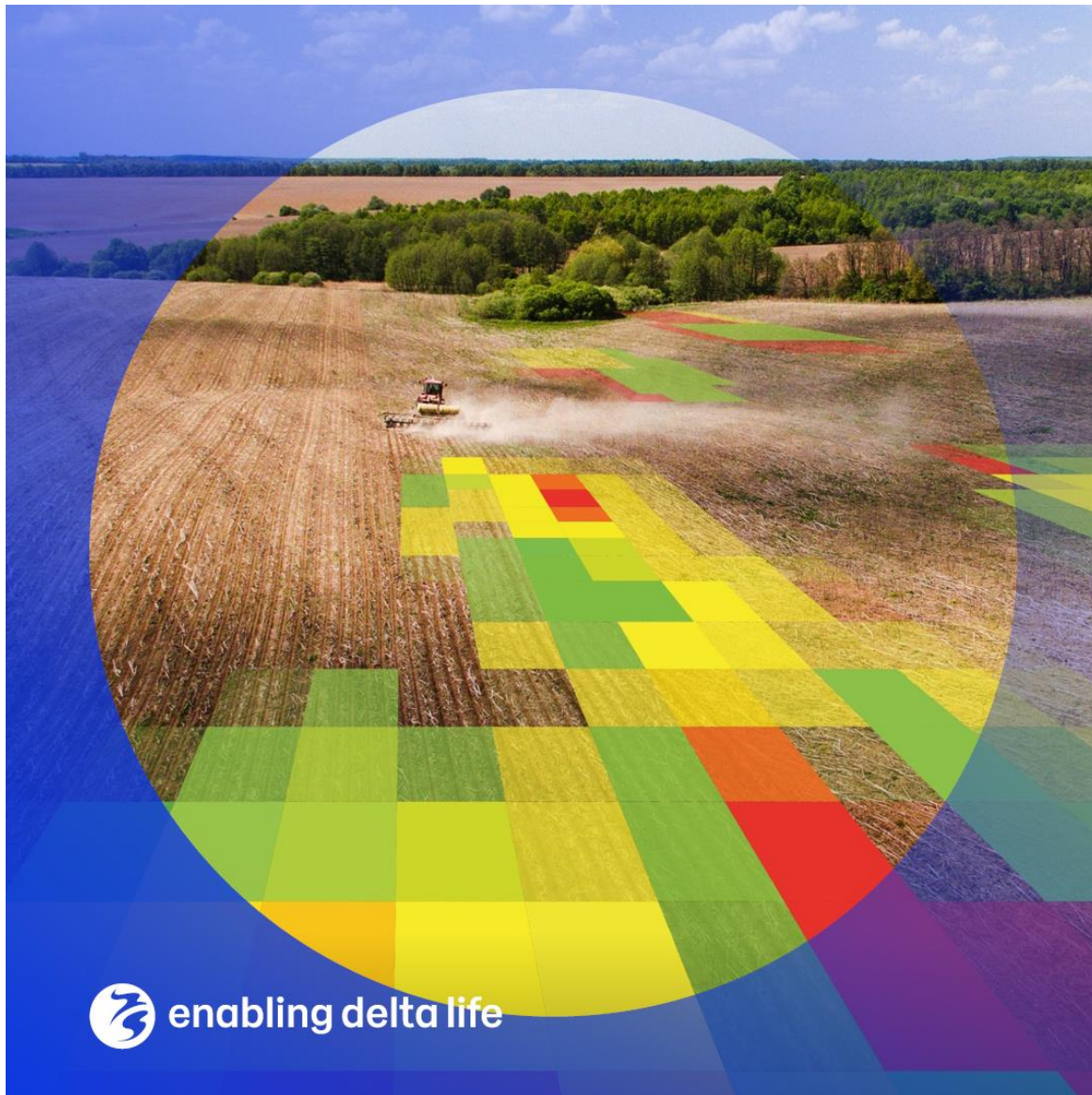


Validatie regionale modellen Grow with the Flow



Validatie regionale modellen Grow with the Flow

Auteur(s)

Janneke Pouwels

Liduin Bos - Burgering

Edwin Snippen



Validatie regionale modellen Grow with the Flow

Opdrachtgever	TKI-Deltatechnologie en TKI-Agri&Food
Contactpersoon	Edwin Snippen (Deltares) en Ab Veldhuizen (WENR)
Referenties	Pouwels, J.R., Bos-Burgering, L. en Snippen, E. 2022. Validatie regionale modellen Grow with the Flow. Deltares rapport 11205653-004-BGS-0004
Trefwoorden	Validatie, Regionale modellen, GRAM, AZURE, grondwater, bodemvocht, Grow with the Flow, GwtF

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	19-04-2022
Projectnummer	11205653-004
Document ID	11205653-004-BGS-0004
Pagina's	32
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Janneke Pouwels	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1				
	Janneke Pouwels	Klaas-Jan van Heeringen	Otto de Keizer	
	Liduin Bos - Burgering			
	Edwin Snippen			

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de validatie van de regionale modellen die binnen het project Grow with the Flow (GwtF) gebruikt worden. Met deze validatie is de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de modellen voor de stroomgebieden van de waterschappen Aa & Maas en Vallei & Veluwe onderzocht.

Deze validatie geeft inzicht voor welke situaties het model in staat is de werkelijkheid te benaderen. De validatie richt zich op de parameters die gebruikt worden om de teler en het waterschap te informeren door middel van het GwtF voorspellingsplatform. De validatie geeft ook een beeld in de betrouwbaarheid van de berekende grondwaterstand als onderrandvoorwaarde voor de lokale modelberekening. De vergelijking tussen model en metingen wordt in de vorm van factsheets gepresenteerd voor Aa & Maas (GRAM-model) en Vallei & Veluwe (AZURE-model). Dit rapport is bedoeld ter onderbouwing voor de conclusies die in het hoofdgrapport worden gepresenteerd.

Het grondwater in het GRAM model wordt relatief goed gesimuleerd. Er zijn weinig uitschieters wanneer vergeleken wordt met metingen en de ordegruote komt goed overeen. De validatie geeft vertrouwen in de grondwaterstanden zoals ze worden getoond in het GwtF voorspellingsplatform. Ook het bodemvochtgehalte wordt relatief goed meegenomen in het model.

De berekeningen met het AZURE model komen niet altijd even goed overeen met metingen blijkt uit deze validatiestudie. Deze validatiestudie geeft geen sluitend inzicht in de oorzaak van de verschillen die zijn gevonden tussen metingen en modelberekeningen. Deze validatiestudie geeft daarom een indicatie dat de betrouwbaarheid van het model wellicht niet optimaal is voor de toepassing binnen dit project. De ervaringen van de gebruikers zijn echter positief, zij hebben vooral gelet op de dynamiek van de modeluitvoer.

Waterschap Vallei en Veluwe werkt momenteel aan een verbetering van het AZURE model. De verwachting is dat de prestatie van het model flink verbetert met de komst van het nieuwe regionale model. Aanbevolen wordt om over te stappen naar de update van het AZURE model zodra deze beschikbaar komt. Deze update bevat op verschillende onderdelen modelverbetering en de verwachting is dat de modelprestatie flink zal worden verbeterd.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	6
2	Methode	7
2.1	Grondwater	7
2.2	Bodemvocht	9
3	Validatie van het GRAM model	11
3.1	Grondwater	11
3.2	Bodemvocht	16
3.2.1	Vergelijking met lokaal model	18
4	Validatie van het AZURE model	21
4.1	Grondwater	21
4.2	Bodemvocht	23
5	Conclusies en aanbevelingen	26
5.1	GRAM model	26
5.2	AZURE model	26
5.3	Schaling metingen	27
	Referenties	28
A	Schaling bodemvochtmetingen	29

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de validatie van de regionale modellen die binnen het project Grow with the Flow (GwtF) gebruikt worden. Met deze validatie is de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de modellen voor de stroomgebieden van de waterschappen Aa & Maas en Vallei & Veluwe onderzocht.

Deze validatie geeft inzicht voor welke situaties het model in staat is de werkelijkheid te benaderen. Deze validatie heeft als doel om de betrouwbaarheid van de modeltoepassing binnen GwtF te achterhalen. De validatie richt zich daarom op de parameters die gebruikt worden om de teler en het waterschap te informeren via het GwtF voorspellingsplatform (grondwaterstanden, bodemvochtgehaltenes en beekafvoeren). De validatie geeft ook een beeld van de betrouwbaarheid van de berekende grondwaterstand als onderrandvoorwaarde voor de lokale modelberekening. De vergelijking tussen model en metingen wordt in de vorm van factsheets gepresenteerd voor waterschap Aa & Maas (GRAM-model) en waterschap Vallei & Veluwe (AZURE-model). Dit deelrapport is bedoeld ter onderbouwing voor de conclusies die in het hoofdrapport worden gepresenteerd.

Voor verdere achtergrondinformatie over het project wordt verwezen naar het hoofdrapport (Bos-Burgering et al., 2022, in prep.).

2 Methode

In deze validatiestudie is de betrouwbaarheid van de regionale modellen getoetst aan de hand van metingen. Daarbij is gekeken naar de volgende variabelen:

- Grondwaterstanden
- Bodemvochtgehaltenes

Meetreeksen van deze variabelen zijn vergeleken met de twee regionale modellen die momenteel in Grow with the Flow meedraaien: het GRAM-grondwatermodel en het AZURE-model. De analyses van bodemvocht en afvoeren zijn indien mogelijk uitgevoerd voor twee modeltoepassingen: Het langjarige model en het model in de operationele FEWS omgeving.

