

De droogte bij boezemkaden onder de loep

Metingen en het gebruik van tijdreeksmodellen

Workshop droogtemonitoring

22 Mei 2024

 **TU Delft** Delft
University of
Technology

HKV





Inhoud

- **Introductie**
 - Historie faalmechanisme droogte
- **Onderzoek droogtemonitoring ORK**
 - 4 jaar monitoring bij 10 boezemkaden
 - Droogte in de dijk en meteorologische droogte-indicatoren
- **Tijdreeksmodellen voor grondwaterstanden**
 - Wat is een tijdreeksmodel? En waarvoor gebruik je het?
 - Grondwaterstandstatistiek
 - Database peilbuizen boezemkaden en toepassingen
- **Take-home message**

Introductie

Historische doorbraken van boezemkaden

Heeft iemand het COW-rapport met nummer COW-71.041, waarin deze inventarisatie is gemaakt?

- Tussen 1900 en heden 33 doorbraken van boezem- en polderkaden geregistreerd
 - Veel veenkaden: kaden met veelal lage stabiliteit door lage effectieve spanningen
- Van de 33 waren **9 doorbraken in de zomer** (jul t/m sept) en **3 doorbraken door droogte**
 - Waarvan het merendeel kwam als gevolg van hevige neerslag na een droge periode.
- Het gros van de doorbraken vond plaats vóór 1950: de toenemende regulatie van waterstanden kan hier mogelijk een rol spelen

Opbouw kade	Mogelijke oorzaak doorbraak								
	onbekend	hoge waterstand	werkzaamheden	vreemde elementen	droogte	kwel	bominslag	graverij dieren	Totaal
onbekend	3	5	3	1			1		13
veen	2	3	2	1	2	1	1		12
klei op veen	3	1			1				5
zandig								2	2
Totaal	8	9	5	2	3	1	2	2	32

Tabel 2.1. Opbouw kade en mogelijke oorzaak van doorbraak

Bron: Van Etten, R. J. G. (2006). Verkenning van veenkaden: Veranderingen in de tijd en karakteristieke profielen. Rijkswaterstaat, DWW.

Recente doorbraken

Reeuwijk	2021
Terbregge	2003
Wilnis	2003
Aarlanderveen	1995
Dubbele Wiericke	1967
Lisserpoelpolder	1967
Hazerswoude Dorp	1964
Tuindorp Oostzaan	1960

Introductie

Kenmerken faalmechanismen droogte

- Verlies van gewicht door vochtafname in combinatie met “losgekoppelde” stijghoogte; horizontale afschuiving
- Vervormingen in de grond als gevolg van krimp en zwel; interne lekkages en kortsluitingen
- Optreden van droog & nat cycli en resulterende spanningsvariaties; schuifsterkte veranderingen
- Optreden van scheurvorming; verhoogde infiltratie en afname schuifsterkte (ondiepe afschuivingen)

➤ Waterhuishouding speelt een sleutelrol



Edenbury, 1989



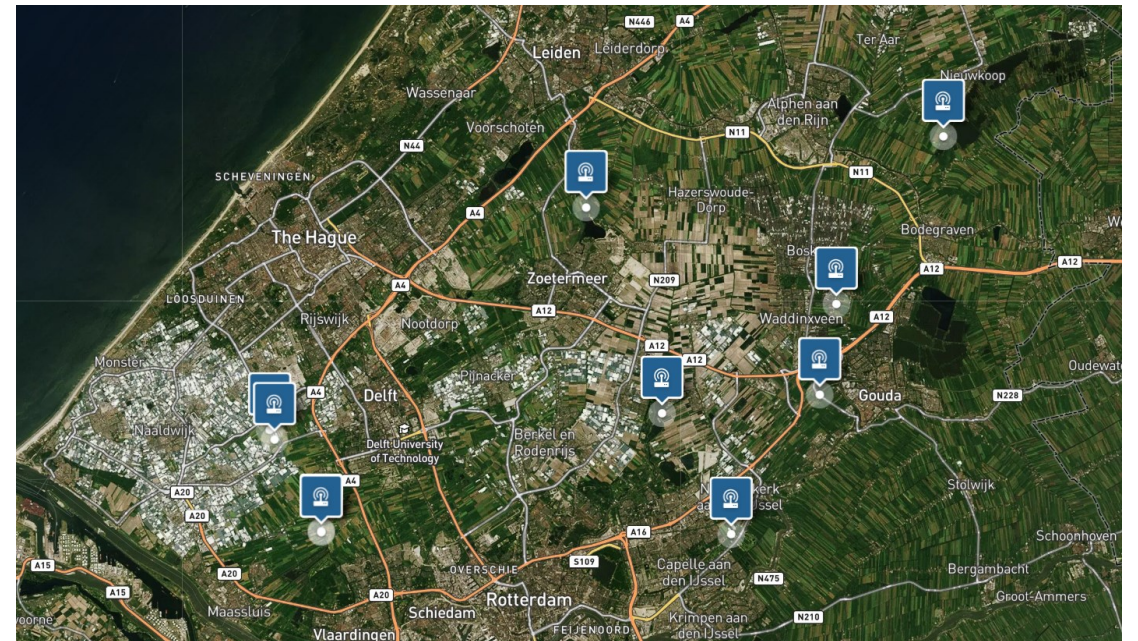
Wilnis, 2003



Bleiswijk, 1990

Onderzoek droogtemonitoring ORK

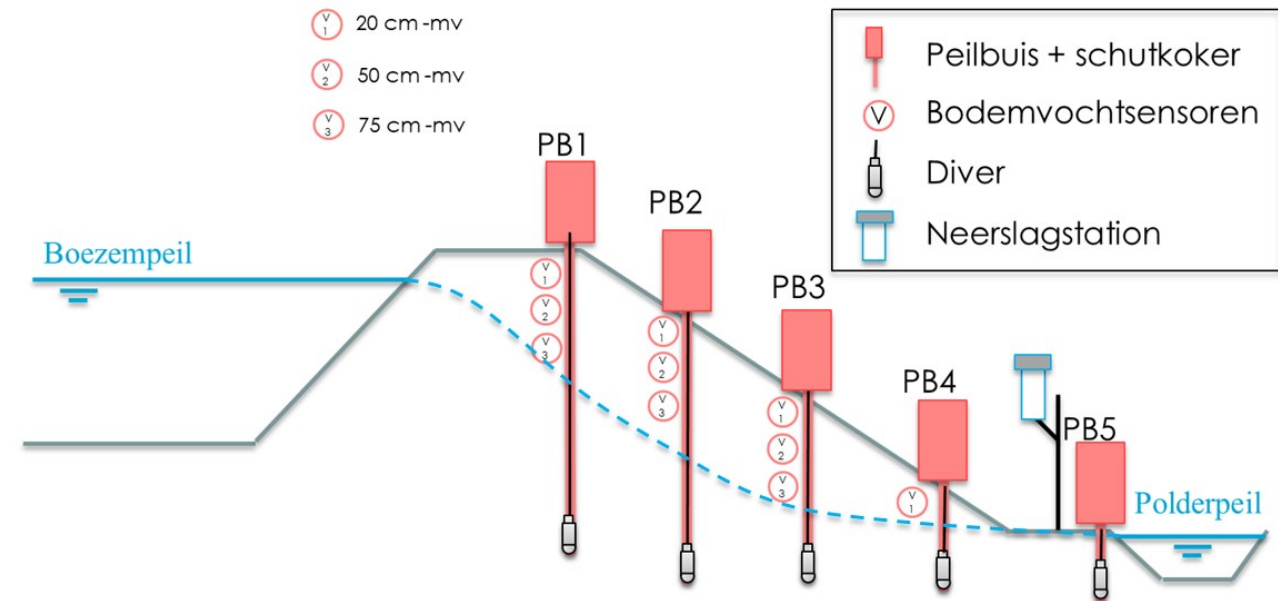
- De waterhuishouding van boezemkaden meten om deze beter te begrijpen en technieken te ontwikkelen ter ondersteuning van risico-inschatting en inspecties.
- Bij 10 boezemkaden meten we sinds 2020 de waterhuishouding, verspreid over Zuid-Holland (veenkaden en klei op veen)



