

Gennemgang af den geologiske og hydrostratigrafiske model for Jylland

DK-model2009

Jacob Kidmose, Per Nyegaard, Lars Trolborg
& Anker L. Højberg



Gennemgang af den geologiske og hydrostratigrafiske model for Jylland

DK-model2009

Jacob Kidmose, Per Nyegaard, Lars Trolborg
& Anker L. Højberg

Indhold

Forord	4
Indledning	5
Formål.....	5
Rapportens indhold.....	6
Geologisk og hydrostratigrafisk model for Jylland	7
Metode	12
Afgrensning af område	12
Beregning af fordeling af pixler i hydrostratigrafiske lag (pixelanalysen).....	14
Beregning af bjergarter i hydrostratigrafiske lag (boringsanalysen)	15
Optegning af profiler	17
Resultater og anbefalinger	19
Prioritering af områder	19
Gennemgang af hydrostratigrafiske lag og identifikation af problemområder	21
Gennemgang af problemområder	25
Område I (Sønderjylland)	25
Område II (Djurs-Himmerland)	28
Område III (Skive-Skallingen).....	32
Resume af vigtigste anbefalinger til område I-III	34
Reference	36
Bilag	
Bilag A: Lagtykkelser	
Bilag B: Pixelanalyse	
Bilag C: Boringsanalyse	
Bilag D: Profiler	

Forord

Under projektet "Udvikling af principper og metodikker til forbedring af DK-model" finansieret under det Nationale Overvågningsprogram for Vand og Natur (NOVANA) er der i 2010 foretaget en række mindre opdateringer af DK-model2009 (Højberg et al., 2010). Opdateringerne dokumenteres individuelt på rapportform. Nærværende rapport dokumenterer gennemgangen af den hydrostratigrafiske model for Jylland.

Indledning

Et vigtigt led i opdatering af DK-modellen til DK-model2009 har været opdateringen af den geologiske og hydrostratigrafiske model, baseret på detailmodeller opstillet af de tidligere amter. Fremgangsmetoden har været at substituere den oprindelige geologiske model i DK-modellen med den geologiske og/eller hydrostratigrafiske opbygning i amternes detailmodeller. For Jylland har dette budt på særlige udfordringer, idet den oprindelige geologiske model i DK-modellen er opstillet som en pixelmodel, mens de tidligere detailmodeller opstillet af amterne fortrinsvist var opstillet som lagtolkede modeller. For at kunne indarbejde de eksisterende detailmodeller har det været nødvendigt at opstille en samlet forståelsesmodel for hele Jylland beskrivende antallet af vandførende lag for hhv. den kvartære og prækvartære lagpakke. På baggrund af forståelsesmodellen er der udviklet en sammenhængende hydrostratigrafisk model for hele Jylland med en detaljering svarende til de tidligere modeller fra amterne. Under opdateringen af DK-modellen har det således været muligt at indarbejde de eksisterende detailmodeller, i en sammenhængende hydrostratigrafisk model, uden tab af den detaljering, der var indeholdt i de tidligere modeller.

I områder med de tidligere modeller fra amterne er der sammenfald mellem de geologiske og hydrostratigrafiske lagflader, dvs. de enkelte hydrostratigrafiske lag indeholder kun én geologisk enhed. I de øvrige områder er den geologiske pixeltolkning fra DK-modellen bibeholdt. Da en pixeltolkning ikke fordrer en tolkning af sammenhængende enheder, kan der i disse områder optræde forskellige geologiske enheder indenfor ét hydrostratigrafisk lag, f.eks. ler pixler i et hydrostratigrafisk lag der beskriver et magasin. Dette kan være udtryk for den naturlige heterogenitet, hvor det ikke er muligt beskrive den geologiske opbygning ved en traditionel lagmodel. Da den hydrostratigrafiske model i områderne udenfor de tidligere modeller fra amterne er opstillet på stor skala (tolkning af profiler med en indbyrdes afstand på 5 km), kan misforhold mellem de hydrostratigrafiske lag og den geologiske pixeltolkning imidlertid også skyldes, at den hydrostratigrafiske model er for grov til at opløse strukturen af de geologiske enheder mellem profillinjerne.

I forbindelse med opgørelsen af drikkevandsressourcen, herunder estimering af grundvandsdannelsen til de enkelte magasiner samt grundvandsforekomster, er det vigtigt, at der er størst mulig overensstemmelse mellem den hydrostratigrafiske beskrivelse indeholdt i DK-modellen og den rumlige afgrænsning af de naturlige grundvandsmagasiner. Der er derfor behov for en vurdering af hvor god denne overensstemmelse er, samt en vurdering af hvorvidt eventuelle problemområder kan forbedres gennem en justering og/eller detaljering af den hydrostratigrafiske model, eller skyldes lokal heterogenitet, der ikke kan tilgodeses i modellen.

Formål

Formålet for nærværende projekt er at gennemføre et detaljeret kvalitetstjek af den hydrostratigrafiske model for Jylland, og give anbefalinger til hvilken type justeringer, der bør udføres for de enkelte områder.

I projektet identificeres områder, hvor der tilsyneladende ikke er overensstemmelse mellem den geologiske pixeltolkning og de definerede hydrostratigrafiske lag, dvs. områder hvor pixeltolkningen overvejende er ler indenfor et hydrostratigrafisk lag definerende et magasin, hhv. sand pixler i et vandstandsende lag. For disse områder analyseres problemstilling gennem optegning af profiler, og det vurderes om der kan opnås en bedre overensstemmelse mellem den geologiske og hydrostratigrafiske model, hvilket sammenfattes til en anbefaling for hvert område.

Opgaven er begrænset til de områder, hvori den hydrostratigrafiske model er baseret på de nyoptegnede profiler, dvs. udenfor de områder, hvor der er medtaget modeller fra amterne.

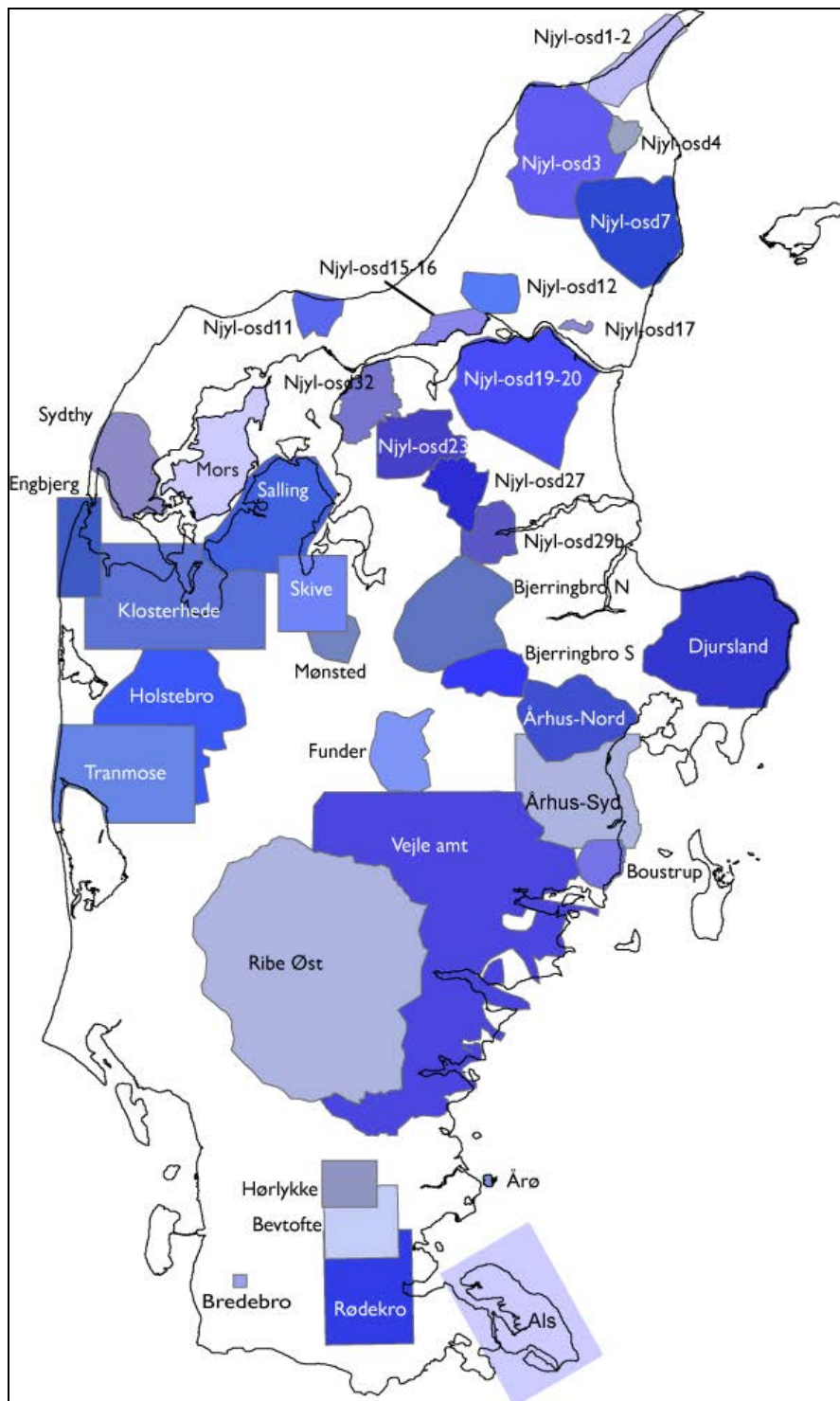
Rapportens indhold

Nærværende rapport er en teknisk rapport, der beskriver den gennemførte analyse af den hydrostratigrafiske model for Jylland. Det forudsættes, at læseren er bekendt med den geologiske og hydrostratigrafiske model for Jylland som beskrevet i Nyegaard, et al. (2010). Indledningsvist gives der dog et kort resumé af modellerne for Jylland, før de anvendte analysemetoder beskrives. I kapitlet Resultater og anbefalinger, gennemgås de identificerede problemområder, og der gives anbefalinger til opdatering af disse områder.

Geologisk og hydrostratigrafisk model for Jylland

Herunder gives en kort præsentation af den geologiske og hydrostratigrafiske model for Jylland, mens der henvises til Nyegaard et al. (2010) for en mere detaljeret gennemgang af opbygningen samt beskrivelse af opdateringen udført i perioden 2004 – 2009.

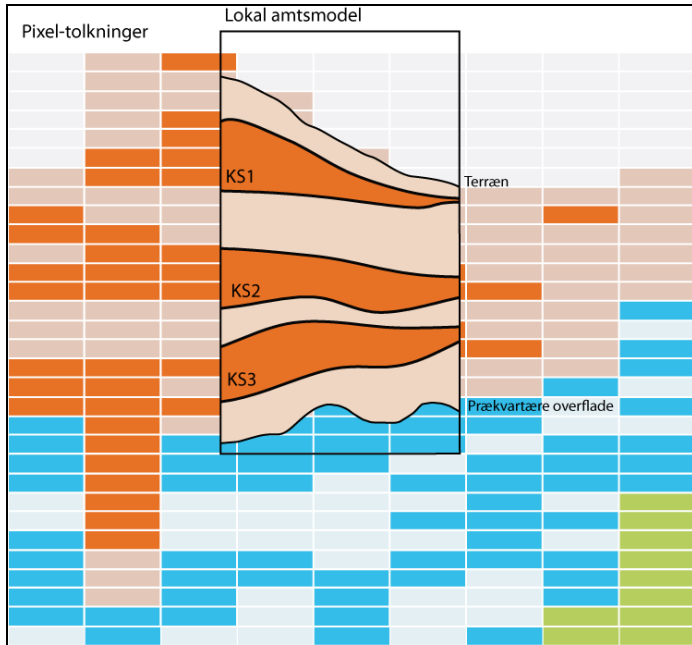
Et centralt element i opdateringen af DK-modellen (Højberg et al., 2010) har været en opdatering af den geologiske og hydrostratigrafiske model. Denne opdatering er gennemført ved at gennemgå modellerne opstillet under de tidligere amter, og vurdere hvilke dele af disse modeller, der giver en forbedret geologiske beskrivelse i forhold til DK-modellens pixeltolkning, og hvilke dele af modellerne, der kunne medtages ved opstillingen af den sammenhængende hydrostratigrafiske model. Gennemgangen blev foretaget for hver lagflade i modellerne og resulterede i én af tre muligheder: 1) alle lag fra lokalmodellen blev anvendt, 2) kun udvalgte lag indgik i opdateringen, eller 3) lokalmodellen blev forkastet, enten fordi kvaliteten blev vurderet til at være for ringe, eller fordi modellen ikke indeholdt en egentlig geologisk tolkning, men alene fokuserede på fordeling af hydrauliske egenskaber, som ikke kunne tilbageføres til en geologisk/hydrostratigrafisk forståelse. Vurderingen af lokalmodellerne blev foretaget i et samarbejde mellem GEUS og relevante fagfolk i de enkelte amter. For Jylland er der i denne proces gennemgået 37 modeller opstillet af de tidligere amter, med placering og udbredelse som illustreret i Figur 1.



Figur 1. Placering og udbredelse af lokale amtsmodeller der blev gennemgået ved amtsseminarerne med henholdsvis Sønderjyllands, Ribe, Vejle, Ringkøbing, Århus og Nordjyllands amter.

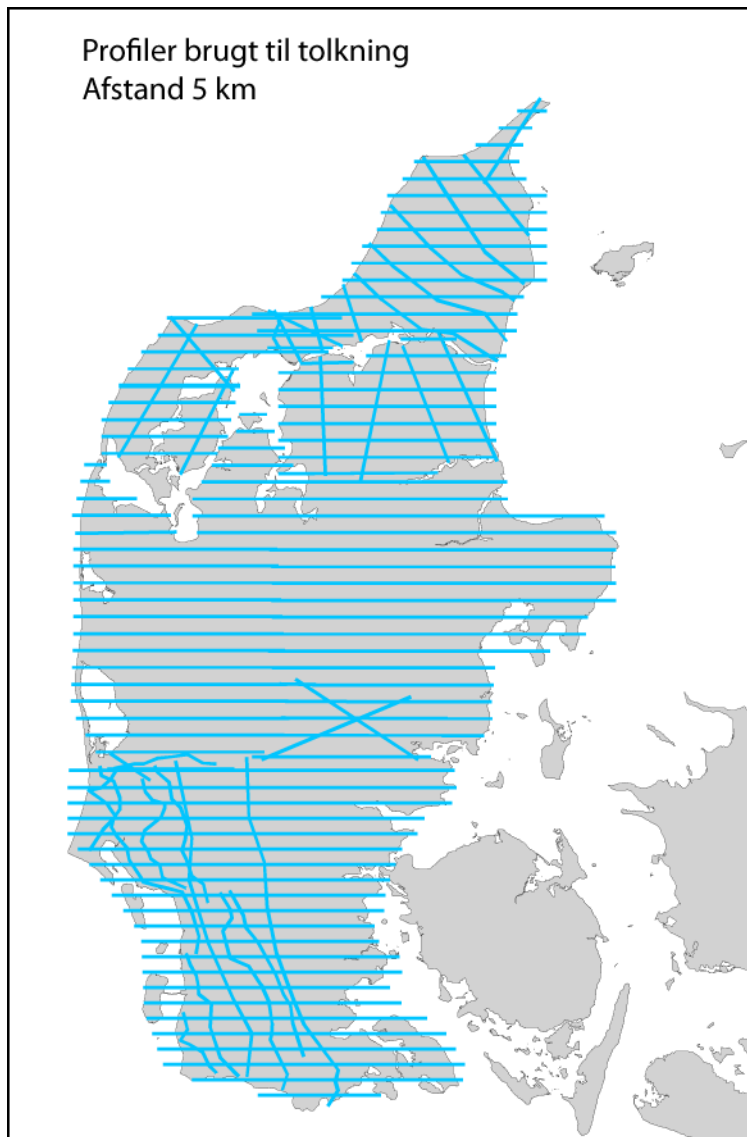
Den geologiske model for Jylland blev ved udviklingen af den første version af DK-modellen (DK-model2003) (Henriksen og Sonnenborg, 2003) opstillet som en pixelmodel bestående af pixler med dimensionen 1000 x 1000 m horisontalt og 10 m tykkelse. Detailmodellerne opstillet af de tidligere amter var imidlertid opstillet som lagtolkede modeller. Under opdateringen af den geologiske model, er pixeltolkningen kombineret med lagtolk-

ningerne til en hybrid bestående af lag i områder hvor amterne tidligere havde opstillet modeller og en pixeltolkning i de øvrige områder. En sådan løsning er teknisk mulig ved at anvende pixelerne som "baggrundsgeologi" for hele Jylland, og overlæjre disse med lag fra amternes modeller, Figur 2



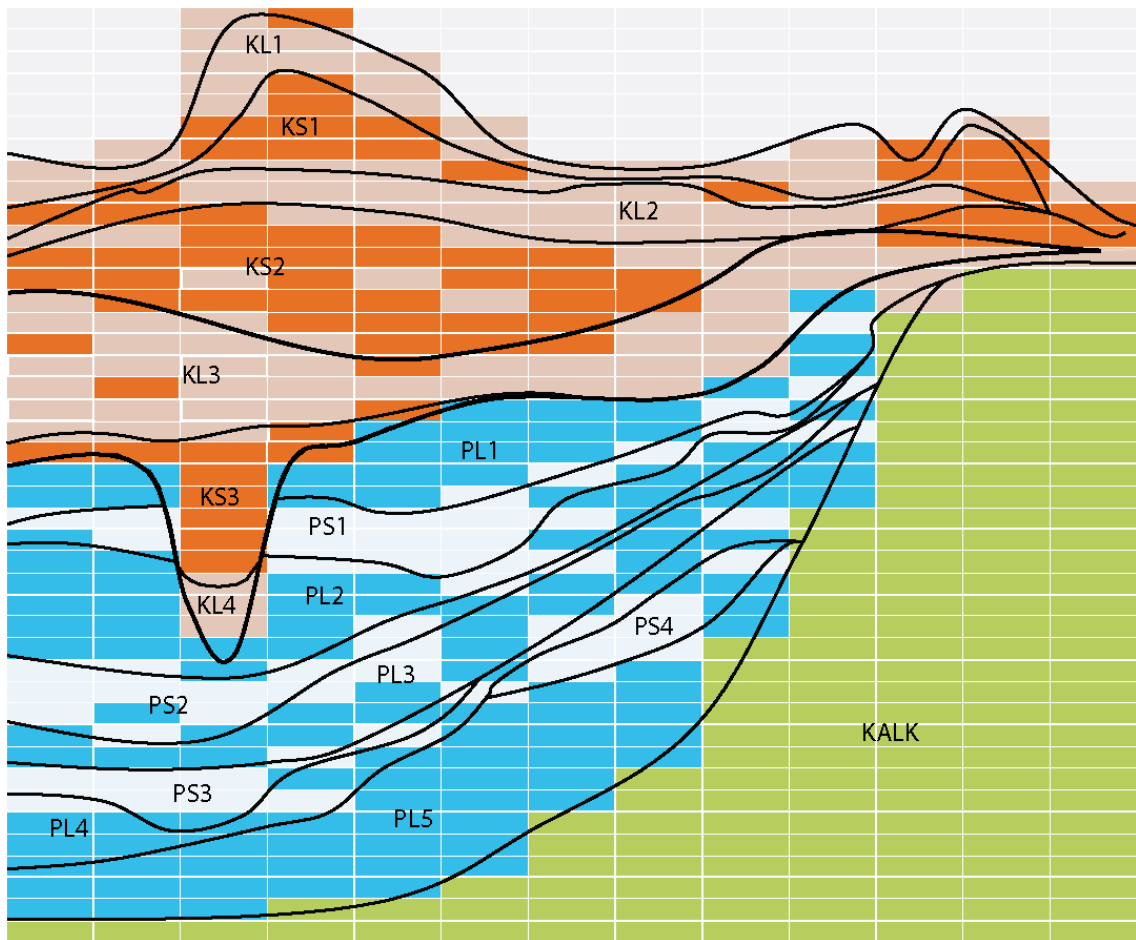
Figur 2. Principskitse som illustrerer opbygningen af den geologiske model for Jylland med pixeler som "baggrundsgeologi" overlæjret af linser af lag fra amtsmodellerne

I områder hvor der er medtaget geologiske lag fra de lokale modeller opstillet af amterne, er disse lag ligeledes anvendt som hydrostratigrafiske lag, dvs. den geologiske og den hydrostratigrafiske model er sammenfaldende. I tilfælde hvor flader fra en lokalmodel ikke er medtaget som en geologisk flade, er de i overvejende grad benyttet som hydrostratigrafiske flader. I de øvrige områder er der som led i opdateringen af DK-modellen, tolket en ny hydrostratigrafisk model ved profiltolkning baseret på nye profilloptegninger primært orienteret i øst-vest gående retning med en indbyrdes afstand på 5 km suppleret med tværgående profiler, Figur 3. Tolkningen af profilerne er sket på basis af boringsinformationer sammenholdt med pixeltolkningen. Som det fremgår af Figur 3, er der optegnet profiler for tolkning af den hydrostratigrafiske model for hele Jylland, også i områder hvor der var opstillet modeller af amterne. I områder hvor der er medtaget geologiske og/eller hydrostratigrafiske lag fra de eksisterende modeller, har denne tolkning været bærende for opstillingen af de hydrostratigrafiske lag. I de øvrige områder er den hydrostratigrafiske model konstrueret på basis af de nyoptegnede profiler.



Figur 3. Profiler opstillet for tolkning af den hydrostratigrafiske model for Jylland.

Hvor den geologiske og hydrostratigrafiske model er baseret på amternes modeller, optræder der kun én hydrostratigrafisk enhed indenfor hvert lag, f.eks. et sandmagasin. I områder uden lokalmodeller, hvor modellen er baseret på profiler og DK-modellens pixeltolkning, vil der imidlertid kunne optræde forskellige hydrostratigrafiske enheder indenfor samme hydrostratigrafiske lag. Geologisk set vil der således kunne optræde områder med lerpixler indenfor et hydrostratigrafisk sandmagasin, Figur 4.



Figur 4. Hvor pixeltolkninngen fra DK-model2003 udgør den geologiske model, vil der kunne optræde pixler af forskelligartet geologi indenfor ét hydrostratigrafisk lag. Kvartære sand- og lerlag benævnes som KS og KL efterfuldt af et nummer. Prækvartære sand- og lerlag benævnes PS og PL efterfuldt af et nummer. Nederst i den hydrostratigrafiske model optræder kalklaget KALK.

Den hydrostratigrafiske terminologi vist i Figur 4, og tidligere præsenteret i bl.a. Nyegaard et al. (2010), vil blive brugt i vid udstrækning i det følgende.

Metode

Vurderingen af den hydrostratigrafiske model for Jylland bygger på en analyse, hvor modellen bliver sammenholdt med primært pixeltolkningen, men også direkte med boringsoplysninger.

Fejl mellem den hydrostratigrafiske model og observerede boringsdata, eller pixel tolkning, kan generelt skyldes to forhold. Enten er den naturlige geologiske variabilitet ikke opløselig i simplificeringen af geologen i de hydrostratigrafiske lag, eller er den hydrostratigrafiske model dårligt tilpasset det aktuelle område. Førstnævnte problemstilling må principielt set accepteres ved opbygningen af en storskala stratigrafisk model, der konceptuelt indebærer generalisering af geologiske forhold. Lokal-geologisk variabilitet kan ikke altid opløses i den hydrostratigrafiske model. Er fejlen derimod et resultat af en dårlig tilpasning af den hydrostratigrafiske model i et lokalområde, er en forbedring via gentolkning eller tolkning af supplerende profiler mulig.

Den gennemførte analyse består konkret af følgende elementer:

1. En beregning af fordeling af ler/sand pixler indenfor samtlige hydrostratigrafiske lag (pixelanalysen).
2. Beregning af fordelingen af bjergarter indenfor samtlige hydrostratigrafiske lag, baseret på boringsoplysninger i JUPITER (boringsanalysen).
3. Optegning af supplerende profiler til identificering af hvilke justeringer der med fordel kan gennemføres for de udpegede problemområder på baggrund af pixel og boringsanalysen.

Afgrænsning af område

I analysen af opdateringen af den hydrostratigrafiske model er der fokuseret på områder, hvor den hydrostratigrafiske model ikke er opdateret med data fra de tidligere amters lokale modeller, D.v.s. områder hvor opdateringen kun består af nye profiltolkninger, figur 5. Figur 5 viser tolkningspunkter fra nye profiler for fladen ks2b (Kvartær sand 2, bund), udbredelsen af lokal-modeller der indgår i opdateringen, og grid-flader konverteret til punkter brugt under opdateringen.

Anbefalingerne dokumenteret i nærværende rapport er koncentreret omkring generelle fejl omhandlende større geografiske områder af regional eller interregional karakter udenfor de områder, der er opdateret med de tidligere modeller. Anbefalingerne bygger dermed på forhold, der ved forbedring ikke kun vil bidrage til områdernes geologiske forståelse, men også øget model optimering.

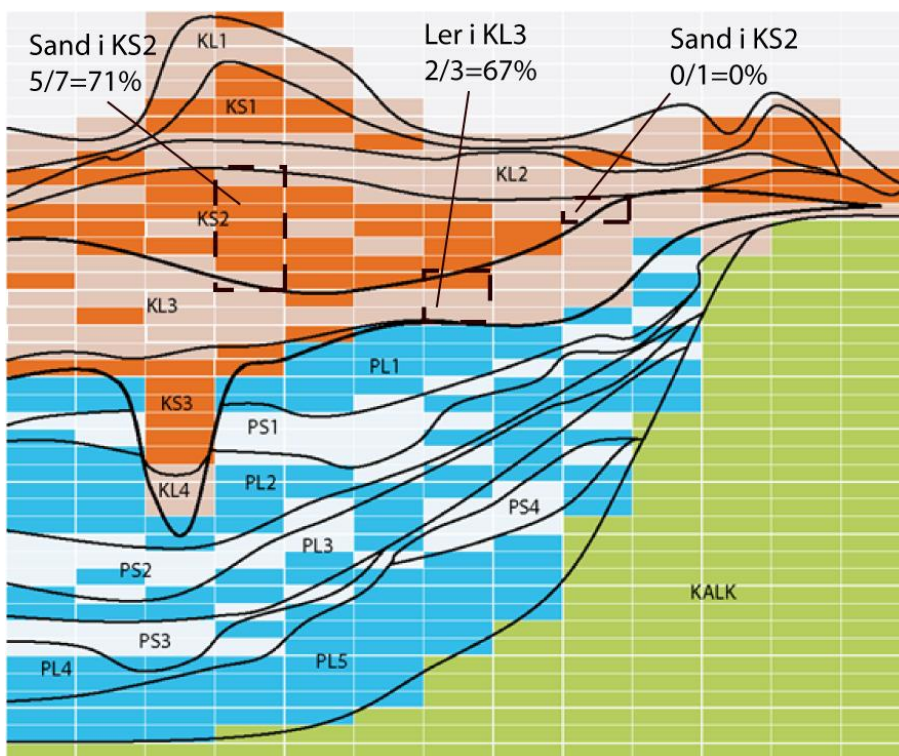


Figur 5. Illustration af data fra eksisterende modeller samt nye profiltolkninger anvendt til interpolation af lagfladen ks2b (bund af kvartært sandlag 2, KS2). Blå polygoner angiver modeller hvorfra den geologiske model er anvendt i opdateringen, og i de øvrige områder er data alene anvendt til konstruktion af de hydrostratigrafiske lag.

Beregning af fordeling af pixler i hydrostratigrafiske lag (pixel-analysen)

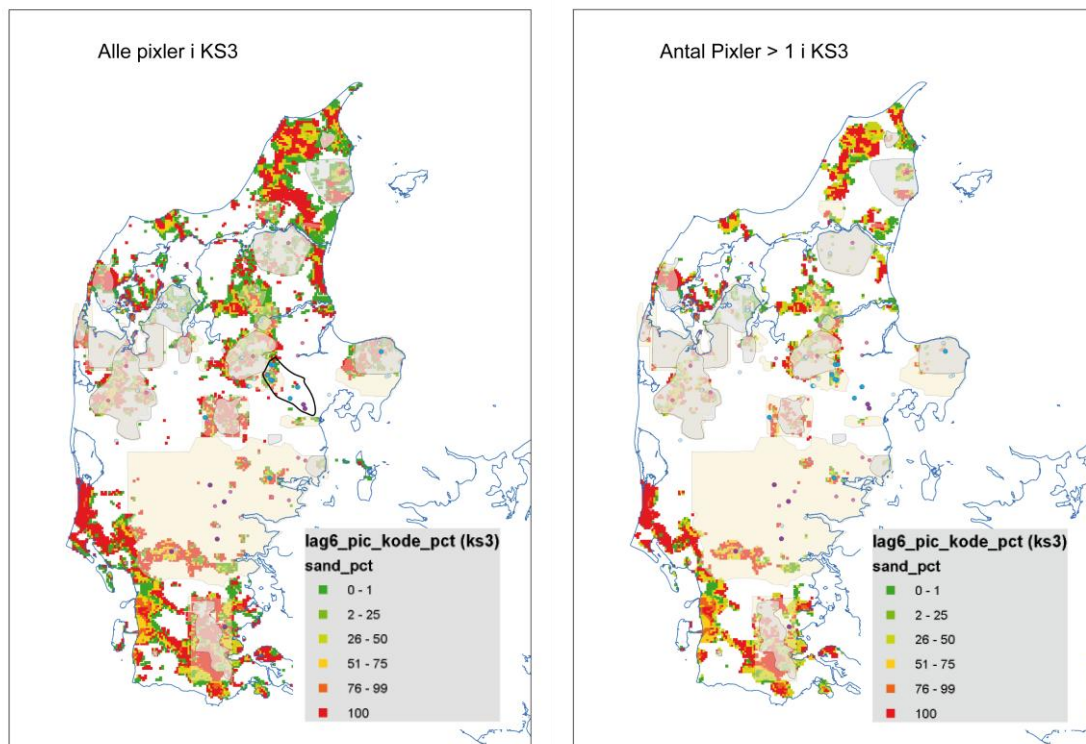
For de 17 hydrostratigrafiske lag er der foretaget en beregning af procent sand, ler, kalk, eller andet i hvert pixelpunkt (et pixelpunkt defineres som de pixler der står ovenpå hinanden med samme lateral udbredelse). Hermed regnes den procentvise fordeling af enhederne for det antal vertikale pixler det analyserede hydrostratigrafiske lag indeholder. Figur 6 viser eksempler på beregning af procent sand i det kvartære sandlag KS2 samt ler i det kvartære lerlag KL3.

Den geologiske enhed i den enkelte pixel er et resultat af den tolkede dominerende lithologiske enhed for det vertikale 10 meter interval, som pixlen repræsenterer. I områder hvor et hydrostratigrafisk lag er tyndt eller terminerer, kan pixel enheden være forkert, da alle pixler ikke indeholder borer, men kan være tolket fra nabo pixler, figur 6. For at undgå mistolkning fra sådanne pixler er der sammen med kortudsnit indeholdende alle pixler, genereret kortudsnit hvor minimum 2 pixler er repræsenteret i det hydrostratigrafiske lag. D.v.s hvor pixelpunkter indeholdende mere end 1 pixel i det analyserede hydrostratigrafiske lag er medtaget.



Figur 6 Eksempler på beregnings punkter af pixel indhold i hydrostratigrafiske lag.

Beregningen af pixelindhold i pixelpunkter er inddelt i procent fraktiler fra 0-1, 2-25, 26-50, 51-75, 76-99, og 100 % af sand i et sandlag, eller ler i et lerlag, figur 7. Da ler og sand er de dominerende geologiske kvartære og tertiære bjergarter i Jylland, vil det for KS3 i et pixelpunkt med 0-1 % betyde, at bjergarten vil være ler.



Figur 7 Procent sand i KS3. Til venstre ses en beregning hvor alle pixler er medtaget. Til højre ses en beregning med områder i KS3 hvor mere end 1 pixel ligger til grund for beregningen. Skyggede områder dækkes af modeller fra de tidligere amter.

Figur 7 viser, at områder med stor tæthed af pixelpunkter med lav sand procent (grønne pixelpunkter), også ses i beregningen hvor kun pixelpunkter med mere end en pixel er anvendt (højre illustration). Det vil sige, at områder med stor fejl også fremtræder i sidstnævnte analyse, figur 7 (til højre).

De generede kort for hver af de hydrostratigrafiske lag er sammenholdt og områder med større systematiske fejl er blevet identificeret. Problemområder indenfor de tidligere amters modeller er holdt uden for analysen.

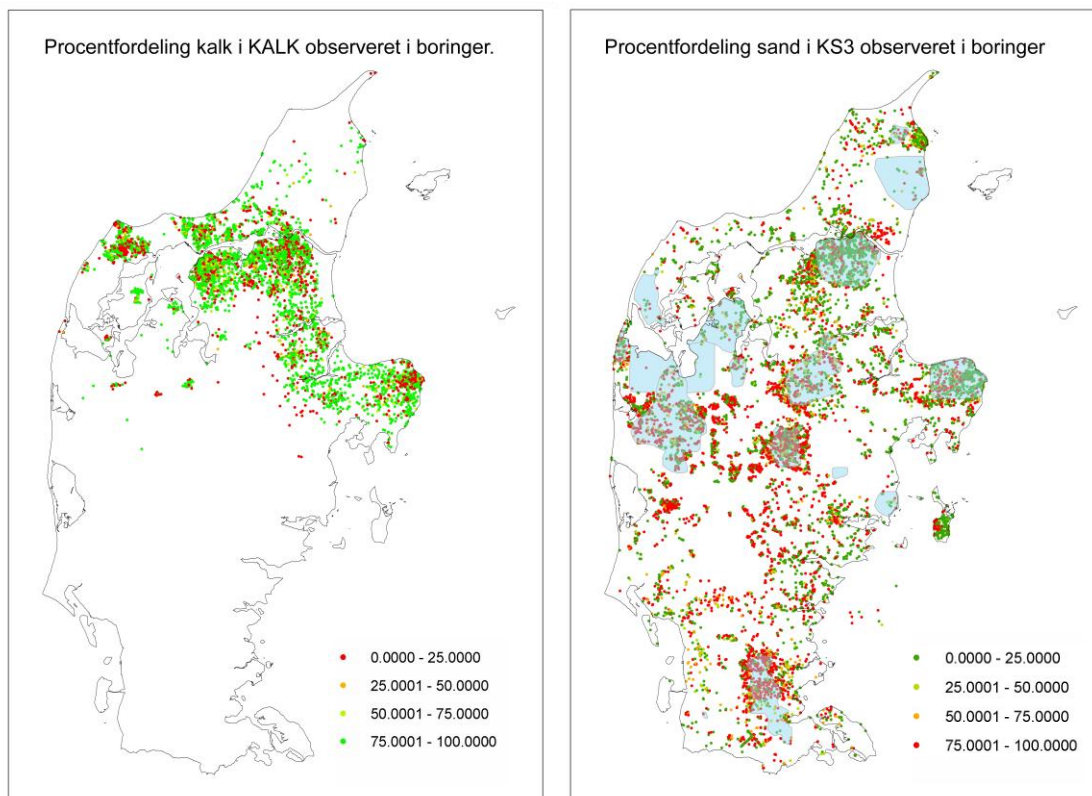
Beregning af bjergarter i hydrostratigrafiske lag (boringsanalysen)

Udgangspunktet for den geologiske pixelmodel er inddeling i pixler af 10 m vertikal udbredelse, eksempelvis i kote 0-10, 10-20, 20-30. Bestemmelsen af bjergarten i en pixel er i første omgang baseret på boringsoplysninger. I de tilfælde en pixel ikke indeholder en boring, er tolkningen baseret på informationer fra nabo pixler samt supplerende geologisk kortmateriale. Ved pixelanalysen sammenlignes således kun tolkede datatyper fra henholdsvis pixelmodellen samt den hydrostratigrafiske model.

Formålet ved at sammenligne den hydrostratigrafiske model direkte med boringsdata er at undgå udpegning af problemområder på baggrund af fejl eller usikkerheder i pixeltolknin-

gen. Ved også at sammenligne den hydrostratigrafiske model direkte med boringer er det muligt at differentiere imellem fejl, eller manglende opløsning i den hydrostratigrafiske model i forhold til både pixeltolkningen og observationer af den aktuelle geologi fra Jupiter boringer.

Boringsanalysen er foretaget ved at beregne den procentvise bjergartsfordeling observeret i boringer i horisonter, som de 17 hydrostratigrafiske lag repræsenterer. For den enkelte boring involverer det, at beregne eksempelvis hvor mange procent sand, der er indenfor det hydrostratigrafiske kvartære sandlag 2 (KS2), eller hvor mange procent ler, der er indenfor PL2. Figur 8 viser to eksempler for henholdsvis beregninger af kalk i boringer i det hydrostratigrafiske KALK, samt sand i KS3.



Figur 8 Boringer med observationer i de hydrostratigrafiske lag KALK (til venstre) og KS3 (til højre).

Procentindholdet af bjergarter i boringer er illustreret i fire intervaller fra 0 til 100 procent, figur 8. For KALK i figur 8 ses en god overensstemmelse mellem kalk observeret i boringer, og den hydrostratigrafiske enhed KALK. De fleste områder domineres af boringer med 75-100 % kalk i det hydrostratigrafiske lag. Figur 8 viser også et eksempel på et hydrostratigrafisk lag (KS3), der i nogle områder viser mindre grad af samhørighed med den hydrostratigrafiske model domineret af 0-25 % indhold af sand i KS3. Eksempelvis i den vestlige del af Sønderjylland.

Årsagen til dårlig korrelation mellem den hydrostratigrafiske model og henholdsvis pixeltolkningen eller boringsobservationer kan være, at det hydrostratigrafiske lag har ringe tyk-

kelse. Har de hydrostratigrafiske lag ringe lagtykkelse, skal laggrænser være præcist defineret for at opnå god korrelation. Generelt vil lag med mindre vertikal udbredelse forventes at have dårligere korrelation end lag med større vertikal udbredelse. KS3 er et eksempel på et lag, hvor den dårlige korrelation i nogle områder kan skyldes dette. Pixelanalysen tager i nogen grad højde for dette forhold ved de to forskellige beregninger, figur 7. Det ses i figur 7 ved sammenligning af de to delfigurer, at flere af de enkeltstående grønne pixler i kun optræder i analysen indeholdende alle pixler (til venstre).

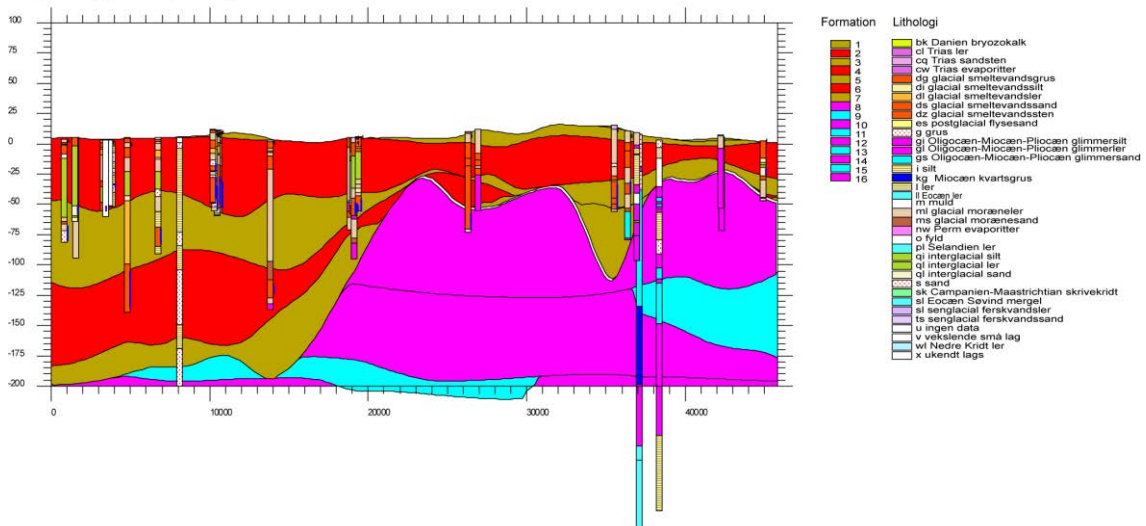
Alle kort over pixelanalysen og boringsanalysen er indeholdt i henholdsvis Bilag B og C. Bemærk at den procentvise farveinddeling skifter imellem hydrostratigrafiske sandlag og hydrostratigrafiske lerlag. For sandlag vises højt sandindhold med rød signatur, mens lave vises med grøn signatur og modsat for lerlag. Således kan signatur-gradueringen også ses som et skifte fra sand (rød) til ler (grøn). Denne betragtning er korrekt i de fleste områder undtagen Nordjylland hvor kalk er den dominerende bjergart i Prækvartæret.

Optegning af profiler

For at analysere årsagen til problemstillingerne fundet ved pixel- og boringsanalysen er der optegnet nye geologiske profiler. Formålet med profilerne er, at vurdere hvilke tiltag der skal udføres i forbindelse med en fremtidig geologisk opdatering. Profilerne er fordelt over de udpegede problemområder, hvor generelle fejl mellem pixelmodellen og/eller boringsinformationerne og den hydrostratigrafiske model er identificeret.

Profil med hydrostratigrafi og boringer

Sønderjylland (Man8)



Figur 10 Eksempel på geologisk profil fra Sønderjylland. Hydrostratigrafiske formationer er vist sammen med boringer fra Jupiter.

Profileringen er gennemført i programmet GeoEditor, der oprindeligt blev brugt til den geologiske DK-model tolkning. Grundet aftale mellem de tidligere statslige miljøcentre og I-GIS® frem til 2014 vil fremtidig tolkning forventeligt ske i GeoScene3D®. Figur 10 viser et

eksempel på et nyt profil. Profilet repræsenterer i længde retningen 46 km, angivet som meter og 300 m i højde retningen, hvor havoverfladen (DNN) angives som 0 (med positive tal over og negative under).

Resultater og anbefalinger

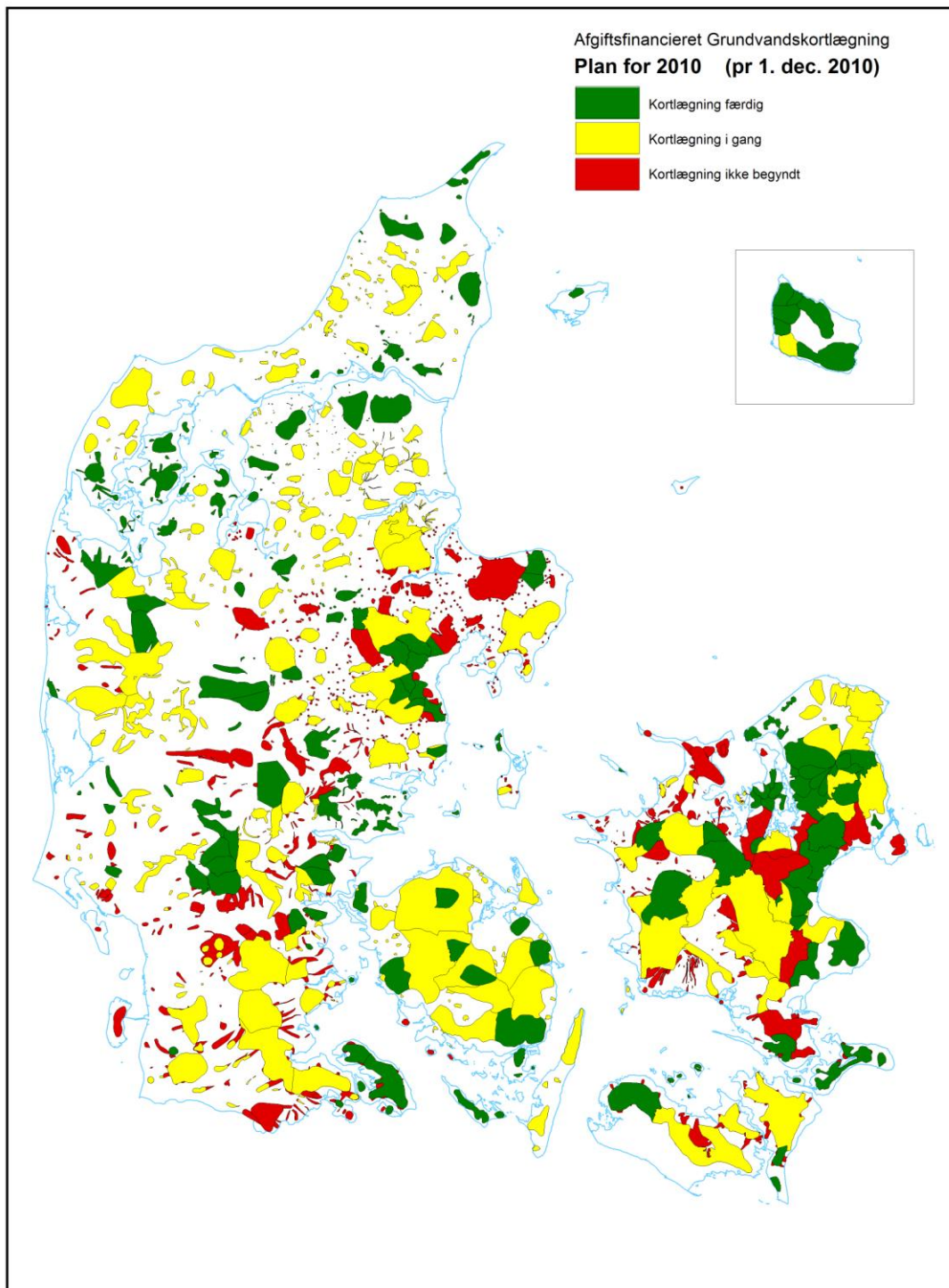
I det følgende afsnit vil resultater og konklusioner fra pixel- og boringsanalysen blive præsenteret. Udvælgelse af problemområder, der bør indgå i en fremtidig detaljering og/eller gentolkning af den geologiske/hydrostratigrafiske model begrundes ud fra resultaterne af analyserne samt prioriteringen af områder udenfor opstillede detailmodeller eller planlagte kortlægningsområder. Efter problemområderne er identificeret gennemgås hvert område ved brug af de nye geologiske profiler. Herunder gives anbefalinger til løsninger af problemerne i hvert af områderne.

Prioritering af områder

Udpegning af områder som det anbefales at inddrage ved en fremtidig geologisk/hydrostratigrafiske opdatering er foretaget ved prioritering ud fra to overordnede kriterier.

1. Større sammenhængende områder
2. Områder hvor der ikke er opstillet detailmodeller eller planlagt detailmodeller i forbindelse med kortlægningen, figur 11

Derunder er prioriteringen foretaget med henblik på identifikation af generelle fejl og ikke fejl som resultat af skalaeffekter.



Figur 11 Status for den nationale grundvandskortlægning pr. 1. december 2010.

Gennemgang af hydrostratigrafiske lag og identifikation af problemområder

I det følgende præsenteres en detaljeret gennemgang af alle hydrostratigrafiske lag og deres korrelation med henholdsvis pixelmodellen og boringer fra Jupiter databasen. Med *korrelation* menes hvor godt pixelmodellen eller boringer stemmer overens med den hydrostratigrafiske model. De enkelte lag gennemgås fra topografien og nedefter.

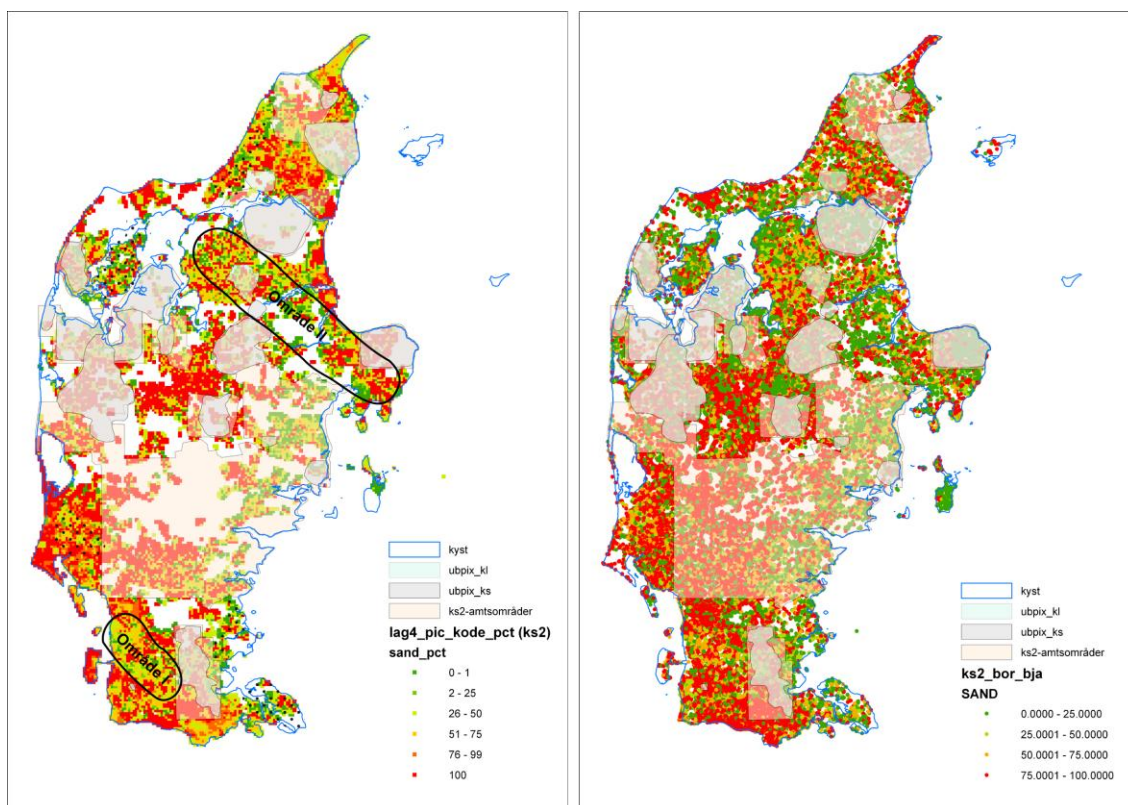
Flest boreoplysninger er tilgængelige i den øverste del af lagserien og dette er boringsanalysen påvirket af. Desuden er tykkelsen og den laterale udbredelse af de enkelte lag også styrende for pixel- og boringsanalysen. Der er i den lagvise gennemgang lagt vægt på, at differentiere imellem fejl resulterende fra en dårlig tilpasset hydrostratigrafi og fejl, som skyldes at hydrostratigrafien kan være svær at tilpasse til relativt tynde lag i en stor skala model.

