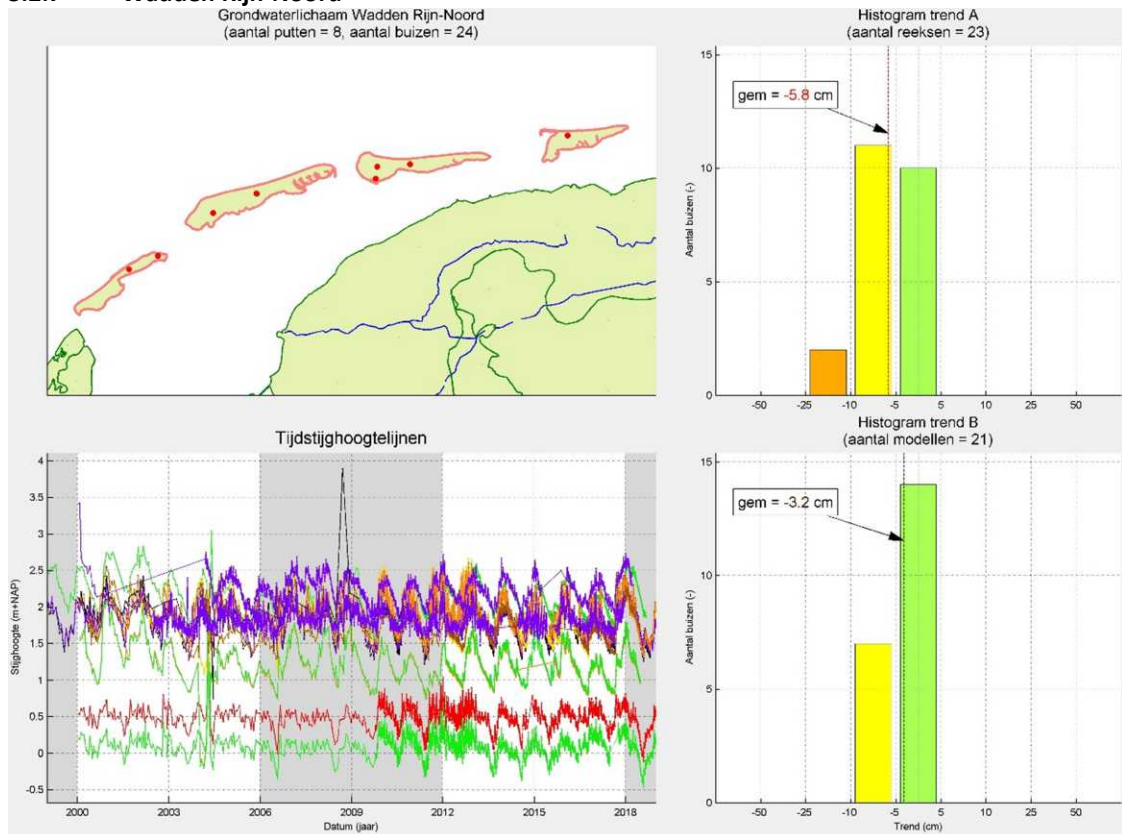
Figuur 3-5 Resultaten Duin Rijn-West

3.2.6 Grondwater in diepe zandlagen



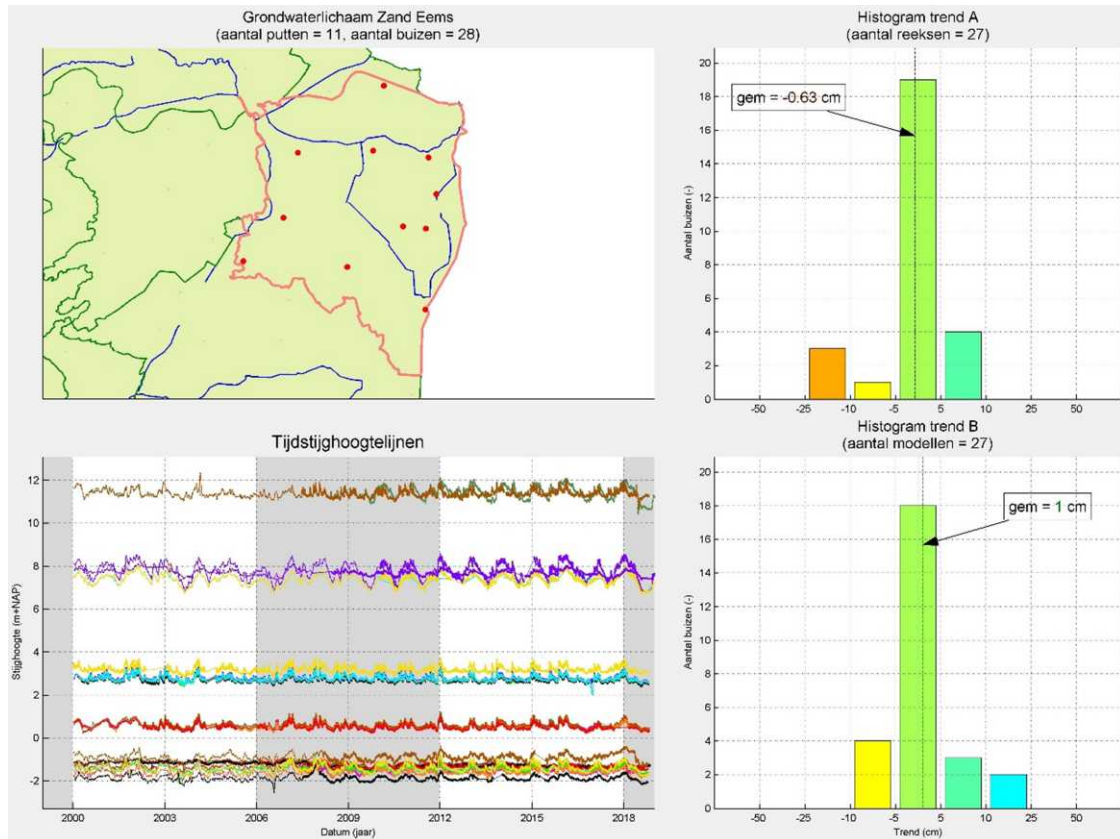
Figuur 3-6 Resultaten Grondwater in diepe zandlagen