Onderzoek droogtemonitoring ORK

Inrichting meetlocatie

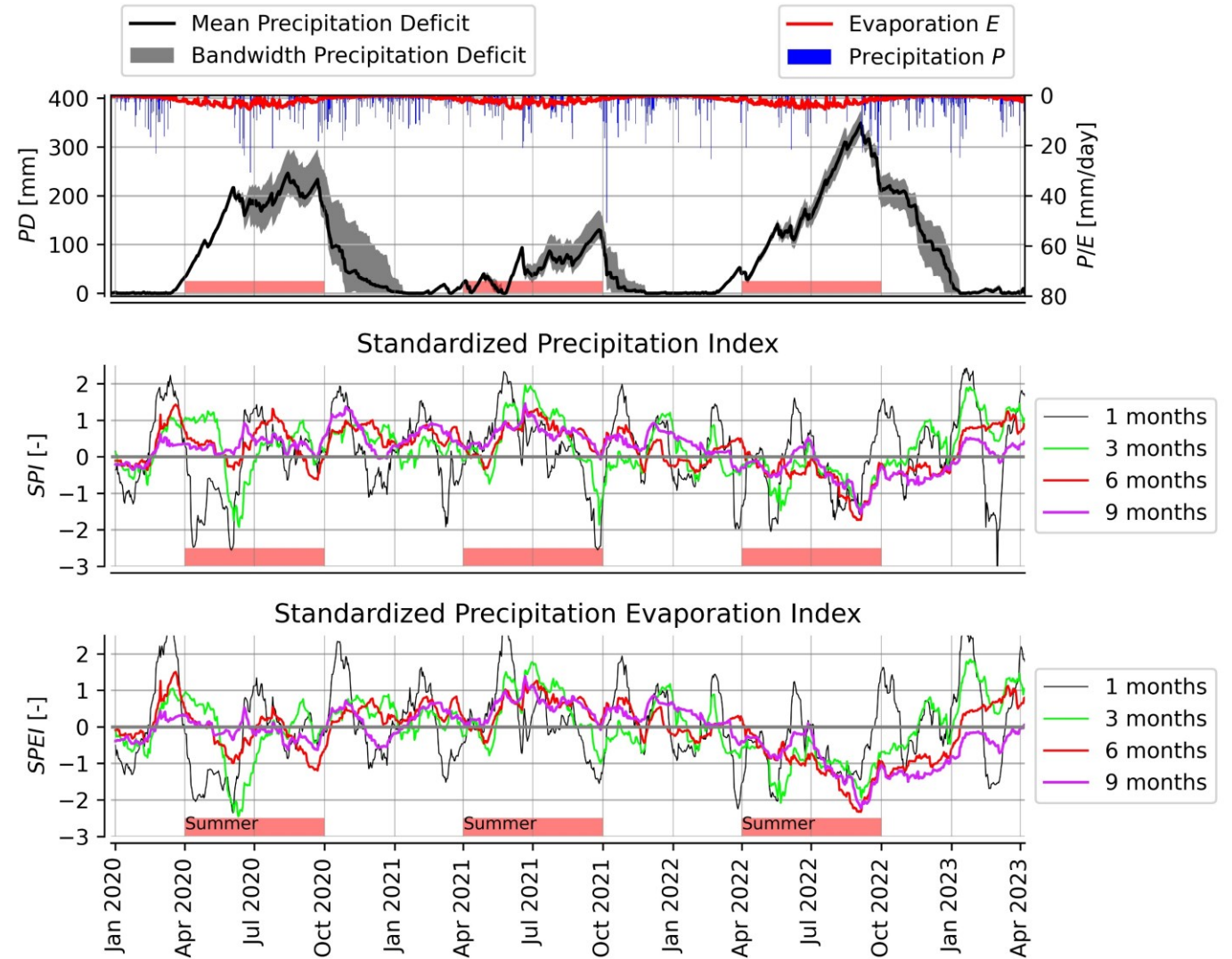
- Freatische lijn met 4 of 5 ondiepe peilbuizen
 - TD-divers van VanEssen
- Bodemvochtgehaltes op meerdere dieptes:
 - 12 sensoren per locatie
 - TEROS-sensoren met capacitance technology
- Waterspanningsmeters
 - Geven heel anders beeld dan peilbuizen en lijken “onrealistisch”



Onderzoek droogtemonitoring ORK

Meteorologische droogte meetperiode

- 2020 en 2022 waren droge tot extreem droge jaren
 - Neerslagtekort boven 300mm
 - SPEI-6 in 2022 lager dan -2
- Ook natte winters gemeten

