



WORKSHOP 5
STATIONÆRE OG DYNAMISKE MODELLER

VANDLØBSDAGE 2025

Morten Engholm Larsen | April 2025





Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Hvad er forskellen på stationære og dynamiske modeller, og hvad kan de bruges og ikke bruges til og hvad er datagrundlaget?

Indhold:

- Hvad er en stationær model?
- Hvad er en dynamiske model?
- Forskel på stationær og dynamisk modeller
- Hvornår bruger vi stationære modeller?
- Hvornår bruger vi dynamiske modeller?
- Input til dynamiske modeller
- Hvilke dynamiske modeller findes der?
- Eksempel på dynamiske beregninger



Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Hvad er en stationær model?

Vandstanden i vandløb beregnes traditionelt som forholdet mellem vandføringen og vandføringskapaciteten med Manningformlen:

$$Q = A \times M \times R^{2/3} \times \sqrt{I}$$

hvor:

Q er vandføringen i m³/s

A er tværsnitsarealet i m²

M er manningtallet, som udtrykker modstanden i vandløbet i m^{1/3}/s

R er den hydrauliske radius i m udtryk for hvor stor en del af arealet der rør ved siderne i vandløb

I er energilinjegradiënten, der ofte er tilnærmet som faldet på vandspejlet i m/m

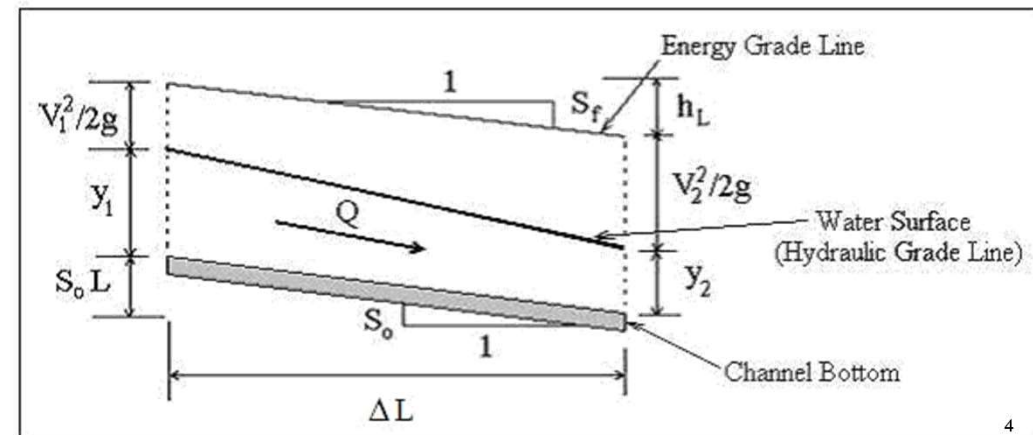
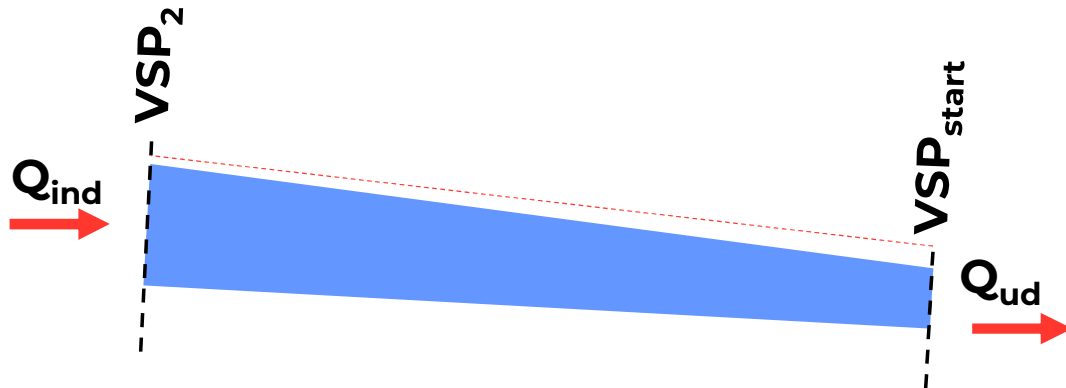
WSP Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Hvad er en stationær model?

Manningformlen:

- Vandstand bestemmes af konstant vandføring
- Konstant modstand og
- Konstant nedstrøms vandstand
- Iterative beregninger

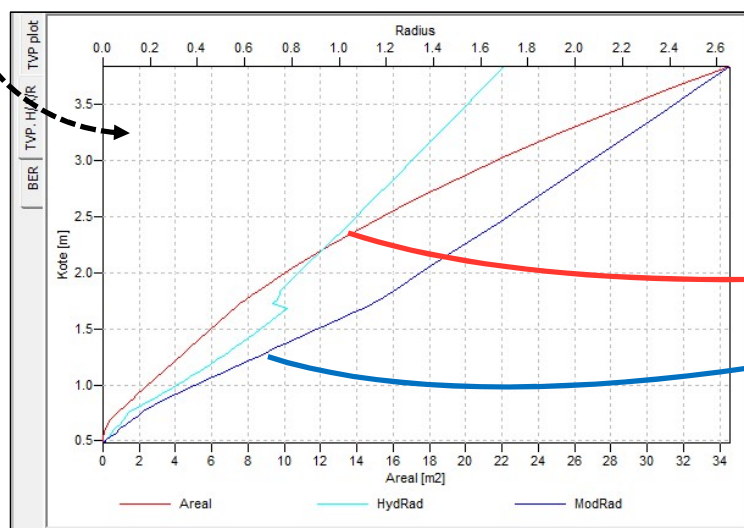
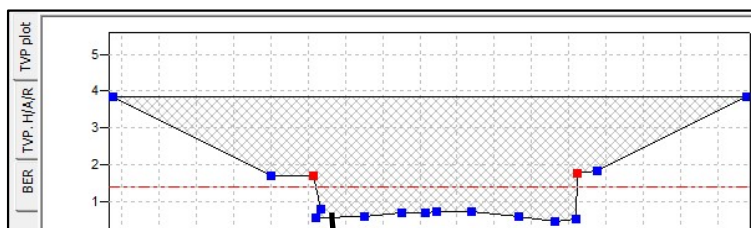
$$Q = A_{VSP2} \times M \times R_{VSP2}^{2/3} \times \sqrt{(VSP_2 - VSP_{start})/l}$$



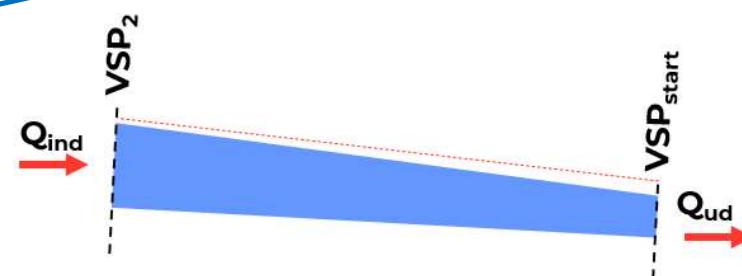
WSP Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Hvad er en stationær model?

VASP:



$$Q = A_{VST2} \times M \times R_{VST2}^{2/3} \times \sqrt{(VSP_2 - VSP_{start})/l}$$



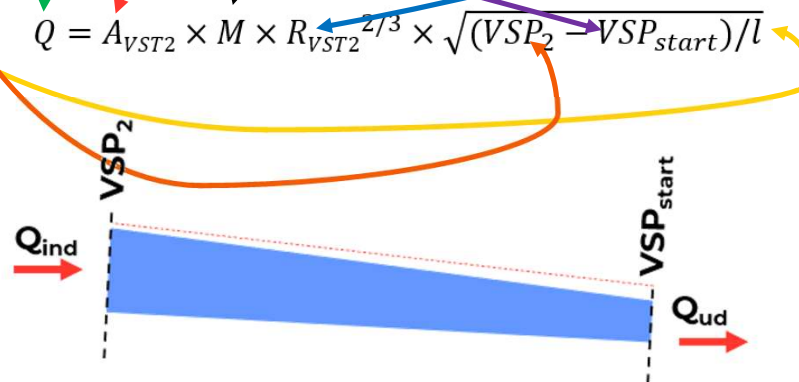


Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Hvad er en stationær model?