For overskuelighedens skyld er de fleste figurer fra pixelanalysen samt boringsanalysen placeret som bilag til rapporten. Resultaterne fra de lag som primært ligger til grund for udvælgelsen af indsatsområder (problemområder) er medtaget som figurer i afsnittet. Gennemgangen af de hydrostratigrafiske lag vil fokusere på områder, som ikke er dækket af tidligere lokale modeller defineret i figur 1 og 5.

KL1 og KS1: Begge hydrostratigrafiske lag viser god overensstemmelse med pixelmodellen i områder, hvor laget repræsenteres af mere end 1 pixel i pixelmodellen. I områder med ringe lagtykkelse, med kun 1 pixel i hvert pixelpunkt, ses dårlig korrelation mellem de hydrostratigrafiske lag og pixelmodellen. Denne tendens følges også af resultaterne fra boringsanalysen.

KL2: De to pixelberegninger i KL2 viser stor forskel da laget i store dele af Jylland er mindre en to pixler tykt. I pixelberegningen hvor alle pixler er medtaget ses dårlig korrelation vest for hovedopholdslinien hvor laget er tyndt, mens god korrelation ses øst for hovedopholdslinien. Samme dårlige korrelation ses også ved boringsanalysen. I områder med ringe hydrostratigrafisk lagtykkelse er det meget svært at ramme det niveau hvor laget ligger i en aktuel boring. Syd for Skagen ses et område med dårlig korrelation. Området dækkes midlertidigt af anden modellering.

KS2: Laget findes i det meste af Jylland undtagen i centrale dele mellem Herning og Vejle og mellem Århus og Randers, Figur 12 og bilag A. Laget er desuden det tykkeste kvartære grundvandsmagasin. Pixelanalysen viser lokale og regionale områder hvor korrelationen er dårlig, figur 12. To større regionale områder viser lave sandprocenter for pixler i KS2, henholdsvis et Sønderjysk (område I) med en sydøst-nordvestlig orientering, og et område omfattende Djurs-Himmerland (område II), figur 12. Tykkelsen af KS2 er i begge områder generelt mere end 20 m, bilag A. Den dårlige korrelation mellem KS2 og pixelmodellen er derfor ikke et resultat af ringe lagtykkelse. Mellem den Østjyske kyst og hovedopholdslinien fra Århus og sydover er lagtykkelsen mindre, hvilket også resulterer i mindre god korrelation mellem KS2 og pixelmodellen. Mindre områder som Mors, Als, og et område syd for Ringkøbing Fjord, og et område ved Åbenrå viser også dårlig korrelation mellem KS2 og pixelmodellen.



Figur 12 Pixelanalyse (venstre) og boringsanalyse (højre) for KS2. Prikkede områder viser mindre områder med dårlig korrelation mellem KS2 og pixelmodellen.

I område I og II kan den dårlige korrelation mellem pixelmodellen og KS2 også ses mellem boringer og KS2, figur 12. Det bekræfter den hydrostratigrafiske models dårlige tilpasning i de udpegede områder. I de mindre områder ses ligeledes dårlig korrelation mellem boringer og det hydrostratigrafiske lag.

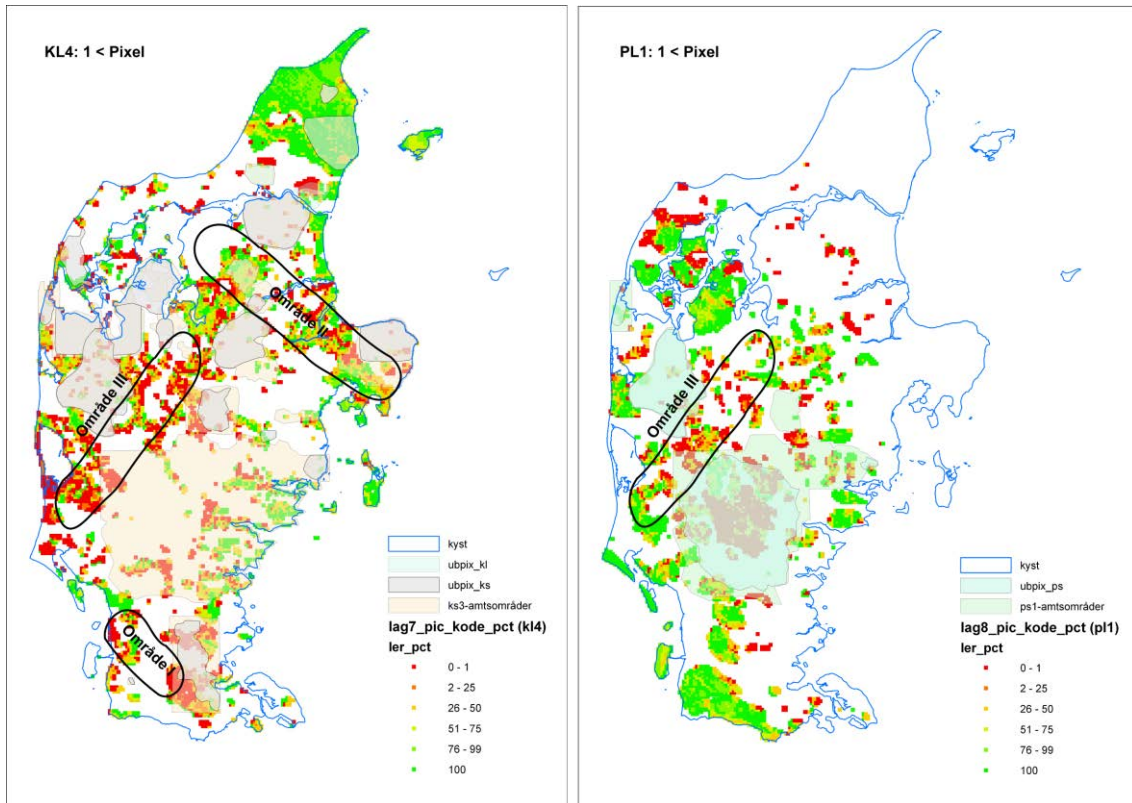
KL3: Pixelberegningen viser generel god korrelation. På Himmerland (sammenfaldende med den nordvestlige del af område I) er der mindre god korrelation, hvilket også kan observeres ved boringsanalysen.

KS3: Dårlig korrelation ses i Sønderjylland tilsvarende område II i KS2 ved pixelanalysen, hvor lagtykkelsen er betydelig. Lagets tykkelse er generelt meget varierende med størst udbredelse Sønder- og Nordjylland.

KL4 og PL1: Pixelanalysen for begge enheder viser dårlig korrelation i området Skallingen – Silkeborg. I figur 13 ses resultaterne fra pixelanalysen for begge enheder. Området Skallingen – Silkeborg er angivet som område III. Grænsen mellem Kvartær og Prækvartær defineres af KL4 og PL1, men da begge enheder er lerede kan det i praksis være svært at adskille de to enheder ved tolkning af boringer. Oplysninger fra Jupiter databasen er ikke altid tilstrækkelige til at kunne definere grænsen, og i tilfælde hvor den er defineret, er det ofte med nogen usikkerhed. Eksempelsvis kan større flager af prækvartært glimmerler resedimenteres som kvartært moræneler. I forbindelse med pixelanalysen skelnes der også

kun mellem, ler, sand, kalk og andet, og dermed vil en enhed af glimmerler optræde som ler i KL4.

Boringsanalysen for KL4/PL1 bekræfter at den hydrostratigrafiske model er dårligt tilpasset i område III. Desuden er der også dårlig korrelation imellem boringer og KL4/PL1 i område II.



Figur 13 Pixelanalyse for KL4 (venstre) med større regionale områder med dårlig korrelation mellem pixel- og hydrostratigrafiske model. Område III optræder også med dårlig korrelation for PL1 (højre).

PS1: Laget findes i den midterste og sydlige del af Jylland vest for Hovedopholdslinien. Både pixelmodellen og boringer er generelt i god overensstemmelse med den hydrostratigrafiske model foruden et mindre område syd for Ringkøbing Fjord og i den sydvestlige del af område III hvor lavt sandindhold ses i pixelanalysen. Boringsanalysen viser kun enkelte boringer indeholdende PS1 i området syd for Ringkøbing Fjord, men de viser alle dårlig korrelation med PS1.

PL2-5: Pixelanalysen bekræftet af boringsanalysen for PL2 og 3 viser dårlig korrelation i henholdsvis område III i det midtjyske og i område I. Pixelmodellen er i god overensstemmelse med PL4 og PL5, hvor lagene er mere en 1 pixel tykke. I område II og nord for området, hvor PL5 kun punktvis optræder, ses i disse punkter nogen uoverensstemmelse med pixelmodellen. Boringsanalysen for PL5 bekræfter dette.

PS2: Laget findes kun i centrale dele af Jylland. Pixel og boringsanalysen viser at laget er velkorreleret i områder hvor der har været flest boringsoplysninger til rådighed. I udkanter-

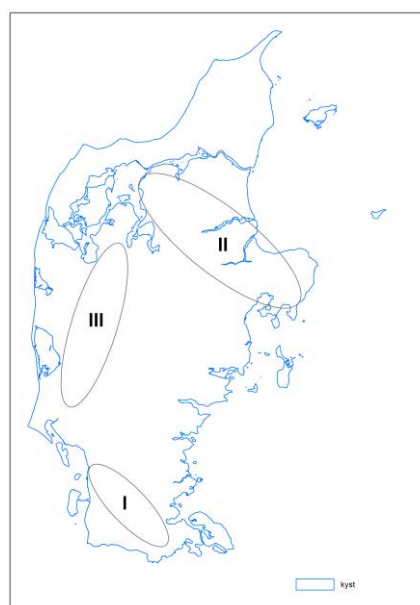
ne af lagets udbredelse, bilag A, ses dårlig korrelation hvilket skyldes det ringe boringsgrundlag som pixelmodellen er baseret på.

PS3: Laget er meget lokalt udbredt i Sønderjylland og her ses god korrelation mellem pixelmodellen og den hydrostratigrafiske model. Få boringer i området bekræfter det.

PS4: Lagets udbredelse i den centrale samt vestlige del af Midtjylland følger Billund formationen. Formationen består af både sand og ler-enheder, hvilket resulterer i at pixelmodellen korrelerer meget dårligt med det hydrostratigrafiske lag. At opdele Billund formationen i flere enheder af ler og sand har ikke været muligt grundet det ringe boringsgrundlag, bilag C. Det nuværende hydrostratigrafiske lag PS4 er baseret på oplysninger om Billund formationen fra seismisk data. En fremtidig geologisk opdatering af DK-modellen vil kunne inddrage ny viden omkring udbredelsen af Miocæne lag ("Miocæn" projektet, Geocenter Danmark; Den nationale grundvandskortlægning i Danmark, se Mielby, 2009).

KALK: Det hydrostratigrafiske kalklag er udbredt i hele det jyske område, men kun observeret i nordjyske Jupiter boringer. I resten af Jylland er laget defineret som et 50 m tykt lag under PL5. For det nordjyske område er KALK godt korreleret med pixelmodellen og boringer. Laget er desuden defineret ved Vejle-Horsens området i den hydrostratigrafiske model. I udkanterne af dette område er der dårlig korrelation med pixelmodellen. Pixel og den hydrostratigrafiske model burde i dette område tilpasses bedre til hinanden. Da der ikke eksisterer boringer til at bekræfte den ene frem for den anden model samt det forhold, at KALK er defineret som 50 m tykt i ikke observerede områder og udgør nederste modellag, har det ikke nogen praktisk betydning i modelleringssammenhæng.

Ud fra analysen af de hydrostratigrafiske lag og prioriteringen af områder, er 3 større problemområder identificeret. Første område er beliggende i Sønderjylland fra Tinglev mod sydøst til Ribe mod nordvest, Figur 14. Det andet område ligger i et sydøst-nordvestligt strøg henover Djurs og Himmerland. Det tredje identificerede område ligger fra Skallingen i syd til Skive i nord.



Figur 14 Udpegede problemområder. I) Sønderjylland II) Djurs-Himmerland III) Skive-Skallingen.

Gennemgang af problemområder

De tre udpegede områder vil hver blive gennemgået med udgangspunkt i nye profiler. Sidst gives et kort resume af anbefalinger til hvert område.

Område I (Sønderjylland)

Et dominerende forhold i den sydvestjyske kvartærgeologi er aflejring af interglaciale marine sedimenter. I Cromer, Holstein, og Eem mellemistider var kystlinjen betragteligt længere mod øst set i forhold til det nuværende Vesterhav. Eksempelvis var der forbindelse mellem Vesterhavet og Lillebælt via et stræde over linjen Esbjerg – Vejen – Kolding i Sen Elster og Holstein. I Ribe området er de finkornede Sen Elster-Holstein aflejringer op til 130 m tykke og generelt er de finkornede havaflejringer er observeret i over 500 borerer i det sydvestlige Jylland (Gravesen et al. 2004).

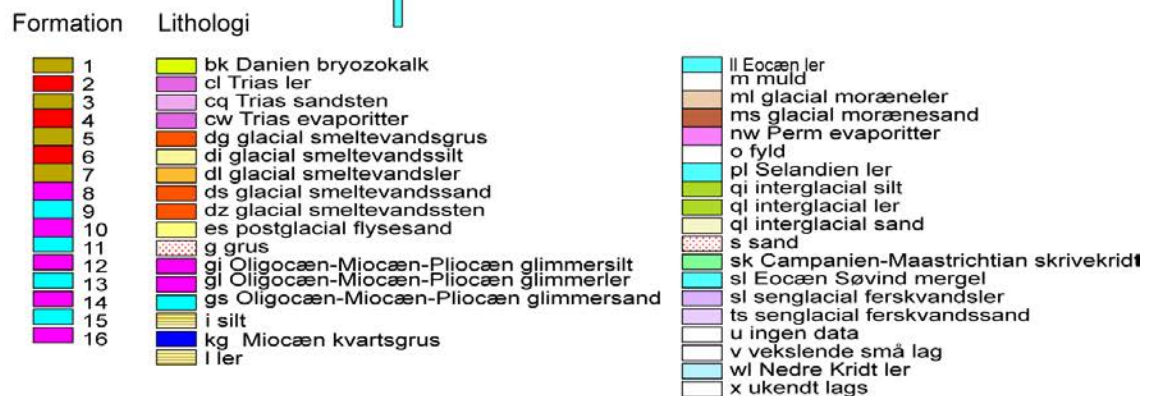
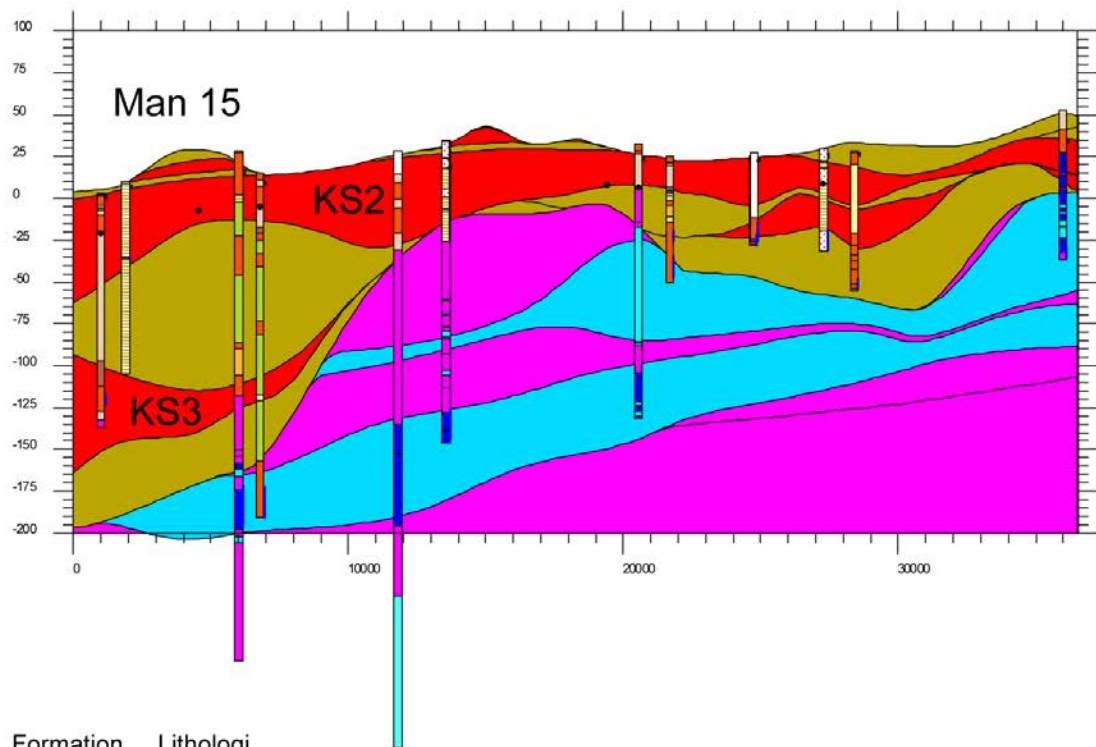
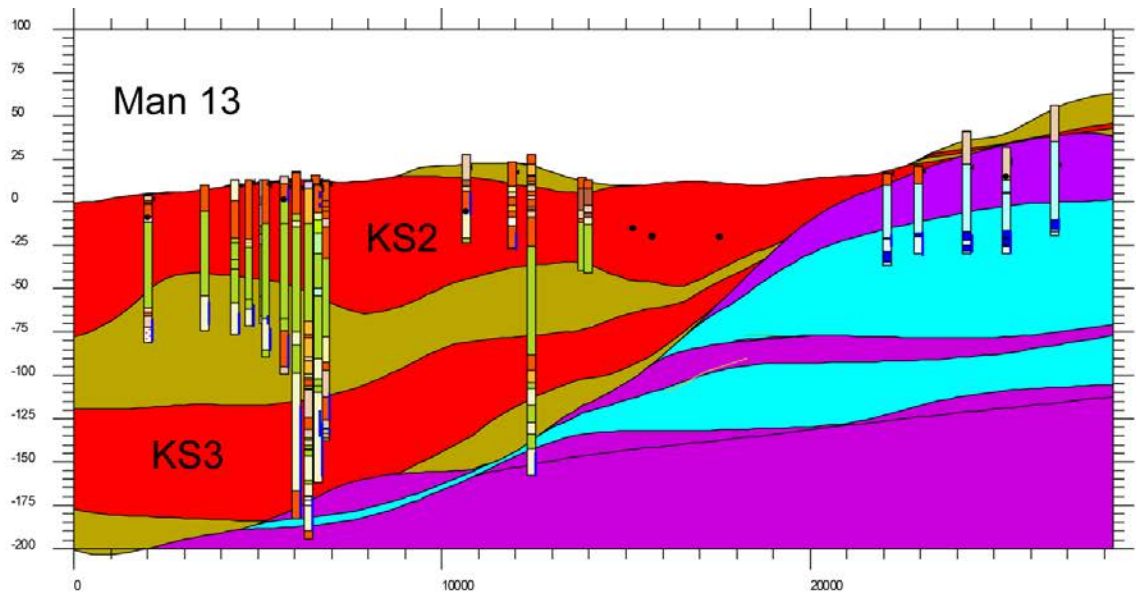
Med formål at undersøge årsagen til den dårlige korrelation mellem den hydrostratigrafiske model og henholdsvis pixelmodellen og borerer fra området, er 6 nye profiler fremstillet, figur 15.



Figur 15 Nye profiler i område I. De 6 fremstillede profilerne er navngivet Man 13-17. Vest-sydvest ses i venstre side af profilerne.

De fremstillede profiler er orienteret vest-sydvest – øst-nordøst og skærer dermed de tidligere profiler fremstillet til den hydrostratigrafiske tolkning, figur 3.

Figur 16 viser profil Man 13 og 15. I den vestlige del af profil 13 ses interglacial silt/ler i sandlaget KS2. Op til 55 m silt/ler ses i sandlagt KS2 (den vestligste boring i profilet). I en enkelt boring midt i profilet observeres det, at den interglaciale enhed både er til stede i KS2 samt KS3. I Man 15 ses det interglaciale silt/ler i to borer, hvor det sammenlagt strækker sig fra kote -160 op til kote -5 igennem KS2, PL3, KS3 og PL4.



Figur 16 Profil Man 13 og 15 i område I. Alle profiler i område I er orienteret med vest-sydvest til venstre i profilet (0 m) og øst-nordøst til højre i profilet. Profilerne har varierende længde op til ca. 45 km.

I profil 17 er den interglaciale enhed ligeledes meget dominerende i områder hvor Prækvartær overfladen ligger lavt (under kote -25m), mens den i Man 14, 16, og 18 kun er delvist udbredt.

Udover tilretning af KS2 og KS3 som følge af de interglaciale aflejring ses også en række mindre fejl i pixel eller den hydrostratigrafiske model i område I. De mindre fejl illustreres i profilerne, der også indeholder pixeltolkningen, bilag D.

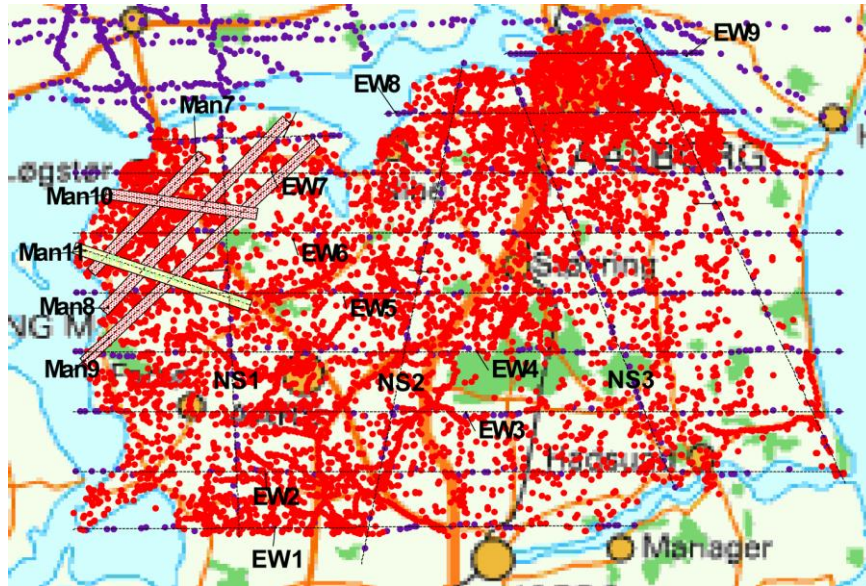
Pixel tolkningen bør tjekkes på profil 16 og 17. Sandlag i de Miocæne aflejring bør ligeledes rettes op (Profil 13). En dyb dal i Prækvartæret, som ses i Profil 17 er ikke afspejlet i profilet, men er det i pixelerne. På profil 16 afviger pixeltolkning og beregningslag i den vestlige del ekstremt meget fra hinanden, men antallet af dybe borer er begrænset. I en del af profilerne ses det øverste hydrostratigrafiske ler, hvor det ikke ses i borerne. Da området kun i begrænset grad er omfattet af grundvandskortlægningen, se figur 11, bør der foretages en justering i Geoscene3D, enten med nye tolkningspunkter eller en direkte redigering af beregningsfladerne.

De interglaciale aflejring observeret i hovedparten af profilerne i område I, er dårligt integreret i den hydrostratigrafiske model. Specielt i den nordvestlige del af området, hvor de finkornede aflejring formodentlig er af Holstein alder, skærer disse igennem det mellemste og nederste kvartære grundvandsmagasin (KS2 og KS3). Det anbefales at de interglaciale marine aflejring integreres i KL3 og derunder rettes bunden af KS2 samt toppen af KS3 ind. I enkelte områder, hvor de interglaciale aflejring fortsætter helt ned til prækvartær overfladen, anbefales det, at lagtykkelsen af KS3 sættes til nul, hvis ikke KS3 genfindes indlejret i de interglaciale aflejring. Interpolationen af nye laggrænser vil forbedres ved flere tolkningspunkter fra nye profiler således, at den rumlige fordeling af de interglaciale aflejring bedre afdækkes i området.

Område II (Djurs-Himmerland)

Området II er inddelt i to mindre områder grundet dets størrelse. Figur 17 og 18 viser nye optegnede profiler for henholdsvis Himmerlands området ved Limfjorden og området nord for Århus og det meste af Djurs. Profilerne Man 7 – 11 er nye profiler for Himmerlandsområdet, mens de resterende er fra den geologiske opdatering af DK-modellen, figur 17. For området nord for Århus og Djurs er der genereret 5 nye profiler, Man 5 – 9, figur 18.

Et gennemgående problem for begge subområder er udbredelsen af prækvartært ler over KALK laget. Figur 19 eksemplificerer problemet i hvert subområde. Tilstedeværelsen af det prækvartære ler i områder hvor det ikke burde findes, er gennemgående i profilerne i hele område I, bilag D.

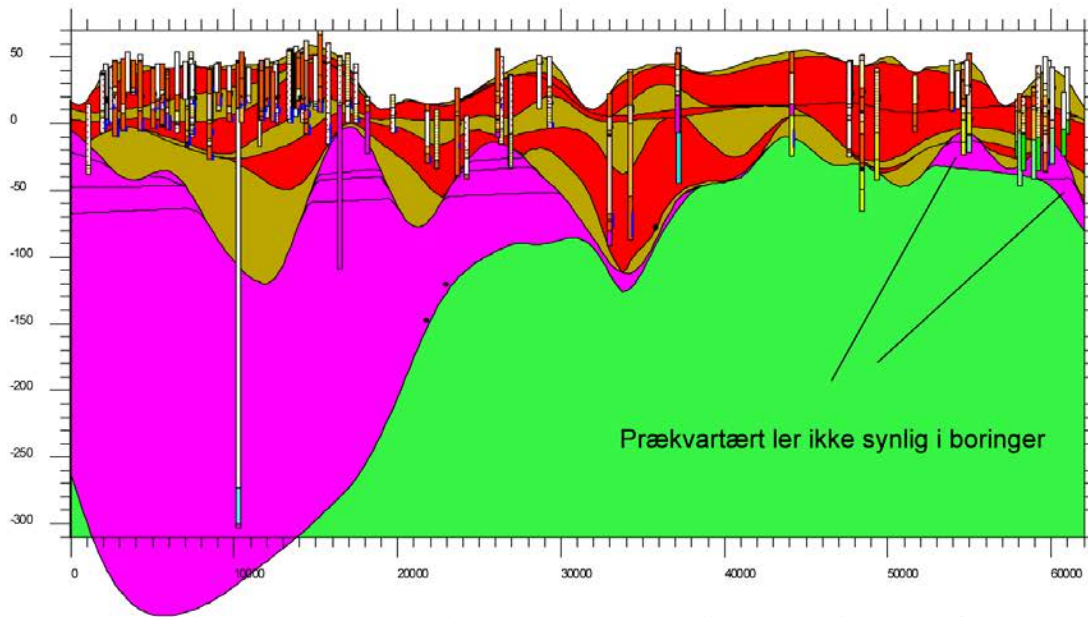


Figur 17 Nye profiler optegnet i Himmerland området (Man 7- 11). Profilerne Man 7-9 er sydvest-nordøstligt orienterede, mens profil Man 10 og 11 er vest-nordvest – øst-sydøst gående. Venstre side af profilerne er vestligt. Desuden er profiler brugt ved opdatering af DK-modellen også vist (NS1-4 og EW1-10).

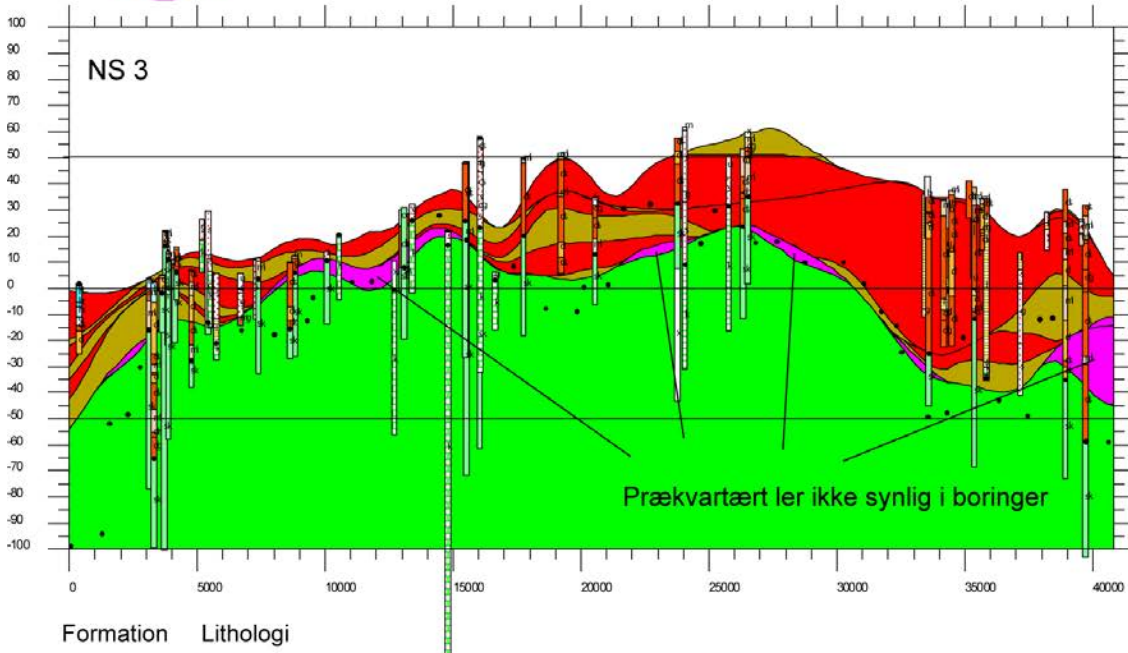


Figur 18 Profiler optegnet i forbindelse med området nord for Århus og Djurs. Profilerne Man 5 – 9 er orienteret sydvest – nordøst. Venstre side af profilerne er vestligt.

Man 5



NS 3

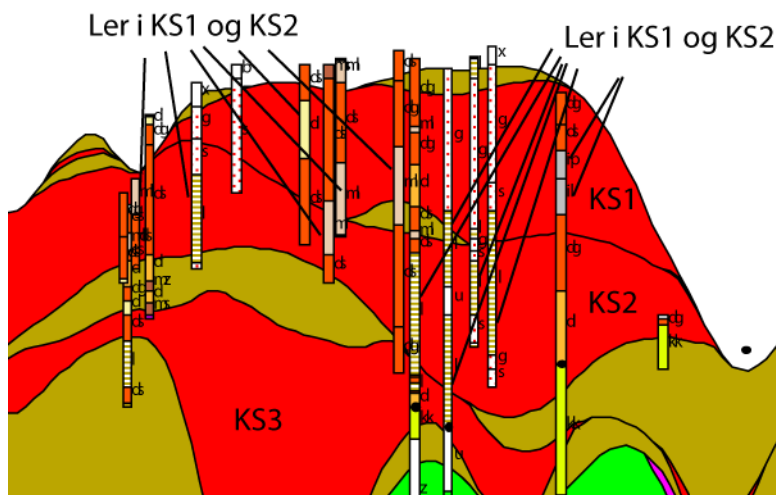


Formation	Lithologi
1	bk Danien bryozokalk
2	cl Trias ler
3	cq Trias sandsten
4	cw Trias evaporitter
5	dg glacial smeltevandssilt
6	di glacial smeltevandssilt
7	di glacial smeltevandssler
8	ds glacial smeltevandssand
9	dz glacial smeltevandsssten
10	es postglacial flysesand
11	g grus
12	gi Oligocæn-Miocæn-Pliocæn glimmersilt
13	gl Oligocæn-Miocæn-Pliocæn glimmerler
14	gs Oligocæn-Miocæn-Pliocæn glimmersand
15	i silt
16	kg Miocæn kvartgrus
	l ler
	ll Eocæn ler
	m muld
	ml glacial moræneler
	ms glacial morænesand
	nw Perm evaporitter
	o fyld
	pl Selandien ler
	qi interglacial silt
	ql interglacial ler
	ql interglacial sand
	s sand
	sk Campanien-Maastrichtian skrivekridt
	sl Eocæn Søvind mergel
	sl senglacial ferskvandsler
	ts senglacial ferskvandssand
	u ingen data
	v vekslende små lag
	wl Nedre Kridt ler
	x ukendt lags

Figur 19 Profil Man 5 nord for Århus og profil NS 3 fra Himmerland området

I den vestlige del af profil Man 5 overlejrer prækvartært ler KALK laget selvom boringer viser glaciale aflejringer (interglacial silt og ler, smeltevandsler, silt og sand). Profil NS 3 fra Himmerland viser samme problem i flere områder, hvor boringer viser forskellige fin- og grovkornede kvartære aflejringer ovenpå kalken, mens prækvartært ler ses i den hydrostratigrafiske model. Den forkerte udbredelse af det prækvartære ler ses generelt i områder hvor kalkoverfladen er højtliggende (over kote – 50). Det anbefales, at der genereres nye udbredelsesfiler for de prækvartære lerlag i disse områder.

Et andet generelt problem for hele område II er en for stor vertikale udbredelse af KS2 og til dels KS1. Boringer indeholdt i disse lag viser mange indslag af smeltevandsler samt moræneler og det medfører ofte dårlig korrelation mellem de hydrostratigrafiske lag og boringer (og pixelmodel). Figur 20 viser et eksempel på en dårlig bestemt udbredelse af KS1 og KS2. Figuren er et udsnit af profil EW1, hvor de kvartære sandlag dominerer den kvartære lagserie i den hydrostratigrafiske model. Boringerne på profilet viser derimod betydelig udbredelse af finkornede enheder og korrelerer dårligt med den hydrostratigrafiske model.



Figur 20 Udsnit af profil EW1 fra km 29 til km 51 (se bilag D).

I hele område II ses således betydelige indslag af finkornede smeltevandssedimenter indeholdt i de kvartære sandlag. Udbredelsen af disse er dårligt defineret i den hydrostratigrafiske model. Dette forhold vil formodentligt kunne forbedres ved en mere detaljeret tolkning af den hydrostratigrafiske model end ved den nuværende. Ved at definere det hydrostratigrafiske lag, ler i KS2 (Nyegaard et al., 2010) i området, vil modellen blive forbedret.

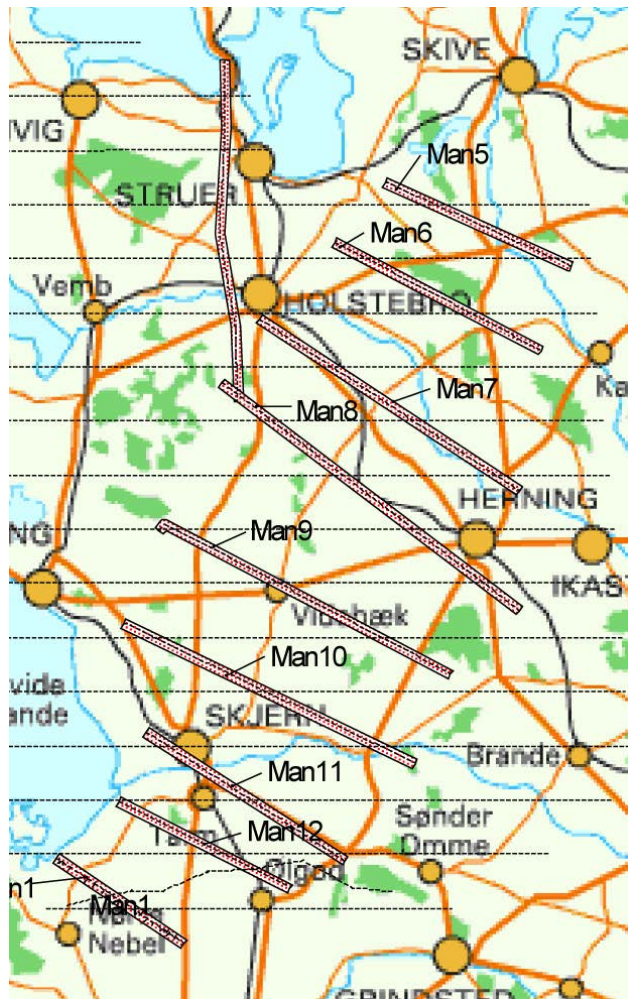
I den centrale del af område II, vil en udvidet tolkning via flere profiler medføre en bedre tilpasset hydrostratigrafisk model samtidig med at resultater fra den nationale grundvandskortlægning forventes at kunne støtte en ny tolkning, figur 11. I den sydvestlige del af Djurs, der er meget glacial-tektonisk påvirket, skal det derimod ikke forventes, at de store lokale variationer kan opløses i en geologisk DK-model.

I den nordvestligste del af Himmerland, hvor de nye profiler er optegnet, er den kvartære lagpakke så tynd, at geologien er svær at opløse i den nuværende pixelmodel, hvor enhederne er minimum 10 m tykke grundet pixelstørrelsen. Den dårlige korrelation i dette områ-

de er desuden ikke til stede i pixelanalysen, som kun anvender pixelpunkter med mere en 1 pixel.

Område III (Skive-Skallingen)

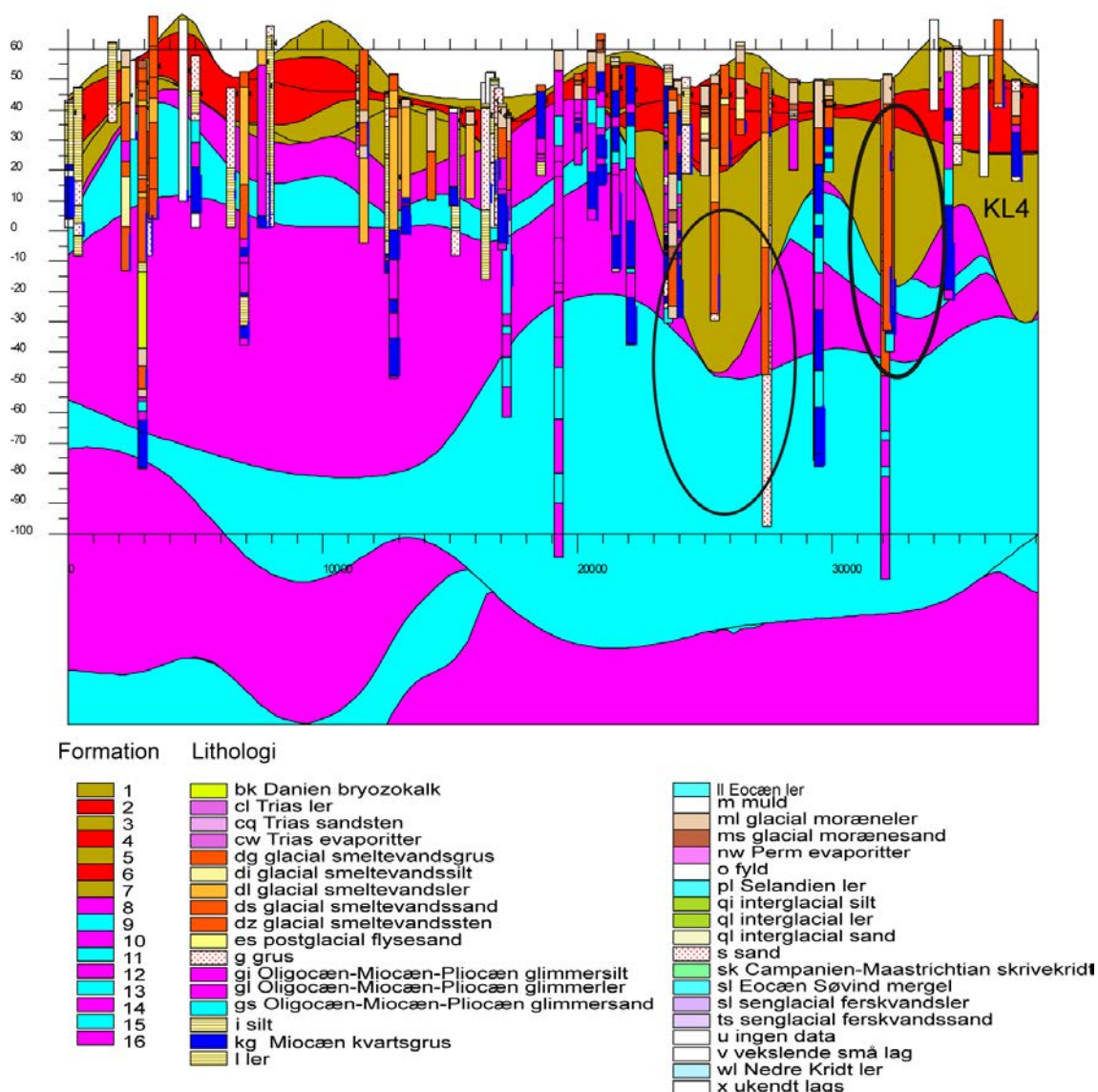
Område III er defineret ud fra den dårlige korrelation mellem den hydrostratigrafiske model og pixelmodellen i Kvartær – Prækvartær overgangen. 9 nye profiler er fremstillet til at undersøge område III, figur 21.



Figur 21 Nye profiler i område III Skive-Skallingen. De 9 nye profiler er navngivet Man 1 og Man 5 – 12. Profilerne er nordvest-sydøst orienteret med nordvest i venstre siden af profilerne.

Overgangen mellem de kvartære og prækvartære aflejringer er defineret som et prækvartært lerlag (PL1) overlejret af et kvartært lerlag (KL4). Generelt er KL4 dårligt defineret for området i den hydrostratigrafiske model. Profil 8 viser et godt eksempel på to begravede dale, der tydeligt fremgår af boringer, men ikke ses i den hydrostratigrafiske model, figur 22.

Man 8



Figur 22 Profil 8 fra område III. To områder er markeret hvor sandede smeltevandsaflejringer ses i det nederste kvartære lerlag (KL4).

I markeringen til højre i figuren ser det ud til at de ca. 45 m KL4 burde udskiftes med KS3 i stedet. Markeringen til venstre viser samme forhold, hvor den store udbredelse af KL4 burde udskiftes med KS3. I flere af borerne er Kvartær-Prækvartær overgangen smeltevandssand over Miocæn kvartsgrus eller glimmersand (se boring yderst til højre og dyb boring imellem de to markeringer).

Set henover hele profilet er selve Prækvartær grænsen meget dårligt defineret. Eksempelvis ses grænsen i den hydrostratigrafiske model defineret i kote 40 m ved den dybe boring til venstre i profilet (ved km 3). I boringen ses grænsen i kote -60 (observeret ved forskellige kvartære sedimentter fra kote 40 m og nedefter). Modsat ses i midten af profilet en gruppe borer (fra km 18 til 24), hvor de prækvartære aflejringer næsten når topografien. Fra km 35 ses prækvartær overfladen også defineret for dybt i forhold til borerne.

De geologiske forhold der har bevirket denne meget varierende Prækvartær-Kvartær grænse må relateres til de dybe dalstrukturer, som bl.a. er til stede i område III. De ofte skarpt definerede dalstrukturer muliggør boringer med få kilometers mellemrum, som udviser meget forskellige kronostratigrafiske indhold. Dalenes alder og oprindelse er stadig meget omdiskuteret og er formentligt også et resultat af forskellige processer, men deres endelige udformning skyldes desuagtet glaciale dannelsesmiljøer (Houmark-Nielsen et al., 2006). En stor del af dalene vil således være udfyldt af kvartære bjergarter, mens de afgrænses på sider og i bunden af prækvartære aflejringer. Hvis dalene ikke er tilstrækkeligt defineret i den hydrostratigrafiske model, vil prækvartæroverfladen også være dårligt bestemt.

Den dårlige korrelation mellem den hydrostratigrafiske model og boringer, samt pixelmodellen i område III er sammenhængende med en dårlig defineret prækvartæroverflade i den hydrostratigrafiske model. Ved Pixelanalysen samt boringsanalysen ses dette primært at påvirke lerlagene KL4 og PL, da disse definerer overgangen. For at forbedre den hydrostratigrafiske model, er det nødvendigt med en mere nøjagtig opløsning ved tolkning af hydrostratigrafien end givet ved de nuværende østvest-gående profiler med 5 km's mellemrum. Det kan gøres ved flere profiler i området hvorfra nye tolkningspunkter kan genereres. Det anbefales, at der under gentolkningen ligger vægt på beskrivelse af dalstrukturerne i området (Jørgensen og Sandersen, 2009), da de er centrale i den dårlige korrelation i område III. Område III berøres kun marginalt af den nationale grundvandskortlægning.

Resume af vigtigste anbefalinger til område I-III

- **Område I:** Det anbefales at de interglaciale aflejringer, som er dårligt defineret i den hydrostratigrafiske model i område I, integreres i KL3. Derunder skal KS2 og KS3 tilrettes således, at de finkornede aflejringer ikke optræder i sandlagene længere.
- **Område II:** Den hydrostratigrafiske model for område II indeholder to generelle fejl. Den første fejl omhandler dårlig udbredelse af de prækvartære lerlag, der i modellen ofte overlejrer det hydrostratigrafiske KALK lag. Specielt i områder hvor kalkoverfladen er relativt højtliggende anbefales det, at udbredelsesfilerne for det prækvartære ler revideres.

Det andet generelle problem i område II er for stor vertikal udbredelse af KS2 og dels også KS1. Forskellige finkornede aflejringer, både lerede moræne aflejringer, men også smeltevandsler og silt, ses indlejret i de kvartære sandlag. Det anbefales at der genereres flere tolkningspunkter for top og bund af KS1, KL2 og KS2 fra nye profiler, evt. med indarbejdelse af laget ler i KS2. Fokus skal være i områder, hvor de finkornede aflejringer er udbredt i KS2 (se profiler for området i bilag D). Det vurderes, at den hydrostratigrafiske model kan forbedres indenfor det nuværende koncept.

Udover de to generelle fejlkilder i område II, indeholder området også en række mindre fejl, som ikke burde prioriteres ved en kommende opdatering, da disse er tilknyttet henholdsvis en meget heterogen geologi i det sydøstlige Djurs grundet glacio-tektonik, samt en meget kondenseret hydrostratigrafi af lagene KL1 til PL5 i områder af Himmerland.

Generelt for området er der planlagt og indhentet betydelige mængder geologisk information i forbindelse med den nationale grundvandskortlægning, hvilket skal benyttes i fremtidig opdatering.

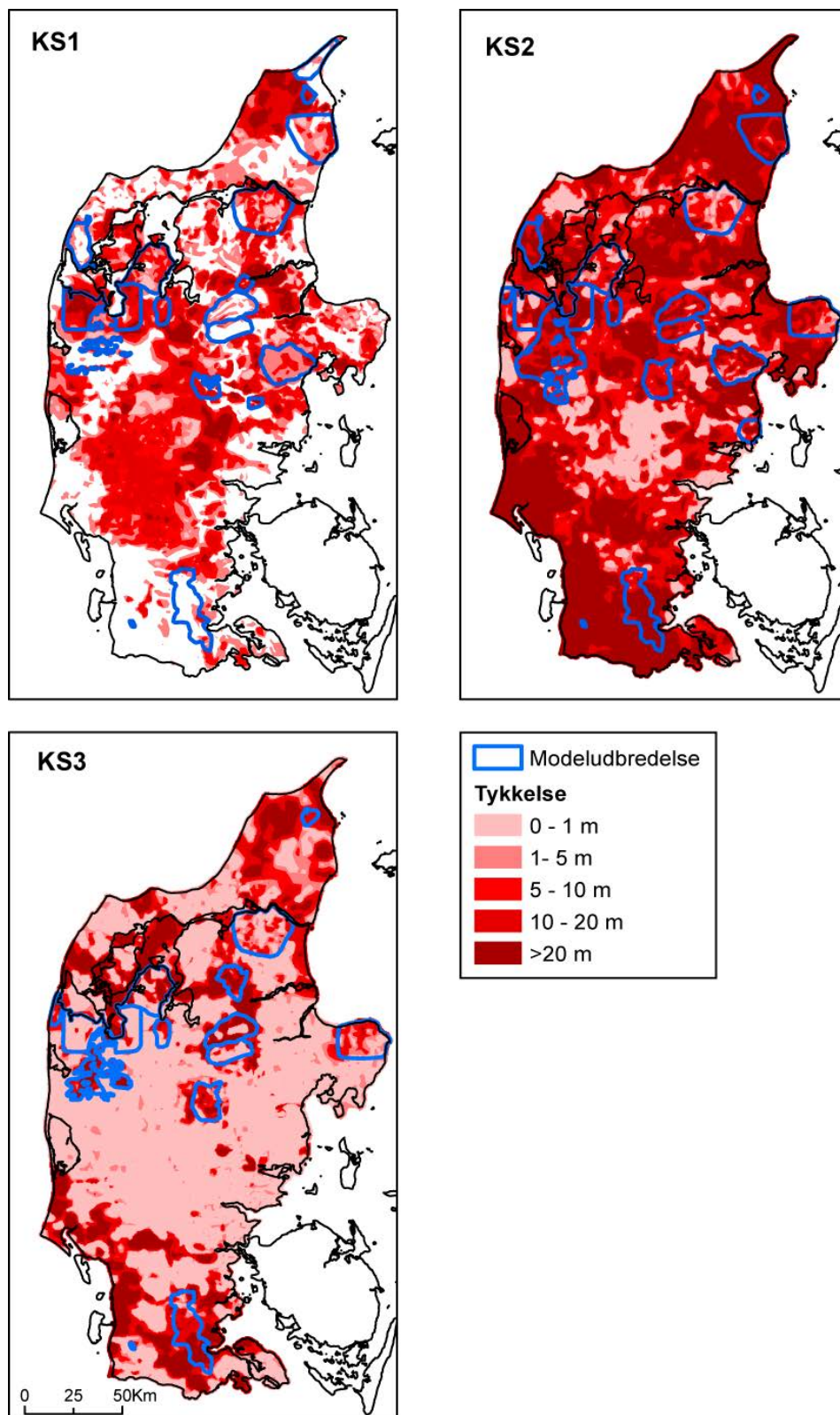
- **Område III:** Den dårlige korrelation mellem den hydrostratigrafiske model og boringer og pixelmodellen er forbundet med den meget varierende prækvartæroverflade, der følger af de mange dalstrukturer i området. Den nuværende hydrostratigrafiske model, som blev tolket ud fra profiler med 5 km mellemrum, er ikke detaljeret nok til at kunne opløse variationerne i prækvartæroverfladen. Derfor anbefales det, at der fremstilles flere profiler i området, som sammenholdt med andre informationer omkring dalstrukturene, kan frembringe en mere detaljeret hydrostratigrafisk model.

