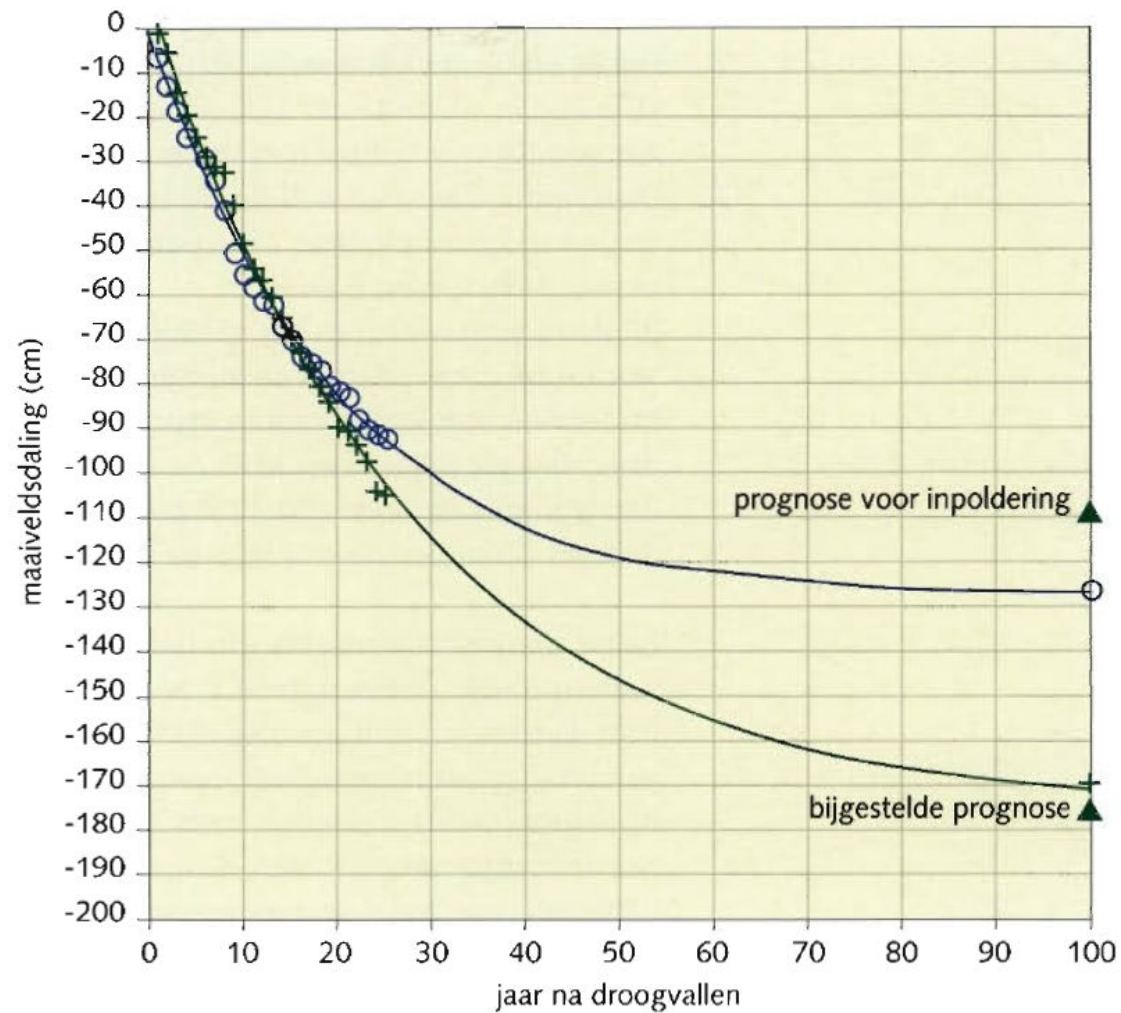




- gemiddelde maaiveldsdaling in Zuidelijk Flevoland
- + opgetreden maximale maaiveldsdaling voor de 5 rijpingsterreinen in de sectie Gz van Zuidelijk Flevoland
- ▲ prognose van de maaiveldsdaling

