

Afgrænsning af grundvandsforekomster

Tredje revision af grundvandsforekomster i Danmark

Lars Trolborg, Brian Lyngby Sørensen,
Margrethe Kristensen & Susie Mielby

Indholdsfortegnelse

1.	Baggrund	3
2.	Datagrundlag	5
3.	Metodik	6
4.	Klassificeringssystem	7
5.	Resultater	9
5.1	Magasin afgrænsninger	9
5.2	Grundvandsforekomst afgrænsninger	10
5.3	Kobling af indtag til grundvandsforekomster	11
5.4	Vurdering af kontakt mellem grundvandsforekomster og overfladevandssystemet .	15
6.	Anbefalinger	18
7.	Referencer	19
Appendix A	Temaer med grundvandsforekomster	20
Appendix B	Indtagstilknytning	29
Appendix C	Indvindingsindtag	38
Appendix D	Rutine for grundvandsforekomstafgrænsning	43
Appendix E	Procedure for vurdering af kontakt mellem grundvandsforekomster og overfladevand	46

1. Baggrund

Til første generation vandplaner udpegede amterne i forbindelse med basisanalysens første del udpeget lidt under 2000 grundvandsforekomster, hvilket i basisanalysens anden del blev revideret første gang med en yderligere opdeling af forekomster i to Amts områder, således at det samlede antal endte på lidt over 2000 grundvandsforekomster. Efter 2. revision af grundvandsforekomster, som blev iværksat i 2006 af Miljøstyrelsen i forbindelse med Amternes lukning og gennemført af COWI (Willumsen et al., 2007), er antallet af grundvandsforekomsterne reduceret til 385, primært opgjort efter 23 hovedoplande dels på baggrund af DK-modellen (version 2003) og dels med udgangspunkt i de tidligere amters afgrænsning af grundvandsmagasiner. Grundvandsforekomsterne var afgrænset via GIS temaer med de enkelte forekomsters udbredelse i fladen, den vertikale afgrænsning var ikke angivet, om end forekomsterne på tabelformat var opdelt i tre niveauer (terrænnære, regionale og dybe forekomster) alt efter formodet kontakt til overfladevandssystemet og arealmæssig udbredelse.

Der har været to kerne problemer forbundet med de første revisioner af grundvandsforekomster, dels den manglende vertikale afgrænsning og dels har det efterfølgende været uklart hvordan udpegningsgrundlaget skulle justeres, f.eks. efter nyeste viden fra den statslige afgiftsfinansierede grundvandskortlægning. Den manglende vertikale afgrænsning medførte, at det blev unødigt svært at skabe overblik ift. kvalitativ tilstand pga. at kobling til Jupiterdatabasen (f.eks. information om boringers indtag / vandkemi) ikke har kunnet automatiseres, samtidigt med at det blev unødigt svært at relatere forekomsterne til hydrologiske modeller og hermed også at gennemføre en vurdering af de enkelte forekomsters kvantitative tilstand.

COWI pegede selv ifm. afrapporteringen af 2. revision på flere problemer, der primært var knyttet til datagrundlaget og anbefalede i sammen ombæring dels at der specielt skulle arbejdes videre med de terrænnære forekomster, som i 2. revision var homogene arealer afgrænset af de 23 hovedoplandene, dels at forsøge at beskrive laggrænser for de enkelte forekomster evt. med udgangspunkt i DKmodellen eller korreleret til mere detaljerede regionale modeller og dels at foretage en general revision af forekomsterne når DKmodellen var opstillet for hele landet (DKmodellen for Jylland manglede lagbeskrivelser på daværende tidspunkt).

Den landsdækkende DK-model anvendes i flere sammenhænge, både i vandplaner (modelstrategi), GRUMO overvågning og grundvandskortlægning. Modellen er også blevet anvendt i forbindelse med vurderingen af grundvandsforekomsternes kvantitative tilstand i første generations vandplaner. Grundvandsforekomsterne kan derfor med fordel udarbejdes med baggrund i DK-modellen som datamæssig ramme til justering og udpegning af grundvandsforekomsterne. Grundvandsforekomsterne bør på sigt opdateres med den nyeste viden, der bl.a. fremkommer gennem den statsligt afgiftsfinansierede grundvandskortlægning frem mod næste planperiode.

Nærværende tredje revision af grundvandsforekomster har taget udgangspunkt i en GIS-analyse af geologien som den ligger i DK-modellen (herefter kaldet "DKM-geologi"). Der er udviklet en procedure for udnyttelse af DKM-geologien til fremtidig opdatering af grundvandsforekomst afgrænsninger, i det omfang DKM-geologien bliver opdateret f.eks. med viden fra den statslige grundvandskortlægning eller kommuner/vandselskabers geologiske viden om lokale forhold.

Der er taget udgangspunkt i magasinernes fysiske afgrænsning i DKM-geologien, og i modsætning til tidligere revisioner er der ikke foretaget en underopdeling i forhold til hovedvandoplandsgrænserne. En afgrænsning ud fra hydrologeologiske forhold sikrer, at den samlede påvirkning af grundvandsforekomsten kan håndteres også i forhold til påvirkninger der geografisk er placeret i et andet hovedopland. Niveauopdeling/typologisering af grundvandsforekomsterne følger DK-modellens hydrostratigrafi (www.vandmodel.dk), hvilket medfører fire niveauer for det kvartære og fem niveauer for det prækvartære for hele Danmark på nær Bornholm hvor opdelingen følger seks hydrostratigrafiske enheder på tværs af kvartæret og prækvartæret. For hver grundvandsforekomst er der desuden lavet en analyse af afstand og areal i kontakt til overfladevand samt potentiel kontakt til terrestriske naturtyper. På basis af grundvandsforekomsternes tredimensionelle udbredelse er der efterfølgende knyttet grundvandsforekomsternes ID til indtag i Jupiter, således at der er etableret link mellem indtag og grundvandsforekomster til forbedring af udtræk direkte fra Jupiter databasen.

2. Datagrundlag

I nærværende revision af grundvandsforekomster anvendes DKM-geologien som datamæssig ramme til justering og udpegning af grundvandsforekomsterne. DKM-geologien er siden COWI revisionen af grundvandsforekomster i 2007 (Willumsen et al., 2007) blevet lagmæssigt forfinet til 100x100m² grid og geologisk detaljeret med data fra lokale modeller bl.a. flere modeller opstillet i forbindelse med den statslige grundvandskortlægning.

Der tages udgangspunkt i DK-modellens geologiske status efteråret 2013:

- DKM område 1 og 2 (Sjælland, Lolland, Falster og Møn), der benyttes den geologiske model som blev kvalitetssikret i forbindelse med NST Roskilde KS projektet afsluttet i 2012 (Bitsch et al., 2012).
- DKM område 3 (Fyn og øerne), der benyttes release version 2009 (Troldborg et al., 2010), med den tilføjelse at modellen er opdateret med GKO modeller fra Odense Vest og Odense Syd, samt en mindre GEUS model for Lillebæk.
- DKM område 4, 5, 6 og 7 (Jylland og Bornholm), der benyttes release version 2009 (Kidmose et al., 2011) med den tilføjelse at modellen er opdateret med en mindre GEUS model for Silkeborg området.

Modellerne for de enkelte underområder er indlagt i GEUS modeldatabase med følgende modeldatabase ID (Tabel 1).

Tabel 1 Modeldatabase ID for de anvendte modeludgaver til denne GVF revision

Område	GEUS-modeldatabase ID
Bornholm	333 - dkmb_gvf_092013
Fyn	334 - dkmf_gvf_082013
Sjælland	339 - dkms_gvf_062013_v2
Jylland	343 - dkmj_gvf_102013

3. Metodik

Der tages i denne revision af grundvandsforekomsterne udgangspunkt i de vandførende enheders fysiske afgrænsning (3D) og kontakt og kun i begrænset omfang hovedvandopland afgrænsninger. Magasin afgrænsningen udgør hjørnestenen i grundvandsforekomst afgrænsningen. En grundvandsforekomst er defineret som en administrativ enhed afgrænset af et eller flere magasiner. Hvorvidt en grundvandsforekomst skal bestå af et eller flere magasiner afklares via en GIS analyse af magasinerne hydrauliske kontakt og af magasinernes arealmæssige udbredelse.

Den 3 dimensionale afgrænsning af magasinerne anvendes efterfølgende i en GIS analyse, dels til afklaring af potentiel hydraulisk kontakt til overfladevands elementer (vandløb, søer, vådområder) og dels til at knytte viden fra Jupiter databasen til de enkelte magasiner og grundvandsforekomster via boring/filter placering.

Nærværende GIS analyse af DKM geologi, overfladevandstemaer og Jupiter databasen indeholder følgende elementer:

1. Afgrænsning (3D) af vandførende enheder (magasiner) ud fra DKM geologi (tykkelser af vandførende enheder og deres hydrauliske egenskaber). Alle magasiner får tildelt et unikt magasin ID pr DKM område (DKMJ: Jylland; DKMF: Fyn og øerne; DKMS: Sjælland, Lolland, Falster og Møn; DKMB: Bornholm)
 - a. Efterbearbejdning af meget store enkelt magasiner og afgrænsningen af kalk magasiner, som kompensation for mangelfuld information i DKM geologien.
 - b. Efterbearbejdning/afgrænsning af magasiner i områder uden DKM geologi
2. Dannelse af grundvandsforekomster og tildeling af unikt GVF ID
 - a. Afklaring af vertikal hydraulisk kontakt mellem de resterende afgrænsede magasiner ud fra DKM geologi.
 - b. Kobling af magasiner med hydraulisk kontakt til selvstændige grundvandsforekomster. Koblede magasiner tildeles unikt GVF ID
 - c. Forekomster med flere magasiner der hver især har meget stor selvstændig arealmæssig udbredelse underopdeles i grupper af forekomster og tildeles unikt GVF ID
 - d. Gruppering af isolerede magasiner med begrænset udbredelses areal (herunder småøer) til en grundvandsforekomst pr. hydrostratigrafisk enhed pr. hovedvandopland. Tildeling af unikt GVF ID pr magasin gruppe.
 - e. Resterende isolerede magasiner (enkelt magasiner med stor udbredelse) tildeles unikt GVF ID
3. Kobling mellem borings indtag i Jupiter til grundvandsforekomster
 - a. Associering af alle borings filtre fra Jupiter til DKM hydrostratigrafi v.hj.af Indtagsmodellen (Mielby et al., 2009)
 - b. Tildeling af magasin ID til borings filtre via GIS analyse af tæthed mellem boringsplacering og magasin afgrænsning (GIS analyse pr. DKM hydrostratigrafisk lag)
 - c. Tildeling af unikt GVF ID ud fra magasin ID pr Jupiter filter

4. Analyse af potentialet for kontakt mellem grundvand og overfladevand (se evt. Appendix E for nærmere beskrivelse af pkt. a-c)
 - a. Bestemmelse af arealer med lille afstand mellem terræn og hydrostratigrafiske lag i DK-modellen.
 - b. Afgrænsning af overlappende arealer med lille afstand til DK-model hydrostratigrafi og områder afgrænset som magasiner
 - c. Opgørelse pr magasin ID af fællesarealet af overfladevands elementer (vandløb, søer og vådområder) og områder indenfor magasinerne med lille afstand til terræn

I forhold til afgrænsning af magasiner (pkt 1) er der foretaget tre delvist administrative valg. Dels er der kun udpeget magasiner i områder hvor den (kalibrerede) transmissivitet i DK-modellen er over en given T cut-off værdi (alle magasin lag for Jylland og Bornholm, og kalken på Sjælland, Lolland, Falster og Møn samt Fyn og øerne), dels er der anvendt et krav om at selve magasin tykkelsen skal være mere end 3 meter og dels er der anvendt et krav om at de mindste magasin arealer der arbejdes med er 25 ha. T Cuf-off værdien er anvendt dels for at honorere at den geologiske heterogenitet indenfor de enkelte lag er beskrevet med voxler for Jylland og Bornholm, og dels for at honorere at den hydrogeologiske heterogenitet i kalken for Sjælland, Fyn og øerne er beskrevet via transmissivitets fordelinger (og konstant lagtykkelse).

Kravene om magasin tykkelse og arealmæssig udbredelse er besluttet dels ud fra en vurdering af kvaliteten af datagrundlaget, hvor det for meget små tykkelser må antages usandsynligt at der ligger en bevidst geologisk tolkning til grund for at de optræder i den geologiske model, dels ud fra en modelteknisk vurdering af mindste repræsentative enheder i DK-modellen med et arealer mindre end 5x5 celler i den geologiske model (cellestørrelse på 1 ha) svarende til et beregningsgrid i DK-modellen (500x500m²) og dels ud fra en pragmatisk vurdering af antallet af og sammenhængen mellem magasinerne (meget lille afstand).

Efterbearbejdningen af magasinerne (1.a og 1.b) består dels af indlæggelse af flere småøer som ikke er omfattet af DK-modellen på nuværende tidspunkt med Anholt og Læsø som de to største. Desuden er der gennemført en revision af kalk magasinerne, som følge af mangelfuld information om transmissivitets fordeling i DK-modellen, på grundlag af kortmateriale af de Prækvarære grundvandsreservoirer udarbejdet af Peter Gravesen og Flemming Larsen i forbindelse med arbejdet på en rapport om Danmarks fremtidige vandforsyning (Miljøstyrelsen 1992). Endeligt har den kvalitative gennemgang af de ti største enkelt-magasiner muliggjort en opsplitning af disse til flere mindre magasiner med relativ dårlig kontakt som ikke umiddelbart blev identificeret ved den automatiserede procedure.

Under dannelse af grundvandsforekomster er den hydrauliske kontakt mellem magasiner (pkt. 2a) vurderet sandsynlig såfremt der er mindre end 3 meter aquitard mellem magasinerne og at det overlappende magasin areal er på minimum 50 ha.

I Appendix D findes en kort beskrivelse af proceduren for magasin afgrænsning og grundvandsforekomst dannelse.

4. Klassificeringssystem

Som ved tidligere udpegninger af grundvandsforekomster skal de også denne gang danne basis for indberetninger til EU af vandplanerne og er dermed underlagt et klassificeringssystem med specificerede krav. Klassificeringssystemet indeholder krav om, at alle grundvandsforekomster er identificeret med et unik nummer med foranstillet landekode, herudover er der krav om, at forekomsterne skal kunne repræsenteres i et antal GIS-lag med ikke overlappende forekomster indenfor de enkelte lag. I nærværende revision er de enkelte magasiner som forekomsterne består af udpeget lagvis, hvilket klassificeringsmæssigt har den fordel at forekomsterne samtidigt kan repræsenteres med et antal GIS lag (svarende til lagfølgen i DKM), hvor forekomsterne samtidigt ikke overlapper hinanden i de enkelte lag.

For hver enkelt magasin er der angivet et tilhørende grundvandsforekomst ID, som er sammensat af DK angivelse, hovedopland nr., DKM områder og et fortløbende grundvandsforekomst nummer, f.eks. DK_1.7_456_137, for grundvandsforekomst nr. 137 udpeget i område 456 dækkende Jylland i hovedopland 1.7 (i Danmark). Herudover er der tilknyttet information om hvilket hydrostratigrafisk lag i DKM magasinet kan henføres til (f.eks. KS2 for kvartært sand lag nr. 2 – hvilket svarer til øvre primære magasinlag i kvartæret i DKM sammenhæng), samt information om hvilken version af DKM der er anvendt, f.eks. 343 - dkmj_gvf_102013 svarende til unikt ID i GEUS Modeldatabase for DK-model Jylland version fra oktober 2013.

5. Resultater

5.1 Magasin afgrænsninger

Der er ved nærværende revision afgrænset i alt 2771 magasiner. Mere end 80% af magasinerne ligger i de øverste kvartære sandlag, mens de 10 største enkelt magasiner alle ligger i Jylland. Tabel 2 opsummerer antal og størrelser af afgrænsede magasiner. DKMlag med angivelserne blag* ligger alle på Bornholm, hvor magasinerne ofte ligger i forkastede blokke af prækvartær oprindelse. DKMlaget ks1-ks2-ks3 stammer fra en magasin tilføjelse fra en af øerne hvor DKM-geologien ikke arealmæssigt dækker.