3.2.7 Wadden Rijn-Noord



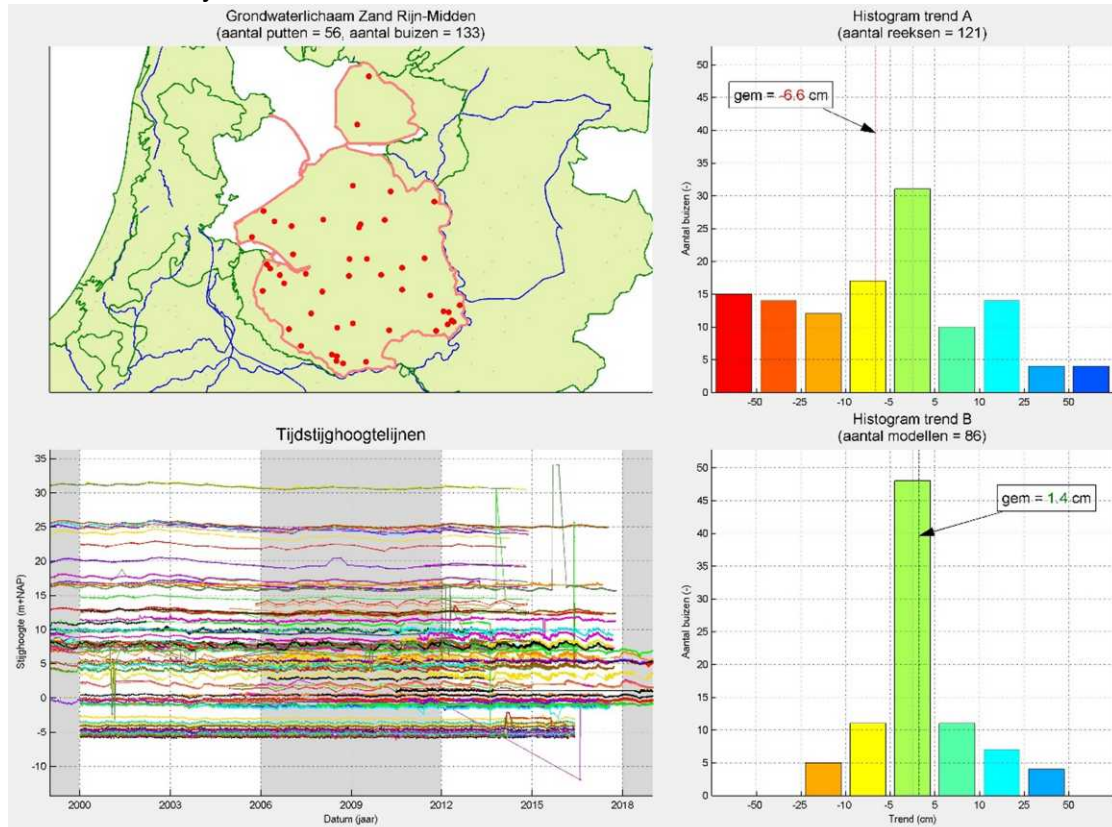
Figuur 3-7 Resultaten Wadden Rijn-Noord

3.2.8 Zand Eems



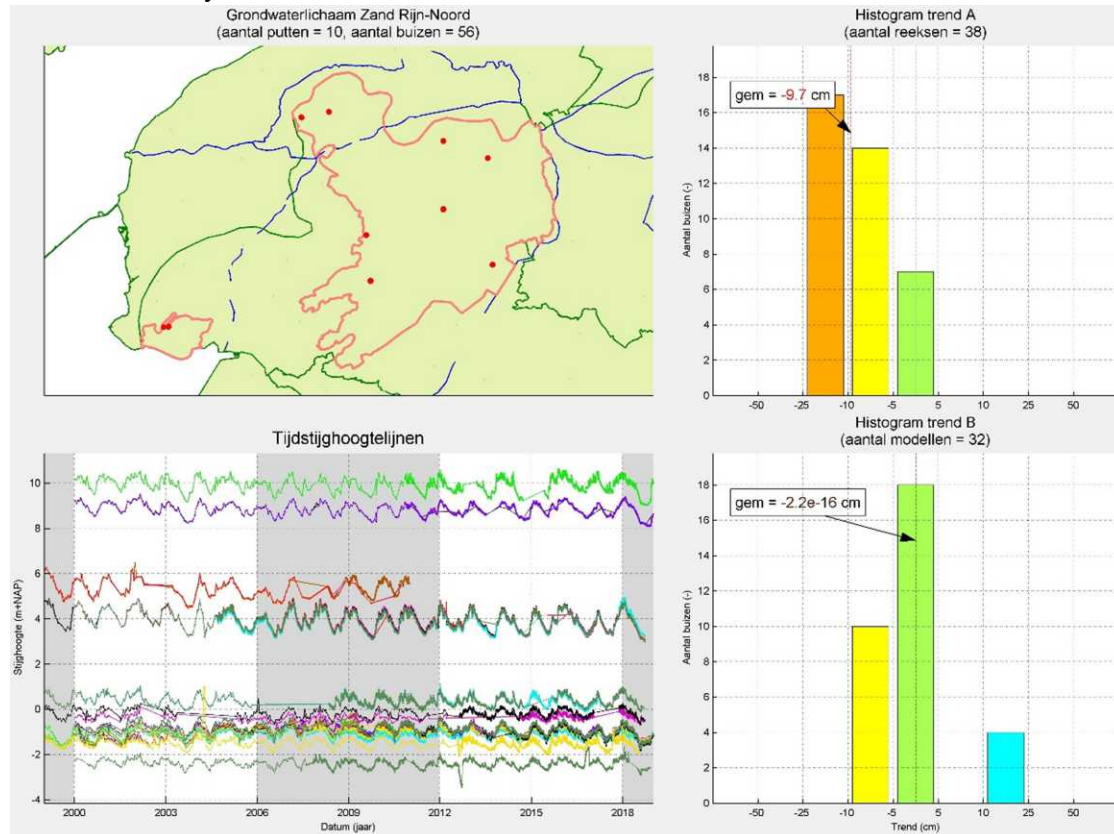
Figuur 3-8 Resultaten Zand Eems

3.2.9 Zand Rijn-Midden



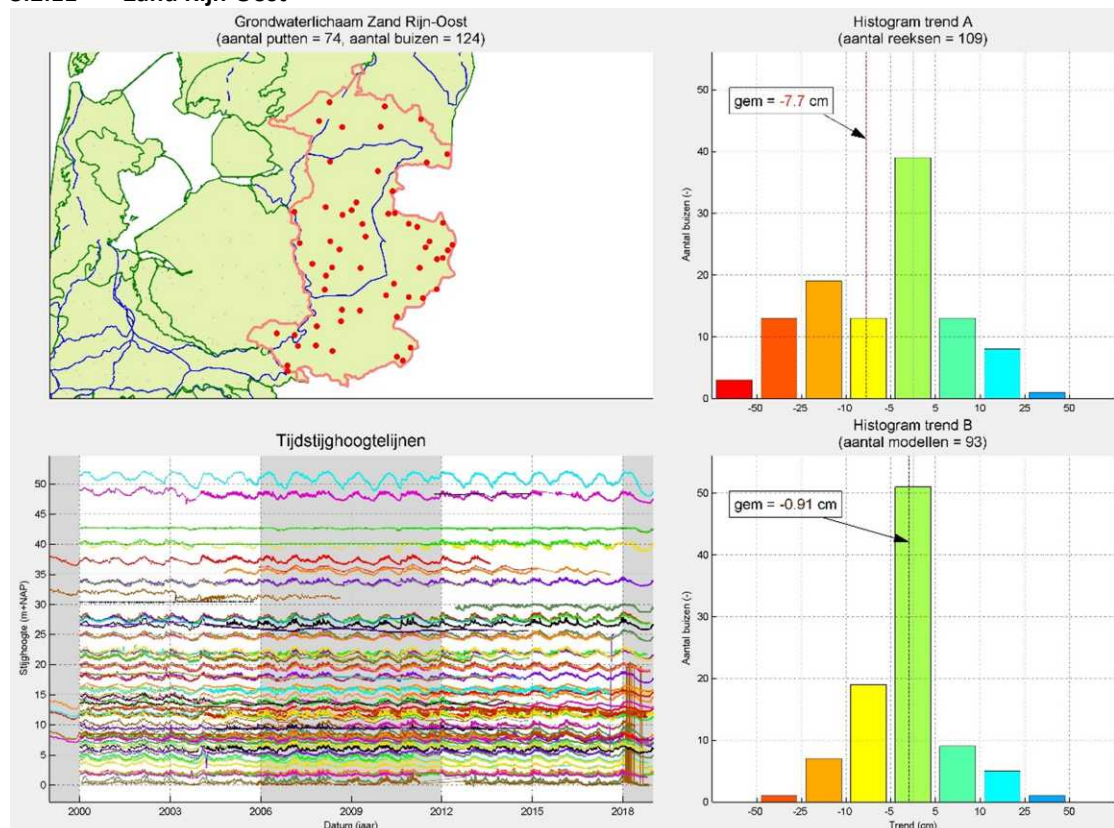