Reference

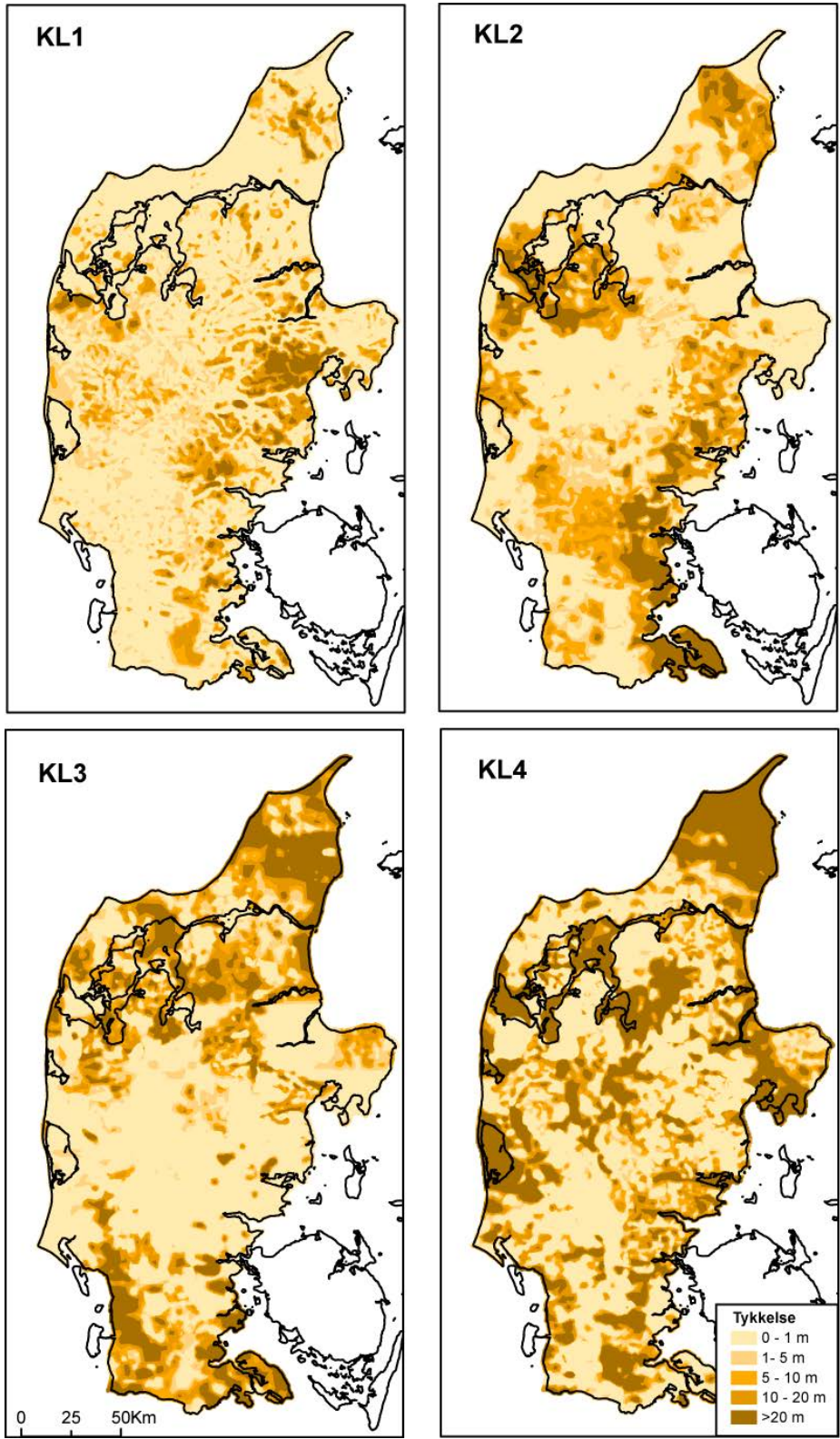
- Gravesen, P., Jakobsen, P.R., Binderup M., Rasmussen E.S. 2004. Det sydlige Jylland. Geologisk set. Geograf Forlaget.
- Henriksen, H.J. and Sonnenborg, A. (2003) Ferskvandets kredsløb. NOVA 2003 Temarapport. GEUS, DMU, DJF og DMI. www.vandmodel.dk
- Højberg A.L., Troldborg L., Nyegaard P., Ondracek M., Stisen S. & Christensen BSB (2010) DK-model 2009 – Sammenfatning af opdateringen 2005 – 2009. GEUS rapport 2010/81, København
- Houmark-Nielsen, M., Knudsen, K.L., Noe-Nygaard, N. 2006. Kapitel 13 i Geologien. Naturen i Danmark. Redigeret af Larsen, G.
- Jørgensen F. og Sandersen P. 2009. Kortlægning af begravede dale i Danmark - opdatering 2007-2009 – Særudgivelse, GEUS. (www.begravede-dale.dk).
- Mielby S. 2009. Den nationale grundvandskortlægning i Danmark, Faglige resultater 2009. Susie Mielby (red.) GEUS. ISBN: 978-87-7871-275-2.
- Nyegaard, P., Troldborg, L. & Højberg, AL (2010) DK-model2009 – Geologisk og Hydrostratigrafisk opdatering, GEUS rapport 2010/80, København.

Bilagene A, B, C, og D til rapporten *Gennemgang af den geologiske og hydrostratigrafiske model for Jylland. DK-model2009*

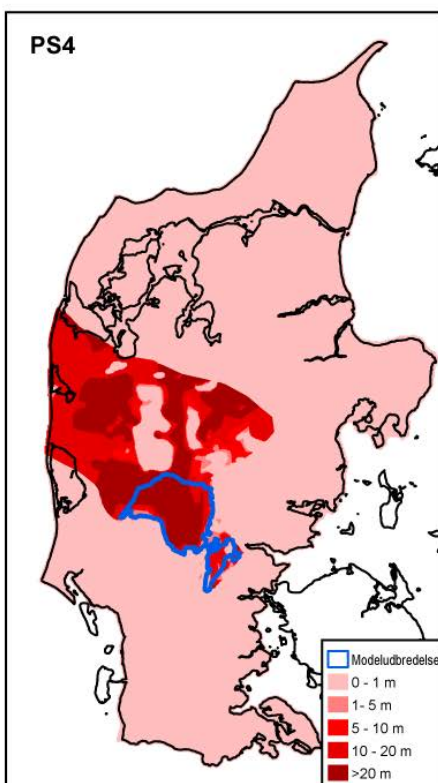
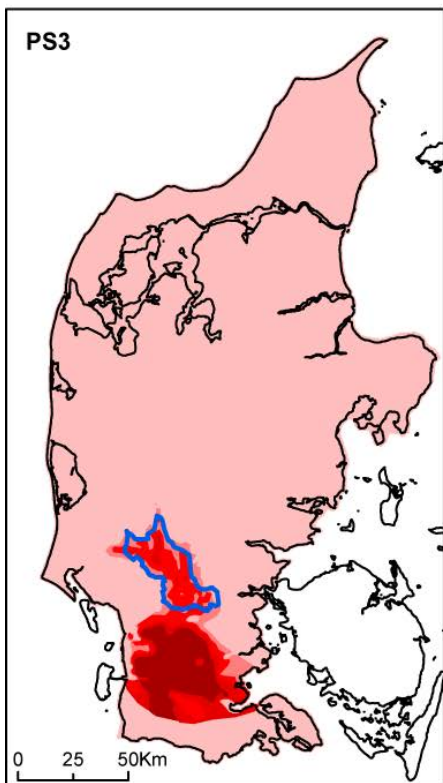
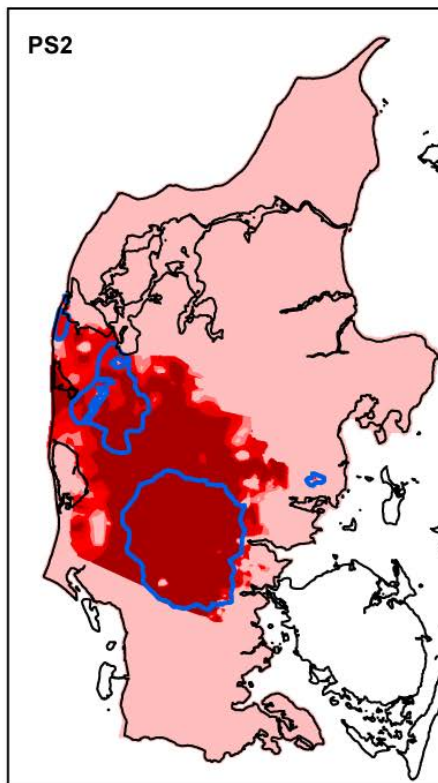
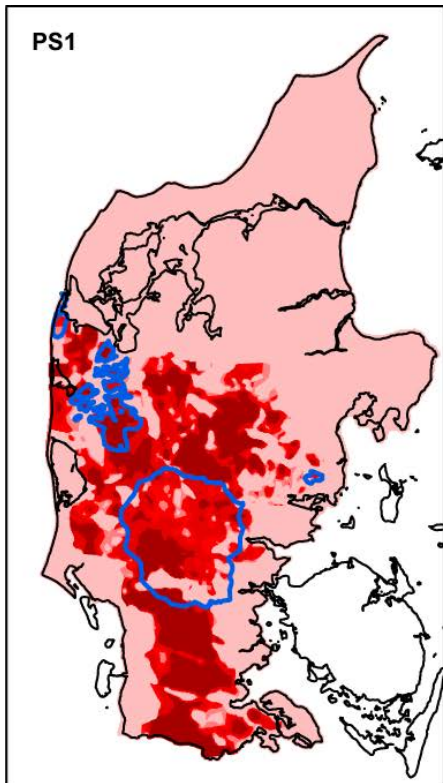
Bilag A: Lagtykkelser



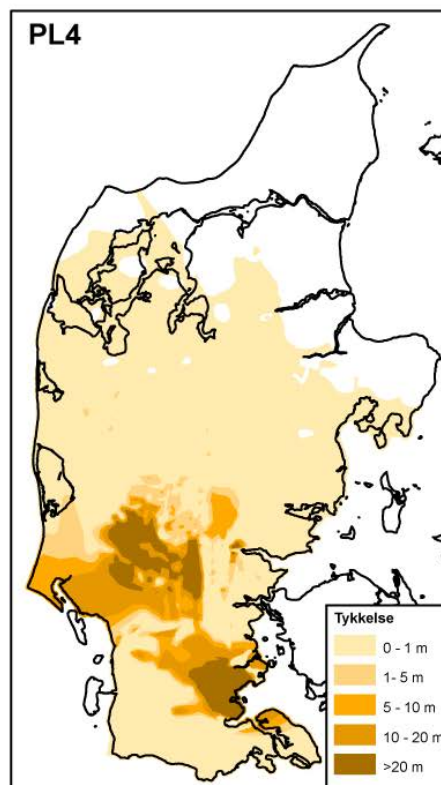
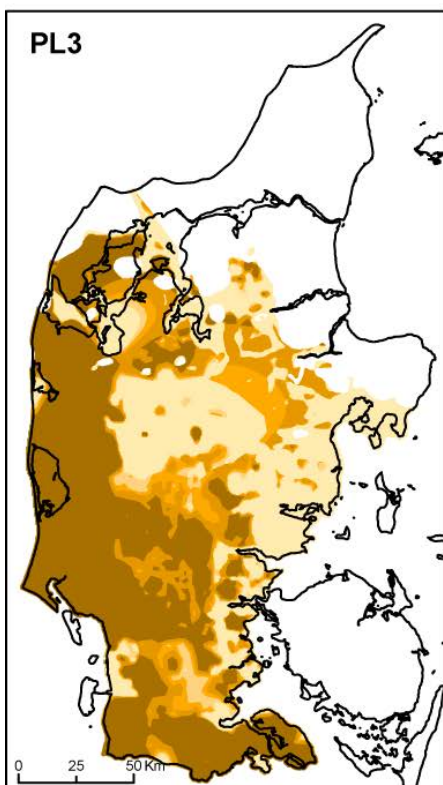
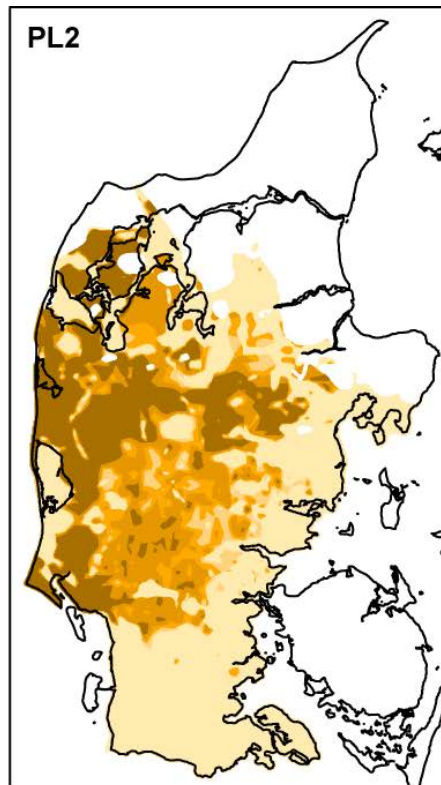
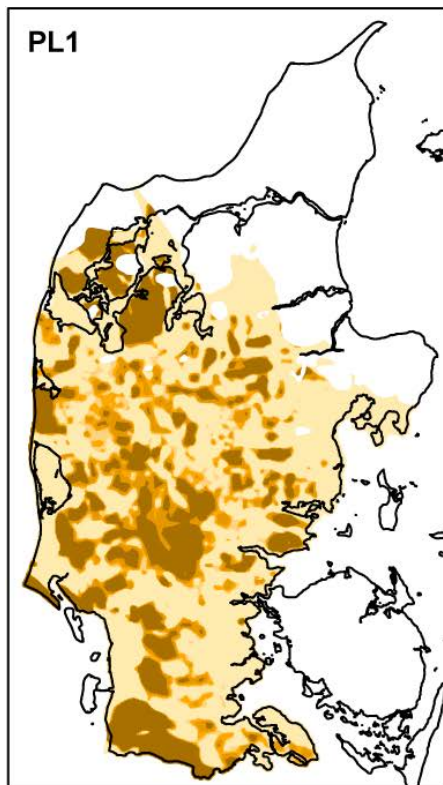
Udbredelse og tykkelse af Kvartære sandmagasiner. Blå polygoner angiver udbredelsen af lokalmodeller, der er medtaget i den geologiske opdatering.



Udbredelse og tykkelse af Kvartære lerlag. Blå polygoner angiver udbredelsen af lokalmodeller, der er medtaget i den geologiske opdatering.

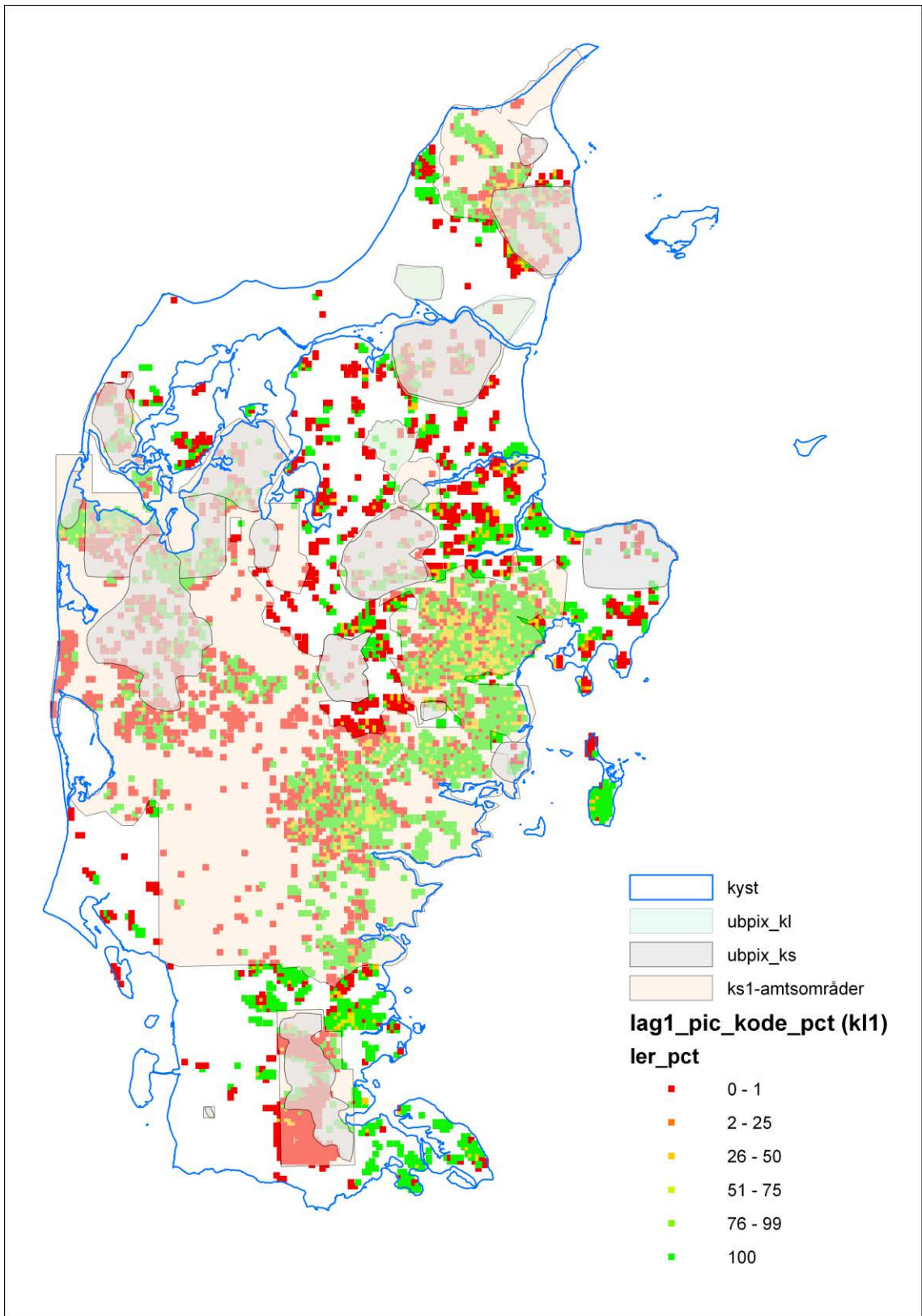


Udbredelse og tykkelse af Prekvartære sandmagasiner. Blå polygoner angiver udbredelsen af lokalmodeller, der er medtaget i den geologiske opdatering.

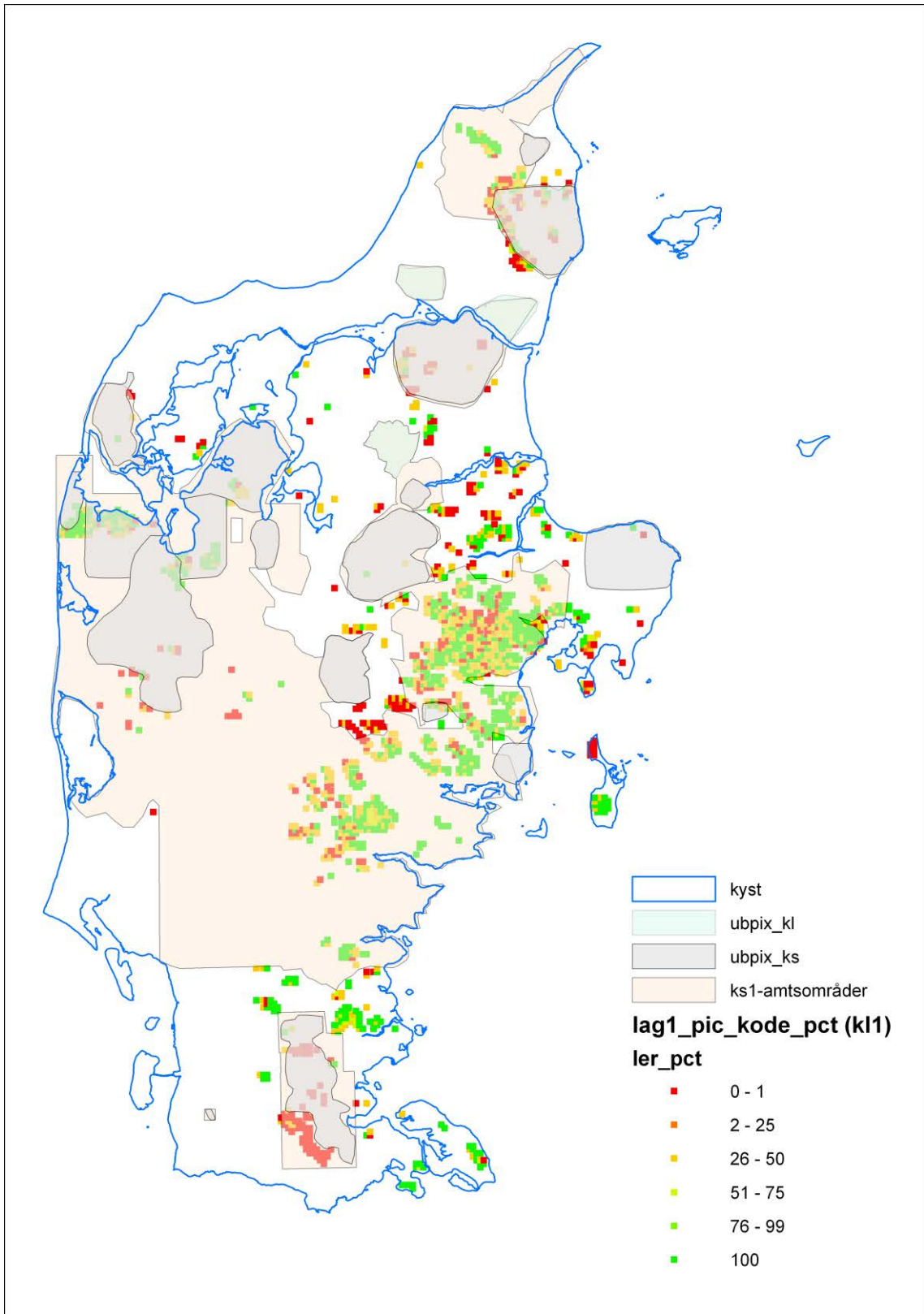


Udbredelse og tykkelse af Prekvartære lerlag. Blå polygoner angiver udbredelsen af lokalmodeller, der er medtaget i den geologiske opdatering.