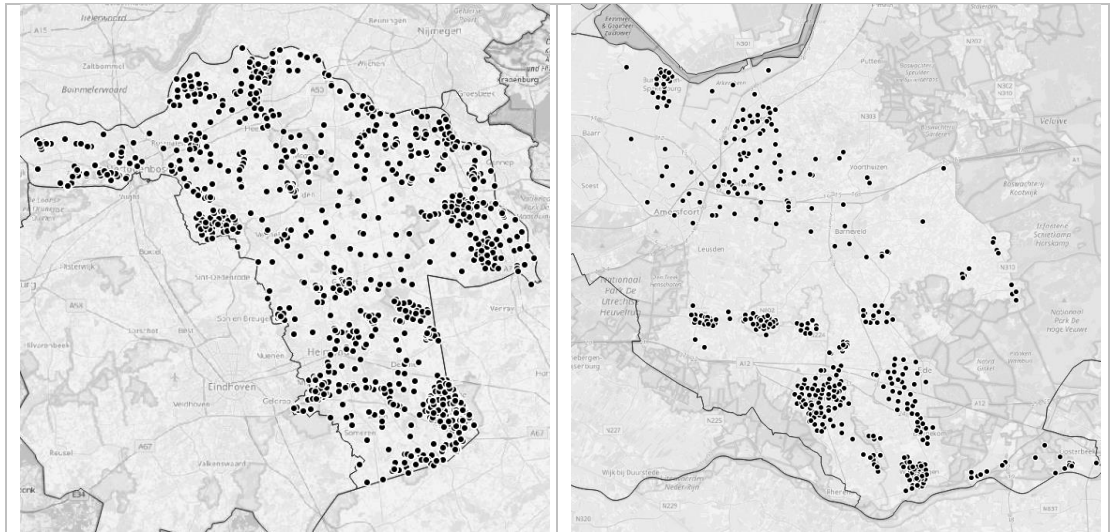
In de analyses is gekeken naar de algehele betrouwbaarheid en de betrouwbaarheid specifiek in het groeiseizoen. Daarnaast is de betrouwbaarheid voor individuele jaren bekeken en de betrouwbaarheid in droge, natte en gemiddelde perioden. Voor droge perioden zijn de 20% laagst gemeten waarden gebruikt, voor natte perioden de 20% hoogste waarden en voor gemiddelde perioden de 20% middelste metingen.

Naast grondwaterstanden en bodemvochtgehaltenes is ook naar de afvoeren gekeken. De gemodelleerde afvoeren worden berekend uit verschillende uitvoertermen van het model. Echter door een rekenfout is deze omrekening niet correct uitgevoerd waardoor de vergelijking met metingen mank loopt. Deze fout is ontdekt na afloop van de validatie, waardoor deze niet meer kon worden hersteld. Deze validatie geeft daarom geen inzicht in de betrouwbaarheid van de berekende afvoeren in het GwtF voorspellingsplatform. De rekenfout is inmiddels hersteld in het voorspellingsplatform.

Deze rekenfout heeft geen invloed op de berekende grondwaterstanden en bodemvochtgehaltenes. Die variabelen kunnen daarom wel gevalideerd worden.

2.1 Grondwater

Voor de validatie is het grondwatermeetnet van beide waterschappen gebruikt (zie Figuur 2.1). De berekende grondwaterstanden zijn vergeleken met de meetreeksen tussen 2016 en 2018. Voor die periode is gekozen omdat deze reeks zowel een nat (2016) als een droog jaar (2018) bevat. Het jaar 2017 ligt daar tussenin.



Figuur 2.1 De meetpunten in het grondwatermeetnet van waterschap Aa en Maas (links) en waterschap Vallei en Veluwe (rechts).

Eerst zijn de meetreeksen gebruiksklaar gemaakt. Meetreeksen met stap (dat zijn meetreeksen die een sprong in de gemeten waarde bevatten) zijn verwijderd en de meetreeksen zijn omgezet naar daggemiddelde waarden. Dit was nodig omdat de gemodelleerde grondwaterstanden op dagbasis beschikbaar zijn.

De meetreeksen in het beheergebied van Aa en Maas zijn overgenomen van de dataset die al meedraait in het GRAM model. De meetreeksen in het beheergebied van Vallei en Veluwe zijn door het waterschap aangeleverd en zijn een extractie uit het FEWS-WIS Vallei en Veluwe systeem.

In de analyse is alleen gekeken naar freatische grondwaterstanden. In het GRAM model is daarbij aangenomen dat modellaag 1 t/m 4 de freatische grondwaterstanden betreft. Van het AZURE model was geen laaginformatie beschikbaar. De meetreeksen konden daarom niet toegekend worden aan een specifieke modellaag. Daarom zijn voor deze validatie alle meetreeksen vergeleken met de modelresultaten van modellaag 1.

De metingen en modelreeksen zijn statistisch met elkaar vergeleken op de volgende punten:

- De P50 (mediaan). Dit geeft een beeld van de absolute afwijking, of het model te droog of juist te nat is. Als de P50 0 is, is er geen afwijking. Bij een positieve P50 zijn de gemodelleerde grondwaterstanden te hoog.
- De RMSE, dit geeft een beeld van de nauwkeurigheid van het dynamisch gedrag van het model. Hoe lager de RMSE, des te nauwkeuriger dit gedrag wordt gesimuleerd in het model.

Naast deze getallen zijn ook een scatterplot en een histogram gemaakt, waarop de performance van het model visueel zichtbaar is.

2.2 Bodemvocht

Voor het beheergebied Aa en Maas zijn de bodemvochtmetingen van 2016 t/m 2018 gebruikt van het waterschap, gecombineerd met metingen van bodemvochtsensoren die binnen een promotietraject zijn geïnstalleerd in het gebied De Raam (Benninga et al., 2018). Initieel was het de bedoeling om zowel de periode 2016-2018 van het langjarige model te analyseren, als het afgelopen jaar in de operationele omgeving. De meetreeksen in 2021 van de bodemvochtsensoren in het beheergebied van Aa en Maas waren echter niet bruikbaar voor de validatie doordat ze structureel een stuk lager waren dan de voorgaande jaren. Daarom is het GRAM model (Aa en Maas) alleen gevalideerd in de langjarige setting. Voor het AZURE model (Vallei en Veluwe) waren geen bodemvochtmeetreeksen beschikbaar voor de periode 2016-2018. Daarom is het AZURE model alleen gevalideerd voor het jaar 2021 in de operationele setting. Daarbij zijn de bodemvochtmetingen gebruikt van bodemvochtsensoren van Farm21 die binnen dit project zijn geplaatst bij alle deelnemende telers. Deze metingen zijn in het platform van Farm21 zichtbaar en worden via een API ook in het FEWS-systeem doorgegeven.

Omdat het AZURE model slechts voor één jaar kon worden gevalideerd, is ervoor gekozen in dit rapport de conclusies vooral te richten op Aa en Maas. Wel worden de analyses voor beide gebieden beschreven, omdat de analyse voor het jaar 2021 wel een indicatie geven voor de performance van het AZURE model.

Eerst zijn de meetreeksen gebruiksklaar gemaakt, waarbij de meetreeksen zijn omgezet naar daggemiddelde waarden. Dit was nodig omdat het gemodelleerde bodemvochtgehalte op dagbasis beschikbaar is.

Het gemodelleerde bodemvochtgehalte (S01/DPRZTB) met MetaSWAP is alleen beschikbaar als gemiddeld vochtgehalte over de gehele wortelzone, terwijl de bodemvochtmetingen op specifieke dieptes plaatsvinden (5, 10, 20, 40 en 80 cm diepte). Om alsnog een goede vergelijking te kunnen maken met de puntmetingen zijn de vochtgehalten voor zowel de meetreeksen als de modelresultaten ruimtelijk en over de diepte gemiddeld, deze methode is overgenomen van de validatie van het LHM model (Pezij, 2021). Deze methode geeft informatie over de algehele performance van het bodemvochtgehalte, maar omdat er ruimtelijk wordt gemiddeld geeft deze methode geen informatie over de lokale performance. Omdat het bodemvocht van de regionale modellen enkel wordt gebruikt in het regionaal voorspellingssysteem, en niet in de app met lokale voorspellingen, geeft deze methode voldoende inzicht in de betrouwbaarheid van de regionale modellen in het GwtF voorspellingsplatform.

Deze twee tijdreeksen zijn statistisch met elkaar vergeleken op de volgende punten:

- De P50 (mediaan). Dit geeft een beeld van de absolute afwijking, of het model te droog of juist te nat is. Als de P50 0 is, is er geen afwijking. Bij een positieve P50 is het gemodelleerde bodemvochtgehalte te hoog.
- De RMSE, dit geeft een beeld van de nauwkeurigheid van het dynamisch gedrag van het model. Hoe lager de RMSE, des te nauwkeuriger dit gedrag wordt gesimuleerd in het model.

Omdat de vochtgehalten nu al ruimtelijk zijn gemiddeld, is er maar één meetreeks en één modelreeks beschikbaar. Daarom is van alle tijdstappen in die reeks de P50 en RMSE bepaald. Naast deze getallen zijn ook een scatterplot en een histogram gemaakt, waarop de performance van het model visueel zichtbaar is.

De analyses van beide regionale modellen zijn in eerste instantie gebaseerd op de aangeleverde metingen. Bij de analyses van de lokale modellering in het Aa en Maas beheergebied (Dik en Veldhuizen, 2022., in prep.) is gebleken dat het te rechtvaardigen is om de aangeleverde metingen te herschalen. De metingen zijn namelijk uitgevoerd met Decagon 5TM-sensoren. De sensor gebruikt een elektromagnetisch veld om het doorlaatvermogen van het omringende medium te meten: een soort weerstandsmeting. De gemeten weerstand wordt vervolgens geschaald op basis van karakteristieken van de bodemlaag. Deze “kalibratie” is gebaseerd op algemene aannames voor een gekozen bodemtype. De weerstandsmetingen geven in principe alleen inzicht in de relatieve vochtgehalten. Dit maakt dat het schalen van de bodemvochtgehalten ook naderhand uitgevoerd kan worden.

Dit inzicht kwam echter te laat beschikbaar om mee te nemen in deze regionale validatie. Wel is een vergelijking gemaakt tussen het bodemvochtgehalte in het regionale en lokale model van het Aa en Maas beheergebied (zie paragraaf 3.2.1). Daarbij is de herschaling wel toegepast. Deze vergelijking geeft daarom ook inzicht in de afwijking van het regionale model ten opzichte van geschaalde metingen.

3 Validatie van het GRAM model

3.1 Grondwater

CONCLUSIES

De prestatie van het model is afgelopen jaar flink verbeterd met behulp van een uitgevoerde kalibratie buiten het GwtF project (Bos-Burgering en Hunink, 2021). Het model presteert regionaal nu relatief goed. Er zijn weinig grote uitschieters en de orde grootte van de gemodelleerde grondwaterstanden komt goed overeen met de meetreeksen. Dit geeft een indicatie dat de grondwaterstanden uit het regionale model een goede basis vormen voor de lokale modellering. Lokale afwijkingen kunnen echter zeker nog van invloed zijn op de detailmodellen.

