

# Fra DK model i 500m til landsdækkende klimafremskrivning af dybde til terrænnært grundvand og maksimum afstrømning i 100m's opløsning

*seniorrådgiver Hans Jørgen Henriksen, GEUS*

**Hydrologisk afdeling  
GEUS**

**ATV øst 27. Januar 2021**

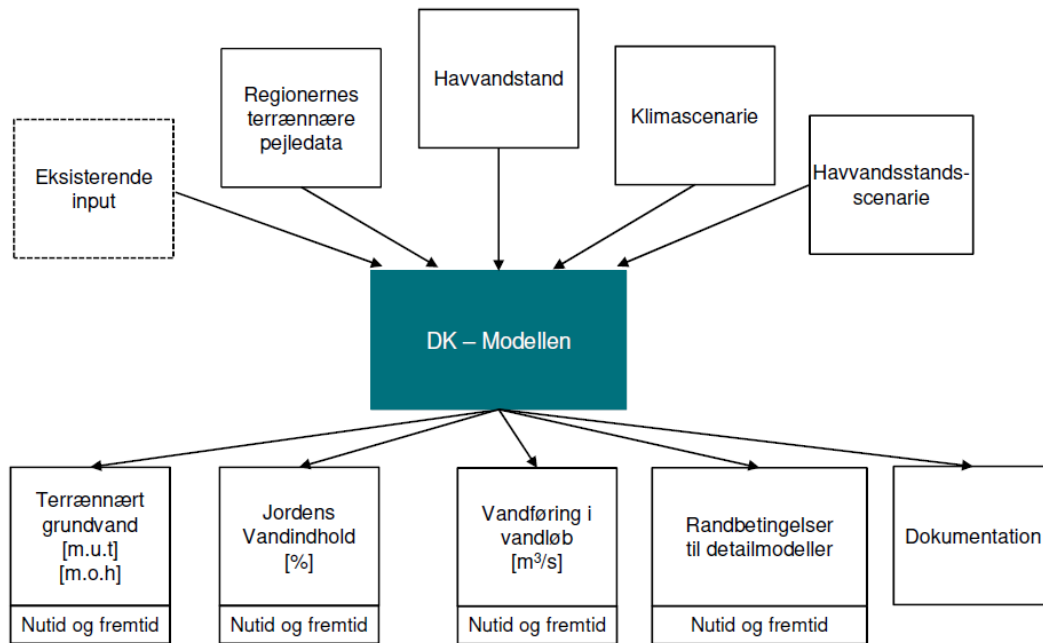
*Monitering og modellering af terrænnært grundvand – hvor langt er vi kommet?*

**“Gå hjem møde” – On line**

# Disposition

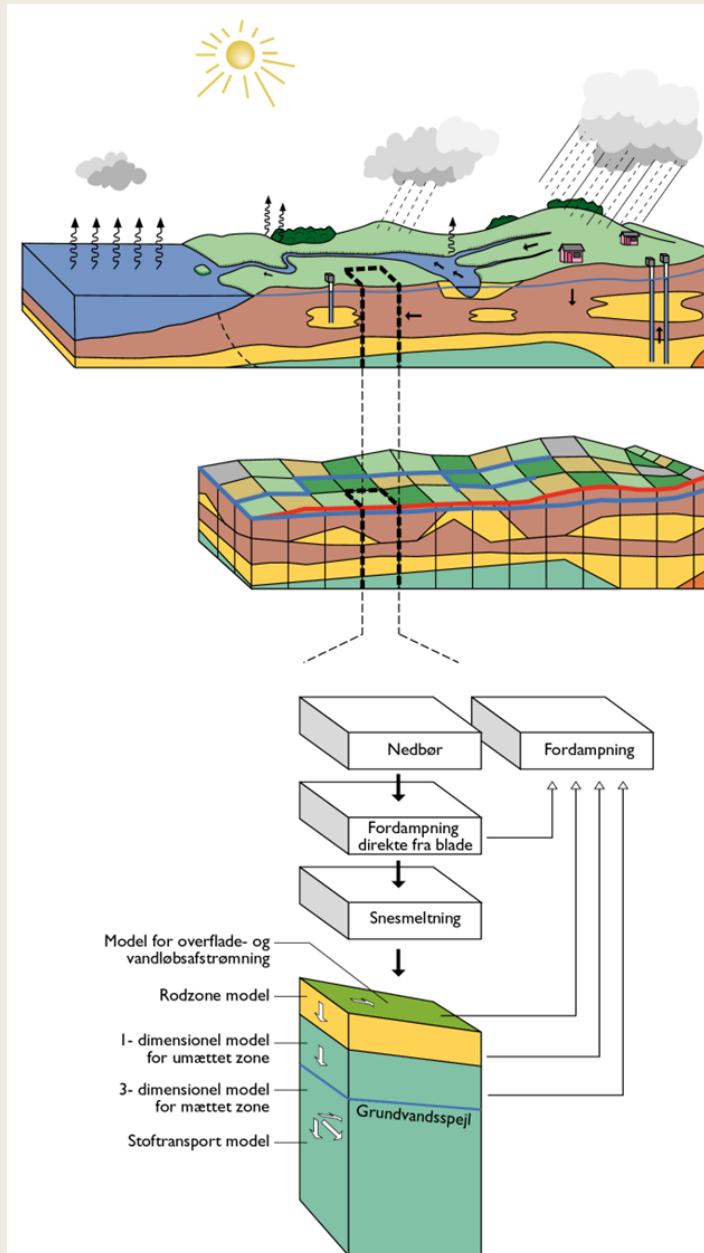
- Lidt om **DK-model HIP**, hovedleverancer og integreret setup af 500m, 100m, 10m og nedskalering
- Resultater for **historisk periode** (1990-2019) i 100m model for sommer/vinter og Tårs max hændelser
- **Klimafremskrivning-500m af ændringer** for RCP4.5 og RCP8.5
- **Fremskrivning af absolutte dybder** for T=2 års og T=100 års max døgnhændelser for terrænnært grundvand
- Konkretisering af resultater i forhold til **10-submodel områder** og sammenligning med **pejletidsserier**
- Princip for **visualisering af model-bias** i forhold til målte pejlinger og vandføringer
- Eksempel på **nedskalering af klimaeffekt ændringer** i dybden til terrænnært grundvand fra 500m til 100m
- **Konklusioner**

# DK model HIP

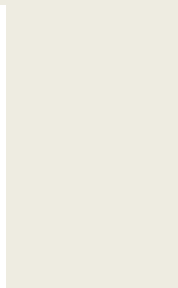
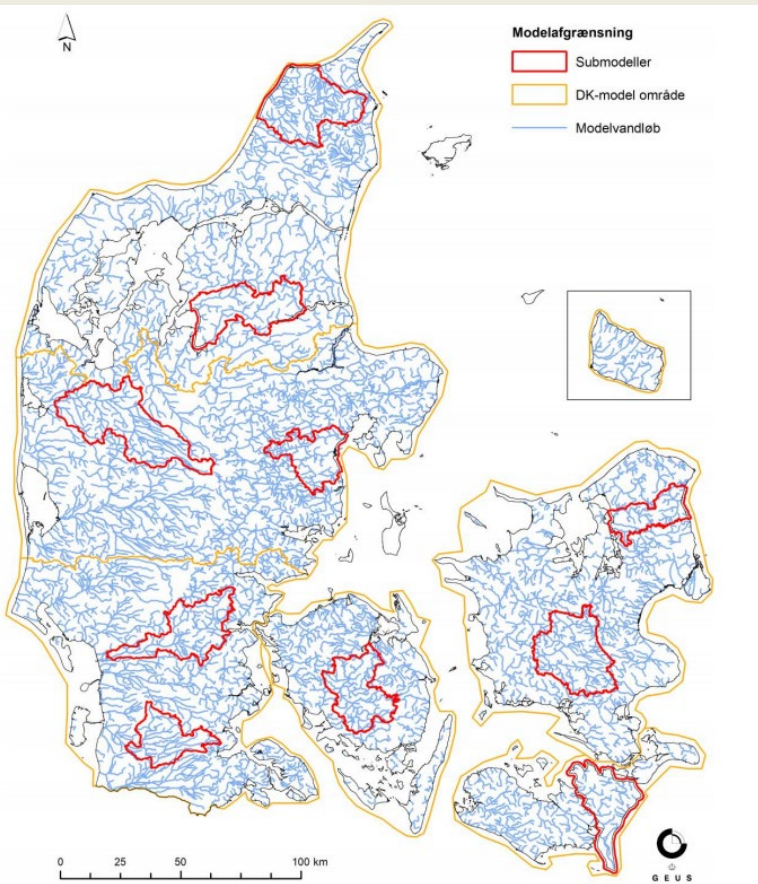


- Dybde til terrænnært grundvand
- Variationer i vandindhold i rodzonen
- Vandføring i vandløb i > 50.000 punkter
- Randbetingelser til brug for lokalmodel

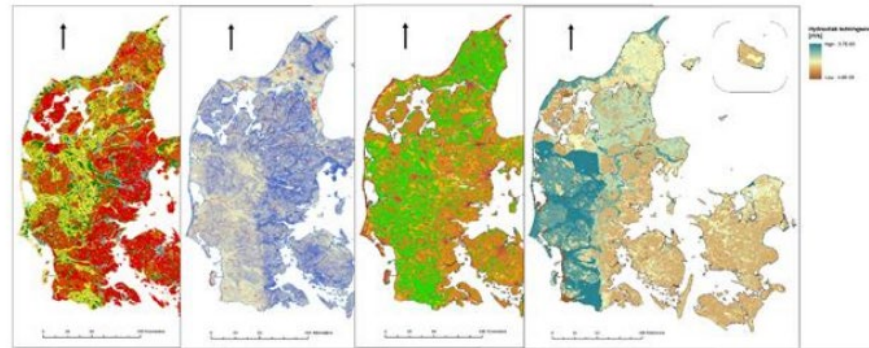
- 
- 500m – 100m – 10m
  - Historisk (1990-2019) fremskrivning RCP4.5/RCP8.5 2041-70 og 2071-2100



