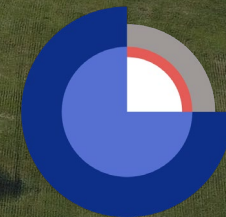


# Terrænnært grundvand, afstrømning og klima - styrende variabler nu og i fremtiden

Ida K. Seidenfaden, Torben Sonnenborg, Jacob Kidmose, Simon Stisen  
Afdelingen for Hydrologi, GEUS 

Kontakt: [IKA@geus.dk](mailto:IKA@geus.dk)

*Billede taget af Jacob Kidmose*

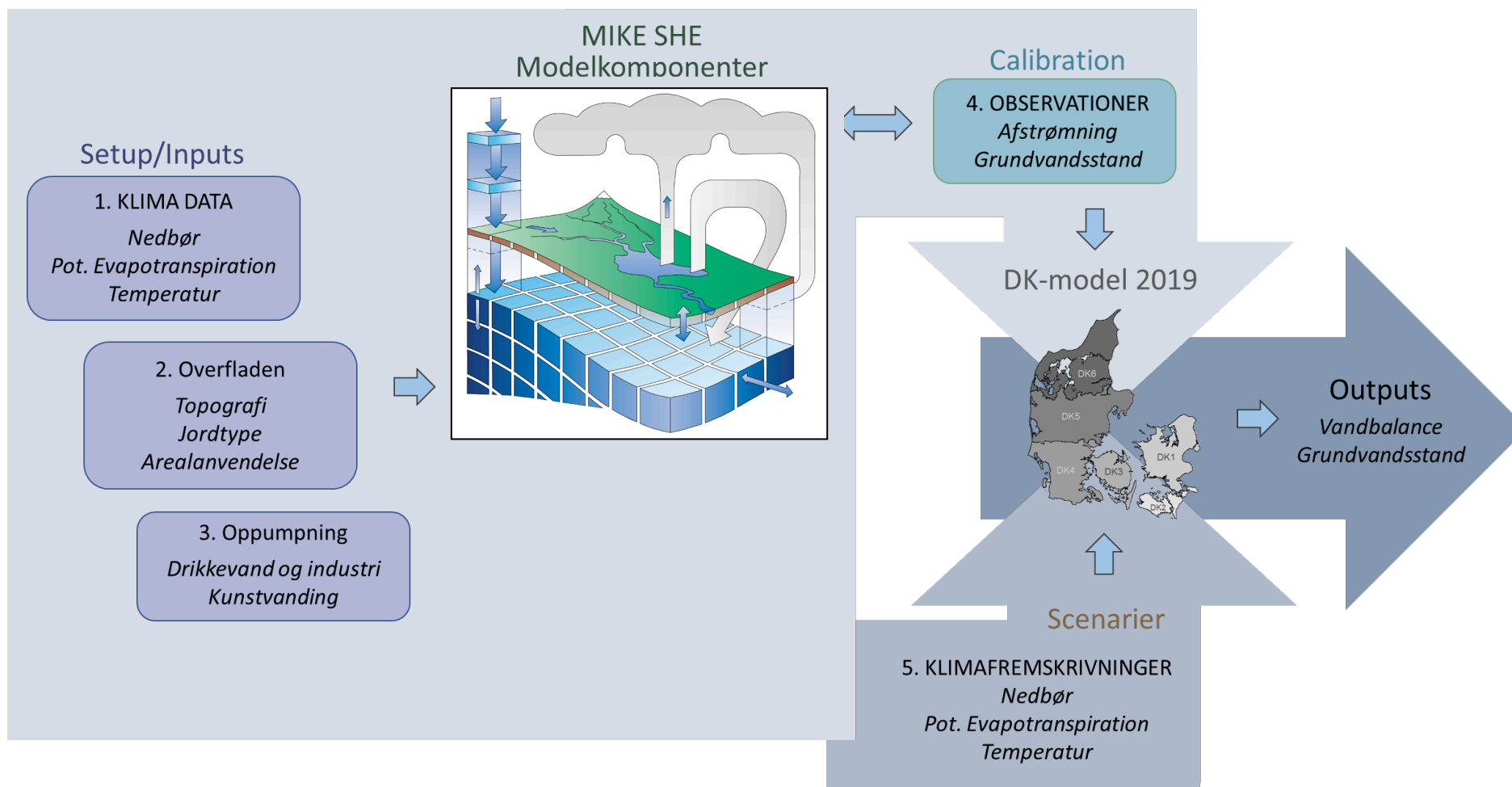


GEUS

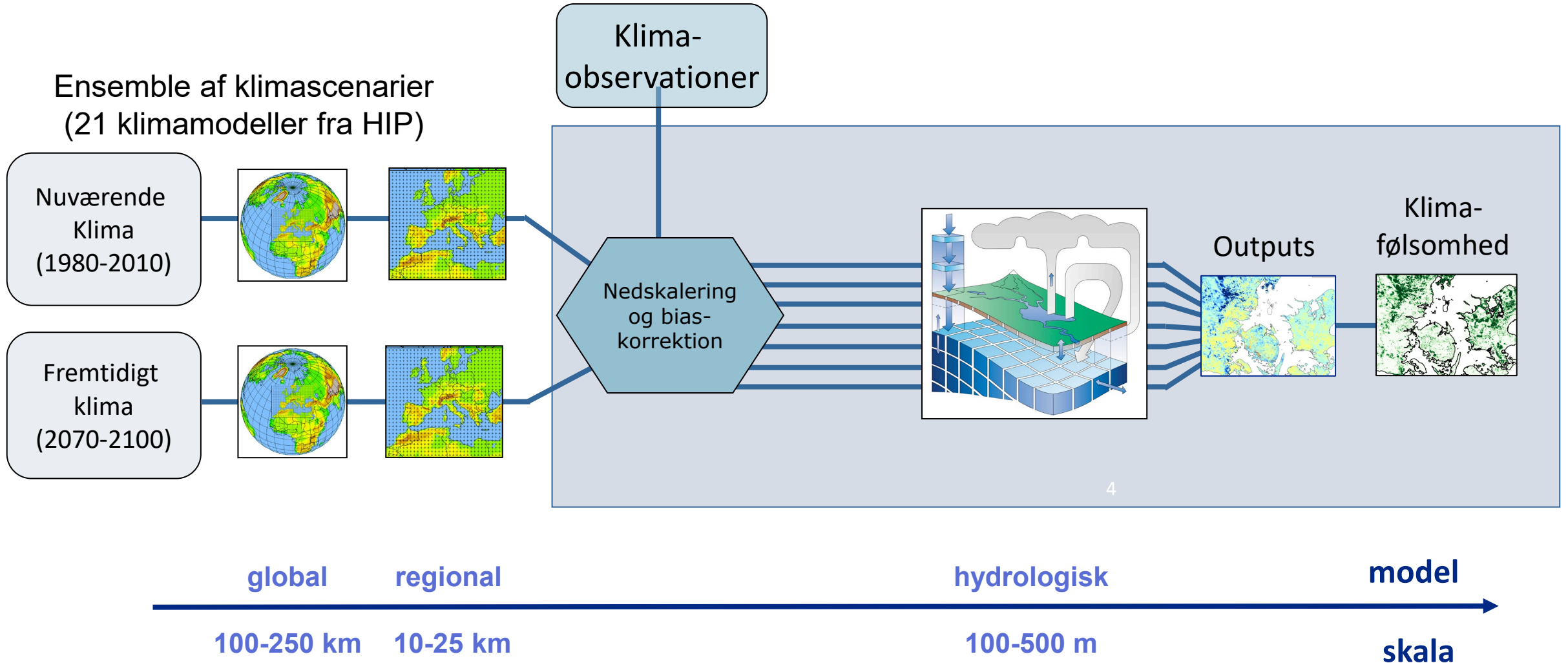
# Hvordan ser fremtidens Danmark ud?