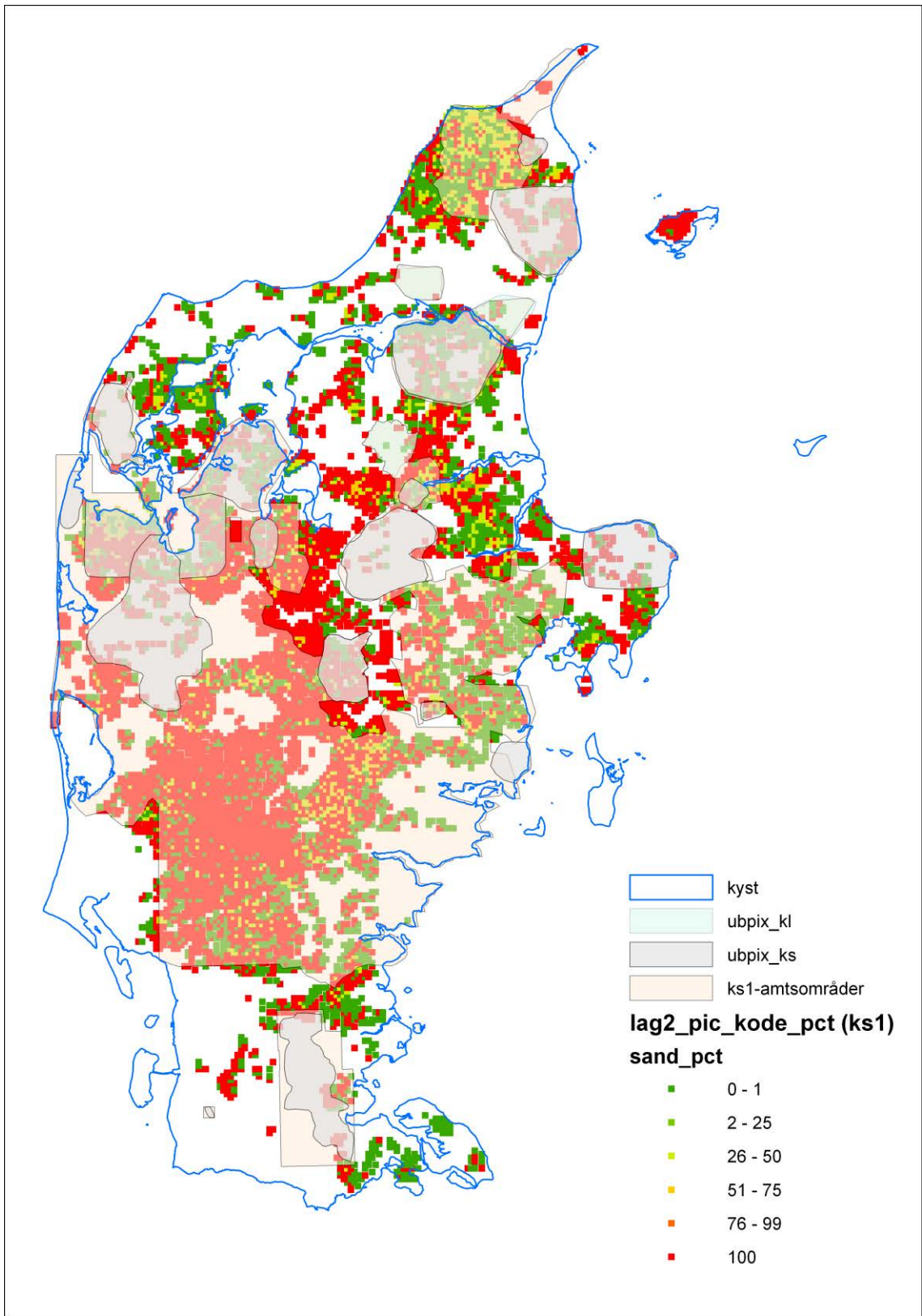
Bilag B: Pixelanalyse



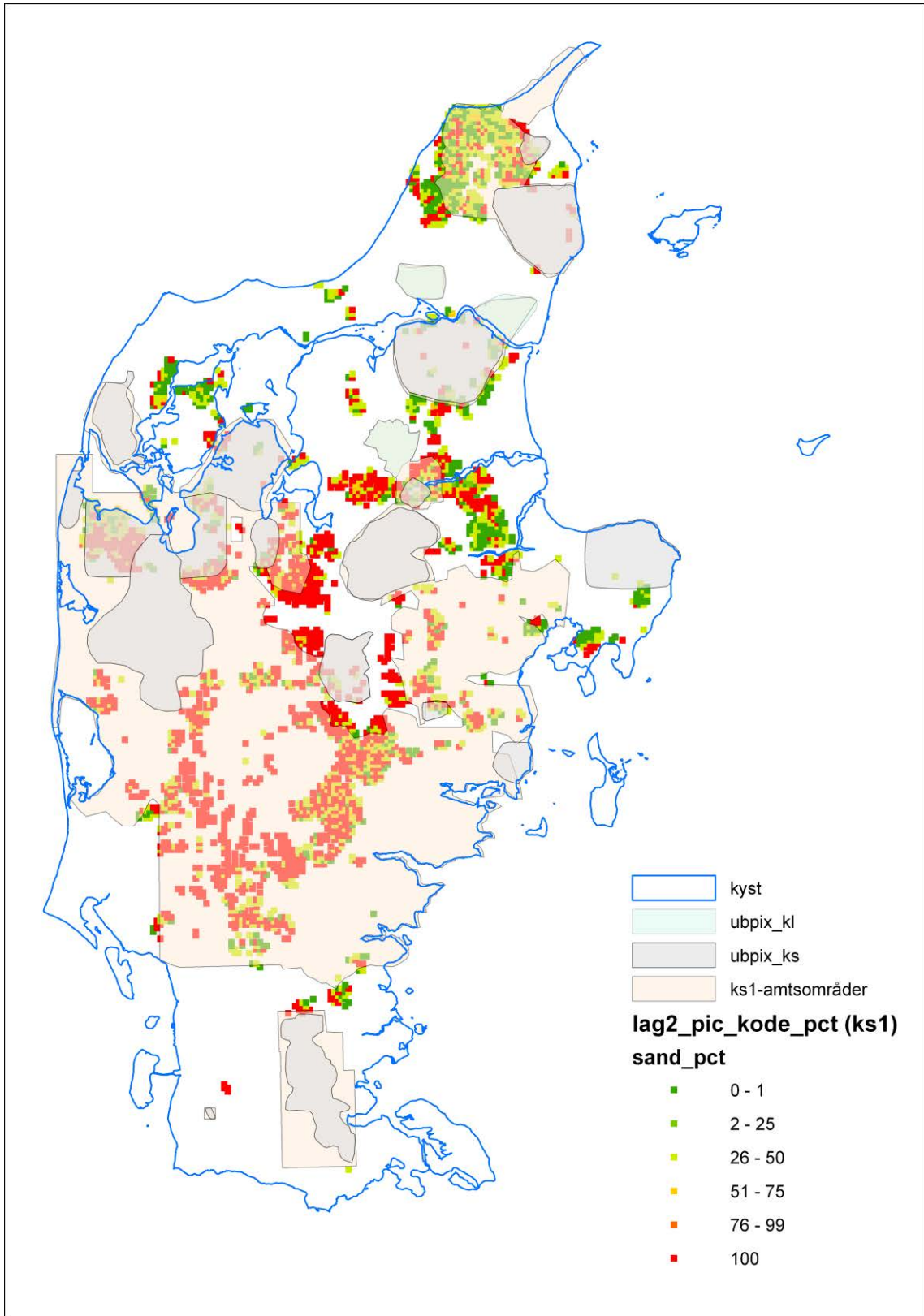
KL1: Alle pixels



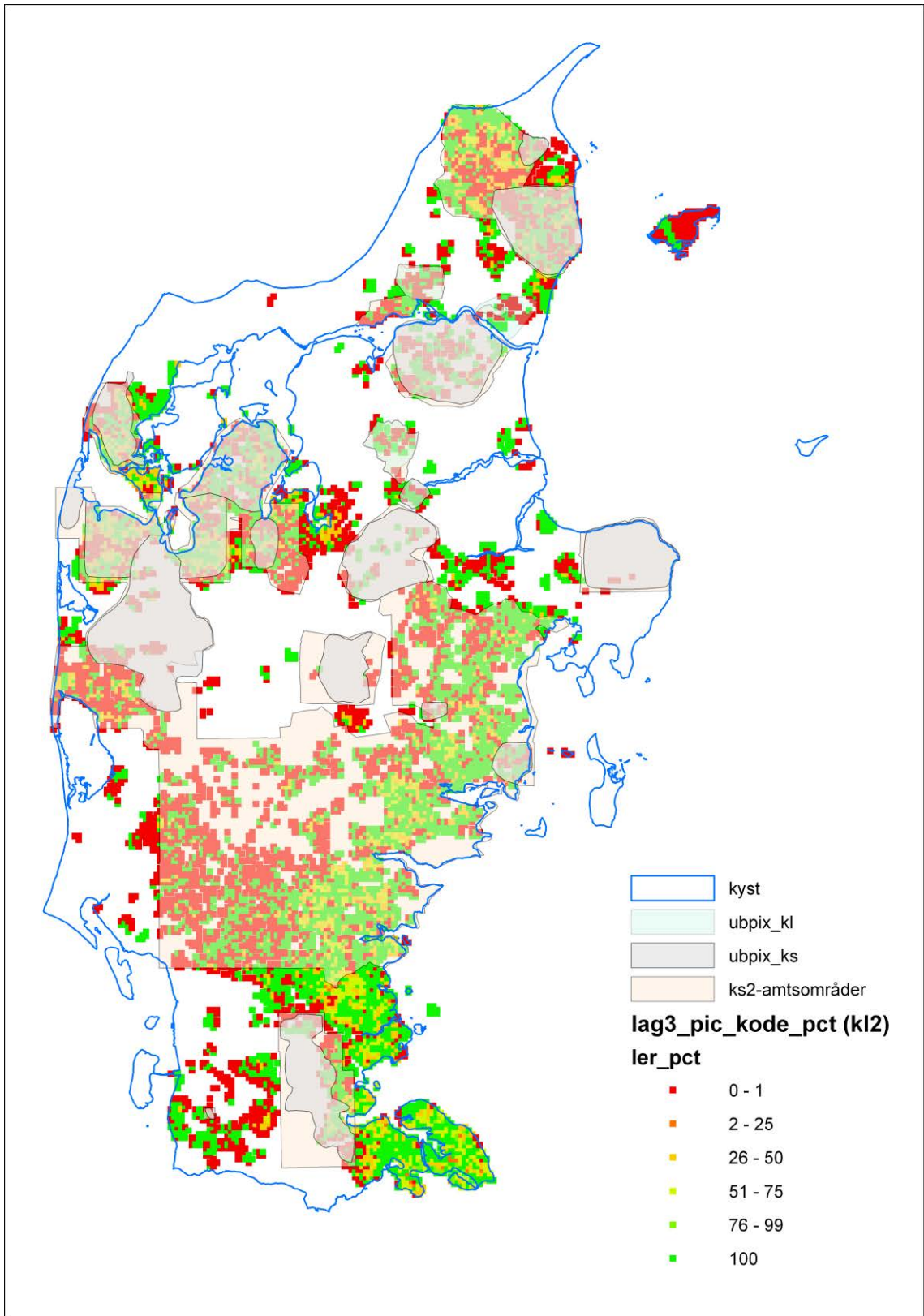
KL1: 1 < Pixels



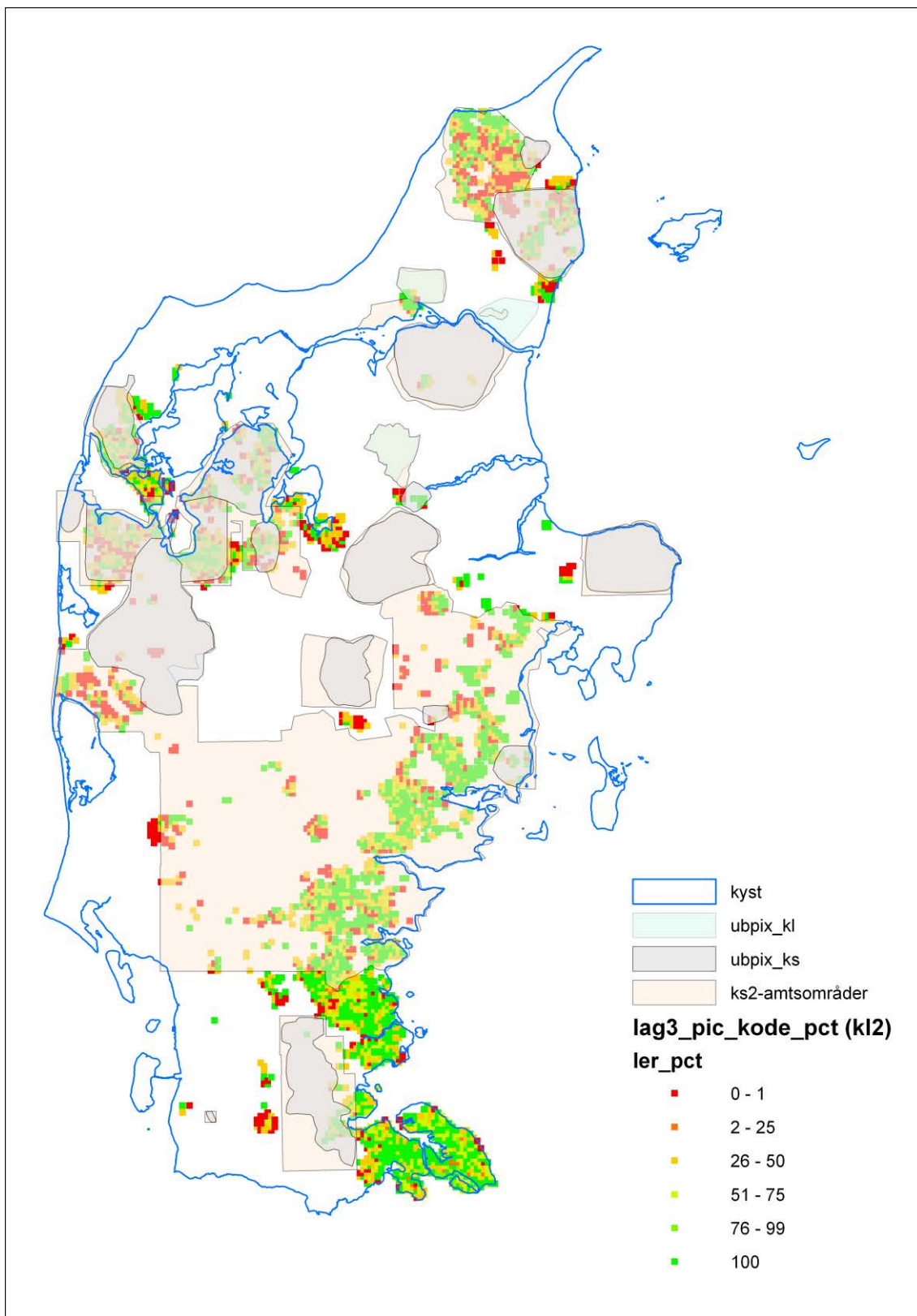
KS1: Alle pixels



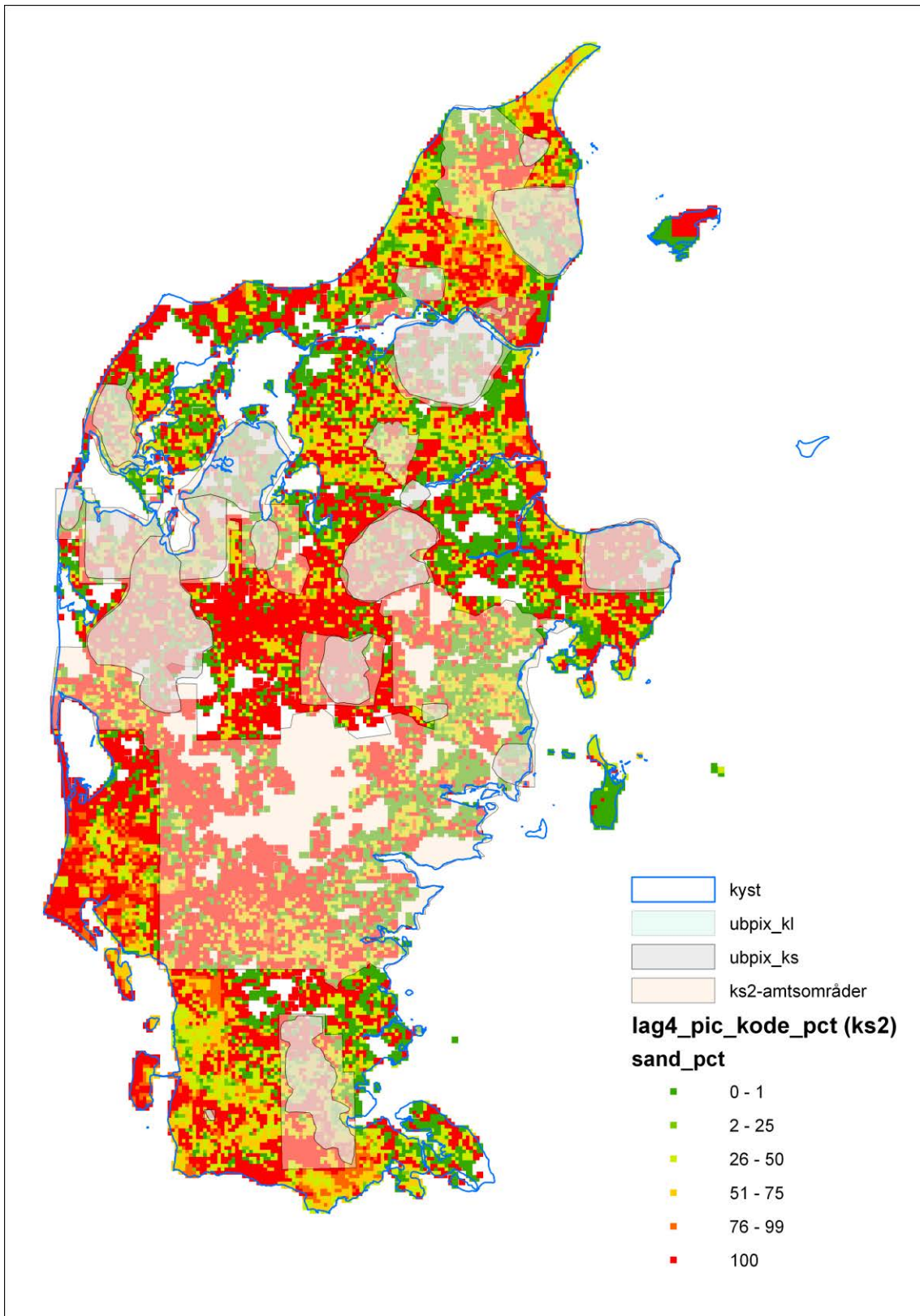
KS1: 1 < Pixels



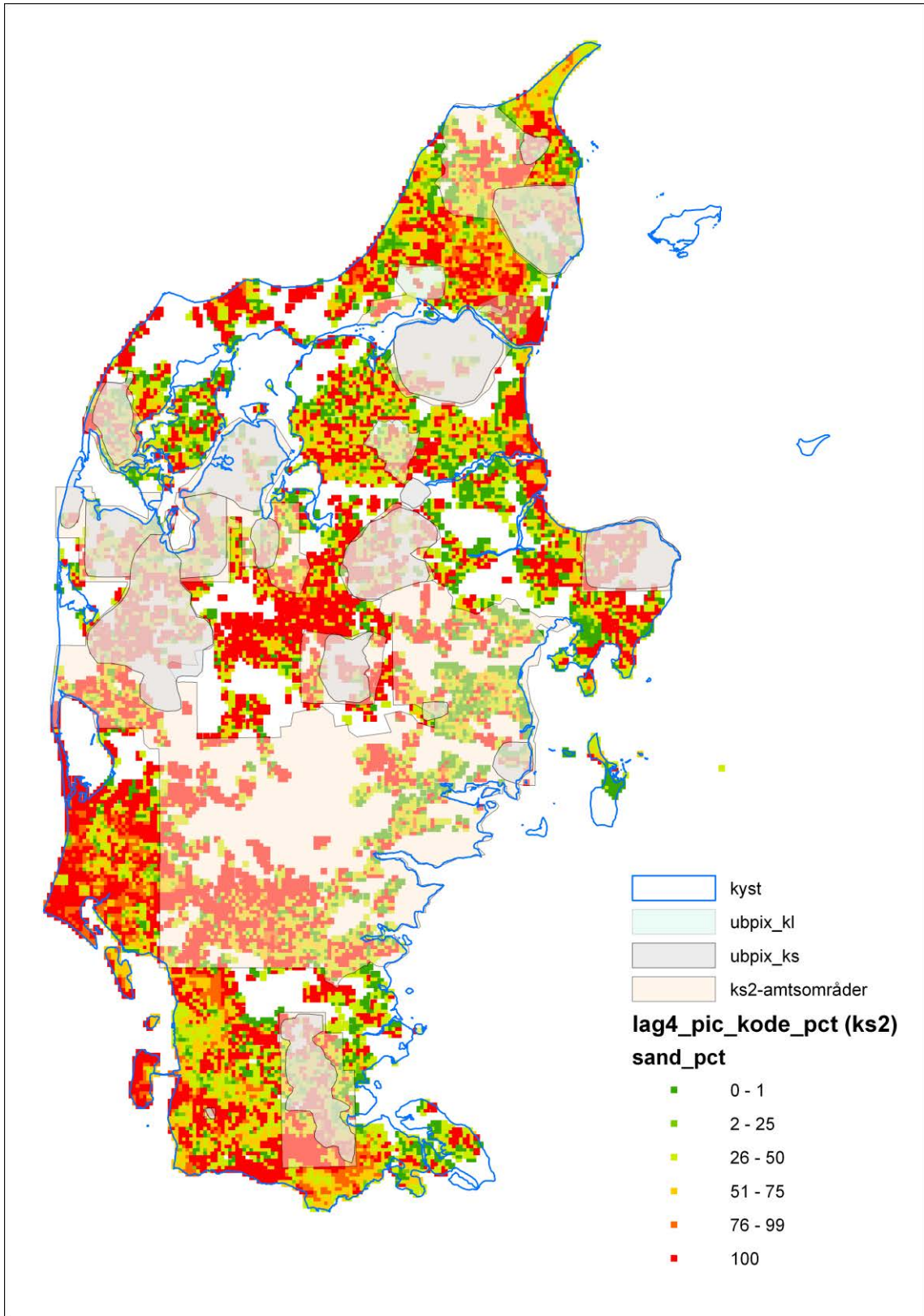
KL2: Alle pixels



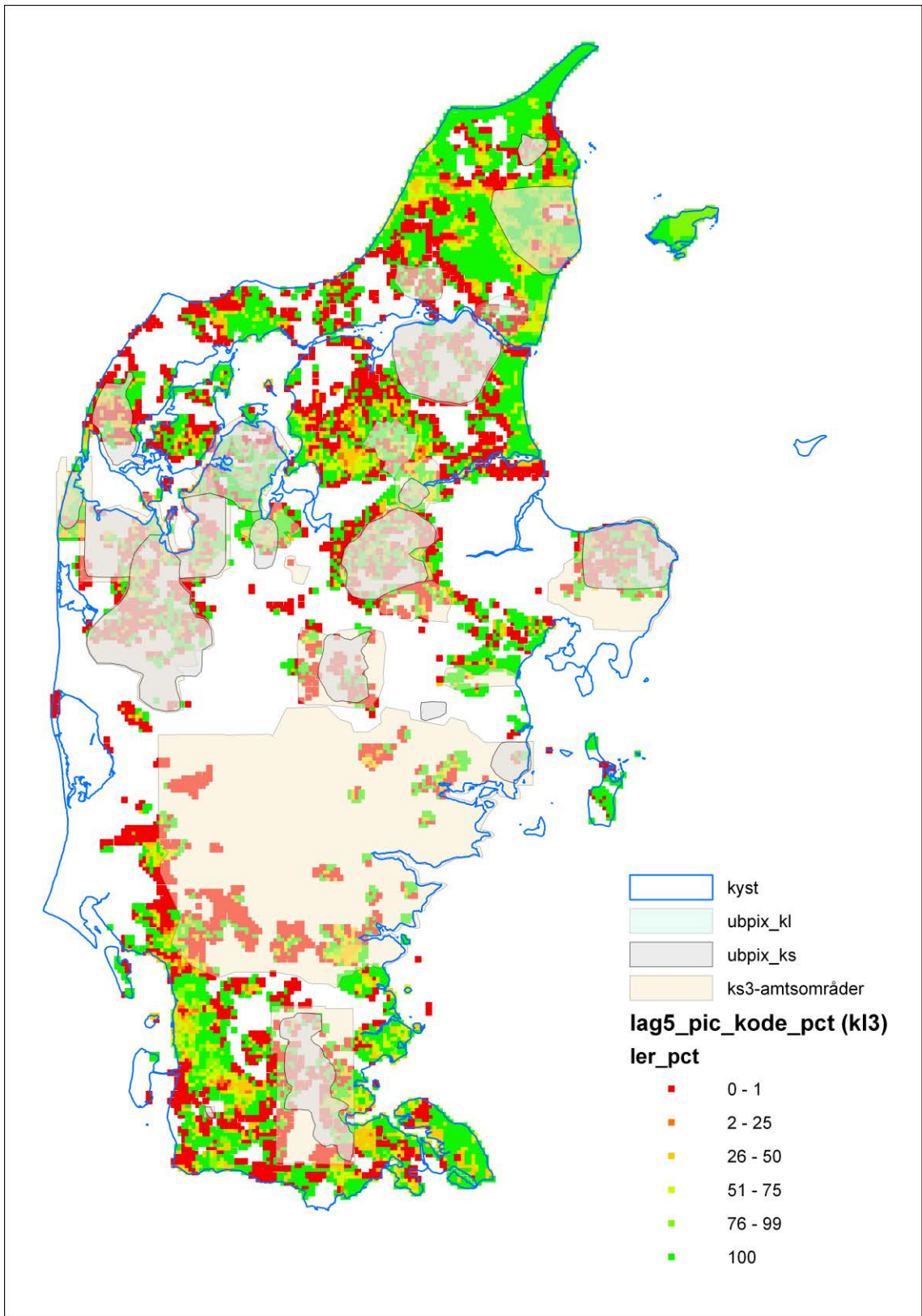
KL2: 1 < Pixels



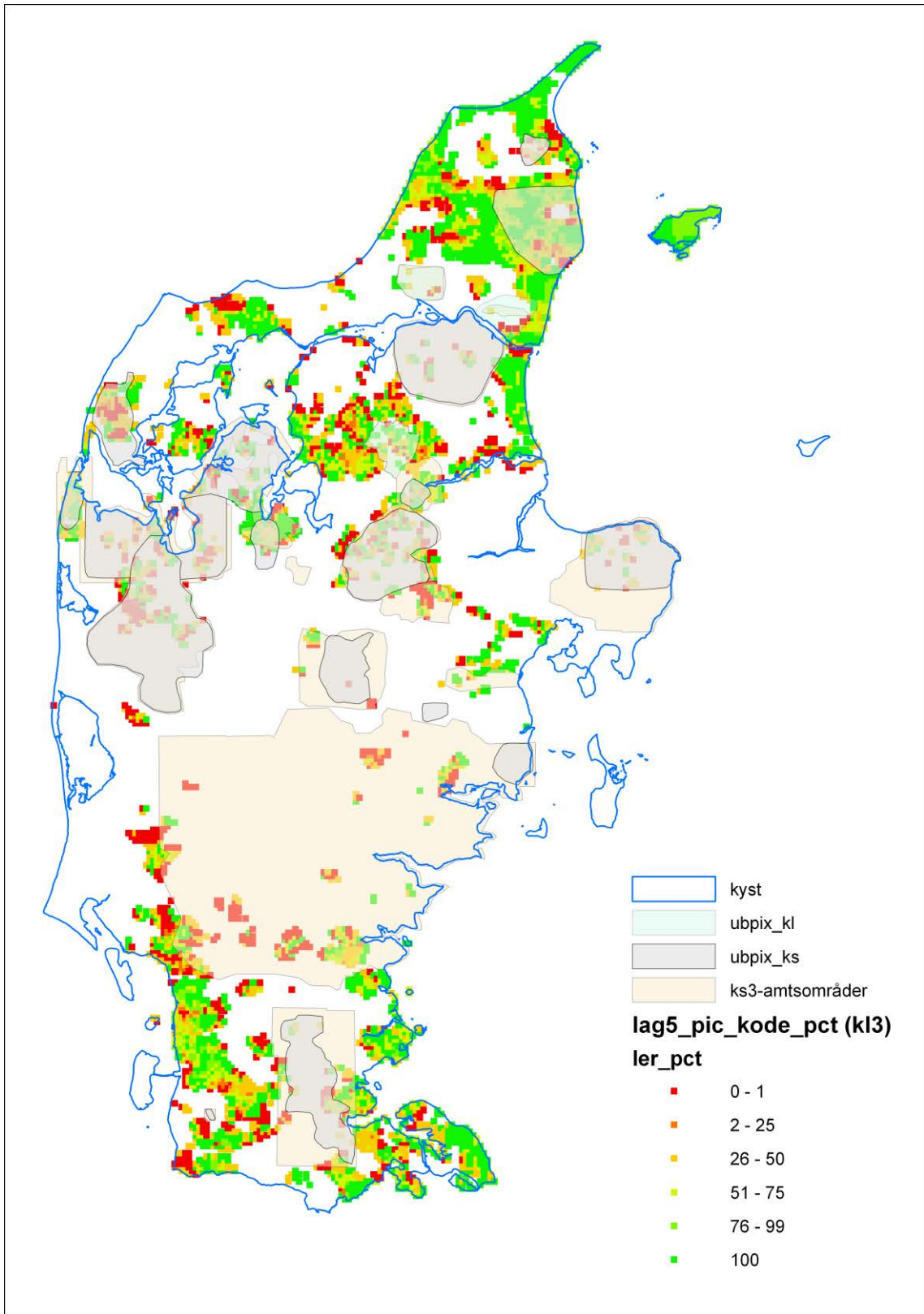
KS2: Alle pixels



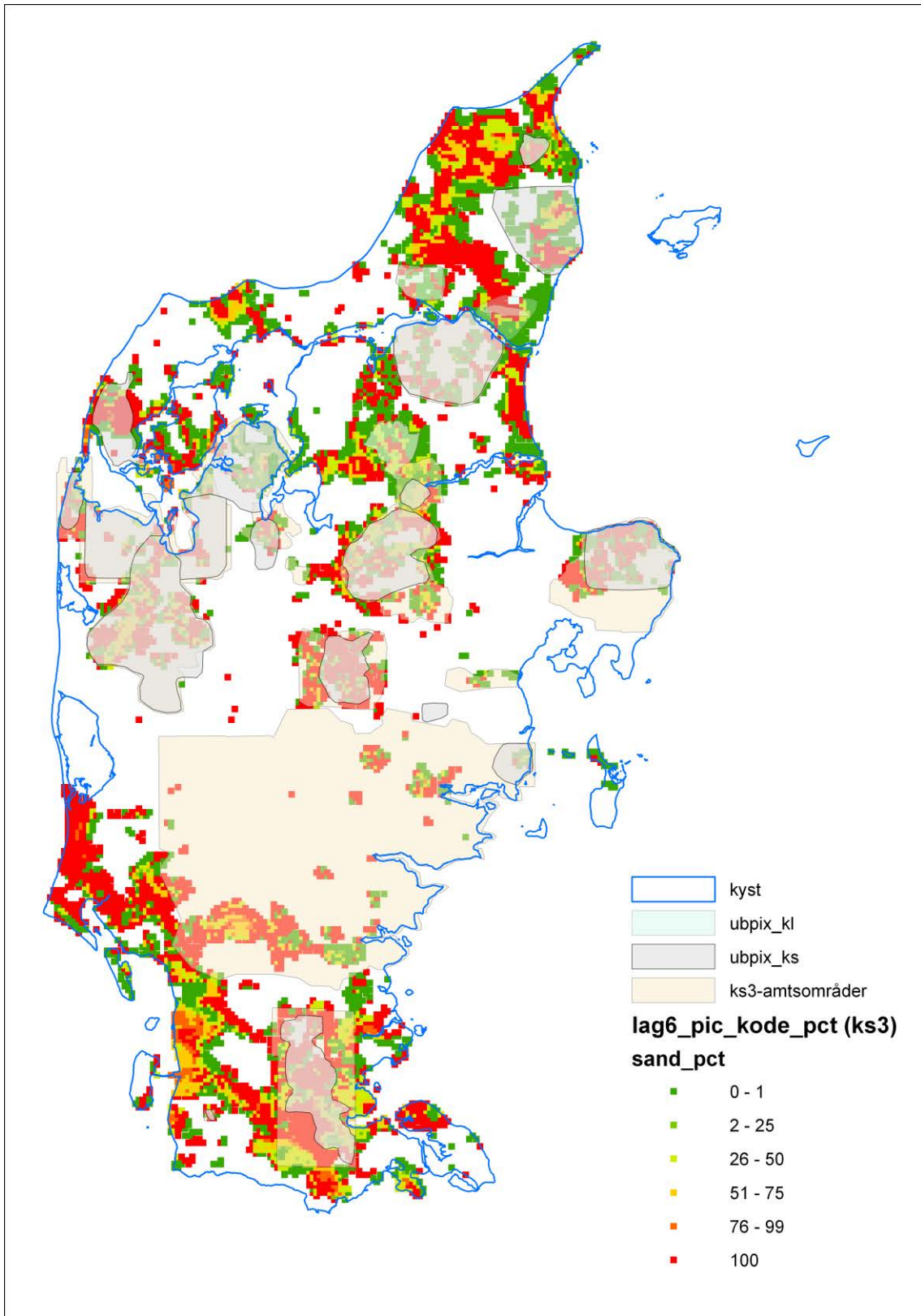
KS2: 1 < Pixels



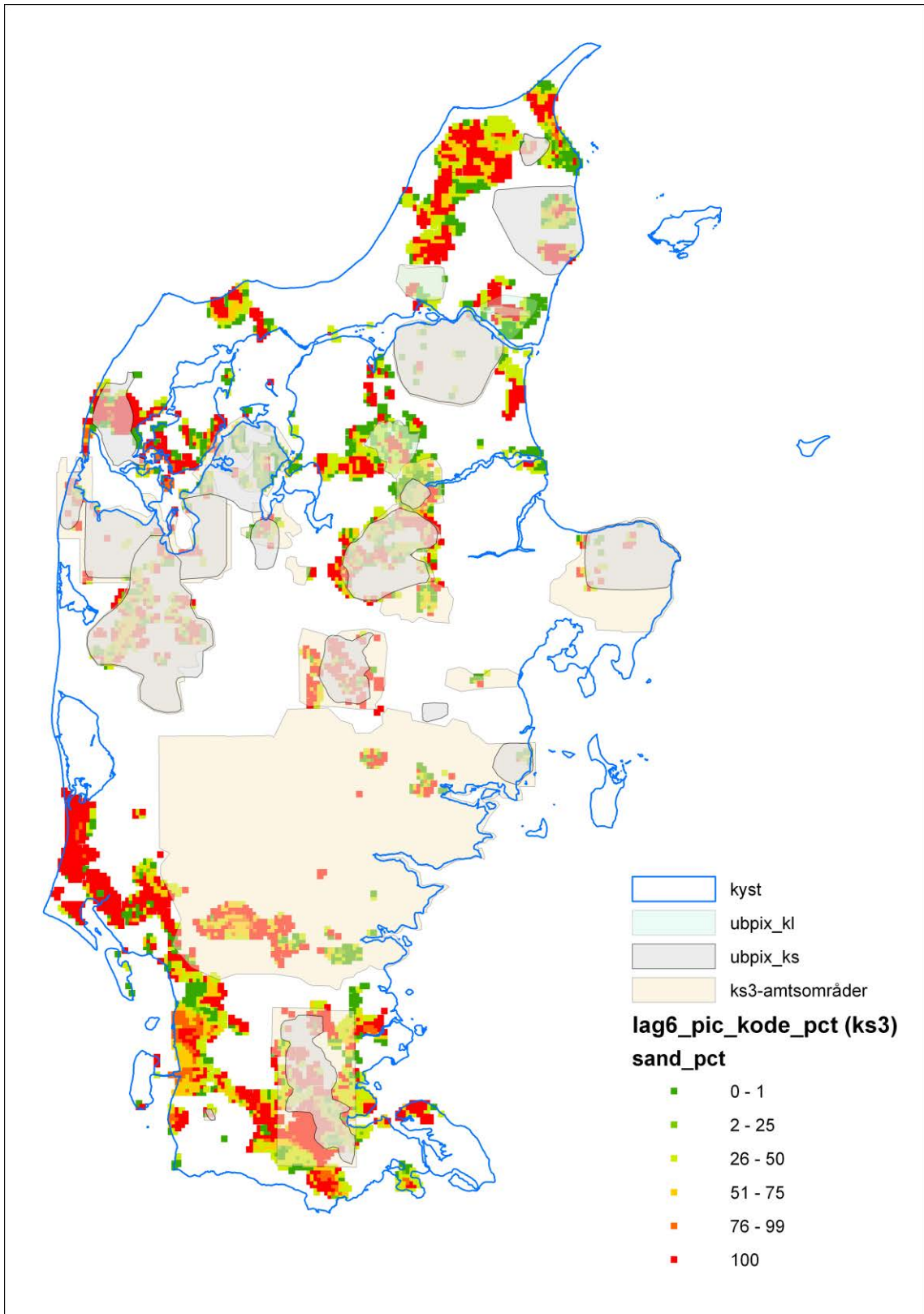
KL3: Alle pixels



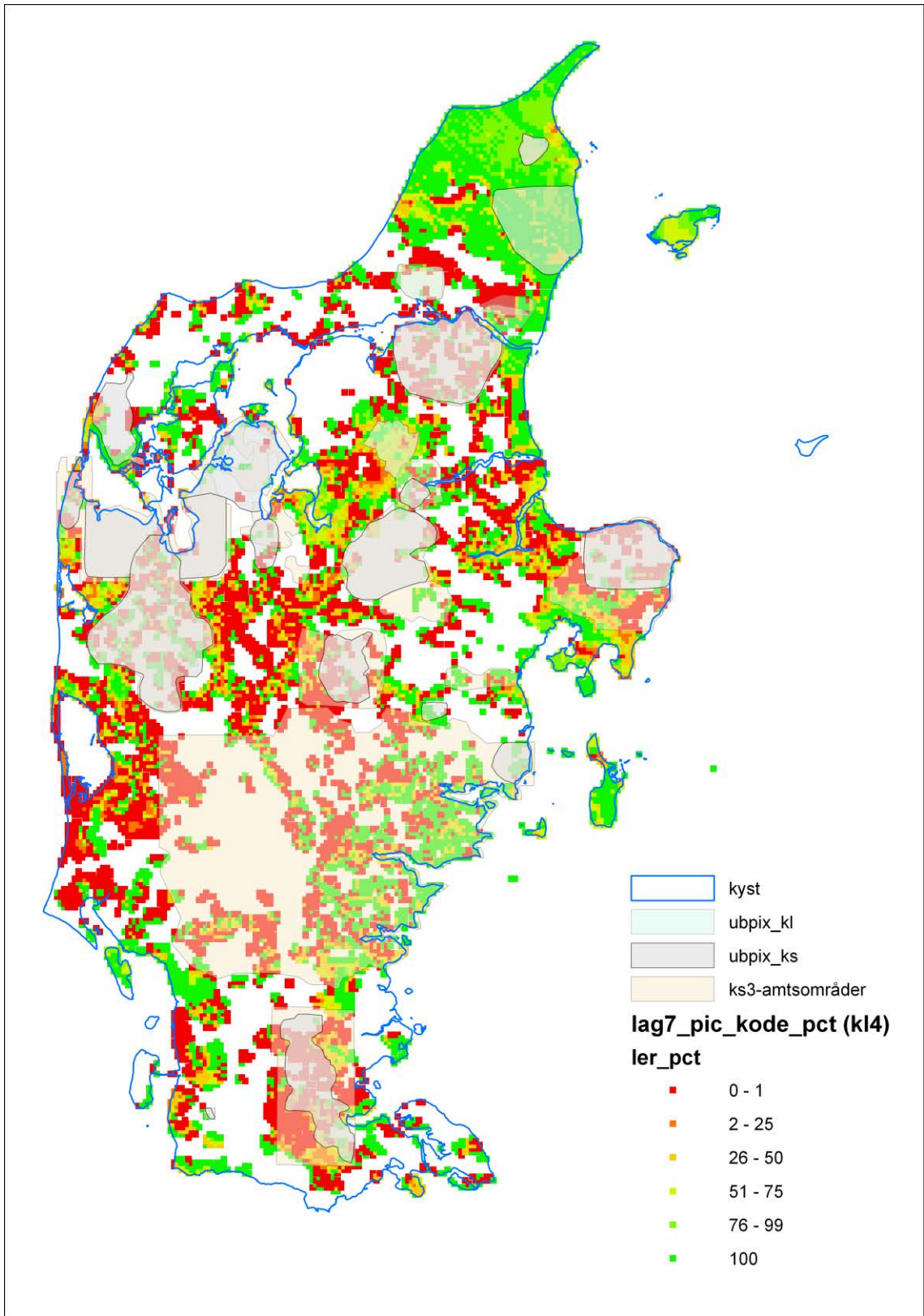
KL3: 1 < Pixels



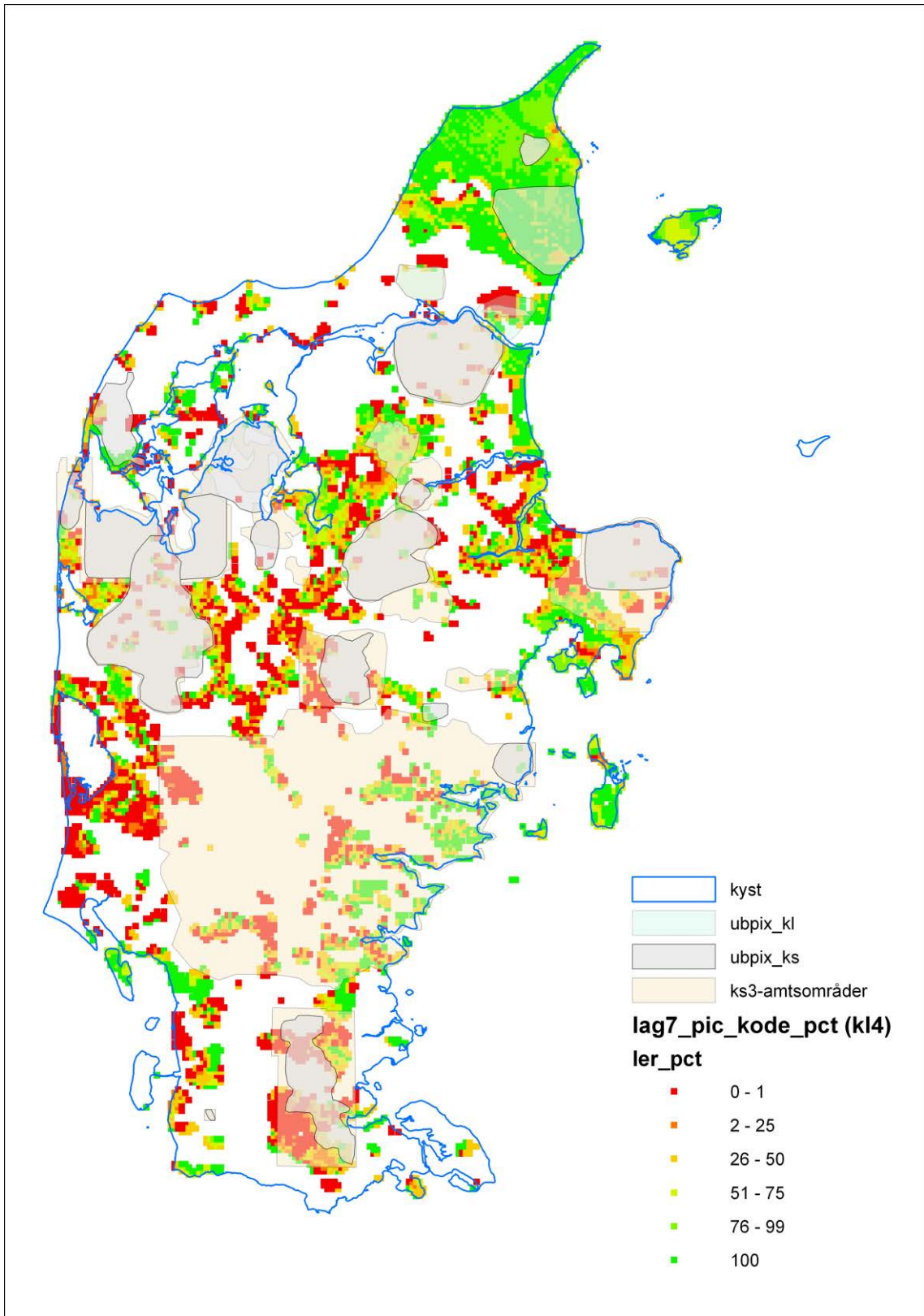
KS3: Alle pixels



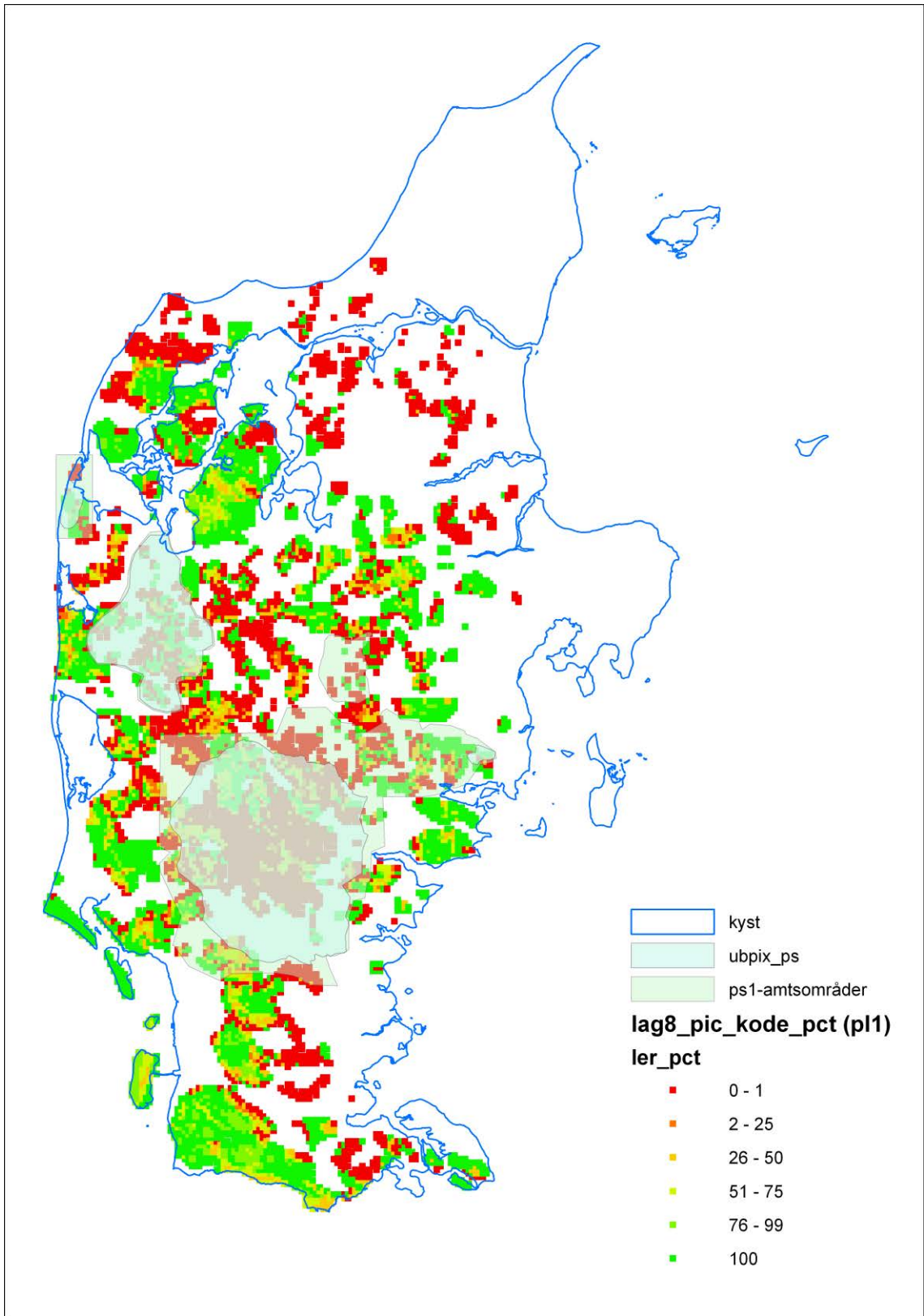
KS3: 1 < Pixels



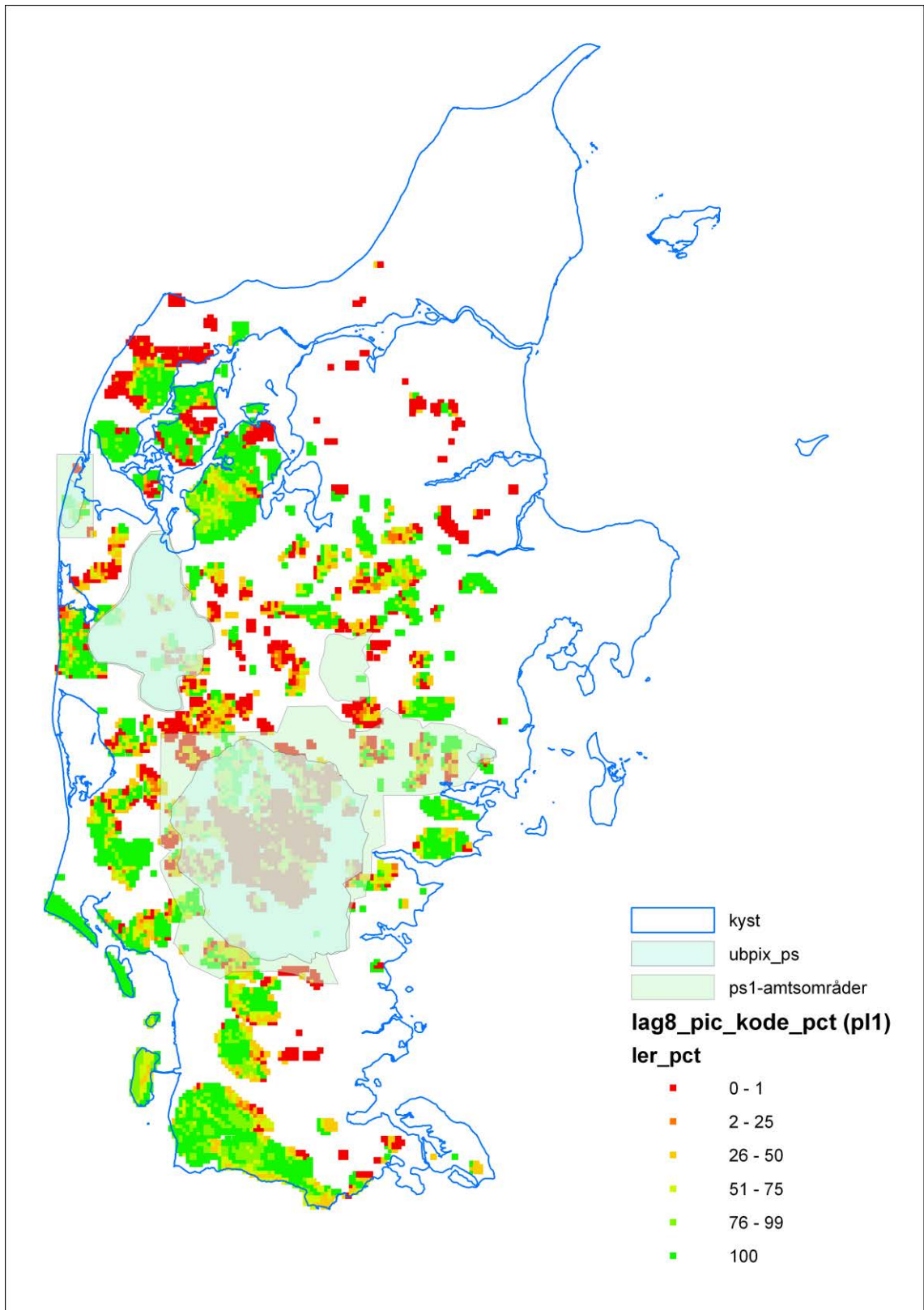
KL4: Alle pixels



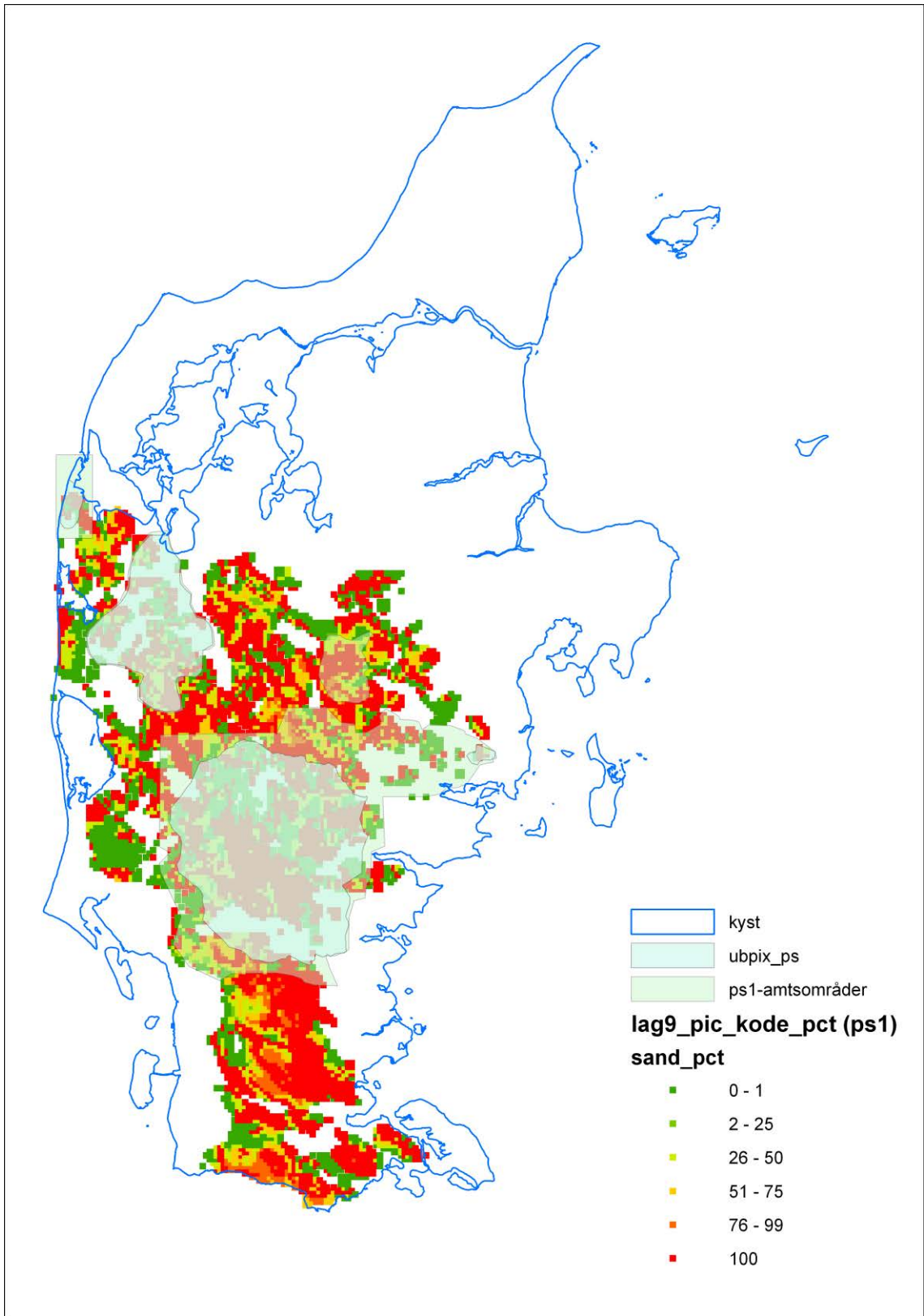
KL4: 1 < Pixels



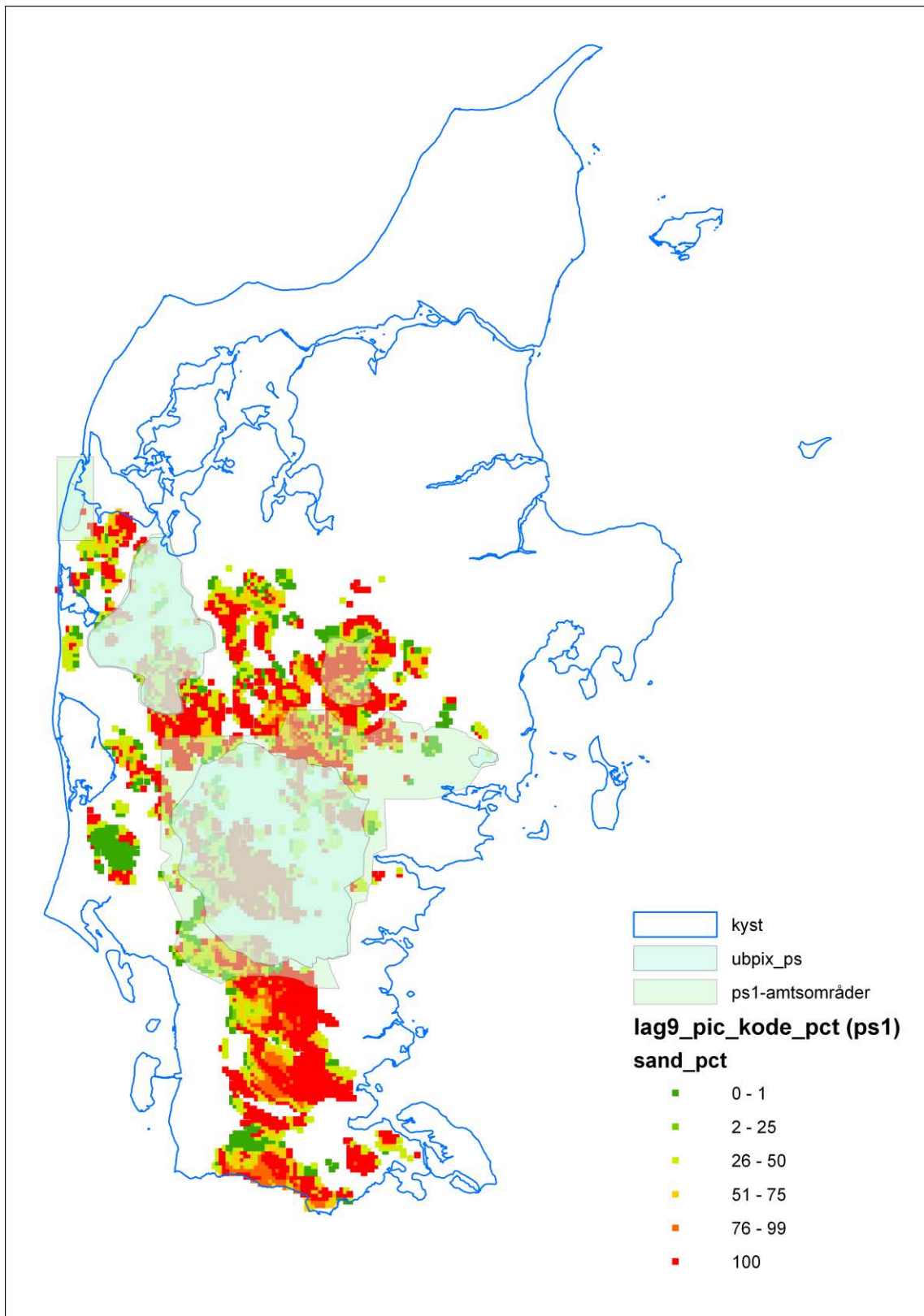
PL1: Alle pixels



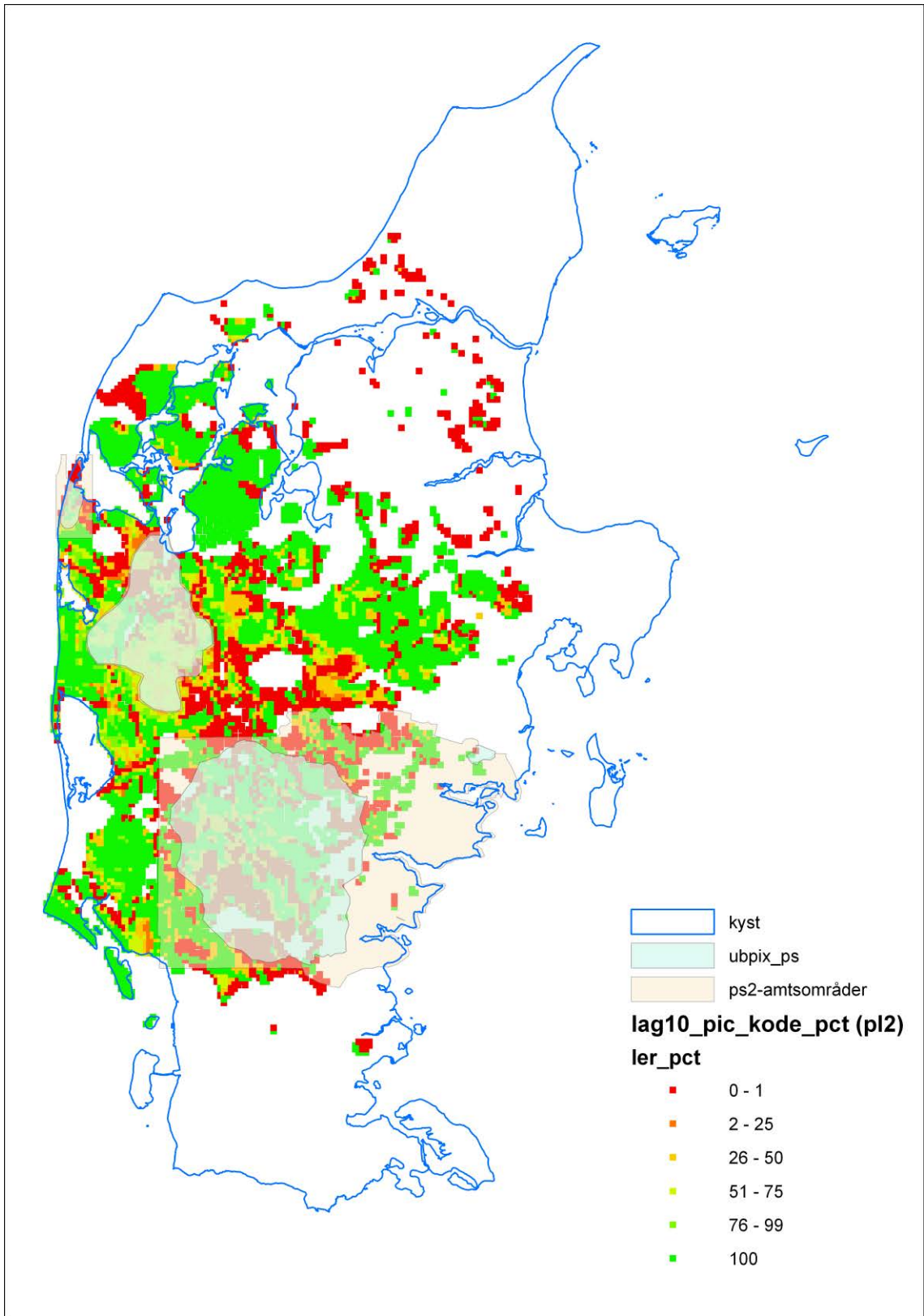
PL1: 1 < Pixels



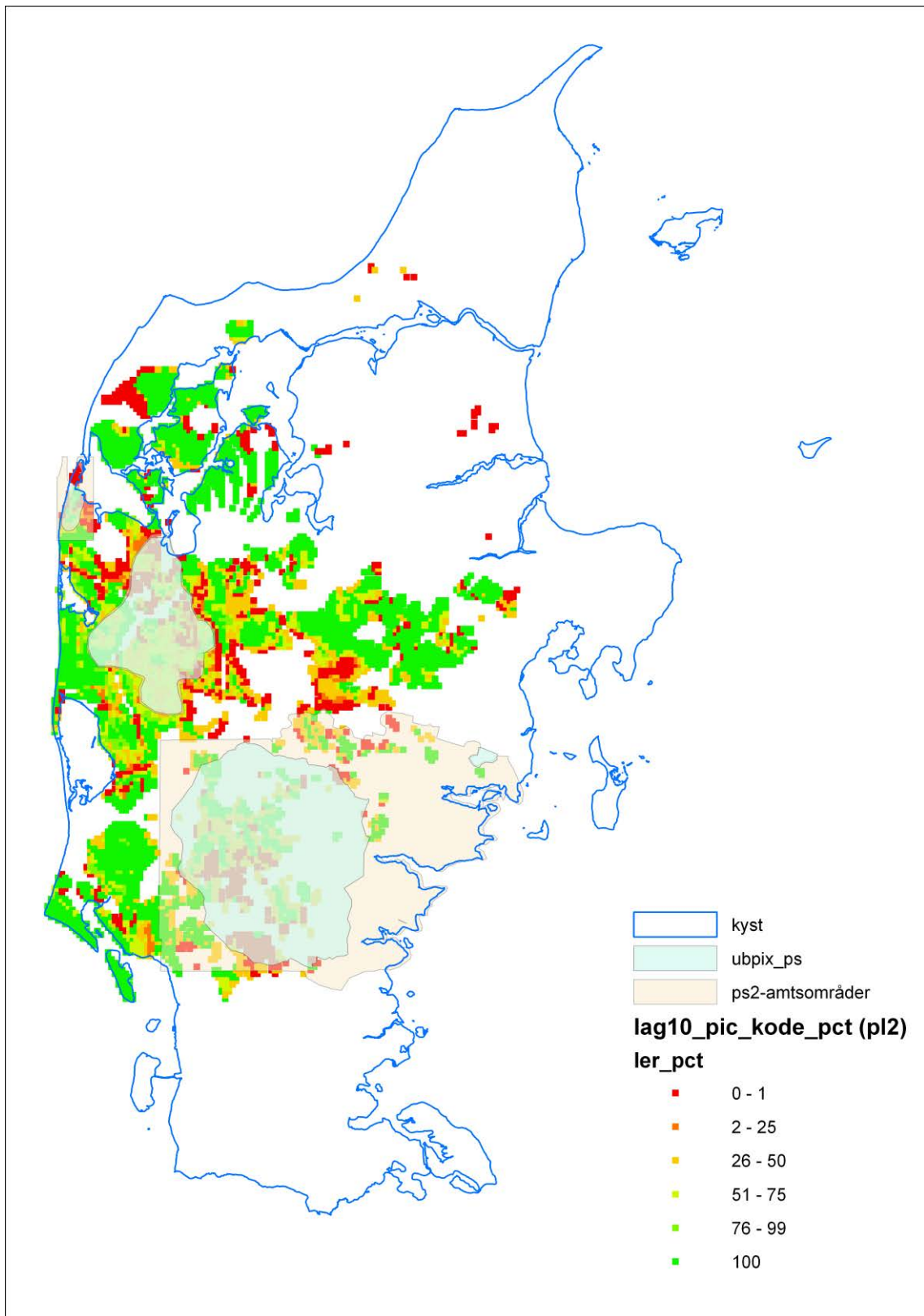
PS1: Alle pixels



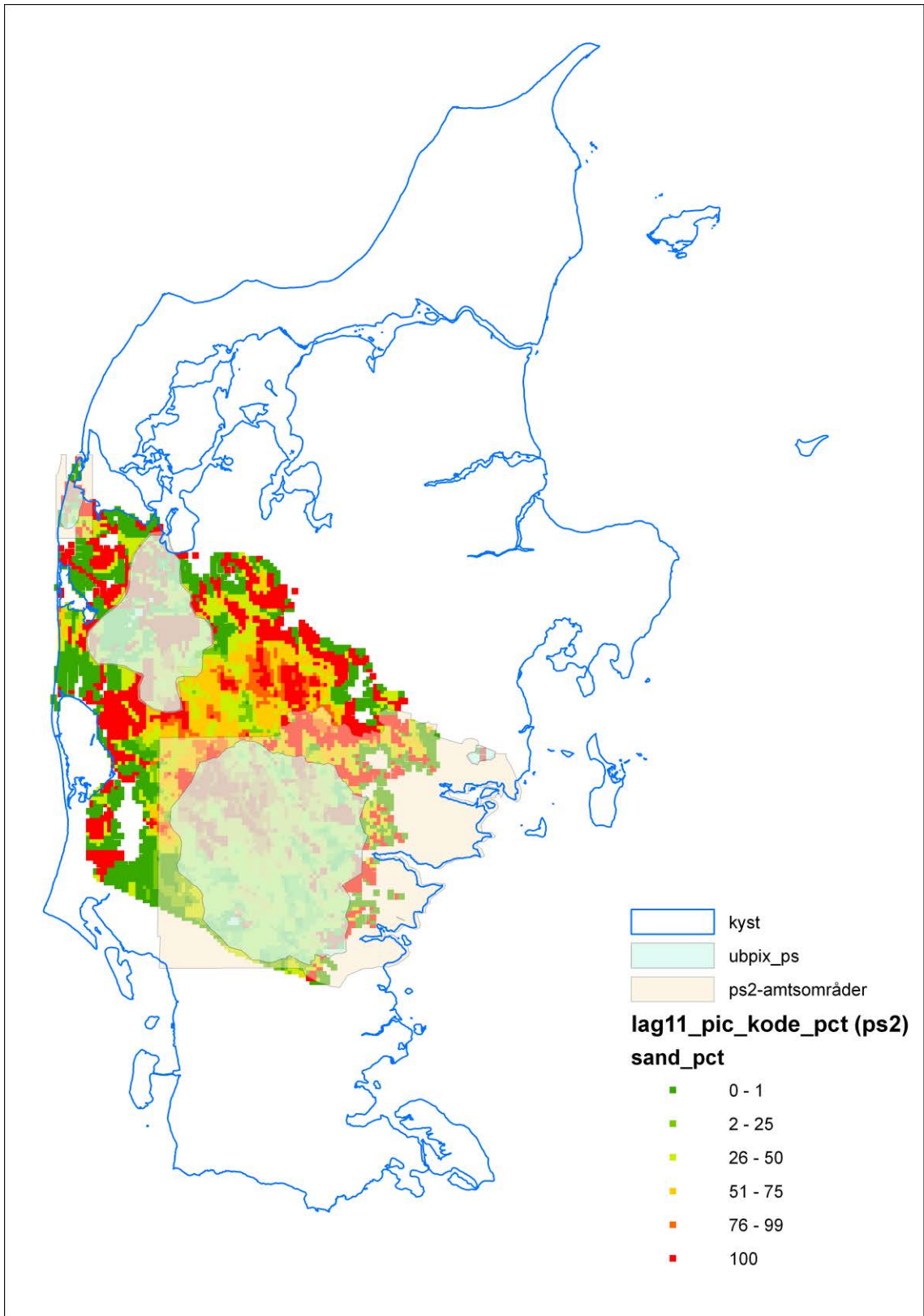
PS1: 1 < Pixels



