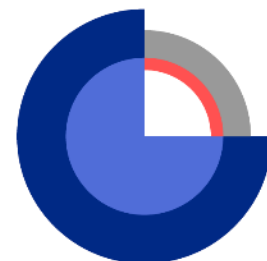


Terrænnært grundvand – nationalt datagrundlæg

Raphael Schneider

Seniorforsker, hydrologisk afdeling ved GEUS

De Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland



G E U S

Det hydrologiske kredsløb i Danmark

25/06/2025

<https://www.geoviden.dk/grundlaeggende-om-grundvand/>



Terrænnært grundvand

**”Det øverste frie grundvandsspejl man
støder på fra oven”**

25/06/2025



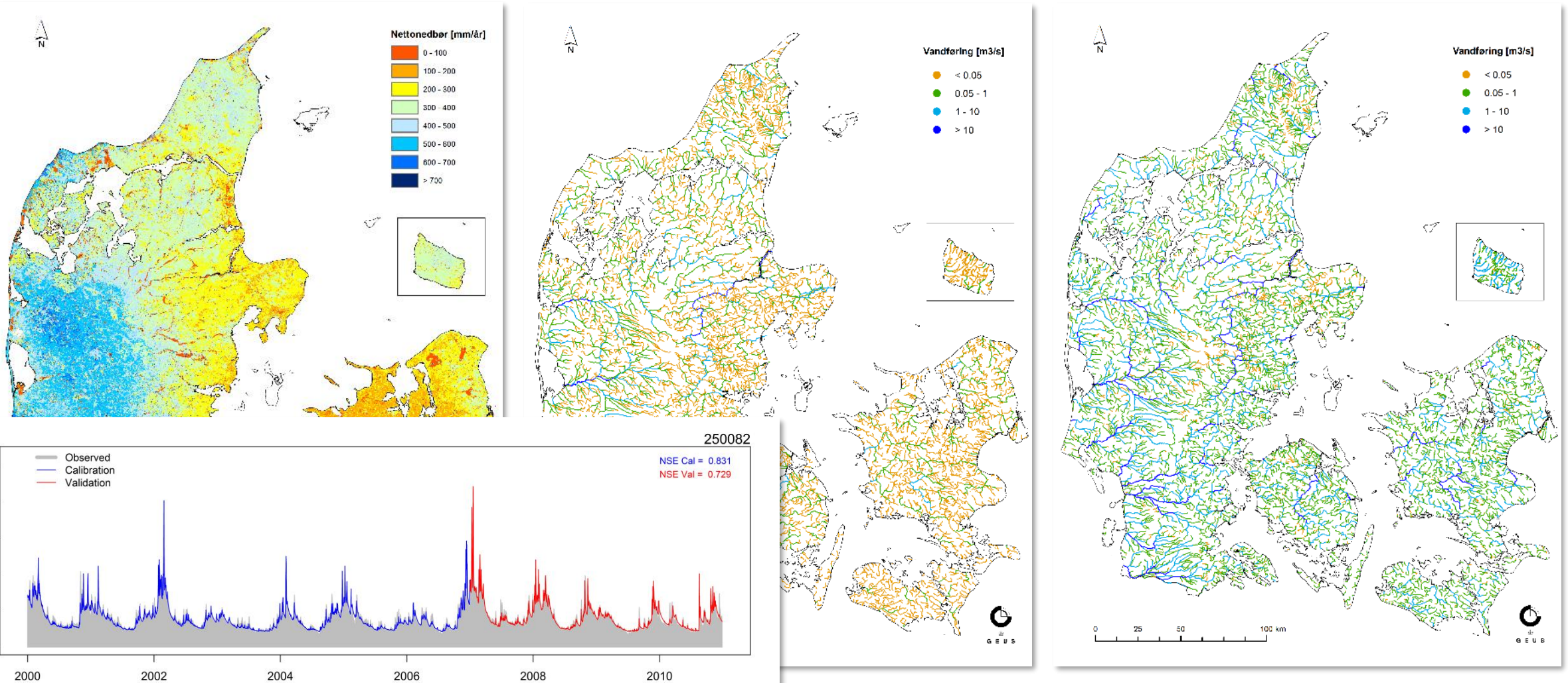

G E U S

Hydrologisk modellering:

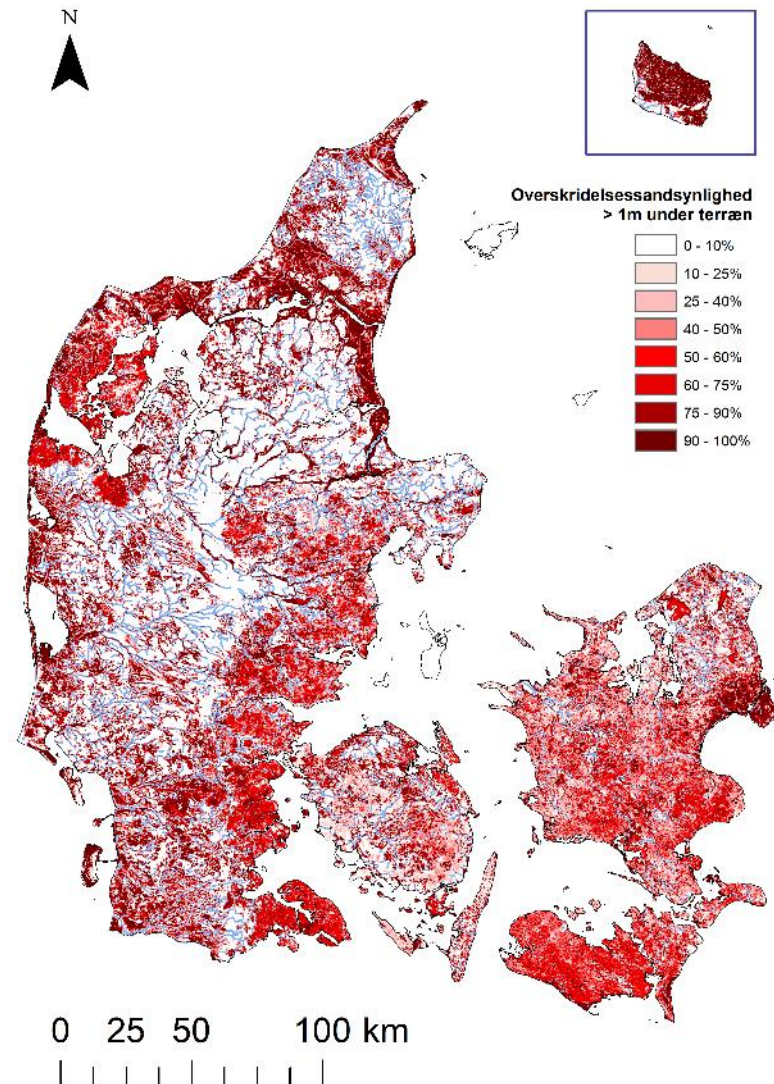
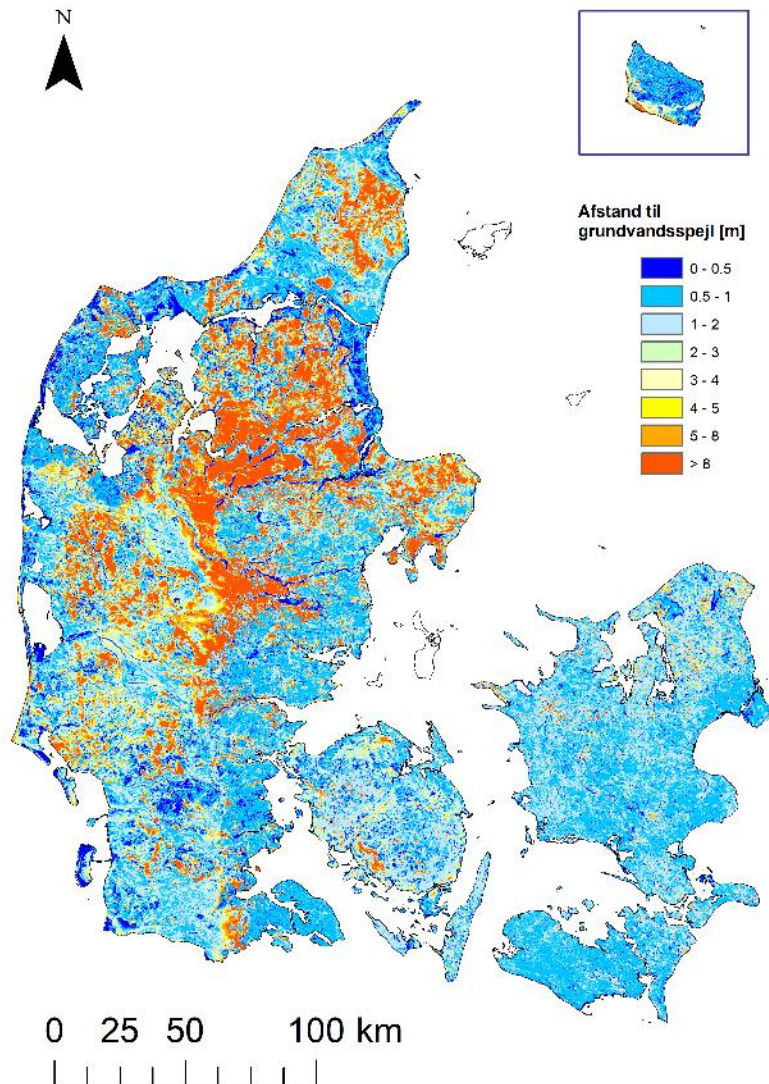
Den Nationale Hydrologiske Model (DK-Model)

- Modellen er en form for **digital tvilling** af det hydrologiske system for Danmark
- National model giver et **ensartet overblik over hele landet**
- Modellen er baseret på et **komplekst setup** med mio. af beregningsceller, information om topografi, vandløb, arealanvendelse, geologi, vandindvinding osv. De drivende variable er nedbør og temperatur.
- Modellen kalibreres og valideres mod målinger af forskellige dele af det hydrologiske kredsløb
- Modellen bruges til: Kvantitative ressourceopgørelser, scenarieberegninger i forhold til klimafremskrivninger, klimatilpasning, oversvømmelsesvarsling, kvælstofudvaskning osv.

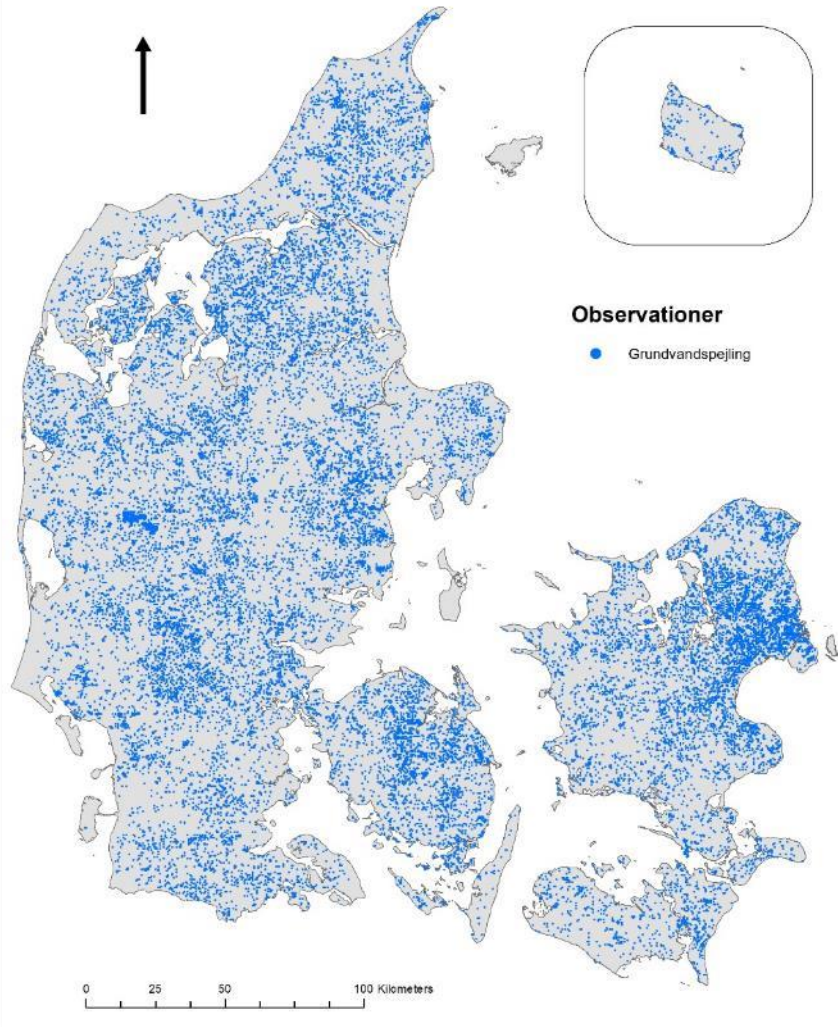
Simuleringer med den Nationale Hydrologiske Model - i historisk klima (1990-2020)