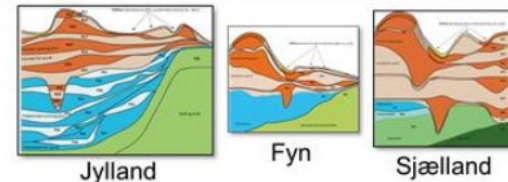
# Model setup



Land surface parametrization



Hydrogeology



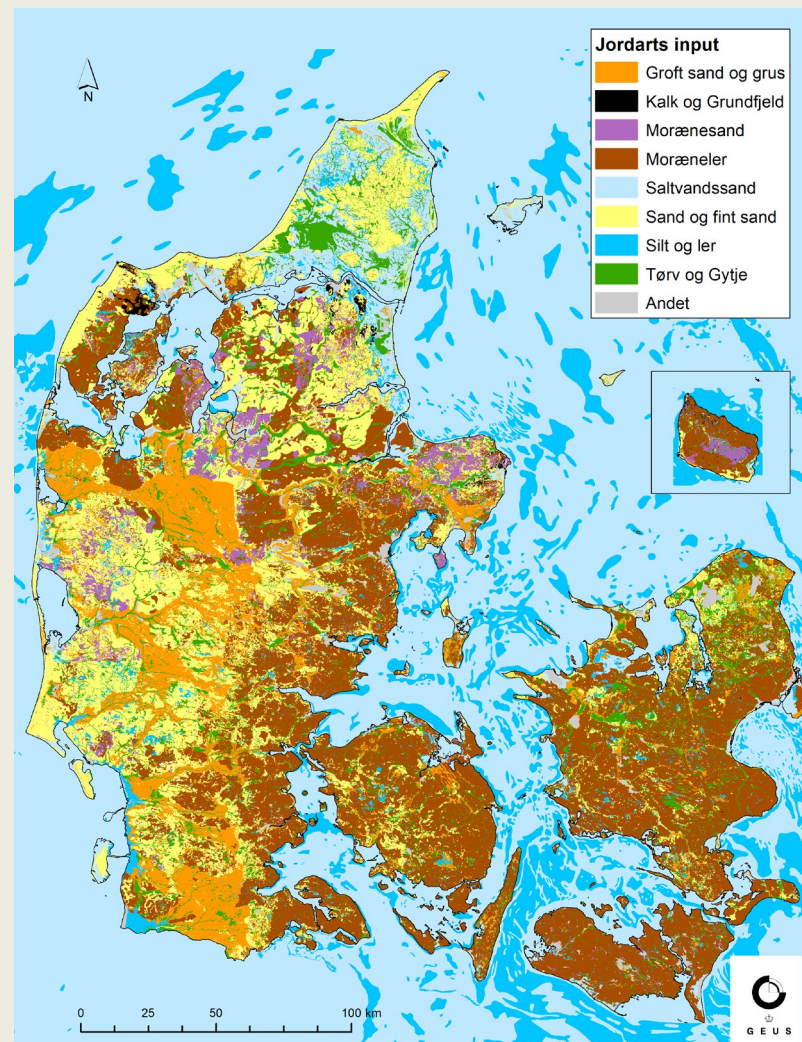
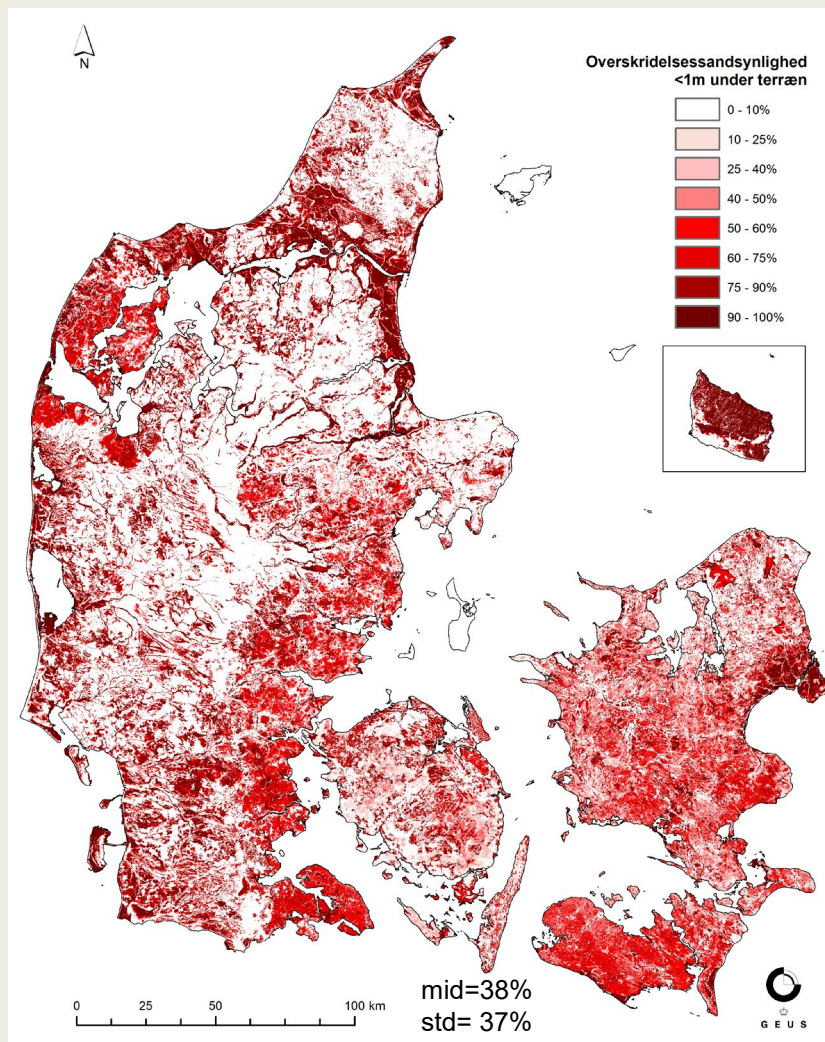
Tabel 1: Oversigt med overordnede forskelle og opdateringer fra DK-model2019 500m til DK-model HIP 500m, samt forskelle og opdateringer fra DK-model2019 500m til DK-model HIP 100m.

Modelopsætning	DK-model2019	DK-model HIP 500m	DK-model HIP 100m
Arealanvendelse	23 arealanvendelser med kombinationer af vegetations- og jordtyper	28 arealanvendelser med kombinationer af vegetations- og jordtyper, 100m	Samme som DK-model HIP 500m
Kystafgrænsning 500m til 100m	Kystafgrænsning er defineret ud fra 500m grid	Kystafgrænsning er defineret ud fra 500m grid	Kystafgrænsning er defineret ud fra 100m grid
Jordarts klasseinddeling	5 jordart klasse inddeling, 500m grid	Opdateret med 9 nye jordart klasse inddeling, 100m grid	Samme som DK-model HIP 500m
Markvandingsarealer	Vandingsarealet (bufferzone omkring vandingsboringerne) er sat til 450 m	Vandingsarealet er sat til 450 m	Vandingsarealet er sat til 550m
Vandløb og søer	DK-model2019 vandløb	Justeret placering i eksisterende vandløbsnetværk	Udbygget vandløbsnetværk
Aggregering af geologiske lag	DK4-6 har 22/18 lag, 500m grid	DK4-6 har 11 lag	Samme som DK-model HIP 500m

Figur 11: Oversigt af geografisk placering af submodeller og DK-modelområder.

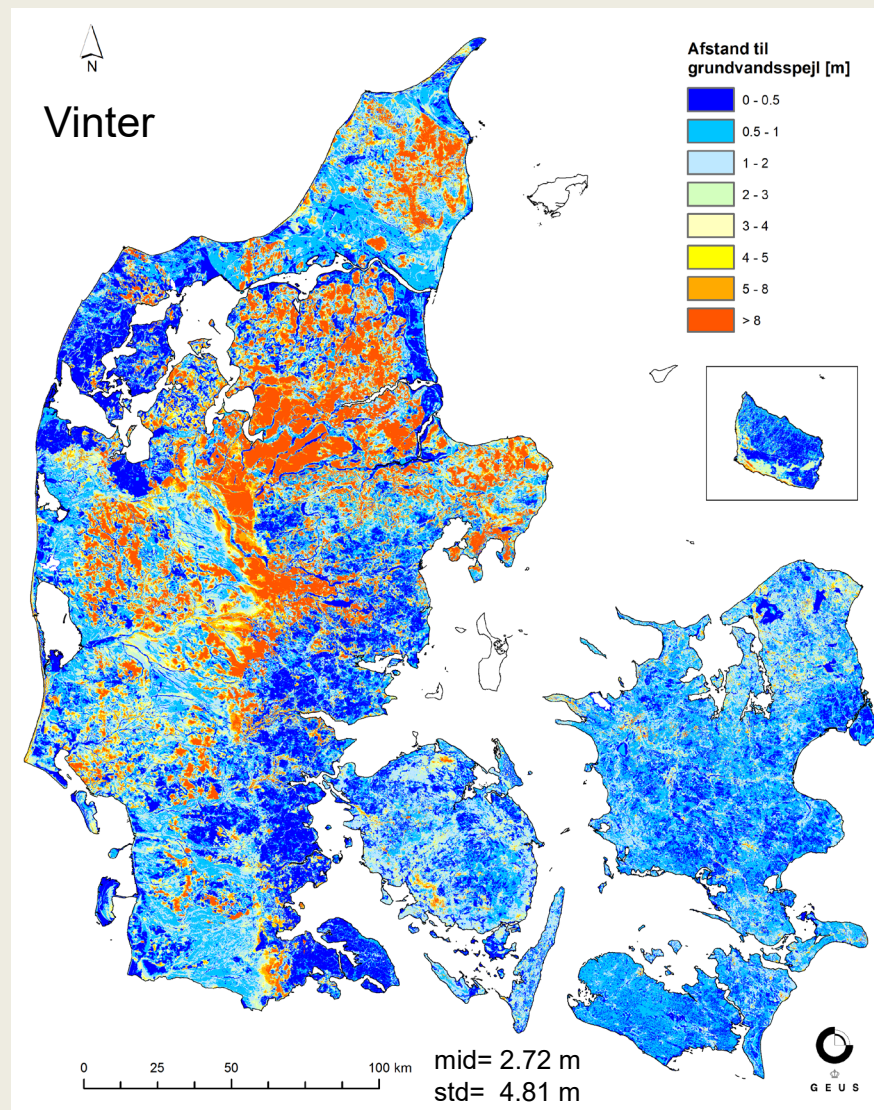
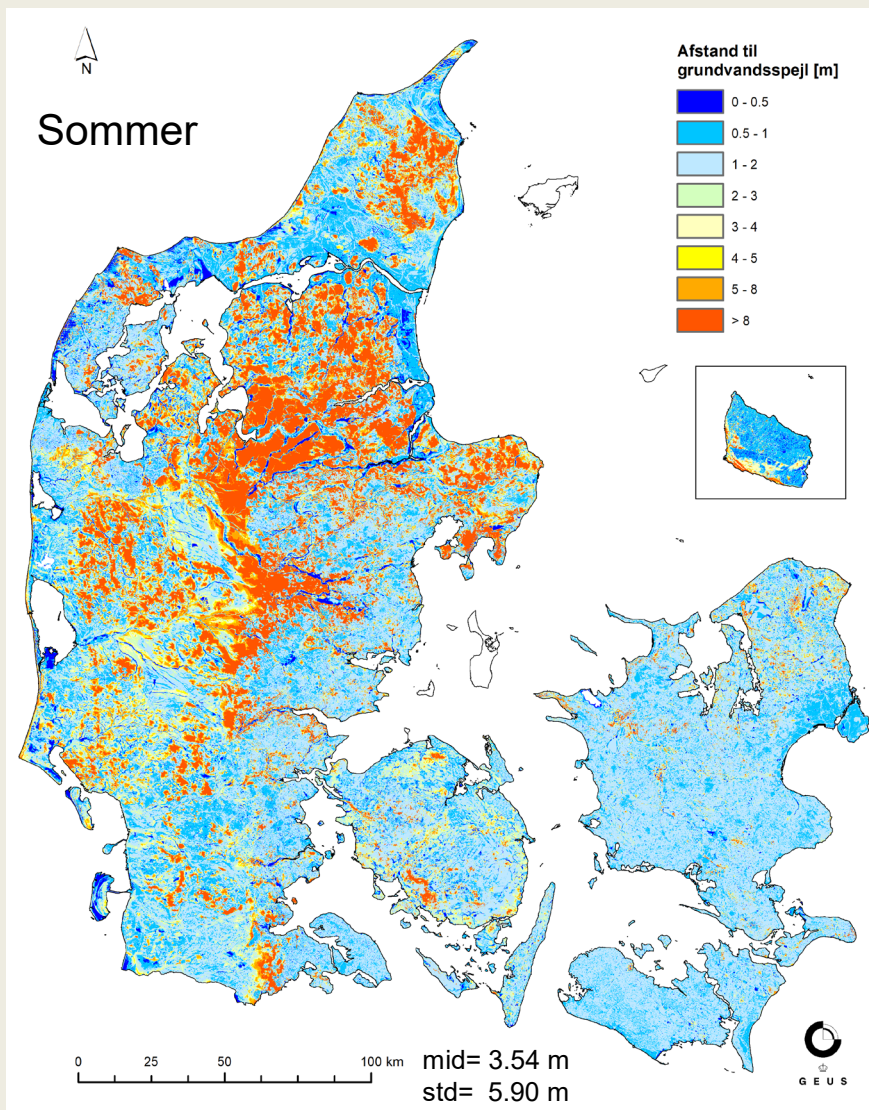
# Resultater historisk-100m

