

Undersøgelser i områder med stærkt varierende geologi

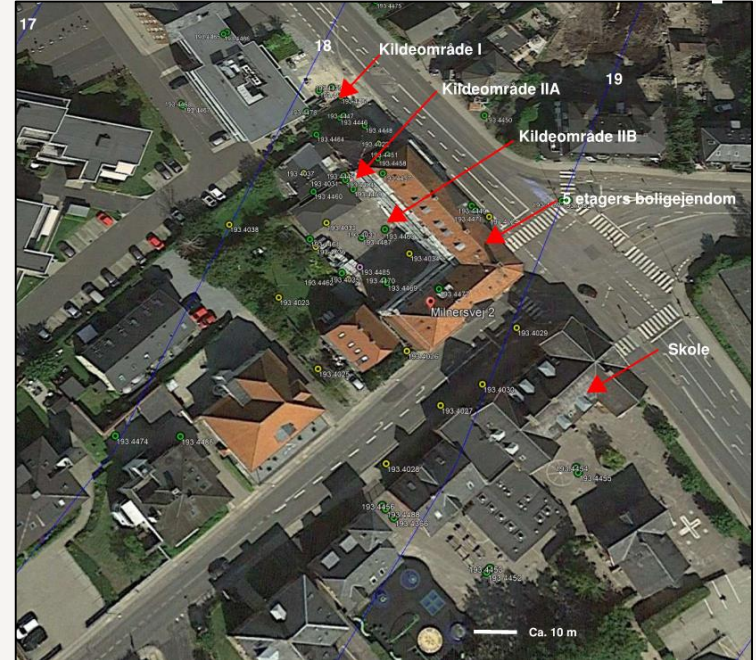
ATV vintermøde, 10. marts 2021

Katja Sauer Grunnet, Region Hovedstaden
Bernt Grosen og Christian Helweg, COWI A/S



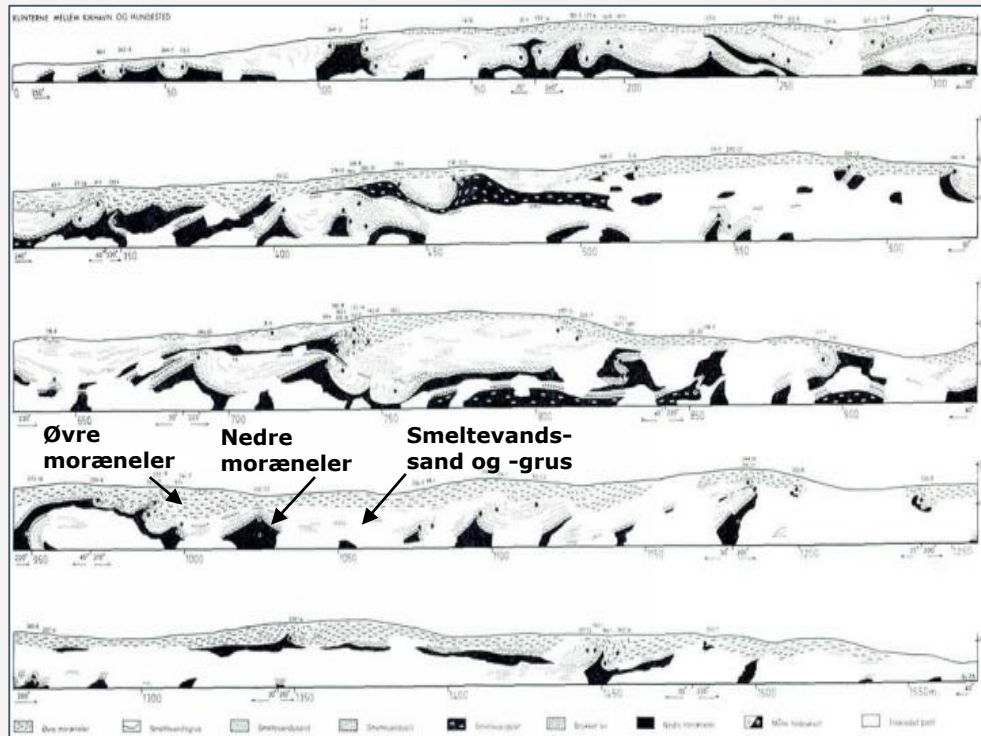
Udgangspunkt

- > Klorerede opløsningsmidler i jord og grundvand
- > Undersøgelser i et randmoræneområde
- > Normalt baserer vi vurderinger af forureningsspredning på lagdelte geologiske forhold
- > Vurderinger baseret på lagdelte forhold er ikke retvisende i randmoræneområder
- > Hvad gør vi så ?



