





Brug af målinger af terrænnært grundvand

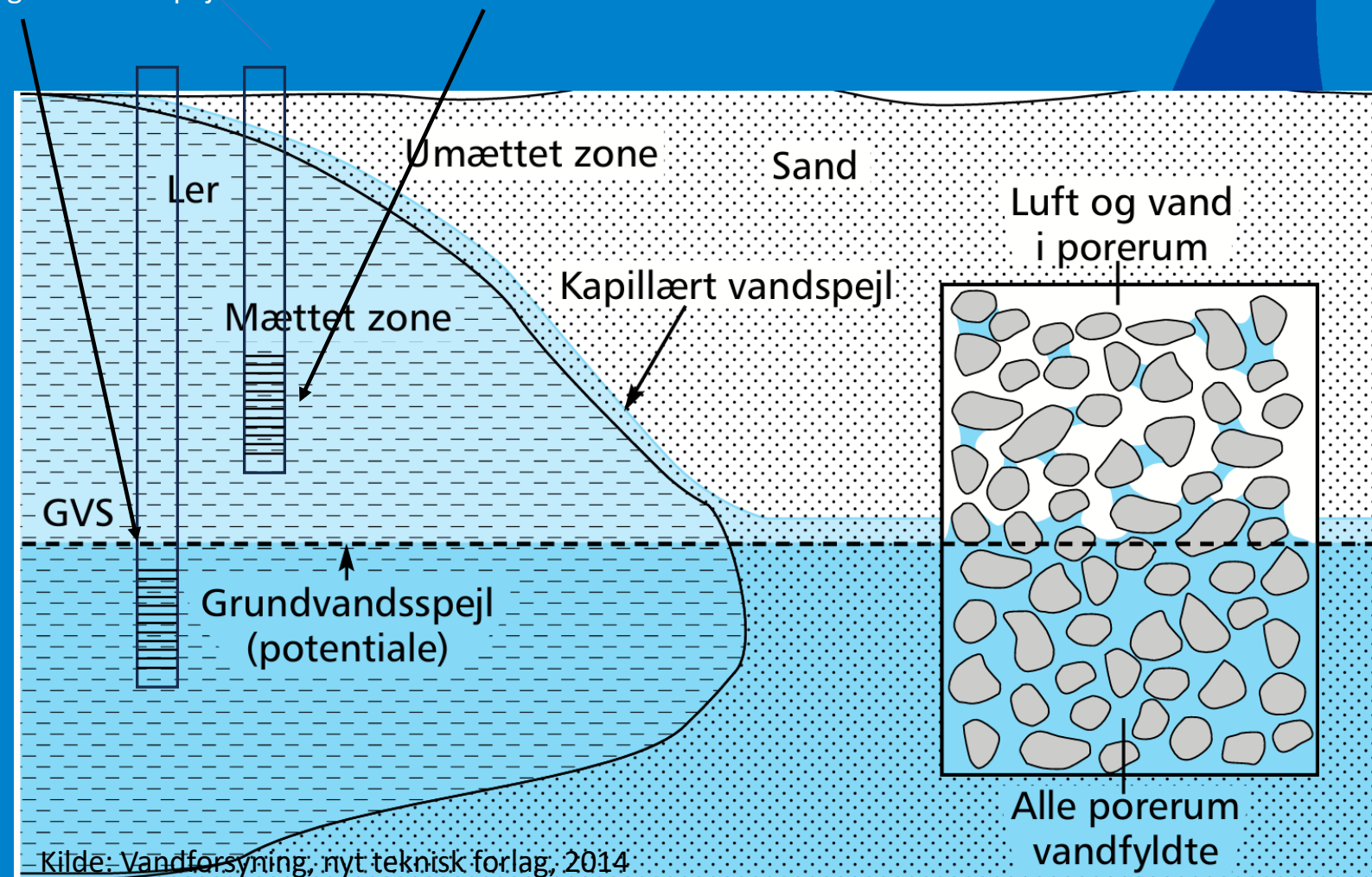
- fra screening til implementering af løsninger

- Målinger
 - Hvad er terrænnært grundvand?
 - Hvilke målte og beregnede data findes?
 - Cases og eksempler på måledata
- Implementering af løsning i Skagen
 - Modelarbejde
 - Inddragelse af målinger
 - Effektberegning og visualisering

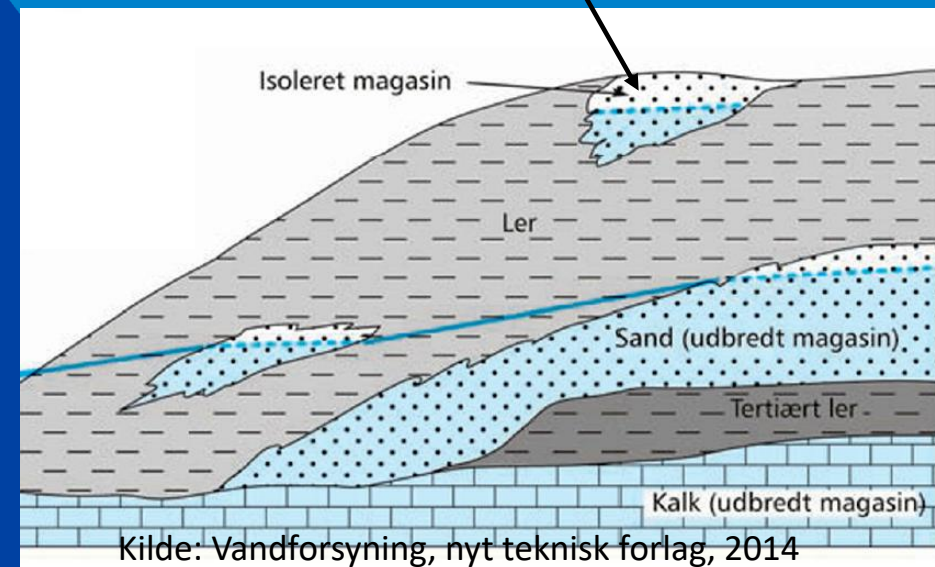
Hvad er terrænnært grundvand?

Vandstand i boring
svarer til
grundvandsspejlet

Ingen vandspejl
trods (nær) vandmættet ler



Sekundære grundvandsspejl
"Hængende" grundvandsspejl



Grundvandets "niveau" er en kompleks størrelse.

Målinger af vandstand giver dog stadig den bedste indikation af hvor der er udfordringer

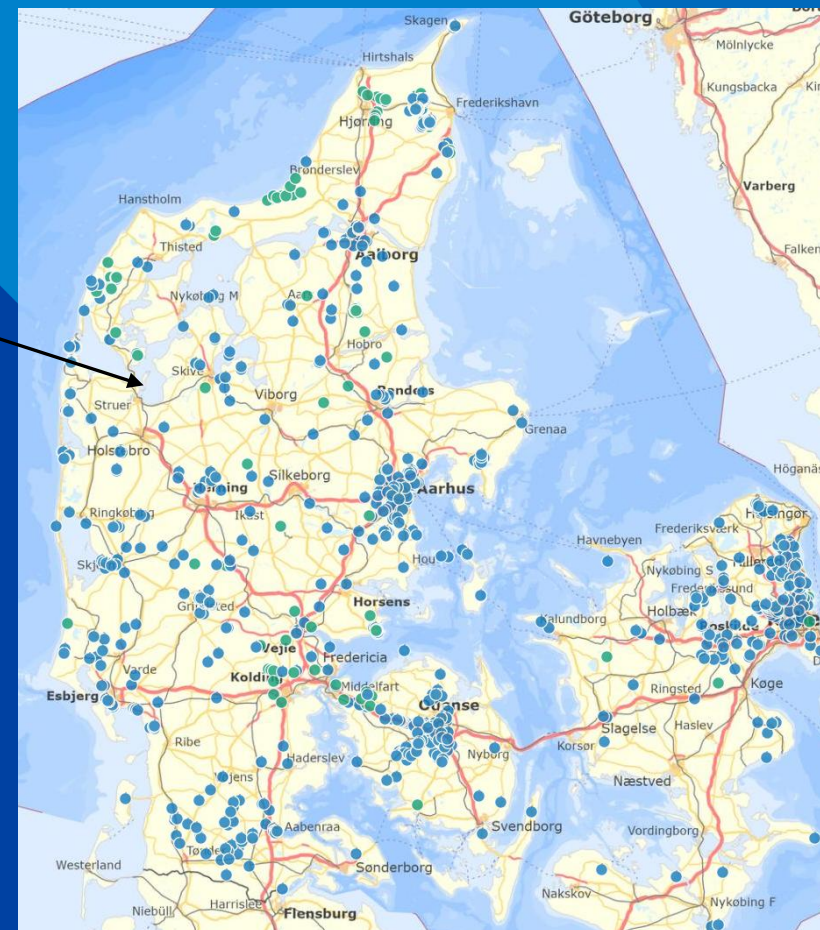
Grundvandstand - data

Jupiterdatabasen: 265.000 boringer med vandstandspeglinger

WatsonC (calypso): 1400+ boringer (inkl. dybe boringer)
- Indeholder grundvandstanden.dk boringer

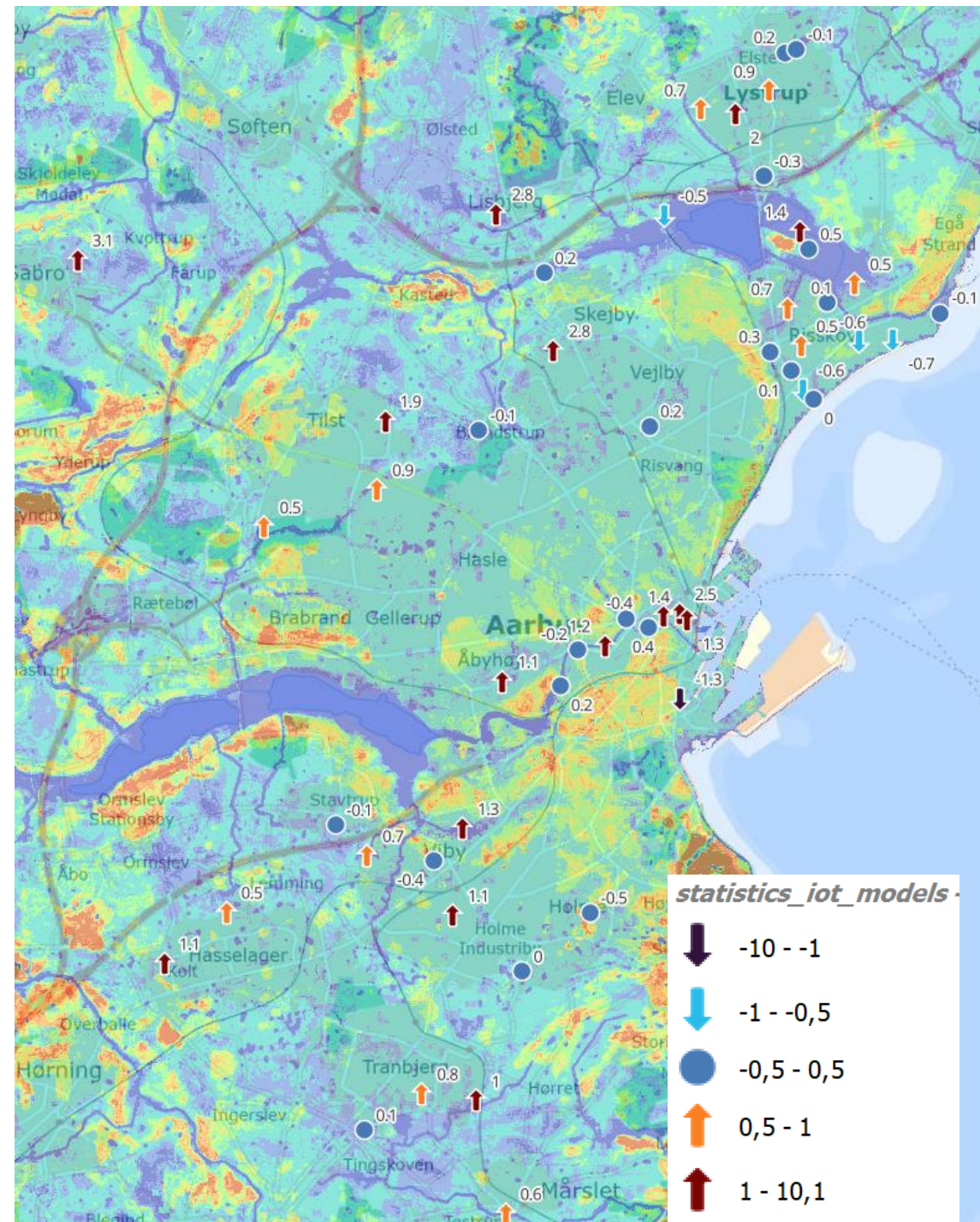
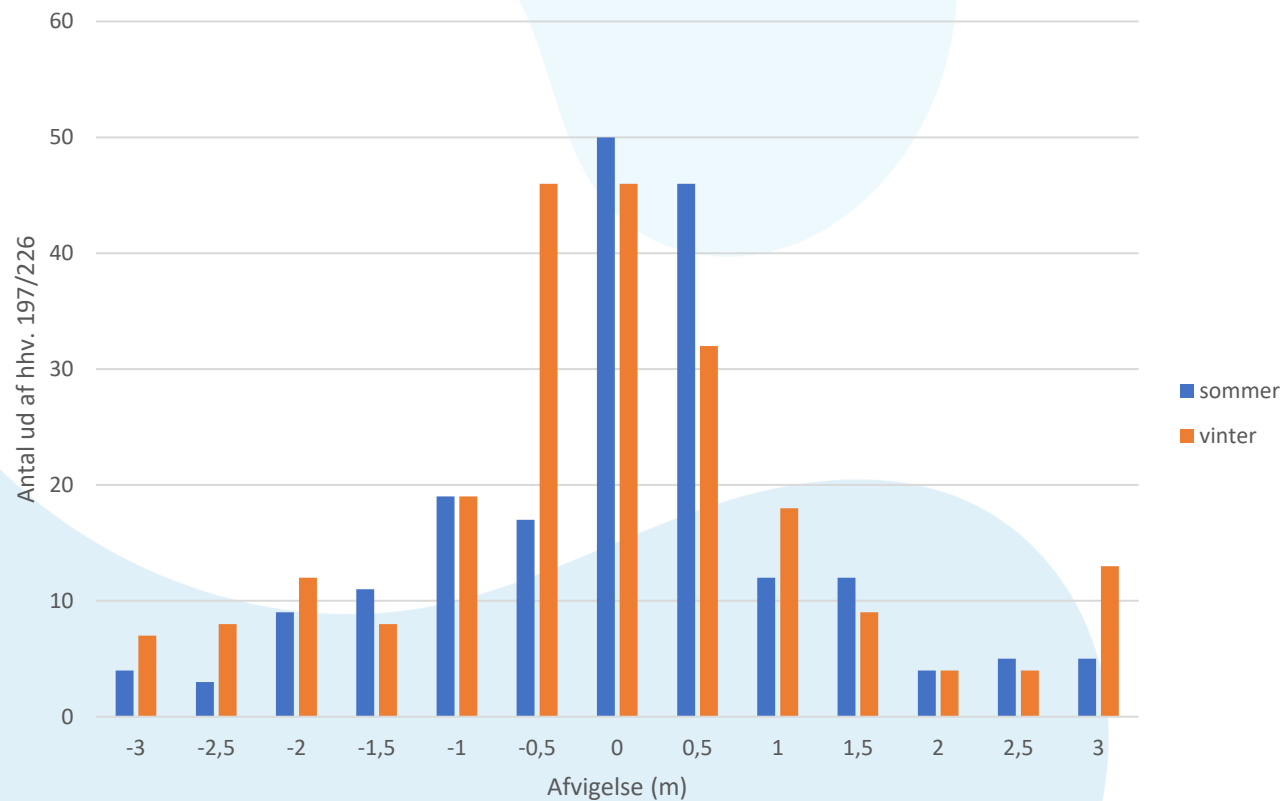
HIP-model

- 100 m grid (tidsserier overalt)
- 10 m Machine Learning model (værdier med høj opløsning sommer, vinter, middel)



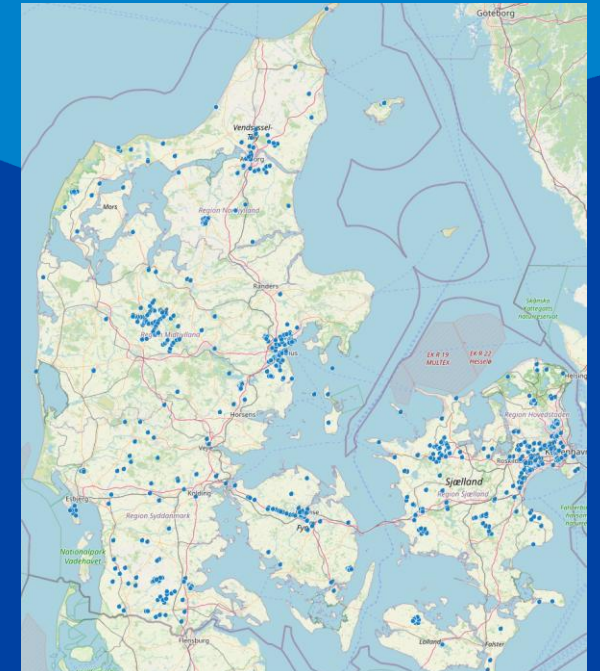
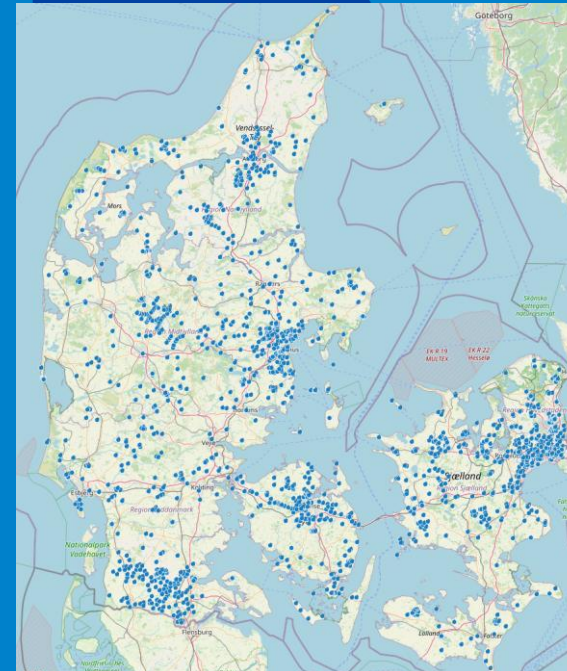
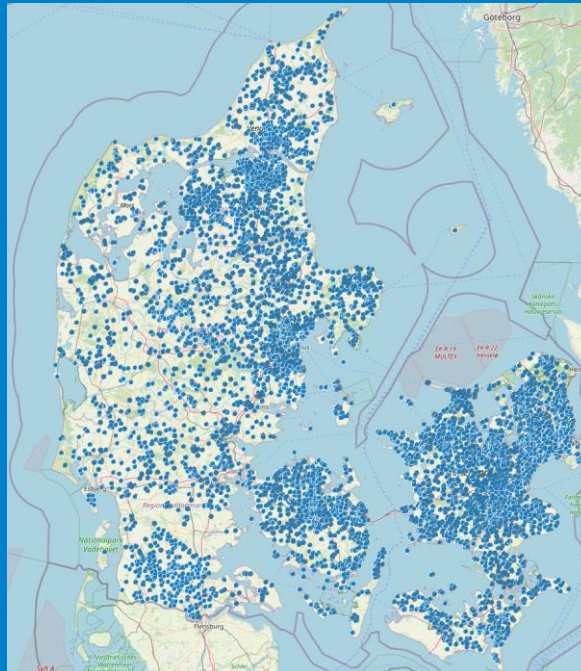
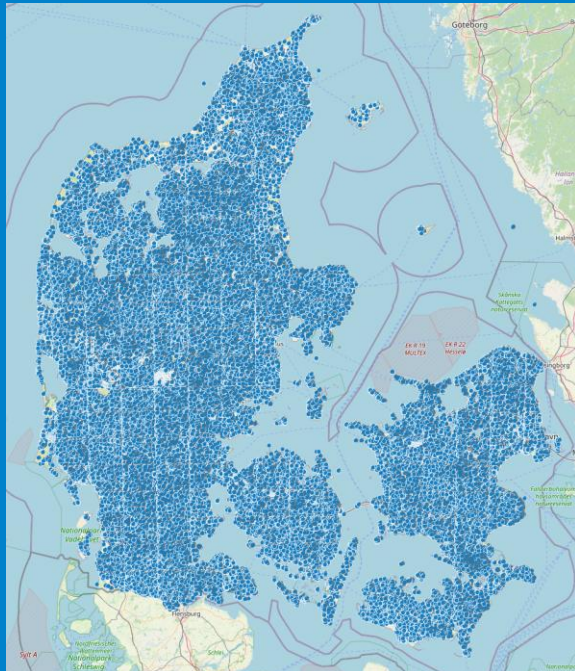
HIP ML 10 m

Målt (IoT) VS terrænnært grundvand 10m (ML)



Jupiterdatabasen

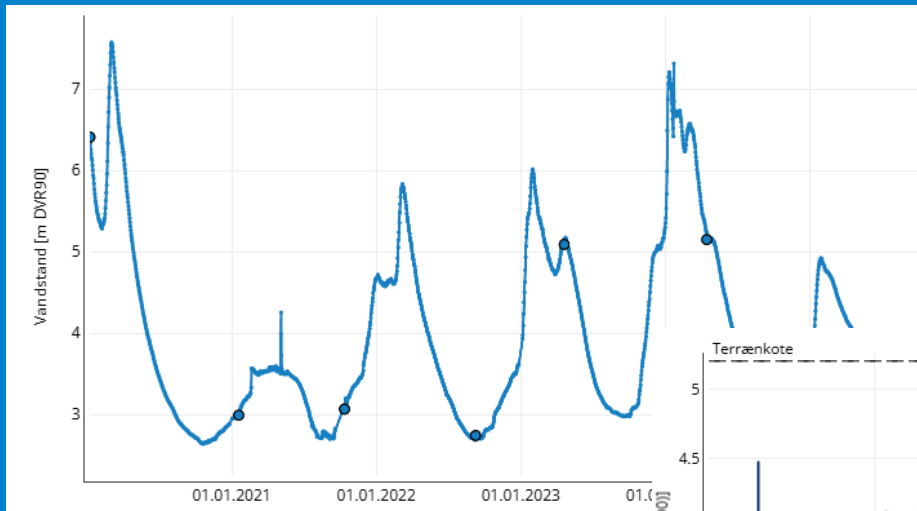
Antal boringer	Dybde	Antal pejlinger
213.724	alle	≥ 1
14.676	alle	≥ 10
3.185	$< 20\text{m}$	≥ 10
831	$< 20\text{ m}$	≥ 100



Tidslige variationer

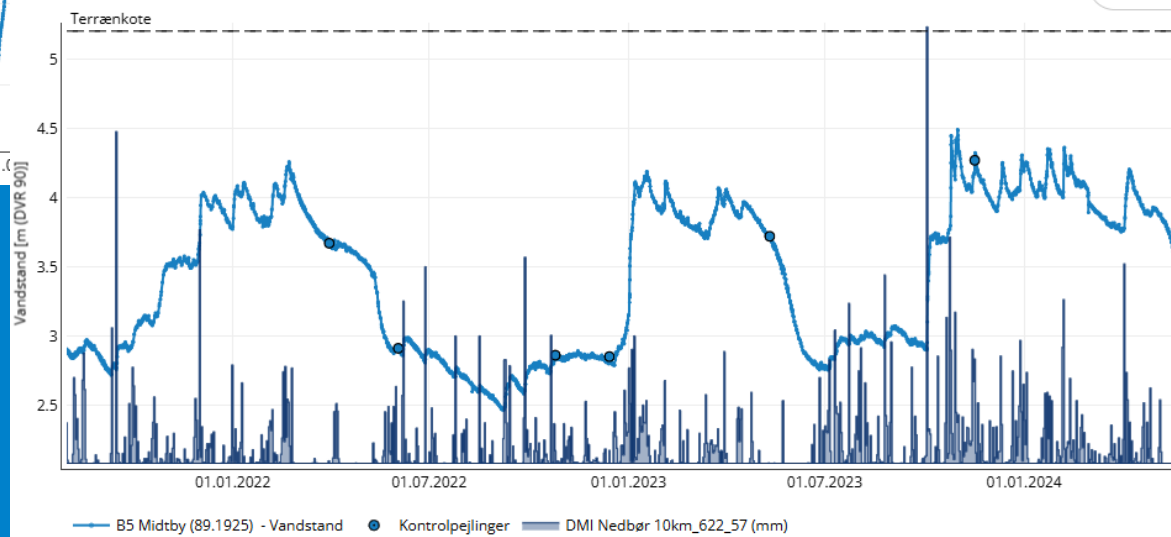
Kalk:

- 20 meter til grundvandsspejl
- Stor årstidsdynamik fordi kalkmatricen holder på vandet



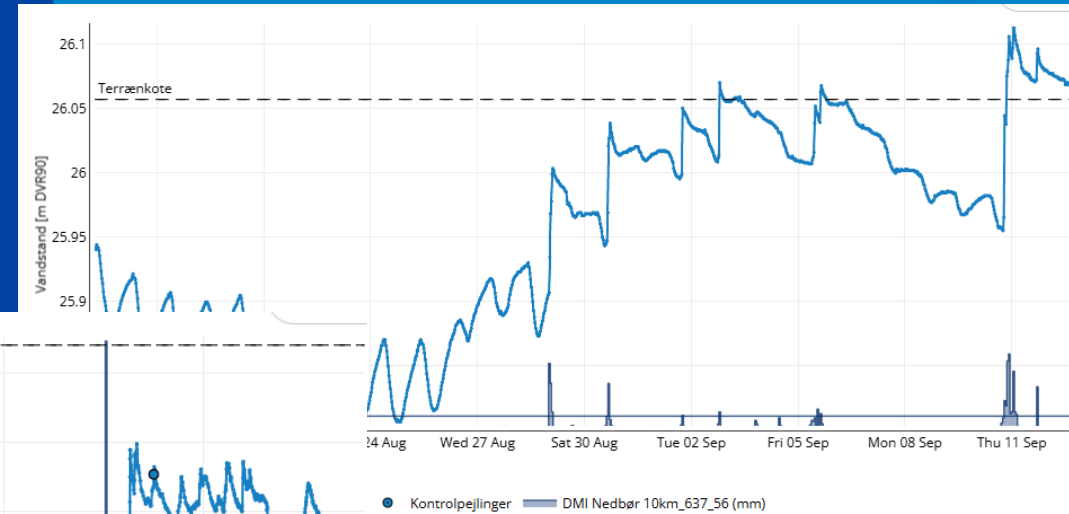
Aarhus Midtby moræneler:

- 1-3 meter til grundvandsspejl
- Betydelig sæson-opdeling



Mose:

- 0-1 meter til grundvandsspejl
- Fordampning giver 5-10 cm vandspejlsvariation i tørven
- Stor respons på nedbør



Stedslige variationer

- Geologi er meget styrende for stedslig variation
 - Sandede områder betyder mere homogent grundvandsspejl
 - Ler og blandet geologi giver meget begrænset stedslig korrelation
- Lokal dræning/pumpning meget afgørende

Opsummering måledata

- Det vil være nødvendigt altid at verificere grundvandsspejlets dybde i et område mod målinger
- Den fulde dynamik, varigheder m.m. kræver høj tidslig opløsning
- Data i Jupiterdatabasen kan være nødvendige at inddrage.
- Pejleboringer fra jupiter, som normalt ville blive fra-filtreret kan være relevante, hvis der ikke findes andet
- Højopløste tidsserier i kombination med data fra Jupiter, HIP, m.m. udgør det bedst mulige datagrundlag

Klimaprojekt Koralbanke, Fænøvej og Bågøvej, Skagen

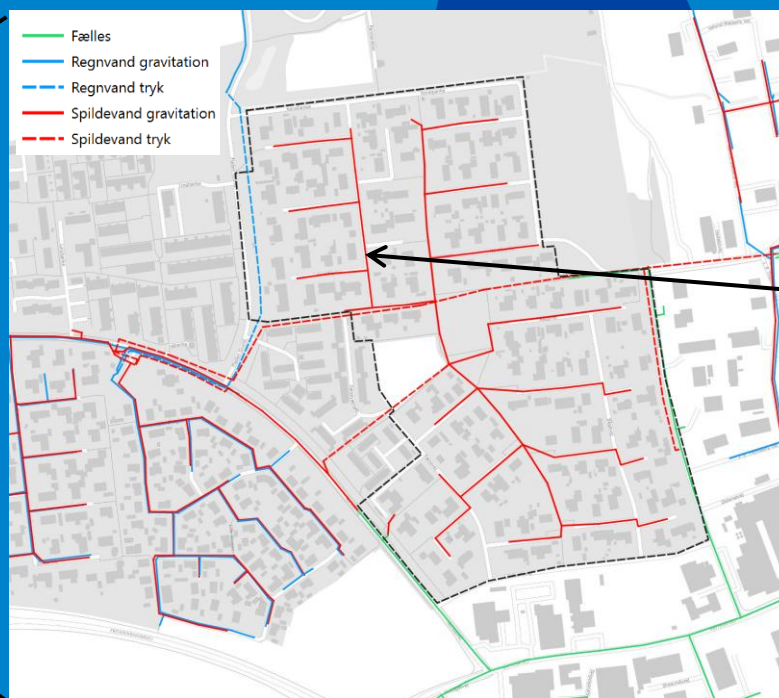
For Frederikshavn Spildevand og
Frederikshavn Kommune

I samarbejde med UCON (hovedrådgiver)



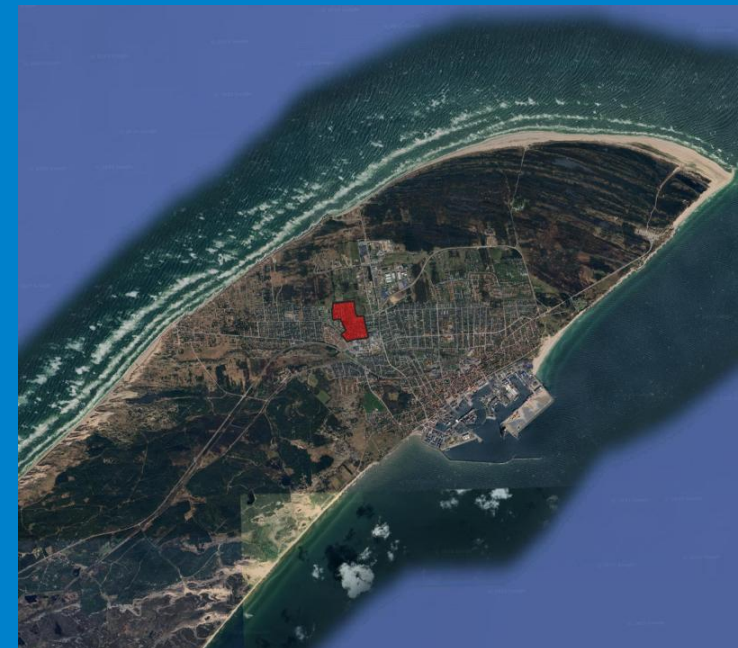
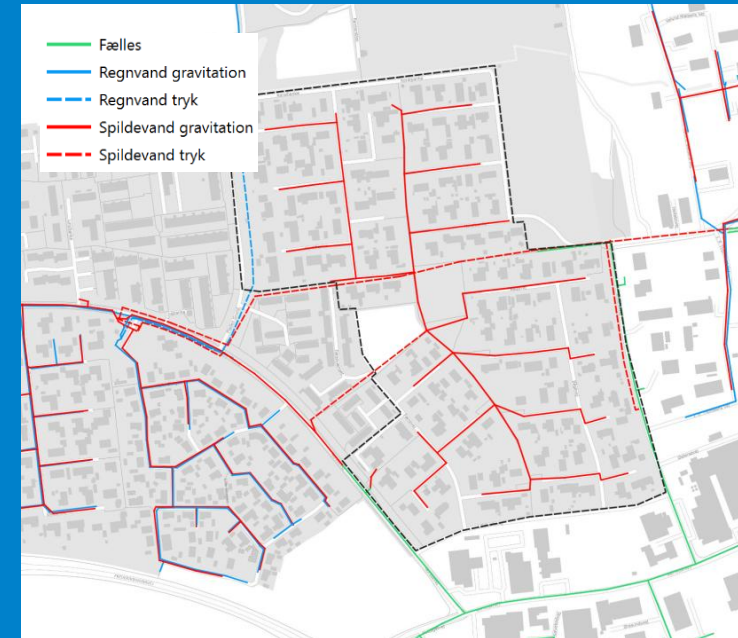
Området: Koralbanke, Fænøvej og Bågøvej, Skagen

- Boligkvarter centralt på Skagen odde
- Området er spildevandskloakeret, med nedsivning af regnvand på egen grund
- Nedsivning af vejvand sker langs vejene



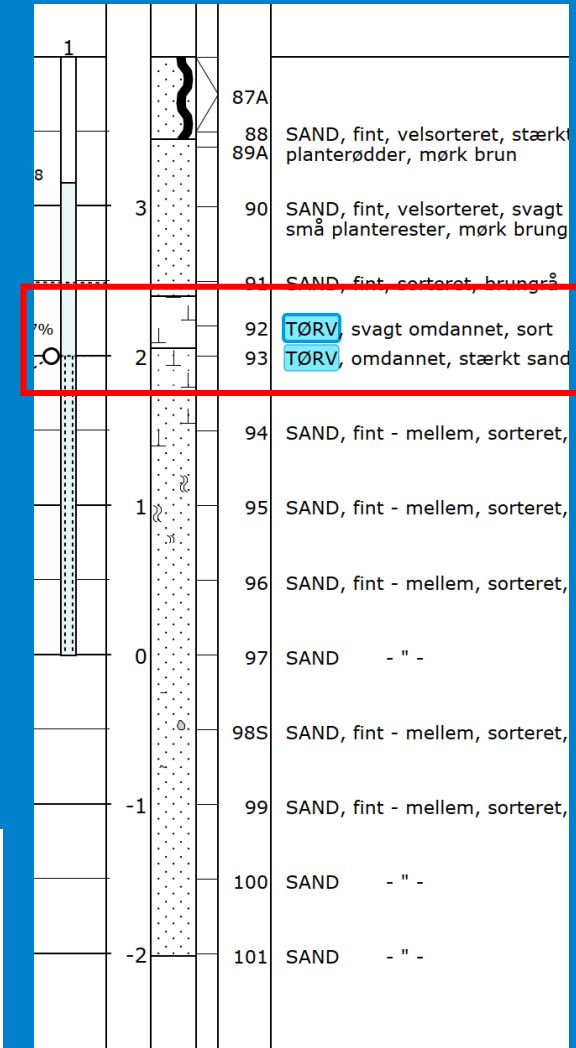
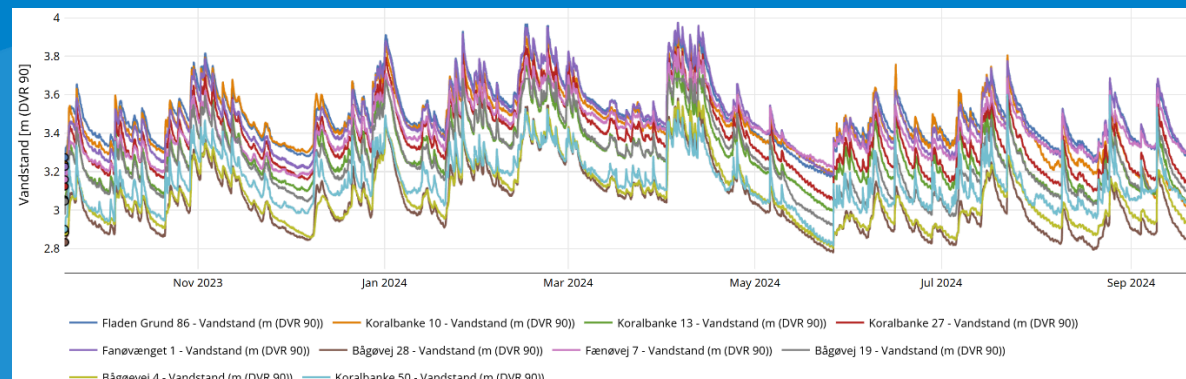
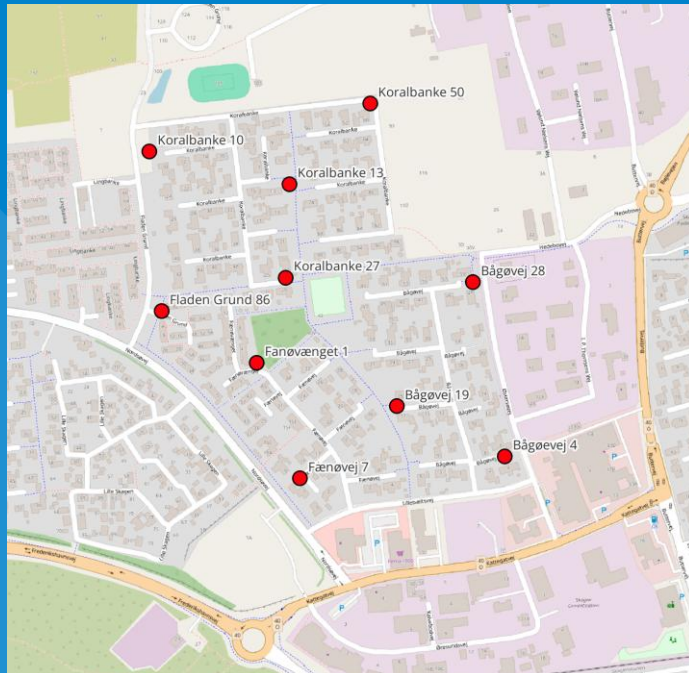
Projektets formål

- Fornyelse af spildevandskloaker
 - Reduktion af indsivende grundvand til spildevandssystemet
- Tilpasning af området til fremtidens klima
- Grundvandstigninger som følge af:
 - Stigende nedbør
 - Stigende havniveau
 - (Stop af indvinding i Skagen klitplantage)



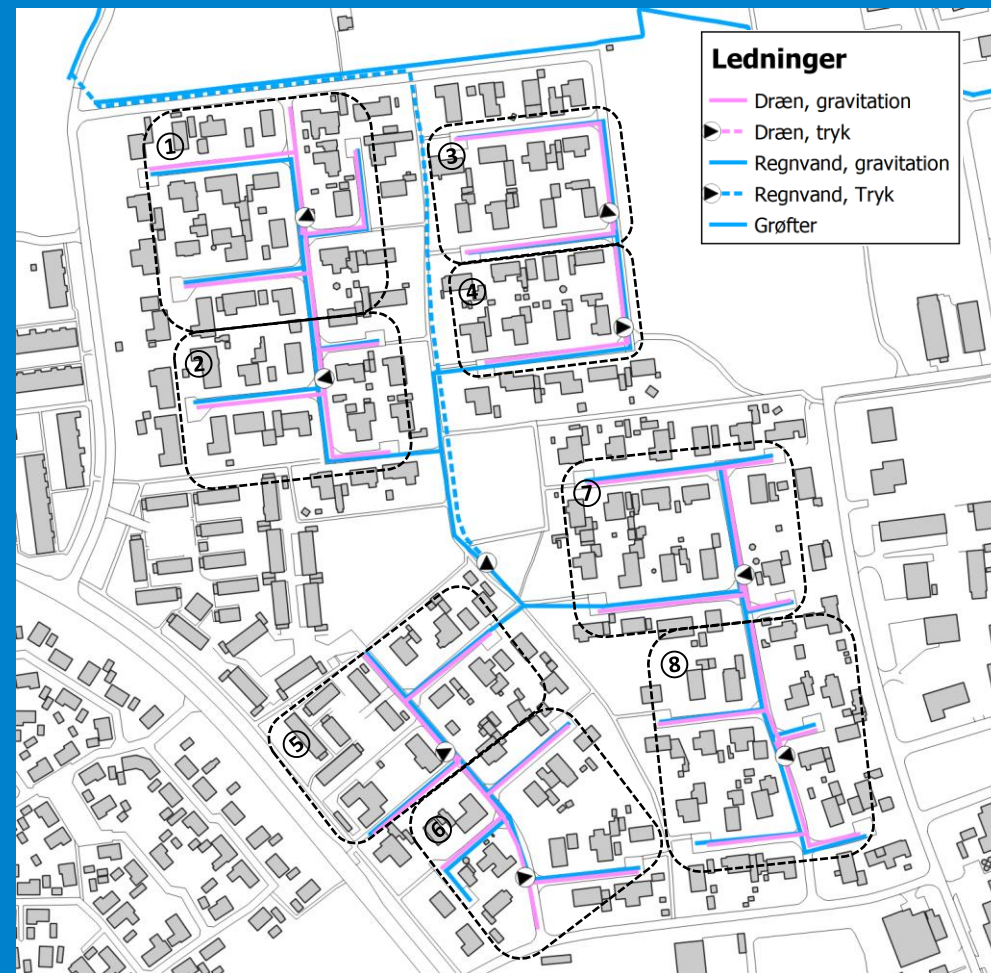
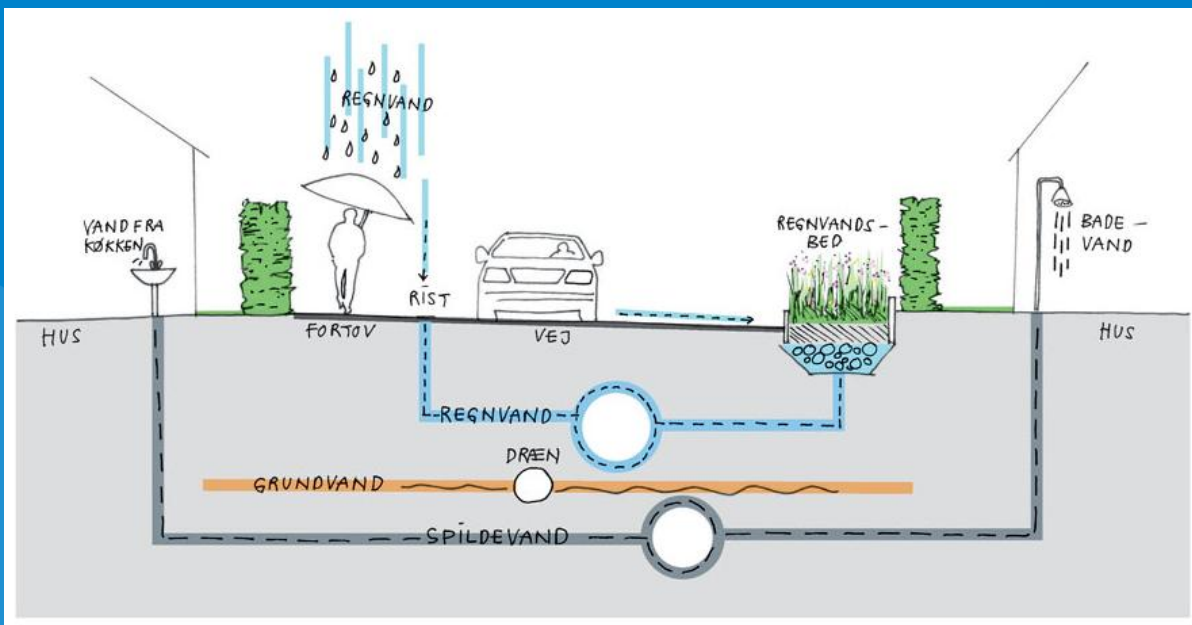
Dataindsamling

- Etablering af 10 grundvandsboringer (4 m)
- Udførsel af slugtest til bestemmelse af jordens hydrauliske ledningsevne
- Sammenhængende sandmagasin ($K \approx 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$)
- 3 boringer med tørv under grundvandspejlet



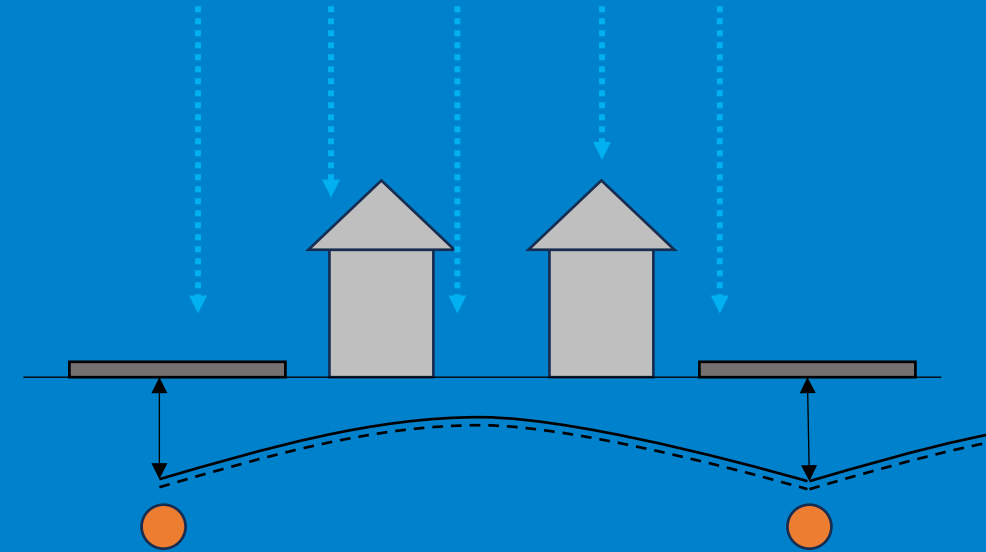
Design af systemet

- Afledning af vejvand (Skybrudssikring)
- Etablering af drænledninger langs alle veje
- Fortsat nedsivning på egen grund
- Drænvand ledes til regnvandsledningen via 8 pumpebrønde



Fastsættelse af drænniveau

- Drænniveauet styrer hvor stor sænkningen bliver og pumpemængderne
 - Større dybde:
 - Større pumpeomkostninger (og anlægsomkostninger)
 - Større udbredelse – risiko for påvirkning af natur
 - Større risiko for sætninger
- Generelt: drændybden bør ikke overstige laveste naturlige sommerniveau
- Hvad er laveste naturlige sommerniveau? (målinger)
- Valg:
 - Permanent neddykkede dræn (undgår udfældninger i drænledningen)
 - Drændybden sættes til 0,8 meter under terræn, med mulighed for at justere drændybden efterfølgende



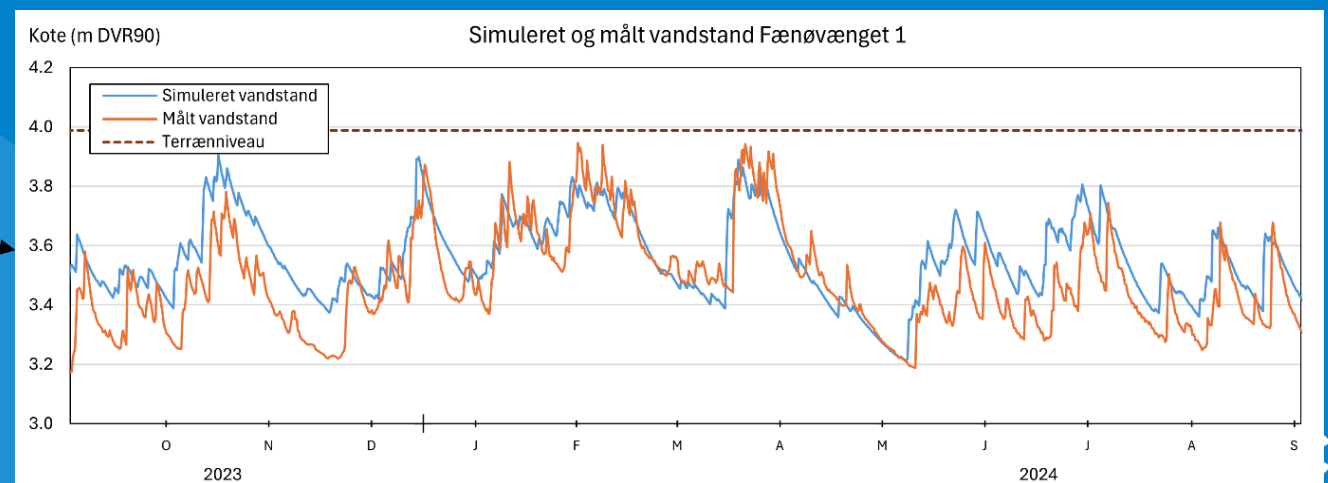
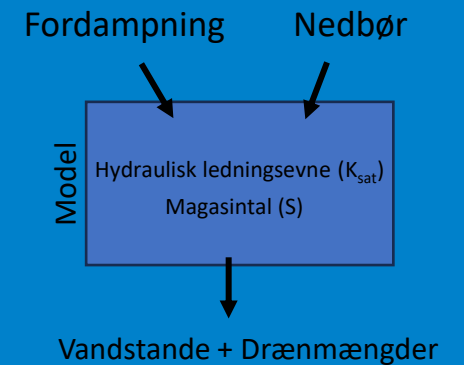
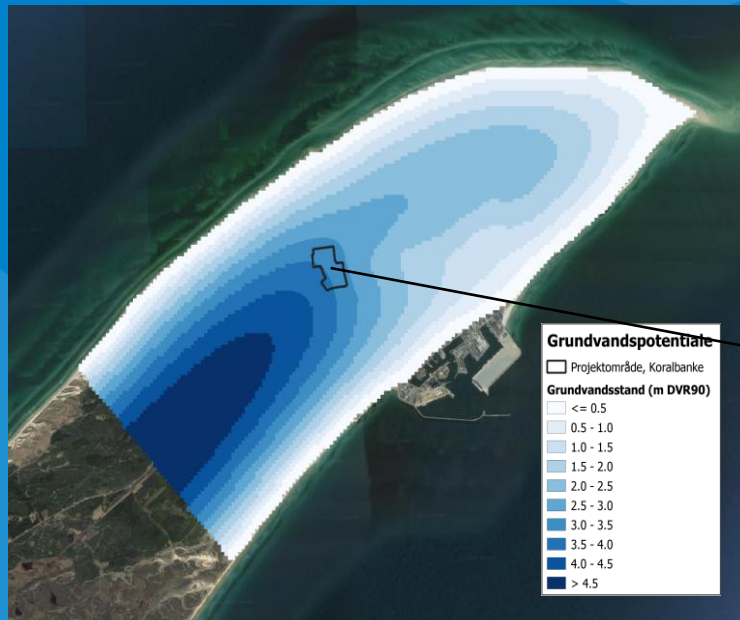
Tabel 2-2: Terrænniveauet ved hver målestation, vist sammen med den gennemsnitlige dybde til grundvandet samt den største og mindste dybde registreret.

Lokation	Terrænkote (m DVR90)	Dybde til grundvandet (m)		
		Middel	Største dybde	Mindste dybde
Fænøvej 7	4,00	0,58	0,84	0,20
Bågevej 4	3,94	0,86	1,13	0,38
Bågevej 19	3,66	0,39	0,74	0
Fænøvænget 1	3,99	0,51	0,81	0,04
Fladen Grund 86	4,20	0,70	1,03	0,24
Bågevej 28	3,81	0,75	1,03	0,27
Koralbanke 27	3,83	0,45	0,77	0
Koralbanke 13	3,83	0,53	0,83	0,06
Koralbanke 10	3,90	0,44	0,84	0
Koralbanke 50	3,53	0,38	0,70	0

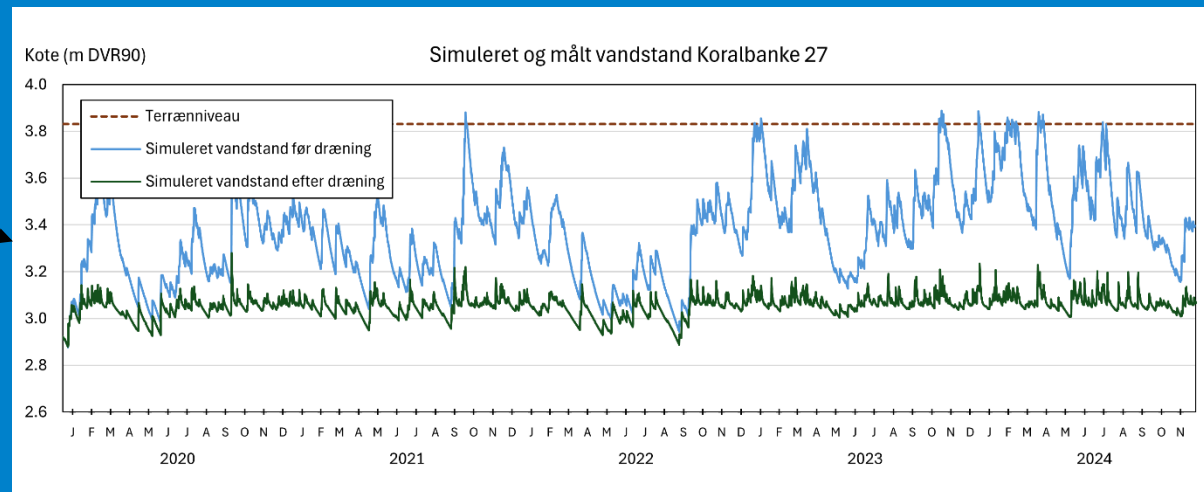
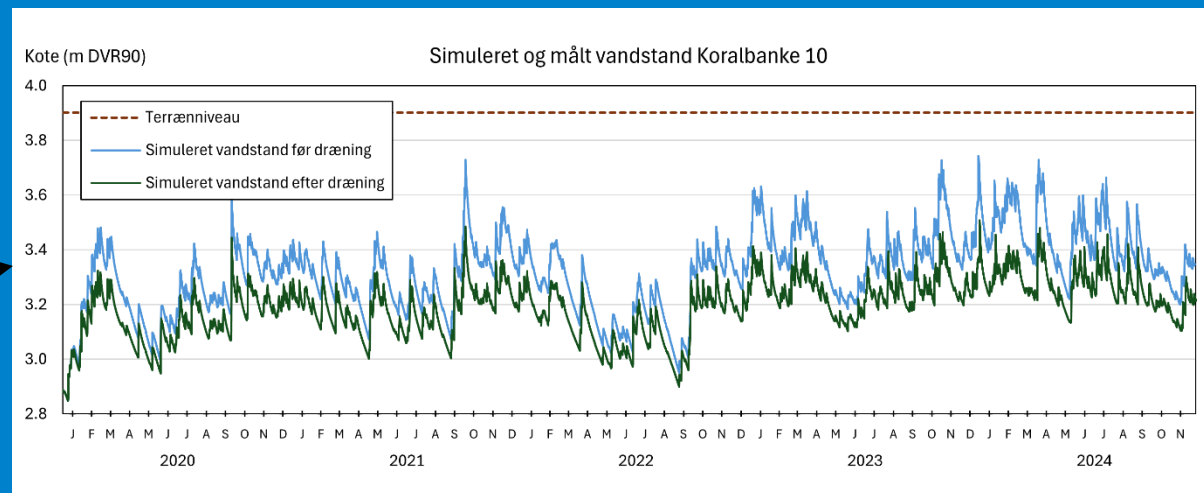
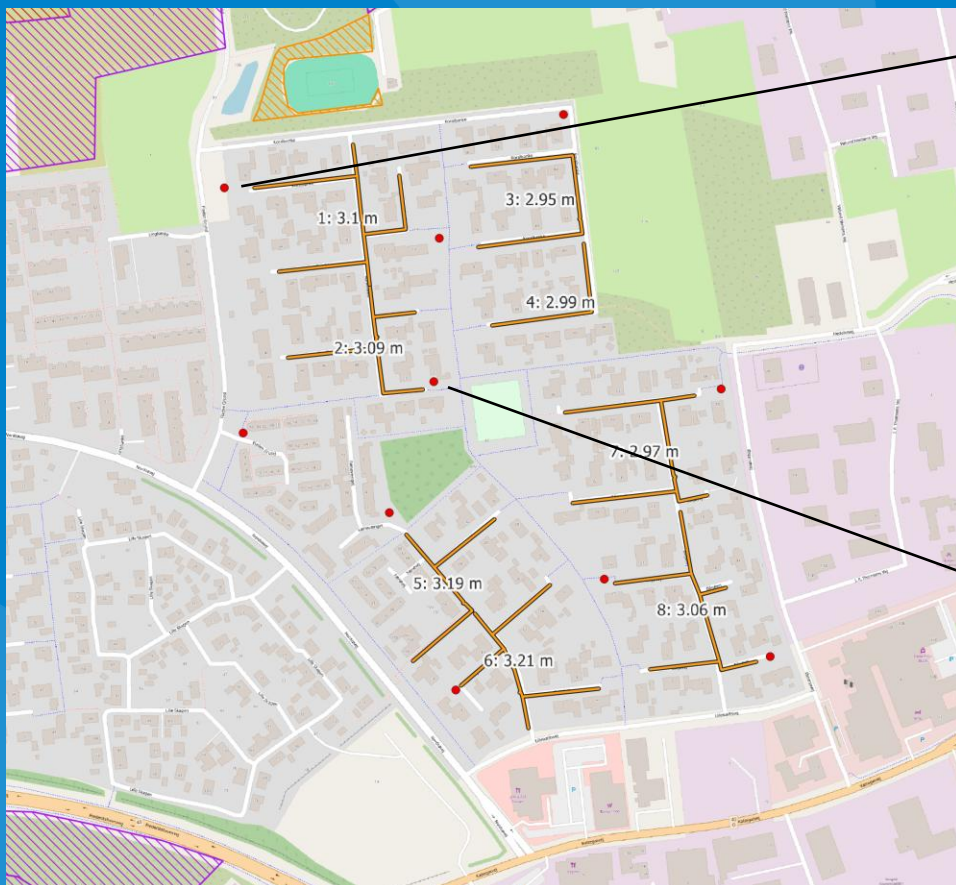
Test af løsning – opsætning af model

- Kan løsningen holde området tørt under en ekstremhændelse?
- Hvor meget vand skal vi pumpe bort – er det økonomisk?
- Hvad er sænkingsudbredelsen? Påvirker vi nærliggende naturområde?

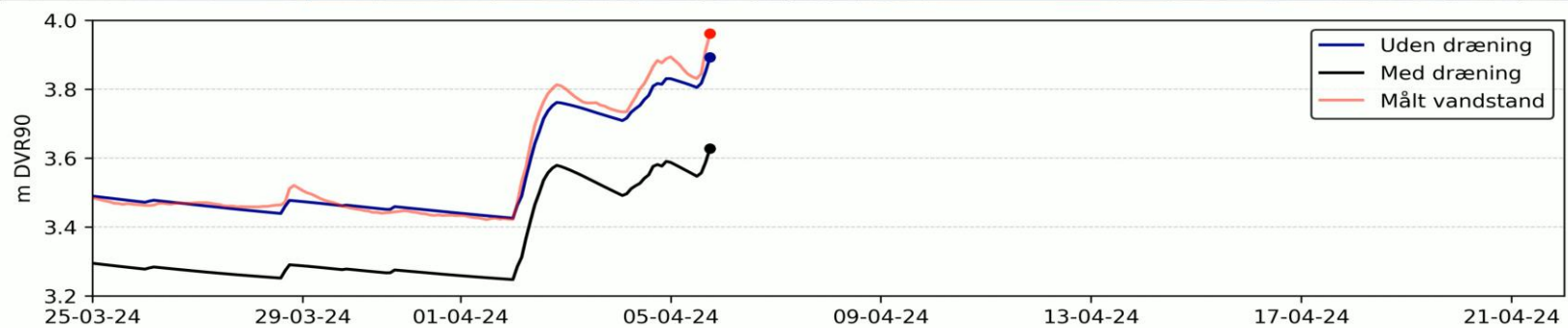
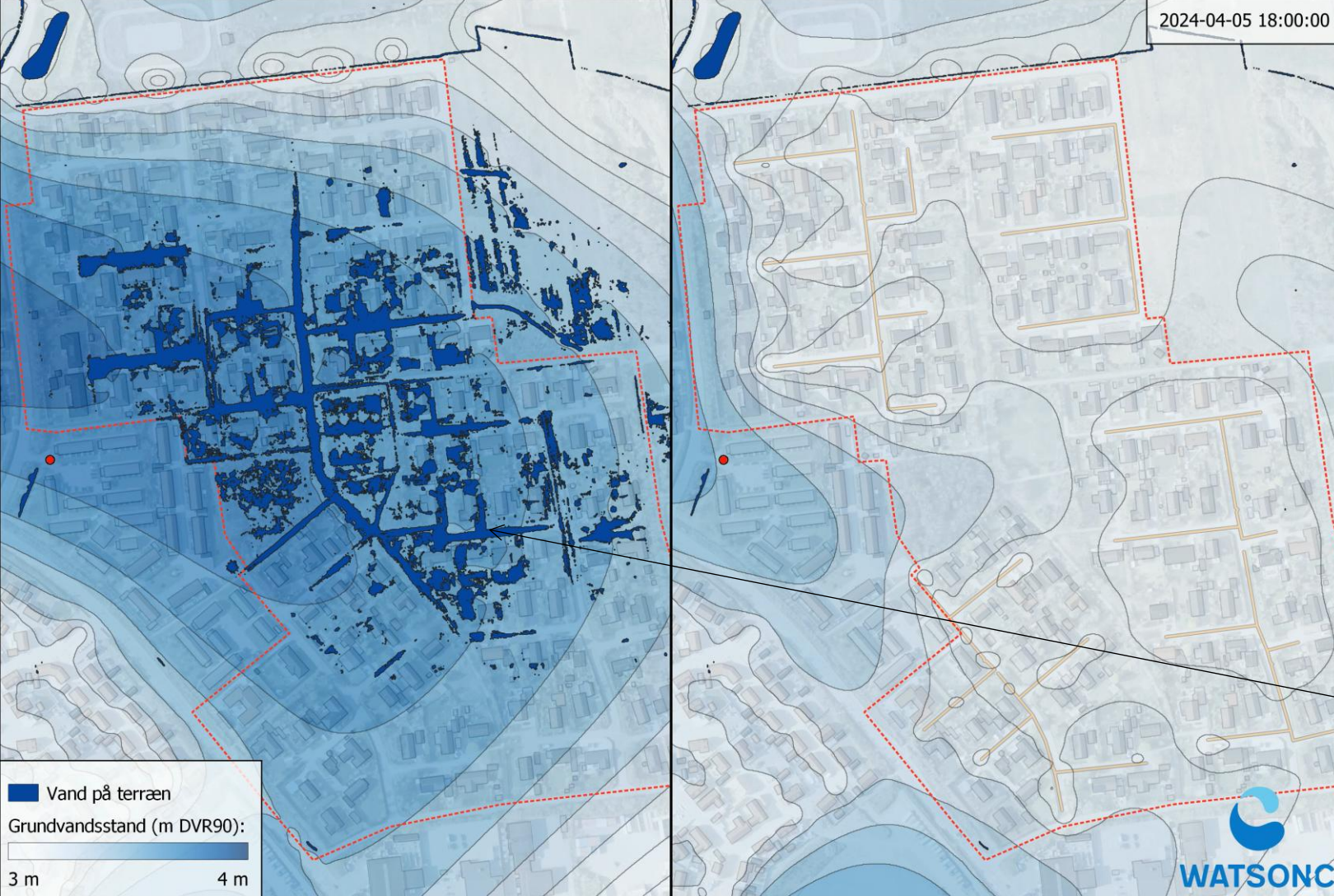
Grundvandsmodel for Skagen



Test af løsning

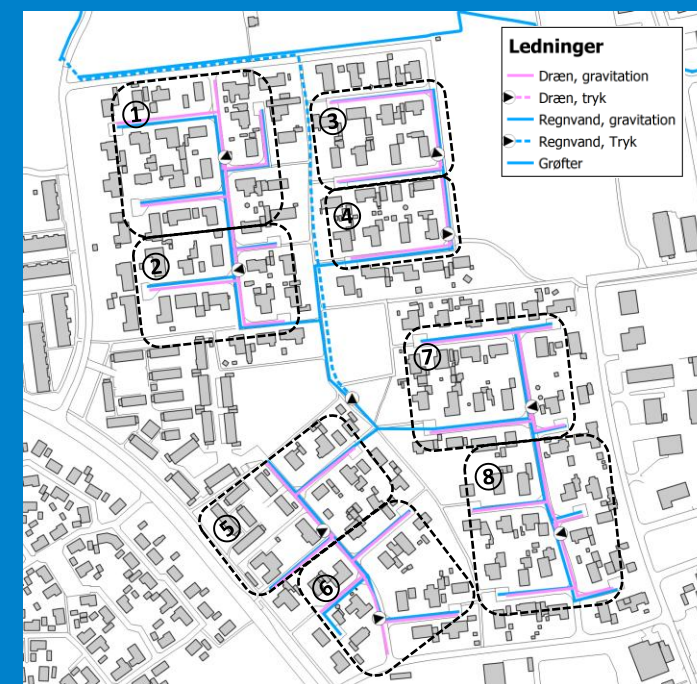
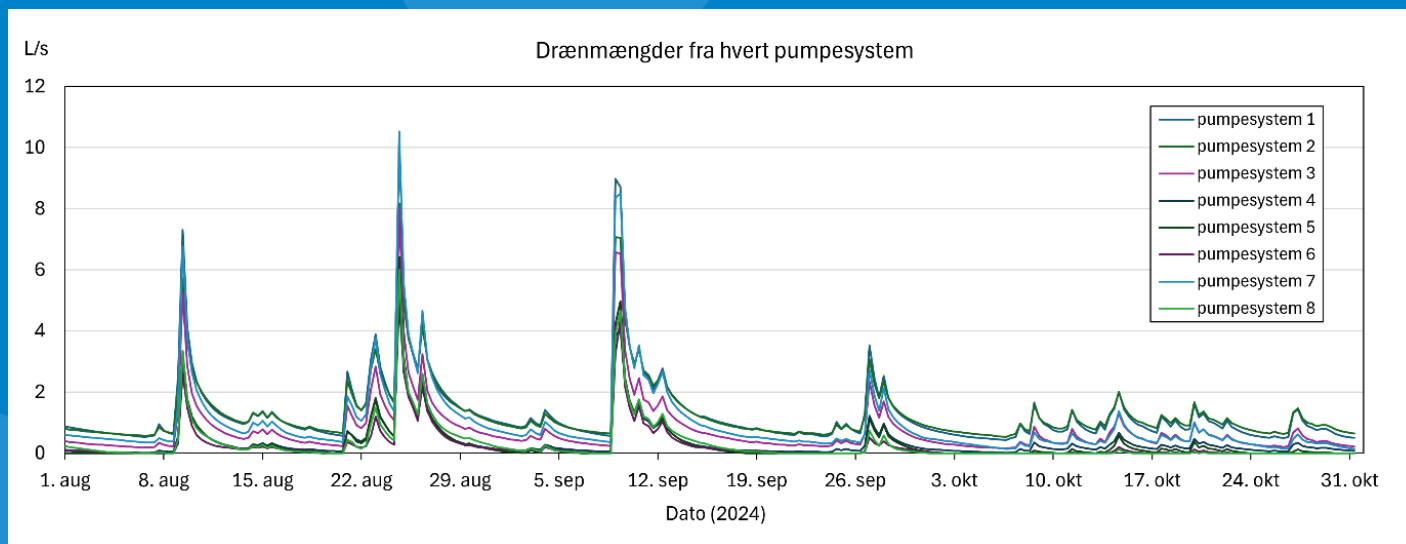


2024-04-05 18:00:00



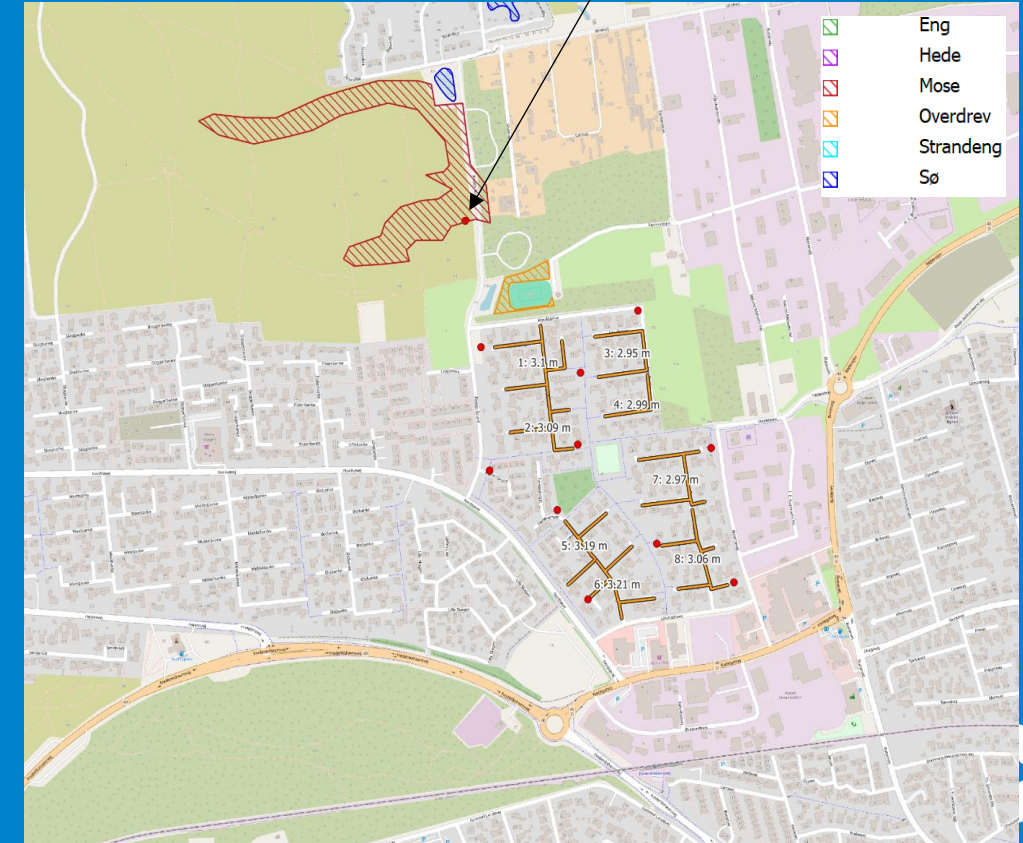
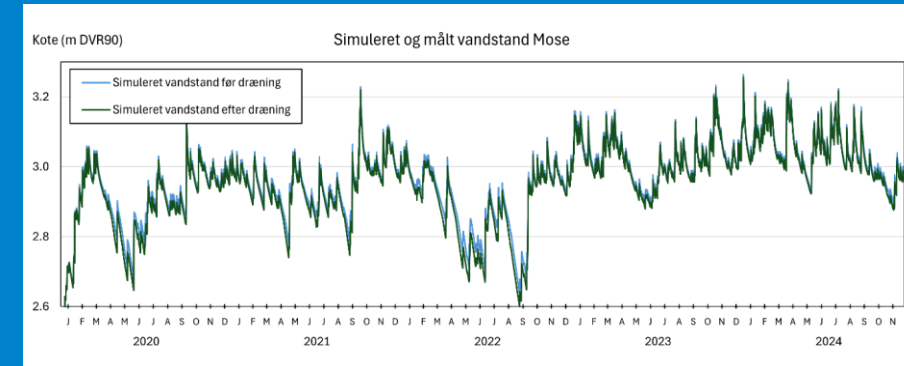
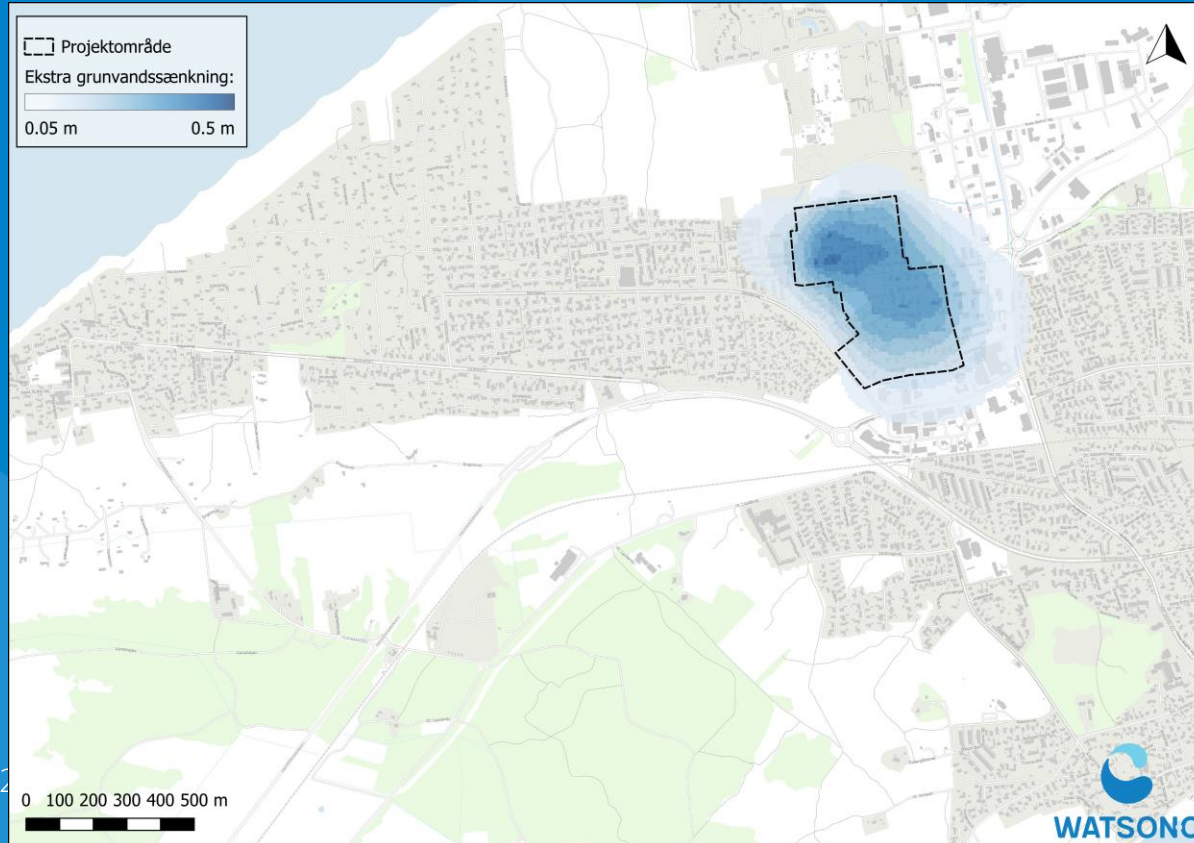
Estimering af drænmængder

- Samlet drænmængde på 165.000 m³/år
- Pumpekapacitet på 3-5 L/s pr. pumpe vurderes tilstrækkelig

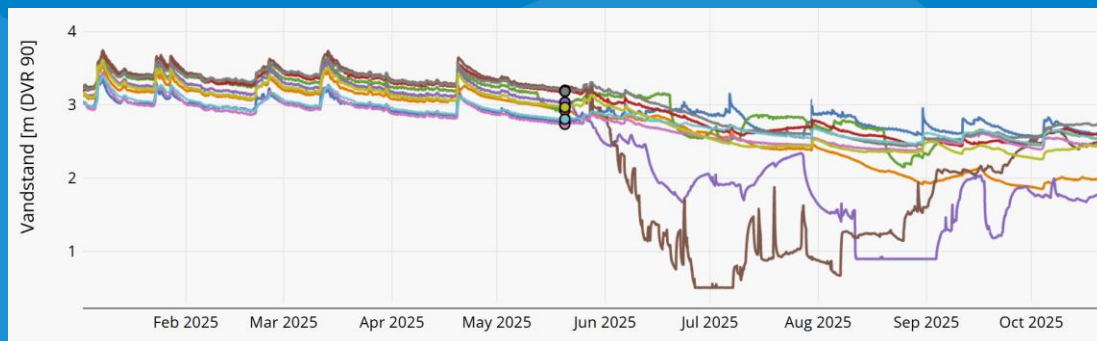


Vurdering af påvirkning

- Under 5 cm påvirkning i nærliggende mose



Status anlægsarbejde



Fremadrettet

- Med fortsat overvågning af grundvandsforholdene kan vi:
 - Tilpasse drænniveauet i pumperne
 - Regne på systemets effektivitet
 - Opstår der en modstand i selve drænledningerne?
 - Modstanden afhænger af drændiameter, slidser, og evt. filtermateriale
 - Øges modstanden over tid (tilstopning)?
 - Samle erfaringer til gavn for fremtidige projekter