VASP:

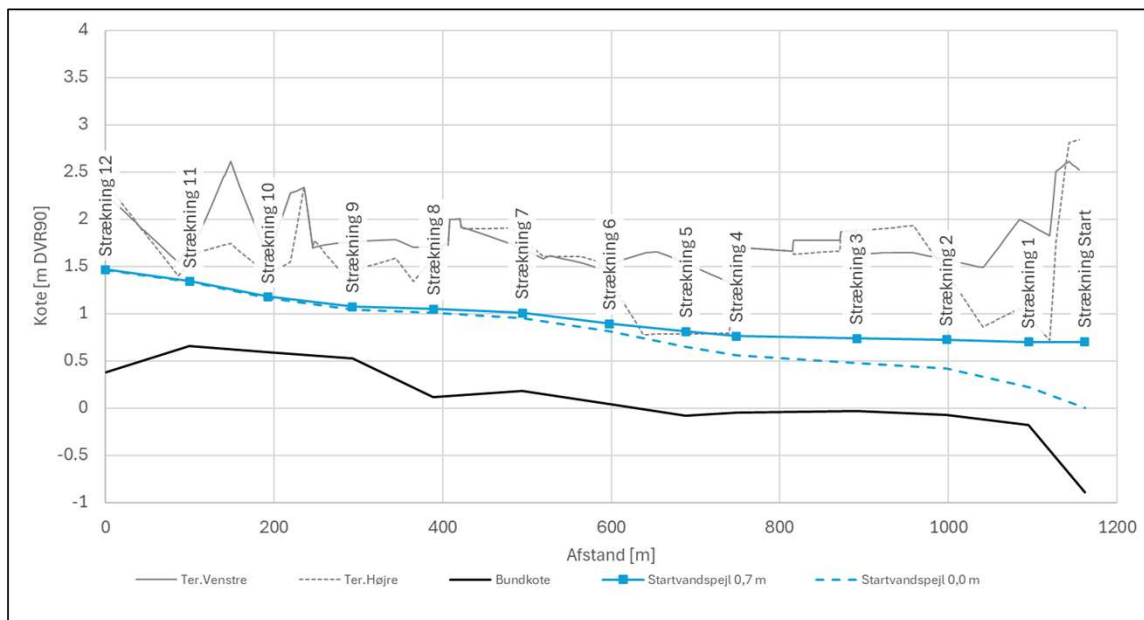
Basis Vandspejlsberegning Klargør tabel Resultat tabel Plot											
OK											
Station [m]	VSP [m]	VNF [m³/s]	Energi H [m]	Manning	Hastighed [m/s]	Trans. Tid	Froud	Bundkote [m]	Bredde [m]	Areal [m²]	Radius [m]
975.980	0.005	0.572	0.006	25.0	0.110	00:58:18	0.043	-0.660	7.747	5.176	0.646
1018.970	0.004	0.573	0.004	25.0	0.108	01:04:47	0.043	-0.660	8.188	5.320	0.643
1061.960	0.002	0.574	0.003	25.0	0.106	01:11:26	0.043	-0.660	8.573	5.406	0.641
1104.950	0.001	0.576	0.002	25.0	0.105	01:18:11	0.043	-0.660	8.922	5.463	0.640
1105.000	0.001	0.576	0.002	25.0	0.097	01:18:11	0.040	-0.660	8.922	5.926	0.642
1143.000	0.000	0.576	0.000	25.0	0.097	01:24:43	0.040	-0.660	9.620	5.916	0.641



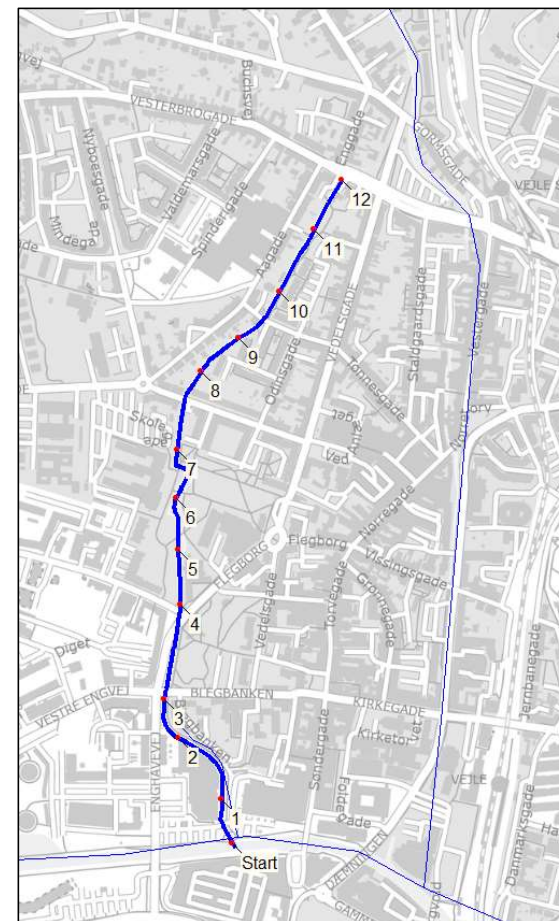
WSP Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Hvad er en stationær model?

VASP:



Eksempel på vandspejlsberegninger med $2 \text{ m}^3/\text{s}$ i Omløbsåen med startvandspejl i hhv. kote 0,7 m og kote 0,0 m DVR90 ved slusen.

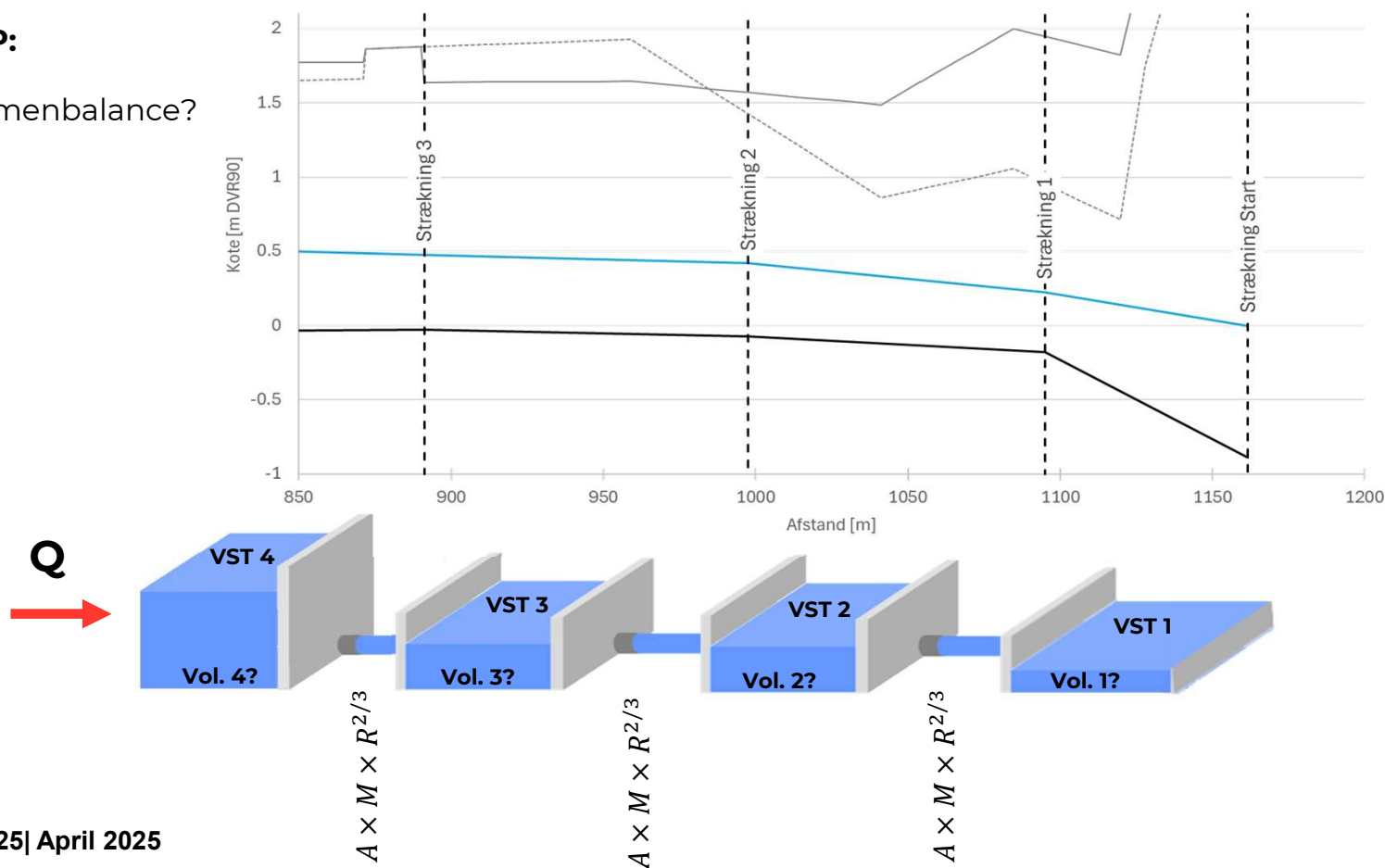


WSP Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Hvad er en stationær model?