Tabel 2 Magasin afgrænsninger pr. DKM hydrostratigrafisk lag

DKMlag	antal magasiner	Gennemsnit areal [ha]	samlet areal [ha]	Std.afv. Areal [ha]
blag1	31	138	4266	179
blag2	36	1245	44820	6147
blag3	27	279	7533	614
blag4	13	1023	13302	2839
blag5	10	1493	14928	4055
blag6	10	1327	13266	3433
ks1	955	1065	1016631	8546
ks1-ks2-ks3	2	1746	3491	602
ks2	645	3298	2127334	18153
ks3	558	1662	927346	6420
ks4	77	1643	126540	6575
ps1	88	7954	699953	28604
ps2	36	17689	636815	101674
ps3	11	15342	168764	37570
ps4	38	3268	124177	15204
dk1	174	8388	1459597	27882

BlagX= lagenheder på Bornholm; ksX= kvartære sandlag; psX= prækvartære sandlag; dk1= kalk/kridt

5.2 Grundvandsforekomst afgrænsninger

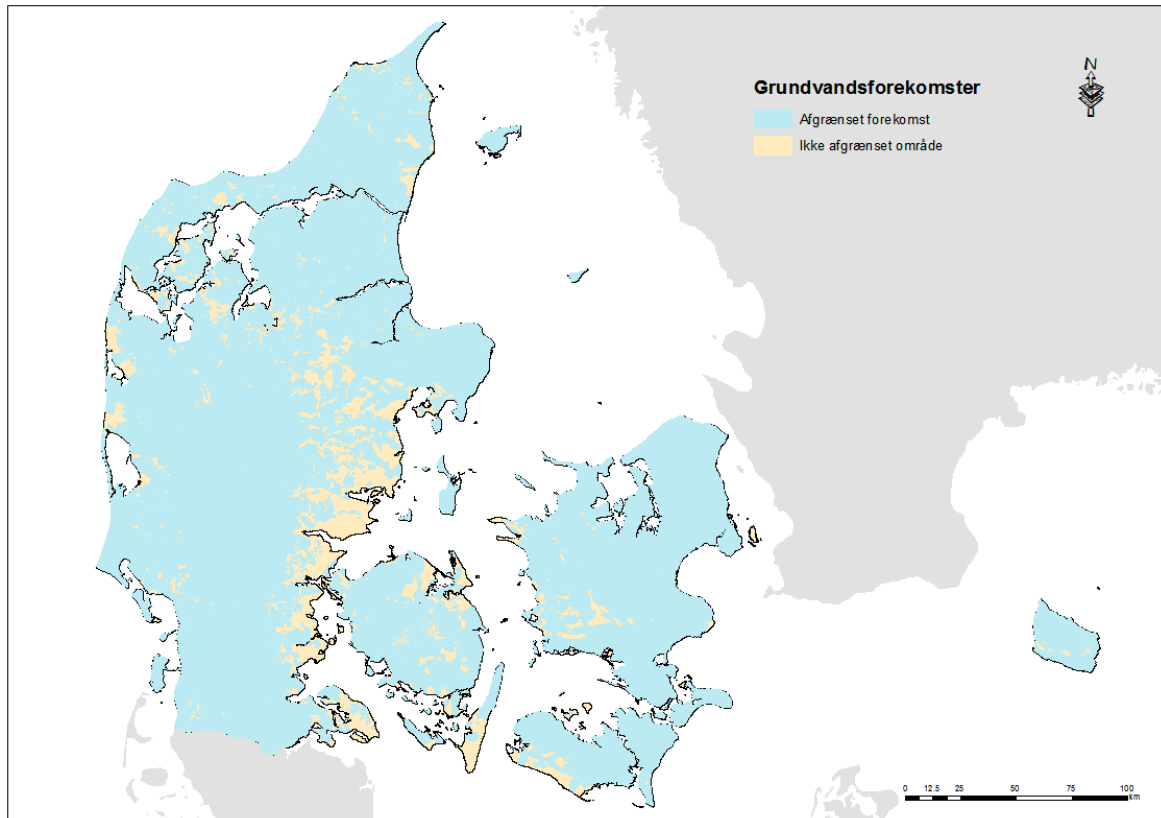
Alle magasiner med tilhørende forekomst ID er samlet i en GIS tabel, som er vedlagt i datamaterialet til denne rapport (.data/DKMGVF_data2014.gdb/dkm_gvf). Tabellen indeholder en række yderligere informations felter med data om kobling til overfladevandssystemet, kobling til Jupiter indtag, osv., men i modsætning til tidligere er de enkelte forekomster ikke stedspecifikt navngivet denne gang. Beskrivelse af de enkelte felter kan ses af Tabel 3 .

Tabel 3 Datafelter og eksempel værdier fra grundvandsforekomst tabel (DKMGVF_data2014.gdb/dkm_gvf)

Felt navn	Type	Forklaring	Eksempel
modedb_id	String	Modeldatabase identifikation	339 - dkms_gvf_062013_v2
GVForekom	String	Grundvandsforekomst ID	DK_2.3_12_405
GV_Magasin	String	Magasin ID	extra_038
GV_dkmlag	String	Hydrostratigrafisk lagnavn	dk1
Kontakt	Short	antal overflade elementer med kontakt til grundvandsforekomsten	0
GV_Type	String	administrativ gruppe navn	dyb
RevisionKS	String	kommentar felt	preq magasin med begrænsede/lokale vandforende egenskaber, KS revision april /ltr@geus.dk
MagHVO	String	Magasin hovedvandopland nummer	2.3
vp13u2Vandlb	Float	Antal m vandløb med direkte kontakt til magasinet	14613
vp13u2Soer	Float	Antal m ² sø areal med direkte kontakt til magasinet	221750
AisVaad	Integer	Antal m ² vådområde areal med direkte kontakt til magasinet	29119
IndtagGVF	Integer	Antal indtag tilknyttet grundvandsforekomsten	137
IndtagMAG	Integer	Antal indtag tilknyttet magasinet	56
GRUMOGvf	Short	Antal Grumo indtag tilknyttet grundvandsforekomsten	0
GRUMOMag	Short	Antal Grumo indtag tilknyttet magasinet	0
Shape_Length	Double	Magasin omkreds [m]	36027
Shape_Area	Double	Magasin areal [m ²]	29733484
dkmnr	Integer	Dkmodel områder	12

Der er afgrænset i alt 402 grundvandsforekomster, af disse strækker 166 sig over mere end et hydrostratigrafisk lag. Grundvandsforekomsterne består typisk af mere end et magasin, 282 af grundvandsforekomsterne består af fem eller færre magasiner, mens 70 af grundvandsforekomsterne består af

mere end 10 magasiner. Grundvandsforekomsten med flest magasiner (DK_1_456_59) er sammensat af 100 små kvartære sand magasiner beliggende i det øverste hydrostratigrafiske lag på Sjælland. Samlet set dækker de afgrænsede grundvandsforekomster det meste af landet (Figur 1). Områderne øst for hovedopholdslinjen, dækkende Østjylland, Fyn, Sjælland og øerne, har mange ikke sammenhængende magasiner i kvartæret, men det meste af Sjælland, Djursland og området omkring Limfjorden her desuden gangske store sammenhængende forekomster i Prækvartæret, hvorfor specielt det østjyske område af figuren fremstår lidt anderledes end den resterende del af landet. For mere detaljeret oversigt over afgrænsede grundvandsforekomster pr. lag henvises til Appendix A.



Figur 1 Udbredelse af afgrænsede og ikke-afgrænsede områder med grundvandsforekomster

5.3 Kobling af indtag til grundvandsforekomster

Koblingen af DKM-geologi og Jupiter databasen er i første omgang gennemført for alle indtag i Jupiter. Proceduren er at DKM-geologien uploades til modeldatabasen hvorefter "Indtagsmodellen" afvikles (Mielby et al., 2009). Indtagsmodellen danner maskinelt en kobling af filter placering og lagenheder (hydrostratigrafiske lag i DKM-geologien). Herefter gennemføres der en GIS analyse af magasinafgrænsningerne pr. DKM-lagenhed. Et ekstrakt af resultatet fra Indtagsmodellen er vedlagt i datamaterialet til denne rapport (.data/Resultat_kort_indtagsmodel2013.xlsx), men kan desuden genfindes via login på Indtagsmodellen (<http://geusweb01.geus.dk/indtagsmodel/home.seam>). Materialet indeholder fire tabeller, en for hver DKM område, med information om dgu nr., koordinat-

sætning, lagtilknytning osv., samt et link til Jupiter databasen, så det er muligt at nå boringen direkte fra link i excelarket til Jupiter (se Tabel 4 for beskrivelse af felter).

Tabel 4 Datafelter og eksempel værdier fra indtagsmodel tabel på kort form (Resultat_kort_indtagsmodel2013.xlsx)

FeltID	Forklaring	Eksempel værdier
<i>DguNr</i>	Boringsnavn	165. 14A
<i>Indtagsnr</i>	Indtag nummer (starter nedefra)	1
<i>UtmX</i>	X koordinat euref89, 32N	621621
<i>UtmY</i>	Y koordinat euref89, 32N	6110710
<i>LagNavnLokal-Model</i>	Lagnavn i modeldatabase	dk1
<i>LagNavnDkModel</i>	DKM lagnavn	KAL
<i>Link</i>	Jupiter link til boring	http://geusweb01.geus.dk/indtagsmodel/visindtag.seam?id=791014
<i>vf</i>	Er laget vandførende i modeldatabase	ja
<i>Op_Ned</i>	Er indtaget koblet til et lag over eller under	
<i>Flyttet</i>	Skal indtaget kobles til et andet lag	nej
<i>DKMlag</i>	Lagnavn som indtaget kobles til	KAL
<i>Bjergartsfordeling</i>	Jupiter lithologi langs indtaget	zk: 100%

En opgørelse af de koblede indtag viste at ca. 25% ud af 146.769 indtag ikke umiddelbart kunne kobles til en grundvandsforekomst, og en nærmere analyse af indtag anvendt til indvinding (knyttet til et indvindingsanlæg i Jupiter databasen) viste en tilsvarende tendens. Både med Indtagsmodellen såvel som den efterfølgende GIS analyse er der mulighed for at kompensere dels for mangelfulde Jupiter data og tildels for skala forskelle/model unøjagtighed. I første omgang vurderedes at en vertikal nøjagtighed på 5 meter og en horisontal unøjagtighed på 100 meter ville være acceptabelt i skala/data kompensation i GIS analysen.

En kvalitativ gennemgang af indtag anvendt til grundvandsovervågningen (GRUMO) viste at ca. 350 ud af 1300 GRUMO indtag, som ikke var koblet til en grundvandsforekomst ved den maskinelle gennemgang, kunne knyttes til en grundvandsforekomst gennem manuel bearbejdning under hensyntagen til område specifikke model unøjagtigheder:

1. Unøjagtighed på modellen er noget varierende fra område til område, og specielt for den jyske del af modellen er den vertikale unøjagtigheden stor, op til 20-30 meter må vurderes realistisk. Tilsvarende vurderes det at den horisontale unøjagtighed kan være op til 500-1000

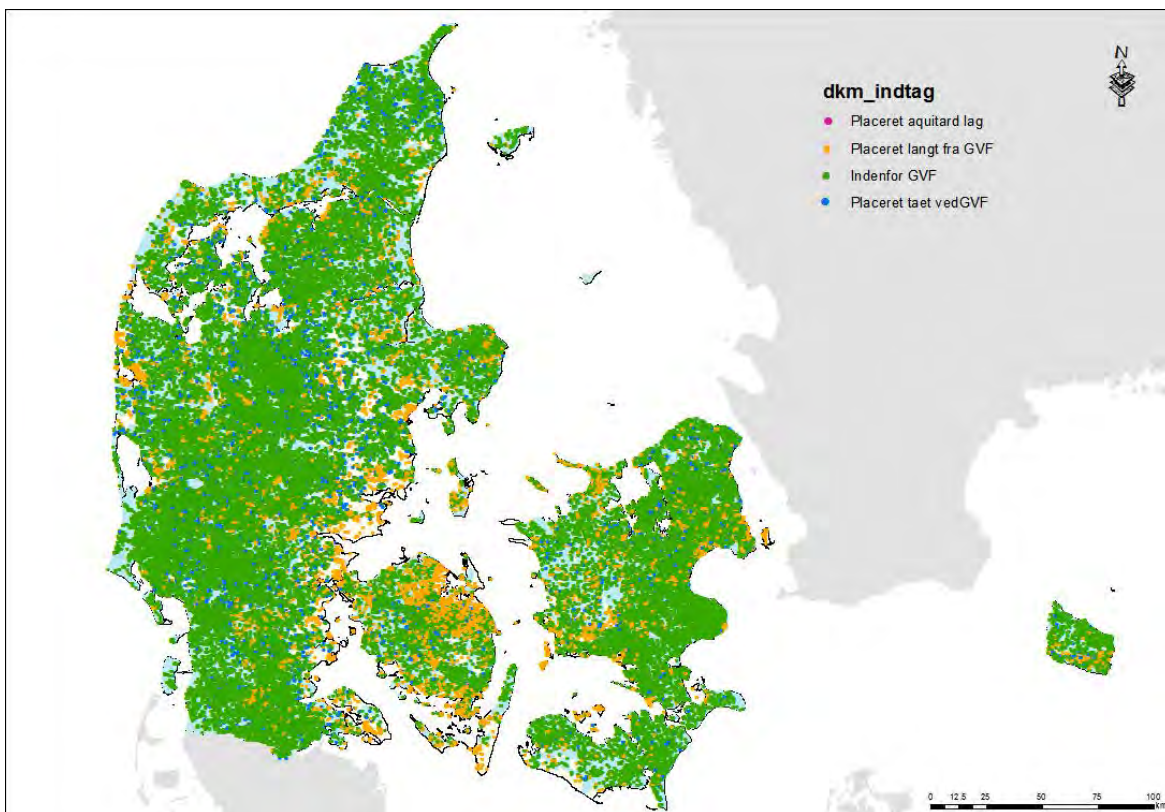
meter specielt for Jylland og områder af Fyn, og ned til 100-500 meter for Fyn, Sjælland og Bornholm.

2. **Forekomst afgræsning.** Det har været nødvendigt at udvide/ændre afgrænsningen af et fåtal forekomster for så vidt angår Jylland området. Ændringer i forekomstafrænsninger har været en kvalitativ tung proces, primært med det formål at kompensere for områder i modellen med DKM-geologi fladedækning af lav kvalitet i forhold til områdernes geologiske heterogenitet.

Rutinen omkring boringstilknytning er som konklusion herpå udvidet med følgende maskinelle håndtering af DK-model usikkerheden:

1. Indtag med indvinding, der ikke er associeret til et magasinlag, men hvor der eksisterer et overliggende magasinlag indenfor 25 meter herfra i vertikal retning re-associeres til dette.
2. Indtag med indvinding, der ligger indenfor eller associeret til et magasinlag med en forekomst og placeret i en horisontal radius herfra (1000 meter for Jylland og Fyn eller 500 meter for Sjælland og Øerne) knyttes til denne forekomst

Problemerne med indtagstilknytning kan således i første omgang primært henføres til DK-model unøjagtighed, hvilket i nogen omfang kan håndteres maskinelt. Resultatet af den maskinelle gennemgang betyder at ca. 124.000 filtre er koblet til en grundvandsforekomst (Figur 2). Detalje figurer for indtagstilknytning pr. lag er samlet i Appendix A).



Figur 2 Filter tilknytninger. Den lyseblå baggrundsfarve svarer udbredelsen af områder med grundvandsforekomst afgræsning (fra Figur 1).

Alle indtagsdata og deres tilknytning til magasiner og grundvandsforekomster er samlet i en GIS fil som er vedlagt i datamaterielt til denne rapport (.data/DKMGVF_data2014.gdb/dkm_indtag). Data felter for dkm_indtag tabellen indeholder information om dgu nummer og indtags nummer, koordinater, filter lag, samt magasin og GVF tilknytnings information.

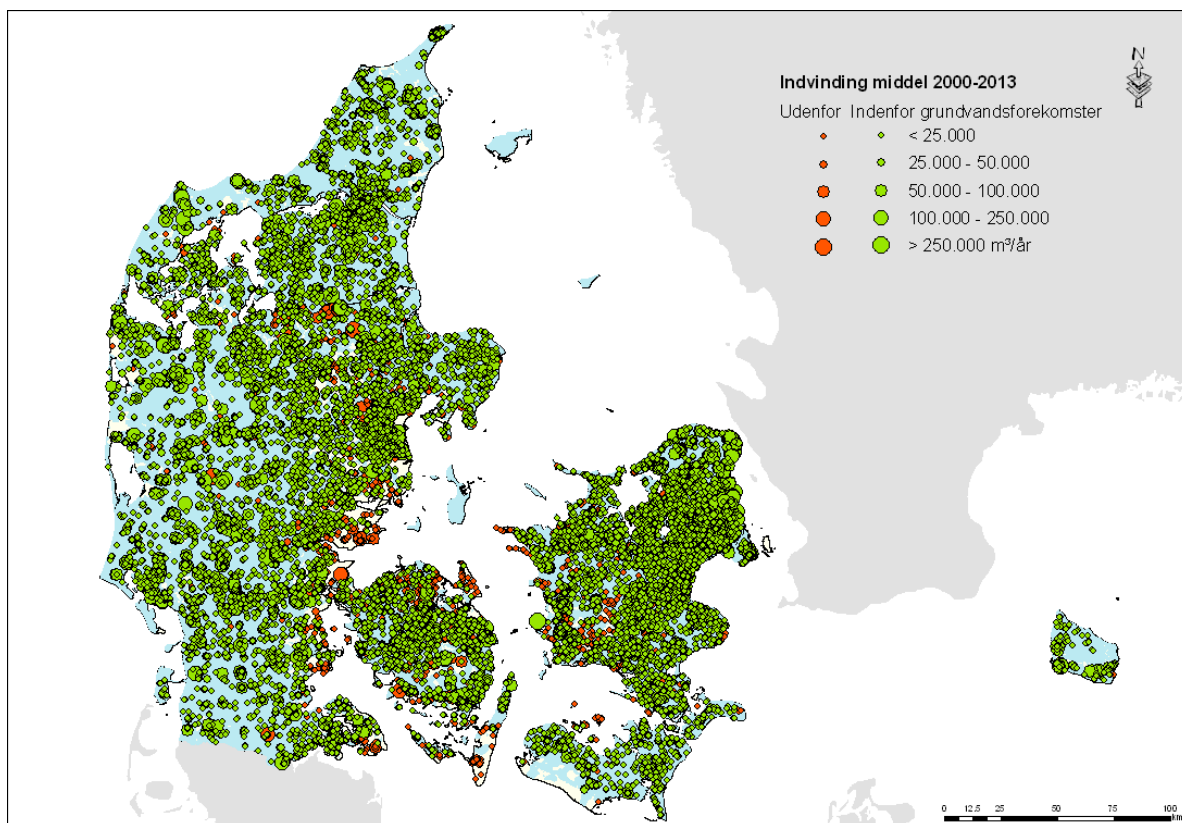
Tabel 5 Datafelt navn og -forklaring for dkm_indtag's tabellen (DKMGVF_data2014.gdb/dkm_indtag)

Felt navn	Forklaring	Eksempel
<i>OBJECTID</i>	intern gis id	134099
<i>DkmID</i>	ID sammensat af dgunr og indtagsnumre	87.1514_1
<i>UtmX</i>	utm X (32N Euref89)	540335
<i>UtmY</i>	utm Y (32N Euref89)	6226748
<i>GV_dkmlag</i>	DKM lag navn	ks2
<i>dgunr</i>	dgu nummer	87.1514
<i>filter</i>	indtag nummer	1
<i>GV_Dist</i>	horisontal afstand til nærmeste magasin	221.650626
<i>GVForekom</i>	Tilknyttet grundvandsforekomst id	DK_1_456_116
<i>GV_Magasin</i>	tilknyttet magasin id	dkmj_708
<i>GRUMO_KS</i>	kommentarfelt	dkmj loes kobling til jupiter / maj2014-ltr
<i>Tilknytning</i>	tilknytnings nummer (-2=lang afstand til GVF, -1=tilknyttet lerlag, 0= tilknyttet GVF, 1=mindre end 100m fra tilknyttet GVF, 9=mere end 100 m fra tilnyttet GVF)	9

Optælles indvindingsfiltre efter de maskinelle tilretninger viser det at ca. 92% af al indvinding kan tilknyttes en grundvandsforekomst (se nedenstående Tabel 6 og Figur 3). Figurer over indvindingsdata, placering og tilknytning er vist i Appendix C.