Bodemdaling door veenoxidatie en rijping in Flevoland

Nieuwe prognose 2023-2100

Guido Bakema en Dennis Walvoort, WENR 2024

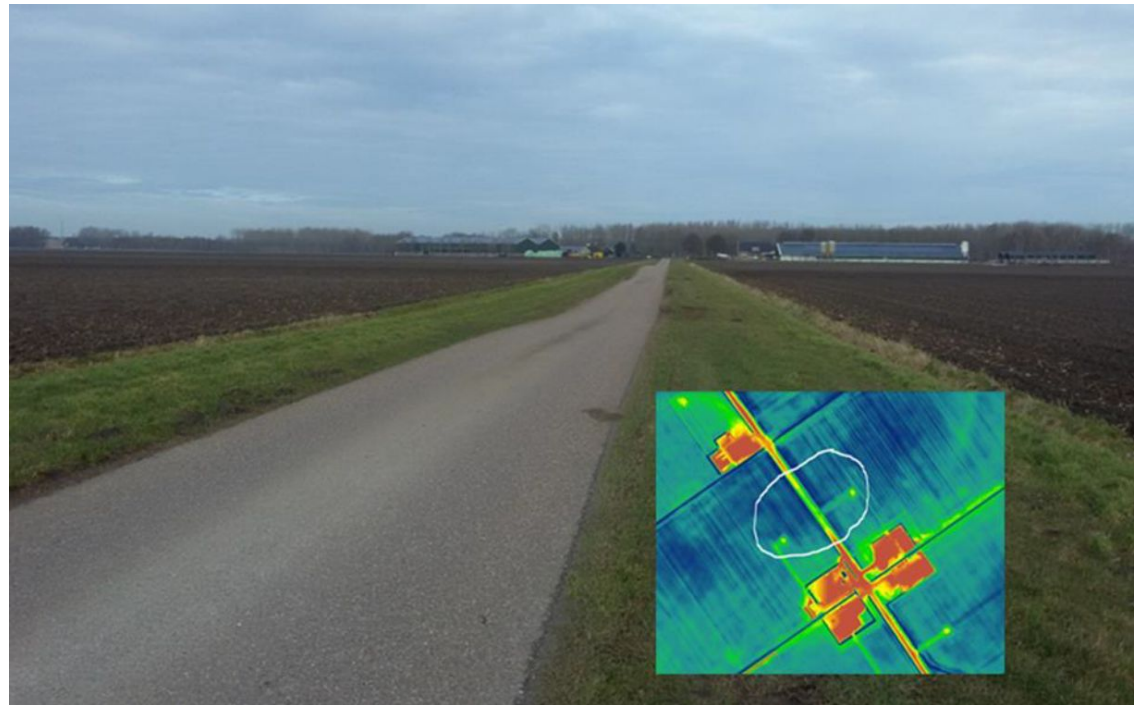


Deltares

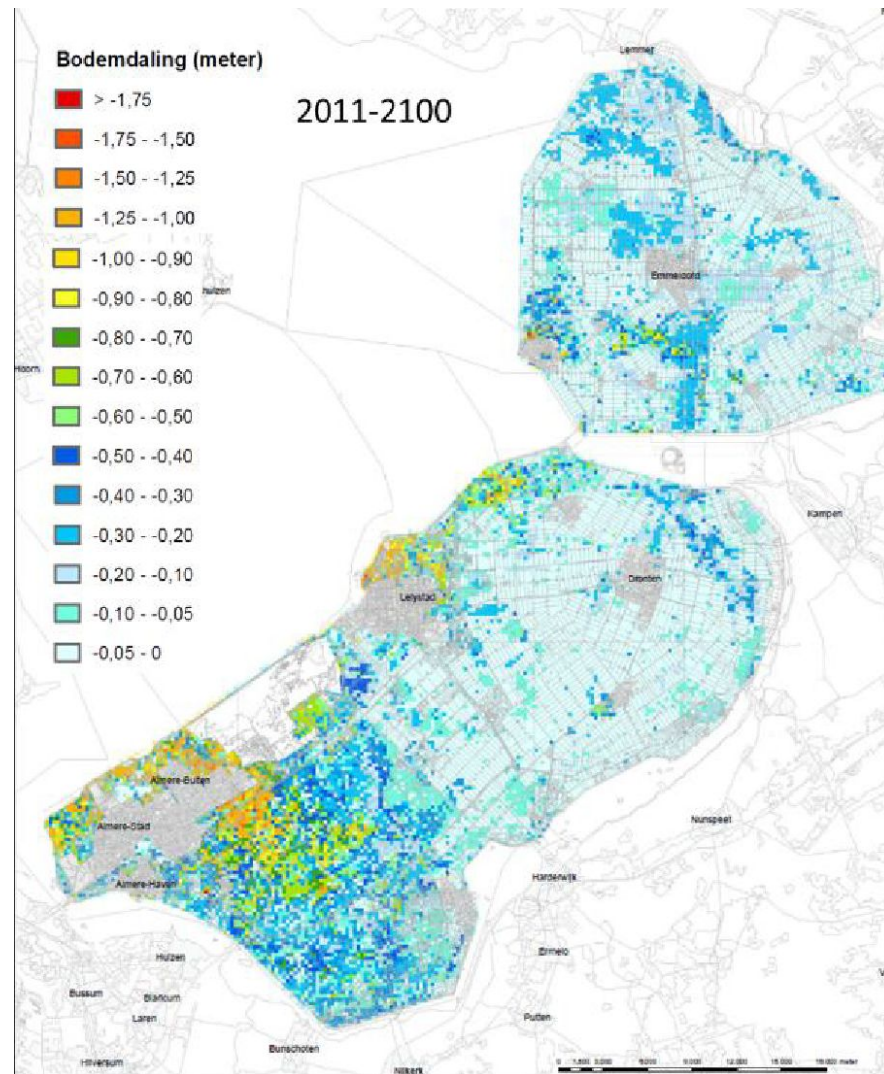


TNO innovation
for life

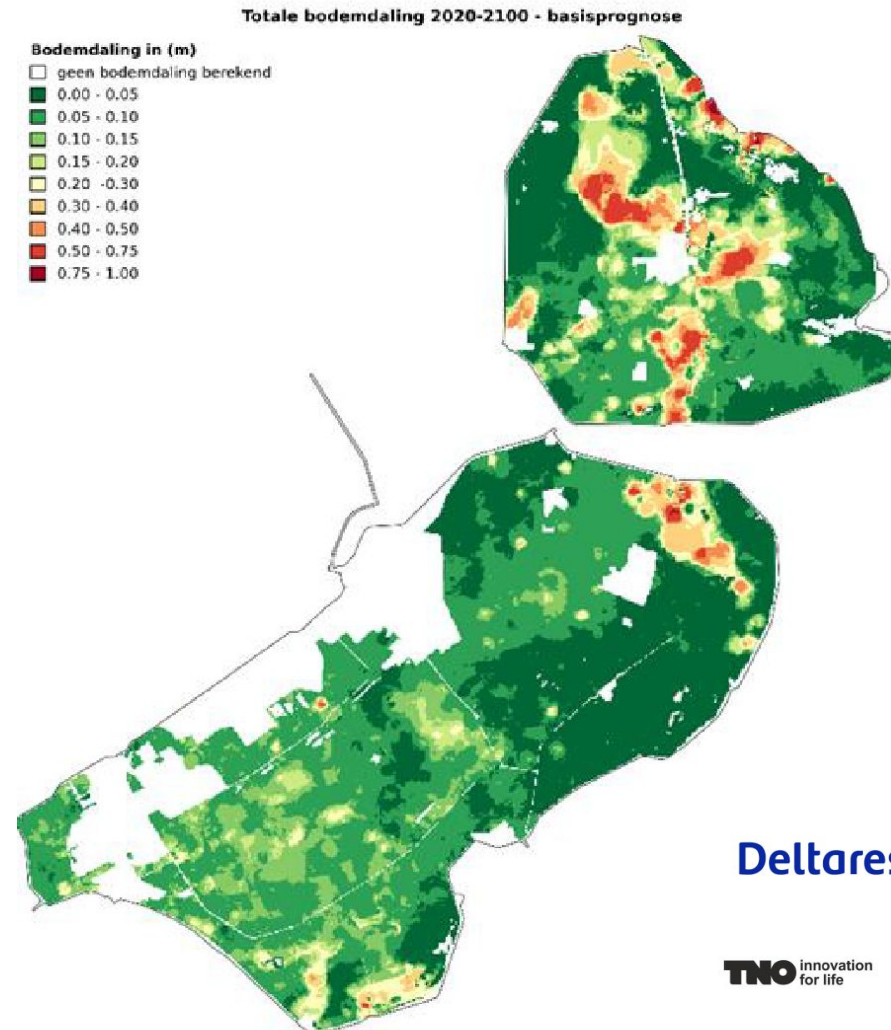
Deel 1 De ontwikkeling van de nieuwe bodemdalingsprognose