VASP:

Volumenbalance?



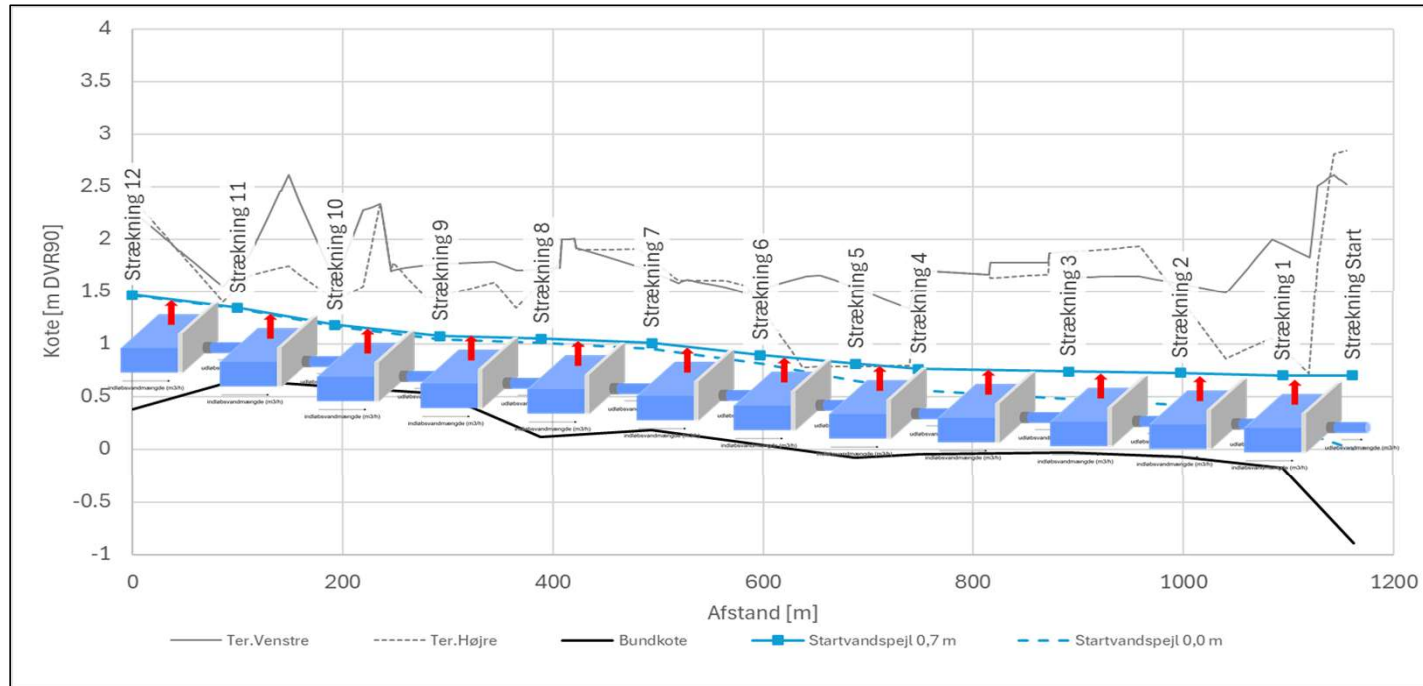


Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Hvad er en stationær model?

VASP:

Volumenbalance?

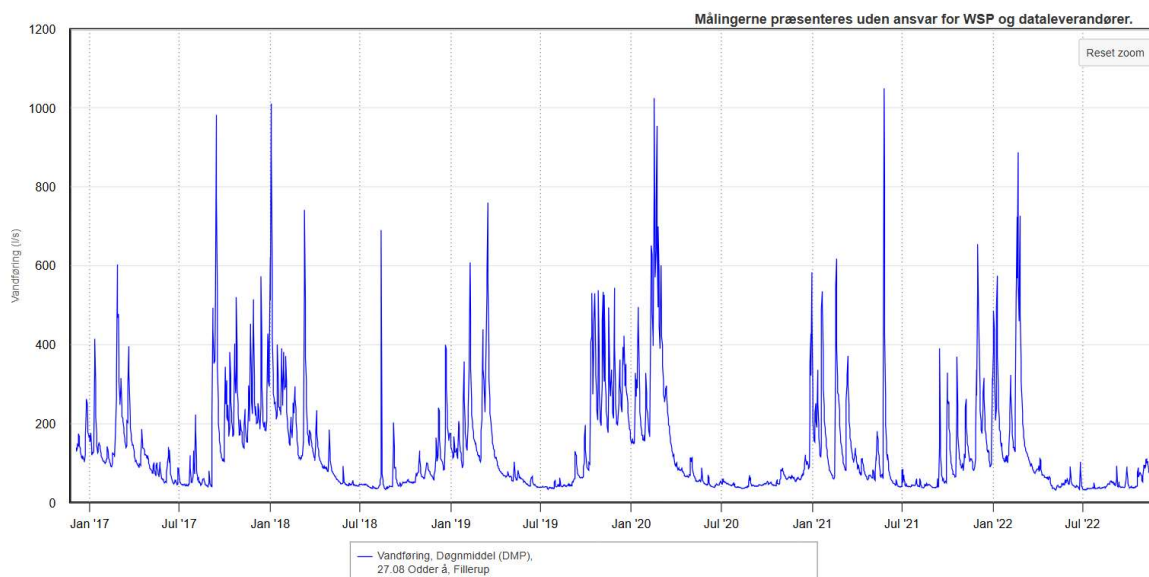


WSP Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

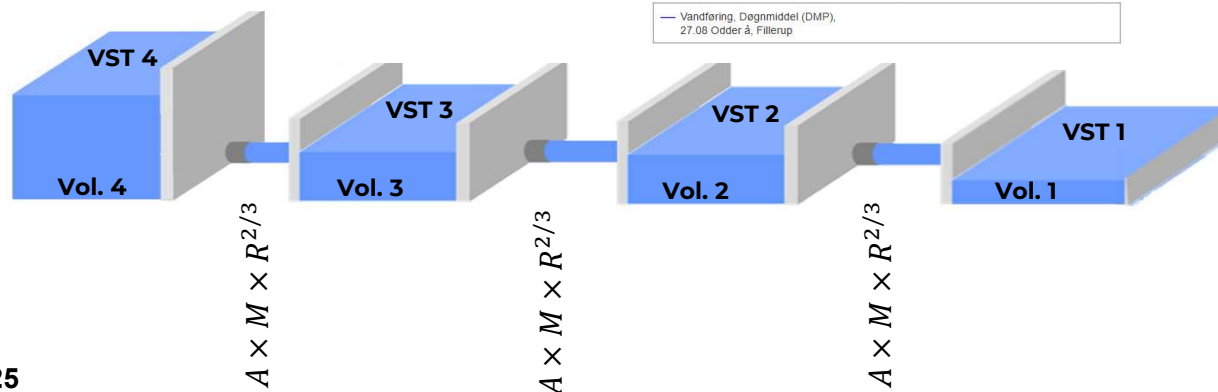
Hvad er en dynamisk model?

Dynamisk model:

Volumenbalance



$$V = Q \times t$$



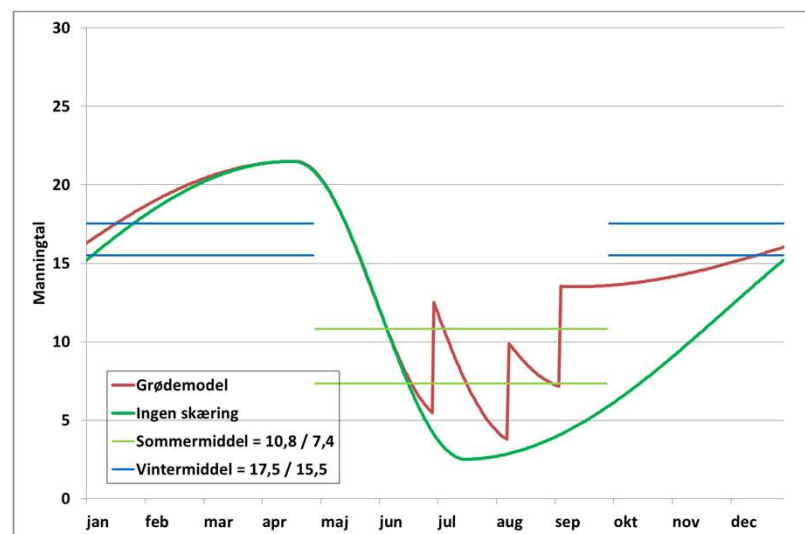
WSP Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Hvad er en dynamisk model?