Simuleringer med den Nationale Hydrologiske Model - i historisk klima (1990-2020)



Modelkalibrering



Grundvandstrykniveauer

- Pejlinger i Jupiter database
- ~29.000 indtag i kalibreringsperiode 2000-10
- ~4.000 tidsserier (>20 obs)
- ~700 tidsserier (årlig variation, amplituder)

Markvanding

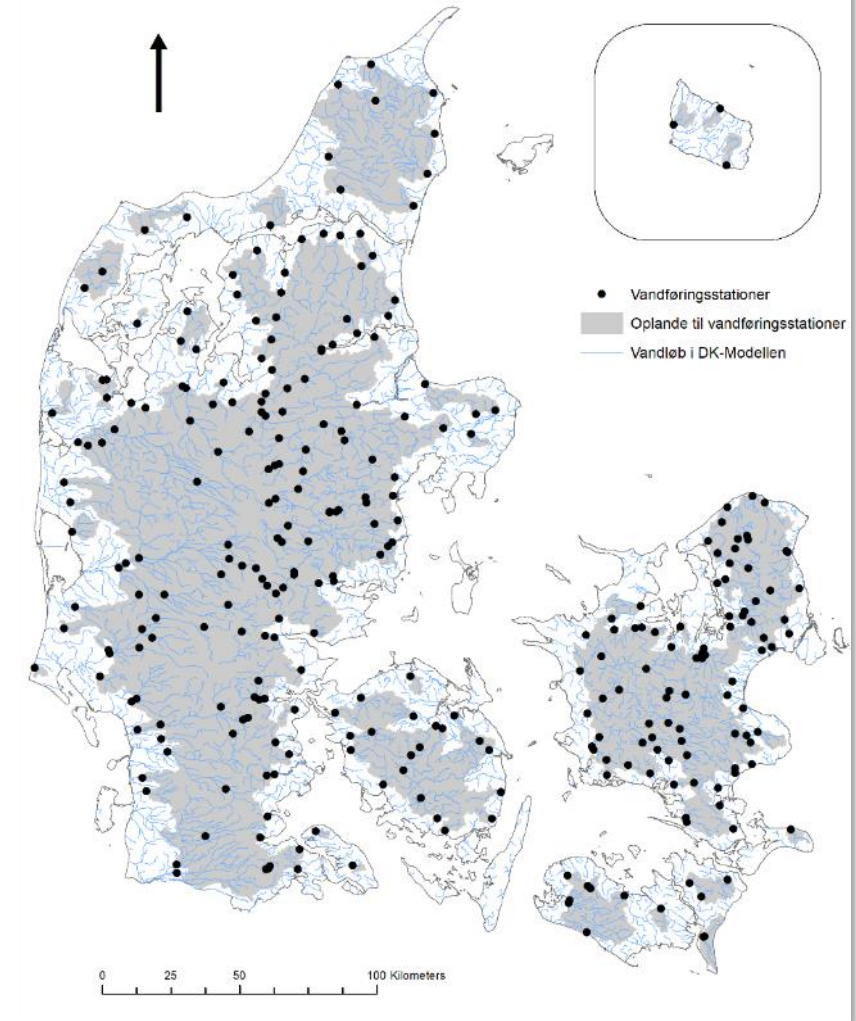
- Årligt indrapporterede data (Jupiter)

Automatisk kalibrering (PEST/Ostrich LM and DDS)

- Kalibreringsperiode 2000-10
- +40 parameter
- Lang simuleringstid (8hr)
- Meget computerkraft - 130 processer server

Vandløbsafstrømning

- ~305 stationer



Modelkalibrering

Satellitbaseret **kort over fordampning** over Danmark (Soltani et al. 2021)

DK-modellen simulerer **hele det hydrologiske kredsløb**

→ yderlige kalibreringsmål som fordampningsmønstre, drænfraktion, grundvandsamplituder

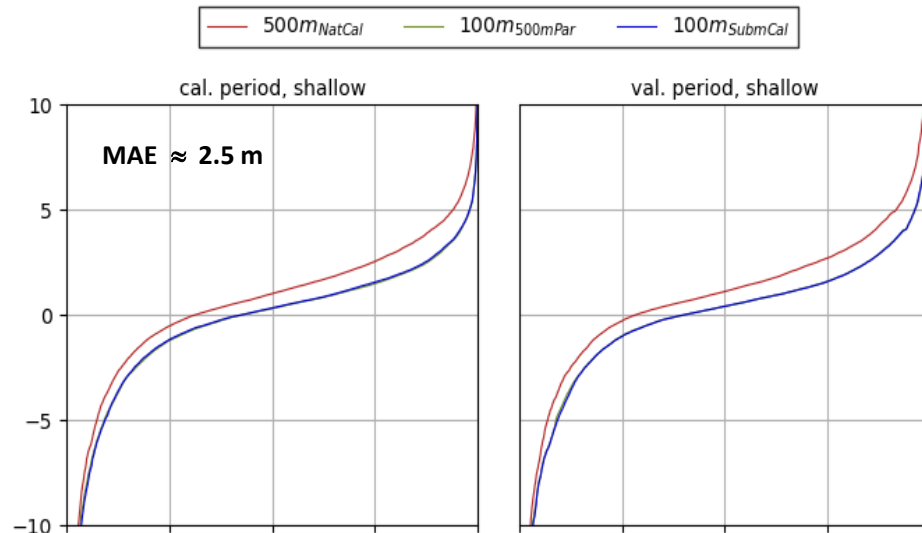
Machine learning **kort af drænfraktion** (Mahmood et al. 2023, Schneider et al. 2025)



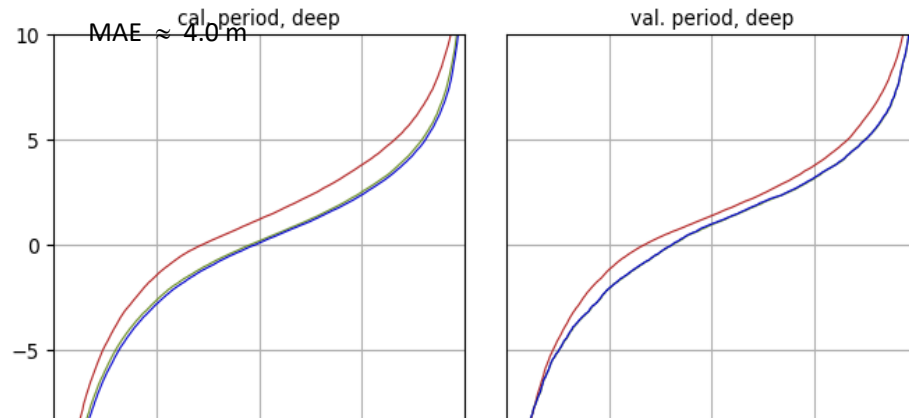
GEUS

Modelkalibrering og performance – grundvand

øverste
grundvands-
spejl

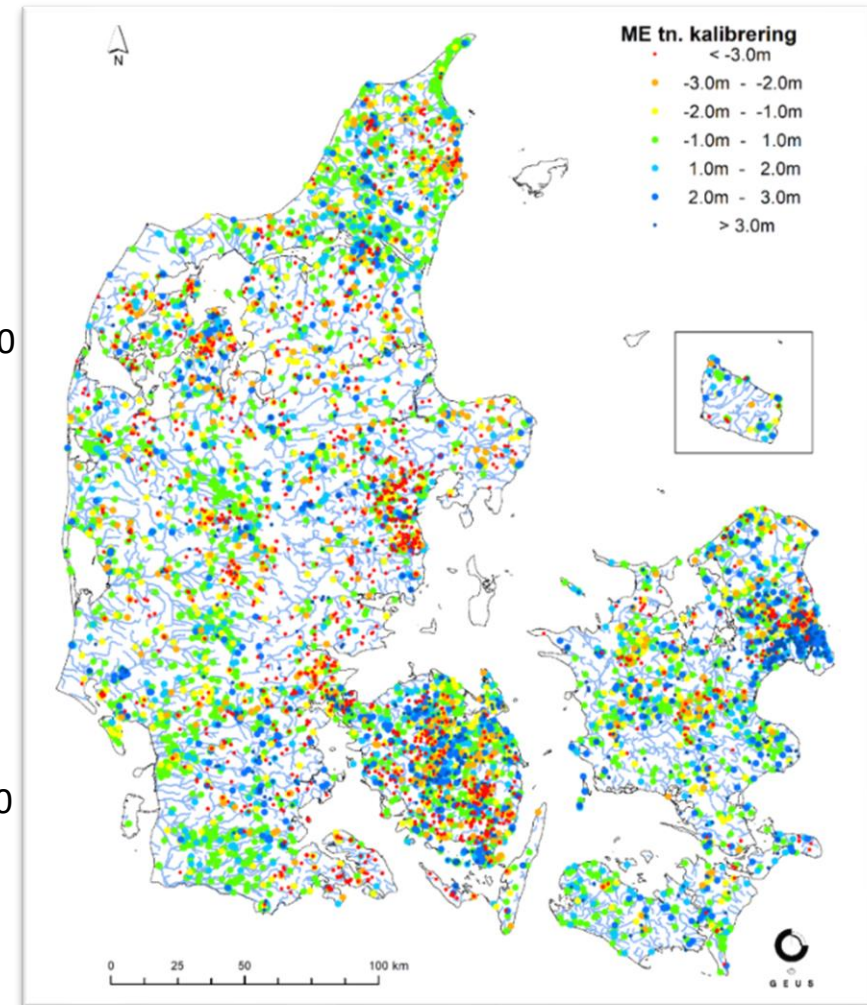


dybt
grundvand



1990 – 2024:
data fra ~50,000
indtag

1990 – 2024:
data fra ~90,000
indtag



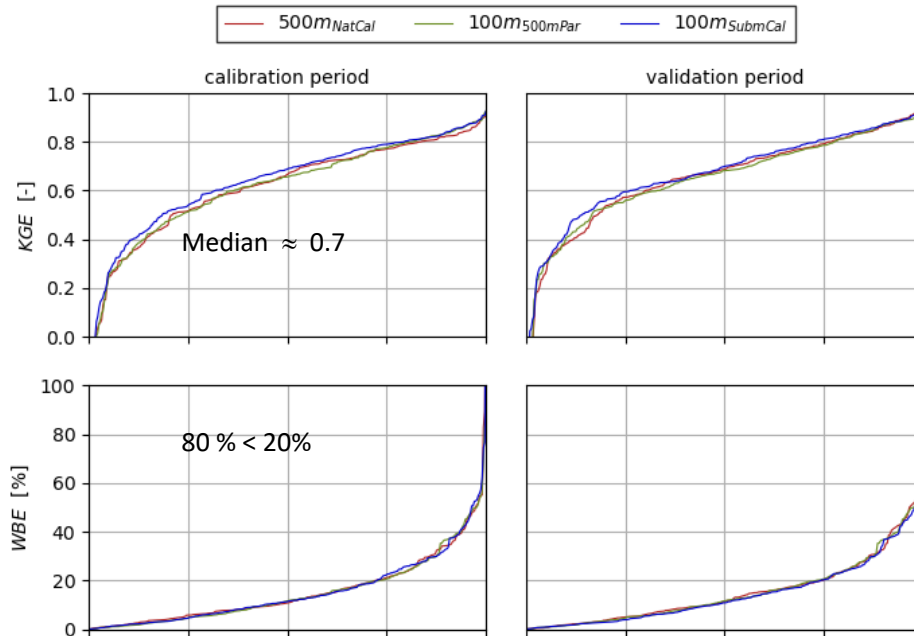
Afgivelser bliver typisk bedre simuleret end absolutte værdier (fx hvor meget højere end normalt står grundvandet lige nu pga. øget nedbør?)