Tabel 6 Opgørelse over tilknytning af indvindinger

<i>Indvindinger</i>	<i>Antal filtre</i>	<i>procent</i>	<i>Volumen [m³]</i>	<i>procent</i>
Indvindinger tilknyttet (heraf markvand)	35.302 (17.556)	91% (92%)	594.866.684 (183.646.934)	92% (90%)
Indvindinger ikke tilknyttet (heraf markvand)	3.634 (1.518)	9% (8%)	50.549.063 (19,927,662)	8% (10%)



Figur 3 Indvindings placering og GVF tilknytning. Værdierne i legenden er angivet i m³/år. Den lyseblå baggrundsfarve svarer udbredelsen af områder med grundvandsforekomst afgrænsning (fra Figur 1).

5.4 Vurdering af kontakt mellem grundvandsforekomster og overfladevandssystemet

Der er gennemført en overordnet analyse af potentialet for kontakt mellem grundvand og overfladevand med udgangspunkt i en simple afstandsvurdering mellem magasiner og overfladevandskomponenter. Analysen er gennemført for den rumlige afgrænsning af magasiner og grundvandsforekomster. Analyseresultatet er benyttet til administrativ typologisering af grundvandsforekomster (magasiner/koblede magasiner) i 3 kategorier:

- ✚ Terrænnær hvis forekomsten indeholder mindst et magasin hvor der er registreret kontakt til enten vandløb-, sø- eller vådområde temaet og forekomsten samlede overflade areal er mindre end 250 km²
- ✚ Regional, hvor forekomsten består af mindst et magasin med direkte kontakt til et af overfladevandstemaerne og hvor det samlede overflade areal er større end 250 km²
- ✚ Dyb, hvor forekomsten ikke indeholder magasiner med kontakt til et af overfladevandstemaerne

Typologiseringen følger således en meget simpel procedure, hvilket begrænser anvendelsesmulighederne ganske kraftigt. Kategoriseringen terrænnær, regional og dyb skal ikke forveksles med kote

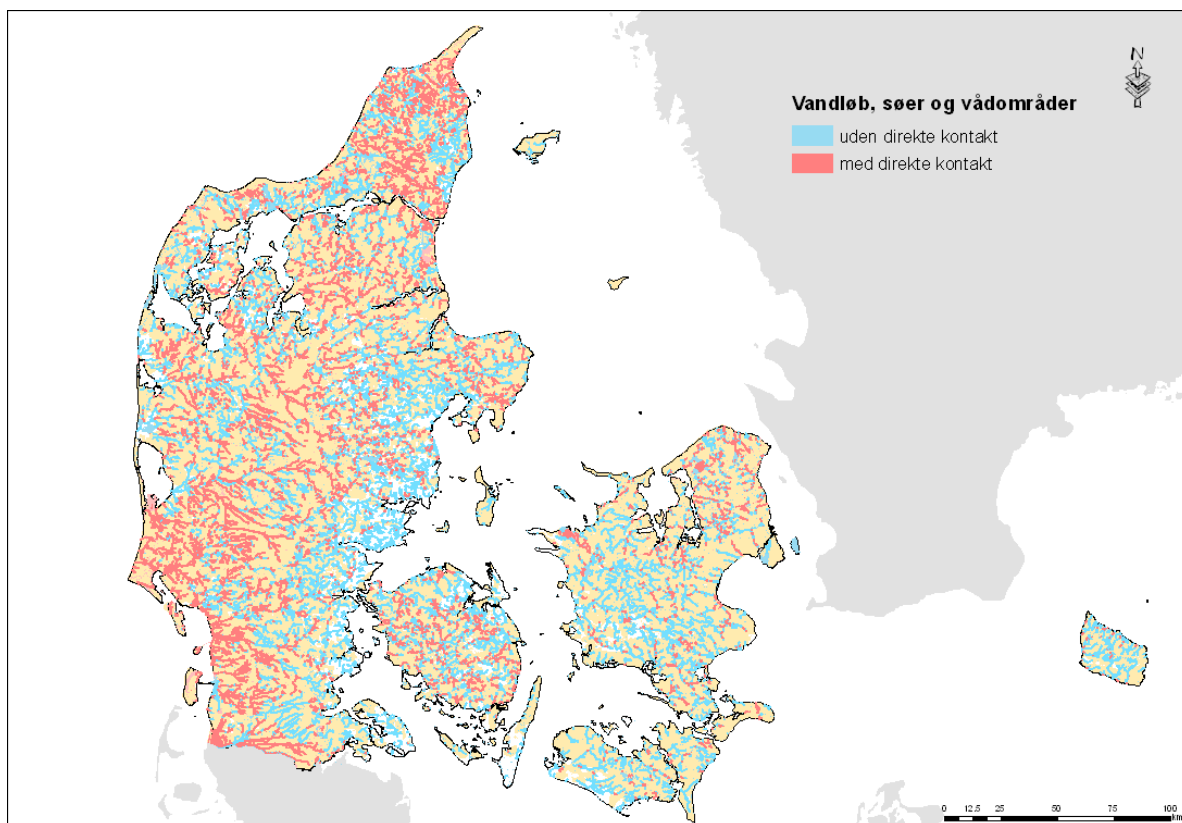
placering af de enkelte magasiner, da terrænnære og regionale forekomster i denne typologi sagtens kan ligge dybt som højt i lagserien så længe der er kontakt til overfladevandssystemet, tilsvarende kan dybe magasiner i denne typologi sagtens kan ligge forholdsvis tæt på topografien.

Tabel 7 Statistik for kontakt mellem magasiner og overflade vand

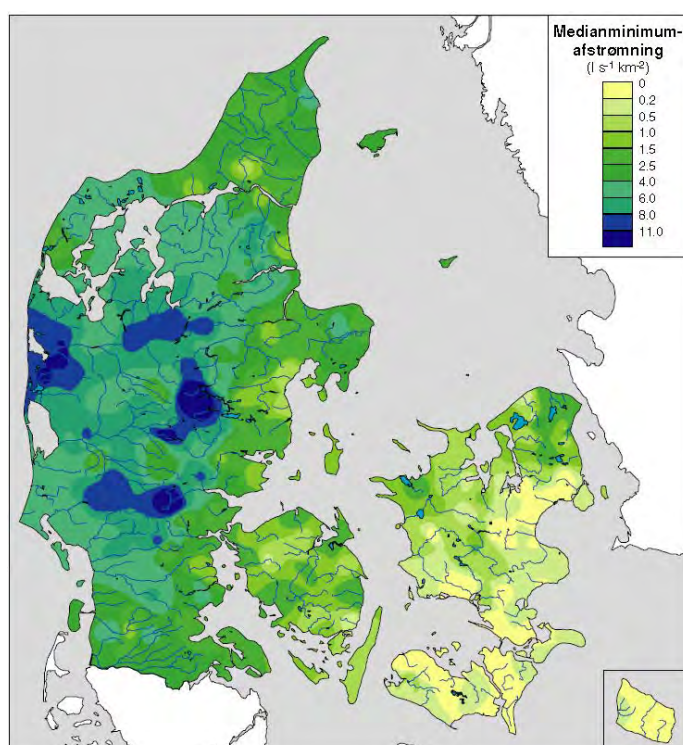
GVF adtype	Antal magasiner	Antal GVF	overflade kontakt areal
dyb	518	150	0 %
regional	1778	160	2,2 %
terraennaer	415	92	2,9 %

Det primære anvendelses felt for typologiserigen er formodentligt begrænset til forurenings relaterede emner, dvs. spørgsmål af typen vil en given overfladevandsforurening potentielt kunne påvirke et givent magasin/forekomst og omvendt. Det skal bemærkes at selvom det samlede kontakt areal, dvs. det areal af de enkelte magasiner som har direkte kontakt til overfladevand elementer f.eks. ådals bunden, i gennemsnit ligger under 3% af det samlede areal (Tabel 7), så kan de enkelte magasiner godt have en noget større andel af overflade arealet med direkte kontakt (33 ud af 2771 magasiner har mere end 10% kontakt areal). Der er bevidst valgt en meget simpel typologisering ud fra betragtningen at på ganske mange vandløbsstrækninger der vil grundvandsbidraget til vandføringen ikke være diffus tilstrømning, men komme fokuseret langs korte strækninger. Det synes således ikke vigtigt med hvor lange strækninger der har god kontakt, men snarere en kombination af lokalheterogenitet i ådalen som modellen alligevel er for grov i rumlig skala til at fange, kontakten/tætheden til det enkelte magasin samt trykniveau forskelle mellem magasinet og vandløbet. Tætheden/kontakten som anvendt til typologiseringen må anses for at være nødvendig, om end ikke tilstrækkelig til karaktering af vandudvekslingen.

Opsplitningen af vandløb, søer og vådområder efter områder med lille og stor vertikal afstand til magasiner (Figur 4) kan sammenlignes med DMU's kort over den strækningsspecifikke median minimums afstrømning (Figur 5). Sammenligningen viser overordnet overensstemmelse mellem områder med høj specifik medianminimums afstrømning og områder med lille afstand mellem overfladevands elementer og magasiner. Det bemærkes at afstanden mellem overflade- og grundvand ikke alene kan bruges som indikator for medianminimums afstrømningen. Der ses for eksempel relativt store forskelle mellem Nordjylland og Midtjylland på trods af den relativt ensartede grad af tæthed mellem overflade- og grundvand. Det samlede område med tæt kontakt er ligeledes større end områderne med stor specifik median minimums afstrømning, hvilket er med til at understøtte at kontakten ikke alene er bestemmende for graden af grundvandstilstrømning.



Figur 4 Overflade elementer med tæt kontakt til grundvandsforekomster. Den lysegule baggrundsfarve svarer udbredelsen af områder med grundvandsforekomst afgrænsning.



Figur 5 Medianminimums afstrømning på baggrund af 243 målestation (opland dækker ca. 55% af landet, specielt kystnære områder er usikre). Figuren er lånt fra DMU faglig rapport nr. 340 [Ovesen et al., 2000]

6. anbefalinger

Det må forventes at en fuld implementering af data fra Grundvandskortlægningen (GKO) i DKM-geologien vil øge kvaliteten af grundvandsforekomst afgrænsningerne betydeligt og begrænse problemerne med kobling mellem indtag og grundvandsforekomster betydeligt, i hvert fald indenfor de kortlagte områder. Erfaringen fra tidligere opdateringsopgaver viser, dels at det er muligt at overføre langt det meste af detaljeringsgraden fra GKO-modeller til DKM, og dels at DKM-geologien kvalitativt og kvantitativt kan forbedres betydeligt såfremt lokale geologiske tolkninger fra GKO-modeller kan indarbejdes i DKM geologien.

