

# Notebook\_statistiek\_V02

March 3, 2021

## 1 Notebook 2: Statistiek bepalen

*auteur: S. Klop*

In dit notebook wordt behandeld hoe tijdreeksanalyse (TRA) gebruikt kan worden voor het bepalen van karakteristieke waarde van de meetreeks. Hierbij worden onder andere het bepalen van GXG's behandeld.

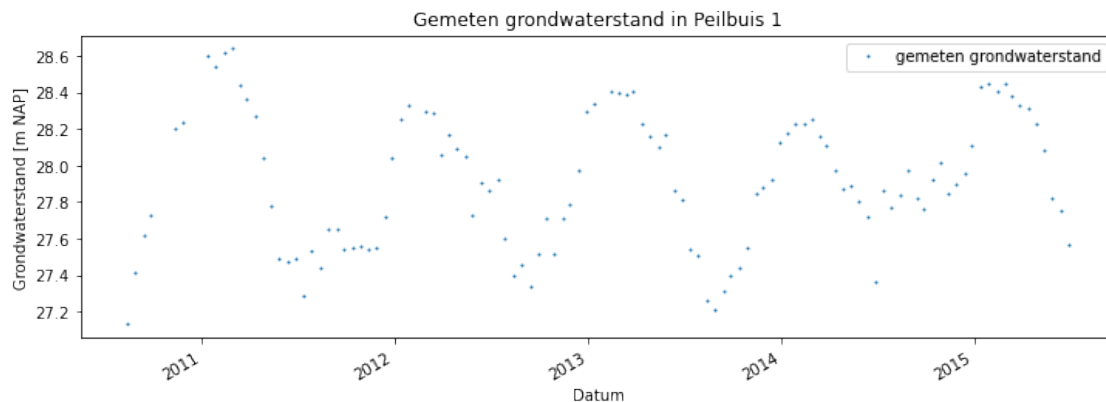
### 1.1 Deel I: Inschatten GXG voor korte reeks

Het waterschap heeft de grondwaterstand gemeten in Peilbuis A vanaf 1 augustus 2010 tot 28 juli 2015, een totale periode van 5 jaar. Dit is de enige peilbuis in het gebied, het Waterschap wil toch graag een inschatting maken van de GXG binnen het gebied. De reeks die gemeten is in peilbuis A is hiervoor te kort ( $< 8$  jaar).

Met behulp van tijdreeksanalyse wordt een inschatting gemaakt van de GXG in het gebied.

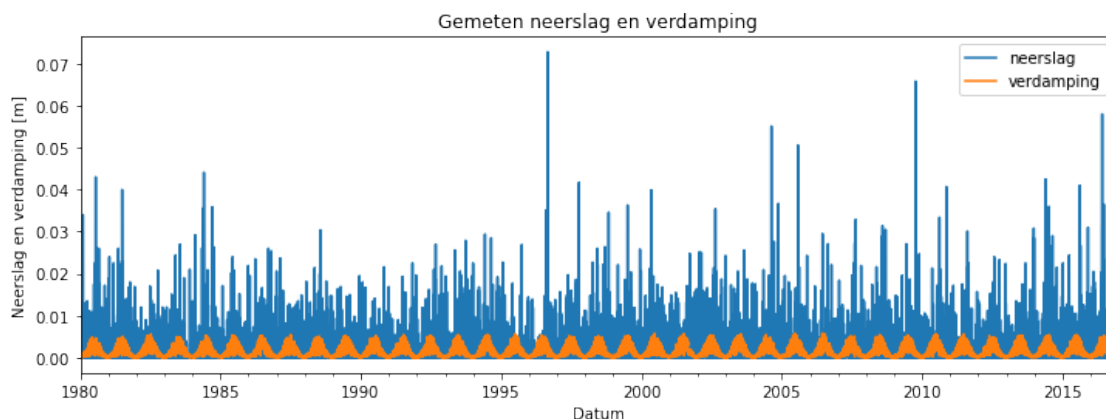
#### 1.1.1 Beschikbare gegevens

De gemeten grondwaterstand is te zien in de onderstaande afbeelding. De gemeten grondwaterstand varieert tussen de 27.2 en 28.7 m NAP.