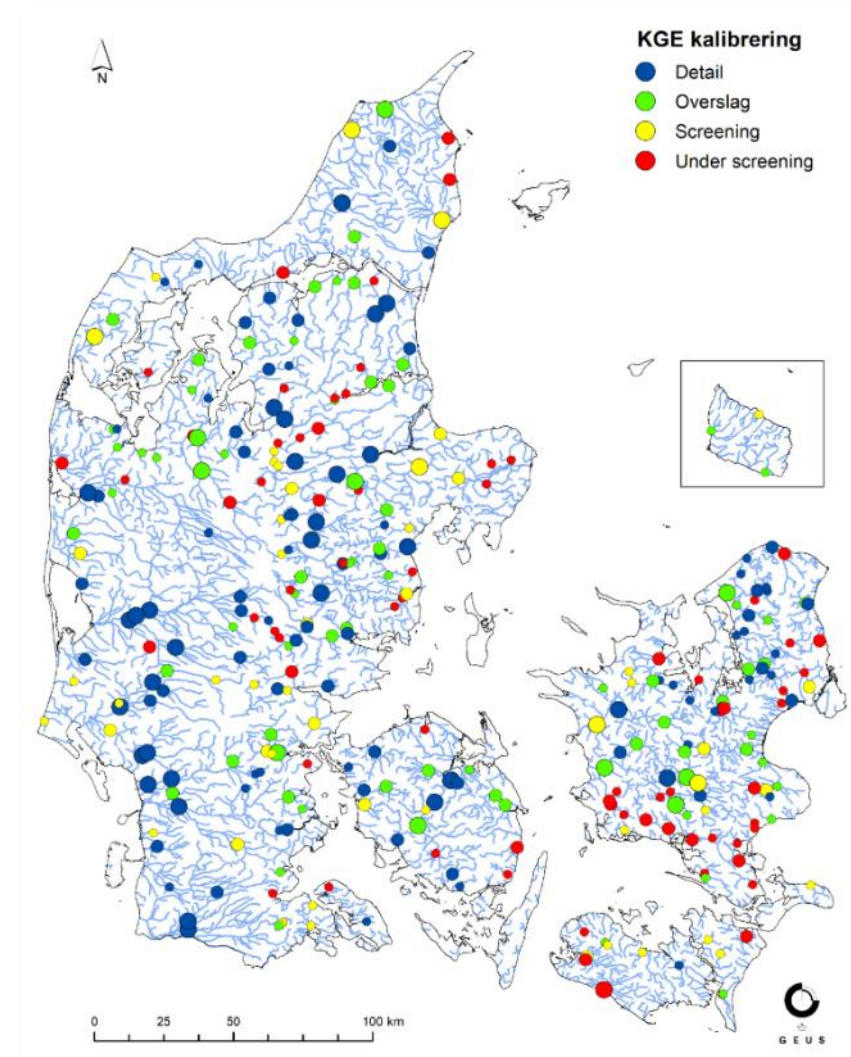
GEUS

Modelkalibrering og performance – vandføring

vandførings-
dynamik



vandbalance



HIP (Hydrologisk Informations- og Prognosesystem)

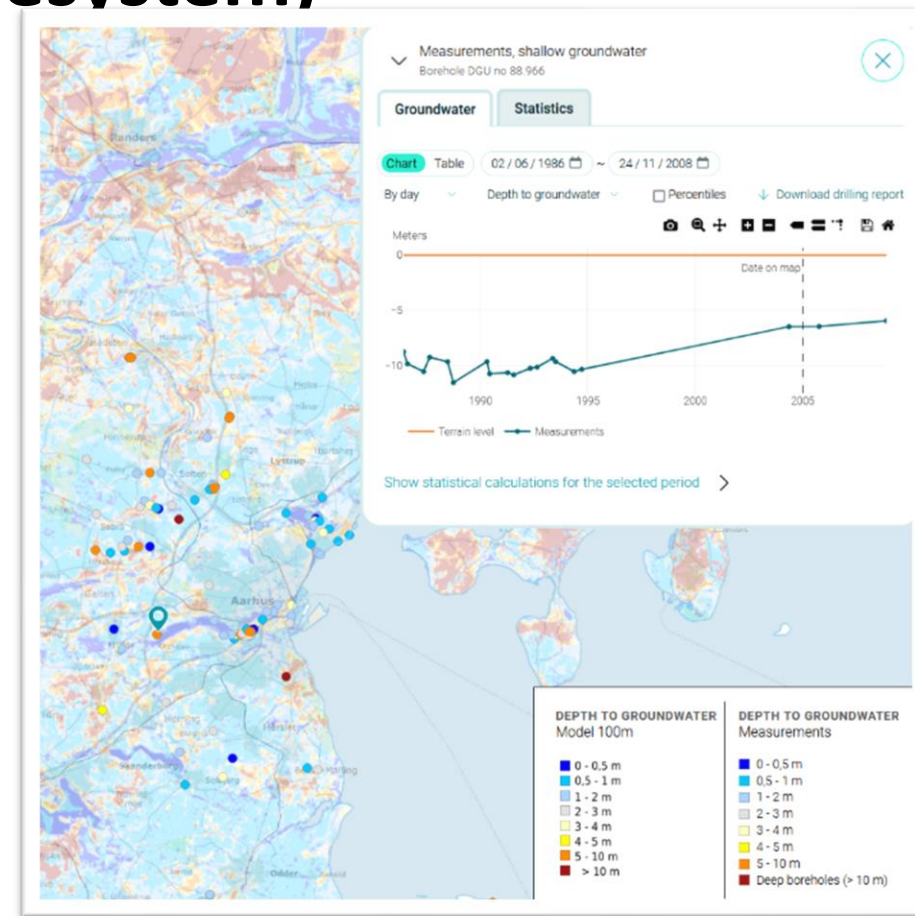
<https://hip.dataforsyningen.dk/>

HIP udstiller **offentlige hydrologiske data, modelberegninger og prognoser for fremtiden**. Til at understøtte klimatilpasning, vandforvaltning, planlægning, beredskabsaktiviteter.

Oprettet som del af FODS 6.1 2016-2020 under KDS (tidligere SDFI).

Under løbende udvikling.

- Observationer fx fra Jupiter (pejlinger), DMP (vandløb), havniveau
- Historiske modelresultater fra DK-Model (**fx dybde til terrænnært grundvand i 100m og nedskaleret produkt i 10m**) og randbetingelser
- **Klimafremskrivinger med DK-model** (ændring i dybde til terrænnært grundvand, vandføring)
- **Realtidsdata**



Gennemsnitlig dybde til øverste grundvand fra modellen (100m) med observationer - også i realtid

HIP (Hydrologisk Informations- og Prognosesystem)

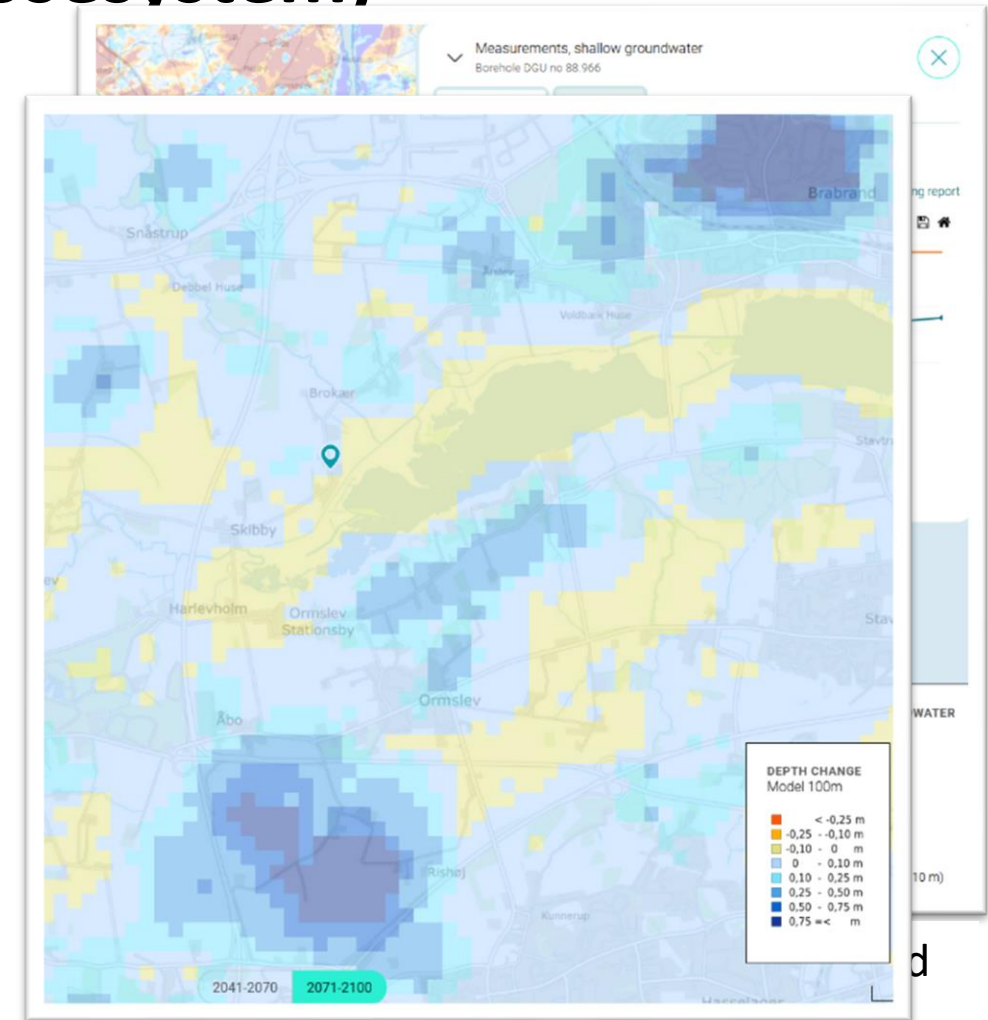
<https://hip.dataforsyningen.dk/>

HIP udstiller **offentlige hydrologiske data, modelberegninger og prognoser for fremtiden**. Til at understøtte klimatilpasning, vandforvaltning, planlægning, beredskabsaktiviteter.

Oprettet som del af FODS 6.1 2016-2020 under KDS (tidligere SDFI).

Under løbende udvikling.

- Observationer fx fra Jupiter (pejlinger), DMP (vandløb), havniveau
- Historiske modelresultater fra DK-Model (**fx dybde til terrænnært grundvand i 100m og nedskaleret produkt i 10m**) og randbetingelser
- **Klimafremskrivinger med DK-model** (ændring i dybde til terrænnært grundvand, vandføring)
- **Realtidsdata**



Forventet ændring i dybde til øverste grundvand (2071-2100 med RCP8.5)

HIP (Hydrologisk Informations- og Prognosesystem)

<https://hip.dataforsyningen.dk/>

HIP udstiller **offentlige hydrologiske data, modelberegninger og prognoser for fremtiden**. Til at understøtte klimatilpasning, vandforvaltning, planlægning, beredskabsaktiviteter.