De P50 afwijking (mediaan van alle afwijkingen) is gering en ook de RMSE is in veel gevallen vrij klein. Er zitten waarschijnlijk enkele foute meetreeksen in de dataset die er niet uit zijn gehaald bij de filtering op meetreeksen zonder stap (dus meetreeksen die geen sprongen bevatten). Deze zorgen bij bepaalde selecties van de metingen voor een zeer grote RMSE. De foutieve meetreeksen hebben nauwelijks effect op de berekende P50. Het achterhalen van de kwaliteit van individuele meetreeksen, om zo de prestatie van het model beter in te schatten, is niet eenvoudig vanwege de grote hoeveelheid meetreeksen (ongeveer 1700) en ligt buiten de scope van deze validatie. Het doel van de validatie is namelijk om beter zicht te krijgen voor welke omstandigheden het model goed presteert.

RESULTATEN

Globale statistieken
Langjarig model

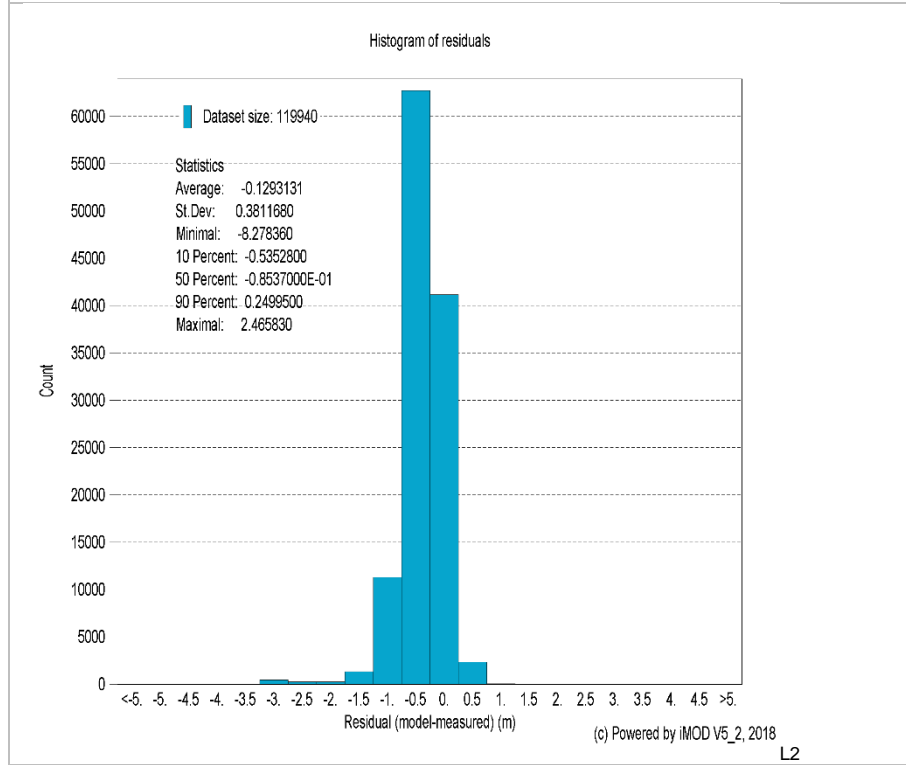
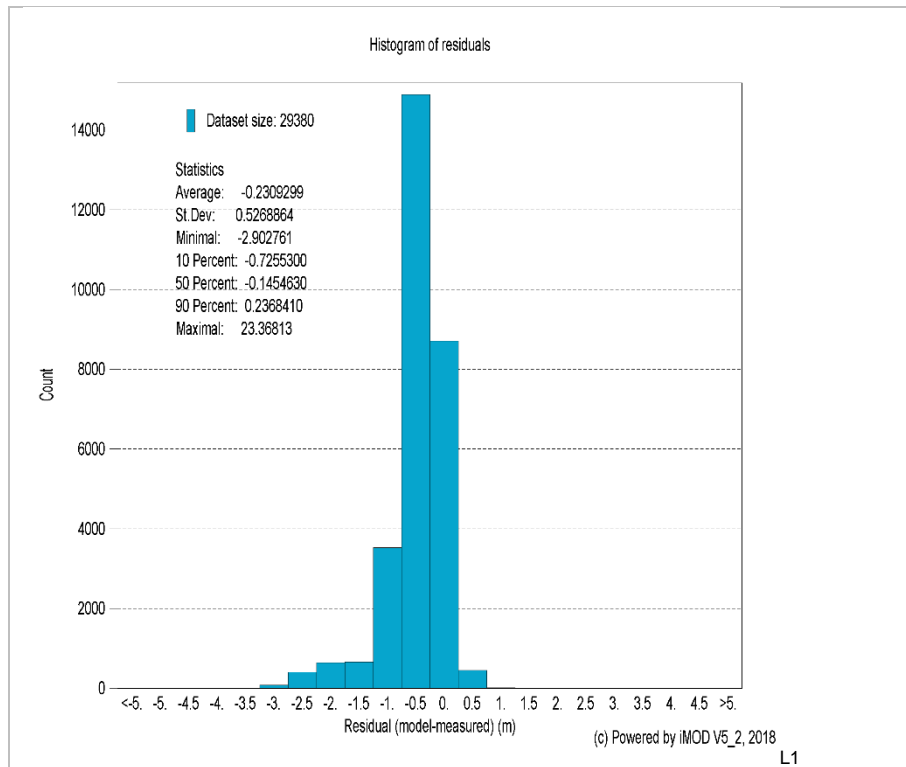
		Gehele periode		Groei seizoen	
		P50 [m]	RMSE [m]	P50 [m]	RMSE [m]
Gehele meetset		-0.08	2323.24	-0.06	3280.66
Per jaar	2016	-0.05	3592.92	-0.05	5048.78
	2017	-0.11	0.59	-0.10	0.55
	2018	-0.10	0.58	-0.06	0.53
Per situatie	Droog	-0.01	0.58	0.02	0.56
	Gemiddeld	-0.08	0.54	-0.06	0.52
	Nat	-0.12	5185.65	-0.12	7311.01

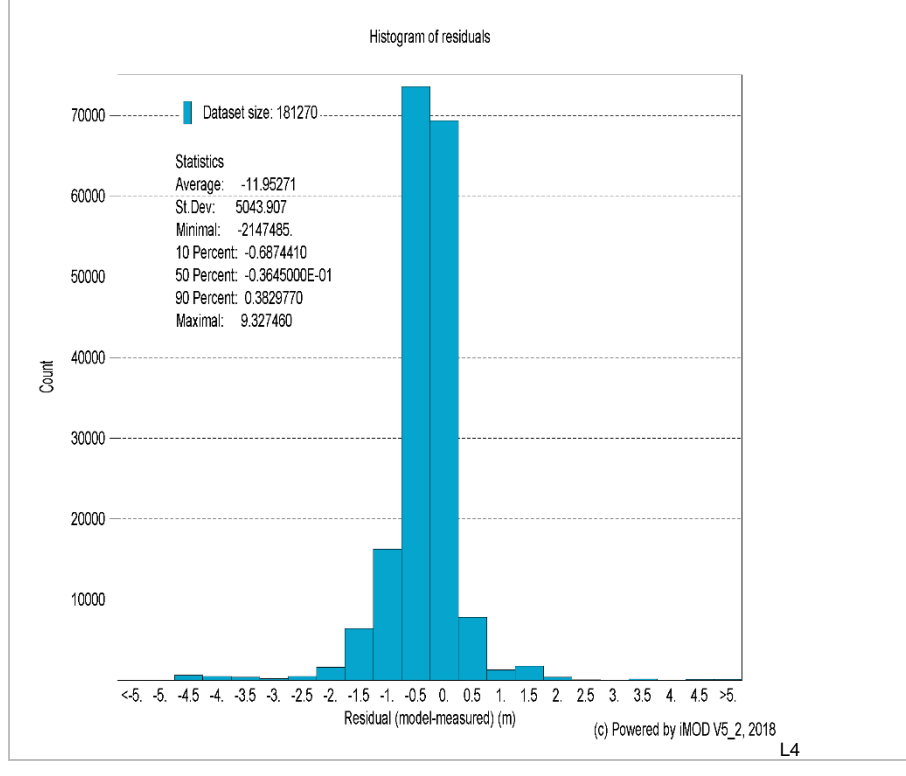
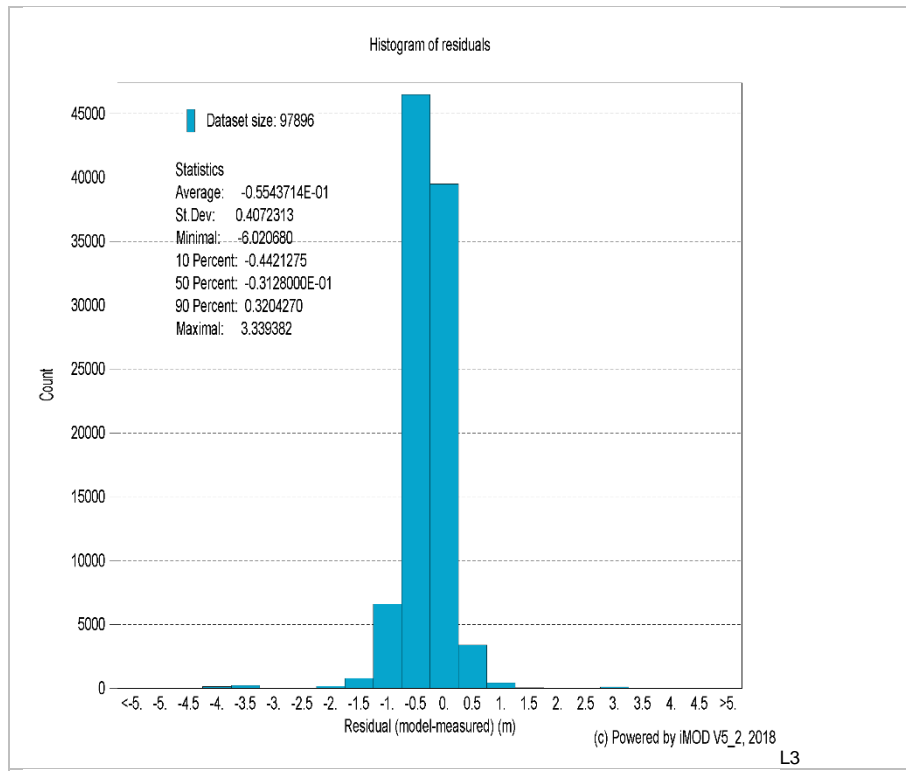
- De afwijking van de P50 is gering, in orde grootte van enkele centimeters.
- Het model is iets te droog.
- Onder natte condities is deze afwijking het grootst. De dynamiek is dus in het model iets te laag.
- In de meetset zitten waarschijnlijk een aantal foutieve meetpunten die vooral in 2016 en onder natte omstandigheden voor een zeer hoge RMSE zorgen. Hierdoor zijn deze hoge RMSE's geen goede maatstaf voor de prestaties van het model. De foutieve meetreeksen