Om een tijdreeksmodel op te stellen voor grondwatermeetreeks wordt gebruik gemaakt van de neerslag en verdamping ter plaatse van Peilbuis A. Hiervoor zijn de gegevens gebruikt van het

dichtsbijzijnde weerstation van het KNMI. De neerslag en verdamping zijn te zien in de onderstaande afbeelding. Te zien is dat deze meetreeksen teruggaan tot 1980, en dus langer zijn dan de gemeten grondwaterreeksen.



### 1.1.2 Opstellen van het tijdreeksmodel

De eerste stap voor het opstellen van het model is het toevoegen van de grondwater observaties aan het model. Voor een eerste berekening wordt de grondwater reeks gebruikt tot aan de huidige datum (niet de “toekomstige” grondwaterstand). In de reeks zijn geen uitschieters gevonden, er is daarom geen reden om de meetreeksen voor te bewerken.

De neerslag en verdamping worden toegevoegd aan het model als verklarende reeksen. Om de verklarende reeksen toe te voegen moet een **respons functie** worden toegekent aan de verklarende reeks (in dit geval regen en verdamping). De respons functie beschrijft de reactie van de grondwaterstand op een externe invloed. Deze moet worden vastgesteld voor elke verklarende reeks, waarbij de gebruiker het type respons functie kiest en waarbij het tijdreeksmodel de parameters van deze functie optimaliseert. Voor het tijdreeksmodel wordt gebruikt gemaakt van de Gamma respons functie voor de neerslag en verdamping.

In het tijdreeksmodel wordt dezelfde response functie gebruikt voor de neerslag en de verdamping. Hierbij wordt het verband tussen de neerslag en verdamping beschreven met de formule:

$$R = P - f * E$$

waarbij  $R$  de grondwateraanvulling is [m],  $P$  de neerslag [m],  $f$  de verdampingsfactor [-] en  $E$  de verdamping [m]. De verdampingsfactor wordt door het tijdreeksmodel geoptimaliseerd naast de parameters voor de Gamma respons functie.

De resultaten van het geoptimaliseerde tijdreeksmodel zijn te zien in de onderstaande tabel.

Fit report head		Fit Statistics	
=====			
nfev	21	EVP	92.24
nobs	112	R2	0.93
noise	True	RMSE	0.10
tmin	2010-08-14 00:00:00	AIC	11.83

tmax	2015-06-28 00:00:00	BIC	28.14
freq	D	Obj	0.33
warmup	3650 days 00:00:00	---	
solver	LeastSquares	Interpolated	No