Overskridelses sandsynlighed 1990-2019 og jordarts-type  
**hvor tit er dybden til terrænnært grundvand <1 m.u.t.?**

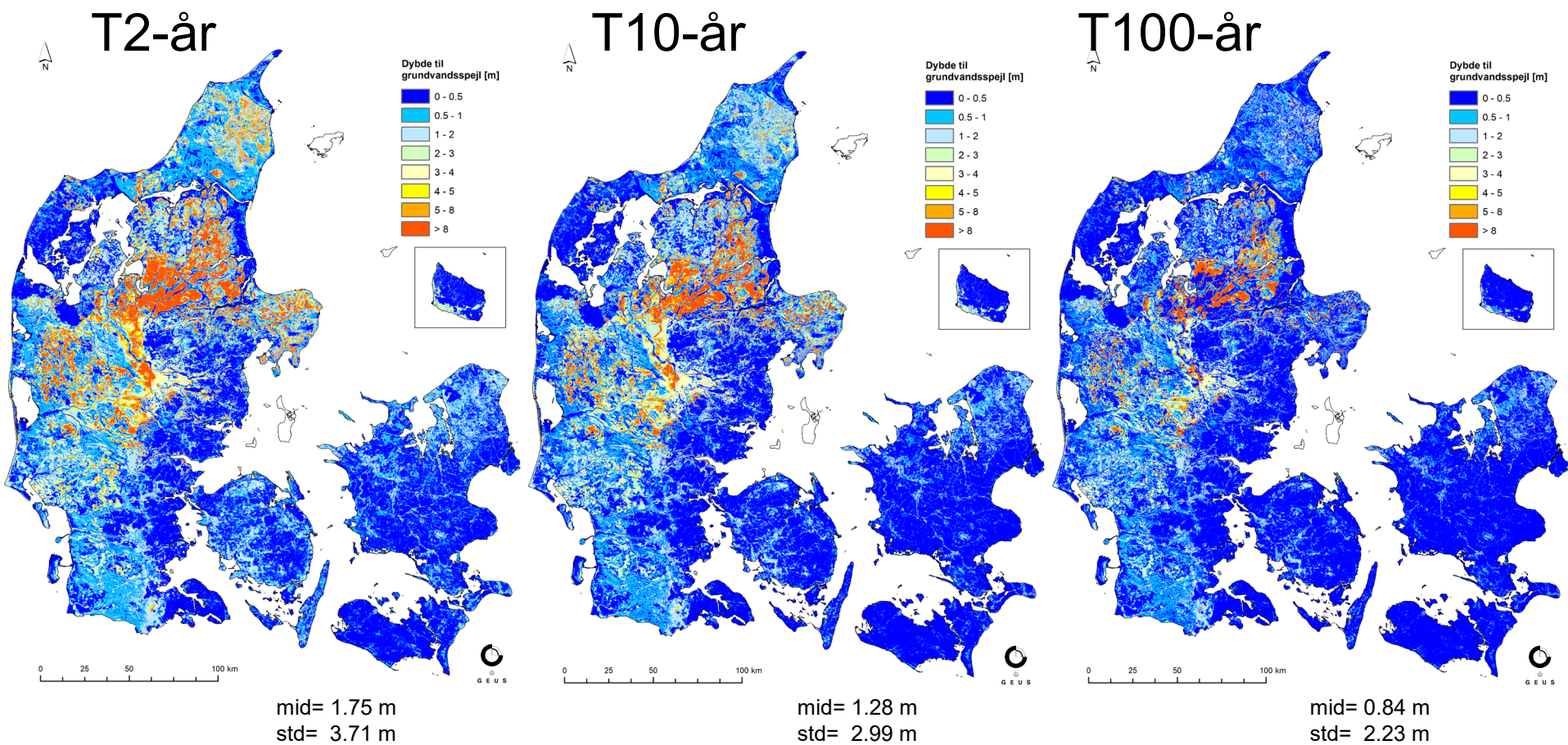


# Resultater historisk-100m sæson

Resultater for historisk periode 1990-2019 – sommer og vinter



# Resultater historisk-100m T-års max gentagelsesperioder T2 til T100 årsmax ekstremværdier for dybde til terrænnært grundvand 1990-2019 (m)

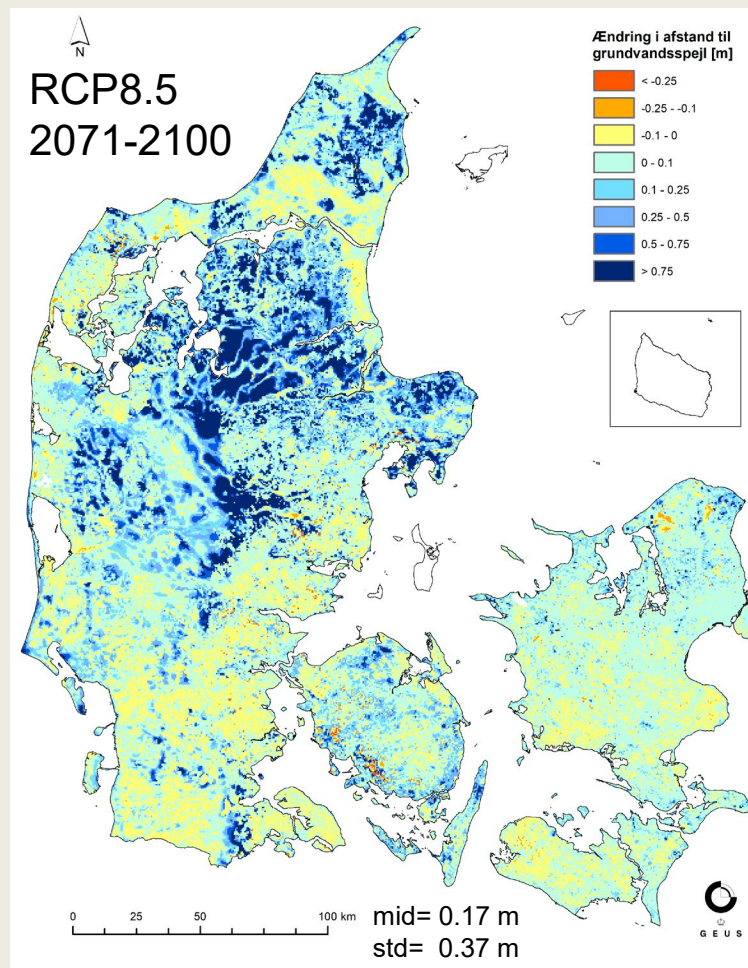
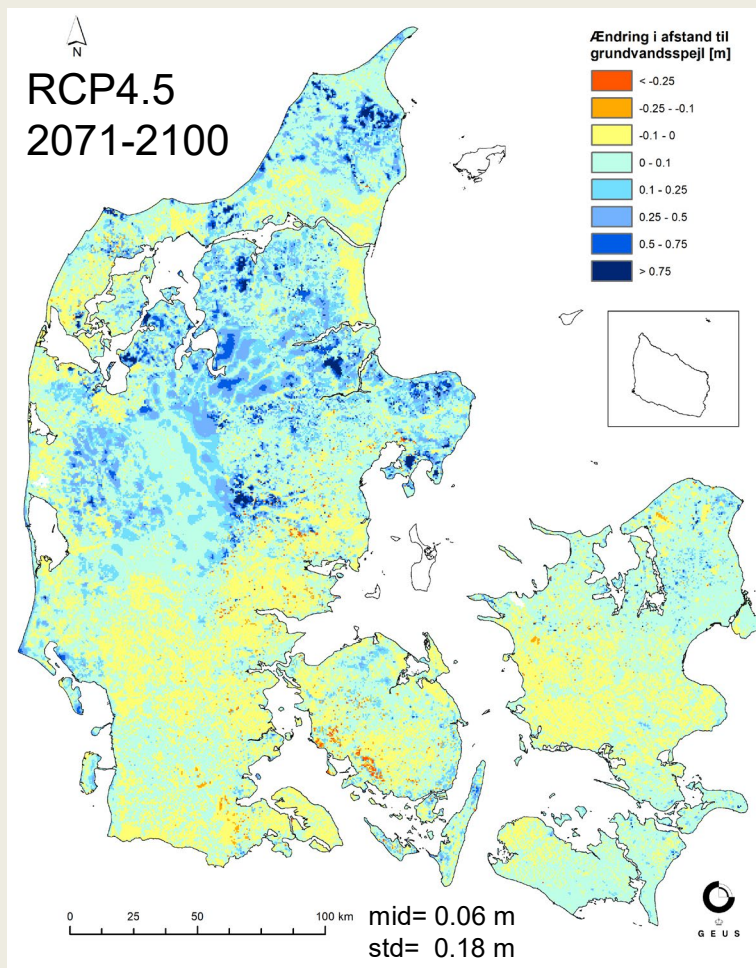