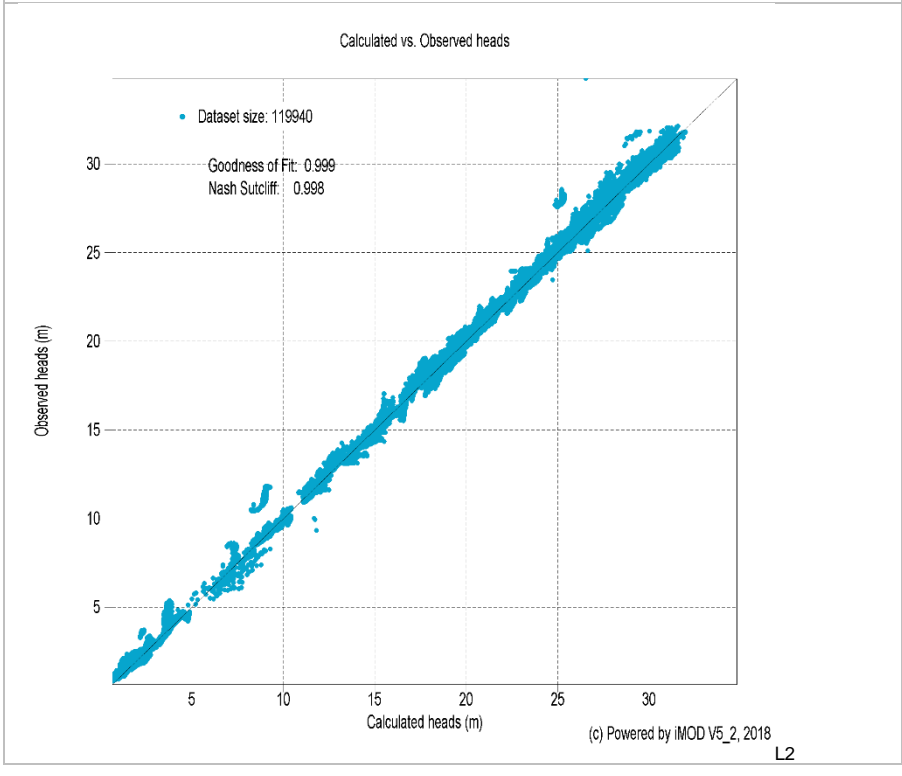
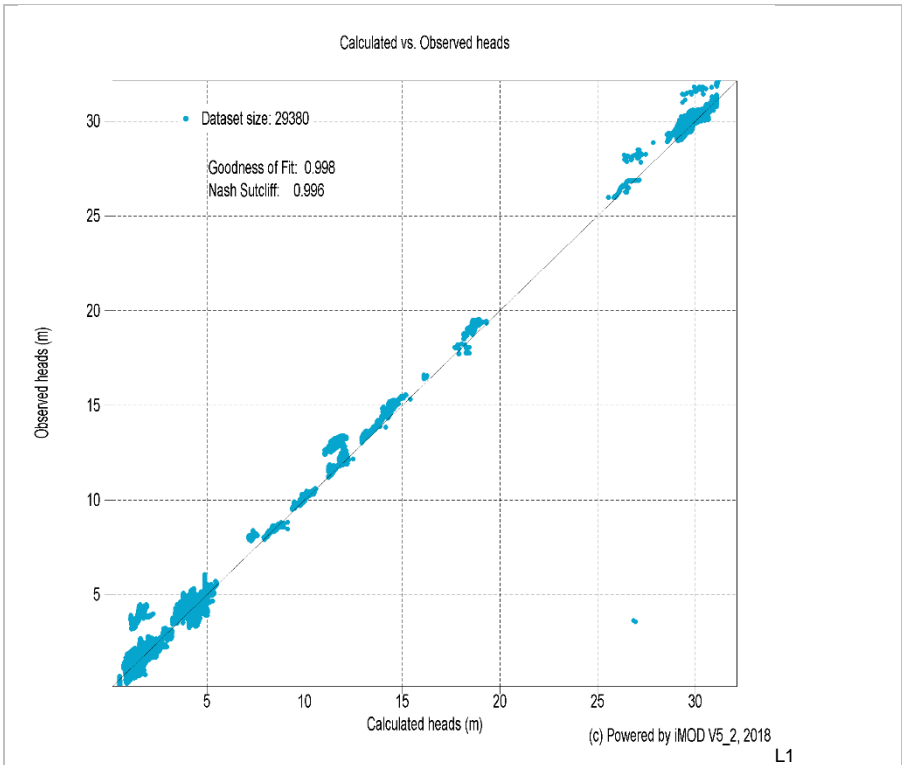
beïnvloeden echter nauwelijks de P50. De P50 kan dus nog wel als maatstaf worden gebruikt.

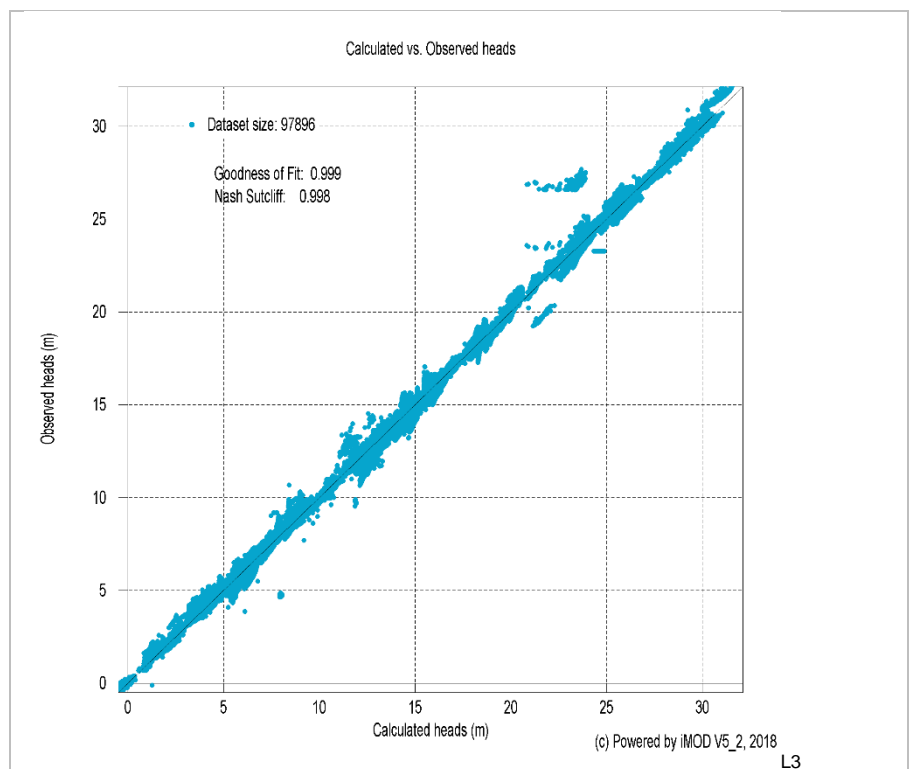
- De p50 van het natte jaar 2016 ligt dichterbij 0 dan die van het gemiddelde en droge jaar.

Grafieken van groeiseizoen
Langjarig model



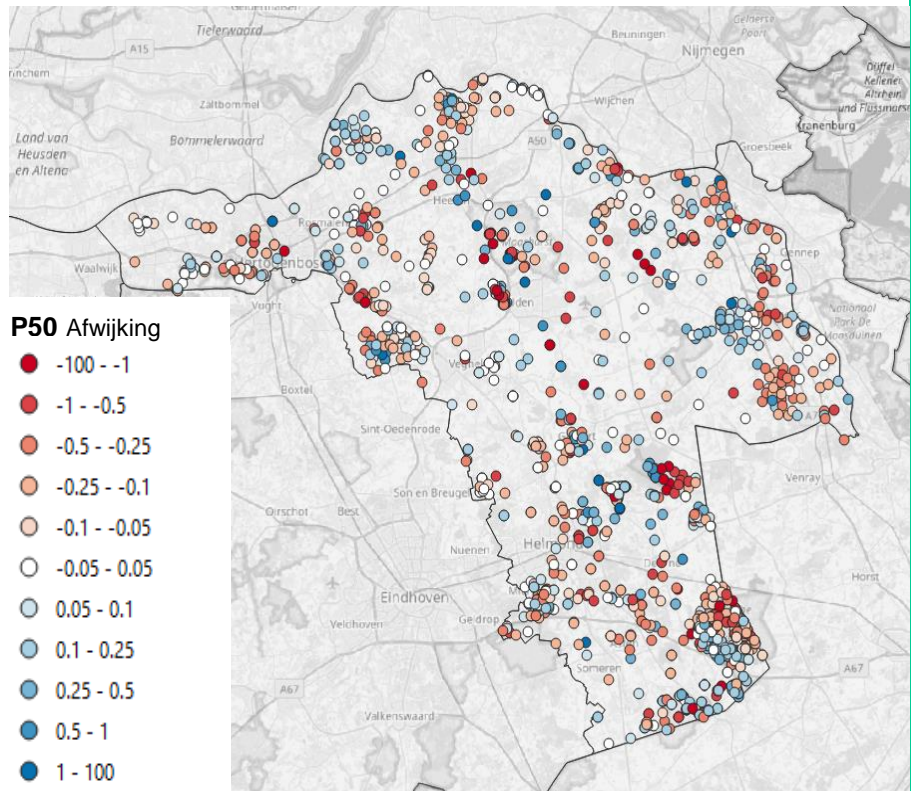






- De verdeling in de histogrammen ziet er goed uit. En de scatters zijn mooi verdeeld rondom de 1:1 lijn.
- Van modellaag 4 kon wegens technische oorzaken geen scatterplot gemaakt worden, maar de histogram van deze laag geeft aan dat model en meting hier goed overeenkomen.

**Ruimtelijk
beeld
Langjarig
model**



- Vooral in het zuiden en oosten van het waterschap veel meetpunten te droog.
- Bij de Peelrandbreuk in het midden van het waterschap komt het model minder goed overeen met de metingen. Met name benedenstrooms van de breuk (in de slenk) worden te lage grondwaterstanden berekend. Mogelijk is de Peelrandbreuk hier toch minder doorlatend.