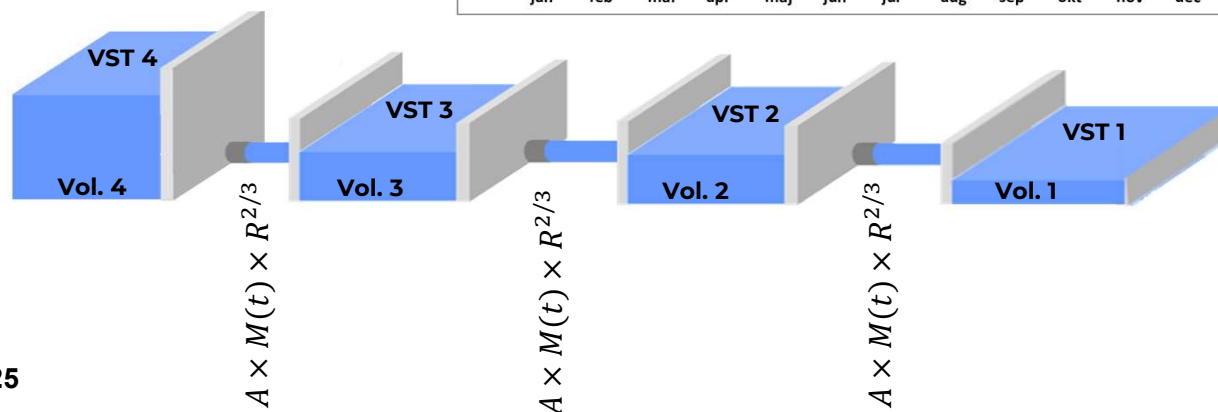
Dynamisk model:

✓
Volumenbalance

✓
Varierende manningtal



$$V = Q \times t$$



WSP Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

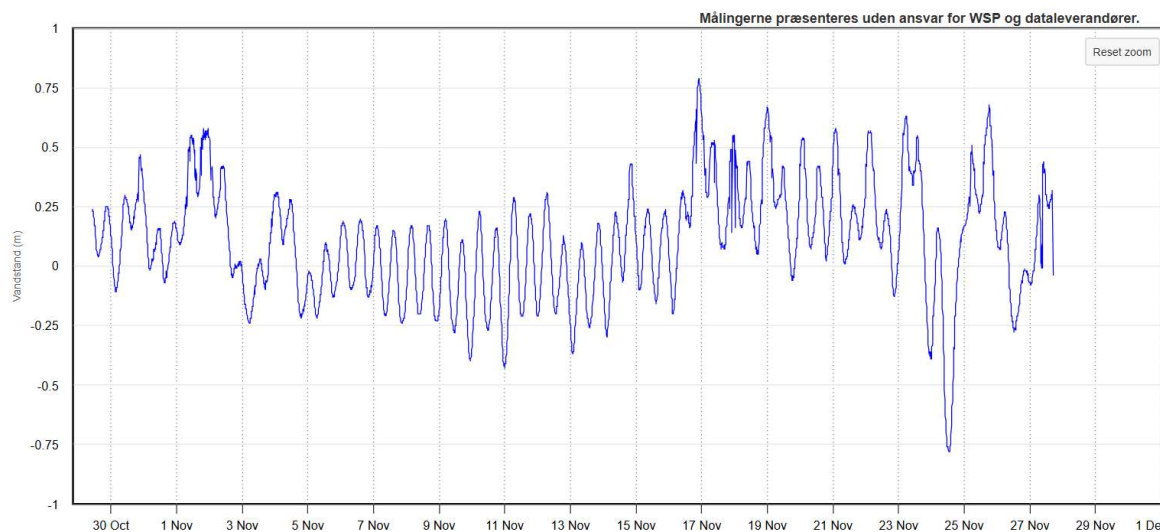
Hvad er en dynamisk model?

Dynamisk model:

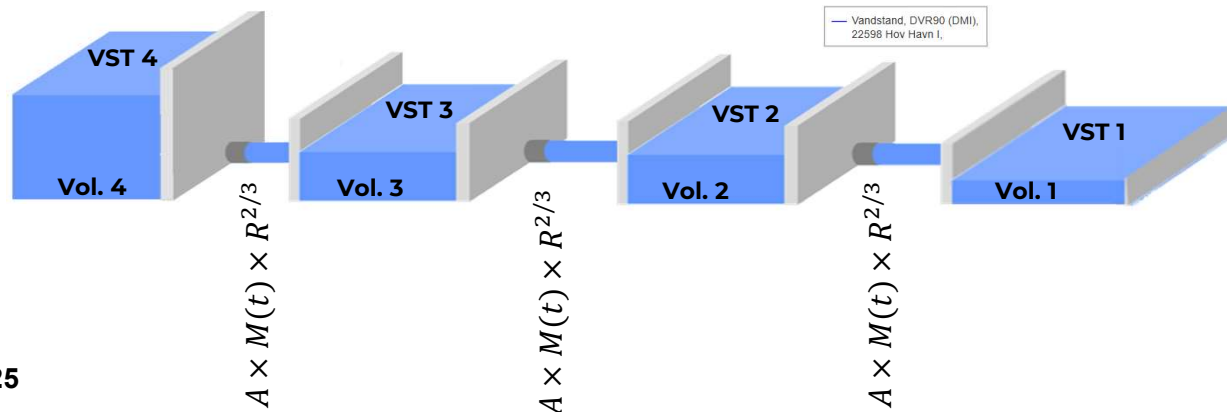
✓
Volumenbalance

✓
Varierende Manningtal

✓
Varierende Nedre rand



$$V = Q \times t$$





Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Forskel på stationær og dynamisk modeller

Stationær model:

Vandstand bestemmes af:

- konstant vandføring
- konstant modstand og
- konstant nedstrøms vandstand
- statistisk vandstand bestemmes af vandføringsstatistik:
 - Forudsætning: statistisk vandføring og statistisk modstand afspejler statistisk vandstand
- volumenbalance ukendt
- meget kort beregningstid – ingen
- Ingen beskrivelse af tidsvarierende kilder:
 - F.eks. regnbetingede udløb

Dynamisk model:

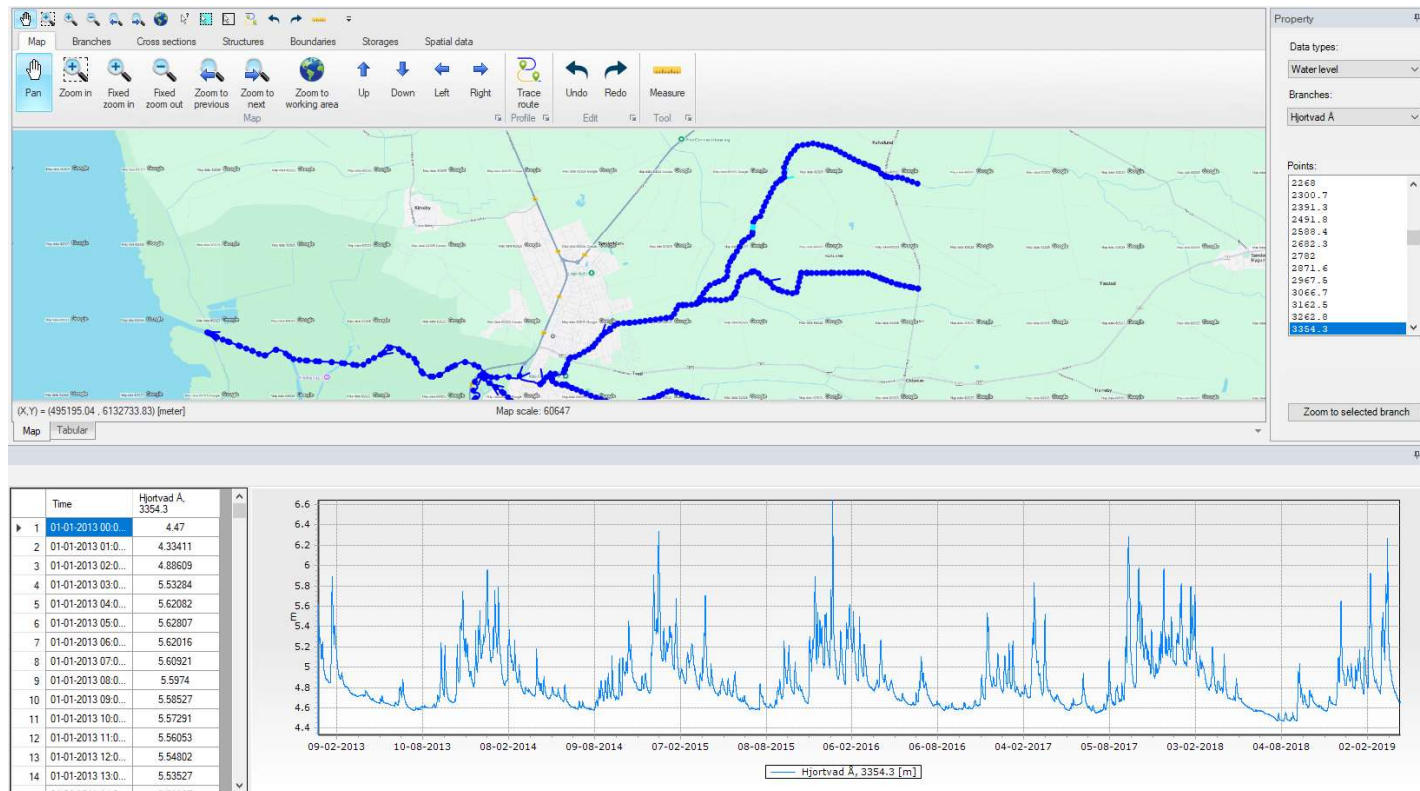
Vandstand bestemmes af:

- varierende vandføring
- varierende modstand og
- varierende nedstrøms vandstand
- statistisk vandstand bestemmes af vandstandsstatistik
- volumenbalance på plads
- længere beregningstid – timer til dage
- Beskrivelse af tidsvarierende kilder:
 - F.eks. regnbetingede udløb



Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

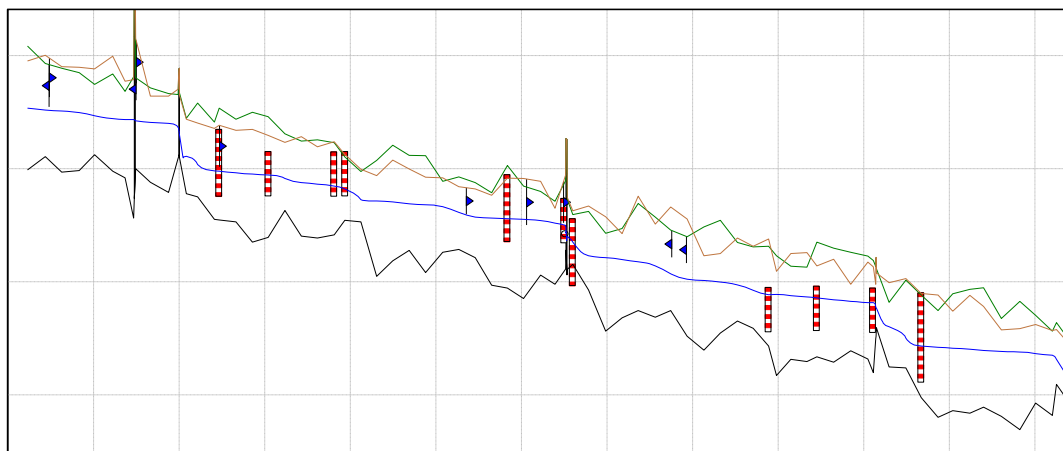
Forskel på stationær og dynamisk modeller



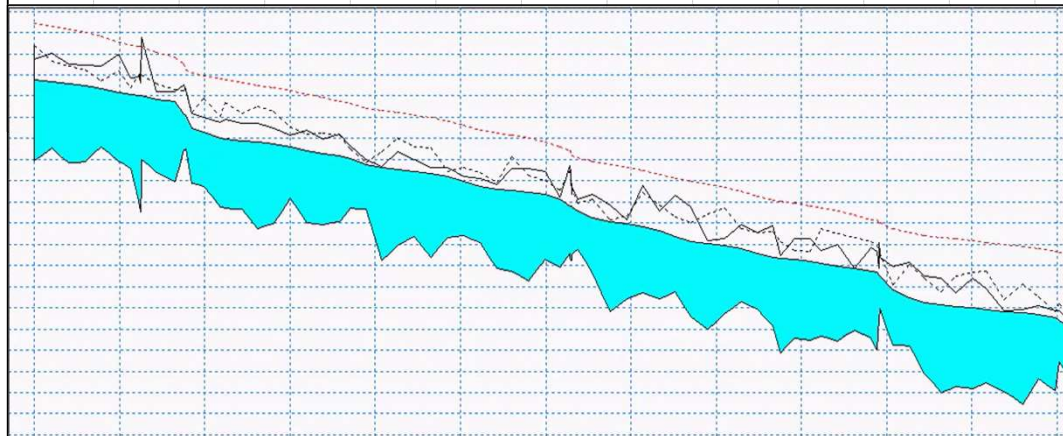
WSP Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Forskel på stationær og dynamisk modeller

Stationær model:

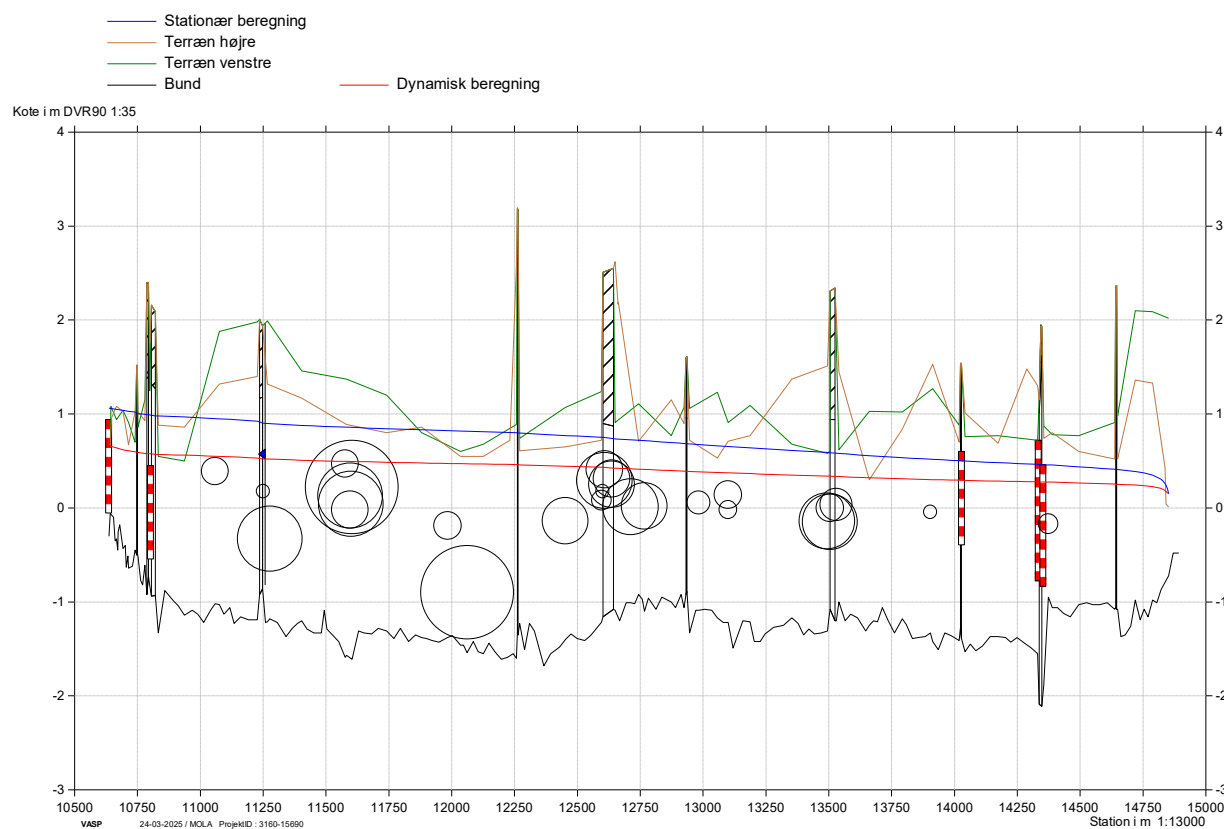
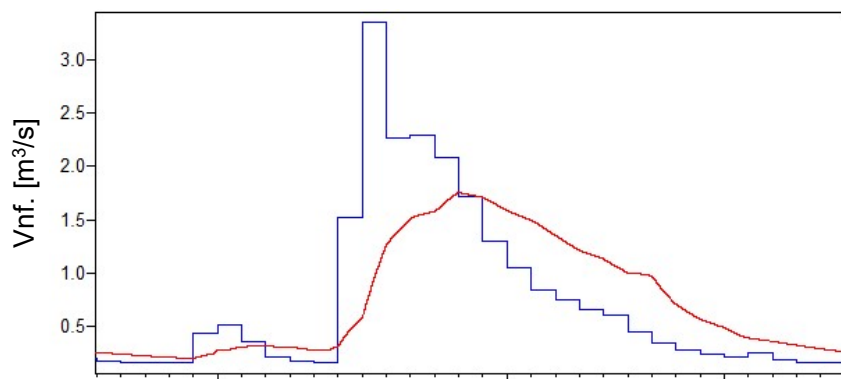
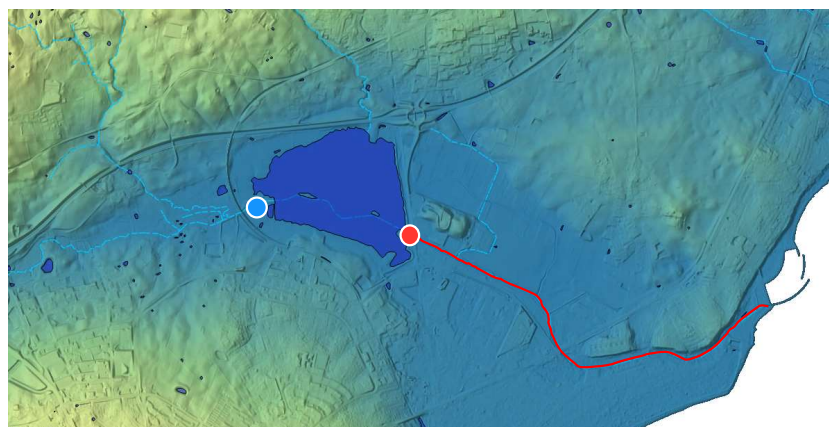


