DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE RAPPORT 2019/6

Dokumentationsrapport, Nitrattilstand for grundvandsforekomster, metodeudvikling

Miljøstyrelsens projekt "Udvikling af metode for relevante undersøgelser for vurdering af nitratpåvirkning af grundvandsforekomsterne (GVF) – Leverance 7"

Lærke Thorling, Ingelise Møller, Bertel Nilsson,
Peter Sandersen & Lars Troldborg

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER
FOR DANMARK OG GRØNLAND,
ENERGI-, FORSYNINGS- og KLIMAMINISTERIET

GEUS

DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE RAPPORT 2019/6

Dokumentationsrapport, Nitrattilstand for grundvandsforekomster, metodeudvikling

Miljøstyrelsens projekt "Udvikling af metode for relevante undersøgelser for vurdering af nitratpåvirkning af grundvandsforekomsterne (GVF) – Leverance 7"

Lærke Thorling, Ingelise Møller, Bertel Nilsson,
Peter Sandersen & Lars Troldborg

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER
FOR DANMARK OG GRØNLAND,
ENERGI-, FORSYNINGS- og KLIMAMINISTERIET

GEUS

1. Baggrund 5

2. Dokumentation og møder 6

3. Valg af grundvandsforekomster til udvikling og test af metode 7

3.1 Historik om udpegning af grundvandsforekomsterne og tilknytning af vandprøver til grundvandsforekomster 7
3.2 Kriterier 8

4. Konceptuel modeller 11

5. Datarepræsentativitet 13

5.1 Begrebet Repræsentativitet i Vandrammedirektivet 13
5.2 Begrebet repræsentativitet for grundvandsdata 13
5.3 Datatæthed, datastruktur og repræsentativitet 14

6. Metode 16

6.1 Beskrivelse af metode 16
6.2 Anvendt dokumentationsark for afprøvning af metode på udvalgte grundvandsforekomster 17
6.3 Arbejdsproces og review-panel 21
6.4 Fravalg af faglige temaer 22

7. Gennemgang af fem udvalgte grundvandsforekomster 23

7.1 Generelle kriterier for valg grundvandsforekomster til test af metode 23
7.2 Djursland (GVF 131): kalk (dk1) 24
7.2.1 Kriterier for valg af GVF Djursland 131 24
7.2.2 Vægtning af temaer mht. konceptuel model og tilstandsvurdering (Djursland 131) 24
7.2.3 Opsummering af tilstandsvurdering, datarepræsentativitet samt sikkerhed ved vurderingen (Djursland 131) 24
7.3 Nordfyn (GVF 156): kvartært sand (KS1-3) 25
7.3.1 Kriterier for valg af GVF Nordfyn 156 25
7.3.2 Vægtning af temaer mht. konceptuel model og tilstandsvurdering (Nordfyn 156) 25
7.3.3 Opsummering af tilstandsvurdering, datarepræsentativitet samt sikkerhed ved vurderingen (Nordfyn 156) 25
7.4 Herning (GVF 194): Kvartært sand (KS1-2) 26
7.4.1 Kriterier for valg af GVF Herning 194 26
7.4.2 Vægtning af temaer mht. konceptuel model og tilstandsvurdering (Herning 194) 26
7.4.3 Opsummering af tilstandsvurdering, datarepræsentativitet samt sikkerhed ved vurderingen (Herning 194) 26
7.5 Ribe (GVF 243): prækvartært sand (ps1) 27
7.5.1 Kriterier for valg af GVF Ribe 243 27

7.5.2 Vægtning af temaer mht. konceptuel model og tilstandsvurdering (Ribe 243). 27
7.5.3 Opsummering af tilstandsvurdering, datarepræsentativitet samt sikkerhed ved vurderingen (Ribe 243) 27
7.6 Roskilde Fjord/Nordsjælland (GVF 261): kvartært sand (KS1) 28
7.6.1 Specifikke kriterier for valg af GVF Roskilde Fjord/Nordsjælland 261 28
7.6.2 Vægtning af temaer mht. konceptuel model og tilstandsvurdering (GVF Roskilde Fjord/Nordsjælland 261) 28
7.6.3 Opsummering af tilstandsvurdering, datarepræsentativitet samt sikkerhed ved vurderingen (GVF Roskilde Fjord/Nordsjælland 261) 28

8. Konklusion 30

9. Litteratur 32

10. Bilag 35

Bilag 1: Metodebeskrivelse for datasæt anvendt i faglige temaer 36
Bilag 1.1. Geologiske modeller 36
Bilag 1.2. Geofysiske metoder 39
Bilag 1.3. Etablering af datasæt til karakterisering af hydrobio-geokemiske forhold 44
Bilag 2. Datakilder, der kan anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand for nitrat - Leverance 1 47
Bilag 3: Notat om afdækning af sammenhænge mellem almene vandforsyninger og grundvandsforekomster pr. 25. marts 2018 (i uddrag) – Leverance 3 59
Bilag 4: Korte beskrivelser af de 27 faglige temaer 65
Bilag 4.1 Tema N1-N6 65
Bilag 4.2 Tema A1-A2 72
Bilag 4.3 Tema G1-G5 74
Bilag 4.4 Tema G6-G9 83
Bilag 4.5 Tema H1-H10 91
Bilag 4.6. Forslag til nyt tema: Tema G-xx 102
Bilag 5: Dokumentationsark for 5 grundvandsforekomster brugt til afprøvning af metode .....
Bilag 6: Faglige temakort grupperet efter GVF .....

1. Baggrund

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med Miljøstyrelsens projekt ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden for så vidt angår nitrat”.

Nærværende dokumentationsrapport er produktet af Leverance 7.1, der har følgende formål:

- At udvikle og beskrive metode for relevant undersøgelse af tilstanden i en grundvandsforekomst (GVF) mht. nitrat, jf. definitionerne i vandrammedirektivet og grundvandsdirektivet.
- I den forbindelse at anvise en metode til at opstille en konceptuel model for en GVF.
- I forlængelse heraf vurdere, i hvilket omfang GVF’en, har en gennemsnitskoncentration af nitrat over grundvandskvalitetskravet på 50 mg/l.
- I fortsættelse heraf at vurdere betydningen af nitratpåvirkningen i GVF´en (jf. CIS Guidance no. 18., afsnit 4.4.2.).

Metodeudviklingen baseres på GEUS´ ekspertiser inden for et bredt udvalg af fagdiscipliner herunder:

- Geologisk modellering
- Hydrogeologi og hydrologisk modellering
- Anvendelse af sårbarhedskoncepter fra den nationale grundvandskortlægning, herunder ikke mindst den grundvandskemiske kortlægning
- NOVANA-programmets grundvandsovervågning
- Tidligere gennemførte tilstandsvurderinger
- Fortolkning og bearbejdning af geofysiske data
- Evaluering af geologisk heterogenitet i forhold til klassiske geologiske modelkoncepter

2. Dokumentation og møder

Interne møder: Der er afholdt flere typer af interne møder på GEUS, hvor metoden er udviklet. Arbejdsprocessen for udviklingen af metoden beskrives ved nærværende dokumentationsrapport, hvor til- og fravalg af datatyper samt usikkerheden ved brugen af de forskellige datatyper har haft en høj prioritet i udarbejdelsen af redegørelsen. Bilag 5 og 6 indeholder dokumentationen for de anvendte temaer og de vurderinger, der er foretaget under metodeudviklingen.

Projektmøder: Projektmøder for GEUS-projektdeltagere har primært haft som formål at igangsætte og vedligeholde fremdriften af projektet, afklare hængepartier, faglige udfordringer mm.

Projektworkshops. Der er afholdt tre forberedende GEUS-interne projektworkshops, hvor metoden er blevet udviklet og testet på fem udvalgte grundvandsforekomster (GVF'er) af GEUS projektdeltagere. På disse møder blev metoden udviklet på tværs af datatyper og faglige arbejdsgange. Hovedformålet har været udvikling af konceptuelle modeller, der kan svare på, om en GVF med data for nitrat, er i "god", "ringe" eller "ukendt" tilstand. Der arbejdes således ud over Vandrammedirektivets klassificering af tilstanden for en GVF som enten "god" eller "ringe" også med en "ukendt tilstand", (se figur 3.2 og projektbeskrivelsen). Ved den sidste af de tre projektworkshops blev meget erfarne GEUS-kolleger, der ikke tidligere havde deltaget i arbejdet, inddraget med den opgave at kvalitetssikre den valgte metode, herunder komme med anbefalinger til justeringer af metoden.

Workshop med Miljøstyrelsen. Den 6. sept. 2018 blev der afholdt en workshop med deltagelse af Miljøstyrelsen, hvor metoden blev præsenteret og diskuteret med udgangspunkt i det først fremsendte udkast af denne rapport. Efter workshoppen blev dokumentationsrapporten justeret i forhold til de fremkomne bemærkninger.

Skriftlig dokumentation. Det endelige produkt udgøres af nærværende dokumentationsrapport, der beskriver, hvordan de forskellige datatyper er bearbejdet, og hvilken vægt de er tillagt i vurderingerne. Der er udviklet et såkaldte "dokumentationsark", til brug for tilstandsvurderingen af de enkelte GVF'er, der dokumenterer den metodiske tilgang for sammenstilling og vægtning af de forskellige datatyper og de fagligt fortolkede temaer, hvor alle trin indgår, og den samlede tildeling af tilstand (god, ringe eller ukendt) rapporteres.

3. Valg af grundvandsforekomster til udvikling og test af metode

3.1 Historik om udpegning af grundvandsforekomsterne og tilknytning af vandprøver til grundvandsforekomster

Grundvandsforekomster (GVF'er) er den grundlæggende enhed i administrationen af grundvandet efter Vandrammedirektivet (EU 2000), dvs. det er den enhed, som målsættes og overvåges, og som efterfølgende er genstand for vurdering af om målsætningerne er opfyldt. GVF'erne i Danmark er afgrænset i flere omgange; første gang af amterne før 2007 i forbindelse med det indledende arbejde med Vandplan 1 og senest i forbindelse med Vandplan 2 (Troldborg mfl. 2014). I sidstnævnte er GVF'erne udpeget i forhold til DK-modellens lag og magasiner, hvorefter det har været muligt at koble indtagene fra boringerne i Jupiter til en specifik GVF (indtagsdybde og geografisk placering). Dette har igen muliggjort kobling af grundvandsanalyser knyttet til specifikke boringsindtag i Jupiter til GVF'erne. Metoden til at koble indtag og GVF er beskrevet i Troldborg mfl. (2014) og Mielby mfl. (2009).

I nærværende projekt er der anvendt den kobling mellem indtag og GVF, der er gennemført i forbindelse med leverance 3 i foråret 2018. Koblingen skal opdateres, såfremt den planlagte ny-afgræsning af de danske GVF'er gør det nødvendigt. Den fornyede kobling i leverance 3 hænger sammen med, at der løbende indlæses nye boringer i Jupiter, således at flere tusinde indtag med grundvandsanalyser fra perioden 2011-2016 ikke var koblet til en GVF. Dette skyldtes især indlæsning af mange nye data fra regionernes jordforureningsopgaver, men derudover den løbende opdatering af Jupiter med nye boringer fra fx vandværker og grundvandsovervågningen.

Der er en lang række tekniske udfordringer, der skal håndteres ved en kobling mellem vandanalyserne, indtag og GVF. Dette betyder blandt andet, at der på grund af modelusikkerheden tilknyttes indtag til GVF'er efter faste algoritmer, når indtagene fysisk er beliggende uden for de modellag, som GVF'erne er baseret på. Dette er bl.a. diskuteret i Troldborg mfl. (2014) og i forbindelse med leverance 3, Troldborg (2018), se bilag 3.

3.2 Kriterier

De GVF'er, der er valgt til udvikling og test af metoden, skulle så vidt muligt repræsentere mangfoldigheden af de eksisterende GVF'er, dvs. variabiliteten mht. størrelse, grad af fragmentering, dybde- og oxidationsforhold, samt forskelle i DK-modellens geologiske opbygning (DKM).

I forbindelse med fastlæggelsen af GVF'ernes rumlige udbredelse til Vandplan 2, jf. Troldborg mfl. (2014) blev der afgrænset 2711 grundvandsmagasiner. Mere end 80 % af disse magasiner ligger i de øverste kvartære sandlag (ks1-ks4). De 10 største enkeltmagasiner ligger alle i Jylland. Tabel 1 opsummerer antal og størrelse af afgrænsede magasiner i de forskellige geologi-typer (DKM-lag), der indgår i DK-modellen.

Tabel 1: Magasinantal og størrelser pr. hydrostratigrafisk lag i DK-modellen (modificeret fra Troldborg mfl. (2014).

DKM-lag	Antal magasiner	Gennemsnitsareal [1000ha]	Samlet areal [1000ha]
blag1-6	127	0,8	98
ks1	957	1,1	1.020
ks2	645	3,3	2.127
ks3	558	1,7	927
ks4	77	1,6	126
ps1	88	8,0	700
ps2	36	17,7	637
ps3	11	15,3	169
ps4	38	3,3	124
dk1	174	8,4	1.460
Sum	2.711	2,7	7.388

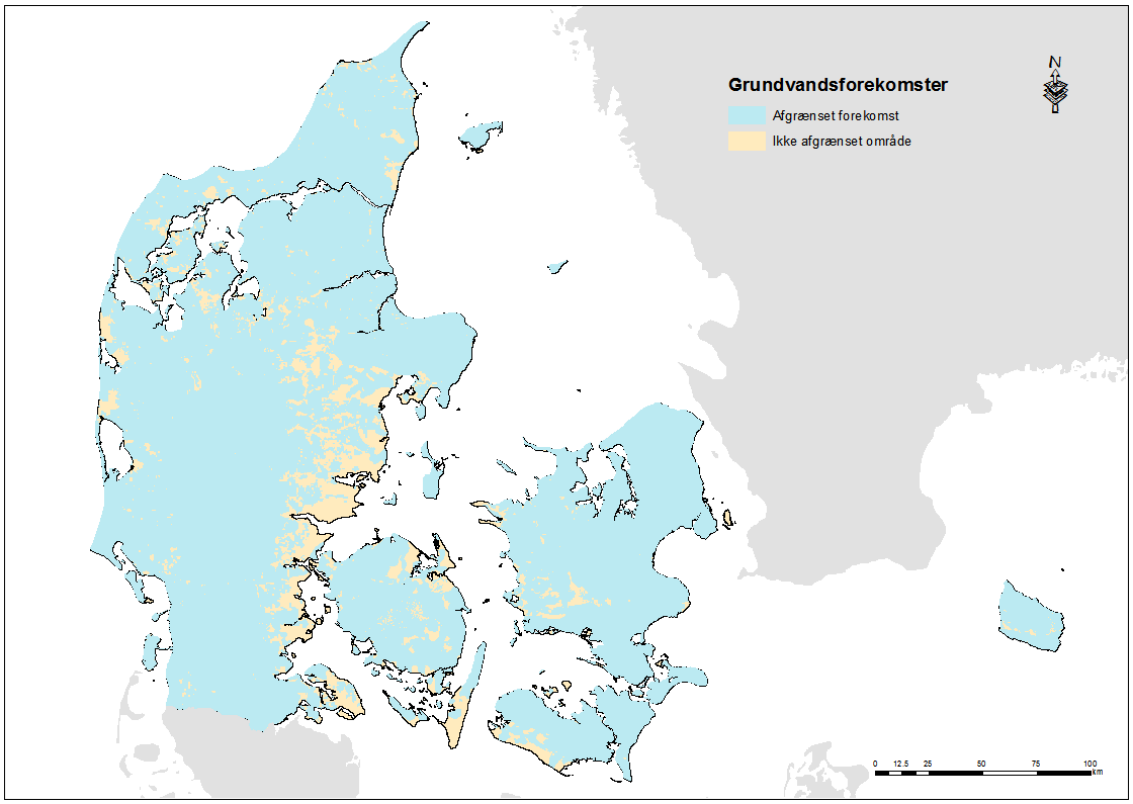
blag1-6= lagenheder på Bornholm oftest beliggende i forkastede blokke af prækvartær oprindelse; ks=kvartært sand; ps*=prækvartært sand; dk1=kalk/kridt*

Der er i alt afgrænset 402 GVF'er i Danmark.
Af disse:

- Er 166 GVF'er fordelt på >1 hydrostratigrafisk lag
- Består en GVF typisk af >1 grundvandsmagasin
- Består 282 GVF'er af ≤5 grundvandsmagasiner
- Består 70 GVF'er af ≥10 grundvandsmagasiner

Samlet set dækker de afgrænsede GVF'er det meste af landet, se Figur 3.1.

Bemærk: Som det også fremgår af Figur 3.1 dækker de udpegede GVF'er ikke hele Danmarks areal, men alene grundvandet i de modelafgrænsede lag med mægtighed større end 3 m. Der kan derfor, dels på grund af de valgte kriterier for afgrænsning af en GVF og dels på grund af modellens usikkerhed i forhold til den faktiske udbredelse af de vandførende lag, mange steder være grundvand, der ikke kan knyttes til en GVF. Indtag i disse vandførende lag uden for modellagene, vil efter en række systematiske kriterier kunne være tilknyttet nærliggende GVF'er (Bilag 3).

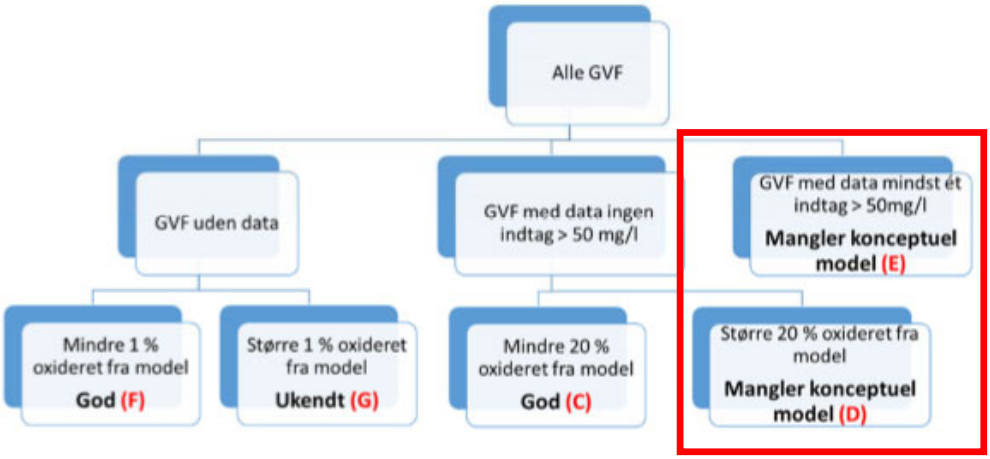


Figur 3.1: Udbredelse af grundvandsforekomster i Danmark (Troldborg mfl., 2014).

GVF'erne er, efter de kriterier der fremgår af figur 3.2, inddelt i to grupper. Én, hvor der umiddelbart foreligger en tilstandsvurdering fsva. nitrat, og én, hvor der skal opstilles konceptuelle modeller til brug ved tilstandsvurderingen for nitrat. For GVF'er uden data for nitrat, og for GVF'er med data, men uden overskridelser og mindre end 20 % volumen i den modellerede nitratholdige zone, vil der ikke blive opsat nogen konceptuel model (Typerne C, F og G).

Derimod opsættes der en konceptuel model for de GVF'er med nitratdata, hvor der enten er mindst ét indtag med en overskridelse af kravværdien på 50 mg/l nitrat eller, hvor mere end 20 % af GVF'ens volumen ligger over den modellerede nitratfront (og derfor potentielt kan indeholde nitrat), svarende til typerne D og E i figur 3.2.

Det vurderes ud fra det dataudtræk, der er udført i leverance 2 for perioden 2011-2016, at ca. 115 GVF'er af de nuværende 402 GVF'er falder i kategorierne D og E, hvilket er den type GVF'er, som leverance 7 skal udvikle og teste en metode for, se afsnit 6.1.



Figur 3.2: Inddeling af grundvandsforekomsterne (GVF) på baggrund af forekomst af nitratdata (med/uden data); nitratkoncentrationer under eller over grundvandskvalitetskravet for nitrat på 50 mg/l; samt den modellerede oxiderede zones volumenmæssige andel af grundvandsforekomsten (<1%, 1-20% og >20%).

4. Konceptuel modeller

Begrebet ”konceptuel model” er defineret i CIS Guidance Document No. 26 (EU, 2010) som: *”a means of describing and optionally quantifying systems, processes and their interactions”*.

Herudover præciseres det, at:

- *“A hydrological conceptual model describes and quantifies the relevant geological characteristics, flow conditions, hydrochemical and hydrobiological processes, anthropogenic activities and their interactions”*
- *“Conceptual models can be developed to different degrees of complexity, from simple qualitative descriptions of the geology to complex combinations of qualitative and quantitative descriptions of the hydrogeological processes and the impacts”*
- *“The degree of detail is based on the given problems and questions”*
- *“A conceptual model is the basis for reliable decisions in groundwater risk assessment and management”*

I dette projekt læner vi os op ad definitionerne og beskrivelserne i CIS Guidance Documents no. 26 on Risk Assessment and the Use of Conceptual Models for Groundwater (EU, 2010), no. 3 on Analysis of Pressures and Impacts (EU, 2003) og no. 18 on Groundwater Status and Trend Assessment (EU 2009). Vi bruger således betegnelsen ”konceptuel model” for en opsummering og sammenstilling af den eksisterende viden om såvel de fysiske-kemiske karakteristika af undergrunden som overfladeanvendelsen i det konkrete område. Den konceptuelle model beskriver med ord og med støtte i temakort den samlede, rumlige forståelse af det konkrete område, og danner således grundlaget for de samlede vurderinger af grundvandsforekomstens (GVF’ens) tilstand, hvad angår nitrat.

I nærværende arbejde bruges den konceptuelle model til at karakterisere grundvandets hydrogeokemiske forhold i det eller de grundvandsmagasiner, der er indeholdt i en specifik GVF, samt vurdere grundvandets strømning (hydrogeologi) og dæklagenes beskyttelse over for nitrat. Vi har valgt en tilgang, hvor en bred vifte af datatyper inddrages (geologiske, geofysiske, hydrologiske, geokemiske, biologiske samt antropogene data) og sættes sammen i en integreret forståelse, således som anbefalet i CIS Guidance Document no. 26.

Det eksisterende vidensgrundlag, som vil indgå i opstillingen af en konceptuel model, vil være inhomogent og karakteriseret ved varierende datatæthed, -mængde og –kvalitet. Dette kræver en grundig faglig gennemgang og vurdering inden sammenstillingen foretages (se bilag 1 til 4). I store dele af landet findes allerede geologiske, hydrogeologiske og hydrologiske modeller, hvor allerede foretagne datasammenstillinger, lagmodelleringer, beregninger af grundvandsstrømning mv. vil kunne bidrage til den konceptuelle model (se bilag 1). Da GVF’er ofte dækker store arealer, vil resultater fra

flere eksisterende modeller derfor typisk indgå ved opstillingen af en konceptuel model (se bilag 1 og 4)

Som det nævnes i CIS Guidance Document no. 26 er opstillingen af en konceptuel model ikke en statisk proces. Der vil således være brug for iterative forløb, hvor fx tilføjelse af nye data eller test af den konceptuelle forståelse ved datasammenstillingen vil kræve en revurdering. Det må derfor forventes, at den konceptuelle model, der opstilles for hver enkelt grundvandsforekomst i forbindelse med dette arbejde, opdateres og forfines i forbindelse med arbejdet i Basisanalyse III (2019), ikke mindst når der skal tages højde for tilstandsvurderinger for andre kemiske stoffer end nitrat.

Til leverance 9 vil der blive opstillet en konceptuel model for hver af de GVF'er, der er klassificeret som type D og E (Figur 3.2), hvor betydningen af de fundne koncentrationer af nitrat skal vurderes.

5. Datarepræsentativitet

5.1 Begrebet Repræsentativitet i Vandrammedirektivet

Vandrammedirektivet, VRD, (EU 2000) og Grundvandsdirektivet, GVD, (EU 2006) bruger begrebet repræsentativitet flere steder.

Fx skal der udvælges overvågningssteder der giver "*et sammenhængende og omfattende overblik over grundvandets kemiske tilstand og giver repræsentative overvågningsdata*" (GVD artikel 4.3), og "*Udvælgelsen af overvågningssteder skal desuden afspejle en vurdering af, hvor repræsentative overvågningsdata fra det pågældende sted er for kvaliteten af den eller de pågældende GVF'er*" (VRD bilag 2.4.3).

Begrebet repræsentativitet er ikke defineret nærmere i direktiverne.

5.2 Begrebet repræsentativitet for grundvandsdata

Repræsentativitet er et statistisk begreb, som beskriver en større eller mindre stikprøves afspejling af hele populationen, i prøvetagningsteorien kaldet "LOTTEN" (Esbensen og Wagner 2015).

Når der tales om repræsentativitet, skal de enkelte datasæt derfor forstås som stikprøver af en stor og ukendt "lot". Eksempelvis kan vandprøverne være stikprøver fra en lot, der består af alt grundvand i grundvandsforekomsten (GVF'en) med de kvalitetsvariationer, den rummer. På samme måde er boringernes lagbeskrivelser fra jordprøver også stikprøver af en lot, der består af den samlede geologiske variation af alle de geologiske aflejringer, der kan træffes inden for GVF'en.

Når man anvender begrebet repræsentativitet, er det nødvendigt i forvejen at vurdere, hvilke aspekter af den samlede kompleksitet man ønsker viden om: (a) alt grundvand, (b) det nitratholdige grundvand, (c) surt grundvand eller som her (d) omfanget af nitratindholdet i grundvandet i en GVF med koncentrationer over 50 mg/l.

I dette projekt skal repræsentativiteten for nitratindholdet i de tilgængelige vandprøver fra en given GVF vurderes. Dette sker med udgangspunkt i de opstillede konceptuelle modellers implikationer for den forventede koncentrationsfordeling af nitrat i hele GVF'en. Specielt vurderes det, om der i mere end 20 % af GVF'en optræder gennemsnitskoncentrationer på mere end 50 mg/l nitrat inden for den fastlagte periode.

Vurderingen af et datasæts repræsentativitet er baseret på eksisterende viden og systemforståelse for de regionale og lokale variationer i den danske geologi, hydrogeologi og geokemi (den konceptuelle model).

Repræsentativitet har i princippet kun noget med "designet" af datasættet at gøre, og har ikke direkte noget med stikprøvestørrelsen at gøre.

- Den systematiske fejl (Bias) tilknyttet bestemte datatyper vil dominere uanset stikprøvestørrelsen, for hver datatype der anvendes. Fx vil der, hvis der alene anvendes vandforsyningsboringer, være en underrepræsentation af nitratholdigt grundvand med høje koncentrationer, uanset hvor stor stikprøven er. På samme måde vil data om dæklagsegenskaber fra skylleboringer underestimere lerindholdet, og data fra flere skylleboringer løser ikke problemet.
- Sikkerheden afhænger derimod af stikprøvens størrelse (konfidens)
- Man skal ved vurderingen af repræsentativitet have øje for de såkaldt "skjulte variabler", som fx geologi, arealanvendelse, alderen af grundvandet, redoxmiljøer, der er bestemmende for, hvordan populationen fordeler sig forskellige steder i rummet. Dette gøres i dette projekt ved at vælge en række temaer, som håndterer de aspekter, som kan have betydning for repræsentativiteten af data. Fx den bias, der introduceres, hvis hovedparten af nitratprøverne er udtaget i indtag under tykke dæklag, mens hovedparten af samme forekomst er højtliggende, sandet og meget nitratsårbart.
- Når der skal tilstandsvurderes mht. nitrat, er der især fokus på:
  - Repræsentativitet af de tilgængelige nitratanalyser ift. hvor stor en del af det samlede grundvandsvolumen, der er indeholder nitrat > 1 mg/l. Det skal ud fra geologien mm skønnes, hvor meget af GVF'en, der potentielt er nitratholdig, dvs. ligger over nitratfronten.
  - Repræsentativitet ift. nitratkoncentrationerne i den nitratholdige del af grundvandet, med henblik på at kunne vurdere, hvor stor en andel af det nitratholdige grundvand (grundvand over nitratfronten), der overskrider 50 mg/l.
  - Repræsentativitet ift. arealanvendelsen: er der store områder med naturområder eller er hele området opdyrket og hvordan er arealerne placeret ift. de målte nitratkoncentrationer.
  - At den arealmæssige repræsentativitet kan være anderledes end den rumlige repræsentativitet i GVF'er med varierende tykkelse eller med skrånende lag.

Håndteringen af disse udfordringer sker gennem fortolkning af data i regi af konceptuelle modeller således, som det står i Grundvandsdirektivets bilag 4:

- "på grundlag af relevante overvågningsresultater **og en passende konceptuel model** af GVF'en at vurdere påvirkningen fra forurenende stoffer i GVF'er"

Repræsentativiteten af de anvendte kemidata i dette projekt er diskuteret i leverance 1, der er gengivet i Bilag 2 (Thorling og Hansen 2018). Derudover vurderes repræsentativiteten som en integreret del af metoden, se kapitel 6.

5.3 Datatæthed, datastruktur og repræsentativitet

Datatætheden i det nærværende projekt varierer meget fra GVF til GVF for de forskellige datatyper. Det er derfor vigtigt at kunne vurdere repræsentativiteten af data for at kunne give en bedømmelse af kvaliteten af den resulterende tilstandsvurdering. I denne rapport arbejdes der med tre niveauer for den samlede bedømmelse af repræsentativiteten for data: "god", "mellem" og "ringe", hvilket resulterer i en sikkerhed for vurderingerne, der kan være: "stor", "mellem", "ringe".

Der skelnes således mellem repræsentativiteten af de tilgængelige data og sikkerheden for vurderingen (bias og konfidens). Eksempelvis kan vi jo have få vandanalyser fra de øvre lag af en grundvandsforekomst med stor mægtighed og mange data fra det dybere magasin. I det tilfælde er der vandanalyser med en ringe rumlig repræsentativitet. Hvis der imidlertid i øvrigt er en god konceptuel model for området, kan det alligevel være muligt at lave en vurdering med stor eller mellem sikkerhed.

Kravene til datas repræsentativitet hænger sammen med den forventede heterogenitet, jf. den konceptuelle model. Jo mere ensartet geologisk opbygning, jo færre data kræves for at kunne give et repræsentativt billede af forekomsten. Den konceptuelle model, der støtter sig på alle tilgængelige datatyper, har således betydning for vurderingen af repræsentativiteten af de enkelte datatyper, idet den konceptuelle model udtaler sig om systemets samlede heterogenitet, som påvirker repræsentativiteten af de enkelte datatyper hver for sig.

Det er ikke muligt at opstille kvantitative kriterier for at vurdere repræsentativiteten af data, da fordelingen af de forskellige datatyper er umådeligt uensartet fra forekomst til forekomst.

De forskellige datatyper har en forskellig rumlig dækningsgrad, som er en konsekvens af det design, som datatyperne indsamles efter. Dette har betydning for deres repræsentativitet og ikke mindst mulighederne for at interpolere mellem data.

- Vandanalyser stammer som hovedregel fra et ret begrænset rumfang af forekomsten, og kan derfor betragtes som punktmålinger.
- Boringsoplysninger er som regel vertikale linjemålinger, idet jordlagsbeskrivelserne stammer fra flere dybder.
- Den modellerede nitratfront er en flade, der er fastlagt på basis af boringsoplysningerne, og som giver et første bud på hvor stor en andel af forekomsten, der ligger over/under nitratfronten. Repræsentativiteten af nitratfronten testes mod de målte vandprøver i tema N5, se kapitel 6 og bilag 4.1.
- Geofysiske data er, ikke mindst for SkyTEM data, ofte fortolket således, at man opnår en rumlig beskrivelse af de elektriske modstandsforhold og dermed en indikation på den rumlige geologi. De geofysiske data har af den grund meget stor betydning for fortolkning af den rumlige geologi, og vil derfor have meget stor betydning for vurdering af repræsentativiteten af de indsamlede vandanalyser.

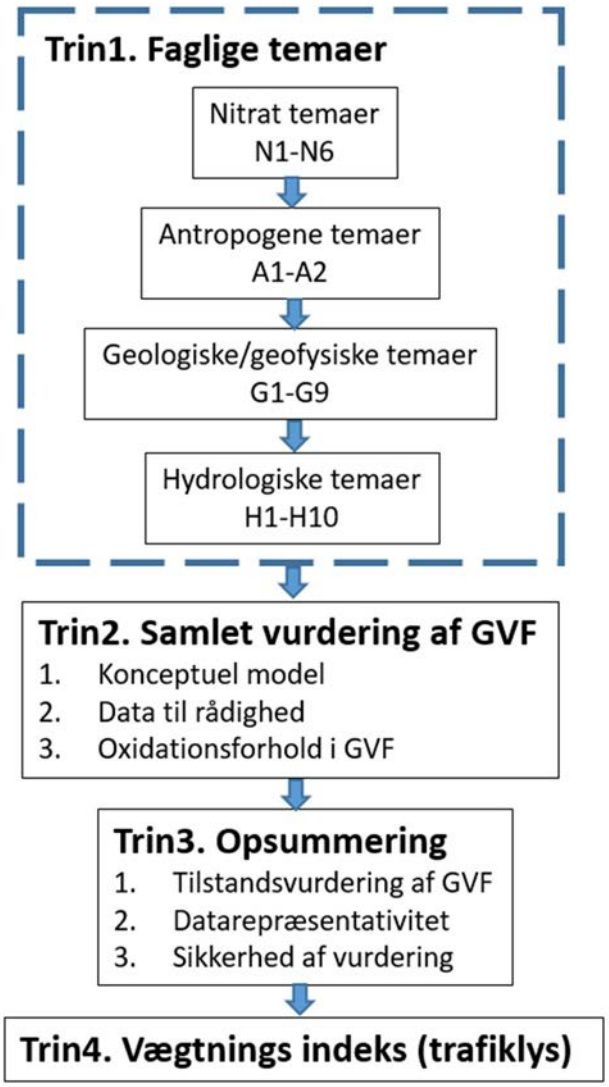
6. Metode

6.1 Beskrivelse af metode

En trinvis metode til opstilling af en konceptuel model for en grundvandsforekomst (GVF) og vurdering af nitratpåvirkningen af hver enkelt GVF er blevet udviklet og afprøvet på fem udvalgte GVF'er som en del af projektet. Konceptet består af fire trin (Figur 6.1). En beskrivelse af de anvendte datasæt og forudsætningerne for vurderingen af de faglige temaer i trin 1 er beskrevet i Bilag 1 og 2. Her fremgår det præcist hvilke data der er udtrukket af Jupiter, hvornår, og hvilken efterfølgende dataforberedelse der er foretaget. I alle de faglige temaer præsenteres alle datatyper for nitrat og der anvendes den gennemsnitlige værdi for nitrat i perioden 2011-2016, se også bilag 1.3.

Korte præcise beskrivelser af de enkelte faglige temaer anvendt på de fem udvalgte GVF'er findes i Bilag 4.

Metodeudviklingen bygger i udstrakt grad på metoder, begreber og erfaringer fra den gebyrfinansierede grundvandskortlægning (GKO). Der er derfor i stort omfang henvist til de geovejledninger, der knytter sig til Grundvandskortlægningen (se litteraturlisten, kap 9). Data indsamlet i forbindelse med GKO og geologiske modeller fra GKO indgår ligeledes som et væsentligt grundlag for opstilling af de konceptuelle modeller. Centralt i GKO er samtolkning af forskellige data, således som det fx er beskrevet i Hansen m. fl, 2016. Metoden lægger sig således op af den danske tradition på dette område, hvor ekspertvurderingerne er synliggjort, og hvor man udnytter de meget store datamængder, der er til rådighed på grundvandsområdet bedst muligt sammen med DK-modellen og lokalt opstillede modeller. Det vurderes, at denne metodik er i god overensstemmelse med de begreber om konceptuelle modeller som er defineret i CIS Guidance Document No. 26 (EU, 2010), se kapitel 4.



Figur 6.1: Trinvis metode for opstilling af en konceptuel model og vurderingen af omfanget af nitratpåvirkning i de enkelte grundvandsforekomster.

6.2 Anvendt dokumentationsark for afprøvning af metode på udvalgte grundvandsforekomster

Proceduren og den samlede konklusion for vurderingen af GVF'ernes tilstand mht. nitrat dokumenteres i et til dette formål udviklet dokumentationsark. Udarbejdelsen af dokumentationsarket er en central del af selve metodeudviklingen. Figur 6.2 viser dokumentationsarket, der er beregnet til fremtidig anvendelse af den udviklede metode til vurdering af GVF tilstand for nitrat. Dokumentationsarket er derudover anvendt til dokumentation ved afprøvningen af metoden på fem udvalgte GVF'er i nærværende projekt, se bilag 5. De fem GVF'er præsenteres i kapitel 7, hvor udvælgelseskriterierne også er gennemgået.

Dokumentationsarket indeholder en header med udvalgte faktaoplysninger om den specifikke grundvandsforekomsts geologi i DK-modellen (DKM geologi), type af GVF (type D eller

type E jf. Figur 3.2), oplysninger fra DK-modellen om oxidationsvolumen (%), projektionsarealets størrelse, dybdeforhold (terrænnær eller dyb) samt udnyttelsesgraden af vandressourcen i GVF'en.

Metodens trin 1 udgøres af de fire emner nitrat, antropogene forhold, geologi/geofysik og hydrologi, hvortil der igen er udarbejdet en række faste faglige temaer. Til hvert tema for de fem udvalgte GVF'er er det muligt at knytte figurhenvisninger/links, der peger på alle de faglige enkelt-temaer, der er indgået i vurderingen, og som er dokumenteret i Bilag 6. Dette er ikke implementeret under metodeudviklingen, men forventes anvendt i forbindelse med leverance 9.

I metodens trin 2 beskrives den samlede vurdering af de væsentligste forhold relateret til hver GVF i kort prosa i dokumentationsarket. Som opfølgning på workshoppen 6. sept. 2018 med MST foreslås det, at der i forbindelse med første workshop til leverance 9, hvor MST forventes at deltage, udarbejdes forslag til standardformuleringer for hver af de faglige temaer. Dette muliggør den nødvendige forventningsafstemning af, hvilke formuleringer, der er behov for, og variationsbredden for disse.

Efter de enkelte temaer er der en "samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF". Her beskrives i kort:

- Den konceptuelle model for GVF
- En vurdering af de data der er til rådighed, herunder manglende data
- En vurdering af omfanget af nitratpåvirket grundvand i GVF

Metodens trin 3 indebærer en konklusion for tilstandsvurdering af GVF'en, beskrevet i feltet "opsummering". Her angives det, om tilstandsvurderingen mht. nitrat er *god*, *ringe* eller *ukendt*. Derudover er der en bedømmelse af datarepræsentativiteten (*god, mellem, ringe*), samt en vurdering af, hvor sikker vurderingen af GVF'ens nitrattilstand er (*stor, mellem, ringe*).

Afslutningsvist i metodens trin 4 er hvert enkelt fagligt tema vægtet efter, hvor vigtigt temaet var ift. opstillingen af den konceptuelle model og den endelige tilstandsvurdering ud fra skalaen:

- Temaet er afgørende for den konceptuelle model (grøn)
- Temaet understøtter den konceptuelle model, men er ikke afgørende (gult)
- Temaet er ikke nødvendigt for den konceptuelle model (rød)
- Temaet er ikke udarbejdet på grund af manglende data (hvid)

Kun temaer der er afgørende for etableringen af den konceptuelle model tildeles farven grøn. Hvis temaet i øvrigt anvendes, tildeles det farven gul. Der er ikke gennemført tilstandsvurderinger nok i projektets metodeudvikling til, at der er fundet et fast mønster for, hvilke temaer der har hvilken vægt. Dog er den overordnede geologiske ramme (Tema G-6) og temaer baseret helt eller delvist på geofysiske data (Tema G-7–G-9) altid tillagt afgørende vægt.

GEUS

Dokumentationsark for grundvandsforekomst
GVF xxx navn

DKM geologi:		Konceptuel model D/E:		Vol % ox.:	
Karakterisering af GVF:				Areal (km^2)	
Antal magasiner:				Dybdeforh.:	
Magasinsammenhæng:					

Nitrat temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema N-1:	Fordelingskurver for nitrat (plot)		
Kommentar:			
Tema N-2:	Vandtype for indtagsdybde (plot)		
Kommentar:			
Tema N-3:	Nitratmålinger i x,y (kort)		
Kommentar:			
Tema N-4:	Vandtyper i x,y (kort)		
Kommentar:			
Tema N-5:	Redoxfrontsverificering mod vandtyper (kort)		
Kommentar:			
Tema N-6:	Redoxfront (kort)		
Kommentar:			

Antropogene temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema A-1:	Landbrugsareal (kort)		
Kommentar:			
Tema A-2:	Boringer mærket med DEPOT med nitratmålinger		
Kommentar:			

Geologiske/geofysiske temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema G-1:	Overordnet geologisk ramme		
Kommentar:			
Tema G-2:	Geomorfologi (kort)		
Kommentar:			
Tema G-3:	Terræn 10 m grid		
Kommentar:			
Tema G-4:	Jordartskort (Kombineret 1:25.000 - 1:200.000)		
Kommentar:			
Tema G-5:	Begravede dale		
Kommentar:			
Tema G-6:	Oversigtskort over geofysik		
Kommentar:			
Tema G-7:	Heterogenitet af dæklag ved middelmodstandskort (flere kort)		
Kommentar:			
Tema G-8:	Dæklagenes beskyttelse ved middelmodstandskort (flere kort)		
Kommentar:			
Tema G-9:	Geol. og geofysiske profiler i dæklag og GVF med nitrat og vandtype redoxfront		
Kommentar:			

Hydrologiske temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema H-1:	Dybde til GVF (fra DK-model)		
Kommentar:			
Tema H-2:	Grundvandsdannelse (fra rodzonen) med indvindinger (fra Dk-model)		
Kommentar:			
Tema H-3:	Grundvandsdannelse til GVF med indvindinger (fra DK-model)		
Kommentar:			
Tema H-4:	Dybde til grundvandsspejl og strømningsretninger i GVF (fra DK-model)		
Kommentar:			
Tema H-5:	Reduceret ler		
Kommentar:			
Tema H-6:	Lertykkelse over det øverste magasin		
Kommentar:			
Tema H-7:	Transmissivitet i GVF (heterogenitet i GVF) (fra DK-model)		
Kommentar:			
Tema H-8:	Harmonisk gennemsnit af k værdier (vertikal retning) for dæklag (DK-model)		
Kommentar:			
Tema H-9:	Udnyttelsesgraden i GVF (DK-model)		
Kommentar:			
Tema H-10:	Magasin Tykkelse GVF (DK-model)		
Kommentar:			

Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:
1. Opstilling af konceptuel model:
2. Vurdering af data der er tilrådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF (herunder nye geologiske modeller):
3. Vurdering af omfanget af nitratpåvirket grundvand (ex. ox.forhold):

Opsummering:			
Tilstandsvurdering af GVF:			Bedømmere:
Datarepræsentativitet:			
Sikkerhed af vurderingerne			Dato:

*) Signaturforklaring til kolonne "Vægt":	
	Temaet er afgørende for den konceptuelle model
	Temaet understøtter den konceptuelle model, men er ikke afgørende
	Temaet er ikke nødvendigt for den konceptuelle model
	Temaet er ikke udarbejdet på grund af manglende data

Figur 6.2 Dokumentationsark for grundvandsforekomsterne. Dette skema er opdateret, mht. beskrivelse af farvekoderne efter workshop med MST 6.sept. 2018 i forhold til det skema der er præsenteret i bilag 5.

6.3 Arbejdsproces og review-panel

Workshop 1:
For hver af de fem udvalgte GVF'er blev det beskrevet, hvilke emner der indledningsvis blev lagt vægt på. En relativt usystematisk tilgang accepteredes, således at det primært var den faglige intuition, der blev fulgt i gennemgangen af temaerne. Ikke alle faglige temaer lå klar til denne workshop, og potentielle supplerende temaer blev diskuteret.

Workshop 2:
Der blev fokuseret på at gennemgå en enkelt grundvandsforekomst, hvor bruttolisten på 25-30 faglige temaer blev gennemgået systematisk og hvert enkelt temas relevans blev diskuteret i forhold til at kunne understøtte den endelige tilstandsvurdering mht. nitrat. For enkelte temaer viste der sig et behov for tilretning før workshop 3. Der blev udviklet en første udgave af dokumentationsarket (se Figur 6.2), som ved gennemgangen af GVF'en blev optimeret yderligere undervejs. Der blev eksperimenteret med et to-skærms fremvisningssystem, hvor der på den ene skærm blev vist de faglige skemaer og på den anden dokumentationsarket. Enkelte af temaerne (geologiske og geofysiske profilsnit) egnede sig ikke til storskærmsfremvisning, hvorfor det blev valgt fremover at håndtere disse i A3-papirformat.

Workshop 3:
Tre meget erfarne fagpersoner fra GEUS deltog i workshop 3 som et review-panel. De havde til opgave at granske den metodiske tilgang, valg af faglige temaer og skulle vurdere argumentationen. Den foreslåede trinvise metode blev afprøvet på to af de fem udvalgte GVF'er, hvor panelet undervejs gav deres kommentarer og forslag til ændringer. Alle temaer var færdigudviklede før workshoppen. Efter gennemgangen af GVF'erne og kommentarerne fra reviewerne til de faglige temaer, skete der en yderligere tilretning, herunder blev to temaer droppet, mens fire temaer om geologi/geofysik blev lagt sammen, da diskussioner viste, at de ikke blev brugt uafhængigt af hinanden. Storskærmsfremvisningen af de faglige temaer viste sig at være for statisk og tung at arbejde med, så det blev med succes afprøvet at anvende samtlige faglige temaer printet på A3-ark. Derved kunne flere temaer ligge ved siden af hinanden samtidigt, hvilket gav en mere dynamisk diskussion, og samtidig var dette en effektivisering ift. forbrugt tid da det befordrede en mere dynamiske tilgang. Det blev derfor besluttet at anbefale fremgangsmåden med printede A3 ark ved gennemgangen af alle GVF'er, i leverance 9.

Workshop 4:
En workshop mellem GEUS og MST med deltagelse fra såvel vandplangruppen som GKO og Grundvandsovervågningens FKG/MST blev afholdt nogle måneder efter at det første udkast til rapportering af metoden var fremsendt til MST. Formålet med workshoppen var at præsentere metodeudviklingen og få Miljøstyrelsens tilbagemeldinger på eventuelle væsentlige justeringer af metoden. På workshoppen blev metoden og dokumentationsarket detaljeret gennemgået, og metoden blev afprøvet på Djursland (GVF 131) og Roskilde Fjord/Nordsjælland (GVF 261), der præsenterer to yderligheder mht. datarepræsentativitet og mængden af magasiner i GVF'en. Metoden blev generelt vurderet anvendelig til formålet. Det blev besluttet, at der særligt var behov for at arbejde med anvendelsen og betydningen af farvekoder i kolonnen "vægt" i dokumentationsarket. Derfor optræder dokumentationsarket i figur 6.2 i en revideret form i forhold til bilag 5, mht. beskrivelsen af farvekoderne. Derudover blev

der efterfølgende i forbindelse med rapportkommenteringen fremsat et ønske fra MST om et yderligere fagligt geologisk tema, der illustrerer datatætheden på boringer med geologiske lagbeskrivelser. Dette tema er vist i bilag 4.6, men er ikke anvendt ved metodeudviklingen.

6.4 Fravalg af faglige temaer

- N-udvaskningskort fra kvælstofmodellen blev fravalgt, da den tidsspecifikke udvaskning kunne misforstås ift. målte koncentrationer af nitrat i grundvandet, idet der er en manglende tidslig sammenhæng mellem aktuelle nitratmålinger i grundvandet og aktuel udvaskning pga. lange transporttider i grundvandet. Da formålet med temaet primært var at afdække, om der er områder med stor eller lille udvaskning, var temaet således ikke repræsentativt ift. måledata. Derfor blev det besluttet, at fravælge dette tema til fordel for arealanvendelsestemaet. Arealanvendelsestemaet afdækkede effektivt samme emne, idet landbrugsarealerne står for den primære fladebelastning med nitrat.
- I Tema G-9 blev det fravalgt at vise geofysiske profiler, hvor 3D resistivitetsgriddet er blanket af, så det kun vises i hhv. dæklag og grundvandsforekomst. Tanken med at vise profiler, hvor man kun så resistivitetsgrid i hhv. dæklag og grundvandsforekomst, var, at man derved fremhævede resistivitetsstrukturerne og gjorde det lettere at vurdere hhv. dæklagets eller GVF'ens heterogenitet. Det viste sig, at det var unødvendigt at fremstille disse profiler, idet vurderingerne omkring heterogenitet i dæklag og GVF'er i stedet kunne foretages med udgangspunkt i profilerne i Tema G-9, hvor resistivitetsgriddet vises for hele profilets dybde, idet GVF'ens udstrækning er tydeligt markeret på profilet.

- Tidligt i arbejdsprocessen blev der arbejdet på at udvikle et kort med et heterogenitetsindeks på baggrund af geofysiske resistivitetsdata. Arbejdsgangen var ret omstændelig med udtræk af data fra GERDA databasen og indlæsning i MATLAB, hvor beregninger blev foretaget. Det viste sig at være en for tidskrævende proces i forhold til det forventede resultatet, og temaet bidrog ikke med væsentlig mere information end det menneskelige øje og hjerne kunne udlede ved at se på middelmodstandskort (Tema G-7 og G-8).

7. Gennemgang af fem udvalgte grundvandsforekomster

7.1 Generelle kriterier for valg grundvandsforekomster til test af metode

Der er udvalgt fem Grundvandsforekomster (GVF'er) til afprøvning af metoden ud fra nedenstående kriterier:

- Såvel GVF'er af typen D og E (se figur 3.2). Dvs. såvel GVF type D, hvor nitrat ≤ 50 mg/l i alle indtag, men hvor den Nationale kvælstofmodels beregninger viser, at mere end 20 % af forekomsten er oxideret; som GVF type E, hvor nitrat >50 mg/l i et eller flere indtag.
- Såvel GVF'er med DKM geologi af kvartært sand (KS1-3), prækvartært sand (ps1) som kalk (dk1) skal udvælges, da de udgør en væsentlig del af de 402 GVF'er, der er udpeget i Danmark.
- Såvel terrænnære som dybe(re) GVF'er.
- Såvel GVF'er, der udgøres af et enkelt større sammenhængende grundvandsmagasin som GVF'er med mange små (fragmenterede) grundvandsmagasiner, der samlet er udpeget som én GVF.
- Såvel GVF'er med få som mange indtag med analyser for nitrat.
- Såvel GVF'er, hvor indtagene med nitrat har en stor geografisk spredning i forekomsten, som GVF'er med store områder uden indtag med nitrat.
- Såvel GVF'er med hhv. et lille (<1%) som et stort (>20%) oxidations volumen %
- Såvel GVF'er, hvor geologien i DK-modellen er i mindre god overensstemmelse med nyere geologiske modeller for et givent område, som GVF'er, der kan forventes at have bedre overensstemmelse med nyere geologiske modeller fra grundvandskortlægningen.
- Såvel GVF'er, hvor der findes mange som få geofysiske data.

Dækslagstykkelse er ikke anvendt som et eksplicit kriterie for udvælgelsen, men det er implicit dækket ved kombination af en række af de valgte kriterier.

Ud fra disse kriterier blev følgende fem GVF'er udvalgt til udvikling og test af metoden i forbindelse med workshop 1-3 i perioden januar-maj 2018:

- Djursland (GVF 131): kalk (dk1)
- Nordfyn (GVF 156): kvartært sand (KS1-3)
- Herning (GVF 194): kvartært sand (KS1-2)
- Ribe (GVF 243): prækvartært sand (ps1)
- Roskilde Fjord/Nordsjælland (GVF 261): kvartært sand (KS1)

7.2 Djursland (GVF 131): kalk (dk1)

7.2.1 Kriterier for valg af GVF Djursland 131

- GVF type E
- Mange høje nitratværdier koncentreret i et begrænset område af GVF
- Kalkmagasin
- Forventet variation i dæklagets tykkelse over kalken fra lokalt meget sandet til store mægtigheder af prækvartært ler
- Områder med forskellig datatæthed gør GVF velegnet til test af ekstrapolation fra område med høj datatæthed til områder med mindre datatæthed
- Nyere geologisk model eksisterer som generelt passer godt med DK-modellen, men problem med geologisk model i overgang mellem GVF'er ved Randers
- En stor del af området er dækket af geofysiske data - Norddjurs er dækket af en ny SkyTEM kortlægning
- Et stort grundvandsmagasin udgør hele GVF
- Mange indtag i GVF

7.2.2 Vægtning af temaer mht. konceptuel model og tilstandsvurdering (Djursland 131)

Omkring 1/3 del af temaerne har været væsentlige for at underbygge den konceptuelle forståelse og tilstandsvurdering af GVF'en. Hovedparten af nitrattemaerne, de geofysiske heterogenitetsprofiler kombineret med vandtyper, samt et enkelt hydrologitema om dybden til GVF (H-1) er vægtet "væsentlige" for vurderingen. Dertil kommer, at alle de geologiske temaer, kort over landbrugsarealer (A-1), et par nitrattemaer, samt et enkelt hydrologitema om grundvandsdannelse (H-3) indgik i bedømmelsen, dog uden at være væsentlige. Generelt vurderes nitrattemaerne og de geofysiske heterogenitetstemaer kombineret med vandtyper således at underbygge den konceptuelle forståelse og tilstandsvurdering mht. nitrat. Omvendt er hydrologitemaer samt temaet om boringer mærket med DEPOT (A-2) ikke brugt.

Diskussionerne om de anvendte faglige temaer er opsummeret i korte udsagn i Bilag 5.1 og alle faglige temaer er vist i Bilag 6.1.

7.2.3 Opsummering af tilstandsvurdering, datarepræsentativitet samt sikkerhed ved vurderingen (Djursland 131)

Tilstanden mht. nitrat for GVF'en Djursland 131 vurderes med stor sikkerhed at være god. Modelmæssigt er <1 % af forekomsten oxideret. Vandanalyserne peger på, at omfanget af den oxiderede og potentielt nitratholdige del af forekomsten er underestimeret, idet nitrat mange steder findes i indtag, hvor dybden til overkanten af indtaget ligger under den modellerede nitratfront. Det vurderes dog samtidigt, at andelen af oxideret grundvand samlet set for hele GVF'en er lille. Mod øst optræder nitrat til stor dybde i højtliggende kalklag med relativt tynde sandede dæklag. De høje nitratkoncentrationer >50 mg/l, der er fundet mod øst, er derfor repræsentative for denne del af GVF'en. Omvendt ligger hovedparten af fore-

komsten længere mod vest så dybt, at den geologiske beskyttelse over for nitrat er høj. Generelt er der en god dækning med såvel de geofysiske og geologiske data som for indtag med nitratmålinger.

7.3 Nordfyn (GVF 156): kvartært sand (KS1-3)

7.3.1 Kriterier for valg af GVF Nordfyn 156

- GVF type E
- Ny kortlægningsmodel eksisterer, men er ikke inddraget i GVF afgrænsningen
- Få (3) terrænnært beliggende grundvandsmagasiner i kvartæret
- Mange geofysiske målinger (SkyTEM og PACES)
- Datadækning med vandkemi god ift. de flest GVF

7.3.2 Vægtning af temaer mht. konceptuel model og tilstandsvurdering (Nordfyn 156)

Over halvdelen af temaerne hjælper med til at forstå den konceptuelle model og tilstandsvurdering i GVF'en på Nordfyn. Vægtningsfordelingen på temaer minder meget om GVF'en i Ribe (GVF 243; se senere). Det er således bredt set alle temaer, der bidrager til den konceptuelle forståelse og tilstandsvurdering mht. nitrat. Omvendt er det specielt geologiske og hydrologiske temaer, der ikke bidrager til vurderingen.

Diskussionerne om de anvendte faglige temaer er opsummeret i korte udsagn i Bilag 5.2 og alle faglige temaer er vist i Bilag 6.2.

7.3.3 Opsummering af tilstandsvurdering, datarepræsentativitet samt sikkerhed ved vurderingen (Nordfyn 156)

Tilstanden mht. nitrat for GVF'en Nordfyn 156 vurderes med mellem sikkerhed at være god. Man kan med nogen sikkerhed vurdere, at der i den del af grundvandet, der er påvirket med nitrat, kun vil være en begrænset andel med et nitratindhold >50 mg/l, idet der for den nitratholdige del af grundvandet er ca. 20 % af indtagene med >50 mg/l nitrat. Modelmæssigt er <2 % af forekomsten oxideret, men vandanalyserne giver en indikation på, at dette er underestimeret, idet nitrat mange steder findes i indtag, hvor dybden til overkanten af indtaget ligger under den modellerede front. Det vurderes, at skønt der kan forventes nitrat >50 mg/l i dele af denne grundvandsforekomst, hvor den væsentligste arealanvendelse er landbrug, udgør det ikke over 20 % af GVF'ens samlede volumen. Dette hænger blandt andet sammen med, at de lerede dæklag i dele af forekomsten giver en beskyttelse mod nitrat, mens forekomsten i andre dele er så dybtliggende, at store andele af volumenet ligger under nitratfronten. Generelt er der en god dækning for alle datatyper. Der er imidlertid observeret en betydelig uoverensstemmelse mellem de modellag, der indgår i DK-modellen og som ligger til grund for udpegningen af GVF'en, og nyere data og geologiske modeller fra grundvandskortlægningen, der endnu ikke er indarbejdet i DK-modellen.

7.4 Herning (GVF 194): Kvartært sand (KS1-2)

7.4.1 Kriterier for valg af GVF Herning 194

- GVF type D
- Få (4) større sammenhængende grundvandsmagasiner udgør GVF
- Få indtag med analyser for nitrat
- Udfordret repræsentativitet af nitratmålingerne
- En nyere geologisk model er ikke er indarbejdet i GVF-afgrænsningen
- Mange geofysiske data (SkyTEM dækker det meste af området; mere begrænset arealmæssig dækning med MEP)

7.4.2 Vægtning af temaer mht. konceptuel model og tilstandsvurdering (Herning 194)

Omkring 50% af alle temaer har været vægtet ”afgørende” for underbygning af den konceptuelle model og tilstandsvurdering af den terrænnære KS1 og KS2 GVF ved Herning. Dette omfatter samtlige nitrattemaer, landbrugsareal-temaet (antropogene forhold), samt geofysiske heterogenitetstemaer kombineret med vandtyper og udvalgte hydrologi-temaer (dybde til grundvandsspejl, grundvandsdannelse og magasin tykkelse). Dertil kommer temaerne G-4 til G-6 og en række hydrologitemaer (H-2, H-4, H-5, H-7 og H-8) som har været anvendt, uden dog at være afgørende. Kun få temaer har været helt uden betydning for vurderingen, hvilket omfatter boringer mærket DEPOT (A-2), samt de geologiske/hydrologiske temaer (G-2, G-3 og H-6). Overordnet set er det således langt hovedparten af temaerne, der i forskellig grad har været nyttige for at underbygge den konceptuelle forståelse og tilstandsvurdering.

Diskussionerne om de anvendte faglige temaer er opsummeret i korte udsagn i Bilag 5.3 og alle faglige temaer er vist i Bilag 6.3.

7.4.3 Opsummering af tilstandsvurdering, datarepræsentativitet samt sikkerhed ved vurderingen (Herning 194)

Tilstanden mht. nitrat for GVF’en Herning 194 vurderes med ringe sikkerhed at være god, idet der ikke er fundet overskridelser for nitrat i de få vandanalyser (9 indtag), der er til rådighed. Man kan med ringe sikkerhed vurdere, at der i den del af grundvandet, der er påvirket med nitrat, kun vil være en mindre andel med et nitratindhold over 50 mg/l. Modelmæssigt er ca. 23 % af forekomsten oxideret, og vandanalyser giver en indikation på, at dette er underestimeret. Det vurderes på trods af manglende data herfor, at det kan forventes, at nitrat >50 mg/l optræder i dele af denne grundvandsforekomst, hvor den væsentligste arealanvendelse er landbrug. Det vurderes samtidigt, at mindre end 20 % af GVF’ens samlede volumen vil have koncentrationer >50 mg/l. Forventningen om nitrat >50 mg/l i dele af forekomsten baseres på, at forekomsten består af relativt homogene, sandede lag med ringe beskyttelse over for udvaskning af nitrat. Samtidig er forekomsten terrænnær, og der er en stor nedsivning over hele GVF’en. Omfanget af reduceret grundvand vurderes derfor i højere grad at være knyttet til den store mægtighed af GVF’en end til beskyttende dæklag. Generelt

er der en god dækning med de geofysiske og geologiske data, mens datatætheden for nitrat er lav.

7.5 Ribe (GVF 243): prækvartært sand (ps1)

7.5.1 Kriterier for valg af GVF Ribe 243

- GVF type E
- Nitratmåledata med enkelte overskridelser, men mere spredt i GVF
- Stor GVF
- Dybereliggende grundvandsmagasin i prækvartæret
- Udgøres kun af et grundvandsmagasin
- Usikkerhed om kvaliteten af den geologiske model i GVF-afgrænsningen
- Ca. halvdelen af området er dækket af geofysiske data, primært SkyTEM

7.5.2 Vægtning af temaer mht. konceptuel model og tilstandsvurdering (Ribe 243)

Over halvdelen af temaerne hjælper med til at etablere og konsolidere den konceptuelle model og tilstandsvurdering i Ribe GVF'en. Det er bredt set alle typer af temaer, der bidrager hertil. Omvendt er det specielt de geologiske og hydrologiske temaer, der ikke bidrager til vurderingen.

Diskussionerne om de anvendte faglige temaer er opsummeret i korte udsagn i Bilag 5.4 og alle faglige temaer er vist i Bilag 6.4.

7.5.3 Opsummering af tilstandsvurdering, datarepræsentativitet samt sikkerhed ved vurderingen (Ribe 243)

Tilstanden mht. nitrat for GVF'en Ribe 243 vurderes med mellem sikkerhed at være god, idet ca. 1/3 af GVF'en har en ringe datadækning. Man kan med mellem sikkerhed vurdere, at der i den del af grundvandet, der er påvirket med nitrat, kun vil være en begrænset andel med et nitratindhold >50 mg/l, idet der for den nitratholdige del af grundvandet blot er ca. 20 % af indtagene med >50 mg/l nitrat. Modelmæssigt er <1 % af forekomsten oxideret, men vandanalyserne giver en indikation på, at dette er underestimeret, idet nitrat alle steder findes i indtag, hvor dybden til overkanten af indtaget ligger under den modellerede nitratfront. Det vurderes, at skønt der kan forventes nitrat >50 mg/l i dele af denne grundvandsforekomst, hvor den væsentligste arealanvendelse er landbrug, udgør det ikke over 20 % af GVF'ens samlede volumen. Dette hænger blandt andet sammen med, at GVF'en ligger dybt og har stor mægtighed også i de områder, hvor der er dårlig dækning med nitratanalyser. Generelt er der en god dækning med de geofysiske og geologiske data, mens datatætheden for nitrat er lav.

7.6 Roskilde Fjord/Nordsjælland (GVF 261): kvartært sand (KS1)

7.6.1 Specifikke kriterier for valg af GVF Roskilde Fjord/Nordsjælland 261

- GVF type D (Vandplan 2000-2013), men viste sig type E for data 2011-2016
- Mange små, spredt beliggende, terrænnære grundvandsmagasiner, der udgør én GVF
- Nyere data tilgængelige
- Få indtag med nitratanalyser i enkelte grundvandsmagasiner
- Velegnet til vurdering af datarepræsentativitet for øvre kvartære sandmagasiner
- Nyere geologisk model eksisterer
- Varierende antal geofysiske data fra flere datatyper (MEP, PACES, TEM, SkyTEM), afprøvning af metode på forskellige geofysiske datatyper

7.6.2 Vægtning af temaer mht. konceptuel model og tilstandsvurdering (GVF Roskilde Fjord/Nordsjælland 261)

Kun tre faglige temaer (N-3, H-1 og H-10) er vurderet af afgørende betydning for at etablere og konsolidere den konceptuelle model og til den generelle tilstandsvurdering af den terrænnære KS1 GVF i Roskilde Fjord/Nordsjælland. Dette skal ses i lyset af, at GVF'en er meget fragmenteret og er hydraulisk usammenhængende mellem de 90 spredte og små grundvandsmagasiner. I vurderingen er hovedparten af nitrattemaerne anvendt, 4 ud af 9 geologisk/geofysiske temaer og et enkelt hydrologisk tema, dog uden at disse temaer har være afgørende for at etablere og konsolidere den konceptuelle model og den generelle tilstandsvurdering. Endelig er omkring halvdelen af temaerne vægtet "ikke nødvendige", hvilket omfatter alle de antropogene temaer, væsentlige dele af de geologiske/geofysiske og hovedparten af de hydrologiske temaer. Samlet set er det således under halvdelen af temaerne, der understøtter den konceptuelle forståelse og tilstandsvurdering mht. nitrat for GVF'en i Roskilde Fjord/Nordsjælland. Det er som nævnt specielt de geologisk/geofysiske og hydrologiske temaer, der tilsyneladende ikke tilfører nogen værdi til hverken den konceptuelle forståelse eller tilstandsvurderingen mht. nitrat.

Diskussionerne om de anvendte faglige temaer er opsummeret i korte udsagn i Bilag 5.5 og alle faglige temaer er vist i Bilag 6.5.

7.6.3 Opsummering af tilstandsvurdering, datarepræsentativitet samt sikkerhed ved vurderingen (GVF Roskilde Fjord/Nordsjælland 261)

Tilstanden mht. nitrat for GVF'en Roskilde Fjord/Nordsjælland 261 vurderes med stor sikkerhed at være ukendt, idet data generelt for denne forekomst er helt utilstrækkelige. Det er ikke muligt at vurdere, hvor meget nitrat der er i det nitratholdige grundvand, og hvor stor en andel af forekomsten der indeholder nitrat. Dette hænger i høj grad sammen med, at forekomsten er fragmenteret, idet den består af 90 små magasiner spredt over et stort område, hvor det samlede projektionsareal af GVF'en kun udgør få procent af det areal, hvor den træffes.

Modelmæssigt er ca. 33% af forekomsten oxideret, men dette er bl.a. på grund af den fragmenterede opbygning meget vanskeligt at vurdere. Der er ikke data med vandprøver med redoxvandtype A og B, og hovedparten af indtagene er nitratfri. Generelt er såvel de geologiske som de vandkemiske data utilstrækkelige, og datatætheden er meget lav også sammenlignet med mere sammenhængende GVF'er.

8. Konklusion

En fire-trins metode for vurdering af nitrattilstanden i Grundvandsforekomster (GVF'er) i Danmark er blevet udviklet og afprøvet for fem udvalgte GVF'er. Som et vigtigt element i metoden er der udviklet et dokumentationsark, som er benyttet til dokumentation for afprøvning af metoden på GVF'erne. Denne metode vurderes at være egnet til at fastsætte tilstanden i GVF'er mht. nitrat under iagttagelse af de retningslinjer der er i CIS Guidance dokuments om dette, idet vi læner vi os op ad definitionerne og beskrivelserne i CIS Guidance Documents no. 3 on Analysis of Pressures and Impacts (EU, 2003) og no. 18 on Groundwater Status and Trend Assessment (EU 2009) samt no. 26 on Risk Assessment and the Use of Conceptual Models for Groundwater (EU, 2010). Fokus har derfor været på at opstille konceptuelle modeller til afvejning af de faglige temaer og det uhyre forskellige datagrundlag, der foreligger for de enkelte grundvandsforekomster, i stedet for at udvikle kvantitative modeller.

Den valgte metode lægger sig samtidig op af Miljøstyrelsen arbejde med grundvandskortlægningen og de geovejledninger, som er udarbejdet hertil, for at understøtte sammenhængen i arbejdet med grundvandsbeskyttelsen. (www.geovejledning.dk)

Metodens trin 1 udgør vurderinger af data i fire tematiske emner: nitrat, antropogene forhold, geologi/geofysik og hydrologi. I trin 2 gives en samlet vurdering af de væsentligste forhold relateret til hver grundvandsforekomst, mens der i trin 3 noteres konklusioner om tilstandsvurdering af GVF'en mht. nitrat (god, ringe eller ukendt), bedømmelsen af datarepræsentativiteten (god, mellem, ringe), samt en vurdering af sikkerheden på vurderingen af GVF'ens nitrattilstand (stor, mellem, ringe). Afslutningsvist er hver enkelt fagligt tema (metodens trin 4) vægtet efter, hvor vigtigt temaet var ift. udviklingen af den konceptuelle model og den endelige tilstandsvurdering ud fra følgende skala: temaet er afgørende for den konceptuelle model (grøn), temaet understøtter den konceptuelle model, men er ikke afgørende (gult), temaet er ikke nødvendigt for den konceptuelle model (rød), temaet er ikke udarbejdet på grund af manglende data (hvid).

Dokumentationsarket er udviklet over tre to-dages workshops, hvor der ved den sidste workshop deltog tre erfarne kollegaer fra GEUS som et review-panel. De havde til opgave at granske den metodiske tilgang samt valg af faglige temaer og skulle vurdere bæredygtigheden af argumentationen. Derefter er dokumentationsarket justeret på baggrund af diskussionerne på en workshop med Miljøstyrelsen.

Der er blevet udviklet en bruttoliste med 30 faglige temaer, hvoraf 27 temaer figurerer i dokumentationsarket. Der er således fravalgt tre temaer, der ikke blev brugt i den endelige vurdering af tilstanden i GVF'erne mht. nitrat.

Miljøstyrelsen har efterfølgende foreslået et ekstra fagligt tema, der viser en oversigt over boringer med geologisk lagbeskrivelse som supplement til oversigten over anvendte geofysiske data (Tema G-6). Det nye tema vil også vise placeringen af boringer med indtag med nitratanalyser.

Fem GVF'er er benyttet til afprøvning af metoden inden for typerne D og E. Der er opstillet en række generelle kriterier for udvælgelse samt specifikke kriterier for hver enkelt type af grundvandsforekomst. De 5 GVF'er er: Djursland (GVF 131): Kalk (dk1); Nordfyn (GVF 156): Kvartært sand (KS1-3); Herning (GVF 194): Kvartært sand (KS1-2); Ribe (GVF 243): Prækvartært sand (ps1); samt Roskilde Fjord/Nordsjælland (GVF 261): Kvartært sand (KS1). For hver af de fem GVF'er er foretaget en vægtning af de faglige temaer mht. den opstillede konceptuelle model og tilstandsvurdering, samt givet en vurdering af datarepræsentativitet og sikkerhed for vurdering af tilstanden i GVF'en.

Miljøstyrelsen så gerne, at der i forhold til udfyldning af dokumentationsskemaet arbejdes med at etablere nogle standardformuleringer ud for hvert af de faglige temaer. En vurdering af hvilke formuleringer, det i givet fald vil kunne være kan imidlertid ikke fastlægges uden en afprøvning på konkrete GVF'er. Det foreslås derfor, at der ved den første workshop i leverance 9, hvor MST forventes at deltage, arbejdes med afprøvning af mulige standardformuleringer.

På samme måde kan anvendeligheden af det nye boringsoversigtstema se Bilag 4.6, som MST ønsker tilføjet, også først vurderes ved første workshop i leverance 9.

9. Litteratur

Auken, E., Christiansen, A. V., Jacobsen, B.H., Foged, N., Sørensen, K.I., 2005. Piecewise 1D laterally constrained inversion of resistivity data. Geophys. Prospect. 53, 497–506. doi:10.1111/j.1365-2478.2005.00486.x

Danielsen, J.E., Auken, E., Jørgensen, F., Søndergaard, V., Sørensen, K.I., 2003. The application of the transient electromagnetic method in hydrogeophysical surveys. J. Appl. Geophys. 53, 181–198. doi:10.1016/j.jappgeo.2003.08.004

EU 2000: Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger med senere ændringer (Vandrammedirektivet).

EU 2006: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelser (Grundvandsdirektivet).

EU 2003: Guidance Document No 3. Analysis of pressures and impacts. WG 2.1 IMPRESS (2003).

EU 2009: Guidance Document No. 18 Guidance on groundwater status and trend assessment. Technical Report-2009-026.

EU 2010: Guidance Document No. 26, Guidance on risk assessment and the use of conceptual models for groundwater. Technical Report – 2010 – 042.

Esbensen, K.H. og Wagner, C., 2015: Theory of sampling (TOS) - Fundamental definitions and concepts. Spectroscopy Europe, Volume 27, Issue 1, 1 February 2015, Pages 22-25.

Fiandaca, G., Ramm, J., Binley, A., Gazoty, A., Christiansen, A.V., Auken, E., 2013. Resolving spectral information from time domain induced polarization data through 2-D inversion. Geophys. J. Int. 192, 631–646. doi:10.1093/gji/ggs060

Geofysiksamarbejdet, 2015. Vejledning og kravspecifikation for MEP-målinger, dataprocessering og tolkning. Version 2.0. http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/Vejledning_mep.pdf.

Geofysiksamarbejdet, 2011a. Refinement of the national TEM reference model at Lyngby. November 2011. http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/Refinement_TEM_Ref_Model_Lyngby.pdf.

Geofysiksamarbejdet, 2011b. Vejledning og kravspecifikation for SkyTEM - målinger, processering og inversion. November 2011. Version 2.5. http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/SkyTEMGuideDK.pdf.

Geofysiksamarbejdet, 2008a. Vejledning i udførelse af PACES målinger. http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/vejledning_paces.pdf.

Geofysiksamarbejdet, 2008b. Spatially constrained inversion of SkyTEM data. Concept and examples. http://hgg.au.dk/projects/gfs/rapporter/.

Geofysiksamarbejdet, 2004. Lateralt sammenbunden tolkning af transiente elektromagnetiske data. http://hgg.au.dk/projects/gfs/rapporter/.

Geofysiksamarbejdet, 2003. Anvendelse af TEM-metoden ved geologisk kortlægning. http://hgg.au.dk/projects/gfs/rapporter/.

Geofysiksamarbejdet, 2002a. LCI-tolkning af geoelektriske data - verificering af metoden. http://hgg.au.dk/projects/gfs/rapporter/.

Geofysiksamarbejdet, 2002b. Vejledning i udførelse af TEM målinger. http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/vejledning_TEM.pdf.

Hansen, B. Sonneborg, T.O., Møller, I., Bernth, j.d., Høyer, A., Rasmussen, P., Sandersen, P.B.E., Jørgensen, F., 2016: Nitrate vulnerability assessment of aquifers. Environ. Earth Science vol. 75, 999. DOI 10.1007/s12665-016-5767-2

GERDA database [WWW Document], URL http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-geofysisk-database-gerda/

Gravesen, P., Balling, I.M., Vignoli, G., Klint, K.E.S., Brüsch, W., Nilsson, B., Larsen, C.L., Juhler, R., Rosenbom, A.E., 2014. Vurdering af mulighederne for udpegning af pesticidfølsomme lerområder (SFO-ler) på grundlag af eksisterende data. Udarbejdet for Naturstyrelsen. Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport 2014/2.

Hansen, B. og Thorling, L., 2018: Kemisk grundvandskortlægning. Geo-vejledning 2018/2. http://www.geovejledning.dk/2018_2/

Højberg, AH., Stisen, S., Olsen, M., Troldborg, L., Uglebjerg, TB. & Jørgensen, LF. 2015. DK-model2014 - Model opdatering og kalibrering. GEUS rapport 2015/8, København

Jakobsen, P.R. , 2013: Morfologisk kort over Sjælland, øerne og Bornholm/Fyn (samt stedvist i Jylland) Leverandør: GEUS; Download: https://frisbee.geus.dk/geuswebshop/index.xhtml?area-=4&category=61&product=921.

Jakobsen, P.R., Hermansen, B. & Tougaard, L., 2015. Danmarks digitale jordartskort 1:25000, Version 4.0. GEUS-rapport 2015/30 (http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart_25000_beskriv.pdf).

Jørgensen mfl., 2008: Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. Geovejledning 3. GEUS Særudgivelse

Levin, G., Jepsen, MR., Blemmer, M. 2012. Basemap, Technical documentation of a model for elaboration of a land-use and land-cover map for Denmark. Aarhus Universitet - DCE Tekn.Rap. 11/2012 http://www.dmu.dk/Pub/TR11.pdf (24 maj, 2018)

Loke, M.H., Dahlin, T., 2002. A comparison of the Gauss-Newton and quasi-Newton methods in resistivity imaging inversion. J. Appl. Geophys. 49, 149–162. doi:10.1016/S0926-9851(01)00106-9

Mielby, S., Mahrt, J. og Jensen, C.W., 2009: Kobling af boringernes indtag til DK-Modellens lag og til grundvandsforekomster. GEUS rapport 2009.

Mielby, S., Løfguist, L., Sørensen, B.L., Kristensen, M., Møller, I., von Platen-Hallermund, F., Ditlefsen, C., Pedersen, C.B., Vangkilde-Pedersen, T., 2017. Den nationale Grundvandskortlægning (1999-2015). Sikring af grundvandskortlægningens data - Arvesølvsprojektet. De nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS. Særudgivelse.

Pedersen, S.A.S, Hermansen, B., Nathan, C. & Tougaard, L., 2011. Digitalt kort over Danmarks jordarter 1:200.000, version 2. Geologisk kort over de overfladenære jordarter i Danmark. GEUS-rapport 2011/19 (http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart_200000_v2_beskriv.pdf).

Sandersen & Jørgensen, 2016: Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. GEUS Særudgivelse, bind 1 & 2.

Sandersen, P.B.E., Jørgensen, F., Kallesøe, A.J. & Møller, I., 2018: Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. Geovejledning 2018/1. GEUS Særudgivelse.

Smed, P., 1979: Landskabskort over Danmark. Blad 1, Nordjylland, Geografforlaget.

Smed, P., 1981a: Landskabskort over Danmark. Blad 2, Midtjylland, Geografforlaget.

Smed, P., 1981b: Landskabskort over Danmark. Blad 3, Sønderjylland, Fyn, Geografforlaget.

Smed, P., 1981c: Landskabskort over Danmark. Blad 4, Sjælland, Lolland, Falster, Bornholm, Geografforlaget.

Sørensen, K.I., Auken, E., 2004. SkyTEM - a new high-resolution helicopter transient electromagnetic system. Explor. Geophys. 35, 194. doi:10.1071/EG04194

Thorling, L. og Sørensen B.L., 2014: Kemisk tilstandsvurdering Vandplan II. Rapportering af data og metodevalg.

Thorling, L. og Hansen, M., 2018: Datakilder, der kan anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand for nitrat. Notat: 23. marts. 2018. rev. 8. maj 2018. Leverance 1.

Troldborg, L., 2018: Notat om indtagskobling og indvindingsmængder, 25. marts 2018. leverance 3.

Troldborg, L., Sørensen, B.L., Kristensen, M. & Mielby, S., 2014: "Afgrænsning af grundvandsforekomster - Tredje revision af grundvandsforekomster i Danmark". GEUS rapport 2014/58, København.

Viezzoli, A., Christiansen, A.V., Auken, E., Sørensen, K., 2008. Quasi-3D modeling of airborne TEM data by spatially constrained inversion. Geophysics 73, F105–F113. doi:10.1190/1.2895521

10. Bilag

Bilag 1: Metodebeskrivelse for datasæt anvendt i faglige temaer

Bilag 1.1. Geologiske modeller

Anvendt terminologi for geologiske modeller

I Miljøstyrelsens Geovejledning 2018/1 om opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering anvendes "Geologiske modeller" som en bredt dækkende benævnelse, der omfatter tre modeltrin "Den geologiske forståelsesmodel", "Den rumlige geologiske model" og "Den hydrostratigrafiske model" (Sandersen mfl., 2018). I nærværende projekt er det primært de ”hydrostratigrafiske modeller”, som er blevet anvendt, men der er også trukket på den generelle geologiske viden, som ligger til grund for de hydrostratigrafiske tolkninger. Denne viden vil være opbygget i ”den geologiske forståelsesmodel” og ”den rumlige geologiske model”, som ligger forud for den hydrostratigrafiske model – se herunder.

Den samlede ”geologiske model” har såvel en digital del som en ikke-digital del. Foruden den digitale modelopbygning, består det endelige model-produkt af en rapport, som i tekst beskriver arbejdet omkring modellens tilblivelse, dokumentation af foretagne tolkninger og resultaterne af modelleringen. Det er vigtigt at være opmærksom på, at en geologisk model ikke kun udgøres af digitale lagflader, og vigtigheden af at læse den tilhørende rapport inden brug af modellen kan ikke understreges kraftigt nok. Selvom den digitale model ligger separat i Modeldatabasen, og dokumentationen ligger i Rapportdatabasen, så udgør begge dele reelt den samlede model-afrapportering.

Før udarbejdelsen af den første version af ”Geo-vejledning 3” i 2008 (Jørgensen mfl., 2008) har der ikke været anvendt en ensartet terminologi i forbindelse med arbejdet med de geologiske modeller i grundvandkortlægningen, og for at sikre en ensartethed blev det bestemt, at nedenstående benævnelser bør anvendes i forbindelse med geologisk modelopstilling.

Modeltrin 1 "Den geologiske forståelsesmodel" udgør en gennemgang af den geologiske opbygning, som den fremstår inden den digitale modellering starter. Den geologiske forståelsesmodel har til hensigt at give et overblik over geologien, som det fremgår af eksisterende materiale, til hjælp for opstillingen af den rumlige geologiske model. Den geologiske forståelsesmodel består hovedsageligt af geologiske beskrivelser, principskitser og en overordnet stratigrafi og dannelsesmodel for området. I et modelprojekt er der typisk tale om en iterativ proces, hvor den geologiske forståelse løbende forbedres.

Modeltrin 2 ”Den rumlige geologiske model” er en digital 3D model baseret på den geologiske forståelsesmodel, samt en detaljeret og integreret geologisk tolkning af alle tilgængelige data; primært boredata og geofysiske data. I dette trin fokuseres på tolkning af geologiske enheder og en opbygning af en 3D model af disse. Den rumlige geologiske model opstilles digitalt og med tilhørende skriftlig dokumentation, udarbejdelse af kort m.m. Efter opstillingen af den rumlige geologiske model kan problemstillinger, som er vigtige for den

efterfølgende opstilling af den hydrostratigrafiske model, gennemgås og diskuteres med sigte på at målrette arbejdet.

Modeltrin 3 "Den hydrostratigrafiske model" baseres på tolkningerne i den rumlige geologiske model. I den hydrostratigrafiske model inddeles undergrunden i hydrostratigrafiske enheder (akviferer og akvitarder), og de hydrauliske egenskaber for lagene beskrives. De enkelte hydrostratigrafiske lag er i modellen karakteriseret ved som udgangspunkt at have ensartede hydrauliske egenskaber, men typisk beskrives variationer i laget med baggrund i data. Den hydrostratigrafiske model er altid digital og udgør det hydrogeologiske grundlag for den efterfølgende grundvandsmodellering. I dette trin sker den væsentligste kommunikation med grundvandsmodellørerne inden grundvandsmodellen opstilles.

Figur 10.1: GVF 243, Ribe, vist med blå streg. Nyere geologiske modeller udført i forbindelse med Grundvandskortlægningen og som er udvalgt til anvendelse i vurderingerne, er vist med lilla streg.

Eksisterende geologiske modeller anvendt i vurderingerne
DK-modellens hydrostratigrafiske lag anvendes som modelteknisk grundlag i de områder, hvor der ikke findes nyere og mere detaljerede hydrostratigrafiske modeller. På Sjælland er DK-modellen opdateret med de nyeste hydrostratigrafiske modeller. For Fyns vedkommende bruges der i stedet for DK-modellen den nye hydrostratigrafiske model, som er sammenstillet af de nyeste modeller (udført GEUS og Orbicon for Miljøstyrelsen i 2017/2018).

I Jylland er situationen den, at DK-modellen ikke har inkluderet hydrostratigrafiske modeller udført efter 2009. Det er derfor i forbindelse med metodeudviklingen bestemt, at supplere DK-modellen med eventuelle nye modeller for at sikre, at det nyeste modelgrundlag inkluderes i vurderingerne. Modeldatabasen og rapportdatabasen er derfor for Jyllands vedkommende tjekket for nyere hydrostratigrafiske modeller, og for at fokusere arbejdet er der kun valgt modeller, der er udført som en del af grundvandskortlægningen (GKO-modeller) (se eksempel på Figur 10.1). Disse modeller dækker OSD-områder og oplande uden for OSD-områder, og store dele af Jylland er således dækket af nyere modeller. Disse modeller er downloadet fra Modeldatabasen og lagt ind i GeoScene3D (se beskrivelse under de enkelte temaer). Dokumentation af, hvilke hydrostratigrafiske modeller, der er anvendt, er inkluderet i et regneark.

For hver GVF vurderes, hvor god DK-modellen er ift. nyere viden:

- God overensstemmelse
- Væsentligt ændret forståelse af den geologiske/hydrostratigrafiske opbygning i de enkelte GVF
- Ingen nye hydrostratigrafiske modeller findes

Miljøstyrelsen har medio 2018 igangsat et større projekt, hvor alle hydrostratigrafiske modeller udført i GKO samles til et hele for Jylland. Projektet Fælles Offentlig Hydrologisk Model (FOHM) har til formål at tilvejebringe en opdateret hydrostratigrafisk model for Jylland, som sammen med de hydrostratigrafiske modeller for Fyn, Sjælland og øerne kan anvendes til opdatering af DK-modellen. Sammenstillingen af de hydrostratigrafiske modeller for Jylland forventes afsluttet primo af 2019.

Geologiske temaer G1 – G5

De geologiske temaer anvendes som understøttelse for vurderingerne af grundvandsforekomsternes tilstand, hvad angår nitrat.

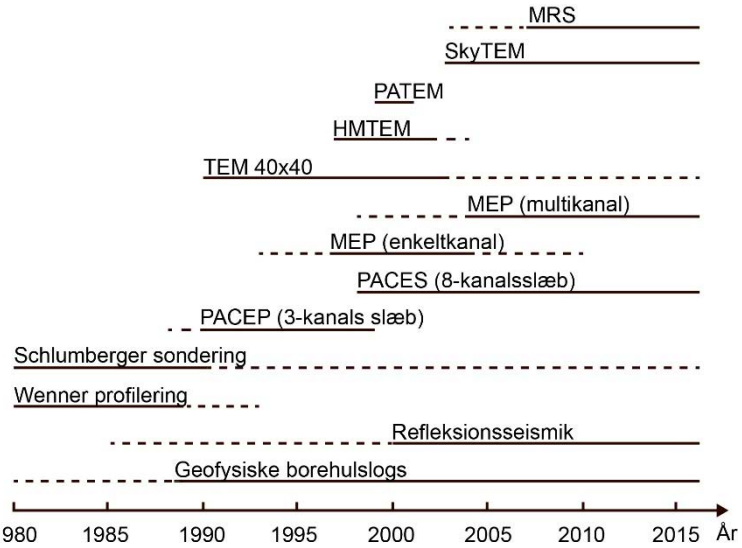
De geologiske temaer er oprettet i ArcGis, og som udgangspunkt vises alle kortudsnit i A3 format. Ved grundvandsforekomster, som har en stor geografisk udbredelse, kan der være tale om brug af flere kortudsnit for samme geologiske tema. På alle kort angives nordpil, målestok og legende.

Referencer
Sandersen, P.B.E., Jørgensen, F., Kallesøe, A.J. & Møller, I., 2018: Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. Geovejledning 2018/1. GEUS Særudgivelse.

Jørgensen mfl., 2008: Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. Geovejledning 3. GEUS Særudgivelse.

Bilag 1.2. Geofysiske metoder

De geofysiske metoder har udviklet sig meget gennem de seneste 30 år qua den teknologiske udvikling med udnyttelse af hurtigere og kraftigere computere. Figur10.2 viser en tidslinje over de geofysiske metoder, der har været anvendt i den nationale grundvandskortlægning.



Figur 10.2: Tidslinje for de geofysiske metoder, som er anvendt i den nationale grundvandskortlægning. Fuldoptrukket linje angiver det tidsinterval, hvor metoden er mest anvendt og en stiplet linje angiver tidsperiode med begrænset brug af metoden. Fra Mielby mfl. (2017).

I forbindelse med vurderingen af grundvandforekomsternes tilstand i forhold til nitrat anvendes de geofysiske metoder, som har haft den største udbredelse samt har en fladedækkende karakter. Det betyder, at blandt de elektriske metoder er MEP og PACES/PACEP valgt, mens de ældre data fra Wenner profilering og Schlumberger sondering er fravalgt pga. ringe vertikal opløsning og indtrængningsdybde for Wenner profilering og manglede fladedækning for Schlumberger sonderinger. De transiente elektromagnetiske metoder (TEM og SkyTEM) er valgt, da de har de god vertikal indtrængningsdybde og i høj grad er målt med henblik på at opnå en fladedækning. Geofysiske borehulslogs, magnetiske resonanssonderinger (MRS) og reflektionsseismiske data er fravalgt pga. deres manglende fladedækning, og mere begrænsede udbredelse. En samlet opgørelse over datamængderne og metodernes arealmæssige udbredelse frem til og med 2015 findes i Mielby mfl. (2017).

De elektriske og elektromagnetiske metoder kortlægger resistivitetsstrukturer i jorden. Resistivitet kaldes også (specifik) elektrisk modstand. Resistivitetsværdierne tolkes hydrostratigrafisk, idet lerede materialer har relativt lav resistivitet, mens sandede aflejringer og kalkaflejringer har relativt høj resistivitet. Porevandets ionindhold og mætningsgraden har også indflydelse på resistiviteten, således at porevæske med et højt ionindhold bidrager til en reduktion af resistiviteten, og umættede forhold bidrager til forøget resistivitet. Det er vigtigt at lokale og regionale forhold tages i betragtning, når der laves en lithologisk tolkning af resistivitetsdata, se nærmere i Sandersen mfl. (2018).

Slæbegeoelektrik, PACES/PACEP

Den slæbegeoelektriske metode (PACEP/PACES) har været anvendt til kortlægning af resistivitetsfordelingen i de øverste 15-25 m af jorden bl.a. i forbindelse med råstofkortlægning og kortlægning af grundvandsmagasiners sårbarhed. PACEP (Pulled array continuous electrical profiling) blev udviklet i 1980'erne og anvendte 3 elektrodeafstande og blev i slutningen af 1990'erne afløst af PACES (Pulled array continuous electrical sounding), som var udvidet til at anvende 8 elektrodeafstande. Data indsamles langs profiler, oftest med en indbyrdes afstand på ca. 250 m. Data er indsamlet, processeret og tolket ud fra retningslinjer i vejledning fra Geofysiksamarbejdet (Geofysiksamarbejdet 2008a). Data er typisk tolket enten som 1D fålags- eller mangelagsmodeller med laterale bånd til nabomodellernes modelparametre i en såkaldt LCI tolkning (Geofysiksamarbejdet 2002a, Auken mfl. 2005). Data og tilhørende resistivitetsmodeller indlæses i GERDA databasen (GERDA databasen). Stort set alle indsamlede data er indberettet til GERDA databasen. Metoden og dens anvendelse i 3D geologisk modellering er beskrevet i Sandersen mfl. (2018).

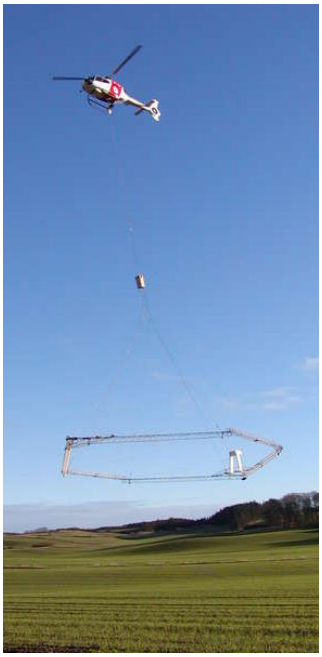
Multielektrodeprofilering, MEP

Den geoelektriske metode MEP (multielektrode profilering) anvendes til kortlægning af de øverste ca. 60 m af jorden (ved en basis elektrodeafstand på 5 m). Der er indsamlet MEP data i Wennerkonfigurationer siden midten af 1990'erne. Med indførelse af multielektrodeinstrumenter i starten af 00'erne gik man over til at optage data i gradientkonfigurationer med større datatæthed. Data indsamles langs profiler. Den indbyrdes afstand mellem profilerne har varieret meget og er sjældent så tæt at en egentlig 3D dækning af resistivitetsstrukturerne er opnået. Data er indsamlet, processeret og tolket ud fra retningslinjer i vejledning fra Geofysiksamarbejdet (Geofysiksamarbejdet 2015). Data er typisk tolket enten som 1D mangelagsmodeller med laterale bånd til nabomodellernes modelparametre i en såkaldt LCI tolkning (Geofysiksamarbejdet 2002a, Auken mfl. 2005) eller som 2D modeller (Loke & Dahlin 2002, Fiandaca mfl. 2013). Data og tilhørende resistivitetsmodeller indlæses i GERDA databasen. Hovedparten af alle indsamlede data er indberettet til GERDA databasen. Metoden og dens anvendelse i 3D geologisk modellering er beskrevet i Sandersen mfl. (2018).

Jordbaseret transient elektromagnetisk sondering, TEM

Den transiente elektromagnetiske metode (TEM) er anvendt til kortlægning af resistivitetsstrukturer i de øverste ca. 150 m af jorden (Geofysiksamarbejdet 2003). Metoden blev indført i Danmark i starten af 1990'erne og blev hurtigt den mest anvendte metode til kortlægning af grundvandsressourcer frem til SkyTEM blev udviklet. I mellemtiden blev der også udviklet instrumenter med større dybdeindtrængning eller hurtigere dataindsamling (Danielsen mfl. 2003). Data indsamledes som enkeltstående sonderinger typisk med en indbyrdes afstand på ca. 250 m. Da opløsning af de mest terrænnære jordlag er ringe, blev metoden ofte kombineret med PACES/PACEP. For at data fra forskellige kortlægningskampagner kan sammenstilles sømløst, foretages en absolut kalibrering af alle TEM instrumenter på TEM teststedet ved Aarhus (Geofysiksamarbejdet 2011a). Data er indsamlet, processeret og tolket ud fra retningslinjer i vejledning fra Geofysiksamarbejdet (Geofysiksamarbejdet 2002b). Data er typisk tolket som 1D fålagsmodeller. Data og tilhørende resistivitetsmodeller indlæses i GERDA databasen (GERDA databasen). Stort set alle indsamlede data er indberettet til GERDA databasen. Metoden og dens anvendelse i 3D geologisk modellering er beskrevet i Sandersen mfl. (2018).

Luftbåret transient elektromagnetisk sondering, SkyTEM



Den luftbårne transiente elektromagnetiske metode (SkyTEM) afløste jordbaseret TEM, som den mest anvendte metode til kortlægning af grundvandsressourcer efter den blev udviklet i 2003 (Sørensen & Auken 2004). Sidenhen er der sket en udvikling af systemet, så det har dels fået en større dybdeindtrængning dels en bedre opløsning af de øvre lag. Data indsamles langs flyvelinjer med en indbyrdes afstand på 160-250 m og efter processering er der 20-40 m mellem datapunkterne langs flylinjen. For at data fra forskellige kortlægningskampagner kan sammenstilles sømløst, foretages en absolut kalibrering af alle TEM instrumenter på TEM teststedet ved Aarhus (Geofysiksamarbejdet 2011a). Data er indsamlet, processeret og tolket ud fra retningslinjer i vejledning fra Geofysiksamarbejdet (Geofysiksamarbejdet 2011b). Data er typisk tolket enten som 1D fålags- eller mangelagsmodeller med laterale bånd til modelparametre i nabomodeller langs flyvelinjen i en såkaldt LCI tolkning (Geofysiksamarbejdet 2004) eller til modelparametre i nabomodeller både langs flyvelinjen og på naboflyvelinjer i en såkaldt SCI tolkning (Geofysiksamarbejdet 2008b, Viezzoli mfl. 2008). Data og tilhørende resistivitetsmodeller indlæses i GERDA databasen. Stort set alle indsamlede data er indberettet til GERDA databasen. Metoden og dens anvendelse i 3D geologisk modellering er beskrevet i Sandersen mfl. (2018).

Metodernes begrænsninger i forhold til vurdering af dæklags heterogenitet og deres beskyttelse af de underliggende grundvandsmagasiner

I 2013 blev der lavet en vurdering af geofysiske data, som er indsamlet i den nationale grundvandskortlægning med henblik på at vurdere hvilke typer af geofysiske data, der er velegnede til 1) bestemmelse af morænelerstykkelser inden for de øverste 15-20 m, 2) til at kortlægge aflejringernes horisontale udbredelse og 3) i hvor stort et omfang disse data kan bidrage til en beskrivelse af heterogenitet internt i morænelersaflejringerne (Gravesen mfl. 2014).

I Gravesen mfl. (2014) blev der konkluderet at PACES og MEP (basiselektrodeafstand på 5 m) er velegnet til kortlægning af morænelerstykkelser på 5-10 m tykkelse, dog er MEP i gradientarray også velegnet til kortlægning af morænelerslag med tykkelser på op til 15-20 m. Højopløseligt SkyTEM er egnet til at kortlægge morænelerslag tykkere end 10 m, mens de øvrige SkyTEM systemer er egnede til at kortlægning af lerlag tykkere end 20 m.

Jordbaseret TEM blev ikke vurderet i Gravesen mfl. (2014), da data til den analyse ikke var målt tæt nok til at vurdere variationer og intern heterogenitet i de øvre jordlag.

Konklusionerne i Gravesen mfl. (2014) tages med i betragtning, når de elektriske og elektromagnetiske data, specielt jordbaseret TEM og ældre SkyTEM, anvendes til vurdering af dæklagene, i det der kan være tynde lag og mindre strukturer, som ikke opløses med de valgte metoder.

Referencer

Auken, E., Christiansen, A. V., Jacobsen, B.H., Foged, N., Sørensen, K.I., 2005. Piecewise 1D laterally constrained inversion of resistivity data. Geophys. Prospect. 53, 497–506. doi:10.1111/j.1365-2478.2005.00486.x

Danielsen, J.E., Auken, E., Jørgensen, F., Søndergaard, V., Sørensen, K.I., 2003. The application of the transient electromagnetic method in hydrogeophysical surveys. J. Appl. Geophys. 53, 181–198. doi:10.1016/j.jappgeo.2003.08.004

Fiandaca, G., Ramm, J., Binley, A., Gazoty, A., Christiansen, A.V., Auken, E., 2013. Resolving spectral information from time domain induced polarization data through 2-D inversion. Geophys. J. Int. 192, 631–646. doi:10.1093/gji/ggs060

Geofysiksamarbejdet, 2015. Vejledning og kravspecifikaton for MEP-målinger, dataprocessering og tolkning. Version 2.0. http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/Vejledning_mep.pdf.

Geofysiksamarbejdet, 2011a. Refinement of the national TEM reference model at Lyngby. November 2011. http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/Refinement_TEM_Ref_Model_Lyngby.pdf.

Geofysiksamarbejdet, 2011b. Vejledning og kravspecifikation for SkyTEM - målinger, processering og inversion. November 2011. Version 2.5. http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/SkyTEMGuideDK.pdf.

Geofysiksamarbejdet, 2008a. Vejledning i udførelse af PACES målinger. http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/vejledning_paces.pdf.

Geofysiksamarbejdet, 2008b. Spatially constrained inversion of SkyTEM data. Concept and examples. http://hgg.au.dk/projects/gfs/rapporter/.

Geofysiksamarbejdet, 2004. Lateralt sammenbunden tolkning af transiente elektromagnetiske data. http://hgg.au.dk/projects/gfs/rapporter/.

Geofysiksamarbejdet, 2003. Anvendelse af TEM-metoden ved geologisk kortlægning. http://hgg.au.dk/projects/gfs/rapporter/.

Geofysiksamarbejdet, 2002a. LCI-tolkning af geoelektriske data - verificering af metoden. http://hgg.au.dk/projects/gfs/rapporter/.

Geofysiksamarbejdet, 2002b. Vejledning i udførelse af TEM målinger. http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/vejledning_TEM.pdf.

GERDA database [WWW Document], URL http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-geofysisk-database-gerda/

Gravesen, P., Balling, I.M., Vignoli, G., Klint, K.E.S., Brüsch, W., Nilsson, B., Larsen, C.L., Juhler, R., Rosenbom, A.E., 2014. Vurdering af mulighederne for udpegning af pesticidfølsomme lerområder (SFO-ler) på grundlag af eksisterende data. Udarbejdet for Naturstyrelsen. Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport 2014/2.

Loke, M.H., Dahlin, T., 2002. A comparison of the Gauss-Newton and quasi-Newton methods in resistivity imaging inversion. J. Appl. Geophys. 49, 149–162. doi:10.1016/S0926-9851(01)00106-9

Mielby, S., Løfguist, L., Sørensen, B.L., Kristensen, M., Møller, I., von Platen-Hallermund, F., Ditlefsen, C., Pedersen, C.B., Vangkilde-Pedersen, T., 2017. Den nationale Grundvandskortlægning (1999-2015). Sikring af grundvandskortlægningens data - Arvesølvsprojektet. De nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS. Særudgivelse.

Sandersen, P.B.E., Jørgensen, F., Kallesøe, A.J., Møller, I., 2018. Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. Geo-vejledning 2018/1. GEUS Særudgivelse. www.geovejledning.dk.

Sørensen, K.I., Auken, E., 2004. SkyTEM - a new high-resolution helicopter transient electromagnetic system. Explor. Geophys. 35, 194. doi:10.1071/EG04194

Viezzoli, A., Christiansen, A.V., Auken, E., Sørensen, K., 2008. Quasi-3D modeling of airborne TEM data by spatially constrained inversion. Geophysics 73, F105–F113. doi:10.1190/1.2895521

Bilag 1.3. Etablering af datasæt til karakterisering af hydrobio-geokemiske forhold

For alle temaer med data for nitrat målt i grundvandsprøver er der i forbindelse med dette projekt etableret et fælles datasæt på basis af et udtræk fra Jupiter foretaget d. 20. april 2018 til brug for leverance 2. Det har været nødvendigt, at anvende dette nye udtræk, da der ikke var tilstrækkelige parametre til at beregne redoxvandtyper i det datasæt, der blev anvendt til tilstandsvurderingen i vandområdeplan 2 i 2014 (Thorling og Sørensen, 2014). Data og figurer herfra, er anvendt som støttetemaer, se bilag 4-5, og anvendt til at illustrere det endelige layout for fordelingskurverne, der skal udarbejdes i leverance 5-6.

