

DK-Model HIP

Modelmetodik, klimafremskrivning og nedskalering

Professor Simon Stisen, Hydrologisk Afdeling

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS

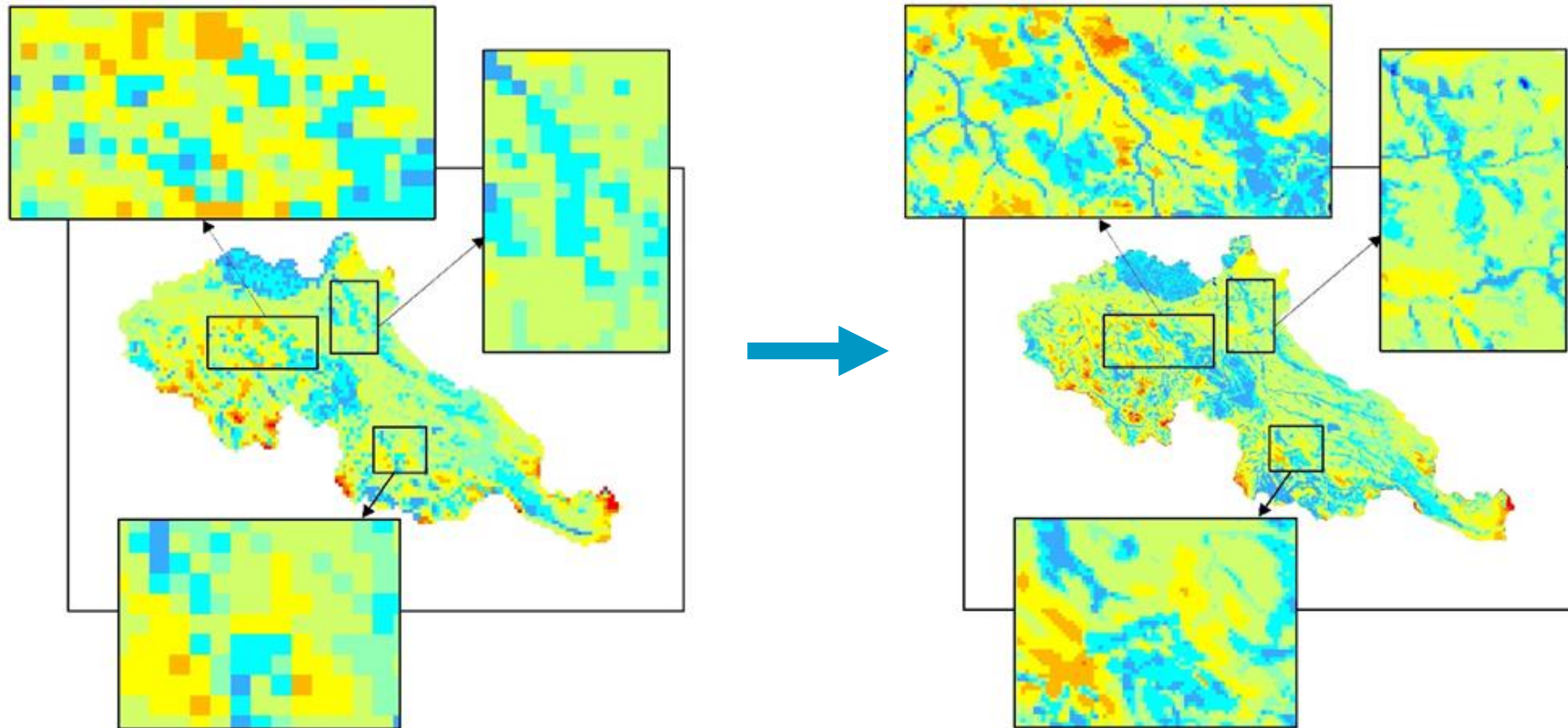
Baseret på arbejde af:

Søren J. Kragh, Jane Gotfredsen, Maria Ondracek, Michael van Til, Annesofie Jakobsen,
Raphael J.M. Schneider, Julian Koch, Lars Trolborg, Per Rasmussen, Ernesto Pasten-
Zapata og Hans Jørgen Henriksen



Baggrund

- Klimaet bliver **mere vådt, varmere, mere ekstremt** og havet stiger
- Anvendere ønsker **mere detaljerede national data** om højtstående grundvand



DK-Modellen i HIP

Formål/Ønsker:

- Øget fokus på den terrænnære hydrologi
- Øget fokus på den rumlige opløsning og rumlige konsistens i modellen
- Udbygning af leverancer for klimafremskrivning

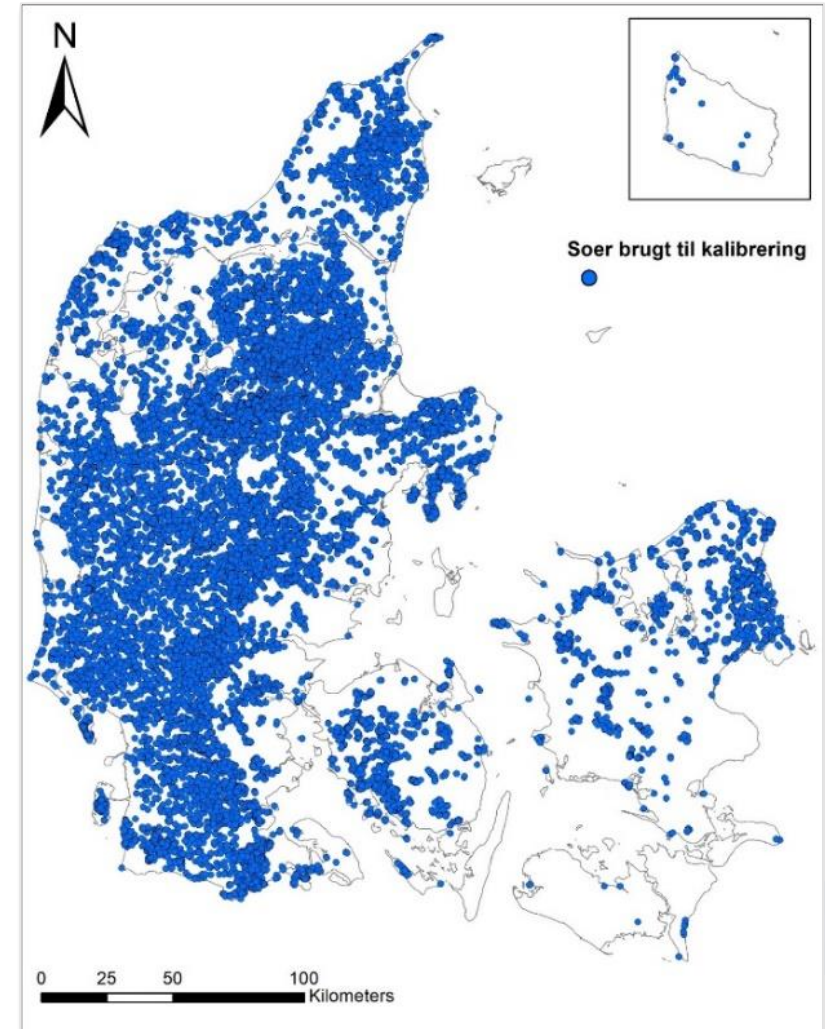
Tilgang:

- Højere rumlig opløsning af modellen 500m->100m
- Rumlig konsistent parametrisering
- Inddragelse af nye kalibrerings og validerings data
- Machine learning baseret nedskalering af model beregninger
- Klimafaktorer for nye variable, bredere vifte af statistik



Fokus på den terrænnære hydrologi

- Flere pejlinger – vægtning af terrænnære data – Ny kvalitetssikringsrutine (ML)
 - 667.568 observations / 40.103 indtag (27% terrænnære)
 - 687 tidsserier med sæsonamplitude
- Inklusion af søer som kalibreringsdata
 - 20.470 søer (terrænnære)
 - Uden tilløb, afløb og dræn
- Forsimpling af de dybere geologiske beregningslag i Jyllands modellen



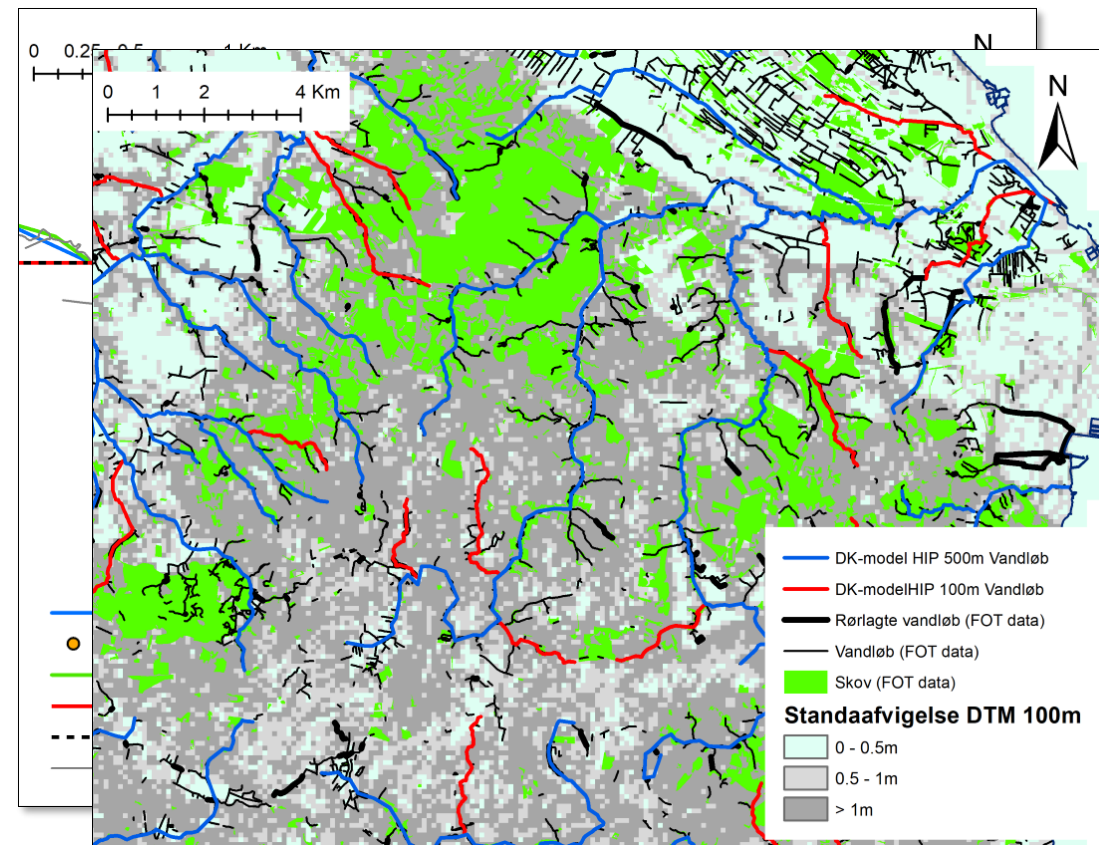
Fokus på den terrænnære hydrologi

- Flere pejlinger – vægtning af terrænnære data – Ny kvalitetssikringsrutine (ML)
 - 667.568 observations / 40.103 indtag (27% terrænnære)
 - 687 tidsserier med sæsonamplitude
- Inklusion af søer som kalibreringsdata
 - 20.470 søer (terrænnære)
 - Uden tilløb, afløb og dræn
- Forsimpling af de dybere geologiske beregningslag i Jyllands modellen

Gamle lag		Nye lag DK4, DK5, DK6	Navn
DK5 DK6	DK 4		
1		1	TOP2m
2		2	KL1
3			KS1
			KL2
			KS2
4		3	KL3
5		4	KS3
6		5	KL4
7		6	KS4
8		7	KL5
9		8	KS5
			KL6
			KS6
10			KL7
			PL1
11			PS1
12	12		9
13		10	PS2
14			PL3
15	13		PS3
16	14		PL4
17	15		PS4
18	16		PL5
19			PS5
20			PL6
21	17		PS6
22	18	11	PL7
			Kalk
			Kalk

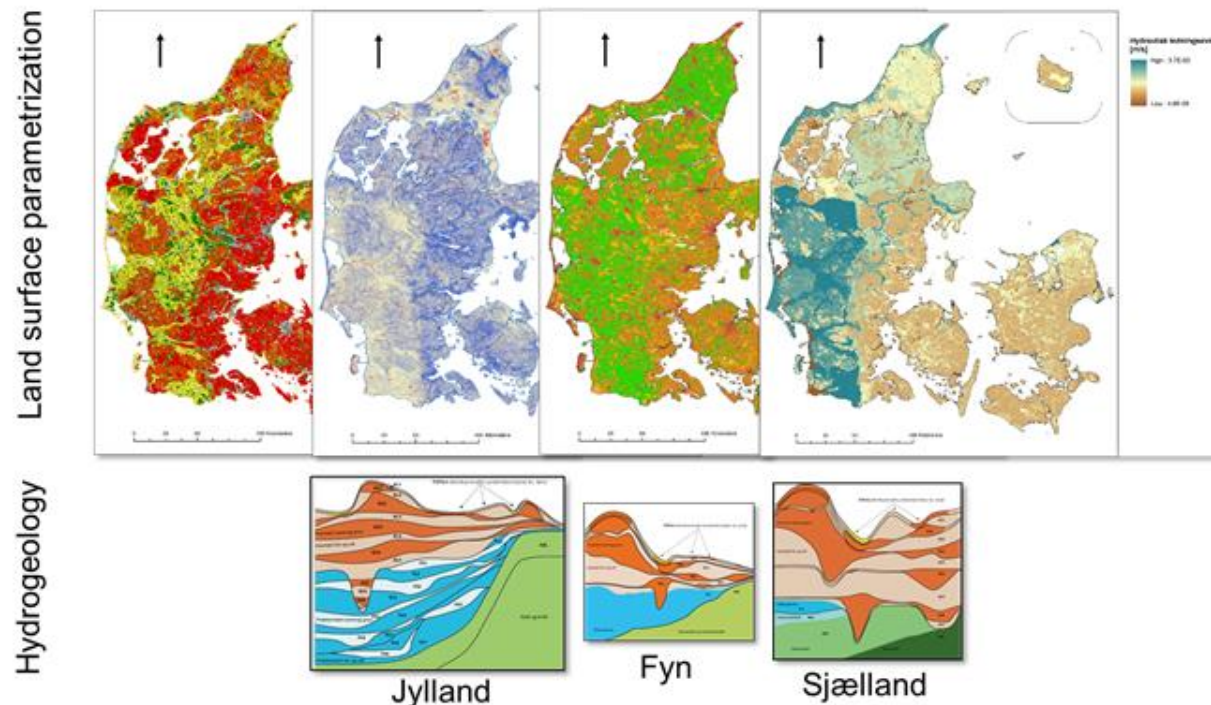
Fokus på den rumlige opløsning og konsistens

