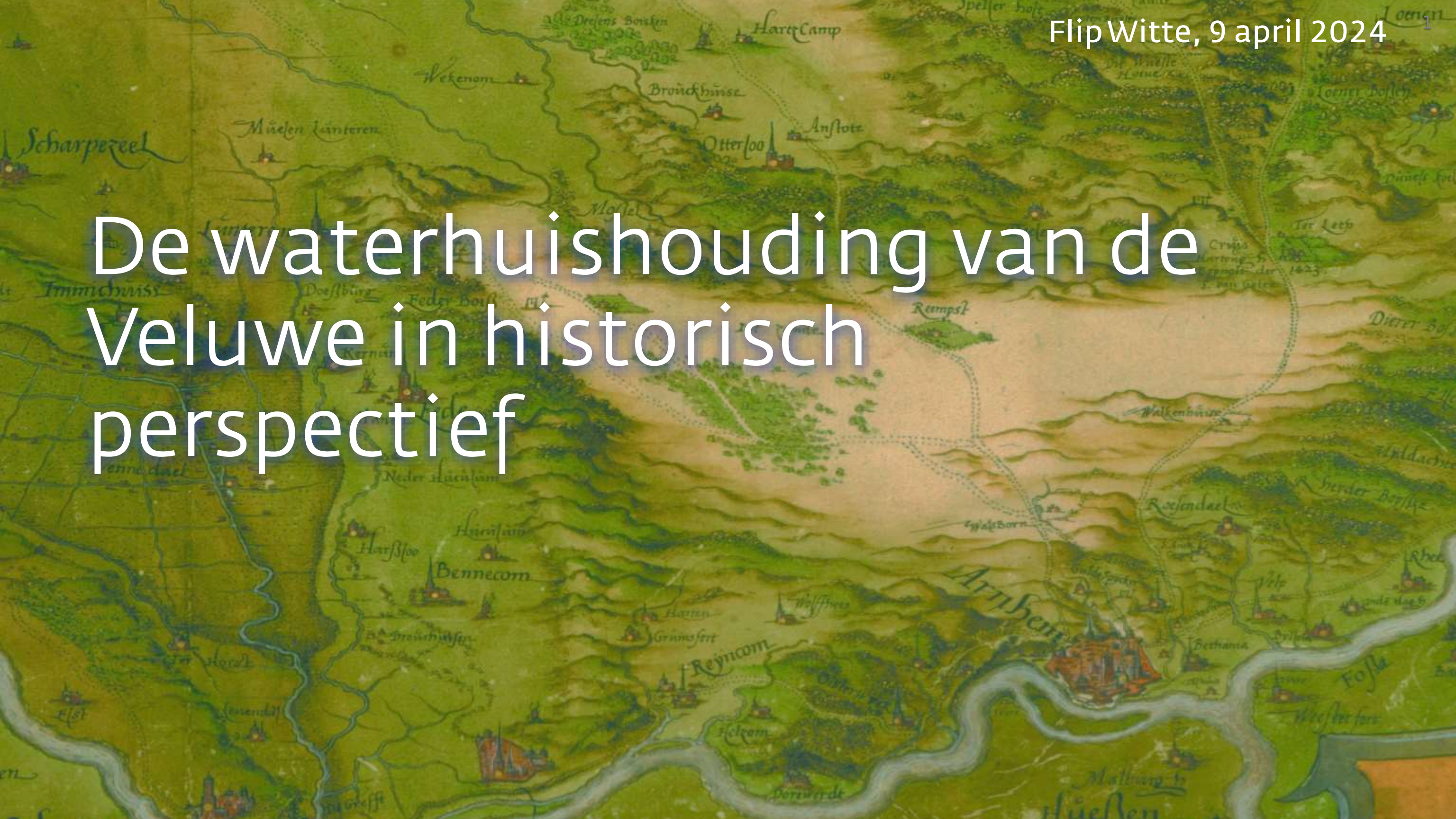


De waterhuishouding van de Veluwe in historisch perspectief



Inhoud

1. **Waterbalans en grondwaterstroming**
2. **De verdroging van de Veluwe: waarnemingen**
3. **De verdroging van de Veluwe: oorzaken**
4. **De toekomstige waterhuishouding van de Veluwe**

Waar komt het water uit onze beken vandaan?



Historische kennis over stroming van grondwater

Waar komt het water uit onze beken vandaan?

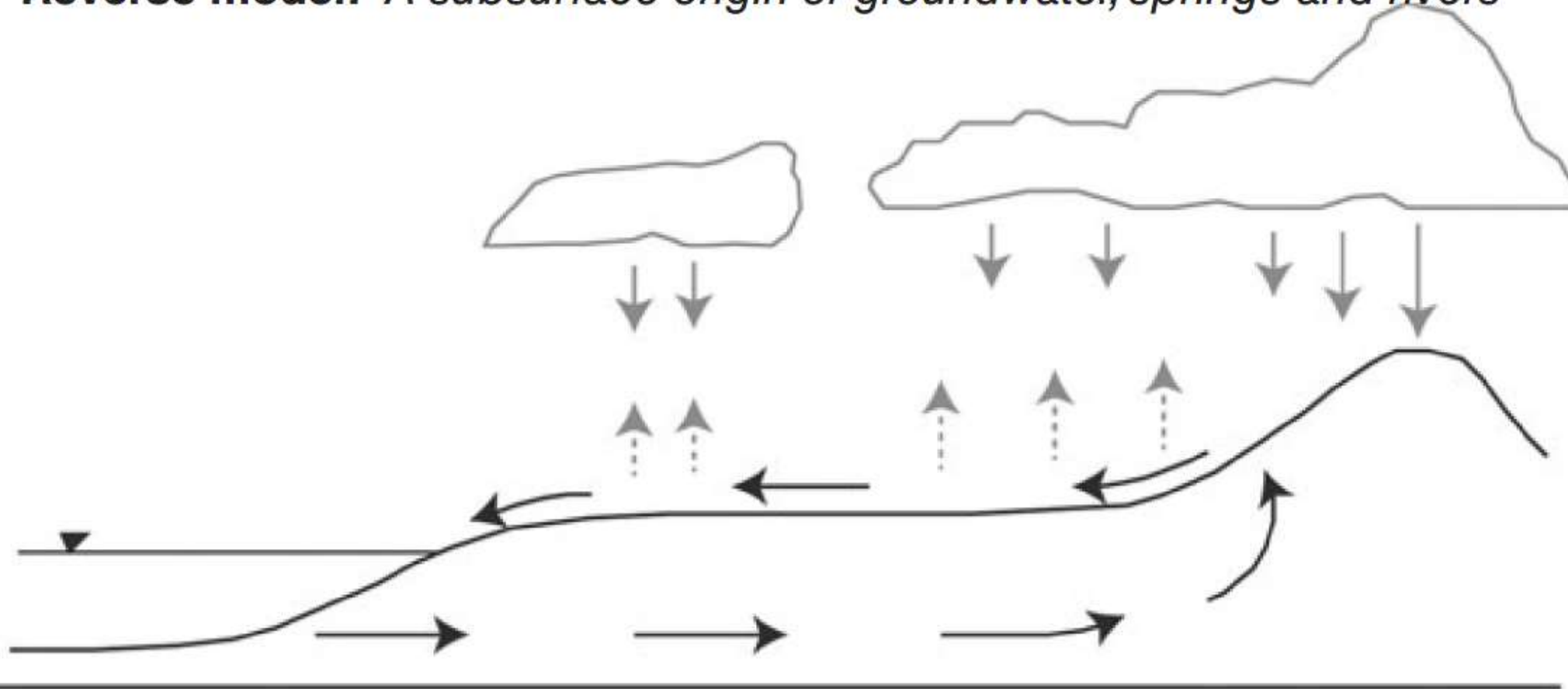
Prediker (3^e eeuw voor Christus)

Al de beken gaan in de zee, nochtans wordt de zee niet vol; naar de plaats, waar de beken heengaan, derwaarts gaande keren zij weder.

Historische kennis over stroming van grondwater

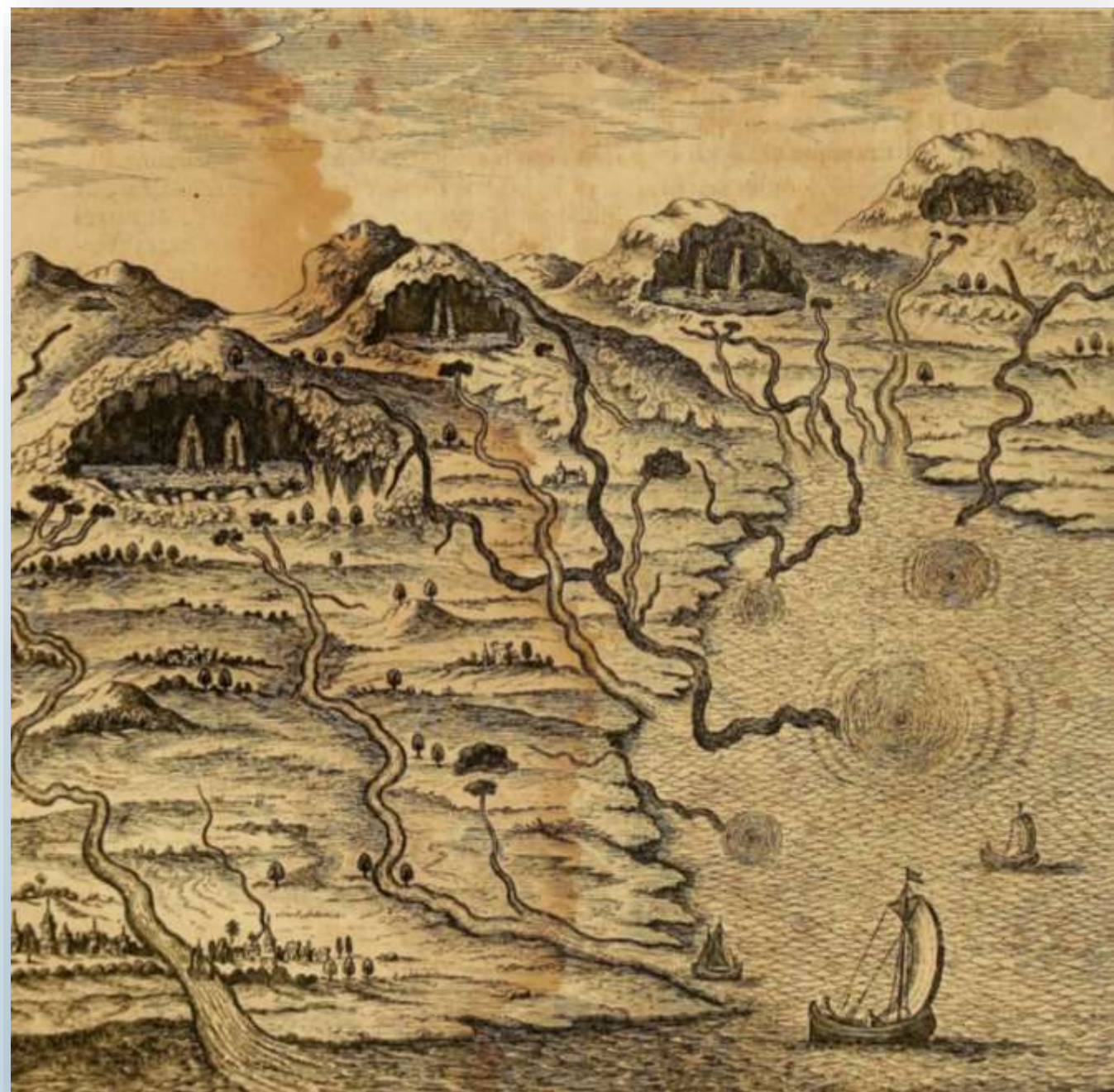
Waar komt het water uit onze beken vandaan?

Reverse model: *A subsurface origin of groundwater, springs and rivers*



Historische kennis over stroming van grondwater

Waar komt het water uit onze beken vandaan?



Leonardo da Vinci (1452–1519)

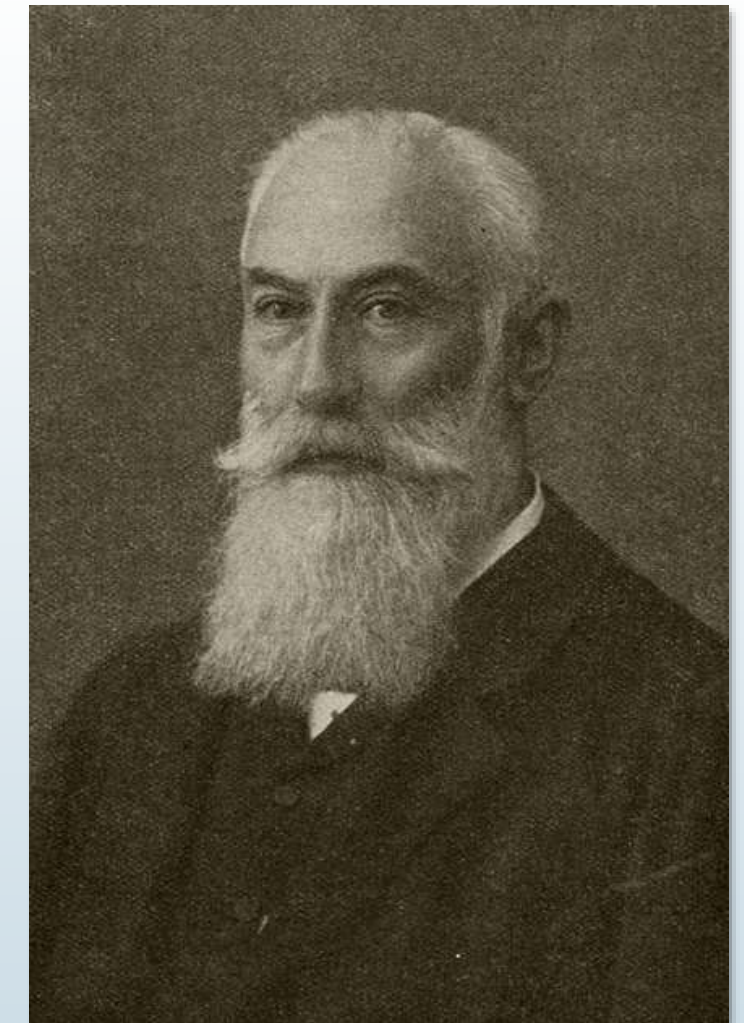
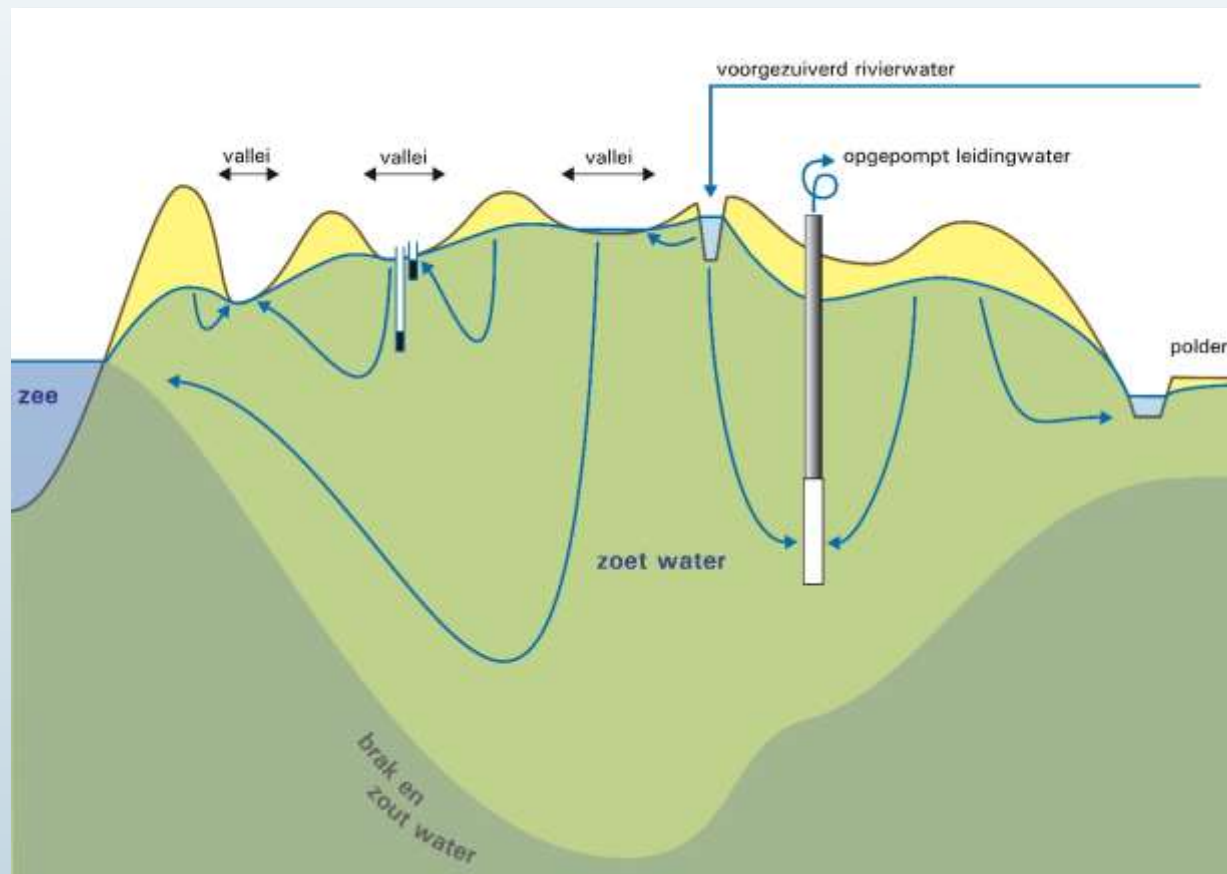
Het kan niet anders dan dat de oorzaak die het bloed bovenaan het hoofd van de mens houdt, dezelfde is als die waardoor het water bovenaan de bergen blijft staan. Er zijn aderen die door het hele lichaam van de aarde lopen. De hitte van de aarde, verspreid over dit ononderbroken lichaam, zorgt ervoor dat het water zelfs op de hoogste toppen in deze aderen blijft stijgen

Historische kennis over stroming van grondwater

Johan M.K. Pennink (1853-1936): directeur Amsterdamse waterleiding*

Pennink

- ❑ Onder de duinen is een lens zoet grondwater, drijvend op zout grondwater
- ❑ Waarschuwing: oppompen van grondwater leidt tot verzilting



*na cholera-epidemieën in 1854 op initiatief van Jacob van Lennep opgericht

Historische kennis over stroming van grondwater

Johan M.K. Pennink (1853-1936): directeur Amsterdamse waterleiding

Pennink

- ❑ Onder de duinen is een lens zoet grondwater, drijvend op zout grondwater
- ❑ Waarschuwing: oppompen van grondwater leidt tot verzilting

Tegenstanders: bron zoet grondwater is:

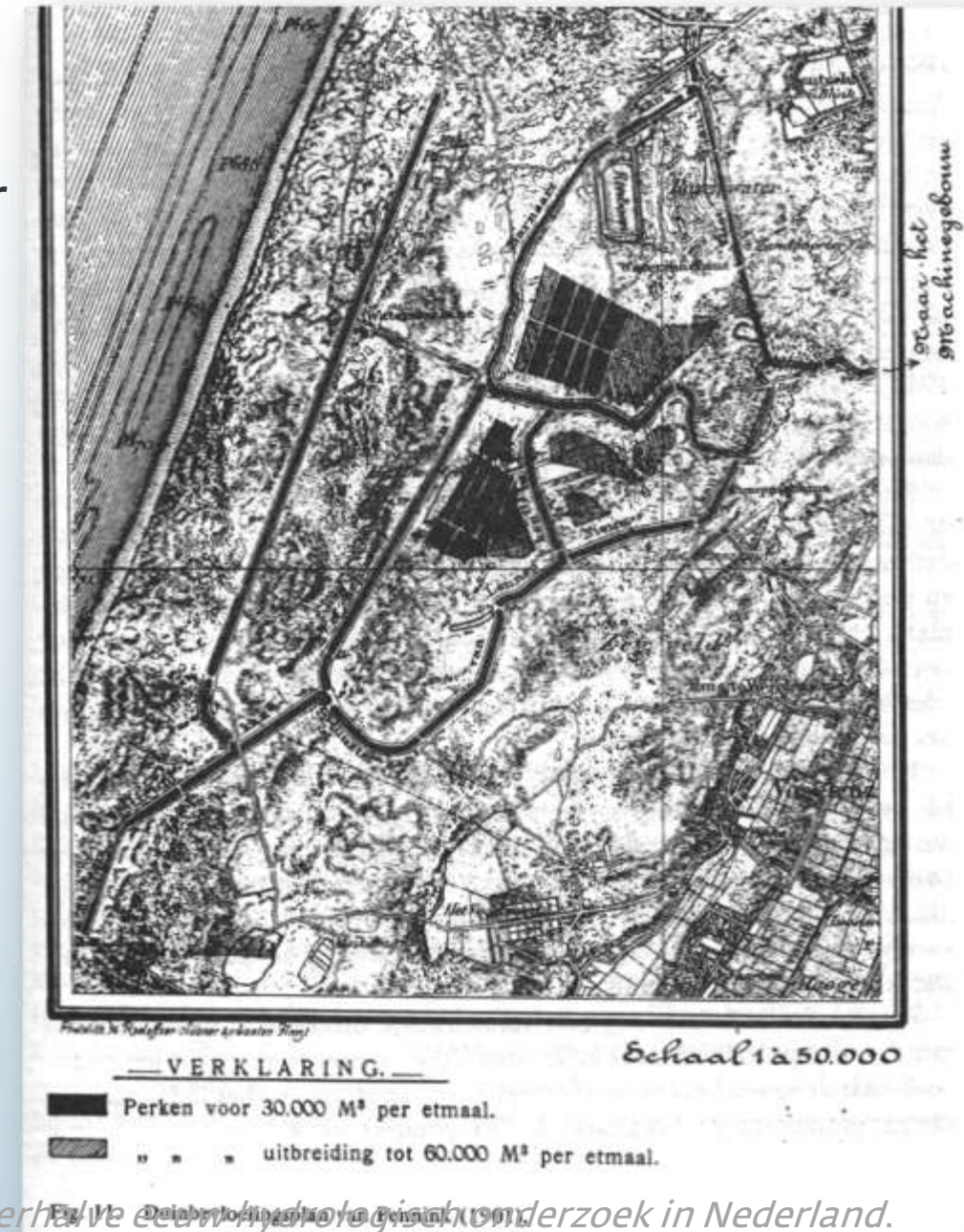
- ❑ Condensatie (750 mm/jaar)
- ❑ De Veluwe, en andere hoge gebieden