Data anvendes med den kvalitet, der foreligger i Jupiter, da det er dataejerne, der er ansvarlige for datakvaliteten. Hvis data for redoxforholdene er modsætningsfyldte, sikrer algoritmen i figur 10.3, at der kommer en markering med x eller y, så man kan vurdere om nitratindholdet er misvisende. I meget lange indtag er det dog muligt, at der optræder blandingsvand, med forskelligt redoxmiljø. Denne udfordring håndteres ved at vise plot med indtagsdybder, Tema N2.

Udtrækket er opbygget således, at der for alle indtag med prøver i perioden 2011-2016 angives:

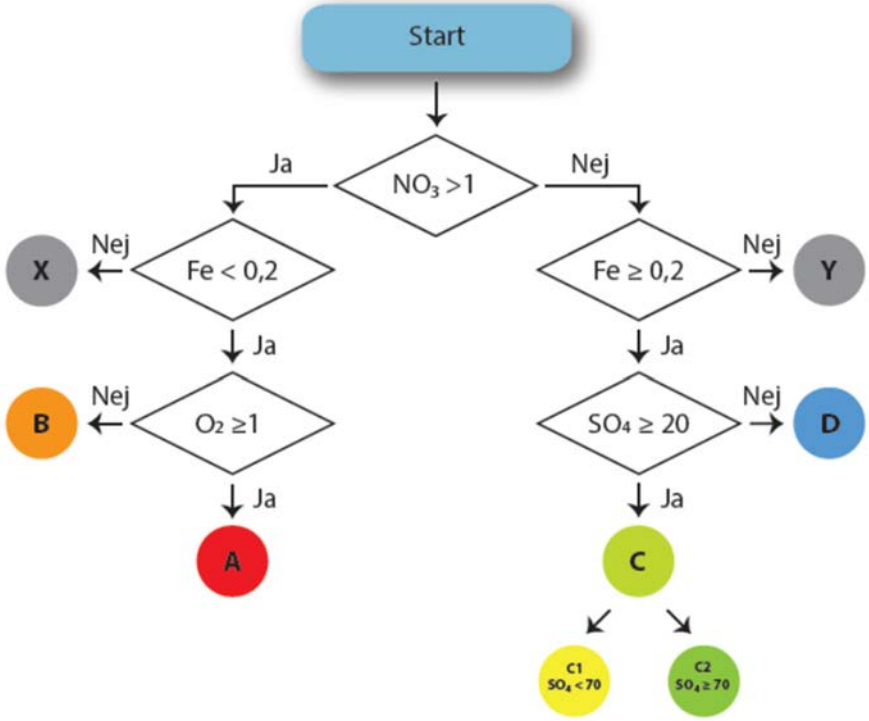
- DGU nr.
- Indtag nr.
- Forekomst nr.
- Datakildetype (defineret i leverance 1, (Thorling og Hansen, 2018, se bilag 2)
- UTM-x
- UTM-y
- Indtags top (m.u.t og kote)
- Indtagsbund (m u.t og kote)
- Terrænkote
- Prøvedato (for seneste analyse med sammenhørende værdier for nitrat, sulfat, ilt og jern)
- Nitrat (seneste værdi med sammenhørende nitrat, sulfat, ilt og jern)
- Sulfat (seneste værdi med sammenhørende nitrat, sulfat, ilt og jern)
- Jern (seneste værdi med sammenhørende nitrat, sulfat, ilt og jern)
- Ilt (seneste værdi med sammenhørende nitrat, sulfat, ilt og jern)
- Nitrat (middelværdi i perioden)
- Sulfat (middelværdi i perioden)
- Jern (middelværdi i perioden)
- Ilt (middelværdi i perioden)

BEMÆRK:

- Redoxtyperne er beregnet på basis af sammenhørende værdier fra seneste prøve, der indeholdt alle disse parametre: nitrat, ilt, jern og sulfat.
- Til GIS kortene for de faglige temaer er middelværdierne anvendt, N1-N6.

Beregning af redoxvandtyper

Redoxvandtyper beregnes efter algoritmen i Figur 10.3, dog beregnes C1 og C2 ikke, da der til tilstandsvurderingen ikke er behov for at vurdere, om der er forhøjet sulfat i det reducerede grundvand på grund af nitratreduktion i det overliggende iltede grundvand. Opdeling i disse vandtyper muliggør en opdeling af data med og uden nitrat, idet vandtyperne A, B, X indeholder nitrat, mens vandtyperne C, D, Y ikke indeholder nitrat.



Figur 10.3. Algoritme for beregning af redoxvandtyper (Hansen og Thorling, 2018).

For alle indtag med tilstrækkelige data er der beregnet redoxvandtype efter algoritmen i Hansen og Thorling (2018). Dette er gjort på basis af seneste analyse i perioden 2011-2016, hvor der er data fra alle indtag. For de grundvandsforekomster, der er i spil til metodeudviklingen, er resultaterne heraf angivet i Tabel 10.1 Der er mellem 8 og 276 indtag til rådighed for tilstandsvurderingen i de forskellige grundvandsforekomster.

Tabel 10.1. Oversigt over antal indtag og fordeling af antal indtag på de forskellige redoxvandtyper.

GVF	**A**	**B**	**C**	**D**	**X**	**Y**	**i alt**
ID	antal	antal	antal	antal	antal	antal	antal
DK_1_456_131	29	26	103	68	11	39	276
DK_1_3_156	9	4	12	61	10	0	96
DK_1_456_194	5	0	2	1	3	0	11
DK_1_456_243	10	4	53	31	6	7	111
DK_2_12_261	0	0	5	1	2	0	8

Datafilerne findes her som view i JUPITER, og er fremsendt i leverance 2:
DKMODEL_2013.NITRATTILSTAND_MIDDEL_2011_2016: gennemsnitsværdier for perioden.
DKMODEL_2013.NITRATTILSTAND_SENESTE_2011_2016: seneste prøver med sammenhørende værdier for nitrat, sulfat, ilt og jern.
DKMODEL_2013.NITRATTILSTAND_2011_2016: Joiner diverse views. Udgangspunkt er at der skal være den seneste måling. Redoxvandtype.
Derudover ligger det samlet i filen: Vandtype2018-04-26.xlxs

Hydrobiologiske forhold

De hydrobiologiske forhold i grundvandsforekomsten spiller en rolle for forståelsen af redoxzonerne. Redoxvandtype A repræsenterer grundvand med opløst ilt >1 mg/l, og her ånder bakterierne med ilt, og nitrat er stabilt. Redoxvandtype B er udtryk for biologisk omdannelse af nitrat til frit kvælstof (eller i et vist omfang ammoniak) gennem denitrifikation, når bakterierne ånder med nitrat, fordi iltindholdet ligger under ca. 1 mg/l. I redox-vandtyperne C og D er der reducerede forhold, dvs. nitratindholdet er så lavt, at man taler om nitratfrit vand, skønt der i praksis kan være et lavt indhold typisk <<1 mg/l nitrat.

I tilstandsvurderingerne er nitrat i alle redoxzoner relevant for den samlede tilstand af grundvandsforekomsten. Jo bedre kendskab, der er til nitratfrontens beliggenhed i grundvandsforekomsten, jo nemmere kan man vurdere, om der er en risiko for at mere end 20 % af forekomstens volumen kan indeholde nitrat, hvorefter de aktuelle koncentrationsniveauer bestemmer om der er ringe tilstand.

Referencer

Hansen B. og Thorling, L., 2018: (udkast april 2018) Kemisk grundvandskortlægning, Geovejledning 6. version3.

Thorling, L. og Sørensen B.L., 2014: Kemisk tilstandsvurdering Vandplan II. Rapportering af data og metodevalg.

Thorling, L. og Hansen, M., 2018: Datakilder, der kan anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand for nitrat. Notat: 23. marts. 2018. rev. 8. maj 2018.

Bilag 2. Datakilder, der kan anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand for nitrat - Leverance 1

Udarbejdet af Lærke Thorling og Martin Hansen 23. marts. 2018. rev. 8. maj 2018

Problemstilling

Dette notat skal dække Miljøstyrelsens (MST) ønsker i forbindelse med projektet: Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat, leverance 1:
"Beskrivelse af de datakilder, der er tilgængelige i Jupiter (karakter og anvendelighed af data fra indtag i LOOP, GRUMO, vandindvindingsboringer etc. – med afsæt i forskellige af Jupiters kodelister, såsom "projekt", "boringsanvendelse", "boringsformål). "

Der er i dette notat taget udgangspunkt i de vandanalyser og tilknyttede indtag, der kan anvendes til beskrivelse af grundvandets tilstand i forhold til indholdet af nitrat.

Det er forudsat, at data anvendes med den kvalitet, de foreligger i Jupiter på tidspunktet for dataudtrækket.

Dette notat dækker problemstillingen gennem:

1. *En beskrivelse af de forskellige kilder til de nitratanalyser i Jupiter, der anvendes til tilstandsvurderingen af grundvandets nitratindhold jf. Vandrammedirektivet og Grundvandsdirektivet*
2. *En redegørelse for eventuelle bias forbundet med hver type datakilde*
3. *En redegørelse for hvordan hver type datakilde teknisk set afgrænses i udtræk fra Jupiter, gennem anvendelse af de metadata, der er knyttet til analyser, boringer og anlæg, herunder en diskussion af de væsentligste usikkerheder, der er knyttet til udtrækprocedurerne*
4. *En redegørelse for den nødvendige dataforberedelse før der kan laves udtræk til tilstandsvurderingen af nitrat*
5. *En anbefaling af hvilke datatyper fsva. nitratanalyser fra Jupiter, der bør indgå i tilstandsvurderingen for grundvandsforekomsterne mht. nitrat.*

Det fremgår af dette notat, at GEUS vurderer, at de bedst egnede kodelister til at karakterisere de forskellige datakilder, som er afgrænset i dette notat og tidligere i Thorling, L. og Kjøller, C., 2017, er knyttet til de enkelte vandanalyser og ikke til de enkelte boringsindtag, idet kodning på boringsindtag med den foreliggende datastruktur og datakvalitet i Jupiter ikke vurderes at give en tilstrækkelig sikker afgrænsning af datakilderne. Dette hænger sammen med, at mange boringer over tid anvendes til flere forskellige formål, fx drikkevand og markvanding, eller pejleboring og drikkevandsforsyning.

Datakilder
Tabel 1 angiver hvilken opdeling i datakilder (typer af boringsindtag i forhold til etablerings- og/eller anvendelsesformål), der kan foretages på de vandanalyser med tilhørende boringsindtag, som kan indgå i beskrivelse af grundvandsforekomsternes indhold af nitrat.

Tabel 1: Overordnet beskrivelse af datakilder (typer af boringsindtag), der kan anvendes til tilstandsvurdering for nitrat i grundvandet.

Datakilde	Beskrivelse af boringer og prøverne herfra
GRUMO-indtag	Grundvandsovervågningen er en del af det nationale overvågningsprogram for vand og natur, NOVANA (Miljø- og Fødevareministeriet, DCE og GEUS; 2017Overvågningen finder sted i særlige overvågningsboringer, der er designet til at kunne give dybdespecifikke grundvandsprøver fra de såkaldte GRUMO-indtag. GRUMO-indtagene er derfor typisk 1 m lange. Prøvetagningshyppigheden i de enkelte indtag varierer afhængigt af den påvirkning, som et indtag afspejler, men alle indtag prøvetages mindst én gang i løbet af en seksårig programperiode. Stationsnettet har løbende udviklet sig efter de politisk prioriterede overvågningsbehov. Data fra Grundvandsovervågningen kvalitetssikres af MST. Alle data er tilgængelige i Jupiter-databasen. Der har indtil 2007 været udtaget prøver fra aktive indvindingsboringer i GRUMO, hvorefter data indsamlet i indvindingsboringer med prøveformål GRUMO ikke optræder.
LOOP-indtag	Grundvandsprøver fra landovervågningsprogrammet (LOOP) er også en del af NOVANA. Formålet med grundvandsdelen af LOOP er at overvåge det allerøverste grundvand lige under rodzonen. Boringerne har korte indtag (30 cm) i tre faste dybder hhv. ca. 1,5, 3 og 5 m u.t. Indtagene er alle placeret i områder, hvor grundvandsspejlet ligger meget højt, typisk blot ca. 1-1,5 m u.t. Der kan kun udtages prøver, når grundvandsspejlet ligger så højt, at det er muligt at pumpe vandet op fra indtagene. Der har siden overvågningens start i 1989 været tale om et fast stationsnet af ca. 100 LOOP-indtag, der ikke anvendes til andre formål. Alle indtag prøvetages om muligt op til seks gange årligt. Alle data fra grundvandsdelen af LOOP er tilgængelige i Jupiter. Data fra landovervågningsprogrammet kvalitetssikres af MST. I LOOP områderne overvåges vandkvaliteten også i sugeceller, der ligger i rodzonen. Data fra disse må IKKE forveksles med data fra LOOP-indtagene, og de anvendes heller IKKE til vurdering af grundvandets tilstand, ligesom de ikke indberettes til Jupiter.
Vandforsynings-boringer	I Bekendtgørelsen om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (BEK nr. 1147 af 24/10/2017) er der krav om kontrol af kvaliteten af det grundvand, som de almene vandforsyningerne indvinder. Denne såkaldte boringskontrol gennemføres af vandforsyningerne. Hyppigheden af kontrollen afhænger af den indvundne vandmængde med en prøvetagningshyppighed fra hvert 3. år til hvert 5. år. Data fra boringskontrollen kvalitetssikres af kommunerne. Alle indberettede data er tilgængelige i Jupiter-databasen.

	Ikke almene indvindinger til drikkevand (der forsyner fra 1 til 9 ejendomme) har en mere uregelmæssig prøvetagning og indberetning, og data fra disse indtag indgår i det omfang de foreligger.
Indtag i Grundvandskortlægningsboringer	Grundvandskortlægningen har til formål at kortlægge grundvandsmagasinernes udstrækning og beskyttelse inden for områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og i indvindingsoplande udenfor OSD. Langt de fleste boringer er etableret i perioden 2000-2015. Mange af disse boringer har indtag til relativt stor dybde, idet man ønskede at kortlægge geologien i magasinerne i kortlægningsområdet. Der er typisk udtaget vandprøver fra indtag i flere dybder fra disse kortlægningsboringer. Kortlægningsboringer har ikke regelmæssig prøvetagning, idet formålet er kortlægning ikke overvågning. Der er typisk blot udtaget nogle få prøver fra hvert indtag. Data fra grundvandskortlægningen kvalitetssikres af MST. Alle data er tilgængelige i Jupiter-databasen.
Boringsindtag til Forureningsundersøgelser	Regionernes (og tidligere amternes) kortlægning og overvågning af forurenede grunde finder sted på lokaliteter, hvor der er en begrundet mistanke om, at punktkilder kan påvirke grundvandets kvalitet. Undersøgelserne finder sted i såvel særlige undersøgelsesboringer, etableret med det formål at undersøge en konkret forureningsrisiko, som i andre boringer, herunder vandforsyningsboringer. Regionernes undersøgelser i vandforsyningsboringer indgår som datakilde vandforsyningsboringer. Vandprøver fra forureningsundersøgelser i henhold til jordforureningsloven kvalitetssikres af dataejeren, der typisk er regioner, men de kan også stamme fra MST og kommuner mm. Data findes hovedsageligt i regionernes egne databaser, men nogle af disse data findes også i Jupiter-databasen.
Andre boringer	Andre kemidata i Jupiter-databasen er fx data fra lukkede vandforsyningsboringer og pejleboringer. Data kan stamme fra vandforsyningernes egne undersøgelser, specialundersøgelser fra amternes tid, mm. Langt hovedparten af de øvrige kemiske analyser, der er tilgængelige i Jupiter stammer fra indtag på lukkede vandværker og vandværkernes egne undersøgelser af vandressourcerne. Data fra indtag fra ”andre boringer” kvalitetssikres af dataejeren.

Repræsentativitet

Alle nævnte datatyper i tabel 1 vurderes at være egnede til at indgå i tilstandsvurderingen i dette projekt. I tabel 2 er de forskellige datakilders generelle repræsentativitet på landsplan diskuteret.

Repræsentativiteten af nitratmålingerne på forekomstniveau vurderes først i forbindelse med de konkrete vurderinger i dette projekt., idet der i modsætning til den generelle repræsentativitet af nitratmålingerne på landsplan, i flere grundvandsforekomster kan være en begrænset repræsentativitet på grund af såvel antallet af indtag med målinger som den rumlige fordeling af disse indtag i forekomsten, herunder fordelingen i forhold til nitratfronten.

I forbindelse med en diskussion af indtagenes repræsentativitet, er det vigtigt at være opmærksom på, at der i et geografisk område ikke nødvendigvis er en sammenhæng mellem andelen af nitratholdigt grundvand målt i m^3 (volumen) i en grundvandsforekomst og andelen af det overliggende areal målt i m^2 (projektions-arealet) i forhold til grundvandsforekomstens samlede projektionsareal.

Dette skyldes, at mægtigheden af grundvandsforekomsterne varierer fra sted til sted og at grundvandsforekomsterne under et givet areal kan indeholde nitrat i visse dele, og være nitratfrit i andre dele. Hvis der er nitrat i en grundvandsforekomst, kan det generelt antages, at nitrat findes i de øverste dele, mens en del af de dybere dele er nitratfrie. Dvs. at der både er nitratholdigt og nitratfrit grundvand i samme geografiske område. Den rumlige repræsentativitet er således af en anden karakter end den arealmæssige. I forbindelse med tilstandsvurderingerne for grundvandsforekomsterne, lægges der vægt på rumlig repræsentativitet. Begrebet repræsentativitet er nærmere diskuteret i Thorling og Kjøller: GEUS notat 07-VA-2017-1.

Tabel 2: Overordnet beskrivelse af repræsentativiteten af de datakilder (typer af boringsindtag), der kan anvendes til tilstandsvurdering for nitrat i grundvandet.

Datakilde	**Repræsentativitet**
GRUMO-indtag	GEUS har tidligere (Larsen m.fl., 2015) vurderet repræsentativiteten af data i grundvandsovervågningsrapporten i notatet: GRUMO 1989-2013 rapportens repræsentativitet med hensyn til forekomsten af nitrat i det danske grundvand. I dette notat blev det konkluderet: ”*På baggrund af den eksisterende viden, (indsamlet i GRUMO siden år 1990), og GEUS´ generelle geokemiske viden om grundvandets kemiske forhold i Danmark, er det GEUS´ vurdering, at selvom der således ikke kan gives en sådan stringent, geostatistisk vurdering af repræsentativiteten, er datagrundlaget (i GRUMO) tilstrækkeligt til at give et generelt billede af grundvandets indhold af nitrat. Med hensyn til landets geografiske og geologiske forhold (figur 1), er stationsnettet, sammen med oplysninger fra vandværksboringer (Fig. 2 i GRUMO 1989-2013 rapporten), tilnærmelsesvist jævnt fordelt i landet. Med hensyn til dybde, er der også en rimelig dækning, idet der er medtaget indtag fra dybder ned til 100 meter (figur 2), hvor langt*

	hovedparten af landets grundvandsmagasiner findes. Andelen af grundvand uden nitrat for de fire typer data er også velbeskrevet (figur 4). ” Derudover kan følgende tilføjes om repræsentativiteten af nitratdata fra GRUMO-indtag: • Med særligt henblik på at vurdere effekter af indsatsplanerne vurderer GEUS, at GRUMO-data giver et repræsentativt landsdækkende billede af nitratindholdet i grundvand, som kan være udsat for diffus forurening. Her tænkes særligt på forurening i form af nitrat fra landbruget. • Vurderingen af ovenstående er baseret på viden om den danske geologi, hydrogeologi og geokemi samt konceptuelle modeller. • Data fra den iltede del af grundvandet er repræsentative i forhold til at muliggøre en vurdering af udviklingen i nitratindholdet i den iltholdige del af grundvand, der kan være udsat for diffus forurening. Herved kan data anvendes til at vurdere effekter af reguleringer. • Rumlig repræsentativitet: Overvågningen er repræsentativ for den fordeling af dybder der overvåges, se GEUS notat Larsen m.fl. 2015. Datatætheden falder generelt med dybden. De dybeste GRUMO-indtag anvendes hovedsageligt til at vurdere, at antagelserne i de konceptuelle modeller med hensyn til udbredelsen af nitrat i dybden er rimelige. • De ændringer, der har været i stationsnettet, har ikke givet anledning til, at der er fundet højere nitratindhold i den nitratholdige del af grundvandet, på national skala. Der er således ikke en skævhed mod mere forurenet grundvand som følge af omlægningen af stationsnettet, se bilag 1 fra, Thorling m.fl. 2016.
LOOP-indtag	LOOP overvågning finder alene sted i landbrugsområder med højtliggende grundvandsspejl. • Den geografiske repræsentativitet på landsplan er ringere for LOOP-data end for data fra GRUMO-indtag, da der blot er fem LOOP områder i hele landet. Nitratholdigt grundvand findes især i de mere sandede områder, således at det samlede datasæt på landsplan fra nitratholdigt grundvand i LOOP i højere grad afspejler landbrugsaktiviteter på sandjord. • Med LOOP-data er der alene tale om data fra dyrkede områder. Der er derfor kun én arealanvendelse (jordbrug/landbrug) for dette datasæt. • På grund af det højtliggende grundvandsspejl vil nitratindholdet tæt ved terræn være påvirket af potentialet for denitrifikation på baggrund af udvaskning af organisk stof. LOOP-data er ikke repræsentative for grundvand på landsbasis, da der ikke indgår områder med dybtliggende grundvandsspejl. Omvendt er der en stor lokal repræsentativitet. • En mindre andel (26 % af de nitratholdige indtag) overskrider grænseværdien på 50 mg/l for nitrat i LOOP-data sammenlignet med GRUMO-data (33 % af de nitratholdige indtag). Det er ikke undersøgt om dette skyldes, at vandet generelt er yngre i LOOP områderne og således kan være udtryk for en generelt faldende nitratbelastning, eller om det skyldes en større andel af delvist reduceret anoxisk vand på grund af det højtliggende grundvandsspejl.

Vandforsynings-boringer	Vandforsyningsboringer er etableret og anvendes med det formål at indvinde vand, der så vidt muligt ikke skal nødvendiggøre avanceret vandbehandling. Dette betyder, at man især op gennem 1980'erne lukkede mange boringer med et nitratindhold over 50 mg/l. • Vandværksboringerne/boringskontroldata er ikke i stand til at give et repræsentativt billede af nitratindholdet i den nitratholdige del af grundvandet, da grundvand med høje nitratindhold over kvalitetskravet på 50 mg/l så vidt muligt ikke anvendes til indvinding, se fx Thorling m.fl. 2018 figur 24 og 25, og GEUS notat 2015.
Indtag i Grundvandskortlægnings-boringer	Kortlægningsboringerne er især udført for at kortlægge hydrogeologien og vandkvaliteten i områder med særlige drikkevandsinteresser og i indvindingsområder udenfor OSD. • Data giver et repræsentativt billede af nitratindholdet i de nitratholdige dele af grundvandet i de undersøgte drikkevandsområder. Kortlægningsboringerne er udført for at bidrage til at afgøre, om områderne skal udpeges som indsatsområder i forhold til nitrat, ikke for at lede efter nogen særlig vandkvalitet. • Antallet af kortlægningsboringer betinger, at det samlede datasæt fra disse boringer ikke nødvendigvis er repræsentativt for hele landet, da de kun er udført i forbindelse med grundvandskortlægningen. Data giver dog et væsentligt supplement til tilstandsvurderingen, der hvor de optræder.
Borings-indtag til Forureningsundersøgelser	I forbindelse med forureningsundersøgelser er der ofte analyseret for nitrat. Det er ikke nitrat, der eftersøges i disse undersøgelser, men typisk organiske komponenter eller sporstoffer. Fra lossepladser udvaskes organisk stof, der vil kunne omsætte nitrat. Derfor er der en tendens til, at grundvand, der er påvirket af punktkilder, vil være mere reduceret, end det upåvirkede grundvand var før punktkilden blev introduceret på grund af et højt indhold af letomsætteligt organisk stof. • Der er en skævhed i data mod mindre nitrat i jordforureningsundersøgelser, hvor der er et højt indhold af organisk stof i prøverne. • En del af jordforureningsboringerne er referenceboringer, udført med det formål at kortlægge/overvåge kvaliteten af grundvandet opstrøms punktkilden. Disse vil kunne give et repræsentativt billede af grundvandskvaliteten i de undersøgte dybder, herunder nitrat fra andre kilder end punktkilden. • Data er isoleret set ikke repræsentative til at beskrive alt grundvand i en grundvandsforekomst, men har nyttige og vigtige bidrag til variationerne og især punktkilders betydning.
Andre boringer	Lukkede vandforsyningsboringer vil ofte, men ikke altid, kunne vise en uønsket påvirkning i forhold til vandforsyningsbehovene. Fx højt nitratindhold. De vandværksboringer, der de sidste 20 år er lukket, er kun sjældent lukkede på grund af for højt nitratindhold. I analyser der skal indgå i tilstandsvurderingen for vandområdeplanerne medtages i udgangspunktet kun data, der

	højst er 6 år gamle. Derfor vurderes repræsentativiteten i forhold den samlede vurdering af grundvandets nitratindhold at være den samme som for aktive indvindingsboringer.

Teknisk afgrænsning af datasæt og den dertil knyttede usikkerhed

Periode:
MST forventer at anvende data for nitrat for perioden 2011-2016 eller 2015-2016 til tilstandsvurderingen. Derudover skal der være data til at lave tidsserieanalyser for vandforsyningsboringer, hvilket vurderes at kræve en længere periode fx 2000-2016.

Felter i dataudtrækket
Der etableres et udtræk med nedenstående felter. Alle data i det færdige datasæt skal kunne knyttes til de angivne parametre. Hvis der ikke kan ske en sammenknytning for alle disse felter, vil en analyse ikke indgå i datasættet. Det gælder fx de indtag, hvortil der ikke kan knyttes en grundvandsforekomst.

- Analyseresultat inkl. attribut
- Dato
- DGU nr.
- Indtags nr.
- Koordinater, (x, y koordinater)
- Indtagstop m.u.t (z koordinaten)
- Grundvandsforekomst
- Datakilde
- Mulig boring i brønd

Udtrækskriterier
Ved opdeling i datakilder er det nødvendigt at vælge det niveau, der teknisk set opdeles på. Dette skyldes, at en del indtag er anvendt til flere formål og har skiftet formål undervejs. Hvis der opdeles på prøveniveau, kan der være andre årsager til at en vandprøve er udtaget end boringens overordnede formål. Fx kan der være taget GRUMO prøver i indvindingsboringer, eller tidligere kortlægningsindtag er nu blevet til GRUMO-indtag.

Der findes i Jupiter kodelister med forskellige oplysninger om boringernes formål, men da der kun er indberetningspligt på boringsanvendelsen for boringer tilknyttet almene vandforsyninger er disse ikke vedligeholdt i et omfang, der gør dem anvendelige til at identificere hvilke boringer, der er aktive indvindingsboringer, kortlægningsboringer mm. Og selv om de var opdaterede, ville der være den udfordring, at nogle boringer ændrer anvendelse i løbet af en periode, eller har flere samtidige anvendelser og således kan ændre status ift. hvilken datakildetype, den skal tildeles inden for den periode, der ønskes data fra. Det kan fx være et vandværk, der er lukket i dag, men som var aktivt i en del af perioden.

GEUS vurderer, at den sikreste metode at identificere datakilden er feltet ”projekt” jf. PCJupiterXL kodeliste på analyserne, se nedenstående tabel. Denne kode er tilknyttet de enkelte vandprøver, og anvendes ikke på indtagsniveau.

Tabel 3. Fastlæggelse af typen af datakilder (typer af boringsindtag), ud fra brug af prøveformål "projekt", på de prøver der er udtaget i de forskellige indtag.

Datakilde	Identifikation af datakilden
GRUMO prøver	Alle GRUMO prøver er registreret med projekt "GRUMO" og har derudover tilknyttet et GRUMO nr. til boringsindtaget. MST er dataejer for GRUMO analyser.
LOOP prøver	Alle LOOP prøver har projekt "LOOP" og har derudover tilknyttet et LOOP nr. til boringsindtaget. MST er dataejer for LOOP analyser.
Vandværks prøver	Prøver fra vandforsyningernes indvindingsboringer er mærket med projekt Boringskontrol og har kommunerne som dataejer.
Grundvandskortlægnings prøver	Alle prøver i denne kategori har projekt mærket med Gebyrkortlægning og har MST som dataejer.
Prøver fra Forureningsundersøgelser	Prøver, der stammer fra en forureningsundersøgelse, er mærket som Depotkontrol MST, Depotkontrol Region eller Depotkontrol Kommune og har MST, Region og Kommunen som dataejer
Andre boringer	De af periodens vandanalyser, der ikke er fra et ovenstående typer af indtag, sættes i kategorien andre boringer

Til dette projekt er udvalgskriterierne for tildeling af datakilde fastlagt således, at hvis en boring på noget tidspunkt af perioden 2011-2016, vurderes at være anvendt til formålet vandforsyning, vil den indgå som datakildeattribut "vandforsyningsboring". Det samme princip gælder for GRUMO- og LOOP-indtag, se også figur 1.

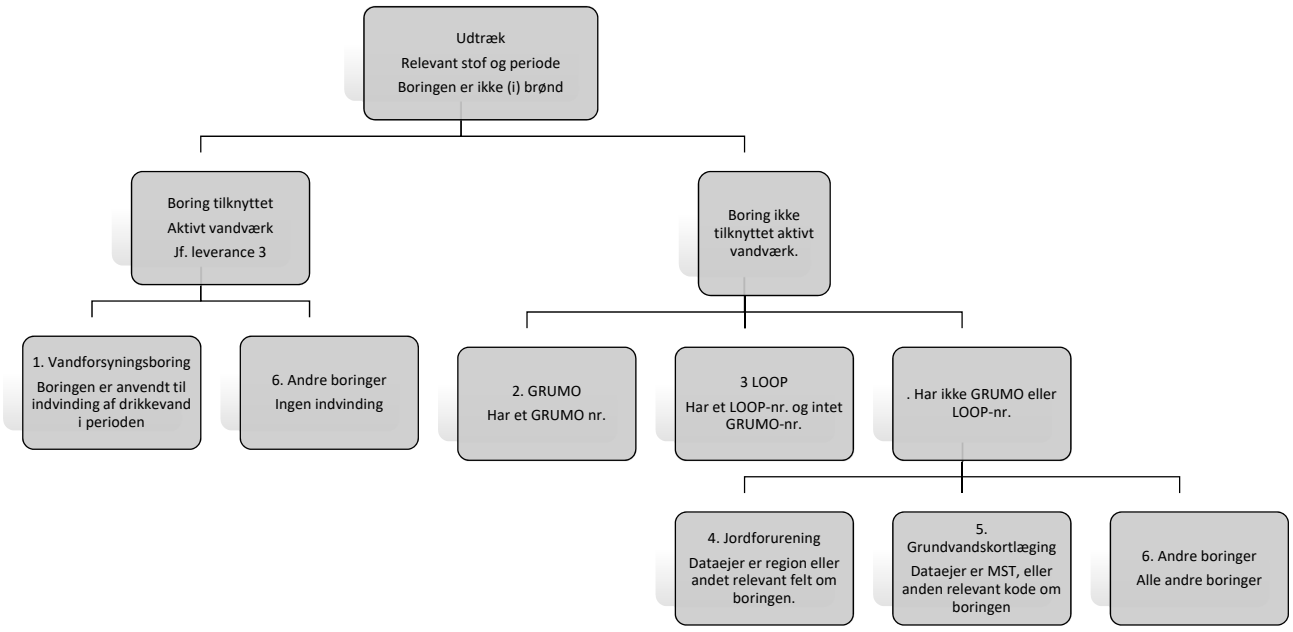
For langt de fleste boringer og indtag er der kun tilknyttet ét projekt, hvilket muliggør en relativ enkel tilknytning af datakildetype. Ud af ca. 11.000 indtag med kemidata er der på i alt 310 indtag (hvoraf 59 har et GRUMO nummer) registeret flere end et formål i løbet af perioden 2011-2016. For 99 boringer er der såvel en prøve med formål Boringskontrol som med Depotkontrol i perioden 2011-2016. Disse indtag skal tildeles en datakildetype manuelt efter en algoritme i stil med figur 1, men først efter den endelige kobling mellem indtag og grundvandsforekomster har fundet sted, idet nogle af disse indtag muligvis ikke kan tilknyttes en grundvandsforekomst.

Årsagen til, at der på samme indtag er prøver med forskelligt "projekt", skyldes dels reelle dobbeltanvendelser som jordforureningsprøver udtaget i vandforsyningsboringer, men også fejl (fx GRUMO boringer, hvor MST har brugt koden Boringskontrol eller Gebyrkortlægning

Frasortering af indtag der ligger i en brønd

En boring kan oprettes som en brønd og få *formål = 'C'*, mens *anvendelsen* vil afspejle, hvad vandet bruges til. For at være på den sikre side i forhold til ikke at benytte data fra brønde, som kan være forurenet med overfladevand, fravælges alle indtag fra boringer med formål 'C'.

Der kan også forekomme boringer etableret i bunden af en brønd. En indberetning om en boring i bunden af en eksisterende brønd vil, nu om dage, udløse et nyt DGU nr., men det kan også risikeres, at det ikke sker/er sket. Disse boringer vil kunne give repræsentative prøver fra grundvandet, i det omfang de er korrekt udført og afsluttet ved terræn. Det er således ikke givet på forhånd, at data fra boringer i en brønd er uegnede til at indgå i tilstandsvurderingen. For fuldstændighedens skyld oprettes der derfor et bemærkningsfelt i tilknytning til hvert indtag, hvor der angives om indtaget vurderes at stamme fra en boring i en brønd.



Figur 1. Fastlæggelse af algoritme til at tilknytte datakilde-type til de indtag, hvor der foreligger vandprøver udtaget med flere forskellige formål, dvs. der optræder vandanalyser med forskellige "projekt" koder til indtaget.

Nødvendig dataforberedelse

Før dataudtræk og databehandlingen kan igangsættes, skal den nødvendige dataforberedelse gennemføres. Det betyder, at alle indtag, hvor det er muligt, skal tilknyttes en grundvandsforekomst.

Dette gøres som led i leverance 2 og 3, idet der skal ske en sammenknytning af oplysninger i DK modellen med Jupiterdatabasen.

Det er ikke muligt at knytte en grundvandsforekomst til alle indtag, og derfor forventes der at være en række indtag svarende til ca. 15-20%, hvortil der ikke er tilknyttet en grundvandsforekomst. Dette skyldes, at grundvandsforekomsterne er knyttet til modellagene og magasinerne i DK-modellen, og kun der hvor den konkrete fysiske beliggenhed af et boringsindtag også samtidig ligger inden for den modellerede udstrækning af et magasin (med tilhørende fastlagte usikkerheder) vil indtaget kunne knyttes til en grundvandsforekomst. Boringsindtag, der ligger meget tæt på et magasin i DK modellen medtages dog i den grundvandsforekomst, det ligger tættest på, idet man herved tager højde for modellens geometriske usikkerhed (Troldborg et al., 2014).

Før data kan udtrækkes af Jupiter, er det ligeledes nødvendigt at lave et programmel, der opdeler alle grundvandsanalyser, hvortil der er knyttet en grundvandsforekomst til indtaget, i de datatyper der er nævnt ovenfor. Dette gøres ud fra de udsorteringskriterier der er nævnt under afsnit 3.

Anbefalinger

På baggrund af ovenstående anbefales det, at:

- Alle vandanalyser, der kan knyttes til et indtag i en boring med en tilhørende grundvandsforekomst anvendes i tilstandsvurderingen.
- Alle boringer, hvorfra der indvindes vand betragtes som vandforsyningsboringer, idet der ikke i direktivet arbejdes med almene og ikke almene anlæg.
- Hvis der foreligger oplysninger om, at en prøve er fra en brønd, anvendes data ikke, da der er risiko for, at prøverne er forurenet med overfladevand.
- Der for alle indtag er oplysninger om, hvorvidt data stammer fra en boring etableret i brønd, så disse data kan indgå efter et aktivt valg.
- Der skal være indgå data i det producerede udtræk til at lave tidsserieanalyser for vandforsyningsboringer, hvilket vurderes at kræve længere periode fx 2000-2016.

Referencer:

Flemming Larsen, Lærke Thorling Sørensen og Birgitte Hansen. (GEUS) Notat af 28. maj 2015: GRUMO 1989-2013 rapportens repræsentativitet med hensyn til forekomsten af nitrat i danske grundvand.

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)

Miljø og Fødevareministeriet, 2017: Bekendtgørelse nr. 1147 af 24/10/2017, Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med drikkevandsanlæg. Drikkevandsbekendtgørelsen.

Miljø og Fødevareministeriet, DCE og GEUS; 2017: NOVANA Det nationale overvågnings-program for vandmiljø og natur 2017-21. Programbeskrivelse, oktober 2017.

Troldborg, L. Sørensen, B.L., Kristensen, M. og Mielby, S., 2014 Tredje revision af grund-vandsforekomster i Danmark. GEUS Rapport 2014/58

Troldborg, L., Børgesen, C.D., Thodsen, H. & Keur, P.V.D. 2016: National kvælstofmodel. Kvælstofpåvirkning af grundvand. Særudgivelse. GEUS, 47s. + 28 Bilag.

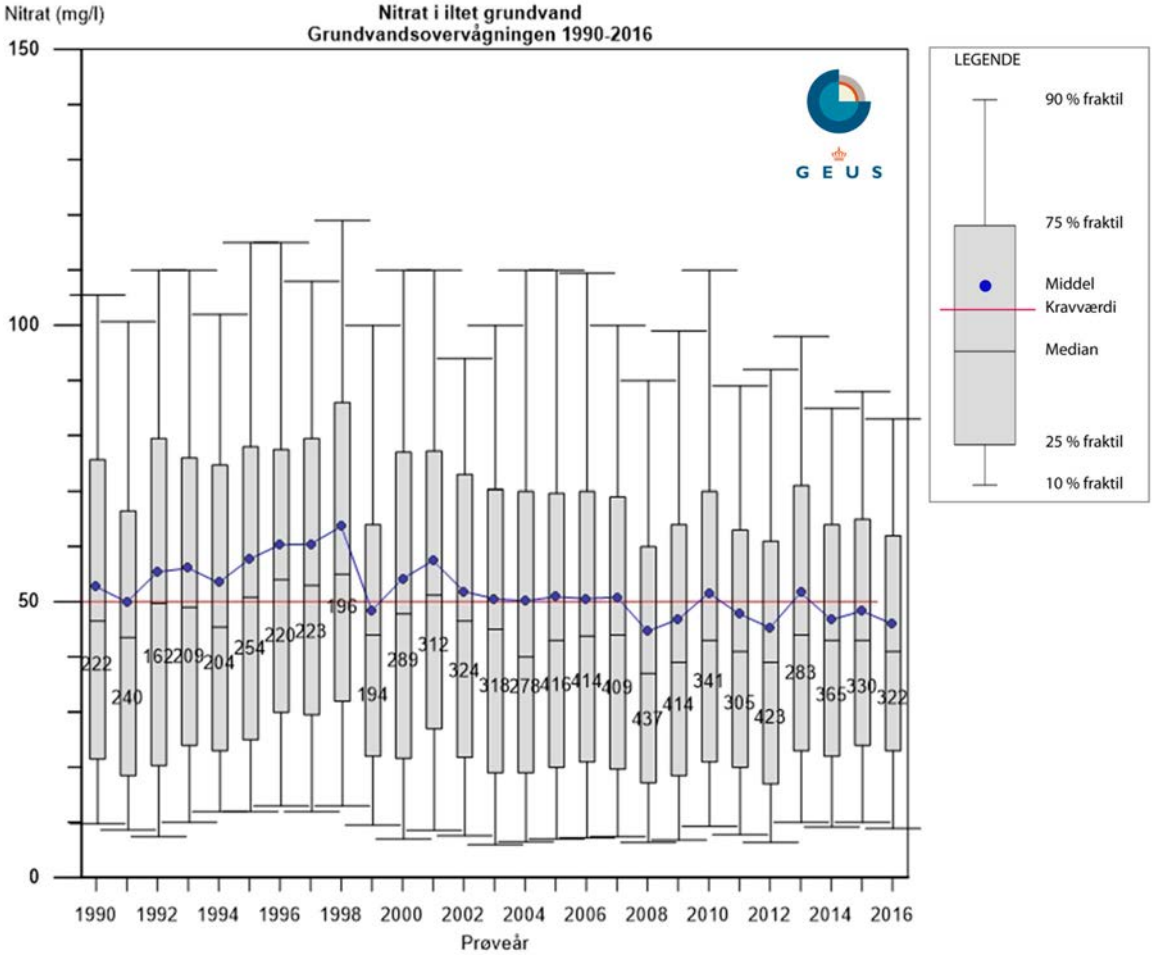
Thorling, L. og Kjøller, C., 2017: Datakilder til vurdering af grundvandets tilstand. GEUS notat 07-VA-2017-1

Thorling, L., Hansen, B., Larsen, C.L., Larsen, F., Mielby, S., Johnsen, A.R., & Troldborg, L. 2016: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2015. Teknisk rapport, GEUS 2016.

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsen, V. Hansen, B., Johnsen, A.R., & Troldborg, L. 2018: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2016. Teknisk rapport, GEUS 2018

Bilag A. Tidslig udvikling for nitratindholdet i grundvandsovervågningen.

Figur 1 i dette bilag viser den tidslige udvikling for nitrat i iltholdigt grundvand for perioden 1990-2016. Udbygningen af stationsnettet med flere indtag har fundet sted i perioden 2010-2016. Det fremgår af figuren, at det ikke har givet anledning til en væsentlig ændring i den udvikling der allerede var iagttaget før etableringen af disse indtag. Da grundvandets kvalitet kun langsomt ændrer sig, ville en ændret repræsentativitet af data, give en mere markant ændring i figurens forløb.



Figur 2. Tidsserie for nitrat i iltholdigt grundvand i GRUMO-indtag vist som boksdiagrammer for hvert prøvetagningsår i perioden 1990-2016. Figuren er baseret på det gennemsnitlige nitrat-indhold pr. indtag pr. år. Antal af indtag er angivet for hvert år.

Bilag 3: Notat om afdækning af sammenhænge mellem almene vandforsyninger og grundvandsforekomster pr. 25. marts 2018 (i uddrag) – Leverance 3

Afdækning af sammenhænge mellem almene vandforsyninger og grundvandsforekomster under "kontrakt om metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. nitrat".
Afdækningen sker ifølge kontrakten "bl.a. med henblik på MST's vurdering af, om der kan tilvejebringes supplerende analysedata, men også for at kunne gennemføre vurdering af, om der er konstateret risiko for kvaliteten af drikkevandet, der indvindes fra forekomsten, som følge af nitratpåvirkning".
Arbejdet i forbindelse med leverancen har omfattet:

- Algoritme for dannelse af tabel med kobling mellem indtag og grundvandsforekomster
- Algoritme for dannelse af tabel med indvinding fordelt på indtag
- Databearbejdning, kvalitetssikring og notat (nærværende dokument)

I bilag 1 til kontrakten er opgaveløsningen beskrevet som anvendelse af DK-modellens indvindingsfordeling til identifikation af aktive indtag, men som opgaven er skredet frem er det blevet mere og mere åbenlyst, at det for at sikre konsistens mellem indtagskoblingen til grundvandsforekomster, de kemiske opgørelser og denne opgave med fordeling af indvindingsmængder på indtag, ville være nødvendigt at inddrage de nye indtagskoblinger mere direkte i arbejdet end hvis det blev baseret på historiske koblinger i DK-modellen. En naturlig konsekvens heraf er, at der derfor er dannet en tabel (view) i Jupiterdatabasen med GEUS' bud på hvordan indvinding, der typisk er indberettet på anlægsniveau, kan opsplittes på indtagsniveau. Opsplitningen af indberettet indvinding til indvinding på indtagsniveau er, sammen med kobling af indtag til grundvandsforekomster, samlet set nødvendig for at kunne opgøre indvindingen for grundvandsforekomsterne. Dette notat beskriver kort metodikken for indtagskobling til grundvandsforekomster og metodikken for udvælgelse af aktive indtag pr. anlæg. Hertil kommer en kort opsummering af de væsentligste resultater og en beskrivelse af medfølgende dataark (Excelark).

Kobling af indtag til grundvandsforekomster

Eksisterende kobling mellem indtag og grundvandsforekomster

GEUS gennemførte en statisk kobling mellem indtag i Jupiter databasen og grundvandsforekomster i forbindelse med 3. revision af grundvandsforekomster i 2013. Baggrunden for koblingen var, at DK-modellen blev anvendt som datamæssig ramme til justering og udpegning af grundvandsforekomsterne. Det var dengang håbet, at DK-modellen på sigt skulle opdateres med den nyeste viden, der bl.a. fremkommer gennem den statsligt afgiftsfinansierede grundvandskortlægning dels til denne vandplan, men også frem mod næste planperiode. Anvendelse af en opdateret DK-model skulle sikre en sammenhæng mellem kortlægning, overvågning og vandplaner, for at sikre at arbejdet bygger på det samme faglige grundlag samlet i ét værktøj. Opgaven dengang (og nu) var, at associere en grundvandsforekomst ID til alle indtag i Jupiter, således at boringer med indvindingsoplysninger og vandkemi er koblet til DK-modellen via Jupiter databasen. Der var dengang særligt fokus på, at det ville

blive nødvendigt at gentage arbejdet på en fremtidig opdateret DK-model, da man var særlig opmærksom på, at der forelå stor uudnyttet viden fra grundvandskortlægningens arbejde. Tilretningen blev gennemført med to værktøjer:
Indtagsmodellen: Dette er et databaseværktøj, udviklet af det daværende Naturstyrelsen og GEUS i fællesskab, som kunne kompensere for de mest almindelige mangler ved data i Jupiterdatabasen og den vertikale unøjagtighed i den geologiske model. Modellen hentede modelinformationer om de geologiske flader fra modeldatabasen og boringsinformationer direkte i Jupiter. Modellens resultat var et Excel ark med informationer om kobling af model lag (top og bund af flader) med indtag, samt en række beskrivende informationer (indtags-lithologi, utm-koordinater, DGU-numre osv.).
ArcGIS værktøj: GIS analyse af indtagsmodellens resultater på Excel ark format og grundvandsforekomsternes placering i planen udgjorde baggrunden for kompensation ift. den horisontale unøjagtighed i den geologiske model.
En opgørelse af de koblede indtag viste, at ca. 25% ud af 146.769 indtag, som kunne defineres med top og bund, ikke umiddelbart kunne kobles til en grundvandsforekomst. 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 områdespecifikke model-unøjagtigheder:

1. Unøjagtighed på modellen er noget varierende fra område til område, og specielt for den jyske del af modellen er den vertikale unøjagtighed 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. Ændringer i forekomst-afgrænsninger har været en kvalitativ tung proces, primært med det formål, at kompensere for områder i modellen med DK-model-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 et vist omfang har kunnet håndteres maskinelt. Resultatet af den maskinelle gennemgang betød, at ca. 84% af de daværende 146.769 indtag, som kunne defineres med top og bund, kunne kobles til en grundvandsforekomst.

Videreudvikling af koblingsmodel
Den eksisterende koblings-metodik medførte en statisk kobling baseret på et øjebliksbillede af data i Jupiter anno 2013. Der er siden 2013 blevet indlæst ganske mange nye boringer med indtag i Jupiter, hvorfor det er nødvendigt at gennemføre en ny kobling af indtag med

grundvandsforekomster. GEUS har valgt at fokusere på at lave en løsning som 1) dels sikrer, at koblingen af disse indtag bliver tilgængelige direkte i Jupiter, 2) dels sikrer, at fremtidige indtag, når de bliver tilgængelige i Jupiter, vil blive (auto-)koblet til grundvandsforekomster med efterfølgende mulighed for manuel tilretning af denne kobling, og 3) dels sikrer, at en fremtidig opdatering af grundvandsforekomster nu "automatisk" kan blive reflekteret i indtagskoblingen. Herudover adresseres deslige de potentielle fejl som kan opstå ved at flytte data fra databaseformat til Excel ark og igen til GIS format.

Procesbeskrivelse af koblingsmetodik

Metodikken følger i overvejende grad metodikken anvendt i "Indtagsmodellen", men adskiller sig primært ved, at der ikke inddrages estimater for hydraulisk ledningsevne i de enkelte modellag, og ved, at der nu laves en samtidig vurdering af den vertikale og horisontale afstand. Brugen af hydrauliske egenskaber er i stedet afløst af en vurdering af indtagsoverlap og en vurdering af indtags-lithologi. Brugen af hydrauliske egenskaber vil muligvis gøre metodikken mere generelt anvendelig, men vil samtidigt være følsom over for tildeling af hydrauliske egenskaber til de enkelte lithologier. I det konkrete tilfælde vurderes det dels, at forskellen er af underordnet betydning som følge af homogene magasin-antagelser og dels, at den valgte metodik vil være mere transparent.

Overordnet set er koblingen af indtag i Jupiter til grundvandsforekomster udfordret af to primære årsager: 1) dels er en geologiske model, som fx den der ligger til grund for udpegningen af grundvandsforekomsterne en forsimpling af virkeligheden og vil derfor ofte være upræcis/mindre detaljeret når man sammenligner den med information på boringsniveau og 2) dels kan indberetninger til Jupiter være upræcise og mangelfulde. I forbindelse med programmeringen af koblingen mellem indtag og grundvandsforekomster er der således truffet en række valg som der kort vil blive redegjort for i nedenstående *Tabel 2*:

Tabel 2: Procedurevalg for indtagskobling til grundvandsforekomster

Beregn indtag top og bund i kote (INDTAG_TOP, INDTAG_BUND)	*Beregner INDTAG_TOP og INDTAG_BUND*		
	Udvælgelseskriterie	Beregning af INDTAG_TOP	Beregning af INDTAG_BUND
	1) Både INTAKTOP OG INTAKBOT eksisterer	JUPKOTE -INTAKETOP	JUPKOTE-INTAKEBOT
	2a) INTAKETOP eksisterer, men ikke INTAKBOT	JUPKOTE -INTAKETOP	JUPKOTE-(INTAKETOP + 2)
	2b) INTAKEBOT eksisterer, men ikke INTAKTOP	JUPKOTE -(INTAKEBOT – 2)	JUPKOTE-INTAKEBOT
	3) Kun DRILLDEPTH og CASIBOT eksisterer, men er ens	JUPKOTE - (DRILLDEPTH – 2)	JUPKOTE -DRILLDEPTH
	4) Kun DRILLDEPTH og CASIBOT	JUPKOTE – CASIBOT	JUPKOTE – DRILLDEPTH

	eksisterer og er forskellige		
	5) Kun DRILLDEPTH eksisterer	JUPKOTE – (DRILLDEPTH – 2)	JUPKOTE – DRILLDEPTH
	6)Kun CASIBOT eksisterer	JUPKOTE - CASIBOT	JUPKOTE – (CASIBOT + 2)
	Hvor JUPKOTE ikke eksisterer anvendes data fra den digitale terrænmodel		

Vurdering og anvendelse af borings lithologi for indtagsinterval

Beregner % fordeling af indtagsbjergarten

Lithologi analyse	Konsekvens
Bidrag fra en af koderne: bk, dk, k, kk, lk, nw, pk, sk, tk, wk eller zk	Indtaget kan kun associeres med en grundvandsforekomst med magasin bjergarten "DK" (kalk, kridt o.lign.)
100% bidrag fra en delmængde af koderne: as, bs, bv, gf, gs, js, kg, ks, os, rg, rs, rv, us eller vs	Indtaget kan kun associeres med en grundvandsforekomst med magasin bjergarten "PS" (prekvartært sand/grus)
100% bidrag fra en delmængde af koderne: al, bl, cl, di, dl, dv, ed, el, ev, fi, fl, fp, ft, gi, gl, hi, hl, hp, ht, hv, ii, ij, il, ip, it, iv, jl, l , ll, mi, ml, ms, mv, nl, ol, pl, qi, ql, qp, qt, qv, rl, sl, ti, tl, tp, tt, tv, yi, yl, yp, yv, zi eller zl	Indtaget antages at være placeret i en ikke vandførende enhed og associeres ikke aktivt til en grundvandsforekomst, og vil kun blive koblet hvis indtag er placeret direkte i en forekomst (markeret med "inkl. Lith. ler" i tabellen herunder)
Del bidrag fra alle andre koder	Indtaget kan associeres til alle grundvandsforekomster uanset magasinets bjergart

Vurdering af afstand fra indtag til en associeret grundvandsforekomst

Kobling af indtags id med magasin id

Afstands analyse (prioriteret rækkefølge)	Konsekvens
Indtag vertikalt placeret med del af indtag i ét og kun ét magasin indenfor horisontal magasin afgrænsning	Indtags id (*inkl lith. ler*) kobles med magasin id, BORAFSTANDTILMAGASIN = 0, INDTAGSAFSTANDTILLAG = 0
Indtag vertikalt placeret med del af indtag i flere magasin indenfor horisontal magasin afgrænsning	Indtags id (*inkl lith. ler*) kobles med det magasin id hvor der er det største overlap, BORAFSTANDTILMAGASIN = 0, INDTAGSAFSTANDTILLAG = 0
Indtag vertikalt placeret mindre end 25 m fra top eller bund af indtaget fra et magasin, men indenfor horisontal magasin afgrænsning.	Indtags id kobles med det magasin id hvor der er det den korteste afstand, BORAFSTANDTILMAGASIN = 0, INDTAGSAFSTANDTILLAG =

		den mindste vertikale afstand til magasinets top eller bund
	Indtag vertikalt placeret med del af indtag i ét og kun ét magasin og indenfor 500m afstand til horisontal magasin afgrænsning	Indtags id kobles med magasin id, BORAFSTANDTILMAGASIN = horisontal afstand fra boring til magasin afgrænsning, INDTAGSAFSTANDTILLAG = 0
	Indtag vertikalt placeret med del af indtag i flere magasin indenfor 500 m afstand til horisontal magasin afgrænsning	Indtags id kobles med det magasin id hvor der er den korteste afstand, BORAFSTANDTILMAGASIN = horisontal afstand fra boring til magasin afgrænsning, INDTAGSAFSTANDTILLAG = 0
	Indtag vertikalt placeret med del af indtag i ét magasin indenfor 2000 m afstand til horisontal magasin afgrænsning	Indtags id kobles med magasin id, BORAFSTANDTILMAGASIN = horisontal afstand fra boring til magasin afgrænsning, INDTAGSAFSTANDTILLAG = 0
	Indtag vertikalt placeret med del af indtag i flere magasin indenfor 2000 m afstand til horisontal magasin afgrænsning	Indtags id kobles med det magasin id hvor der er det største overlap, BORAFSTANDTILMAGASIN = horisontal afstand fra boring til magasin afgrænsning, INDTAGSAFSTANDTILLAG = den mindste vertikale afstand til magasinets top eller bund
	Indtag vertikalt placeret uden for et magasin, men indenfor 2000 m afstand til horisontal magasin afgrænsninger.	Indtags id kobles med det magasin id hvor der er det den korteste vertikal afstand, BORAFSTANDTILMAGASIN = horisontal afstand fra boring til magasin afgrænsning, INDTAGSAFSTANDTILLAG = den mindste vertikale afstand til magasinets top eller bund
Efter justering ift. horisontal og vertikal afstand	*Justeringer ift afstand og formål*	
	Afstands analyse	Konsekvens
	BORAFSTANDTILMAGASIN >1000 m og boringen er IKKE markeret som ”GRUMOBORING”	Indtag koblet til magasiner i meget stor horisontal afstand fra indtaget frasorteres, på nær i boringer som på et eller andet tidspunkt har været den del af GRUMO.
	INDTAGSAFSTANDTILLAG >25 m frasorteres og boringen er IKKE markeret som ”GRUMOBORING”	Indtag koblet til magasiner i stor vertikal afstand fra indtaget frasorteres, på nær i boringer som på et eller andet tidspunkt har været den del af GRUMO.

Koblingsresultat

Resultatet af koblingen ligger som en tabel (et view) i Jupiterdatabasen med information om borings- og indtags-id, boringskoordinater, top- og bundkote for indtaget, lokations top- og bundkote for koblet magasin, magasin-id (som kan kobles til GVF-id), afstanden fra boringen til magasinet (BORAFSTANDTILMAGASIN), afstanden fra indtagets kote til magasinets kote (INDTAGSAFSTANDTILLAG), procentvis opgørelse af indtagslithologi og et kommentarfelt (fx indtag top = bund af forerør). Tabellen kan opdateres dynamisk, men er i nærværende udgave opdateret via manuel afvikling af en kode med en række SQL-forespørgsler. Tabellen er pt. ikke udstillet offentligt, men en kopi vil indtil videre kunne rekvireres ved henvendelse til GEUS.

Antallet af indtag som i tabellen er koblet til en grundvandsforekomst er via den nye procedure opgjort til 220.304 indtag. Den meget store stigning i antal koblede indtag (ca.100.000 ekstra indtag) skyldes primært tilvækst i Jupiter (bl.a. mange geotekniske boringer, men også nye boringer med indtag etableret i forbindelse med grundvandsovervågningen) og sekundært ændringer i koblingsmetodikken. Grundet Jupiter databasens dynamiske natur er det ikke umiddelbart muligt, at lave en mere kvantitativ vurdering af ændringerne. Det skal bemærkes, at det langt fra er alle indtag der er tilgængelige for monitering, særligt ikke i den store gruppe af indtag, hvor top og bundkote er vurderet ud fra sekundære oplysninger (svarende til ca. 2/3 af alle indtag). Ud af de godt 120.000 indtag, hvor det lykkedes at lave en kobling i 2013, er godt 110.000 koblet til samme magasin med den nye procedure. Størstedelen af de godt 10.000 indtag der afviger fra 2013 koblingen skal findes blandt indtag hvor lithologien udgøres af ikke vandførende materiale, kalk eller prækvartært sand.
Kvantitativt er der pt. dannet kobling mellem mindst et indtag og et magasin for i alt 389 grundvandsforekomster, se *Tabel 3*. Langt hovedparten af grundvandsforekomsterne er koblet til mere end 10 indtag.

Tabel 3: Optælling af indtag pr. grundvandsforekomst

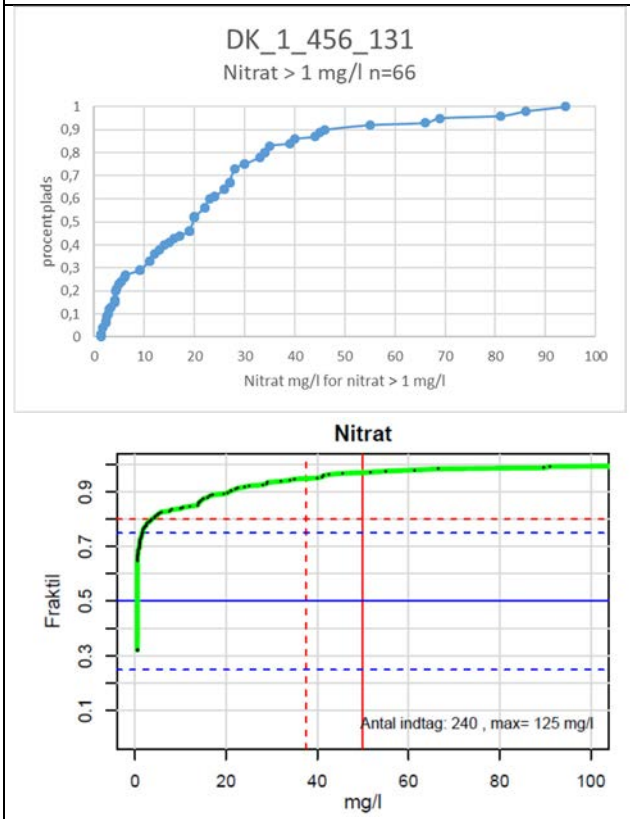
Antal indtag	*Antal GVF*
>1000	47
100 - 1000	137
10 - 100	140
1 - 10	49
0	29

Bilag 4: Korte beskrivelser af de 27 faglige temaer

Bilag 4.1 Tema N1-N6

Tema N-1: Fordelingskurver for nitrat

Tema layout:



Fordelingen for det gennemsnitlige nitratindhold i indtag med nitrat >1 mg/l i perioden 2011-2016 (øverst).Fordeling af alle gennemsnitlige nitratkoncentration i GVF 1_456_131 fra Vandplan 2, data fra 2007-2013 (nederst) /1/.

Data og databehandling

Temaets øverste figur viser det gennemsnitlige indhold af nitrat for perioden 2011-2016, for den nitratholdige del af grundvandsforekomsten (nitrat >1 mg/l). Her anvendes nitrat data fra leverance 2 /2/ og koblingen af indtag til grundvandsforekomster stammer fra leverance 3 /3/.

Derudover vises på nederste figur fordelingen af det gennemsnitlige nitrat for perioden 2007-2013 (eller 2000-2013, hvis der er få data) fra indtag, der er tilknyttet grundvandsforekomsten i forbindelse med Vandplan 2. Denne figur viser nitratkoncentrationernes fordeling i de enkelte grundvandsforekomster, med angivelse af kravværdien på 50 mg/l og en række percentiler af betydning for vurderingen, fx 80 % /1/. *Bemærk, at de ældre data anvendes alene til metodeudviklingen, da det blev vurderet, at vi ville vente til det endelige datagrundlag er fastlagt med at programmere udarbejdelsen af disse fordelinger for alle nitratmålinger i alle relevante grundvandsforekomster samlet, og denne programmering er en del af leverance 5-6, der forudsætter leverance 4.*

Excel arkene ligger på projektets fælles mappe på GEUS: Nitrattilstand-2018/leverance7/data/nitratdata i filen indtagsdyber.xlsx

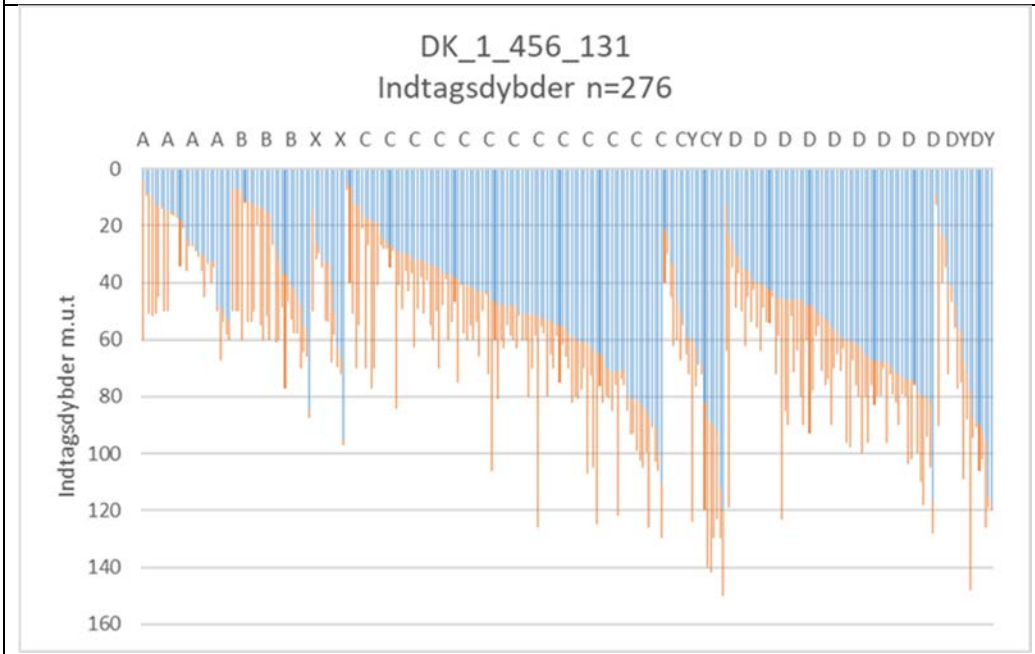
Referencer:

/1/ Thorling, L. og Sørensen B.L., 2014: Kemisk tilstandsvurdering Vandplan II. Rapportering af data og metodevalg.
/2/ Thorling og Hansen: Notat datakilder_nitratilstand-v3-8_5_2018, leverance 1
/3/ Troldborg: Notat om indtagskobling og indvindingsmængder, leverance 3

Udført af:	LTS	Dato:	18.05.18

Tema N-2: Vandtype og indtagsdybder

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet viser dybdefordelingen af alle indtag tilknyttet grundvandsforekomsten, hvor der er analyseret for nitrat i perioden 2011-2016, opdelt på vandtyper. Vandtyperne er beregnet på basis af seneste analyse i ovenstående periode, hvor parametrene nitrat, sulfat, ilt og jern optræder i samme prøve. Beregning af redoxvandtyper bygger på algoritmen i seneste version af geovejledning om kemisk kortlægning. Nitratfri prøver der tildeles vandtype Y under opdeles i Cy og Dy efter om sulfatindholdet er ≥ 20 mg/l eller <20 mg/l. /1/.

Dybdefordelingen viser med blåt forerørets dybdeinterval og med gult indtagets dybdeinterval. For hver vandtype er data sorteret med stigende dybde til indtagstop. Vandtyperne optræder i rækkefølgen, A, B, X, C, Cy, D, Dy. Vandtyperne A, B, X indeholder nitrat (>1 mg/l nitrat), mens vandtyperne C, D, Cy og Dy er nitratfri (≤ 1 mg/l nitrat).

Nitrat data stammer fra leverance 2 /2/.
Koblingen af indtag til grundvandsforekomster stammer fra leverance 3 /3/.

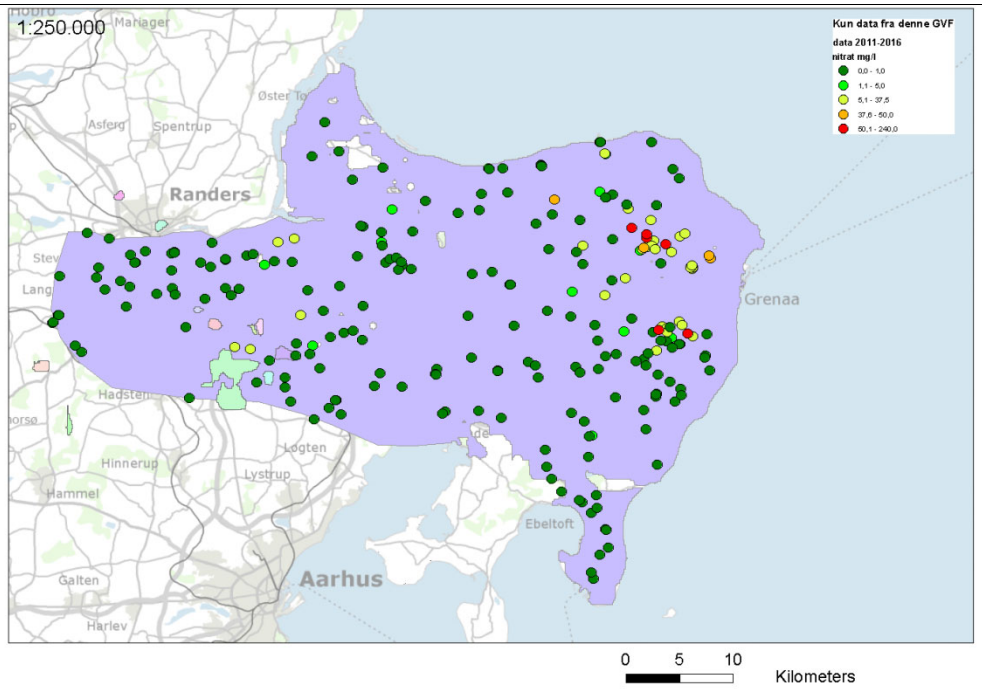
Referencer:

/1/ Hansen, B. & Thorling, L., 2018: Kemisk grundvandskortlægning. Geovejledning 2018/2. GEUS særudgivelse.
/2/ Notat datakilder_nitratilstand-v3-8_5_2018, leverance 1
/3/ Notat om indtagskobling og indvindingsmængder, leverance 3

Udført af:	LTS	Dato:	18.05.18

Tema N-3: Nitratmålinger geografisk fordeling

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet viser den gennemsnitlige nitratkoncentration i perioden 2011-2016 fra indtag, der er tilknyttet grundvandsforekomsten.
Nitratdata er sorteret således, at de største værdier ligger øverst og de mindste nederst.
Nitratdata stammer fra leverance 2/1/.
Koblingen af indtag til grundvandsforekomster stammer fra leverance 3 /2/.

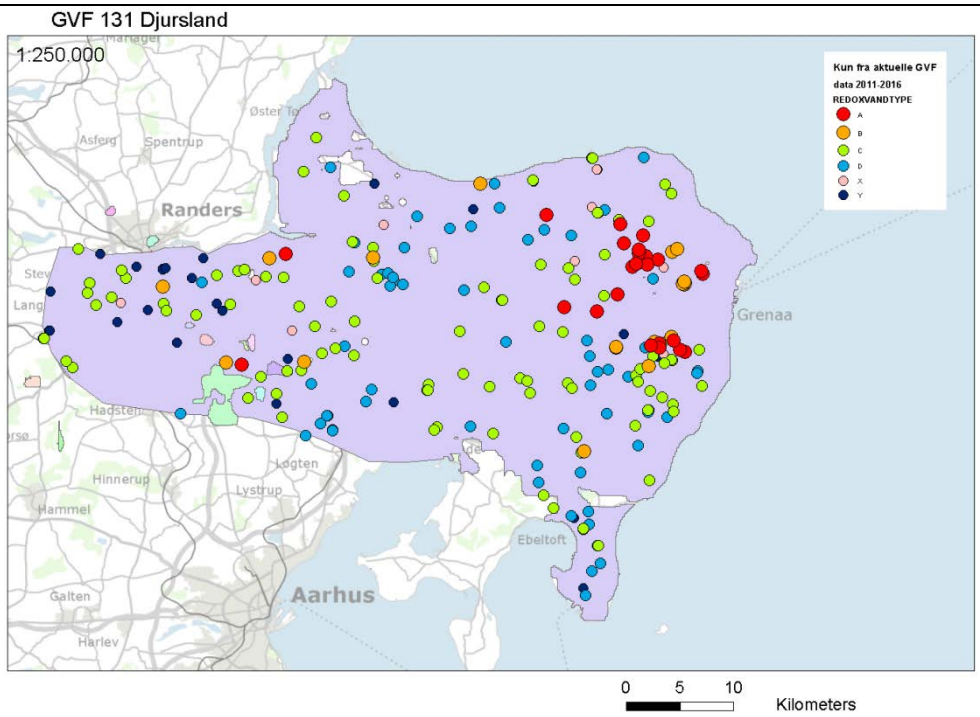
Referencer:

/1/ Thorling og Hansen: Notat datakilder_nitratilstand-v3-8_5_2018, leverance 1
/2/ Troldborg: Notat om indtagskobling og indvindingsmængder, leverance 3

Udført af:	LTS/LTR	Dato:	18.05.18

Tema N-4: Vandtyper geografisk fordeling

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet redox-vandtypen for alle indtag med nitrat i perioden 2011-2016 fra indtag, der er tilknyttet grundvandsforekomsten.
Nitrat data er sorteret således, at de mest oxidere data (Vandtype A) ligger øverst og de mest reducerede vandtyper nederst (Vandtype D).
Vandtyperne A, B, X indeholder nitrat (>1 mg/l nitrat), mens vandtyperne C, D, Y er nitratfri (≤ 1 mg/l nitrat).

Beregning af redoxvandtyper bygger på algoritmen i seneste version geovejledning om kemisk kortlægning. /1/
Nitrat data stammer fra leverance 2. /2/
Koblingen af indtag til grundvandsforekomster stammer fra leverance 3. /3/

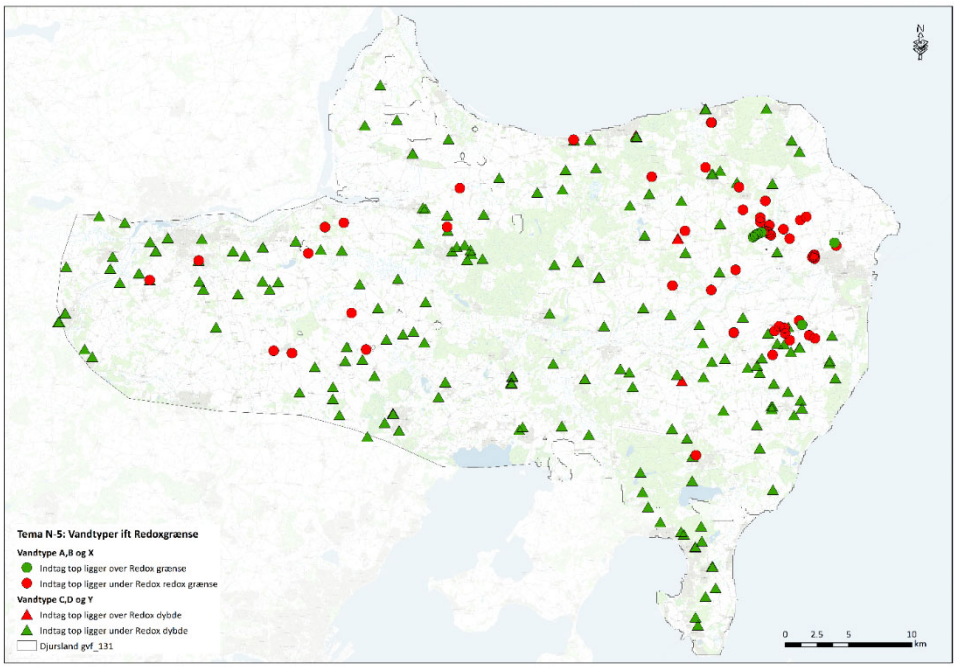
Referencer:

/1/ Hansen, B. & Thorling, L., 2018: Kemisk grundvandskortlægning. Geovejledning 2018/2. GEUS særudgivelse
/2/ Thorling og Hansen :Notat datakilder_nitratilstand-v3-8_5_2018, leverance 1
/3/ Notat om indtagskobling og indvindingsmængder, leverance 3

Udført af:	LTS	Dato:	18.05.18

Tema N-5: Verificering af nitratfront mod vandtyper

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet viser, om der er overensstemmelse mellem dybden til de fundne redox-vandtyper og den modellerede nitratfront /3/. Vandtyperne (se fx tema N-4) er for perioden 2011-2016 fra indtag tilknyttet grundvandsforekomsten.

Overensstemmelsen er vurderet ved, at dybden til indtagets top er relateret til nitratfrontens dybde (se Tema N-6), således at alle A, B og X vandtyper (nitratholdigt vand- og dermed forventeligt farver karakteristiske for oxiderede jordlag) er farvelagt med grøn (cirkel), hvor indtagets top ligger over redoxgrænsen (og rød hvis den ligger under redoxgrænsen: Tilsvarende er indtag med vandtyperne C, D og X, hvor sedimentfarver karakteristisk for reducerede jordlag bør optræde, farvelagt grøn (trekant), hvis indtagets top ligger under redoxgrænsen, og rød (trekant), hvis det ligger over redoxgrænsen.

Nitratdata stammer fra leverance 2 /1/.

Koblingen af indtag til grundvandsforekomster stammer fra leverance 3 /2/.

Redoxdybden er hentet fra den Nationale Vandressource model /3/.

Referencer:

/1/ Thorling og Hansen: Notat datakilder_nitratilstand-v3-8_5_2018, leverance 1

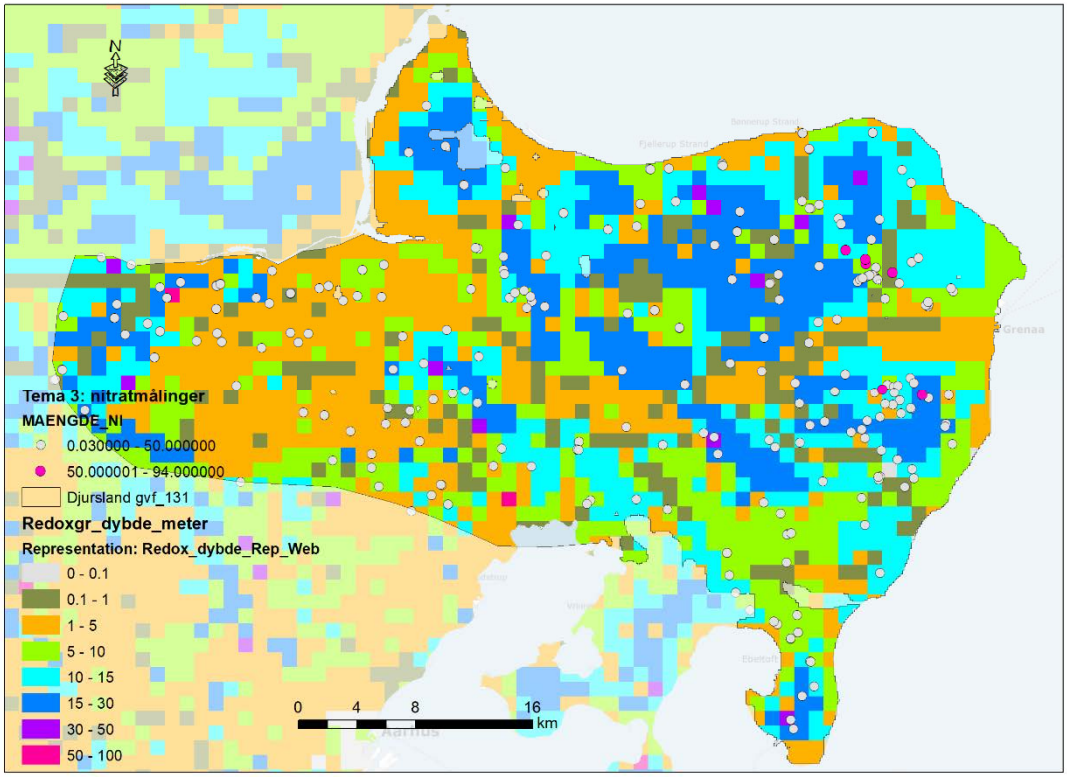
/2/ Notat om indtagskobling og indvindingsmængder, leverance 3

/3/ Troldborg, L. mfl. Den nationale vandressource model

Udført af:	LTR/LTS	Dato:	11.05.18

Tema N-6: Nitratfront

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet viser dybden til reducerede jordlag, der kan forventes at være nitratfri i et 1x1 km grid.

Kortet er baseret på farver i boringer indberettet til Jupiter /1/.
Nitratdata stammer fra leverance 1 /1/.
Koblingen af indtag til grundvandsforekomster stammer fra leverance 3 /2/.

Referencer:

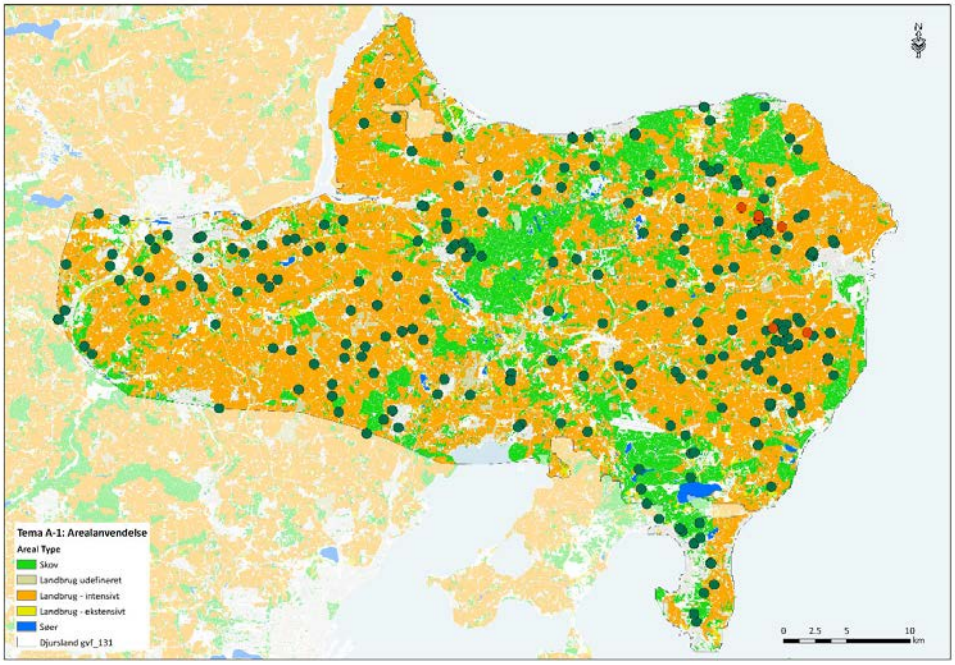
/1/ Ernstsen, V. & Platen, F.v., 2014: Opdatering af det nationale redoxkort fra 2006- til brug for den Nationale Kvælstofmodel 2015. GEUS rapport 2014/20.
/2/ Thorling og Hansen, Notat datakilder_nitratilstand-v3-8_5_2018, leverance 1
/3/ Notat om indtagskobling og indvindingsmængder, leverance 3

Udført af:	LTR/LTS	Dato:	18.05.18

Bilag 4.2 Tema A1-A2

Tema A-1: Arealanvendelse

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet viser fem forskellige klasser af arealanvendelse med fokus på arealer med potentiel N-udvaskning.
Temakortet viser grundvandsforekomsten og indtag med nitratmålinger tilknyttet forekomsten som overlay.
Nitratmålinger med rød signatur overskrider kravværdien på 50 mg/l.

Anvendte data

LULC BASEMAP 2012, landsdækkende grid datasæt 10x10m² /1/
Nitratdata) for 2011-2016 stammer fra leverance 2 (Jupiter udtræk den 20. april 2018. /2/
Anvendt format: punkt tema på baggrund af landsdækkende datasæt. UTM/ETRS89, zone 32N

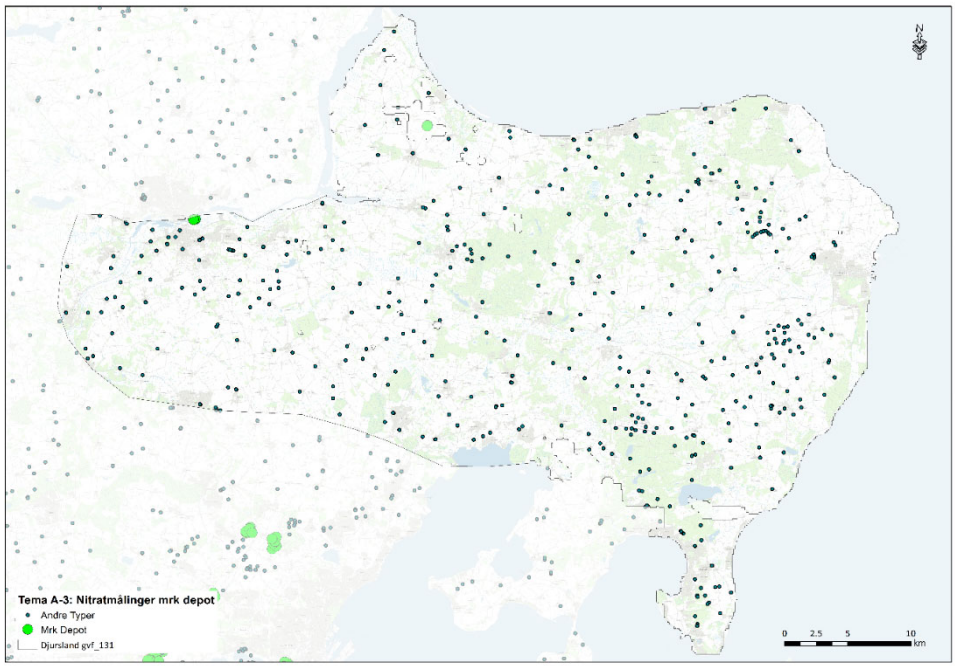
Referencer:

/1/ Levin, G., Jepsen, MR., Blemmer, M. 2012. Basemap, Technical documentation of a model for elaboration of a land-use and land-cover map for Denmark. Aarhus Universitet - DCE Tekn.Rap. 11/2012 http://www.dmu.dk/Pub/TR11.pdf (sidst besøgt 24 maj, 2018)
/2/ Thorling og Hansen. 2018. Leverance 1: Notat datakilder_nitratilstand-v3-8_5_2018.docx

Udført af:	LTR	Dato:	13.05.18

Tema A-2: Nitratmålinger mærket Depot

Tema layout:



Data og databehandling

Temakortet viser placeringen af indtag, hvor der er målt for nitrat for perioden 2011-2016. Nitratmålinger mærket "Depot" er fremhævet med grøn cirkel.
Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay. GIS-temaet er lavet i ArcGIS.

Anvendte data

Nitratdata) for 2011-2016 stammer fra leverance 2 (Jupiter udtræk den 20. april 2018). /1/
Anvendt format: punkttema på baggrund af landsdækkende datasæt.

Referencer:

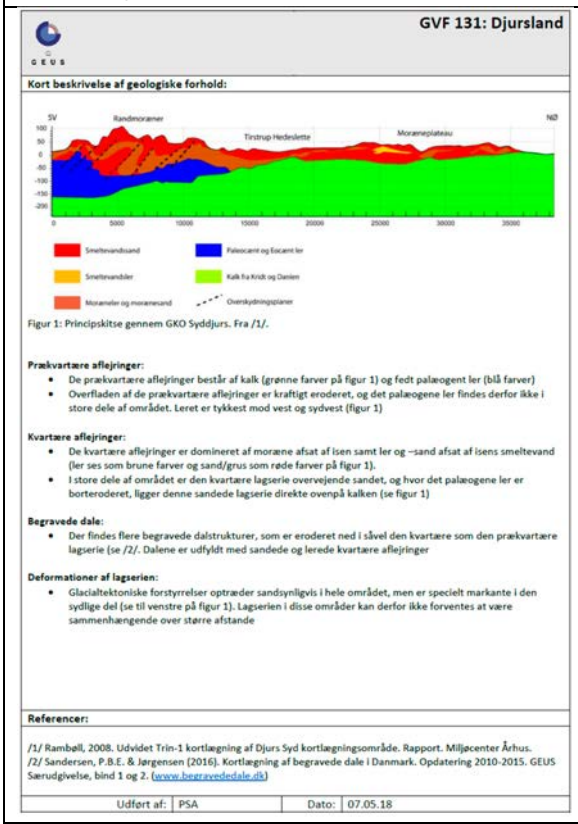
/1/ Thorling og Hansen, Leverance 1: Notat datakilder_nitratilstand-v3-8_5_2018.docx

Udført af:	LTR	Dato:	13.05.18

Bilag 4.3 Tema G1-G5

Tema G-1: Overordnet geologisk ramme

Tema layout:



Data og databehandling

For hver GVF er der udarbejdet et kortfattet, 1-sides dokument med en oversigt over geologien i det område, som omslutter grundvandsforekomsten (se figur herover). Beskrivelsen tager udgangspunkt i eksisterende beskrivelser af de geologiske forhold i geologiske modelrapporter, artikler eller afhandlinger. Beskrivelsen er udformet omkring et forståelsesmæssigt repræsentativt profilsnit fra en af de anvendte udgivelser, samt en kortfattet beskrivelse af geologien under overskrifterne:

- Prækvartære aflejringer
- Kvartære aflejringer
- Begravede dale
- Deformationer af lagserien

Anvendte data fremgår af de enkelte ark. På dokumentationsarket for de enkelte grundvandsforekomster er indsat et link til den geologiske beskrivelse.

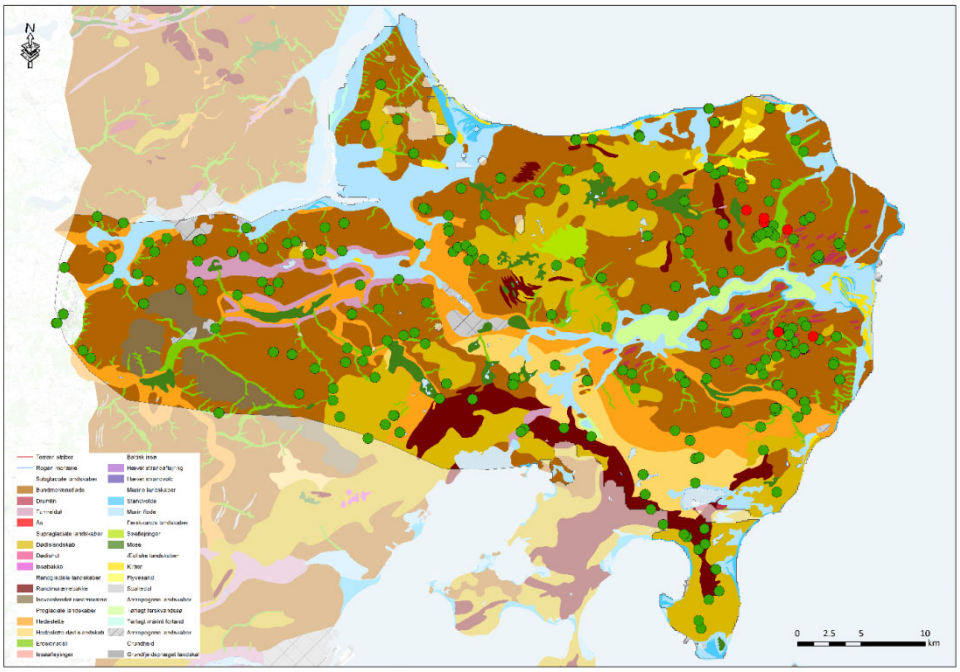
Referencer:

Referencer til anvendt litteratur fremgår af de enkelte ark.

Udført af:	PSA	Dato:	18.05.18

Tema G-2: Geomorfologisk kort

Tema layout:



Data og databehandling

Beskrivelse

Der tages udgangspunkt i GEUS' digitale geomorfologiske kort og Per Smeds landskabs-kort /1-4/. GEUS' kort dækker indtil videre Sjælland, øerne og Bornholm i endelige udgaver, samt Fyn, Østjylland og Nordjylland i foreløbige udgaver. I den resterende del af landet haves kun Per Smeds landskabskort. I visse tilfælde kan der i forbindelse med lokale geologiske modeller være udarbejdet geomorfologiske kort, men i nærværende projekt anvendes dog kun de to nævnte korttyper.

Anvendte data

Morfologisk kort over Sjælland, øerne og Bornholm/Fyn (samt stedvist i Jylland)
Leverandør: GEUS; Peter Roll Jakobsen.
Download: https://frisbee.geus.dk/geuswebshop/index.xhtml?area-=4&category=61&product=921.

Kortet viser landskabstyperne i målestok 1:200 000. Tolkningen er foretaget på baggrund af topografiske kort (høje målebordsblade, lave målebordsblade, det topografiske kort over DK

1:25 000), digital højdemodel (baseret på LIDAR data). Desuden er tidligere udgivne morfologiske kort og landskabsbeskrivelser og - tolkninger i tilgængelig litteratur konsulteret. Kortet er kompileret i 2013.

På korteksemplet ovenfor er den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.

Landskabskort, Per Smed /1-4/
Leverandør: Geografforlaget, papirkort.
Anvendt format: Scannede og georefererede bitmaps.

Håndtegnede kort (ca. 1:350.000) over tolkede landskaber i Danmark (Smed 1979, 1981a, b, c). Kortene er ikke ledsaget af nærmere beskrivelser af, hvordan kortene er udarbejdet. Kortene bør ikke anvendes i skala under 1:200.000, og afgrænsningen mellem landskabselementerne bør kun anvendes vejledende.

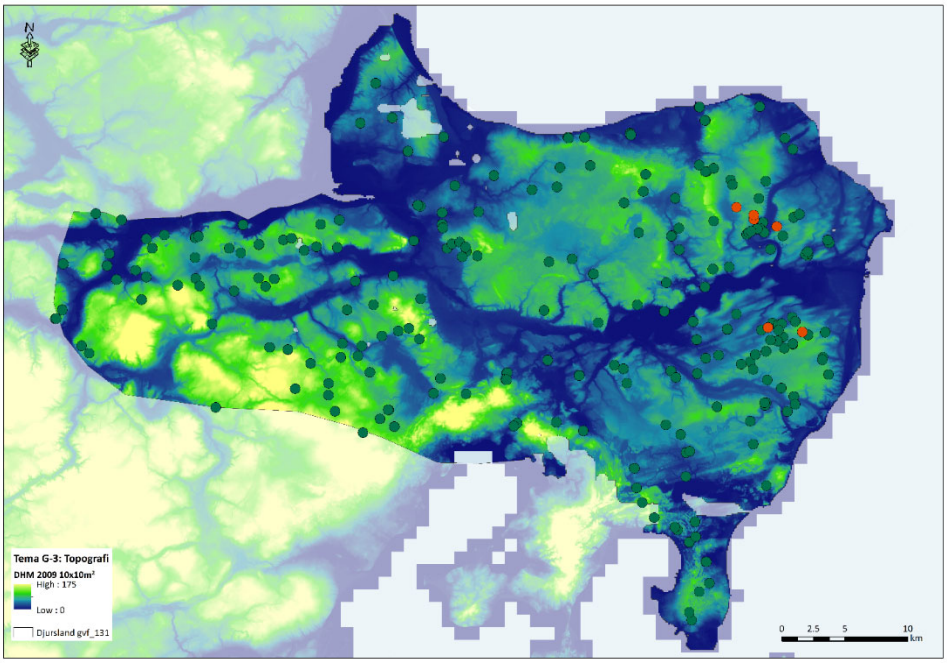
Referencer:

/1/ Smed, P., 1979: Landskabskort over Danmark. Blad 1, Nordjylland, Geografforlaget.
/2/ Smed, P., 1981a: Landskabskort over Danmark. Blad 2, Midtjylland, Geografforlaget.
/3/ Smed, P., 1981b: Landskabskort over Danmark. Blad 3, Sønderjylland, Fyn, Geografforlaget.
/4/ Smed, P., 1981c: Landskabskort over Danmark. Blad 4, Sjælland, Lolland, Falster, Bornholm, Geografforlaget.

Udført af:	PSA/LTR	Dato:	18.05.18

Tema G-3:
Terræn (10 m grid)

Tema layout:



Data og databehandling

Beskrivelse

Som udgangspunkt laves kortudsnit for GVF i den aggregerede 10m-højdemodel. Terrænet vises i farveskala med hillshade for at fremhæve relieffet. Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay. (se eksempel ovenfor).

Anvendte data

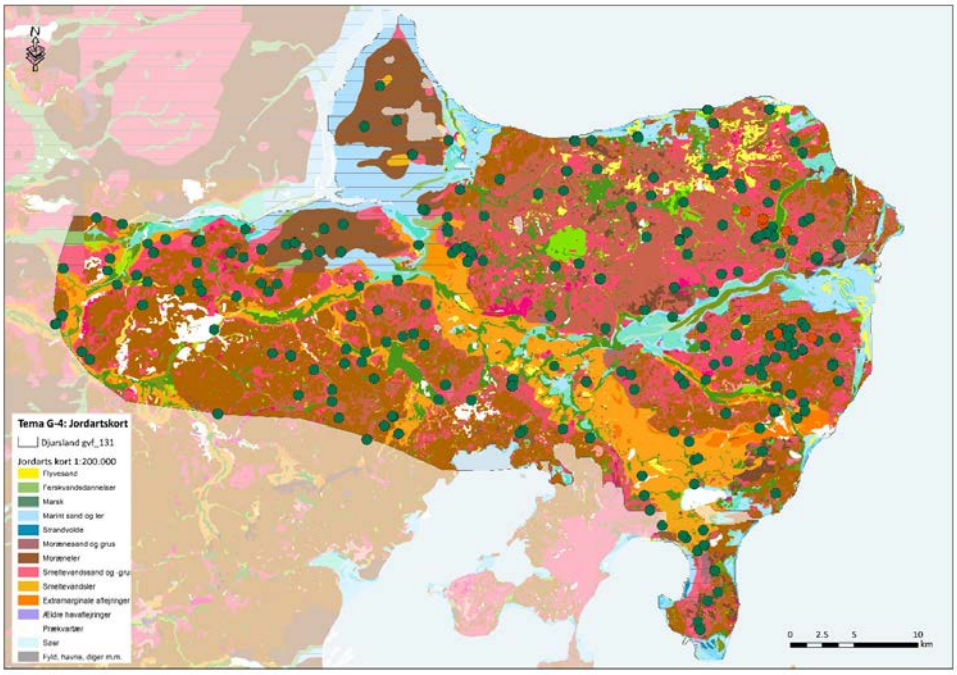
Danmarks Højdemodel: DHM-2007/Terræn (10m grid)
Leverandør: Kortforsyningen.dk
Anvendt format: Ascii-grid, landsdækkende datasæt. UTM/ETRS89, zone 32.

En digital model af terrænets højde over havniveau. Danmarks Højdemodel består af flere datasæt, der er tilvejebragt ved flybåret laserscanning. Den udsendte laserstråle reflekteres af terræn eller overflade, og tiden det tager for det reflekterede signal at returnere til flyet, bruges til at beregne terrænets eller overfladens højde. Efter indsamling af laser-scanningen bearbejdes data for at kortlægge terrænhøjden og den fysiske overflade i et grid for hele Danmark. Resultaterne fra kortlægningen afspejler højdeforholdene i landskabet i relation til det gennemsnitlige havniveau med høj detaljeringsgrad og stor nøjagtighed.

DHM/Terræn beskriver højden af landskabet. Alle objekter over terræn, såsom træer, huse, halmballer, biler m.m. er fjernet. Modellen er egnet til planlægning, projektering og landskabs-analyser. Modellen findes også i en udgave med 1,6 m grid. På korteksemplet ovenfor er den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.			
Referencer:			
–			
Udført af:	PSA/LTR	Dato:	17.05.18

Tema G-4: Jordartskort (kombineret 1:25.000-1:200.000)

Tema layout:



Data og databehandling

Beskrivelse
Oversigtskort over jordarter i 1:25.000 /1/ og i 1:200.000 /2/.

Anvendte data
Danmarks Digitale jordartskort 1:25 000 version 4 /1/.
Leverandør: GEUS; download og mere information på: http://www.geus.dk/DK/data-maps/Sider/j25-dk.aspx.
Anvendt format: ArcGIS Shape.

Det digitale jordartskort er karteringskort i digital form, som viser overfladegeologien. Kortet er et resultat af den systematiske geologiske kortlægning af Danmark. Informationerne er indsamlet ved feltarbejde, hvor jordprøver tages med 100-200 meters mellemrum med et håndspyd i 1 meters dybde. Det vil sige lige under pløjelag og jordbundsudviklingen. I denne version 4 fra 2015 er 88% af Danmarks landareal klassificeret, og kortet kompletteres løbende. Jordarterne er inddelt i 82 typer.

Jordartskort 1:200 000, version 2 /2/.
Leverandør: GEUS; download og mere information på: http://www.geus.dk/DK/data-maps/Sider/j200-dk.aspx.
Anvendt format: ArcGIS Shape.

Kortet viser en landsdækkende klassificering og udbredelse af jordarter (fortrinsvis glaciale og postglaciale sedimenter) i landoverfladen af Danmark (Pedersen et al., 2011). Kortet er baseret på Danmarks Digitale Jordartskort 1:25 000 i de områder, der er kortlagt. Øvrige områder er tolket ud fra boringsoplysninger, landskabsanalyse eller anden tilgængelig information. Jordarterne er inddelt i 12 forskellige typer og kortet er derfor en forsimplet udgave af Danmarks Digitale jordartskort 1:25 000. Der er under compileringen sket en forskubning af kortet i visse områder. Dette kan tilsammen give en usikkerhed på op til 200 m, enkelte steder lidt mere. Kortet er således egnet til undervisningsbrug og som baggrund for andre korttemaer i målestoksforholdet 1:200 000. Kortet kan ikke anbefales brugt i sagsbehandling eller til andre formål, hvor større præcision er påkrævet.

På korteksemplet ovenfor er den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.

Referencer:

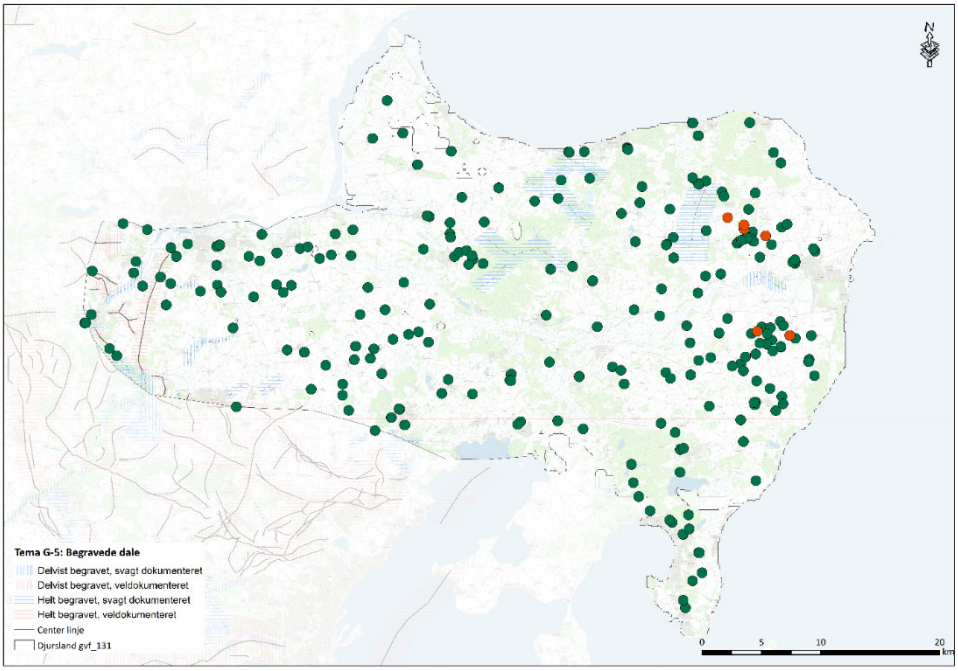
/1/ Jakobsen, P.R., Hermansen, B. & Tougaard, L., 2015. Danmarks digitale jordartskort 1:25000, Version 4.0. GEUS-rapport 2015/30 (http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart_25000_beskriv.pdf).