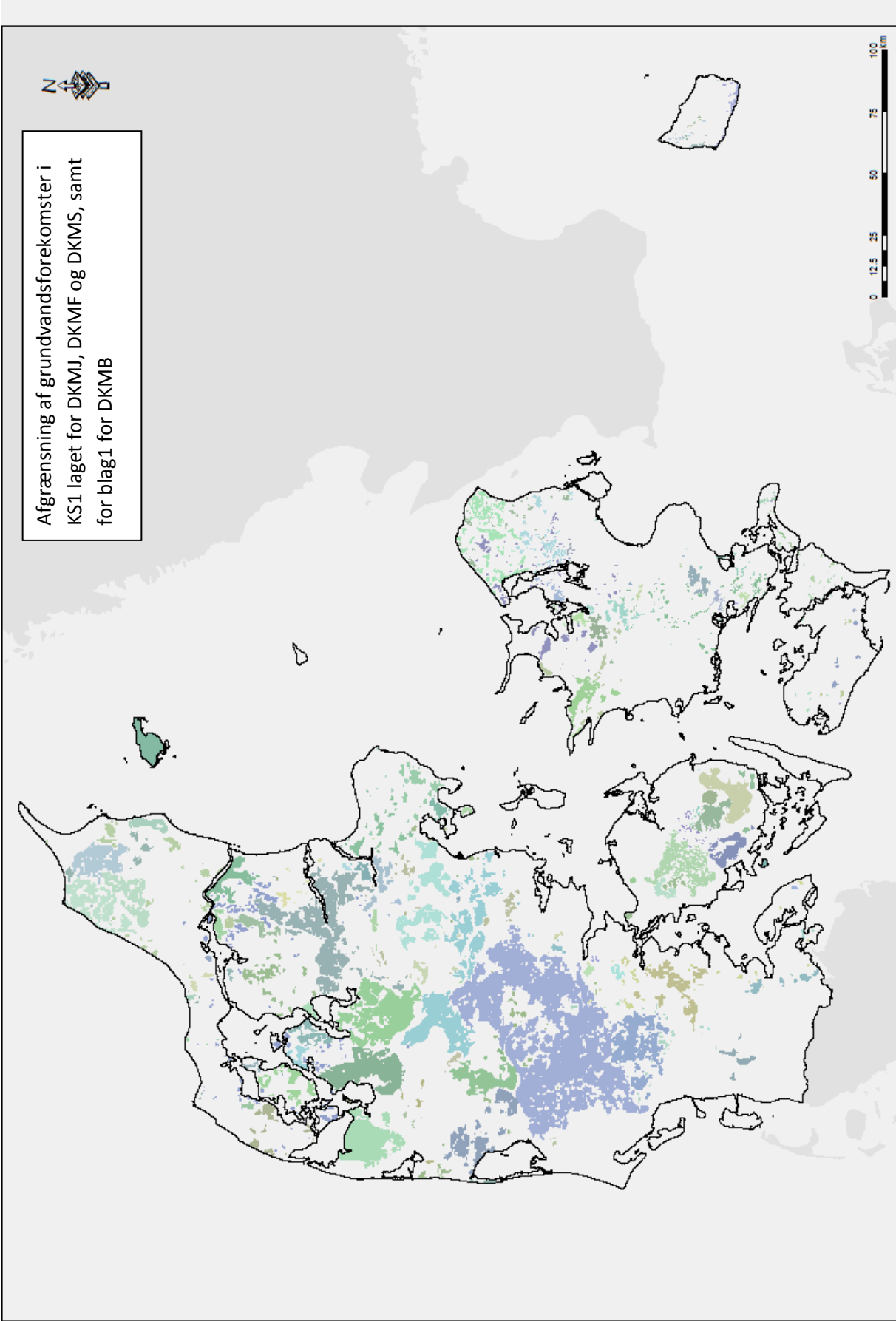
7. Referencer

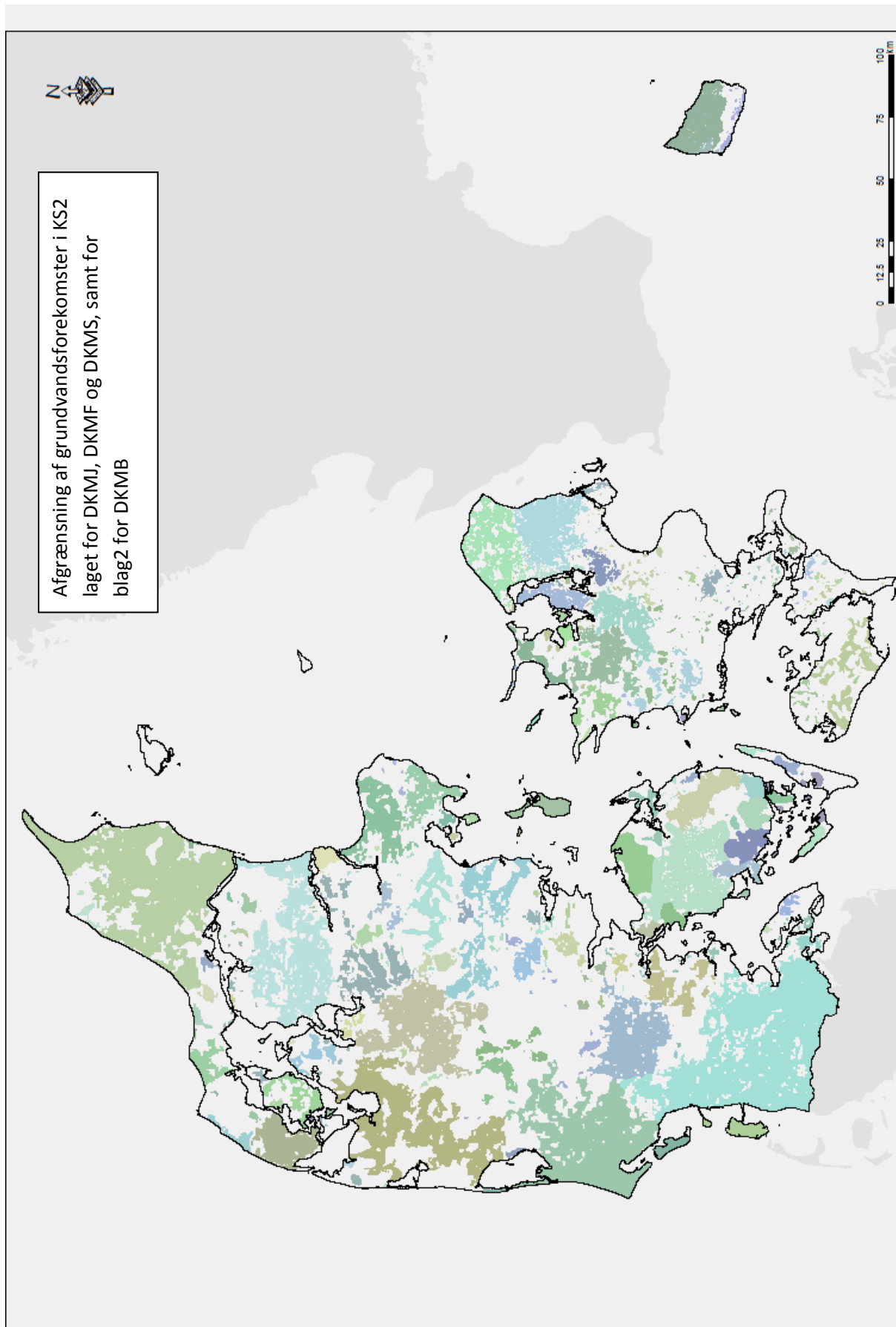
- Bitsch, K., Richardt, N. & Hansen, H. (2012). *Kvalitetssikring af den geologiske Sjællandsmodel*. Rambøll.
- Kidmose, J., Nyegaard, P., Troldborg, L. & Højberg, AL. (2011). *Gennemgang af den geologiske og hydrostratigrafiske model for Jylland – DK-model2009*. GEUS rapport 2011/43.
- Mielby, S., Mahrt, J., Jensen & CW. (2009) *Kobling af boringernes indtag til DK-modellens lag og til grundvandsforekomster*. GEUS særudgivelse (ISBN 978-87-7871-263-9)
- Miljøstyrelsen. (1992). *Danmarks fremtidige vandforsyning*. Betænkning fra Miljøstyrelsen, 1/1992
- Ovesen, N.B., Iversen, H.L., Larsen, S.E., Müller-Wohlfeil, D-I., Svendsen, L.M., Blicher, A.S. & Jensen, P.M. (2000) *Afstrømningsforhold i danske vandløb*. DMU faglig rapport nr. 340
- Troldborg, L., Højberg, AL., Nyegaard, P., Stisen, S. & Christiansen, BSB. (2010). *DK-model2009 - Modelopstilling og kalibrering af Fyn*. GEUS rapport 2010/76.
- Villumsen, B., Ullum, M. & Martinez, K. (2007). *Revision af udpegningen af grundvandsforekomster i Danmark*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 6 2007

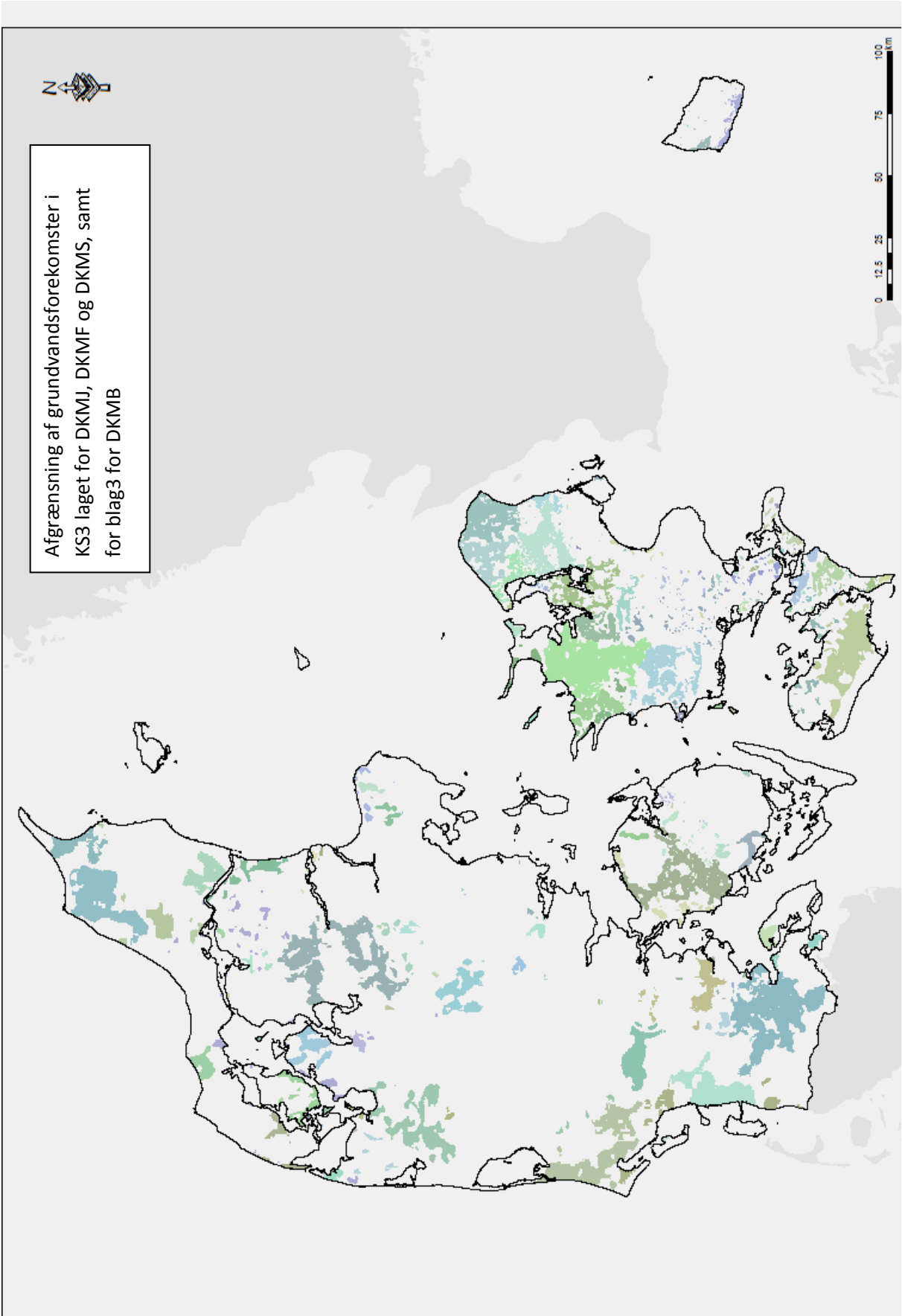
Appendix A **Temaer med grundvandsforekomster**

Dette appendix indeholder figurer over grundvandsforekomster pr. vandførende lag

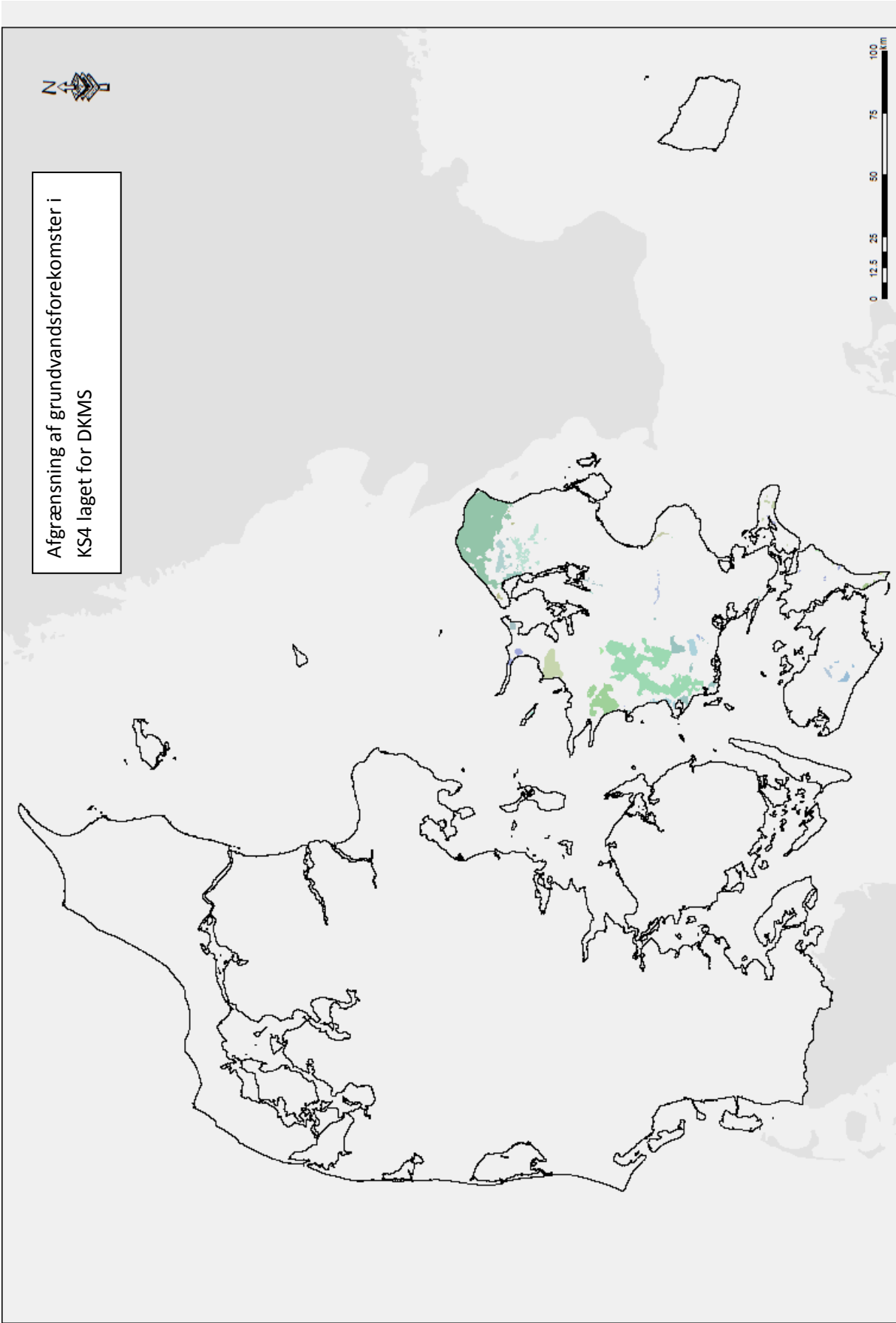
Hver grundvandsforekomst er samlet af en række magasiner, hvor alle magasiner i samme forekomst er tildelt samme farve