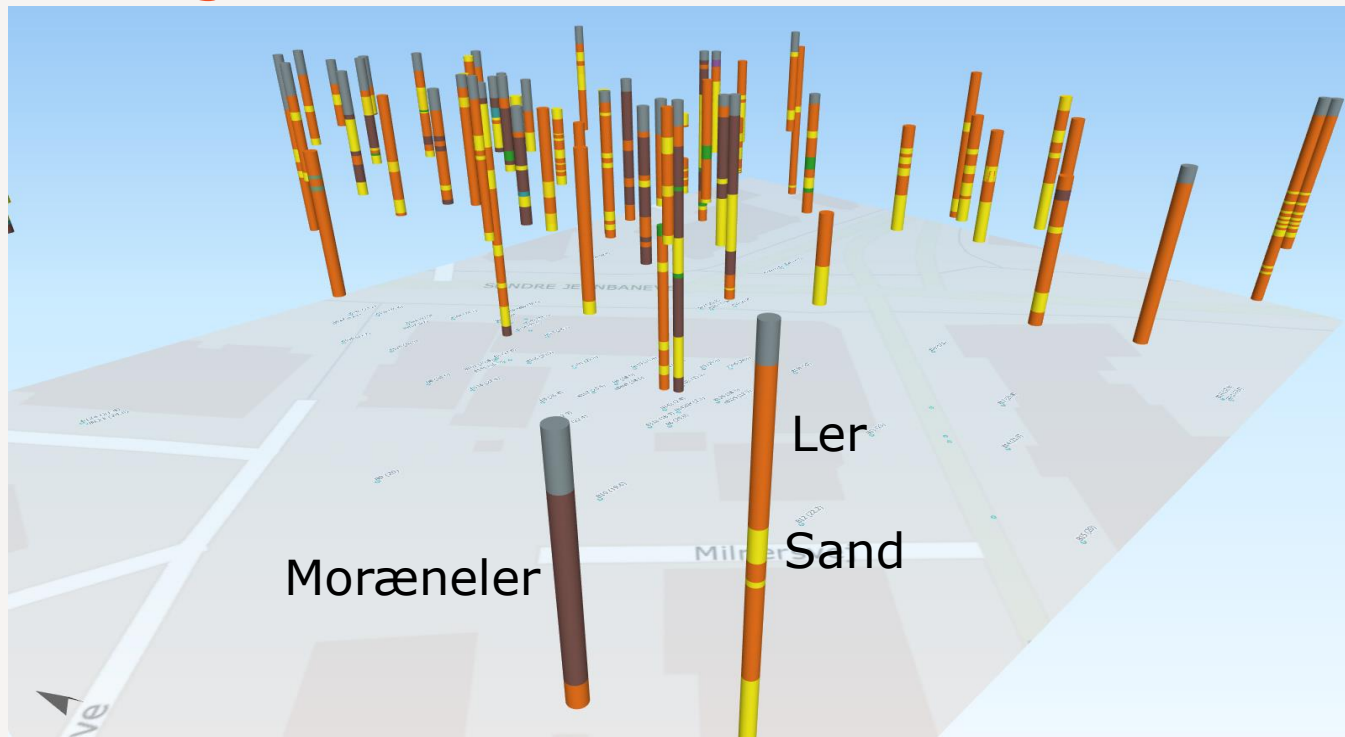
Geologiske forhold

- > Lokalitet er beliggende vest for randmorænekompleks
- > Boringer viser kompleks geologi
- > Domineret af moræneler
- > Afbrudt af vandførende tynde lag af siltet smeltevandssand
- > Vanskeligt at korrelere sandlagene mellem forskellige boringer
- > Geologi sammenlignelig med kystklint ved Hundested, som viser opbygning af randmoræne
- > Figur illustrerer kompleksitet ved lokalitet
- > Varierende forhold kan fortsætte til toppen af kalken ca. 50 m u.t.



