

Hvor skal der pumpes vand?

Effektiv beslutningsstøtte gennem
statistisk modellering og machine
learning

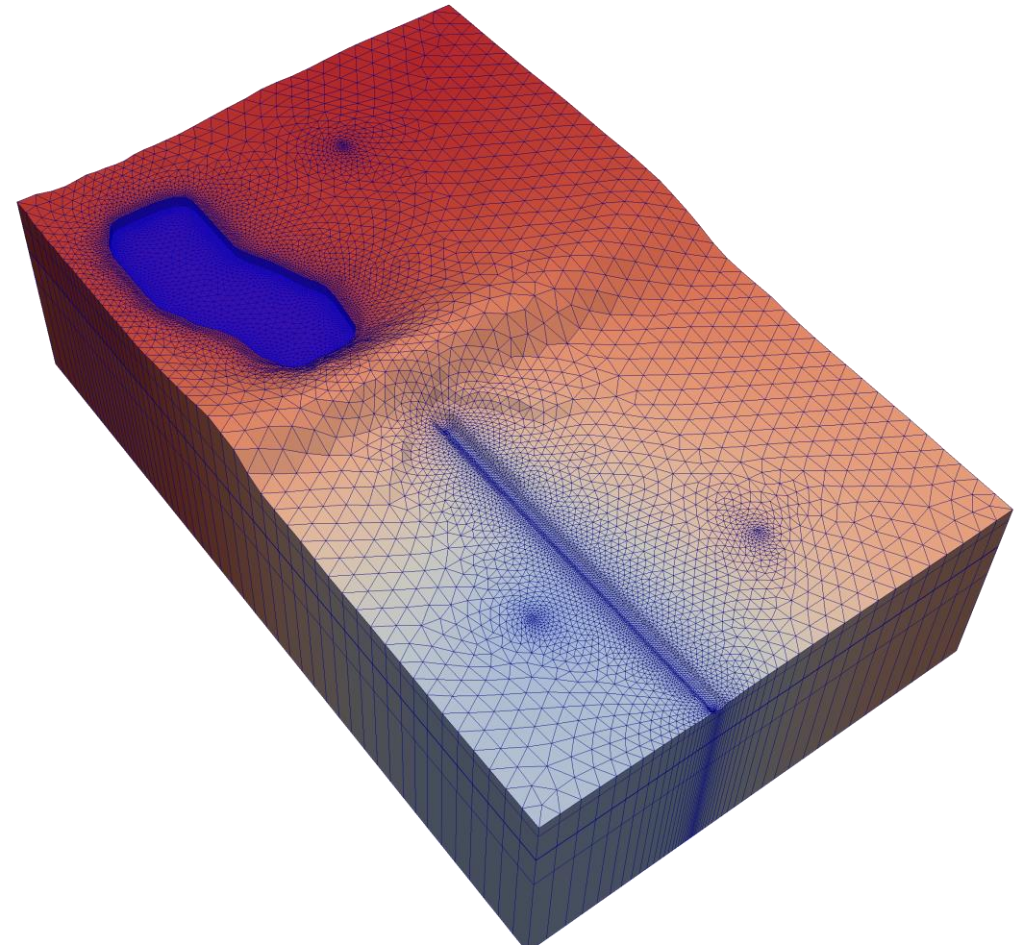
Mathias Dahl, Ph.D. studerende, NIRAS/AU
dahl@niras.dk

Motivation og mål

- Nøjagtig og hurtig beslutningsstøtte
- Optimer mængden af anvendt information
- Undersøge forskellen mellem en model med og uden usikkerheder
- Opstille en generelt anvendelig metode

Hvor står vi?

- Opstilling af grundvandsmodeller til beslutningsstøtte
- Simuler effekten af indvinningsboringer (Opland, grundvandsspejl nedsynkning..)
- Beregningstider på nogle minutter
- Et ønske om hurtigere beregninger
- Machine learning?



Machine Learning typer

```
graph TD; A[Machine Learning typer] --> B[Supervised Learning]; A --> C[Unsupervised Learning]; A --> D[Reinforcement Learning]; B --> E[Regression]; B --> F[Klassificering]; C --> G[Clustering]; D --> H[Kontrol];
```

