

GeoConcept –3D hydrostratigrafisk lagmodel for Egebjerg

Lærke Therese Andersen & Peter B.E. Sandersen

GeoConcept –3D hydrostratigrafisk lagmodel for Egebjerg

10. december 2020

Lærke Therese Andersen & Peter B.E. Sandersen

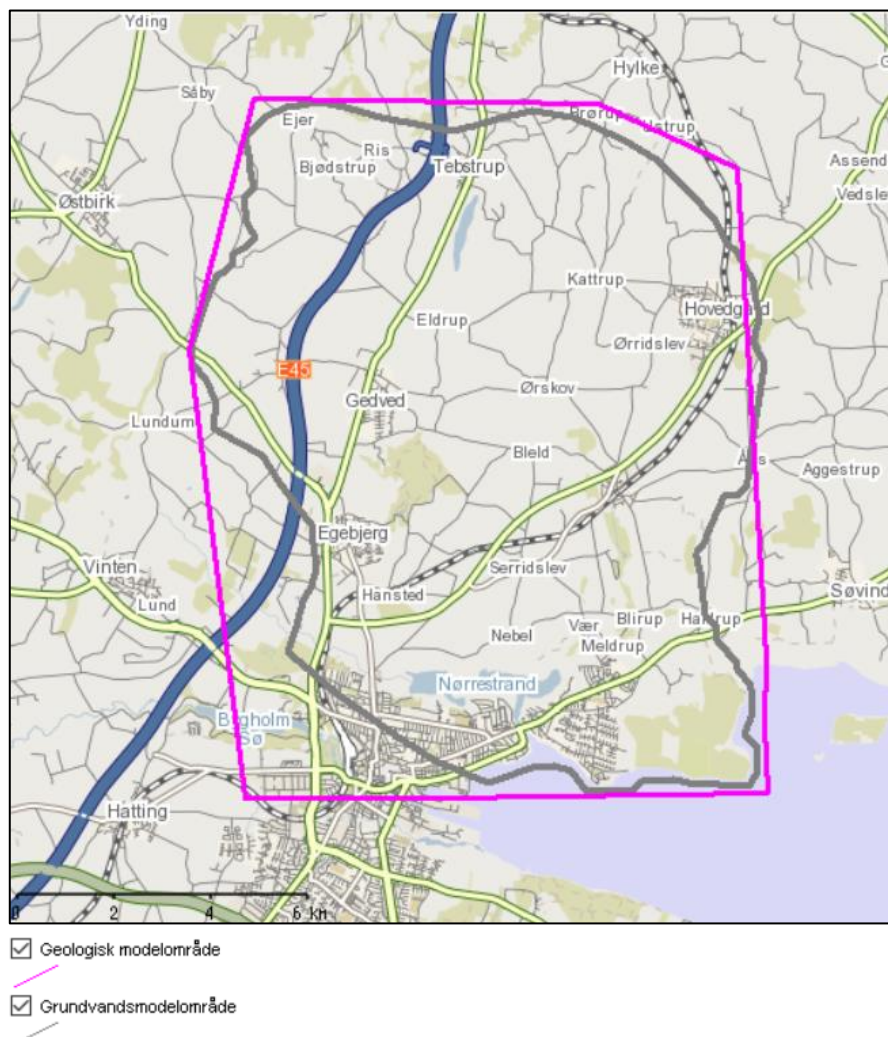
Indhold

1.	Introduktion	5
2.	Geologisk forståelsesmodel	8
2.1	Prækvartæret	8
2.1.1	Dybe tektoniske strukturer.....	8
2.1.2	Aflejringer fra Kridt og Palæogen	8
2.1.3	Neogene aflejringer	10
2.2	Kvartæret.....	10
2.2.1	Terrænoverfladen	10
2.2.2	Kvartære aflejringer	10
2.2.3	Begravede kvartære dalstrukturer.....	14
3.	Datagrundlag	15
3.1	Boringsdata	15
3.2	Geofysiske data.....	16
3.3	Grundvandskemiske data	17
3.4	Hydrologiske data.....	17
3.5	Egebjerg voxelmodellen fra 2011	17
3.5.1	Oversigt	17
3.5.2	Modellerede lagflader	18
3.5.3	Voxelmodelleringen	18
4.	Den hydrostratigrafiske model 'Egebjerg2019-GeoConcept'	20
4.1	Lagopbygning og model-setup.....	20
4.1.1	Modelkoncept, software og koordinater	20
4.1.2	Tolkningsprofiler	21
4.1.3	Tolkningspunkter og lagflader	21
4.1.4	Interpolation og fladejustering	23
4.1.5	Usikkerhedsvurdering.....	23
4.2	Geologiske tolkninger.....	24
4.2.1	Indledning	24
4.2.2	Prækvartæret.....	25
4.2.3	Kvartæret.....	26
5.	Sammenligning af hydrostratigrafisk lagmodel og litologisk voxelmodel	30
6.	Konklusion	31
7.	Referencer	32

1	Bilag A1-A3: Profiler gennem hydrostratigrafisk lagmodel 2019 og voxelmodel 2011	33
2	Bilag B1-B14: Hydrostratigrafiske lagflader, isopachkort og usikkerhedsplots	37

1. Introduktion

GEUS har opstillet en 3D hydrostratigrafisk lagmodel for et område ved Egebjerg som en del af forskningsprojektet GeoConcept. Forskningsprojektet er finansieret af Geocenter Danmark og har til formål at belyse, i hvilken grad valget af geologisk modelleringsmetode vil have indflydelse på den efterfølgende grundvandsmodellering. Fordele og ulemper ved forskellige geologiske modelleringsmetoder såsom manuel lag- og voxel-modellering og stokastisk modellering undersøges i projektet. Desuden vil effekten af geologisk og hydrogeologisk usikkerhed blive undersøgt.



Figur 1: Oversigtskort der viser Horsens Fjord i syd og modelområderne nord og nordvest for fjorden.

Modelområdet Egebjerg er beliggende nord og nordvest for Horsens fjord (Figur 1). Den geologiske opbygning af Egebjerg-området er overordnet, at der oven på den dybtliggende Skrivekridt og Danienkalk følger palæogene lag af Søvindmergel og Lillebæltsler. Overfladen af det palæogene ler har et markant relief med store højdeforskelle, hvilket skyldes erosion,

glaciale tektonik og dyb tektonik. Et netværk af tunneldale er eroderet dybt ned i de prækvartære aflejringer, og dalene er efterfølgende udfyldt med kvartære aflejringer. Hele lagserien er stedvist markant forstyrret af glacialtektonisk deformation.

I 2009 blev der udarbejdet en geologisk forståelsesmodel for området (Grontmij Carl Bro, 2009), og i 2011 blev der opstillet en rumlig geologisk model i dele af modelområdet og en hydrostratigrafisk model i form af en 3D litologisk voxelmodel (Møller & Jørgensen, 2011). Den komplekse geologiske opbygning i området var den primære årsag til, at Møller & Jørgensen (2011) valgte at opstille en voxelmodel, da deformationer af lagserien og de mange begravede dale ville gøre det vanskeligt at opstille en fuldt dækkende 3D geologisk lagmodel. Efterfølgende blev der udarbejdet en grundvandsmodel baseret på den litologiske voxelmodel (Figur 1; Henriksen & Trolborg, 2011).

I nærværende studie er der taget udgangspunkt i den rumlige geologiske model og voxelmodellen fra 2011, og der er så opstillet en ny hydrostratigrafisk lagmodel med det formål at undersøge, hvorvidt en lagmodel for området vil kunne gengive geologien lige så tilfredsstillende og dermed kunne forventes at udgøre et lige så godt input til den hydrologiske model som voxelmodellen. Nærværende rapport beskriver arbejdet med denne nye lagmodel.

GeoConcept-projektet har draget nytte af en synergiproces med to andre forskningsprojekter:

- RESPROB, som er finansieret af Det Frie Forskningsråd. Projektet har til formål at udarbejde et 'beslutningsværktøj' baseret på stokastiske modeller, der er konsistente både med geofysiske data og geologisk information.
- Seamount, som er finansieret af BONUS EEIG, og har til formål at modellere grundvandsbidraget til havet, for at kunne bestemme den associerede flux af næringsstoffer og andre forurenende stoffer og dermed forstå grundvandsbidragets betydning for næringsstofbalancen i det marine miljø.

Synergien med RESPROB er, at de nye, modellerede lagflader for Egebjerg er blevet genstand for stokastisk modellering, hvor estimerne på lagfladernes usikkerheder (udarbejdet i GeoConcept) har været en central parameter. Resultatet af RESPROB-arbejdet på lagfladerne er herefter stillet til rådighed for GeoConcept-projektet. I Seamount er Egebjerg-modelområdet udvidet mod syd så det også omfatter Horsens Fjord, og supplerende data i dette område er inddraget i tolkningen. En del af modelarbejdet udført i Seamount projektet har således fundet anvendelse i modelarbejdet i GeoConcept-projektet.

Den litologiske voxelmodel, den nye hydrostratigrafiske lagmodel, og den nye stokastiske model danner tre forskellige rammer for ny grundvandsmodellering i Egebjerg-området. Dette arbejde foregår pt. i regi af GeoConcept i et samarbejde mellem Københavns Universitet og GEUS.

For at kunne sammenligne voxelmodellen fra 2011 med den nye GeoConcept lagmodel, er det vigtigt, at modellerne er baseret på samme datasæt. Til tolkning af lagfladerne til brug i Seamount har der dog været brug for at anvende de nyeste data. I Egebjerg-området er der kun kommet relativt få nye borer til siden voxelmodellen, og ingen ny geofysik. Da model-

len i Seamount-projektet blev udarbejdet først, er de tolkningspunkter, som er afsat i og omkring boringer, som ikke var med i voxelmodellen slettet. Der er således blevet retolket ud fra den gamle Jupiterdatabase (fra november 2009, samt to dybe boringer fra 2010), som blev anvendt i voxelmodellen og fladerne er regridet til de lagflader, som er anvendt i lagmodellen i Geoconcept. For at undgå forvirring mellem de forskellige modeller, betegner vi den nye lagmodel i GeoConcept som 'Egebjerg2019-GeoConcept', mens vi betegner lagmodellen til anvendelse i Seamount som 'Egebjerg2019-Seamount'. Modellen 'Egebjerg2019-Geoconcept' anvender således bevidst ældre data og er skræddersyet netop til GeoConcept-projektet. Det betyder, at hvis man ved fremtidig modellering ønsker at anvende lagfladerne fra Egebjerg-området, så anbefales det at anvende lagflader fra modellen 'Egebjerg2019-Seamount'.

I det følgende beskrives modellen 'Egebjerg2019-GeoConcept'.

2. Geologisk forståelsesmodel

Den geologiske forståelsesmodel, som beskrives i det følgende, omhandler den overordnede geologiske forståelsesramme opstillet på baggrund af bl.a. Grøntmij Carl Bro (2009) og Møller & Jørgensen (2011).

2.1 Prækvartæret

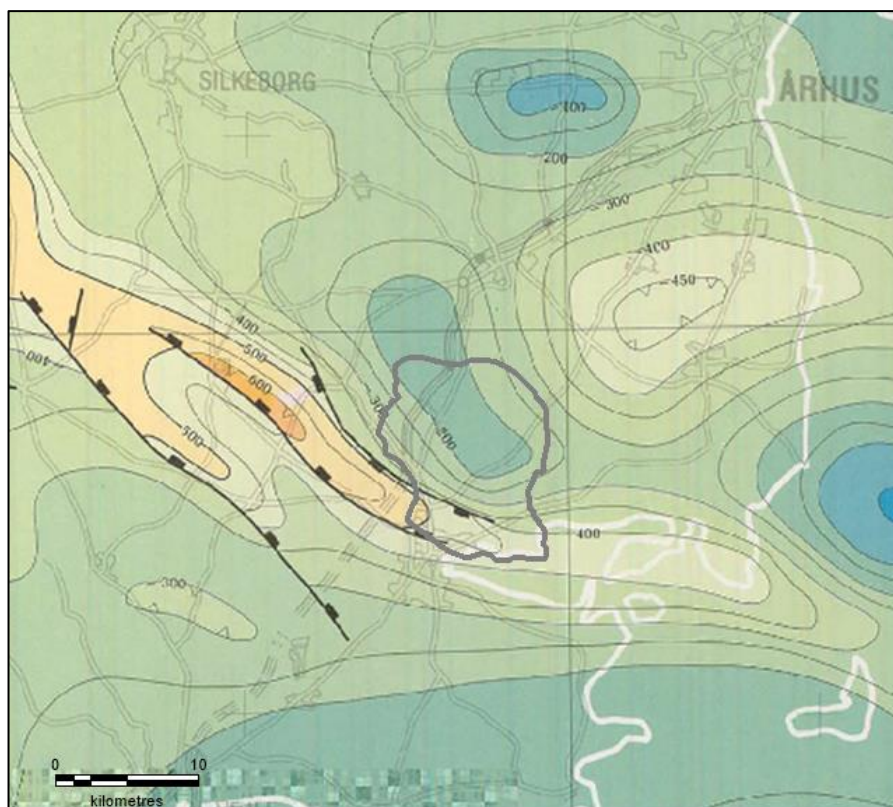
2.1.1 Dybe tektoniske strukturer

Modelområdet er beliggende på nordflanken af Ringkøbing-Fyn højderyggen og sandsynligvis ovenpå en saltstruktur (Lykke-Andersen, 1979). Dybere bevægelser i undergrunden har resulteret i de to store forkastninger, der ses i forlængelse af Horsens Fjord, og som danner en depression under Horsens Fjord. Forkastningernes og depressionens orientering er ØSØ-VNV (Figur 2).

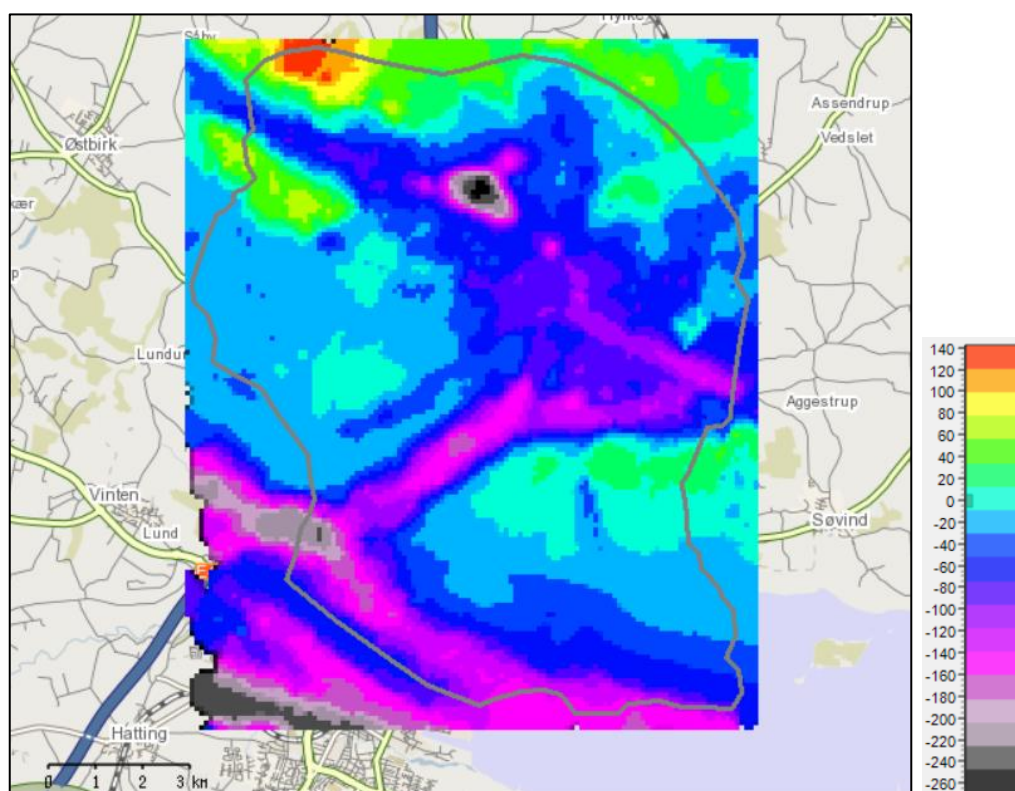
2.1.2 Aflejringer fra Kridt og Palæogen

Skrivekridt fra Øvre Kridt og Danienkalk fra Paleocæn udgør den dybeste del af lagserien med interesse i grundvandssammenhæng. Overfladen af disse kalkaflejringer findes på dybder mellem kote -400 og -150 m. Kalkoverfladen gennemskæres af forkastninger relateret til depressionen under Horsens Fjord og videre ind under Hansted Ådal i den sydlige del af modelområdet.

De palæogene aflejringer består af forskellige typer plastisk ler. Overfladen af palæogenet er præget af Søvind Mergel, men hvor dalene skærer ned i denne bliver ældre lag blottet. Det palæogene ler har generelt lave elektriske modstande, og hvor laget ikke træffes i boringer, antages toppen af palæogenet at være repræsenteret ved koten for den gode leder i TEM data. Toppen af palæogenet blev kortlagt i Møller & Jørgensens model fra 2011 og kan ses på Figur 3.



Figur 2: Udsnit fra kortet Kalkoverfladens struktur (Ter-Borch, 1987). Grundvandsmodelområdet er markeret med grå streg.



Figur 3: Kote-kort over Top Palæogen fra Møller & Jørgensen (2011). Grundvandsmodelområdet er markeret med grå streg. Koterne er angivet i meter DVR90.

De røde til lyseblå farver på kortet udgør områder, hvor lagfladen ligger højt (kote 140 til -20 m). De mørkeblå til sorte farver udgør områder, hvor fladen ligger dybt (kote -20 til -270 m), enten som følge af glacial erosion (centralt og nordligt i området), eller hvor fladen formodentlig ligger dybt på grund af en kombination af indsynkning i forbindelse med dyb tektonik og kvartær erosion (den sydlige del af området). Hvor fladen i mindre grad er eroderet, og den ligger højt, ses sammenfald med områder, hvor kalkoverfladen er højtliggende og glacial tektonisk forstyrrede områder (Figur 2).

2.1.3 Neogene aflejringer

Neogene aflejringer optræder i form af miocænt glimmerler, glimmersilt, glimmersand og kvartssand og findes som erosionsrester på plateauer, flager i de begravede dale, eller som opskubbede flager i forbindelse med glacialtektonisk deformation.

2.2 Kvartæret

2.2.1 Terrænoverfladen

Terrænoverfladen udviser et stærkt kuperet landskab, se Figur 4. Længst mod nord i modelområdet findes de højest liggende områder med koter på mere end 150 m, og længst mod syd hælder fladen ned mod Hansted ådal og Horsens Fjord, som ligger i havniveau.

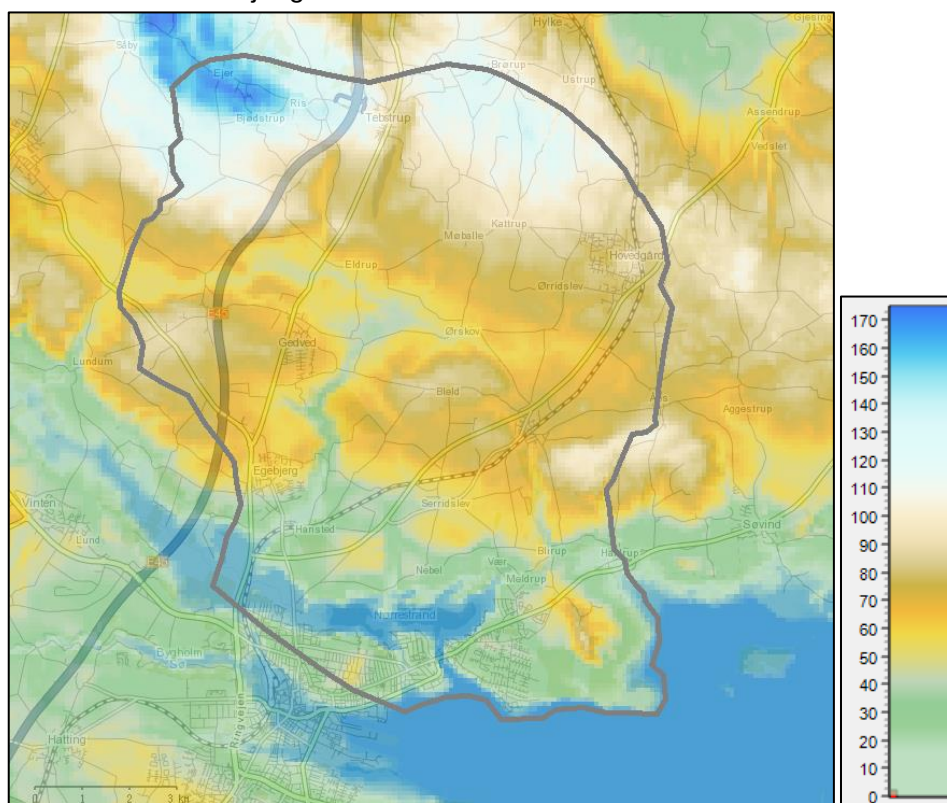
Ifølge Per Smeds landskabskort over Danmark består modelområdet af et overvejende leret morænelandskab fra sidste istid. Den nordlige del af området udgør et dødispræget landskab, mens den sydøstlige del af området består af randmorænebakker. Længst mod nordøst i området og umiddelbart uden for modelområdet findes issø-plateaubakker, se Figur 5. **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet..**

Den foretrukne landskabsmæssige orientering er VNV-ØSØ, men der ses også orienteringer omkring N-S og NNØ-SSV. Overvejende viser landskabsformerne tegn på lerede aflejringer, men stedvist ses dybe nedskæringer, hvor skræntudformningerne viser tegn på sandede lagserier (Grontmij Carl Bro, 2009). Flere steder ses retlinede ådale - af og til dybt nedskårne - som indikation på komplekse, erosive forhold sent i sidste istid (Weichsel) (Grontmij Carl Bro, 2009), se Figur 4.

2.2.2 Kvartære aflejringer

Den kvartære lagserie i Egebjerg-området udgøres generelt af glaciale aflejringer relateret til is og smeltevand, ferskvandsaflejringer fra mellemistiderne, samt postglaciale ferskvands- og saltvandsaflejringer. GEUS' jordartskort (se Figur 6) illustrerer, hvorledes de øverste jordlag hovedsageligt er karakteriseret ved moræneler med mindre partier af smeltevandssand

og -grus, samt mindre indslag af morænesand og -grus, smeltevandsler, issø-ler og postglaciale ferskvandsaflejringer.



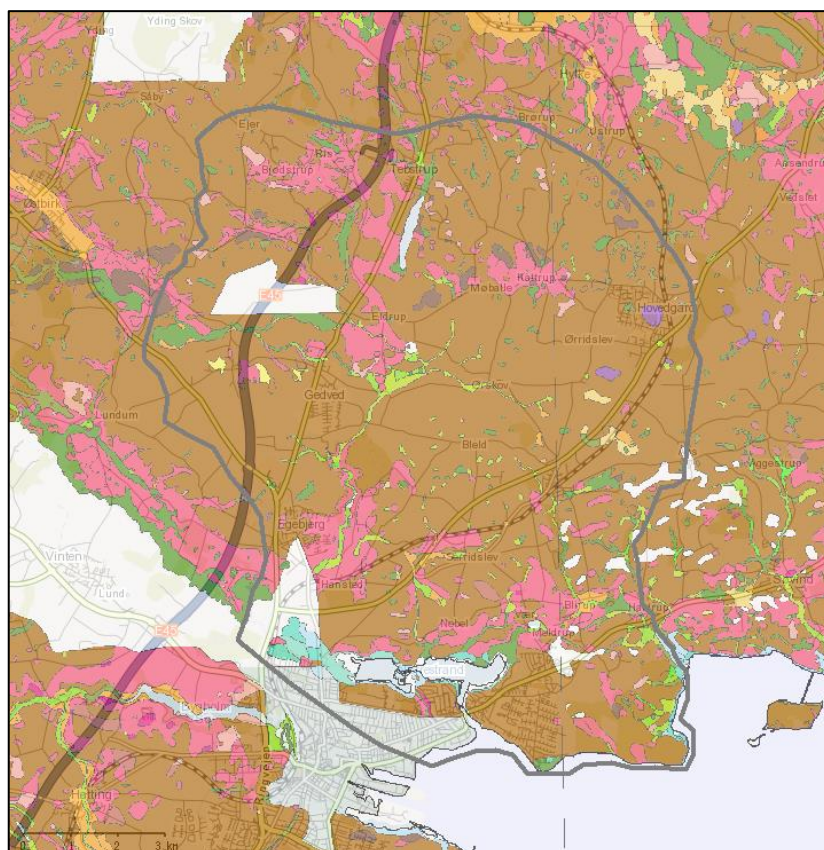
Figur 4: Kotekort i m for terrænoverfladen anvendt i modelleringen. Grundvandsmodelområdet er vist som grå streg.