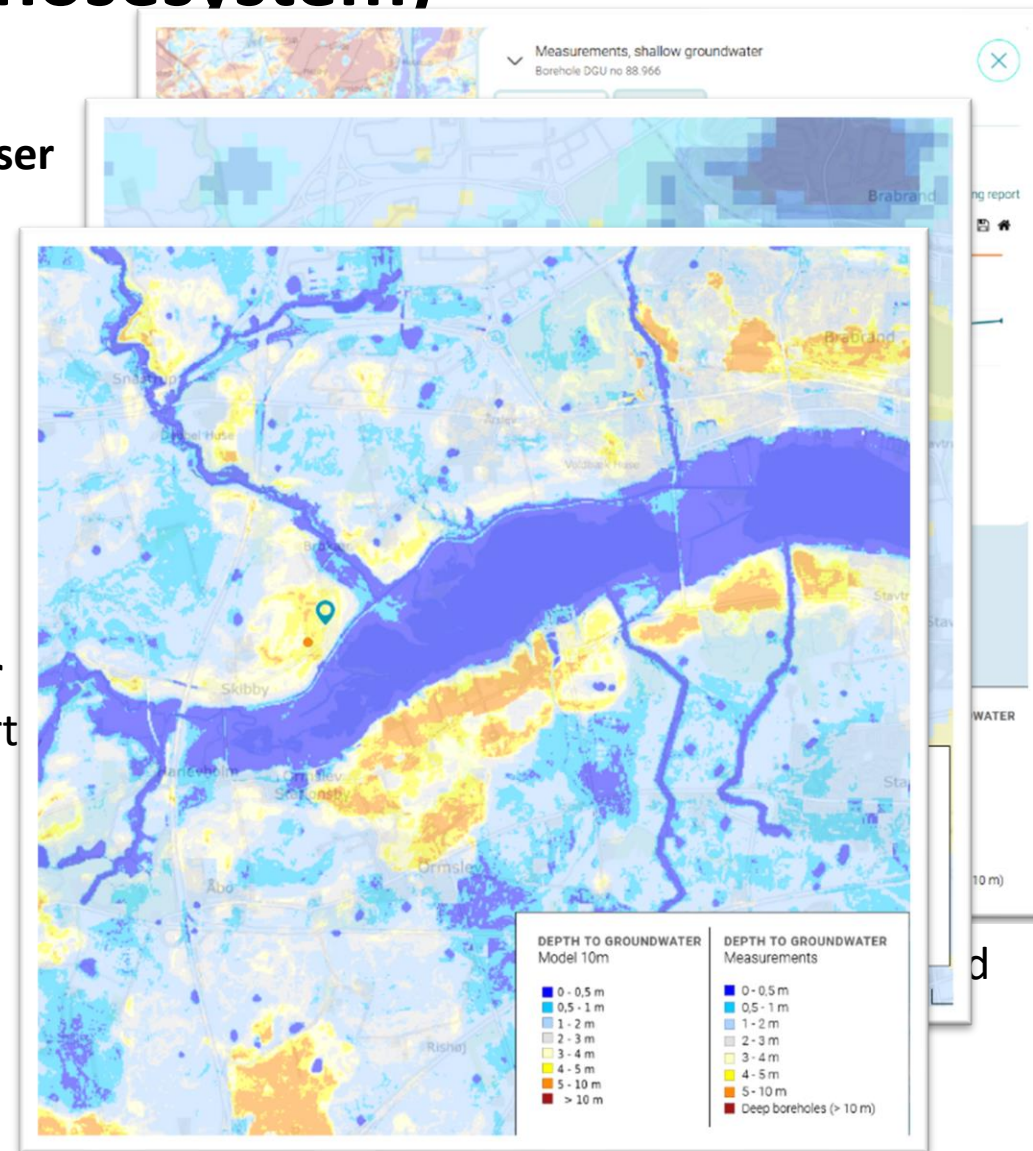
Oprettet som del af FODS 6.1 2016-2020 under KDS (tidligere SDFI).

Under løbende udvikling.

- Observationer fx fra Jupiter (pejlinger), DMP (vandløb), havniveau
- Historiske modelresultater fra DK-Model (**fx dybde til terrænnært grundvand i 100m og nedskaleret produkt i 10m**) og randbetingelser
- **Klimafremskrivninger med DK-model** (ændring i dybde til terrænnært grundvand, vandføring)
- **Realtidsdata**

Data fra HIP indgår i andre services, fx

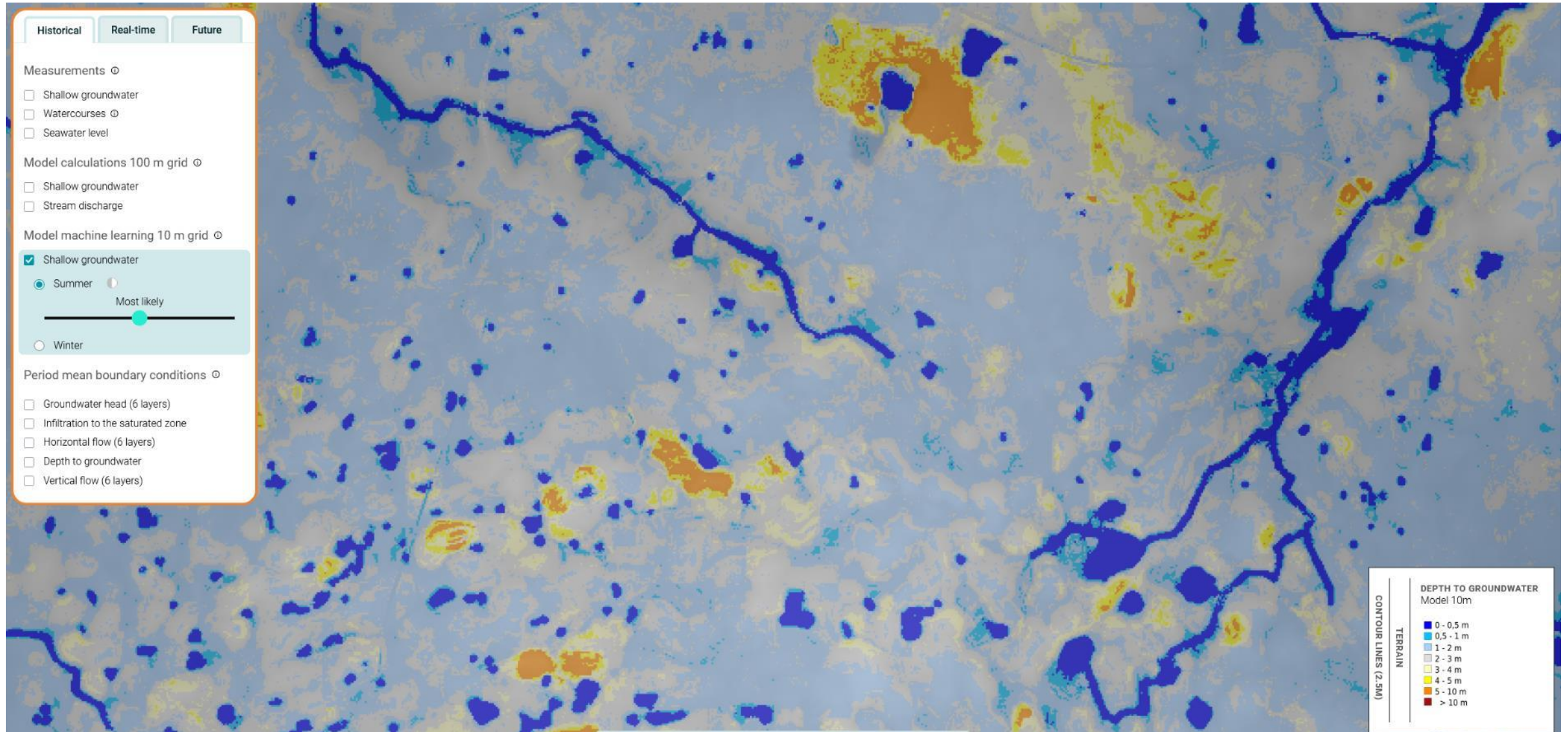
- KAMP <https://kamp.klimatilpasning.dk/>
- DinGeo <https://www.dingeo.dk/>
- Scalgo Live <https://scalgo.com/live/denmark>
- ...