Van oude prognose Bodemdaling 2012



Naar nieuwe prognose bodemdaling 2023

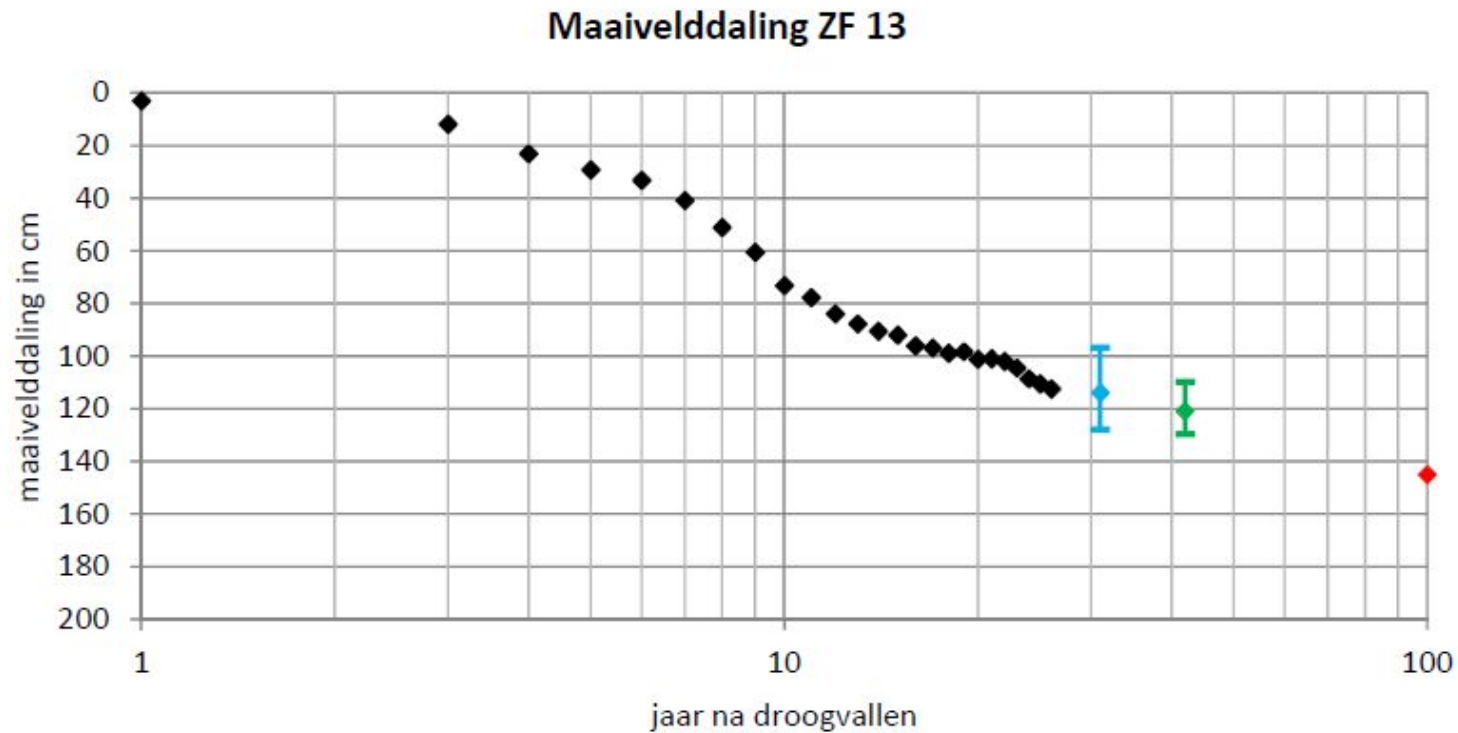


Deltares

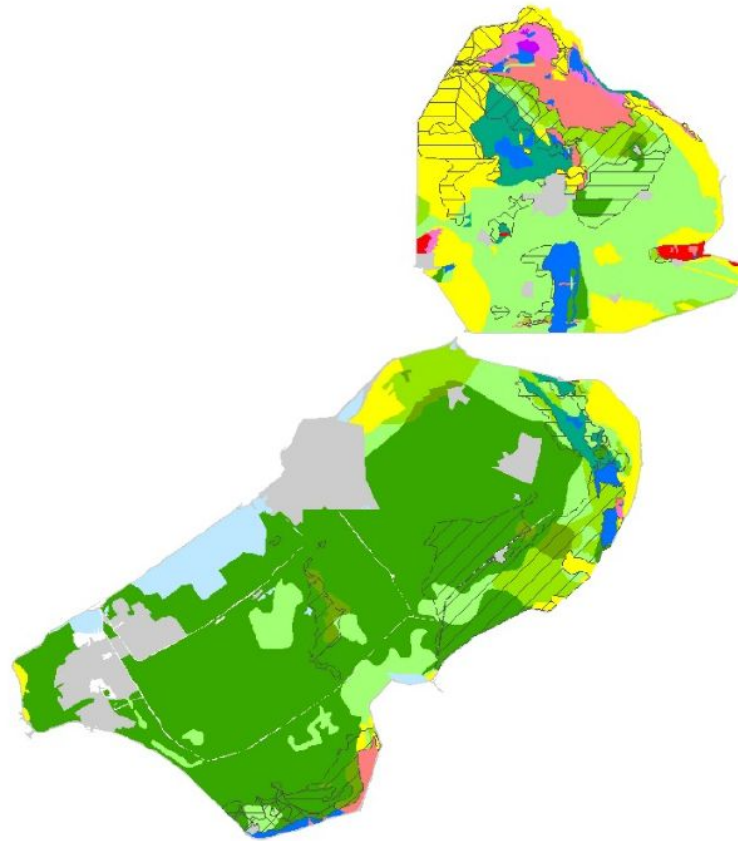
 **WAGENINGEN**
UNIVERSITY & RESEARCH

TNO innovation
for life

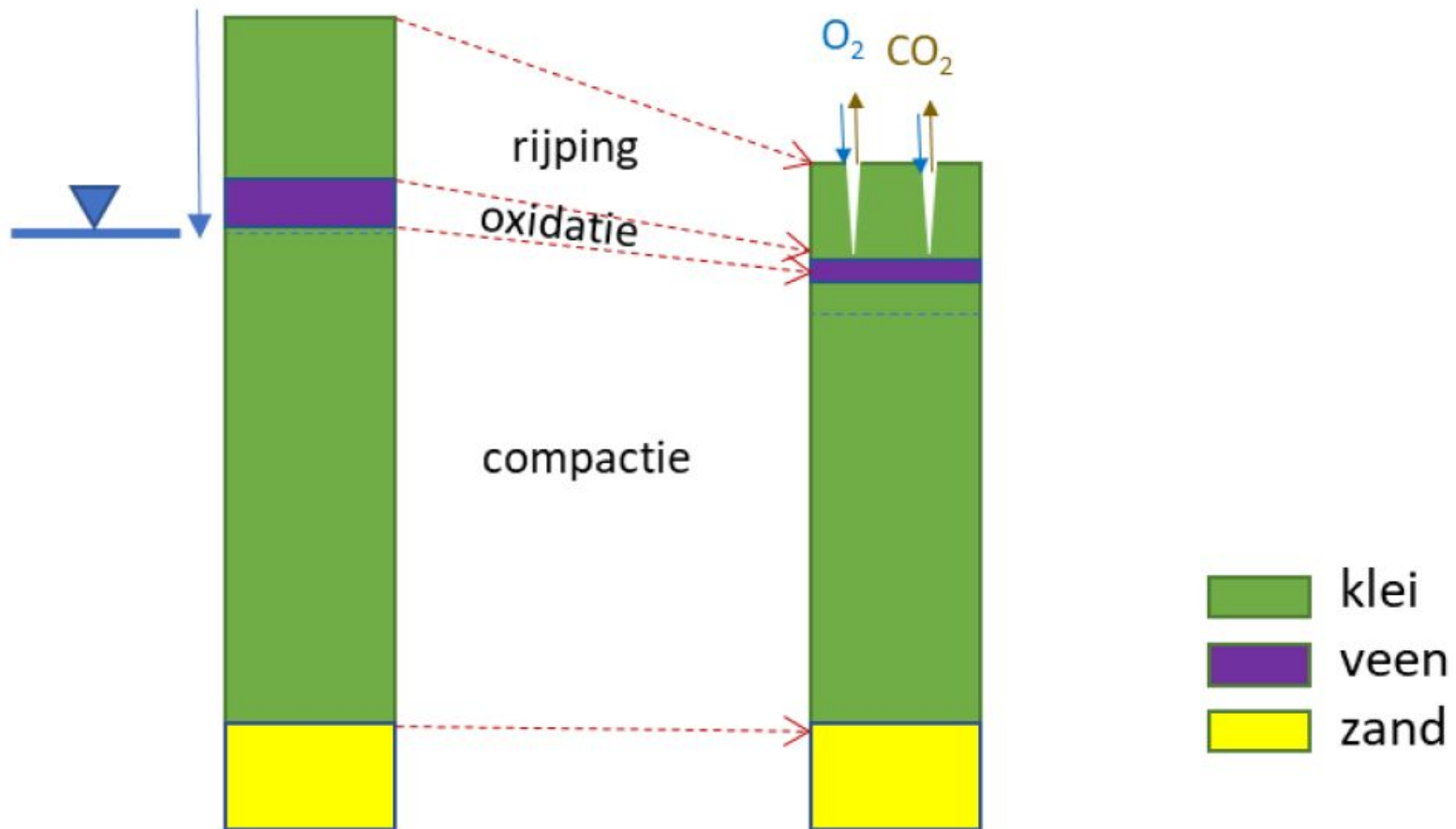
Prognose 2012: extrapolatie op basis van gemeten bodemdaling



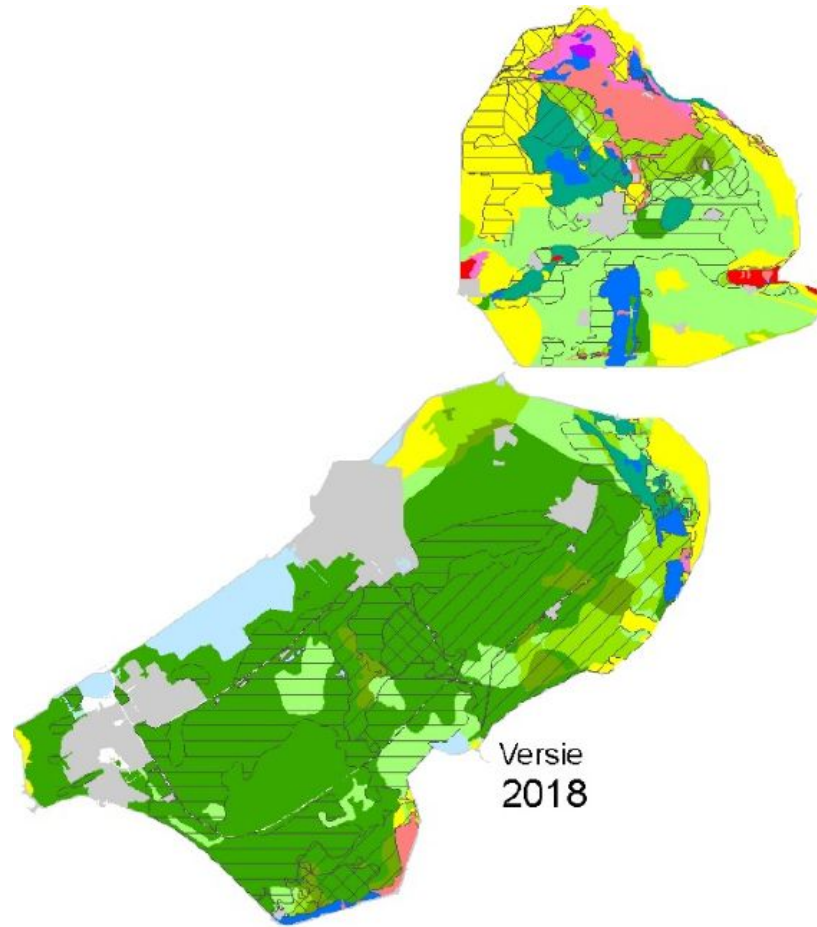
En op oude bodemdata en grondwaterdieptes