Dynamisk model:



WSP Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Forskel på stationær og dynamisk modeller





Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

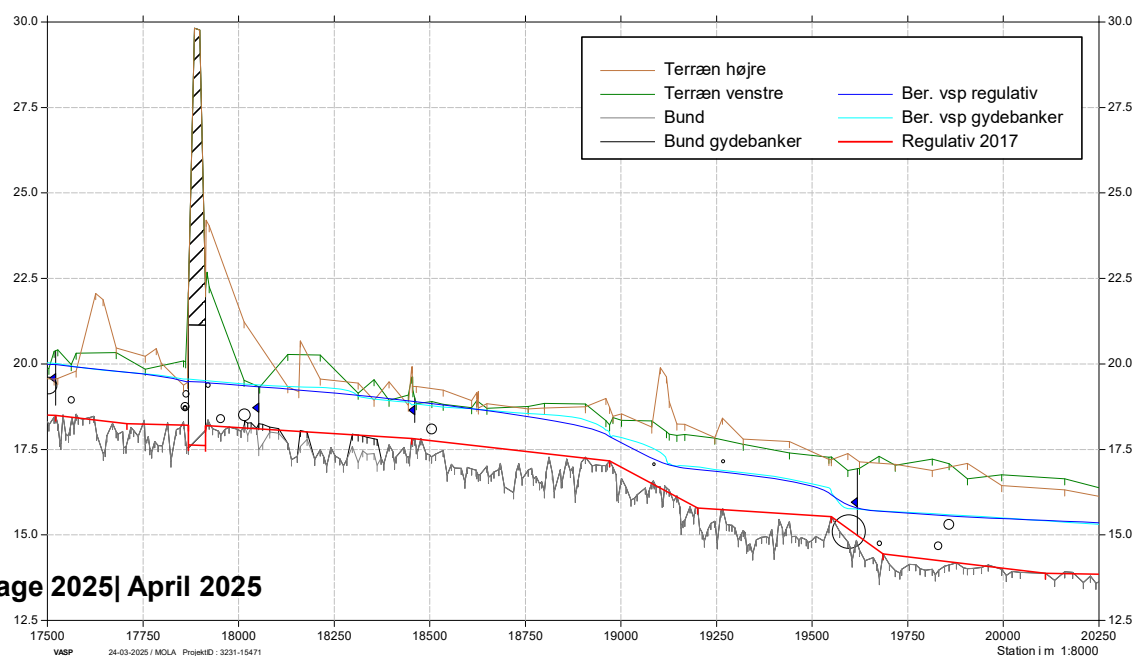
Hvornår bruger vi stationære modeller?

Stationære modeller/Steady State:

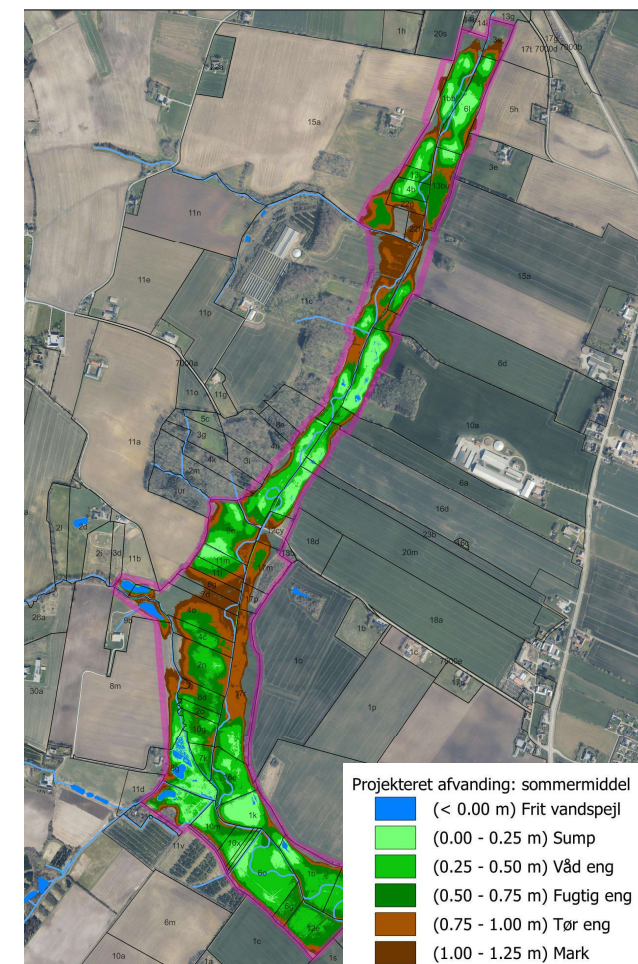
- Afvandingsforhold
- Udarbejdelse af vandløbsregulativer
- Vandløbsregulering og vandløbsrestaureringer
- Og meget andet....