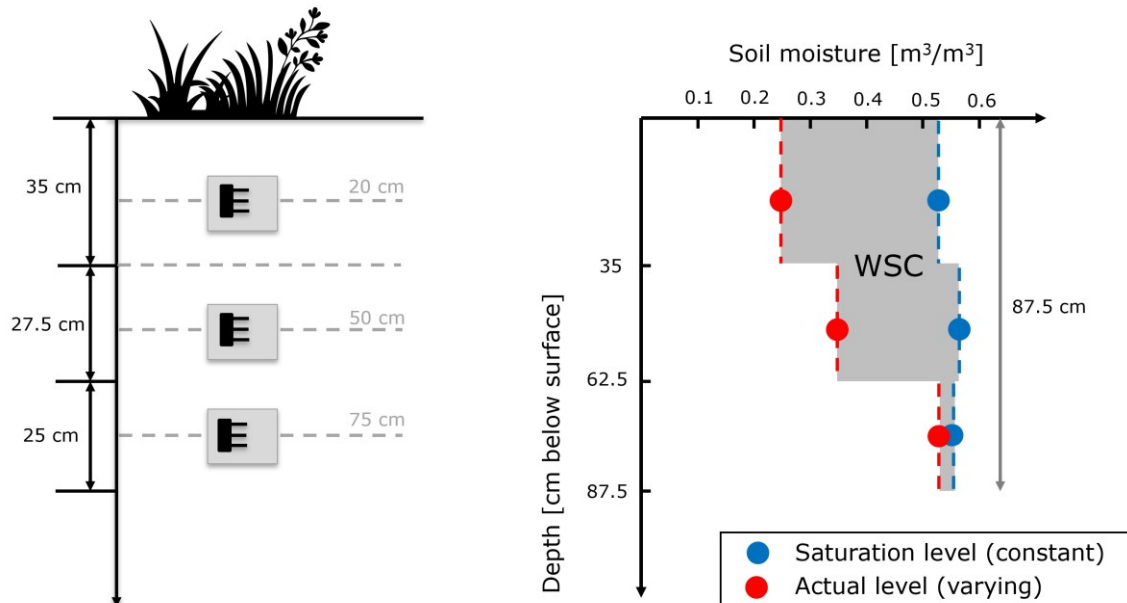


Onderzoek droogtemonitoring ORK

Droogte-maten voor een kade

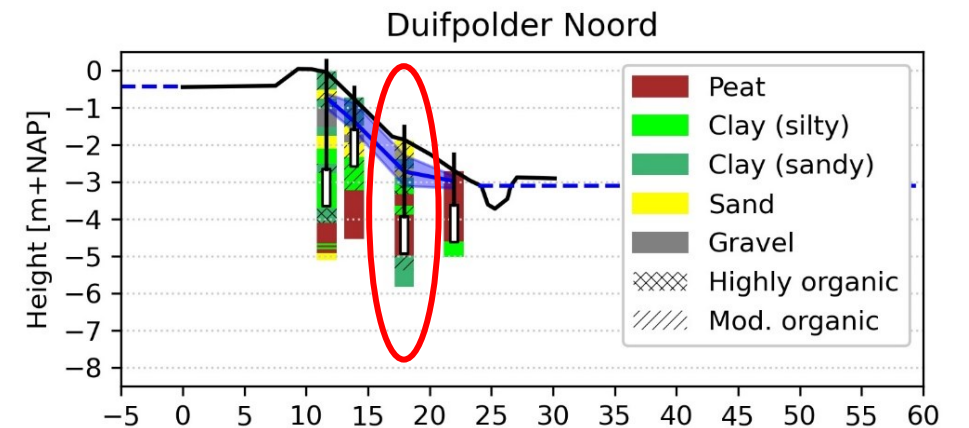
Onverzadigde zone

- Wateropslagcapaciteit (*Water Storage Capacity*)
- Hoeveelheid bodemvocht onttrokken uit de bovenste meter grond t.o.v. verzadigde grond



Verzadigde zone

- Grondwaterstand in het binnentalud



Onderzoek droogtemonitoring ORK
Ontwikkeling droogte-maten voor enkele kaden

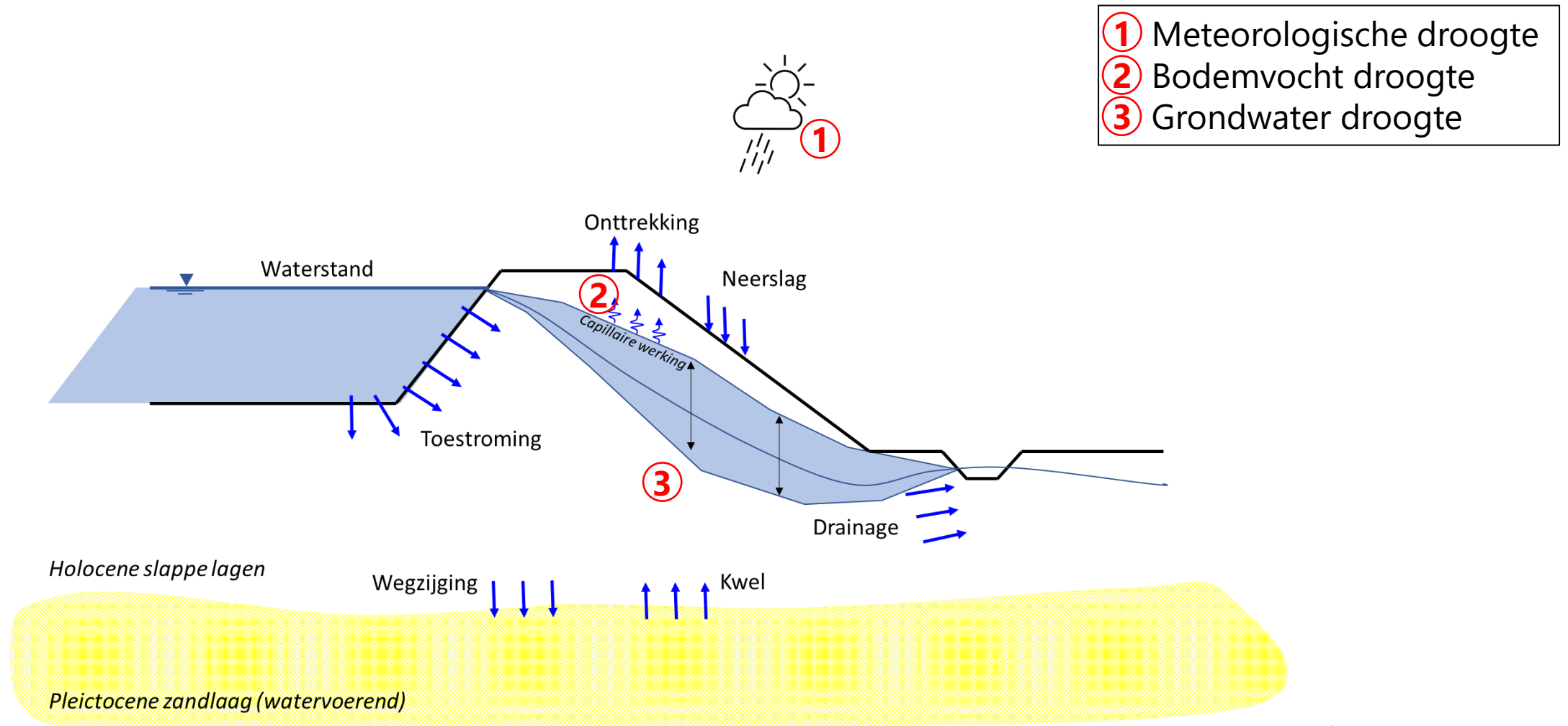
Opvallendheden:

Wateropslagcapaciteit

Grondwaterstand in het talud

Meteorologische droogte-indicatoren

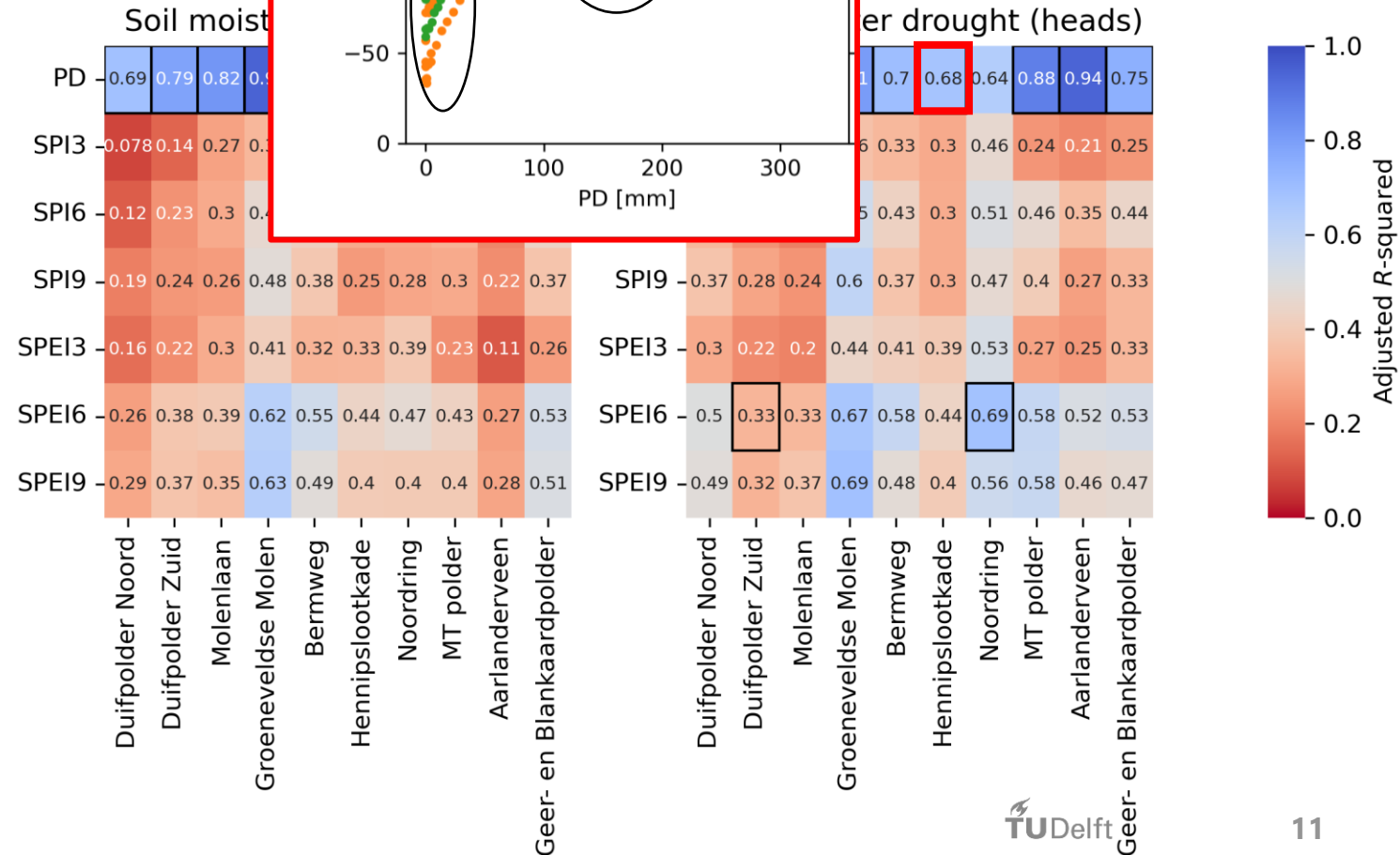
Droogte-concepten



Meteorologische droogte-indicatoren

Relatie verschillende droogte-concepten

- Relatie tussen droogte-maten bij kaden en meteorologische droogte-indicatoren
 - Neerslagtekort (PD) en gestandaardiseerde indices (SPI en SPEI) voor verschillende tijdsduren
- Neerslagtekort is de beste indicator en lijkt een goede voorspeller voor droogte in boezemkaden
 - SPEI presteert beter dan SPI wat het belang van verdamping aangeeft
- Als we inzoomen, zien we ook nog tekortkomingen...

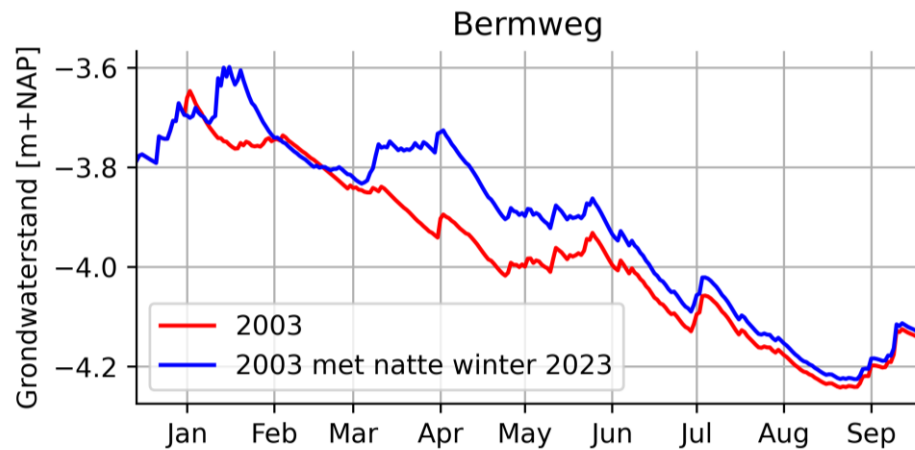
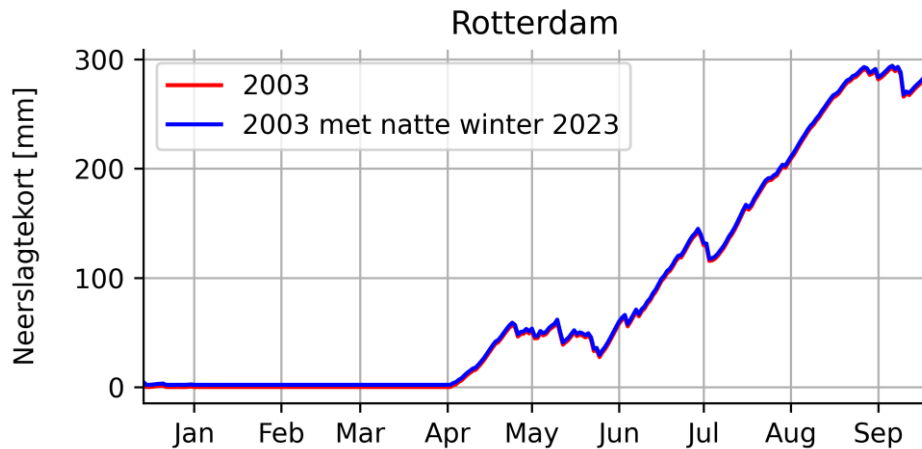


- Dijken kunnen ook met beperkte verdamping al uitdrogen
- Droogte in dijk later in de zomer, met neerslag, is anders dan PD doet vermoeden