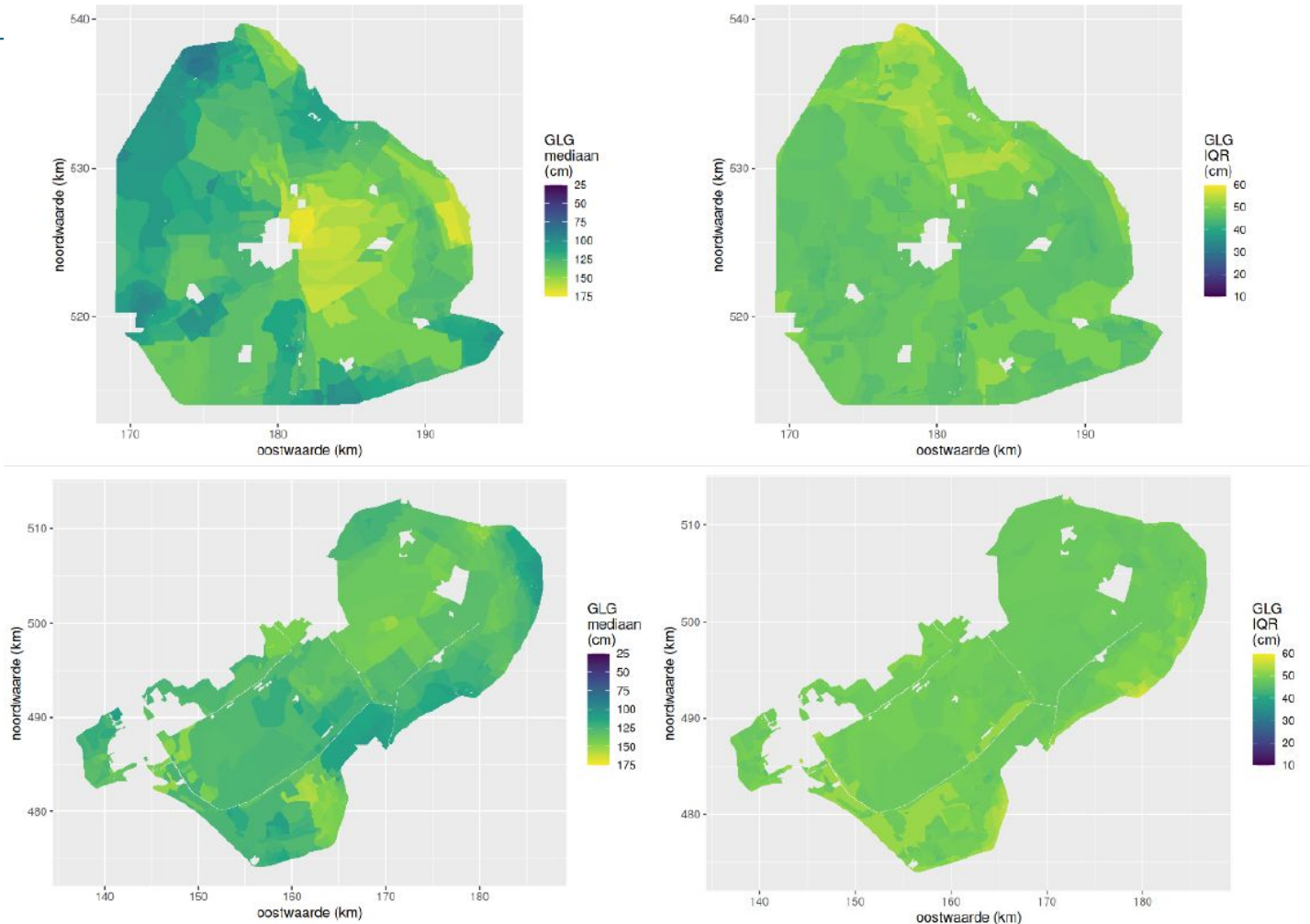
Nieuwe prognose is gebaseerd op het modelleren van de drie basisprocessen



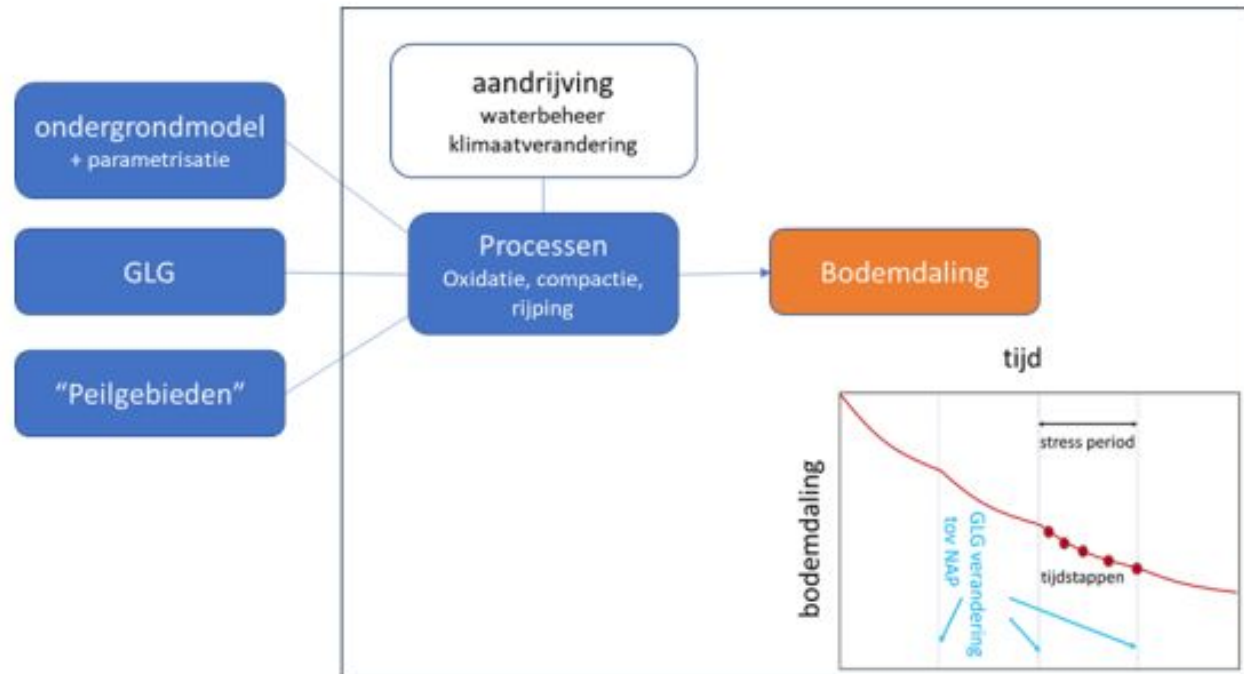
En gaat uit van de meeste recente bodeminformatie (BRO 2018)



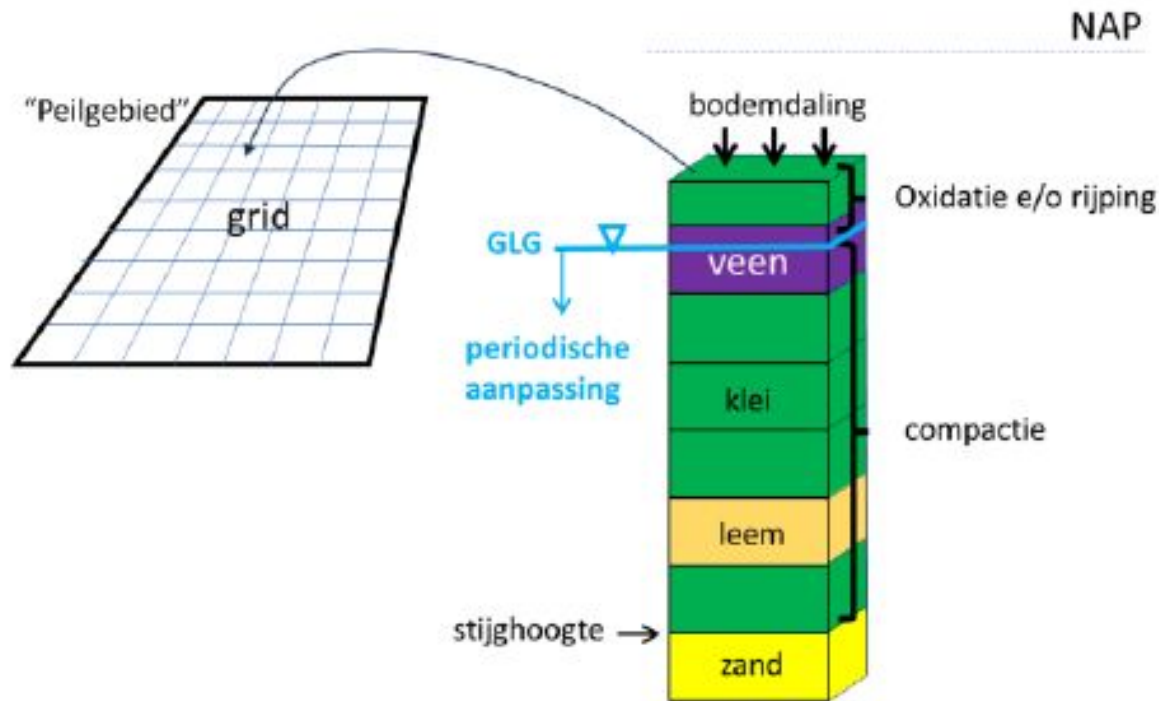
En van de meest actuele grondwaterspiegeldieptekaart (2022)