- Modelberegninger både 500m og 100m opløsning
 - Historiske beregninger i 100m (1990-2019)
 - Klimafremskrivinger i 500 m (nedskaleres)
- Rumligt konsistent model parametrisering på tværs af landet
 - Forfining af vandløbsnetværk til 100m DEM
 - Opdatering af Arealanvendelse, jordtyper mm.
 - Samme modelinput i 500m og 100m
 - Samme parametrisering på tværs af alle modelområder
- Samlet kalibrering af hele landet (-BH)
 - 500 m kalibreres først
 - Re-kalibrering af 100m model med submodeller



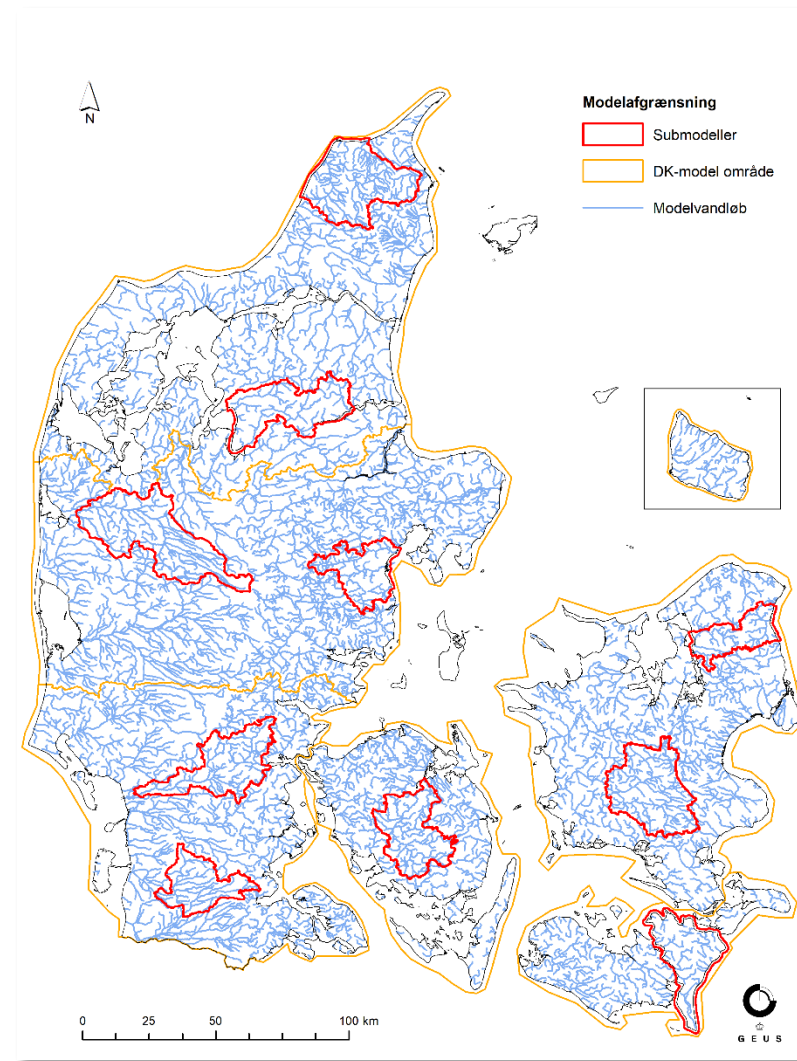
Fokus på den rumlige opløsning og konsistens

- Modelberegninger både 500m og 100m opløsning
 - Historiske beregninger i 100m (1990-2019)
 - Klimafremskrivninger i 500 m (nedskaleres)
- Rumligt konsistent model parametrisering på tværs af landet
 - Forfining af vandløbsnetværk til 100m DEM
 - Opdatering af Arealanvendelse, jordtyper mm.
 - Samme modelinput i 500m og 100m
 - Samme parametrisering på tværs af alle modelområder
- Samlet kalibrering af hele landet (-BH)
 - 500 m kalibreres først
 - Re-kalibrering af 100m model med submodeller



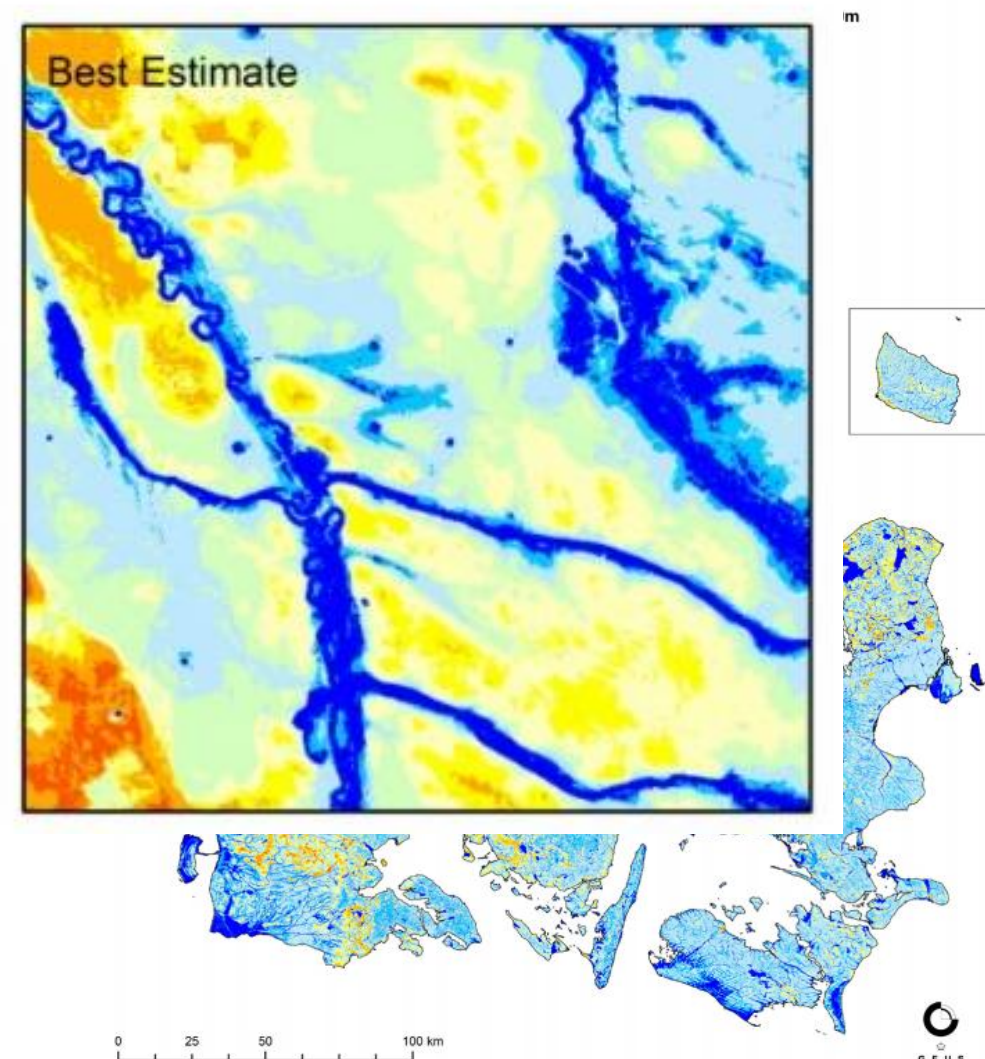
Fokus på den rumlige opløsning og konsistens