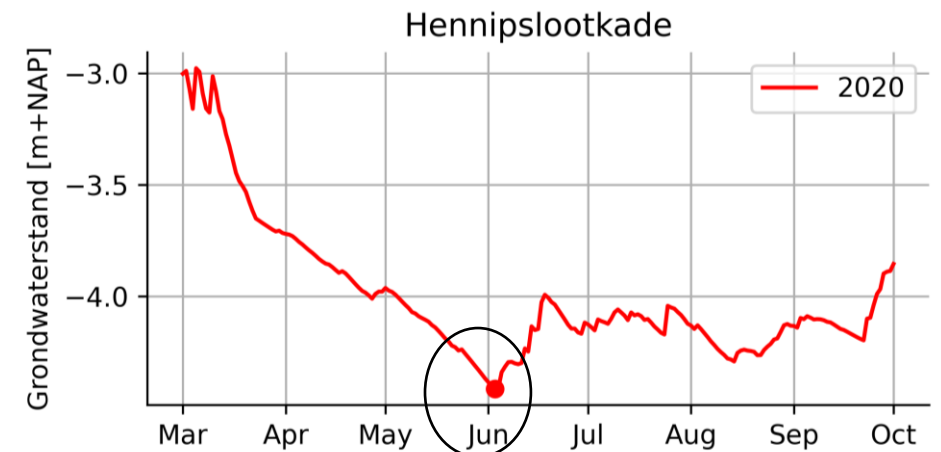
Meteorologische droogte-indicatoren

Tekortkomingen Neerslagtekort

1. Stel de winter vóór de Zomer van 2003 was natter geweest...



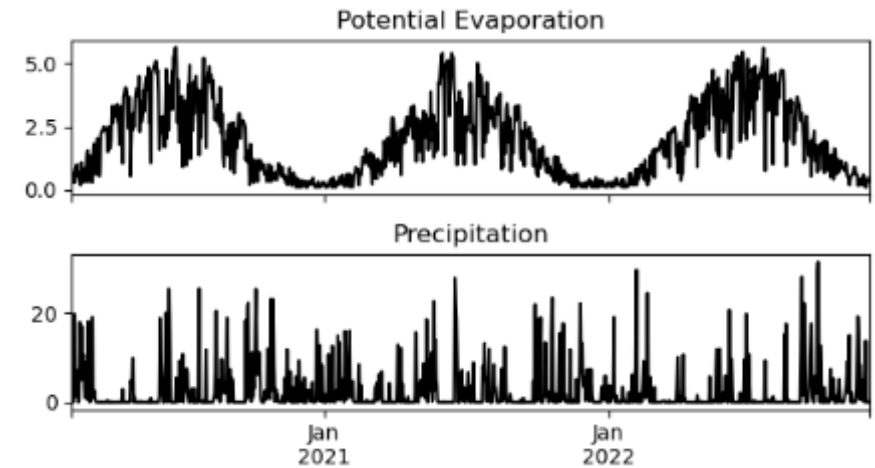
2. Neerslagtekort \neq Droogte kade



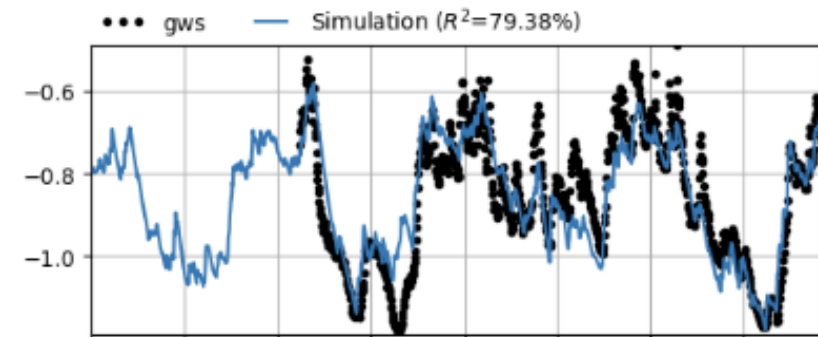
Tijdreeksmodellen voor grondwaterstanden

Wat is een tijdreeksmodel?

- Een tijdreeksmodel vertaalt invoertijdreeksen van verklarende variabelen (neerslag, verdamping) naar een uitvoertijdreeks van de stijghoogte
 - Data-gedreven “gray-box” aanpak
 - Gebruikmakend van impuls-response functies
 - De data is bepalend voor de model nauwkeurigheid
- Eén tijdreeksmodel per meetpunt
 - Daggegevens als in- en uitvoer
- Verschillende modelconcepten hoe de “impuls” tot stand komt (e.g. bakjes, drempel-niet-lineariteit)