Gennemsnitlig dybde til øverste grundvand om vinteren, nedskaleret til 10m

Skala – 100m vs. 10m

Dybde til grundvand, sommer, 10m ML



Skala – 100m vs. 10m

Topografi



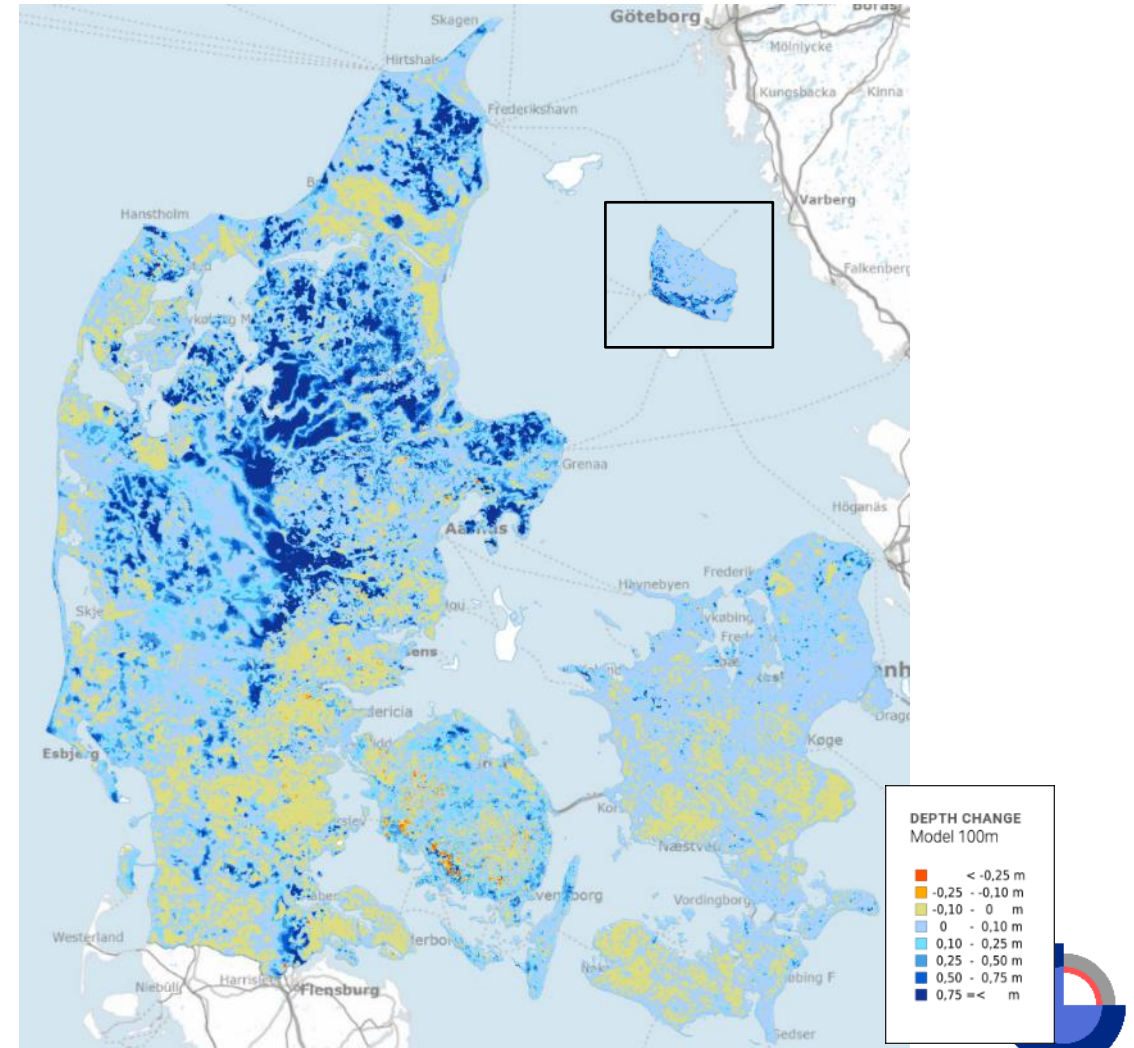
Skala – 100m vs. 10m

Dybde til grundvand, sommer, 100m DKM



Klimafremskrivninger af Danmarks hydrologi 2040-2100

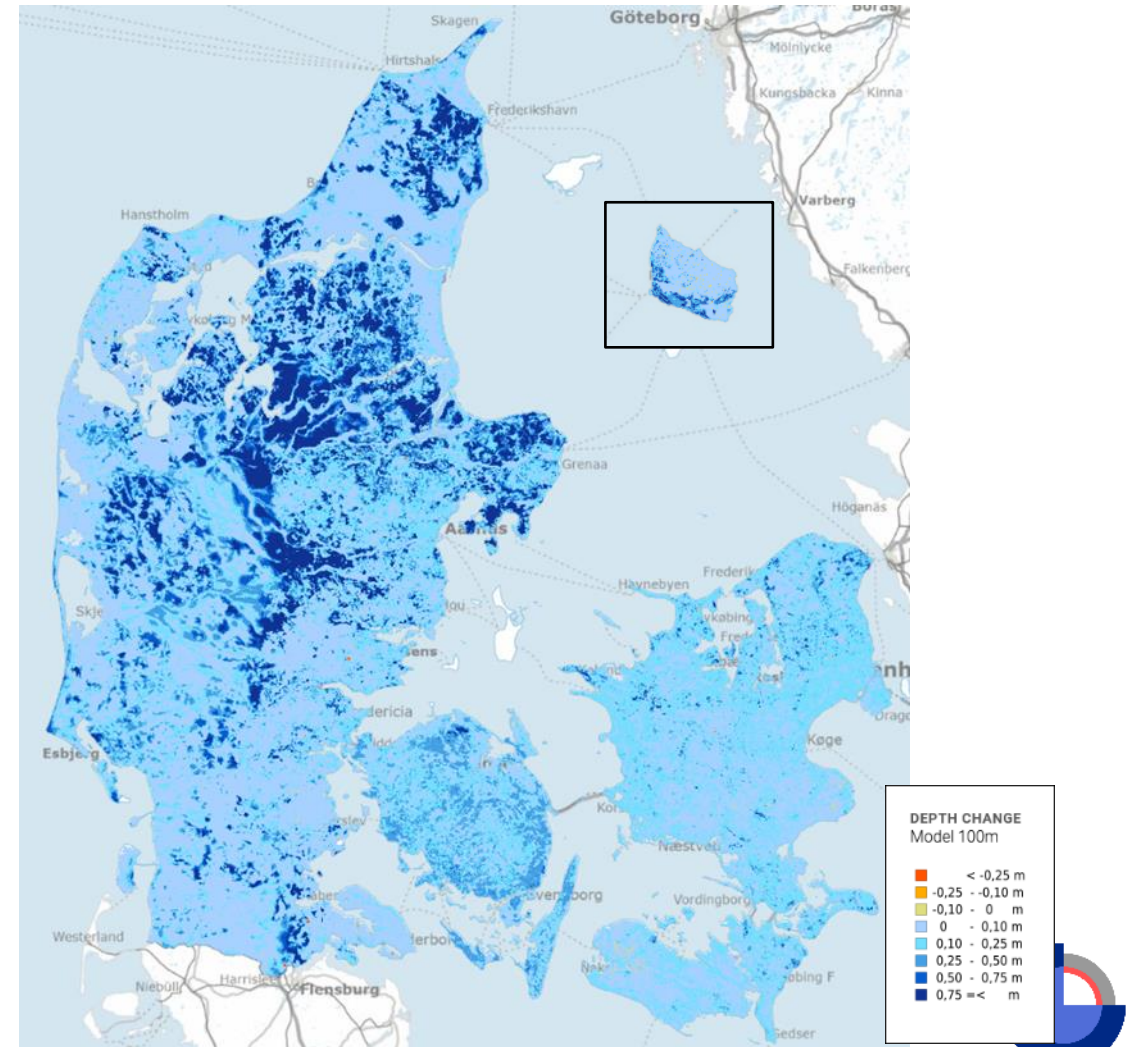
- Ensemble af klimamodeller (RCP8.5) kørt gennem Den Nationale Hydrologiske Model (DK-modellen) 2040-2070-2100
 - Mere nedbør, højere temperaturer
- Median ændringer:
 - Moderate stigninger i det terrænnære grundvand
 - Fald i vandindhold i rodzonen
 - Store stigninger i vandføring i vandløb



Median ændring i det øverste grundvandsspejl
2071 – 2100 med RCP 8.5

Klimafremskrivninger af Danmarks hydrologi 2040-2100

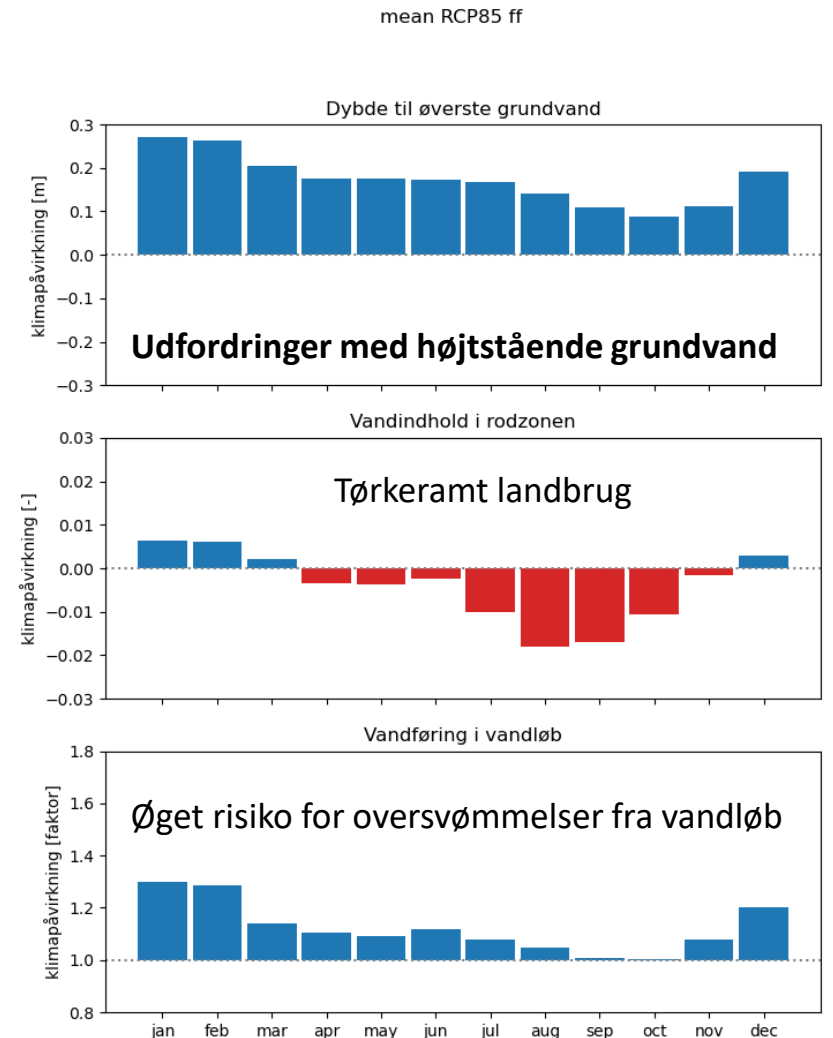
- Ensemble af klimamodeller (RCP8.5) kørt gennem Den Nationale Hydrologiske Model (DK-modellen) 2040-2070-2100
 - Mere nedbør, højere temperaturer
- Median ændringer:
 - Moderate stigninger i det terrænnære grundvand
 - Fald i vandindhold i rodzonen
 - Store stigninger i vandføring i vandløb



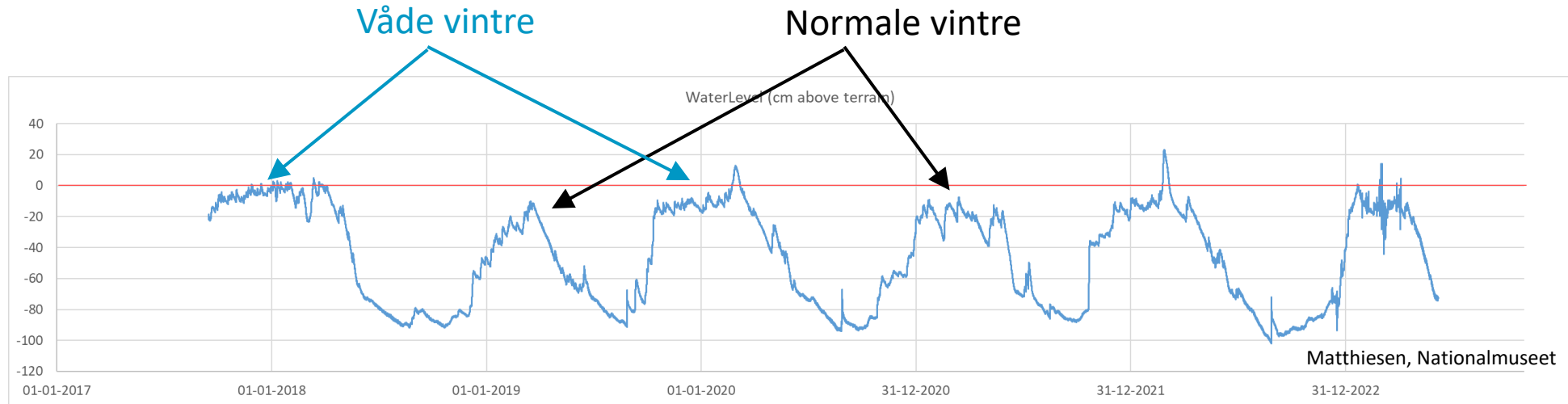
Median ændring i det øverste grundvandsspejl
for januar måned 2071 – 2100 med RCP 8.5

Klimafremskrivninger af Danmarks hydrologi 2071-2100

- RCP8.5 2071-2100 (fjern fremtid)
- Median ændringer:
 - Store stigninger i det terrænnære grundvand
 - Lavere vandindhold i rodzonen
 - Store stigninger i vandføring i vandløb
 - Mere markant sommer-vinter dynamik



Amplitude og klimapåvirkning af grundvand – begrænset af dræn



- Begrænset akkumuleret effekt i det helt terrænnære grundvand
 - Landskabets afdræningsevne kombineret med sommer-vinter dynamikken begrænser akkumulering af den terrænnære grundvandsstand
- Stigende udfordringer med det øverste grundvandsspejl grundvand
 - Størst hvor der er dybest til grundvandsspejlet
 - Påvirker både hyppighed og niveau
- I modsætning til havniveau-stigninger som forventes at være stødt stigende som følge af klimaforandringer
 - Grundvandet i kystzonen vil ligeledes påvirkes af havniveau-stigninger