3.2 Bodemvocht

CONCLUSIES

Gemiddeld gezien (P50) is het bodemvocht in het model 6% te hoog ten opzichte van de ongeschaalde metingen. De RMSE is 6%. Daarmee presteert het model relatief goed voor de 15 locaties die in deze analyse zijn meegenomen. In vergelijking met validatie die in 2018 is uitgevoerd binnen het project Farmersapp, de voorloper van GwtF, presteert het model nu beter, zowel wat betreft de absolute afwijking als de dynamiek (Snippen et al., 2019). In 2018 is namelijk een oudere versie van het GRAM model gebruikt.

In paragraaf 3.2.1 is het regionale model vergeleken met geschaalde metingen. Het schalen van de metingen is te rechtvaardigen (Dik en Veldhuizen, 2022., in prep., zie ook bijlage A). De vergelijking met geschaalde metingen geeft daarom een beter beeld over de prestatie van het model dan de vergelijking met ongeschaalde metingen. In vergelijking met geschaalde metingen komt het regionale model beter overeen met de metingen en is er

onder gemiddelde omstandigheden geen afwijking zichtbaar. Onder droge omstandigheden wordt het bodemvocht in het model onderschat.

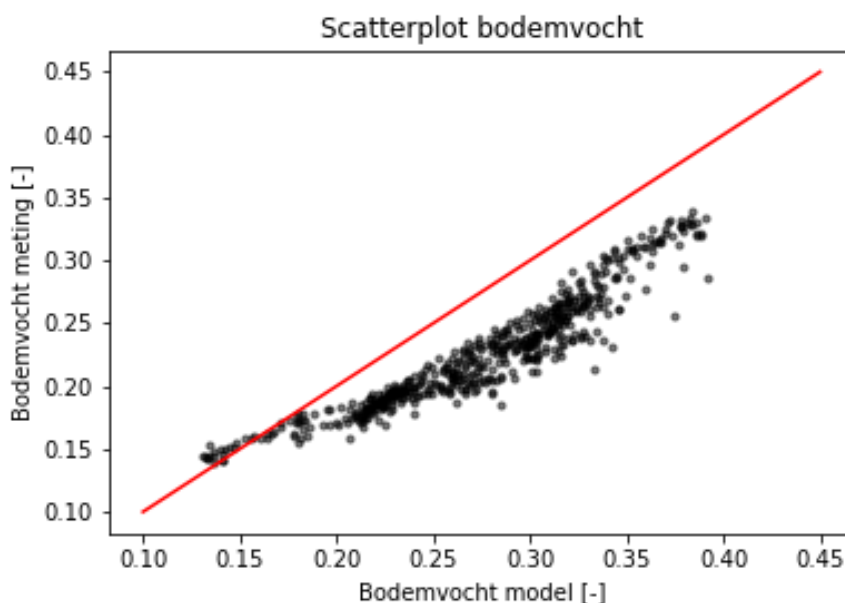
RESULTATEN

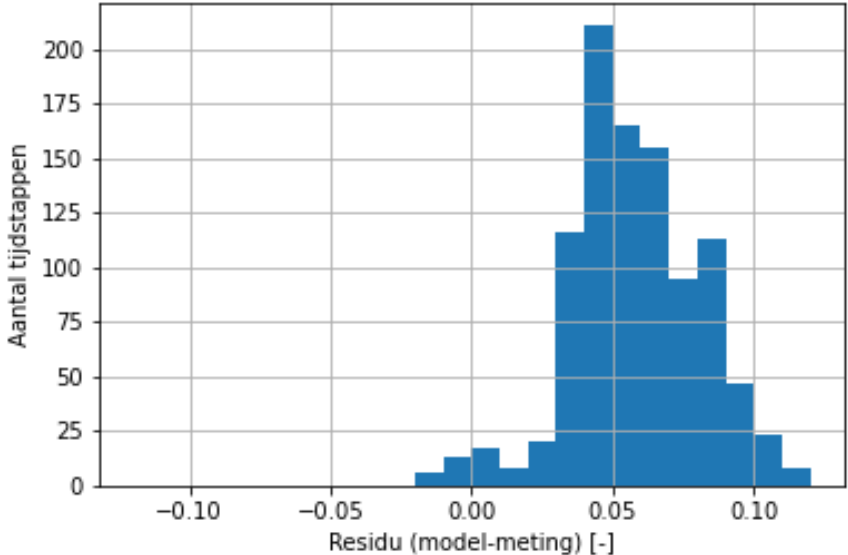
Globale statistieken *Langjarig model*

		Gehele periode		Groeiseizoen	
		P50 [-]	RMSE [-]	P50 [-]	RMSE [-]
Gehele meetset		0.06	0.06	0.05	0.05
Per jaar	2016	0.06	0.06	0.05	0.05
	2017	0.07	0.07	0.06	0.06
	2018	0.05	0.06	0.04	0.04
Per situatie	Droog	0.04	0.04	0.03	0.03
	Gemiddeld	0.07	0.07	0.06	0.06
	Nat	0.05	0.07	0.05	0.05

- In deze resultaten zijn de ongeschaalde metingen gebruikt.
- Het bodemvocht in het model is zo'n 6% te hoog (P50 waarde)
- RMSE is ook zo'n 6%.
- Er zit weinig variatie in de statistieken per jaar.
- Perioden die niet nat en niet droog zijn, hebben een grotere afwijking dan natte en droge perioden.

Grafieken van groeiseizoen *Langjarig model*



	<p style="text-align: center;">Histogram bodemvocht</p>  <ul style="list-style-type: none"> - In deze resultaten zijn de ongeschaalde metingen gebruikt. - Elke punt in de scatterplot geeft het modelresultaat en de meting weer van een individuele tijdstap. - Ook in de scatterplot en histogram is zichtbaar dat het model wat te nat is. - Alleen in hele droge perioden wordt het bodemvocht wel goed ingeschat. - Deze scatterplot toont aan dat de dynamiek iets groter is in het model dan in de metingen. Echter is dit niet meer zichtbaar als geschaalde metingen worden gebruikt (zie paragraaf 3.2.1).
<p>Ruimtelijk beeld <i>Langjarig model</i></p>	<p>Het ruimtelijk beeld is niet onderzocht omdat in de analyse ruimtelijk is gemiddeld.</p>

3.2.1 Vergelijking met lokaal model

In deze paragraaf is de performance van het regionale MetaSWAP-MODFLOW-WOFOST model vergeleken met de lokale modellen in SWAP-WOFOST. In het project Grow with the Flow worden de lokale modellen gebruikt voor gedetailleerde berekeningen op perceelniveau. De onderrandvoorwaarde (grondwaterstand) van deze modellen is afkomstig uit de regionale modellen.

CONCLUSIES

De metingen van bodemvocht zijn geschaald naar de SWAP resultaten. Het is te verantwoorden om in de analyse gebruik te maken van deze geschaalde metingen (zie paragraaf 2.2). Het schalen van de metingen zorgt er duidelijk voor dat de modelresultaten van beide modellen beter overeenkomen met de metingen.

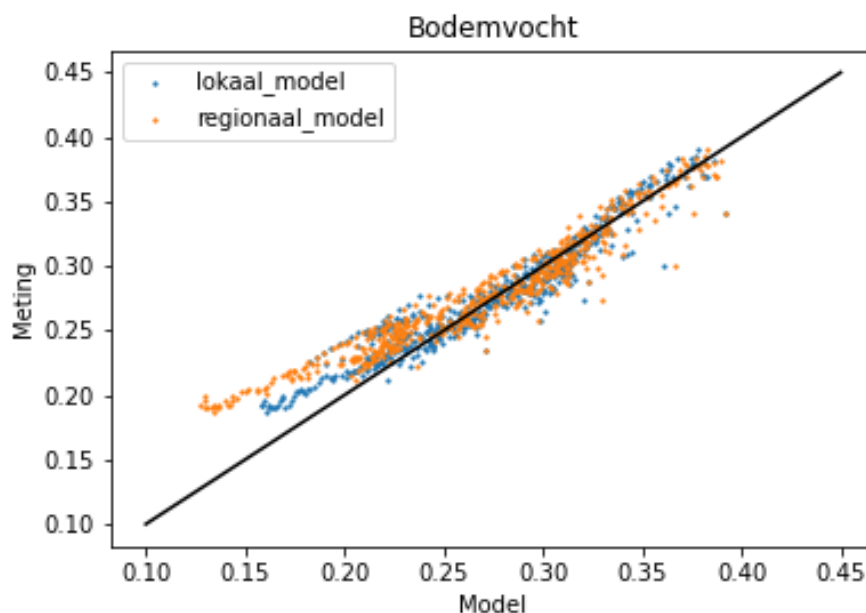
Onder gemiddelde en hoge bodemvochtgehalten presteren in beide modellen zeer goed in de 15 meetlocaties. Onder droge condities onderschatten beide modellen het bodemvochtgehalte. Beide modellen presteren onder gemiddelde en natte condities vrijwel identiek. Onder droge omstandigheden presteert het lokale model beter dan het regionale model. Het verschil tussen beide modellen is groter bij zeer lage bodemvochtgehalten.

Het gebruik van de lokale modellen binnen dit project is te rechtvaardigen, aangezien deze modellen beter presteren in een deel van de condities binnen het groeiseizoen.