/2/ Pedersen, S.A.S, Hermansen, B., Nathan, C. & Tougaard, L., 2011. Digitalt kort over Danmarks jordarter 1:200.000, version 2. Geologisk kort over de overfladenære jordarter i Danmark. GEUS-rapport 2011/19 (http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart_200000_v2_beskriv.pdf).

Udført af:	PSA/LTR	Dato:	17.05.18

Tema G-5:
Begravede dale

Tema layout:



Bemærk, at eksemplet vises i en anden målestok end den, der bruges ved vurderingerne. De kortlagte dale er derfor ikke tydelige på det viste eksempel.

Data og databehandling

Beskrivelse

Geologisk kortlægning af begravede dalstrukturer i den danske undergrund er vigtig primært i forhold til grundvandsressourcerne, fordi dalfyldet kan udgøre vigtige grundvandsmagasiner, hvoraf mange er meget dybtliggende og dermed beskyttede overfor overfladenær forurening. Andre steder er de begravede dalstrukturer nederoderet dybt i underlaget og kan derved skabe kortslutninger mellem grundvandsmagasiner i forskellige niveauer eller facilitere nedsivning af overfladenært grundvand til dybere niveauer.

Udbredelser af begravede dale (polygoner og centerlinjer), som de er kortlagt jf. Sandersen & Jørgensen (2016), lægges ind i et samlet tema.

Anvendte data

Kortlagte begravede dale
Leverandør: GEUS, www.begravededale.dk
Anvendt format: ArcGIS; Shape

De kortlagte begravede dales overordnede udbredelse og orientering er vist med simple signaturer, således at de enkelte dales karakteristika, som fx bredde, længde og retning umiddelbart fremgår af kortene. De anvendte signaturer er centerlinjer, som er placeret langs dalenes dybeste dele, og skraverede polygoner, som angiver dalens horisontale udbredelse. På korteksemplet ovenfor er den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt. .
Referencer:
/1/ Sandersen & Jørgensen, 2016: Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. GEUS Særudgivelse, bind 1 & 2.

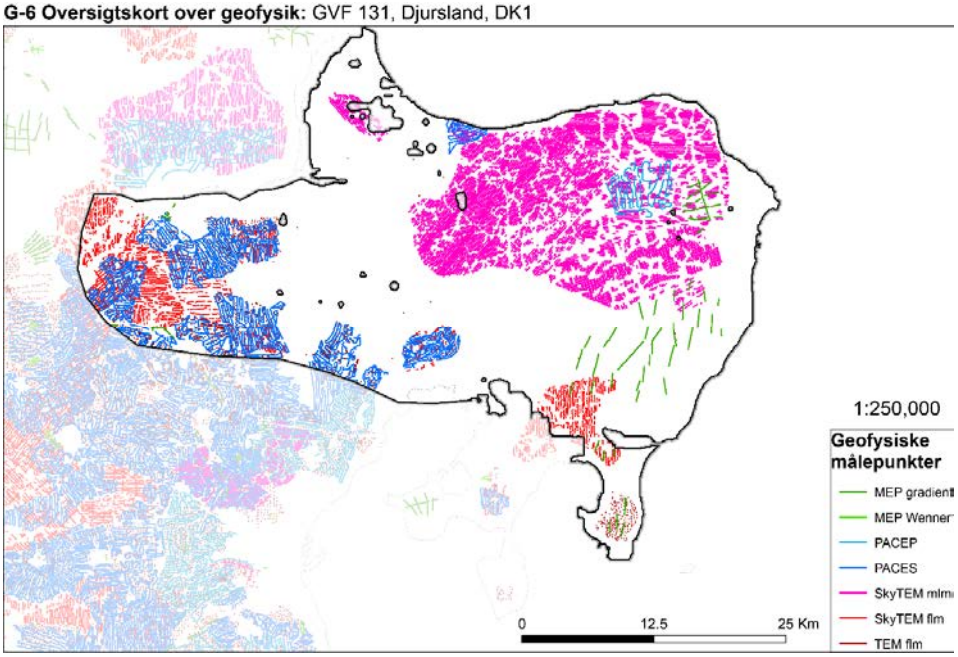
Udført af:	PSA/LTR	Dato:	18.05.18

Bilag 4.4 Tema G6-G9

Tema G-6: Oversigtskort over geofysik

Tema layout:

G-6 Oversigtskort over geofysik: GVF 131, Djursland, DK1



Data og databehandling

Beskrivelse

Temaet viser data fra udvalgte geofysiske metoder, indsamlet og indlæst i GERDA databasen inden for og omkring grundvandsforekomsten. De elektriske metoder MEP (opdelt i Wenner og gradient konfiguration) og PACES/PACEP samt de transiente elektromagnetiske metoder TEM og SkyTEM er valgt, da de er målt så tæt evt. langs profillinjer, at de får en fladedækkende karakter og derfor kan anvendes i vurdering af heterogeniteten af dæklagene og deres beskyttelse af de underliggende grundvandsmagasiner. Desuden har disse metoder den største landsdækkende udbredelse. De anvendte geofysiske metoder er kort beskrevet i Bilag 1.2.

MEP (Wenner/gradient) og PACES/PACEP er begge opdelt i to klasser, da der er sket en udvikling i metoderne til højere datadækning. Ligeledes er der for SkyTEM lavet en opdeling i hvorvidt data er tolket med fålags- eller mangelagstolkninger, da de to tolkningsmetodikker resulterer i en lidt forskellig repræsentation af jordens resistivitetsstrukturer.

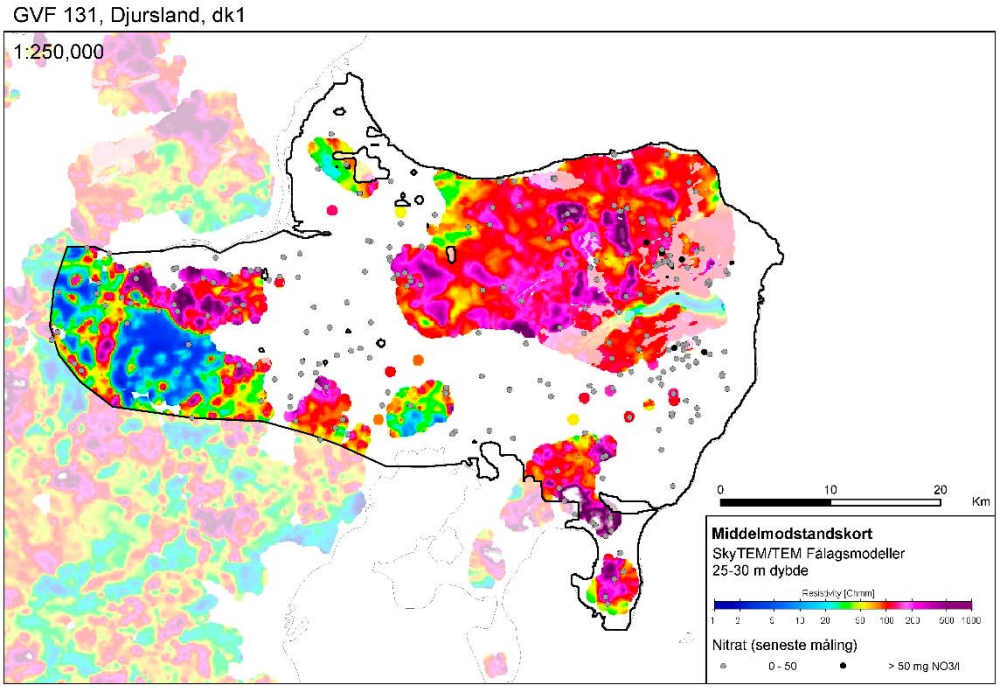
Visning af tema

Ud over de geofysiske målepunkter viser temakortet grundvandsforekomsten som overlay.

Anvendte data Leverandør: GERDA databasen, http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-geofysisk-database-gerda/ Anvendt format: Udtræk fra GERDA databasen d. 16. marts 2018.			
Referencer: -			
Udført af:	ILM	Dato:	23.05.18

Tema G-7: Heterogenitet af dæklag ved middelmodstandskort (flere kort)

Tema layout:



Bemærk: Dette kort genbruges til andre vurderinger i tema G-8

Data og databehandling

Beskrivelse

Temaet viser resistivitetsgrids i dybdeintervaller af 5 m tykkelse (middelmodstandskort). Resistivitetsgrids er baseret på tolkede 1D resistivitetsmodeller fra hhv. PACES/PACEP, MEP, TEM og SkyTEM data. De anvendte geofysiske metoder er kort beskrevet i Bilag 1.2.

Beregning af resistivitetsgrids

Da de elektriske metoder (MEP og PACES/PACEP) og de transiente elektromagnetiske metoder (TEM og SkyTEM) har forskellig følsomhed over for jordens resistivitetsstukturer, beregnes der separate grids for de to metoder. Der beregnes også separate resistivitetsgrids for hhv. fålagsmodeller og mangelagsmodeller, da de to tolkningstilgange repræsenterer jordens resistivitetsstukturer på forskellig vis.

Resistivitetsgrid er fremstillet i ODVGridder-modulet til LN_GeodataStudio, som er udviklet af Lars Nebel. ODVGridder kobler direkte op til GERDA databasen hos GEUS eller til en række lokale PCGerda databaser med resistivitetsmodeller.

For TEM/SkyTEM fålagsmodeller og SkyTEM mangelagsmodeller anvendes følgende indstillinger i gridningsrutinen

1. interpolationsmetode: Inverse distance, power 2
2. søgeradius: x=500 m, y=500 m

3. grid spacing: x=100 m, y=100 m, z=5 m

For MEP og PACES/PACEP fålags- og mangelagsmodeller anvendes følgende indstillinger i gridningsrutinen

1. interpolationsmetode: Inverse distance, power 2
2. søgeradius: x=100 m, y=100 m
3. grid spacing: x=50 m, y=50 m, z=5 m

Da der kan være overlap mellem datasæt fra forskellige kortlægninger og datasæt kan være tolket med flere modelopsætninger udvælges den anvendte model ud fra en prioritering i datatype og modelleringstilgang.

Visning af tema

Temaet består af flere kort, i det 1) der vælges et antal resistivitetsgrids i forskellige dybdeintervaller så hele dæklagets resistivitetsstrukturer præsenteres og 2) der vælges resistivitetsgrid fra flere metoder, hvis de dækker forskellige områder af grundvandsforekomsten uden store overlap.

Temakortet viser derudover nitratmålinger /1/ fra filtre koblet til grundvandsforekomsten /2/. Temakortet viser grundvandsforekomsten og dæklaget (top af magasiner som udgør grundvandsforekomsten) i det givne interval som overlay, så resistivitetsgriddet fremstår uden nedtoning i farverne, hvor det befinder sig i dæklaget over grundvandsforekomsten. GIS-temaet er fremstillet i ArcGIS.

Anvendte data

Geofysiske data

Leverandør: GERDA databasen, http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-geofysisk-database-gerda/

Anvendt format: Resistivitetsgrid i dybdeintervaller af 5 m tykkelse baseret på udtræk fra GERDA databasen i løbet af foråret 2018.

Nitratdata

Leverandør: Jupiterdatabasen

Anvendt format: Udtræk fra Jupiterdatabasen d. 20. april 2018, beskrevet i Bilag 1.3, og samme som Leverance 2 /1/

Dæklagstykkelse

Leverandør: DK-modellen (tilgængelig via GEUS modeldatabase /3/)

Anvendt format: Grid som definerer top af magasiner, der udgør grundvandsforekomsten

Referencer:

/1/ Notat datakilder_nitratilstand-v3-8_5_2018, leverance 1

/2/ Notat om indtagskobling og indvindingsmængder, leverance 3

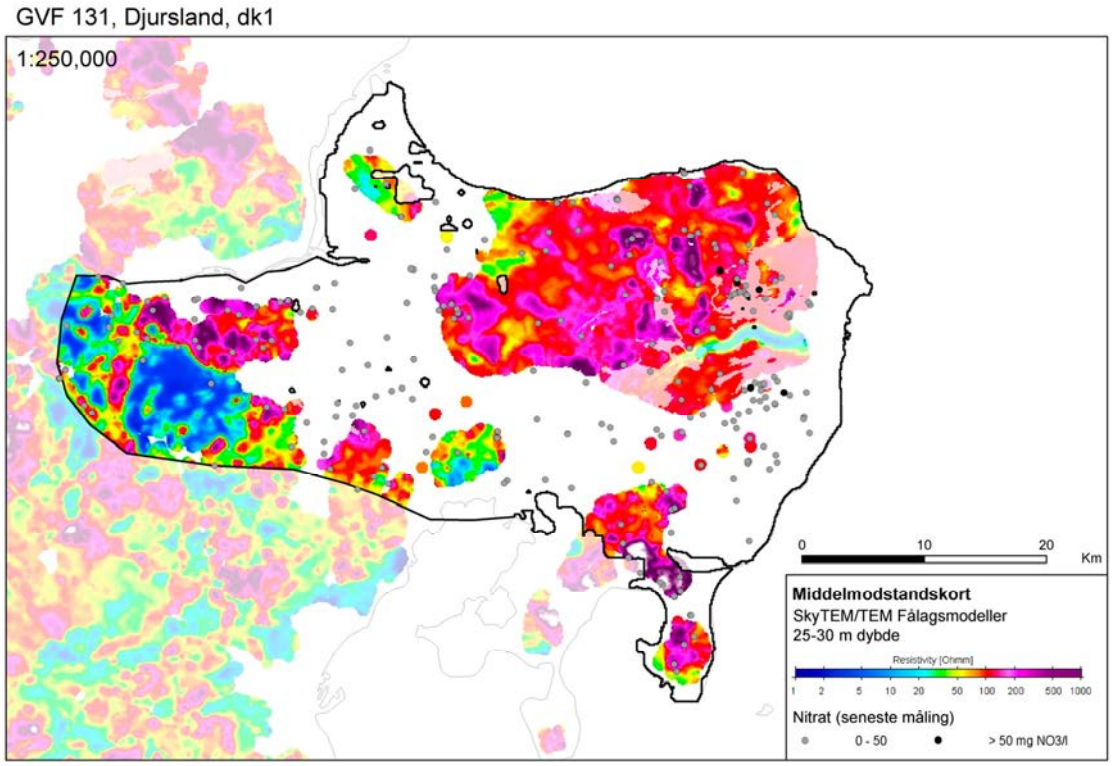
/3/

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

Udført af:	ILM	Dato:	24.05.18

Tema G-8: Dæklagenes beskyttelse ved middelmodstandskort (flere kort)

Tema layout:



Data og databehandling

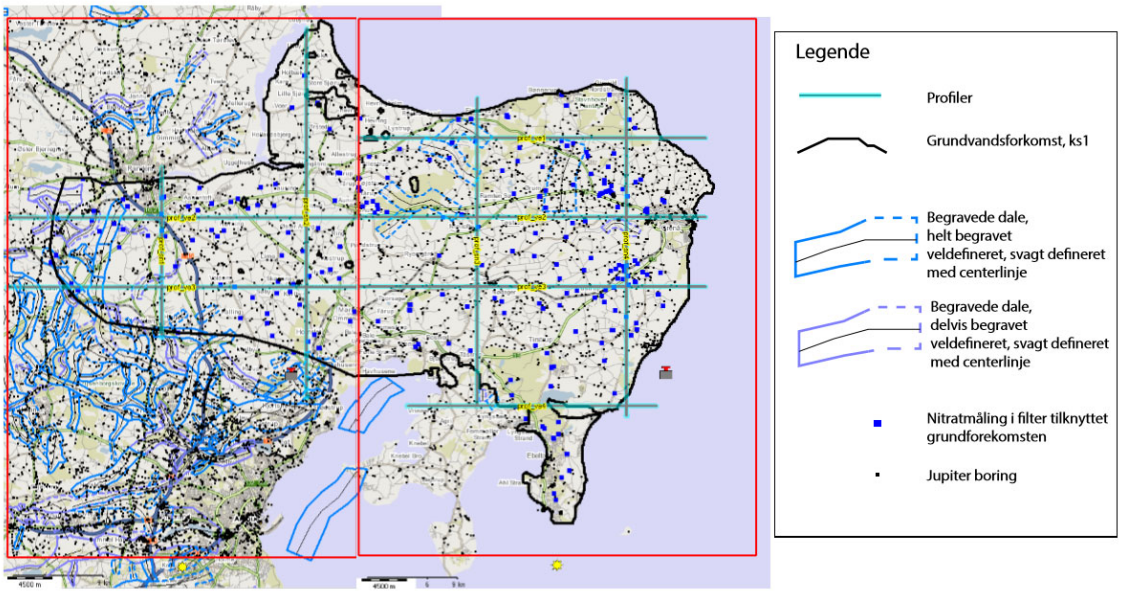
Temaet viser det samme som Tema G-7, se Tema G-7 for beskrivelse af temaet.
Kortet anvendes til nogle andre typer af vurderinger og indgår to gange, i dokumentationsskemaet, og er derfor vist her to gange.

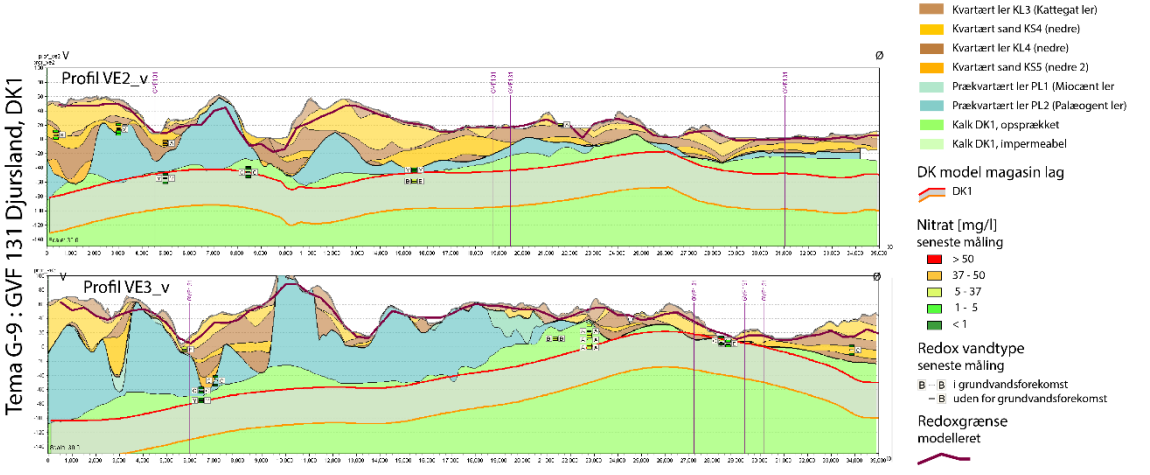
Referencer:

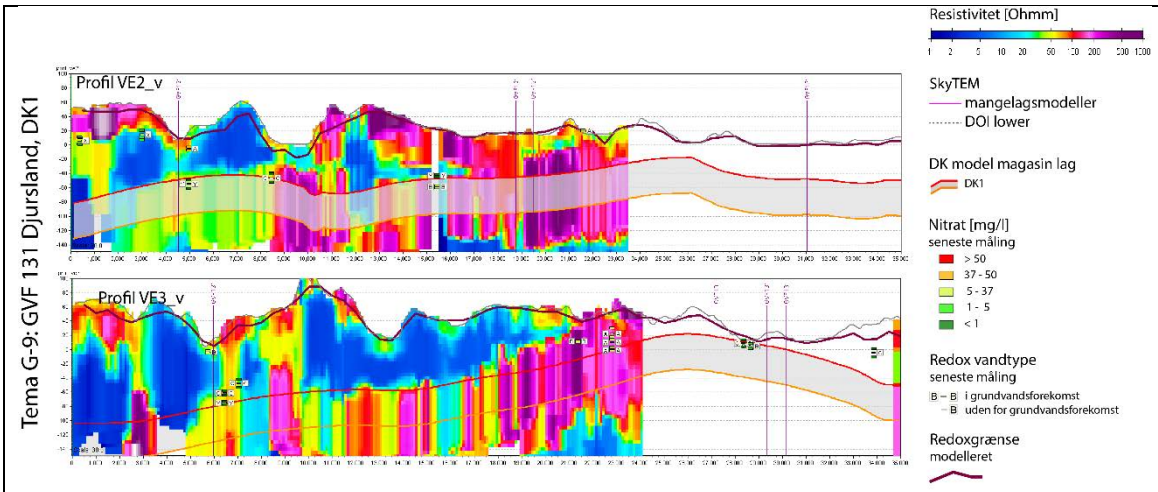
Udført af:	ILM	Dato:	23.05.18

Tema G-9: Geologiske og geofysiske profiler i dæklag og GVF med nitrat, vandtype og redox-front

Tema layout:







Data og databehandling

Beskrivelse

Temaet viser vertikale profilsnit gennem (1) 3D hydrostratigrafiske modeller fremstillet i forbindelse med den nationale grundvandskortlægning (se Bilag 1.1) og (2) 3D resistivitetsgrid. Der oprettes 2-3 profiler med en hhv. syd-nord og vest-øst orientering for hver grundvandsforekomst.

3D resistivitetsgrid er fremstillet efter de samme kriterier som middelmodstandskortene i Tema G-7, dog er gridningen foretaget i 5 m koteintervaller, hvorefter alle kote-interval-grids er samlet til et 3D grid.

Visning af tema

Ud over hhv. 3D hydrostratigrafiske modeller og 3D resistivitetsgrid vises

1. vertikal afgrænsning af grundvandsforekomst i form af lodrette streger
2. redoxfront
3. nitratmålinger vist som farvekodet boks plottet hhv. i top og bund af filterintervallet. Alle målinger vises
4. redoxvandtype vist med et eller to labels til hhv. højre og venstre for filteret; et label placeret til venstre for filteret markerer, at målingen er taget i et filter, som er koblet til forekomsten, mens et label til højre er vist for alle målinger.
5. grundvandsforekomstens rumlige udstrækning, markeret med top- og bundgrid for de tilhørende magasiner og med området mellem top- og bundgrid markeret med en grå transparent farve.

3D resistivitetsgrid vises primært for SkyTEM mangelagsmodeller. Hvis der findes TEM/SkyTEM fålagsmodeller uden for området med SkyTEM mangelagsmodeller vises disse også på profiler. Områder med SkyTEM mangelagsmodeller markeres med en pink streg over terræn. I områder, hvor der primært er anvendt MEP/PACES, vises 3D resistivitetsgrid for disse.

Alle data er læst ind i et Geoscene3D projekt og vises i profilmodulet. Temaet færdiggøres i Adobe Illustrator med sammenstilling af profiler og visning af legender.

Lokalisering af syd-nord og vest-øst orienterede profiler vises på et gis-kort, fremstillet i Geoscene3D. På kortet vises topografisk kort fra I-GIS cloudløsning som baggrund, grundvandsforekomstens afgrænsning, temaet over begravede dale (www.begravededale.dk) og nitratmålepunkter inden for grundvandsforekomst.

Anvendte data

3D hydrostratigrafiske modeller

1. Jylland – under metodeudviklingen er der anvendt hydrostratigrafiske modeller fremstillet i den nationale grundvandskortlægning (GKO modeller) eller kommunemodeller, som samler flere GKO modeller. Modellerne er downloadet fra GEUS Modeldatabase. Til det fremadrettede arbejde med den kvalitative vurdering af GVF'er anvendes en samlet hydrostratigrafisk model konstrueret i løbet af 2018 på baggrund af GKO hydrostratigrafiske modeller (se Bilag 1.1).
2. Fyn – samlet hydrostratigrafisk model konstrueret i 2017 på baggrund af GKO hydrostratigrafiske modeller /1/
3. Sjælland – seneste hydrostratigrafiske model fra DK-model (version preR_dkms_20171024) på baggrund af GKO hydrostratigrafiske modeller /2/
4. Bornholm - hydrostratigrafiske modeller fremstillet i den nationale grundvandskortlægning (GKO modeller) eller kommunemodeller som samler flere GKO modeller (Modellerne er downloadet fra GEUS Modeldatabase). Hvor der ikke er GKO-modeller, anvendes voxel-model fra DK-modellen.

Resistivitetsgrid:

Leverandør: GERDA databasen, http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-geofysisk-database-gerda/

Anvendt format: 3D resistivitetsgrid baseret på udtræk fra GERDA databasen i løbet af foråret 2018.

Nitratdata og redoxvandtype

Leverandør: Jupiterdatabasen

Anvendt format: Udtræk fra Jupiterdatabasen d. 20. april 2018, beskrevet i Bilag 1.3, og samme som Leverance 2 /3/

Redoxfront:

Leverandør: DK-modellen, den nationale vandressourcemodel /4/

Anvendt format: 500m x 500m grid fra DK-modellen, omregnet så dybdereferencen er m over havniveau

Grundvandsforekomstens rumlige udstrækning

Leverandør: DK-modellen (tilgængelig via GEUS modeldatabase /5/)

Anvendt format: Grid som definerer top og bund af magasiner der udgør grundvandsforekomsten

Begravede dale

Leverandør: GEUS, www.begravededale.dk

Anvendt format: ArcGIS; Shape

Referencer:

/1/ GEUS modeldatabase ID: 789 – Fyn, 788 - Tåsinge

/2/ Modellens opdateres på ad-hoc basis løbende med nyere geologiske modeller. Modellen er ikke tilgængelig via GEUS web, men modellen og alm opdaterings assistance kan rekvireres via mail til dkmodel@geus.dk.

/3/ Thorling og Hansen: Notat datakilder_nitratilstand-v3-8_5_2018, leverance 2/4/ Troldborg mfl. Den nationale vandressourcemodel

/5/

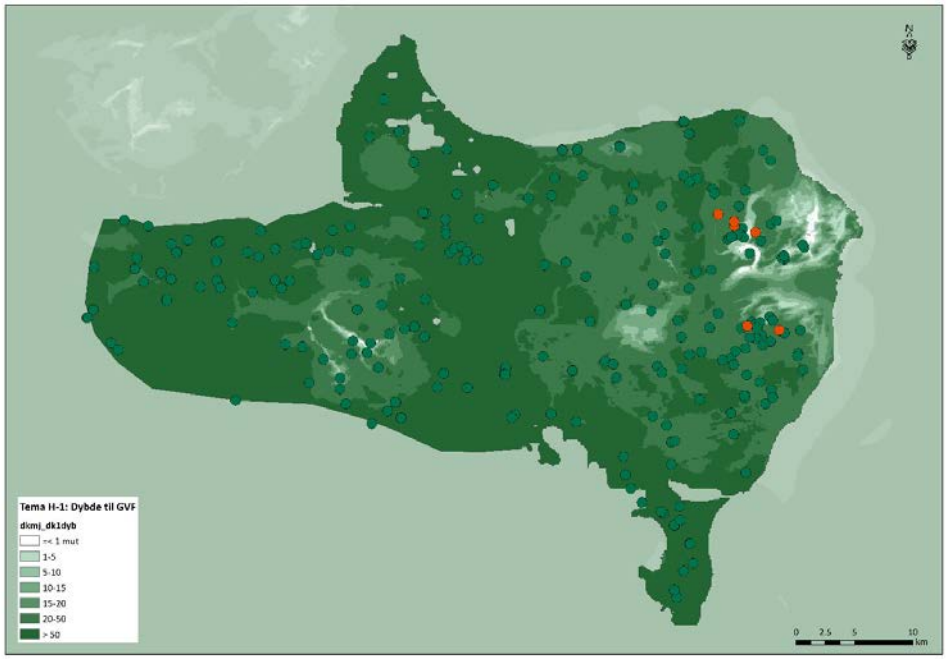
Område	GEUS-modeldatabase ID
Bornholm	333 - dkmb_gvf_092013
Fyn	334 - dkmf_gvf_082013
Sjælland	339 - dkms_gvf_062013_v2
Jylland	343 - dkmj_gvf_102013

Udført af:	ILM	Dato:	23.05.18

Bilag 4.5 Tema H1-H10

Tema H-1: Dybde til grundvandsforekomst

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet viser dybden fra terræn til overfladen af grundvandsforekomsten.
Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay. GIS-temaet er lavet i ArcGIS (se eksempel ovenfor).
Dybdeforholdene er dannet ud fra DK-modellens 100x100m² grid data for topografi og overflade af grundvandsforekomst (tilgængelige via GEUS modeldatabase /1/), samme data som der ligger til grund for den afgrænsningen af grundvandsforekomster /2/.
Den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.

Referencer:

/1/

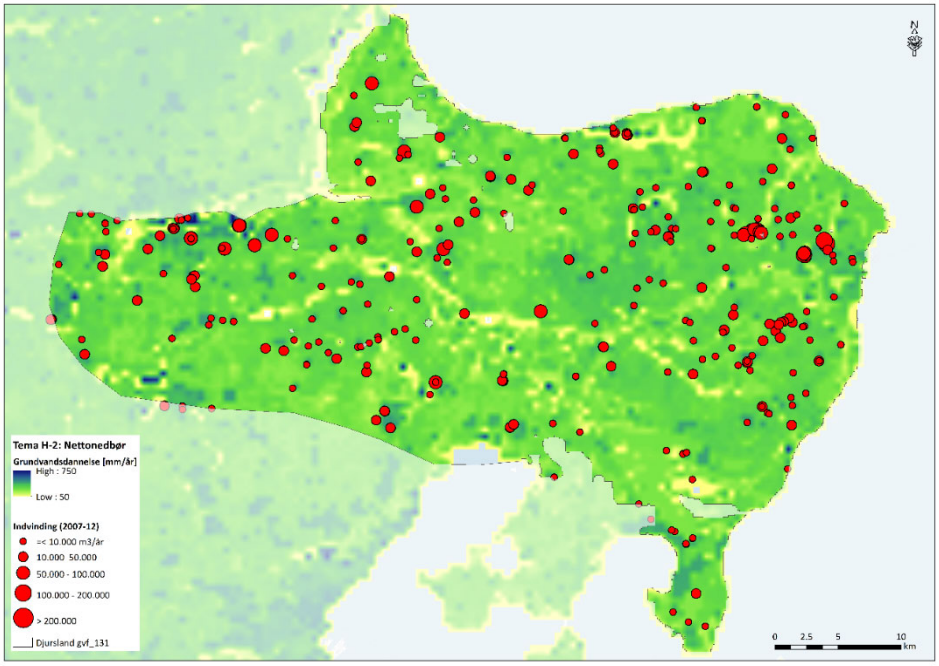
Område	GEUS-modeldatabase ID
Born-holm	333 - dkmb_gvf_092013
Fyn	334 - dkmf_gvf_082013
Sjælland	339 - dkms_gvf_062013_v2
Jylland	343 - dkmj_gvf_102013

/2/ Troldborg, L, Sørensen, BL., Kristensen, M. & Mielby, S. 2014. Afgrænsning af grundvandsforekomster - Tredje revision af grundvandsforekomster i Danmark, GEUS rapport 2014/58

Udført af:	LTR	Dato:	13.05.18

Tema H-2: Nettonedbør

Tema layout:



Data og databehandling

Temakortet viser nettonedbøren (udsivningen fra rodzonen) angivet i mm/år og indvindingsdata fordelt på indtag, som er tilknyttet aktuel grundvandsforekomst. Indvindingen er angivet i m^3/år.
Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay. GIS-temaet er lavet i ArcGIS.

Nettonedbøren og indvindingsdata er udtrukket fra beregninger med DK-modellen release version R2014 /1/. Nettonedbørsdata følger DK-modellens beregningsgrid størrelse 500x500m^2 og er midlet over perioden 1990-2010, mens indvindingsdata er midlet for perioden 2007-12.

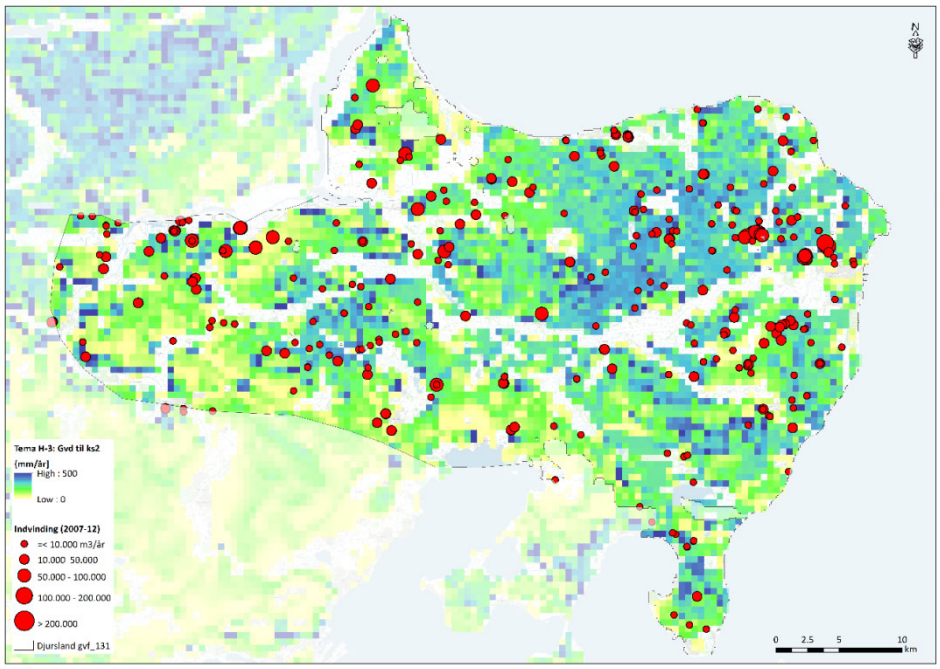
Referencer:

/1/ Højberg, AH., Stisen, S., Olsen, M., Troldborg, L., Uglebjerg, TB. & Jørgensen, LF. 2015. DK-model2014 - Model opdatering og kalibrering. GEUS rapport 2015/8, København

Udført af:	LTR	Dato:	13.05.18

Tema H-3: Grundvands-dannelse til grundvands-forekomst

Tema layout:



Data og databehandling

Temakortet viser grundvandsdannelsen (nedsivningen) til grundvandsforekomstens overflade angivet i mm/år. De mørkeblå område har stor grundvandsdannelse til grundvandsforekomsten, mens de hvide områder har opadrettet strømning (udstrømning) fra grundvandsforekomsten. Indvindingsdata er fordelt på de indtag, som er tilknyttet aktuel grundvandsforekomst. Indvindingen er angivet i m³/år.

Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay.

Grundvandsdannelse og indvindingsdata er udtrukket fra beregninger med DK-modellen release version R2014 /1/. Grundvandsdannelsen følger DK-modellens beregningsgrid størrelse 500x500m² og er midlet over perioden 1990-2010, mens indvindingsdata er midlet for perioden 2007-12.

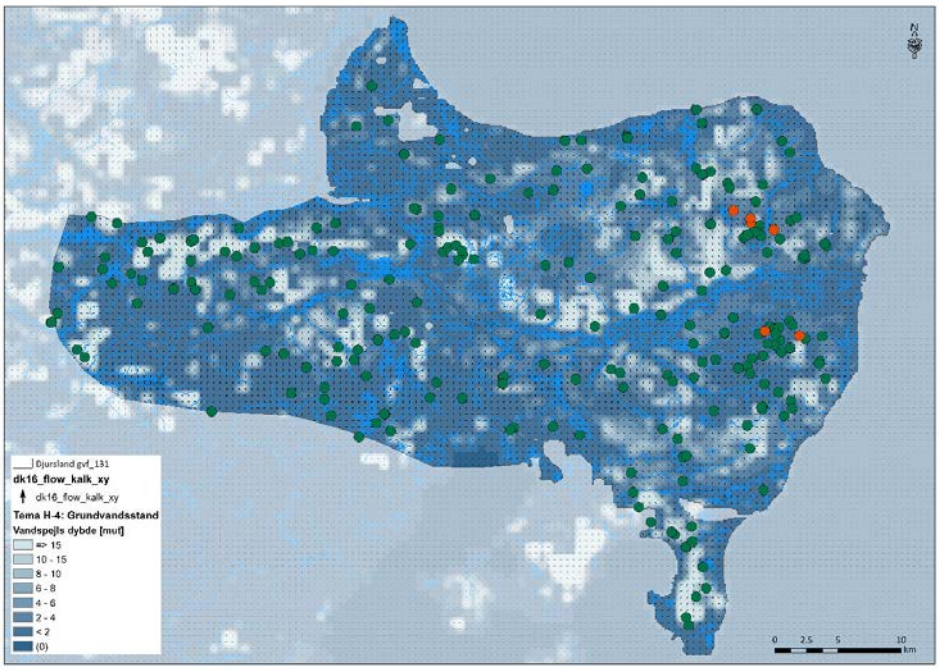
Referencer:

/1/ Højberg, AH., Stisen, S., Olsen, M., Troldborg, L., Uglebjerg, TB. & Jørgensen, LF. 2015. DK-model2014 - Model opdatering og kalibrering. GEUS rapport 2015/8, København

Udført af:	LTR	Dato:	13.05.18

Tema H-4: Dybde til grundvandet

Tema layout:



Data og databehandling

Temakortet viser dybden til det frie vandspejl med angivelse af strømningsretning for vandet i grundvandsforekomsten. De mørkeblå område har lille dybde, mens de lyse områder har stor dybde. Strømningsretningen er beregnet som en vektor ud fra en X og Y komponent, der er hentet fra det beregningslag som dækker den aktuelle grundvandsforekomst. Strømingsvektoren er auto-skaleret, små strømningspile angiver lille hastighed, store strømningspile angiver stor hastighed, og piles retning angiver strømningsretningen.

Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay.

Vandspejls- og strømningsretningsdata er udtrukket fra beregninger med DK-modellen release version R2014 /1/. Begge datasæt følger DK-modellens beregningsgrid størrelse 500x500m² og er midlet over perioden 1990-2010.
Den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.

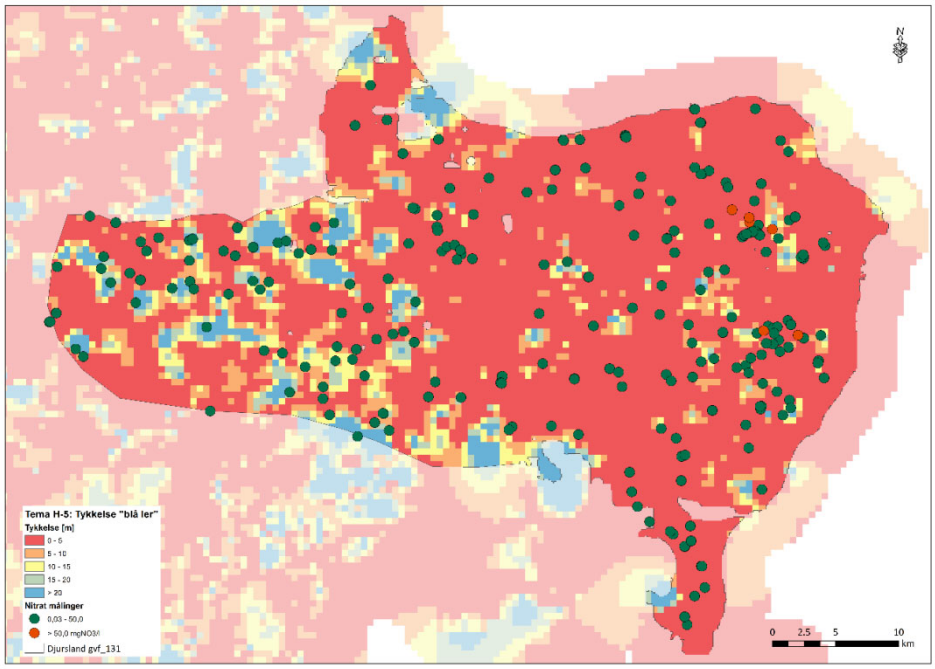
Referencer:

/1/ Højberg, AH., Stisen, S., Olsen, M., Troldborg, L., Uglebjerg, TB. & Jørgensen, LF. 2015. DK-model2014 - Model opdatering og kalibrering. GEUS rapport 2015/8, København

Udført af:	LTR	Dato:	13.05.18

Tema H-5: Tykkelse af reduceret ler

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet viser tykkelsen af det reducerede ler over øverste magasin (Esri grid i 500x500m³).
Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay.
Tykkelsen af det reducerede ler er dannet ud fra lertykkelsen over øverste magasin (Tema H-6) fratrukket dybde til redoxgrænsen (Tema N-6).
Den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.

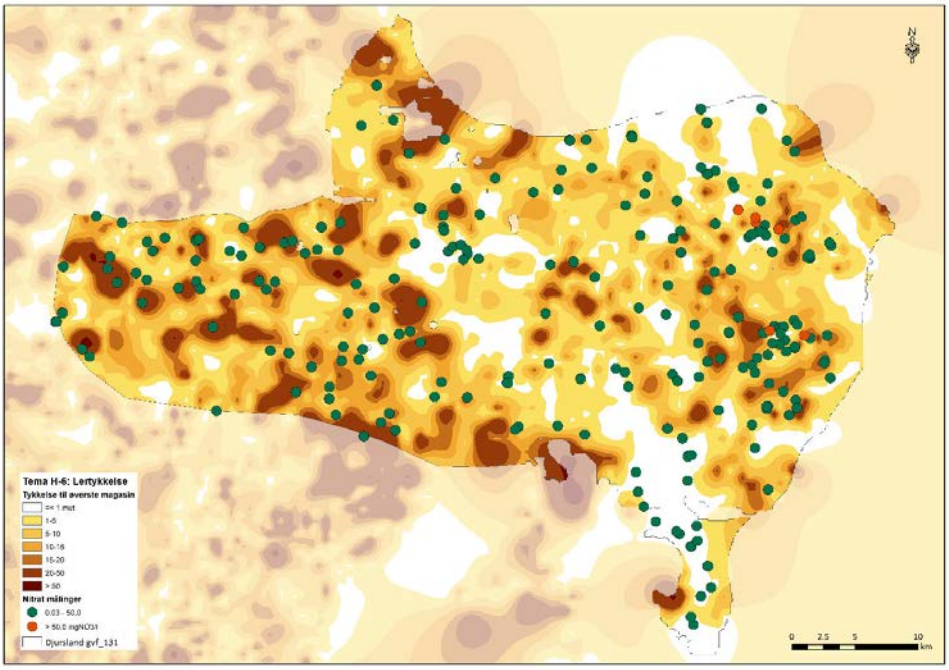
Referencer:

…

Udført af:	LTR	Dato:	13.05.18

Tema H-6: Lertykkelse over øverste magasin

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet viser tykkelsen af ler fra terræn til øverste magasin.
Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay
Lertykkelsen er udregnet efter principperne fra GrundRisk projektet /1/. Alle grid og grid beregninger er foretaget med en celle størrelse på 100x100m².

1. Magasinenheder er afgrænset ud fra DK-modellens hydrogeologi med opfyldelse af et enkelt krav, om der minimum er en magasintykkelse på 1 m i modellen.
2. Dybden til det øverste grundvandsmagasin i DK-model Sjælland er beregnet ved at trække toppen af øverste magasin fra terrænkoten
3. Punktinformation fra Jupiter af dybden til øverste magasin er beregnet som dybden til første gang, der i boringen træffes et magasin-lag med mere end 1 meters tykkelse.
4. Der interpoleres et grid ud fra punkt informationen om dybden til øverste magasin vha. ArcGIS rutinen TopoToRaster, som er en interpolationsrutine særligt velegnet til at danne overflade topografi
5. Det samlede dybdegrid dannes ved en simpel samling af dybdegriddet fra DK-modellen (pkt. 3) med dybdegriddet fra punktinformation (pkt. 4), således at punktinformation erstatter DK-model data inden for en 100 m radius.

For Jylland, Fyn og øerne dannes dybdegrid 'et udelukkende data fra punkt 4 (springer pkt. 1-3 samt 5 over).

Det samlede dybdegrid for det øverste grundvandsmagasin er således et sammensat tema, hvor der kan forekomme springende dybder til det øverste grundvandsmagasin. Dette kan fx

ske, hvis et terrænnært magasin kiler ud med det til følge, at et andet dybereliggende magasin dermed bliver det øverste.

Data fra DK-modellen stammer fra seneste hydrogeologiske model (version preR_dkms_20171024 /2/
Den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.

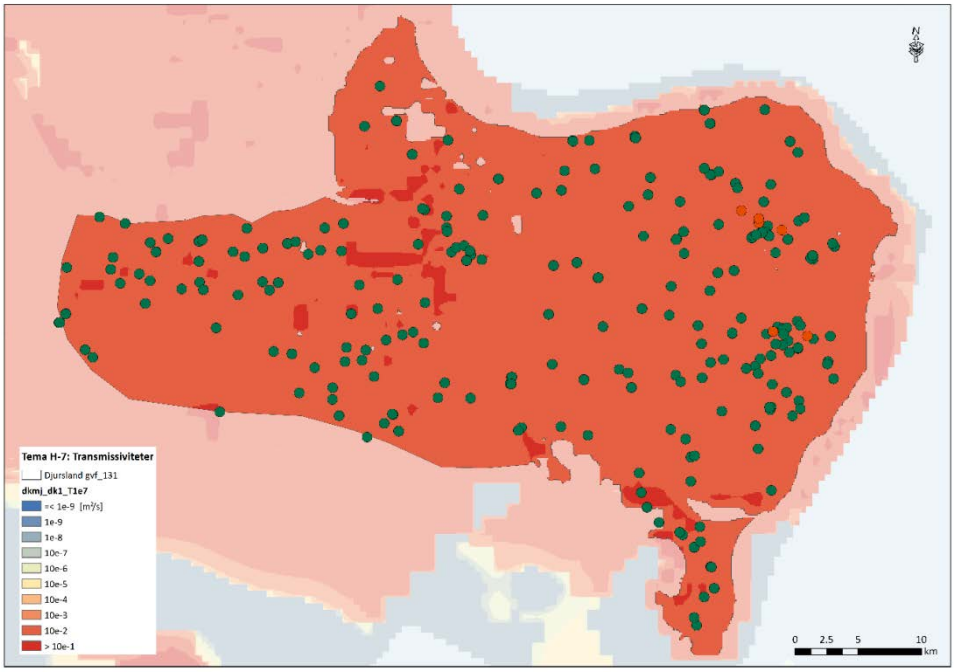
Referencer:

/1/ Miljøstyrelsen, 2016. Miljøprojekt nr. 1888
/2/ Modellens opdateres på ad-hoc basis løbende med nyere geologiske modeller. Modellen er ikke tilgængelig via GEUS web, men modellen og alm opdaterings assistance kan rekvireres via mail til dkmodel@geus.dk.

Udført af:	LTR	Dato:	13.05.18

Tema H-7: Transmissivitet af grundvandsforekomst

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet viser transmissiviteten af grundvandsforekomsten.
Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay.
Transmissiviteten er udtrukket fra det beregningslag, som dækker den aktuelle grundvandsforekomst i DK-modellen release version R2014 /1/. Datasæt følger DK-modellens beregningsgrid størrelse 500x500m².
Tema produceres ikke for Sjælland, Fyn og Øerne pga. homogene magasin forhold i DK-modellen.
Den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.

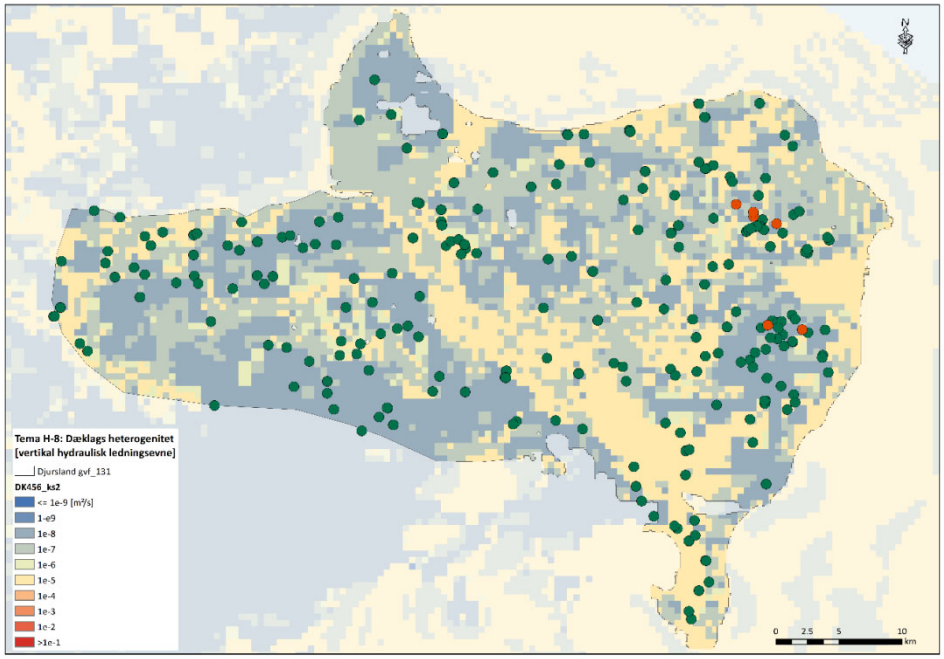
Referencer:

/1/ Højberg, AH., Stisen, S., Olsen, M., Troldborg, L., Uglebjerg, TB. & Jørgensen, LF. 2015. DK-model2014 - Model opdatering og kalibrering. GEUS rapport 2015/8, København

Udført af:	LTR	Dato:	13.05.18

Tema H-8: Heterogenitet af hydrogeologi over grundvandsforekomst

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet viser den vertikale hydrauliske ledningsevne af hydrogeologien over grundvandsforekomsten.
Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay.
Den vertikale hydrauliske ledningsevne er udtrukket fra hver af de beregningslag, som ligger over den aktuelle grundvandsforekomst i DK-modellen release version R2014 /1/, og efterfølgende er der dannet et harmonisk gennemsnit /2/ for det samlede dæklag. Datasæt følger DK-modellens beregningsgrid størrelse 500x500m².
Tema produceres ikke for Sjælland, Fyn og Øerne pga. homogene magasin forhold i DK-modellen.
Den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.

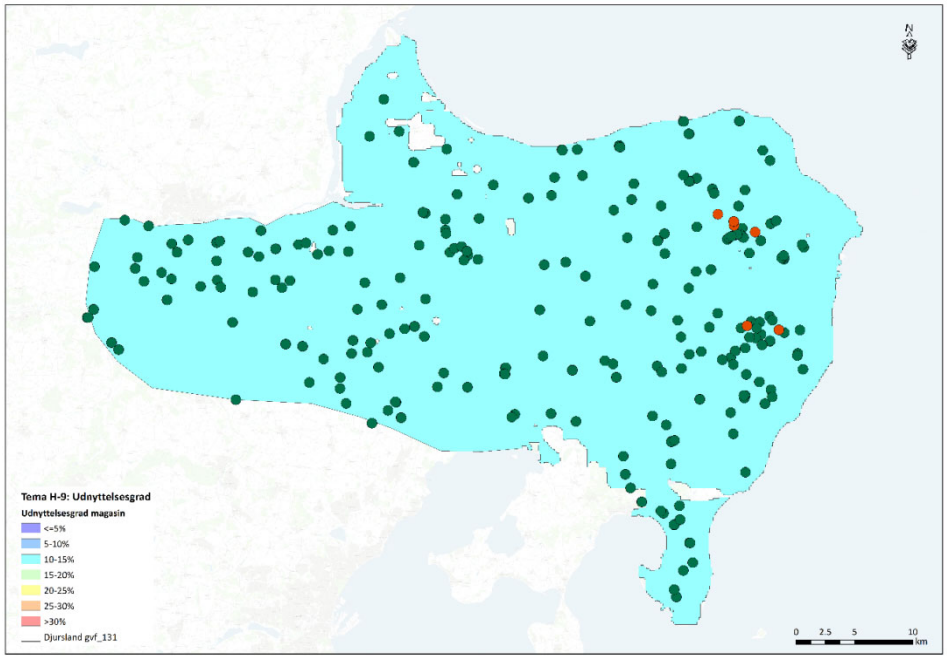
Referencer:

/1/ Højberg, AH., Stisen, S., Olsen, M., Troldborg, L., Uglebjerg, TB. & Jørgensen, LF. 2015. DK-model2014 - Model opdatering og kalibrering. GEUS rapport 2015/8, København
/2/ Harmonisk gennemsnit, https://da.wikipedia.org/w/index.php?title=Harmonisk_gennemsnit&oldid=6921882 (sidst besøgt 18 maj, 2018)

Udført af:	LTR	Dato:	13.05.18

Tema H-9: Udnyttelses-grad

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet viser udnyttelsesgraden af grundvandsforekomstens magasiner.
Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay. GIS-temaet er lavet i ArcGIS (se eksempel ovenfor).
Udnyttelsesgraden er defineret som magasinspecifik indvinding divideret med indvindingsspecifik grundvandsdannelse til magasin. Konkret er det beregnet som indvinding fra magasinet divideret med vandtilstrømning til magasinet (fra alle retninger), begge dele beregnet med DK-modellen release version R2014 /1/ som middel for perioden 2007-12. Det konkrete datasæt med udnyttelsesgrader stammer fra seneste kvantitative tilstandsvurdering /2/. Datasæt følger DK-modellens beregningsgrid størrelse 500x500m².
Den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.

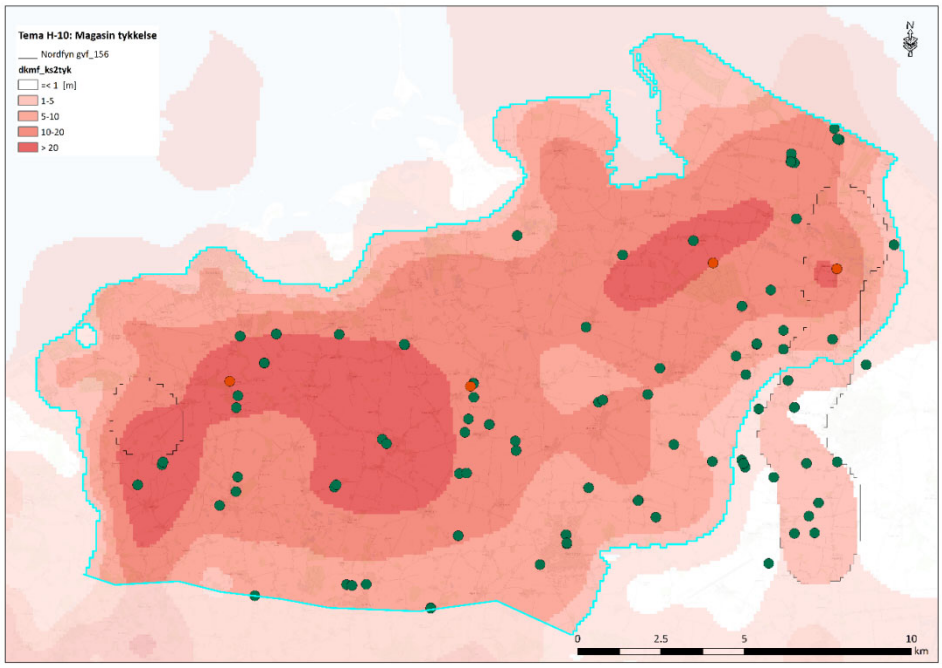
Referencer:

/1/ Højberg, AH., Stisen, S., Olsen, M., Troldborg, L., Uglebjerg, TB. & Jørgensen, LF. 2015. DK-model2014 - Model opdatering og kalibrering. GEUS rapport 2015/8, København
/2/ Harmonisk gennemsnit, https://da.wikipedia.org/w/index.php?title=Harmonisk_gennemsnit&oldid=6921882 (sidst besøgt 18 maj, 2018)

Udført af:	LTR	Dato:	13.05.18

Tema H-10: Tykkelse af grundvandsforekomst

Tema layout:



Data og databehandling

Temaet viser tykkelsen af grundvandsforekomsten.
Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay. GIS-temaet er lavet i ArcGIS (se eksempel ovenfor).
Tykkelsen er dannet ud fra DK-modellens 100x100m² grid data for top- og bundflader af grundvandsforekomsten (tilgængelige via GEUS modeldatabase /1/), samme data som der ligger til grund for den afgrænsningen af grundvandsforekomster /2/.
Hvor grundvandsforekomsten består af magasiner i flere niveauer, så optegnes tykkelsen for det enkelte niveau hver for sig og magasin afgræsningen for det enkelte niveau optegnes med lyseblå (her niveau ks2)
Den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.

Referencer:

/1/ Troldborg, L, Sørensen, BL., Kristensen, M. & Mielby, S. 2014. Afgrænsning af grundvands- forekomster - Tredje revision af grundvandsforekomster i Danmark, GEUS rapport 2014/58

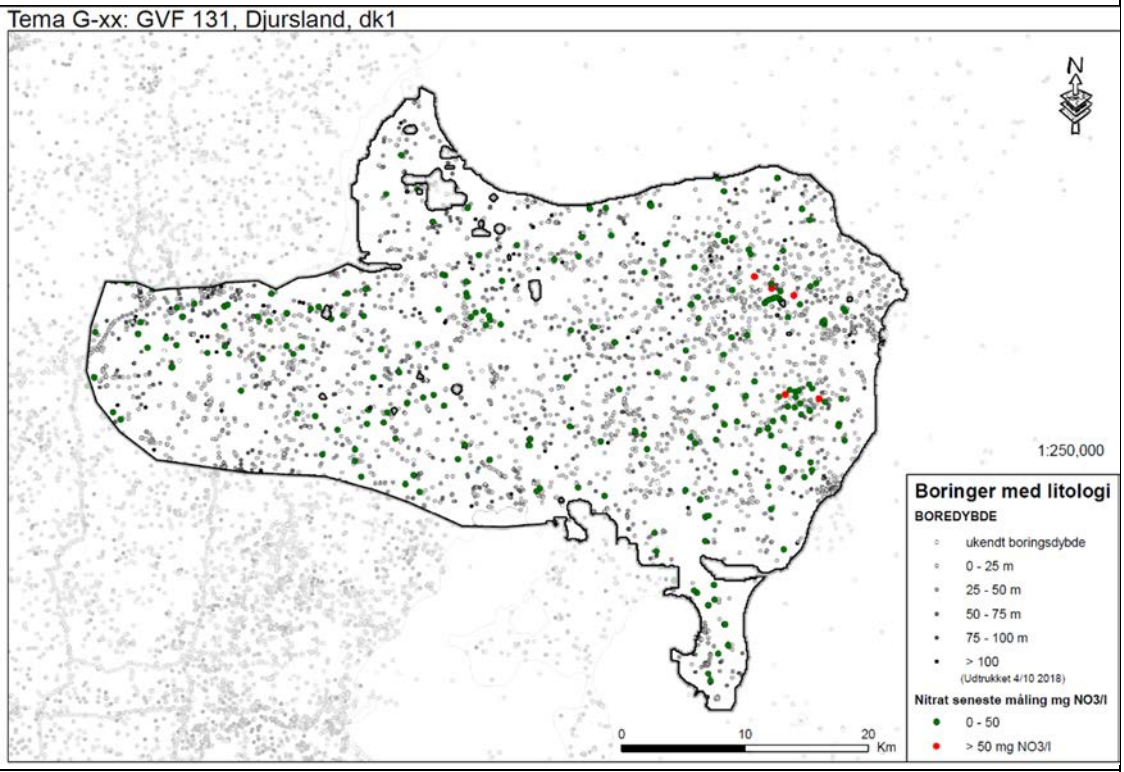
Område	GEUS-modeldatabase ID
Born-holm	333 - dkmb_gvf_092013
Fyn	334 - dkmf_gvf_082013
Sjælland	339 - dkms_gvf_062013_v2
Jylland	343 - dkmj_gvf_102013

Udført af:	LTR	Dato:	13.05.18

Bilag 4.6. Forslag til nyt tema: Tema G-xx

Tema G-xx: Oversigtskort over boringer med lithologi

Tema layout:



Data og databehandling

Beskrivelse

Temaet viser alle boringer fra Jupiter, hvor der er en geologisk beskrivelse af mindst en prøve. Boringsdybden, opdelt på 25 m intervaller, er markeret med farvekode.

Visning af tema

Temakortet viser derudover nitratmålinger /1/ fra filtre koblet til grundvandsforekomsten /2/ og grundvandsforekomstens udbredelse som overlay.

Anvendte data

Boringer: Leverandør: Jupiter databasen, http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter/ Anvendt format: Udtræk fra Jupiter databasen d. 4. oktober 2018. Opdateres og udtræksdato påføres tema.

Nitratdata: Leverandør: Jupiterdatabasen. Anvendt format: Udtræk fra Jupiterdatabasen d. 20. april 2018, beskrevet i Bilag 1.3, og samme som Leverance 2 /1/

Referencer:

/1/ Notat datakilder_nitrattilstand-v3-8_5_2018, leverance 1

/2/ Notat om indtagskobling og indvindingsmængder, leverance 3

Udført af:	ILM	Dato:	4.10.18

Bilag 5: Dokumentationsark for 5 grundvandsforekomster brugt til afprøvning af metode

Bilag 5.1 Djursland (GVF 131)

Bilag 5.1	Dokumentationsark for grundvandsforekomst GVF 131 Djursland

DKM geologi:	DK1	Konceptuel model D/E	E	Vol % ox.:	<1
Karakterisering af GVF:	Link til kort over GVF placering og et profilsnit			Areal (km^2)	405
Antal magasiner:	1			Dybdeforh.	Terrænnært til dybt
Magasinsammenhæng:	Et stort sammenhængende magasin med enkelte mindre huller				

Nitrat temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema N-1:	Fordelingskurver for nitrat (plot)		
Kommentar:	indtag med nitrat, 10 % over 50 mg/l.		
Tema N-2:	Vandtype for indtagsdybde (plot)		
Kommentar:	Der er terrænnære filtre med alle vandtyper, Der er vandtype A og B med nitrat til 40-60 m		
Tema N-3:	Nitratmålinger i x,y (kort)		
Kommentar:	Der er et begrænset område mod øst med nitratmålinger med overskridelser		
Tema N-4:	Vandtyper i x,y (kort)		
Kommentar:			
Tema N-5:	Redoxfrontsverificering mod vandtyper (kort)		
Kommentar:	Næsten alle steder, hvor der er fundet nitrat, ligger målingen under redoxfronten i DK-modellen.		
Tema N-6:	Redoxfront (kort)		
Kommentar:	Redoxfront ligger dybest i det nordøstlige hjørne		

Antropogene temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema A-1:	Landbrugsareal (kort)		
Kommentar:	Der er ikke sammenhæng mellem høj nitrat og landbrugsareal		
Tema A-2:	Boringer mærket med DEPOT med nitratmålinger		
Kommentar:	Der er ingen depotindtag i GVF i dette datasæt		

Geologiske/geofysiske temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema G-1:	Overordnet geologisk ramme		
Kommentar:	Hældende kalk med stigende dæklagstykkelse		
Tema G-2:	Geomorfologi (kort)		
Kommentar:	Der er ikke en sammenhæng mellem høj nitrat og bestemte landskabstyper		
Tema G-3:	Terræn 10 m grid		
Kommentar:	Der er ikke en sammenhæng mellem høj nitrat og topografi		
Tema G-4:	Jordartskort (Kombineret 1:25.000 - 1:200.000)		
Kommentar:	Der er ikke en sammenhæng mellem høj nitrat og jordart		
Tema G-5:	Begravede dale		
Kommentar:	Der er ikke en sammenhæng mellem høj nitrat og forekomsten af dale		
Tema G-6:	Oversigtskort over geofysik		
Kommentar:	Meget god dækning med geofysiske data.		
Tema G-7:	Heterogenitet af dæklag ved middelmodstandskort (flere kort)		
Kommentar:	Der er ikke en sammenhæng mellem høj nitrat og hetorogeniteten af resistivitet.		
Tema G-8:	Dæklagenes beskyttelse ved middelmodstandskort (flere kort)		
Kommentar:	Der er generelt meget høje resistivitet hvor der er høj nitrat.		
Tema G-9:	Geol. og geofysiske profiler i dæklag og GVF med nitrat og vandtype redoxfront		
Kommentar:	Giver god konceptuel systemforståelse af nitratudbredelsen		

Hydrologiske temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema H-1:	Dybde til GVF (fra DK-model)		
Kommentar:	Terrænnær mod øst og dybtliggende mod vest. Lav sårbarhed mod vest selvom der også er steder med sandede dæklag		
Tema H-2:	Grundvandsdannelse (fra rodzonen) med indvindinger (fra Dk-model)		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema H-3:	Grundvandsdannelse til GVF med indvindinger (fra DK-model)		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema H-4:	Dybde til grundvandsspejl og strømningsretninger i GVF (fra DK-model)		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema H-5:	Reduceret ler		
Kommentar:	Tema ikke lavet		
Tema H-6:	Lertykkelse over det øverste magasin		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema H-7:	Transmissivitet i GVF (heterogenitet i GVF) (fra DK-model)		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema H-8:	Harmonisk gennemsnit af k værdier (vertikal retning) for dæklag (DK-model)		
Kommentar:	Tema ikke fremstillet til workshop		
Tema H-9:	Udnyttelsesgraden i GVF (DK-model)		
Kommentar:	Tema ændret fra vandbalance tema til udnyttelsesgrad ifm workshop. Tema ikke fremstillet til workshop.		
Tema H-10:	Magsin Tykkelse GVF (DK-model)		
Kommentar:	Magasintykkelsen uniform for kalklag i Dkmodellen		

Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:
1. Opstilling af konceptuel model:
Hvor der er tyndt dæklag er der overskridelser af nitrat. Samlet set er det dog hovedparten af grundvandsforekomsten > 80 % vurderes at være nitratfri.
2. Vurdering af data der er tilrådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF (herunder nye geologiske modeller):
Der er gode og tilstrækkelige data til rådighed.
3. Vurdering af omfanget af nitratpåvirket grundvand (ex. ox.forhold):
Vi vurderer at kvælstofmodellens opsætning med < 1 % oxideret er undervurderet, da top af indtag med påvist nitrat i vandet alle steder ligger under den modellerede nitratfront. Det vurderes dog at < 20 % er oxideret

Opsummering:			
Tilstandsvurdering af GVF:	God tilstand	Bedømmere	LTS, LTR, PSA, ILM, BN
Datarepræsentativitet:	God		
Sikkerhed af vurderingerne	Stor	Dato:	04-05-2018

*) Signaturforklaring til kolonne "Vægt":	
	Temaet er afgørende for vurderingerne
	Temaet er anvendt i vurderingerne, men er ikke afgørende
	Temaet er ikke nødvendigt i vurderingerne
	Temaet er ikke udarbejdet på grund af manglende datagrundlag

Bilag 5.2 Nordfyn (GVF 156)

Bilag 5.2	Dokumentationsark for grundvandsforekomst GVF 156 Nordfyn

DKM geologi:	**KS1, KS2, KS3**	**Konceptuel model D/E**	**E**	**Vol % ox.:**	2%
Karakterisering af GVF:				**Areal (km^2)**	293
Antal magasiner:	3			**Dybdeforh.:**	terrænnært
Magasinsammenhæng:	3 magasiner som hænger sammen				

Nitrat temaer		**Vægt:**	**Figurlinks:**
Tema N-1:	**Fordelingskurver for nitrat (plot)**		
Kommentar:	Ca. 10% af data overskrider grænseværdien. Mange lave værdier for de målinger, der har nitratindhold. Ikke mange høje værdier.		
Tema N-2:	**Vandtype for indtagsdybde (plot)**		
Kommentar:	Vandtype A kun ned til 20 m, vandtype og X ned til 30-40 m, temmelig mange C'ere i samme dybder. Vandtype D findes kun dybt.		
Tema N-3:	**Nitratmålinger i x,y (kort)**		
Kommentar:	Høje nitratmålinger ligger spredt ud over forekomsten.		
Tema N-4:	**Vandtyper i x,y (kort)**		
Kommentar:	En del iltet vand uden overskridelser.		
Tema N-5:	**Redoxfrontsverificering mod vandtyper (kort)**		
Kommentar:	Stort set alle boringer, der indeholder nitrat, har indtagstop under den modellerede nitratfront. Det iltede volumen er sandsynligvis underestimeret.		
Tema N-6:	**Redoxfront (kort)**		
Kommentar:	Ingen systematik. Ingen ekstra information. Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		

Antropogene temaer		**Vægt:**	**Figurlinks:**
Tema A-1:	**Landbrugsareal (kort)**		
Kommentar:	Landbrugsareal. Ingen systematik eller bias i værdierne.		
Tema A-2:	**Boringer mærket med DEPOT med nitratmålinger**		
Kommentar:	Ingen depotmærkninger. Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		

Geologiske/geofysiske temaer		**Vægt:**	**Figurlinks:**
Tema G-1:	**Overordnet geologisk ramme**		
Kommentar:	Udbredte kvartære sandlag. Dæklagene er sandsynligvis glacialtektonisk deformerede (NØ-isen).		
Tema G-2:	**Geomorfologi (kort)**		
Kommentar:	Dækkende moræneflade.		
Tema G-3:	**Terræn 10 m grid**		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema G-4:	**Jordartskort (Kombineret 1:25.000 - 1:200.000)**		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema G-5:	**Begravede dale**		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger. GVF ligger over de begravede dale.		
Tema G-6:	**Oversigtskort over geofysik**		
Kommentar:	Meget god dækning med geofysiske data.		
Tema G-7:	**Heterogenitet af dæklag ved middelmodstandskort (flere kort)**		
Kommentar:	Dæklag har høj modstand mod øst, og derfor mere sandet end DK-modellen. Morænen er tilsyneladende mere sandet mod vest (høje modstande).		
Tema G-8:	**Dæklagenes beskyttelse ved middelmodstandskort (flere kort)**		
Kommentar:	God overensstemmelse af højmodstandsområder og fund af nitrat.		
Tema G-9:	**Geol. og geofysiske profiler i dæklag og GVF med nitrat og vandtype redoxfront**		
Kommentar:	I den nye geologiske model er der væsentligt højere beliggende sand i forhold til DK-modellen i den østlige del. Fin overensstemmelse mod vest. Alle vandtype A		

Hydrologiske temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema H-1:	Dybde til GVF (fra DK-model)		
Kommentar:	Dybde til magasin 1 og 2 <20 mut.; magasin 3 ca. > 20 mut. Ikke-forklarende tema ifht nitratmålingerne.		
Tema H-2:	Grundvandsdannelse (fra rodzonen) med indvindinger (fra Dk-model)		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger. Indvinding over hele GVF.		
Tema H-3:	Grundvandsdannelse til GVF med indvindinger (fra DK-model)		
Kommentar:	Grundvandsdannelse til laget stort set over hele GVF. Understøtter vurderinger af at den geologiske beskyttelse er vigtig.		
Tema H-4:	Dybde til grundvandsspejl og strømningsretninger i GVF (fra DK-model)		
Kommentar:	Højt beliggende GVS. Grundvandsstrømning mod kyst og vandløb. Ikke-forklarende tema.		
Tema H-5:	Reduceret ler		
Kommentar:	Ca. halvdelen af området har ringe reduceret lertykkelse over det øverste magasin.		
Tema H-6:	Lertykkelser over det øverste magasin		
Kommentar:	Ringe lertykkelse over det øverste magasin (ikke en del af GVF).		
Tema H-7:	Transmissivitet i GVF (heterogenitet i GVF) (fra DK-model)		
Kommentar:	Homogent. Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema H-8:	Harmonisk gennemsnit af k værdier (vertikal retning) for dæklag (DK-model)		
Kommentar:	Homogent. Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema H-9:	Udnyttelsesgraden i GVF (DK-model)		
Kommentar:	GVF ikke overudnyttet.		
Tema H-10:	Magasin Tykkelse GVF (DK-model)		
Kommentar:	Magasintykkelsen undervurderet mod øst. Relativt tykt (10-20 m); visse steder større tykkelse.		

Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:
1. Opstilling af konceptuel model:
Udbredt sandmagasin. Der er områder, der er relativt dårligt beskyttede. Nitrat i den øverste del af GVF og i sandlag over GVF. Vi forventer at finde nitrat, der hvor der er dårlig beskyttelse og der hvor magasinet er helt tæt på terræn (østlig del).
2. Vurdering af data der er tilrådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF (herunder nye geologiske modeller):
Gode data, mange typer data, god geografisk fordeling. De forskellige vandtyper er dækket ind. Vi er udfordret af den geologiske model; udfordringer i forhold til indtagstilknytning og lerlagstykkelse. Forskel på DK-model-geologi og nyere geologiske modeller.
3. Vurdering af omfanget af nitratpåvirket grundvand (ex. ox.forhold):
Vi skønner, at ca. 10-20% af GVF er nitratpåvirket. Af de indtag, hvor der er fundet nitrat, har kun ca. 20% overskridelser af nitrat.

Opsummering:		
Tilstandsvurdering af GVF:	GOD	Bedømmere BN, LTS, LTR, PSA
Datarepræsentativitet:	GOD	
Sikkerhed af vurderingerne	MELLEM	Dato: 15-05-2018

*) Signaturforklaring til kolonne "Vægt":	
	Temaet er afgørende for vurderingerne
	Temaet er anvendt i vurderingerne, men er ikke afgørende
	Temaet er ikke nødvendigt i vurderingerne
	Temaet er ikke udarbejdet på grund af manglende datagrundlag

Bilag 5.3 Herning (GVF 194)

GEUS	Bilag 5.3	Dokumentationsark for grundvandsforekomst GVF 194 Herning

DKM geologi:	KS1, KS2	Konceptuel model D/E:	D	Vol % ox.:	23
Karakterisering af GVF:				Areal (km^2)	281
Antal magasiner:	4 (2KS1, 2 KS2)			Dybdeforh.:	Terrænnært
Magasinsammenhæng:	4 magasiner danner en sammenhængende grundvandsforekomst med et stort hul i midten				

Nitrat temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema N-1:	Fordelingskurver for nitrat (plot)		
Kommentar:	Få vandanalyser (9 stk.). Nitrat fundet i de fleste. Ingen overskrider 50 mg/l. To målinger uden nitrat; 3 uden nitrat i den nye indtagskobling.		
Tema N-2:	Vandtype for indtagsdybde (plot)		
Kommentar:	Nitrat fundet 10-40 m.u.t. Samme dybder hvor der er fundet reduceret vand. Vandtype A for hovedparten af de nitratholdige.		
Tema N-3:	Nitratmålinger i x,y (kort)		
Kommentar:	Ingen overskridelser. Få data i fht GVF størrelse.		
Tema N-4:	Vandtyper i x,y (kort)		
Kommentar:	Vandtype A er fordelt i GVF, hvor der er data.		
Tema N-5:	Redoxfrontsverificering mod vandtyper (kort)		
Kommentar:	5 af 8 målinger ligger dybere end den modellerede redoxfront.		
Tema N-6:	Redoxfront (kort)		
Kommentar:	Redoxfront ligger generelt dybt.		

Antropogene temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema A-1:	Landbrugsareal (kort)		
Kommentar:	Landbrugsområde med større skovområder (ca. 1/10 af GVF). Giver ikke entydig forklaring på nitratforekomst.		
Tema A-2:	Boringer mærket med DEPOT med nitratmålinger		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		

Geologiske/geofysiske temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema G-1:	Overordnet geologisk ramme		
Kommentar:	Kvartær lagserie er generelt tynd, bortset fra hvor der er begravede dale. Generelt sandet lagserie.		
Tema G-2:	Geomorfologi (kort)		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat.		
Tema G-3:	Terræn 10 m grid		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema G-4:	Jordartskort (Kombineret 1:25.000 - 1:200.000)		
Kommentar:	Sandede lag i øverste meter.		
Tema G-5:	Begravede dale		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger. Dale ligger generelt dybere end forekomsten.		
Tema G-6:	Oversigtskort over geofysik		
Kommentar:	God dækning bortset fra aller sydligste og nordvestligste del.		
Tema G-7:	Heterogenitet af dæklag ved middelmodstandskort (flere kort)		
Kommentar:	Relativt homogene lag. Overvejende høje modstande (sandede aflejringer).		
Tema G-8:	Dæklagenes beskyttelse ved middelmodstandskort (flere kort)		
Kommentar:	Ringe.		
Tema G-9:	Geol. og geofysiske profiler i dæklag og GVF med nitrat og vandtype redoxfront		
Kommentar:	Dårlig overensstemmelse mellem GVF og sandlag i ny geologisk model. Markant undervurdering af udbredelse samt top og bund af magasin.		

Hydrologiske temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema H-1:	Dybde til GVF (fra DK-model)		
Kommentar:	KS1: Meget terrænnært; KS2: Terrænnær mod øst, 10-20 m mod vest.		
Tema H-2:	Grundvandsdannelse (fra rodzonen) med indvindinger (fra Dk-model)		
Kommentar:	Jævn udnyttelse; stor grundvandsdannelse.		
Tema H-3:	Grundvandsdannelse til GVF med indvindinger (fra DK-model)		
Kommentar:	Stor nedsivning til magasin. Nedsivning over hele GVF.		
Tema H-4:	Dybde til grundvandsspejl og strømningsretninger i GVF (fra DK-model)		
Kommentar:	Stor variation; dybtliggende i store dele af området (10-15 m til stedvist >15 m). Store variationer i strømning.		
Tema H-5:	Reduceret ler		
Kommentar:	Tyndt dække af reduceret ler		
Tema H-6:	Lertykkelse over det øverste magasin		
Kommentar:	Stort set ikke lerdække.		
Tema H-7:	Transmissivitet i GVF (heterogenitet i GVF) (fra DK-model)		
Kommentar:	Homogent; højtransmissivt.		
Tema H-8:	Harmonisk gennemsnit af k værdier (vertikal retning) for dæklag (DK-model)		
Kommentar:	Lav heterogenitet; stort set ingen dæklagsbeskyttelse. Overensstemmelse med andre kort.		
Tema H-9:	Udnyttelsesgraden i GVF (DK-model)		
Kommentar:			
Tema H-10:	Magasin Tykkelse GVF (DK-model)		
Kommentar:	Stor; >20 m		

Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:
1. Opstilling af konceptuel model:
Et sandmagasin med stor udbredelse, frit vandspejl, ringe beskyttelsesgrad og tyk umættet zone. Stor grundvandsdannelse til magasinet. Stor mulighed for at ilte nedsivende grundvand; derfor ingen nitratreduktion.
2. Vurdering af data der er tilrådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF (herunder nye geologiske modeller):
God geofysisk dækning; svag dækning på kemiske data - ikke mange anayser og dårlige geografisk fordeling. Stærkt udfordret GVF-afgrænsning i forhold til ny geologisk model.
3. Vurdering af omfanget af nitratpåvirket grundvand (ex. ox.forhold):
Formodentlig undervurderet oxidations procent (vol.). Vi forventer, at store dele af den øverste del af GVF vil være nitratpåvirket over grænseværdien.

Opsummering:		
Tilstandsvurdering af GVF:	GOD	Bedømmere: BN, LTS, LTR, PSA
Datarepræsentativitet:	RINGE	
Sikkerhed af vurderingerne	RINGE	Dato: 15-05-2018

*) Signaturforklaring til kolonne "Vægt":	
	Temaet er afgørende for vurderingerne
	Temaet er anvendt i vurderingerne, men er ikke afgørende
	Temaet er ikke nødvendigt i vurderingerne
	Temaet er ikke udarbejdet på grund af manglende datagrundlag

Bilag 5.4 Ribe (GVF 243)

Bilag 5.4	Dokumentationsark for grundvandsforekomst GVF 243 Ribe

DKM geologi:	PS1	Konceptuel model D/E:	E	Vol % ox.:	<1
Karakterisering af GVF:				Areal (km^2)	1304
Antal magasiner:	1			Dybdeforh.:	Dybt
Magasinsammenhæng:	Et stort, prækvartært magasin med enkelte små huller				

Nitrat temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema N-1:	Fordelingskurver for nitrat (plot)		
Kommentar:	Hovedparten af grundvandet er nitratfrit, men der forekommer målinger over 50 mg/l. Ca. 20% af de boringer, der har nitrat overskrider grænseværdien		
Tema N-2:	Vandtype for indtagsdybde (plot)		
Kommentar:	Nitrat fundet ned til ca. 60 m.u.t.; spredt i GVF. Dog mange målinger, hvor der også er fundet nitratfrit vand.		
Tema N-3:	Nitratmålinger i x,y (kort)		
Kommentar:	Data med overskridelser ligger spredt. Et stort areal i den sydlige del og i nogen grad i den nordlige del er der få data.		
Tema N-4:	Vandtyper i x,y (kort)		
Kommentar:	Der er flere vandtype A uden overskridelser af nitrat.		
Tema N-5:	Redoxfrontsverificering mod vandtyper (kort)		
Kommentar:	Alle steder, hvor der er fundet nitrat, ligger målingen under redoxfronten i DK-modellen.		
Tema N-6:	Redoxfront (kort)		
Kommentar:	Ingen tendens i tallene.		

Antropogene temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema A-1:	Landbrugsareal (kort)		
Kommentar:	Udpræget landbrugsareal. Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema A-2:	Boringer mærket med DEPOT med nitratmålinger		
Kommentar:	Ingen depotrelaterede nitratmålinger.		

Geologiske/geofysiske temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema G-1:	Overordnet geologisk ramme		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema G-2:	Geomorfologi (kort)		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema G-3:	Terræn 10 m grid		
Kommentar:	Boringer i dalene er underrepræsenterede. Ingen nitrat-data i den sydlige halvdel af GVF.		
Tema G-4:	Jordartskort (Kombineret 1:25.000 - 1:200.000)		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema G-5:	Begravede dale		
Kommentar:			
Tema G-6:	Oversigtskort over geofysik		
Kommentar:	Knap halvdelen af arealet er dækket af SkyTEM med mangelagstolkninger. I den sydlige del, hvor kemidata er tynde er der god dækning med geofysik.		
Tema G-7:	Heterogenitet af dæklag ved middelmodstandskort (flere kort)		
Kommentar:	Dæklagene er generelt heterogene. Nitratoverskridelserne er typisk fundet, hvor dæklagene er tynde.		
Tema G-8:	Dæklagenes beskyttelse ved middelmodstandskort (flere kort)		
Kommentar:	Høje modstande, hvor der er fundet nitrat og høje modstande, hvor der ikke er målinger af nitrat (sydlige halvdel).		
Tema G-9:	Geol. og geofysiske profiler i dæklag og GVF med nitrat og vandtype redoxfront		
Kommentar:	I den sydlige halvdel ligger GVF dybt, men her er ingen nitratdata. I det centrale område er der mange nitratdata og vi ved at der nogle steder med god beskyttelse og andre med mindre beskyttelse, og det er i sidstnævnte, hvor nitraten findes. I den nordlige del er der hverken nyere geofysik eller geologiske modeller.		

Hydrologiske temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema H-1:	Dybde til GVF (fra DK-model)		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema.		
Tema H-2:	Grundvandsdannelse (fra rodzonen) med indvindinger (fra Dk-model)		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema.		
Tema H-3:	Grundvandsdannelse til GVF med indvindinger (fra DK-model)		
Kommentar:	Tema ikke færdigt (Nitrat-målinger mangler). Store dele af GVF har udsivning, hvor vi kan forvente at grundvandet har haft meget lange opholdstider.		
Tema H-4:	Dybde til grundvandsspejl og strømningsretninger i GVF (fra DK-model)		
Kommentar:	Tema ikke færdigt (vandløb og større strømningspile)		
Tema H-5:	Reduceret ler		
Kommentar:	Temaet viser ringe geologisk beskyttelse generelt i området.		
Tema H-6:	Lertykkelse over det øverste magasin		
Kommentar:	Kortet viser, at lertykkelserne er størst på bakkeøerne.		
Tema H-7:	Transmissivitet i GVF (heterogenitet i GVF) (fra DK-model)		
Kommentar:	Tyk GVF med høj transmissivitet.		
Tema H-8:	Harmonisk gennemsnit af k værdier (vertikal retning) for dæklag (DK-model)		
Kommentar:	Den understøtter tidligere tolkninger vedr. heterogenitet.		
Tema H-9:	Udnyttelsesgraden i GVF (DK-model)		
Kommentar:	Tema er ikke lavet endnu.		
Tema H-10:	Magasin-tykkelse GVF (DK-model)		
Kommentar:	Mere end 50 meters tykkelse i størstedelen af GVF. Dybtliggende GVF.		

Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:
1. Opstilling af konceptuel model:
Den konceptuelle forståelse af GVF: dybtliggende GVF, stor mægtighed, overskridelser af nitrat i overfladenære dele, god datadækning i centrale dele - dårlig i sydlige halvdel og helt mod nord.
2. Vurdering af data der er tilrådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF (herunder nye geologiske modeller):
Ca. 1/3 af forekomsten mangler nitratdata; dette kan sandsynligvis skyldes, at gamle nitratdata (fra boringernes udførelse) ikke er medtaget.
3. Vurdering af omfanget af nitratpåvirket grundvand (ex. ox.forhold):
Formodentlig lille volumen, der indeholder mere end 50 mg nitrat pr. liter. Dog lokale udfordringer af især de terrænnære dele.

Opsummering:		
Tilstandsvurdering af GVF:	GOD	Bedømmere BN, LTS, LTR, ILM, PG, CL, PSA
Datarepræsentativitet:	GOD/ringe (varierende)	
Sikkerhed af vurderingerne	MELLEM	Dato: 14-05-2018

*) Signaturforklaring til kolonne "Vægt":	
	Temaet er afgørende for vurderingerne
	Temaet er anvendt i vurderingerne, men er ikke afgørende
	Temaet er ikke nødvendigt i vurderingerne
	Temaet er ikke udarbejdet på grund af manglende datagrundlag

Bilag 5.5. Roskilde Fjord/Nordsjælland (GVF 261)

Bilag 5.5	Dokumentationsark for grundvandsforekomst GVF 261 Roskilde Fjord/Nordsjælland

DKM geologi:	**KS1**	**Konceptuel model D/E**	**D**	**Vol % ox.:**	33
Karakterisering af GVF:				**Areal (km²)**	122
Antal magasiner:	ca. 90			**Dybdeforh.:**	Terrænnært
Magasinsammenhæng:	Meget usammenhængende med ca. 90 små terrænnære magasiner spredt over et stort område				

Nitrat temaer		**Vægt:**	**Figurlinks:**
Tema N-1:	**Fordelingskurver for nitrat (plot)**		
Kommentar:	generelt nitratfrit vand i indtagene, eet indtag med > 50 mg/l nitrat i nye udpegning. Dog stor andel af oxideret vand.		
Tema N-2:	**Vandtype for indtagsdybde (plot)**		
Kommentar:	Der er ikke nogen vandtype A og B, men vandtype X i meget korte boringer (jordforureningsboringer). Tyndt datagrundlag.		
Tema N-3:	**Nitratmålinger i x,y (kort)**		
Kommentar:	Der er fundet en overskridelse i et punkt (vandtype X). Ekstremt få målinger i GVF; slet ingen i NØ-lig del af GVF.		
Tema N-4:	**Vandtyper i x,y (kort)**		
Kommentar:	Vi kan se at det er vandtype X, der har nitrat over grænseværdien. Datagrundlaget er utilstrækkeligt.		
Tema N-5:	**Redoxfrontsverificering mod vandtyper (kort)**		
Kommentar:	Reducerede forhold højere end forudsagt i modellen; 2 ud af 6 fund.		
Tema N-6:	**Redoxfront (kort)**		
Kommentar:	Flest data hvor GVF er tættest på terræn.		

Antropogene temaer		**Vægt:**	**Figurlinks:**
Tema A-1:	**Landbrugsareal (kort)**		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		
Tema A-2:	**Boringer mærket med DEPOT med nitratmålinger**		
Kommentar:	Ikke-forklarende tema ifht. nitrat målinger.		

Geologiske/geofysiske temaer		**Vægt:**	**Figurlinks:**
Tema G-1:	**Overordnet geologisk ramme**		
Kommentar:			
Tema G-2:	**Geomorfologi (kort)**		
Kommentar:	Tema ikke-forklarende		
Tema G-3:	**Terræn 10 m grid**		
Kommentar:	Tema ikke-forklarende		
Tema G-4:	**Jordartskort (Kombineret 1:25.000 - 1:200.000)**		
Kommentar:	Tema ikke-forklarende		
Tema G-5:	**Begravede dale**		
Kommentar:	Tema ikke-forklarende		
Tema G-6:	**Oversigtskort over geofysik**		
Kommentar:	Varierende dækning med geofysiske data.		
Tema G-7:	**Heterogenitet af dæklag ved middelmodstandskort (flere kort)**		
Kommentar:	Tyndt dæklag. Varierende heterogenitet. Tynd datadækning.		
Tema G-8:	**Dæklagenes beskyttelse ved middelmodstandskort (flere kort)**		
Kommentar:	Ringe datadækning. Tema ikke-forklarende		
Tema G-9:	**Geol. og geofysiske profiler i dæklag og GVF med nitrat og vandtype redoxfront**		
Kommentar:	Varierende sammenhæng mellem GVF og sandlag i DK-modellen. Tynde og fragmenterede magasiner.		

Hydrologiske temaer		Vægt:	Figurlinks:
Tema H-1:	Dybde til GVF (fra DK-model)		
Kommentar:	Mod vest ligger GVF dybere; 15-20 m. Ellers mindre end 15 m.		
Tema H-2:	Grundvandsdannelse (fra rodzonen) med indvindinger (fra Dk-model)		
Kommentar:	Generelt ingen oppumpning; muligvis afværge.		
Tema H-3:	Grundvandsdannelse til GVF med indvindinger (fra DK-model)		
Kommentar:	Tema ikke-forklarende		
Tema H-4:	Dybde til grundvandsspejl og strømningsretninger i GVF (fra DK-model)		
Kommentar:	Grundvandsspejl få meter under terræn. Ingen forklaring.		
Tema H-5:	Reduceret ler		
Kommentar:	Der er ikke tilstrækkeligt med data til at vurdere tynde reducerede lerlag.		
Tema H-6:	Lertykkelse over det øverste magasin		
Kommentar:	Tema ikke-forklarende		
Tema H-7:	Transmissivitet i GVF (heterogenitet i GVF) (fra DK-model)		
Kommentar:	Homogent i DK-modellen og ingen andre data tilgængelige. Skala-teknisk problemstilling.		
Tema H-8:	Harmonisk gennemsnit af k værdier (vertikal retning) for dæklag (DK-model)		
Kommentar:	Homogene dæklag i modellen. Ikke-forklarende.		
Tema H-9:	Vandbalance for GVF (DK-model)		
Kommentar:			
Tema H-10:	Magasin Tykkelse GVF (DK-model)		
Kommentar:	Typisk 5-10 meter. Generelt små tykkelser.		

Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:
1. Opstilling af konceptuel model:
Små fragmenterede sandmagasiner med ringe dæklagstykkelse.
2. Vurdering af data der er tilrådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF (herunder nye geologiske modeller):
Data er generelt helt utilstrækkelige.
3. Vurdering af omfanget af nitratpåvirket grundvand (ex. ox.forhold):
Kan ikke vurderes.

Opsummering:		
Tilstandsvurdering af GVF:	UKENDT (formodentlig ringe)	Bedømmere BN, LTS, LTR, ILM, PG, CL, PSA
Datarepræsentativitet:	RINGE	
Sikkerhed af vurderingerne	STOR	Dato: 14-05-2018

*) Signaturforklaring til kolonne "Vægt":	
	Temaet er afgørende for vurderingerne
	Temaet er anvendt i vurderingerne, men er ikke afgørende
	Temaet er ikke nødvendigt i vurderingerne
	Temaet er ikke udarbejdet på grund af manglende datagrundlag

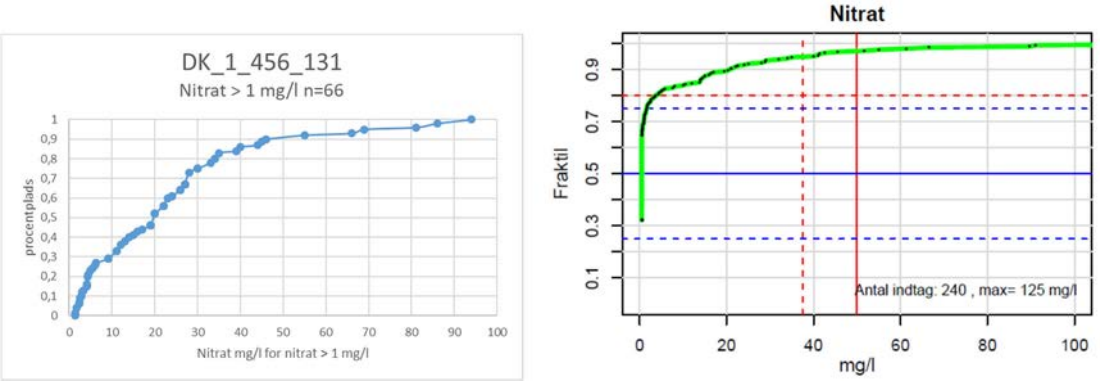
Bilag 6: Faglige temakort grupperet efter GVF

Disse faglige temakort foreligger som de blev udarbejdet i forbindelse med sidste workshop på GEUS 4. maj 2018. De tjener til dokumentation af det udførte arbejde. Temaerne blev i samme form anvendt til workshop med Miljøstyrelsen 6. sept. 2018.
Enkelte temaer er ikke udarbejdet på grund af manglende data.

Temaerne er organiseret som følger:
Nitrattemaer: N1 - N6
Geologiske temaer: G1 - G5
Geofysiske temaer: G6 - G9
Antropogene temaer. A1 - A3 (hvoraf A3 efterfølgende er fravalgt)
Hydrologiske temaer: H1 - H10

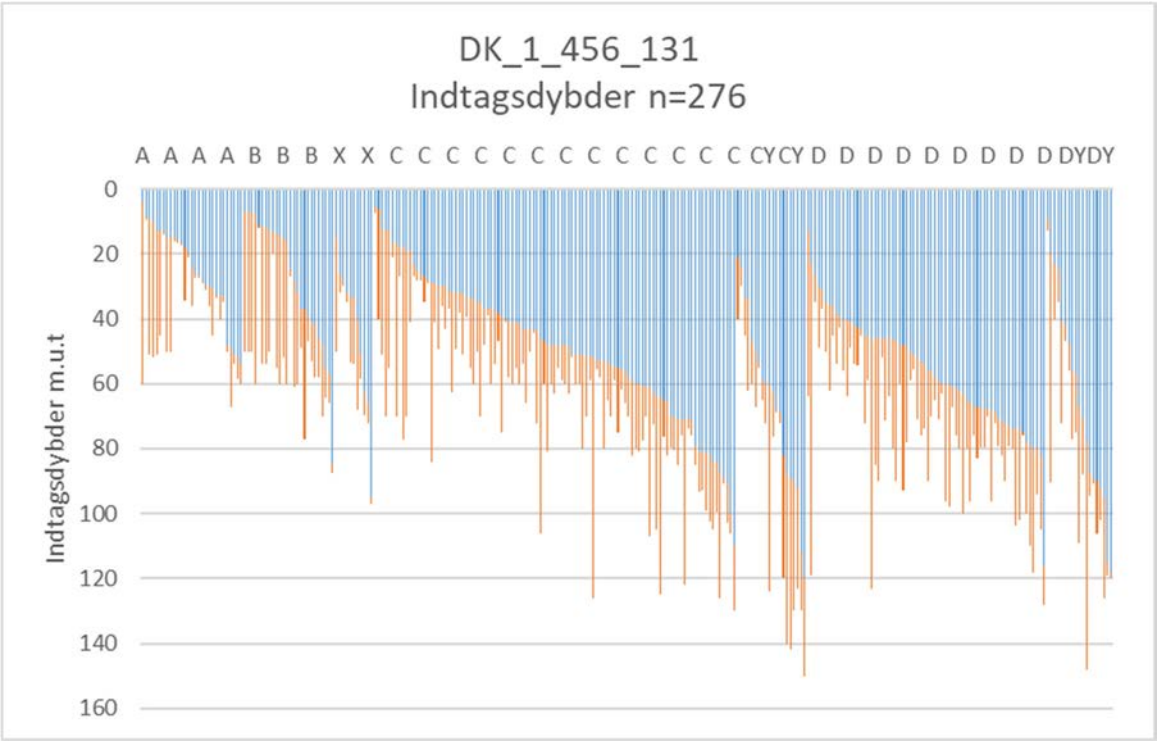
Bilag 6.1 Djursland (GVF 131)

Tema N-1 Fordelingskurve for nitrat

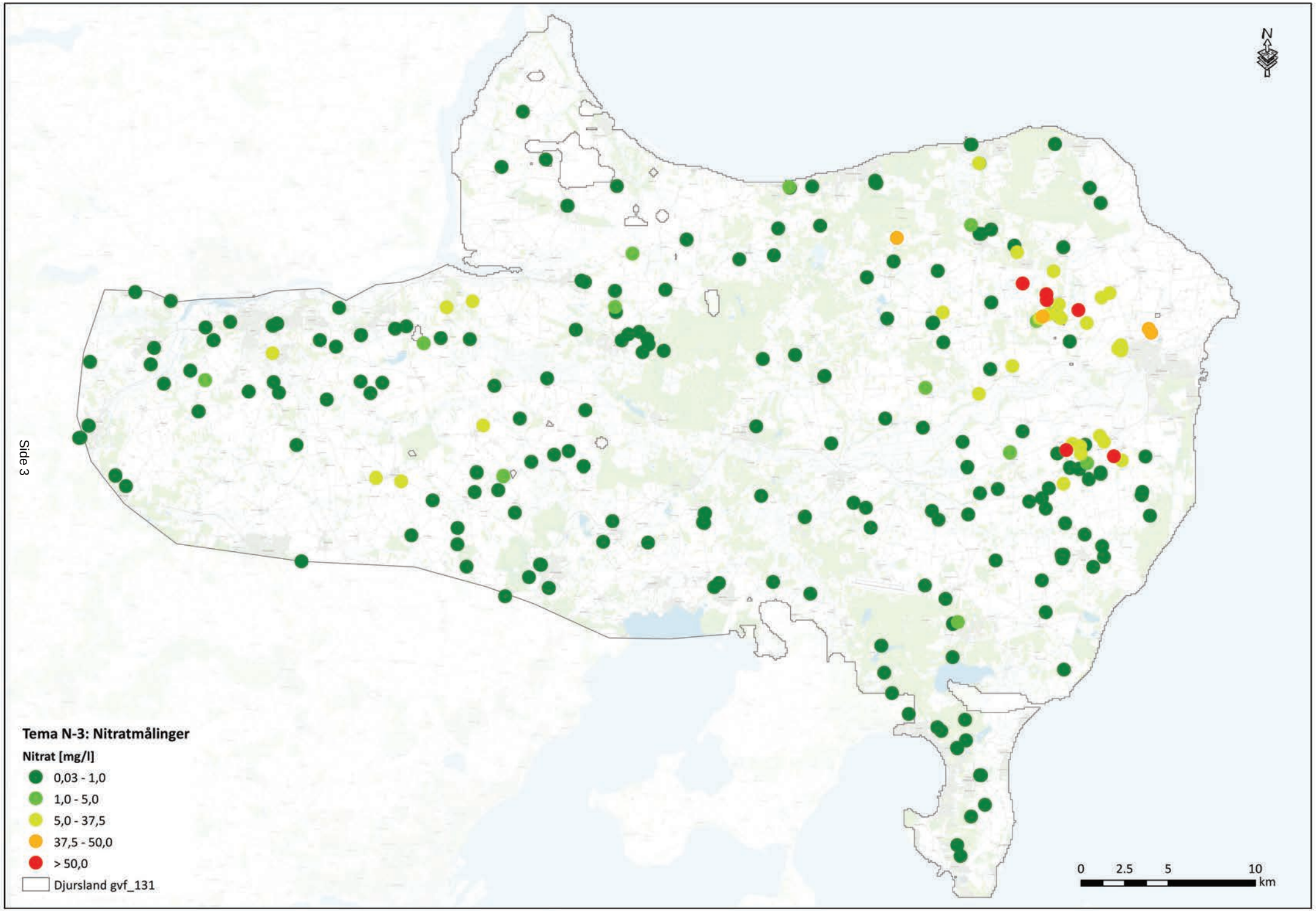


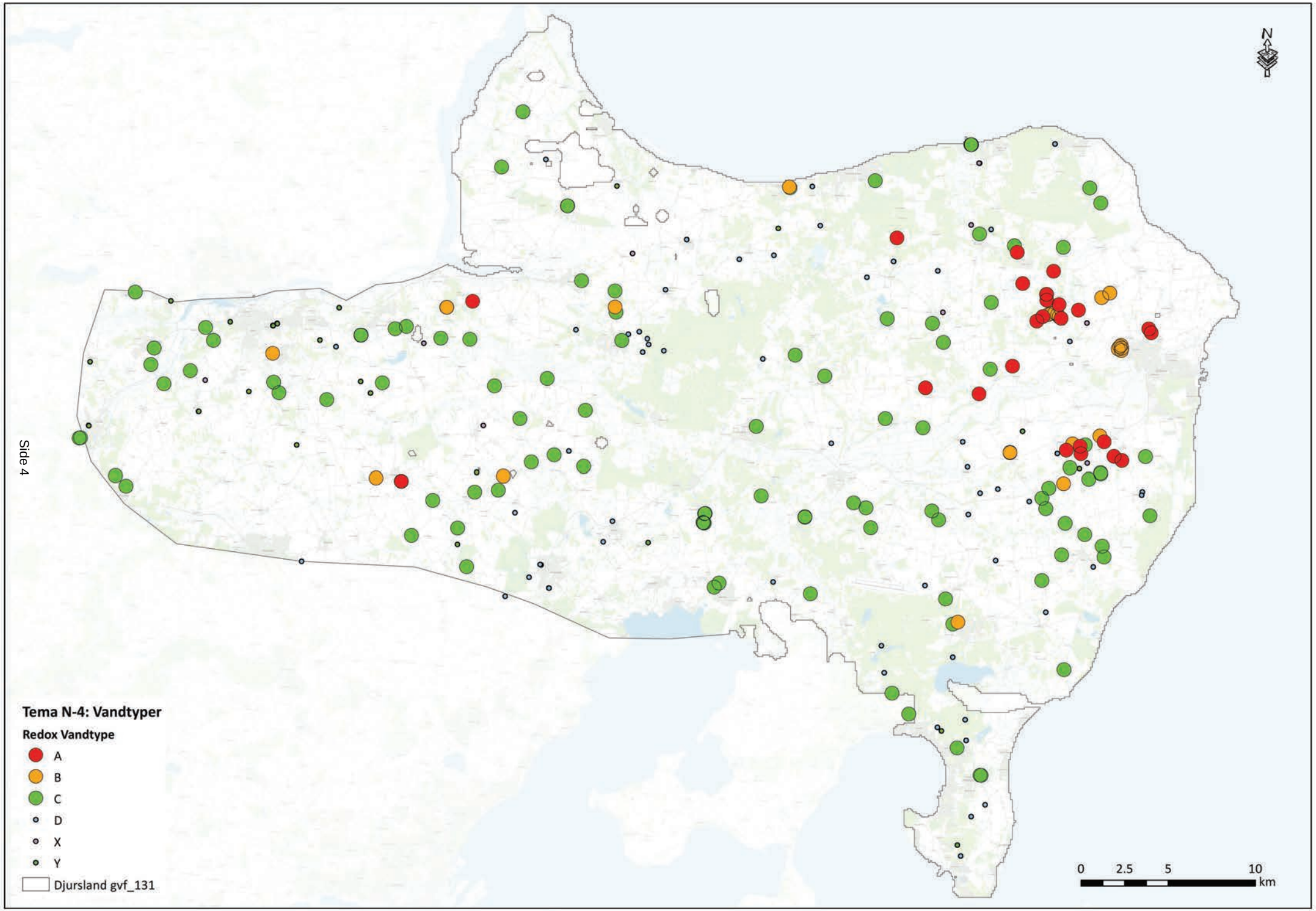
Fordeling af nitratkoncentrationerne i GVF 1_456_131. Til venstre data 2011-2015, for nitrat > 1 mg/l, til højre støttetema fra Vandplan 2, data fra 2007-2013.

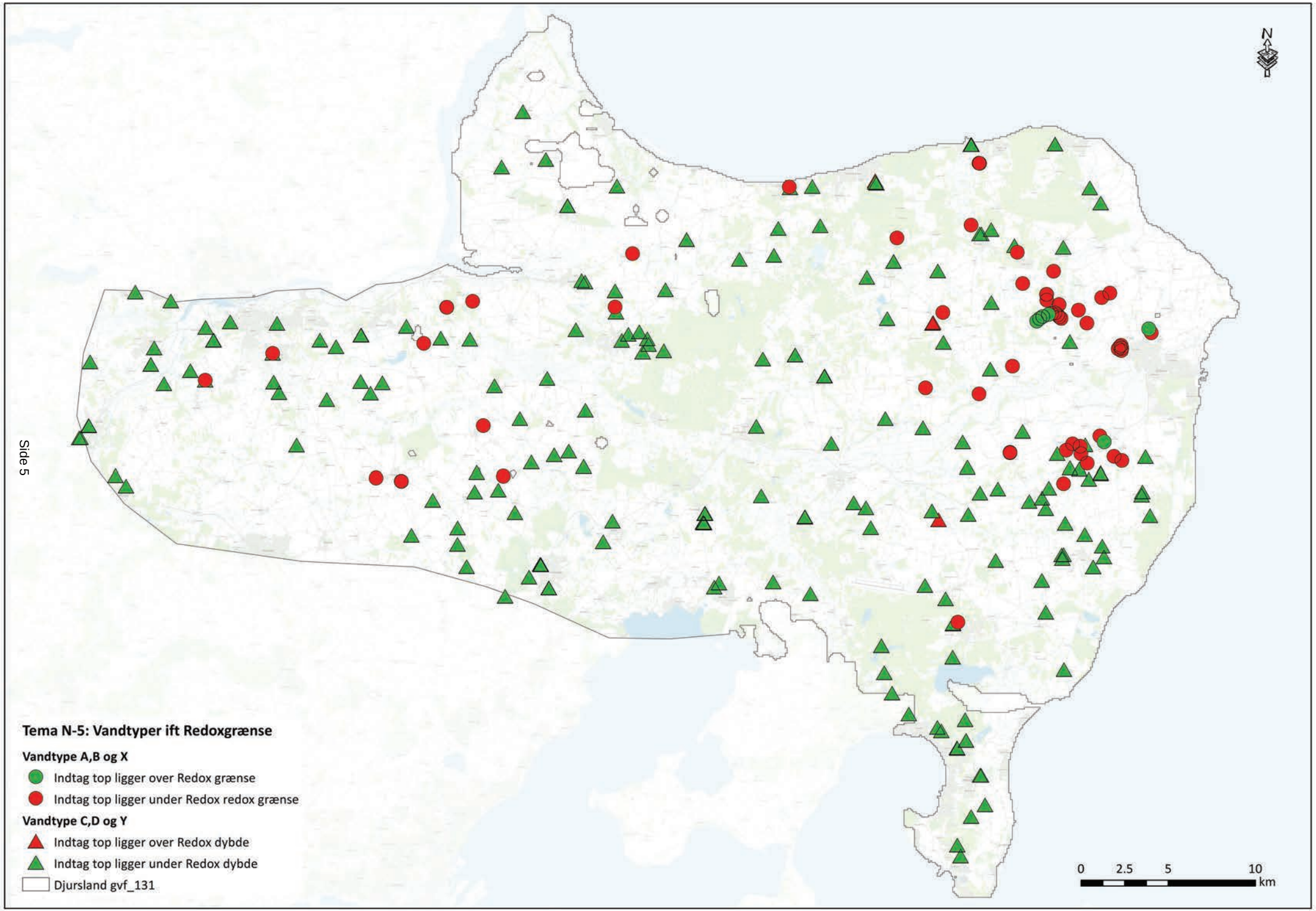
Tema N-2 Vandtype for indtagsdybde

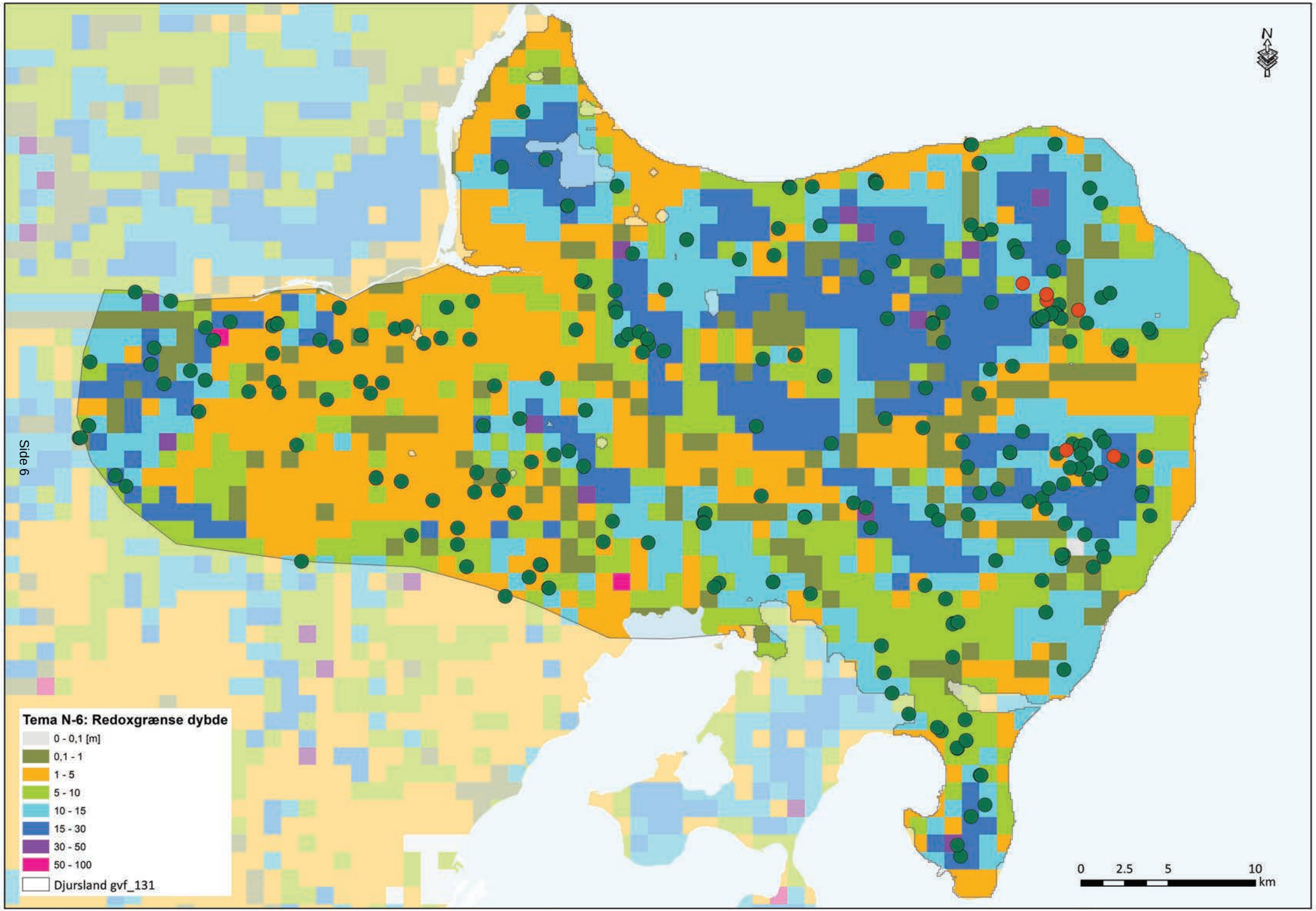


Dybdefordeling og vandtyper i GVF 1_456_131, data fra 2011-2016

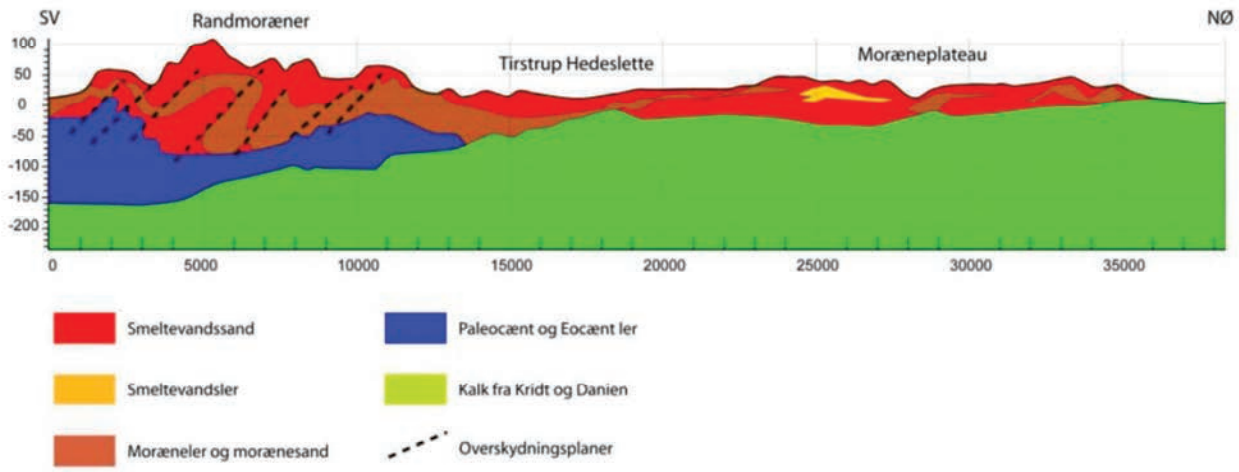

N
Tema N-3: Nitratmålinger
Nitrat [mg/l]
0,03 - 1,0
1,0 - 5,0
5,0 - 37,5
37,5 - 50,0
> 50,0
Djursland gvf_131
0
2.5
5
10
km


N
Tema N-4: Vandtyper
Redox Vandtype
A
B
C
D
X
Y
Djursland gvf_131
0
2.5
5
10
km


N
Tema N-5: Vandtyper ift Redoxgrænse
Vandtype A,B og X
Indtag top ligger over Redox grænse
Indtag top ligger under Redox redox grænse
Vandtype C,D og Y
Indtag top ligger over Redox dybde
Indtag top ligger under Redox dybde
Djursland gvf_131
0
2.5
5
10
km


N
Tema N-6: Redoxgrænse dybde
0 - 0,1 [m]
0,1 - 1
1 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 30
30 - 50
50 - 100
Djursland gvf_131
0
2.5
5
10
km

Kort beskrivelse af geologiske forhold:



Figur 1: Principskitse gennem GKO Syddjurs. Fra /1/.

Prækvartære aflejringer:

- De prækvartære aflejringer består af kalk (grønne farver på figur 1) og fedt palæogent ler (blå farver)
- Overfladen af de prækvartære aflejringer er kraftigt eroderet, og det palæogene ler findes derfor ikke i store dele af området. Leret er tykkest mod vest og sydvest (figur 1)

Kvartære aflejringer:

- De kvartære aflejringer er domineret af moræne afsat af isen samt ler og –sand afsat af isens smeltevand (ler ses som brune farver og sand/grus som røde farver på figur 1).
- I store dele af området er den kvartære lagserie overvejende sandet, og hvor det palæogene ler er borteroderet, ligger denne sandede lagserie direkte ovenpå kalken (se figur 1)

Begravede dale:

- Der findes flere begravede dalstrukturer, som er eroderet ned i såvel den kvartære som den prækvartære lagserie (se /2/. Dalene er udfyldt med sandede og lerede kvartære aflejringer

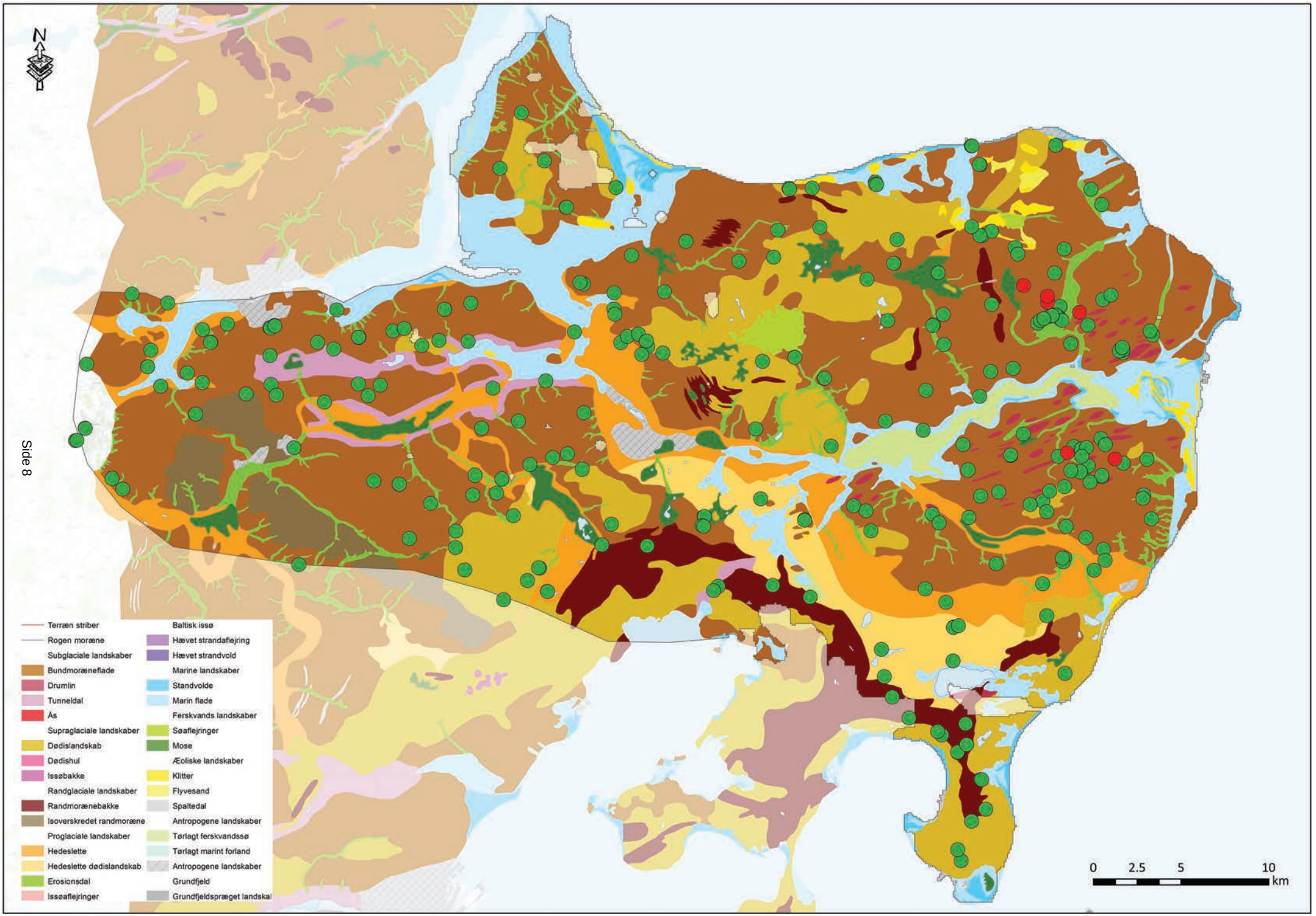
Deformationer af lagserien:

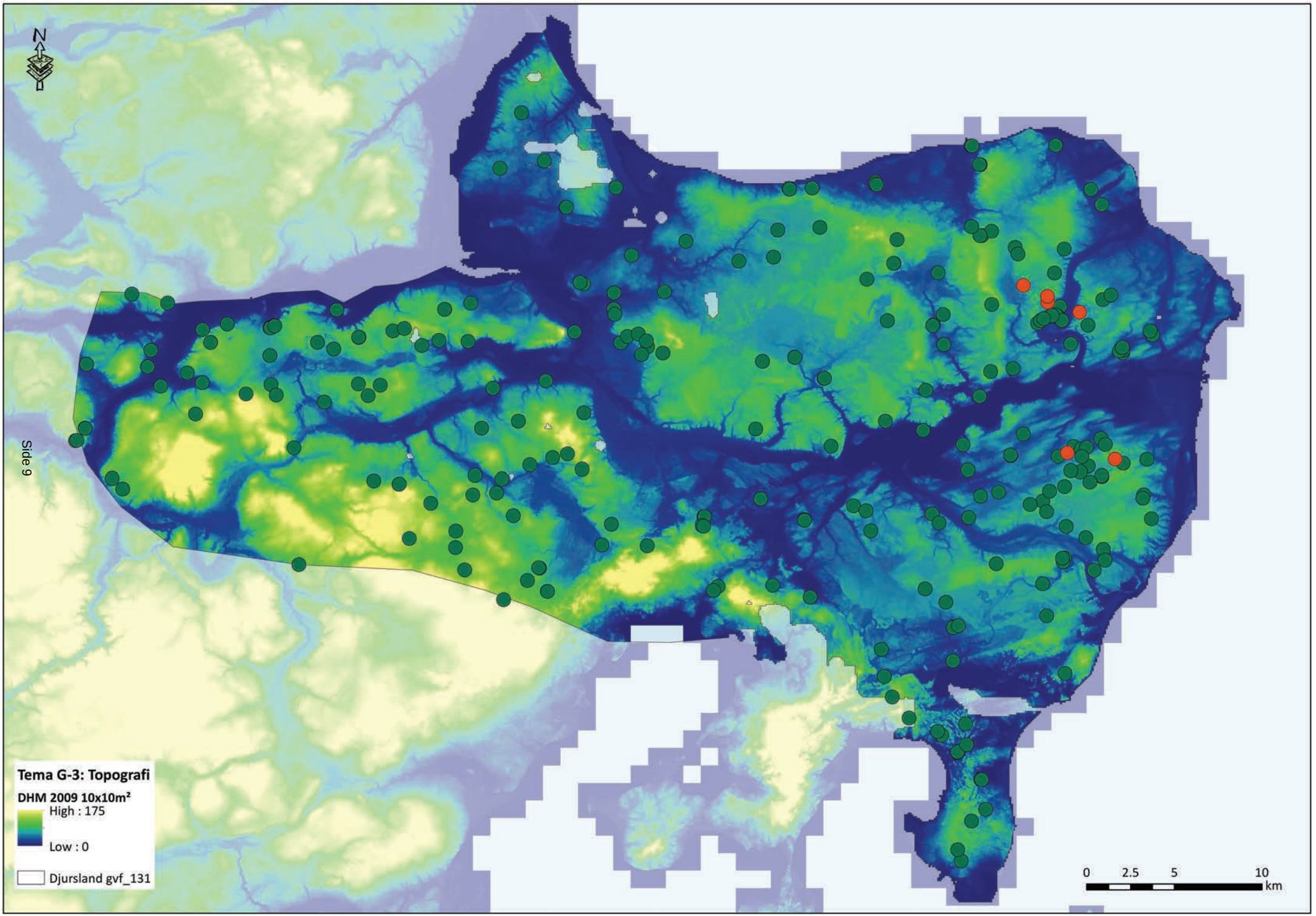
- Glacialtektoniske forstyrrelser optræder sandsynligvis i hele området, men er specielt markante i den sydlige del (se til venstre på figur 1). Lagserien i disse områder kan derfor ikke forventes at være sammenhængende over større afstande

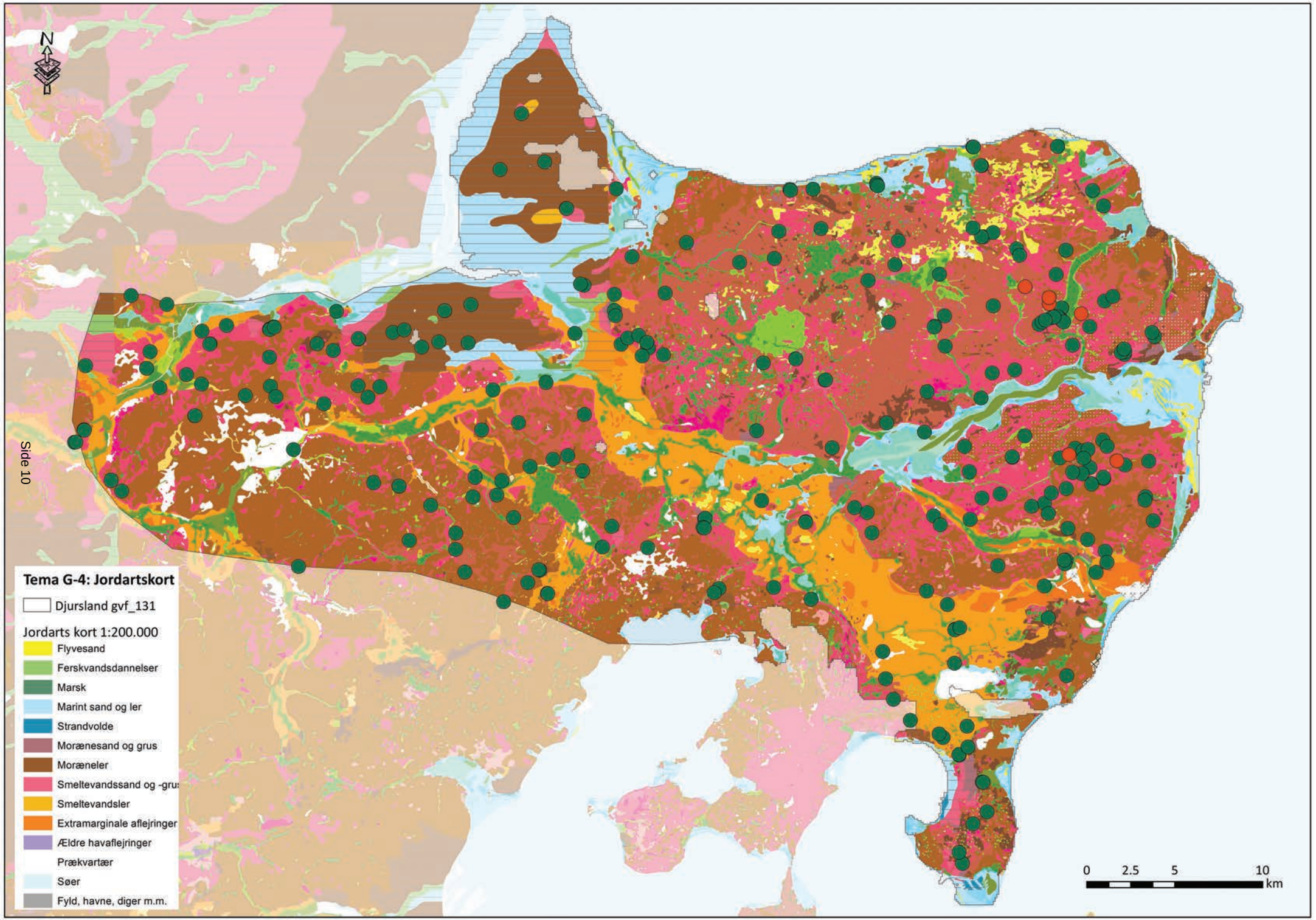
Referencer:

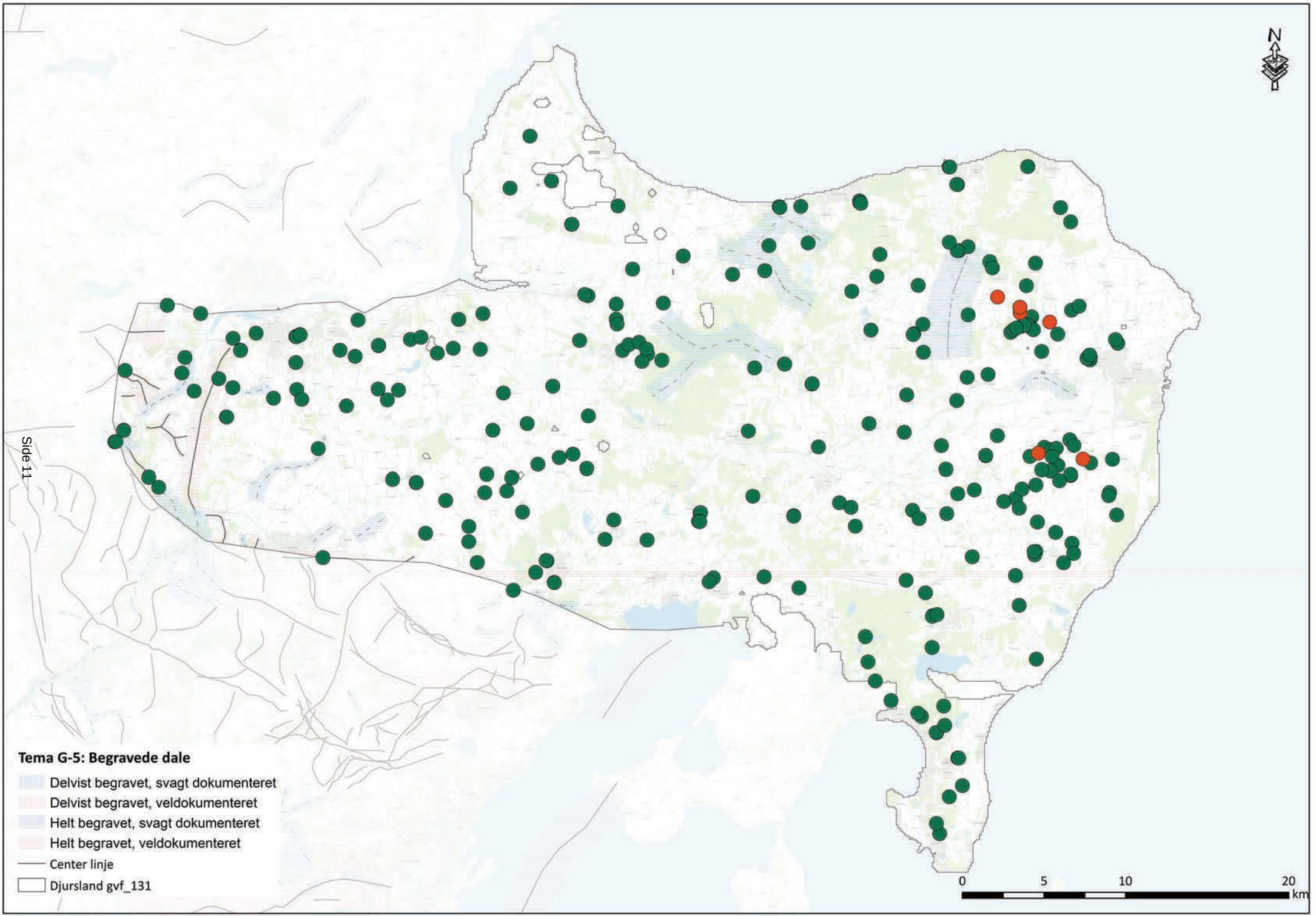
/1/ Rambøll, 2008. Udvidet Trin-1 kortlægning af Djurs Syd kortlægningsområde. Rapport. Miljøcenter Århus.
/2/ Sandersen, P.B.E. & Jørgensen (2016). Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. GEUS Særudgivelse, bind 1 og 2. (www.begravededale.dk)

Udført af:	PSA	Dato:	07.05.18

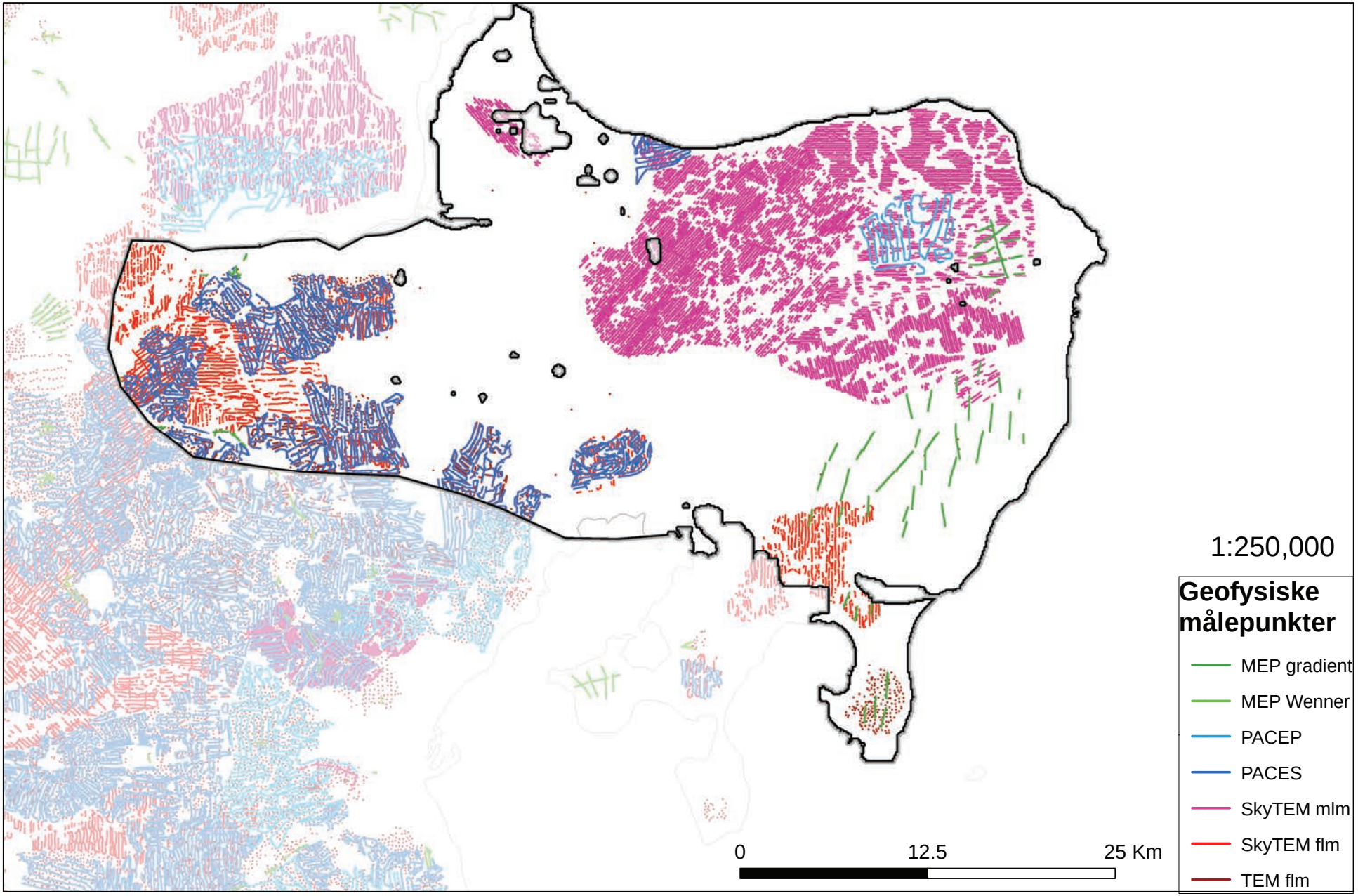

N
Terræn striber
Rogen moræne
Subglaciale landskaber
Bundmoræneflade
Drumlin
Tunneldal
Ås
Supraglaciale landskaber
Dødislandskab
Dødishul
Issøbakke
Randglaciale landskaber
Randmoræne bakke
Isoverskredet randmoræne
Proglaciale landskaber
Hedeslette
Hedeslette dødislandskab
Erosionsdal
Issøaflejringer
Baltisk issø
Hævet strandaflejring
Hævet strandvold
Marine landskaber
Standvolde
Marin flade
Ferskvands landskaber
Søaflejringer
Mose
Æoliske landskaber
Klitter
Flyvesand
Spaltedal
Antropogene landskaber
Tørlagt ferskvandssø
Tørlagt marint forland
Antropogene landskaber
Grundfjeld
Grundfjeldspræget landskal
0
2.5
5
10
km


N
Side 9
Tema G-3: Topografi
DHM 2009 10x10m²
High : 175
Low : 0
Djursland gvf_131
0
2.5
5
10
km

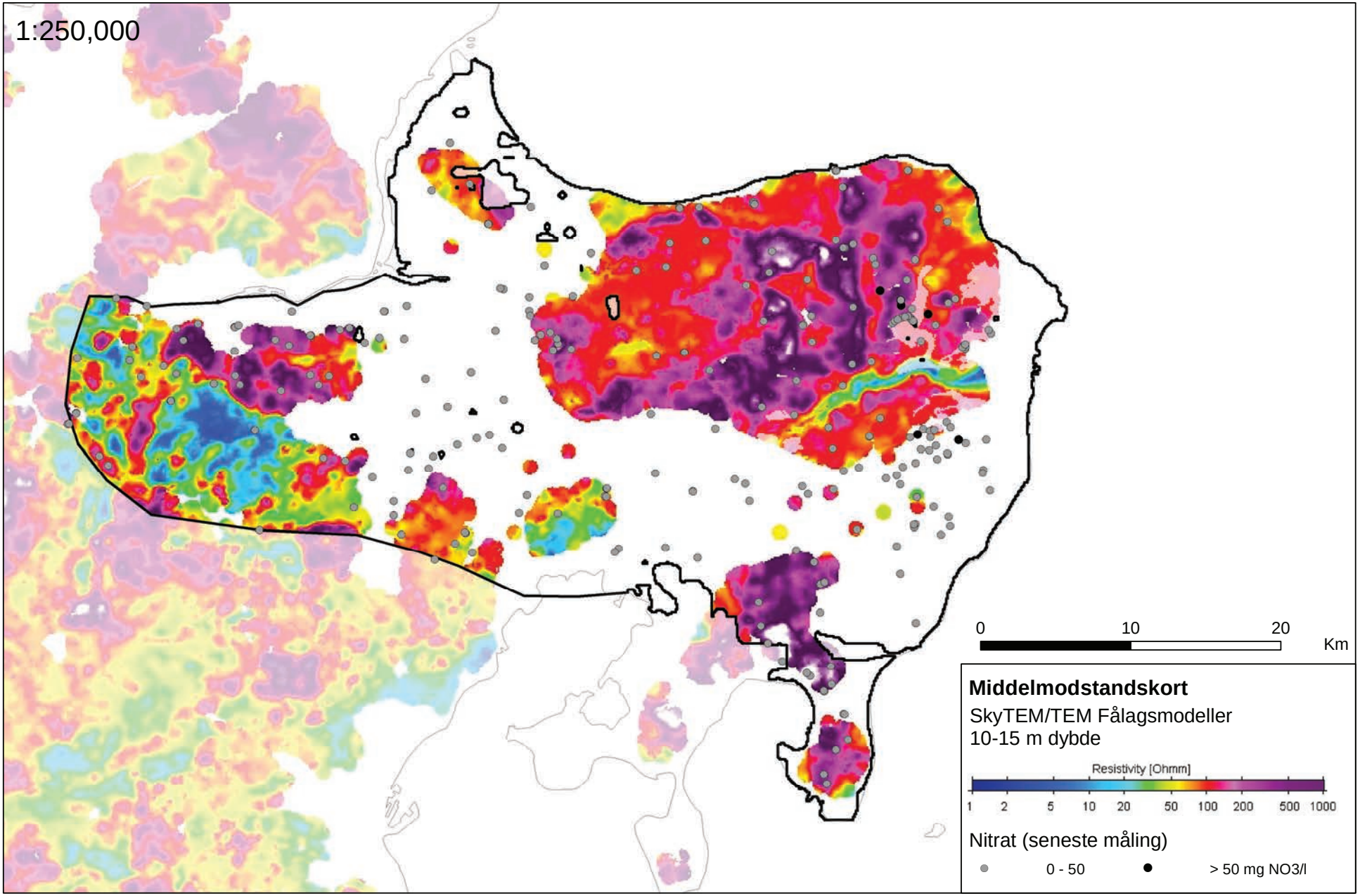

N
Tema G-4: Jordartskort
Djursland gvf_131
Jordarts kort 1:200.000
Flyvesand
Ferskvandsdannelser
Marsk
Marint sand og ler
Strandvolde
Morænesand og grus
Moræneler
Smeltevandssand og -grus
Smeltevandsler
Extramarginale aflejringer
Ældre havaflejringer
Prækvartær
Søer
Fyld, havne, diger m.m.
0 2.5 5 10
km


N
Side 11
Tema G-5: Begravede dale
Delvist begravet, svagt dokumenteret
Delvist begravet, veldokumenteret
Helt begravet, svagt dokumenteret
Helt begravet, veldokumenteret
Center linje
Djursland gvf_131
0
5
10
20
km

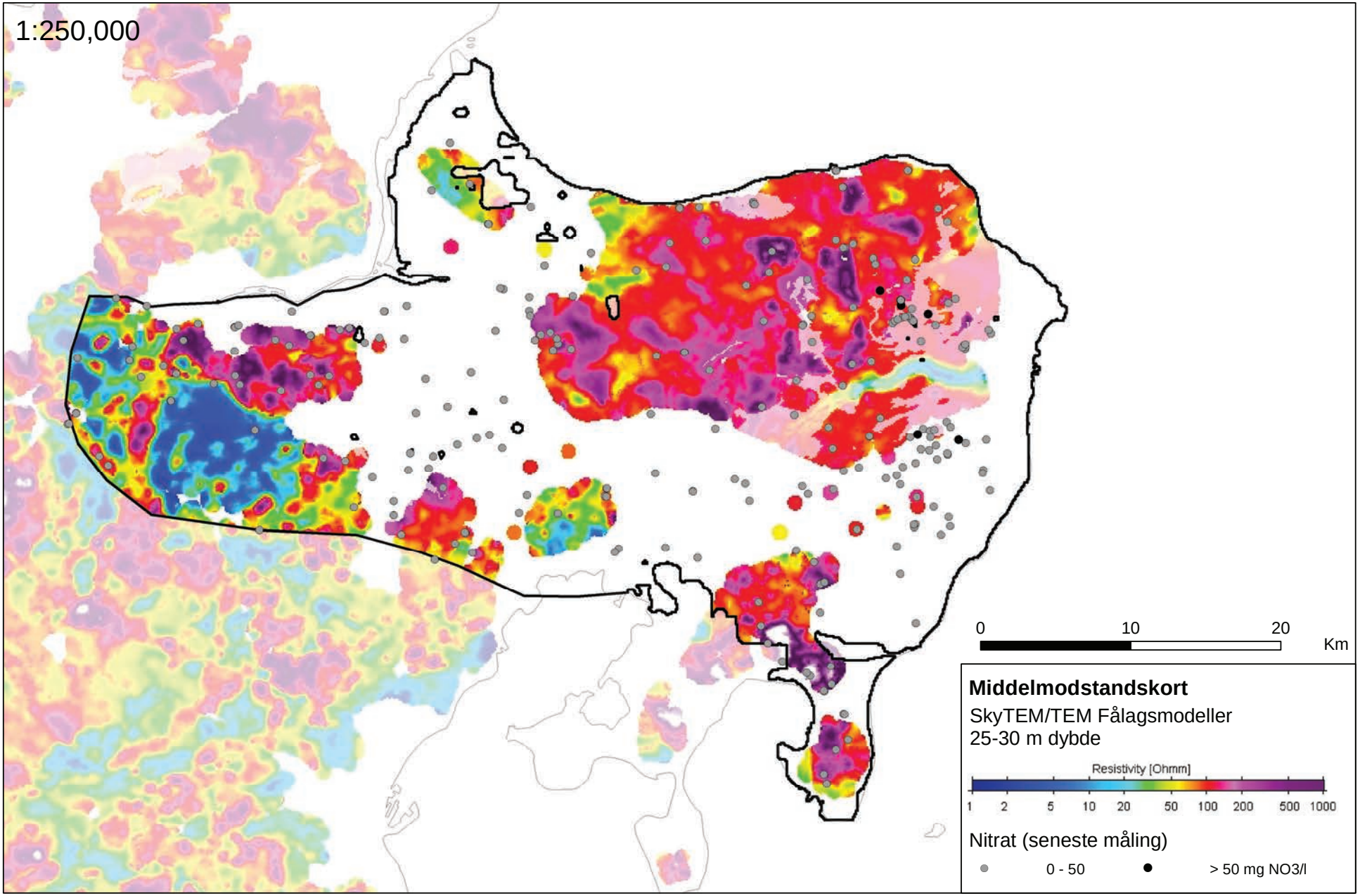
Tema G-6: GVF 131, Djursland, DK1



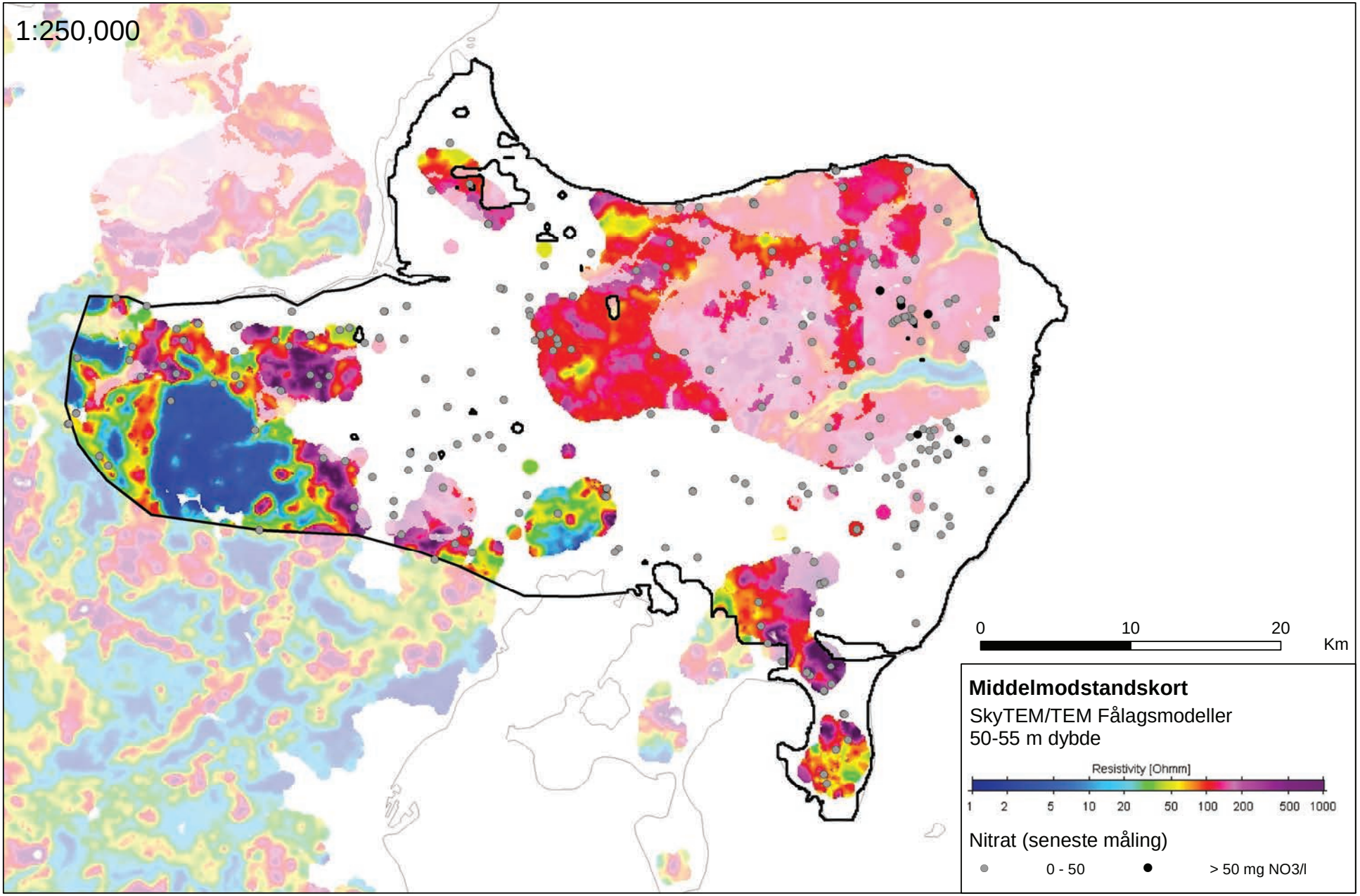
Tema G7-G8: GVF 131, Djursland, dk1



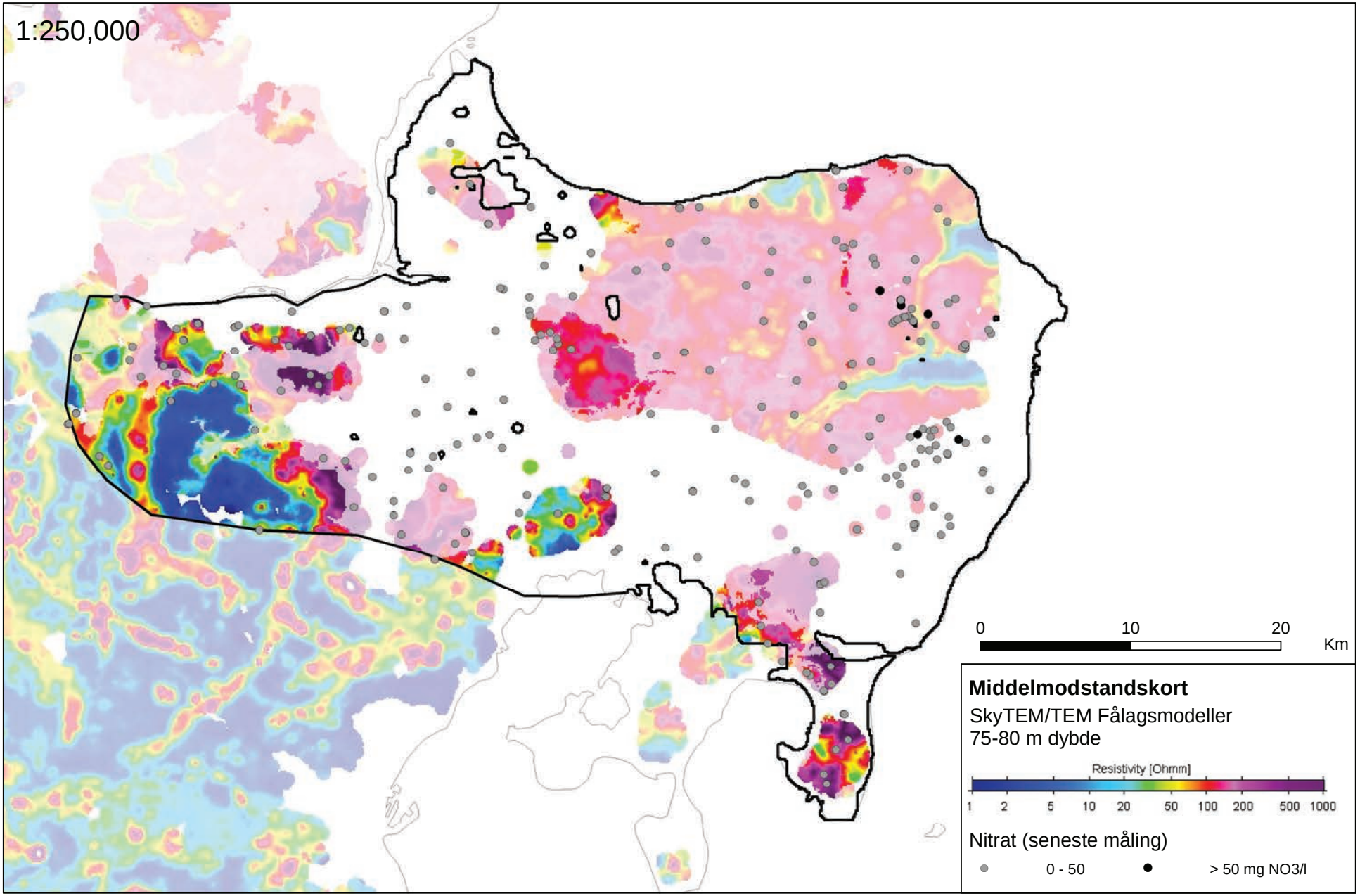
Tema G7-G8: GVF 131, Djursland, dk1



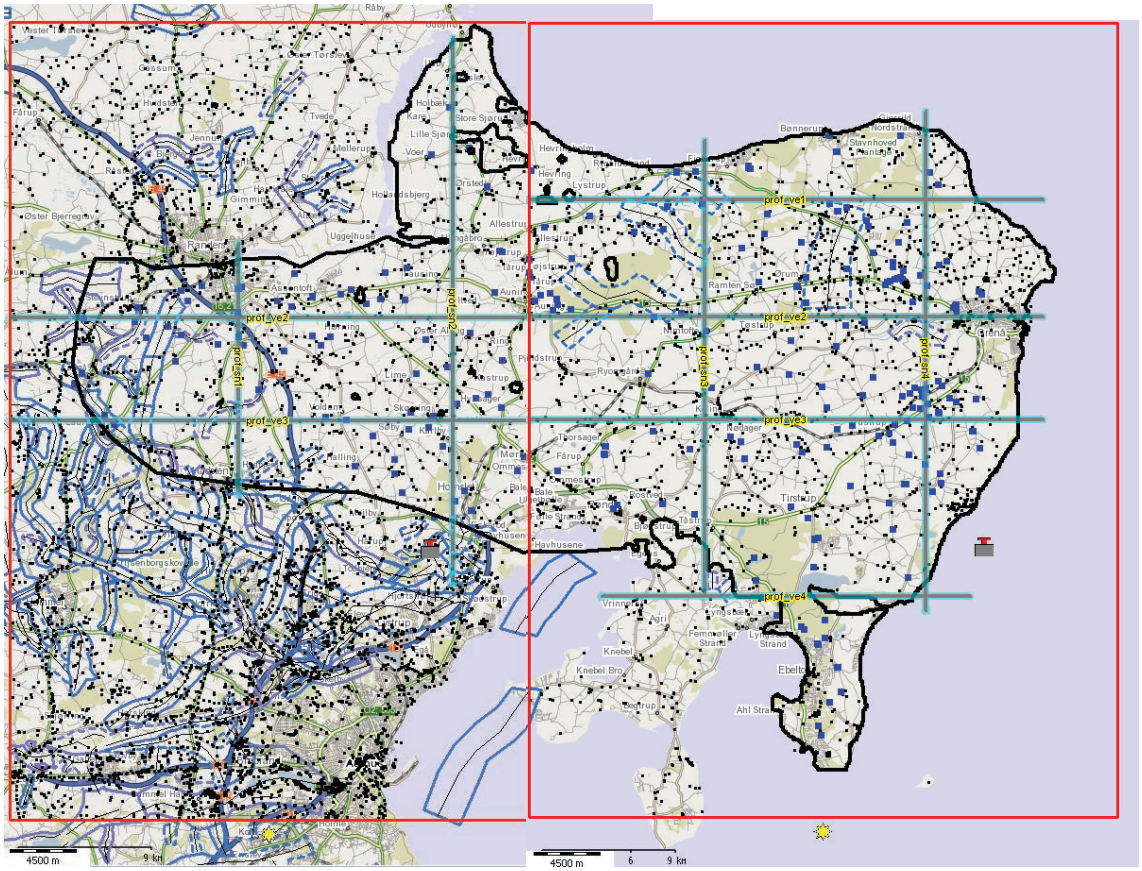
Tema G7-G8: GVF 131, Djursland, dk1



Tema G7-G8: GVF 131, Djursland, dk1



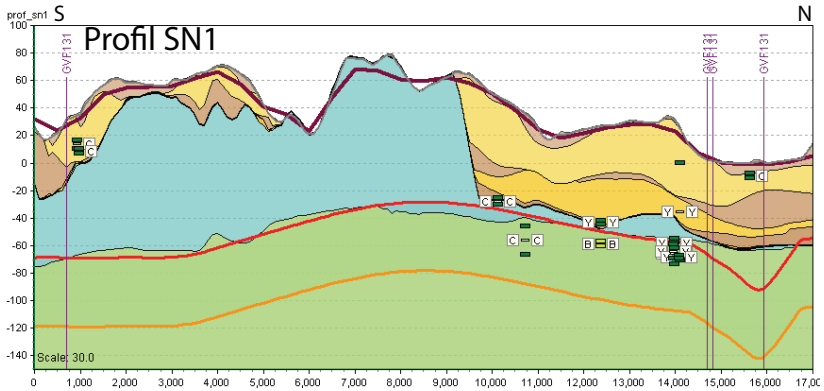
Tema 09: GVF 131 Djursland

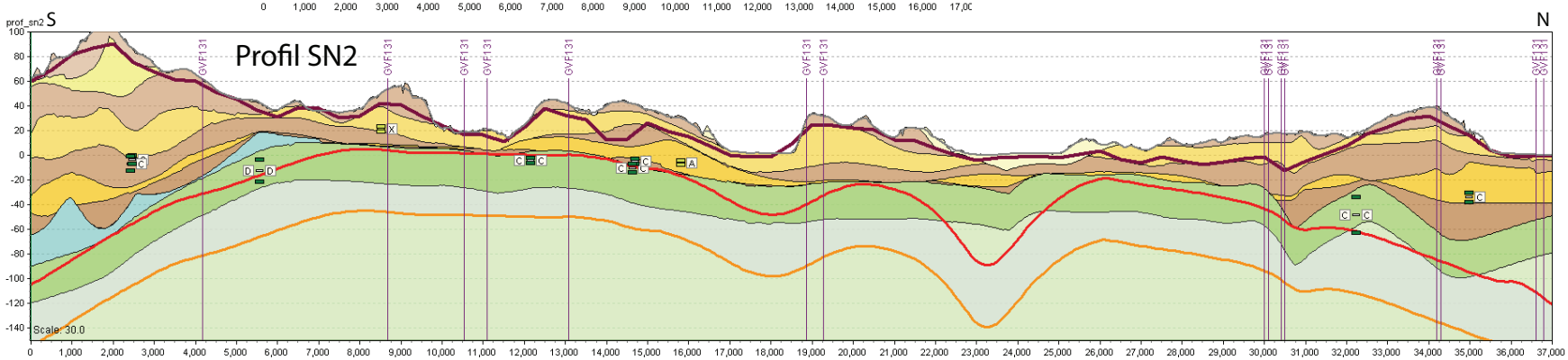


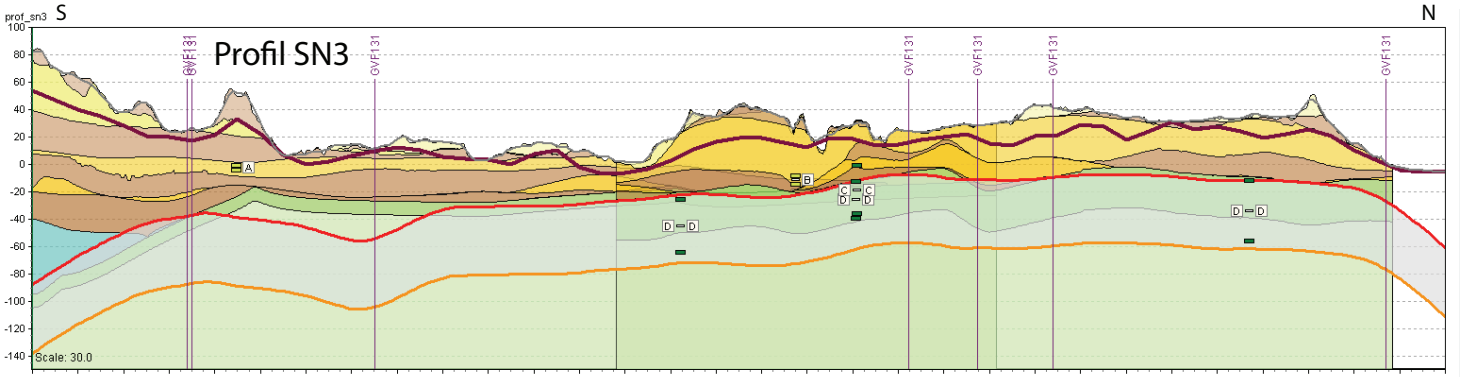
Legende

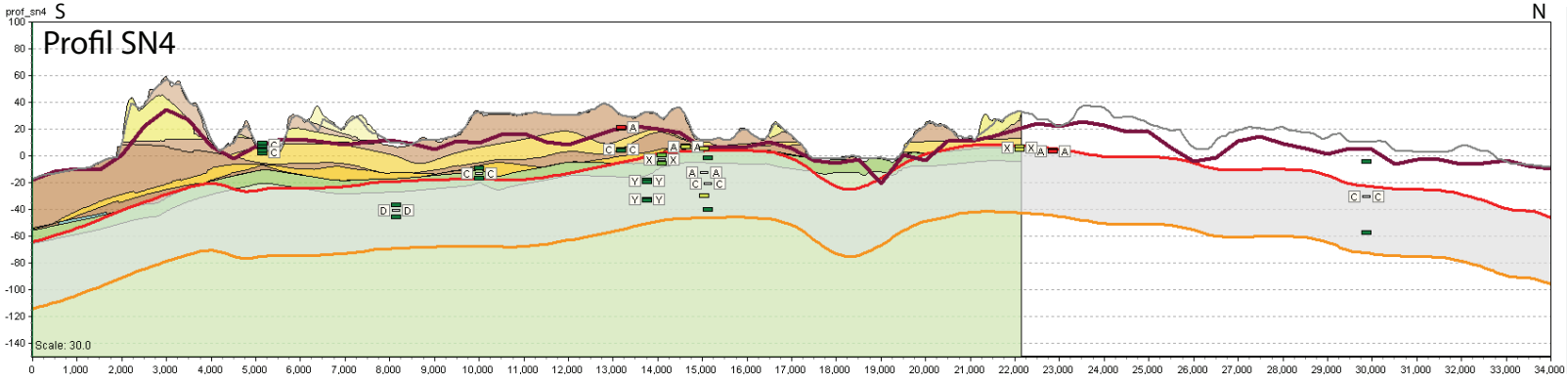
- Profiler
- Grundvandsforkomst, ks1
- Begravede dale, helt begravet veldefineret, svagt defineret med centerlinje
- Begravede dale, delvis begravet veldefineret, svagt defineret med centerlinje
- Nitratmåling i filter tilknyttet grundforekomsten
- Jupiter boring

Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler :GVF 131 Djursland, DK1









Djursland hydrostratigrafiske lag

- Postglacial sand KS0
- Kvartært sand KS1(Tirstrup sand)
- Kvartært ler KL1 (Ebeltoft ler)
- Kvartært sand KS2 (Mols Hoved sand)
- Kvartært ler KL2 (Grenå ler)
- Kvartært sand KS3 (Tebbestrup sand)
- Kvartært ler KL3 (Kattegat ler)
- Kvartært sand KS4 (nedre)
- Kvartært ler KL4 (nedre)
- Kvartært sand KS5 (nedre 2)
- Prækvartært ler PL2 (Palæogent ler)
- Kalk DK1, opsprækket
- Kalk DK1, impermeabel

DK model magasin lag

- DK1

Nitrat [mg/l]
seneste måling

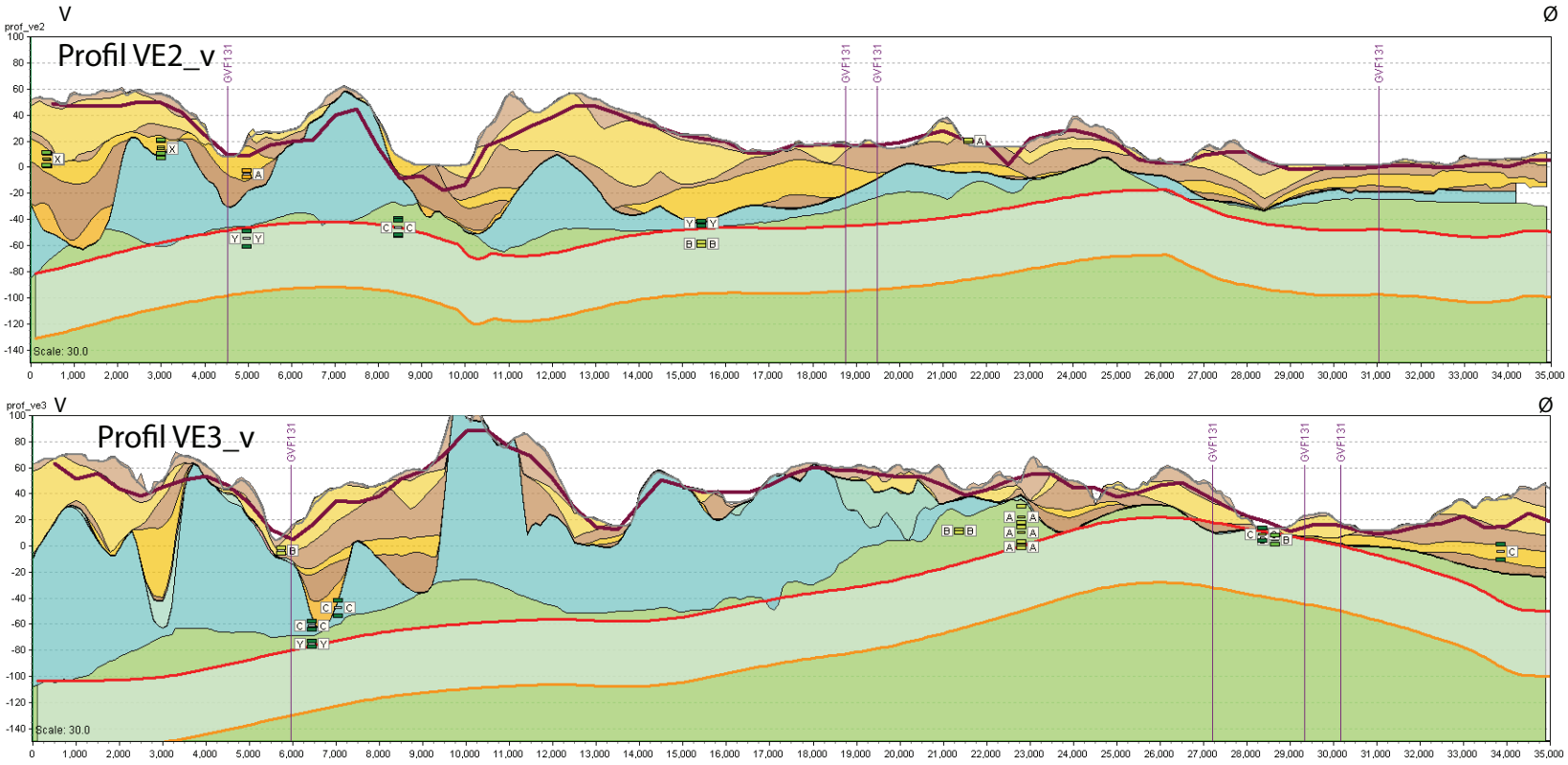
- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

Redox vandtype
seneste måling

- B B i grundvandsforekomst
- B uden for grundvandsforekomst

Redoxgrænse
modelleret

Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler :GVF 131 Djursland, DK1



Djursland hydrostratigrafiske lag

- Postglacial sand KS0
- Kvartært sand KS1(Tirstrup sand)
- Kvartært ler KL1 (Ebeltoft ler)
- Kvartært sand KS2 (Mols Hoved sand)
- Kvartært ler KL2 (Grenå ler)
- Kvartært sand KS3 (Tebbestrup sand)
- Kvartært ler KL3 (Kattegat ler)
- Kvartært sand KS4 (nedre)
- Kvartært ler KL4 (nedre)
- Kvartært sand KS5 (nedre 2)
- Prækvartært ler PL1 (Miocænt ler
- Prækvartært ler PL2 (Palæogent ler)
- Kalk DK1, opsprækket
- Kalk DK1, impermeabel

DK model magasin lag

- DK1

Nitrat [mg/l]

seneste måling

- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

Redox vandtype

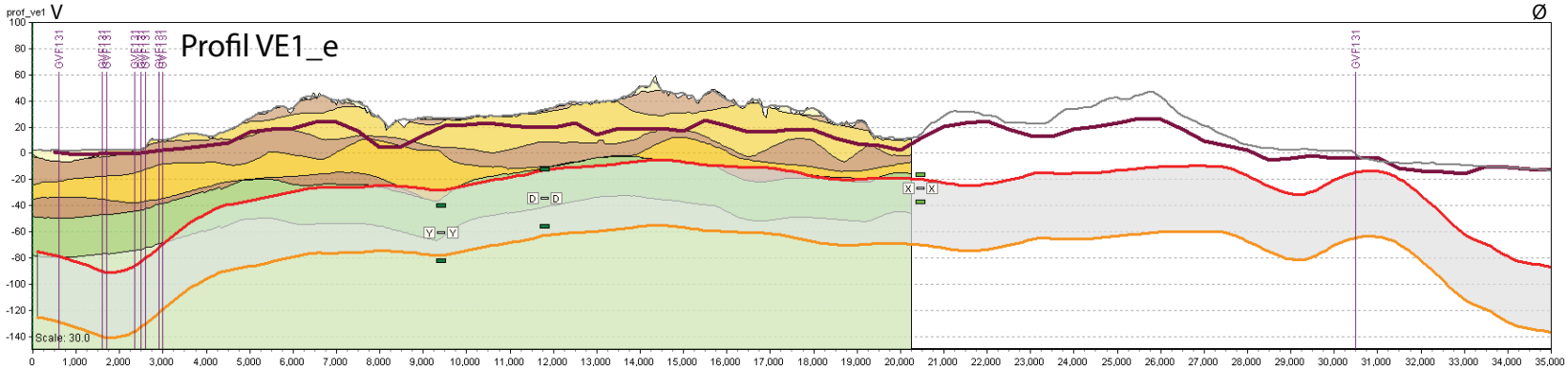
seneste måling

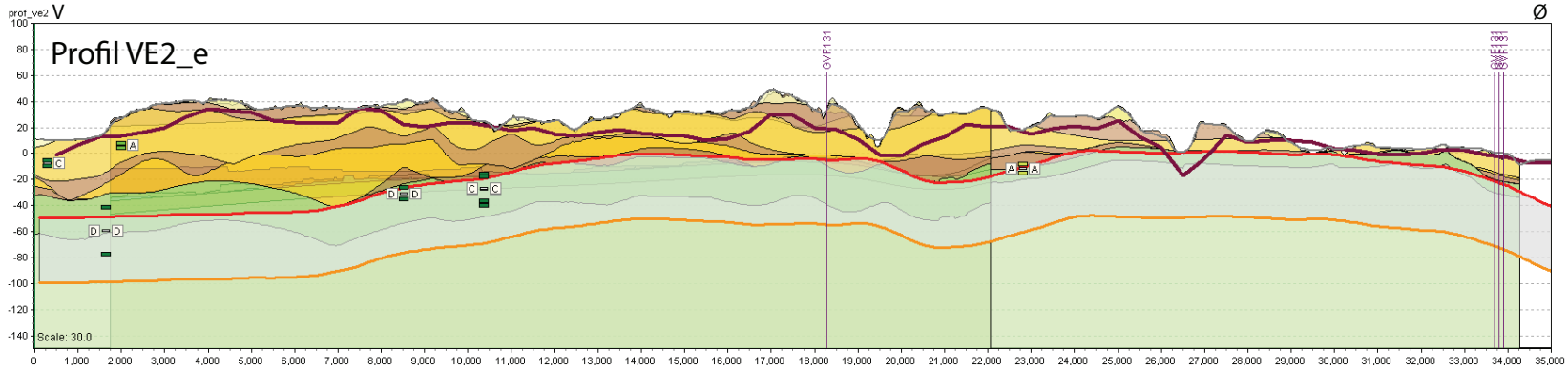
- B – B i grundvandsforekomst
- – B uden for grundvandsforekomst

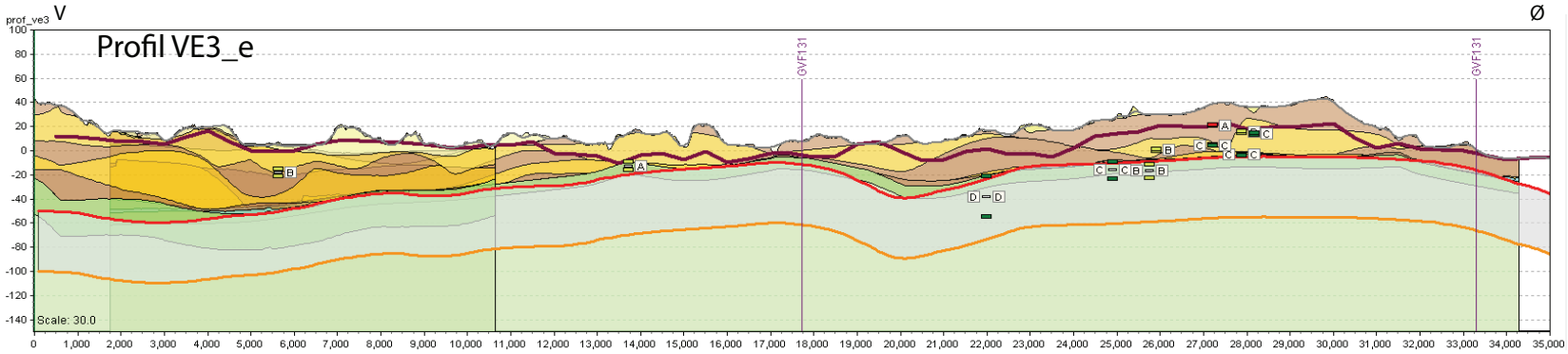
Redoxgrænse

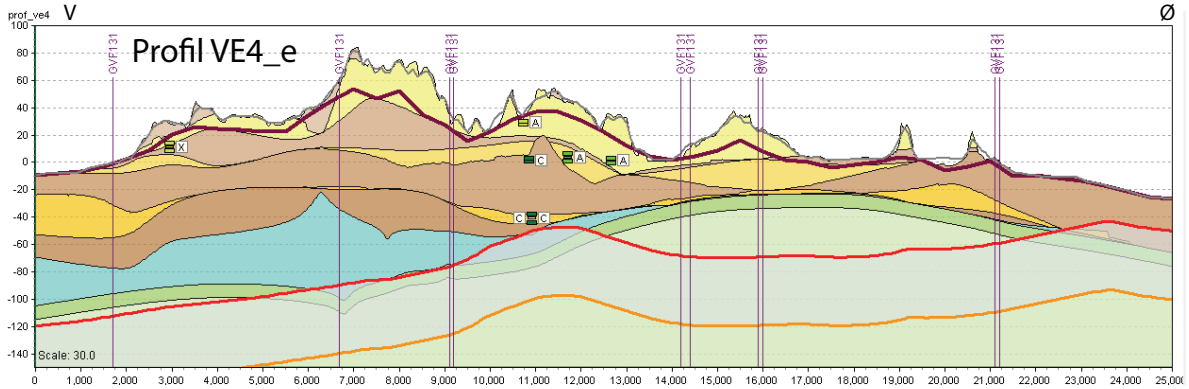
modelleret

Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler :GVF 131 Djursland, DK1









Djursland hydrostratigrafiske lag

- Postglacial sand KS0
- Kvartært sand KS1(Tirstrup sand)
- Kvartært ler KL1 (Ebeltoft ler)
- Kvartært sand KS2 (Mols Hoved sand)
- Kvartært ler KL2 (Grenå ler)
- Kvartært sand KS3 (Tebbestrup sand)
- Kvartært ler KL3 (Kattegat ler)
- Kvartært sand KS4 (nedre)
- Kvartært ler KL4 (nedre)
- Kvartært sand KS5 (nedre 2)
- Prækvartært ler PL1 (Palæogent ler)
- Kalk DK1, opsprækket
- Kalk DK1, impermeabel

DK model magasin lag

- DK1

Nitrat [mg/l]

seneste måling

- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

Redox vandtype

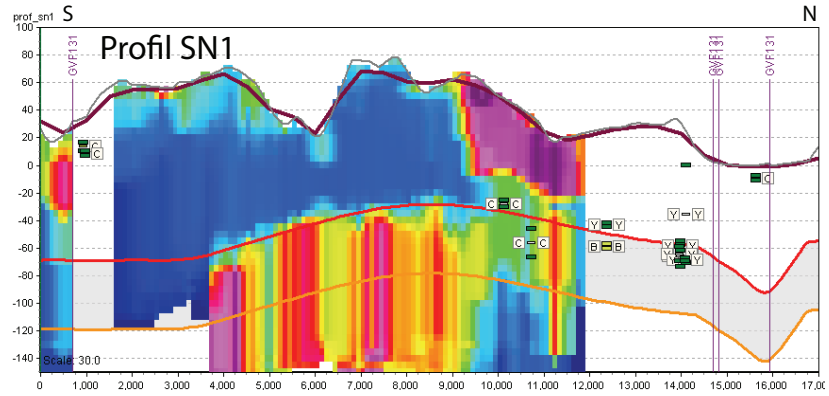
seneste måling

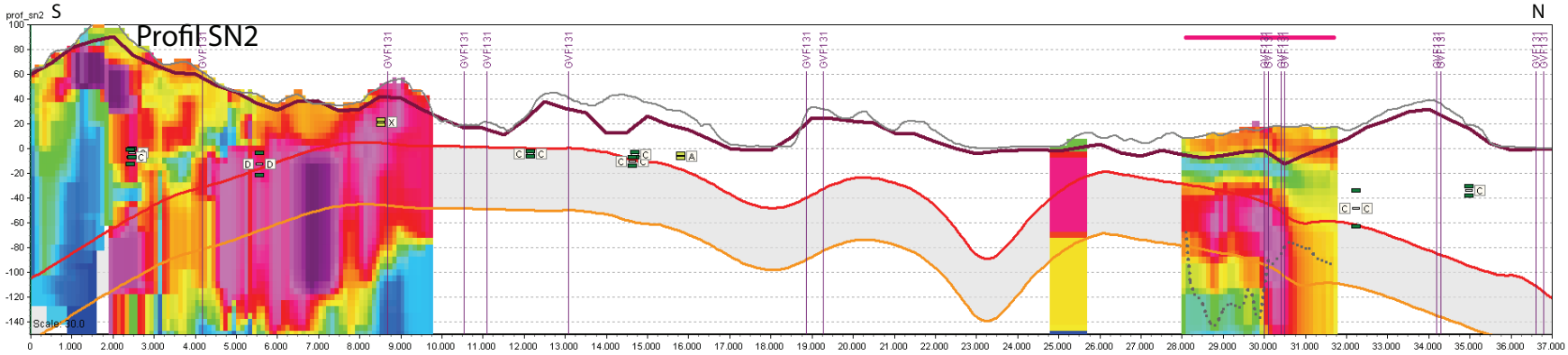
- B – B i grundvandsforekomst
- – B uden for grundvandsforekomst

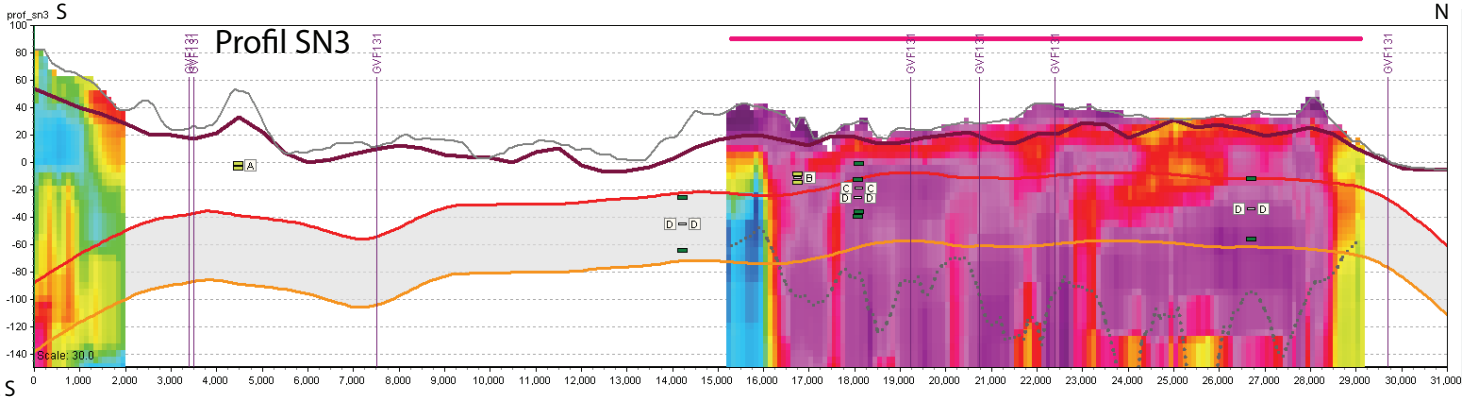
Redoxgrænse

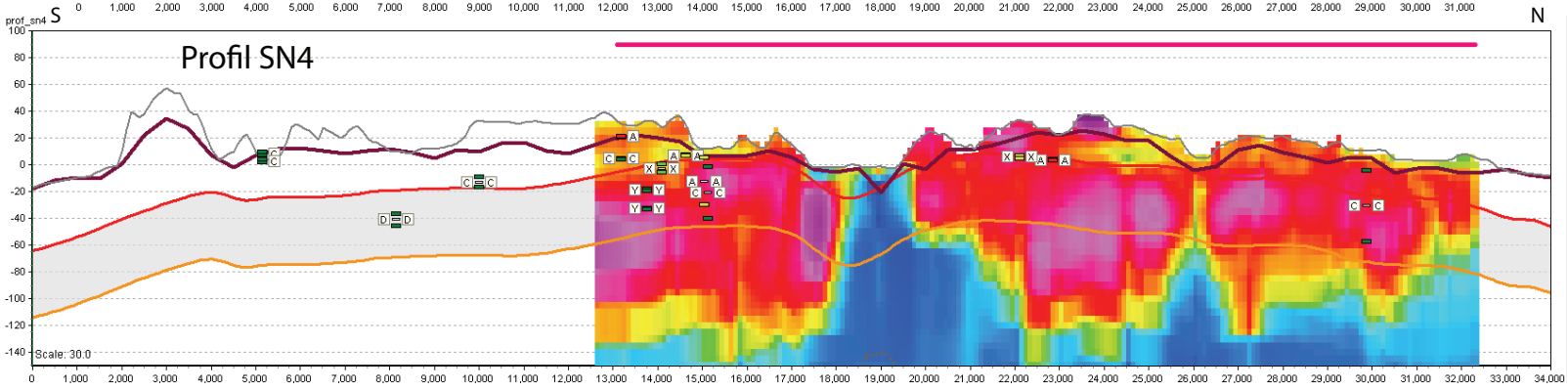
modelleret

Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler :GVF 131 Djursland, DK1









Resistivitet [Ohmm]

1 2 5 10 20 50 100 200 500 1000

SkyTEM

mangelagsmodeller

DOI lower

DK model magasin lag

DK1

Nitrat [mg/l]

seneste måling

- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

Redox vandtype

seneste måling

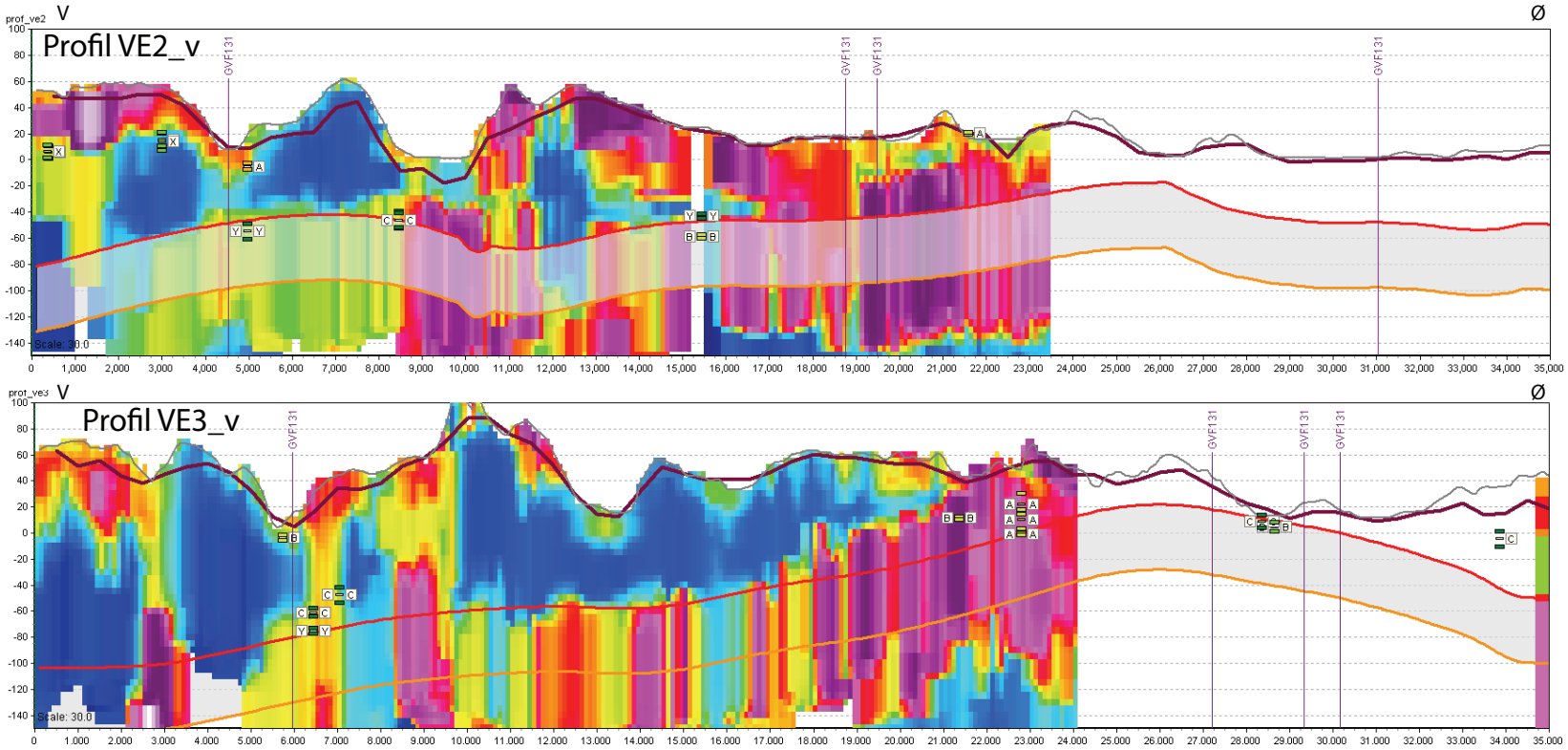
B B i grundvandsforekomst

B uden for grundvandsforekomst

Redoxgrænse

modelleret

Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler :GVF 131 Djursland, DK1



Resistivitet [Ohmm]

1 2 5 10 20 50 100 200 500 1000

SkyTEM

mangelagsmodeller

DOI lower

DK model magasin lag

DK1

Nitrat [mg/l]

seneste måling

- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

Redox vandtype

seneste måling

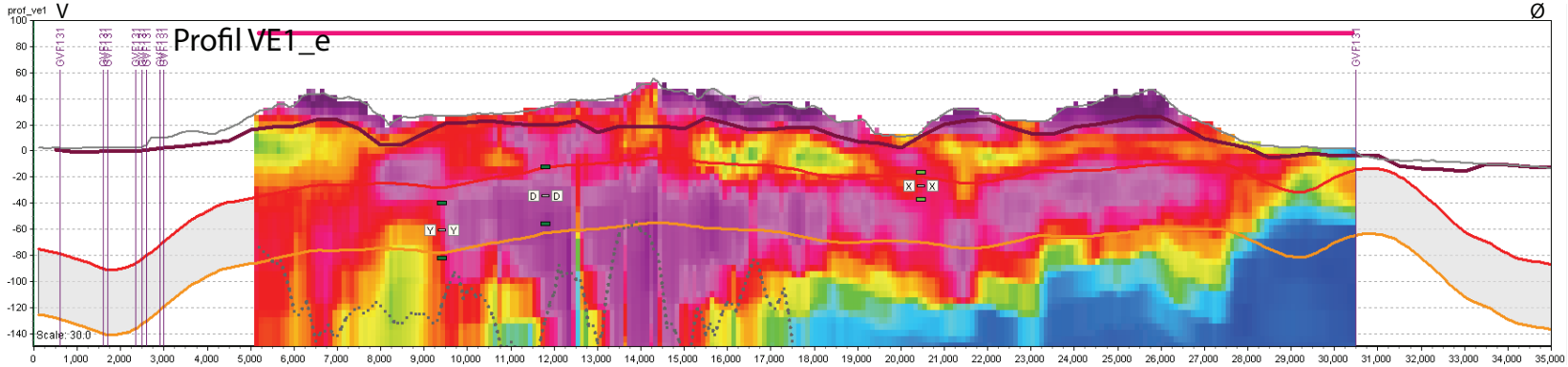
B – B i grundvandsforekomst

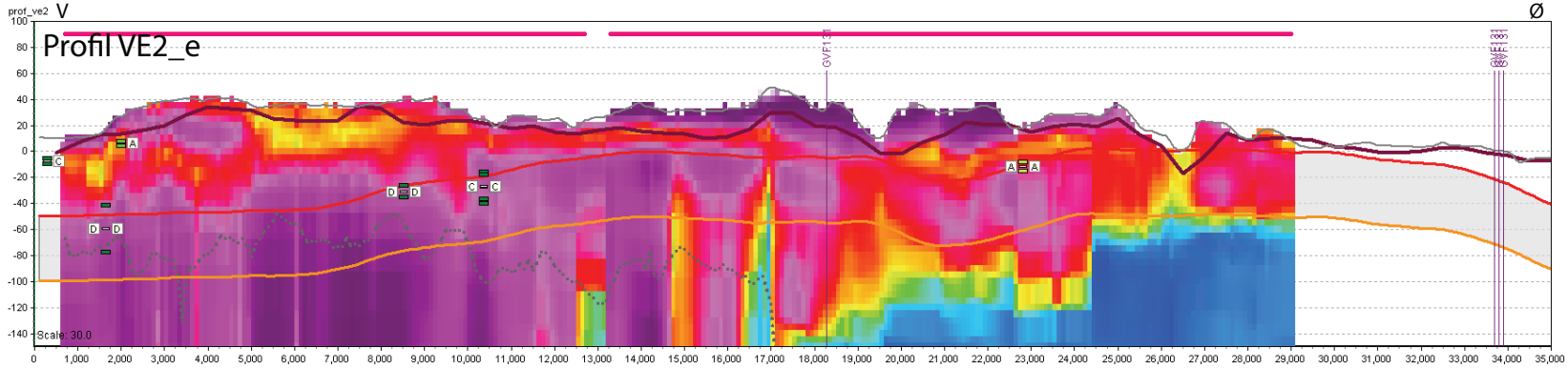
– B uden for grundvandsforekomst

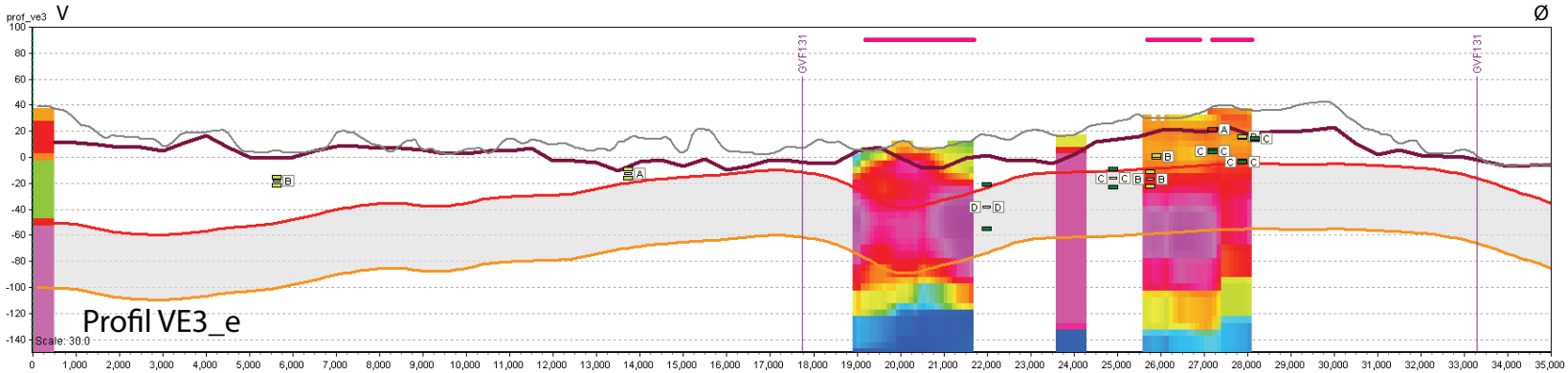
Redoxgrænse

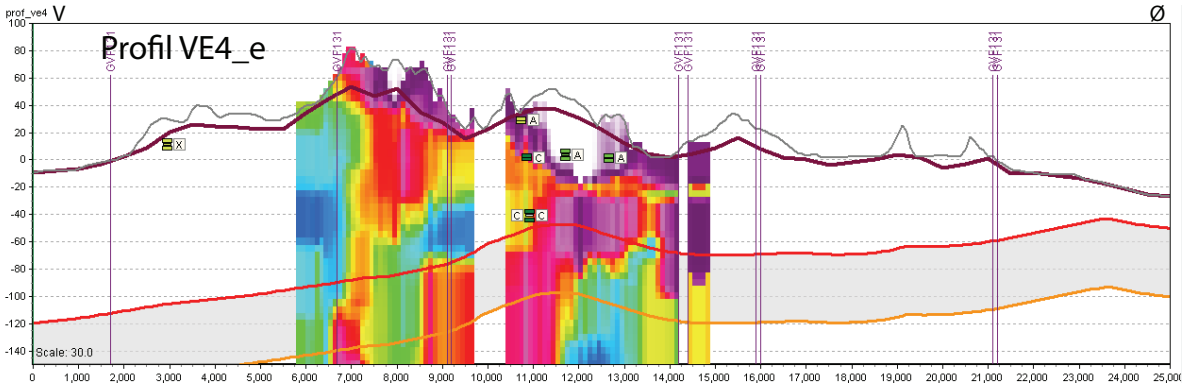
modelleret

Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler :GVF 131 Djursland, DK1









Resistivitet [Ohmm]