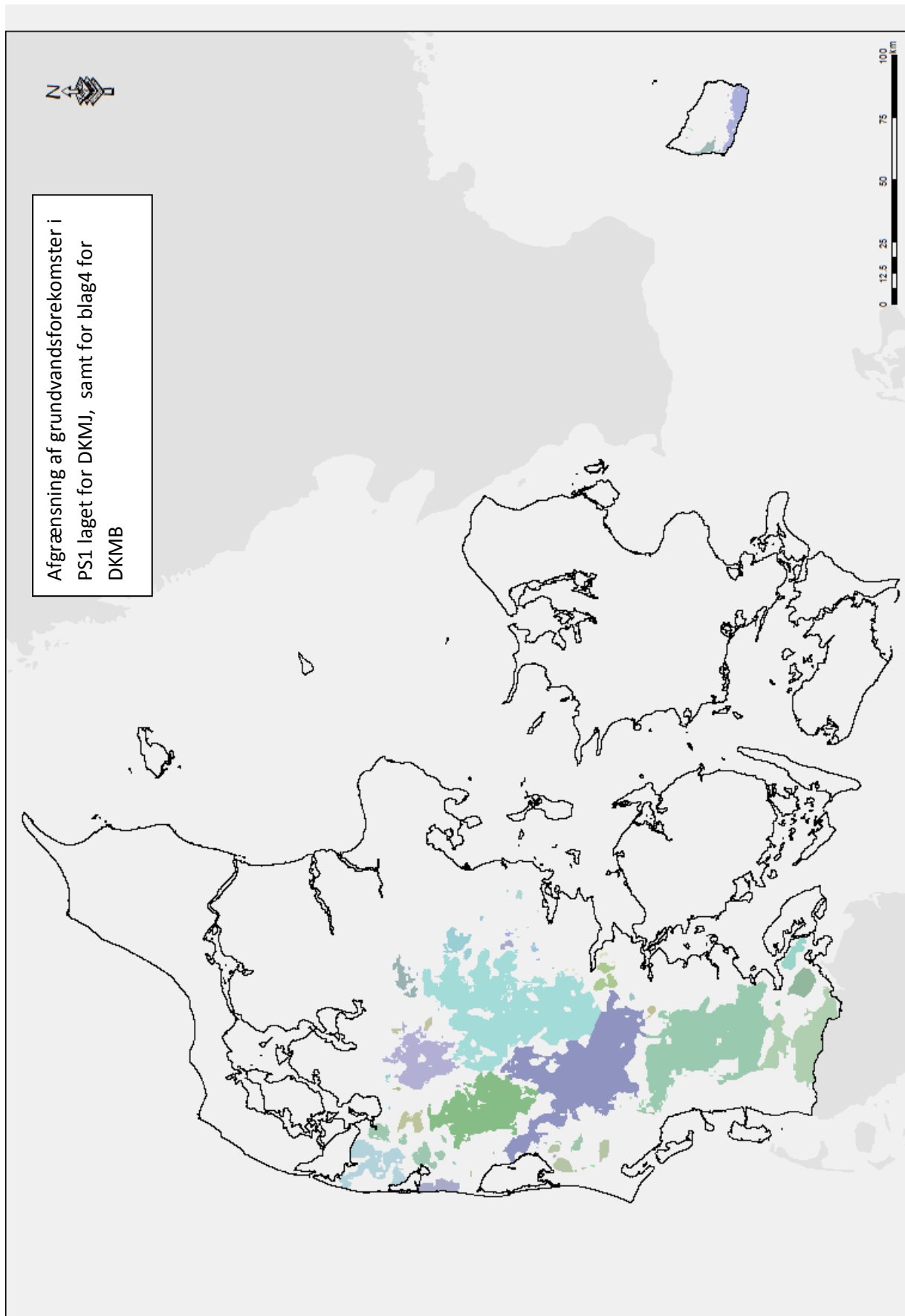


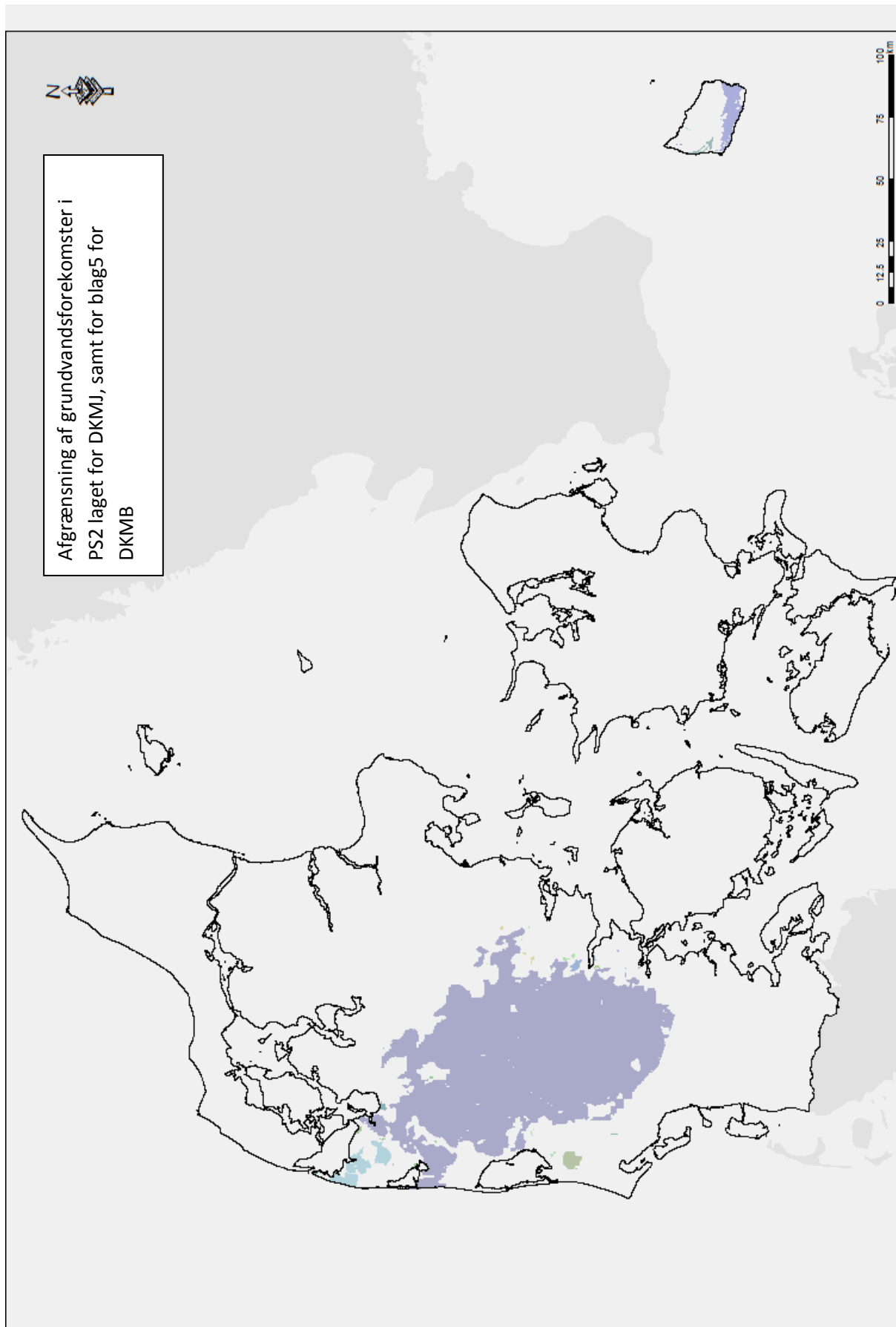


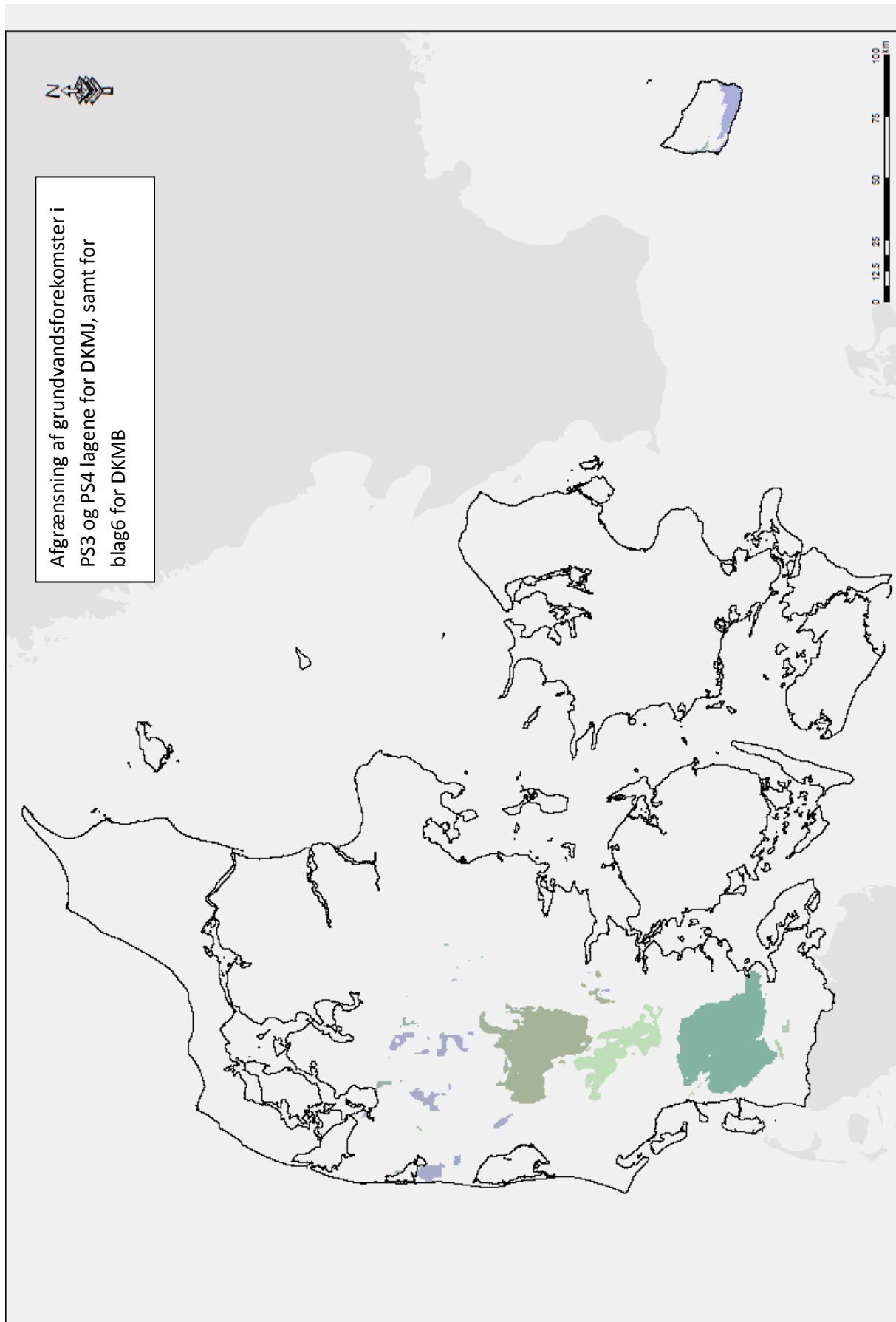


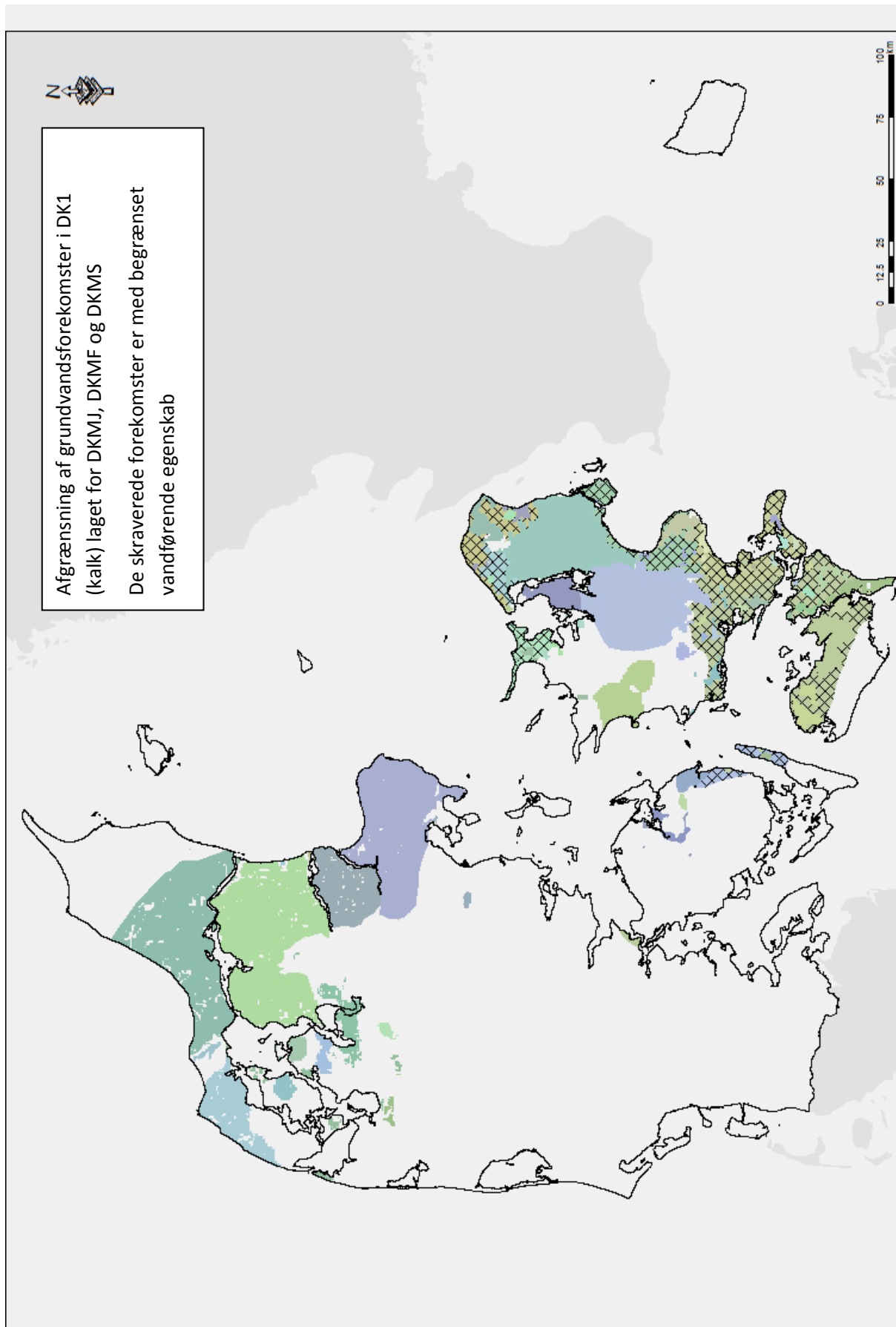
Afgrænsning af grundvandsforekomster i KS3 laget for DKMJ, DKMF og DKMS, samt for blag3 for DKMB