Gemeenteraad

- ❑ Wij geloven de tegenstanders

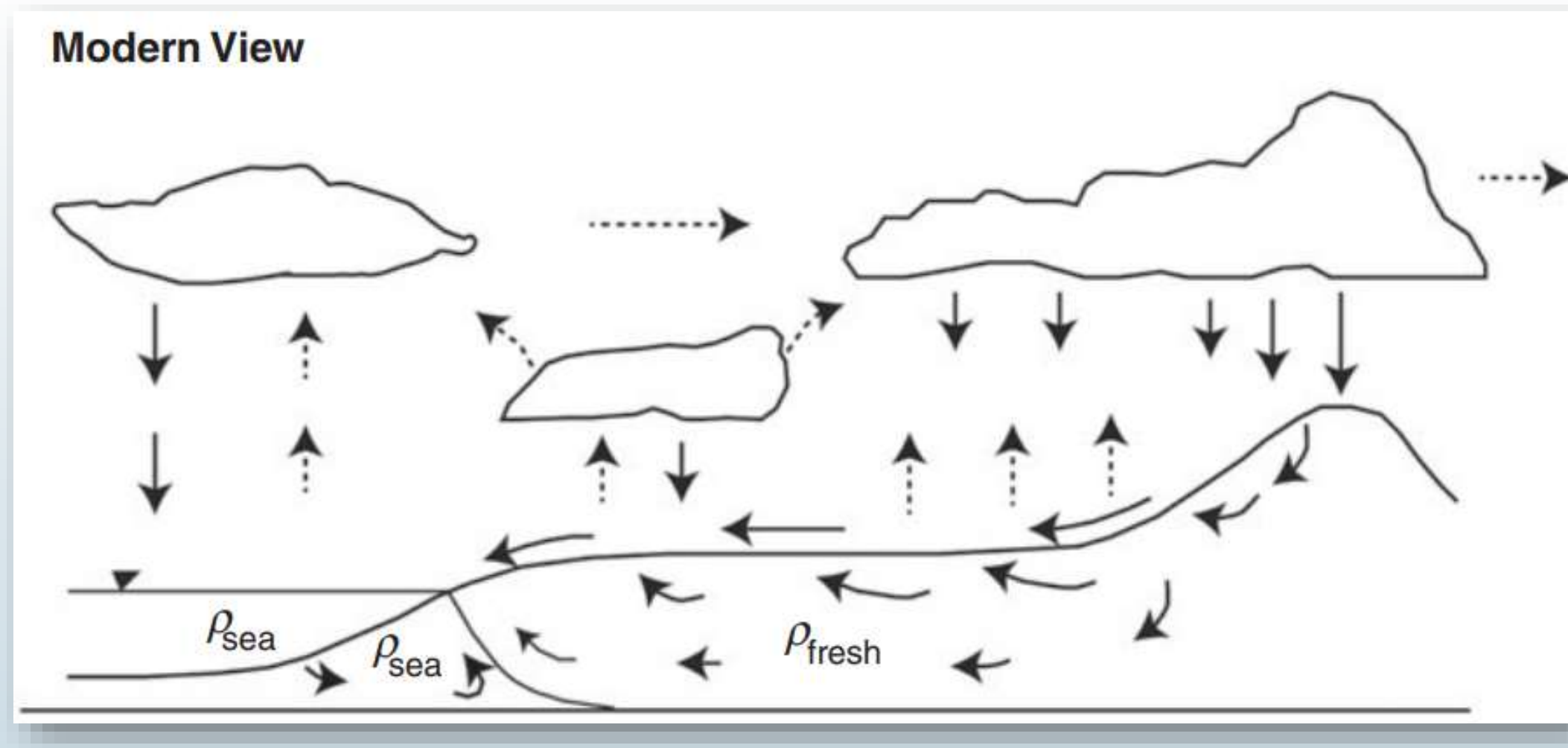
Pennink

- ❑ In 1916 eervol ontslagen
- ❑ Zijn plan uit 1901 rivierwater te infiltreren wordt in 1956 alsnog uitgevoerd



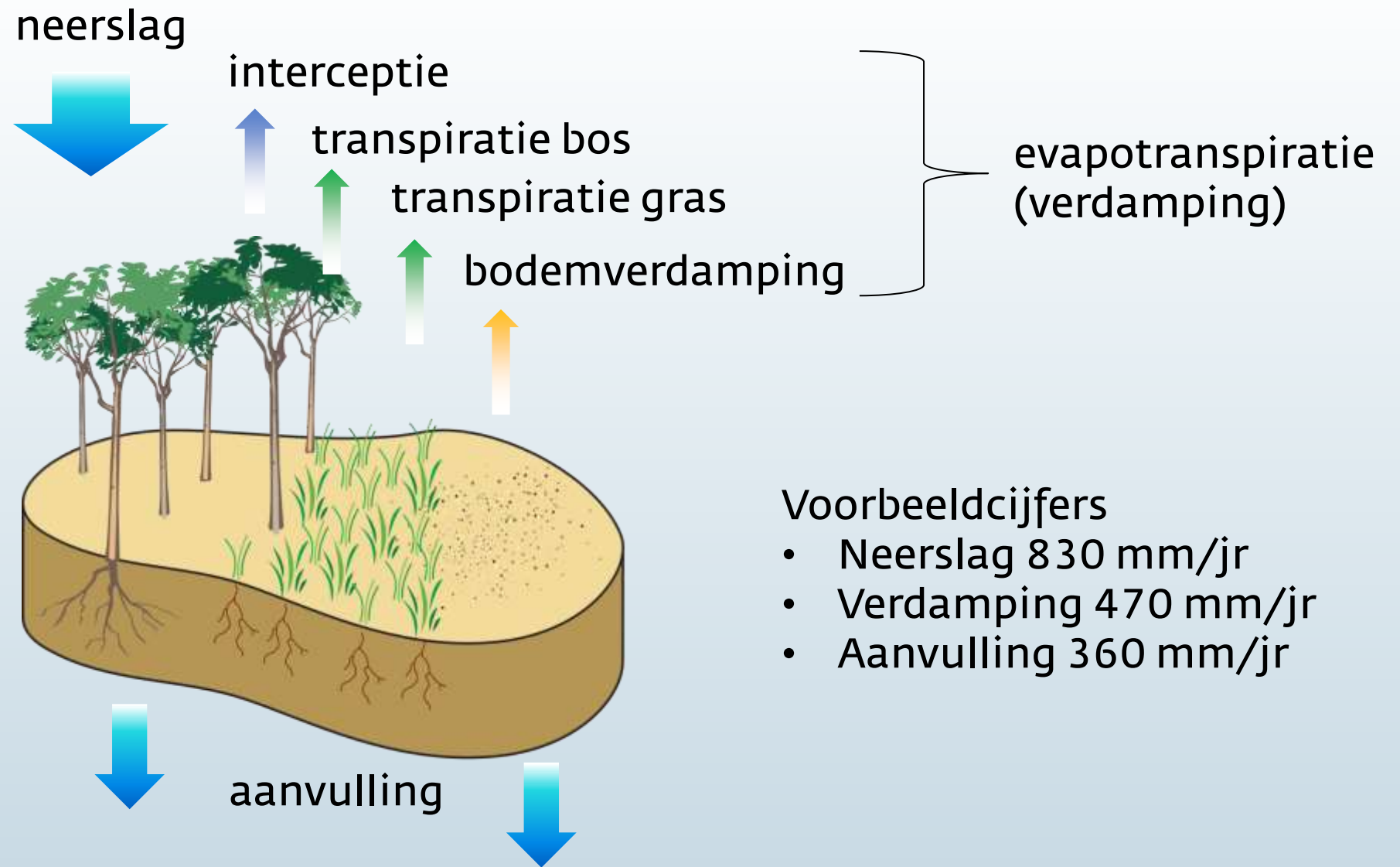
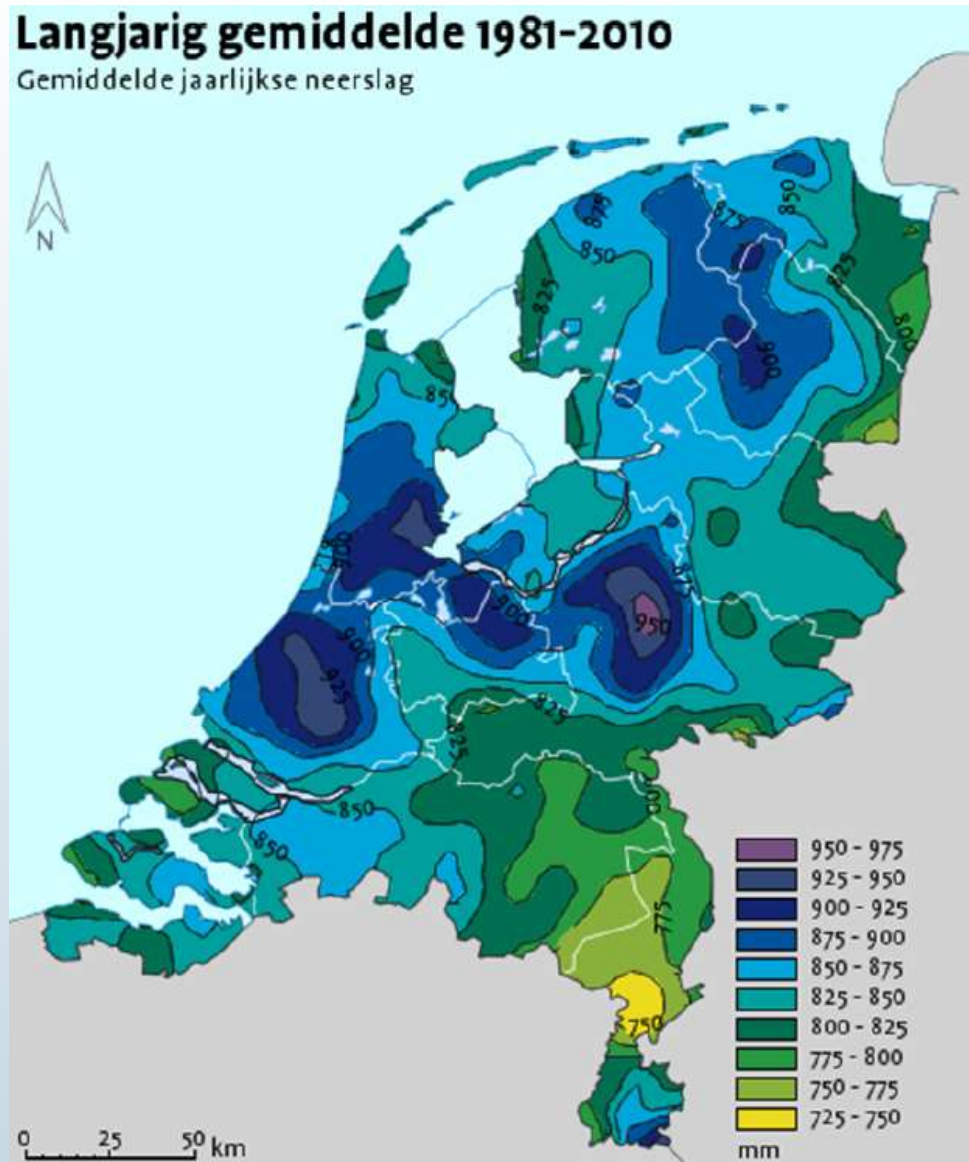
Huidige kennis over stroming van grondwater