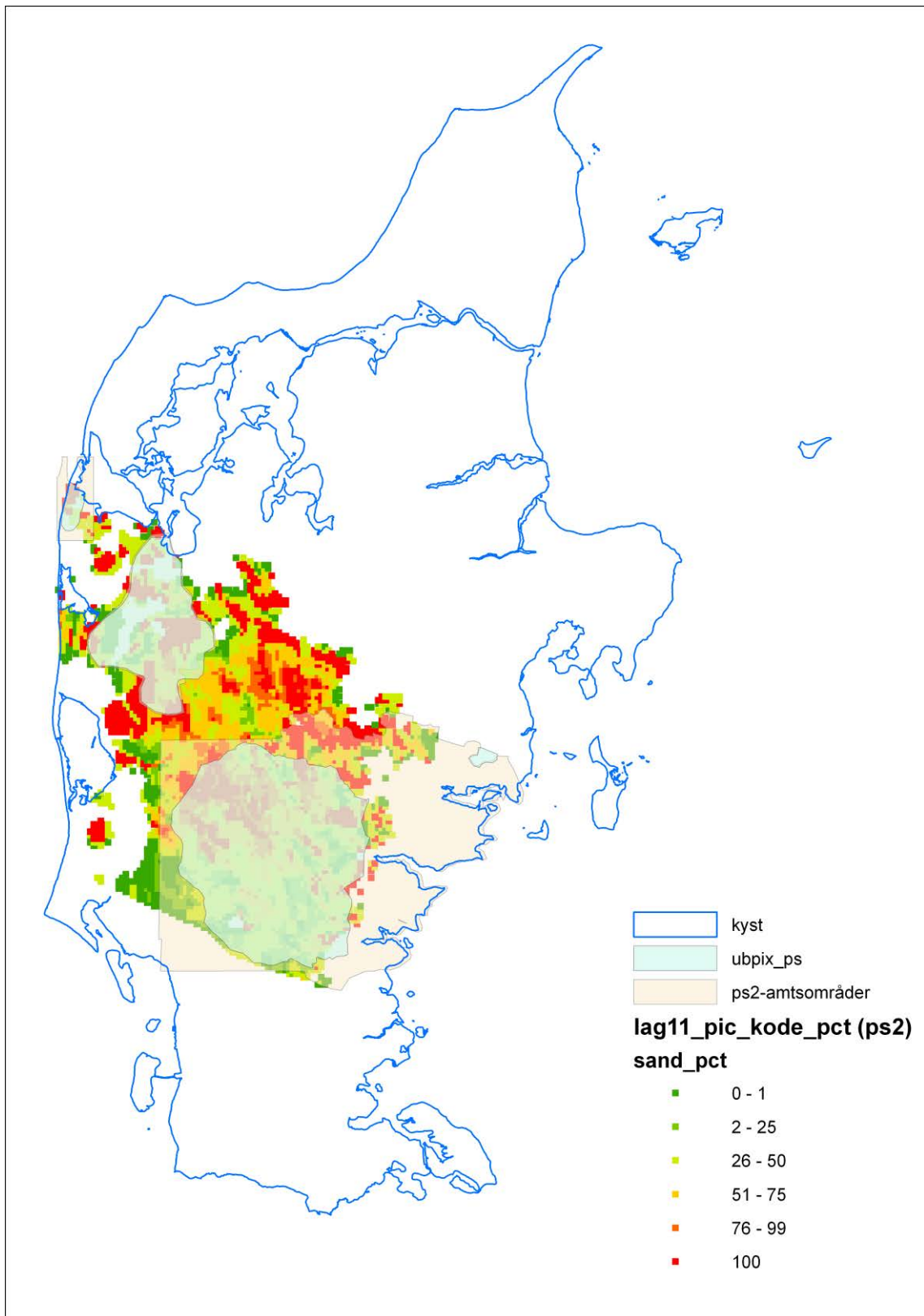
PL2: Alle pixels



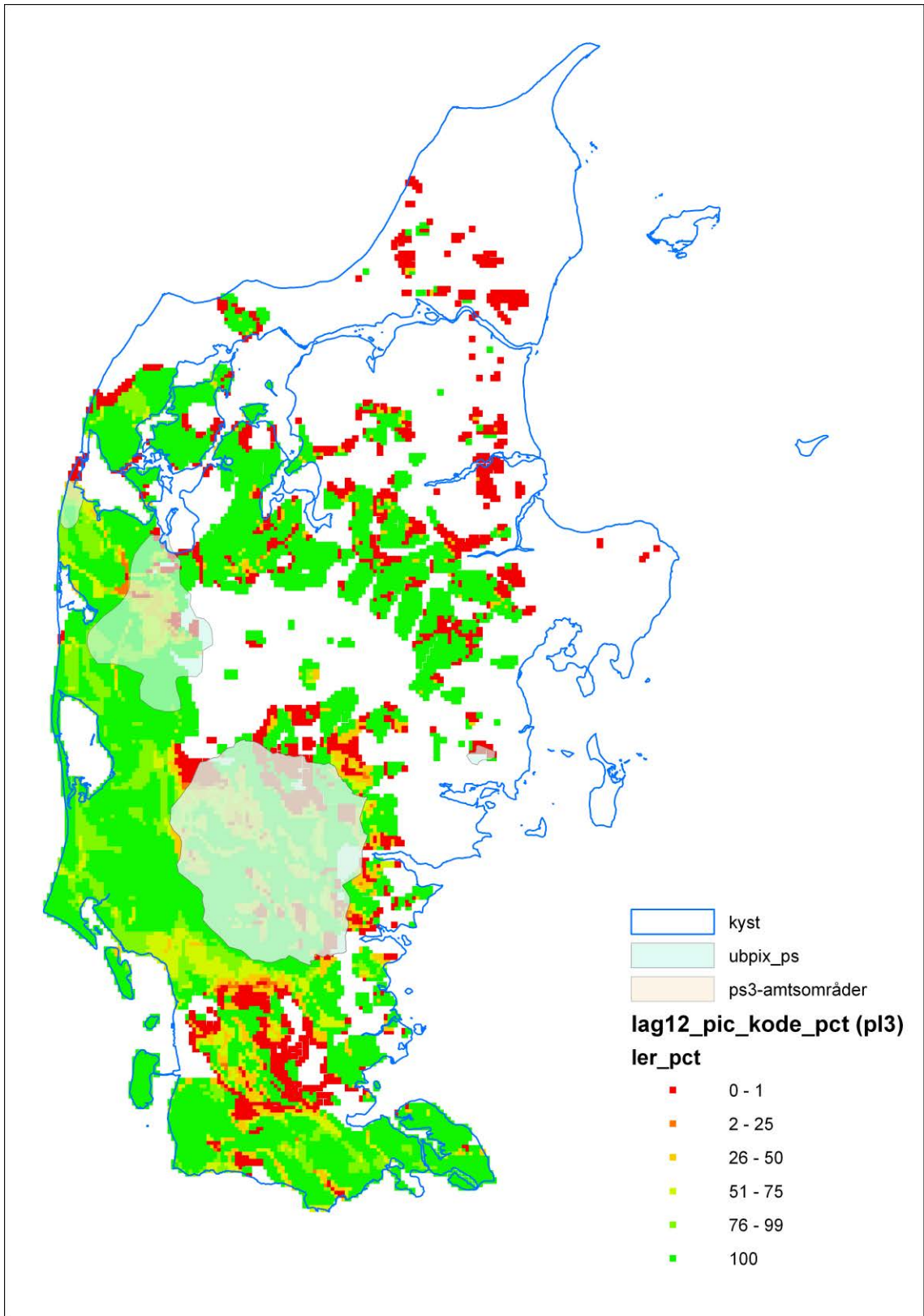
PL2: 1 < Pixels



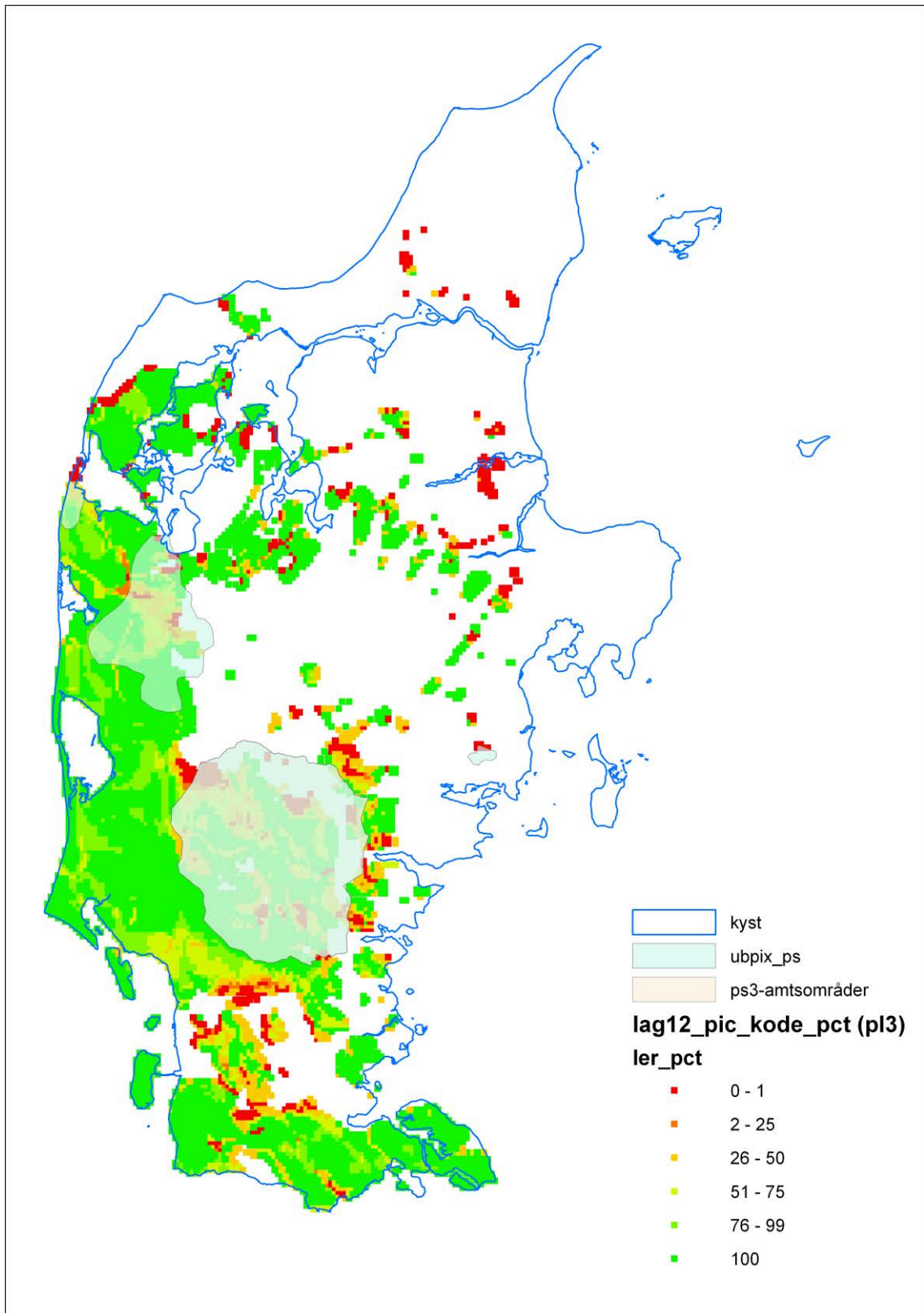
PS2: Alle pixels



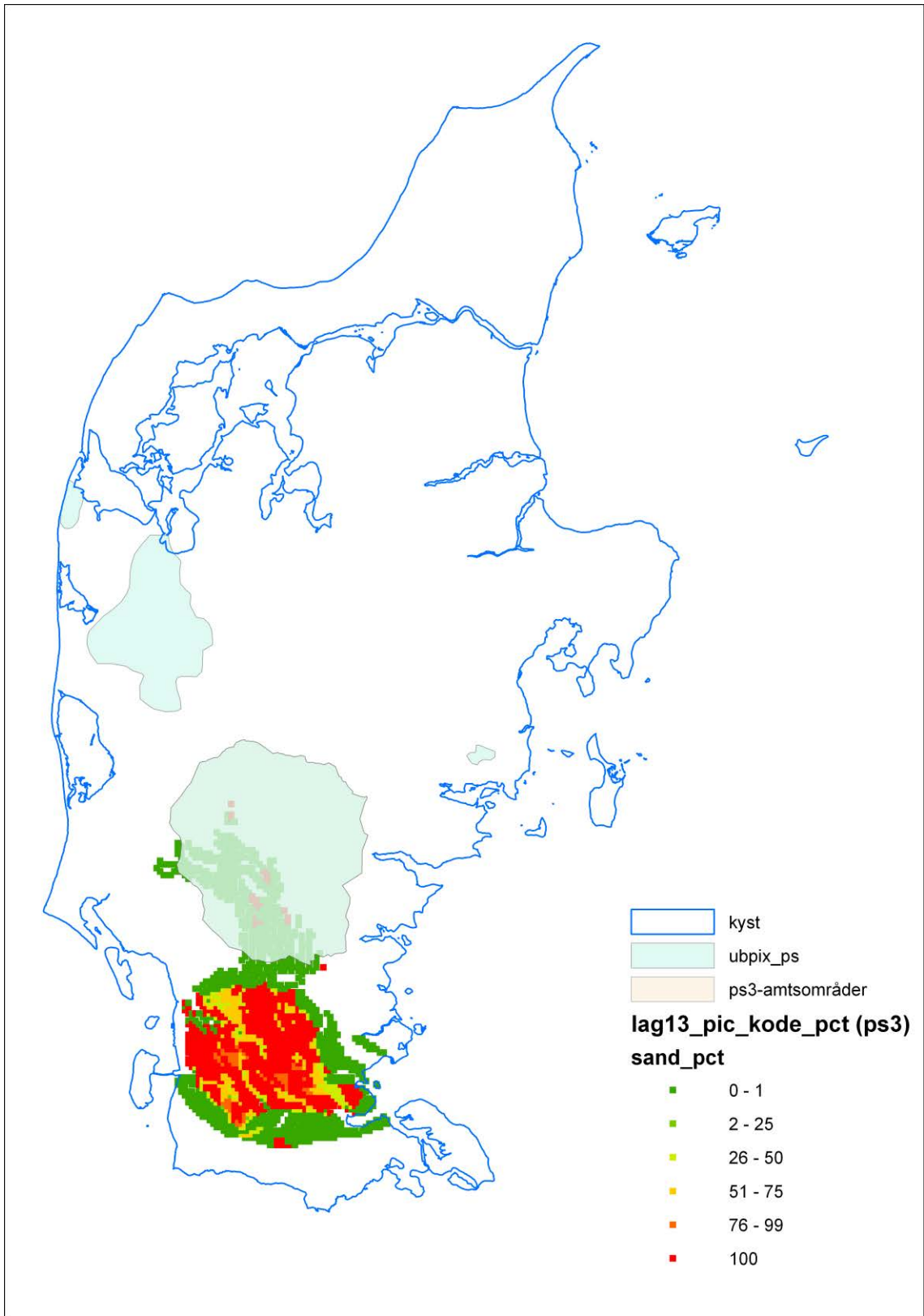
PS2: 1 < Pixels



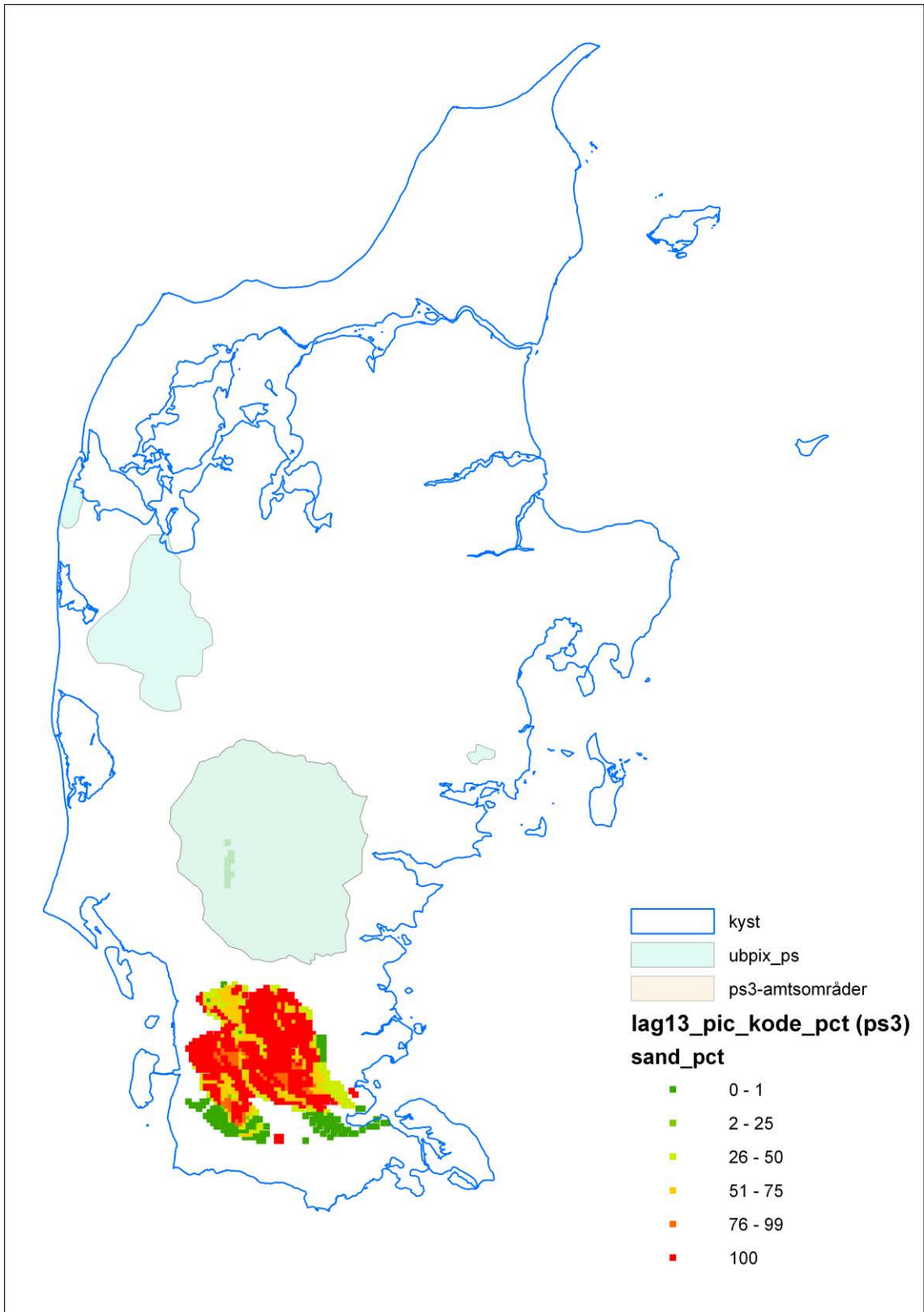
PL3: Alle pixels



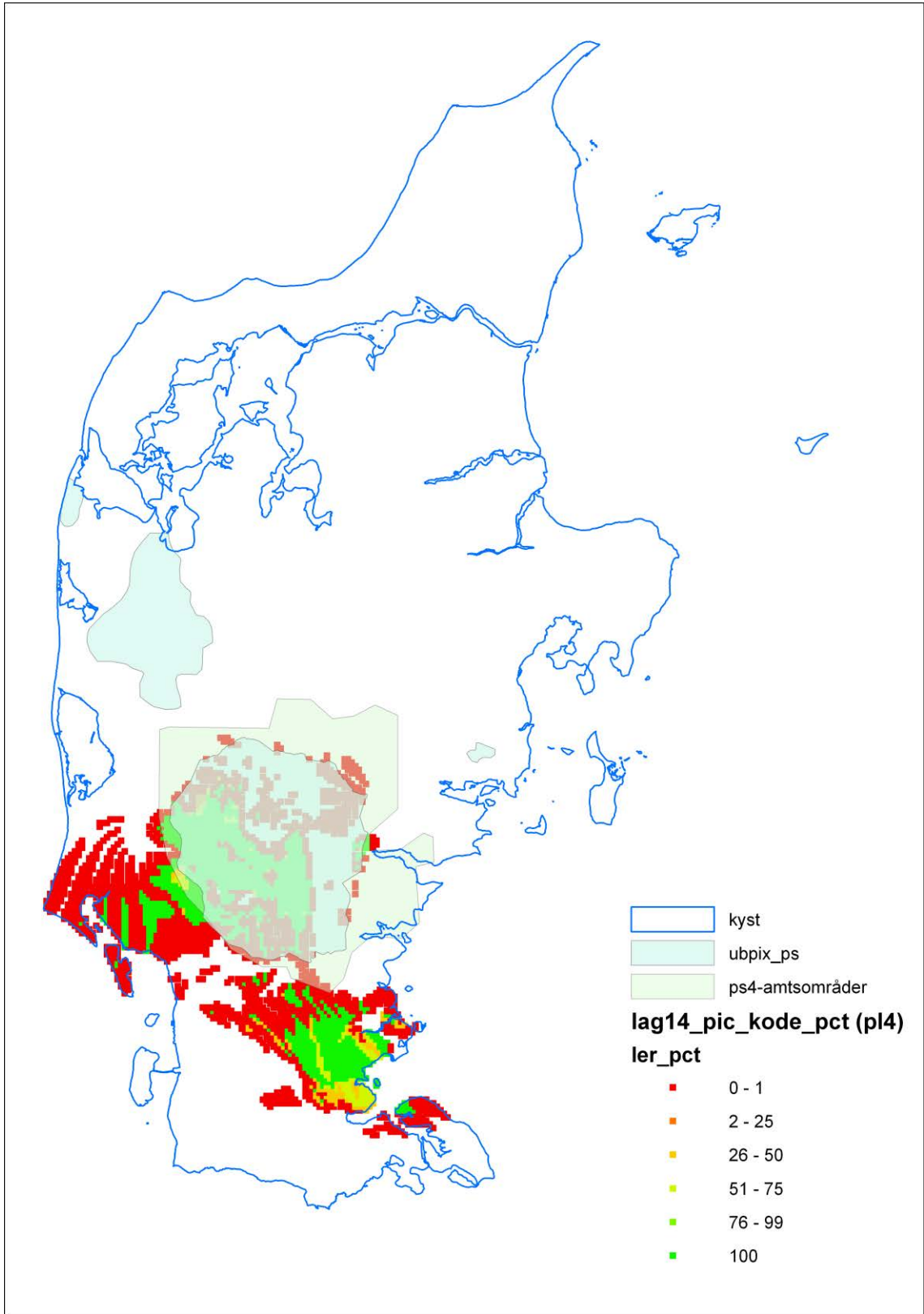
PL3: 1 < Pixels



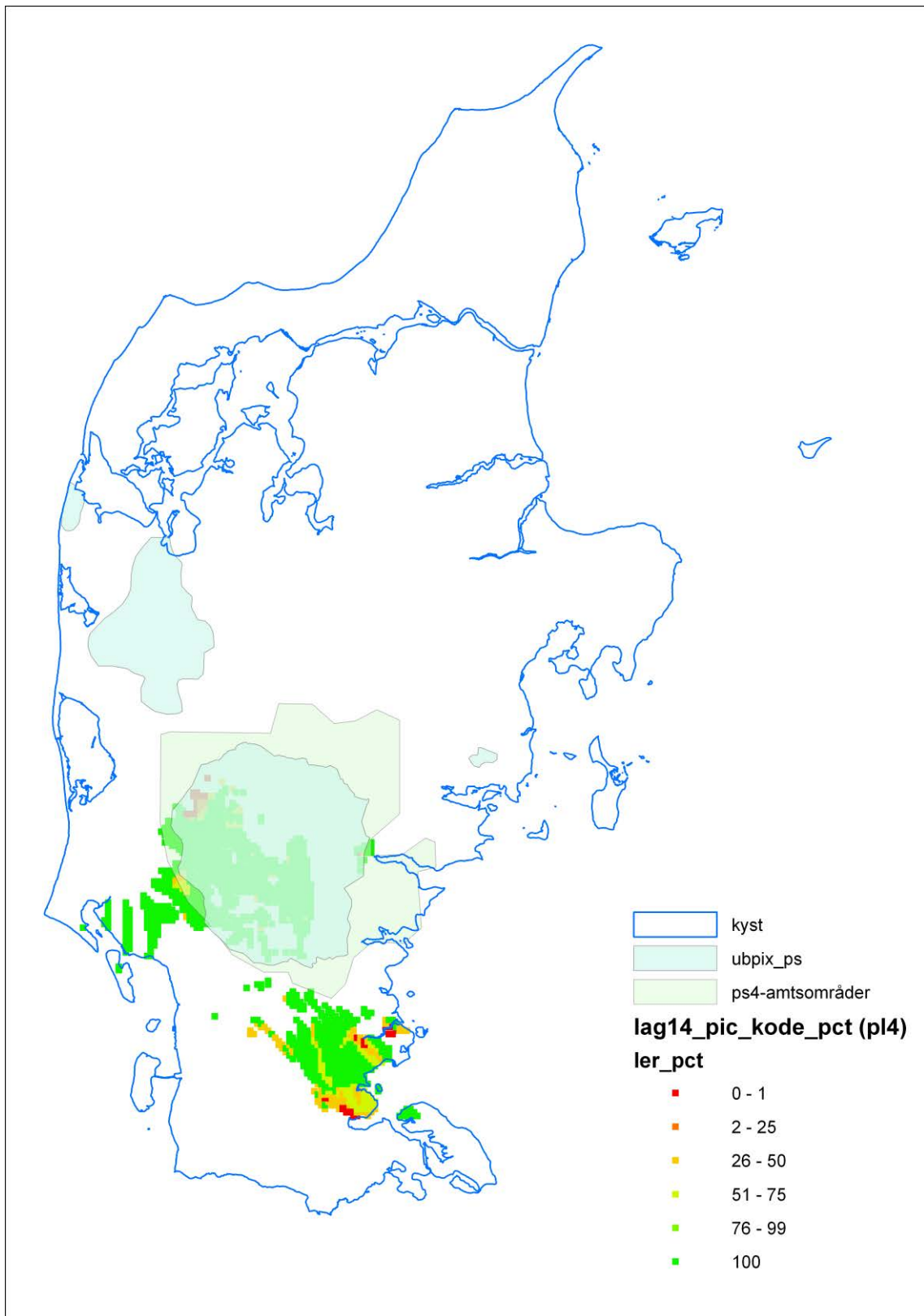
PS3: Alle pixels



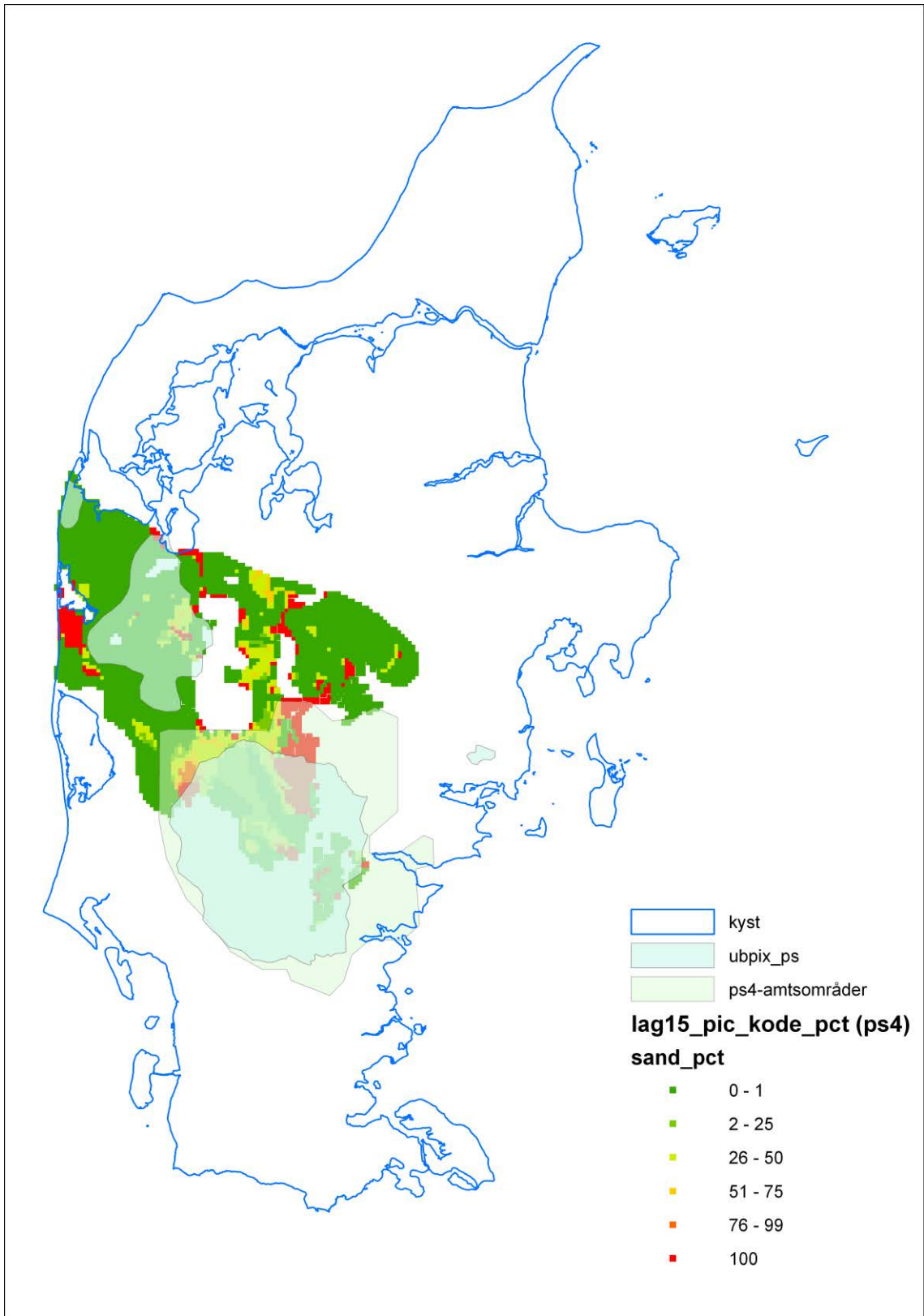
PS3: 1 < Pixels



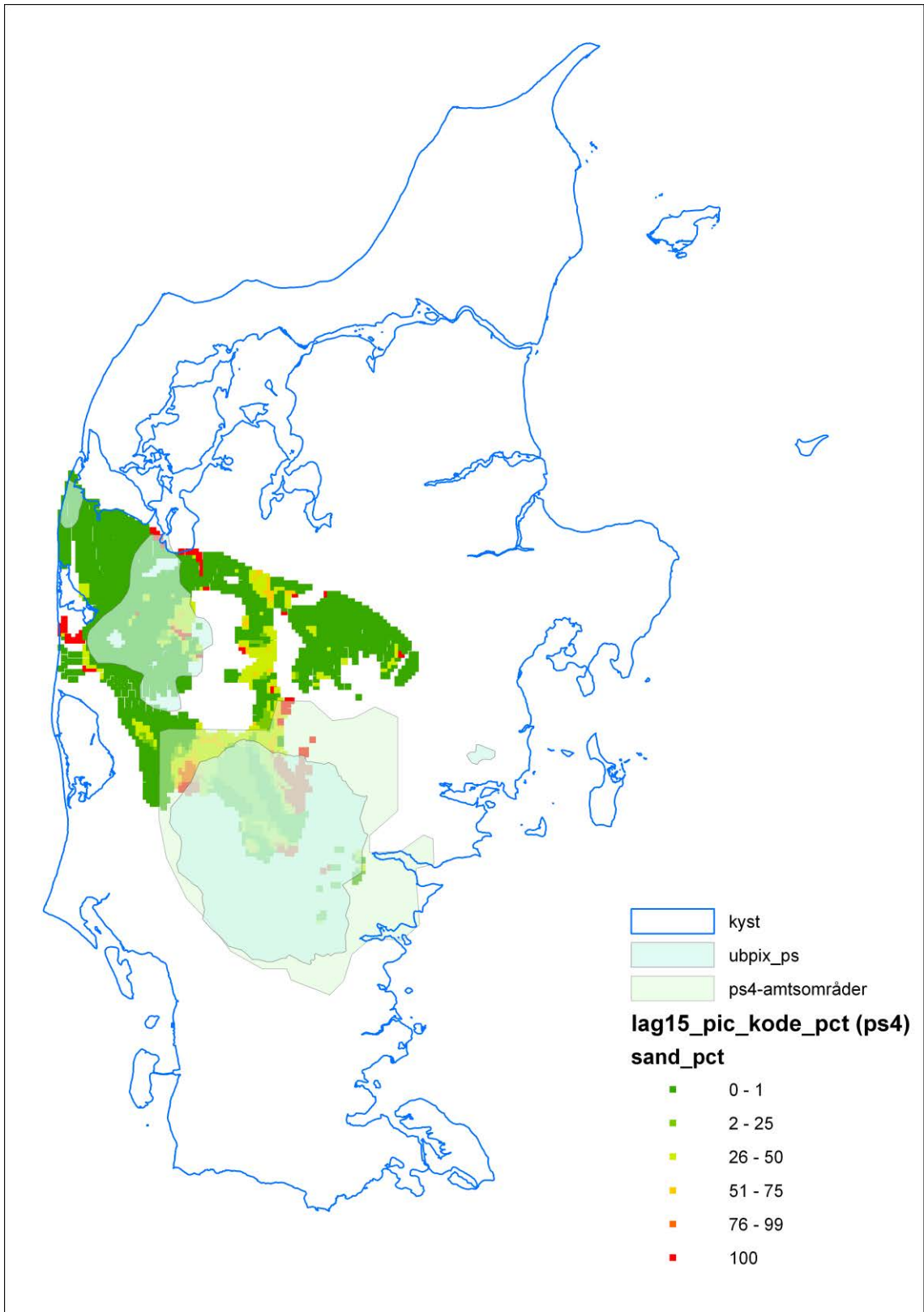
PL4: Alle pixels



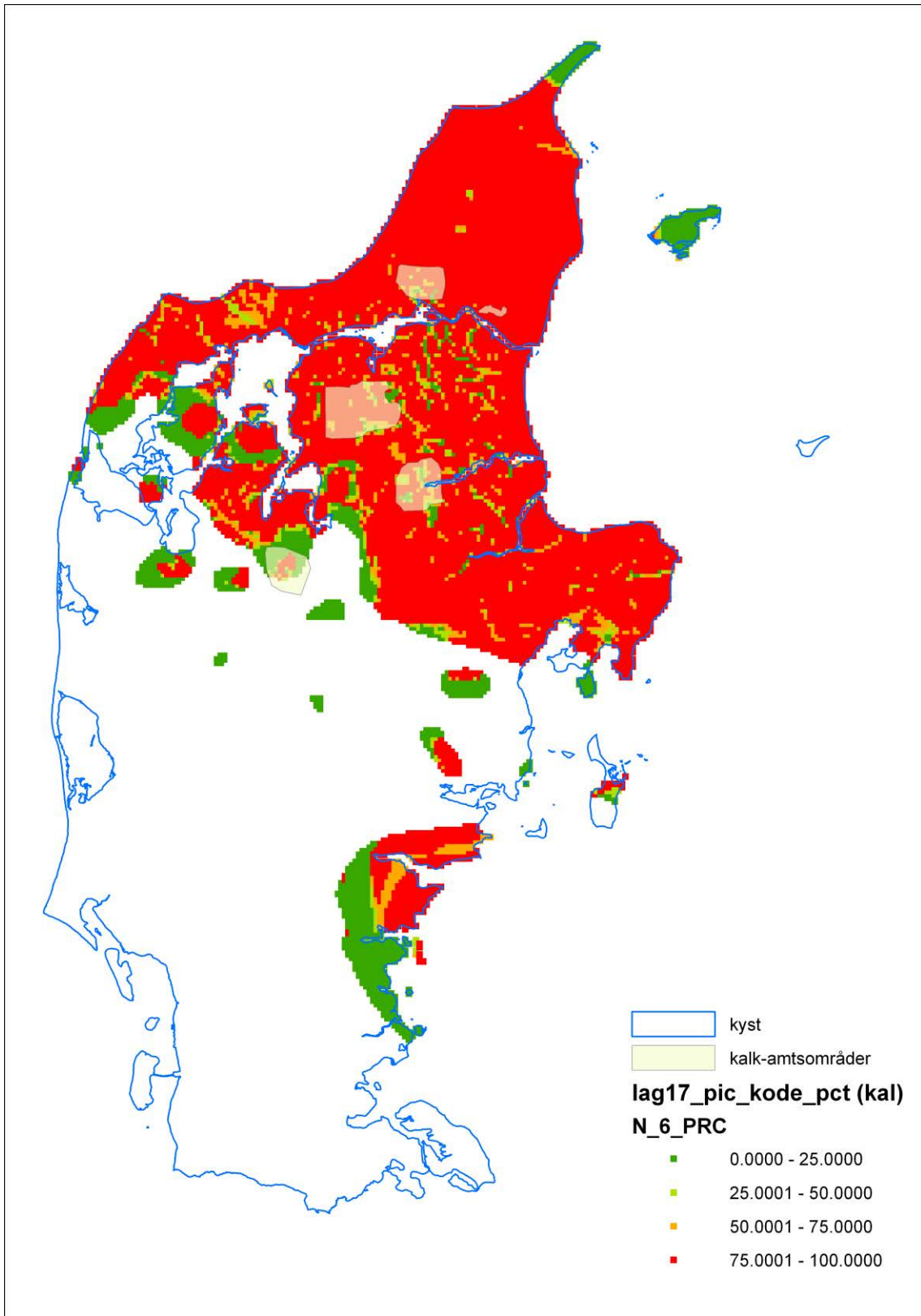
PL4: 1 < Pixels



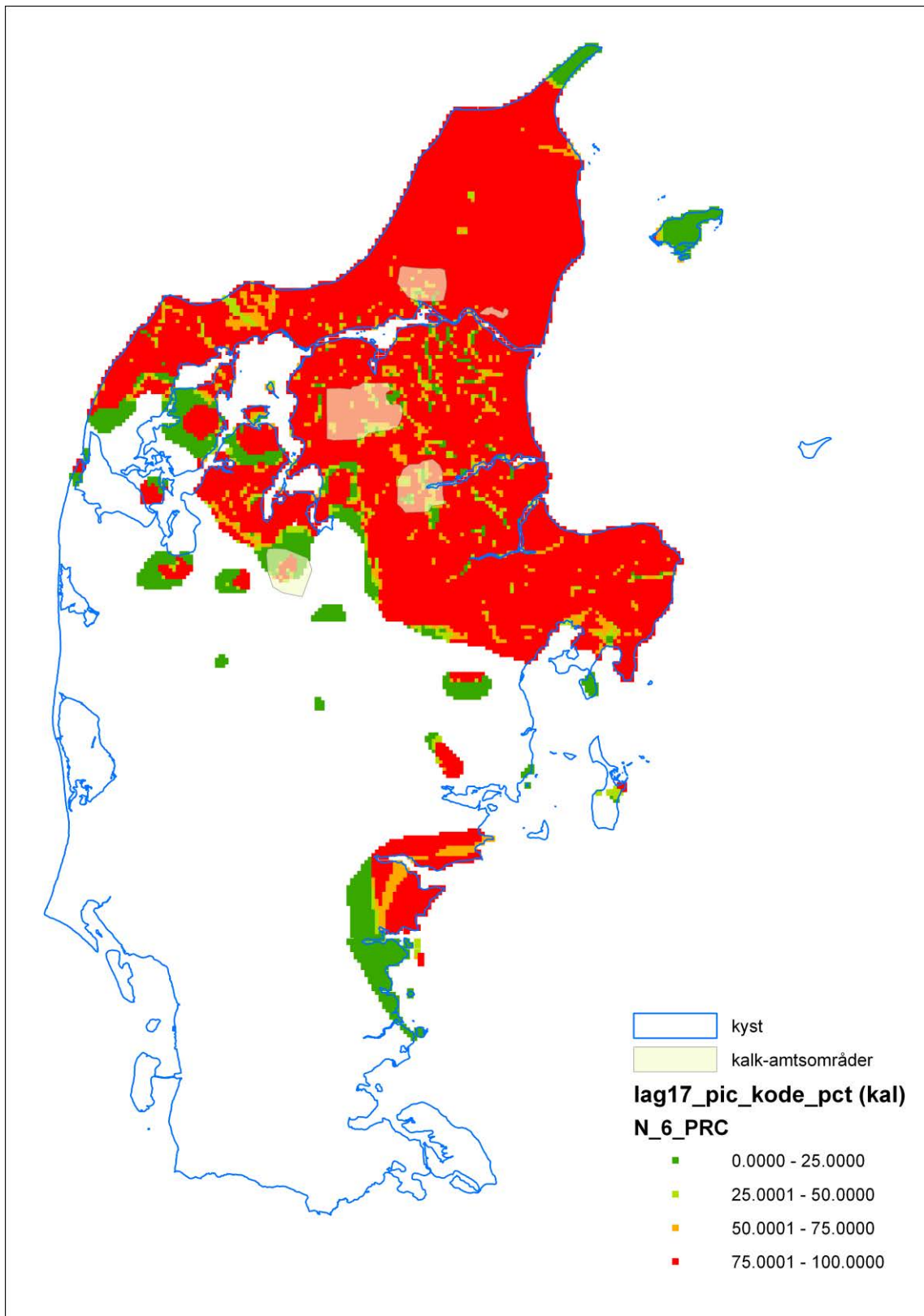
PS4: Alle pixels



PS4: 1 < Pixels

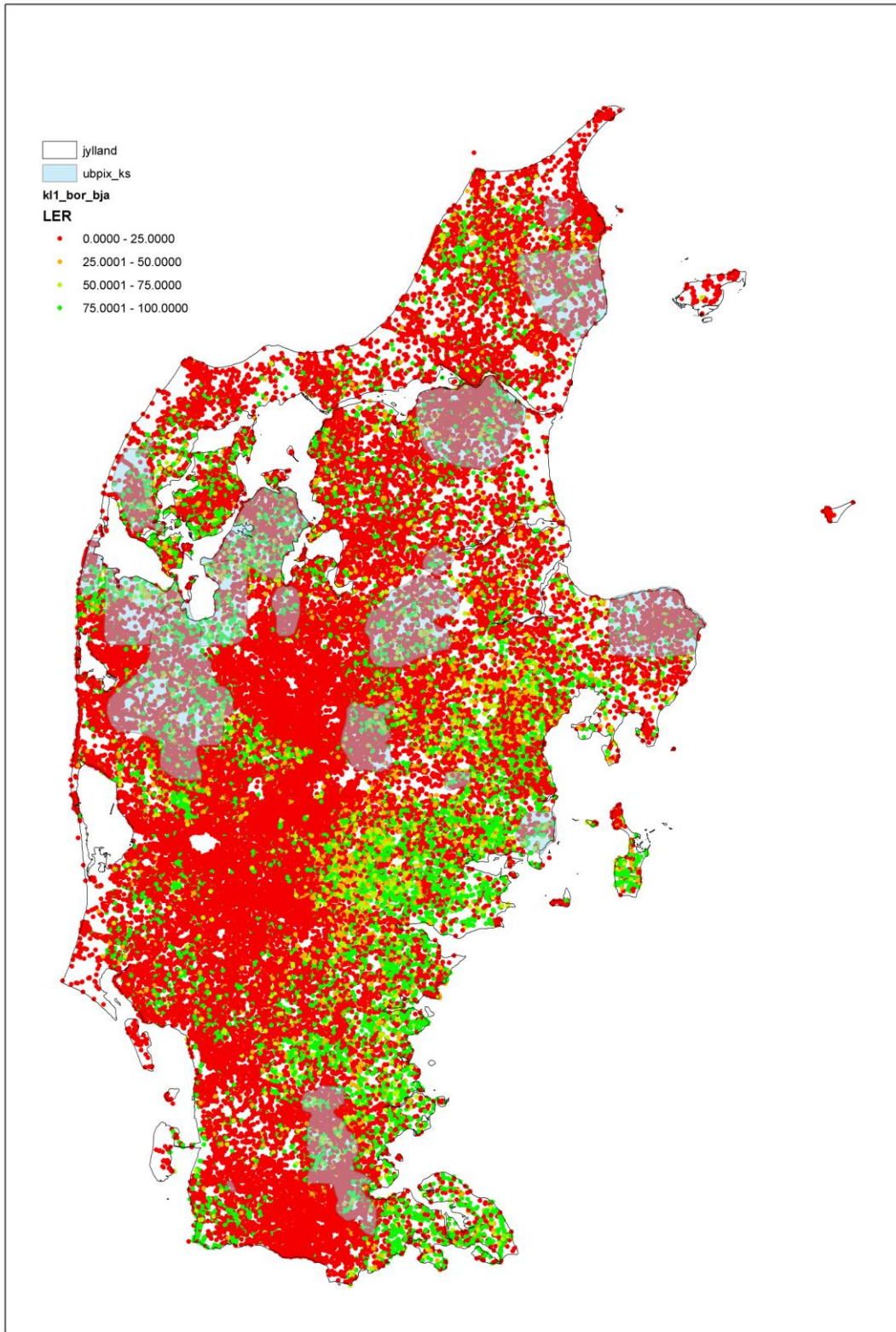


KALK: Alle pixels

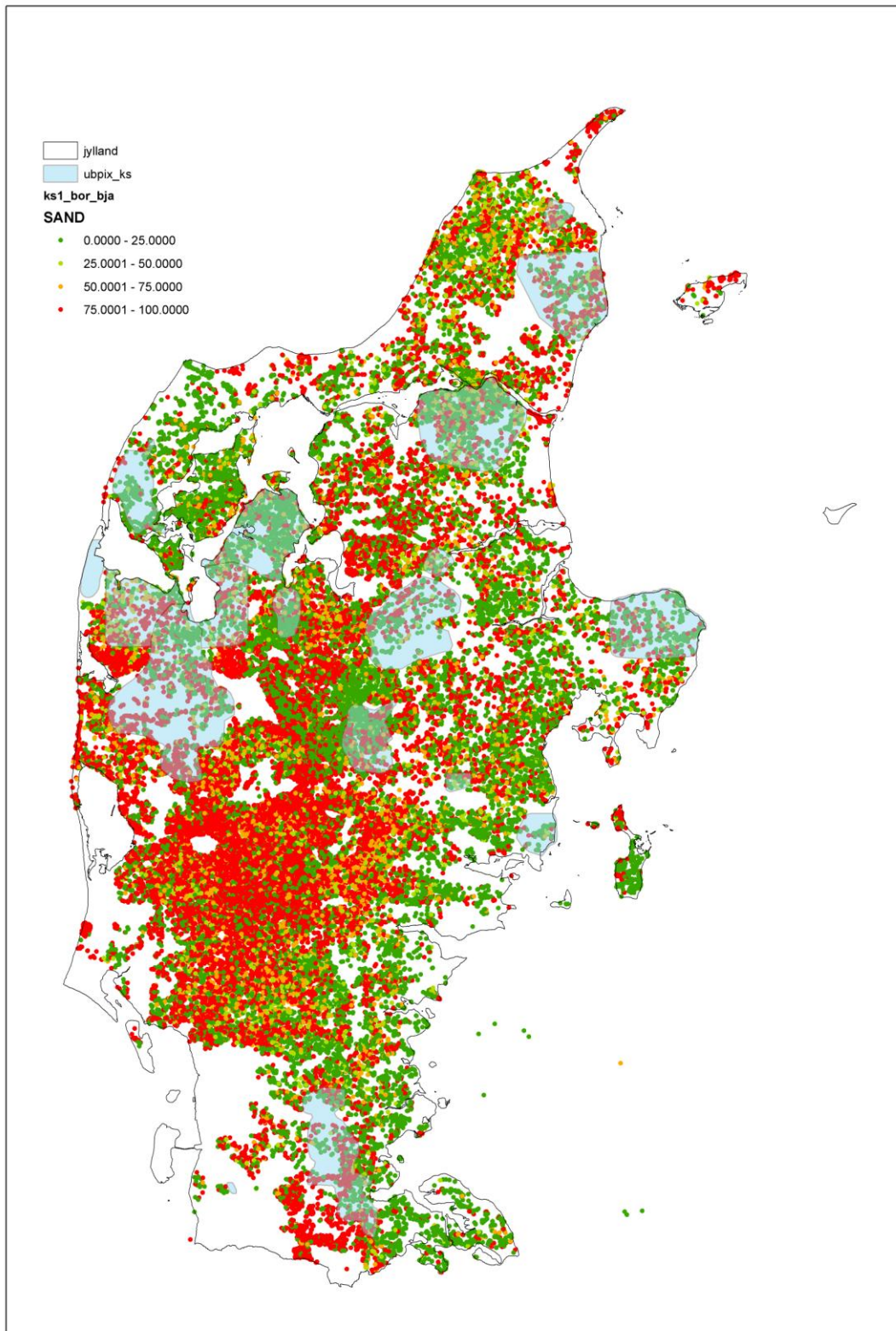


KALK: 1 < Pixels

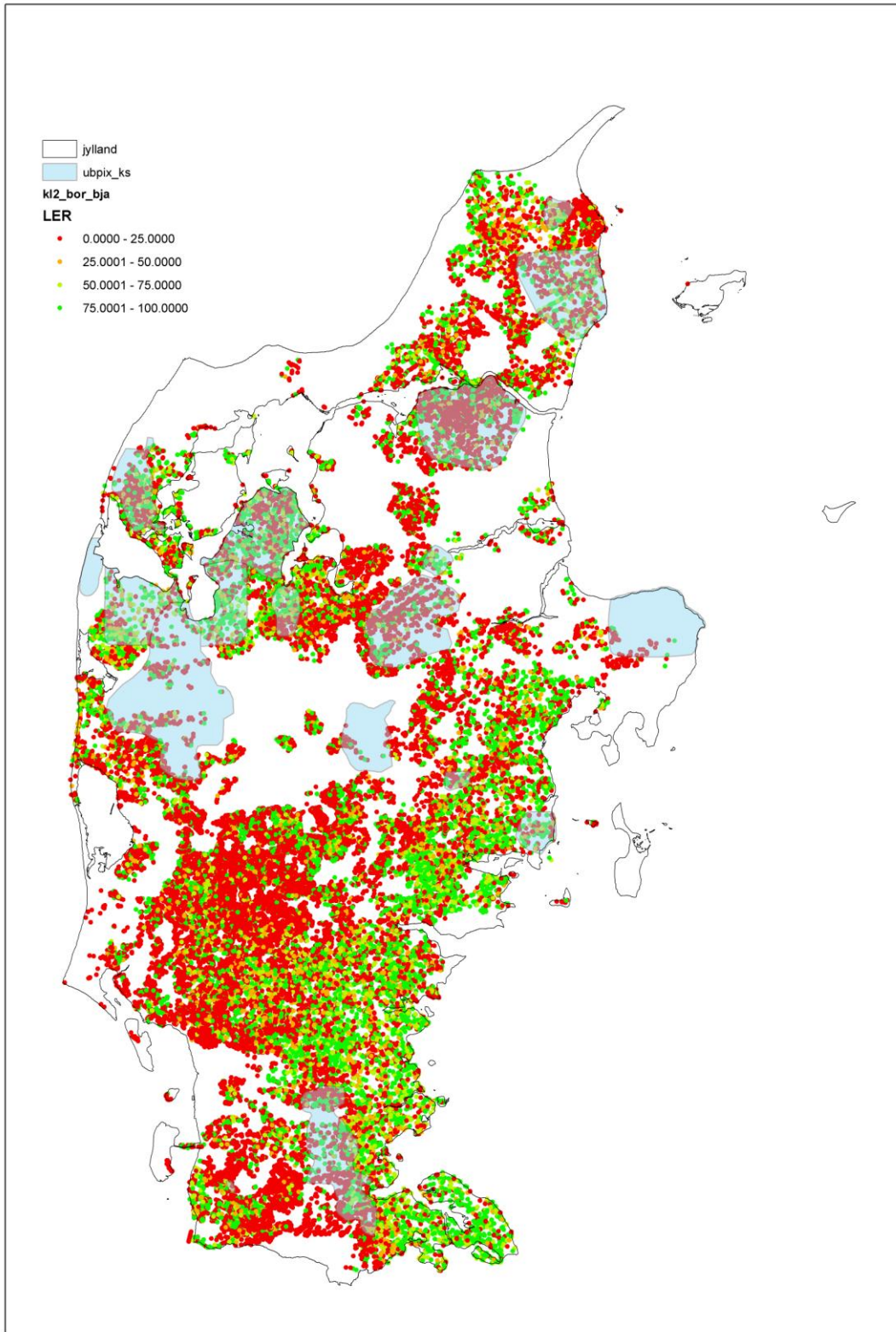
Bilag C: Boringsanalyse



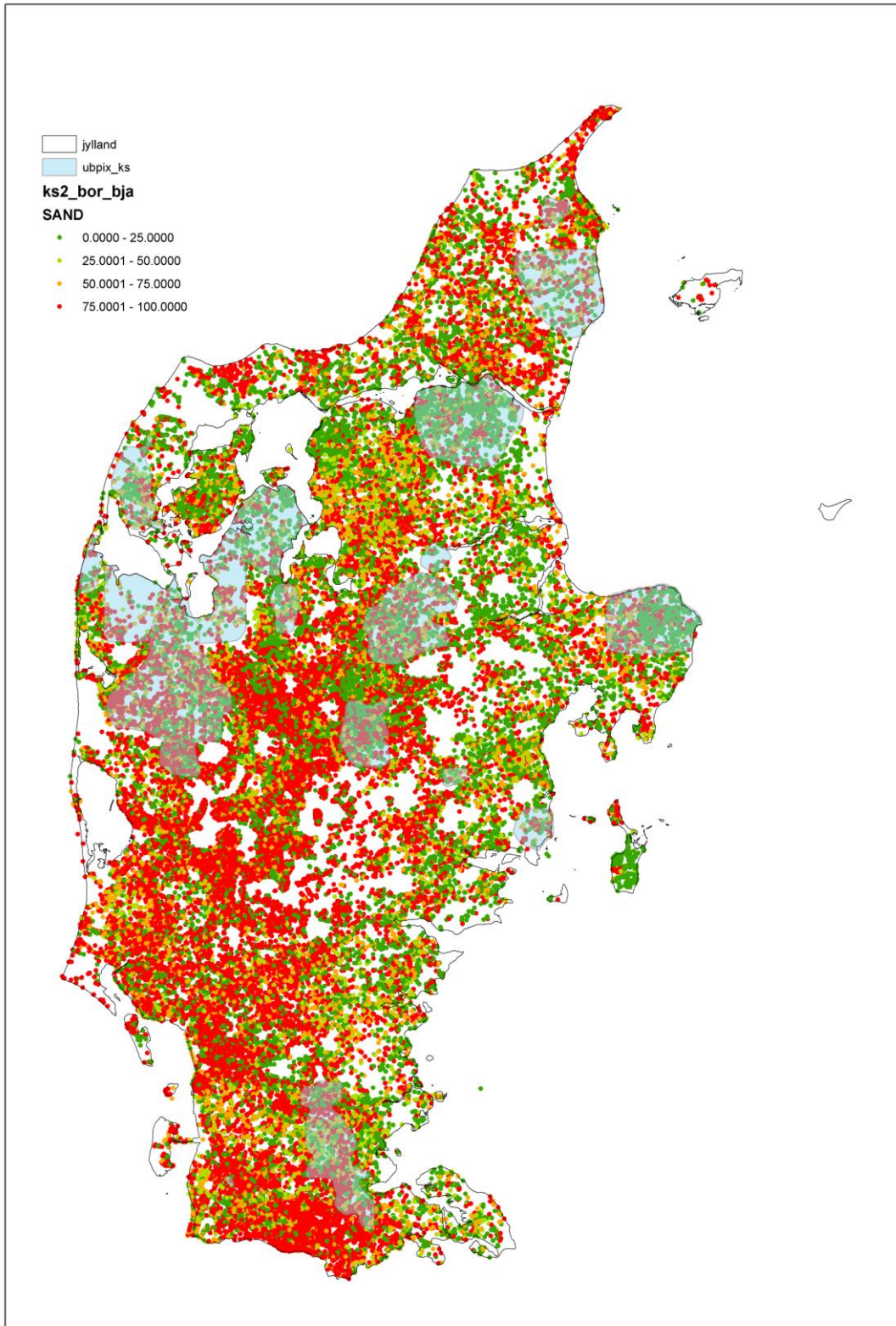
KL1



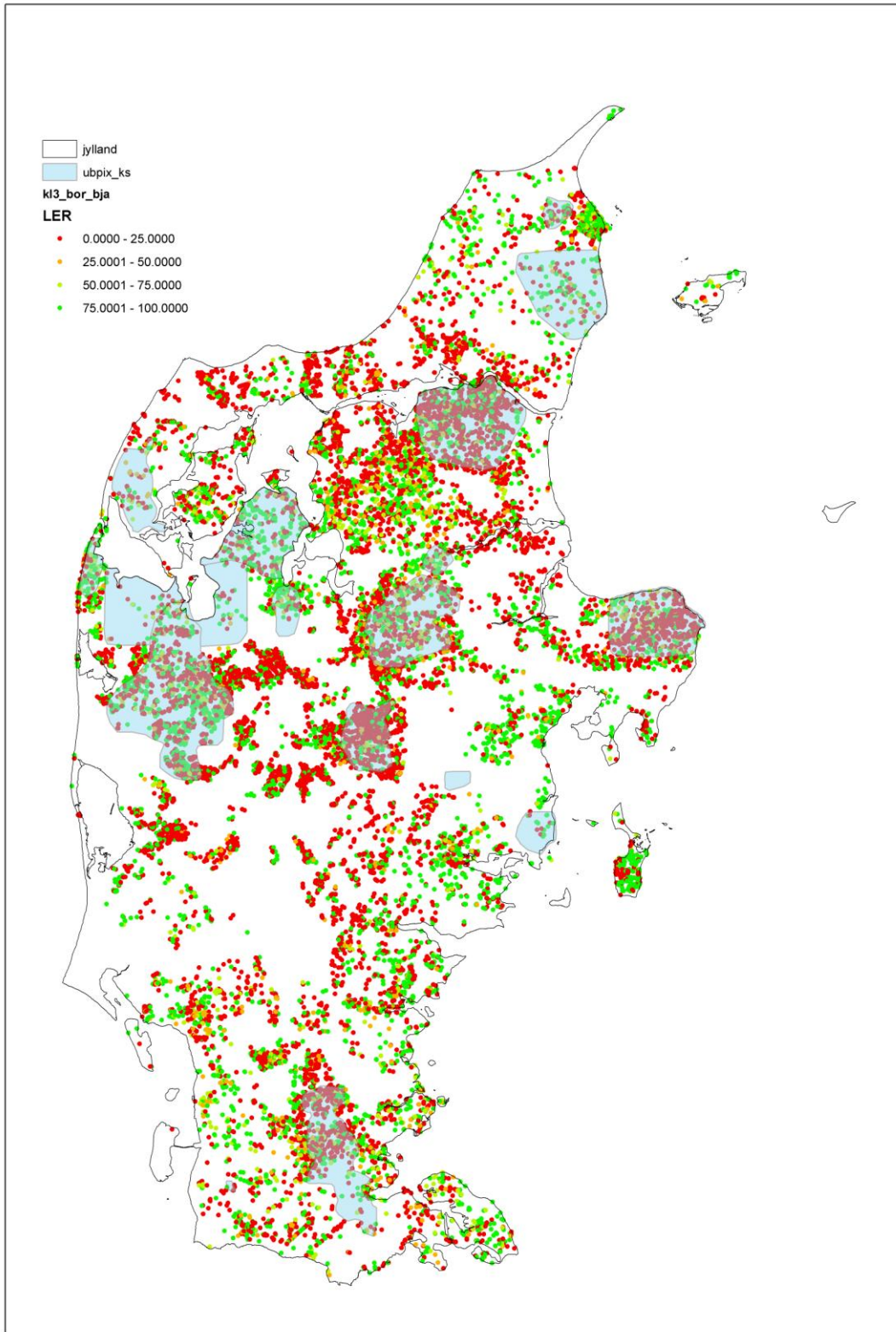
KS1



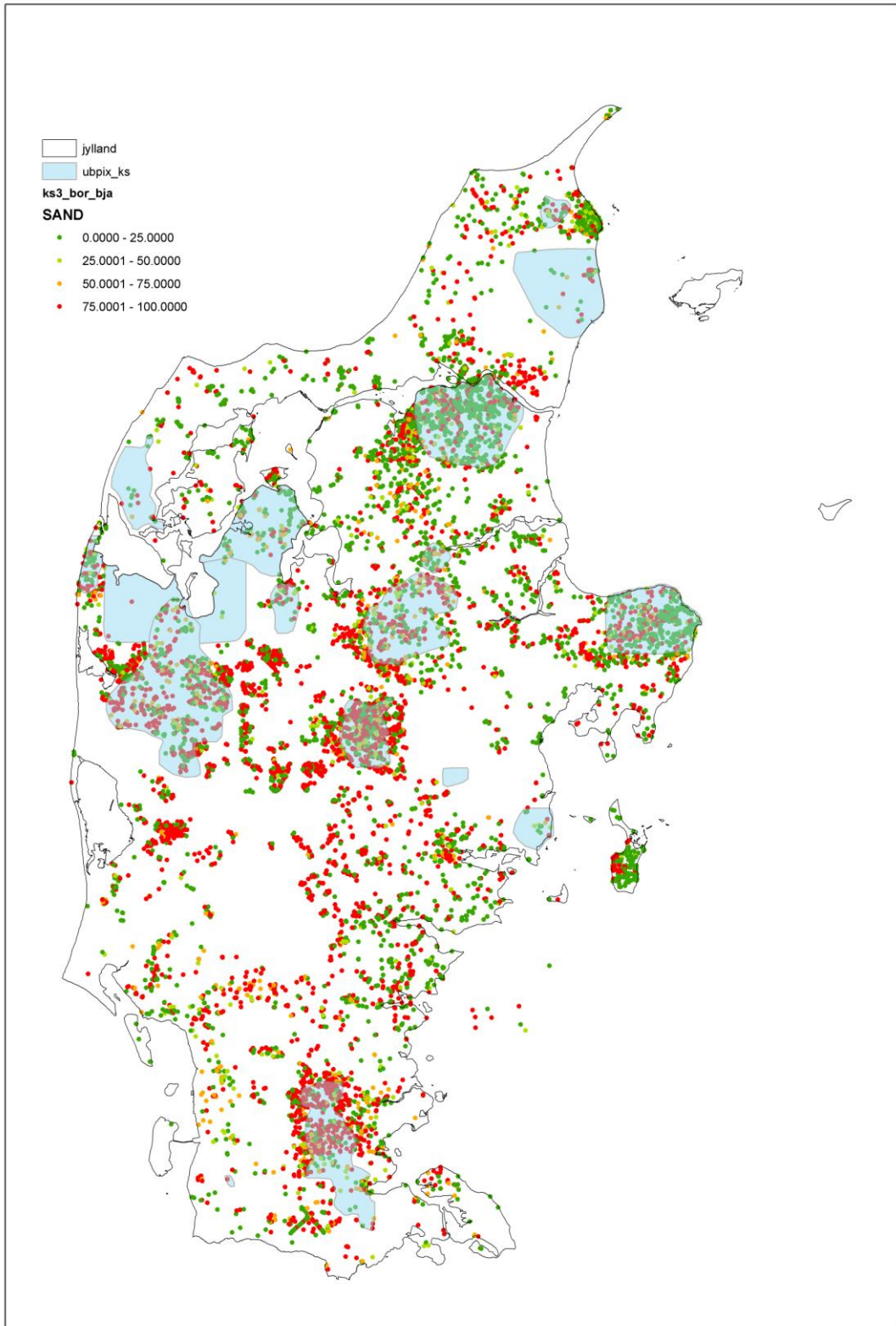
KL2



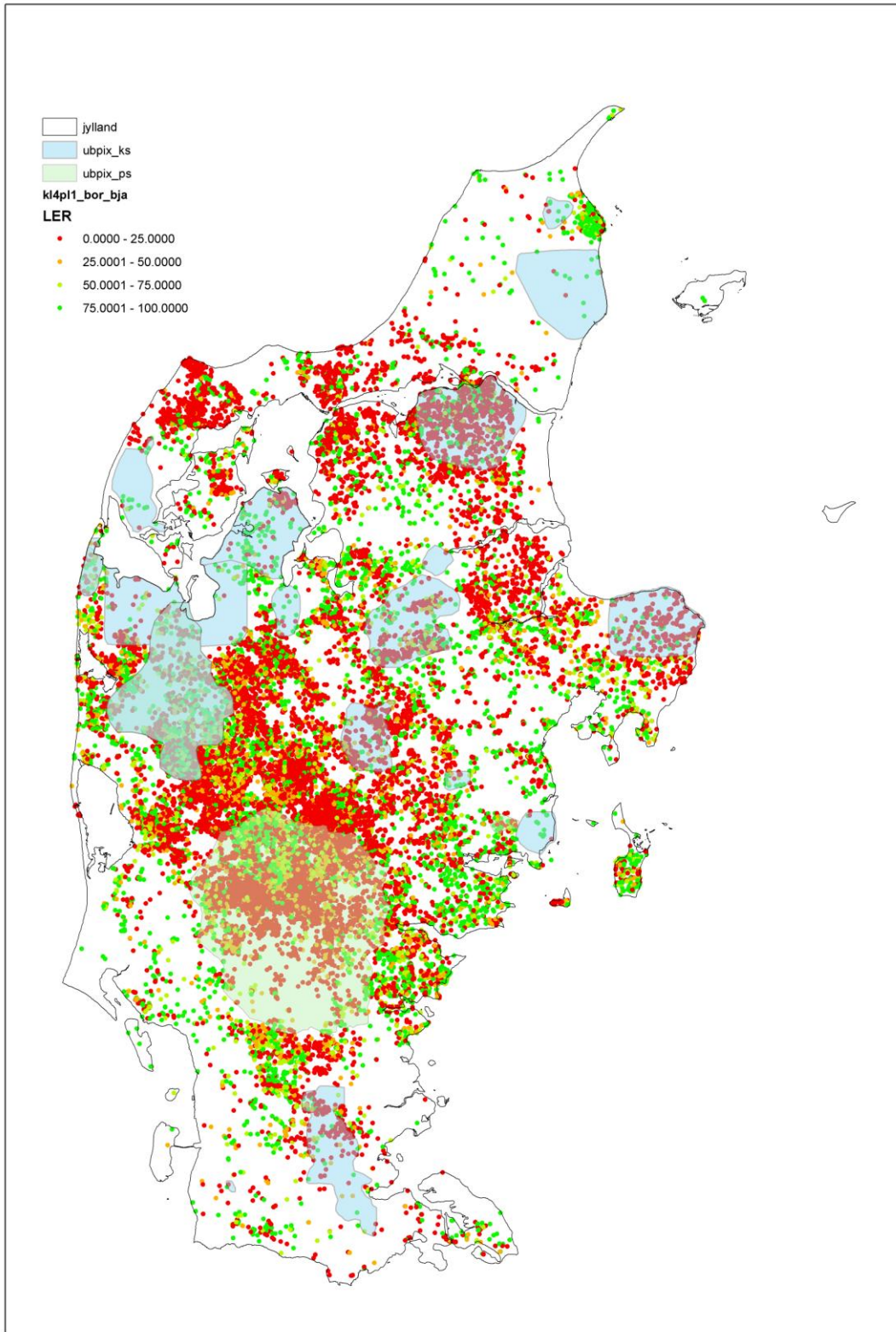
KS2



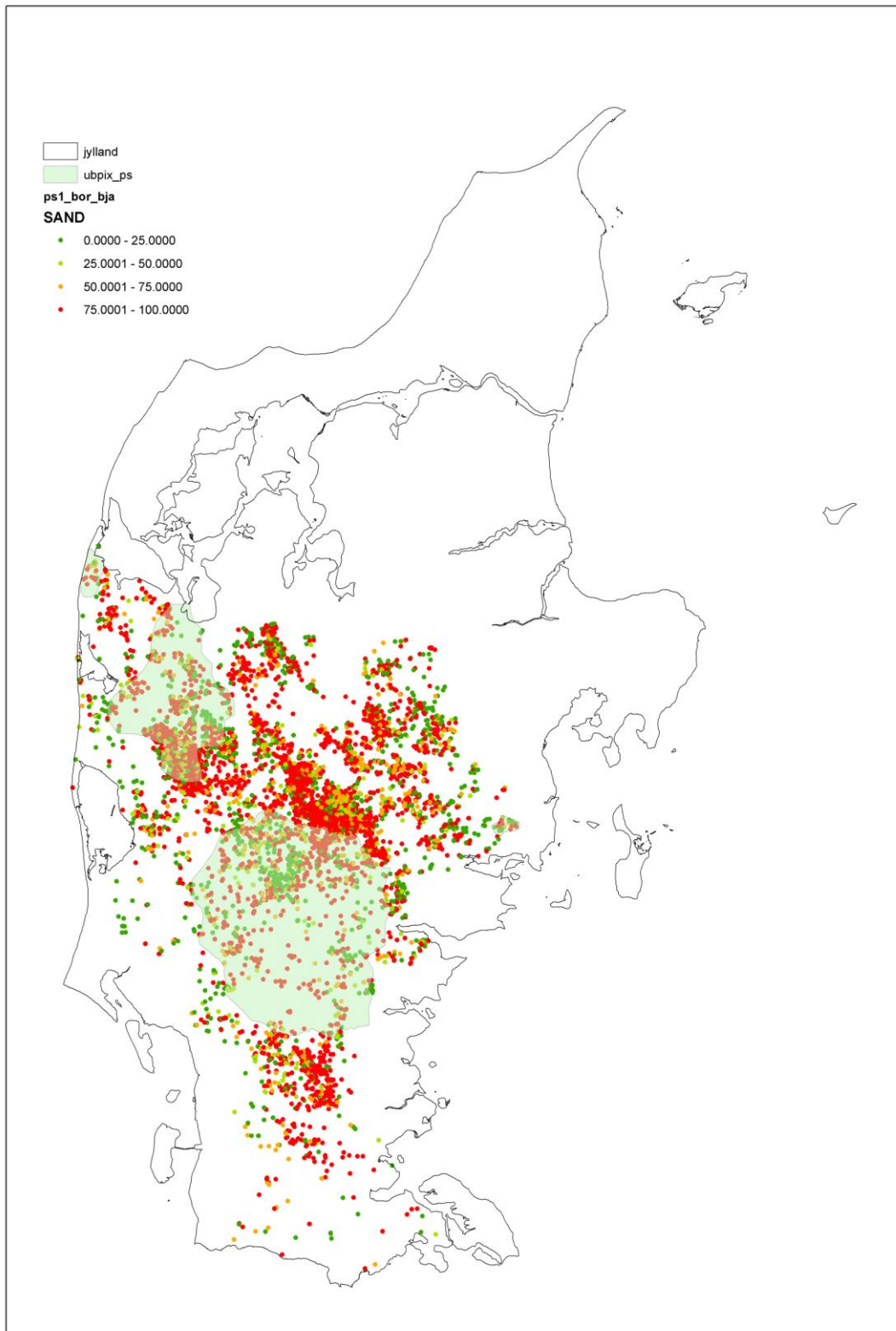
KL3



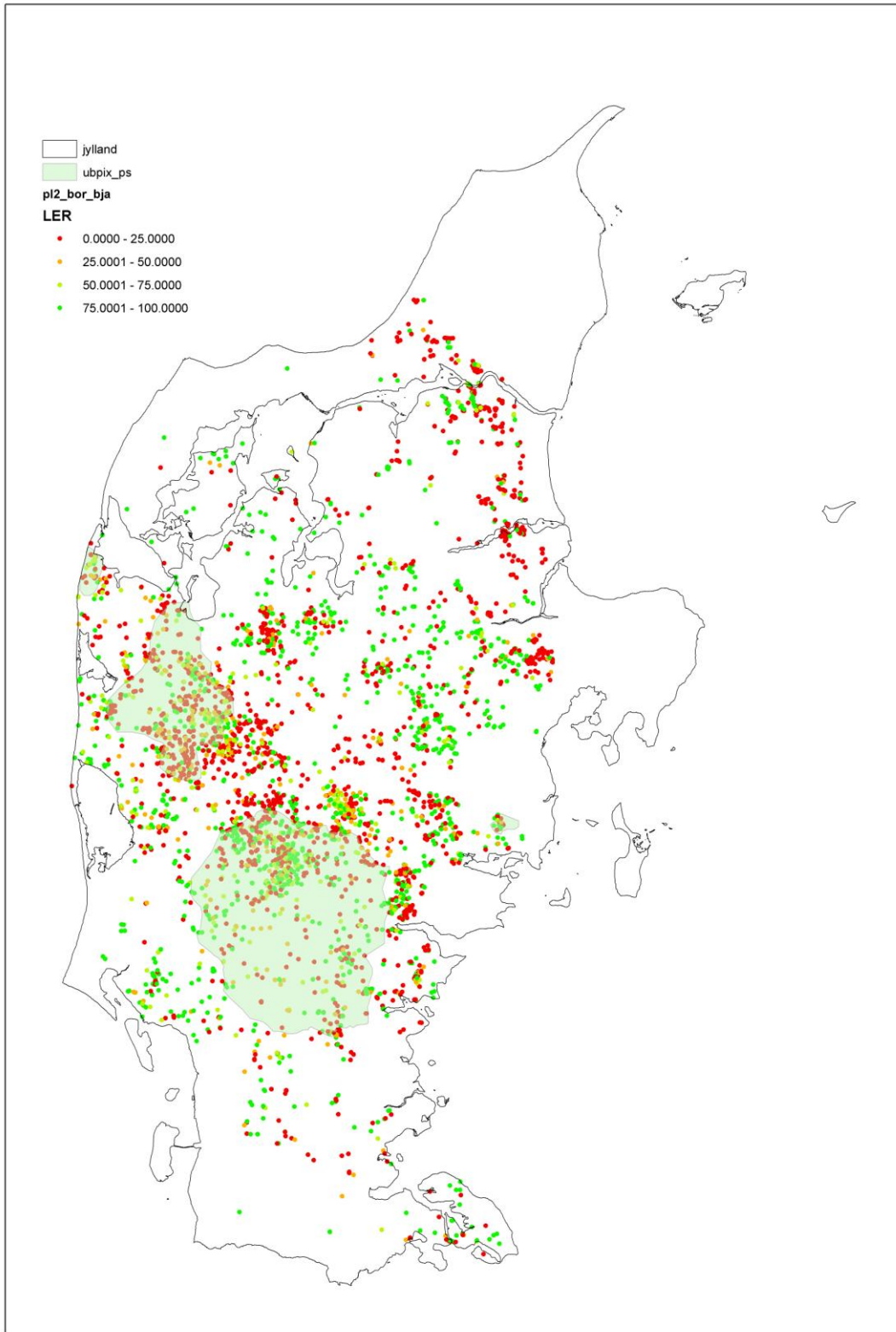
KS3