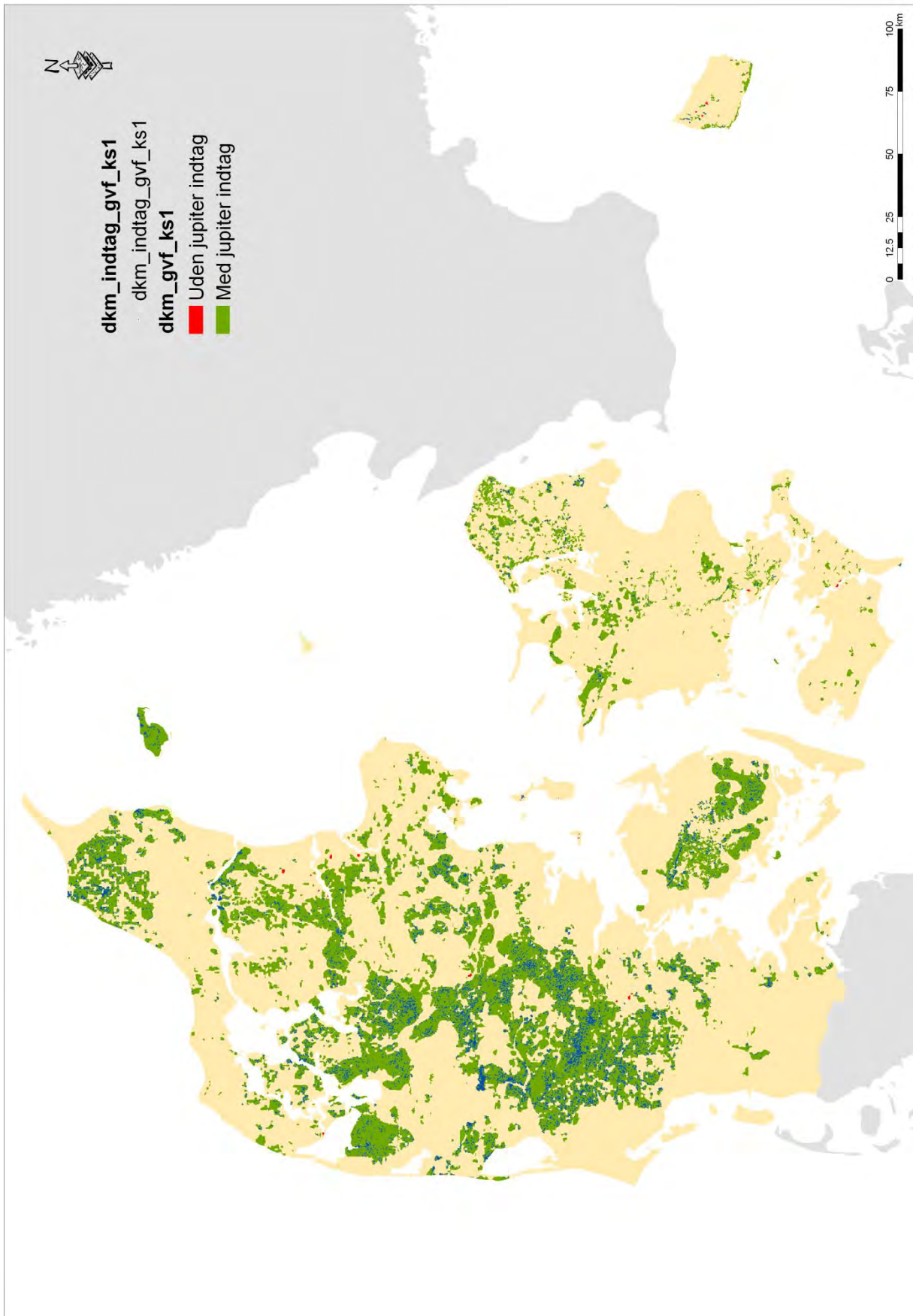


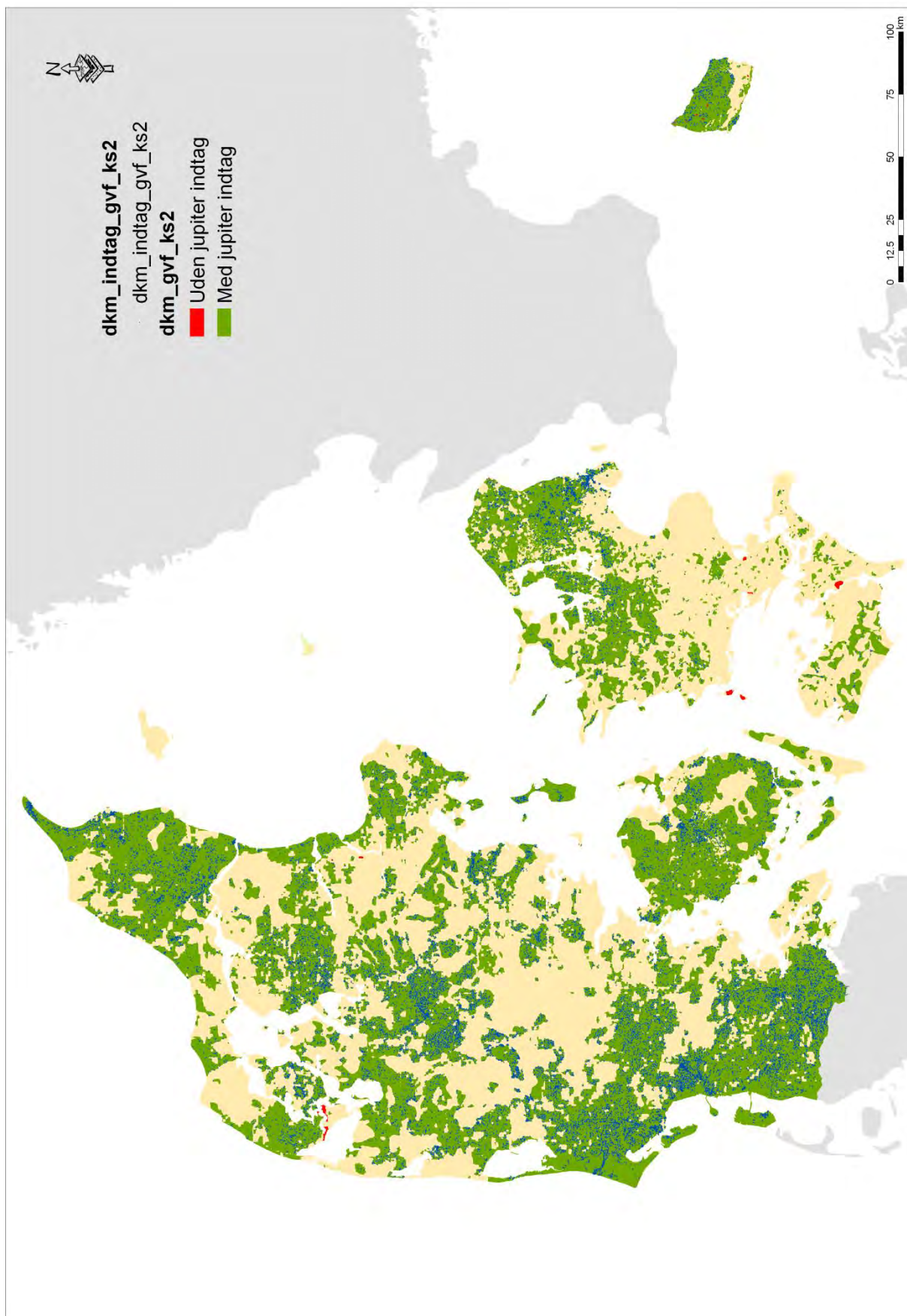
Appendix B Indtagstilknytning

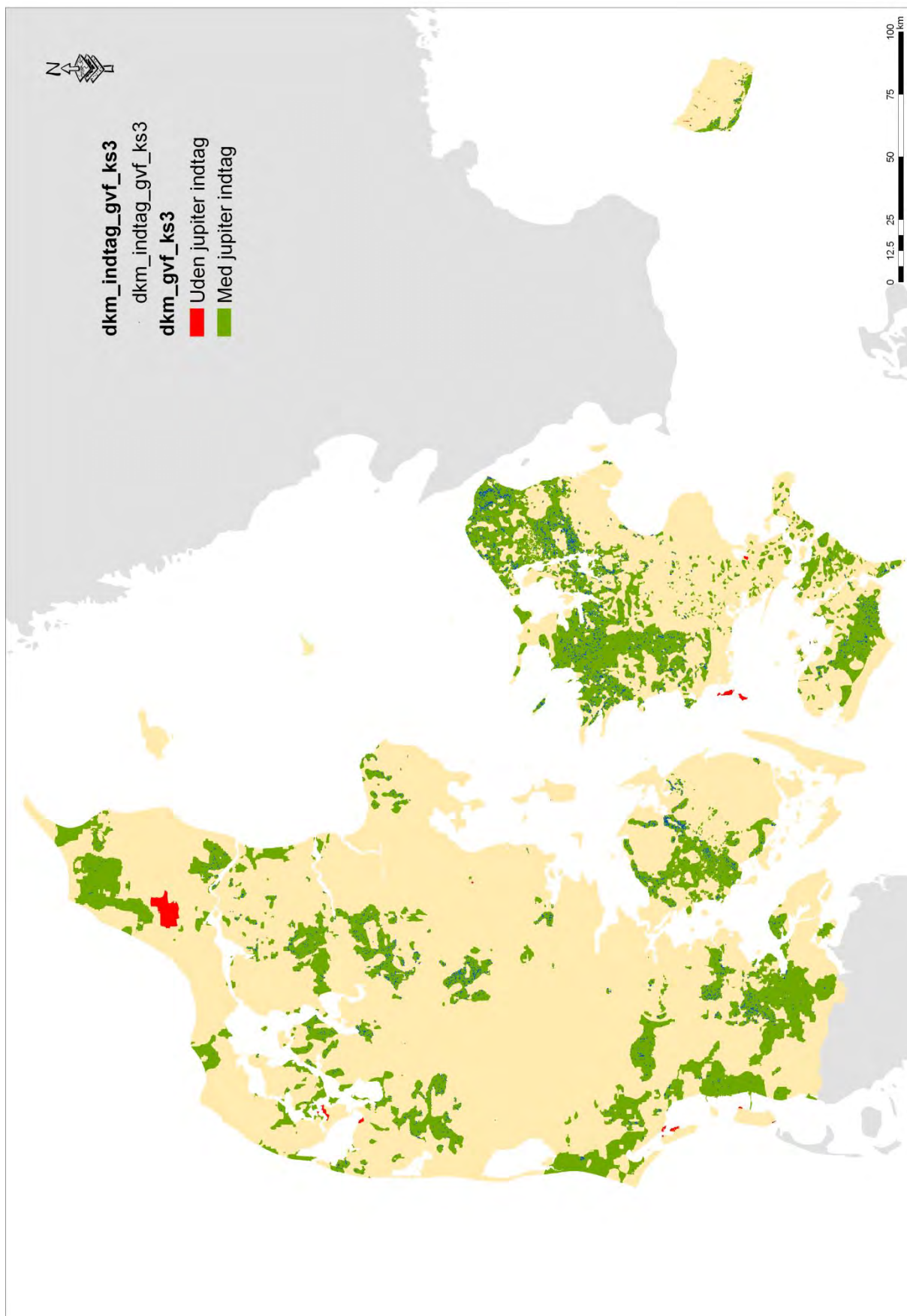
Dette appendix indeholder figurer over grundvandsforekomster pr. vandførende lag og placering af indtag indenfor de enkelte lag

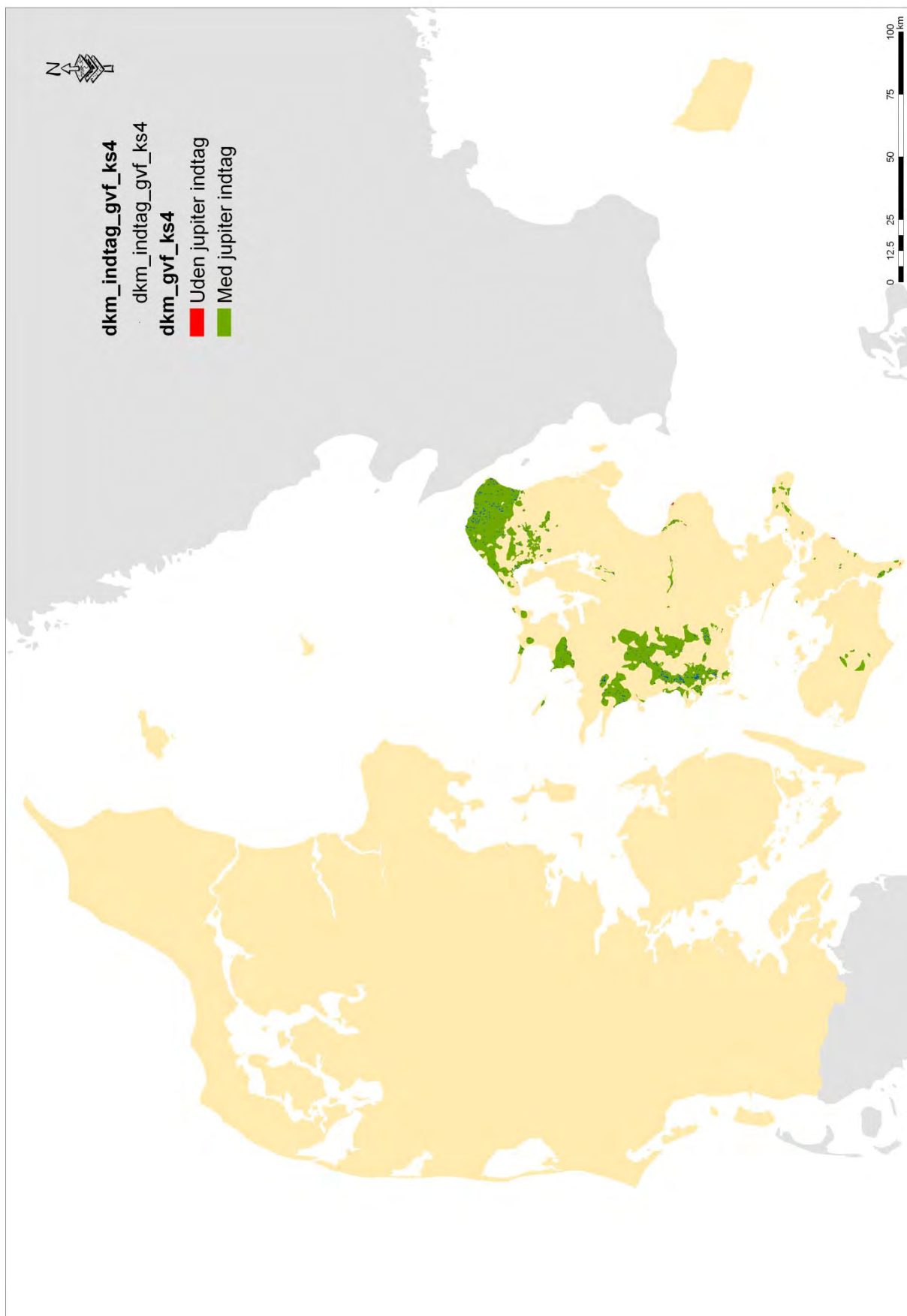
Indtag er markeret med en blå udfyldt cirkel

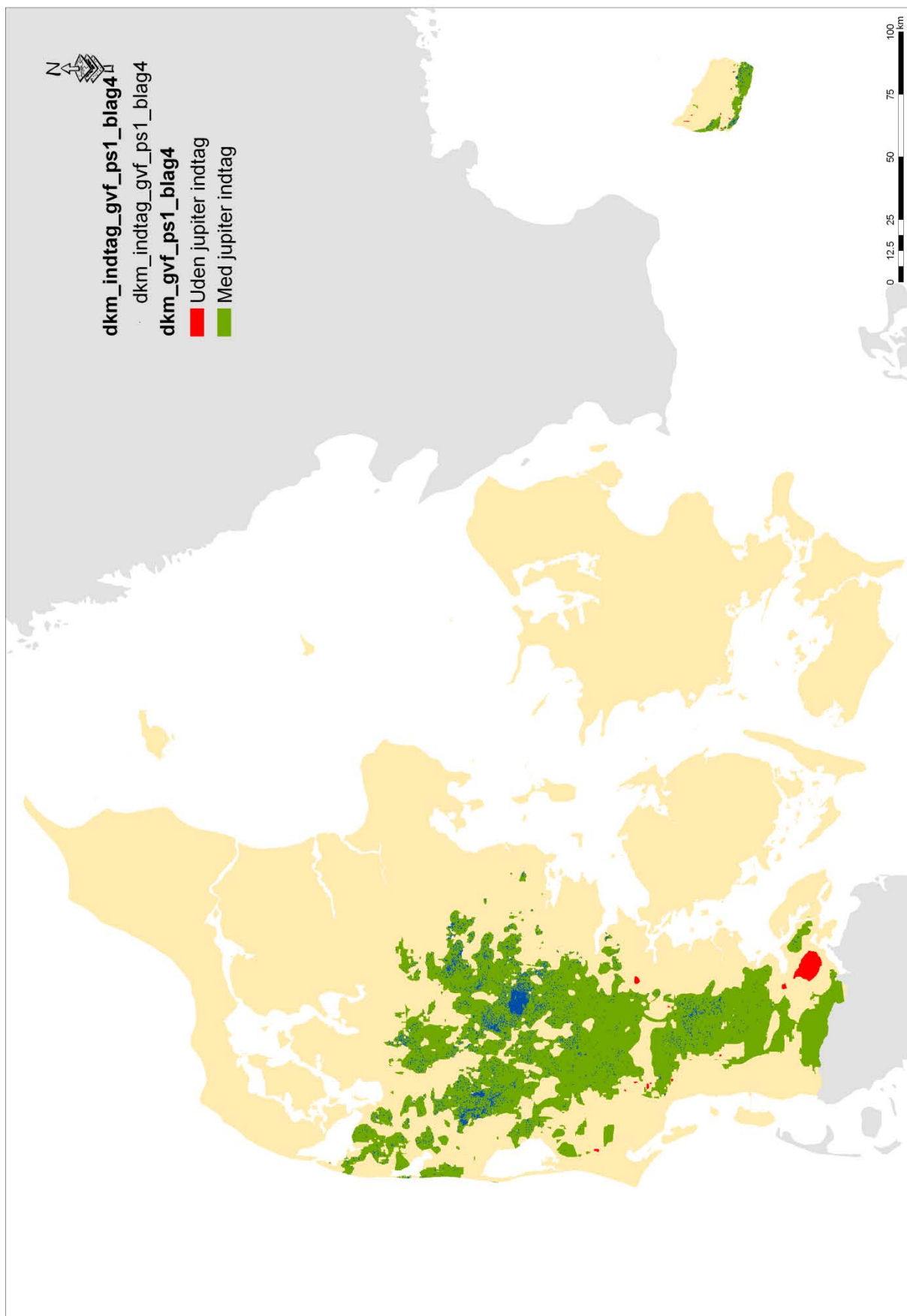
Grundvandsforekomsterne er markeret med grøn farve hvis der er tilknyttet indtag til forekomsten og med rød farve hvis der ikke er tilknyttet indtag til forekomsten.

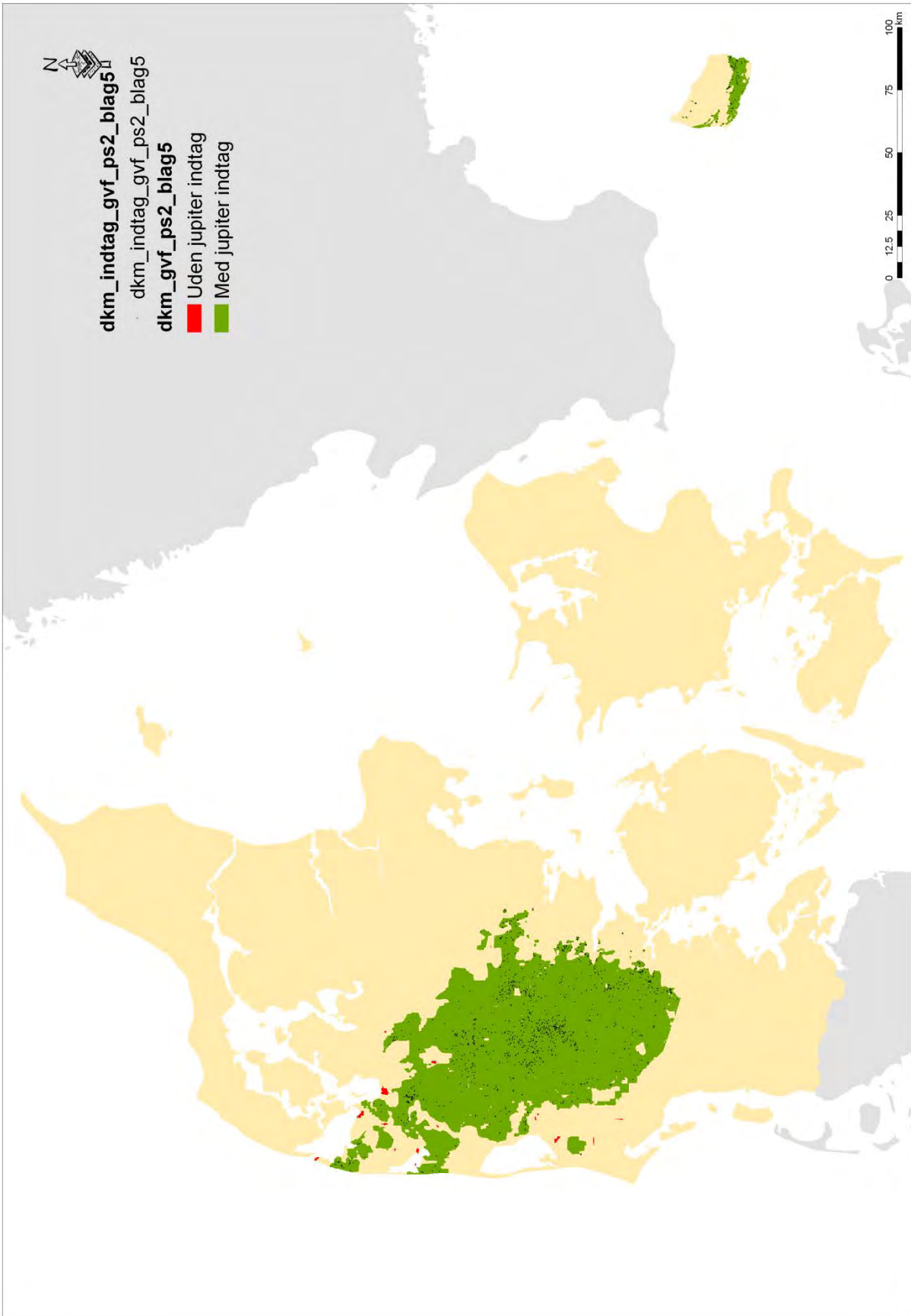


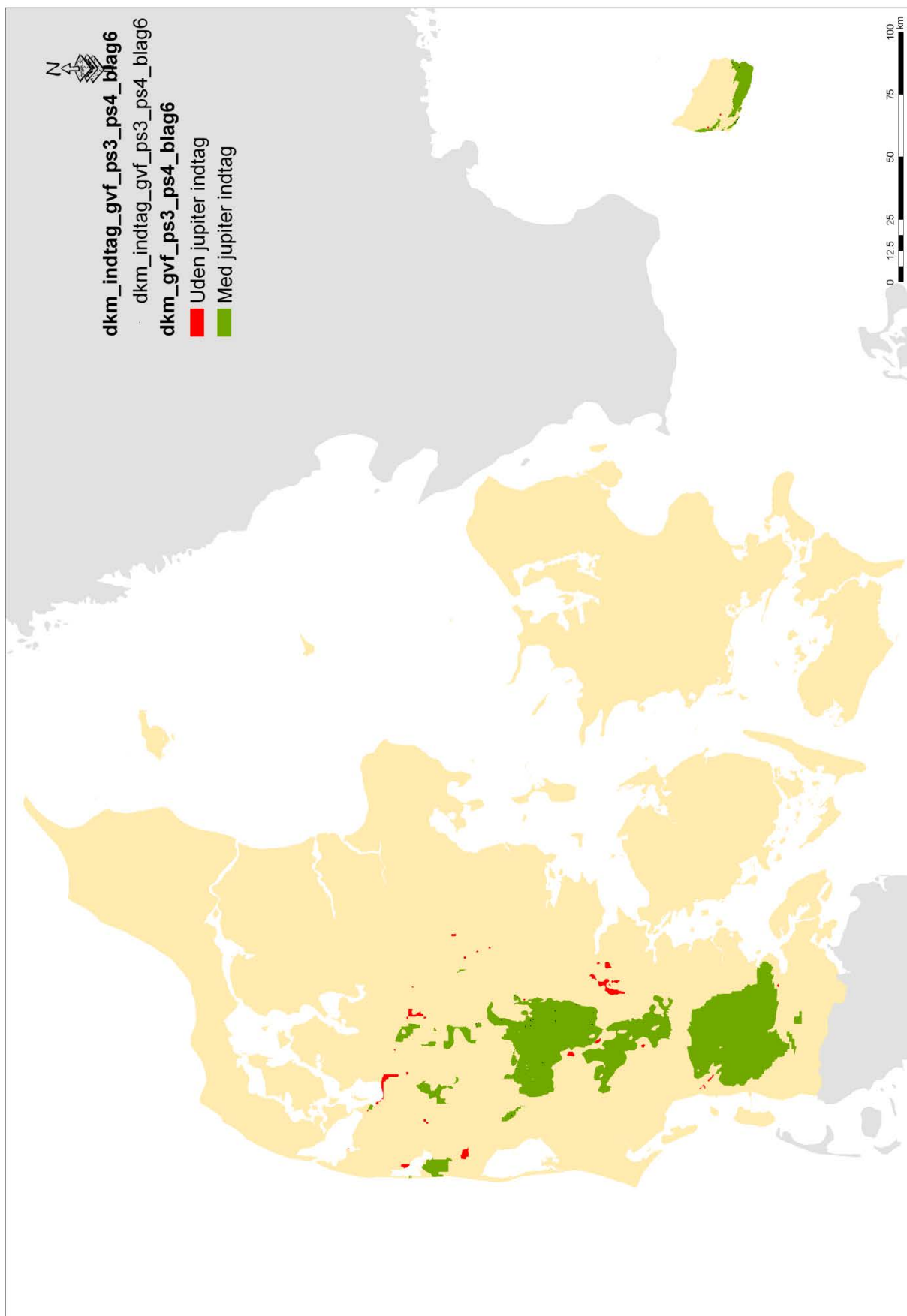


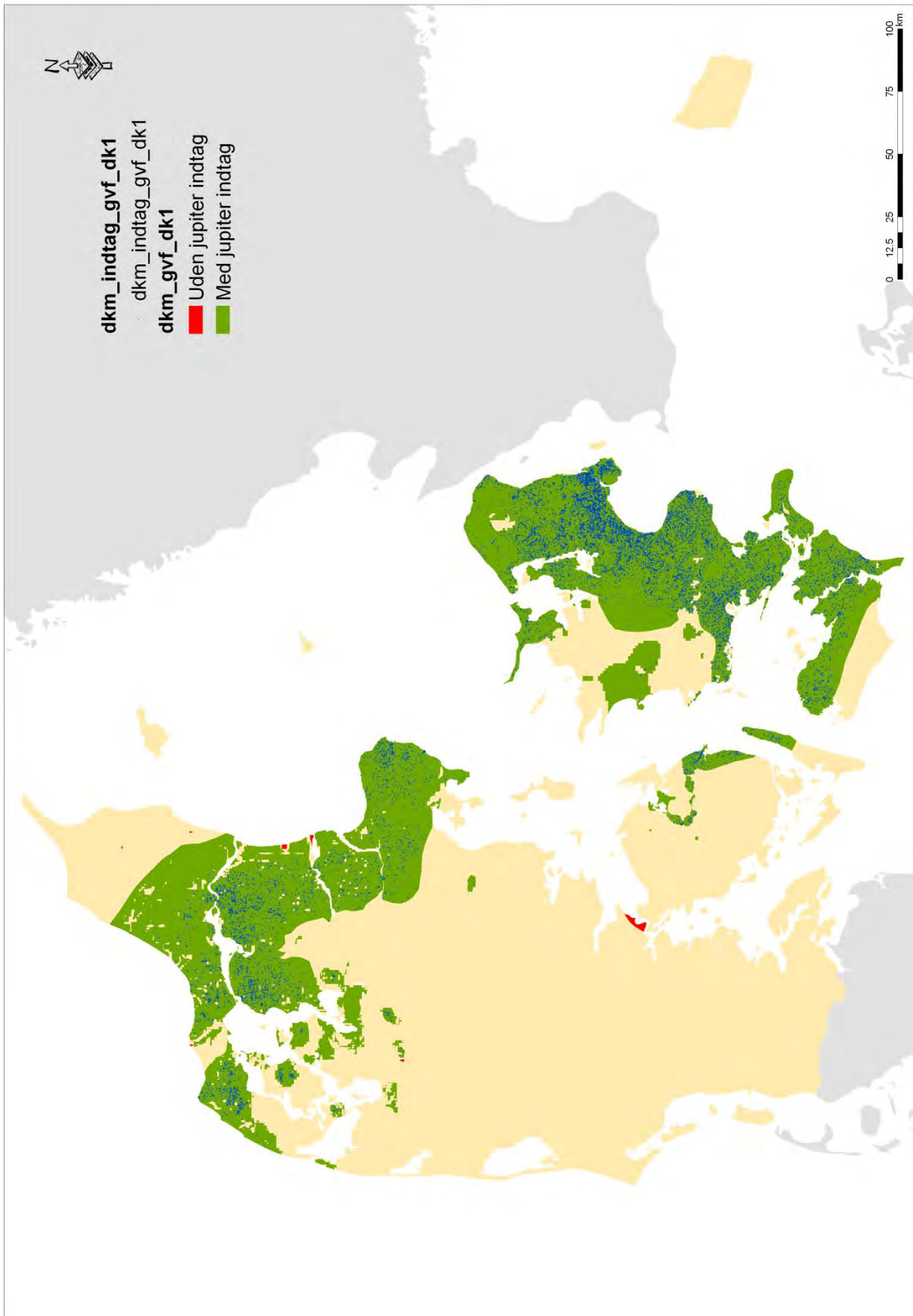












Appendix C **Indvindingsindtag**

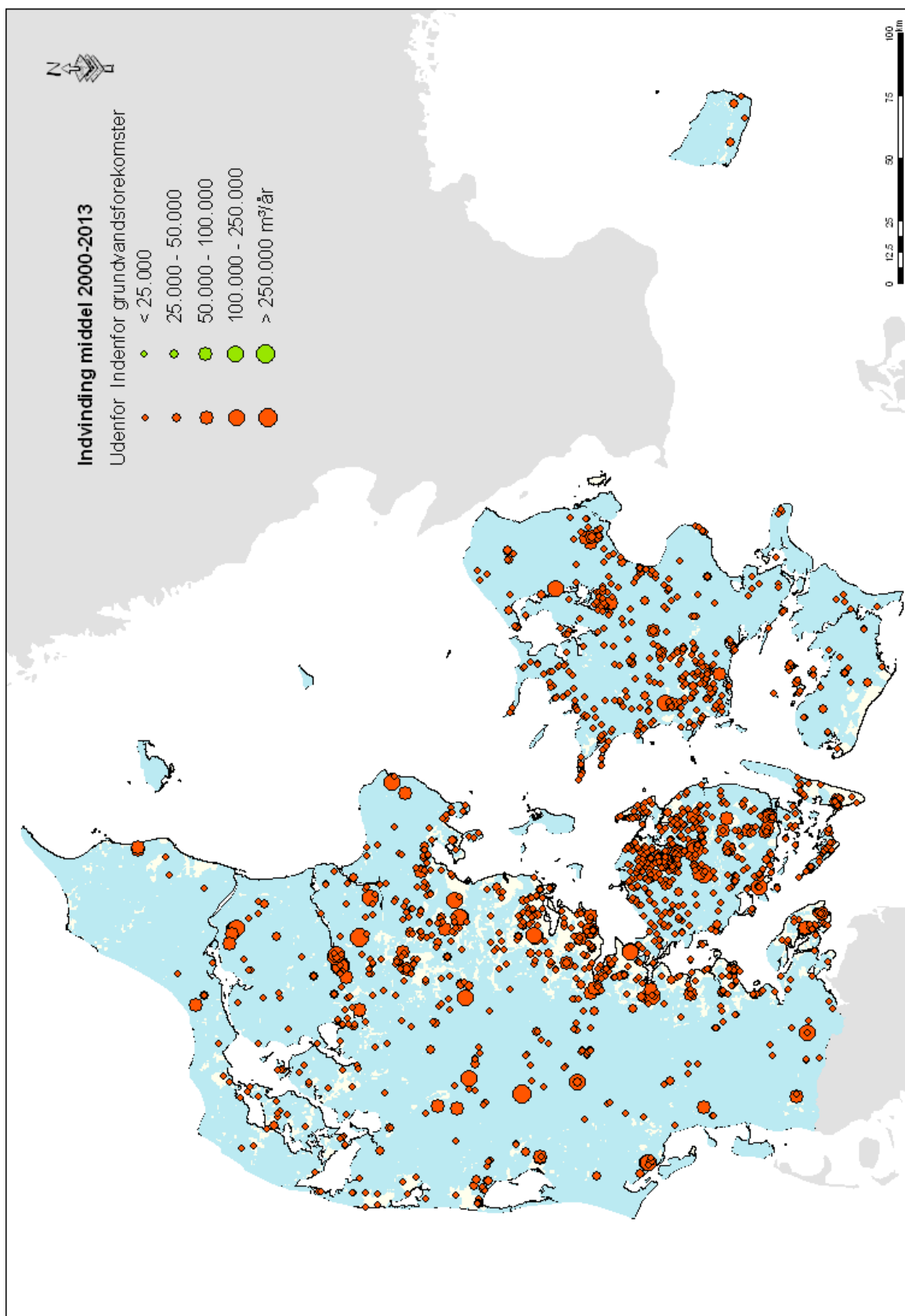
Dette appendix indeholder figurer med placering indvindingsfiltre, samt den i Jupiter databasen tilknyttede indvinding.

Første figur viser alle indvindinger minus markvandings borer, som ikke er tilknyttet en grundvandsforekomst.

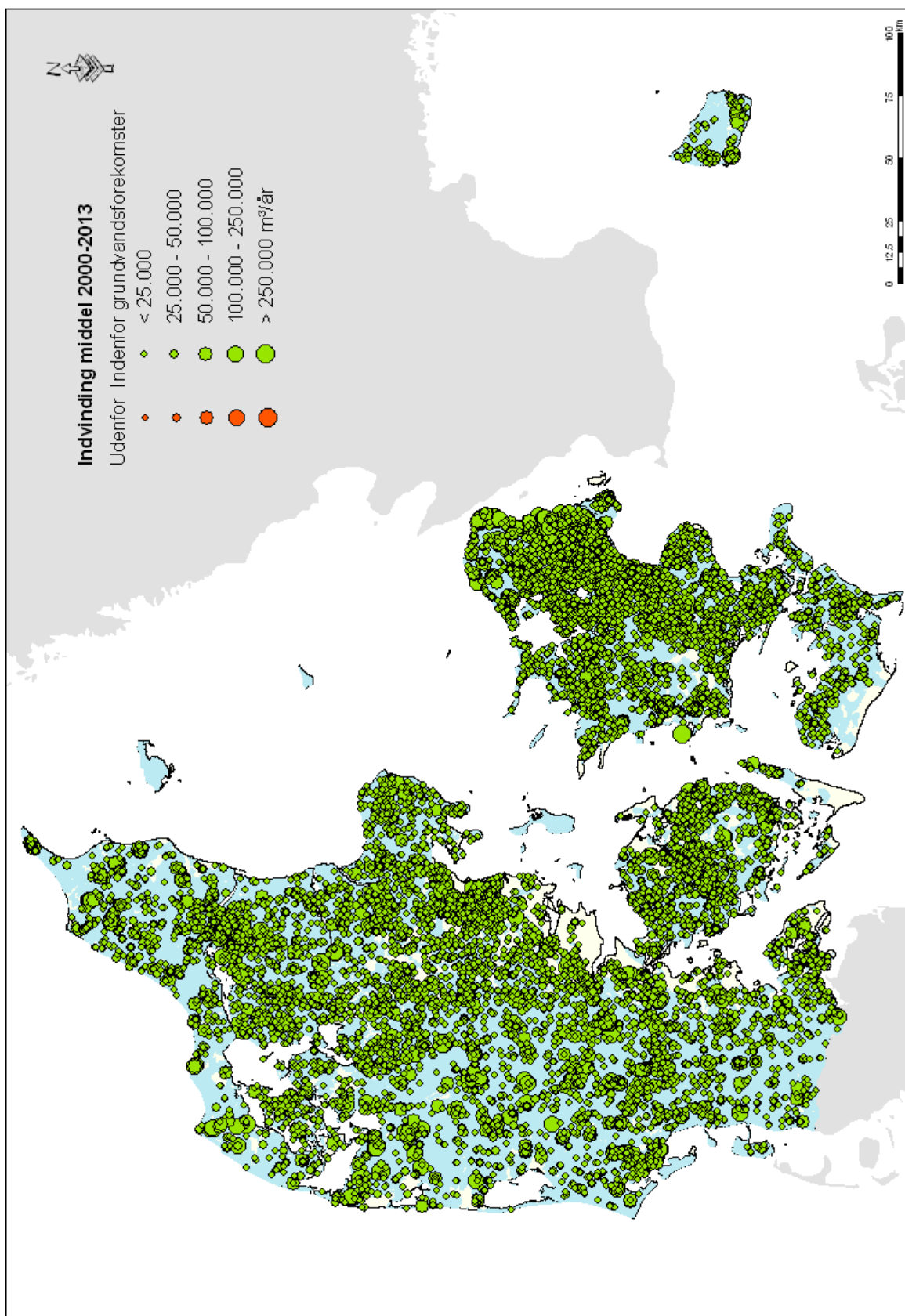
Anden figur viser alle indvindinger minus markvandings borer, som er tilknyttet en grundvandsforekomst.

Tredje figur viser alle markvandings borer, som ikke er tilknyttet en grundvandsforekomst.

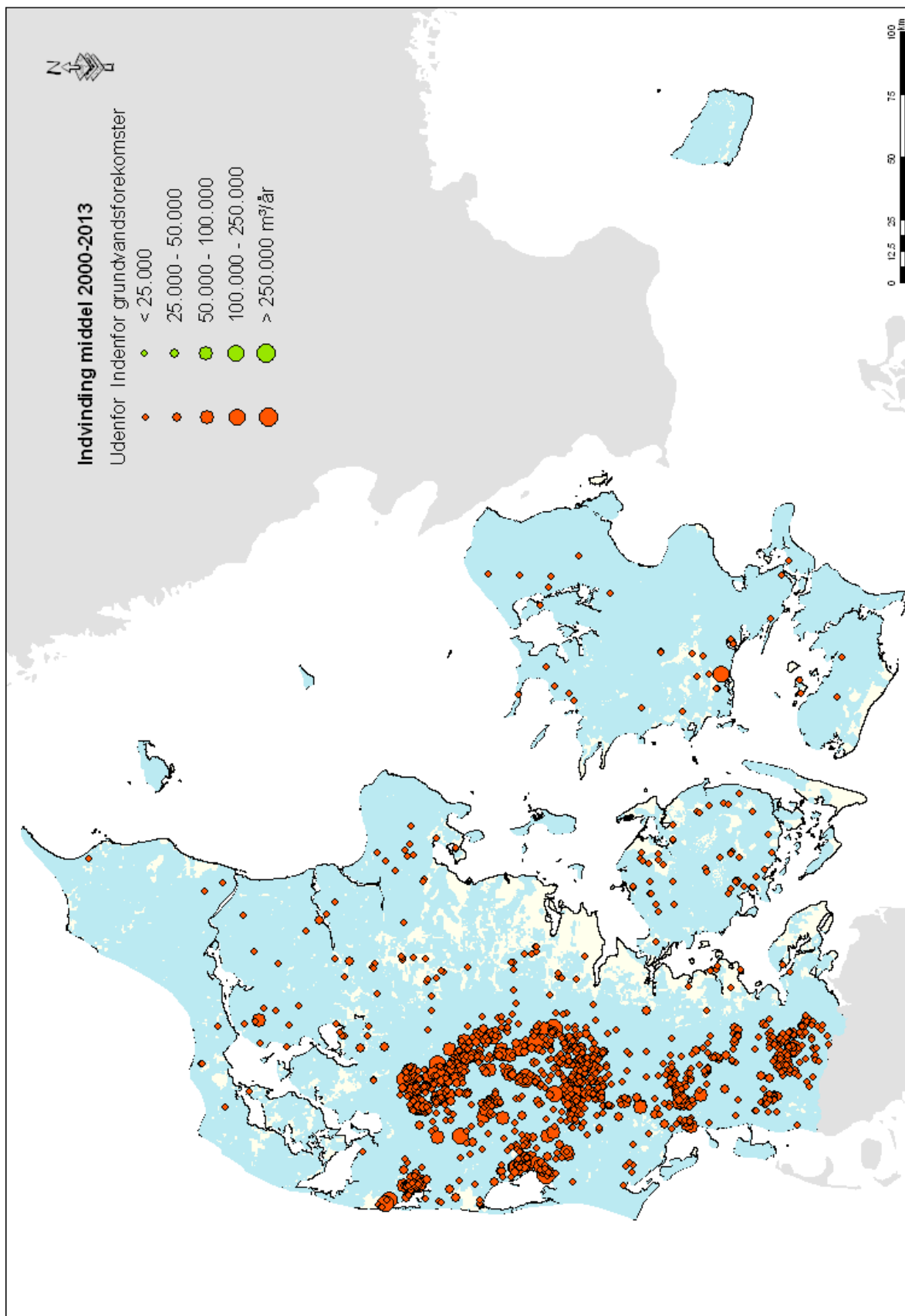
Fjerde figur viser alle markvandings borer, som er tilknyttet en grundvandsforekomst.



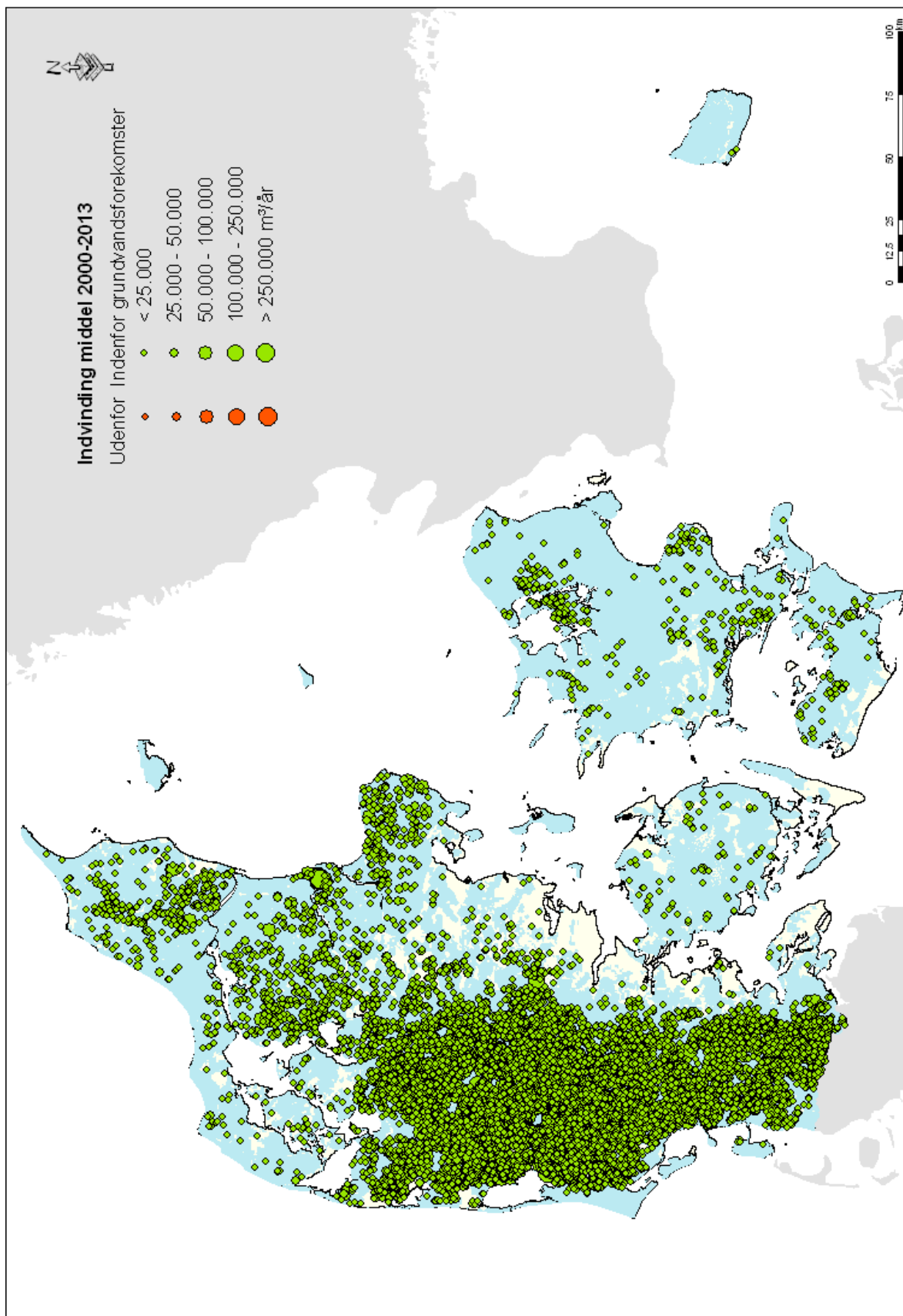
Indvindinger som ikke er tilknyttet en grundvandsforekomst (ingen markvandinger)



Indvindinger som er tilknyttet en grundvandsforekomst (ingen markvandinger)



Markvandinger som ikke er tilknyttet en grundvandsforekomst



Markvandinger som er tilknyttet en grundvandsforekomst

Appendix D Rutine for grundvandsforekomstafrænsning

Udpegningen af grundvandsforekomsterne foregår gennem en række trin:

Trin 1: Import af data fra DKM-geologi.

Der sker en simpel import af data fra DKM-geologi af alle de nødvendige lagfiler. I den forbindelse skæres hav-områder væk.

Trin 2: Afgrænsning af magasin og aquitard områder ud fra T-værdier

Afgrænsning af områder med magasiner sker ved at der udregnes en pseudo transmisivitet som til dels er baseret på DK-modellens fordeling af hydrauliske ledningsevner. Trin 2a springes over de steder, hvor DK-modellen allerede indeholder tykkelser af magasiner og aquitarder (d.v.s. på Sjælland og Fyn, se dog nedenstående ift. dk1).

For DKM-Jylland, DKM-Bornholm og kalken på DKM-Sjælland og DKM-Fyn beregnes magasinerne ud fra T-værdier og DK-modellens lagtykkelser. T-værdier over en given cutoff-værdi tolkes som magasiner, mens T-værdier under en given cutoff-værdi tolkes som aquitard. For DKM-Jylland er der valgt individuelle cutoff-værdier for hvert lag, mens de resterende landsdele bruger faste:

Anvendte T cutoff-værdier

	Aquifer	T cutoff (m ² /s)	Aquitard	T cutoff	Bemærkning
	ks1	37000	kl1	50000	
	ks2	100000	kl2	37000	
	ks3	100000	kl3	100000	
DKMJ	ps1	55000	kl4	100000	kl4 og pl1 adderes, da de ligger i samme niveau
	ps2	88000	pl1	100000	
	ps3	51000	pl2	55000	
	ps4	98000	pl3	88000	
	dk1		47000	pl4	51000
				pl5	98000
	DKMB	blag1	10000		
blag2		10000			
blag3		10000			
blag4		10000			
blag5		10000			
blag6		10000			
DKMS	dk1	10000			
DKMF	dk1	2200			

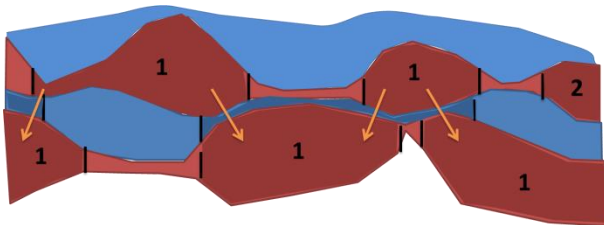
For Jylland er de individuelle T cutoff-værdier fastlagt visuelt ved at inspicere et plot med en farveskala, der er opdelt i 10 fraktiler.

Områder defineret som magasin ud fra anvendte T cutoff værdier afskæres herefter hvor tykkelsen af magasinet i DKmodellen er mindre end 3 meter eller hvor det enkelte magasin areal er mindre end 25. Bemærk, at for Jylland ligger kl4 og pl1 ovenover hinanden uden mellemliggende magasinlag. De er derfor adderet i beregningerne, så de steder hvor der er hydraulisk kontakt, er der hvor den samlede tykkelse af de to lag er under tre meter.

Trin 3a: Beregning af grundvandsforekomster/hydraulisk kontakt

Beregningen af områder med grundvandsforekomster foregår ved, at beregne hvor der er hydraulisk kontakt mellem to magasinlag. Områder hvor der er hydraulisk kontakt gennem en aquitard defineret som steder mellem to magasiner med overlap på over 50 ha, hvor aquitarden har T-værdier under cutoff-værdien og hvor lagtykkelsen er mindre end 3 meter.

I første omgang beregnes kun hydraulisk kontakt mellem de magasinlag, der ligger umiddelbart over hinanden i rækkefølgen i DK-modellen, f.eks. mellem ks1/ks2 og ps2/ps3 – ikke mellem ks1/ks3.

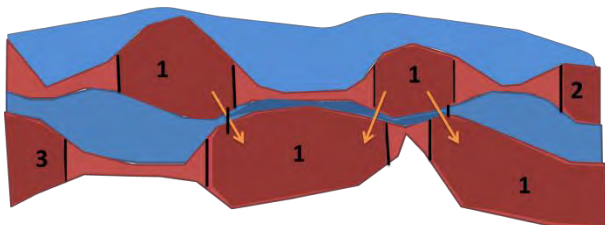


Trin 3b: Beregning af hydraulisk kontakt over flere magasiner

Der er beregnet hydraulisk kontakt hvor der springes over et magasin, f.eks. fra ks1/ks3 og ks3/dk1. Beregningen foregår ved, at de steder hvor to aquitarder med et mellemliggende magasinlag er under 3 meter, antages det, at der er hydraulisk kontakt. Dette bruges derefter til at beregne hvor det overliggende magasinlag har kontakt til det underliggende magasinlag.

Trin 4: Nummerering af magasiner og beregning af magasinssammenhænge

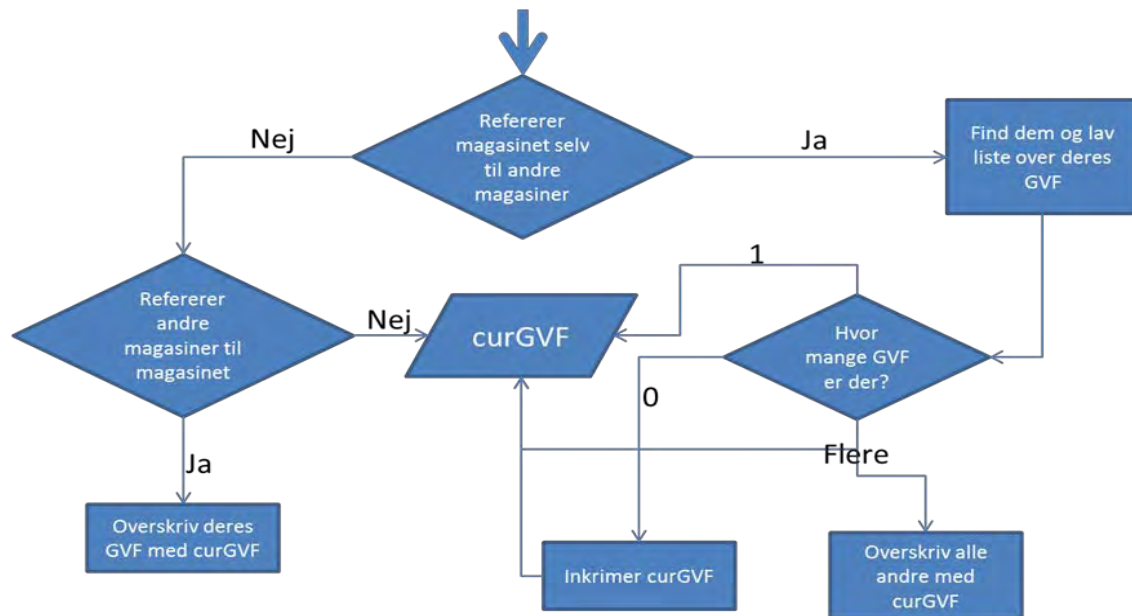
Der foregår herefter en nummerering af magasiner. De nummereres fortløbende ovenfra og ned. Magasin 1 ligger således i øverste DKM-lag og magasin N i nederste DKM-lag. Herefter anvendes beregningerne over hydrauliske forbindelser til at fastslå hvilke magasiner, der har kontakt til hinanden. For hver polygon markeres en id på de magasiner, som polygonen (magasinet) har hydraulisk forbindelse til opadtil.



Trin 5: Beregning af grundvandsforekomster

Ud fra magasinsammenhænge beregnes nu de egentlige grundvandsforekomster. Det sker som en rekursiv proces hvor det undersøges hvilke magasiner, der refererer til andre magasiner.

Algoritmen er:



"curGVF" er det forekomstnummer, det magasin der undersøges vil få, når beregningen er udført. De magasiner, der ikke selv refererer til andre og ej heller bliver refereret til vil foruden curGVF blive markeret med et 'x'.

Trin 6: Gruppering af grundvandsforekomster uden kobling på tværs af magasinlag

I vandplansarbejdet er der et udtalt ønske om at der ikke optræder meget mere end 400 grundvandsforekomster. Derfor har det været ønskeligt at samle mindre sammenlignelige magasiner uden direkte hydraulisk kontakt i grupper af forekomster. Dette er håndteret ved at samle alle forekomster mindre end et arealmæssigt afskæringskriterium inden for et hovedvandopland til én forekomst pr. hydrostratigrafisk lag (hvor afskæringskriterium styres af hensigten at ende på omkring 400 grundvandsforekomster).

Appendix E Procedure for vurdering af kontakt mellem grundvandsforekomster og overfladevand

Der er gennemført en overordnet analyse af potentialet for kontakt mellem grundvand og overfladevand med udgangspunkt i en simple afstands vurderinger mellem magasiner og overfladevands komponenter. Analysen af grundvandsforekomsternes kontakten til overflade vandelementer består af tre dele:

Første del bestemmer hvilke arealer der har mindre end 3 meter ler mellem de laveste områder ($10 \times 10 \text{ m}^2$) af terræn overfladen indenfor et $100 \times 100 \text{ m}^2$ grid og magasinernes overflade beskrivelse (DKmodellens lagflader på raster grid format). Beregningsmæssigt er der dannet en minimums terræn model hvor hvert $100 \times 100 \text{ m}^2$ grid er tildelt den mindste værdi fra Danmarks højdemodel i 10m grid udgaven (Geodatastyrelsen, DHM/Terræn [10 m grid]). Dette minimums topografiske grid (100m) er fratrukket lagflader for toppen af de enkelte magasiner (100m grid) og de resulterende raster grid (benævnt dkm_x_terr, hvor x angiver magasinlaget, f.eks. ks1) er herefter kategoriseret i fire enheder (grid med mindre end 0,1 meter, mellem 0,1 og 1 meter, mellem 1 og 3 meter samt mere end 3 meters afstand).

Andet del bestemmer fællesmængden af områder med mindre end 3 meters afstand til terræn og områder defineret som tilhørende magasiner. Rent praktisk dannes et polygon tema med information om de lagspecifikke resulterende difference rastergrid (dkm_x_terr) hvilket klippes med tilsvarende magasiner (polygon) afgrænsninger indenfor de specifikke lag (f.eks. magasiner indenfor KS1). De resulterende polygontemaer navngives og gemmes internt i proceduren (dkm_x_TerrPolClip). Herved dannes områder indenfor de enkelte magasiner som har lille afstand til terræn.

Tredje del bestemmer fællesmængden mellem overfladevands elementer (vandløb, søer og vådområder) og de områder af magasinerne med lille afstand til terræn (dkm_x_TerrPolClip). Teknisk set udføres en "Identity" analyse, hvorved information om magasinnummer og grundvandsforekomstnummer stemples ind i vandløbs-temaet (Geodatastyrelsen, Udkast_til_vandplan2013, vp13u2vandlobtema) henholdsvis sø-temaet (AIS 302_Soer, 2000) og vådområde-temaet (AIS 304_Aktuelle_vaadområder, 2000) indenfor de områder af magasinerne med lille afstand til terræn (dkm_x_TerrPolClip).

Fjerde del udnytter at opsplittningen af de tre overfladevandstemaer efter områder med tæt kontakt til magasinerne. For hvert magasin element og grundvandsforekomst laves en optælling af hvor stort et areal/vandløbslængde der er tæt kontakt til. Typologien af den enkelte grundvandsforekomst fastsættes som:

- ✚ Terrænnær hvis forekomsten indeholder mindst et magasin hvor der er registreret kontakt til enten vandløb-, sø- eller vådområde temaet og forekomsten samlede overflade areal er mindre end 250 km^2
- ✚ Regional, hvor forekomsten består af mindst et magasin med direkte kontakt til et af overfladevandstemaerne og hvor det samlede overflade areal er større end 250 km^2
- ✚ Dyb, hvor forekomsten ikke indeholder magasiner med kontakt til et af overfladevandstemaerne