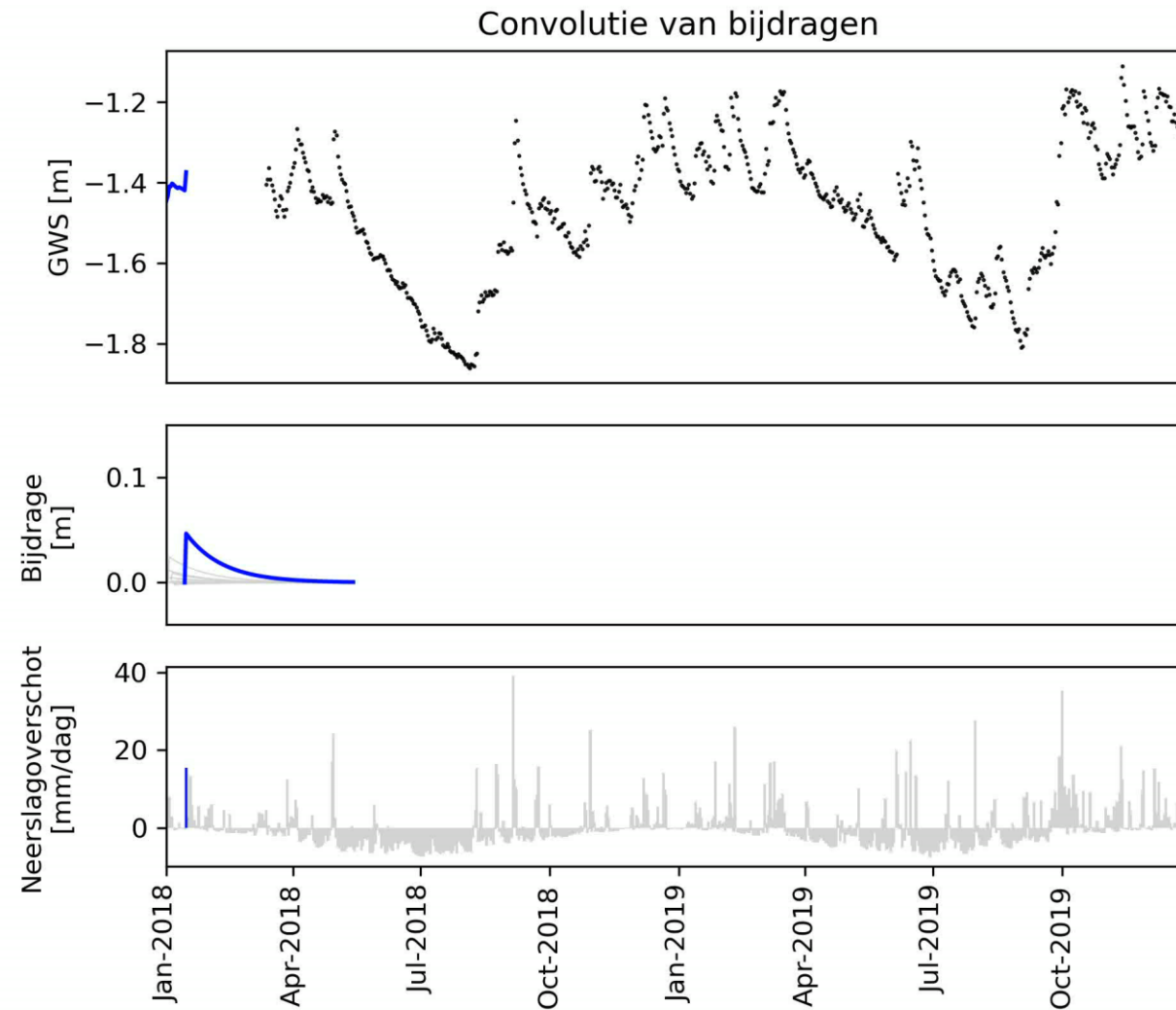


Tijdreeks
model



Tijdreeksmodellen voor grondwaterstanden

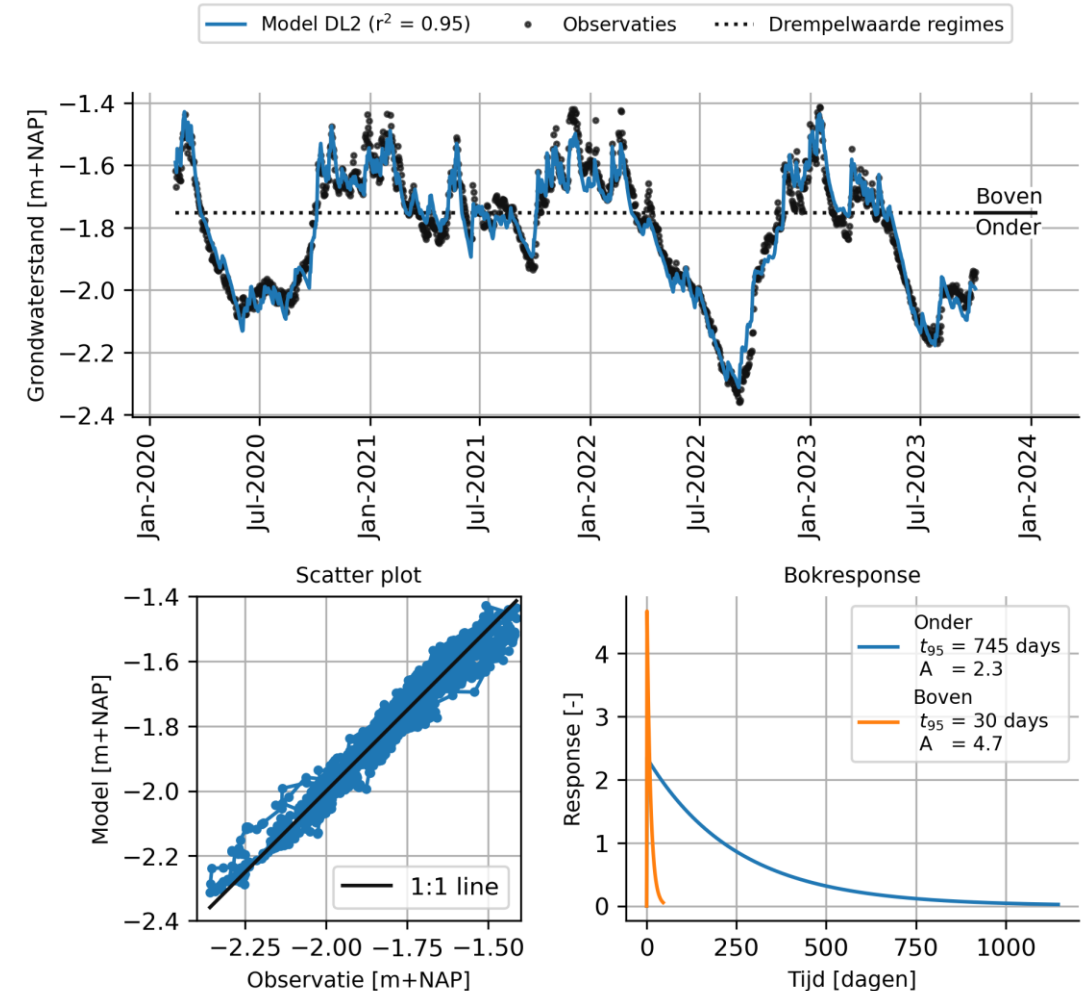
Een eenvoudig model



Tijdreeksmodellen voor grondwaterstanden

Toegepast bij boezemkaden

- Voor boezemkaden werkt het TARSO-modelconcept goed:
 - Een model met alleen neerslag en verdamping als verklarende variabelen met 7 parameters
 - Drempel niet-lineariteit; twee response functie voor verschillende regimes (boven en onder)
- Grondwaterstandstijging lager tijdens droogte, dan als de dijk vernat is.

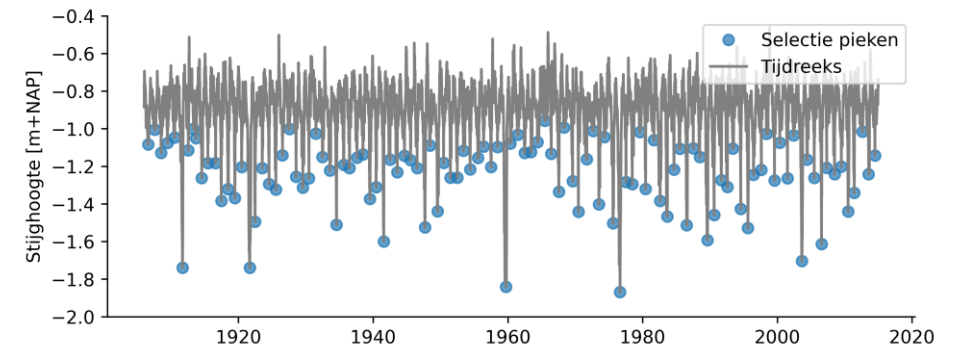


Tijdreeksmodellen voor grondwaterstanden

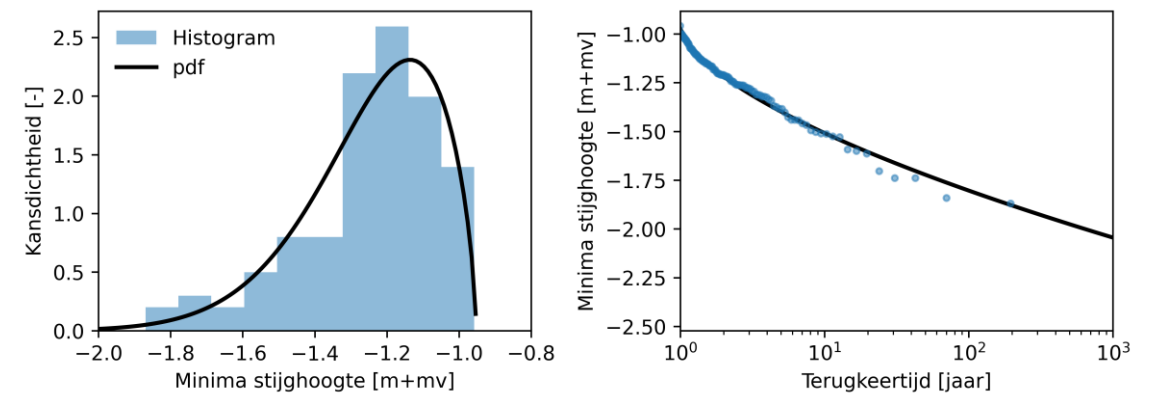
Extreme situaties

- Modellen belasten met langjarige neerslagen verdampingsreeksen (gedetrend De Bilt)
 - Pieken selecteren met POT
- Extreme waarde verdeling fitten (GPV)
- Simpel op te stellen modellen die veel inzicht kunnen geven

Pieken selecteren (minima)