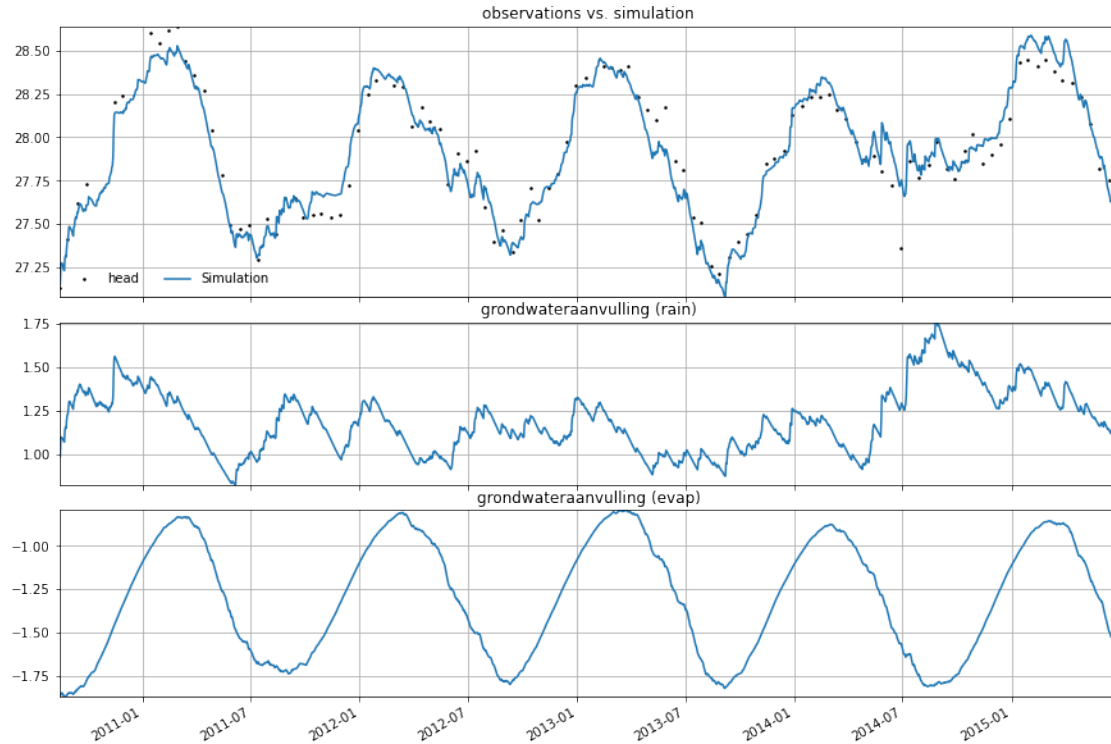
Parameters (6 were optimized)

	optimal	stderr	initial	vary
grondwateraanvulling_A	568.508388	±15.86%	215.674528	True
grondwateraanvulling_n	1.024965	±4.34%	1.000000	True
grondwateraanvulling_a	140.248179	±18.52%	10.000000	True
grondwateraanvulling_f	-1.404997	±10.98%	-1.000000	True
constant_d	28.030114	±0.48%	27.914732	True
noise_alpha	33.805562	±27.23%	14.000000	True

Parameter correlations |rho| > 0.5

grondwateraanvulling_A	grondwateraanvulling_a	0.69
	grondwateraanvulling_f	0.56
grondwateraanvulling_n	grondwateraanvulling_a	-0.74
	constant_d	-0.52
grondwateraanvulling_f	constant_d	-0.98

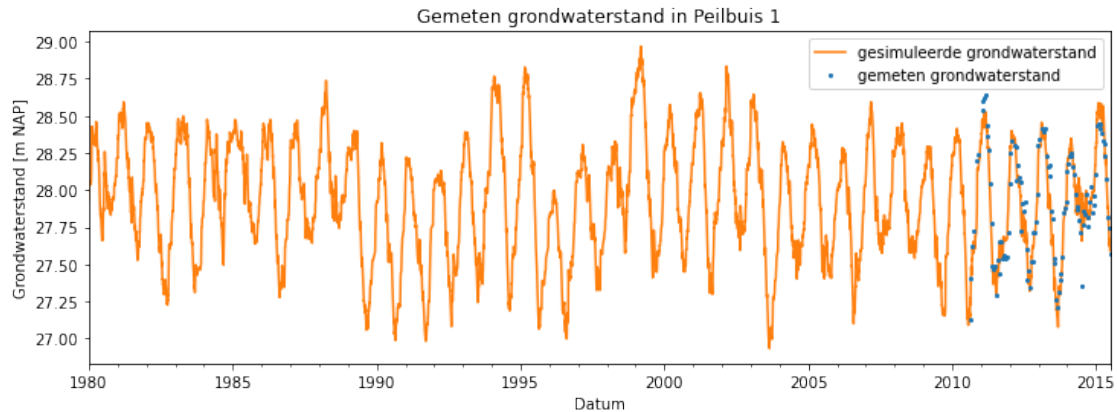
Te zien is dat het tijdreeksmodel een hoge verklaarde variantie heeft van 92% en een  $R^2$  van 0.93. In de onderstaande afbeelding is het resultaat van de simulatie van de grondwaterstand door het tijdreeksmodel weergegeven. Hierin zijn de bijdrages van de neerslag en verdamping weergegeven. Hier is ook duidelijk het seizoensgebonden effect van de verdamping te zien.