GEUSfile: Hsorske\_100m/dkm\_2020\_100m\_phreatic\_at\_T2.tif

GEUSfile: Hsorske\_100m/dkm\_2020\_100m\_phreatic\_at\_T10.tif

GEUSfile: Hsorske\_100m/dkm\_2020\_100m\_phreatic\_at\_T100.tif

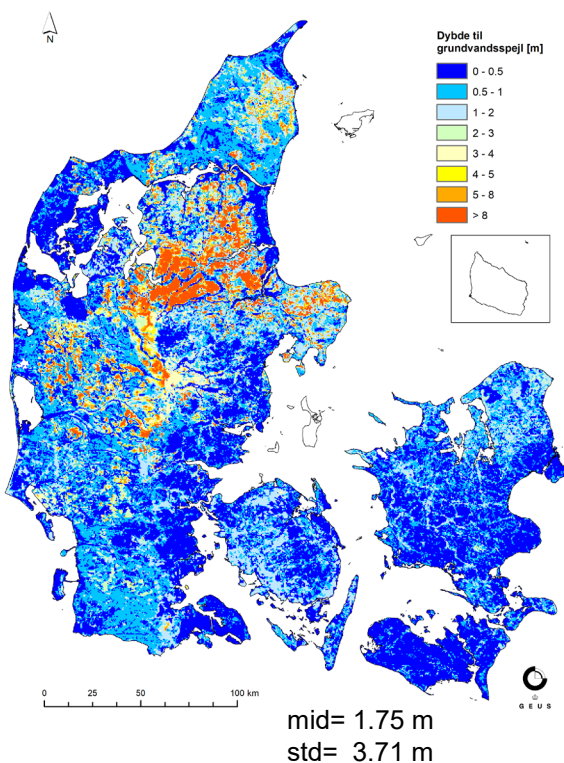
# Klimafremskrivning af dybde til terrænnært grundvand i 500m (ændring i m)



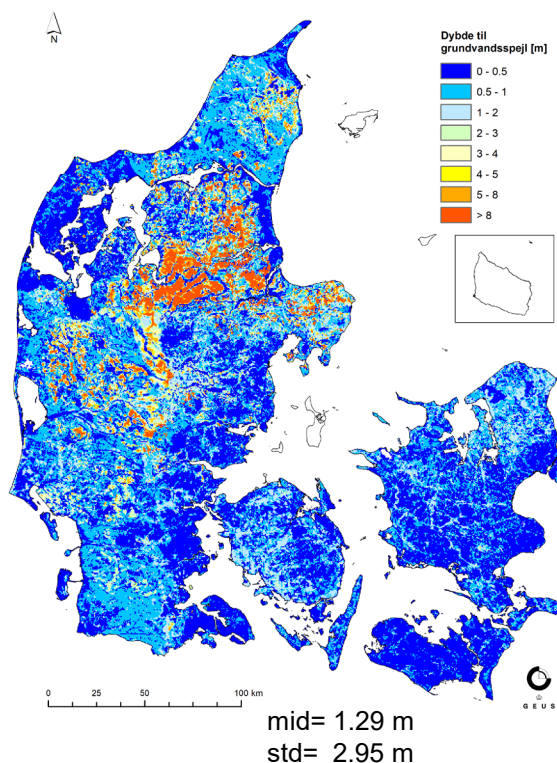


# Klimafremskrivning af dybde til terrænnært grundvand med 500m model T2 års maxdybde (m)

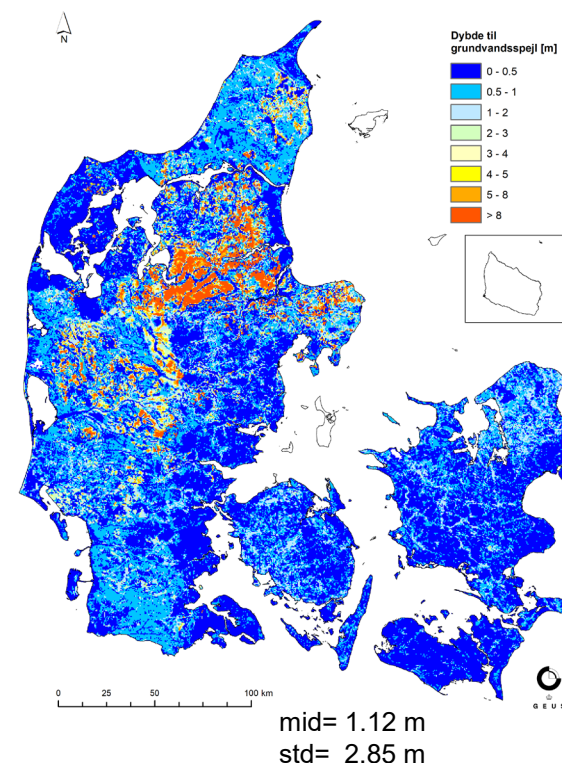
T2 historisk 1990-2019



T2 RCP8.5 2071-2100

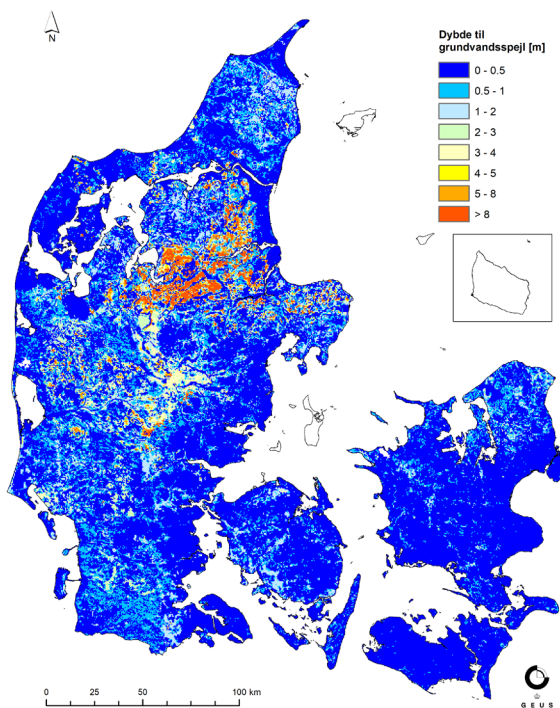


T2 RCP8.5 2071-2100 +1 x std



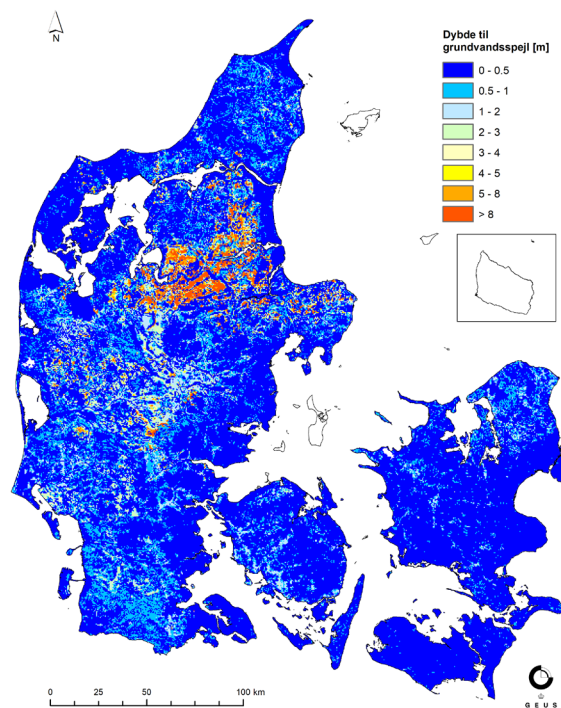
# Klimafremskrivning 500m model T100års max dybde til højt grundvandsspejl RCP8.5 2071-2100 (m)