- Modelberegninger både 500m og 100m opløsning
 - Historiske beregninger i 100m (1990-2019)
 - Klimafremskrivinger i 500 m (nedskaleres)
- Rumligt konsistent model parametrisering på tværs af landet
 - Forfining af vandløbsnetværk til 100m DEM
 - Opdatering af Arealanvendelse, jordtyper mm.
 - Samme modelinput i 500m og 100m
 - Samme parametrisering på tværs af alle modelområder
- Samlet kalibrering af hele landet (-BH)
 - 500 m kalibreres først
 - Re-kalibrering af 100m model med submodeller



Fokus på den rumlige opløsning og konsistens

- Machine learning baseret estimering af dybde til terrænnært grundvandsspejl i 10m
 - Videreudvikling af C2C metoden
 - Baseret på 100m DK-Model simuleringer
 - En række co-variates i finere opløsning (ned til 10m)
 - Trænet mod terrænære pejleobservationer
 - En sommer og en vintermodel



Model performance (100m DK-Model HIP)

- MAE på ca. 2,5 m for det terrænnære grundvand ($MAE_{90\%} = 1,5 \text{ m}$)
- MAE på ca. 4,0 m for det dybe grundvand ($MAE_{90\%} = 2,75 \text{ m}$)
- Vandføringsstationerne (305) overholder screeningskriterierne for:
 - KGE (ca. 75-80%)
 - WBE (ca. 70-80 %)
 - WBEsommer (ca. 70-80%)
 - Q1 (ca. 95%)
 - T1-T20 (ca. 80-90%)
 - T50-T100 (ca. 60-70%)
- Machine learning 10 m, MAE på ca. 1.2 m for det terrænnære grundvand

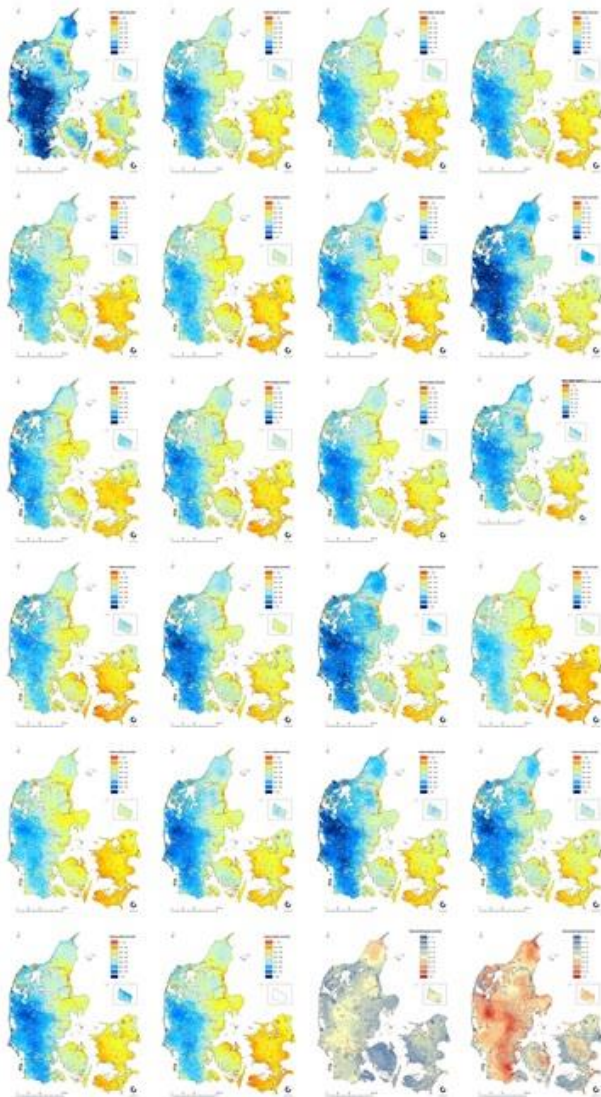
Udbygning af leverancer for klimafremskrivning

- 22 regionale klimamodeller Euro-CORDEX
 - 17 RCP8.5
 - 5 RCP4.5
 - 1971-2100, daglige data, 11,5 km grid
- Biaskorrigeret til DMI klima obs.
 - Nedbør, temperatur og potential fordampning
 - For perioden 1990-2010
 - Distributionsbaseret statistisk korrektion
- Klimafremskrivning af havniveau

Kørsel periode	
Reference kørsel	01-01-1990 til 31-12-2020
Nær-fremtid kørsel	01-01-2040 til 31-12-2070
Fjern-fremtid kørsel	01-01-2070 til 31-12-2100

- Hydrologiske klimafremskrivninger
 - 3 time-slices
 - 500 m DK-Model HIP
 - Vandføring (daglig)
 - Terrænnært grundvand (daglig)
 - Vandindhold i rodzonen (daglig)
 - Grundvandsdannelse (daglig)
 - Dybere grundvand (15 dage)