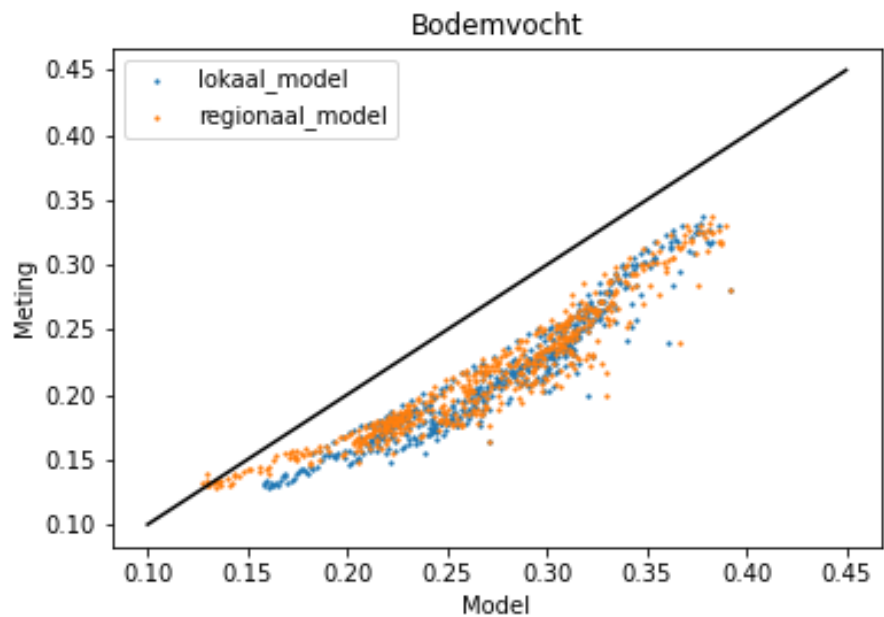
RESULTATEN

Grafiek van groeiseizoen

Langjarig model, lokaal en regionaal



Scatterplot met geschaalde metingen



Scatterplot met ongeschaalde metingen

- Deze scatterplot toont de performance van het lokale model en het regionale model ten opzichte van de geschaalde metingen.
- Elke punt in de scatterplot geeft het modelresultaat en de meting weer van een individuele tijdstap.
- Er zijn grote verschillen te zien in de modelperformance als vergeleken wordt met geschaalde en ongeschaalde metingen. Het schalen van de metingen heeft duidelijk effect op de analyse van de modelperformance.
- In de range van bodemvochtgehalten tussen 0.27 en 0.40 liggen beide modellen mooi op de 1:1 lijn van de geschaalde metingen.
- Bij bodemvochtgehalten lager dan 0.27 geven beide modellen te lage bodemvochtgehalten weer ten opzichte van de geschaalde metingen. Hiervoor hebben we geen duidelijke verklaring, mogelijk wordt de capillaire opstijging in het model iets onderschat. Het lokale model presteert hier wel iets beter dan het regionale model.
- Bij bodemvochtgehalten lager dan 0.23 presteert het regionale model slechter dan het lokale model, als vergeleken wordt met geschaalde metingen.

4 Validatie van het AZURE model

4.1 Grondwater

CONCLUSIES

Op basis van beschikbare metingen blijkt dat een groot deel van het model is te droog ten opzichte van de metingen. Dit is te zien aan de negatieve P50 over de gehele meetset (P50 = -32 cm). Er lijkt dus een grote afwijking te zitten in de gemodelleerde grondwaterstanden die als randvoorwaarde worden gebruikt in de lokale modellering.

Het model presteert niet goed in vergelijking met de metingen. De gehele meetset heeft een grote RMSE (1.32m). Er wordt momenteel gewerkt aan een nieuw regionaal model, inclusief modelkalibratie en modelvalidatie. Hierbij is de verwachting dat model en metingen dan ook beter met elkaar overeen zullen komen. En dat het grondwater dan ook een betere randvoorwaarde geeft voor de lokale modellering.

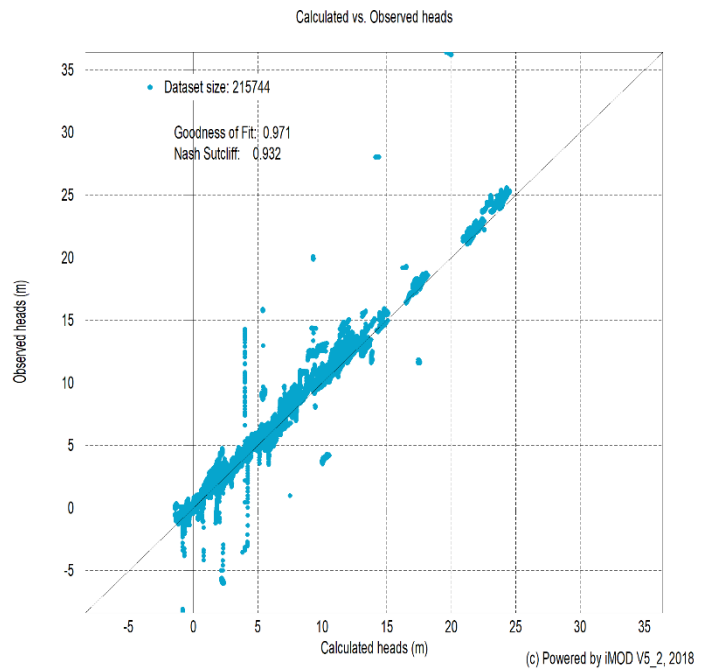
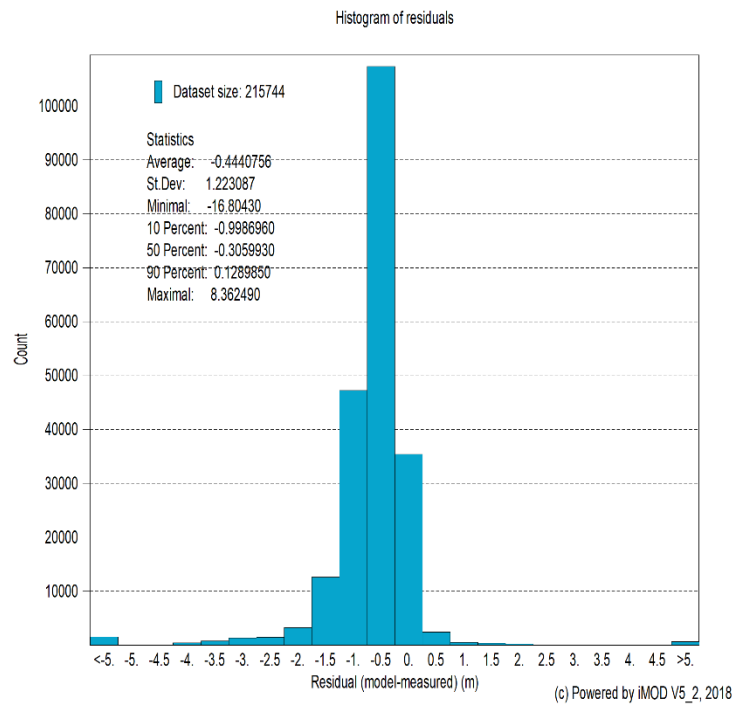
RESULTATEN

Globale statistieken *Langjarig model*

		Gehele periode		Groei seizoen	
		P50 [m]	RMSE [m]	P50 [m]	RMSE [m]
Gehele meetset		-0.32	1.26	-0.31	1.30
Per jaar	2016	-0.36	1.27	-0.36	1.32
	2017	-0.32	1.28	-0.30	1.32
	2018	-0.27	1.23	-0.26	1.27
Per situatie	Droog	-0.13	1.29	-0.12	1.36
	Gemiddeld	-0.34	1.21	-0.31	1.27
	Nat	-0.50	1.35	-0.49	1.38

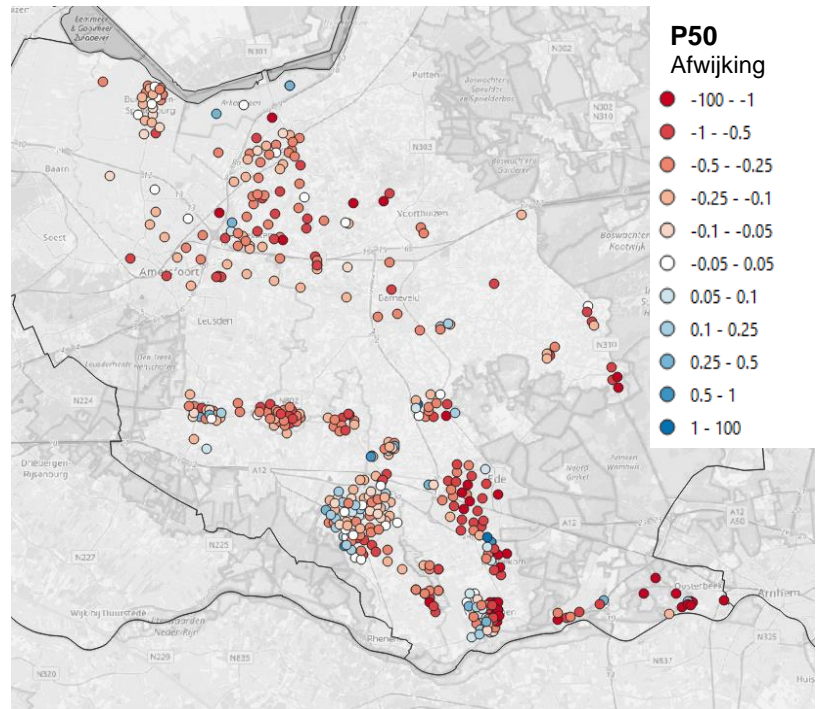
- Grote afwijking over de gehele meetset, P50 is 32 cm te droog. Ook voor alle jaren en maanden afzonderlijk is het model te droog.
- De RMSE is zeer hoog, met gemiddeld 1.26m.
- Voor het jaar 2016 presteert het model het slechtst van de drie jaar.
- Droge perioden hebben de kleinste systematische fout (-13 cm), natte perioden hebben de grootste systematische fout (-50 cm).
- De RMSE is het grootst in de zomer. Echter in het zomerhalfjaar wijkt de P50 het meest af van de 0. De dynamiek wordt dus het best gemodelleerd in het winterhalfjaar, maar het model heeft dan wel de grootste systematische fout.
- De statistieken voor het groeiseizoen zijn vergelijkbaar met de statistieken voor de gehele periode.

**Grafieken van
groei seizoen**
Langjarig model



- De histogram heeft een normaalverdeling die tegen de droge kant aanzit.
- De scatter zit vrij aardig rond de 1:1 lijn.
- In de scatterplot is een verticale lijn met metingen zichtbaar. Dat duidt op behoorlijke afwijkingen in een specifiek meetpunt. Er is dus waarschijnlijk een foutief meetpunt dat er nu nog niet met de stap-check uit is gehaald.

Ruimtelijk beeld Langjarig model



- Net als voor het Aa en Maas model, is ook hier te zien dat de P50 op de meeste locaties negatief is, en het model dus te droog is.
- De locaties in Veenendaal en binnen de driehoek Amersfoort – Barneveld – Nijkerk presteren het best.

4.2 Bodemvocht

CONCLUSIES

De 16 beschikbare bodemvochtmeetpunten laten zien dat het gemodelleerde bodemvochtgehalte in het operationele model veel hoger is dan in de metingen. Dit is bijvoorbeeld te zien in de grote P50 van 16%. Dit beeld is zichtbaar voor alle tijdstappen.