T100 historisk



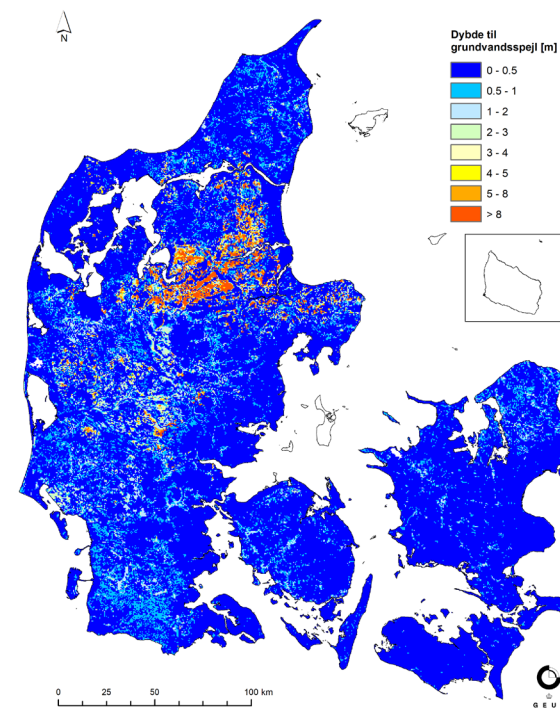
mid= 0.84 m  
std= 2.23 m

T100 RCP8.5 2071-2100



mid= 0.59 m  
std= 1.88 m

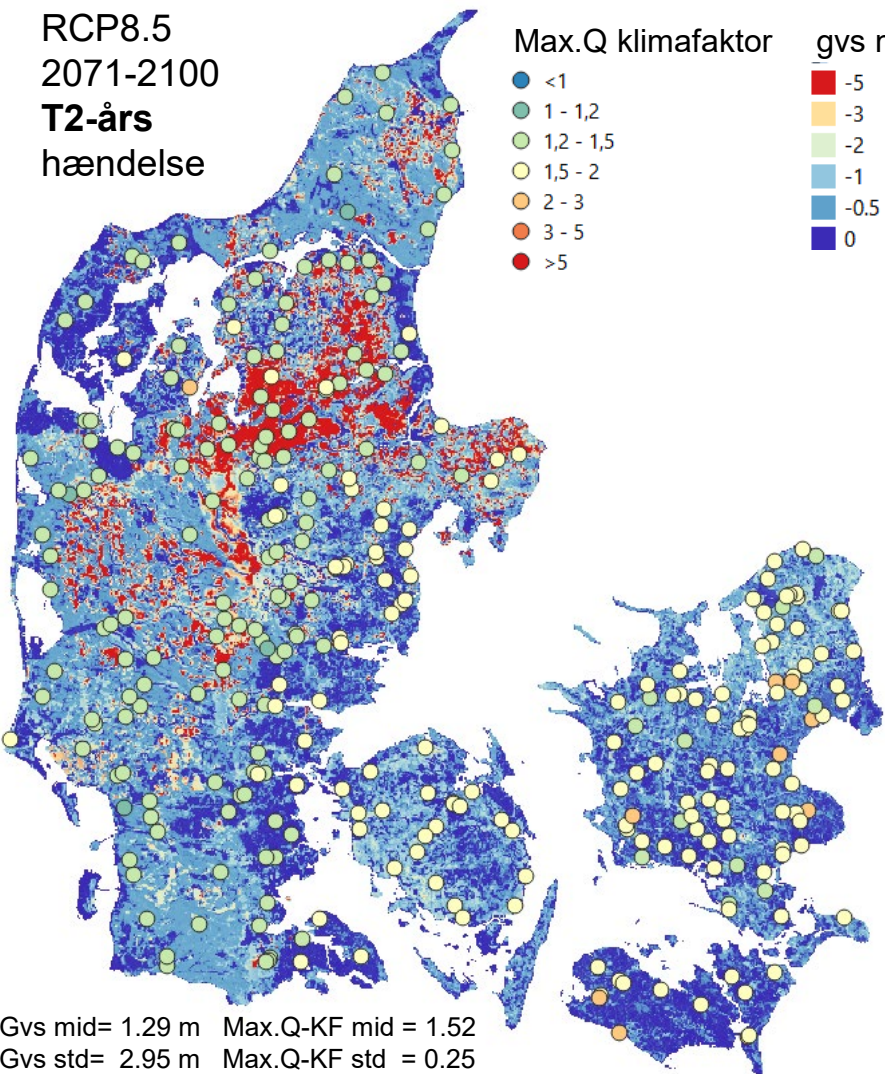
T100 RCP8.5 2071-2100 +1 x std



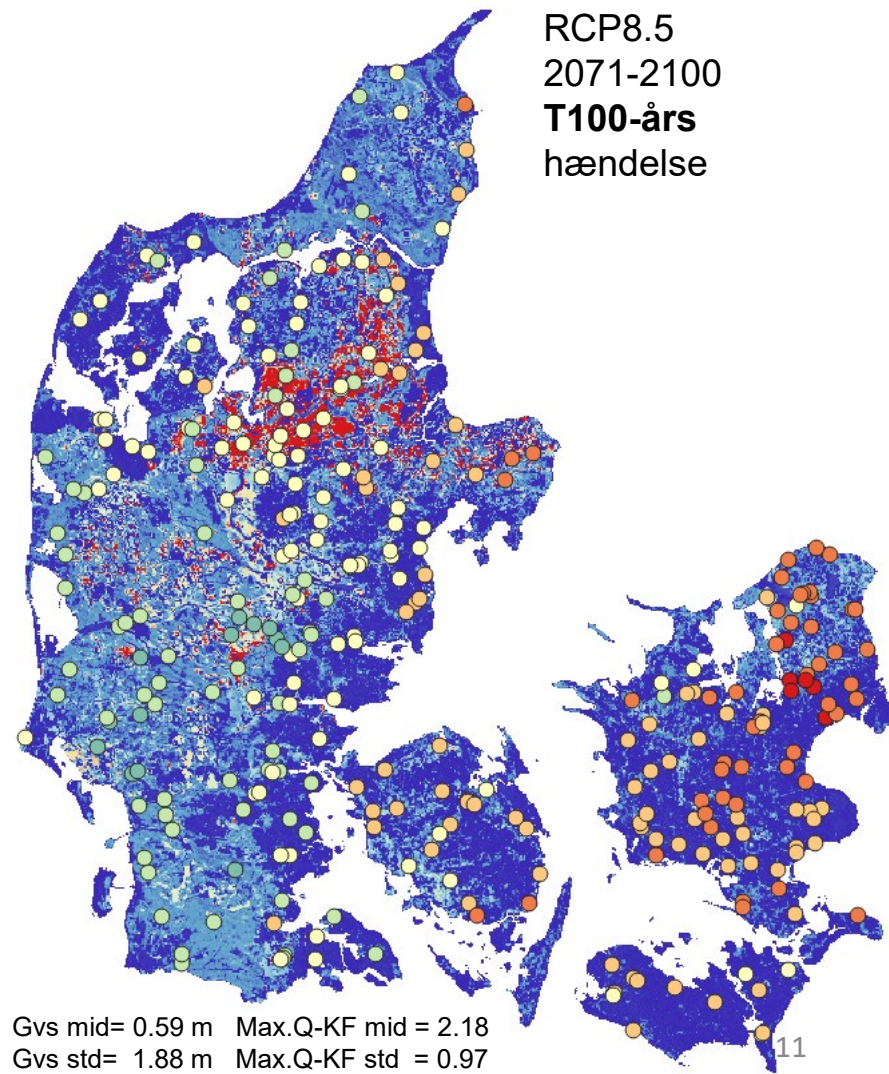
mid= 0.42 m  
std= 1.84 m

# T-års dybde til terrænært grundvand og klimafaktor max vandføring (300 QH cal.stat)

RCP8.5  
2071-2100  
**T2-års**  
hændelse

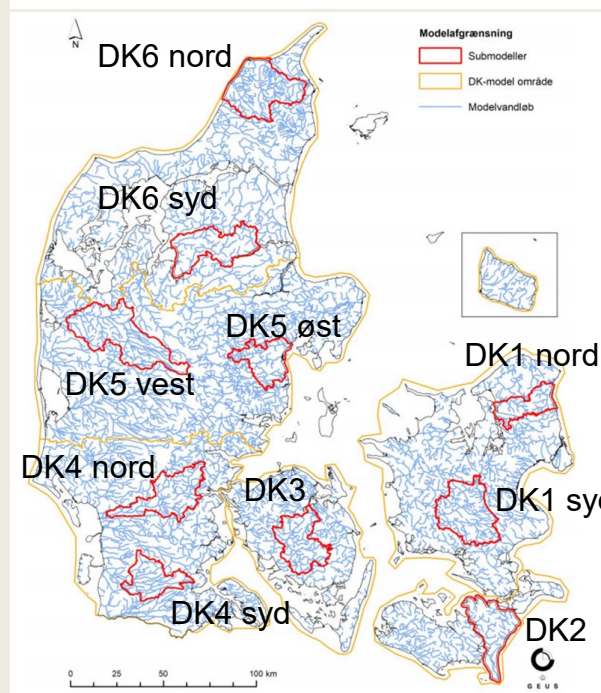
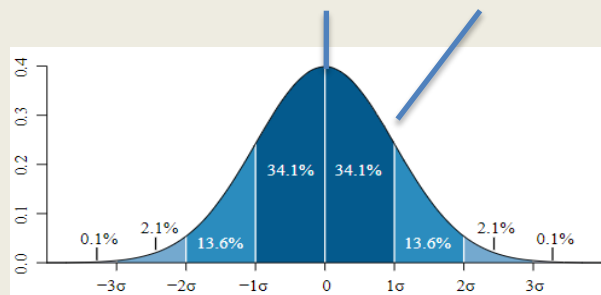


RCP8.5  
2071-2100  
**T100-års**  
hændelse



# Middeldybde 10 submodeller (m) T-2 års og T-100 års H-max klimafaktor

Kilde: wiki      middel      middel+1 std



Figur 11: Oversigt af geografisk placering af submodeller og DK-modelområder.

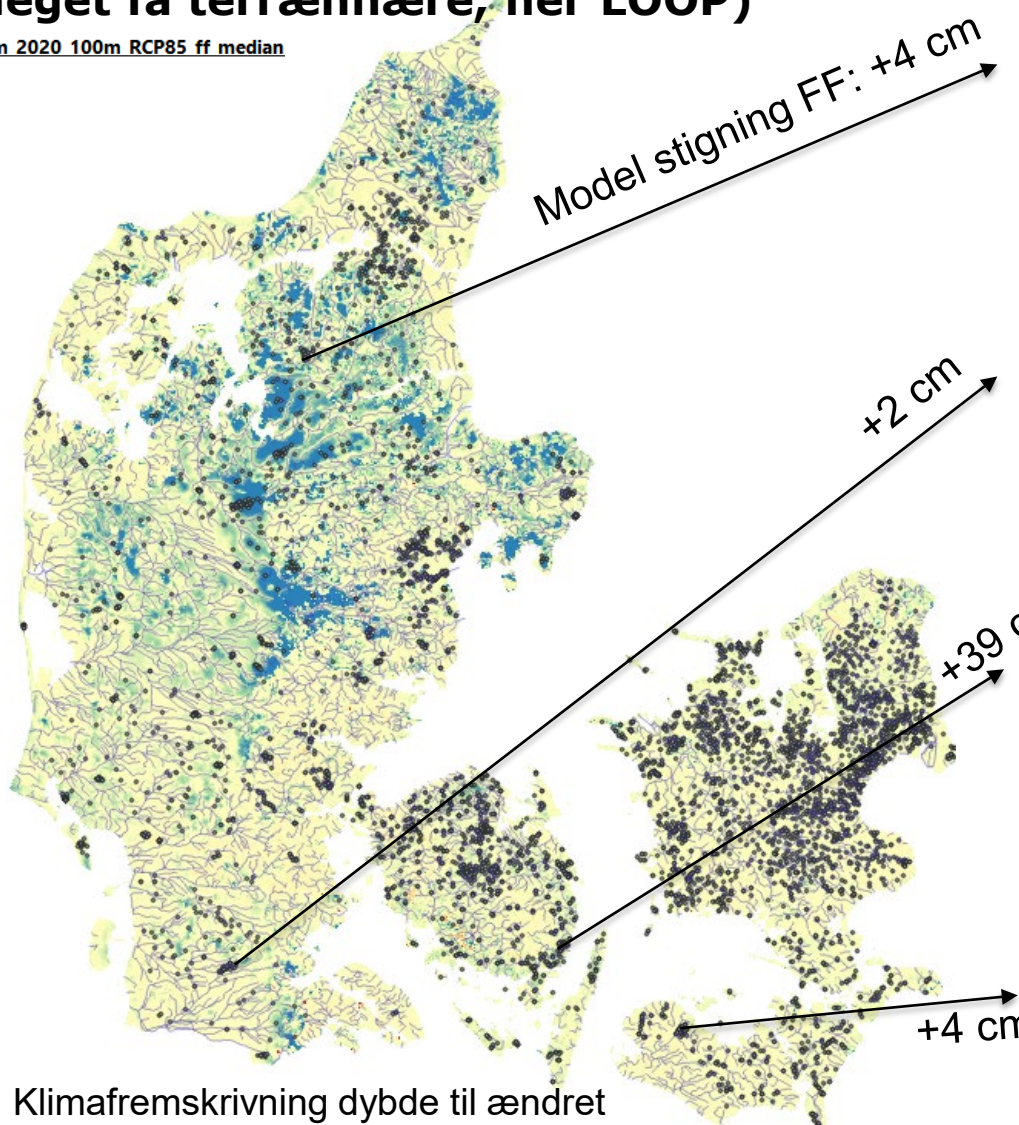
Submodel	T2 historisk 1990-2019	T2 RCP8.5 middel 2071-2100	T2 RCP8.5 våd (+1 std) 2071-2100	T100 historisk 1990-2019	T100 RCP8.5 middel 2071-2100	T100 RCP8.5 våd (+1 std) 2071-2100
DK6 nord	1.51	1.18	0.91	0.61	0.28	0.01
DK6 syd	5.75	5.14	4.72	3.54	2.93	2.51
DK5 vest	2.07	1.83	1.66	0.95	0.72	0.54
DK5 øst	0.65	0.57	0.44	0.22	0.14	0.01
DK4 nord	0.64	0.61	0.52	0.39	0.36	0.27
DK4 syd	0.90	0.82	0.71	0.39	0.36	0.27
DK3	0.71	0.63	0.47	0.30	0.22	0.07
DK2	0.30	0.25	0.18	0.07	0.01	<0
DK1 nord	0.87	0.80	0.73	0.43	0.36	0.28
DK1 syd	0.46	0.44	0.38	0.12	0.10	0.04