Nordøst for Egebjerg By ses interglaciale aflejringer i flere boringer. Pollenanalyser har vist, at lagserien, som består af diatomegytje eller diatomit, kan henføres til Holstein Interglacial (Odgaard, 2010). Under den daterede lagserie fra Holstein findes der i stort set alle boringer i samme område kalkfrie intervaller med sand. Denne sandede enhed er i flere boringsbeskrivelser tolket som værende en del af den interglaciale lagserie, mens den i andre boringer er beskrevet som glacialt smeltevandssand.

I overfladen findes spredte forekomster af postglaciale sedimenter i hele modelområdet, se Figur 6. Ved Nørrestrand, Hansted Ådal og Horsens Havn findes udbredte forekomster af marine postglaciale sedimenter i mange boringer med mægtigheder på op til 20 m.

I Møller & Jørgensen (2011) er der tolket en erosionsflade i den øverste del af kvartæret med baggrund i SkyTEM data. Fladen tolkes at være skabt ved udstrakt subglacial erosion og er med varierende sikkerhed kortlagt i en stor del af det område, som er dækket af SkyTEM data (Møller & Jørgensen, 2011).





Postglaciale lag

- FG - Ferskvandsgrus
- FS - Ferskvandssand
- FI - Ferskvandssilt
- FL - Ferskvandsler
- FP - Ferskvandsgytje
- FT - Ferskvandstørv
- FV - Vekslen tynde ferskvandslag
- FK - Kilde-, mose- og søkalk
- FJ - Okker og myremalm
- FHG - Deltagræs
- FHS - Deltasand
- FHL - Deltaler
- HG - Saltvandsgrus
- HS - Saltvandssand
- HI - Saltvandssilt
- HL - Saltvandsler
- HP - Saltvandsgytje
- HT - Saltvandstørv
- HV - Vekslen tynde saltvandslag, mars
- HSG - Saltvands skalgrus
- EK - Klitsand
- ES - Flyvesand

Senglaciale lag

- YG - Saltvandsgrus
- YS - Saltvandssand
- YL - Saltvandsler
- YP - Saltvandsgytje

Proglaciale lag

- TG - Smeltevandssand
- TS - Smeltevandssilt
- TI - Smeltevandssilt
- TL - Smeltevandsler
- TV - Vekslen tynde smeltevandslag

Marginal glacial lag

- ZG - Issøgrus
- ZS - Issøsand
- ZI - Issøsilt
- ZL - Issøler
- ZV - Vekslen tynde lag af issesedimenter

Glacial lag

- DG - Smeltevandssand
- DS - Smeltevandssilt
- DI - Smeltevandssilt
- DL - Smeltevandsler
- DV - Vekslen tynde smeltevandslag
- MG - Morænegrus
- MS - Morænesand
- MI - Morænesilt
- ML - Moræneler
- MV - Vekslen tynde morænelag
- KMG - Kalkmorænegrus
- KMS - Kalkmorænesand
- KML - Kalkmoræneler

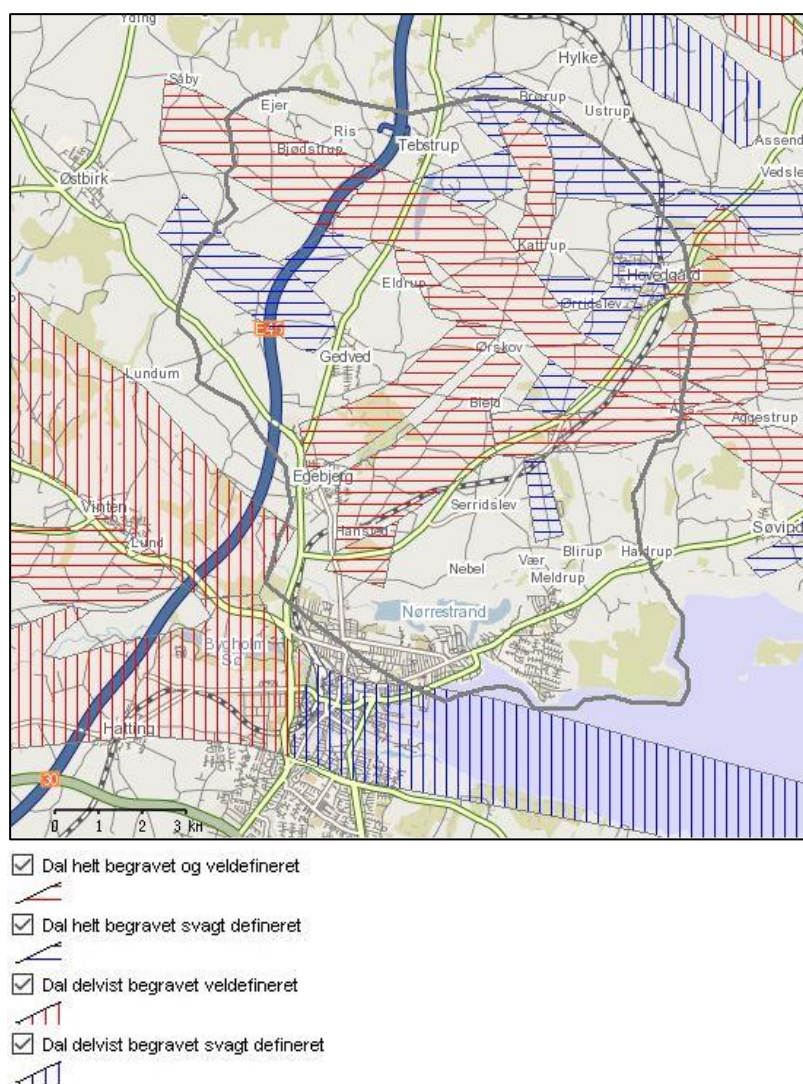
Interglaciale lag

- IT - Ferskvandstørv
- QG - Saltvandsgrus
- QS - Saltvandssand
- QL - Saltvandsler

Figur 6: GEUS jordartskort 1:25.000.

2.2.3 Begravede kvartære dalstrukturer

I modelområdet findes et kompliceret netværk af begravede dale med orienteringer omkring N-S til NØ-SV samt SØ-NV (se Figur 7). De begravede dalstrukturer er eroderet ned i både kvartære, miocæne og palæogene aflejringer og et enkelt sted endda også ned i kalken. De begravede dale repræsenterer ifølge Møller & Jørgensen (2011) mindst syv generationer af begravede dale. De yngre dalgenerationer gennemskærer og findes i højere dele af lagserien end de ældre generationer, og den yngste generation er beliggende højt i lagserien, tæt under terræn. I modsætning til alle de øvrige dalgenerationer befinder denne sig over erosionsfladen (nævn timer ovenfor) og de interglaciale Holstein-aflejringer. Denne dalgeneration menes derfor at være dannet under Saale eller Weichsel istiderne, mens de øvrige er dannet i Elster eller tidligere (Møller & Jørgensen, 2011).

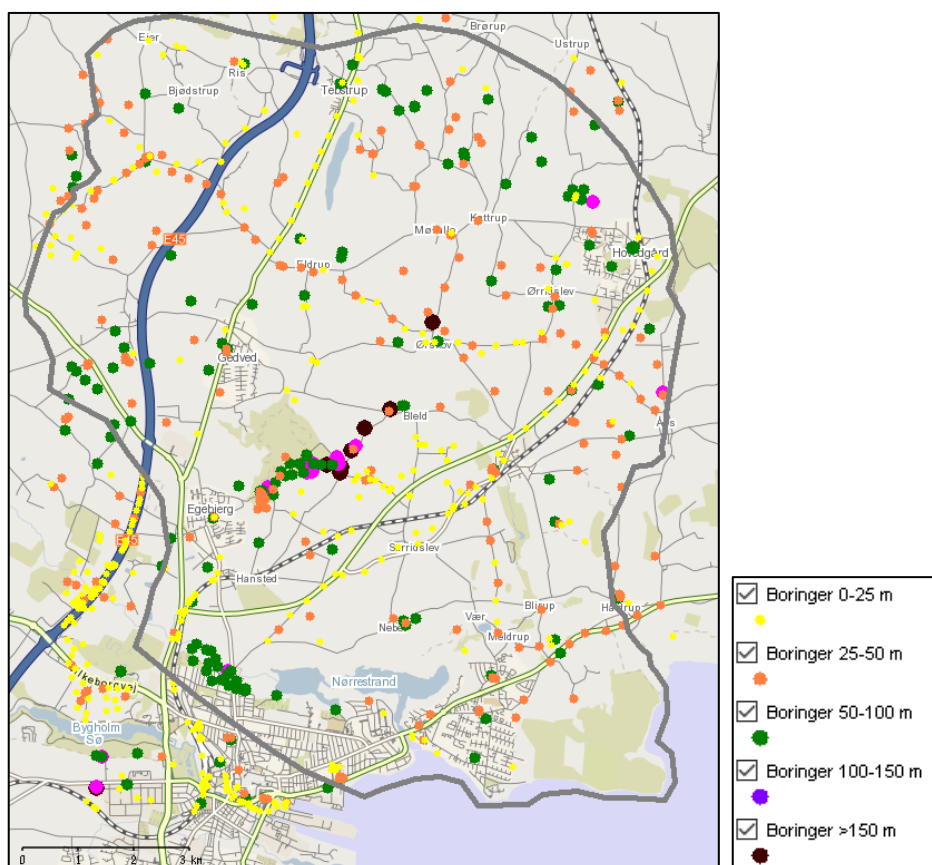


Figur 7: De begravede dale i modelområdet (Sandersen & Jørgensen, 2016).

3. Datagrundlag

3.1 Boringsdata

Som nævnt i indledningen, er Egebjerg2019-GeoConcept lagmodellen baseret på samme datagrundlag, som blev anvendt i voxelmodellen fra 2011 (Møller & Jørgensen, 2011). Børingsgrundlaget for modellen kan ses i nedenstående figur fordelt på boreringsdybder.



Figur 8: Oversigt over borer fra Jupiterdatabasen fra november 2009, samt to dybe borer fra 2010. Boringerne er inddelt i dybdeintervaller. Modelområdet er vist med grå streg.

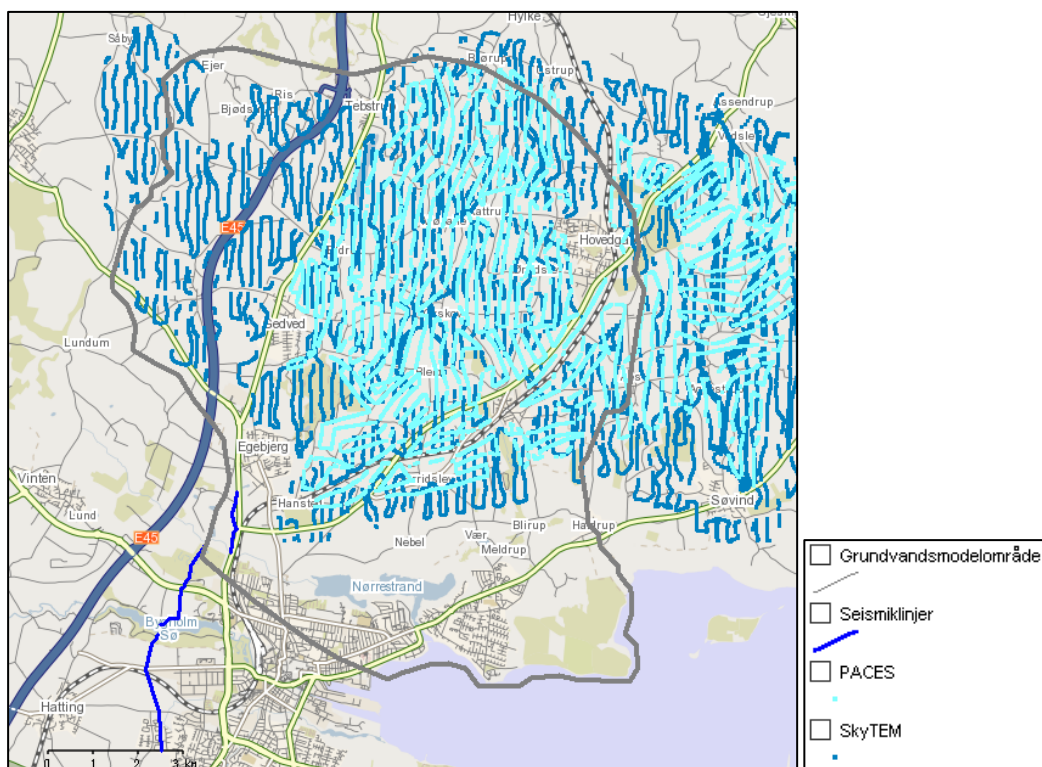
I Møller & Jørgensen (2011) blev der foretaget en gennemgang og en kvalitetsvurdering af Jupiterboringerne. Mange borer er mangelfuldt beskrevet, og ca. 2/3 af alle borer er af "dårlig" eller "meget dårlig" kvalitet ifølge (Grontmij Carl Bro, 2009). Desuden findes der mange korte borer i området (se figur 8) og en del såkaldte DAPCO-borer som er mere eller mindre ubeskrevne borer der har været anvendt som "skudhuller" ved seismiske undersøgelser i forbindelse med olieeftersøgning i 1950'erne. Alt i alt betyder det, at der er stor afstand mellem boredata af god kvalitet, og korrelationer mellem lagene i borerne er vanskelige at gennemføre.

I Møller & Jørgensen (2011) blev den anvendte jupiterdatabase visualiseret i modellerings-softwaren GeoScene3D (GS3D) ved at farvelægge alle borer, hvor der er tolket dannelse og alder (geologbedømte borer), mens de borer, hvor der findes lag der kun har enkelt-bogstavssymbol ikke er farvelagte (ikke-geolog bedømte borer), for at kunne skelne disse fra hinanden.

For at kunne gennemføre en 3D lagmodeltolkning i nærværende model, er alle borer med lagangivelse blevet anvendt og i mange tilfælde er boringsjournalen blevet tilset for mulige tegn på dannelse og aldersbeskrivelse, som ikke var synlige på boringsstavene. Oplysninger om filter placeringer og vandspejl i borer uden lagbeskrivelse er anvendt, som indikation på tilstedeværelsen af et vandførende lag.

3.2 Geofysiske data

Der er i tolkningen anvendt samme SkyTEM-, Paces- og seismiske data, som ved opstillingen af voxelmodellen, se Figur 9. For yderligere detaljer om disse data henvises til afrapporteringen af voxelmodellen (Møller & Jørgensen, 2011).



Figur 9: Oversigt over geofysiske data til rådighed i modelområdet.

Der er i forbindelse med udarbejdelsen af voxelmodellen genereret 3D-grids af SkyTEM data for hhv. fålags- og mangelags-modeller samt af PACES data. Disse har ligeledes været til rådighed ved tolkningen af nærværende lagmodel, hvoraf 3D griddet for SkyTEM mangelags-modellerne har været det mest anvendte.

Udover SkyTEM og PACES data findes der 6 MRS-sonderinger i modelområdet. I forbindelse med voxelmodelleringen i 2011 fandt man, at der ikke var særlig god overensstemmelse mellem MRS-sonderingerne og SkyTEM-sonderingerne og heller ikke mellem MRS-sonderingerne og PACES. MRS-sonderingerne blev af den årsag ikke anvendt i modelleringen (Møller & Jørgensen, 2011). Af samme årsag, og for at have samme datagrundlag i nærværende lagmodel som i voxelmodellen fra 2011, er MRS data heller ikke anvendt i udarbejdelsen af nærværende lagmodel.

3.3 Grundvandskemiske data

Udtræk af analyseresultater for nitrat, sulfat, arsen og klorid på indtagsniveau, blev foretaget i forbindelse med udarbejdelsen af voxelmodellen i 2011. De samme grundvandskemiske data er anvendt som støtte i modelarbejdet i nærværende lagmodellering til at be- eller afkræfte sammenhænge mellem magasinlag. Værdierne er blevet visualiseret i GS3D, som punkttemaer skaleret i farve og størrelse ud fra værdien for den pågældende parameter.

3.4 Hydrologiske data

Vandspejl og filterplacering er visualiseret på de enkelte borer som støtte til at kunne tolke hydrogeologiske sammenhængende lag.

3.5 Egebjerg voxelmodellen fra 2011

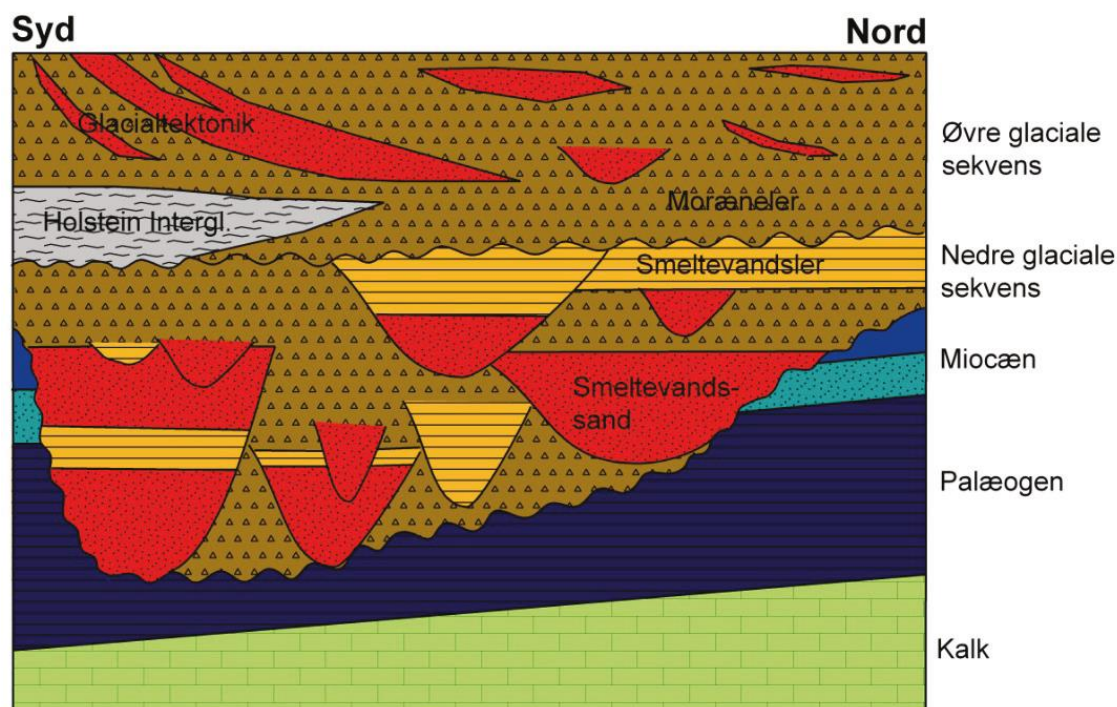
3.5.1 Oversigt

Resultatet af modelarbejdet i 2011 omfatter en rumlig geologisk lagmodel for udvalgte lagflader samt en litologisk voxelmodel for hele området (Møller & Jørgensen, 2011). Den geologiske forståelsesmodel er udarbejdet i forbindelse med trin 1-kortlægningen umiddelbart inden modelleringsarbejdet i Egebjerg-området (Grontmij Carl Bro, 2009).

Den rumlige geologiske model er med få undtagelser bygget op omkring forståelsesmodellen beskrevet i Grontmij Carl Bro (2009). En stratigrafisk principskitse for den geologiske forståelsesmodel, som er anvendt af Møller & Jørgensen (2011), er vist i Figur 10, og kan beskrives således:

Nederst i lagserien findes Danienkalken, der er forsat af forkastninger, som danner en markant depression under Horsens Fjord og Hansted Ådal. Over kalken følger palæogene lag af Søvindmergel og Lillebæltsler. I mindre områder indenfor modelområdet findes erosionsrester af miocæne lag af glimmerler og kvartssand/glimmersand. De tertiære lag er kraftigt eroderet og overlejres primært af glaciale aflejringer. Overfladen af det palæogene ler har et markant relief med en højdeforskel på mere end 400 m. Erosion af tunneldale, som nu er begravede, er ansvarlig for en del af dette relief. Disse udfyldte tunneldale tilhører mindst syv

forskellige generationer, hver især med forskellige foretrukne orienteringer, som gennemskærer modelområdet på kryds og tværs. Gennem lagserien og hen over flertallet af dalene ses en udbredt erosionsdiskordans og ovenover denne forekommer der i et mindre område sø-sedimenter fra Holstein interglacial. Øverst i lagserien ses en 20-40 m tyk sekvens af glaciale, primært lerede lag fra Saale og Weichsel. Hele lagserien er stedvist markant forstyrret af glacialtektonisk deformation (Møller & Jørgensen, 2011).



Figur 10: Stratigrafisk principskitse for modelområdet (Møller & Jørgensen, 2011).

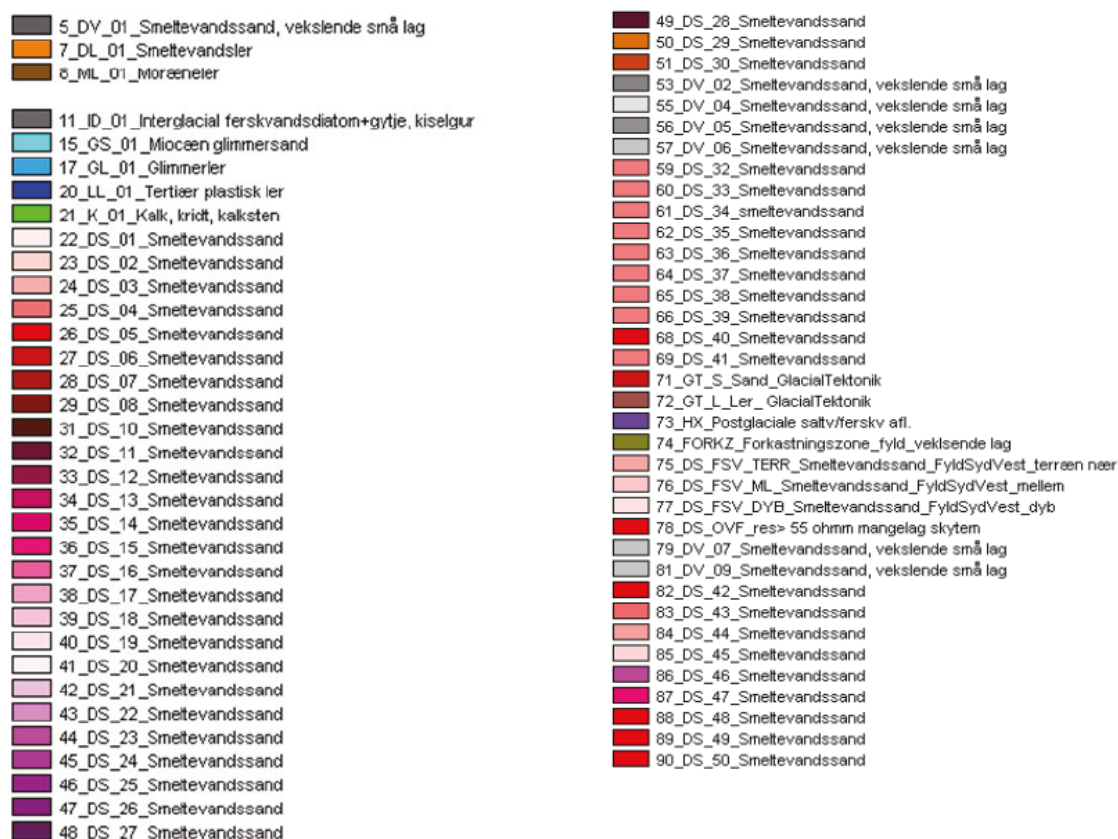
3.5.2 Modellerede lagflader

I den rumlige geologiske model er der modelleret prækvartære og kvartære lagflader i dele af modelområdet, og kun fladerne Top Palæogen (Figur 3) og Top Kalk og er modelleret i hele modelområdet (Møller & Jørgensen, 2011). Der er i delområder modelleret tre miocæne lag i form af to lag af glimmerler med et 10-20 m tykt lag af kvartssand/glimmersand imellem. På baggrund af en tentativ korrelation med borer og Miocæn 3D-modellen fra Naturstyrelsens grundvandskortlægning (Kristensen et al., 2015) blev det antaget, at lerlagene tilhører Vejle Fjord Formationen og sandlaget tilhører Billund Formationen (Møller & Jørgensen, 2011).