Figuur 3-9 Resultaten Zand Rijn-Midden

3.2.10 Zand Rijn-noord



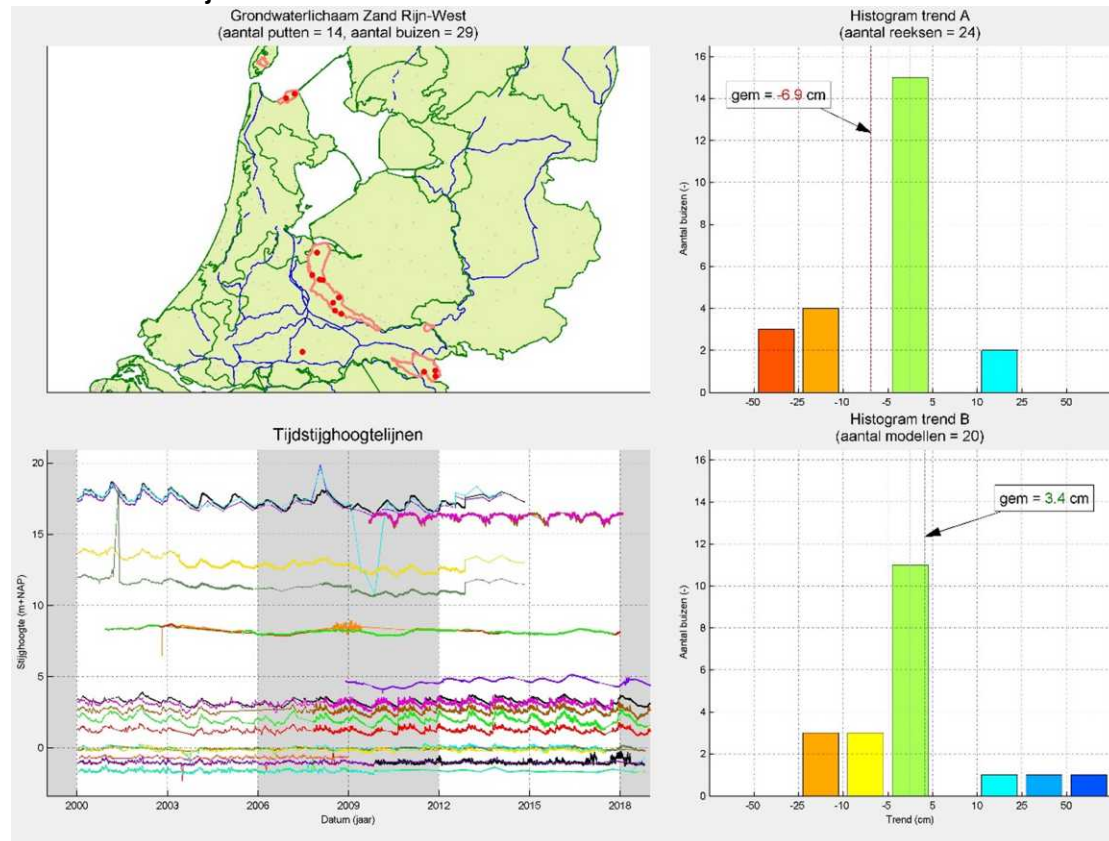
Figuur 3-10 Resultaten Zand Rijn-Noord

3.2.11 Zand Rijn-Oost



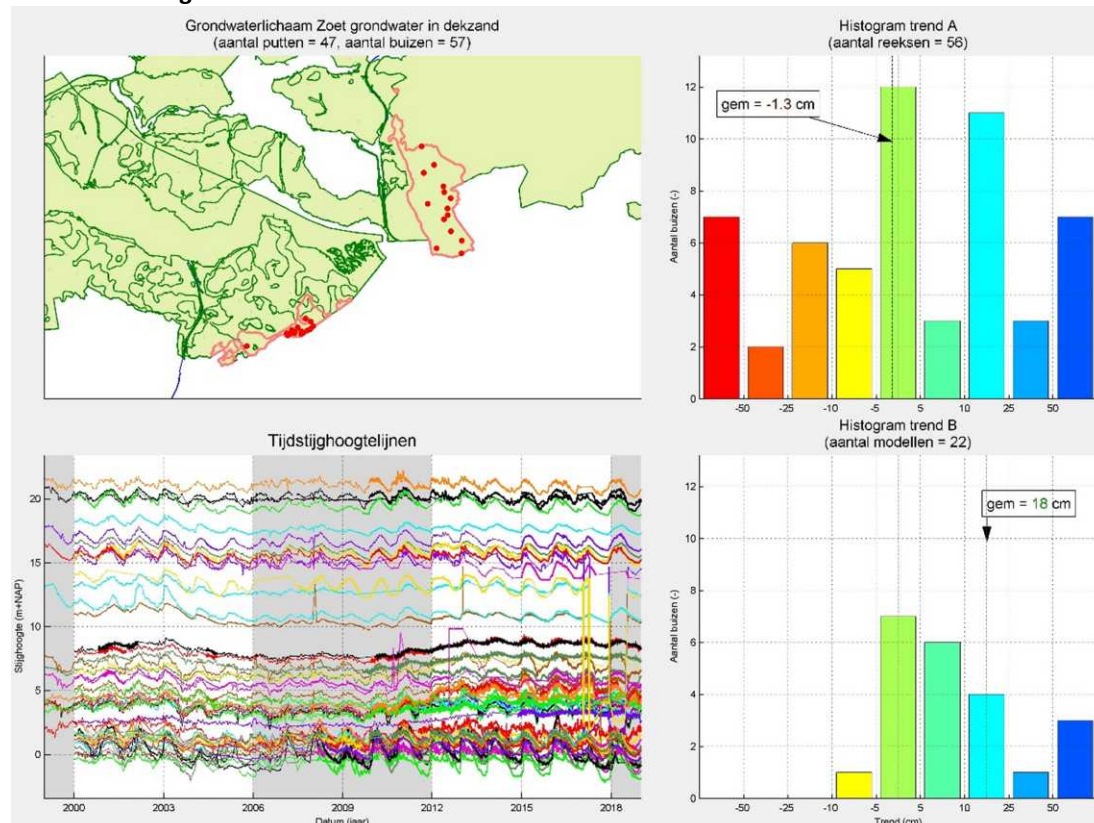
Figuur 3-11 Resultaten Zand Rijn-Oost