Udbygning af leverancer for klimafremskrivning

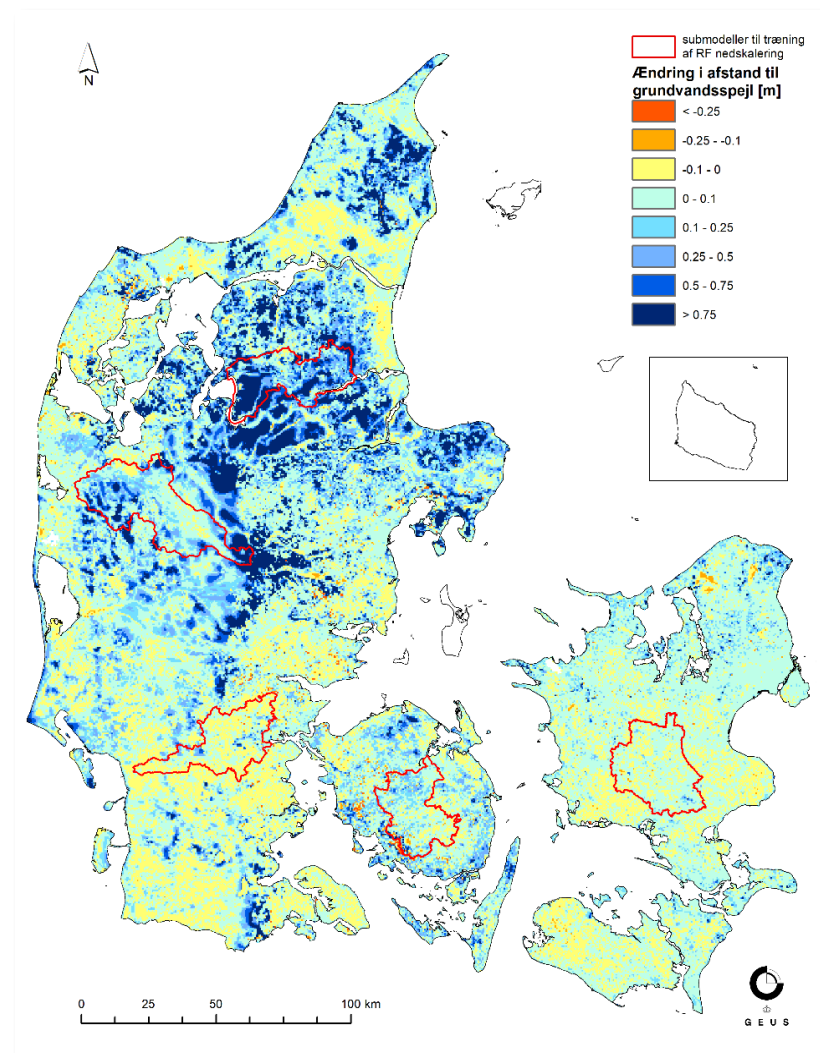


Kørsel periode	
Reference kørsel	01-01-1990 til 31-12-2020
Nær-fremtid kørsel	01-01-2040 til 31-12-2070
Fjern-fremtid kørsel	01-01-2070 til 31-12-2100

- Hydrologiske klimafremskrivninger
 - 3 time-slices
 - 500 m DK-Model HIP
 - Vandføring (daglig)
 - Terrænnært grundvand (daglig)
 - Vandindhold i rodzonen (daglig)
 - Grundvandsdannelse (daglig)
 - Dybere grundvand (15 dage)

Udbygning af leverancer for klimafremskrivning

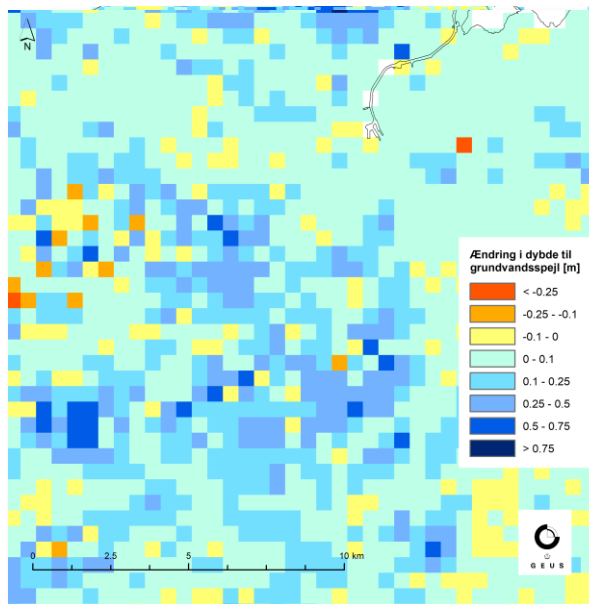
- Nedskalering af 500m klimafremskrivning til 100m
 - Random Forest, Maskinlærings metode
 - Træne algoritmen til at prædiktere ændringer i dybden til terrænnært grundvand i 100m
 - Baseret på simulerede ændringer i 500m
 - En lang række co-variates i 100m grid
- Træningsdata
 - Baseret på 100m klimafremskrivning for 5 submodeller
 - 59 statistiker af ændring, 2 tidshorisonter, 2 RCP'er



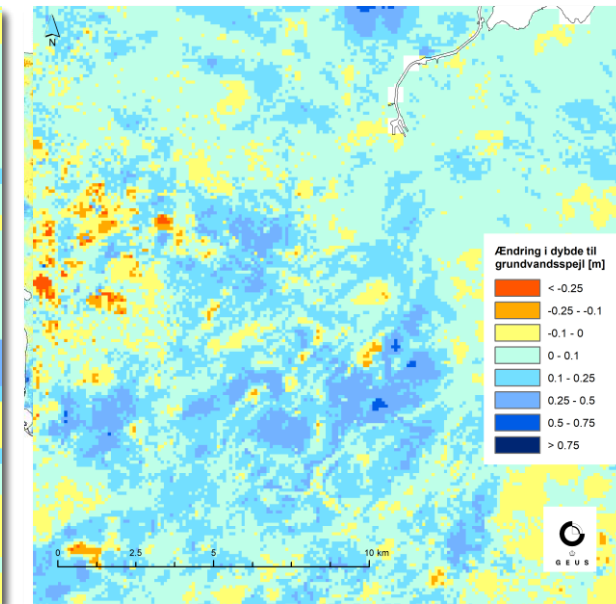
Udbygning af leverancer for klimafremskrivning

- Nedskalering af 500m klimafremskrivning til 100m
 - Random Forest, Maskinlærings metode
 - Træne algoritmen til at prædiktere ændringer i dybden til terrænnært grundvand i 100m
 - Baseret på simulerede ændringer i 500m
 - En lang række co-variates i 100m grid
- Træningsdata
 - Baseret på 100m klimafremskrivning for 5 submodeller
 - 59 statistiker af ændring, 2 tidshorisonter, 2 RCP'er

