

Odense Vest – 3D geologisk/hydrostratigrafisk detailmodellering

Peter B.E. Sandersen & Anders J. Kallesøe

Odense Vest

- 3D geologisk/hydrostratigrafisk detailmodellering

Forfattere: Peter B. E. Sandersen og Anders J. Kallesøe

Repro: GEUS

Oplag: 25

August 2017

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS
Øster Voldgade 10
DK-1350 København K
Telefon: 38 14 20 00
E-post: geus@geus.dk

Projektet er baseret på midler fra Partnerskabs-samarbejdet "Fælles grundvand – fælles ansvar" mellem Region Syddanmark, Odense Kommune, VandCenter Syd og GEUS.

Forord

Den 23. september 2015 indgik Region Syddanmark, Odense Kommune og VandCenter Syd en partnerskabsaftale om grundvandsbeskyttelse. Formålet med partnerskabet er at styrke samarbejdet om beskyttelse af grundvandet i området vest for Odense, hvor der er store grundvandsinteresser. Som det første projekt i partnerskabets regi blev projektet "Fælles grundvand fælles ansvar" igangsat i efteråret 2015. Partnerskabsprojektet gennemføres som et pilotprojekt i et tæt samarbejde mellem Region Syddanmark, Odense Kommune, VandCenter Syd og GEUS.

Formålet med partnerskabsprojektet er at udvikle værktøjer, metoder og processer, der kan bidrage til optimering af den langsigtede indsats i relation til beskyttelse, anvendelse og forvaltning af grundvandsressourcen i oplandene til VandCenter Syds kildepladser vest for Odense. Samtidig skal projektets innovative samarbejdsmodel inspirere til øget samarbejde om grundvandsbeskyttelse i Danmark.

I forbindelse med partnerskabsprojektet vil der med udgangspunkt i statens grundvandskortlægning og med inddragelse af supplerende viden blive foretaget risikovurdering og prioritering af indsatserne med henblik på at beskytte grundvandet. Indsatserne kan blandt andet omfatte forebyggelse af forurening, undersøgelser og oprensning af forureningskilder, overvågning, optimering af indvindingsstrategier, særlige arealdispositioner og forvaltningsmæssige tiltag mv.

Partnerskabsprojektet gennemføres indenfor indvindingsoplandene til VandCenter Syds kildepladser Bolbro og Eksercermarken, som forsyner store dele af Odense med drikkevand. De to kildepladser er velegnede som projektområde, fordi der foreligger væsentlig viden om de geologiske og hydrogeologiske forhold fra tidligere kortlægningsarbejde, blandt andet statens grundvandskortlægning og vandselskabets arbejde med grundvandsbeskyttelsen i området. Desuden er der kendskab til flere forurenede og muligt forurenede lokaliteter inden for oplandene til de to kildepladser, hvilket støtter valget af projektområdet.

Projektet er opdelt i 5 arbejdsplaner (Work Packages; WP):

- **WP0: Projektledelse**
- **WP1: Geologisk model**, hvor formålet er at opstille en detaljeret geologisk model, der kan danne grundlag for arbejdet i WP2, WP3 og WP4
- **WP2: Hydrologisk model**, hvor formålet er at opstille en detaljeret, fuldt integreret hydrologisk model, der kan danne grundlag for arbejdet i WP3 og WP4
- **WP3: Stoftransport, risikovurdering og prioritering**, hvor formålet er at vurdere risikoen for forurening af de dybereliggende grundvandsmagasiner til brug for prioritering af indsatser
- **WP4: Vandbalance og klima**, hvor formålet er at belyse sammenhænge mellem grundvand og overfladevand i byen

Den overordnede projektledelse (WP0) er varetaget af Troels Kærgaard Bjerre, VandCenter Syd, og projektledelsen af de enkelte arbejdsopgaver er varetaget af: WP1: Jørgen Fjeldsø Christensen, Region Syddanmark (WP1), Torben Sonnenborg, GEUS (WP2), Region Syddanmark (WP3), Hans Peter Birk Hansen, Odense Kommune (WP4).

Nærværende rapport udgør afrapporteringen af WP1 – Geologisk model.

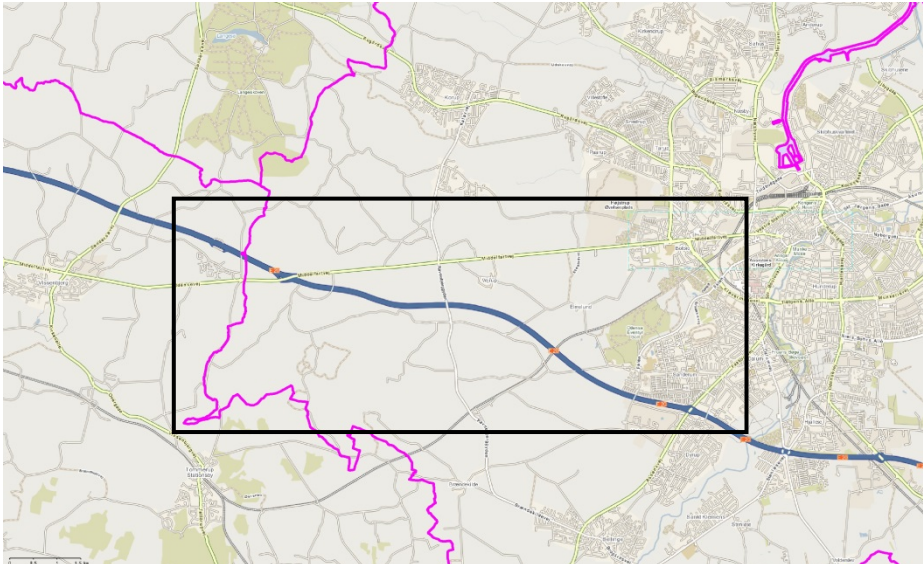
Indhold

1.	Indledning	7
2.	Strategi for modelarbejdet	9
2.1	Overordnet strategi.....	9
2.2	Modelleringsstrategi for Odense Vest.....	9
3.	Data	11
3.1	Strategi for dataindsamling og -vurdering.....	11
3.2	Eksisterende rapporter og litteratur.....	11
3.3	Boredata	12
3.4	Geofysiske data.....	14
3.5	Prøvepumpnings- og pejledata samt potentialekort	16
3.6	Topografiske, morfologiske og geologiske kort	16
3.7	Eksisterende geologiske modeller	17
4.	Geologisk forståelsesmodel	19
4.1	Eksisterende geologiske forståelsesmodeller.....	19
4.2	Geologisk opbygning af Odense Vest-området.....	19
4.2.1	Strukturel ramme	19
4.2.2	Lagserien	20
4.2.3	Områdets geologiske udviklingshistorie.....	30
4.3	Fokuspunkter for den rumlige geologiske modellering	32
5.	Rumlig geologisk model (RGM)	35
5.1	Indledning	35
5.2	Detailstudier af data	36
5.2.1	Landskabsanalyse.....	36
5.2.2	Geologisk information fra de geofysiske data	42
5.2.3	Inddragelse af fingrusanalyser	44
5.2.4	Gennemgang af borejournaler	47
5.2.5	Forekomst af begravede dale.....	52
5.2.6	Forekomst af salt porevand.....	53
5.2.7	Lagserien i Odense Vest	53
5.3	Samlet geologisk hændelseshistorie for Odense Vest-området	57
5.3.1	Baggrund	57
5.3.2	Geologisk hændelseskronologi	58
5.4	Modellering af RGM i GeoScene 3D.....	64
5.4.1	Indledning	64
5.4.2	Modellag	64
5.4.3	Profilnetværk.....	66
5.4.4	Generelle tolkningsprocedurer og retningslinjer	67
5.4.5	Vægtning af datatyper ved de geologiske tolkninger	68
5.4.6	Interpolation af tolkningsdata og fladejustering.....	68
5.4.7	Endelige lagflader.....	69

5.4.8	Tykkelser af modellag	71
5.5	Overordnet usikkerhedsvurdering af RGM-modellen	74
6.	Den hydrostratigrafiske model (HM)	77
6.1	Indledning.....	77
6.2	Resultater fra prøvepumpninger	77
6.3	Den hydrostratigrafiske lagserie	80
6.3.1	Hydrostratigrafiske lagflader i det hydrologiske modelområde.....	80
6.3.2	De hydrostratigrafiske lags egenskaber.....	84
6.4	Fokuspunkter for grundvandsmodelleringen	86
7.	Kvalitetssikring	89
7.1	Intern kvalitetssikring.....	89
7.2	Ekstern kvalitetssikring og godkendelse.....	89
8.	Referencer	91
9.	Bilag	95

1. Indledning

Den geologiske model er opstillet i pilotområdet, som dækker oplandet til VandCenter Syds kildepladser Bolbro og Eksercermarken vest for Odense by (Figur 1-1).



Figur 1-1: Fokusområdet for den geologiske modellering i Odense Vest

Modellen er opstillet som en traditionel lagmodel for lagene i undergrunden fra terræn og ned til den øverste del af Danienskalken ca. i kote -150 m. Modelleringen følger overordnet anbefalingerne i Geo-Vejledning 3 (Jørgensen m.fl. 2008), og er i overensstemmelse hermed opdelt i 3 trin:

- en geologisk forståelsesmodel
- en rumlig geologisk model
- en hydrostratigrafisk model

Anvendes der i denne rapport betegnelser som ”den geologiske modellering” eller ”den geologiske model”, så omfatter det modelleringen/modellen som helhed.

Omfanget og karakteren af de tre modeltrin er beskrevet i denne rapport. Ved udarbejdelsen af den geologiske model er der fokuseret på at skabe et solidt geologisk grundlag for efterfølgende numeriske modelleringer af grundvandets strømning i området, og søge at opnå en større detaljeringsgrad i den geologiske model end tidligere. Den seneste modellering i området er foretaget i forbindelse med VTU-projektet (Mielby m.fl. 2015, Sandersen m.fl. 2015) og modelarbejdet i Odense Vest tager således udgangspunkt i såvel den eksisterende model som anbefalingerne i rapporterne.

Ved den geologiske modellering er det tilstræbt at genanvende så meget viden som muligt fra det tidligere modelarbejde i området. Den geologiske model gengiver den geologiske lagserie, som den fremstår i geofysiske og geologiske data. De menneskeskabte lag (”de antropogene lag”) indgår ikke i den geologiske modellering, da kun en lille del af modelom-

rådet er dækket af bymæssig bebyggelse, og da denne type lag ikke kan ses i de geofysiske data og kun i meget begrænset omfang i områdets borer. De menneskeskabte lag kan senere modelleres; for eksempel som beskrevet i Pallesen & Jensen (2015), såfremt det på et senere tidspunkt vurderes påkrævet.

Modelleringen har taget udgangspunkt i eksisterende data og den eksisterende geologiske model i området. Ved modelleringen er det tilstræbt at opnå størst mulig detalje i de geologiske tolkninger indenfor de rammer, som datagrundlaget og den valgte modelleringsmetode har givet. Det har været hensigten, at den nye geologiske model for Odense Vest skulle kunne indsættes i den eksisterende geologiske model for Odense Kommune.

Outputtet fra Odense Vest-modelleringen består af tre dele:

- Nærværende rapport, hvor den geologiske forståelsesmodel er inkluderet, og hvor selve modelleringsarbejdet er beskrevet
- En digital version af den rumlige geologiske model for pilotområdet (udarbejdet i GeoScene 3D)
- En digital version af en samlet hydrostratigrafisk model for det hydrologiske opland for Odense Vest (udarbejdet i GeoScene 3D)

I rapporten er der fokuseret på at beskrive de overordnede overvejelser og beslutninger i forbindelse med den geologiske modellering. For at begrænse rapportens hovedtekst indeholder denne således kun overordnede beskrivelser og tolkninger, mens mere detaljerede beskrivelser er henlagt til bilag.

Denne rapport udgør afrapporteringen af det geologiske modelarbejde i WP1. I bilag 1 findes en kopi af Tids- og aktivitetsplanen for projektet, hvor projektets omfang og afvikling kan ses. Tids- og aktivitetsplanen har udgjort et internt styringsværktøj undervejs.

2. Strategi for modelarbejdet

2.1 Overordnet strategi

Formålet med den geologiske modellering er at danne et detaljeret grundlag for efterfølgende hydrologisk modellering af grundvandsressourcen (inkl. ressource-, oplands- og scenarieberegninger) samt for stoftransportberegninger i relation til muligt forurenende punktkilder indenfor kildepladsernes oplande.

Den seneste geologiske model for området udgøres af VTU-modellen fra 2015 (Mielby m.fl. 2015, Sandersen m.fl. 2015). Denne model blev opstillet som en overordnet geologisk model for hele Odense Kommune, hvor Naturstyrelsens eksisterende modeller blev genanvendt og samtolket med ny modellering i de områder, som ikke tidligere var modelleret. Kommunemodellen blev udført med en detaljeringsgrad, som afspejlede modelområdets størrelse. VTU-modellens hydrostratigrafi er oprettet med 9 lag svarende til DK-modellen for Fyn (Troldborg m.fl. 2010, Henriksen & Nyegaard 2003). På kommuneniveau kan modellen anvendes til ressourcevurderinger og klimascenarier for kommunen som helhed, men når der er behov for detailberegninger i delområder, kan det lokalt være nødvendigt at tilføje mere modeldetalje. Dette er tilfældet i Odense Vest, hvor der er ønske om at lave detaljerede modelberegninger indenfor et mindre område.

Som redegjort for i forbindelse med VTU-modellen, er kommunemodellen forberedt til, at der kan arbejdes i større detalje i udvalgte områder. Hvis der efterfølgende udføres geologisk detailmodellering, kan disse delområde-modeller efterfølgende "klippes ind" i VTU modelrammen (se Sandersen m.fl. 2015). Den nye, sammenstillede model vil således udgøre den nyeste og mest opdaterede version, som dermed reelt kan erstatte den eksisterende model. På denne måde vil en samlet model kunne rumme en varieret grad af detailrigdom.

Med projektets formål for øje har følgende overordnede strategipunkter for den geologiske modellering i Odense Vest pilotområdet indledningsvist kunnet rides op:

- Opstilling af en geologisk model, der kan udgøre en overordnet ramme for efterfølgende hydrologisk modellering
- Opstilling af en geologisk model, der har en højere grad af detalje end den eksisterende model
- Opstilling af en geologisk model, der genanvender eksisterende geologisk viden og tolkninger i så høj grad som muligt
- Opstilling af en hydrostratigrafisk model, som kan indpasses i den samlede model for Odense Kommune

2.2 Modelleringsstrategi for Odense Vest

For at opnå størst mulig detaljeringsgrad i den geologiske model er der på den ene side søgt at hente flere detaljer i de eksisterende data og på den anden side at indsamle nye, supplerende data. Men en forudsætning for at kunne omsætte den øgede detalje i data til øget detalje i modellen er, at der opnås en bedre geologisk forståelse af lagserien og den-

nes geologiske dannelse. Tidligt i modelleringen stod det klart (se Bilag 4), at det ikke var muligt at indsamle mere jordbaseret TEM eller flyve flere SkyTEM-linjer på grund af veje, kabler, bymæssig bebyggelse mv. Ligeledes stod det klart, at udførelse af flere MEP-undersøgelser måske nok ville gøre datadækningen i området som helhed bedre, men at det ikke nødvendigvis ville øge forståelsen af geologien. Derfor har strategien været at gå mere i dybden med de eksisterende data og så indsamle en mindre mængde nye data på nøje udvalgte lokaliteter, med det formål at opnå en bedre geologisk forståelse af området.

Strategien for modelleringsarbejdet har derfor været:

- at opnå et overblik over de eksisterende data, og herunder vurdere hvilke data, som er relevante for den geologiske model (prioritering)
- at opnå en højere grad af detalje ved at udsætte de højest prioriterede data for mere dybdegående vurderinger og tolkninger
- at opnå en højere grad af detalje ved at anvende målrettet indsamling af supplerende data
- at - på baggrund af ovenstående punkter - udarbejde en mere detaljeret dannelseshistorie for området og aktivt anvende denne ved modelleringen

Som nævnt i indledningen (Kap. 1), så er de generelle anbefalinger i Geovejledning 3 fulgt, men med den forskel, at hvor Geovejledningen anbefaler, at den rumlige geologiske model kun udføres i områder med god dækning, så er det i Odense Vest-modelleringen valgt at tolke den rumlige geologiske model ud i hele området – uanset datadækningen. Den væsentligste årsag til dette er den øgede geologiske forståelse af området, hvilket nærmere beskrives i de følgende kapitler.

3. Data

3.1 Strategi for dataindsamling og -vurdering

Dataindsamlingen i Odense Vest er foretaget med afsæt i dataindsamlingen for VTU-modellen fra 2015 (se kapitel 2), hvor en række data indenfor Odense Kommune blev indsamlet og vurderet (Kristensen m.fl. 2015). Forud for dataindsamlingen i Odense Vest blev der formuleret en strategi, som er vedlagt i bilag 2. I denne strategi er fokuspunkter og problemstillinger vedrørende data og geologiske forhold gennemgået, og forslag til en prioritetsrækkefølge for anvendelse af de enkelte datatyper blev opstillet:

- **Boredata:** Boredata prioriteres højest, fordi de mest direkte afspejler jordlagene.
- **Geofysiske data:** De geofysiske data udgør indirekte målinger af jordlagene og prioriteres derfor næst efter boredata.
- **Topografiske/morfologiske data:** LiDAR-data er detailmålinger af terrænoverfladen. Disse data er vigtige i udredningen af den geologiske dannelseshistorie i området, og selvom de kun repræsenterer jordoverfladen, prioriteres de rimeligt højt.
- **Prøvepumpningsresultater:** Prøvepumpningsdata udgør målinger af grundvandets trykforhold og strømning i undergrunden, og afspejler dermed indirekte jordlagenes opbygning og karakter. Disse data er derfor vigtige, men det prioriteres udelukkende at vurdere resultaterne af prøvepumpningsforsøgene, som de fremgår af afrapporteringerne.
- **Eksisterende 2D kort** (tolkede/aggregerede data): Eksisterende kort repræsenterer tidligere tolkninger, og disse vil blive inddraget i arbejdet, men mere som inspiration.

Ved dataindsamlingen i Odense Vest er der udarbejdet en dataliste (bilag 3), hvor de indsamlede data er opstillet med oplysninger om type, udførelsesår, operatør, rekvisit osv. På denne liste er også anført prioriteringen af det enkelte datasæt i fht. anvendelse i den geologiske modellering. De eksisterende geologiske/hydrostratigrafiske modeller, som udgør rammen for Odense Vest modelleringen, indgår ikke i ovenstående prioritering, men figurerer i datalisten. Ældre kortlægningsrapporter indgår også i datalisten sammen med en vurdering af de enkelte rapporters relevans for projektet.

I det følgende gennemgås de enkelte datatyper i den rækkefølge de er nævnt i datalisten bilag 3.

3.2 Eksisterende rapporter og litteratur

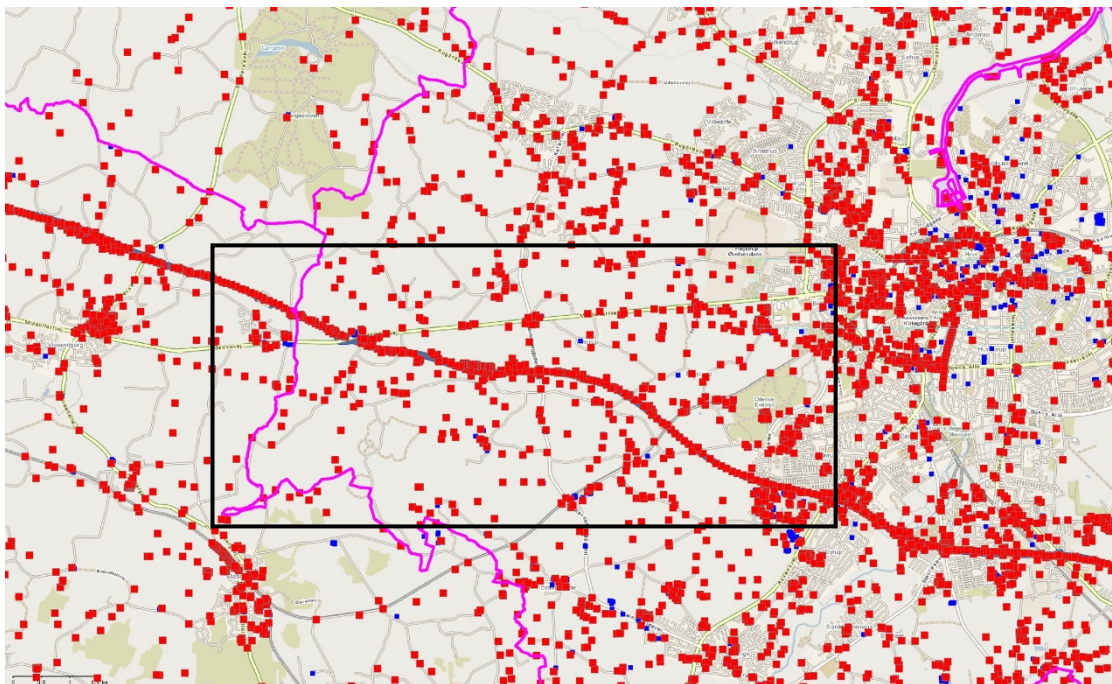
Indledningsvist i forbindelse med den geologiske modellering er der foretaget en søgning efter eksisterende litteratur og rapporter, som enten specifikt eller overordnet omhandler den geologiske opbygning i Odense/Odense Vest-området. Der er foretaget søgning i egne arkiver, i Google samt i GEUS' database over grundvandsrapporter. Der er fundet generel litteratur om de geologiske forhold på Fyn, samt en række relevante rapporter omfattende tekniske undersøgelser af undergrunden og grundvandet i og omkring modelområdet. Rapporterne, som er fundet i databasen over grundvandsrapporter fremgår af bilag 3, og i

bilag 5 er disse rapporter gennemgået med fokus på hvilke data, der er indsamlet og beskrivelser og tolkninger af geologien. Den indsamlede og anvendte litteratur fremgår af denne rapports referenceliste.

3.3 Boredata

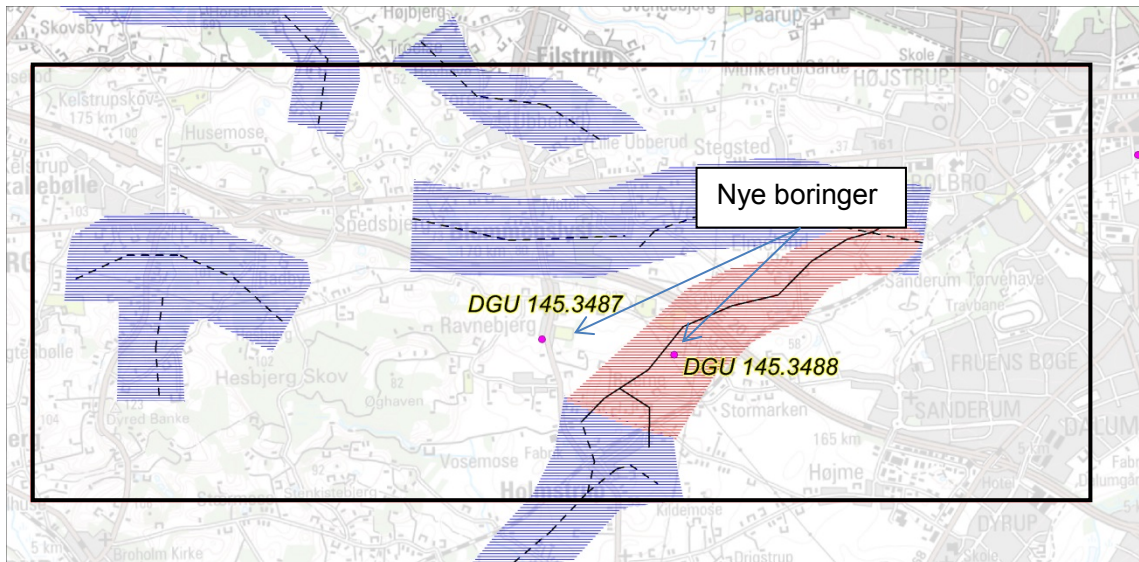
Som primært grundlag for den geologiske modellering er der anvendt boredata fra Jupiter-databasen (Figur 3-1). I VTU-projektet er der foretaget en vurdering af Jupiter-boredata fra hele Odense Kommune omfattende vurderinger af boringernes dybde, boringstæthed, litologisk information samt supplerende ikke-digital information relateret til boringerne (Kristensen m.fl., 2015).

Fra VandCenter Syd er der modtaget forskellige typer af boringsinformation (se bilag 3), hvor håndtegnede borejournaler i farver for alle VCS' boringer udgør den væsentligste del. Sort/hvid-versioner af disse ligger som PDF-filer i Jupiterdatabasen. Herudover er der modtaget eksempler på sigtekurver og ledebloktællinger. Sidstnævnte er dog ikke indsamlet for hele området, da det vurderedes, at arbejdet i forbindelse med disse datatyper ville blive for stort.



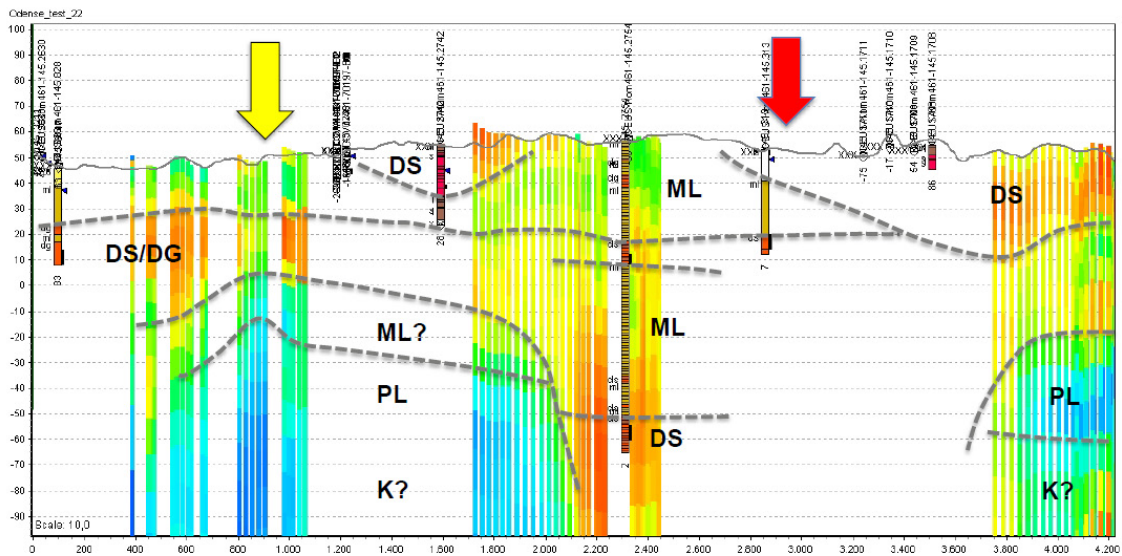
Figur 3-1: Boredata. Jupiterdata markeret med rød firkant; RS-boringer med blå. Modelområde er markeret med sort rektangel.

Boringer fra Region Syddanmarks Geo-Gis arkiv er hentet digitalt fra site hosted af I-GIS (Figur 3-1). Region Syddanmark har oplyst, at der kan ligge papir-materiale i andre arkiver, men disse er ikke indhentet.



Figur 3-2: Nyudførte borer i projektområdet; DGU nr. 145.3487 og 145.3488. Indtegnede skraveringer udgør kortlagte begravede dale i området jf. Sandersen & Jørgensen 2016. Modelområde er markeret med sort rektangel.

To nye borer (Figur 3-2) er blevet udført som en del af Odense Vest-projektet (se bilag 6). Borearbejdet blev udført af brøndborer A. Højfeldt A/S i august 2016. Boringernes formål har været at bidrage med litologiske oplysninger om lagserien henholdsvis indenfor og udenfor den NØ-SV-ligt orienterede begravede dal (Figur 3-3).



Figur 3-3: Foreløbigt geologisk profilsnit V-Ø gennem de planlagte borelokaliteter fra notat vedrørende forslag til supplerende undersøgelser (bilag 6). Gul pil angiver foreslået placering af DGU nr. 145.3487 og rød pil boring DGU nr. 145.3488.

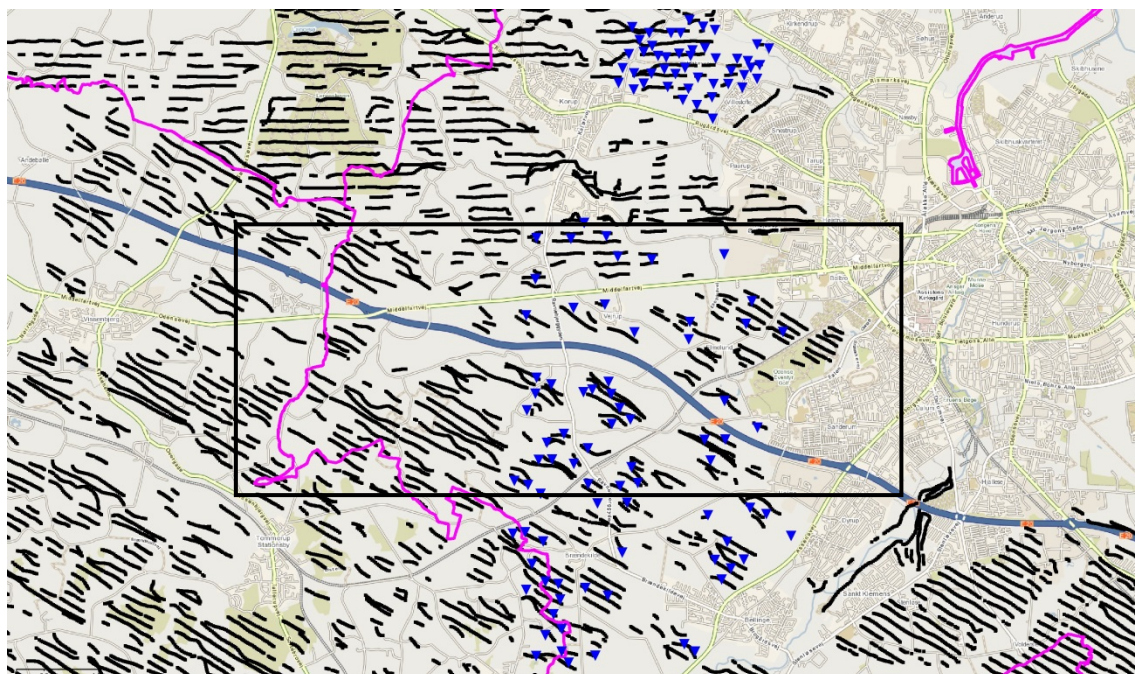
Boring DGU nr. 145.3487 blev ført til 79 m u.t., og jf. Figur 3-3 forventedes det, at prækvartæroverfladen blev nået i denne dybde. Dette var dog ikke tilfældet, og boringen blev stoppet i moræneler. Boring DGU nr. 145.3488 i den begravede dal blev ført til 124 m u.t. uden at dalens bund - og dermed prækvartæroverfladen - blev nået. Efter endt borearbejde blev borehulslogging udført af Orbicon. Borehulslogs er uploadet til Jupiter, mens prøvebeskrivelser fra GEUS' boreprøvelaboratorium i skrivende stund endnu ikke ligger i databasen. Litologien i borerne er manuelt indtastet i Jupiterformat og indgår derfor i modelleringen.

Sedimentprøver til fingrusanalyser blev udtaget af brøndboreren, og prøverne blev efterfølgende sendt til VIA Horsens, som har stået for fingrusanalyserne. Fingrusanalyser ville samtidigt også ske på prøver fra en række andre boringer i området (se beskrivelse senere).

3.4 Geofysiske data

SkyTEM/TEM:

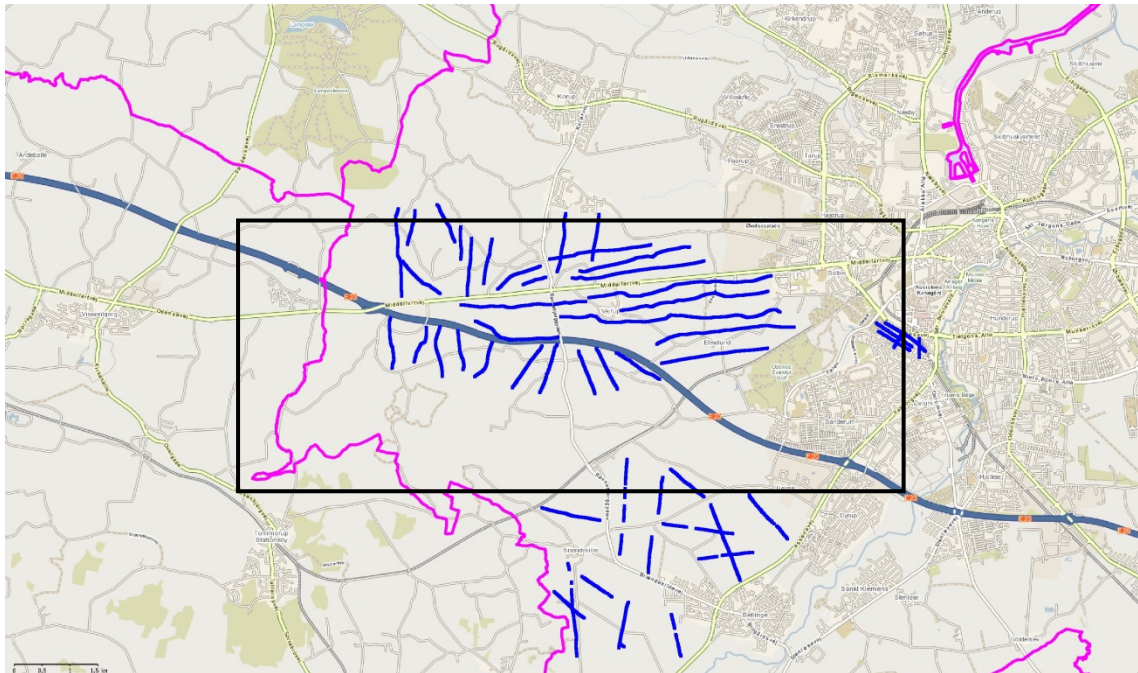
SkyTEM/TEM-data er downloadet fra GERDA-databasen og indlagt i GeoScene 3D (se Figur 3-4). 3D-grids og middelmodstandskort er genereret ud fra det samlede TEM/SkyTEM-datasæt ved hjælp af softwaren LNGeoDataStudio (udarbejdet af Lars Nebel).



Figur 3-4: SkyTEM fra Gerda-databasen (markeret med sort) og TEM40 markeret med blå trekant. Modelområde er markeret med sort rektangel.

MEP:

Der er udført MEP ved Dyrskuepladsen mod øst, Bellinge mod syd og ved Bolbro/Blommenslyst centralt i området. Disse tre datasæt er indlagt i GeoScene 3D som 1D data (Figur 3-5). Herudover er der udført to MEP-linjer ved Bolbro/Eksercermarken, men disse data kan ikke importeres i GeoScene3D.



Figur 3-5: MEP fra Gerda-databasen (markeret med blå linjer): Bolbro/Blommenslyst centralt i billedet, Bellinge mod syd og Dyrskuepladsen mod øst.

Anden DC-kortlægning:

Som vist på Figur 3-6 er der udført PACES og Schlumberger-sonderinger. Disse data er importeret i GeoScene3D. Ældre sonderinger og Wenner-profileringer og EM38 kortlægning ved Elmelund er ikke indlagt, da disse data ikke p.t. findes digitalt i Gerda.

Borehulslogs:

Borehulslogs er ikke indlagt separat i GeoScene 3D, men er blevet hentet fra Jupiter og inddraget undervejs i de geologiske tolkninger.

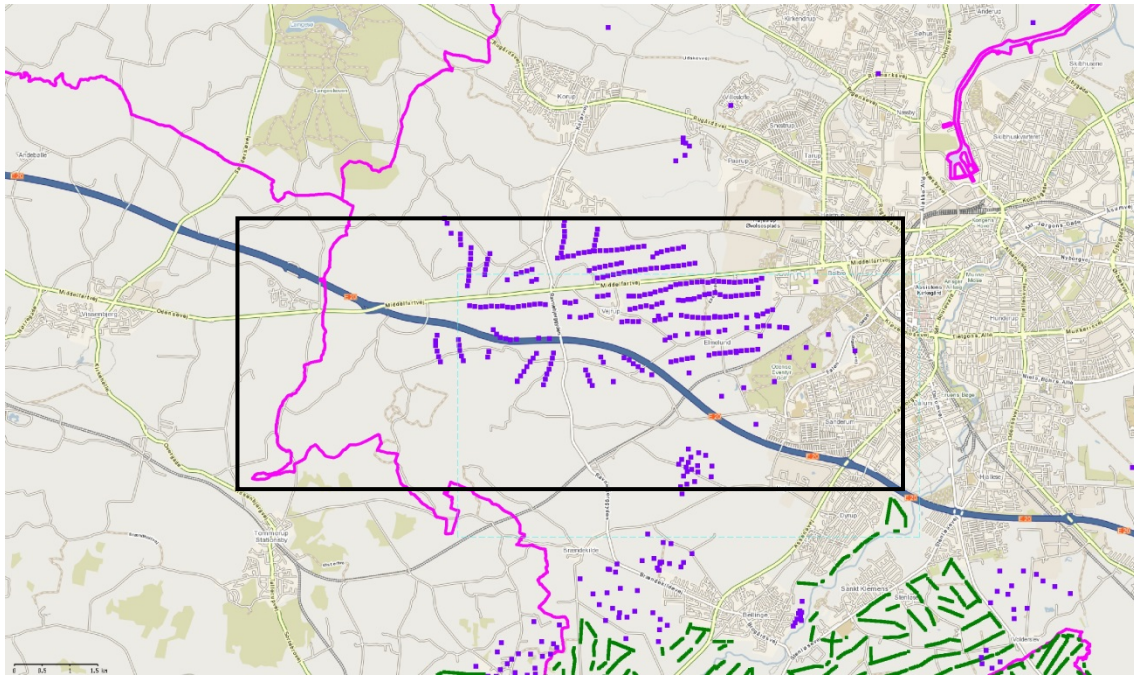
Seismik:

To seismiske linjer ved Blommenslyst (se bilag 3) er ikke indlagt i GeoScene3D, da SGY-filerne ikke umiddelbart kunne importeres. Herudover er der en koordinat-fejl på data, som gør at profilerne ikke vil placeres korrekt. Herudover er der udført en seismisk "test-kortlægning" ved Bolbro. Data ligger ikke i Gerda, og det er derfor kun rapporten fra test-kortlægningen, der anvendes. Seismikken er derfor kun anvendt "indirekte" i de geologiske tolkninger.

Andre data:

Data fra en Georadar-undersøgelse ved Dyrskuepladsen kan ikke indlægges i GeoScene3D, hvilket dog heller ikke er vurderet relevant. Der er udført gravimetrisk undersøgelse vest for Odense, men disse data er ikke på et format, der er kompatibelt med GeoScene3D.

EM38-kortlægning er udført ved Elmelund af Aarhus Universitet. Disse data dækker et begrænset område og kortlægger kun helt overfladenære lag og er derfor nedprioriteret.



Figur 3-6: PACES syd for modelområdet (markeret med grønne linjer), Schlumberger-sonderinger (markeret med lilla).

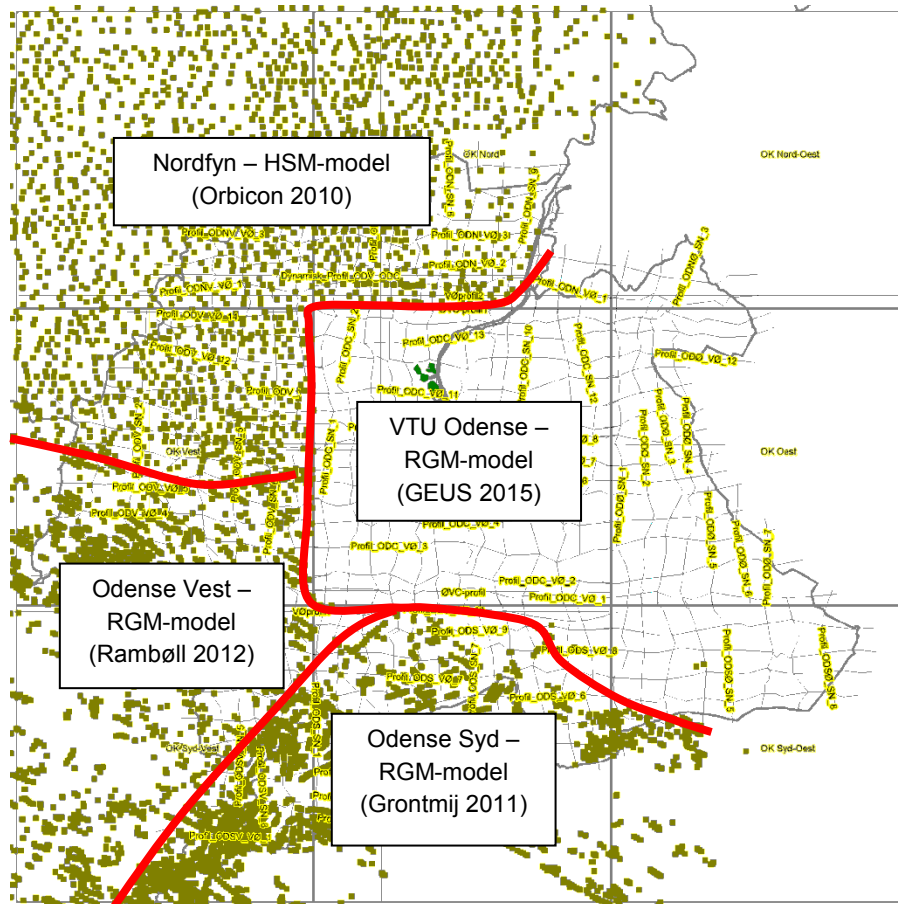
3.5 Prøvepumpnings- og pejledata samt potentialekort

Da der ikke har været planer om at retolke data og/eller revurdere rådata er data ikke indhentet. I stedet er de overordnede resultater og vurderinger af prøvepumpningerne fra rapporter inddraget i de geologiske tolkninger.

3.6 Topografiske, morfologiske og geologiske kort

LiDAR-højdemodeller er indhentet til brug for landskabsanalysen (se afsnit 5.1). Herudover er diverse topografiske kort og geologiske kort anvendt som baggrundsmateriale.

3.7 Eksisterende geologiske modeller



Figur 3-7: Udbredelse af eksisterende geologiske modeller i Odense Kommune. Grønne punkter illustrerer importerede tolkningspunkter fra eksisterende modeller til VTU-modellen. (Figur fra Sandersen m.fl. 2015).

VTU Odense-modellen (Sandersen m.fl. 2015) er den seneste og da den omfatter hele Odense Kommune og hermed dele af de tidligere 3D modeller i området (Figur 3-7) er det denne model, som er indhentet. VTU-modellen blev opbygget som en 9-lags hydrostratigrafisk model.

4. Geologisk forståelsesmodel

En geologisk forståelsesmodel (jf. Jørgensen m.fl. 2008), er en ikke-digital, beskrivende tekst, som samlet giver et rids af geologien i det aktuelle område, som den forventes ud fra tidligere undersøgelser. Hensigten med forståelsesmodellen er at give det bedst mulige grundlag for at udføre den efterfølgende geologiske modellering.

4.1 Eksisterende geologiske forståelsesmodeller

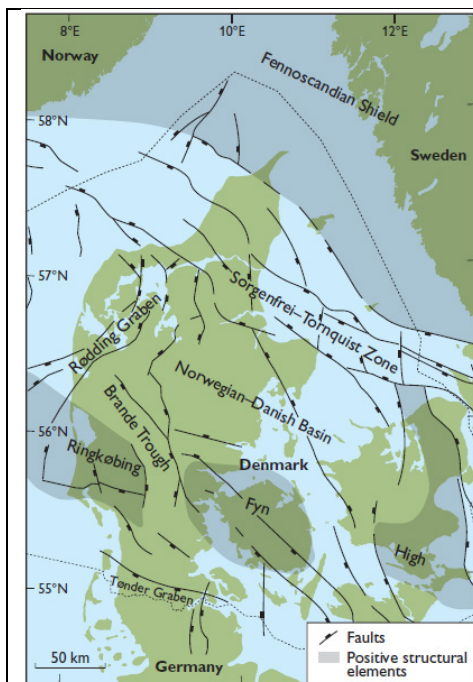
I forbindelse med tidligere undersøgelser og modelarbejde på Fyn er der udarbejdet flere geologiske forståelsesmodeller (f.eks. Rambøll 2012, Naturstyrelsen 2012a, 2012b, Orbicon 2010, Grontmij 2011, Sandersen m.fl. 2015). Den seneste forståelsesmodel er udarbejdet i forbindelse med "VTU-Odense modellen" (Sandersen m.fl. 2015), og fokuserer på de strukturelle rammer og lagserien fra Skrivekridtet (Øvre Kridt) og opefter. Odense Vest-området rækker ind over området dækket af VTU-modellen, og derfor vil der være store overlap mellem de to forståelsesmodeller. Den geologiske forståelsesmodel for Odense Vest, som beskrives i det følgende, vil derfor være baseret på VTU-Odense (Sandersen m.fl. 2015), men med speciel fokus på de lokale geologiske forhold i Odense Vest-området – herunder variationer i de overfladenære lag og forekomsten af begravede dale.

4.2 Geologisk opbygning af Odense Vest-området

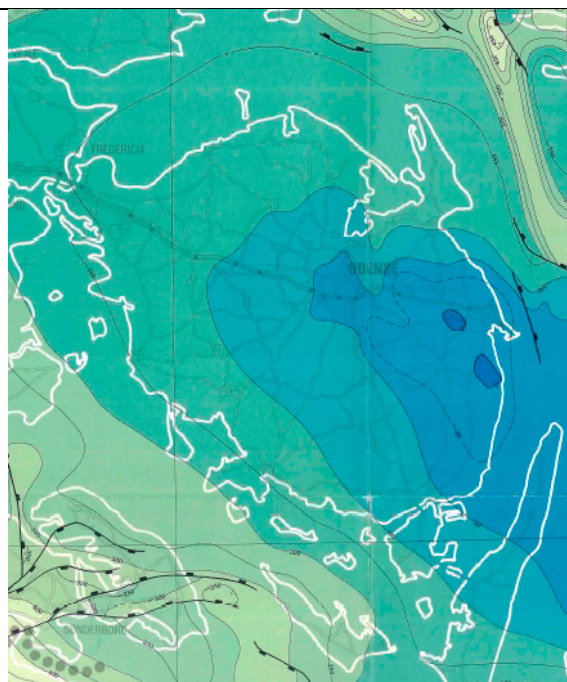
4.2.1 Strukturel ramme

Fyn er beliggende ovenpå en VNV-ØSØ til NV-SØ orienteret højderyg kaldet Ringkøbing-Fyn højderyggen (Figur 4-1). Højderyggens tilstedeværelse ses tydeligt i kalkoverfladens højdeforhold (Danienkalk/Skrivekridt) (Figur 4-2), hvor denne ligger med en hældning mod sydvest, vest og nord – væk fra den centrale del af Fyn. På Nordfyn er der i højderyggen kortlagt større, NV-SØ orienterede forkastninger (Figur 4-1). Kalken danner et NV-SØ højdedrag, hvori der er eroderet render såvel parallelt med som vinkelret herpå (Andrup 1960). Dette bekræftedes i undersøgelser ved Nyborg (Mielby & Sandersen 2005), hvor boringer og geofysik viste en stor fold i de prækvarterne aflejringer med en akse forløbende ca. NV-SØ. Aksen af folden var kippet mod NV i overensstemmelse med kalkoverfladens udformning og den prækvarterne lagserie var præget af sprækker og forkastninger med NV-SØ og NØ-SV som dominerende orienteringer.

Hvis de iagttagede forkastningsmønstre ved Nyborg sættes ind i det strukturelle billede for Fyn, vil man for den centrale del af Fyn kunne forvente sprækker og forkastninger i den prækvarterne lagserie med de to overordnede orienteringer omkring NV-SØ og NØ-SV.



Figur 4-1: Overordnede strukturelle elementer (fra Rasmussen m.fl. 2010)



Figur 4-2: Kalkoverfladens højdeforhold (TerBorch 1991). Mørk blå = kote 0 til +50m, lys blå = -50 m til 0, turkis = kote -50 til -100 m, grøn = kote -100 til -200 m.

4.2.2 Lagserien

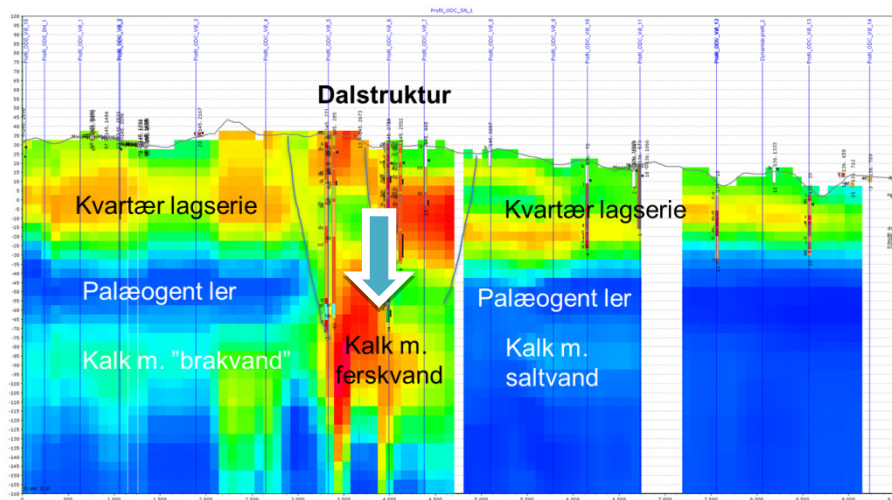
4.2.2.1 Prækvaltæret

Den del af den prækvaltære lagserie, som nås af vandforsyningsboringer i området, udgøres af Skrivekridt fra Øvre Kridt, og herover kalk fra Danien (Paleocæn) og ler/mergel fra Selandien (Paleocæn). Sidstnævnte udgøres hovedsageligt af Kertemindemergel.

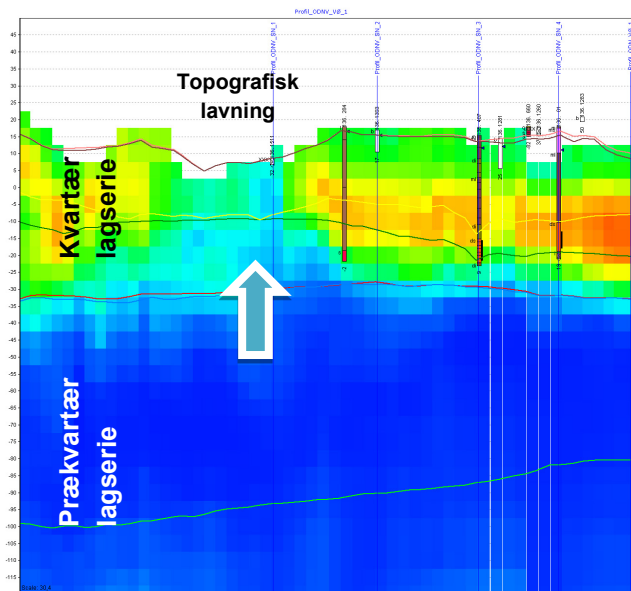
Skrivekridtet er en finkornet, hvid kalkbjergart bestående primært af skeletter fra kalkalger, og mørk flint forekommer som spredte knolde eller langs kridtets lagdeling (Thomsen 1995). Skrivekridtet er ca. 700 meter tykt på Fyn (DGU nr. 146.169 og 146.172). Ovenover Skrivekridtet følger Danienkalk, som kan være såvel hård som blød. Kalken er ofte udviklet som en bryozokalk, typisk bestående af bryozoaer i finkornet slam. Ved borearbejdet knuses flinten og kalken ofte, og derfor vil nuancer være svære at registrere (Watertech 2004). Danienkalken er ca. 50 m tyk.

Den paleocæne Kertemindemergel kan optræde som blød, grå/olivengrå mergel med varierende kalkindhold, til grå, forkislet og hård skifermergel. Der beskrives tit en vekslen mellem bløde og forkislede lag i samme boring eller i nærliggende boringer. De hårde, forkislede lag er ofte beskrevet som værende opsprækkede. Mod øst på Fyn haves indslag af grønsand/grønsandskalk med et indhold af glaukonit. Tykkelsen af det paleocæne ler varierer meget – stedvist er det helt borteroderet, mens det andre steder kan være op til omkring 35 m tykt.

I lighed med Nyborgområdet forekommer der salt porevand i store dele af kalken. Det paleocæne ler ligger ovenover kalken og forhindrer, at det salte grundvand opblandes med fersk grundvand ovenfra. Men hvor leret er opsprækket eller hvor dalstrukturer er eroderet ned gennem det paleocæne ler, kan der ske en transport af fersk vand til større dybde; se Figur 4-3. På steder, hvor der i stedet er en opadrettet trykgradient, vil det dybe, salte grundvand kunne stige opad, hvilket typisk kan ske ved topografiske lavninger, som vist på Figur 4-4. Her ses lave modstande helt til terræn i en lagserie, som burde vise langt højere modstande. På dette sted er trykket opadrettet, som illustreret ved pilen.



Figur 4-3: Nedadrettet transport af fersk grundvand i begravet dalstruktur. Eksempel fra VTU Odense modellen (Sandersen m.fl. 2015). Blå farver udgør lave elektriske modstande; orange/røde farver høje modstande. Pil angiver nedadrettet gradient.

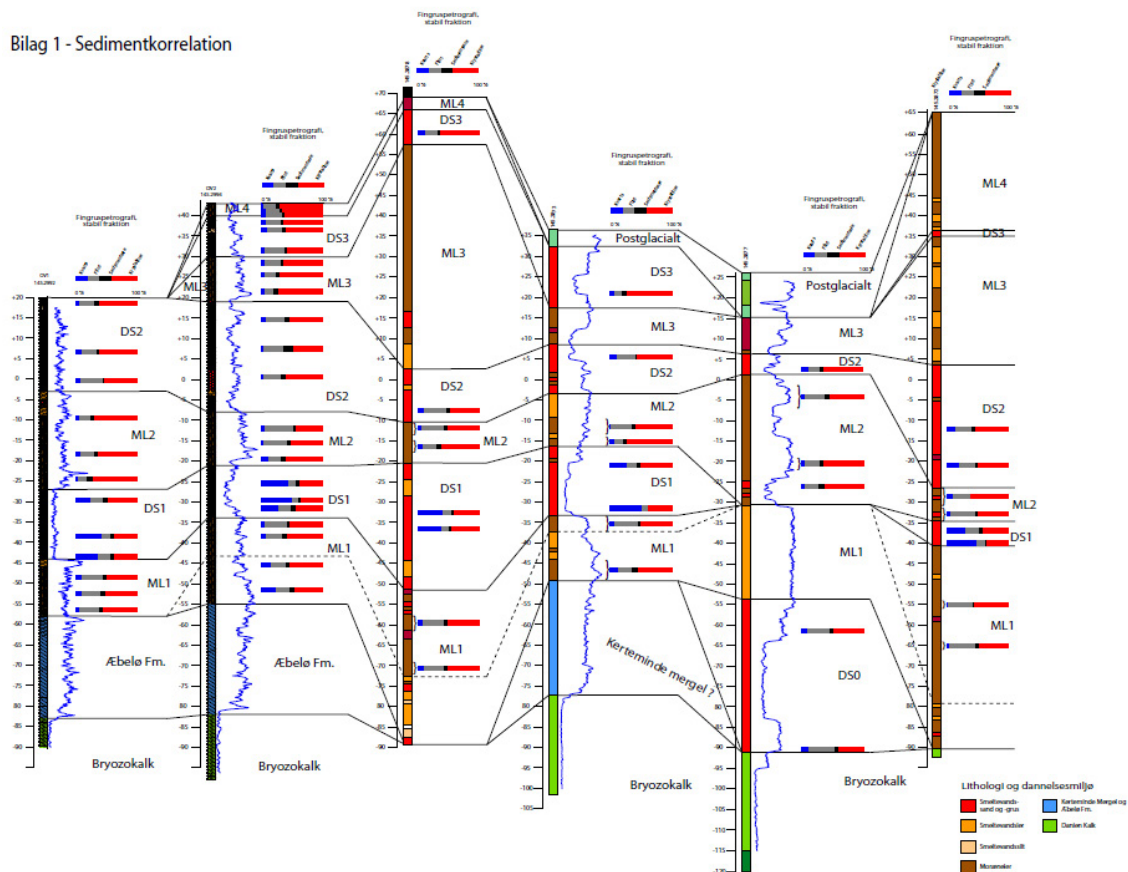


Figur 4-4: Opadrettet transport af salt porevand. SkyTEM-profil med borer fra VTU Odense modellen (Sandersen m.fl. 2015). Blå farver udgør lave elektriske modstande; orange/røde farver høje modstande. Pil angiver opadrettet gradient.

4.2.2.2 Kvartæret

De kvartære aflejringer er domineret af moræne- og smeltevandsaflejringer dannet under istiderne. Moræneler udgør en stor del af lagserien, mens der for smeltevandsaflejringer-nes vedkommende primært er tale om sandede lag.

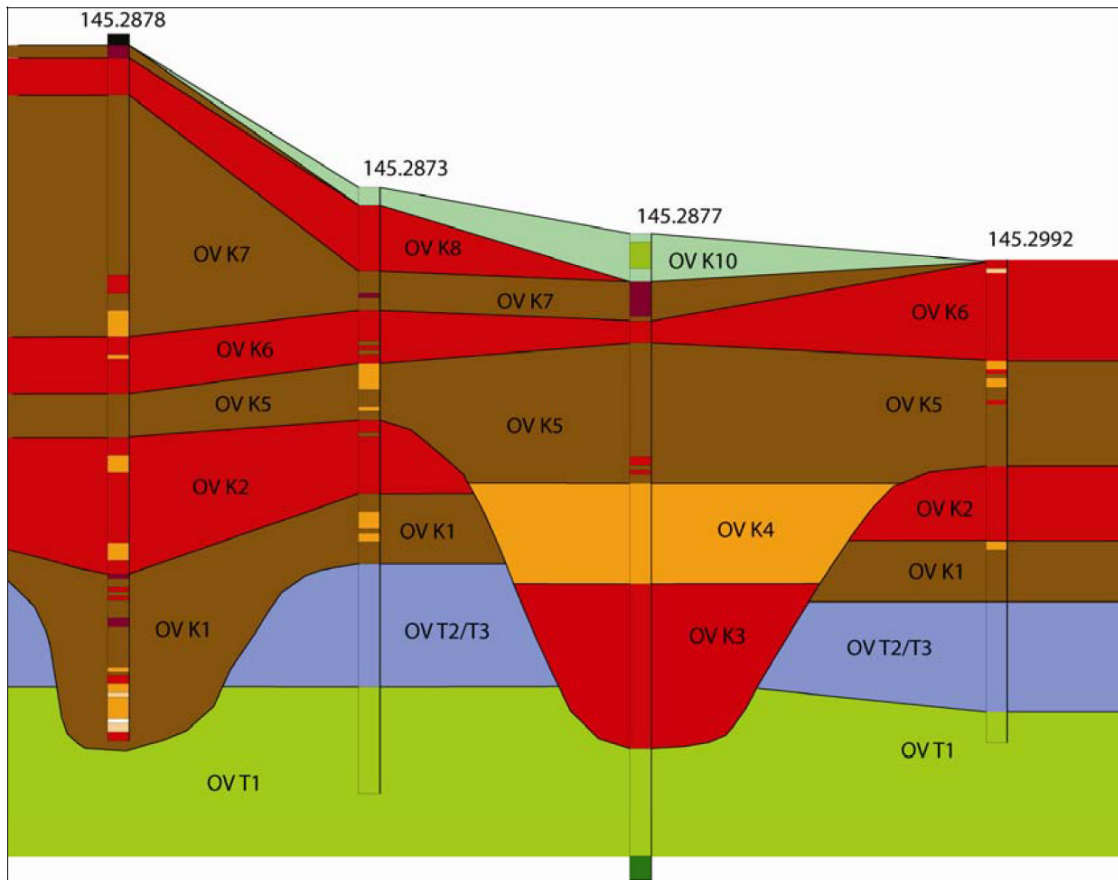
Rambøll foretog i 2010 en sedimentkorrelation baseret på fingrusanalyser (Rambøll 2010), som pegede på forskelle i sedimentpetrografen indenfor NST kortlægningsområdet Odense Vest (Figur 4-5). Tre af borerne er beliggende i begravede dale mellem Glamsbjerg og Tommerup, og der ses tolkning af væsentlige petrografiske forskelle dalene i mellem. Disse borer ligger dog langt fra fokusområdet i nærværende projekt, men såfremt dalenes aldre er sammenlignelige med dalene lige vest for Odense, vil en opdeling af lagserien på tilsvarende måde kunne tænkes. I Figur 4-6 er der på baggrund af sedimentkorrelationen optegnet en principskitse for lagserien i NST-kortlægningsområdet, hvor der ses en aldersforskel mellem de to dale, men også at hele området er dækket af en sammenlignelig lagserie (lagene OV K5, K6 og K7).



Figur 4-5: Sedimentkorrelation mellem seks borer i Odense Vest (Rambøll 2010). Enheden DS1 adskiller sig petrografisk fra øvrige kvartære enheder ved et stort indhold af kvarts.

Sandlagene adskiller separate moræner, og Rambøll (2012) konkluderede for deres modellering i "Odense Vest", at det ikke var muligt ud fra beskrivelserne at henføre specifikke dele af lagserien til kendte isfremstød i kvartæret. Samme konklusioner blev fremsat i Grontmij (2011) og Sandersen m.fl. (2015).

Sedimentkorrelationerne og de litologiske iagttagelser ved NST-kortlægningen i Odense Vest-kortlægningsområdet gav dog Rambøll (2012) anledning til at opstille en principlagfølge (Figur 4-7), hvor de enkelte lag tentativt blev henført til specifikke istider og isfremstød.



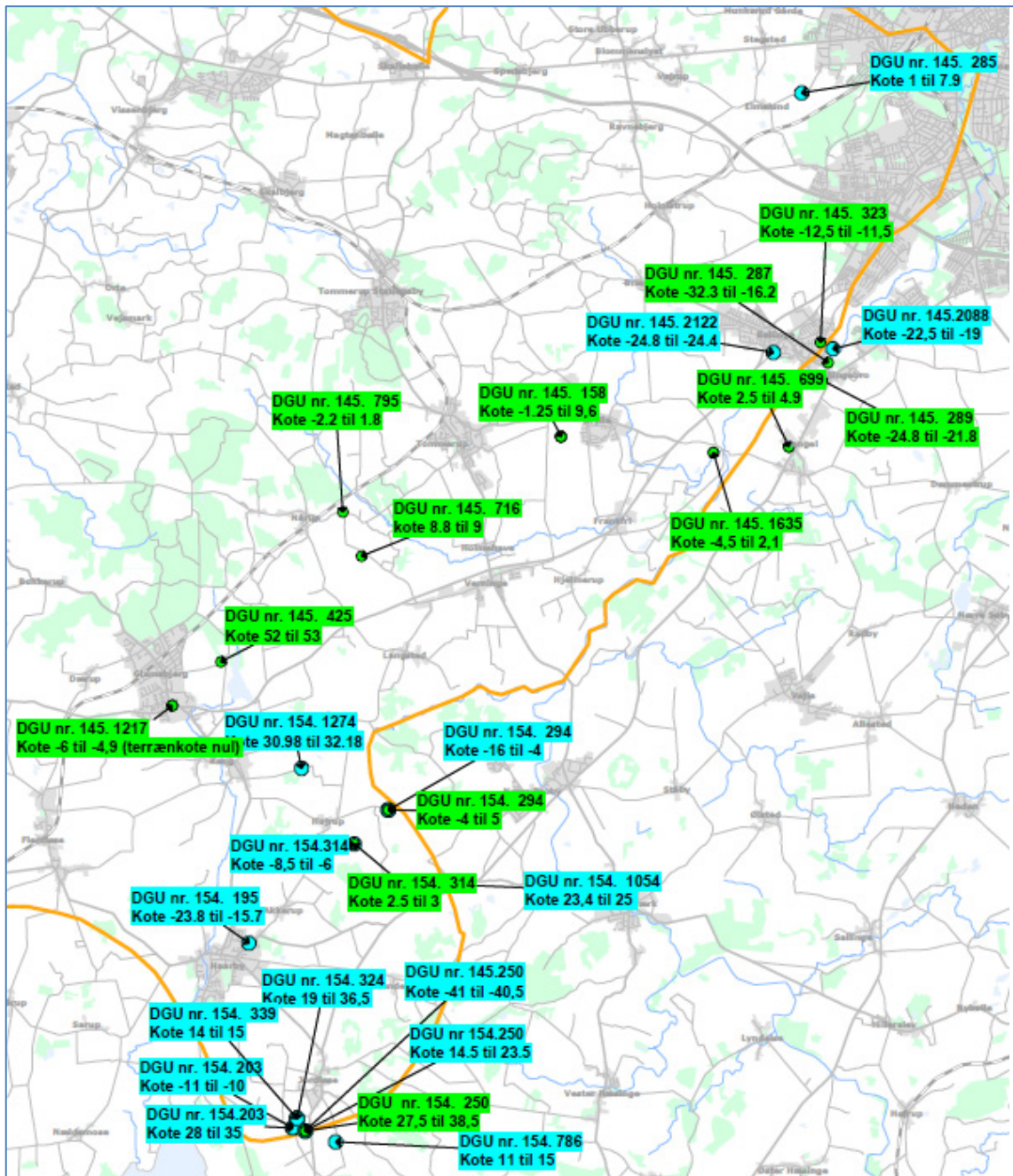
Figur 4-6: Principskitse for Odense Vest Kortlægningsområde (Rambøll 2012). Baseret på sedimentkorrelationen vist i Figur 4-5.

De dybe morænelerslag på Midtjylland ligger ofte i direkte kontakt med det underliggende paleocæne ler, og der kan derfor være tale om en væsentlig opblanding af de to lertyper (Grontmij 2011). Lerlagene kan derfor være svære at afgrænse i de geofysiske undersøgelser, da modstandsvariationerne er små.

I flere borer sydvest for Odense er der fundet interglaciale aflejringer, såvel marine som ikke-marine, og de fleste af dem ligger i et NØ-SV-strøg på tværs af Fyn (se Figur 4-8). Der er ifølge Jupiter fundet aflejringer fra såvel Eem som Holstein, og disse interglaciale aflejringer repræsenterer sandsynligvis fyld i et gammelt, bredt dalstrøg på tværs af Fyn (se lokalitet ODE2 Bellinge i Sandersen & Jørgensen 2016). Boring DGU nr. 145.285 ved Elmelund lige vest for Odense viser ifølge Jupiter interglacialt/interstadialt saltvandsler i kote +1 til +7,9 m, men laget er i brøndborerbeskrivelsen beskrevet som "Blåler, fed", hvilket ikke peger på en interglacial marin oprindelse. Heller ikke DGU/GEUS' beskrivelse som "Ler, finsandet, gråt" peger i denne retning. Der er derfor sandsynligvis tale om en fejl i Jupiters digitale data. Fejlen er pr. 27.07.2016 rettet i Jupiter-databasen.

Forventet principlagsøjle /4/ Sedimenter, miljø, tektonik	Lagnr. DK-model /4/	Rumlige geologiske model for Odense Vest Modellag
Smeltevandsler, meltout till eller senglacialt smeltevandssand fra afsmeltning af dødis	1-2	Modelleres ikke direkte. Defineres af terræn og Top_Sand 1. Modelleres i hydrostratigrafisk model.
Smeltevandslag fra det Ungbaltiske fremstød	3	Sand 1: Defineres af Top_Sand 1 og Bund_Sand 1. Korrelation med det Ungbaltiske fremstød er sandsynlig men ældre smeltevandsaflejringer kan evt. være inkluderet i laget.
1-2 tills fra det Ungbaltiske fremstød.	4	Modelleres ikke direkte. Defineres af Bund_Sand 1 og Top_Sand 2. Modelleres i hydrostratigrafisk model.
Smeltevandslag fra Hovedfremstødet eller det Ungbaltiske fremstød	5	Sand 2: Defineres af Top_Sand 2 og Bund_Sand 2.
1-2 tills fra Hovedfremstødet	6	Modelleres ikke direkte. Defineres af Bund_Sand 2 og Top_Sand 3. Modelleres i hydrostratigrafisk model.
Smeltevandslag fra det Gammelbaltiske fremstød eller Hovedfremstødet	7a	Sand 3: Defineres af Top_Sand 3 og Bund_Sand_3. Korrelation med Hovedfremstødet meget usikker. Korreleres med OV K2 i sedimentkorrelation for Odense Vest /11/.OV K2 har markant højt indhold af kvartskort i fingrusfraktionen 2-4 mm og foreslås at være Saale eller ældre.
1 till fra det Gammelbaltiske fremstød	8a	Modelleres ikke direkte. Defineres i princippet af Bund_Sand 3 og Top_Sand 4, men da Sand 4 kun er erkendt i ganske få punkter kan laget ikke modelleres i praksis.
Smeltevandslag fra Gammelbaltiske fremstød	7b	(Sand 4): Defineres af Top_Sand 4 og Bund_Sand 4. Er kun erkendt i ganske få punkter og derfor ikke modelleret.
Flager af det Blanke ler og Cyprinaler (Eem)		Ikke modelleret rumligt. Optegnet kort med flager (bilag 4.9).
En eller flere tills (Saale)	8b	Modelleres ikke direkte. Defineres sammen med 8a og 8c af Bund_Sand 3 og Top_Pal. Modelleres i den hydrostratigrafiske model (sammen med 8a, 8c og 9a-9b).
En eller flere tills (Elster)	8c	Modelleres ikke direkte. Defineres sammen med 8a og 8b af Bund_Sand 3 og Top_Pal. Modelleres i den hydrostratigrafiske model (sammen med 8a, 8b og 9a-9b).
Kerteminde Mergel Fm.	9a-9b	Palæocæn ler/mergel: Defineres af Top_Pal og Top_Kalk. Indeholder Karteminde Mergel og Æbelø Fm. samt Røsnæs Ler/Lillebælt Ler.
Danien Kalk Fm.	9c	Kalk: Defineret af Top_Kalk. Bund ikke defineret i den rumlige geologiske model.
Skrivekridt	10	Inkluderet i Kalk .

Figur 4-7: Princip-lagsøjle for NST-kortlægningsområde "Odense Vest", samt korrelation med lag i DK-modellen og resulterende lag i den rumlige geologiske model for Odense Vest. Fra Rambøll (2012).

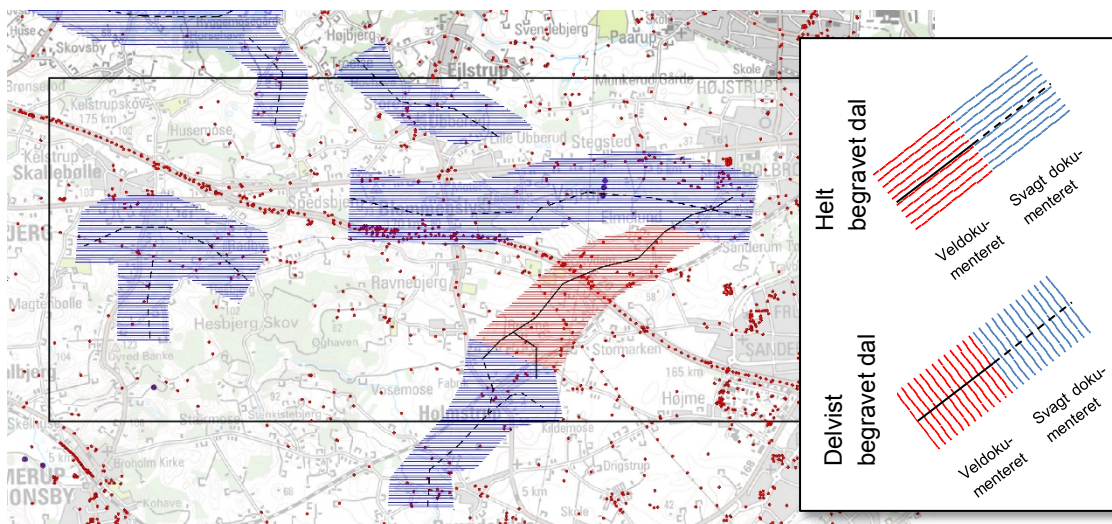


Figur 4-8: Interglaciale aflejringer i borerer indenfor NST-kortlægningsområde Odense Vest (Ram-bøll 2012). Interglaciale ferskvandsaflejringer er markeret med grøn og marine aflejringer er marke-ret med blå.

4.2.2.3 Begravede dale

Som en del af projektet *Kortlægning af begravede dale i Danmark* (Sandersen & Jørgensen 2016; www.begravede-dale.dk), er der udpeget enkelte dale indenfor Odense-området (Figur 4-9). De begravede dale er tolket at være dannet som tunneldale af smeltevandsstrømme under højt tryk ved bunden af istidernes gletschere.

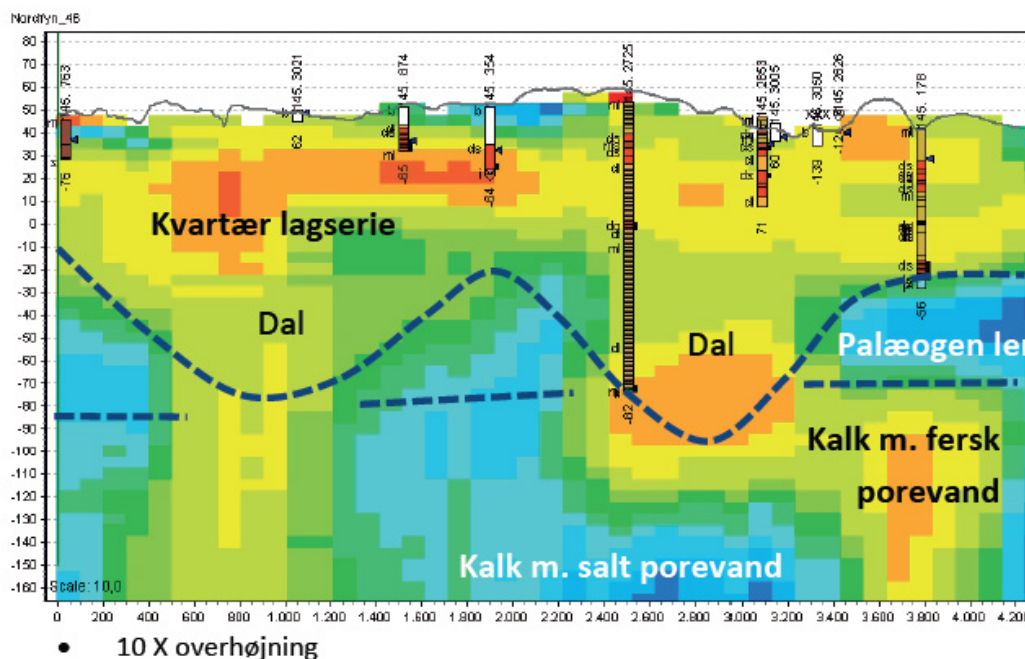
I Odense Vest-området er der tolket to begravede dale (lokalitet ODE21) – primært udpeget på baggrund af SkyTEM-data suppleret med boredata:



Figur 4-9: Kortlagte begravede tunneldale i Odense Vest (Sandersen & Jørgensen, 2016)

NV

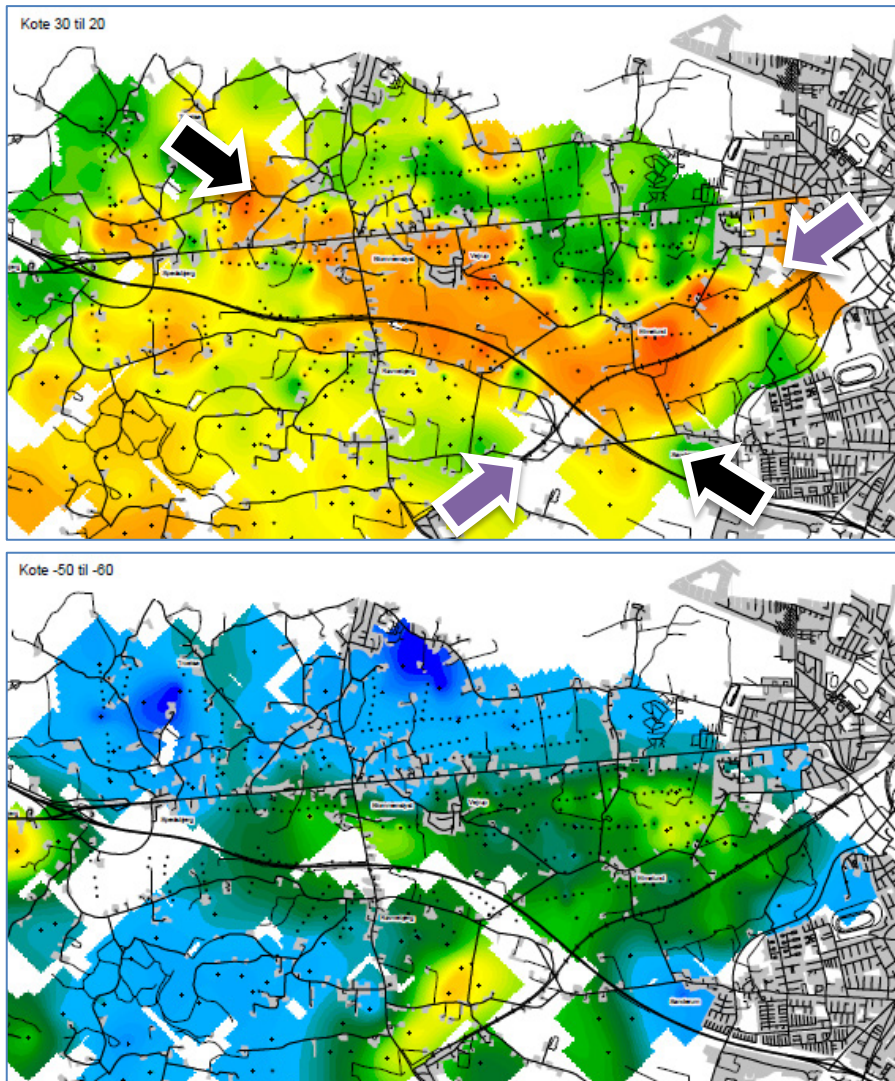
SØ



Figur 4-10: Tværsnit gennem begravede dale i Odense Vest (Sandersen & Jørgensen 2016)

Den ene er en NØ-SV orienteret dal mellem Holmstrup og Bolbro, som er eroderet ned i Kertemindemergelen og dalens bund når flere steder gennem mergelen og ned til Danienskalken sandsynligvis dybere end kote -70 m (til højre på profilet i Figur 4-10). Strukturen erkendes bedst i intervallet mellem kote -30 m og kote -70 m. I boring DGU nr. 145.178, som er beliggende få hundrede meter syd for strukturen viser, at der allerede i kote -25 m findes paleocænt ler (Kerteminde Mergel). Dalfyldet består ifølge borerne DGU nr. 145.271, 145.2725, 145.2834 og 145.2844 af moræneler og smeltevandsler, men da de elektriske modstande af fyldet i dalen overvejende er høje, forventes det, at der er tale om varierende litologi. Fra Holmstrup og sydvestover til Brændekilde fortsætter højmodstands-

strukturen i SkyTEM-data tilsyneladende, men forløbet er diffust og boringsdækningen er begrænset.



Figur 4-11: Middelmodstandskort kote +30 til +20 m (øverst) og kote -50 til -60 m nederst. Baseret på MCI-inversion (COWI 2006). Blå til grønne farver angiver lave, mens gule til røde farver angiver høje elektriske modstande.

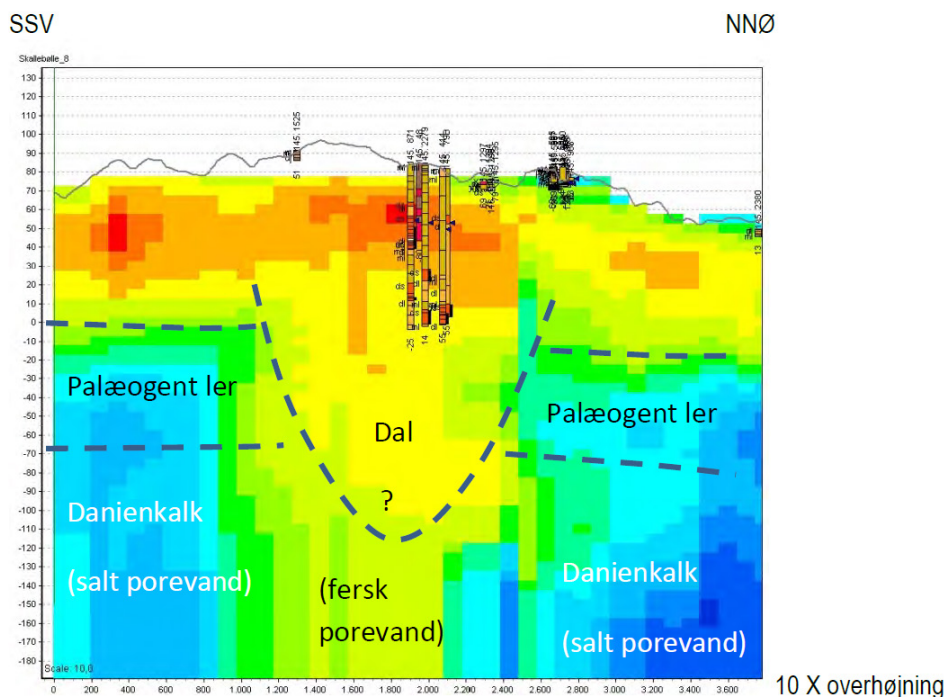
Fra Bolbro til Blommenslyst er der kortlagt en Ø-V orienteret dal (til venstre på profilet i Figur 4-10). Dalen er eroderet ned i Kertemindemergelen, og sandsynligvis fortsætter den mod øst ind under Odense by. Boringer indenfor dalen viser kvartære aflejringer af veksellende moræneler, smeltevandsler og smeltevandsand og -grus ned til ca. kote -65 m, hvor paleocænt ler anbores (fx DGU nr. 145.2755). Muligvis er der tale om flere erosioner i et samlet Ø-V orienteret dalstrøg. Prøvepumpninger bekræfter tilstedeværelsen af "kanalsystemer", idet der er konstateret lokale hydrauliske barrierer (Watervision 2003).

I forbindelse med en geofysisk kortlægning vest for Odense (COWI 2006), er der indsamlet og samtolket flere forskellige typer data. Der er bl.a. foretaget en såkaldt MCI-inversion af data, hvor Schlumberger-sonderinger, TEM sonderinger (40X40) og boringer er inddraget. I Figur 4-11 er vist to middelmodstandskort fra denne kortlægning – henholdsvis fra den øvre og den nedre del af lagserien. I de dybe dele ses tydeligt de to dale, som er beskrevet

ovenfor. Disse dale kan ses som separate strukturer fra ca. -80 – og op til ca. kote -10. I kote-niveauer herover ser det umiddelbart ud som om de to dale løber sammen i et, relativt veldefineret strøg med høje elektriske modstande, som består af et NØ-SV (lilla pile) og et SØ-NV segment (sorte pile) (orange/røde farver; se øverst på Figur 4-11). Den del af højmodstandsstrukturen, som er orienteret SØ-NV er dog ikke sammenfaldende med den dybtliggende Ø-V orienterede dalstruktur.

Syd og sydvest for Korup er der kortlagt to NØ-SV orienterede dale og en ØSØ-VNV orienteret dal på baggrund af SkyTEM-data, og det er sandsynligt, at der er tale om en vis sammenhæng dalene imellem.

Ved Skallebølle vest for Odense er der kortlagt to dalstykker med henholdsvis omtrentlig Ø-V og N-S orientering (se Figur 4-9). Dalene er eroderet ned i en god elektrisk leder, som jf. boredata udgøres af palæogen ler. Dalene er udfyldt af lag med høje til moderat høje elektriske modstande, som sandsynligvis udgøres af kvartært sand og ler. Der er ingen boringer, der når dybt ned i dalene (se Figur 4-12). Dalenes dybde kendes ikke. I den nordlige del af Odense Vest modelområdet ses nogle dalstykker ved Ejlstrup (Figur 4-9). Dalene er eroderet ned i palæogent ler og har en højere elektrisk modstand end denne (Sandersen & Jørgensen 2016). Det er sandsynligt, at dalene ved Skallebølle og Ejlstrup har en vis sammenhæng med dalene mod øst og sydøst.



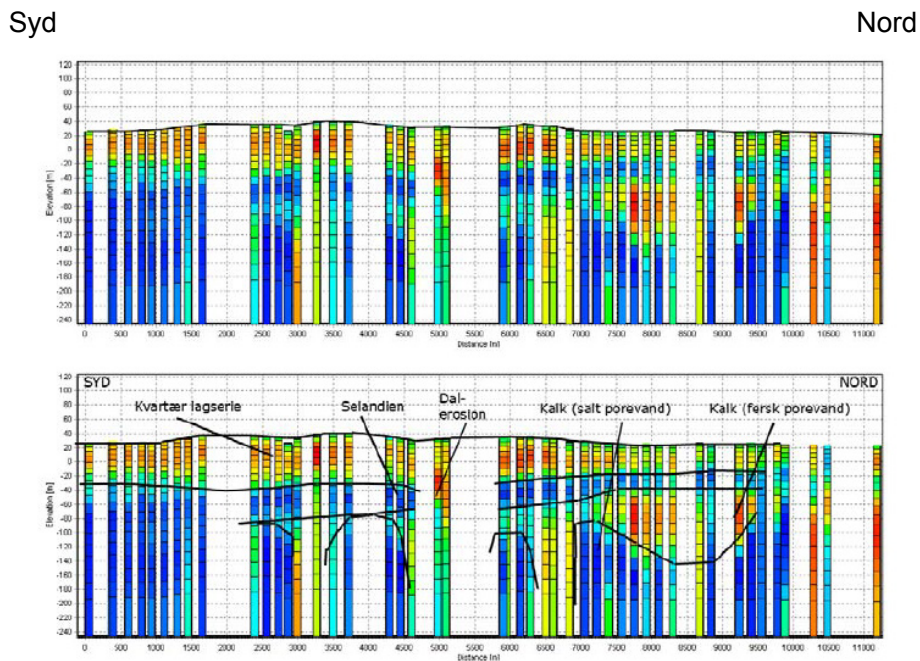
Figur 4-12: Tværsnit gennem begravet dal ved Skallebølle (ODE10; Sandersen & Jørgensen 2016)

Ved lokaliteten ODE2 (Bellinge) er der fundet interglaciale aflejringer indenfor koteintervallet ca. -15 til -35 m. Ovenover de interglaciale aflejringer findes moræneler og smeltvandssand, og lagene kan derfor sandsynligvis henføres til enten Eem eller Holstein interglacial. Ved Fangel, 2 km mod syd (lokalitet ODE25), findes der interglacialt ferskvandsler sandsynligvis fra Eem interglacial. Ved denne lokalitet er der tolket en helt begravet og et

par delvist begravede dale. Bortset fra helt mod nordøst, hvor dalen muligvis er eroderet ned i Danienkalken, er der ikke tale om dybe erosioner ned i prækvartæret.