3.2.12 Zand Rijn-West



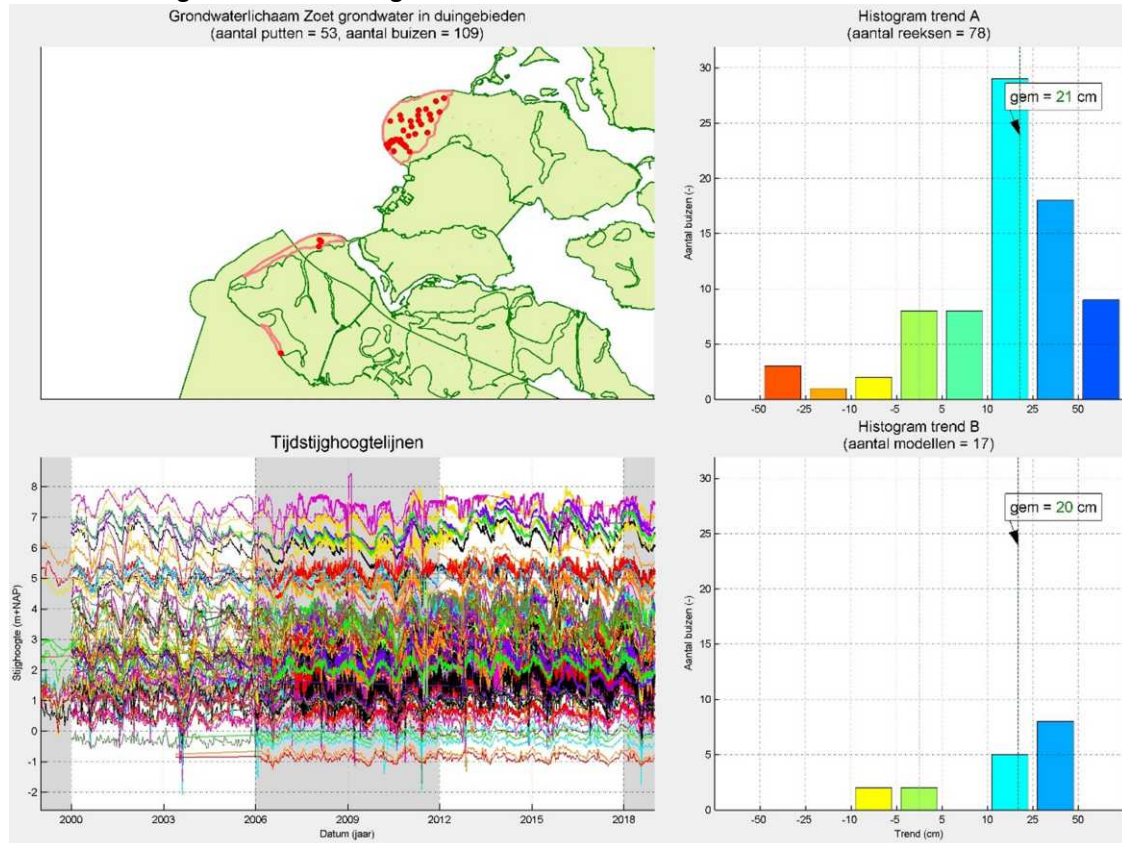
Figuur 3-12 Resultaten Zand Rijn-West

3.2.13 Zoet grondwater in dekzand



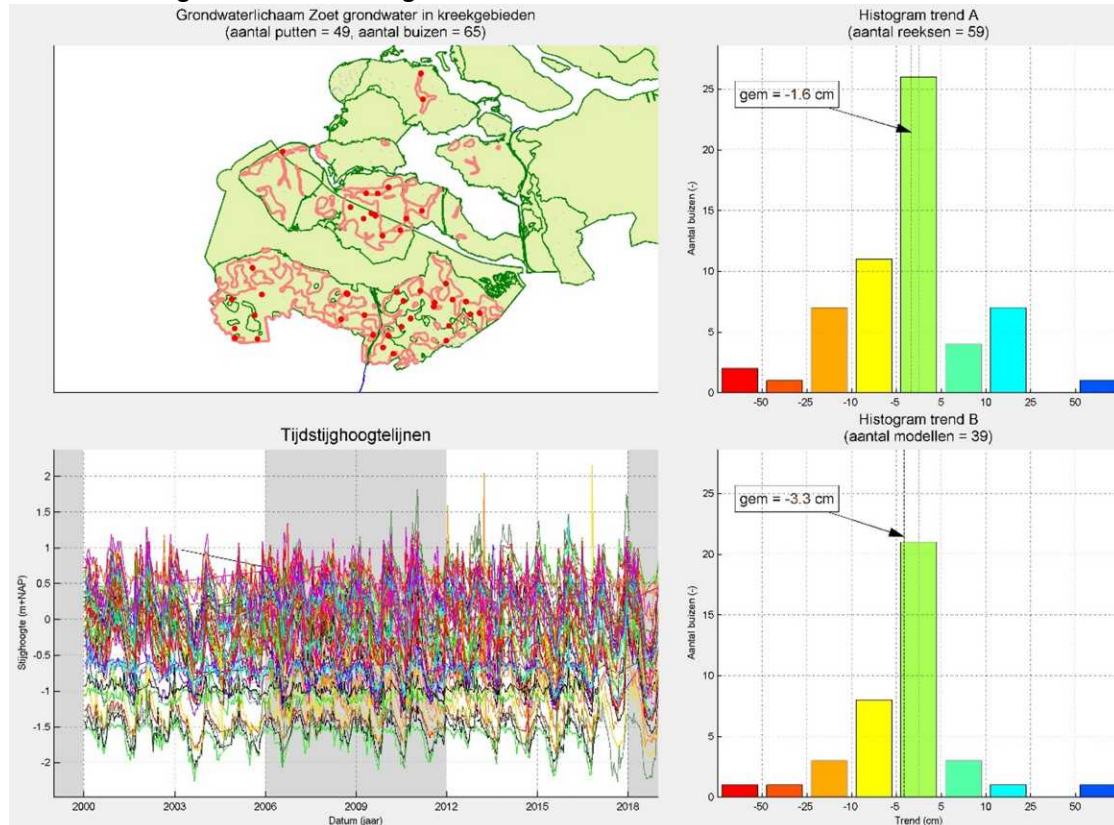
Figuur 3-13 Resultaten zoet grondwater in dekzand