VASP
MIKE
Scalgo



WSP | Vandløbsdage 2025 | April 2025



Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

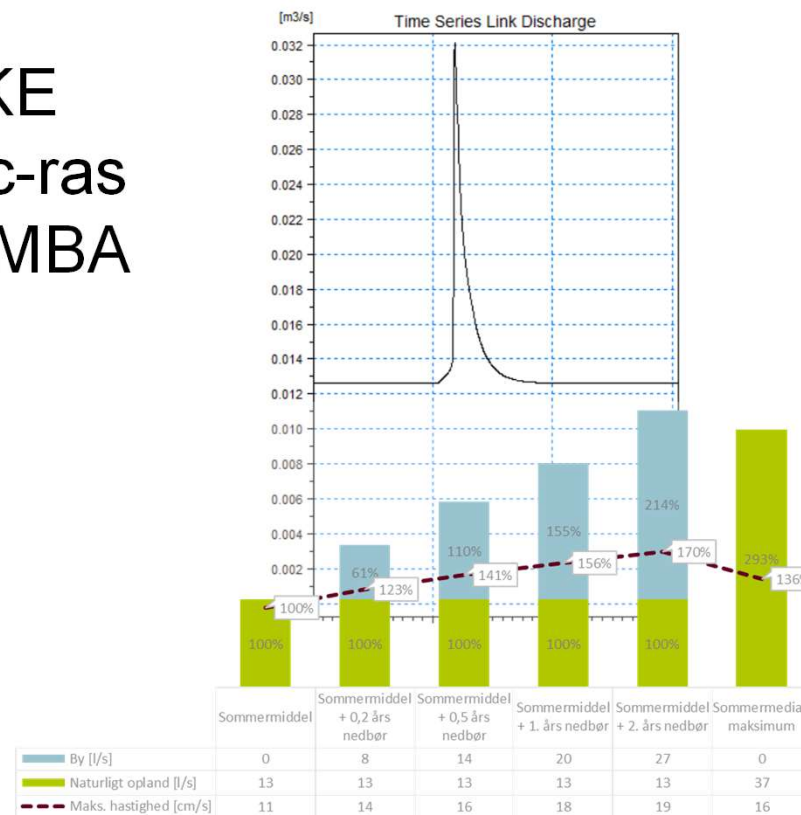
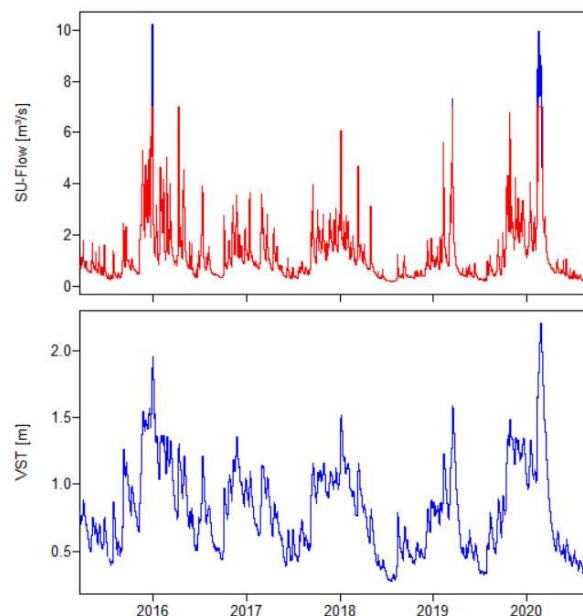
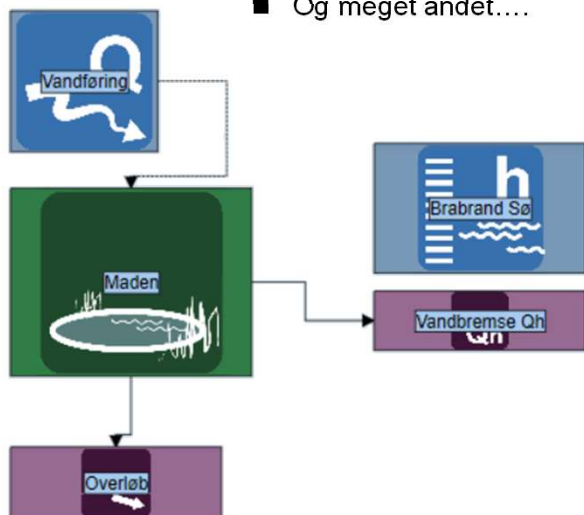
Hvornår bruger vi dynamiske modeller?

Dynamiske modeller:

- Effekt af tilbageholdelse af vand
- Oversvømmelsers varighed og udbredelse
- Udledninger
- Tidevandspåvirkning
- Og meget andet....

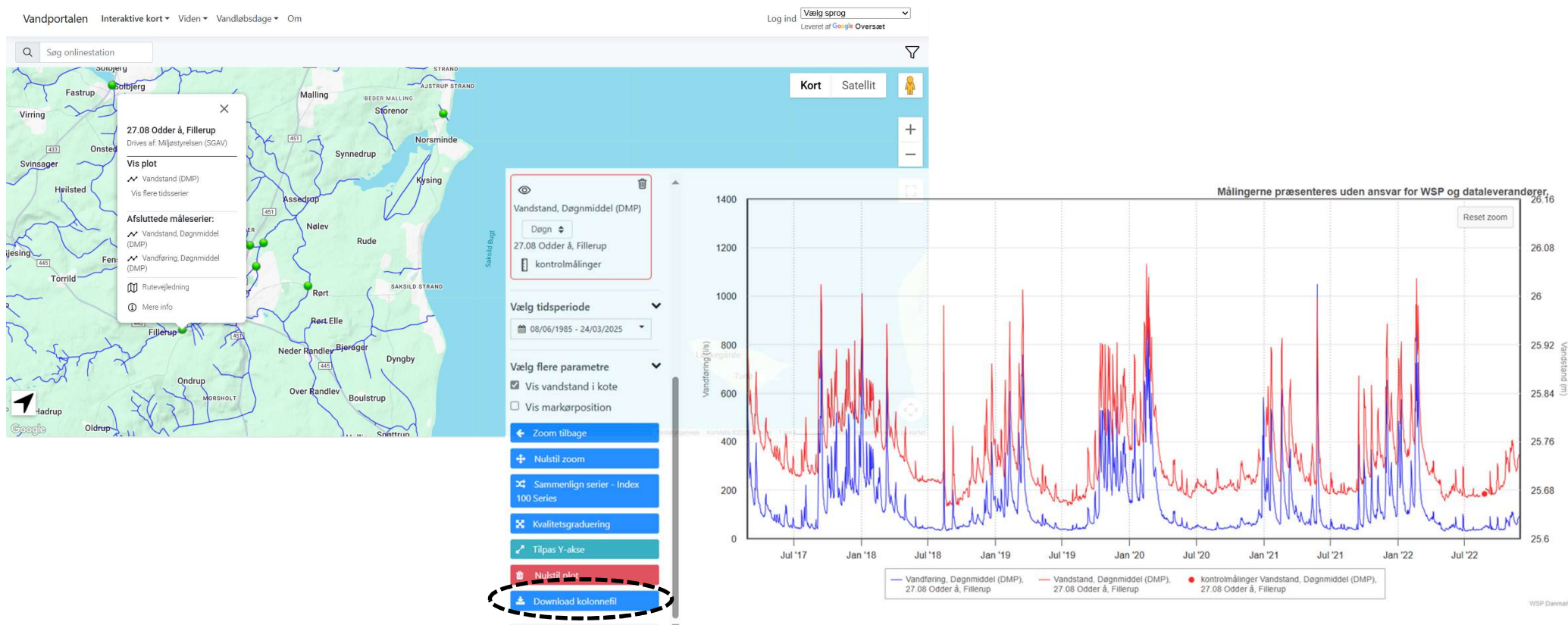


MIKE
Hec-ras
SUMBA



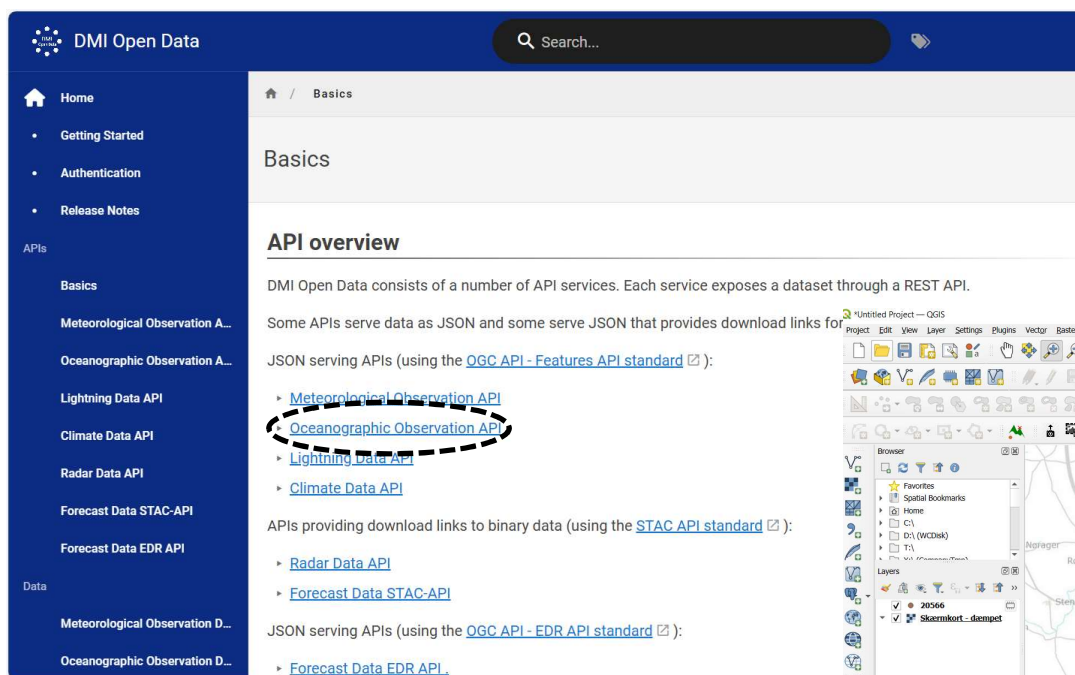
WSP Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Input til dynamiske modeller



WSP Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Input til dynamiske modeller



DMI Open Data

Basics

API overview

DMI Open Data consists of a number of API services. Each service exposes a dataset through a REST API.