4.2.2.4 Overordnet opbygning af lagserien i Odense-området

Den overordnede opbygning af lagserien i Odense-området er skitseret på Figur 4-13 (Grontmij 2011), som viser et S-N orienteret SkyTEM-profil syd for Odense by; Odense by er beliggende til højre på profilet. Nederst på profilet ses kalken, som nogle steder er fersk og andre steder har et højt indhold af salt porevand, hvilket ses som henholdsvis gul/orange/røde og blå/grønne farver i SkyTEM-data (henholdsvis høje og lave elektriske modstande). Koten for toppen af kalken stiger mod nord, hvilket også gælder for overfladen af det paleocæne ler ovenover (lave modstande; blå farver). Det paleocæne ler aftager samtidig i tykkelse mod nord, og stedvist er lagene helt eller delvist borte/eroderede, f.eks. i forbindelse med de dybe dalerosioner (se midt på profilet). Sydligst på profilet kan den prækvartære lagserie ikke opløses i SkyTEM-data, da tykkelsen af ler/mergellagene er stor og da kalken indeholder salt porevand, hvilket samlet set giver sig udslag i lave elektriske modstande (blå farver).



Figur 4-13: Skitse af geologisk opbygning langs et S-N SkyTEM-profilensnit syd for Odense by. Det øverste profilsnit er samme profil uden geologiske tolkninger. (Høje elektriske modstande ses som røde/gule farver, mens lave ses som blå/grønne farver). Fra Grontmij 2011.

De paleocæne lag af ler og mergel er varieret opbygget og det er generelt vanskeligt at afgøre ud fra såvel boredata som SkyTEM-data, hvilke dele af lagene, der er så opsprækkede og dermed permeable, at de udgør et grundvandsmagasin (Sandersen m.fl. 2015, Rambøll 2012, Grontmij 2011). De sikreste tegn på tilstedeværelsen af fersk porevand i de paleocæne ler/skiferlag er moderate elektriske modstande og boreriger med filtersætninger i hele eller dele af det lerede/skifrede interval.

Den kvartære lagserie varierer i tykkelse; toppen af de prækvartære aflejringer stiger mod nord samtidig med, at terrænet generelt falder i kote, og det betyder, at den kvartære lag-

serie generelt er tyndest mod nord og tykkest mod syd. Den eneste afvigelse fra dette er de steder, hvor dyb kvartær erosion i de begravede dale har fjernet det paleocæne ler og noget af kalken/kridtet.

4.2.3 Områdets geologiske udviklingshistorie

Den følgende, kortfattede beskrivelse af den overordnede geologiske udviklingshistorie er i store træk gengivet fra VTU Odense-rapporten (Sandersen m.fl. 2015).

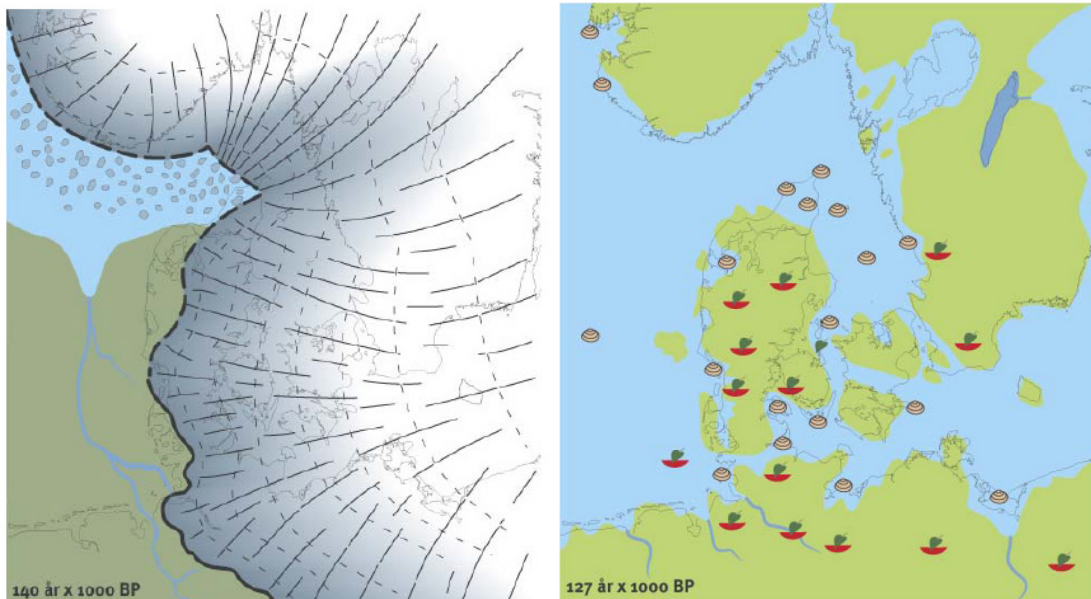
Da Skrivekridtet blev aflejret i Øvre Kridt, var Fyn placeret midt i et varmt, dybt hav, som dækkede store dele af Nordvesteuropa (Thomsen 1995). Den store produktion af alger med kalkskelletter kombineret med en meget lille tilførsel af materiale fra landområderne medførte aflejring af meget tykke lag af Skrivekridt. I starten af Danien aftog vanddybden og havets udbredelse blev indskrænket. Op gennem Danien steg havspejlet dog gradvist igen, hvilket betød aflejring af forskellige typer kalk og kridt med store lokale og regionale variationer primært på grund af ændringer i vandstanden. Mod slutningen af Danien rykkede kysten mod syd, og erosion af landområderne førte ler og kalk med ud i bassinet, hvorved der dannedes mergel (Kertemindemergel) i de dybere dele og grønsandskalk i de mere kystnære dele.

Mellem Kertemindemergelen og de kvartære aflejringer er der et hul i lagserien på mere end 50 millioner år. Efter aflejringen af Kertemindemergelen blev der aflejret store mængder af marint ler gennem Tertiærtiden, men på grund af perioder med erosion er disse aflejringer nu fjernet. I den yngste del af Tertiæret var Fyn tørlagt og i perioder placeret ganske kystnært, og kun ved Lillebælt kan der i dag findes rester af disse aflejringer (Rasmussen m.fl. 2010).

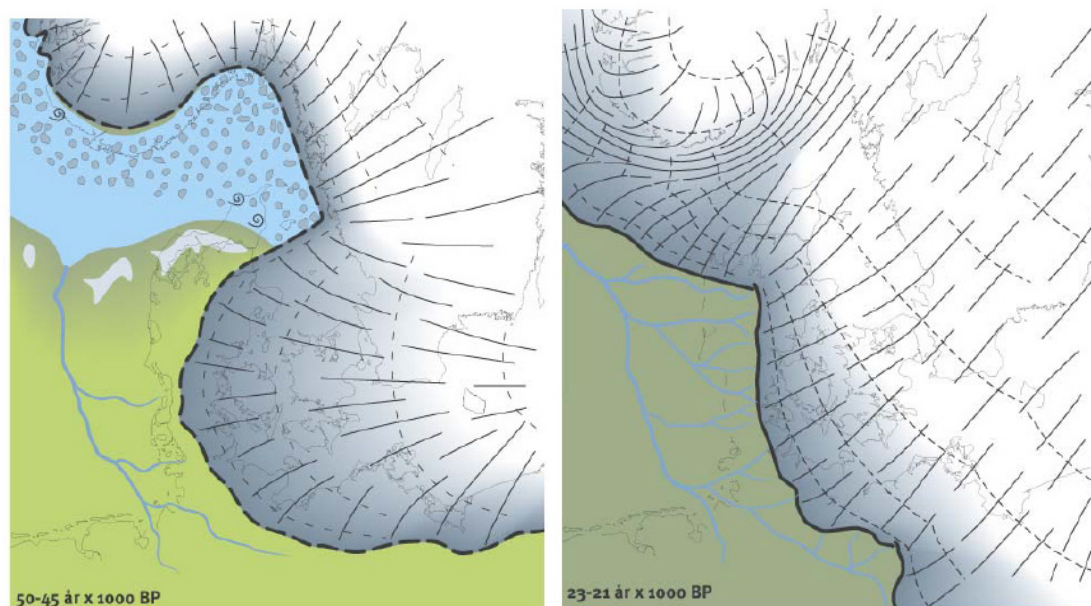
Op mod afslutningen af Tertiærtiden begyndte iskapperne ved polerne at bygges op, havspejlet faldt, og Fyn lå hen som landområde. Klimaet blev koldere og i Kvartæret fulgte gentagne nedisninger, hvor det danske område blev overskredet af gletschere fra nordlige og østlige retninger.

De gentagne isoverskridelser skabte den komplicerede kvartære lagserie vi ser i dag, men på grund af erosion og deformation fra efterfølgende isoverskridelser er vidnesbyrd fra de ældste istider og mellemistider generelt sparsomme. Ud fra undersøgelser af lagserien i Danmark kan en sandsynlig hændeshistorie gennem kvartæret opridses, og der vil i det følgende fokuseres på de seneste hændelser, som de er beskrevet i Houmark-Nielsen m.fl. 2005. Det er disse sidste isfremstød, der har sat sit største præg på terrænet og de overfladenære aflejringer i Odense-området.

Saale istidens sidste, store isfremstød (Warthe) skred ind over Fyn fra østlige retninger, og isens maksimale udbredelse har sandsynligvis været i nærheden af Jyllands nuværende vestkyst (Figur 4-14). I Eem mellemistiden var Danmark isfrit og havet trængte stedvist ind i landområderne i smalle fjorde (Figur 4-14).

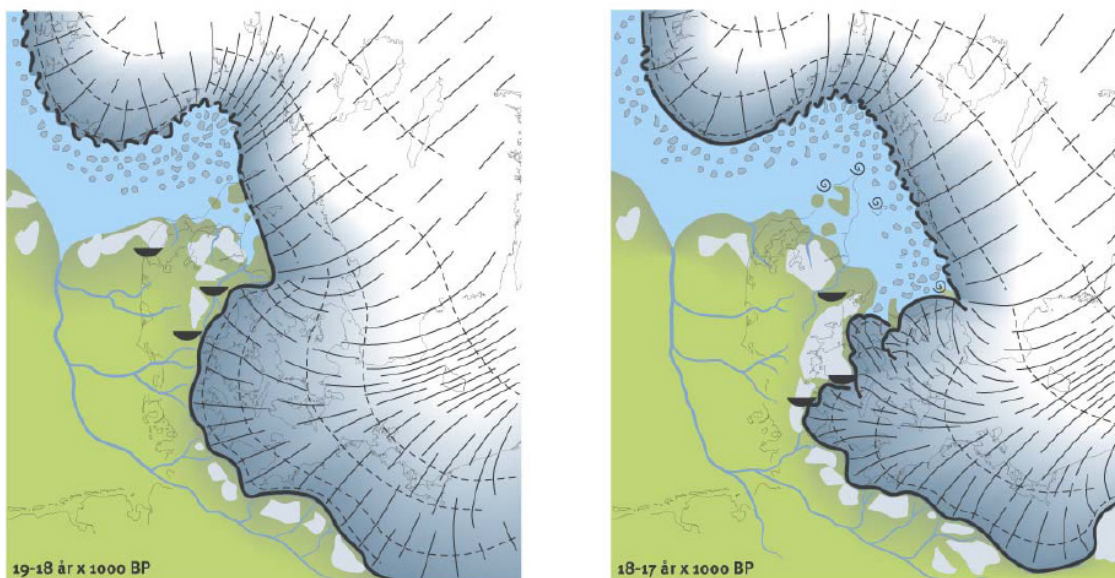


Figur 4-14: Saale istidens Warthe isfremstød; til venstre, og fordelingen mellem hav og land i den efterfølgende Eem mellemistid; til højre (Fra Houmark-Nielsen m.fl. 2005)



Figur 4-15: Isens udbredelse under det Gammelbaltiske Isfremstød/ Ristinge Fremstødet for 50.000 til 45.000 år siden; til venstre, og under Hovedfremstødet for 23.000 til 21.000 år siden; til højre (Fra Houmark-Nielsen m.fl. 2005).

Landet tørlagdes herefter og først efter mere end 50.000 år – i Midt Weichsel - blev Fyn overskredet af en gletscher fra sydøst - det Gammelbaltiske Isfremstød (eller Ristinge Fremstødet) (Figur 4-15). Fremstødet dækkede ved sin maksimale udbredelse foruden Fyn, Sjælland og øerne også det meste af Østjylland. For 23.000 til 21.000 år siden blev området igen fuldstændig overskredet af et isdække - denne gang fra nordøst, Nordøst-isen. Isen nåede sin maksimale udbredelse ved Hovedopholdslinjen i Jylland (Figur 4-15). Efter bortsmeltningen af isen lå området isfrit, dog med dødis visse steder, sandsynligvis over store dele af Midtfyn.



Figur 4-16: Isens maksimale udbredelse under det Ungbaltiske Fremstød til Den Østjyske Israndslinie for 19.000-18.000 år siden (til venstre) og Bælthav Isstrømmen for 18.000-17.000 år siden (til højre) (Fra Houmark-Nielsen m.fl. 2005).

For omkring 19.000-17.000 år siden overskred gletschere for sidste gang området. Denne gang fra sydøst, det Ungbaltiske Isfremstød, og en fornyet udstrømning af isskjoldet i Østersøen, Bælthav Isstrømmen, der skød sig ind over det østlige Danmark – herunder Fyns østlige og sydlige dele (Figur 4-16). På det centrale Fyn er der ikke fundet spor fra dette isfremstød, hvilket sandsynligvis skyldes, at dødisen har skærmet for påvirkning fra den aktive is.

Da isen smeltede bort fulgte en periode med sparsom bevoksning og stadig koldt klima. Men inden Weichselistiden var slut indtraf to kortere varmeperioder, Bølling og Allerød, adskilt af kuldeperioden ældre Dryas og endeligt efterfulgt af kuldeperioden yngre Dryas (Larsen 2002).

For ca. 11.500 år siden startede Postglaciale tiden, og landet hævede sig nu efter at have været presset ned af vægten fra ismasserne og Danmark blev landfast med England og Sverige. Havstigningen som følge af isafsmeltingen oversteg derefter landhævningen og havet trængte ind og opnåede i Stenalderen en vandstand, som var lidt højere end i dag.

4.3 Fokuspunkter for den rumlige geologiske modellering

På baggrund af den geologiske forståelsesmodel kan følgende fokuspunkter for den rumlige geologiske modellering rides op:

- Fokus på afgrænsning og modellering af overfladenære strukturer
- Fokus på afgrænsning af de begravede dales udbredelse – horisontalt såvel som vertikalt

- Fokus på karakterisering af litologi i dalfyldet
- Fokus på karakterisering af lagserien udenfor dalene
- Fokus på det paleocæne lers egenskaber og graden af dalerosion
- Fokus på koblingen mellem terrænet og den dybere geologi

5. Rumlig geologisk model (RGM)

5.1 Indledning

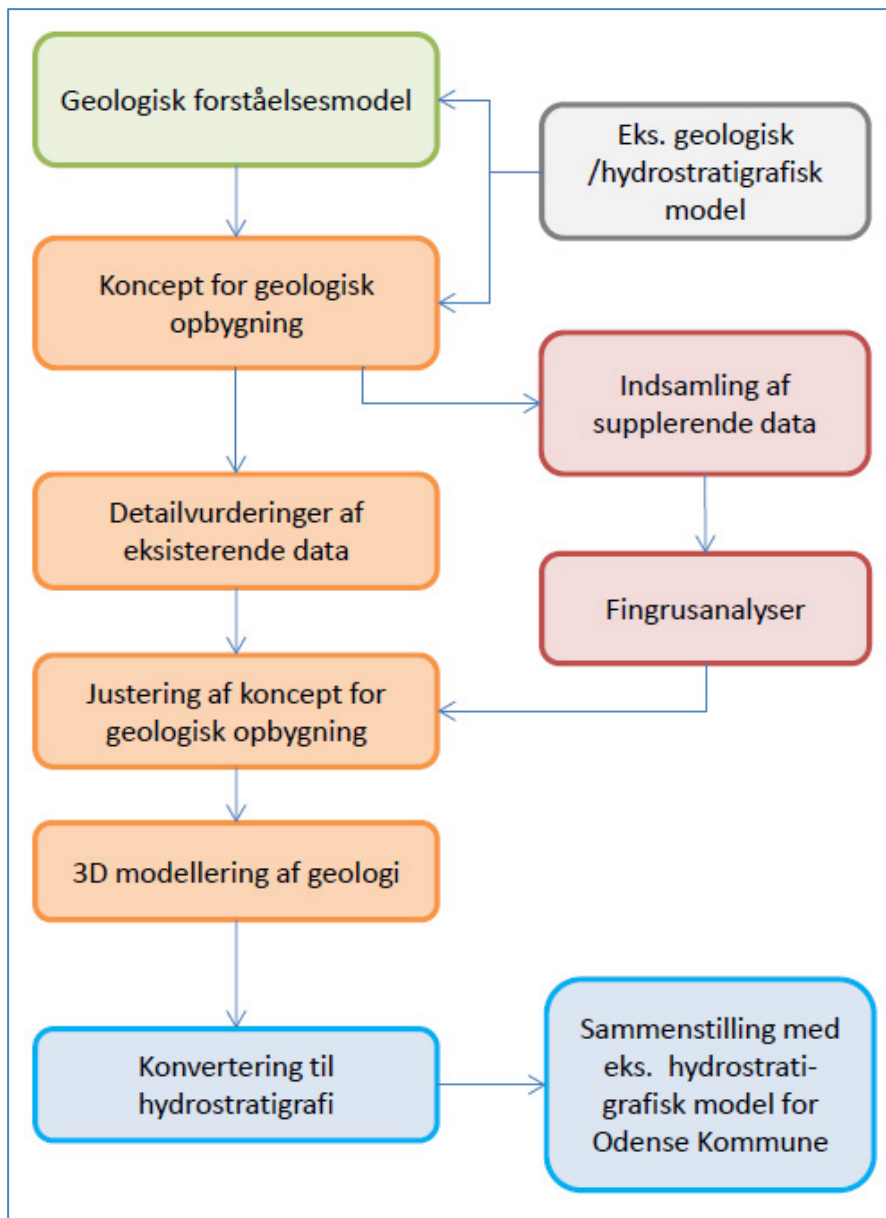
Som det blev nævnt indledningsvist i denne rapport (kapitel 2), har der, for at opnå en større detaljeringsgrad i den geologiske model, været fokus på at søge at få en bedre geologisk forståelse af projektområdet. Dette skulle ske ved at trække mere information ud af de eksisterende data, samt supplere med nye data af en anden type end der tidligere er anvendt. For de eksisterende datas vedkommende er der derfor fokuseret på at inddrage detaljer fra landskabet til brug for den geologiske forståelse af lagserien, samt gå mere i detalje med vurderingen og tolkningerne af såvel geofysiske data som boredata. Som supplement til dette blev det valgt at udføre to nye undersøgelsesboringer på udvalgte steder, og få foretaget analyser af fingrussammensætningen i de enkelte lag. Netop fingrusanalyser har vist gode resultater andre steder på Fyn, hvilket blev beskrevet i den geologiske forståelsesmodel (kapitel 4). Med fingrusanalyser ville mulighederne for korrelationer kunne forbedres væsentligt.

Den valgte strategi og den forbedrede geologiske viden, har betydet, at det har været muligt at gå meget længere med den rumlige geologiske model end man typisk gør. I Geovejledning 3 (Jørgensen m.fl. 2008) står der, at den rumlige geologiske model kun udføres i de dele af modelområdet, hvor data tillader det, og at lag-korrelationer ud i området først foretages ved den efterfølgende hydrostratigrafiske modellering. Som det vil fremgå af de næste kapitler, så er det i Odense Vest valgt at korrelere modellagene ud i hele området allerede i den rumlige geologiske model, og herefter blot anvende laggrænserne uændrede i den hydrostratigrafiske model, men med en anden navngivning.

Proceduren i arbejdet med den rumlige geologiske model har derfor overordnet været som vist på Figur 5-1:

På baggrund af den geologiske forståelsesmodel og tidligere geologisk modelarbejde i området er der opstillet et koncept for den geologiske opbygning. Dette koncept for den geologiske opbygning er herefter tilføjet flere detaljer ved nærmere undersøgelser af boredata og geofysiske data og sideløbende hermed er der udført supplerende borearbejde samt fingrusanalyser. Specielt fingrusanalyserne har givet anledning til en bedre og mere sikker lagkorrelation. Disse nye oplysninger er herefter brugt til justering af konceptet for den geologiske opbygning og den rumlige geologiske model er opstillet i 3D. Lagene i den rumlige geologiske model er herefter konverteret til hydrostratigrafi, hvor navngivningen af lagene følger Fynsmodellens lag.

I det følgende gennemgås arbejdet med den rumlige geologiske model og afslutningsvist beskrives den geologiske hændelseshistorie for området.



Figur 5-1: Flowdiagram for modelarbejdet i Odense Vest

5.2 Detailstudier af data

5.2.1 Landskabsanalyse

5.2.1.1 Tidligere landskabsanalyser

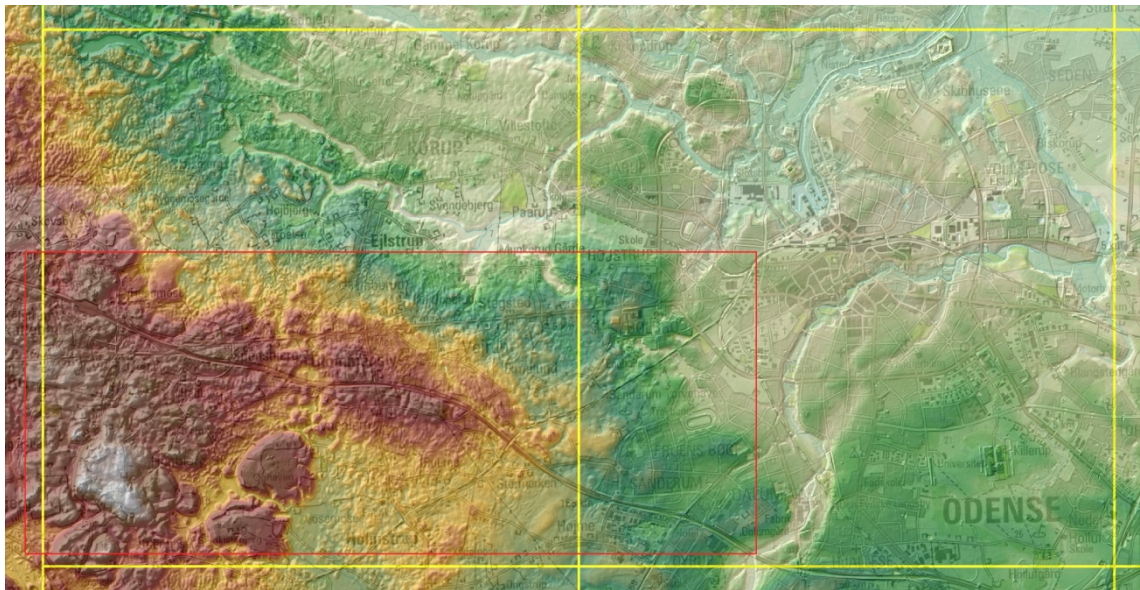
Landskabets udformning kan give mange oplysninger om såvel de seneste landskabsdannende processer som karakteren af de øvre jordlag. Publikationerne af Per Smed om det fynske landskab (Smed 1962, 1977, 1979) udgør vigtige afhandlinger, som kombinerer landskabsformer og geologi, og som gennem flere årtier har bidraget med vigtig viden om det nuværende landskabs karakter. På GEUS er der udarbejdet et nyt landskabsmorfologisk kort, som kombinerer landskabselementer og litologi (se fx Kristensen m.fl., 2015).

Herudover er der udført flere landskabsanalyser blandt andet i forbindelse med de geologiske modeller i Odense Vest (Naturstyrelsen 2012b), Odense Syd (Grontmij 2011, Naturstyrelsen 2012a) og VTU Odense projektet (Sandersen m.fl. 2015).

Ved landskabsanalysen i forbindelse med VTU Odense modelleringen (Sandersen m.fl. 2015) blev der foretaget en morfologisk analyse af landskabet ud fra laserscan-data (LiDAR-data), hvor der fokuseredes på at anvende den meget detaljerede digitale højdemodel til en afgrænsning af landskabselementer med forskellig fremtoning (form, orientering og koteniveau). LiDAR-data har en helt unik detaljeringsgrad, som muliggør detailstudier, som ikke har kunnet lade sig gøre ved højdemodeller baseret på traditionel landmåling.

I VTU-Odense projektet blev der fokuseret på landskabsanalyse i et 9X9 km kvadrat dækkende den centrale del af Odense (højre, gule kvadrant på Figur 5-2). Den aktuelle detailmodellering omfatter det røde rektangel på Figur 5-2, og landskabsanalysen fra VTU-projektet er derfor udvidet mod vest til nabo-kvadraten. I forhold til VTU-projektet er der kun sket mindre justeringer langs vest-randen af den tidligere landskabsanalyse.

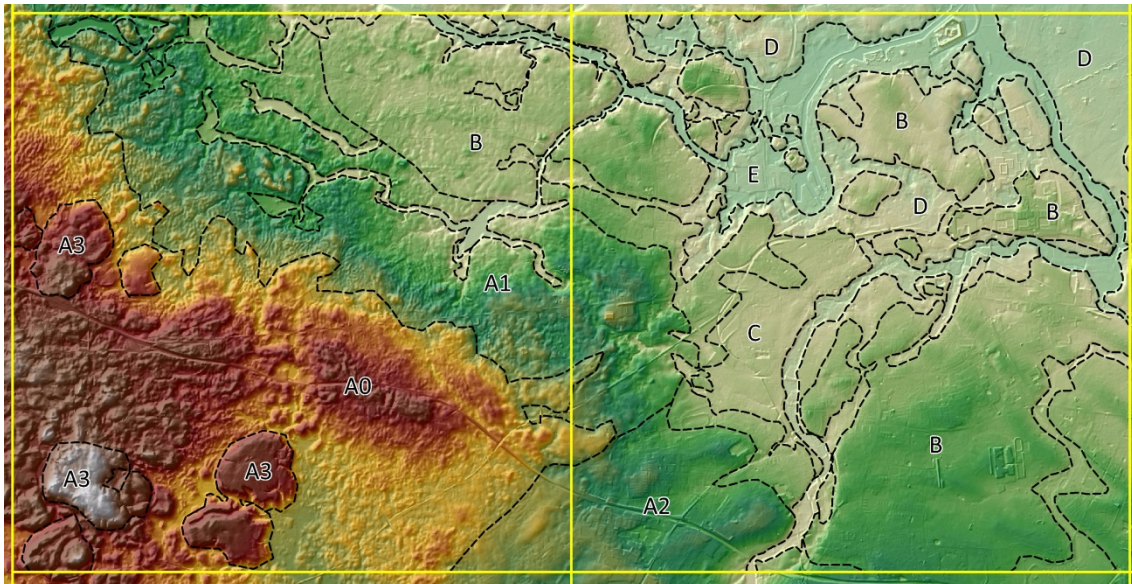
Formålet med landskabsanalysen er at udrede landskabsmæssige forskelle, samt bidrage med geografiske afgrænsninger, som i den geologiske model kan anvendes til afgrænsning af geologiske lag. Landskabsanalysen kan således bidrage væsentligt til forståelsen af den geologiske udvikling i området.



Figur 5-2: Visualisering af LiDAR-højdemodel. Rødbrune/grå farver angiver de højeste dele af terrænet, mens de lysgrønne/lys-turkise farver udgør de lavest liggende dele. Det røde rektangel angiver modelområdet for den rumlige geologiske model. De gule kvadrater måler 9X9 km og udgør de centrale og vestlige dele af VTU Odense-modellen.

5.2.1.2 Landskabsanalyse – Odense Vest/Odense C (LiDAR-data)

På Figur 5-2 og Figur 5-3 ses LiDAR-højdemodellen i såkaldt hillshade-visning, hvor der ovenpå farveskalaen er indlagt en skygge, som fremhæver topografien. I det følgende beskrives de forskellige landskabselementer for begge de gule kvadrater.



Figur 5-3: LiDAR-højdemodel med påtegnede landskabsmæssige afgrænsninger. De gule kvadrater måler 9X9 km.

Landskabstype A0: Højtliggende glacialt landskab

De højeste dele af landskabet ligger mod sydvest og vest. Områdets morfologi er uroligt, bestående af mindre bakker og lavninger. Området er uden tydelig orientering, bortset fra en VNV-ØSØ orientering af nogle af bakkerne (fx ved "A0"-markeringen på Figur 5-3). Denne orientering er omtrent den samme som områdets nordlige afgrænsning. Mod nord er der en ujævn og ikke særlig veldefineret overgang til landskabstype A1. Afgrænsningen til landskabstype A2 mod sydøst er relativt retlinet og veldefineret, og ses som en overgang fra et ujævnt småbakked landskab (A0) til et jævnt bakked landskab (A2).

Landskabstype A0 tolkes at udgøre et morænelandskab, som repræsenterer den ældste del af landskabet. Landskabet udviser tydeligt dødispræg i form af de mange små bakker og lavninger og den manglende orientering, og området repræsenterer således et landskab dannet af en stagnerende is.

Landskabstype A1: Ujævnt glacialt landskab

Området ligger nord for A0 og udgør en ujævn og mod nordøst hældende flade. Afgrænsningerne mod såvel syd vest og nordøst er ikke veldefinerede. Mod sydvest er der tydeligt tale om et ujævnt og småbakked terræn uden foretrukne orienteringer, mens der mod nordøst ses en gradvis udjævning mod grænsen til landskabstype B. Denne grænse er ikke veldefineret, men forløber overordnet VNV-ØSØ – omtrent som den sydvestlige grænse. Denne orientering svarer til de meget markante og retlinede lavninger, som skærer landskabet. Lavningerne er stedvist afløbsløse, mens andre er sammenhængende over større afstande. Lavningerne er typisk fladbundede, men har tærskler, og rummer søer, moser og vandløb. Lavningernes afgrænsninger er relativt stejle.

Landskabet tolkes som et lavereliggende morænelandskab tilhørende den ældste del af landskabet. Dødispræget peger på et landskab dannet af en stagnerende is. Dog tolkes de retlinede dale at repræsentere tunneldale, som sandsynligvis har været isfyldte og derved har undgået fuldstændig opfyldning med sediment.

Landskabstype A2: Jævnt glacialt landskab

Denne landskabstype ses sydøst for A0 og er kendetegnet ved en let bølget og udjævnet overflade. Der ses en NØ-SV orientering, som adskiller sig fra de omkringliggende områder. Afgrænsningen til det dødisprægede landskab A0 mod nordvest er relativt skarp. Overgangen til landskabstype B mod nordøst er mere diffus og har form som en jævn skrænt ned mod det lavereliggende område.

A2 området tolkes som en moræneflade.

Landskabstype A3: Issø-aflejringer

Landskabstype A3 fremstår som afrundede og mere eller mindre fladttoppede bakker. Bakkerne ses i områdets sydvestlige del, hvor landskabet generelt når de højeste koter. Bakkerne har relativt stejle skrånninger og stedvist ses der render eroderet ind i bakkedragene. Bakkerne er omgivet af lavereliggende områder med en mere urolig fremtoning.

Bakkerne tolkes som issø-bakker, der udgør sedimentudfyldninger af huller i det isdække, som før i tiden dækkede området. Da isen smeltede bort lå søens sedimenter nu som individuelle positive strukturer i et dødis-område.

Landskabstype B: Lavereliggende glacialt landskab (bølget, orienteret)

Landskabstype B er et lavereliggende, bølget glacialt landskab med en omtrent SØ-NV orientering, som er tydeligst mod øst. Landskabstype B udgør en flade nedenfor det højere liggende glacielle landskab, og mod nordvest og nord er fladen brudt af lavereliggende, sen- og postglaciale sletter og flodløb.

Landskabstype B adskiller sig markant fra landskabstyperne A0-A3 ved at have en tydelig orientering, og landskabet tolkes som værende formet af en gletscher, som har bevæget sig fra sydøst mod nordvest.

Landskabstype C: Senglaciale sletter og flodløb

Denne landskabstype udgør en flad slette indenfor det glacielle landskab B og i lavere kote end landskab B. Sletten ligger højere end D-sletterne mod nord, hvilket peger på, at C-området er dannet først. Landskabstype C findes i den sydvestlige del af Odense.

Fladen tolkes som en afgrænset senglacial smeltevandsslette, som sandsynligvis er dannet tidligt underafsmeltningen i en eksisterende lavning.

Landskabstype D: Senglaciale sletter, skrænter og flodløb

Disse senglaciale sletter og tilhørende skrænter ligger nedenfor såvel den ældre senglaciale slette C og de glacielle landskaber A og B, og er dermed at betragte som yngre end disse. Generelt ses smalle forløb mellem bakkerne, men mod nordøst er landskabstype D udviklet som en bred slette.

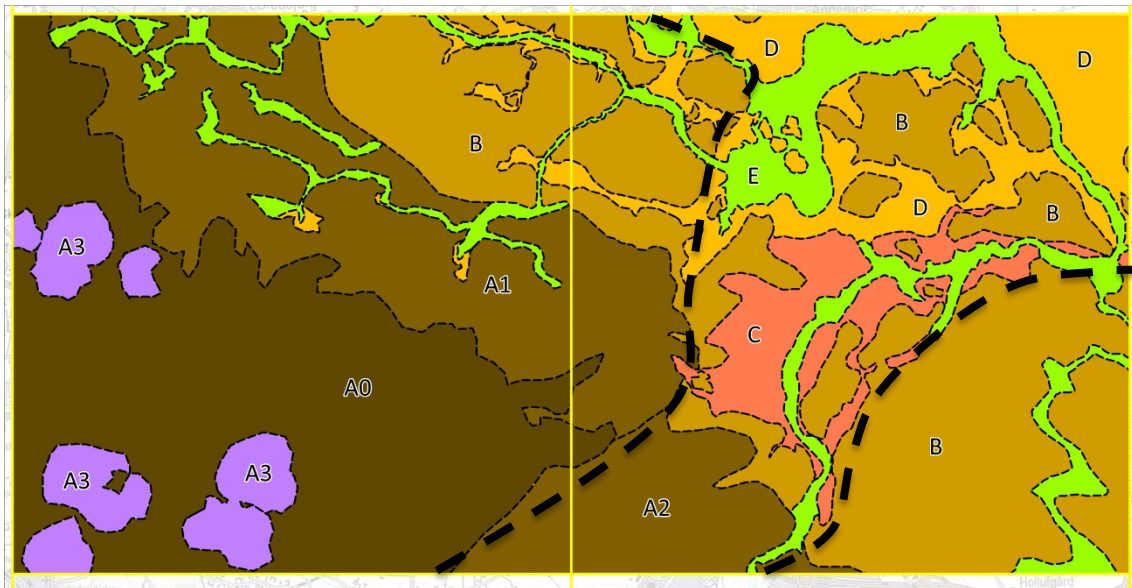
Landskabstype D tolkes at være dannet sent i senglaciale tiden og den kotemæssigt set lavere placering end C peger på at den bortsmeltende is på dette tidspunkt befandt sig læn-

gere væk. Flodløbene er eroderet ned i det glaciare landskab og tydeligvis haft betydelige erosive perioder.

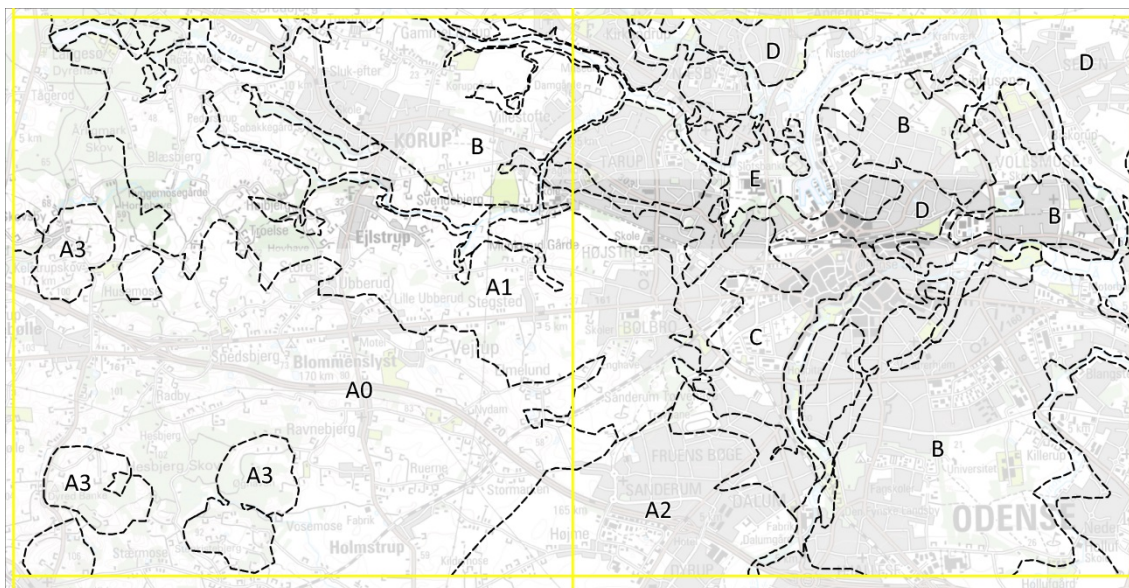
Landskabstype E: Postglaciale sletter og flodløb

Landskabstype E er den lavest liggende og yngste. Der er tale om smalle flodløb og brede områder mod nordøst, som har mere karakter af sletter. Grænserne til de omkringliggende landskaber er generelt veldefinerede.

Denne landskabstype relateres til erosion og sedimentation i postglacial tid. Erosionsbasis har tydeligvis været faldende. Landskabstyperne C, D og E har størst udbredelse indenfor en SV-NØ "korridor", indenfor hvilken der er sket mest erosion i sen- og postglacial tid (se Figur 5-4).



Figur 5-4: Afgrænsede landskabselementer (se tekst). De gule kvadrater måler 9X9 km. De to sorte, stiplede linjer angiver forløbet af en lavereliggende SV-NØ "korridor" indenfor hvilken der er sket mest erosion i sen- og postglacial tid.



Figur 5-5: Afgrænsede landskabselementer med topografisk kort som baggrund. De gule kvadrater måler 9X9 km.

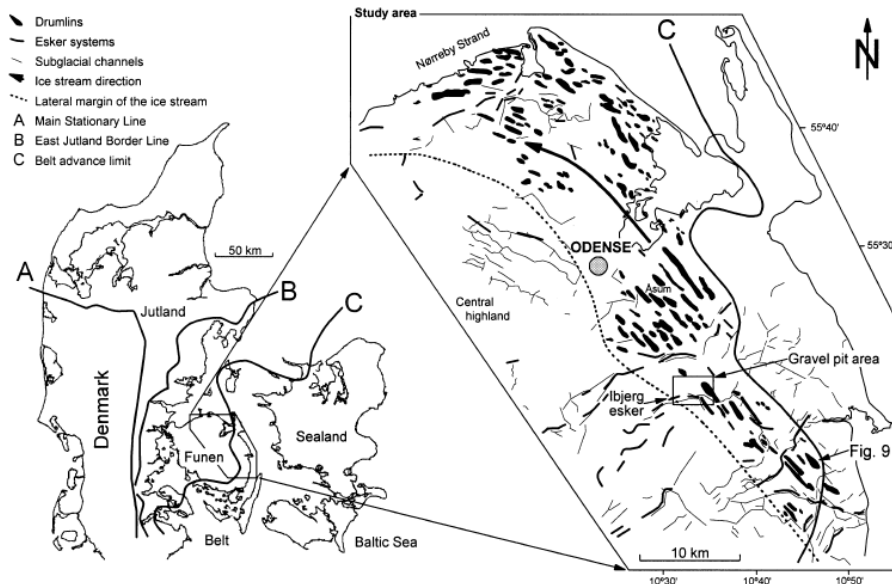
5.2.1.3 Udviklingshistorien for landskabet

Landskabstype A repræsenterer sandsynligvis terrænets ældste dele, som lå dækket af inaktiv gletscheris i den sidste del af sidste istid for 17-18.000 år siden (Figur 4-16). Landskabsformerne er derfor sandsynligvis hovedsageligt præget af isens bevægelser i forbindelse med Hovedfremstødet (NØ-isen) nogle få tusinde år tidligere (Figur 4-15) og i nogen grad fra det efterfølgende Østjyske Isfremstød (Figur 4-16). A0 udgør de højeste dele af landskabet, med tydeligt dødispræg. Landskabstypen A1 ligger på overgangen mellem den inaktive is mod sydvest og Bælthavs-fremstødet isstrøm beliggende mod nord-nordøst (Figur 4-16). Landskabstypen A2 mod sydvest ligger lavere og udgør sandsynligvis et område, der var beskyttet af inaktiv is, og som derfor har fået bevaret en NØ-SV orientering sandsynligvis fra Hovedfremstødet. Landskabstypen A3 repræsenterer overfladen af de issøaflejringer, som blev afsat i lavninger på den inaktive is' overflade. Efter isens bortsmeltning fra området lå issøaflejringerne tilbage som ganske runde og fladtoppede bakker.

Landskabstypen B er et bølget bundmorænelandskab dannet af Bælthav-isstrømmen, som bevægede sig fra SØ mod NV rundt om den inaktive gletscheris på det centrale Fyn (se (Figur 4-16 og Figur 5-6). Landskabet er formet af isens bevægelse og der ses blandt andet aflange drumlin-bakker mod øst med SØ-NV orientering. Grænsen mellem den aktive og inaktive is ses ikke entydigt i topografien, men den vurderes omtrent at ligge ved grænsen mellem A1 og B.

Da isen var smeltet tilbage til øst for området eroderede smeltevand fra såvel den aktive som den inaktive is render i morænefladen B, og disse render blev herefter fyldt med smeltevandssand og -grus. Hvor sletten i område C blev dannet i en periode, hvor den aktive is stod ganske tæt på, må de lavereliggende dele (D) formodes at være dannet senere, da isranden var rykket længere tilbage mod øst. På dette tidspunkt var havspejlet lavtliggende på grund af at landet hævedes efter isens forsvinden, og der eroderedes på ny render ned i

landskabet. Disse render (E) blev i postglacialtiden udfyldt med ferskvandsaflejringer med højt indhold af organisk materiale, og da havspejlet i Stenalderen steg, trængte havet ind i landet i smalle fjorde og aflejrede marint sand og ler. Området, som er tegnet ind på Figur 5-4 med stiplede linjer, udgør en SV-NØ orienteret korridor, hvor den sen- og postglaciale erosion har været kraftigere end i områderne udenom. Dette peger på, at der stadig i sen- og postglacialtid har været en stor afstrømning af vand fra de centrale dele af Fyn og nord-østover.



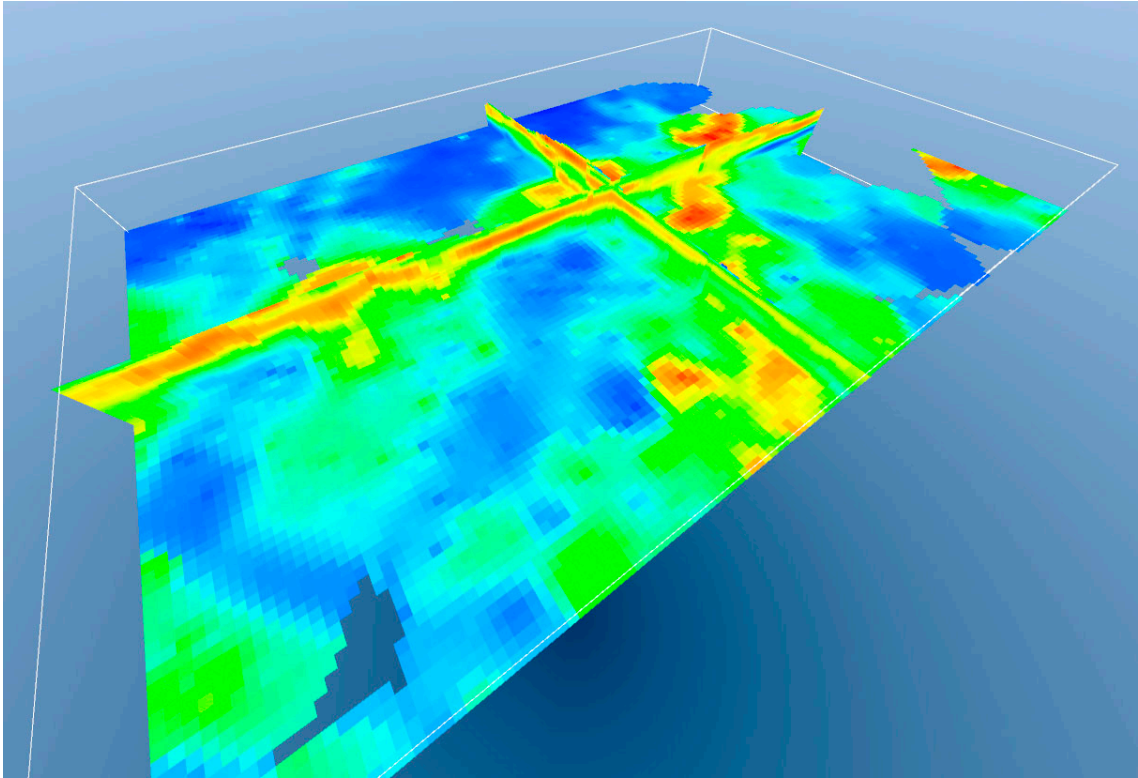
Figur 5-6: Geomorfologi relateret til den Bælthav isstrømmen (fra Jørgensen & Piotrowski 2003)

5.2.2 Geologisk information fra de geofysiske data

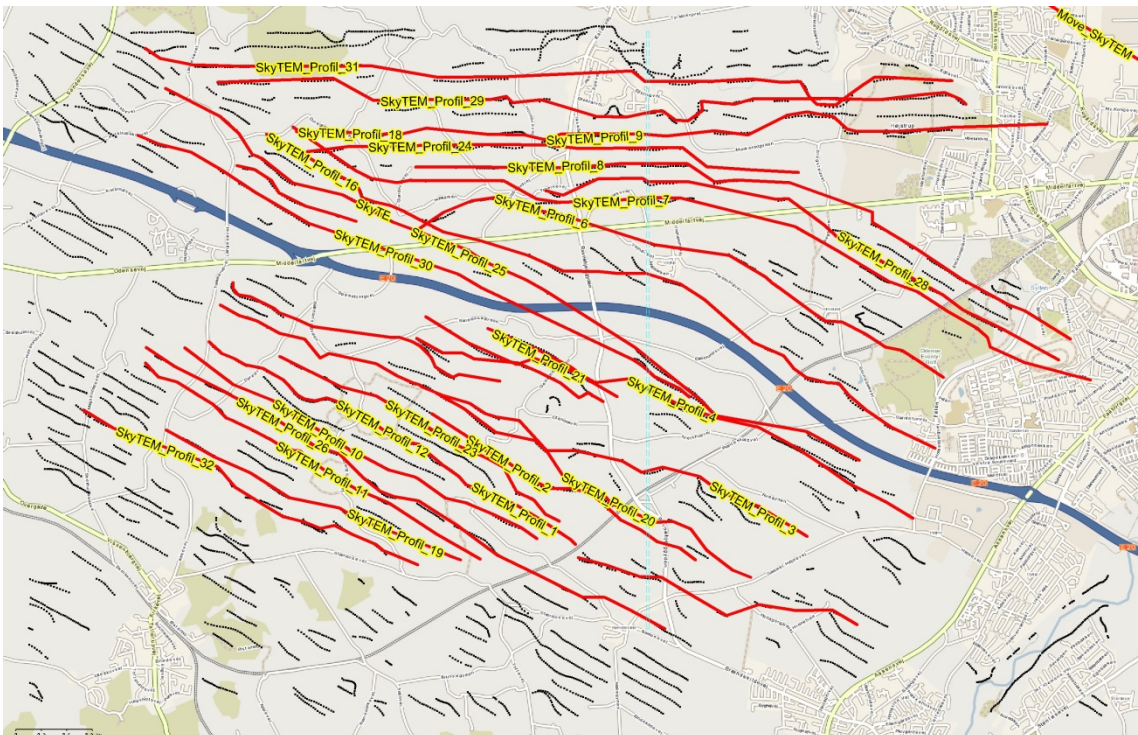
De geofysiske data, som indgår i modelleringsarbejdet fremgår af bilag 3 og heraf er det SkyTEM- og MEP-datasættene, der giver den største mængde information til den geologiske modellering.

På baggrund af SkyTEM- og TEM40-data er der udarbejdet et 3D grid, som er anvendt ved de geologiske tolkninger i GeoScene3D (Figur 5-7). Da den arealmæssige fordeling af SkyTEM-data er varierende betyder det, at der flere steder er områder med stor afstand mellem sonderingerne, og derfor anvendes 3D-griddet kun som støtte til 1D-sonderingerne ved de geologiske tolkninger.

For at sammenligne de to typer geofysiske data og samtidig holde disse op mod boredata, er data langs en række SkyTEM- og MEP-profiler gennemgået. Profilerne ligger langs data-linjerne (Figur 5-8 og Figur 5-9). En beskrivelse af data langs disse profiler er indledningsvist foretaget og data er holdt op mod hinanden med det formål at beskrive ligheder og forskelle i hvordan geologien opløses i de forskellige datatyper (se bilag 7 og 8). Samtidig har gennemgangen udgjort grundlaget for de efterfølgende tolkninger af lagflader i GeoScene.



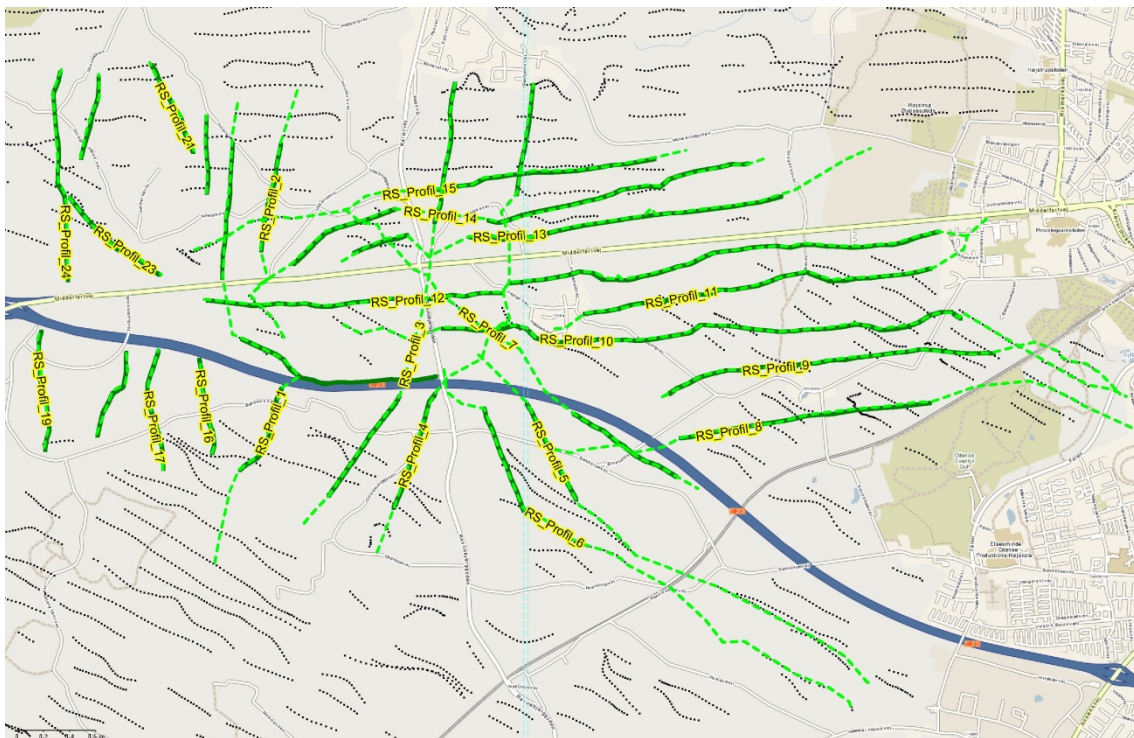
Figur 5-7: 3D-grid af SkyTEM. Og TEM40-data. 3D-griddet er i figuren vist som en horisontal og to vertikale slices.



Figur 5-8: SkyTEM-profiler (røde linjer) langs SkyTEM-flyvelinjer (sorte prikker).

På baggrund af gennemgangen i bilag 7 og 8 kan følgende konklusioner drages:

- SkyTEM-data overvurderer flere steder sandtykkelserne i lagseriens øvre del
- SkyTEM-data opløser såvel bund som top af det palæogene ler når modstandskontrasterne er høje, men hvor kalken underneden har lave modstande (salt porevand) og hvor det kvartære ler ovenover også har lave modstande, bliver afgrænsningen diffus. For at få den bedste fastlæggelse af top og bund af det palæogene ler kræves boredata. Det er kun TEM-metoden, som kan trænge ned i lagseriens dybe dele
- TEM40 data viser generelt god overensstemmelse med SkyTEM-data
- MEP-data opløser kun de øvre dele af lagserien, og ofte ses lave modstande nederst i MEP-profilerne. De lave modstande peger på tilstedeværelse af ler i dybden, men modstandsniveauerne er lavere end SkyTEM. Den kotemæssige placering af lavmodstandslaget ser generelt ud til at ligge højere end hvad SkyTEM-metoden peger på
- Samlet set viser de geofysiske data, at den øvre del af lagserien flere steder er deformeret. Specielt kan MEP-data vise betydelige lokale forstyrrelser af lagserien
- Afgrænsningen af de begravede dale i området er flere steder vanskelig på grund af varierende datatæthed og små modstandskontraster
- Resistiviteterne kortlagt med de forskellige geofysiske metoder kan ikke direkte sammenlignes, men den geologiske opbygning gengives i grove træk ens

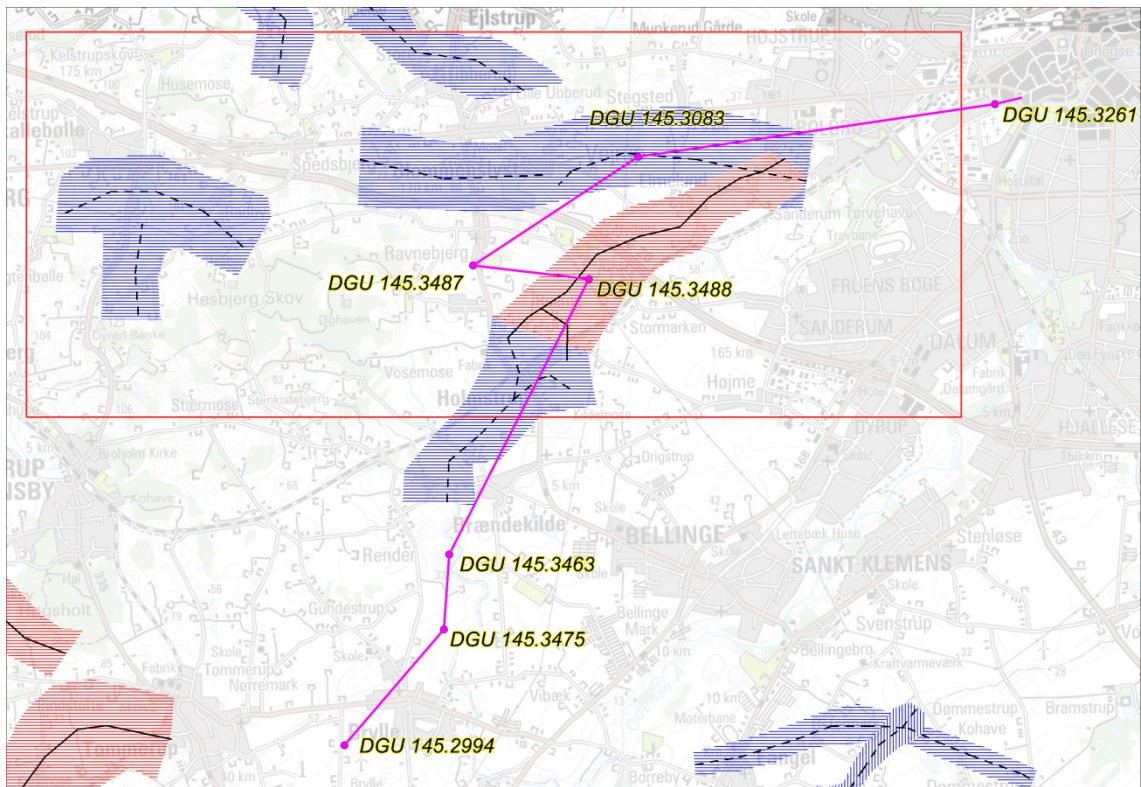


Figur 5-9: Profiler (stiplede lysegrønne linjer) langs MEP-linjer (mørkegrønne linjer). SkyTEM-data er vist med sorte prikker.

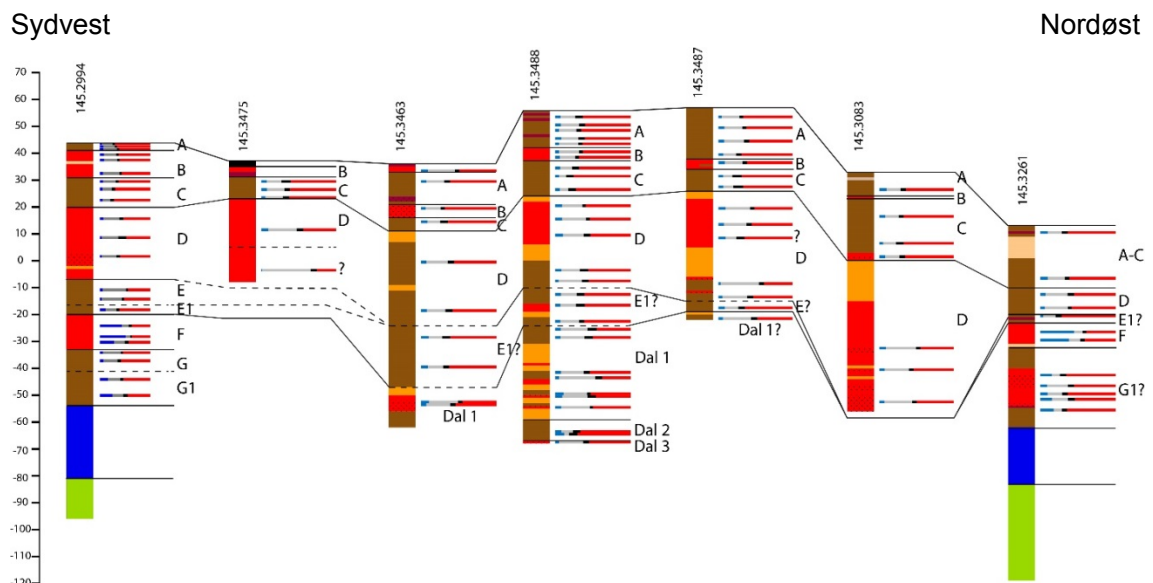
5.2.3 Inddragelse af fingrusanalyser

VIA Horsens har på prøver fra 6 borer vest for Odense (DGU nr. 145.3475, 145.3463, 145.3488, 145.3487, 145.3083 og 145.3261) udført fingrusanalyser med det formål, at opstille en petrografisk stratigrafi for de kvartære aflejringer (Sørensen & Andersen, 2016).

Arbejdet er udført for partnerskabet. Boringerne DGU nr. 145.3487 og 145.3488 udgør de to nye borer centralt i modelleringsområdet (Figur 5-10). I det følgende resumeres baggrund og resultater af undersøgelsen, baseret på Sørensen & Andersen (2016).



Figur 5-10: Boringer, som indgår i fingrusanalyserne. Begravede dale er indtegnet med signaturer jf. Figur 4-9.



Figur 5-11: Korrelationspanel. Stratigrafi for den kvartære lagserie. Se boringernes lokalisering på Figur 5-10. Fra Sørensen & Andersen (2016).

5.2.3.1 Fingrusmetoden

Fingrusmetoden er baseret på at istidens gletschere under et isfremstød optager og aflejrer forskelligt materiale under bevægelsen hen over forskellige typer underlag. I princippet er det derfor muligt at skelne aflejringer fra de enkelte isfremstød, og dette kan udnyttes til en opdeling og korrelation af petrografiske enheder mellem boringer.

Fingrusanalysen indførtes i Danmark af Ehlers (1979), der med held benyttede den ved Ristinge Klint. Metoden er siden blevet anvendt i en lang række kvartærstratigrafiske undersøgelser, og er også med held blevet anvendt på prøver fra undersøgelsesboringer.

Ved fingrusanalysen foretages der en opdeling af en prøves fingrusfraktion (2-4 mm) i forskellige petrografiske grupper. Fingrusfraktionen er herefter ved hjælp af test med 10 % HCL blevet opdelt i to hovedgrupper afhængig af deres stabilitet overfor kemisk forvitring; stabile korn og ustabile korn. Dette gøres for at undgå forvittringsbetingede forskelle ved sammenligning af prøver. Den stabile gruppe udgøres af krystalline korn, kvartskorn, flint og korn af sedimentære bjergarter, mens den ustabile gruppe udgøres af kalk fra Kridt og Danien, palæozoisk kalk, porøst flint, kalkholdige sedimentære bjergarter og en gruppe kaldet "andet".

5.2.3.2 Resultater

På baggrund af fingrusanalyserne er den kvartære lagserie i boringerne korreleret og der er opstillet en stratigrafi, som er korreleret til den eksisterende stratigrafi i boring DGU nr. 145.2994 (Figur 5-11).

I Sørensen & Andersen (2016) beskrives seks petrografiske hovedgrupper:

Hovedgruppe 1 (A-C)

Enhederne A, B og C består overvejende af en lagserie af to morænelag med mellemliggende sandede smeltevandsaflejringer. Enhederne ses i alle boringer mellem kote 0 til + 50 m, hvor dog enhed A ser ud til at mangle i boring DGU nr. 145.3475, formodentlig på grund af erosion. Alderen er sandsynligvis Sen Weichel grundet den stratigrafiske placering i lagserien.

Hovedgruppe 2 (D)

Enhed D ses i alle de undersøgte boringer og veksler mellem sanddominerede aflejringer i boringerne DGU nr. 145.2994, 145.3475, 145.3487, 145.3488, 145.3083 til morænelersdominerede aflejringer i boringerne DGU nr. 145.3463 og 145.3261. Enheden er beliggende mellem kote +25 m og -50 m. Enheden kan adskilles fra Hovedgruppe 1 ovenover ved et relativt højt flintindhold. Alderen er ukendt, men grundet den stratigrafiske placering kunne et bud være mellem/tidlig Weichel eller Sen Saale.

Hovedgruppe 3 (E, E1)

Enhederne E og E1 ses i flere af de undersøgte boringer mellem kote 0 til - 45 m. Gruppen ses ikke i boringerne DGU nr. 145.3475 og 145.3083, idet disse ikke er dybe nok. Enhed E ses i boringerne DGU nr. 145.2994, 145.3487 og 145.3261, mens enhed E1 ses i boringerne DGU nr. 145.2994, 145.3463 og 145.3488. Enhederne E og E1 kan adskilles fra enhed

D ved det relativt lave flintindhold i forhold til denne. Alderen er ukendt, men grundet den stratigrafiske placering i lagserien kunne et bud være mellem/tidlig Weichel eller Sen Saale.

Hovedgruppe 4 (Dal 1 – Dal 3)

De petrografiske enheder Dal 1 til Dal 3 består af en vekslen mellem moræneler, smeltevandsler og smeltevandssand. Hovedgruppen ses i borerne DGU nr. 145.3463, 145.3487 og 145.3488 mellem kote - 20 til - 70 m, og formodes kun at findes i de begravede dale i området. Idet enhederne veksler meget mellem forskellige litologier over korte afstande, samt at der ses repetitioner af lagserien (mest udtalt i boring DGU nr. 145.3488) tyder dette på, at enhederne er deformerede. Gruppen kan adskilles fra hovedgruppe 3 ved et relativt højere flintindhold. Hovedgruppen er sandsynligvis fra mellem/tidlig Weichel eller Sen Saale grundet den stratigrafiske placering i lagserien.

Hovedgruppe 5 (F)

Enhed F ses i borerne DGU nr. 145.2994 og 145.3261 som en smeltevandsaflejring mellem kote -20 m og -35 m. Enheden kan adskilles fra enheder ovenover ved et meget højt kvartsindhold. Ingen af de andre enheder er tilnærmelsesvist tæt på et så højt kvartsindhold. Alderen på enhed F er ukendt, men grundet den stratigrafiske placering i lagserien samt dateringer i borer ved Nørre Åby af lag over en tilsvarende kvartsrig aflejring, så vurderes det at være tidlig Saale eller ældre. At enheden er fundet i to borer flere kilometer fra hinanden indikerer, at smeltevandsaflejringen sandsynligvis er vidt udbredt på Sydvestfyn. Laget er i området kun fundet på det prækvartære plateau.

Hovedgruppe 6 (G, G1)

Enhederne G og G1 ses i borerne DGU nr. 145.2994 og 145.3261 som en vekslen mellem smeltevandsaflejringer og moræneler. Enhederne er beliggende mellem kote -25 m og -60 m underlejrende hovedgruppe 5 samt overlejrende det palæogene ler i begge borer. Enhederne kan adskilles fra enhed F ved et relativt lavere kvartsindhold end denne. Alderen på enhederne G og G1 er ukendt, men grundet den stratigrafiske placering i lagserien kunne et bud være tidlig Saale eller ældre.

Konklusionerne fra Sørensen & Andersen (2016) kan sammenfattes som:

- Hovedgrupperne 1 til 4 kan adskilles fra hinanden grundet et vekslende flintindhold
- Hovedgruppe 5 kan adskilles fra de andre grupper ved et højt kvartsindhold
- Hovedgruppe 6 kan adskilles fra enhederne ovenover ved den stratigrafiske placering under hovedgruppe 5 samt et markant lavere kvartsindhold end denne
- Hovedgruppe 5's store kvartsandel kræver sandsynligvis, at isen har været i direkte kontakt med kvartsrige miocæne aflejringer, hvilket sandsynliggør et isfremstød i tidlig Saale eller højst sandsynligt et endnu ældre fremstød.
- Hovedgruppen 1-3 er henført til Sen Weichel grundet dets stratigrafiske placering.
- De resterende grupper er aldersplaceret i forhold til Hovedgruppe 1-3 og 5.

5.2.4 Gennemgang af borejournaler

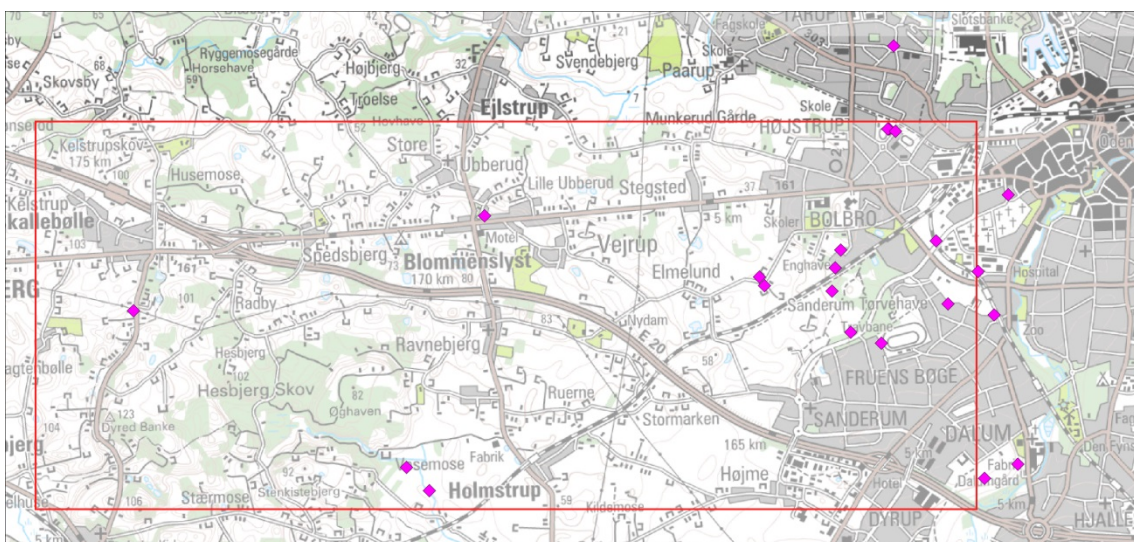
I forbindelse med den geologiske modellering har alle borer dybere end 25-30 meter været genstand for en nærmere gennemgang af de supplerende data, som ligger i Jupiter-

databasen på PDF-form, og hovedvægten har her været at udpege borerer med mulige fejltolkninger.

Boredata i Jupiter-databasen har en varierende kvalitet, hvilket skyldes en kombination af alderen af data, type af boremetode, borerernes formål, brøndboreernes/prøvetagernes professionalitet/omhyggelighed osv. Hertil kommer usikkerheder i arbejdsgangen fra borerens udførelse og til at en digital version af boreren ligger i Jupiter. Procedurene har varieret meget gennem årene, og hvor der i dag er vejledninger og regler for, hvordan borerer og prøvetagning udføres og afrapporteres, var situationen for år tilbage mindre standardiseret. Ligeledes har procedurene omkring DGU/GEUS' prøvebeskrivelser og hvilke data, der er endt i Jupiterdatabasens digitale del, ændret sig gennem årene. Det er således vigtigt, at der ved de rumlige geologiske tolkninger foretages en nøje gennemgang og vurdering af de data og dokumenter, der ligger i Jupiterdatabasen.

I forbindelse med udarbejdelsen af VTU-modellen for Odense Kommune (Sandersen m.fl. 2015) blev der i Odense by fundet en række borerer med tegn på fejltolkninger af litologien. Borererne blev udpeget, da de i forhold til nærliggende borerer "faldt ved siden af", hvad angår lagseriens opbygning. I de fundne borerer var der tydelige uoverensstemmelser mellem brøndborerens beskrivelse af den gennemborede lagserie og den lagserie, som var baseret på beskrivelser af de jordprøver, som var fremsendt til DGU/GEUS. Hovedparten af disse borerer lå i Odense C og Odense Vest. I forbindelse med Odense Vest-modelarbejdet er listen med formodede fejlbehæftede borerer udvidet, og i alt 15 borerer ligger indenfor modelområdet (Figur 5-12).

På Figur 5-13 er de tolkede litologier i Jupiters digitale del sammenholdt med brøndborerens tolkninger af sand/grusindholdet (beskrivelser i PDF-kopier af borejournaler i Jupiter). Det kan ses, at der generelt er tale om tegn på en overestimering af sand/grus-indholdet i borererne i Jupiters digitale del, sammenlignet med brøndborerens beskrivelser. Gennemsnitligt set er sand-andelen i Jupiter-borebeskrivelserne omkring 75% større end sand-andelen i brøndborerens borejournaler.

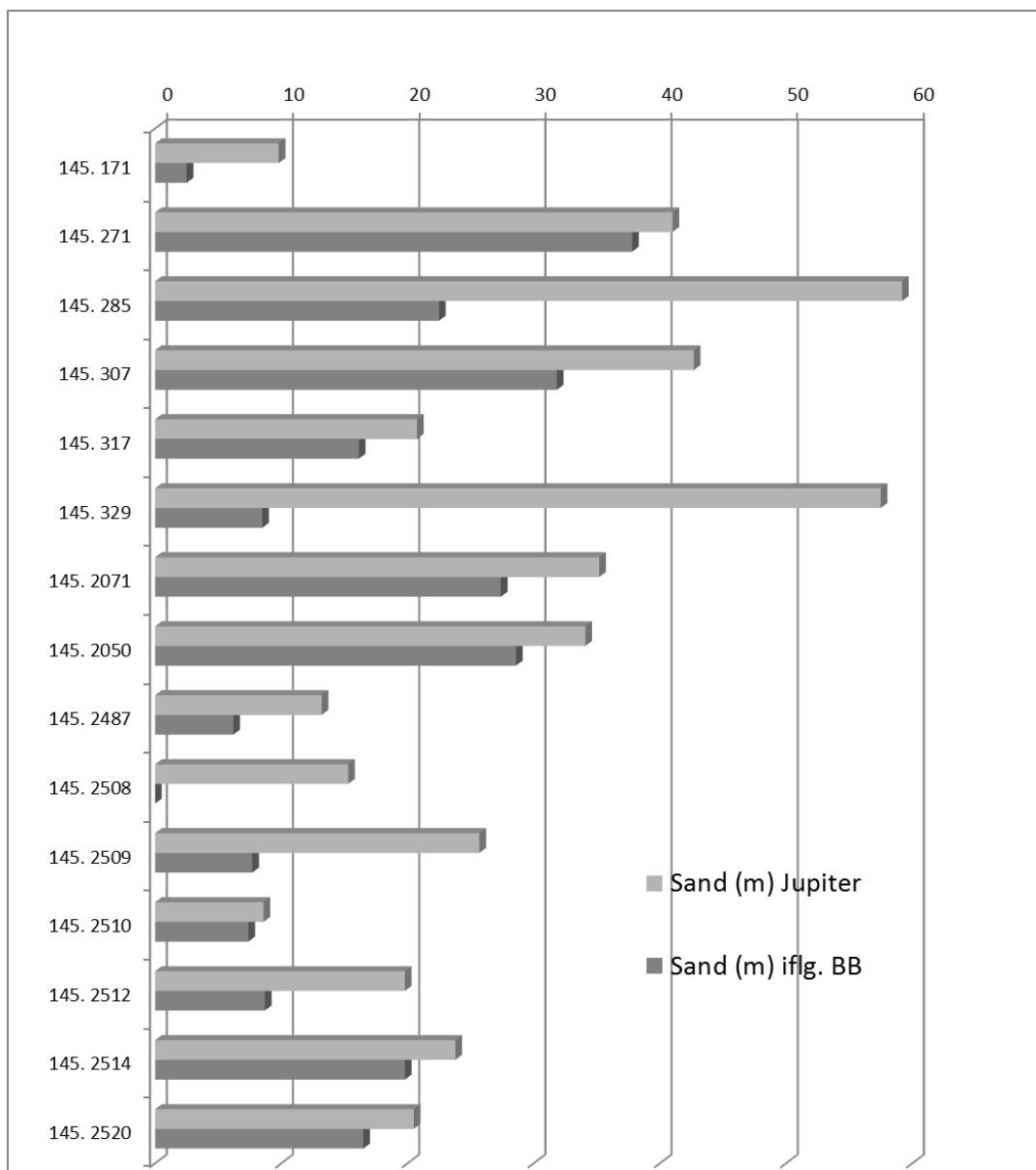


Figur 5-12: Muligt fejlbehæftede borerer. Se forklaring i teksten.

I forbindelse med VTU-projektet blev det konkluderet, at det som oftest var moræneler, der endte med at blive tolket som sand/grus i boredata (Sandersen m.fl. 2015). Det vurderedes at der typisk var sket en udskylning af den lerede fraktion ved boreprocessen, således at prøven fra laget i stedet for ler bestod af sand og grus.

Ved Odense Vest-modelleringen er de supplerende data fra alle dybe boringer i modelområdet gennemgået og konklusionen er her den samme som nævnt ovenfor. Typisk er der ikke tale om, at egentlige fejl er sket, men at den udtagne prøve er af dårlig kvalitet og derfor ikke optimalt repræsenterer det gennemborede lag. Dette kan typisk ske, hvis den anvendte boremetode har været direkte skyl, eller hvis de gennemborede, lerede lag har været hårde og stenede og dermed vanskelige at bore i. Udover ovenstående er det for flere ellogboringers vedkommende konstateret, at brøndboreren har noteret "Moræneler?" i intervaller, som i Jupiter er anført som sand. Hvis elloggens kontakt til formationen er dårlig kan dette eksempelvis resultere i for høje målte elektriske modstande.

Et eksempel på en formodet fejlbehæftet boring i modelområdet er DGU nr. 145.329 (Figur 5-14). Brøndborerjournalen viser, at der i de øverste 69 meter er boret i "Ler, sandbl.", og først herunder boret i vandførende sand, grus og sten. DGU prøvebeskrivelsen viser derimod, at der mellem 20 og 69 meter haves smeltevandssand. Brøndborerens beskrivelse er sparsom, men dog sandsynlig, da brøndboreren nok næppe ville være fortsat så dybt, hvis der allerede var fundet sand efter 20 meter, som DGU-prøvebeskrivelsen viser. Boringens indplacering i områdets geologi kan ses på Figur 5-15. Sandet mellem 20 og 69 meter er re-tolket som værende moræneler, da prøvematerialet fra boringen sandsynligvis har været dårligt. Boringen er jf. Jupiter en "skylleboring". Der er desværre ikke geofysiske målinger til at støtte denne tolkning.



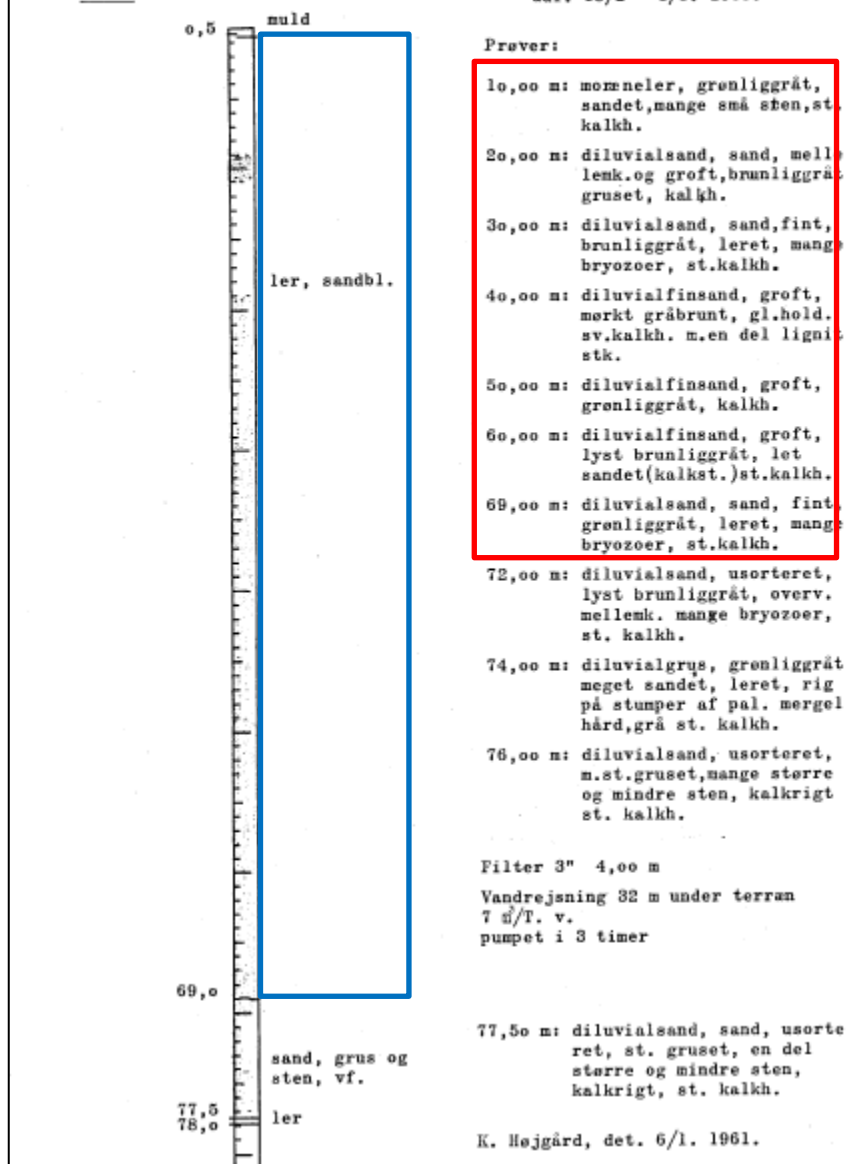
Figur 5-13: Sand-andel i 15 formodet fejlbehæftede boringer.

Konsekvensen af ovenstående er, at sand- og grus-andelen i jordlagene – og dermed tykkelsen af grundvandsmagasinerne i området – stedvist overestimeres. Samtidig er konsekvensen, at grundvandets naturlige beskyttelse i form af ovenover liggende ler, underestimeres.

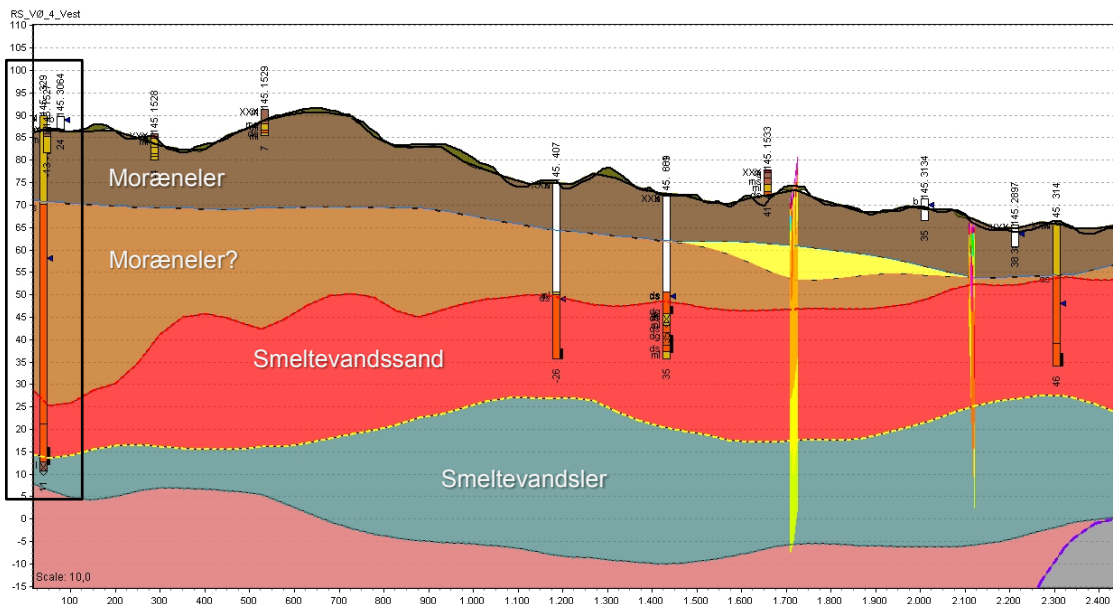
Når der ses en gennemsnitlig overestimering af sand- og gruslagene på omkring 75% er det af stor vigtighed, at de fejlbehæftede boringer udpeges, og at ny-tolkningen af boringen kommer med i den geologiske model. Der er ved de geologiske tolkninger taget hensyn til de fejlbehæftede boringer vist i Figur 5-12, således at det er de nye tolkninger her fra, der er anvendt i den geologiske modellering. Der er ikke foretaget rettelser i Jupiterdatabasen, men problemstillingen drøftes p.t. i GEUS, og der arbejdes med at finde en løsning.

T O M M E R U P

Gdr. Chr. Larsen, "Gammelmarken", bor. i haven ca. 50 m nordvest f. gården
 6" forerør til 53 m (Va. 6008)
 Kote 90,0 m Fyens Brøndboring,
 medd. d. 21/9. 1960,
 udf. 18/2 - 3/5. 1960.



Figur 5-14: Borejournal for DGU nr. 145.329. Brøndborerens borejournal ses til venstre og DGU's prøvebeskrivelse til højre. Det er beskrivelserne til højre, som findes digitalt i Jupiterdatabasen.



Figur 5-15: Udsnit af profil RS_VØ_4_Vest. Boring DGU 145.329 ses yderst til venstre; se tekst for forklaring.

5.2.5 Forekomst af begravede dale

Som beskrevet under den geologiske forståelsesmodel findes der indenfor modelområdet et antal begravede dale (se Figur 4-9). Dalene er dannet som tunneldale ved smeltevands-erosion under kvartærtidens gletschere (Sandersen & Jørgensen, 2016). Dalene kunne i geofysikken ses som erosioner ned i den palæogene Kertemindemergel, og i boreriger kunne det ses, at dalerosionen stedvist nåede gennem det palæogene ler og helt ned i den underliggende kalk. Men hidtil har det været uvist, hvor højt op i lagserien disse dale nåede. Eksempelvis blev det i en kortlægning beskrevet, at der tilsyneladende også var tale om en helt overfladenær dalstruktur (COWI, 2006; se Figur 4-11). Dalenes fyld er forskelligt, men hvorvidt dette skyldtes forskellige aldre kunne ikke udredes fra data.

Med baggrund i de nyindsamlede data og den geologiske modellering er kendskabet til de begravede dale på flere punkter blevet bedre:

- Boredata peger på, at de to største dale fortsætter længere mod øst end Figur 4-9 viser, og at de ser ud til at løbe sammen til én dal ved modelområdets østlige afgrænsning, samtidig med at dalens dybde mindskes. Dalforløbet er dog usikkert fastlagt her, da der mod øst kun er få boreriger til fastlæggelsen af en afgrænsning.
- Mod vest ses dalene tydeligt i de geofysiske data (se Figur 4-9), og modelleringen viser, at der tilsyneladende er tale om et mere eller mindre sammenhængende system af dale, som er eroderet ned i det palæogene ler (se Figur 5-20). Dog betyder dette ikke, at dalene nødvendigvis har samme alder.
- Fingrusanalyserne viser, at dalenes flanker kun når op til mellem kote -20 og 0 m, og at en korrelerbar lagserie herover breder sig ud over dalene Figur 5-11. Dalenes relative alder er således fastlagt som værende ældre end den ovenover liggende lagserie. I til-læg til dette viser fingrusanalyserne, at dalfyldet i den Ø-V orienterede dal er yngre end fyldet i den NØ-SV orienterede dal. Dette kan ses ved, at den unge dal er eroderet igennem lag, som udfylder og dækker den ældste dal (se Figur 5-11). Den overflade-

nære dalstruktur, som blev udpeget af COWI (2006) (Figur 4-11) ser således ikke ud at eksistere. De aflange højmodstandslag vurderes i stedet at skyldes deformation af lagserien.

- Boringerne i dalene viser henholdsvis lerdominans og sanddominans, og er således sket i forbindelse med forskellige isdækker. Dog peger lagseriernes petrografiske ensartethed på, at udfyldningen af begge dale er sket over relativt kort tid.
- Litologien og fingrusanalyserne i boringen i den NØ-SV orienterede dal peger på repetition af lagserien nede i dalen, hvilket formodentlig skyldes gletscherisens deformation af lagserien.

5.2.6 Forekomst af salt porevand

Salt porevand er konstateret i mange borer i Odense kommune, og Odense Vest modelområdet er ingen undtagelse. Det salte grundvand, som findes i områdets borer, stammer fra dybtliggende saltvand. Det salte porevand udgør gammelt, residualt havvand og det forekommer i de dybe dele af lagserien (fortrinsvist i Danienkalken og i det underliggende Skrivekridt). Det paleocæne ler lægger typisk "låg på" kalken og forhindrer, at det salte grundvand opblandes med fersk grundvand ovenfra, men hvor leret er opsprækket eller hvor dalstrukturer eroderer sig gennem det paleocæne ler, kan der ske en nedtrængning af fersk vand til større dybde. Dette ses der et eksempel på Figur 4-3. For at det ferske grundvand kan fortrænge det salte grundvand, skal der være en nedadrettet hydrostatisk trykgradient. Dette er fortrinsvist forekommende i modelområdet, mens der længere mod nord ses en opadrettet trykgradient, som får det dybe, salte grundvand stige opad (Figur 4-4). Her ses lave modstande helt til terræn i en lagserie, som burde vise langt højere modstande. På dette sted er trykket opadrettet, som illustreret ved pilen på figuren.

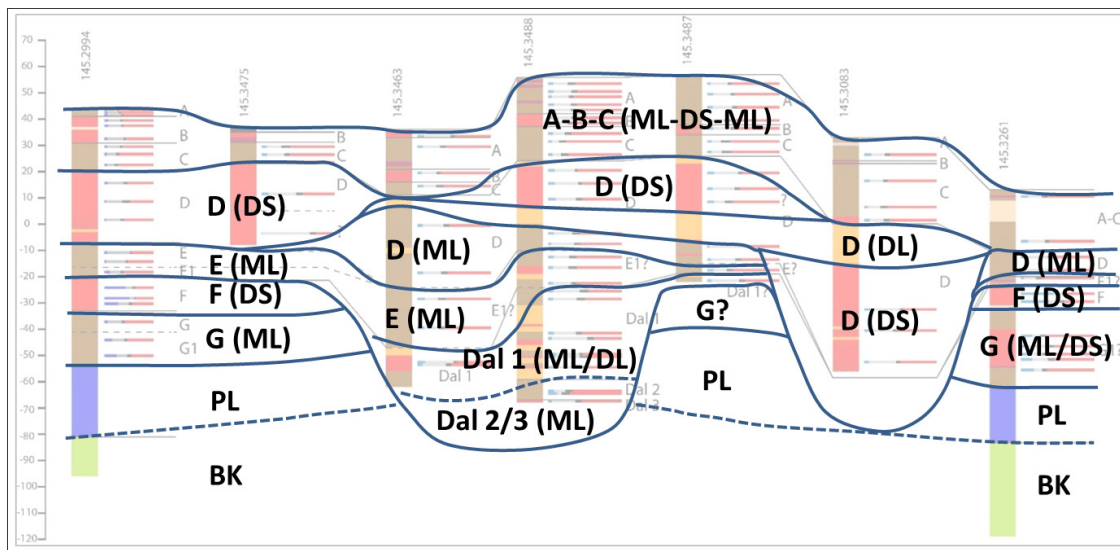
Det salte grundvand i modelområdet udgør ikke noget reelt problem, bortset fra, at indvindning af grundvand fra kalken ikke er mulig. Porevandet har her typisk høje kloridkoncentrationer. Men forekomsten af salt og fersk grundvand i de dybe dele af lagserien kan bidrage med vigtig geologisk information om jordlagene, såsom f.eks. mulig passage af salt eller fersk porevand gennem jordlagene, horisontale lagsammenhænge (eller mangel på samme) eller grad af opsprækning og porøsitet.

Som det kan ses på Figur 4-3 viser TEM-målingerne de dele af kalken, som har henholdsvis fersk eller salt porevand, da saltet medfører en høj elektrisk ledningsevne af vandet. Typisk ses de steder, hvor det palæogene ler er gennemoderet eller opsprækket, da fersk vand her kan trænge dybere ned. Generelt ser det dog ud til, at der ikke er tale om en så høj grad af opsprækning af det palæogene ler, at fersk grundvand trænger ned til stor dybde. I modelområdet sker nedtrængning af ferskvand fortrinsvist, hvor leret er helt eller delvist borteroderet.

5.2.7 Lagserien i Odense Vest

På baggrund af de indledende geologiske vurderinger, landskabsanalysen og fingrusanalyserne kan der opstilles en lagserie og en hændelseskronologi for Odense Vest modelom-

rådet. Det er denne lagserie og hændelseskronologi, som danner grundlaget for 3D-modelleringen.



Figur 5-16: Lagserien i Odense Vest baseret på fingrusanalyser og litologi fra borerier. Se Figur 5-11.

Resultaterne fra fingrusanalyserne har givet anledning til en opstilling af en forventet lagserie i modelområdet (Figur 5-16). I det følgende beskrives lagserien fra bund til top. Lagene er listet kronologisk, og for hvert lag er der anført en anslået alder:

Prækvartær lagserie:

Lag: BK – Danienkalk

- **Litologi:** "Kalk med flintrevler", "Kalksand; hvidgråt; bryozorigt; m. brokker af fedt gråt ler (pal. mergel), m. mørkgrå flint" (DGU nr. 145.281), "KALK/KRIDT, svagt slammet, stærkt sandet, hvid 2.5Y 8/1, flint-holdigt. Note: nedknust, Danian biozone 9B (dateret af Erik Thomsen Å.U.) m. gråbrunt tæt flint" (DGU nr. 145.2994), "KALK/KRIDT, blød, slammet, sandet, flint-holdig, hvid, bryozoaer, "bryozokalk"" (DGU nr. 145.3261)
- **Forekomst:** I hele modelområdet.
- **Alder:** Danien, Paleocæn (Thomsen, 1995)

Lag: PL – "Kertemindemergel"

- **Litologi:** "Fedt ler med skifer", "Skiferler" (DGU nr. 145.56A), "Skiferagtigt ler med hårde skiferlag", "Ler, fedt, mørk olivengråt, kalkholdigt-kalkfrit, med kridtbrokker" (DGU nr. 145.792), "Ler, fed, sortbrun, kalkholdig" (DGU nr. 145.2994)
- **Forekomst:** I hele modelområdet, bortset fra hel eller delvis borterosion i de begravede dale
- **Alder:** Selandien, Paleocæn (Heilmann-Clausen, 1995)

Kvartær lagserie – Nedre del:

Lag: G – Moræneler, smeltevandssand (?)

- **Litologi:** "LER, stærkt sandet, svagt siltet, svagt gruset, mørk grå 2.5Y 4/1, kalkholdig, "moræneler"" (DGU nr. 145.2994); "SAND, mellem og groft, stærkt gruset, grå,, kalk-

holdig, "smeltevandssand" (DGU nr. 145.3261; der er dog usikkerhed mht. tolkningen af sand/gruslagene i denne boring).

- **Forekomst:** Nederst i den kvartære lagserie lige ovenover det palæogene ler. Forekommer ikke, hvor dalerosionerne når ned til prækvartæret
- **Alder:** Tidlig Saale eller ældre (Sørensen & Andersen, 2016)

Lag: F – Smeltevandssand

- **Litologi:** "SAND, fint-mellem, moderat sorteret, grå 2.5Y 6/1, kalkholdig, "smeltevandssand". Note: enk. Gruskorn" (DGU nr. 145.2994), "SAND, mest groft, stærkt gruset, grå, kalkholdig, "smeltevandssand" (DGU nr. 145.3261)
- **Forekomst:** Nederst i den kvartære lagserie lige ovenover lag G. Forekommer ikke, hvor dalerosionerne når ned til prækvartæret
- **Alder:** Tidlig Saale eller ældre (Sørensen & Andersen, 2016)

Kvartær lagserie – Dalfyld i ældste dalgeneration:

Lag: Dal 1-3 – Moræneler, smeltevandsler og smeltevandssand

- **Litologi:** "MORÆNELER, fedt, svagt gruset, svagt sandet, mørkegråt og gråt, kalkholdigt, gl/gc", "LER, fedt, gråt og mørkegråt, kalkholdigt, sm/gc", "SAND, m, velsorteret, enkelte gruskorn, gråt, kalkholdigt, sm/gc" (DGU nr. 145.3488)
- **Forekomst:** Findes kun i den ældste dalgeneration i området. Dog ses der i DGU nr. 145.3487 tegn på, at "Dal 1" også draperer dalflankerne
- **Alder:** Sandsynligvis fra mellem/tidlig Weichel eller Sen Saale (Sørensen & Andersen, 2016)

Lag: E – Moræneler

- **Litologi:** "MORÆNELER, ret fedt, svagt siltet, sandet, gruset, gråt, kalkholdigt, gl/gc" (DGU nr. 145.3488), "LER, svagt siltet, svagt gruset, sandet, mørk grå 2.5Y 4/1, kalkholdig, "moræneler" (DGU nr. 145.2994)
- **Forekomst:** Forekommer som dalfyld i den ældste dalgeneration og som drapering udenfor dalene i store dele af området
- **Alder:** Mellem/tidlig Weichel eller Sen Saale (Sørensen & Andersen, 2016)

Kvartær lagserie – Øvre del:

Lag: D – Moræneler

- **Litologi:** "MORÆNELER, ret fedt, svagt siltet, sandet, gruset, gråt, kalkholdigt, gl/gc" (DGU nr. 145.3488)
- **Forekomst:** Laget forekommer formodentlig i store dele af modelområdet - dog ikke over den yngste dalgeneration
- **Alder:** Mellem/tidlig Weichel eller Sen Saale (Sørensen & Andersen, 2016)

Lag: D – Smeltevandssand (dalfyld i yngste dalgeneration)

- **Litologi:** "SAND, mest groft, svagt gruset, gråbrun, få bryozoer, kalkholdig, "smeltevandssand", "GRUS, usorteret, stenet, sandet, gråbrun, kalkholdig, "smeltevandssand", "SAND, mest mellem, gråbrun, få bryozoer, stærkt kalkholdig, "smeltevandssand" (DGU nr. 145.3083)
- **Forekomst:** Fyld i yngste dalgeneration
- **Alder:** Mellem/tidlig Weichel eller Sen Saale (Sørensen & Andersen, 2016)

Lag: D – Smeltevandsler

- **Litologi:** "LER, siltet, grå, stærkt kalkholdig, "smeltevandsler"" (DGU nr. 145.3083), "LER, fedt, svagt sandet, enkelte gruskorn, gråt, kalkholdigt, sm/gc" (DGU nr. 145.3487), "LER, stærkt siltet, gråt, stærkt kalkholdigt, sm/gc" (DGU nr. 145.3488)
- **Forekomst:** Fortrinsvist i modelområdet centrale dele. Dækker delvist de begr. dale
- **Alder:** Mellem/tidlig Weichel eller Sen Saale (Sørensen & Andersen, 2016)

Lag: D – Smeltevandssand

- **Litologi:** "SAND, m, sorteret, svagt gruset, gråt, kalkholdigt, sm/gc", "SAND, m-g, ringe sorteret, gruset, gråt, kalkholdigt, sm/gc" (DGU nr. 145.3487)
- **Forekomst:** I store dele af modelområdet
- **Alder:** Mellem/tidlig Weichel eller Sen Saale (Sørensen & Andersen, 2016)

Lag: C – Moræneler

- **Litologi:** "MORÆNELER, svagt siltet, sandet, gruset, gråt, kalkholdigt, gl/gc" (DGU nr. 145.3488)
- **Forekomst:** I størsteparten af modelområdet
- **Alder:** Sandsynligvis Sen Weichsel

Lag: B – Smeltevandssand

- **Litologi:** "SAND, m, usortet, svagt leret, stærkt gruset, enkelte sten, enkelte morænelerklumper, gråt, kalkholdigt, sm/gc" (DGU nr. 145.3488), "SAND, m-g, ringe sorteret, stærkt gruset, gråt, kalkholdigt, sm/gc" (DGU nr. 145.3487)
- **Forekomst:** I store dele af modelområdet
- **Alder:** Sandsynligvis Sen Weichsel (Sørensen & Andersen, 2016)

Lag: A – Moræneler

- **Litologi:** "MORÆNELER, svagt siltet, sandet, gruset, gråt, kalkholdigt, gl/gc" (DGU nr. 145.3487), "MORÆNELER, ret fedt, svagt siltet, sandet, gruset, gråt, kalkholdigt, gl/gc" (DGU nr. 145.3488)
- **Forekomst:** I størsteparten af modelområdet
- **Alder:** Sandsynligvis Sen Weichsel (Sørensen & Andersen, 2016)

Lag: Issø-aflejringer (ses ikke på Figur 5-16)

- **Litologi:** "LER, ret fedt, gråbrun, kalkholdig, "smeltevandsler"" (DGU nr. 145.2387), "LER, ret fedt, slirer af silt, utydelig horisontal lagdeling, lys olivenbrun, kalkholdig, "smeltevandsler" (DGU nr. 145.2388)
- **Forekomst:** I afgrænsede bakker i modelområdets sydvestlige del
- **Alder:** Senglacial

Lag: Senglaciale sandaflejringer (ses ikke på Figur 5-16)

- **Litologi:** "SAND, mellem-groft, gruset, mørk gulbrun, kalkfri" (DGU nr. 145.2084)
- **Forekomst:** I afgrænsede sletteaflejringer helt mod øst i modelområdet
- **Alder:** Senglacial

Lag: Postglaciale aflejringer (ses ikke på Figur 5-16)

- **Litologi:** "Tørv" (DGU nr. 145.95), "Dynd" (DGU nr. 145.57)
- **Forekomst:** Kun i topografiske lavninger med begrænset udbredelse
- **Alder:** Postglacial

5.3 Samlet geologisk hændelsehistorie for Odense Vestområdet

5.3.1 Baggrund

På baggrund af primært fingrusanalyserne og landskabsanalysen kan der opstilles en sandsynlig hændelsekronologi for modelområdet. Kronologien fortæller den geologiske udviklingshistorie af lagserien beskrevet i afsnit 5.2.7.

For den kvartære lagseries vedkommende er der tale om markante hændelser, som kan udskilles:

1. Aflejringen af det kvartsrige sandlag "F"
2. Dannelsen af den ældste dalgeneration og udfyldningen af denne
3. Dannelsen af den yngste dalgeneration og udfyldningen af denne
4. Et lag af smeltevandsler har stor udbredelse i modelområdets centrale del
5. Deformationen af den øverste del af lagserien

Ad. 1: Som nævnt af Sørensen & Andersen (2016) er lag med en tilsvarende fingrussammensætning fundet flere steder på Sydvestfyn, hvilket gør laget til en god tidlig markør i lagserien. Laget findes typisk mellem kote -25 og -35 m, hvilket peger på en begrænset grad af deformation i den dybe, kvartære lagserie udenfor de begravede dale. Sandet er kvartsrigt og peger ifølge Sørensen & Andersen (2016) på en transport af smeltevand fra nordlige retninger.

Ad. 2 og 3: Den ældste dalgeneration har en NØ-SV orientering og er udfyldt med aflejringer, som adskiller sig fra den V-Ø orienterede dal. Fingrusanalyserne viser relative aldre på dalfyldet, således at den NØ-SV orienterede generation er ældst og den V-Ø orienterede generation er yngst. Da såvel fyldet som orienteringen er forskellig, peger det også på, at selve dalerosionen er sket på forskellige tidspunkter.

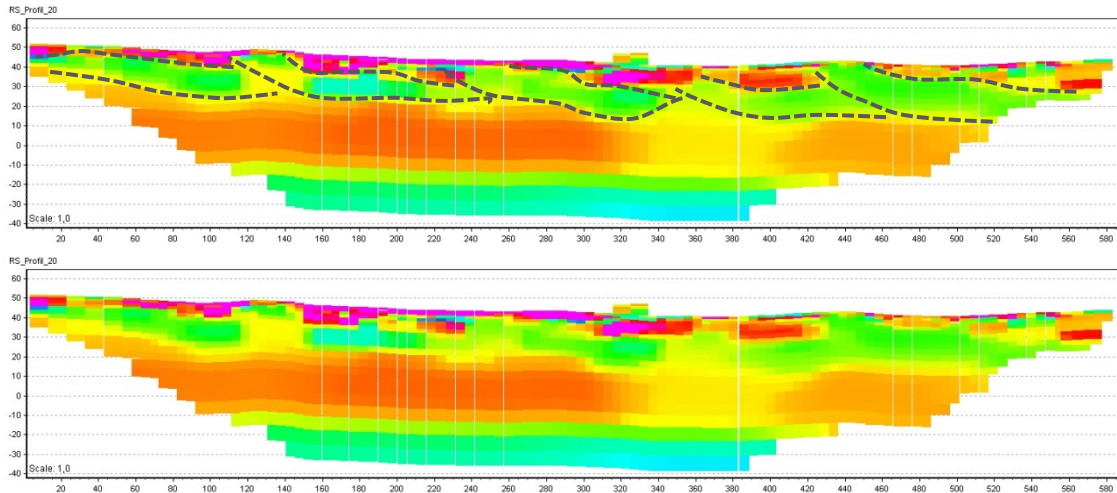
Ad. 4: Smeltevandsleret er veludbredt og dækker store dele af området. Der er her tale om en hændelse, hvor store mængder smeltevand har bredt sig ud over et større område. De begravede dale i området er på dette tidspunkt helt udfyldte.

Ad. 5: Den øverste, morænelersdominerede lagserie er deformeret af en gletscher fra nordøst, hvilket ses af såvel topografien som af de geofysiske data. De geofysiske data peger også på, at smeltevandsleret underneden har fungeret som et glidelag (decollement-zone), da dette ikke er deformeret i samme grad som lagserien ovenover. Lagserien under smeltevandsleret, derimod, forekommer mere eller mindre uforstyrret.

På Figur 5-17 ses et 580 meter langt MEP-profil, hvor der er tegn på deformation af leret i de øverste 30-40 meter af lagserien. Deformationsretningen er fra højre mod venstre. Der ses opskubbede flager med en længde på mellem 100 og 150 m og med en tykkelse på omkring 10-20 meter.

Syd

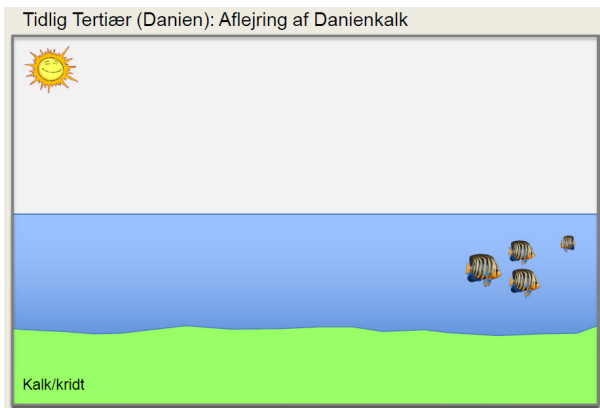
Nord



Figur 5-17: MEP-profil "RS_Profil_20" ved Store Ubberud I modelområdets nordlige del. Øverst med tolkning af opskubbede flager af moræner; nederst samme profil uden tolkninger påført.

5.3.2 Geologisk hændelseskronologi

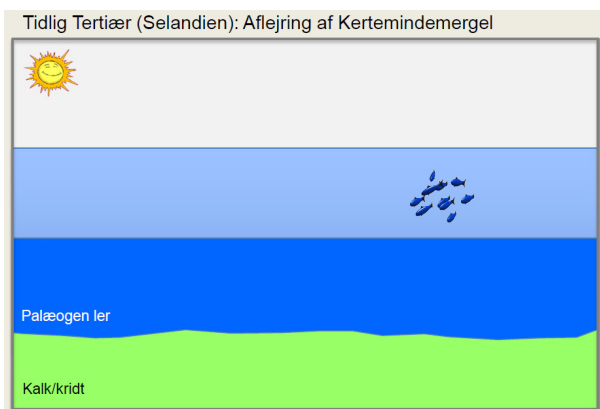
Som det blev beskrevet i den geologiske forståelsesmodel (kapitel 4), kendes der en række istider og tilhørende isfremstød i kvartæret. Disse hændelser er søgt indarbejdet i den geologiske hændelseskronologi, som følger herunder:



Aflejring af Danienkalk

Lag BK: Danien, Paleocæn

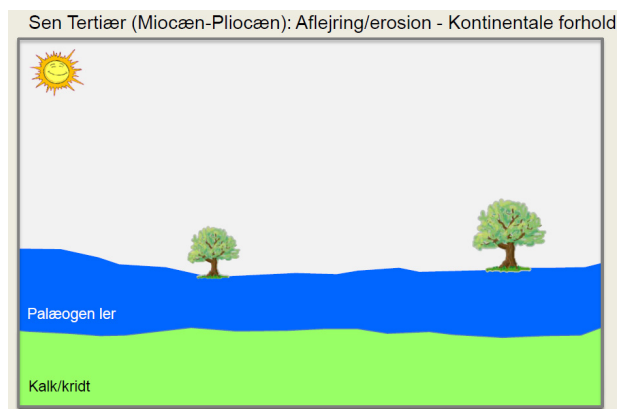
Store dele af det danske område var dækket af hav.



Aflejring af Kertemindemergel

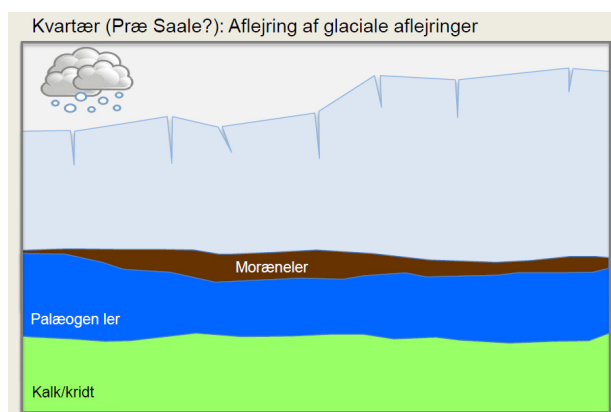
Lag PL: Selandien, Paleocæn

Store dele af det danske område var dækket af hav.



Erosion af Kertemindemergelen (Tertiær)

Efter aflejringen af Kertemindemergelen aflejredes yderligere marint ler i Paleocæn og Eocæn. I store dele af resten af tertiæret (Oligocæn, Miocæn og Pliocæn) var området tørlagt og udsat for erosion.

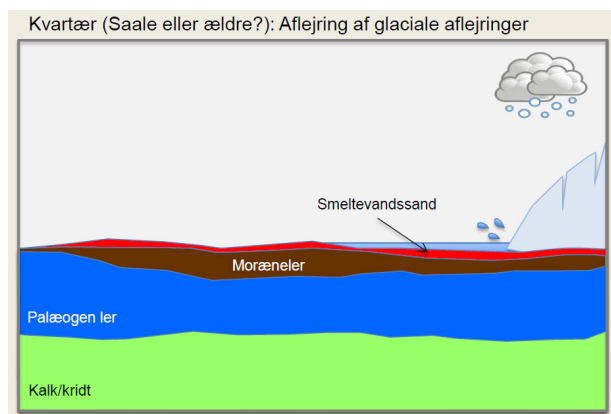


Aflejring af moræneler

Lag G: Sandsynligvis præ-Saale.

I den ældste del af kvartæret har der sandsynligvis været flere isoverskridelser, men hvor aflejringerne her fra nu er bortroderet.

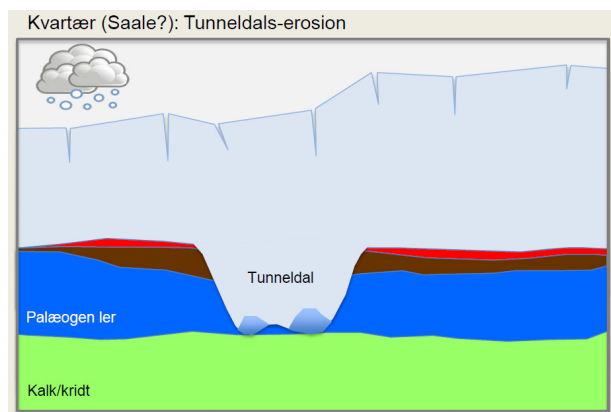
Lag G er den første kendte aflejring, som vidner om et isdække.



Aflejring af smeltevandssand

Lag F: Saale eller ældre

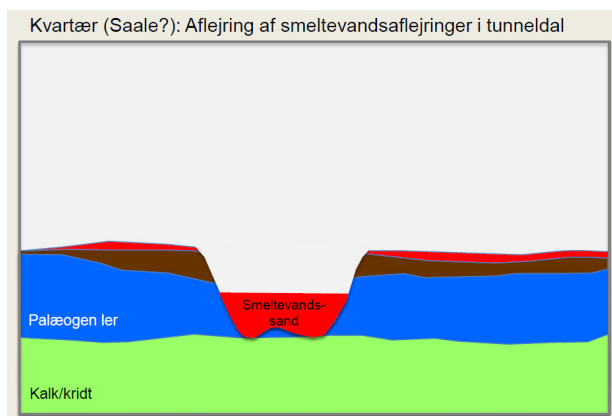
En smeltevandsslette foran en gletscher breder sig ud over store dele af Sydvestfyn. Sandet kommer sandsynligvis til området fra nord, da det indeholder store mængder kvarts, som kan stamme fra blotlagt tertiært sand i Midtjylland.



Dannelse af ældste dalgeneration

Sandsynligvis i Saale.

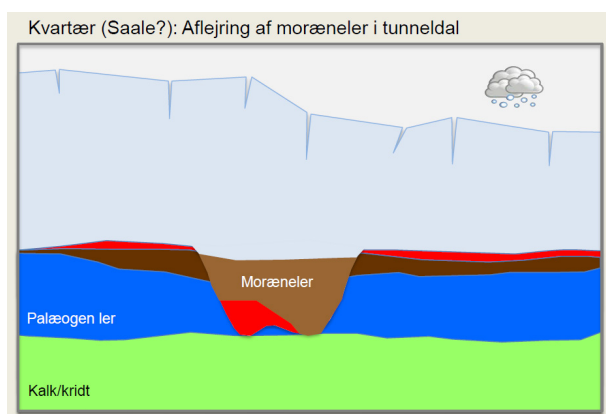
Den NØ-SV orienterede tunneldal dannes ved smeltevandserosion under et isdække. Isdækkets bevægelsesretning har sandsynligvis været fra NØ.



Aflejring af smeltevandsaflejringer i dalen

Lag Dal 1-3: Sandsynligvis i Saale

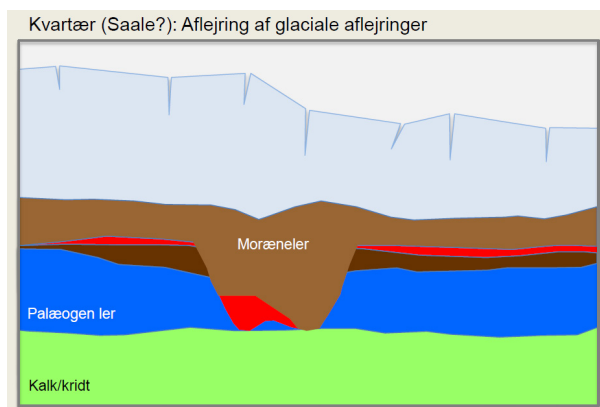
Daludfyldningen er sandsynligvis fyldt ud kort tid efter at isen er smeltet tilbage fra området.



Aflejring af ler i dalen

Lag Dal 1-3: Sandsynligvis i Saale

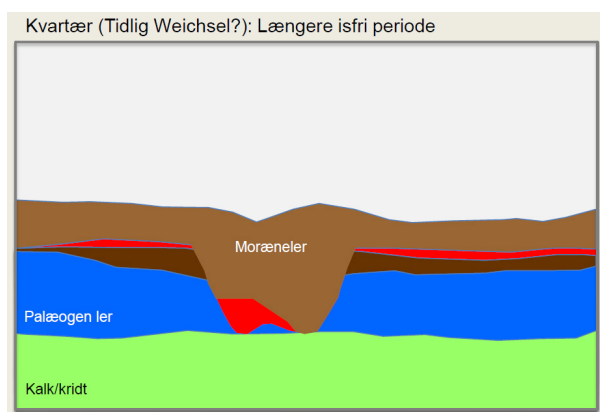
Fornyset erosion efterfulgt af aflejring af moræneler og smeltevandsler



Aflejring af moræneler i og over dalen

Lag E og D (ML): Saale?

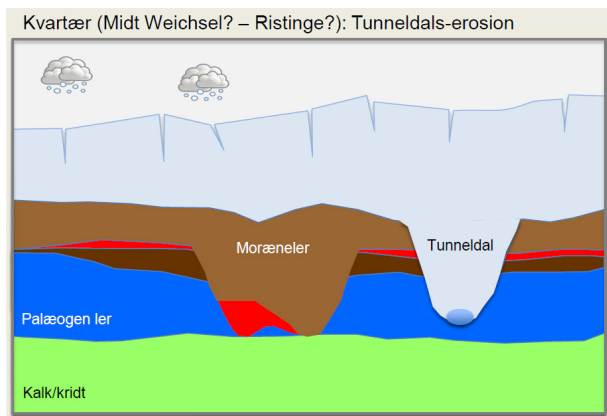
Der aflejres moræneler i og ovenover dalen. Det er sandsynligt, at der er tale om to uafhængige isfremstød.



Længere isfri periode

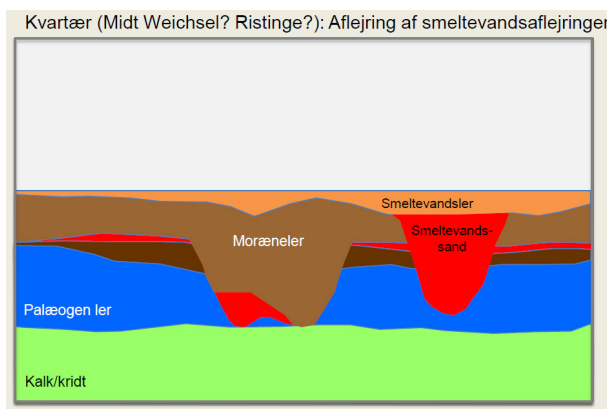
Eem mellemistid og tidlig Weichsel?

Landet ligger hen isfrit over en længere periode.



Dannelse af den yngste dalgeneration Midt Weichsel – Ristinge fremstødet?

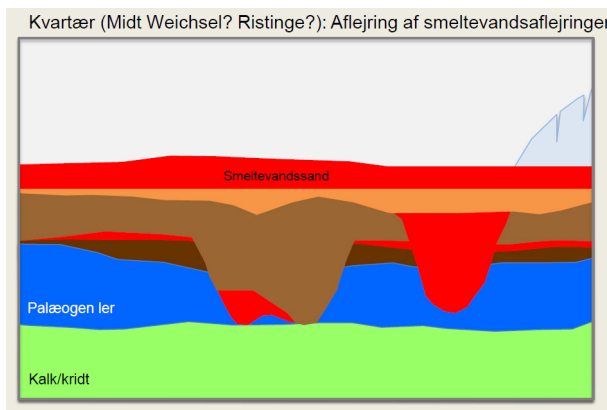
Tunneldalen dannes ved smeltevandserosion under et isdække, som bevægede sig ind over området fra øst. En sandsynlig kandidat er Ristinge fremstødet.



Aflejring af smeltevandssedimenter

Lag D (DS), D (DL): Midt Weichsel – Ristinge fremstødet?

Den dannede tunneldal udfyldes af den tilbagerykkende gletschers smeltevandsaflejringer. Først med grove aflejringer i form af sand, og da dalen er fyldt ud, og gletscheren længere væk fra området, aflejres finkornede aflejringer i form af smeltevandsler over et større område.

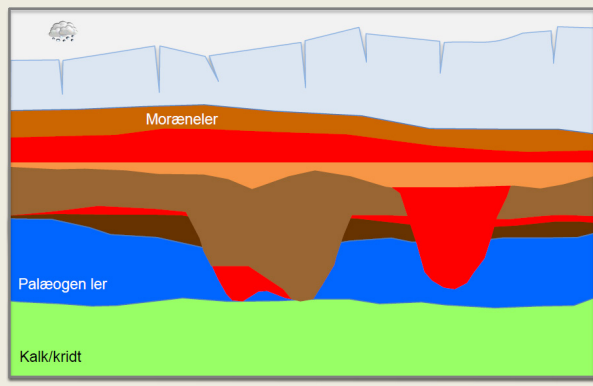


Aflejring af smeltevandssand

Lag D (DS): Midt Weichsel – Ristinge fremstødet?

Nye smeltevandssedimenter dækker området; denne gang af sand. Der er sandsynligvis tale om et genfremstød. Herefter ligger området isfrit hen i mere end 20.000 år

Kvartær: Aflejring af moræner – NØ-isen - Hovedfremstødet for 23.000 til 21.000 år siden

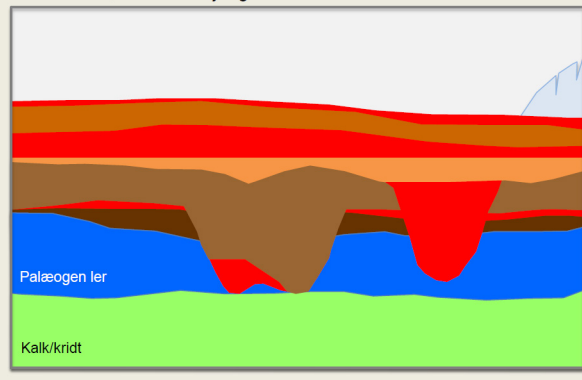


Aflejring af moræner

Lag C: Sen Weichsel – NØ-isen (Hovedfremstødet)

NØ-isen dækker området og moræner aflejres.

Kvartær: NØ-isen - Aflejring af smeltevandssand

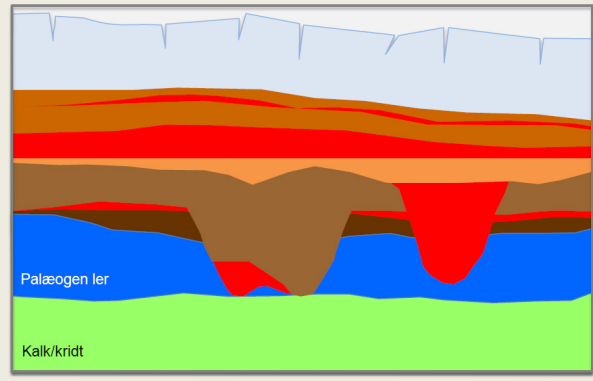


Aflejring af smeltevandssand

Lag B: Sen Weichsel – NØ-isen

NØ-isen smelter tilbage og aflejrer smeltevandssand

Kvartær: NØ-isen - Aflejring af moræner

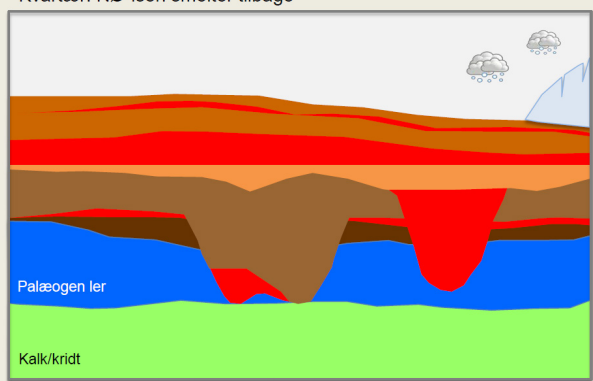


Aflejring af moræner

Lag A: Sen Weichsel – NØ-isen (Hovedfremstødet)

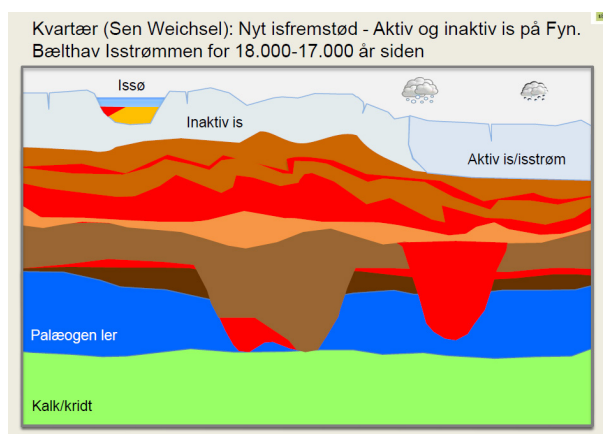
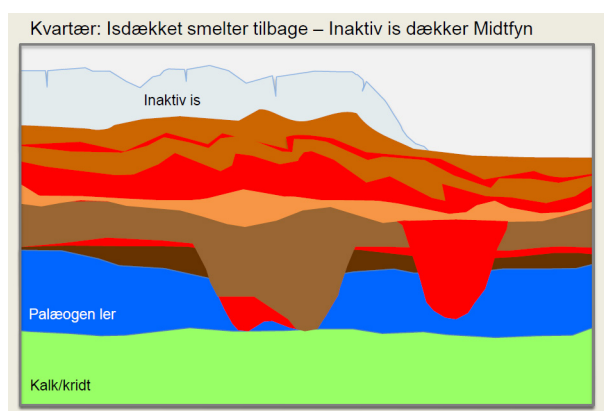
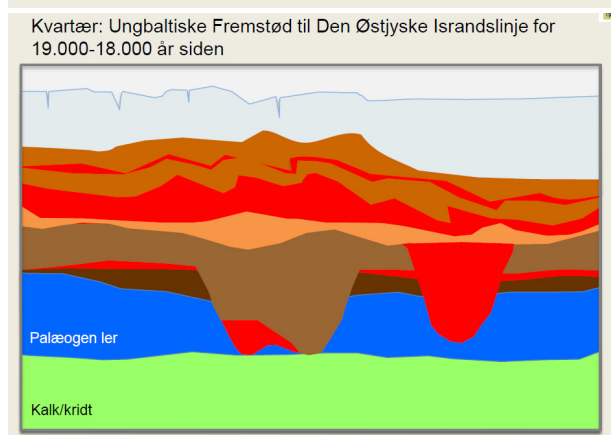
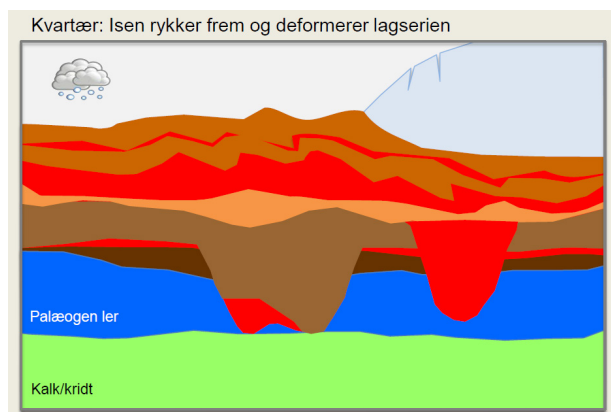
Et genfremstød aflejrer moræner

Kvartær: NØ-isen smelter tilbage



NØ-isen smelter atter tilbage

Sen Weichsel – NØ-isen



Endnu et genfremstød af NØ-isen
Sen Weichsel – NØ-isen

NØ-isen bevæger sig atter ind over området og deformerer den øvre del af lagserien fra NØ. Højdedraget i modelområdet dannes herved.

Det ungbaltiske isfremstød
Sen Weichsel – isfremstød fra øst-sydøst.

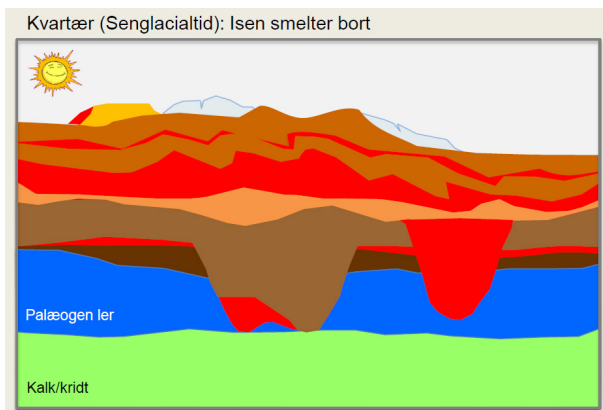
Fyn dækkes sandsynligvis af is uden at det sætter sig større spor i landskabet. Kun små mængder sediment aflejres.

Det ungbaltiske isfremstød smelter tilbage

Inaktiv is (dødis) dækker de centrale dele af det fynske højland.

Bælthav-isstrømmen glider forbi mod nord

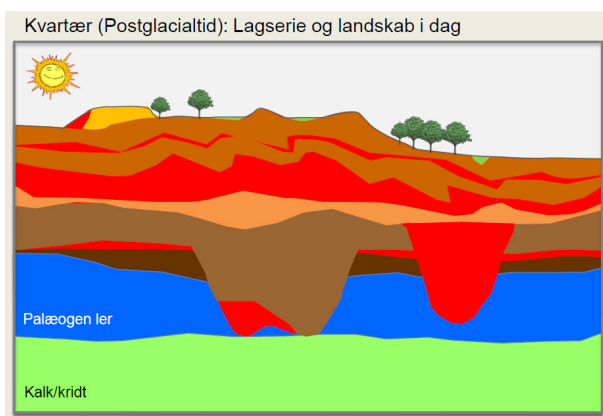
Inden dødisen er smeltet helt bort fra højlandet glider Bælthav-isstrømmen forbi mod nord og skaber det glatte, drumliniserede landskab mod nord. Issø-sedimenter aflejres i lavninger i isen.



Isen smelter endegyldigt bort fra området

Lag: Issø-aflejringer/Senglacialt sand

Isen – såvel den aktive som den inaktive – smelter bort fra området og issø-aflejringerne lægger sig i bakkedraget som flade bakker. Smeltevandet eroderer i landskabet, og smeltevandssletter dannes i de laveste områder.



Afstrømning af vand finpudser landskabet

Lag: Postglaciale aflejringer

Afstrømning skaber ådale og postglaciale aflejringer afsættes i ådale og i lavninger i landskabet. Havet trænger ind i smalle løb mod nordøst, men når ikke modelområdet.

5.4 Modellering af RGM i GeoScene 3D

5.4.1 Indledning

Nye boredata og fingrusanalyser har bidraget til, at det i GeoScene3D (GS3D) har været muligt at opstille en 3D geologisk model der repræsenterer den formodede geologiske hændelsehistorie (se afsnit 5.3). 3D modellen består af en punkt- og flademodel, og udgøres af 15 lagenheder, der beskrives under afsnit 5.4.2. De generelle tolkningsprocedurer og retningslinjer for tolkningsdata beskrives under afsnit 5.4.3 til 5.4.6.

5.4.2 Modellag

På grundlag af konceptet for den geologiske opbygning i modelområdet er der udført en 3D geologisk modellering af 15 geologiske lagenheder. De modellag, der indgår i den rumlige geologiske model (RGM) er vist i Tabel 5.1.

Den prækvartære lagserie udgøres af kalk (RGM 1) og fed palæogen ler (RGM 2).

Modellag RGM 3 er moræneler aflejret ovenpå prækvartæret, mens modellag RGM 4 og RGM 5 repræsenterer dybtliggende sandede smeltevandsaflejringer. Modellag RGM 4 er tolket til en regional udbredelse i den østlige del af modelområdet, mens udbredelsen af laget mod vest er mere usikker pga. af få boringsdata. Modellag RGM 5 er relateret til den ældre nordøst-sydvest orienterede begravede dalstruktur (se afsnit 5.2.5), og er tolket til en afgrænset udbredelse i de dybe dele af dalstrukturen.

Lag RGM 6 udgøres af moræneler og til dels smeltevandsler, og er tolket i hele modelområdet. Det vurderes, at laget udgør den overvejende del af dalfyldet i den ældre nordøst-sydvest orienterede begravede dalstruktur i projektområdet (se afsnit 5.2.5). Den yngre vest-øst orienterede dal, der er tolket på tværs af hele projektområdet vurderes overvejende at bestå af sandede smeltevandssedimenter og repræsenterer en anden dalgeneration repræsenteret ved lag RGM 7.

Tabel 5.1. Modellag i RGM for Odense Vest modelområde. Den højre kolonne angiver de tolkede lagflader, der definerer afgrænsningen af de enkelte modellag.

Lag	Geologisk lagfølge	Hovedlitologi	Tolkede lagflader (2D grids)
RGM 15	Postglacial	Vekslende ler/sand og blødbunds-sedimenter	Bund_Postglacial
RGM 14	Senglaciale sand	Smeltevandssand	Bund_sengl sand
RGM 13	Issøler	Smeltevandler	Bund_Issøler
RGM 12	ML 4	Moræneler	
RGM 11	DS 3	Smeltevandssand og -grus	<i>Top:</i> Top_DS3_topsand <i>Bund:</i> Bund_DS3_topsand
RGM 10	ML 3	Moræneler	
RGM 9	DS 2	Smeltevandssand og -grus	<i>Top:</i> Top_DS2_PriMag <i>Bund:</i> Bund_DS2_PriMag
RGM 8	DL	Smeltevandsler/ moræneler	Bund_DL
RGM 7	Dalsand_yngst	Smeltevandssand- og grus med indslag af moræneler	Bund_BD02
RGM 6	ML 2	Moræneler/smeltevandsler, til dels dalfyld	
RGM 5	Dalsand_ældst	Smeltevandssand- og grus	<i>Top:</i> Top_Dalsand_BD01 <i>Bund:</i> Bund_BD01
RGM 4	DS 1	Smeltevandssand- og grus	<i>Top:</i> Top_DS1_dybtsand <i>Bund:</i> Bund_DS1_dybtsand
RGM 3	ML 1	Moræneler	
RGM 2	Palæogen ler	Fed palæogen ler	Top_Pal
RGM 1	Kalk	Danienkalk, Skrivekridt	Top_Kalk

I henhold til fingrusanalyser og den formodede dannelseshistorie (se afsnit 5.2.3 og 5.3), så er der sket en markant aflejring af smeltevandsler, hvilket er tolket som modellag RGM 8.

Modellag RGM 9 repræsenterer regionalt forekommende smeltevandssand og –grus, og laget har et bølgende forløb i modellen, som følge af istryk fra tidligere isoverskridelse fra nord-nordøst. Laget udgør den mægtigste sammenhængende sandenhed i området.

Modellag RGM 10, 11 og 12 udgøres hhv. af moræneler, smeltevandssand og –grus samt en øvre moræneler. Lagene udgør en samlet, morænelersdomineret lagpakke, som er til stede i store dele af projektområdet.

I bakkedragene mod vest er der kortlagt flere karakteristiske, afgrænsede bakker af ler (RGM 13), der formodes dannet i forbindelse med issøer på overfladen af stagnerende gletscheris (se afsnit 5.3). Modellag 14 er senglacialt sand, som er aflejret i lavtliggende områder, eksempelvis helt mod øst i modelområdet, hvor der haves en mindre, senglacial slette. Modellag RGM 15 er postglaciale aflejringer, der typisk findes i lavninger i terrænet, og som udgøres af organisk rige lerede og sandede sedimenter.

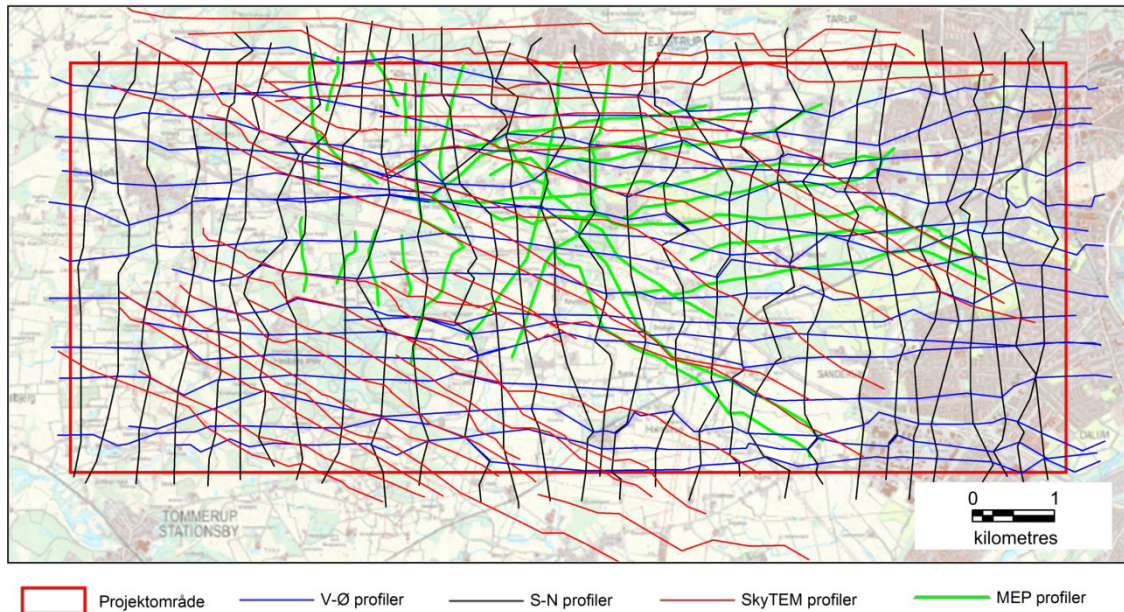
Den højre kolonne i Tabel 5.1 angiver de modellerede lagflader, der definerer afgrænsningen af de enkelte modellag. Lagfladerne beskrives nærmere i afsnit 5.4.7.

5.4.3 Profilnetværk

Den geologiske tolkning er overvejende gennemført i et optegnet netværk af tolkningsprofiler. Profilnettet optegnet i projektområdet er vist på nedenstående Figur 5-18. Profiloptegningen har haft fokus på orienteringen af SkyTEM flyvelinjer, MEP (DC) profiler samt dataorientering af geologiske strukturer, herunder begravede dale. Ligeledes er profilerne optegnet, så de løber gennem undersøgelsesboringer, vandforsyningsboringer og dybe boringer med en god prøvebeskrivelse. Med udgangspunkt i det ovenstående er følgende profiloptegning gennemført:

- Optegning af 27 stk. vest-øst orienterede profiler med en omtrentlig afstand på 250-500 m.
- Optegning af 30 stk. syd-nord orienterede profiler med en omtrentlig afstand på 250-500 m.
- Optegning af 32 stk. profiler der løber langs SkyTEM flyvelinjer, hvor orienteringen typisk er nordvest-sydøst.
- Optegning af 24 stk. profiler, der er orienteret langs udførte MEP profileringer i området.
- Optegning af øvrige profiler med fokus på begravede dalstrukturer og centrale undersøgelsesboringer i området.

Profilnettet er suppleret med flytbare profiler til at understøtte den rumlige forståelse. Tolkningsspunkter er dog fortrinsvis sat på de beskrevne, faste profillinjer.



Figur 5-18. Faste tolkningsprofiler i projektområdet

5.4.4 Generelle tolkningsprocedurer og retningslinjer

Projektionsafstand på profiler

Der er generelt anvendt en projektionsafstand på 100 m for boringsdata, geofysiske data, grids samt punktdata.

Punkttolkning

- Der er foretaget xyz-”snap” til boringsdata
- Der er ikke ”snappet” til geofysiske modeller, da de geofysiske data ikke opløser geologien så detaljeret som boringsdata, men derimod angiver geofysisk beregnede middelmodstande
- Der er som udgangspunkt afsat tolkningspunkter for ca. hver 250-500 m langs profillinjerne. Tolkningspunkterne er afsat tættere i områder, hvor de geofysiske data viser hyppige skift i modstandsniveau, eller hvor boringstætheden er høj
- Frie tolkningspunkter er generelt afsat med en tæthed på 500 m. Der er afsat hyppigere tolkningspunkter i områder med tolkede geologiske strukturer som f.eks. begravede dalstrukturer og randmorænekomplekser, eller hvor geologien varierer meget mellem boringerne

Der er oprettet et tolkningspunkttema til hver tolket lagflade i modellen. Ved punkttolkningen af enkelte lagflader er der afsat tolkningspunkter over terrænniveau, hvilket er gjort ved modellag der kun eksisterer i dele af projektområdet. De interpolerede lagflader er efterfølgende justeret i forhold til de øvrige interpolerede flader, som beskrevet nærmere i afsnit 5.4.6. De lagflader, hvor det har været en praktisk nødvendighed at afsætte tolkningspunkter over terræn er: Bund_Postglacial, Bund_Senglacial, Bund_Issøler, Bund_DL, Bund_BD01 og Bund_BD02.

5.4.5 Vægtning af datatyper ved de geologiske tolkninger

Boringer vs. geofysik

- Boringsdata er som udgangspunkt altid vægtet højere end geofysiske data.

TEM vs. SkyTEM - fålag (forkortes FL) og mangelag (forkortes ML)

- SkyTEM FL og ML vægtes højere end jordbaseret TEM 40
- SkyTEM ML vægtes i den øvre del af lagserien højere end SkyTEM FL modeller
- I den midterste del af lagserien vægtes SkyTEM ML overordnet højere end SkyTEM FL.
- SkyTEM FL er benyttet som udgangspunkt til tolkning af overgangen til Top Palæogen, da denne laggrænse vurderes bedst bestemt i SkyTEM FL. Dette gælder til dels også overgangen til kalken, hvor der dog også er sammenholdt med ML modellerne

TEM/SkyTEM vs. PACES/MEP/DC

- PACES og MEP profiler er sammenlignet med SkyTEM ML ved tolkningen af de øvre jordlag (ca. 0-50 m's dybde). MEP indgår med samme vægt som SkyTEM i de øverste lag
- Ældre DC sonderinger vægtes lavere end MEP modeller og SkyTEM

5.4.6 Interpolation af tolkningsdata og fladejustering

Der er løbende udført kriging interpolation af tolkningspunkterne under selve tolkningsprocessen, for løbende at vurdere lagfladernes forløb. Ved den endelige kriging interpolation er der gennemført en tilpasning af semivariogram for at opnå den bedste tilpasning af fladen til datapunkterne.

De endelige flader er interpoleret med en 50x50 m gridcellestørrelse, hvilket er vurderet passende i forhold til datamængde og opløselighed af geologiske strukturer og generelt den geologiske variabilitet.

Følgende overordnede interpolationsindstillinger er blevet anvendt:

- Gridcellestørrelse på 50x50 m.
- Max data count per search = 20, hvilket betyder, at de 20 nærmeste nabopunkter indgår i interpolationen.
- Søgeradius på 300-1000 m. Ved enkelte datasæt, hvor modellen ikke er tolket til en udbredelse i hele projektområdet, er der anvendt fiktive støttepunktdata og en højere søgeradius for at opnå fuld fladedækning.

Der er foretaget en fladekorrektur af de interpolerede 2D grids for at undgå krydsende laggrænser. Justeringen er gennemført i "Grid Adjustment" værktøjet i GS3D og de justerede flader findes i GS3D projektet med endelsen "_Adjusted". De endeligt justerede lagflader beskrives mere indgående i det følgende afsnit 5.4.7.

Den overordnede opsætning i grid-justeringen i GeoScene 3D er vist nedenfor i Figur 5-19. Det har dog været nødvendigt med yderligere to efterfølgende trin for at opnå den korrekte

justering omkring dalfyldt i de begravede dale. I forbindelse med justeringen er der fastlagt en mindste tykkelse på 10 cm i tilfælde, hvor to lagflader er sammenfaldende.

Adjusted \ Ref.	Terrain_50m_Hydr	Bund_Issaler	Bund_Postglacial	Bund_sengl_sand_gr	Top_DS3_topsand	Bund_DS3_topsand	Top_DS2_PnMag	Bund_DS2_PnMag	Bund_DL	B002_bund_extend	B001_bund_extend	Top_DS1_Dybsand	Bund_DS1_Dybsand	Top_Pal	Top_Kalk
Terrain_50m_Hydr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bund_Issaler	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bund_Postglacial	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bund_sengl_sand_gr	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Top_DS3_topsand	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bund_DS3_topsand	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Top_DS2_PnMag	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bund_DS2_PnMag	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bund_DL	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B002_bund_extend	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B001_bund_extend	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Top_DS1_Dybsand	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bund_DS1_Dybsand	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Top_Pal	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
Top_Kalk	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0

Figur 5-19. Gridjustering i GeoScene 3D

Ved visualisering af de justerede lagflader i 3D vinduet i GS3D projektet kan det i nogle tilfælde se ud som om enkelte lagflader overlapper. Dette er dog et visualiseringsproblem, som forekommer, når to lagflader er sammenfaldende. Der er som angivet gennemført en grid-justering med efterfølgende kontrol, så overlappende lagflader ikke forekommer.

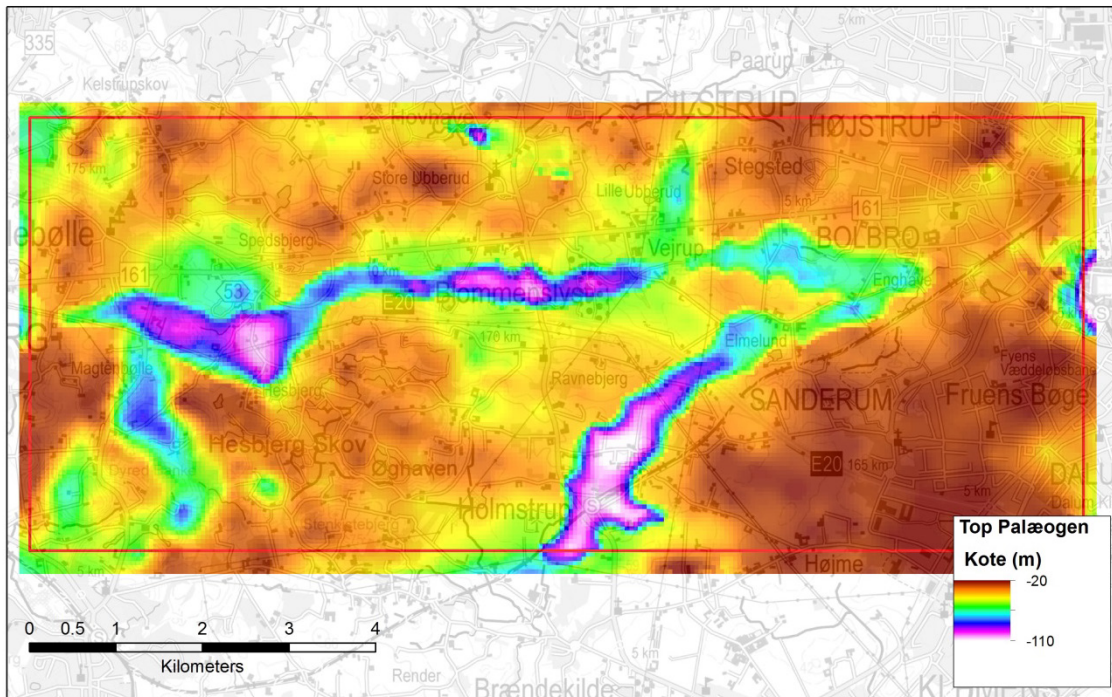
5.4.7 Endelige lagflader

I dette afsnit beskrives udvalgte lagflader, der er modelleret ved udarbejdelsen af den geologiske model.

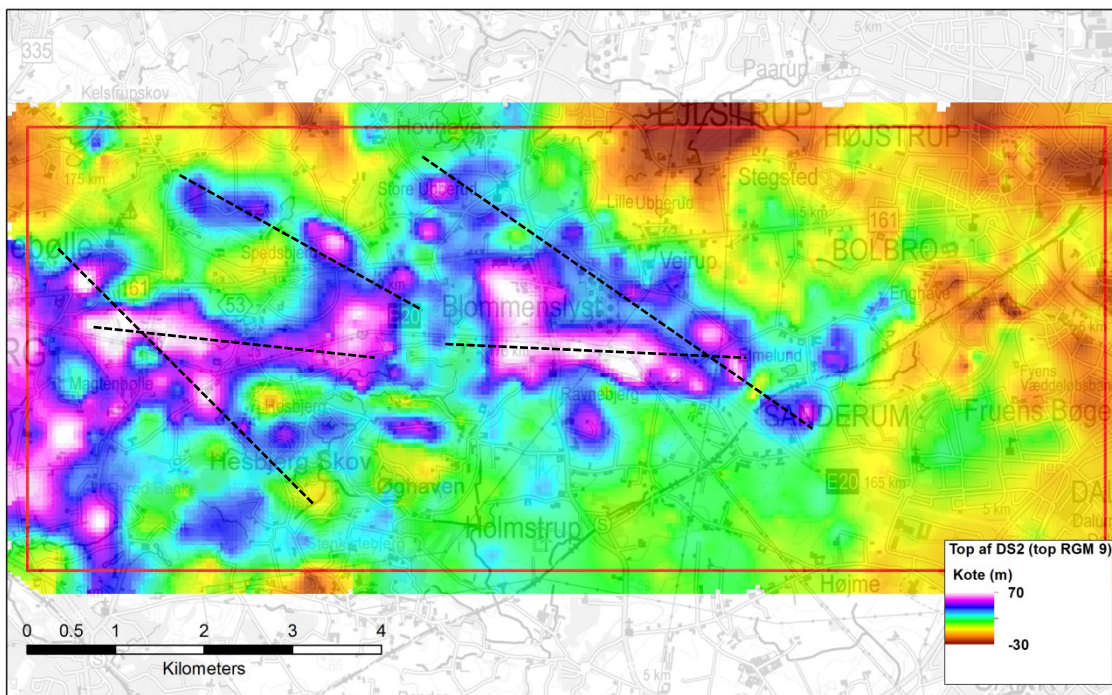
De stratigrafiske flader Top kalk og Top Palæogen udgør afgrænsningen af den prækvartære lagfølge i projektområdet, og disse flader er tolket på grundlag af dybe borer og SkyTEM data. Overgangen til kalken er visse steder i området vanskelig præcis at udpege, da kalken flere steder er overlejret af markante mægtigheder af fed palæogen ler, hvilket er vanskeligt at gennemtrænge for TEM metoden. Generelt udviser kalkoverfladen et fald i kote mod vest, idet kalken træffes i ca. kote -50 m ved Odense by (østlige del af modelområdet) mens overfladen ud fra geofysik forventes at ligge i kote -100 til -90 m i den vestlige del af projektområdet.

Den modellerede top af Palæogenet udgør stratigrafisk set også overfladen af prækvartæret. Koten for toppen af prækvartæret ses på Figur 5-20, og er karakteriseret ved et plateau beliggende i ca. kote -40 til -30 m, der flere steder er brudt af nederoderede begravede dalstrukturer.

Den øvre del af den geologiske lagserie udviser overordnet et bølget forløb som følge af deformation fra tidligere isoverskridelser. På Figur 5-21 ses lagfladen for toppen af model-lag RGM 9, der udgør den mest udbredte enhed af smeltevandssand og –grus i projektområdet.



Figur 5-20. Koten for top af Palæogenet (prækvartær-overfladen) vist med lilla til brunlig farveskala, der er vist på figuren. De blålige og lilla nuancer markerer områder med tolkede dalstrukturer, der ses dybt nederoderet i den palæogene ler og til dels i kalken.

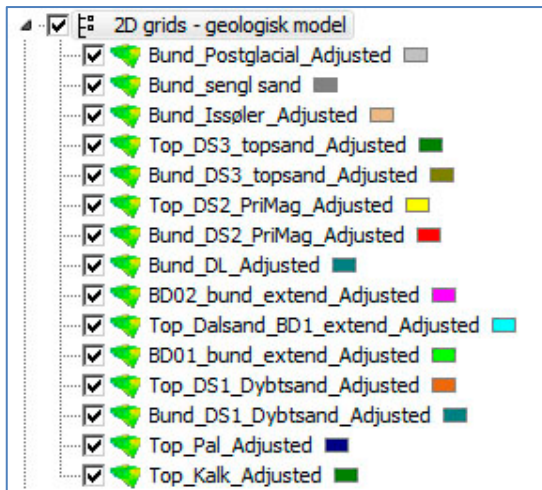


Figur 5-21. Visualisering af lagfladen for toppen af modellag RGM 9 (regionalt forekommende smeltevandssand). De stiplede linjer skitserer, hvor toppen af smeltevandssandet ses i høje koter og antyder et istryk fra en nord-nordøstlig retning.

Toppen af smeltevandssandet (modellag RGM 9) ligger i den vestlige del af området kote-mæssigt højt (se Figur 5-21). Generelt indikerer det bølgende forløb af smeltevandssandet

et overordnet istryk fra nord-nordøst (NØ-isen; se afsnit 5.3), hvilket er fremhævet med stiplede linjer på figuren.

De enkelte lagflader, der definerer de 15 geologiske modellag, kan tilgås i den digitale GS3D model, hvor lagfladernes forløb kan studeres nærmere, se Figur 5-22 og Tabel 5.1.



Figur 5-22. Screenshot fra GS3D modellen angivende de modellerede geologiske flader.

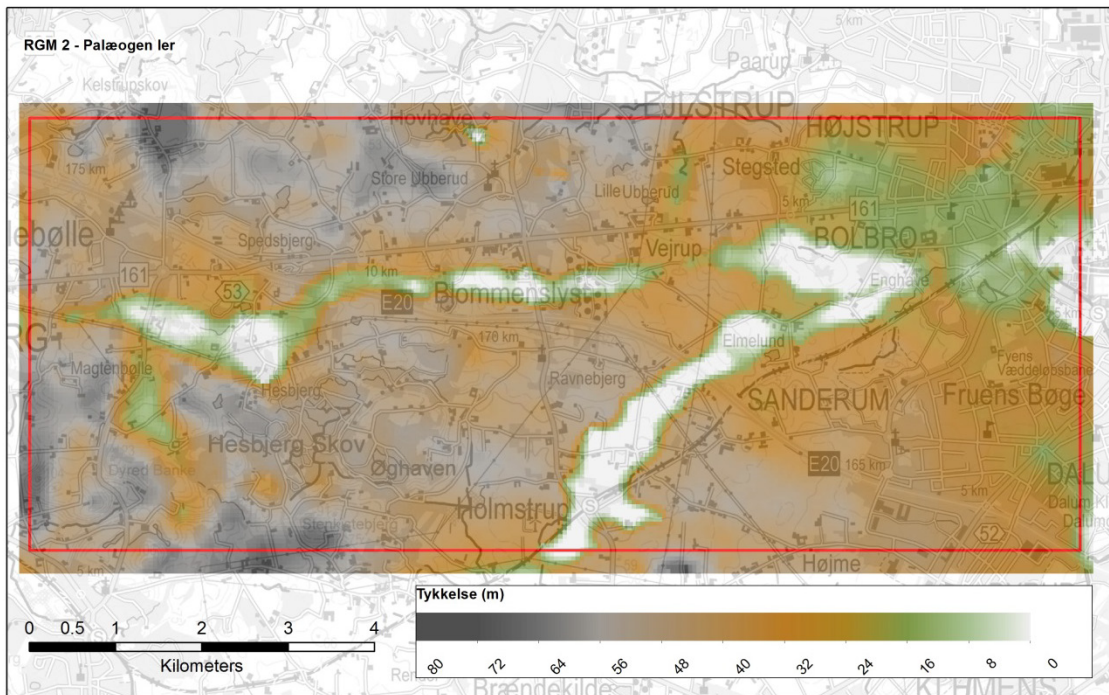
5.4.8 Tykkelser af modellag

Lagfladerne afgrænser de enkelte geologiske lag i modellen, og i dette underafsnit beskrives tykkelser af udvalgte lag med henblik på vurdering af magasintykkelser og tykkelser af overliggende lerlag.

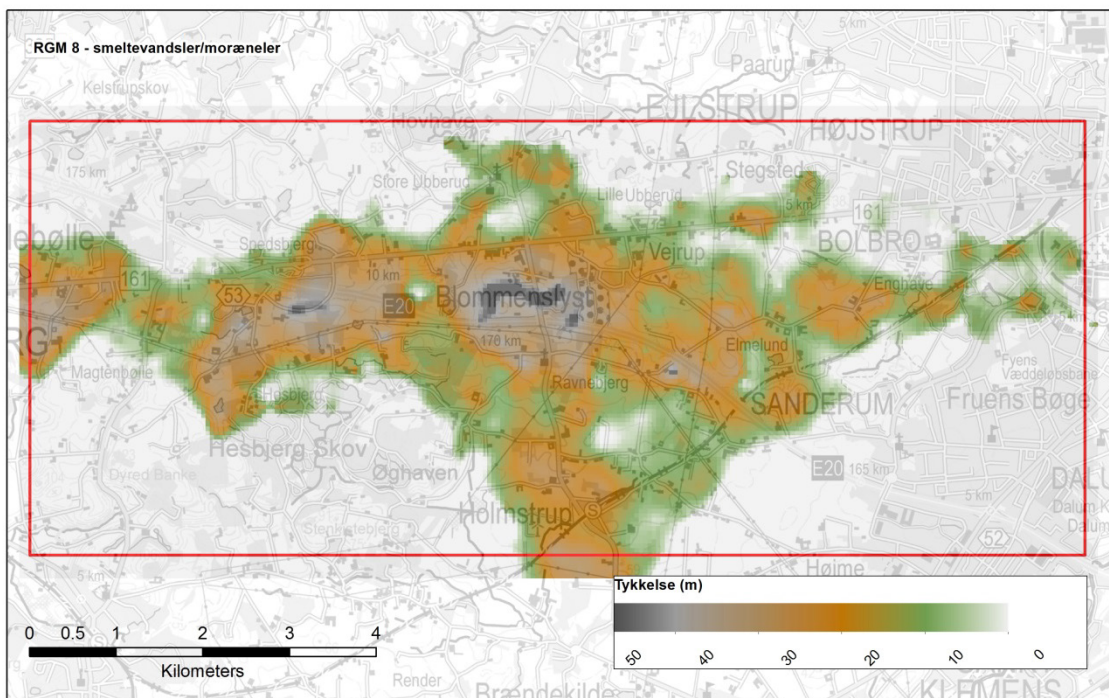
På Figur 5-23 ses de tolkede tykkelser af den palæogene ler i Odense Vest området. Det prækvartære ler er lokalt borteroderet ved dannelsen af de kvartære tunneldale, der efterfølgende er blevet opfyldt med moræne- og smeltevandssedimenter.

Kalkoverfladens fald i kote mod vest kan indirekte konstateres i tykkelseskortet for det prækvartære ler, idet lertykkelserne ved Odense mod øst flere steder er mindre end 15 m, hvor kalken ligger højest. I vest vurderes tykkelserne af det palæogene ler generelt at være mere end 50 m, hvor der ikke findes dalerosioner (se Figur 5-23).

Figur 5-24 viser tykkelser for modellag RGM 8, der er tolket til overvejende at udgøres af smeltevandsler og til dels moræneler underne. Laget er primært fundet i boredata i den centrale del af området, hvor der også i SkyTEM data ses forholdsvist lave modstandsniveauer, der modsvarer smeltevandsler.



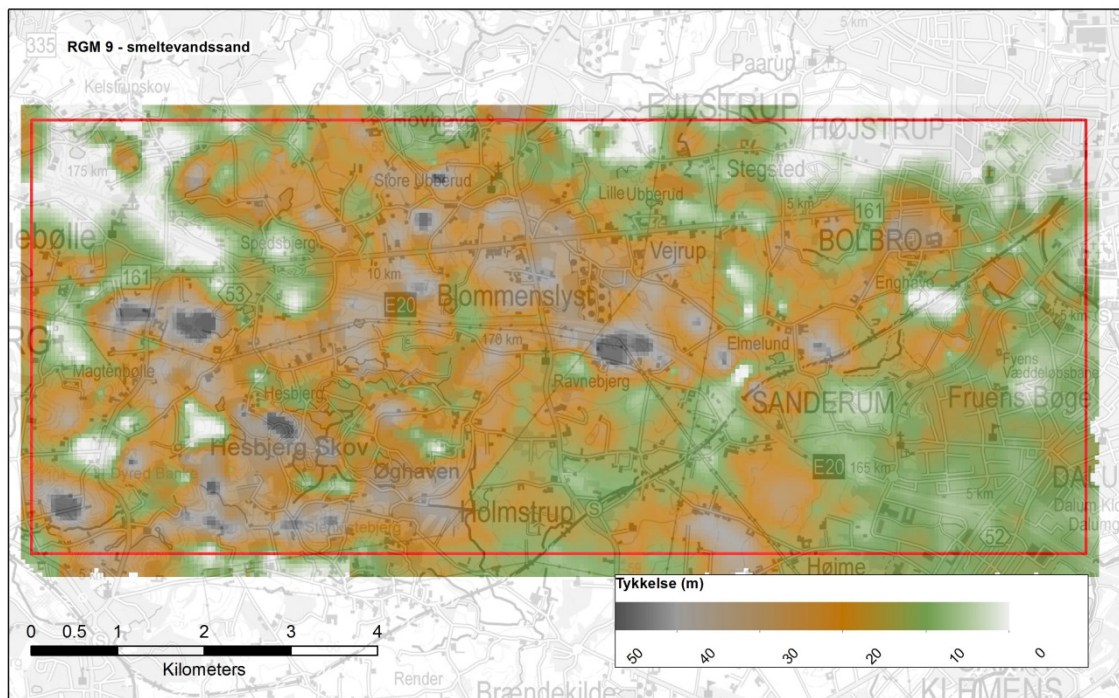
Figur 5-23. Tykkelseskort for palæogen ler (modellag RGM 2)



Figur 5-24. Tykkelseskort for smeltevandsler/moræneler der udgør modellag RGM 8

Centrale borer, der beskriver smeltevandsler indenfor koteintervallet 0 til -20 m, er bl.a. boring DGU nr. 145.2840 og 145.2755 lokaliseret i den øst-vest orienterede begravede dal, hvor Bolbro kildeplads indvinder fra. Ligeledes er smeltevandsleret beskrevet og korreleret ved fingrus i boring DGU nr. 145.3487 lokaliseret ved Ravnebjerg. De største mægtigheder af lerenheden findes ved Blommenslyst. Som vist i den generelle usikkerhedsvurdering (se afsnit 5.5) er tolkningen af laget og lagets tykkelse usikker i den vestlige del af området. Laget er afgrænset til den centrale del af modelområdet, idet ingen data dokumenterer

tilstedeværelse af smeltevandsler i de samme koteniveauer, som ses i de tre nævnte nøgleboringer.



Figur 5-25. Tykkelser af det kvartære smeltevandssand (modellag RGM 9)

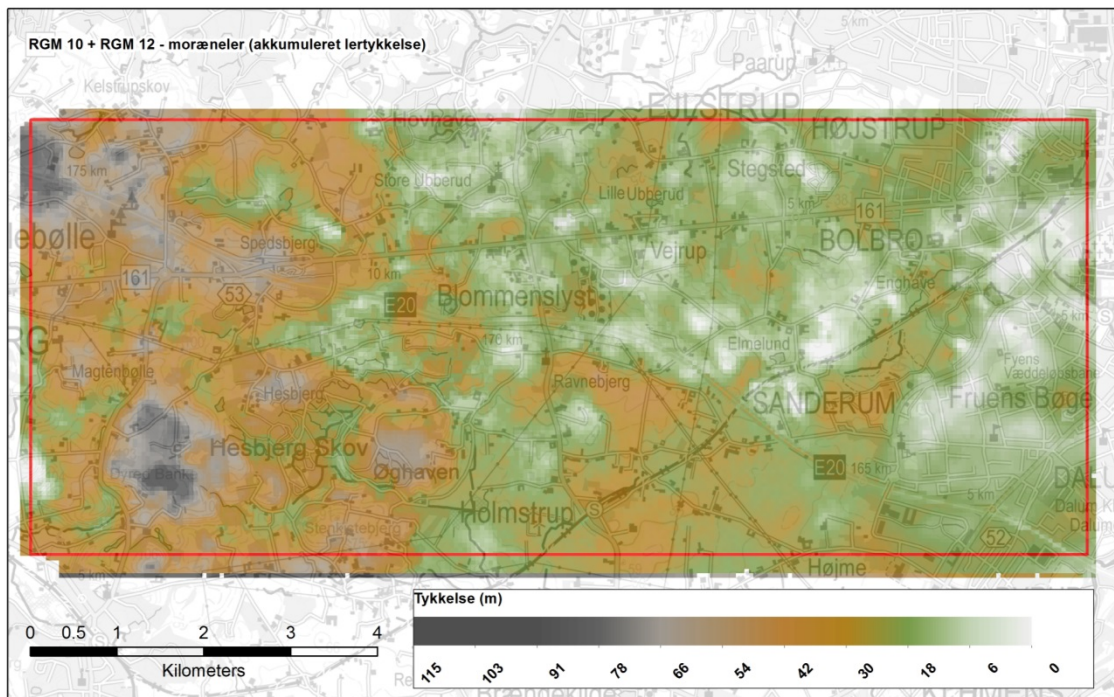
Det regionalt udbredte sandmagasin (modellag RGM 9) findes typisk indenfor koteintervallet -10 til +40 m, og udviser varierende tykkelser i projektområdet, se Figur 5-25. Den kvartære sandenhed udviser i store dele af projektområdet tykkelser på 20-30 m. Generelt er der i tolkningen fokuseret på ikke at overestimere tolkningerne af sandet, da der i området er en tendens til at moræneleret over og under sandet udviser forholdsvis høje modstandsniveauer såvel i TEM-data som MEP-data. De største mægtigheder af smeltevandssand er tolket ved det højtliggende glaciale landskab nær Blommenslyst.

Akkumuleret lertykkelse for det øvre moræneler – RGM 10 og RGM 12

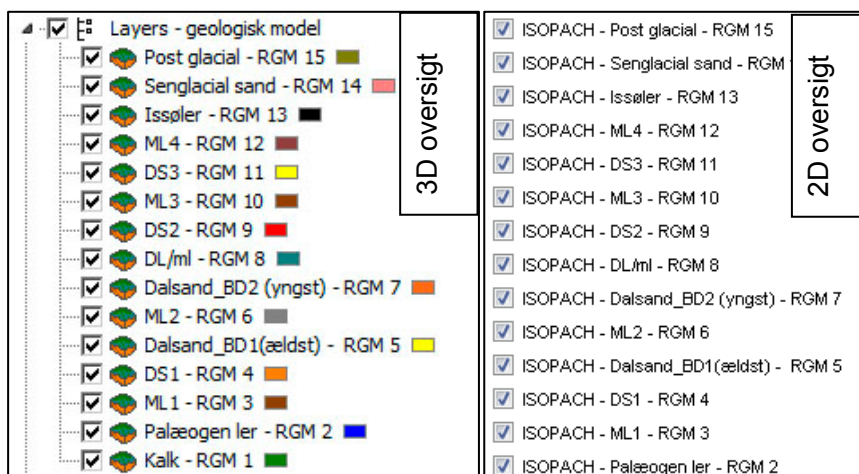
Den akkumulerede lertykkelse for de to øvre morænelers-enheder er vigtig i forhold til at kunne vurdere sårbarheden af grundvandsmagasinerne i området. Derfor er der udarbejdet et kort, der angiver den samlede tolkede morænelerstykkelse over det regionale grundvandsmagasin benævnt RGM 9 i nærværende model, se Figur 5-26.

De største mægtigheder af det øvre moræneler findes i det højtliggende glaciale landskab i den vestlige del af projektområdet, da der her er tolket akkumulerede tykkelser af moræneler på mere end 40 m. Billedet er væsentligt anderledes i det lavtliggende glaciale landskab mod øst og nordøst, hvor tykkelserne typisk er under 20 m (se Figur 5-26). Flere steder er der tolket mindre end 10 m moræneler.

Tykkelseskort for alle de geologiske modellag kan tilgås i GS3D projekt-filen under 2D oversigtskortet, se Figur 5-27.



Figur 5-26. Akkumuleret tykkelseskort for de øvre moræner-enheder RGM 10 og RGM 12



Figur 5-27. Lagtykkelser i GS3D. Der er tilføjet tykkelseskort (Isopach) for de enkelte geologiske modellag i GS3D modellen. Tykkelseskort kan slås til og fra under 2D oversigtskortet

5.5 Overordnet usikkerhedsvurdering af RGM-modellen

Optimalt set vil en kvantificering af modelusikkerhed være at foretrække, fordi numeriske værdier for usikkerheden vil kunne bruges i efterfølgende beregninger. Men da de geologiske tolkninger foretages på baggrund af en heterogen samling af datasæt, hvor de enkelte datasæt understøtter hinanden, og hvor meget tolkningen er baseret på generelt erfaringsgrundlag, vil en kvantificering være overordentlig vanskelig. Det er derfor valgt at anvende en kvalitativ indgangsvinkel til usikkerhedsvurderingerne, som beskrevet i Sandersen (2007, 2008).

Der er gennemført en overordnet usikkerhedsvurdering af de geologiske tolkninger i projektområdet. Tolkningusikkerheden i projektområdet er vurderet ud fra flere faktorer, men afspejler generelt modellørens egen subjektive vurdering af modellens generelle usikkerhed.

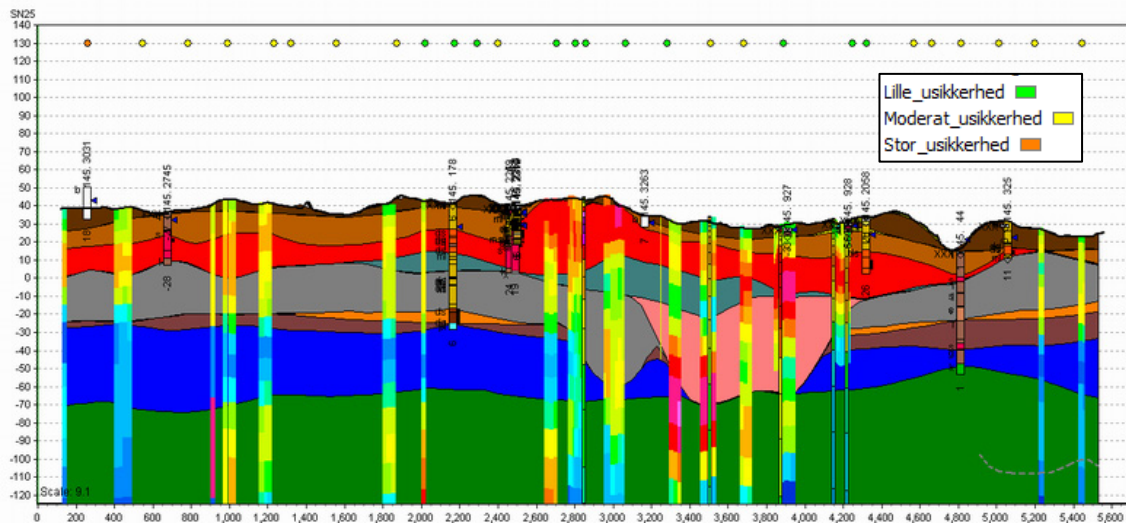
Den vurderede usikkerhed er visualiseret med farvekoder langs de enkelte tolkningsprofiler, og følgende tre usikkerhedsvurderinger er anvendt:

- **Grøn:** Lille usikkerhed
- **Gul:** Moderat usikkerhed
- **Rød:** Stor usikkerhed

Områder karakteriseret med en **lille usikkerhed** er kendetegnet ved godt beskrevne boringer, der gennemborer det meste af lagserien ned til kalken - eksempelvis de nye undersøgelsesboringer, hvor der er foretaget fingrusanalyser. Ligeledes styrker tilstedeværelse af SkyTEM modeller sikkerheden i tolkningen, da der opnås en mere fladedækkende forståelse.

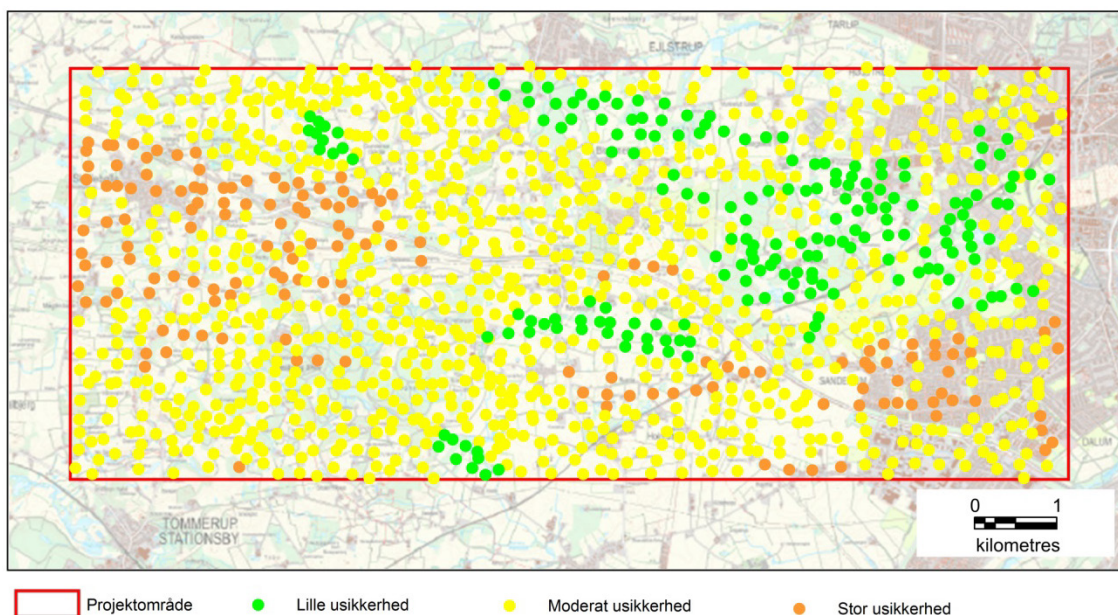
Tolkningusikkerheden karakteriseres som **moderat** i områder, hvor antallet af dybe boringer er begrænset, og hvor der er "huller" i den fladedækkende geofysik. Eksempelvis er områder ved de begravede dale angivet med en moderat tolkningusikkerhed, da dalenes udbredelse er velbestemt, men hvor der typisk er begrænset information om dalfyldet.

Stor usikkerhed karakteriserer områder med få eller ingen data, og hvor kendskabet til geologien er meget begrænset, idet viden fra lagserien skal ekstrapoleres over en betydelig afstand. Tolkningusikkerheden vurderes især at være stor i dele af projektområdet mod vest, hvor boredata i det forstyrrede højtliggende glac iallandskab er få.



Figur 5-28. Profilleksempel (profil SN25), hvor den vurderede tolkningusikkerhed ses øverst ved et grønt, gult og orange punktema indsat langs profilet (ved kote +130m).

I Figur 5-28 er vist et eksempel på hvorledes usikkerhedsvurderingerne er visualiseret i GS3D. Usikkerhedsvurderingerne kan således ses både langs de tolkede 2D-profiler og i fladen (se Figur 5-29).



Figur 5-29. Visualisering af generelle tolkningsusikkerheder i projektområdet.

6. Den hydrostratigrafiske model (HM)

6.1 Indledning

Den hydrostratigrafiske model (HM) udgør en lagmodel baseret på den rumlige geologiske model (RGM), men hvor der i den rumlige geologiske model blev arbejdet med litologi, er det i den hydrostratigrafiske model i stedet magasinegenskaber, der er i fokus. Den hydrostratigrafiske model består derfor af en række magasinlag og en række lag uden eller med kun begrænsede magasinegenskaber. Den hydrostratigrafiske models lag skal efterfølgende anvendes som input til den hydrologiske modellering.

Som nævnt tidligere, er der med udarbejdelsen af den rumlige geologiske model allerede i denne sket en tolkning af den geologiske lagserie ud i hele modelrummet, og derfor er arbejdet med den hydrostratigrafiske model fokuseret på en konvertering af RGM-lagene til HM-lag, samt på kvalitative beskrivelser af lagenes fysiske egenskaber. Det er hensigten at den hydrostratigrafiske model for Odense Vest modelområdet skal kunne klippes sammen med den eksisterende hydrostratigrafiske model for Odense Kommune.

I det følgende beskrives først resultater fra tidligere prøvepumpninger i området og herefter beskrives lag-konverteringen fra RGM-lag til HM-lag og sammenkoblingen med kommunemodellens lag indenfor det hydrologiske opland. Herefter beskrives kortfattet de enkelte lags fysiske egenskaber, som de fremstår på baggrund af primært boredata og til slut opføres anbefalede fokuspunkter for den hydrologiske model.

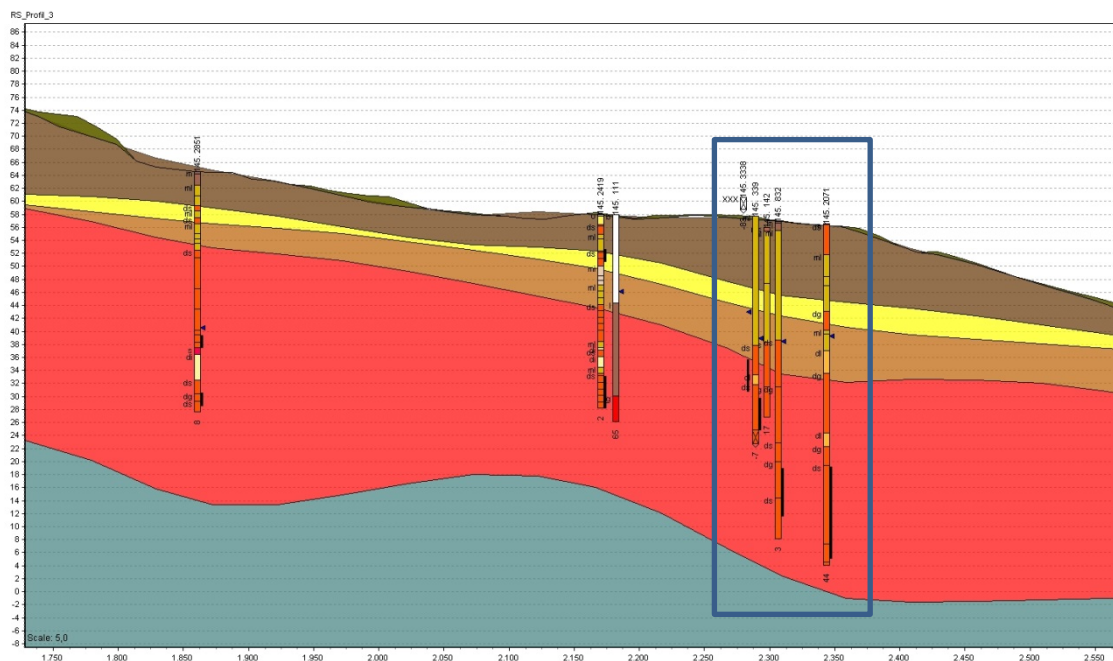
6.2 Resultater fra prøvepumpninger

Ved udsøgning af grundvandsrapporter i Rapportdatabasen er der fundet rapporter fra tre prøvepumpninger indenfor Odense Vest modelområdet:

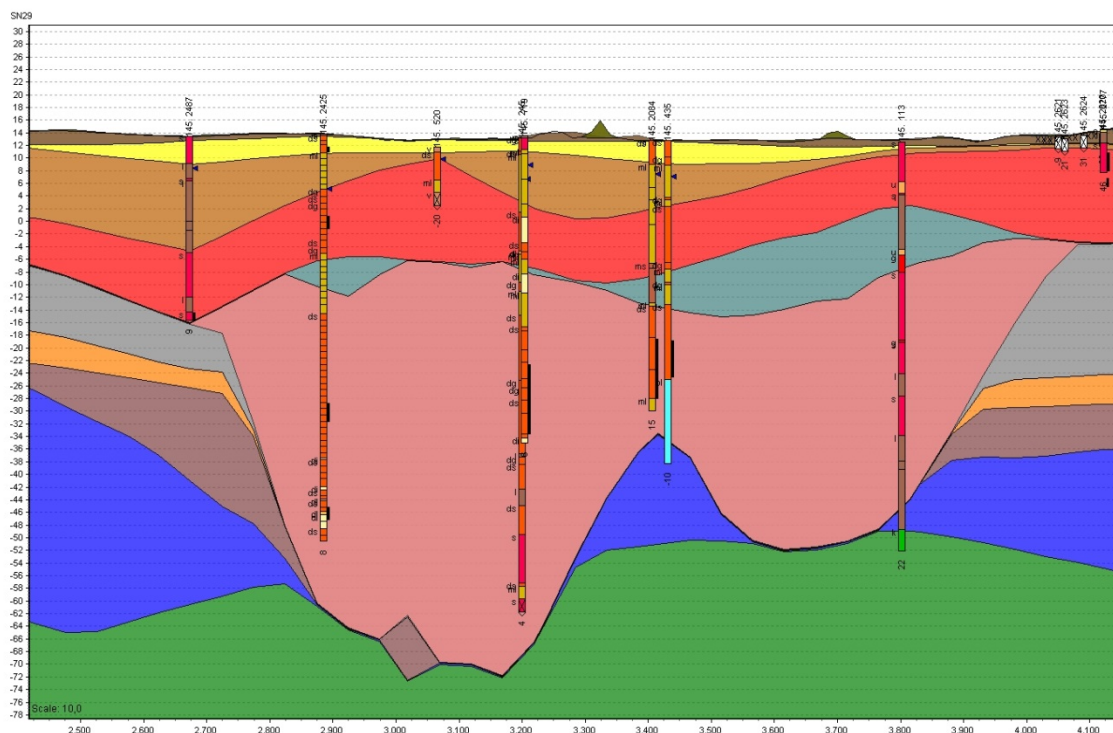
Rapport ID: 82866 - Prøvepumpning, Blommenslystværket, 1986 (Kemp & Lauritzen 1986):
Ved prøvepumpningen påvistes det, at grundvandsmagasinet (+5 til +35 m) reagerer som et artesisk magasin ved korttidspumpning, men at der registreres dæmpning af sænkningstragtens udbredelse, som ifølge rapporten sandsynligvis skyldes lækage eller overgang til frie forhold. Som det kan ses af Figur 6-1, ligger grundvandsspejlet ved kildepladsen tæt ved underkanten af det ovenover liggende ler, og derfor er det sandsynligvis overgangen til frie forhold, der er afgørende for prøvepumpningsresultatet.

Syd

Nord



Figur 6-1. Udsnit af profil RS_3 ved Blommenslyst kildeplads. 5X overhøjning. Lag RGM 9 (DS2)/HM5 (se Tabel 6.1) er vist med rød signatur.

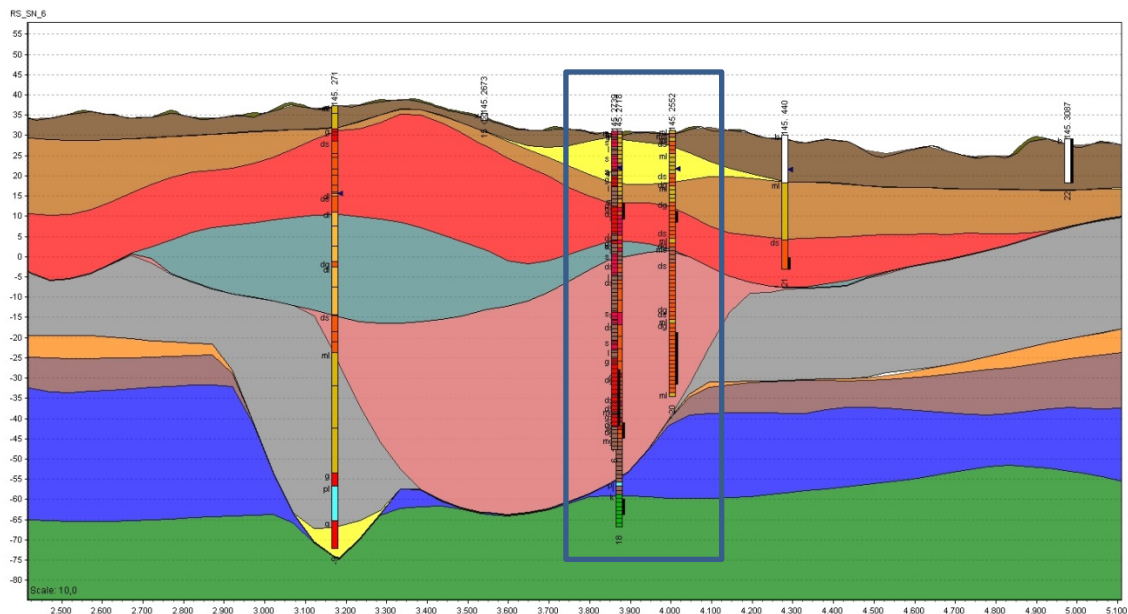


Figur 6-2. Udsnit af profil SN29 S-N gennem Eksercermarken. 10X overhøjning. Lag RGM 9 (DS2)/HM5 er vist med rød signatur og RGM 7 (dalsand, yngst)/HM6.2 er vist med lyserød farve (se Tabel 6.1).

Rapport ID: 83669 – Kildepladsprojekt Eksercermarken, Teknisk Rapport, Prøvepumpning, Bilag 1, 2003 (Watervision 2003): I rapporten nævnes det, at der er foretaget 8 prøve-

pumpninger på Eksercermarkens kildeplads og rapporten opsummerer resultaterne fra disse. Alle prøvepumpninger viser generelt højtydende magasiner med høje T-værdier. Der ses tegn på begrænsninger i magasinernes udbredelse. Det konkluderes i rapporten, at "selve kildepladsområdet groft opdeles i tre delvis selvstændige grundvandsmagasiner med relativ dårlig indbyrdes kontakt". Der synes at være tale om en Ø-V udbredelse. Herudover er der konstateret et 15 m tykt, højtydende magasin ca. 45 m u.t., som udgør en 300-500 m bred kanal i V-NV-lig retning.

Disse resultater er i god overensstemmelse med den rumlige geologiske model, eksemplificeret ved Figur 6-2. På dette profil ses to øst-vest orienterede, ca. 500 meter brede dalstrukturer ved siden af hinanden.



Figur 6-3. Udsnit af profil RS_SN6 S-N gennem Bolbroområdet. 10X overhøjning. Lag RGM 9 (DS2)/HM5 er vist med rød signatur og RGM 7 (dalsand, yngst)/HM6.2 er vist med lyserød farve (se Tabel 6.1). De to pumpeboringer ligger indenfor det blå rektangel.

Rapport ID: 83230 – Prøvepumpning ved Bolbro. Indsatsområde Odense Vest, Delområde 1 Nord, 2006 (Carl Bro 2006): Der findes ved prøvepumpningen tegn på flere negative grænser, men disse kan ikke fastlægges nøjagtigt. Det antages, at der er tale om "en slags kanalreservoir". Det konkluderes i rapporten, at sænkningstragten formentlig vil udbredes "lidt mere efter længere tids pumpning.../....specielt i nordvestlig retning". Generelt karakteriseres magasinerne som højtydende.

Prøvepumpningens resultater er i god overensstemmelse med den rumlige geologiske model (Figur 6-3). De negative grænser, som er fundet ved prøvepumpningerne bekræfter tilstedeværelsen af smalle daludfyldninger, som er afgrænsede til et strøg med en Ø-V eller SØ-NV orientering.

6.3 Den hydrostratigrafiske lagserie

Der er gennemført en direkte konvertering af den geologiske model til hydrostratigrafi. Den hydrostratigrafiske navngivning er vist i Tabel 6.1 og relaterer sig til den hydrostratigrafiske Odense Kommune model (Sandersen m.fl. 2015), og dermed også Fyns-modellen.

Lagserien i modelområdet er inddelt i 15 gennemgående hydrostratigrafiske lag, som illustreret i Tabel 6.1. Lag HM 3, HM 5, HM 6.2, HM 7.1 og HM 7.2 udgør hydrostratigrafiske sandenheder, hvor HM 5 vurderes at være det mest udbredte magasin med flest filtersætninger. HM 6.2 er et dalmagasin, bestående af smeltevandssand og –grus, i en vest-øst orienteret begravet dal, hvor bl.a. Bolbro Kildeplads indvinder grundvand. De hydrostratigrafiske enheder HM 7.1 og HM 7.2 udgør magasiner med begrænset udbredelse og tykkelse, og de vurderes tolkningsmæssigt at være behæftet med en betydelig usikkerhed.

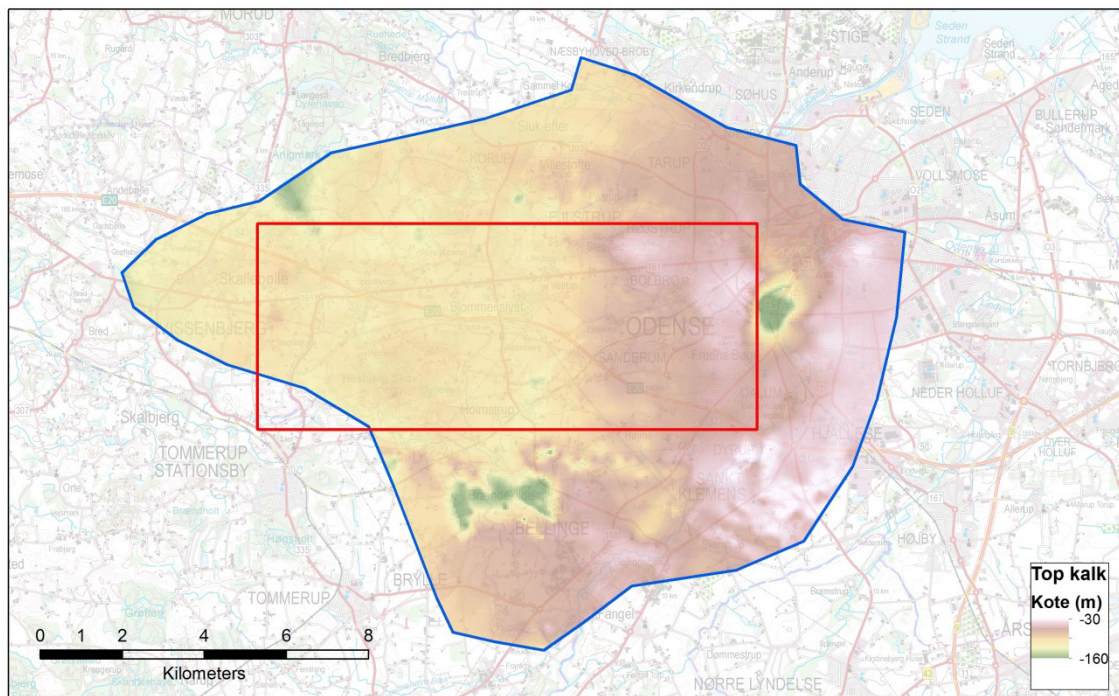
Tabel 6.1. Hydrostratigrafi i Odense Vest og relation til Fynsmodellens lag

Lag	Geologisk lag-følge	Hydrostratigrafi	Fynsmodellens lag/VTU Odense model	
RGM 15	Postglacial	HM 1.1	Lag 1	Postglacial
RGM 14	Senglaciale sand	HM.1.2		
RGM 13	Issøler	HM 2.1	Lag 2	Moræneler
RGM 12	ML 4	HM 2.2		
RGM 11	DS 3	HM 3	Lag 3	Kvartært smeltevandssand og -grus
RGM 10	ML 3	HM 4	Lag 4	Moræneler
RGM 9	DS 2	HM 5	Lag 5	Kvartært smeltevandssand og -grus
RGM 8	DL	HM 6.1	Lag 6	Moræneler
RGM 7	Dalsand_yngst	HM 6.2		
RGM 6	ML 2	HM 6.3		
RGM 5	Dalsand_ældst	HM 7.1	Lag 7	Kvartært smeltevandssand og -grus
RGM 4	DS 1	HM 7.2		
RGM 3	ML 1	HM 8.1	Lag 8	Moræneler, fed palæogen ler
RGM 2	Palæogen ler	HM 8.2		
RGM 1	Kalk	HM 9	Lag 9	Danienkalk, skrivekridt, opsprækket palæogen ler

6.3.1 Hydrostratigrafiske lagflader i det hydrologiske modelområde

På Figur 6-4 ses udstrækningen af det geologiske modelområde (rødt rektangel) og det hydrologiske modelområde (blå polygon), som anvendes i forbindelse med den hydrologiske modellering i Odense Vest. Som input til den hydrologiske model er der behov for gennemgående hydrostratigrafiske lagflader, hvilket har givet behov for en udvidelse af de tolkede lagflader i Odense Vest detailområde til at dække hele det hydrologiske modelområde. Den geologiske detailmodel for Odense Vest indeholder flere hydrostratigrafiske lag end VTU kommunemodellen (se Tabel 6.1), og derfor er lagfladerne for de supplerende lag i Odense Vest detailmodellen nødt til at blive oprettet i området udenfor for detailmodelom-

rådet. Men da lagene ikke skal have en tykkelse udenfor detailområdet, er lagene lagt ind med en maksimumstykkelse på 10 cm. I praksis er bunden af de supplerende lag sat til at være næsten sammenfaldende med det ovenover liggende lag.



Figur 6-4. Udstrækningen af det hydrologiske modelområde (blå polygon) og det geologiske modelområde (rødt rektangel). Som baggrund ses lagfladen for Top kalk, der dækker det hydrologiske modelområde.

For at udføre ovenstående er der sket en bearbejdning af tolkningspunkter og interpolerede flader, som illustreret i flowdiagrammet i Figur 6-6 og beskrevet herunder:

Trin A: Detailmodelleringen i Odense Vest udvides: Detailmodelleringen i Odense Vest fokusområde (rødt rektangel) udgør udgangspunktet for udvidelsen til det hydrologiske opland (blå polygon)

Trin B: Import af tolkningspunkter fra eksisterende modeller: Tolkningspunkter fra eksisterende modeller udenfor Odense Vest-fokusområde, men indenfor det hydrologiske opland, klippes sammen med tolkningspunkter for de respektive lag i Odense Vest-fokusområde (kun de lag, som findes i begge områder; 10 lag). Der udføres kontrol af overgangen mellem tolkningspunkterne i de forskellige modeller at opnå en tilnærmelsesvis sømløs overgang uden "spring" i koteniveauer.

Trin C: Indsættelse af supplerende tolkningspunkter: Der indsættes specifikt nye tolkningspunkter, hvor det hydrologiske opland rækker udenfor Odense Kommune (mod vest), og hvor de eksisterende modeller ikke har en tolket Top PL flade (mod øst; VTU Odense).

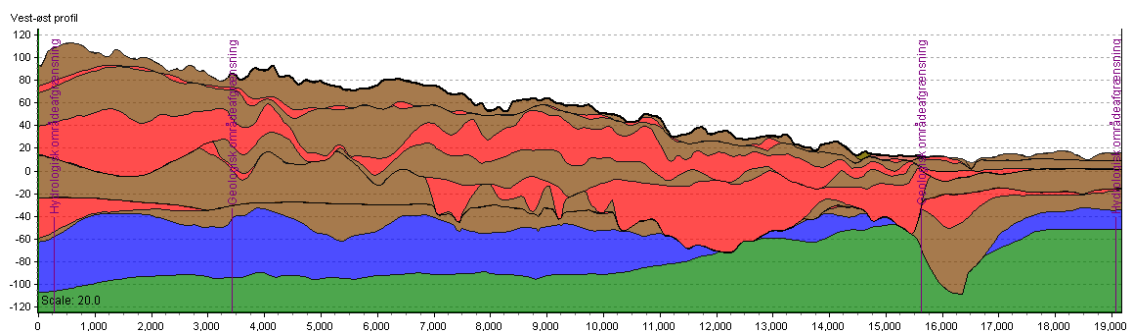
Trin D: Interpolation af de 10 lag i 50 m grid indenfor hele det hydrologiske opland. For at opnå den ønskede finere diskretisering end VTU-Odense-modellen, er der gennem-

ført interpolation af samtlige hydrostratigrafiske lagflader med kriging og en anvendt cellestørrelse på 50 x 50 m med efterfølgende justering jf. afsnit 5.4.6.

Trin E: Gridmanipulation og –justering: Ved gridmanipulering i GS3D genereres de resterende lagflader i området udenfor Odense Vest-fokusområdet, og der indlægges en 0-tykkelse (reelt 0,1 m). Lagfladerne indplaceres i et stratigrafisk niveau svarende til toppen af laget indenfor fokusområdet. Ved gridjustering i hele det hydrologiske opland (GS3D) sørges der for, at lagfladerne ikke krydser og lagfladerne skæres langs det hydrologiske oplands grænser.

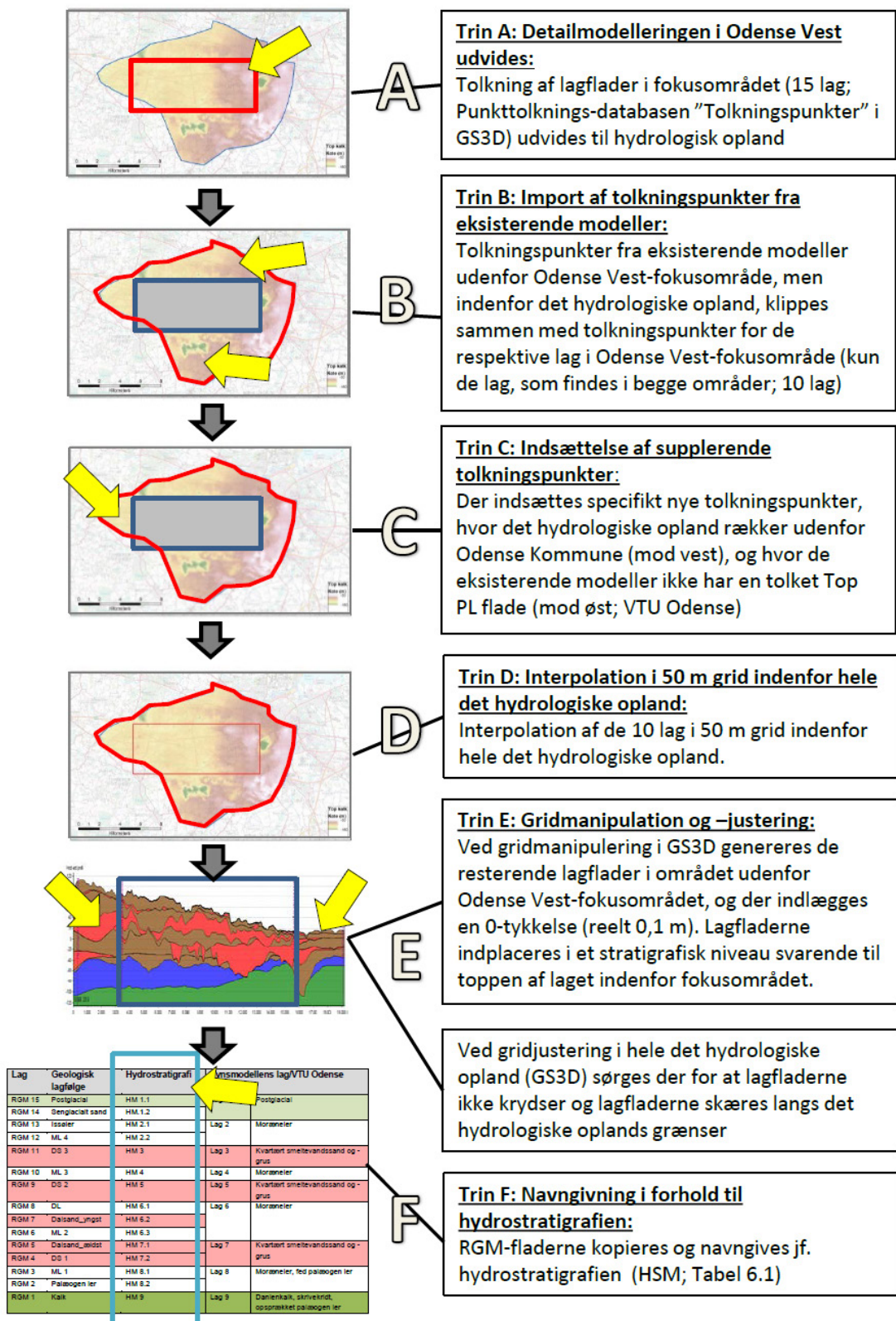
Trin F: Navngivning i forhold til hydrostratigrafien: RGM-fladerne kopieres og navngives jf. hydrostratigrafien (HSM; Tabel 6.1)

På Figur 6-5 er vist et vest-øst orienteret profil på tværs af det hydrologiske modelområde, hvor der ses den samlede model for det hydrologiske opland.



Figur 6-5. Vest-øst orienteret profil på tværs af det hydrologiske modelområde vist uden data. Afgrænsningen for hhv. det geologiske og hydrologiske modelområde er markeret med lodrette linjer på profilet. Hydrostratigrafiske sandenheder er vist med rød farve, lerenheder med brun farve, palæogen ler er vist med blå farve og kalken er vist med grøn farve.

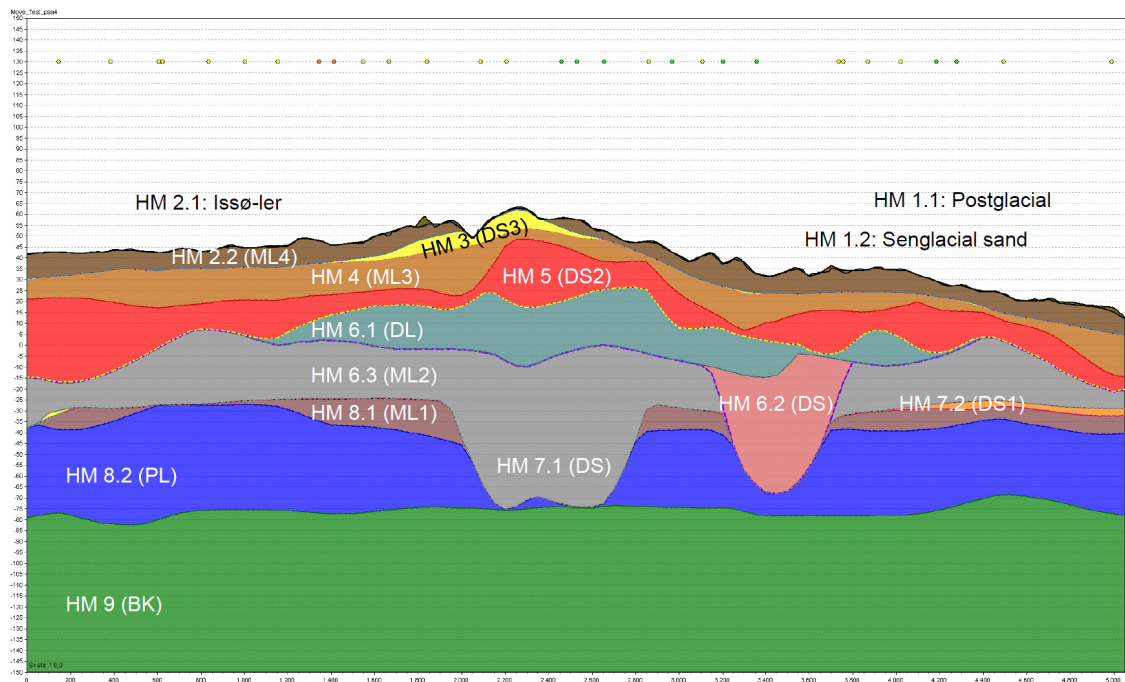
Den beskrevne fremgangsmåde til udvidelse af lagfladerne til at dække det hydrologiske modelområde kan også benyttes ved eventuel implementering af tolkningerne fra Odense Vest detailmodellen i hele den samlede Odense Kommune-model.



Figur 6-6: Flowdiagram for procedure ved oprettelse af hydrostratigrafiske lag i hele det hydrologiske opland for Odense Vest.

6.3.2 De hydrostratigrafiske lags egenskaber

I det følgende gennemgås kortfattet de enkelte hydrostratigrafiske lags egenskaber, med fokus på oplysninger fra Jupiterdatabasen. Lagene beskrives nedefra og op.



Figur 6-7. Hydrostratigrafiske lag i Odense Vest-modellen

Prækvartær lagserie:

Lag: HM 9 (RGM 1: BK – Danienkalk)

- **Litologi:** Kalk, stedvist hård, stedvist blød. Med flint og stedvise mergellag
- **Bemærkninger:** Kalkens fysiske egenskaber vurderes at afspejles godt i boring DGU nr. 145.3261, hvor prøverne beskrives som løs/blød kalk/kridt med flint. Borehulsloggen viser stigende ledningsevne nedefter som tegn på et stigende kloridindhold. Salt porevand bekræftes af en grundvandskemisk analyse, der viser 1.480 mg/l klorid. Flowloggen viser kun flow i de øverste 10-15 meter og med størst flow allerøverst i kalken. Kalken er således tæt på nær de allerøverste meter og porevandet er saltholdigt. Den stigende ledningsevne nedefter afspejler salt residualvand, som er bundet i kalkens porerum. Laget forekommer i hele modelområdet.

Lag: HM 8.2 (RGM 2: PL – ”Kertemindemergel”)

- **Litologi:** Fedt ler med skiferlag af varierende mængde
- **Bemærkninger:** Kertemindemergelen udgøres af blød ler med skiferlag, og mergelen er kun stedvist beskrevet som svagt vandførende. Den sekundære porøsitet i form af sprækker ser ud til at være begrænset. Der finder ingen indvinding sted fra Kertemindemergelen i modelområdet. Kertemindemergelen findes i hele modelområdet undtagen de steder, hvor dalstrukturer eroderer dybt.

Kvartær lagserie – Nedre del:

Lag: HM 8.1 (RGM 3: Moræneler, smeltevandssand?)

- **Litologi:** Lag af moræneler og muligvis med indslag af smeltevandssand/grus
- **Bemærkninger:** Som nævnt ovenfor er der tvivl om andelen af sand/gruslag. Tilstedeværelsen af sand/grus er beskrevet i DGU nr. 145.3261, men der kan være tale om sandet moræneler. Morænen er i DGU nr. 145.2994 beskrevet som overvejende "stærkt sandet" – på nær lige over det palæogene ler, hvor moræneleret er fedt/ret fedt. Laget forventes at kunne findes i hele området udenfor de nederoderede dalstrukturer.

Lag: HM 7.2 (RGM 4: Smeltevandssand)

- **Litologi:** Smeltevandssand
- **Bemærkninger:** Sandet er i boring DGU nr. 145.3261 beskrevet som mellem- til grovkornet, mens det i DGU nr. 145.2994 er beskrevet som fint- til mellemkornet. Laget forventes at kunne findes i lagserien udenfor dalerosionerne, men antallet af borer, hvor laget kan findes er begrænset. Tykkelsen forventes at variere meget.

Kvartær lagserie – Dalfyld i ældste dalgeneration:

Lag: HM 7.1 (RGM 5: Smeltevandssand)

- **Litologi:** Vekslede lag af smeltevandssand
- **Bemærkninger:** Sandet forekomst i den ældste dalgeneration. I boring DGU nr. 145.2754 ses der sand dybest i boringen, men ved borehulsloggingen konstateres høj ledningsevne i dette lag, hvilket tilskrives salt porevand. Det salte porevand forventes at komme fra kalken dybere nede, og tilstedeværelse af saltvand i det kvartære sand peger på et afsnøret magasin. Dette er i overensstemmelse med de geologiske tolkninger. Laget er afgrænset til dalstrukturen.

Lag: HM 6.3 (RGM 6: Moræneler/smeltevandsler)

- **Litologi:** Moræneler og smeltevandsler med tynde indslag af smeltevandssand.
- **Bemærkninger:** Overvejende leret lag. Lagene er sandsynligvis deformerede og eventuelle sandlag er tynde og har antageligt kun begrænset udbredelse. Laget udfylder den ældste dalgeneration og de øvre dele af laget breder sig ud over store dele af modelområdet.

Kvartær lagserie – Øvre del:

Lag: HM 6.2 (RGM 7: Smeltevandssand; dalfyld i yngste dalgeneration)

- **Litologi:** Sand- og grusdominerede aflejringer
- **Bemærkninger:** Generelt grove aflejringer i den Ø-V orienterede dalstruktur, men med indslag af ler (fx DGU nr. 145.2718). Prøvepumpningerne understreger den begrænsede udbredelse af magasinet og peger samtidigt på, at der indenfor det Ø-V orienterede strøg tilsyneladende findes separate kanaler med begrænset vandudveksling.

Lag: HM 6.1 (RGM 8: Smeltevandsler)

- **Litologi:** Smeltevandsler og til dels moræneler
- **Bemærkninger:** Smeltevandsleret er beskrevet som ret fedt, siltet og med lagdeling. Leret er sandsynligvis stedvist deformeret – specielt i den centrale del af modelområdet

det. Laget findes specielt i modelområdet centrale dele. Mod vest er laget bestemt med nogen usikkerhed.

Lag: HM 5 (RGM 9: Smeltevandssand)

- **Litologi:** *Smeltevandssand*
- **Bemærkninger:** *Meget varieret kornstørrelsesfordeling; ofte groft/gruset men også hyppige indslag af "klægsand" eller "klægsand med lerrevler" (DGU nr. 145.271) . Laget forekommer mest i de centrale og sydvestlige dele af modelområdet.*

Lag: HM 4 (RGM 10: Moræneler)

- **Litologi:** *Moræneler*
- **Bemærkninger:** *Ingen bemærkninger ud over at laget i store dele af området må forventes at være deformeret. Varierende lagtykkelse.*

Lag: HM 3 (RGM 11: Smeltevandssand)

- **Litologi:** *Smeltevandssand*
- **Bemærkninger:** *Laget beskrives ofte som groft sand/grus. Laget forventes i store dele af området at være deformeret. Varierende lagtykkelse.*

Lag: HM 2.2 (RGM 12: Moræneler)

- **Litologi:** *Moræneler*
- **Bemærkninger:** *Ingen bemærkninger ud over at laget i store dele af området må forventes at være deformeret. Varierende lagtykkelse.*

Lag: HM 2.1 (RGM 13: Issø-aflejringer)

- **Litologi:** *Smeltevandsler med indslag af smeltevandssand*
- **Bemærkninger:** *Issø-aflejringerne har begrænset udbredelse og ligger helt øverst i lagserien. Der er ler i størstedelen af laget, men forekomster af sand ses langs kanterne. Sandet er dog ikke tolket separat i modellen.*

Lag: HM 1.2 (RGM 14: Senglaciale sand)

- **Litologi:** *Smeltevandssand.*
- **Bemærkninger:** *Laget kan kun med sikkerhed udpeges østligst i modelområdet, hvor der haves en lavtliggende smeltevandsslette (v. Eksercermarken).*

Lag: HM 1.1 (RGM 15: Postglaciale aflejringer)

- **Litologi:** *Primært tørv- og gytjelag med indslag af sand og ler.*
- **Bemærkninger:** *Laget følger lavninger i terrænet og har begrænset udbredelse. Opbygningen er heterogen; tørv, gytje og sand/ler.*

6.4 Fokuspunkter for grundvandsmodelleringen

Følgende fokuspunkter for grundvandsmodelleringen kan ridses op:

- De hydrauliske egenskaber for de kvartære magasiner varierer meget, og typisk er der store variationer indenfor hvert magasin.
- De hydrauliske egenskaber af kalken er dårligt belyst, men generelt formodes det, at kun de øverste dele af kalken kan give tilstrækkeligt høje ydelser. Det formodes også, at den væsentligste porøsitet i kalken er sekundær i form af sprækker.

- Den paleocæne mergel har en varierende grad af skifrighed, og i modsætning til områder længere mod øst, er der kun få tegn på, at den skifrede del af mergelen har magasin egenskaber. Der indvindes ikke fra den paleocæne mergel i modelområdet.
- De postglaciale aflejringer er på grund af dårlig datadækning ikke differentieret i litologisk forstand, og det anbefales, at laget betragtes under eet og at lagets hydrauliske egenskaber vurderes ud fra de få borer, der gennemborer laget. Lagtykkelse og – udbredelse er begrænset.
- Forekomsten af salt og fersk porevand afspejler trykgradienter og hydrauliske sammenhænge. I store dele af de prækvartære aflejringer er der salt porevand, og dermed kun en meget begrænset vandudveksling med de kvartære lag ovenover. Kun hvor der er tale om dybe kvartære erosioner og hvor det paleocæne ler enten er opsprækket eller borteroderet, kan der ske udveksling af vand i større mængder.

7. Kvalitetssikring

Kvalitetssikringen af modelarbejdet og afrapporteringen er sket på flere niveauer. Som det fremgår af Tids- og aktivitetsplanen (bilag 1), er der udført såvel intern som ekstern kvalitetssikring.

7.1 Intern kvalitetssikring

Vi skelner mellem følgende tre niveauer for intern kvalitetssikring:

- KS-1: KS af udpeget KS-person, som ikke tager del i det faglige arbejde
- KS-2: KS af person, som er sparring/projektmedarbejder
- KS-3: Egenkontrol

Kvalitetssikringen på Odense Vest modelleringen er efter aftale med WP1-projektlederen fra Region Syddanmark kun foretaget på niveau KS-2 og KS-3, da der løbende er sket ekstern kontrol og godkendelse undervejs i projektet (se senere).

Den interne kvalitetssikring af GEUS' modelarbejde er foregået ved, at de to primære projektmedarbejdere har gennemgået hinandens arbejde ad flere omgange både ved mundtlig status undervejs i arbejdet og ved gennemgang af tolkede profiler og interpolerede flader hen mod slutningen af modelleringen. På baggrund af gennemgangen af delresultaterne er der foretaget de nødvendige justeringer af modellen.

For rapportens vedkommende er der foretaget gennemlæsning og kommentering af tekstudkast.

Dokumentation for den interne kvalitetssikring er ikke medtaget i denne rapport. Omfanget af kvalitetssikringen kan ses af Tids- og aktivitetsplanen (bilag 1).

7.2 Ekstern kvalitetssikring og godkendelse

Vi skelner mellem ekstern godkendelse og ekstern kontrol. Den eksterne godkendelse foretages af WP1 projektlederen fra Region Syddanmark ved milepæle i modelleringsarbejdet (se bilag 1), og foregår typisk ved, at delresultater og projektstatus fremlægges på møder eller pr. telefon. Godkendelsen af resultaterne følger tre niveauer:

- G-1: Skriftligt materiale fremsendes til Region Syddanmark til godkendelse; respons nødvendig.
- G-2: Resultater diskuteres via telefon eller ved møde; respons med det samme
- G-3: Orientering via mail; respons ikke nødvendig

Herudover er der sket fremlæggelse af delresultater på flere fællesmøder i projektgruppen, hvor der er deltagelse af repræsentanter for hver partner. Disse møder har dog primært haft orienterende karakter, men har bidraget med værdifulde kommentarer fra gruppen.

For rapportens vedkommende er tekstudkast fremsendt til gennemlæsning og kommentering hos Region Syddanmarks projektleder, som enten har returneret kommentarer skriftligt eller har kommenteret pr. telefon.

Dokumentation for den eksterne kvalitetssikring/godkendelse er ikke medtaget i denne rapport. Omfanget af kvalitetssikringen kan ses af Tids- og aktivitetsplanen (bilag 1).

8. Referencer

Andrup, G. O. 1960: Odense-egnens vandforsyning i relation til de geo-hydrologiske forhold i Fyn. Andelsbogtrykkeriet i Odense.

Carl Bro 2006: Prøvepumpning ved Bolbro. Indsatsområde Odense Vest, Delområde 1 Nord. Udført for Fyns Amt (Rapportdatabasen Rapport-ID 83230).

COWI 2006: Geofysisk kortlægning af begravet dal vest for Odense, delområde 1, nord. Rapport udført for Fyns Amt. September 2006.

Ehlers, J., 1979: Fine gravel analyses after the Dutch method as tested out on Ristinge Klint. Bull. geol. Soc. Denmark, 27, p. 157-165.

Grontmij 2011: Geologisk modellering i Odense Syd indsatsområde. Rapport udført for Naturstyrelsen, juli 2011.

Heilmann-Clausen, C. 1995: Palæogene aflejringer over Danskekalken. I: Nielsen, O.B. (Ed.). Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Aarhus Geokompender Nr. 1. Geologisk Institut, Aarhus Universitet. ISSN 1396-1578, 290 pp.

Henriksen, H. J. & Nyegaard, P. 2003: Den konceptuelle vandmodel - ferskvandets kredsløb. GeologiskNyt 5/03

Houmark-Nielsen, M., Kjær, K. H. & Krüger, J. 2005: De seneste 150.000 år i Danmark, istidslandskabets og naturens udvikling. Geoviden nr. 2, 20 p.

Jørgensen, F., Kristensen, M., Højberg, A.L., Klint, K.E.S., Hansen, C., Jordt, B.E., Richardt, N. og Sandersen, P. 2008: Geo-Vejledning 3. Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, 175 s.

Jørgensen, F.V. & Piotrowski, J. A. 2003: Signature of the Baltic Ice Stream of Funen Island, Denmark during the Weichselian glaciation. Boreas Vol. 32.

Kemp & Lauritzen 1986: Blommenslystværket. Prøvepumpning. Udført for Odense Kommune (Rapportdatabasen Rapport-ID 82866).

Larsen, G. 2002: Geologisk set - Fyn og øerne. Fyns Amt, Miljøministeriet og Geografforlaget.

Laursen, G., Mielby, S. & Kristensen, M., 2015: Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb. Delrapport 3 - Geotekniske data til planlægning og administration. Udarbejdet i VTU-projektet

Mielby, S. & Sandersen, P. 2005: Indsatskortlægning i Nyborg-området – om samspillet mellem geologiske storskala strukturer og forekomsten af salt grundvand. ATV Vintermøde om jord- og grundvandsforurening, marts 2005.

Mielby, S., Laursen, G., Linderberg, J., Sandersen, P. & Jeppesen, J., 2015: Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb. Delrapport 1 - 3D-modellen som basis for håndteringen af det urbane vandkredsløb. Udarbejdet i VTU-projektet

Naturstyrelsen 2012a: Geologisk forståelsesmodel Odense Syd Kortlægningsområde (Rapportdatabasen Rapport-ID 88873).

Naturstyrelsen 2012b: Geologisk forståelsesmodel Odense Vest Kortlægningsområde (Rapportdatabasen Rapport-ID 88515).

Orbicon 2010: Geologisk forståelsesmodel - Kortlægningsområde Nordfyn Juli 2010 (Rapportdatabasen Rapport-ID 87221).

Pallesen, T. M. & Jensen, N.-P., 2015: Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb. Delrapport 5 - Interaktiv modellering af antropogene lag. Udarbejdet i VTU-projektet

Rambøll 2010: Sedimentkorrelation for Vandcenter Syd. Notat udarbejdet af T. Andersen for Vandcenter Syd. Dateret 30/9/2010.

Rambøll 2012: Geologisk model - Odense Vest (Rapportdatabasen Rapport-ID 88257).

Rasmussen, E.S., Dybkjær, K., Piasecki, S., Kristensen, M., & Vangkilde-Pedersen, T., 2010: Stratigrafisk ramme for 3D modellering af den miocæne lagserie i Danmark, Rapport 2010/31, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 56 pp.

Sandersen, P. 2007: Usikkerhedsvurdering af geologiske og hydrostratigrafiske modeller – et eksempel på en praktisk indgangsvinkel. ATV møde – Temadag om geologiske modeller, Vingsted Centret, 5. marts. 2007.

Sandersen, P.B.E. 2008: Uncertainty assessment of geological models – a qualitative approach. In: Refsgaard, J.C. m.fl. (eds): Calibration and reliability in groundwater modelling: credibility of modelling. International Association of Hydrological Sciences Publication 320, 345–349.

Sandersen, P., Kristensen, M. & Mielby, S., 2015: Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb. Delrapport 4 - 3D geologisk/hydrostratigrafisk modellering i Odense. Udarbejdet i VTU-projektet. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS, København.

Sandersen, P.B.E. & Jørgensen, F. 2016: Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. GEUS Særudgivelse, december 2016, bind 1 og 2. ISBN: 978-87-7871-451-0 og 978-87-7871-452-7.

Smed, P. 1962: Studier over den fynske øgruppes glacielle landskabsformer. Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening, bind 15, hæfte 1.

Smed, P. 1977: Det fynske landskab. Geografforlaget.

Smed, P. 1979: Landskabskort over Danmark, Sønderjylland og Fyn. Geografforlaget.

Sørensen, J. & Andersen, T. R. (2016): Notat vedrørende fingrusanalyser på borer ved Odense. VIA University College. Udført for VeáandCenter Syd og Region Syddanmark, 23. december 2016.

Ter-Borch, N. 1991: Kalkoverfladens struktur. DGU Kortserie nr. 7.

Thomsen, E. 1995: Kalk og kridt I den danske undergrund. I: Nielsen, O.B. (Ed.). Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Aarhus Geokompender Nr. 1. Geologisk Institut, Aarhus Universitet. ISSN 1396-1578, 290 pp.

Troldborg, L., Højberg, A. L., Nyegaard, P., Stisen, S., Christensen, B. S. B. & Ondracek, M., 2010: DK-model2009 - Modelopstilling og kalibrering for Fyn. GEUS rapport 2010/76, København.

Watertech 2004: Geologisk model og konceptuel geologisk model – kortlægning af geologi og saltvand. Delrapport 2. August 2004. Udført for Fyns Amt.

Watervision 2003: Prøvepumpninger på Eksercermarkens kildepladsområde. Teknisk rapport udført for Odense Vandselskab a/s (Rapportdatabasen Rapport-ID 83669).

9. Bilag

- Bilag 1: Tids- og aktivitetsplan
- Bilag 2: Notat IAR 1 – Indledende arbejde: Noter om strategi vedrørende data
- Bilag 3: Dataliste
- Bilag 4: Notat IAR 2 – Indledende arbejde: Dataindsamling/datavurdering
- Bilag 5: Notat IAR 3 – Indledende arbejde: Databearbejdelse: Rapportgennemgang med fokus på data og geologi
- Bilag 6: Notat: Forslag til supplerende undersøgelser i Odense Vest projektområde
- Bilag 7: Logbog: RGM profiltolkninger: SkyTEM-profiler
- Bilag 8: Logbog: RGM profiltolkninger: MEP-profiler

Blag 1: Aktivitets- og tidsplan for geologisk modellering Odense Vest - WP1 i projekt "Fælles grundvand - Fælles ansvar"


Opdateret d.: 07-08-2017 /psa

Udf. Akt. ID	Aktivitet	Tidsplan 2016												Godkendelse/RS		Dokumentation	Status						
		2015					2016							OK - Data	Regneark			Notater	Repporrtlogbog				
		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Init.	OK - Data	Regneark	Notater	Repporrtlogbog	Status
<input checked="" type="checkbox"/>	Indledende arbejde																						
<input checked="" type="checkbox"/>	JAR 1 Datastrategi																						
<input checked="" type="checkbox"/>	JAR 2 Dataindsamling																						
<input checked="" type="checkbox"/>	JAR 3 Data/rapportgennemgang																						
<input checked="" type="checkbox"/>	JAR 4 Datavurdering																						
<input checked="" type="checkbox"/>	GPM Geologisk foreløbsmodel																						
<input checked="" type="checkbox"/>	GPM 1 Gennemgang af rapporter og litteratur																						
<input checked="" type="checkbox"/>	GPM 2 Udarbejdelse af foreløbig rapporttekst																						
<input checked="" type="checkbox"/>	KG1 Rumlige geoblogsk model																						
<input checked="" type="checkbox"/>	KG1 1 Gennemgang af boredata og sammenstilling med geofysik																						
<input checked="" type="checkbox"/>	KG1 2 Modelling af kyststrømme og geoblogsk modeller																						
<input checked="" type="checkbox"/>	KG1 3 Modelling af kyststrømme 3D																						
<input checked="" type="checkbox"/>	KG1 4 Definition af modelparametre																						
<input checked="" type="checkbox"/>	KG1 5 Opsætning af strategiske data og modeller																						
<input checked="" type="checkbox"/>	KG1 6 Operativitet af kyststrømme og GSD																						
<input checked="" type="checkbox"/>	KG1 7 Operativitet af kyststrømme data																						
<input checked="" type="checkbox"/>	KG1 8 Udarbejdelse af dataindsamlingsplaner																						
<input checked="" type="checkbox"/>	KG1 9 Geoblogsk tilknytninger GSD																						
<input checked="" type="checkbox"/>	SUPPL Dataindsamling og analyser																						
<input checked="" type="checkbox"/>	SUPPL 1 Boredataindsamling																						
<input checked="" type="checkbox"/>	SUPPL 2 Boredataindsamling																						
<input checked="" type="checkbox"/>	SUPPL 3 Fragsvaranalyser																						
<input checked="" type="checkbox"/>	HSM Hydrostratigrafisk model																						
<input checked="" type="checkbox"/>	HSM 1 Opsætning af hydrostratigrafi																						
<input checked="" type="checkbox"/>	HSM 2 Operativitet af hydrostratigrafi																						
<input checked="" type="checkbox"/>	HSM 3 Strategi for sammenkobling med nabomodeller/DK-modellen																						
<input checked="" type="checkbox"/>	HSM 4 Interpolation af tolkede flader samt justering GSD for krydsede flader																						
<input checked="" type="checkbox"/>	Udarbejdelse af samlet rapporttekst (for rødbig udgave)																						
<input checked="" type="checkbox"/>	Udarbejdelse af samlet rapporttekst (endelig udgave)																						

Forklaring til aktivitets- og tidsplanen:

1)	Planen gælder WP1
2)	Planen opdateres/justeres løbende
3)	Kolonnerne T og U angiver hvem, der efter planen udfører arbejdet hos GEUS
4)	Kolonnerne V, W og X angiver hvem, som udføres hos GEUS (klik på bilt link for at se KS-niveau)
5)	Kolonnerne Y, Z og A angiver godkendelsesinstansen, som er planlagt udført af JFC, RS, KIK på bilt link for at se godkendelsesinstansen
6)	Kolonnerne AB, AC og AD viser den dokumentation, som er udført med dato. Dokumenterne vil ligge på Share-point efter godkendelse.

Kvalitetskrav og godkendelse:
Godkendelse:
G-1: Skriftligt materiale fremsendes til RS til godkendelse; respons nødvendig.
G-2: Resultater diskuteres via telefon eller ved møde; respons med det samme
G-3: Orientering via mail; respons ikke nødvendig
KS-GEUS:
KS-1: KS af udvalgt KS person, som ikke tager del i det faglige arbejde
KS-2: KS af person, som er sparring/projektmedarbejder
KS-3: Igenkendt

 Notat	
Projekt:	Odense Vest: Fælles grundvand – fælles ansvar
Aktivitet:	IAR – Indledende arbejde
Delaktivitet:	IAR 1 – Datastrategi: Noter om strategi vedrørende data
Dato:	16. december 2015

Dato:	Problemstillinger og fokuspunkter:
16.12.15	<p>1) Geologisk opbygning/begravede dale: Odense Vest gennemskæres af to begravede dale, men som det er nu, er der usikkerhed om dalenes horisontale og vertikale udbredelse samt om dalfyldets karakter og opbygning. Det er vigtigt for forståelsen af området, at dalene kortlægges bedre, da det forventes, at grundvandets strømning i nogen grad vil styres af de begravede dale. Det forventes umiddelbart, at eksisterende data kan øge forståelsen af dalene og lagserien i og udenom dalene, men det kan komme på tale at supplere med yderligere data.</p> <p>2) Datatyper: Der er udført en del geofysik med forskellige metoder, men mange datasæt er meget gamle og derfor usikre. Prioritering er vigtig; gamle, dårlige datasæt bør ikke viderebearbejdes, med mindre der er tale om datasvage områder. Men nyere geofysiske data skal gennemgås nøje og sammenlignes indbyrdes. Et mål er, at forskellige datasæt kan understøtte hinanden.</p> <p>3) Datadækning: Odense Vest-området har ujævn datadækning med hensyn til geofysik, primært på grund af, at der er tale om byzone, hvor elektriske/elektromagnetiske målinger ikke har kunnet laves. Det er således vigtigt at sammenholde data fra områderne udenfor den bymæssige bebyggelse med data indenfor (primært boringer).</p> <p>4) Litologi og salt porevand: De elektriske modstandskontraster af den kvartære lagserie er generelt mindre end forventet, og typisk har morænerne høje modstande. Dette kan skyldes, at morænerne er meget sandede og grusede, så kontrasten til smeltevandssandet er begrænset. Der er tegn i nogle af områdets boringer på, at sandede og grusede lag af moræneler kan få skyllet de fine fraktioner ud ved boreprocessen. Det kan medføre, at der ved prøvetagningen kun fås sand. Om dette er sket er vigtigt at udrede i områdets boringer, fordi det kan betyde, at jordlagene kan fremstå mere grovkornede end de reelt er, hvis man udelukkende ser på den opborede prøve. Her er det nødvendigt at se nærmere på brøndborens optegnelser fra boringens udførelse og sammenholde med DGU/GEUS-beskrivelserne. I denne forbindelse skal der også samtolkes med logs og geofysik. Det er vigtigt at lagserien karakteriseres med mere end et datasæt. De dybe dele af lagserien har ligeledes svage kontraster; dette skyldes den dybe moræneler i området, som typisk har en lav elektrisk modstand (sandsynligvis på grund af opblanding med en større andel fed tertiær ler i de dybe dele af den kvartære lagserie). Kontrasten til det underliggende palæogene ler vil derfor være lille, og på de steder, hvor det palæogene ler er skifret/opsprækket eller tynd, vil modstanden omvendt være høj. Hvor det palæogene ler enten er tyndt eller opsprækket, vil fersk grundvand have mulighed for at trænge ned til den underliggende kalk og fortrænge det salte grundvand, hvilket i givet fald vil skabe en god kontrast til leret. Er den hydrauliske gradient derimod opadrettet, vil det salte grundvand have mulighed for at trænge op gennem aflejringerne og derved skabe områder, hvor litologien sløres, fordi det salte porevand vil give de sandede og grusede aflejringer lave modstande i stedet for høje.</p>

Dato:	Forslag til prioriteringsrækkefølge af data:
	<p>1) Boredata: Boredata prioriteres højest, og fokus vil lægges på at minimere usikkerhederne ved de litologiske tolkninger. Det prioriteres højt at sammenligne litologier med resistivitet målt med de geofysiske metoder.</p> <p>2) Geofysiske data: De geofysiske data prioriteres næst efter boredata. De anvendte geofysiske metoder har ikke individuelt nogen god geografisk dækning, og der er kun mindre overlap mellem kortlægningerne. Det forventes, at der ved sammenligning af resultaterne af de forskellige geofysiske kortlægninger med litologi fra borerer kan opnås et bedre samlet billede af lagserien end vi har i dag.</p> <p>3) Topografiske/morfologiske data: LiDAR-data er vigtige i udredningen af den geologiske dannelseshistorie i området. Det forventes, at detailstudier i Odense Vest kan understøtte de litologiske tolkninger.</p> <p>4) Prøvepumpningsdata: Prøvepumpningsdata udgør målinger af grundvandets trykforhold og strømning i undergrunden, og afspejler dermed indirekte jordlagenes opbygning og karakter. Disse data er vigtige at inddrage, men som udgangspunkt prioriteres det udelukkende at vurdere tolkningerne af prøvepumpningsforsøgene, som de fremgår af afrapporteringerne. Prøvepumpningsdata vil derfor ikke blive genfortolket.</p> <p>5) Eksisterende 2D kort (tolkede/aggregerede data): Eksisterende kort repræsenterer tidligere tolkninger, og disse vil blive inddraget i arbejdet, men mere som inspiration.</p> <p>Eksisterende geologiske 3D modeller indgår ikke i prioriteringen ovenfor, da de vil danne udgangspunkt for modelleringen i Odense Vest. VTU Odense-modellen er den nyeste og da den omfatter dele af de tidligere 3D modeller på Nord- og Midtfyn vil det være denne model, som anvendes. Geologiske tolkninger og overvejelser, som fremgår af modelrapporterne vil blive gennemgået.</p>

Dato:	Forslag til bearbejdning af data:
	<p>1) Boredata</p> <p>a. Jupiter-download: Jupiterdata downloades. DGU/GEUS prøvebeskrivelser sammenlignes med PDF-kopier af brøndborerjournaler (hvis de findes i Jupiter); er der uoverensstemmelser mellem de to noteres det.</p> <p>b. Vandcenter Syd – Detaljerede borejournaler: PDF-kopier indsamles og det overvejes, om der er supplerende, anvendelige boreoplysninger i VCS' arkiv. Sigtekurver for toneangivende borerer indsamles fra VCS (boringer hvor der også er udarbejdet logs og findes gode, detaljerede beskrivelser).</p> <p>c. RS-borerer GeoGis: Digitale GeoGis-data indhentes. Direkte import i GeoScene på Jupiter-format – ellers vil det være nødvendigt med en konvertering.</p> <p>d. Diverse geotekniske borerer (digitale?): Det overvejes, om det kan gavne at skaffe yderligere boredata. Omkostninger i den forbindelse skal påregnes.</p> <p>2) Geofysiske data</p> <p>a. Borehulslogs: Logs fra nyere, dybe borerer sammenlignes med litologien. Tilsvarende gøres for Ellogs, men dette skal gøres med stor varsomhed, da Ellogs er væsentligt mere usikre end traditionelle borehulslogs (ingen gode jordprøver fås fra ellog-boringen).</p> <p>b. Geoelektriske målinger: MEP og slæbegeoelektriske data importeres i GeoScene og sammenholdes med borerer. Der vil ikke blive foretaget fornyet geofysisk tolkning af de indsamlede geoelektriske målinger.</p> <p>c. Elektromagnetiske målinger: TEM og SkyTEM-data fra området sammenlignes med</p>

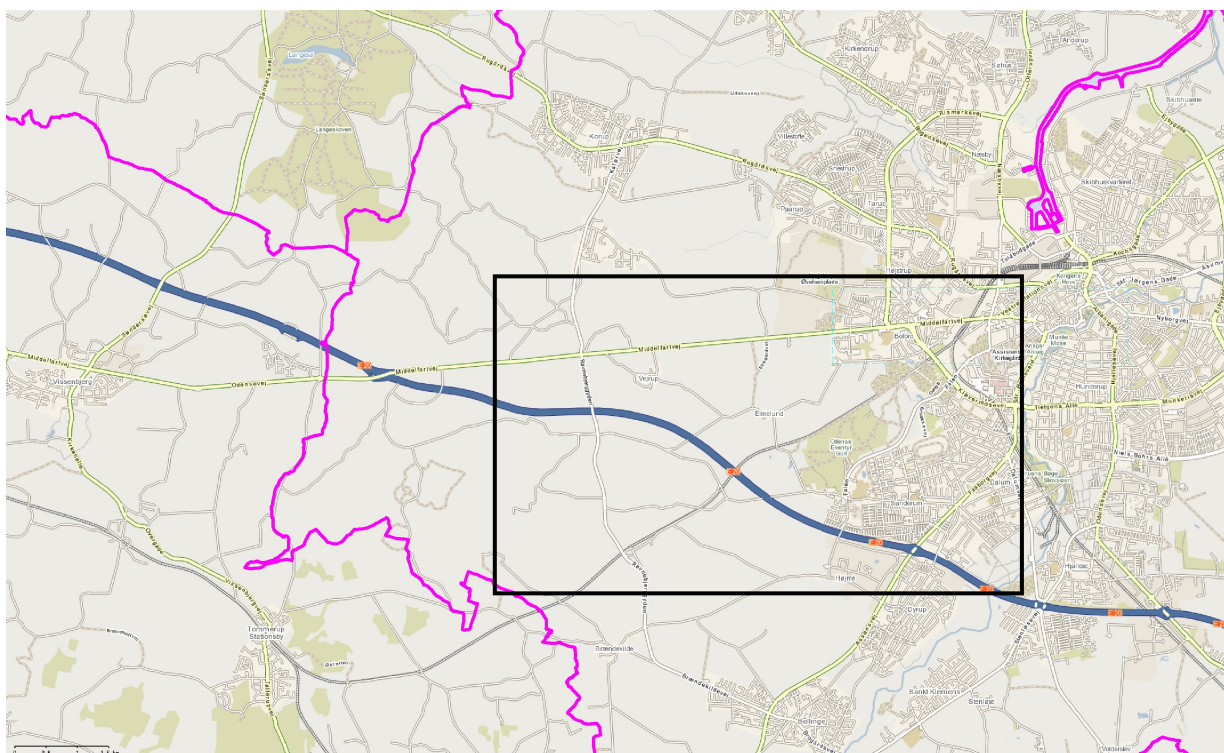
	<p>litologien i borerne (1D). Der eksperimenteres med justering af farveskalaer for middelmodstandskort/3D grids.</p> <p>3) Topografiske/morfologiske data: LiDAR-data vil ikke blive genstand for systematiske analyser, men i stedet vil der blive foretaget kvalitative vurderinger/visualiseringer af data ved bearbejdning i ArcMap.</p> <p>4) Prøvepumpningsdata: Som nævnt ovenfor prioriteres det udelukkende at vurdere tolkningerne af prøvepumpningsforsøgene, som de fremgår af afrapporteringerne. Prøvepumpningsdata vil derfor ikke blive yderligere bearbejdet.</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Projekt:	Odense Vest: Fælles grundvand – fælles ansvar
Aktivitet:	IAR – Indledende arbejde
Delaktivitet:	IAR 2 – Dataindsamling/Datavurdering
Dato:	11. april 2016

De indsamlede data fremgår af den udarbejdede *dataliste* (Bilag 3), hvortil der henvises.

I det følgende gennemgås de indsamlede datasæts værdi og relevans i forhold til det konkrete modeleringsprojekt, og data prioriteres. Der er indledningsvist fokuseret på området markeret med sort rektangel på Figur 1. Dette område er ca. 8 X 5 km og omkredser Odense Vandselskabs kildepladser. Området repræsenterer ikke det endelige modelområde.



Figur 1: Fokusområde i forbindelse med dataindsamling

Data, som er importeret i GeoScene 3D vises på figurerne i det følgende.

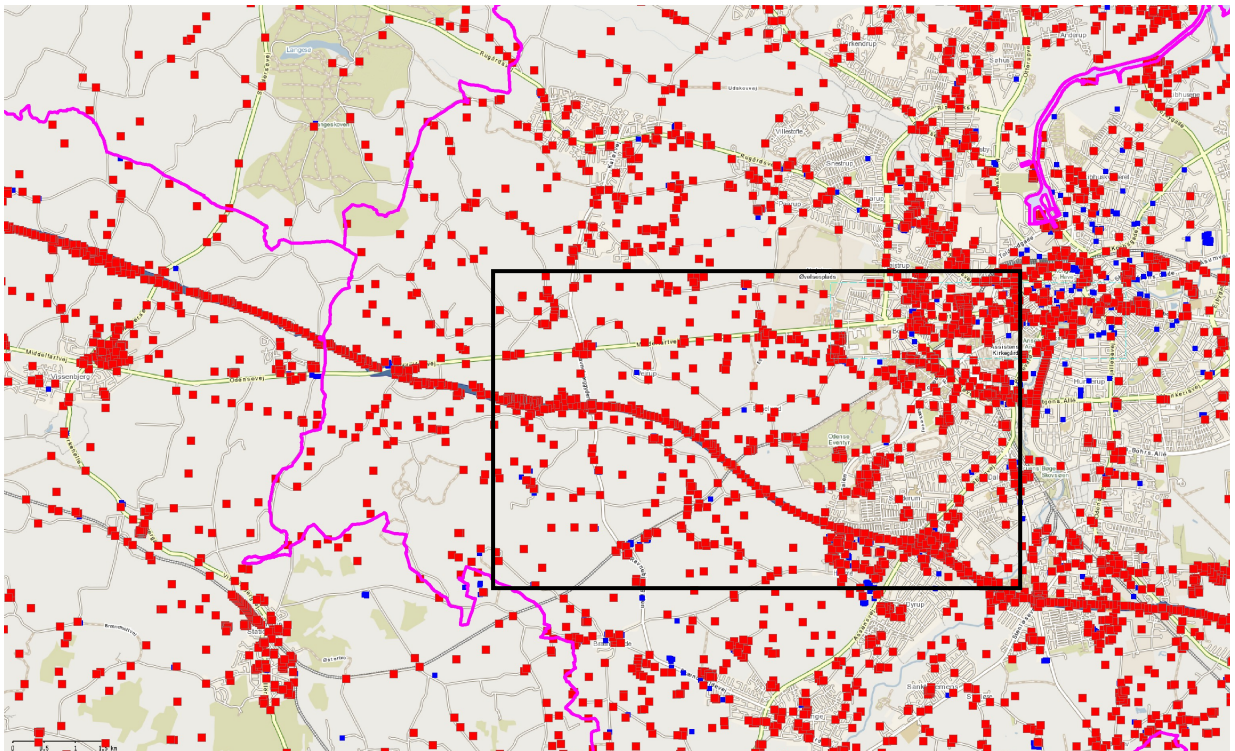
De indsamlede rapporter fra området gennemgås ikke her, men i stedet i *rapportgennemgangen*, som ligger på Sharepoint (**110416_Logbog_Odense_Vest_Rapportgennemgang.PDF**), hvor rapporterne er gennemgået med fokus på udførte undersøgelser og rapporternes hovedkonklusioner. I Logbogen er der indsat klip fra rapporterne, hvilket gør at logbogen kan bruges til at få et overblik over det store antal undersøgelser, som rapporterne omhandler.

Indhentede data:

Digitale Jupiterdata er downloadet 3. marts 2016 og indlagt i GeoScene 3D (røde firkanter på Figur 2). Supplerende oplysninger i form af PDF-scans af brøndborerjournaler, kemiske analyser, logs m.v. downloades efter behov undervejs i modelleringsprocessen.

Herudover er der modtaget digitale GeoGIS data for miljøtekniske borer fra Region Syds GeoGIS-arkiv (blå markering i baggrunden på Figur 2).

Herudover er der fra VCS tilsendt originale borejournaler fra vandværksboringer, pejleboringer og undersøgelsesboringer på PDF-format. Flere af disse findes allerede i Jupiterdatabasen som PDF-filer. Udover disse ligger VCS inde med kornstørrelseskurver og ledebloktællinger fra mange af deres boringer. JL har fremsendt eksempler fra arkivet, og i fald disse data senere skønnes relevante at inddrage, rekvireres de fra VCS.



Figur 2: Boredata. Jupiterdata markeret med rød firkant; RS-boringer med blå

I forbindelse med miljøtekniske og hydrogeologiske undersøgelser i området er der udført GeoProbe-boringer, ellog-boringer mv., hvoraf nogle er tildelt DGU nr. og derfor allerede findes i Jupiter. Boringer uden DGU nr. vil kvalitativt blive inddraget i de geologiske vurderinger ved gennemgangen af områdets rapporter.

Relevans ifht. geologisk model:

Digitale Jupiterdata har stor værdi og relevans i forhold til anvendelse i den geologiske model. Data udgør det primære datasæt. Der vil dog være store variationer i boringernes kvalitet og detaljeringsgrad. Dette vurderes løbende ved den geologiske modellering.

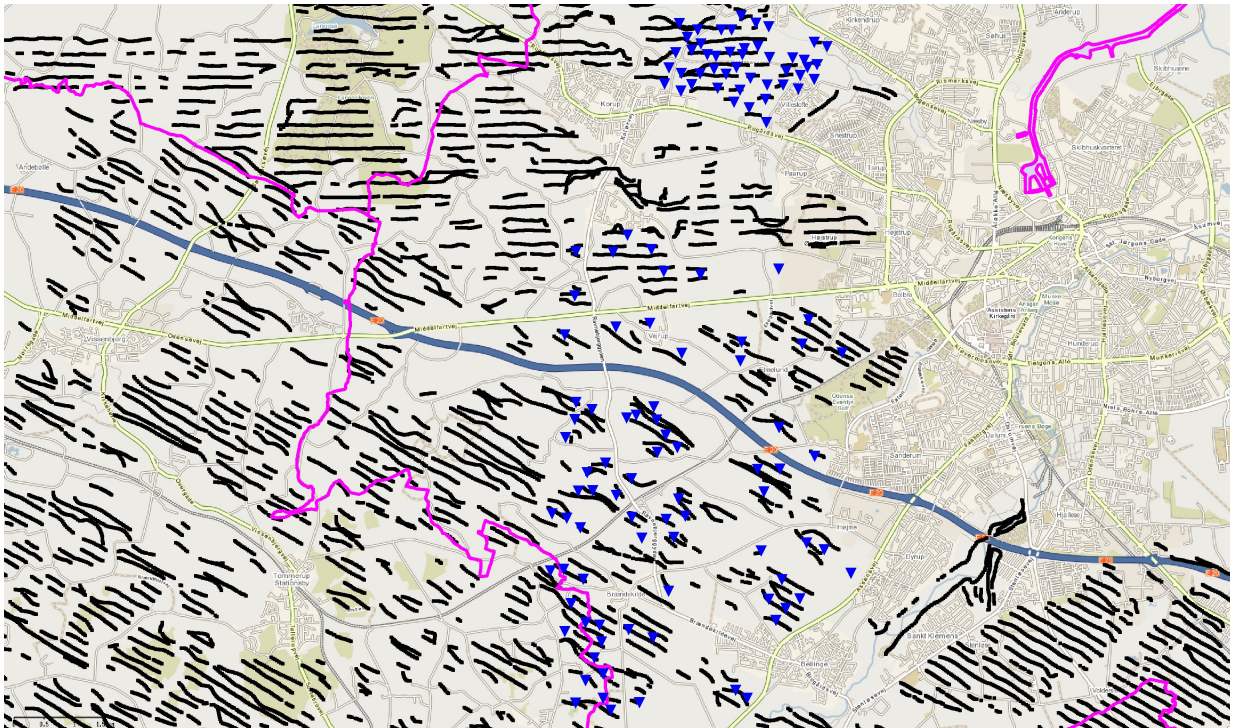
Boredata har generelt høj prioritet ifht. den geologiske modellering (Prioritet 1)

Geofysiske data:

Indhentede data:

SkyTEM/TEM:

SkyTEM/TEM-data er downloadet fra Gerda-databasen og indlagt i GeoScene 3D (se Figur 3). 3D-grids og middelmodstandskort er genereret ud fra det samlede TEM/SkyTEM-datasæt.



Figur 3: SkyTEM fra Gerda-databasen (markeret med sort) og TEM40 markeret med blå trekanter (vises kun for Odense Kommune).

MEP:

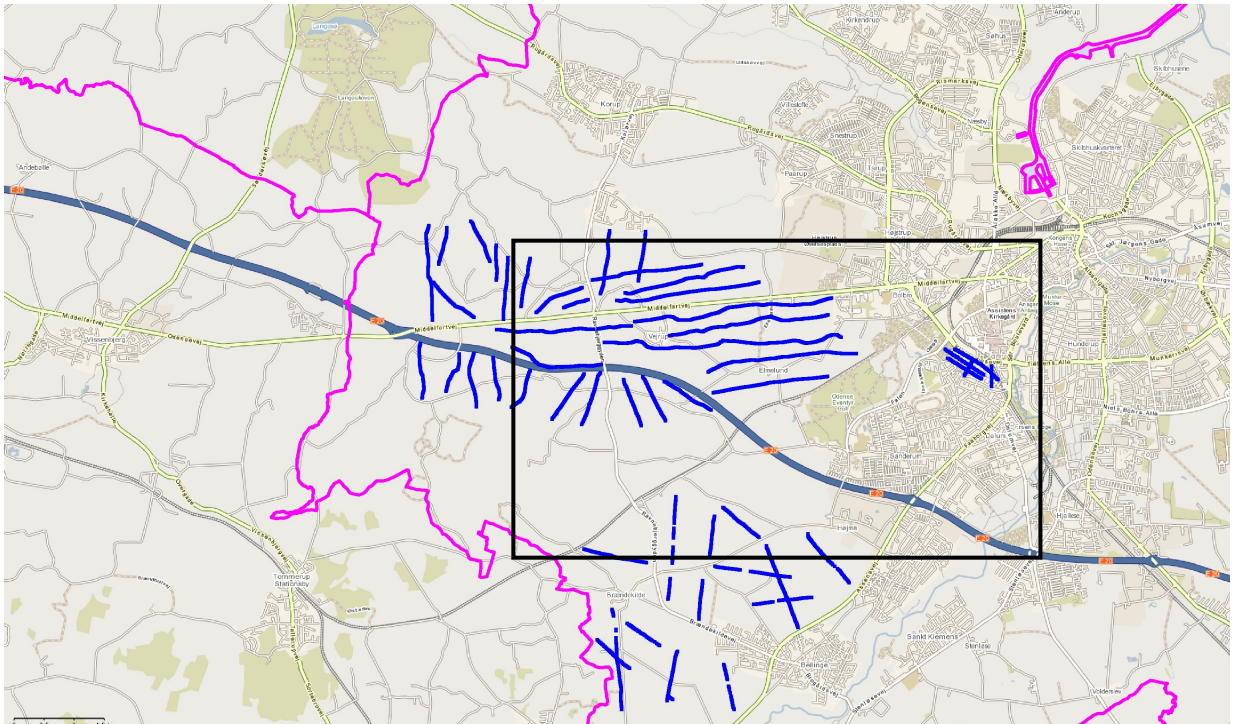
Der er udført MEP ved Dyrskuepladsen (Rambøll 1998), Bellinge (Rambøll 2005) og ved Bolbro/Blommenslyst (COWI 2006). Disse tre datasæt er indlagt i GeoScene 3D som 1D data (se Figur 4).

Herudover er der udført to MEP-linjer ved Bolbro/Eksercermarken (Carl Bro 2002), men disse to linjer kan ikke importeres i GeoScene3D. Rapportens beskrivelser vil blive anvendt i stedet ved de geologiske tolkninger.

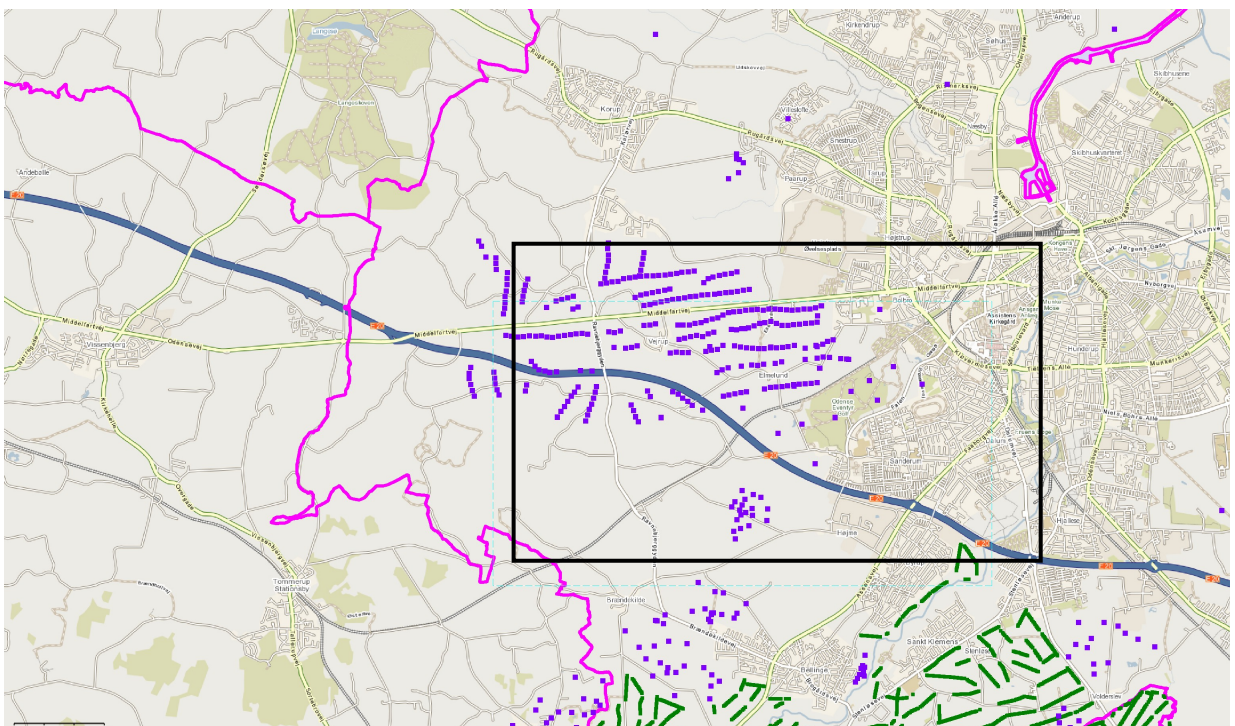
Anden DC-kortlægning (PACES, EM38, Schlumberger, Wenner):

Som vist på Figur 5 er der indlagt PACES (Rambøll 2011; grønne linjer) og Schlumberger-sonderinger (Carl Bro 2002, COWI 2006; lilla prikker) i GeoScene 3D.

Ældre sonderinger og Wenner-profileringer og EM38 kortlægning ved Elmelund (Greve 2012) er ikke indlagt, da disse data ikke findes digitalt i Gerda.



Figur 4: MEP fra Gerda-databasen (markeret med blå linjer): Bolbro/Blommenslyst centralt i billedet, Bellinge mod syd og Dyrskuepladsen mod øst.



Figur 5: PACES (markeret med grønne linjer), Schlumberger-sonderinger (markeret med lilla).

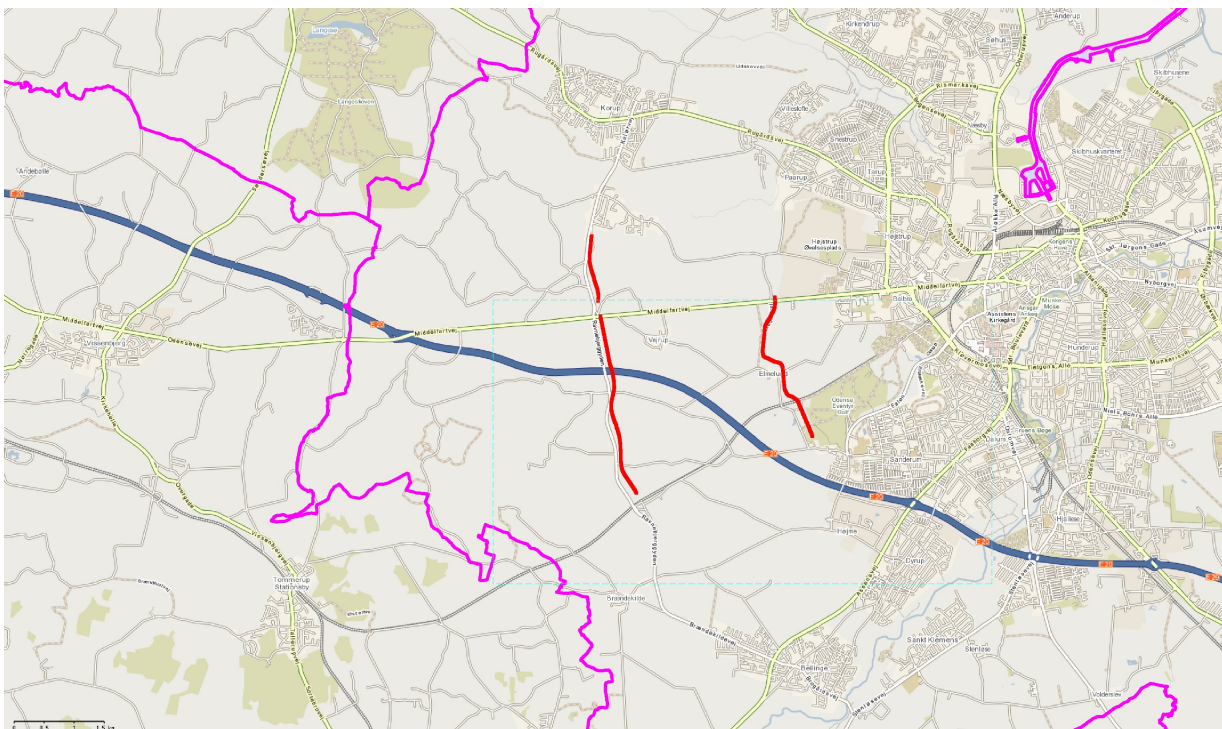
Borehulslogs:

Borehulslogs er ikke indlagt separat i GeoScene 3D, men bliver hentet fra Jupiter og inddraget undervejs i de geologiske tolkninger.

Seismik:

De to seismiske profiler ved Blommenslyst (Figur 6) er ikke indlagt i GeoScene3D, da SGY-filerne ikke umiddelbart kan importeres i GeoScene 3D. Herudover er der en koordinat-fejl på data, som gør at profilerne ikke placeres korrekt (se Figur 6). Seismikken anvendes derfor "indirekte" i de geologiske tolkninger.

Herudover er der udført en seismisk "test-kortlægning" af ved Bolbro (Carl Bro 2005). Data ligger ikke i Gerda, og det er derfor kun rapporten fra testkortlægningen, der anvendes.



Figur 6: Seismiske profiler (røde linjer). Bemærk, at der er en koordinatfejl i datasættet for lokaliseringerne af profilerne (mindre parallelforskydning).

Andet:

Den udførte Georadar-undersøgelse ved Dyrskuepladsen kan ikke indlægges i GeoScene3D, hvilket dog heller ikke vurderes relevant. Rapportens resultater vil blive anvendt indirekte.

Der er udført gravimetrisk undersøgelse vest for Odense (COWI 2006). Disse data kan ikke lægges ind i GeoScene3D. Data vil derfor blive anvendt indirekte i de geologiske tolkninger.

Relevans og prioritering ifht. geologisk model:

TEM/SkyTEM:

Såvel TEM som SkyTEM har stor relevans ifbm. den geologiske modellering. Datadækningen er dog ikke så god på grund af frasortering af koblede data. Prioriteten er høj (Prioritet 1).

MEP:

MEP-data er meget relevante og har stor brugbarhed ved de geologiske tolkninger. Prioriteten er høj (Prioritet 1).

Anden DC-kortlægning:

De nyere Schlumberger-sonderinger vil have nogen relevans ifht. den geologiske model, men vil kun få vægt i områder, hvor der ikke er fx TEM-sonderinger. Prioritet mellem (Prioritet 2).

Ældre sonderinger og Wenner-profileringer og EM38 kortlægning ved Elmelund (Greve 2012) er ikke indlagt, da disse data ikke vurderes at give væsentligt input. Data ligger ikke i Gerda, og skal data anvendes forventes det at der skal foretages nogen bearbejdelse. Prioritet lav (Prioritet 3).

Borehulslogs:

Stor relevans. Prioriteten er høj (Prioritet 1).

Seismik:

Stor relevans hvad angår kortlægningen ved Blommenslyst (COWI 2003). Prioriteten er høj (Prioritet 1). En testkortlægning ved Bolbro (Carl Bro 2005) anvendes ikke i GeoScene 3D, da den ikke findes digitalt. Resultaterne i rapporten anvendes i stedet indirekte.

Andre data:

Gravimetri- og georadar-undersøgelserne har relevans, men udbyttet af at inddrage data i tolkningerne er tvivlsomt. Data er ikke tilgængelige digitalt. Prioritet lav (Prioritet 3).

Andre data:

Indhentede data/Relevans og prioritering ifht. geologisk model:

Prøvepumpnings- og pejledata:

Data er ikke indhentet. Data er irrelevante, da der ikke vil blive foretaget retolkninger af data og/eller revurderinger af rådata. I stedet vil de overordnede resultater og vurderinger af prøvepumpningerne fra rapporterne vil blive inddraget. Prioritet lav (Prioritet 3) hvad angår data.

Potentialekort og indvindingsoplande:

Disse kort er digitale og er ikke indhentet; vil blive det efter behov. Kortene er øjeblikbilleder og vil ikke være direkte relevante ifht. den geologiske modellering. Prioritet mellem (Prioritet 2).

Topografi/morfologi:

LiDAR-højdemodeller er indhentet; både den hydrologiske og den ikke-hydrologiske version. Disse data er af stor relevans og har prioriteten er høj (Prioritet 1).

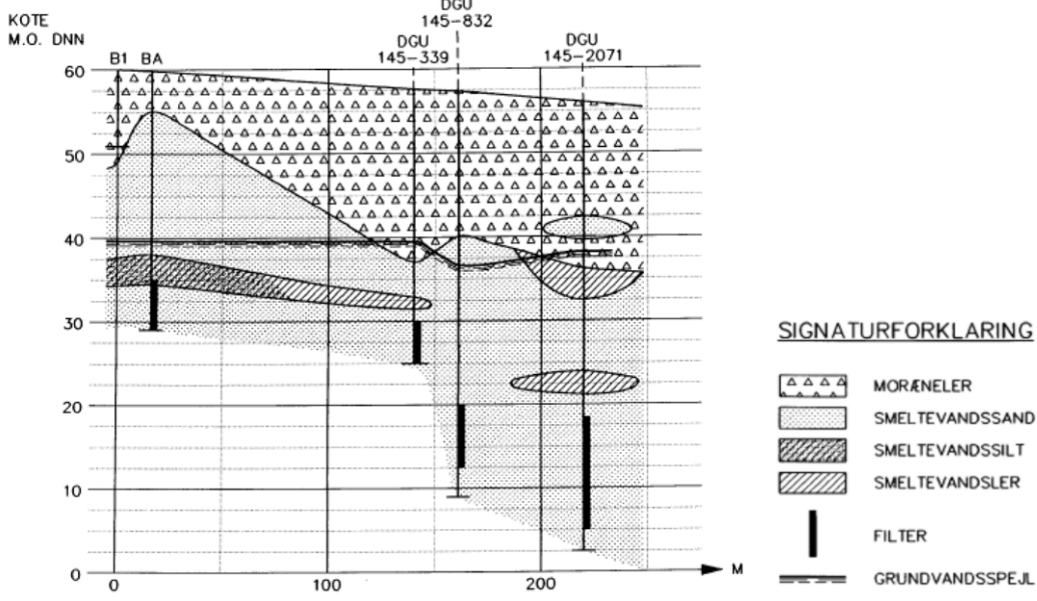
Målebordsblade, kort over vådområder og landskabskort er meget relevante i forhold til den geologiske modellering. Prioriteten er høj (Prioritet 1).



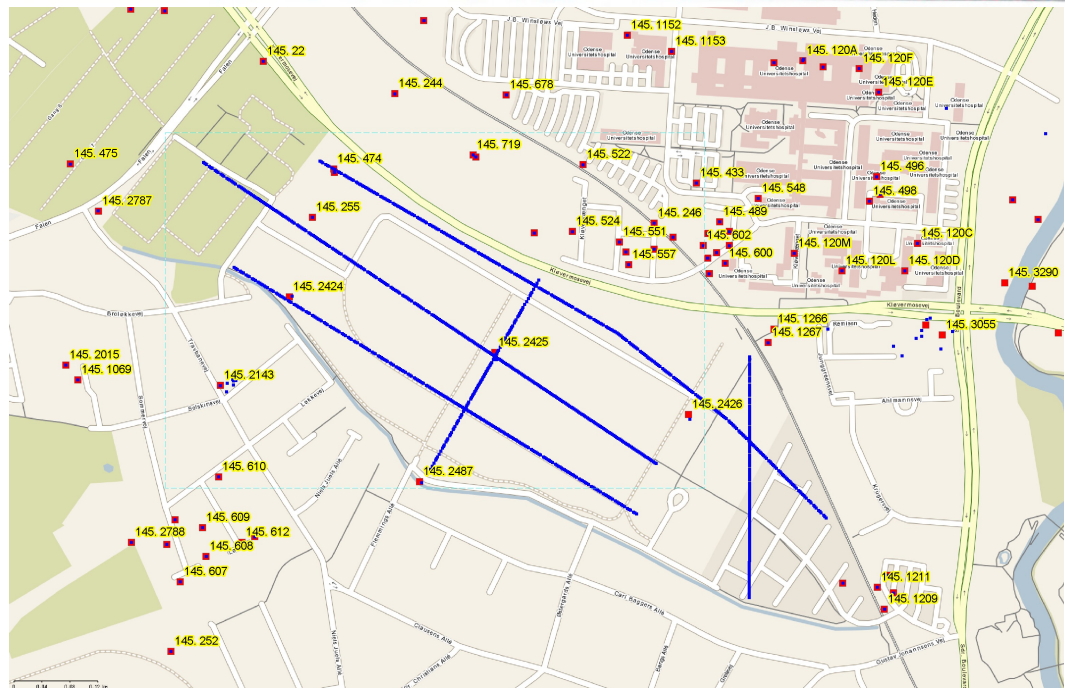
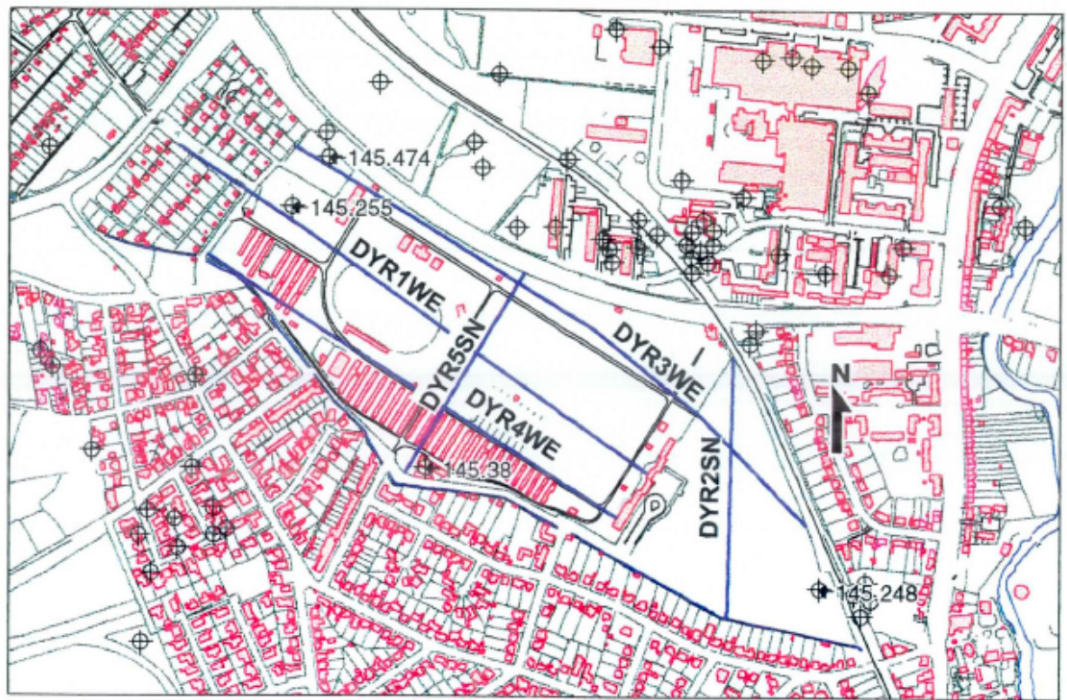
Projekt:	Odense Vest: Fælles grundvand – fælles ansvar
Aktivitet:	IAR – Indledende arbejde
Delaktivitet:	IAR 3 – Databearbejdelse; Rapportgennemgang med fokus på data og geologi

I det følgende gengives dele af de indsamlede rapporter (se dataliste; rapporter med hyperlinks). Der er foretaget klip i rapporterne med fokus på at vise udførte undersøgelser og rapporternes hovedkonklusioner.

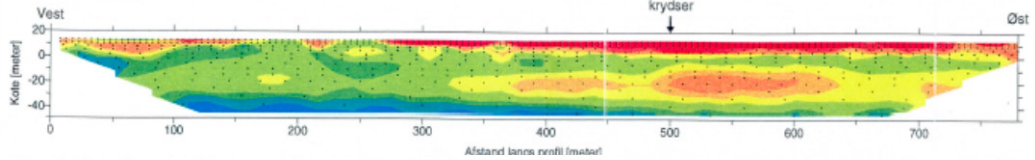
Dato:	Kemp & Lauritzen (1986): Ny indvindingsboring Blommenslystværket	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	Prøvepumpning af ny boring "BL236" tæt ved boring BL2 og BL3 (DGU nr. 145.2071).		
<p>I rapporten konkluderes: Boringen har god ydelse. Reservoiret reagerer umiddelbart som et artesisk magasin, men overgår til frit magasin ved længerevarende pumpning. Sænkningstragtens udbredelse dæmpes.</p>			

Dato:	Rambøll (1994): Forureningsundersøgelse Middelfartvej 428 Blommenslyst Odense 461-100	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	<p>Miljøundersøgelse af benzinstation 150 m fra Blommenslystværet. Monitoringsboring til primært grundvandsmagasin (Boring A).</p>  <p>Der konstateredes ikke et sekundært GVS på lokaliteten. Ved udtagning af vandprøver kunne det konstateres, at der var kraftig påvirkning af vandspejlet i B1, B2 og BII på trods af, at filtrene sad i forskellige sandlag. Dvs. god hydraulisk kontakt sandlagene imellem.</p> <p>Boring A er 30 m dyb (borejournal findes som bilag i rapporten). B1 til B7 er 10 meter dybe. Prøvebeskrivelser findes i rapporten.</p>		

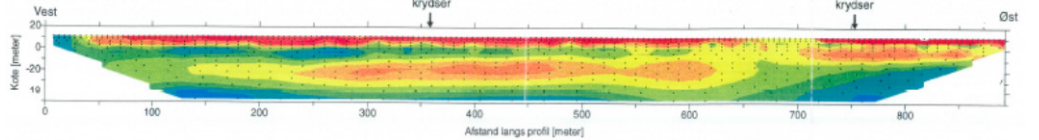
Dato:	Rambøll (1998): MEP undersøgelse af Dyrskuepladsen	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	<p>5 MEP-linjer med samlet længde på 3070 m og maks. Indtrængningsdybde på 60 m. Den næstfølgende figur er fra rapporten, mens figuren derefter er de data, som ligger i Gerda og Jupiter.</p>		

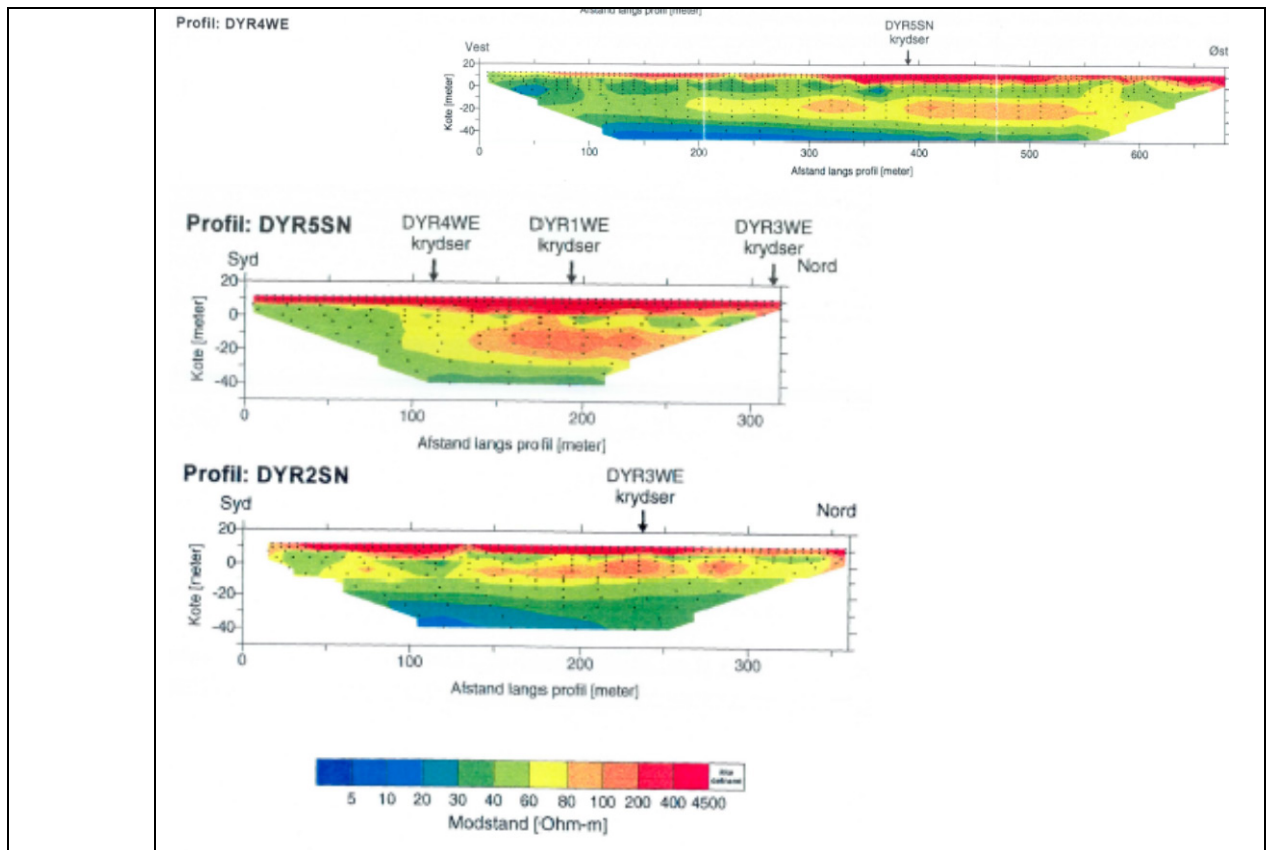


Profil: DYR1WE

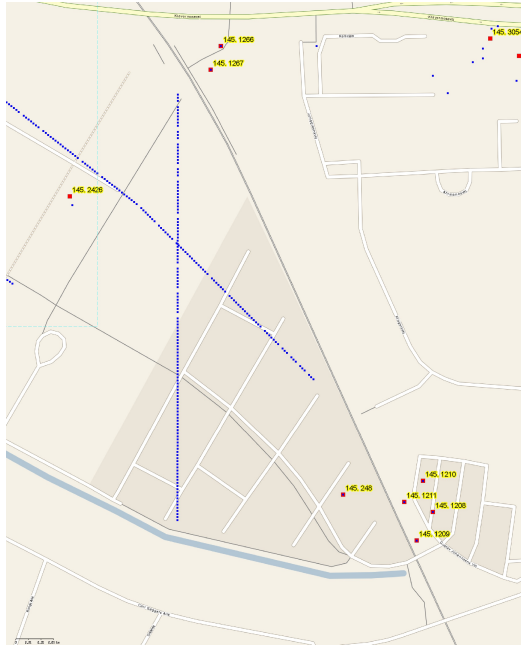


Profil: DYR3WE

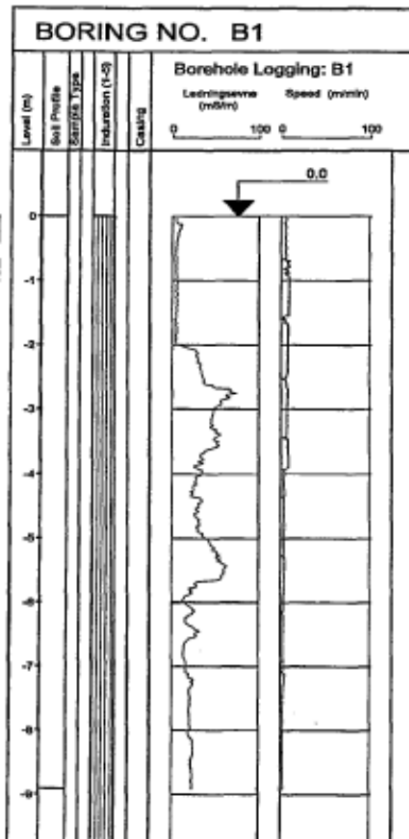


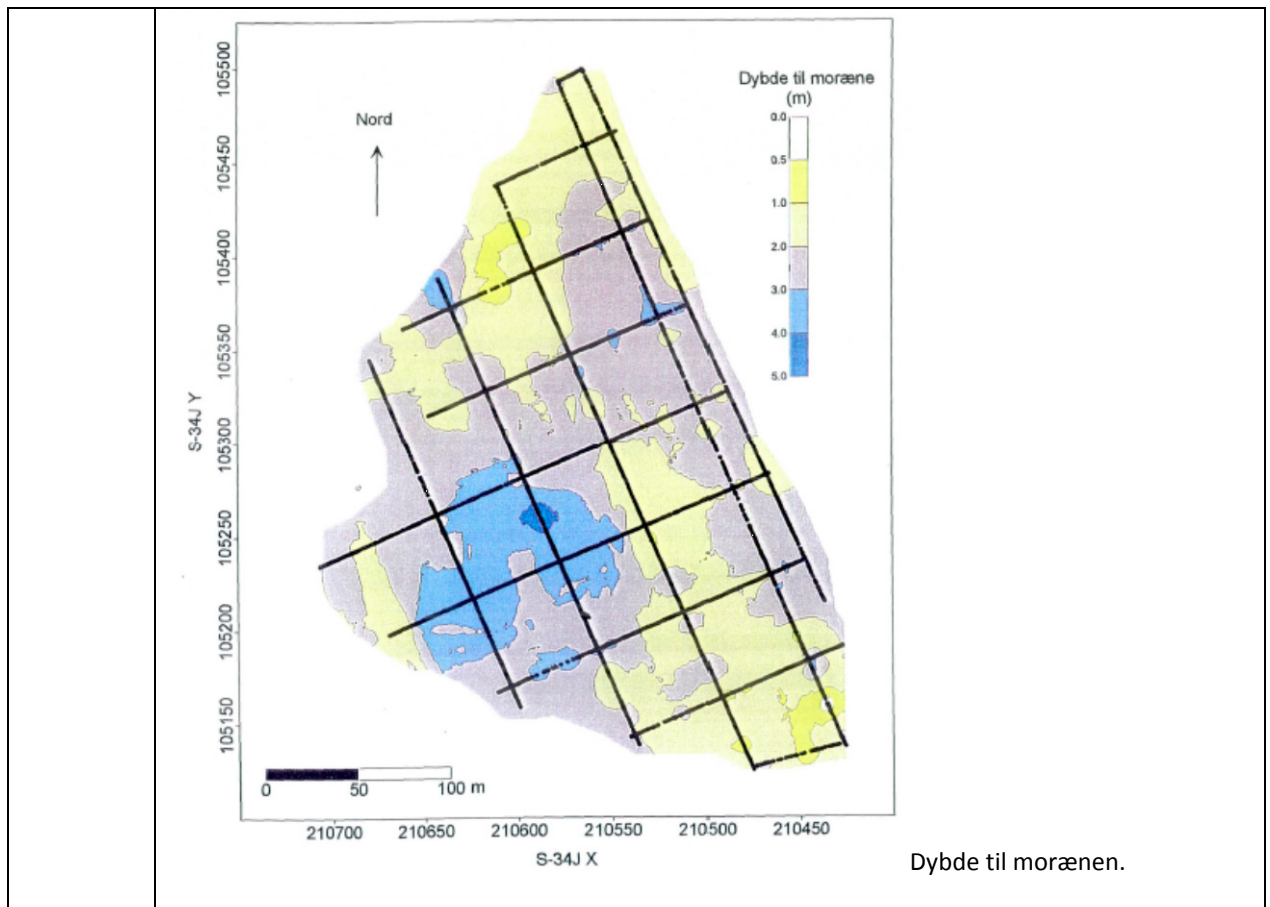


Dato:	Rambøll (1999): Detailkortlægning af sårbarhedsforhold Dyrskuepladsen	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	<p>SIGNATURER:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. FILTERSAT GEOPROBERINGSNR. b. TERRÆNKOTE I H IDNN a. GEOPROBERINGSNR. b. TERRÆNKOTE I H IDNN TIDL. UDFØRTE MEP-LINIER GEORADARLINIER PLANLAGT UNDERSØGELSESRÅDE PLANLAGT PARKERINGSPLADS <p>Udg. Dato Udarb. Kontrol Godk. 1999-01-25 PRO/C/M PRO AVA</p> <p>Sag 987531 Mål 1:2000 Fil FIGUR1</p> <p>DYRSKUEPLADSEN, OVERSIGTSPLAN PLACERING AF GEORADARLINIER, OG GEOPROBERINGER</p> <p>Jensbovej 85 DK-5210 Odense NV Tlf. 65 42 58 02 Fax 65 42 58 99</p> <p>RAMBOLL Tegn. nr.: FIGUR 1</p> <p>Kortlægning af morænelersoverfladen under pladsen i forhold til kortlægning af grundvandsbeskyttelsen. Opfølgning på MEP-undersøgelsen. Der er udført 14 georadarprofiler og 16 GeoProbe-boringer. Som det kan ses på figuren herunder (ca. samme kortudsnit), er der ingen af de nye boringer, der er gemt i Jupiter. 11 af de 16 Geoprobe-boringer er vedlagt rapporten. Bemærk, at boringerne er korte. Georadar-data er ikke indberettet.</p>		

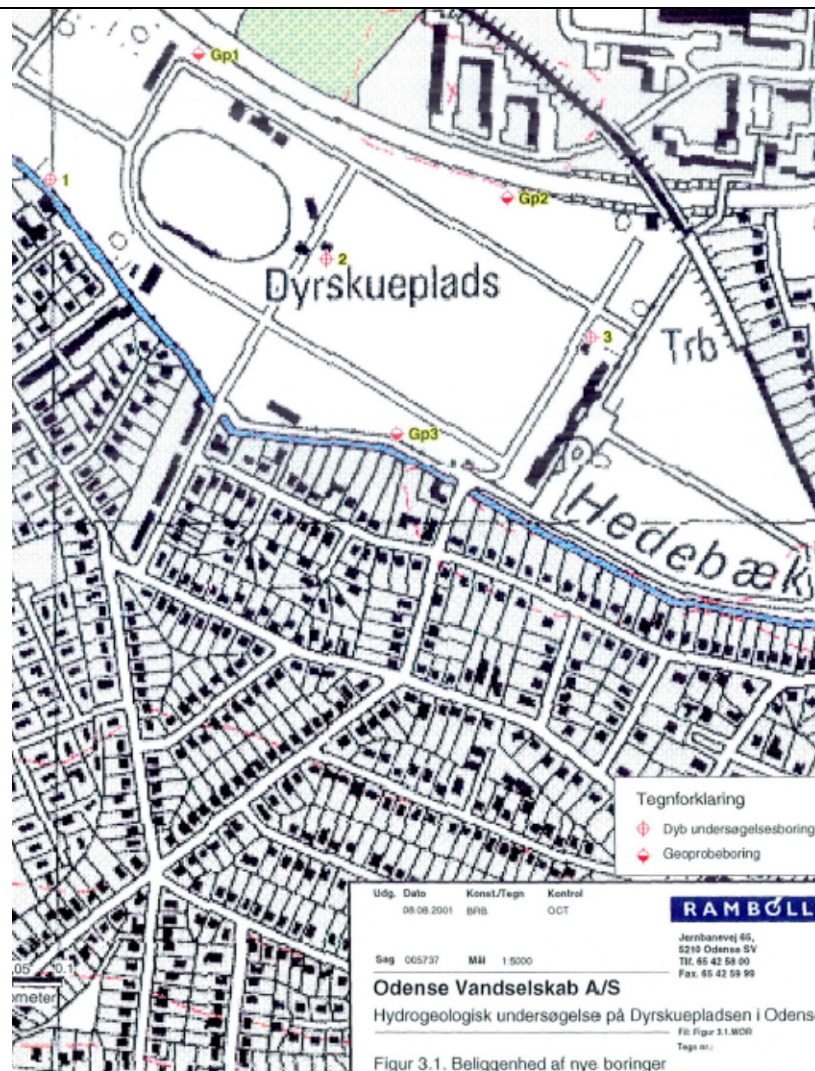


Eksempel på Geoprobe-boring: (ML fra 2 til 6 m dybde).





Dato:	Rambøll (2001): Hydrogeologisk Undersøgelse (Kortlægning af sårbarhedsforholdene på Dyrskuepladsen)	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	<p>I forbindelse med undersøgelsen er der gennemført følgende feltkampagne:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 dybe borerer til det primære magasin • udtagning af vandprøver til kemisk analyse • 3 Geoprobe borerer til nedre sekundært magasin • pejlerunde i det nedre sekundære magasin på Dyrskuepladsen • 2 regionale pejlerunder • prøvepumpning fra boring E30 <p>Undersøgelserne har vist, at hydrogeologien udgøres af 3 magasiner - et øvre og et nedre sekundært samt det underliggende primære magasin. Magasinerne er adskilt af moræneaflejringer.</p> <p>Nye borerers DGU-numre:</p> <p>B1: DGU nr. 145.2424 B2: DGU nr. 145.2425 B3: DGU nr. 145.2426</p> <p>Boreprofilerne er vedlagt rapporten som bilag. Borererne er indberettet til Jupiter.</p>		



Figur 3.1. Beliggenhed af nye boringer

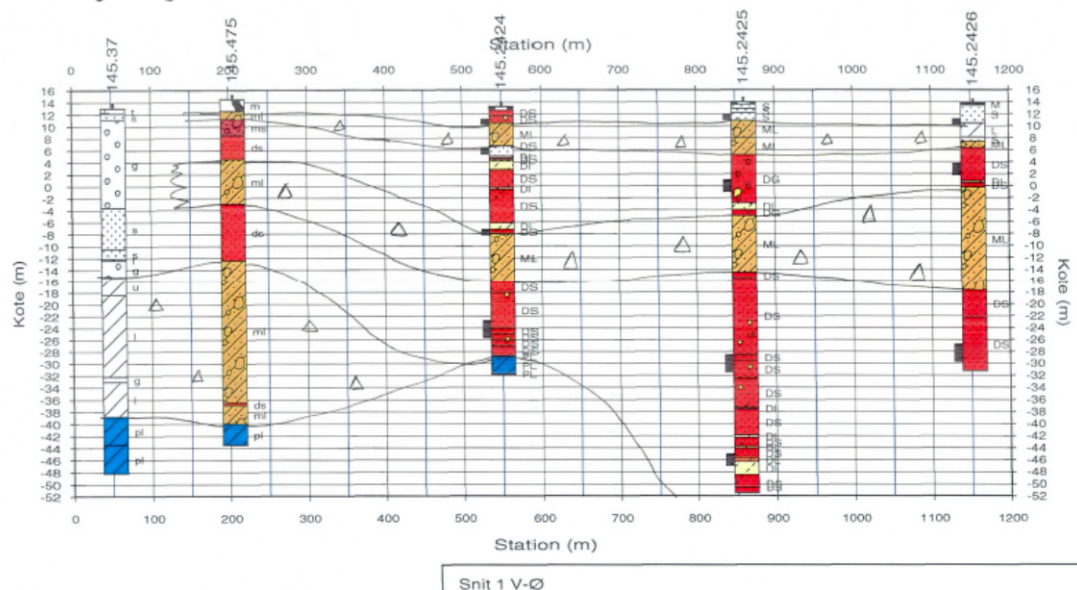


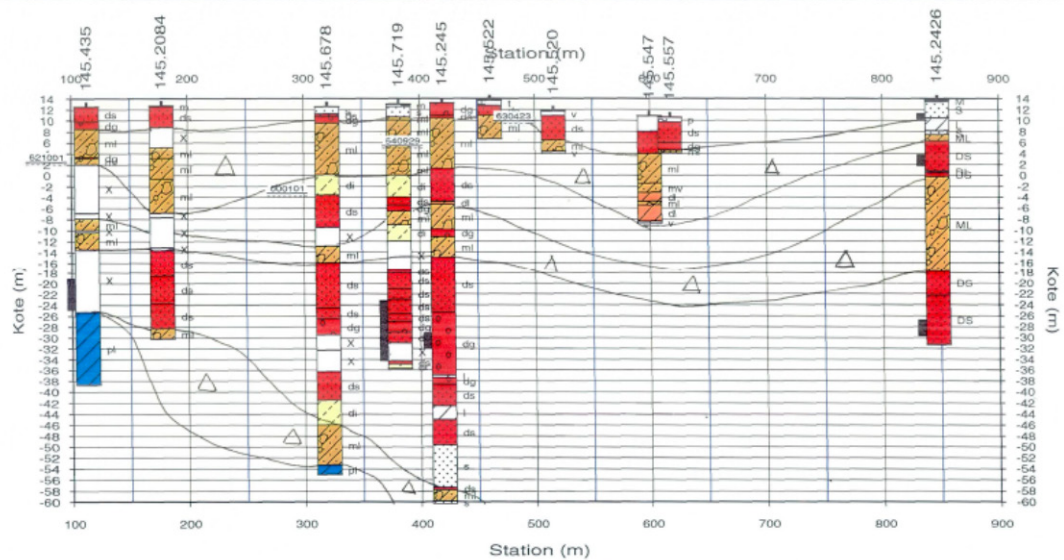
Figur 3.4 Pejlerunde primært magasin

Pejlestation	Betegnelse OVS	DGU. nr.	Filterinterval (DNN)	Kommentar	Auto. pejling	Manuel pejling
1	B1 Dyrskuepladsen, Filter 1	145.2424	-25,7-(-22,7)		X	X
2	B2 Dyrskuepladsen, Filter 2	145.2425	-31,5-(-28,5)		X	X
3	B3 Dyrskuepladsen, Filter 1	145.2426	-30,1-(-27,1)		X	X
4	Pejlepunkt H	145.38	-15,9-(-11,9)		X	X
5	E26	145.474	-31,3-(-25,3)		X	X
6	E11	145.250	-32-(-20)		X	X
7	E18	145.280	-35,6-(-26,6)		X	X
8	E23	145.435	-24,9-(-19,1)		X	X
9	E28	145.678	-35-(-26)		X	X
10	E1b 2	145.2115	-31,6-(-26,6)			X
11	E1b 7	145.2216	-27,6-(-21)			X
12	E1b 8	145.2217	-9,7-(-7,7)			X
13	E20	145.416	-18-(-16)			X
14	E5	145.36E	?	46 m dyb		X
15	E16	145.283	?	Åben boring		X
16	E25	145.453	-18-(-9,5)			X
17	GI 9"	145.163	-9-(-2)			X
18	E29	145.718	-31,5-(-24,3)			X
19	E257	145.284	?	33 m dyb		X
20	U172	145.285	8-10,5			X
21	U170	145.271	?	110 m dyb		X
22	Sanderum 501					
23	Sanderum 502					X
24	B8 Micro Matic	145.2438	9-12			X
25	Micro Matic	145.743	?	18 m dyb		X
26	U165	145.260	11-17,1			X
27	U161	145.254	-27-(-29)			X

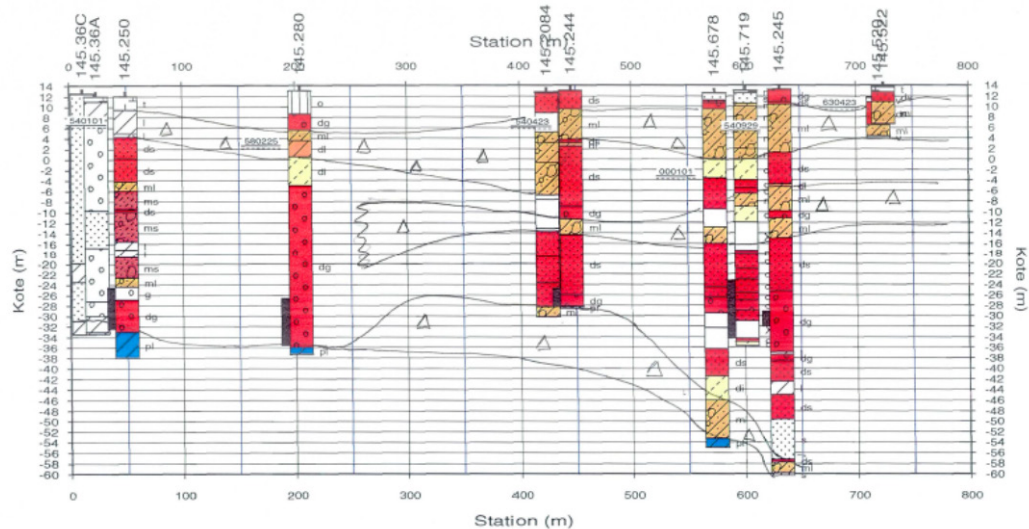
Tabel 3.5 Pejlestationer der indgår i synkronpejlerunden

Responseerne fra prøvepumpningen jf. tabel 3.3 viser, at der er god hydraulisk kontakt i det primære magasin fra pumpeboringen E30 mod borerne på Dyrskuepladsen samt boring E26, E23 og E28 der ligger vest og nord for boring E30. Der er kun konstateret svag respons i boring E11 og E18 der ligger nordvest for E30, hvilket er i overensstemmelse med den faldende magasin mægtighed mod nordvest jf. bilag 6.





Snit 5 NV-SØ



Snit 6

Dato:	Carl Bro (2001): Hydrogeologisk model for Eksercermarkens Kildeplads	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	<p>Rapporten indeholder en geologisk gennemgang af området.</p> <p>Vedr. gamle data: Klip fra side 7:</p> <p>Tidligere undersøgelser Der er i tidens løb udført mange undersøgelser af Eksercermarken Kildeplads. I referencelisten er vist et udvalg af disse undersøgelser og rapporter, der i nærværende undersøgelse er anvendt som baggrundsmateriale for kildepladsen og dets grundvandsdannede opland. Ref. /12 – 23/.</p> <p>Blandt de tidligste undersøgelser skal nævnes en geoelektrisk kortlægning, som DGU udførte i 1955 og 1957 i det kildepladsnære område, ref. /22, 23/. Kortlægningen blev udført som Wenner-profilering med elektrodeafstande på henholdsvis a=25 m og a=50 m.</p> <p>Undersøgelsen er interessant ved, at den er udført i et område, der i vore dage er bebygget og således ikke tilgængelig for geofysisk sårbarhedskortlægning. Alle datapunkter er digitaliseret og vedlagt i bilag 5 som konturerede isoohmmeterkort. Kortene er ikke kommenteret yderligere, men indgår i den samlede hydrogeologiske vurdering af området.</p>		

	<p>Vedr. de hydrogeologiske forhold ved kildepladsen (klip fra side 15):</p> <p>Kortet i bilag 7.2 viser afgrænsningen af det øvre sandmagasin. Især for dybdeintervallet 20-35 og 35-40 m.u.t., som hovedparten af kildepladsens borer er filteret i, ses sandlaget som ét sammenhængende magasin, der mod nord (omtrent ved Middelfartvej) og syd (ved Travbanen og den nordlige del af Dyreskuepladsen) er afgrænset af ler. Mod øst er magasinafgrænsningen mere usikker, men magasinet formodes at udstrække sig i hele å-dalen til Odense Å.</p> <p>Det sammenhængende sandmagasin ved Eksercermarken Kildeplads tolkes dannet som en kanallignende udfyldning i moræneleret, og har tilsyneladende forbindelse med vandførende sandlag vest for kildepladsen. Der synes ikke at være forbindelse med magasiner syd for kildepladsen, f.eks. magasinet ved Dalum Kildeplads.</p> <p>I nedenstående figur 2 er magasinets afgrænsning vist for den øvre del af sandmagasinet. Magasinets afgrænsning i det kildepladsnære område er behæftet med relativ stor sikkerhed pga. mange boreoplysninger, mens sikkerheden for magasinets afgrænsning er langt mindre i området vest for kildepladsen pga. få boredata.</p> <p>Det skal bemærkes, at magasinets nordlige afgrænsning omtrent er sammenfaldende med Fyns Amts angivelse af indvindingsoplandets beliggenhed (er vist i bilag 2). Den sydlige afgrænsning afviger dog fra Fyns Amts magasin kort, idet der tilsyneladende findes en sammenhængende lerbarriere mellem magasinet ved Eksercermarken og den sydlige del af området. I større dybde (dvs >35 m.u.t.) tyder alt dog på et sammenhængende grundvandsmagasin i den vestlige del af området.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Dato:	Carl Bro (2002): Hydrogeologisk kortlægning af indsatsområde Odense Vest	Udfyldt af:	PSA																																																							
02.03.16	<p>Klip fra side 15:</p> <p>Geofysiske undersøgelser</p> <p>I området er der gennem tiden udført en række geoelektriske undersøgelser. På kortet i bilag 2 er de kortlagte områder vist.</p> <p>I forbindelse med råstofkortlægninger mellem Tommerup og Bellinge i 1985, har Fyns Amt fået udført en række geofysiske målinger (såvel punkt- som profilsonderinger). Undersøgelserne er udført inden for 5 delområder, og omfatter den øvre del af lagserien (til mellem 30 og 60 m's dybde). Undersøgelserne og resultaterne er ikke kvalitetssikret digitalt i GIS, og er derfor kun i begrænset omfang inddraget som supplement til den geologiske model.</p> <p>Der er udført geoelektrisk Wennerprofilering i et mindre område i den nordvestligste del af området. Undersøgelserne og resultaterne er ikke kvalitetssikret i GIS, og er ikke inddraget i den geologiske model.</p> <p>Ovennævnte data vurderes at være gode, og det anbefales at materialet bliver gjort tilgængeligt i GIS.</p> <p>Lag i opstillet geologisk model for Odense Vest:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Lag nr.</th> <th>Lagbetegnelse (Fyns Amt)</th> <th>Beregningsslag (Fyns Amt)</th> <th colspan="2">Modellag (geologisk model OSD10)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1a terrain</td> <td>terrænoverflade</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Umættet zone (land)</td> <td>1a</td> <td>1uz</td> <td>undergrænse umættet zone</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Lavpermeabelt moræneler</td> <td>1b</td> <td>2m11</td> <td>undergrænse øvre moræneler</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Øverste vandførende sandlag</td> <td>1c</td> <td>3smoe</td> <td>undergrænse øvre smeltevandsenhed</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Lavpermeabelt moræneler</td> <td>2</td> <td>4m11</td> <td>undergrænse mellemste moræneler</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Mellemste vandførende sandlag</td> <td>3</td> <td>5smm</td> <td>undergrænse mellemste smeltevandsenhed</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Lavpermeabelt moræneler</td> <td>4</td> <td>6m11</td> <td>undergrænse nedre moræneler</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Nederste vandførende sandlag</td> <td>5</td> <td>7smn</td> <td>undergrænse nederste smeltevandsenhed</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Lavpermeabelt moræneler</td> <td>6</td> <td>8mlt</td> <td>undergrænse moræneler/tertiært ler</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Prækvartært vandførende lag</td> <td>7</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Tabel 7.1. Oversigt over modellag i den opstillede foreløbige geologiske model.</i></p>			Lag nr.	Lagbetegnelse (Fyns Amt)	Beregningsslag (Fyns Amt)	Modellag (geologisk model OSD10)					1a terrain	terrænoverflade	1	Umættet zone (land)	1a	1uz	undergrænse umættet zone	2	Lavpermeabelt moræneler	1b	2m11	undergrænse øvre moræneler	3	Øverste vandførende sandlag	1c	3smoe	undergrænse øvre smeltevandsenhed	4	Lavpermeabelt moræneler	2	4m11	undergrænse mellemste moræneler	5	Mellemste vandførende sandlag	3	5smm	undergrænse mellemste smeltevandsenhed	6	Lavpermeabelt moræneler	4	6m11	undergrænse nedre moræneler	7	Nederste vandførende sandlag	5	7smn	undergrænse nederste smeltevandsenhed	8	Lavpermeabelt moræneler	6	8mlt	undergrænse moræneler/tertiært ler	9	Prækvartært vandførende lag	7		
Lag nr.	Lagbetegnelse (Fyns Amt)	Beregningsslag (Fyns Amt)	Modellag (geologisk model OSD10)																																																							
			1a terrain	terrænoverflade																																																						
1	Umættet zone (land)	1a	1uz	undergrænse umættet zone																																																						
2	Lavpermeabelt moræneler	1b	2m11	undergrænse øvre moræneler																																																						
3	Øverste vandførende sandlag	1c	3smoe	undergrænse øvre smeltevandsenhed																																																						
4	Lavpermeabelt moræneler	2	4m11	undergrænse mellemste moræneler																																																						
5	Mellemste vandførende sandlag	3	5smm	undergrænse mellemste smeltevandsenhed																																																						
6	Lavpermeabelt moræneler	4	6m11	undergrænse nedre moræneler																																																						
7	Nederste vandførende sandlag	5	7smn	undergrænse nederste smeltevandsenhed																																																						
8	Lavpermeabelt moræneler	6	8mlt	undergrænse moræneler/tertiært ler																																																						
9	Prækvartært vandførende lag	7																																																								

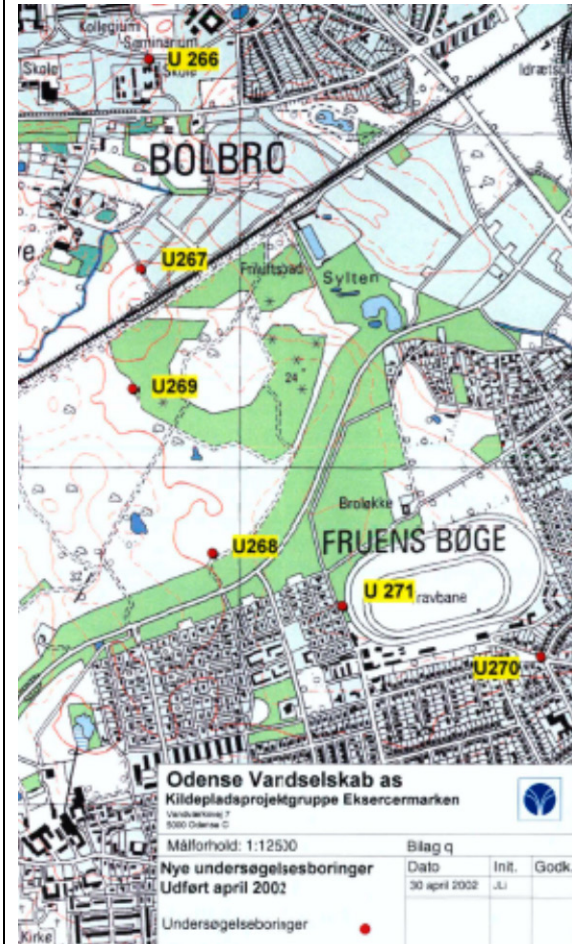
Odense Vandselskab as ligger inde med en del ældre geofysiske undersøgelser i form af geoelektriske Wenner profileringer og DC-sonderinger (Schlumberger) for store dele af den sydlige og østlige del af Indsatsområdet (se bilag 2).

Wenner-profileringerne er udført med elektrodeafstand $a=25$ m og 50 m (Sorgenfrei, 1955 & 1957), og kan derfor ikke umiddelbart sammenlignes med nyere data. Profileringerne vurderes dog at have en god kvalitet, og det skal nævnes at flere af de kortlagte områder i vore dage er blevet urbaniseret, f.eks. Dalum og Sanderum, hvorfor de geofysiske data er unikke.

DC-sonderingernes kvalitet vurderes at være for dårlige. Blandt andet er data blevet tolket med 6 lagsmodeller og det har ikke været muligt at genfinde de originale rådata.

Undersøgelserne er for Odense Vandselskab as tidligere gennemgået og kvalitetssikret i GIS, Odense Vandselskab as (2002b). Resultaterne er kun i mindre omfang inddraget i nærværende rapport.

I forbindelse med Odense Vandselskabs igangværende undersøgelse af oplandet til Eksercermarken Kildeplads er der udført supplerende MEP-profileringer og TEM-sonderinger, Odense Vandselskab as (2002c)

Dato:	Watervision (2002): Statusrapport Kildepladsprojekt Eksercermarken	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	<p>Sammenstilling af viden; geologi, hydrogeologi, grundvandskemi, forureningssituation, sårbarhed.</p> <p>6 boringer til ca. 45 m (snegleboring ned til 10 m og herefter "hulsneglsboring" (ellogboring). Boringerne er navngivet: U266-U271. Prøvebeskrivelser er inkluderet i rapportbilag; DGU numre er 145.2507 (U266) til 145.2512 (U270). Efterfølgende gamma og temperaturlogs. Lokalisering ses på kort herunder:</p> 		

Resultater fra borearbejdet er kun delvist inkluderet i denne rapport.



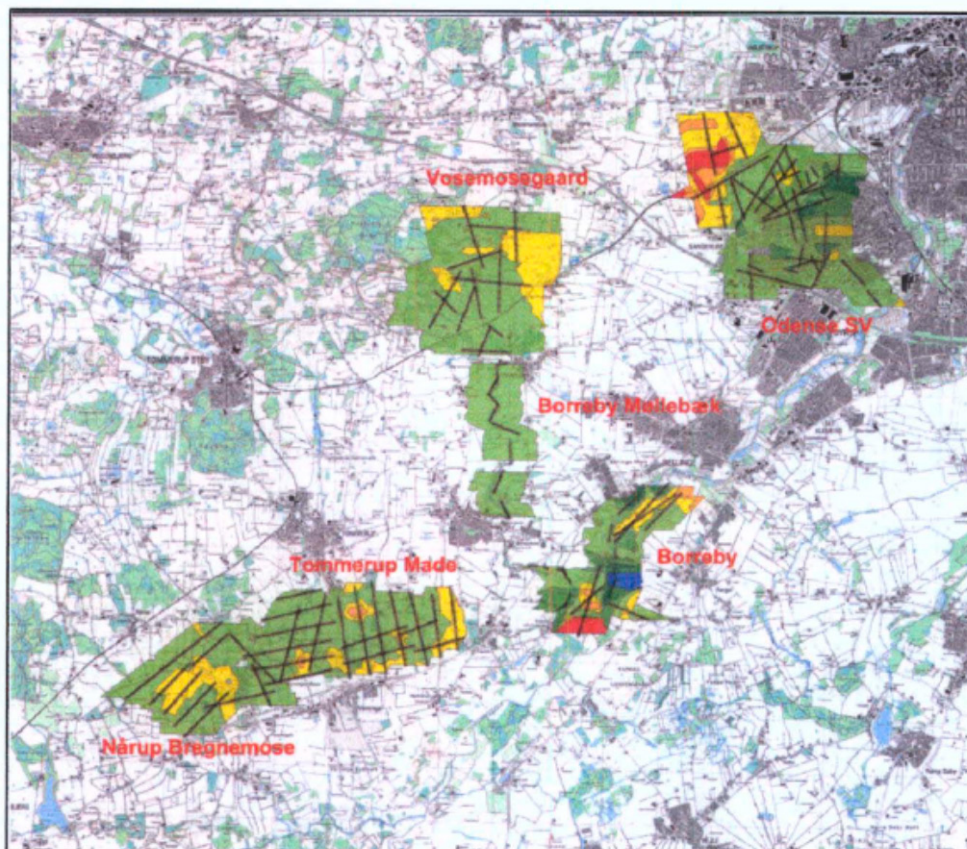
Figur 18: Udførte DC- og TEM-sonderinger

Der er udført 12 TEM-sonderinger og 22 DC-sonderinger (se figur herover).

Side 22: Vedr. ældre data:

Eksercermarken kildepladsen har været fokusområde for vandforsyningen til Odense og undersøgt og udnyttet i mere end 120 år, og der eksisterer derfor et meget stort datagrundlag. Der er bl.a. udført et stort antal boringer indenfor et lille areal, bestående af 9 aktive indvindingsboringer og 22 aktive pejleboringer. I perioden 1876 – 1900 er der udført ca. 30 boringer og frem til år 2001 yderligere ca. 60 boringer. Der foreligger ikke altid gode geologiske oplysninger og/eller den geografiske placering er meget dårlig beskrevet. Til gengæld findes der pejletidsserier, som dækker perioden fra 1936 og frem til i dag. Der måles i dag en gang månedligt i et stort antal boringer på og omkring pladsen.

Indenfor modelområdet er der igennem tiden udført et større antal geofysiske kortlægninger. Flere kortlagte områder, eksempelvis Sanderum/Dalum der blev undersøgt i 1955 og 1957, er i dag fuldt bebygget. Disse kortlægninger er uvurderlige, da de indeholder geologiske informationer, som kun yderst vanskeligt lader sig indhente i dag. Disse data er anvendt i nærværende konceptuelle geologiske model.

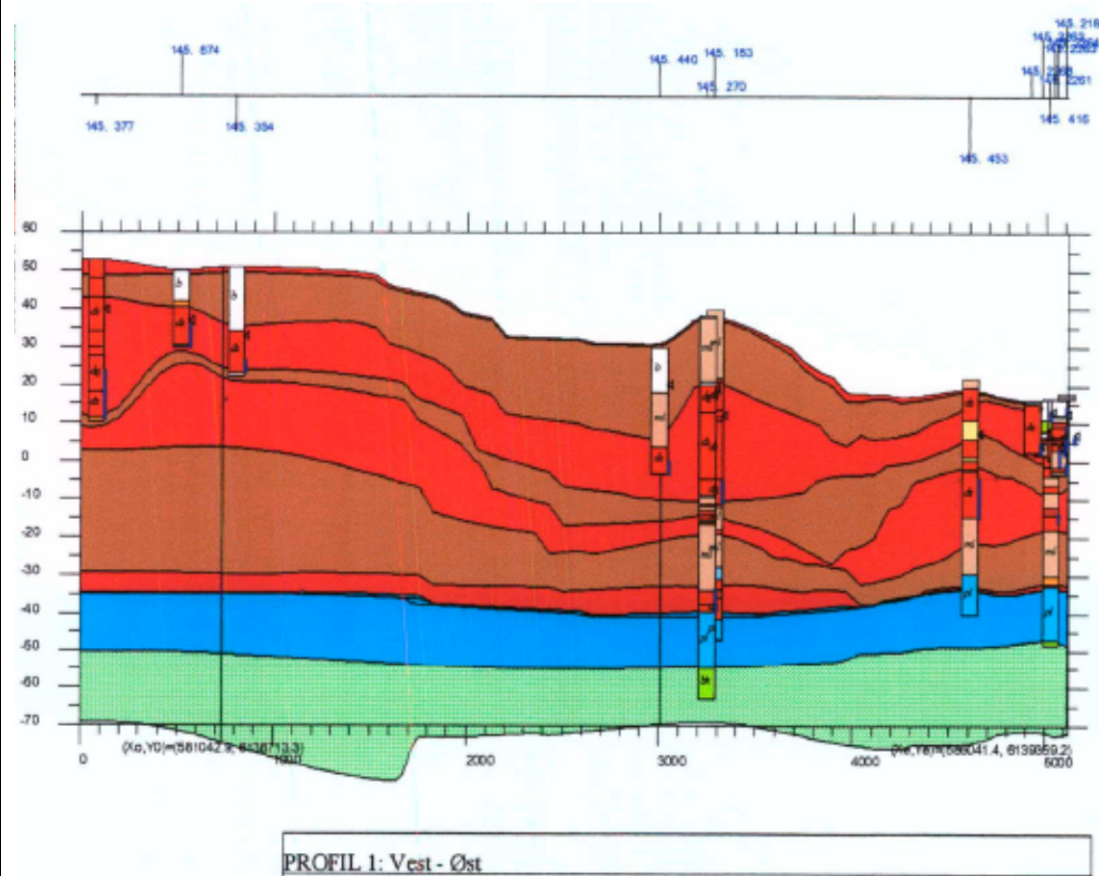
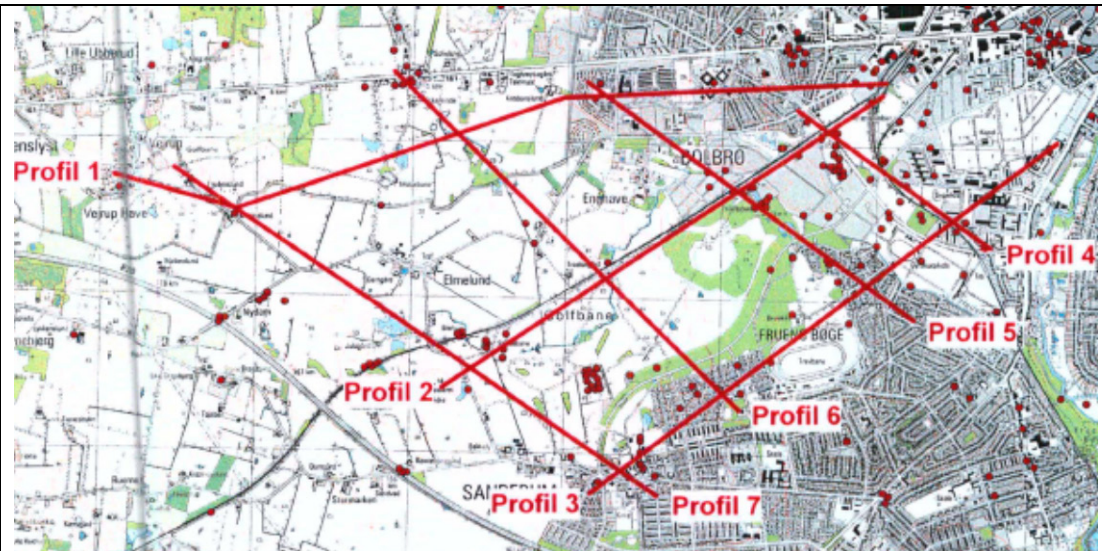


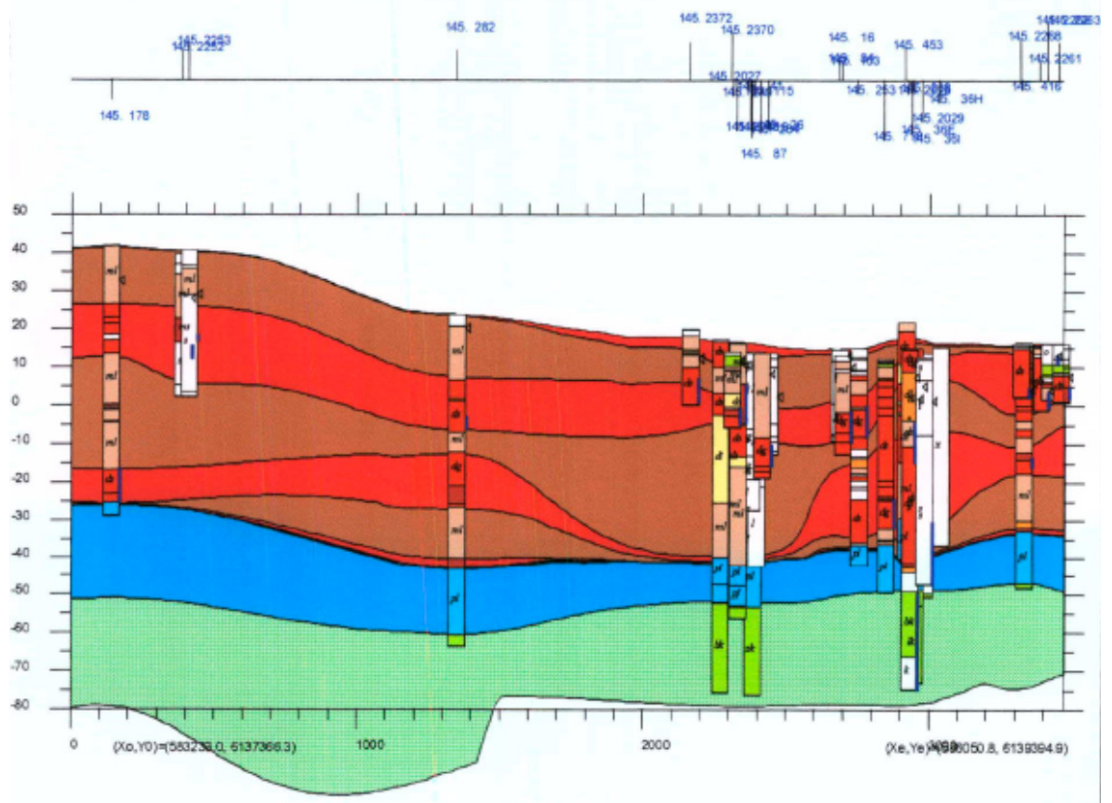
Figur 16: Områder, der blev geoelektrisk kortlagt i 1955-58

Vedr. prøvepumpninger (side 36):

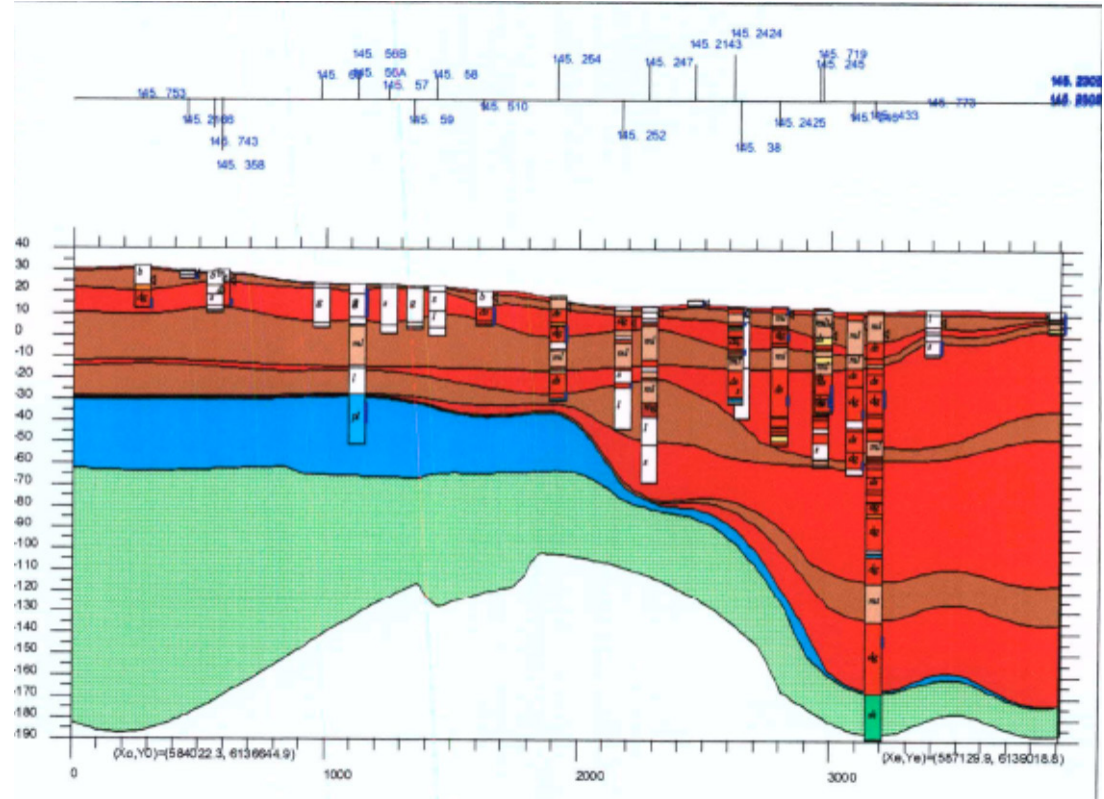
Resultaterne fra de tre prøvepumpninger bekræfter billedet af et heterogent og relativt komplekst opbygget grundvandsmagasin i kildefeltets nærrområde. I mange af de observerede datakurver ses tydelige afvigelser fra "standardforløbet" i form af forøgede sænkninger, som tegn på begrænsninger i det vandførende lags udbredelse, enten som markant reduktion i lagtykkelsen – eller som direkte ophør af lagets videre udbredelse. I forbindelse hermed ses endvidere at de observerede boringer undertiden kun reagerer delvist på pumpning som tegn på reduceret hydraulisk forbindelse. Den endelige fortolkning af strukturforholdene i området vil blive foretaget samlet på et senere tidspunkt, når resultaterne fra de geofysiske undersøgelser og borearbejderne foreligger i deres fulde udstrækning.

På grundlag af fortolkning af datakurverne er der beregnet værdier af de hydrauliske egenskaber, og der er bestemt værdier for transmissiviteten på mellem ca. 0,007 og 0,030 m^2/s som tegn på et relativt højtydende grundvandsmagasin. Magasintallet ligger i størrelsesordenen 0,0002 – 0,0005, hvilket bekræfter de artesiske forhold i området. Der er tydelige tegn på lækage fra overliggende lag. De steder, hvor det har været muligt at beregne troværdige værdier, ligger lækage koefficienten i størrelsesordenen $1 \times 10^{-8} - 5 \times 10^{-7} s^{-1}$. Dette er forholdsvis høje værdier, som tegn på relativt god hydraulisk forbindelse gennem dæklagene og til grundvandsmagasinet.

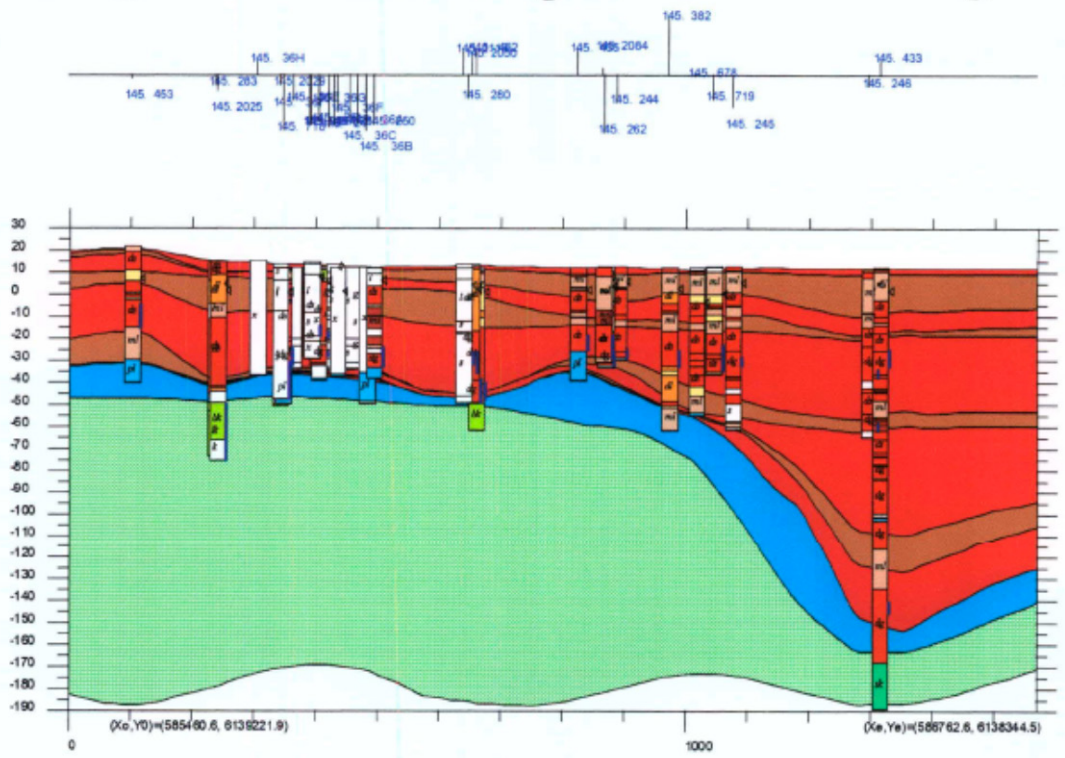




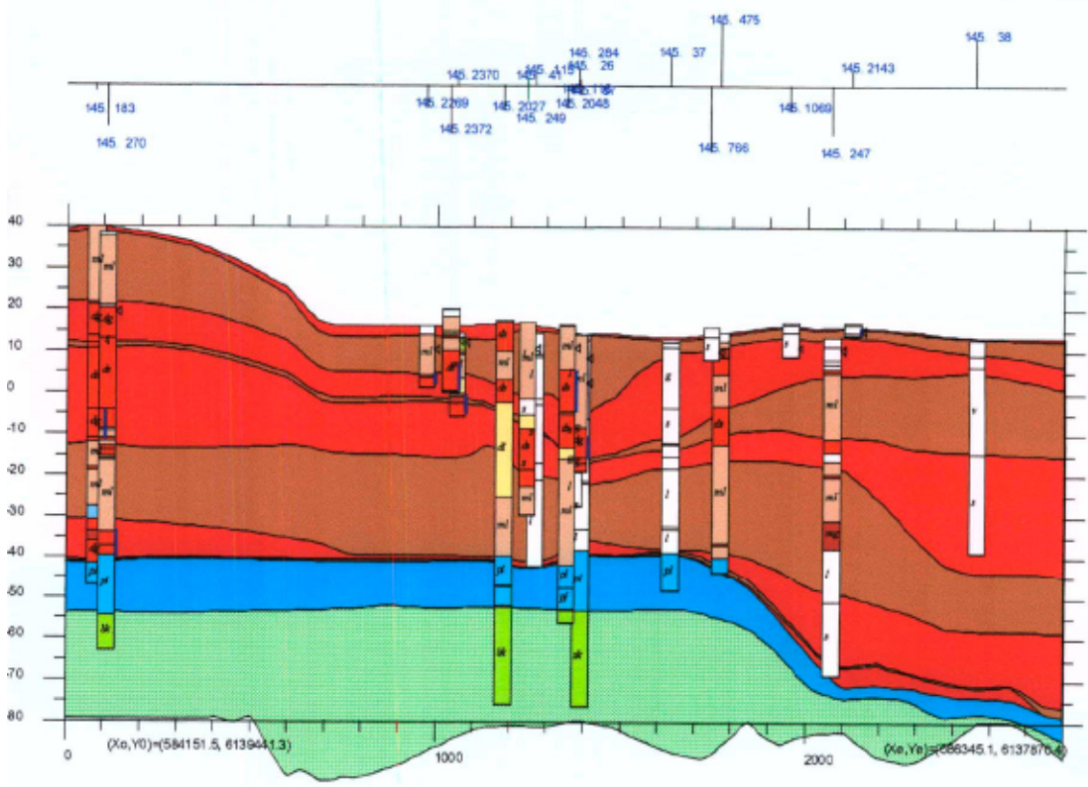
PROFIL 2: Sydvest - Nordøst



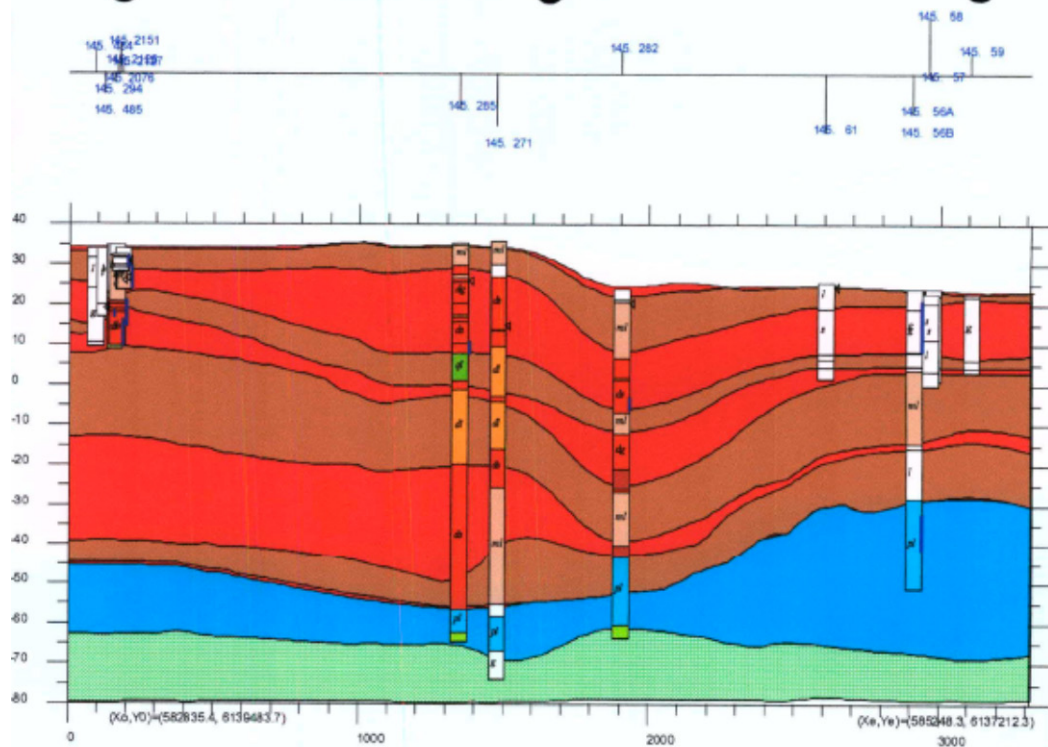
PROFIL 3: Sydvest - Nordøst



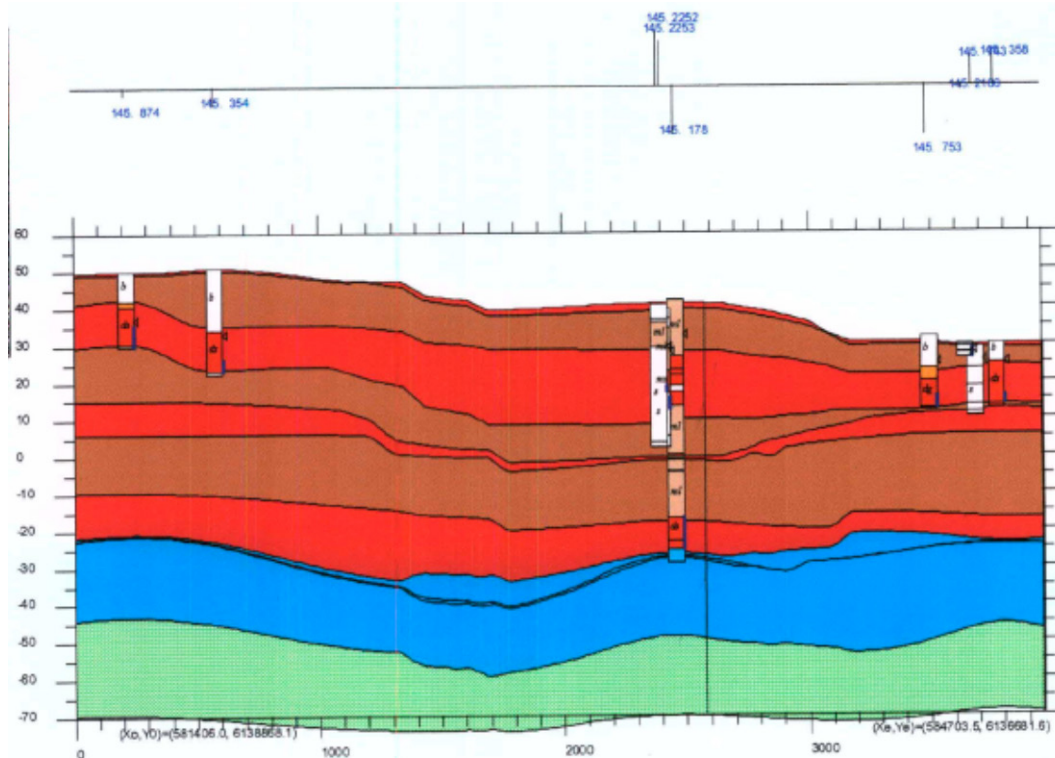
PROFIL 4: Nordvest - Sydøst



PROFIL 5: Nordvest - Sydøst

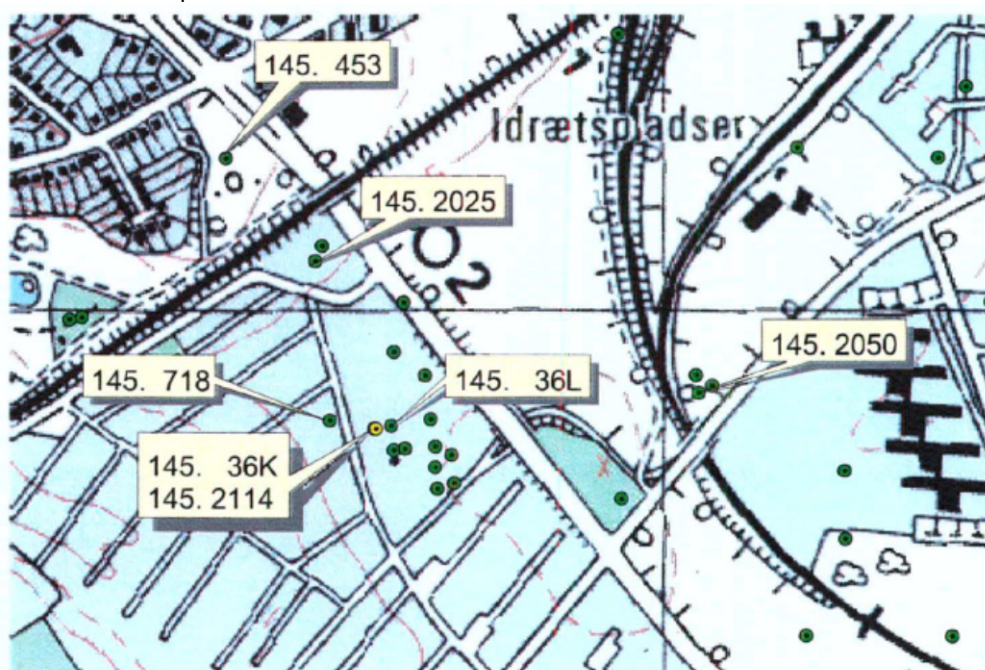


PROFIL 6: Nordvest - Sydøst



PROFIL 7: Nordvest - Sydøst

Rapporten indeholder en GESU-rapport fra 22. feb. 2002 (J. nr. GEUS 0742-007) med CFC-analyser af niveaubestemte prøver:



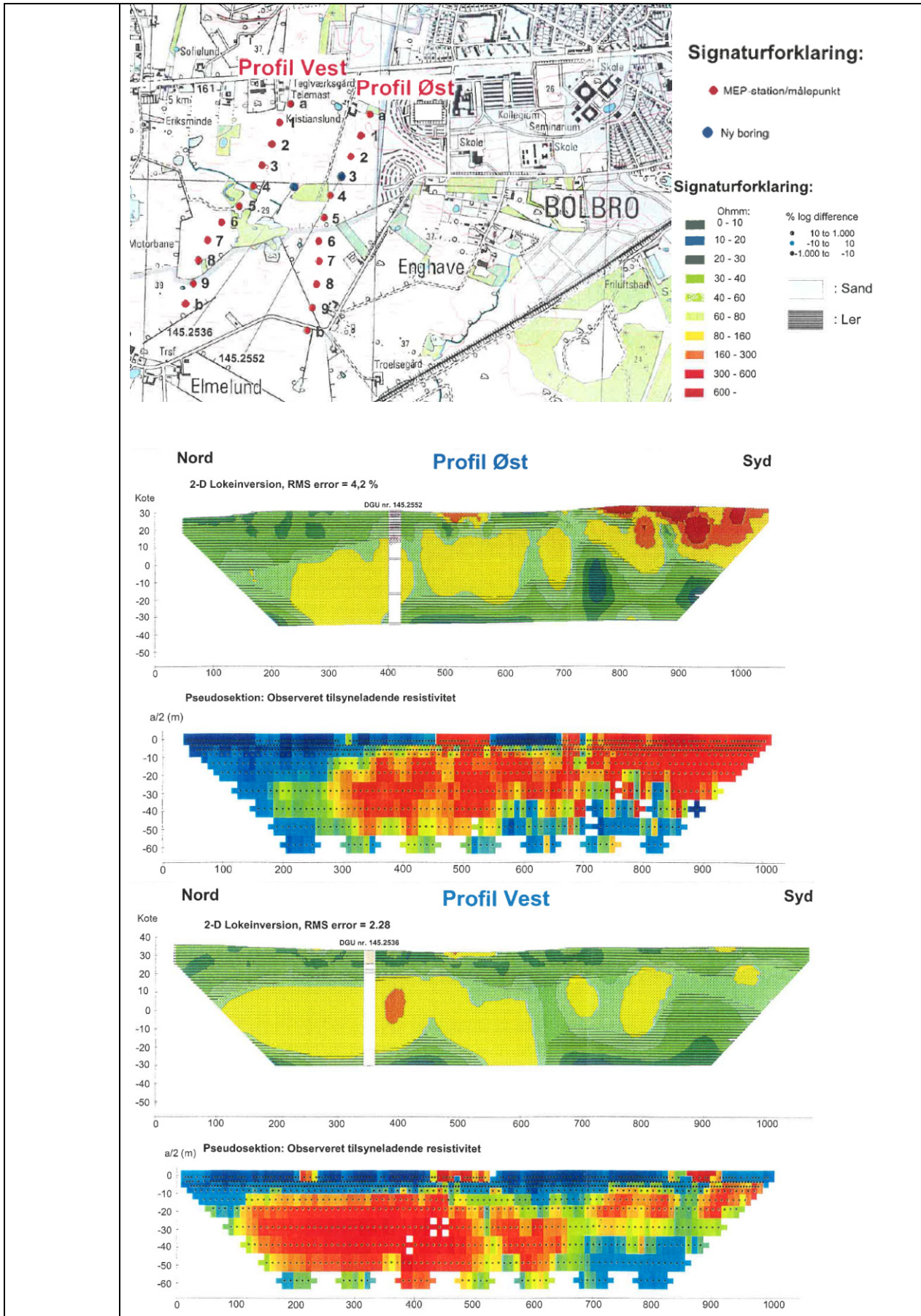
Figur 4. Lokalitetskort for indvindingsboringer, hvor CFC-datering er udført januar 2002

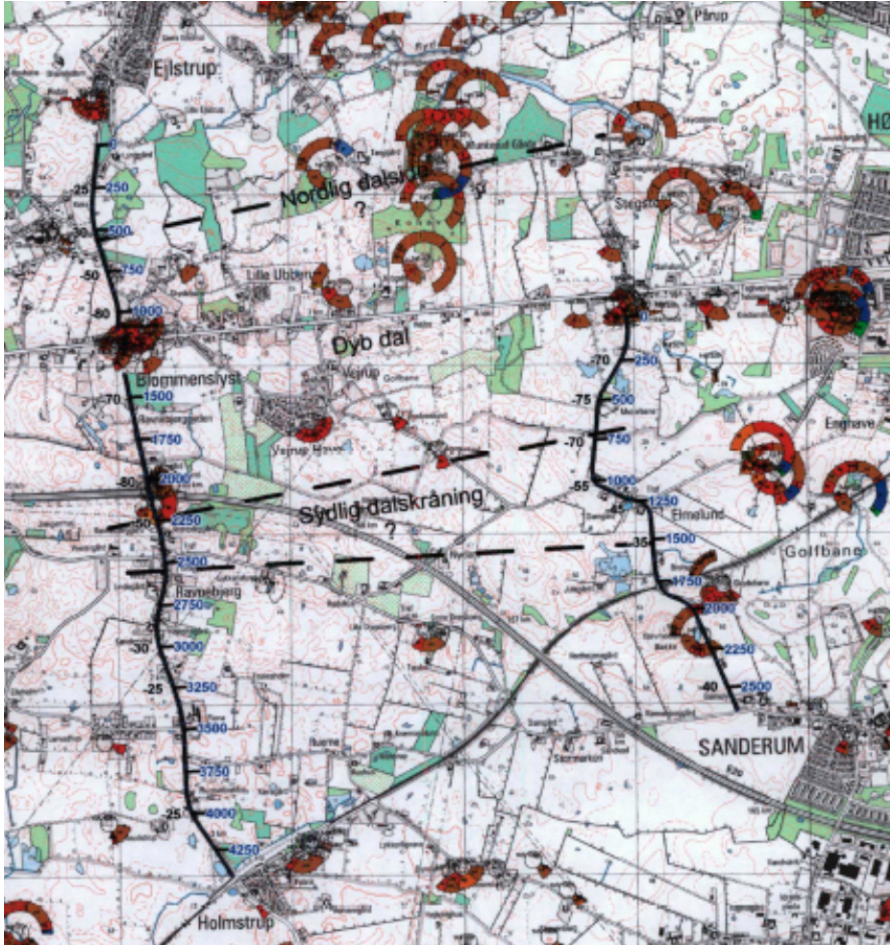
Konklusion

CFC-dateringer af vandprøver udtaget i forskellige niveauer i 6 boringer på og omkring exercemarken i Odense, viser at grundvandet i større eller mindre grad er påvirket af vand, der er trængt ned via utætheder. Mindst påvirket synes grundvandet fra det dybeste niveau i boring DGU nr. 145.453, der ligger længst væk fra naboboringer. Sammenligning med tidligere foretagne CFC-dateringer for 3 af boringernes vedkommende tyder på, at påvirkningen fra naboboringer afhænger af intensiteten af indvindingen i pågældende boring.

Påvirkning fra naboboringer giver anledning til forøgede CFC-indhold, der kan ligge over det indhold, der stammer fra ligevægt med nutidig atmosfære. Forøgelse af CFC-indholdet skyldes derfor ikke kun opblanding med yngre vand via utætheder, men må også omfatte indslutning af luft i vandet ved en eller anden ikke kendt mekanisme. Muligvis forårsaget af de hurtige fald og stigninger i grundvandsspejlet i forbindelse med start og stop af pumpe. Det betyder at man ikke ud fra CFC-indholdet alene kan bedømme den relative mængde af yngre og muligvis forurenede vand, der kan være trængt ned via utætheder i lagene over grundvandsmagasinet.

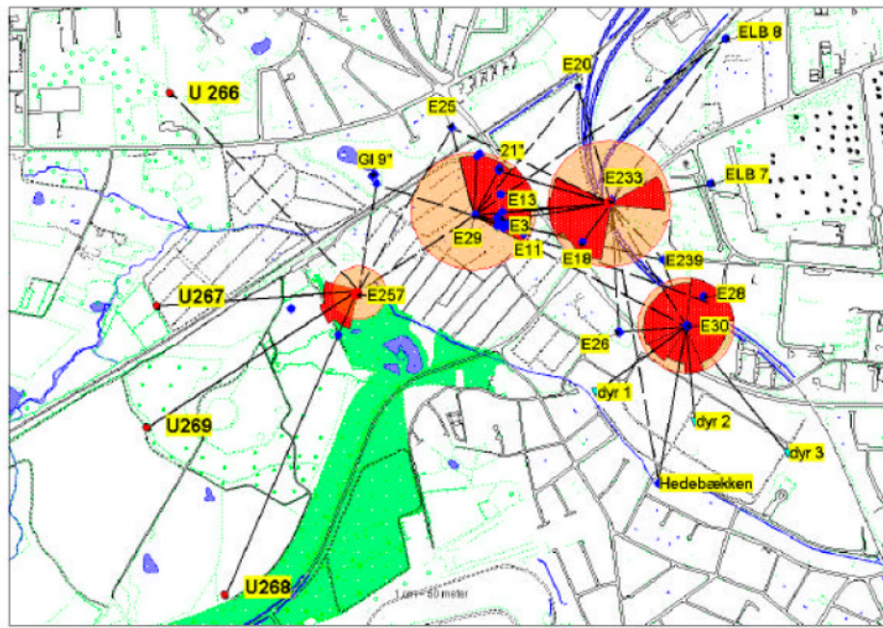
Dato:	Carl Bro (2002): MEP-kortlægning ved Bolbro	Udfyldt af:	PSA
16.03.16	To ca. 1000 m lange MEP-profiler vest for Bolbro. Profilerne er lagt tæt ved to nye boringer (DGU nr. 145.2536 og 145.2552).		



Dato:	COWI (2003): Seismisk kortlægning af Blommenslyst vest for Odense	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	<p>Der er udført to seismiske linjer af en samlet længde på 7,1 km. Rapporten konkluderer:</p> <p>Den seismiske kortlægning har bekræftet eksistensen af en begravet dal, som når en maksimal dybde omkring kote -80. Dalens dybe del og den skrånende sydlige afgrænsning er markeret på bilag 1.2. Den nordlige afgrænsning nord for profil BL01 er en ekstrapolation, som ikke er seismisk kortlagt.</p> <p>Dalen er orienteret øst-vest. Den dybe del af dalen er ca. 1,5 km bred og passerer under Blommenslyst, Lille Ubberup, Vejrup Have og Vejrup.</p> <p>Den nordlige afgrænsning eller palæo-dalside er stejl. Den sydlige palæo-dalside består af en skrånende flade, som er fladest/bredest på profil BL01 i øst.</p> <p>Dalen afspejles ikke tydeligt i de omkringliggende borer, som dog er relativt spredte, og det er derfor ikke muligt med sikkerhed at sige, hvor langt dalen strækker sig øst og vest for undersøgelsesområdet. Den dybe del af dalen synes dog at være en ret lokal forekomst.</p>  <p>Der er gjort følgende bemærkninger vedr. forkastninger:</p>		

<p>Forkastninger</p> <p>Der er tolket en enkelt større forkastning omkring stationering 550-600 m. Forkastningen har et svagt buet forløb og hælder stejlt mod nord. Den forsætter lagene i den sydlige blok godt 10 ms ned i forhold til den nordlige blok.</p> <p>Forkastningen er tydelig i den nederste del af profilet, hvor en række markante reflektorer observeres. Det er ikke muligt at følge forkastningen helt op til prækvartæroverfladen (se nedenfor), da den øvre del af prækvartæret har meget dårligt udviklede reflektorer.</p> <p>Der optræder desuden en række mindre fleksurer og/eller forkastninger flere andre steder på profilet. Disse udviser vertikale forsætninger på mindre end 5 ms, og ligesom med den store forkastning kan de kun spores i den nedre del af profilet, hvor reflektorerne er tydelige. En undtagelse er dog forkastningen ved stationering 4180 m, som kan spores helt op i den øvre del af profilet.</p>

Dato:	Watervision (2003): Prøvepumpninger på Eksercermarkens Kildeplads	Udfyldt af:	PSA
16.03.16	<p>Rapporten omhandler retolkninger af prøvepumpninger af en række boringer på Eksercermarken i perioden 1983 og 2001. Der foretages følgende konklusioner (uddrag fra rapporten):</p> <p>Området består af to, tre overliggende grundvandsmagasiner, der i udpræget grad er et resultat af istidens afsmeltningsforløb med bl.a. udfyldte og begravede kanalsystemer. Samtlige prøvepumpninger viser et generelt højtydende, artesiske reservoir-system med relativt høje værdier for transmissiviteten. I en række af de observerede boringer ses effekt af hydrauliske barrierer som tegn på det pågældende grundvandsmagasins begrænsninger. Dette fænomen sløres formentlig i de fleste af boringerne på grund af den markante lækage fra omgivende lavpermeable lerlag, som dominerer grundvandsreservoiret.</p> <p>Selve kildepladsområdet kan groft opdeles i tre delvis selvstændige grundvandsmagasiner med relativ dårlig indbyrdes hydraulisk kontakt.</p> <p>1) Det ene område ligger i kildepladsens sydvestlige del og breder sig i vifteform mod vest. Det vandførende lag er ca. 7 meter tykt med en T-værdi på af størrelsesordenen $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ og beliggende ca. 23 meter under terræn.</p> <p>2) Det andet område ligger i kildepladsens sydøstlige del med en radiær udstrækning på ca. 0,5 km². Det vandførende lag er ca. 18 – 25 meter tykt med en T-værdi på af størrelsesordenen $10 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ og beliggende ca. 25 – 30 meter under terræn.</p> <p>3) Det tredje område, der er det bedst ydende, ligger i kildepladsens øverste halvdel og synes at have en udpræget øst – vestlig orientering af ca. en halv km's bredde. Det vandførende lag er ca. 25 – 40 meter tykt med en høj T-værdi på af størrelsesordenen $25 - 30 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ og beliggende ca. 10 – 20 meter under terræn.</p> <p>I forlængelse af dette system er der i forbindelse med nærværende undersøgelse kortlagt et nyt højtydende grundvandsmagasin, der har form som en 4 – 500 meter bred kanal og som strækker sig forbi Middelfartvej og videre i vest – nordvestlig retning. Det vandførende lag er ca. 15 meter tykt med en høj T-værdi på af størrelsesordenen $35 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ og beliggende ca. 45 meter under terræn.</p>		

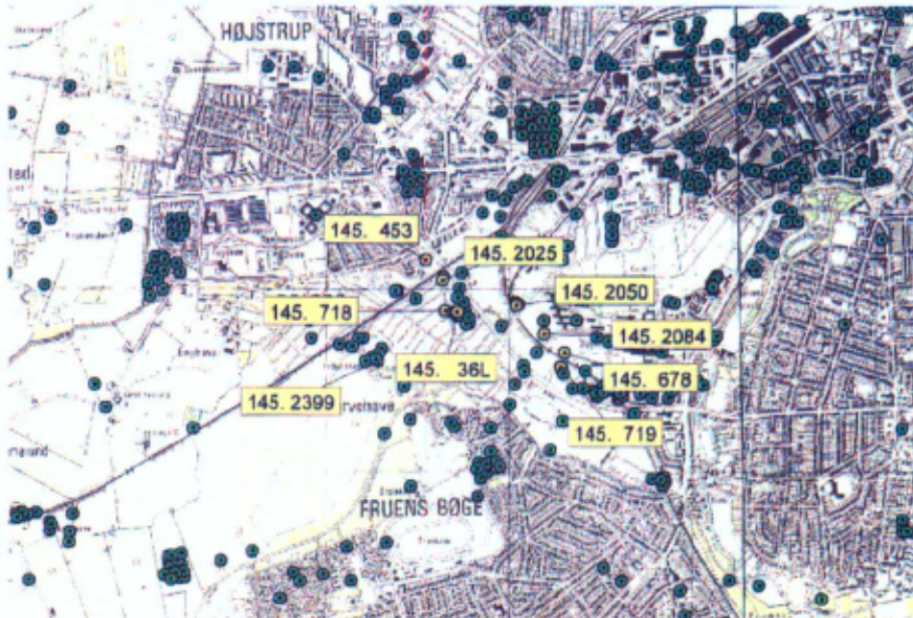


Figur 6. Rosediagram for pumpeboringerne E 29, E 257 og E 233. Med orange farve er pumpeboringens generelle T- værdi angivet som en logaritmisk skaleret cirkel. Derpå er de retningsafhængige T-værdier for de enkelte pejleboringer angivet med røde felter. Stiplede forbindelser angiver usikre og tvivlsomme sammenhæng mellem pumpeboring og pejleboring. Der er således ikke angivet en T-værdi for disse retninger.