- Hvad siger klimamodellerne og hvor enige er modellerne?
- Hvilket respons ser vi i fremtidens vandbalance/grundvand når vi bruger vores hydrologiske model? Og hvad med usikkerheden?
- Er der regionale forskelle i usikkerhederne og klimaresponset, og hvad er de styrende variabler?

# Fremgangsmåde – Den hydrologiske model

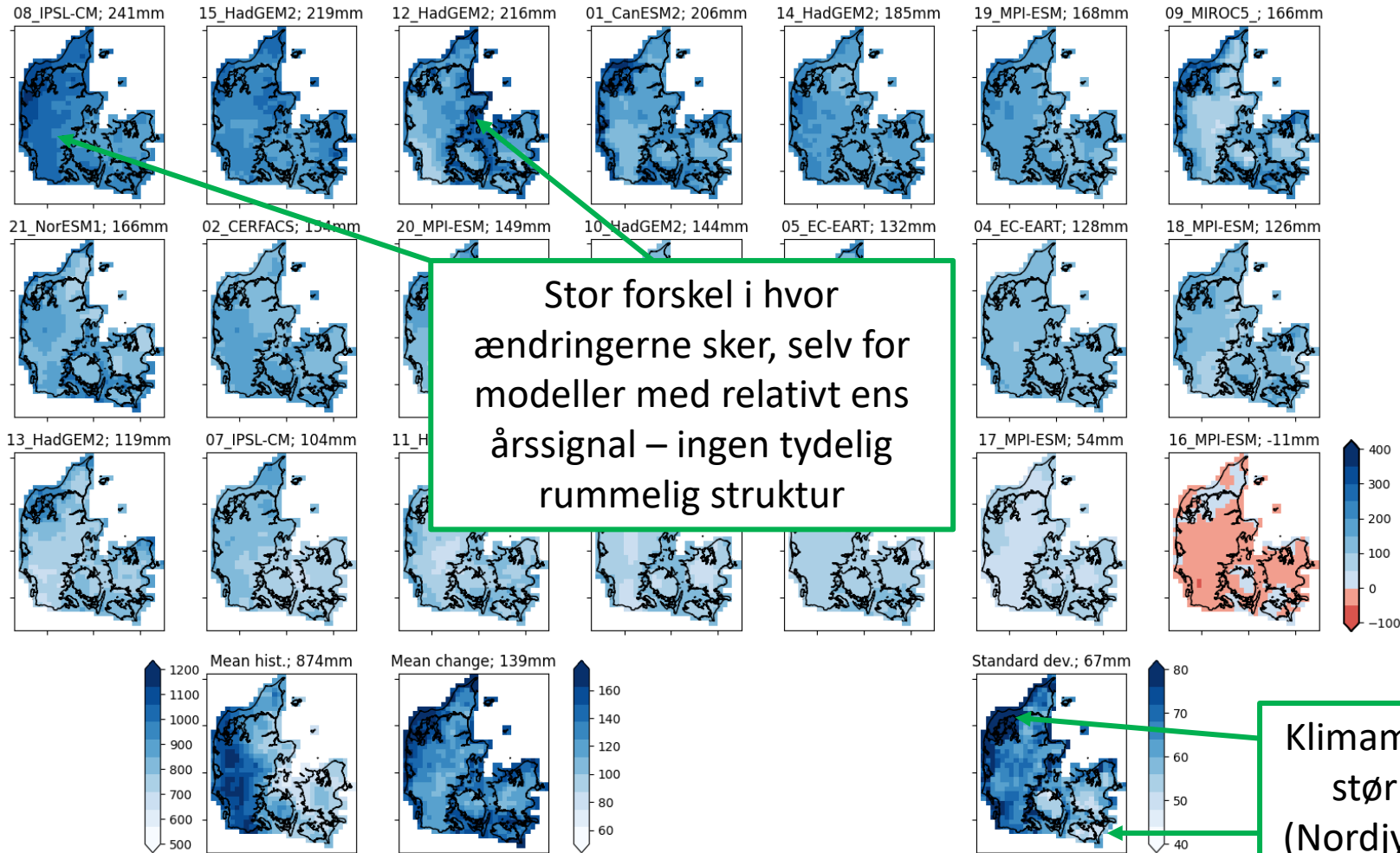


# Fremgangsmåde - Klimainput





# Klimamodeller: Nedbør



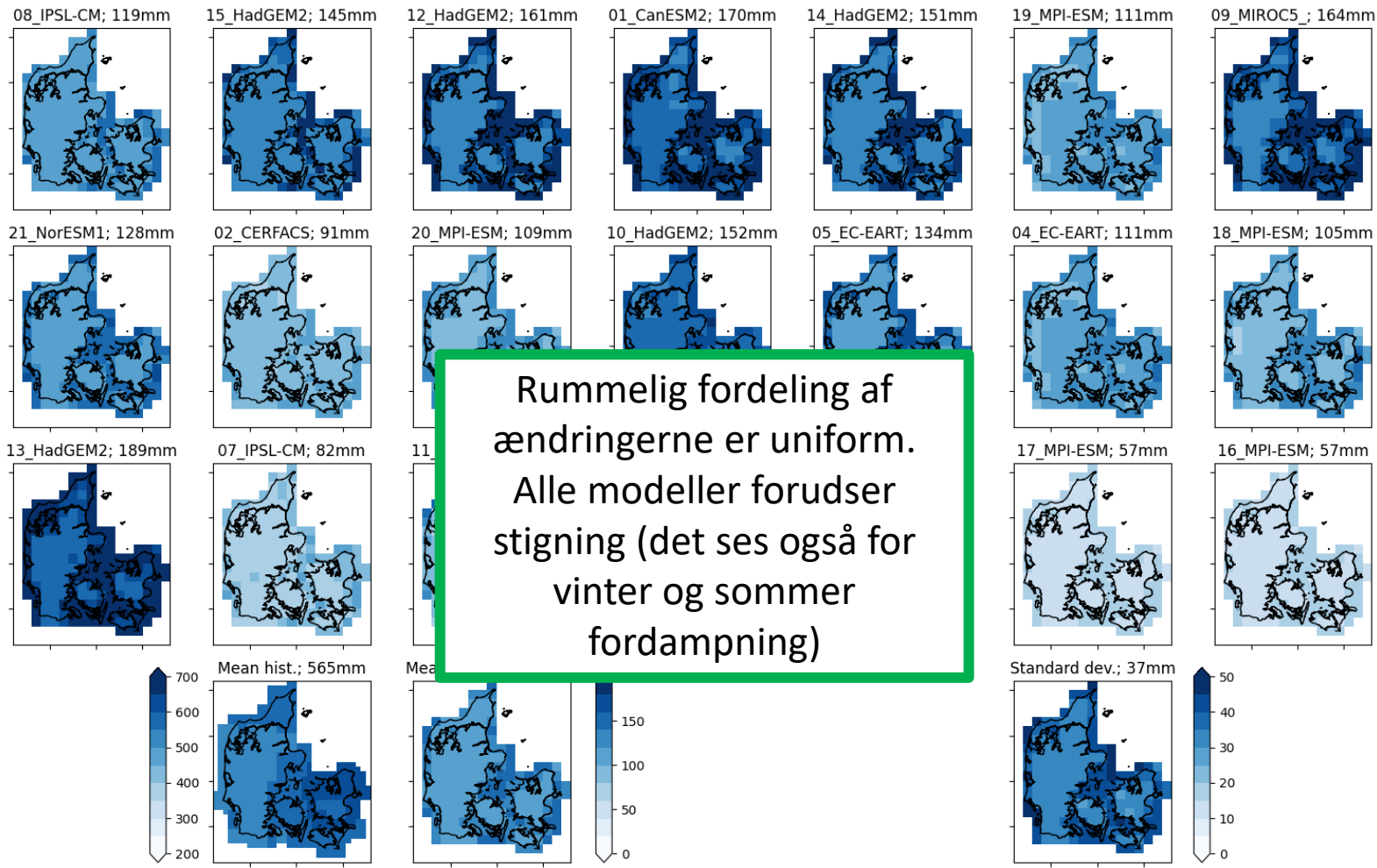
Stor forskel i hvor ændringerne sker, selv for modeller med relativt ens årssignal – ingen tydelig rummelig struktur

- Modellerne er sorteret fra høj til lav stigning i nedbør
- Her er vist årsændringen fra den nutidige reference periode og fremtiden
- **Blå** = øget nedbør
- **Rød** = mindre nedbør
- Årsændring = +17%
  - 31%/+6% vinter/sommer
- Relativ std. Afv. = 48%
  - 48%/+250% vinter/sommer

Klimamodelusikkerheden er større i nogle områder (Nordjylland) end i andre (fx Falster).