3.2.14 Zoet grondwater in duingebieden



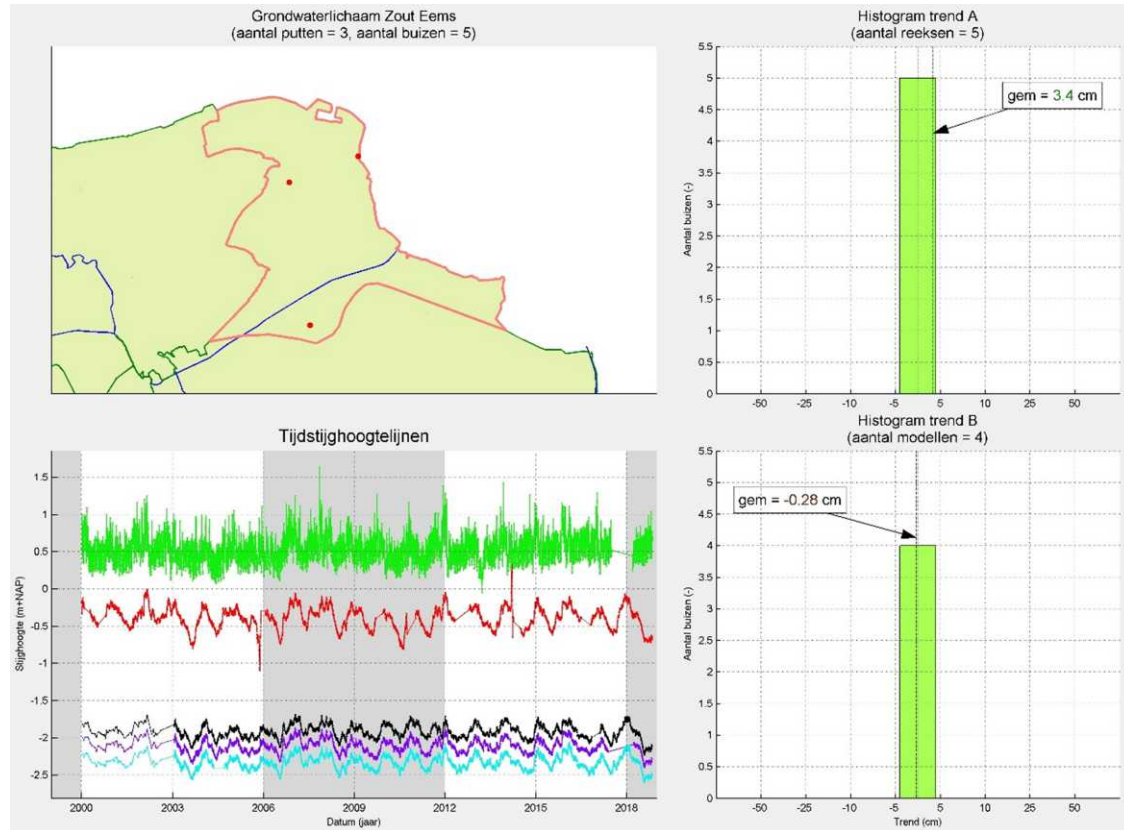
Figuur 3-14 Resultaten zoet grondwater in duingebieden

3.2.15 Zoet grondwater in kreekgebieden



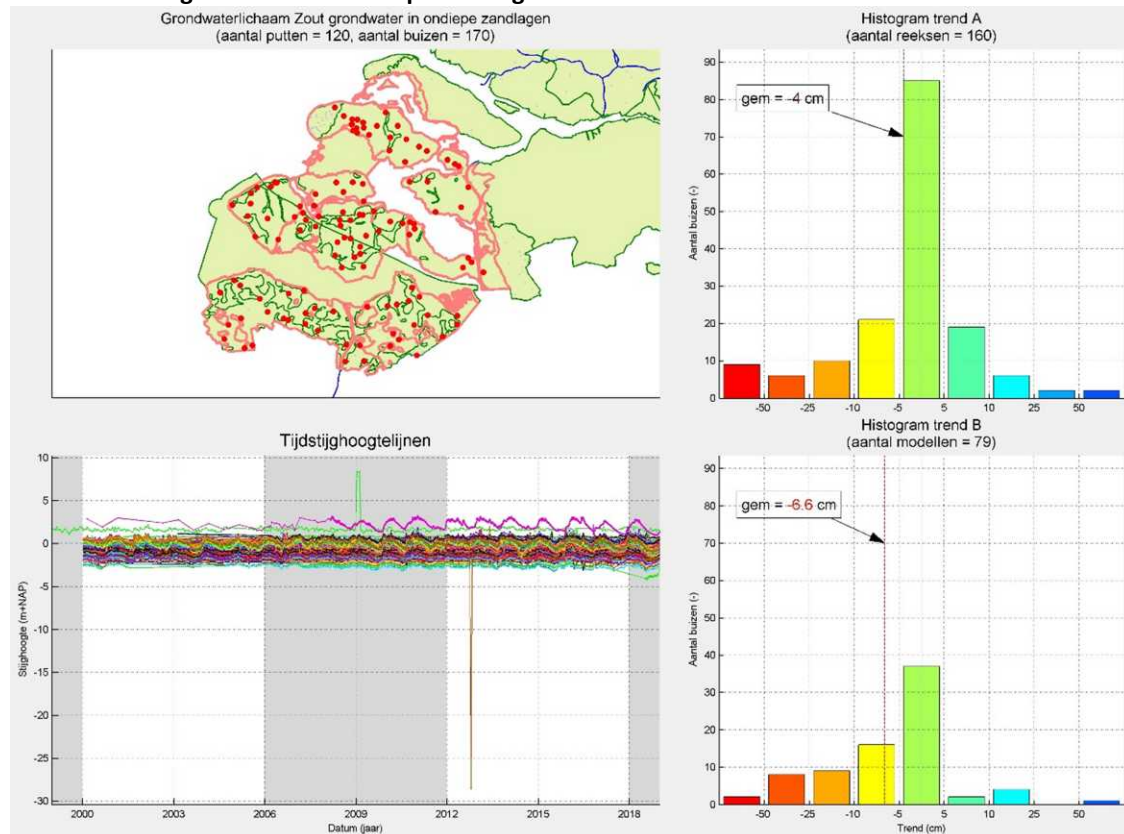
Figuur 3-15 Resultaten zoet grondwater in kreekgebieden