# Pejlestidsserier

(meget få terrænnære, her LOOP)

dkm 2020 100m RCP85 ff median

- 1
- 0.5
- 0
- 0.5
- 1

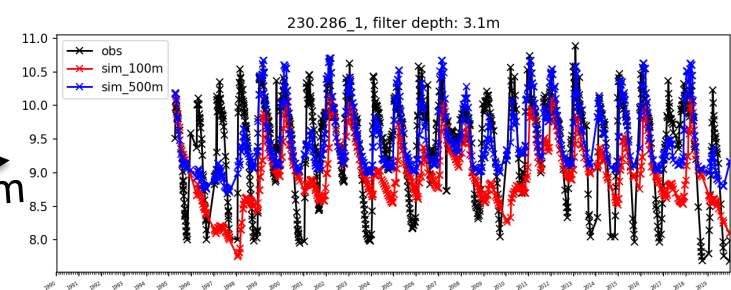
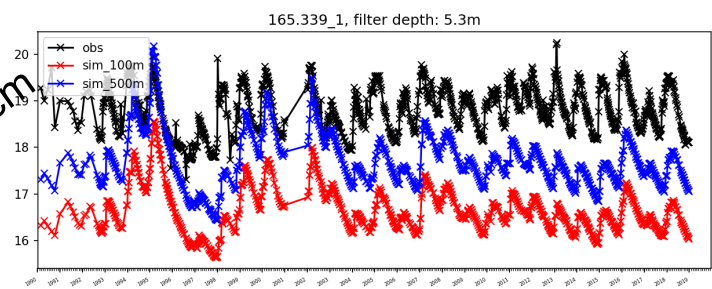
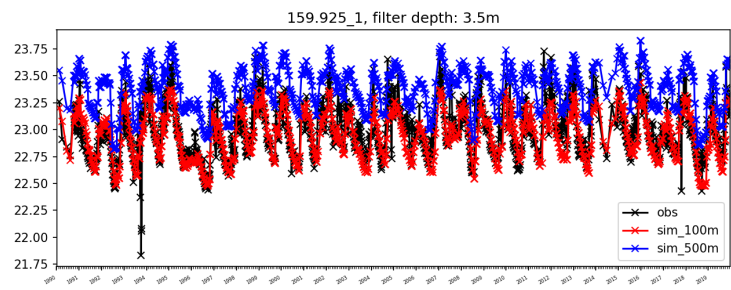
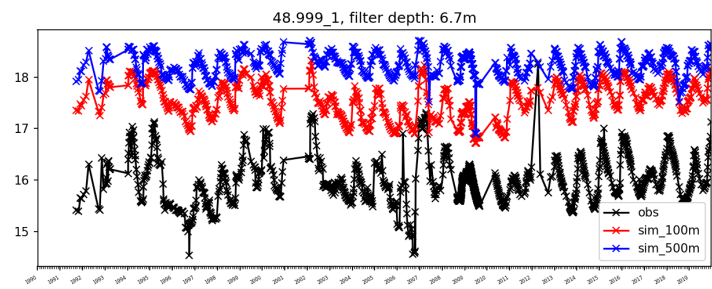


Model stigning FF: +4 cm

+2 cm

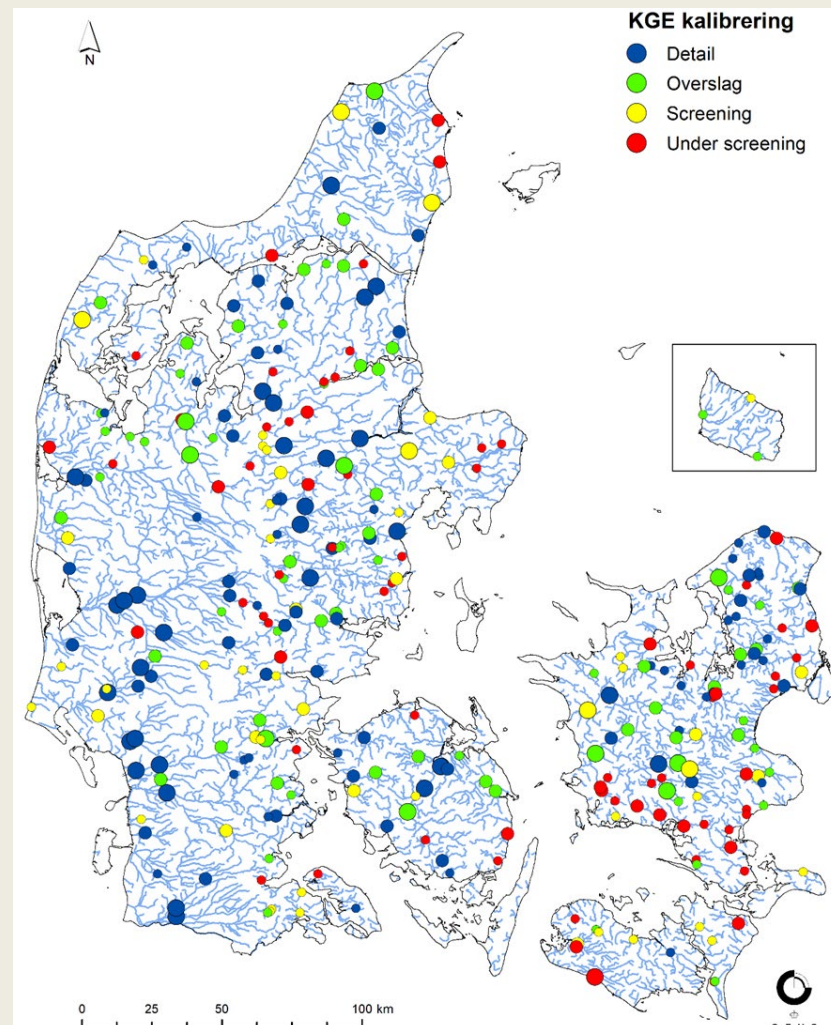
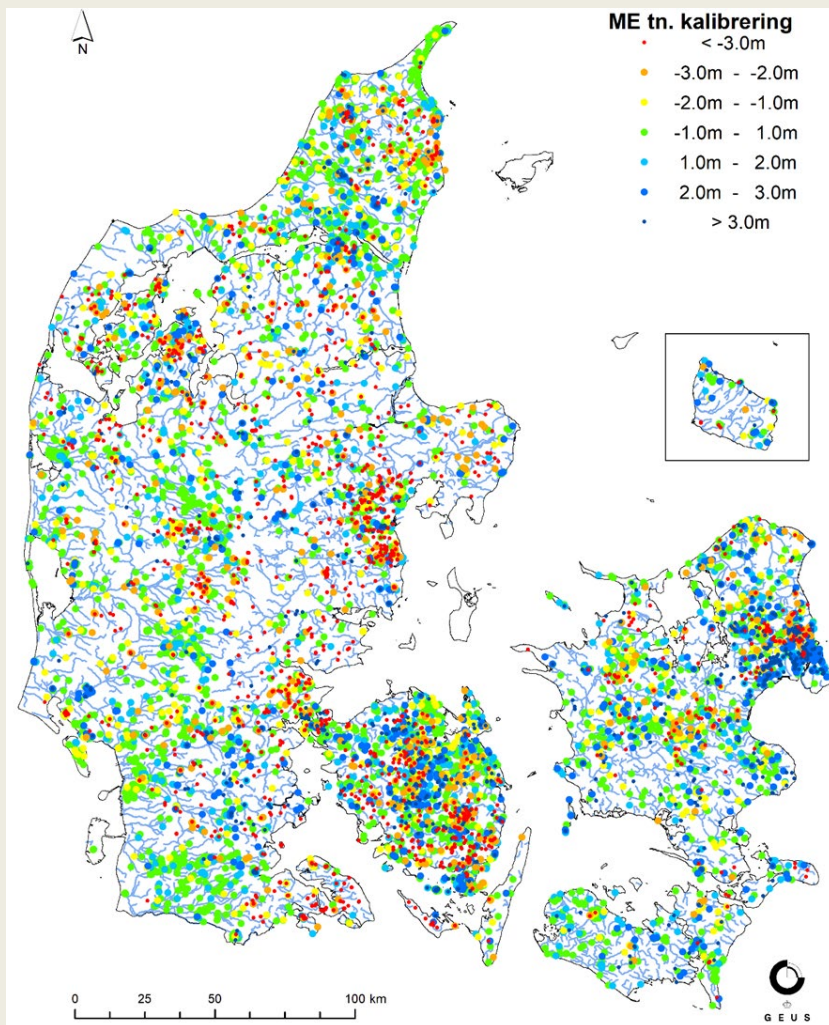
+39 cm