# Klimamodeller: Potentiel fordampning

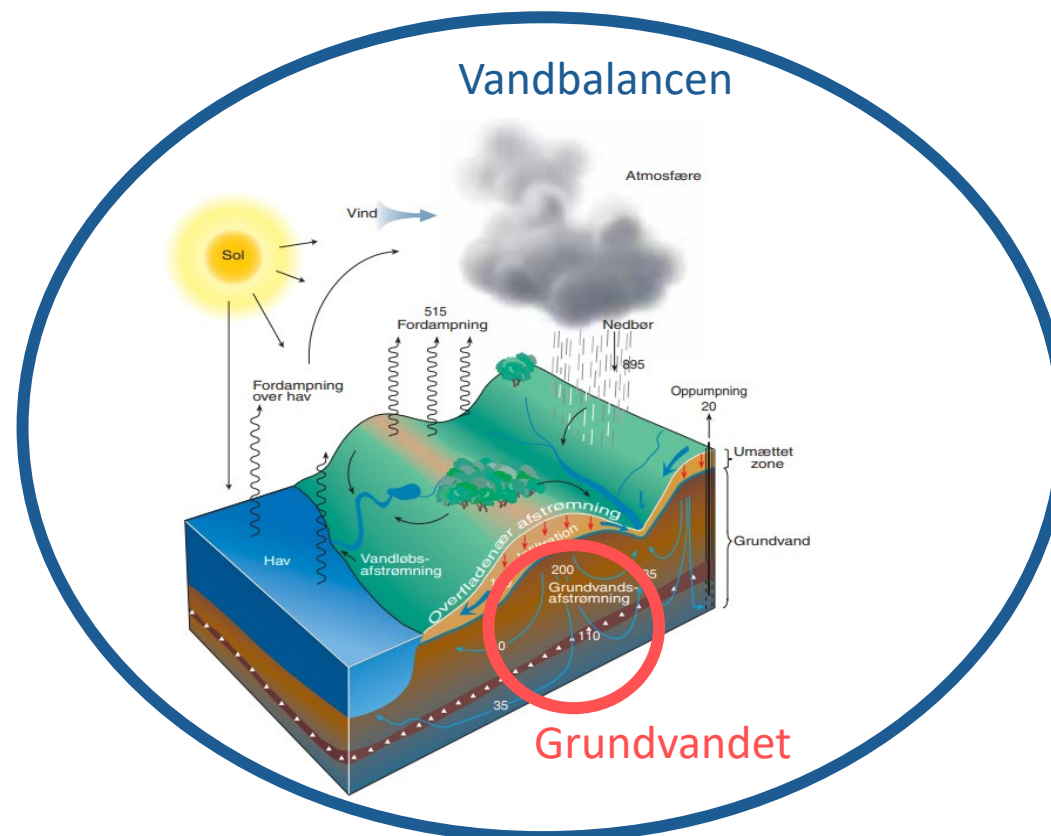
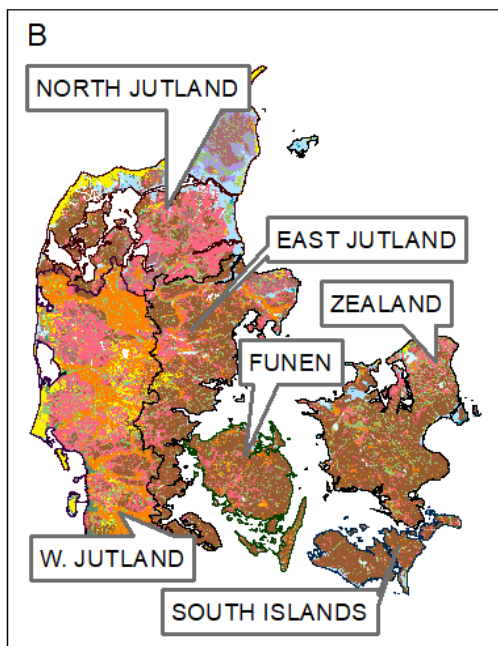


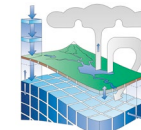
- Modellerne er sorteret fra høj til lav stigning i nedbør
- Her er vist årsændringen fra den nutidige reference periode og fremtiden
- Temperaturbaseret fordampning (Oudin)
- **Blå** = øget fordampning
- **Rød** = mindre fordampning
- Årsændring = +6%
  - +36% vinter/+21% sommer
- Relativ std. Afv. = 29%
  - 33% vinter/31% sommer



# Det hydrologiske respons

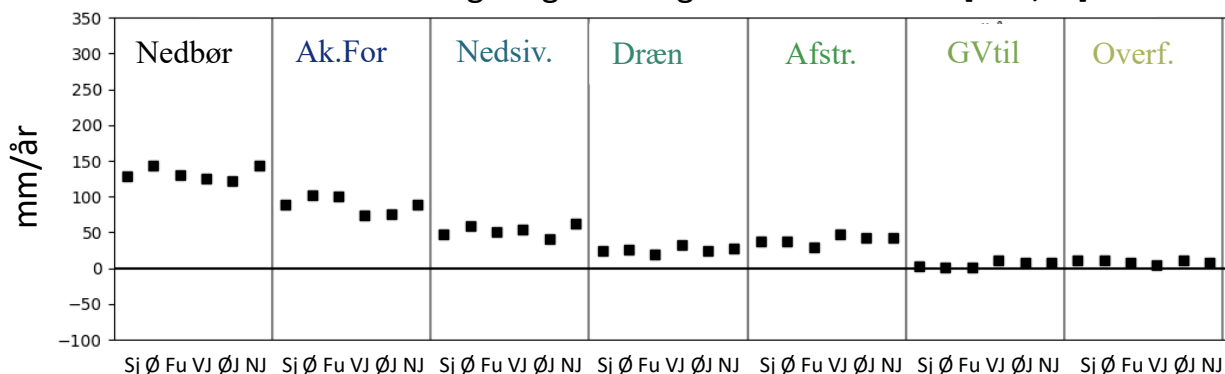
For at analysere ændringerne i den hydrologiske model kigger vi på seks områder: Sjælland, de sydlige øer, Fyn, Vestjylland, Østjylland og Nordjylland