Het water in onze beken komt van het neerslagoverschot op de Veluwe



Op de Veluwe veel neerslag

Waarvan het grootste deel verdampt; verschil is grondwateraanvulling



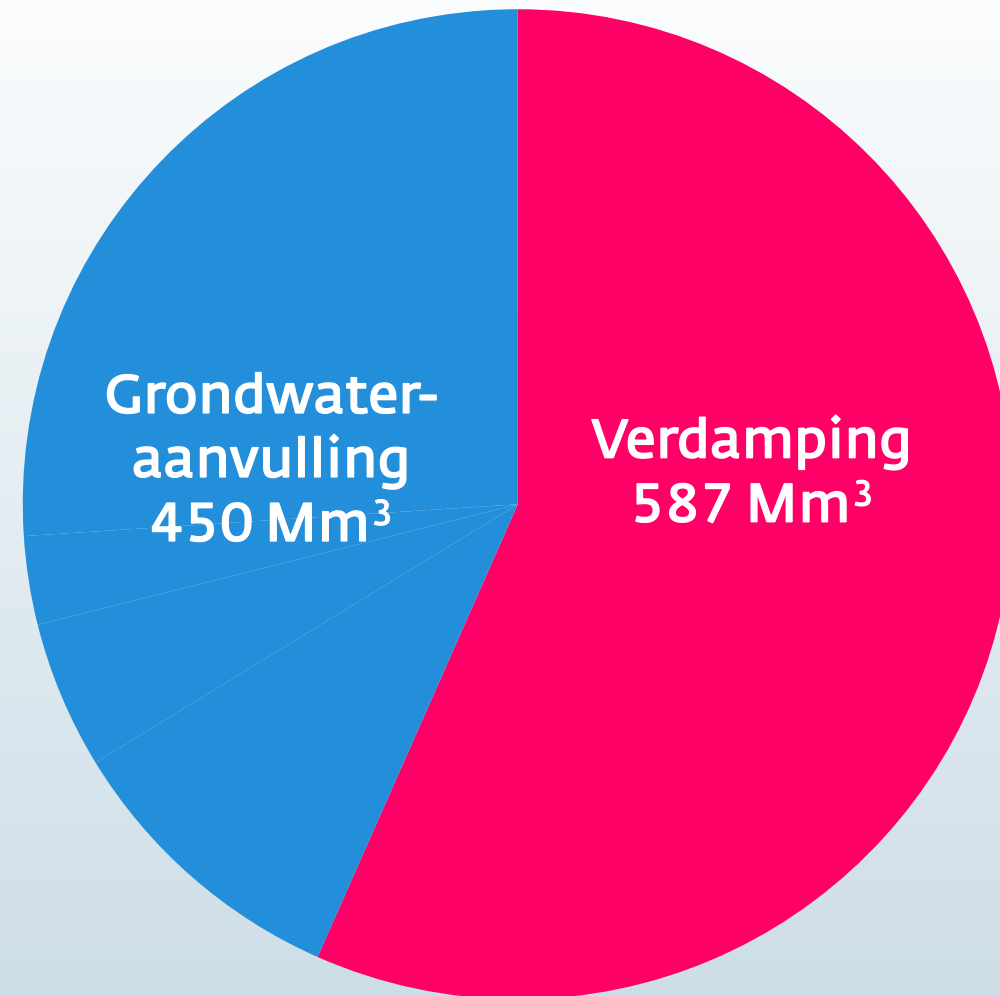
Voorbeeldcijfers

- Neerslag 830 mm/jr
- Verdamping 470 mm/jr
- Aanvulling 360 mm/jr

Huidige waterbalans Veluwe

Verdamping grootste verliespost

Neerslag op 1250 km²
1.037 miljoen m³/jr



VELUWEWINNINGEN 130 MILJOEN M³/JR

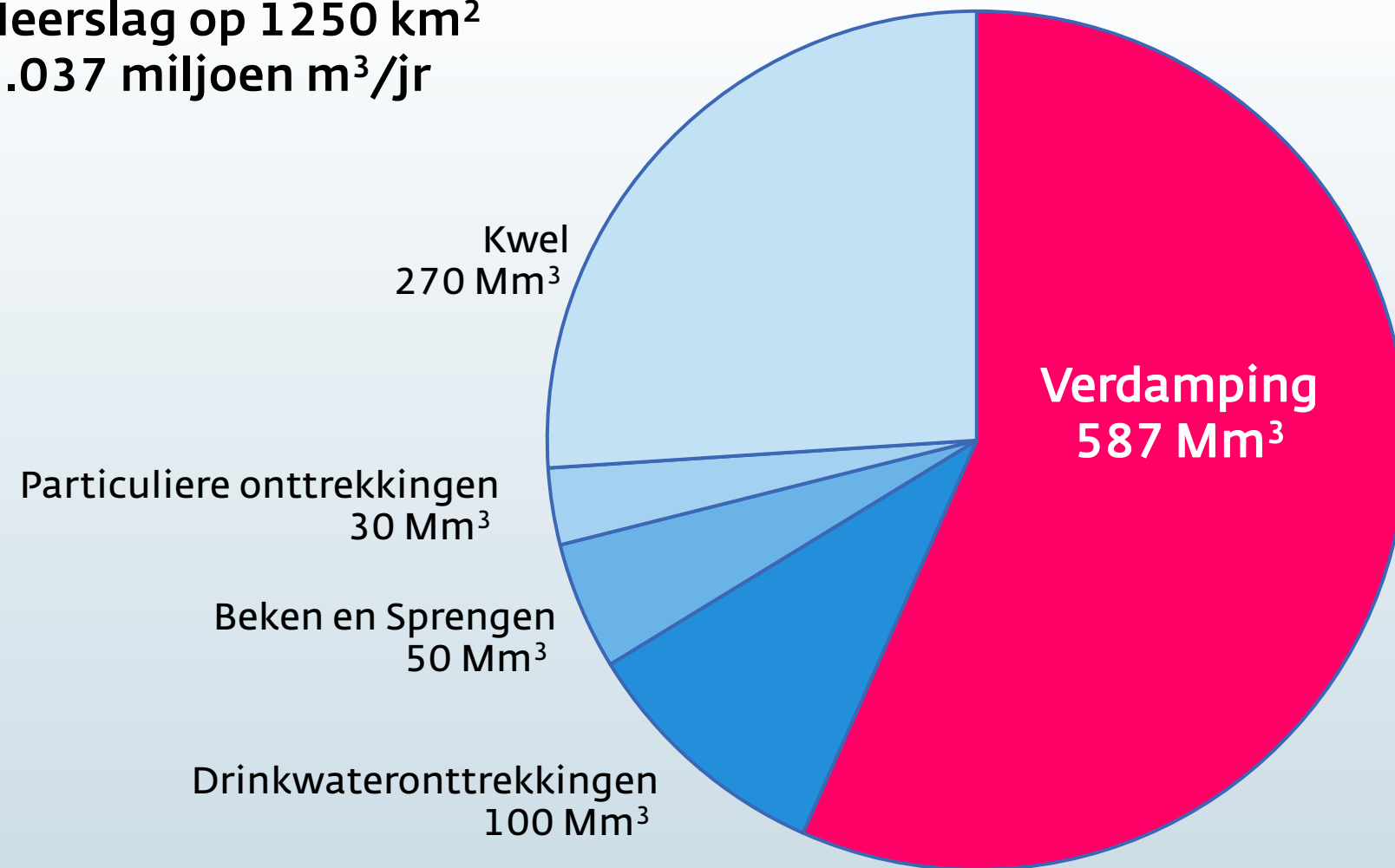


INFILTRATIEGEBIED: 1250 KM²

Huidige waterbalans Veluwe

Verdamping grootste verliespost

Neerslag op 1250 km²
1.037 miljoen m³/jr



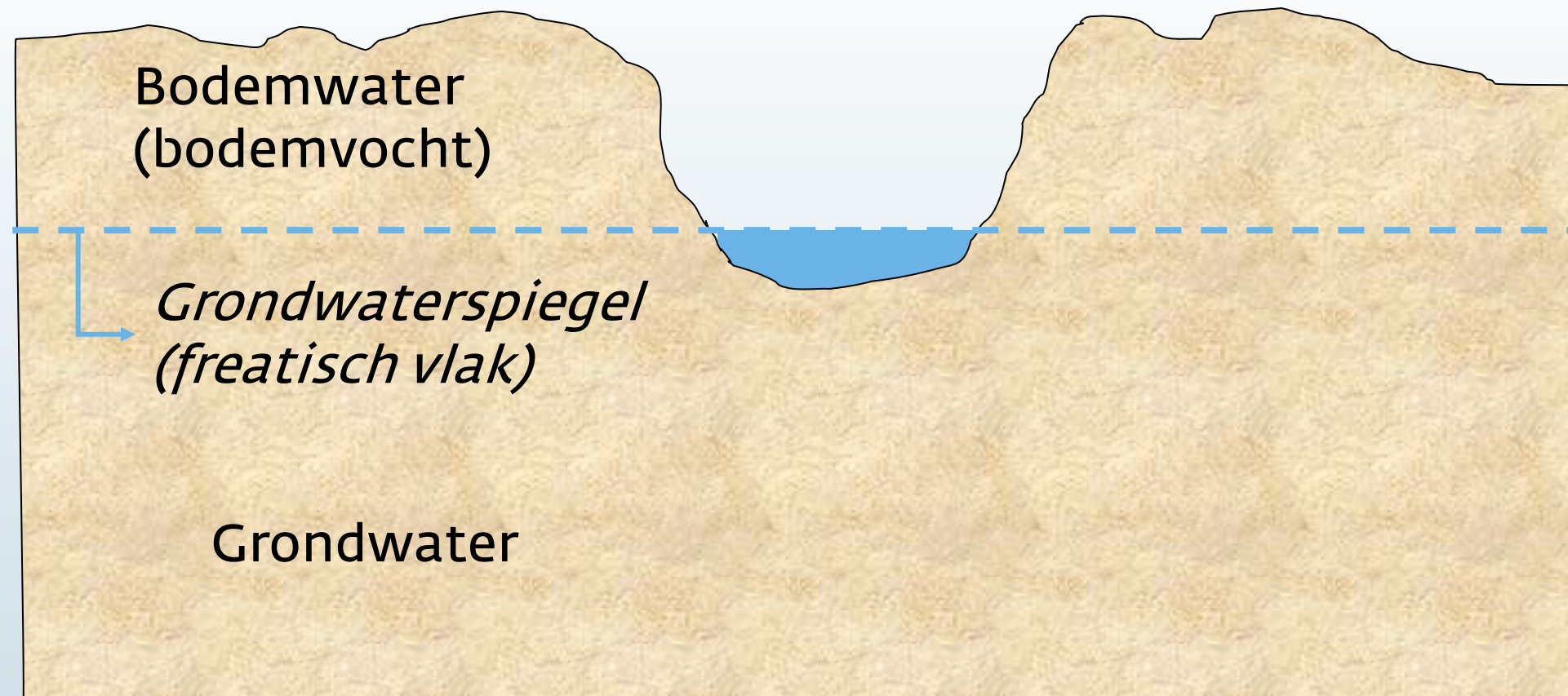
VELUWEWINNINGEN 130 MILJOEN M³/JR



OPP. 1250 KM²

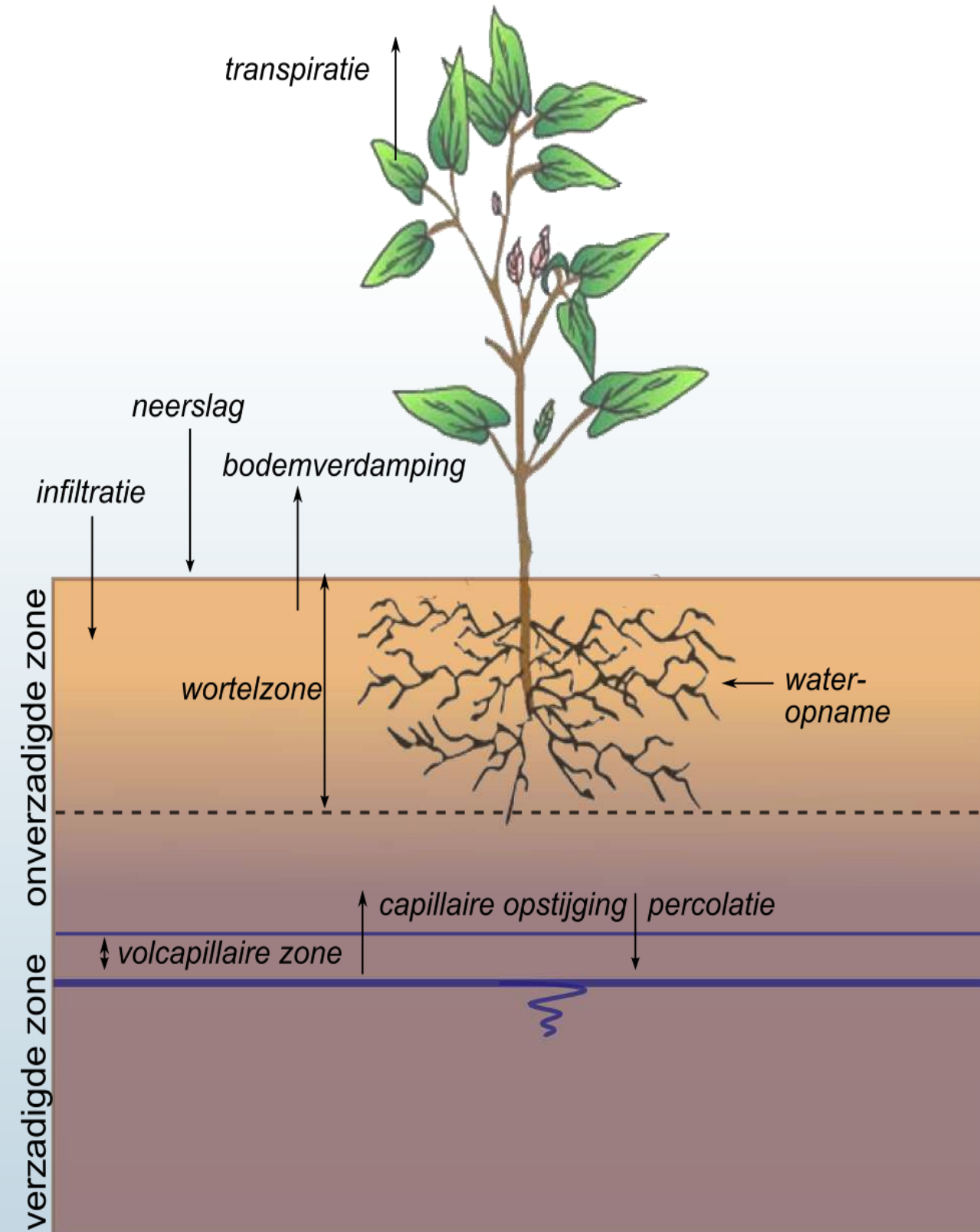
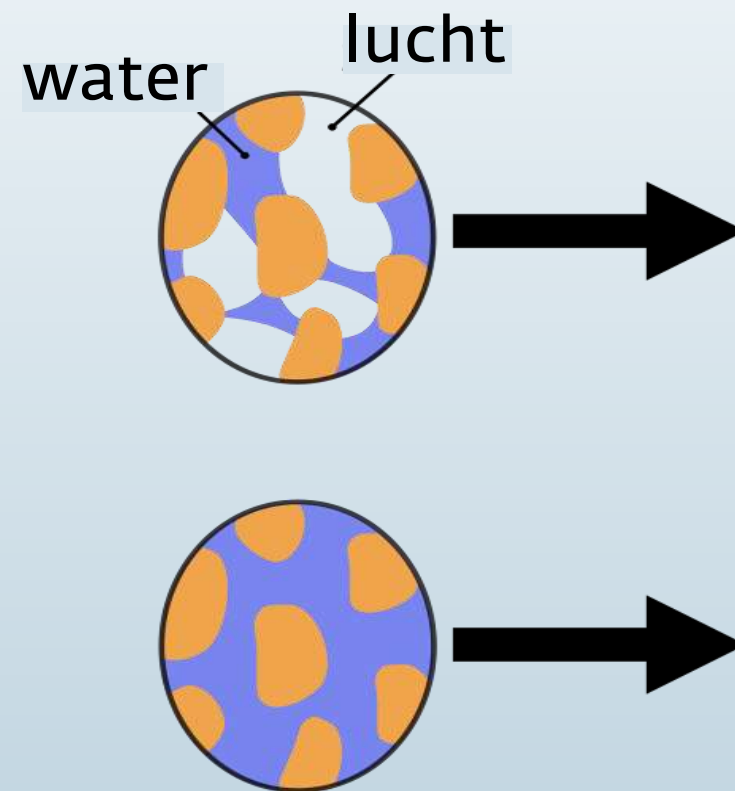
Maar hoe zit het nu echt?

Wat is grondwater?



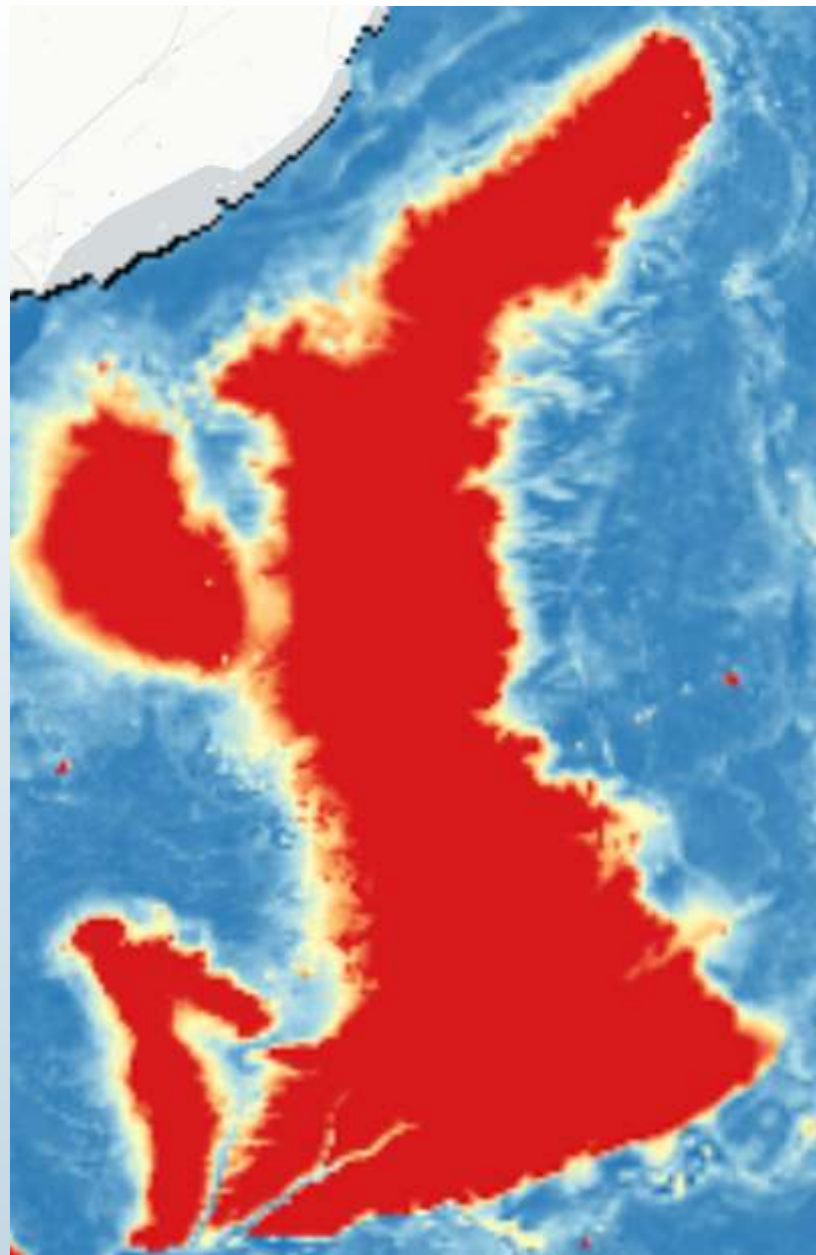
Capillaire nalevering

Zeer belangrijke bron van water als grondwater < 1-2 m beneden wortelzone

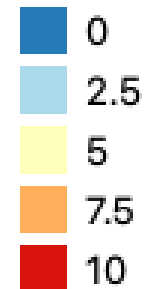


Grondwater Veluwe zit overwegend heel diep

Infiltratiegebied van 1250 km² waar vegetatie niet bij grondwater kan



● Hoge grondwaterstand 2018-2019 (HG3, m-mv)



Alles wat uit de wortelzone naar beneden ontsnapt, is verloren voor de vegetatie en stroomt naar het grondwater

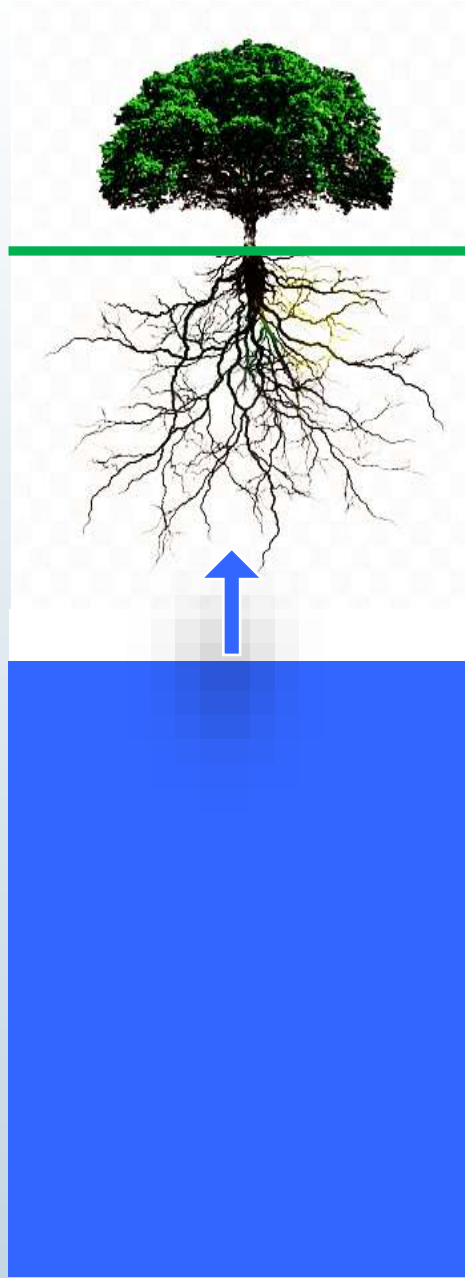
Indicatieve cijfers

- Neerslag 830 mm/jr
- Verdamping 470 mm/jr
- Aanvulling 360 mm/jr = 1 mm/d

Bronnen van water in droge tijd

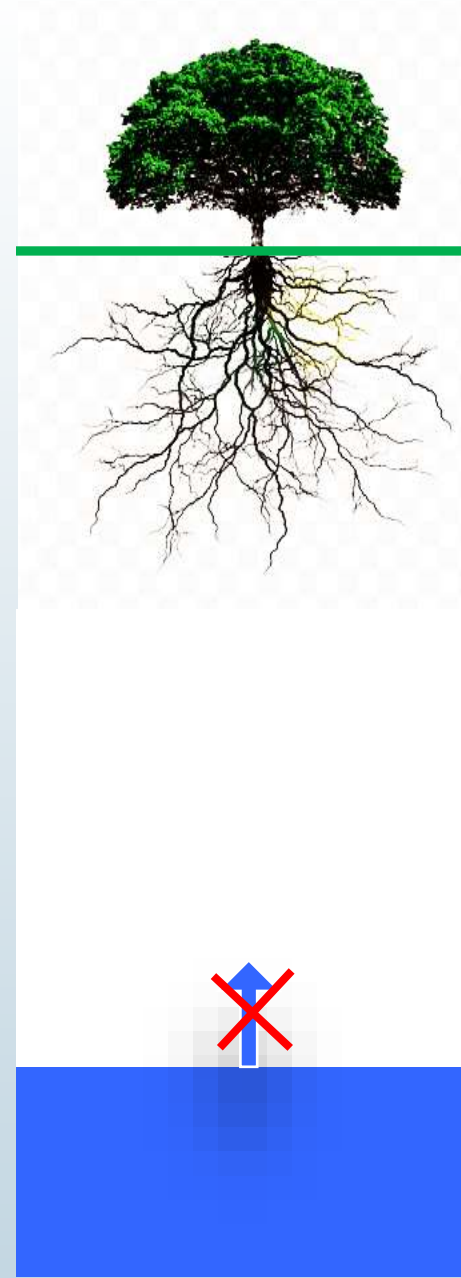
Grondwater ondiep

1. Wortelzone
2. Capillaire nalevering
3. Verdamping potentieel



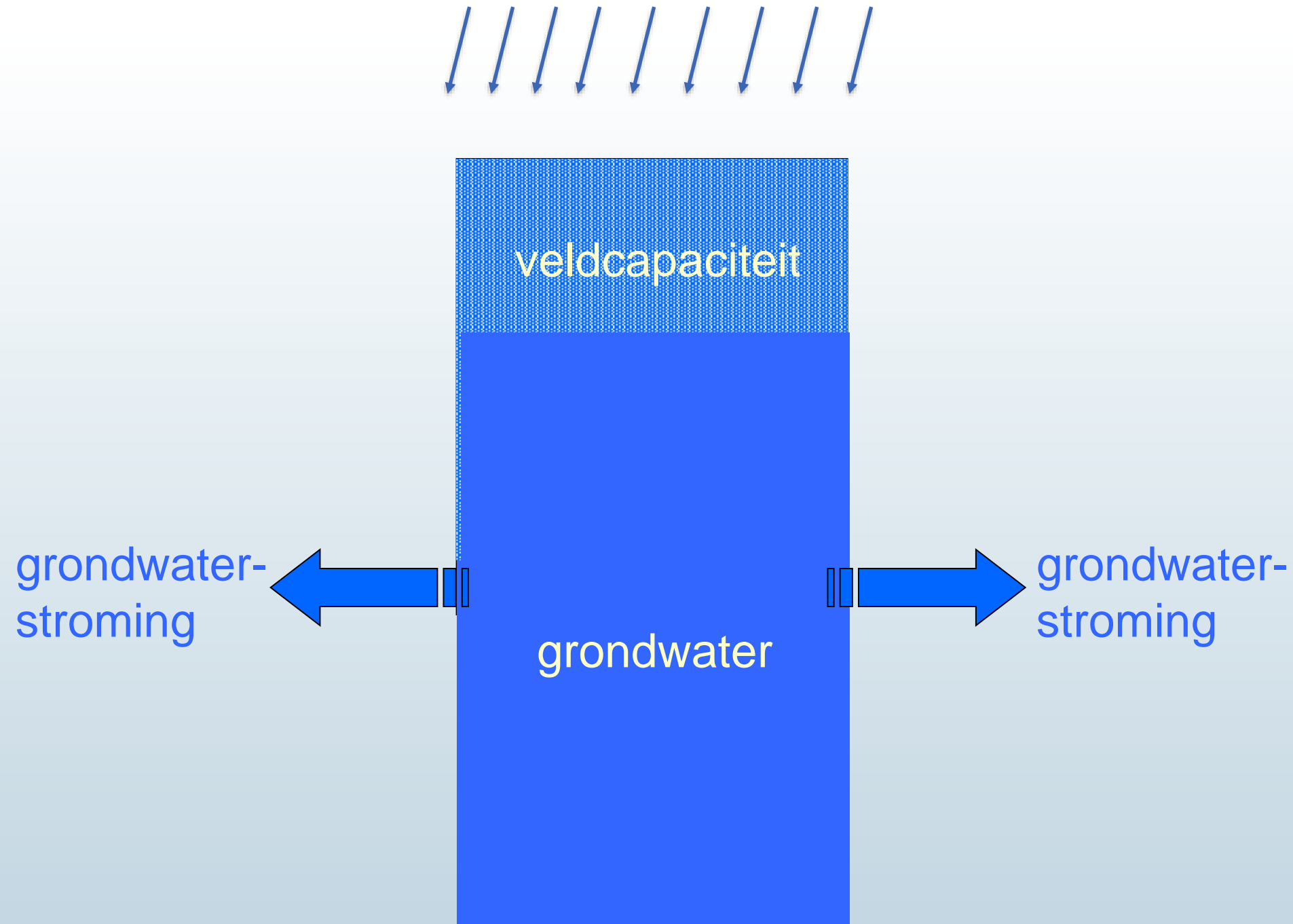
Grondwater diep

1. Wortelzone
2. Geen capillaire nalevering
3. Verdamping gereduceerd



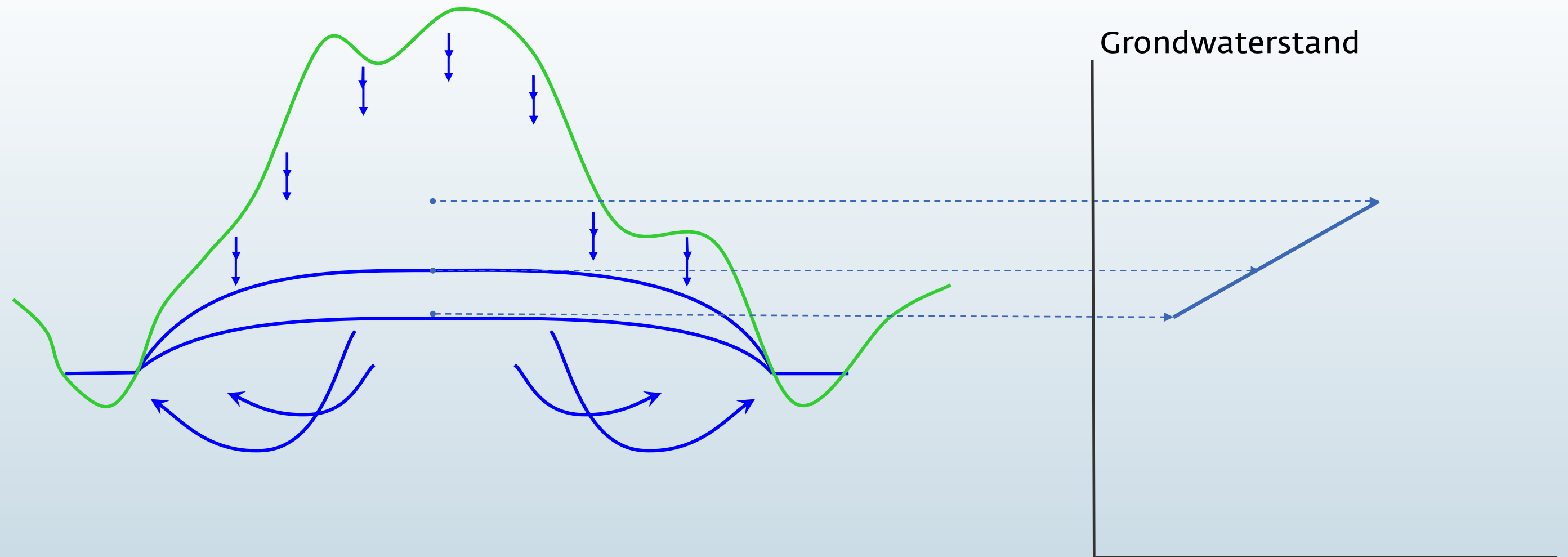
**De bodem als fuik:
Al het water dat de
wortelzone ontsnapt,
is verloren voor de
vegetatie**