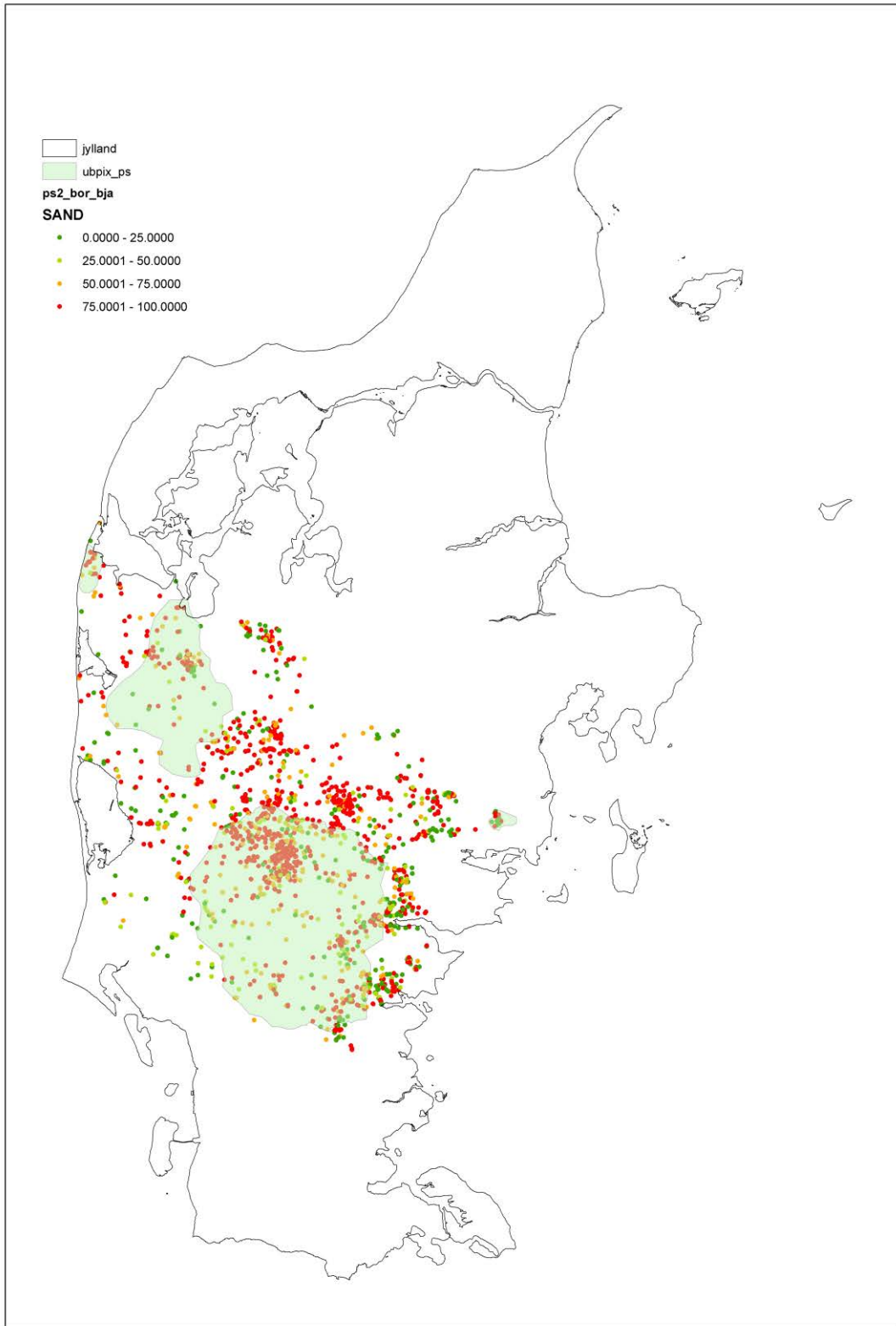
KL4/PL1



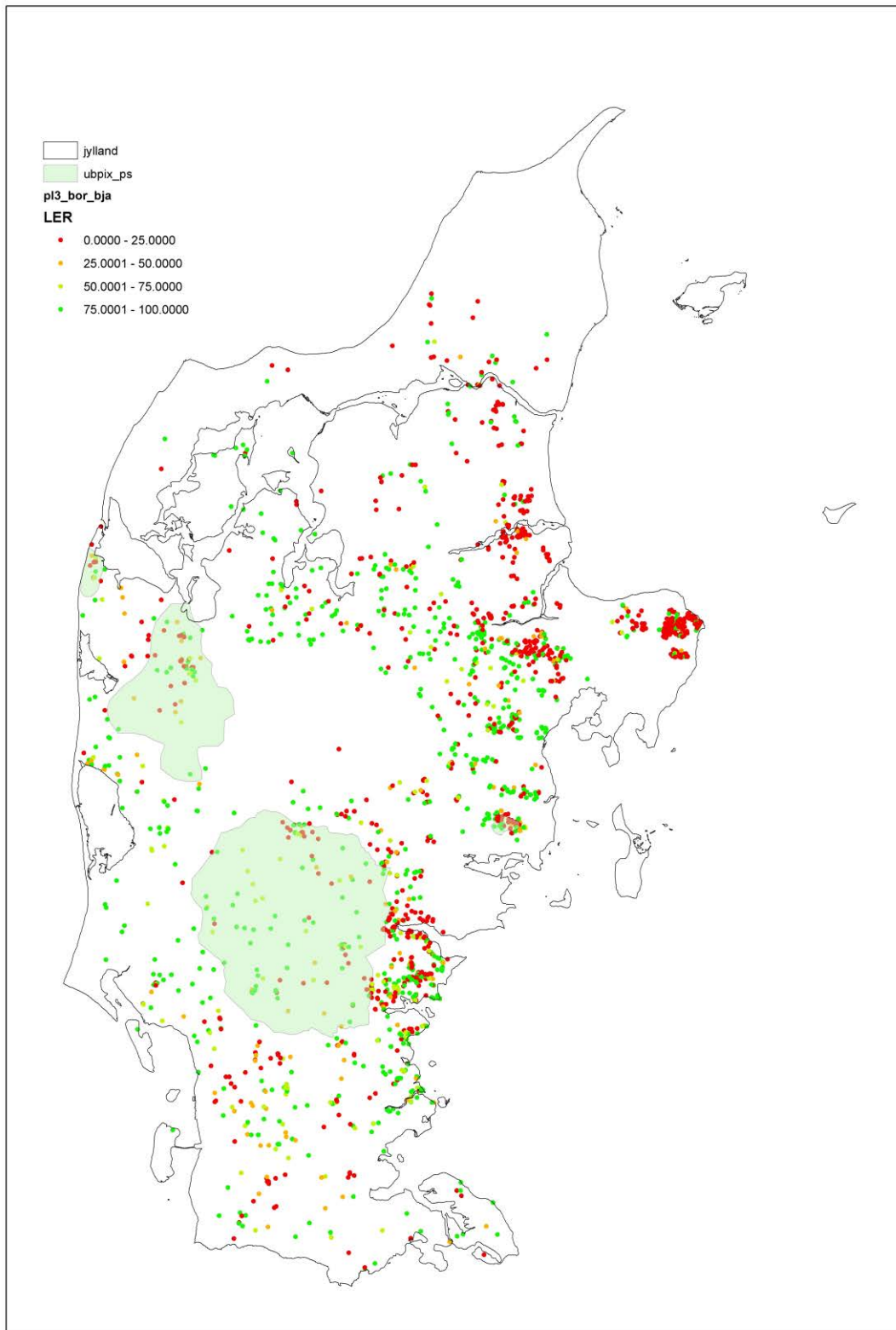
PS1



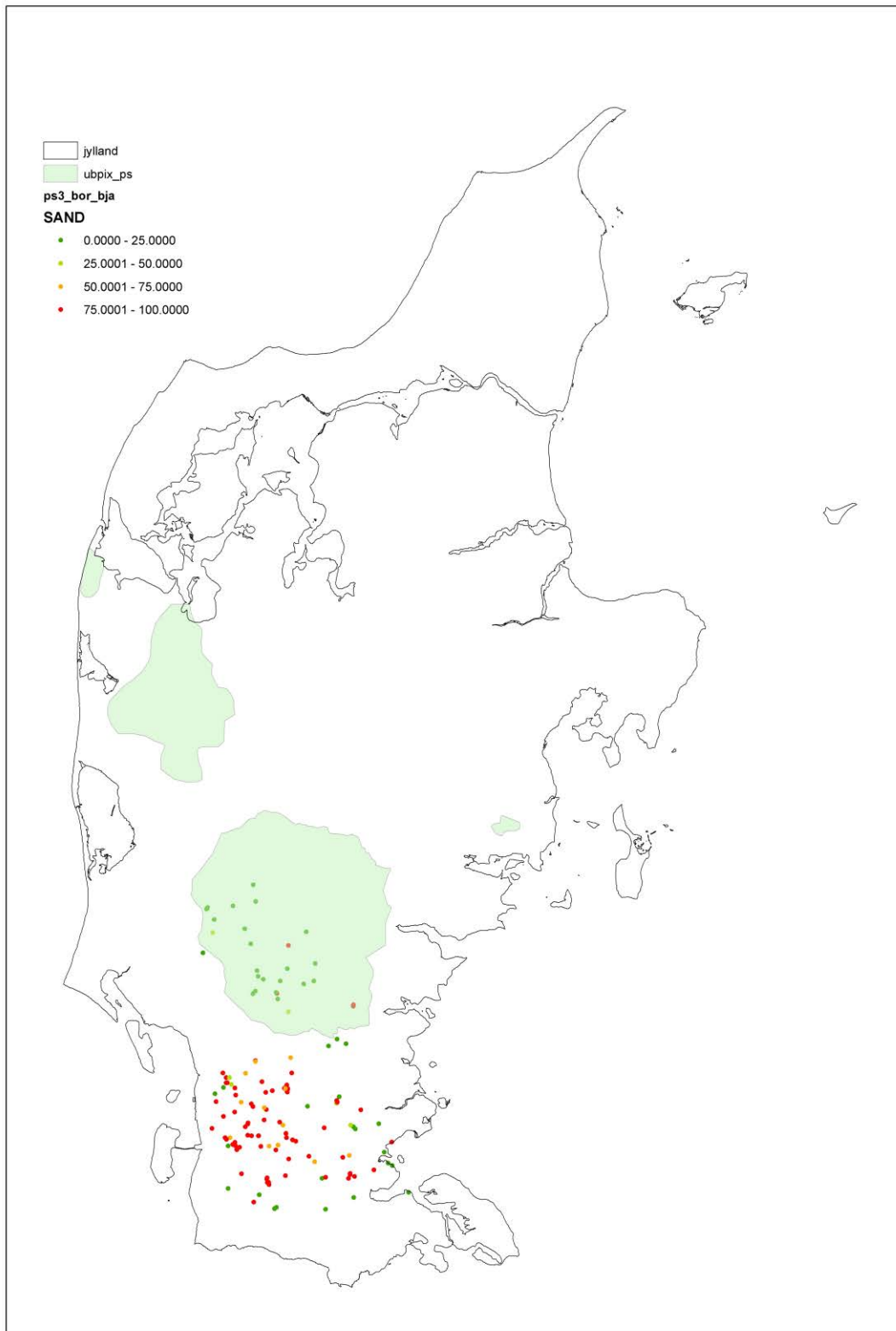
PL2



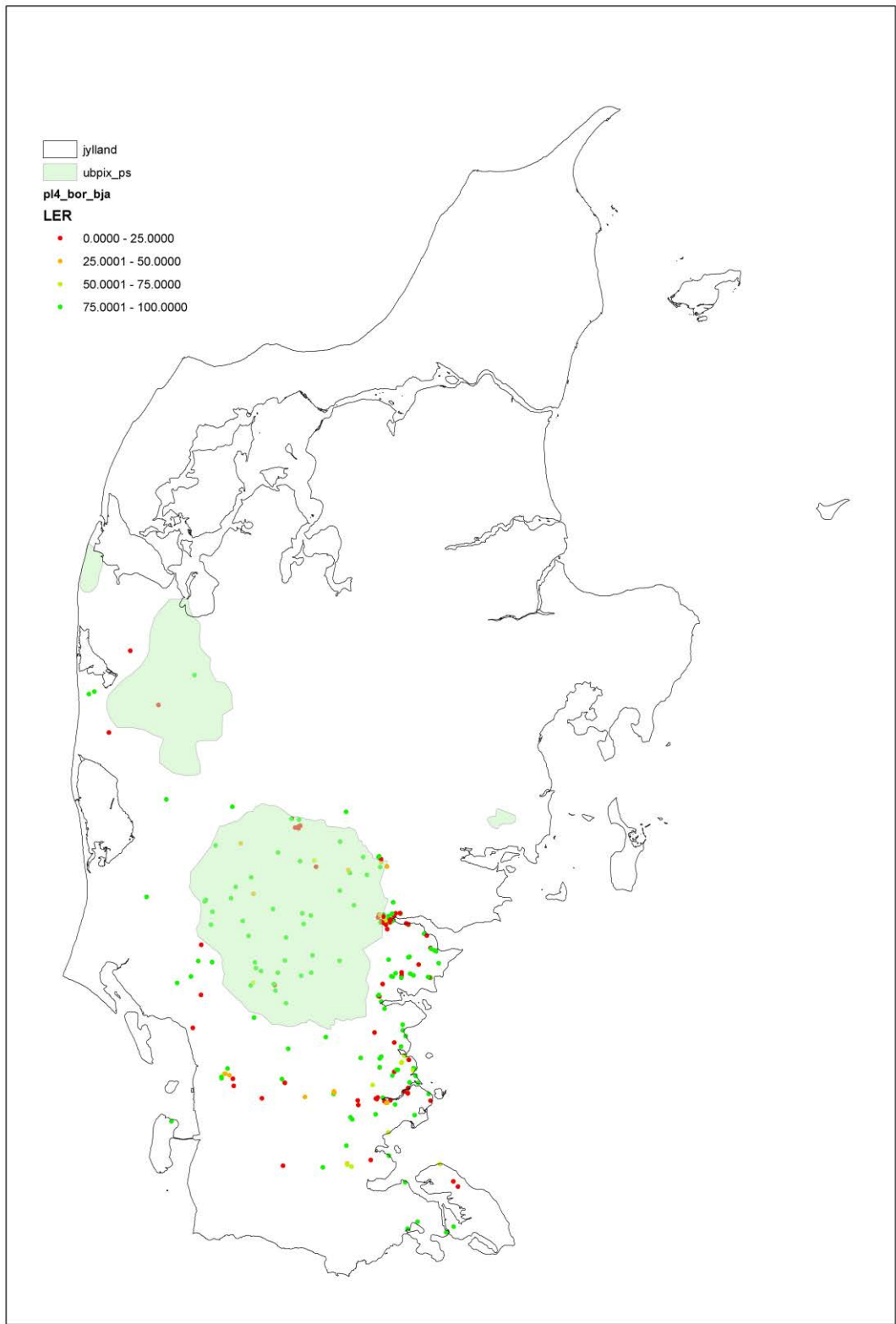
PS2



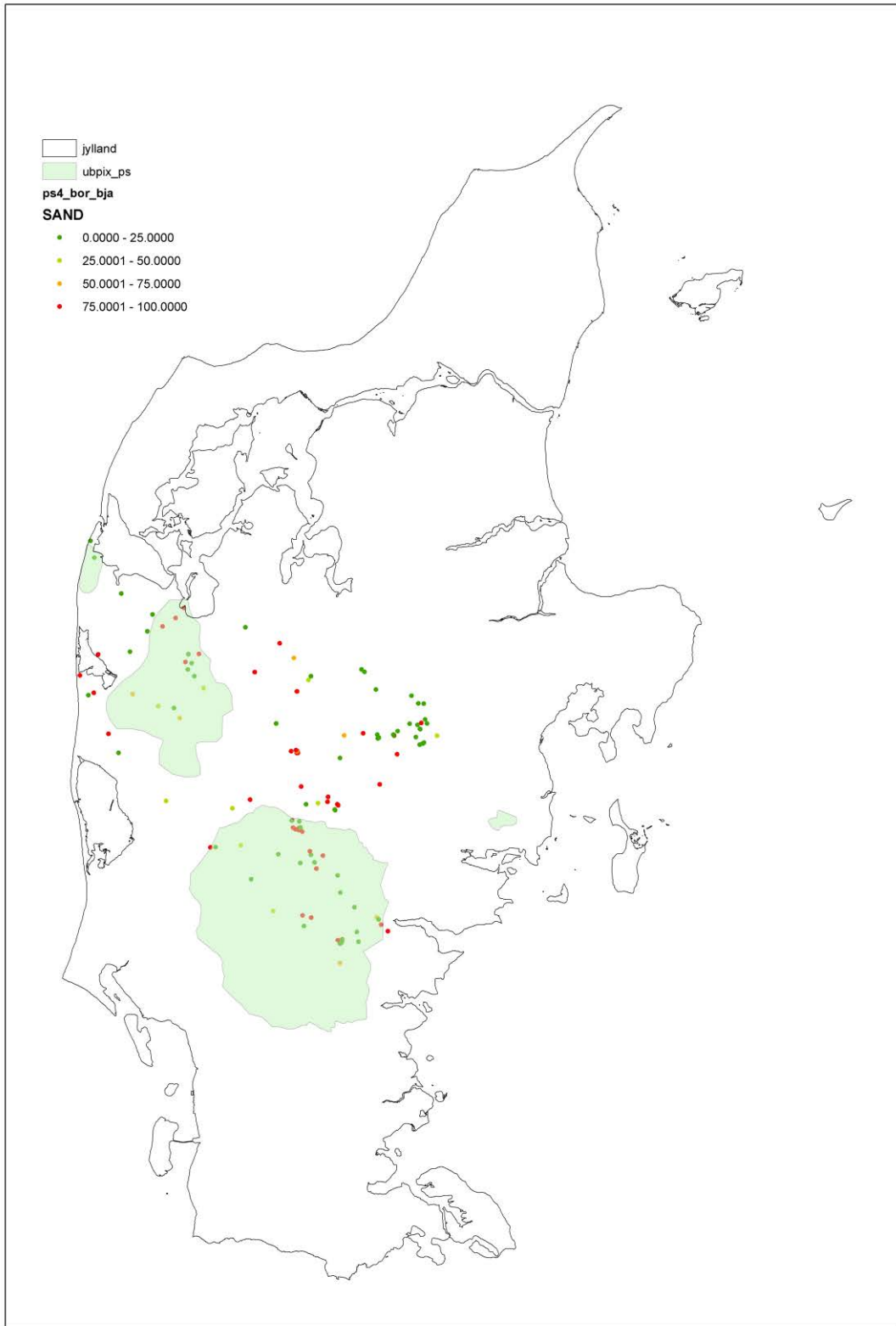
PL3



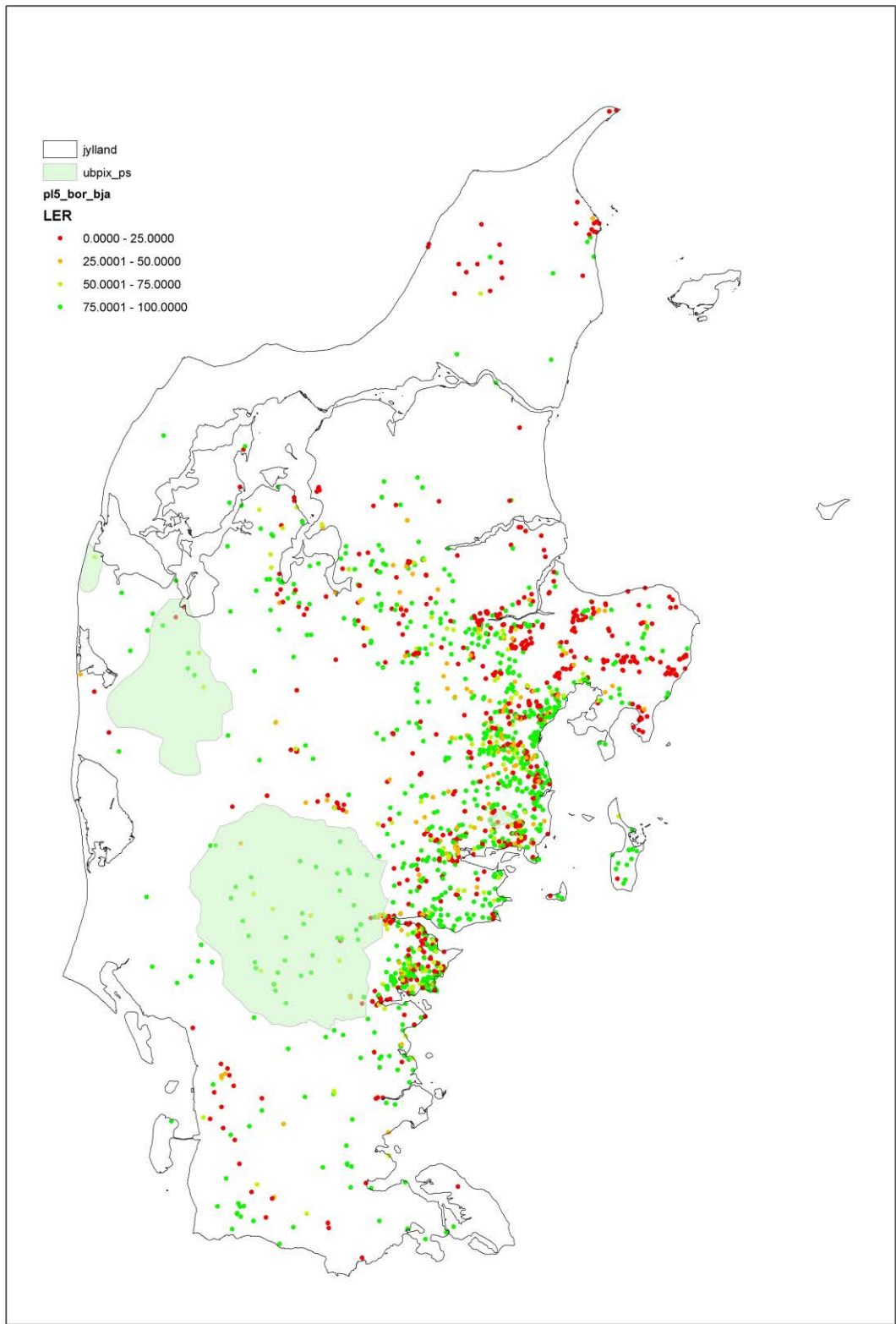
PS3



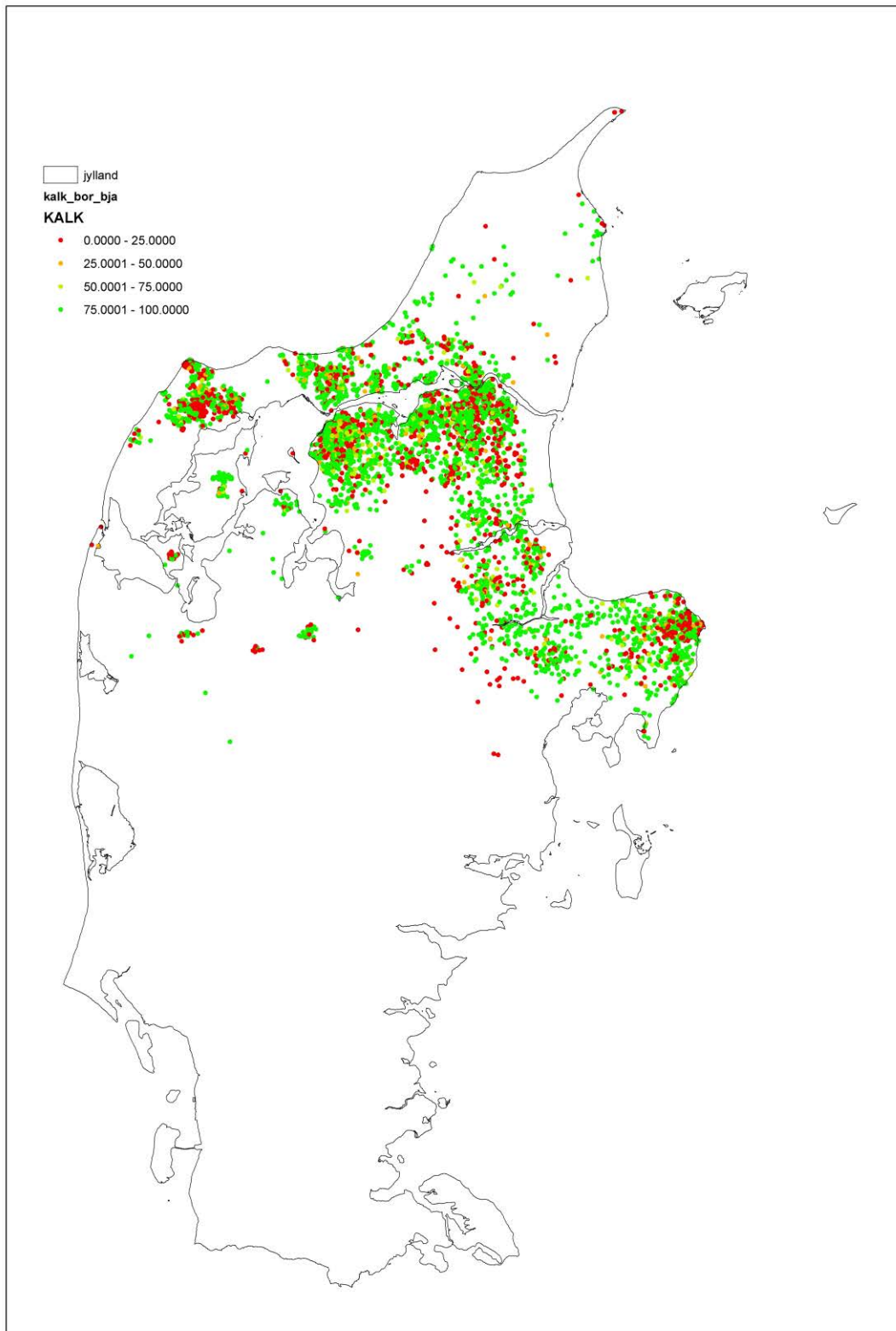
PL4



PS4




PL5



KALK

Bilag D: Profiler

Lithologi

	bk Danien bryozokalk		ll Eocæn ler
	cl Trias ler		m muld
	cq Trias sandsten		ml glacial moræneler
	cw Trias evaporitter		ms glacial morænesand
	dg glacial smeltevandsgrus		nw Perm evaporitter
	di glacial smeltevandssilt		o fyld
	dl glacial smeltevandssand		pl Selandien ler
	ds glacial smeltevandssand		qi interglacial silt
	dz glacial smeltevandsssten		ql interglacial ler
	es postglacial flysesand		ql interglacial sand
	g grus		s sand
	gi Oligocæn-Miocæn-Pliocæn glimmersilt		sk Campanien-Maastrichtian skrivekridt
	gl Oligocæn-Miocæn-Pliocæn glimmerler		sl Eocæn Søvind mergel
	gs Oligocæn-Miocæn-Pliocæn glimmersand		sl senglacial ferskvandsler
	i silt		ts senglacial ferskvandssand
	kg Miocæn kvartsgrus		u ingen data
	l ler		v vekslende små lag
			wl Nedre Kridt ler
			x ukendt lags