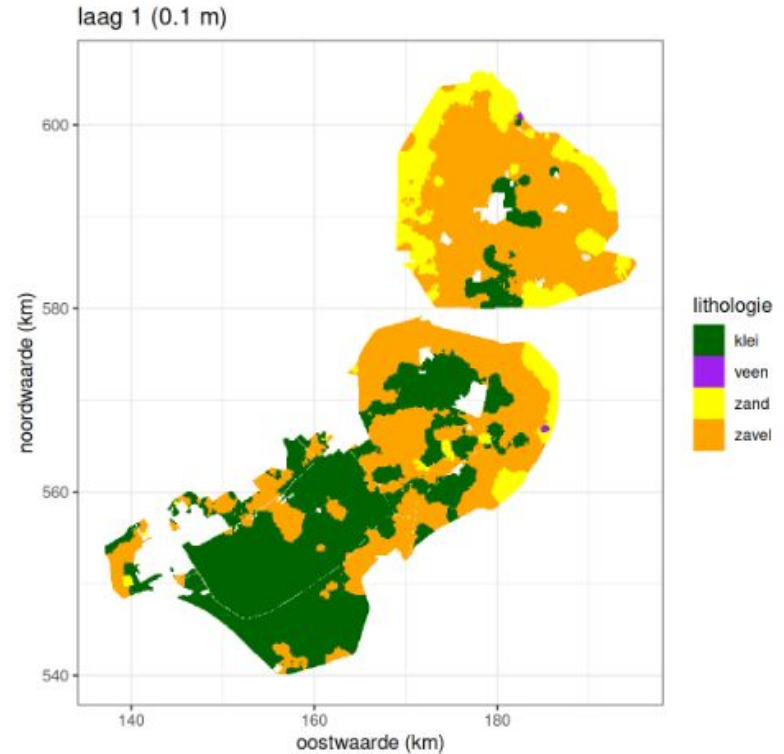
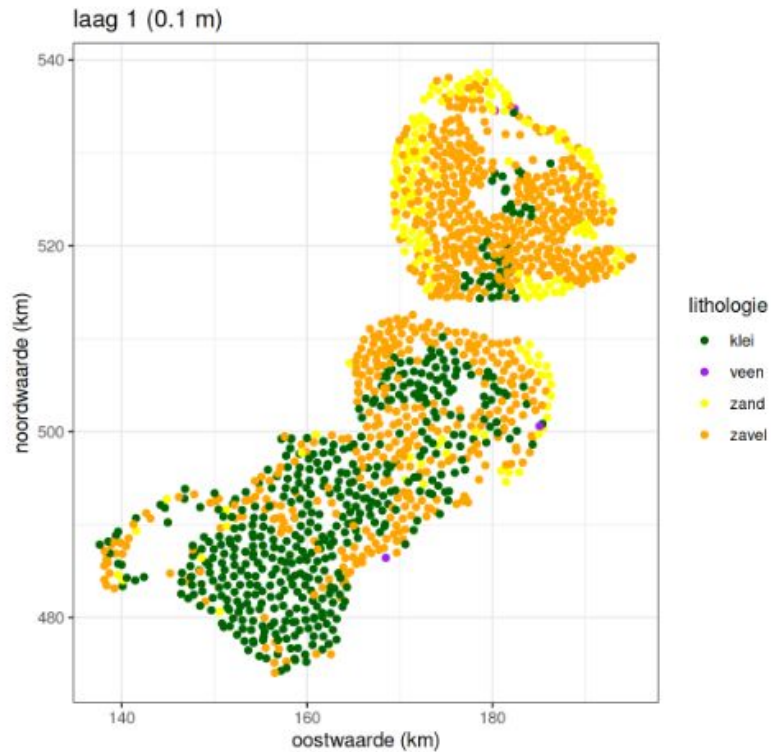
Deel 2: Atlantis bodemdalingsmodel



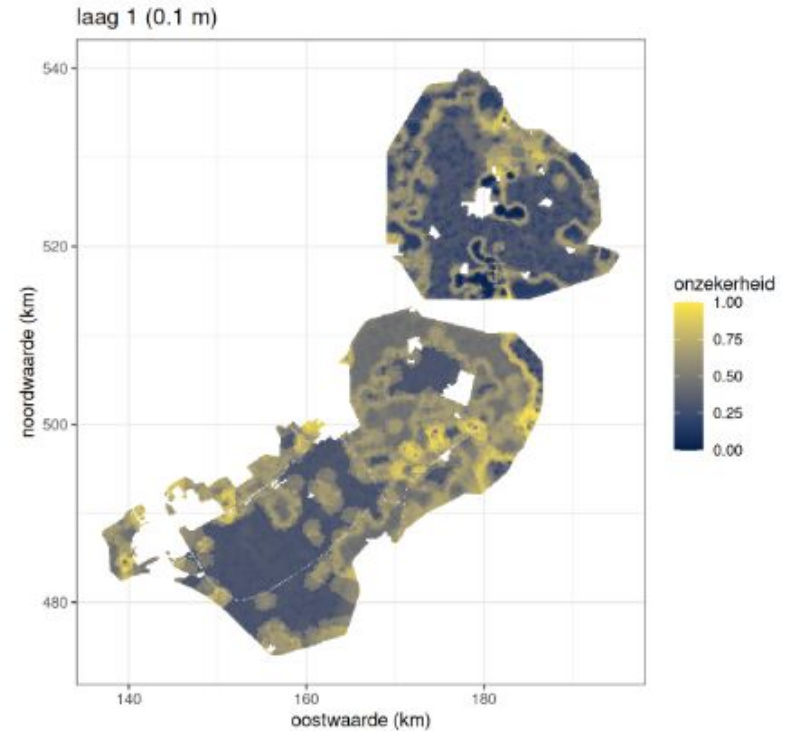
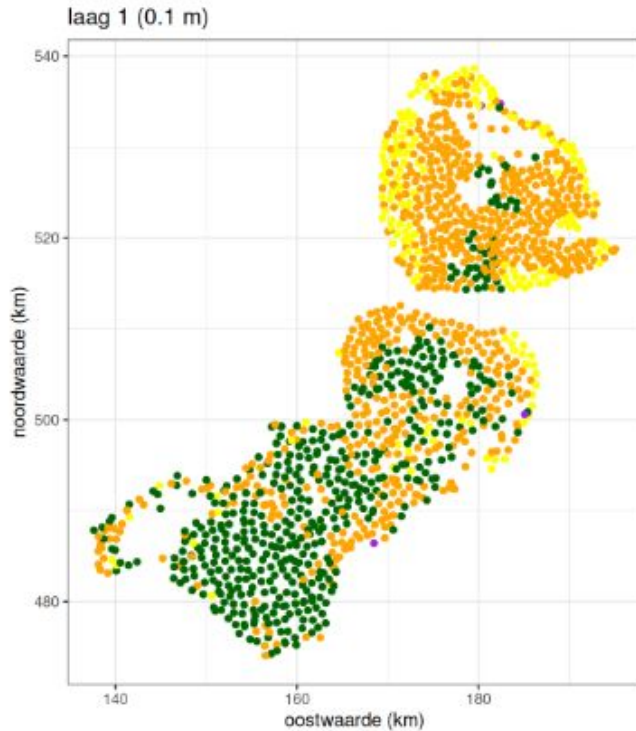
Het voxelmodel, ondergrondmodel