Supervised Learning

Regression

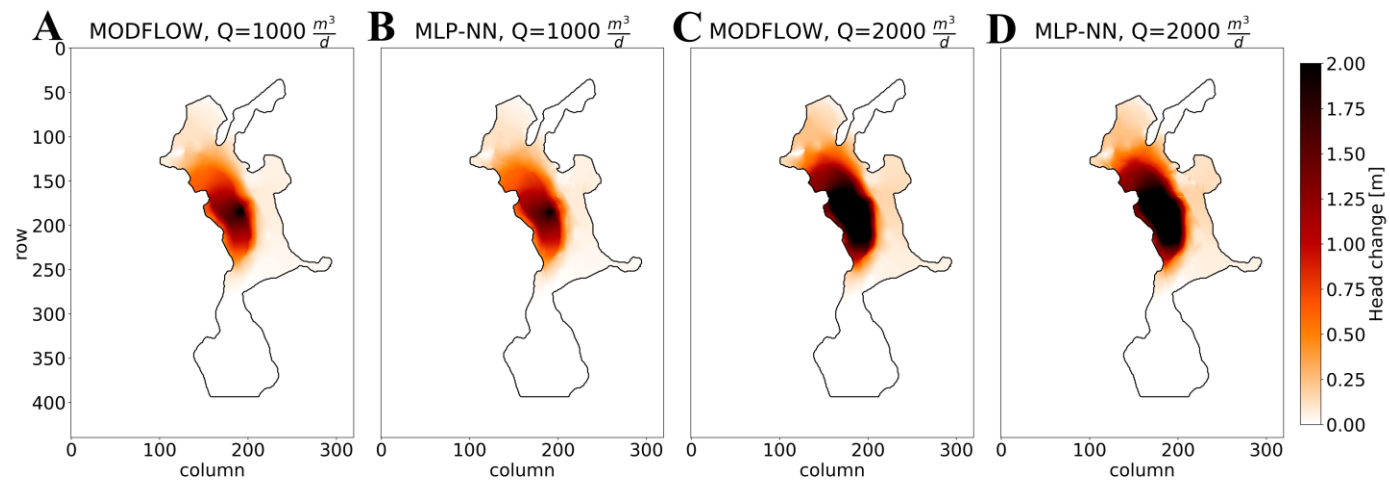
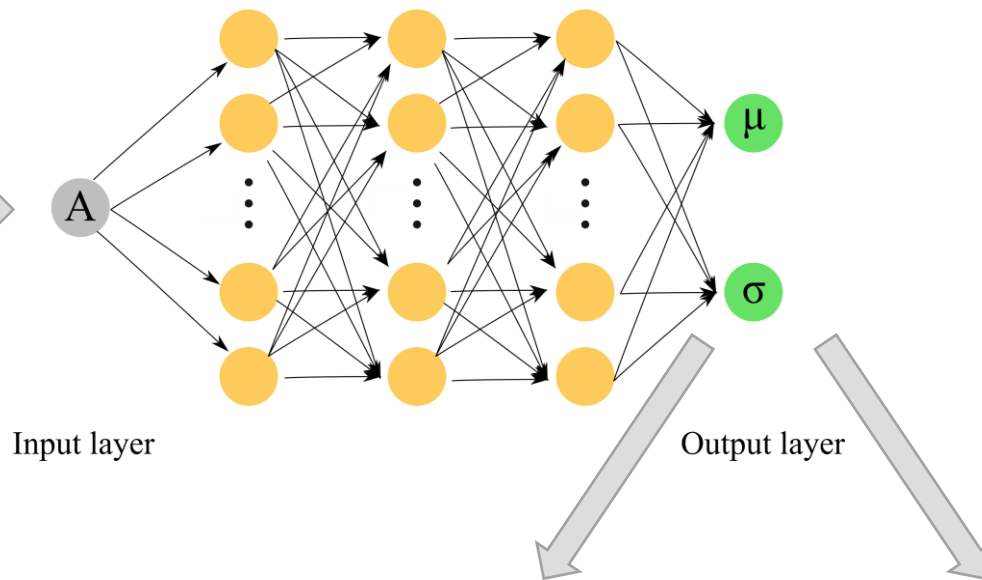
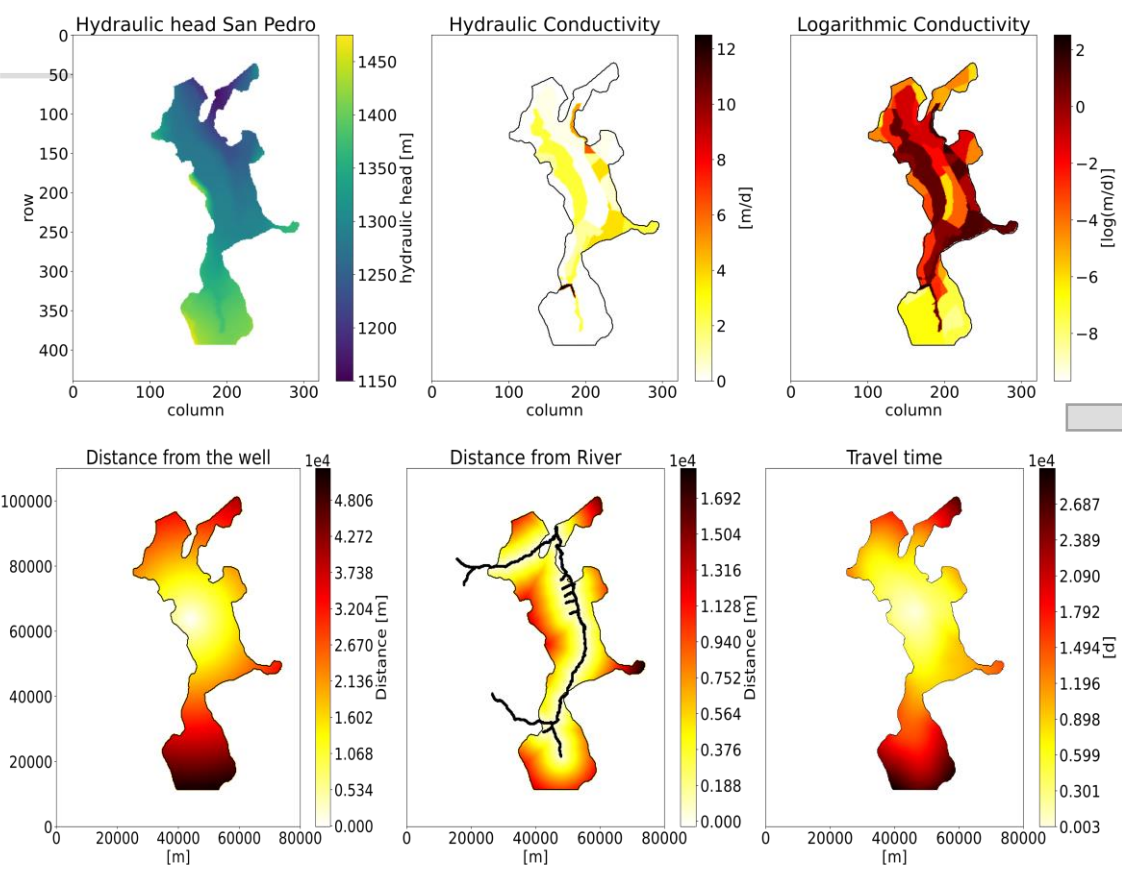
Klassificering