Waterbalans droge zandgrond



Grondwaterstroming

Recht-evenredig aan grondwateraanvulling



Het grondwatersysteem gedraagt zich lineair

Grondwaterafvoer

Grondwaterstroming

Complicatie: er kunnen meerdere drainageniveaus zijn



Het grondwatersysteem gedraagt zich niet-lineair

Grondwaterafvoer

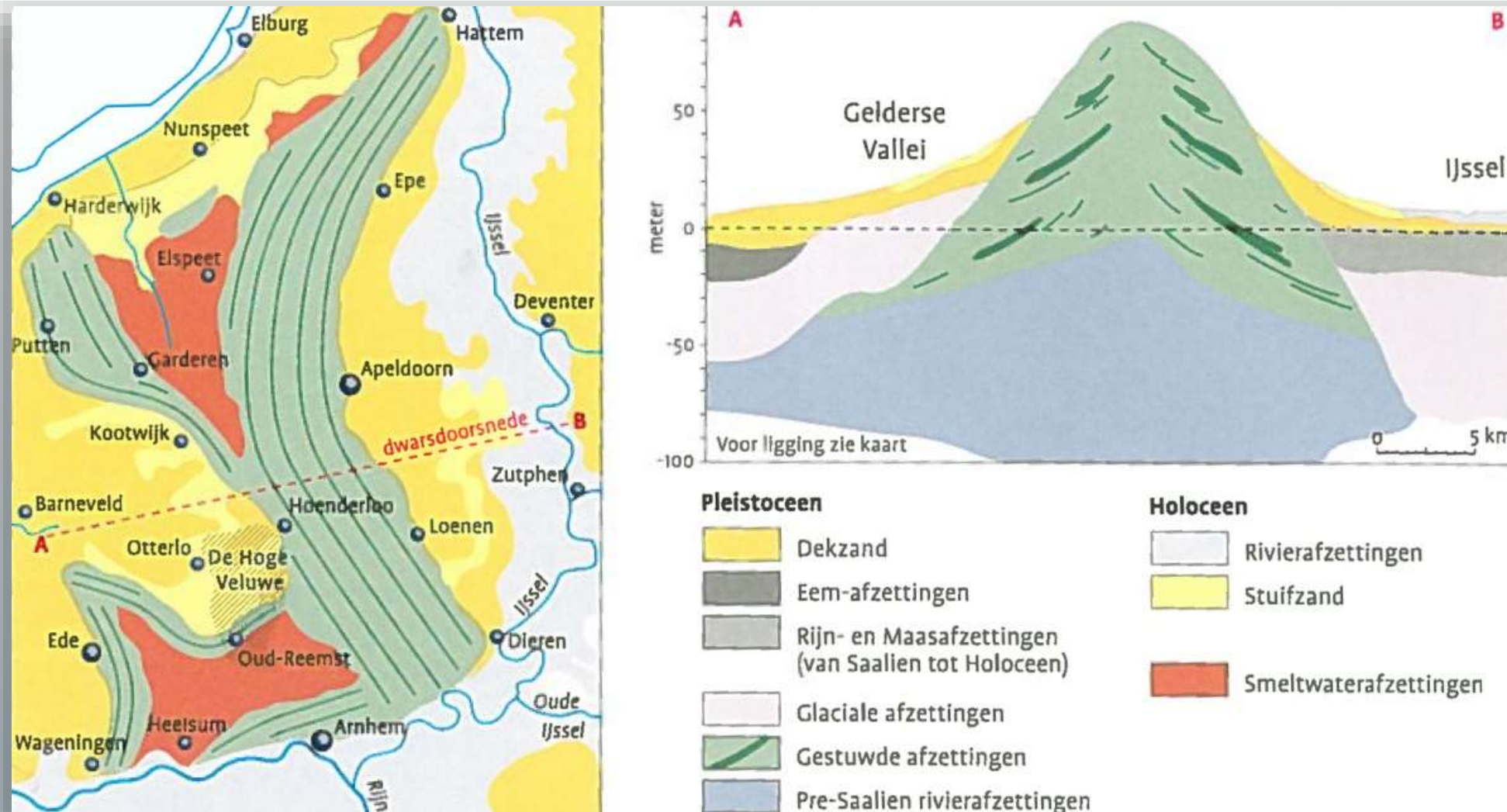
Bouwputten in stuwwallen

Scheefgestelde lagen



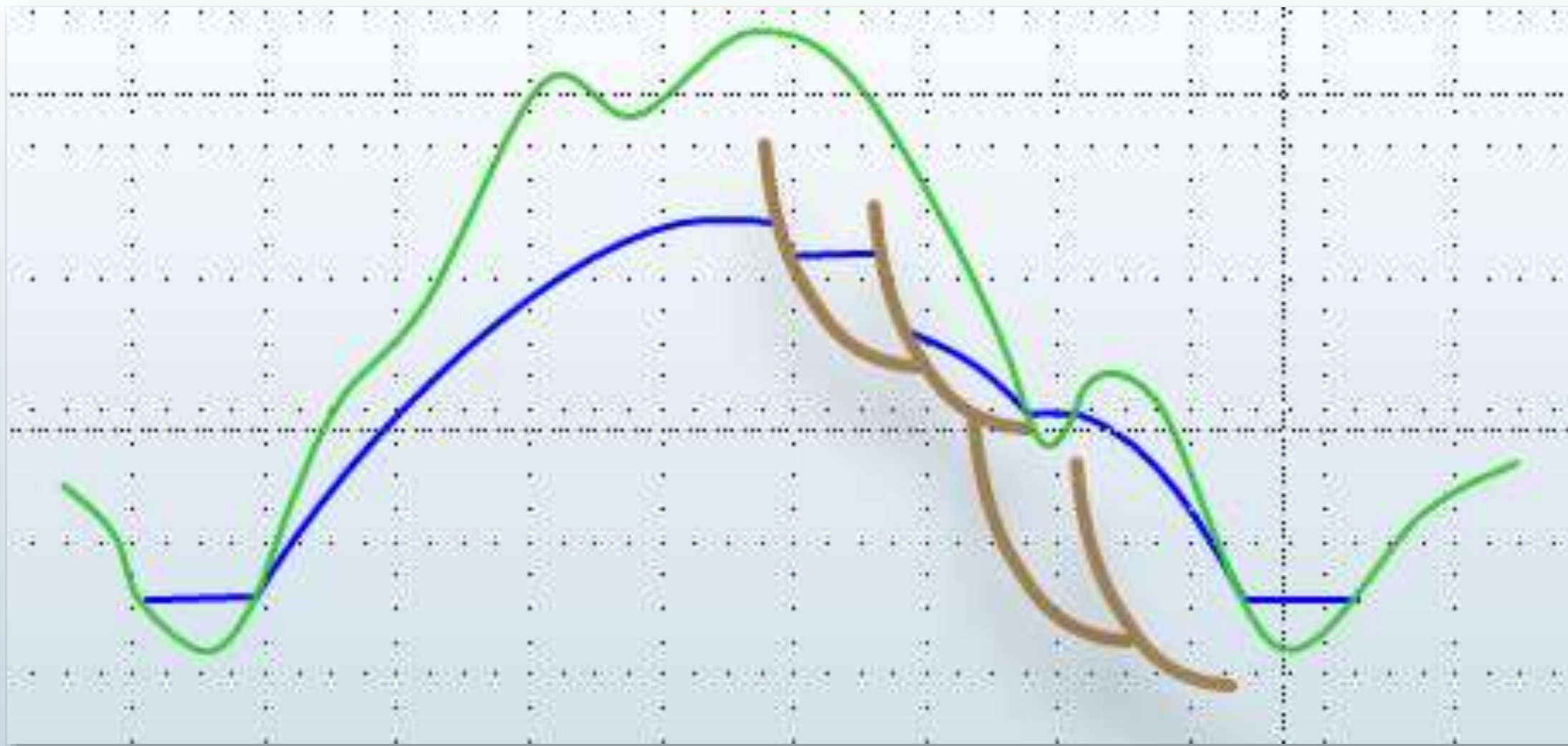
Geologische schematisering Veluwe

Complicatie: de ondergrond is heterogeen



Veranderingen in grondwaterstanden

Gestuwde lagen: systeem is niet-lineair



Renkumse beek viel in 2018 en 2019 droog

Maar in Oosterbeek bleven de beken stromen



▲ De Molenbeek in het Renkums Beekdal staat al bijna een jaar droog. © DG

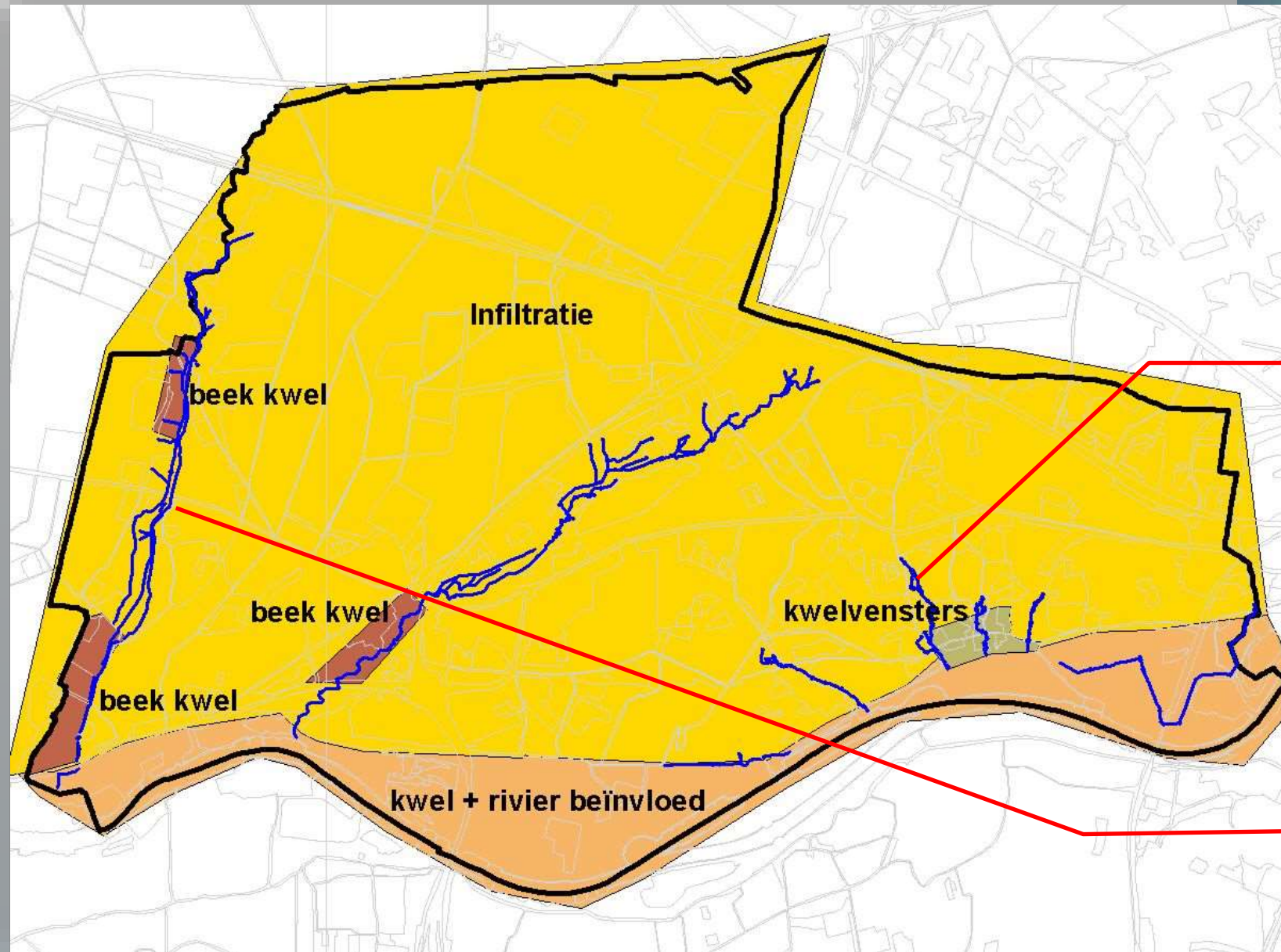
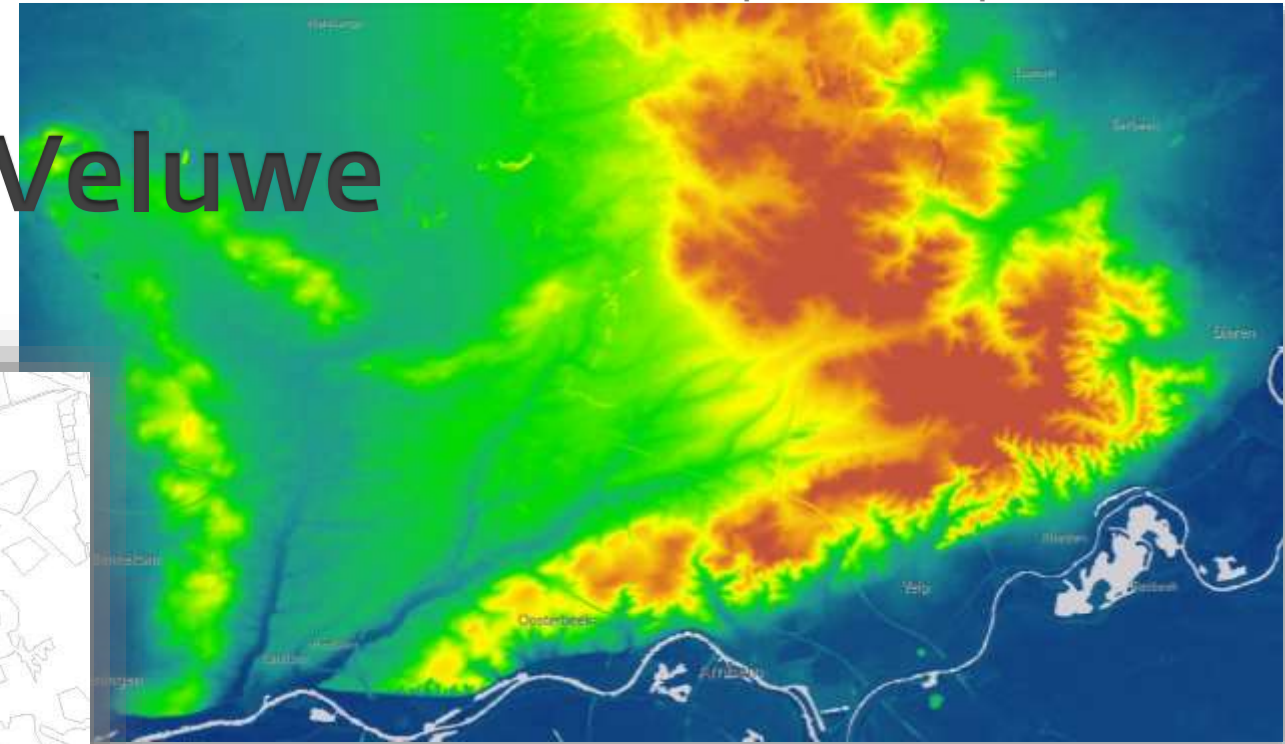
**Zorgen om Renkums Beekdal:
droogte treft de natuur daar hard**



Oorsprongbeek, Oosterbeek

Reactiesnelheid beken op de Veluwe

Kwestie van weerstand

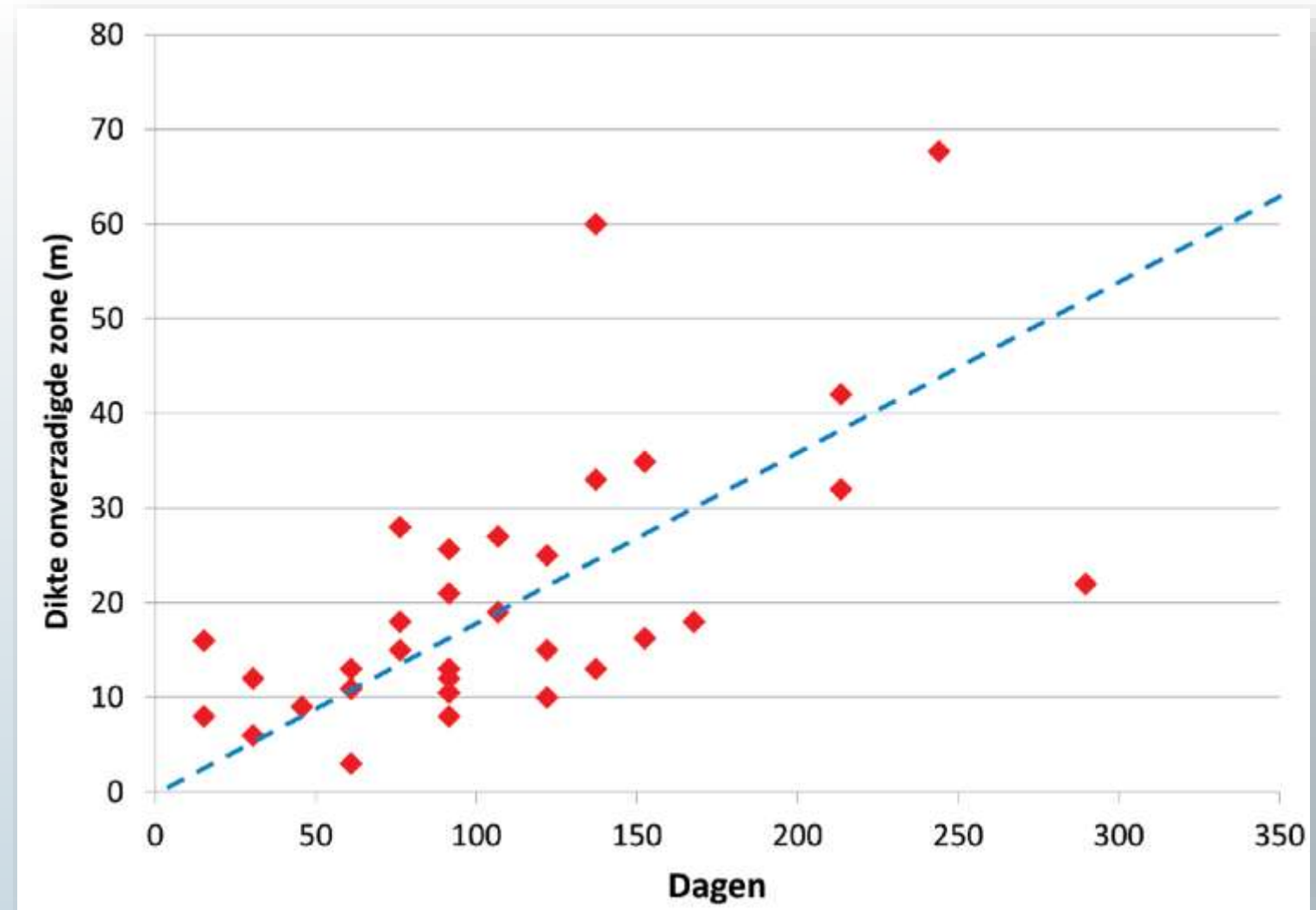
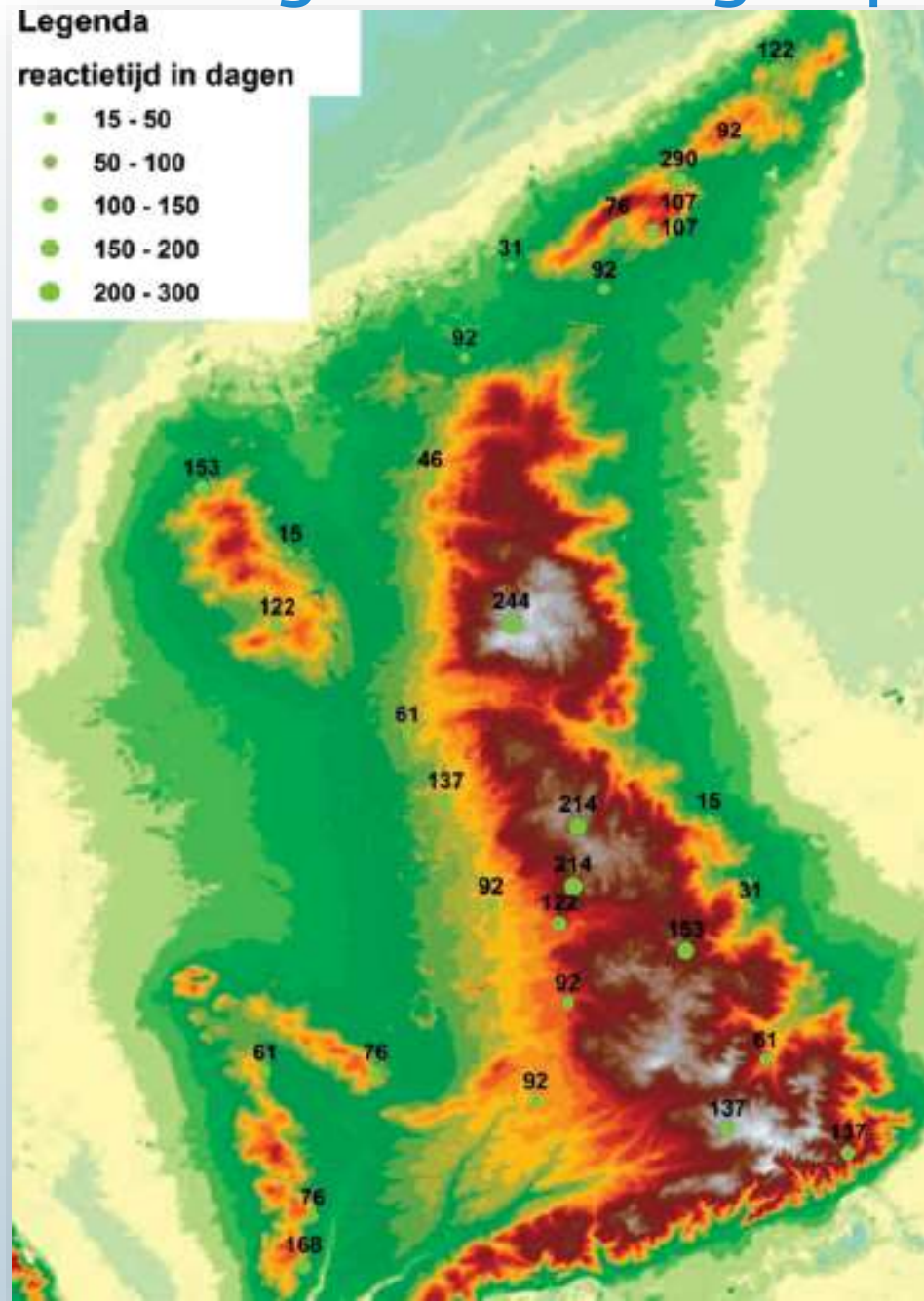