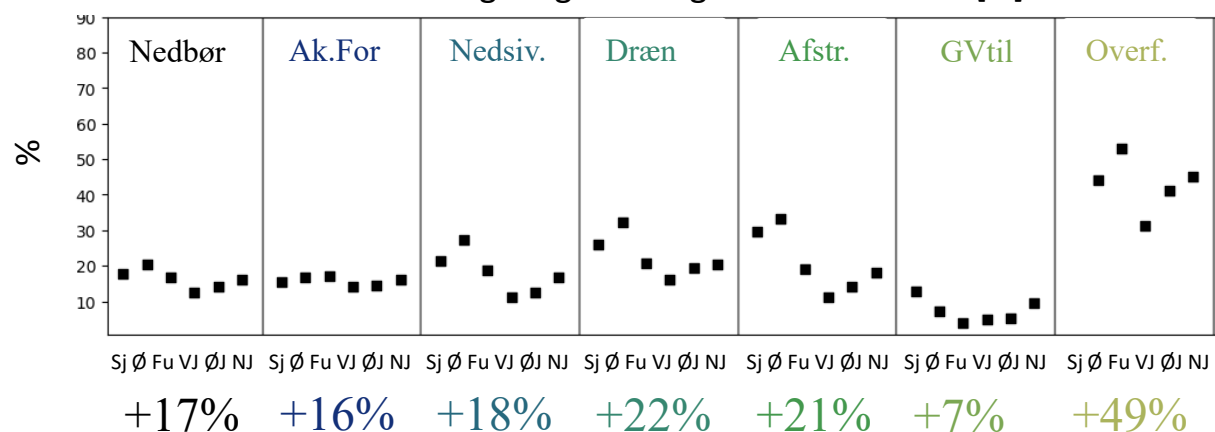


# Det hydrologiske respons

Gennemsnitlig årlig ændring for alle modeller [mm/år]

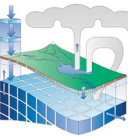


Gennemsnitlig årlig ændring for alle modeller [%]



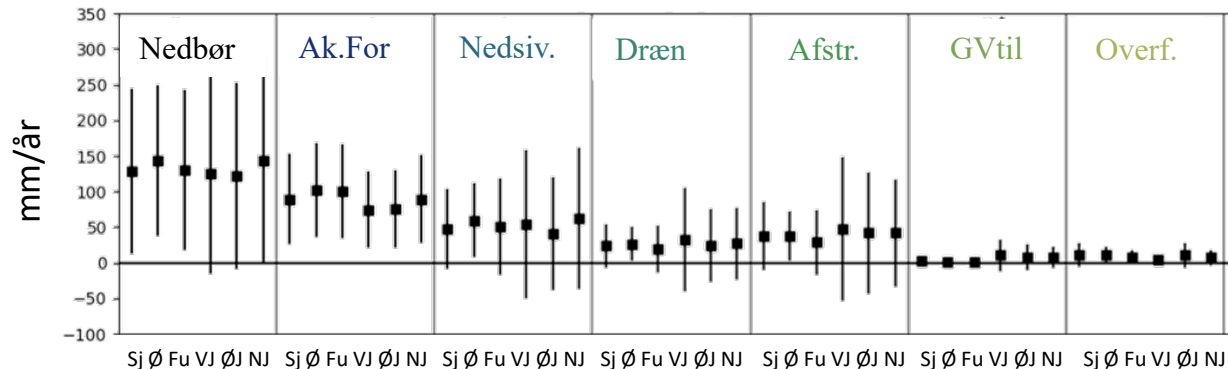
- Her er vist årsændringen fra den nutidige reference periode og fremtiden
- Områderne har generelt samme tendenser (vådere)
- De forskellige områder har ikke samme respons
- De forskellige områder har ikke samme spredning (usikkerhed) i resultaterne
- Svært at sammenligne regionerne da det afhænger af udgangspunktet & inputtet (nedbør)



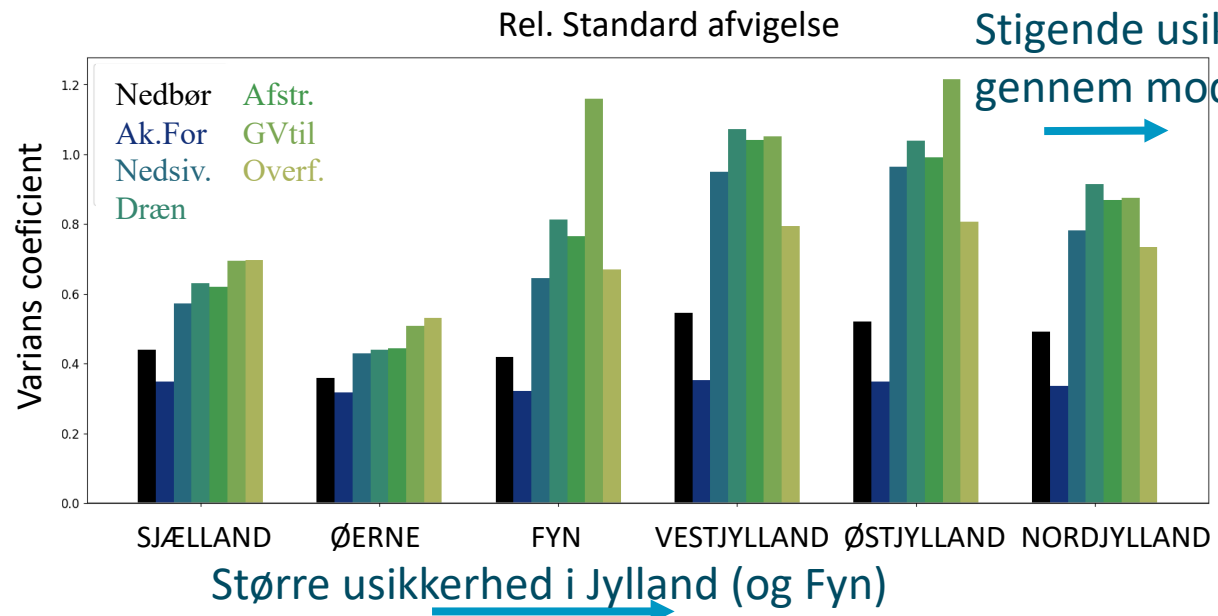


# Det hydrologiske respons

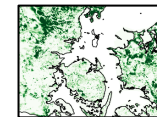
Gennemsnitlig årlig ændring for alle modeller [mm/år]



- Her er vist årsændringen fra den nutidige reference periode og fremtiden
- Områderne har generelt samme tendenser (vådere)



- De forskellige områder har ikke samme respons
- De forskellige områder har ikke samme spredning (usikkerhed) i resultaterne
- Svært at sammenligne responset, da det afhænger af inputtet (nedbør)