### 1.1.3 bepalen GXG

De meetreeks is te kort om de GXG ter plaatse van de peilbuis te bepalen. Met behulp van het tijdreeksmodel kan de grondwaterstand op basis van de historische neerslag en verdampingsdata worden gesimuleerd, immers is er met het tijdreeksmodel een inschatting gemaakt voor de relatie tussen de neerslag/verdamping en de grondwaterstand. De grondwaterstand kan worden gesimuleerd tot aan de start van de neerslag en verdampingsmeetreeksen. Hierbij wordt de aanname gedaan dat het hydrologische systeem in deze periode niet is veranderd en dat de gevonden relatie gelijk is gebleven.

In de onderstaande afbeelding is de gesimuleerde reeks te zien vanaf 1980 (het moment waarop de neerslag en verdampingsdata beschikbaar is). Op basis van deze reeks kunnen de GXG's worden bepaald.



In de onderstaande tabel zijn de GXG's weergegeven in m NAP. Hierin zijn eerste GXG's weergegeven voor de meetreeks en de simulatie vanaf 1 aug 2010 tot 28 juni 2015. Deze GXG waarden zijn gebaseerd op deze korte meetperiode, dus niet voor minimaal 8 jaar. Daarna zijn de GXG waarden weergegeven voor de gesimuleerde reeks vanaf 1980.

Te zien is dat de berekende GXG waarden weinig afwijken (tot maximaal 0.1 m). De grootste afwijking is hierbij te zien voor de GHG.

	GLG	GHG
meetreeks vanaf 2010-08-01	27.418333	28.348333
tijdreeksmodel vanaf 2010-08-01	27.418433	28.424302
tijdreeksmodel vanaf 1980	27.414186	28.443489

Na het uitvoeren van de analyse is toch de verdere meetreeks van Peilbuis A teruggevonden, deze meetreeks is vanaf 1985. Het waterschap besluit om de eerdere analyse te controleren met de nieuw gevonden data. De resultaten hiervan zijn toegevoegd aan de onderstaande tabel.

Te zien is dat de GHG overeenkomt met de gevonden waarden op basis van het tijdreeksmodel. Voor de GLG is een afwijking van ca. 0.1 m te zien. Waarbij het tijdreeksmodel de GLG licht heeft overschat.

	GLG	GHG
meetreeks vanaf 2010-08-01	27.418333	28.348333
tijdreeksmodel vanaf 2010-08-01	27.418433	28.424302
tijdreeksmodel vanaf 1980	27.414186	28.443489
controle nieuwe metingen	27.306667	28.446173