Ook is de dynamiek van het gemodelleerde bodemvochtgehalte veel groter dan de dynamiek van de metingen. Dit doet vermoeden dat er een vertaalslag mist die nodig is om de metingen en modelreeksen met elkaar te vergelijken. Bij de validatie van de lokale modellen in het Aa en Maas gebied bleek dat een herschaling van de metingen te verantwoorden is (Dik en Veldhuizen, 2022., in prep., zie ook bijlage A). Dit inzicht kwam echter te laat om mee te nemen in deze validatie. Vermoedelijk komt het model beter overeen met de metingen wanneer de metingen zijn geschaald.

Momenteel wordt het AZURE model verder ontwikkeld en op verschillende onderdelen verbeterd. Verwacht wordt dat de overstap naar deze nieuwe versie tot verbeterde modelresultaten zal leiden.

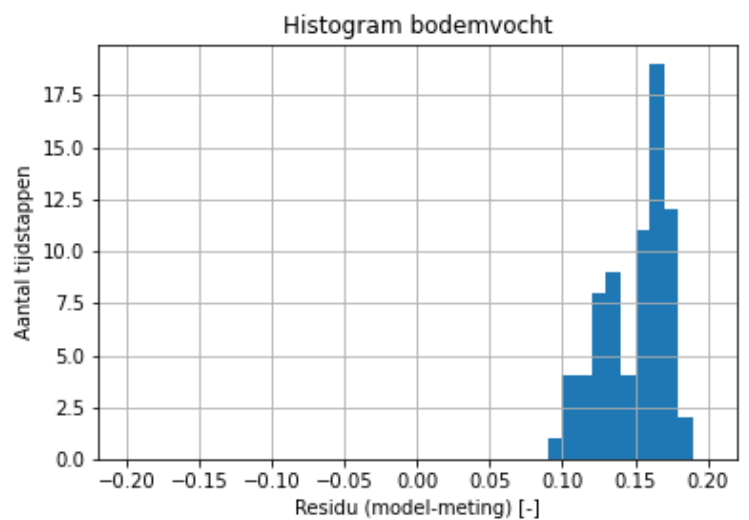
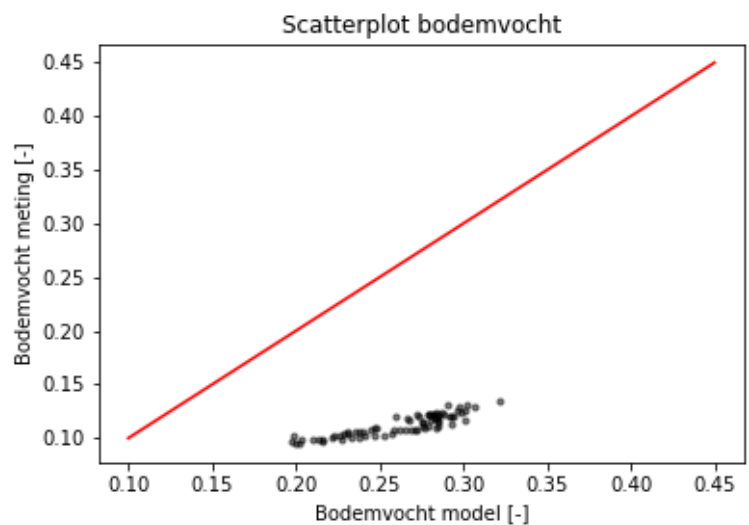
RESULTATEN

Globale statistieken *Operationeel model*

		Gehele periode		Groeiseizoen	
		P50 [-]	RMSE [-]	P50 [-]	RMSE [-]
Gehele meetset		0.16	0.16	0.16	0.15
Per situatie	Droog	0.12	0.12	0.12	0.12
	Gemiddeld	0.17	0.17	0.16	0.16
	Nat	0.16	0.18	0.17	0.17

- De P50 is vrij hoog (16%), het model is daarom te nat
- De RMSE is ook erg hoog (16%)
- De statistieken tussen gehele periode en groeiseizoen verschillen nauwelijks, want vrijwel alle metingen zitten binnen het groeiseizoen.

Grafieken van groeiseizoen *Operationeel model*



	<ul style="list-style-type: none"> - Elke punt in de scatterplot geeft het modelresultaat en de meting weer van een individuele tijdstap. - In de scatterplot en histogram is nogmaals duidelijk dat het model veel te nat is ten opzichte van de metingen. - Ook is zichtbaar dat de dynamiek van het gemodelleerde bodemvocht veel groter is dan de dynamiek van het gemeten bodemvocht.
Ruimtelijk beeld <i>Operationeel model</i>	<p>Het was niet mogelijk om het ruimtelijke beeld te onderzoeken. Er moest namelijk een ruimtelijk gemiddelde worden genomen van meting en modeluitvoer, om te corrigeren dat model en meting het bodemvocht niet op dezelfde diepte weergeven.</p>

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 GRAM model

Het grondwater in het GRAM model wordt relatief goed gesimuleerd. Er zijn weinig uitschieters wanneer vergeleken wordt met metingen en de ordegrrootte komt goed overeen. De validatie geeft vertrouwen in de grondwaterstanden zoals ze worden getoond in het GwtF voorspellingsplatform.

Ook het bodemvochtgehalte wordt relatief goed meegenomen in het model. Wel is er een afwijking zichtbaar waarbij het gemodelleerde bodemvochtgehalte aan de natte kant is in vergelijking met metingen. Daarnaast presteert het model minder goed onder gemiddelde omstandigheden dan onder zeer droge of natte omstandigheden. Dit zou kunnen komen doordat de metingen niet zijn geschaald. Bij de validatie van de lokale modellering (Dik en Veldhuizen, 2022, in prep.) bleek namelijk dat het te verantwoorden is om een schalingsfactor toe te passen op de bodemvochtmetingen, zie ook bijlage A. Deze schalingsfactoren zijn niet toegepast in de validatie van het regionale model, maar zijn wel toegepast bij de vergelijking met het lokale model (paragraaf 3.2.1). In deze vergelijking is er alleen in droge omstandigheden een afwijking zichtbaar met de metingen. Dit geeft vertrouwen in de prestatie van het regionale model. In het lokale model is geen afwijking zichtbaar onder droge omstandigheden. Dit laat zien dat het lokale model meerwaarde heeft voor de simulatie van bodemvocht.

5.2 AZURE model

Waterschap Vallei en Veluwe werkt momenteel aan een verbetering van het AZURE model. De verwachting is dat de prestatie van het model flink verbetert met de komst van het nieuwe regionale model. Besloten is om in dit project deze ontwikkeling af te wachten en in de tussentijd het huidige model (AZURE versie 1.04) te gebruiken.

De berekeningen met de huidige modelversie komen niet altijd even goed overeen met metingen blijkt uit deze validatiestudie. De berekende grondwaterstanden liggen over het algemeen lager dan de gemeten grondwaterstanden.

Daarnaast is het bodemvochtgehalte in het model aan de hoge kant in vergelijking met metingen, en is de dynamiek van het bodemvocht groter. Het gemeten bodemvochtgehalte is echter erg laag, wat vermoedelijk niet realistisch is voor zandgebied in het groeiseizoen. De modelberekeningen liggen wel in de te verwachte ordegrrootte. De bodemvochtsensoren meten een weerstand, die vervolgens met bodemtype-specifieke kalibratieparameters om wordt gezet naar een bodemvochtgehalte. Vermoedelijk is niet het correcte bodemtype gebruikt bij deze omrekening, maar dit is niet verder onderzocht binnen dit validatietraject. Daarnaast was de gebruikte dataset voor deze validatie beperkt. Voor bodemvocht is namelijk alleen het jaar 2021 in beschouwing genomen in deze validatie.

Deze validatiestudie geeft geen sluitend inzicht in de oorzaak van de verschillen die zijn gevonden tussen metingen en modelberekeningen. Deze validatiestudie geeft daarom een indicatie dat de betrouwbaarheid van het model wellicht niet optimaal is voor de toepassing binnen dit project. De ervaringen van de gebruikers zijn echter positief, zij hebben vooral gelet op de dynamiek van de modeluitvoer.

Aanbevolen wordt om over te stappen naar de update van het AZURE model zodra deze beschikbaar komt. Deze update bevat op verschillende onderdelen modelverbetering en de verwachting is dat de modelprestatie flink zal worden verbeterd.

5.3 Schaling metingen

Uit deze validatiestudie en de validatie van de lokale modellen blijkt dat bodemvochtmetingen niet altijd op de correcte manier zijn geschaald en dat een herschaling nodig kan zijn. Daarom wordt aanbevolen om een kritische houding te houden tegenover met name bodemvochtmetingen. Daarnaast wordt aanbevolen om de bodemvochtmetingen in dit project te herschalen.

Referenties

- Benninga, H. J. F., Carranza, C. D., Pezij, M., van Santen, P., van der Ploeg, M. J., Augustijn, D., & van der Velde, R. (2018). The Raam regional soil moisture monitoring network in the Netherlands. *Earth system science data*, 10(1), 61-79.
- Bos-Burgering, L., Pouwels, J., Snippen, E., Korving, H., Veldhuizen, A., Mulder, M., Dik, P., Van Dijk, M., Van de Werfhorst, H., Van Rens, C., Van Dijk, J. en Baardman, L. 2022. TKI Grow with the Flow. Deltares rapport 11205653-004-BGS-0003. In voorbereiding.
- Bos-Burgering, L. & Hunink, J. 2021. Optimalisatie grondwatermodel instrumentarium Waterschap Aa en Maas. Deltares rapport 1220765-020-BGS-0001.
- Pezij, M. 2021. Validatie en toetsing LHM 4.1. Deelrapport 2: Onverzadigde zone.
- Snippen, E. (et al), Development and test of usability of an operational crop growth system for farmers – Farmers App (Final report), February 2019. Deltares, The Netherlands.
- Dik, P. en Veldhuizen, A., 2022. Grow with the Flow, Lokale modelsimulaties met SWAP, modelvalidatie en -verbetering. In prep.

A Schaling bodemvochtmetingen

Onderstaande tekst is overgenomen uit het rapport van de lokale modelvalidatie (Dik en Veldhuizen, 2022) en legt uit waarom herschaling van bodemvochtmetingen te verantwoorden is.

In Tabel 22 zijn de gegevens van de locaties met bodemvochtmetingen weergegeven plus enige aanvullende informatie. Metingen zijn beschikbaar van april 2016 tot 1 april 2019. Locatie BOVO010 is op 5 april 2017 circa 1100 m verplaatst (in de simulaties is de nieuwe locatie gehanteerd). Daarnaast heeft tevens een instrument-inspectie begin april 2019 plaatsgevonden, waarna de metingen afwijken van de periode daarvoor. In deze studie zijn de gegevens tot 1 april 2019 gebruikt. De bodemvochtmetingen zijn uitgevoerd op de volgende diepten: 5, 10, 20, 40, 80 cm-mv. De meetreeksen zijn gecontroleerd en gecheckt.

