

Variation i det terrænnære grundvandsspejl på kort og lang tidsskala

EVA-temadag:

Terrænnært grundvand – Data, modeller og håndtering i praksis

23. Oktober 2025, Nyborg

Søren Thorndahl, Aalborg Universitet

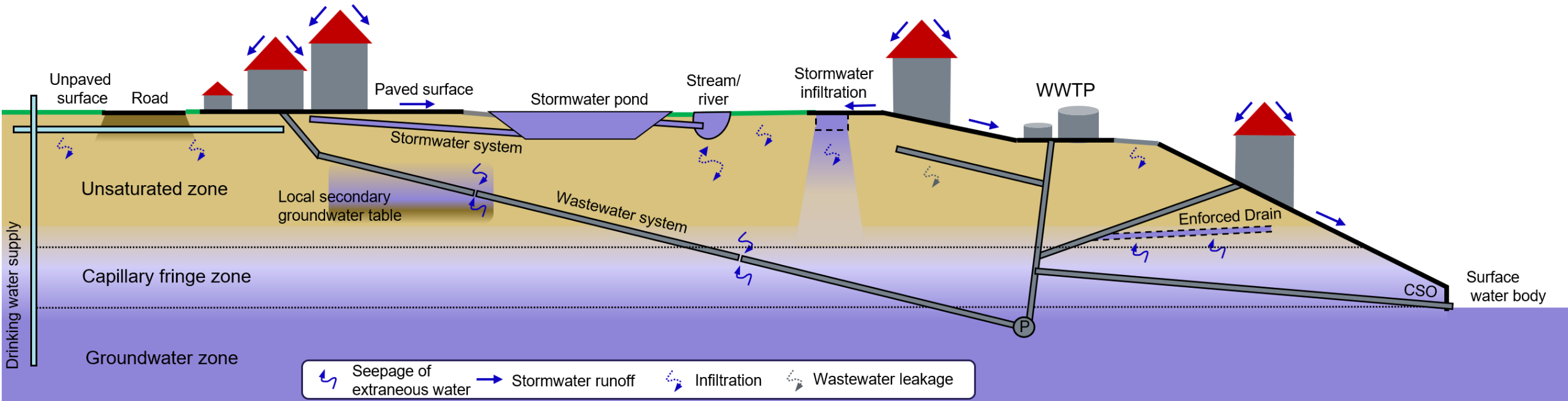
st@build.aau.dk



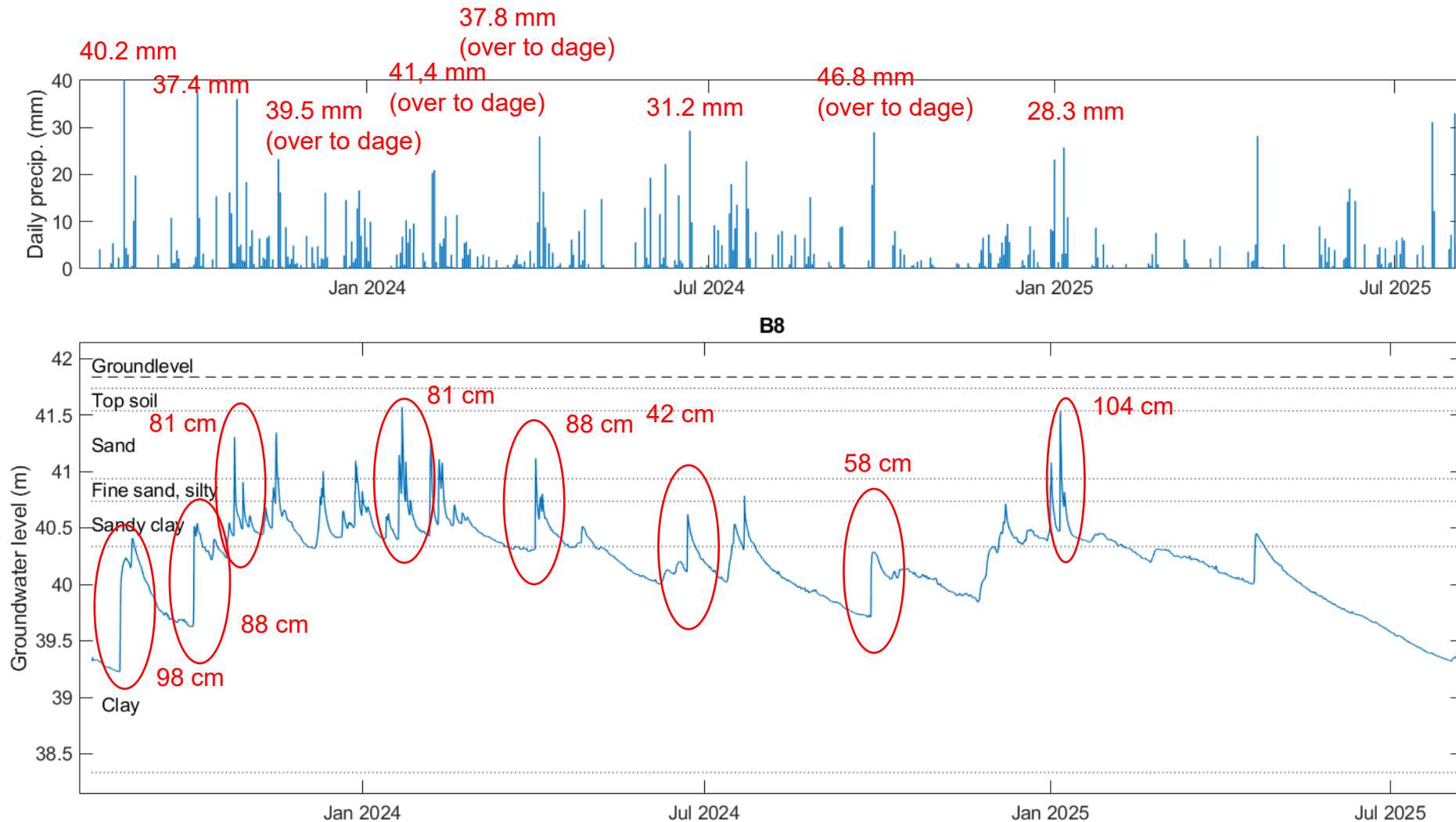
Problemstillinger

- Grundvandsinfiltration til afløbssystemer (uvedkommende vand)
- Grundvandsoversvømmelse
- Fugtindtrængning/infiltration af grundvand til bygninger/kældre
- Etablering af drænløsninger
- Interaktion med vandløb/naturlig hydrologi

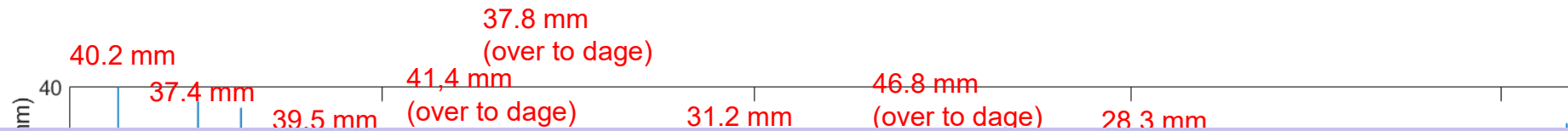
Er problemerne på kort tidsskala (dage, uger) eller på lang tidsskala (årstidsvariationer)?



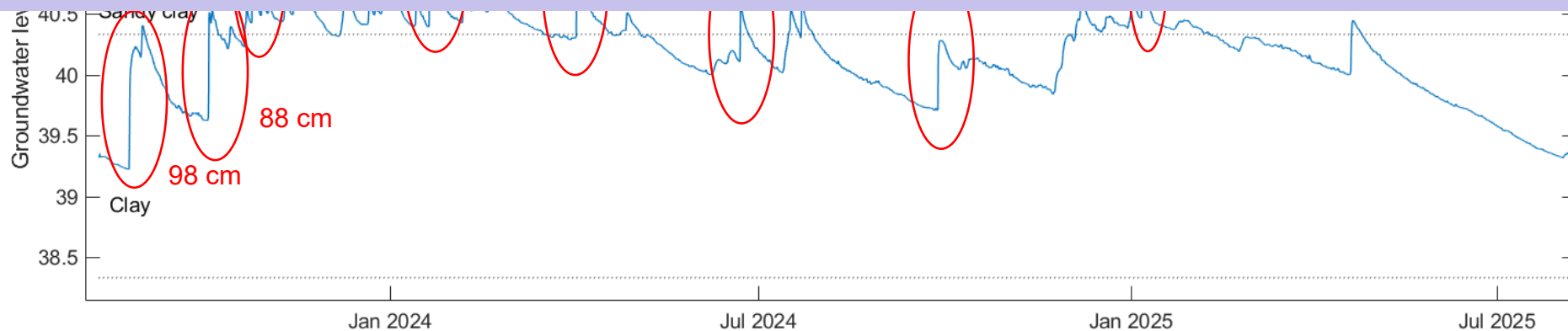
Observeret dynamik i grundvandsspejl



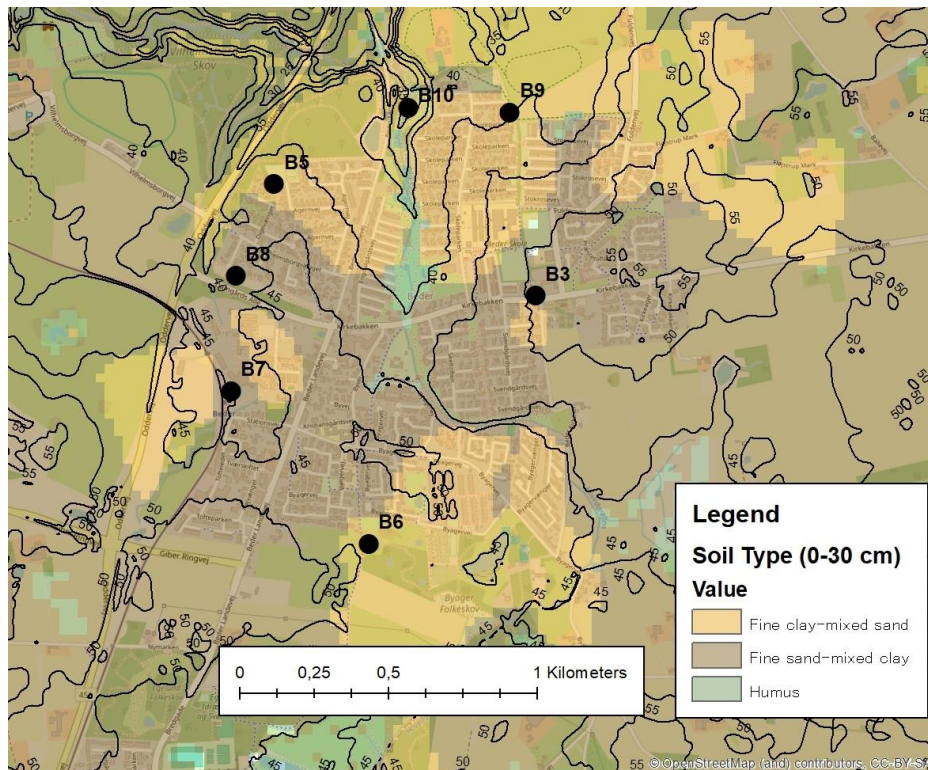
Observeret dynamik i grundvandsspejl



- Hvordan kan 40 mm regn give en 80 cm stigning i grundvandsspejlet?
- Hvis jordens porøsitet er 50 % (hvilket er højt sat) vil 40 mm regn give en 8 cm stigning i grundvandsspejlet – men vi ser det 10 dobbelte!?

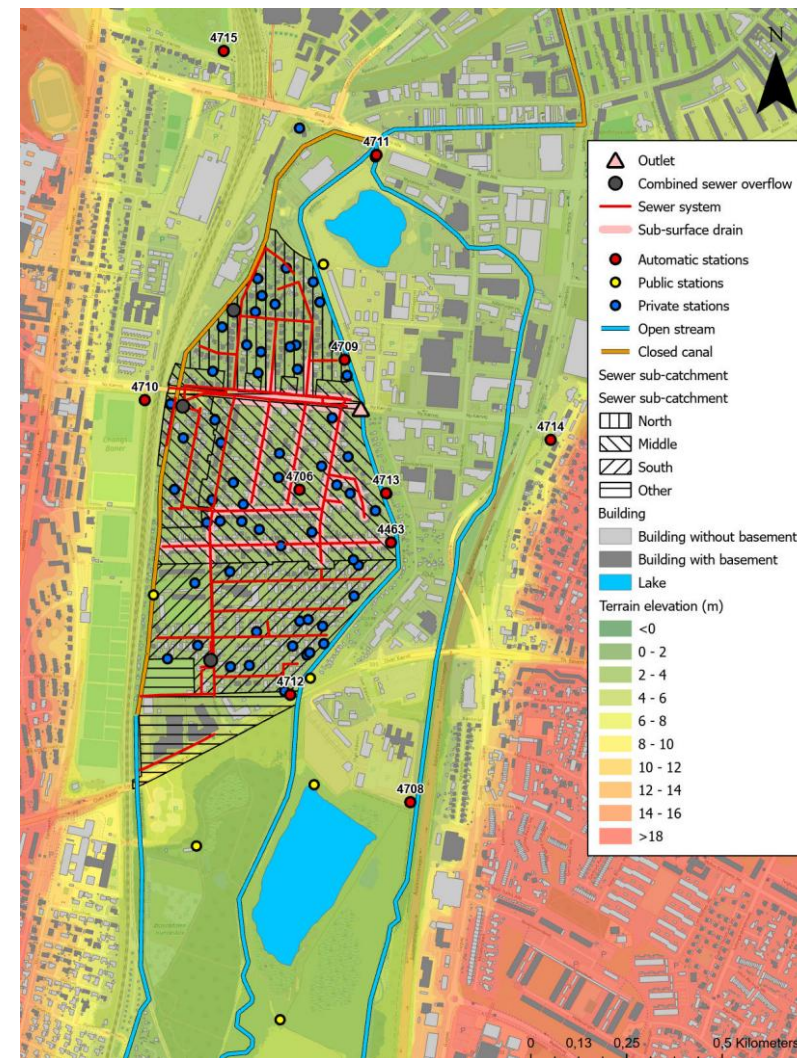


Caseområder



Beder, Aarhus

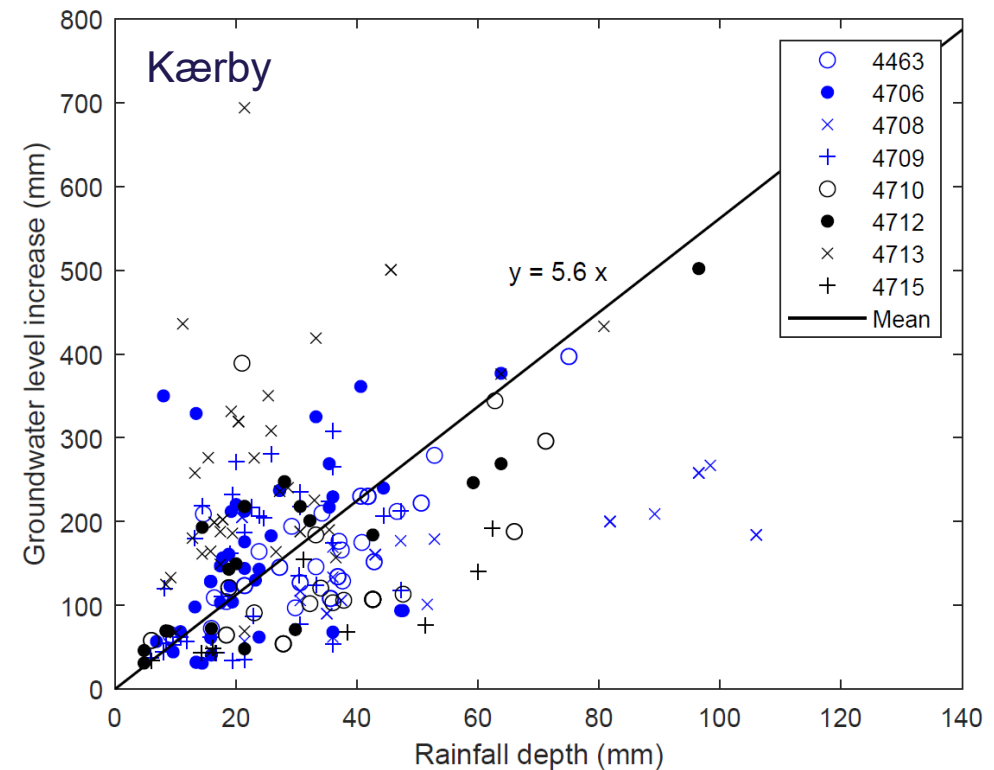
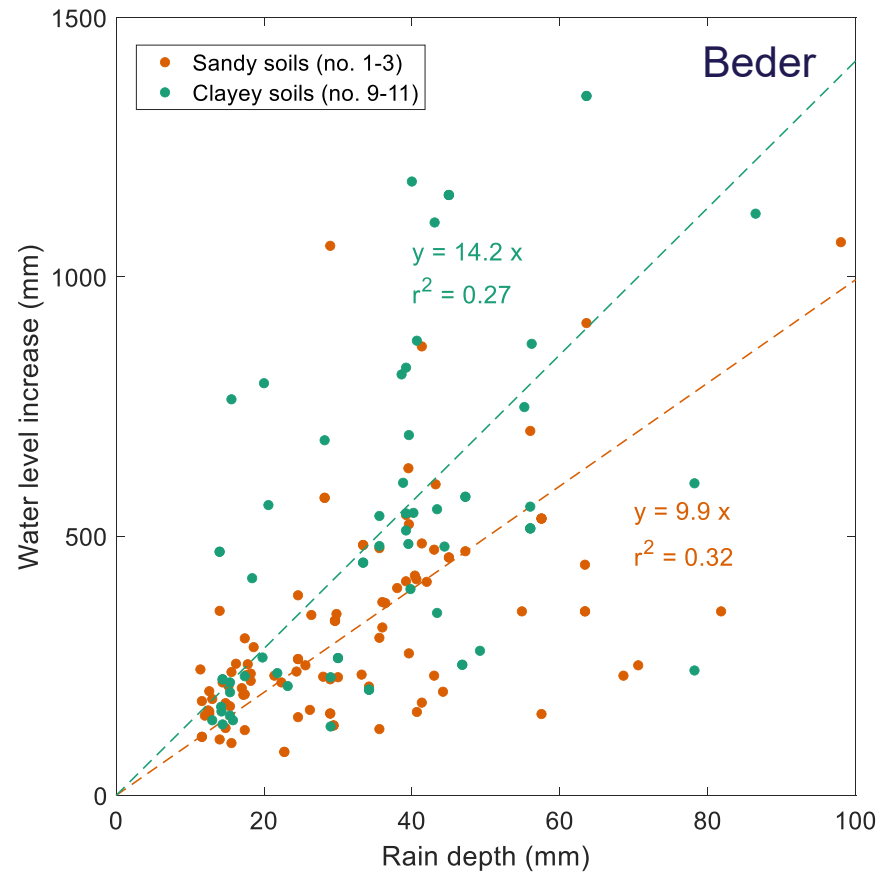
7 automatiske pejleboringer, ~2 års data
Morænelandskab med højtliggende sekundært
grundvandsspejl



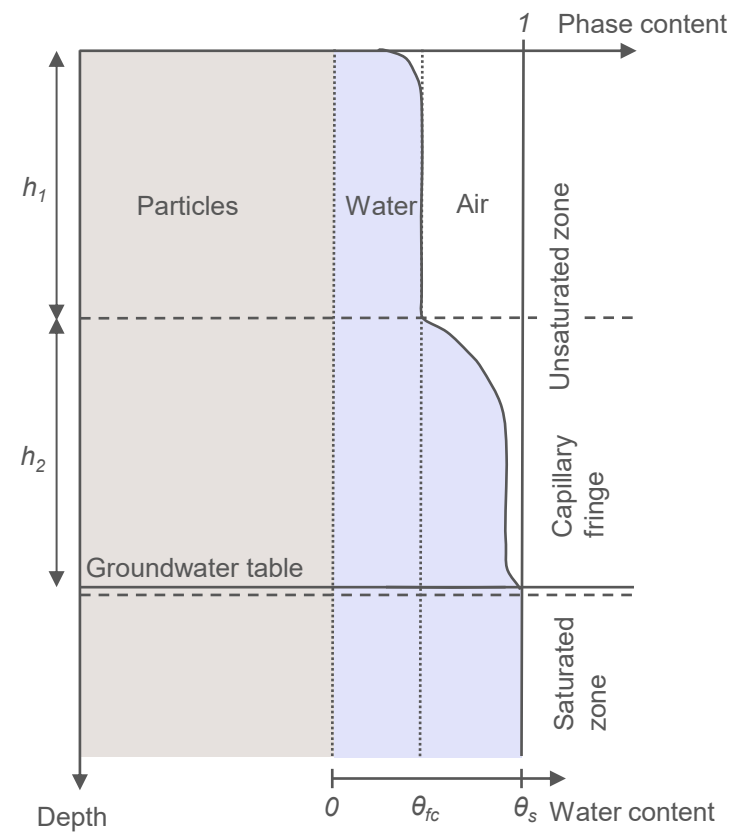
Kærby, Aalborg

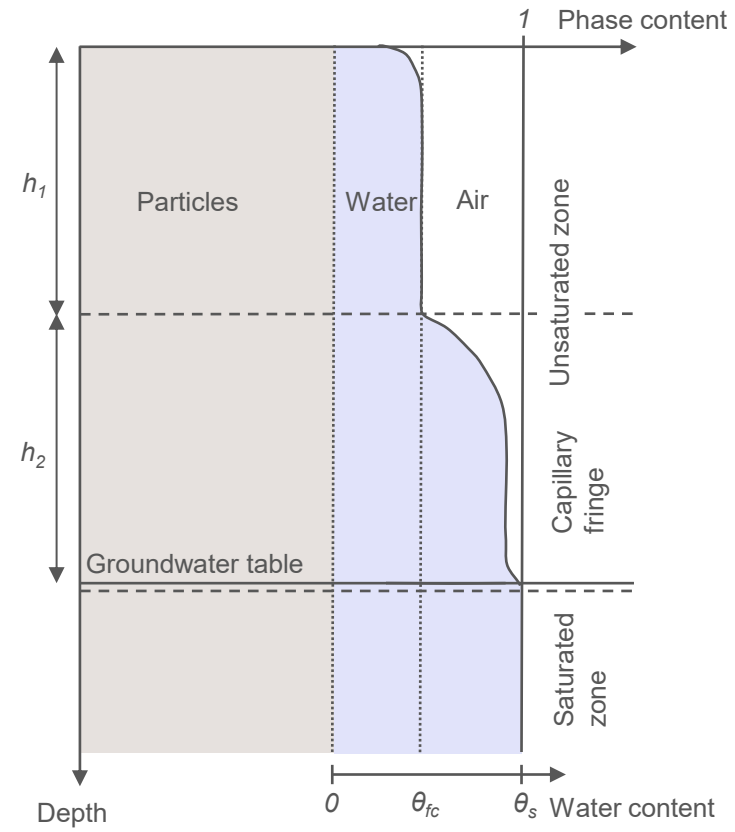
10 automatiske pejleboringer, ~5 års data
Sandet kystnært område med højtliggende
primært grundvandsspejl

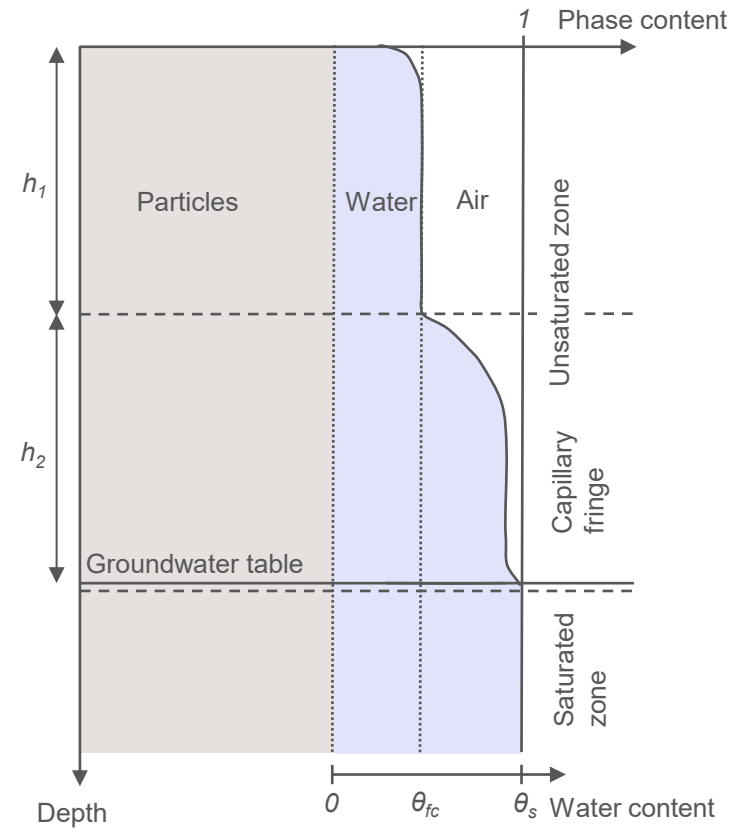
Sammenhæng mellem regn-impuls og stigende respons på grundvandsstand afhængigt af jordtype

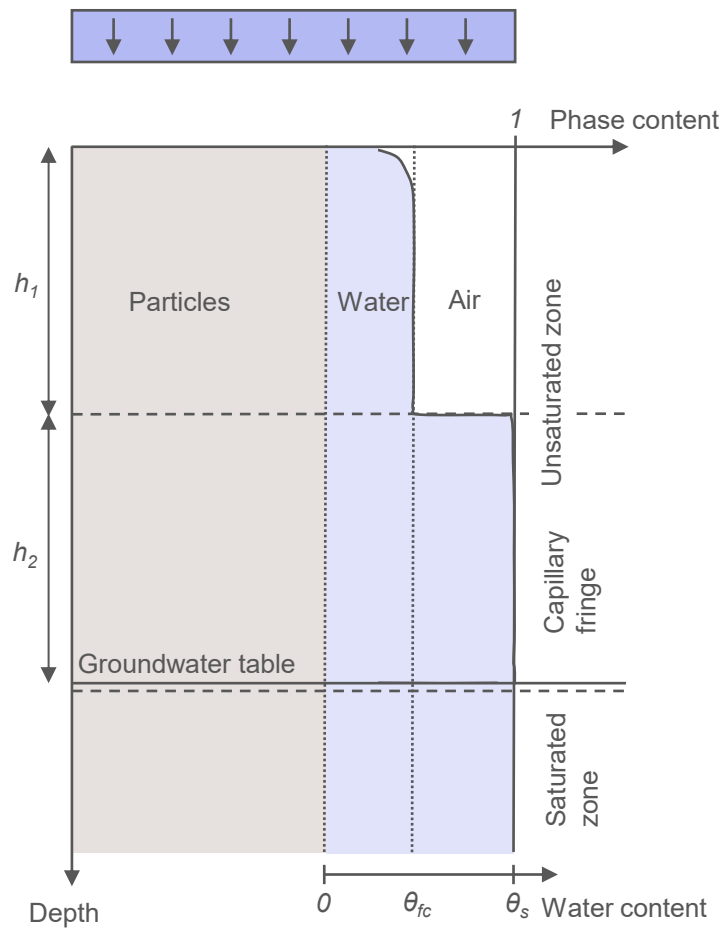


- Stigning i grundvandsspejl er 5-15 gange så stor som regndybden





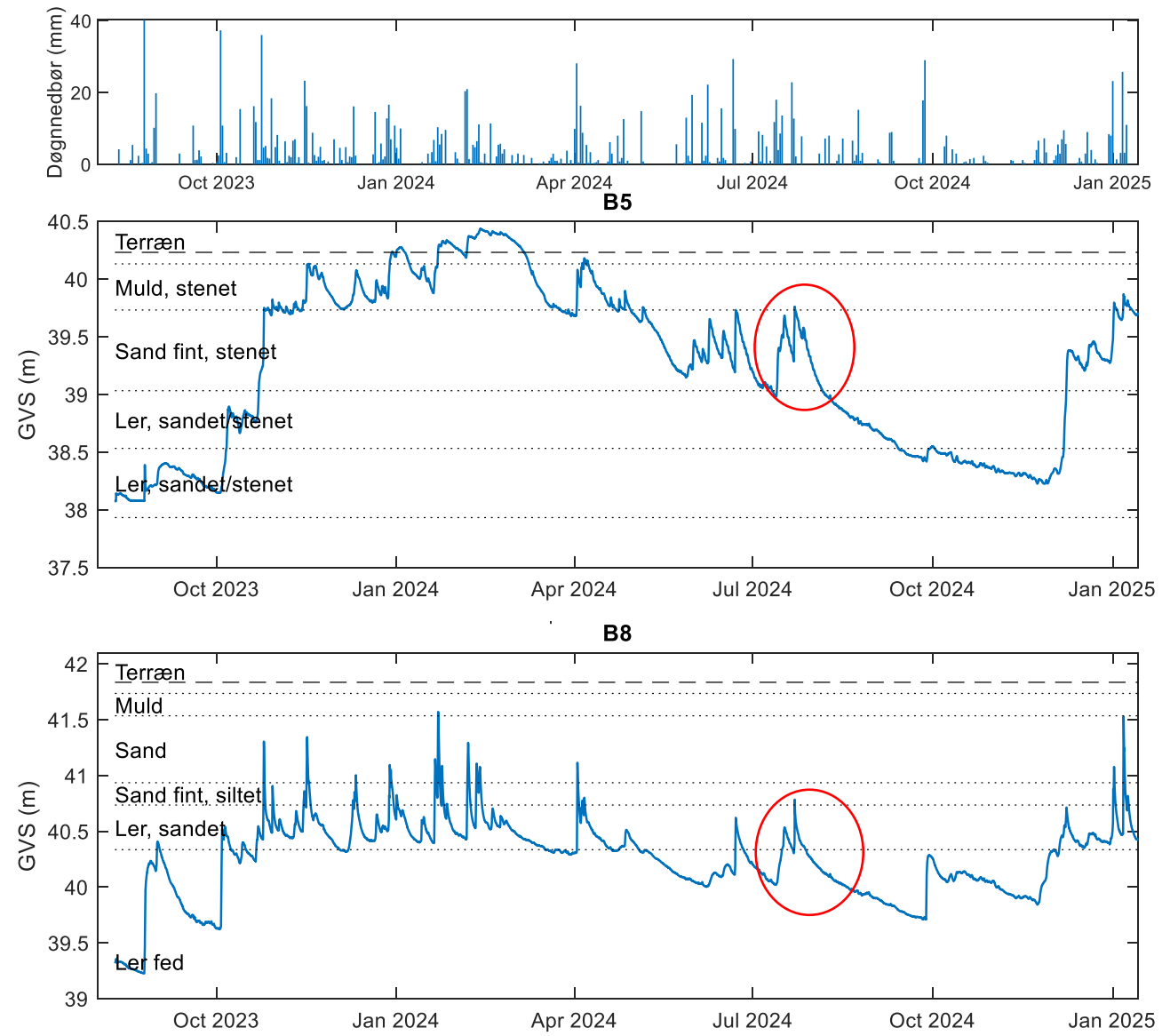
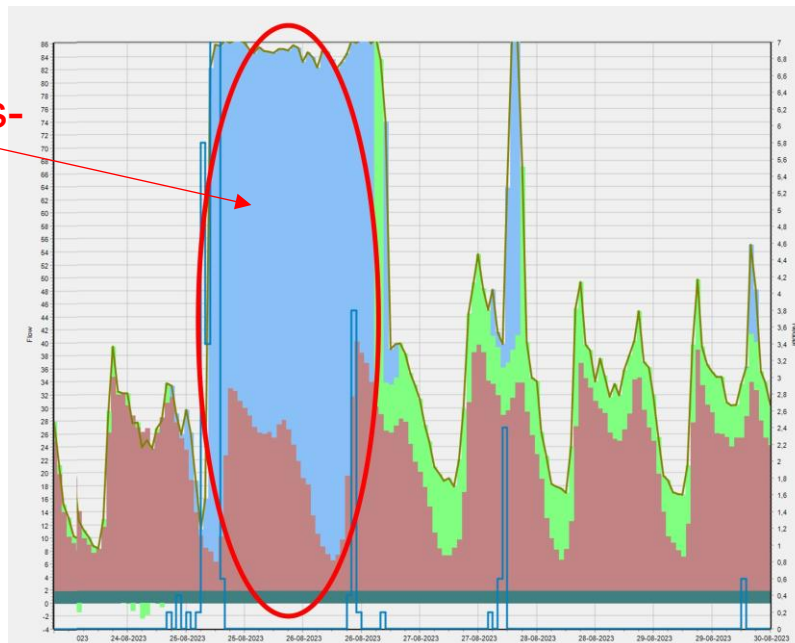




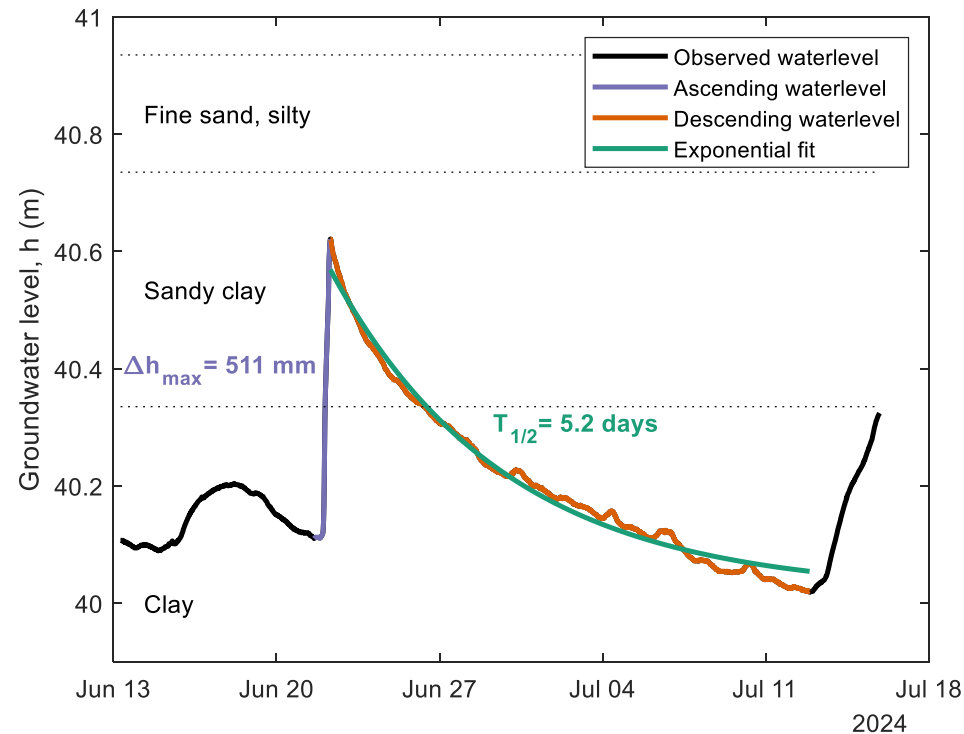
Observeret dynamik i aftagende grundvandsspejl

- "Længere haler" i leret jord end i sandet jord
- I afløbssystemer observeres i lange perioder efter nedbørshændelser et øget afstrømningsbidrag

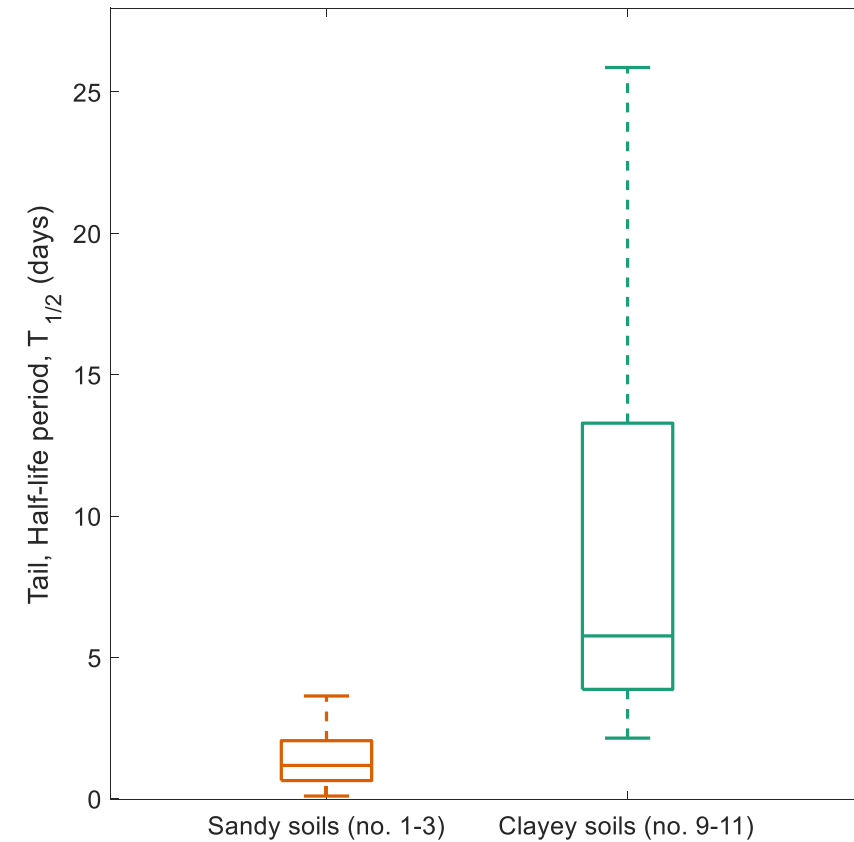
Grundvands-
infiltration



Faldende grundvandsstand efter regn afhængigt af jordtype



$$h = h_0 \cdot \exp(-k \cdot t) \quad T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$$



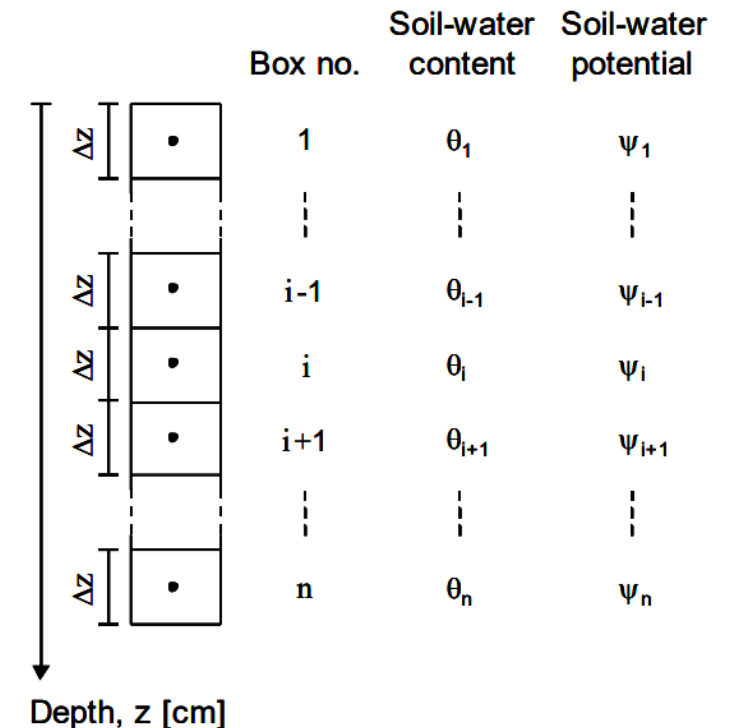
Modellering af vandindhold og infiltration

Model: Moving Mean Slope (MMS)

- Fysisk baseret umættet-zonemodel
- Diskretisering i dybden og derfor kan den virkelige vådfront modelleres
- Mulighed for heterogent jordprofil

Jordparametre:

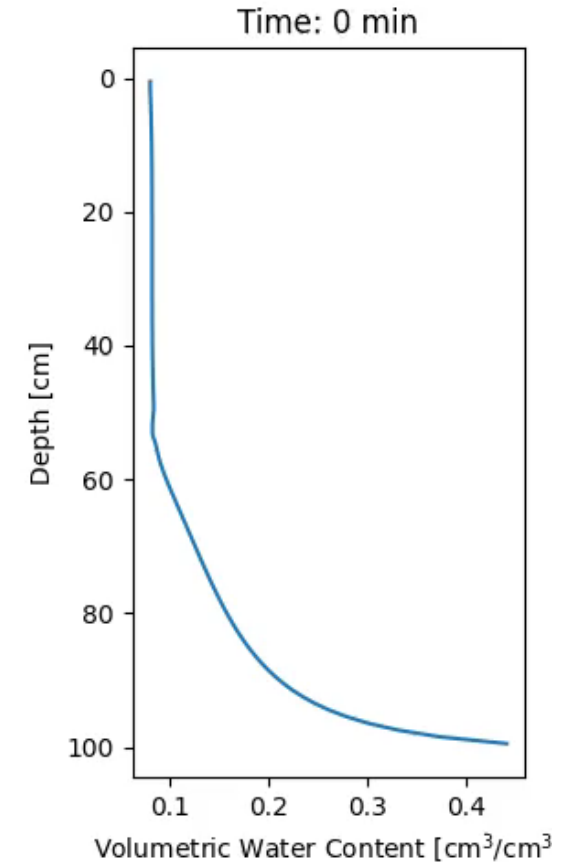
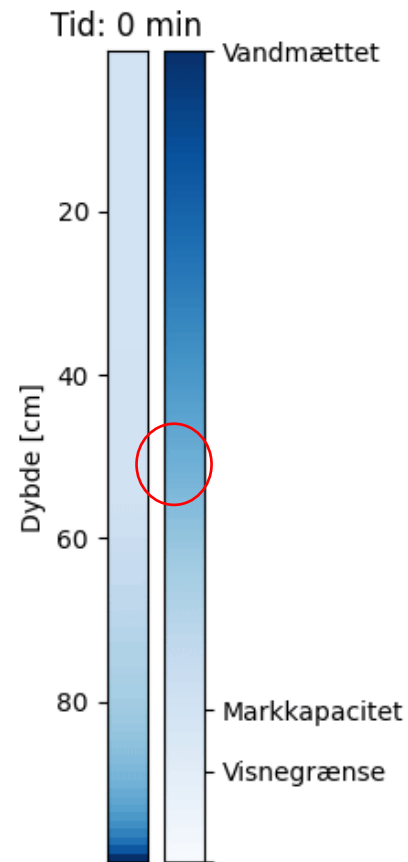
- Retentionskurve (trykpotentiale som funktion af vandindhold)
- Mættet hydraulisk ledningsevne
- Totalporøsitet



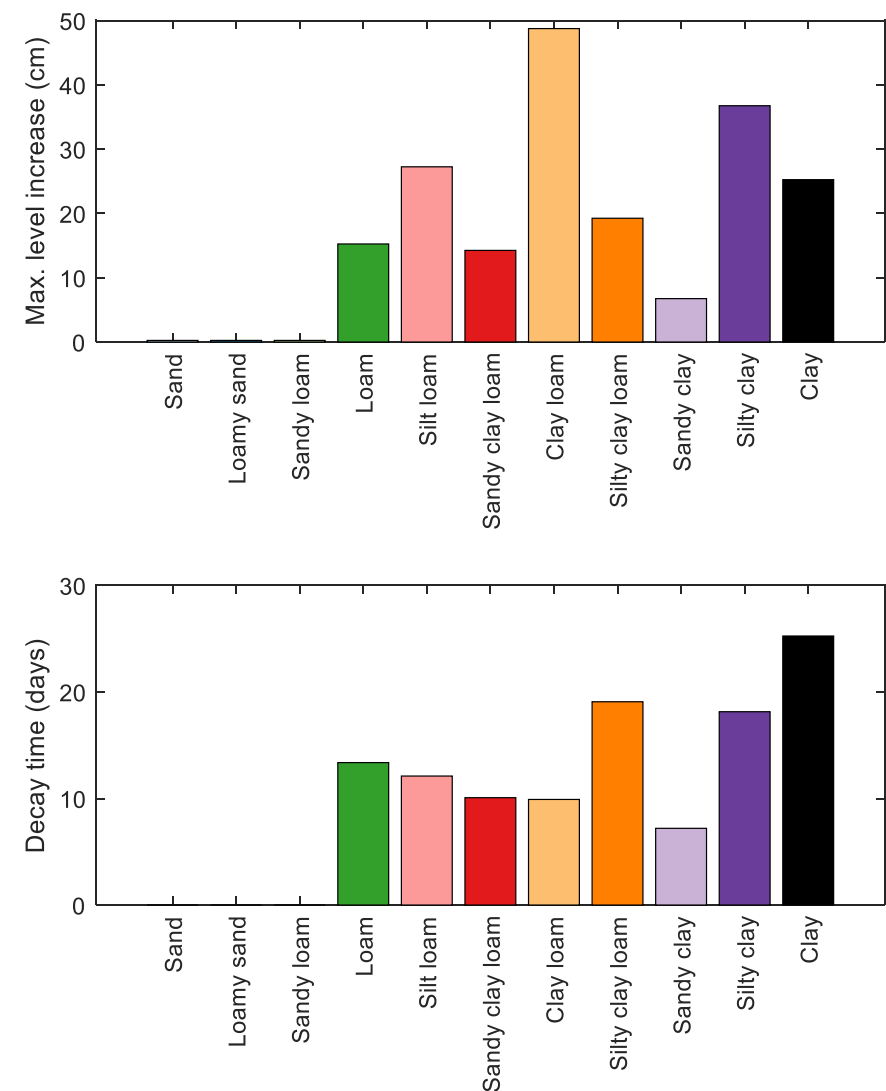
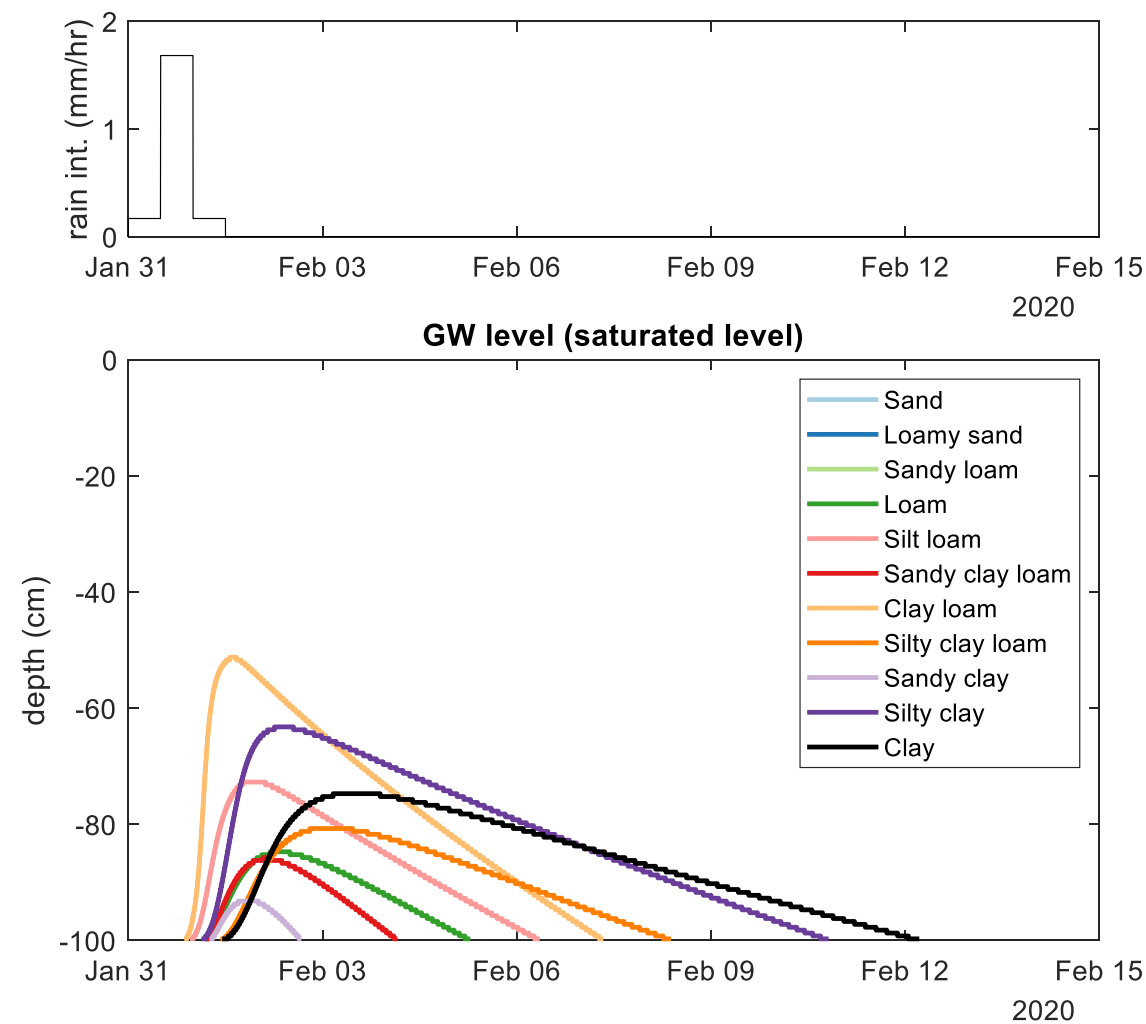
Modellering af vandindhold og infiltration

Features:

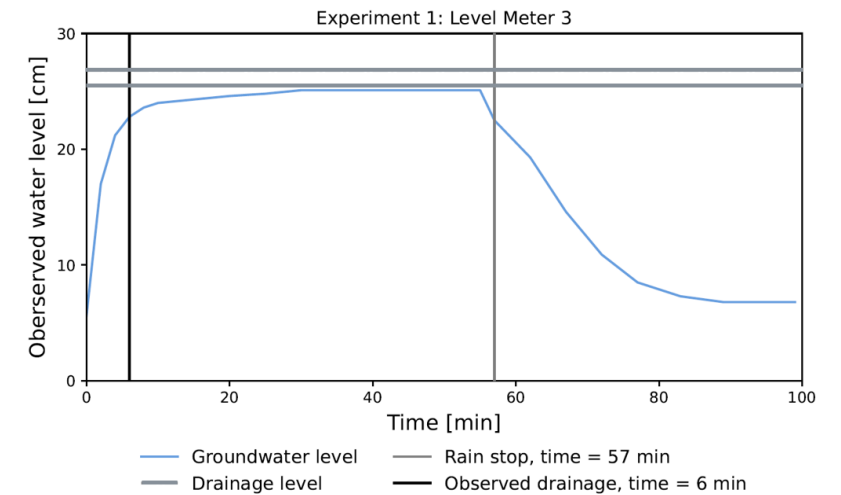
- Regnbelastning
- Initial kapillær stighøjde
- Kompakteret jordlag 



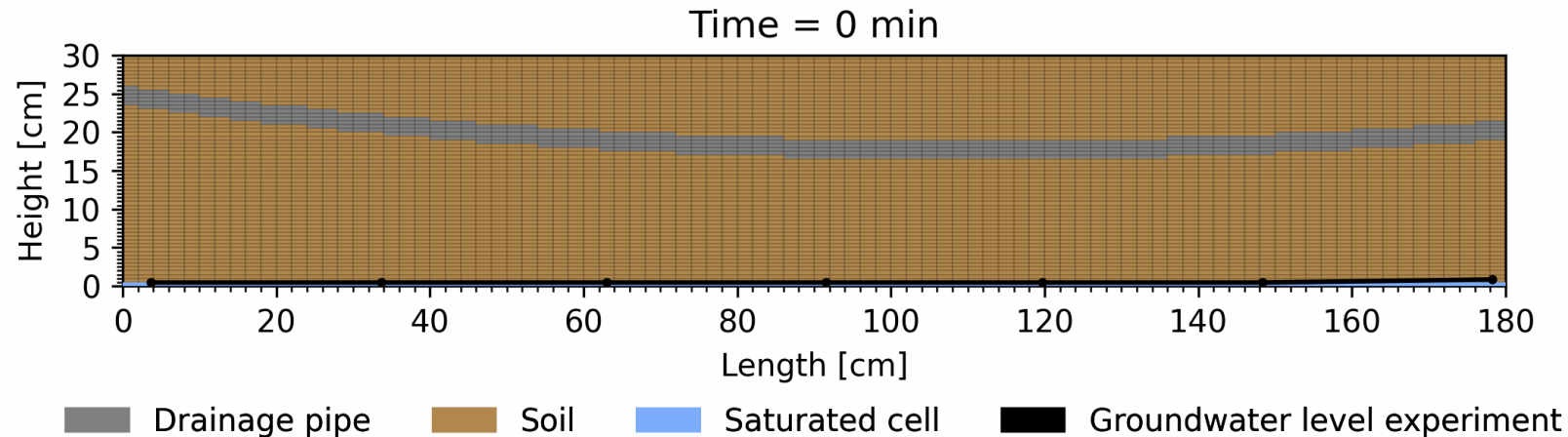
Modelling af typejorde



Fysiske forsøg med infiltration til drænledninger



Modellering af indsivning til drænlledning



Accumulated volume:

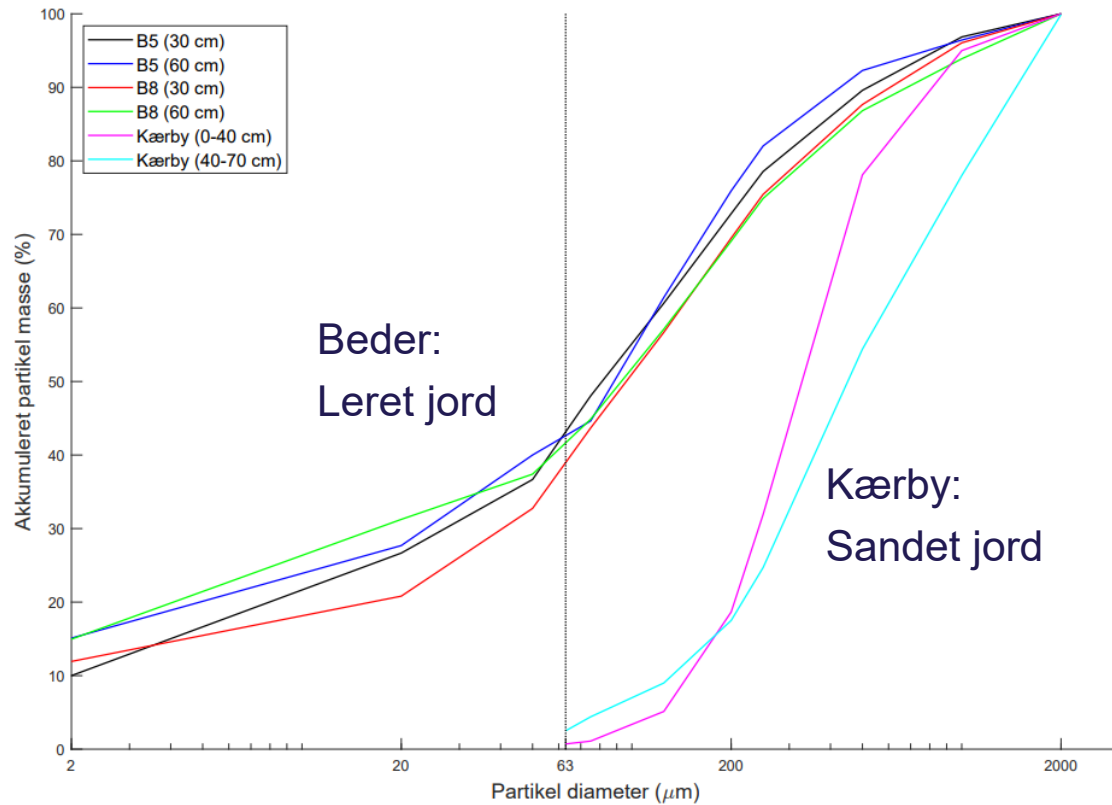
Rain:	0.0 L	Drainage pipe:	0.0 L
Left outlet:	0.0 L	Right outlet:	0.0 L

Current volume:

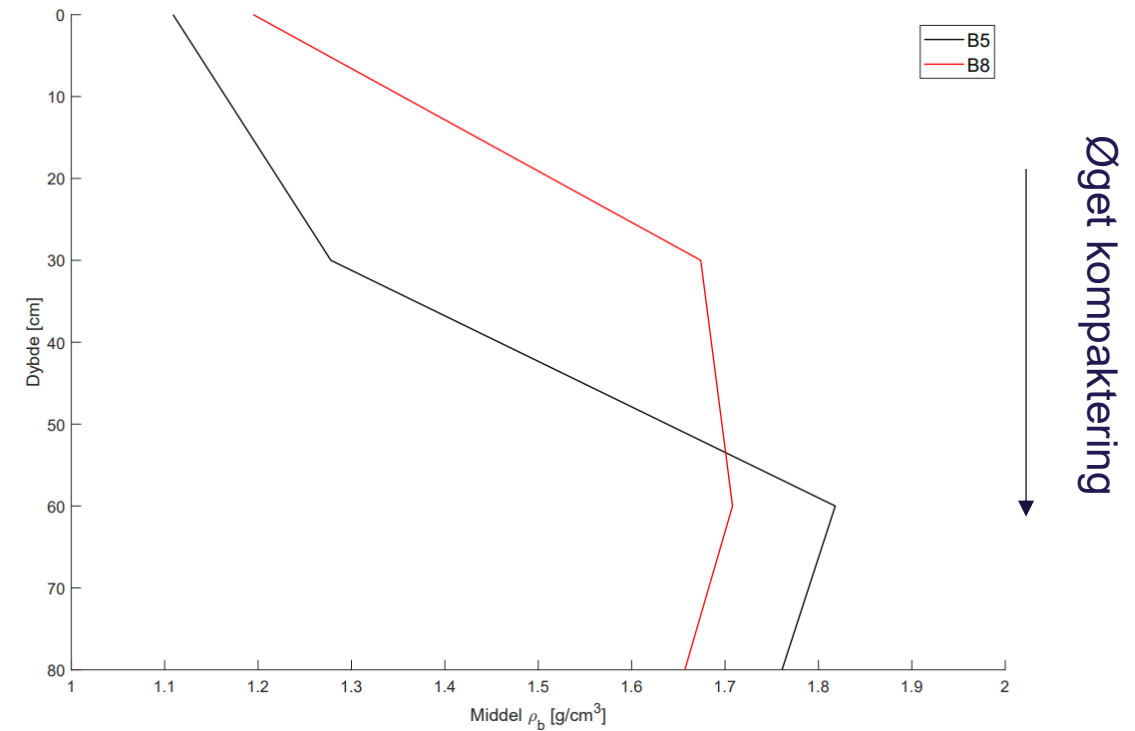
Box storage:	0.0 L
Top reservoir:	0.0 L

Jordtekstur og -kompaktering

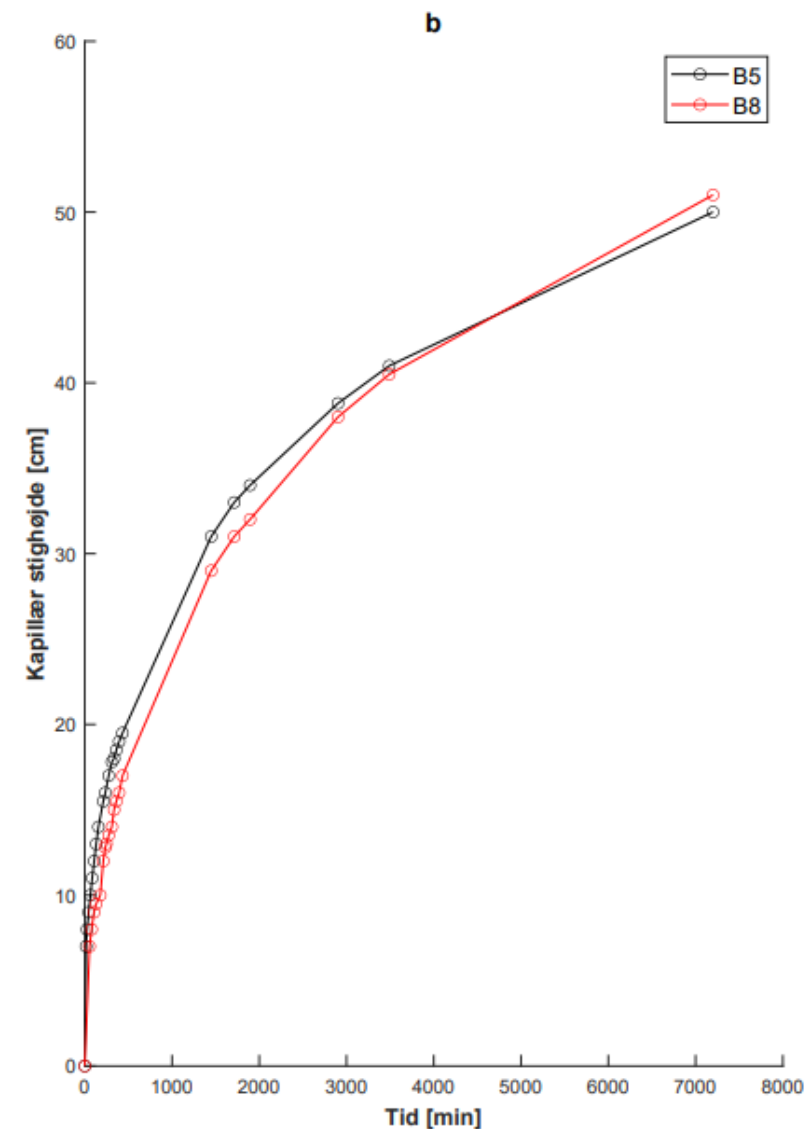
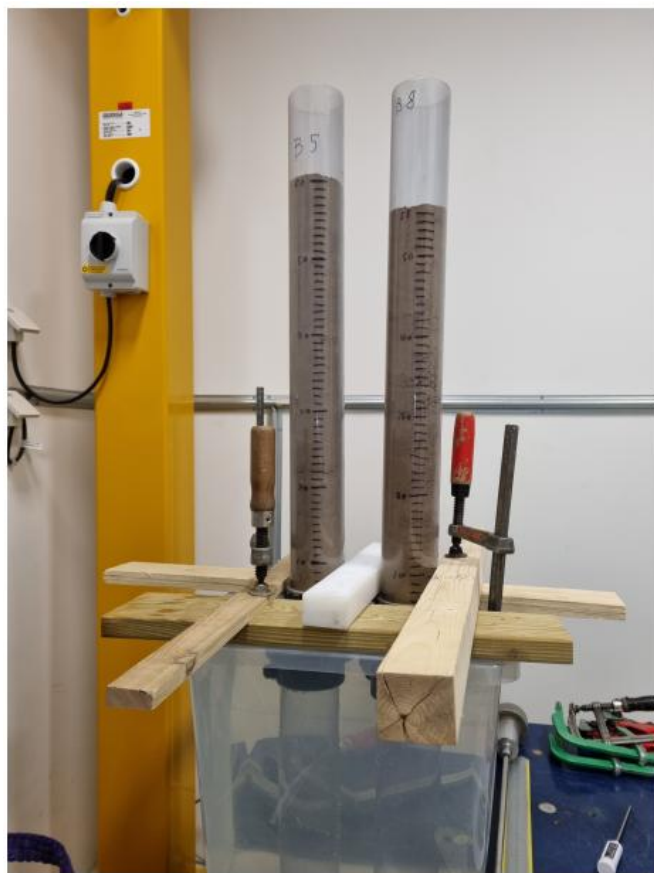
Kornkurver:



Volumenvægt som funktion af dybde



Måling af kapillær stighøjde i laboratoriet

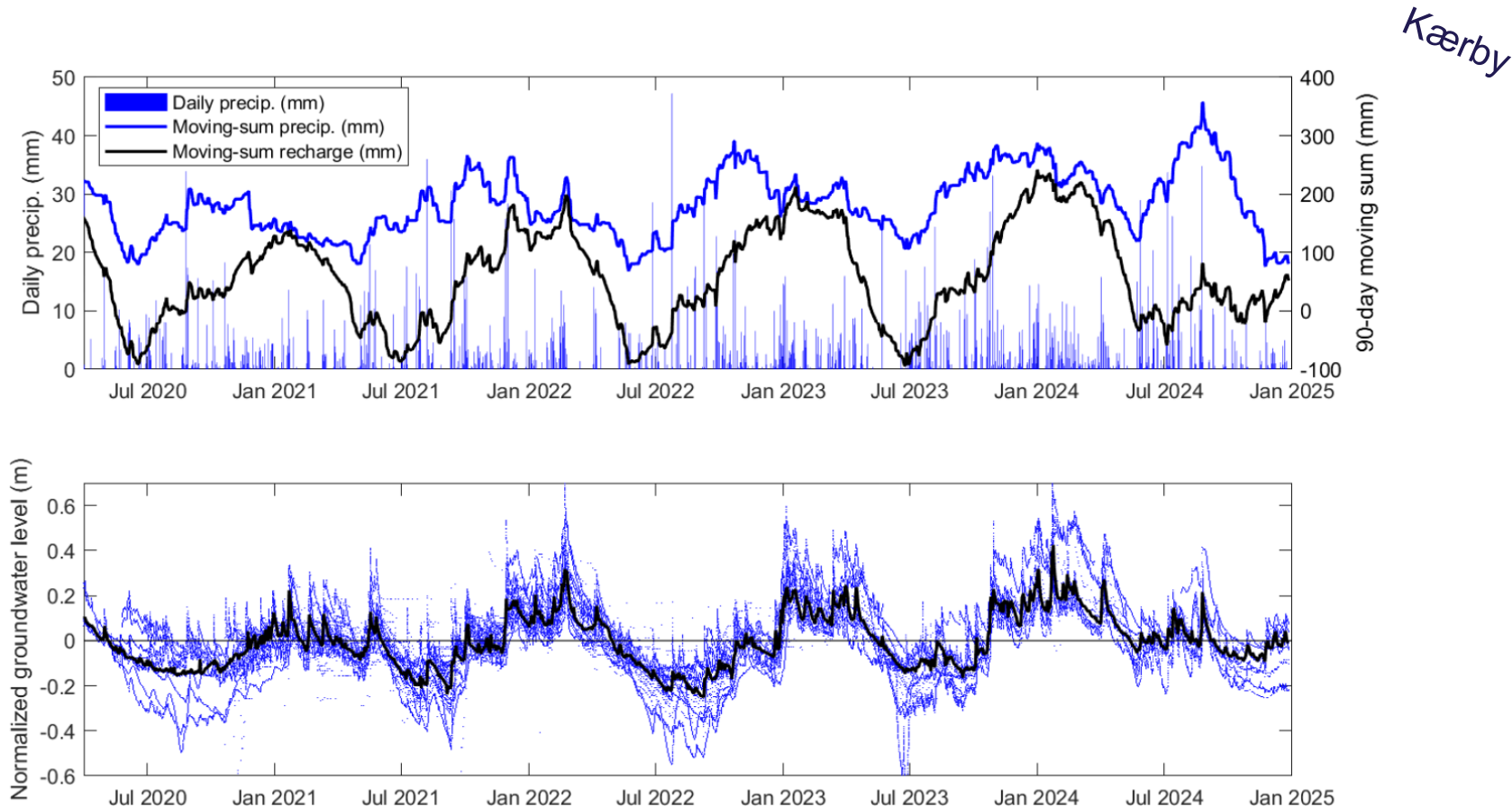


Jacob Bomholt: Kapillarzonens effekt på grundvandsstigninger og uvedkommende vand i urbane områder. Civilingeniørspéciale AAU, 2025

Grundvandsdynamik på kort tidsskala

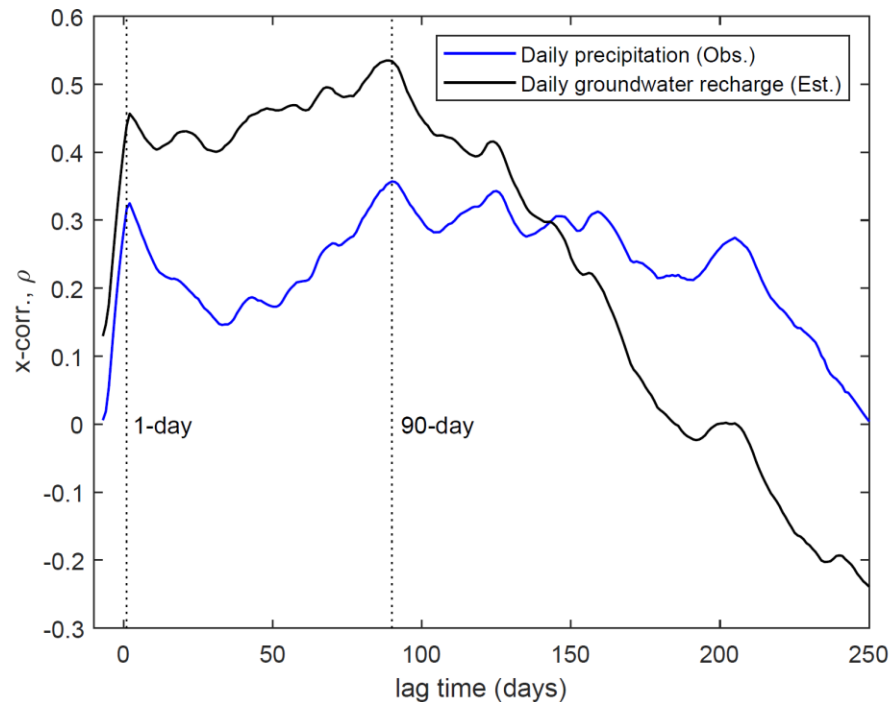
- Hurtige stigninger i grundvandsspejlet sker pga. af en næsten mættet kapillærzone.
- Grundvandet kan lokalt forblive højt længe efter nedbør – især i lerede jorde med lav hydraulisk ledningsevne – dette kan medføre længerevarende indsivning til afløbssystemer og dræn.
- Det er vigtigt at forstå denne dynamik for at kunne lave løsninger til håndtering af terrænnært grundvand.

Normaliseret grundvandsstand: 2020-2024



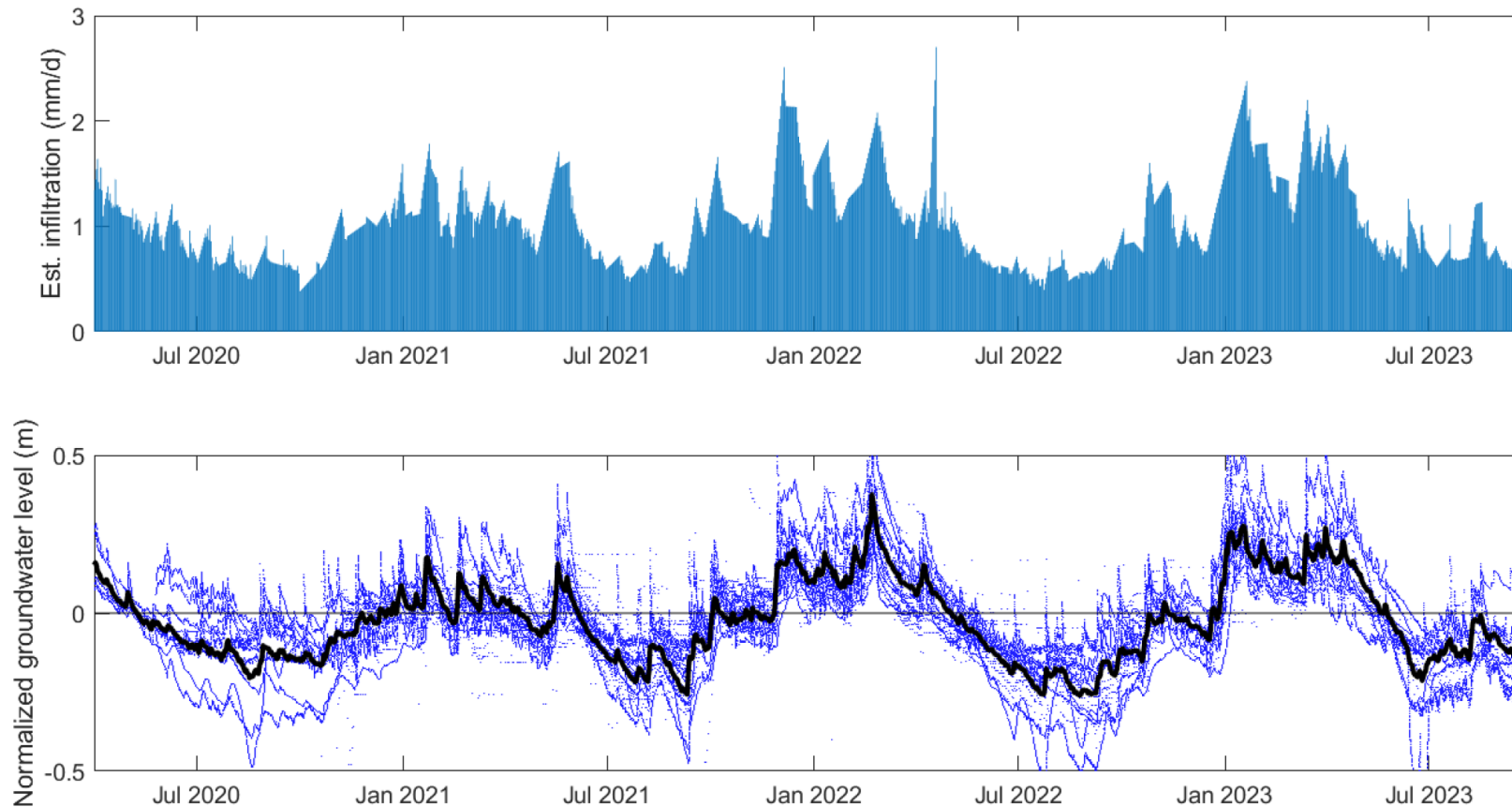
- Sommeren 2024 har været vådere end de tre tidligere år → højere grundvandsstand
- I vinteren 2023/2024 er der målt de højeste grundvandstande i perioden.

Krydskorrelation mellem nedbør og grundvandsstand



- GVS korrelerer godt med 1-dags forsinkelse → hurtig respons på regn
- GVS korrelerer godt med 90-dags forsinkelse → årstidsvariation

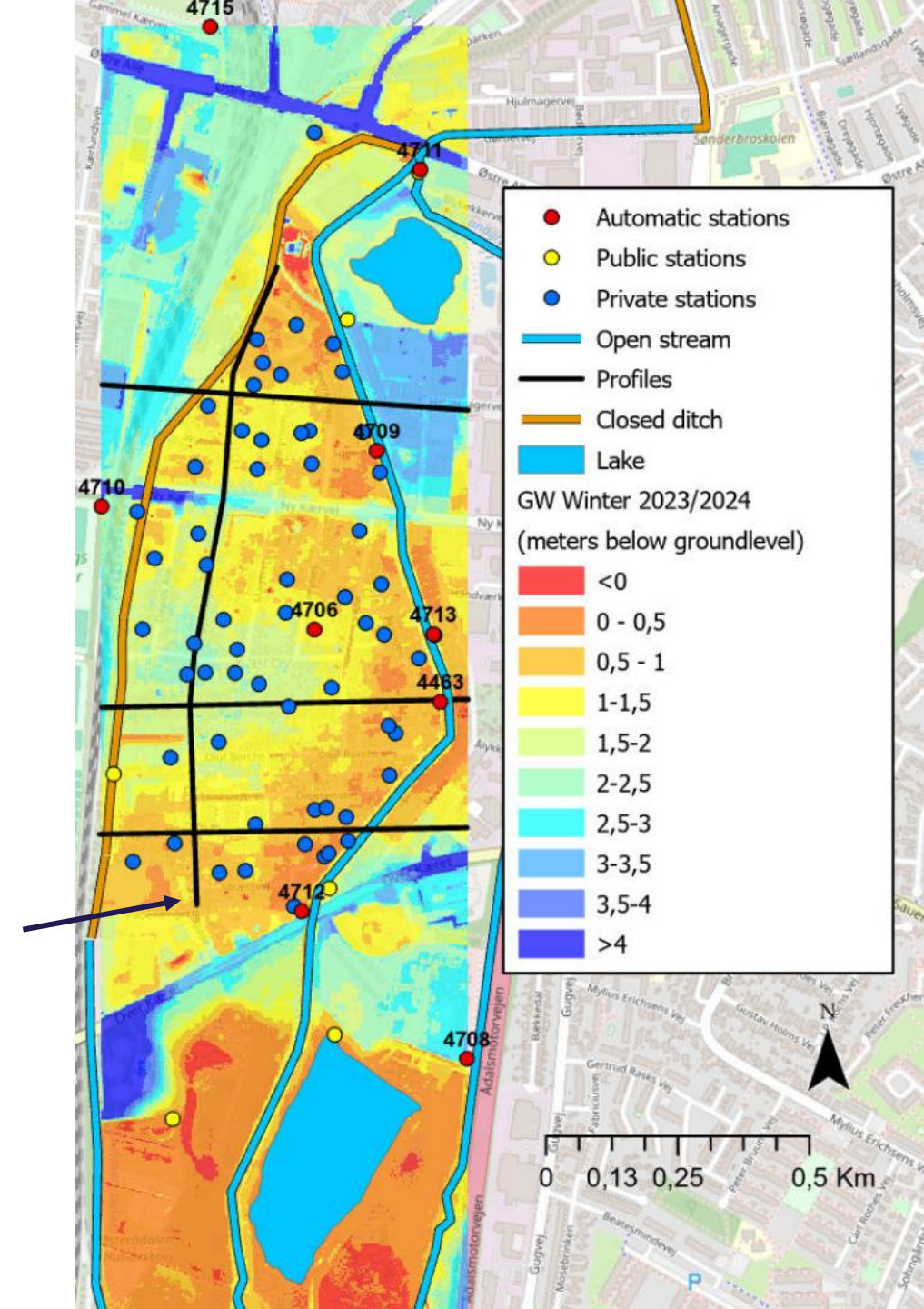
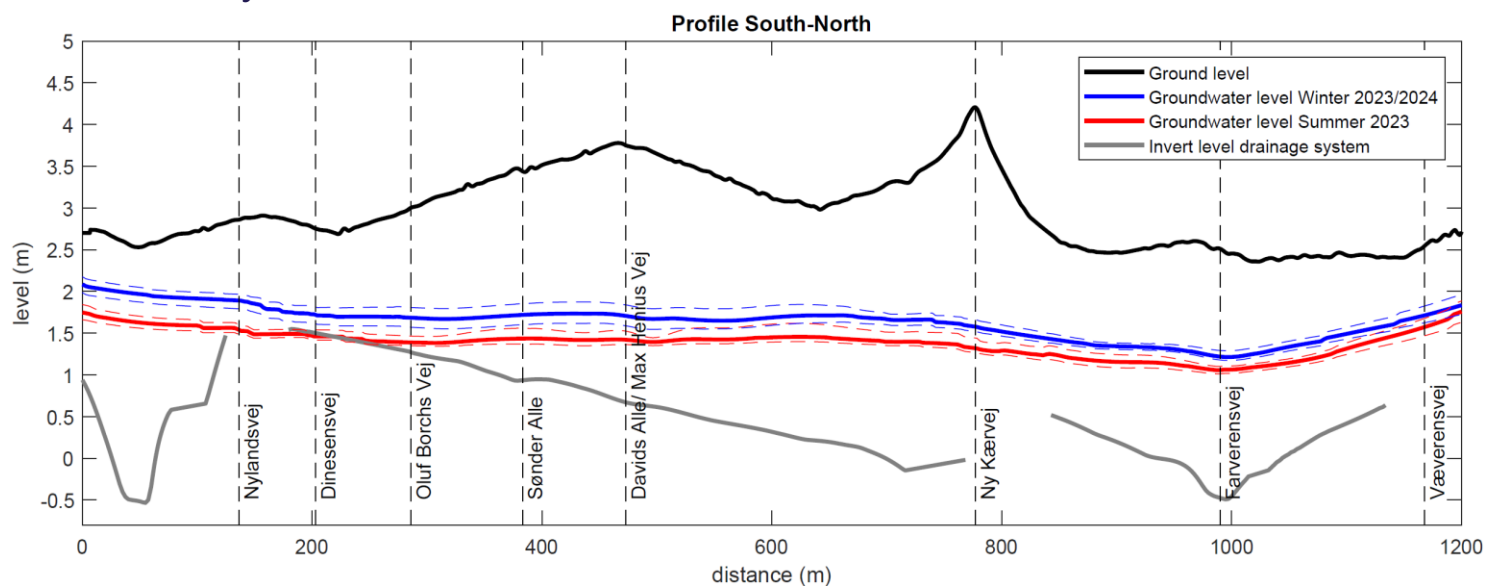
Sammenhæng mellem grundvandsstand og infiltration til afløbssystem



- Infiltrationen til afløbssystemet i Kærby er større end årsnedbøren!

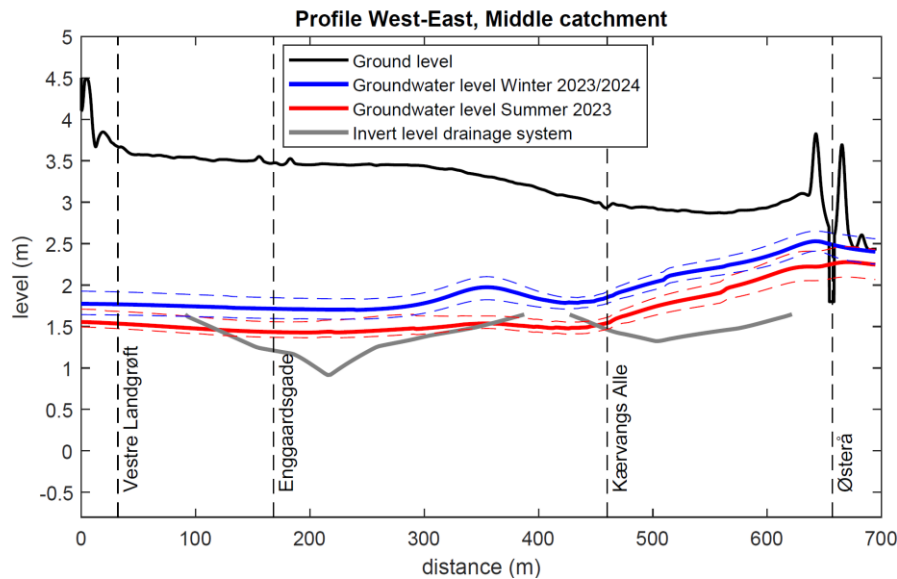
Interpoleret grundvandsspejl: Vinter

Profil Syd-Nord

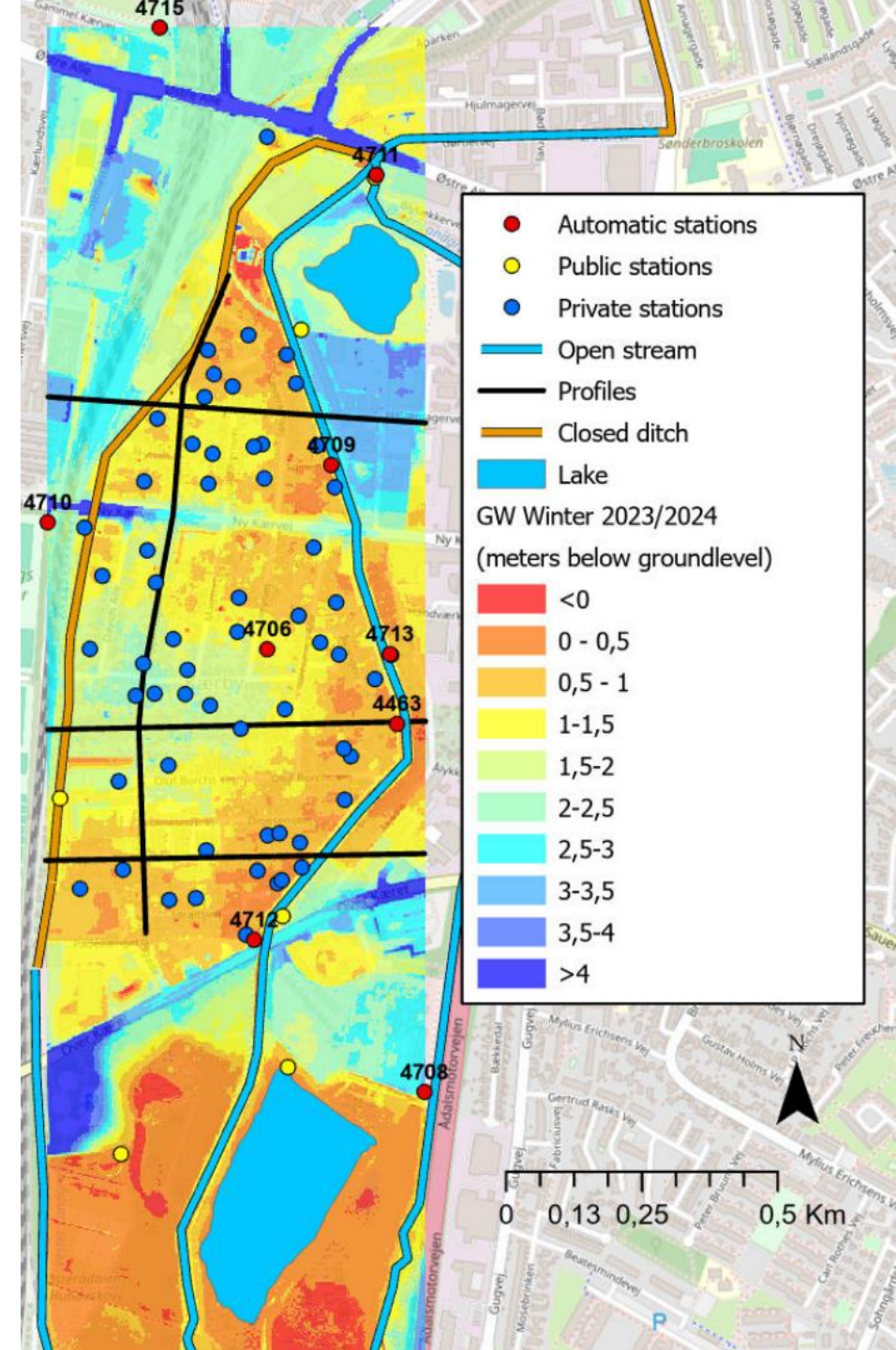


Interpoleret grundvandsspejl: Vinter

Profil Vest-Øst

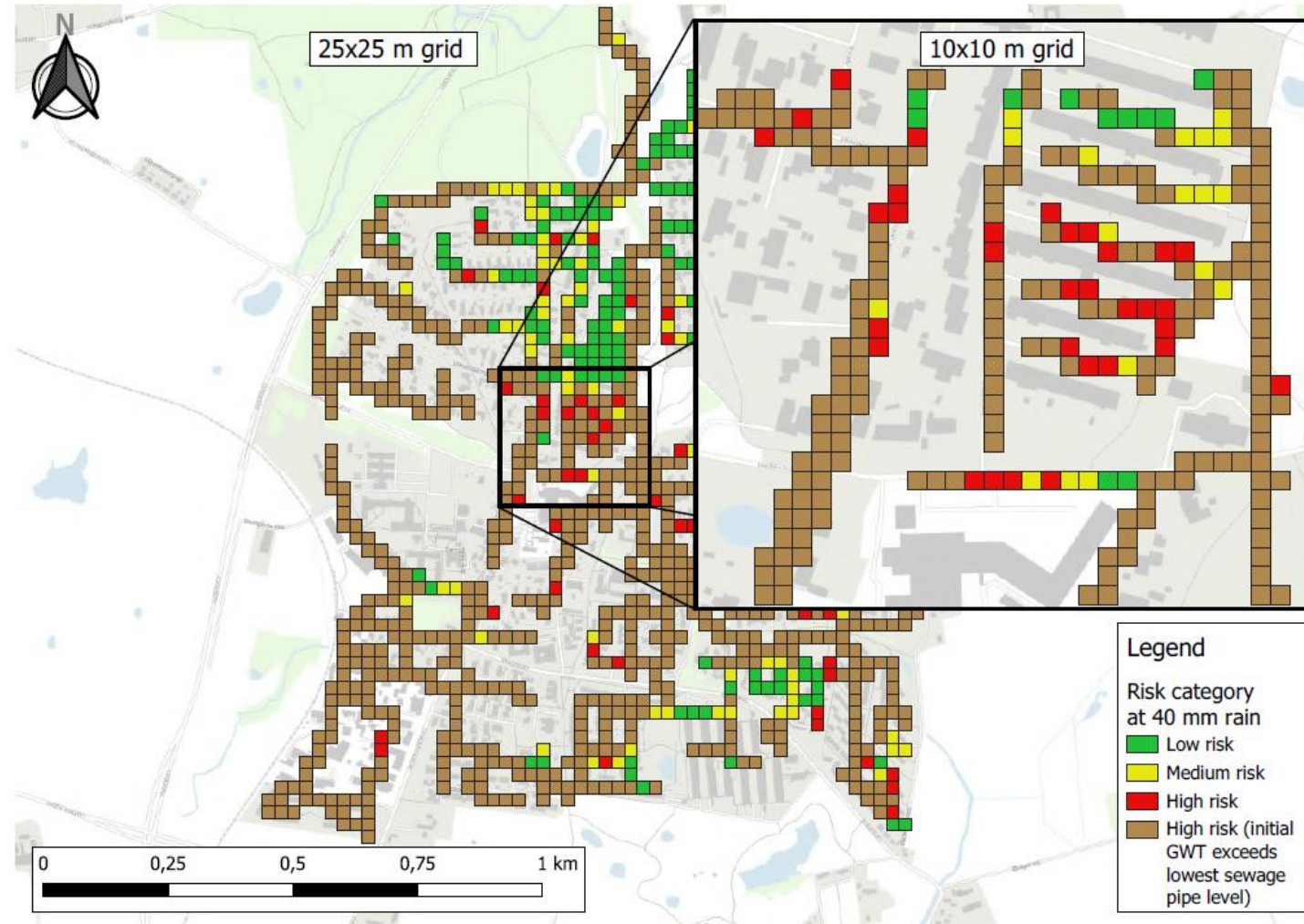


- Grundvandsspejlets dynamik er påvirket af infiltration til afløbssystem samt tilstrømning fra vandløb



Ideer til implementering

- Risikokort for infiltration grundvand til afløbssystem/dræn baseret på stigning i grundvandsspejl i forhold til afløbssystemets kote.



Videre arbejde

- Yderligere jordkarakterisering (felt og lab.) og kobling til observerede processer med henblik på bedre parametre til modellering
- Tidsserieanalyse: Kan vi bruge impuls-respons sammenhænge til at beskrive dynamikken
- Opskalering af vertikale (1D-) processer til oplandsskala - herunder sammenligninger med grundvandsmodeller, HIP, mv.

Der er behov for mere forskning i det terrænnære grundvands dynamik på kort og lang tidsskala før man begynder at lave løsninger til håndtering af højtstående grundvand i byer

Hovedbudskaber

- Grundvandsniveauets dynamik styrer infiltrationen af uvedkommende vand i afløbssystemer samt risiko for grundvandsoversvømmelse.
- Kapillærkræfter i jorden er afgørende for dynamikken af terrænnært grundvand.
- Modellering af jordens vandindhold kan forbedre estimering af infiltrationsbelastning på afløbssystemer og risikoen for grundvandsoversvømmelse.
- Hele vandkredsløbet er vigtigt: interaktion mellem grundvand, afløbssystem og vandløb – herunder årstidsvariationer.
- Byens heterogene og modificerede geologi er vigtigt i forhold til at beskrive dynamikken i grundvandsniveauet – herunder er jordens kompaktering en nøgleparameter.

Variation i det terrænnære grundvandsspejl på kort og lang tidsskala

EVA-temadag:

Terrænnært grundvand – Data, modeller og håndtering i praksis

23. Oktober 2025, Nyborg

Søren Thorndahl, Aalborg Universitet

st@build.aau.dk

Tak til

Projektet **GRAVA** (Aalborg Forsyning, Aalborg Kommune, Niras, Aalborg Universitet), finansieret af **VUDP**

Projektet **Ternært Vand** (Aarhus Vand, Aarhus Kommune, Niras, Aalborg Universitet), finansieret af **VUDP**

Specialestuderende på **Aalborg Universitet**

Per Møldrup og Jesper Ellerbæk Nielsen,
Aalborg Universitet