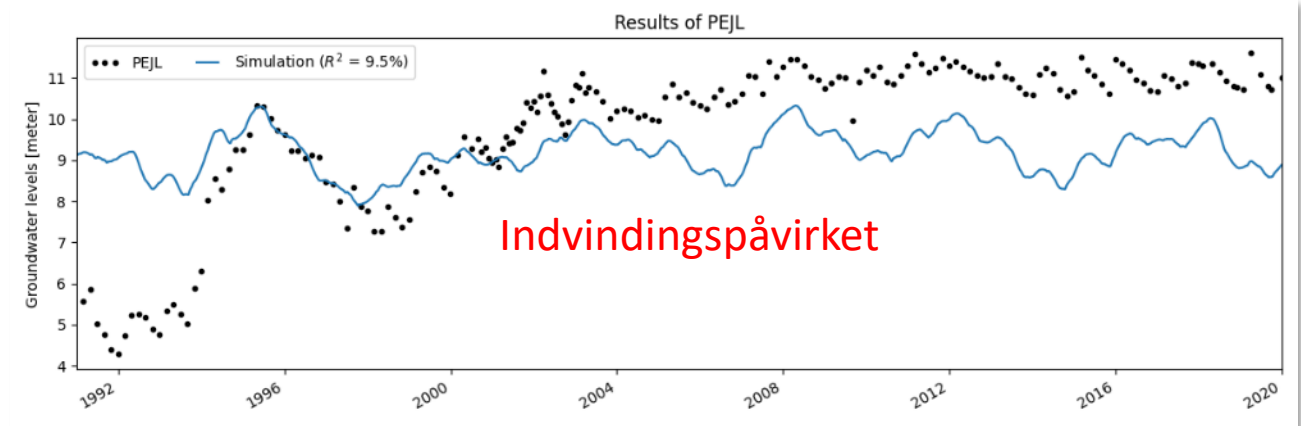
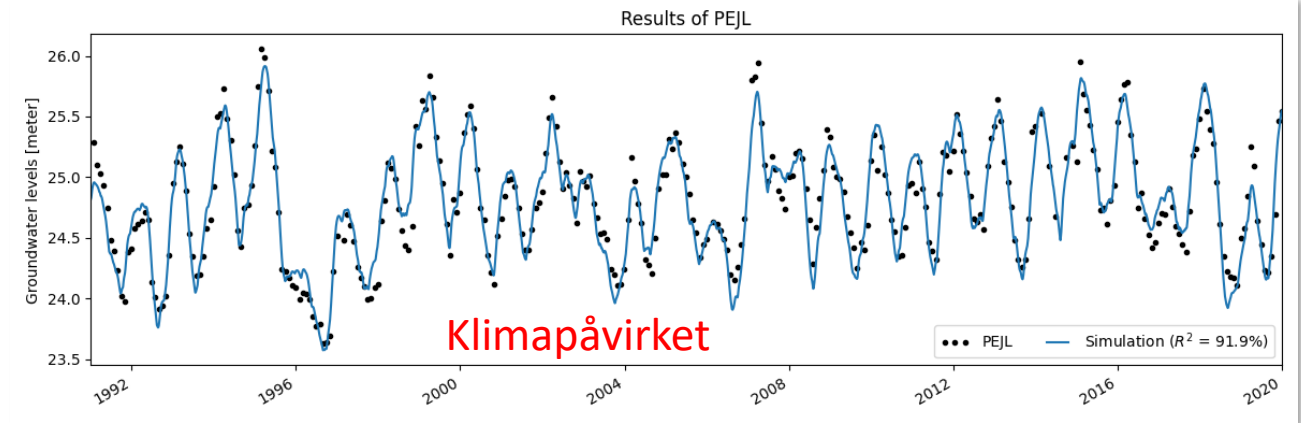


GEUS

Klimapåvirkning af grundvand – eller indvinding?

Hvilken **udvikling** kan vi se i **historiske tidsserier** (1990 – i dag)?

- Nationalt fænomen
 - Klimapåvirkede pejleboringer
 - Kan korreleres til nedbør
 - Har en moderat stigende tendens (signifikant?)
- Lokale fænomener
 - Indvindingspåvirkede pejleboringer
 - Kan ikke korreleres til nedbør
 - Har ofte tendens til stigende grundvand (særligt i 1990'erne)



Men der findes mere på HIP...

HYDROLOGISK INFORMATIONS- OG PROGNOSESISTEM

Søg efter vandløb, byer, stednavne, mm.

DATA OM HIP BRUGERHISTORIER DOKUMENTATION BRUGERFORUM BRUG AF HIP

Støttelag
Luk alle lag

Administrative grænser >

Terræn >

3 Hydrologi ▾

- ☐ Hovedvandoplande ①
- ☐ Farvandsoplande ①
- ☐ Vandløbsoplande ①
- ☐ ID15-oplande ①
- ☐ Søer ①
- ☐ Vådområder ①
- ☒ Regnvandsudledning ①
- ☒ Spildevandsudledning ①
- ☐ Terrænnære målestationer ①
- ☐ Vandindvinding ①
- ☐ Spærringer i vandløb ①
- ☐ Det hydrologiske tilpasningslag ①
- ☐ Havvand på land ①
- ☐ Overløb fra vandløb (beta) ①
- ☐ Bluespot-ekstremregn ①
- ☒ Strømningsveje ①

Bebyggelse og arealanvendelse >

Jordbund og geologi >

Sagsbehandlertkort >

Stednavne >

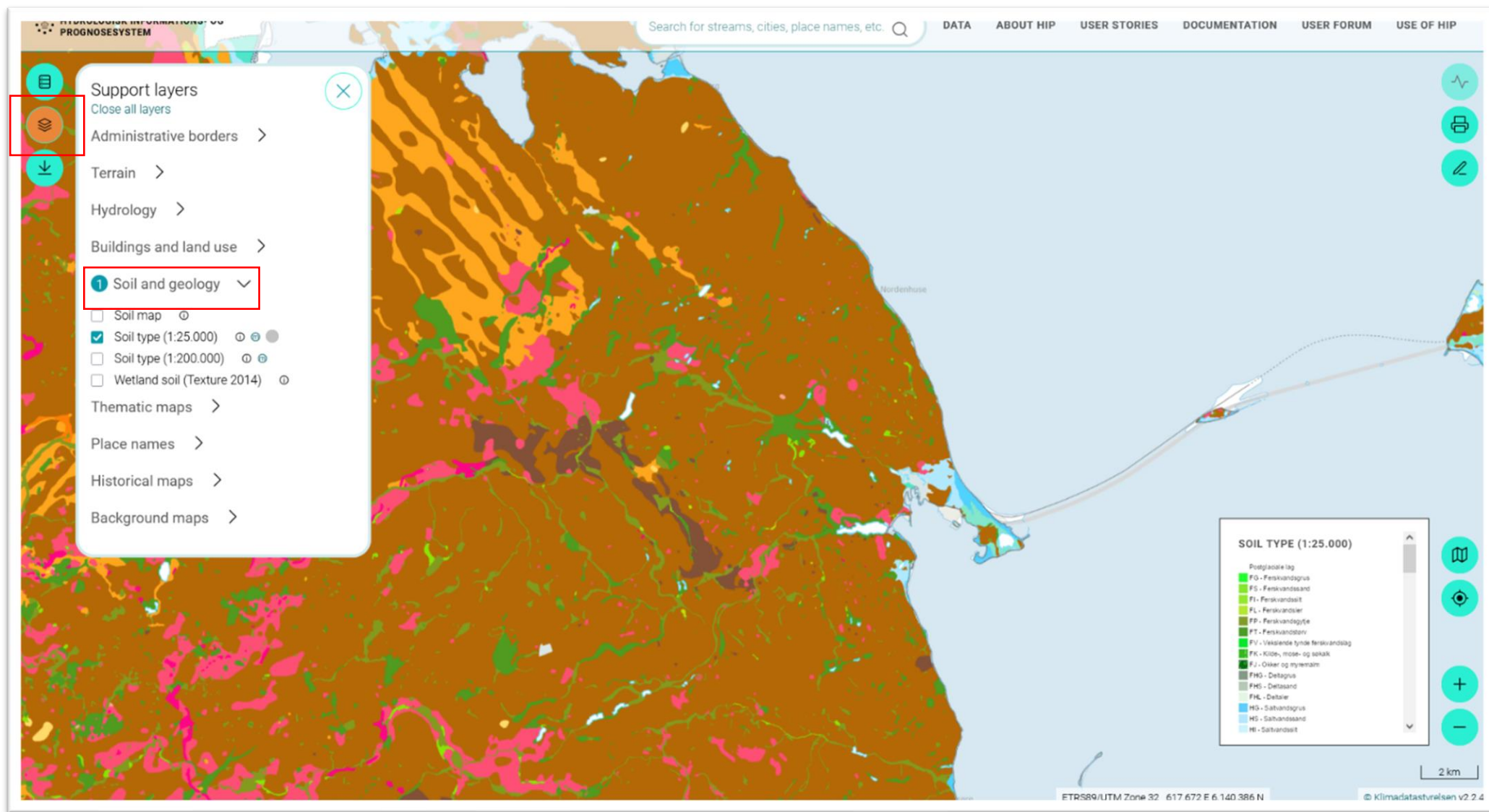
STRØMNINGSVEJE
REGNVANDSUDLEDNING
SPILDEVANDSUDLEDNING

20 m

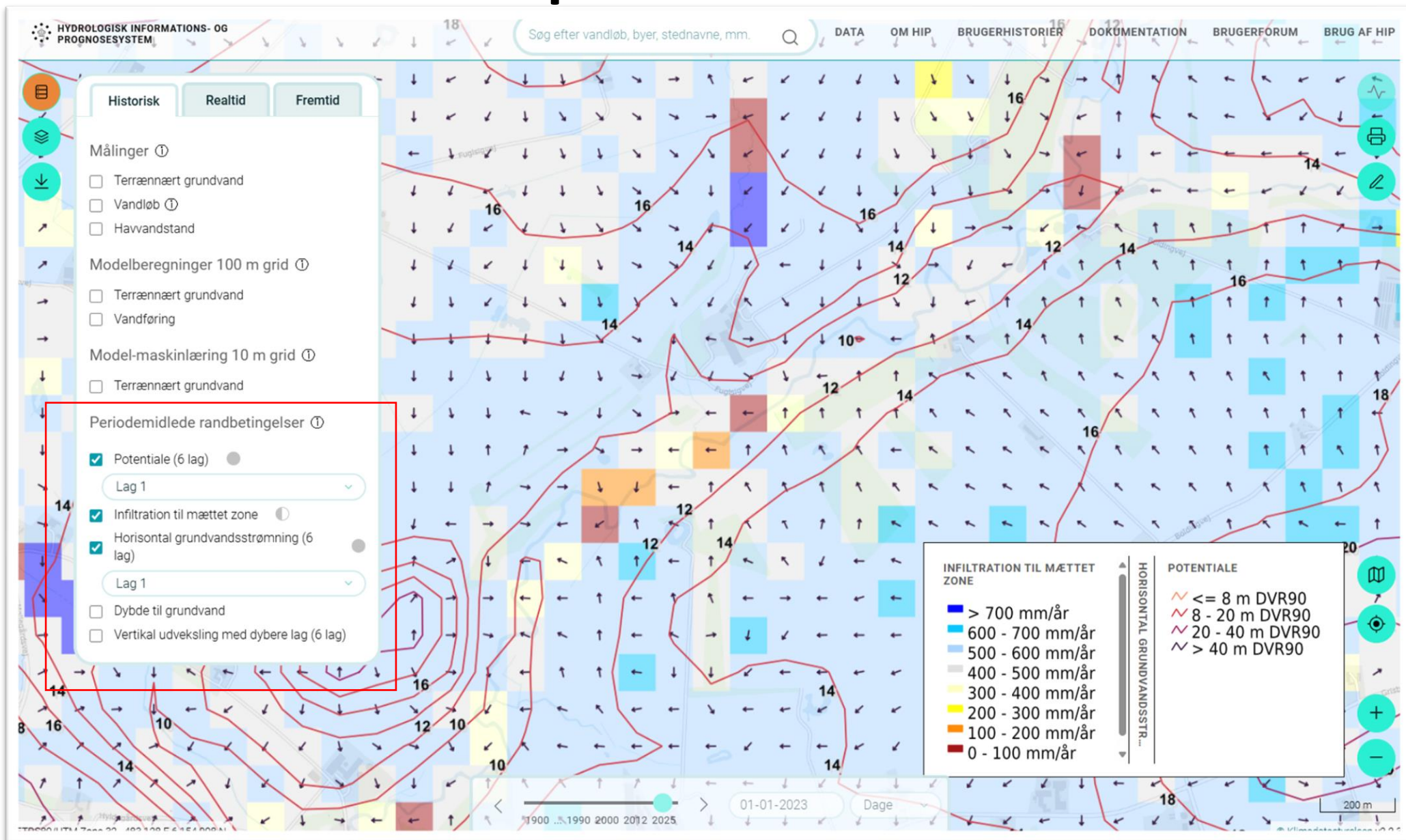
TDSRQ/ITM Zone 27 674 547 E 6 121 283 N

Klimadatacentral v2.2.5

Men der findes mere på HIP...



Men der findes mere på HIP...