Randmoræner i kystklinter ved Hundested

Geologi - overblik



Store variationer i geologiske forhold

- > Ca. 70 boringer til i et område på ca. 150x150 m og til dybder mellem 5 og 40 m
- > Vekslede lag af ler med sandstriber og tynde sandlag til 40 m u.t
- > Ringe korrelation mellem sandlag i forskellige boringer
- > Flere vandførende lag med forskellige trykniveauer
- > Kan forklares med beliggenhed i nærhed af randmoræne

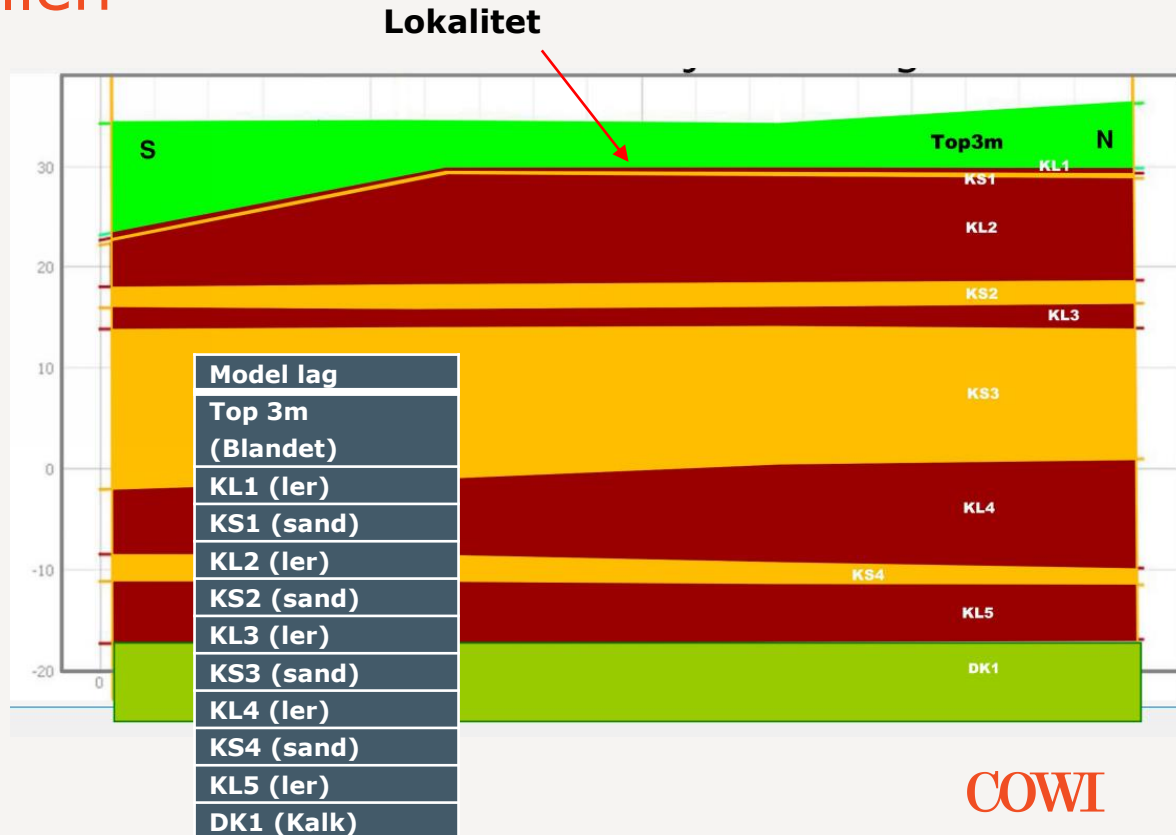
- > Nærmeste boringer gennem hele kvartæret og til kalken
 - > ca. 500 m vest for lokaliteten
 - > ca. 400 m syd for lokaliteten