1 2 5 10 20 50 100 200 500 1000

SkyTEM

mangelagsmodeller

DOI lower

DK model magasin lag

DK1

Nitrat [mg/l]

seneste måling

- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

Redox vandtype

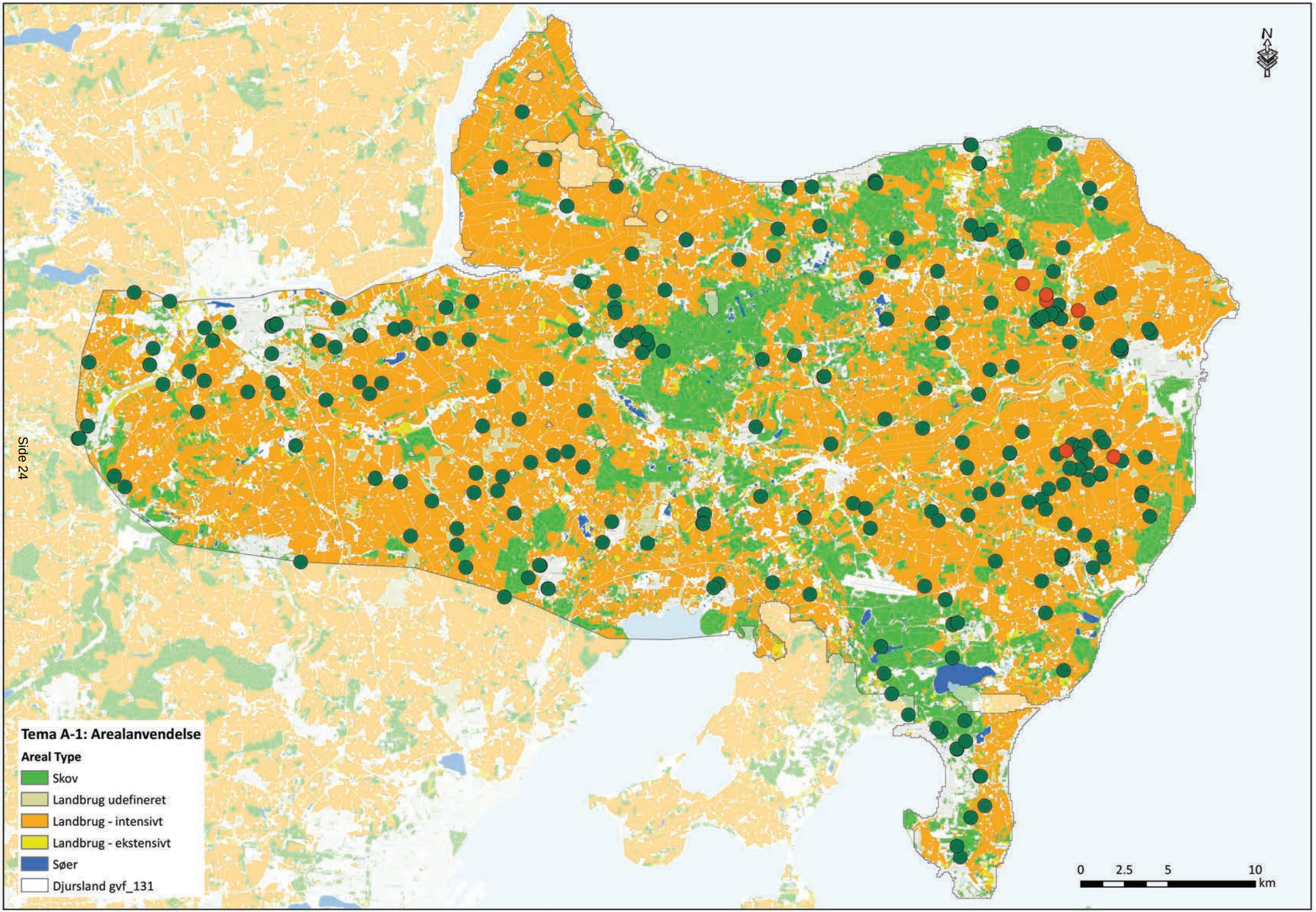
seneste måling

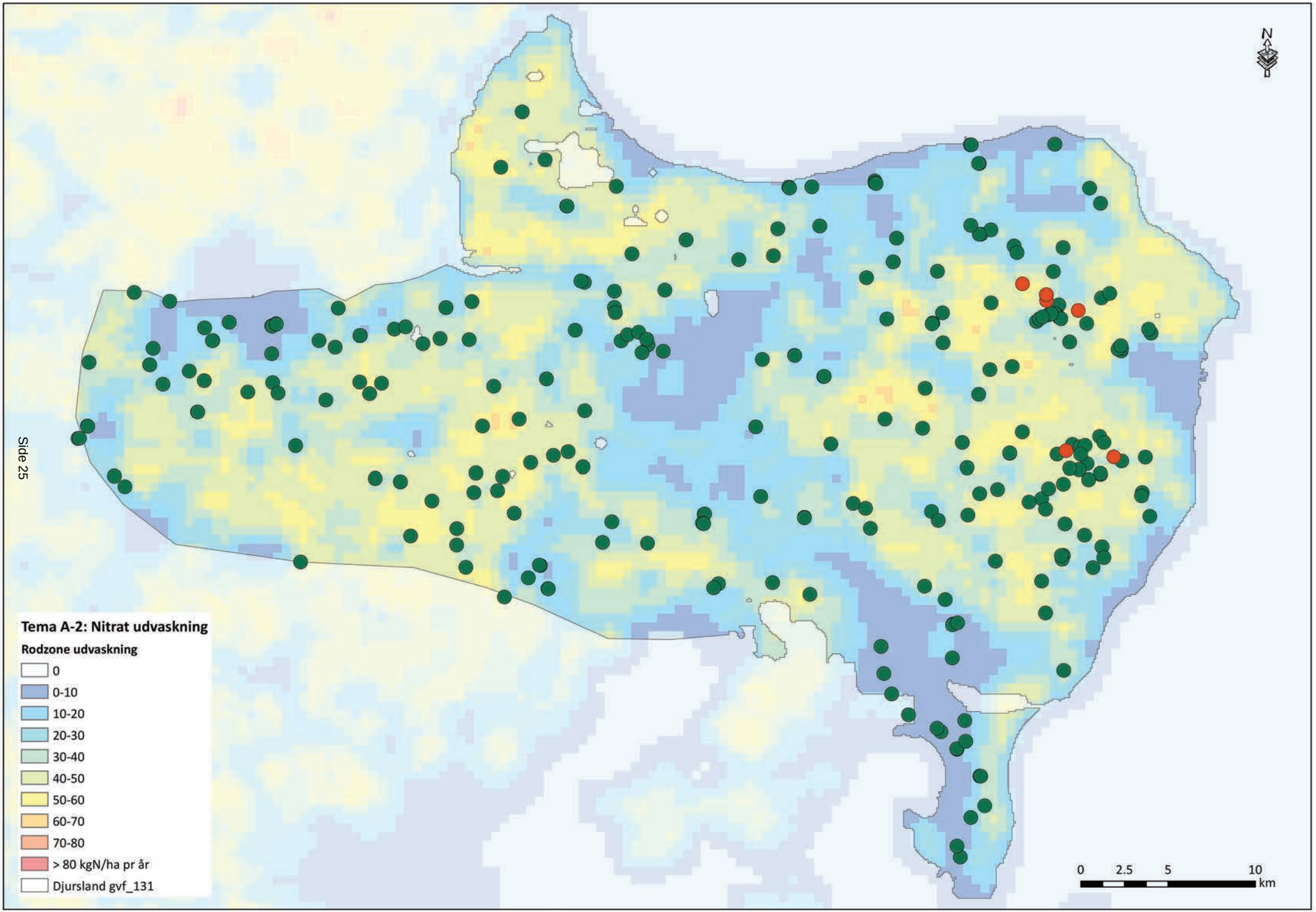
B – B i grundvandsforekomst

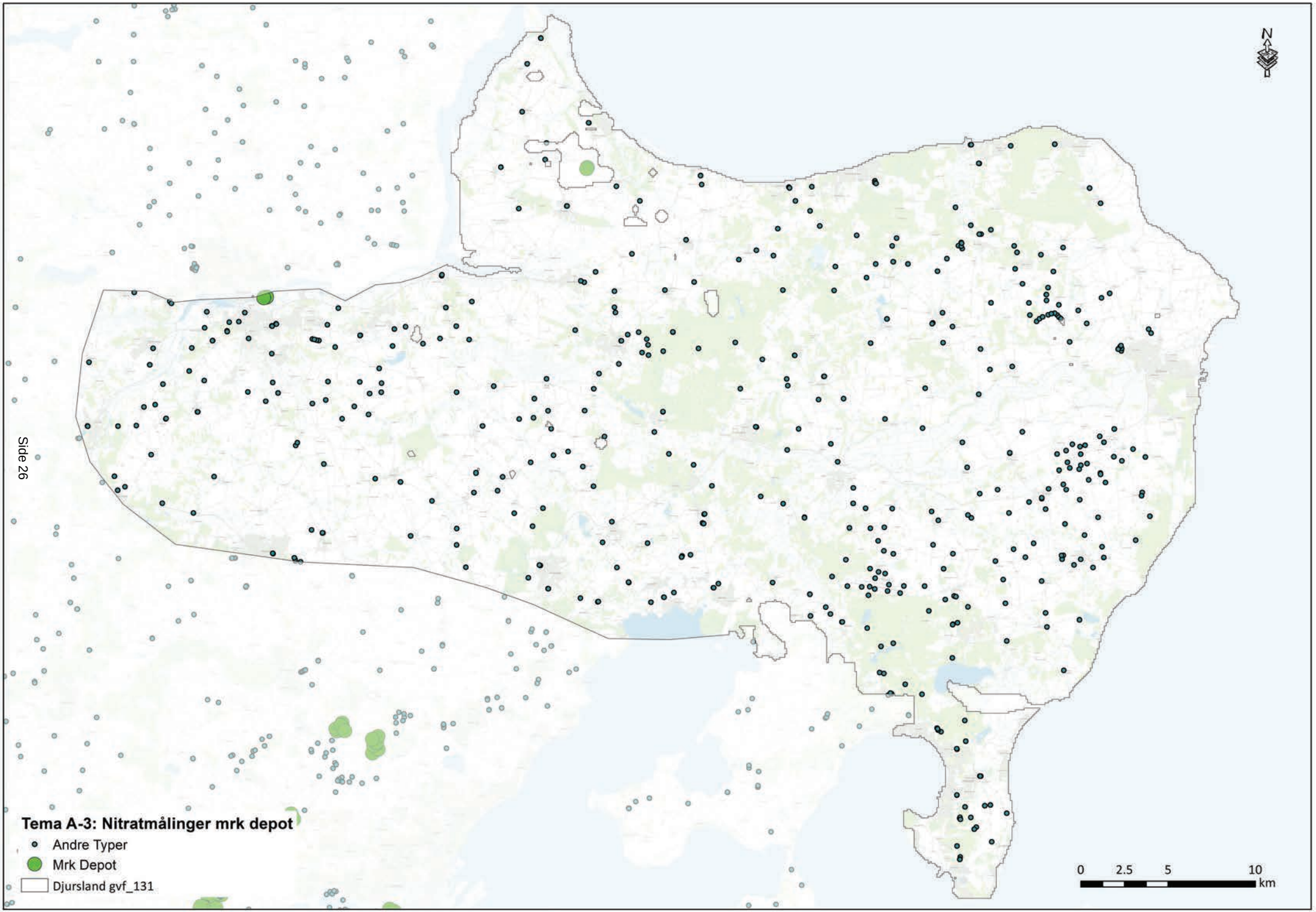
– B uden for grundvandsforekomst

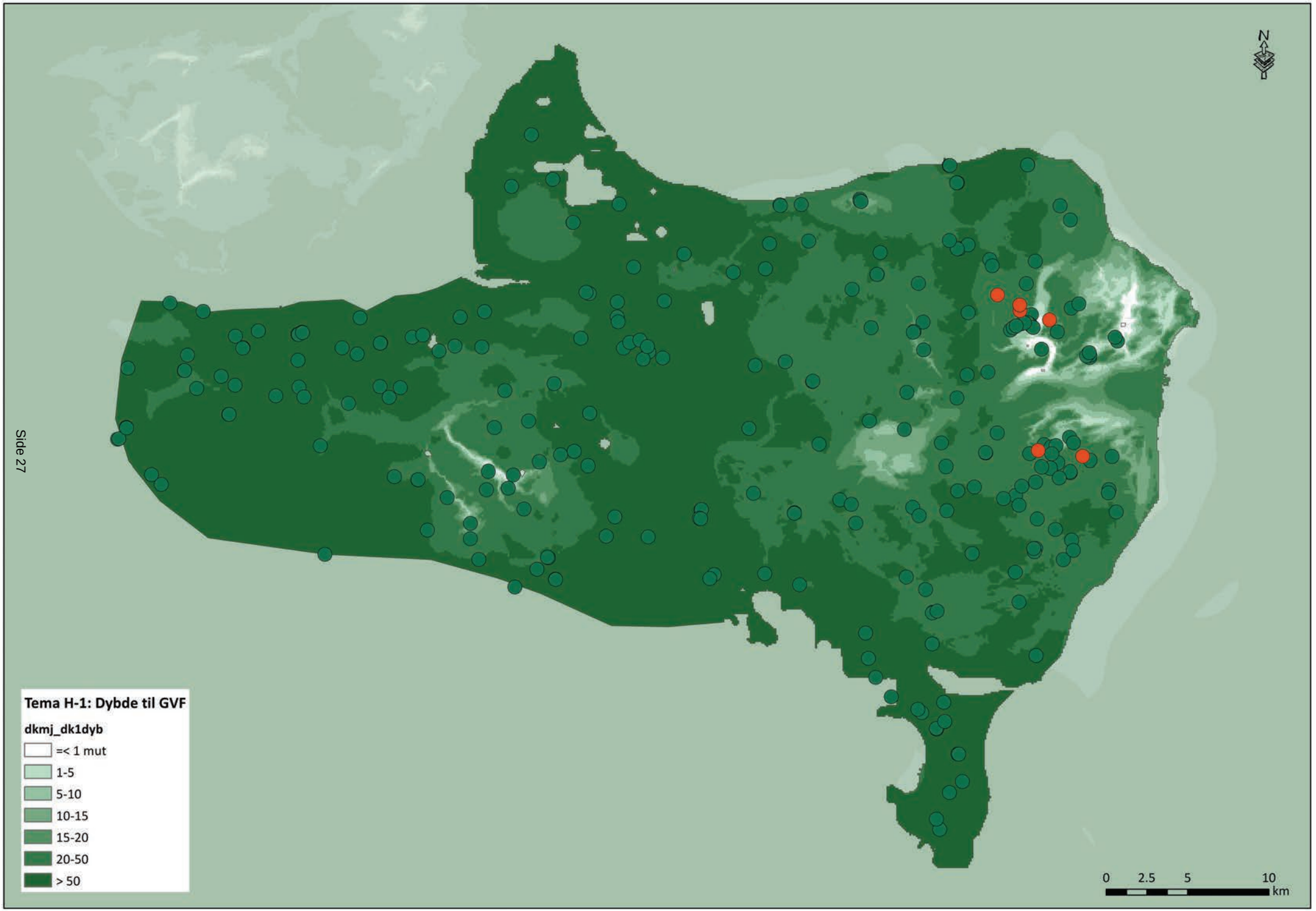
Redoxgrænse

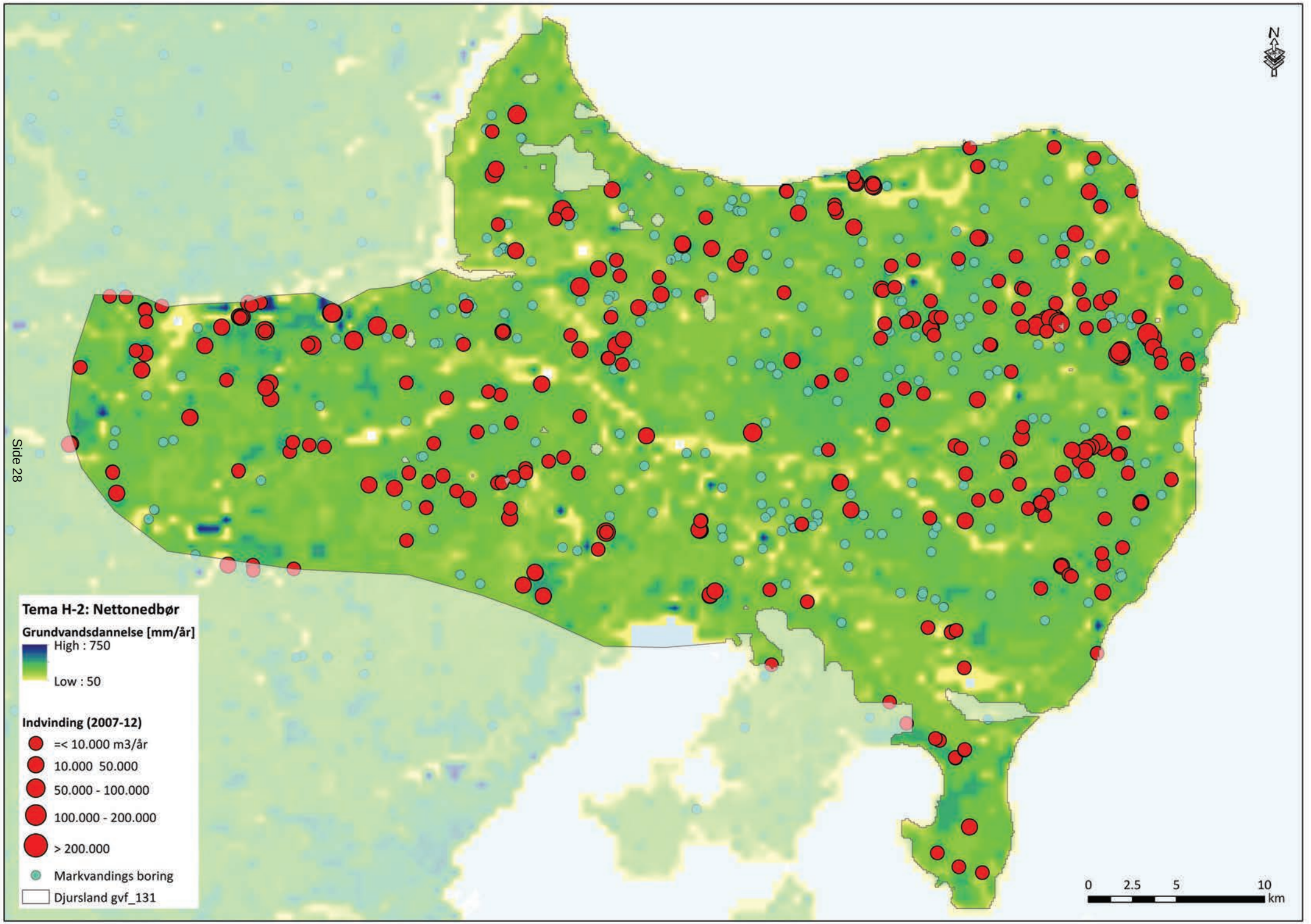
modelleret

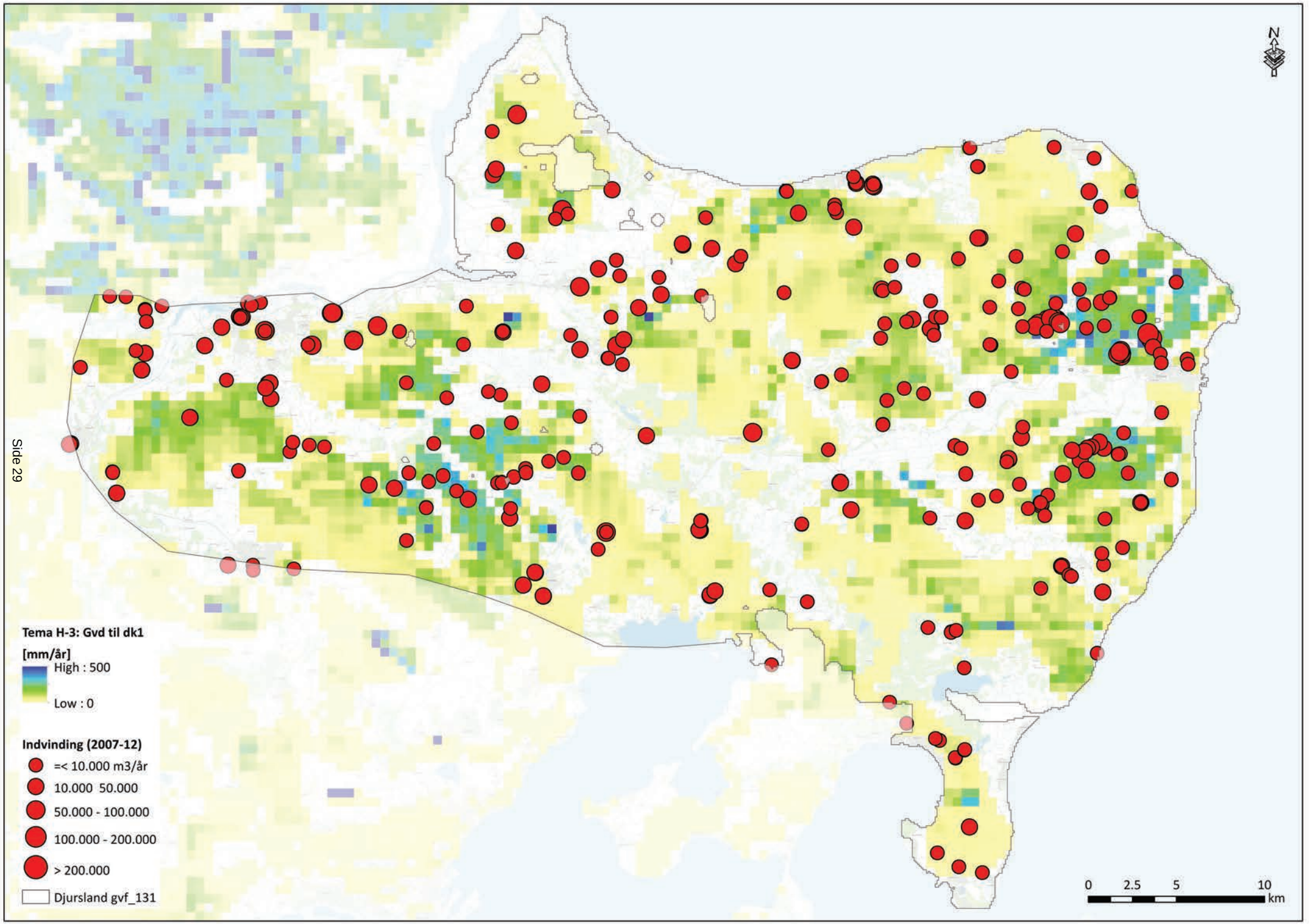

N
Tema A-1: Arealanvendelse
Areal Type
Skov
Landbrug udefineret
Landbrug - intensivt
Landbrug - ekstensivt
Søer
Djursland gvf_131
0
2.5
5
10
km

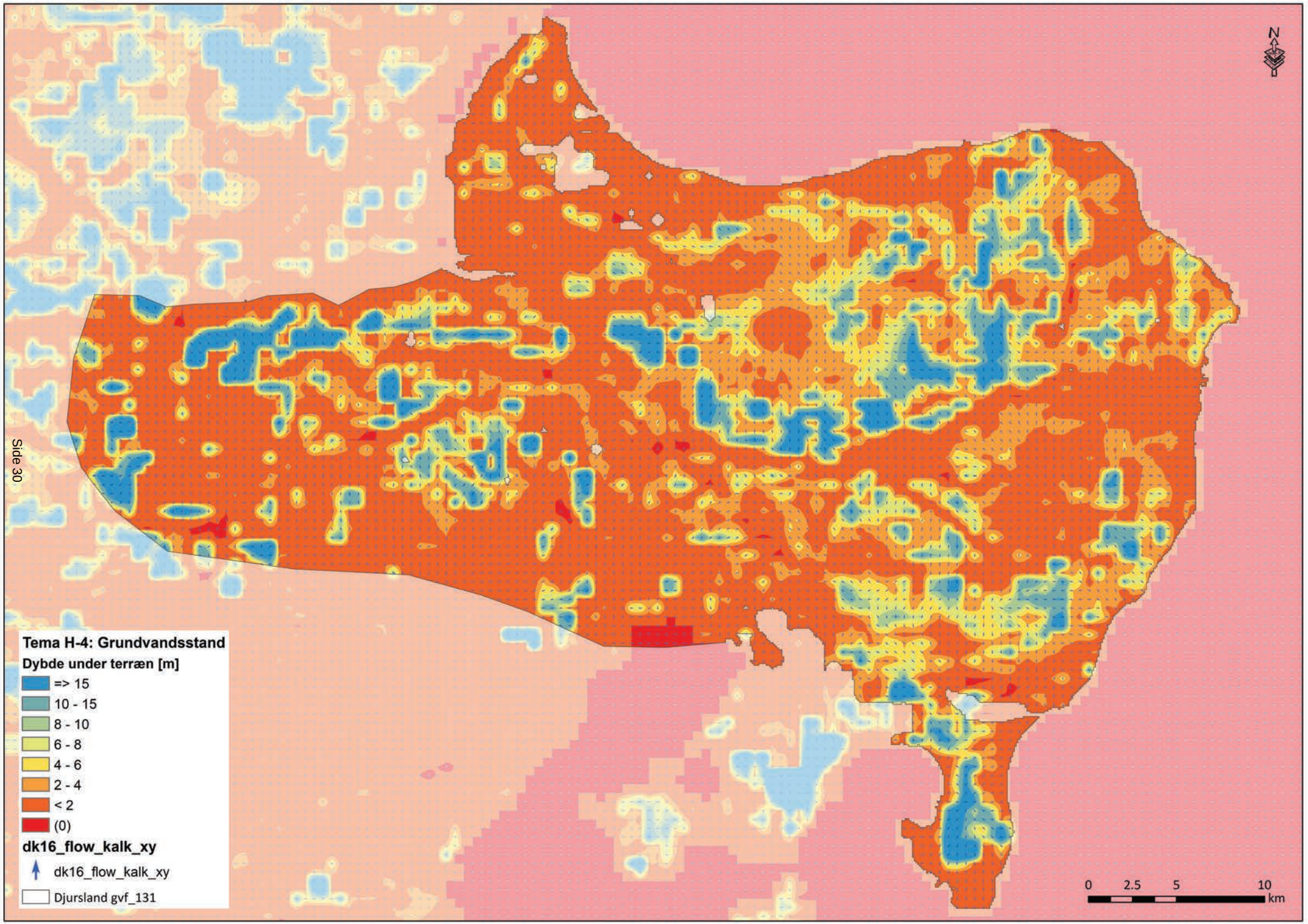

N
Tema A-2: Nitrat udvaskning
Rodzone udvaskning
0
0-10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
> 80 kgN/ha pr år
Djursland gvf_131
0
2.5
5
10
km

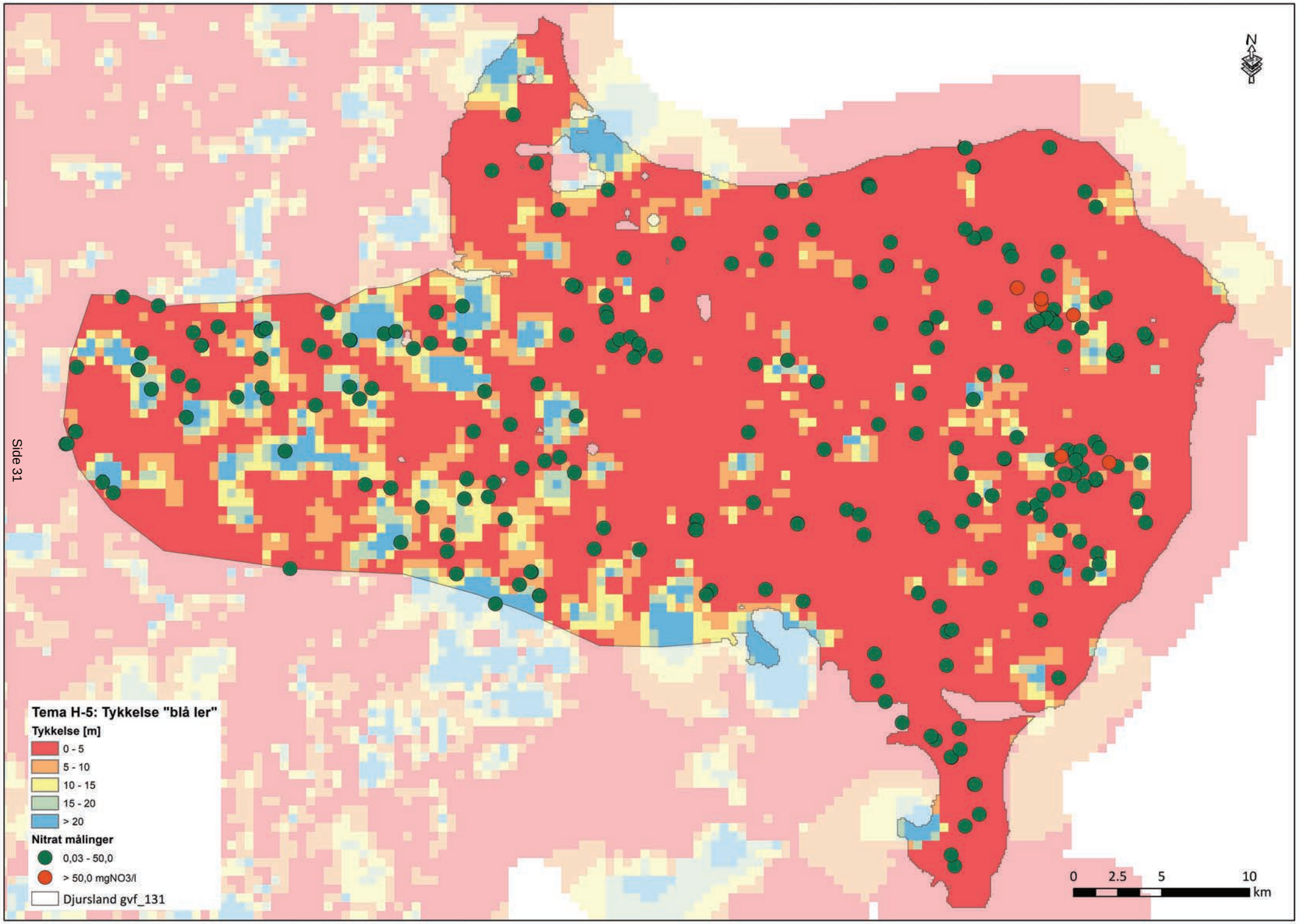

N
Tema A-3: Nitratmålinger mrk depot
Andre Typer
Mrk Depot
Djursland gvf_131
0
2.5
5
10
km

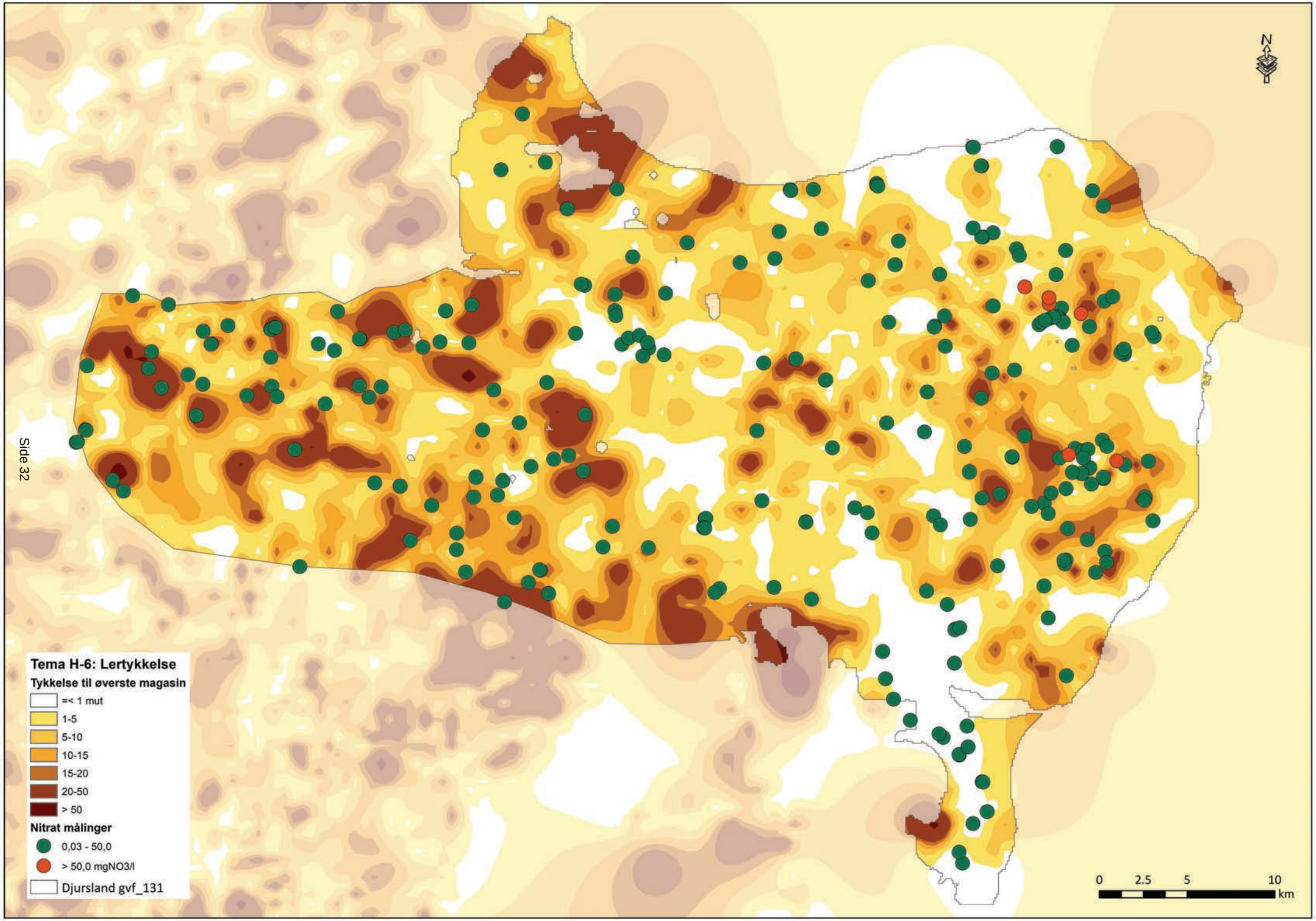

N
Tema H-1: Dybde til GVF
dkmj_dk1dyb
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
0
2.5
5
10
km

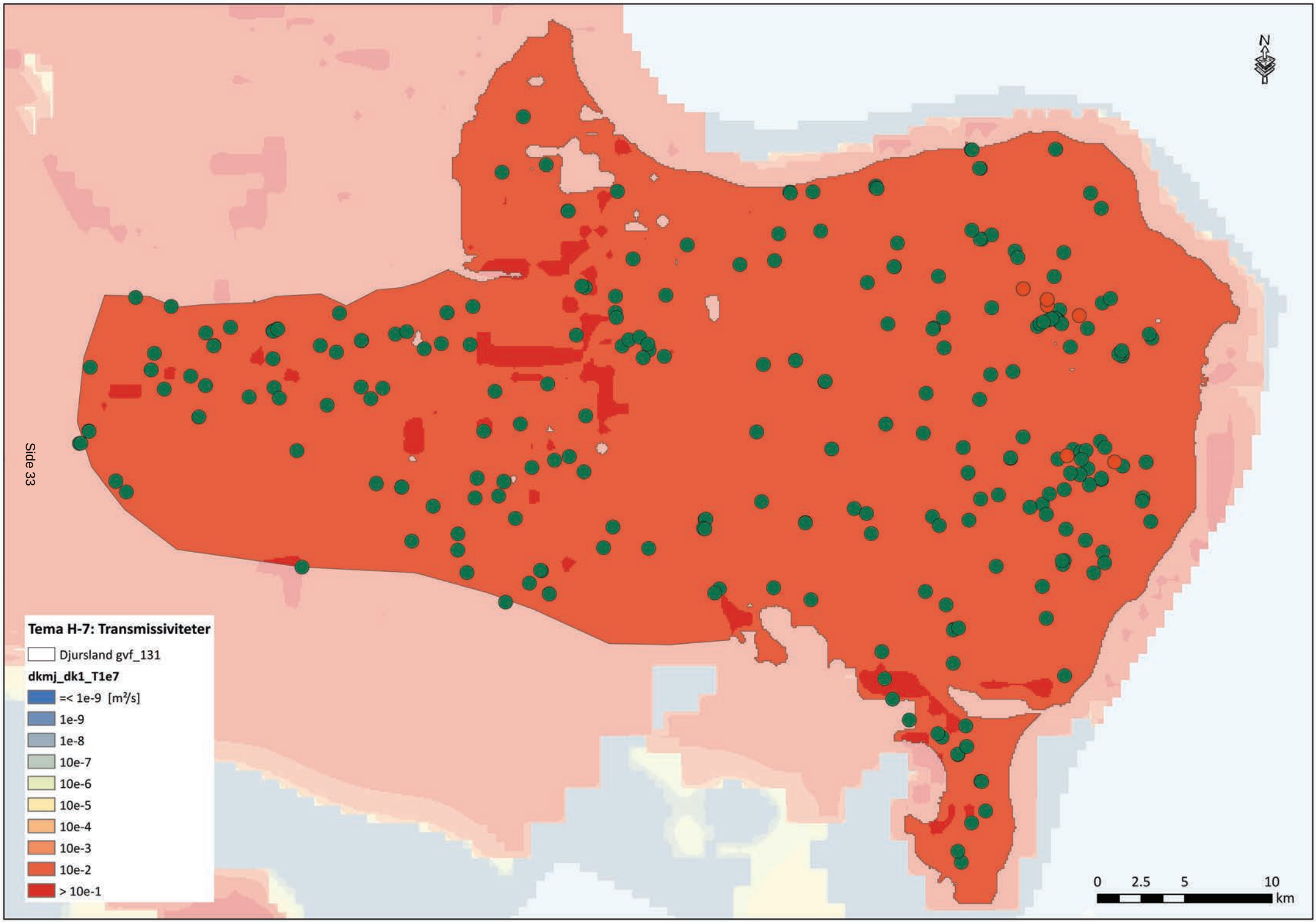

N
Tema H-2: Nettonedbør
Grundvandsdannelse [mm/år]
High : 750
Low : 50
Indvinding (2007-12)
=< 10.000 m3/år
10.000 50.000
50.000 - 100.000
100.000 - 200.000
> 200.000
Markvandings boring
Djursland gvf_131
0 2.5 5 10
km

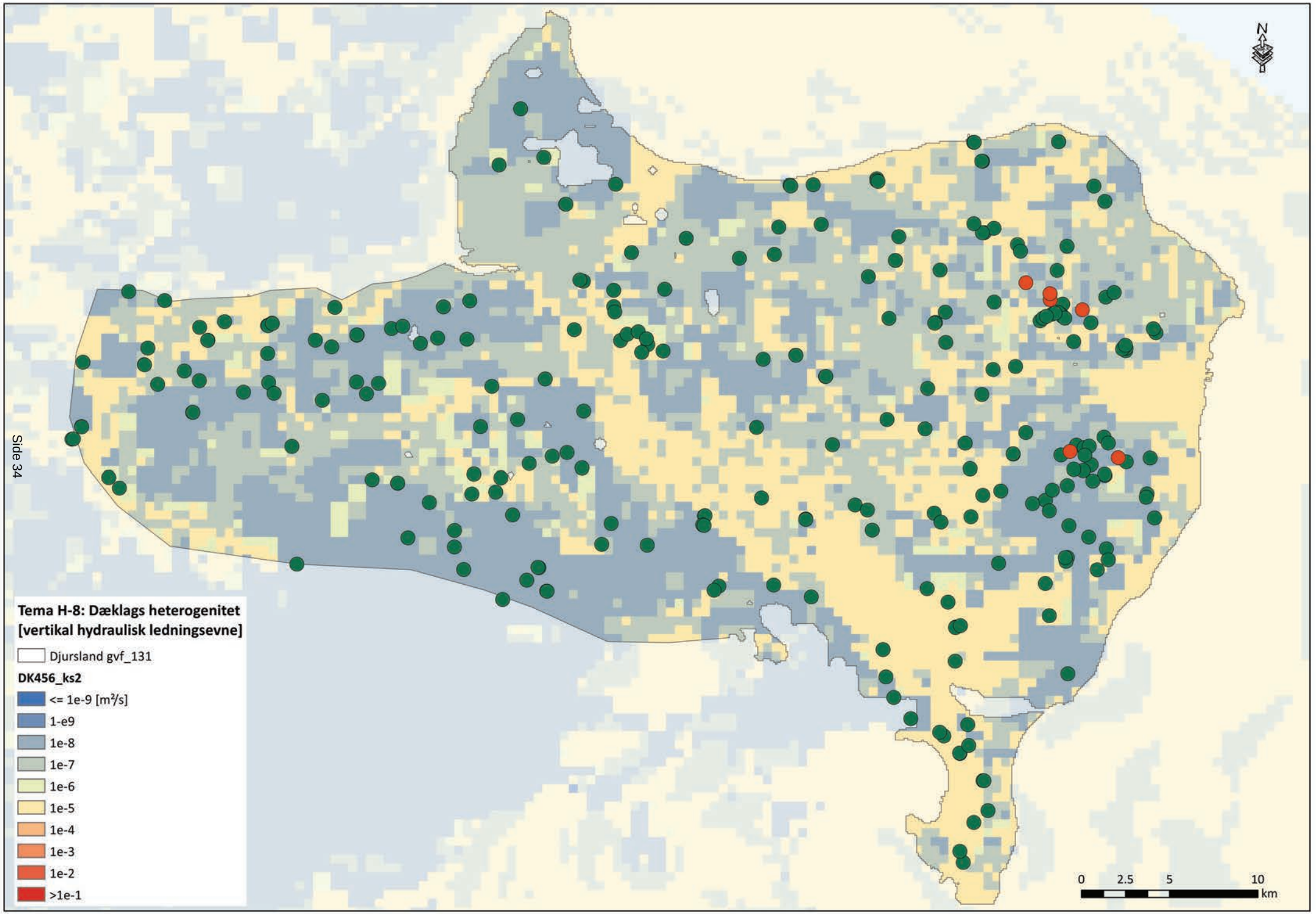

N
Tema H-3: Gvd til dk1
[mm/år]
High : 500
Low : 0
Indvinding (2007-12)
=< 10.000 m3/år
10.000 50.000
50.000 - 100.000
100.000 - 200.000
> 200.000
Djursland gvf_131
0 2.5 5 10
km

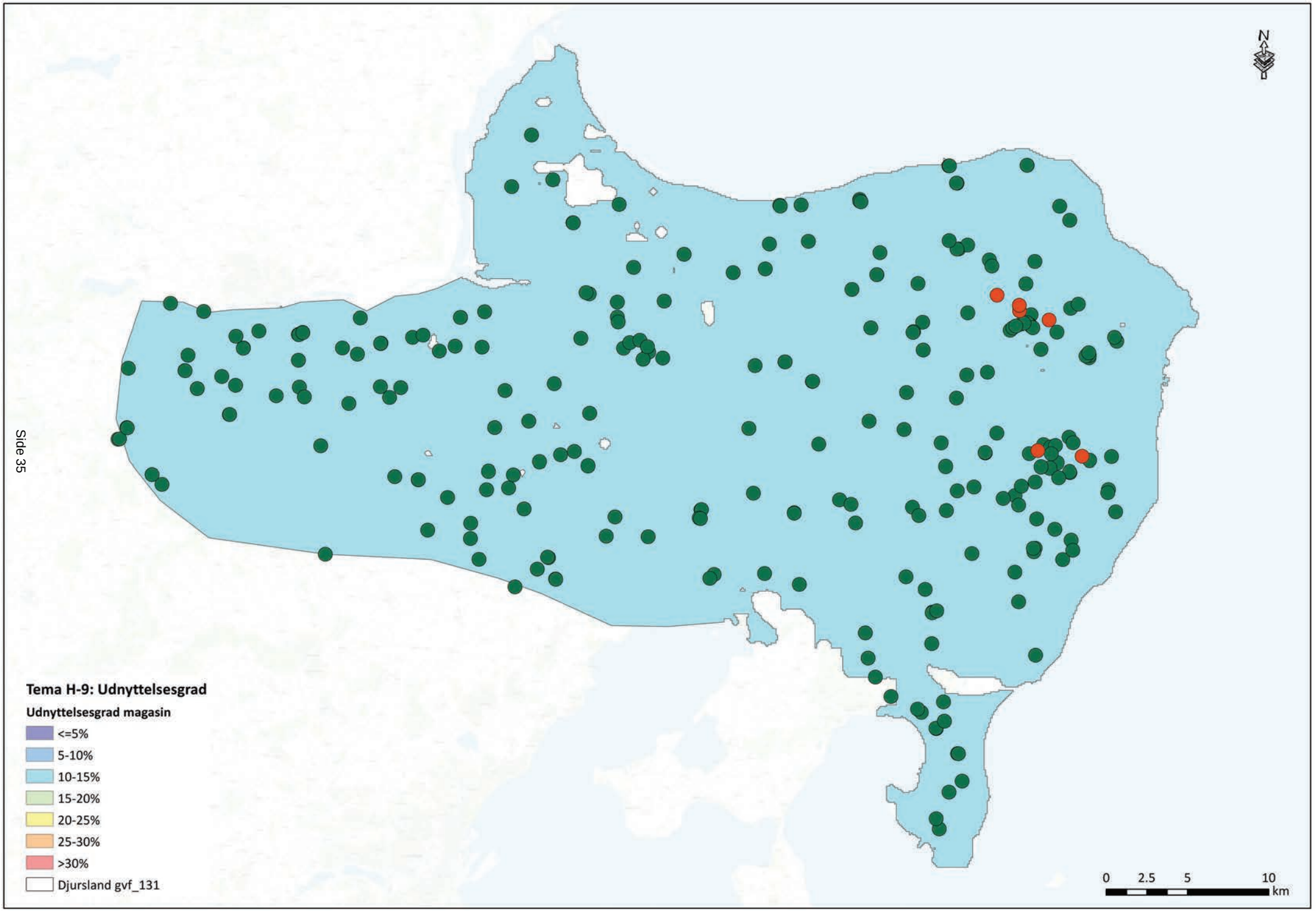

N
Tema H-4: Grundvandsstand
Dybde under terræn [m]
=> 15
10 - 15
8 - 10
6 - 8
4 - 6
2 - 4
< 2
(0)
dk16_flow_kalk_xy
dk16_flow_kalk_xy
Djursland gvf_131
0 2.5 5 10
km


N
Tema H-5: Tykkelse "blå ler"
Tykkelse [m]
0 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 20
> 20
Nitrat målinger
0,03 - 50,0
> 50,0 mgNO3/l
Djursland gvf_131
0
2.5
5
10
km


N
Tema H-6: Lertykkelse
Tykkelse til øverste magasin
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
Nitrat målinger
0,03 - 50,0
> 50,0 mgNO3/l
Djursland gvf_131
0
2.5
5
10
km

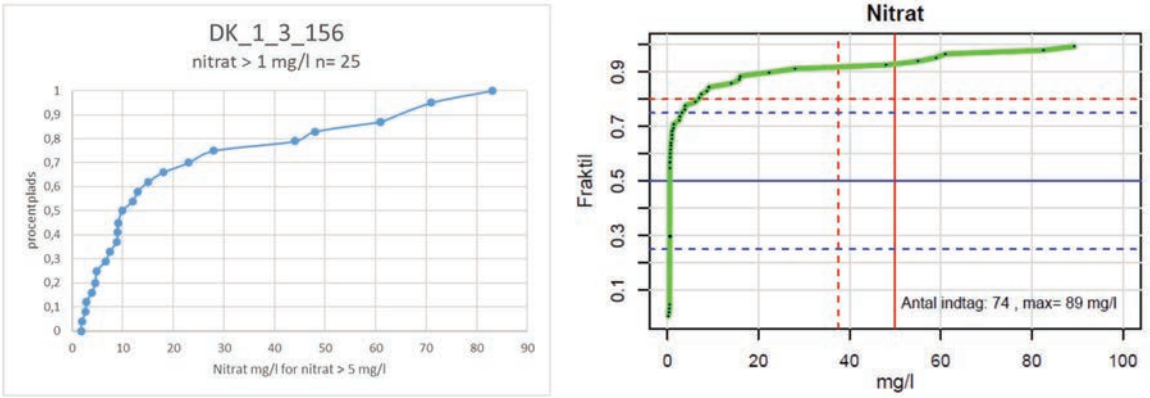

N
Tema H-7: Transmissiviteter
Djursland gvf_131
dkmj_dk1_T1e7
=< 1e-9 [m²/s]
1e-9
1e-8
10e-7
10e-6
10e-5
10e-4
10e-3
10e-2
> 10e-1
0
2.5
5
10
km


N
Tema H-8: Dæklags heterogenitet
[vertikal hydraulisk ledningsevne]
Djursland gvf_131
DK456_ks2
<= 1e-9 [m²/s]
1-e9
1e-8
1e-7
1e-6
1e-5
1e-4
1e-3
1e-2
>1e-1
0
2.5
5
10
km

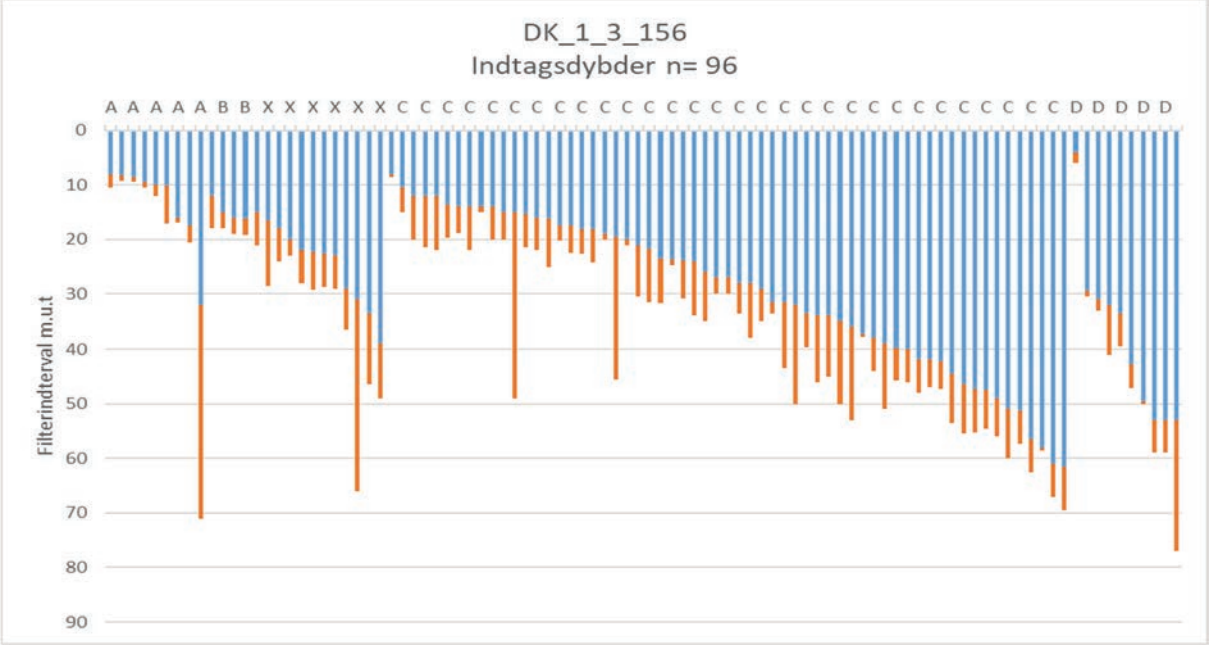

N
Tema H-9: Udnyttelsesgrad
Udnyttelsesgrad magasin
<=5%
5-10%
10-15%
15-20%
20-25%
25-30%
>30%
Djursland gvf_131
0
2.5
5
10
km

Bilag 6.2 Nordfyn (GVF -156)

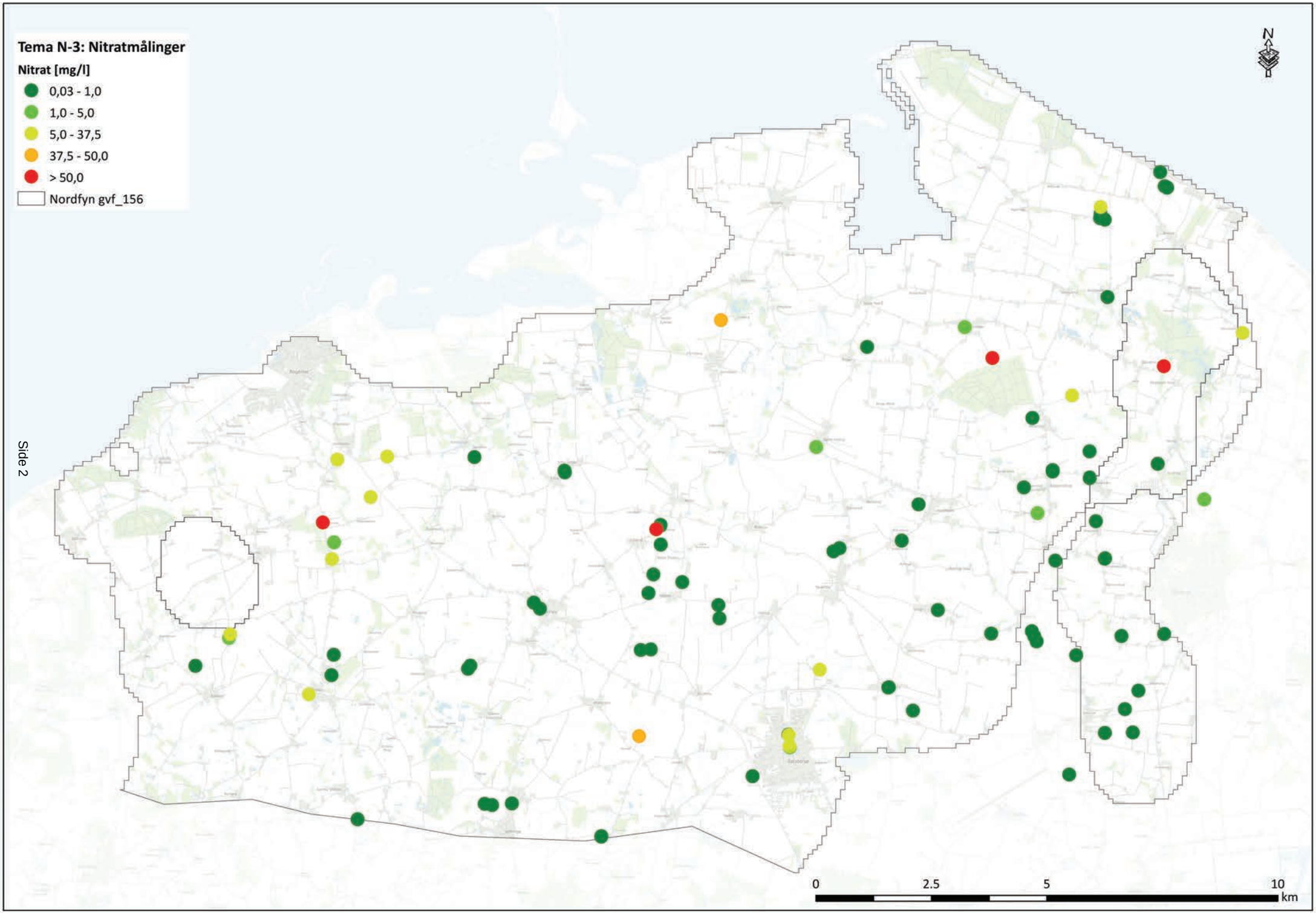
DK_1_3_156, Nordfyn

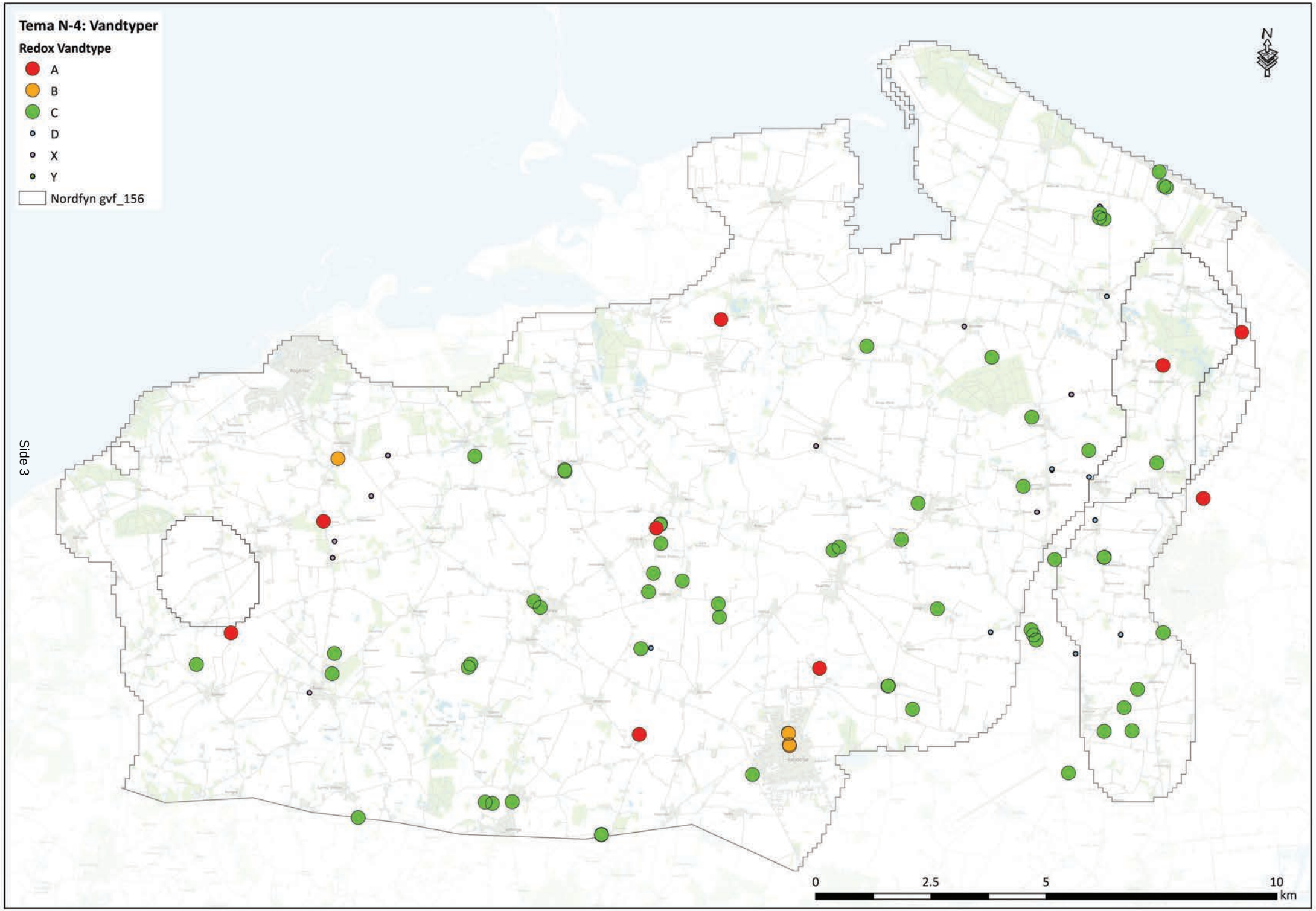


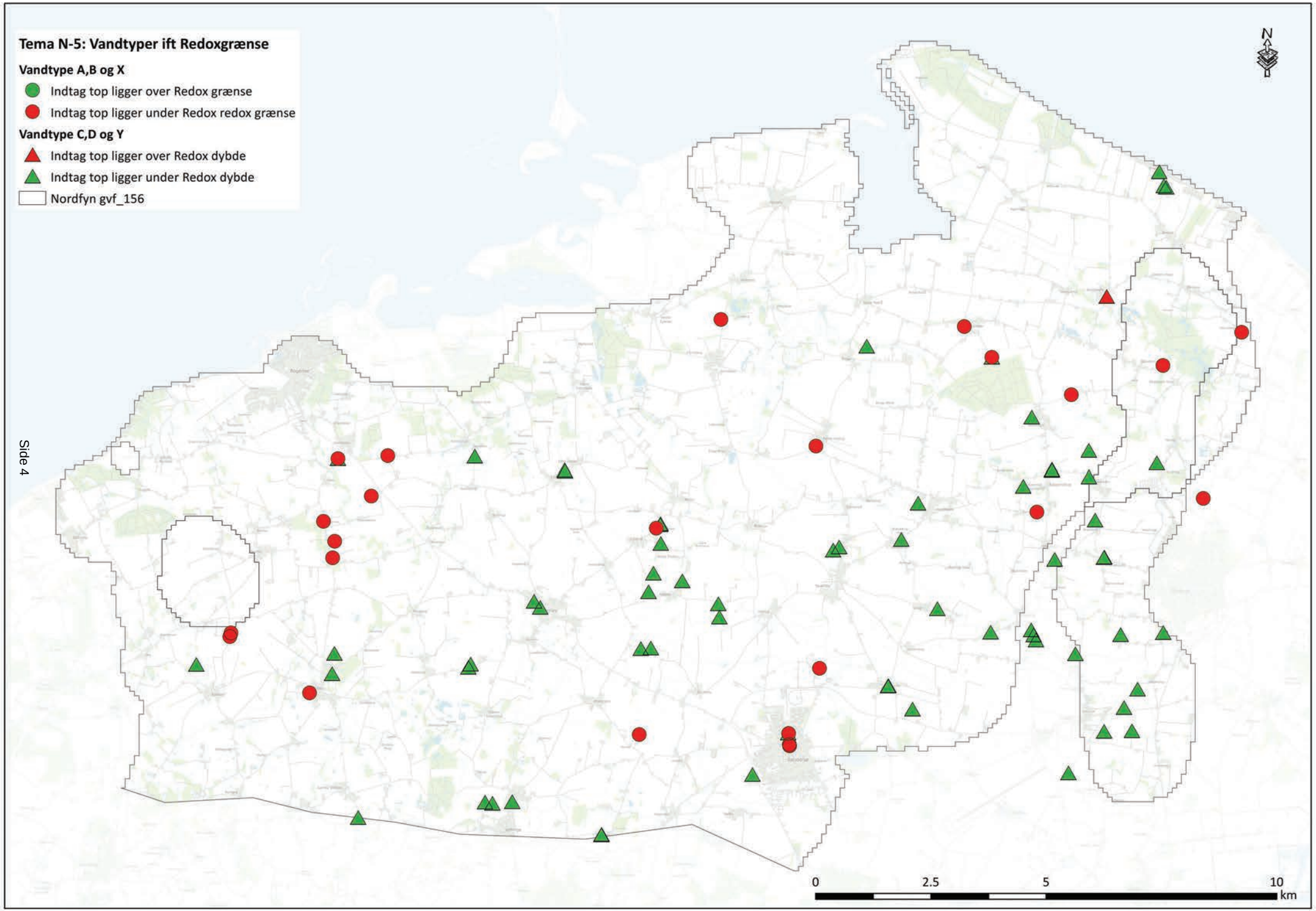
N1, Fordeling af nitratkoncentrationerne i GVF 1_3_156. Til venstre data 2011-2015, for nitrat > 1 mg/l, til højre støttetema fra Vandplan 2, data fra 2007-2013.

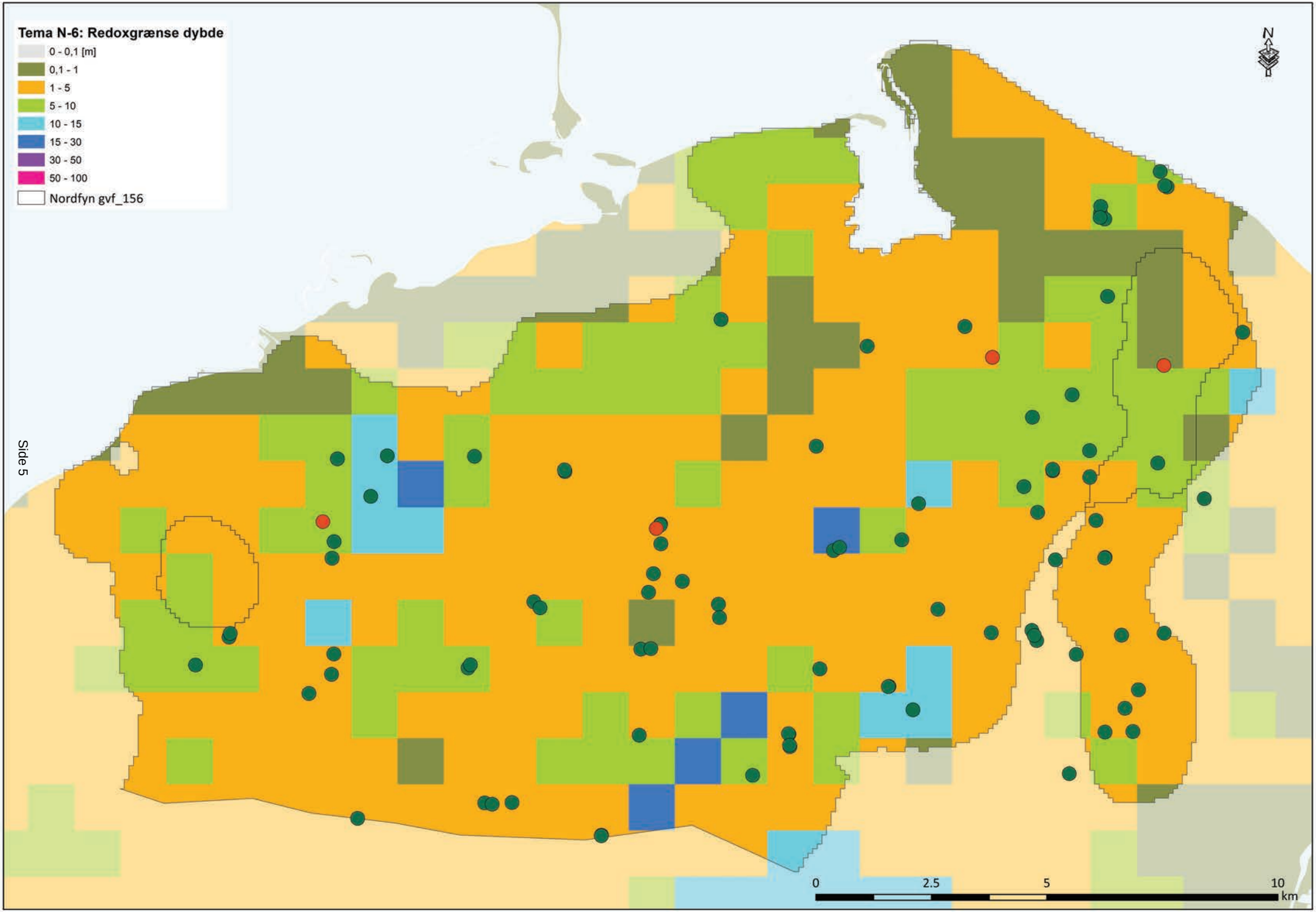


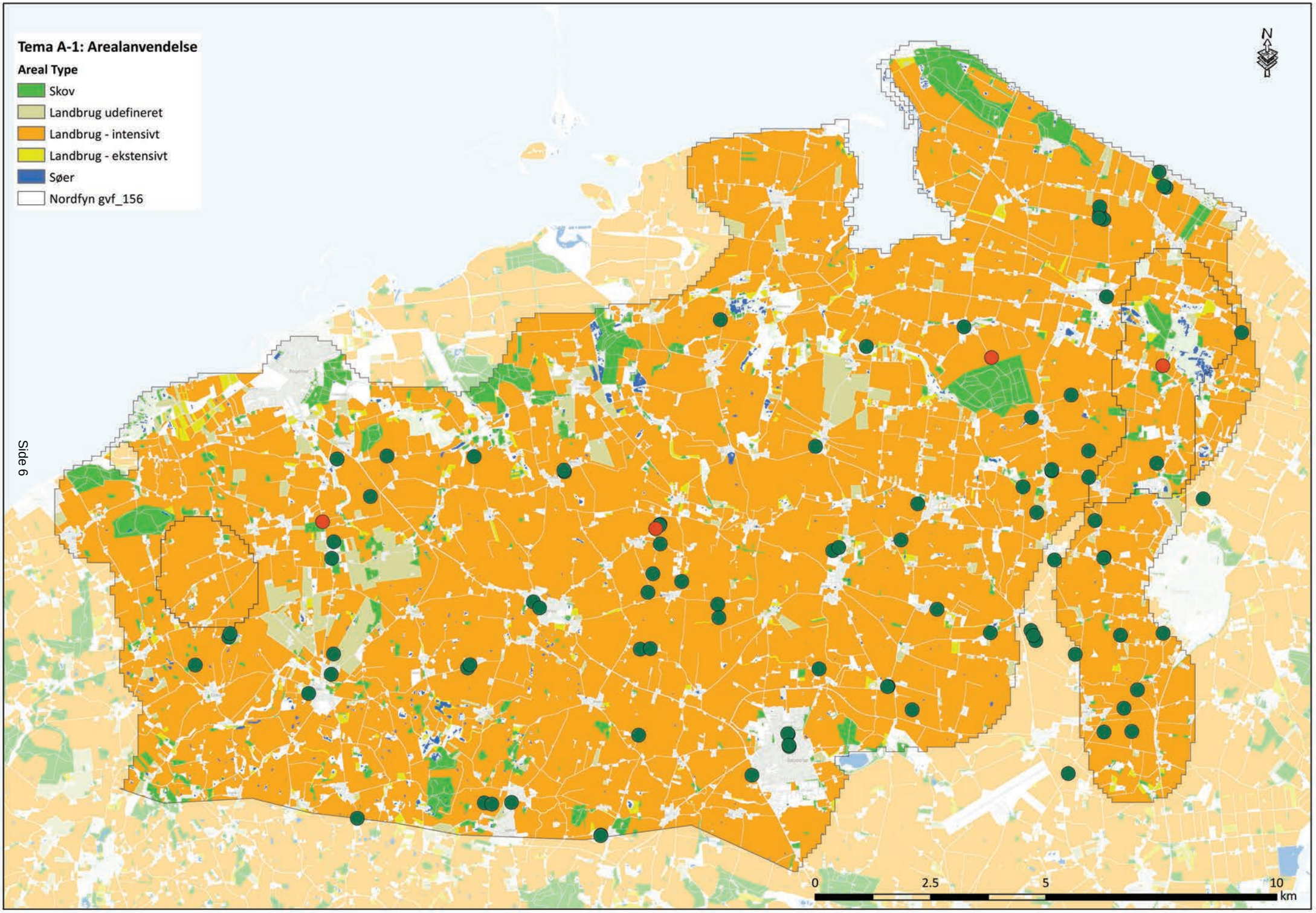
N2. Dybdefordeling og vandtyper i GVF 1_3_156, data fra 2011-2016.

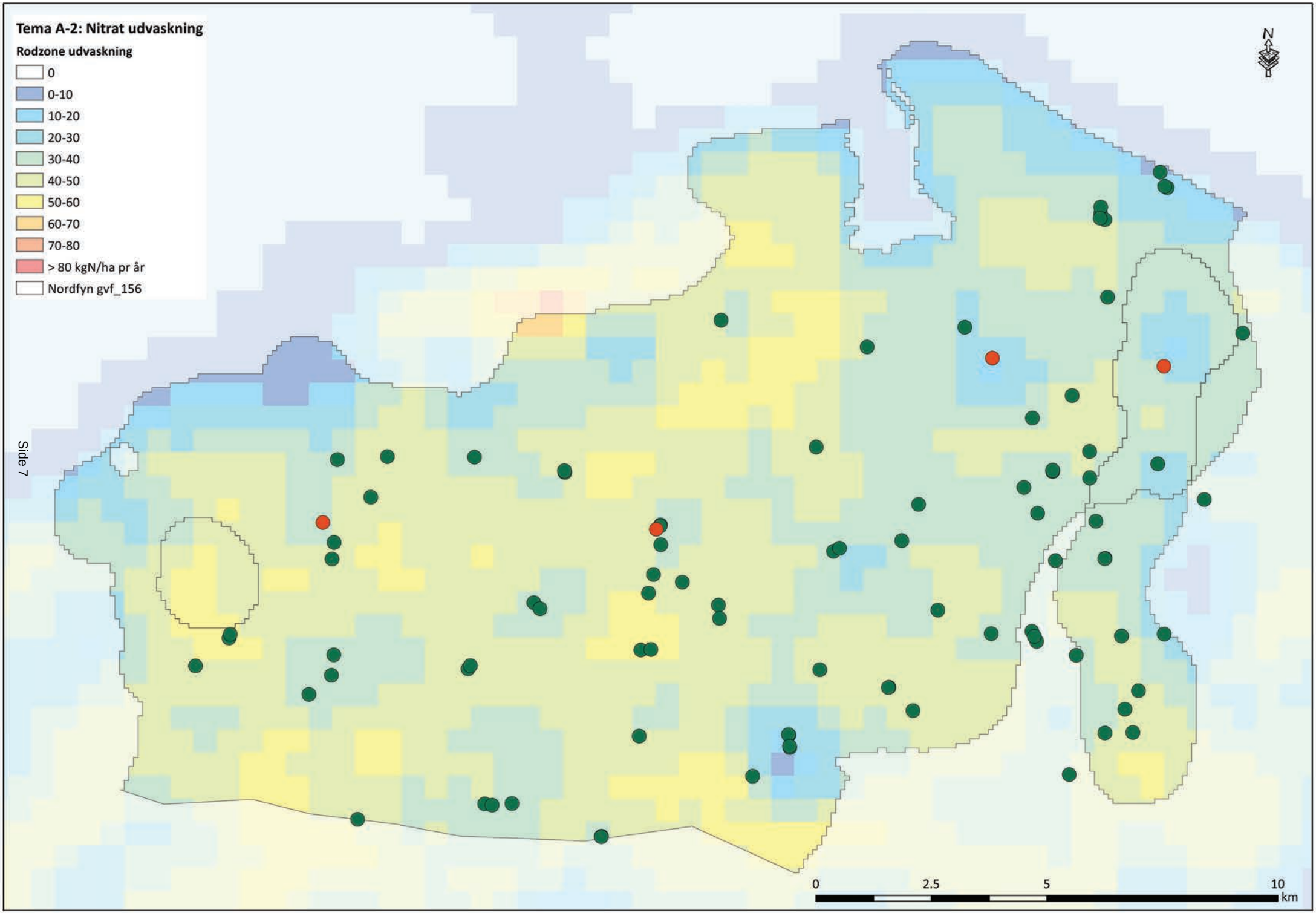

Tema N-3: Nitratmålinger
Nitrat [mg/l]
0,03 - 1,0
1,0 - 5,0
5,0 - 37,5
37,5 - 50,0
> 50,0
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km

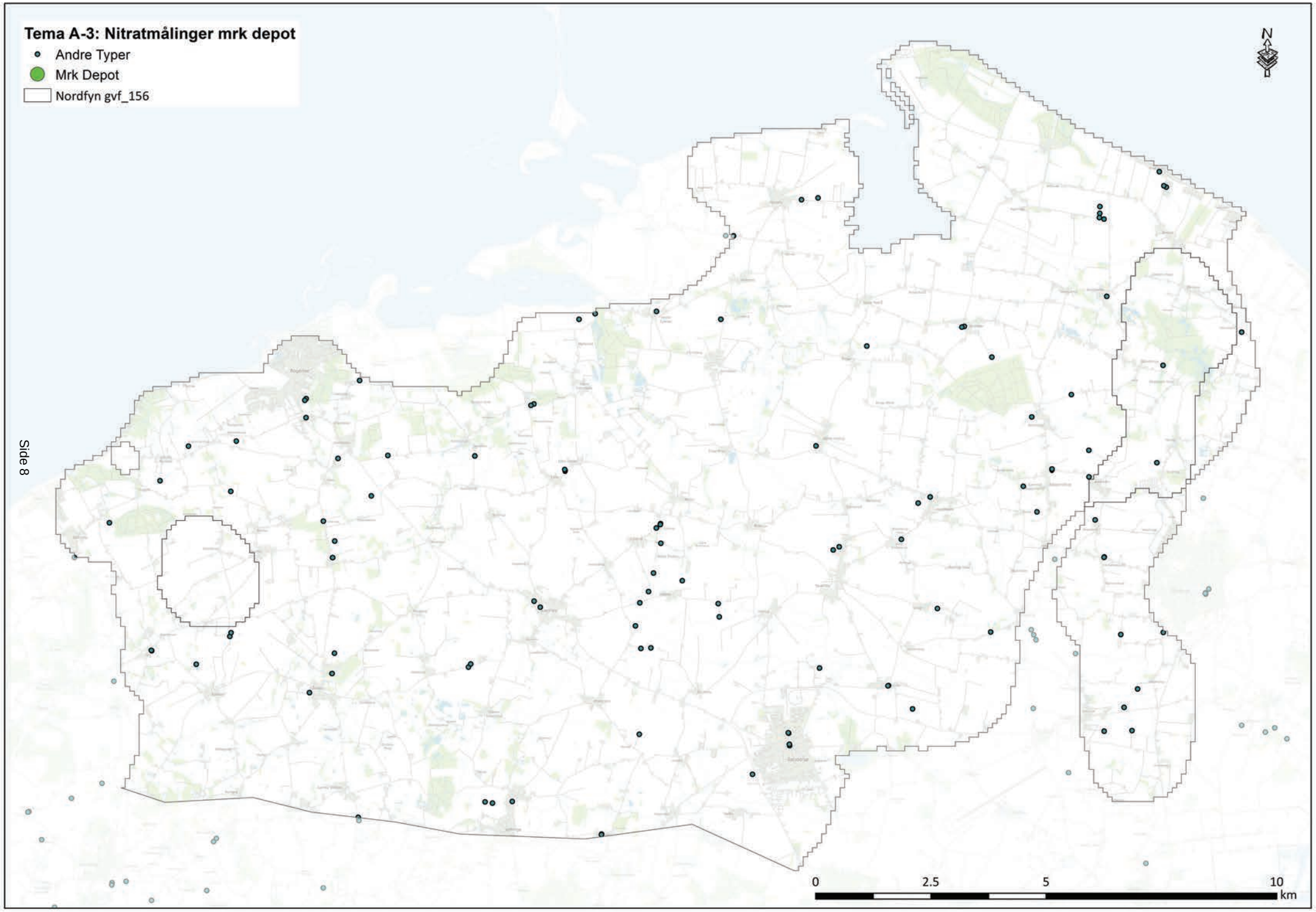

Tema N-4: Vandtyper
Redox Vandtype
A
B
C
D
X
Y
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km


Tema N-5: Vandtyper ift Redoxgrænse
Vandtype A,B og X
Indtag top ligger over Redox grænse
Indtag top ligger under Redox redox grænse
Vandtype C,D og Y
Indtag top ligger over Redox dybde
Indtag top ligger under Redox dybde
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km

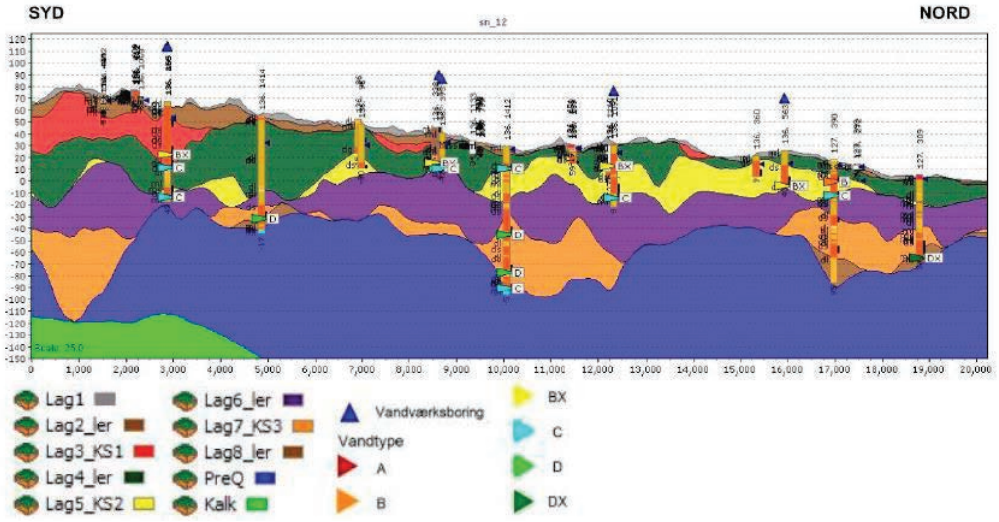

Tema N-6: Redoxgrænse dybde
0 - 0,1 [m]
0,1 - 1
1 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 30
30 - 50
50 - 100
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km


Tema A-1: Arealanvendelse
Areal Type
Skov
Landbrug udefineret
Landbrug - intensivt
Landbrug - ekstensivt
Søer
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km


Tema A-2: Nitrat udvaskning
Rodzone udvaskning
0
0-10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
> 80 kgN/ha pr år
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km


Tema A-3: Nitratmålinger mrk depot
Andre Typer
Mrk Depot
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km

Kort beskrivelse af geologiske forhold:



Figur 1: Udvalgt snit gennem hydrostratigrafisk model for kortlægningsområdet. Lysgrøn=kalk; blå=palæogent ler; Rød/gul/orange=kvartære sandlag; lilla/mørkgrøn/brun=kvartære lerlag. Fra /1/.

Prækvartære aflejringer:

- Nederst i lagserien haves Danienkalk (grøn; figur 1) og herover palæogene, lerede aflejringer (palæocæn ler og mergel; blå, figur 1)
- Nordover dykker kalkoverfladen og det palæogene ler bliver tykkere

Kvartære aflejringer:

- Aflejringerne består overvejende af moræneler og smeltevandsler, -sand og –grus, og stedvist saltvandsler og -silt. Der er tolket to til tre sandlag mellem terræn og kote ca. -50 meter, hvoraf det mellemste sandlag har en god udbredelse /1/
- Området har et terrænnært lerdække af moræneler og stedvist af smeltevandsler

Begravede dale:

- I området findes et stort antal begravede dale med en overordnet ØNØ-VSV orientering /2/
- Dalene er eroderet dybt ned det palæogene ler og stedvist er leret borteroderet så det kvartære dalfyld ligger direkte på kalken
- Nederst i de begravede dale findes mange steder moræneler og smeltevandsler. Aflejringerne i de begravede dalstrukturer er stedvist tolket at være ældre end Weichsel, blandt andet på grund af tilstedeværelsen af omlejret ler og silt fra Eem. Dalene er dækket af udbredte, kvartære sand- og lerlag.

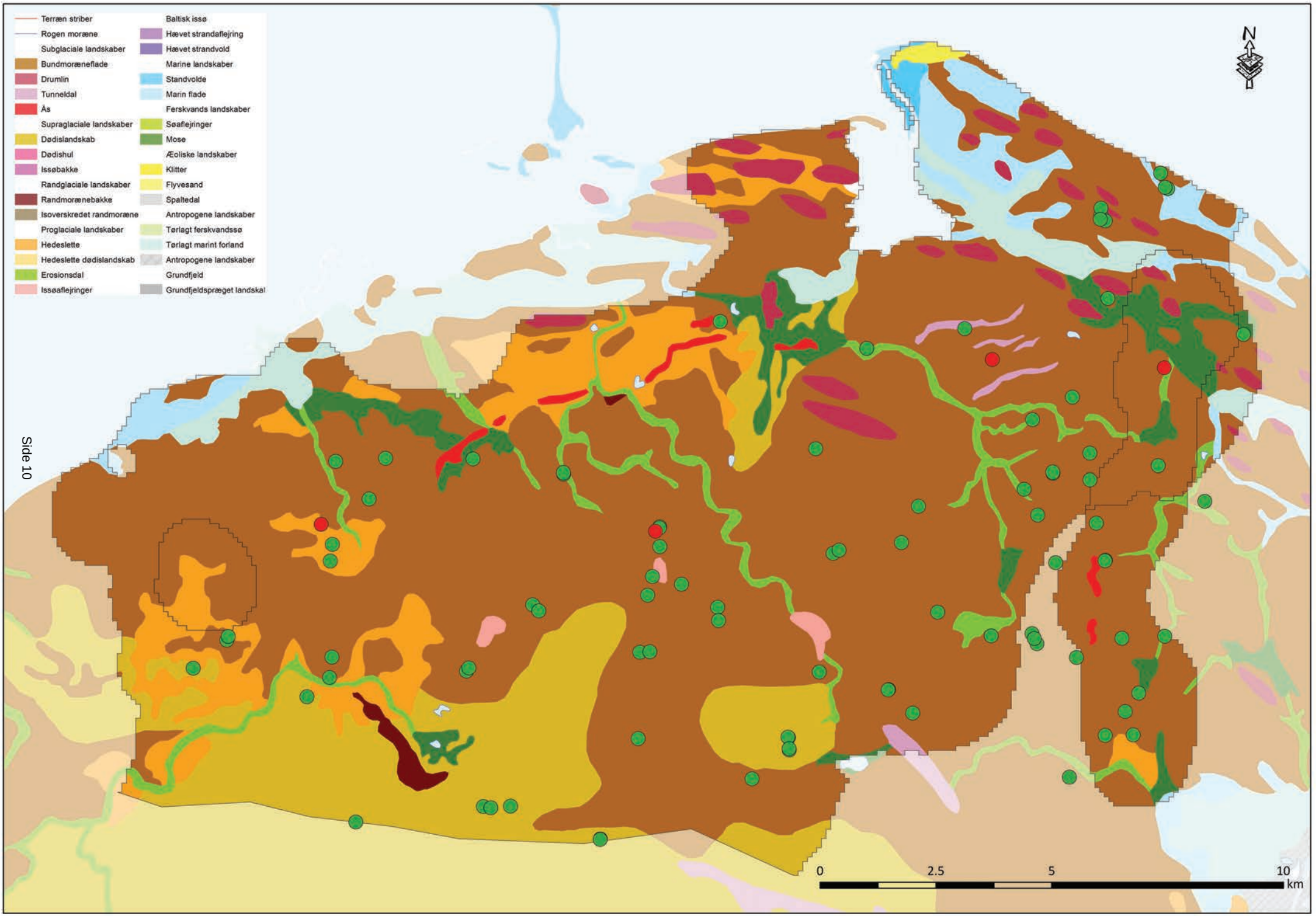
Deformationer af lagserien:

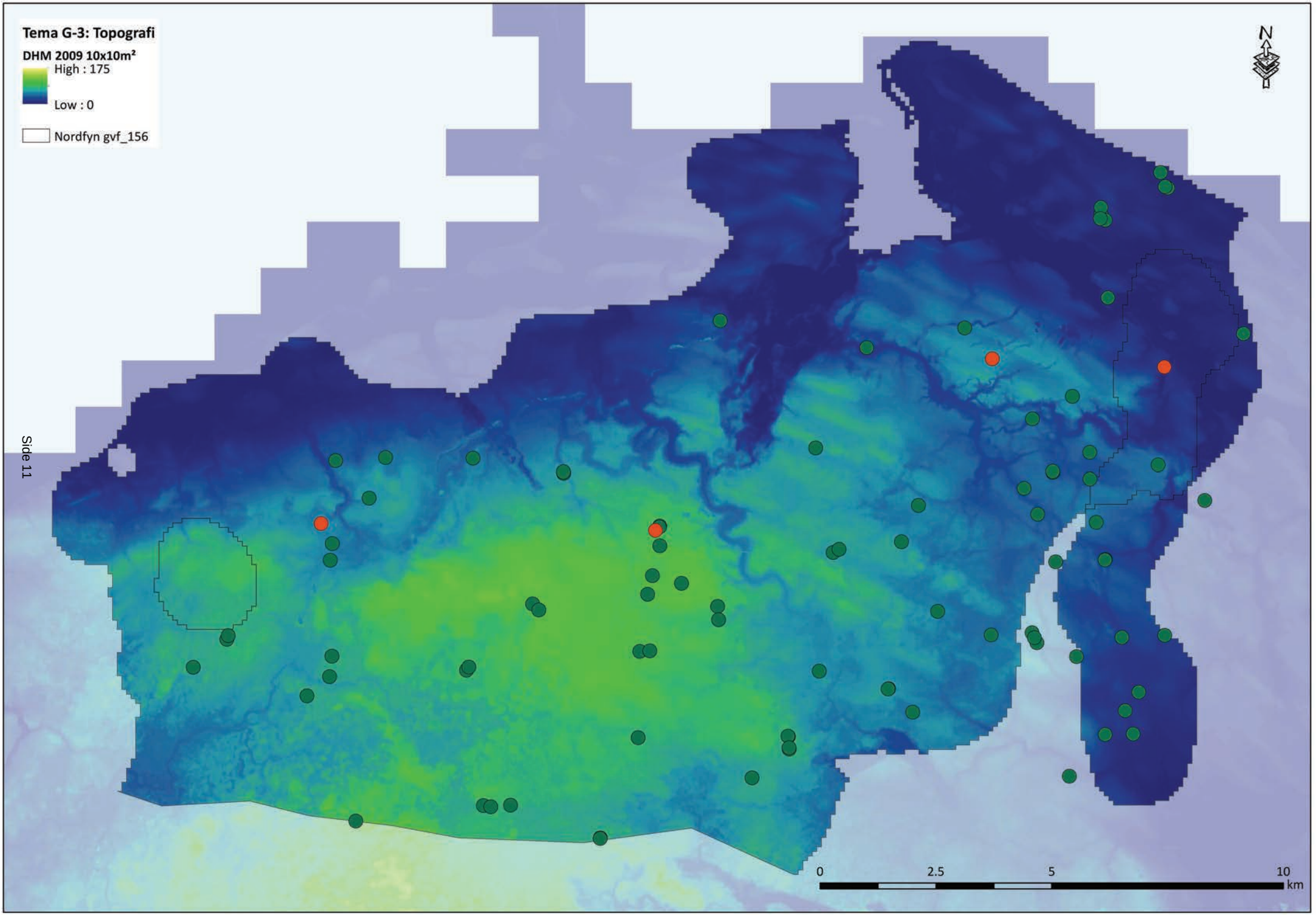
- Glacialtektoniske forstyrrelser forekommer stedvist – eksempelvis mod sydvest /3/ Lagserien i disse områder kan derfor ikke forventes at være sammenhængende over større afstande

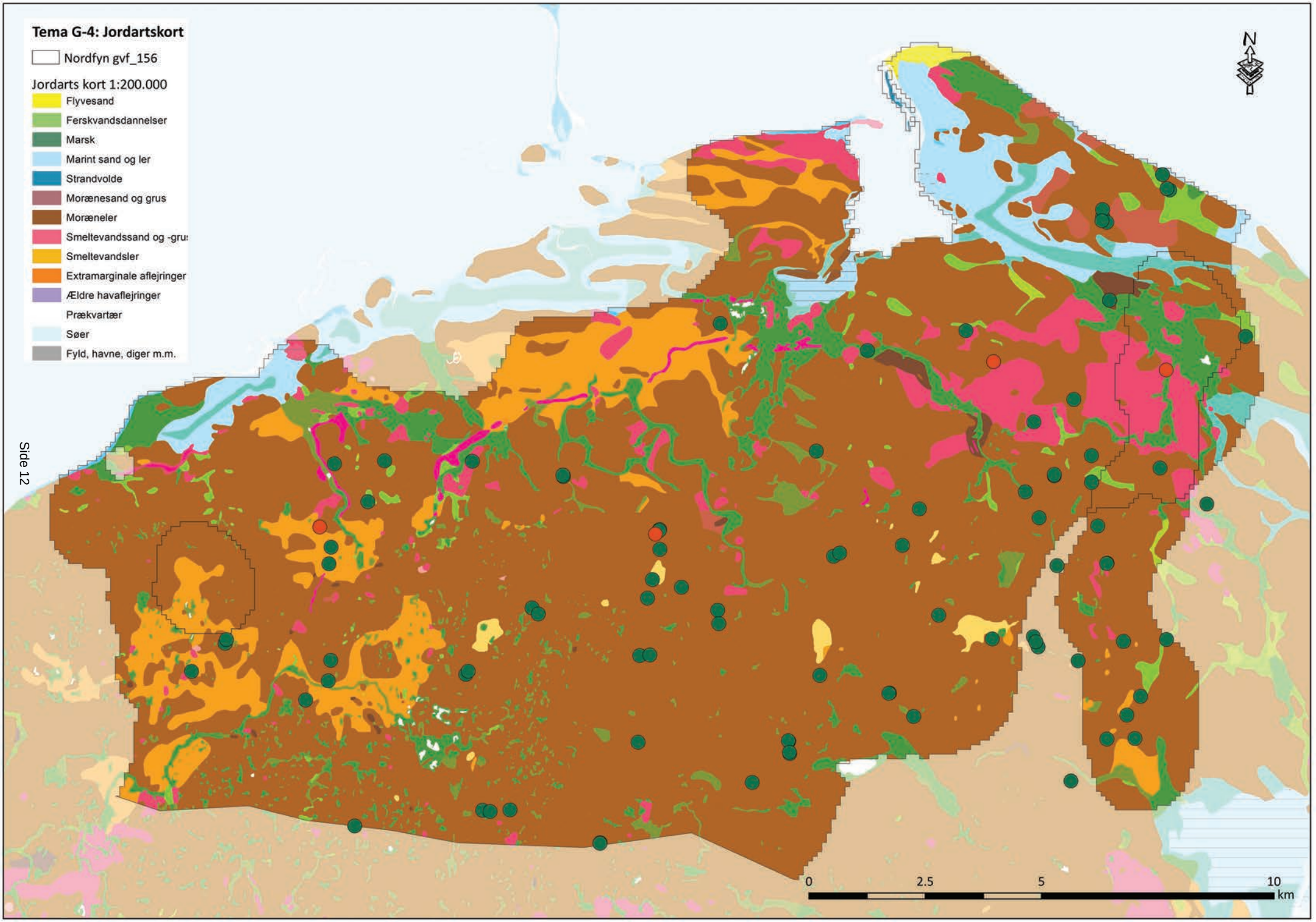
Referencer:

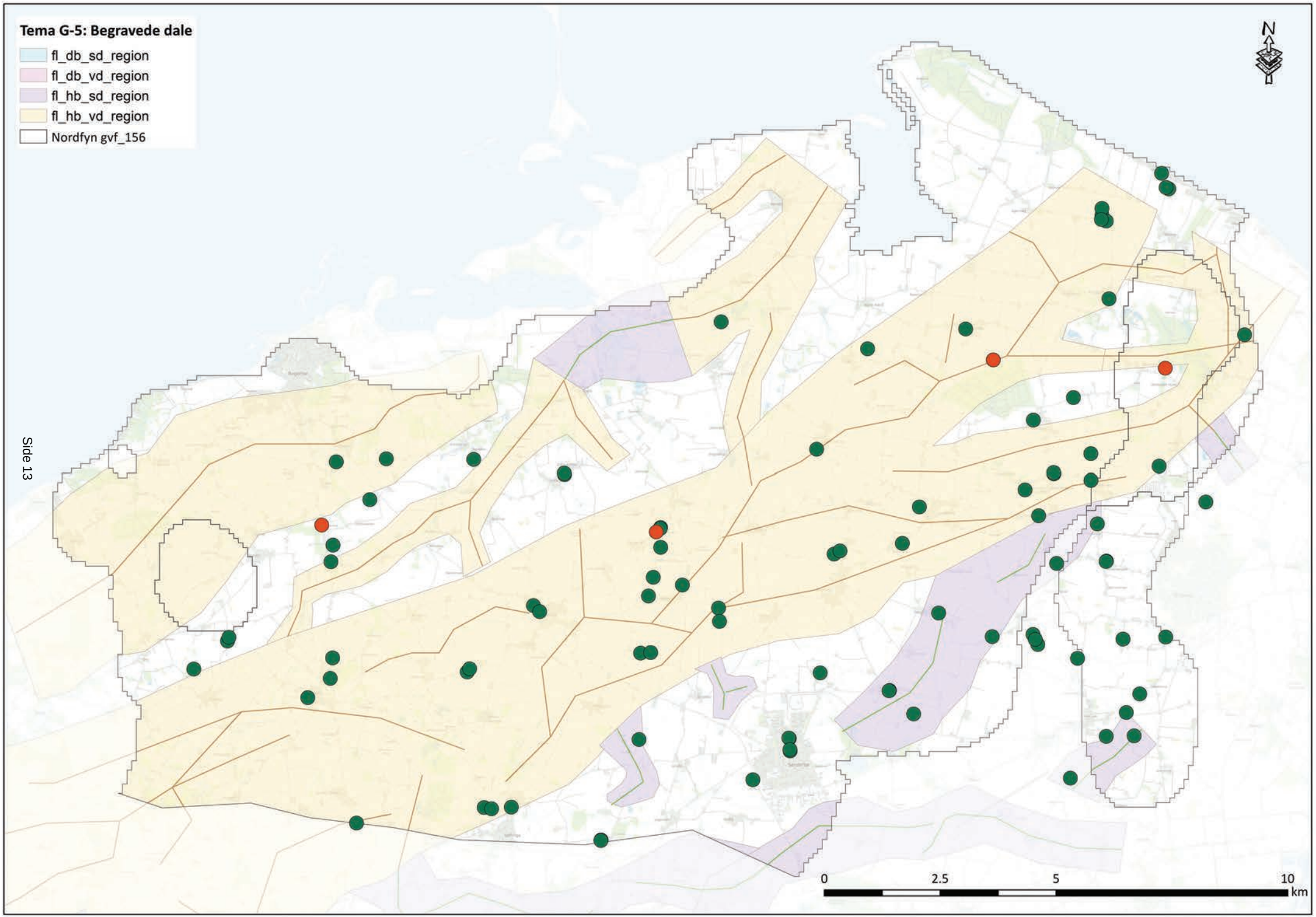
/1/ Naturstyrelsen/Orbicon (2014). Redegørelse for Nordfyn – Nordfyns Kommune. 4. udgave, august 2014. ISBN nr. 978-87-7091-646-2.
/2/ Sandersen, P.B.E. & Jørgensen (2016). Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. GEUS Særudgivelse, bind 1 og 2. (www.begravededale.dk)
/3/ Sandersen, P.B.E. & Kallesøe, A.J. (2017). Odense Vest – 3D geologisk/hydrostratigrafisk detailmodellering. GEUS Rapport 2017/25.

Udført af:	PSA	Dato:	02.05.18

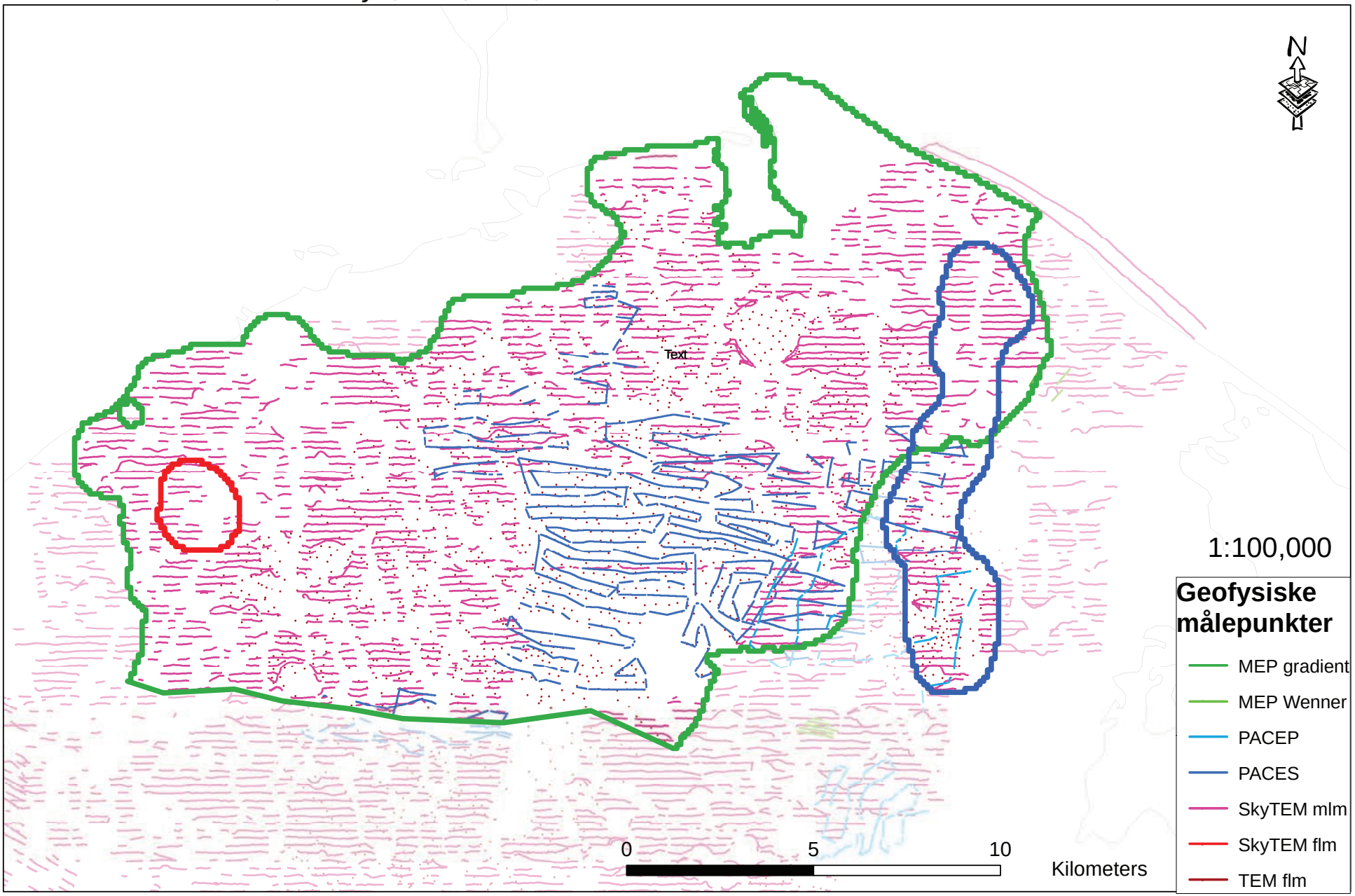

Terræn striber
Rogen moræne
Subglaciale landskaber
Bundmoræneflade
Drumlin
Tunneldal
Ås
Supraglaciale landskaber
Dødislandskab
Dødishul
Issøbakke
Randglaciale landskaber
Randmorænebakke
Isoverskredet randmoræne
Proglaciale landskaber
Hedeslette
Hedeslette dødislandskab
Erosionsdal
Issøaflejringer
Baltisk issø
Hævet strandaflejring
Hævet strandvold
Marine landskaber
Standvolde
Marin flade
Ferskvands landskaber
Søaflejringer
Mose
Æoliske landskaber
Klitter
Flyvesand
Spaltedal
Antropogene landskaber
Tørlagt ferskvandssø
Tørlagt marint forland
Antropogene landskaber
Grundfjeld
Grundfjeldspræget landskal
N
0
2.5
5
10
km


Tema G-3: Topografi
DHM 2009 10x10m²
High : 175
Low : 0
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km

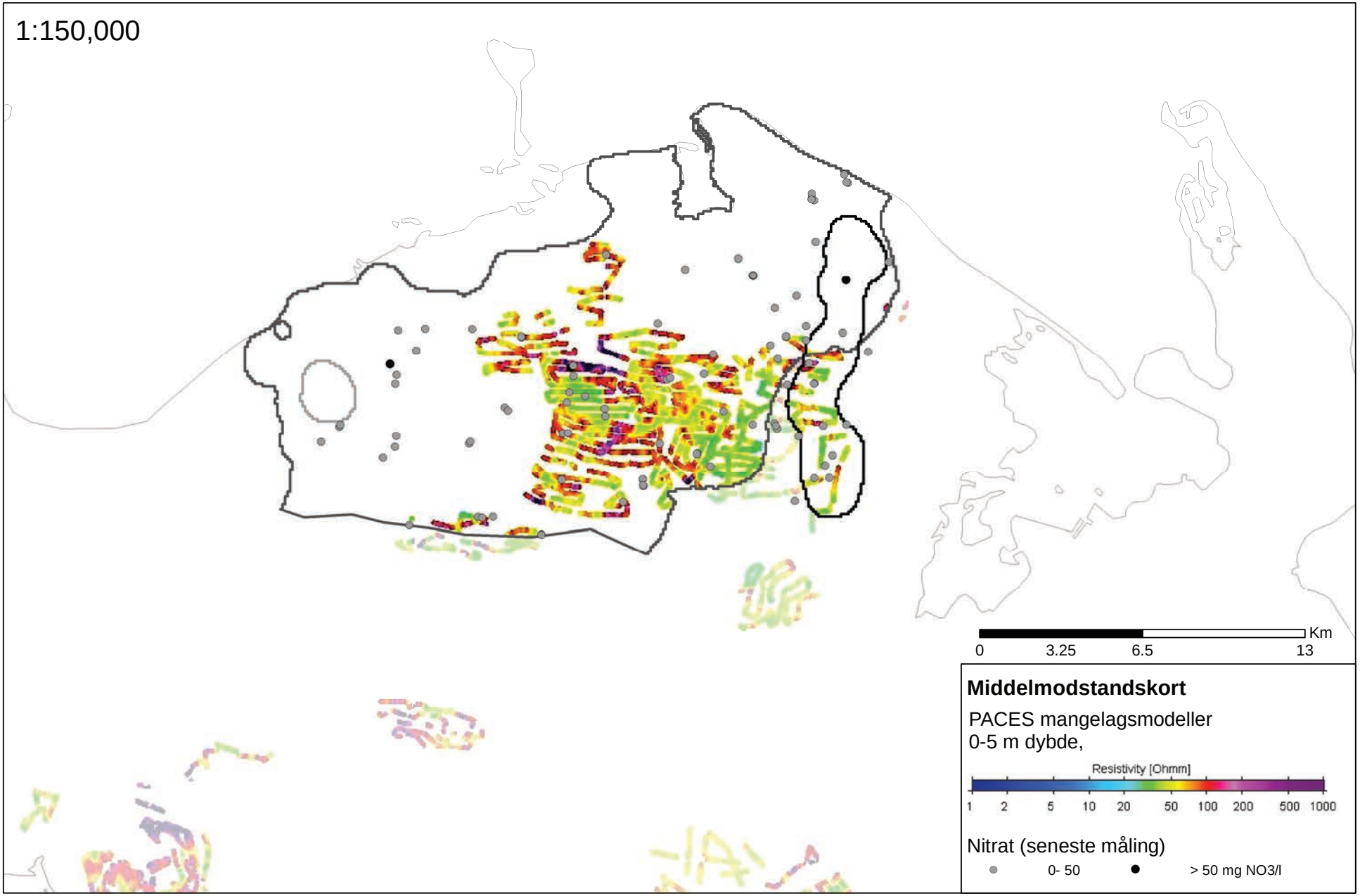

Tema G-4: Jordartskort
Nordfyn gvf_156
Jordarts kort 1:200.000
Flyvesand
Ferskvandsdannelser
Marsk
Marint sand og ler
Strandvolde
Morænesand og grus
Moræneler
Smeltevandssand og -grus
Smeltevandsler
Extramarginale aflejringer
Ældre havaflejringer
Prækvartær
Søer
Fyld, havne, diger m.m.
N
0
2.5
5
10
km


Tema G-5: Begravede dale
fl_db_sd_region
fl_db_vd_region
fl_hb_sd_region
fl_hb_vd_region
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km

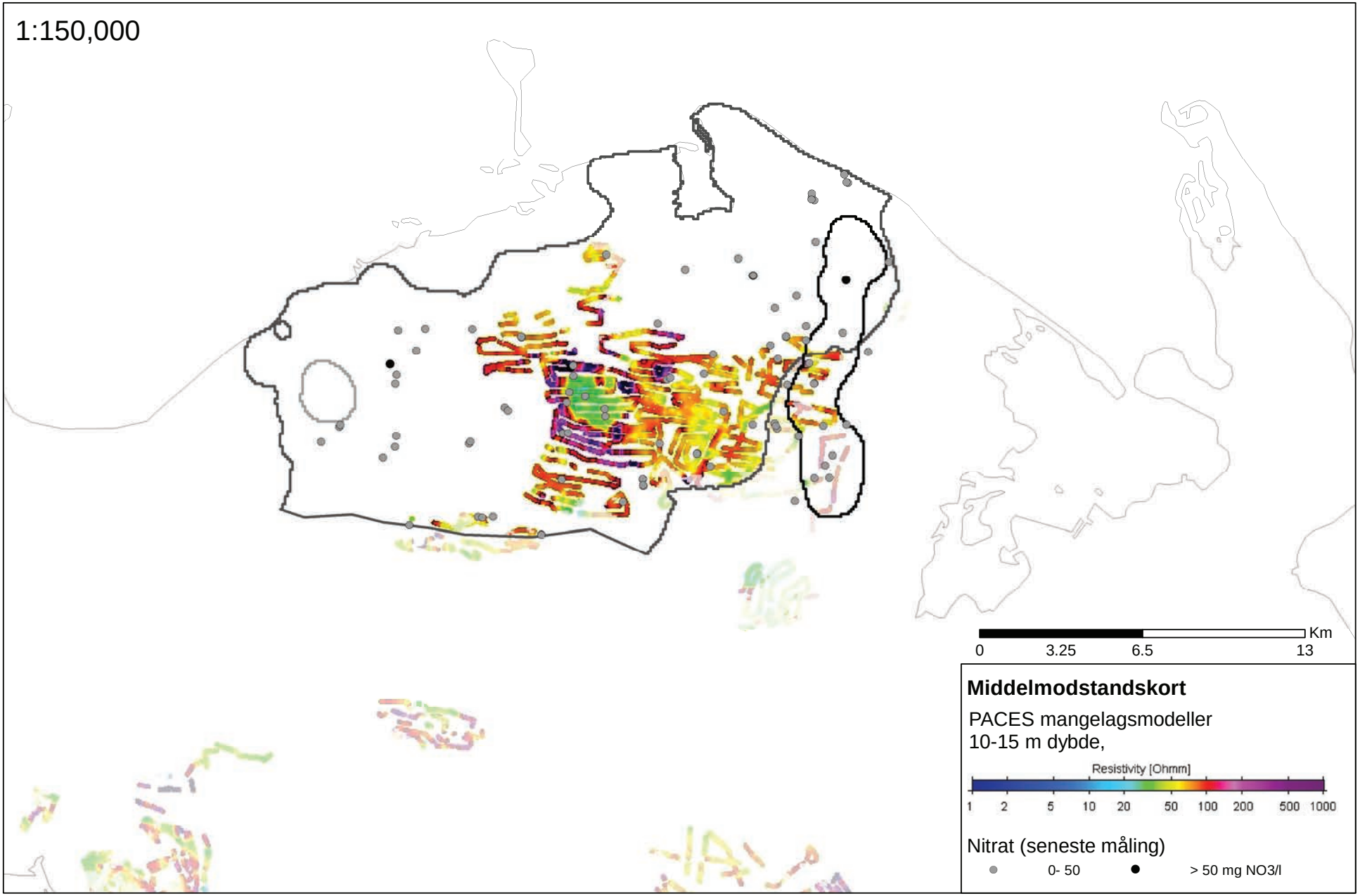
Tema G- 6: GVF 156, Nordfyn, KS1, KS2, KS3



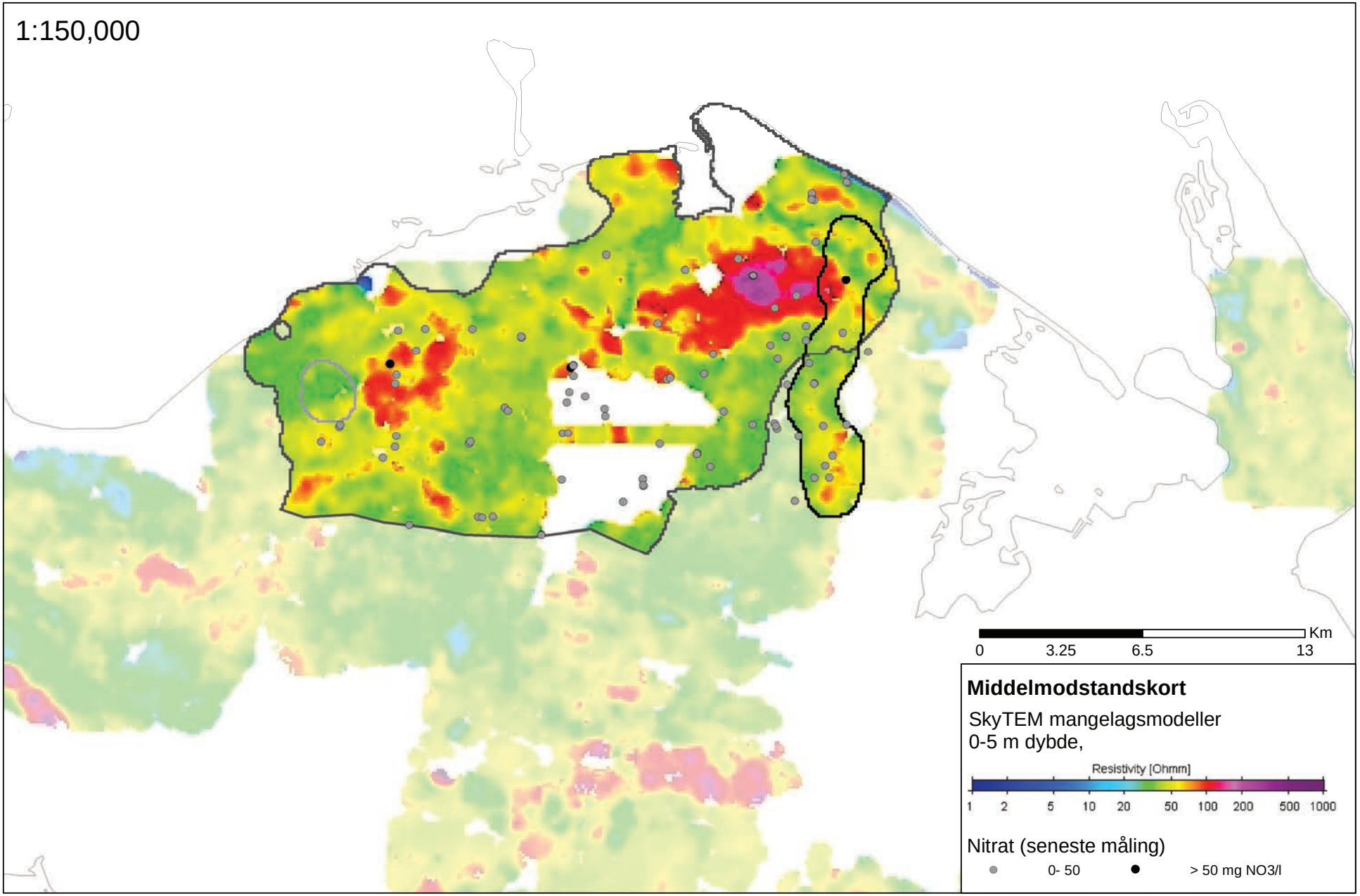
GVF 156, Nordfyn, ks1, ks2, ks3



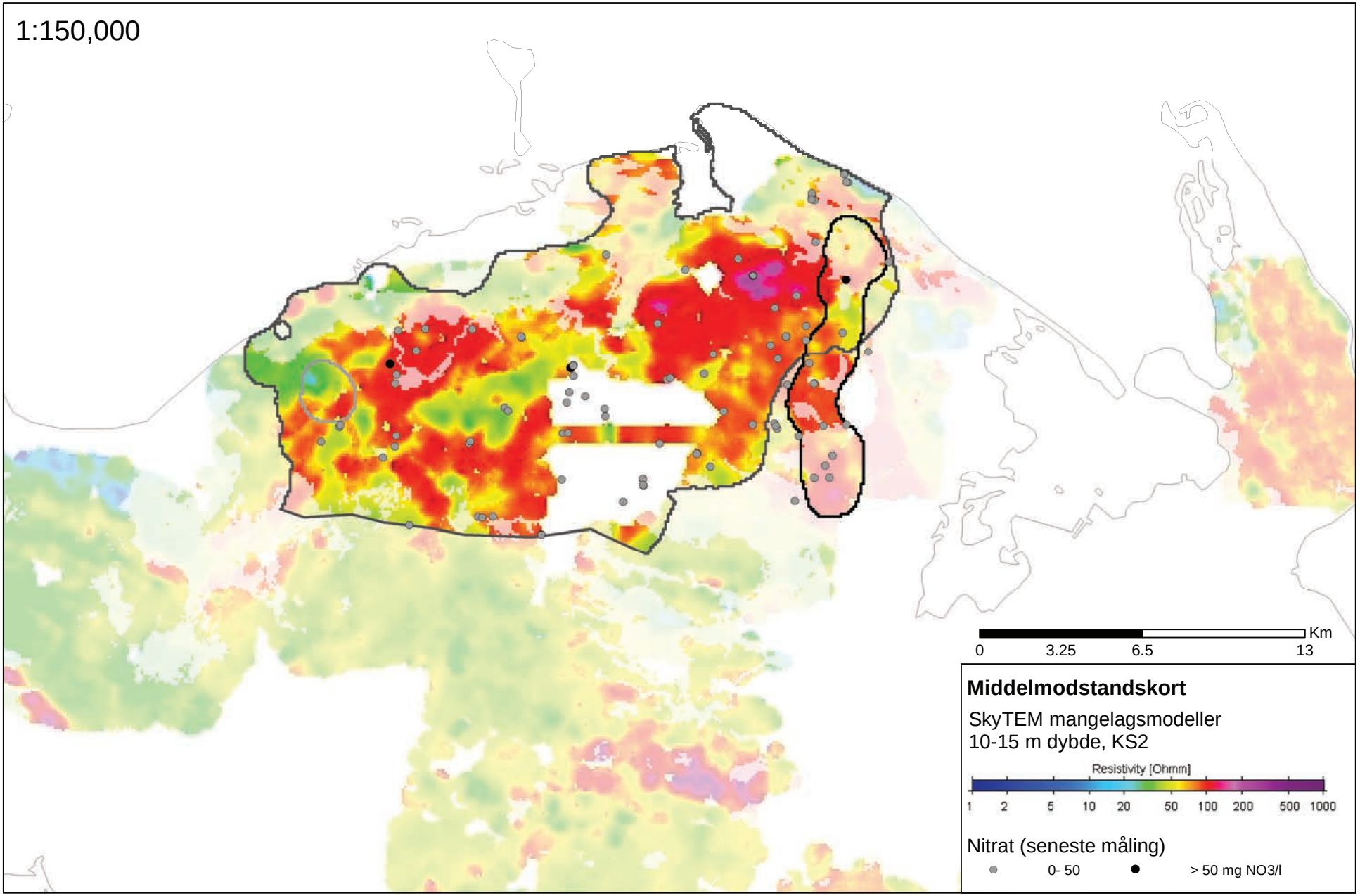
GVF 156, Nordfyn, ks1, ks2, ks3



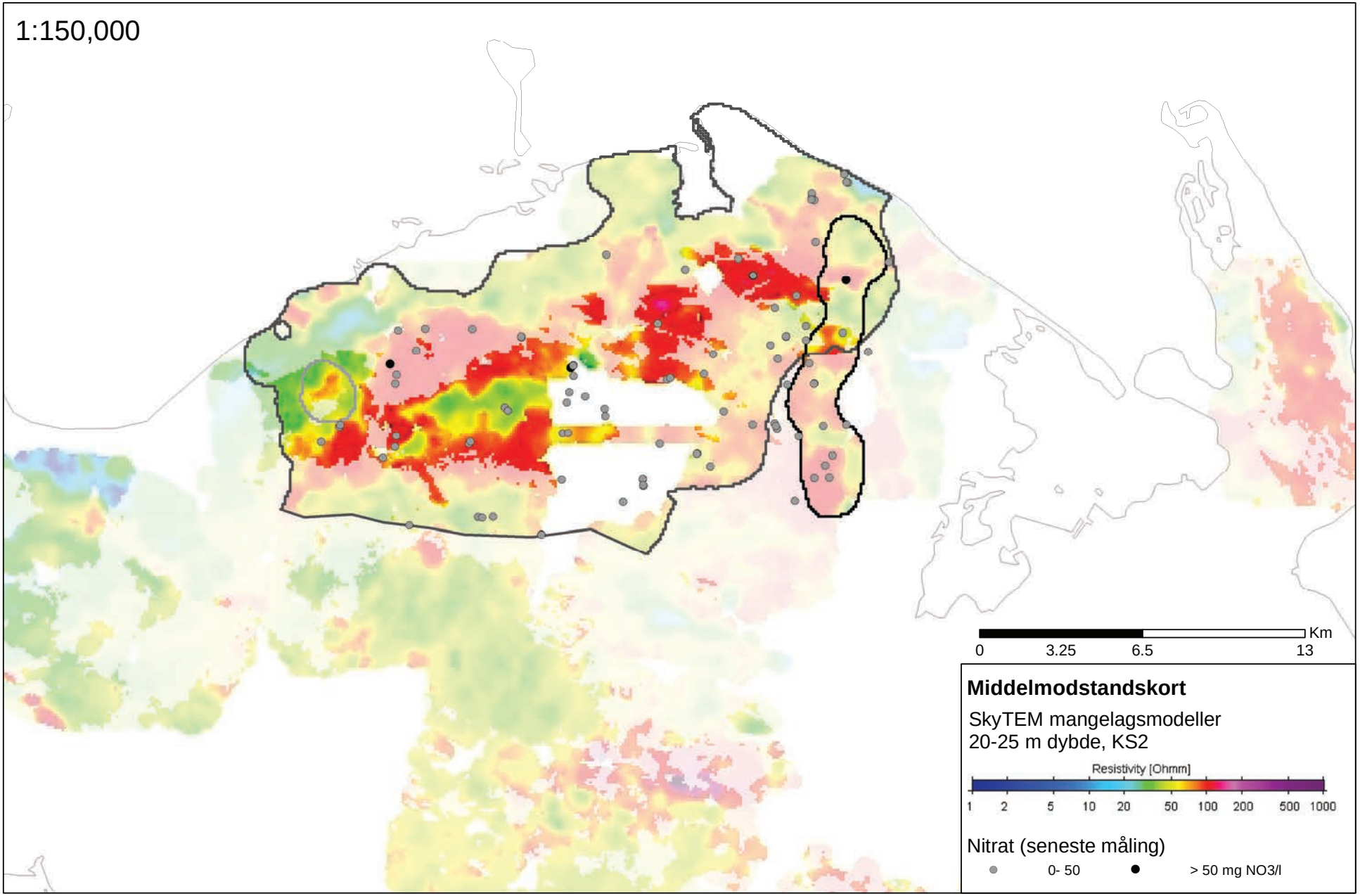
GVF 156, Nordfyn, ks1, ks2, ks3



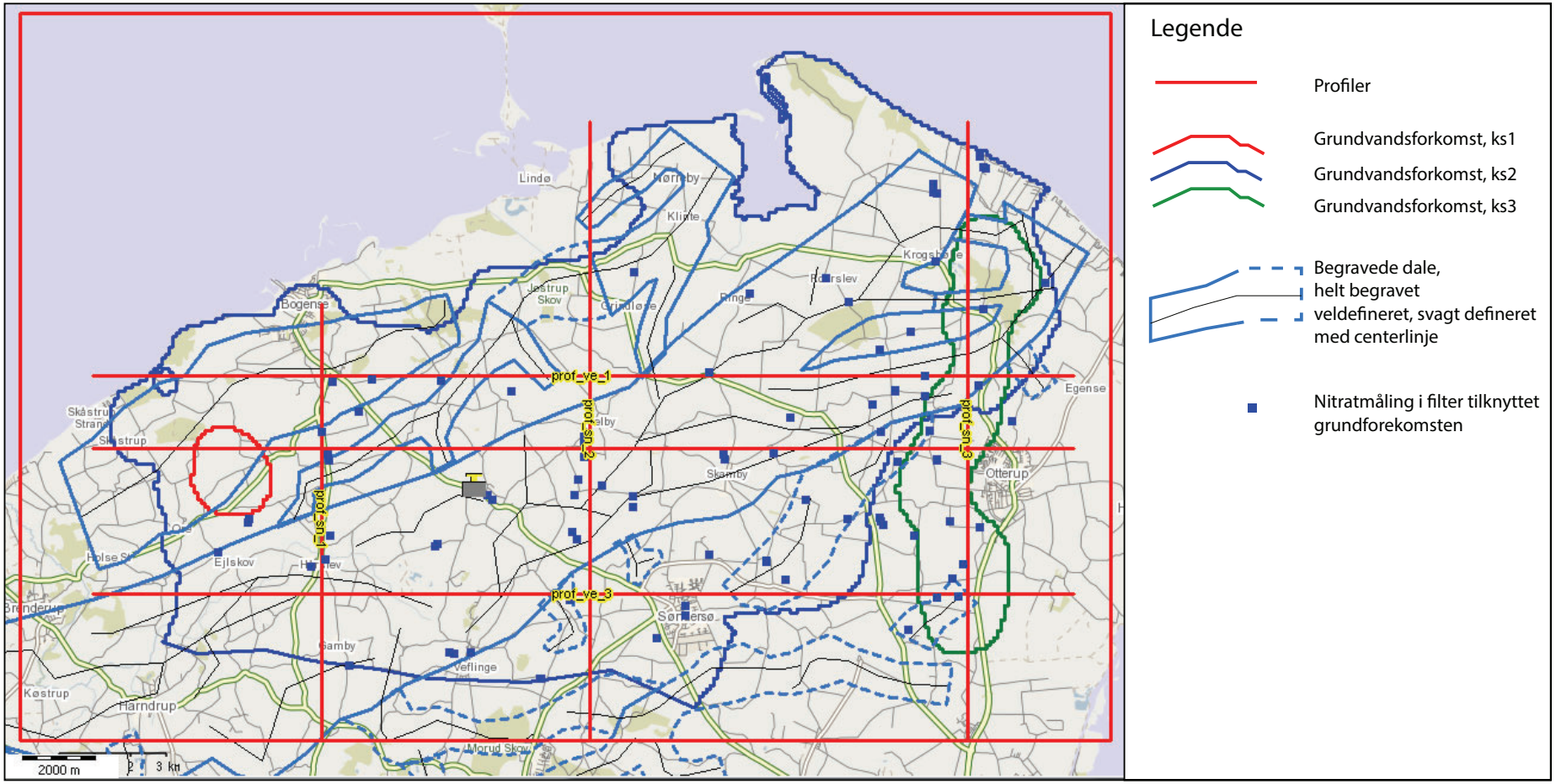
GVF 156, Nordfyn, ks1, ks2, ks3



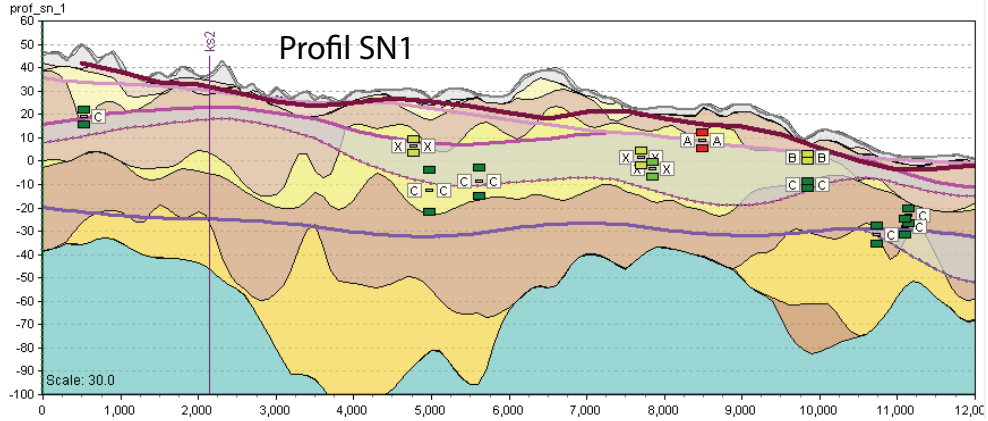
GVF 156, Nordfyn, ks1, ks2, ks3

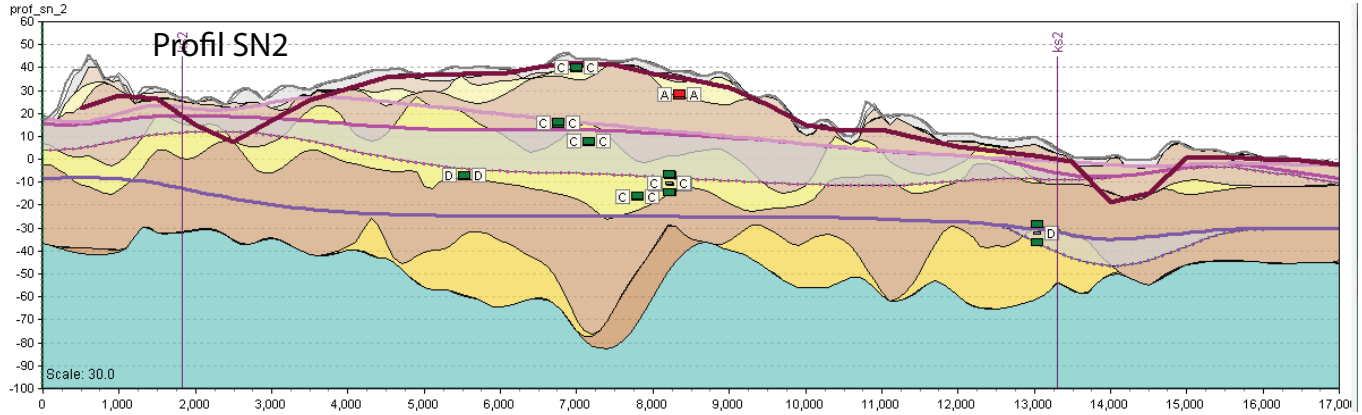


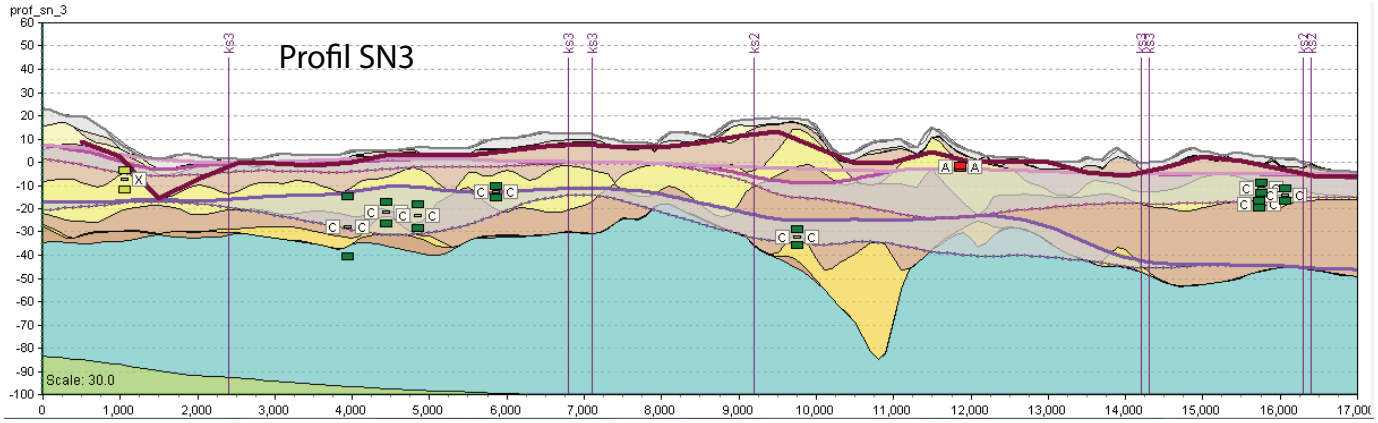
Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler : GVF 156 Nordfyn , KS1, KS2, KS3



Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler : GVF 156 Nordfyn , KS1, KS2, KS3







Fyn hydrostratigrafiske lag

- Top lag
- Kvartært ler KL1
- Kvartært sand KS1
- Kvartært ler KL2
- Kvartært sand KS2
- Kvartært ler KL3
- Kvartært sand KS3
- Kvartært ler KL4
- Prækvartært ler PL1
- Kalk

Nitrat [mg/l]

seneste måling

- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

Redox vandtype

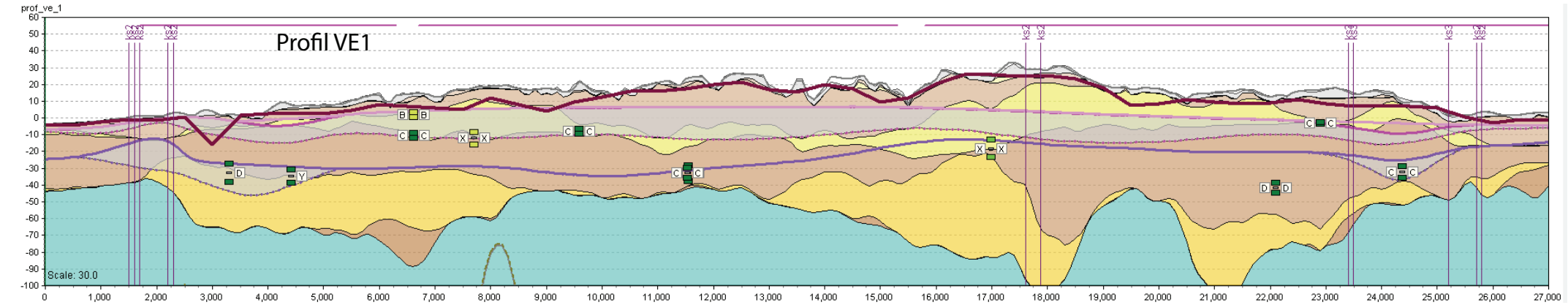
seneste måling

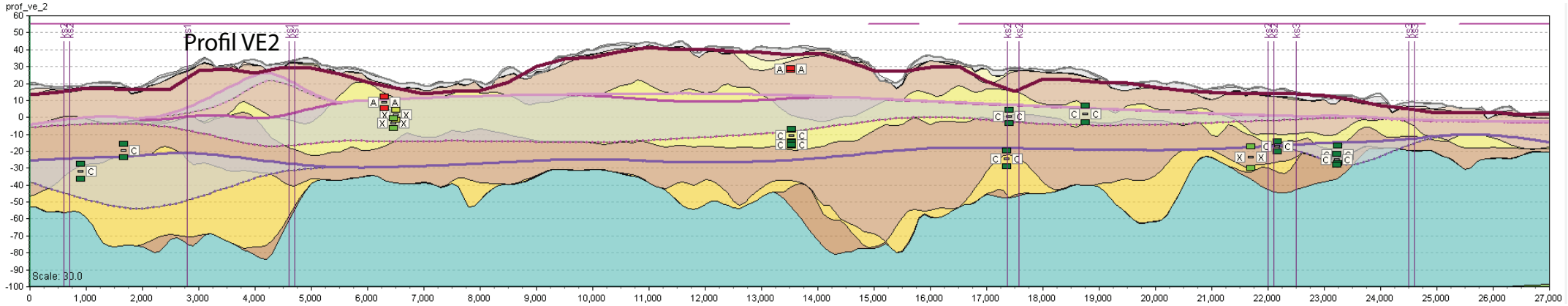
- B – B i grundvandsforekomst
- – B uden for grundvandsforekomst

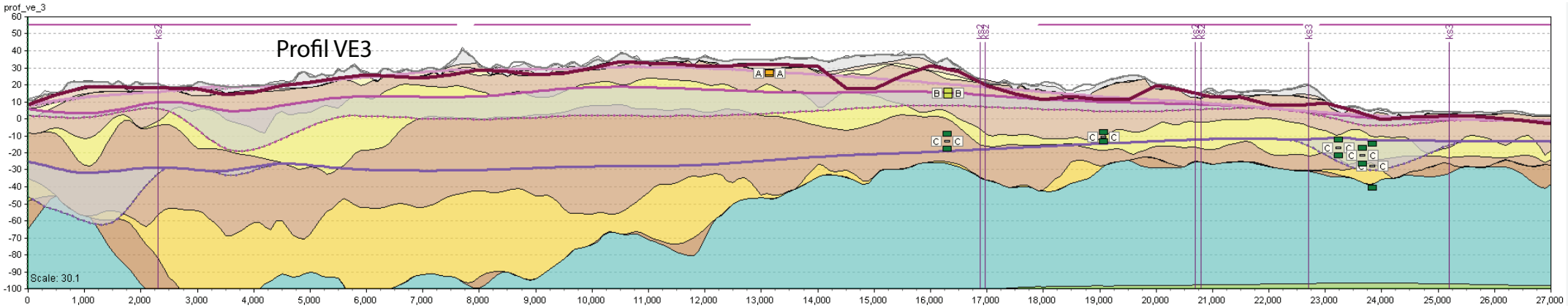
DK model magasin lag

- KS1
- KS2
- KS3

Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler : GVF 156 Nordfyn , KS1, KS2, KS3







Fyn hydrostratigrafiske lag

- Top lag
- Kvartært ler KL1
- Kvartært sand KS1
- Kvartært ler KL2
- Kvartært sand KS2
- Kvartært ler KL3
- Kvartært sand KS3
- Kvartært ler KL4
- Prækvartært ler PL1
- Kalk

DK model magasin lag

- KS1
- KS2
- KS3

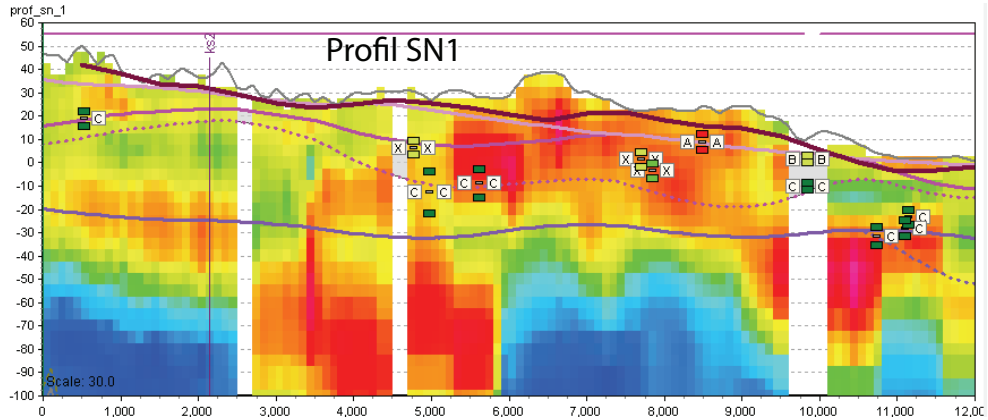
Nitrat [mg/l]
seneste måling

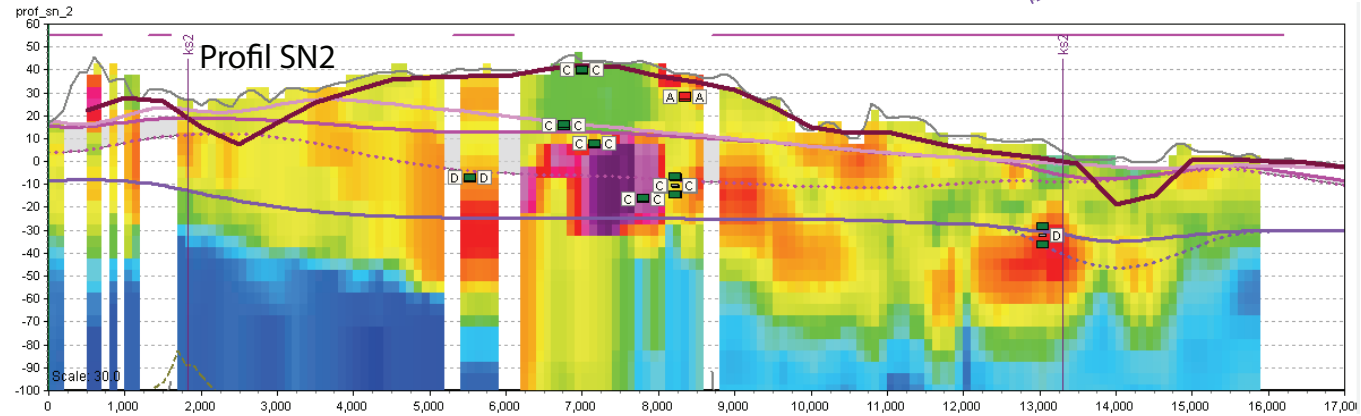
- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

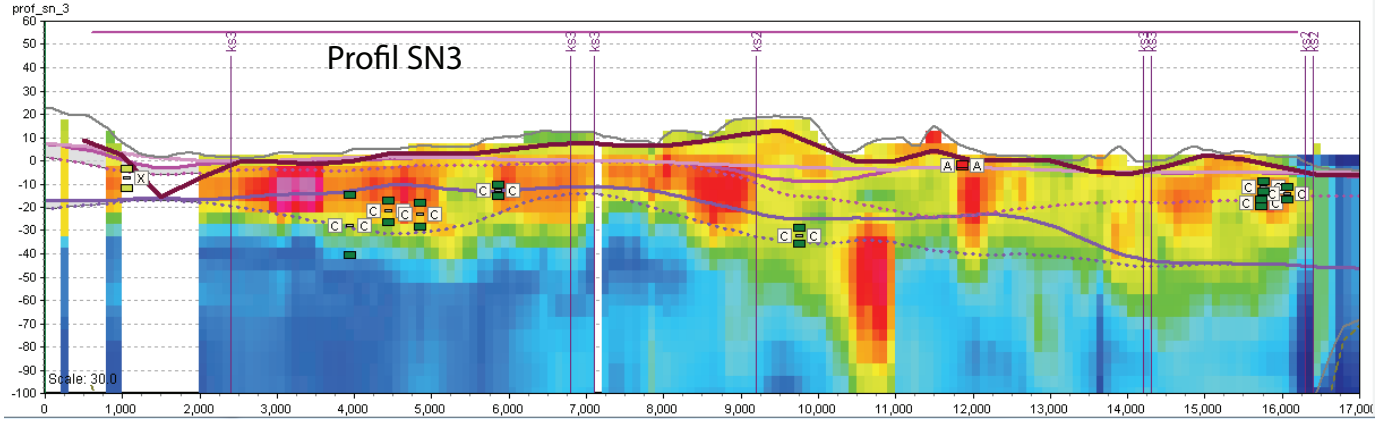
Redox vandtype
seneste måling

- B – B i grundvandsforekomst
- – B uden for grundvandsforekomst

Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler : GVF 156 Nordfyn , KS1, KS2, KS3







Nitrat [mg/l]
seneste måling

- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

Redox vandtype
seneste måling

- B – B i grundvandsforekomst
- – B uden for grundvandsforekomst

Resistivitet [Ohmm]

1 2 5 10 20 50 100 200 500 1000

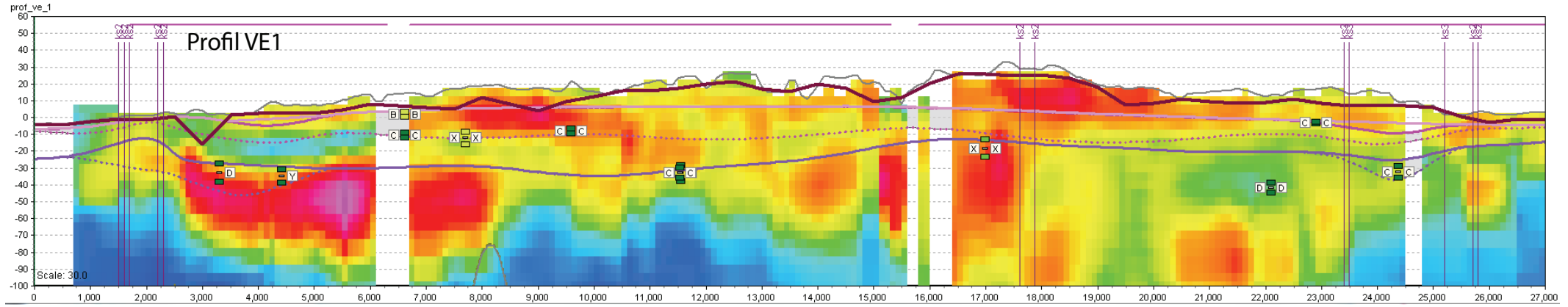
DK model magasin lag

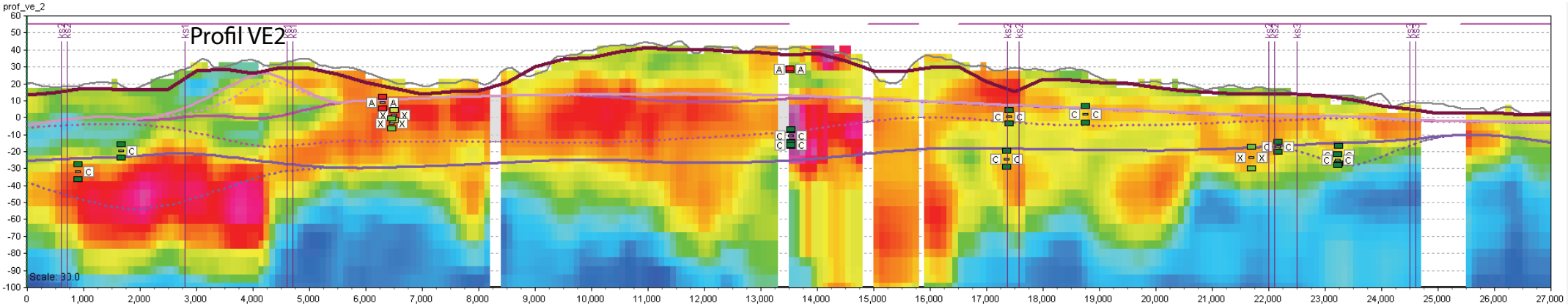
- KS1
- KS2
- KS3

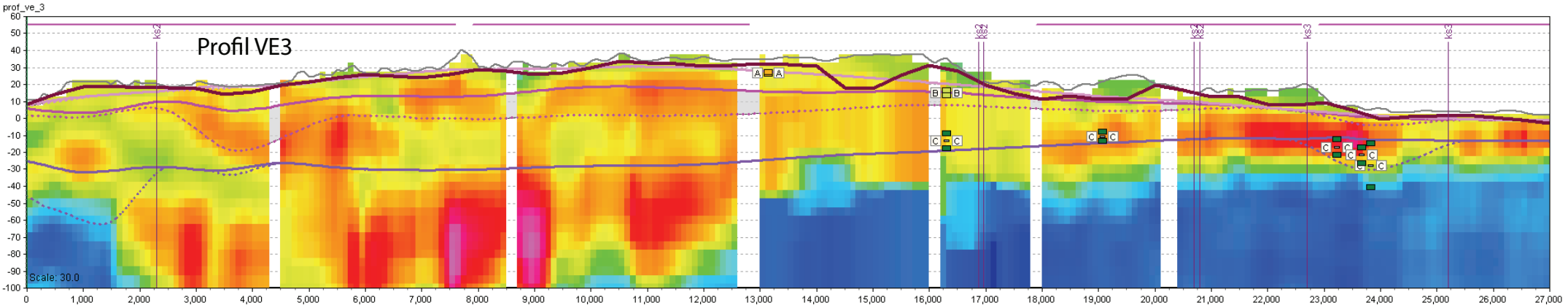
SkyTEM

- mangelagsmodeller

Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler : GVF 156 Nordfyn , KS1, KS2, KS3







Side 24

Resistivitet [Ohmm]

1 2 5 10 20 50 100 200 500 1000

SkyTEM

mangelagsmodeller

DK model magasin lag

KS1

KS2

KS3

Nitrat [mg/l]
seneste måling

> 50

37 - 50

5 - 37

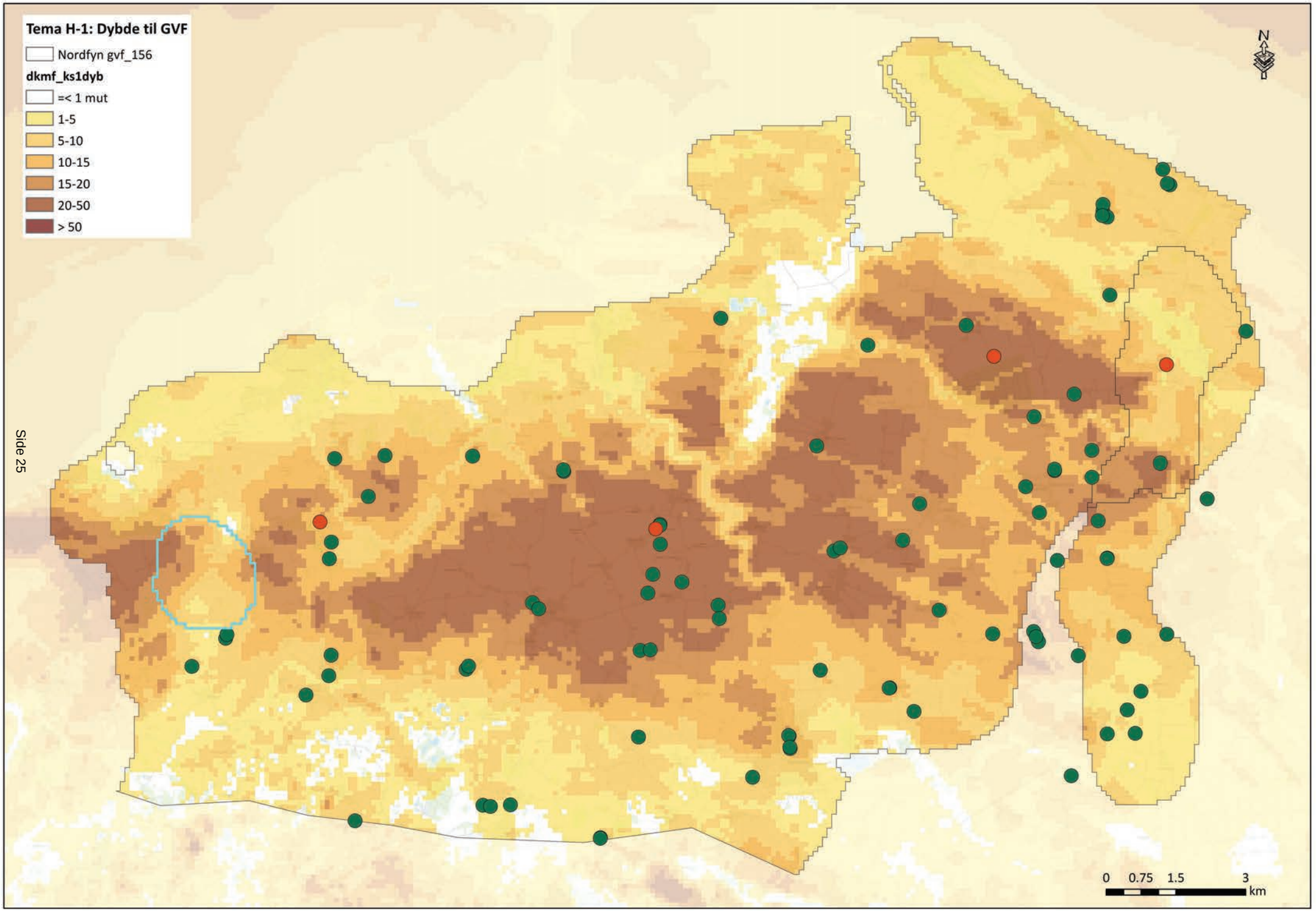
1 - 5

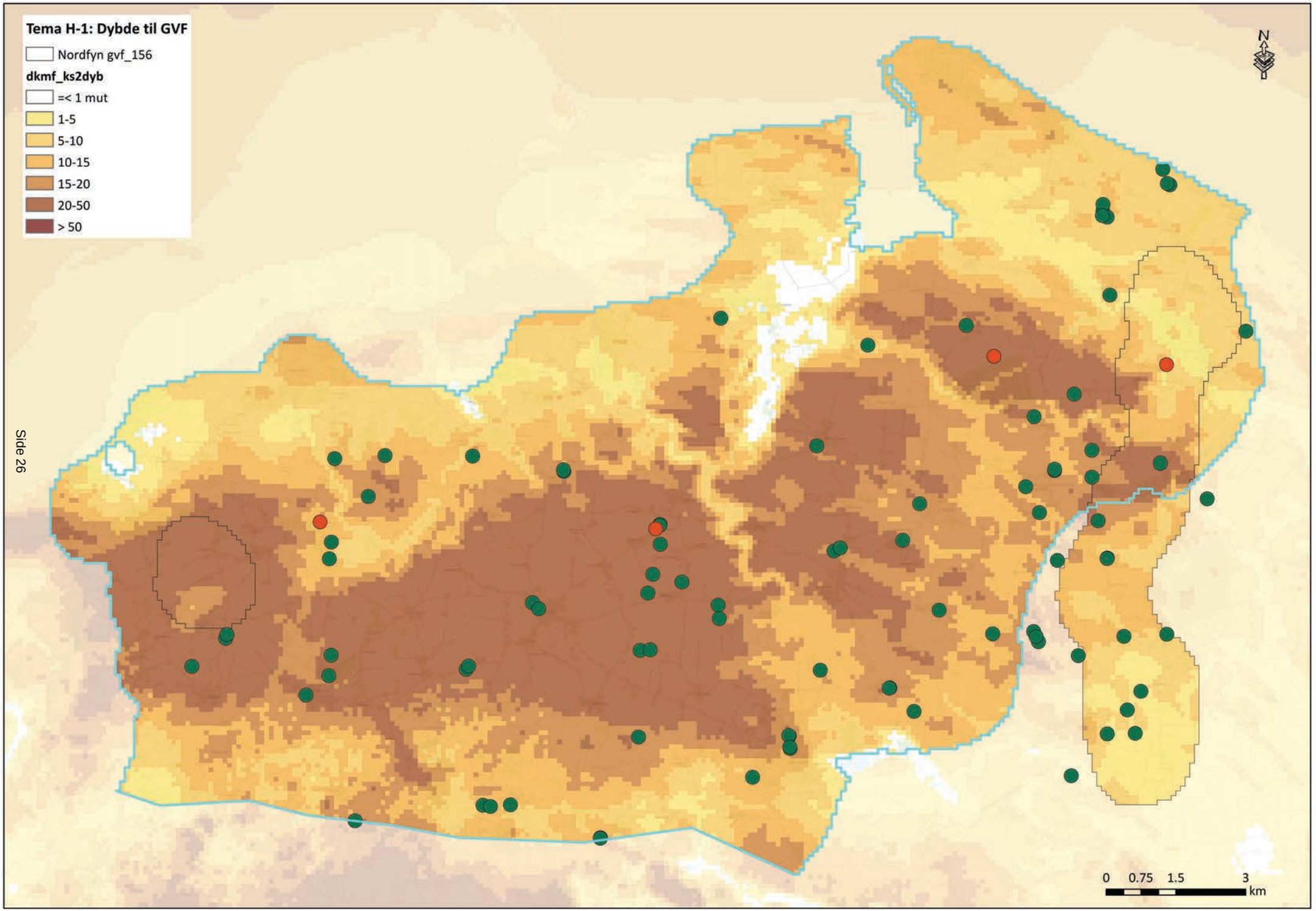
< 1

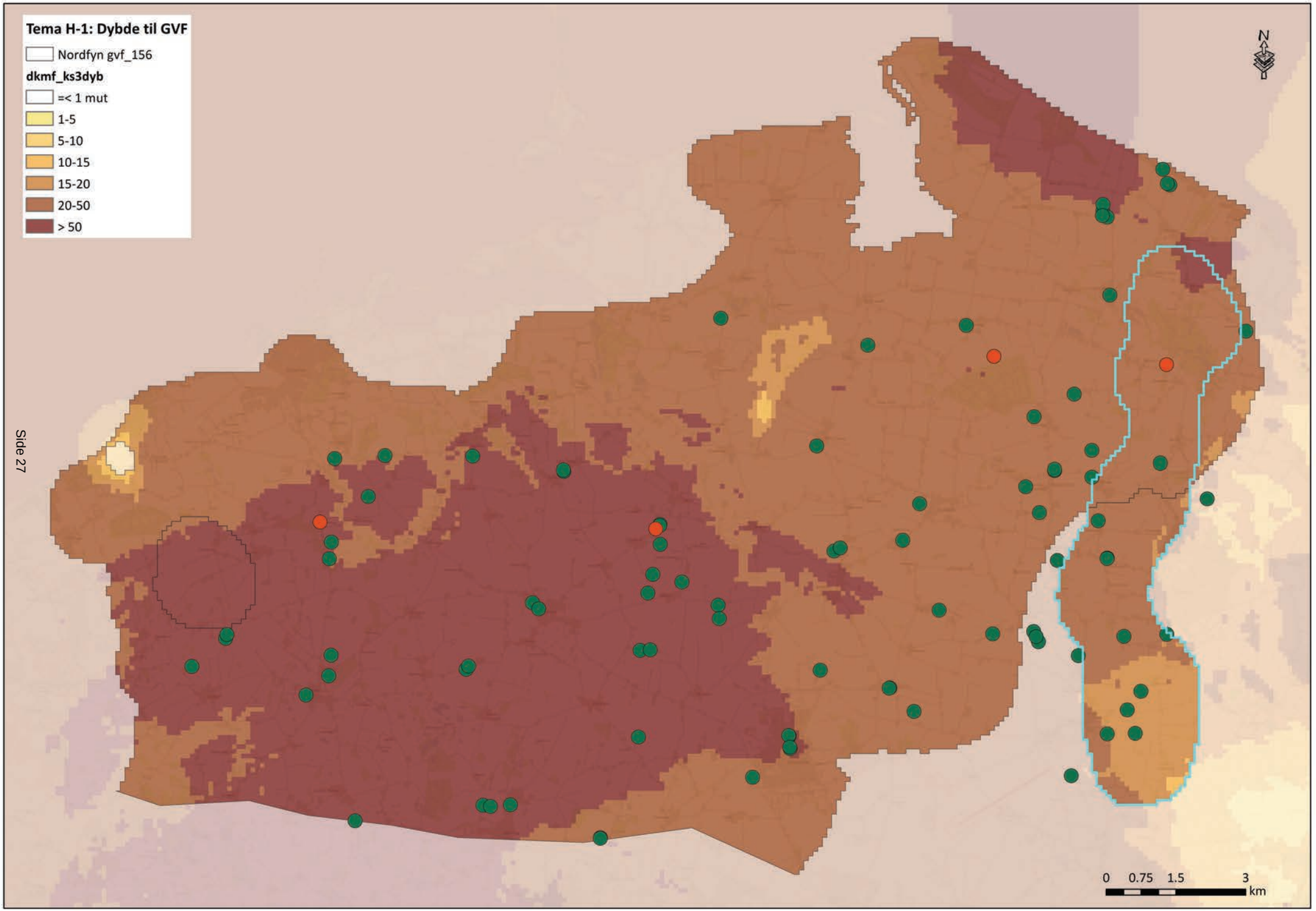
Redox vandtype
seneste måling

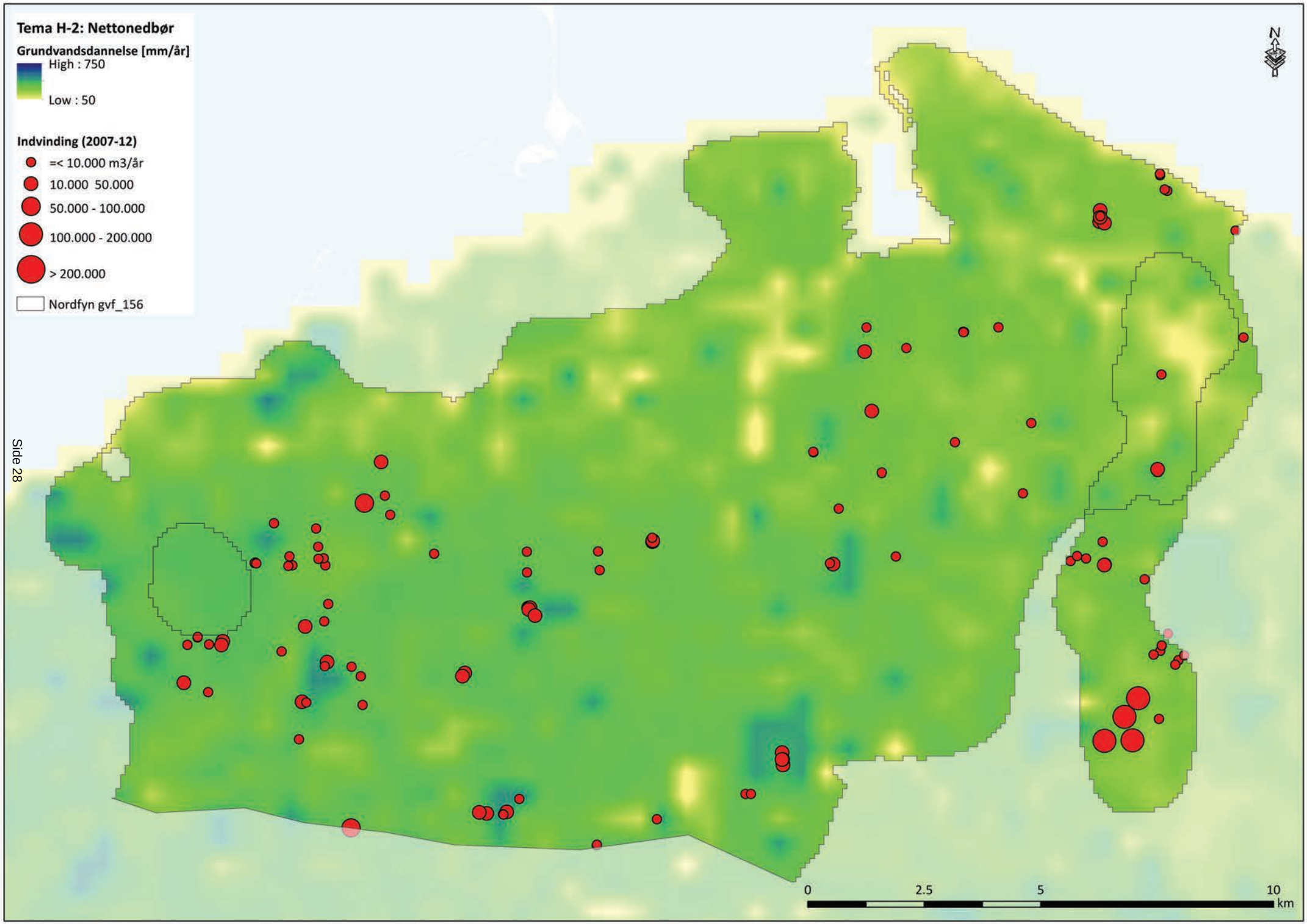
B = B i grundvandsforekomst

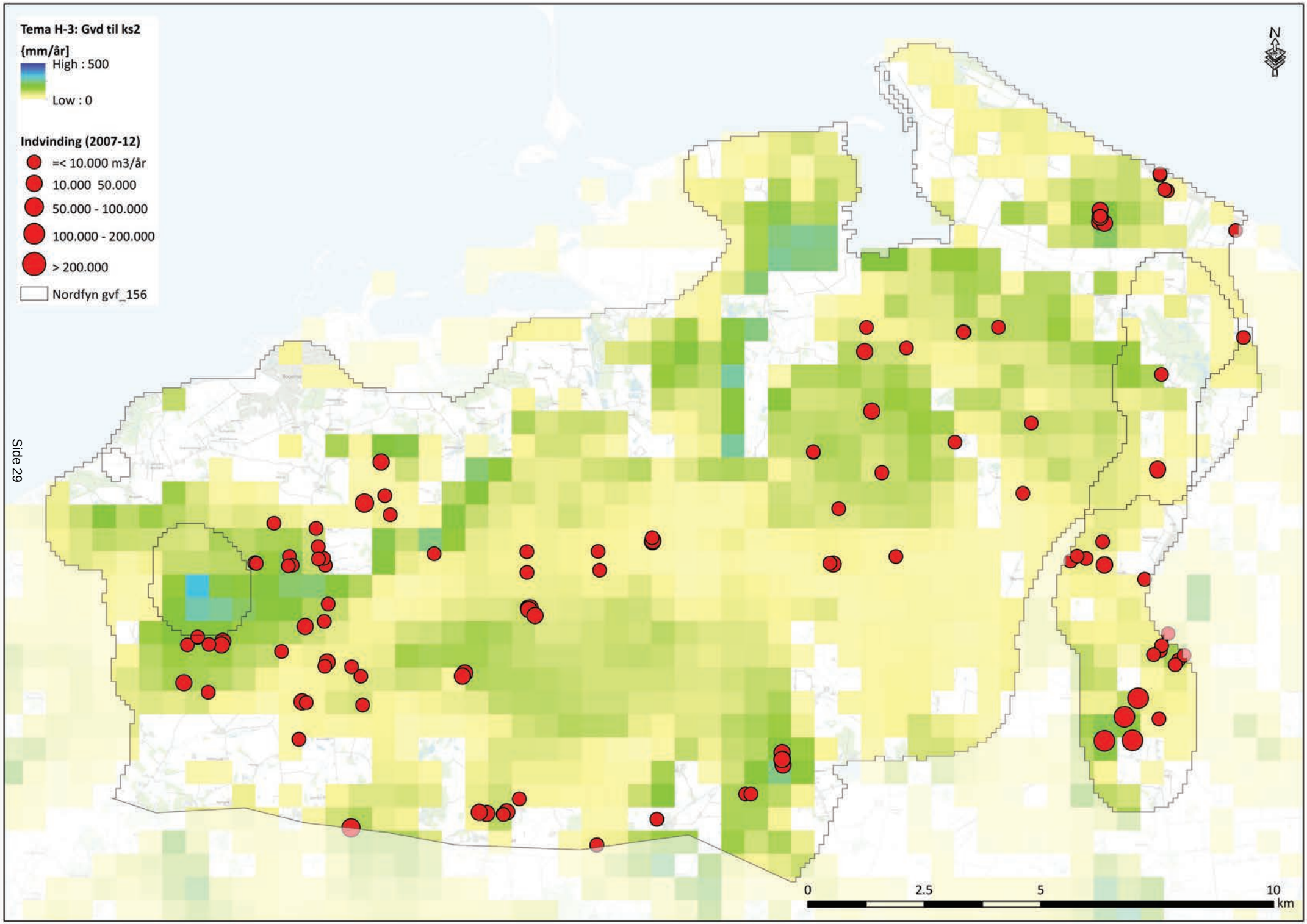
= B uden for grundvandsforekomst

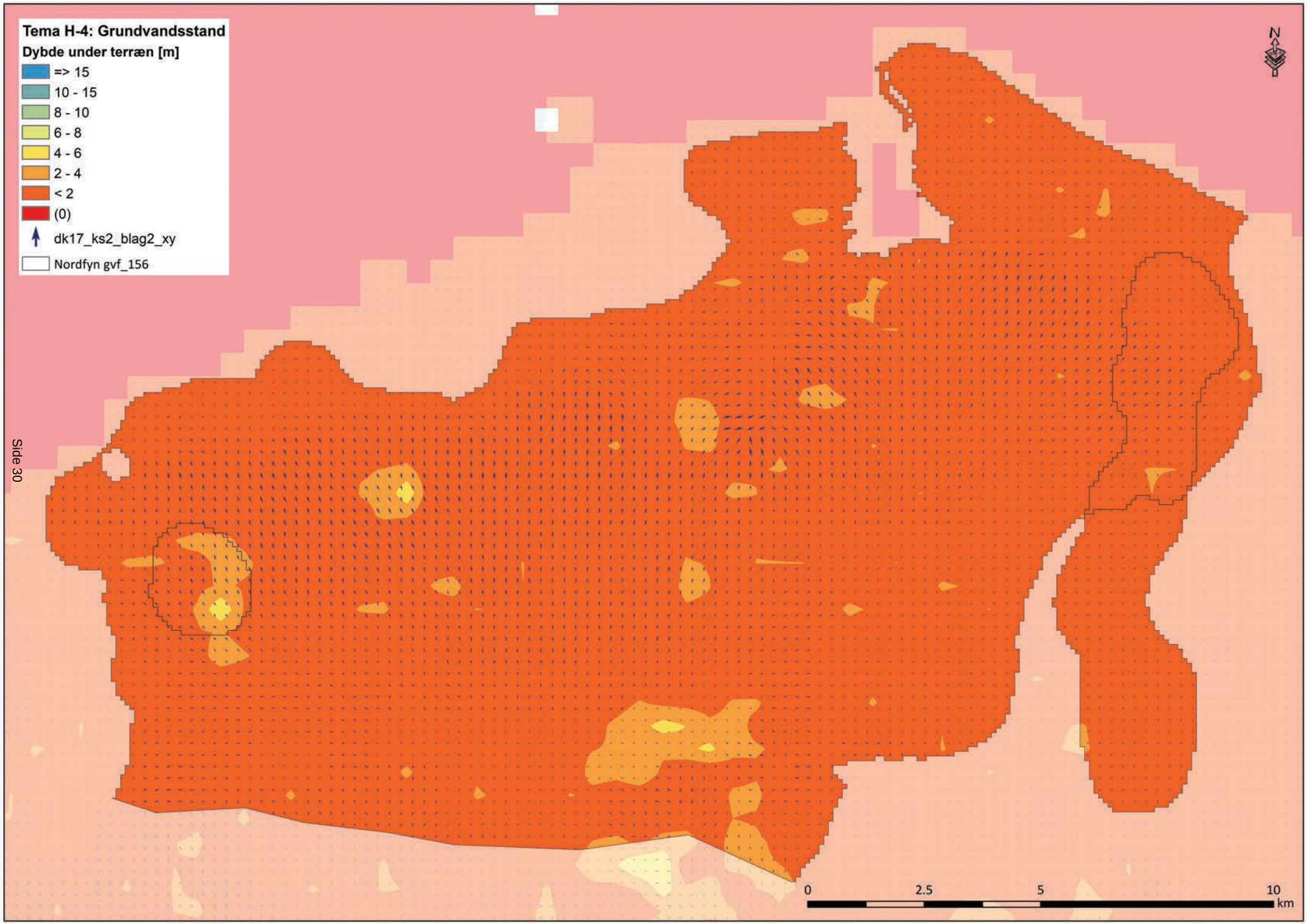

Tema H-1: Dybde til GVF
Nordfyn gvf_156
dkmf_ks1dyb
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
N
0 0.75 1.5 3
km

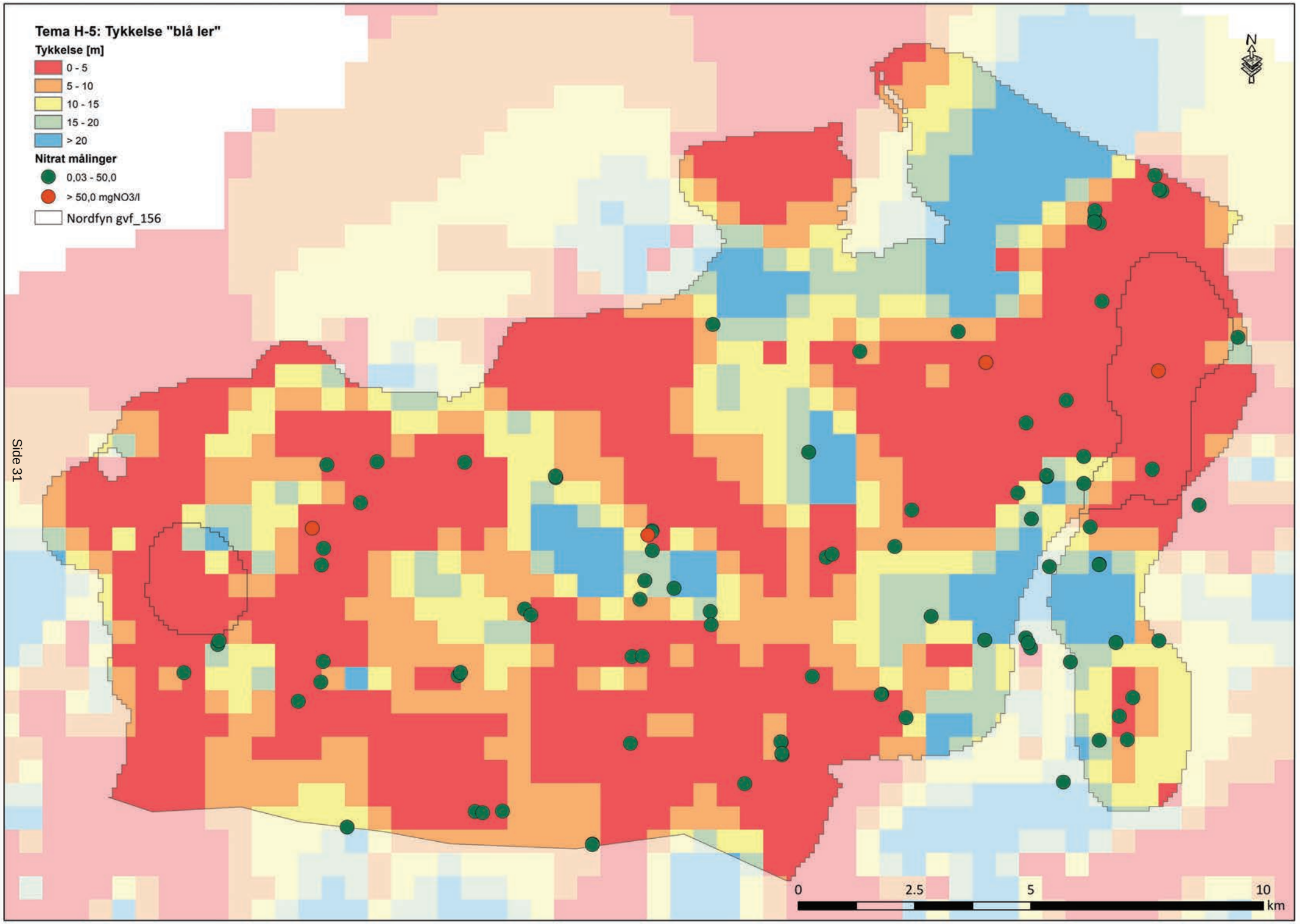

Tema H-1: Dybde til GVF
Nordfyn gvf_156
dkmf_ks2dyb
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
N
0 0.75 1.5 3
km

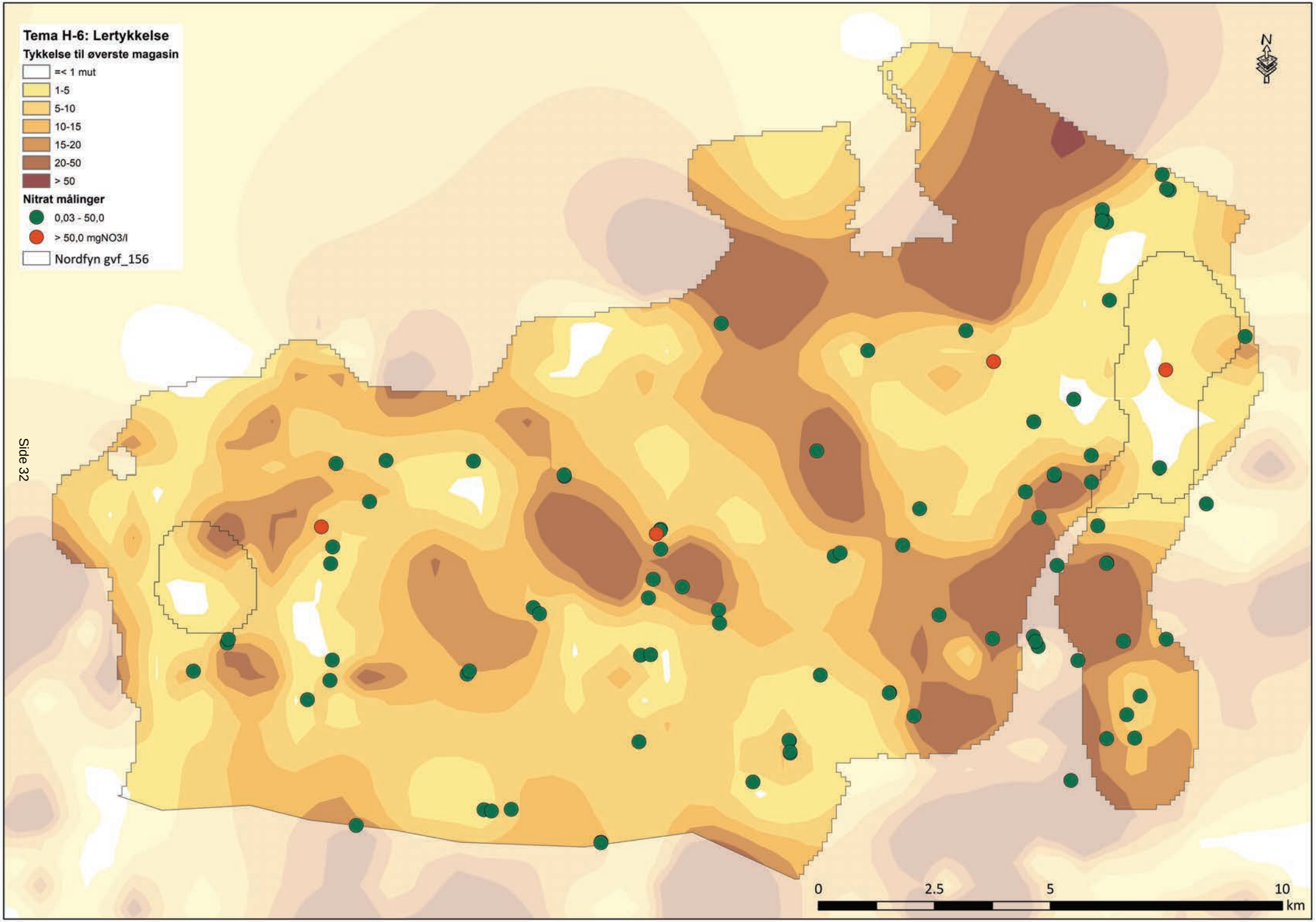

Tema H-1: Dybde til GVF
Nordfyn gvf_156
dkmf_ks3dyb
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
N
0 0.75 1.5 3
km

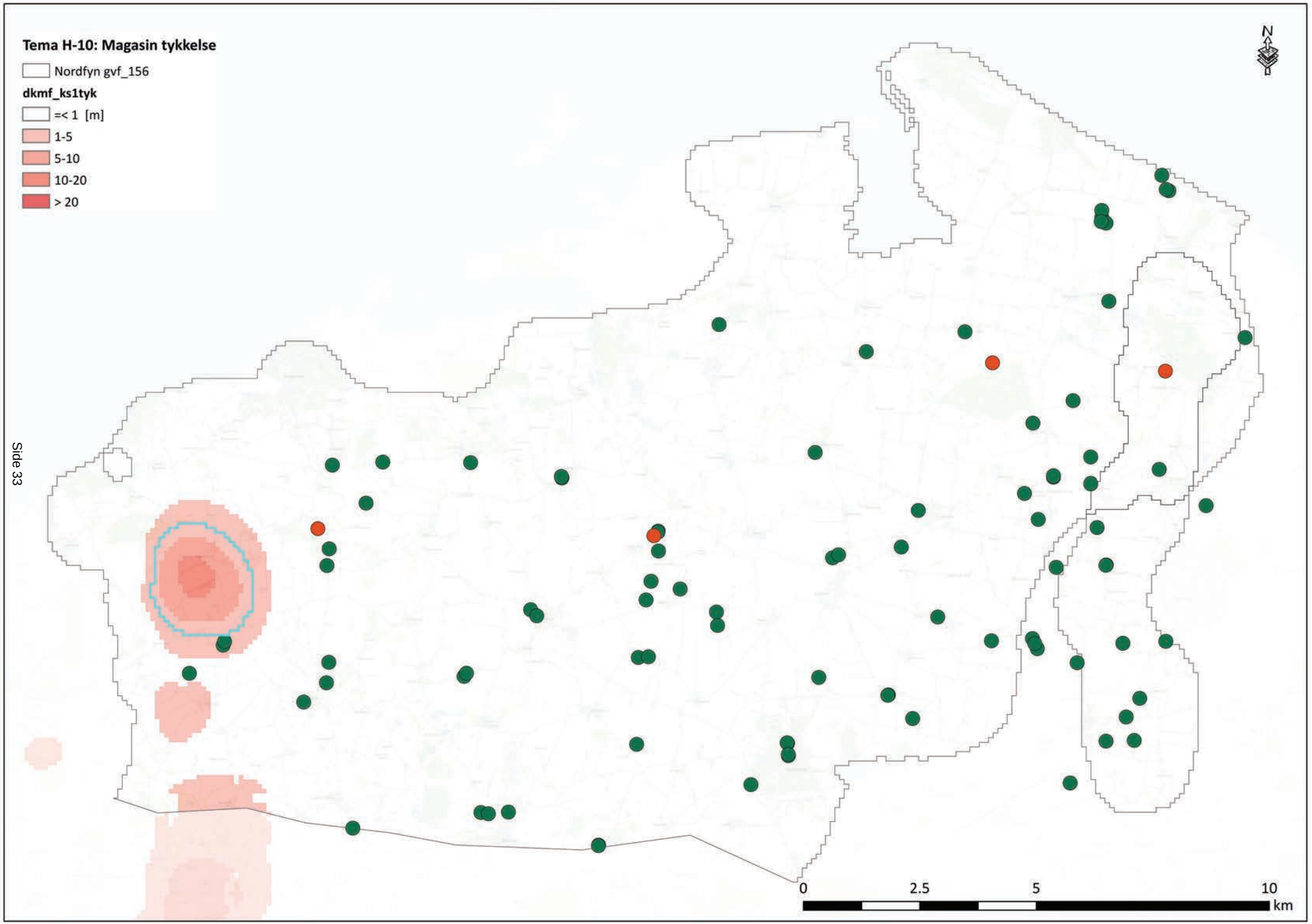

Tema H-2: Nettonedbør
Grundvandsdannelse [mm/år]
High : 750
Low : 50
Indvinding (2007-12)
=< 10.000 m3/år
10.000 50.000
50.000 - 100.000
100.000 - 200.000
> 200.000
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km

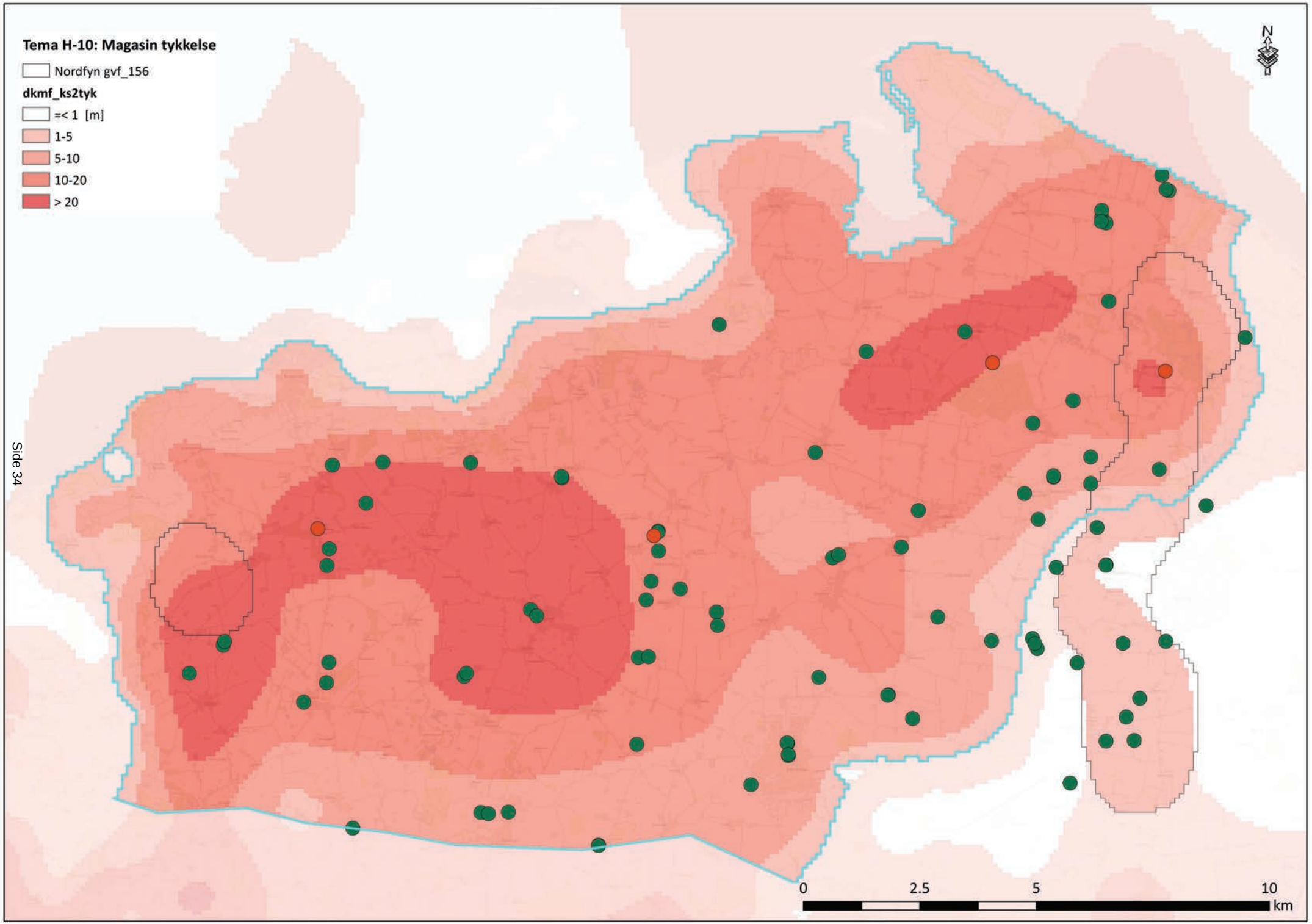

Tema H-3: Gvd til ks2
{mm/år]
High : 500
Low : 0
Indvinding (2007-12)
=< 10.000 m3/år
10.000 50.000
50.000 - 100.000
100.000 - 200.000
> 200.000
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km

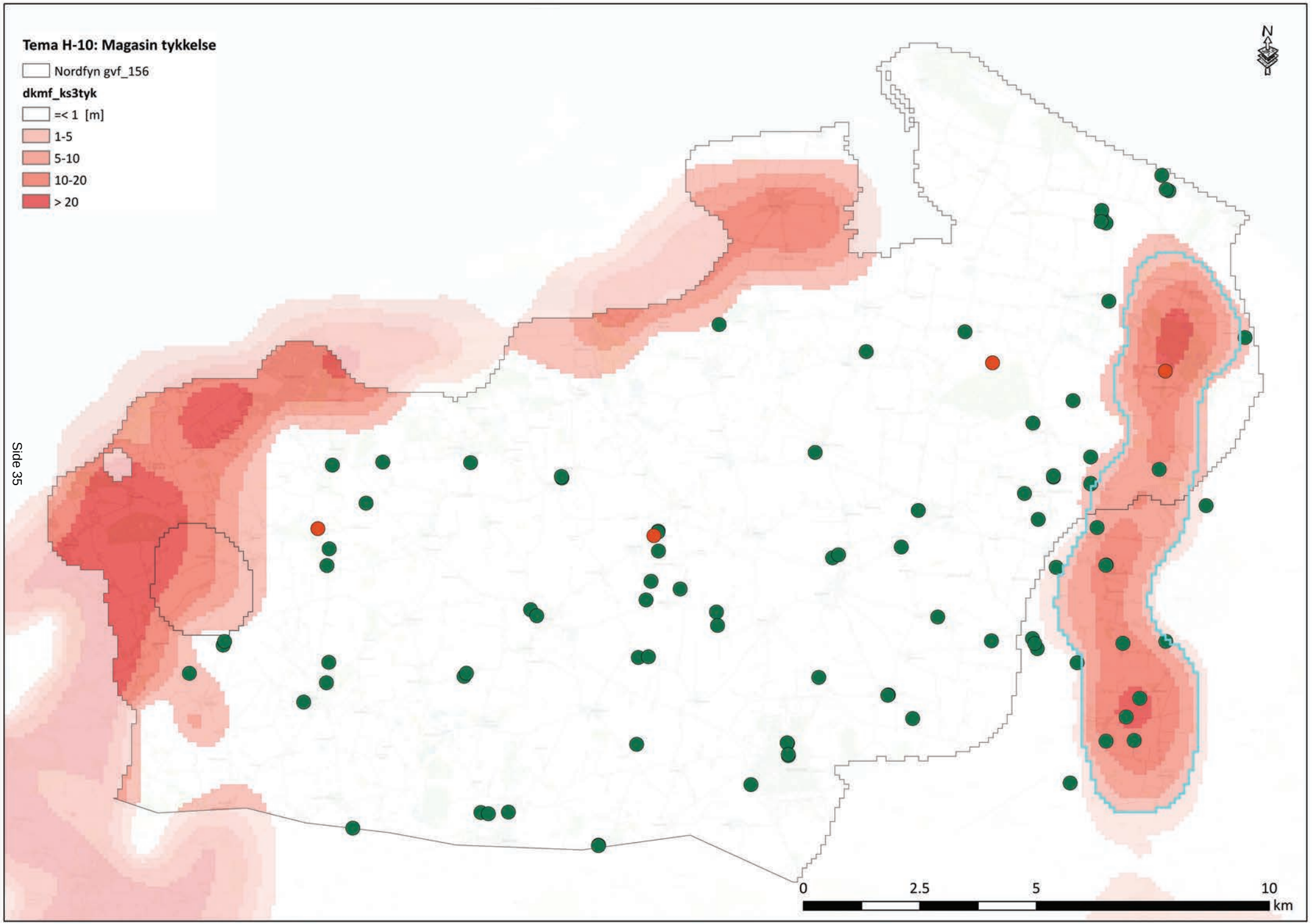

Tema H-4: Grundvandsstand
Dybde under terræn [m]
=> 15
10 - 15
8 - 10
6 - 8
4 - 6
2 - 4
< 2
(0)
dk17_ks2_blag2_xy
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km


Tema H-5: Tykkelse "blå ler"
Tykkelse [m]
0 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 20
> 20
Nitrat målinger
0,03 - 50,0
> 50,0 mgNO3/l
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km


Tema H-6: Lertykkelse
Tykkelse til øverste magasin
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
Nitrat målinger
0,03 - 50,0
> 50,0 mgNO3/l
Nordfyn gvf_156
N
0
2.5
5
10
km

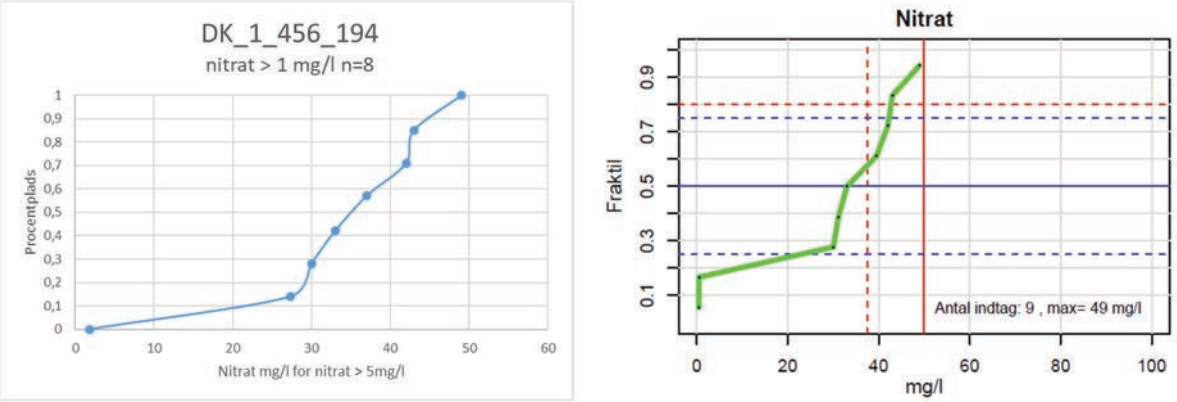

Tema H-10: Magasin tykkelse
Nordfyn gvf_156
dkmf_ks1tyk
=< 1 [m]
1-5
5-10
10-20
> 20
N
0
2.5
5
10
km


Tema H-10: Magasin tykkelse
Nordfyn gvf_156
dkmf_ks2tyk
=< 1 [m]
1-5
5-10
10-20
> 20
N
0
2.5
5
10
km

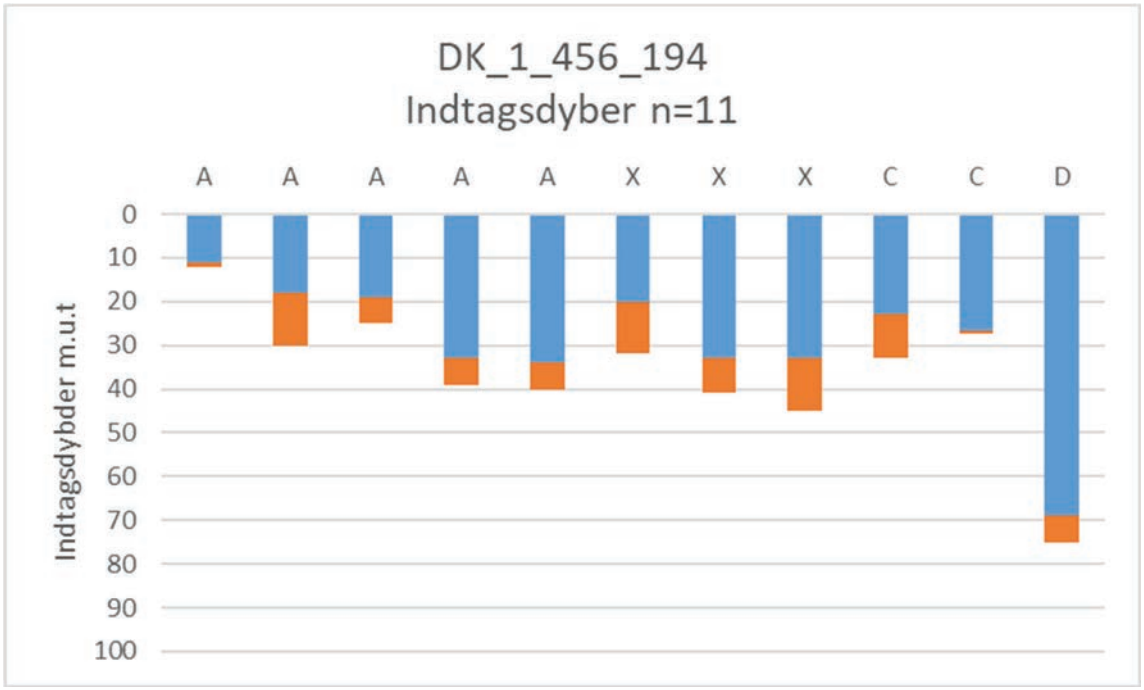

Tema H-10: Magasin tykkelse
Nordfyn gvf_156
dkmf_ks3tyk
=< 1 [m]
1-5
5-10
10-20
> 20
N
0
2.5
5
10
km

Bilag 6.3 Herning (GVF -194)

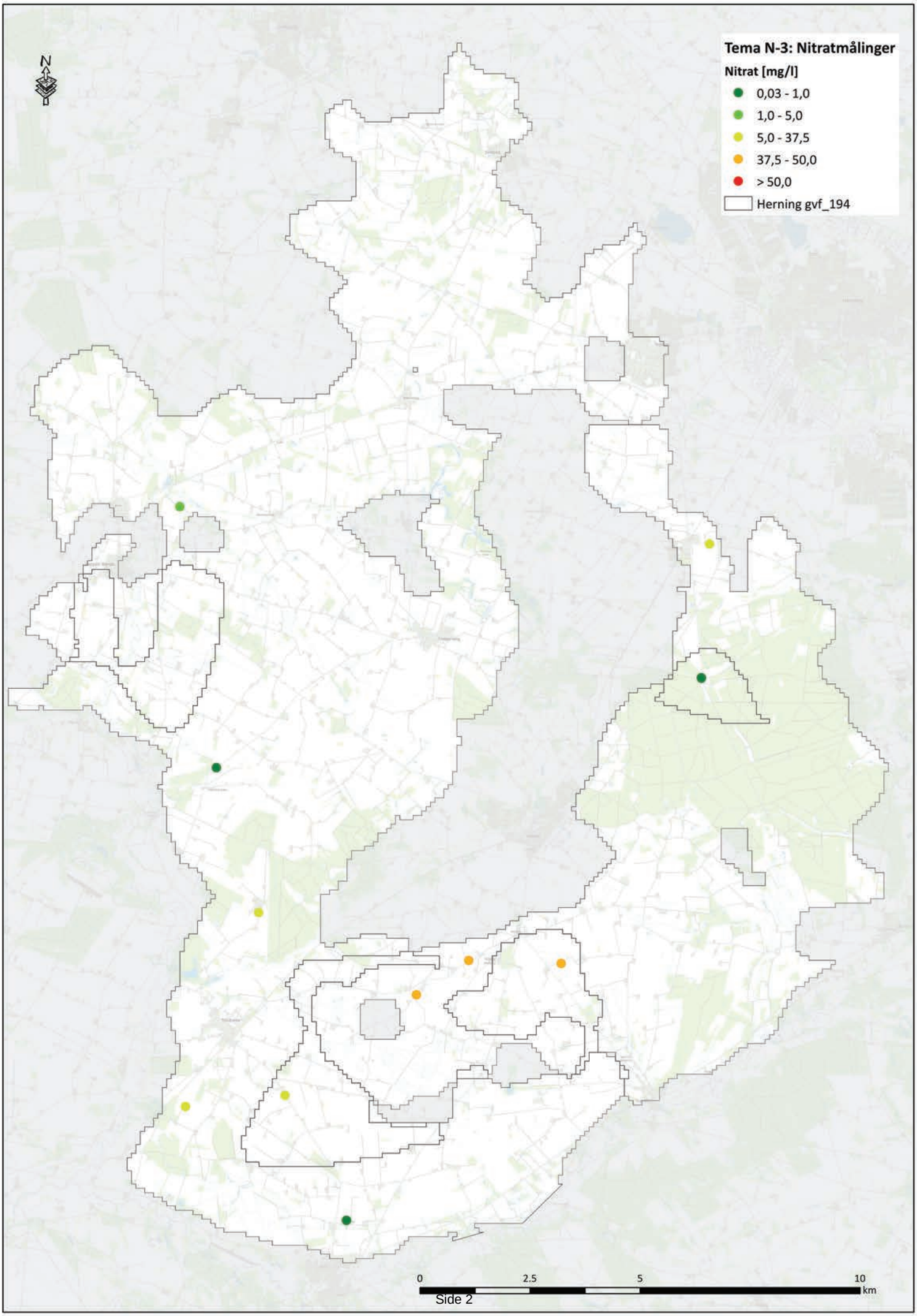
DK_1_456_194, Herning

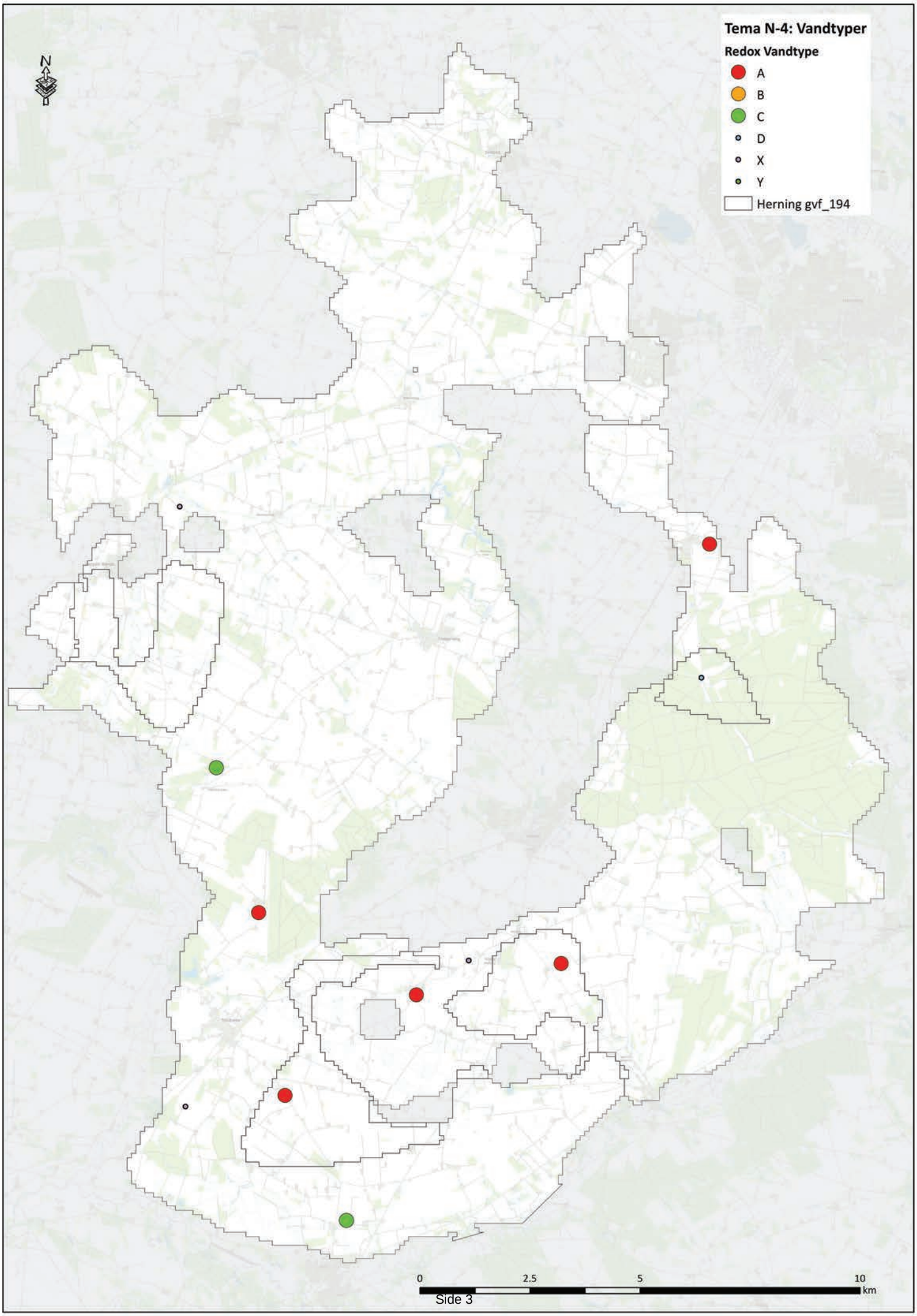


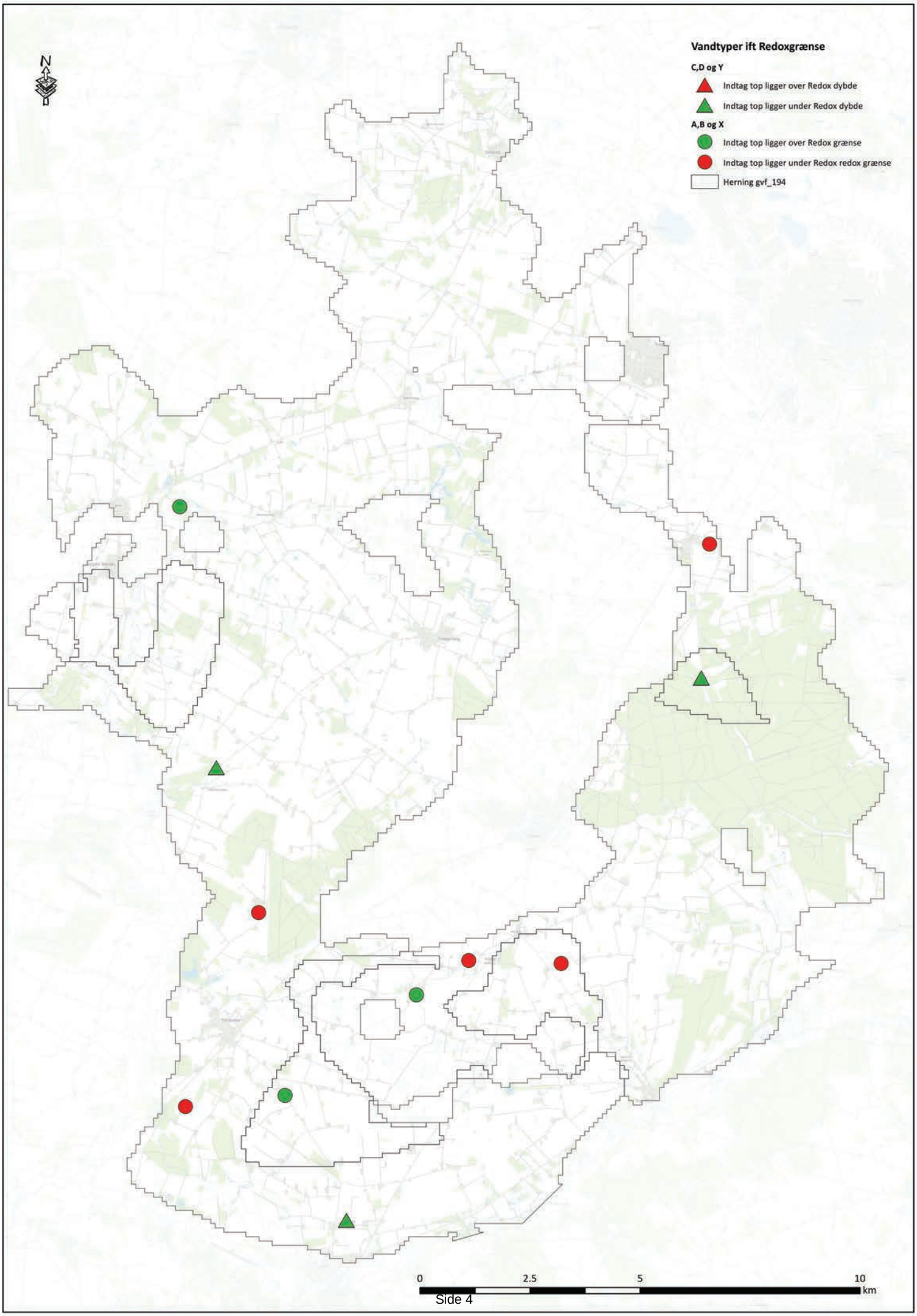
Figur 11 N1, Fordeling af nitratkoncentrationerne i GVF 1_456_194. Til venstre data 2011-2015, for nitrat > 1 mg/l, til højre støttetema fra Vandplan 2, data fra 2007-2013.

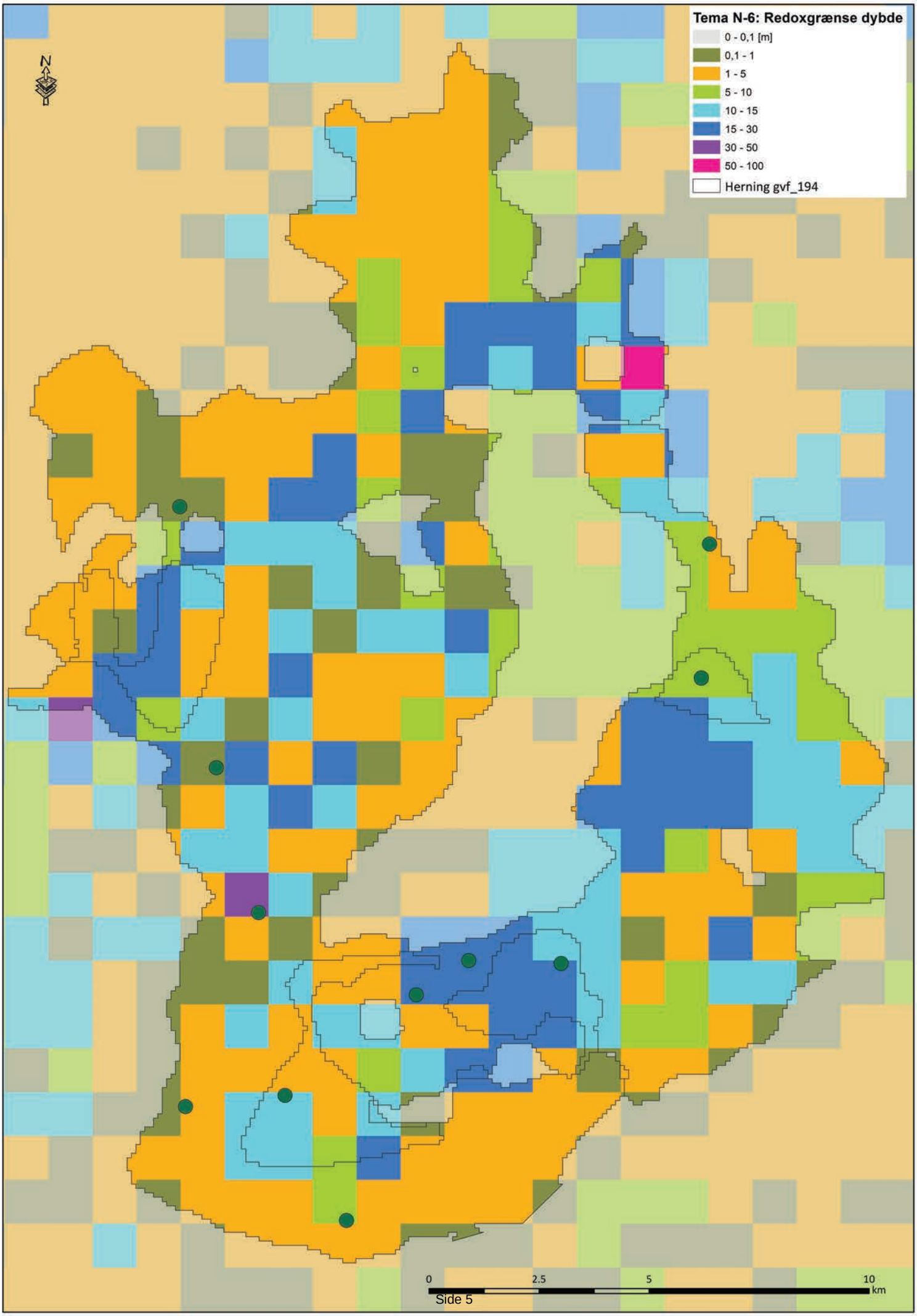


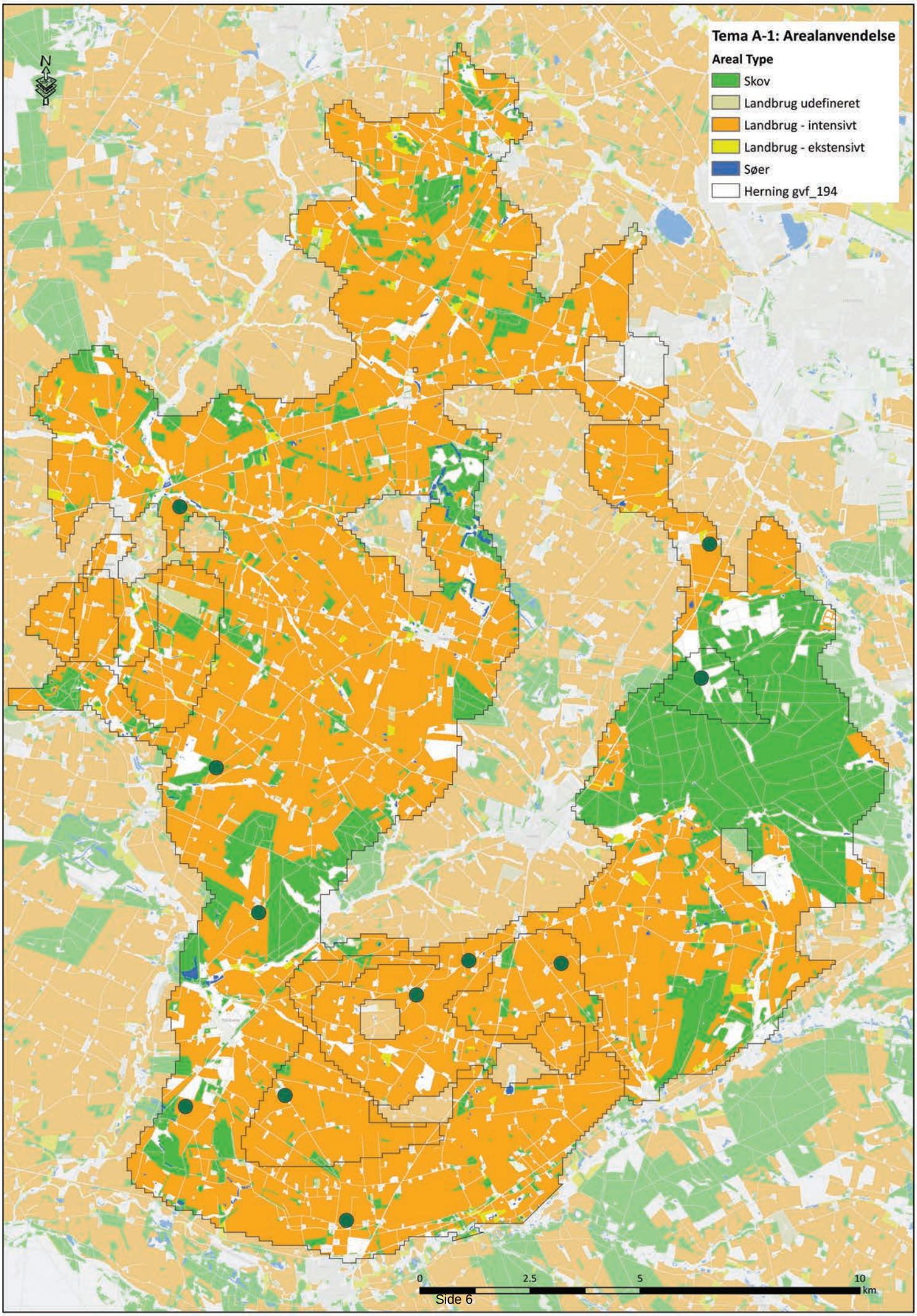
Figur 12 N2. Dybdefordeling og vandtyper i GVF 1_456_194, data fra 2011-2016.

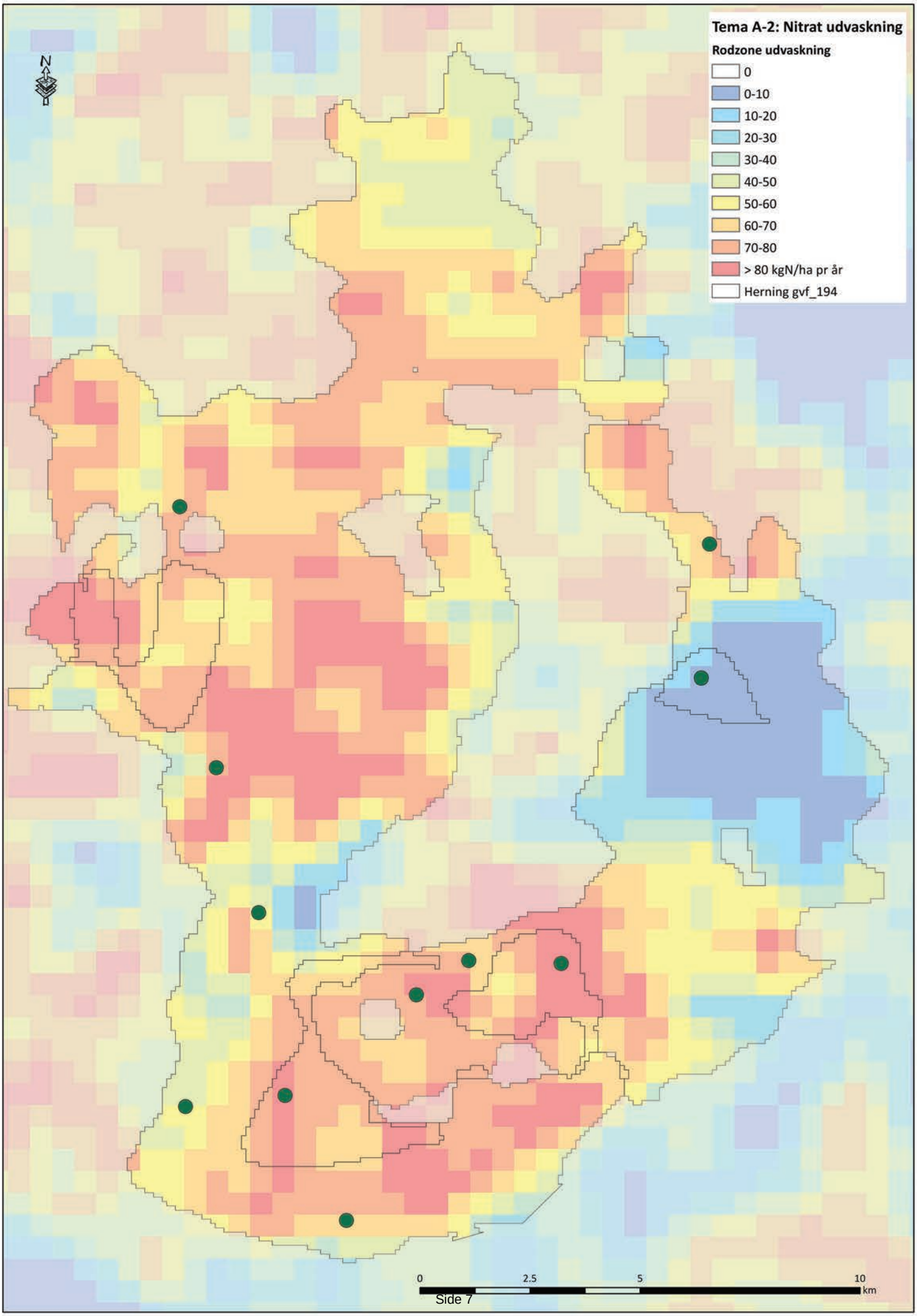

Tema N-3: Nitratmålinger
Nitrat [mg/l]
0,03 - 1,0
1,0 - 5,0
5,0 - 37,5
37,5 - 50,0
> 50,0
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km

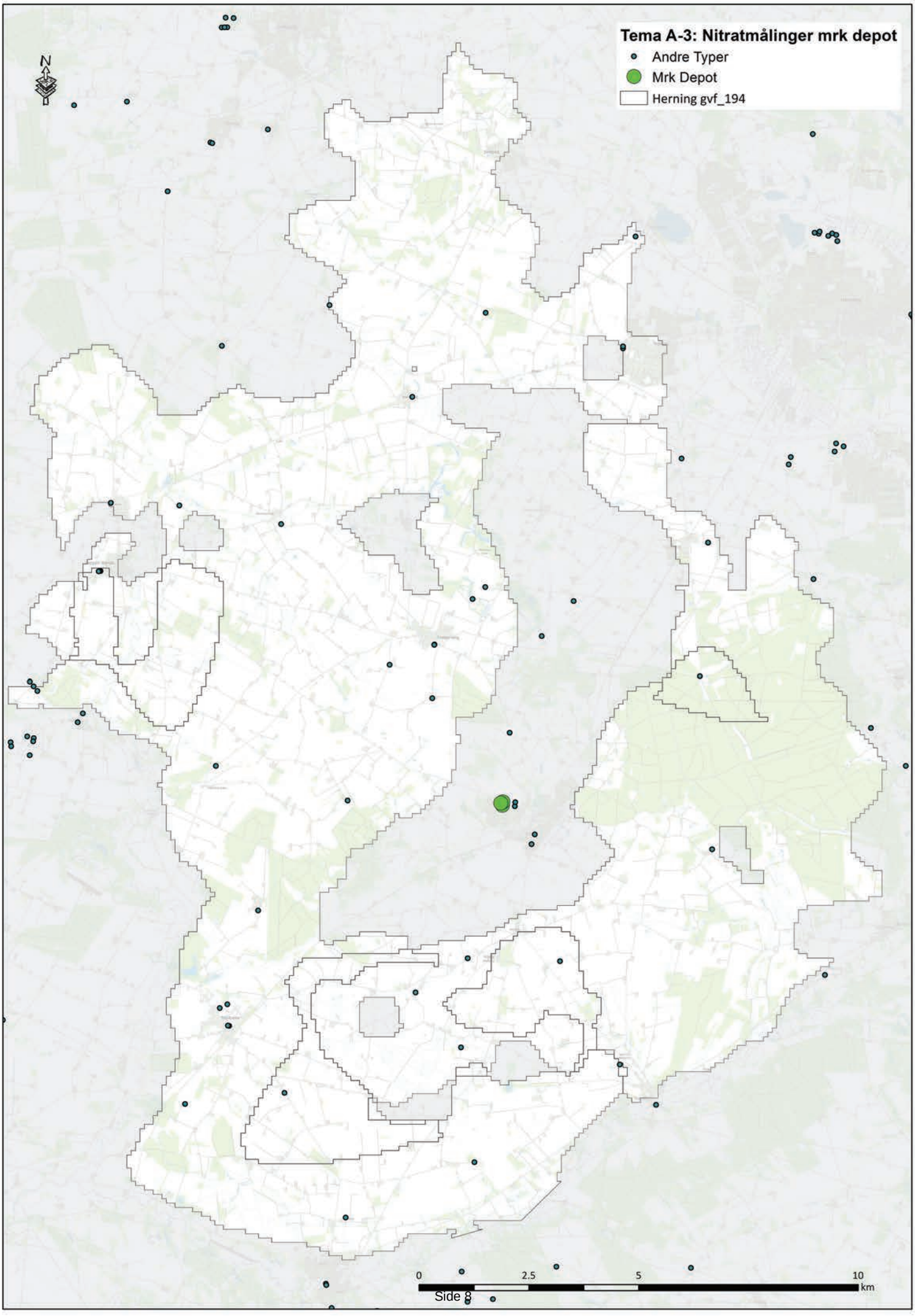

Tema N-4: Vandtyper
Redox Vandtype
A
B
C
D
X
Y
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km


Vandtyper ift Redoxgrænse
C,D og Y
Indtag top ligger over Redox dybde
Indtag top ligger under Redox dybde
A,B og X
Indtag top ligger over Redox grænse
Indtag top ligger under Redox redox grænse
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km

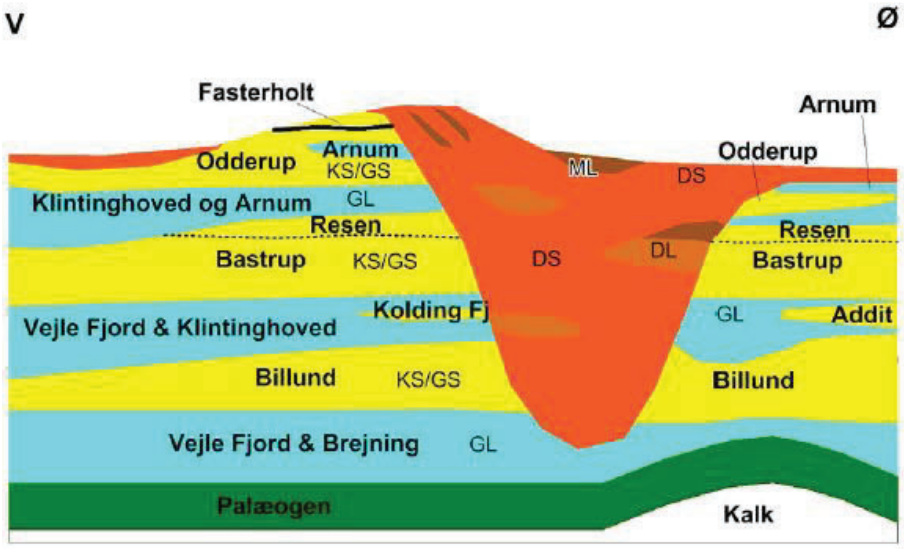

Tema N-6: Redoxgrænse dybde
0 - 0,1 [m]
0,1 - 1
1 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 30
30 - 50
50 - 100
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km


Tema A-1: Arealanvendelse
Areal Type
Skov
Landbrug udefineret
Landbrug - intensivt
Landbrug - ekstensivt
Søer
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km


Tema A-2: Nitrat udvaskning
Rodzone udvaskning
0
0-10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
> 80 kgN/ha pr år
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km


Tema A-3: Nitratmålinger mrk depot
Andre Typer
Mrk Depot
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km

Kort beskrivelse af geologiske forhold:



Figur 1: Principskitse for geologisk forståelsesmodel. DS= smeltevandssand, DL=Smeltevandsler, ML = moræneler, KS= Miocænt Kvartssand, GS= Miocænt glimmersand og GL- Miocænt Glimmerler. Fra /1/.

Prækvartære aflejringer:

- Nederst i lagserien haves kalk og herover palæogent ler /1/ (figur 1). Herover haves en tyk lagserie med vekslende ler og sand fra primært Miocæn. De sandede horisonter benævnes Odderup, Bastrup og Billund Formationerne, hvor især Bastrup og Billund Formationerne er af interesse for grundvandsindvindingen

Kvartære aflejringer:

- Området ligger vest for Hovedopholdslinjen, overvejende på Skovbjerg Bakkeø
- Området er dækket af et relativt tyndt lag af kvartære aflejringer – hovedsageligt smeltevandssand, bortset fra de områder, hvor der forekommer begravede dale (se figur 1)

Begravede dale:

- De prækvartære aflejringer gennemskæres af de begravede dalsystemer /2/. Dalenes orientering er overvejende NNV-SSØ. Dalfyldet udgøres af vekslende kvartære aflejringer, som overvejende består af smeltevandssand, -silt- og –ler, med indslag af moræneler.

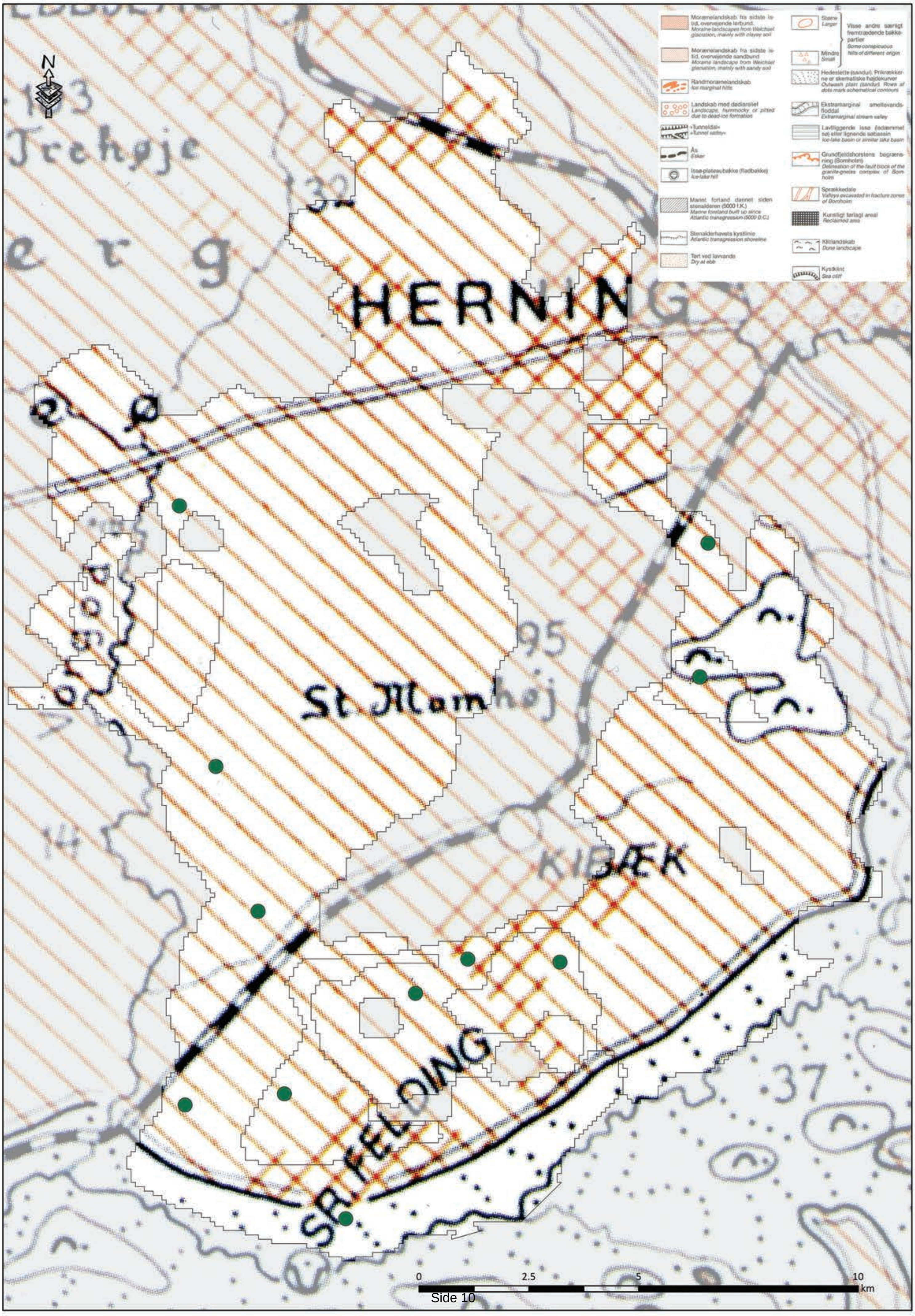
Deformationer af lagserien:

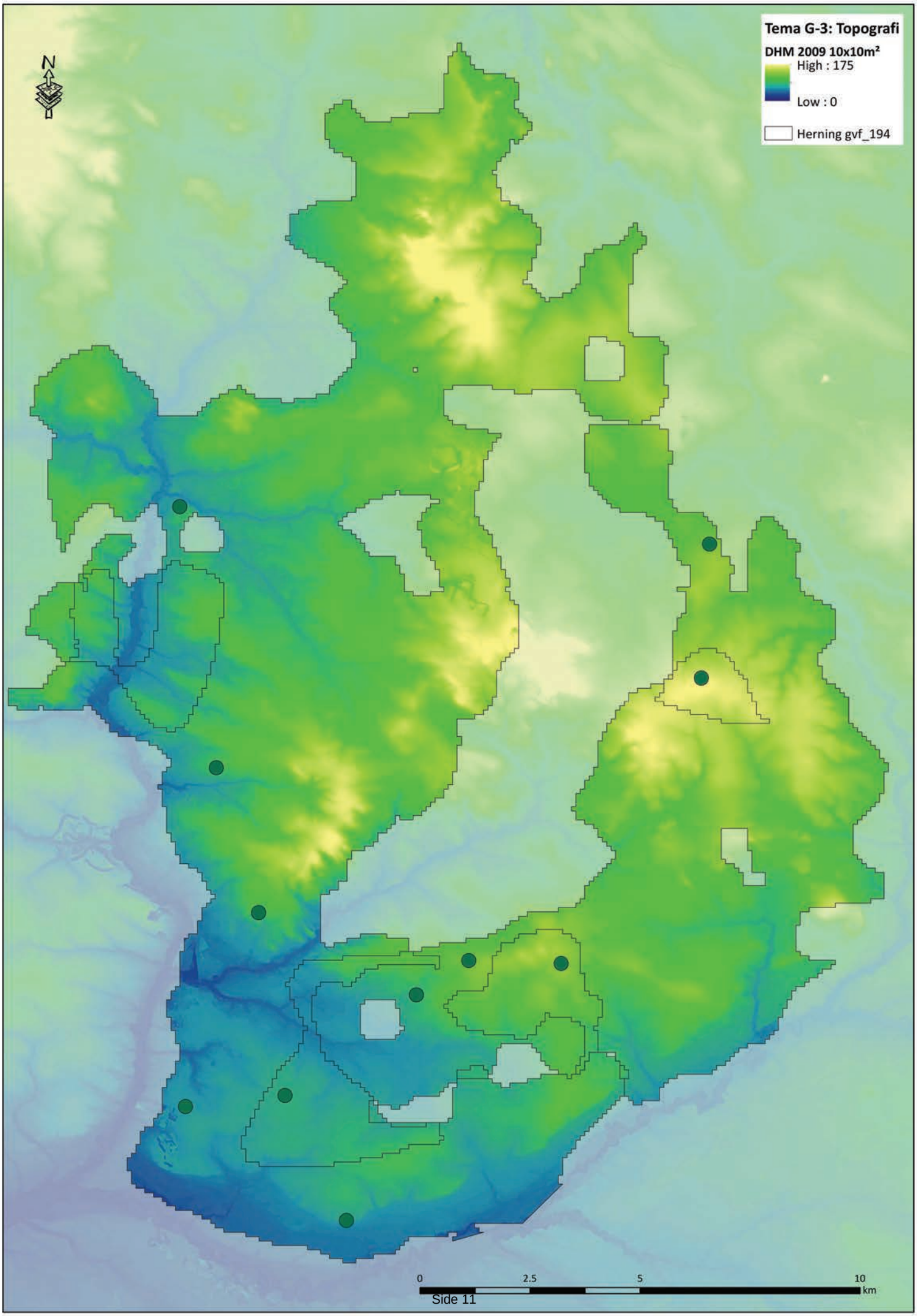
- Glacialtektoniske forstyrrelser må forventes at optræde i området, da der på andre bakkeøer i Vestjylland er fundet tegn på storskala deformationer (f.eks. /3/). Lagserien i de deformerede områder kan forventes at være komplekst opbygget og lagene kan ikke forventes at være sammenhængende over store afstande.

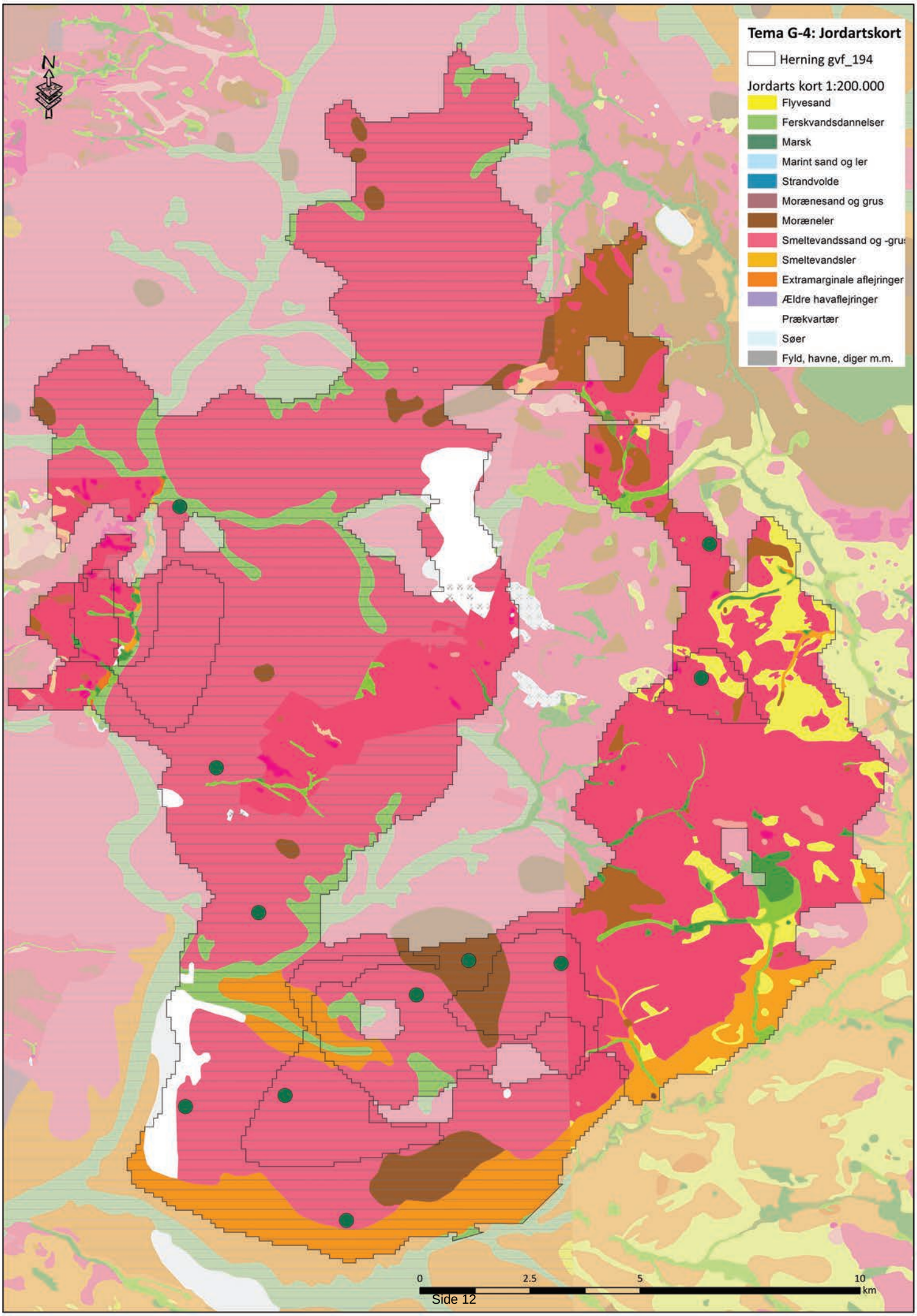
Referencer:

/1/ Miljøministeriet, Naturstyrelsen (2013). Redegørelse for Kibæk Kortlægningsområde - Afgiftsfinansieret grundvandskortlægning 2013. ISBN: 978-87-7091-474-1.
/2/ Sandersen, P.B.E. & Jørgensen (2016). Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. GEUS Særudgivelse, bind 1 og 2. (www.begravededale.dk)
/3/ Høyer, A.-S., Jørgensen, F., Piotrowski, J.A. & Jakobsen, P.R. (2013). Deeply rooted glaciotectonism in western Denmark: geological composition, structural characteristics and the origin of Varde hill-island. Journal of Quaternary Science (2013)28(7) 683–696.

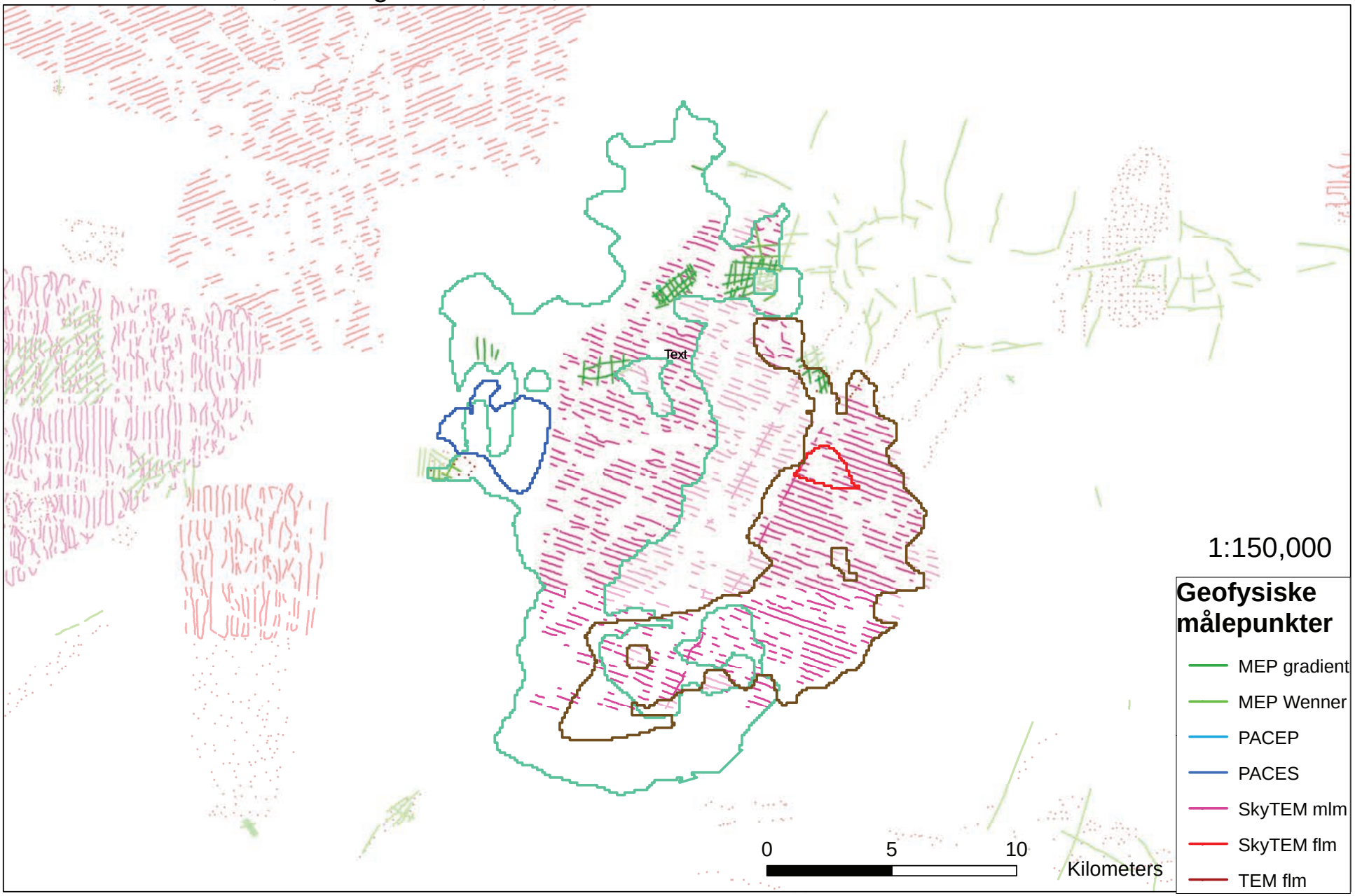
Udført af:	PSA	Dato:	02.05.18


N
HERNING
St. Mamhøj
KIBÆK
SDR. FELDING
0
2.5
5
10
km
Morænelandskab fra sidste istid, overvejende lerbund.
Moraine landscapes from Weichsel glaciation, mainly with clayey soil
Morænelandskab fra sidste istid, overvejende sandbund
Moraine landscape from Weichsel glaciation, mainly with sandy soil
Randmorænelandskab
Ice marginal hills
Landskab med dødisrelief
Landscape, hummocky or pitted due to dead-ice formation
»Tunneldal«
»Tunnel valley«
Ås
Esker
Issø-plateaubakke (fladbakke)
Ice-lake hill
Marint forland dannet siden stenalderen (5000 f.K.)
Marine foreland built up since Atlantic transgression (5000 B.C.)
Stenalderhavets kystlinie
Atlantic transgression shoreline
Tørt ved lavvande
Dry at ebb
Større
Larger
Mindre
Small
Visse andre særligt fremtrædende bakkepartier
Some conspicuous hills of different origin
Hedeslette (sandur). Prikrækkerne er skematiske højdekurver
Outwash plain (sandur). Rows of dots mark schematical contours
Ekstramarginal smeltevandsfloddal
Extramarginal stream valley
Lavtliggende issø (isdæmmet sø) eller lignende søbassin
Ice-lake basin or similar lake basin
Grundfjeldshorstens begrænsning (Bornholm)
Delineation of the fault block of the granite-gneiss complex of Bornholm
Sprækkedale
Valleys excavated in fracture zones of Bornholm
Kunstigt tørlagt areal
Reclaimed area
Klitlandskab
Dune landscape
Kystklint
Sea cliff


Tema G-3: Topografi
DHM 2009 10x10m²
High : 175
Low : 0
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km

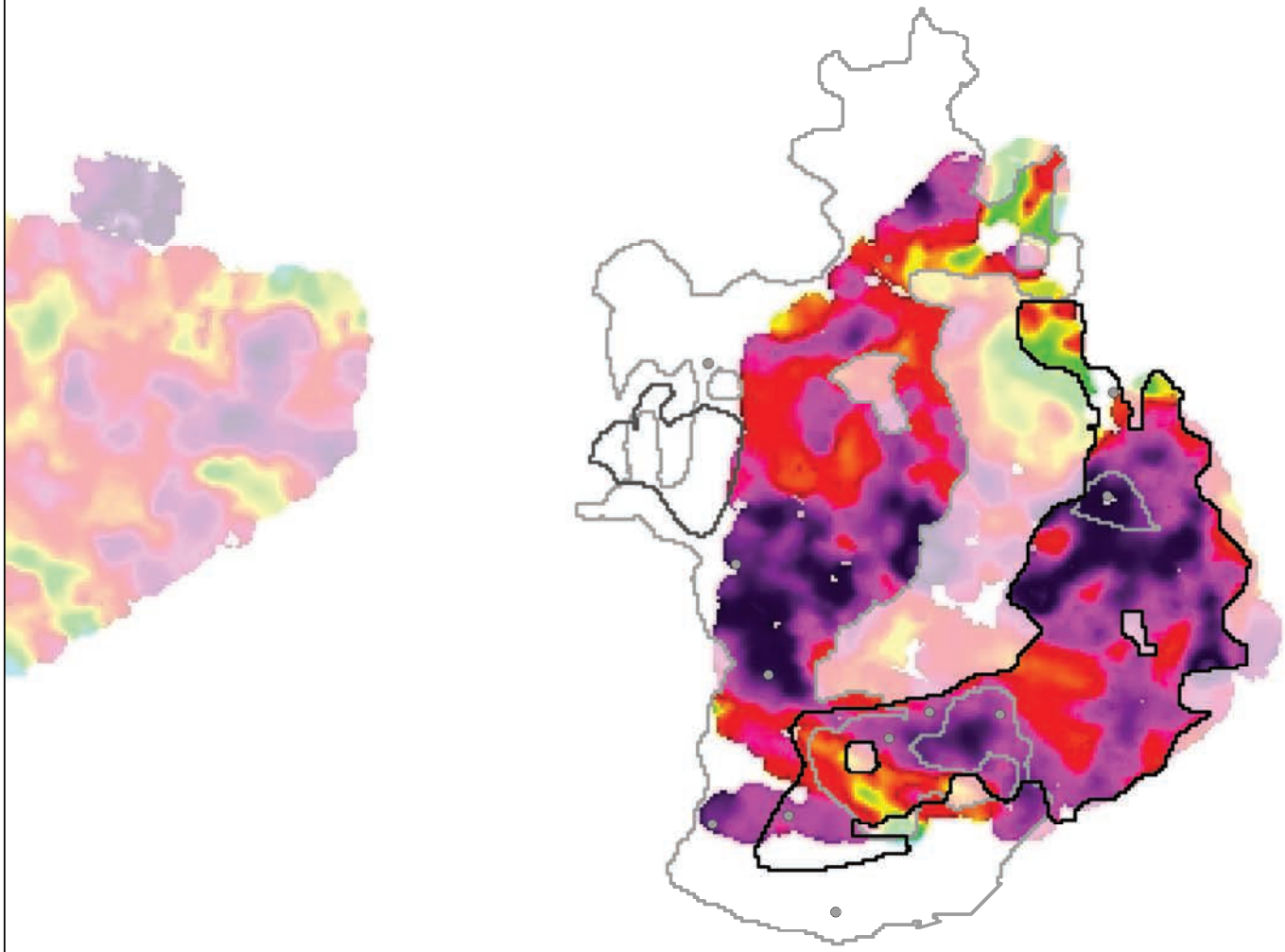

Tema G-4: Jordartskort
Herning gvf_194
Jordarts kort 1:200.000
Flyvesand
Ferskvandsdannelser
Marsk
Marint sand og ler
Strandvolde
Morænesand og grus
Moræneler
Smeltevandssand og -grus
Smeltevandsler
Extramarginale aflejringer
Ældre havaflejringer
Prækvartær
Søer
Fyld, havne, diger m.m.
N
0
2.5
5
10
km

Tema G-6: GVF 194, Herning-Kibæk, KS1, KS2



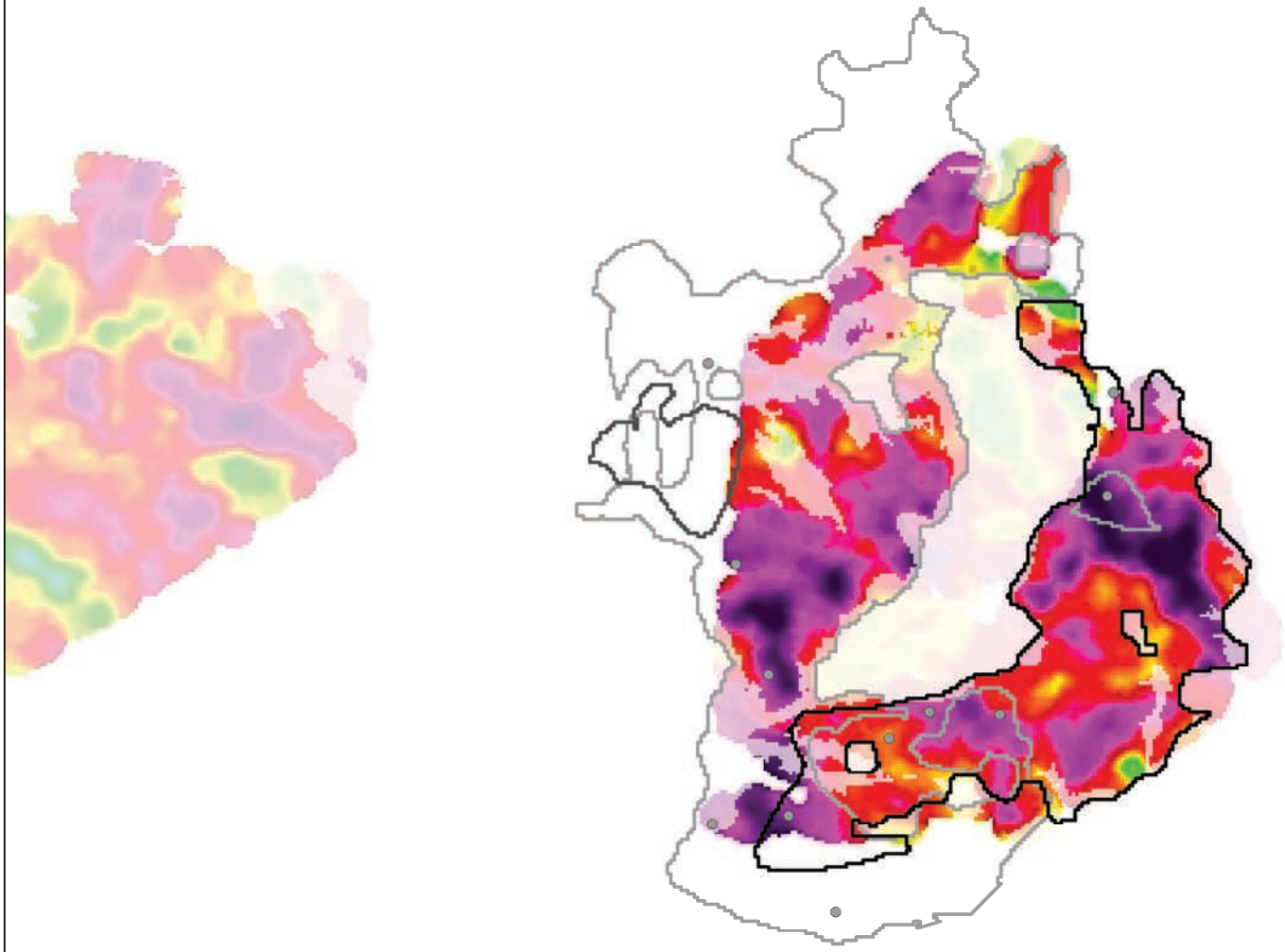
GVF 194, Herning/Kibæk ks1, ks2, ks3

1:150,000



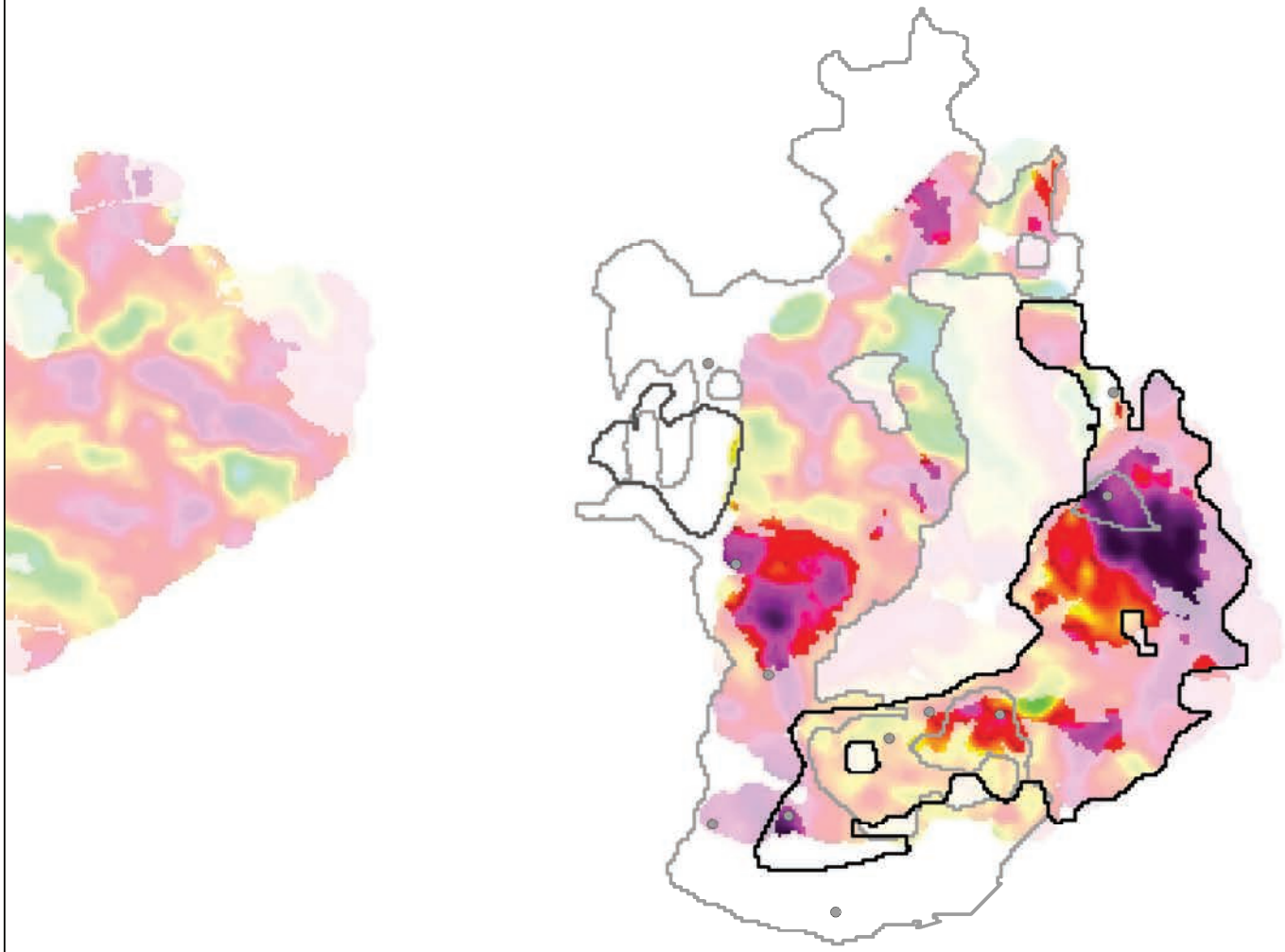
GVF 194, Herning/Kibæk ks1, ks2, ks3

1:150,000

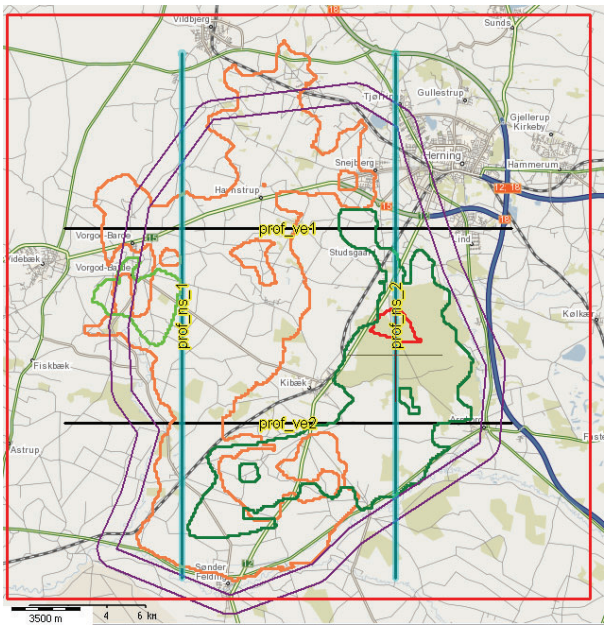


GVF 194, Herning/Kibæk ks1, ks2, ks3

1:150,000



Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler: GVF 194 Herning-Kibæk , KS1, KS2



Legende

Profiler

Grundvandsforkomst, ks1
Grundvandsforkomst, ks1
Grundvandsforkomst, ks2
Grundvandsforkomst, ks2

Resistivitet [Ohmm]

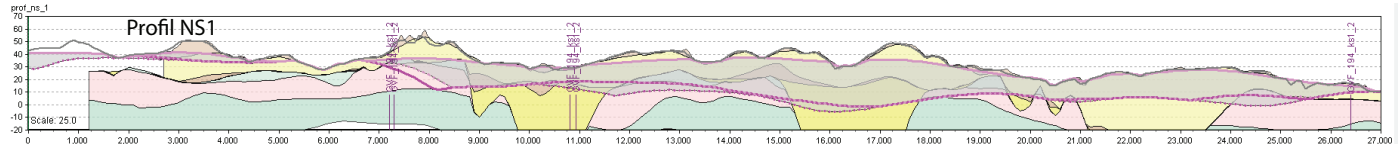
1 2 5 10 20 50 100 200 500 1000

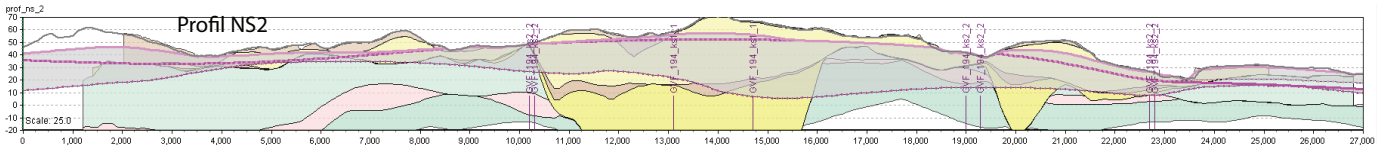
GKO hydrostratigrafiske lag

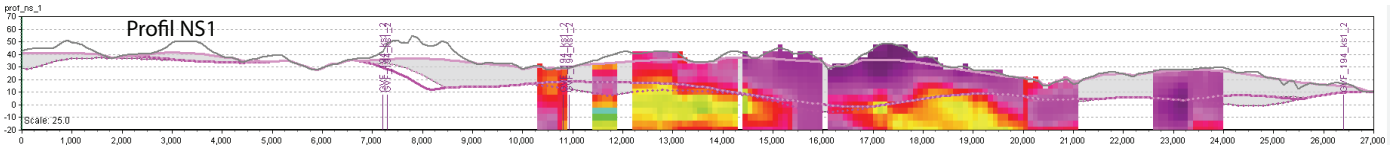
- Kvartært ler KL1
- Kvartært sand KS1
- Kvartært ler KL2
- Kvartært sand KS2
- Miocænt ler PL1
- Miocænt sand PS1
- Miocænt ler PL2

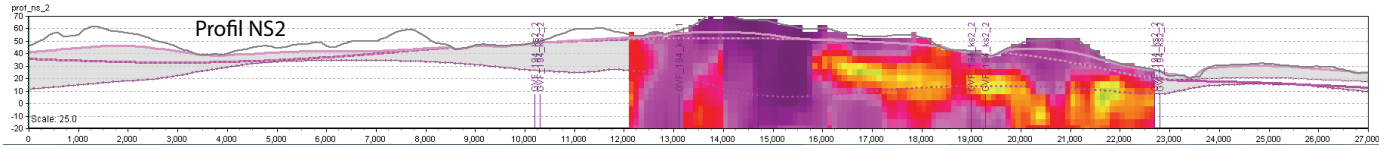
DK model magasin lag

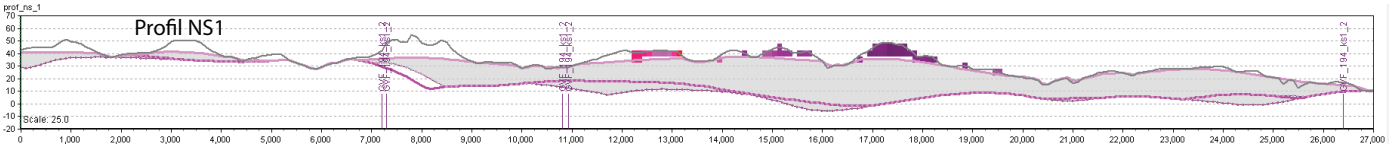
- KS1
- KS2

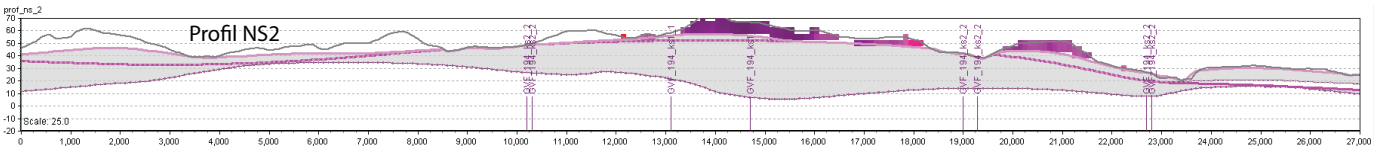


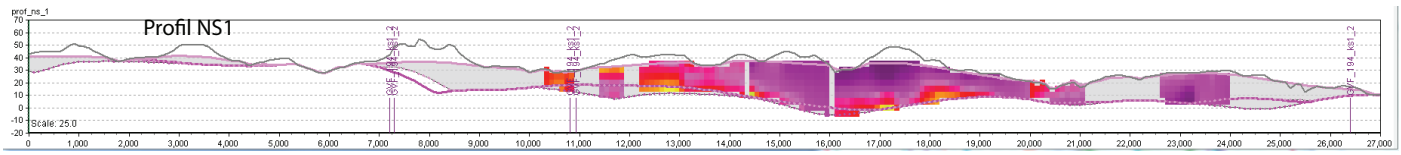


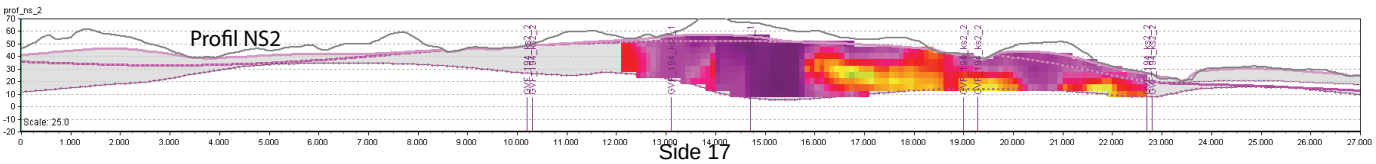


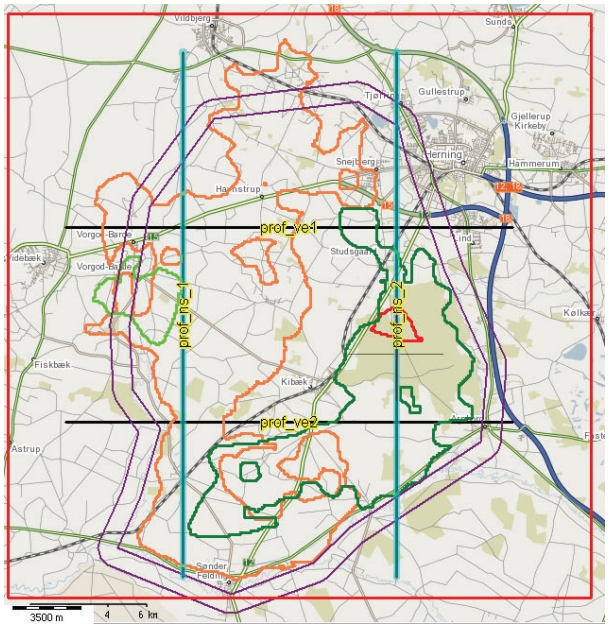












Tema G-9 Geologiske og geofysiske profiler: GVF 194 Herning-Kibæk , KS1, KS2

Legende

Profiler

Grundvandsforkomst, ks1
Grundvandsforkomst, ks1
Grundvandsforkomst, ks2
Grundvandsforkomst, ks2

Resistivitet [Ohmm]

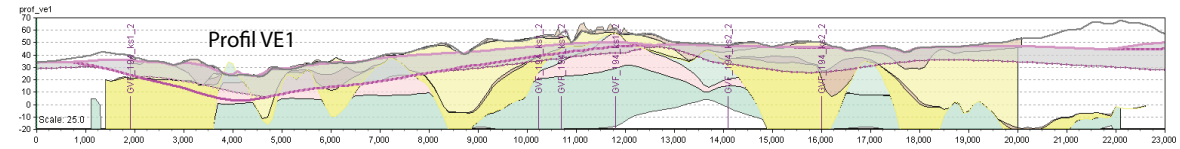
1 2 5 10 20 50 100 200 500 1000

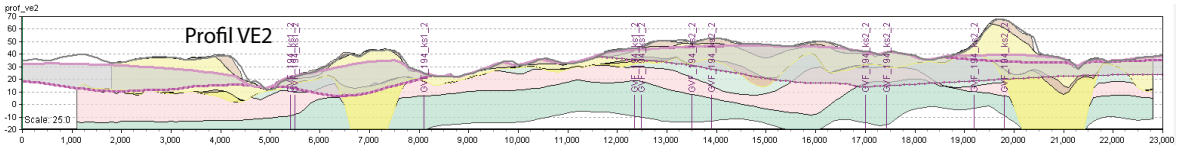
GKO hydrostratigrafiske lag

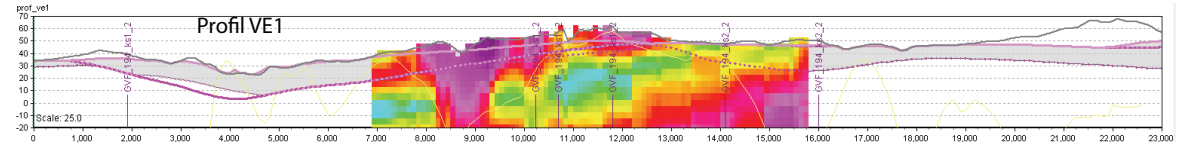
- Kvartært ler KL1
- Kvartært sand KS1
- Kvartært ler KL2
- Kvartært sand KS2
- Miocænt ler PL1
- Miocænt sand PS1
- Miocænt ler PL2

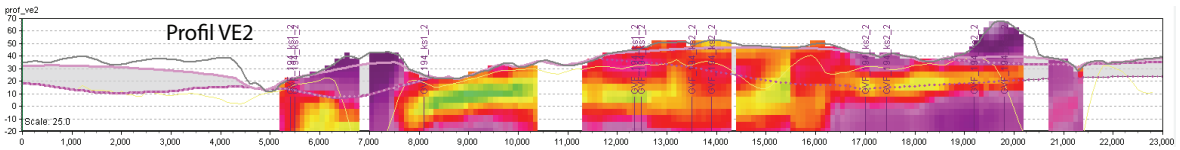
DK model magasin lag

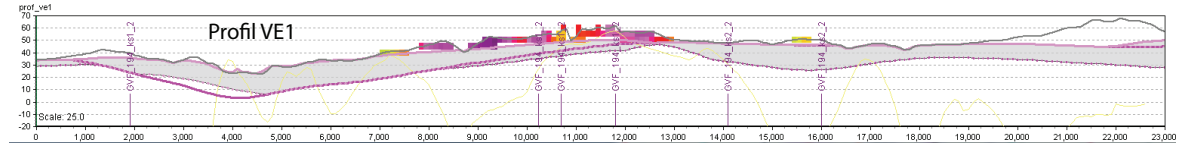
- KS1
- KS2

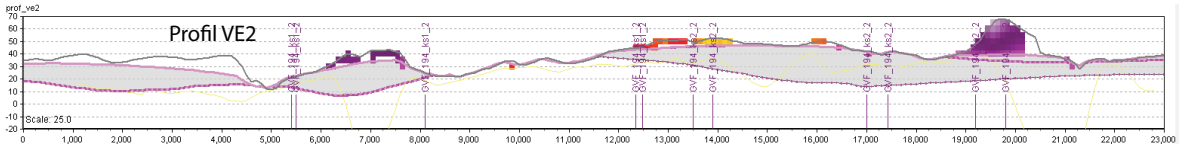


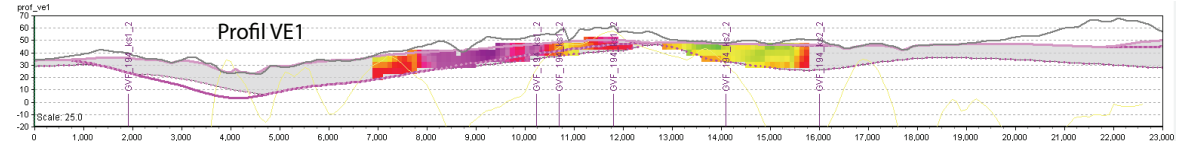


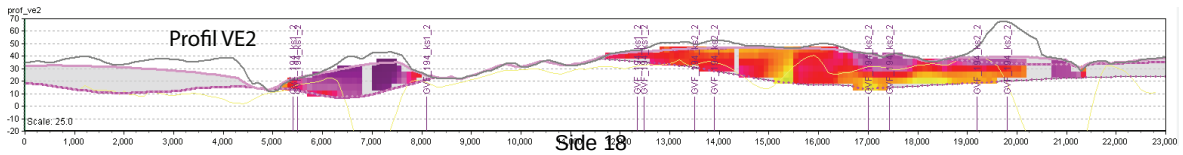


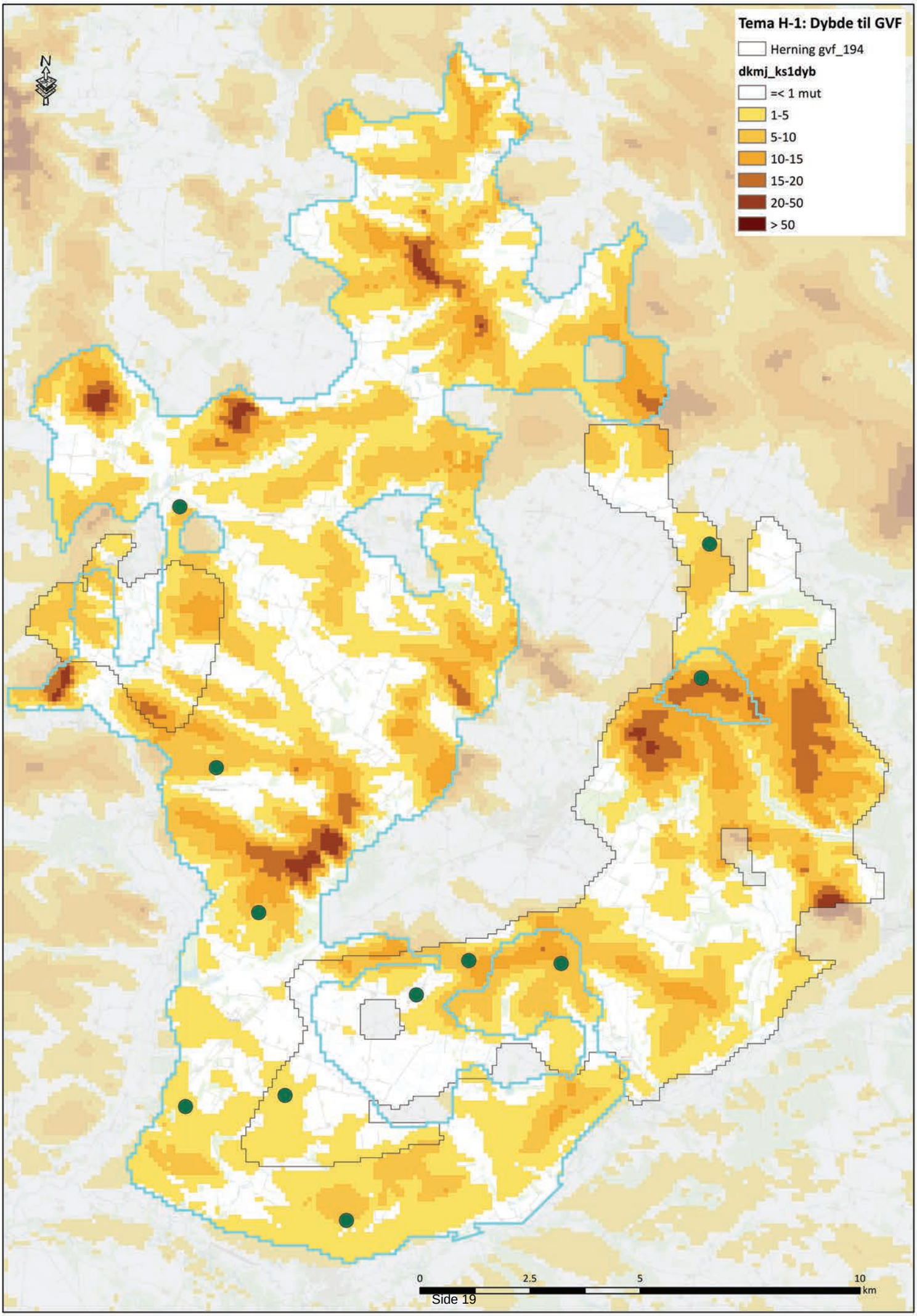


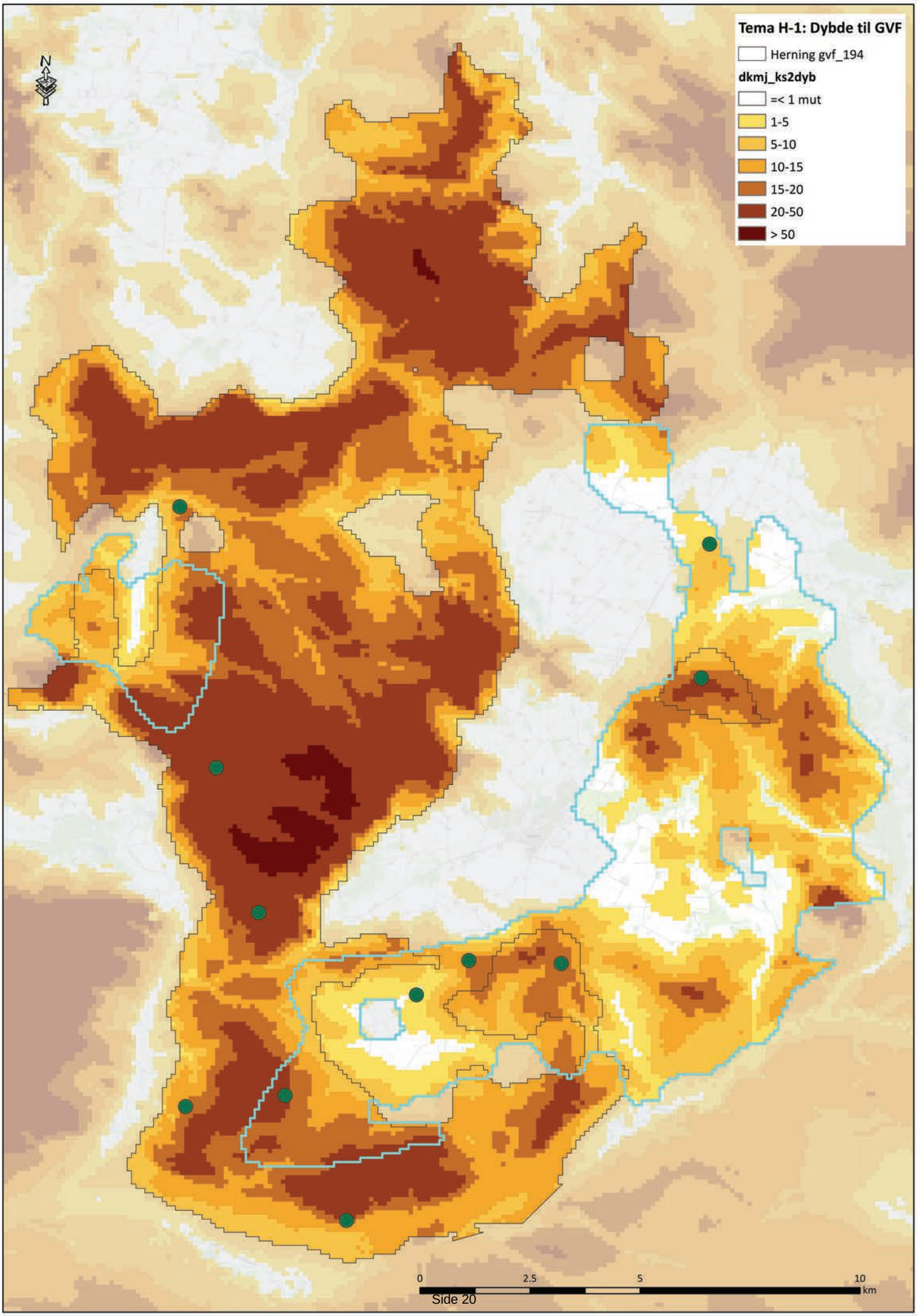


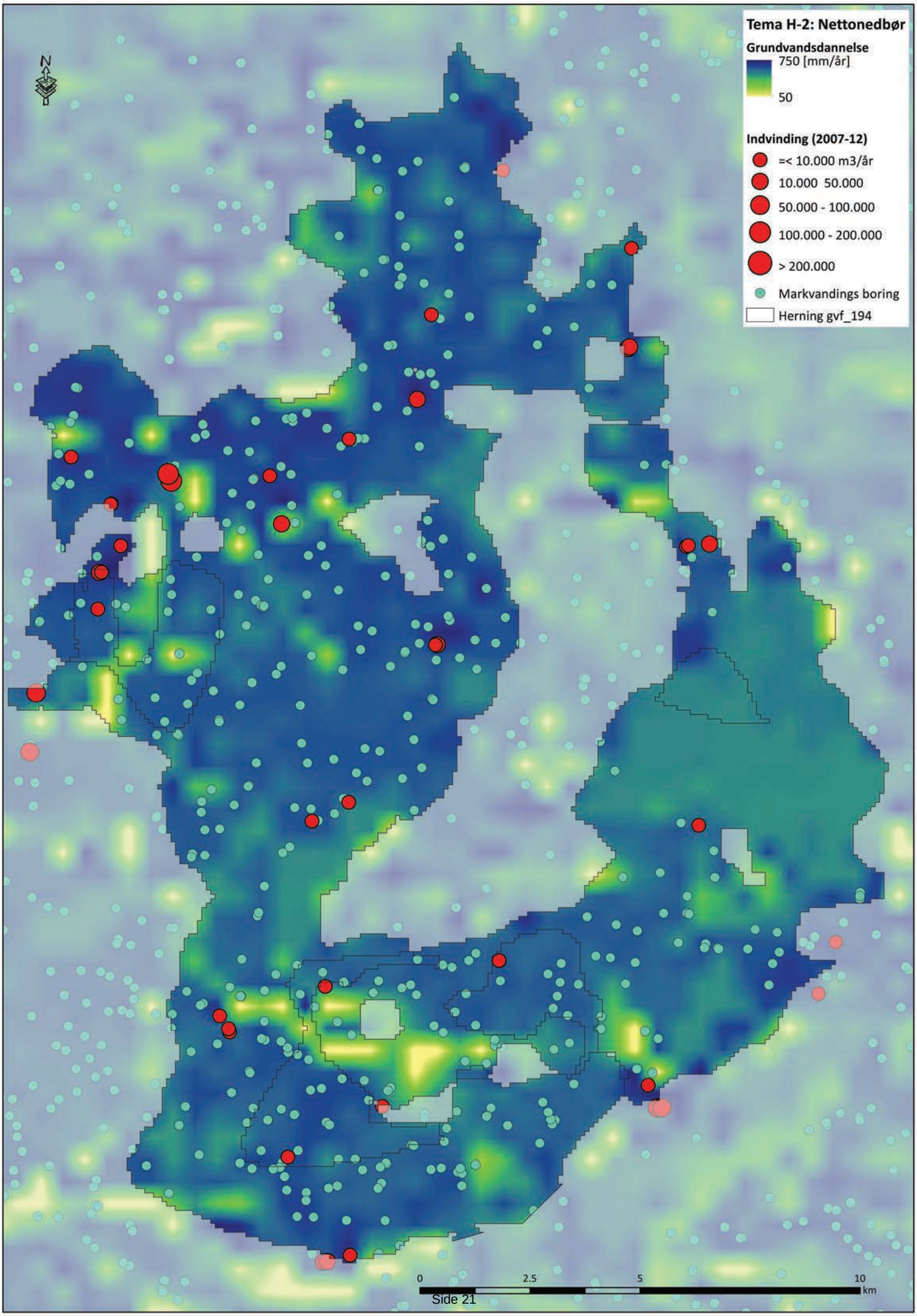


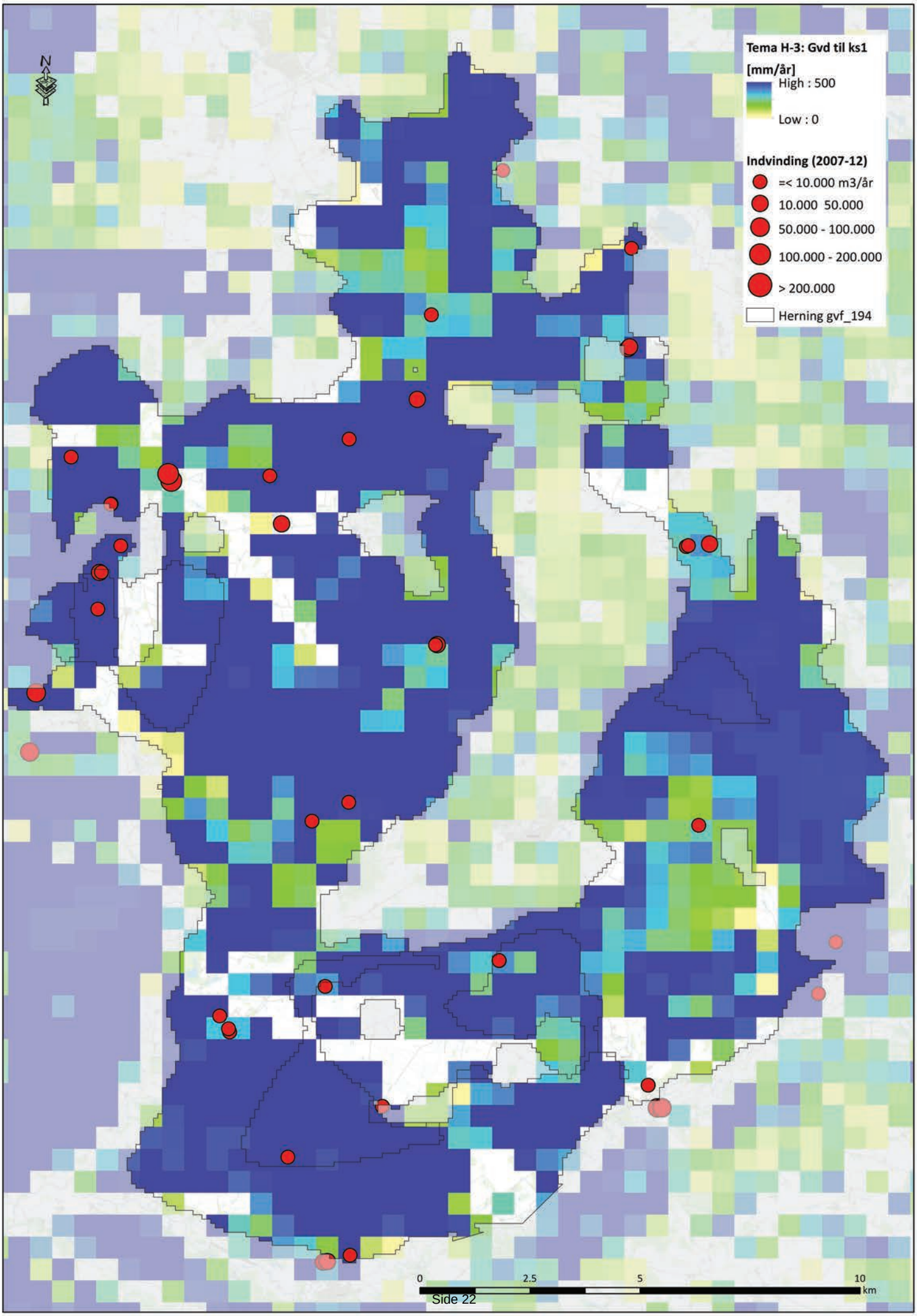


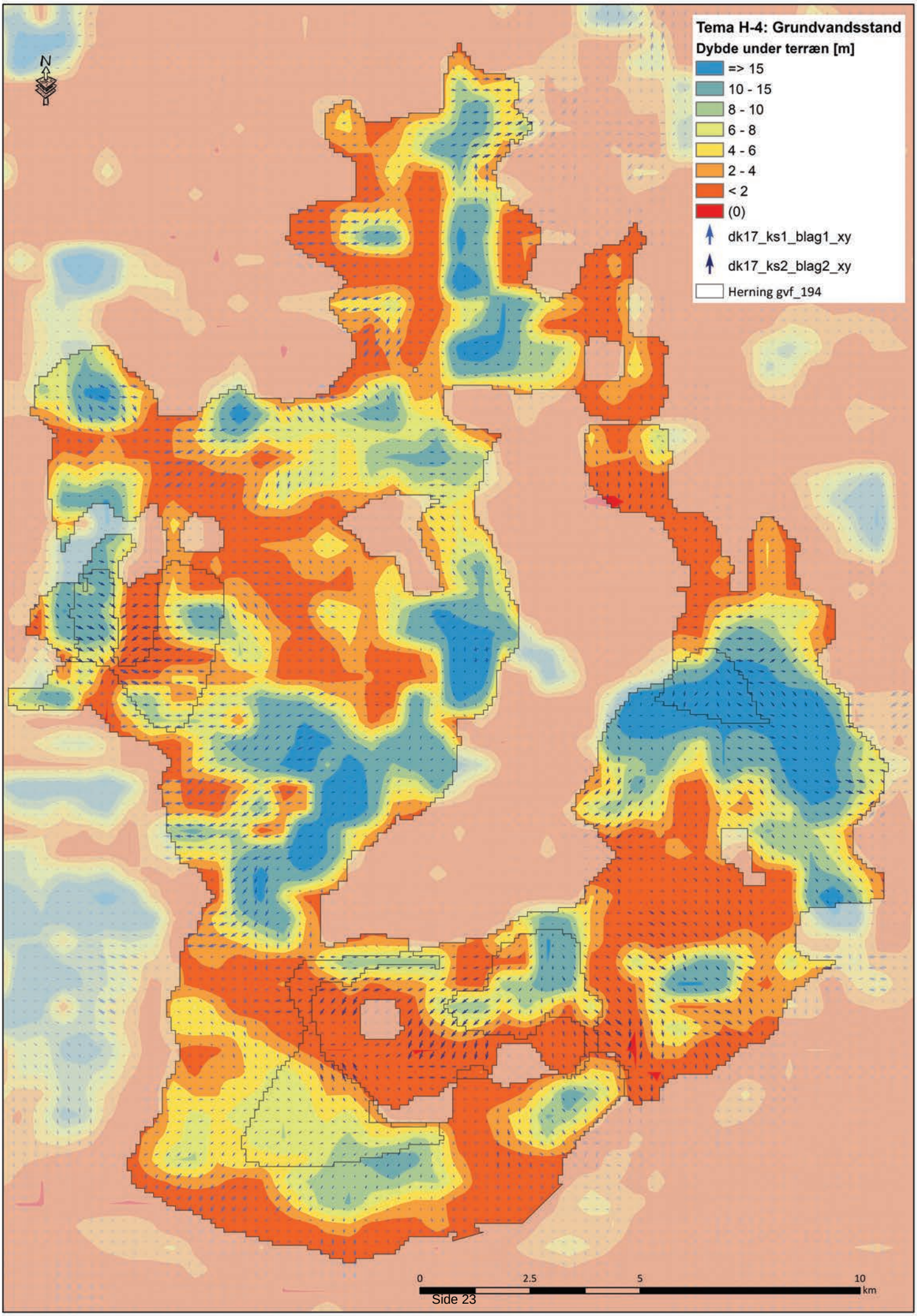


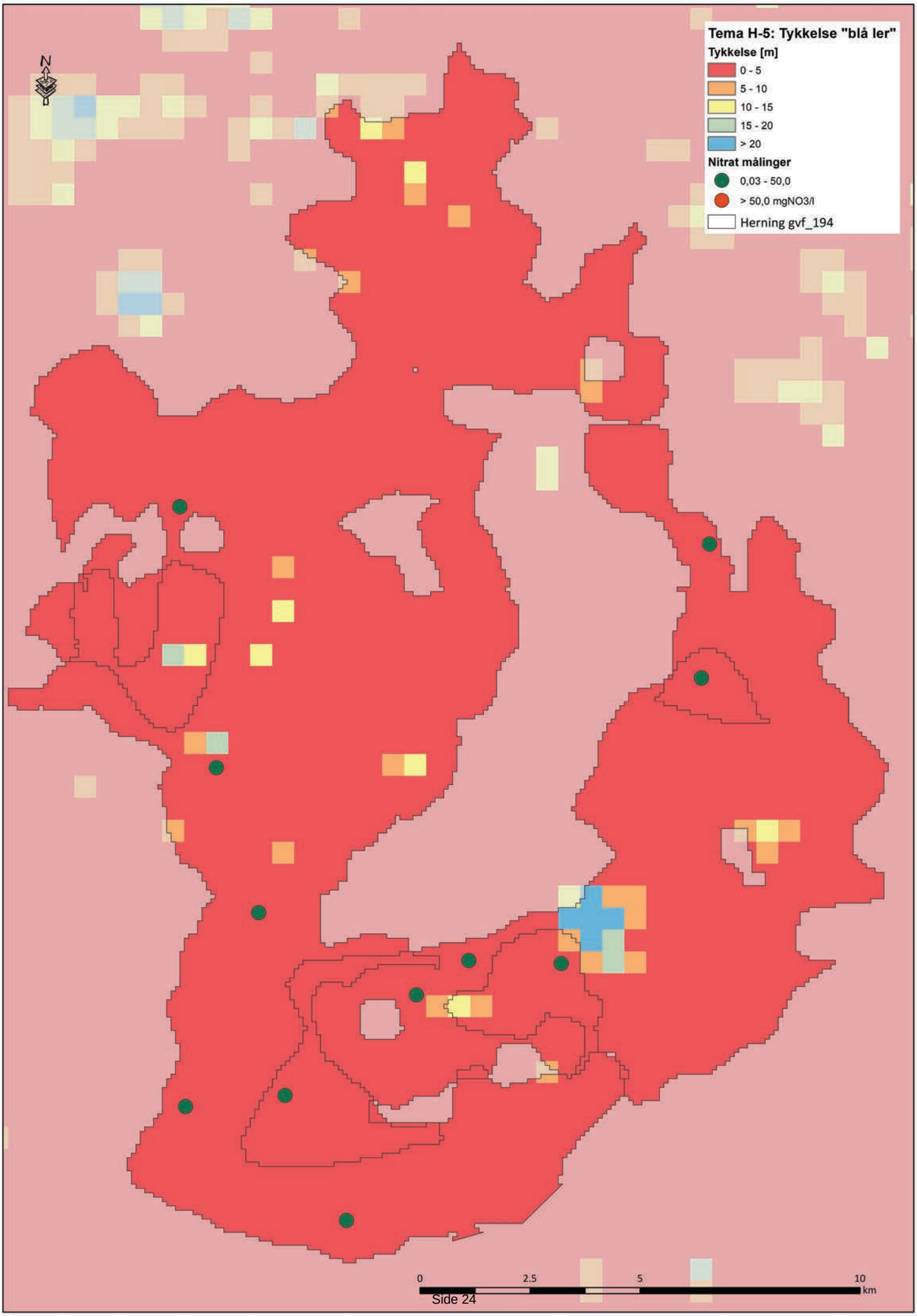

Tema H-1: Dybde til GVF
Herning gvf_194
dkmj_ks1dyb
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
N
0
2.5
5
10
km

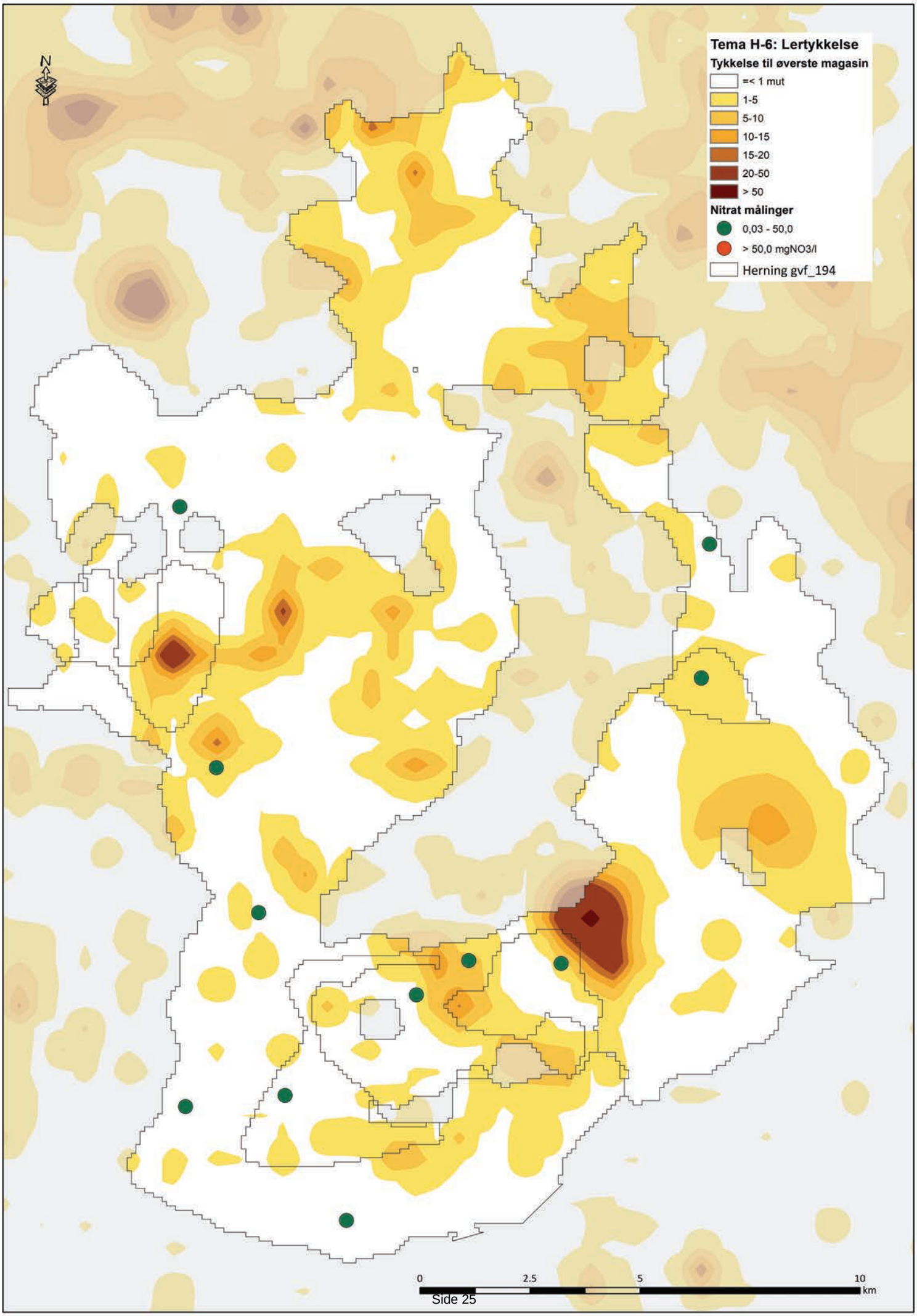

Tema H-1: Dybde til GVF
Herning gvf_194
dkmj_ks2dyb
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
N
0
2.5
5
10
km

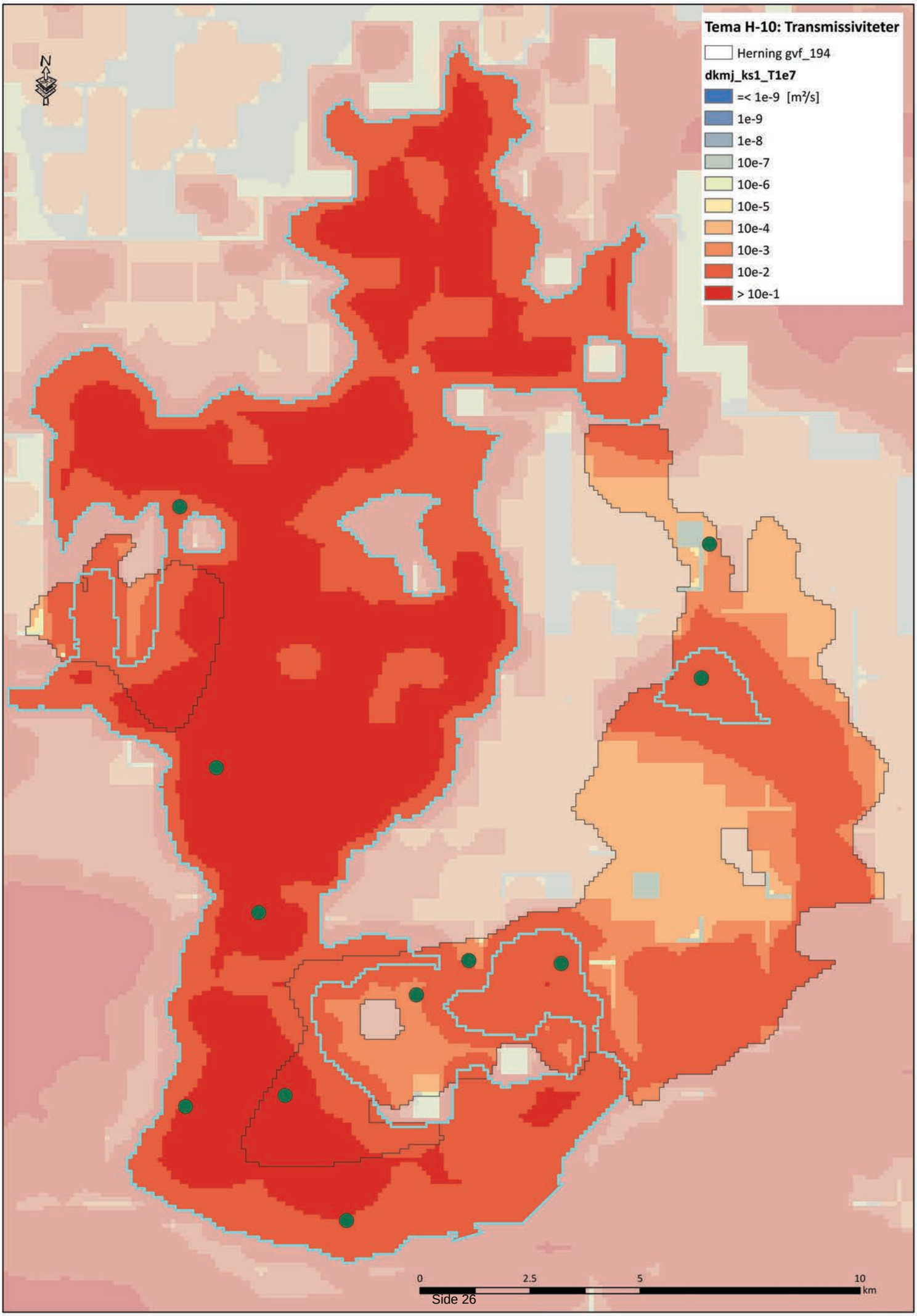

Tema H-2: Nettonedbør
Grundvandsdannelse
750 [mm/år]
50
Indvinding (2007-12)
=< 10.000 m3/år
10.000 50.000
50.000 - 100.000
100.000 - 200.000
> 200.000
Markvandings boring
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km

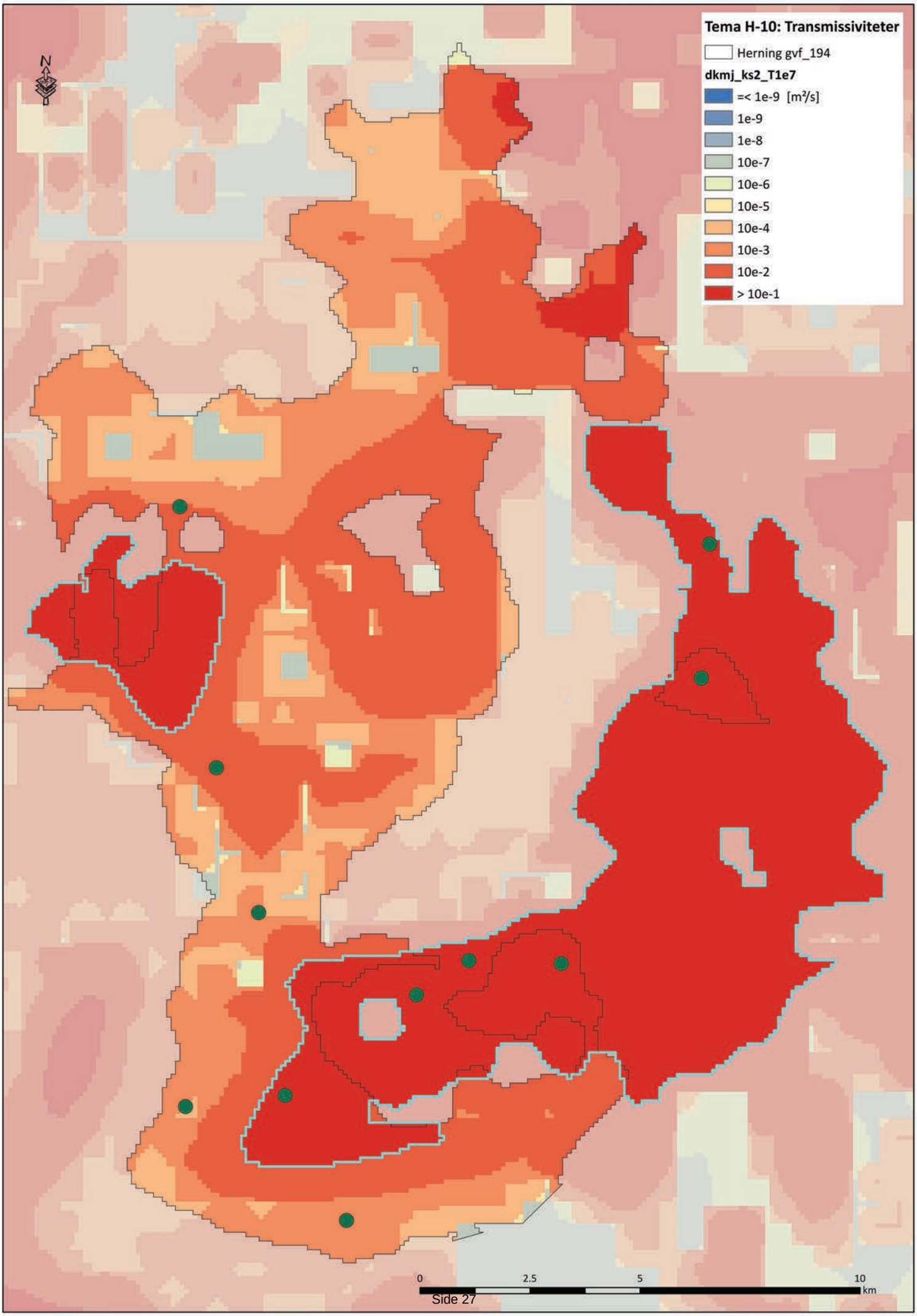

Tema H-3: Gvd til ks1
[mm/år]
High : 500
Low : 0
Indvinding (2007-12)
=< 10.000 m3/år
10.000 50.000
50.000 - 100.000
100.000 - 200.000
> 200.000
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km

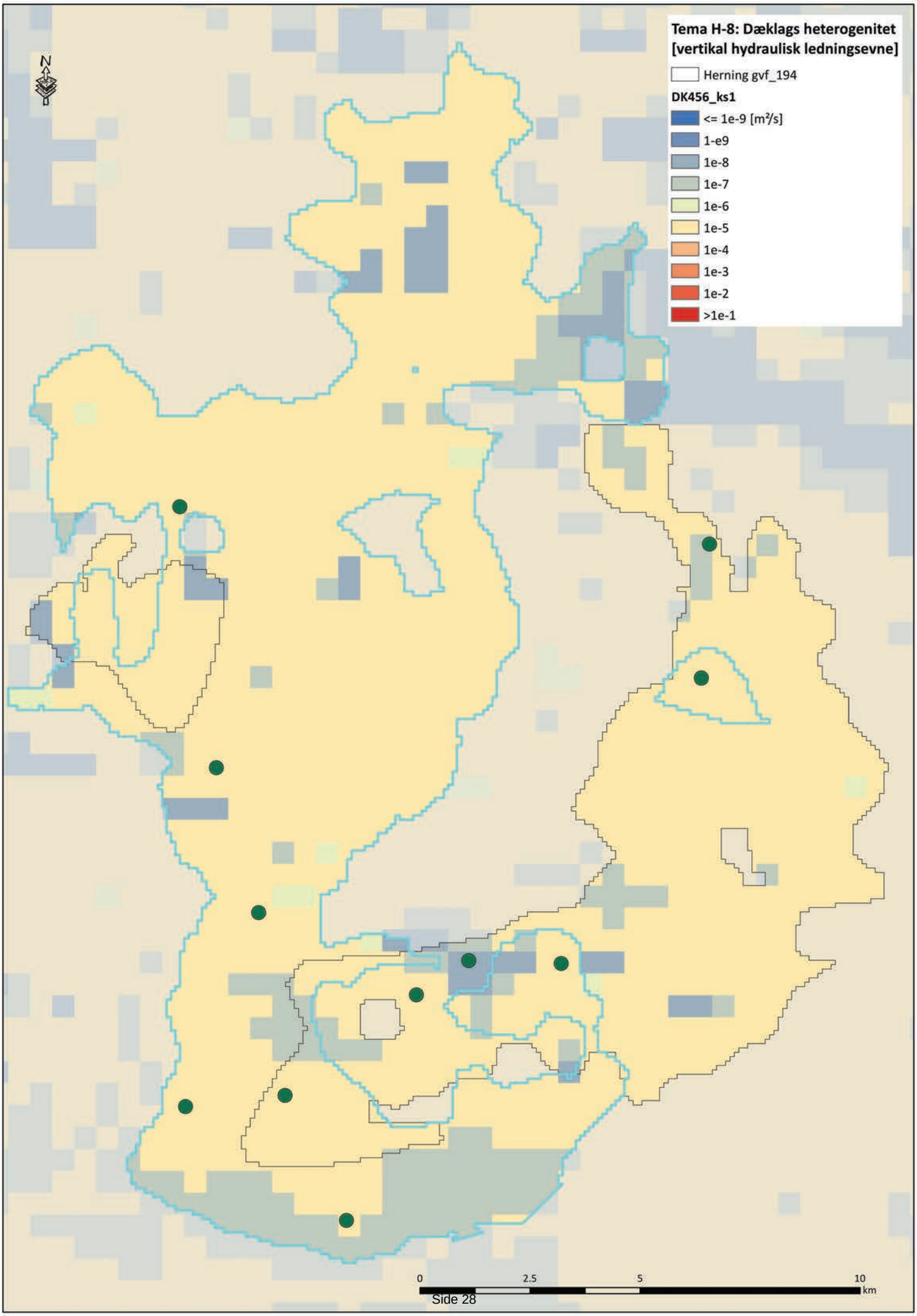

Tema H-4: Grundvandsstand
Dybde under terræn [m]
=> 15
10 - 15
8 - 10
6 - 8
4 - 6
2 - 4
< 2
(0)
dk17_ks1_blag1_xy
dk17_ks2_blag2_xy
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km

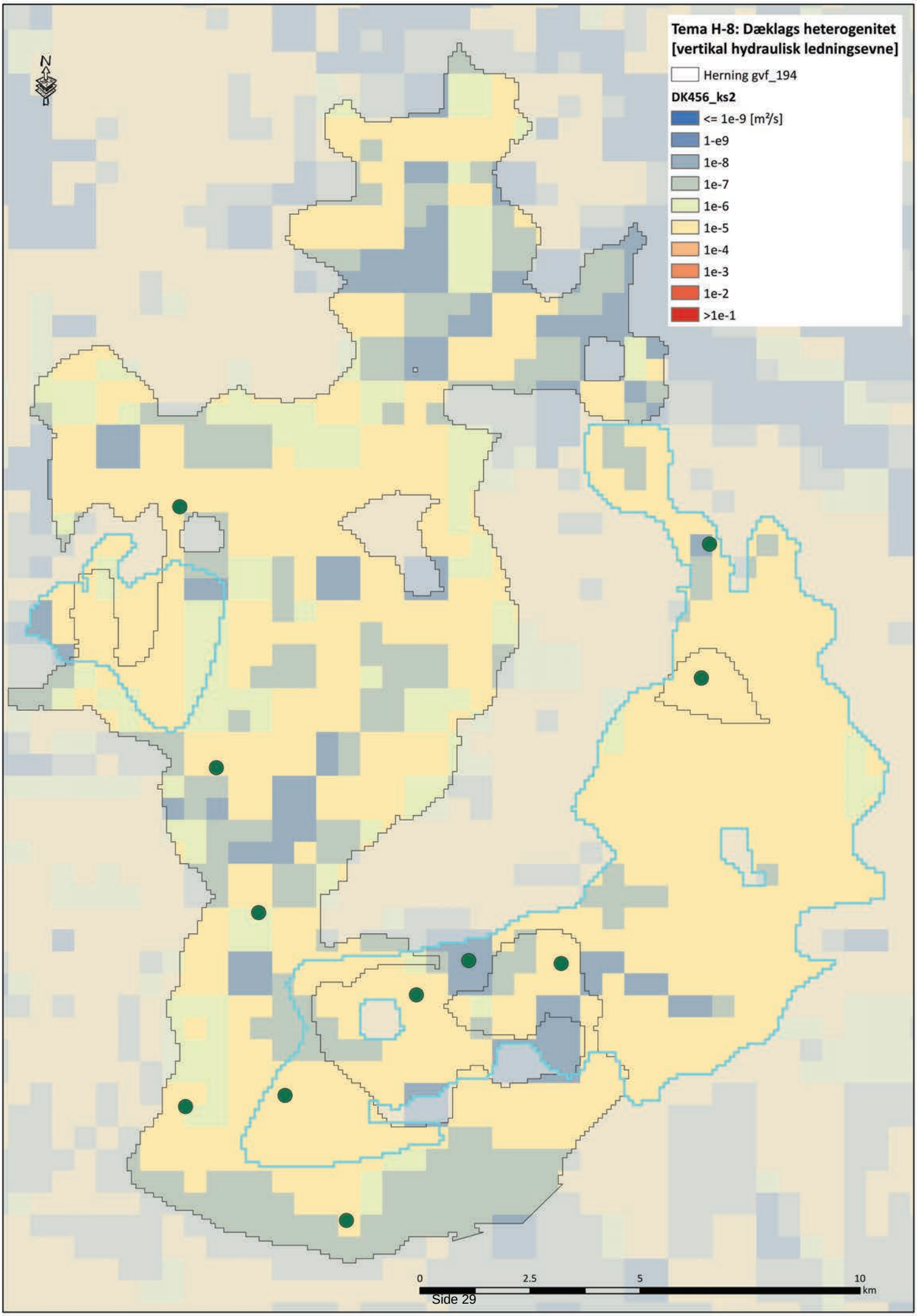

Tema H-5: Tykkelse "blå ler"
Tykkelse [m]
0 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 20
> 20
Nitrat målinger
0,03 - 50,0
> 50,0 mgNO3/l
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km

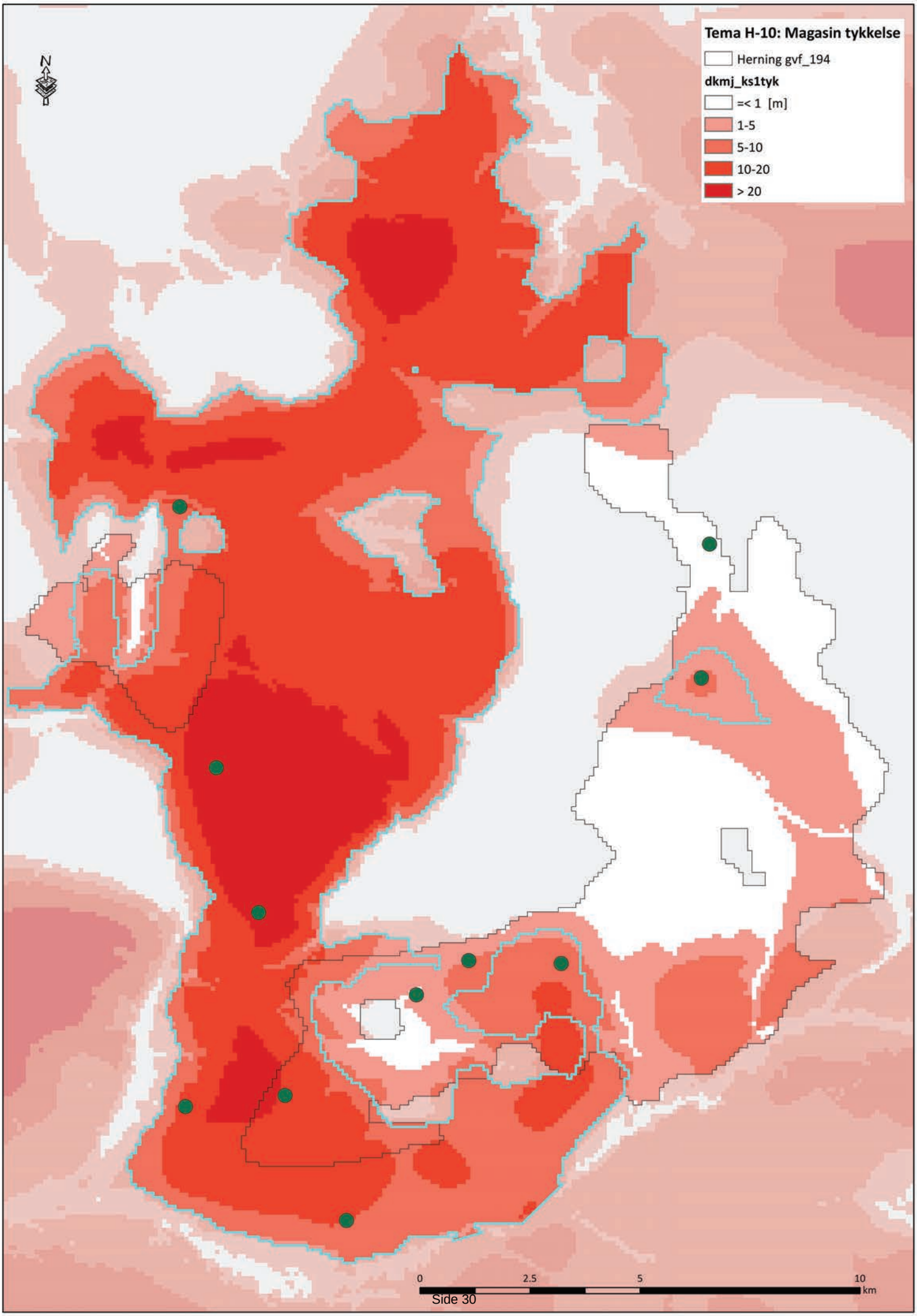

Tema H-6: Lertykkelse
Tykkelse til øverste magasin
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
Nitrat målinger
0,03 - 50,0
> 50,0 mgNO3/l
Herning gvf_194
N
0
2.5
5
10
km