Dato:	Watervision (2003): Eksercermarken Teknisk Rapport	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	<p>Sammenstilling af udførte undersøgelser i området. Fokus på hydrogeologi/hydrologi og grundvandskemi.</p> <p>Formålet med undersøgelsen er at kunne give et så sandsynligt bud som muligt på den forventede fremtidige udvikling i vandkvaliteten på Eksercermarkens kildeplads, specielt med hensyn til BAM, for derigennem at få det fornødne grundlag for prioritering af indsatsen i forhold til kildepladsbeskyttelse (skovrejsning og evt. dyrkningsaftaler). I forbindelse hermed er der udarbejdet en strategi for Eksercermarkens Kildeplads, der omfatter mulige fremtidige tiltag for at undgå eller imødegå forureningsbelastningen bedst muligt. Herunder en vurdering af evt. afværgeforanstaltninger, ressourcens samlede bæredygtige størrelse og mulighederne for evt. at flytte produktionsboringer.</p> <p>Der er udført borehulslogs i tre tempi:</p>		

Første loggingforløb

GEUS har udført flowlogs i forbindelse med programmet for niveaubestemt prøvetagning i 9 indvindingsboringer. Dette forløb knytter sig snævert til undersøgelsesfase 1.



Andet loggingforløb

I andet forløb blev undersøgelsesboringerne U 266 - U271 (DGU 145.2507 - 145.2512) logget med gamma, induktions- og resistivitetslogs, som et led i afdækningen af den geologiske lagfølge på hulsneglsboringerne.



Tredje loggingforløb

GEUS har udført gamma- og induktionslog i fire undersøgelsesboringer (DGUnr.: 145.2532, 145.2533, 145.2534 og 145.2536) for Odense Vandselskab. Forløbet knytter sig til undersøgelsesstrategiens fase 4 og der blev logget med gamma, induktions- og resistivitetslogs, som et led i afdækningen af den geologiske lagfølge på hulsneglsboringerne.

De udførte gammalogs kan kun i mindre grad inddele boreprofilen i geologiske/lithologiske enheder (formodentlig p.g.a. påvirkning fra bentonitforseglingen), hvorimod de udførte induktionslog tydeligt indikerer variationer i ler og sandindholdet i istidsaflejringerne omkring borerne. Ud fra resultaterne af de udførte borehulsmålinger - primært induktionsloggen, samt den geologiske beskrivelse af materiale fra snegleboringerne, vurderes det at borerne alle gennemborer kvartære istidsaflejringer (moræner, silt, sand og grus) med varierende indhold af sand og ler. Enkelte horisonter er markeret tydeligt på induktionsloggen, men generelt er det vanskeligt at følge/korrelere mellem de enkelte borer.



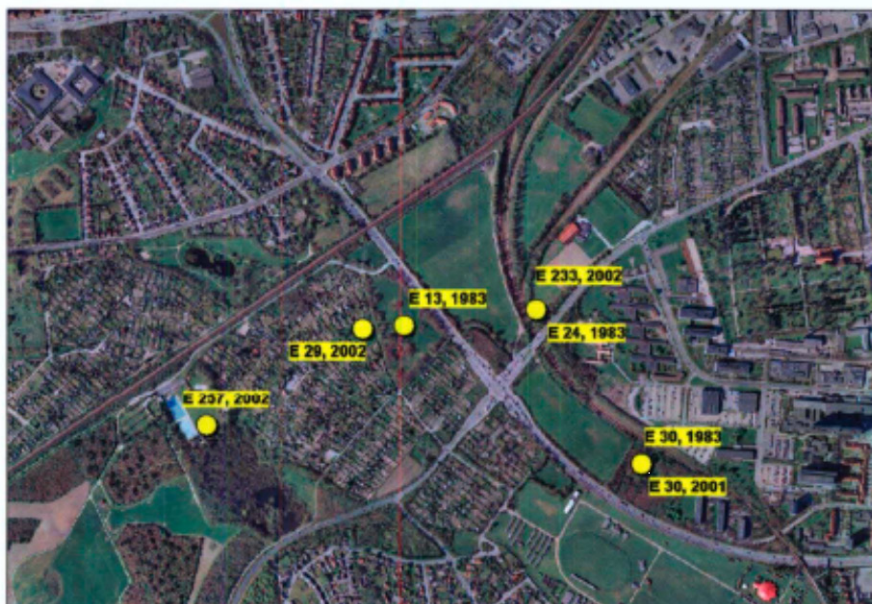
Der afrapporteres resultater af flere prøvepumpninger:

3.3.4. PRØVEPUMPNINGER

Der er siden 1983 foretaget i alt syv større prøvepumpninger på borerer ved Eksercermarkens kildeplads. Resultater og grundlag herfor er udførligt beskrevet i den særskilte Prøvepumpningsrapport, bilag I, hvortil der henvises.

Den første større samlede prøvepumpningsundersøgelse blev gennemført i 1983 og afrapporteret i 1985 som led i udarbejdelsen af den kommunale vandforsyningsplan. I den forbindelse blev der prøvepumpet på tre borerer E13, E24 og E 30 (DGU 145.36L, 145.452, 145.719). Efterfølgende er der i 2001 udført endnu en større prøvepumpning på kildepladsens boring E30, som er afrapporteret i 2001. Formålet var sårbarhedskortlægning af Dyrskuepladsen.

Senest er der i forbindelse med den igangværende undersøgelse af Eksercermarken kildeplads udført en længerevarende prøvepumpning på indvindingsboring E29 (DGU 145.718). Desuden er udført to kortvarige prøvepumpninger på E 257 (DGU 145.2399) og E 233 (DGU 145.2050).



f. *Oversigt over borerer benyttet ved prøvepumpningerne*

Den samlede oversigt ser ud som følger:

- Pumpning på E13 i 1983 med 282 m³/h i 24 timer. Pejlet i fem observationsboringer
- Pumpning på E24 i 1983 med 190 m³/h i 24 timer. Pejlet i to observationsboringer
- Pumpning på E30 i 1983 med 175 m³/h i 24 timer. Pejlet i fire observationsboringer
- Pumpning på E30 i 2001 med 140 m³/h i 8 dage. Pejlet i 25 observationsboringer
- Pumpning på E29 i 2002 med 242 m³/h i 15 dage. Pejlet i 18 observationsboringer
- Pumpning på E257 i 2002 med 71 m³/h i 7 dage. Pejlet i ni observationsboringer
- Pumpning på E233 i 2002 med 137 m³/h i 7 dage. Pejlet i 12 observationsboringer

Klip fra konklusioner side 30:

Den store geologiske variabilitet i området, resulterer i meget forskellige ydeevner i de enkelte borer. Hovedparten af kildepladsens borer er filtersat i et komplekst, men sammenhængende sandmagasin med ringe overdække af ler i et tidligere moseområde. En enkelt boring indvinder fra det dybtliggende kalkmagasin. Større vandindvinding fra det dybe kalkmagasin vurderes dog at være problematisk på lang sigt pga. risikoen for saltvandsoptrængning.

Ved at sammenstille alle løsninger fra de enkelte prøvepumpninger udviser området, at der er god forbindelse mellem nogle borer i bestemte retninger og meget dårlig forbindelse mellem andre borer, selvom den indbyrdes afstand mellem borerne er relativ kort. Dette vidner om, at der tilsyneladende findes flere hydrauliske barrierer i kildepladsområdet, og at i kildepladsens grundvandsmagasiner kun har delvis kontakt med hinanden.

Hovedindtrykket fra de relativt mange prøvepumpninger i kildepladsområdet er, at der i udpræget grad – horisontalt som vertikalt – er tale om heterogene forhold, der stiller store krav til forståelsen af de strømningsdynamiske forhold og dermed relevant anvendelse af eksisterende fortolkningsværktøjer. Ved behovet for mere detaljeret forståelse af grundvandsstrømningen og sammenhængen mellem de forskellige vandførende horisonter, som tilfældet kunne være i forbindelse med aktiv kildepladsstyring etc., vil det formentlig være nødvendigt at anvende mere avancerede fortolkningsværktøjer, herunder detaljerede numeriske modeller.

10 Geoprobesonderinger blev udført:

3.3.5. GEOPROBESONDERINGER

Der blev i maj måned 2002 udført 10 geoprobesonderinger (U272-U281) i et område omkring kildepladsen på 2x2 km².

Formålet med sonderingerne var overordnet at tilvejebringe et hydrogeologisk overblik over de øvre magasiner i det undersøgte område, således at de indsamlede data ved lithologi og trykforhold kunne indgå i detail-stømningsmodellen, der dækker samme område.

Formålet er således primært at belyse grundvandspotentialet i de øvre magasiner for dermed at få bestemt de rumlige trykniveauforhold, således at den terrænnære afstrømning fra kildepladsområdet til overfladerecipienterne og størrelsen af den videre nedsvingning til de dybere grundvandsmagasiner kan vurderes.

Sekundært er formålet at bestemme lagdeling af naturlig vandkemi og belastningen fra miljøfremmede stoffer i det vand der infiltrerer fra de øvre til de nedre magasiner.



5. Foretagne Geoprobesonderinger og deres betegnelse

Boringerne er etableret som permanente boringer i offentlig rabat og afsluttet i terræn med alu-dæksel, samt radiosonde for nem genfindning. Deres dybde varierer mellem 18 og 25 meter, og de er alle filtersat og SCL-logget (se bilag N)

SCL (Soil Conductivity Log) er en måling af jordens elektriske ledningsevne i borehullet. Ledningsevnen vil være højest i lerholdige jordlag og lavest i sandjord. Der er i bilaget derfor udført en overslagsmæssig tolkning af ledningsevnedata.

Sondering nr.	SCL logning til dybde [m.u.t.]	Filtersætning [m.u.t.]
U272 145.2539	24	17 – 18
U273 145.2540	18	15 – 16
U274 145.2541	22	13 – 14
U275 145.2542	18	14 – 15
U276 145.2543	18	10 – 11
U277 145.2544	24	11 – 12
U278 145.2545	25	11 – 12
U279 145.2546	20	14 – 15
U280 145.2547	18	13 – 15
U281 145.2548	24,5	16 – 17

Tabel 1: Oversigt over feltarbejdets omfang.
m.u.t. = m under terræn

Boringerne er lagt ind i Jupiter, men beskrivelserne er dårlige. Se i Jupiter under DGU nr. 145.2546.

Der er udført 6 Tritium/Helium analyser i de 6 U-boringer:

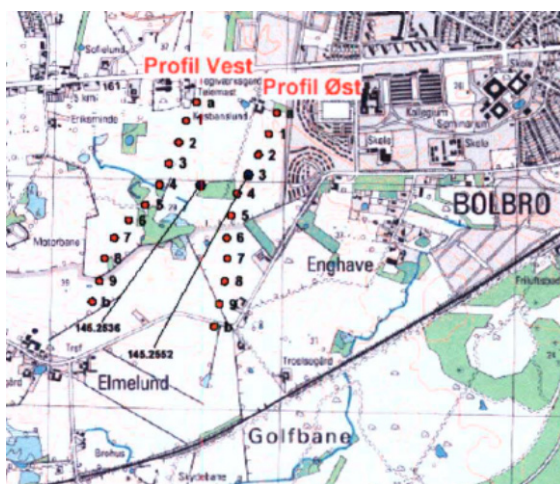
Boring	Alder
U266	25,5
U267	31,7
U268	21,8
U269	31,0
U270	28,4
U271	>40

Konklusioner fra rapporten (side 45):

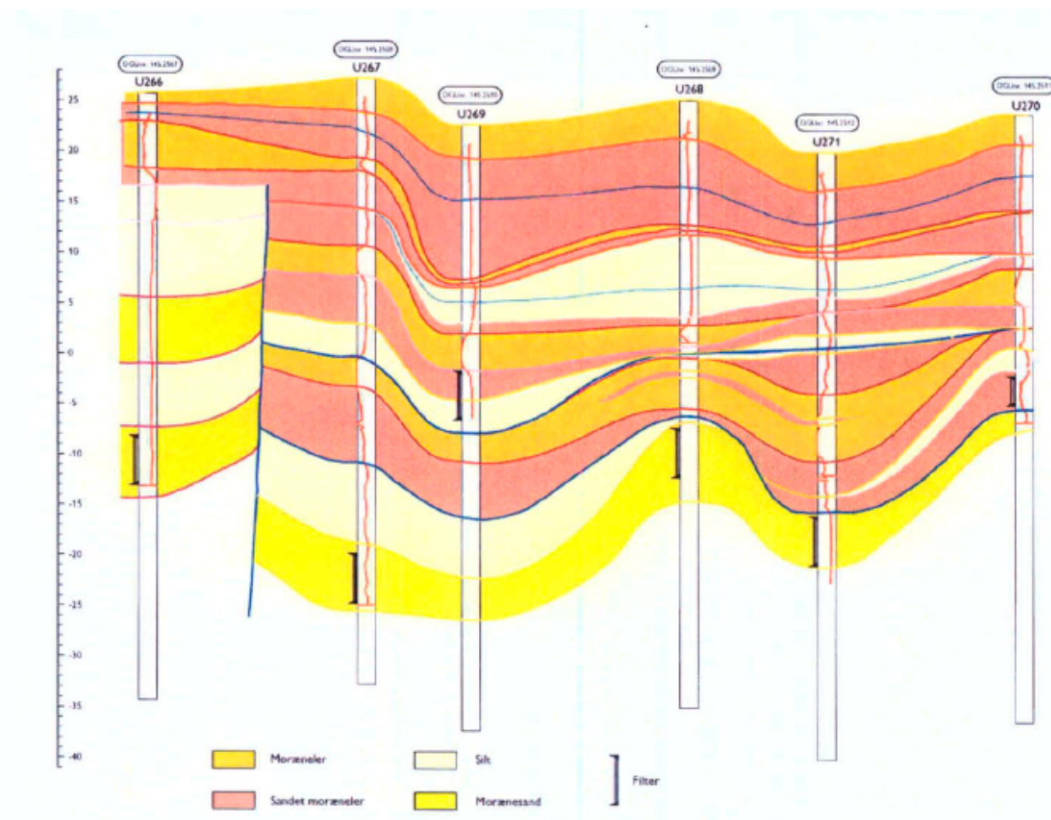
Resultaterne fra U271 viser intet indhold af Tritium, svarende til en alder over 40 år. Dette svarer nøje sammen med vurderingen ud fra de kemiske analyser på netop denne boring, hvor bl.a. meget lavt indhold af sulfat og calcium indikerer, at vandet hér er fra en lomme, der ikke har synderlig kontakt med andre vandtyper.

Ses der derfor bort fra denne boring er gennemsnitsalderen for vandet således ca. 28 år og dermed infiltreret omkring år 1974. Vandet, der indvindes på kildefeltet i dag skulle dermed være fra omkring 1972, hvis der ikke finder lokal opblanding sted med boringsnært, ungt vand. Endvidere ses det, at vandet i den centrale del af tilstrømningstracéen er ældre end det vand der strømmer til kildepladsen i den nordlige og sydlige del, hvilket stemmer godt overens med de aldersberegninger, der er resultat af grundvandsmodellens partikelbanesimulering, jf. fig 20.

To MEP-profiler blev udført ved DGU nr. 145.2552 og 145.2536 (se Carl Bro (2002) MEP ved Eksercermarken – Bolbro.



GEUS' tolkning på baggrund af logs (original GEUS-rapport ikke fundet):



Det bemærkes på side 64 i rapporten:

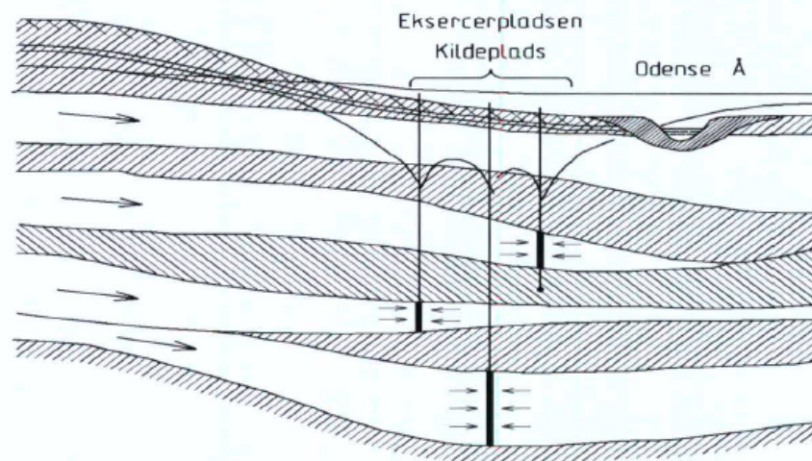
Der er udført gamma-, induktions-, og resistivitetslogs på alle nye hulsneglsboringer, ligesom der yderligere er flowlogget på indvindingsboringerne i forbindelse med udtagning af niveaubestemte vandprøver.

En af årsagerne til den konsekvente logging af hulsneglsboringerne er, at den geologiske lagfølge kun lader sig bestemme med rimelig nøjagtighed ved sedimentprøver indtil ca. 10 meters dybde ved hulsnegsl-boremotoden. Imidlertid er det særdeles omkostnings-tungt at udføre boringerne som El-logboringer, hvorfor den benyttede strategi er valgt. Resultaterne fra de geofysiske borehulslogs fremgår af bilag N.

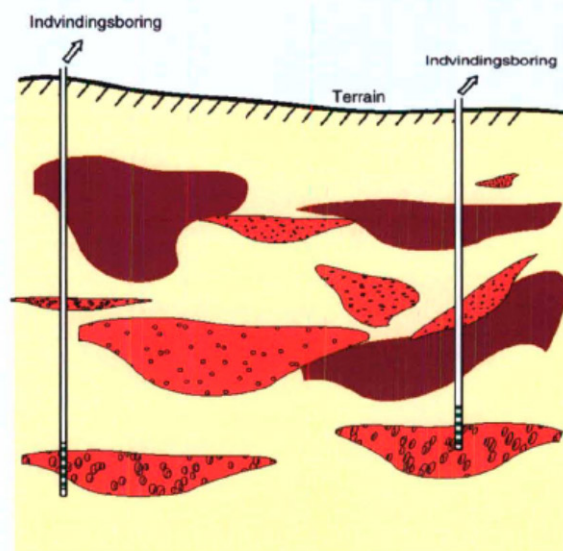
Mht. opbygningen af grundvandsmagasinerne konkluderes:

I kildepladsområdet er datatætheden relativt stor og området har tillige været genstand for intensive prøvepumpningsundersøgelser, jf. afsnit 3.3.4, med henblik på udredning af de grundvands-hydrauliske forhold. De konklusioner, der på det nuværende grundlag kan drages, er, at kildepladsområdet synes at bestå af to, tre mere eller mindre indbyrdes overliggende grundvandsmagasiner, der i udpræget grad er et resultat af istidens afsmeltningsforløb med bl.a. udfyldte og begravede kanalsystemer. Disse systemer har på grund af aflejningsmiljøet ligget og krydset mere eller mindre ind over hinanden som småfloderne i et floddelta. I det nære opland og længere mod nordvest er grundvandsmagasinerne knyttet til strukturer præget af isafsmeltning.

Inspireret af de tidligere omtalte strukturgeologiske kort (fra Per Smed ref.: /3/) er der tilsyneladende foregået betydelige afstrømninger af isens smeltevand i vest-nordvestlig retning. Derfor må det aflejrede sand- og grusmateriale formodes at strække sig i "bånd" primært i den retning, selvfølgelig med de variationer, som lokale ændringer har givet anledning til. Resterne af disse is- og smeltevandprocesser ses i dag som relativt afgrænsede grundvandsmagasiner med mere eller mindre indbyrdes hydraulisk kontakt. Grundvandsreservoirets opbygning ses skitseret i forenklet udgave i figur 53 og 54 på næste side.



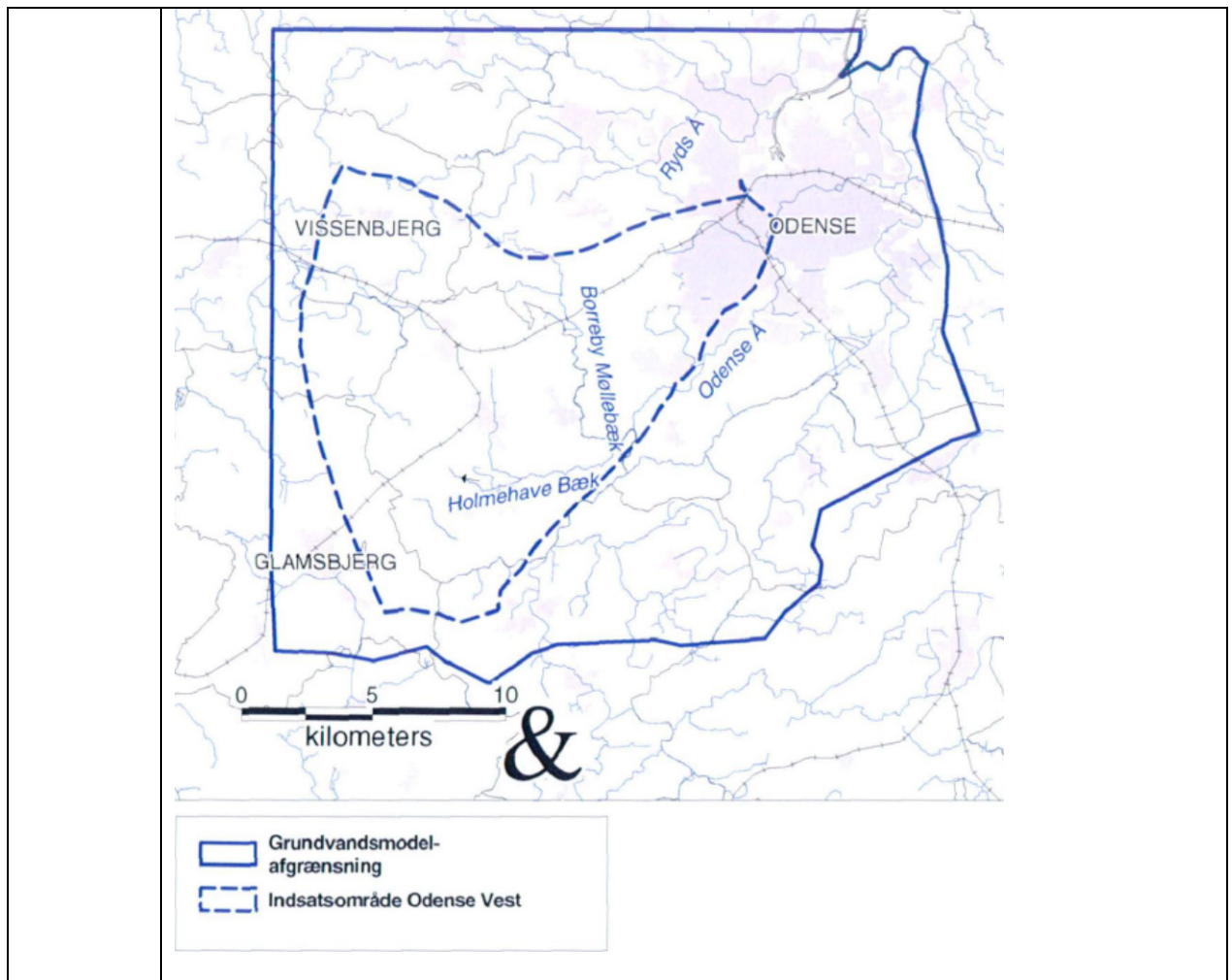
Figur 53. Forenklet snit der viser opbygning af grundvandsmagasinerne øst-vest



Figur 54. Forenklet tværsnit, der viser opbygning af grundvandsmagasinerne nord-syd

Dato:	Carl Bro (2003): Detailmodel for Eksercermarkens Kildeplads	Udfyldt af:	PSA
16.03.16	<p>Der er opstillet en pixel-model for Eksercermarkens Kildeplads. Formålet med undersøgelsen er:</p> <p>Detailmodellen er opstillet med det formål at kunne vurdere vandets strømning tæt inde ved kildepladsen - i særdeleshed for at kunne vurdere potentielle forureningers trussel mod Eksercermarken kildeplads. Desuden skal detailmodellen anvendes til at simulere forskellige driftssituationers indvirkning på det lokale potentialebillede.</p> <p>Datagrundlaget for den opstillede detailmodel er stort set identisk med det anvendte til regionalmodellen. Forskellen er blot, at der gennem en årrække er der foretaget et større antal prøvepumpninger på kildepladsen. Disse prøvepumpninger er blevet re- fortolket og resultatet giver et bedre indblik i de hydrauliske sammenhænge på og ved Eksercermarken kildeplads, ref. /8/.</p> <p>(Ref. /8/ er retolkninger foretaget af "J. Linderberg og B. Madsen 2002"; sandsynligvis afrapporteret i Watervision 2003: Prøvepumpninger på Eksercermarkens Kildeplads; se ovenfor).</p> <p>Det konkluderes i rapporten:</p> <p>For at beskrive risikoen fra den konstaterede forurening ved Middelfartvej, er der med modellen foretaget et antal partikelsimuleringer:</p> <p>I referencesituationen med 1999 data viser partikelberegningerne at indvindingsoplandet til Eksercermarken kildeplads og forureningen fra Middelfartvej er meget tæt på hinanden i horisontalt plan, men i vertikalt plan er der ca. 20 meter jordlag som adskiller disse. Det vurderes på den baggrund, at forureningen ikke udgør en akut trussel mod vandindvindingen på Eksercermarken kildeplads.</p> <p>I scenarium A er en del af indvindingen flyttet ud fra Eksercermarken kildeplads til boring DGU nr. 145.2552 (U288). Scenariet viser, at der er afstand mellem forureningen på Middelfartvej og indvindingsoplandet.</p> <p>I scenarium B er referencescenariet udbygget med en indvindingsboring (DGU nr. 145.453 (E25), som fungerer som afværgepumpeboring. Partikelberegningerne viser, at boring DGU nr. 145.453 udøver fuld hydraulisk kontrol med forureningen på Middelfartvej. Det vurderes dog at være en u hensigtsmæssig løsning, da forureningen ved denne fremgangsmåde bliver "trukket" ind på kildepladsen.</p> <p>Med baggrund i modellens simuleringer, vurderes det at forureningen ikke udgør en umiddelbar trussel mod kildepladsen.</p>		

Dato:	Carl Bro (2003): Grundvandsmodel for Indsatsområde Odense Vest	Udfyldt af:	PSA
16.03.16	Stationær ModFlow model; pixelmodel. Bygger på den konceptuelle geologi, som er opstillet i Carl Bro (2003): Detailmodel for Eksercermarkens Kildeplads (se ovenfor).		



Dato:	Carl Bro (2004): Hydrogeologisk undersøgelse af delområde 2 Indsatsområde Odense Vest	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	<p>INDLEDNING OG FORMÅL</p> <p>I forbindelse med Fyns Amts kortlægning af Indsatsområde Odense Vest er der gennemført en detailkortlægning af den sydlige del af indsatsområdet - i det følgende benævnt Delområde 2.</p> <p>Formålet med undersøgelsen har været at indsamle geologiske data i områder med få eller ingen eksisterende borer, samt at verificere den eksisterende geologiske modelopfattelse i området omkring Holmehave kildeplads.</p> <p>Følgende aktiviteter er udført:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indsamling og vurdering af eksisterende data og materiale • Udførelse af undersøgelsesboringer <i>19</i> • Udførelse af geofysisk MEP-profilering <i>2006</i> • Bearbejdning og analyse af pejledata fra Holmehave-området • Samlet vurdering af de hydrogeologiske forhold 		

ETABLERING AF UNDERSØGELSESBORINGER

I sensommeren 2003 blev der udført 19 undersøgelsesboringer nord og syd for Bregnemose-Holmehave området; i området mellem Krengerup og Tommerup samt i Langsted-området.

Alle boringer blev udført til en fast dybde på 40 m undtagen én boring (DGU nr 145.2652), der blev ført 70 meter ned. Boringernes placering er vist på kortet indsat i bilag 1.

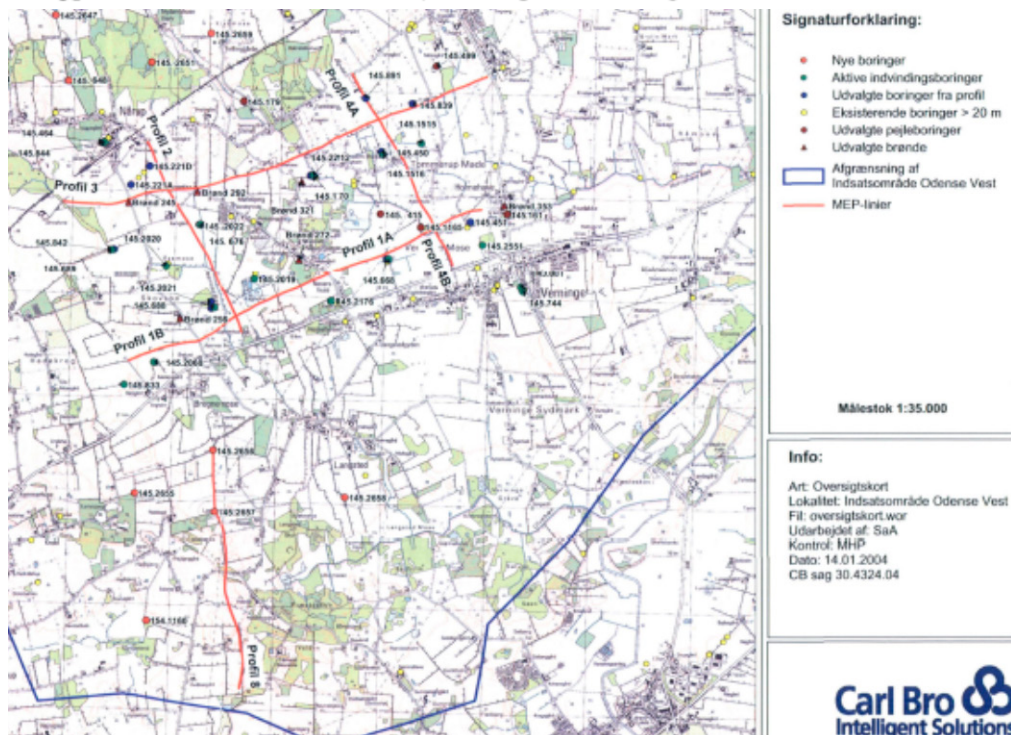
Boring (DGU nr)	Boreddybde (meter)	Geologisk lagfølge
145.2640	40	ML
145.2641	40	ML
145.2642	40	ML
145.2643	40	ML
145.2644	40	ML
145.2647	40	ML
145.2648	40	ML
145.2649	40	ML
145.2650	40	ML og DL
145.2651	40	ML
145.2659	40	ML
145.2652	70	ML og DS (tynde lag)
145.2653	40	ML
145.2654	40	ML
145.2655	40	ML og DS
145.2656	40	ML, DL og DS (tyndt)
145.2657	40	ML, DI, DL og DS
145.2658	40	ML og DL
154.1160	40	ML, DL og DS (tyndt)

Tabel 4.1. Oversigt over undersøgelsesboringer.

GEOFYSISK MULTIELEKTRODE PROFILERING

Der er gennemført en geofysisk multielektrode profilering i området bestående af 20 km linieprofiler fordelt på 8 profiler.

Beliggenheden af MEP-linierne er vist på oversigtskortet i Bilag 1.



MEP-profilerne er vedlagt rapporten. Data ligger i Gerda.

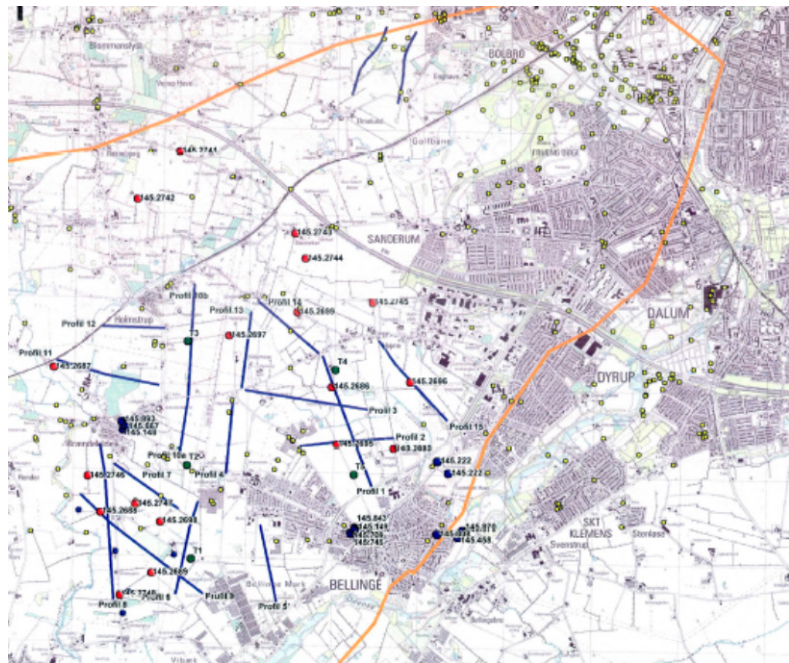
Dato:	Carl Bro (2004): Geofysisk TEM-kortlægning af Indsatsområde Odense Vest	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	480 jordbaserede sonderinger i Odense Vest-området.		

Dato:	Carl Bro (2005): Hydrogeologisk undersøgelse af Delområde 1 Bellinge og Brændekilde	Udfyldt af:	PSA																																																																																																																																					
02.03.16	<p>Undersøgelsens formål og udførte aktiviteter:</p> <p>Formålet med undersøgelsen har været at indsamle geologiske data til belysning af muligheder for vandindvinding samt at kortlægge grundvandets sårbarhed overfor forurening.</p> <p>Aktiviteter</p> <p>Kortlægningen er gennemført i to etaper; i foråret 2004 og i foråret 2005. Følgende aktiviteter er udført:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indsamling og vurdering af eksisterende data og materiale • Udførelse af undersøgelsesboringer • Udtagning og analyse af vandprøver • Indsamling af vandprøver fra private brønde • Indsamling og karakterisering af overfladenære jordprøver • Udførelse af geofysisk MEP-profilering • Samlet vurdering af de hydrogeologiske forhold <p>Desuden er der for hele Delområde 1 gennemført en supplerende indsamling af geotekniske boredata, og på baggrund heraf udarbejdet et lertykkelseskort for hele delområdet.</p> <p>Arbejdets gennemførelse</p> <p>Der er i 2004 og 2005 udført 18 undersøgelsesboringer i området. Fem boringer er udført med 8" hulsnegl, fem af boringerne er udført med Ø50/100 mm sonic drill (wibra core), og 8 boringer er udført som 6" tørboring (snegl/spand).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Boring (DGU nr)</th> <th>Boring (ID)</th> <th>Metode</th> <th>Formål</th> <th>Bore-dybde (meter)</th> <th>Filterinterval (meter u. t.)</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>145.2685</td><td>UB1</td><td>Hulsnegl</td><td>geologi, pejling</td><td>40</td><td>32-30</td><td>sløjft</td></tr> <tr><td>145.2686</td><td>UB2</td><td>Hulsnegl</td><td>geologi, pejling</td><td>40</td><td>23,25-21,25</td><td>sløjft</td></tr> <tr><td>145.2687</td><td>UB3</td><td>Hulsnegl</td><td>geologi, pejling</td><td>40</td><td>26-24</td><td>sløjft</td></tr> <tr><td>145.2688</td><td>UB4</td><td>Hulsnegl</td><td>geologi, pejling</td><td>54,5</td><td>29-27</td><td>sløjft</td></tr> <tr><td>145.2689</td><td>UB5</td><td>Hulsnegl</td><td>geologi, pejling</td><td>69,5</td><td>22-20 47-45</td><td>sløjft</td></tr> <tr><td>145.2695</td><td>KB1</td><td>Sonic drill</td><td>geokemi, pejling og vandprøve</td><td>16</td><td>13-12</td><td>overvågning</td></tr> <tr><td>145.2696</td><td>KB2</td><td>Sonic drill</td><td>geokemi, pejling og vandprøve</td><td>24</td><td>14-13</td><td>overvågning</td></tr> <tr><td>145.2697</td><td>KB3</td><td>Sonic drill</td><td>Geokemi</td><td>23</td><td>-</td><td>sløjft</td></tr> <tr><td>145.2698</td><td>KB4</td><td>Sonic drill</td><td>geokemi, pejling og vandprøve</td><td>24</td><td>19-18</td><td>overvågning</td></tr> <tr><td>145.2699</td><td>KB5</td><td>Sonic drill</td><td>geokemi, pejling og vandprøve</td><td>22</td><td>21,50-20,50</td><td>overvågning</td></tr> <tr><td>145.2741</td><td>SAN-1</td><td>Tørboring</td><td>geokemi, pejling og vandprøve</td><td>44</td><td>41-43</td><td>pejling</td></tr> <tr><td>145.2742</td><td>SAN-2</td><td>Tørboring</td><td>geokemi, pejling og vandprøve</td><td>30</td><td>16-18</td><td>overvågning</td></tr> <tr><td>145.2743</td><td>SAN-3</td><td>Tørboring</td><td>geokemi, pejling og vandprøve</td><td>32</td><td>29-31</td><td>overvågning</td></tr> <tr><td>145.2744</td><td>SAN-4</td><td>Tørboring</td><td>geokemi, pejling og vandprøve</td><td>30</td><td>21-23</td><td>overvågning</td></tr> <tr><td>145.2745</td><td>SAN-5</td><td>Tørboring</td><td>geokemi, pejling og vandprøve</td><td>30</td><td>15-17</td><td>overvågning</td></tr> <tr><td>145.2746</td><td>BEL-1</td><td>Tørboring</td><td>geokemi, pejling og vandprøve</td><td>30</td><td>15-17</td><td>overvågning</td></tr> <tr><td>145.2747</td><td>BEL-2</td><td>Tørboring</td><td>geokemi, pejling og vandprøve</td><td>30</td><td>25-27</td><td>overvågning</td></tr> <tr><td>145.2748</td><td>BEL-3</td><td>Tørboring</td><td>geokemi, pejling og vandprøve</td><td>30</td><td>15,5-17,5</td><td>overvågning</td></tr> </tbody> </table> <p><i>Tabel 3.1. Undersøgelsesboringer udført af Fyns Amt i Delområde 1(2004-2005).</i></p>			Boring (DGU nr)	Boring (ID)	Metode	Formål	Bore-dybde (meter)	Filterinterval (meter u. t.)	Status	145.2685	UB1	Hulsnegl	geologi, pejling	40	32-30	sløjft	145.2686	UB2	Hulsnegl	geologi, pejling	40	23,25-21,25	sløjft	145.2687	UB3	Hulsnegl	geologi, pejling	40	26-24	sløjft	145.2688	UB4	Hulsnegl	geologi, pejling	54,5	29-27	sløjft	145.2689	UB5	Hulsnegl	geologi, pejling	69,5	22-20 47-45	sløjft	145.2695	KB1	Sonic drill	geokemi, pejling og vandprøve	16	13-12	overvågning	145.2696	KB2	Sonic drill	geokemi, pejling og vandprøve	24	14-13	overvågning	145.2697	KB3	Sonic drill	Geokemi	23	-	sløjft	145.2698	KB4	Sonic drill	geokemi, pejling og vandprøve	24	19-18	overvågning	145.2699	KB5	Sonic drill	geokemi, pejling og vandprøve	22	21,50-20,50	overvågning	145.2741	SAN-1	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	44	41-43	pejling	145.2742	SAN-2	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	30	16-18	overvågning	145.2743	SAN-3	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	32	29-31	overvågning	145.2744	SAN-4	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	30	21-23	overvågning	145.2745	SAN-5	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	30	15-17	overvågning	145.2746	BEL-1	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	30	15-17	overvågning	145.2747	BEL-2	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	30	25-27	overvågning	145.2748	BEL-3	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	30	15,5-17,5	overvågning
Boring (DGU nr)	Boring (ID)	Metode	Formål	Bore-dybde (meter)	Filterinterval (meter u. t.)	Status																																																																																																																																		
145.2685	UB1	Hulsnegl	geologi, pejling	40	32-30	sløjft																																																																																																																																		
145.2686	UB2	Hulsnegl	geologi, pejling	40	23,25-21,25	sløjft																																																																																																																																		
145.2687	UB3	Hulsnegl	geologi, pejling	40	26-24	sløjft																																																																																																																																		
145.2688	UB4	Hulsnegl	geologi, pejling	54,5	29-27	sløjft																																																																																																																																		
145.2689	UB5	Hulsnegl	geologi, pejling	69,5	22-20 47-45	sløjft																																																																																																																																		
145.2695	KB1	Sonic drill	geokemi, pejling og vandprøve	16	13-12	overvågning																																																																																																																																		
145.2696	KB2	Sonic drill	geokemi, pejling og vandprøve	24	14-13	overvågning																																																																																																																																		
145.2697	KB3	Sonic drill	Geokemi	23	-	sløjft																																																																																																																																		
145.2698	KB4	Sonic drill	geokemi, pejling og vandprøve	24	19-18	overvågning																																																																																																																																		
145.2699	KB5	Sonic drill	geokemi, pejling og vandprøve	22	21,50-20,50	overvågning																																																																																																																																		
145.2741	SAN-1	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	44	41-43	pejling																																																																																																																																		
145.2742	SAN-2	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	30	16-18	overvågning																																																																																																																																		
145.2743	SAN-3	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	32	29-31	overvågning																																																																																																																																		
145.2744	SAN-4	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	30	21-23	overvågning																																																																																																																																		
145.2745	SAN-5	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	30	15-17	overvågning																																																																																																																																		
145.2746	BEL-1	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	30	15-17	overvågning																																																																																																																																		
145.2747	BEL-2	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	30	25-27	overvågning																																																																																																																																		
145.2748	BEL-3	Tørboring	geokemi, pejling og vandprøve	30	15,5-17,5	overvågning																																																																																																																																		

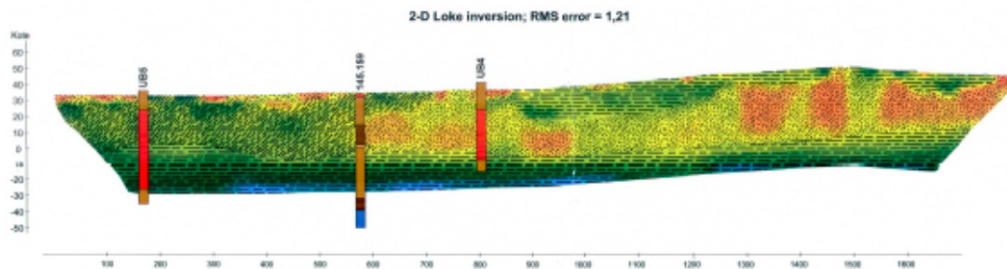
GEOFYSISK MULTIELEKTRODE PROFILERING

Der er gennemført en geofysisk multielektrode profilering (MEP) i området bestående af 18 km linieprofiler fordelt på 15 profiler.

Beliggenheden af MEP-linierne er vist på oversigtskortet i Bilag 1a.




MEP-profilerne kan findes i rapporten. Herunder er gengivet eet profil:
MEP-profil 8:



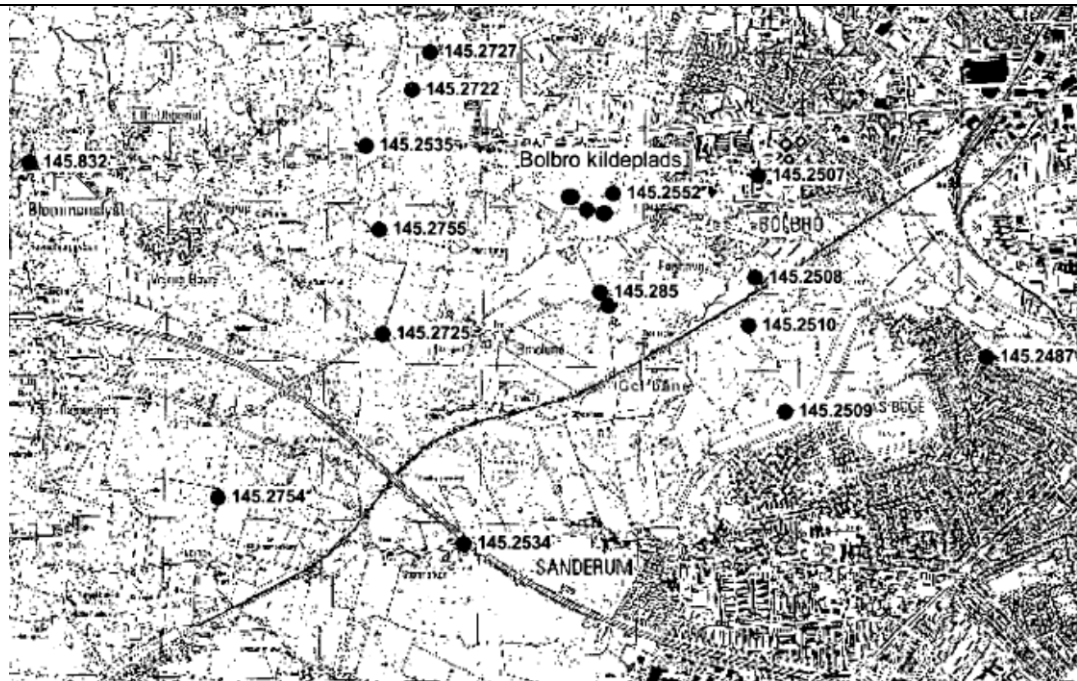
Undersøgelsen har påvist et udstrakt, regionalt grundvandsmagasin i området, der overordnet set opnår ret stor mægtig. Magasinet udgør en del af det regionale magasin-kompleks 8 ved Odense. I magasinet findes dog betydelige indslag af fint sand og silt, der lokalt indskrænker muligheden for indvinding af drikkevand.

Magasinet er dækket af moræneler af varierende mægtighed og beskaffenhed. Lokalt kan moræneleret have en stærkt sandet karakter eller have så ringe mægtig, at der er tale om egentlige geologiske vinduer eller huller, der er sårbare overfor nedrivende forurening.

Dato:	Carl Bro (2005): Seismisk kortlægning af Bolbro magasinet - Testkortlægning	Udfyldt af:	PSA
-------	-----------------------------------------------------------------------------	-------------	-----

02.03.16	<p>KONKLUSION</p> <p>Der er gennemført en testkortlægning langs et profil i den centrale del af Bolbro-området. Profilet er skudt på en meget våd grusvej, dvs under de værste tænkelige geofysiske omstændigheder.</p> <p>Trods dette, er der registreret en række seismiske reflektorer i den øverste del af lagfølgen, der kan relateres til dels morænedæklaget og den øvre smeltevandsserie, der udgør Bolbro Magasinet. I den sidstnævnte reflektor kan der erkendes en bølget struktur, der tolkes at være flere sand- eller gruskanalsystemer.</p> 
----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Dato:	Carl Bro (2006): Prøvepumpning ved Bolbro	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	<p>Prøvepumpningen blev udført i sommeren 2005 ved pumpning fra boring U288 (DGU nr. 145.2552) og U317 (DGU nr. 145.2739) samt med løbende pejling af 19 pejleboringer i flere niveauer, i alt ca. 30 dataserier.</p> <p>Formålet med tolkningen har været at belyse grundvandets hydrauliske sammenhænge i den nordøstlige del af Indsatsområde Odense Vest, hvor de geologiske forhold er komplicerede, og hvor der formodes at være en geologisk struktur ved Bolbro-Blommenslyst (Bolbro Magasinet), som Odense Vandselskab a/s (OVS) ønsker at indvinde grundvand fra.</p>		



Figur 1. Lokalisering af anvendte borer ved prøvepumpningen ved Bolbro i 2005.

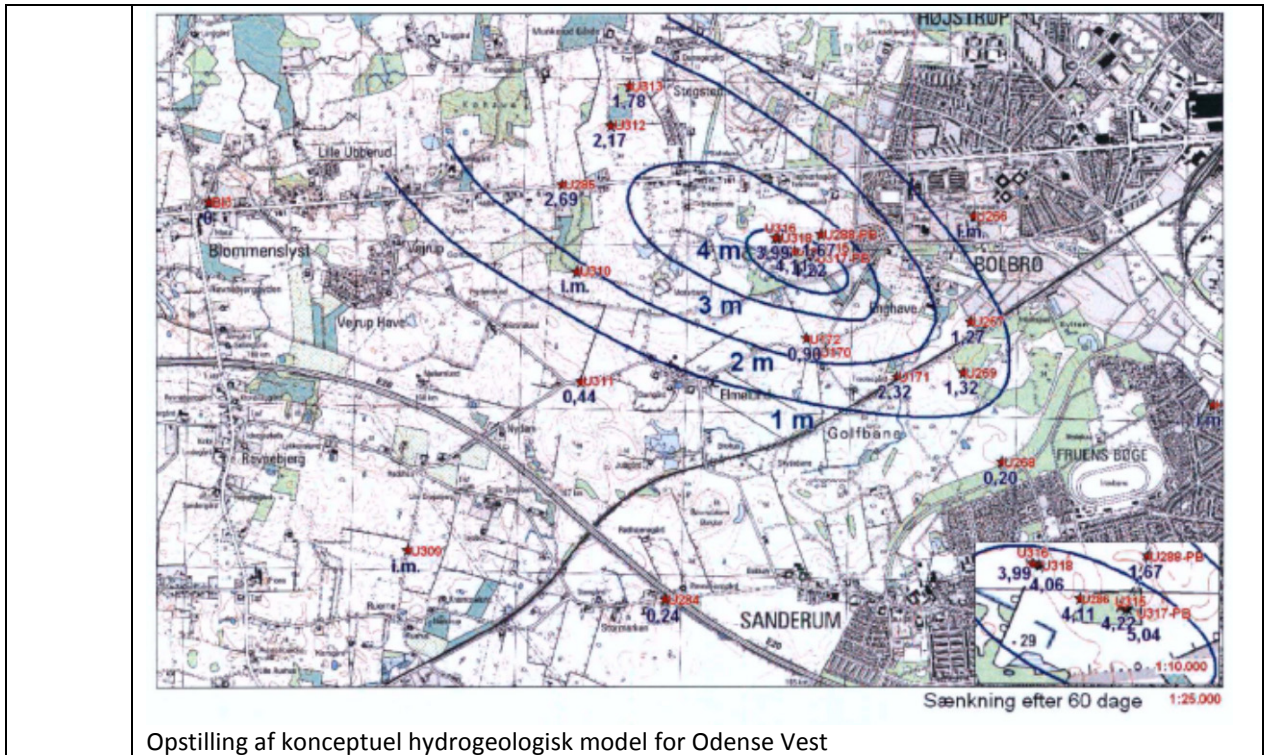
KONKLUSION

Det kan konkluderes, at fortolkning af et pumpeforsøg, hvor der som her indgår to borer, der ligger ca. 135 m fra hinanden og som ikke er startet nøjagtig samtidigt, ikke kan give en entydig forståelse af sænkingsforløbene.

De udledte værdier vil derfor være mere usikre end hvis der kun blev pumpet på én boring. Boringerne i stor afstand er mindre følsomme over for dette forhold, men her er den hydrauliske kontakt mellem de forskellige magasiner til gengæld usikker.

Det vurderes, at $T = 4-7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ og $S = 2-4 \times 10^{-4}$ er repræsentativt for det pumpe-
 magazine, mens ledningsevnen i det overliggende lerlag er af størrelsesordenen $1-7 \times 10^{-6} \text{ m/s}$.

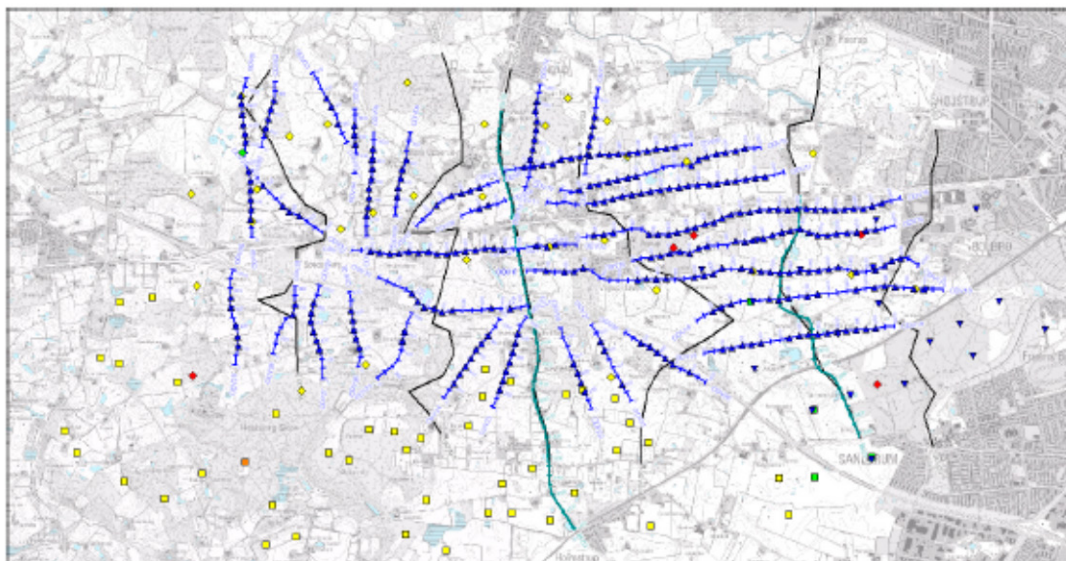
Der er tegn på negative grænser, men da der synes at være flere grænser, kan beliggenheden af disse ikke bestemmes ved fortolkninger med simpel kurvetilpasning. Grænserne kan være vinklet eller de kan danne siderne i en slags kanalsreservoir; dette kan ikke bestemmes med sikkerhed.



Dato:	Watertech (2006): Opstilling af konceptuel hydrogeologisk model for Odense Vest	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	Sammenstilling af flere eksisterende modeller for Odense Vest-området.		

Dato:	COWI (2006): Geofysisk kortlægning af begravet dal vest for Odense	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	Arbejdet har omfattet:		

Den geofysiske kortlægning omfatter gradient-MEP med Schlumberger-sonderinger samt TEM-sonderinger, se Figur 1-1.



Figur 1-1. Placering af undersøgelseslinier (MEP, seismik og gravimetri) og sonderinger (Schlumberger og TEM). Fra bilag 1.1.

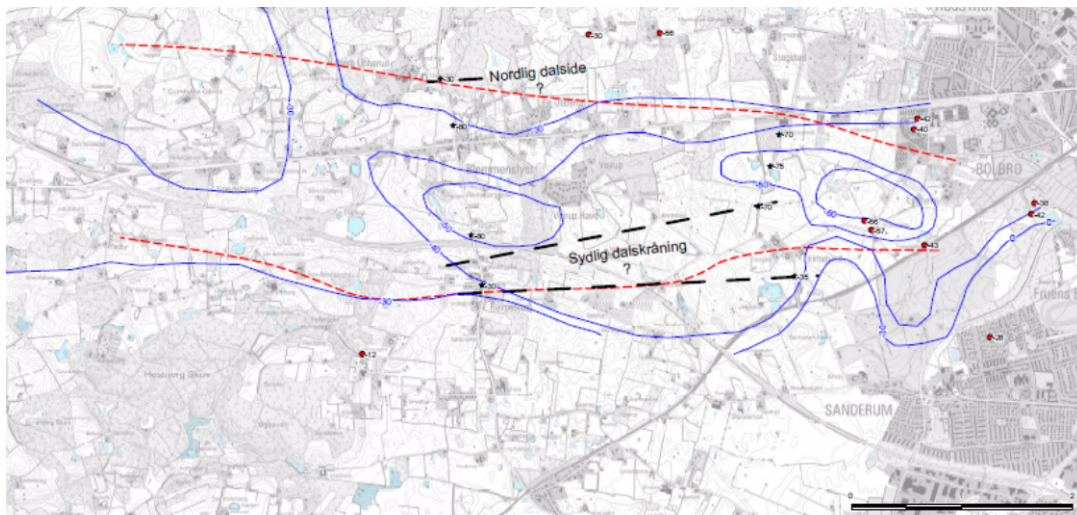
Herudover er der udført gravimetrisk undersøgelse.

Rapporten konkluderer:

Den udførte kortlægning viser, at der i området kan udskilles følgende hovedelementer:

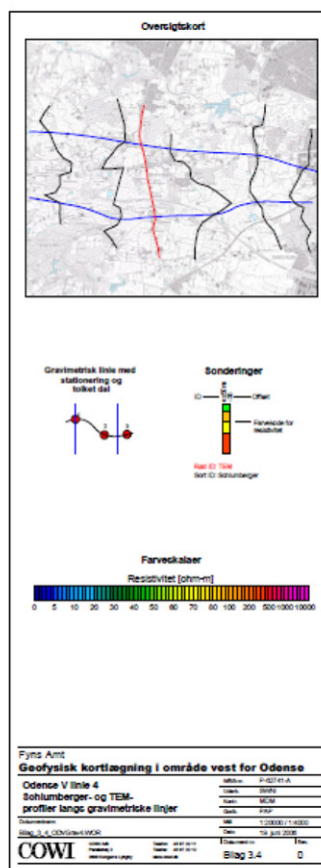
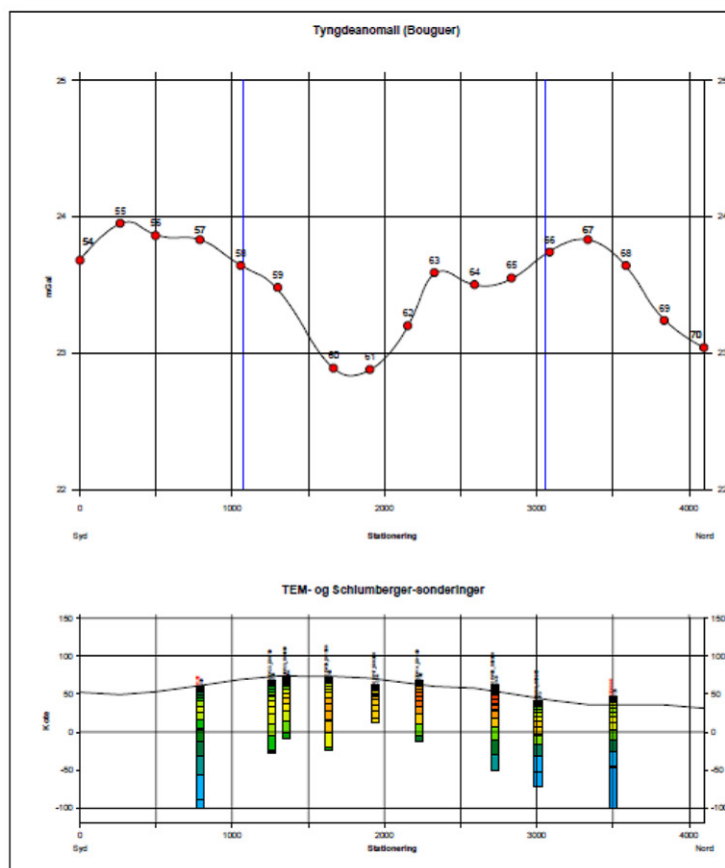
- En dalstruktur i den prækvartære overflade
- En dybtliggende højmodstandsdal
- En højtliggende højmodstandsdal
- Andre mere eller mindre sammenhængende højmodstandslag

Beliggenheden af hovedelementerne er vist på bilag 1.4.



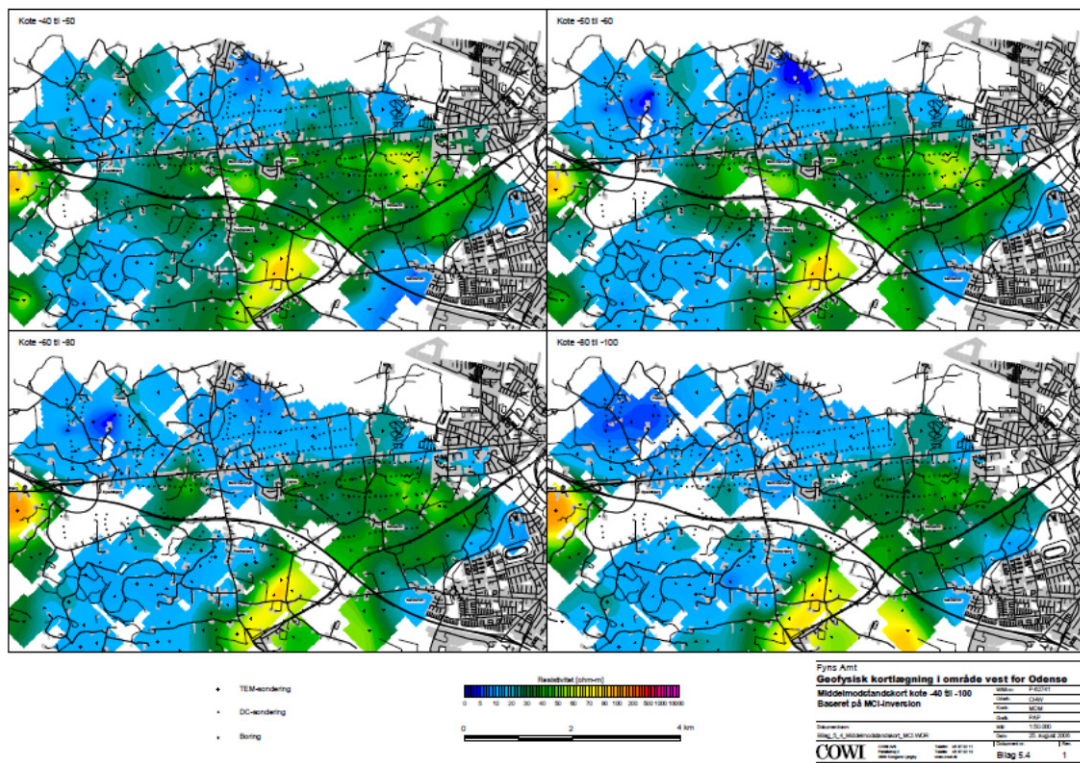
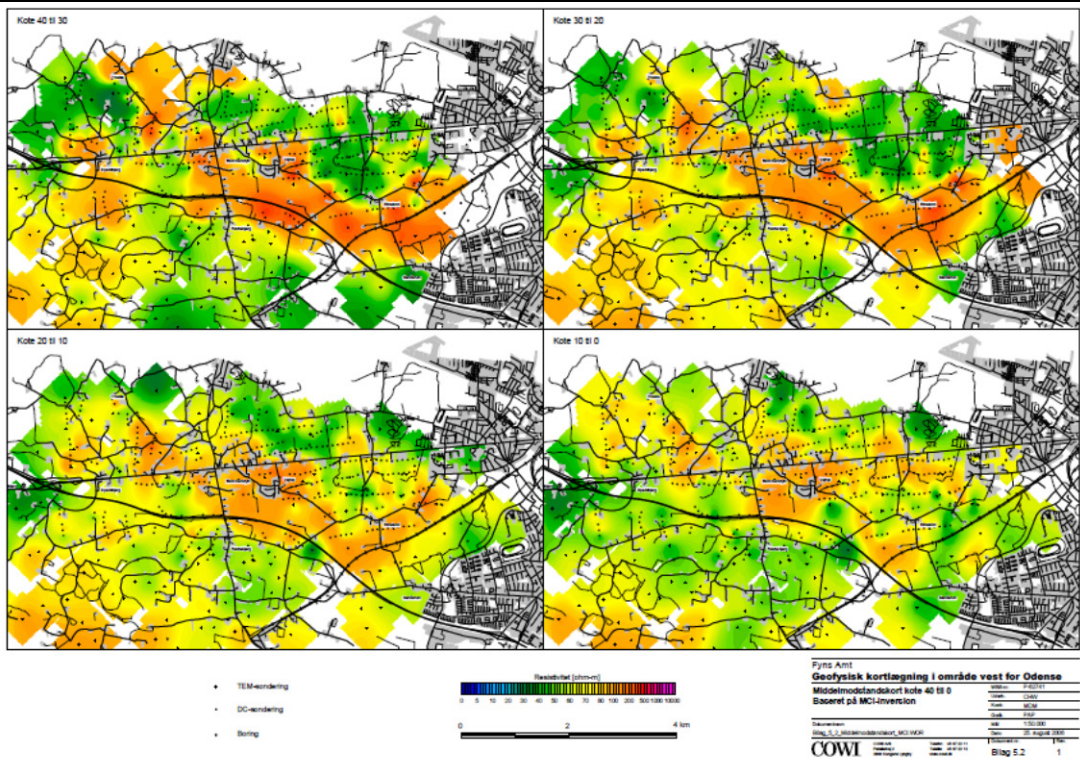
- Samtoilet overside af prækvartære aflejringer (kote)
- Datafgrænsning iht. gravimetrisk undersøgelse
- Datafgrænsning iht. seismisk undersøgelse
- Tolket overflade af prækvartær, seismisk (kote)
- Overflade af prækvartær, boringer (kote)

Fyns Amt	
Geofysisk kortlægning i område vest for Odense	
Anvendte tolkninger	
Udgave	2007
Udgiver	Geofysik
Udgivningsår	2007
Udgivningsnr.	110117
Udgivningsdato	2007
Udgivningsnr.	110117
Udgivningsdato	2007
COWI	
Blag 1.5	D



Fyns Amt	
Geofysisk kortlægning i område vest for Odense	
Odense V linie 4	
Schlumberger- og TEM-	
profiler langs gravimetriske linjer	
Udgave	2007
Udgiver	Geofysik
Udgivningsår	2007
Udgivningsnr.	110117
Udgivningsdato	2007
COWI	
Blag 3.4	D

Ovenstående viser gode plots af gravimetriske data og TEM/DC-data tværs over den formodede dal. Nedenfor ses middelmodstandskort i lagseriens øvre del (kote +40 til 0 m) og i den dybe del (-50 til -100 m):



For detaljer i kortlægningen og konklusionerne, se rapporttekst og bilag. Der findes gode plots af resistiviteter og dybde/kote-kort for god leder.

Dato:	Carl Bro (2006): Hydrogeologisk undersøgelse af Delområde 1 Syd Indsatsområde Odense Vest	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	Dette er en videreførelse af kortlægningen fra 2005. Der konkluderes mht. grundvandsmagasiner:		

Grundvandets forekomst

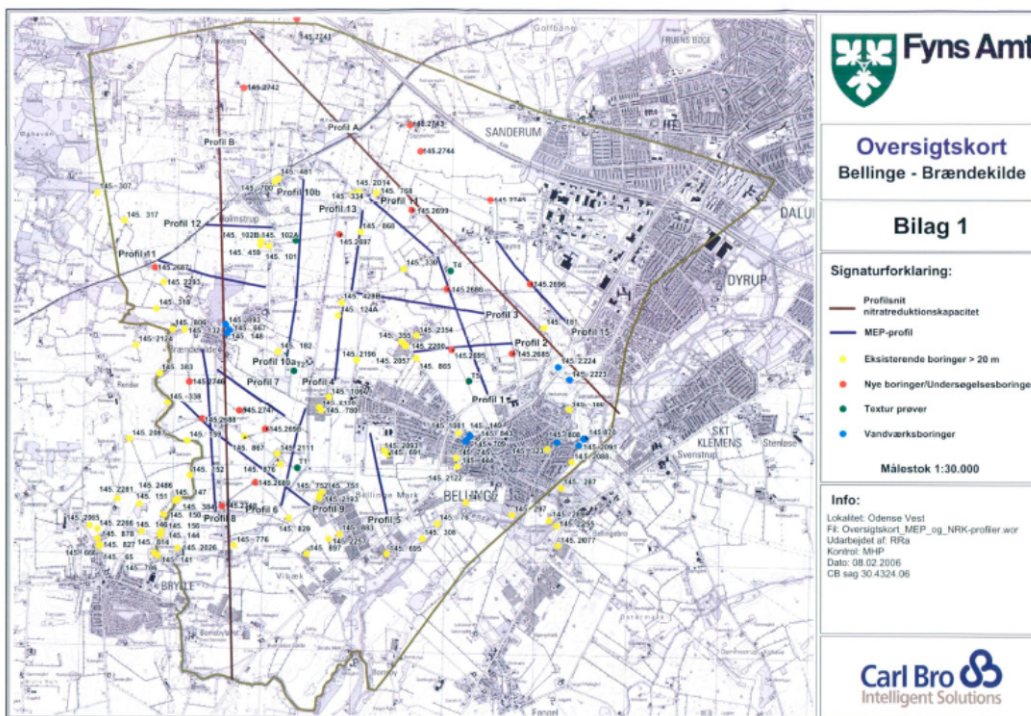
Områdets grundvandsressource er især knyttet til det regionale magasinkompleks 8 ved Odense. Magasinet udgøres især af smeltevandsaflejret sand, og vurderes at have en mægtighed på ca. 15 til 25 meter, stedvis dog mindre.

I magasinet findes dog betydelige indslag af fint sand, silt eller ler, der lokalt begrænser muligheden for indvinding af drikkevand. Dette er navnlig tilfældet i området omkring Bellinge by, hvor der i tidens løb er udført flere negative eller lavtydende borer.

Fordelingen af det finkornede materiale i magasinet er uhomogent, idet der ikke kan erkendes et overordnet geologisk aflejningsmønster.

Ved Brændekilde er magasinet mere ydedygtigt som følge af grovere geologisk beskaffenhed og større mægtighed.

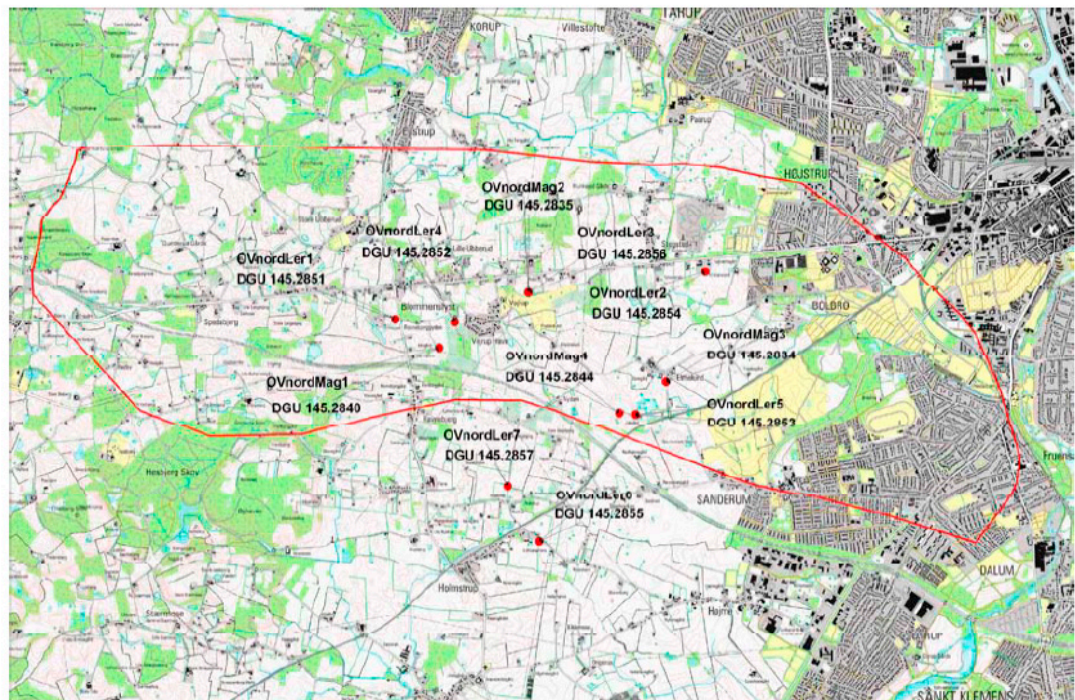
Grundvandsmagasinet afgrænses nedadtil af Kerteminde Mergel, hvorunder der findes grundvandsførende kalksten. Vandkvaliteten i kalkformationen er ikke undersøgt, men må umiddelbart forventes at være dårlig pga. ionbytning og salt grundvand.



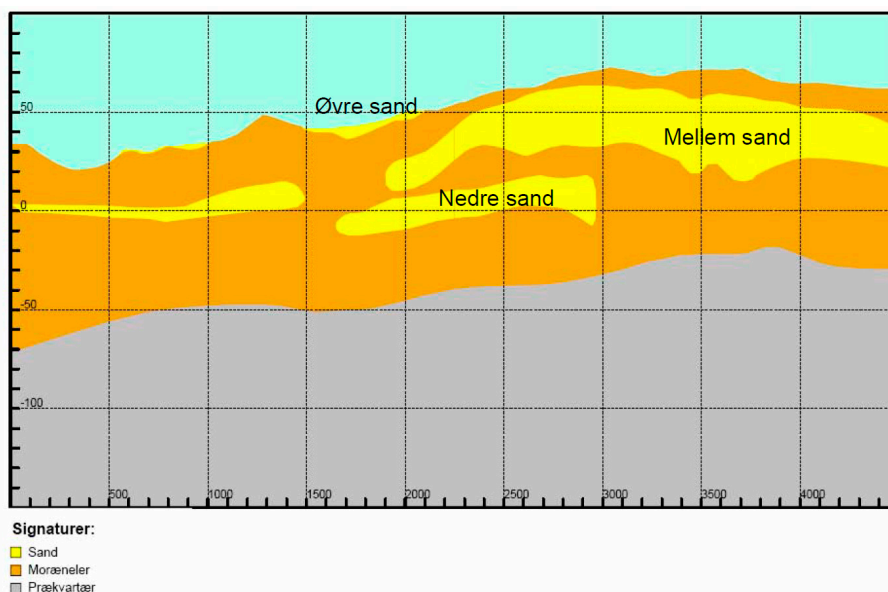
Dato:	Carl Bro (2007): Grundvandskortlægning Blommenslyst	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	I rapportens indledning hedder det:		

Nærværende rapport er lavet ifølge aftale mellem det tidligere Fyns Amt, Miljø- og Arealafdelingen, grundvandskontoret, nu Miljøministeriet, Miljøcenter Odense og Grontmij | Carl Bro AS.

Det har været Miljøcenter Odenses ønske at få udarbejdet en sammenfatning af resultaterne af den del af kortlægningen, der hidtil er fuldført i indsatsområdet, samt at få disse suppleret og indarbejdet med dataopsamling fra de supplerende undersøgelser, som er udført i form af fire dybe og syv mellem dybe borer. Miljøcenter Odense ønsker et dokument, der kan danne baggrund for udarbejdelse af en kommende indsatsplan for beskyttelse af grundvandet i delområdet. Kortlægningsområdet fremgår af nedenstående figur 2.1

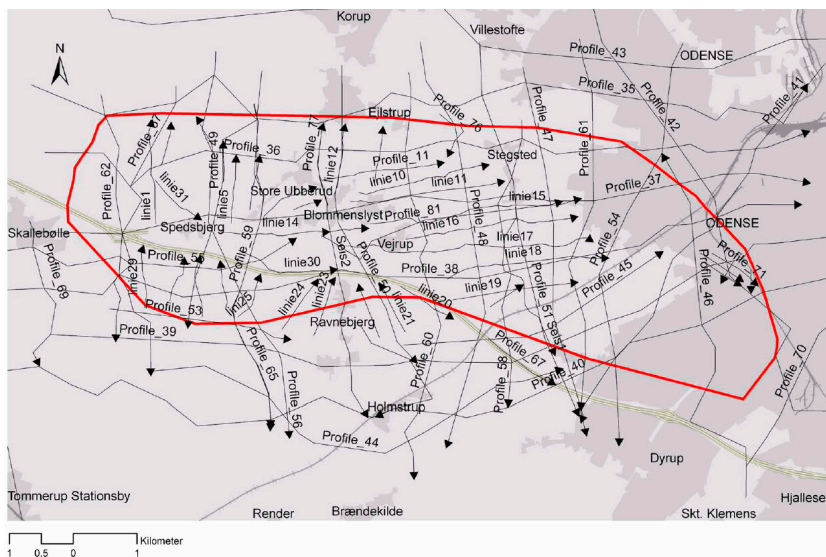


Figur 2.1 Kortlægningsområde med nye borer. Det røde polygon omslutter indsatsområdet.



Principskitse for den geologiske opbygning af området ses ovenfor.

Der er opstillet en geologisk model for området. Følgende profiler er tolket:



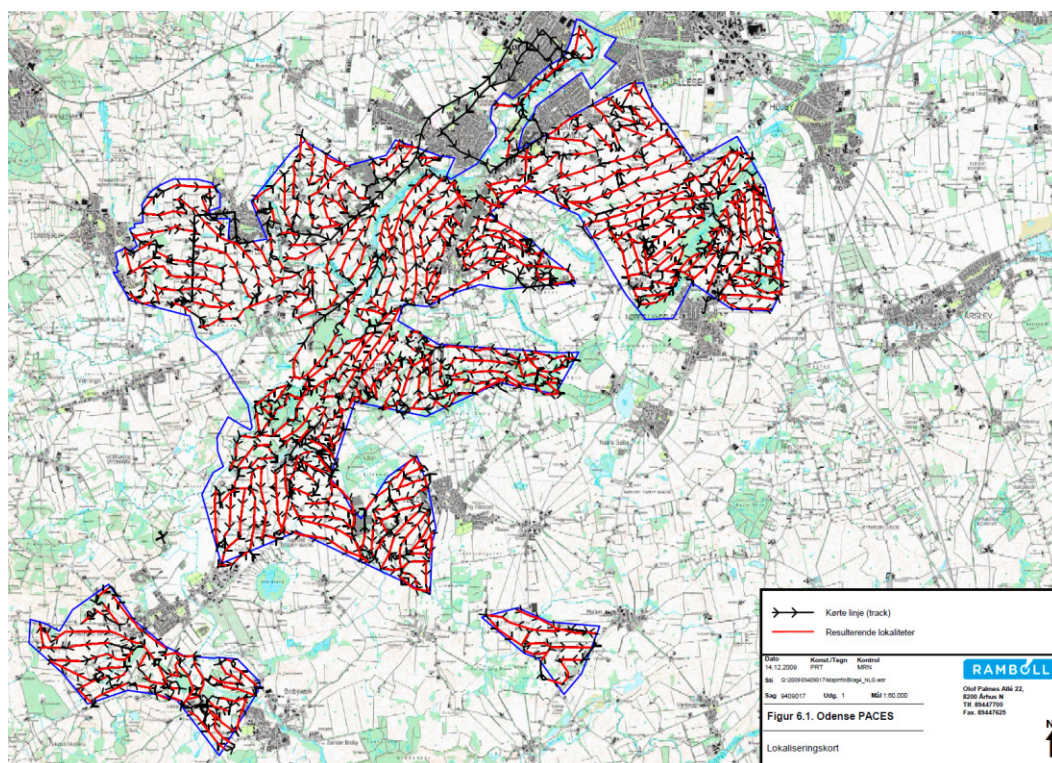
Profilernes beliggenhed Bilag 7.6

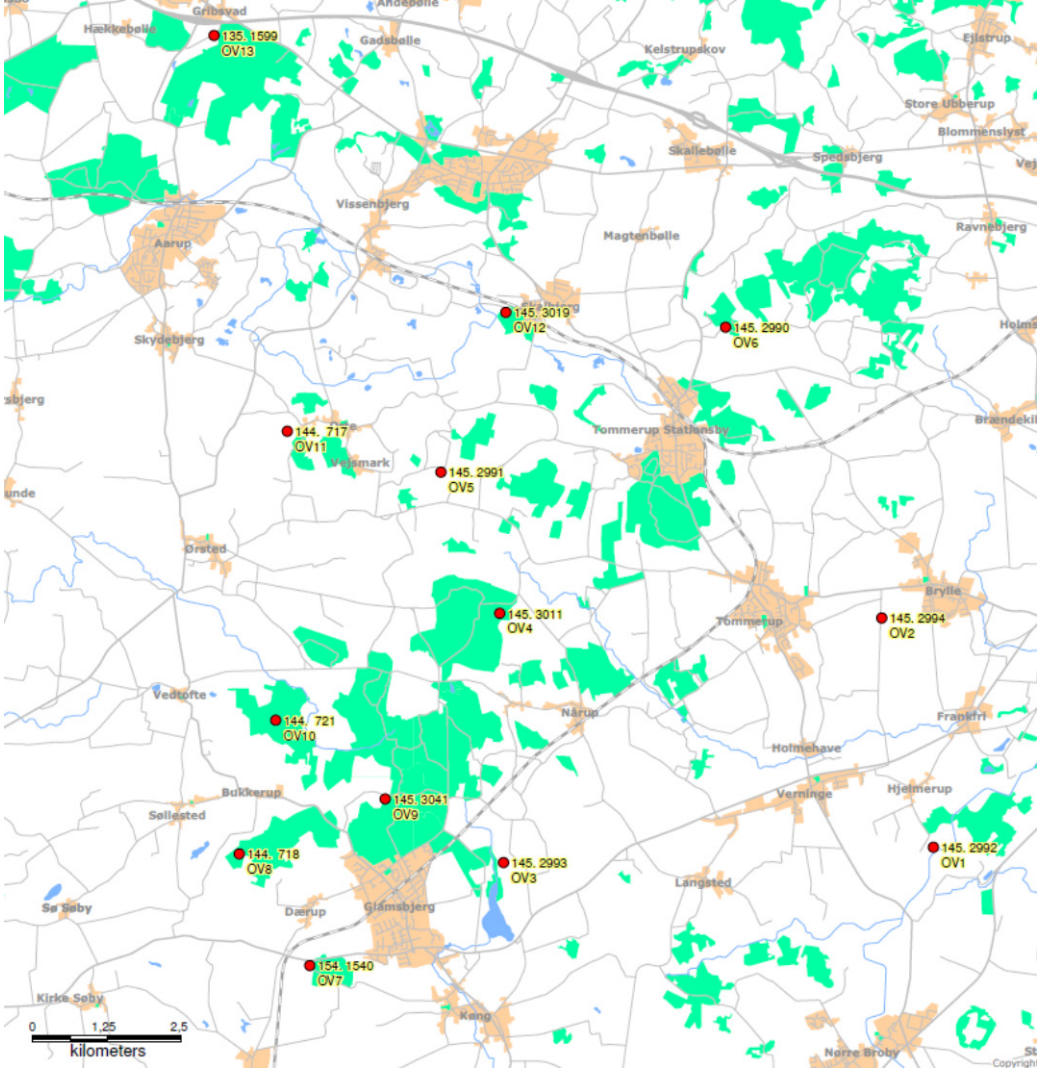
Signaturforklaring:
 → Geologisk profil

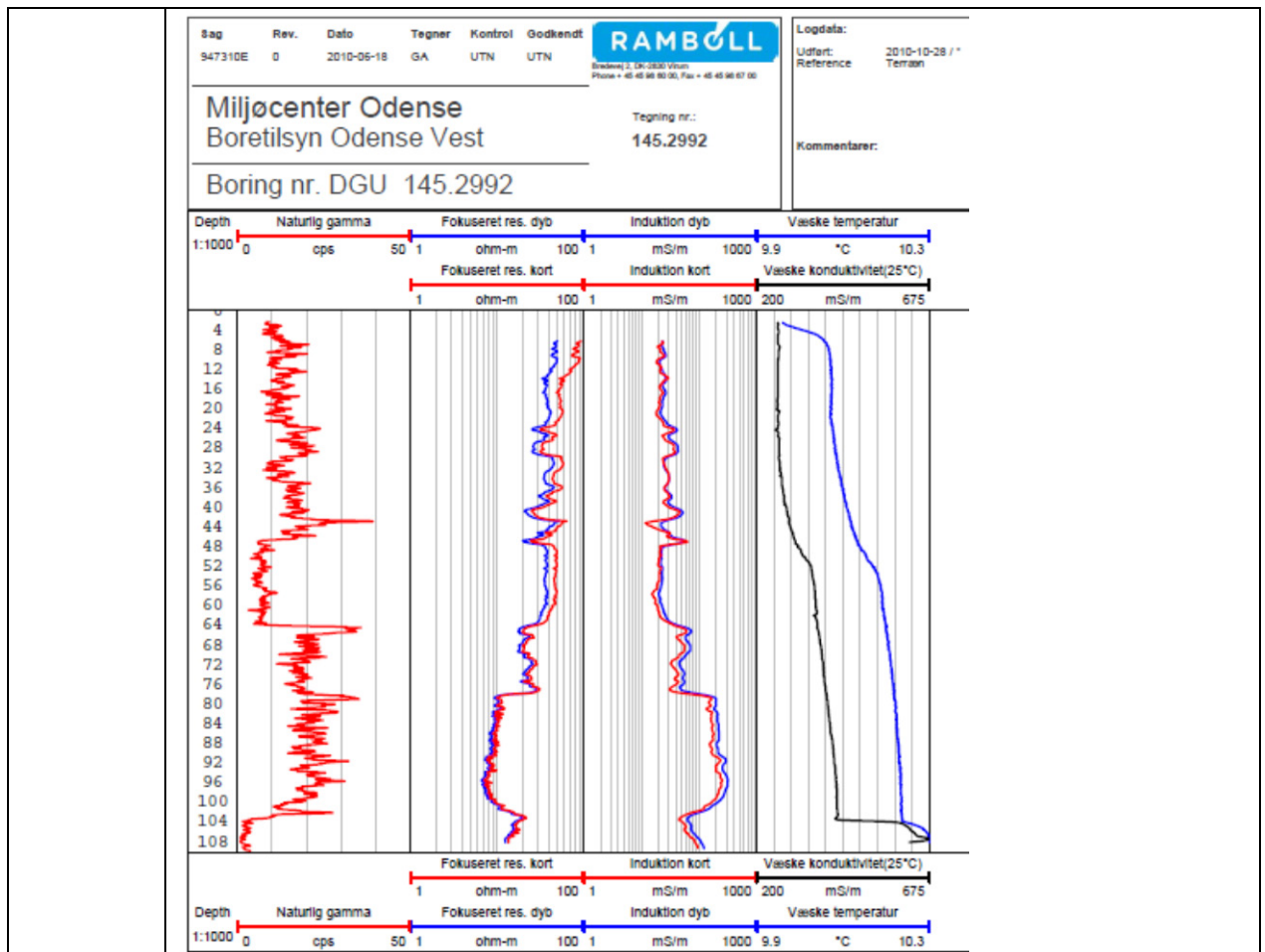
Info:
 Art: Geologiske profiler
 Lokalitet: Blommenslyst
 Datagrundlag:
 Udarbejdet af: AUJ
 Kontrol: AUJ
 Dato: 02.05.2007
 GCB sag 30.5402.03

Dato:	NST (2010): Geologisk forståelsesmodel Odense Vest	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	Gennemgang af Fyns geologi.		