Tabel 22 Gegevens bodemvocht metingen

ID	x-coördinaat	y-coördinaat	Maaiveldhoogte m+NAP	start datum	eind datum
BOVO001	178746	416080		2016-04-05	2021-09-23
BOVO002	174576	410701	20.38	2016-04-05	2021-09-23
BOVO003	177267	411515	17.19	2016-04-05	2021-09-23
BOVO004	177863	413975	15.58	2016-04-05	2021-09-23
BOVO005	174047	412930	19.84	2016-04-05	2021-09-23
BOVO006	182348	414484	8.90	2016-04-05	2021-09-23
BOVO007	188282	412614	11.20	2016-04-05	2021-09-23
BOVO008	184089	396122	25.80	2016-04-05	2021-09-23
BOVO009	181516	400101	22.99	2016-04-05	2021-09-23
BOVO010	181064	405147		2017-04-05	2021-09-23
BOVO010old	179978	405124		2016-04-05	2017-04-04
BOVO011	189582	400334	20.99	2016-04-05	2021-09-23
BOVO012	185453	405695	16.46	2016-04-05	2021-09-23
BOVO013	189261	406406	13.25	2016-04-05	2021-09-23
BOVO014	186824	409720	10.90	2016-04-05	2021-09-23
BOVO015	182681	412176	10.37	2016-04-05	2021-09-23

De metingen zijn uitgevoerd met Decagon 5TM-sensoren. De sensor gebruikt een elektromagnetisch veld om het diëlektrische permittiviteit van het omringende medium te meten. De meting wordt vervolgens geschaald op basis van bodemtype. Deze "kalibratie" is gebaseerd op algemene aannames voor een gekozen bodemtype en heeft een bepaalde onzekerheid welke afhankelijk is van de meetmethodiek in combinatie met het bodemtype. De permittiviteit geeft in principe alleen inzicht in de relatieve vochtgehalten oftewel natter en droger. Dit maakt dat het (her)schalen van de bodemvochtgehalten ook naderhand uitgevoerd kan worden (afhankelijk van de nauwkeurigheid van de meting).

Een voorbeeld van het verloop van de bodemvochtmetingen is opgenomen in **Figuur 21**. Uit deze figuur lijkt de meting voor filter 5 aan de lage kant. Om een voorbeeld van de herschaling te geven is alvast een resultaat van de metingen en de simulaties weergegeven. Op basis van de uitgevoerde simulatie met SWAP zijn de metingen herschaald ("her" omdat al eerder de weerstandsmetingen zijn geschaald op basis van het bodemtype). Uit **Figuur 22** blijkt dat in het bijzonder filter 5 ([WC-80.0]) na herschaling een hoger watergehalte krijgt. De schaling is zo uitgevoerd dat het 90%-percentiel en 10%-percentiel van de geschaalde metingen overeenkomt met die van de simulaties (voor de tijdstippen waar zowel metingen als simulaties zijn uitgevoerd). De schalingsformule is als volgt:

$$\theta_{o,scaled} = \text{perc90}(\theta_m) - \text{perc10}(\theta_m) \frac{\text{perc90}(\theta_o) - \text{perc10}(\theta_o)}{\text{perc90}\theta_o - \text{perc10}\theta_o} + \text{perc10}(\theta_m) \frac{\text{perc90}\theta_o - \text{perc10}\theta_o}{\text{perc90}\theta_m - \text{perc10}\theta_m}$$

met

$$\theta_m$$

: vochtgehalte van de simulatie (model) en

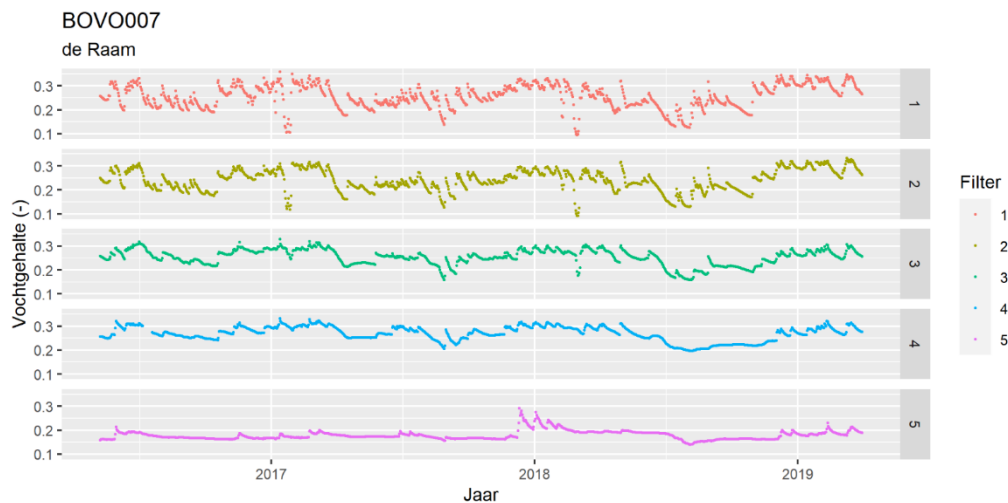
$$\theta_o$$

: vochtgehalte van de meting (observation). En *perc90* en *perc10* respectievelijk het 90% en 10% percentiel.

Deze methode met schaling op basis van twee percentiel waarden heeft als voordeel dat 1) uitbijters (die minder voorkomen dan 10%) niet worden meegenomen, 2) ook bij scheve verdelingen de schaling van hogere en lagere waarden goed wordt meegenomen (en voor bodemvocht is een scheve verdeling vaak realiteit doordat in de winter vaak de maximale waarde wordt bereikt).

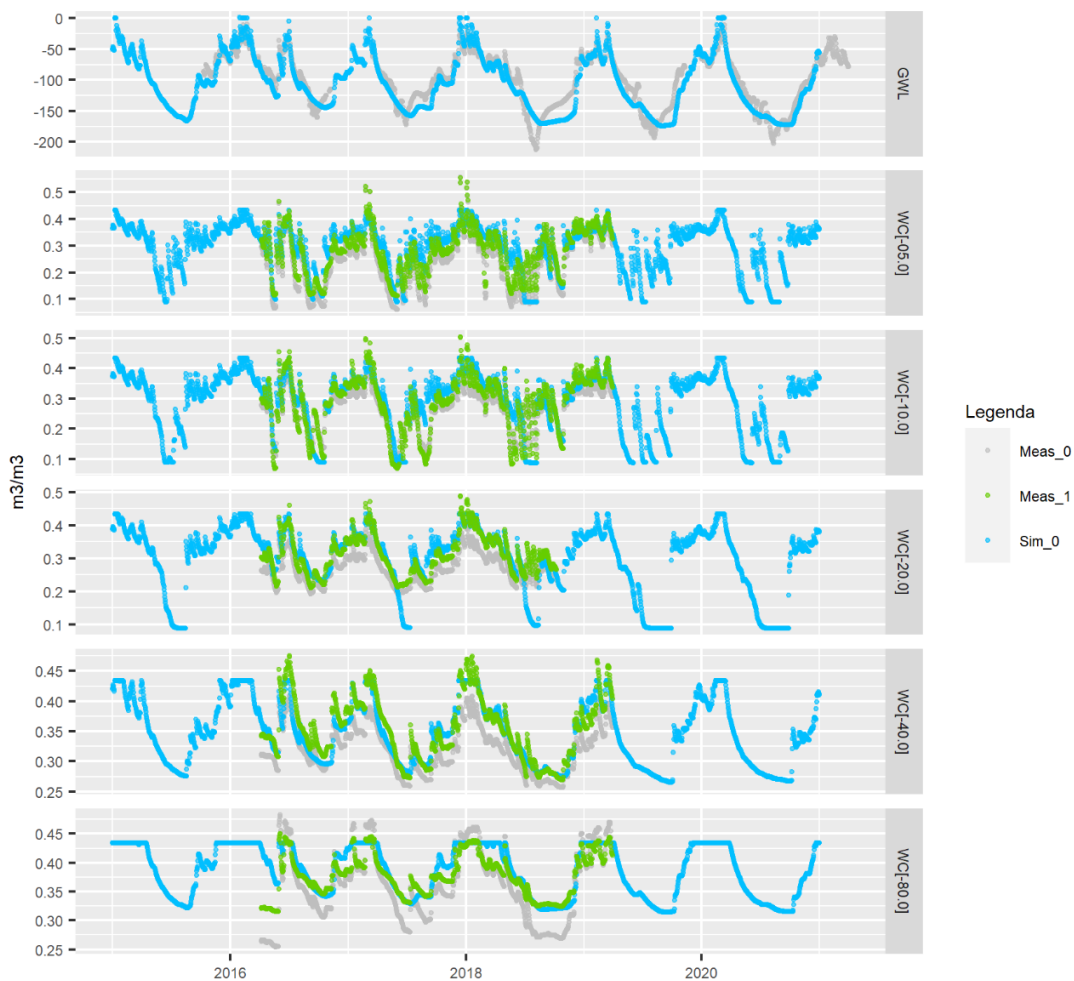
Een alternatief is schaling op basis van het gemiddelde en de standaarddeviatie, waarbij deze voor de geschaalde metingen overeenkomen met die van de simulatie (deze methodiek is hier dus niet gebruikt):

$$\theta_{o,scaled} = \text{stdev}(\theta_m) \frac{\text{stdev}(\theta_o)}{\text{stdev}\theta_o} \cdot (\theta_o - \text{mean}(\theta_o)) + \text{mean}(\theta_m) \frac{\text{stdev}\theta_o}{\text{stdev}\theta_m} - \text{mean}\theta_o + \text{mean}\theta_m$$



Figuur 21 Bodemvochtmetingen op 5 diepten (5, 10, 20, 40 en 80 cm -mv)

Validatie
run 4, Aa en Maas
Meas0: gemeten, Meas1: gemeten geschaald, Sim_0: gesimuleerd



Figuur 22 Voorbeeld herschaling op basis van de simulaties: bodemvochtmetingen op 5 diepten (Meas_0 (grijs): niet-geschaalde metingen, Meas_1 (groen): geschaalde metingen, Sim_0 (blauw): gesimuleerde vochtgehalte)

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl