

Højopløselig geomorfologisk modellering - Hvordan kan vi afgrænse områder med "ensartet heterogenitet"?

Knud Erik Klint

Seniorprojektleder Geo

**Grundvandsmodellering fremadrettet
Hvad skal der til for at forbedre vores grundvandsmodeller, og hvordan
håndterer vi usikkerheder?**

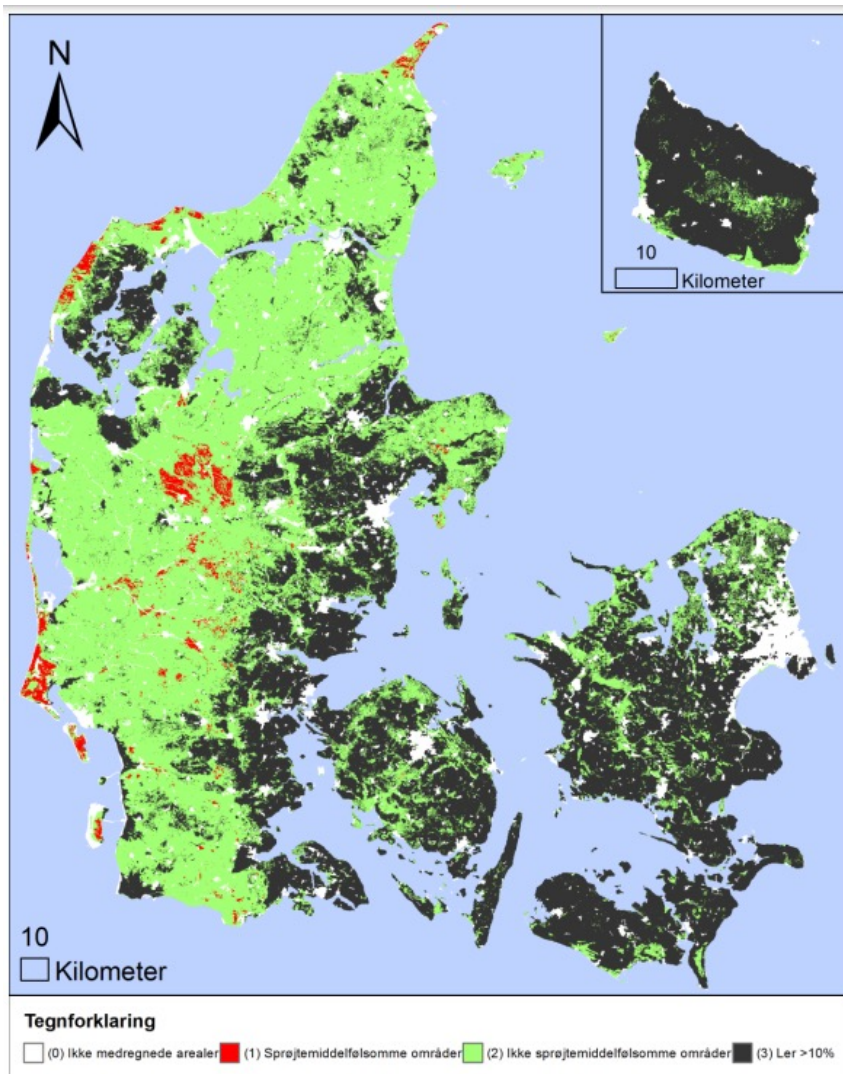
Heldagsmøde Nyborg

7. februar 2024

ATV JORD OG GRUNDVAND

- SFI rapporten
(Sprøjtemiddelfølsomme
indvindings områder) 2015
Konkluderer at der stadig
ikke kan zonerer for
områder med mere end
10% Ler

Problemet er især
opløseligheden af GIS data



FIGUR 3. FORENKLET RISIKOKORT EFTER FILTRERING.

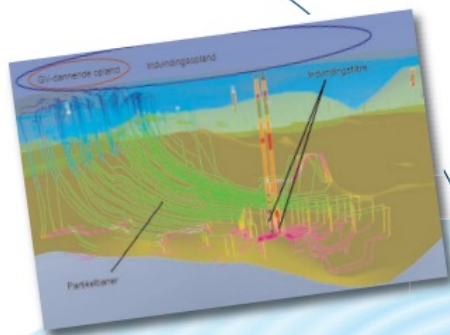
- Hvornår er de statslige grundvandsmodeller gode nok til, at vi tillidsfuldt kan benytte dem rundt om i samfundet og ikke mindst handle på baggrund af deres resultater?
- I hvilken retning skal vi fokuserer vores undersøgelser?
- Hvilke muligheder giver den teknologiske udvikling os?
 - Mere basal viden i højere opløsning
 - Mere regnekraft
 - Nye intelligente analysemuligheder (AI Machine learning)

Udpegning af indvindings- og grundvandsdannende oplande (Del 1)

Vejledning i oplandsberegninger i forbindelse med den nationale grundvandskortlægning

Claus Holst Iversen, Lisbeth Ulsø Lauritsen, Thomas Nyholm og Jan Kürstein

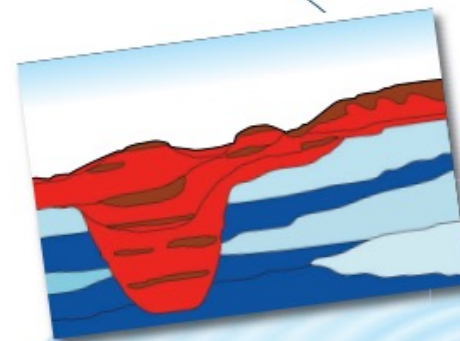
GEO-VEJLEDNING 2



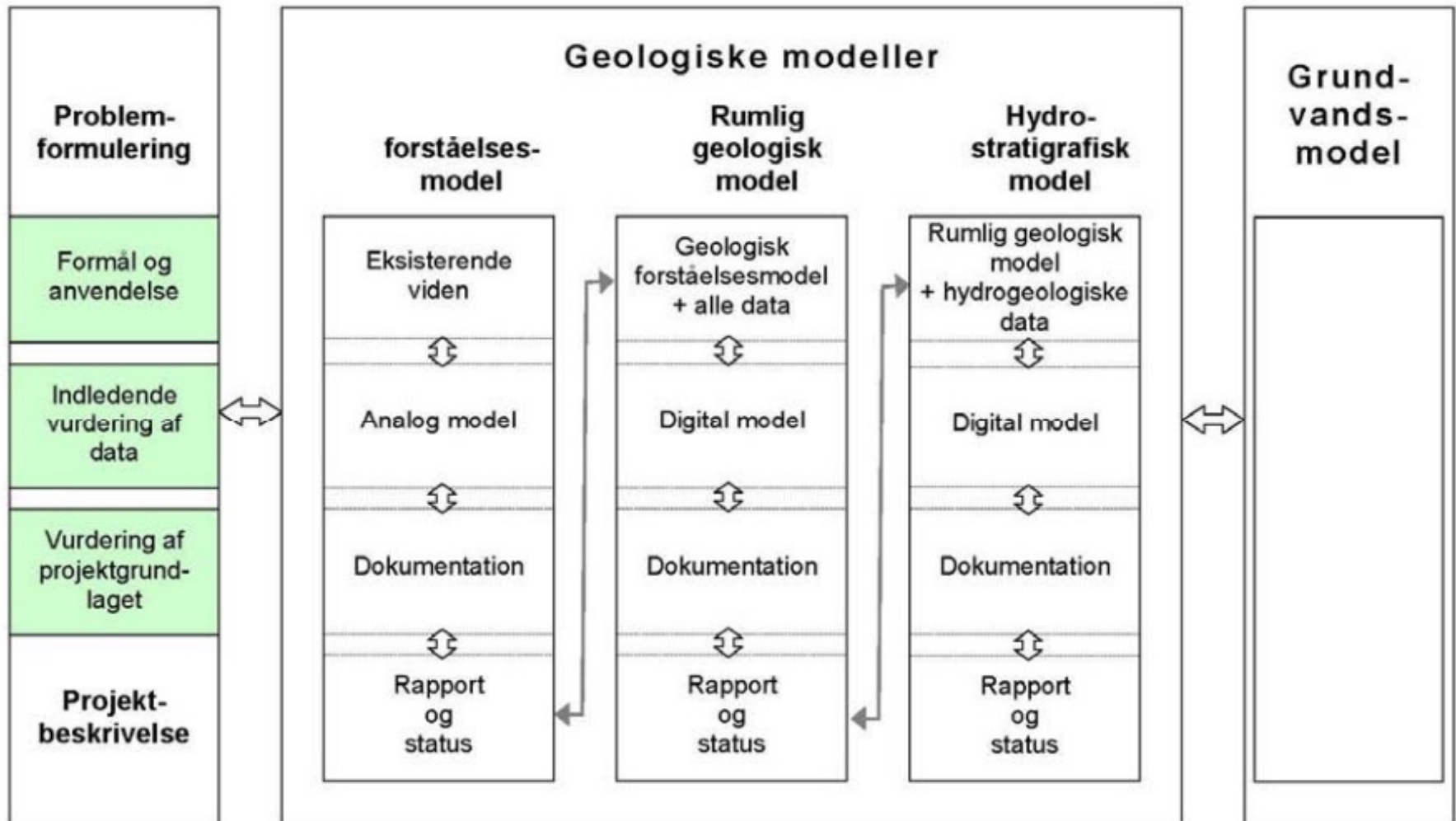
Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering

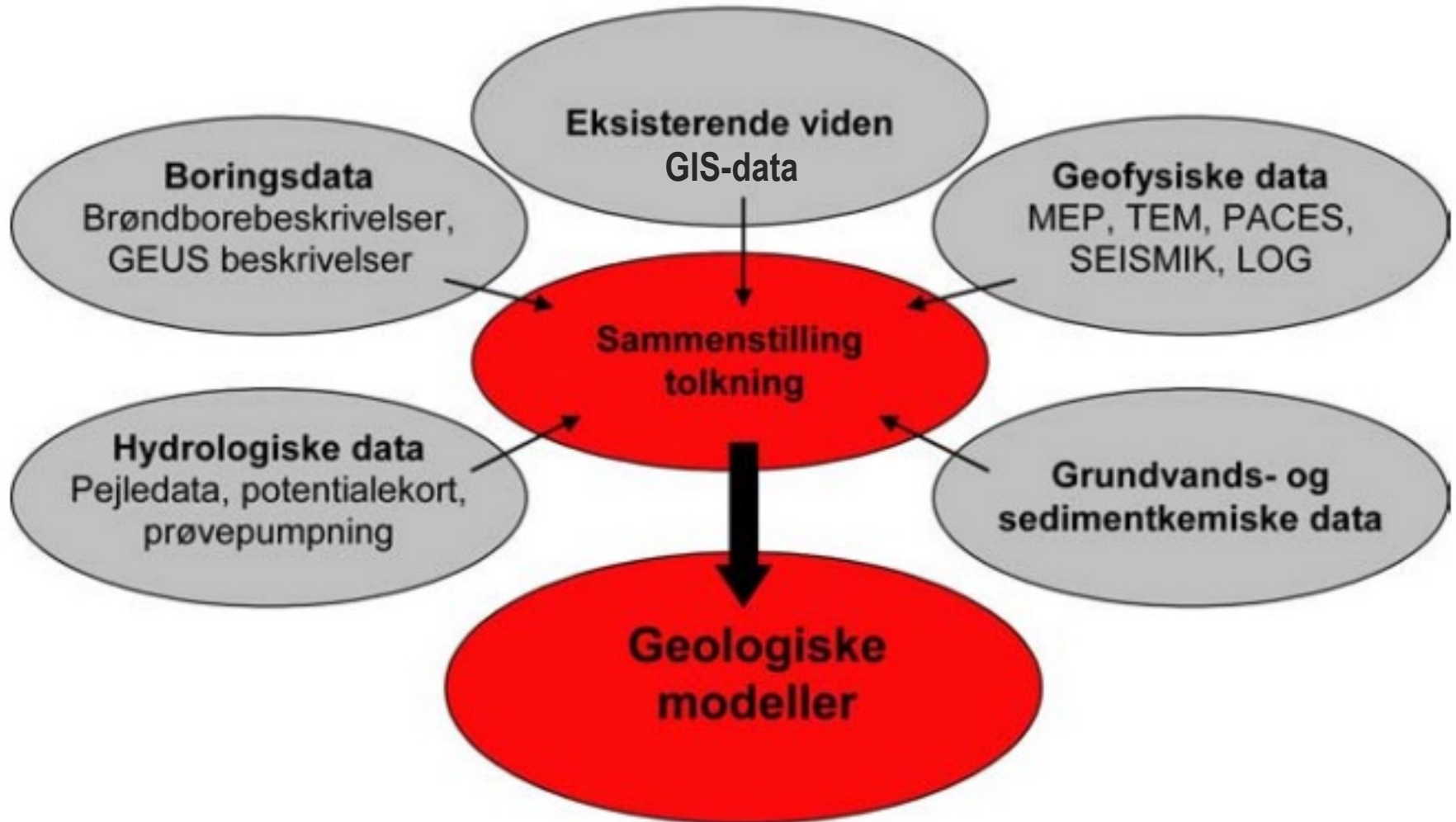
Flemming Jørgensen, Margrethe Kristensen, Anker Lajer Højberg, Knud Erik Strøyberg Klint, Christina Hansen, Birthe Eg Jordt, Niels Richardt og Peter Sandersen

GEO-VEJLEDNING 3



Har vi nok viden og hvor meget viden går tabt hver gang vi skifter model?





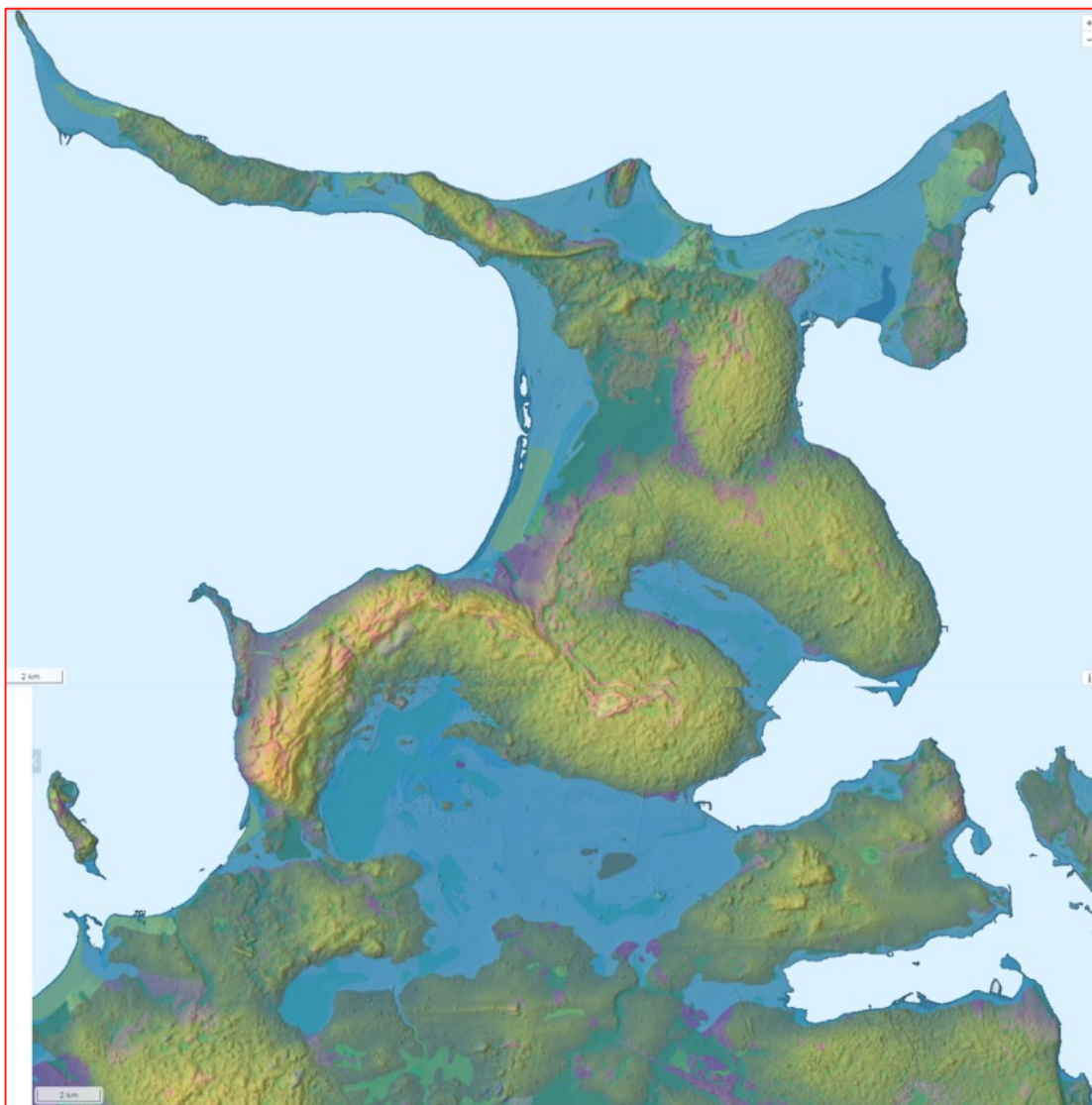
Geologisk forståelsesmodel


























- Landskabsanalyse
- Geologisk kortlægning
- Geofysisk kortlægning

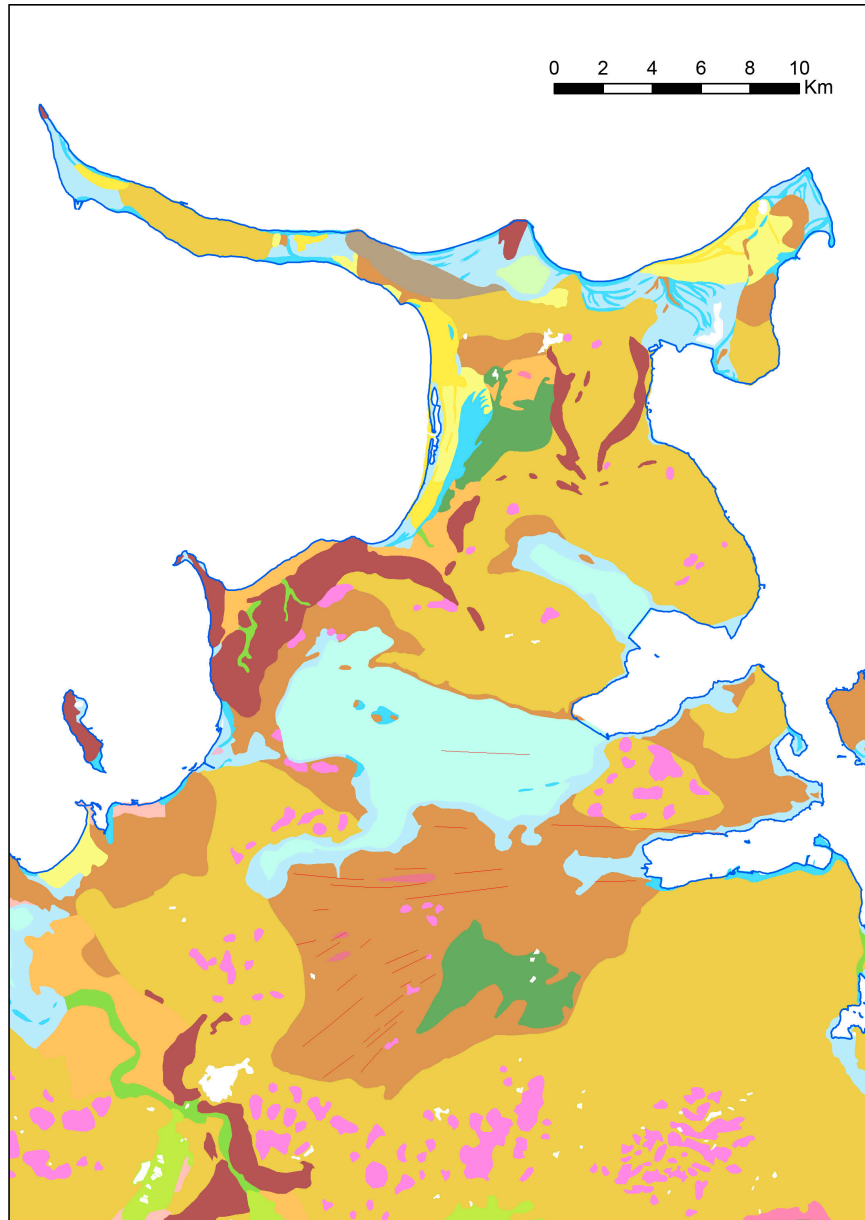
- Boredata (punktdata)
 - Hydrogeologiske data
 - Geotekniske data
 - Jordprøver
 - Vandprøver
- Ortofoto

GIS temaer (forskellig opløsning af basis data)

- Højdemodeller Geomorfologisk kort 1:50.000 (GEUS)
- Geologisk kort 1:25.000/50.000
- 2 og 3-D kortlægning vekslende opløselighed tæt på terræn (afhængig af boringer til kalibrering af geofysikken)
- 2-D Geologiske tværsnit, høj opløselighed kombineret med geofysik
- Grundvandspejlinger/hydrauliske test i boringer
- Konsolidering/sedimentklassifikation
- Teksturelle data, stratigrafiske data
- Grundvandskemiske data
- Vegetation/farveskift høj opløselighed