Gevoed door
stuwwal:
ondanks lage afvoer
zeer traag

Gevoed door sandr:
ondanks hogere
afvoer vrij snel

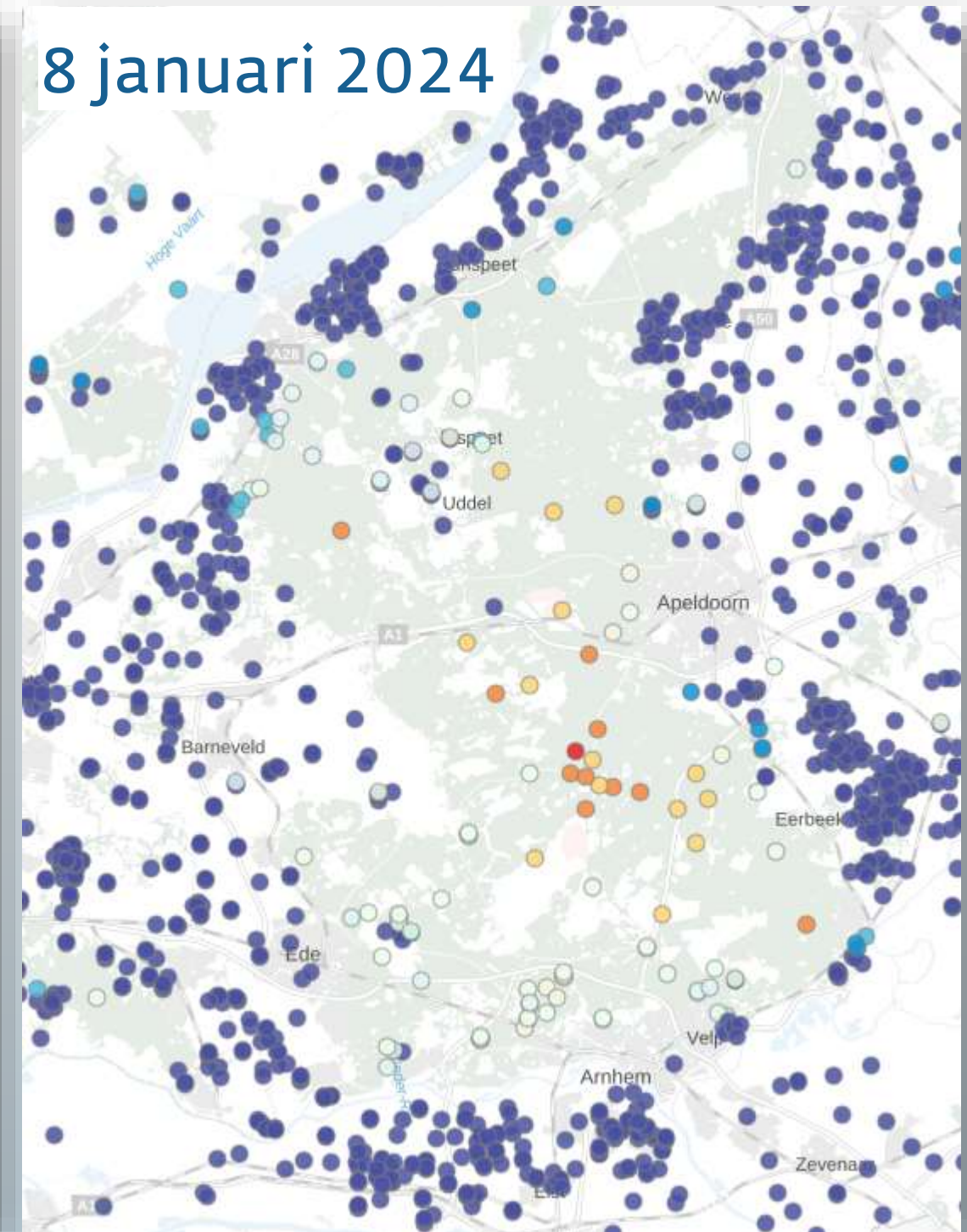
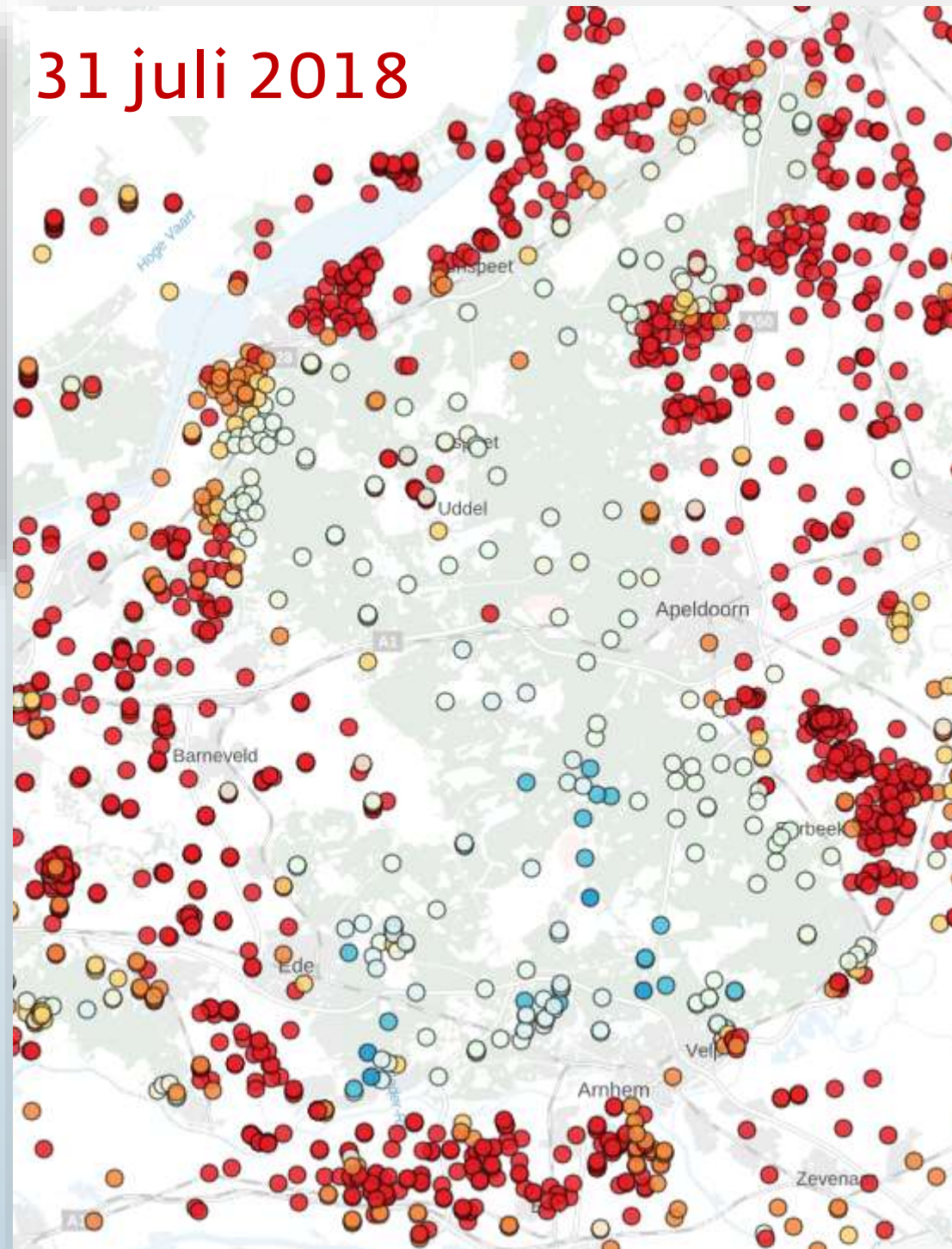
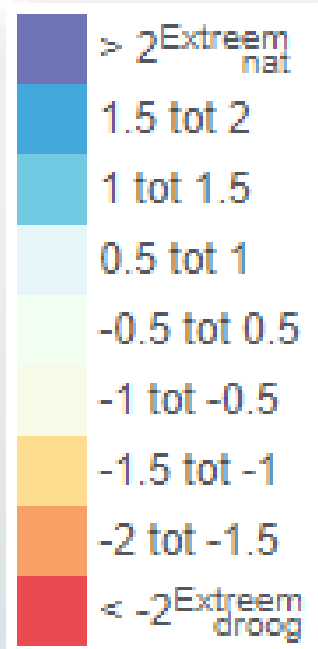
Vertraging onverzadigde zone

Vuistregel: ca. 5 dagen per meter



Daarnaast nog vertraging in het grondwater (de verzadigde zone)

Afwijking grondwaterstand t.o.v. 27-jarig gemiddelde

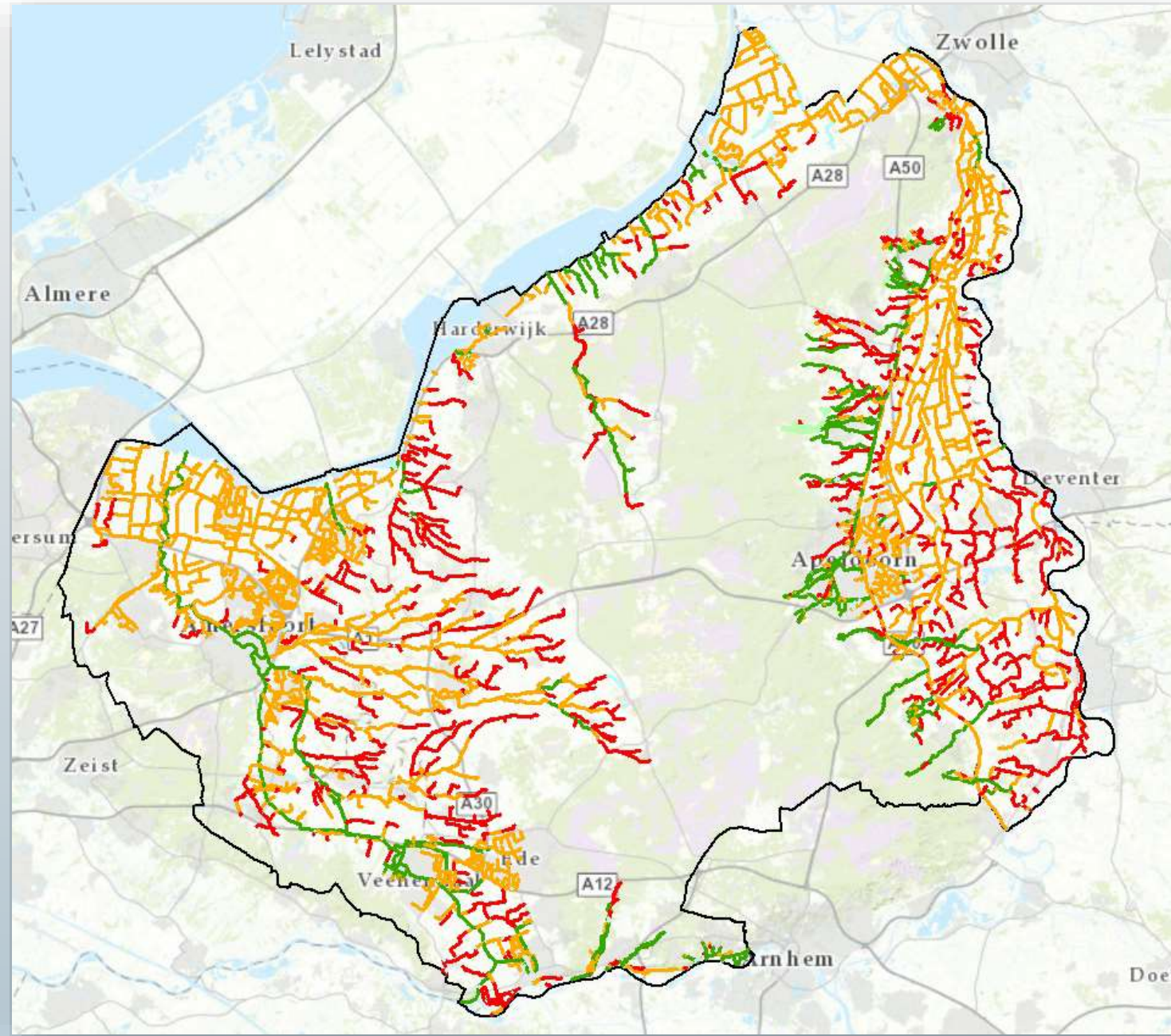


Verdroging van de Veluwe: waarnemingen



Verdroging van de Veluwe

Waarneming droogval 2018



Verdroging van de Veluwe

De Oorsprongbeek (Oosterbeek) rond 1900 en in 2008



Verdroging van de Veluwe

Gielenbeek (Oosterbeek)

ca. 1850 (Maria Vos)



2008, afvoer 5l/s



Brutto vermogen $\approx Q \times 10 \times h$
 $Q =$ afvoer (l/s)
 $h =$ overstorthoogte (m)

1. $Q = 5$ l/s, $h = 2,5$ m
2. Bruto: 125 Watt
3. Netto: 75 Watt

Verdroging van de Veluwe

Met de huidige afvoer (50 Mm³/jr) kun je nooit zoveel molens laten draaien



Ontwikkeling aantal papiermolens op de Veluwe

Hans Renes, 2015. *Ook de veluwe kent zijn waterbouwkundige werken*

Verdroging van de Veluwe

Beekafvoer ca. 1900: 121-181 Mm³/jr (nu: 50 Mm³/jr)

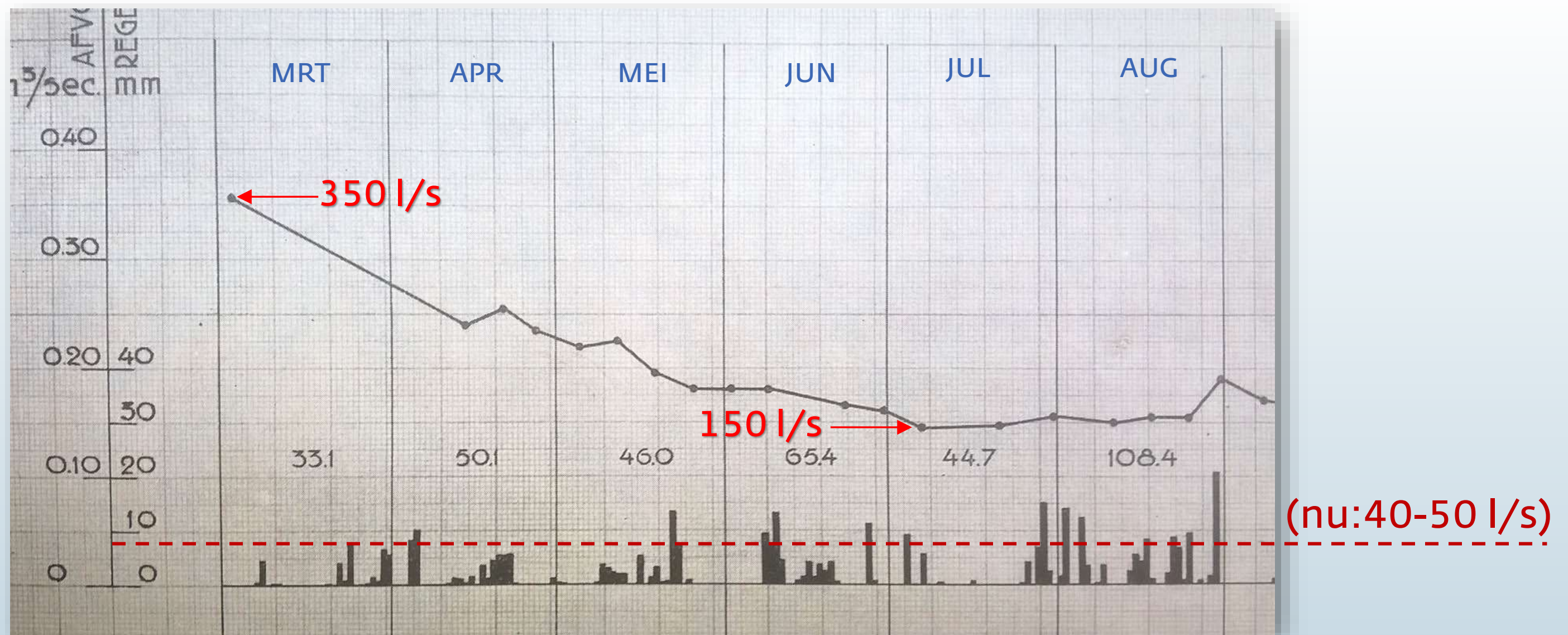
WATERONTTREKKING AAN DE VELUWE

RAPPORT

VAN DE COMMISSIE, INGESTELD BIJ BESCHIKKING VAN DEN MINISTER VAN BINNENLANDSCHE ZAKEN EN LANDBOUW, D.D. 24 FEBRUARI 1927, DIRECTIE VAN DEN LANDBOUW, N^o 288, AFD. 2 DOMEINEN, TOT HET ONDERZOEK NAAR DE GEVOLGEN VAN EVENTUEELE WATERONTTREKKING AAN DE VELUWE TEN BEHOEVE VAN DE DRINKWATERVOORZIENING VAN AMSTERDAM.

Het was vroeger veel natter

Gemeten afvoer 1928 einde Renkumse beekdal



Terzijde

Conclusie staatscommissie 1933 over extra winning (21 → 57 Mm³/jr)

Inmiddels zijn reeds bij een onttrekking als bovengenoemd de gevaren voor de cultuur en andere levensbelangen der bewoners – waarbij wij ook denken aan het natuurschoon – van dien aard, dat in geen geval tot een stichting van een waterwinplaats op de Veluwe zou moeten worden overgegaan, zolang niet is gebleken, dat het onmogelijk is, elders met minder groote bezwaren het voor Amsterdam benoodigde drinkwater te winnen.