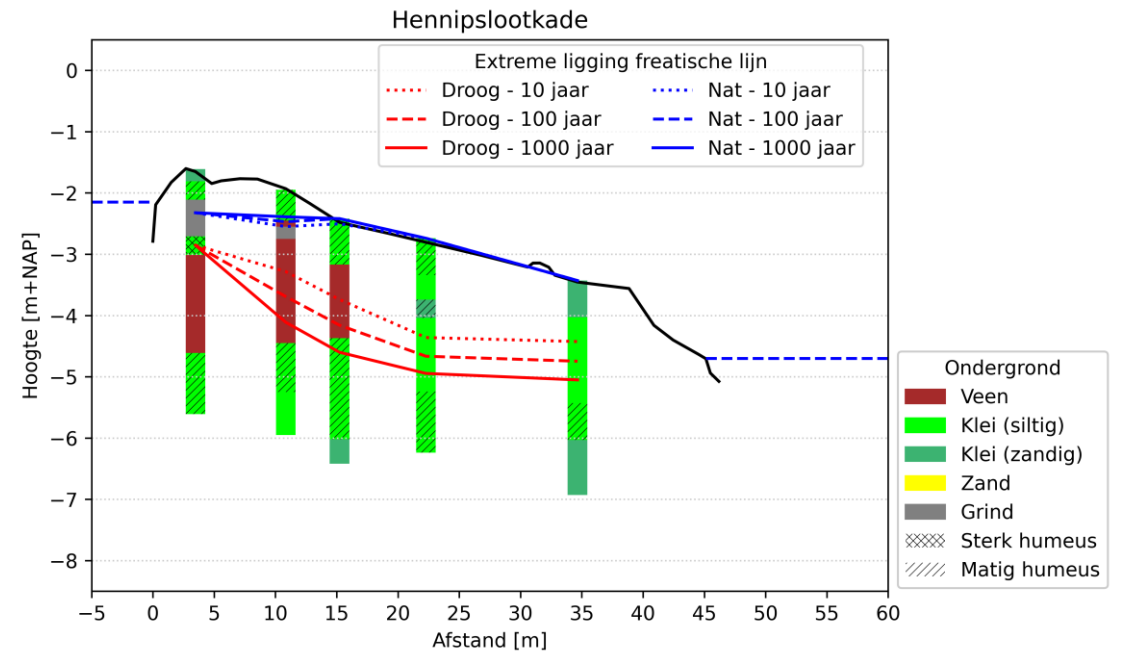
Extreme waarde verdeling



Tijdreeksmodellen voor grondwaterstanden

Belastingsituatie bij boezemkaden (voorbeeld)

- Over het algemeen lage decimeringswaarden

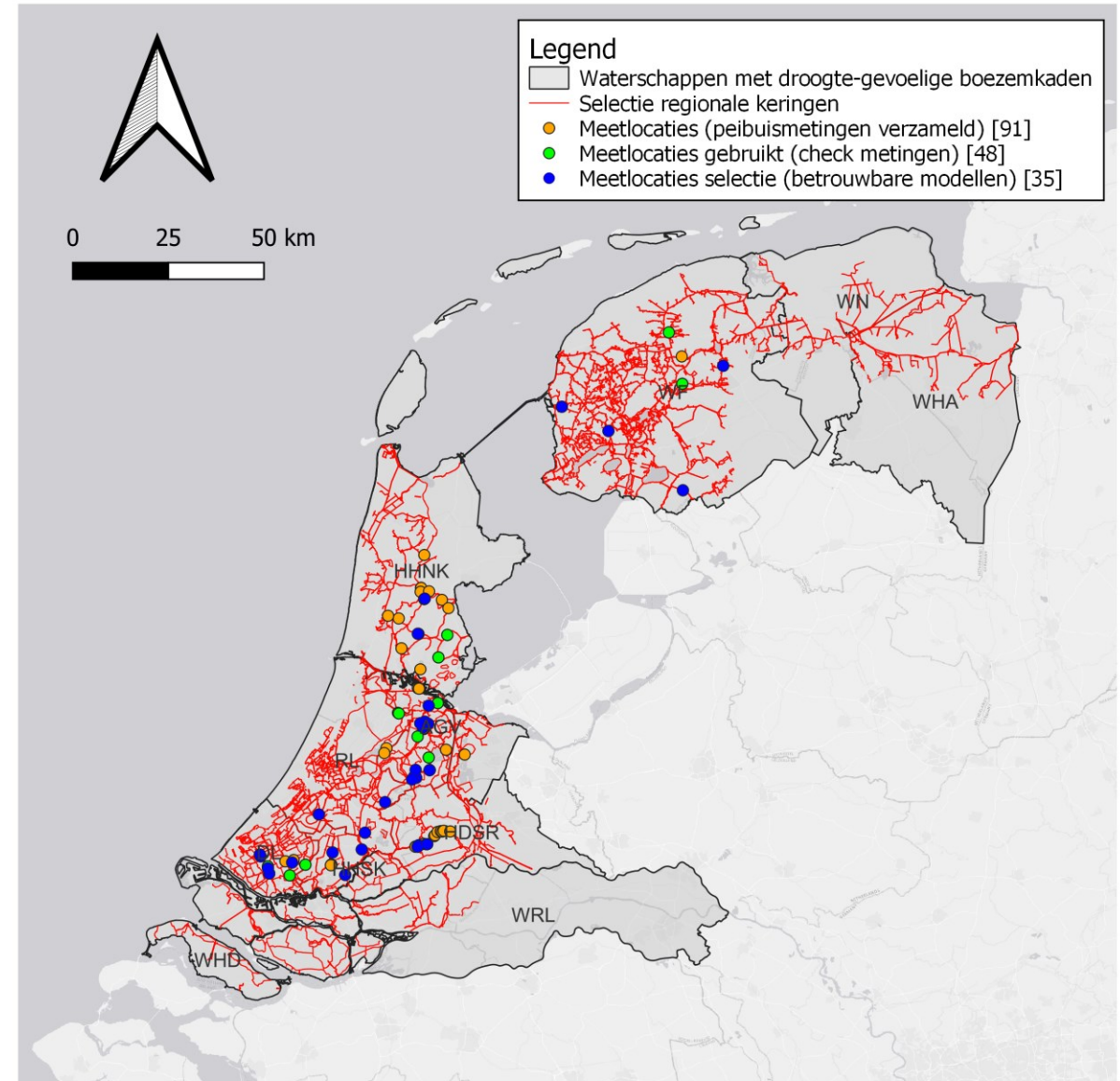


Tijdreeksmodellen voor grondwaterstanden

Database peilbuizen boezemkaden

- Een database met op 91 locaties peilbuismetingen
 - Een selectie van de metingen lijkt betrouwbaar en heeft een minimale lengte van 2.5 jaar
- Voor **35 verschillende boezemkaden** is een betrouwbaar **tijdreeksmodel** opgezet
- Deze model/data-set kan op verschillende manieren gebruikt worden:
 1. Belastingssituatie boezemkaden
 - a) De terugkeertijd van freatische lijn inschatten
 - b) Variatie in maatgevende neerslagduur en uitdroging
 2. Impact klimaatverandering