500m

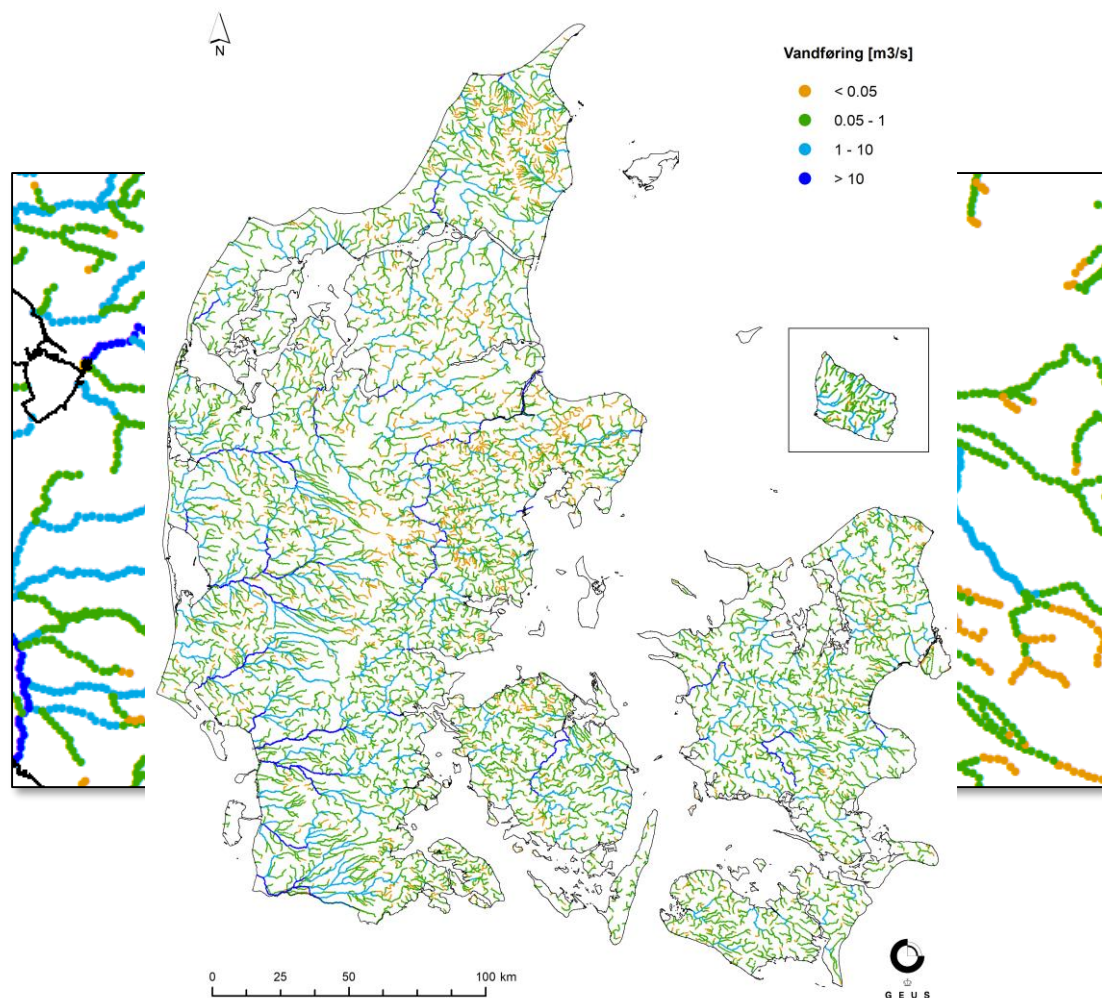


100m

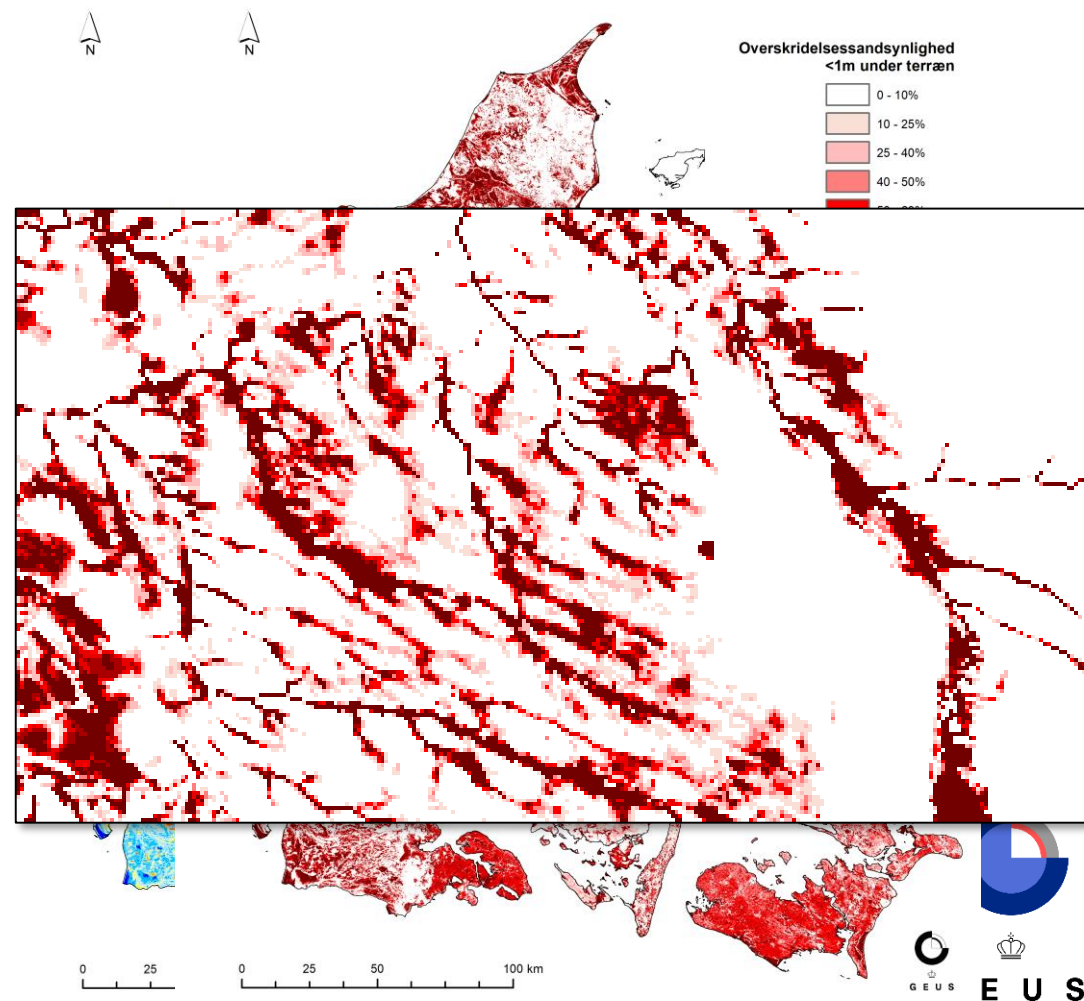


Simuleringer 1990-2019 (100m)