Beslutning om opstilling af geologisk model

- > Vanskeligt at korrelere lerlag og vandførende sandlag
- > Bedre forståelse af spredningsveje
- > Bedre forståelse for store forskelle i koncentrationer samt i komponentfordeling indenfor korte afstande
- > Hjælp til placering af dybere undersøgelsesboringer
- > Støtte for risikovurdering overfor grundvandsressourcen og vandindvinding
- > Der tages udgangspunkt i Nordsjællandsmodellen

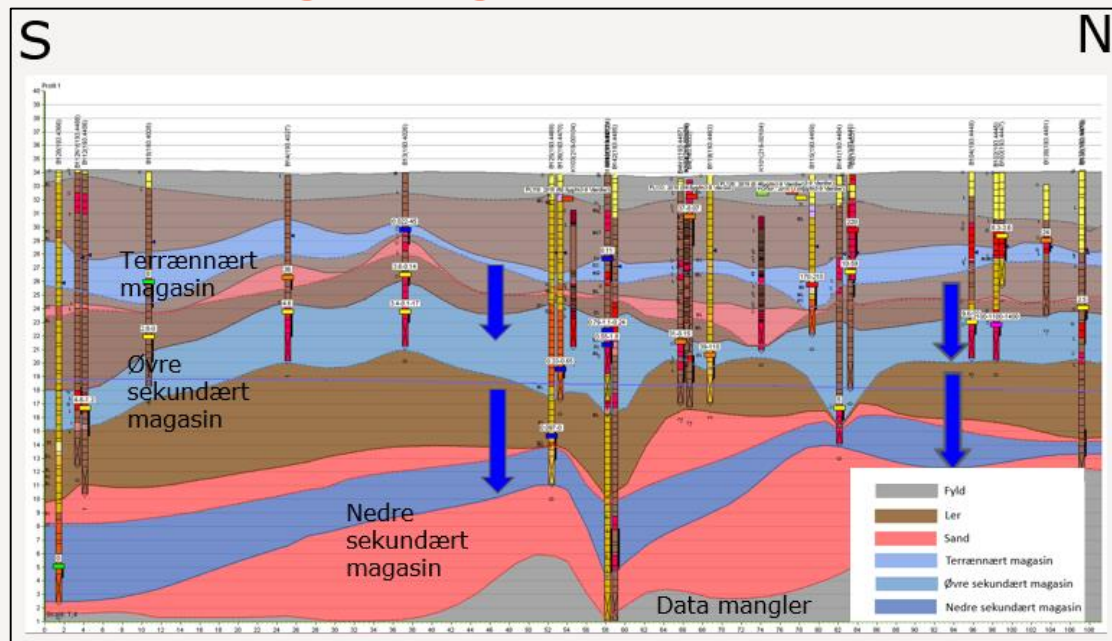
Nordsjællandsmodellen

- > En del af DK-modellen fra april 2019
- > Dækker hele Nordsjælland
- > Geologisk model med antagelse om lagdelt geologi
- > Nord syd rettet snit gennem lokalitet
- > Lagfølgen indeholder 10 modellag
- > Modellag navngivet efter DK modellen
- > Cellestørrelse 100x100m