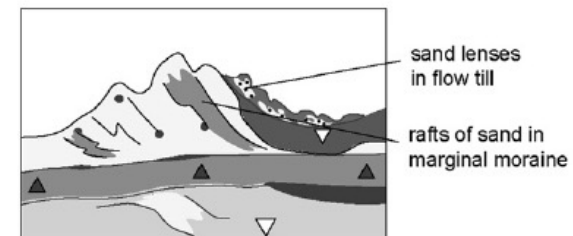
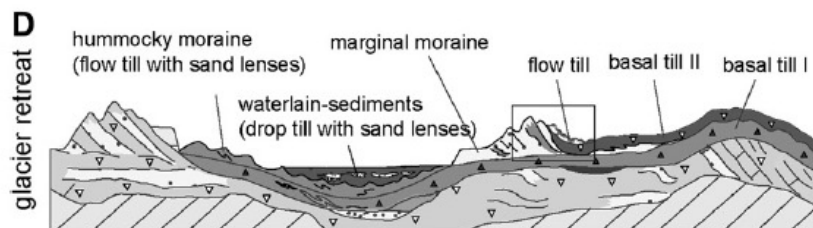
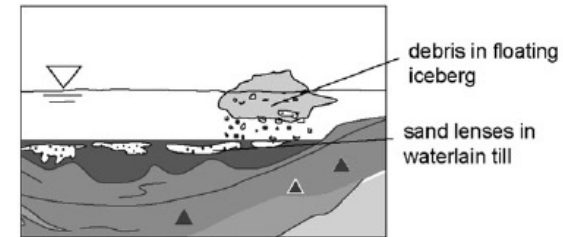
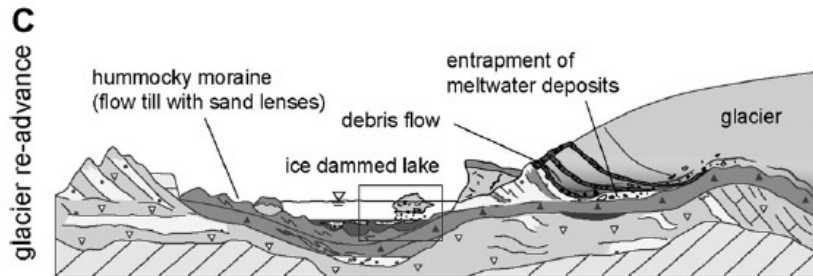
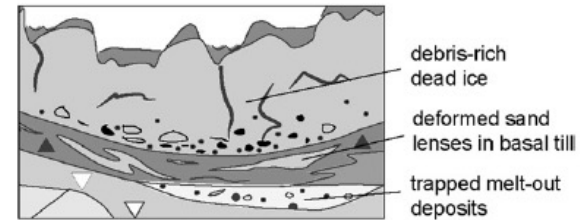
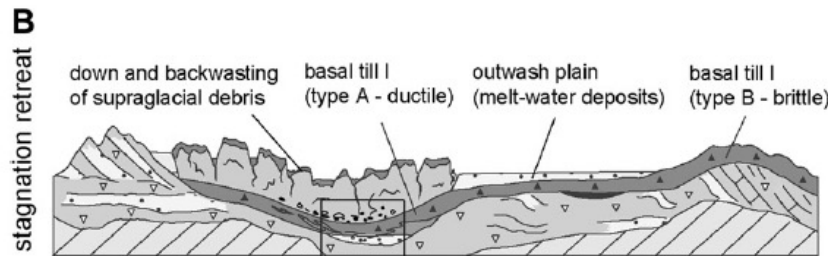
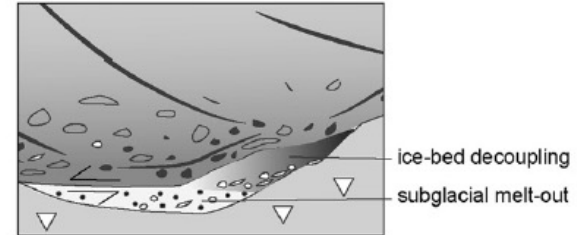
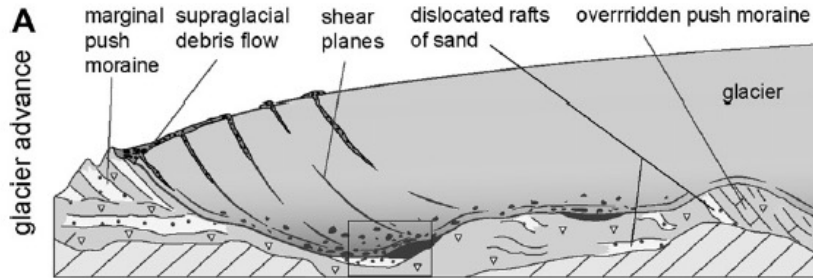
Postglaciale lag	Glaciale lag
 FG - Ferskvandsgrus	 DG - Smeltevandsgrus
 FS - Ferskvandssand	 DS - Smeltevandssand
 FI - Ferskvandssilt	 DI - Smeltevandssilt
 FL - Ferskvandsler	 DL - Smeltevandsler
 FP - Ferskvandsgytje	 DV - Vekslende tynde smeltevandslag
 FT - Ferskvandstørv	 MG - Morænegrus
 HG - Saltvandsgrus	 MS - Morænsand
 HS - Saltvandssand	 MI - Morænesilt
 HI - Saltvandssilt	 ML - Moræneler
 HL - Saltvandsler	Senglaciale lag
 HP - Saltvandsgytje	 TG - Smeltevandsgrus
 HT - Saltvandstørv	 TS - Smeltevandssand
 EK - Klitsand	
 ES - Flyvesand	



Geomorfologisk kort

- Terræn striber
- Bundmoræneflade
- Drumlin
- Tunneldal
- Dødislandskab
- Dødishul
- Issøbakke
- Randmorænebakke
- Isoverskredet randmoræne
- Hedeslette
- Erosionsdal
- Issøaflejringer
- Standvolde
- Marin flade
- Søaflejringer
- Mose
- Klitter
- Flyvesand
- Tørlagt ferskvandssø
- Tørlagt marint forland

Heterogenitet i glaciële landskaber



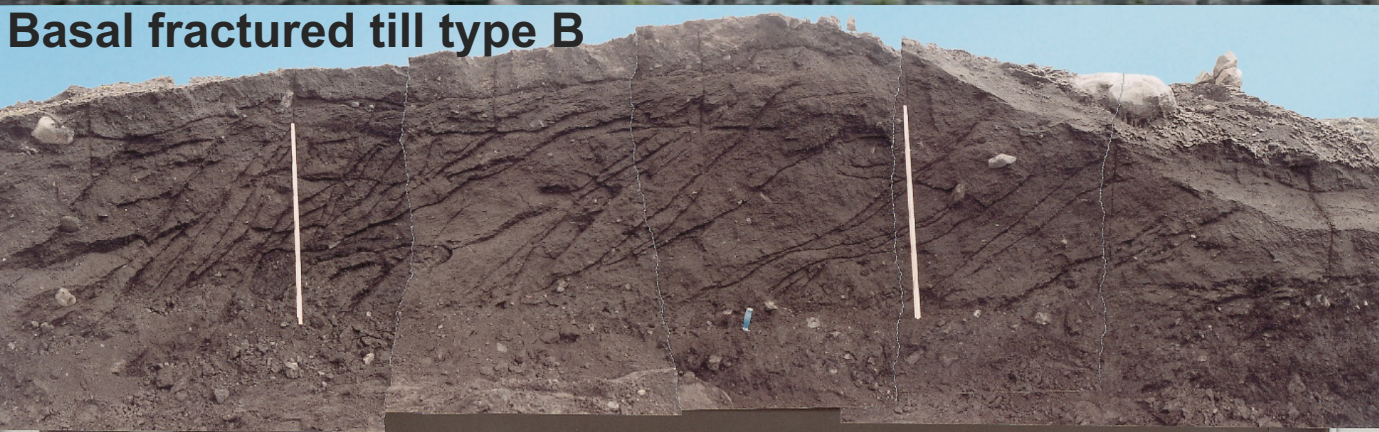
Randmoræner og glacialtektoniske komplekser har en enorm geologisk heterogenitet



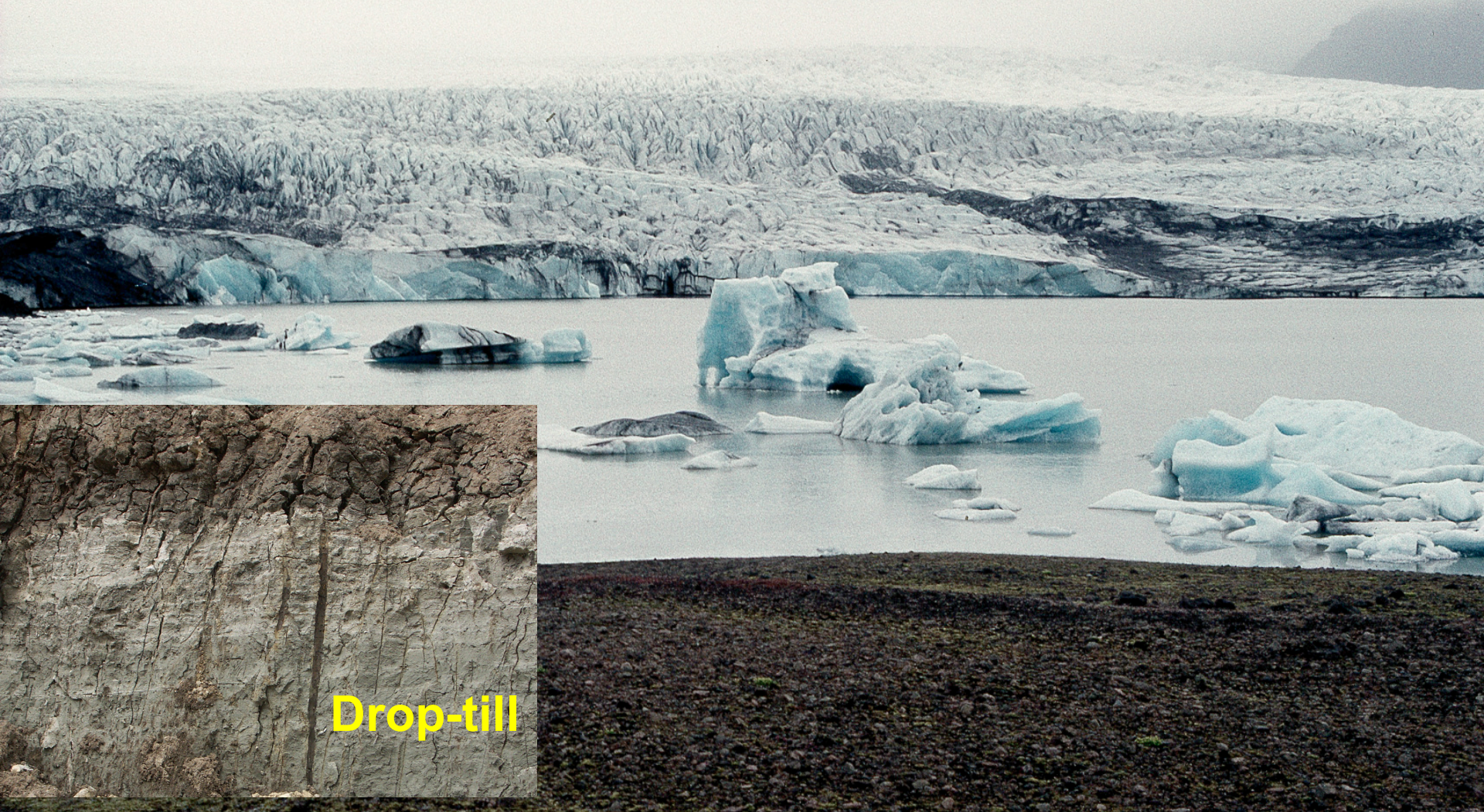
Dødislandskaber: stor geologisk heterogenitet



Moræneflader: medium geologisk heterogenitet



Sø og marine aflejringer lav geologisk heterogenitet



Drop-till



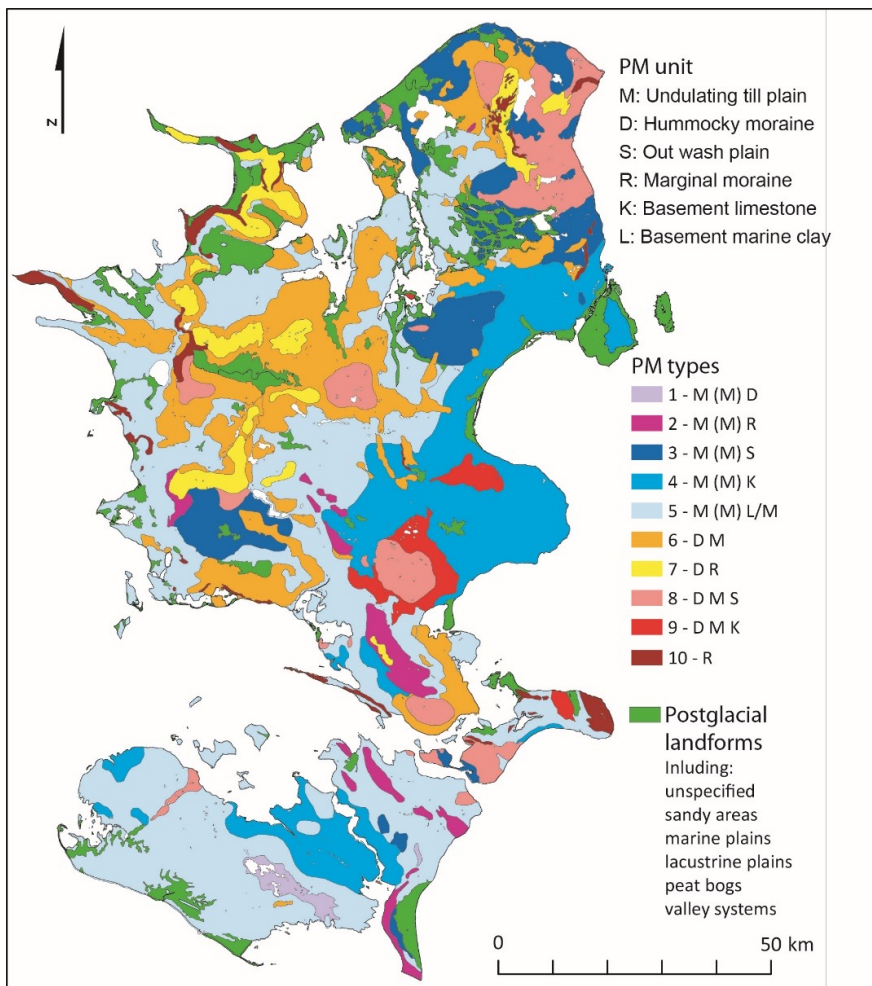
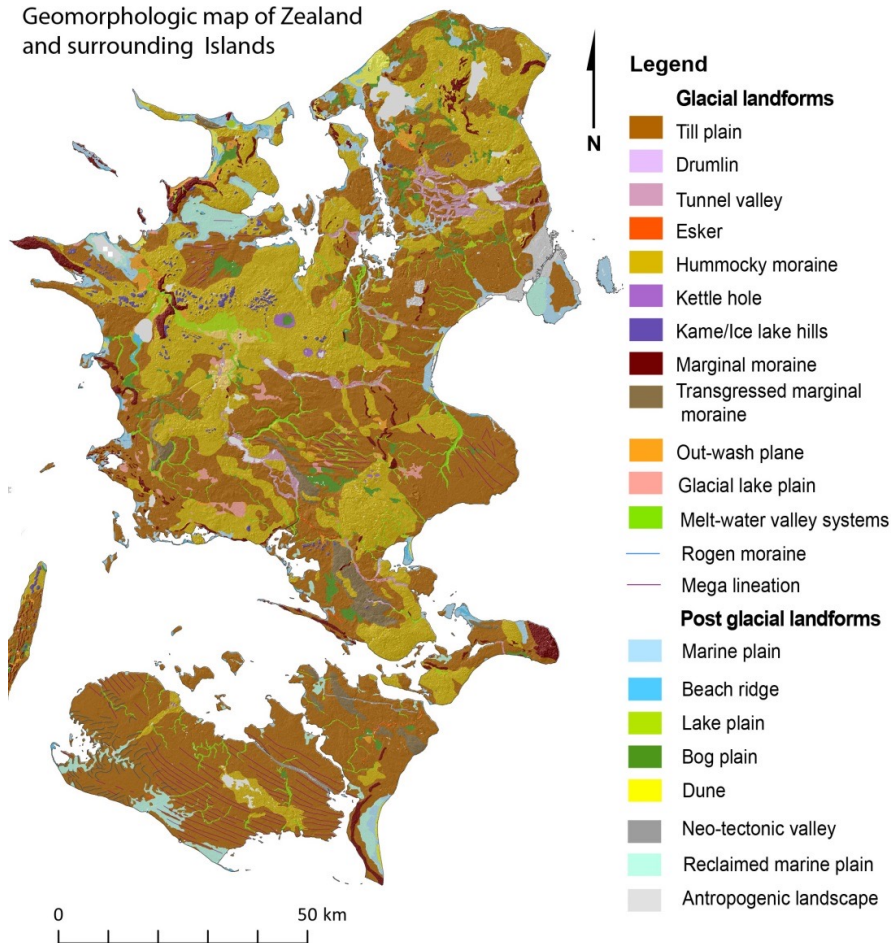
Kombinerer viden fra:

- Geomorfologi
- Geologisk kort
- 3-D geologiske modeller
- Boredata
- Geofysik
- Eksisterende viden fra litteraturen



Opdeling af områder med potentiel ensartet geologisk heterogenitet

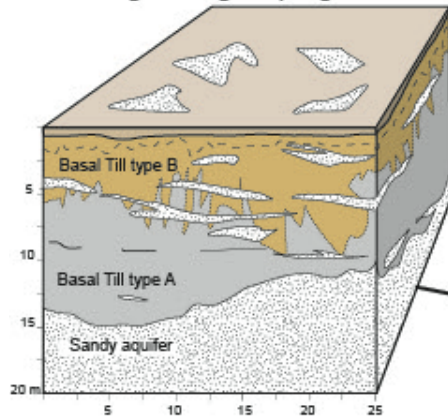
Geomorphologic map of Zealand and surrounding Islands



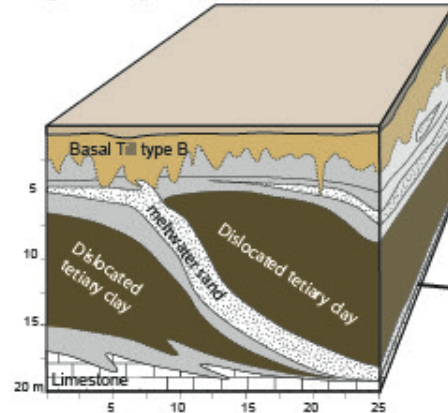
15 PM-typer kan beskrive geologien i det meste af Danmark

Eksempel på heterogene PM-typer

PM-type DMS: Hummocky till plain over till plain and outwash plain (dead-ice topography)
Medium/large heterogeneity, large vulnerability

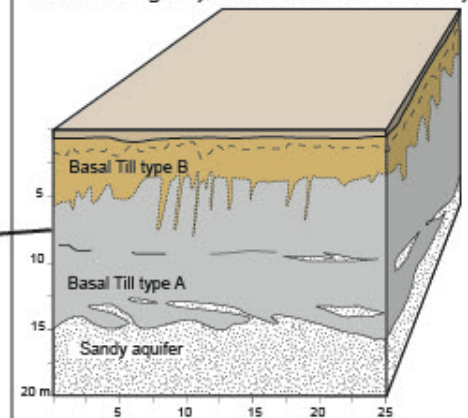


PM-type M(M)R: Overridden push-hill (Silstrup type)
Large heterogeneity, large vulnerability

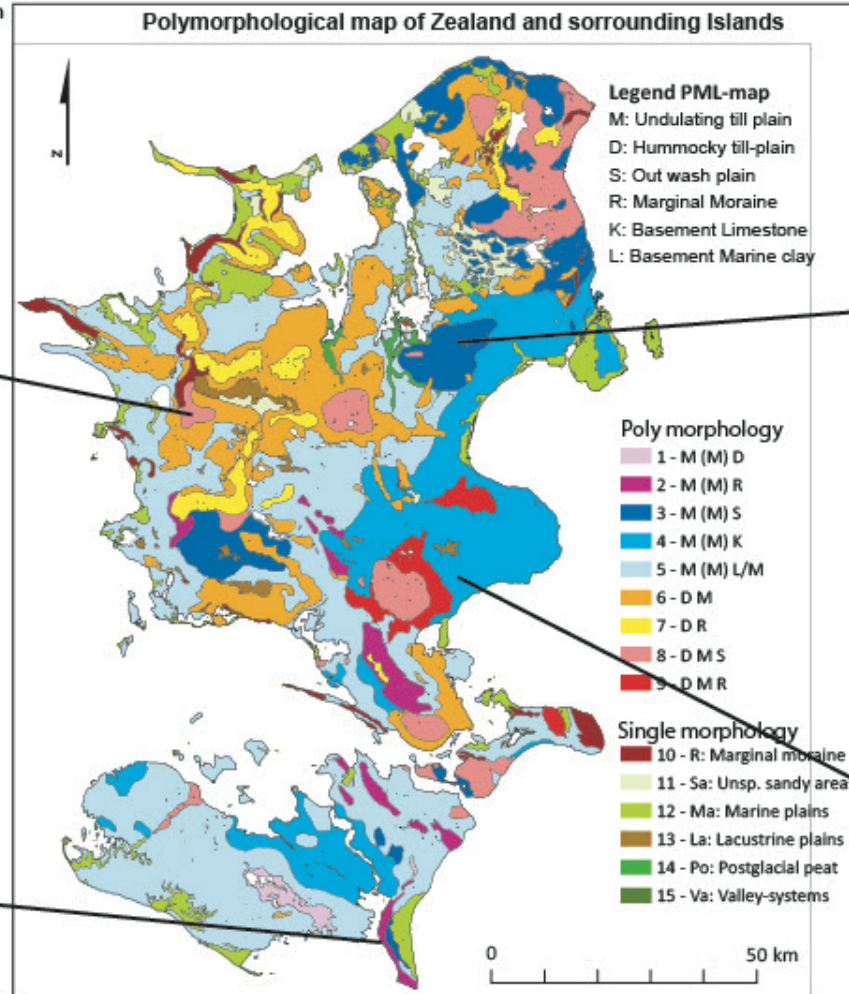
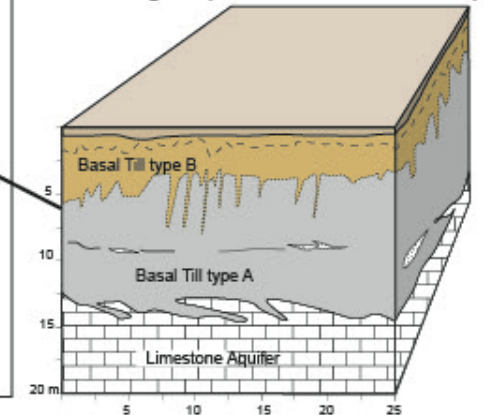