Q1 – høj vandføring

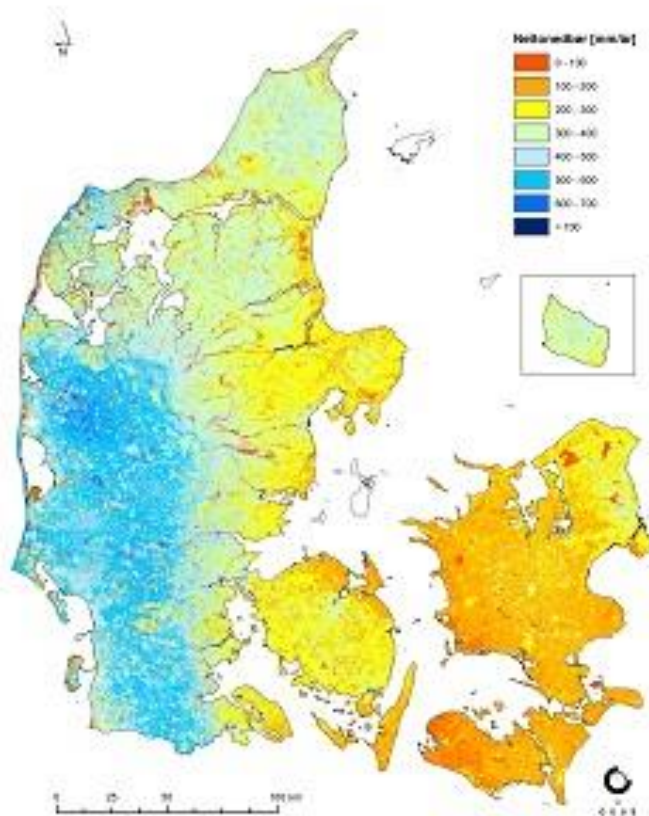


Afstand til grundvandsspejl

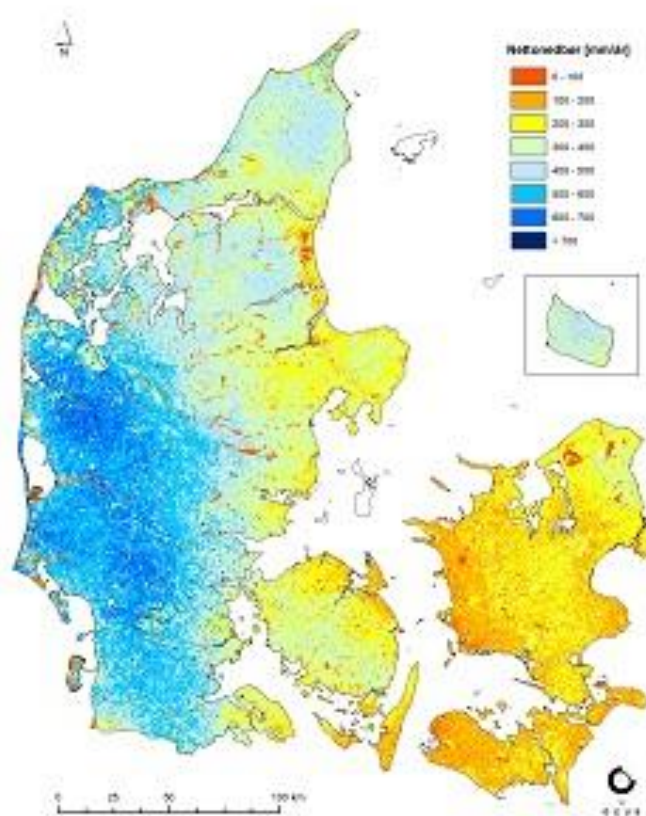


Effekterne af to klimascenarier i 2071-2100

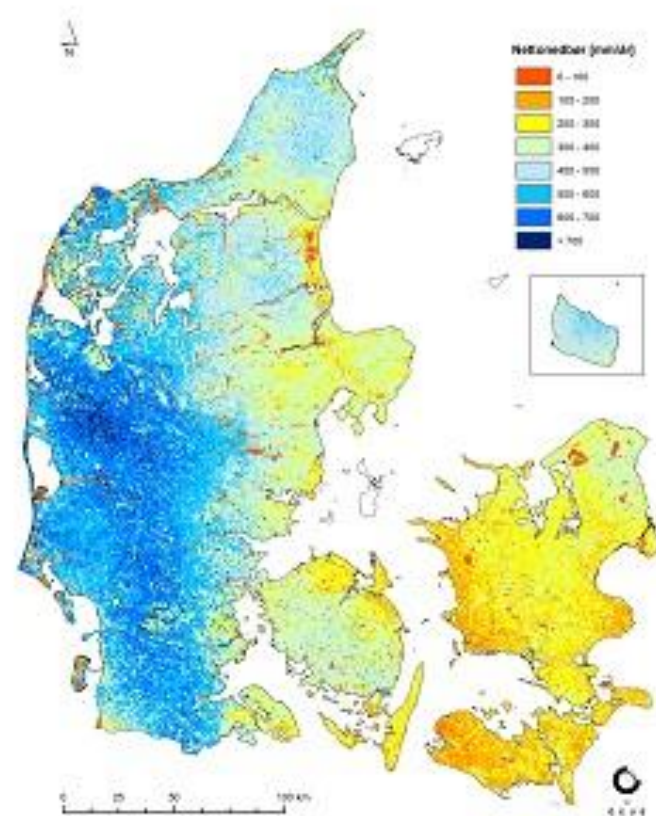
Nettonedbør 1990-2019



Nettonedbør ved RCP4.5

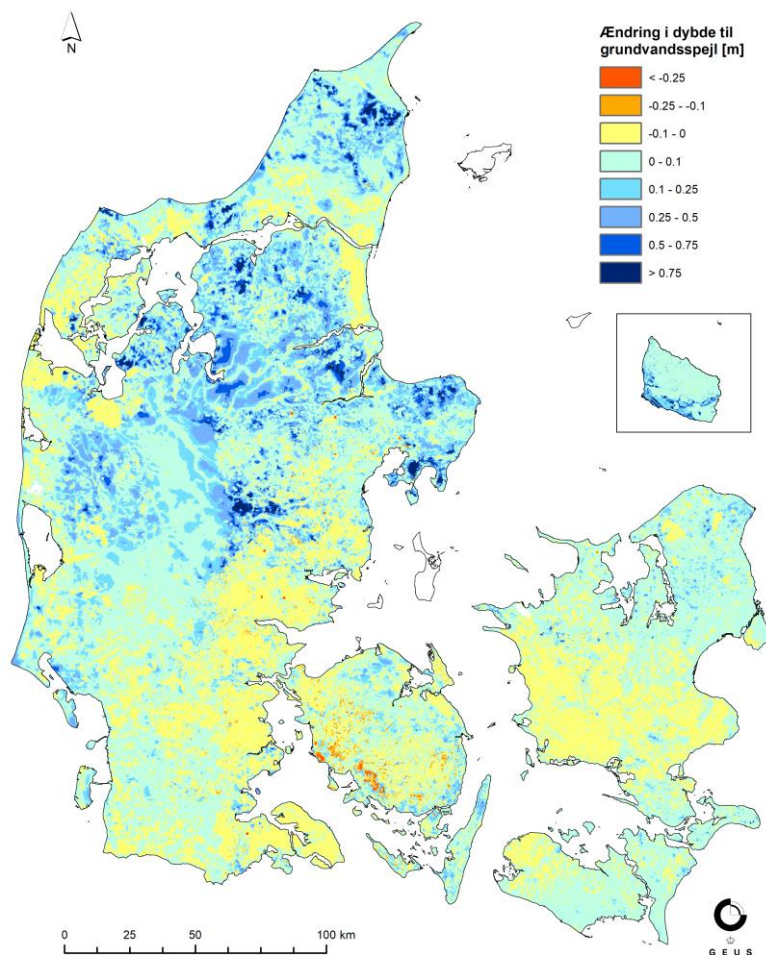


Nettonedbør ved RCP8.5

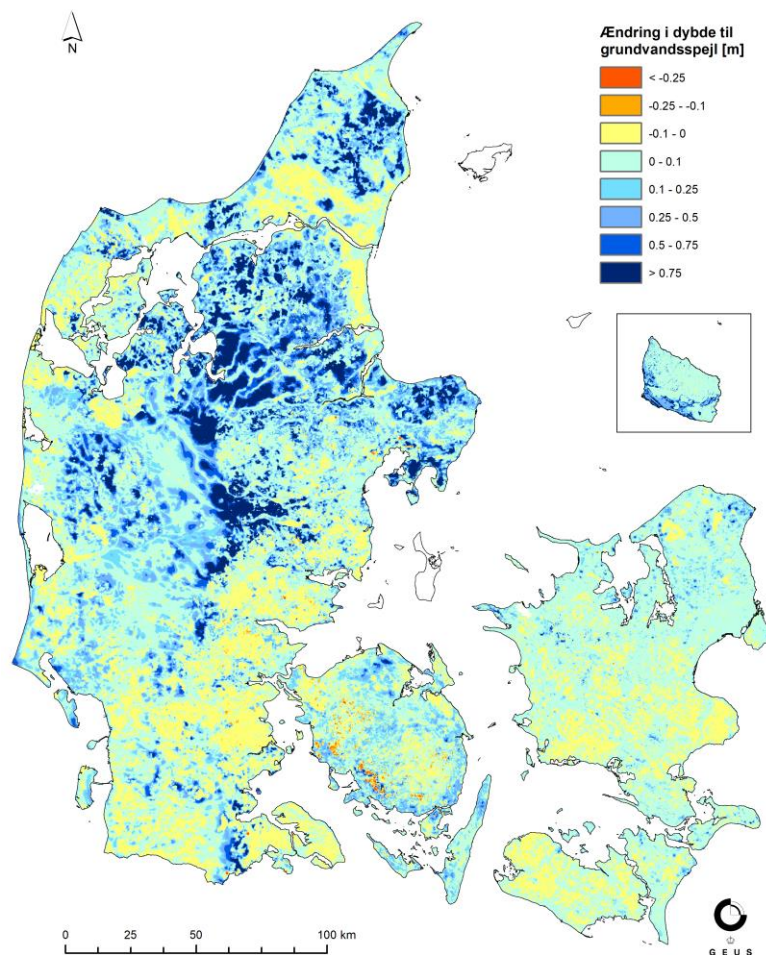


Effekterne af to klimascenarier i 2071-2100

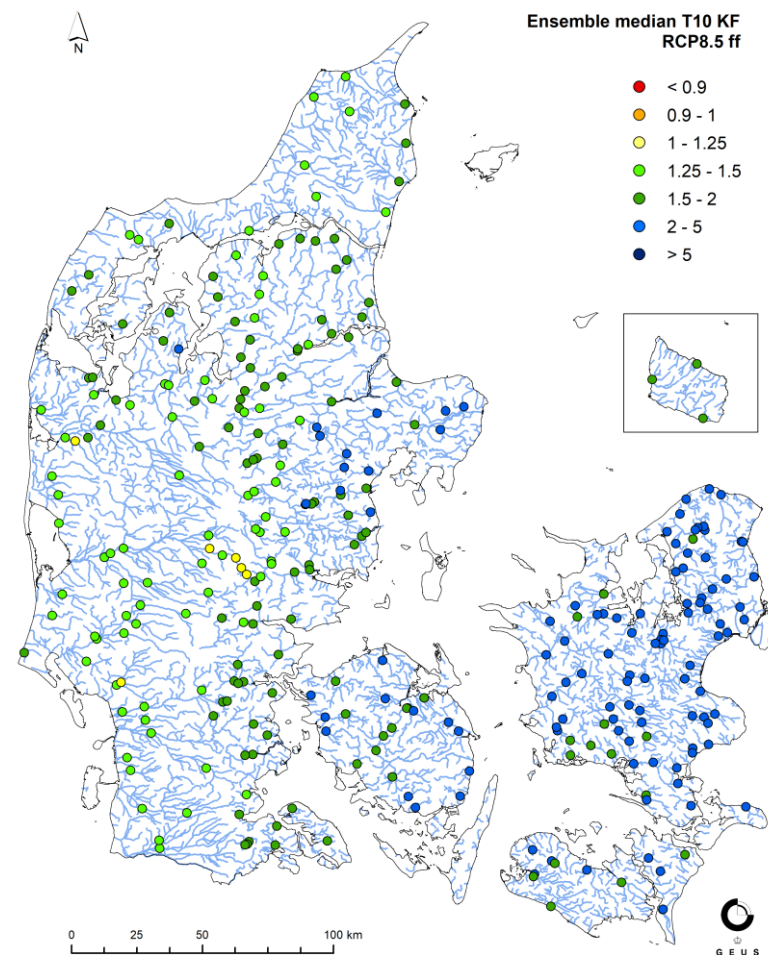
Ændring i middeldybde
ved RCP4.5



Ændring i middeldybde
ved RCP8.5



Ændring for 10-års hændelse
ved RCP8.5



Baggrund

- Klimaet bliver **mere vådt, varmere, mere ekstremt** og havet stiger
- Anvendere ønsker **mere detaljerede national data** af højtstående grundvand

Projektets hovedkomponenter:

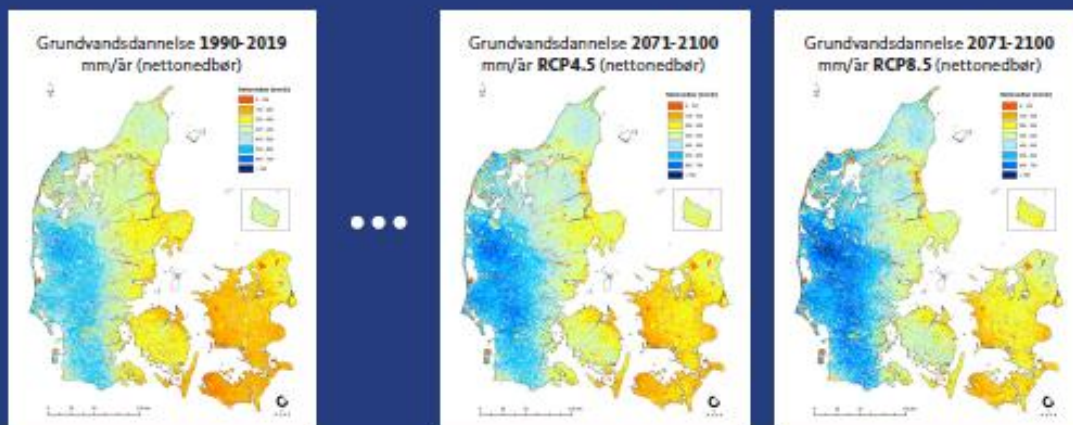
- Overførsel af terrænnære pejldata fra regionerne til Jupiter-databasen (**flere terrænnære data** til kalibrering og validering)
- Modelberegning med **100 m model for 1990-2019** – randbetingelser til detailmodeller og maskinlæring på dybden til terrænnært grundvand i 10 m
- **Klimafremskrivning for 2041-2070 og 2071-2100** for RCP4.5 (mellem drivhusgasscenarie) og RCP8.5 (højt drivhusgasscenarie) med 500 m model og nedskalering til 100 m

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

Sammenfatningsrapport 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

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



Tak for opmærksomheden!

https://sdfe.dk/media/2920242/hip4plus_dokumentationsrapport31jan2021.pdf

<https://sdfe.dk/media/2920241/sammenfatningsrapport-hip4plus31jan2021.pdf>