Fra Nordsjællandsmodel til lokal geologisk model

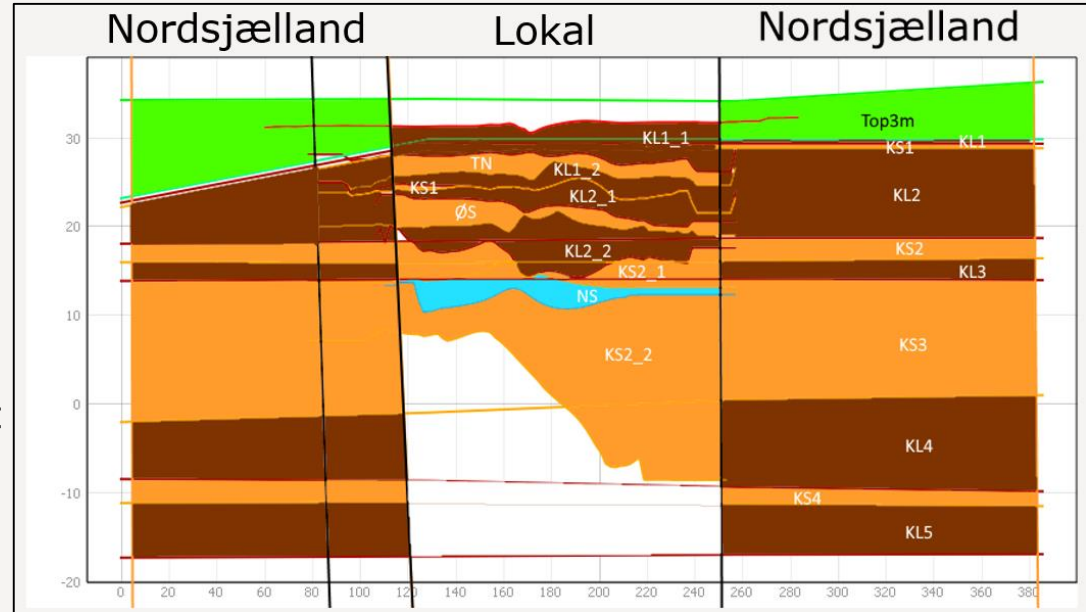
- > Foreløbig geologisk model
- > Udgangspunkt i Nordsjællandsmodellens 4 øverste lag KL1, KS1, KL2 og KS2
- > Forfinet med data fra RH's GeoGis2020 database
- > Flere lag og højere opløsning end Nordsjællandsmodellen
- > Modelleret som lagmodel i Geoscene 3D
- > Baseret på ca. 70 boringer fra 5 til 40 m u.t
- > Modellen dækker kun lokaliteten ca. 150x150 m



- > Cellestørrelse mindsket fra 100x100m til 2x2 m for at modellere den varierende geologi
- > Vekslede lag af ler med indslag af sandstriber og sand
- > 3 sammenhængende vandførende lag
- > Nedadrettet vertikal gradient

Fra Nordsjællandsmodel til lokal geologisk model

- > Lokal model indsat i Nordsjællandsmodellen
- > Geologien passer ikke med Nordsjællandsmodellen
- > Lokal model repræsenterer ikke den varierende geologi særlig godt
- > Årsag - begge modeller bundet af antagelsen om lagdelt geologi
- > Konklusion:
 - > Lagdelte modeller ikke egnet til at beskrivelse af geologi i områder med stærkt varierende geologi
 - > Beslutning om opstilling af VOXEL model (kassemodel)