+4 cm

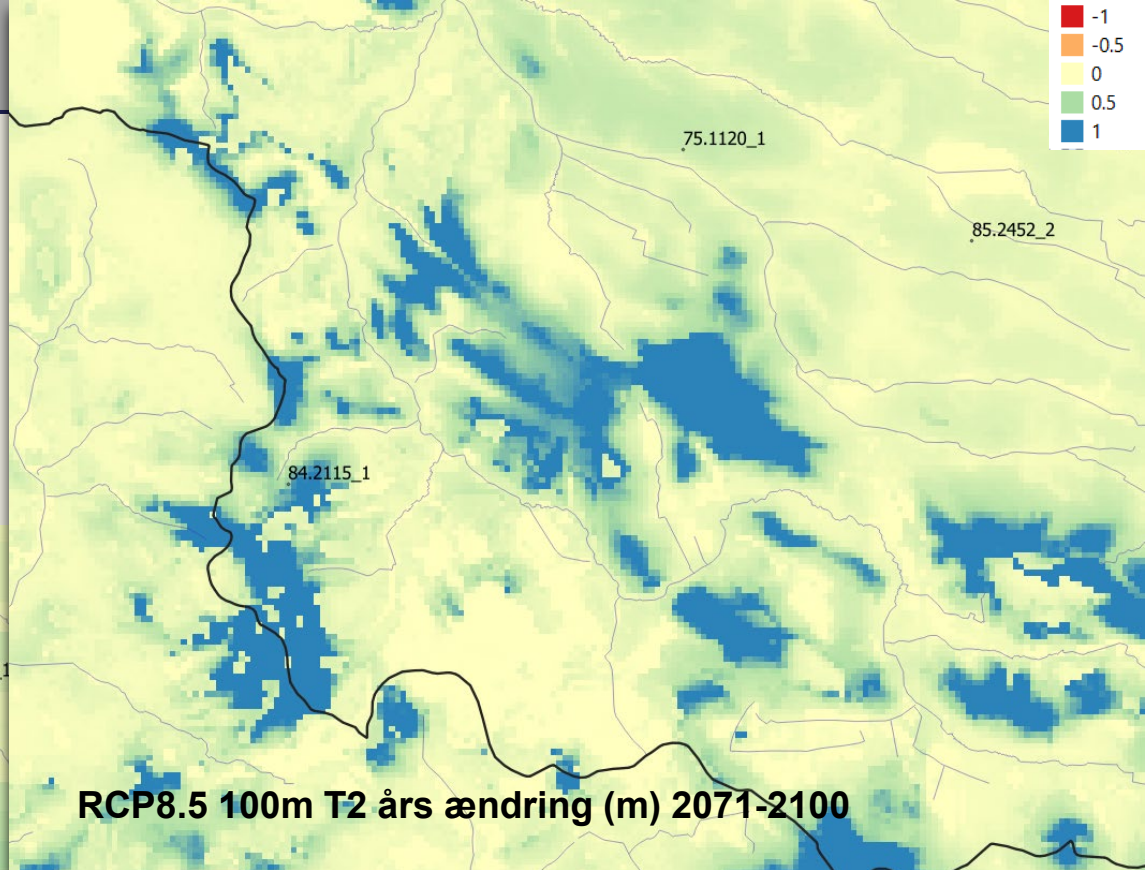
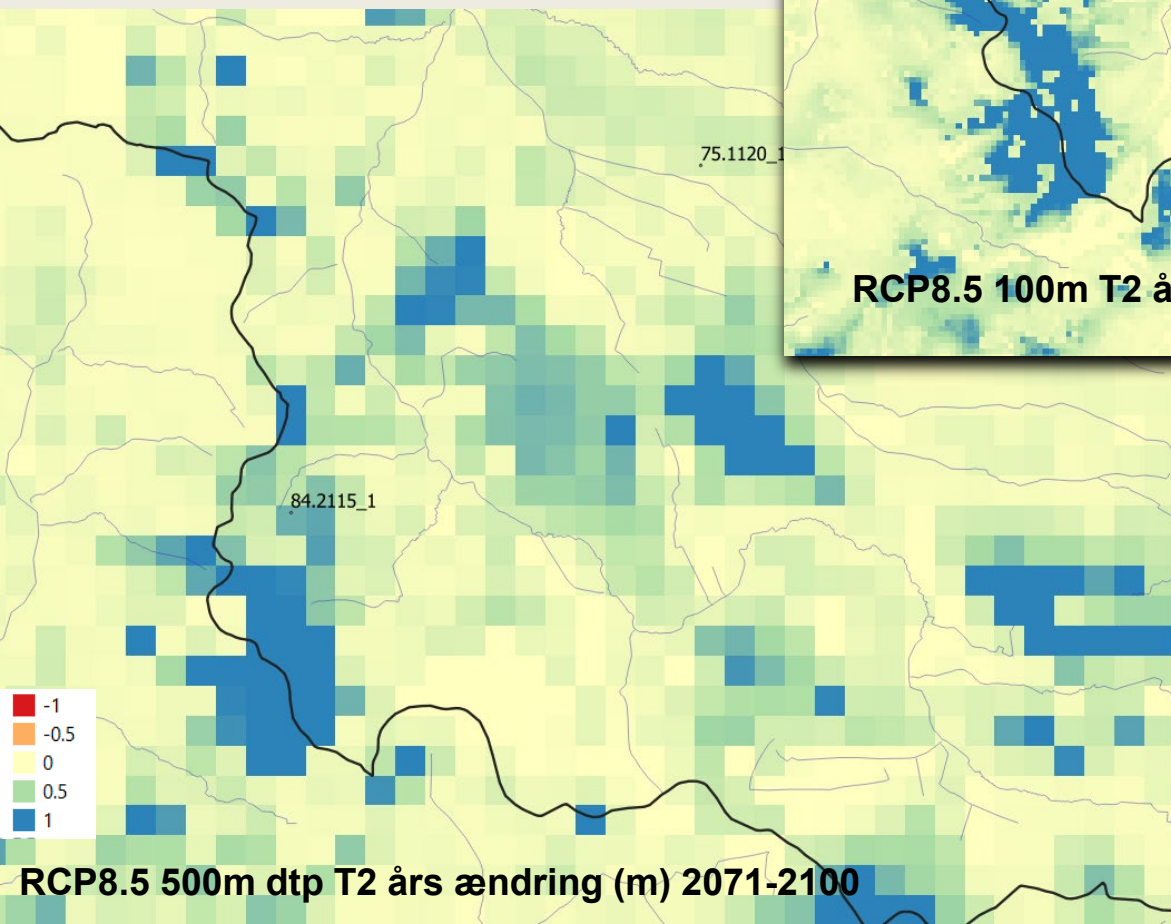


Kort: Klimafremskrivning dybde til ændret  
 Dybde til terrænnært grundvand RCP8.5 nedskaleret 100m (middel)

# Princip for visualisering af modelbias middelfejl dybde til (gvs) + vandføring (KGE)



# Nedskalering af klimaeffekt ændring til 100m (T-2 års max)

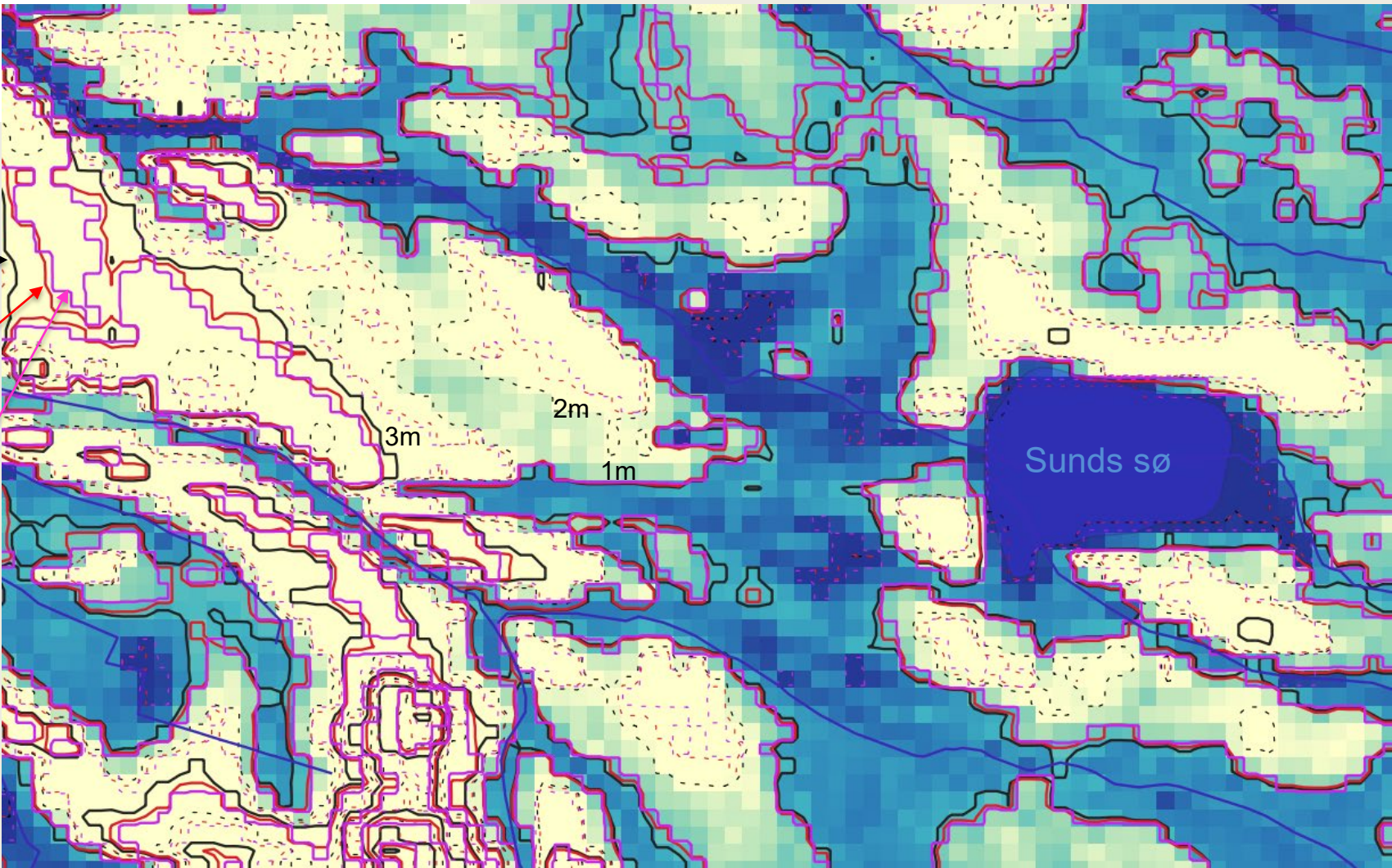


- T2-års abs. dybde 2071-2100 RCP8.5 ensemble mean + 1 x std (m)
- T2-års abs. dybde 2071-2100 RCP8.5 ensemble middel (m)
- T2-års abs. dybde 1990-2019 (obs. klima, m)
- abs dybde T2 års RCP8.5 2071-2100 ensemble mean
- abs dybde T2 års RCP8.5 RCP2071-2100 RCP8.5 ensemble mean + 1 x std
- dkm\_2020\_100m\_phreatic\_all\_T2

# Eksempel på fremskrivning af abs. dybde til terrænnært grundvand RCP8.5 2071-2100 T-2 års max

- 2,0000,0000,0000
- 1,5000,0000,0000
- 1,0000,0000,0000
- 0,5000,0000,0000
- 0,0000,0000,0000