Verdrijving van de Veluwe: oorzaken

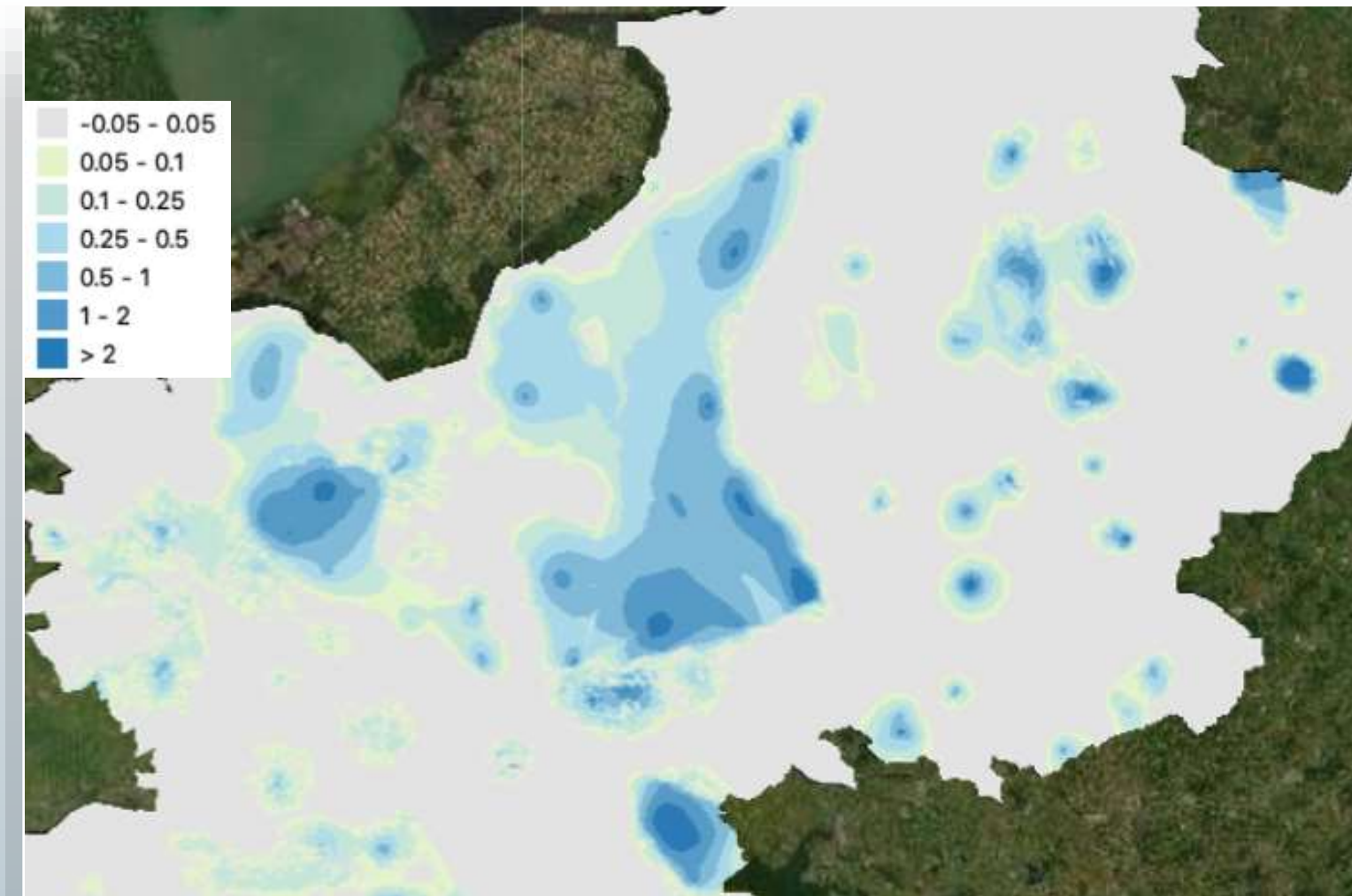


Oorzaken verdroging

Grondwaterwinning drinkwater en industrie

Hoeveelheden

- 1890: 0 Mm³/jaar
- 1933: 21 Mm³/jaar
- 2006: 130 Mm³/jaar

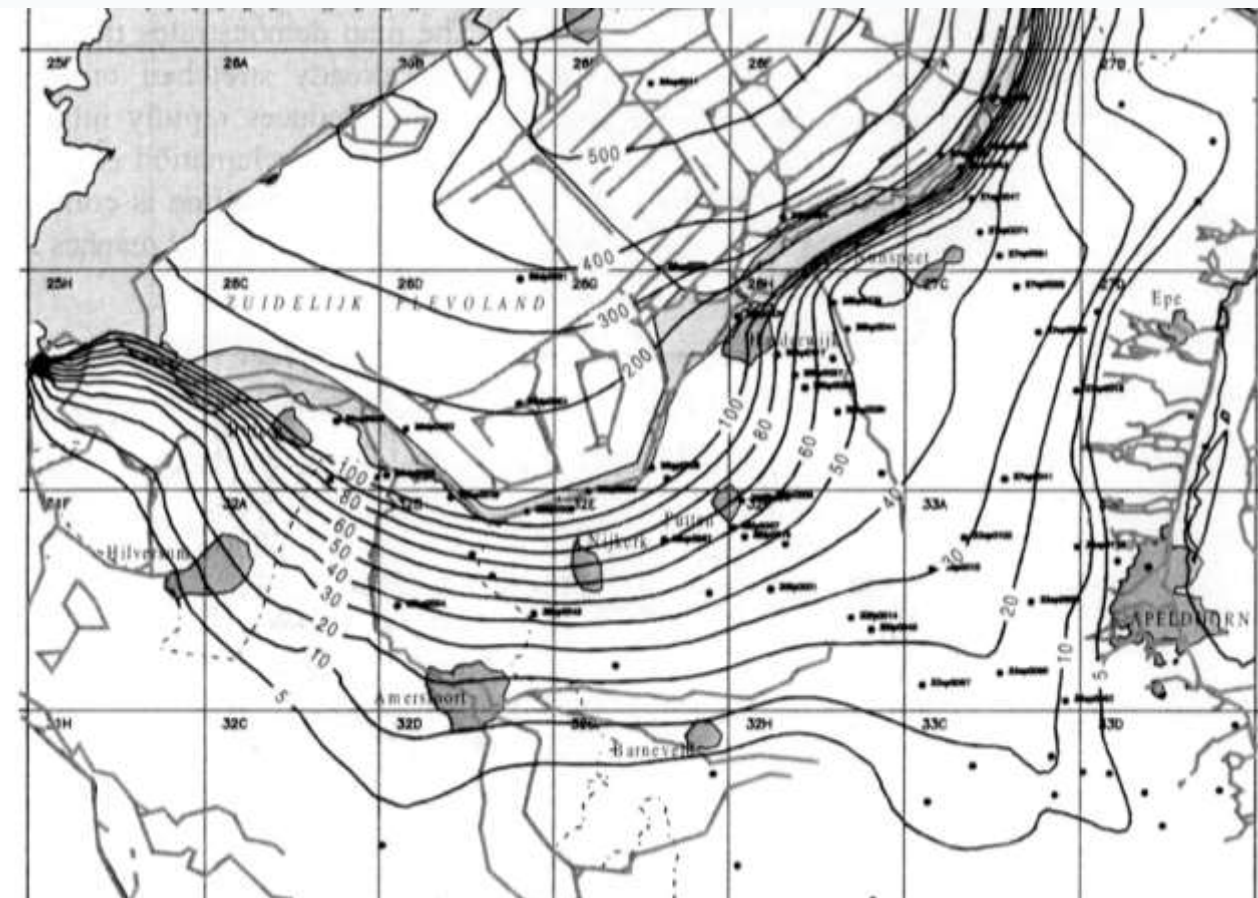


VERLAGING GRONDWATERSTAND (M) DOOR WATERWINNING

Oorzaken verdroging

Ontwatering omgeving

VERLAGING (CM) DOOR AANLEG FLEVOPOLDERS (GEHEL, 1999)



Gehrels, 1999. *Groundwater level fluctuations*

ONTWATERINGSSLOOT DE RIETKAMP (EDE)



EEN EEUWENOUDE VERSCHIJNSEL

- GELDERSCHE VALLEI
- IJSSELVALLEI
- BETUWE
- FLEVOPOLDERS

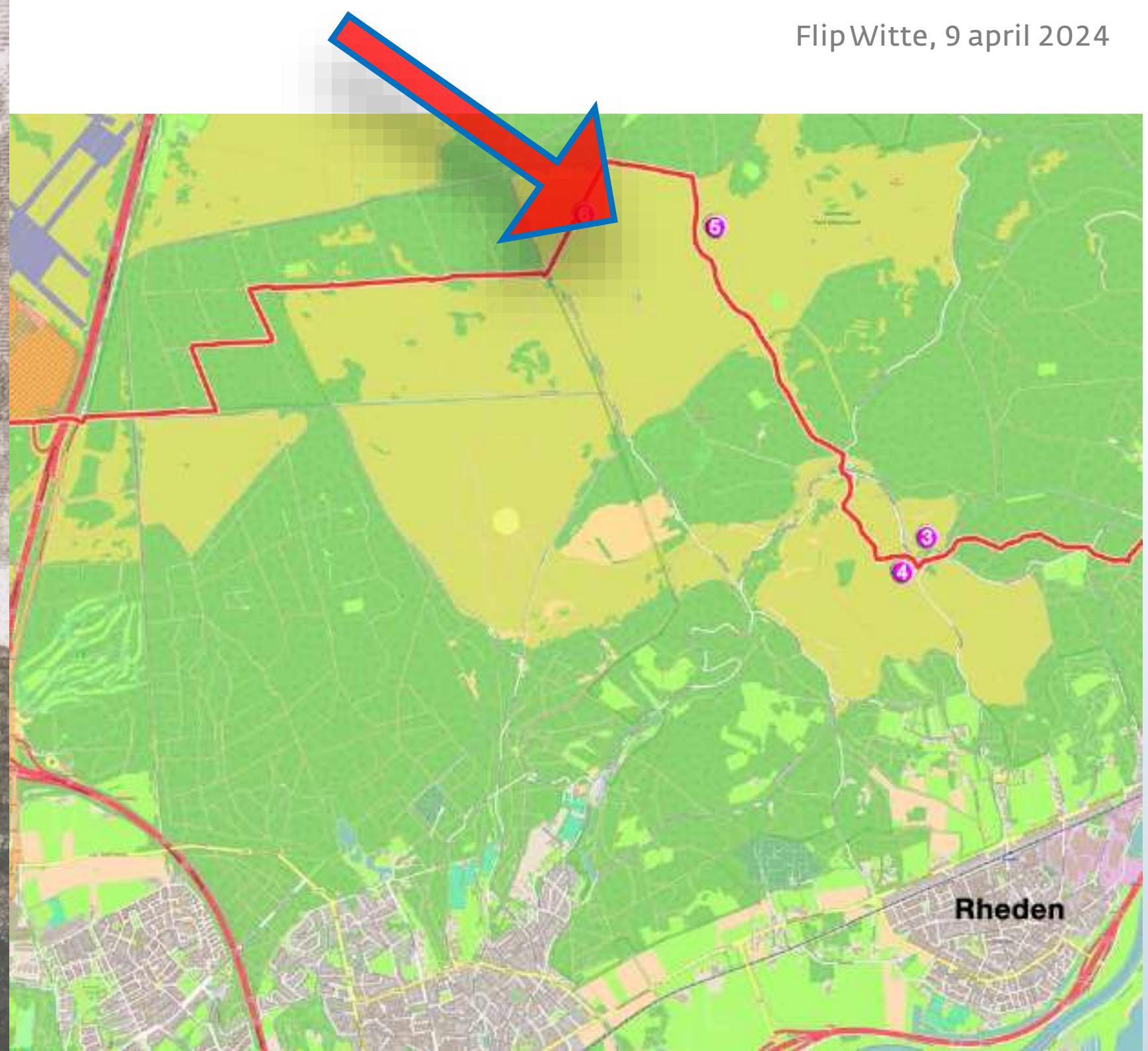
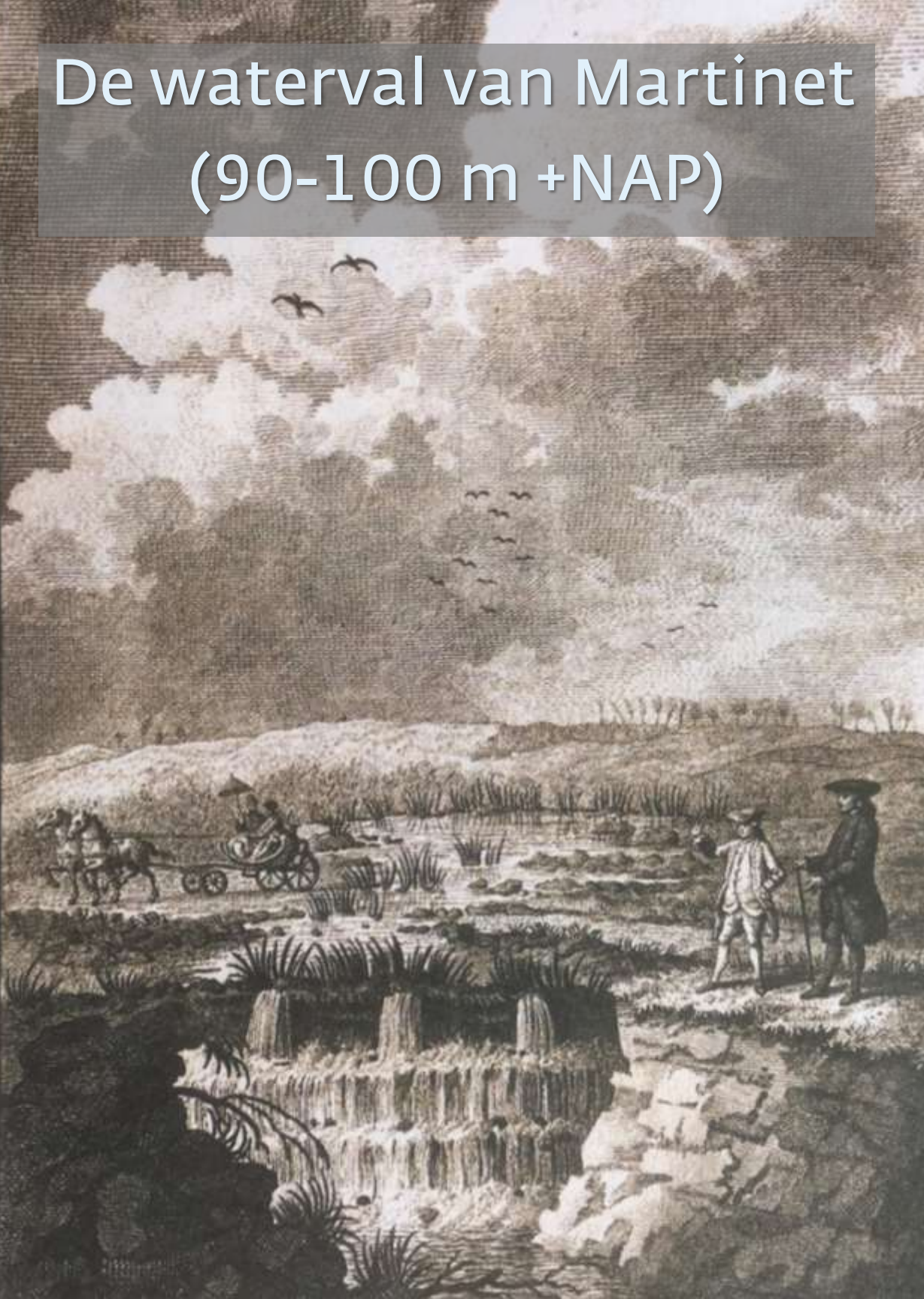
Oorzaken verdroging

Vernieling ondergrond Veluwe bij aanleg Knooppunt Waterberg



Foto's Nic Zuurdeeg

De waterval van Martinet (90-100 m +NAP)



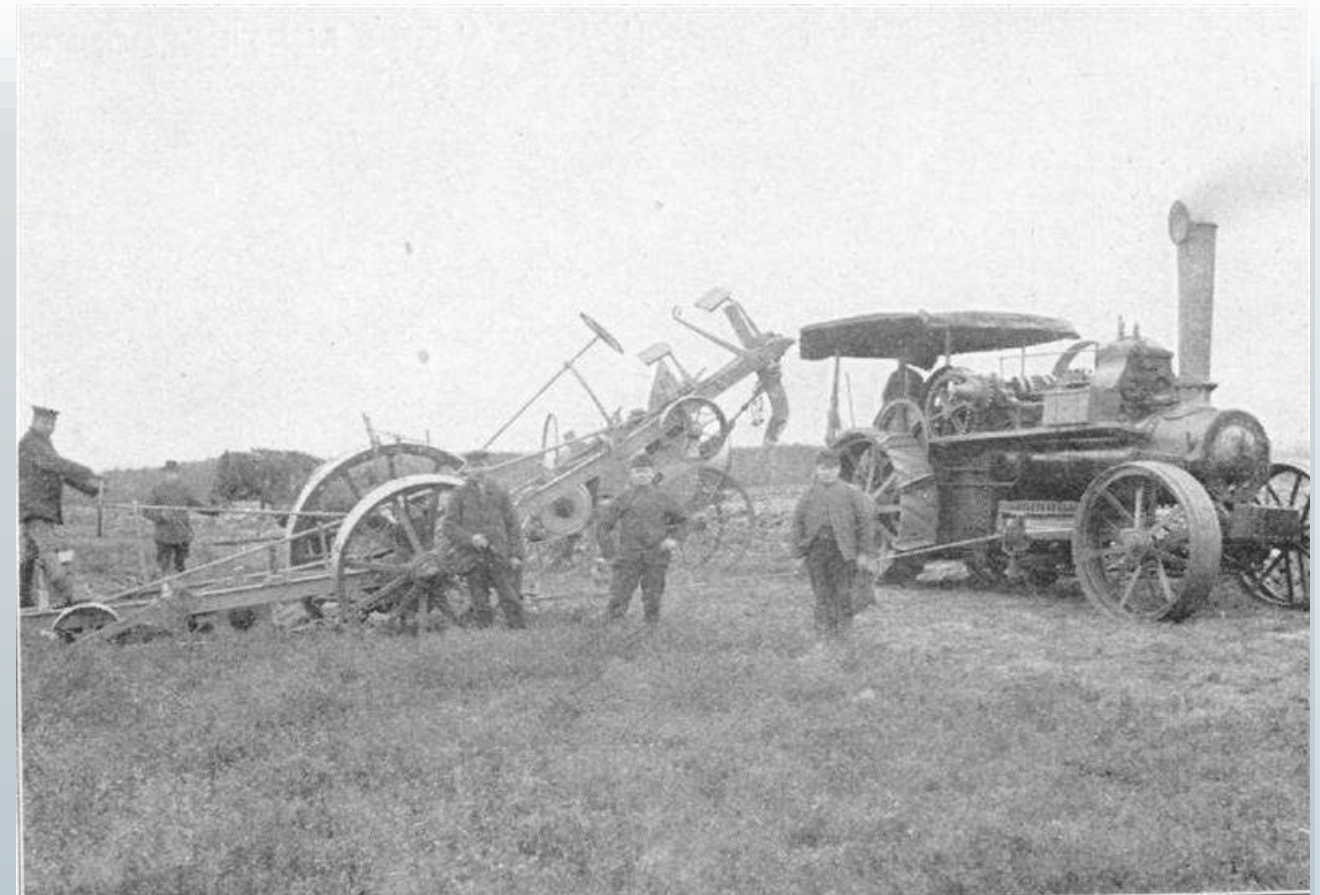
Oorzaken verdroging

Vernieling bovengrond Veluwe door diepploegen t.b.v. bosbouw

MET OSSEN



MET LOCOMOBIEL



Waterweelde bovenop de Veluwe

Heldring en Haasloop Werner (1845)

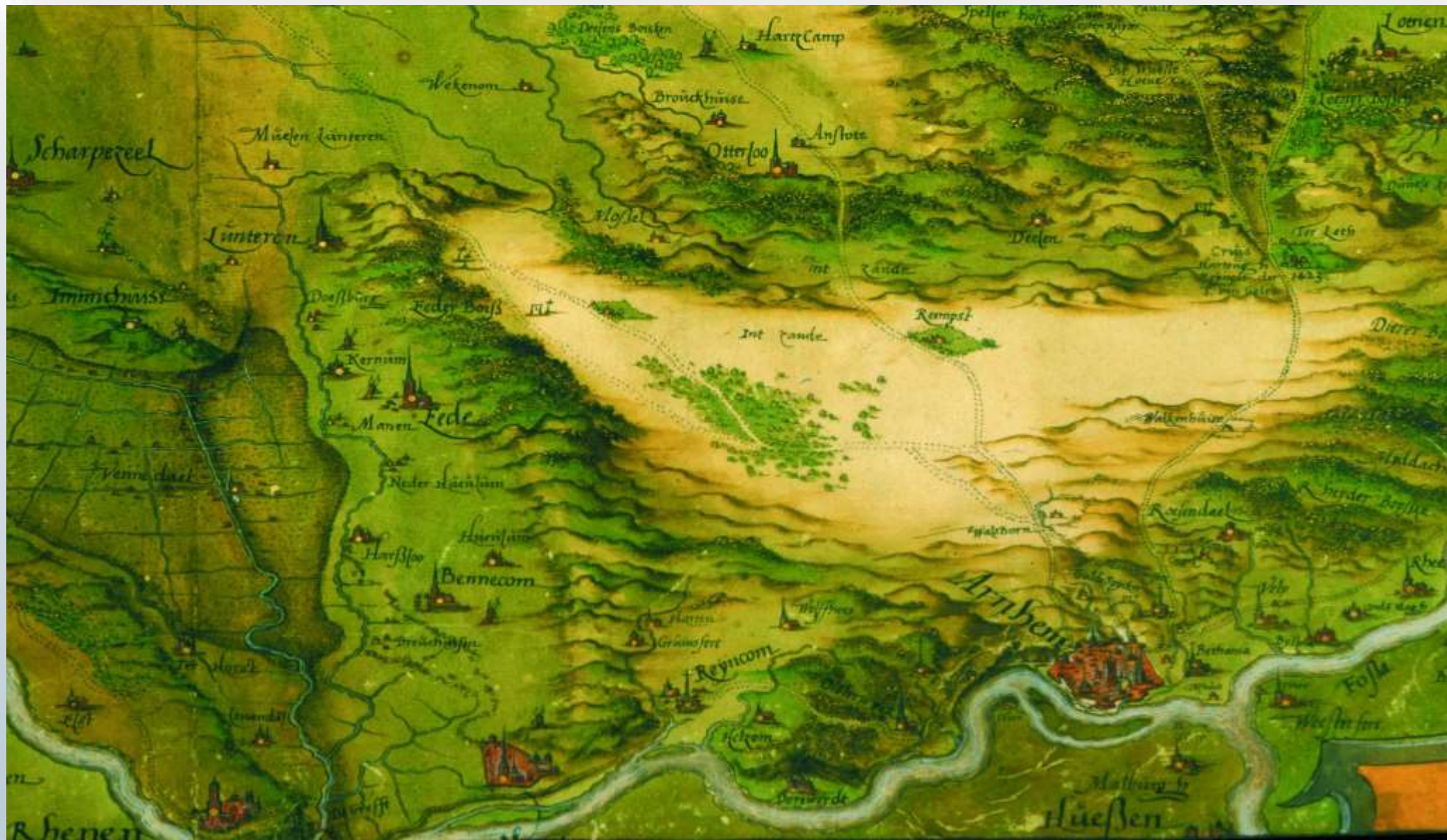
Want het nederstromende water der bergen kan, op de Veluwe, bij stortregen in de zomer of bij hoge sneeuw in de winter, ganse vlakten overdekken, en, als een machtige vloed alles in zijn vaart meeslepen

Roorda van Eysinga (1952)

Door ontginningen is dit stelsel van bovengrondse afwatering weer op de achtergrond gedrongen. Regen en smeltwater kunnen weer de grond indringen en ondergronds afstromen

Oorzaken verdroging

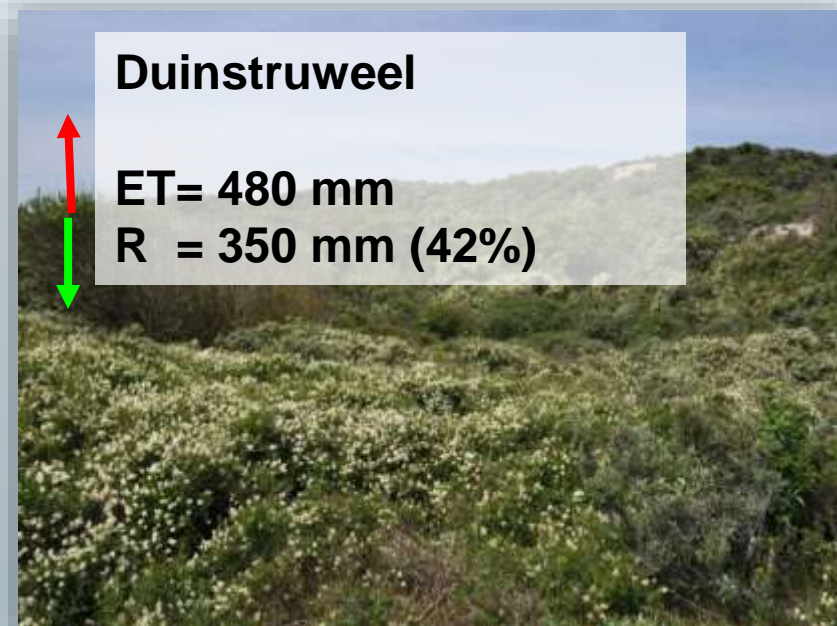
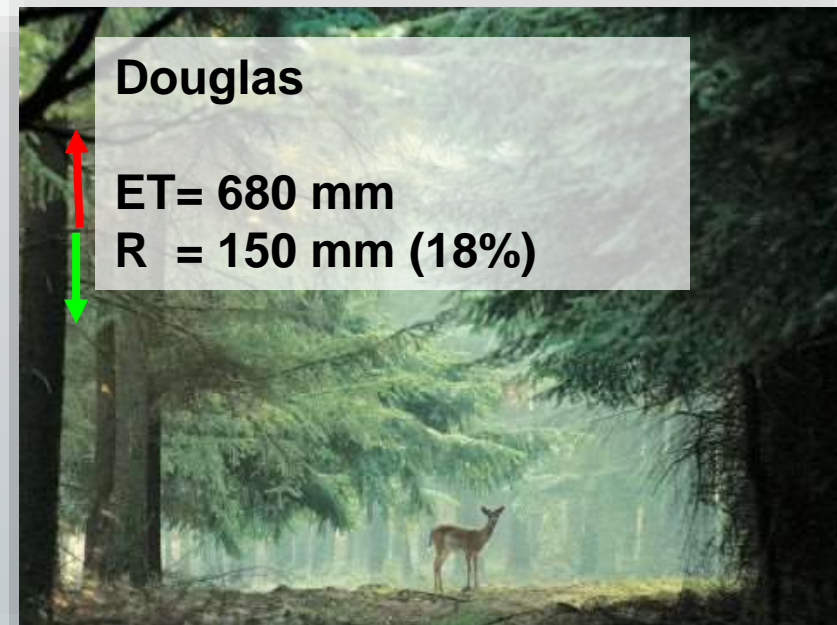
Verandering landgebruik → aanplant naaldhout