Unsupervised Learning

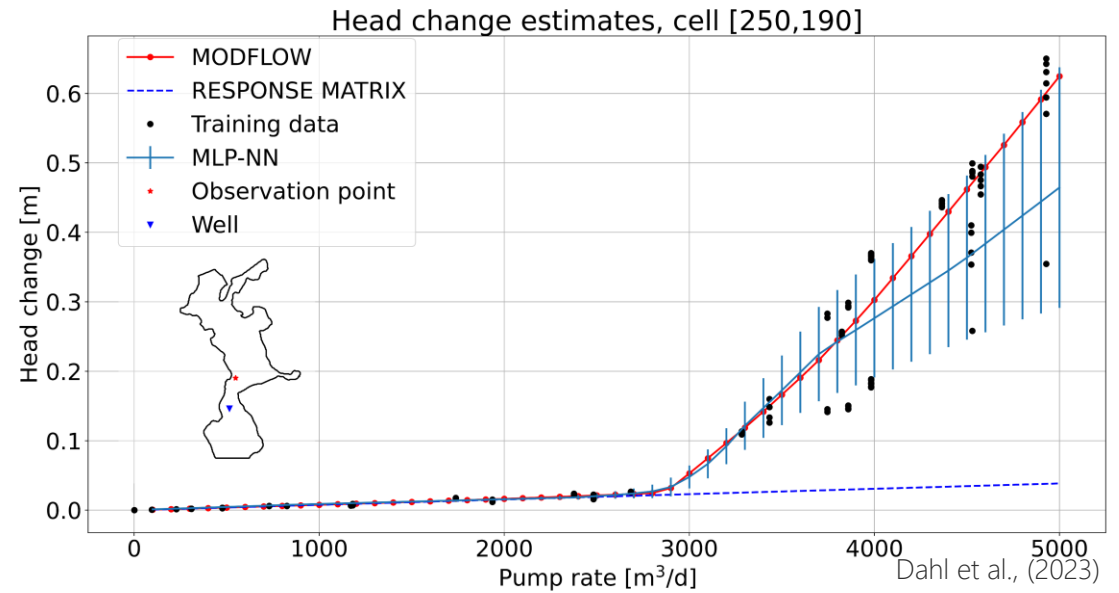
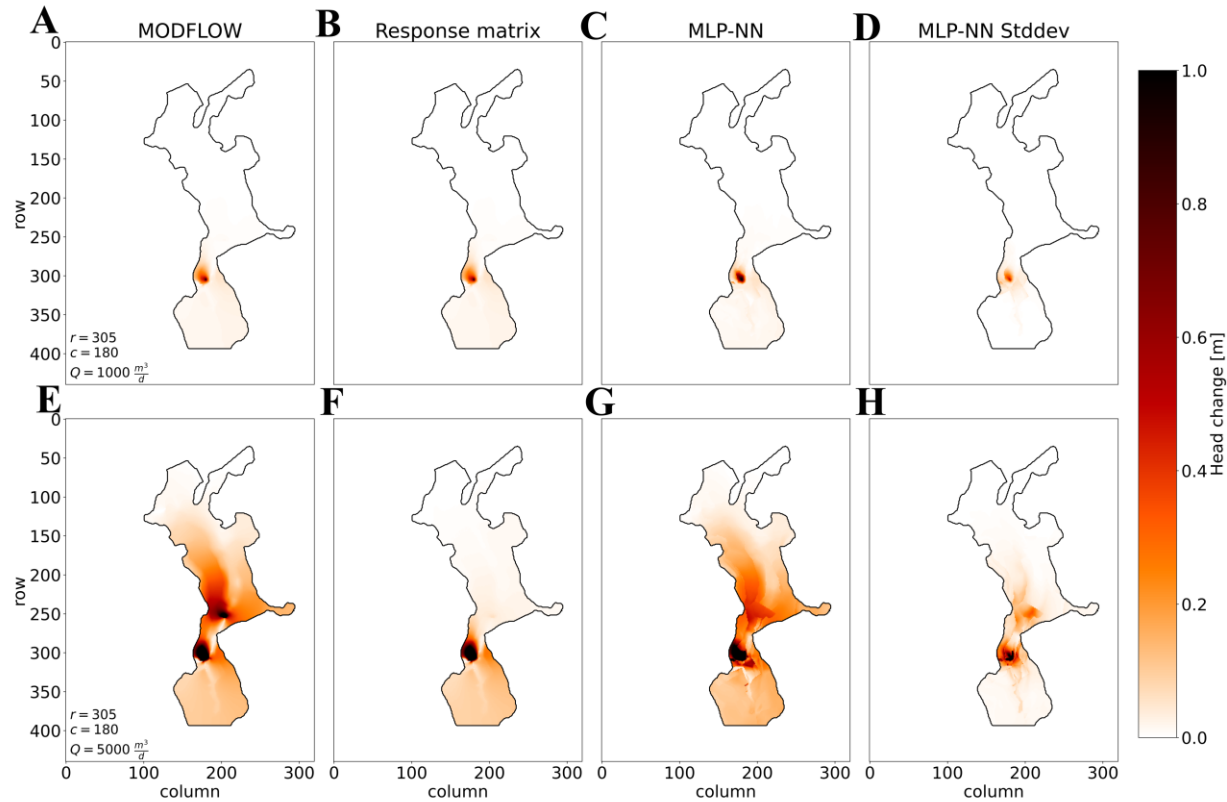
Clustering

Reinforcement Learning

Kontrol



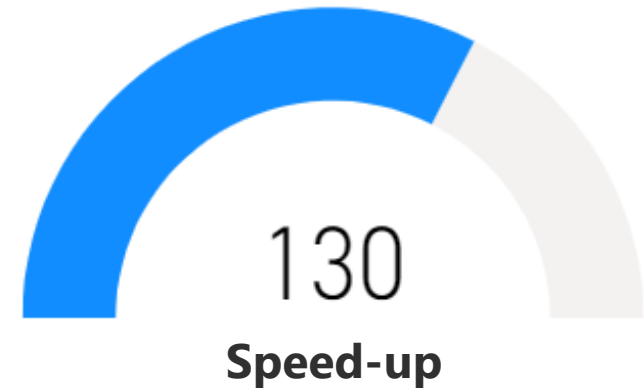
Hurtigt og ikke-lineær forståelse



God start – Hvad så nu?

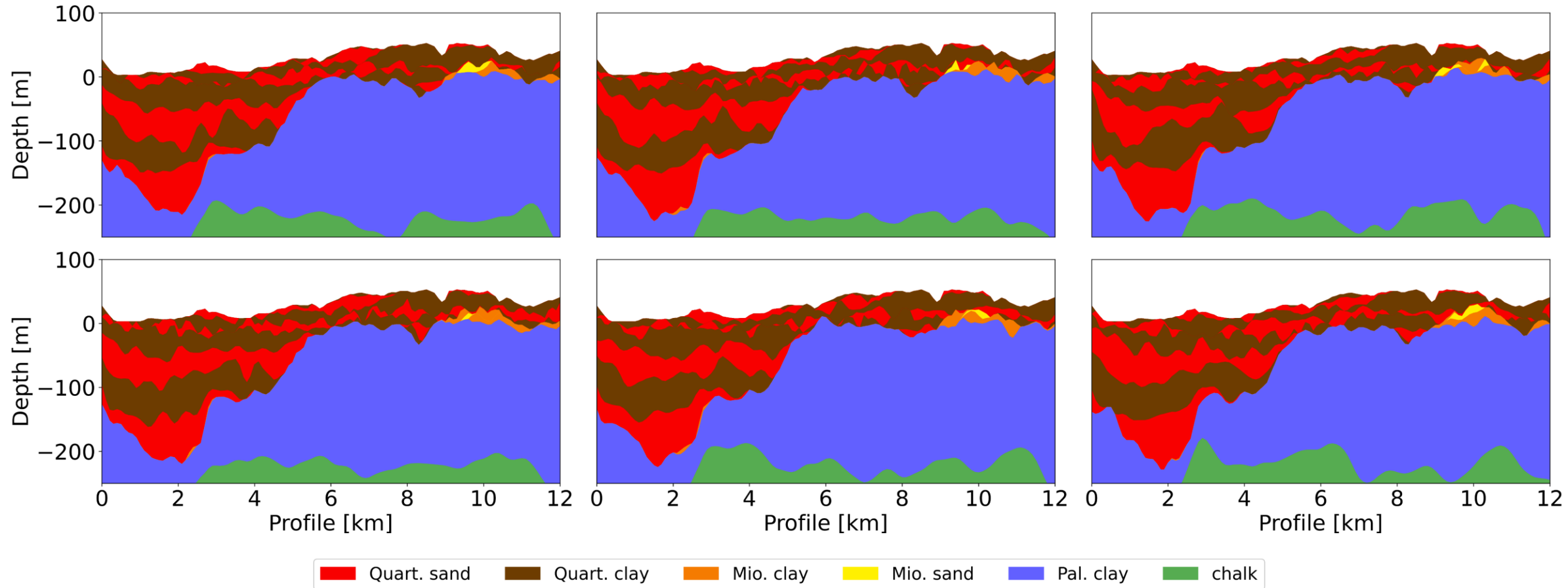
- Hurtige og nøjagtige resultater
- Et skridt videre fra lineære responsmetoder
- Godt udgangspunkt
- Hvad så med usikkerheder i grundvandsmodellen?
- Hvordan inkluderer vi usikkerheden i det neural netværk?

**0,2 sekunders
beregningstid**



Usikkerhed omkring geologien

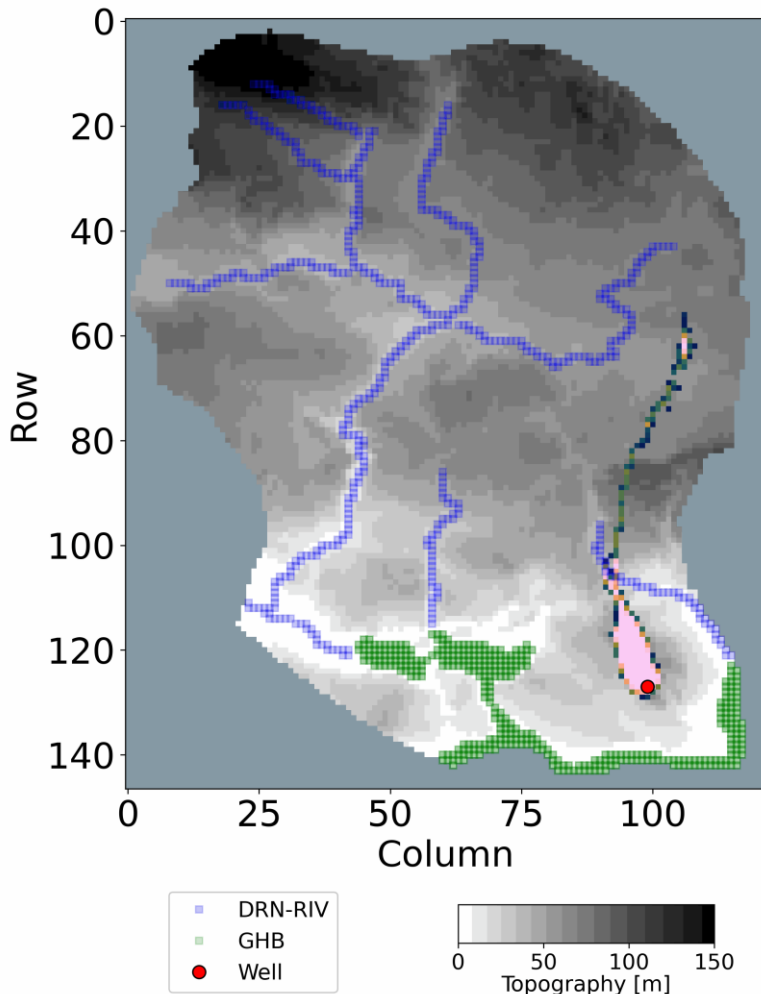
Cross section variation between realizations



Usikkerhed i geologien kan give forskellige resultater

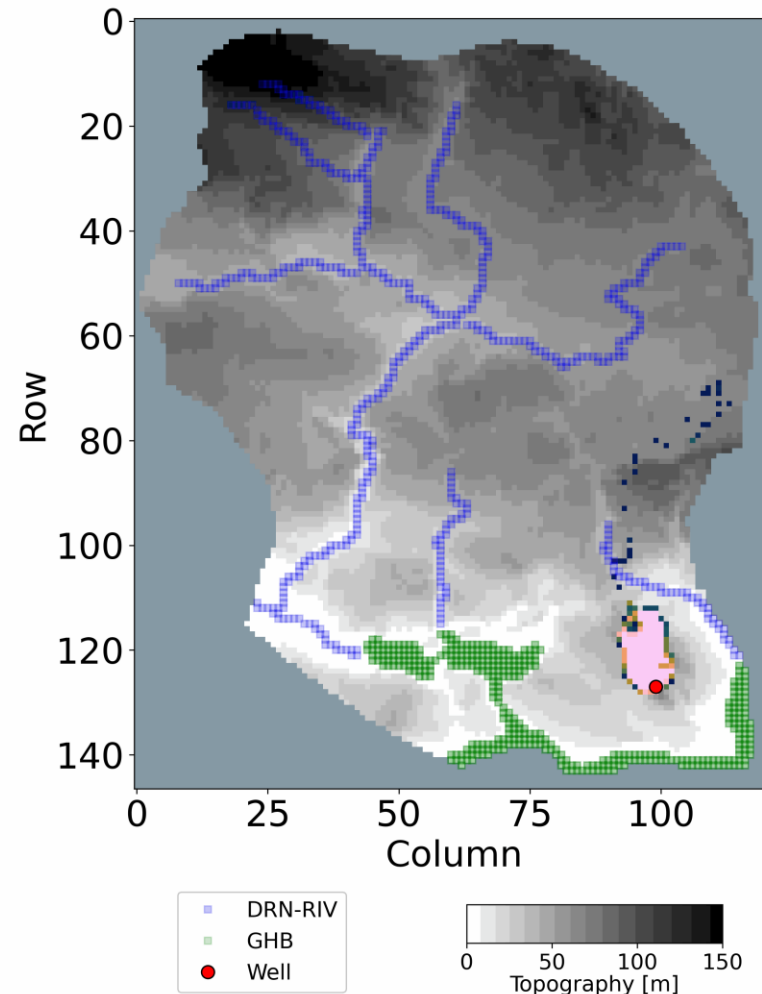
1) Ledningsevne

Deterministic Recharge Area



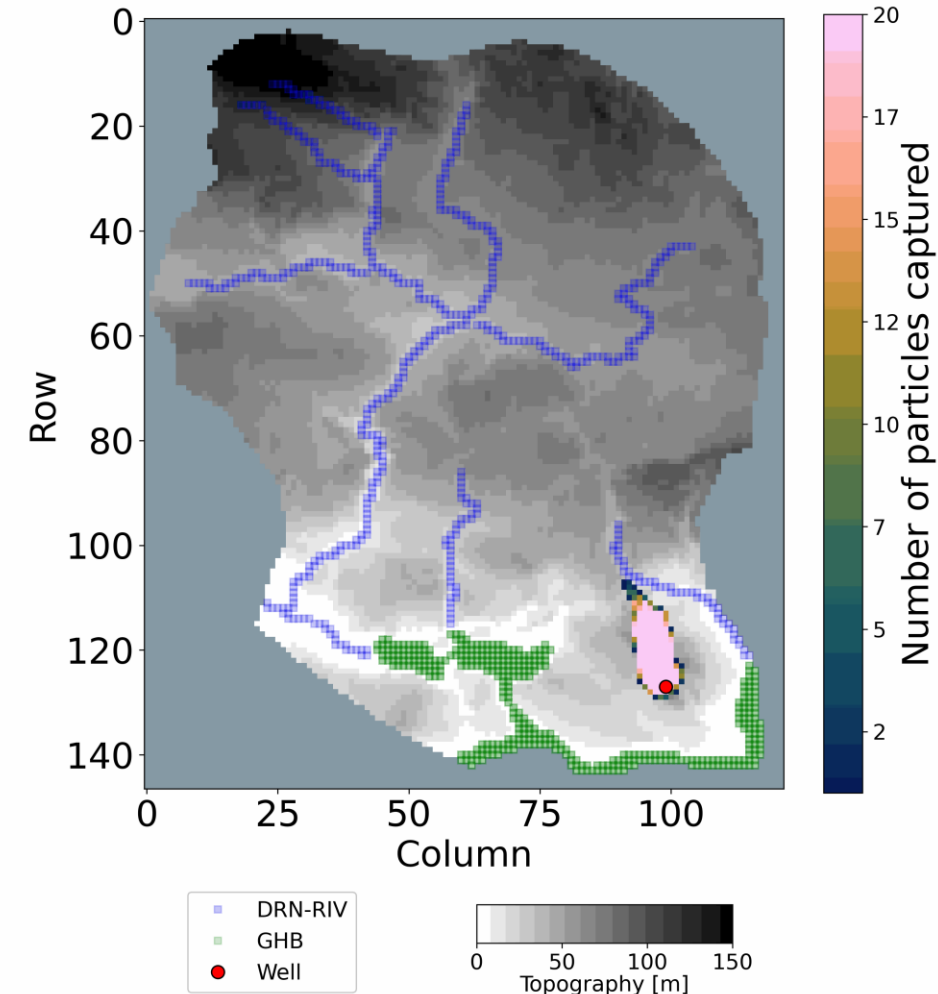
2) Geologisk model

Deterministic Recharge Area



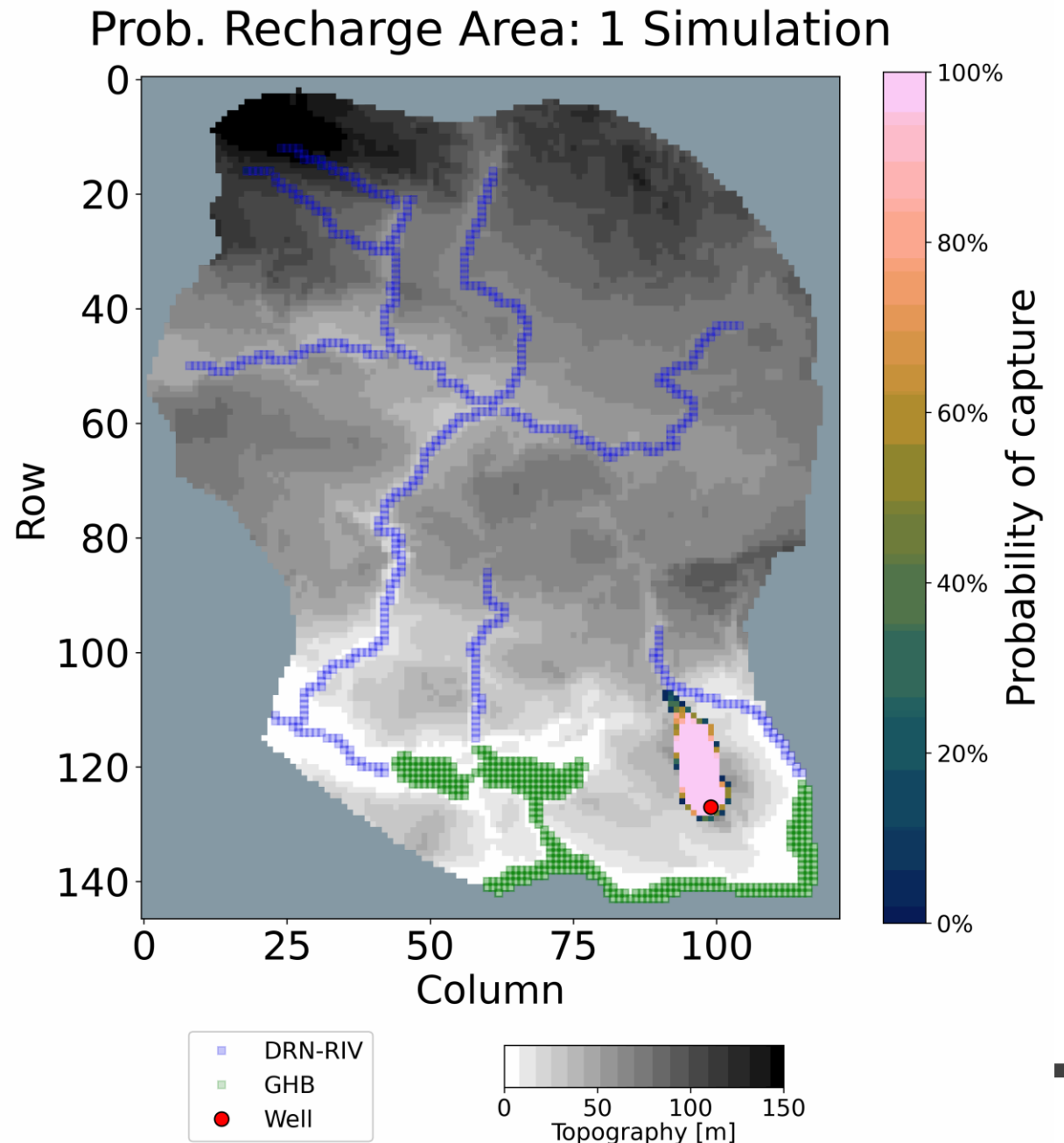
3) Geologisk model + Ledningsevne

Deterministic Recharge Area



Usikker model, usikkert resultat

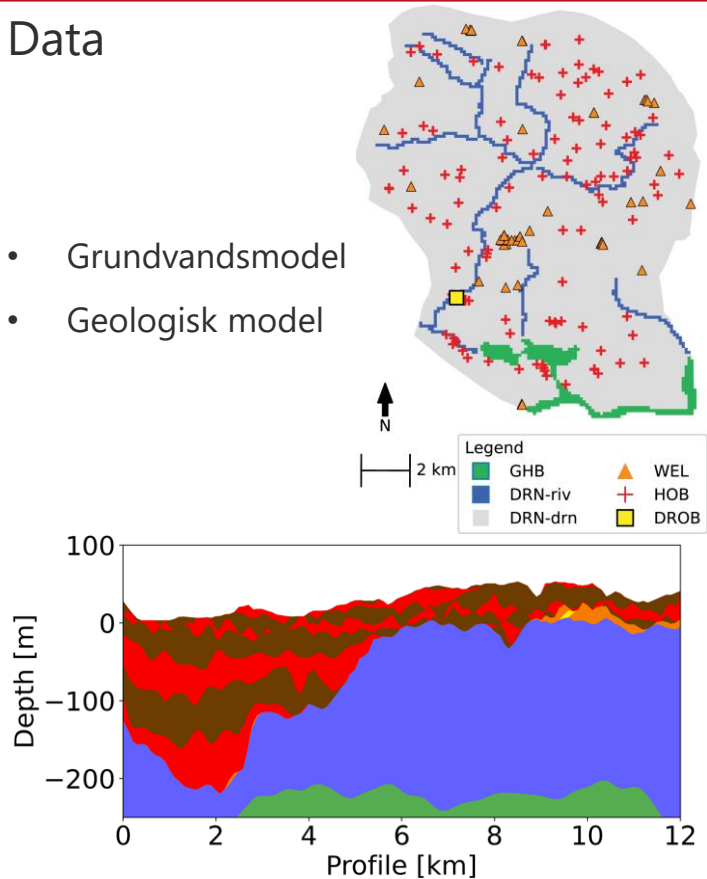
- 200 modelkørsler med unikke variationer i den geologiske model
 - > 200 forskellige indvindingsoplande
 - Tænk i sandsynligheder i stedet for ja/nej
- + Bedre informeret, risikovurderinger
- Lange beregningstider



Metode i 3 steps

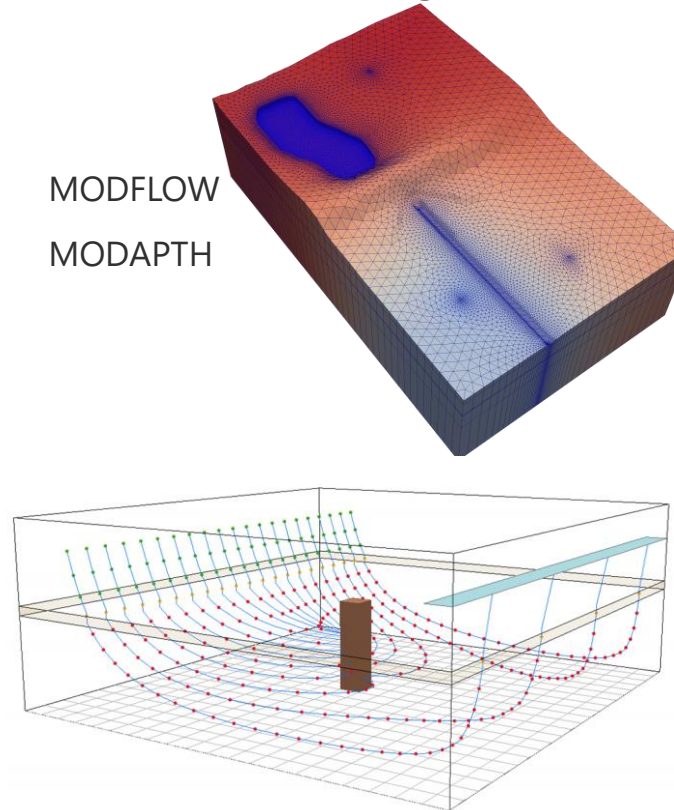
Data

- Grundvandsmodel
- Geologisk model



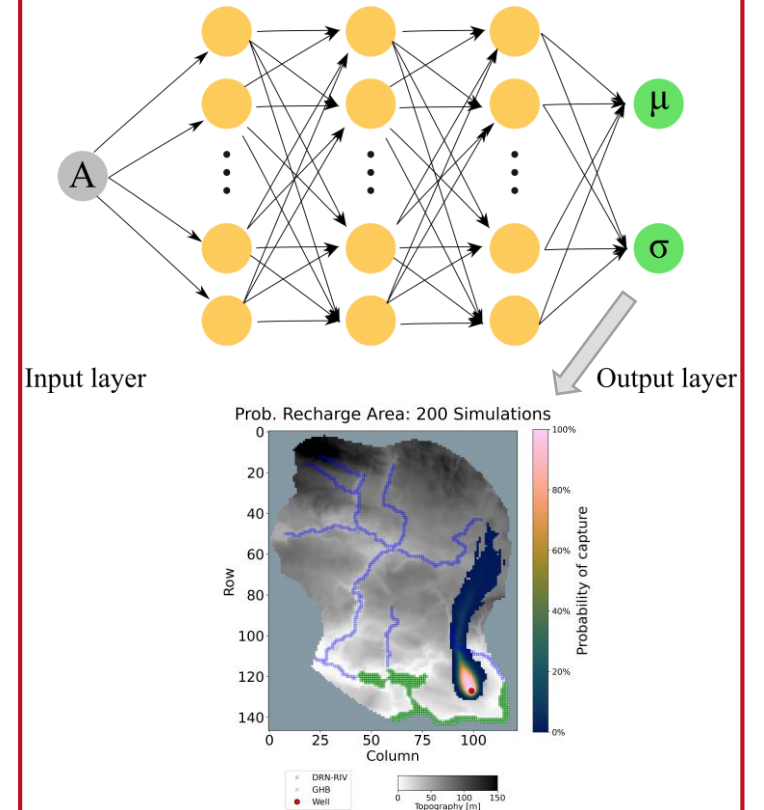
Grundvandsmodellering

- MODFLOW
- MODAPTH



Machine Learning

Dahl et al., (2023)



Andre udfordringer – Større potentiale

- Krævende at lave træningsdata
- Nye input features til netværket
- Lignende beregningstider for det neurale netværk -> Potentiale for endnu større tidsbesparinger ved brug af mange modeller
- Åbner op for nye undersøgelser og bedre beslutningsstøtte

Konklusion

Der er brug for at tænke modelusikkerheder ind i beslutningsstøtte for at få et komplet overblik over det totale udfaldsrum.

De tidskrævende beregninger kan løses med approksimative Machine Learning modeller, trænet til at forstå sammenhængen mellem enkelte modelparametre og endelige resultater.

Dahl, M., Vilhelmsen, T., Bach, T., Hansen, T. (2023). Hydraulic Head Change Predictions in Groundwater Models using a Probabilistic Neural Network. *Frontiers in Water*. Volume 5 - 2023 | [doi: 10.3389/frwa.2023.1028922](https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1028922)

13 Enemark, T., Andersen, L.T., Høyer, A.-S., Jensen, K.H., Kidmose, J., Sandersen, P.B.E., et al. (2022). The influence of layer and voxel geological modelling strategy on groundwater modelling results. *Hydrogeology Journal* 30(2), 617-635. doi: 10.1007/s10040-021-02442-9.



Tak for jeres opmærksomhed

Mathias Busk Dahl

PhD studerende, AU/Niras

dahl@niras.dk

dahl@geo.au.dk