3.2.16 Zout Eems



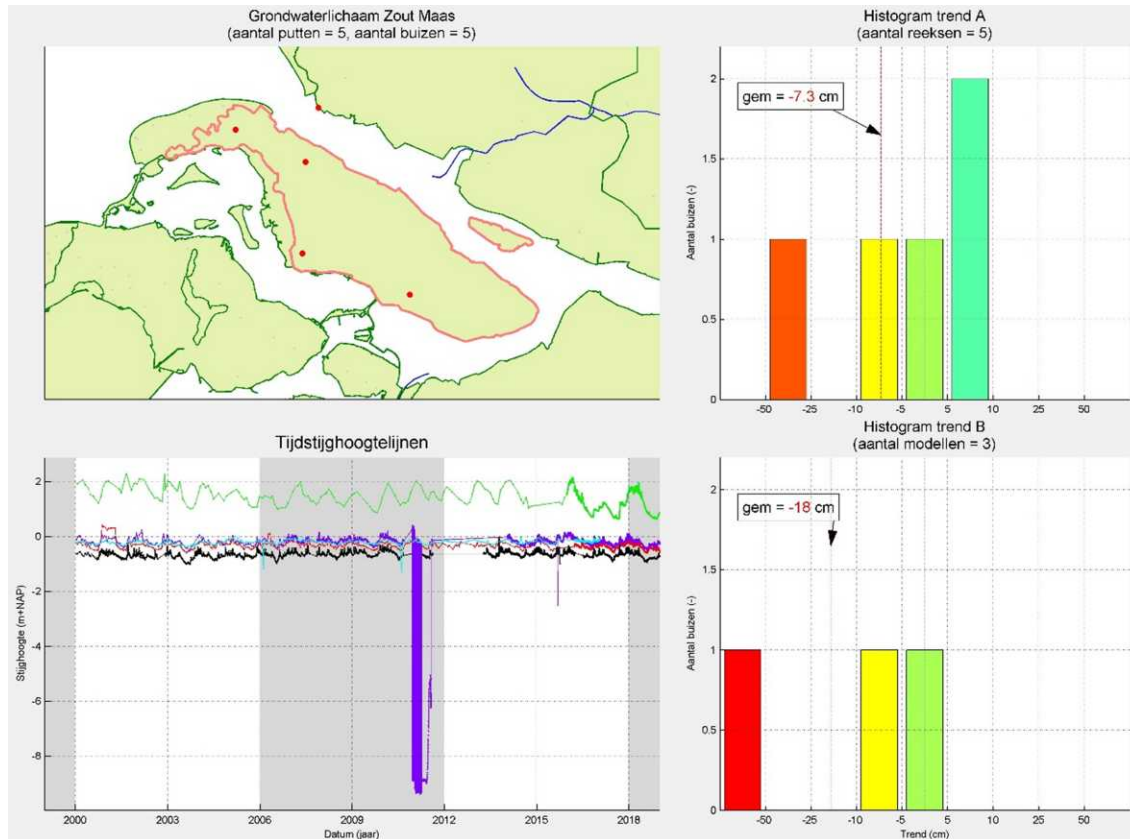
Figuur 3-16 Resultaten Zout Eems

3.2.17 Zout grondwater in ondiepe zandlagen



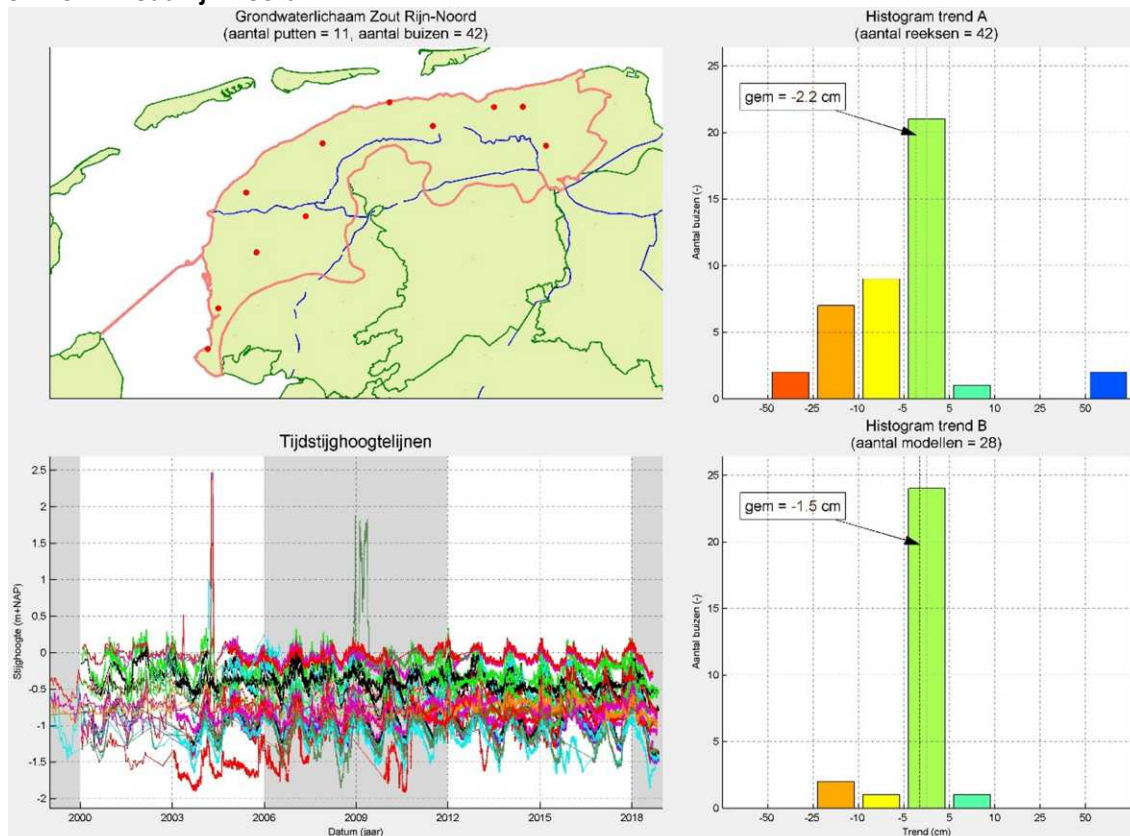
Figuur 3-17 Resultaten zout grondwater in ondiepe zandlagen