Christiaan sGrooten, 1570

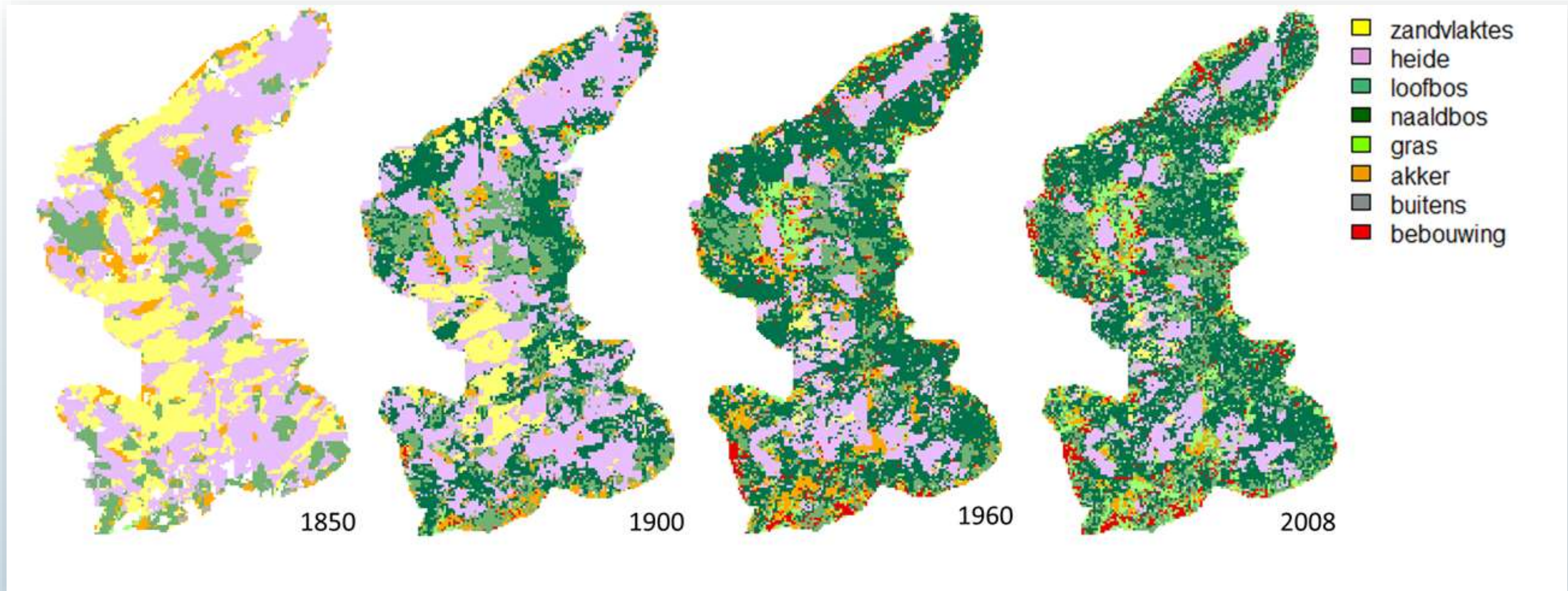
Landgebruik en grondwateraanvulling

Verdamping ET en grondwateraanvulling bij neerslag $P=830$ mm/jr



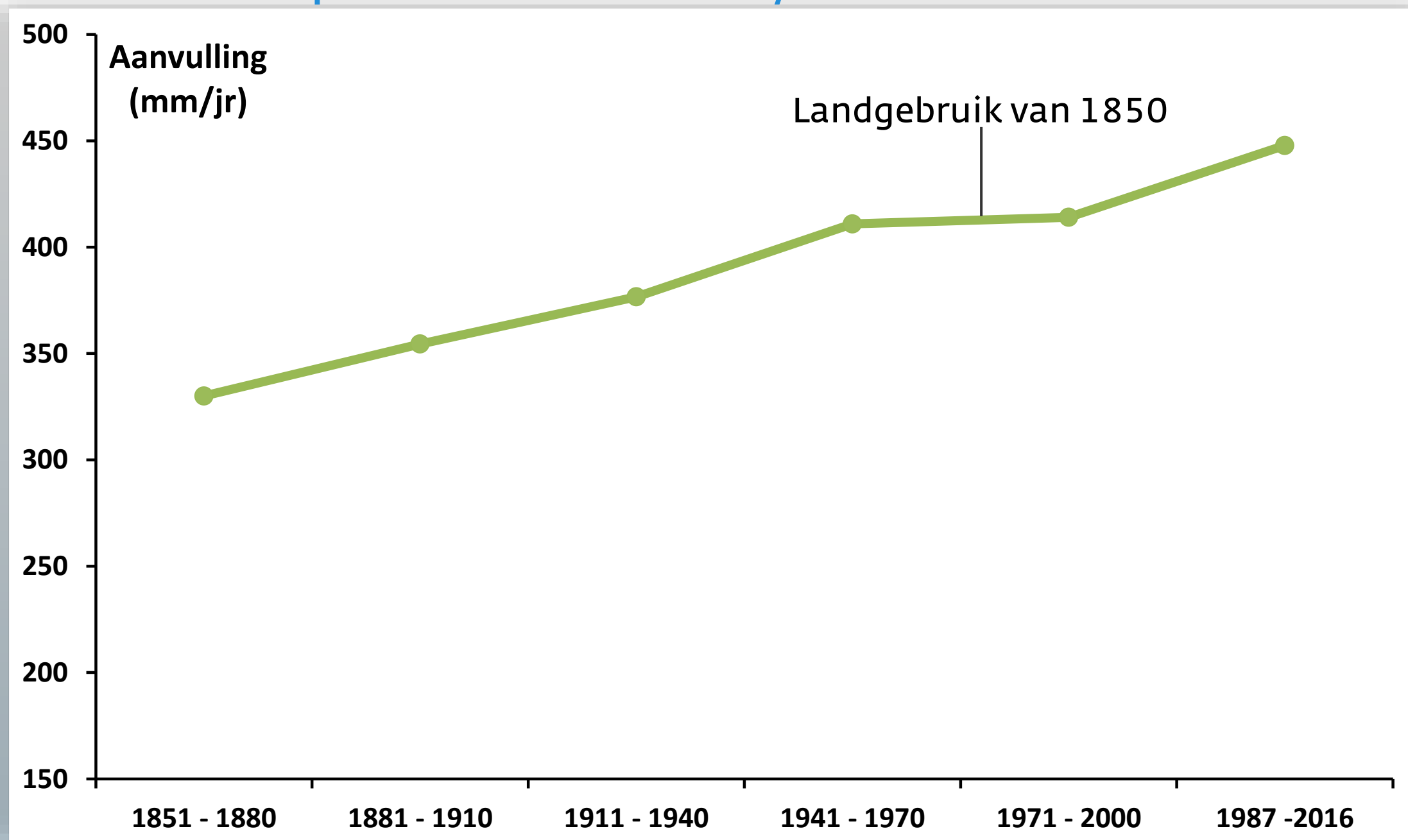
Verandering in landgebruik vanaf 1850

Van een kale vlakte naar vooral bos



Veranderingen in grondwateraanvulling

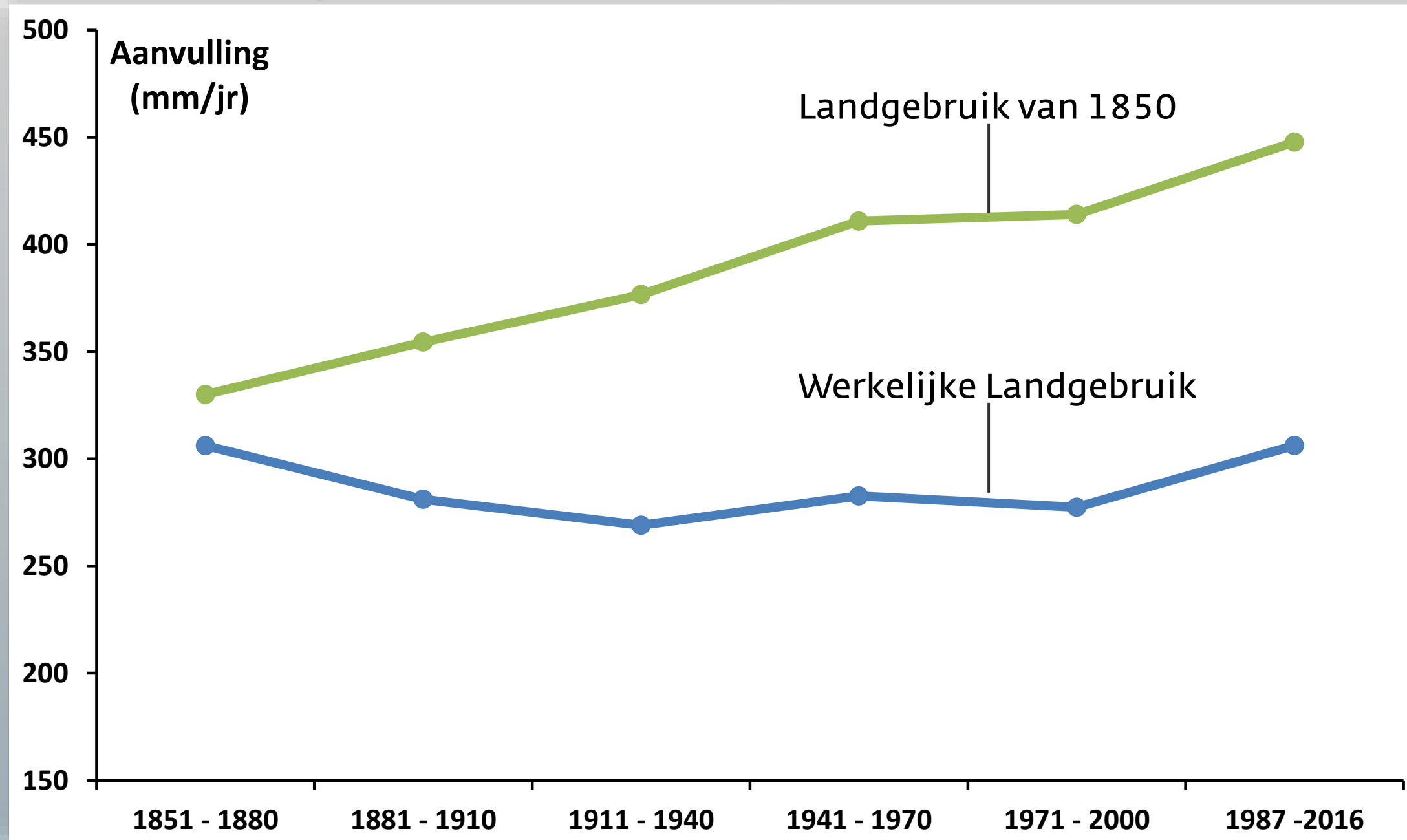
Gebaseerd op simulaties met Hydrus-1D



Witte et al., 2019. *Met het historische landschap verdween er water van de Veluwe*

Veranderingen in grondwateraanvulling

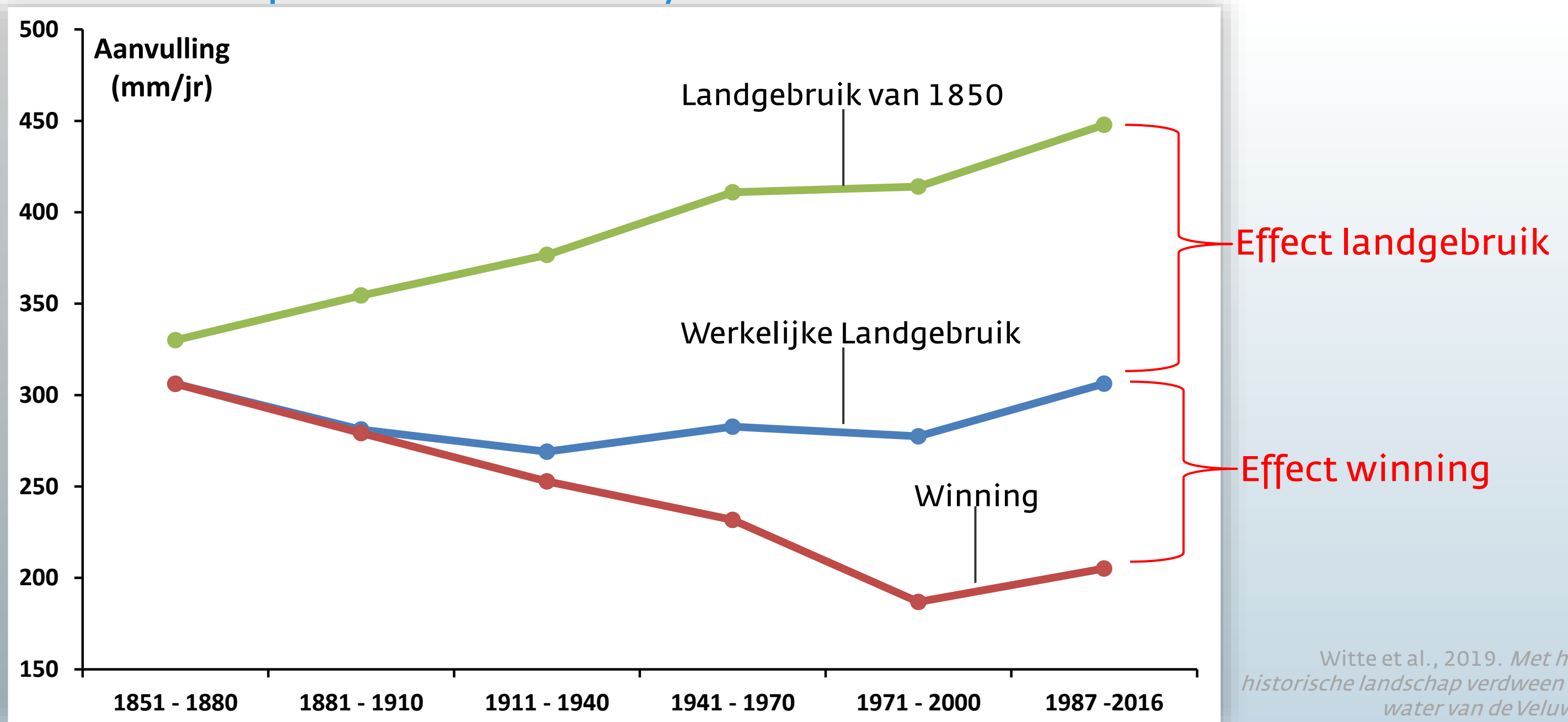
Gebaseerd op simulaties met Hydrus-1D



Witte et al., 2019. *Met het historische landschap verdween er water van de Veluwe*

Veranderingen in aanvulling en onttrekking

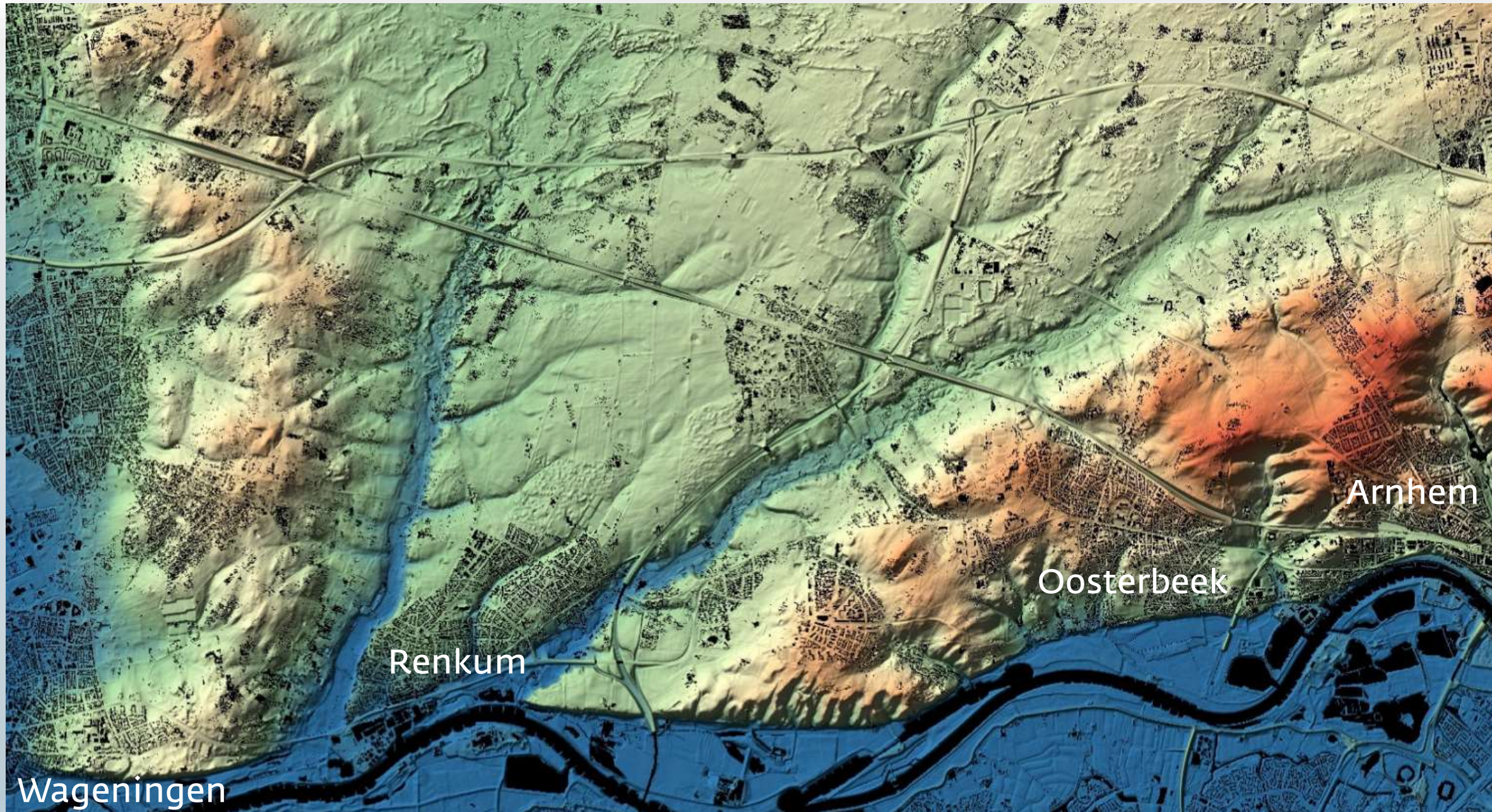
Gebaseerd op simulaties met Hydrus-1D



Witte et al., 2019. *Met het historische landschap verdween er water van de Veluwe*