Hydrologisk monitoring med observationer

Grundvand:

- Jupiter <https://www.geus.dk/jupiter> inklusive oplysninger om litologi, indvinding, kemi, ...
- Realtidsmålinger tilgængelige under <https://grundvandsstanden.dk/> (også i Jupiter)

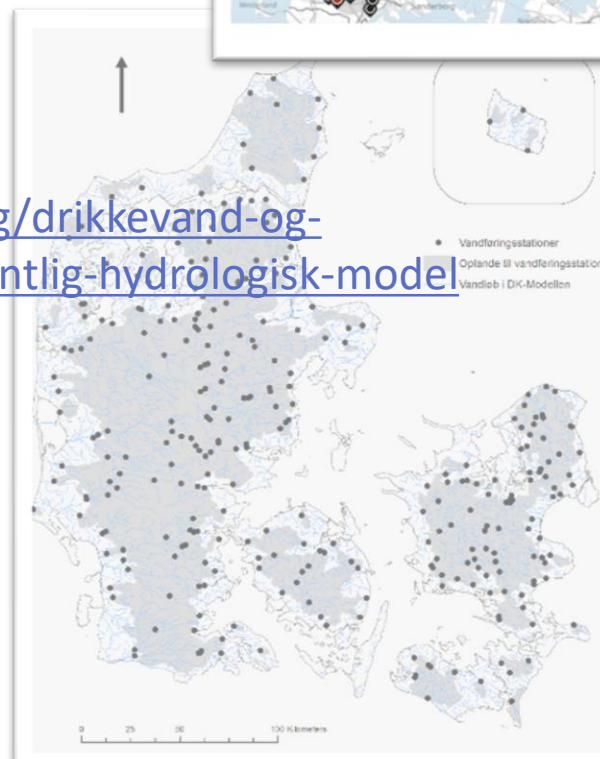
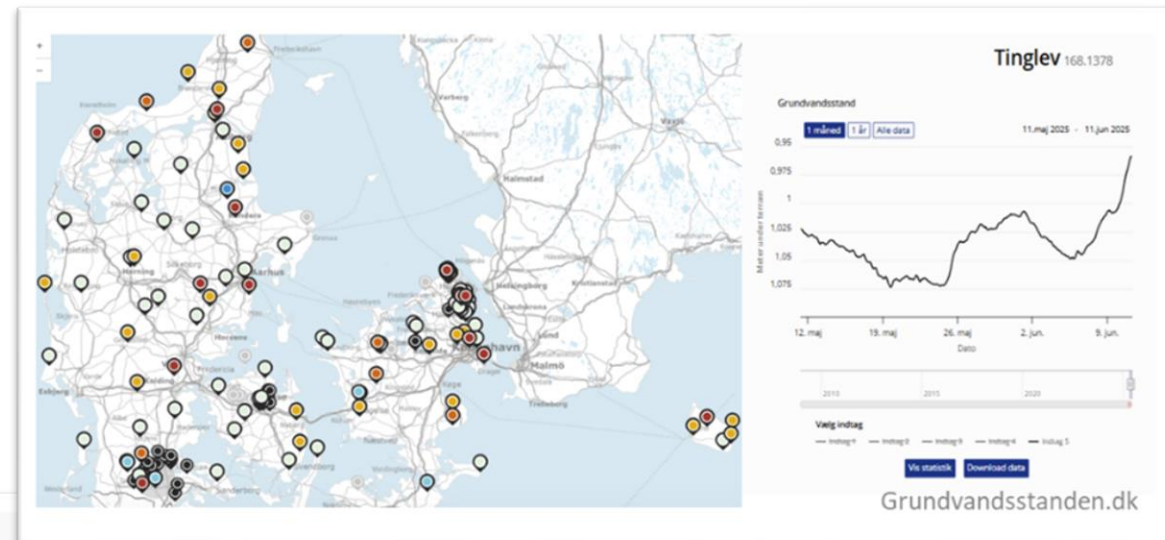
Forskellige datakilder omkring geologi, grundvand osv.

- Fx FOHM <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/drikkevand-og-grundvand/grundvandskortlaegning/fohm-faelles-offentlig-hydrologisk-model>

Vandføring og lignende:

Forskellige databaser

- ODA <https://odaforalle.au.dk>
- Vandportalen <https://vandportalen.dk/>
- VanDa <https://www.miljoeportal.dk/systemer/vanda/>



Husk: **Delvist integreret i HIP**

305 Q-stationer brugt til
validering af DK-model

Hvad kan vi så bruge det til?

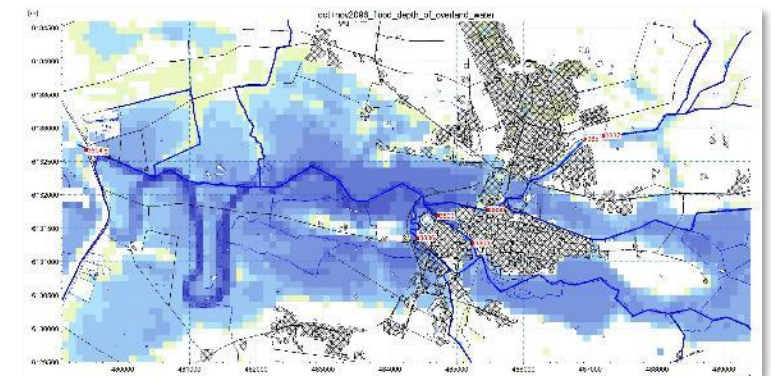
- generelt

- Nationalt **screening**, fx for problemer med højtstående grundvand. Særlig også til ekstremværdier eller klimapåvirkning
- Indgår i **oversvømmelsesvarslingsystem** (DMI) med data om vandføring og grundvand
- **Udgangspunkt for lokalmodeller og analyser** (fx submodeller, randbetingelser, forskellige kvalitetssikrede hydrologiske data)

Van der Keur, Henriksen, 2022

Og meget mere:

Opgørelse af vandressource, kvælstoftransport, klimapåvirkninger, tørke i det hydrologiske kredsløb, vådlægning og drivhusgasemissioner, ...



Ribe hydrodynamisk lokalmodel med oversvømmelser fra hav, vandløb og grundvand



GEUS

Hvad kan vi så bruge det til?

- konkret

KL har udviklet tre notater angående brug af data fra HIP til

- Borgerhenvendelser om højtstående grundvand
- Lokalplaner / byudvikling
- Nedsivningspotentiale (LAR)

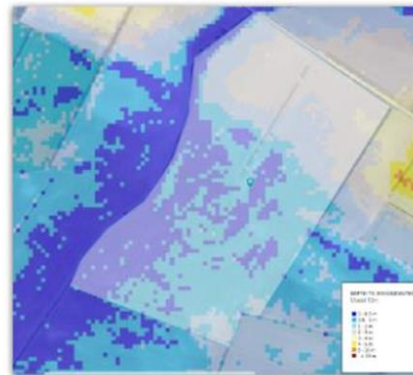
<https://www.kl.dk/media/gyvopoik/3-notater-om-hip.pdf>

Eksempler for anvendelse fra Aarhus, Gladsaxe

Grundvandsstand ved nuværende klima

For at vurdere, hvor stor afstanden er til det terrænnære grundvandspejl i det nuværende klima, benyttes data for terrænnært grundvand i en vintersituation i nuværende klima, se **Figur 3.3**.

Data tilføjes ved: Datalog > Historisk > Modelmaskinlæring 10 m grid > Terrænnært grundvand > Vinter (Mest sandsynlige).

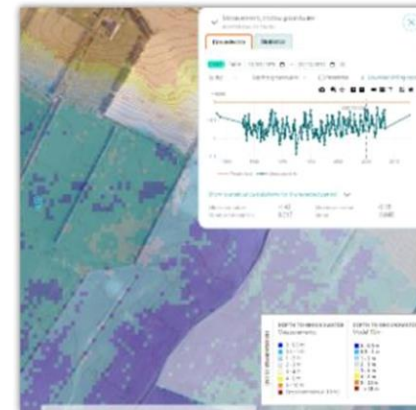


Figur 3.3: Dybde til terrænnært grundvand i nuværende klima, under vintersituation, estimeret på 10 meter grid ved machine learning.

På baggrund af modelberegningerne, forventes grundvandet i størstedelen af området at ligge i dybdeintervallet 0-1 meter under terræn. I den nordlige del, hvor terrænet er højest, er den forventede

I nærheden af projektområdet findes der én boring, hvor der er beregnet statistik for dybde til grundvandet på baggrund af de pejlede vandstande. Der findes ikke borer indenfor lokalplanområdet. Placeringen af boringen fremgår af **Figur 3.4**. På figuren vises også de statistisk beregnede værdier. Boringen ligger mellem kote +9 og kote +8, det svarer til terrænniveauet, som ses i den sydlige del af lokalplanområdet, hvor modelberegningerne viser den mindste dybde til grundvandspejlet. De omkringliggende borer og de dertilhørende pejlede vandstande, kan være et godt værktøj til at verificere de modelberegne dybder til grundvandspejlet.

Data for pejlede vandstande tilføjes ved: Datalog > Målinger > Terrænnært grundvand > Statistik på kort > Dybde til grundvand.

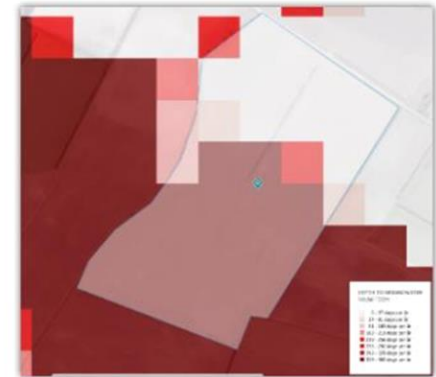


Figur 3.4: Dybde til terrænnært grundvand i nuværende klima, under vintersituation, estimeret på 10 meter grid ved machine learning samt anvendelse af nærliggende borer til verificering.

Det ses hvordan der er overensstemmelse mellem de pejlede vandstande, der er udført statistik på, og de modelberegne dybder til grundvandspejlet. For modellen er der også beregnet percentiler, så det kan vurderes, hvordan vandstanden ligger i forhold til den modelberegne vandstand og ekstremværdier.

For at se, hvor ofte grundvandet vil stå mindre end en meter under terræn, visualiseres et estimat af antallet af dage med grundvandsstand <1 meter under terræn, se **Figur 3.5**. Dette estimat er lavet på baggrund af modelberegninger i et 100 m grid. Af figuren fremgår det, at det kan forventes, at afstanden til grundvandsstanden i den sydlige del af området er mindre end 1 meter i 256-292 dage om året.

Data for dette tilføjes ved: Datalog > Modelberegninger 100 m grid > Terrænnært grundvand > Statistik på kort > Dybde til grundvand > Sandsynlighed (dybde < 1 m).



Figur 3.5: Estimater af antallet af dage med vandstand på mindre end 1 meter under terræn. Modelberegne værdier på 100 meter grid.