Some APIs serve data as JSON and some serve JSON that provides download links for:

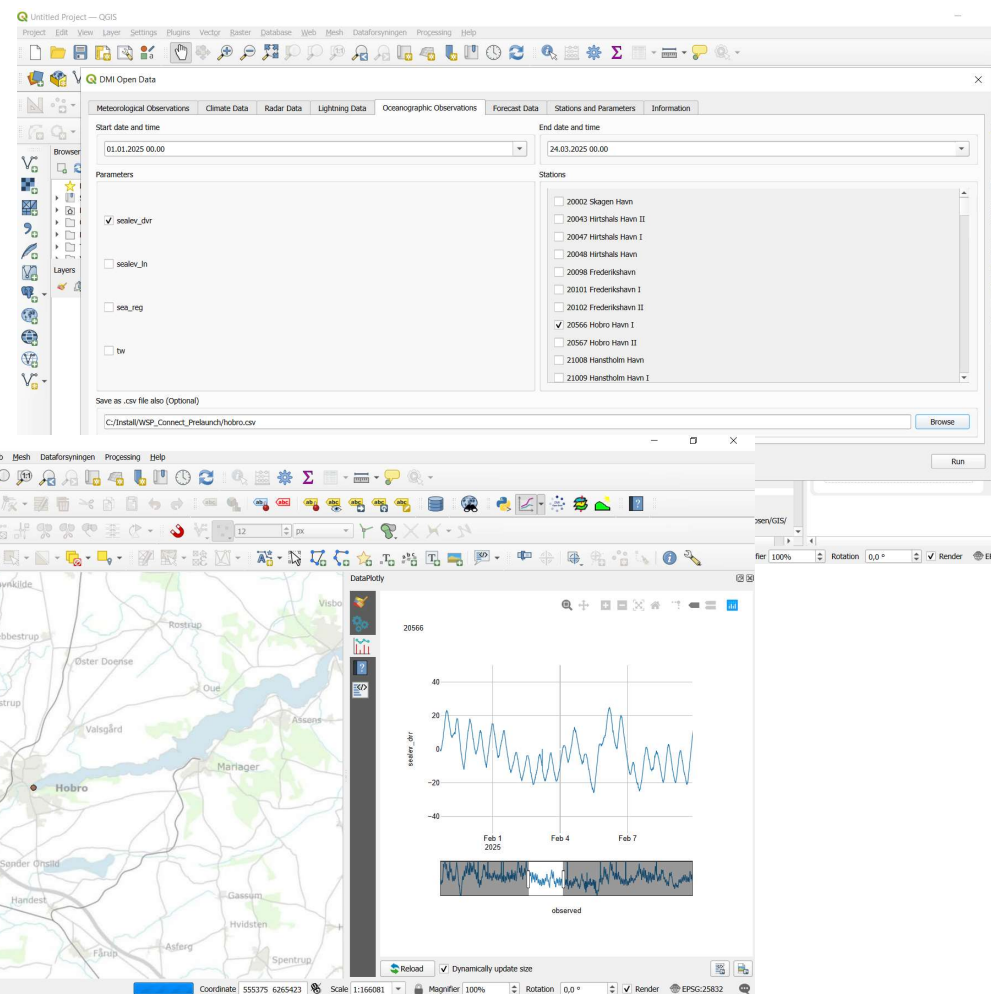
- ▶ [Meteorological Observation API](#)
- ▶ [Oceanographic Observation API](#)
- ▶ [Lightning Data API](#)
- ▶ [Climate Data API](#)

APIs providing download links to binary data (using the [STAC API standard](#)):

- ▶ [Radar Data API](#)
- ▶ [Forecast Data STAC-API](#)
- ▶ [Forecast Data EDR API](#)

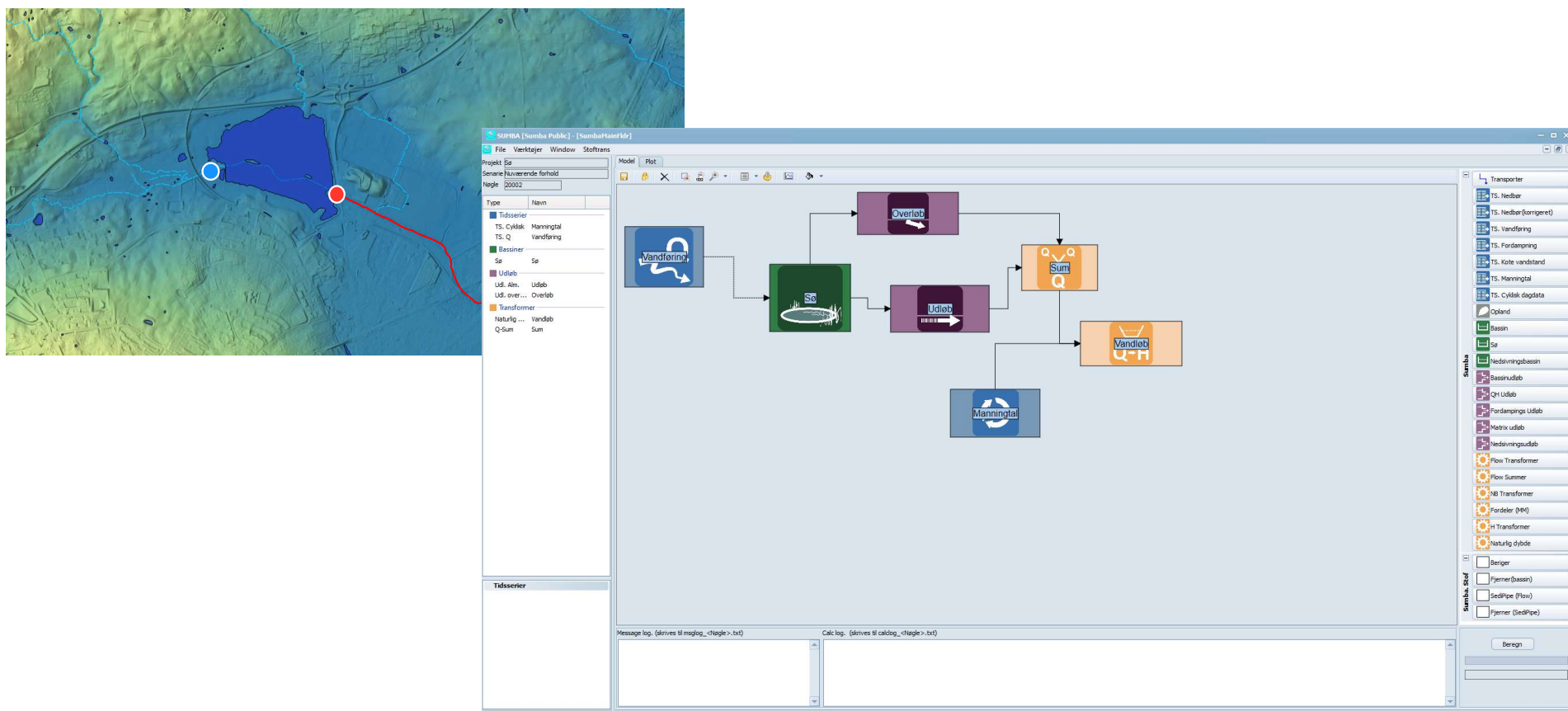
JSON serving APIs (using the [OGC API - EDR API standard](#)):

- ▶ [Forecast Data EDR API](#)



WSP Workshop 5 - Stationære og dynamiske modeller

Eksempel



The background of the slide is a photograph of a stream flowing through a dense forest. The water is clear and reflects the surrounding greenery. Sunlight filters through the trees, creating a dappled light effect on the water and foliage. The trees are mostly deciduous with bright green leaves. A fallen log lies across the stream in the foreground.

Tak for opmærksomheden