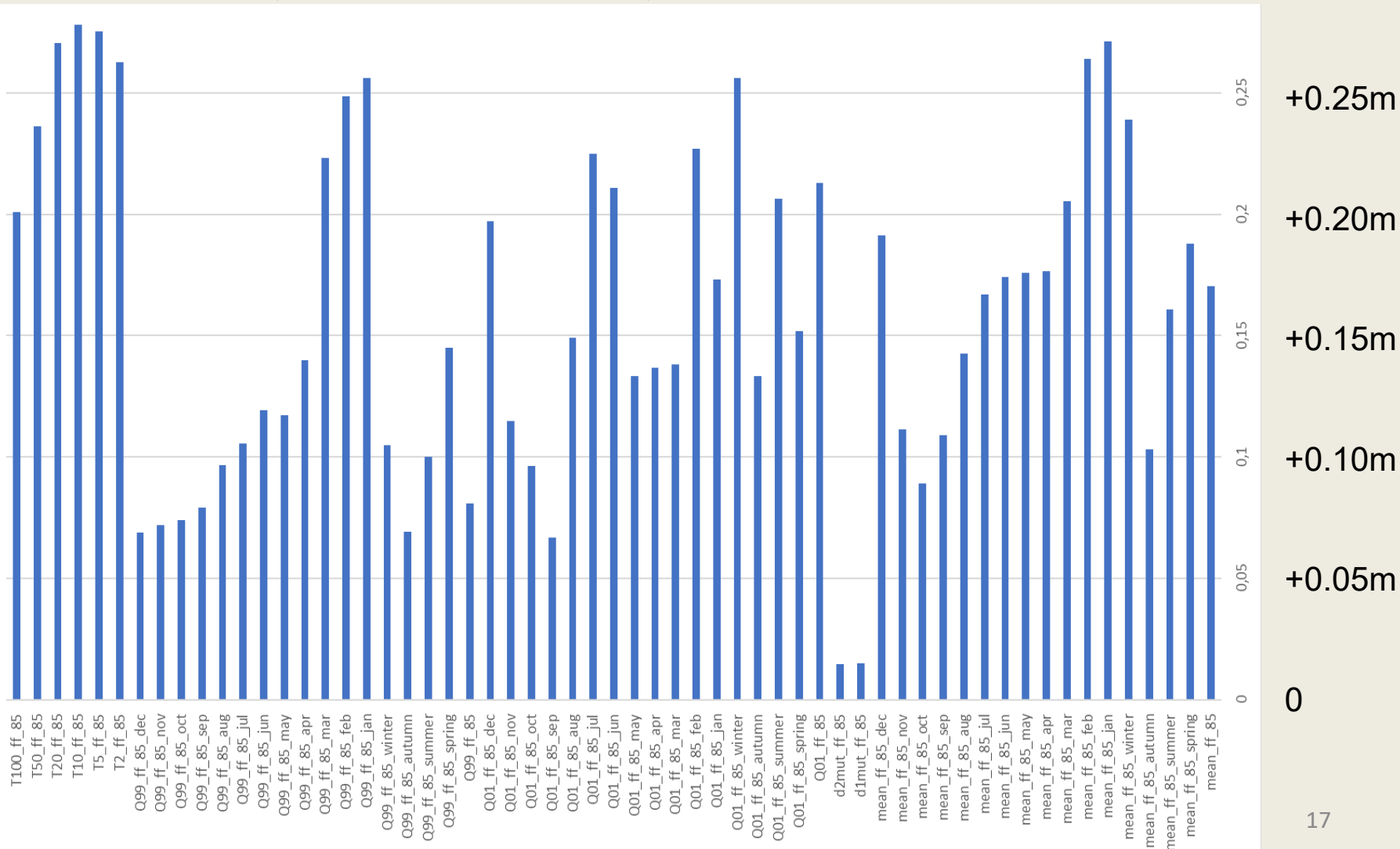
- Historisk  
1990-2019  
T-2 års dtp
- RCP8.5 FF  
Ensemble  
Mean T-2 dtp
- RCP8.5 FF  
Ensemble  
Mean+1xstd  
T-2 års dtp





# Klimafremskreven ekstremværdi stigning i terrænnær grundvandsstand RCP8.5 2071-2100 i forhold til ref. (m)

T100 - T2 ----- Q99 ----- Q01 ----- d2/d1 ----- middel -----



# Konklusion (1 af 2)

- **Klimafremskrivning af årsmiddel dybde** til terrænnært grundvand viser (landsgennemsnit ud fra 500m model):
  - Gennemsnitlig stigning i grundvandsstand på **+17 cm** (ensemble mid RCP8.5) på landsplan (2071-2100), 16% af landet får stigninger over *54 cm*
  - Gennemsnitlig stigning i grundvandsstand på **+6 cm** (ensemble mid RCP4.5) på landsplan (2071-2100), 16% af landet får stigninger over *24 cm*
  - T-2års årsmax. Dybde til terrænnært grundvand:
- Klimafremskrivning af **max højtstående grundvand T-2 års** maksimum (et døgn ca. hvert andet år). *Gennemsnit for hele landet, nedskaleret 100m model:*
  - Absolut dybde hele landet: historisk: 1.75m, RCP8.5FF: 1.52m, RCP8.5FFvåd: 1.34m
  - Ændring hele landet: historisk : 0m, RCP8.5FF: **+23cm**, RCP8.5FFvåd: **+41cm**
- Beregninger af ændringer i vandføring RCP8.5 FF viser **markante klimafaktorer for ændring i max vandføring**, mere end dobbelt så store max Q T-2 års vandføringer (landsgennemsnit), i Østdanmark steder op til 2-5 gange større :
  - T-2års Qårs-max. Klimafaktor RCP8.5 2071-2100 ensemble middel = **1.52** (+- 0.25)
  - T-100års Qårs-max. Klimafaktor RCP8.5 2071-2100 ensemble middel = **2.18** (+- 0.97)
- Der er **meget få terrænnære pejleserier** med data for hele den historiske periode siden 1990, og få filtre er placeret i områder med store simulerede stigninger > 20cm med klimafremskrivninger nedskaleret til 100m
- **Maskinlæring 10-m model**, integreret med 100m model (træningsdata+100m).

## Konklusion (2 af 2)

- DK-model 2019 er transformeret til ny 100m/500m landsdækkende model.
- Leveret til HIP (og KAMP) som nyt autoritativt datasæt over terrænnært grundvand nu (1990-2019) i nær fremtid 2041-2070 og i fjern fremtid 2071- for RCP4.5 og RCP8.5
- 500m model er anvendt til kalibrering og klimafremskrivning (22 klimamod.)
- Der er opstillet en 100m model der er kalibreret på basis af parameteroverføring + kalibrering med 10 submodeller
- 5 submodeller og 5 klimamodeller er benyttet som input til Random Forest nedskalering af klimafremskrivninger fra 500m til 100m
- Der er udviklet en højopløselig maskinlæringsmodel i 10m der beskriver vinter og sommer situation incl. usikkerheder (Q10, Q50 og Q90)
- Modelkomplekset er kalibreret og valideret i forhold til ca. 300 vandføringsstationer, tusindvis af pejleboringer og tusindvis af søer.

**SAMMENFATNINGSRAPPORT**  
 MODELLEVERANCER TIL HYDROLOGISK INFORMATIONS- OG PROGNOSESYSTEM

**DOKUMENTATIONSSRAPPORT**  
 MODELLEVERANCER TIL HYDROLOGISK INFORMATIONS- OG PROGNOSESYSTEM

Udvikling af landsdækkende modelberegninger af terrænnære hydrologiske forhold i 100m grid ved anvendelse af DK-modellen:

Udvikling af landsdækkende modelberegninger af terrænnære hydrologiske forhold i 100m grid ved anvendelse af DK-modellen:

**Sammenfatningsrapport vedr. modelleverancer til Hydrologisk Informations- og Prognosesystem**

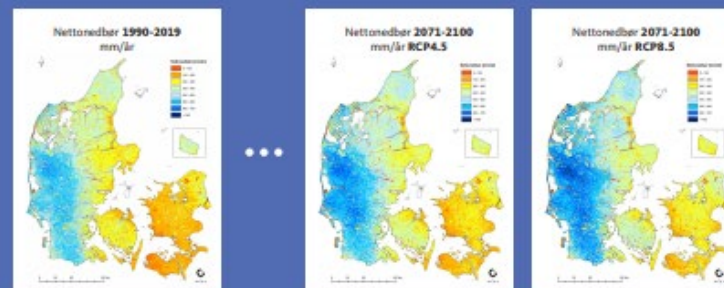
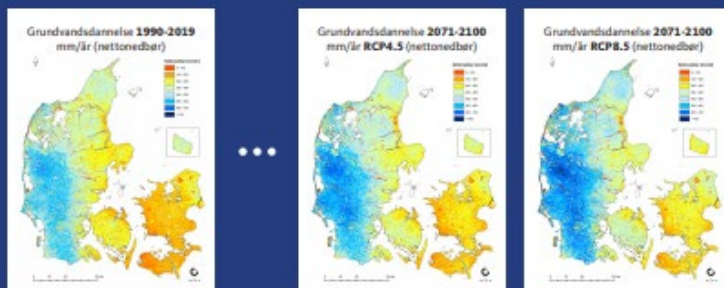
**Dokumentationsrapport vedr. modelleverancer til Hydrologisk Informations- og Prognosesystem**

Udarbejdet som en del af DEN FÆLLESOFFENTLIGE DIGITALISERINGSSTRATEGI 2016-2020  
 INITIATIVET FÆLLES DATA OM TERRÆN, KLIMA OG VAND

Udarbejdet som en del af DEN FÆLLESOFFENTLIGE DIGITALISERINGSSTRATEGI 2016-2020  
 INITIATIVET FÆLLES DATA OM TERRÆN, KLIMA OG VAND

Henriksen HJ, Kragh SJ, Gotfredsen J, Ondracek M, van Til M, Jakobsen A, Schneider RJM, Koch J, Troldborg L, Rasmussen P, Pasten-Zapata E og Stisen S (2020)

Henriksen HJ, Kragh SJ, Gotfredsen J, Ondracek M, van Til M, Jakobsen A, Schneider RJM, Koch J, Troldborg L, Rasmussen P, Pasten-Zapata E og Stisen S (2020)



# Tak for opmærksomheden!

Tabel 2 Liste med leverancer til SDFE

Leverancer til SDFE	Historiske 100m	Historisk 500m	Historisk 10m ML	Klimafremskrivning 500m (Bornholm 100m)	Klimafremskrivning nedskaleret til 100m
(1) Dybde til terrænnært grundvand	x (**)	x	x vinter & sommer	x (**, ****)	x (****)
(2) Vandindhold i rodzone	x			x (****)	
(3) Grundvandsflux X,Y	x (*, **)			x (**)	
(4) Grundvandsflux Z	x (***)				
(5) Tidsvarierende potentiale	x (*, **, ***)			x (**)	
(6) Infiltration til mættet zone - nettonedbør	x (**)			x (**)	
(7) Vandføring	x (**)	x		x (**, ****)	
(8) Hydrostratigrafisk model	x (*)	x (*)			
Usikkerheder	Punkt (1) og (7)		(1) (q10, q90) (****)	(1), (2) (7) (*****) og	
Kalibrering og valideringsdata	x	x			

Usikkerhederne formidles primært som standardafvigelser og performance statistik, både rumlig og i tabel

\* alle lag

\*\* randbetingelse til lokalmodeller

\*\*\* seks vandførende lag

\*\*\*\* ændring i forhold til reference scenarie

\*\*\*\*\* usikkerheden bestemt ud fra q10 og q90 fraktil for vinter- og sommersituationen

\*\*\*\*\* median og standardafvigelse på tværs af klimamodellen

## Upcoming webinarer

11/2 Fælles data om terræn, klima og vand. Indlæg om HIP, KAMP, DK-model HIP mm. [Fælles data om terræn, klima og vand \(sdfe.dk\)](https://www.sdfe.dk)

ATV vintermøde 9. marts: HIP4Plus (DK-model HIP, indlæg om randbetingelser og indlæg om HIP portal): [Vintermoede-2021-program-210121.pdf \(atv-jord-grundvand.dk\)](https://www.atv-jord-grundvand.dk)

DWF Danish Water Forum. Water resources. 18. marts: (Indlæg om nedskalering af klimafremskrivning): [Danish Water Forum - Board](https://www.dwf.dk)