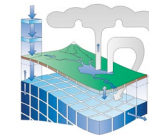


# Klimafølsomhed

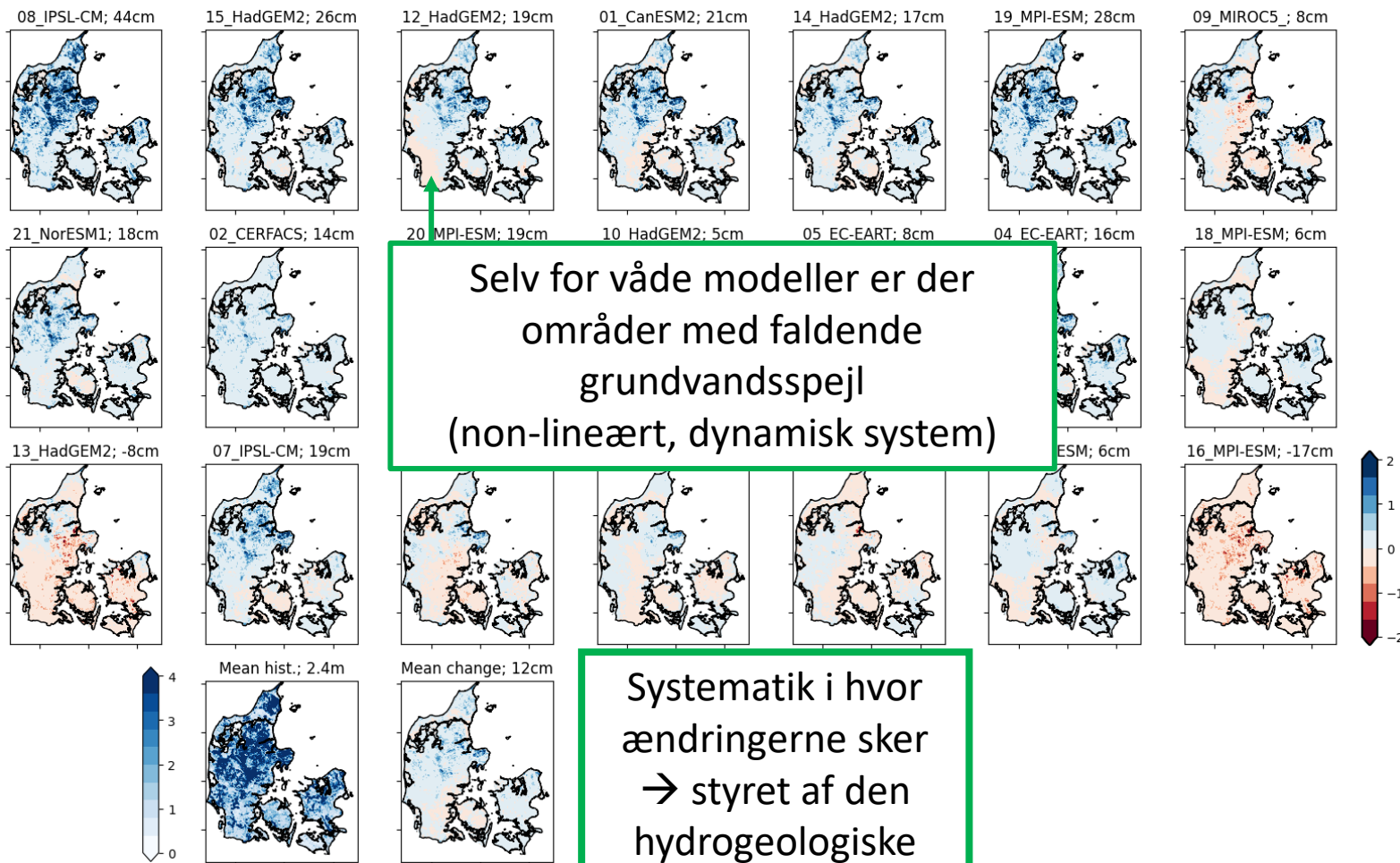
	Sjælland	Øerne	Fyn	Vestjylland	Østjylland	Nordjylland
Aktuel fordampning	0.72	0.70	0.76	0.59	0.63	0.67
Recharge (nedsivning)	0.34	0.38	0.38	0.46	0.35	0.39
Afstrømning	0.29	0.26	0.23	0.42	0.36	0.28
Drænastrømning	0.19	0.18	0.16	0.30	0.21	0.17
Overfladisk afstrømning	0.02	0	0.01	0.01	0.01	0.01
Grundvand til åer	0.02	0	0.02	0.09	0.07	0.05
Vanding	-	-	-	0.04	0.01	0
<b>Sum</b>	<b>1.58</b>	<b>1.52</b>	<b>1.56</b>	<b>1.91</b>	<b>1.64</b>	<b>1.57</b>

↑  
 Lavest følsomhed      ↑  
 Højest følsomhed

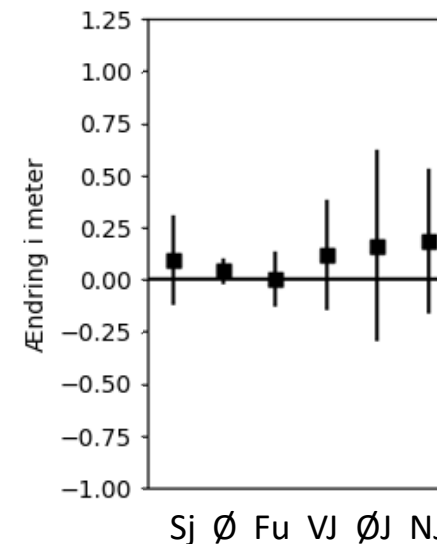
- Større følsomhed for fordampning på øerne
- Større følsomhed for grundvandstilstrømning (baseflow) i Jylland
- Høj drænfølsomhed i Vestjylland

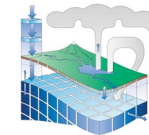


# Ændring i terrænnær grundvandsstand

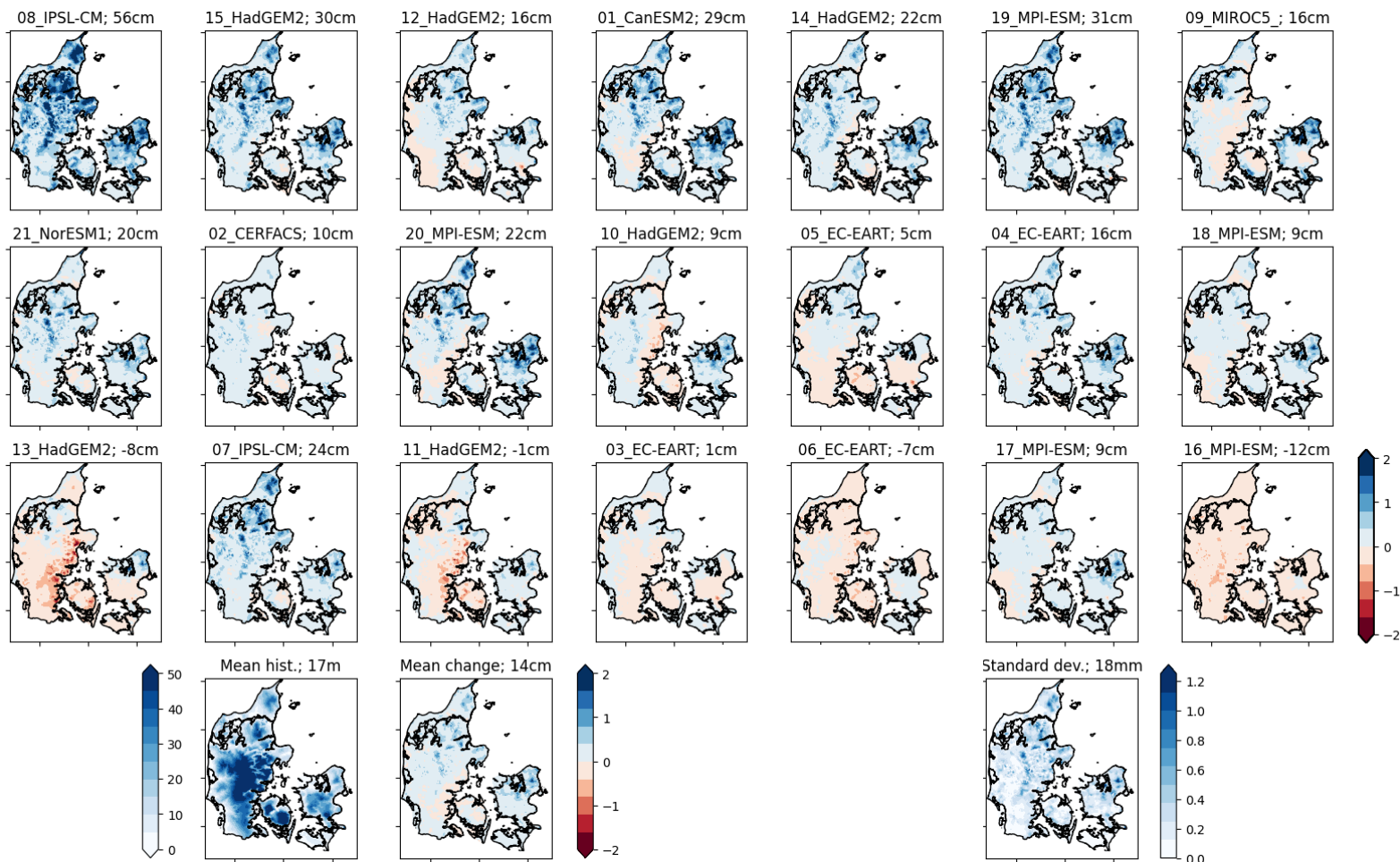


- Modellerne er sorteret fra høj til lav stigning i nedbør
- **Blå** = Højere grundvand
- **Rød** = Dybere grundvand