3.2.18 Zout Maas



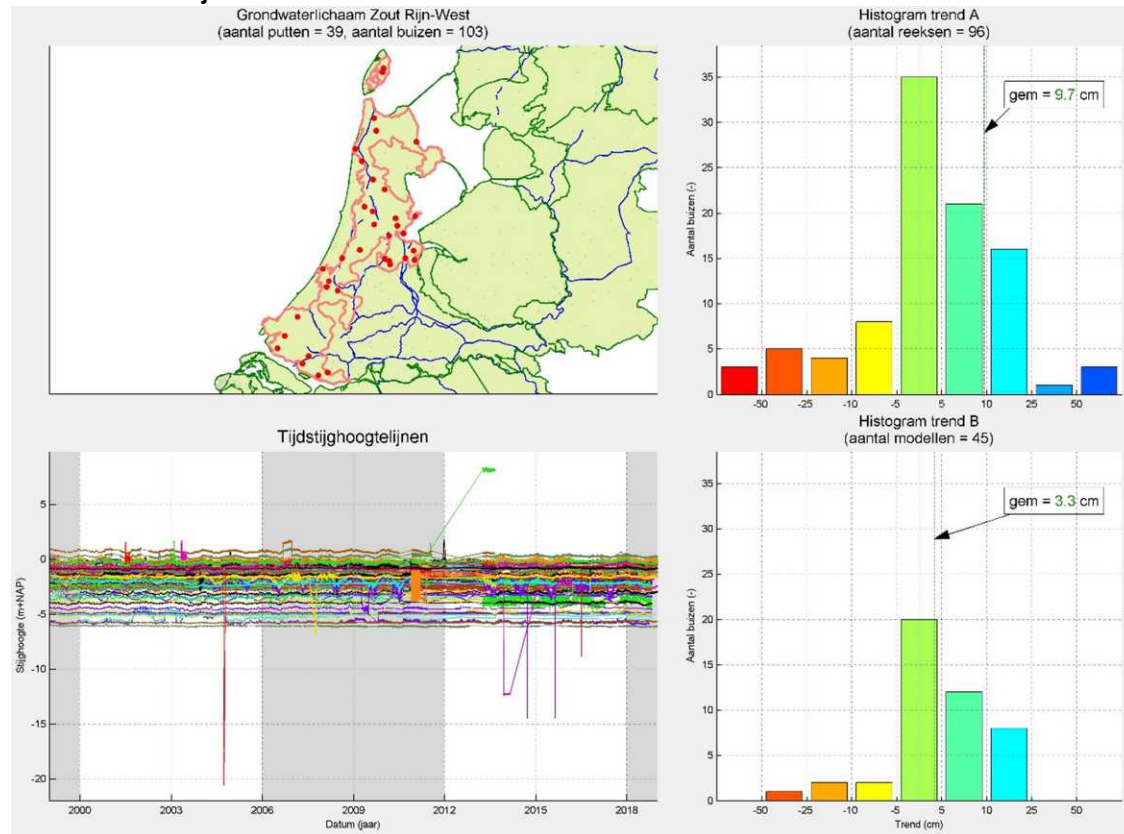
Figuur 3-18 Resultaten Zout Maas

3.2.19 Zout Rijn-Noord



Figuur 3-19 Resultaten Zout Rijn-Noord

3.2.20 Zout Rijn-West



Figuur 3-20 Resultaten Zout Rijn-West

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Inleiding

Voor de beoordeling van de toestand van grondwaterlichamen in Nederland zijn in opdracht van de provincies van de deelgebieden West-Nederland, Noord- en Oost-Nederland en het Scheldestroomgebied 1182 grondwaterreeksen onderzocht. De grondwaterlichamen zijn beoordeeld op basis van de aanwezigheid van een trend in de meetreeksen en een trend in de residuen van het tijdreeksmodel. Deze tijdreeksmodellen zijn gevormd voor de periode vanaf 2000 op basis van neerslag en verdampingsgegevens van het KNMI. De KRW-beoordeling richt zich op negatieve trends en in het bijzonder op daling van de stijghoogte als gevolg van menselijke invloed zoals grondwaterwinning. In overleg met de provincies is besloten dat een gemiddelde trend voor alle KRW punten in een gebied kleiner dan 5 centimeter als acceptabel wordt beoordeeld. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat in sommige grondwaterlichamen de trend voor specifieke KRW-punten sterk kan afwijken (zowel positief als negatief) van het gemiddelde van de trends. Deze valt samen met de negatieve begrenzing van de neutrale kolom in de histogrammen (-5 tot +5 cm). Deze bandbreedte is veelal het minimale betrouwbaarheidsinterval van een individueel tijdreeksmodel. Om pragmatische redenen heeft de eerder beoogde methodiekvergelijking en -verbetering op dit punt (nog) niet plaatsgevonden.

4.2 Trendoordeel

Voor 15 van de in totaal 20 grondwaterlichamen is het oordeel goed. Hierbij is de gemiddelde trend van de meetreeksen van alle KRW punten en de gemiddelde trend van de residuen van de tijdreeksmodellen positief of valt binnen de 5 centimeter marge. Voor de grondwaterlichamen Wadden Rijn-Noord, Zand Rijn-Oost en Zout grondwater in ondiepe zandlagen is de beoordeling negatief. Deze grondwaterlichamen hebben negatieve trends die groter zijn dan 5 centimeter, wat duidt op een significante daling van de grondwaterstand. Voor het grondwaterlichaam Grondwater in diepe zandlagen kan geen oordeel worden gegeven aangezien van de 10 aangewezen KRW punten geen betrouwbare tijdreeksmodellen gemaakt kunnen worden. Er is daarom geen trend van de residuen van het tijdreeksmodel te bepalen. Ook voor het grondwaterlichaam Zout Maas is geen oordeel te geven aangezien hier maar een paar KRW punten een betrouwbaar tijdreeksmodel geven (3 stuks) welke ieder een zeer verschillende trend geven.

4.3 Kanttekeningen

Een belangrijk voordeel van de doorgevoerde verbeteringen in de methodiek en presentatie, is dat de aanpak, gegevens en resultaten op een betere en meer transparante manier gepresenteerd en uit elkaar gehouden worden. Dit heeft tot gevolg dat ook de gebreken en de te plaatsen kanttekeningen daarbij niet grotendeels onder de motorkap blijven zoals eerder het geval was, maar op een transparantere manier aan het licht komen. Het gaat hierbij enerzijds om de onderliggende meetpunten en meetgegevens, en de methodiek, resultaten en onvolledige verklaarbaarheid daarvan anderzijds.

Tijdens het onderzoek is gebleken dat 139 aangewezen KRW-punten niet de juiste meetperiode voor dit onderzoek bevatten. Er zijn hierbij geen metingen in de referentieperiode (2000 t/m 2005) en/of geen metingen in de planperiode 2012 t/m 2017. Hierdoor is circa 10 procent van de aangewezen KRW-punten ongeschikt voor de beoordeling van de grondwaterlichamen. Het aantal aangewezen KRW-punten varieert daarnaast sterk per grondwaterlichaam. Dit betekent dat er grondwaterlichamen zijn waarbij een oordeel is gebaseerd op basis van meer dan honderd meetreeksen (bijvoorbeeld Deklaag Rijn-West), maar er zijn ook grondwaterlichamen waarbij een oordeel is gebaseerd op minder dan tien meetreeksen (bijvoorbeeld Zout Eems). De KRW-punten zijn bovendien (visueel) niet altijd uniform verdeeld binnen een grondwaterlichaam. Er liggen bij een aantal grondwaterlichamen meer KRW-punten in een bepaald gedeelte van het gebied, terwijl een ander gedeelte niet

vertegenwoordigd is. Hierdoor kan onterecht een conclusie (grondwaterstands daling of juist geen trend) genomen worden voor een regio waarin nauwelijks KRW-punten aangewezen zijn. Verder zijn er een aantal KRW-punten gedefinieerd voor een bepaald grondwaterlichaam, terwijl deze punten niet binnen dit grondwaterlichaam liggen. Dit is bijvoorbeeld te zien op de kaarten in figuur 3-6 en figuur 3-12. Op basis van de opgave van de betreffende meetnetbeheerders zijn de trends op deze locaties wel meegenomen bij de beoordeling van het desbetreffende grondwaterlichaam.