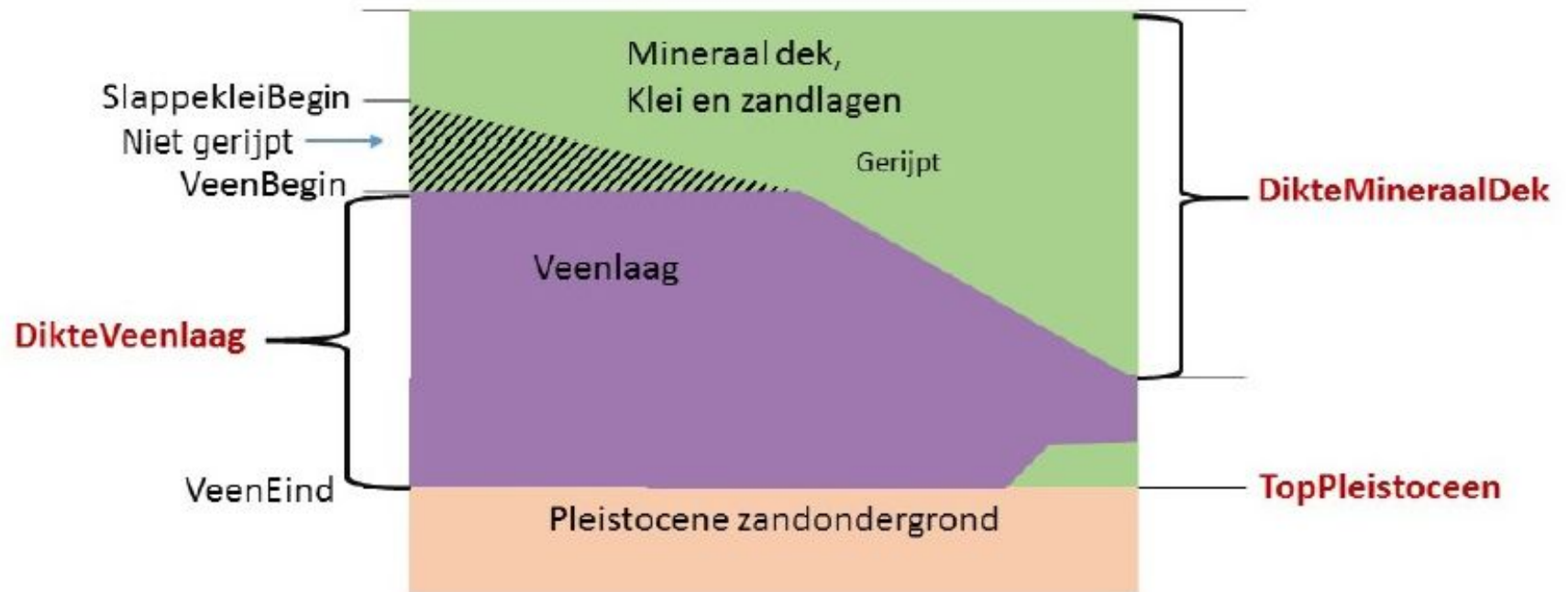
Resultaten, lithoklasses



Resultaten, lithoklasses en onzekerheid



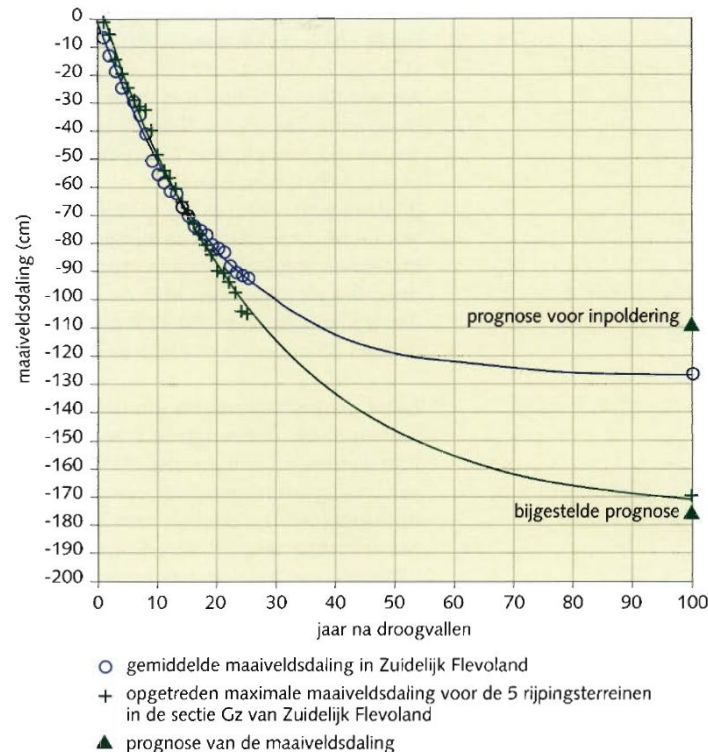
Deel 3: het veenoxidatie en rijpingsproces



Rijping is een uitdrogingsproces
resultierend in krimpscheuren en
maaiveldsdaling



Snelle rijping na drooglegging, nu in de laatste trage fase van rijping



Rijping is in de eindfase met name een secundair (uitdrogingsproces)

- Secundair proces
 - De verdere uitdrogen als gevolg van plantengroei en verdamping. Zeker in droge zomers zal de bodem sterk uitdrogen en kunnen scheuren;
- Primair proces
 - Alle factoren die voor een verlaging van de GLG ten opzichte van de bodemniveaus kunnen zorgen zoals een sterk droger klimaat of een verlaging van het oppervlaktepeil.

Hoe bepalen we de mate van rijping

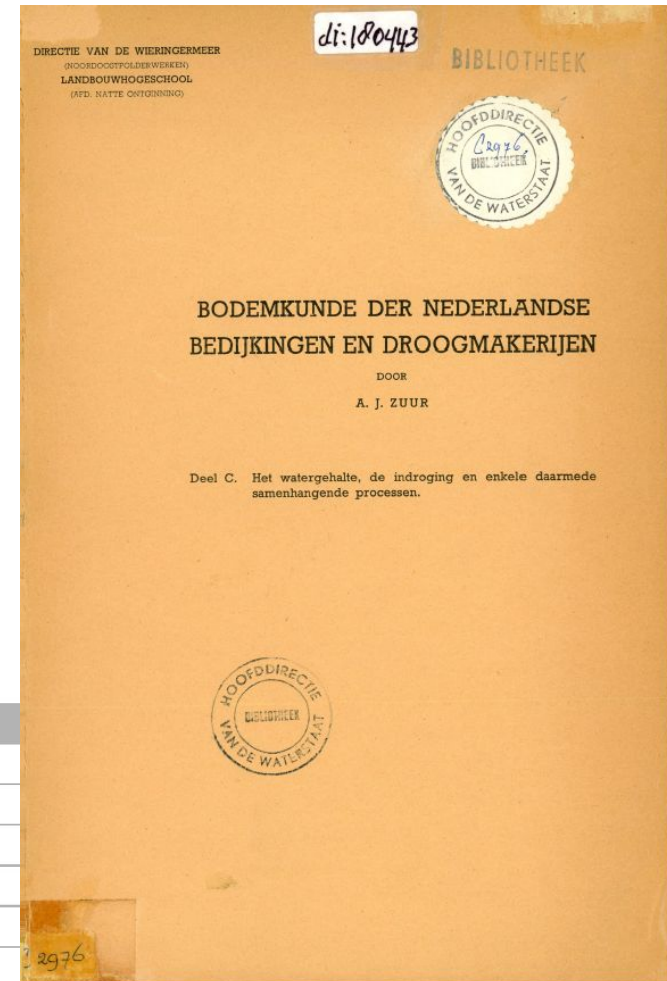
■ Bodemfysisch (empirisch vastgesteld)

$$n = (A - 0,2R)/(L + bH) \quad (\text{Zuur, 1958}).$$

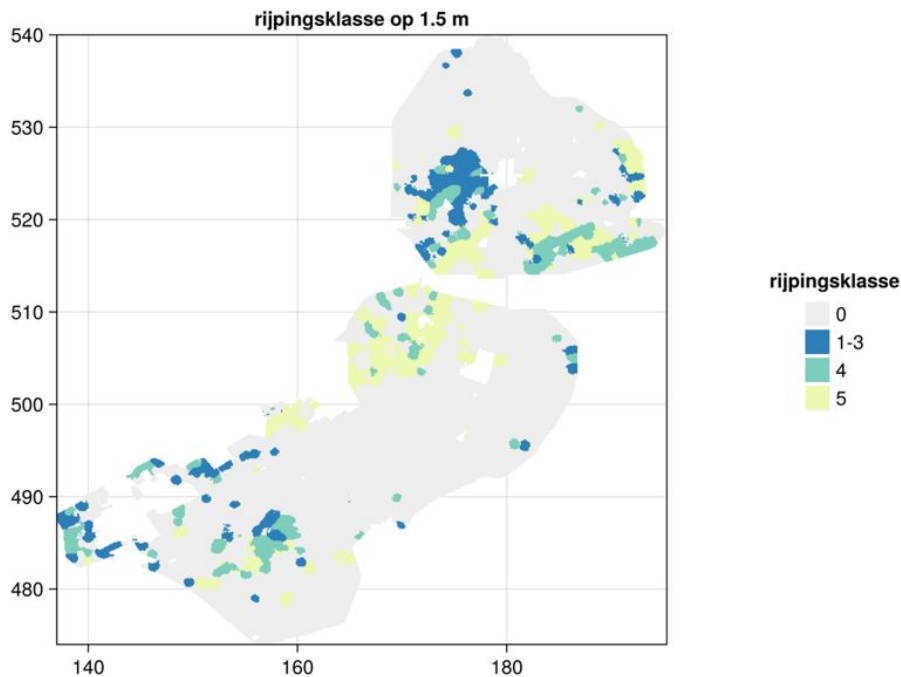
- n = rijpingsfactor (-)
- A = watergehalte (g/100 g droge grond) aan verzadigde grond (vochtspanning = 0)
- R = niet colloïdale minerale delen
- L = lutumgehalte (g/100 g droge grond)
- H = organische stofgehalte (g/100 g droge grond)
- b = constante 3 = veraard veen, 6 = weinig verweerd veen

■ Visueel

n-factor	Classificatie	Omschrijving
< 0,7	Gerijpt	Kleeft niet aan de handen, niet kneedbaar
0,7 - 1,0	Vrijwel gerijpt	Vrij stevig, kleeft een beetje, niet gemakkelijk kneedbaar
1,0 - 1,4	Half gerijpt	Redelijk zacht, kleeft, gemakkelijk kneedbaar
1,4 - 2,0	Vrijwel ongerijpt	Zacht, kleeft erg, zeer gemakkelijk kneedbaar
> 2,0	Ongerijpt	Zeer slap, bijna vloeibare modder



Huidige rijping (n-waarde)



Figuur 9 Verspreiding ongerijpte klei op 1,5 m -mv. 0 = geen klei, 1 is ongerijpt- 5 is volledig gerijpt.