Dato:	Rambøll (2011): PACES-kortlægning i Odense Vest og Odense Syd	Udfyldt af:	PSA
08.04.16	PACES-kortlægning syd for Odense.		

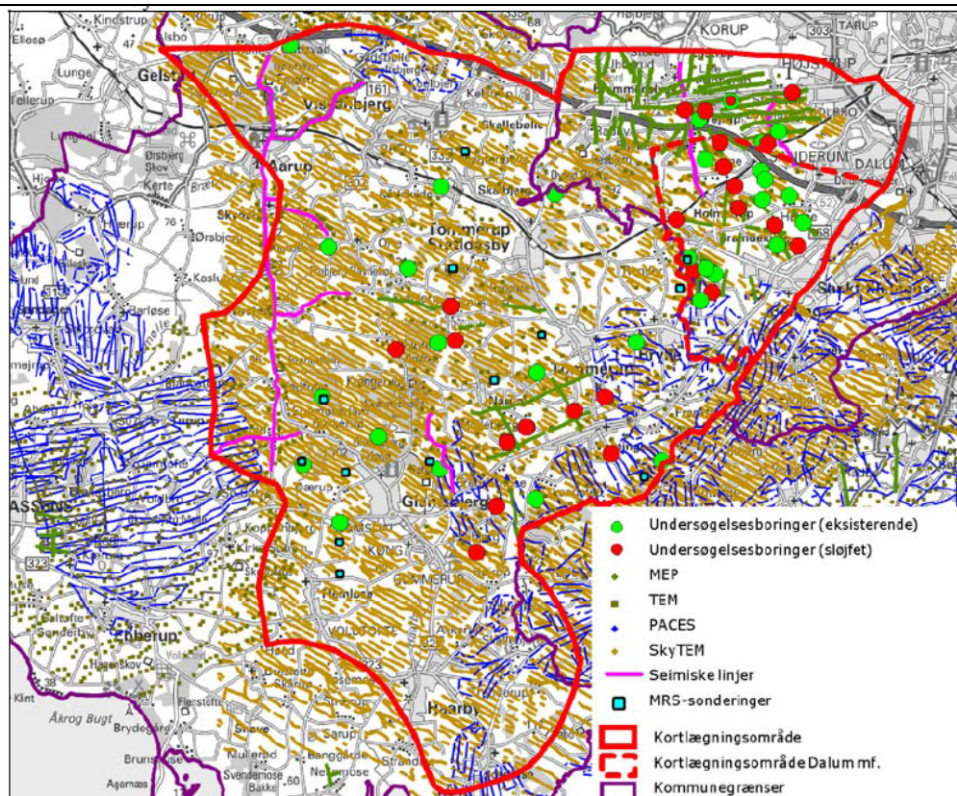


Dato:	Rambøll (2011): Odense Vest - Rådgivning og tilsyn med boringer	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	<p>Nye boringer i de sydvestlige dele af Odense Vest – området:</p>  <p>Borejournaler, fotos, logs er inkluderet i rapporten. Se log-eksempel herunder:</p>		

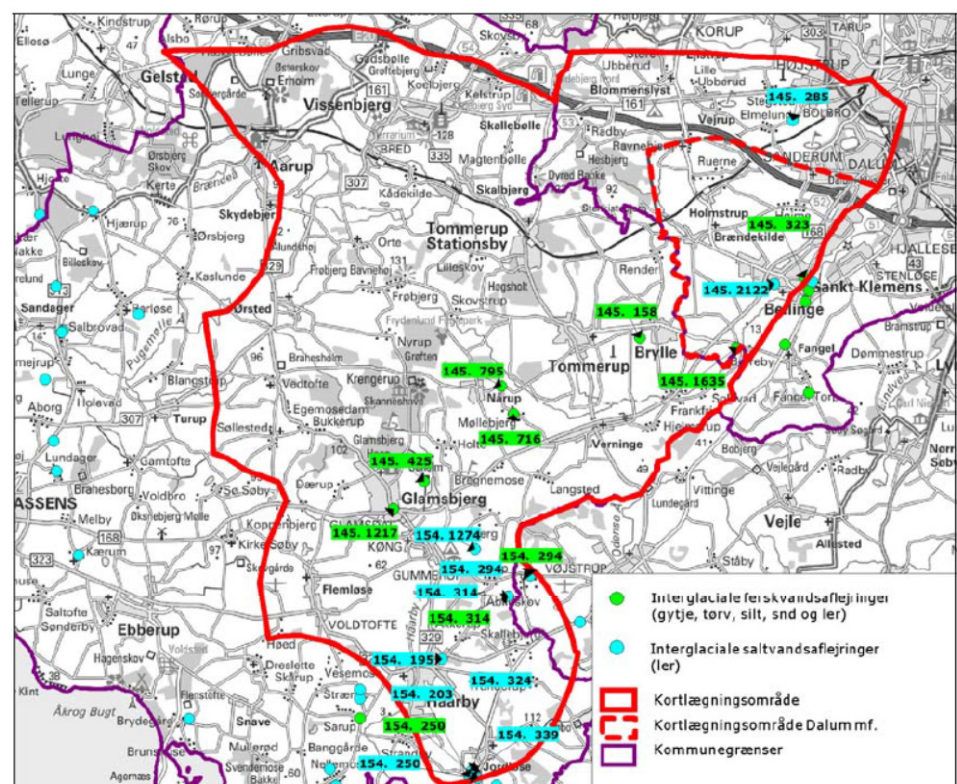


Dato:	Greve (2012): Skovrejsningsundersøgelse Elmelund	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	Fokus på jordbundsforhold.		

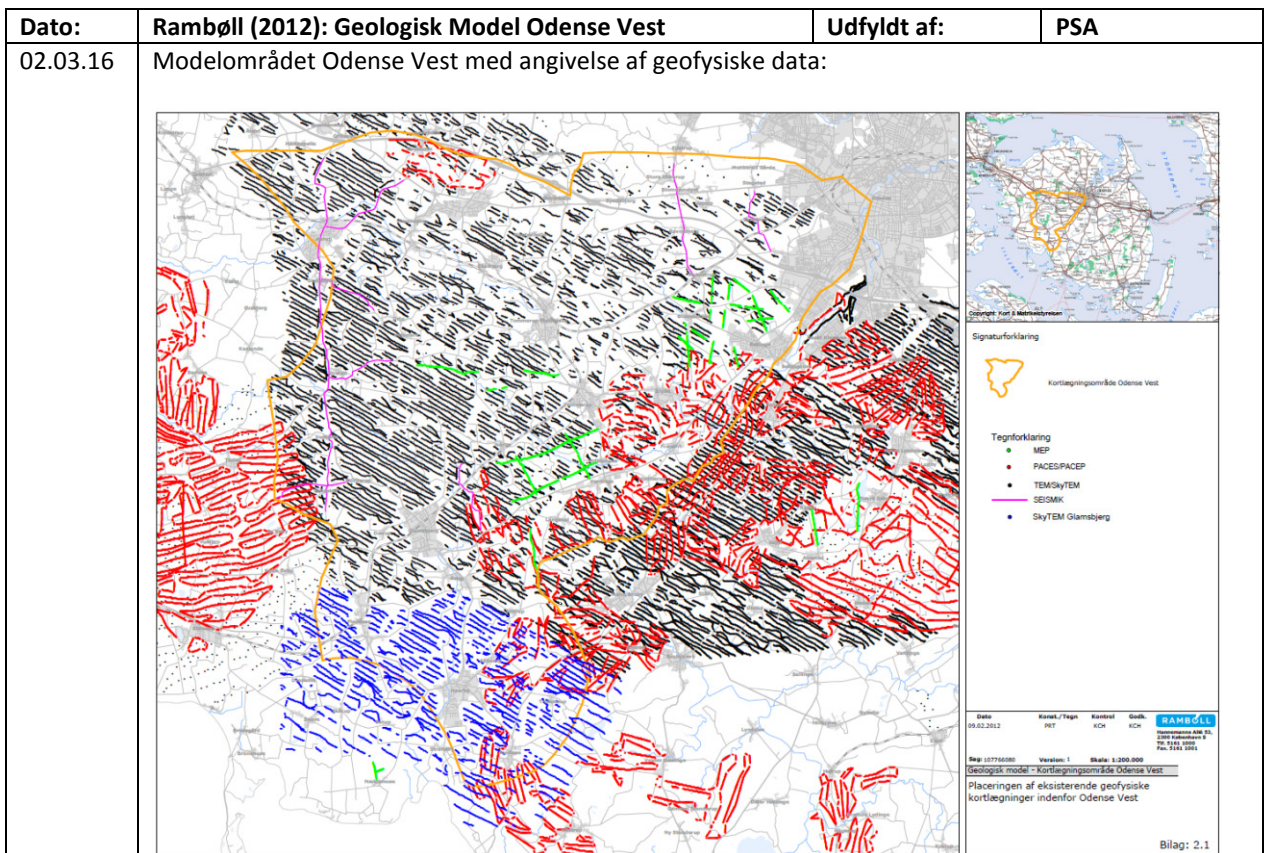
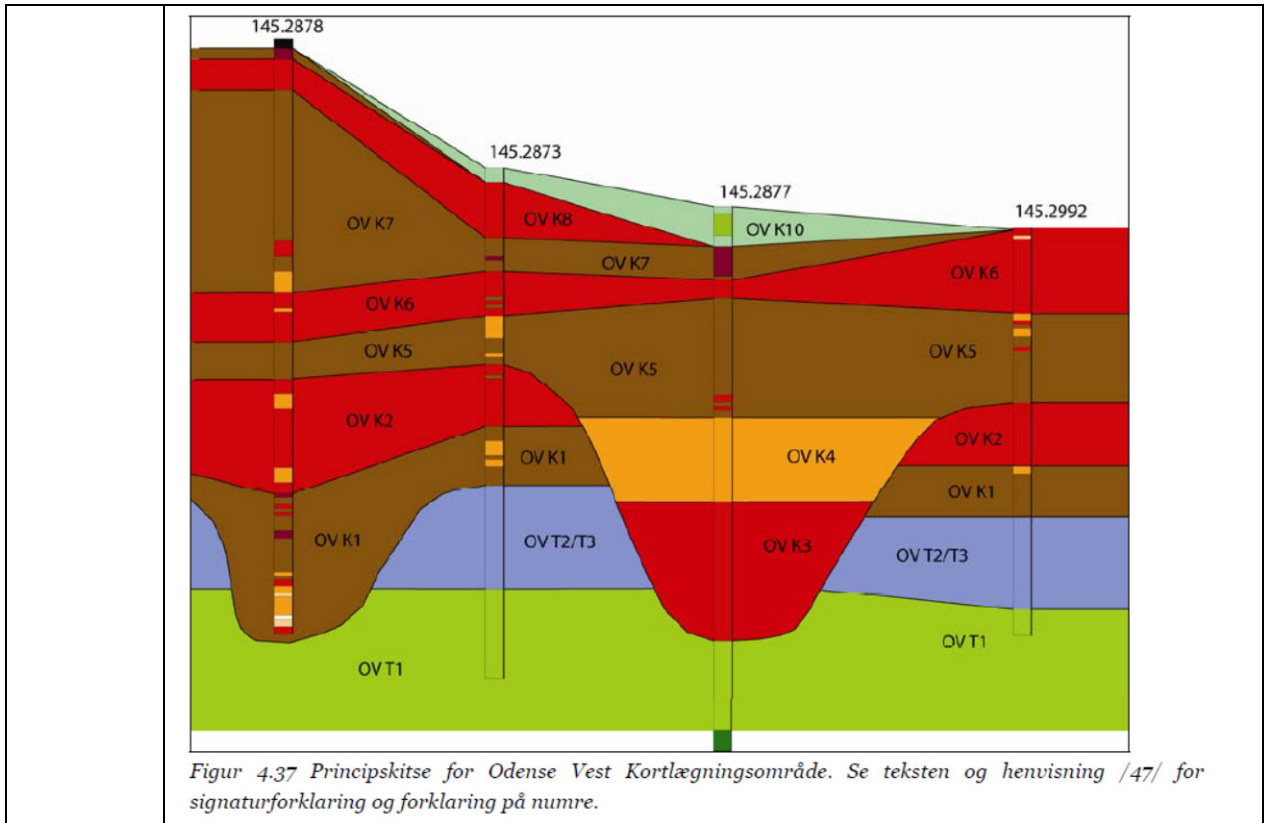
Dato:	XXXX	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	Resume-rapport for Odense Vest-området. Standard-rapport.		



Figur 4.1 Oversigt over de geofysiske undersøgelser og borer, der er lavet i forbindelse med kortlægningen.



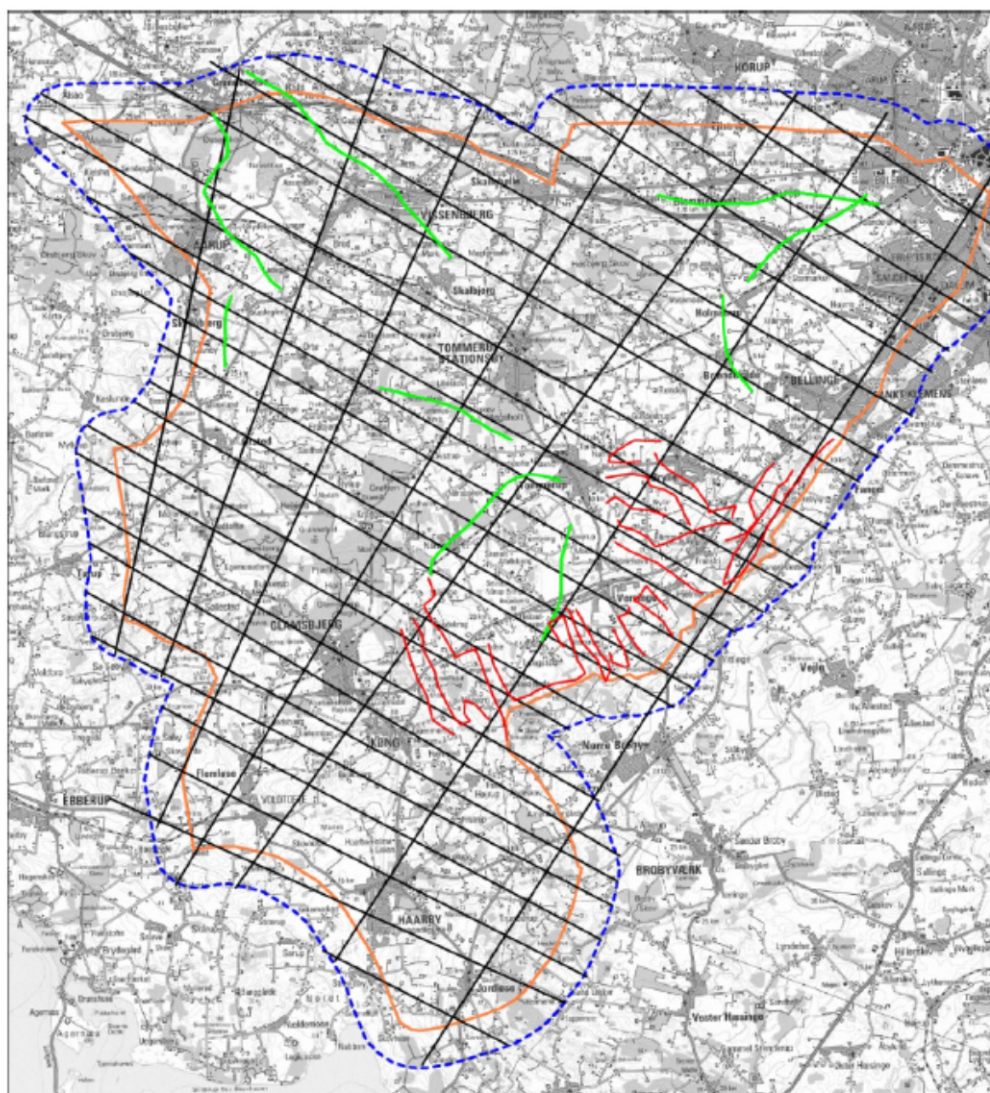
Figur 4.7 Interglaciale aflejringer.



Kvalitet	Beskrivelse	Antal boringer	Andel %
1	Nyere undersøgelsesboringer	32	1,2
2	Tolkede og velbeskrevne boringer	396	14,7
3	Boringer hvor der er foretaget en udførlig beskrivelse	1351	50,2
4	Boringer hvor der alene er angivet hovedlitologi	599	22,3
5	Boringer uden oplysninger om litologi	314	11,7

Tabel 2.3: Oversigt over kvaliteten af de litologiske beskrivelser for boringerne i kortlægningsområdet /5/.

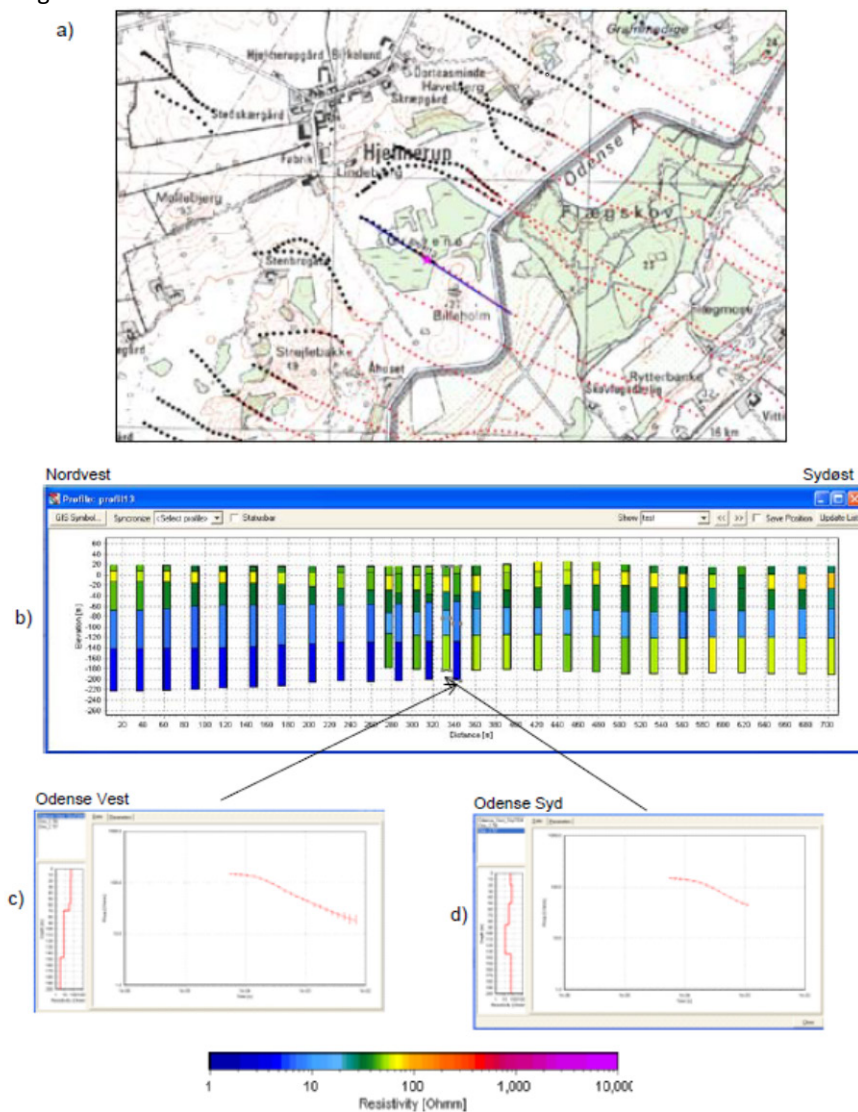
I forbindelse med modelleringen er der foretaget vurderinger af boringerne kvalitet. Tabellen ovenfor viser vurdering af boringskvalitet



Fast profilnetværk i modellen.

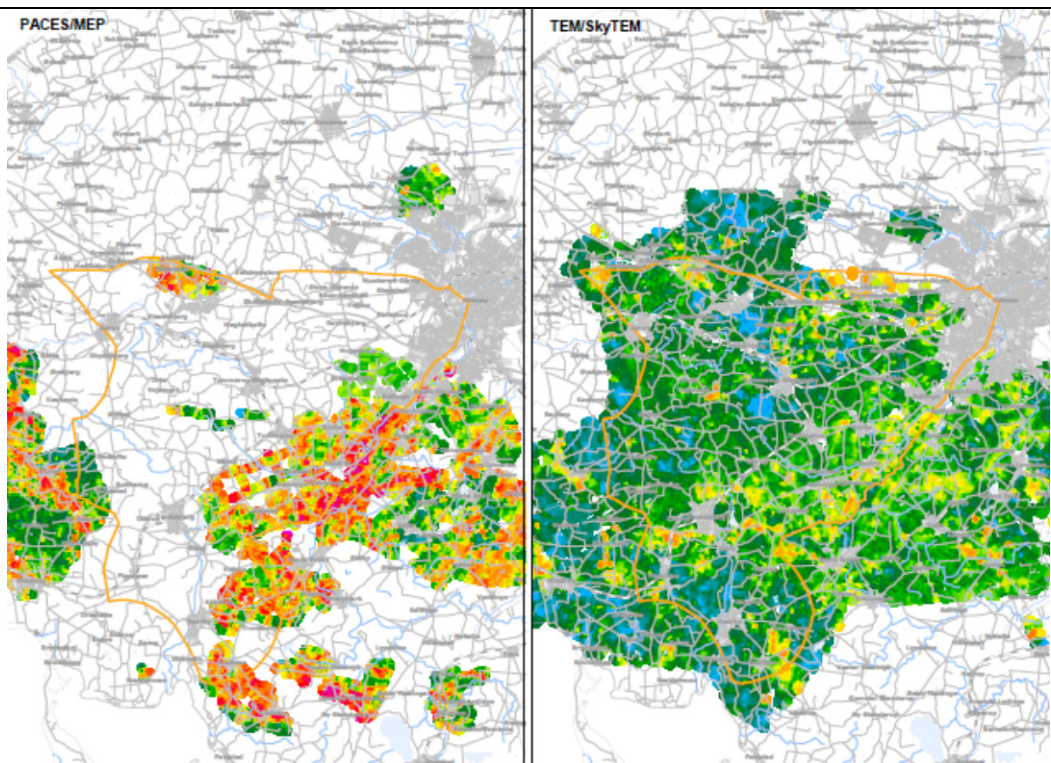
Rapporten indeholder også en sammenligning af SkyTEM-tolkningerne for henholdsvis Odense Vest

og Odense Syd. Der er store forskelle, hvilket skyldes forskelle i datasættene på grund af forskelle i processeringen.

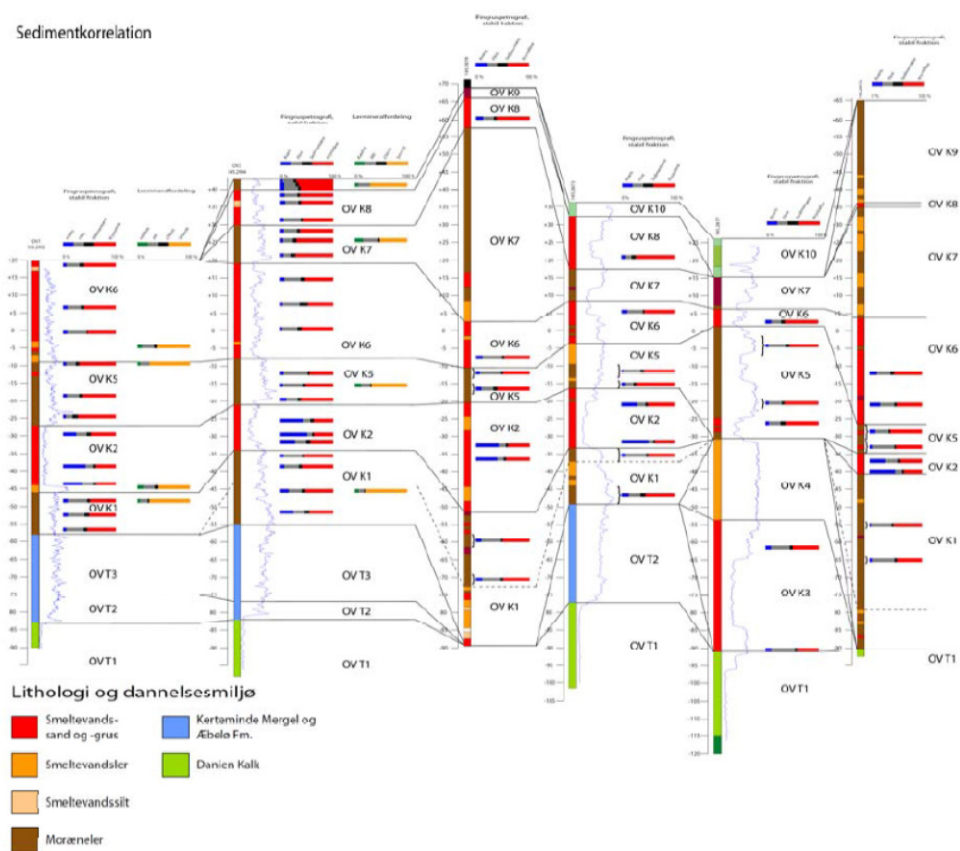


Figur 4.4: Problematikken omkring tolkningerne af de 2 SkyTEM-kortlægninger fra henholdsvis kortlægningsområde Odense Syd og Odense Vest. Figur 5a) viser placeringen af tolkningerne fra hhv. Odense Vest (sorte prikker) og Odense Syd (røde prikker) På figur 5b) ses tolkningerne langs profil 13 placeret på figur 5a). Den røde stjerne på figur 5a) markerer placeringen af de sonderinger der er markeret omkring profilkoordinat 340 langs profilet på figur 5b). Som det fremgår af figur 5b) er tolkningerne af SkyTEM data i det område, hvor kortlægningerne overlapper forskellige. Figur 5c) viser tolkningen tilhørende projektet Odense Vest og 5d) viser tilsvarende tolkningen af sonderingen tilhørende Odense Syd, for HM (høj moment). Figuren er hentet fra et notat, Rambøll har udarbejdet til Naturstyrelsen i juni 2010.

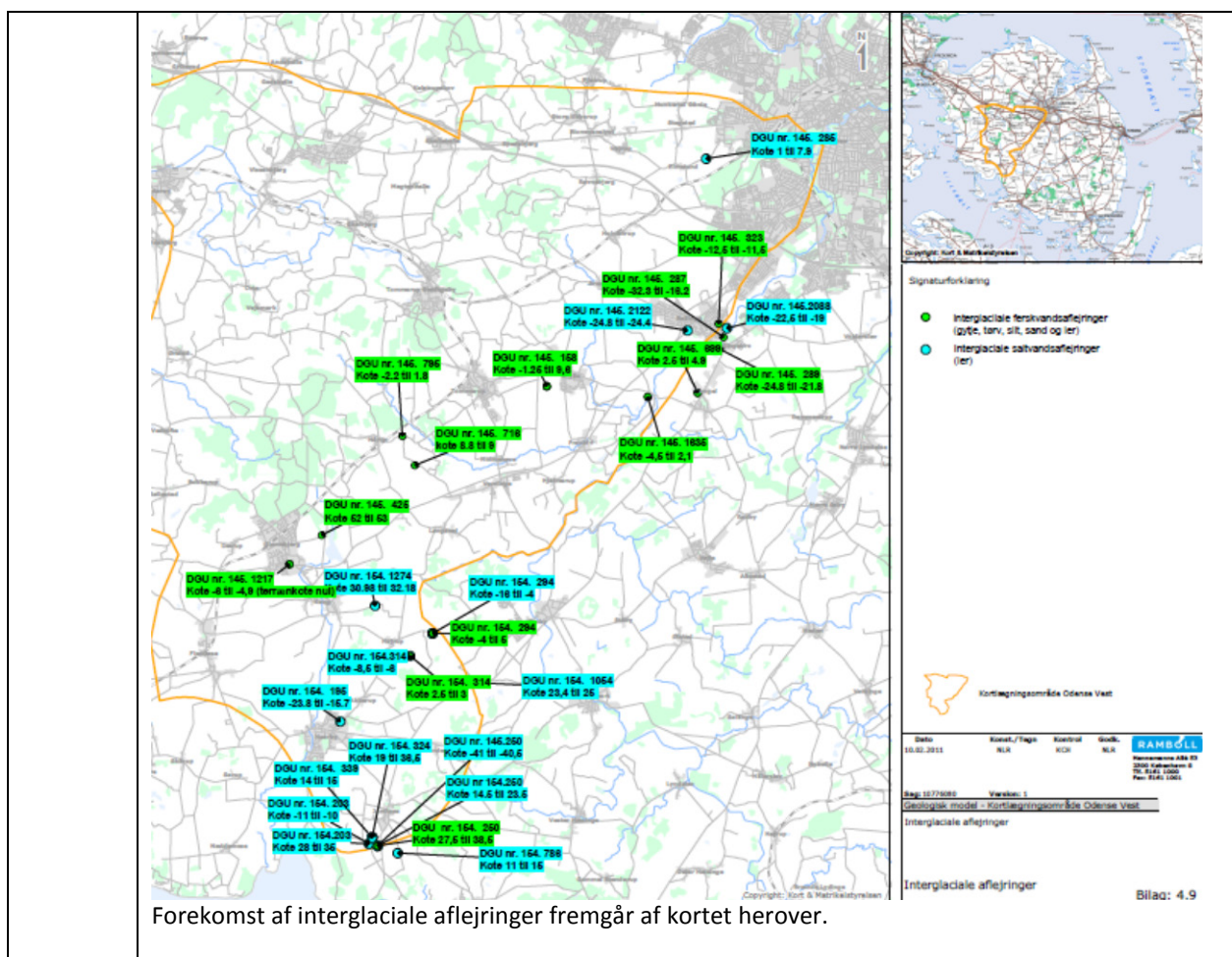
Rapporten viser også forskelle i middelmodstanden målt ved henholdsvis PACES/MEP og TEM-1D målinger:



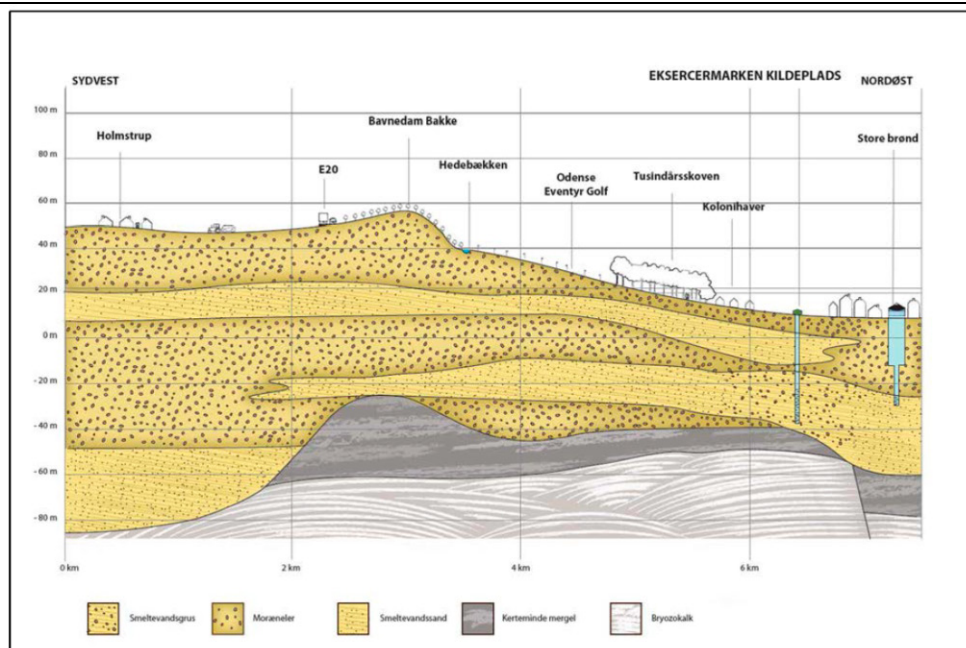
Rapporten indeholder også en sedimentkorrelation baseret på fingrusanalyser:



Figur 4.5: Sedimentkorrelation for seks boringer i Odense Vest /11/. Enheden OV K2 adskiller sig petrografisk fra øvrige kvartære enheder ved et stort indhold af kvarts. Enheden korreleres til Sand 3 i den rumlige geologiske model.



Dato:	Grontmij (2012): Opstilling af en hydro-geokemisk model i kortlægningsområdet Odense Vest	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	Grundig grundvandskemisk gennemgang.		
Dato:	Niras (2013): Hydrologisk model Odense Vest	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	Grundvandsmodelrapport. Ingen nye data.		
Dato:	Vandcenter Syd (2015): Eksercermarken Kildeplads. Handleplan	Udfyldt af:	PSA
02.03.16	Gennemgang af handleplan for Eksercermarken kildeplads.		

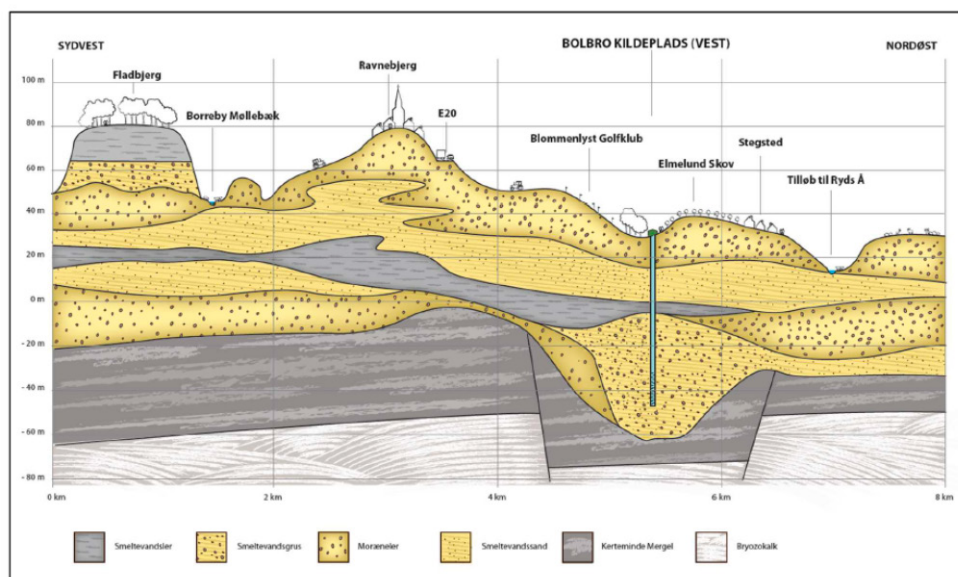


Principskitse for de geologiske forhold ved kildepladsen.

Dato:	Vandcenter Syd (2015): Bolbro Kildeplads. Handleplan	Udfyldt af:	PSA
--------------	-------------------------------------------------------------	--------------------	------------

02.03.16

Gennemgang af handleplan for Bolbro kildeplads.



Principskitse for de geologiske forhold ved kildepladsen.

Dato:	Mielby et al. (2015): VTU delrapport 0: Synteserapport	Udfyldt af:	PSA
--------------	---------------------------------------------------------------	--------------------	------------

11.04.16

Rapporten indeholder hovedresultaterne af VTU-projektet og de bagvedliggende overvejelser omkring den opbyggede 3D geologiske/hydrogeologiske model, når den og de tilhørende data skal fungere som et redskab til brug for forvaltning og administration af det urbane vandkredsløb.

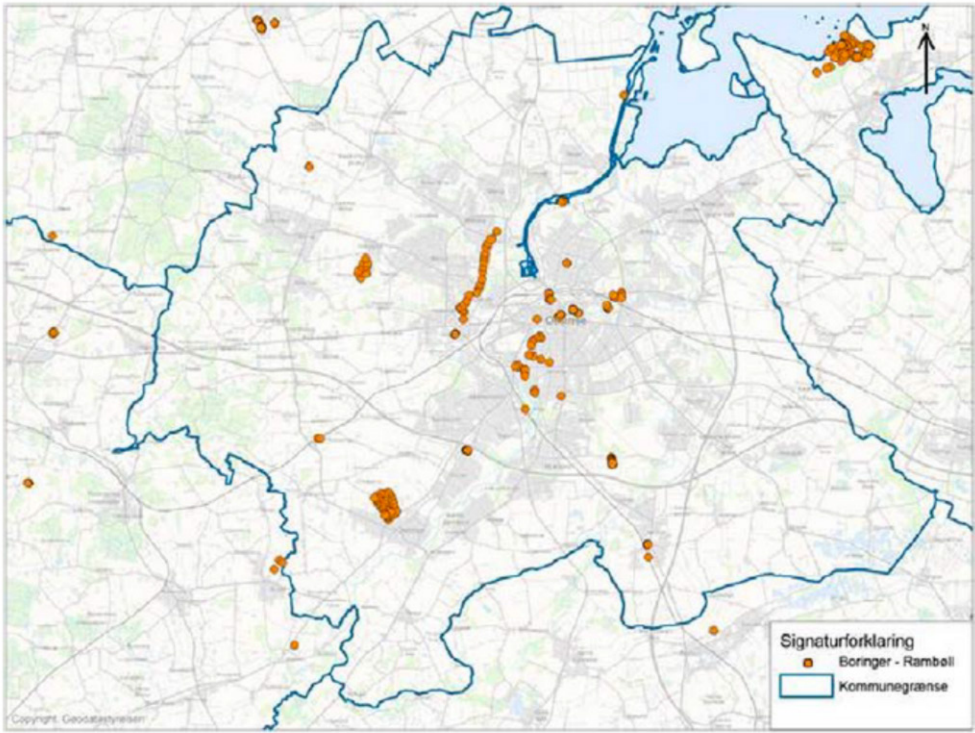
Dato:	Mielby et al. (2015): VTU Delrapport 1: 3D-modellen som basis for håndtering af det urbane vandkredsløb	Udfyldt af:	PSA
--------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------	------------

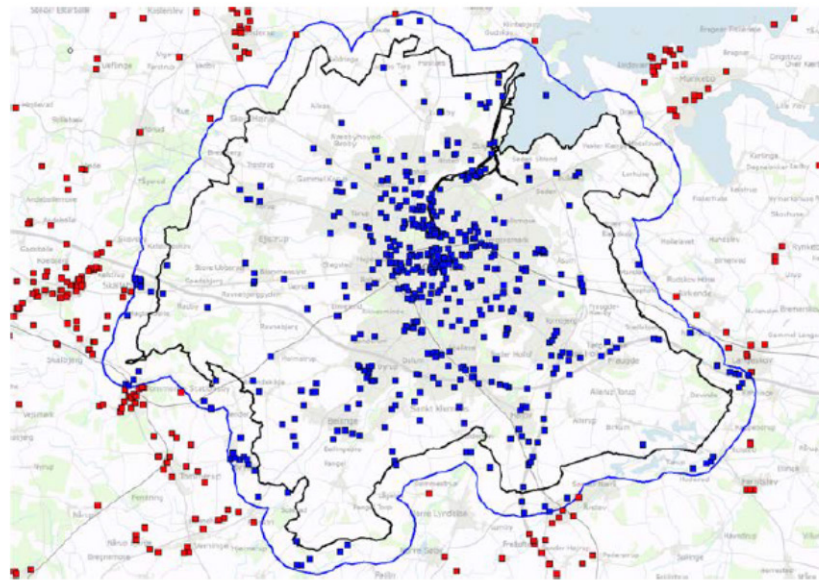
11.04.16

Rapporten har til formål at skitsere, hvordan den udarbejdede 3D geologiske og antropogene

	model, som er etableret i forbindelse med VTU-projektet kan anvendes som en samlet model til at håndtere hydrogeologiske problemstillinger indenfor en kommune.
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Dato:	Kristensen et al. (2015): VTU Delrapport 2: Indsamling og vurdering af data	Udfyldt af:	PSA
11.04.16	I denne rapport præsenteres datagrundlaget for 3D-modelleringen i Odense Kommune. Herudover præsenteres de data, som kan være relevante at visualisere sammen med model og modelresultater. Rapporten skal ses som en dokumentation for dataopsamlingen, som støtte til det videre arbejde med modelleringen og anvendelsen af resultaterne.		

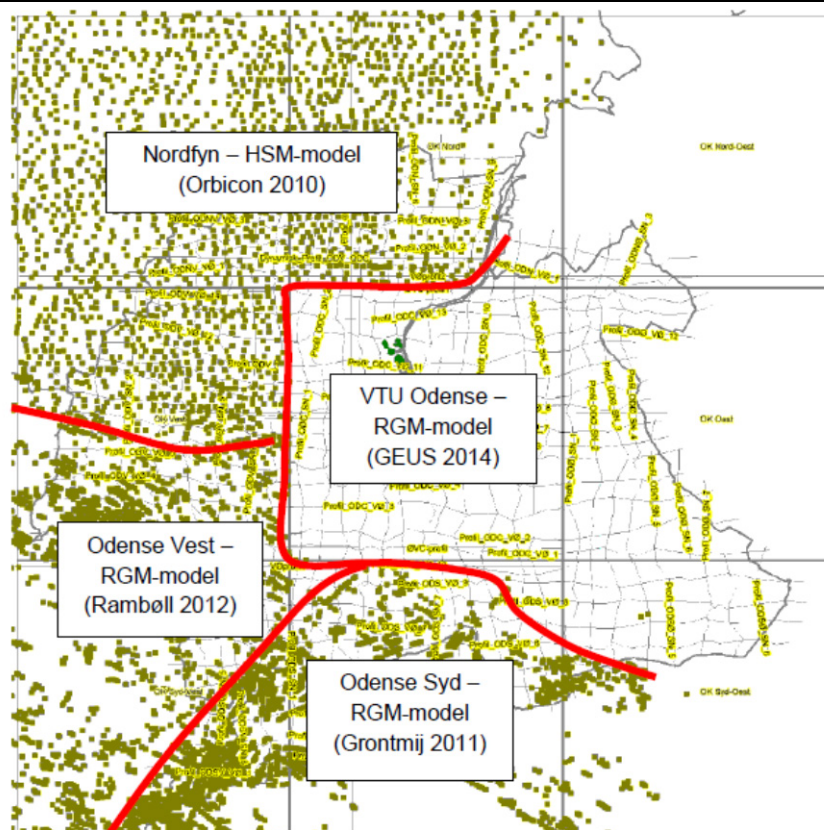
Dato:	Laursen et al. (2015): VTU Delrapport 3: Geotekniske data til planlægning og administration	Udfyldt af:	PSA
11.04.16	I rapporten præsenteres den hidtidige praksis med håndtering af geotekniske data i Odense og bestræbelserne på at få adgang til disse data. Rapporten skal ses som en dokumentation for dataopsamlingen i VTU-projektet, som støtte til det videre arbejde med modelleringen og i forbindelse med anvendelsen af resultaterne heraf. Rapporten beskriver forsøg med at tilvejebringe geotekniske data til VTU-projektet, hvilket tydeligt har illustreret, hvor omfattende og dermed tidskrævende dataindsamling af geoteknisk information er. Figur 1 og 2 viser eksempler på geotekniske boringer, som er privat ejet .		
			
	<p>Figur 1. Rambølls digitale boringer</p>		



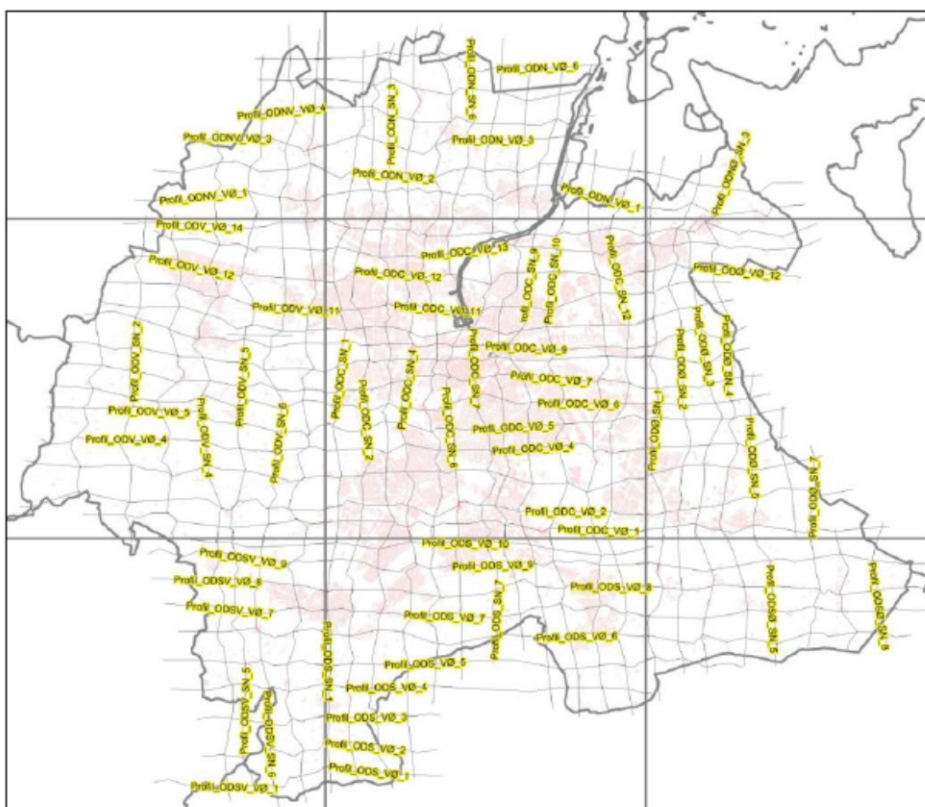
Figur 2. GEO's projekter inden for Tabel 1 i Odense Kommune, inkl. 1000 m buffer

Dato:	Sandersen et al. (2015): VTU Delrapport 4: 3D geologisk/-hydrostratigrafisk modellering	Udfyldt af:	PSA
--------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------	------------

11.04.16	<p>Den geologiske/hydrostratigrafiske model dækker pilotområdet Odense Kommune og er opstillet som en traditionel lagmodel for lagene i undergrunden fra terræn og ned til omkring kote -150 m. Modelleringen er opdelt i 3 trin:</p> <ul style="list-style-type: none"> • en geologisk forståelsesmodel • en rumlig geologisk model (se figur 2) • en hydrostratigrafisk model (se figur 3, 4) <p>Ved udarbejdelsen af modellen er der lagt vægt på at skabe et solidt grundlag for efterfølgende numeriske modelleringer af grundvandets strømning i området. Det har været formålet at skabe en geologisk modelramme, som vil kunne anvendes i forskellig skala og til forskellige formål. Ved den geologiske modellering er det tilstræbt at genanvende så meget som muligt fra eksisterende modeller og sammenkoble disse til en helhed (se figur 1 herunder). De centrale og østlige dele af modellen er nytolket.</p> <p>Modellen er udarbejdet på kommuneniveau, men er tænkt til at kunne bruges i forskellige skalaer; eksempelvis i kommuneskala og i detailområder.</p>
----------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Figur 1: Sammenkobling af eksisterende modeller

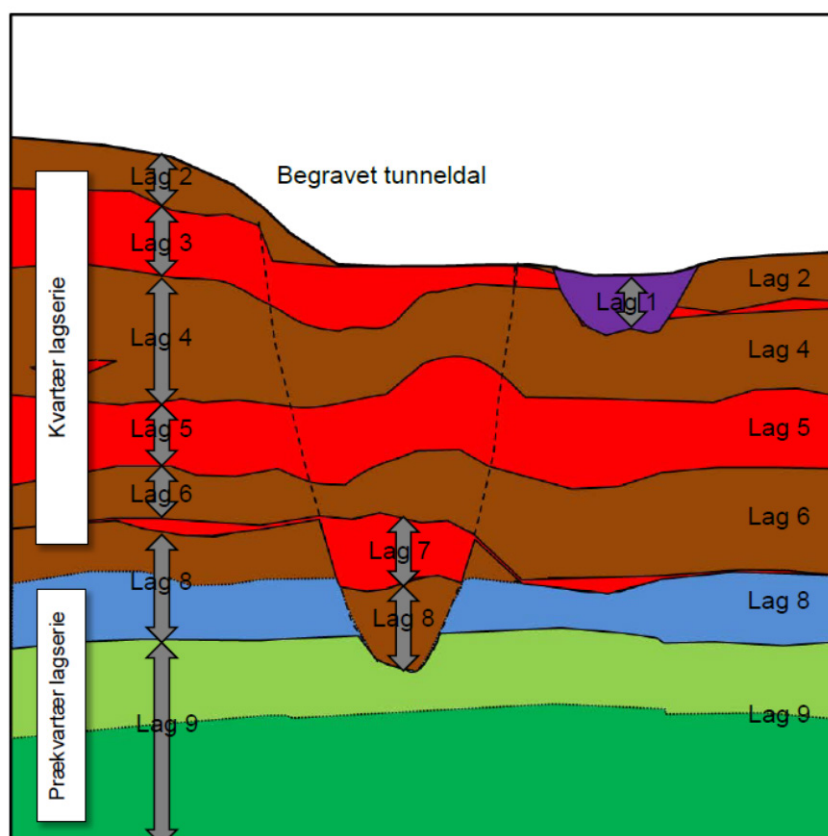


Figur 2: Faste profiler i den geologiske/hydrostratigrafiske model.

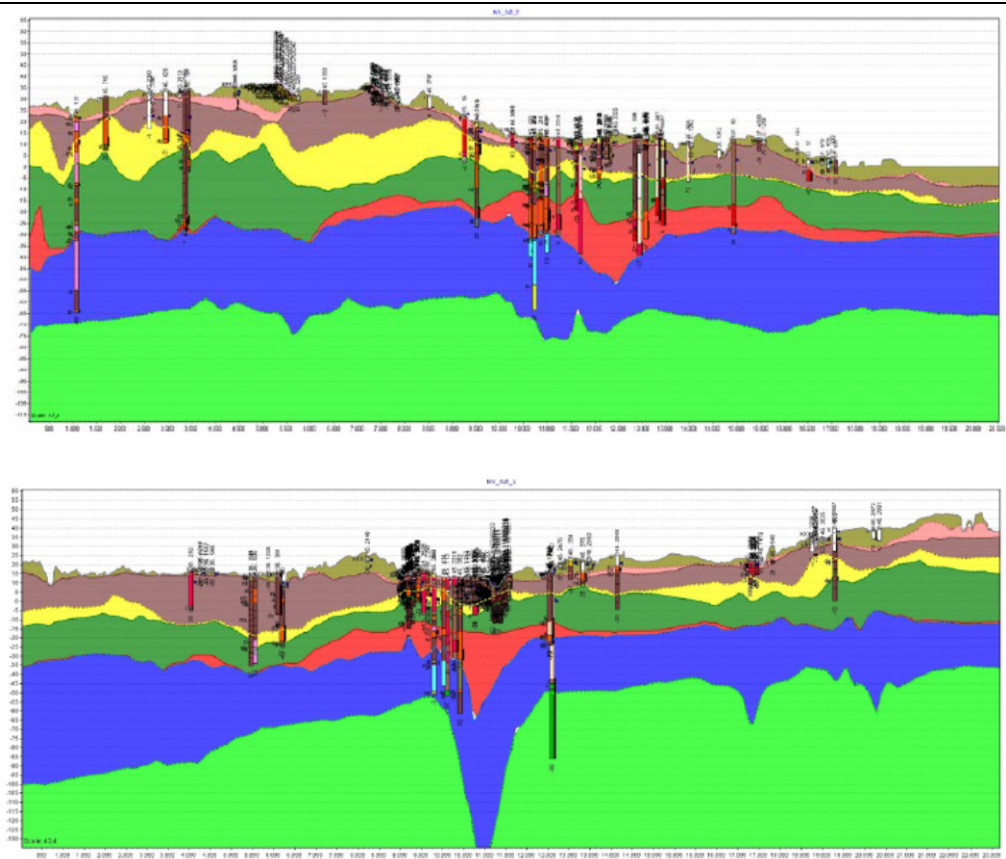
Rapporten påpeger et problem med fejlbehæftede borer, som for hovedpartens vedkommende antageligt skyldes, at ler er skyllet ud af boreprøverne ved boreprocessen. Dette betyder, at jordlagene i de digitale data fremstilles mere grovkornede end reelt.

I rapporten konkluderes blandt andet:

- VTU-modellen skal betragtes som en geologisk/hydrostratigrafisk model for Odense Kommune, som kan udgøre en ramme for videre modellering. Modellen udgør en ramme, som aktivt skal tilpasses til den specifikke anvendelse, som er planlagt
- Inden videre anvendelse af VTU-modellen, er det vigtigt at der foretages en vurdering behovet for indsamling af supplerende data, så der kan opnås den ønskede detailrigdom i modelleringen
- Hvad enten der skal arbejdes i stor skala eller i lille skala, så er det vigtigt at interpolere nye lagflader, som er målrettede præcist til den videre anvendelse
- I forbindelse med grundvandsmodellering vil det være nødvendigt at se detaljeret på de litologiske variationer af de hydrostratigrafiske lag for at få det bedste billede af de hydrauliske egenskaber

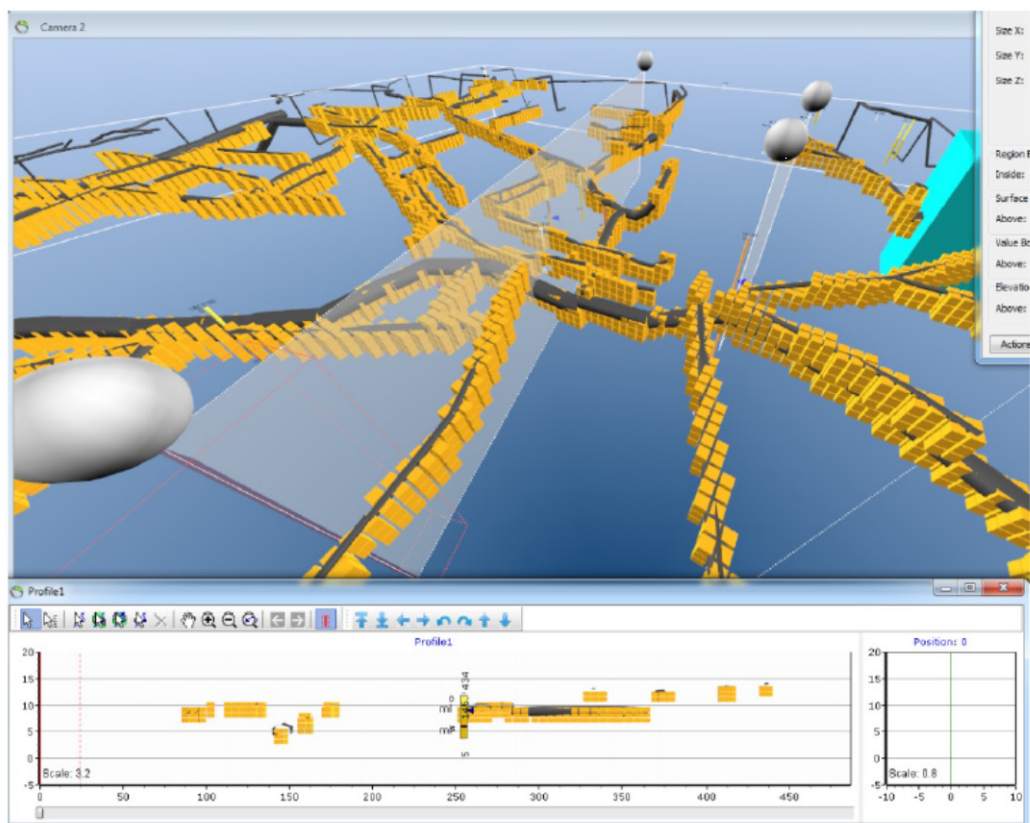


Figur 3: Hydrostratigrafiske lag (principskitse).



Figur 4: Profileksempler fra den hydrostratigrafiske model.

Dato:	Pallesen et al. (2015): VTU Delrapport 5: Interaktiv modellering af antropogene lag	Udfyldt af:	PSA
11.04.16	I denne rapport præsenteres software- og metodeudvikling, samt arbejdsgang i forbindelse med 3D-modelleringen af det antropogene lag i VTU-projektet. I-GIS har udført softwareudviklingsdelen, der er indeholdt i projektet. Formålet med denne udvikling er at udvikle værktøjer, der kan modellere den overfladenære geologi og indbygge antropogene elementer så som veje, tunneller, rørføringer, husfundamenter m.m.		



Et eksempel på voxelering på baggrund af antaget litologi/fylldtype omkring en rørledning.

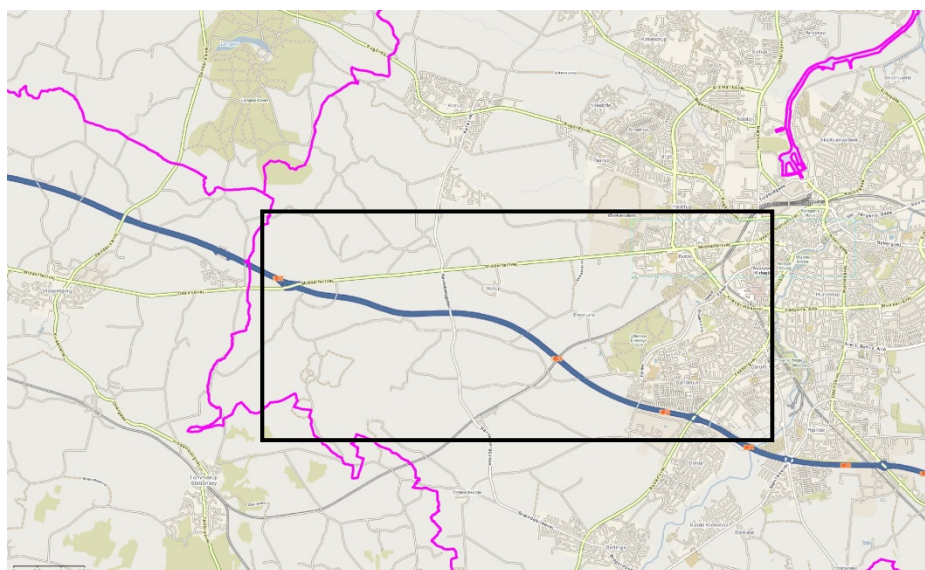
Den antropogene model udgør en model af det menneskeskabte lag, som kan sammenkøbes med den underliggende "intakte" geologi.

Dato:	Hansen et al. (2015): VTU Delrapport 6: Teknisk håndtering og lagring af data og modeller	Udfyldt af:	PSA
11.04.16	I denne rapport præsenteres det arbejde og de overvejelser der er gjort i projektet omkring lagring af geotekniske parametre samt visualisering og lagring af urbane modeller. Rapporten er en teknisk dokumentation for dataopsamlingen i VTU-projektet, som støtte til det videre arbejde med modelleringen og i forbindelse med anvendelsen af resultaterne heraf.		

Forslag til supplerende undersøgelser i Odense Vest projektområde

Som opfølgning på drøftelserne på projektgruppemøde i Odense d. 28. april beskrives her forslag til supplerende undersøgelser i Odense Vestområdet.

Formålet med supplerende undersøgelser er at bidrage med yderligere oplysninger om de geologiske forhold til brug i den geologiske modellering. Som gennemgået på mødet er projektområdet gennemskåret af flere dal-erosioner, som gør den geologiske opbygning kompleks. Denne kompleksitet er vigtig at søge at udrede for at kunne modellere områdets rumlige opbygning bedst muligt.



Figur 1: Fokusområdet for den geologiske modellering i Odense Vest

GEUS
De Nationale Geologiske
Undersøgelser for Danmark
og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Tlf. 38 14 20 00
Fax 38 14 20 50

CVR-nr. 55 14 50 16
EAN-nr. 5798000866003

geus@geus.dk
www.geus.dk

*GEUS er en forsknings- og
rådgivningsinstitution
i Energi-, Forsynings- og
Klimaministeriet*

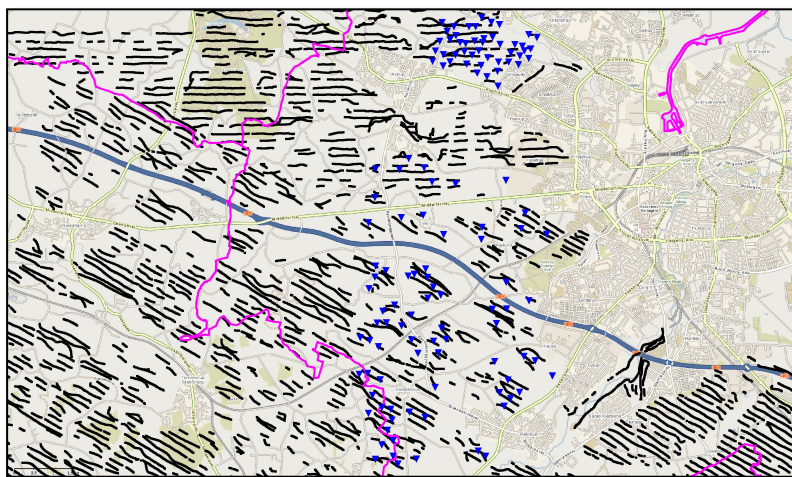
Den geologiske modellering i Odense Vest er sat i gang på nuværende tidspunkt (se figur 1), og skal nye data kunne indarbejdes og den gældende tidsplan holdes, er det vigtigt at eventuelle supplerende undersøgelser udføres snarest muligt.

Overvejelser omkring projektets formål og det eksisterende datagrundlag

Odense Vest projektets overordnede formål er at detailkortlægge geologien i området med det formål senere at kunne foretage en prioritering af eksisterende punktkilder.

Odense Vest området er dækket af en række geofysiske kortlægninger udført med forskellige metoder, som hver har haft sit fokus. Ud fra disse kortlægninger og i kombination med områdets borer, kan der opnås et rumligt billede af undergrunden. Dette billede er dog stedvist fragmenteret på grund af varierende datadækning – såvel horisontalt som vertikalt.

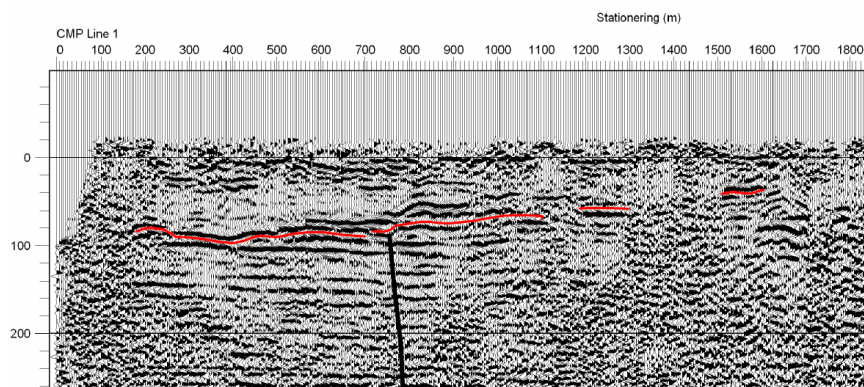
SkyTEM data har en dårlig horisontal dækning i fokusområdet grundet veje og bebyggelse (se figur 2) og det vurderes ikke umiddelbart formålstjenligt at supplere med ny SkyTEM-kortlægning eller jordbaserede 40X40 TEM-sonderinger.



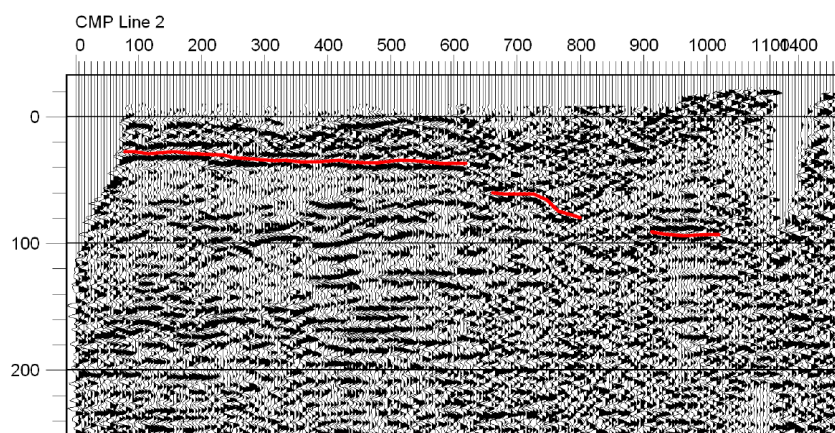
Figur 2: SkyTEM-data (sorte linjer) og jordbaseret TEM (blå trekanter)

Seismik er udført af COWI i 2003 (gengivet i COWI 2006) og de tolkede resultater ses af figurerne 3, 4 og 5. COWI (2006) anvender seismikken sammen med de øvrige data i området til en afgrænsning af den V-

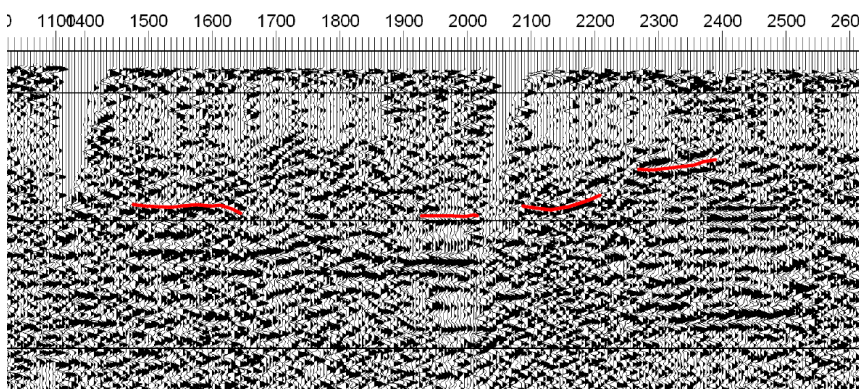
Ø orienterede dal i området. Som det kan ses af figurene, kan den omtrentlige afgrænsning af dalen udpeges, men oplysninger om dalfyldets opbygning er begrænsede.



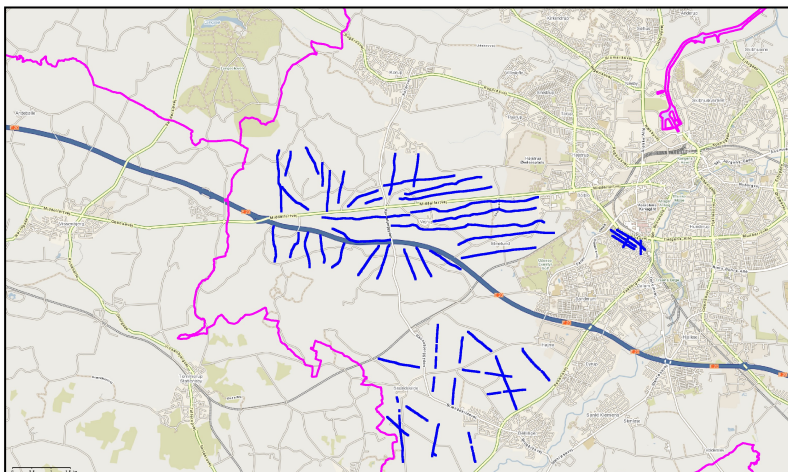
Figur 3: Sydlig afgrænsning af den begravede dal, linje BL01. Dalsiden er markeret med rødt. Fra COWI (2006).



Figur 4: Nordlig afgrænsning af den begravede dal, linje BL02. Dalsiden er markeret med rødt. Fra COWI (2006).

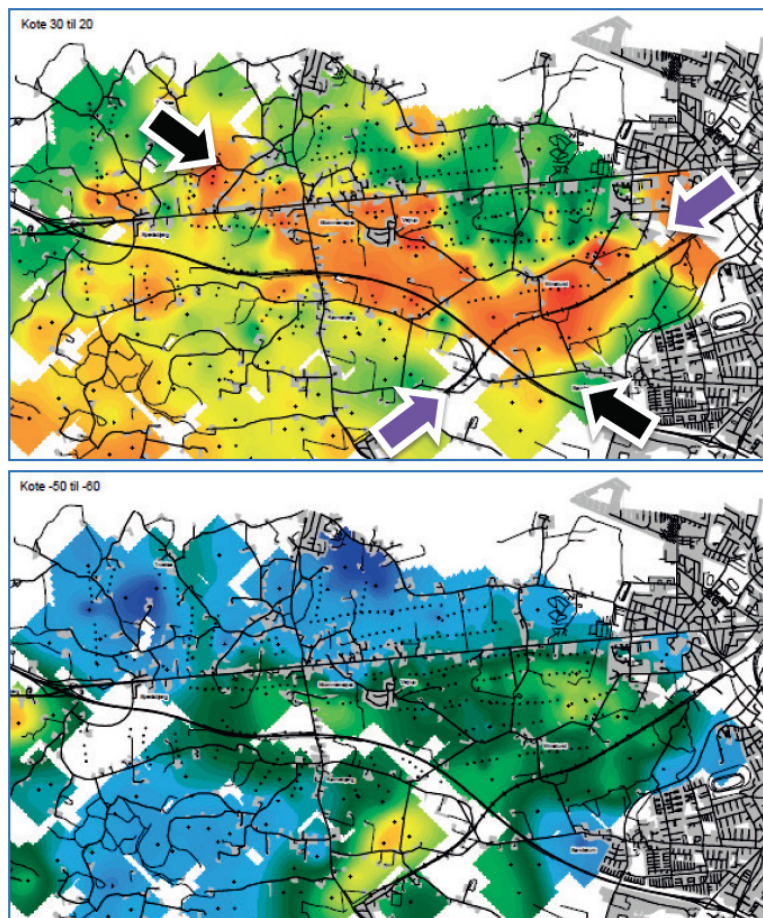


Figur 5: Sydlig afgrænsning af den begravede dal, linje BL02. Dalsiden er markeret med rødt. Fra COWI (2006).

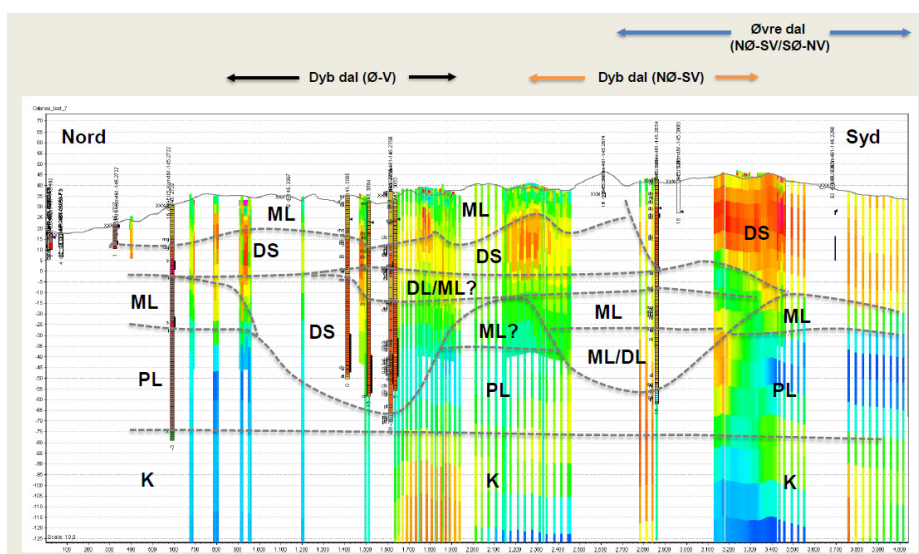


Figur 6: MEP-kortlægning i Odense Vest

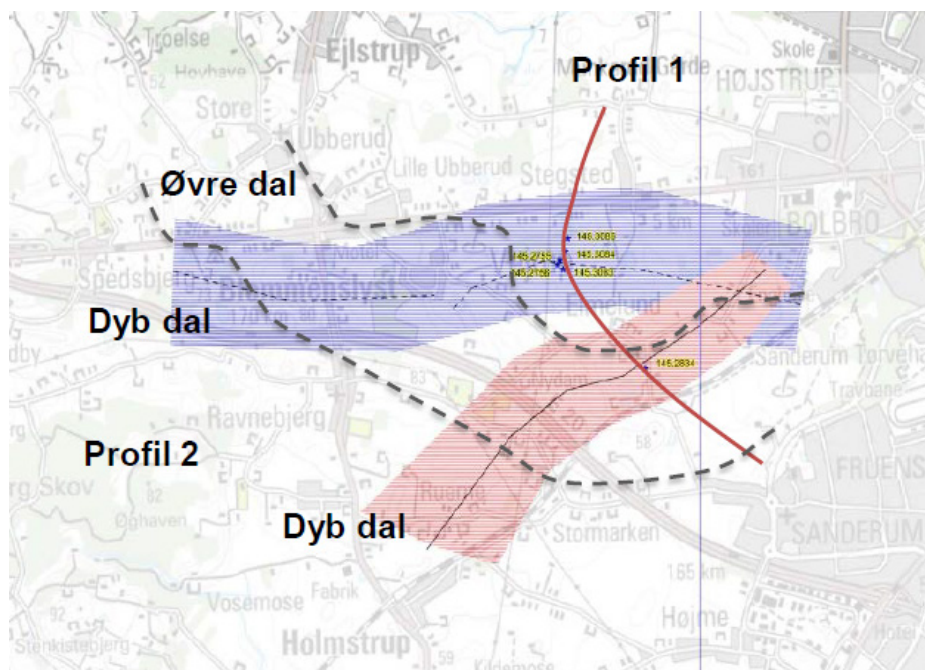
MEP-kortlægninger er udført i området (figur 6), og disse har som nævnt sammen med TEM og seismik gjort det muligt at kortlægge en højmodstandsdal i lagseriens øvre del (figur 7, øverst) og to dale i lagseriens nedre del (figur 7, nederst) (COWI 2006). Den øvre dal består af et NØ-SV og et SØ-NV segment (se figur 7, øverst), som jf. MEP-data når ned til ca. kote 0. Dalen er udfyldt med højmodstandslag; fortrinsvist smeltevandssand. Herunder haves to dale, henholdsvis NØ-SV og Ø-V (figur 7, nederst), som når dybere end kote -60 m. Førstnævnte dal er udfyldt med overvejende moræneler/smeltevandsler, mens den sidstnævnte og er udfyldt med overvejende smeltevandssand/grus. Lagseriens nedre del, udenfor dalene, består af prækvartære aflejringer (PL: palæogent ler og K: Kalk/kridt). Det ser dog ud til, at der ovenpå det prækvartære ler findes moræneler, som stedvist er borteroderet af dalene (se profiltolkningen figur 8).



Figur 7: Middelmødsstandskort, MEP-kortlægning i Odense Vest (CO-WI 2006).

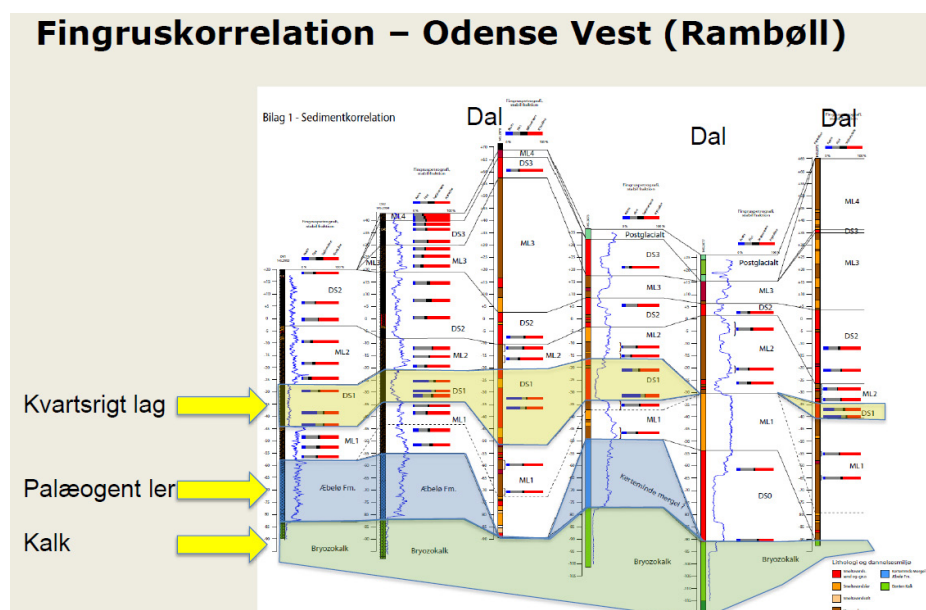


Figur 8: Overordnet geologisk tolkning på tværs af områdets 3 begravde dale. For lokalisering, se figur 9.



Figur 9: Lokalisering af profil 1 i figur 8 i forhold til områdets begravede dale.

I forbindelse med Naturstyrelsens kortlægning af ”Odense Vest”-området, som er noget større end det aktuelle kortlægningsområde i nærværende projekt, blev der foretaget en fingruskorrelation mellem boringer længere mod syd. Denne fremgår af figur 10.



Figur 10: Fingruskorrelation i NST-område Odense Vest’s sydlige del. Efter Rambøll 2012.

Ved fingruskorrelationen var det muligt at adskille lagserien, og herudover blev der fundet et meget kvartsrigt lag, der kunne bruges som markør. Det kvartsrige lag kunne dog ikke findes i en af dalene, hvilket peger på, at de begravede dales alder er forskellig. Dalfyldets litologi var også forskellig (se figur 10). Fingrusanalyserne kunne således opdele lagserie og samtidig give vigtig information vedrørende de begravede dales relative aldre. Der kan således være mulighed for, at lagserien vest for Odense på tilsvarende vis kan opdeles ved hjælp af fingrusanalyser, samt at tilstedeværelse eller mangel på det kvartsrige lag kan give oplysninger om dalenes indbyrdes kronologi. Fingrusanalyser vurderes derfor at være et godt redskab til udredning af horisontale sammenhænge i stratigrafien samt bidrage med vigtig information omkring den relative alder af de begravede dale.

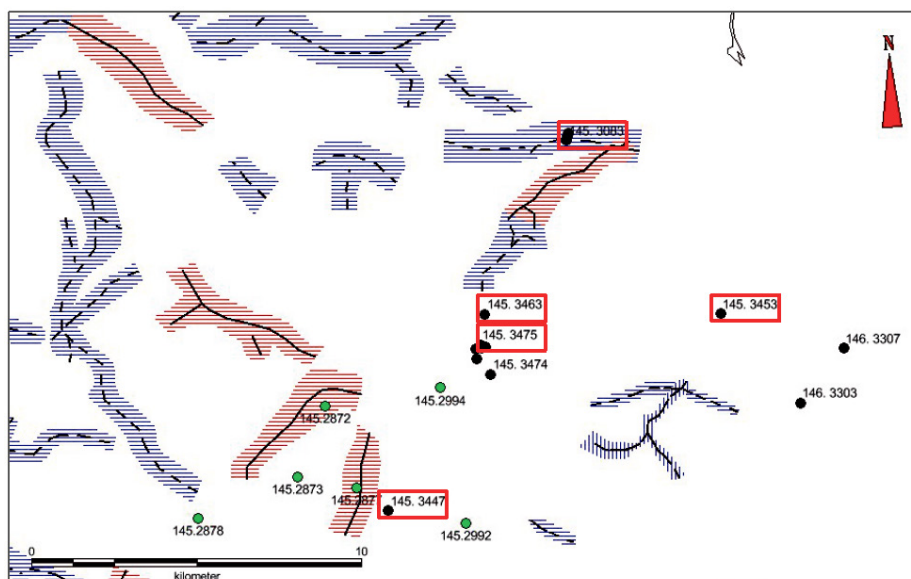
Den bedste geologiske modellering opnås, hvis lagserien som helhed kan udredes, og hvis der kan kastes lys over relationerne mellem lagseriens enkelte dele. Forureningstruslerne kommer fra jordoverfladen, men grundvandsmagasinerne ligger dybt i de begravede dale. Det er derfor vigtigt at få styr på hele lagseriens sammenhænge, herunder aldersrelationerne dalene i mellem, så dalenes fyld kan adskilles med god sikkerhed. Dalen i lagseriens øvre del ser ud til at have bund omkring kote 0, og det er således vigtigt at få udredt, hvor der forventes at være kontakt til dybereliggende sandlag.

Konkret forslag til supplerende undersøgelser

Efter en diskussion af ovenstående var der på mødet d. 28. april enighed om, at boringer kombineret med fingrusanalyser prioriteres højt og at forslaget til supplerende dataindsamling skulle fokusere på disse. Udførelse af dateringer ved hjælp af OSL-metoden på prøver fra en ny boring vurderedes i fællesskab at blive for dyr, da det i givet fald vil kræve anvendelse af speciel boreteknik. Også i forhold til tidsplanen vurderedes det at være urealistisk at udføre dateringer. Det aftaltes, at GEUS skulle udarbejde et oplæg til udførelse af supplerende boring/er og tilhørende udførelse af fingrusanalyser indenfor en budgetramme på 300.000 kr.

VIA Horsens, som udfører fingrusanalyser, har et eksisterende samarbejde med VandCenter Syd (VCS) om fingrusanalyser, og der er på nuværende tidspunkt udarbejdet en fingrusstratigrafi for Sydvestfyn i et samarbejde mellem VCS, Naturstyrelsen og VIA Horsens. VIA Hor-

sens har d. 17. maj fremsendt et notat til VCS med forslag til fingrusanalyser på eksisterende boringer. Indholdet af dette oplæg blev diskuteret på et møde mellem VIA Horsens og GEUS d. 13. maj med det formål i fællesskab at finde et omfang af supplerende undersøgelser, som kan bidrage med mest mulig information til den geologiske modellering.



Figur 11: Oversigt over VCSs nye boringer (markeret med sort) samt forslag til analyser (røde kasser). Fra VIA Horsens oplæg af d. 17. maj.

VIA Horsens' forslag til fingrusanalyser af prøver fra eksisterende boringer omfatter 30 analyser ("screening"; få prøver pr. boring) fra 5 boringer (figur 11). Omkostningerne her til andrager 60.000 kr. ekskl. moms svarende til 2.000 kr. pr. prøve. Ifølge VIA Horsens er dette udelukkende laboratorieudgifter; VIA bidrager selv med timer til tolkningsarbejdet.

For at drage nytte af det allerede udførte arbejde mod syd (grønne boringer på figur 11) vurderes det som en oplagt mulighed, at udvide korrelationen baseret på fingrusanalyser længere nordover. VCS har allerede fremsendt prøver fra en række nye boringer – herunder tre dybe boringer i den øst-vest gående dal vest for Odense (sorte prikker på figur 11). VIA Horsens' forslag til fingrusanalyser omfatter således de boringer, som er markeret med rød kasse på figur 11. Herudover foreslås det, at der udføres 1 alternativt 2 boringer i fokusområdet for Odense Vest-modelleringen.

Samlet set giver dette 3 alternativer:

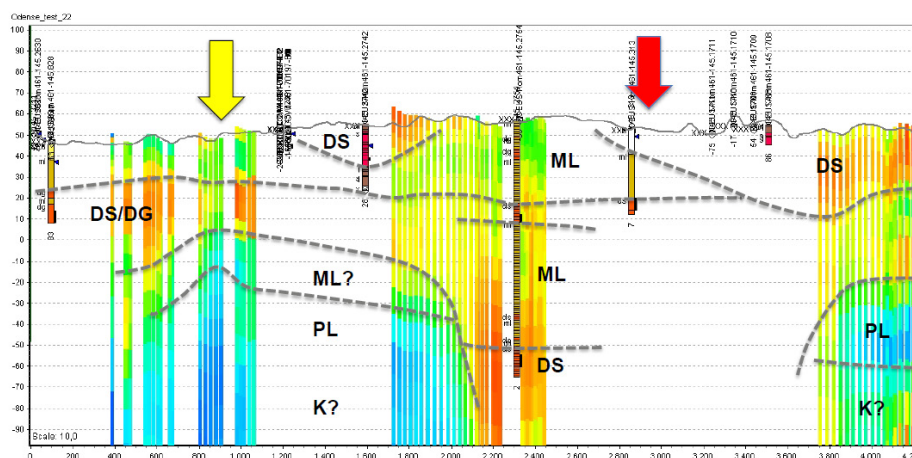
Alternativ 1: Dyb boring i dal kombineret med fingrusanalyser

- 1 lufthæveboring til prækvartæroverfladen (ca. 110 m dyb). Se forslag til placering på figur 12 og 13; **rød pil**. Boringen vil ligge i kanten af den øvre dal og centralt i den ene af de dybe dale. Det forventes at den dybe dals bund ligger omtrent i kote -60 m, hvor kalken forventes at ligge. Det er dog usikkert om der er tale om erosion dybere i kalken. I givet fald vil det betyde, at de 110 boremeter kan overskrides.
- Udførelse af borehulslogging (VCS; Dual induction, gamma)
- Sløjfning med bentonit
- Udførelse af fingrusanalyser på prøver fra ny boring
- Fingrusanalyser på eksisterende boringer (se VIA Horsens' oplæg)

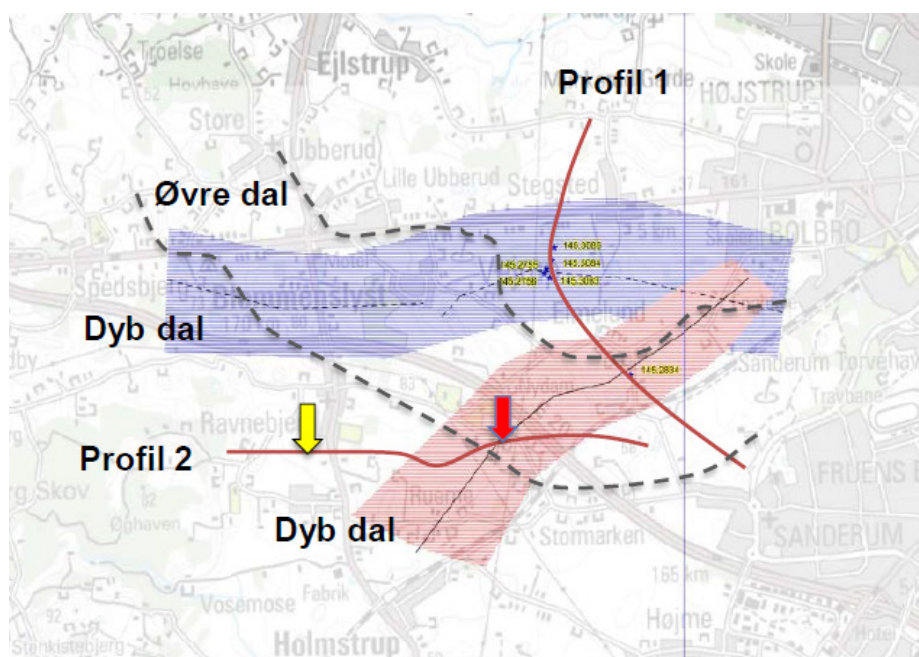
Alternativ 2: Kort boring udenfor dal kombineret med fingrusanalyser

- 1 lufthæveboring til prækvartæroverfladen (ca. 60 m dyb). Se forslag til placering på figur 12 og 13; **gul pil**. Boringen vil ligge udenfor alle tre dale i området, hvorved oplysninger om den ældste del af den kvartære lagserie kan pånås. Det forventes ud fra SkyTEM-data, at prækvartæret rammes i ca. kote -10 m (palæogent ler). Dog kan der være tale om, at der findes moræneler med lav elektrisk modstand lige over det palæogene ler, hvilket kan betyde at toppen af det palæogene ler kan ligge lidt dybere.
- Udførelse af borehulslogging (VCS; Dual induction, gamma)
- Sløjfning med bentonit
- Udførelse af fingrusanalyser på prøver fra ny boring
- Fingrusanalyser på eksisterende boringer (se VIA Horsens' oplæg)

Alternativ 3: Udførelse af begge boringer



Figur 12: Profil 2 (se lokalisering på figur 13). Gul og rød pil angiver forslag til placering af nye boringer.