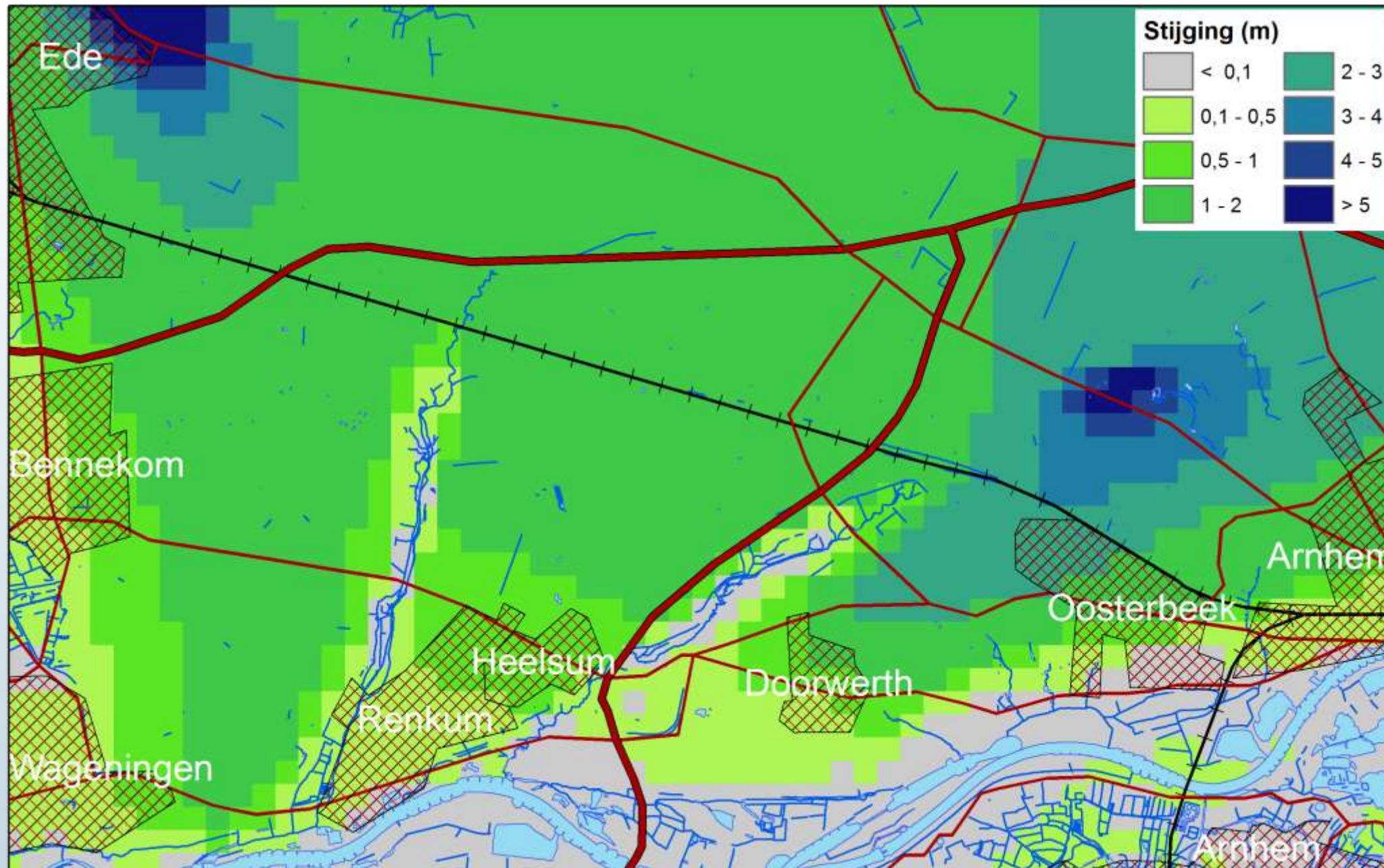
Berekeningen Zuidelijke Veluwezoom

Topografie



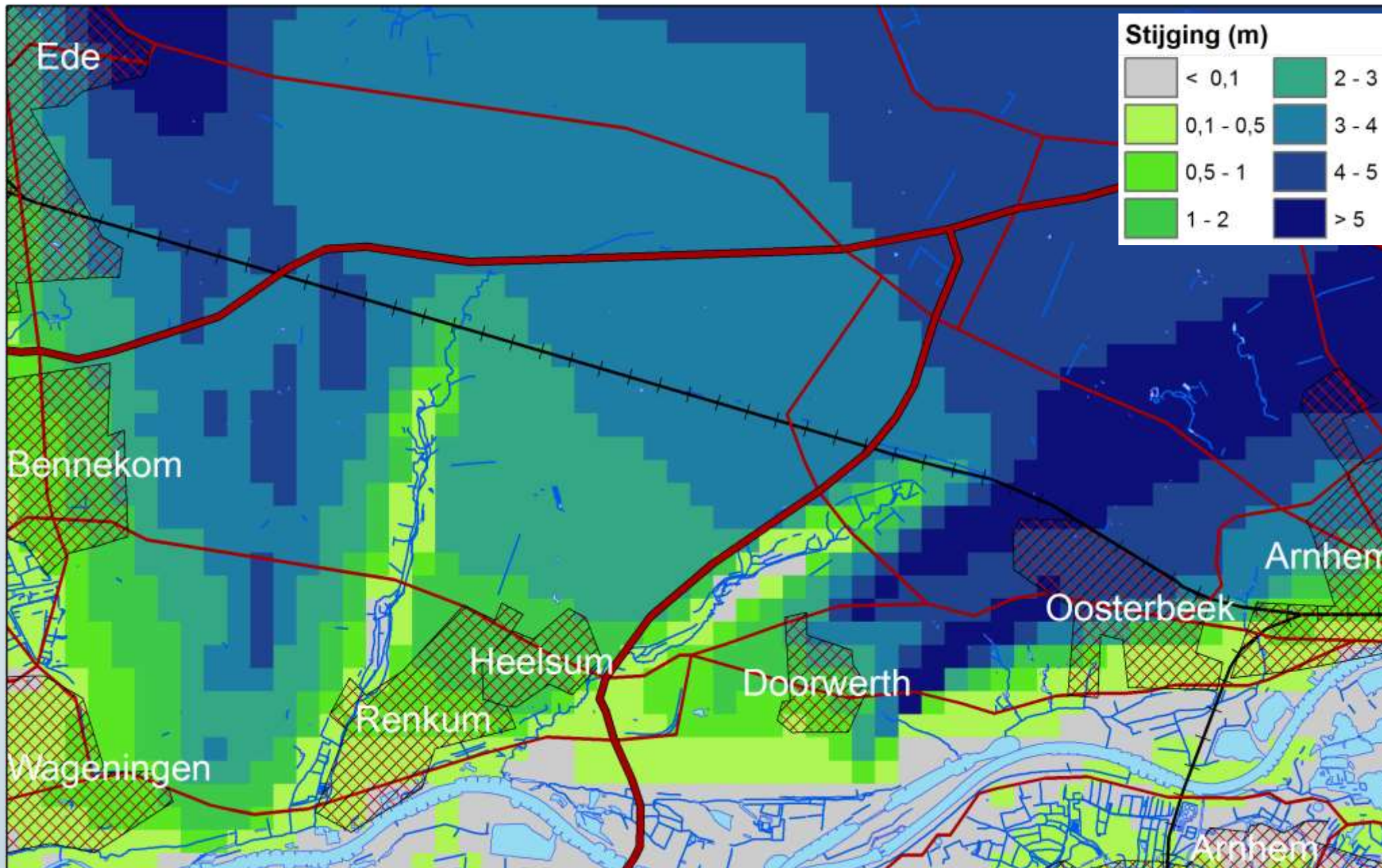
Berekeningen Zuidelijke Veluwezoom

Stijging grondwaterstand door uitzetten drinkwaterwinningen



Berekeningen Zuidelijke Veluwezoom

Stijging grondwaterstand door uitzetten drinkwater winningen en landgebruik 1850



Toekomstige waterhuishouding van de Veluwe



Wat kunnen we verwachten van de toekomst?

En wat kunnen we doen om de beken te laten stromen?

De vraag naar drinkwater zal toenemen

- Gaan we rivierwater infiltreren op de Veluwe?
- Wordt de waterwinning verplaatst naar kwelgebieden?
- Komt er eindelijk juridisch verankerd beleid om minder drinkwater te verspillen?
(kamerbrief Water en bodem sturend te vrijblijvend)

Het klimaat verandert

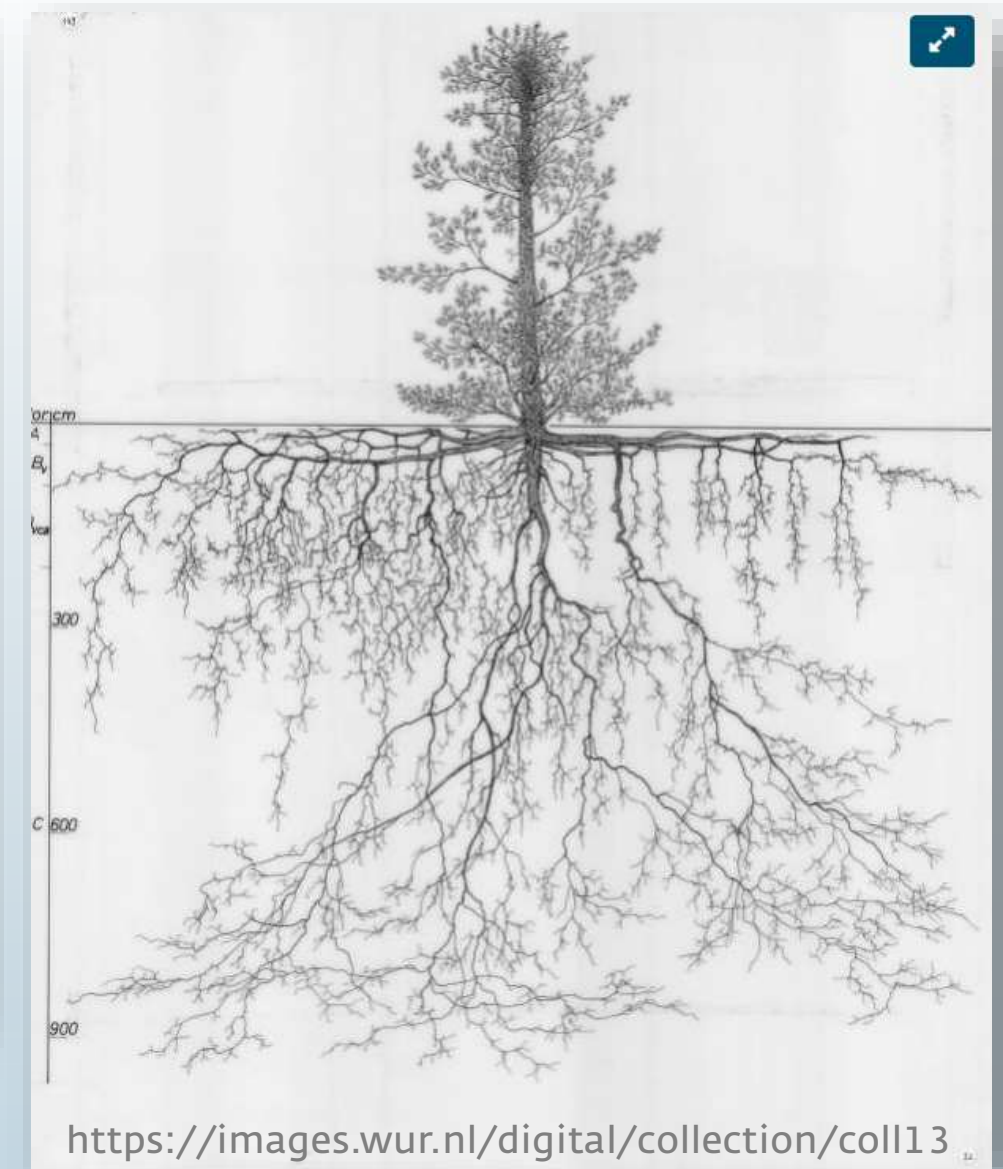
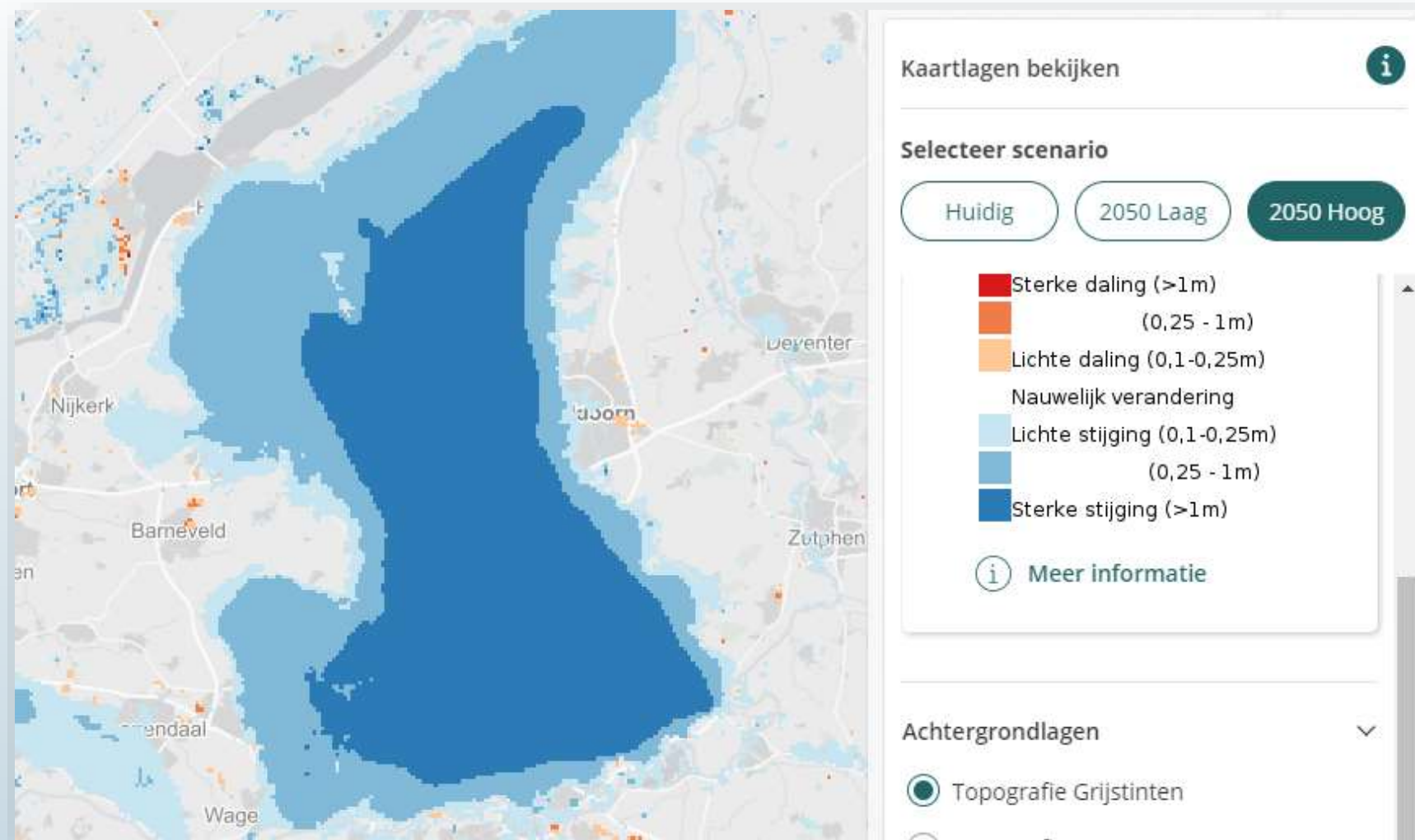
- Nattere winters
- Drogere zomers
- Langer groeiseizoen

Gevolgen voor de grondwateraanvulling en beekafvoer



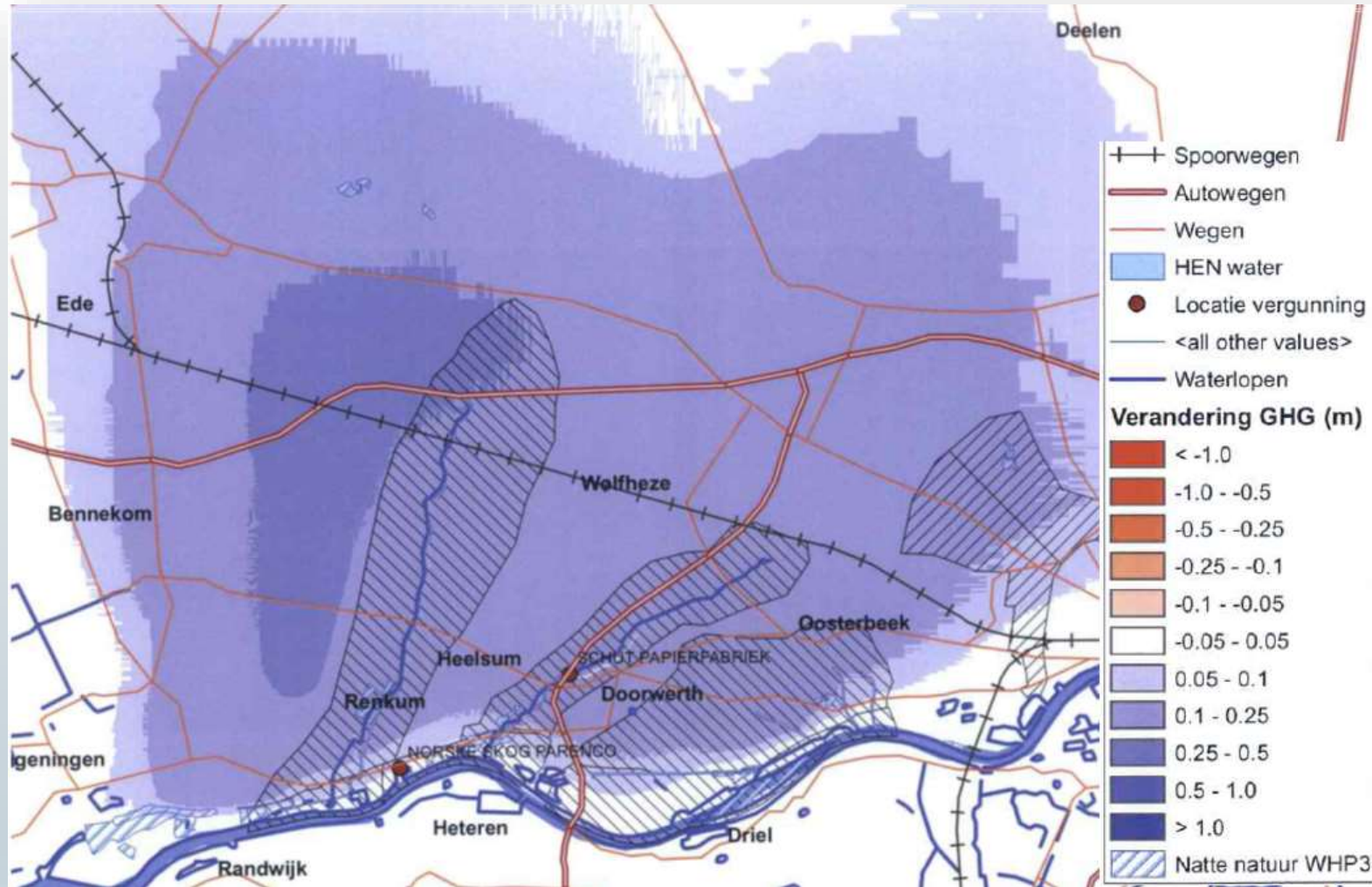
Modellen voorspellen stijging grondwaterstand

Maar: verdamping bomen waarschijnlijk onderschat. Houden bovendien geen rekening met terugkoppeling, zoals bossterfte



No regret: stop onttrekking grondwater laagwaardig gebruik

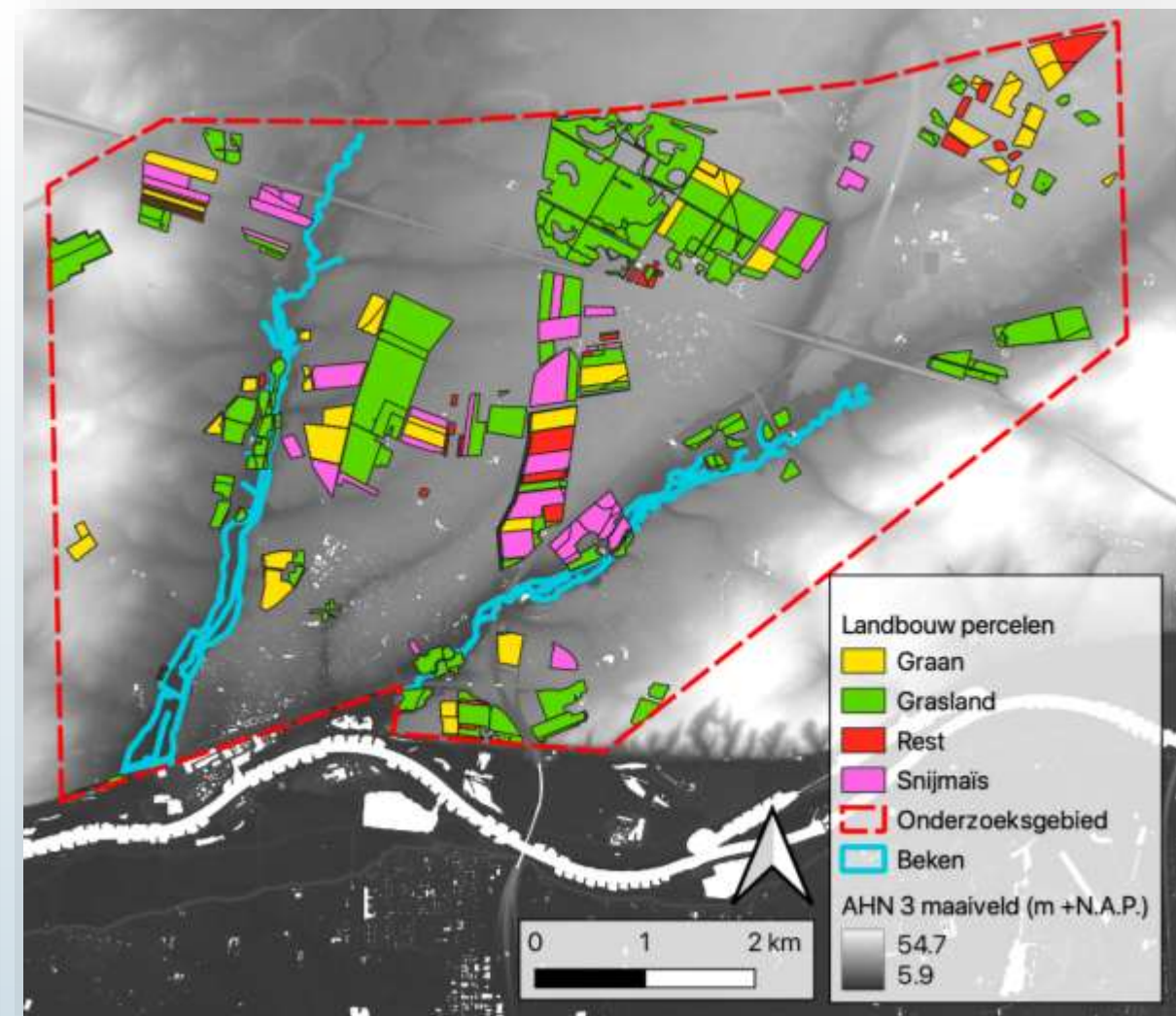
Grondwaterstandsdeling door SK Parenco



De Hofbar, vanavond 22:10 uur op NPO2

No regret: breng de historische graanakkers terug

Herstel de blauwe motor



Witte et al., 2023.
*Met graan meer
 grondwater*

In stroomgebied Renkumse en Heelsumse beek levert dit een extra grondwateraanvulling op van 1.0-1.2 Mm³ per jaar = 30-40 l/s

No regret: naaldakkers → stuifzand en hei

Herstel de blauwe motor



Kap een kwart van de productiebossen op de Veluwe (150 km²) en je wint 45 miljoen kubieke meter per jaar. Evenveel als een miljoen mensen jaarlijks aan leidingwater gebruiken: ook goed tegen de verzuring.



Witte et al., 2022.
*Laat de Veluwe weer
stuiven*

Meer informatie?
www.ecohydrologie.nl