1. Unio-klei-gebied in sectie H en omgeving
Unio-clay area in section H and environments
2. Unio-klei plaatselijk aanwezig als een kleilaag in het veen of als opvulling van van kreken en geulen
Unio-clay only locally present as a clay layer in the peat or as the filling of creeks and channels
3. Unio-klei in hoge oeverstroken langs de geulen
Unio-clay in high-lying ridges (levees) along the channels
4. zandwal
sand ridge

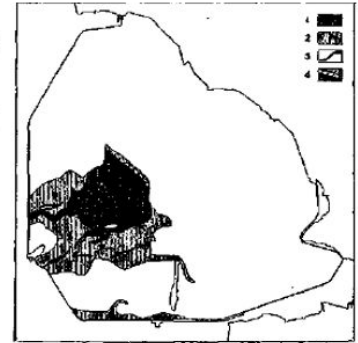
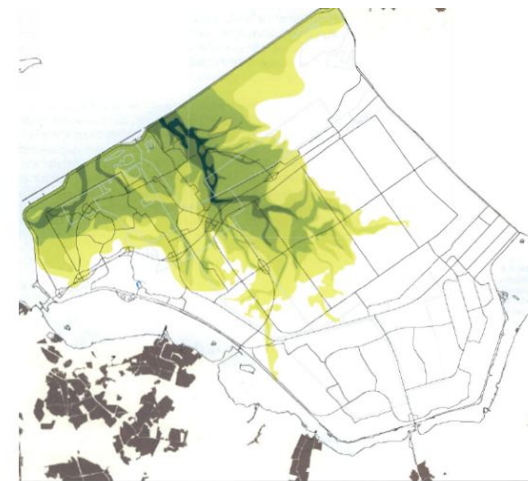


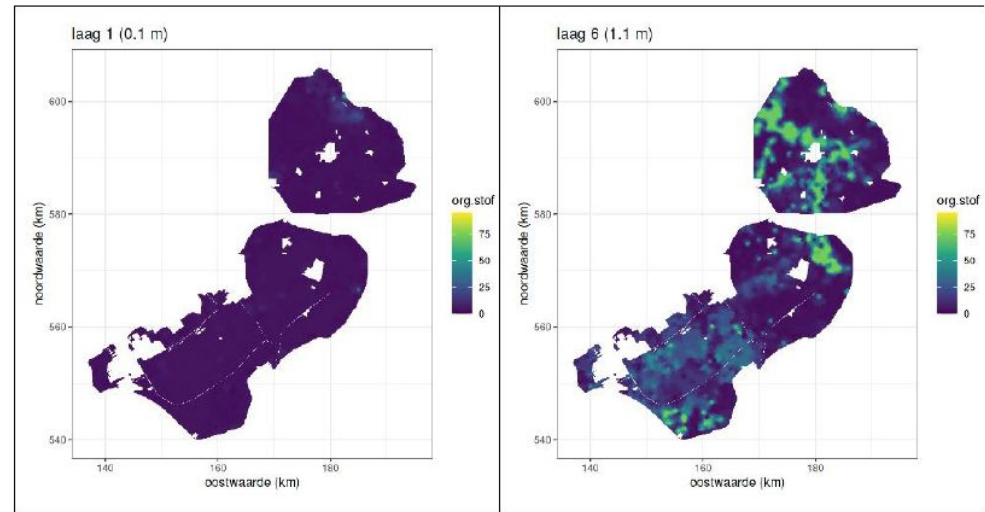
FIG. 21. De verbreiding van de Unio-klei.
The distribution of the Unio-clay.



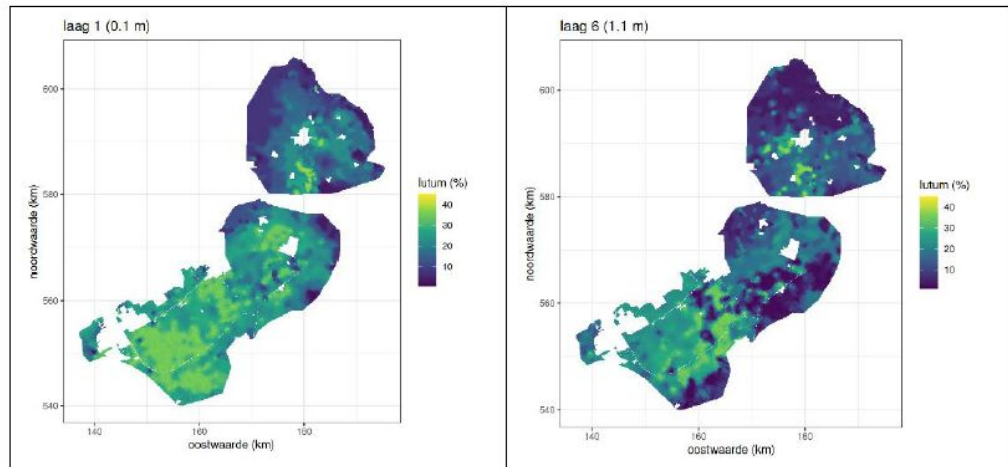
Figuur 11 Verspreiding oude zeeklei-afzetting (Menk et al, 1998)

Rijpingssnelheid

- Afhankelijk van lutumgehalte, organische stof en bulk dichtheid
- Geen feitelijke modellering van het uitdrogingsproces!



Figuur 17 De geïnterpoleerde massapercentages organische stof voor laag 1 (links) en laag 6 (rechts) van het voxelmodel.



Figuur 16 De geïnterpoleerde massapercentages lutum voor laag 1 (links) en laag 6 (rechts) van het voxelmodel.

Wanneer is een bodem volledig uitgerijpt? Zie oude polders?

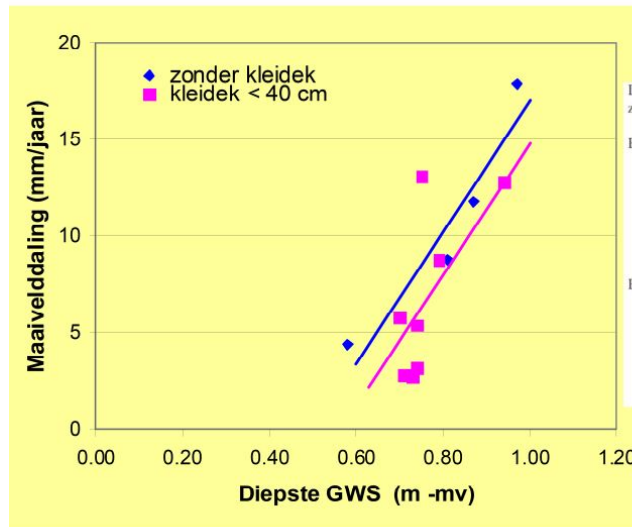
- Johannes Kerkhovenspolder (1875)
- Wieringermeer (1920)
- Noordoostpolder (1945)
- Zuidelijk Flevoland (1957)



Veenoxidatie

- Oxidatie gebaseerd op empirische relaties op basis van metingen aan bodemdalingslocaties (van den Akker relaties 2007)

Van den Akker relaties



Uit: Van den Akker et al., 2007

De relaties tussen maaiveldalingen (in mm) en GLG8 respectievelijk GLG en GWS zomer (in m -mv) worden dan:

Bij veengronden zonder kleidek:

$$\text{Maaiveldaling per jaar} = 34,188 \text{ GLG8} - 17,15 \quad (4)$$

$$\text{Maaiveldaling per jaar} = 23,537 \text{ GLG} - 6,68 \quad (5)$$

$$\text{Maaiveldaling per jaar} = 24,965 \text{ GWSzomer} - 3,44 \quad (6)$$

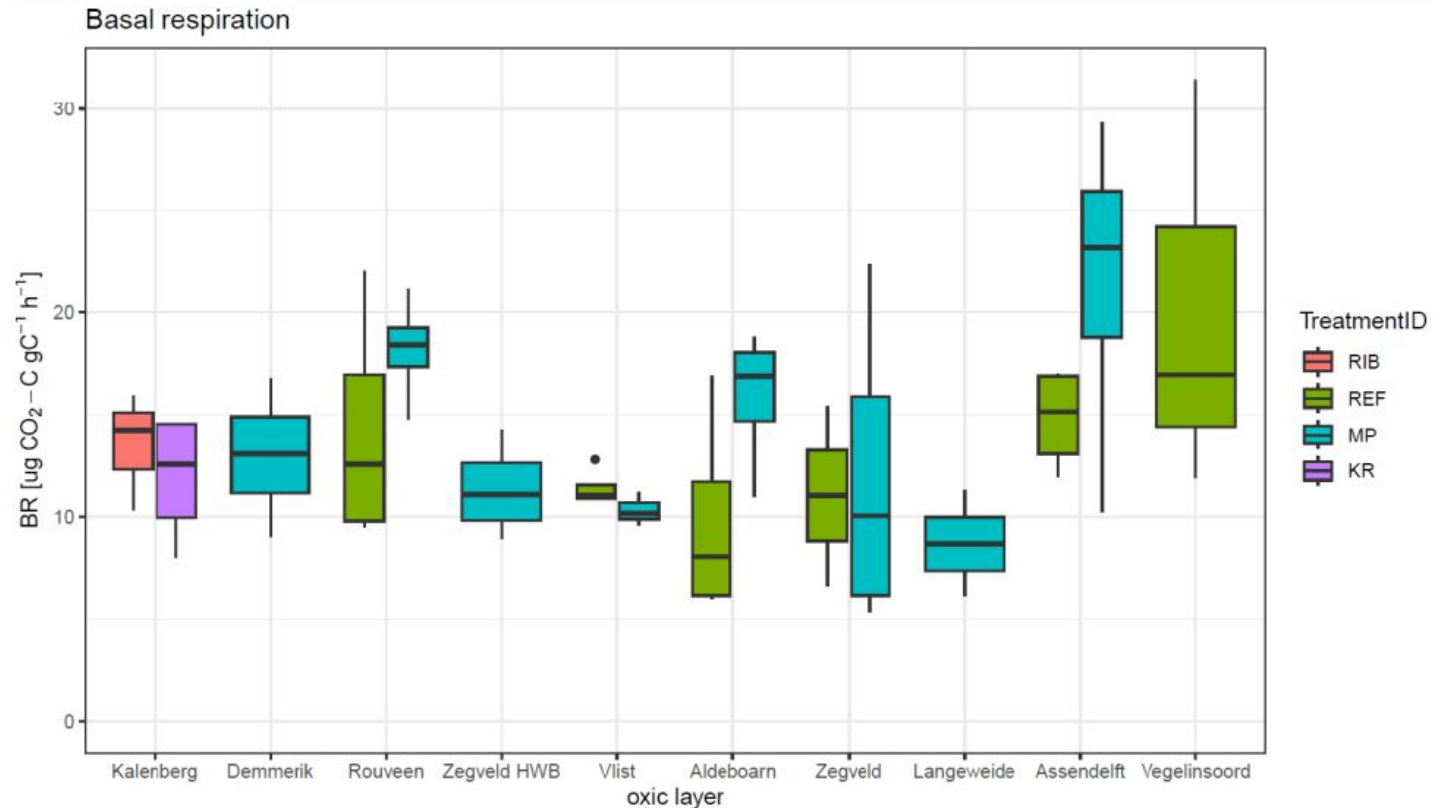
Bij veengronden met kleidek (< 40 cm):

$$\text{Maaiveldaling per jaar} = 34,188 \text{ GLG8} - 19,39 \quad (7)$$

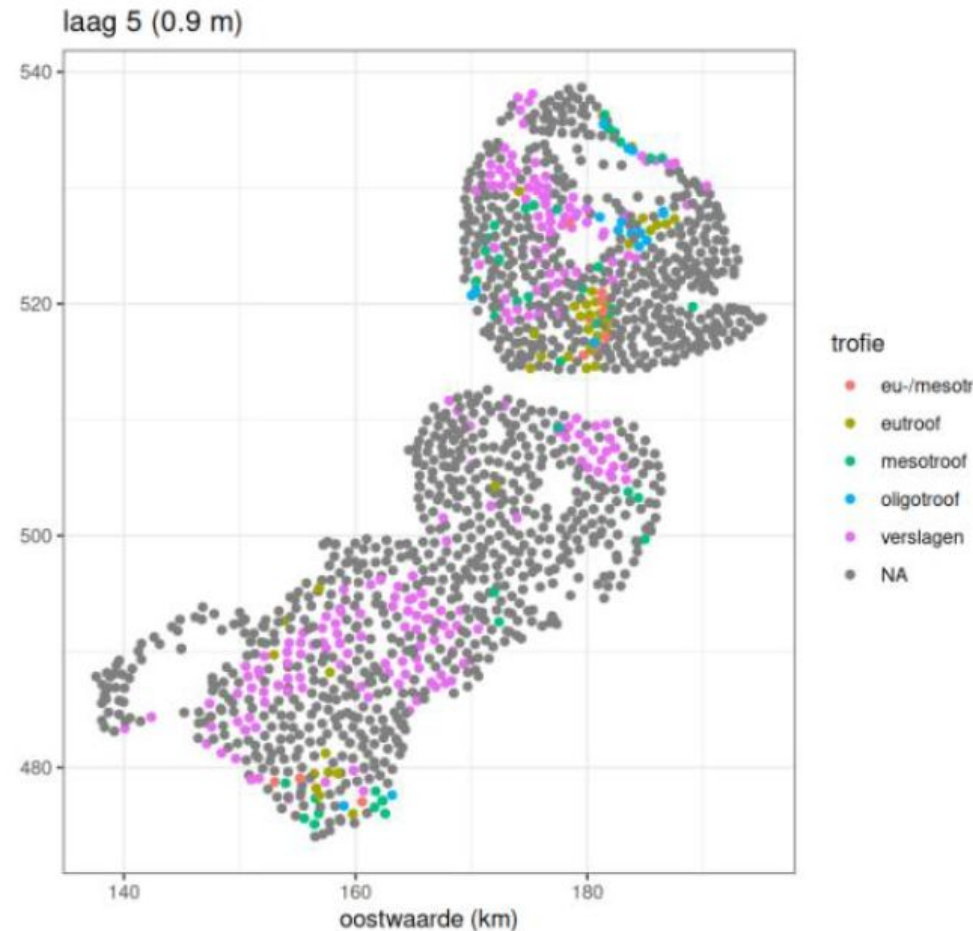
$$\text{Maaiveldaling per jaar} = 23,537 \text{ GLG} - 10,47 \quad (8)$$

$$\text{Maaiveldaling per jaar} = 24,965 \text{ GWSzomer} - 7,79 \quad (9)$$

Veenoxidatie en oxidatiesnelheid, afhankelijk van het veentype



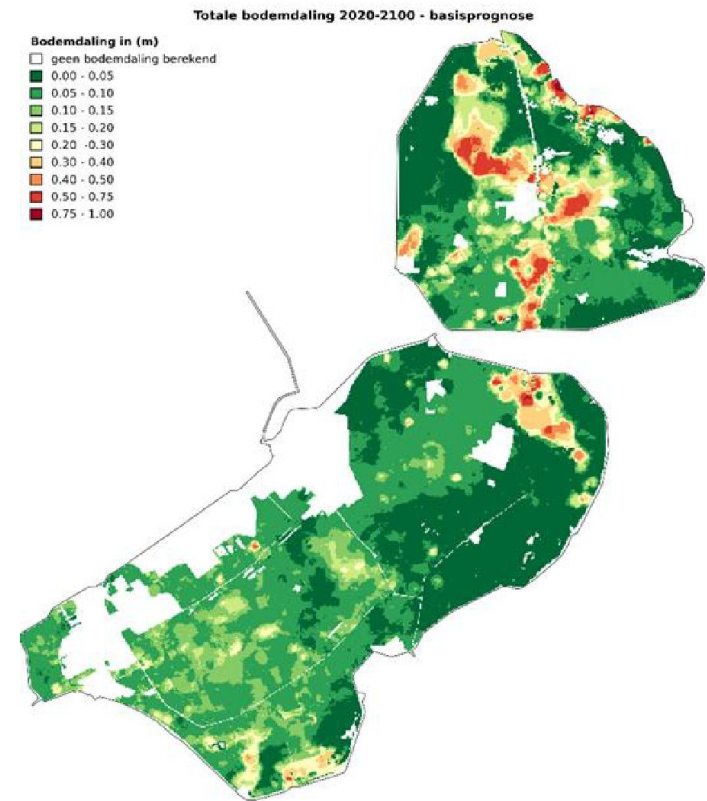
Veentypes Flevoland sterk afwijkend van andere gebieden, verslagen veen



Figuur 23 Veentyping op 0,9 m-mv (puntdata)

Deel 4 Eindresultaat, beperkingen en verbeteringen

- Bodemdalingsprognose geeft een minder sterke daling in Zuidelijke Flevoland en een grotere in de Noordoostpolder
- Veenoxidatie wordt in de toekomst veel belangrijker dan rijping
- Er ligt potentieel veel ondiep veen dat bij een daling van de GLG sterk kan oxideren



Beperkingen en verbeteringen

- Grote stap gemaakt in een procesbenadering bodemdaling. Echter de parametrisatie is een knelpunt
- Veel parametrisatie is gebaseerd op empirische relaties van een beperkt aantal locaties
- Meer meetlocatie nodig om bodemdaling te kunnen volgen en model later te verbeteren

Meer informatie

Guido Bakema

guidobakema@wur.nl