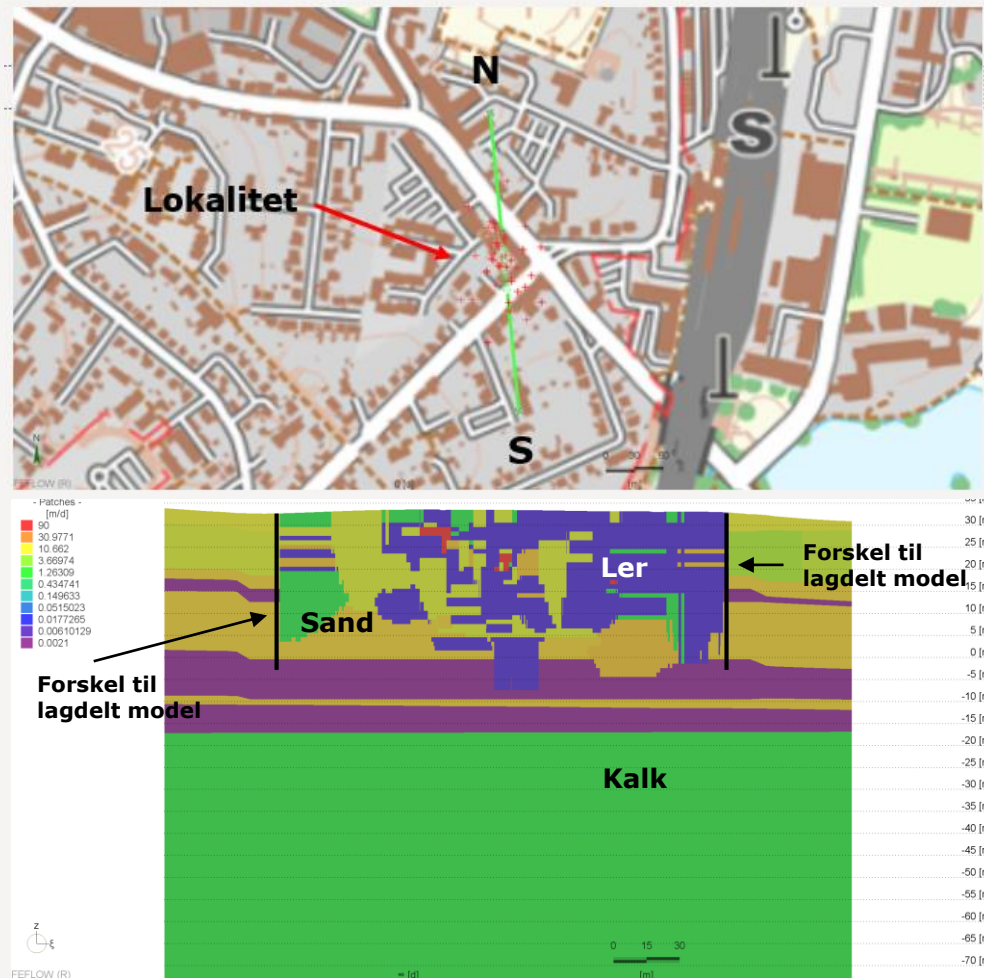


Opstilling af ikke lagdelt geologisk model (VOXEL)

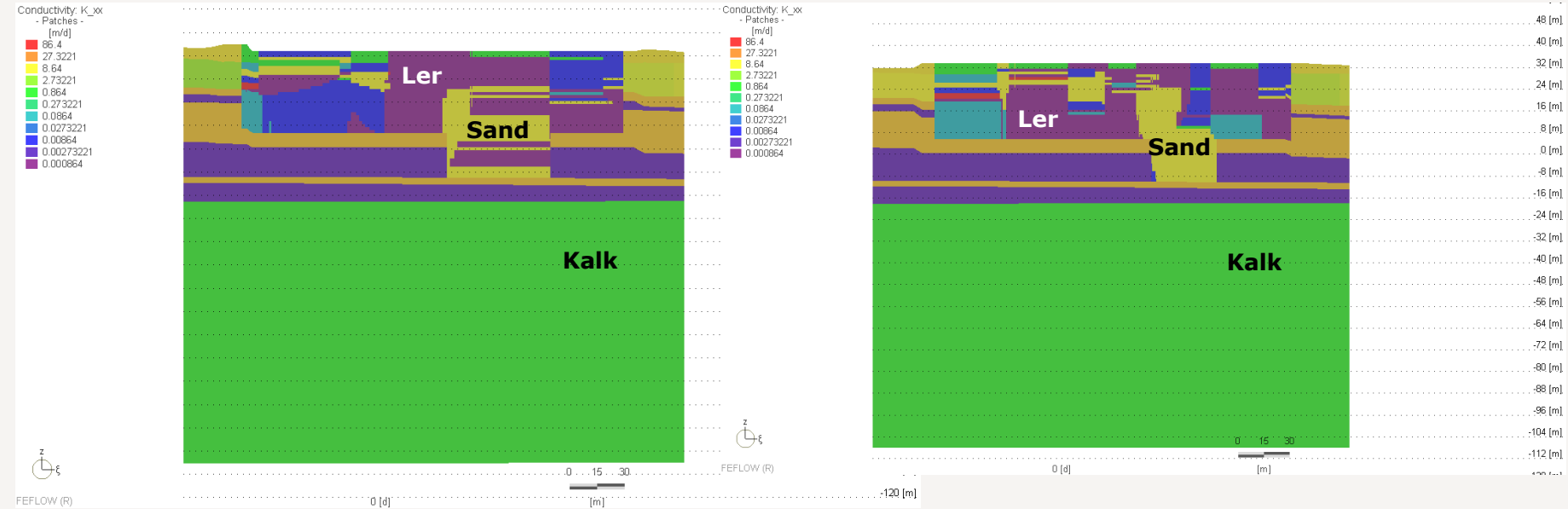
- › Voxel model – 3D grid ("kassemodel")
- › Modellen bygger på observeret geologi - muligt da mange boringer
- › Interpolering af geologi i 3 dimensioner uden antagelse om lagdeling
- › Kassestørrelse: længde x bredde x højde: 2 x 2 x 1 m
- › Dækker kun lokaliteten på 150x150 m, da afhængig af data fra udførte boringer
- › Kote +36 til kote -10 i alt 47 niveauer, da begrænset af dybden af udførte boringer
- › Geologiske data udtrukket fra RHs GeoGIS database
- › Resultater beskrives visuelt ved at hver kasse tildeles en hydraulisk ledningsevne baseret på tabelværdier for geologiske enheder

Ikke lagdelt model

- › Voxel model i lokalområdet indbygget i Nordsjællands modellen
- › Nord syd rettet snit gennem lokalitet
- › Regelløs blanding af ler og sand
- › Model beskriver faktiske forhold langt bedre
- › Begrænset af dybden på indgående boringer
- › Siger ikke noget om evt. "skorstene" til kalken



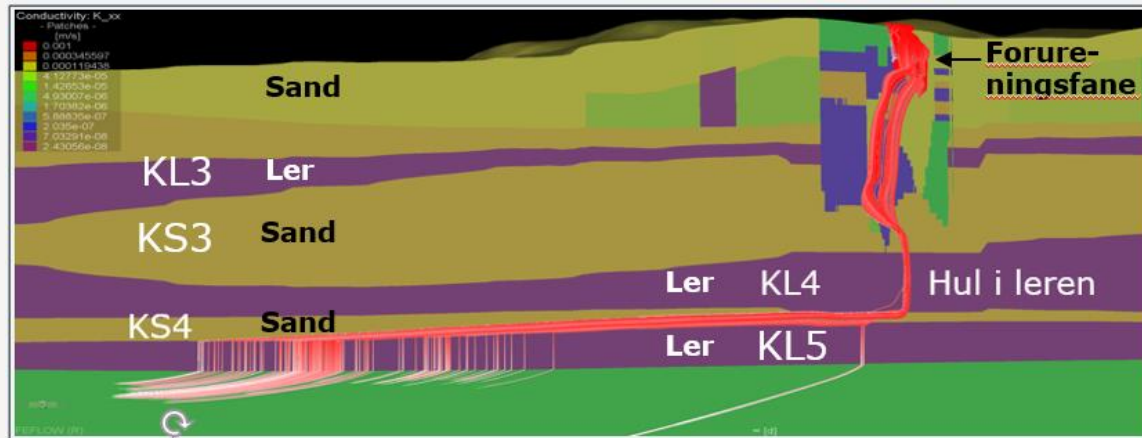
To snit, begge N-S, med 20 meters afstand.



- > Stor variation inden for korte afstande
- > Muligt at anvende udvalgte snit som støtte ved horisontale og vertikale fluxberegninger