Eksempel på homogene PM-typer

PM-type M(M)S: Undulating till plain over out wash plain (Fårdrup and Estrup type)
Small heterogeneity, small/medium vulnerability



PM-type M(M)K: Undulating till plain over limestone (Stevns type)
Small heterogeneity, small/medium vulnerability



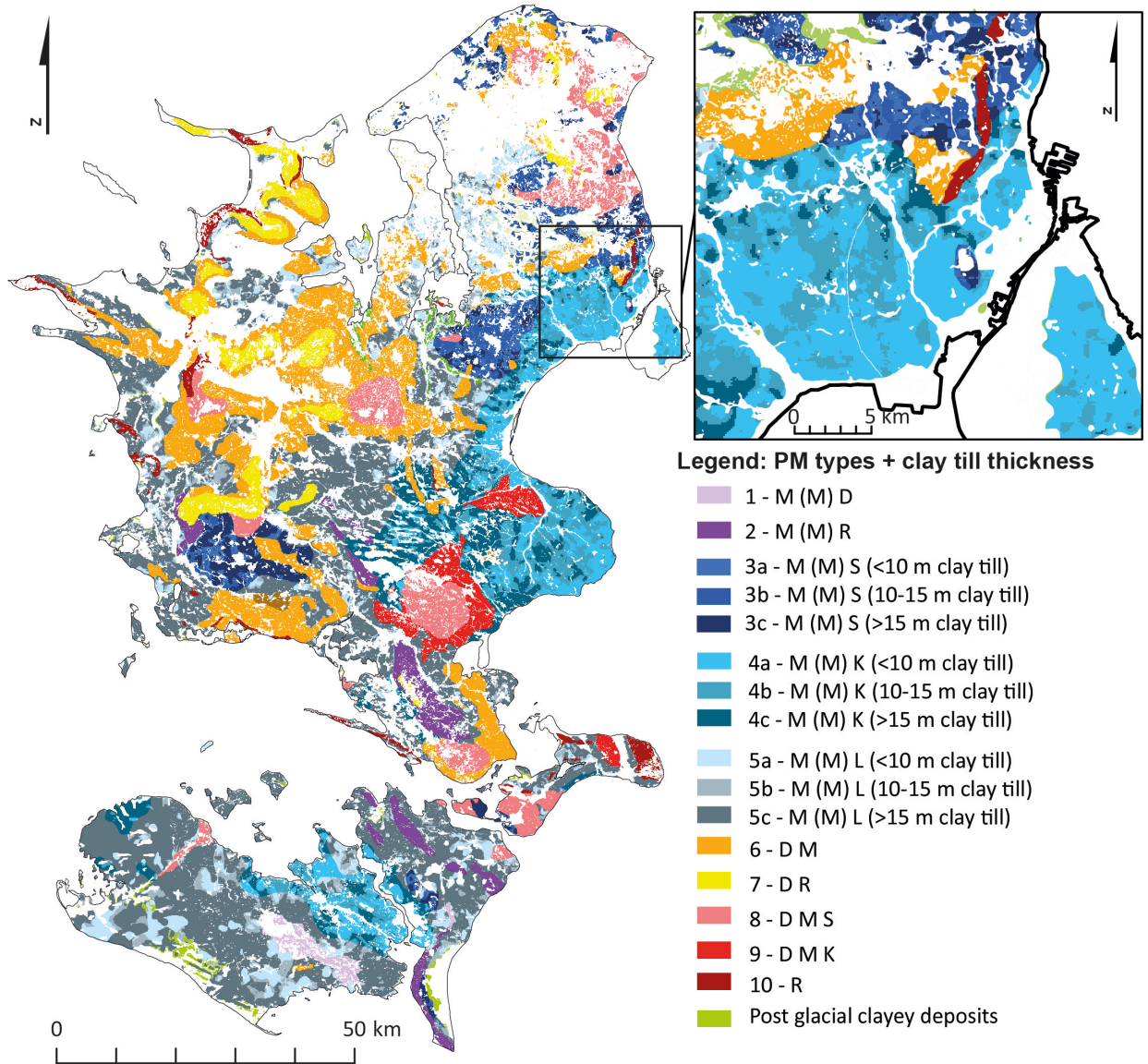
Vigtige parameter til vurdering af lers såbarhed

- Geomorfologisk ramme
 - Lertykkelse
 - redoxgrænse
- Hydraulisk egenskaber af underliggende lag
 - Konsolidering

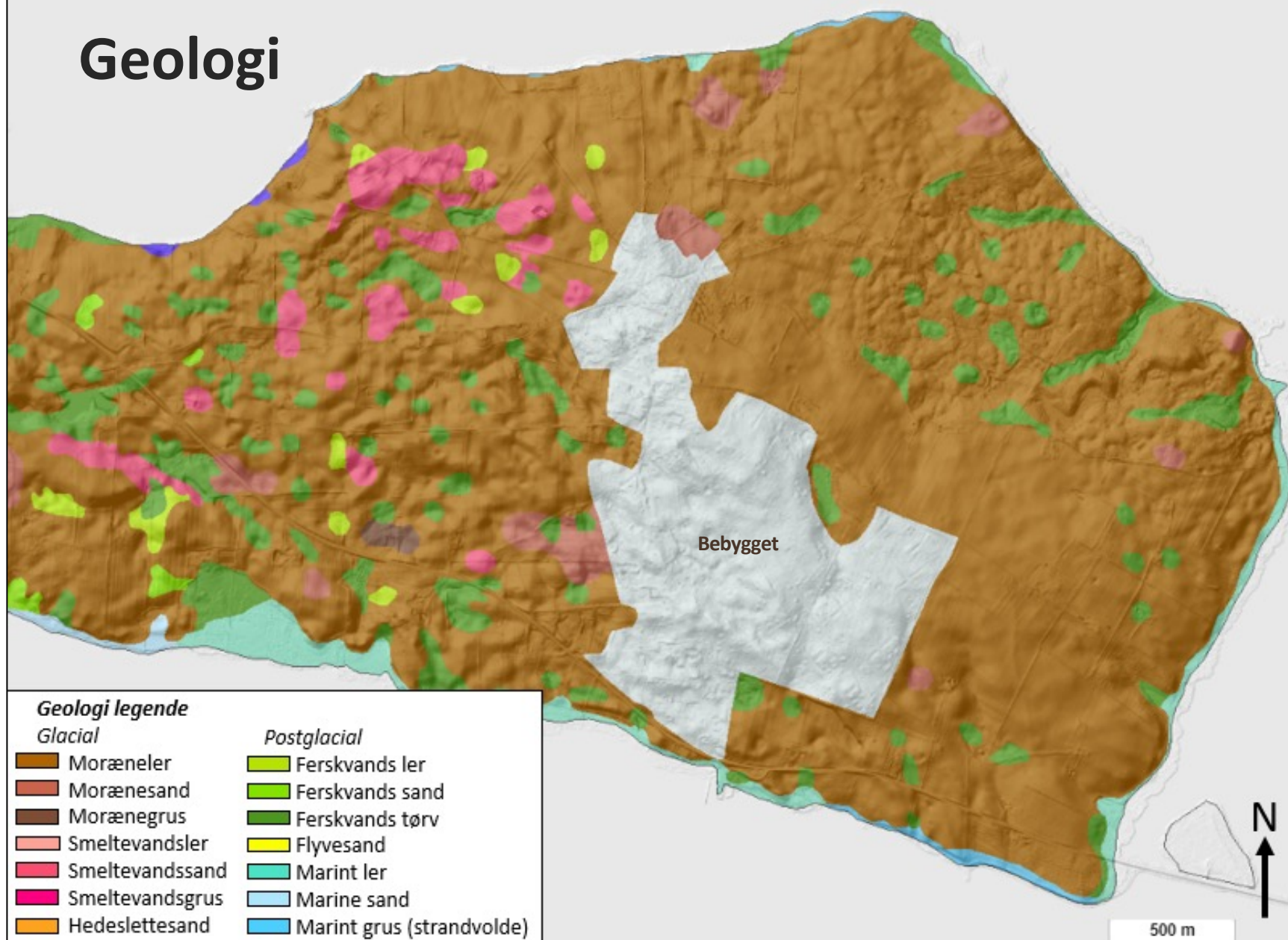


**Aggregeret PM-kort
lerfordeling +
moræneler
tykkelse
PM-type 3-4-5
MS, MK, ML,**

Step 4. Agregated PM map with clay till distribution + clay till thickness in PM type 3-4-5