Zoals ook in (van Doorn en Leunk, 2017; Von Asmuth en Van Doorn, 2018, Von Asmuth, 2020) beschreven is, moeten er kanttekeningen geplaatst worden bij de methodiek die gehanteerd is voor met name de beoordeling en aggregatie van de resultaten per grondwaterlichaam. Om pragmatische redenen heeft de eerder beoogde methodiekvergelijking en -verbetering op dit punt (nog) niet plaatsgevonden. Voor de beoordeling van de resultaten van deeltest B is van belang, dat de modelbeoordeling niet onafhankelijk is van het trendoordeel van het modelresidu zelf (en ook niet los daarvan te zien is). Het zijn met name de meetreeksen met (negatieve) trends, die niet goed verklaarbaar zijn met neerslag en verdamping als verklaarbare variabelen alleen. Kort gezegd vallen juist de (negatieve) trends deels weg in de resultaten en beoordeling in deeltest B, waarmee een oordeel gebaseerd op deze deeltest alleen niet zuiver is.

4.4 Aanbevelingen

De hier gedane aanbevelingen volgen logischerwijze min of meer direct uit de hierboven geplaatste kanttekeningen. Voor een volgend onderzoek is dus van belang dat controle op de kwaliteit en correctheid van de meetreeksen en meetpunten plaatsvindt. Aanbevolen wordt om voor de volgende KRW-toetsing punten die geen metingen in de juiste meetperiode hebben, niet meer aan te leveren als KRW-punt en nieuwe peilbuisfilters daarvoor aan te wijzen. Zowel in de door de provincies aangeleverde gegevens als in de meetreeksen uit DinoLoket zitten daarnaast nog gaten en uitschieters. Hierdoor is in sommige gevallen geen betrouwbaar tijdreeksmodel te maken, waardoor de meetreeksen geen deel uitmaakt bij de trendbeoordeling van deeltest B (te zien in Excel tabel in `hasPassedModelQC` kolom). In andere gevallen kunnen incorrecte waarden in een meetreeks leiden tot een grotere berekende trend. Hierdoor hebben fouten in meetreeksen een ongewenste invloed op de beoordeling van een grondwaterlichaam. Vooral voor grondwaterlichamen met een klein aantal aangewezen KRW punten hebben meetfouten in enkele reeksen een relatief grote invloed op de beoordeling.

M.b.t. de geplaatste kanttekeningen bij het toepassen en verbeteren van de methodiek verdient het aanbeveling om zo mogelijk alsnog verklaringen te vinden voor en modellen te maken van de in de meetreeksen aanwezige trends. Deze aanbeveling komt neer op het alsnog uitvoeren van de beoogde verdiepingsslag C, met name voor die grondwaterlichamen en/of meetpunten met grotere trends en kleinere verklaarbaarheid daarvan. Voor het vergroten van de objectiviteit en representativiteit van de beoordeling bevelen we aan om zowel de eerder beoogde methodiekvergelijking en -verbetering op dit punt alsnog doorgang te laten vinden, als om de hydrologische en statische representativiteit van het meetnet en de meetpunten te beoordelen en verbeteren (QC0, conform het QC-protocol van het platform meetnetbeheerders van de provincies).

5 Literatuur

Landelijke Werkgroep Grondwater (2019). Protocol voor toestand- en trendbeoordeling van grondwaterlichamen KRW-Herzien 2019

Leunk, I. (2013) Tijdsreeksanalyse KRW meetnet Noord Nederland 2013; Rapport KWR 2013.055, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Leunk, I. en A. van Doorn (2017) Trendanalyse grondwaterstands- en stijghoogtegegevens Maasstroomgebied (2012-2016); Rapport KWR 2017.046, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Van Geer, F.C. en A. Lourens (2001) Trends in de stijghoogte en relatie tussen verschillende dieptes; TNO-rapport NITG 01-125-B, Delft.

Verhagen, F.T., W. Swierstra, F.C.J. van Herpen, M.E. van Vliet, A. Krikken, H. Vermue en H.P. Broers (2012) KRW toetsing grondwater, 2012. Maasstroomgebied.; rapport 9X3355/R0004/900642/AH/DenB, Haskoning Nederland B.V. Water, 's-Hertogenbosch.

van Doorn, A. en I. Leunk (2017) Evaluatie KRW-meetnet Maasstroomgebied van de provincie Noord-Brabant; Rapport KWR 2017.045, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Von Asmuth, J. R., Maas, K., Knotters, M., Bierkens, M. F. P., Bakker, M., Olsthoorn, T. N., Cirkel, D. G., Leunk, I., Schaars, F., and Von Asmuth, D. C. (2012). Software for hydrogeologic time series analysis, interfacing data with physical insight: Environmental Modelling & Software, v. 38, p. 178-190

Von Asmuth, J.R. en A. Van Doorn (2018) Trendanalyse grondwaterlichaam Maas Slenk Diep. Langjarige trends, 'Quick Scan' bruinkoolwinning en voorstel voor verdieping; Rapportnr KWR 2018.017, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Von Asmuth, J.R. (2020; in prep.) Beoordeling van KRW-grondwaterlichamen op trends in de stijghoogte; herziening van en toelichting op de methodiek. Rapport KWR 2020.005, KWR Water Research Institute, Nieuwegein.

I Bijlage: Resultaten tabel

Het resultaat van de analyses besproken in hoofdstuk 3 is samengevat in een aparte Excel tabel, welke als digitale bijlage bij dit rapport is toegevoegd.

II Bijlage: Histogrammen trend deelttest A en B

Als digitale bijlage bij dit rapport is een map met alle figuren uit paragraaf 3.2.1 t/m 3.2.20 toegevoegd. Per figuur is voor een grondwaterlichaam in de afbeelding linksboven de aangewezen KRW punten voor dit grondwaterlichaam weergegeven. De figuur linksonder laat voor deze punten de meetreeksen zien, hierbij is de planperiode en de referentieperiode in witte kolommen weergegeven. De figuren rechts bevatten de histogrammen van de trendbeoordelingen. Hierbij is trend A de resultaten van deelttest A en trend B de resultaten van deelttest B. De gemiddelde trend is weergegeven met gestippelde verticale streep. Voor details over de methodiek achter de figuren verwijzen we naar Von Asmuth (2020).