Formation

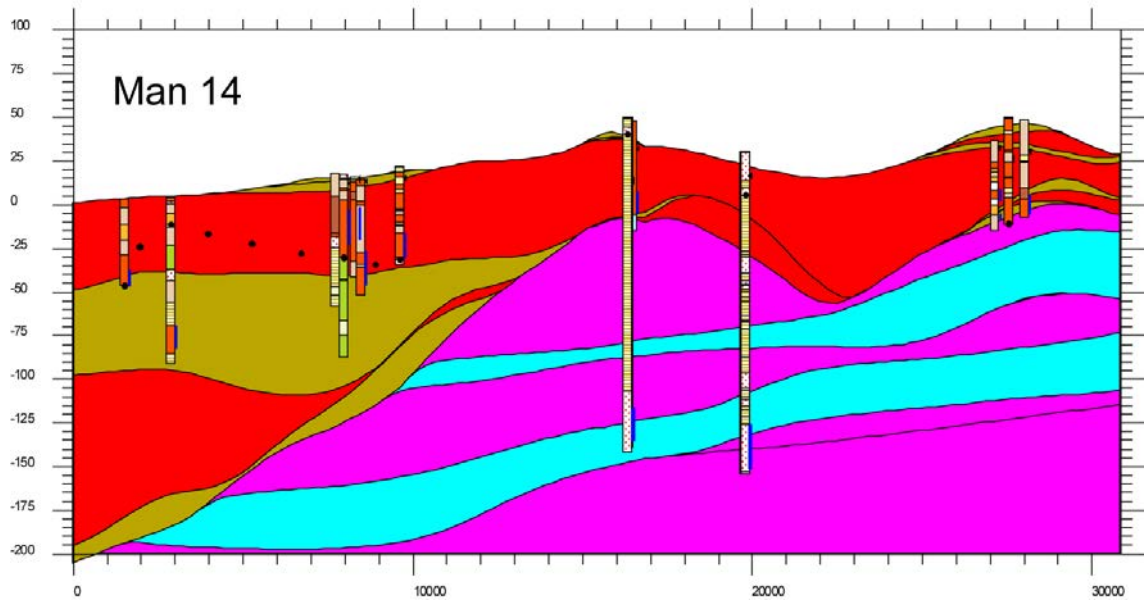
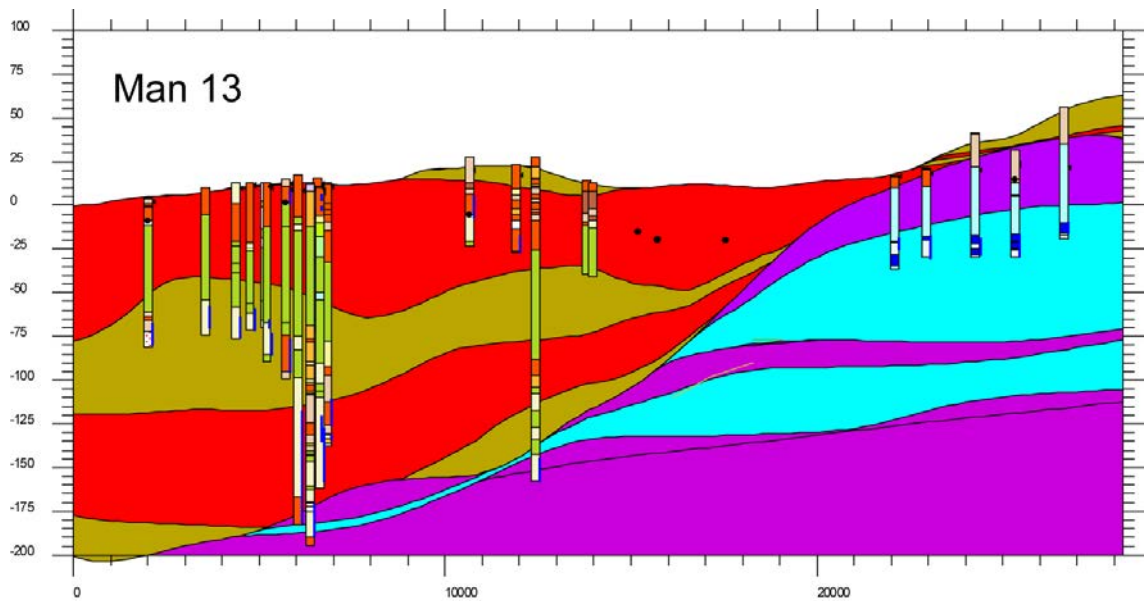
	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16

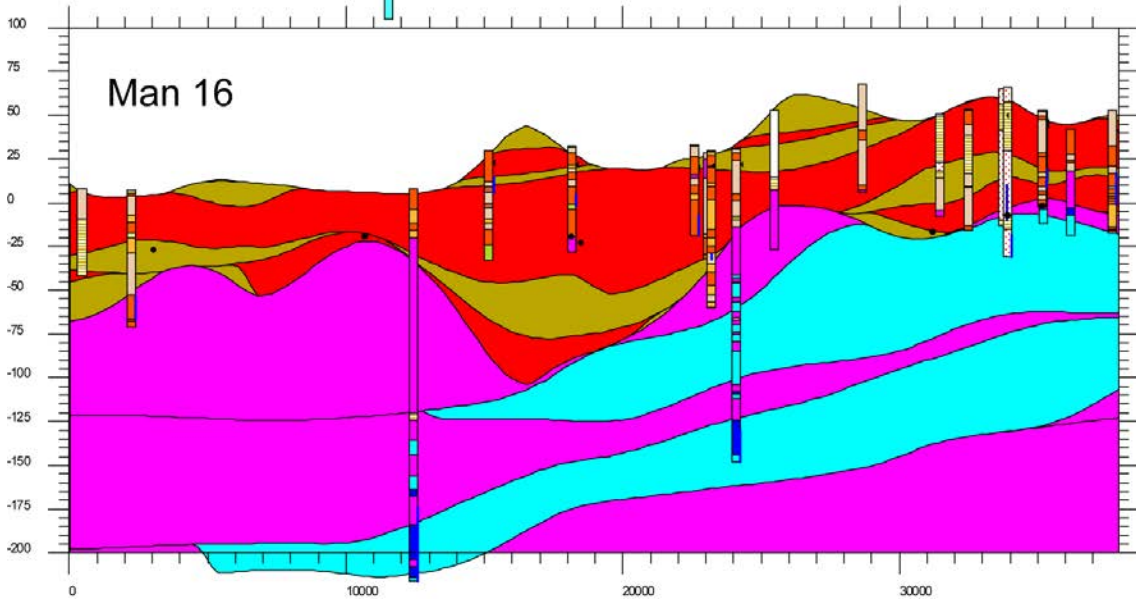
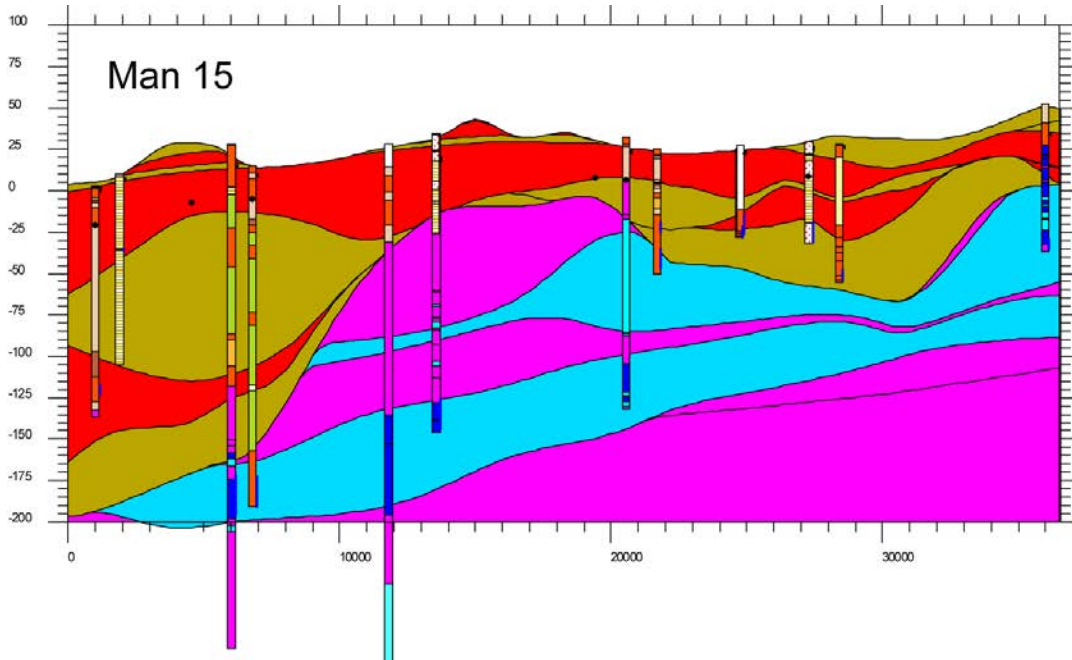
Pixel enheder

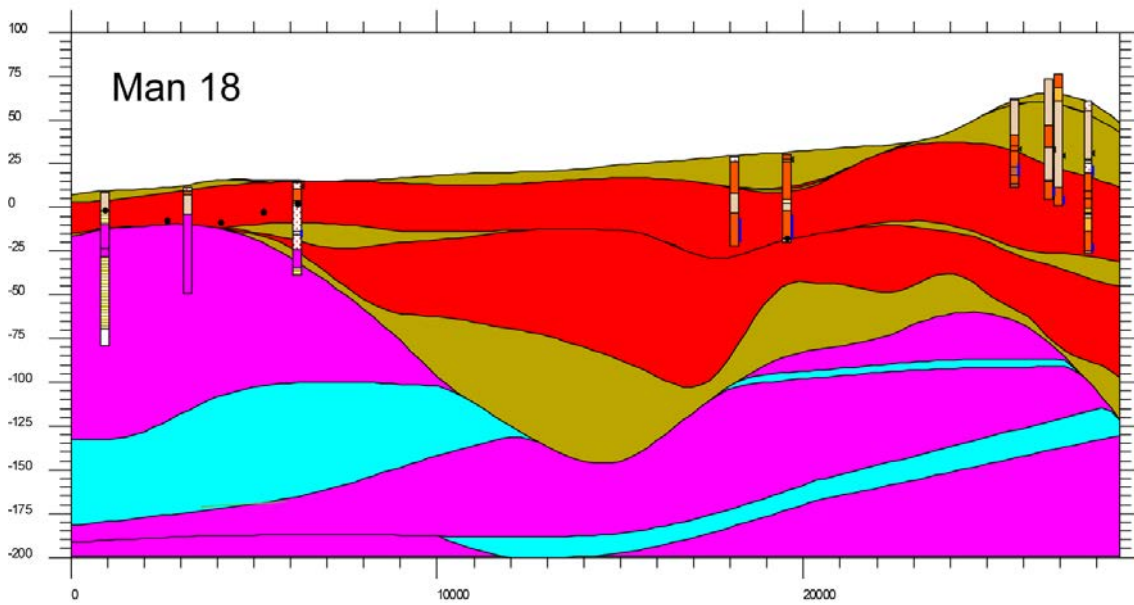
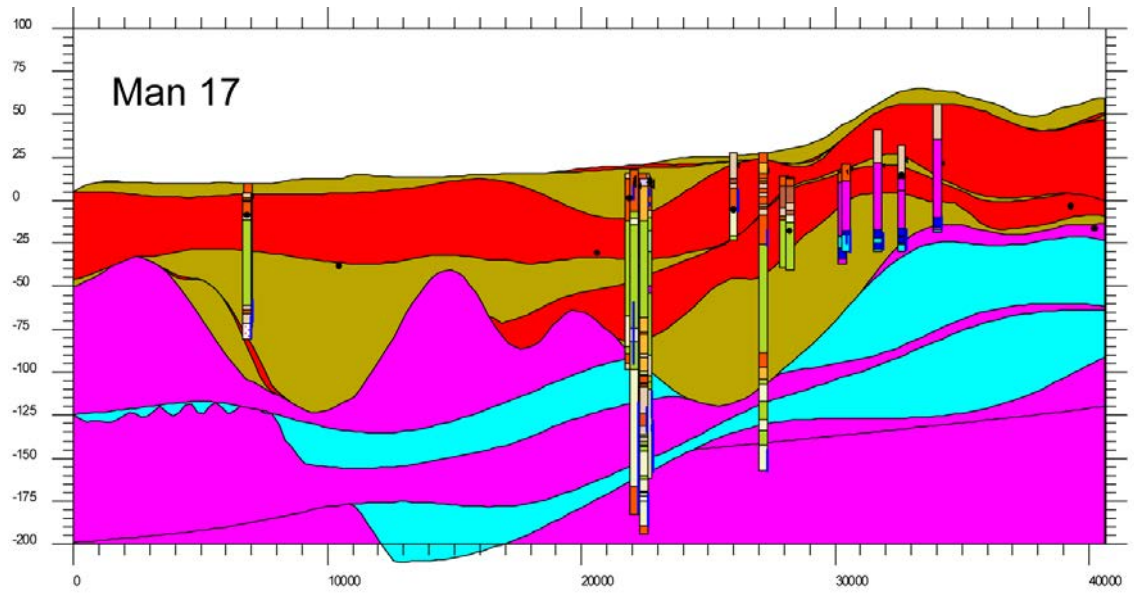
	Kvartær sand
	Kvartær ler
	Kvarts sand
	Glimmer sand
	Glimmer ler
	Kalk
	Andet

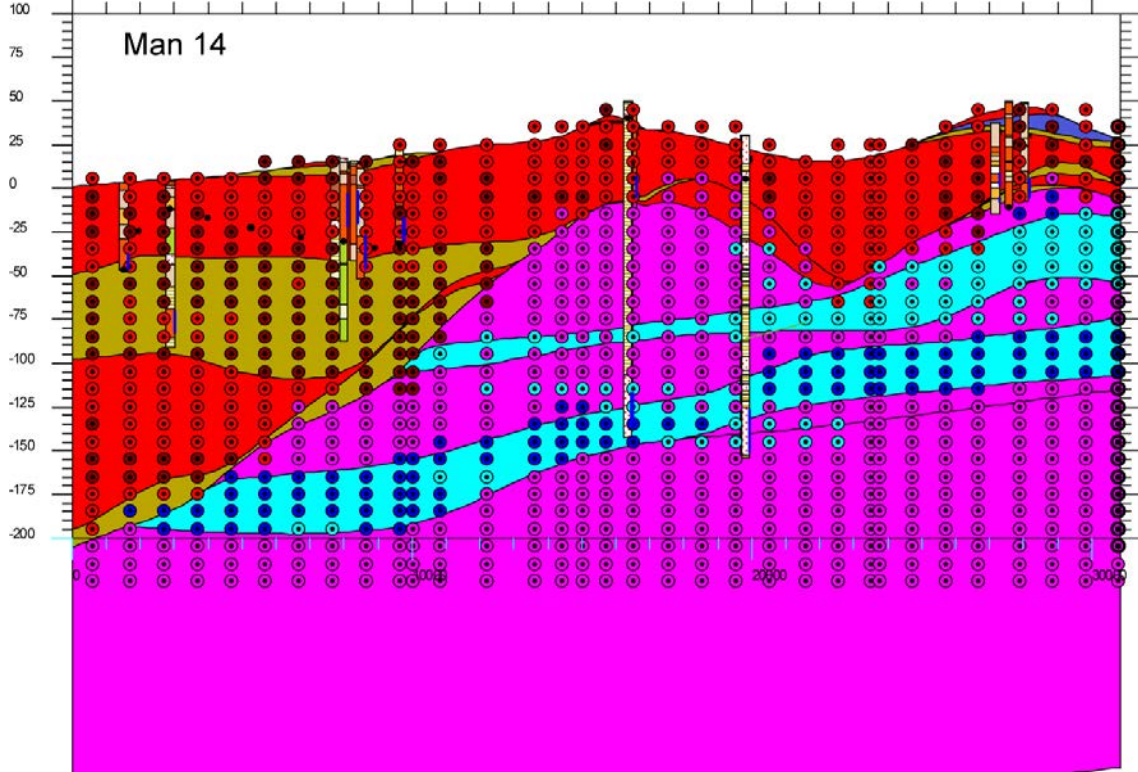
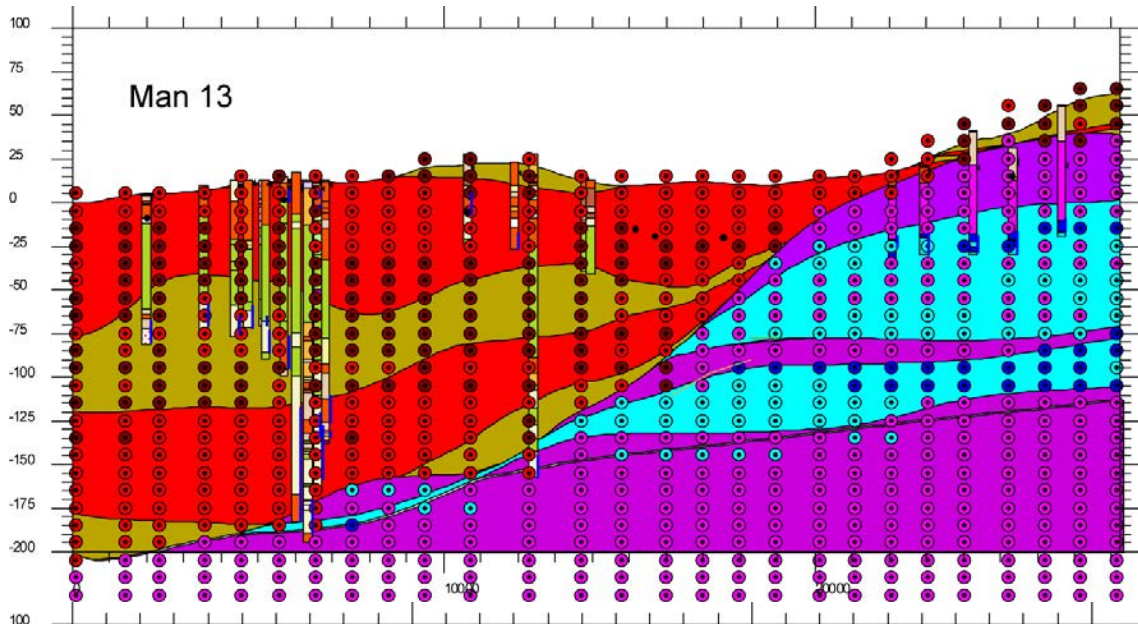
Legende gældende for alle profiler

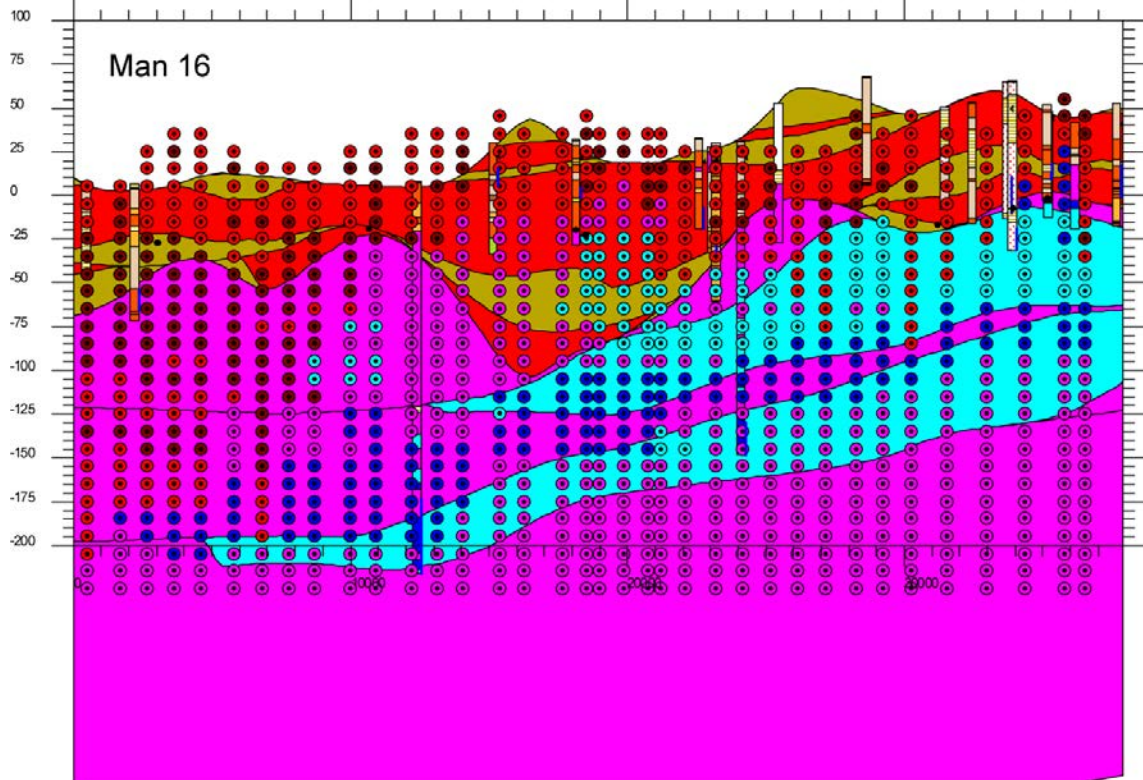
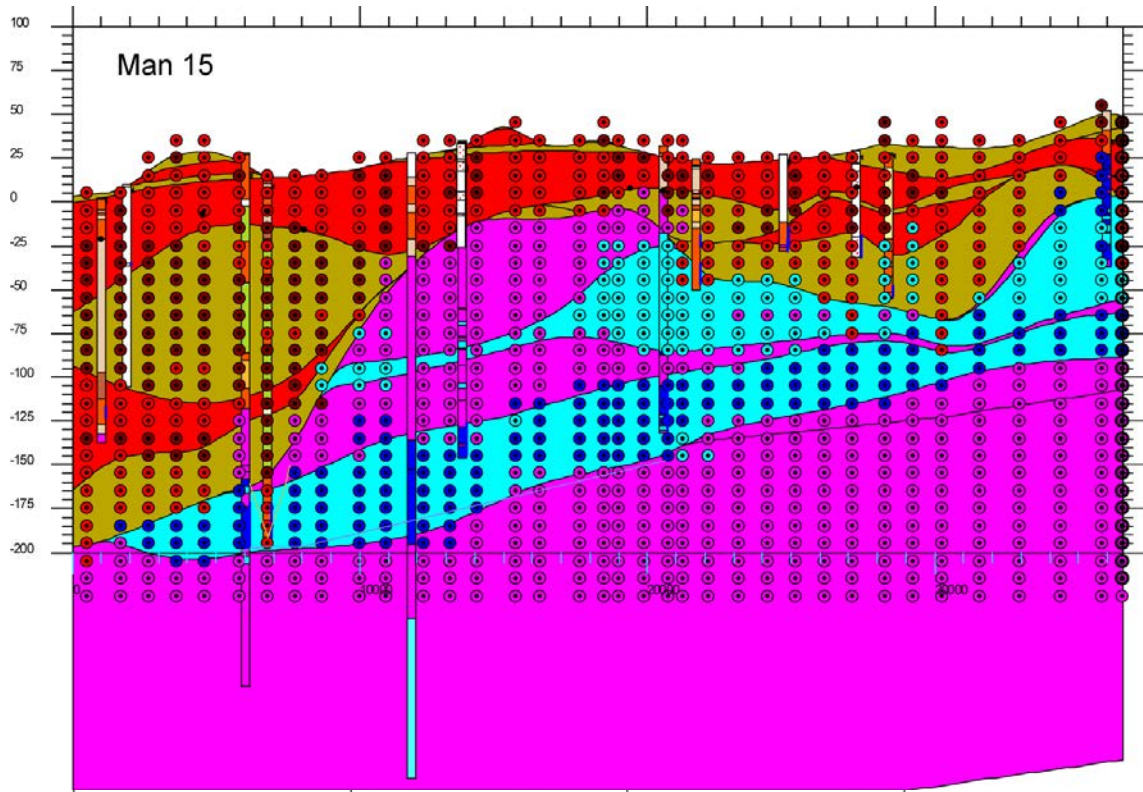
Område I (Sønderjylland)

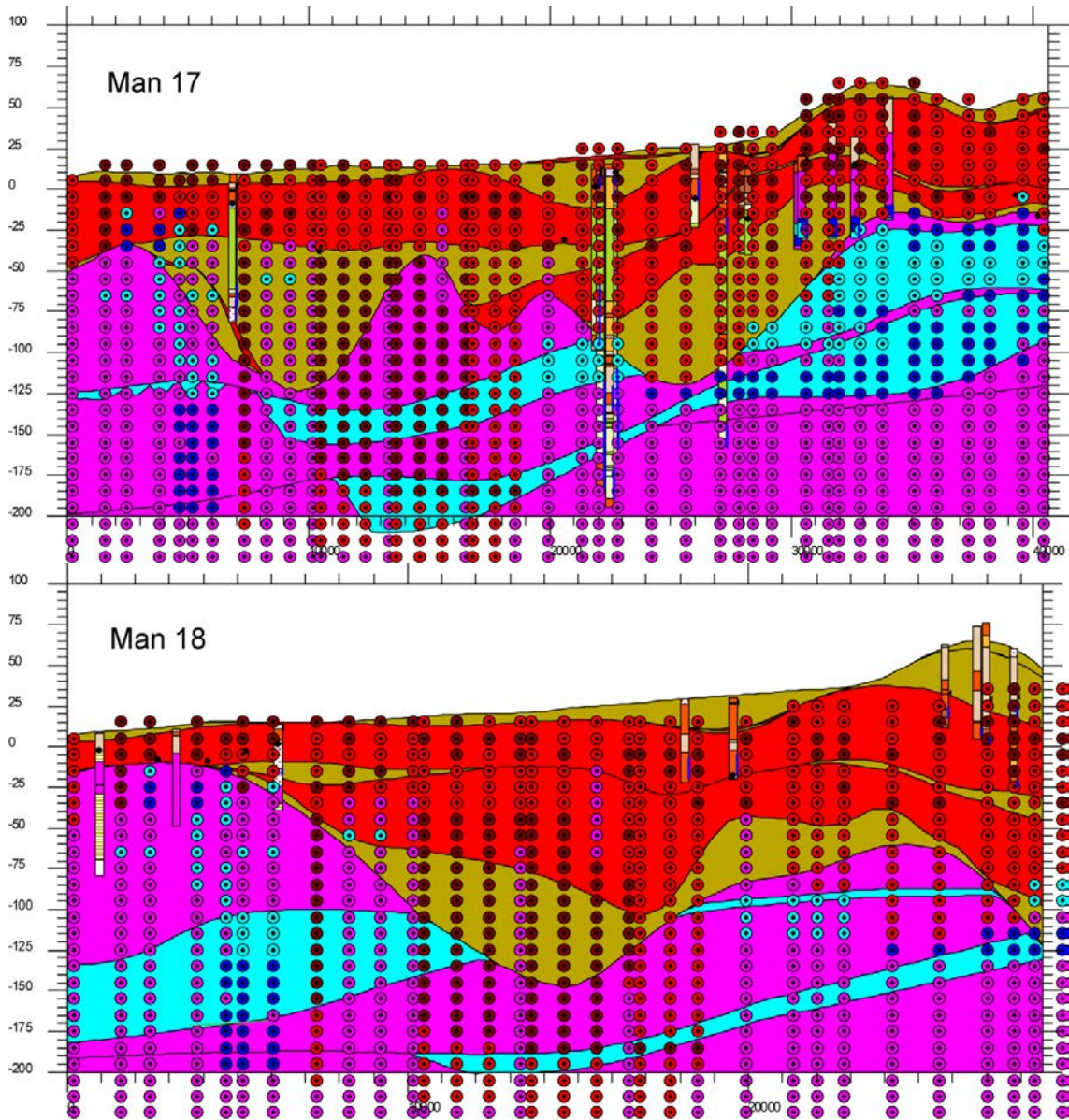




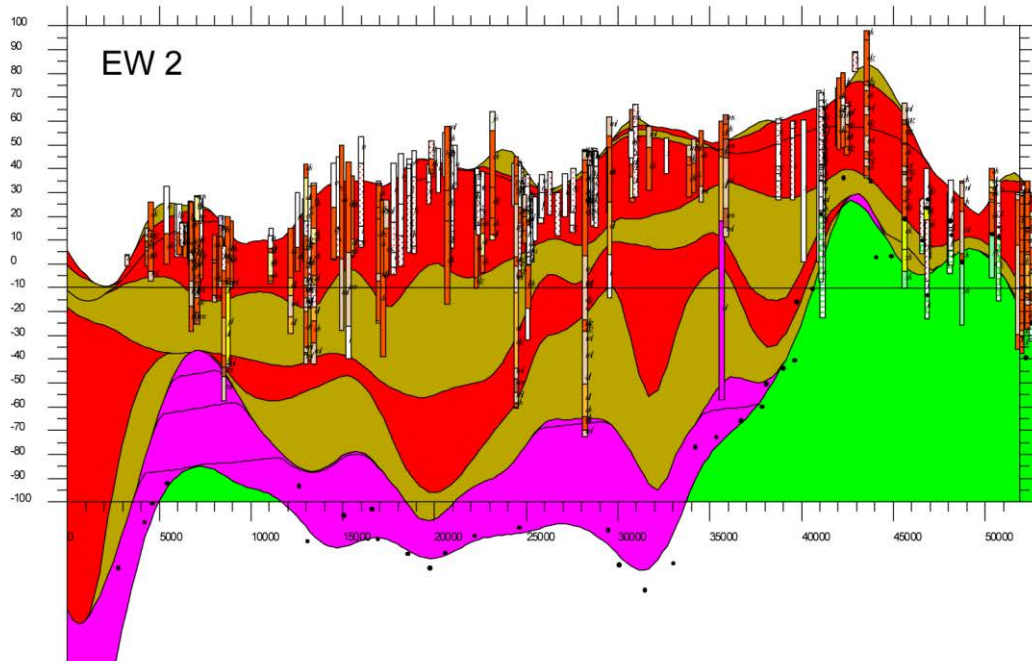
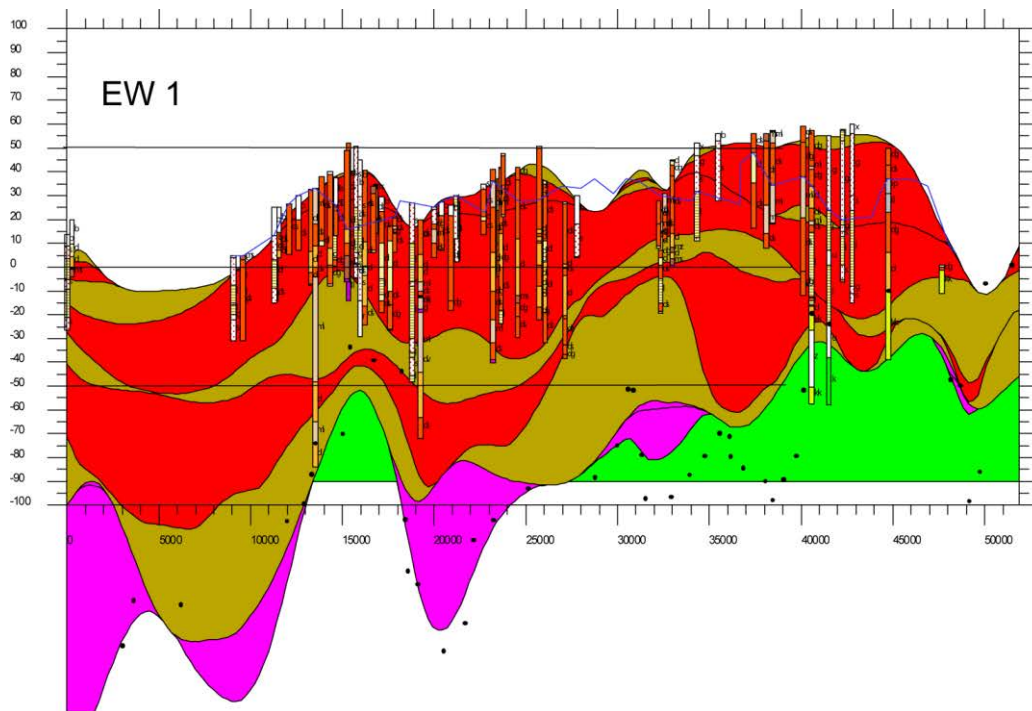


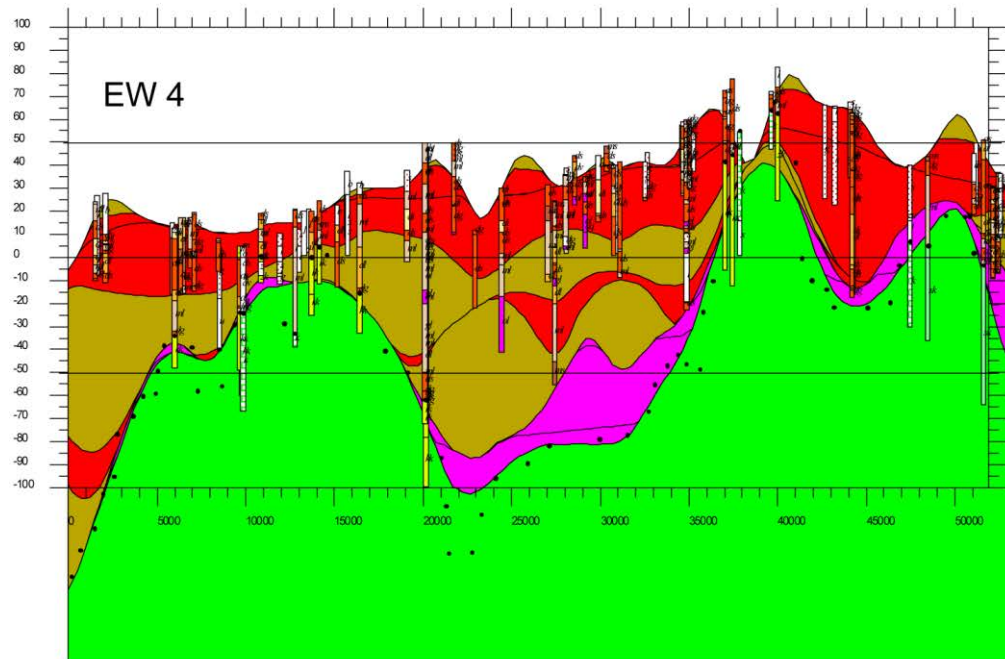
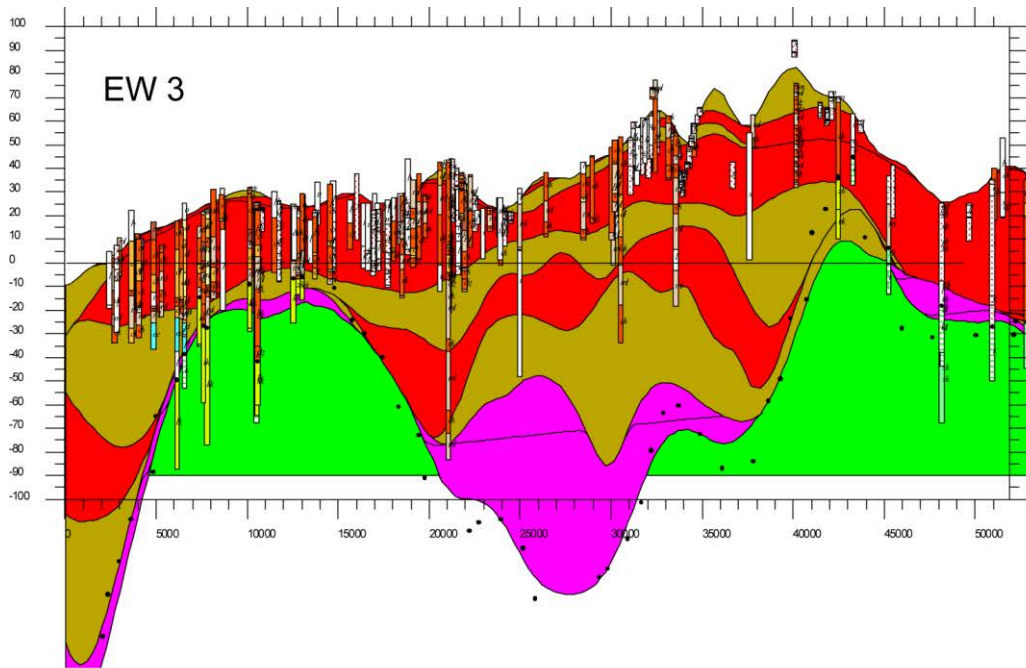


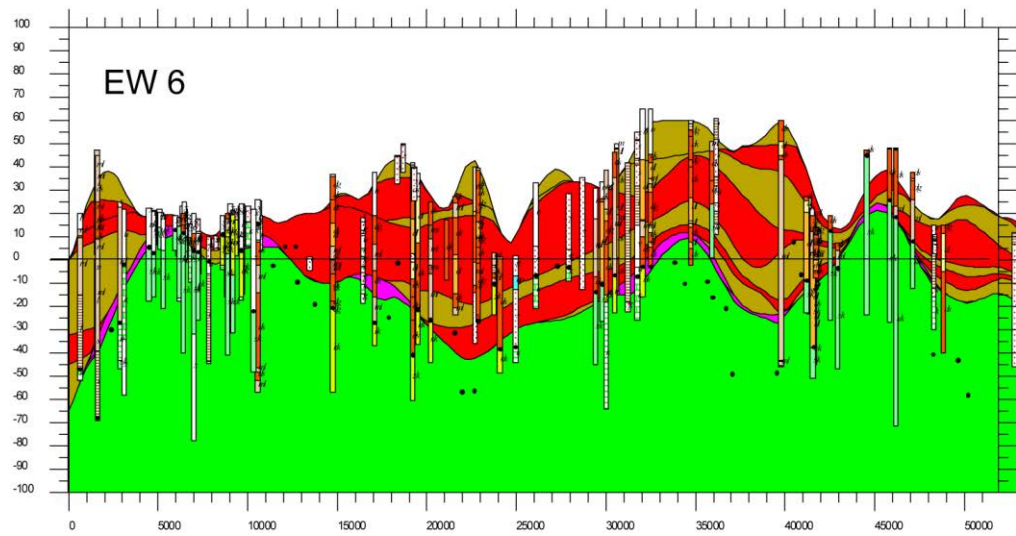
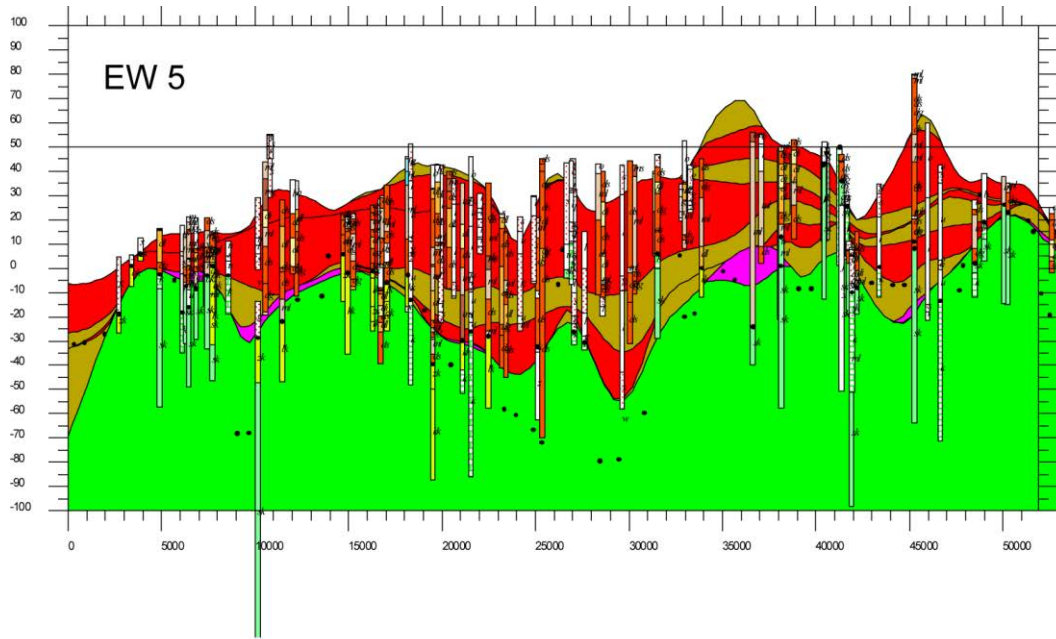


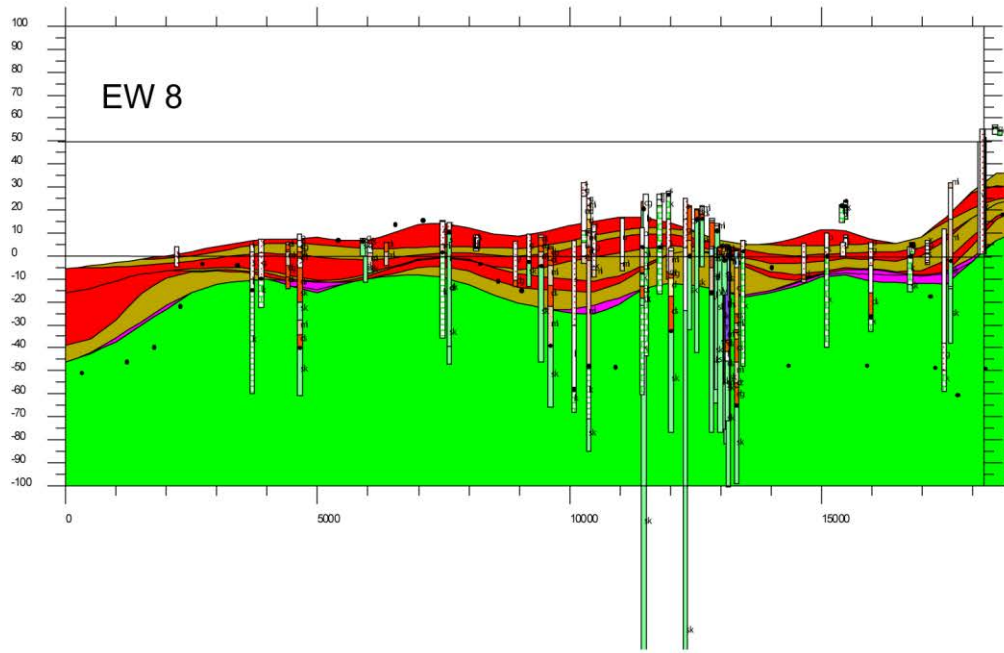
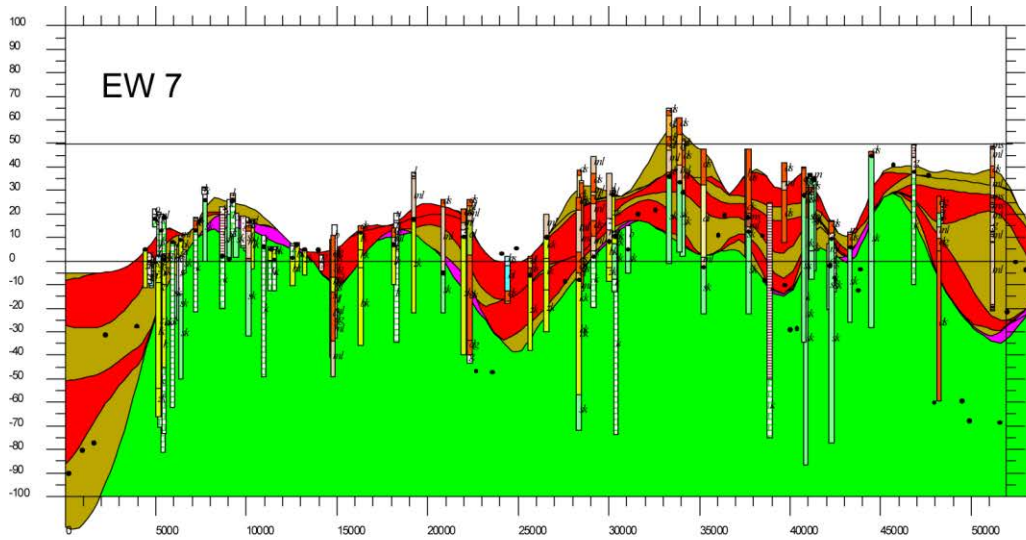


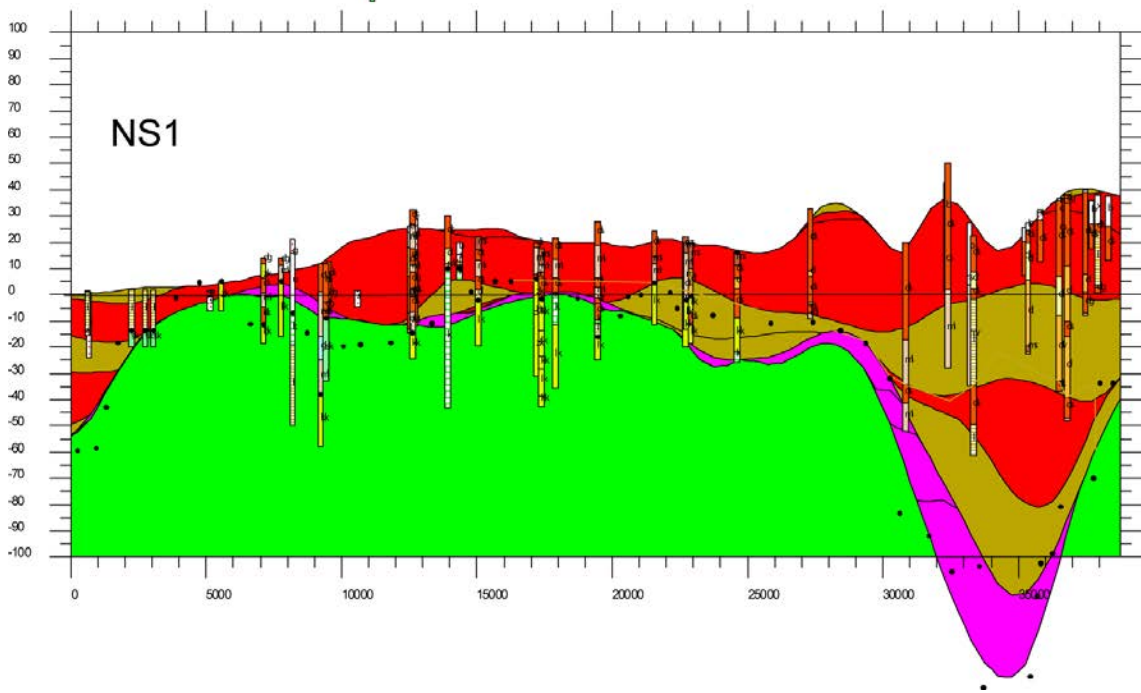
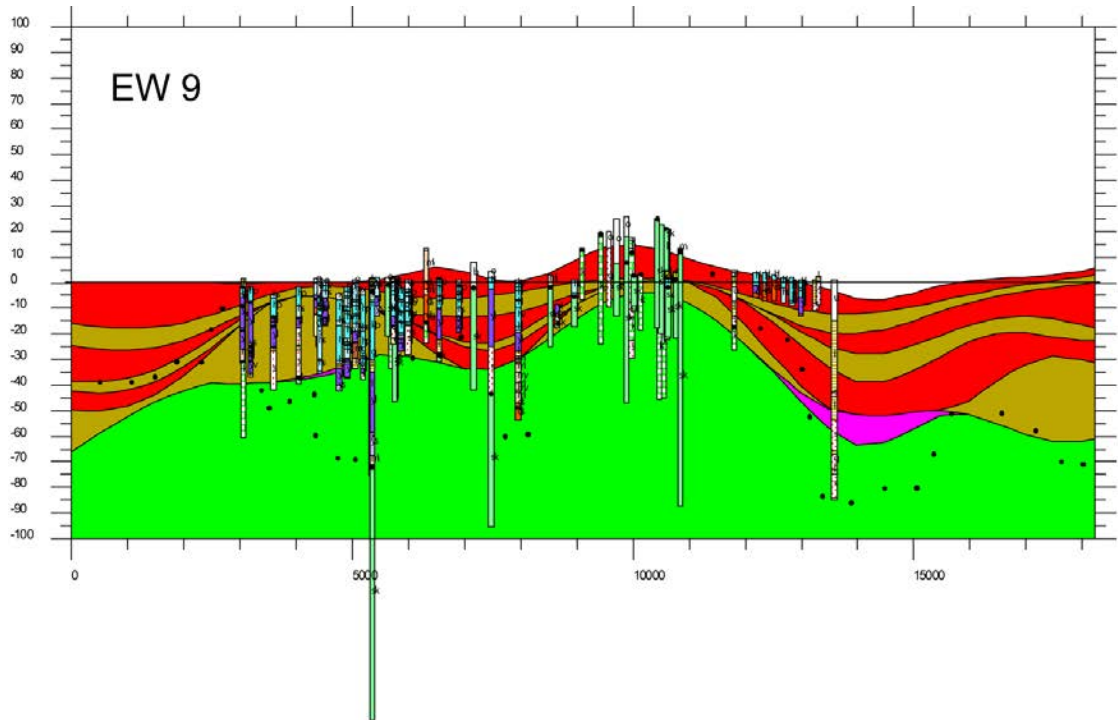
Område II (Djurs-Himmerland)