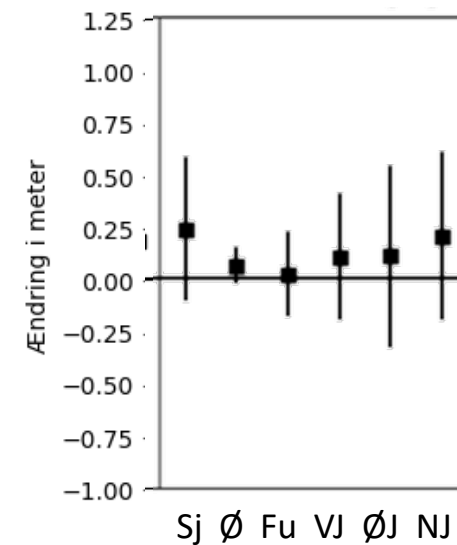


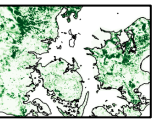


# Ændring i dyb grundvandsstand



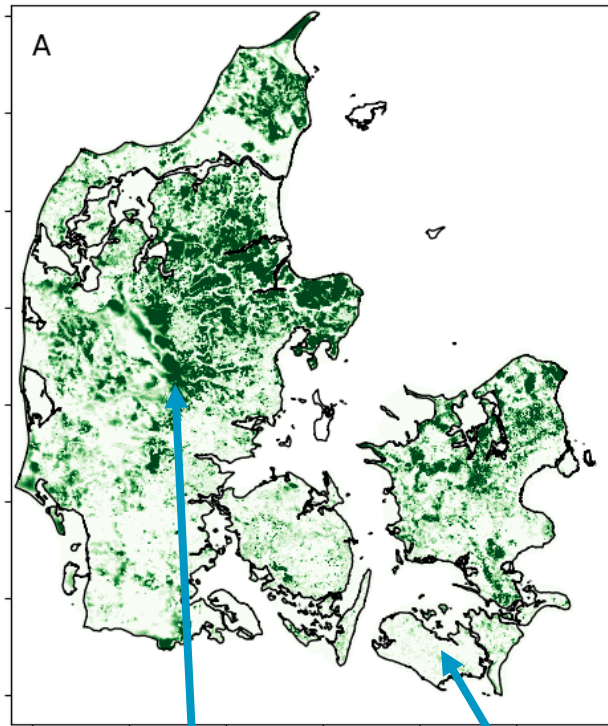
- Modellerne er sorteret fra høj til lav stigning i nedbør
- **Blå** = Højere trykniveau
- **Rød** = Lavere trykniveau





# Klimafølsom – hvor og hvorfor?

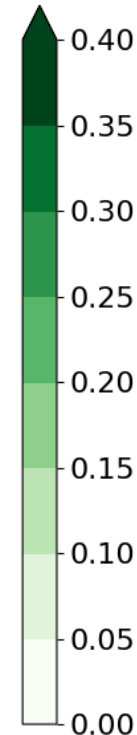
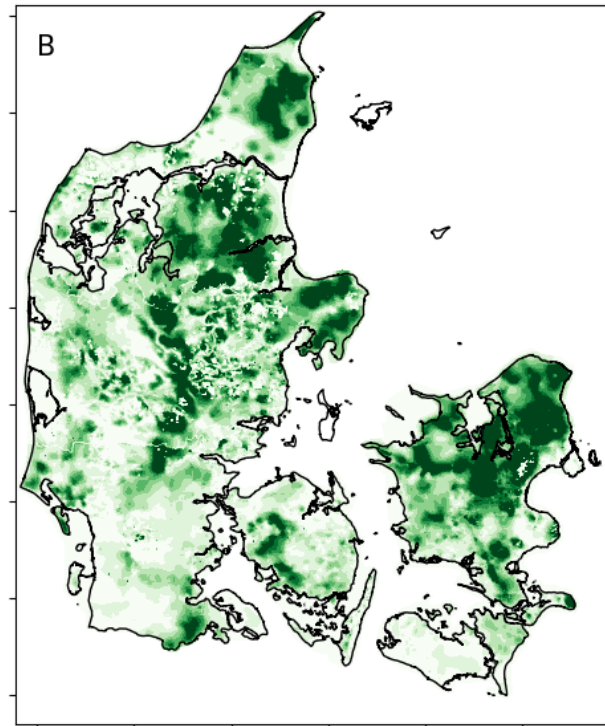
Terrænnære grundvand, 0.13



Stor følsomhed

Lille følsomhed

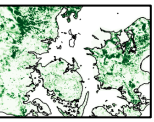
Dybe grundvand, 0.14



Hvorfor er nogle områder mere følsomme end andre?

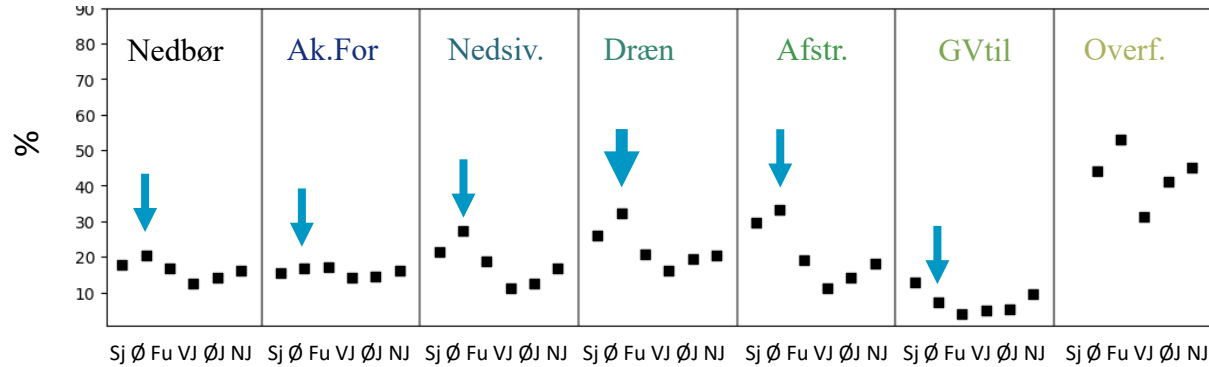
Faktorer der kan være årsagen til lav/høj klimafølsomhed...