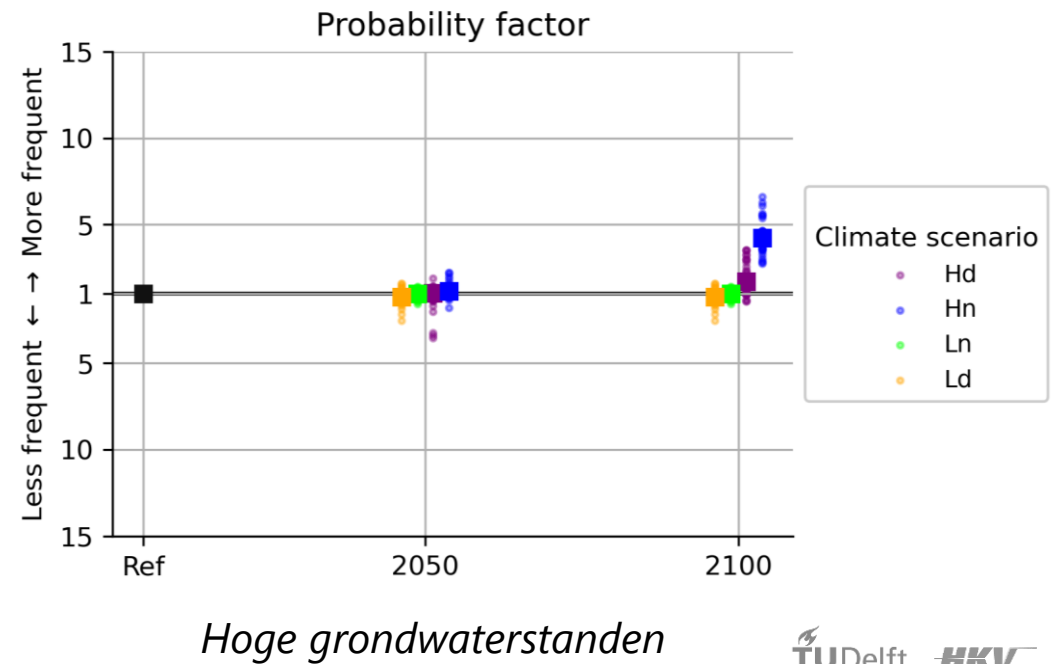
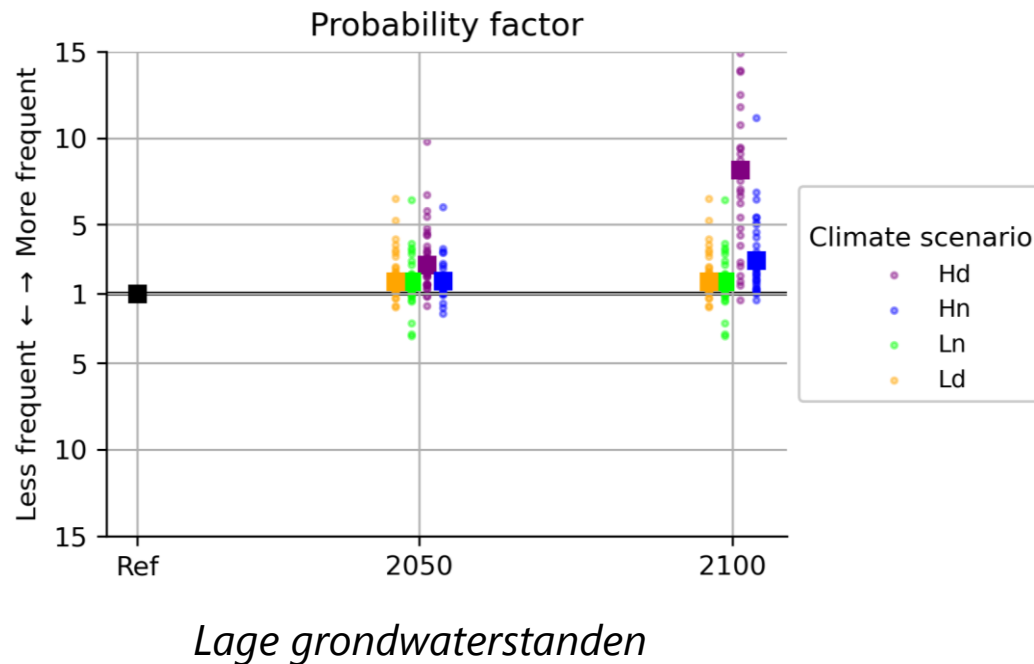
Database wordt binnenkort publiekelijk beschikbaar en willen we levend houden en uitbreiden!



Tijdreeksmodellen voor grondwaterstanden

Impact klimaatverandering

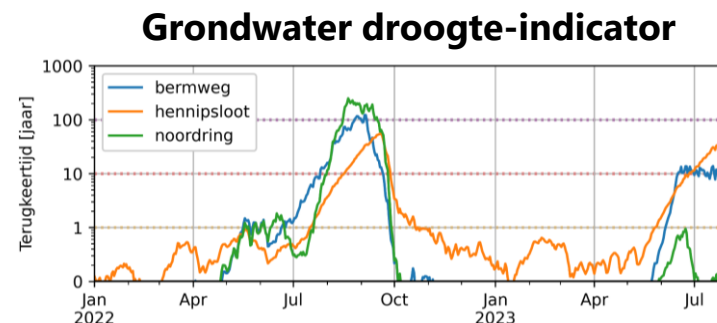
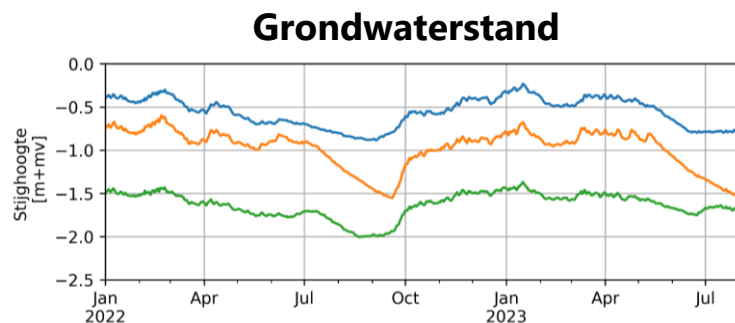
- Gebruik van neerslag- en verdampingsreeksen die passen bij het toekomstige klimaat (KNMI'23)
- Veranderingen in de frequentie van extreme grondwaterstanden:
 - **Hoe veel vaker gaat de T100 grondwaterstand voorkomen?**



Tijdreeksmodellen voor grondwaterstanden

Een alternatieve droogte-indicator

- Een nieuwe **grondwaterdroogte-indicator** voor boezemkaden in Nederland, welke aangeeft hoe extreem de grondwaterstand is, uitgedrukt in termen van terugkeertijden.
- **Model** ontwikkelt wat de bandbreedte van deze indicator schat voor elke boezemkaden o.b.v. de lokale neerslag en verdamping
 - Bandbreedte o.b.v. peilbuismetingen en tijdreeksmodellen van verschillende boezemkaden in Nederland (zie kaart rechts)



Take home message

- Droogte in de dijk \neq meteorologische droogte
- Tijdreeksmodellen, welke simpel op te zetten zijn, kunnen helpen met:
 1. Het duiden van metingen. Hoe extreem is het?
 2. De impact van klimaatverandering kwantificeren
- Waarom langjarig meten?
 - Modellen worden beter met meer metingen
 - Extreme situaties zijn relevant, maar komen zelden voor
 - Operationeel een veiligheidsbeeld hebben
 - Langjarige trends en knikpunten liggen op de loer



Vragen

Bart Strijker

b.strijker@tudelft.nl

 TU Delft Delft
University of
Technology

 HKV