3.5.3 Voxelmodelleringen

Den litologiske voxelmodel bygger videre på de geologiske/stratigrafiske lagflader, som blev modelleret i den rumlige geologiske model. I voxelmodellen skal hele modelrummet udfyldes, og alle voxler i griddet indenfor modelområdet skal tildeles en litologi. Der indgår i alt 71 litologiske enheder i modellen, se Figur 11 (Møller & Jørgensen, 2011).

Ud af de 71 litologiske enheder er der 4 prækvartære enheder, som udgør kalk, palæogent ler og miocæn glimmerler og kvartæssand/glimmersand. De kvartære litologier er smeltevandssand og -grus, moræneler, smeltevandssand/vekslende små lag, interglacial diatomit samt postglaciale aflejringer. Udenfor området med SkyTEM data er der defineret nogle områdefrænsninger; et område for forkastningszonen ved fjorden og et område, hvor den geologiske lagfølge er stærkt påvirket af glacialtektonik. Disse områder har fået deres egen litologi (se lag 71, 72 og 74, Figur 11). En stor andel af de litologiske enheder har dog fået tildelt identiske hydrauliske egenskaber og er senere blevet aggregeret til færre og større enheder i den numeriske grundvandsmodel, som indeholder 30 vertikale lag med en diskretisering på 100x100 i MIKE SHE/MIKE 11 (Henriksen og Trolborg, 2011).



Figur 11: Symbolliste for enheder der indgår i voxelmodellen (Møller & Jørgensen, 2011).

4. Den hydrostratigrafiske model 'Egebjerg2019-GeoConcept'

4.1 Lagopbygning og model-setup

Med udgangspunkt i profiler gennem den litologiske voxelmodel i Egebjerg (Møller & Jørgensen, 2011), se Bilag A, er det vurderet, at der er brug for 9 kvartære hydrostratigrafiske lag og 5 prækvartære hydrostratigrafiske lag for at beskrive de hydrogeologiske forhold i Egebjergområdet (se Tabel 1).

Tabel 1: De hydrostratigrafiske lag og en kort beskrivelse af disse.

Lag nr.	Lagnavn i GS3D projektet	Lagbeskrivelse
1	Kvartært_Sand_1	Smeltevandssand – findes hovedsageligt i det nordvestlige hjørne af modelområdet i de høje bakker lige syd for Yding Skovhøj.
2	Kvartært_Ler_1	Moræneler – findes hovedsageligt i de høje bakker i den nordlige del af modelområdet.
3	Kvartært_Sand_2	Smeltevandssand og -sand – findes hovedsageligt på plateauerne.
4	Kvartært_Ler_2	Moræneler, interglaciale finkornede aflejringer, glacialt deformeret lag i sydøst, samt postglaciale ferskvandssedimenter (gytje, tørv og ler) i den store dal i forkastningszonen i syd.
5	Kvartært_Sand_3	Smeltevandssand, interglacialt sand samt ferskvandssand i den store dal i forkastningszonen i syd. Øverste dal-sand enkelte steder, ellers plateau sand.
6	Kvartært_Ler_3	Moræneler og smeltevandssler. Øverste dal-ler.
7	Kvartært_Sand_4	Smeltevandssand og ofte sand med vekslende lag ifølge voxelmodel. Øverste dalsand og mellemste dal-sand enkelte steder.
8	Kvartært_Ler_4	Smeltevandssler og moræneler. Nederste dal-ler
9	Kvartært_Sand_5	Vekslende lag (mest sand) findes hovedsageligt i de dybeste dale. Nederste dal-sand.
10	Miocænt_Ler_1	Glimmerler øvre
11	Miocænt_Sand_1	Kvartssand og grus samt glimmersand
12	Miocænt_Ler_2	Glimmerler nedre
13	Paleogent_Ler	Fedt ler og mergel og udgør bunden af modellen i langt hovedparten af modellen.
14	Kalk	Kalk - består af bryozokalk og skrivekridt fra Danien. Der er ét sted i modellen, hvor en begravet dal er eroderet ned i kalken, her udgør kalken bunden af modellen.

4.1.1 Modelkoncept, software og koordinater

Der er opstillet en manuel hydrostratigrafisk lagmodel med en diskretisering på 100x100 m, som input til det efterfølgende grundvandsmodellarbejde. Modellen er opstillet i modelleringssoftwaren GeoScene3D Builder (GS3D), version 11.0.0.615.

GS3D-projektet er opstillet i koordinatsystem UTM32 EUREF 89 og i kotesystem DVR 90. Scene extent i GS3D er defineret ved hjørnekoordinaterne ($X_{\min} = 546600$, $X_{\max} = 564300$) og ($Y_{\min} =$

6188700, $Y_{\max} = 6205700$). De hydrostratigrafiske lagflader er interpoleret i henhold til disse hjørnekoordinater.

4.1.2 Tolkingsprofiler

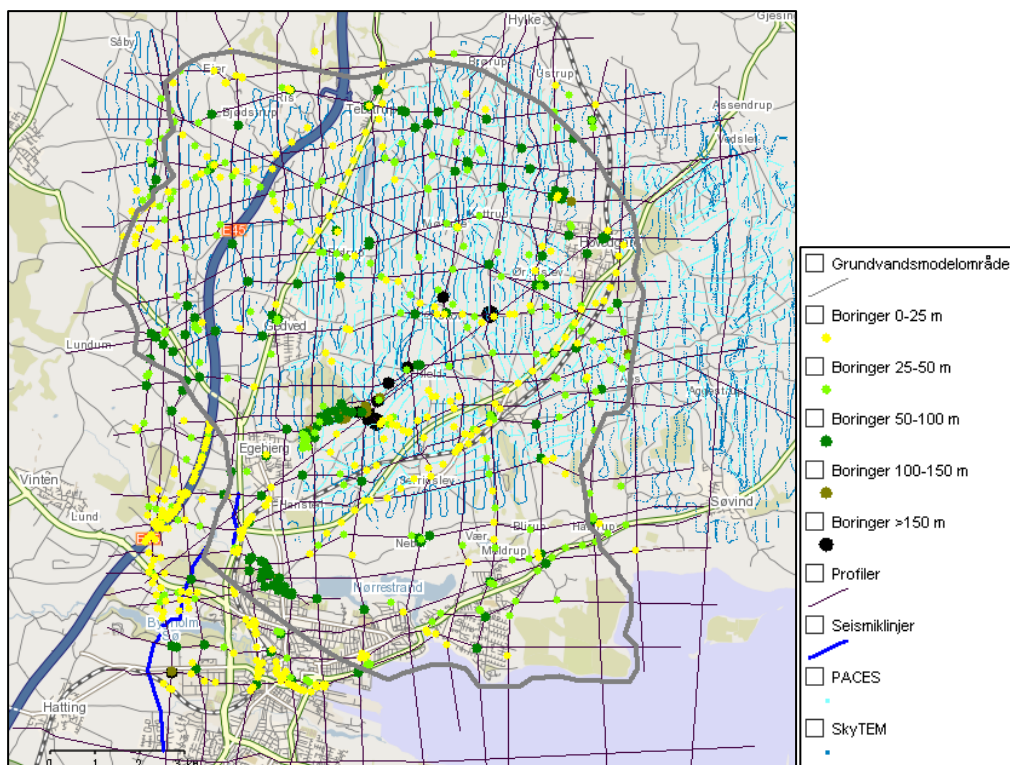
Den hydrostratigrafiske tolkning er foretaget langs faste profiler kombineret med dynamisk profiltolkning for at sikre, at alle borer er med i tolkningen. De faste profiler er optegnet i et net med 21 profiler orienteret V-Ø og 15 profiler orienteret S-N, se Figur 12. Profilerne er så vidt muligt optegnet gennem dybe borer og langs med eller vinkelret på SkyTEM flyvelinjerne. De to dynamiske profiler er orienteret hhv. NV-SØ og SV-NØ.

Modelområdet er ifølge borer, geofysiske data og den eksisterende model komplekst opbygget med elementer, såsom udbredt subglacial erosion, flere generationer af begravede dale, glacialtektonisk deformerede områder og en kompleks forkastningszone med dyb tektonik. For at beskrive de udfordrende heterogene geologiske forhold i modelområdet, er der desuden optegnet 18 faste hjælpeprofiler og to dynamiske profiler, se Figur 13. Heraf er tre profiler lagt vinkelret på randmoræneriggene i det glacialtektoniske kompleks i den sydøstlige del af modelområdet, samt et dynamisk profil her. Ét profil er lagt i dalsænkningen langs den komplekse forkastningszone med dyb tektonik, 11 profiler er lagt langs med de dybeste dele af de begravede dale, tre profiler er lagt langs med SkyTEM linjer samt et dynamisk profil for at kortlægge dalene i det nordvestlige hjørne.

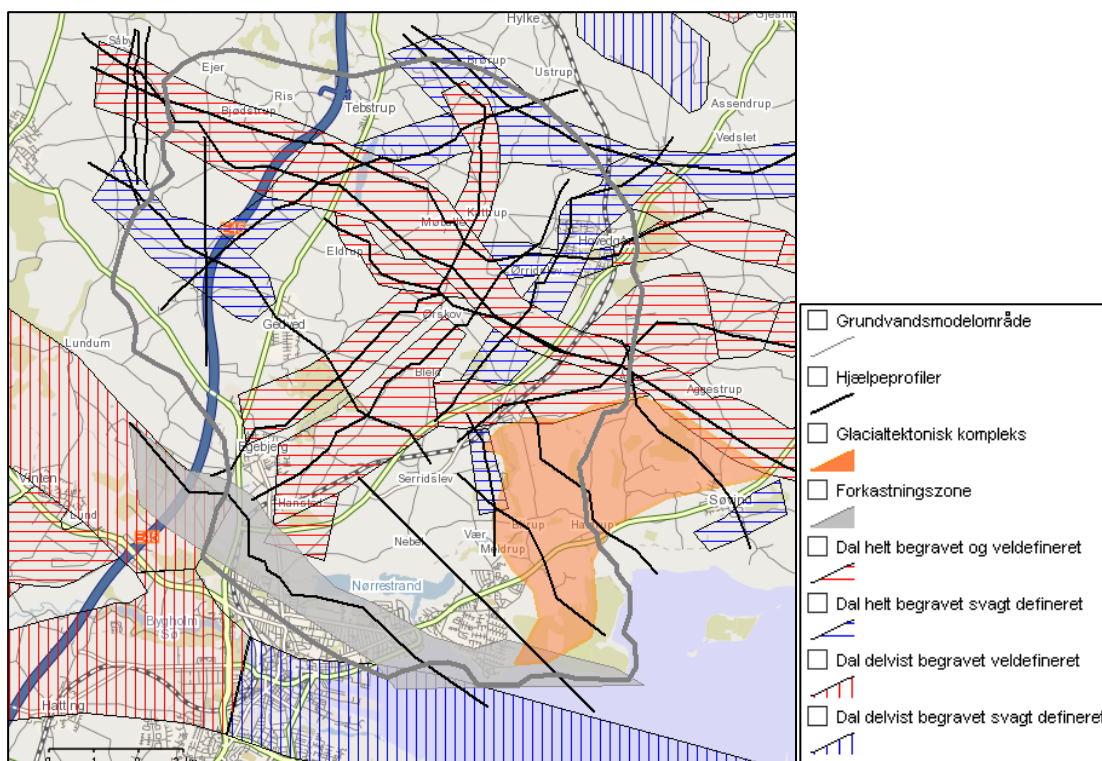
4.1.3 Tolkningpunkter og lagflader

Lagfladetolkning er foretaget ved at afsætte tolkningpunkter til afgrænsning af bund af lag.

Det er valgt fra start at kopiere tolkningpunkterne fra den rumlige geologiske model for fladerne Top kalk, Top Paleogen, TopGL1, TopKS og Top Miocæn over i tabellerne for bunden af lagene 9 - 13 i tolkningsdatabasen for nærværende hydrostratigrafiske model. De kopierede punkter har fået en særlig "*origin type*" (100) i databasen, så de altid kan genfindes i de respektive lag.



Figur 12: Modelområde, profiler og data anvendt i tolkningen. Faste profiler i et S-N og V-Ø net samt to dynamiske profiler strygende hhv. NV-SØ og SV-NØ.



Figur 13: Modelområde, hjælpeprofiler, begravede dale og tektonisk forstyrrede områder.

Alle data, punkter og grids i projektet er projiceret ind på profilerne fra en maksimal afstand på 200 m, på nær punkterne fra fladen Top Palæogen. Denne er sat til 50 m, da den består af mange tætliggende punkter, som stammer fra griddet "koten til den gode leder" fra 2011-modellen (Møller & Jørgensen, 2011).

Det er valgt at snappe til XYZ ved laggrænser i borer og kun til XY for geofysiske sonderinger.

4.1.4 Interpolation og fladejustering

Tolkningspunkterne er løbende blevet interpoleret under tolkningsprocessen i GS3D ved hjælp af Kriging. De endelige lagflader er ligeledes interpoleret ved hjælp af Kriging og der er foretaget en manuel tilpasning af variogrammerne før interpolationen af tolkningspunkter i GS3D. Lagfladerne er interpoleret med en cellestørrelse på 100 x 100 m indenfor scene extent. Der er anvendt en søgeradius på 2000 m i X- og Y-retningen og 50 m i Z-retningen ved interpolation af lagfladerne.

Lagfladerne er efterfølgende korrigeret ved hjælp af GS3D's grid adjustment tool således, at fladerne hverken krydser hinanden eller terrænen. I grid-justeringen er terrænet holdt fast i forhold til alle andre flader, Top Palæogen er holdt fast mod alle flader på nær terræn og den prækvartære overflade er holdt fast i forhold til alle flader på nær Top Palæogen og terræn.

Funktionen "fill blanks" i GS3D's grid adjustment tool er ligeledes anvendt på samtlige flader. Denne funktion muliggør, at der kun sættes tolkningspunkter, hvor laget reelt eksisterer og uden for dette område lægger bunden af det griddede lag sig på den ovenfor beliggende flade, fx terræn. På denne måde kommer lagfladerne til at eksistere i hele modelrummet, selv om laget ikke reelt gør det. Funktionen kan p.t. kun anvendes i de tilfælde, hvor det ønskes at afslutte et lag mod en ovenfor beliggende flade, og ikke i de tilfælde, hvor det ønskes at afslutte et lag mod en underliggende flade. Derfor er der i sidst nævnte tilfælde, i stedet anvendt fladestyrende støttepunkter, fx i områder med begravede dale, hvor det kvartære lag kun findes i de begravede dale, og hvor det ønskes at lagfladen lægger sig på den underliggende flade, udenfor de begravede dale, som her vil være den prækvartære overflade.

4.1.5 Usikkerhedsvurdering

Under tolkningen er der løbende gennemført en tilskrivning af usikkerheder på de enkelte tolkningspunkter. Da der er genbrugt tolkningspunkter fra den rumlige model fra 2011, er det valgt at bruge samme graduering af usikkerhed som i Møller & Jørgensen (2011), hvor 1 er mest sikker, 2 er middel sikker og 3 er usikker (se Tabel 2).

Generelt er tolkningspunkter, der er snappet til en laggrænse i en GEUS-beskrevet boring, vurderet at være relativt sikre og har fået kvaliteten 1. Nogle borer, som ikke er beskrevet af GEUS, men som har en god beskrivelse af jordlagene i borejournalen har også fået en kvalitet 1. I områder, hvor både tolkningen af geofysikken og borerne viser samme litologi, har boringen også fået en kvalitet 1.

Tolkningspunkter, der kun er afsat med baggrund i geofysik, har generelt fået kvalitet 2, da det vurderes, at disse tolkningspunkter er mindre sikre end de punkter, der er afsat i en

velbeskrevet boring. Laget Bund_Miocæn_Ler_2, som svarer til toppen af det palæogene ler, har dog adopteret mange tolkningspunkter med kvalitet 1 fra Egebjergmodellen fra 2011, hvor der er lavet en større analyse af hvilken resistivitet ($< 8 \text{ ohm}$), der svarer til koten for den gode leder (Top Palæogen), og det er vurderet, at punkter, som er sat ved koten til den gode leder, er mere sikre end andre punkter afsat på baggrund af geofysik.

Tolkningspunkter afsat, hvor der enten ikke er data, meget få data eller kun data med dårlig kvalitet, har fået kvalitet 3.

Tolkningspunkter afsat under modellering af nærværende model, er mærket med "pointtype 7" i tolkningsdatabasen, for at adskille disse punkter fra punkterne kopieret fra 2011-modellen.

Fladestyrende støttepunkter er markeret i tolkningsdatabasen på følgende vis:

- Støttepunkter, der er sat for at lukke lag, som kiler ud for eksempel ved terræn eller mod toppen af det palæogene ler, er sat hhv. over terræn, eller under toppen af det palæogene ler, og har fået "pointtype 10" og "quality 0" i tolkningsdatabasen.
- Støttepunkter, der er sat for at trække en flade op/ned, for at ramme laggrænsen i en boring (fx i områder hvor lagene veksler meget i koten), har fået "pointtype 4" og "quality 0" i tolkningsdatabasen.

Tabel 2: Kategorisering af tolkningsusikkerhed ved punkttolkning, modificeret efter (Møller & Jørgensen, 2011).

Quality	1	2	3	4
	Dokumentation for tolkningen	Datagrundlag	Dannelsesmodel	Fladestyrende støttepunkt
0: Uden for kategori				Trække lagflade op/ned eller lukker lag
1: Sikker	Vel dokumenteret	Belæg i data af høj kvalitet	Robust Dannelsesmodel	
2: Middel sikker	Dokumenteret	Belæg i mange data af mindre god kvalitet eller få data af høj kvalitet	Sandsynlig dannelsesmodel	
3: Usikker	Svagt dokumenteret	Ringe belæg i data	Ingen eller svag dannelsesmodel	

4.2 Geologiske tolkninger

4.2.1 Indledning

I det følgende gennemgås de overordnede tolkninger i forbindelse med den hydrostratigrafiske model.

Kotekort, isopachkort og tolkningspunkt-kvaliteter for hvert lag, kan ses i Bilag B1-B14.

4.2.2 Prækvartæret

4.2.2.1 Den prækvartære lagserie

Top Kalk er den dybest liggende flade kortlagt i modellen. Der findes kun én boring med faststående kalk i området. Kalken kan dog erkendes flere steder i SkyTEM data, men i store områder er tolkningen usikker og mange tolkningspunkter har fået kvalitet 3, se hhv. kotekort og tolkningspunktskvaliteter på bilag B1a og B1c.

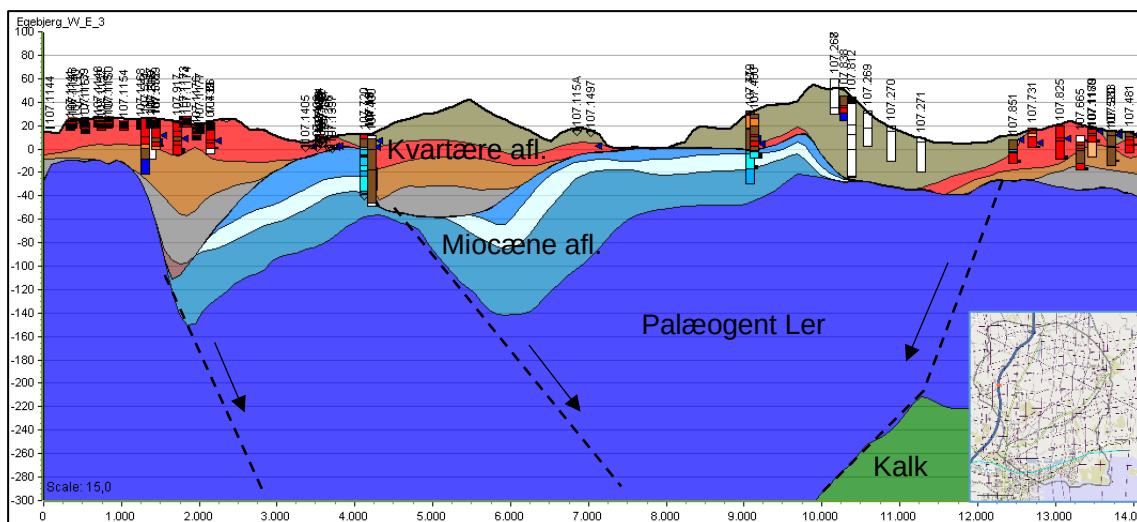
Af de prækvartære flader er Bund_Miocænt_Ler_2 tolket med størst sikkerhed, idet denne flade svarer til koten for den gode leder, der repræsenterer toppen af det fede palæogene ler, og som ses meget tydeligt med lave modstande på SkyTEM data. Desuden er der fundet palæogent ler i mange boringer i området, se hhv. kotekort og tolkningspunktskvaliteter (Bilag B2a og B2c). Fladen repræsenterer reelt den nedre grænse for grundvandscirkulation; kun et enkelt sted i modelområdet er der eroderet ned gennem det palæogene ler, se isopachkort på Bilag B1b.

Over det palæogene ler findes tre miocæne lag, som kun findes i enkelte områder mellem de begravede dale, samt i områder, hvor lagene er skubbet op i forbindelse med glacialtektoniske forstyrrelser, eller hvor de er påvirket af dyb tektonik (se udbredelsen og tykkelsen af lagene på isopach-kortene Bilag B2b, B3b og B4b).

4.2.2.2 Indsynkning og dyb tektonik

Længst mod syd i modellen er der på Top Kalk-niveau tolket en V-Ø orienteret grabenstruktur (Ter-Borch, 1987) som den nordvestlige forlængelse af et indsynkningsområde under Horsens Fjord. Indsynkningen kan skyldes en dybereliggende saltstruktur eller aktive normalforkastninger i grundfjeldet på nordsiden af Ringkøbing-Fyn Horsten (Lykke-Andersen, 1979). Indsynkning har været aktiv i kvartæret (Lykke-Andersen, 1979), hvilket medfører, at både palæogene, miocæne og kvartære aflejringer er beliggende dybere end i de omgivende områder. Dette er forsøgt indarbejdet i lagtolkningen, som vil fremstå som en "grabenstruktur" med niveauforskelle (trappelignende) og miocæne aflejringer der ligger dybt, se Figur 14.

I den oprindelige voxelmodel, blev dette område med dyb tektonik tolket som en zone med vekslende litologiske egenskaber. Det er da også klart fra boringer, at området er meget komplekst og fx ligger de prækvartære aflejringer nogle steder dybt og andre steder relativt højt. Det er tolket, at dette er sket som en kombination af indsynkning efter eller under aflejring, uplift som følge af tiltning af forkastningsblokke, glacial erosion og indsynkning af prækvartære sedimenter i den glacialt eroderede dal. Der er generelt meget få data i området, da det ligger syd for SkyTEM-kortlægningen (se Figur 9). Området er derfor tolket med en vis usikkerhed, se tolkningspunktskvaliteten på Bilag B1c-B5c.



Figur 14: Et udsnit af profil Egebjerg_W_E_3, med mulige forkastninger i en grabenstruktur indtegnet. Linjen ligger næsten parallelt med den sydlige normalforkastning i området ved afstand 2000-5500 m. De to normalforkastninger, der ses længst mod vest, kan derfor være den samme forkastning skåret af profilet på to forskellige steder. For profilets beliggenhed, se lyseblå streg på oversigtskort.

4.2.3 Kvartæret

4.2.3.1 Den kvartære lagserie

Tykkelsen af de kvartære aflejringer aftager gradvist mod syd i takt med det faldende terræn, se figur 4, formentlig som følge af erosion eller manglende aflejring (se udbredelses- og tykkelseskort for de tre øverste kvartære lag på Bilag B11c-B13c). Kvartært_Sand_1 findes kun sporadisk i den nordligste tredjedel af modelområdet, mens både Kvartært_Ler_1 og Kvartært_Sand_2 findes i mængtigheder op til omkring 30-40 m, men typisk mellem 1-20 m i de nordligste to tredjedele af modelområdet.

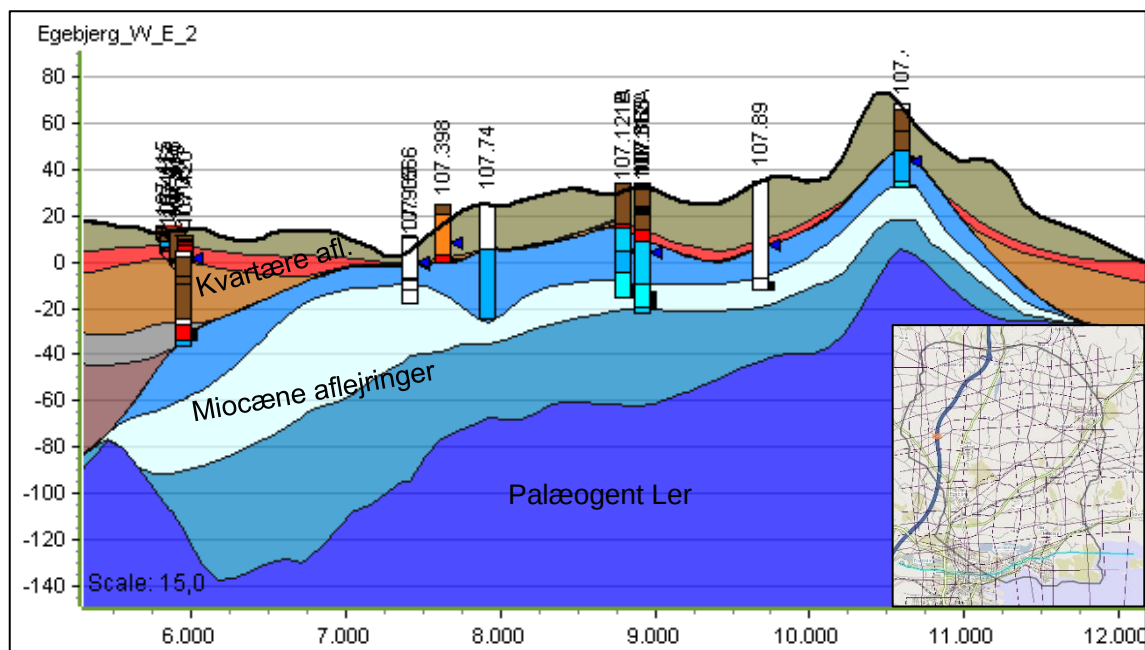
De tre øverste kvartære lag i modellen er relativt tynde lag, som følger terrænet, hvilket også kan ses på deres respektive kotekort (se Bilag B14 og Bilagene B13a-B11a).

Lagene Kvartært_Ler_2, Kvartært_Sand_3 og Kvartært_Ler_3 findes - på nær nogle få steder - i hele modelområdet (se udbredelses- og tykkelseskort på Bilag B10c, B9c og B8c). Laget Kvartært_Ler_2 findes hovedsageligt over de begravede dale, mens lagene Kvartært_Sand_3 og Kvartært_Ler_3 findes både på plateauerne mellem de begravede dale og i de øverste dele af de begravede dale, som det øverste dal-sand og/eller dal-ler.

De nederste tre kvartære lag i modellen (Kvartært_Sand_4, Kvartært_Ler_4 og Kvartært_Sand_5) er glaciale dal-sedimenter, hvilket også afspejles af både deres udbredelses- og tykkelseskort (se Bilag B7c-B5c), og i konturerne på kotekortene (Bilag B8a-B5a), hvor man tydeligt kan se aftegningerne af de begravede dale i området.

4.2.3.2 Glacialtektonik

I den sydøstlige del af modelområdet, lige nord for Horsens fjord findes et større randmøræneområde, hvor tolkning er vanskelig (Figur 15). Her er de geologiske lag simplificeret til færre lag, end man typisk ser i borerne. Lagene er højst sandsynligt skråtstillede, hvilket er forsøgt modelleret (se Figur 15). Der er generelt meget få data i området, da det meste af området ligger syd for SkyTEM-linjerne (se Figur 9). Området er derfor tolket med en vis usikkerhed (se tolkningspunktskvaliteten på Bilag B2c-B10c).



Figur 15: Skråtstillede og højtliggende palæogene og miocæne lag (ved afstand 11.000 m), med et tyndt lag af smeltevandssand og en tyk moræneler henover. For profilets beliggenhed, se lyseblå streg på oversigtskort.

I det nordvestligste hjørne af modelområdet, som støder lige op til Yding Skovhøj, ses højtliggende miocæne aflejringer. Årsagen til dette kan sandsynligvis delvist findes i den højtliggende undergrund i dette område (se kalkkortet Figur 2). Boringer viser dog, at der formentlig også er tale om glacialtektoniske forstyrrelser af lagserien i dette område.

4.2.3.3 Glacial erosionsflade

I den rumlige model fra 2011 er der på basis af SkyTEM-data tolket en erosionsflade i en del af modelområdet, som tolkes at være dannet ved udstrakt glacial erosion. Denne kan ses som en relativt horisontal grænse ved bunden af en lagpakke med medium høje modstande på plateauerne over de dybe begravede dale i den øvre del af lagserien. Det er i nogle områder usikkert, om der er tale om en og samme erosionsflade. Idet fladen er glacialtektonisk deformeret, må den være ældre end de glacialtektoniske hændelser. Fladen befinder sig desuden ovenover flertallet af de begravede dale (alle bortset fra den yngste begravede dal), og er således yngre end disse (Møller & Jørgensen, 2011).

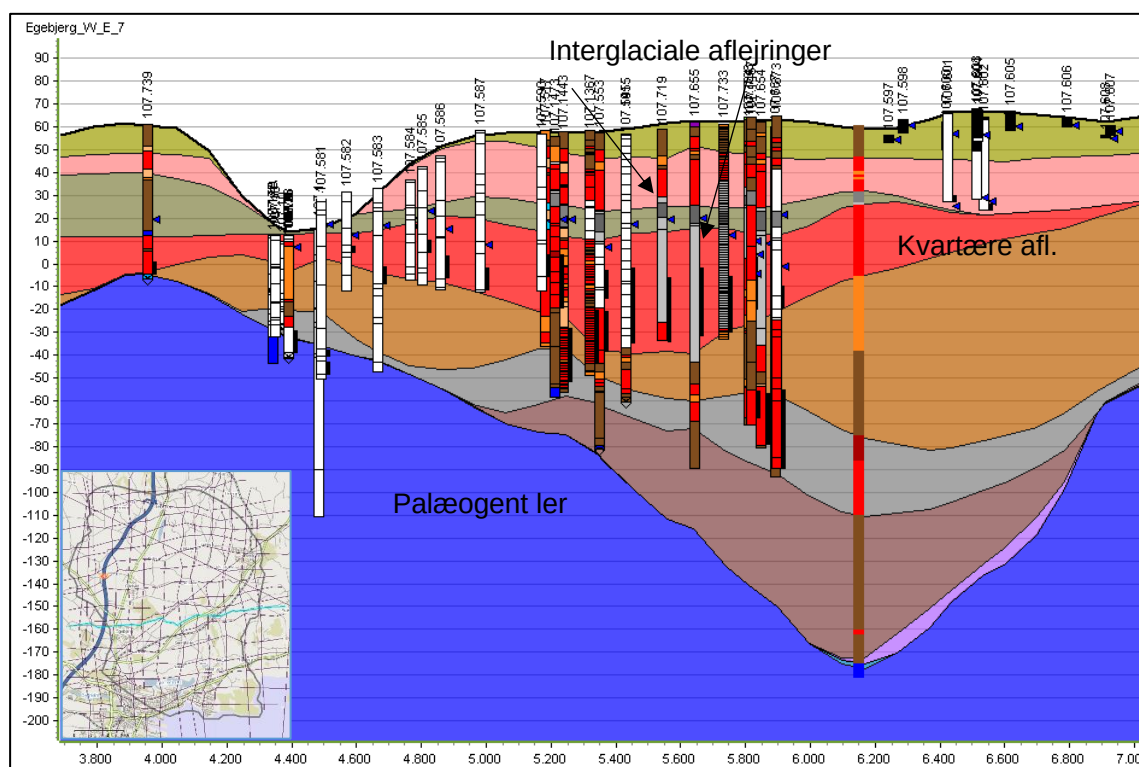
I nærværende lagmodel svarer erosionsfladen til bunden af laget Kvartært_ler_2 mange steder, men ikke alle steder. Bund_Kvartær_Ler_2 kan ses på Bilag B10a. Fladen er blevet

anvendt som støtte i tolkningen, men der er som udgangspunkt fokuseret på lagenes hydro-geologiske egenskaber, og den er derfor ikke benyttet som en fast/styrende laggrænse i modelleringsarbejdet.

4.2.3.4 Interglaciale aflejringer

I den midterste del af modelområdet, midt mellem Gedved og Serridslev, findes interglaciale aflejringer fra Holstein interglacial (Møller & Jørgensen, 2011). I nærværende model er de interglaciale aflejringer primært kortlagt til at være inkluderet i lagene Kvartært_Ler_2 for de finkornede sedimenter (diatomit og ler) og i Kvartært_Sand_3 for de sandede aflejringer, se Figur 16.

De interglaciale aflejringer findes i et område med mange tætliggende borer, hvor det også tydeligt kan konstateres, at geologien i området er meget kompleks, og at det på dette sted er svært at opløse geologien til fulde med de 9 kvartære lag, der er valgt i denne model, se Figur 16.



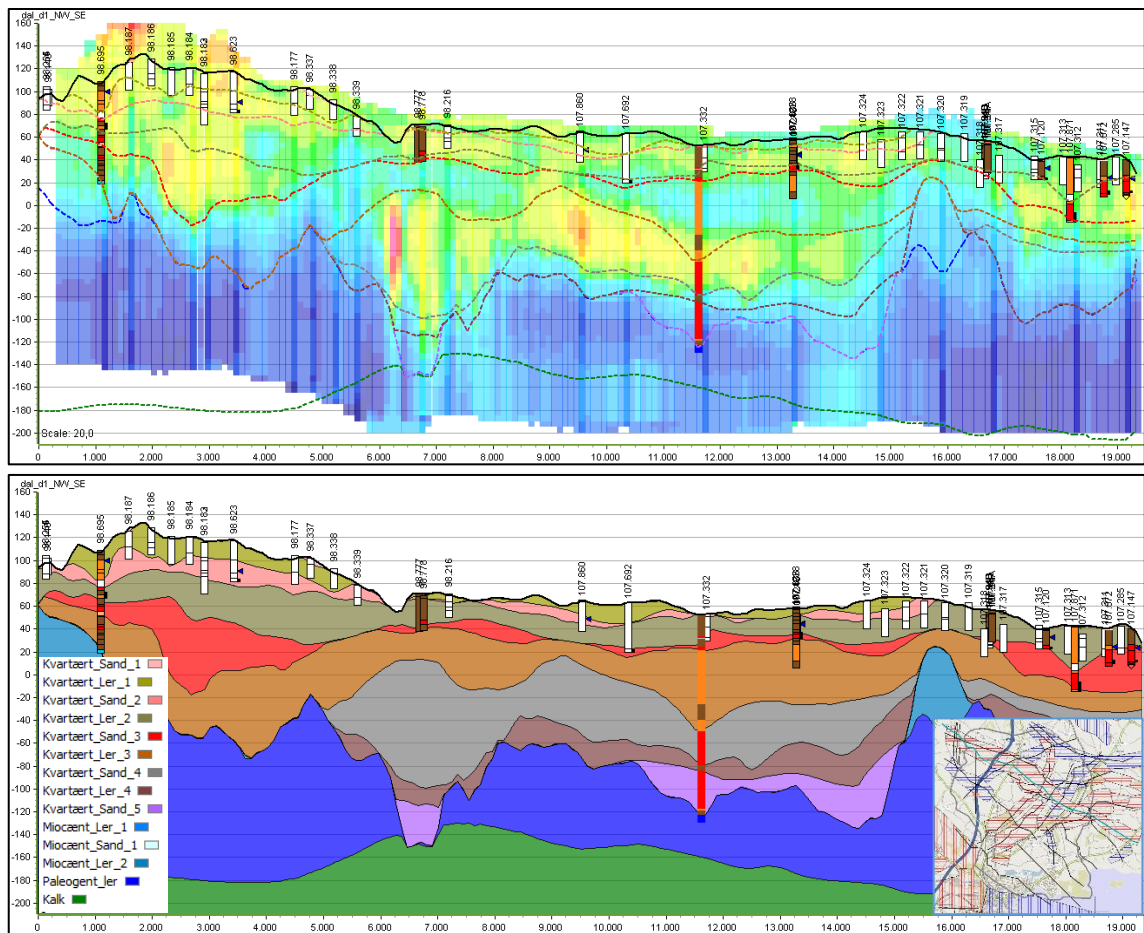
Figur 16: Udsnit af profil Egebjerg_W_E_7 (lyseblå streg på oversigtskort), gennem området med mange dybe borer, hvori der også findes interglaciale aflejringer.

4.2.3.5 Begravede dale

I modelområdet findes der et netværk af begravede dale med en kompleks dannelseshistorie. Der findes mindst syv forskellige generationer af begravede dale, hver især med forskellige foretrukne orienteringer og gennemskærende området på kryds og tværs. Hovedparten af dalene er dannet i Elster eller tidligere, mens kun den yngste generation er dannet i Saale eller Weichsel (Møller & Jørgensen, 2011). Der er ikke lagt vægt på at kortlægge alle syv

generationer af begravede dale i nærværende lagmodel, men information om dalene og deres indbyrdes aldersrelationer (Møller & Jørgensen, 2011) er dog anvendt som støtte under tolkningen.

Idet nærværende model er en hydrostratigrafisk model, er der fokuseret på at forbinde lag med formodet hydrologisk sammenhæng indenfor de begravede dale. For at finde disse hydrologiske sammenhænge er hjælpeprofilerne i høj grad benyttet (se eksempelvis Figur 17), og der er så vidt muligt tegnet langs midten og gennem de dybe borer i dalene.



Figur 17: Profilsnit på langs af begravet dal, profil Dal_d1_NW_SE, lyseblå streg på oversigtskort. Øverst ses borer, SkyTEM 3D-grid og de justerede flader. Nederst ses de hydrostratigrafiske lag.

Tolkningen af specielt de dybe dal-lag er hovedsageligt foretaget på basis af SkyTEM data, idet der ikke er mange dybe borer til rådighed.

Et eksempel på tolkningen af dal-lagene i den store NV-SØ orienterede, veldokumenterede og helt begravede dal midt i modelområdet, kan ses på Figur 17 (se også dalens og linjens placering på Figur 13). Denne dal kaldes d1 i Møller & Jørgensen (2011).

5. Sammenligning af hydrostratigrafisk lagmodel og litologisk voxelmodel

I Bilag A1-A3 ses tre profiler, der krydser området og som repræsenterer alle lag i modellen. Profilerne er ikke tolkningsprofiler, men blev anvendt til at få en forståelse for området inden modelleringen gik i gang, og til at vurdere, hvor mange hydrostratigrafiske lag, der skulle modelleres. Profilerne kan nu også bruges til at se hvilke forskelle der umiddelbart kan ses mellem den hydrostratigrafiske lagmodel (med 14 modellag) og den litologiske voxelmodel (med 71 litologiske enheder).

De to modeller matcher hinanden bedst i områder omkring borer. Ikke overraskende tolkes der generelt flere sammenhængende lag i den hydrostratigrafiske model, mens den litologiske voxelmodel er brudt mere op i flere mindre enheder.

De to modeller afviger mest fra hinanden i områderne med dyb tektonik og glacialtektonik i den sydlige del af modelområdet. I disse områder er det valgt i voxelmodellen at lave zoner med voxler med en blandet litologi for at symbolisere områdernes kompleksitet. I tolkning af en lagmodel er dette ikke en mulighed, og her er det forsøgt at modellere lagene så godt som muligt, vel vidende at usikkerheden er høj, idet geologien formodentlig er mere kompleks end det har været muligt at modellere.

Overordnet ses god overensstemmelse mellem de to modeller, hvis der fokuseres på, hvor der er tolket sand og ler. Visuelle sammenligninger i 2D som disse vil dog kun kunne være af orienterende karakter. Det er først i forbindelse med grundvandsmodelleringen, at eventuelle forskelle i 3D vil kunne træde frem, som fx områder med forskelle i grundvandets strømningsretning eller lignende.

6. Konklusion

Som en del af GeoConcept-projektet er der opstillet en 3D hydrostratigrafisk lagmodel for et ca. 200 km² stort område ved Egebjerg. GeoConcept-projektet har som primært formål at analysere, hvordan valget af geologisk modelleringsmetode vil kunne påvirke resultatet af grundvandsmodelleringen.

Den hydrostratigrafiske lagmodel tager udgangspunkt i et modelleringsarbejde fra 2011 og er baseret på samme datagrundlag (boringer, SkyTEM, PACES og seismik). Modellen fra 2011 består af en rumlig geologisk model med et mindre antal fladetolkninger af specifikke geologiske horisonter i dele af modelområdet samt en fuld 3D litologisk voxelmodel. Området har en stor geologisk kompleksitet, og det er vurderet, at de to modeller med fordel kan bruges i en sammenligning af forskellige modelleringsmetoder i GeoConcept.

Den litologiske voxelmodel har inden opstarten af det hydrostratigrafiske modelarbejde været anvendt som støtte til at vurdere, hvor mange lag der skulle tolkes i den hydrostratigrafiske model. Herudover har voxelmodellen ikke været anvendt i de hydrostratigrafiske tolkninger. Men de prækvartære fladetolkninger i den rumlige geologiske model fra 2011 er blevet anvendt, som et udgangspunkt for tolkningen af de prækvartære lag i den hydrostratigrafiske lagmodel.

Sammenlignes de to typer af modeller; den hydrostratigrafiske lagmodel med 14 modellag og den litologiske voxelmodel med 71 litologiske enheder, ses det, at de to modeller matcher hinanden bedst i områder omkring boringer og mindre godt i tektonisk forstyrrede områder, hvor der i voxelmodellen er tolket blandet litologi, mens lagene er forsøgt modelleret i lagmodellen. Der er generelt tolket flere sammenhængende hydrostratigrafiske lag, mens de litologiske enheder i voxelmodellen er brudt mere op i flere mindre enheder. Overordnet ses god overensstemmelse mellem de to modeller, hvis der blot fokuseres på, hvor der er tolket sand og ler. Visuelle sammenligninger i 2D som disse vil dog kun kunne være af orienterende karakter. Det er først i forbindelse med den efterfølgende grundvandsmodellering, at eventuelle forskelle vil kunne træde frem.

7. Referencer

Grontmij Carl Bro, 2009: Sammenstilling og vurdering af eksisterende data i Hovedgård kortlægningsområde. Trin-1 kortlægning af Hovedgård kortlægningsområde. Udarbejdet for Naturstyrelsen 2009.

Henriksen H.J. & Trolborg L., 2011: 3D hydrologisk strømningsmodel for Egebjerg området. Beskrivelse og uddybning af A2 klimascenariet med henblik på CLIWAT projektet. GEUS rapport 2011/126.

Kristensen, M., Vangkilde-Pedersen, T., Skovbjerg, R. E.; Dybkjær, K., Møller, I. & Andersen, L.T., 2015; Miocæn 3D, opdateret 2015. Den rumlige geologiske model; GEUS rapport 2015/90.

Lykke-Andersen, H. 1979. Nogle undergrundstektoniske elementer i det danske Kvartær. Dansk Geologisk forening. Årsskrift for 1978, s 1-6.

Møller R.R. & Jørgensen F., 2011: 3D geologisk model for Egebjerg. GEUS rapport 2011/37.

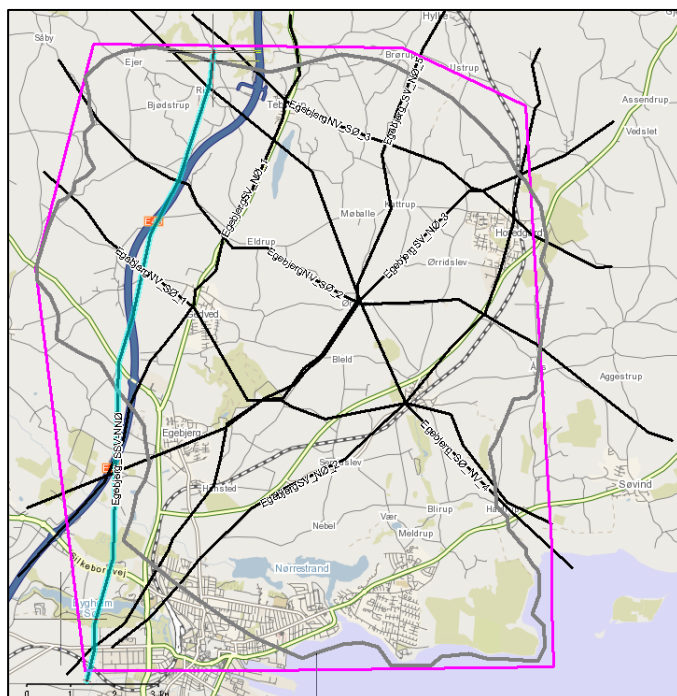
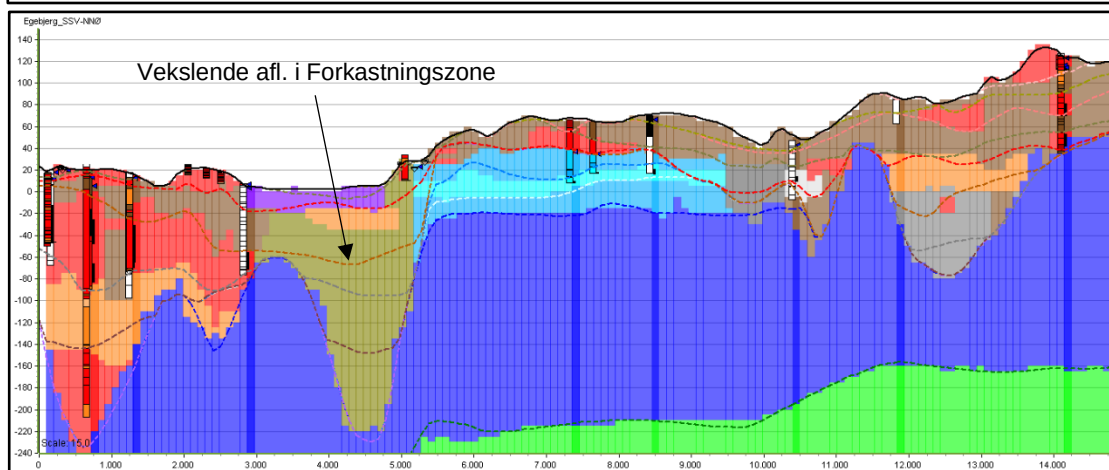
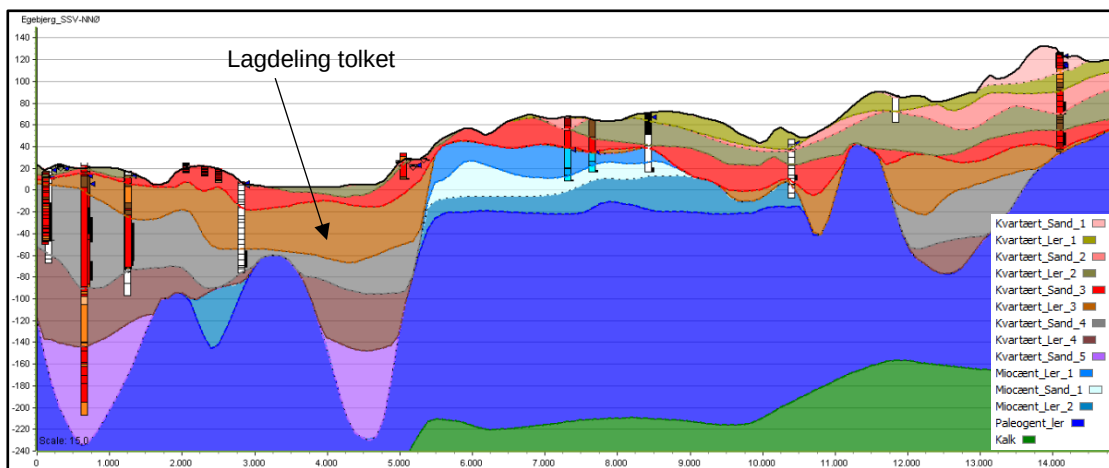
Odgaard, B. 2010: Pollenanalytisk datering af Ferskvandsaflejring i DGU 107.733 Horsens Vandværk. Rapport, Århus Universitet. Udført for Miljøcenter Århus.

Sandersen P.B.E. & Jørgensen, F., 2016: Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2015. GEUS særudgivelse.

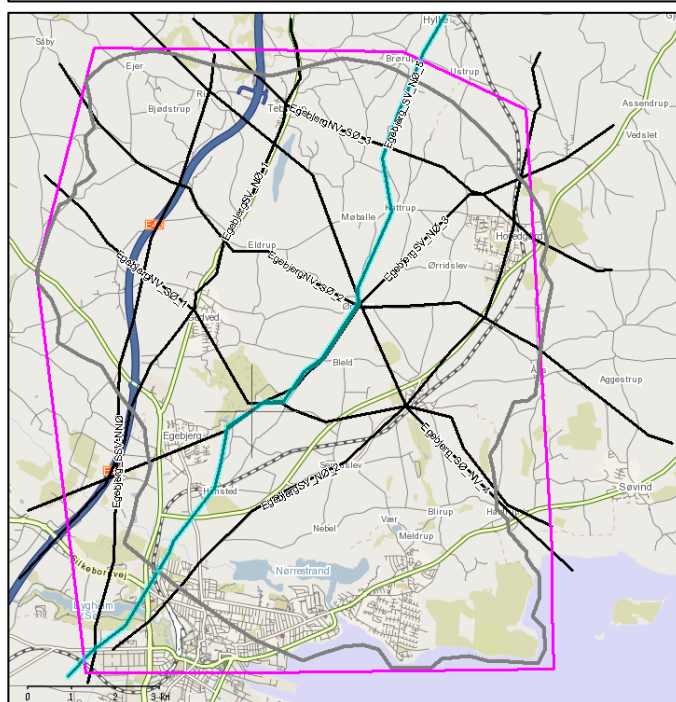
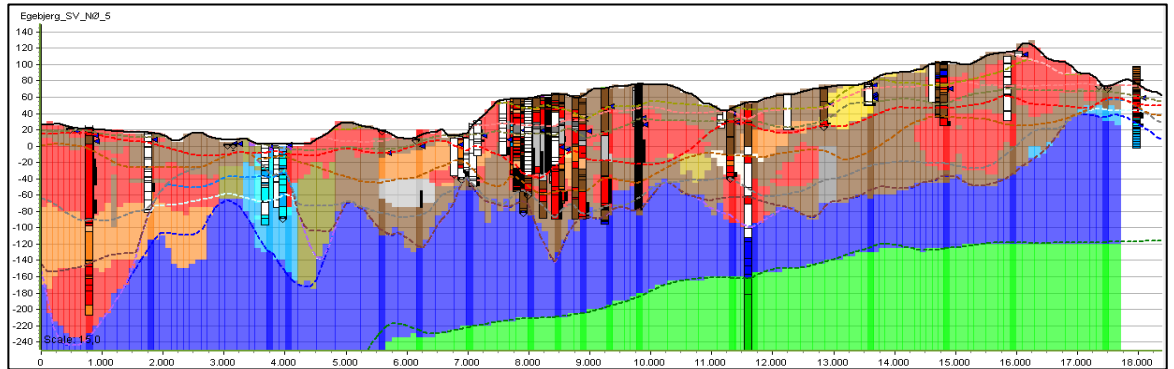
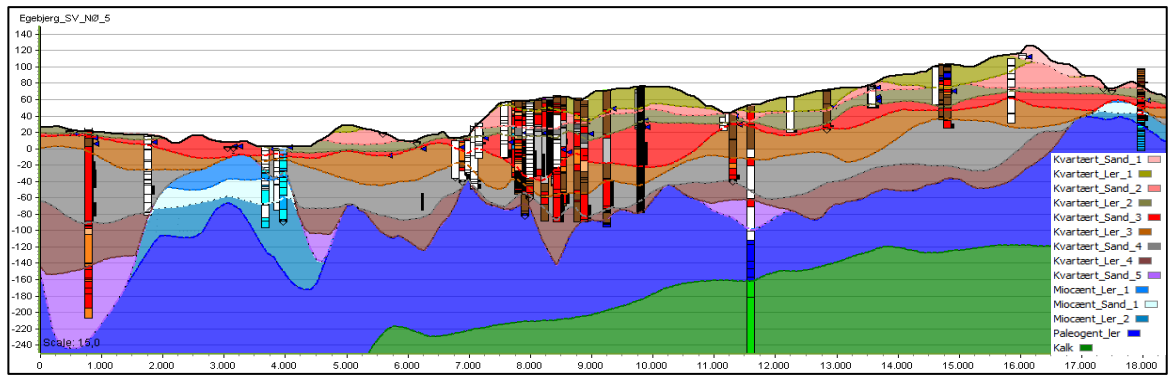
Smed P. 1981: Landskabskort over Danmark. Geografforlaget.

Ter-Borch, N., 1987: Kalkoverfladens Struktur. Skov- og Naturstyrelsen. Havbundsundersøgelser og Dansk Olie- og Gasproduktion A/S.

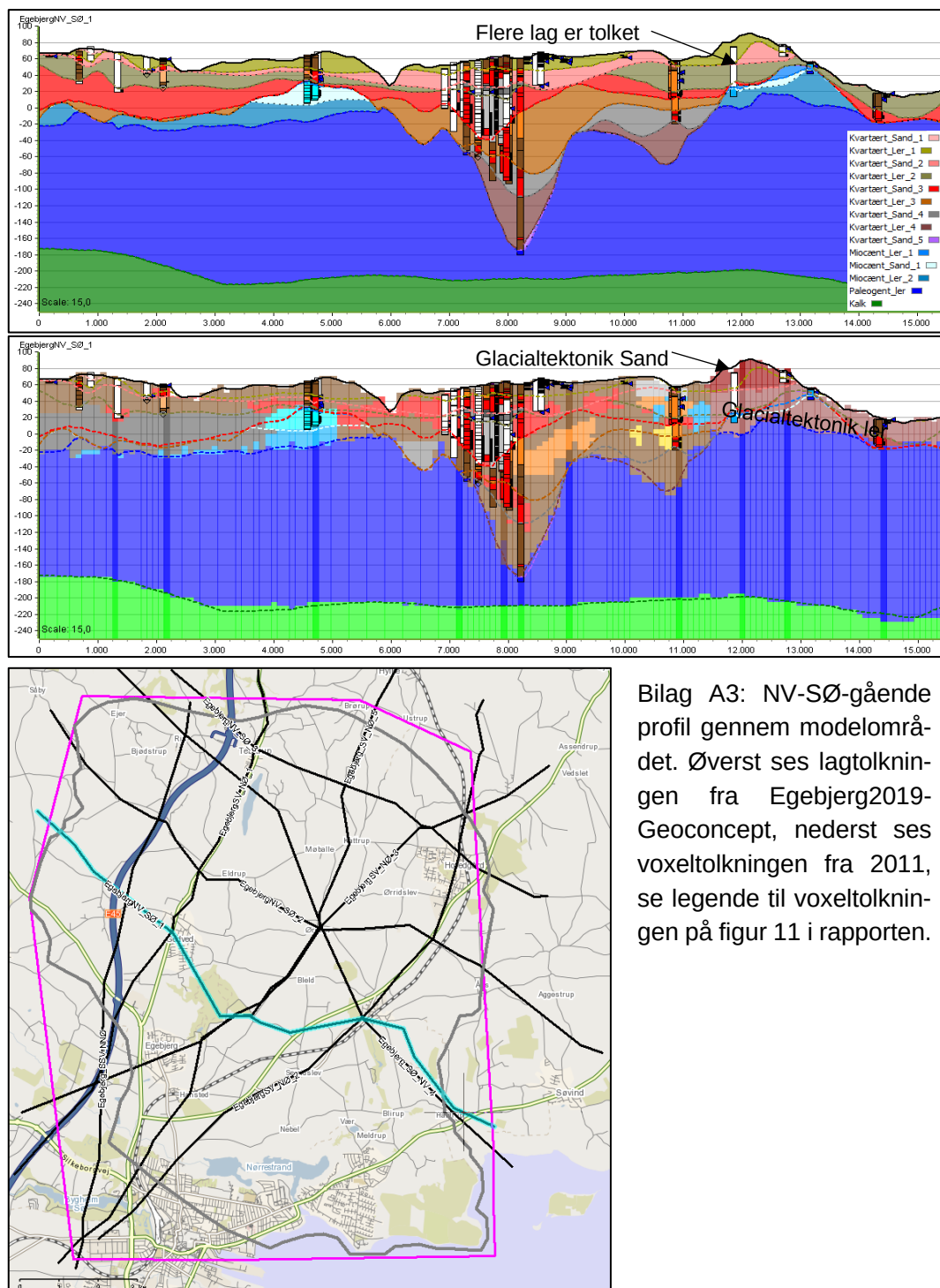
1 Bilag A1-A3: Profiler gennem hydrostratigrafisk lagmodel 2019 og voxelmodel 2011



Bilag A1: SSV-NNØ-gående profil gennem modelområdet. Øverst ses lagtolkningen fra Egebjerg2019-Geoconcept, nederst ses voxeltolkningen fra 2011, se legende til voxeltolkningen på figur 11 i rapporten.



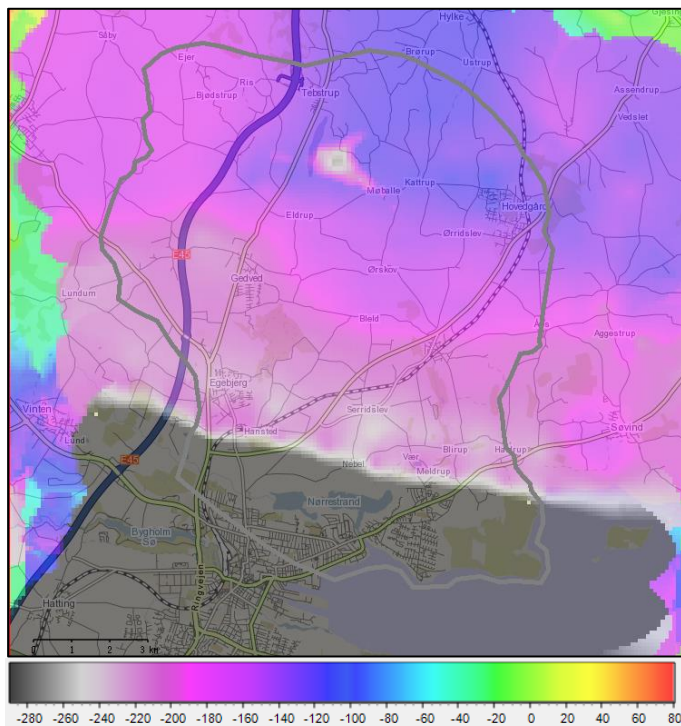
Bilag A2 SV-NØ-gående profil gennem modelområdet. Øverst ses lagtolkningen fra Egebjerg2019-Geoconcept, nederst ses voxeltolkningen fra 2011, se legende til voxeltolkningen på figur 11 i rapporten.



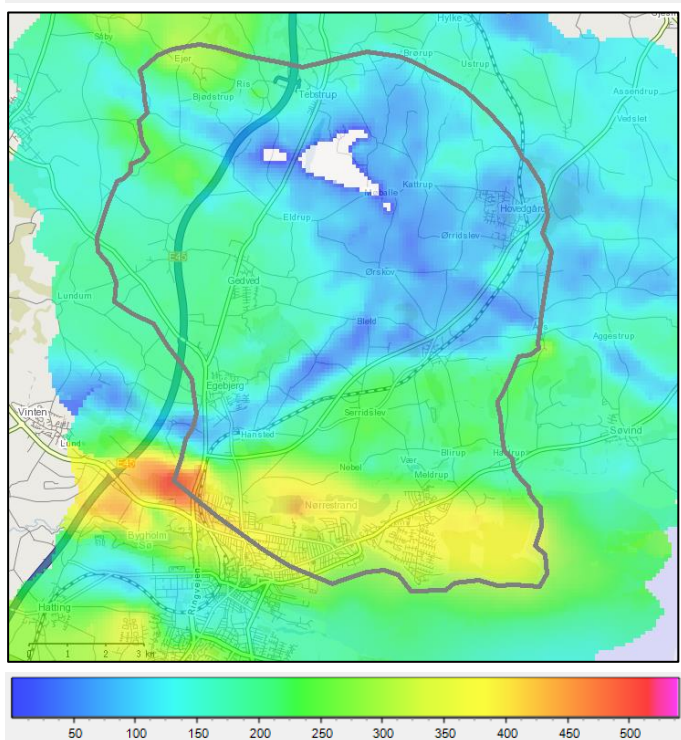
Bilag A3: NV-SØ-gående profil gennem modelområdet. Øverst ses lagtolkningen fra Egebjerg2019-Geoconcept, nederst ses voxeltolkningen fra 2011, se legende til voxeltolkningen på figur 11 i rapporten.

2 Bilag B1-B14: Hydrostratigrafiske lagflader, isopachkort og usikkerhedsplots

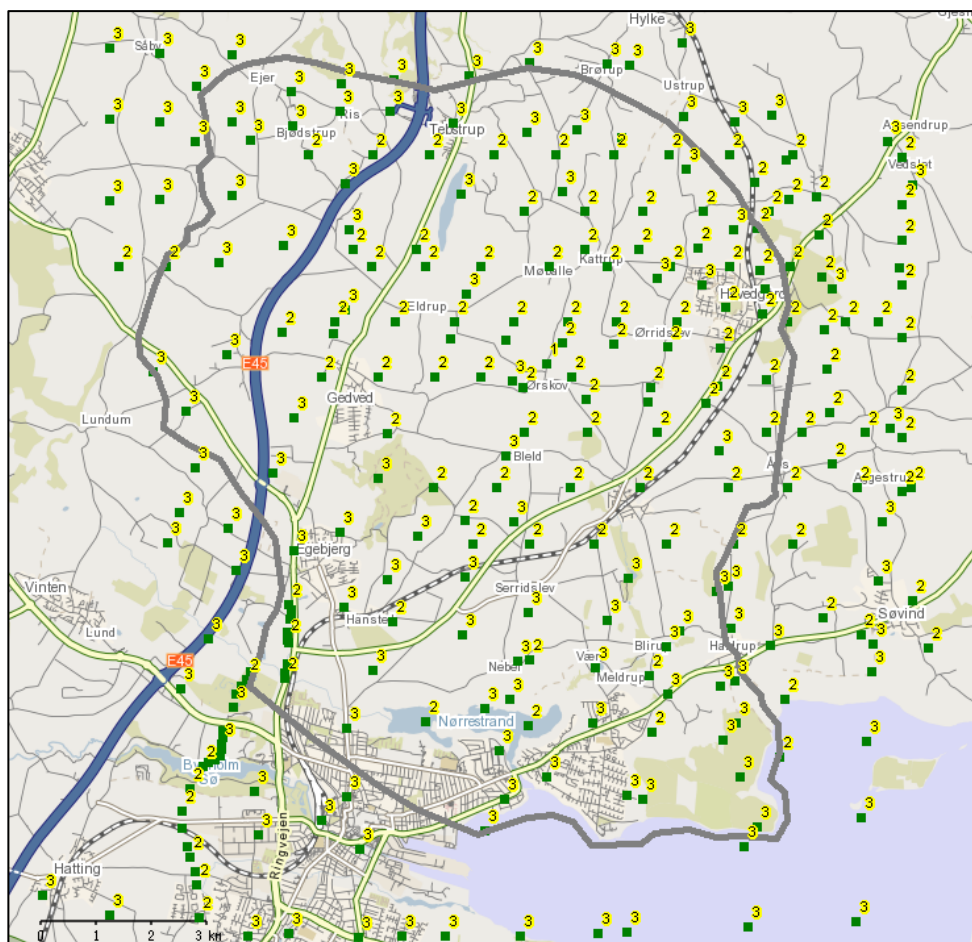
Bilag B1: Kotekort og usikkerhed for fladen Bund af lag 13/Top af lag 14 (Top Kalk), samt isopach kort af laget palæogent ler (Lag 13)



A: Kotekort i m for Bund_Palæogent_Ler_TopKalk_Adjusted



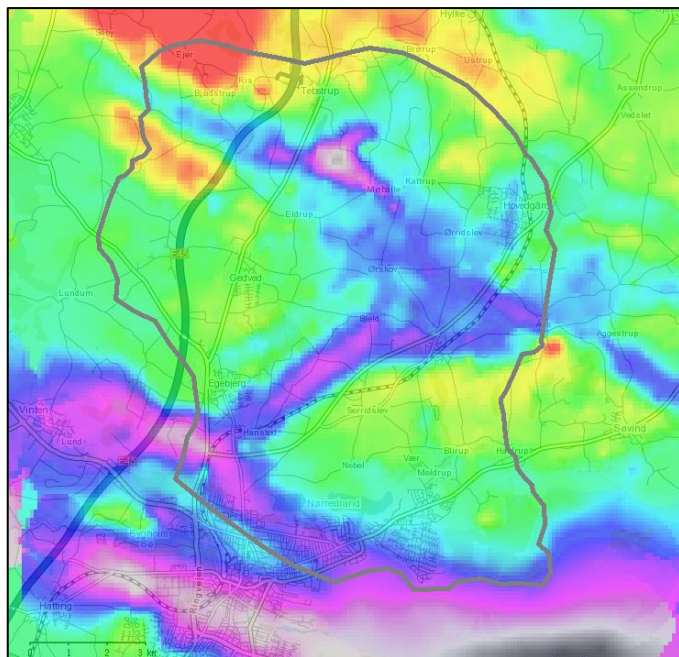
B: Isopachkort af laget Palæogent_Ler hvor dette er tykkere end 1 m.



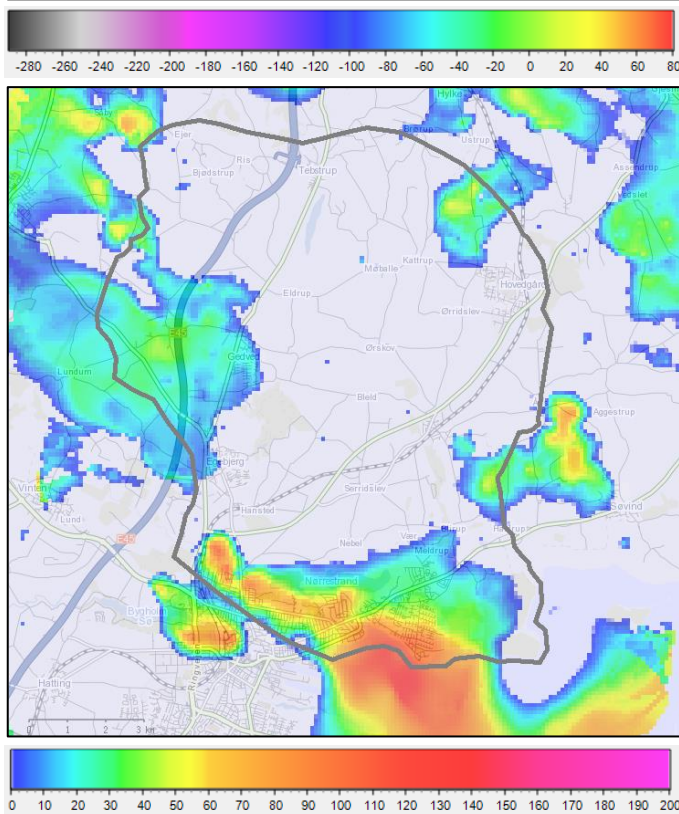
C: Usikkerhed på tolkningspunkter for
 Bund_Paleogent_Ler_TopKalk_Adjusted

0: Støttepunkter
 1: Sikker tolkning
 2: Middelsikker tolkning
 3: Usikker tolkning

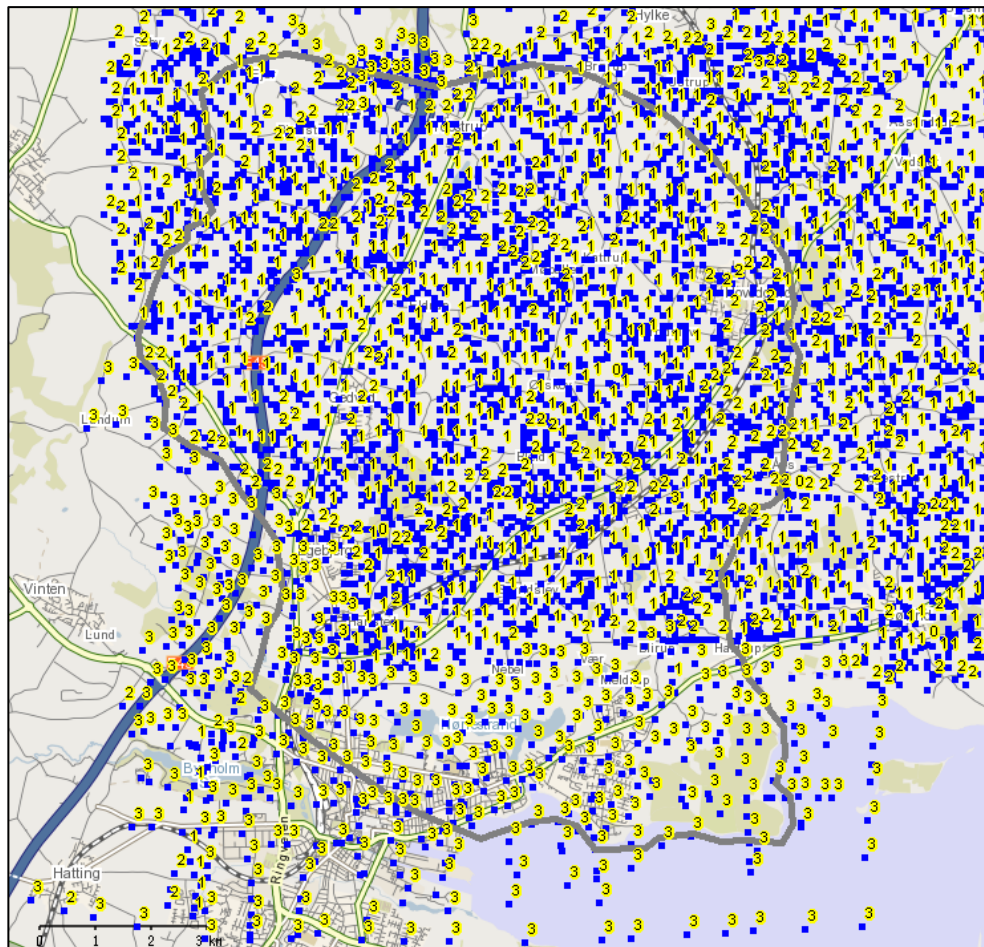
Bilag B2: Kotekort og usikkerhed for fladen Bund af lag 12/Top af lag 13 (Top Palæogen), samt isopachkort for laget Miocænt_Ler_2 (Lag 12, nederste miocæne ler lag)



A: Kotekort i m for fladen
Bund_Miocænt_Ler_2_Adjusted



B: Isopachkort af laget
Miocænt_Ler_2 hvor dette er tyk-
kere end 1 m.



C: Usikkerhed på tolkningspunkter for

Bund_Miocænt_Ler_2_Adjusted

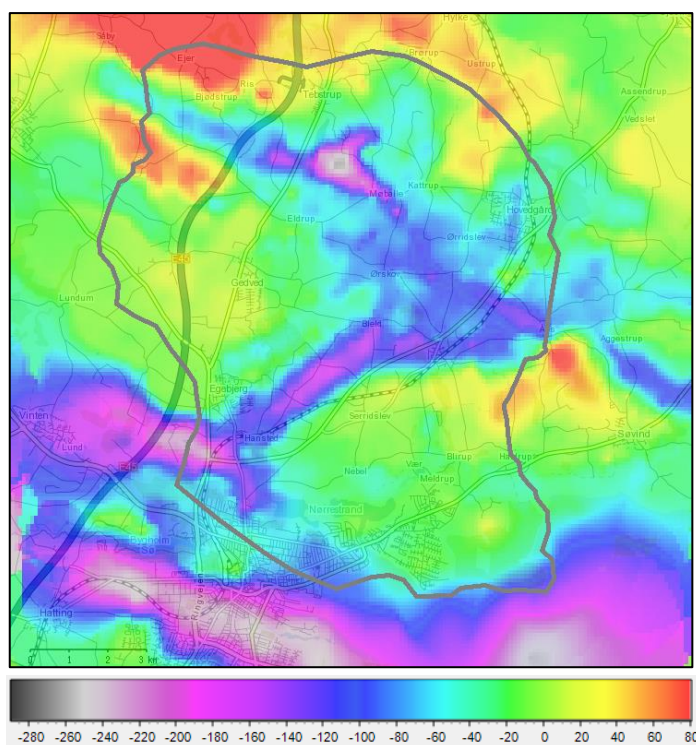
0: Støttepunkter

1: Sikker tolkning

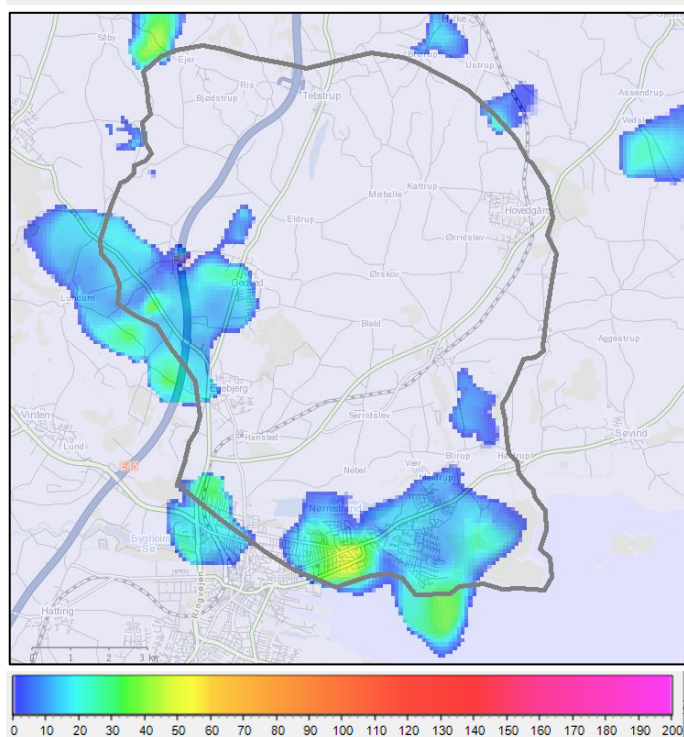
2: Middelsikker tolkning

3: Usikker tolkning

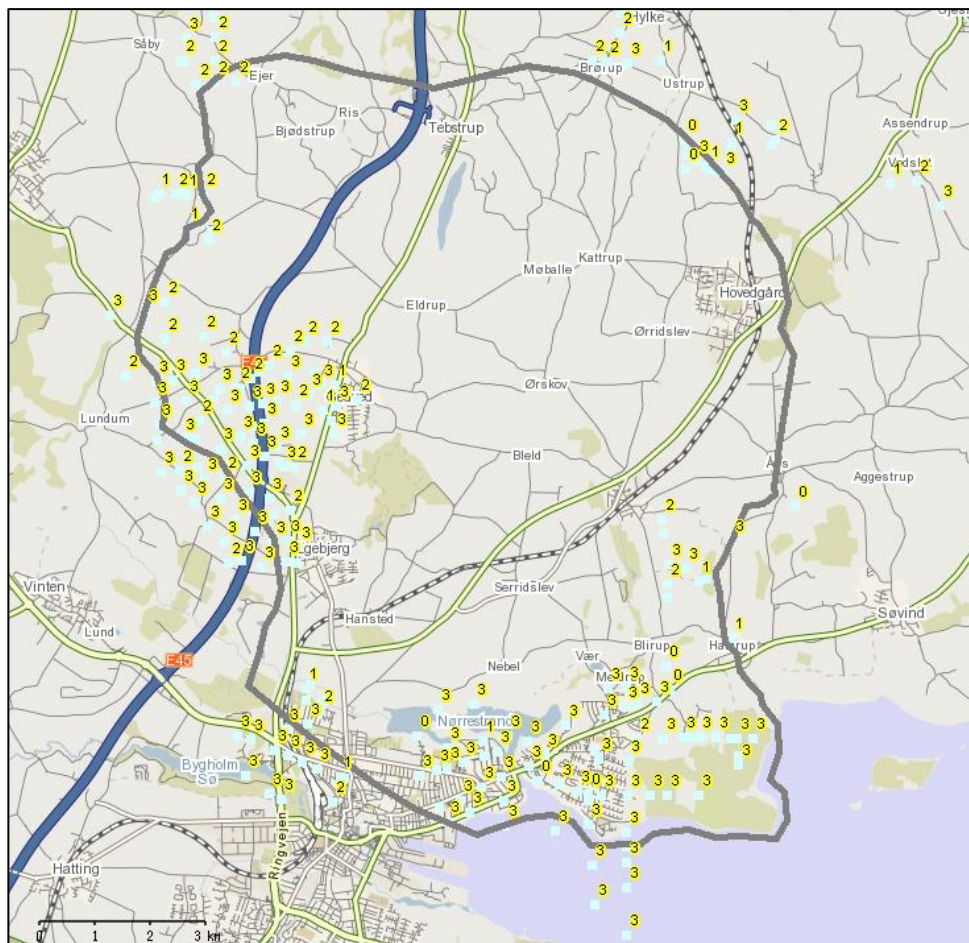
42



A: Kotekort i m for fladen
Bund_Miocænt_Sand_1_Adjusted

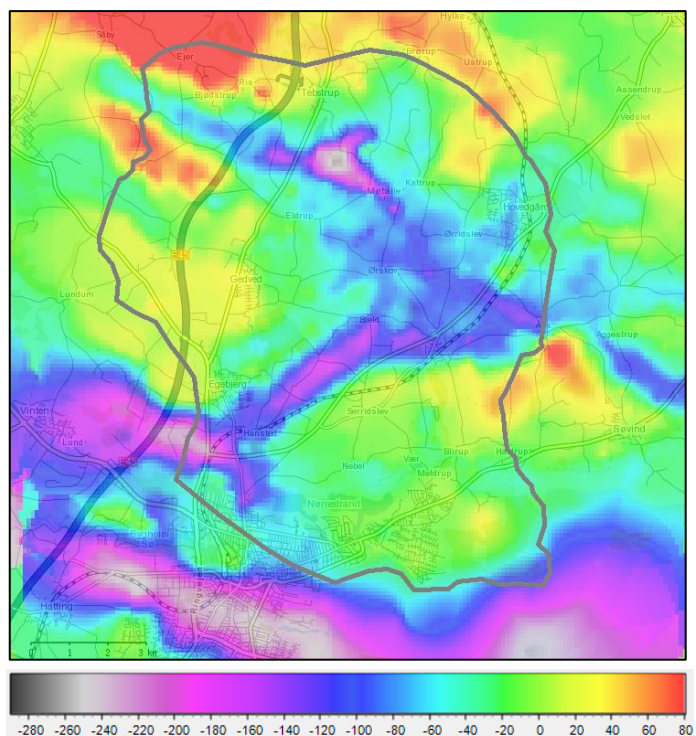


B: Isopachkort af laget
Miocænt_Sand_1 hvor dette
er tykkere end 1 m.

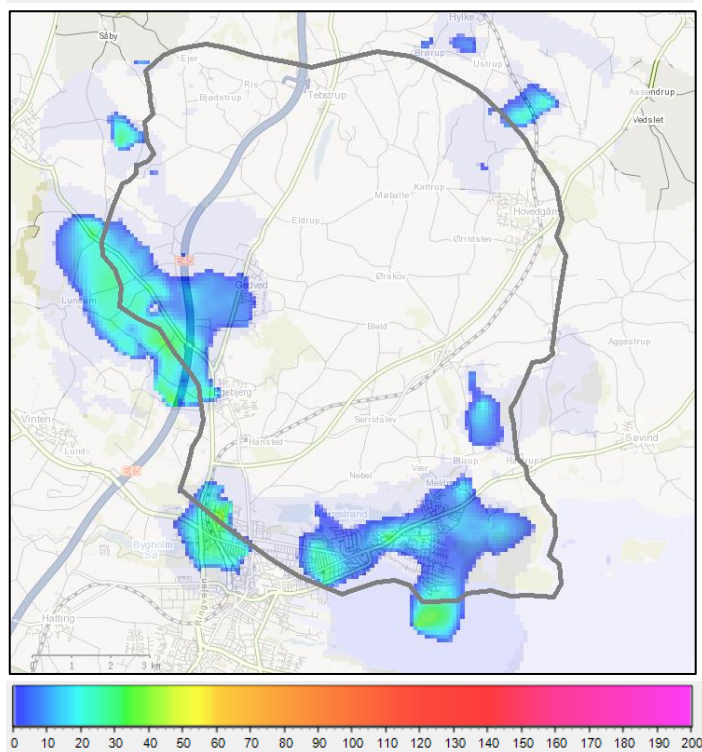


C: Usikkerhed på tolkningspunkter for
 Bund_Miocænt_Sand_1_Adjusted
 0: Støttepunkter
 1: Sikker tolkning
 2: Middelsikker tolkning
 3: Usikker tolkning

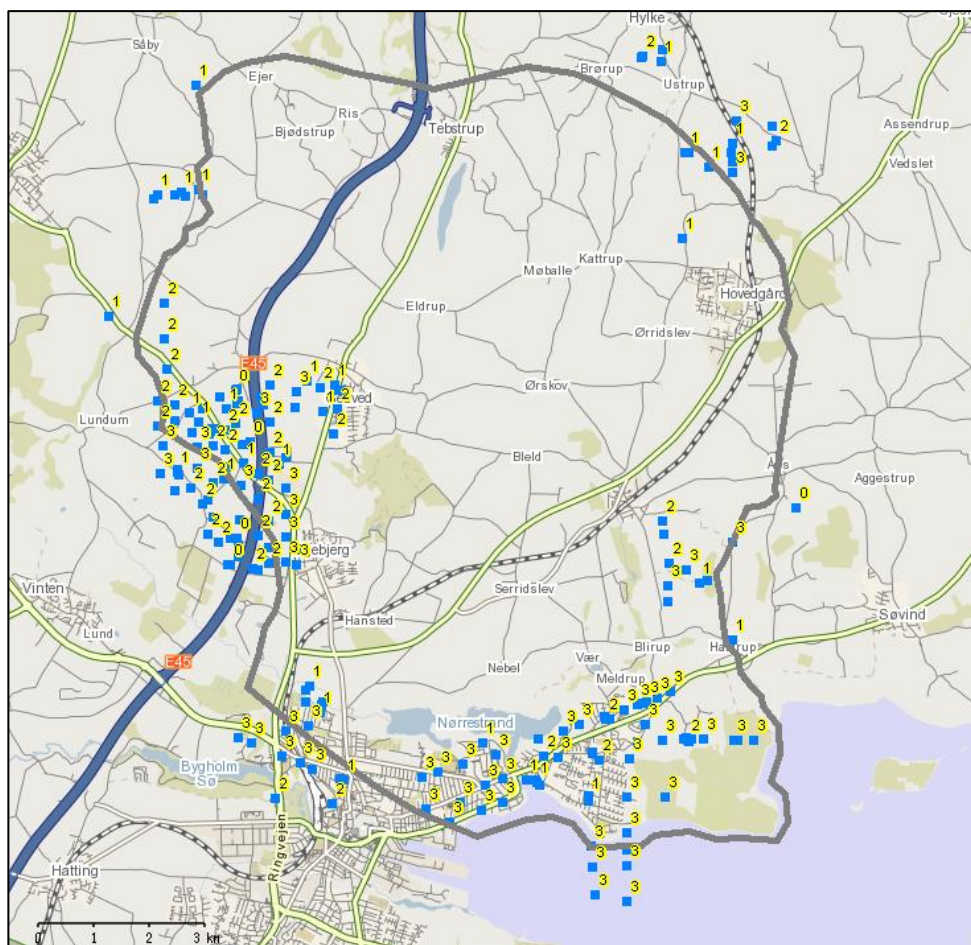
44



A: Korte kort i m for fladen
Bund_Miocænt_Ler_1_Adjusted

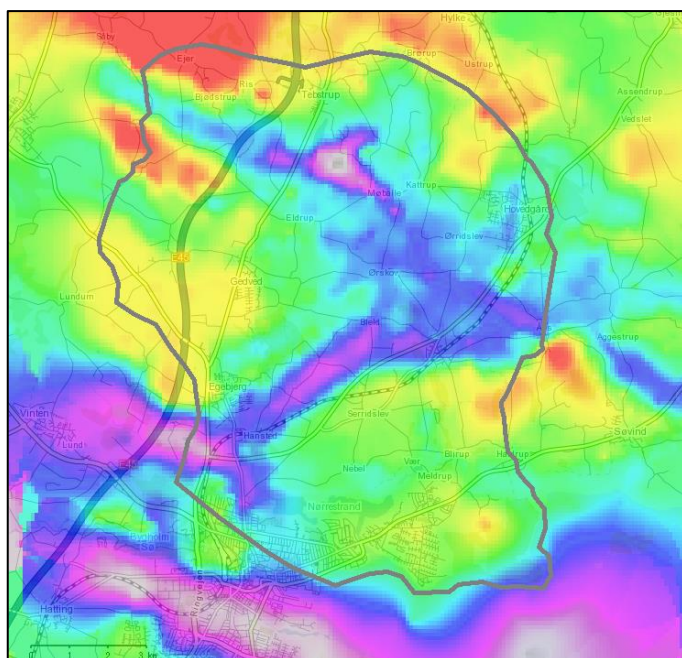


B: Isopachkort af laget
Miocænt_Ler_1 hvor dette er tyk-
kere end 1 m.

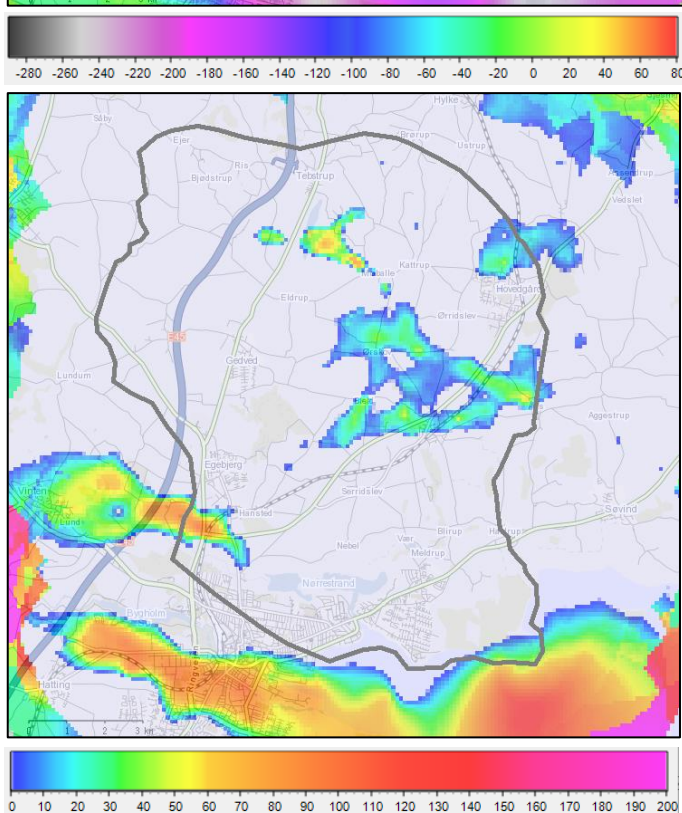


C: Usikkerhed på tolkningspunkter for
 Bund_Miocænt_Ler_1_Adjusted
 0: Støttestrukturer
 1: Sikker tolkning
 2: Middelsikker tolkning
 3: Usikker tolkning

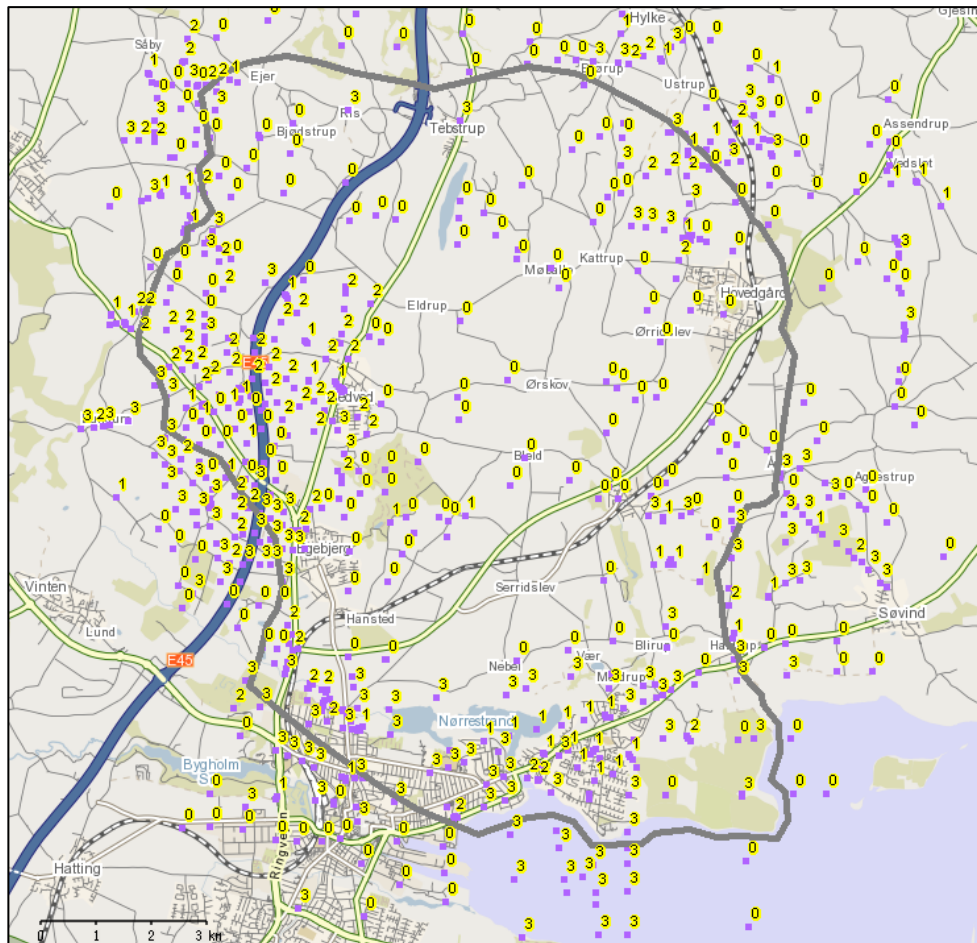
Bilag B5: Kotekort og usikkerhed for fladen Bund af lag 9/Top af lag 10 (Den prækvar-tære overflade), samt isopachkort for laget Kvartært_Sand_5 (Lag 9, dybeste dalsand)



A: Kotekort i m for fladen
Bund_Kvartært_Sand_5_Adjusted



B: Isopachkort af laget Kvar-tært_Sand_5 hvor dette er tyk-kere end 1 m.



C: Usikkerhed på tolkningspunkter

Bund_Kvartært_Sand_5_Adjusted

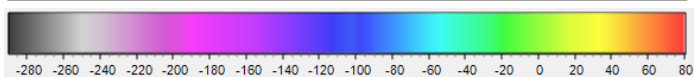
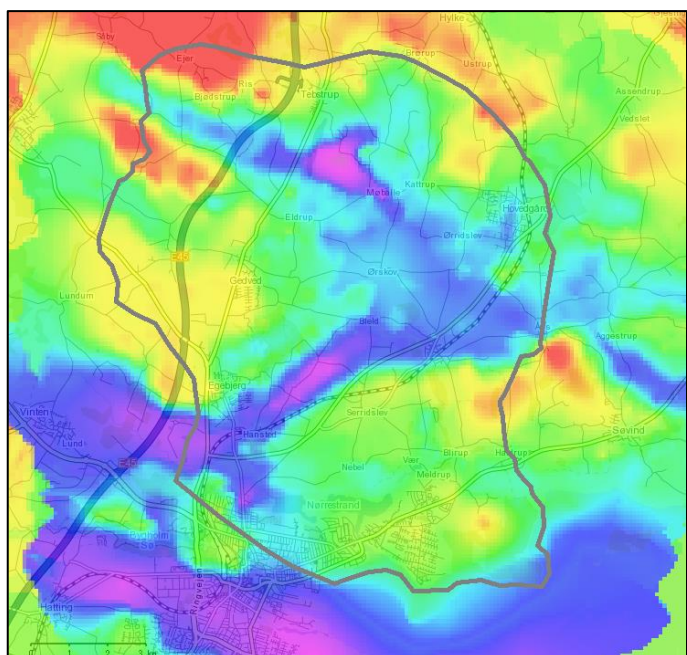
0: Støttepunkter

1: Sikker tolkning

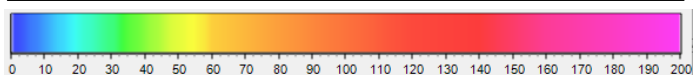
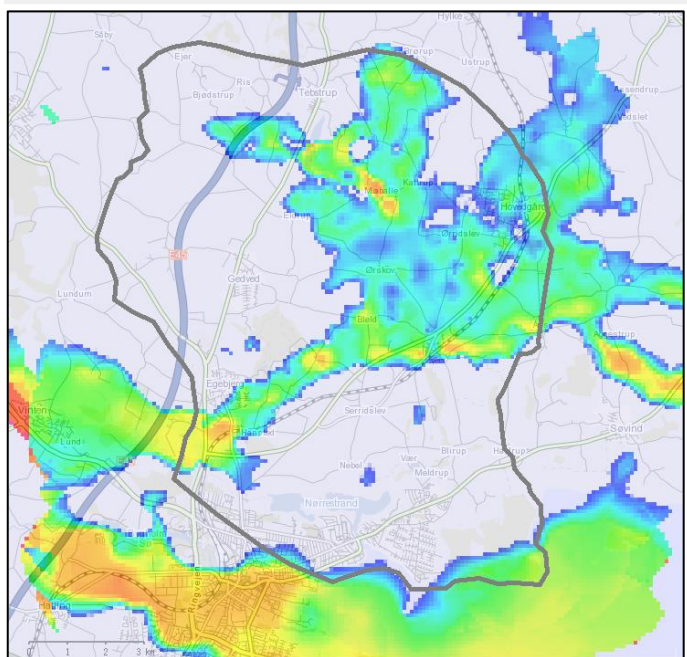
2: Middelsikker tolkning

3: Usikker tolkning

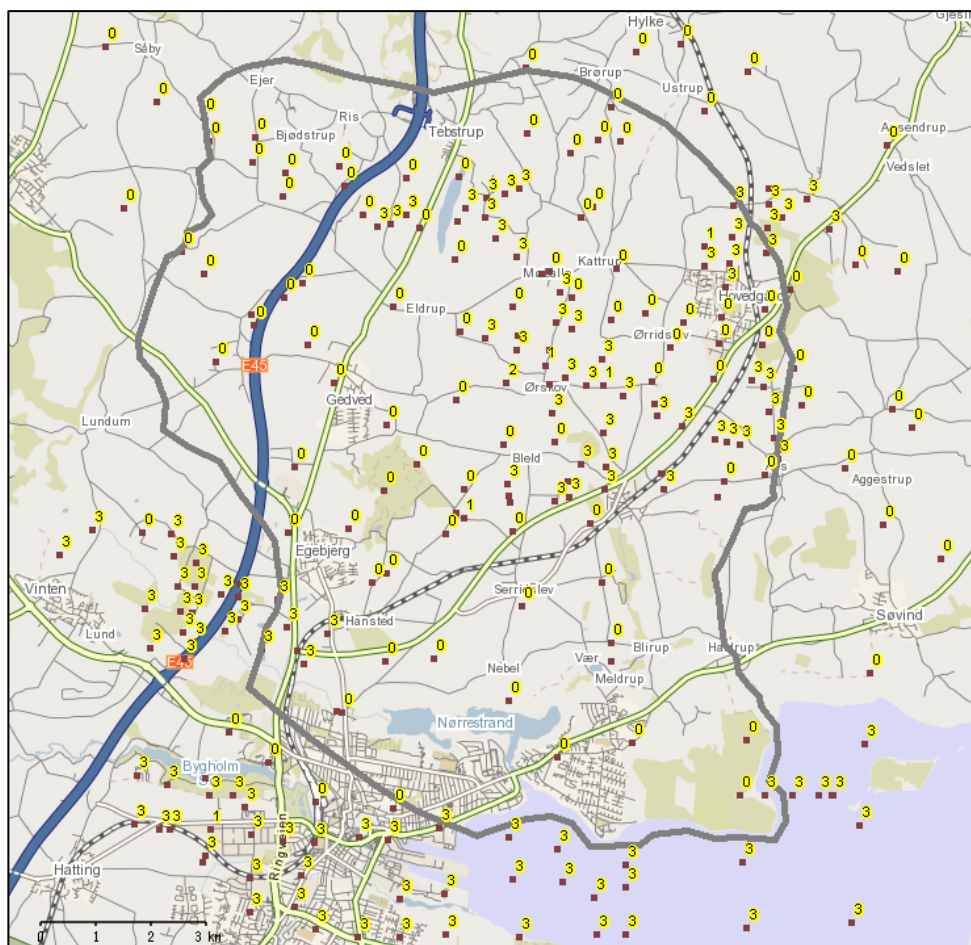
Bilag B6: Kotekort og usikkerhed for fladen Bund af lag 8/Top af lag 9, samt isopach-kort for laget Kvartært_Ler_4 (Lag 8, dybeste dal ler)



A: Kotekort i m for fladen Bund_Kvartært_Ler_4_Adjusted



B: Isopachkort af laget Kvartært_Ler_4 hvor dette er tykkere end 1 m.



C: Usikkerhed på tolkningspunkter

Bund_Kvartært_Ler_4_Adjusted

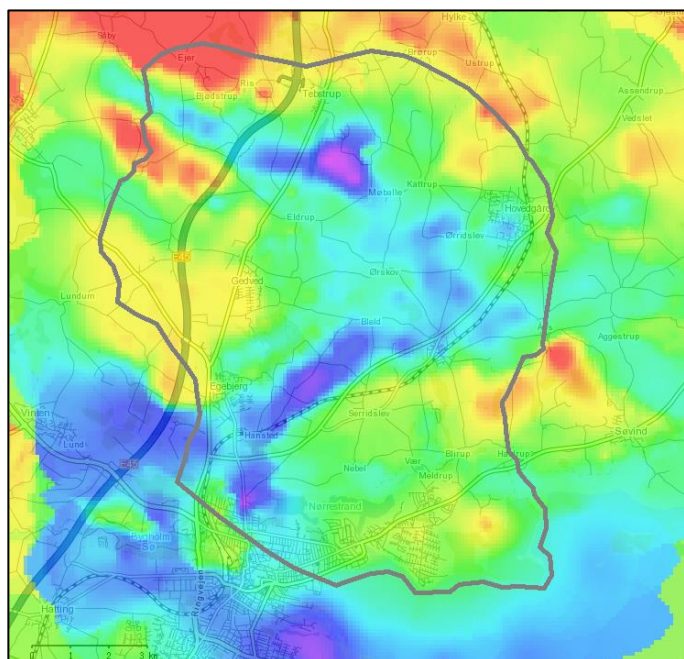
0: Støttepunkter

1: Sikker tolkning

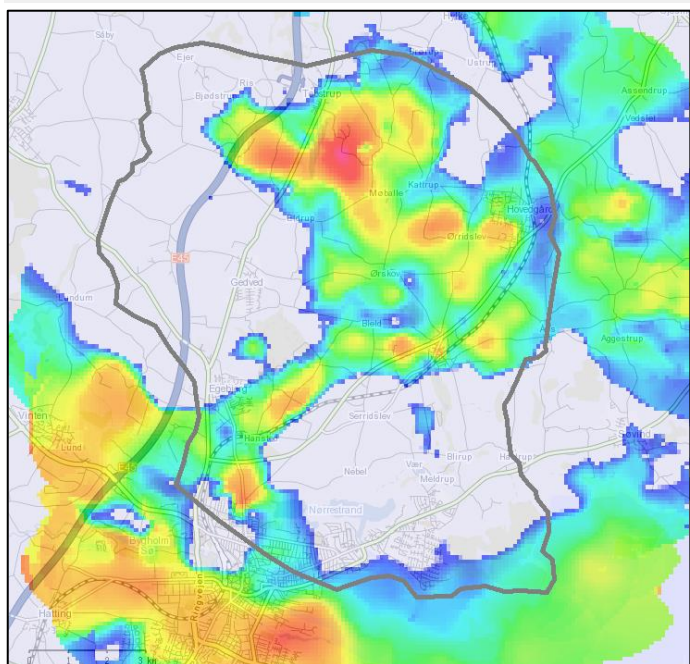
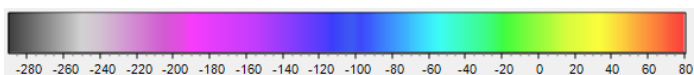
2: Middelsikker tolkning

3: Usikker tolkning

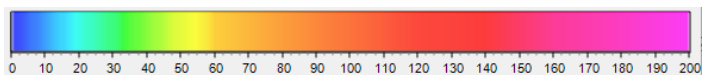
Bilag B7: Kotekort og usikkerhed for fladen Bund af lag 7/Top af lag 8, samt isopach-kort for laget Kvartært_Sand_4 (Lag 7, Mellemste dal sand)

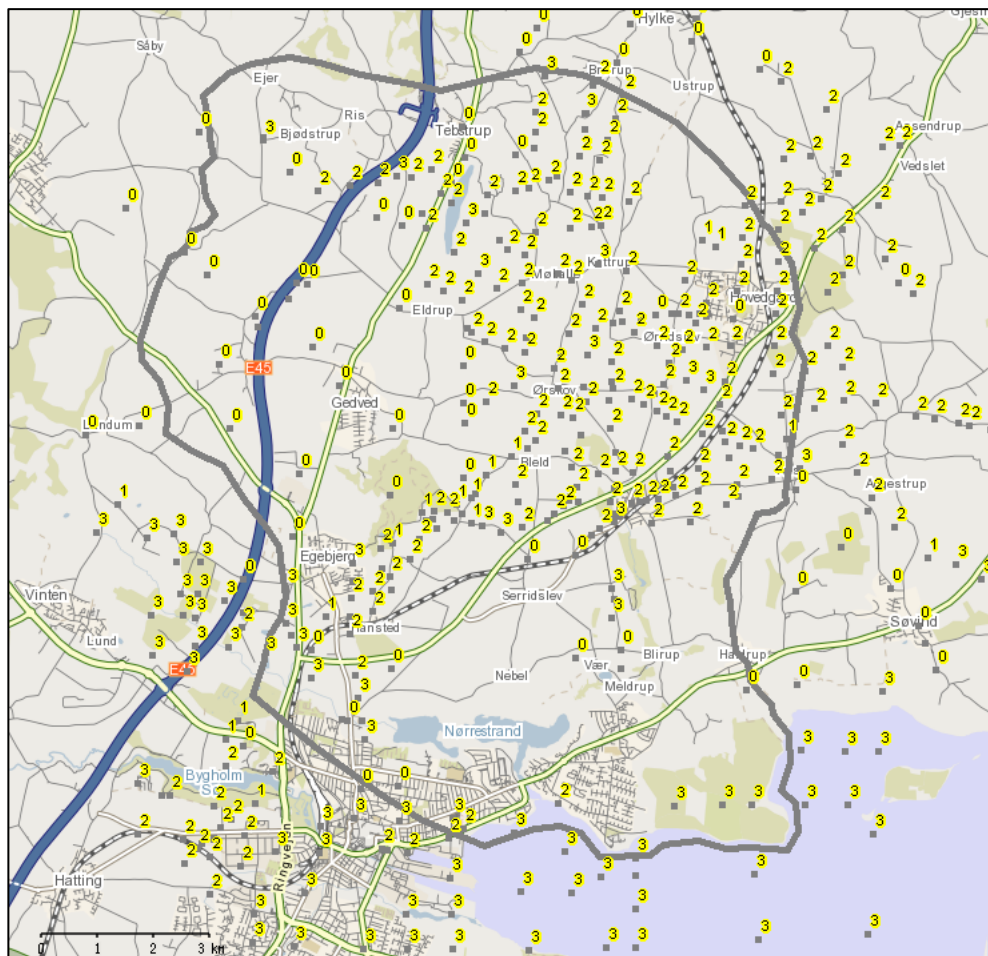


A: Kotekort i m for fladen Bund_Kvartært_Sand_4_Adjusted



B: Isopachkort af laget Kvartært_Sand_4 hvor dette er tykkere end 1 m.





C: Usikkerhed på tolkningspunkter for
Bund_Kvartært_Sand_4_Adjusted

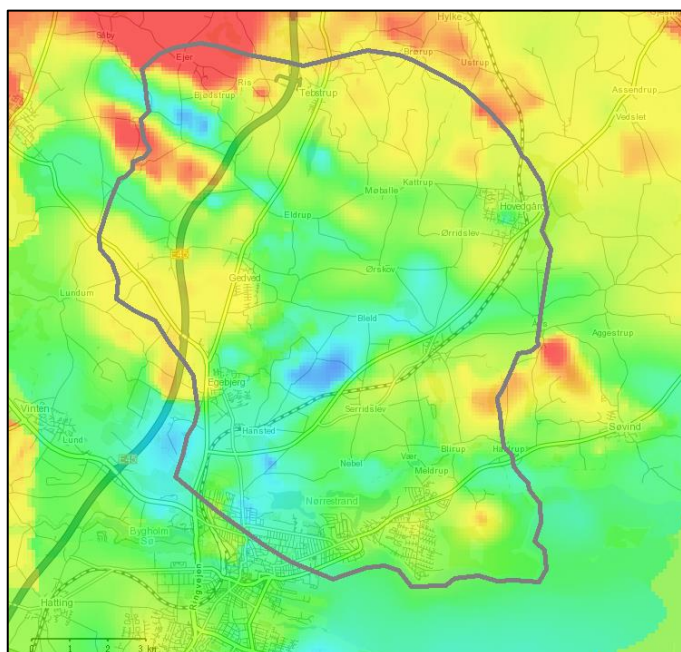
0: Støttepunkter

1: Sikker tolkning

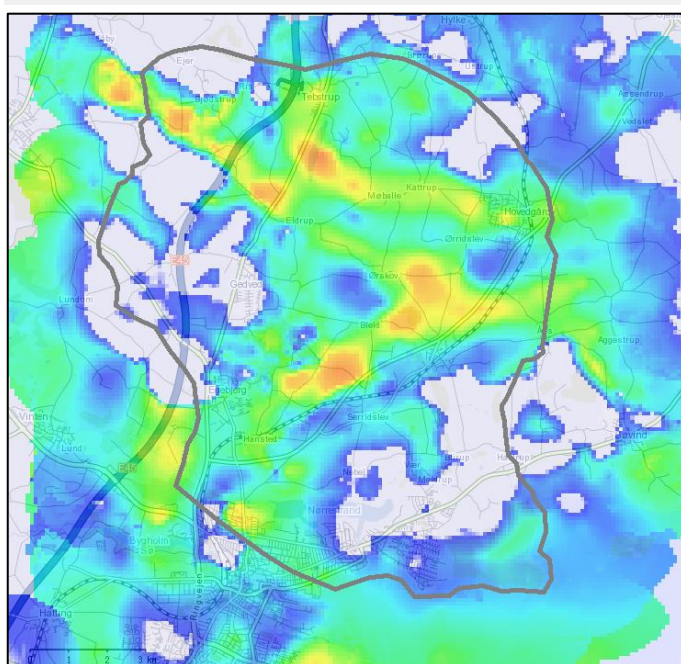
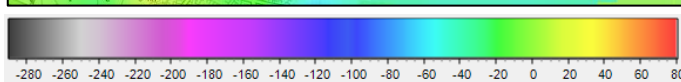
2: Middelsikker tolkning

3: Usikker tolkning

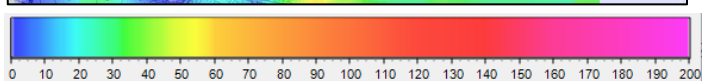
Bilag B8: Kotekort og usikkerhed for fladen Bund af lag 6/Top af lag 7, samt isopach-kort for laget Kvartært_Ler_3 (Lag 6, øverste dal ler)

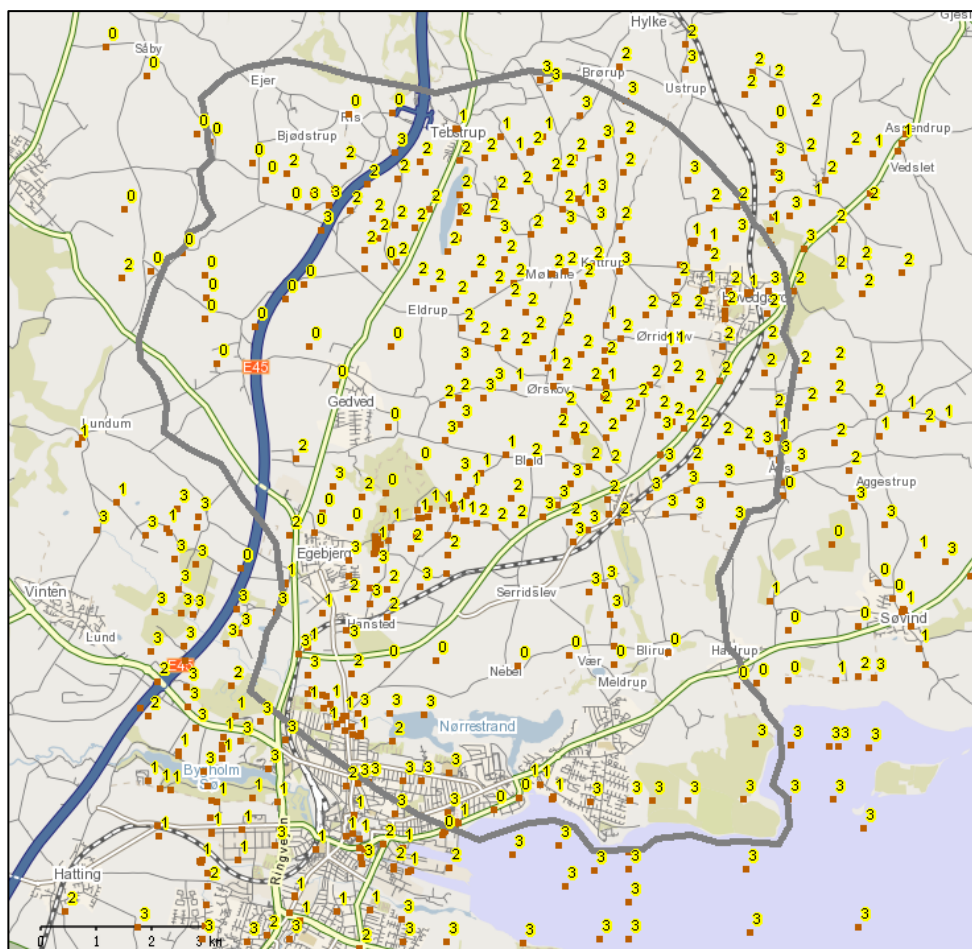


A: Kotekort i m for fladen
Bund_Kvartært_Ler_3_Adjusted



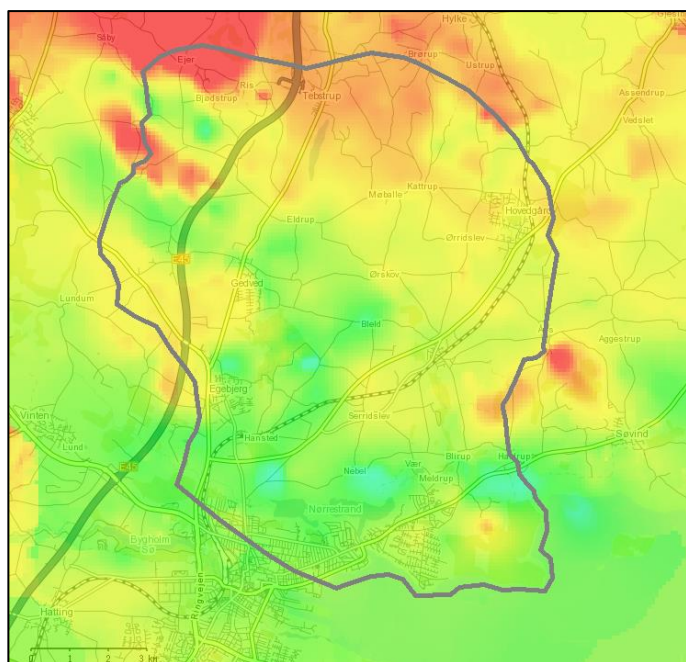
B: Isopachkort af laget Kvar-
tært_Ler_3 hvor dette er tykkere
end 1 m.



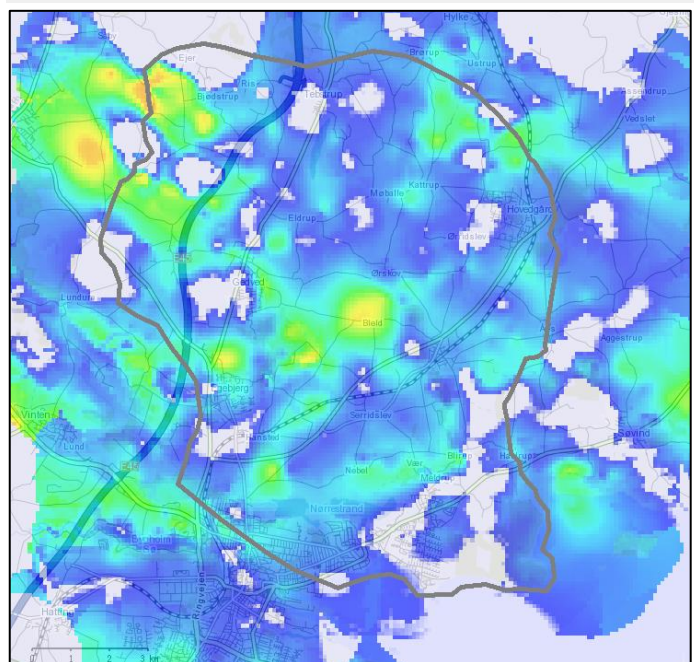
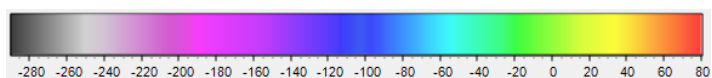


C: Usikkerhed på tolkningspunkter for
 Bund_Kvartært_Ler_3_Adjusted
 0: Støttepunkter
 1: Sikker tolkning
 2: Middelsikker tolkning
 3: Usikker tolkning

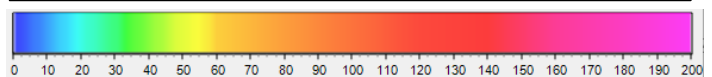
Bilag B9: Kotekort og usikkerhed for fladen Bund af lag 5/Top af lag 6, samt isopach-kort for laget Kvartært_Sand_3 (Lag 5, øverste dal sand og plateau sand)

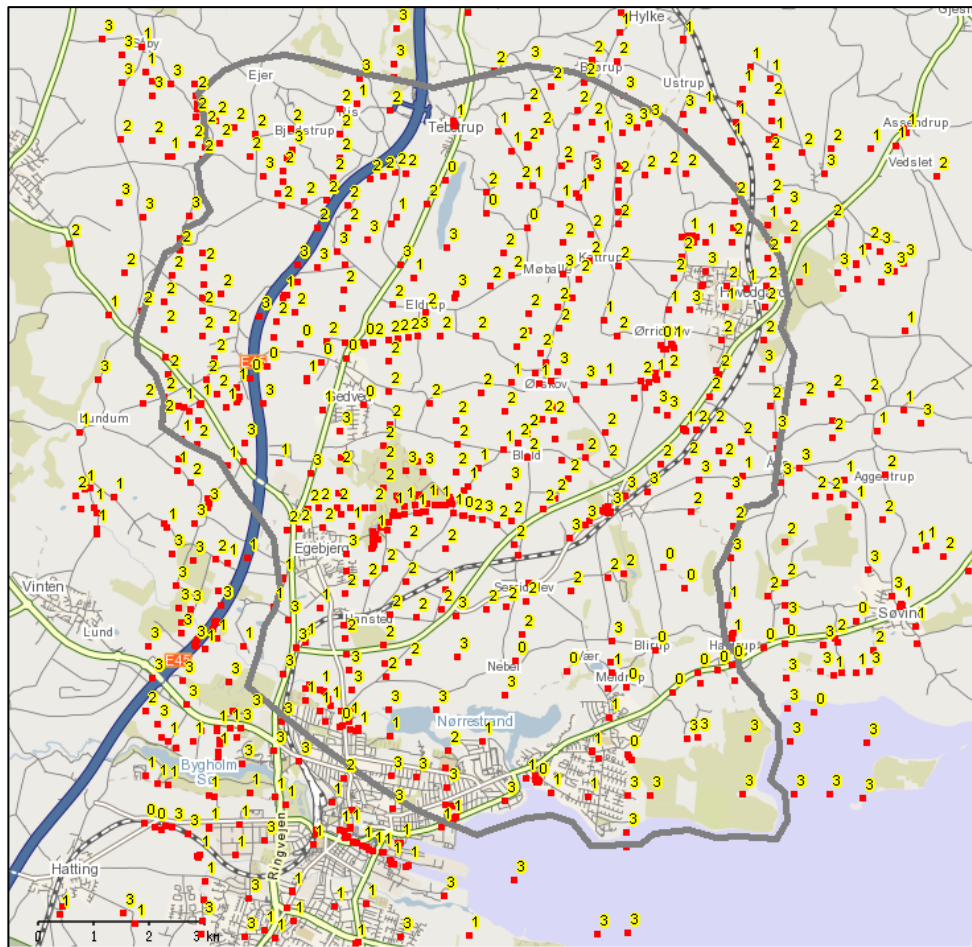


A: Kotekort i m for fladen
Bund_Kvartært_Sand_3_Adjusted



B: Isopachkort af laget Kvar-
tært_Sand_3 hvor dette er tykkere
end 1 m.