- Input
- Topografi
- Dræning
- Nuværende grundvandsstand
- Fordampning (roddybe)
- Overfladenær geologi
- Dybere geologi



# Terrænnære klimafølsomhed

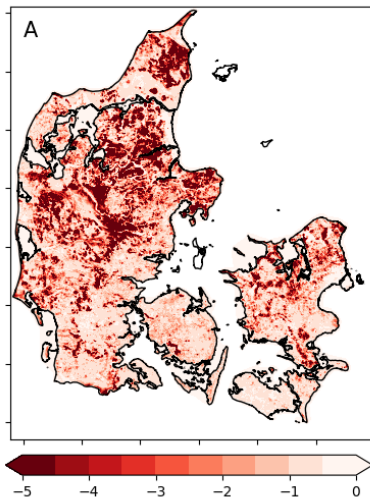
Gennemsnitlig årlig ændring for alle modeller [%]



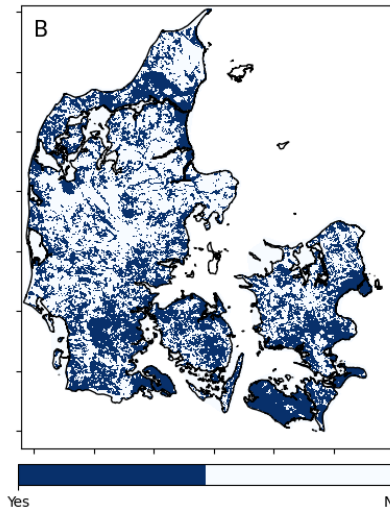
Resultat af topografi, klima, jordtype, vegetation og geologi



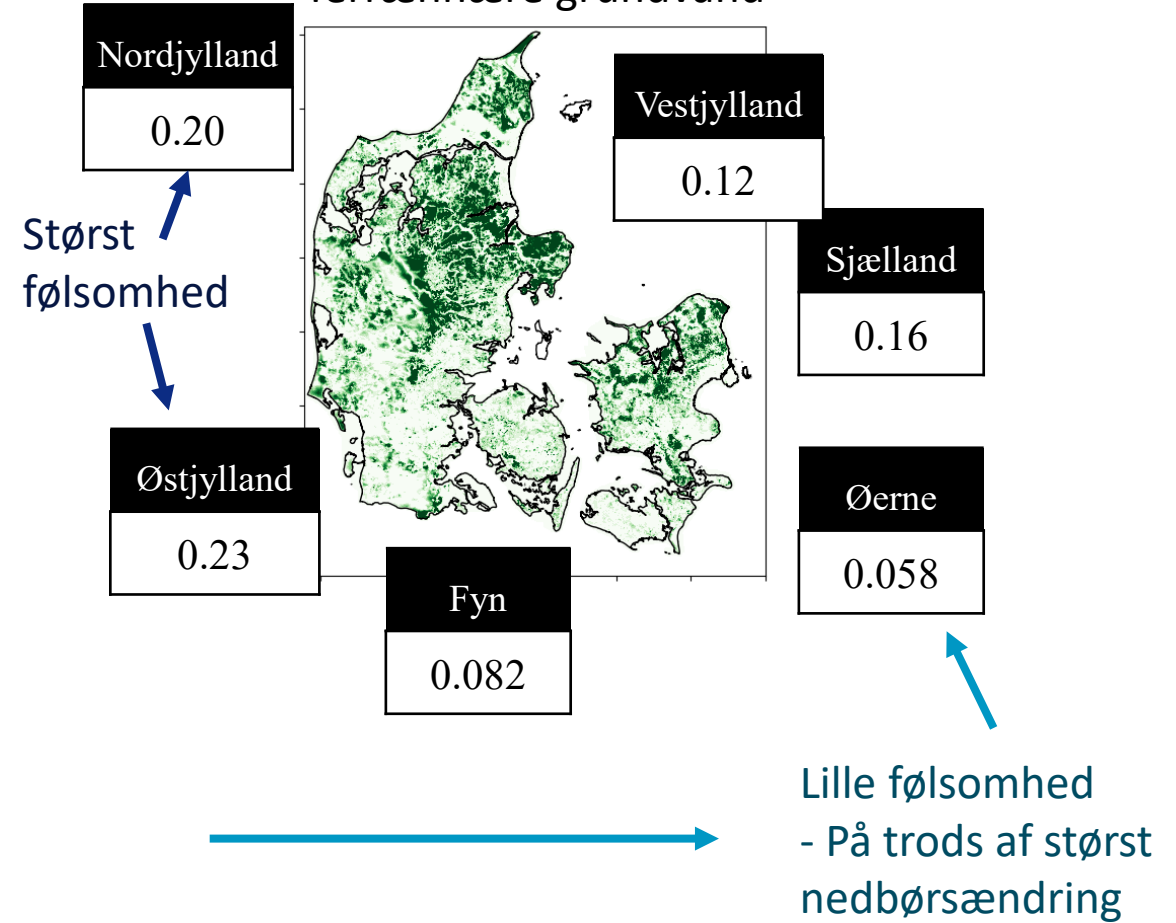
Dybden til grundv.-spejlet

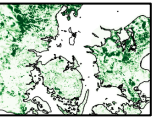


BLÅ= GV tæt dræn niveau



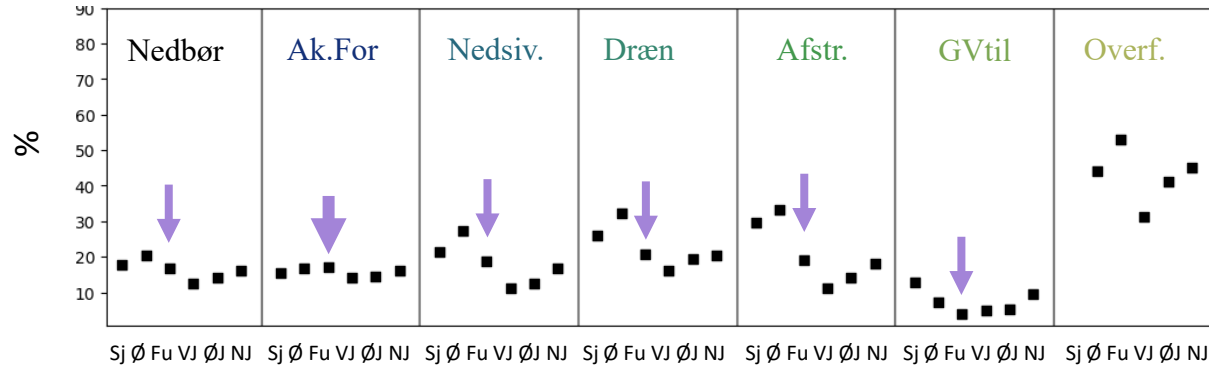
Terrænnære grundvand



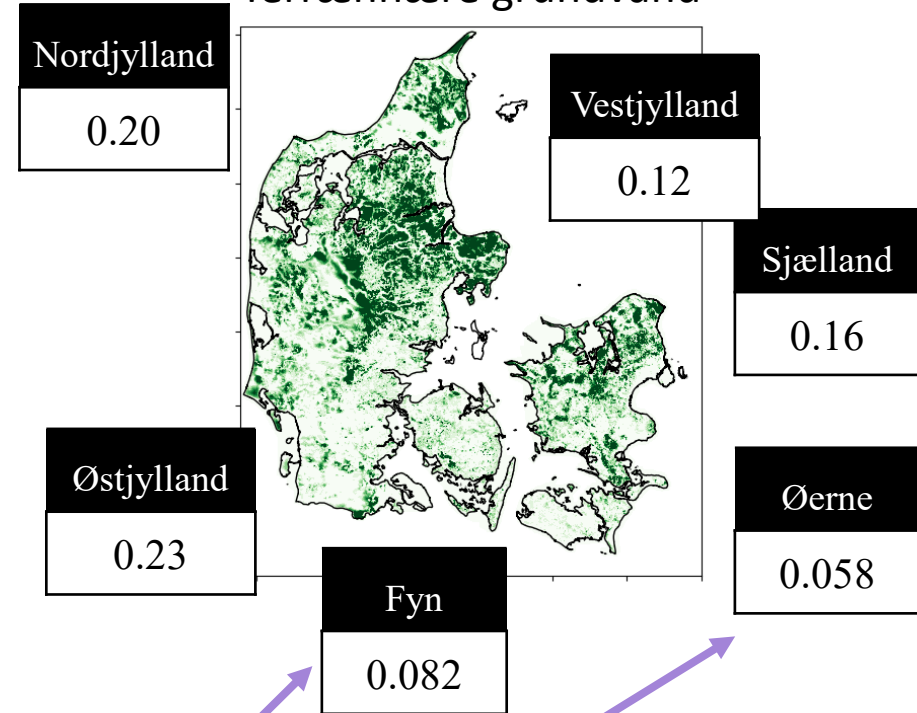


# Terrænnære klimafølsomhed

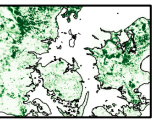
Gennemsnitlig årlig ændring for alle modeller [%]