## 1.2 Deel II: Invullen missend deel van meetreeks

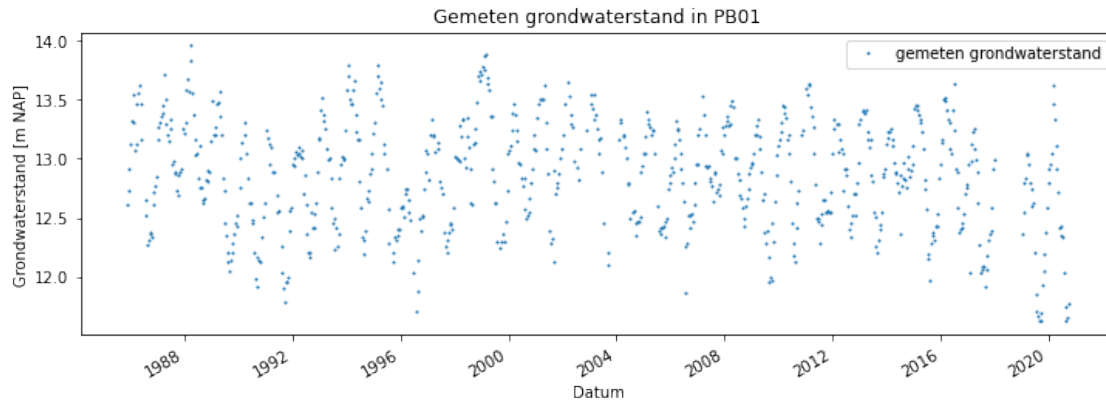
In peilbuis PB05 van het waterschap is de grondwaterstand gemeten. Het waterschap wil inzicht krijgen in de GXG in het gebied. Echter zijn in peilbuis PB05 geen meetgegevens beschikbaar voor het jaar 2018. In dit jaar is de grondwaterstand in het gebied zeer laag geweest. De GXG waarden op basis van de afgelopen 8 jaar wordt beïnvloed door de lage grondwaterstanden in 2018, dit zal voornamelijk in de GLG te zien zijn.

Op basis van de huidige reeks is het niet mogelijk om de GXG waarden te bepalen. Daarom wordt

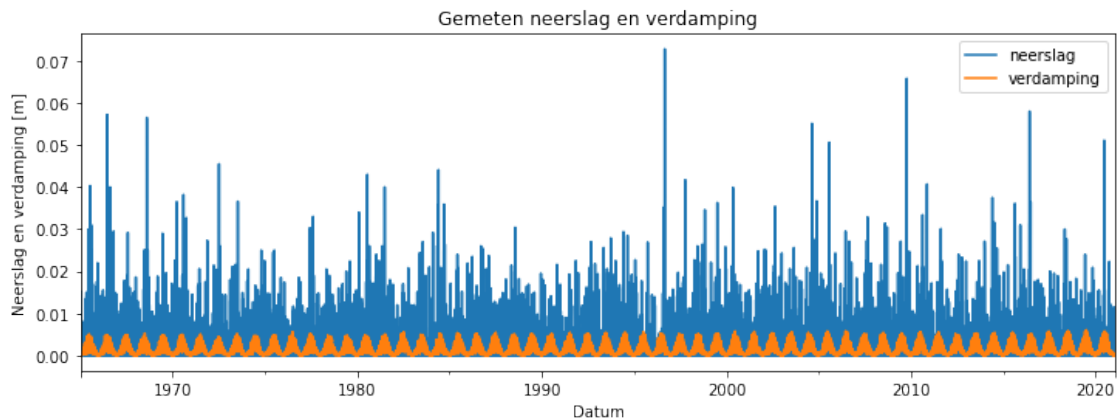
gebruik gemaakt van tijdreeksanalyse om de meetreeks op te vullen. Op basis van deze reeks worden de GXG's bepaald.

### 1.2.1 Beschikbare gegevens

De gemeten grondwaterstand is te zien in de onderstaande afbeelding. De meetperiode van de peilbuis is 1985 tot 2020, waarbij in het jaar 2018 geen grondwaterstanden zijn gemeten.



Om een tijdreeksmodel op te stellen voor grondwatermeetreeks wordt gebruik gemaakt van de neerslag en verdamping ter plaatse van de peilbuis. Hiervoor zijn de gegevens gebruikt van het dichtstbijzijnde weerstation van het KNMI. De neerslag en verdamping zijn te zien in de onderstaande afbeelding.



### 1.2.2 Opzetten tijdreeksmodel

Er wordt een tijdreeksmodel opgesteld op basis van de meetreeks in PB05. Hiervoor worden de neerslag en verdamping gebruikt als verklarende reeks. Voor de neerslag en verdamping wordt de Exponentiele respons functie gebruikt in de tijdreeksanalyse.