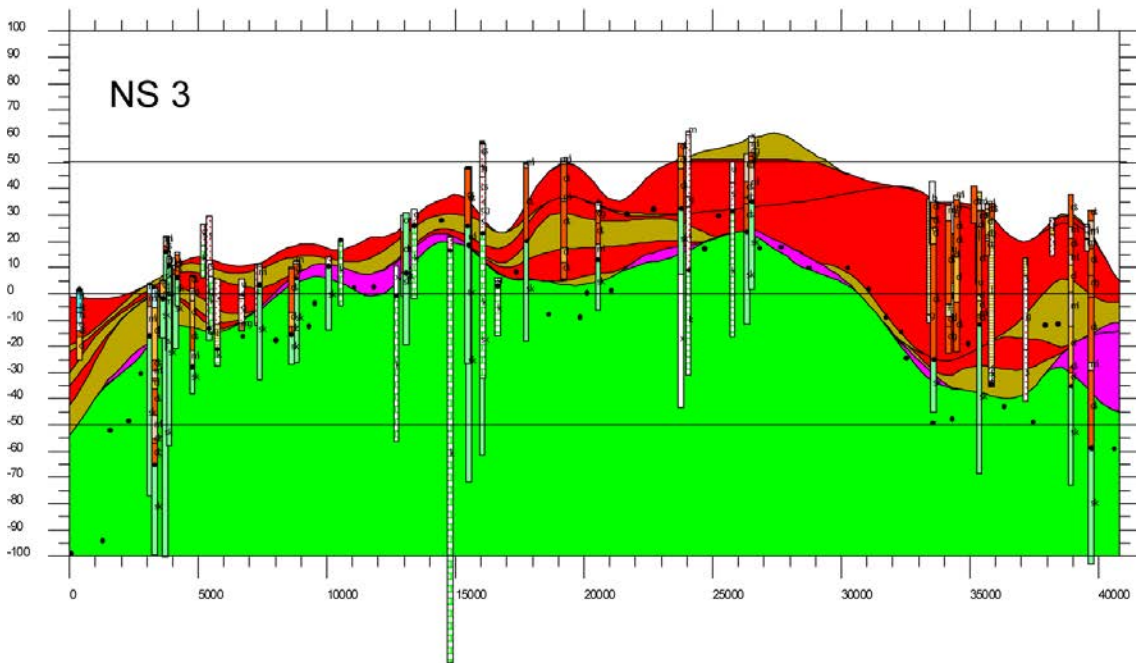
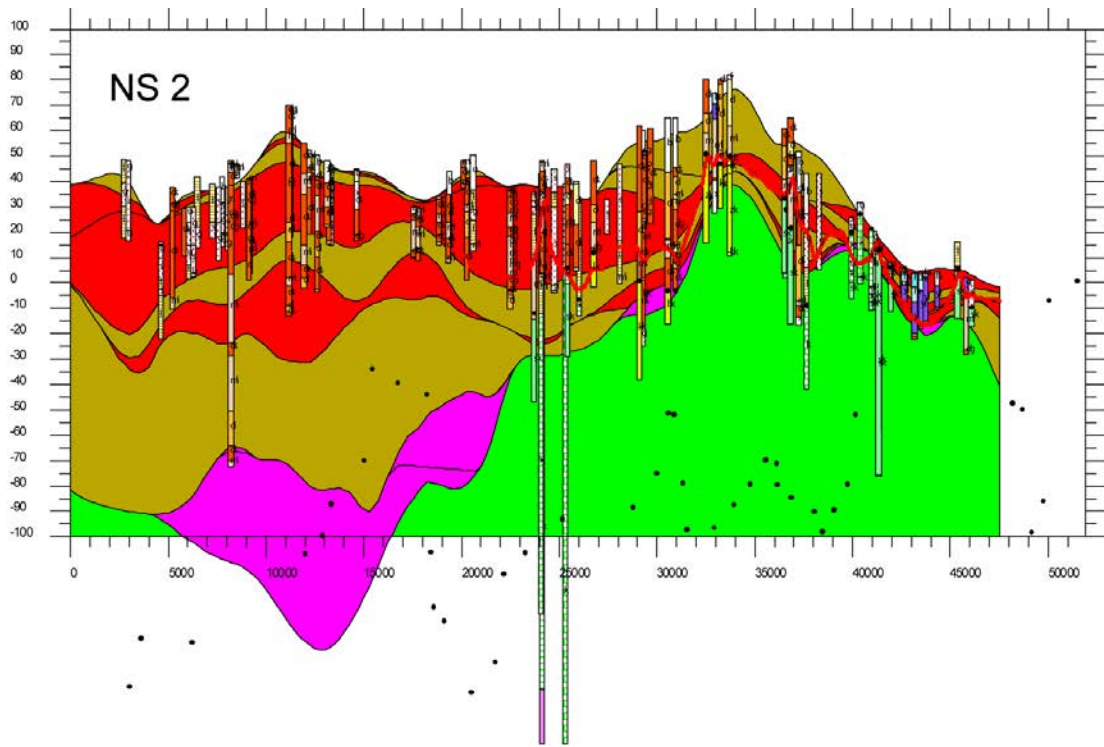


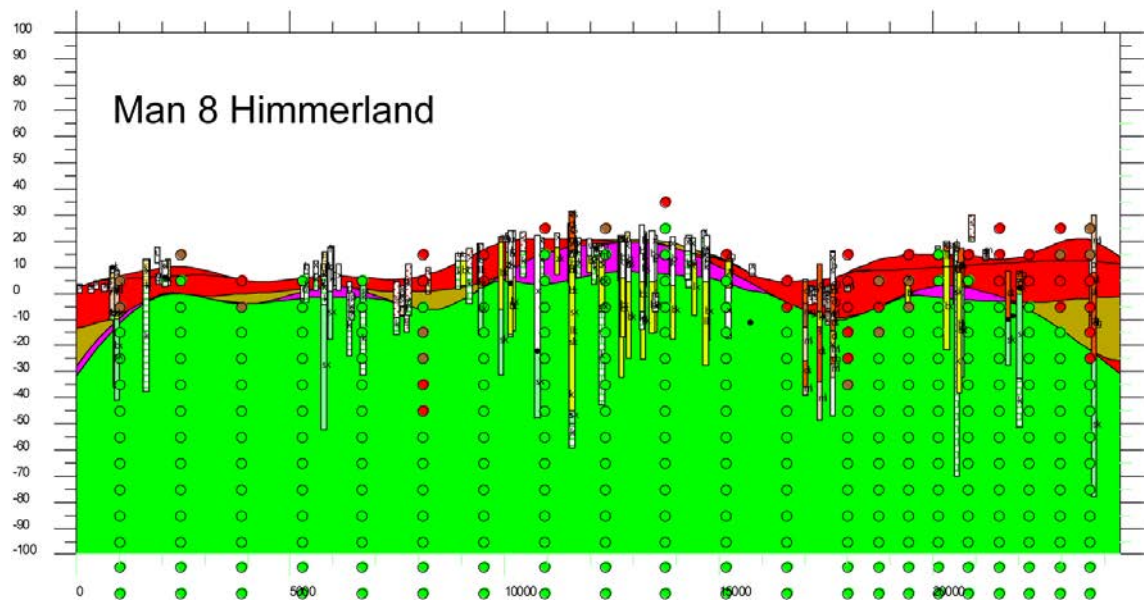
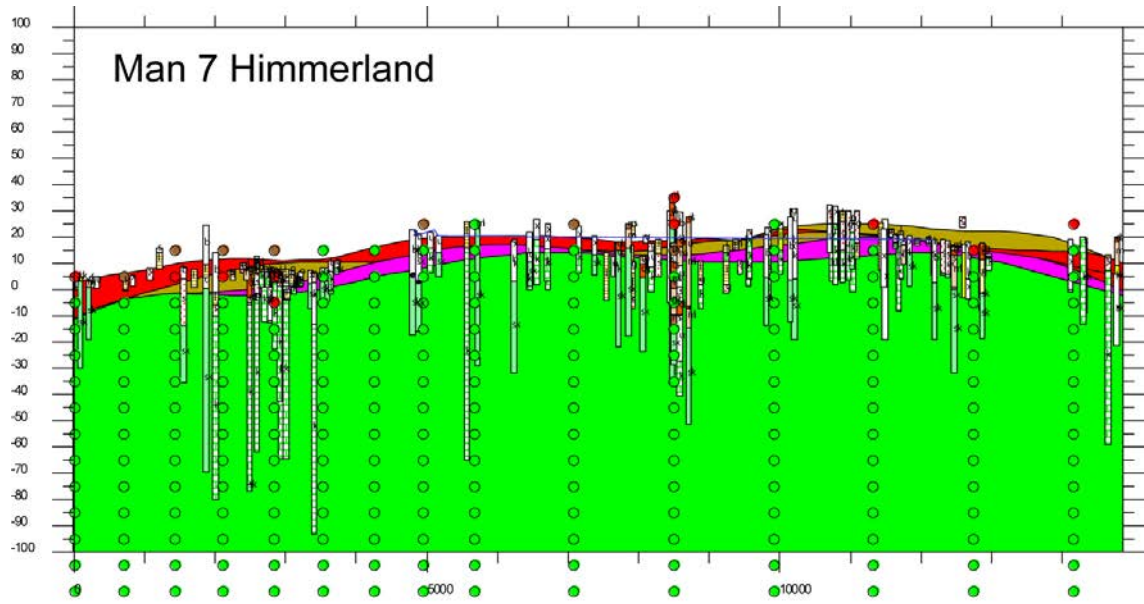


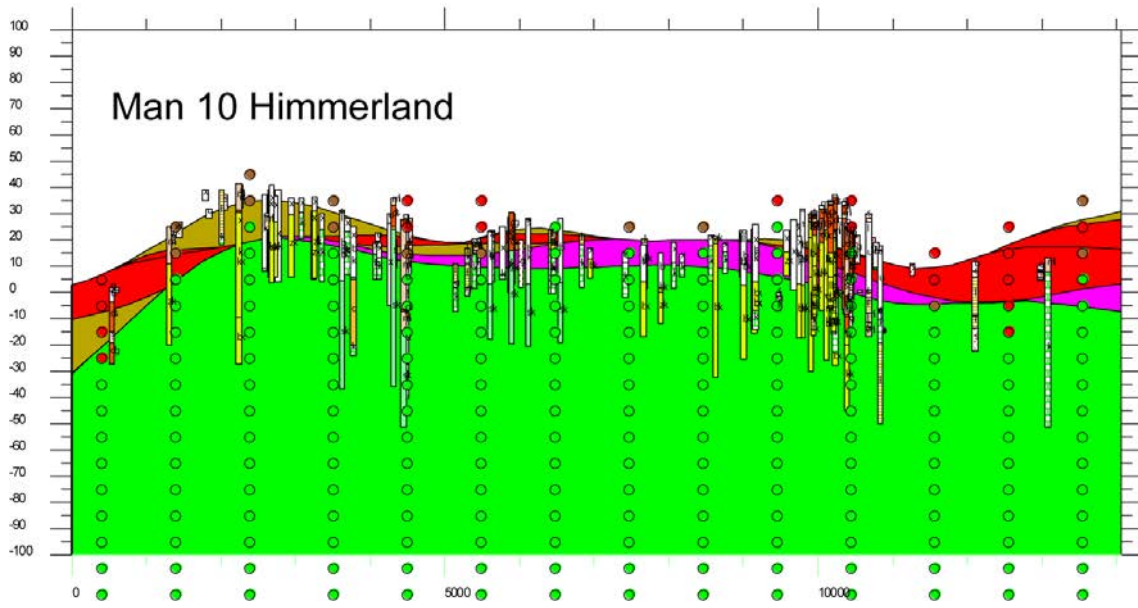
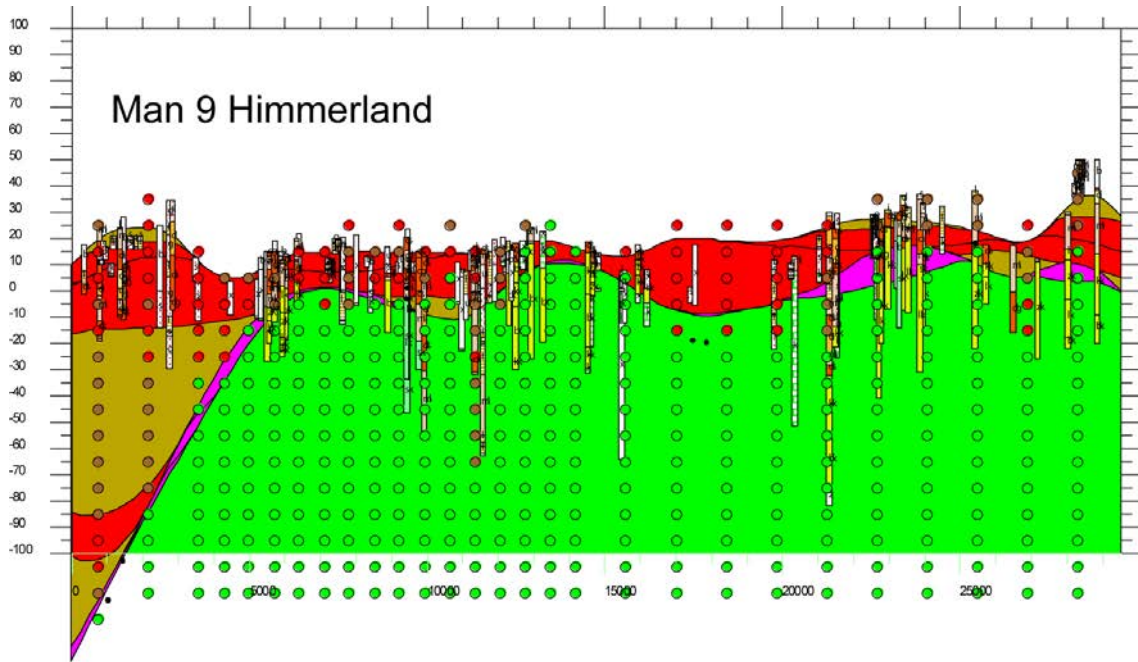


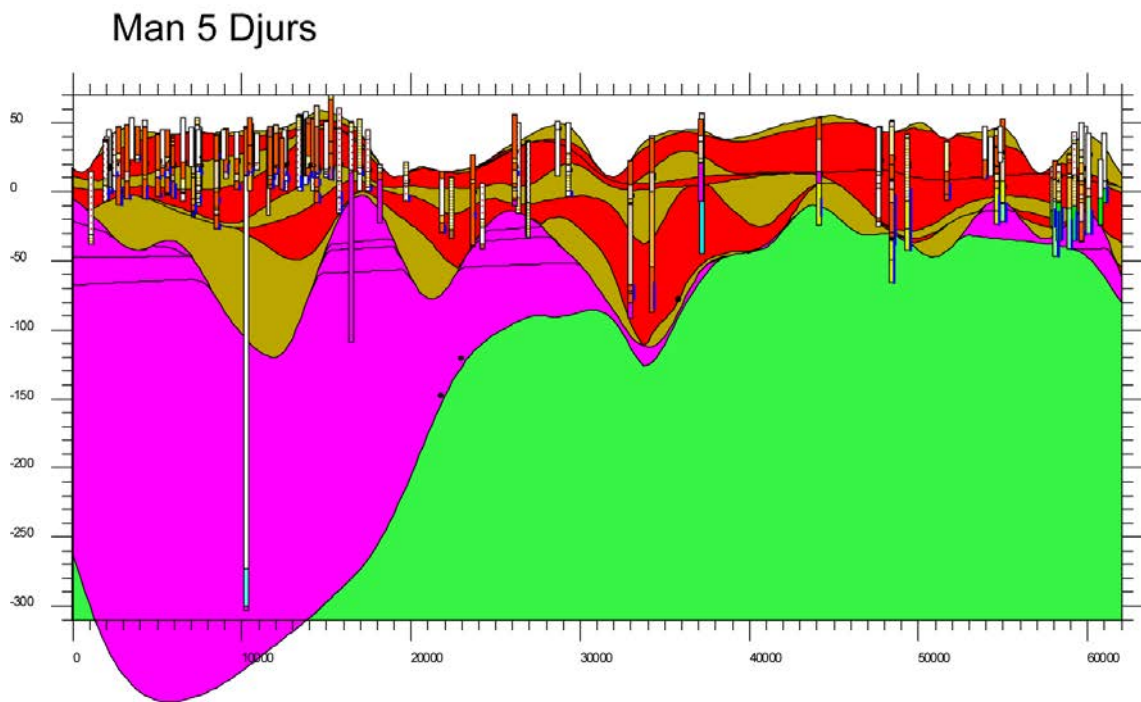
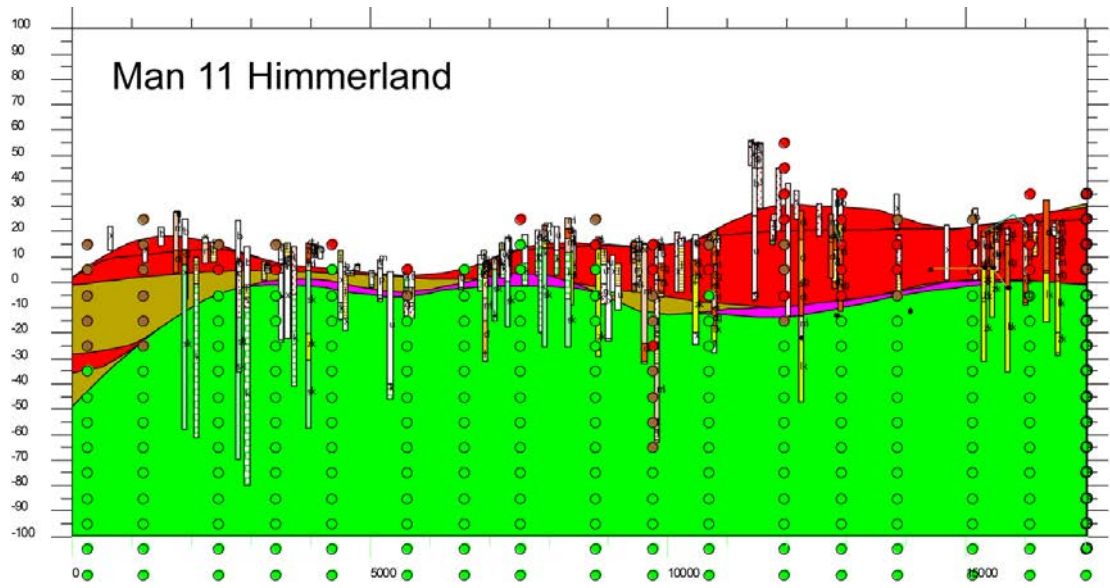




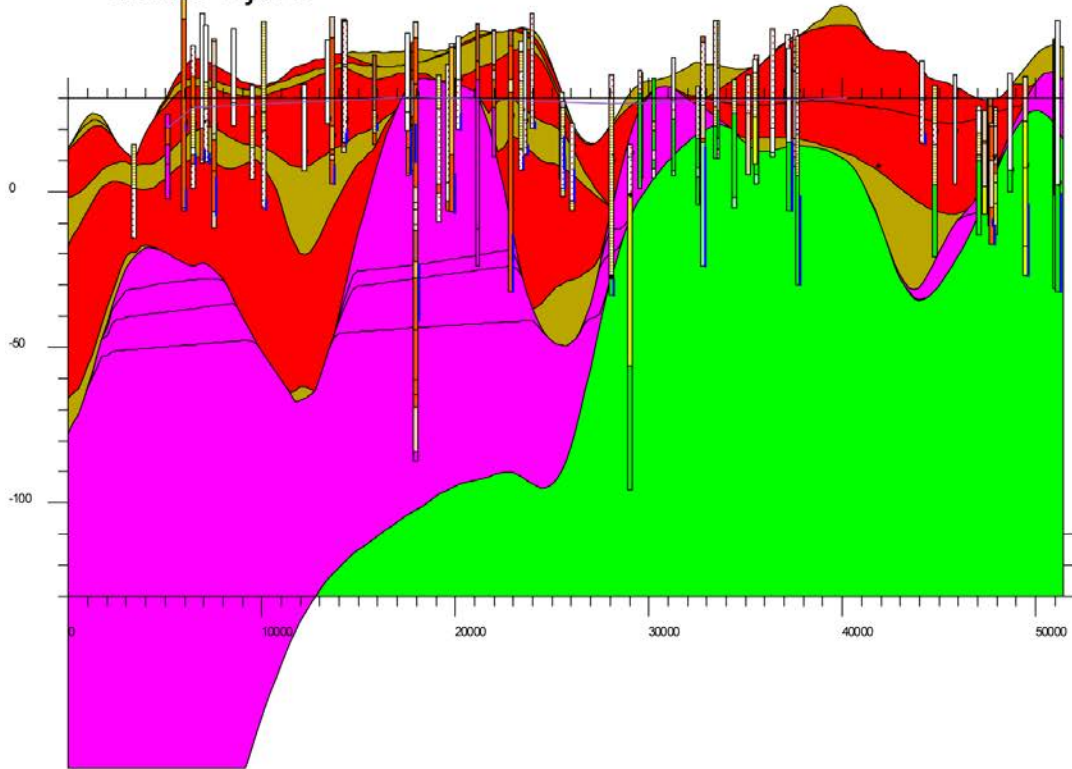




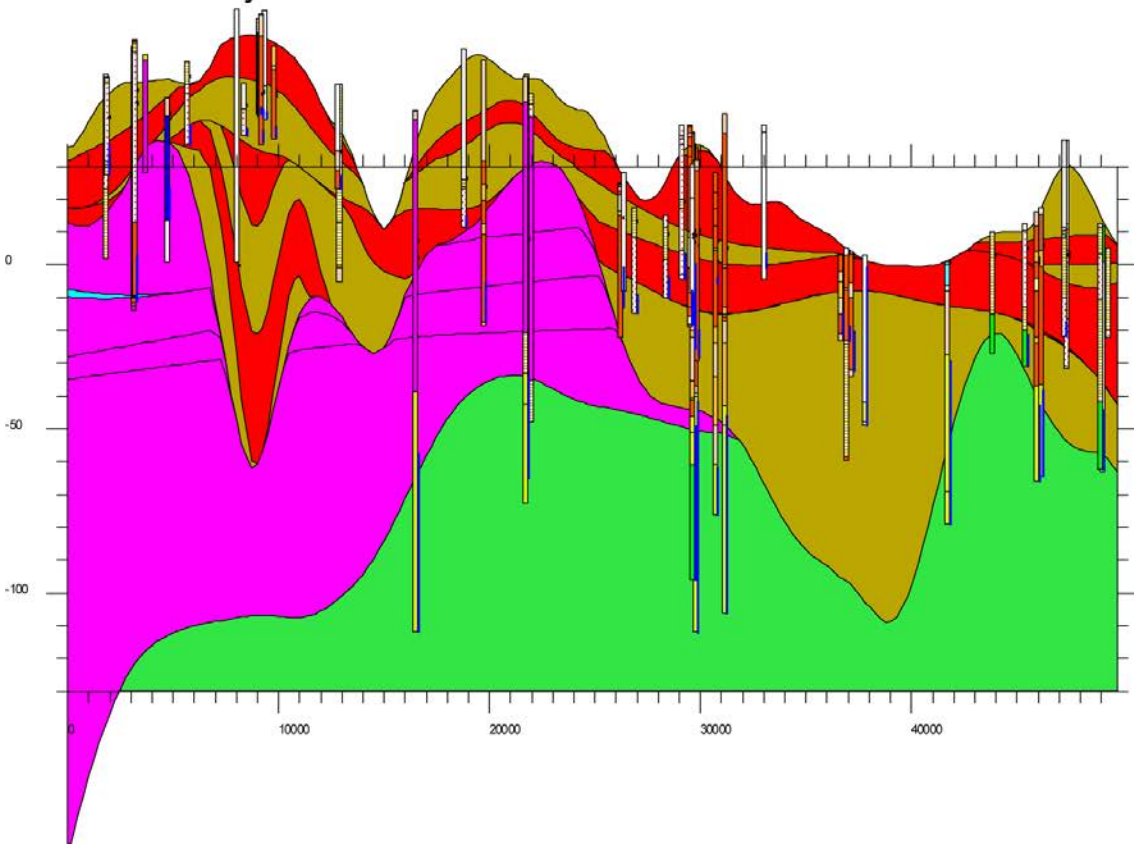




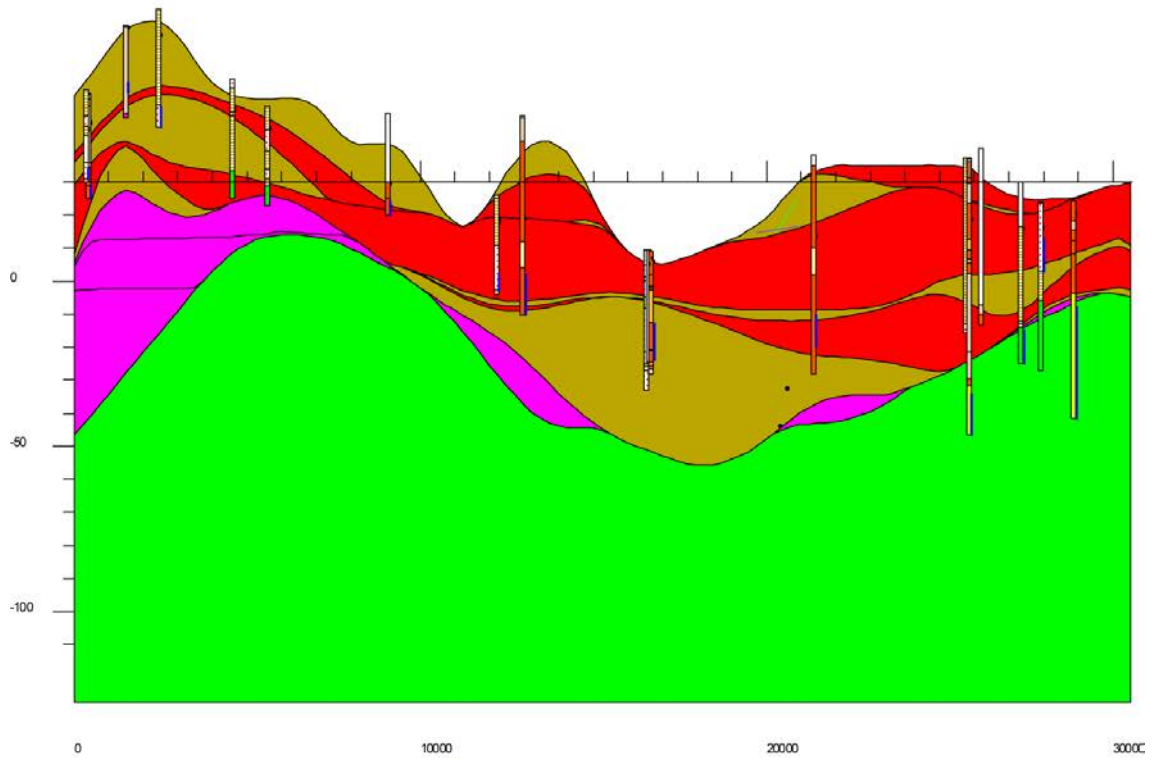
Man 6 Djurs



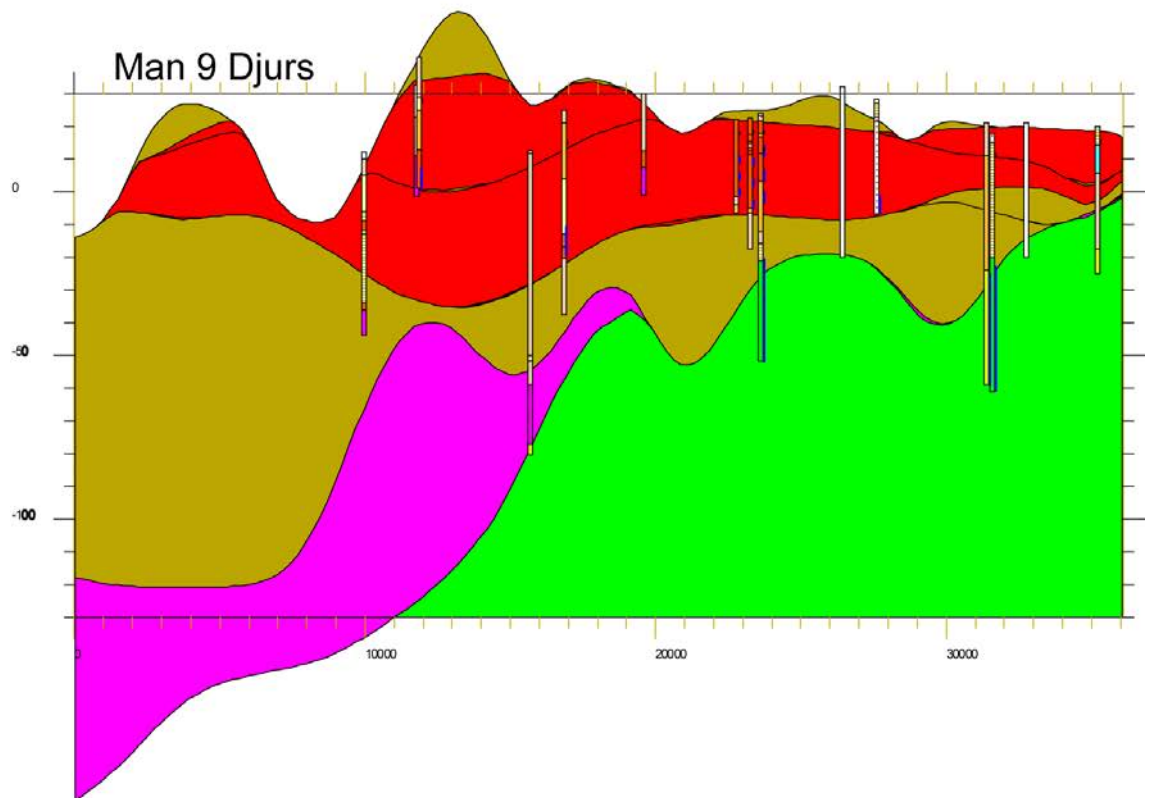
Man 7 Djurs



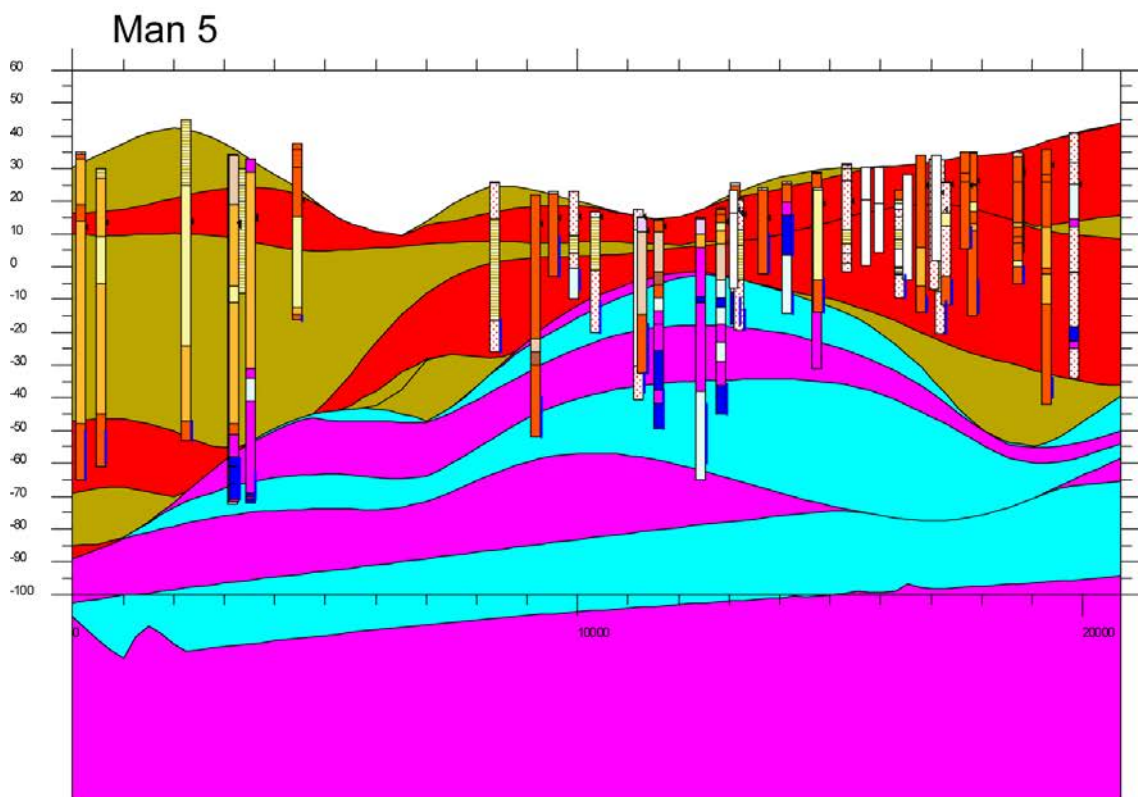
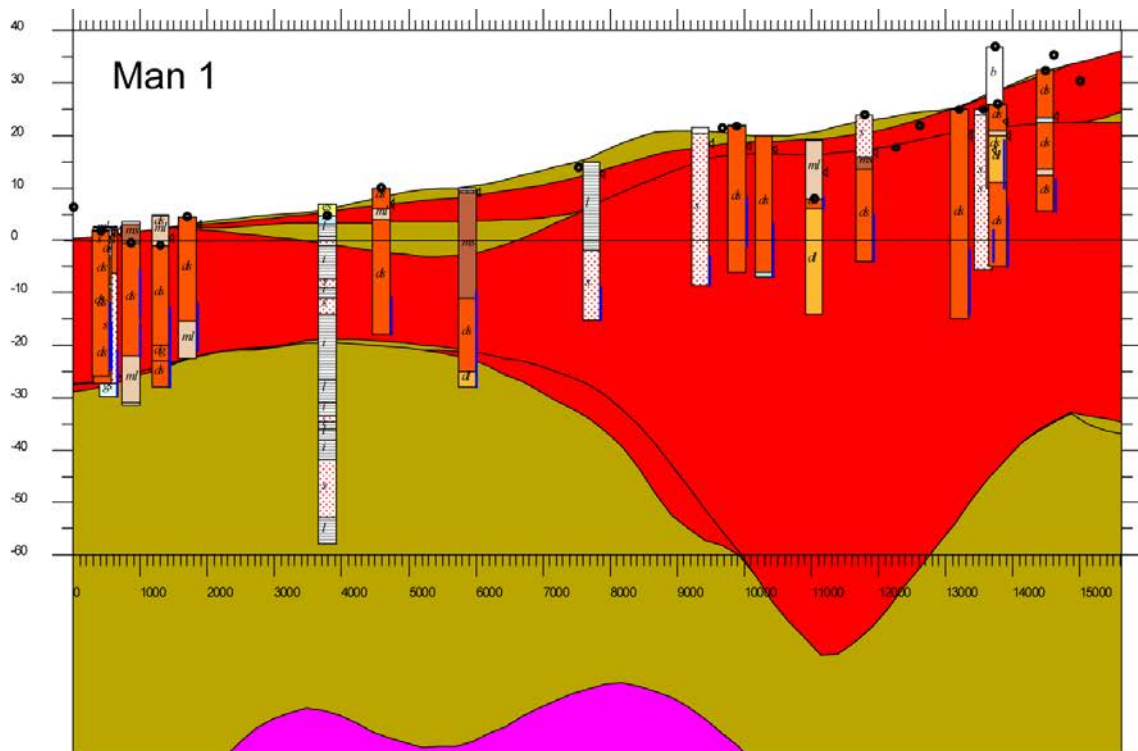
Man 8 Djurs



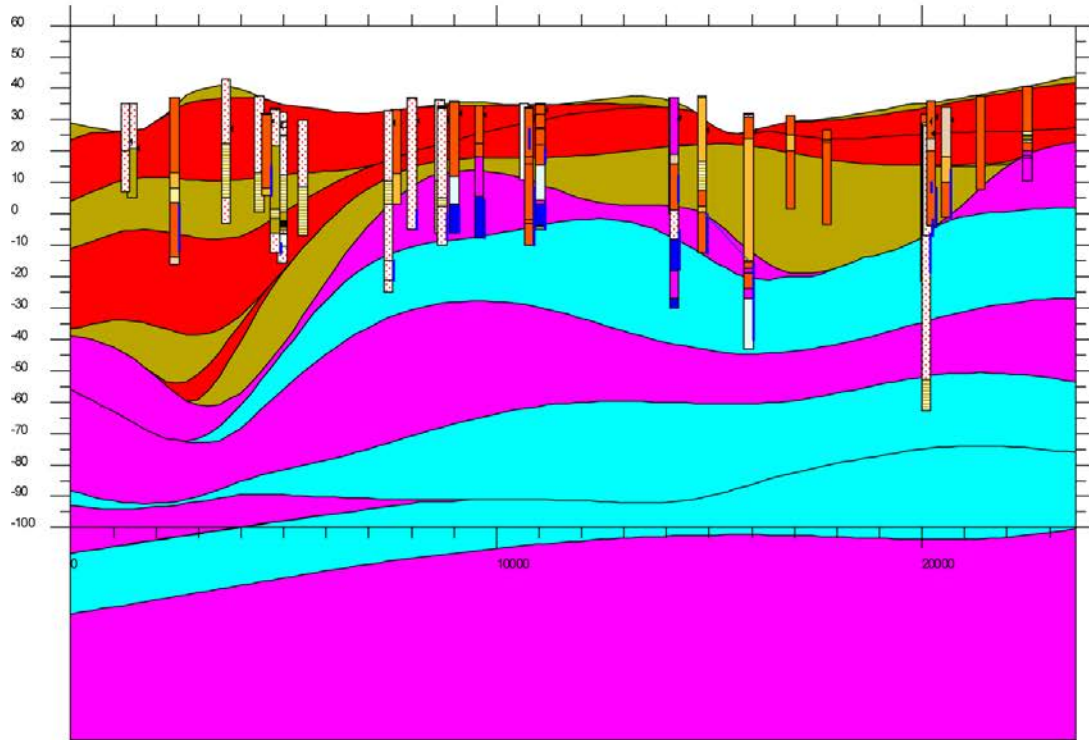
Man 9 Djurs



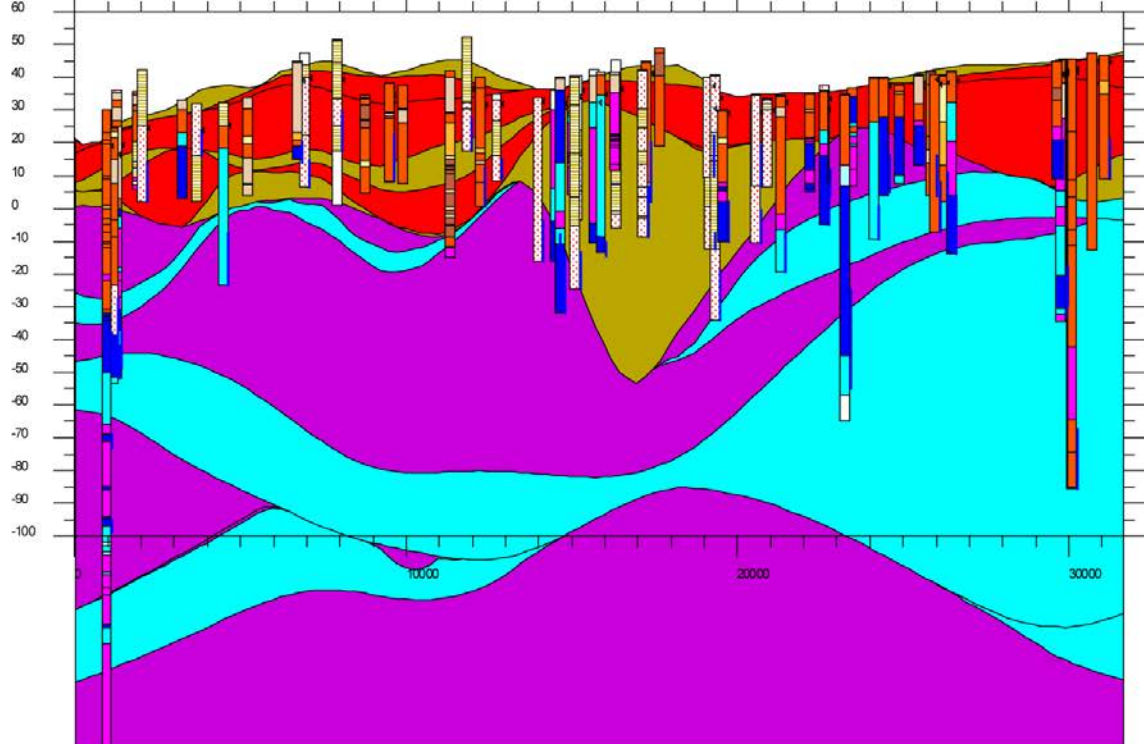
Område III (Skive-Skallingen)



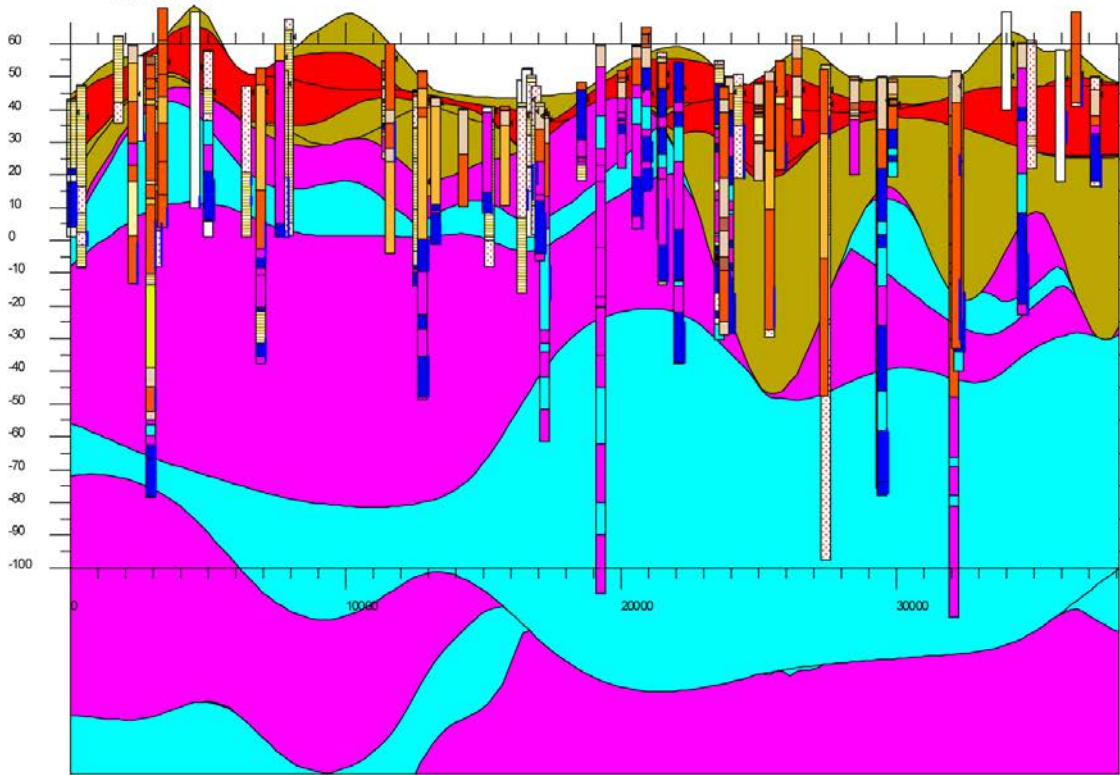
Man 6



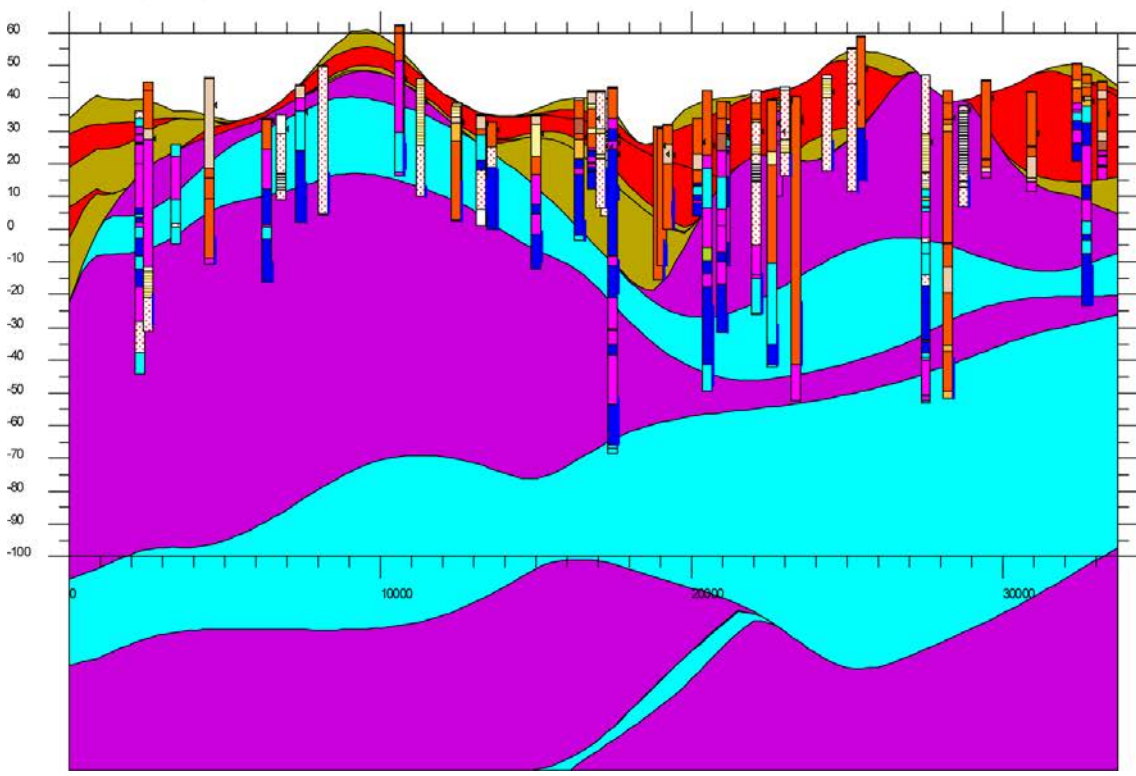
Man 7



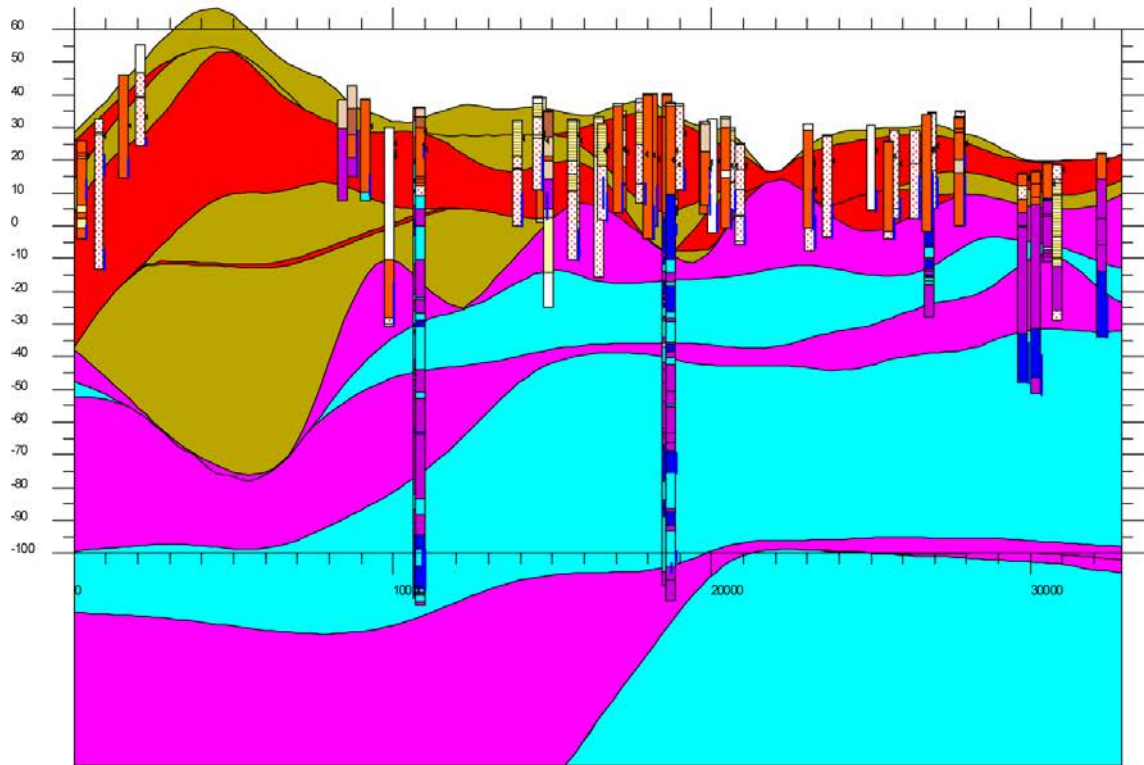
Man 8



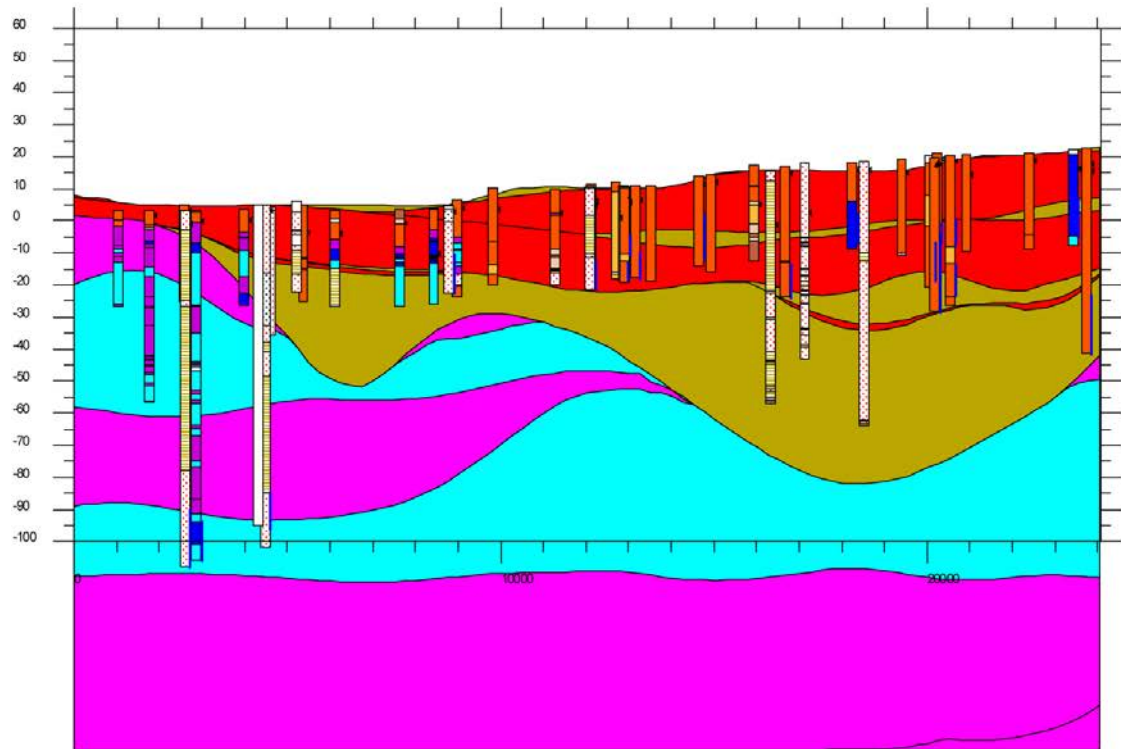
Man 9



Man 10



Man 11



Man 12