Terrænnære grundvand

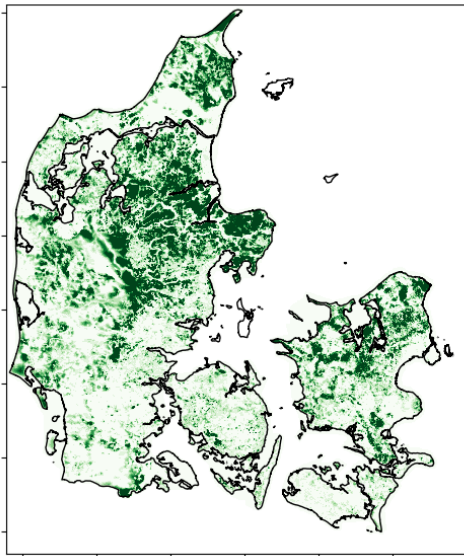


Gn. Roddybde er meget tæt på eller over det nuværende grundvandspejl



# Dybe grundvands klimafølsomhed

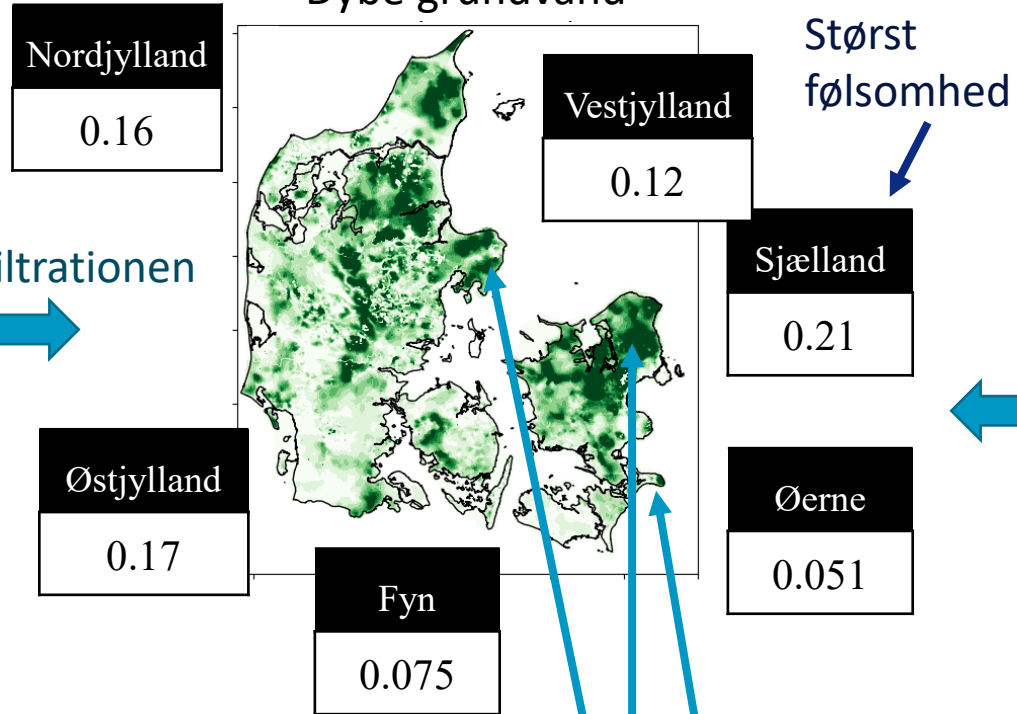
Terrænnære grundvand



Styrer infiltrationen



Dybe grundvand



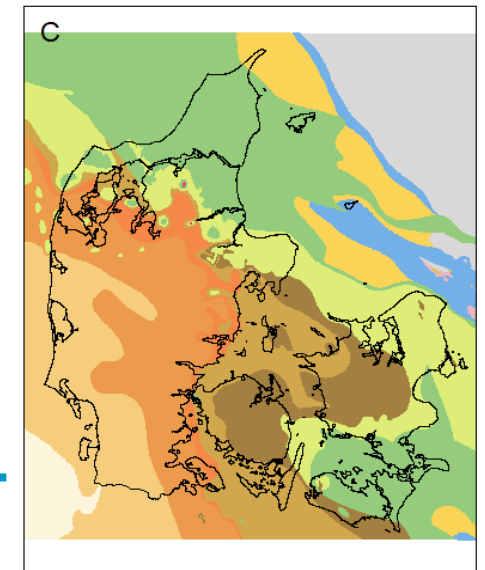
Størst følsomhed



Forhøjet følsomhed  
- Kunne være korreleret med kalkmagasiner



Prækvarteret (geologien)





# Konklusion

## Rummeligt respons

- Der er store regionale forskelle i klimainputdata
  - Man skal være forsigtig med at udvælge enkelte modeller for oplande baseret på landsgennemsnit
  - Større spredning (usikkerheder) i Jylland end det resterende Danmark
- Der er store regionale forskelle i det resulterende respons i den hydrologiske model
  - Primært styret af den hydrogeologiske model
  - Øget nedbør og nedsivning resulterer således ikke altid i stigning i grundvandsstand
  - Ekstrapolering af klimafremskrivninger fra et område til et andet er ikke muligt

## Styrende faktorer

- Klimafølsomheden er lav i den hydrologiske model når der er en begrænsning pga. dræn eller ændringerne dæmpes af øget fordampning
- Klimafølsomheden er høj i områder med dybere terrænnært grundvand og muligvis i kalkmagasiner med høj ledningsevne

**Tak for opmærksomheden!**

# Vil du vide mere?



Denne præsentation er baseret på artiklen:

Ida K. Seidenfaden, Torben O. Sonnenborg, Simon Stisen, Jacob Kidmose, Quantification of climate change sensitivity of shallow and deep groundwater in Denmark, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 41, 2022, 101100, ISSN 2214-5818, <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101100>

## Se også:

**HIP- modellen:** Henriksen, H. J., Kragh, S. J., Gotfredsen, J., Ondracek, M., van Til, M., Jakobsen, A., Schneider, R. J. M., Koch, J., Troldborg, L., Rasmussen, P., Pasten-Zapata, E., and Stisen, S.: Dokumentationsrapport vedr. modelleverancer til Hydrologisk Informations- og Prognosesystem, 2020.

**DK-modellen:** Stisen, S., Ondracek, M., Troldborg, L., Schneider, R.J.M., Til, M.J.v., 2019. National Vandressource Model. Modelopstilling og kalibrering af DK-model 2019. , Geological Survey of Denmark and Greenland, Copenhagen, Denmark.

**Klimamodeller og nedskalering:** Pasten-Zapata, E., Sonnenborg, T. O., and Refsgaard, J. C.: Climate change: Sources of uncertainty in precipitation and temperature projections for Denmark, *GEUS Bull.*, 43, e2019430102-01, <https://doi.org/10.34194/GEUSB-201943-01-02>, 2019.

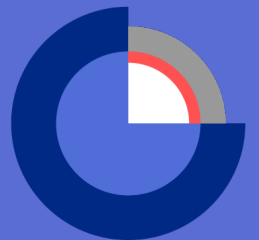
FØLG Hydrologisk Afdeling på twitter og LinkedIn:



@hydrologygeus



Department of Hydrology - GEUS



GEUS