C: Usikkerhed på tolkningspunkter for

Bund_Kvartært_Sand_3_Adjusted

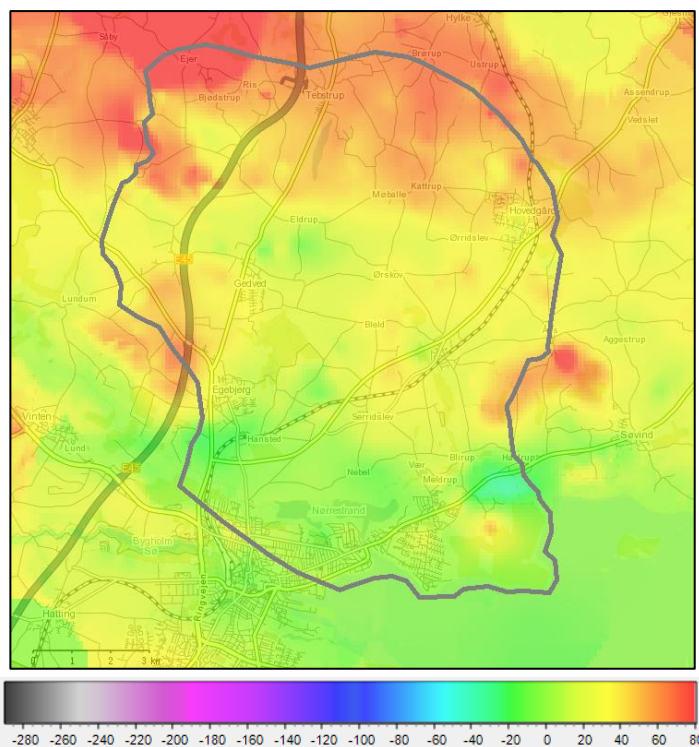
0: Støttepunkter

1: Sikker tolkning

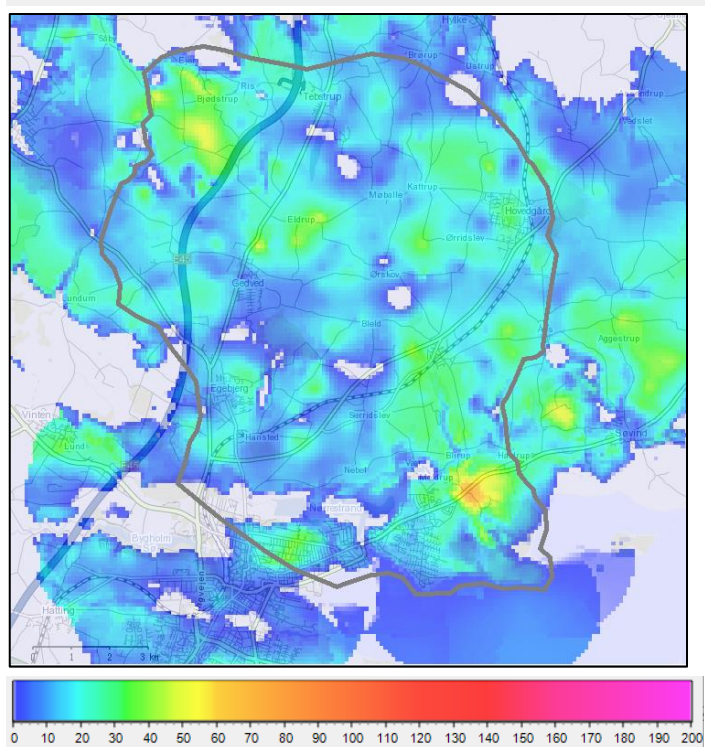
2: Middelsikker tolkning

3: Usikker tolkning

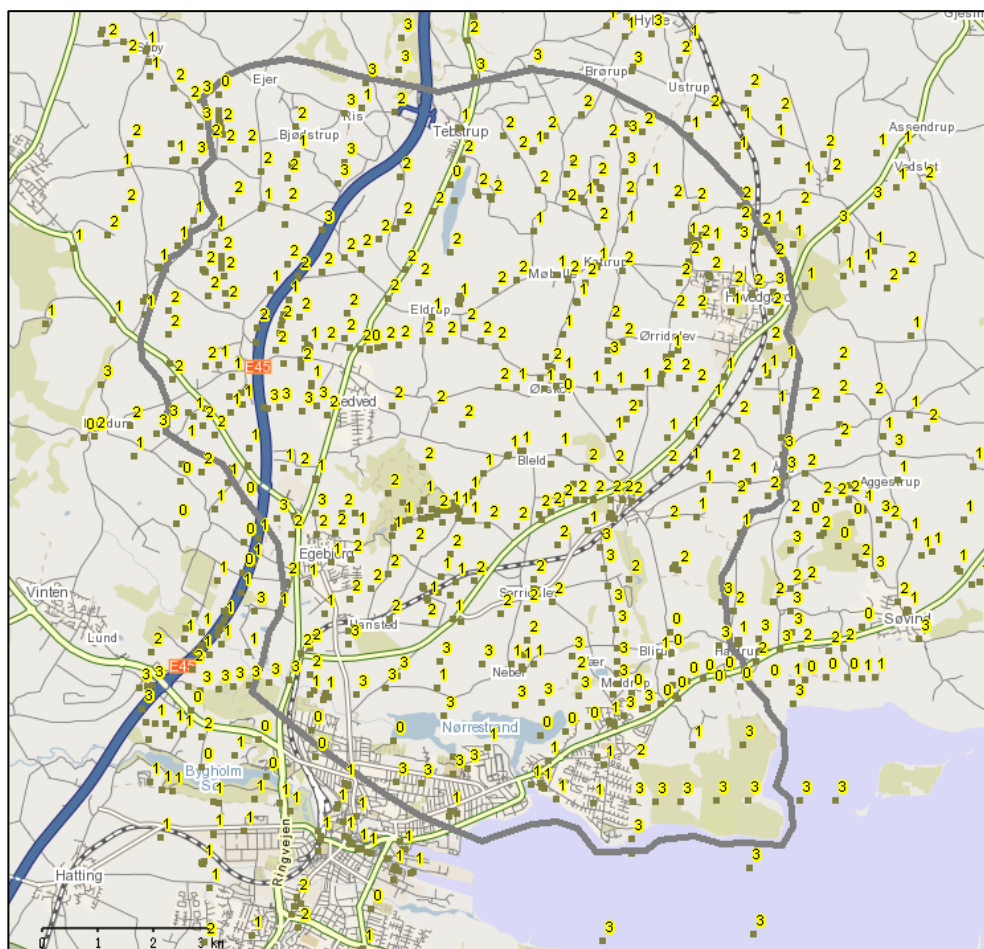
Bilag B10: Kotekort og usikkerhed for fladen Bund af lag 4/Top af lag 5, samt isopach-kort for laget Kvartært_Ler_2 (Lag 4, Plateau Ler)



A: Kotekort i m for fladen
Bund_Kvartært_Ler_2_Adjusted



B: Isopachkort af laget Kvar-
tært_Ler_2 hvor dette er tykkere
end 1 m.



C: Usikkerhed på tolkningspunkter

Bund_Kvartært_Ler_2_Adjusted

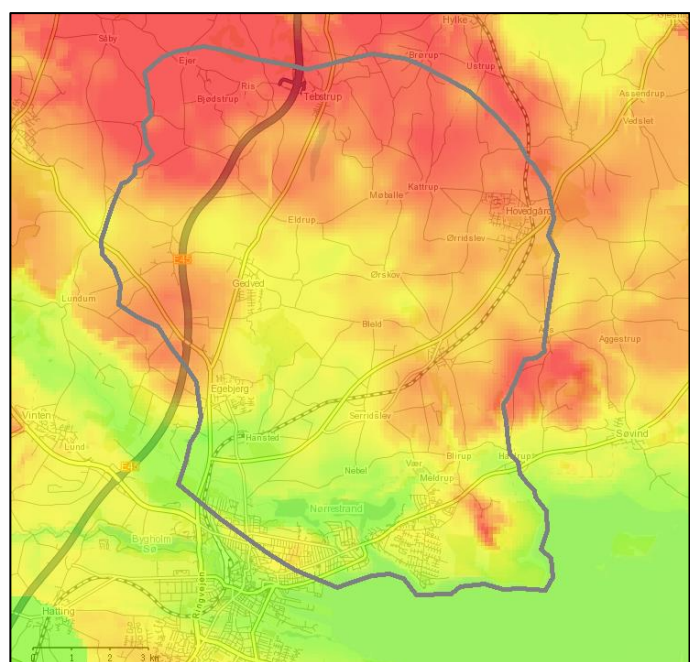
0: Støttepunkter

1: Sikker tolkning

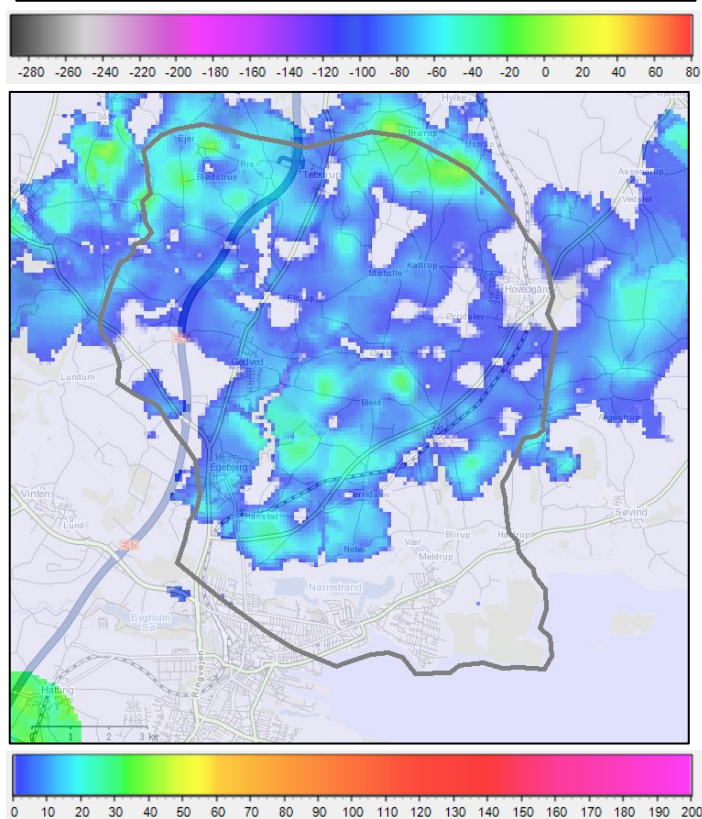
2: Middelsikker tolkning

3: Usikker tolkning

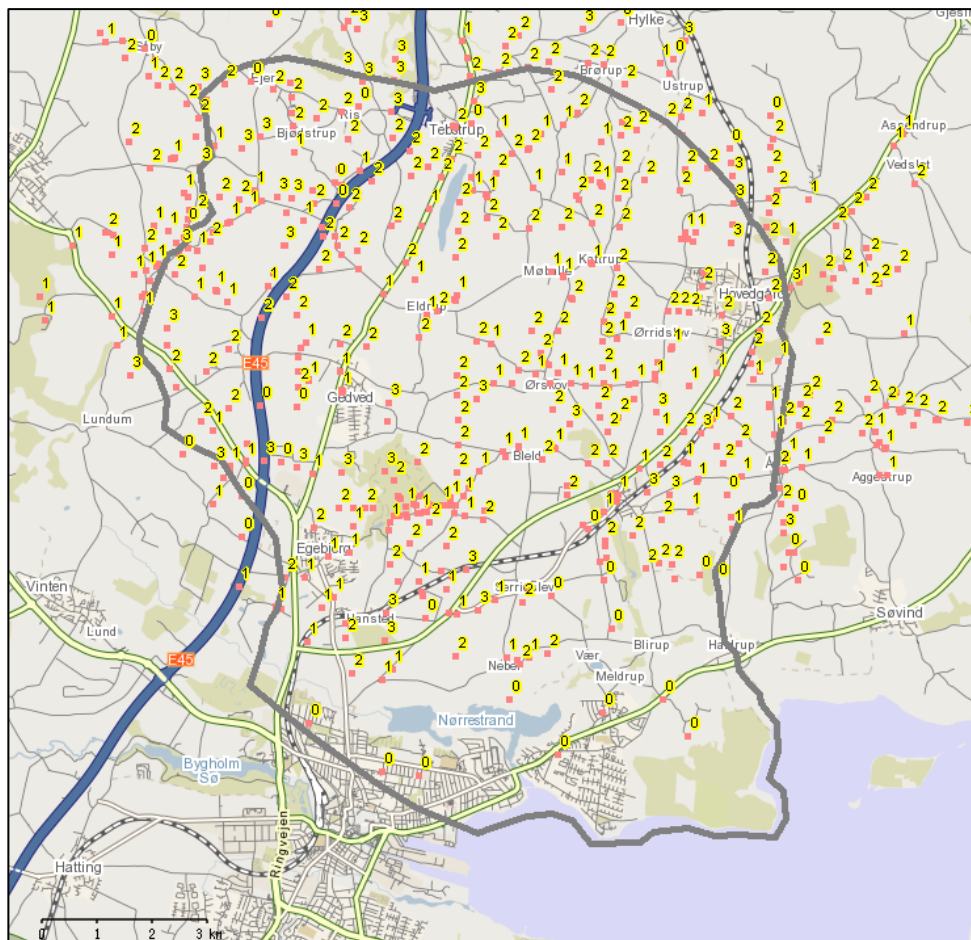
Bilag B11: Korte kort og usikkerhed for fladen Bund af lag 3/Top af lag 4, samt isopach-kort for laget Kvartært_Sand_2 (Lag 3, Plateau Sand)



A: Korte kort i m for fladen
Bund_Kvartært_Sand_2_Adjusted



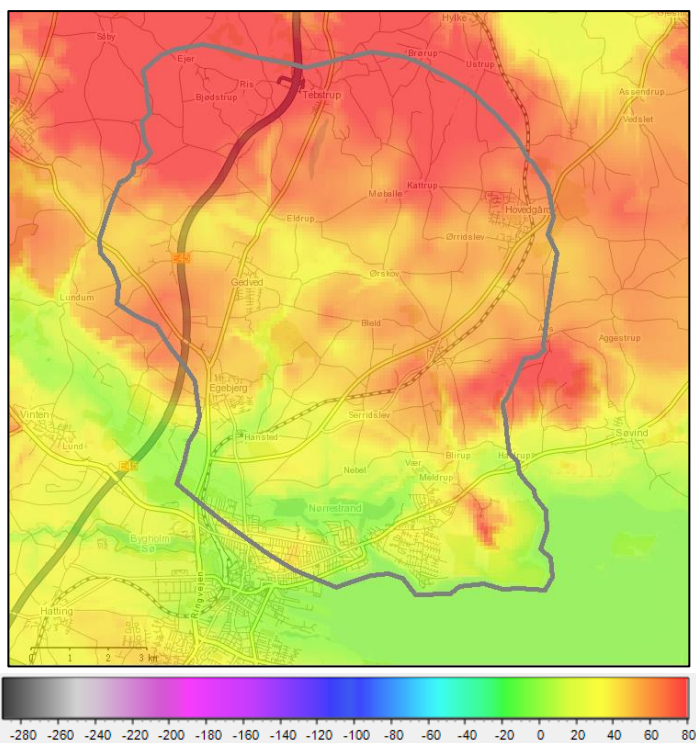
B: Isopachkort af laget Kvar-tært_Sand_2 hvor dette er tyk-kere end 1 m.



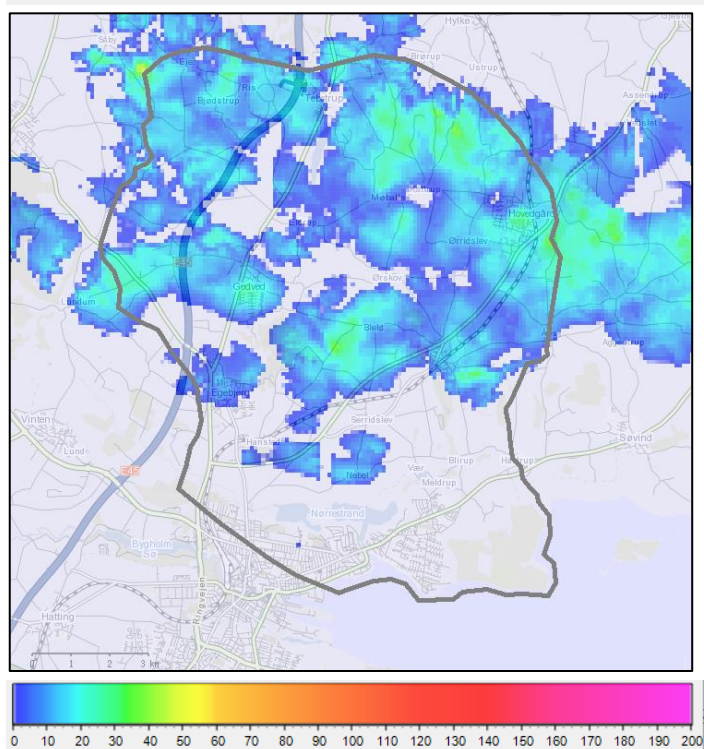
C: Usikkerhed på tolkningspunkter for
 Bund_Kvartært_Sand_2_Adjusted

- 0: Støttepunkter
- 1: Sikker tolkning
- 2: Middelsikker tolkning
- 3: Usikker tolkning

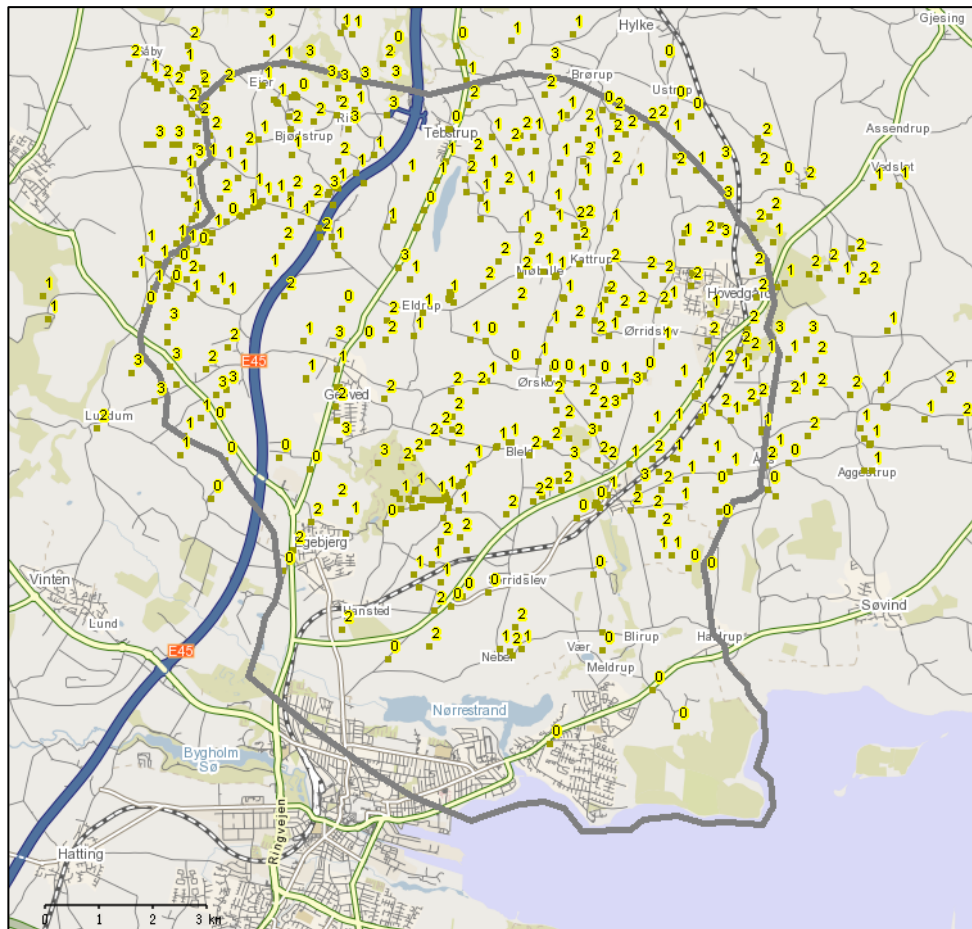
Bilag B12: Kotekort og usikkerhed for fladen Bund af lag 2/Top af lag 3, samt isopach-kort for laget Kvartært_Ler_1 (Lag 2, øverste kvartære lerlag)



A: Kotekort i m for fladen
Bund_Kvartært_Ler_1_Adjusted

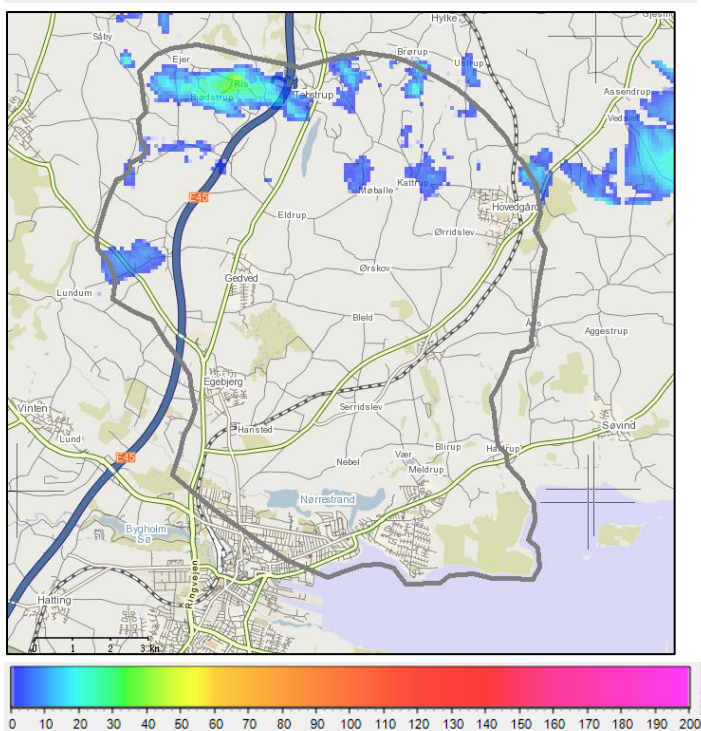
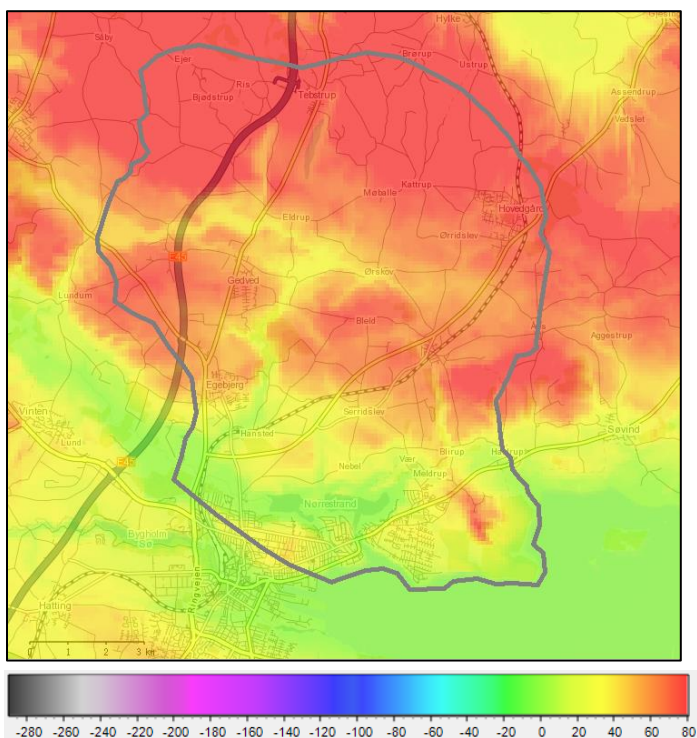


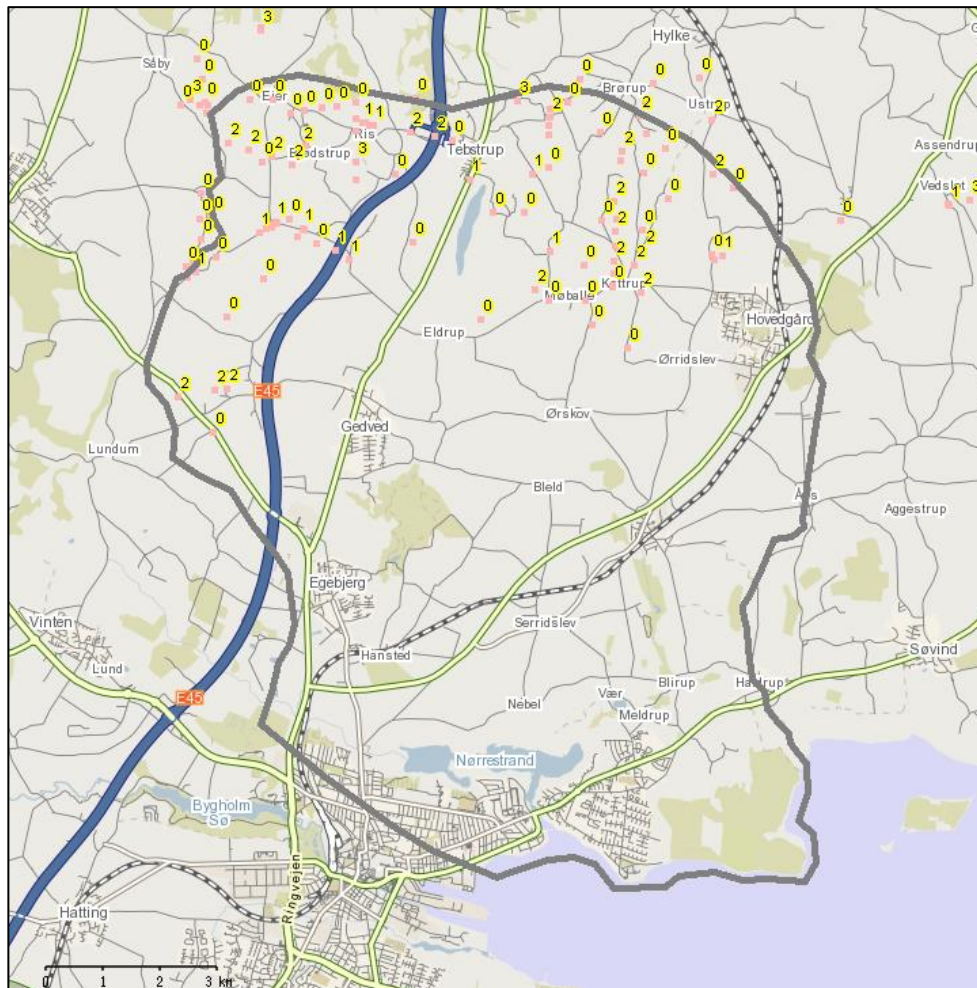
B: Isopachkort af laget Kvar-
tært_Ler_1 hvor dette er tykkere
end 1 m.



C: Usikkerhed på tolkningspunkter for
 Bund_Kvartært_Ler_1_Adjusted
 0: Støttepunkter
 1: Sikker tolkning
 2: Middelsikker tolkning
 3: Usikker tolkning

Bilag B13: Kotekort og usikkerhed for fladen Bund af lag 1/Top af lag 2, samt isopachkort for laget Kvartært_Sand_1 (Lag 1, øverste kvartære sandlag)





C: Usikkerhed tolkningspunkter for
 Bund_Kvartært_Sand_1_Adjusted
 0: Støttepunkter
 1: Sikker tolkning
 2: Middelsikker tolkning
 3: Usikker tolkning

Bilag B14: Korte kort i m af terræn, som også er toppen af lag 1 og Top-model