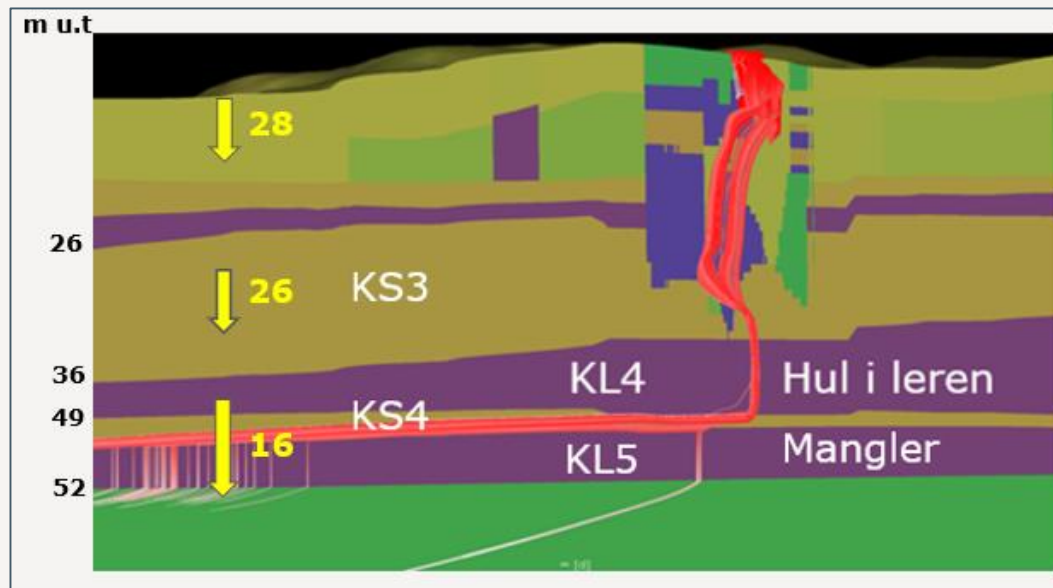
Partikelbanesimuleringer med grundvandsmodel

- Grundvandsmodel bygger på udsnit af Nordsjællandsmodellen
- Dækker kildepladsen beliggende ca. 500 nedstrøms lokaliteten
- Lokalt er lagfølgen til ca. 40 m u.t. baseret på Voxel modellen
- Lagfølge fra ca. 40 m u.t. og til kalken er baseret på Nordsjællands modellen
- Lerlag over kalken - antaget pga. potentialeforskel
- Partikelbanesimuleringer: Eks. på hul i KL4 til KS4 eller hvis KL4 mangler
- Transporteres på top af KL5
- Mulig transport til kalken hvor lerlaget er tyndt eller med sandstriber
- KL4, KS4 og KL5 er ikke eftervist lokalt



Opdatering af grundvandsmodel

- KS3 (sand), 26 – 36 m u.t
- KL4 (ler), 36 - 49 m u.t
- KS4 (sand), 49 - 52 m u.t.
Hydraulisk kontakt med kalk
- KL5 (ler) findes ikke ved lokalitet
- Kalkoverflade, 52 m u.t
- Observationer afviger fra Nordsjællandsmodellen
- Heterogene forhold vurderes ikke at omfatte hele kvartæret
- Beskyttende lerlag (KL4) ca. 10 m tykt
- Nedadrettet vertikal gradient
- Trykniveau – lokalt er lerlaget (KL4) tæt pga. betydelig forskel i trykniveau mellem kalken og KS3 på ca. 10 m
- Lerlag (KL4) udbredt pga. betydelig forskel i trykniveau mellem kalken og KS3 på ca. 10 m



Perspektivering

> Konklusion

- > Generelt er vurdering af forureningsspredning i jord og grundvand baseret på lagdelte geologiske forhold
- > Software til opstilling af geologiske modeller og grundvandsmodeller lægger op til lagdelt geologi
- > Faktiske forhold i randmoræneområder kan afvige kraftigt fra lagdelte modeller
- > Lagdelte modeller er ikke retvisende i områder med stærkt varierende geologi (randmoræner)

> Muligheder med ikke lagdelt model

- > Anvendelse af en ikke lagdelt model (kassemodel) beskriver de inhomogene forhold langt bedre
- > Betyder mere robust beskrivelse af de geologiske forhold
- > Bedre baggrund for at forstå store forskelle i koncentrationer og komponentsammensætning indenfor korte afstande
- > Afgørende for vurdering af, hvordan forureningen spreder sig
- > Bedre grundlag for fluxbestemmelse
- > Grundvandsmodel kan kombineres med stoftransportmodel og give koncentrationer til fluxbestemmelser
- > Betyder mere sikker risikovurdering overfor grundvandsressourcen og vandindvindingen