De resultaten van het tijdreeksmodel zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

## Fit report PB05\_1

## Fit Statistics

```
=====
nfev      13          EVP          92.51
nobs      746          R2           0.92
noise     True         RMSE         0.12
tmin      1985-11-14 00:00:00 AIC           5.10
tmax      2020-09-28 00:00:00 BIC          28.17
freq      D            Obj          2.91
warmup    3650 days 00:00:00 ---
solver    LeastSquares  Interpolated      No
=====
```

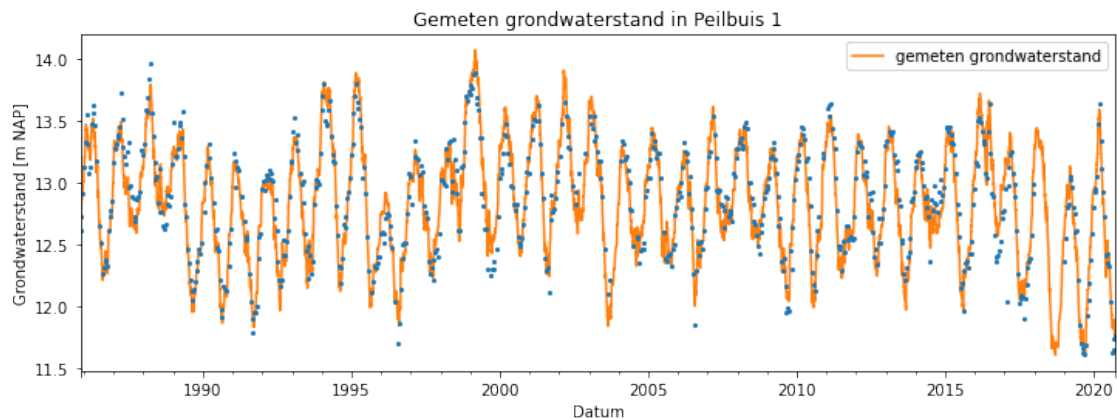
## Parameters (5 were optimized)

```
=====
              optimal  stderr  initial  vary
grondwateraanvulling_A  708.419140 ±4.93%  219.794219 True
grondwateraanvulling_a  161.843252 ±4.64%   10.000000 True
grondwateraanvulling_f   -1.301380 ±4.06%   -1.000000 True
constant_d              12.909907 ±0.47%   12.859290 True
noise_alpha             46.129886 ±10.74%   15.000000 True
=====
```

Parameter correlations  $|\rho| > 0.5$ 

```
=====
grondwateraanvulling_A grondwateraanvulling_a  0.78
                        grondwateraanvulling_f  0.50
grondwateraanvulling_f constant_d             -0.98
=====
```

De gemeten grondwaterstand is te zien in de onderstaande afbeelding met de gesimuleerde grondwaterstand met het tijdreeksmodel. Hierin is te zien dat het tijdreeksmodel de grondwaterstand goed simuleert. Wel is hierbij te zien dat de data van 2018 ontbreekt. Het tijdreeks model simuleert voor de zomer van 2018 een lage grondwaterstand, vergelijkbaar met de gemeten grondwaterstand in de zomer van 2019 in deze peilbuis.



In de onderstaande tabel zijn de GXG waarden weergegeven die zijn berekend met behulp van de

gesimuleerde tijdreeks. Hierbij is het droge jaar 2018 meegenomen ook al zijn voor dit jaar geen metingen beschikbaar. Voor deze analyse moet worden opgemerkt dat de aanname is gemaakt dat het grondwatersysteem in het jaar 2018 een vergelijkbare respons heeft op de neerslag en verdamping als in andere jaren, ondanks de extreme droogte.

	GLG	GHG
tijdreeksmodel	12.27286	13.434438