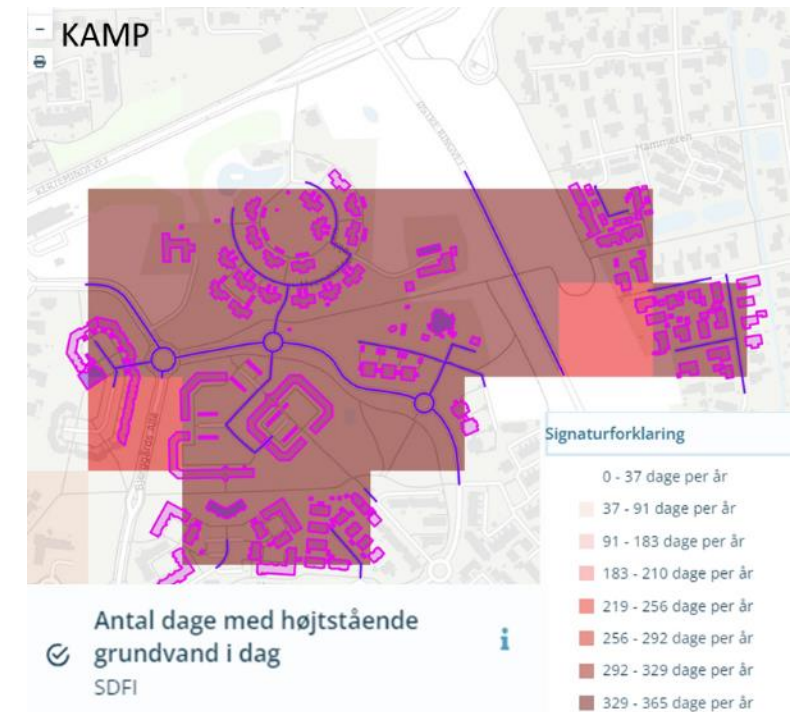
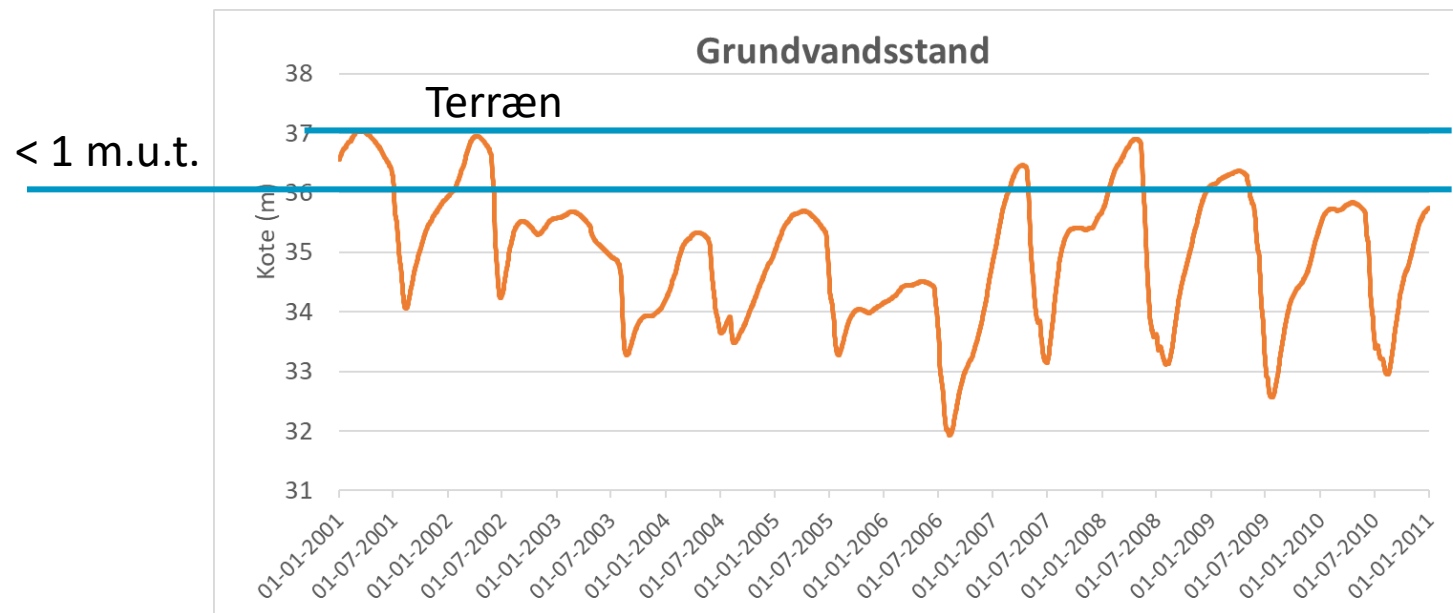
Hvad kan vi så bruge det til?

- konkret

Nationalt screening af bebyggelse med risiko for påvirkning fra grundvandet (MST, KAMP)

→ basis for lokale betragtninger fx i Aarhus

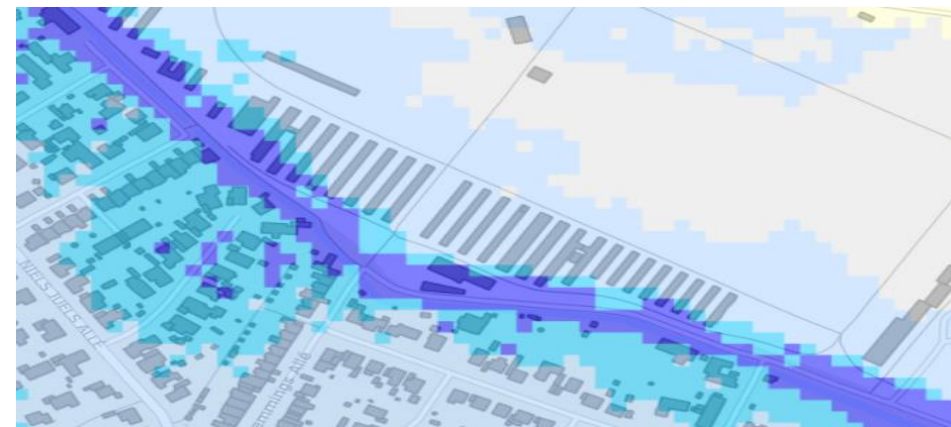
se også rapport fra MUDP projekter
“Terrænnært Grundvand” og “SAMVAND”
Andersen et al., 2025



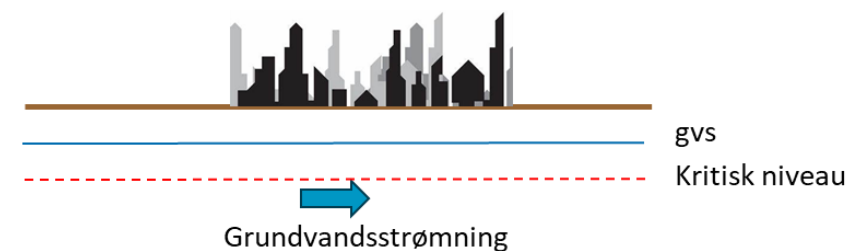
Igangværende projekt: Højtstående grundvand (forskningsreserve 2025)

1) Afdræningsbehov i urbane områder

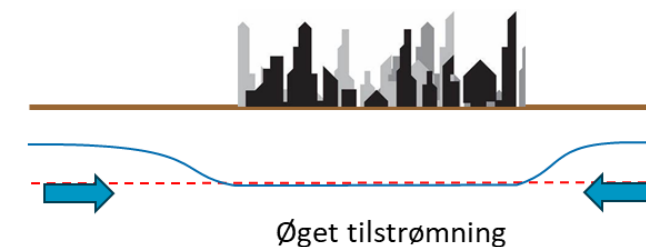
- Numeriske beregninger af grundvands afdræningsbehov
 - Hvor meget vand skal håndteres for at undgå grundvand over et givent niveau
 - Hvordan ændrer det sig i et fremtidigt klima
- Afhænger af:
 - Kritisk niveau
 - Perioder det optræder
 - Interaktion med øvrig grundvand og vandløb
- National screening på gridniveau



Grundvand over kritisk niveau



Afværge af højt grundvand i by

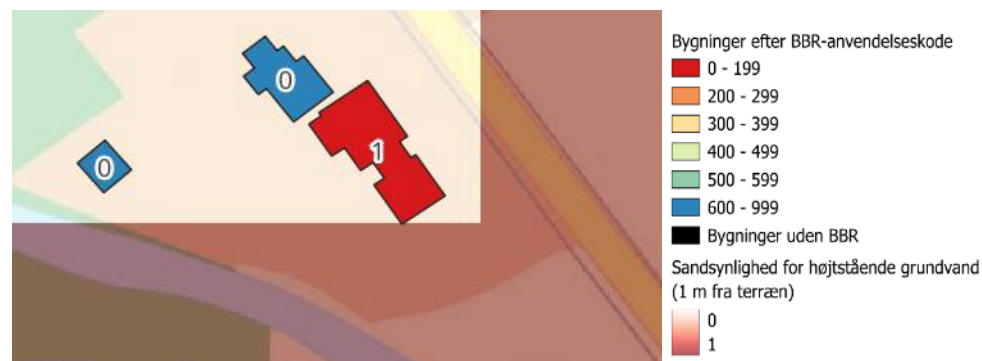


Igangværende projekt: Højtstående grundvand (forskningsreserve 2025)

2) Beregning af huse i risiko



- **Analyse:** Hvornår er der problemer med højtstående grundvand for boliger (med og uden kælder), jernbaner og veje? Hvad er kritiske niveauer?
- **Data:** Modelberegnet dybde til grundvand fra GEUS (10m, 100m), GeoDanmark data, terrændata, BBR-data, evt. CPR-data til analyse af antal husstande
- Beregning af antal boliger/husstande og kilometer jernbaner og veje, der kan være udfordret af højtstående grundvand
- Cluster analyse for at kortlægge klynger af boliger (fx > 1000 boliger) der kan være udfordret af højtstående grundvand



Hvad er på vej?



Næste version af DK-Model – i kalibreringsfase

- Flere vandløb og søkoncept
- Mere realistisk beskrivelse af rodzone
- Satellitbaseret vegetationsmønstre

Terrænnært grundvand i byområder

Tørke og sæsonprognoser

Det dybe grundvand igen



- Hydrologiske indeks tilgængelige
- HIP Brugerforum <https://hip.dataforsyningen.dk/pages/userforum.html>
- HIP Workshop om randbetingelser – i København 12. Juni, snart i Jylland
hip@kds.dk

Referencer

HIP	https://hip.dataforsyningen.dk/
DK-Model dataudstilling	https://dennationalehydrologiskemodel.dk/dataudstilling
Grundvandsstanden.dk	https://grundvandsstanden.dk/
Jupiter	https://jupiter.geus.dk/

Afrapportering af DK-Modellen

- Stisen, S., Ondracek, M., Trolborg, L., Schneider, R.J.M., van Til, M.J., 2019. National Vandressource Model - Modelopstilling og kalibrering af DK-model 2019, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2019/31. GEUS. <https://doi.org/10.22008/gpub/32631>
- Henriksen, H.J., Kragh, S.J., Gotfredsen, J., Ondracek, M., van Til, M., Jakobsen, A., Schneider, R.J.M., Koch, J., Trolborg, L., Rasmussen, P., Pasten-Zapata, E., Stisen, S., 2020. Dokumentationsrapport vedr. modelleverancer til Hydrologisk Informations- og Prognosesystem. GEUS. <https://doi.org/10.22008/gpub/38113>
- Henriksen, H.J., Schneider, R., Koch, J., Ondracek, M., Trolborg, L., Seidenfaden, I., Kragh, S., Bøgh, E., Stisen, S., 2022. A New Digital Twin for Climate Change Adaptation, Water Management, and Disaster Risk Reduction (HIP Digital Twin). Water 15, 25. <https://doi.org/10.3390/w15010025>

10m kort over øverste grundvandsstand

- Koch, J., Gotfredsen, J., Schneider, R., Trolborg, L., Stisen, S., Henriksen, H.J., 2021. High Resolution Water Table Modeling of the Shallow Groundwater Using a Knowledge-Guided Gradient Boosting Decision Tree Model. Frontiers in Water 3, 701726. <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.701726>

Højtstående grundvand

- Miljøministeriet - Departementet, 2021. Afrapportering fra fast track-projekt om højtstående grundvand i byområder.
- Van Der Keur, P., Henriksen, H.J., 2022. Højtstående Grundvand i Byer Udredning af vidensniveau og behov vedrørende højtstående grundvand i urbane områder, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport. GEUS. <https://doi.org/10.22008/gpub/34658>
- Kidmose, J., Henriksen, H.J., 2022. Måling af det terrænnære grundvand. <https://klimatilpasning.dk/media/1840098/afrapportering-af-arbejdsgruppe-om-hoejtstaaende-grundvand-juni-2021.pdf>
- LaBianca, A., Koch, J., Jensen, K.H., Sonnenborg, T.O., Kidmose, J., 2024. Machine learning for predicting shallow groundwater levels in urban areas. Journal of Hydrology 632, 130902. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.130902>
- Andersen, K.K., Kempel, B., Refstrup Sørensen, H., Campos, L., Jacobsen, T., Mark, O., 2025. State-of-the-art inden for modellering til kortlægning af terrænnært grundvand - Delresultater fra MUDP projekterne: "Terrænnært Grundvand" og "SAMVAND"

DK-Modellen og tørke (langvarige dynamikker)

- Seidenfaden, I.K., Schneider, R., Nilsson, B., Koch, J., Trolborg, L., Hinsby, K., Hansen, M.F.T., Martin, N., Andreasen, M., Højberg, A.L., Ondracek, M., Stisen, S., 2025. Hydrologisk Tørke. Temarapport 2 i det tværorganisatoriske samarbejde "Styrket vidensgrundlag for tørke" mellem KDS, GEUS og DMI, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport. GEUS. <https://doi.org/10.22008/gpub/34762>



GEUS