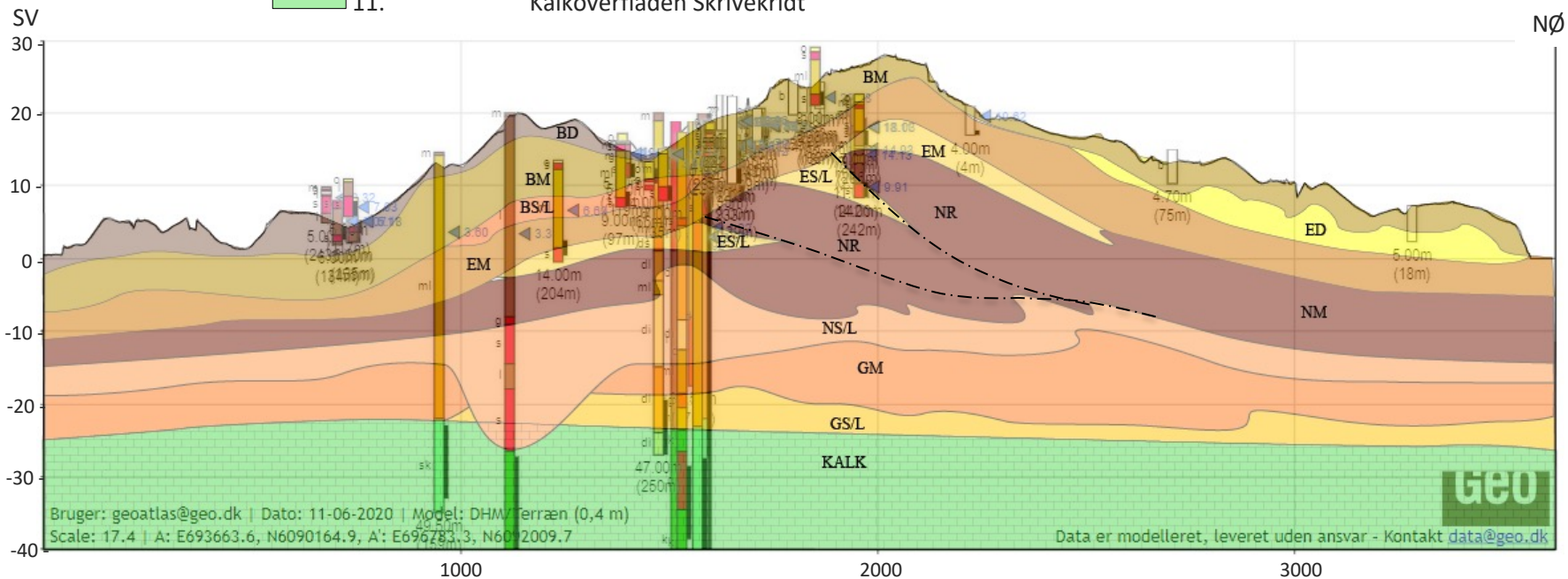
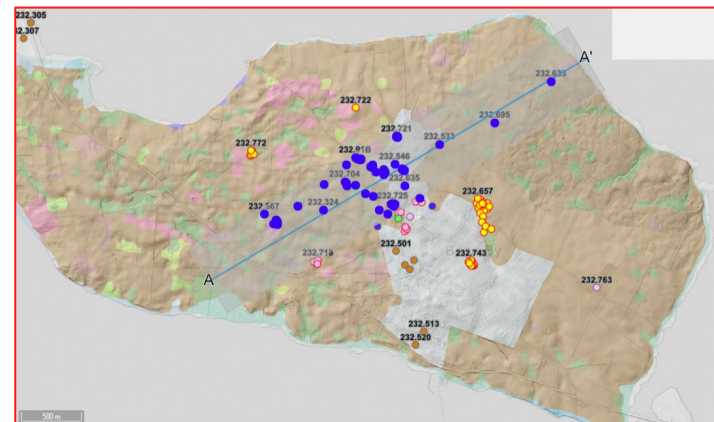
Geologi

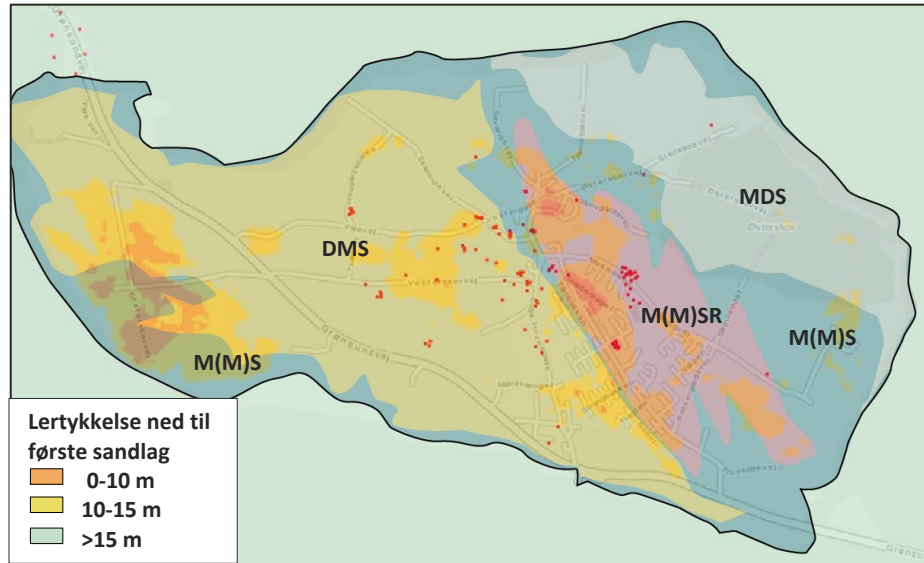
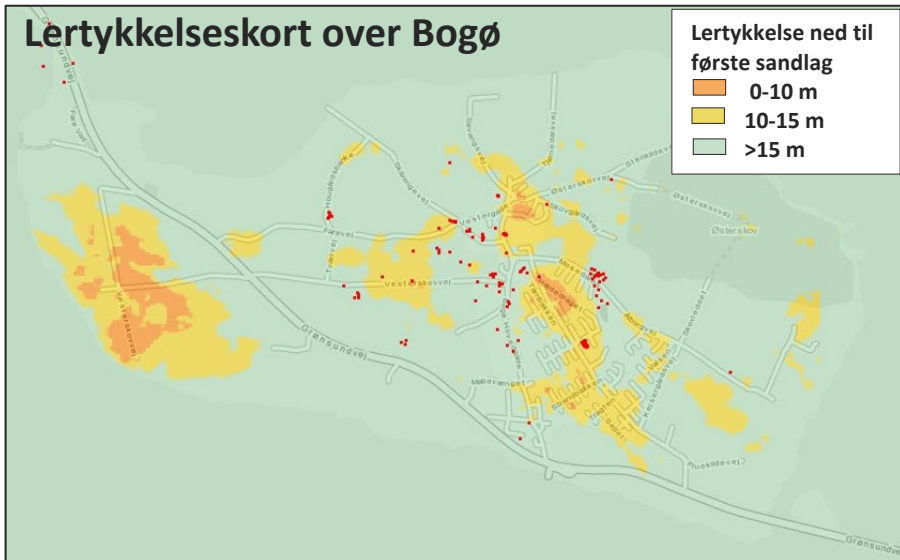
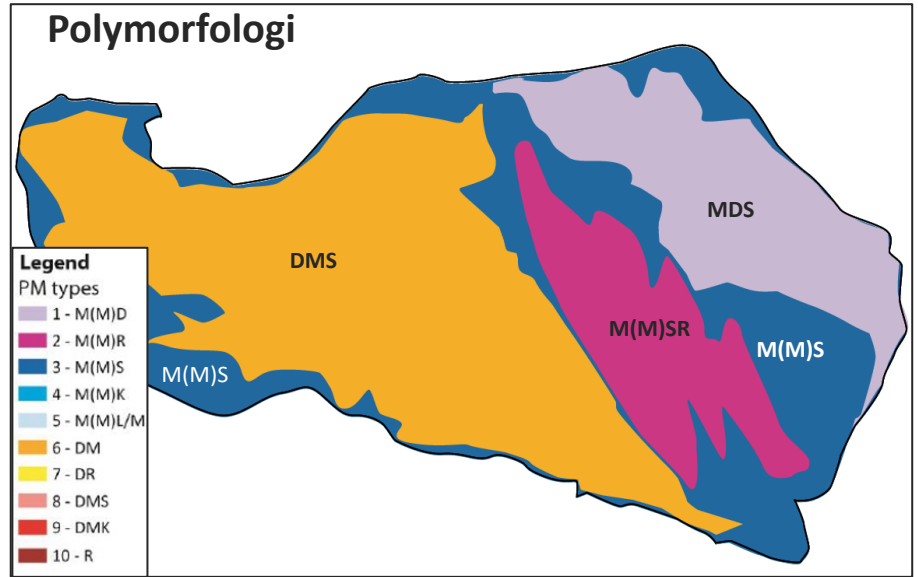
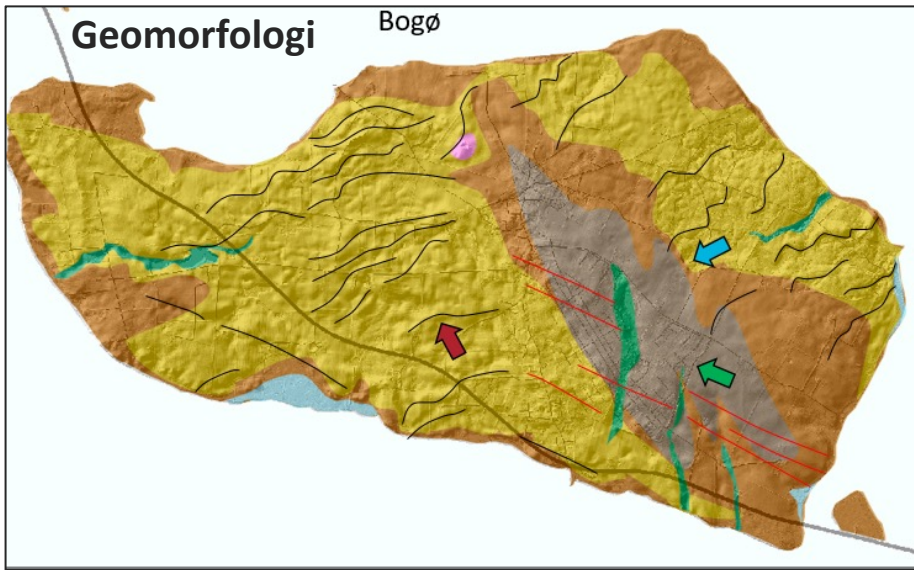


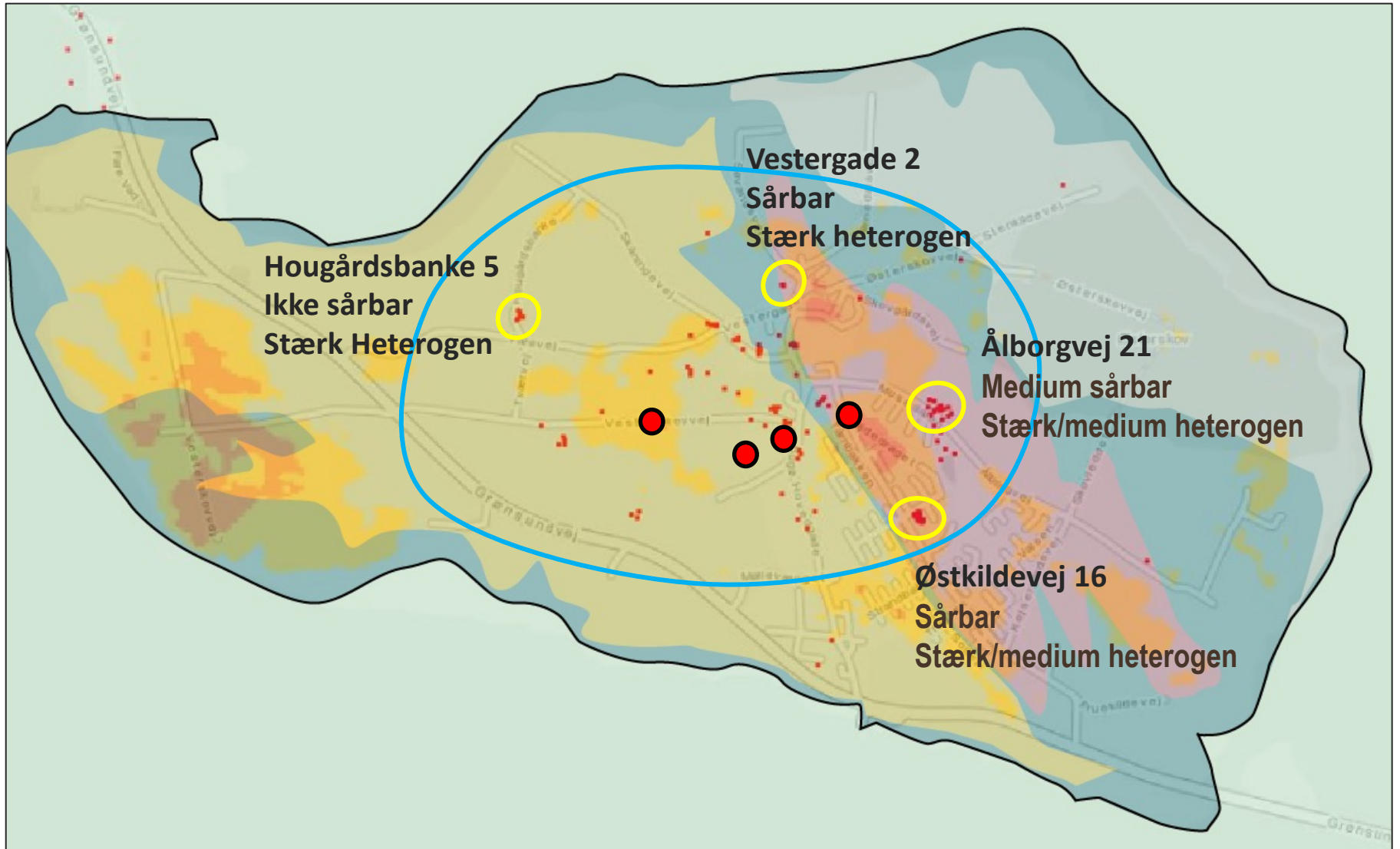
Konceptuel geologisk model for Bogø

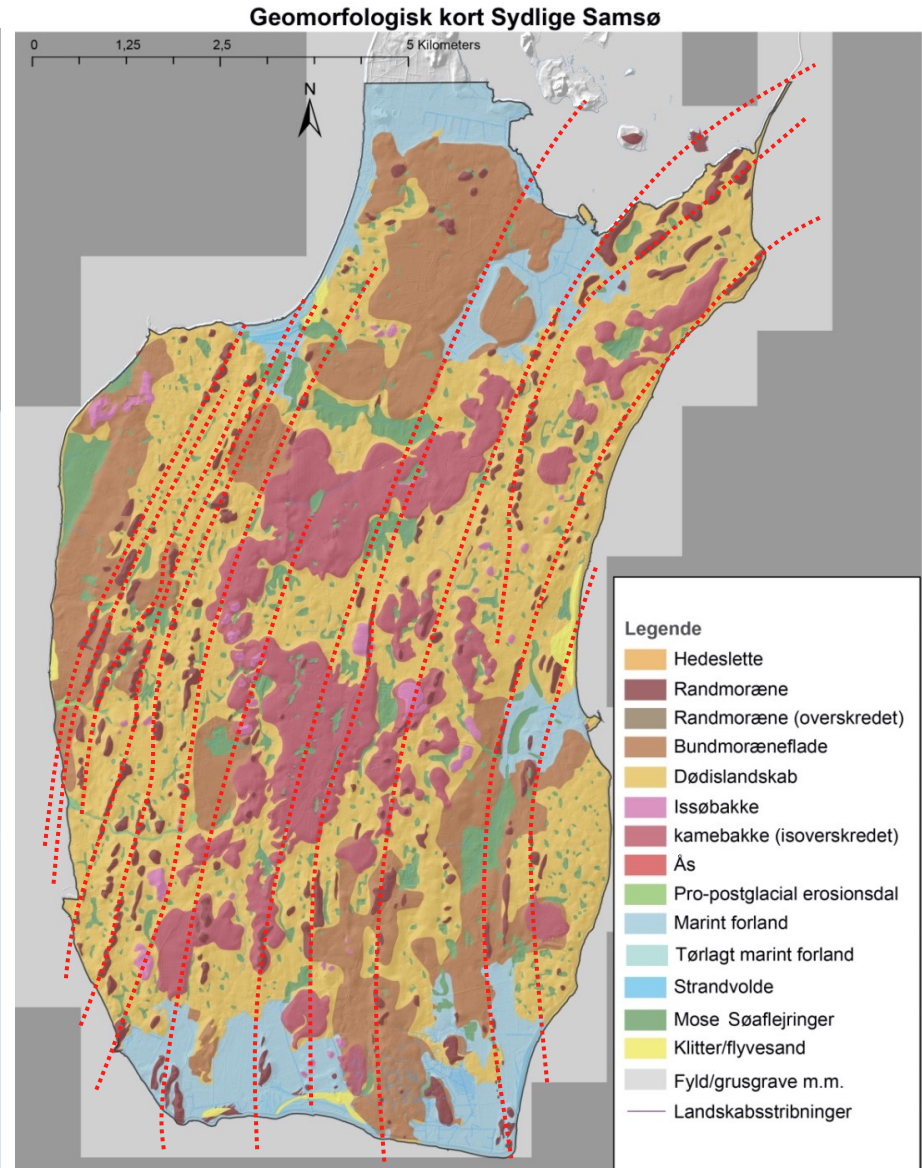
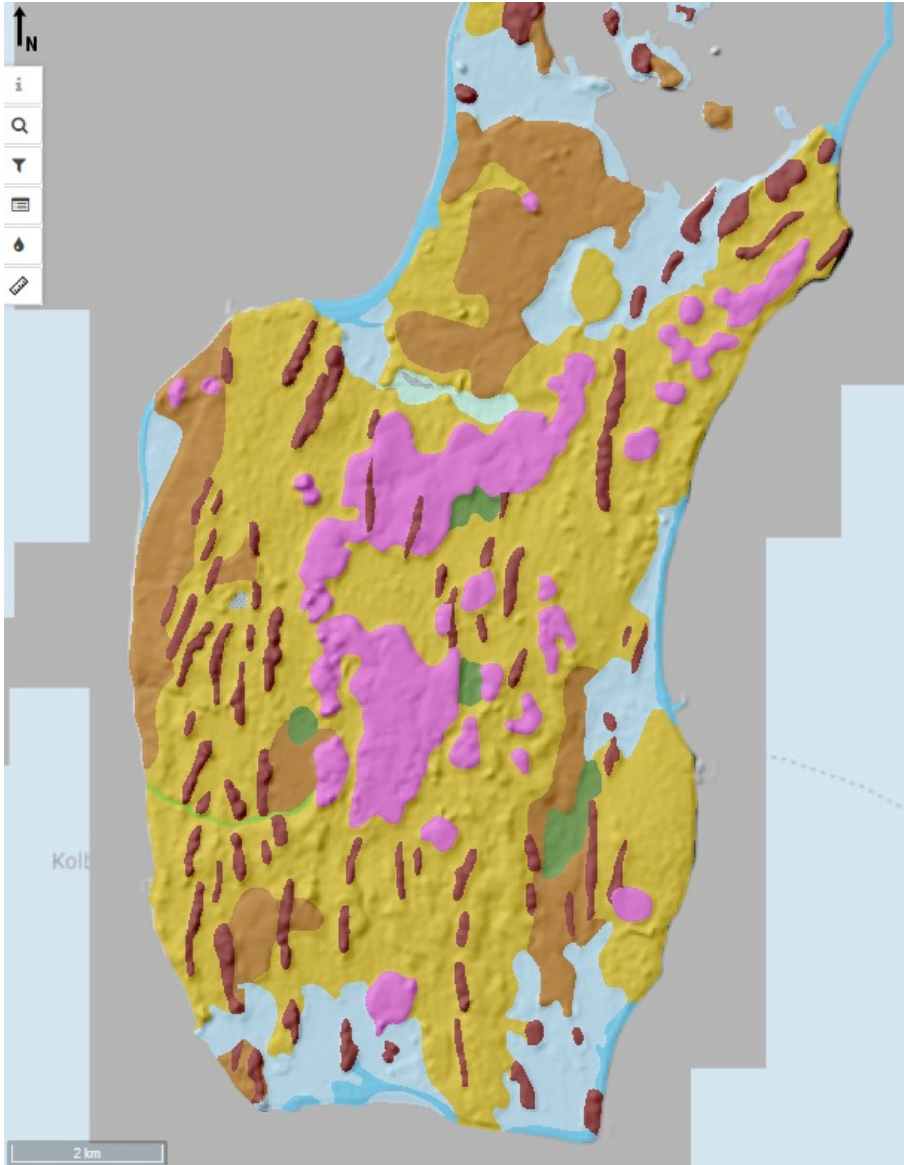
Maksimalstratigrafi

- 1. BD Bælthav dødis sediment
- 2. BM Bælthav Bundmoræne
- 3. BS/L Bælthav Smeltevandssand/ler
- 4. ED Østjysk Dødis sediment
- 5. EM Østjysk Bundmoræne
- 6. ES/L Østjysk smeltevandssand/ler
- 7. NM/NR NØ-bundmoræne/randmoræne
- 8. NS/L NØ-Smeltevandssand/ler
- 9. GM Gammelbalt-bundmoræne
- 10. GS/L Gammelbaltisk smeltevandssand/L
- 11. Kalkoverfladen Skrivekridt

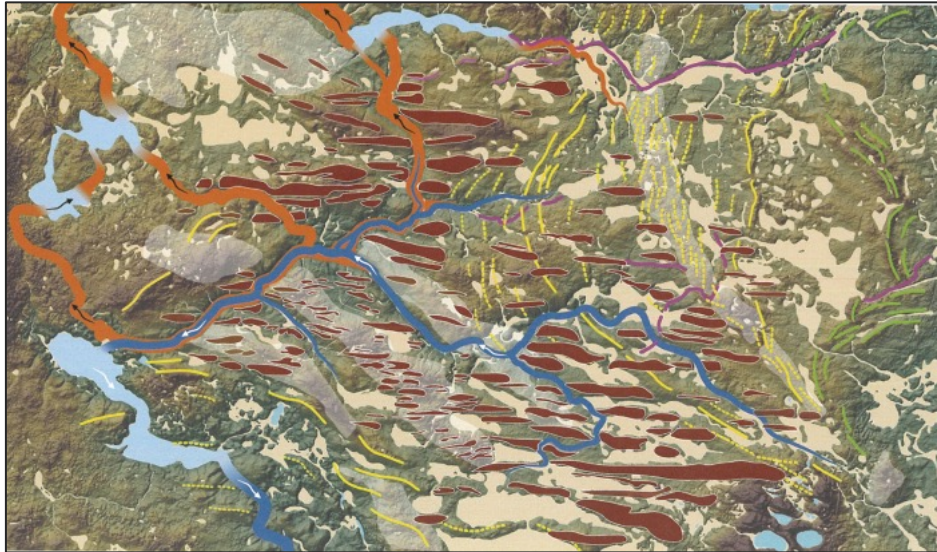




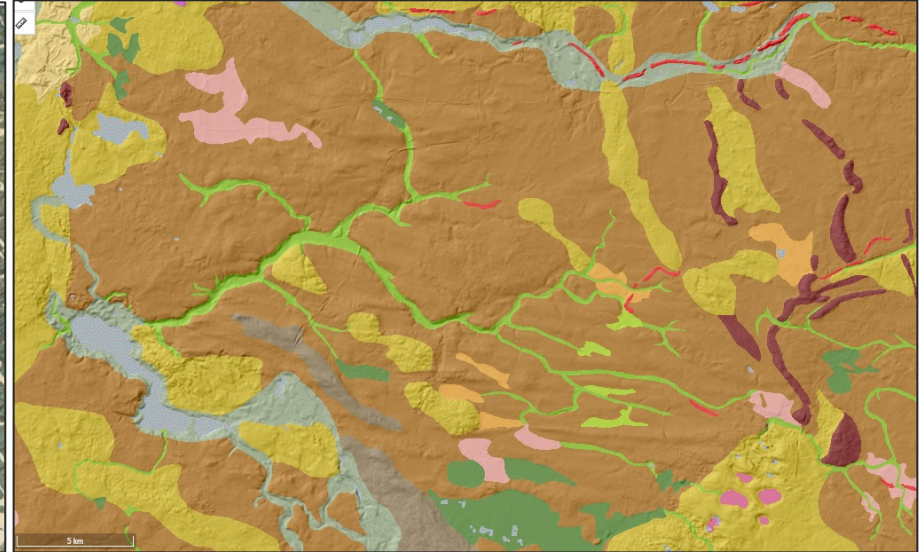




Houmark-Nielsens nye landskabskort



GEUS digitale geomorfologiske kort



NØ-isen



Rand-
moræ-
ner

Østjyske Isstrøm



Strømlin-
bund-
moræne

Bælthav Isstrøm



Rand-
moræ-
ner



Afsmelt-
nings-
rygge



Ås

Øresunds-gletsjer



Rand-
moræ-
ner

Smeltevandets afstrømning



Nedskyls-
bassin



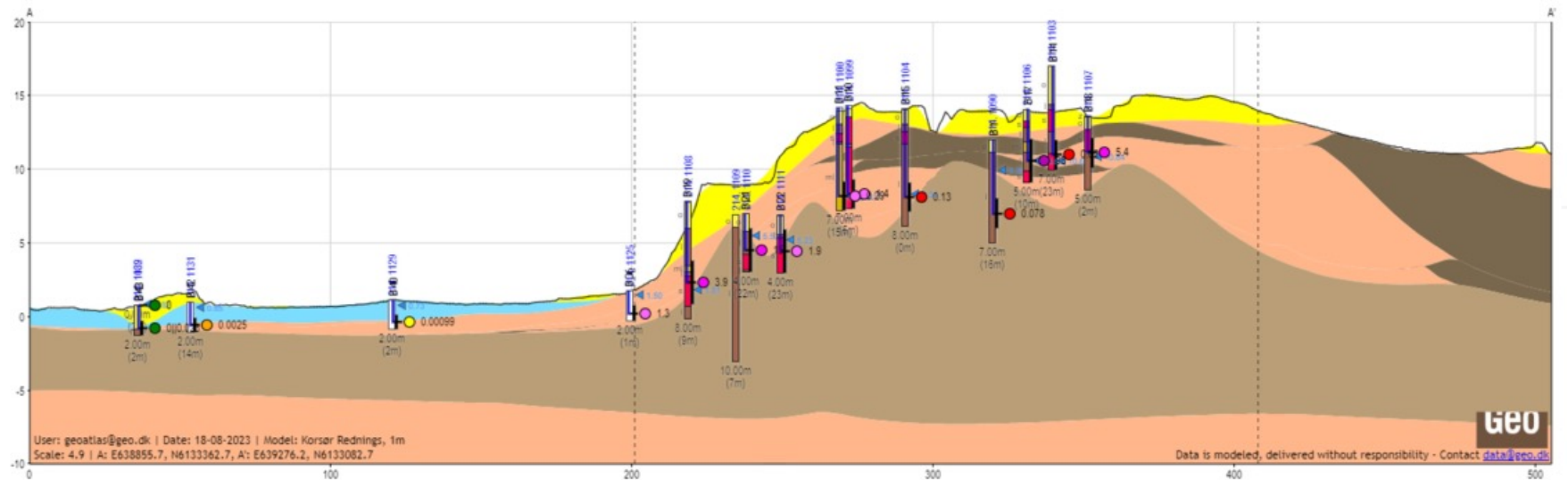
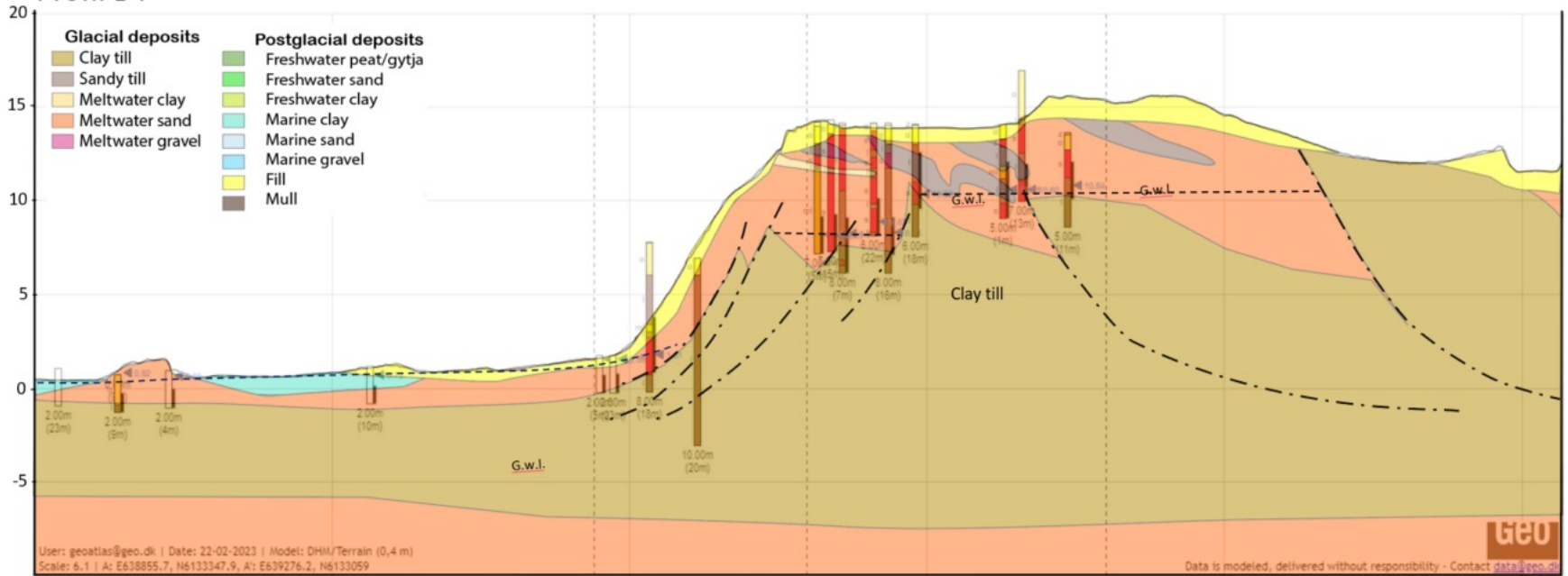
Mod
Sejersø
Bugt



Mod Små-
lands-
farvandet



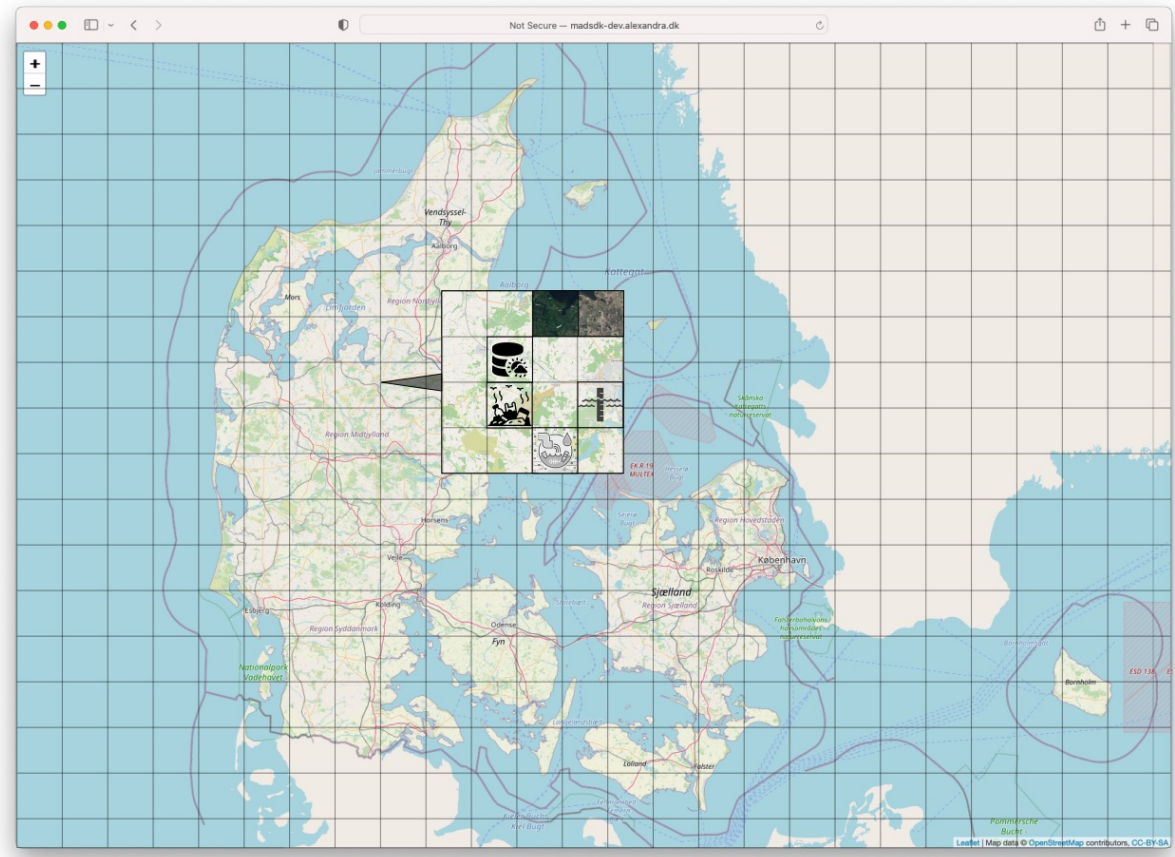
Profil B4



Direc - Multimodal Processing of Earth Observation Data

Making sense of multi modal data

- Map data
- Satellite photos
- Orto photos
- Water level
- Ground pollution
- Water pollution
- Weather data
- ... and many more possible sources



Opsummering

Nye analysemetoder med AI og machine learning peger i retning af

- Behov for fokus på udvikling af metoder til kvantificering af geologisk heterogenitet for at vurdere usikkerheder
- Behov for systematiske opstilling af højobløselige træningsmodeller relateret til specifikke landskabsformer i fælles databaser
- Behov for øget digitalisering af geomorfologiske korttyper