Figur 13: Lokalisering af Profil 2. Gul og rød pil angiver forslag til placering af nye boringer.

Anslået pris for Alternativ 1:

- Fingrusanalyser eks. boringer (30 stk): 60.000 kr.
- Fingrusanalyser ny boring (45 stk): 90.000 kr.
- Lufthæveboring til 110 m (1.500 kr./m): 165.000 kr.
- Borehulslogging (VCS): 5.000 kr.
- **I ALT: 320.000 kr.**

Anslået pris for Alternativ 2:

- Fingrusanalyser eks. boringer (30 analyser): 60.000 kr.
- Fingrusanalyser ny boring (45 analyser): 90.000 kr.
- Lufthæveboring til 60 m (1.500 kr./m): 90.000 kr.
- Borehulslogging (VCS): 5.000 kr.
- **I ALT:** **245.000 kr.**


Anslået pris for Alternativ 3:

- Fingrusanalyser eks. boringer (30 analyser): 60.000 kr.
- Fingrusanalyser ny boring (45 analyser): 90.000 kr.
- Lufthæveboring til 60 m (1.500 kr./m): 90.000 kr.
- Lufthæveboring til 110 m (1.500 kr./m): 165.000 kr.
- Borehulslogging (VCS): 10.000 kr.
- **I ALT:** **415.000 kr.**

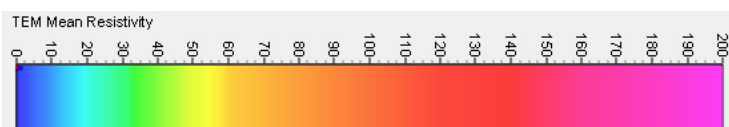
Anslåede priser er ekskl. Moms.

VIA Horsens bemærker, at der uanset om der laves en eller to nye boringer vil der i alt være behov for i størrelsesordenen 75 fingrusanalyser for at opnå sikkerhed i tolkningerne. Fingrusanalyserne for de eksisterende boringer ”screenes”, hvilket vil sige, at der kun udvælges et begrænset antal prøver til analyse. I modsætning til nye boringer, hvor prøvetætheden vil være større. Hvis der vælges en kort boring, vil de ”resterende” analyser fordeles på de eksisterende boringer.

Priserne for borearbejdet er anslået af VCS for lufthæveboringer (9”), der udføres med normal prøvetagning, men uden filtersætning og med efterfølgende afpropning med bentonit. Udgifter til udarbejdelse af eventuelt boreudbud samt tilsyn ved borearbejdet er ikke inkluderet.

 Logbog	
Projekt:	Odense Vest: Fælles grundvand – fælles ansvar
Aktivitet:	RGM – Rumlig geologisk model
Delaktivitet:	RGM 3 – Vurderinger af data og geologi langs SkyTEM-profiler (udvalgte flyvelinjer)

NB: Alle geofysiske data er vist med samme resistivitetsskala (TEM-skala; se herunder), uanset forskellene i metoderne. Valget af farveskala er beskrevet nærmere andetsteds.



Når der i teksten henvises til specifik datatype, peges der på data med farvede pile:

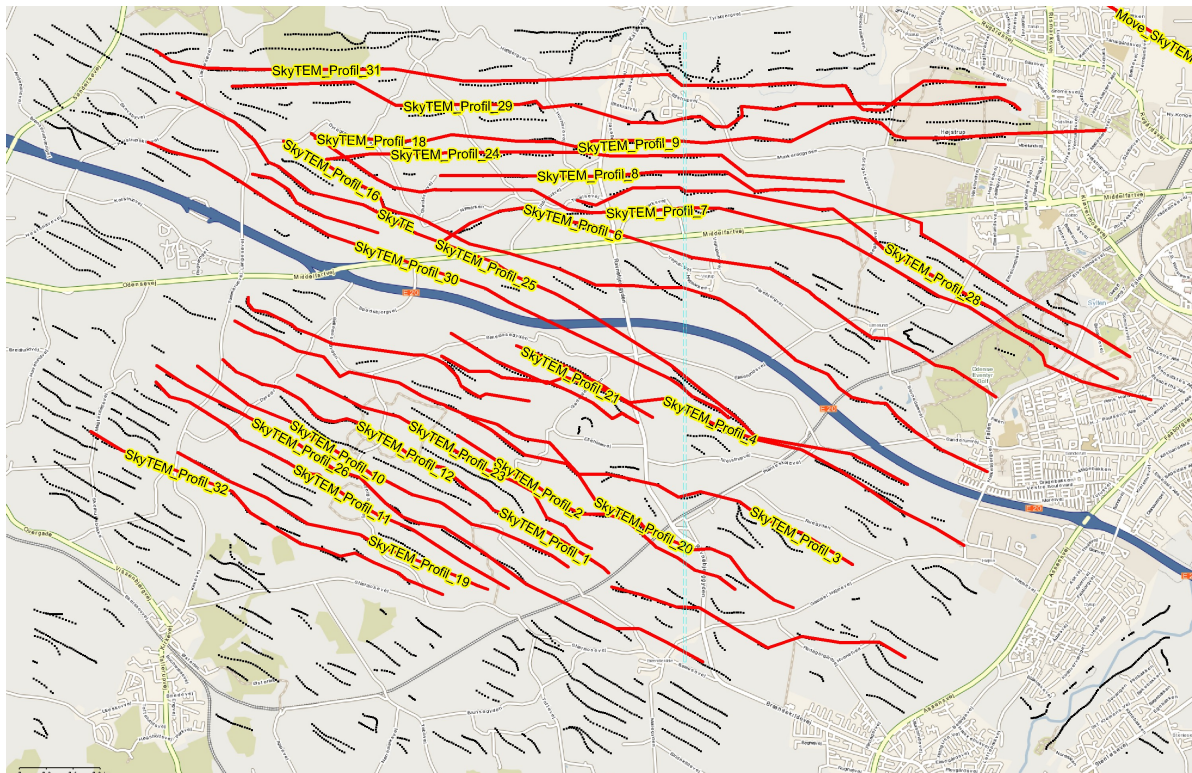
sort pil = MEP-data

lilla pil = TEM/SkyTEM-data

grå pil = TEM40-data

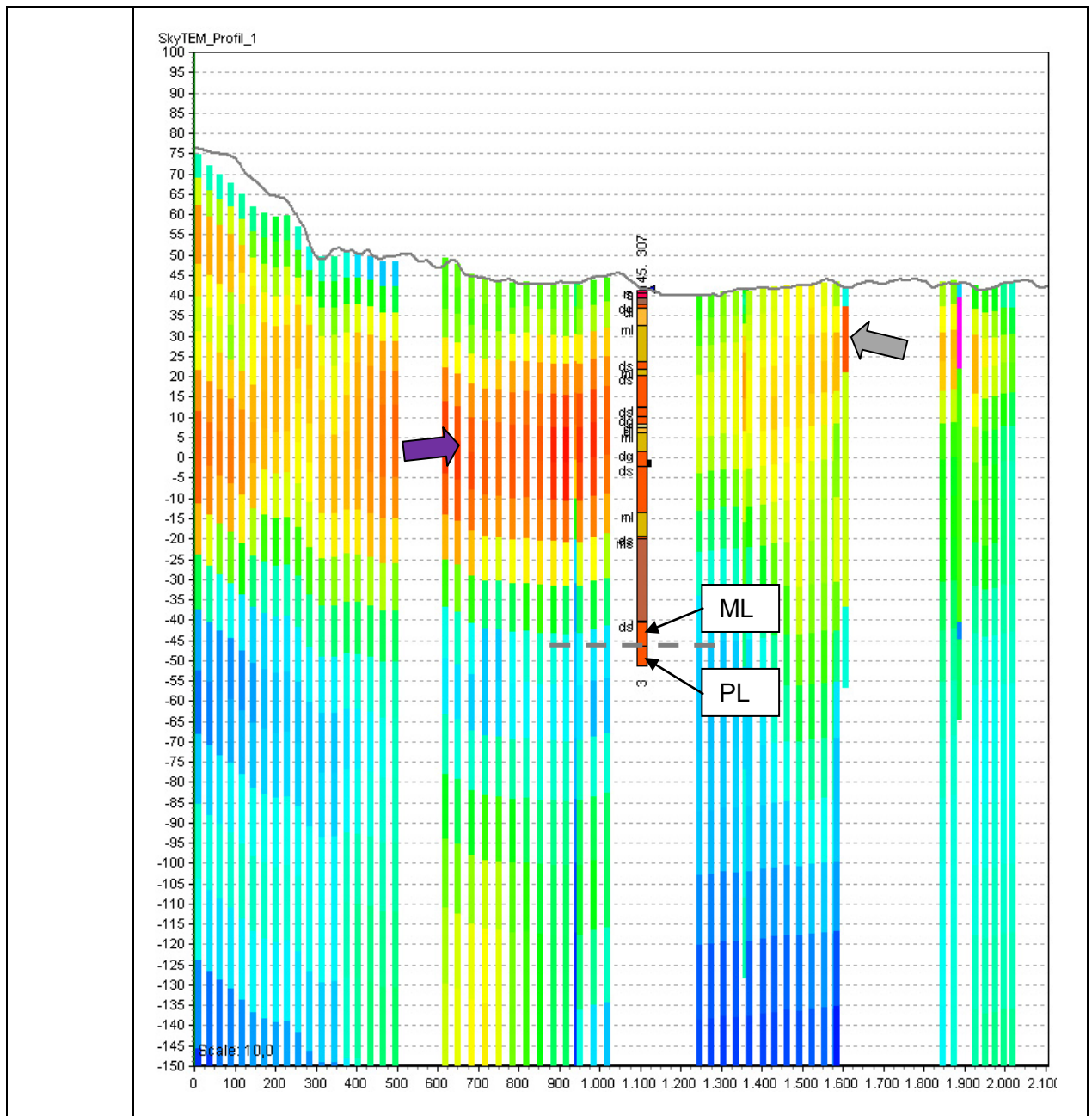
brun pil = Schlumberger-data.

Alle profiler er vist i skala 1:10



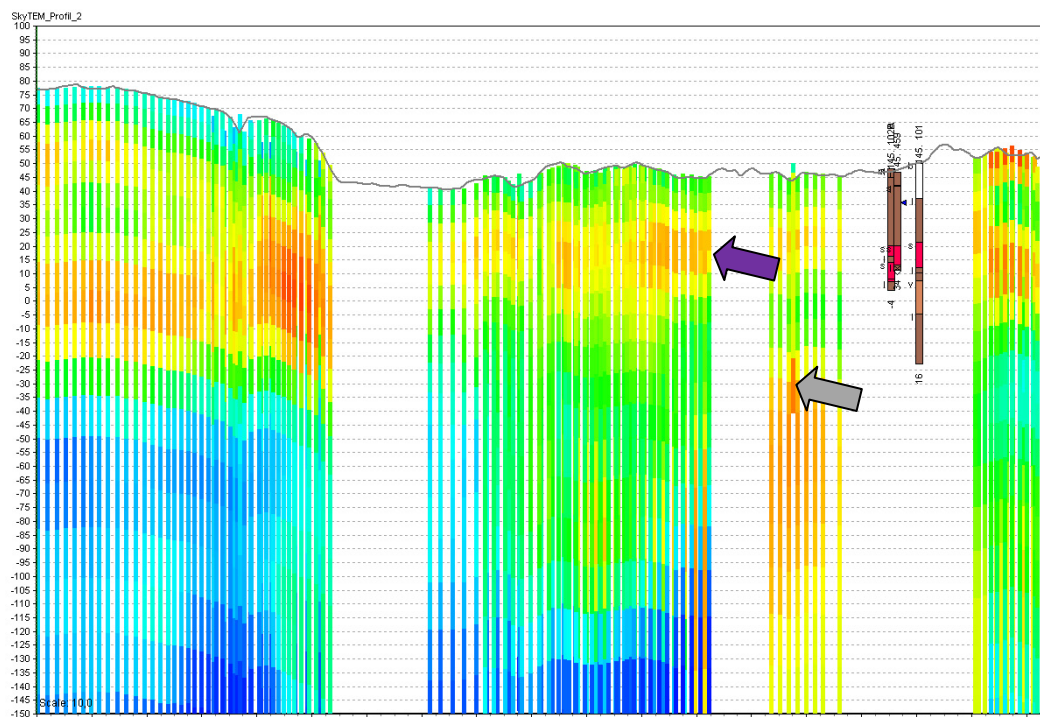
Oversigtskort over SkyTEM-profiler

Dato:	SkyTEM_Profil_1	Udfyldt af:	PSA
25.07.16 /22.09.16	<p>Datavurderinger: Boring DGU nr. 145.307 (U178) viser en lagserie, som umiddelbart passer godt overens med Sky-TEM-data - specielt i profilets venstre halvdel. Intervallet mellem ca. +25 og -20 m viser sandede aflejringer, som modsvares af høje modstande. Ovenover haves moræneler, hvilket passer godt med de lave modstande og under sandet haves igen ler, som i boringen beskrives som "Ler, lyst, sandet". Dette ler tolkes i Jupiter som morænesand, men sandsynligvis er der tale om smeltevandsler. Intervallet passer fint med de lave modstande under sandet. I de nederste ca. 10 m af boringen er der ifølge brøndboreren boret gennem først "Ler, sandet og stenet" og herunder "Skiferler – ikke vandf." (palæogent ler). Disse lag er dog repræsenteret ved to prøver, som af DGU er beskrevet som finsand. Der er her sandsynligvis tale om dårlig prøve kvalitet, og at brøndborerens beskrivelse af moræneler og palæogent ler er mere korrekt. Dette bekræftes af de gradvist lavere modstande i dybere niveauer.</p> <p>I profilets højre halvdel ses en mere uregelmæssig geologi og højmodstandslaget splittes tilsyneladende op. Ligeledes ses der i modsætning til profilets venstre halvdel moderat høje modstande helt ned til kote -65 m. I den venstre del ses så til gengæld høje modstande under kote -85 m. Et mindre antal TEM40 sonderinger (fx ved den grå pil) viser i grove træk samme geologi som SkyTEM-data.</p> <p>Indledende geologisk tolkning: Lagserien til højre viser relativt høje modstande til stor dybde, hvilket tolkes som en begravet dalstruktur. Lagserien ovenover er forskellig fra lagserien til venstre, og det vurderes at en stor del af den dybe del af lagserien til højre udgør dalfyld og at lagserien derfor ikke er sammenhængende på tværs af profilet. Lagserien til venstre viser en kvartær lagserie, hvorunder der haves palæogene aflejringer med lav modstand og herunder kalk, stedvist med lave eller høje modstande, svarende til salt eller fersk porevand.</p>		



Dato:	SkyTEM_Profil_2	Udfyldt af:	PSA
25.07.16	<p>Datavurderinger:</p> <p>Der er overvejende SkyTEM-data på profilet og kun få, korte borer. Sandet i borerne er max. 10 meter tykt, mens SkyTEM-data synes at overestimere sandets tykkelse (lilla pil). Til venstre på profilet ses en meget tykkere lagserie med overvejende højmodstandslag fra -20 m til +60 m; lagserien har dog et lag med lave modstande i toppen (10-15 m tykt). Under ca. kote -25 m ses lave modstande, men midt på profilet ses moderate modstande til mere end kote -100 m over ca. 1-1½ km. Lige til højre her for (ved grå pil) ses dog et tykt lag med høje modstande, som adskiller sig fra den resterende del af profilet. Få TEM-40 data (fx ved grå pil) viser omtrent samme lagserie som SkyTEM-data.</p> <p>Indledende geologisk tolkning:</p> <p>Profilet viser sandsynligvis en dalstruktur, som er nederoderet i det palæogene ler og muligvis et stykke ned i kalken. Dog kan vekslen mellem det salte og det ferske porevand i kalken gøre denne tolkning usikker. Forekomsten af højmodstandslag ved 2.800 m er sandsynligvis sand i den begræ-</p>		

vede dal. Dalens bredde er vanskelig at fastlægge præcist. Den øverste del af lagserien centralt og til venstre på profilet er sandsynligvis deformeret.



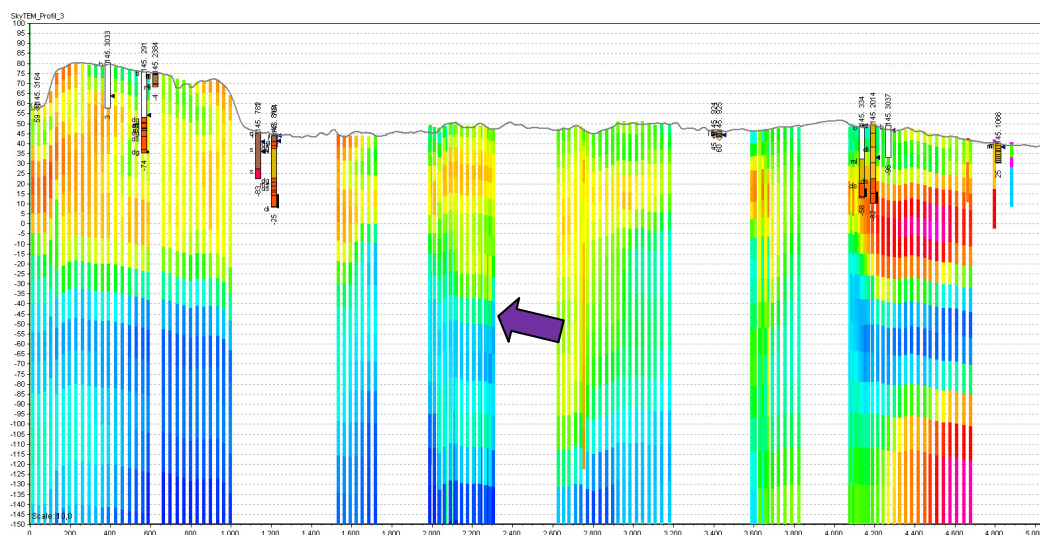
Dato:

SkyTEM_Profil_3

Udfyldt af:

PSA

26.07.16



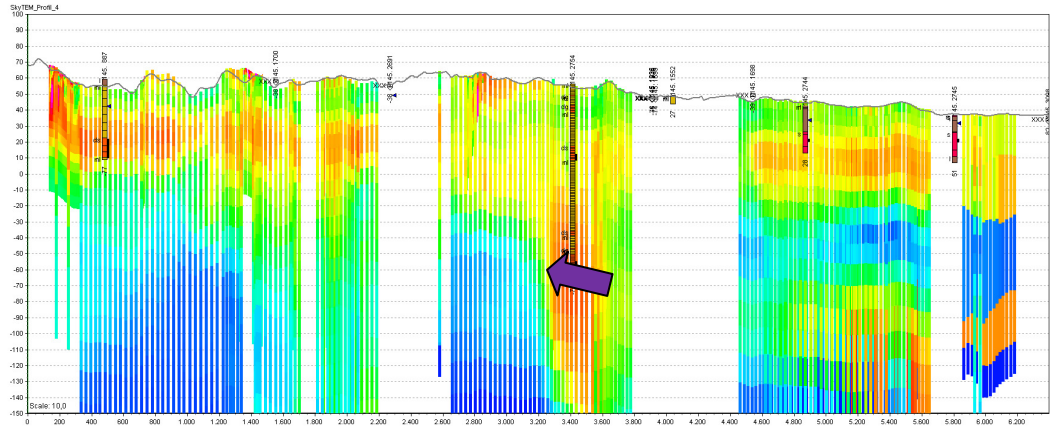
Datavurderinger:

Billedet er stort set som på det foregående profil; en dalstruktur omtrent i midten og nogenlunde ens lagserier udenom, på trods af at lagserien til højre på profilet ser meget anderledes ud end til venstre. Bakkedraget til venstre er uregelmæssigt; øverst i bakken ses dog lavmodstandslag og højmodstandslag langs flankerne.

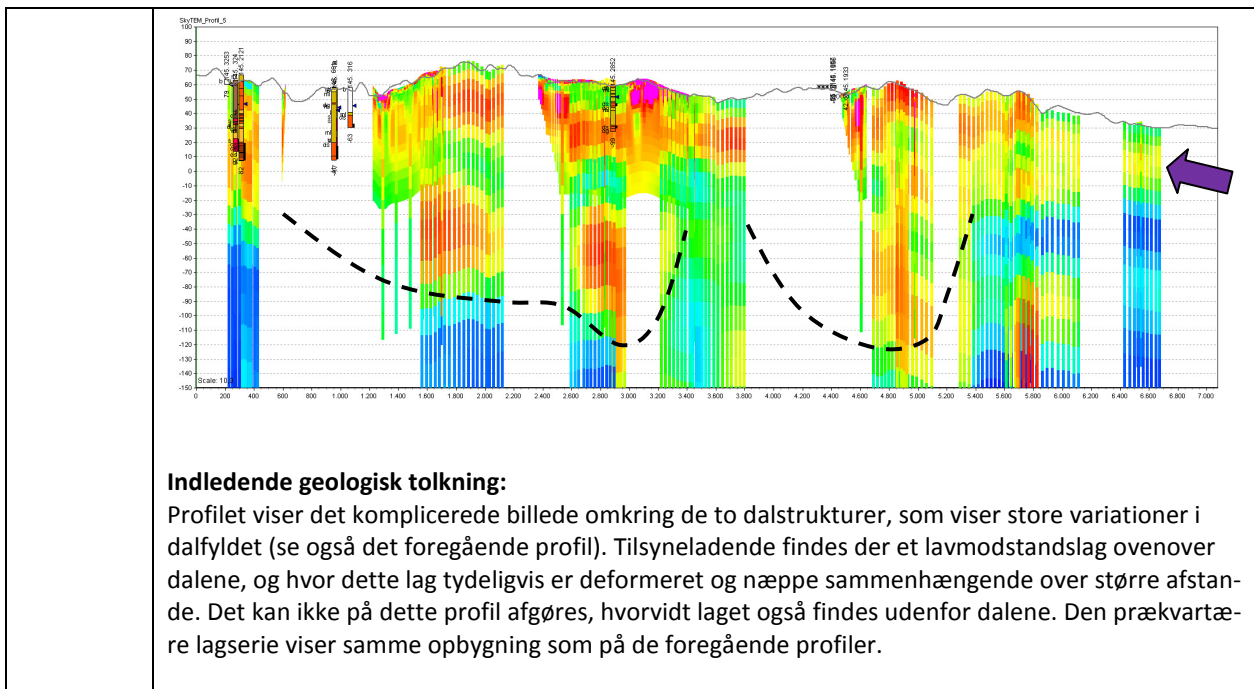
Indledende geologisk tolkning:

Det lav-resistive palæogene ler og kalken nedenunder står tydeligt frem til højre på profilet, fordi kalken har fersk porevand. Til venstre har kalken salt porevand, hvilket gør at kalken er sværere at erkende. Dog ses svagt højere modstande fra ca. kote -85 og ned, hvilket tilskrives mindre salt porevand. Den lille pil viser flanken af dalen, hvor det palæogene ler står ganske skarpt i SkyTEM-data.

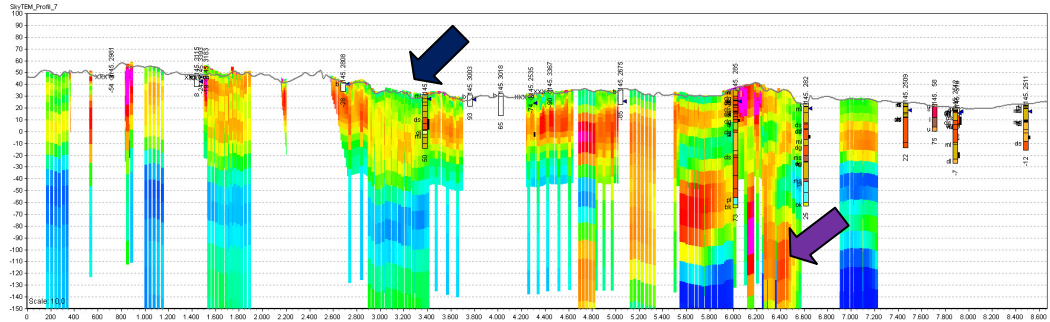
Lagserien under bakken ser ud fra SkyTEM ud til at være deformeret i dybden, men rimeligt regelmæssig i toppen. Der er her tale om issøflejringer, som i kernen består af ler og stedvist langs flankerne består af sand. Den deformede kerne i bakken kunne pege på, at issøen er dannet på et deformeret underlag. Den øvre del af lagserien er deformeret i det meste af profilets længde.

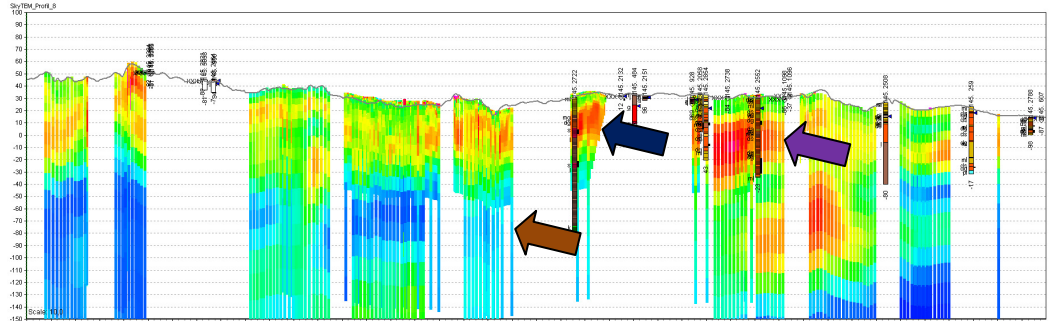
Dato:	SkyTEM_Profil_4	Udfyldt af:	PSA
15.08.16	 <p>Datavurderinger: Profilet ligner i grove træk det foregående profil. Dalen står skarpt i SkyTEM-data (lilla pil). Dalgeologien viser i boring DGU nr. 145.2754 overvejende lerede lag, mens SkyTEM-data viser overvejende høje modstande. Den lerede lagserie støttes af borehulsloggen (induktion). SkyTEM-data viser dog, at der er store variationer i modstandsfordelingen i dybden tæt ved boringen, og det forventes, at uoverensstemmelsen, som ses ved boringen på profilet netop skyldes store variationer over korte afstande; tilsyneladende er der tale om smalle, sandede nedskæringer indenfor dalstrøget.</p> <p>Det øvre højresistive lag til venstre på profilet er uregelmæssigt, og mellem 1.600 og 2.000 m ser det ud til at det palæogene ler er tyndt, sådan at forsk porevand kan trænge ned til stor dybde (moderat høje modstande). Boring DGU nr. 145.887 til venstre viser en sandtykkelse, som ikke korresponderer med tykkelsen af højmodstandslaget i lagseriens øvre del. Måske er morænelerets nedre del højresistivt?</p> <p>Den nye boring DGU nr. 145.3487 er beliggende ved ca. 2.100 m på profilet.</p> <p>Indledende geologisk tolkning: Stort set som det foregående profil. Profilet viser heterogeniteten af dalfyldet.</p>		

Dato:	SkyTEM_Profil_5	Udfyldt af:	PSA
26.07.16	<p>Datavurderinger: Profilet er præget af to dybe dalstrukturer, som er vist med stiplede streg. MEP og SkyTEM-data viser i store træk samme lagfølge i den øvre del af lagserien. Begge datasæt viser tegn på deformationer, hvilket står i kontrast til den øvre del af lagserien udenfor dalene (se lilla pil). Midt mellem de to dalstrukturer ses lave/moderat lave modstande under kote 0.</p>		



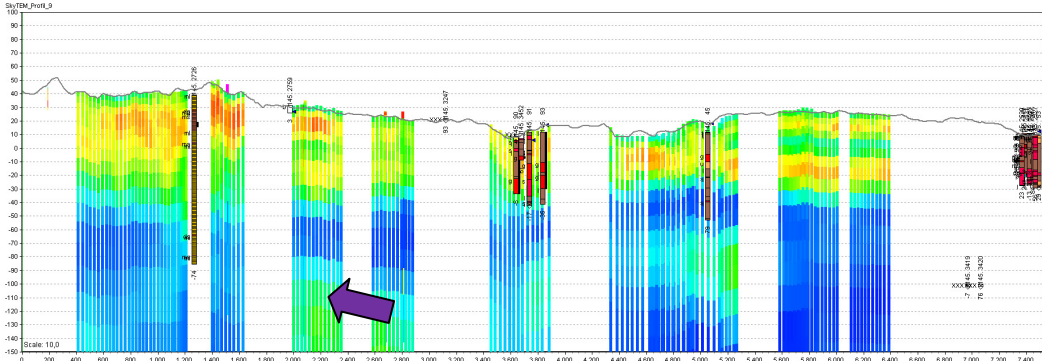
Dato:	SkyTEM_Profil_6	Udfyldt af:	PSA
26.07.16	<p>Datavurderinger: Den palæogene lagserie vurderes at være som på de øvrige profiler; toppen af det palæogene ler ligger ca. i kote -30 m, men enkelte steder sandsynligvis højere endnu (fx ved 4.400 m; kote -10 m). Der ses antydningen af to begravede dalstrukturer, som dog fremstår meget uregelmæssige og dårligt afgrænsede i SkyTEM-data. Bedst afgrænset er dalen til højre på profilet, hvor boring DGU nr. 145. 2834 står tæt på dalflanken. Her ses under kote -20 m stor kontrast i SkyTEM-data mellem dalfyld (høje modstande) og omgivelserne (lave modstande). Boringen viser overvejende ler i de dybe dele, mens SkyTEM viser høje modstande. De lave modstande svarer til DL/ML i boringen og det ser ud til, at dette lag ikke findes til højre, udenfor dalen. Indenfor dalen fremstår leret som deformeret. Dalen, som ligger centralt på profilet viser høje modstande til stor dybde, hvilket peger på dyb erosion og nedtrængning af fersk porevand. Længst til højre ses en overvejende højresistiv lagserie ovenover den palæogene lagserie kendetegnet ved lave modstande. Den øvre del af den kvartære lagserie i profilet venstre halvdel fremstår som overvejende sandet. Den øvre del af den kvartære lagserie fremstår tilsyneladende deformeret i stort set hele profilet.</p> <p>Indledende geologisk tolkning: Profilet viser tegn på to begravede dale, og tegn på en kraftigt deformeret kvartær lagserie ovenover. Fastlæggelsen af dalenes flanker er vanskelig på grund af lagseriens kompleksitet og spredte data.</p>		


Dato:	SkyTEM_Profil_7	Udfyldt af:	PSA
26.07.16	<p>Datavurderinger:</p> <p>Høje modstande på stor dybde modsvarer fersk porevand i kalken (ved lilla pil), hvilket underbygges af borerne DGU nr. 145.282 og 145.285. De to borer viser forskellene i lagserien henholdsvis udenfor og indenfor den begravede dal. Boring DGU 145.285 (til venstre for den lilla pil) viser et ca. 35 m tykt sandlag lige over den palæogene lagserie, hvilket svarer ganske godt overens med SkyTEM, som viser høje modstande. Dog viser brøndborens beskrivelse, at de nederste ca. 20 meter er boret i hård og stenet ler – dvs. en hård moræneler. Det ser her ud til, at den jordprøve, der er kommet ud af det består af sand på grund af at leret er skyllet ud i boreprocessen. Prøven repræsenterer derfor ikke det oprindelige lags egenskaber. Den hårde morænelers elektriske modstand kan meget vel være højere end man normalt ville forvente for moræneler. Sandet ovenover morænen er ifølge brøndborens ”klægsand og ler”, men fremstår i de digitale Jupiterdata som ”sand”. I samme boring ses højere oppe et lag af smeltevandsler, som ses tydeligt i SkyTEM-data til venstre for boringen. Dette ler ser ud til kun at findes i selve dalen, da det ikke findes i boring DGU nr. 145.282 lige udenfor dalen.</p> <p>Ved den sorte pil ses god overensstemmelse mellem SkyTEM og MEP, og der ses tegn på deformation af lagseriens øvre dele.</p>  <p>Indledende geologisk tolkning:</p> <p>Geologien er stort set som på de foregående profiler; dog ses der tegn på, at der findes et ca. 25 m tykt lag af smeltevandsler, som tilsyneladende er afgrænset til dalen. Dalen er velafgrænset på profilet, men fylkets karakter er vanskelig at udrede. For eksempel kan det ikke afgøres, om den hårde moræneler i DGU nr. 145.285 er dalfyldt eller ej.</p>		

Dato:	SkyTEM_Profil_8	Udfyldt af:	PSA
26.07.16	 <p>Datavurderinger:</p> <p>Schlumberger-data (brun pil) og TEM40-data passer godt overens med SkyTEM-data. MEP data ligeså (sort pil). Ved den lilla pil ses der god overensstemmelse mellem de geofysiske data og bore-data; de sandede intervaller modsvarer af høje elektriske modstande.</p>		

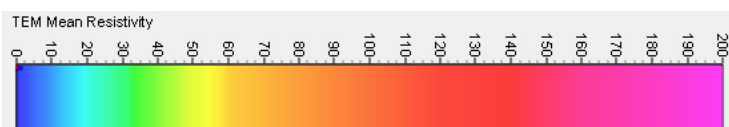
Indledende geologisk tolkning:

Det samlede billede er en tilsyneladende stedvist deformeret kvartær lagserie i de øverste ca. 50 m, hvor sandlagene ikke forventes at have sammenhæng over større afstande. Den palæogene lagserie, som den er beskrevet på de foregående profiler, ses langs hele profilet på nær til højre, hvor der ses høje modstande til stor dybde. Her er der tale om kvartær erosion ned i den palæogene lagserie, men ud fra data på profilet kan det ikke afgøres, hvor dyb denne dalerosion er. I hvert tilfælde er det palæogene ler delvist eller helt borteroderet, således at fersk grundvand kan trænge ned i den underliggende kalk.

Dato:	SkyTEM_Profil_9	Udfyldt af:	PSA
26.07.16	 <p>Datavurderinger: Schlumberger-data og TEM40-data viser generelt god overensstemmelse med SkyTEM-data. Den prækvartære lagserie viser en forventelig fremtoning i SkyTEM-data, med et tykt palæogent lerlag med lave modstande og herunder lave til moderate modstande (se lilla pil) – afhængig af saliniteten af porevandet. Den kvartære lagserie ser rimeligt regelmæssig ud, og der synes at være en opsplitning i to sandlag i dele af profilet. Dette bekræftes delvist af borerne helt til højre på profilet, men borerne ligger her et stykke fra SkyTEM-data.</p> <p>Indledende geologisk tolkning: Geologien på profilet er tydeligvis ikke præget af dal-erosioner, og lagserien ser relativt udeformeret ud. Til venstre er højmodstandslagene tykke, hvilket kun delvist bekræftes af boring DGU nr. 145.2726, som viser dominans af ler. Det er muligt at moræneleret er så sandet, at den elektriske modstand er højere end forventet.</p>		

 Logbog	
Projekt:	Odense Vest: Fælles grundvand – fælles ansvar
Aktivitet:	RGM – Rumlig geologisk model
Delaktivitet:	RGM 3 – Vurderinger af data og geologi langs RS-profiler ("MEP-profiler")

NB: Alle geofysiske data er vist med samme resistivitetsskala (TEM-skala; se herunder), uanset forskellene i metoderne. Valget af farveskala er beskrevet nærmere andetsteds.



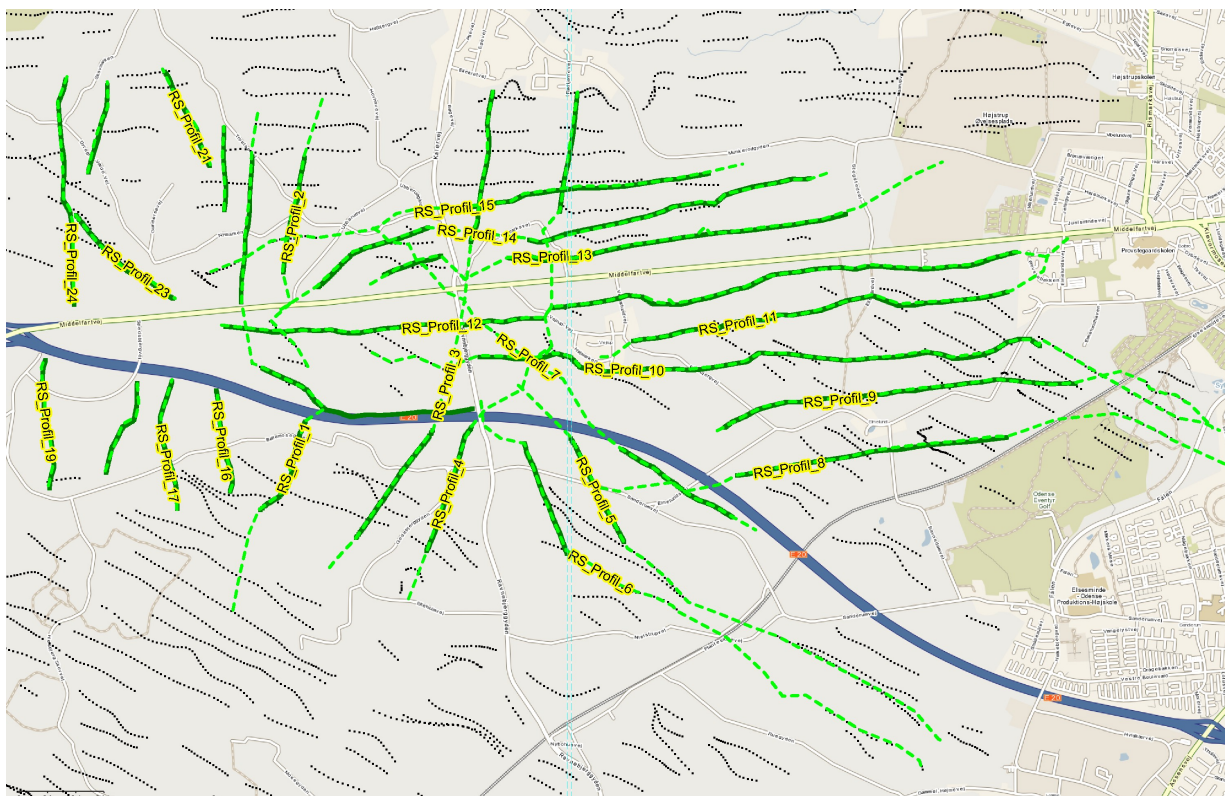
Når der i teksten henvises til specifik datatype, peges der på data med farvede pile:

sort pil = MEP-data

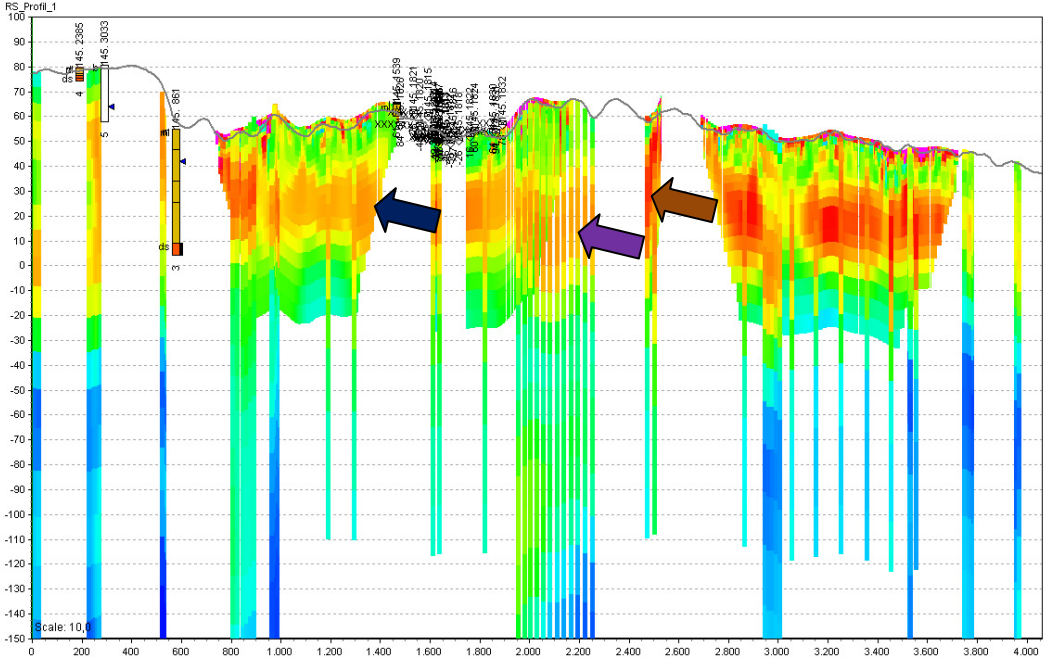
lilla pil = TEM/SkyTEM-data

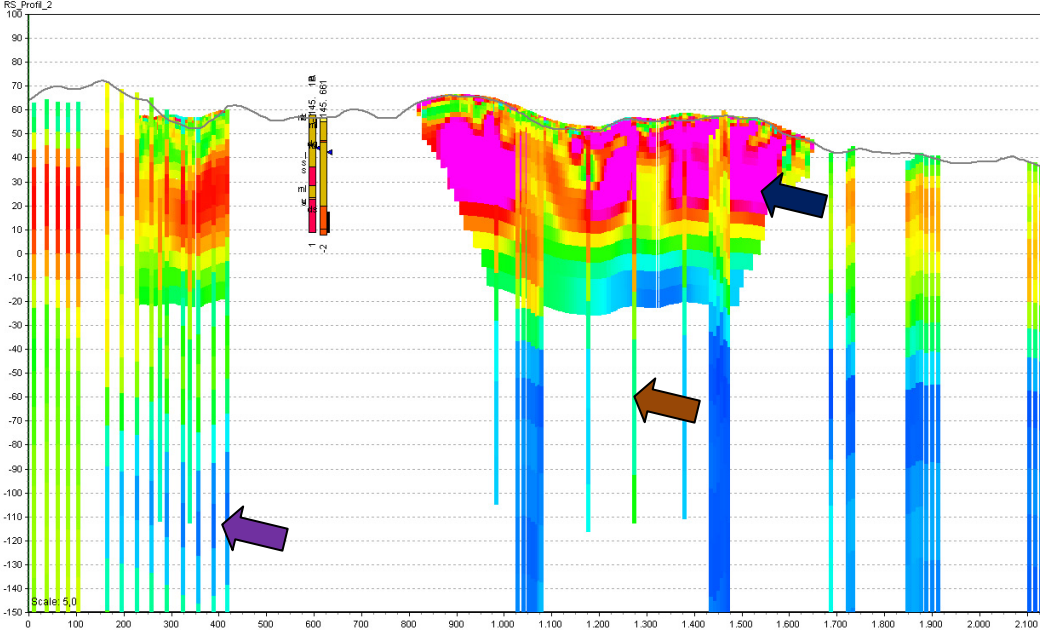
grå pil = TEM40-data

brun pil = Schlumbergerdata.

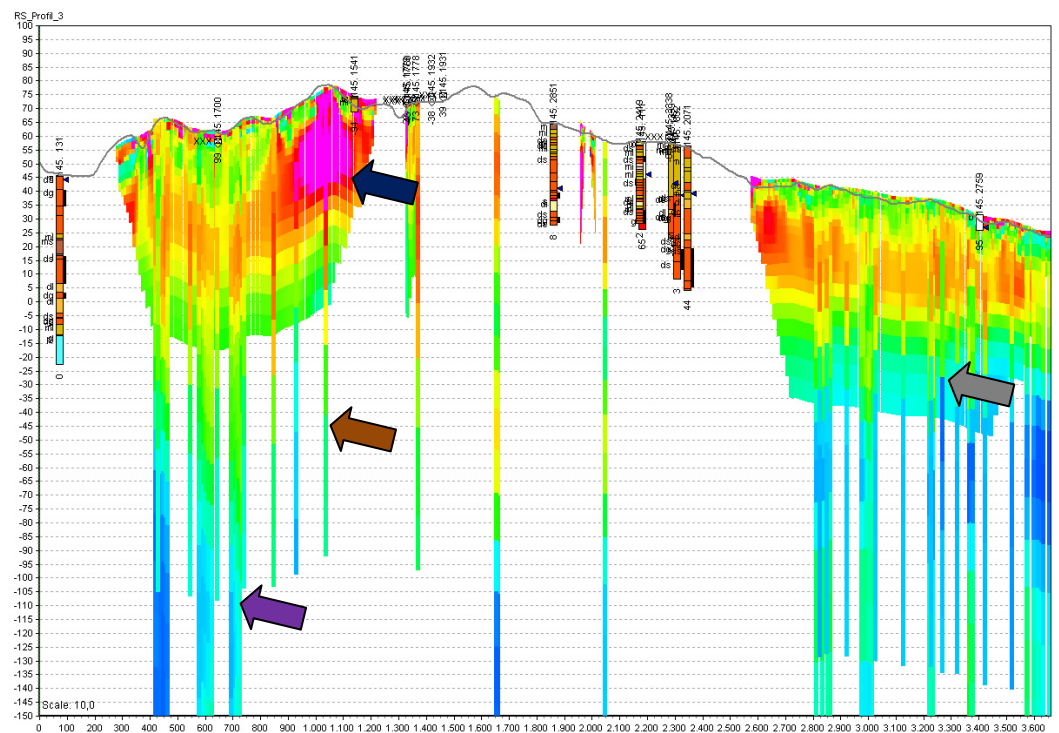


GS3D-profiler (stiplede lysegrønne linjer) langs MEP-linjer (mørkegrønne linjer). SkyTEM-data er vist med sorte prikker.

Dato:	RS_profil 1	Udfyldt af:	PSA
22.07.16	 <p>Datavurderinger: MEP-data (sort pil) viser tilstedeværelse af et højmodstandslag ca. mellem kote +10 og +40 m; herover haves lavere modstande. Dette ses også i TEM-data (lilla pil) og i Schlumberger-data (brun pil), men der er stedvist forskelle i kotefastlæggelsen (fx ved afstand 3.000 m). Boringen DGU nr. 145.861 til venstre viser dog dominans af moræneler i niveauet med de høje modstande. Boringens prøvebeskrivelse er pålidelig, men boringen er placeret ved en topografisk skrænt, som kan betyde skift i geologi. Der ses lave modstande i de dybe dele i TEM-data med overkant mellem kote -30 til -40 m. Midt på profilet ses dog højere modstande ned til ca. kote -120 m. MEP-data opløser ikke lagserien under kote 0, og toppen af laget med lav modstand ligger her noget højere end i TEM-data. De lave modstande nederst i MEP-data antyder tilstedeværelsen af et lerlag, men kotebestemmelsen af lagets top er ikke god; her skal i stedet anvendes TEM-data.</p> <p>Indledende geologisk tolkning: De lave modstande i dybden består sandsynligvis af palæogent ler, og de moderat/høje lag ovenover er kvartært sand og ler. Hvorvidt de høje modstande udgør et reelt sandlag eller udgør en moræneler med høj modstand kan ikke afgøres fra profilet alene. De moderat høje modstande midt på profilet udgør sandsynligvis fyld i en begravet dal.</p>		

Dato:	RS_profil 2	Udfyldt af:	PSA
22.07.16	 <p data-bbox="456 992 651 1021">Datavurderinger:</p> <p data-bbox="456 1025 1517 1249">Profilen ligger tæt på RS_profil_1 og i MEP-data ses et irregulært, men ganske tykt højmodstandslag, som er dækket af et tyndt og uregelmæssigt lavmodstandslag. Som på RS_profil_1 er der ikke god overensstemmelse med borerne. Som for RS_profil_1 vurderes lavmodstandslagene i dybden at være bedst bestemt med TEM-data. Schlumberger-sonderingerne viser en modstandsfordeling, som i grove træk svarer TEM-data. Det tynde, dækkende lavmodstandslag bekræftes af alle datasæt. Til venstre på profilet ligger lavmodstandslagene dybere; på dette sted ses der i TEM en lagserie med moderate modstande.</p> <p data-bbox="456 1283 799 1312">Indledende geologisk tolkning:</p> <p data-bbox="456 1317 1517 1411">Lagserie som beskrevet for RS_profil_1; dalstrukturen ses til venstre. Lavmodstandslaget i toppen tolkes som ler, hvilket borerne bekræfter. Hvorvidt højmodstandslaget herunder udgøres af sand/grus eller moræneler med høj modstand, kan ikke afgøres ud fra data på profilet.</p>		

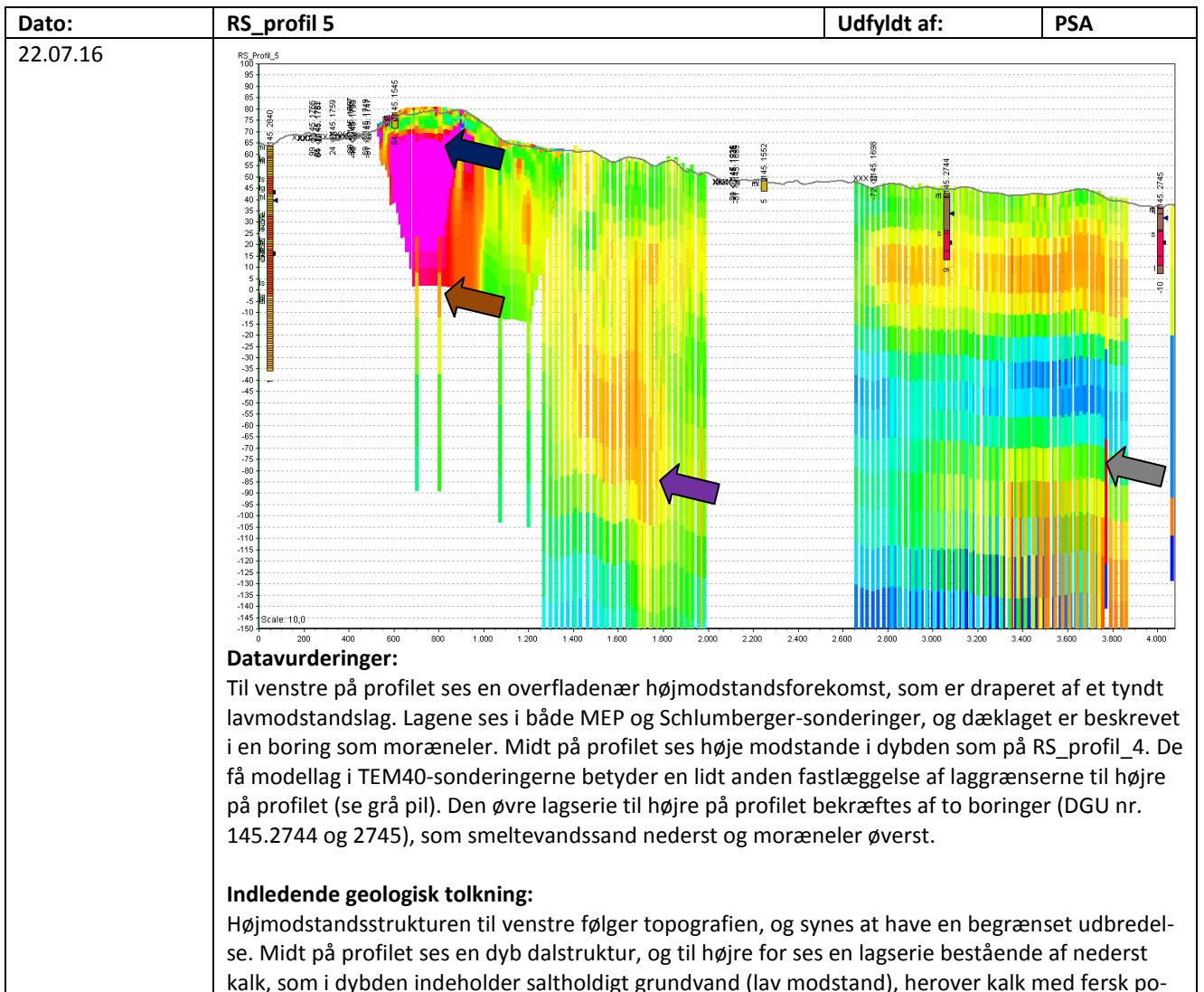
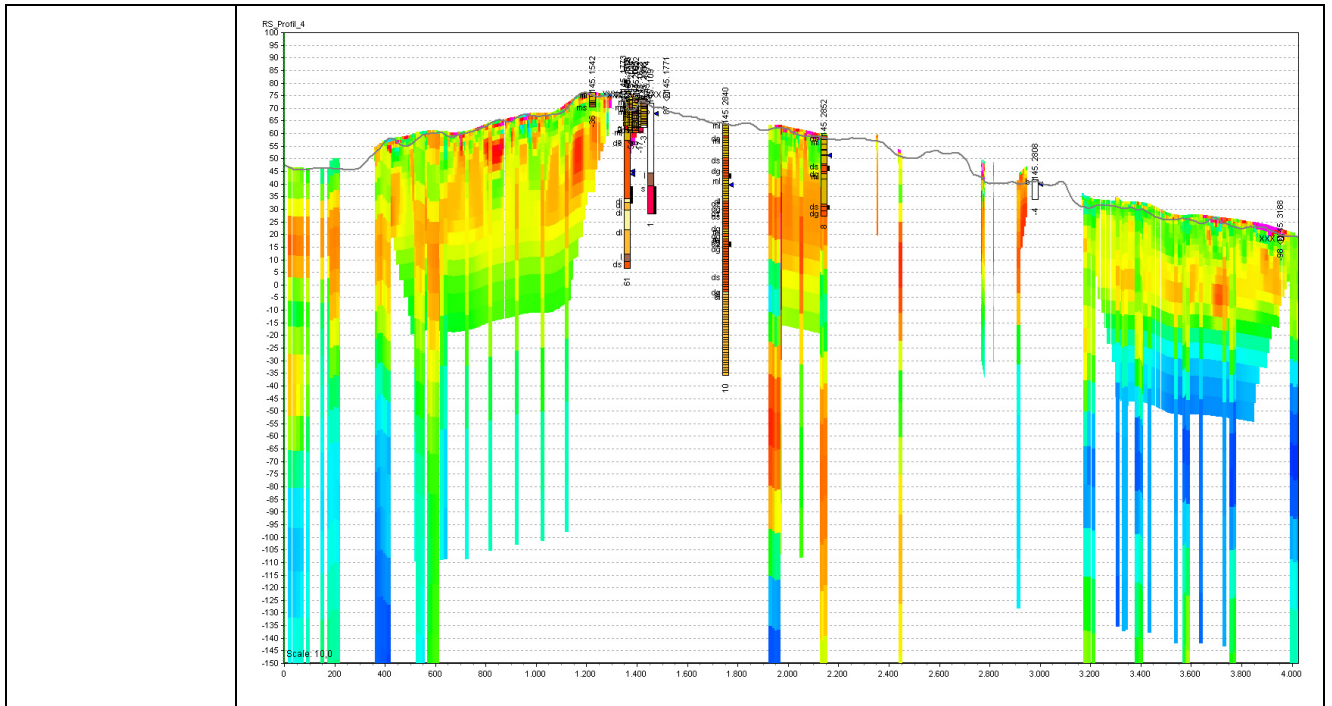
Dato:	RS_profil 3	Udfyldt af:	PSA
22.07.16	<p data-bbox="456 1520 651 1550">Datavurderinger:</p> <p data-bbox="456 1554 1517 1778">Overvejende samme resistivitetsbillede som på profilerne 1 og 2. Schlumberger-sonderingerne viser omtrent samme variationer som SkyTEM-data, men en enkelt TEM40 sondering (grå pil) viser væsentligt lavere modstande end de øvrige datatyper. Igen viser MEP et højmodstandslag ca. mellem kote +10 og +40 m. En række borer få hundrede meter til venstre for på profilet viser overensstemmelse med dette billede; i boring DGU nr. 145.2071 haves en del sand, grus og sten mellem kote ca. +5 og +35 m. Herover haves ler med sten, som fint modsvarer lavmodstands-dæklaget.</p> <p data-bbox="456 1812 1517 1872">SkyTEM og Schumbergersonderinger viser lave modstande fra ca. kote -25 m, men hvor der centralt på profilet ses moderate modstande ned til ca. kote -100 m.</p>		



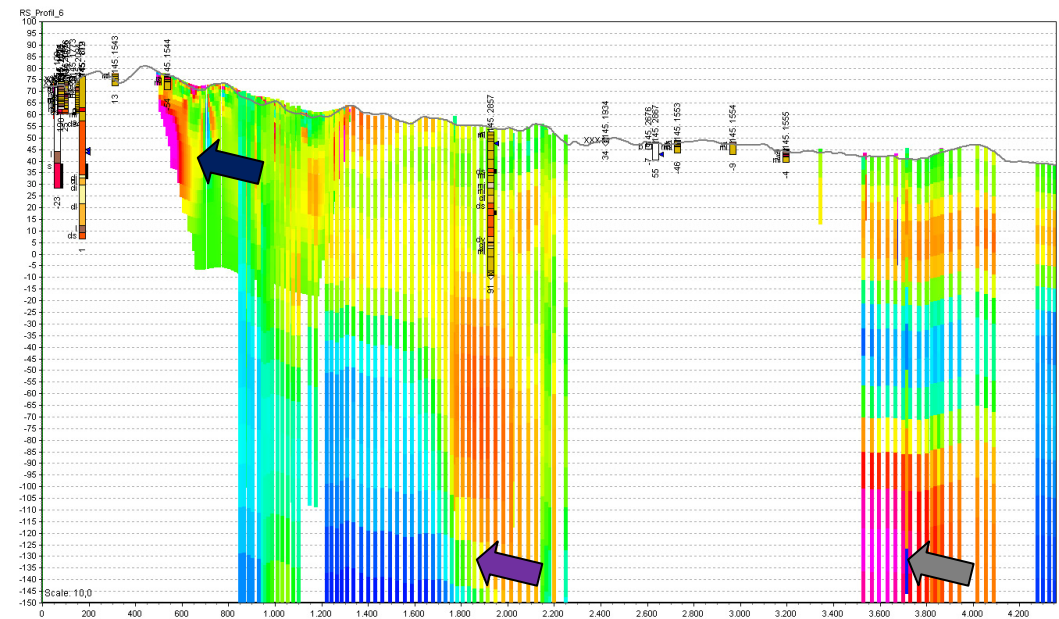
Indledende geologisk tolkning:

På dette profil synes de høje modstande i den øvre lagserie med baggrund i borerne at kunne tolkes som smeltevandssand og -grus og det overfladenære ler som moræneler. Boring DGU nr. 145.131 til venstre på profilet beskriver "Brunkulsler med haarde lag" (kote -12 m), hvilket peger på en tertiær alder; lagene er sandsynligvis den øverste del af den prækvartære lagserie, dog uden at udgøre egentligt brunkulsler i klassisk tertiær forstand. De moderate modstande midt på profilet udgør sandsynligvis kvartæret sandet og leret fyld i en dalerosion.

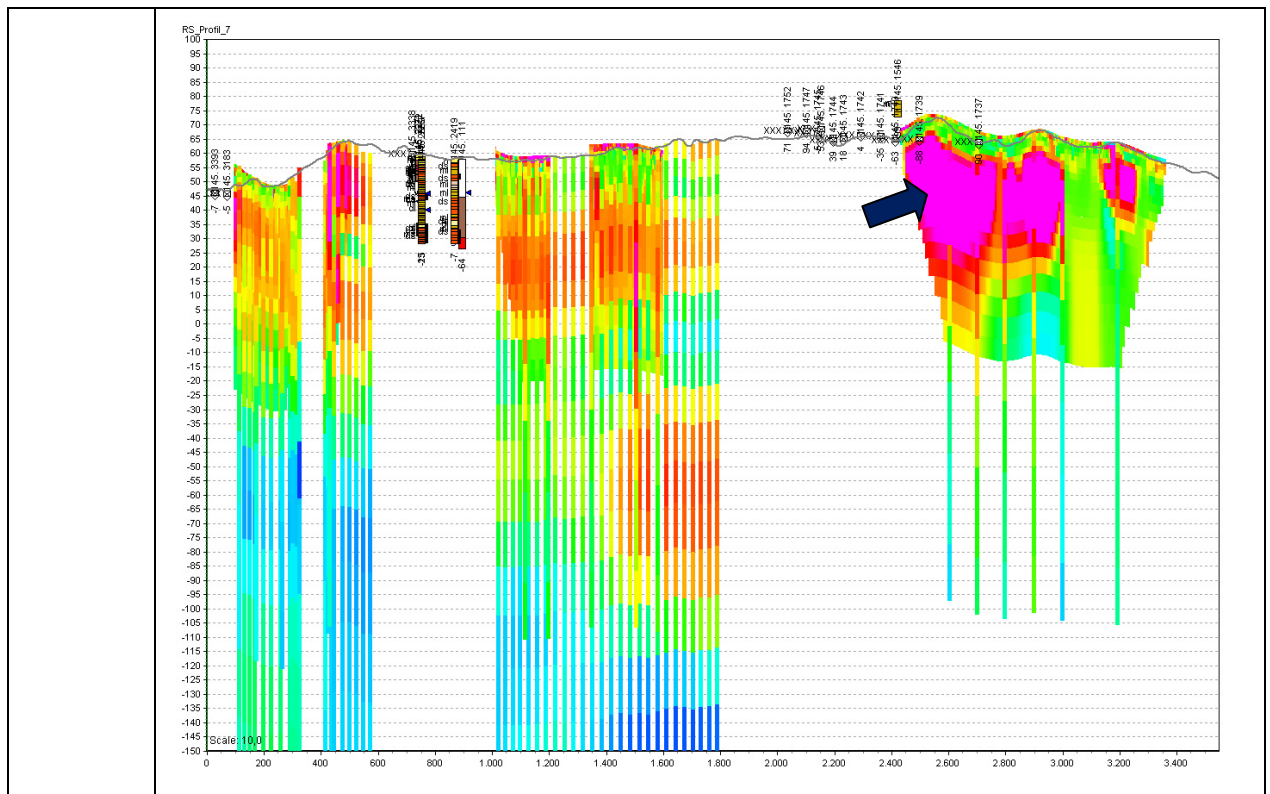
Dato:	RS_profil 4	Udfyldt af:	PSA
22.07.16	<p>Datavurderinger:</p> <p>Stort set samme vurderinger som for profilerne ovenfor. I SkyTEM-data ses høje modstande til stor dybde midt på profilet, hvilket står i kontrast til de omkringliggende lave modstande. Til højre på profilet ses lave modstande allerede i kote -25 m, men modstandene stiger atter i niveauer dybere end kote -100 m. I den øvre del af lagserien ses meget varierende tykkelser af høj- og lavmodstandslag.</p> <p>Indledende geologisk tolkning:</p> <p>Dalstrukturen med kvartæret sand/lerfyld er tydelig midt på profilet i kraft af de høje modstande. I samme niveauer ses udenom lave modstande, som udgør palæogent ler/mergel. Centralt i profilet og bekræftet af boring DGU nr. 145.2840 er et mindst 20 meter tykt lag af smeltevandsler. Dette ler ses i SkyTEM-data som et lavmodstandslag. Til højre på profilet ses i under kote -100 m højere modstande, hvilket tolkes at udgøre kalk med fersk porevand.</p>		



revand (moderat/høje modstande), herover (kote -65 til -25 m) palæogene lavmodstandslag, og endelig den to-delte kvartære lagserie ovenover med sand/grus og herover moræneler.

Dato:	RS_profil 6	Udfyldt af:	PSA
22.07.16	 <p>Datavurderinger: Profilet ligger tæt på RS_profil_5 og har derfor stor lighed hermed. Dalsiden mellem 1.700 og 2.000 er meget tydelig i SkyTEM-data</p> <p>Indledende geologisk tolkning: Se RS_profil_5.</p>		

Dato:	RS_profil 7	Udfyldt af:	PSA
22.07.16	<p>Datavurderinger: Lagserien er – jf. SkyTEM - opdelt i to dele: under og over kote -25 m. Under kote -25 m ses en højmodstandsstruktur centralt og hvor der kan ses lave modstande på hver side. Til venstre, i dybden, ses let forhøjede modstande. Over kote -25 m ses en overvejende højmodstandslagserie med et lavmodstandsdæklag af varierende tykkelse. Centralt på profilet og mellem kote +10 og -20 m ses et lavmodstandslag. Til højre ses en meget veldefineret højmodstandsstruktur, som også kunne se på RS_profil_5. MEP-data afgrænser bunden ca. i kote 0, hvor lave modstande også bekræftes af Schlumberger-sonderinger.</p> <p>Indledende geologisk tolkning: Som tidligere beskrevet; en centralt placeret dalstruktur, som i den øvre del har et 20 til 30 m tykt lavmodstandslag – sandsynligvis smeltevandssler/moræneler. Herover et udbredt, men irregulært sand/gruslag, og herover et dækkende morænelerslag. Den overfladenære højmodstandsstruktur til højre er tilsyneladende afgrænset nedadtil; det kan ikke på baggrund af data på profilet entydigt afgøres, om der er tale om en dalstruktur eller en is-oppresset ryg.</p>		



Dato: 22.07.16	RS_profil 8	Udfyldt af: PSA
--------------------------	--------------------	---------------------------

Datavurderinger:

SkyTEM-data – understøttet af Schlumberger-sonderinger - viser samme dybe lagpakke, som kunne ses på RS_profil_5 til 7. Højmodstandslag i dalstruktur ses i SkyTEM-data (lilla pil). Ovenover dette højmodstandslag ses et lavmodstandslag, som modsvares af moræneler/smeltevandsler i boring DGU nr. 145.2834, som muligvis er beliggende i kanten af dalstrukturen. Bredden af dalen er usikker på dette sted, da ferskvand i kalken under det palæogene ler modstandsmæssigt kan være svært at skelne fra de kvartære lag. Boringen passer generelt godt overens med såvel MEP-data som SkyTEM-data.

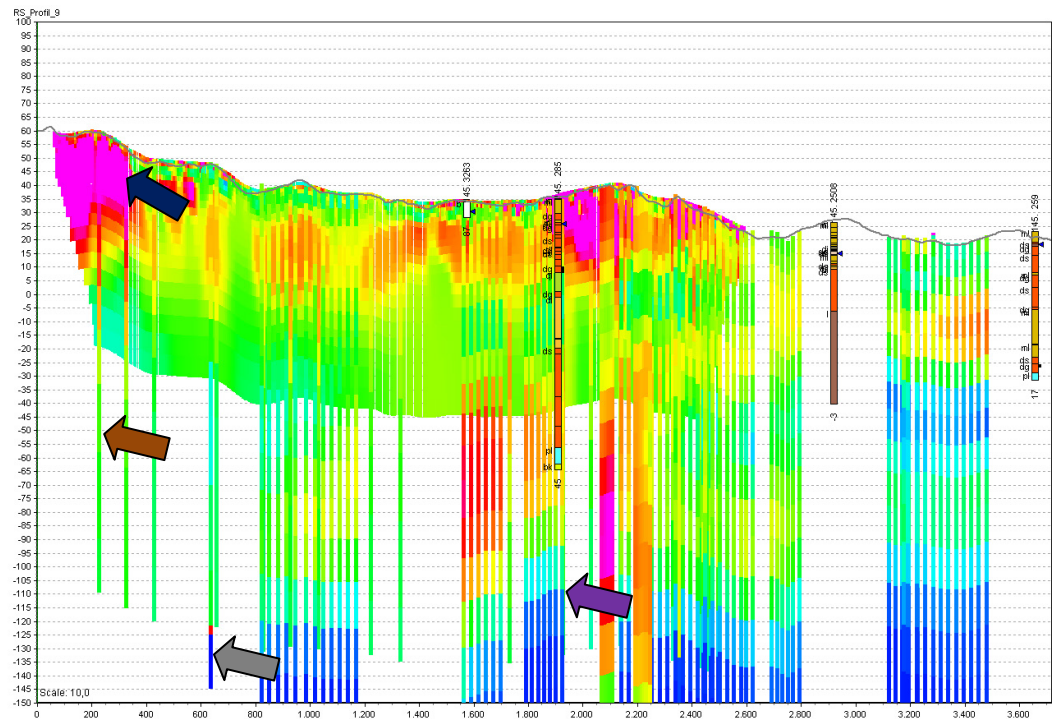
Det overfladenære højmodstandslag øverst til venstre har en veldefineret bund i ca. kote +20 m, og er tydeligt draperet af lag med lav modstand. Der ses tydelig sammenhæng mellem højmodstandslagene og topografien.

Indledende geologisk tolkning:

Da det overfladenære sand til venstre har en bredde på få hundrede meter, viser tydelig sammenhæng med topografien og er draperet af et tyndt morænelerslerlag, peger på, at lagene udgør oppressede lag snarere end en dalstruktur. Hvis man ser på data fra venstre mod højre på profilet, er det også tydeligt, at lagserien er urolig og varieret til venstre og rolig og mere lagdelt mod højre. Det overfladenære sand midt på profilet viser også en vis sammenhæng med topografien.

Dato:	RS_profil 9	Udfyldt af:	PSA
-------	-------------	-------------	-----

22.07.16

**Datavurderinger:**

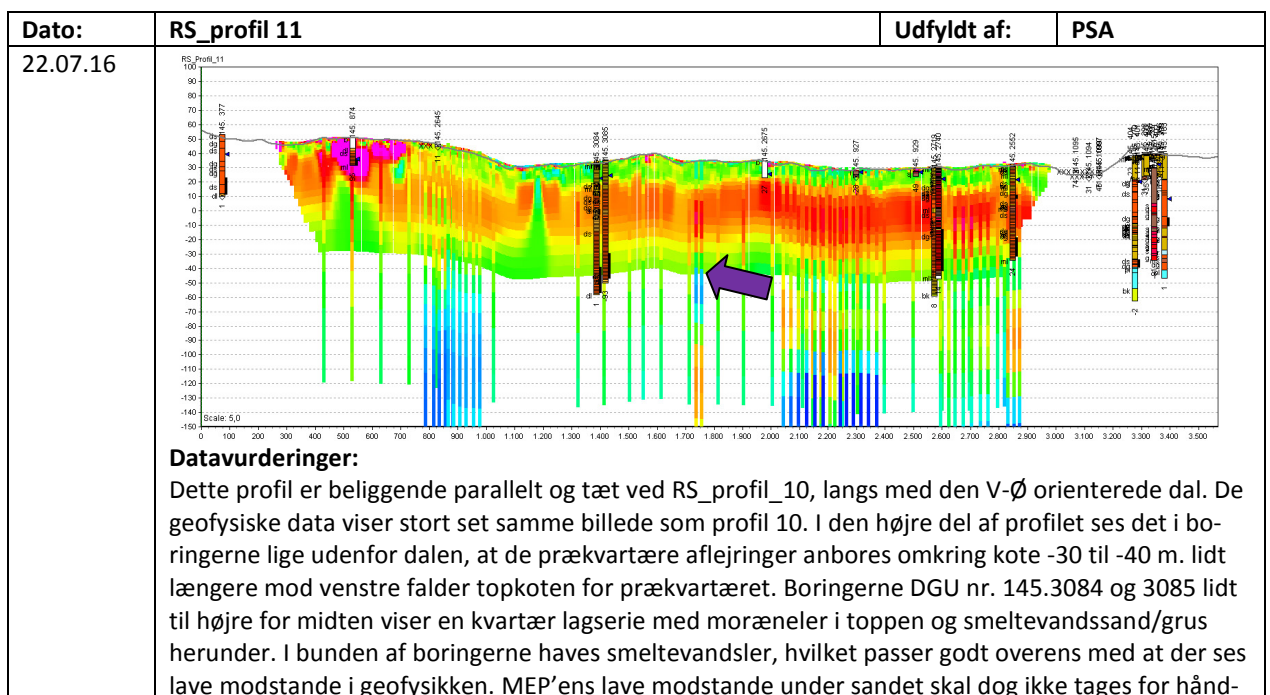
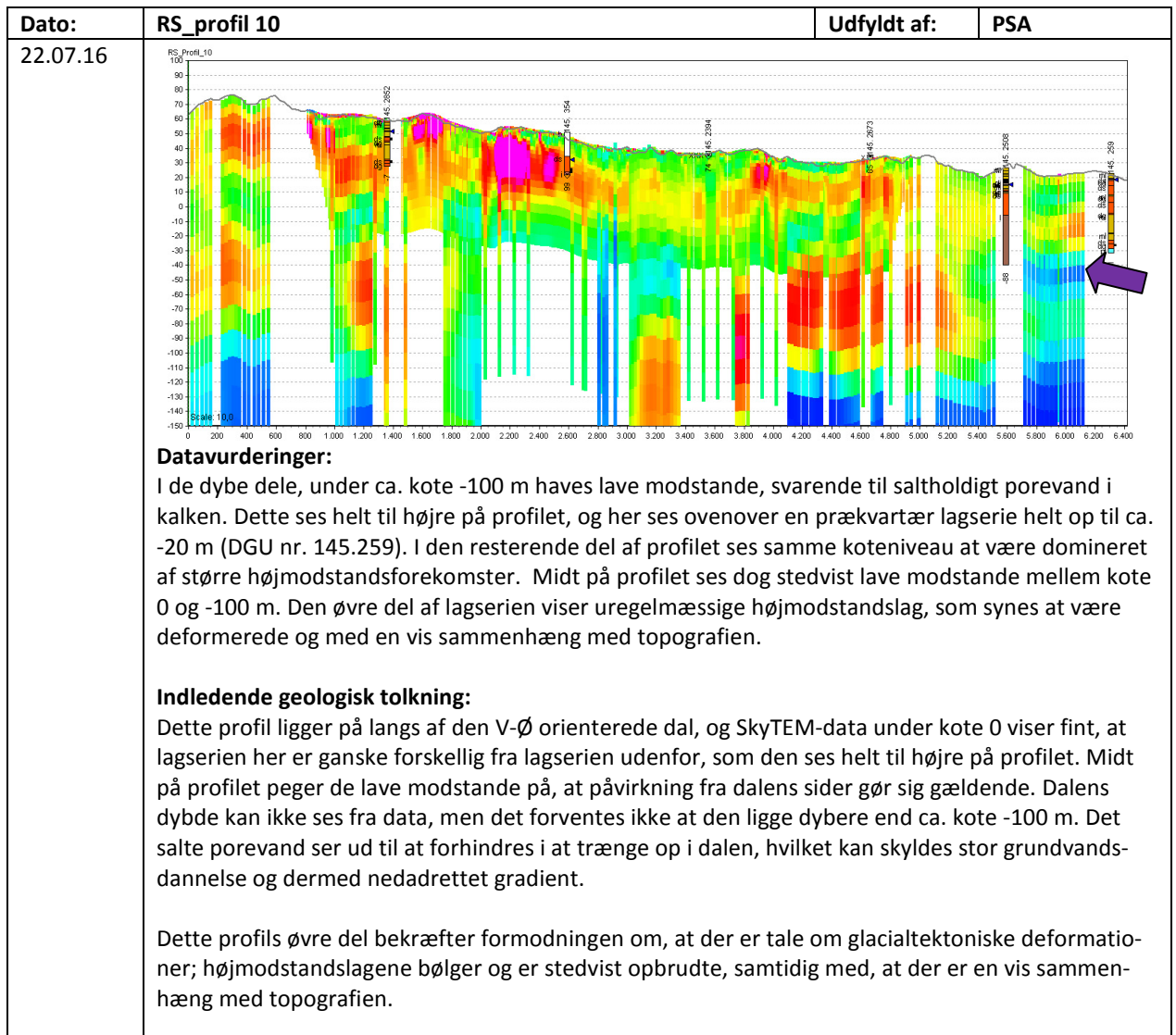
Den dybe del af lagserien fremstår noget rodet i data, men overordnet set samme billede som for flere af de foregående profiler. Boring DGU nr. 145.285 viser en kvartær lagserie ned til ca. kote -55 m, hvor der kommer palæogent ler og herunder kalk i ca. kote -63 m. Det palæogene ler er tyndt og ses ikke i TEM-data. Modstandene i kalken er høje i kalkens øvre del og lave i kalkens dybe dele pga. salt porevand (lilla pil). I boring DGU nr. 145.259 til højre på profilet ses det palæogene ler med lave modstande, men dette forsvinder ind mod profilets midte.

Den kvartære lagseries dybe dele i boring DGU nr. 145.285 er beskrevet som sand i Jupiter, men brøndboreneren har noteret, at der er boret i hård, stenet ler. Der er derfor sandsynligvis tale om udskylning af ler fra prøven, og reelt skulle lagene fra kote -40 og ned til toppen af palæogenet have været beskrevet som ML. Sandet herover er af brøndboreneren beskrevet som "klægsand og ler", hvilket reelt betyder, at lagserien mellem kote -20 og -55 m overvejende er ler, selvom der i Jupiters digitale data står "sand". I samme boring er der også beskrevet marint interglacialt ler i Jupiter, men denne oplysning kan ikke bekræftes i de medfølgende beskrivelser.

Det overfladenære lers tykkelse varierer meget.

Indledende geologisk tolkning:

Et palæogene ler er anført til højre på profilet i boring DGU nr. 145.259 og i kote -55 m i DGU nr. 145.285. Den midterste del af profilet er præget af dalerosionerne og er vanskelig at udrede.



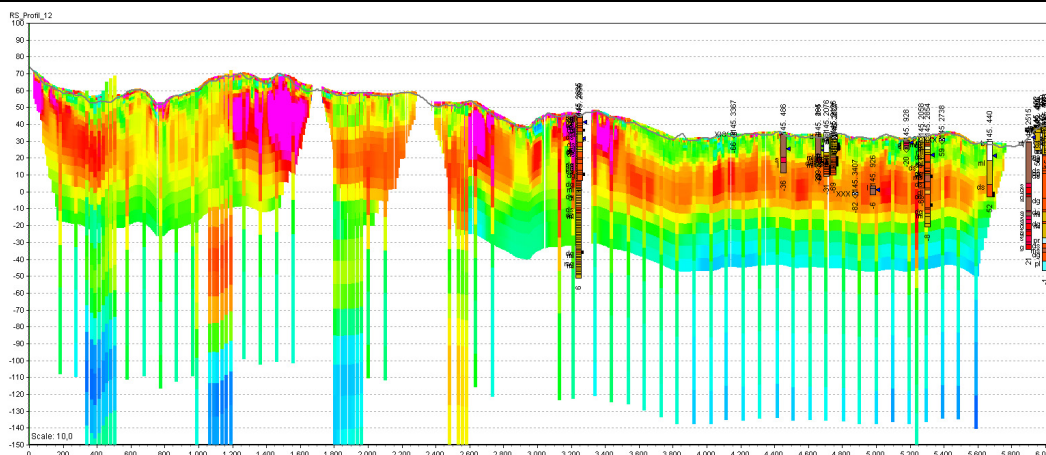
fast; SkyTEM-data og Schlumberger-sonderingerne viser et bedre match for lerets topkote.

Indledende geologisk tolkning:

På langs af dalen ses et sand/gruslag mellem kote -10 og +30 m og sammenlignet med profil 10, er laget tilsyneladende kun deformeret længst mod venstre. Dalens dybde er sandsynligvis ikke stor, men svarer til overfladen af kalken, eller måske lidt dybere (mellem kote -60 og -70 m).

Dato:	RS_profil 12	Udfyldt af:	PSA
--------------	---------------------	--------------------	------------

22.07.16



Datavurderinger:

Den venstre halvdel af profilet er tydeligvis mere urolig end den højre halvdel, og der ses en tydelig sammenhæng med topografien. Den højre halvdel mere rolige lagserie viser palæogent ler i ca. kote -40 m og herover en kvartær lagserie. Længere til venstre viser geofysikken et mere uroligt billede og boringer viser kvartære aflejringer til dybere end kote -60 m. Til venstre er såvel den øvre som den nedre del af lagserien urolig og stedvist ses høje modstande til kote -70 m eller mere. Den øvre lagserie forekommer opbrudt

Indledende geologisk tolkning:

Ligesom på flere af de andre profiler ser det ud som om lagserien stedvist er meget deformeret; dette ses i særdeleshed på profilets venstre halvdel. Den øvre lagserie i profilets højre del fremstår mere udeformeret. Profilet går parallelt med dalens nordlige flanke og derfor ses den ikke så tydeligt i de dybe data.

Dato:	RS_profil 13	Udfyldt af:	PSA
--------------	---------------------	--------------------	------------

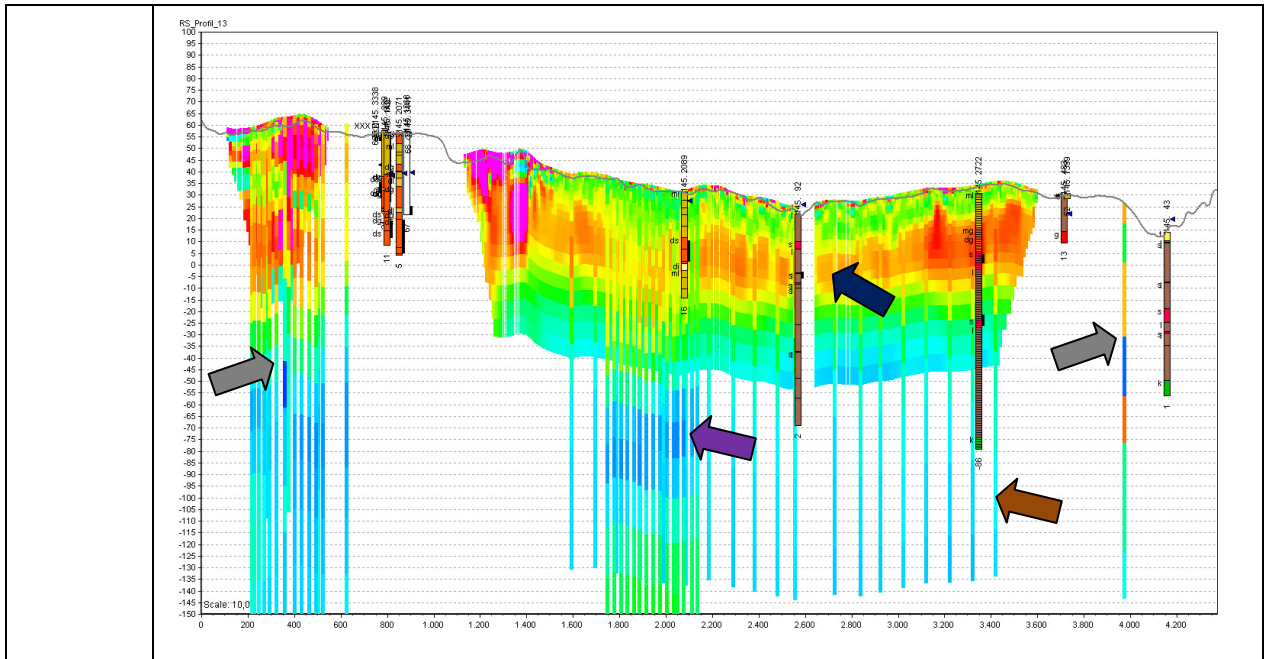
22.07.16

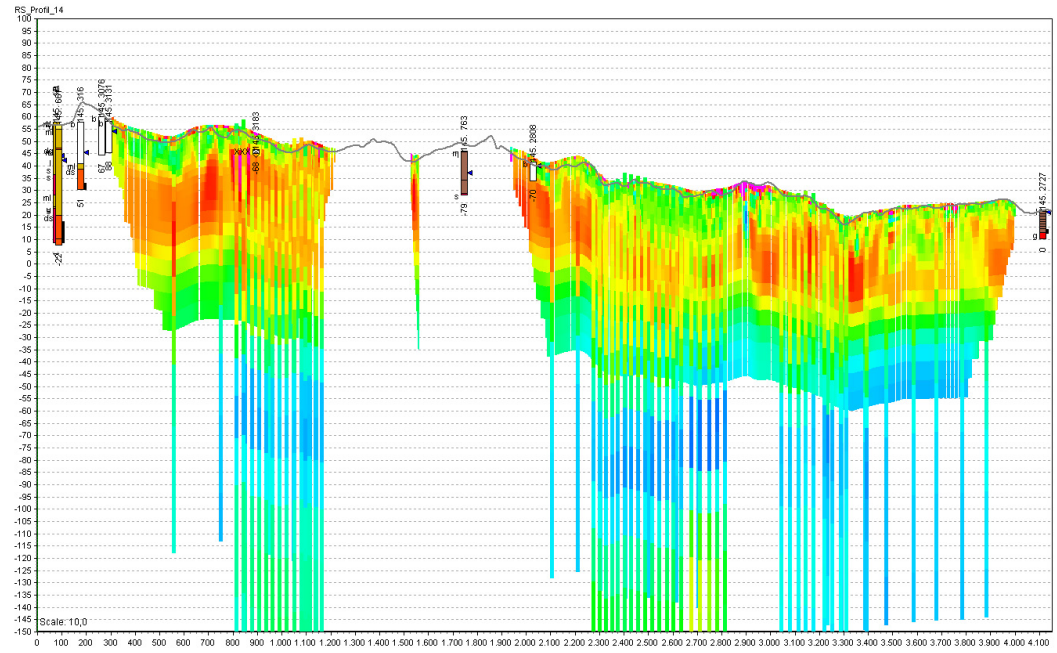
Datavurderinger:

I lighed med profil 12 virker den venstre halvdel af profilet deformeret. På profilets højre del er den kvartære lagserie lerdomineret, men MEP-data viser høje modstande, som passer fint med boringerne. SkyTEM-data synes at overvurdere sandets tykkelse en anelse. Til venstre på profilet bekræfter boringer lagseriens øvre dele som den fremstår i geofysikken. TEM40-sonderingerne viser en meget god overensstemmelse med prækvartær overfladen og toppen af kalken (grå pil). I profilets anden ende viser en anden TEM40 sondering en sandsynlig overkant for det palæogene ler.

Indledende geologisk tolkning:

I hvert fald den højre del af profilet ligger udenfor dalstrøget, mens det for den øvrige del af profilet er vanskeligt at afgøre. Der er ikke på dette profil noget der viser dalgeologi.



Dato:	RS_profil 14	Udfyldt af:	PSA
22.07.16	 <p data-bbox="375 1657 1436 1792">Datavurderinger: Lagserien langs profilet er tilsyneladende deformeret. De dybe dele viser lave modstande og i dybere niveauer igen lidt højere modstande. Dette passer godt overens med en prækvartær lagserie, hvor forsk porevand er trængt ned i kalken.</p> <p data-bbox="375 1814 1436 1926">Indledende geologisk tolkning: Profilet er beliggende udenfor det formodede dalstrøg. Lagserien over prækvartæret er antagelig stærkt deformeret.</p>		