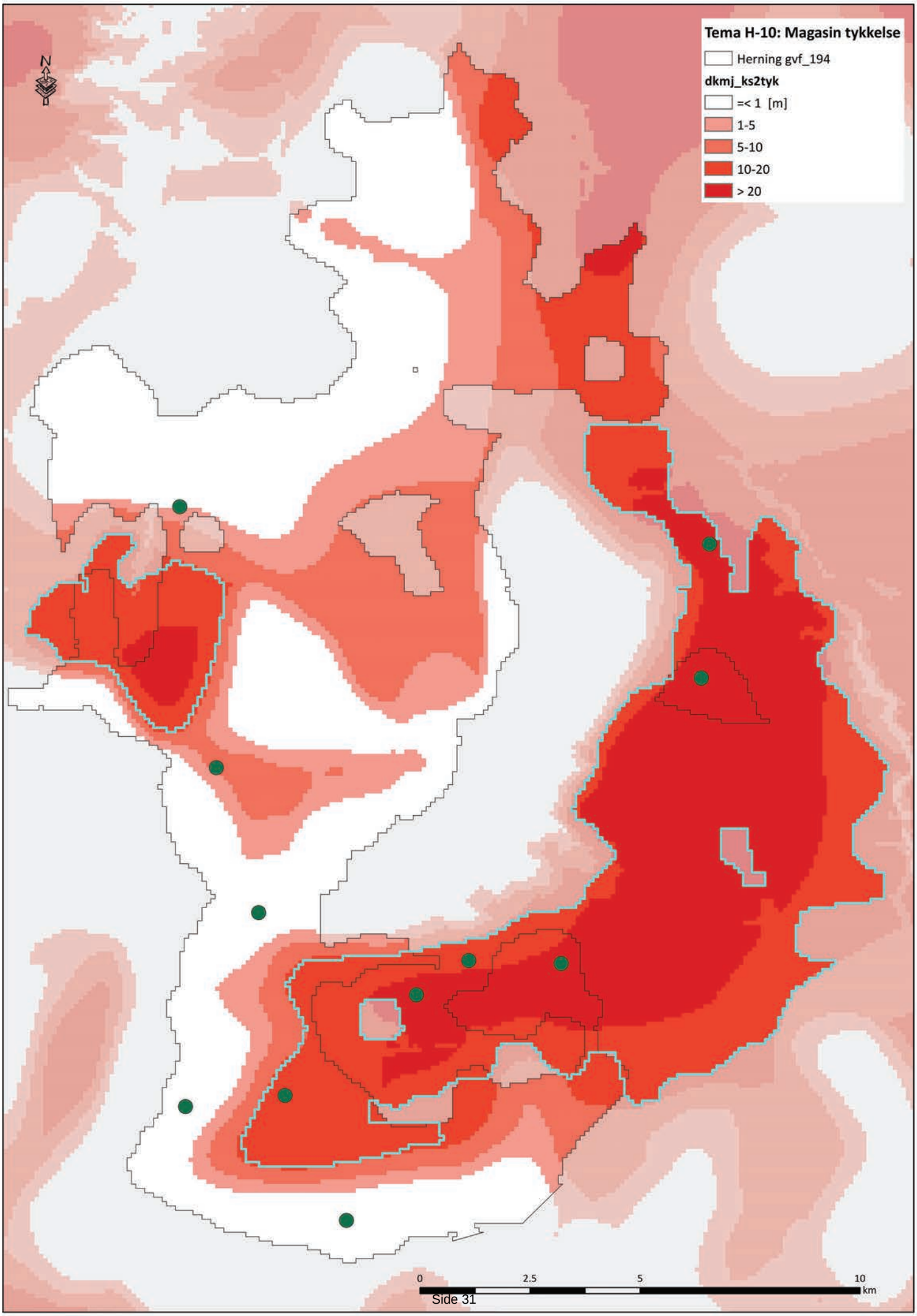

Tema H-10: Transmissiviteter
Herning gvf_194
dkmj_ks1_T1e7
=< 1e-9 [m²/s]
1e-9
1e-8
10e-7
10e-6
10e-5
10e-4
10e-3
10e-2
> 10e-1
N
0
2.5
5
10
km


Tema H-10: Transmissiviteter
Herning gvf_194
dkmj_ks2_T1e7
=< 1e-9 [m²/s]
1e-9
1e-8
10e-7
10e-6
10e-5
10e-4
10e-3
10e-2
> 10e-1
N
0
2.5
5
10
km


Tema H-8: Dæklags heterogenitet
[vertikal hydraulisk ledningsevne]
Herning gvf_194
DK456_ks1
<= 1e-9 [m²/s]
1-e9
1e-8
1e-7
1e-6
1e-5
1e-4
1e-3
1e-2
>1e-1
N
0
2.5
5
10
km

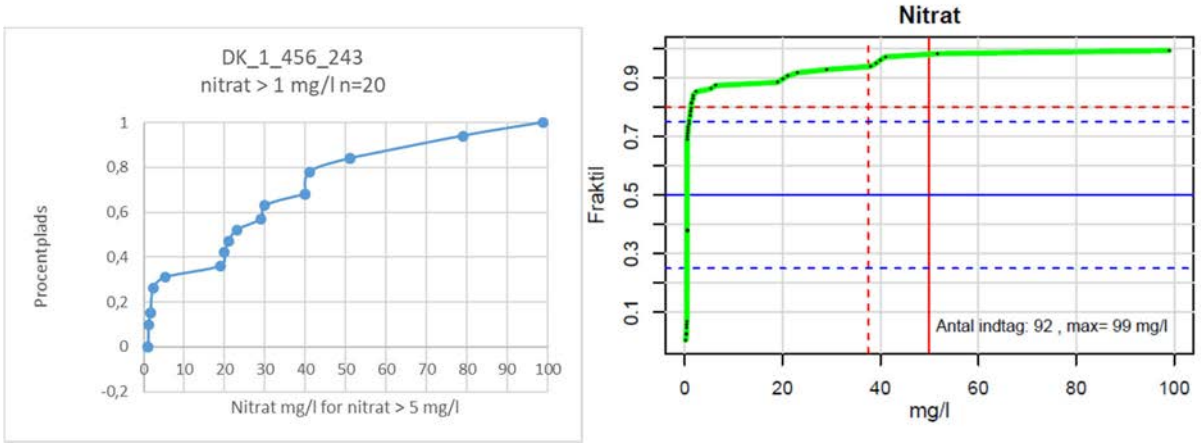

Tema H-8: Dæklags heterogenitet
[vertikal hydraulisk ledningsevne]
Herning gvf_194
DK456_ks2
<= 1e-9 [m²/s]
1-e9
1e-8
1e-7
1e-6
1e-5
1e-4
1e-3
1e-2
>1e-1
N
0
2.5
5
10
km


Tema H-10: Magasin tykkelse
Herning gvf_194
dkmj_ks1tyk
=< 1 [m]
1-5
5-10
10-20
> 20
N
0
2.5
5
10
km

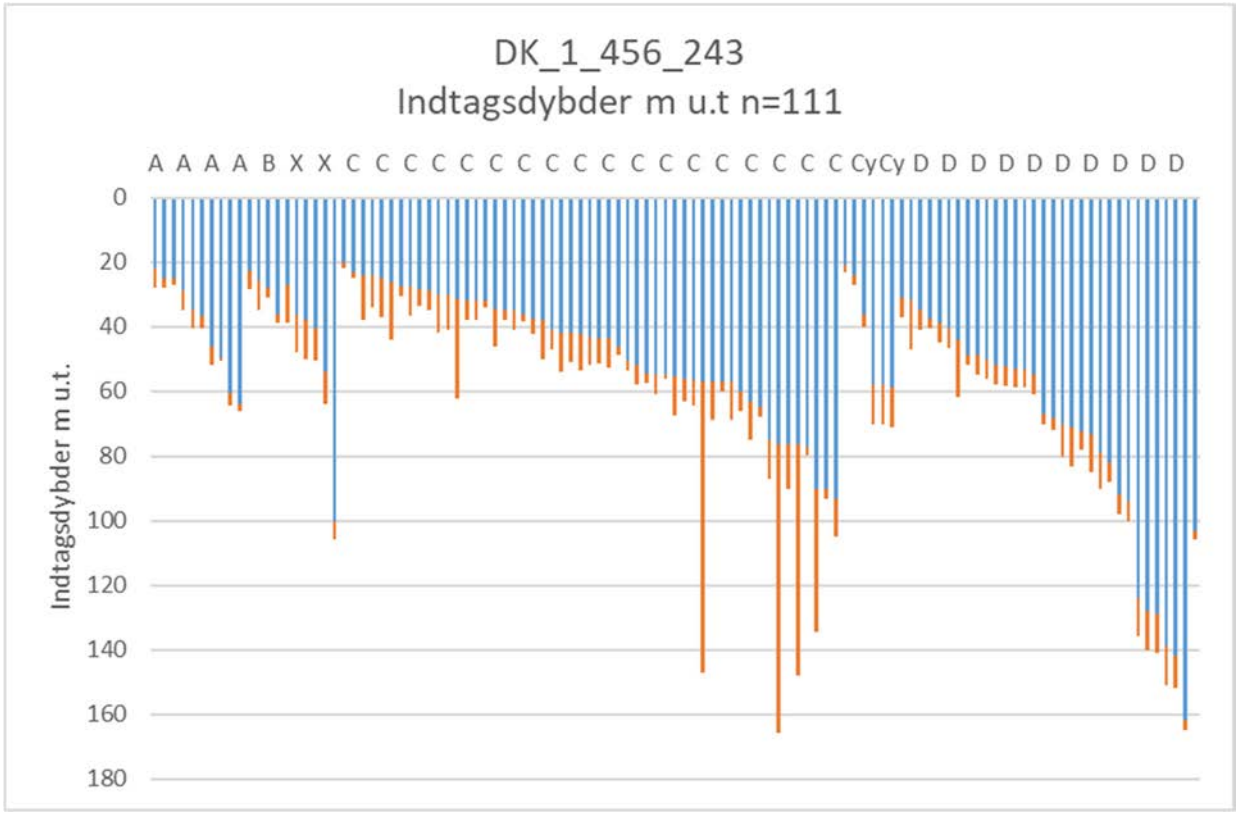

Tema H-10: Magasin tykkelse
Herning gvf_194
dkmj_ks2tyk
=< 1 [m]
1-5
5-10
10-20
> 20
N
0
2.5
5
10
km

Bilag 6.4 Ribe (GVF -243)

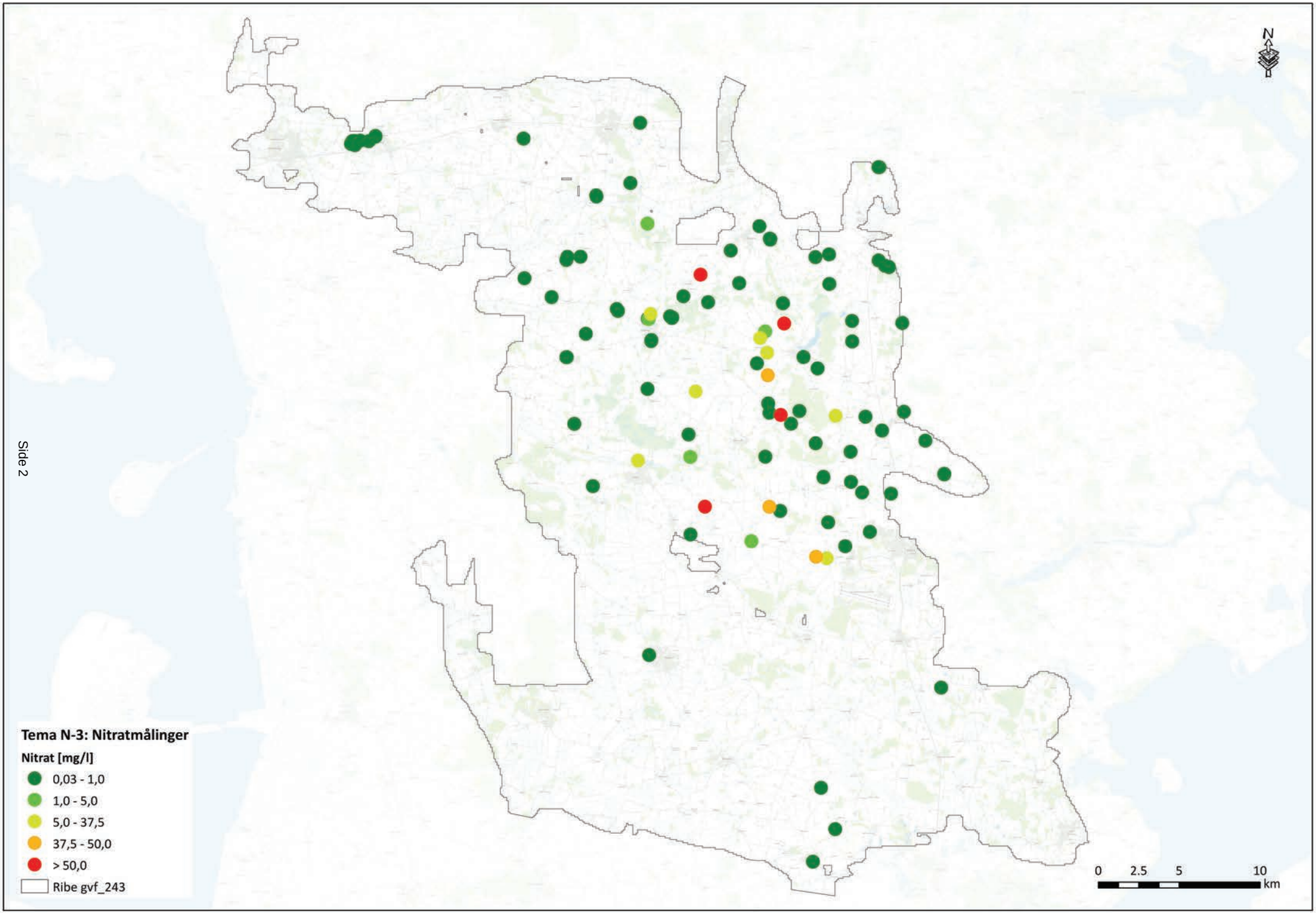
DK_1_456_243, Ribe

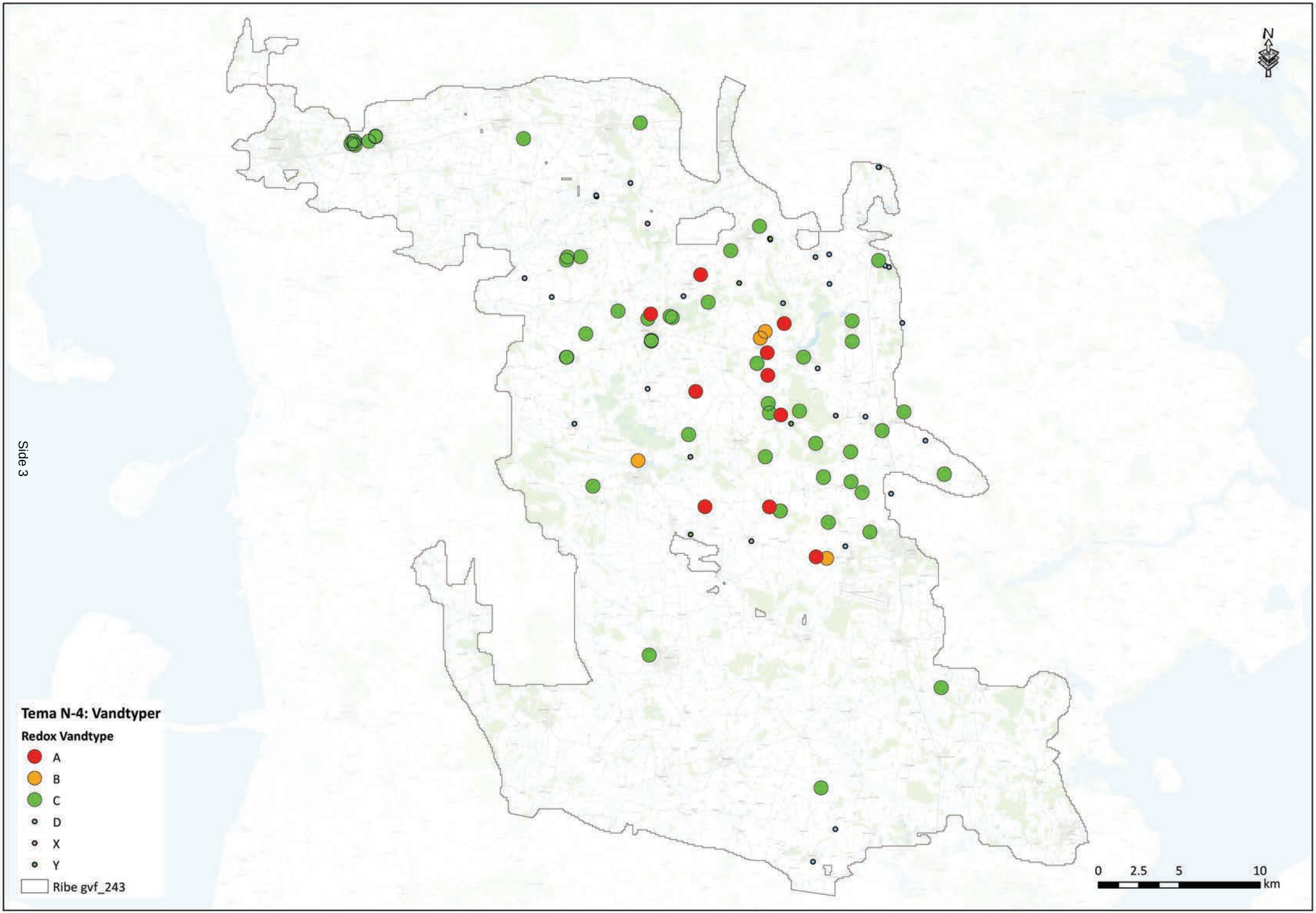


N1, Fordeling af nitratkoncentrationerne i GVF 1_456_243. Til venstre data 2011-2015, for nitrat > 1 mg/l, til højre støttetema fra Vandplan 2, data fra 2007-2013.

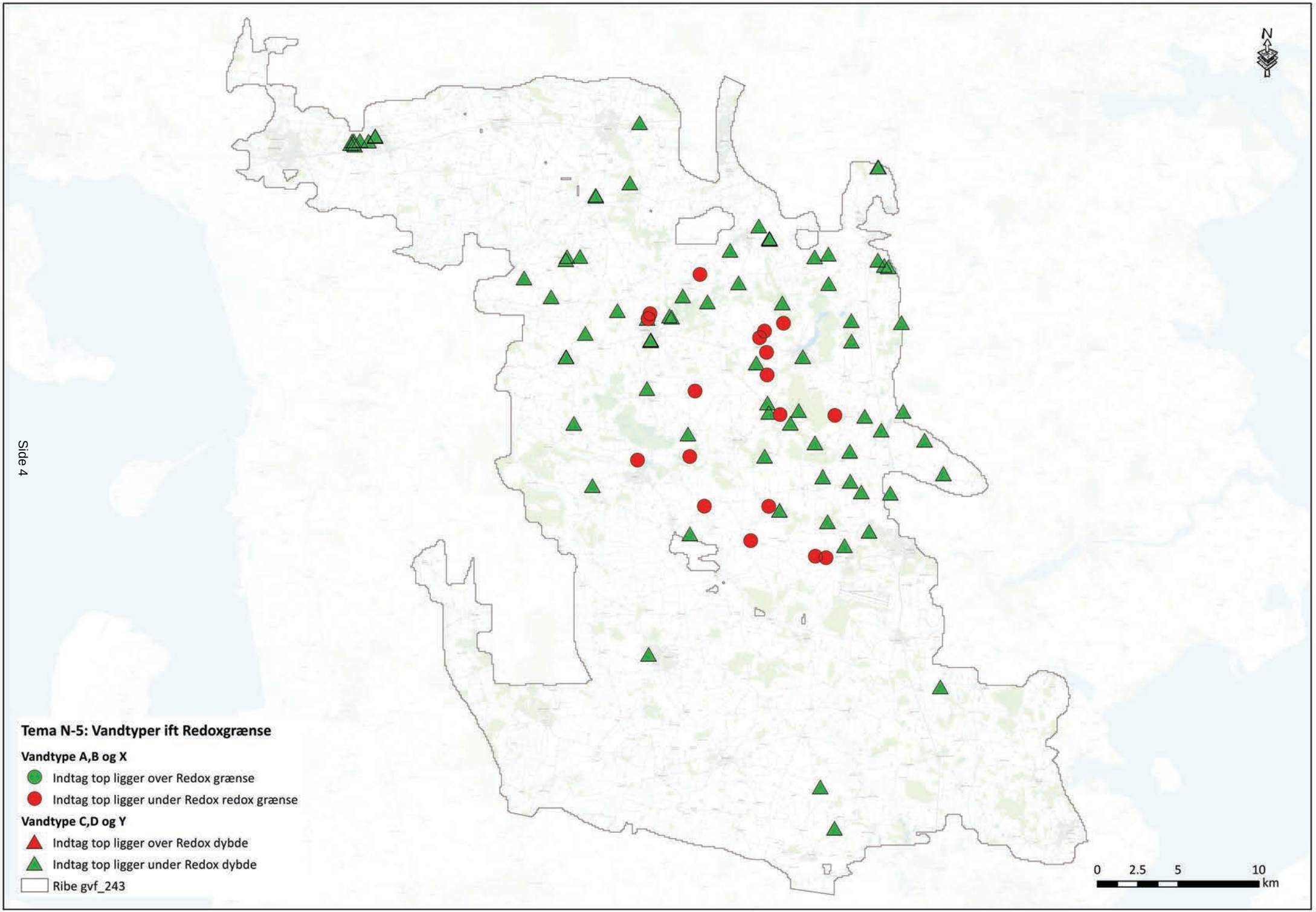


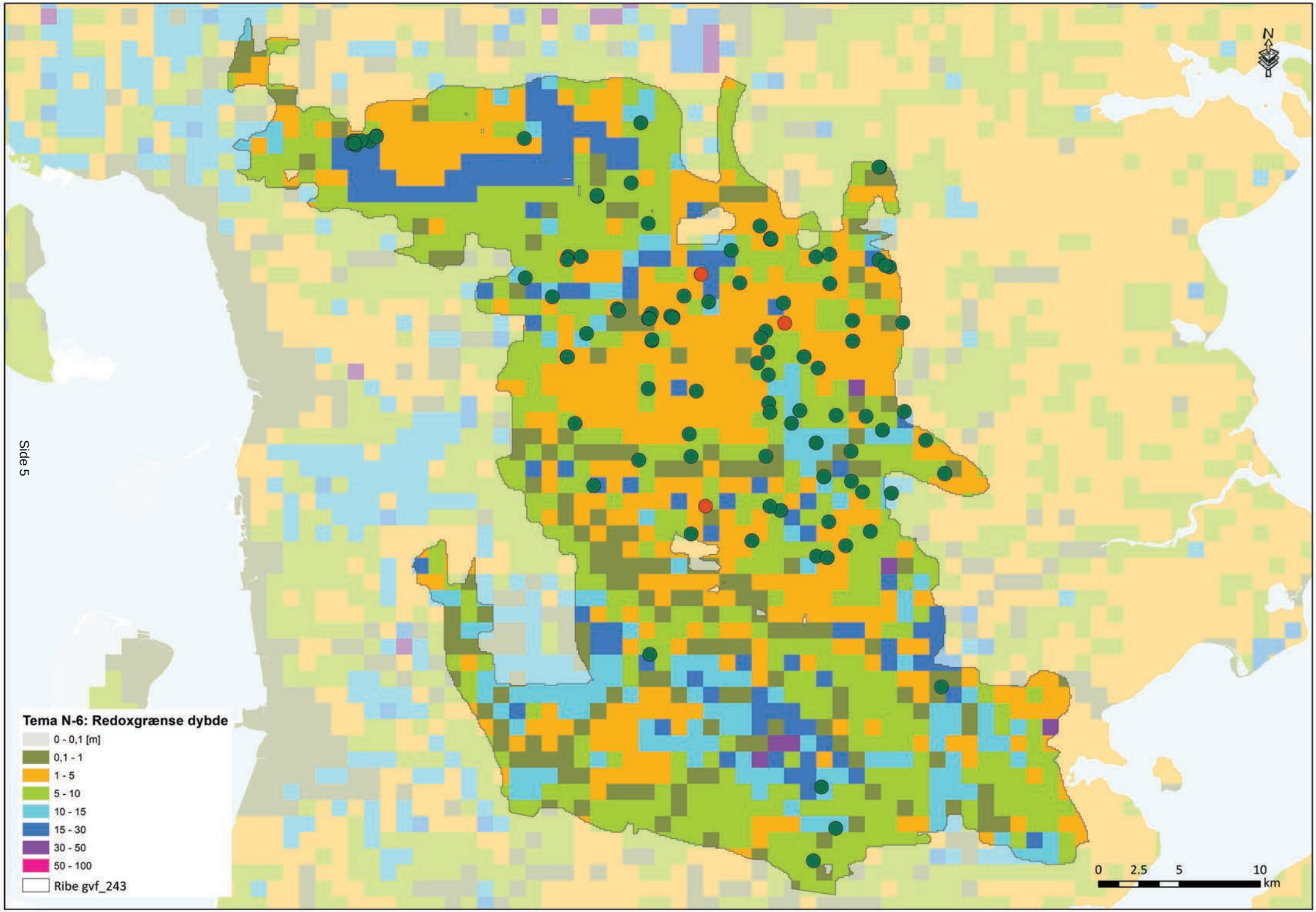
N2. Dybdefordeling og vandtyper i GVF 1 _456_243, data fra 2011-2016.

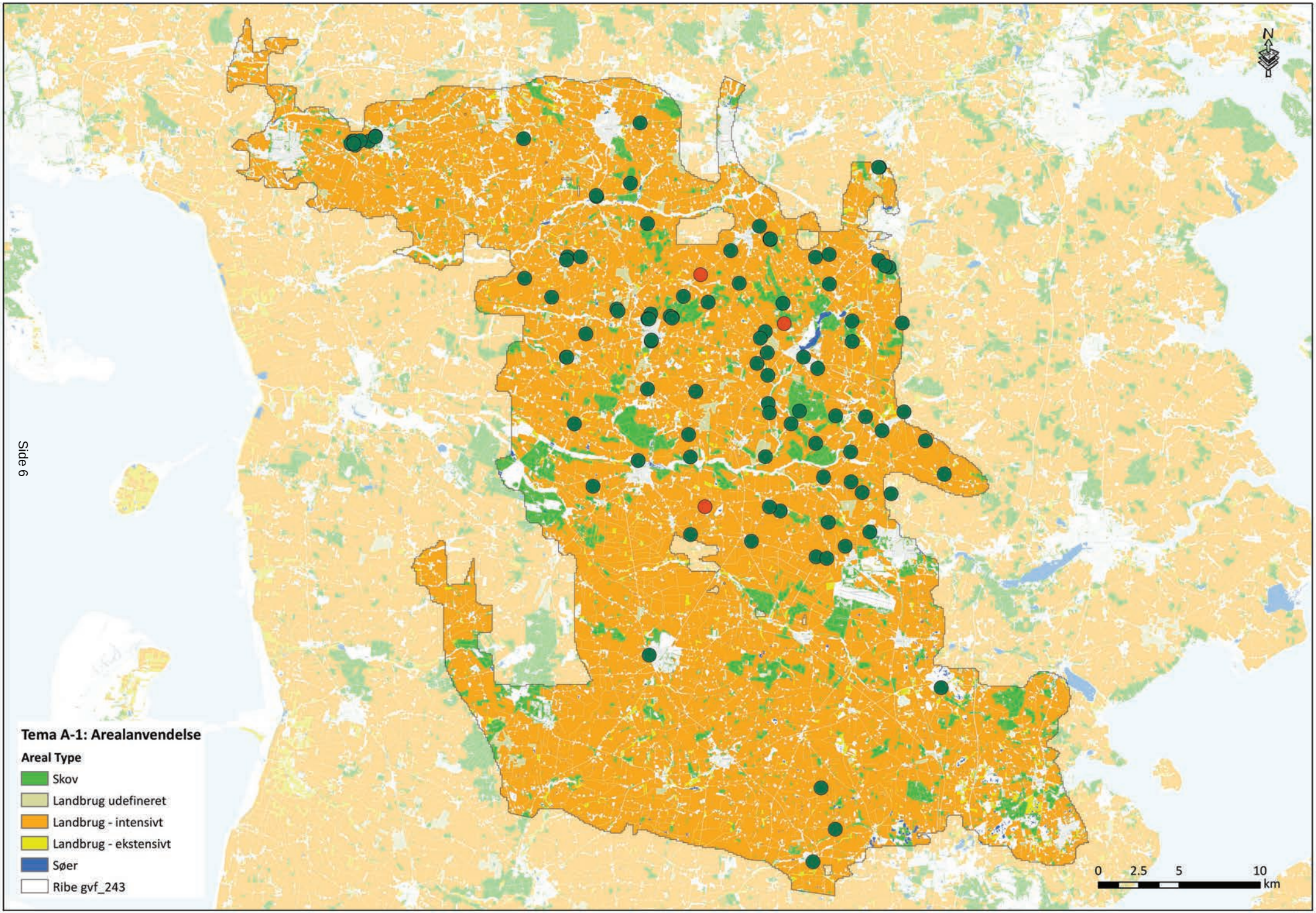

N
Tema N-3: Nitratmålinger
Nitrat [mg/l]
0,03 - 1,0
1,0 - 5,0
5,0 - 37,5
37,5 - 50,0
> 50,0
Ribe gvf_243
0
2.5
5
10
km

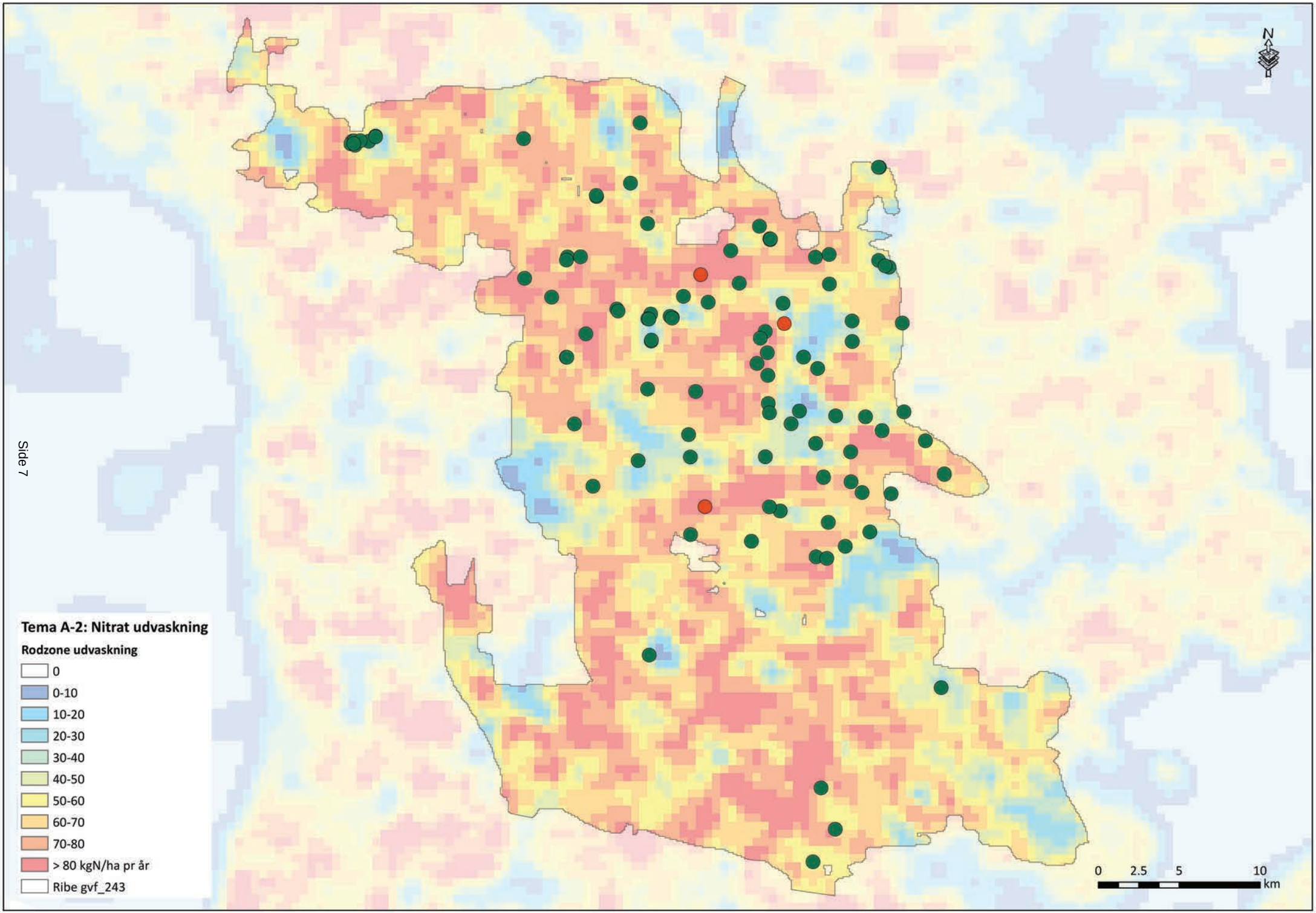

N
Tema N-4: Vandtyper
Redox Vandtype
A
B
C
D
X
Y
Ribe gvf_243
0
2.5
5
10
km

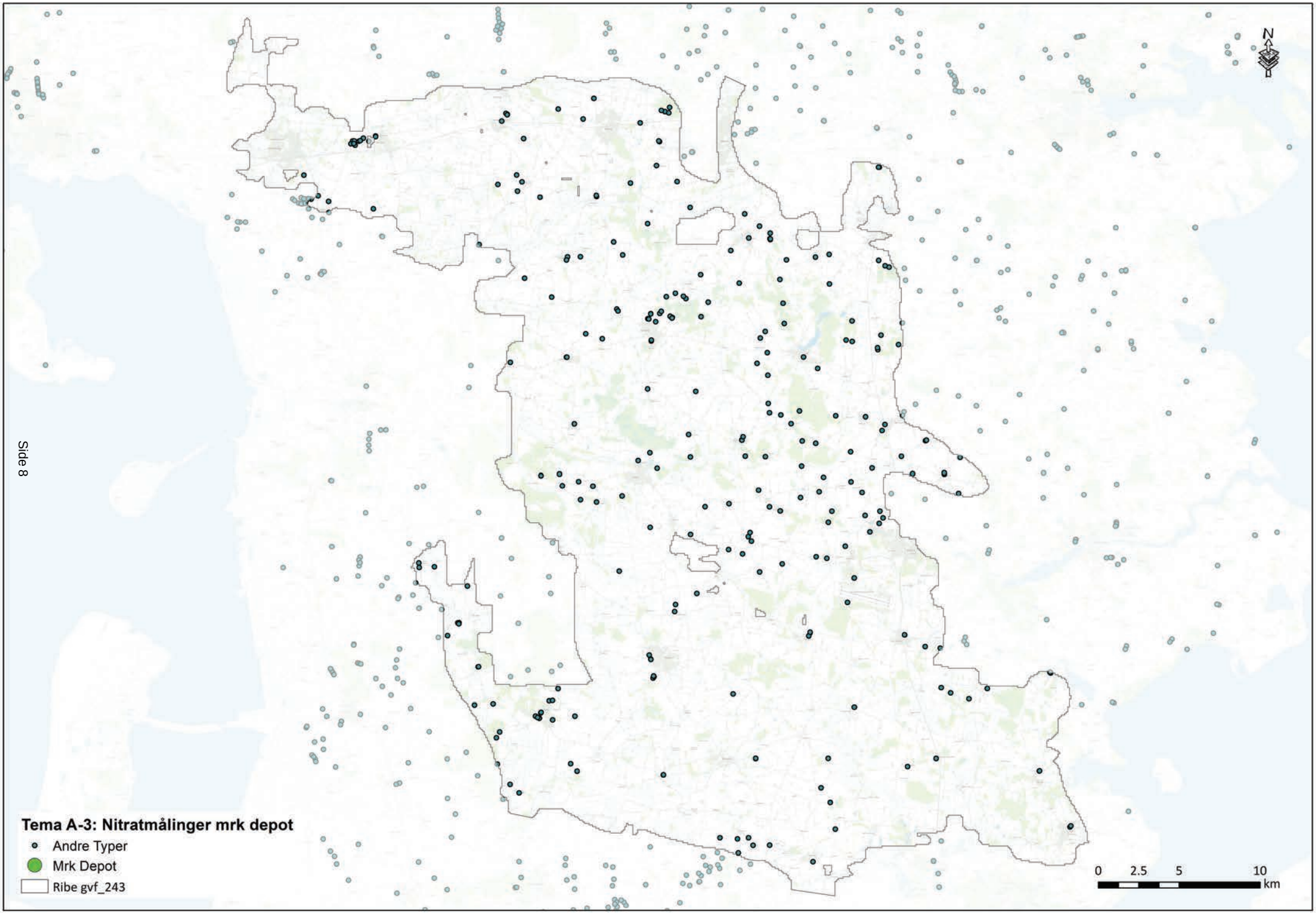
Side 3


N
Tema N-5: Vandtyper ift Redoxgrænse
Vandtype A,B og X
Indtag top ligger over Redox grænse
Indtag top ligger under Redox redox grænse
Vandtype C,D og Y
Indtag top ligger over Redox dybde
Indtag top ligger under Redox dybde
Ribe gvf_243
0 2.5 5 10
km

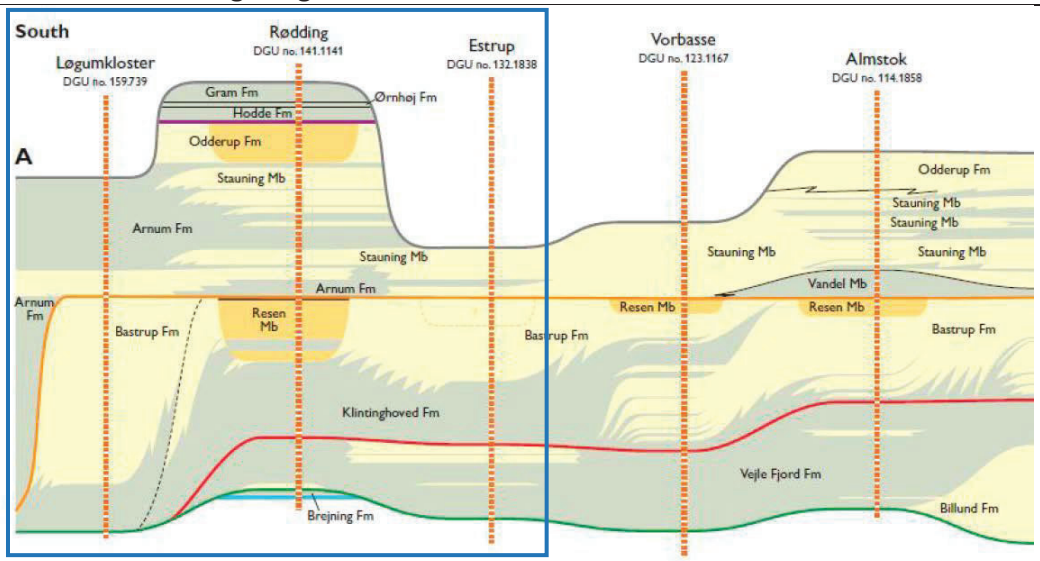

N
Tema N-6: Redoxgrænse dybde
0 - 0,1 [m]
0,1 - 1
1 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 30
30 - 50
50 - 100
Ribe gvf_243
0
2.5
5
10
km


N
Tema A-1: Arealanvendelse
Areal Type
Skov
Landbrug udefineret
Landbrug - intensivt
Landbrug - ekstensivt
Søer
Ribe gvf_243
0
2.5
5
10
km


N
Tema A-2: Nitrat udvaskning
Rodzone udvaskning
0
0-10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
> 80 kgN/ha pr år
Ribe gvf_243
0
2.5
5
10
km


N
Tema A-3: Nitratmålinger mrk depot
Andre Typer
Mrk Depot
Ribe gvf_243
0
2.5
5
10
km

Kort beskrivelse af geologiske forhold:



Figur 1: Principskitse for den tertiære lagserie i området (markeret med blå rektangel). Grøn=overvejende lerede formationer; orange=overvejende sandede formationer. Fra /1/.

Prækvartære aflejringer:

- Ovenover kalken haves palæogent ler og her over en miocæn lagserie /1/, som består af vekslende sand og ler, som groves opefter (figur 1)
- Nederst haves den siltede og lerede Vejle Fjord Formation. Herover Klintinghoved Formationen, som veksler med den sanddominerede Bastrup Formation
- Øverst den sanddominerede Odderup Formation med indslag af den lerede Arnum Formation og herover de lerede Hodde, Ørnhøj og Gram Formationer
- Overfladen af de prækvartære aflejringer varierer meget som følge af erosion

Kvartære aflejringer:

- De østligste dele af området ligger ved Hovedopholdslinjen, men størsteparten ligger vest her for /2/
- Den kvartære lagserie varierer meget i tykkelse og består af vekslende sande og lerede aflejringer

Begravede dale:

- De kortlagte dale har en dominerende VNV-ØSØ orientering /3/. Dalene har varierende dybde og er udfyldt med vekslende kvartære sedimenter. Mange af dalene er domineret af sandet fyld, men stedvist er der dale, hvor fyldet udgøres af ler /3/. Disse har typisk en begrænset dybde.

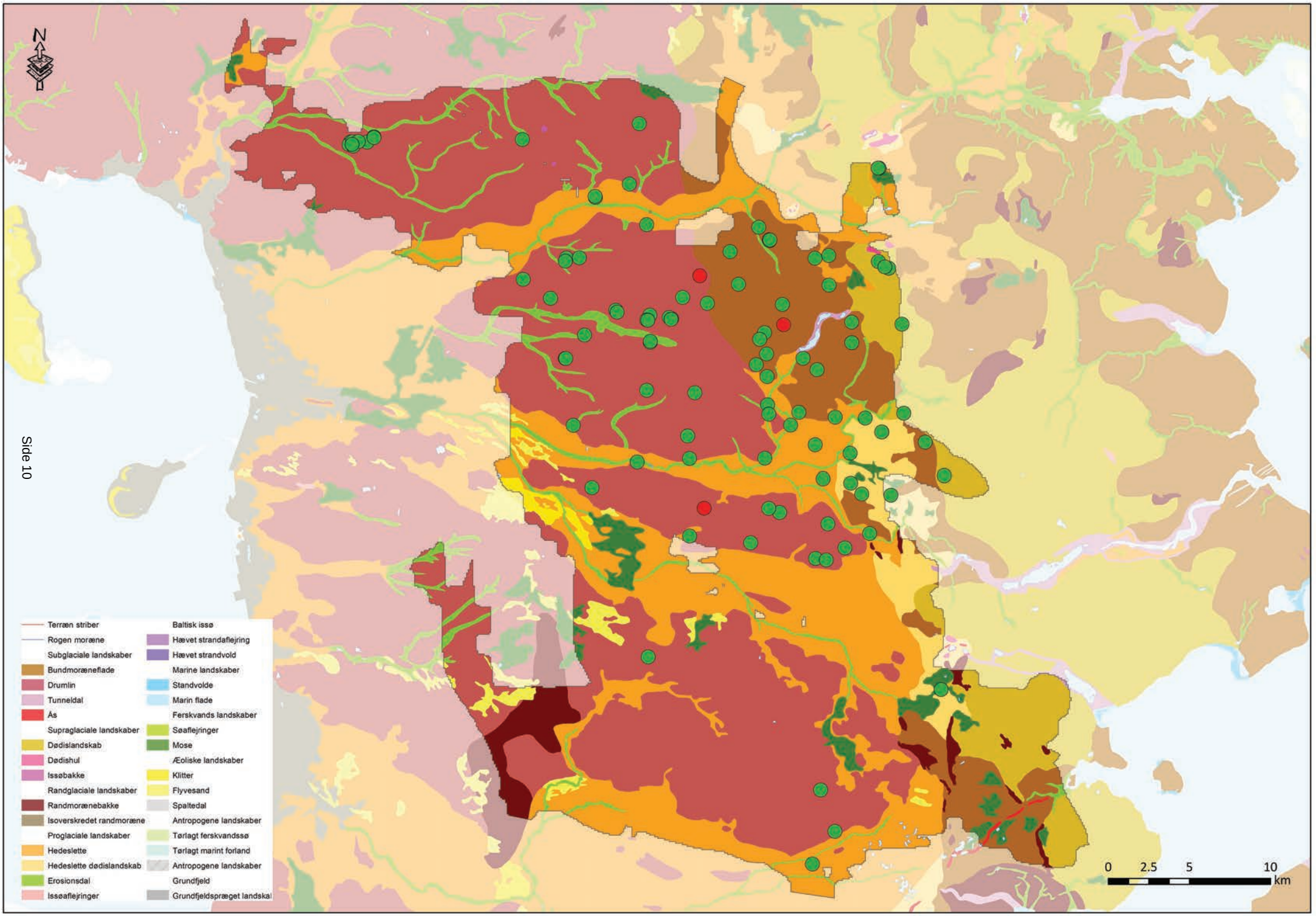
Deformationer af lagserien:

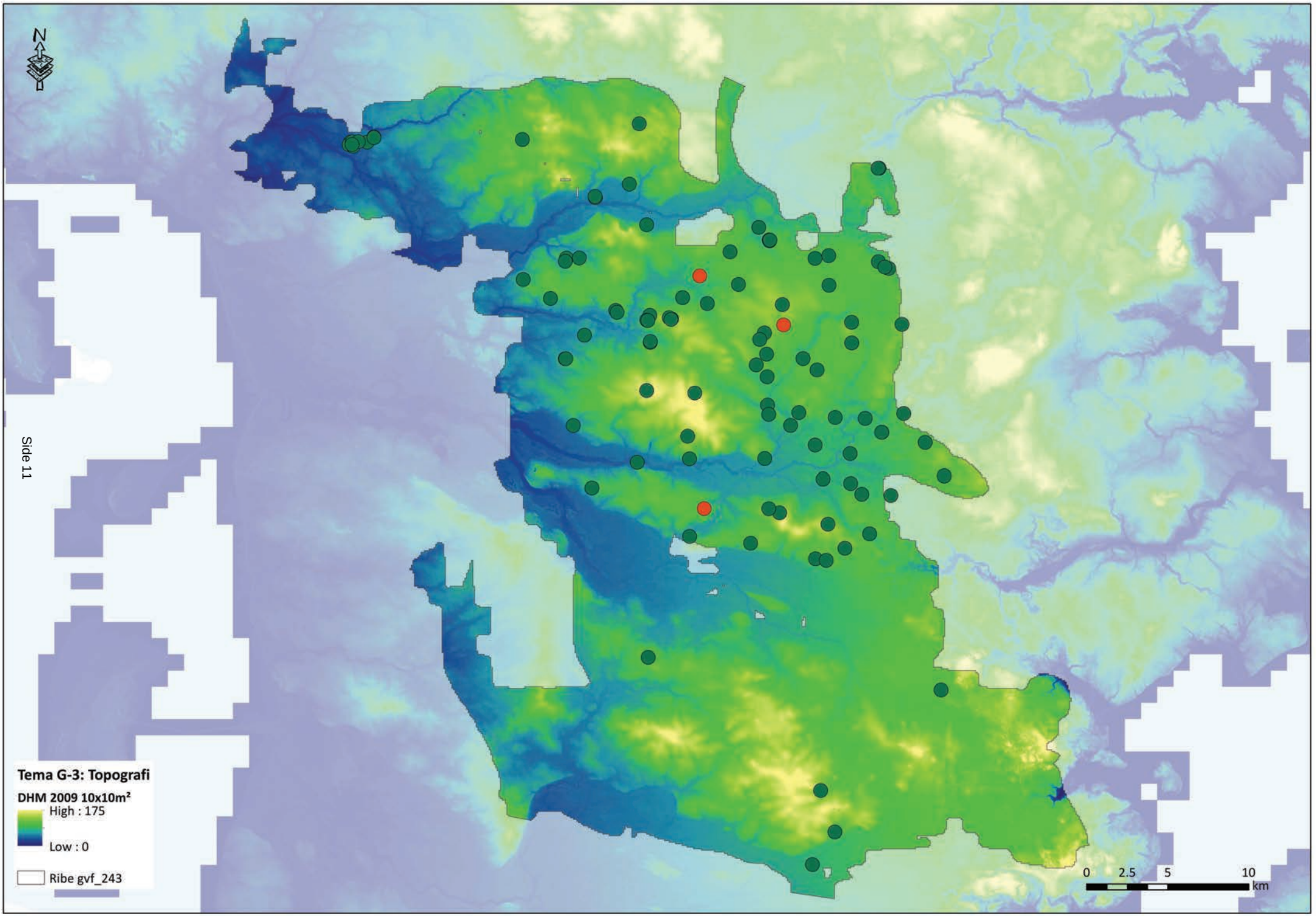
- Glacialtektoniske forstyrrelser må forventes at optræde i området, da der på andre bakkeøer i Vestjylland er fundet tegn på storskala deformationer (f.eks. /4/). Lagserien i de deformerede områder kan derfor forventes at være komplekst opbygget og stedvist usammenhængende

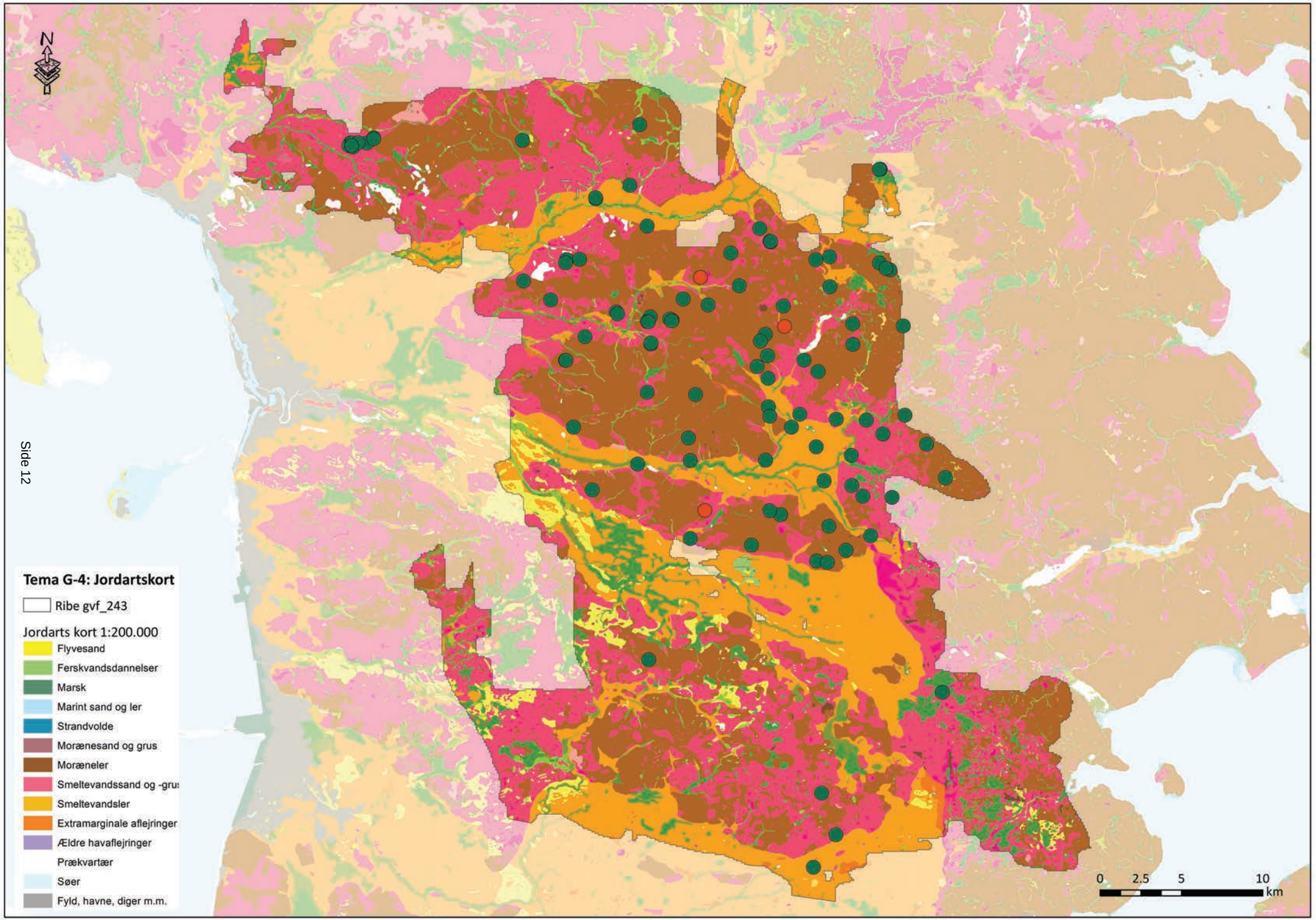
Referencer:

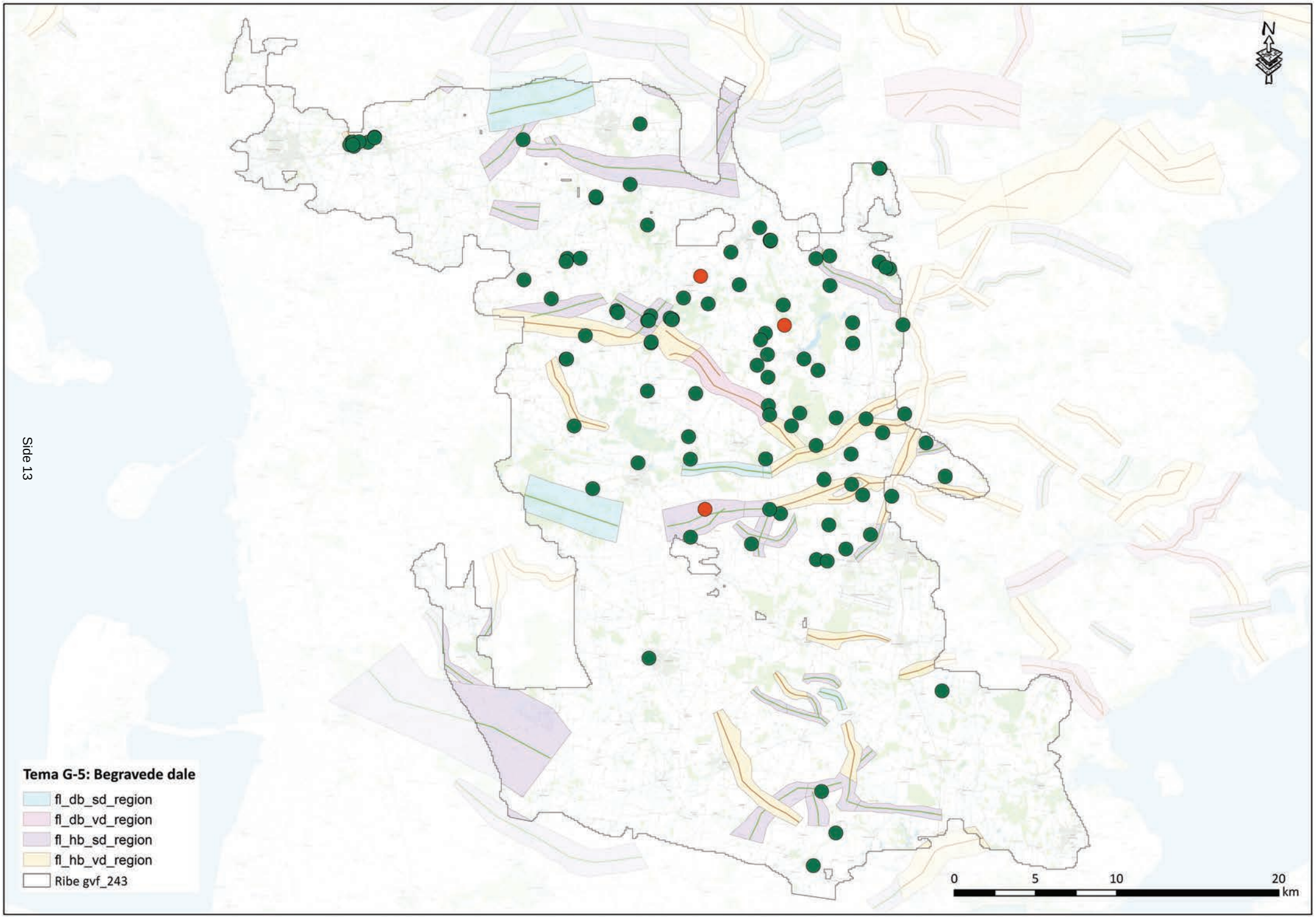
/1/ Rasmussen, E. S., Dybkjær, K. & Piasecki, S. (2010): Lithostratigraphy of the Upper Oligocene – Miocene succession of Denmark. Geological Survey of Denmark and Green-land Bulletin 22. Copenhagen, 2010.
/2/ Smed, P., 1982: Landskabskort over Danmark, blad 3, Sønderjylland, Fyn. Geografforlaget.
/3/ Sandersen, P.B.E. & Jørgensen (2016). Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. GEUS Særudgivelse, bind 1 og 2 (www.begravededale.dk).
/4/ Høyer, A.-S., Jørgensen, F., Piotrowski, J.A. & Jakobsen, P.R. (2013). Deeply rooted glaciotectonism in western Denmark: geological composition, structural characteristics and the origin of Varde hill-island. Journal of Quaternary Science (2013)28(7) 683–696.

Udført af:	PSA	Dato:	02.05.18

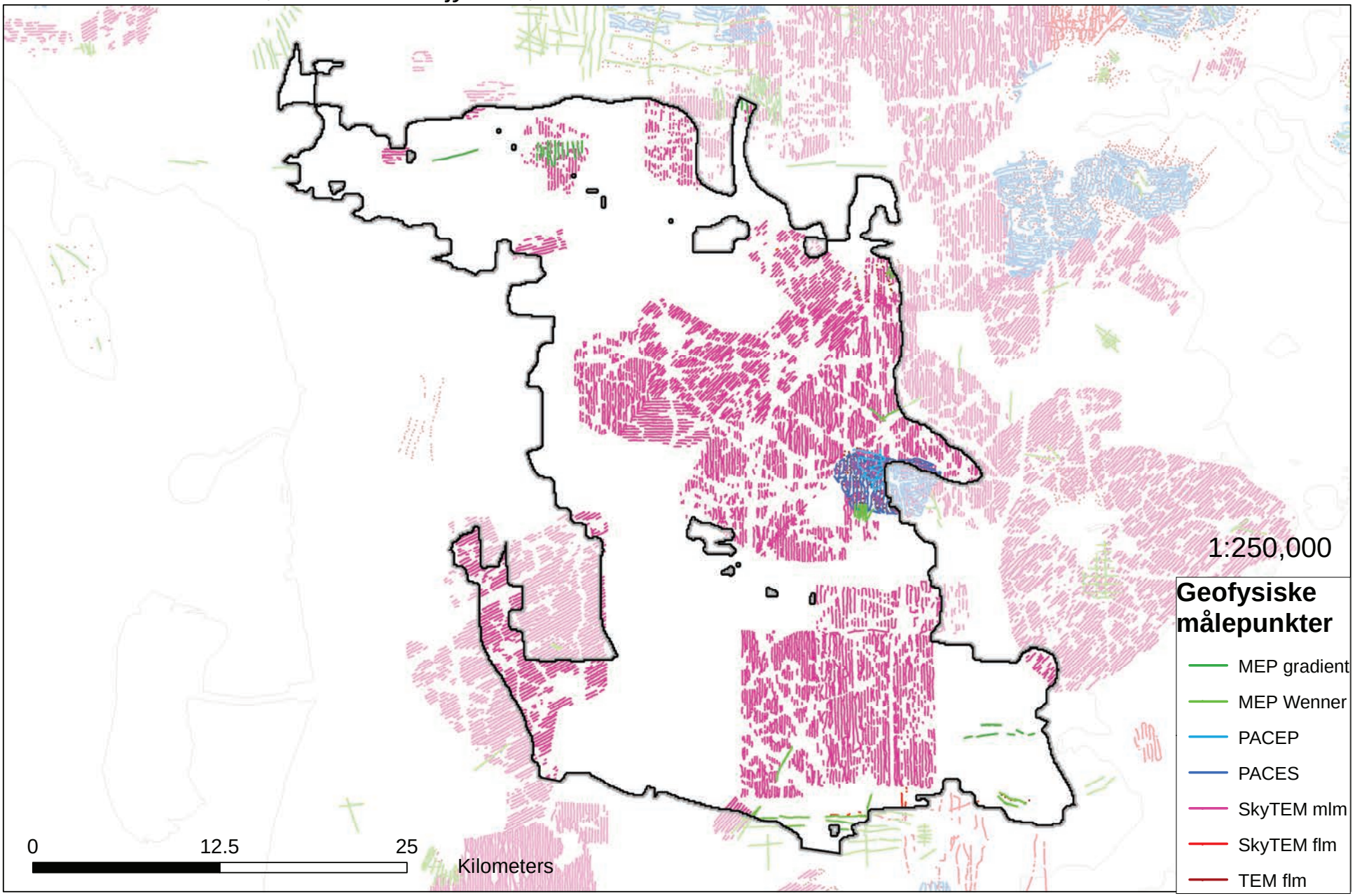

N
Terræn striber
Rogen moræne
Subglaciale landskaber
Bundmoræneflade
Drumlin
Tunneldal
Ås
Supraglaciale landskaber
Dødislandskab
Dødishul
Issøbakke
Randglaciale landskaber
Randmoræne bakke
Isoverskredet randmoræne
Proglaciale landskaber
Hedeslette
Hedeslette dødislandskab
Erosionsdal
Issøaflejringer
Baltisk issø
Hævet strandaflejring
Hævet strandvold
Marine landskaber
Standvolde
Marin flade
Ferskvands landskaber
Søaflejringer
Mose
Æoliske landskaber
Klitter
Flyvesand
Spaltedal
Antropogene landskaber
Tørlagt ferskvandssø
Tørlagt marint forland
Antropogene landskaber
Grundfjeld
Grundfjeldspræget landskal
0 2.5 5 10
km


N
Side 11
Tema G-3: Topografi
DHM 2009 10x10m²
High : 175
Low : 0
Ribe gvf_243
0
2.5
5
10
km

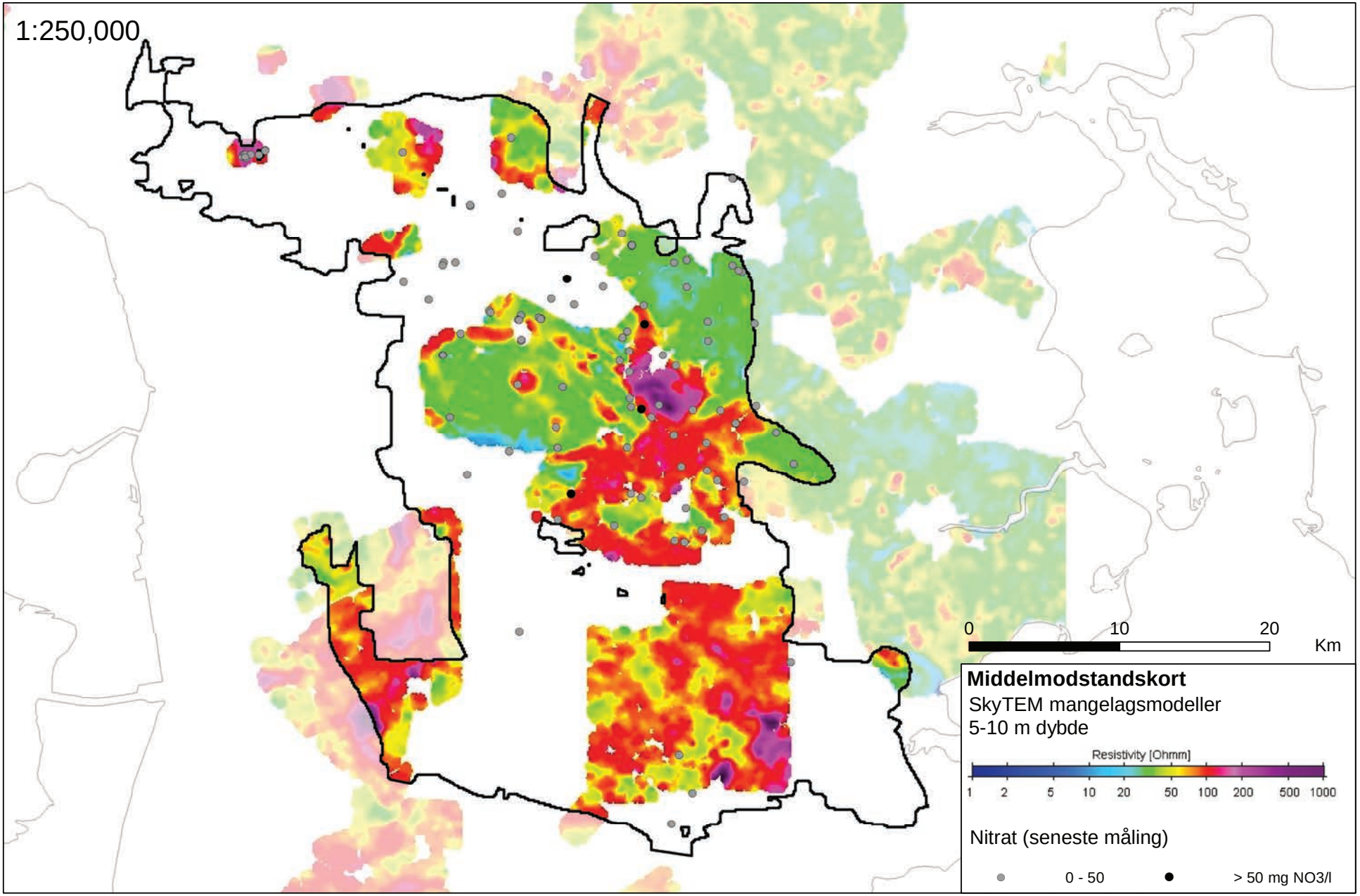

N
Tema G-4: Jordartskort
Ribe gvf_243
Jordarts kort 1:200.000
Flyvesand
Ferskvandsdannelser
Marsk
Marint sand og ler
Strandvolde
Morænesand og grus
Moræneler
Smeltevandssand og -grus
Smeltevandsler
Extramarginale aflejringer
Ældre havaflejringer
Prækvartær
Søer
Fyld, havne, diger m.m.
0 2,5 5 10
km


N
Tema G-5: Begravede dale
fl_db_sd_region
fl_db_vd_region
fl_hb_sd_region
fl_hb_vd_region
Ribe gvf_243
0
5
10
20
km

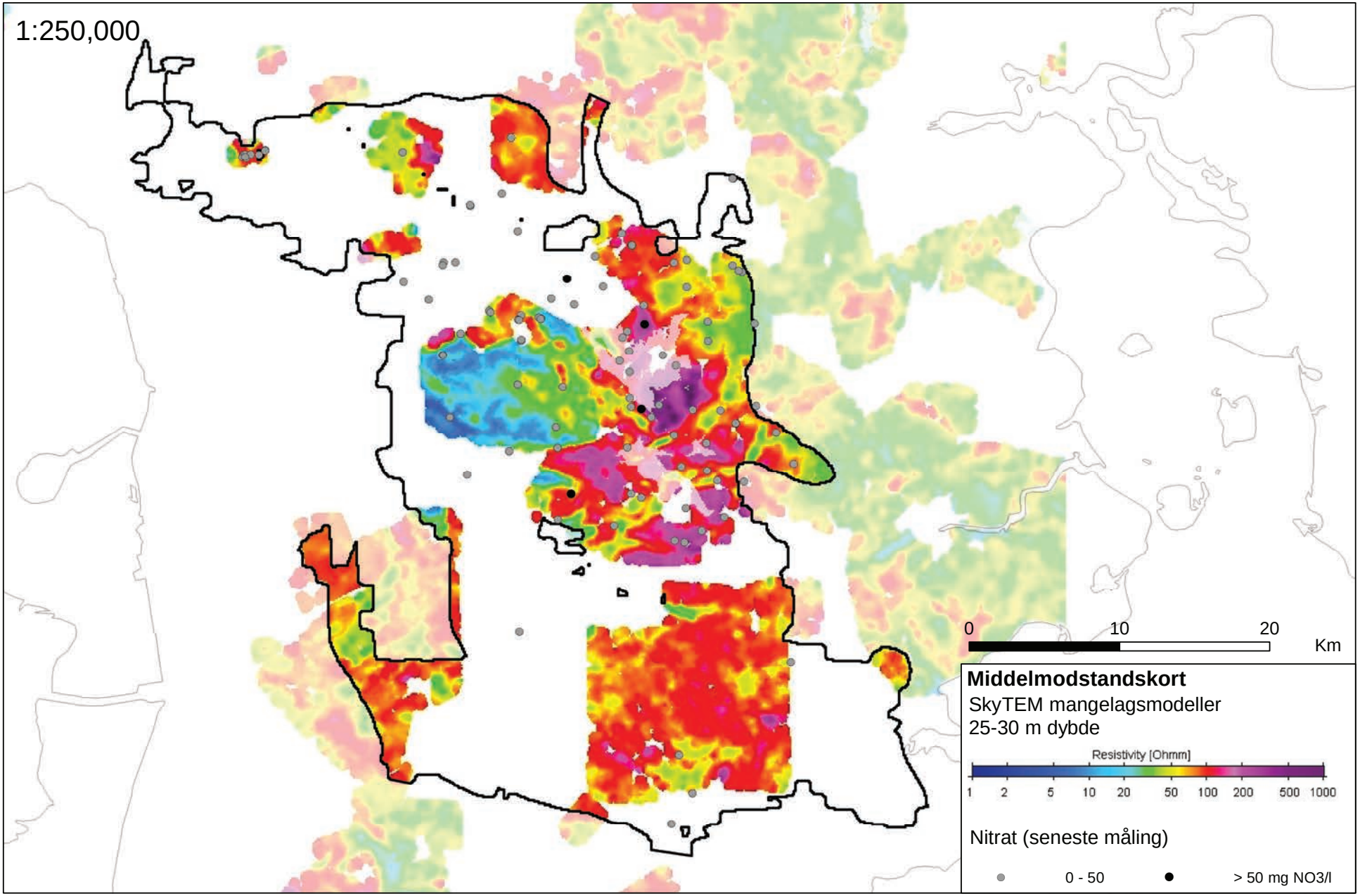
Tema G-6: GVF 261, Ribe-Sønderjylland, PS1



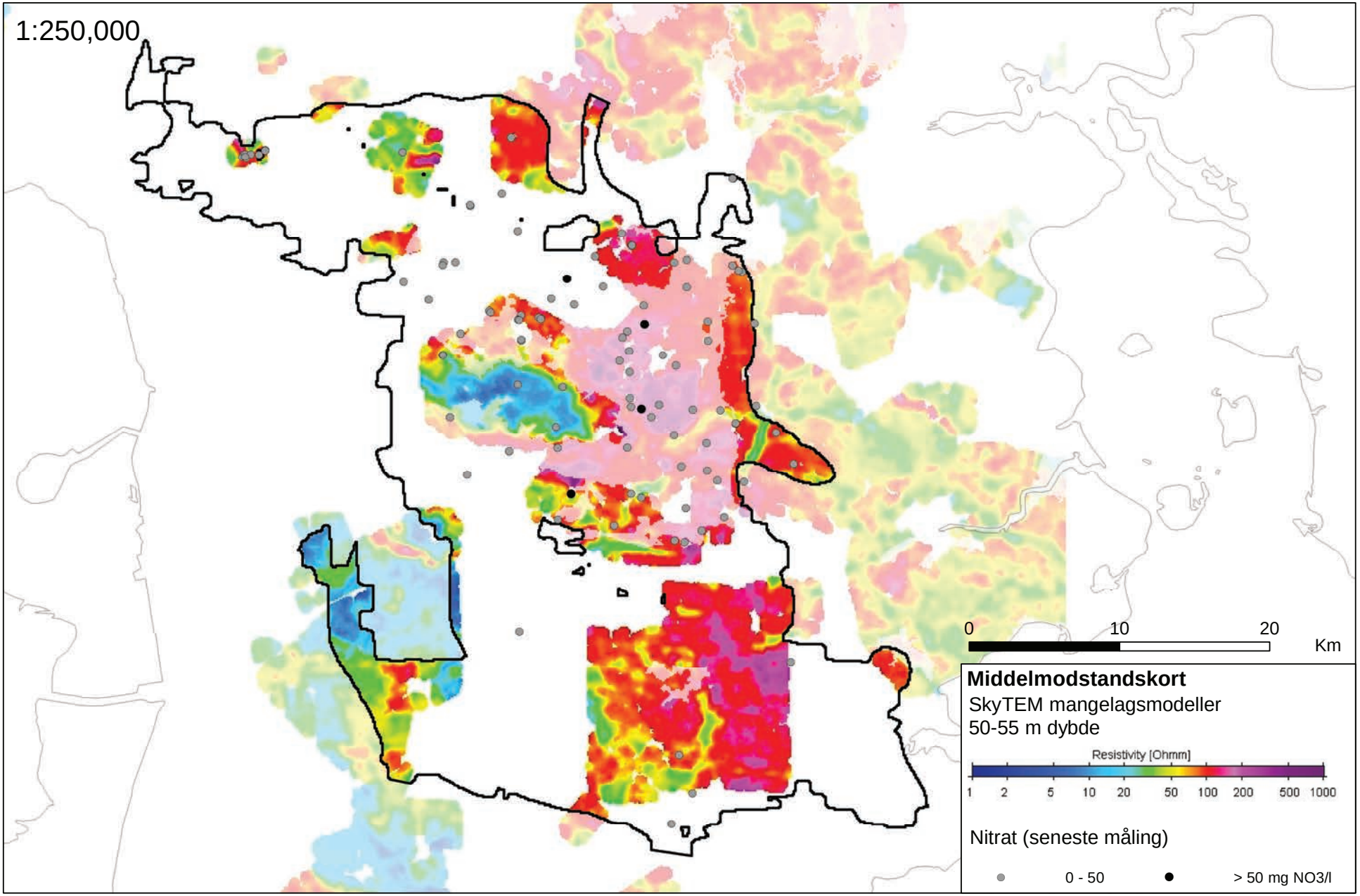
GVF 243, Ribe - Sønderjylland, ps1

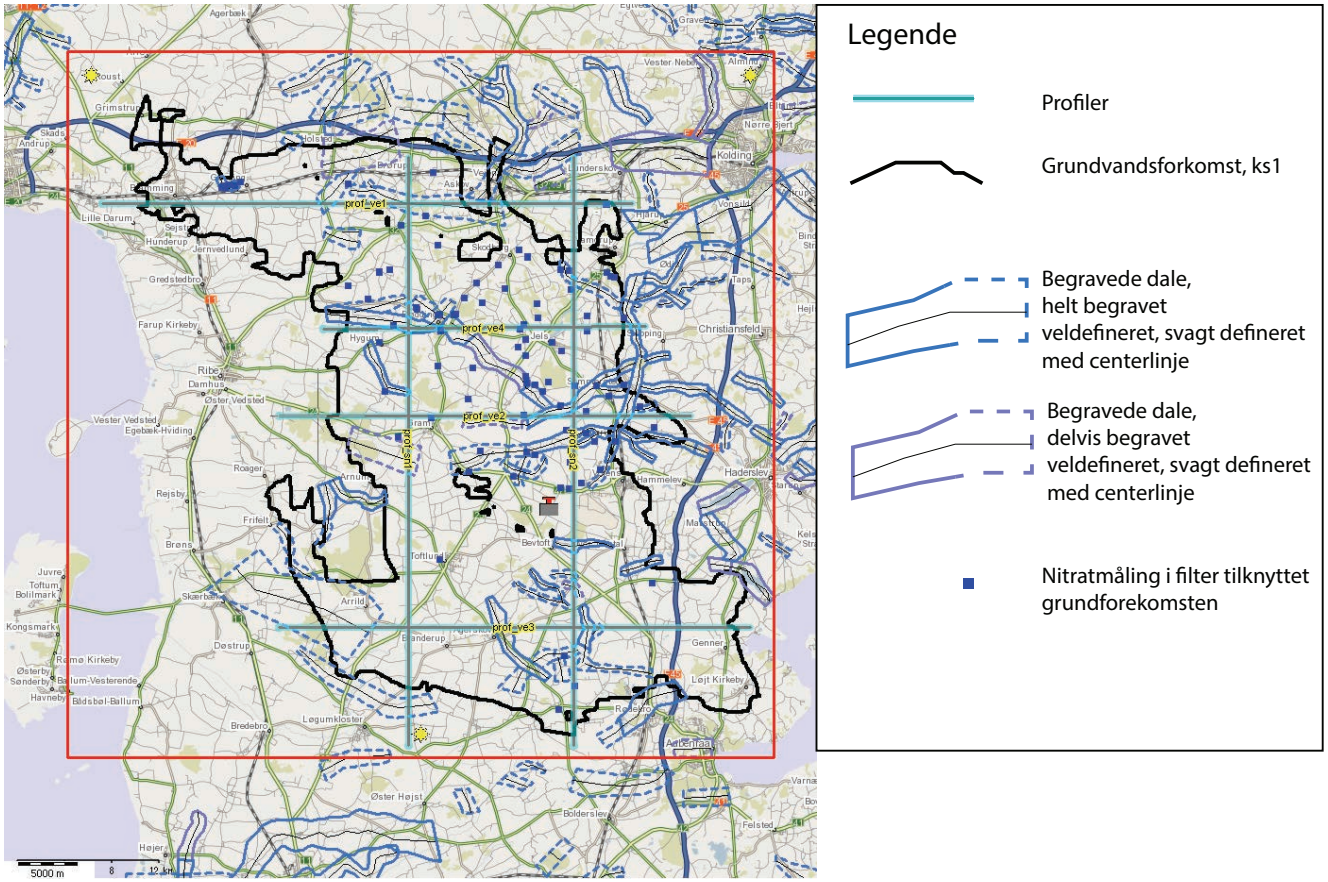


GVF 243, Ribe - Sønderjylland, ps1

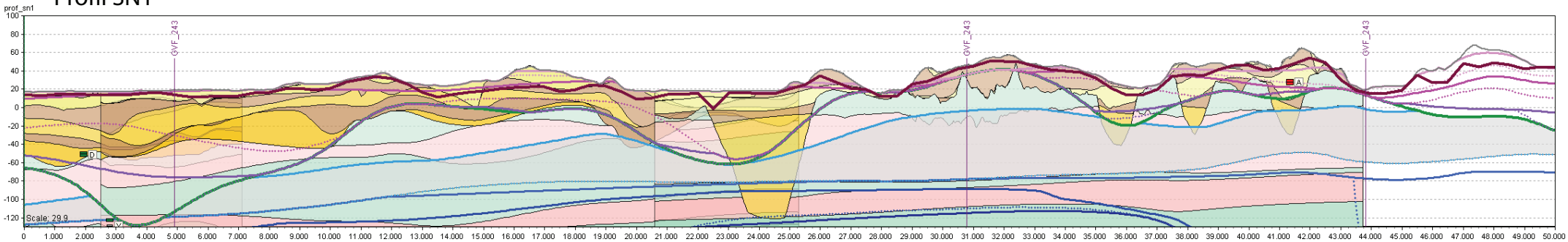


GVF 243, Ribe - Sønderjylland, ps1

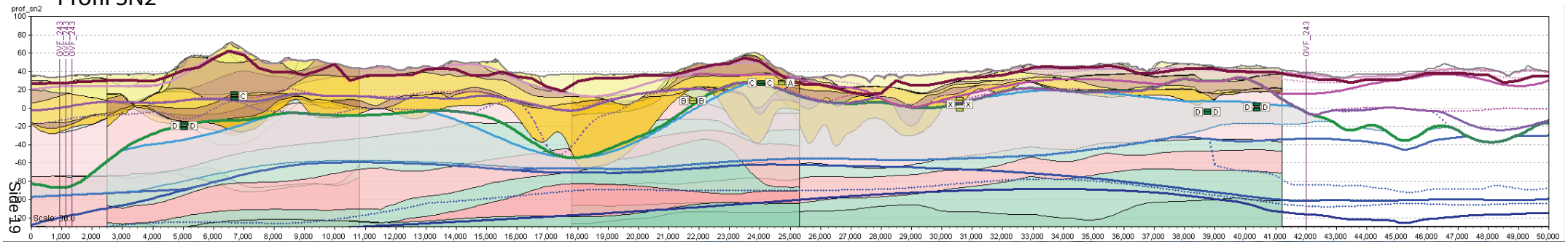



prof_ve1
prof_ve2
prof_ve3
prof_ve4
prof_ve5
prof_ve6
5000 m
Legende
Profiler
Grundvandsforkomst, ks1
Begravede dale, helt begravet veldefineret, svagt defineret med centerlinje
Begravede dale, delvis begravet veldefineret, svagt defineret med centerlinje
Nitratmåling i filter tilknyttet grundforekomsten

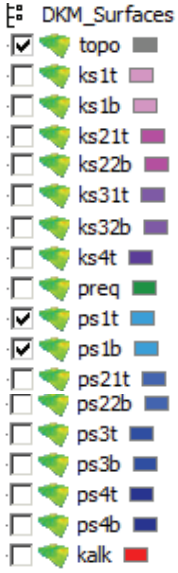
Profil SN1

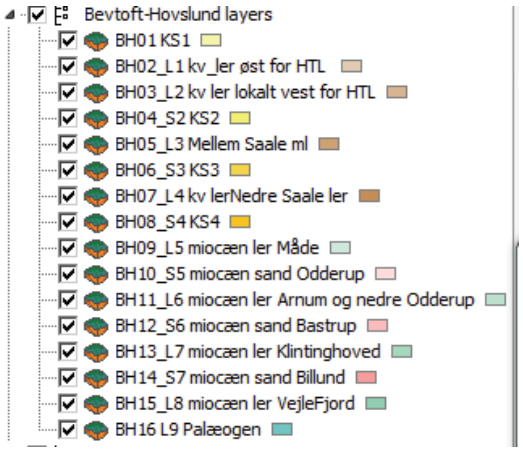


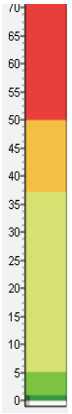
Profil SN2



GVF 243 Ribe-Sønderjylland



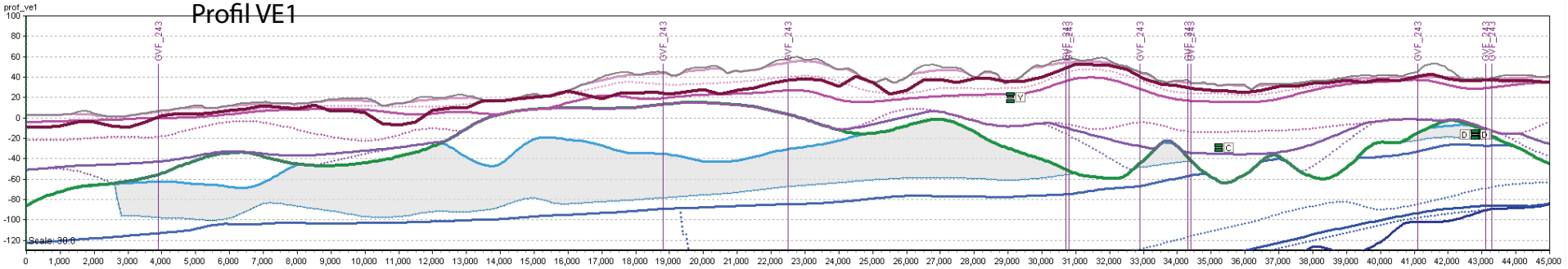


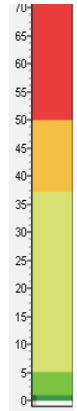


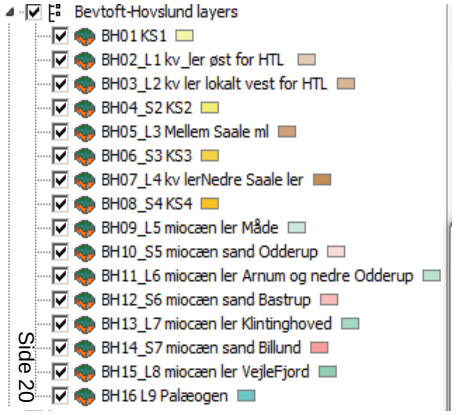
Nitrat [mg/l]
seneste måling

GVF 243 Ribe-Sønderjylland

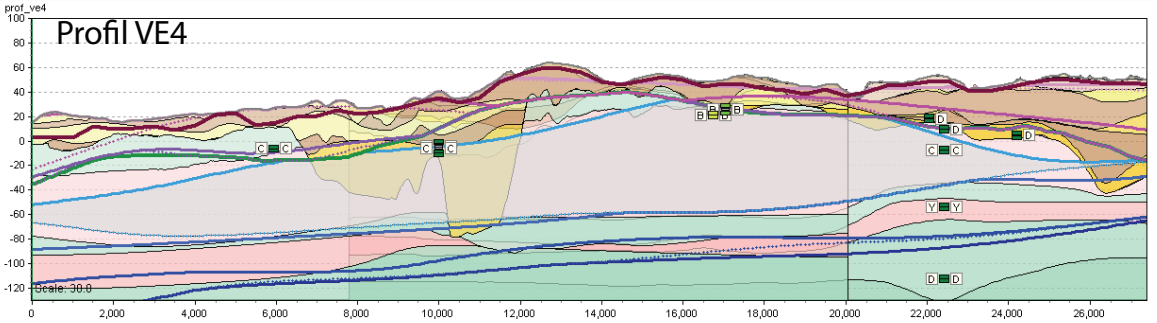
Profil VE1



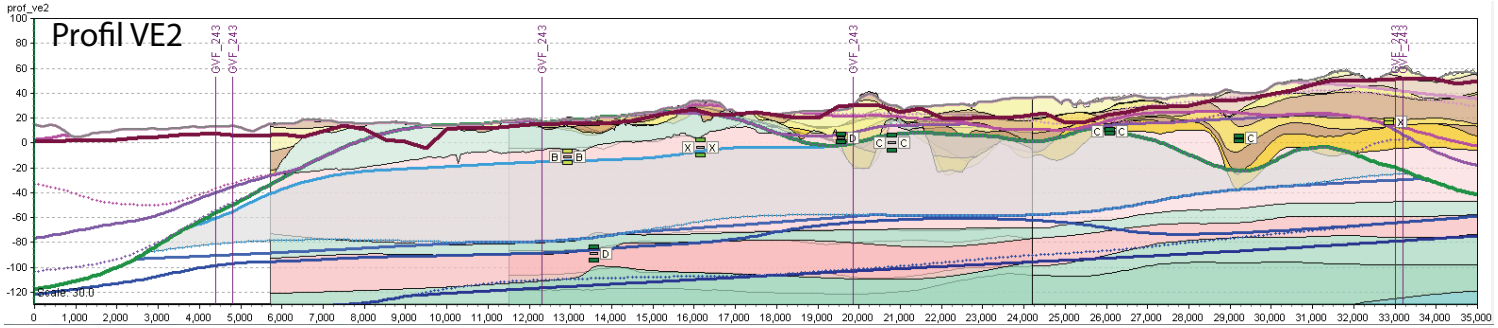


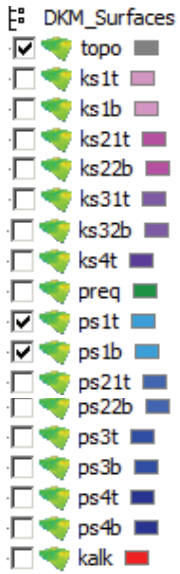


Profil VE4

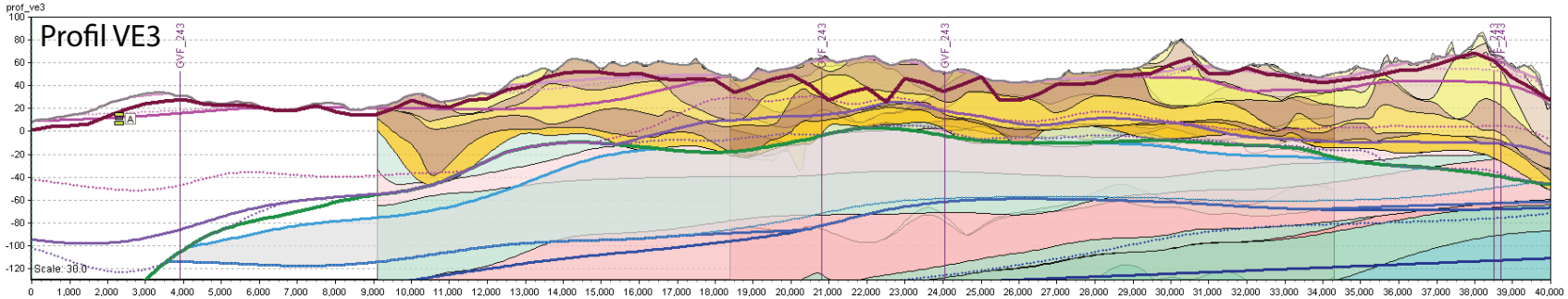


Profil VE2



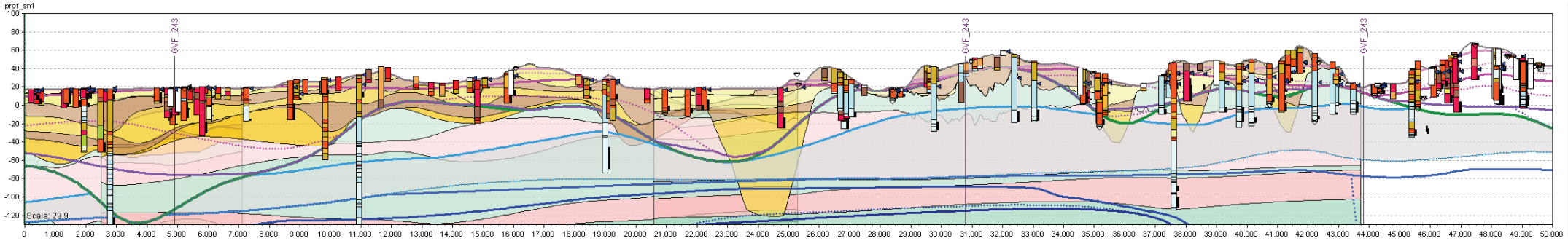


Profil VE3

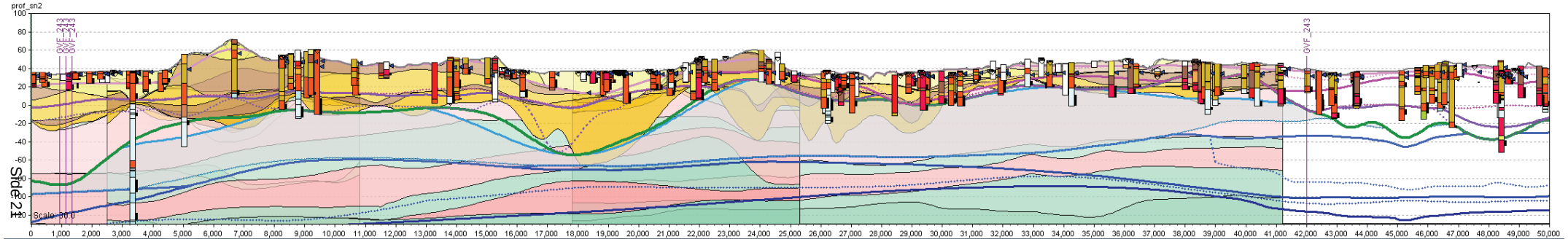


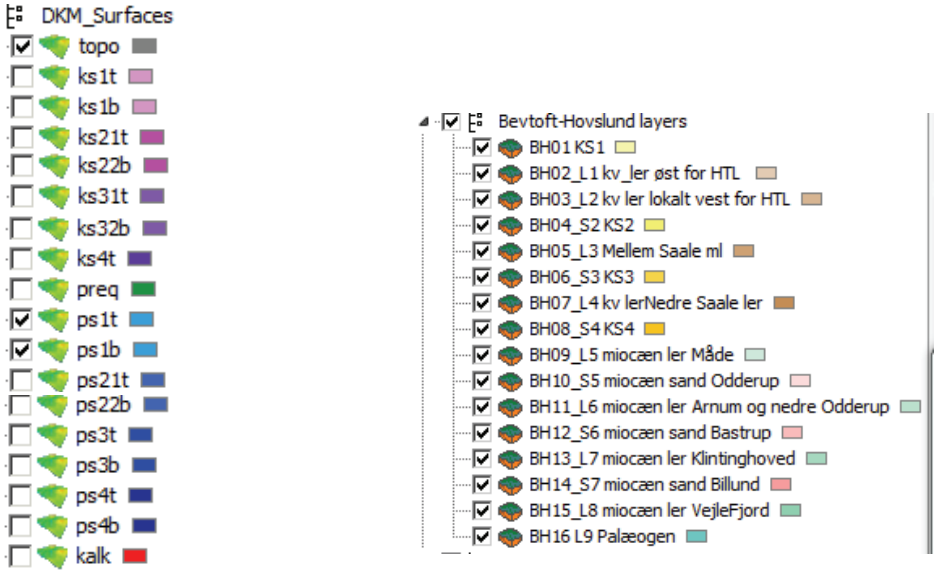
GVF 243 Ribe-Sønderjylland

Profil SN1

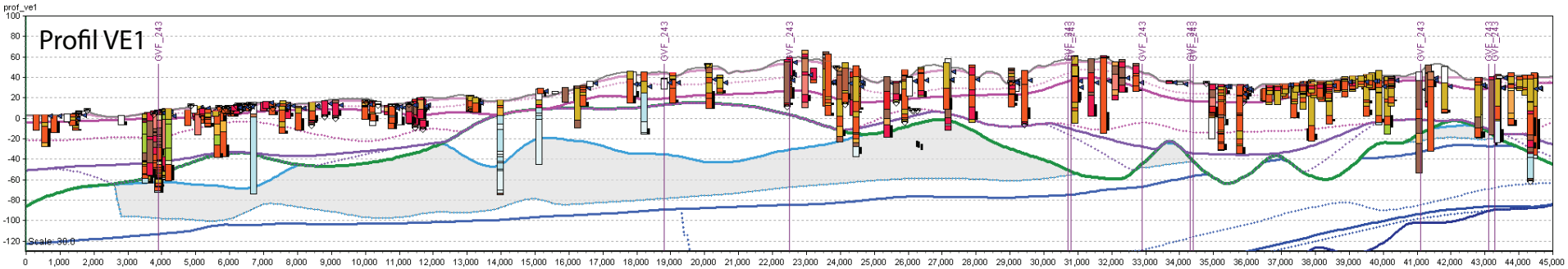


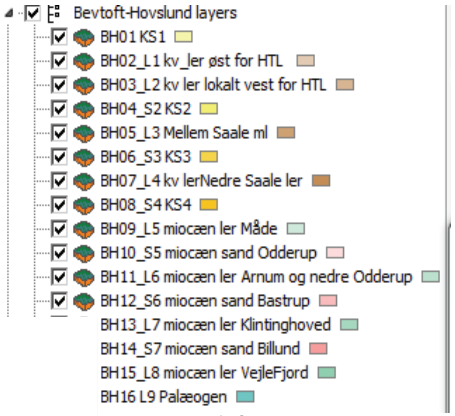
Profil SN2

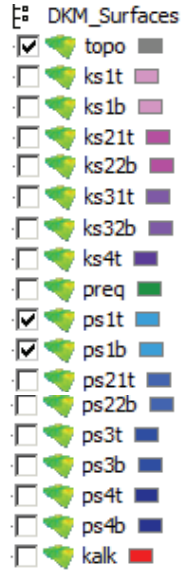


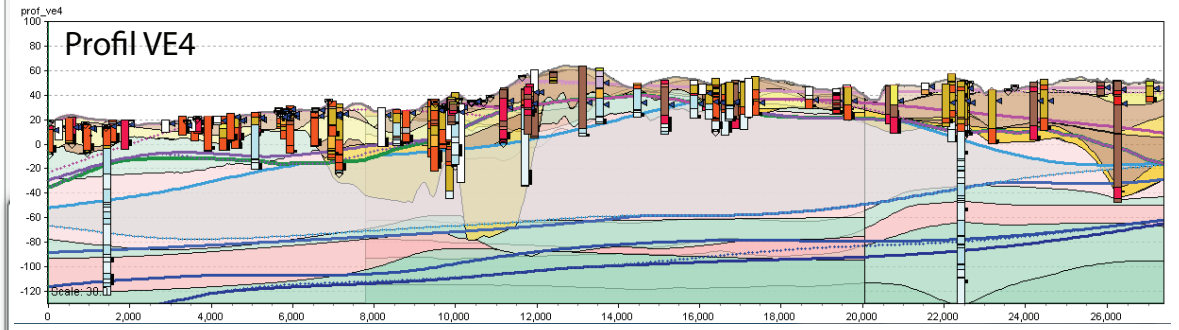


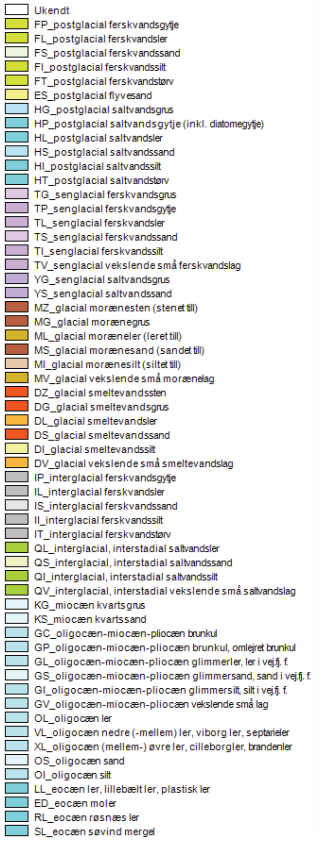
GVF 243 Ribe-Sønderjylland

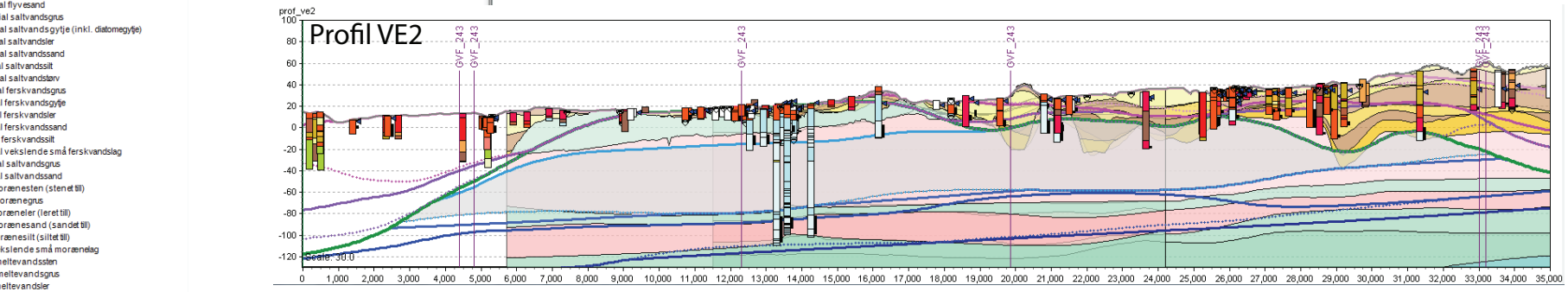


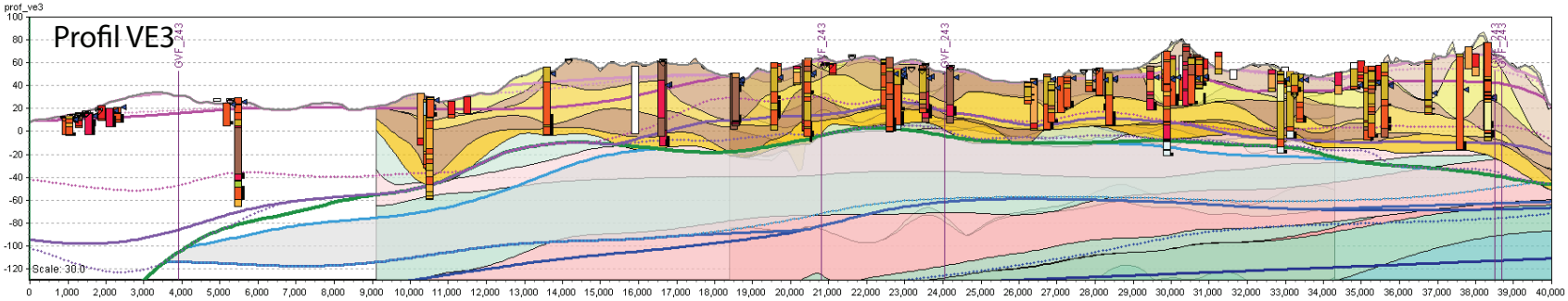




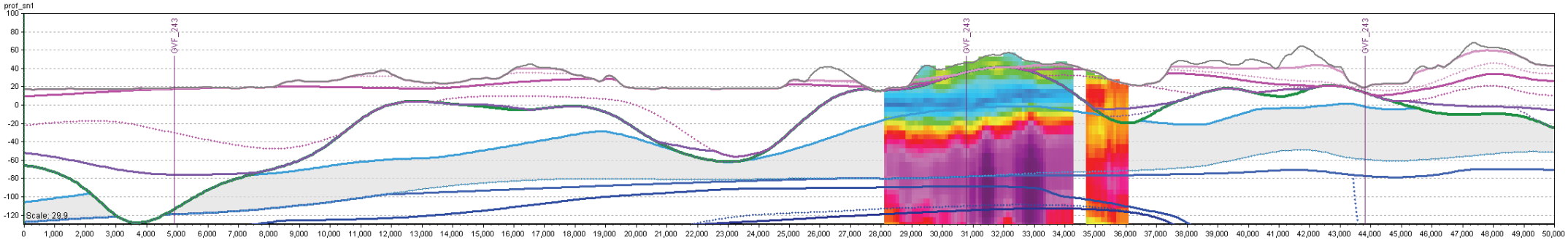




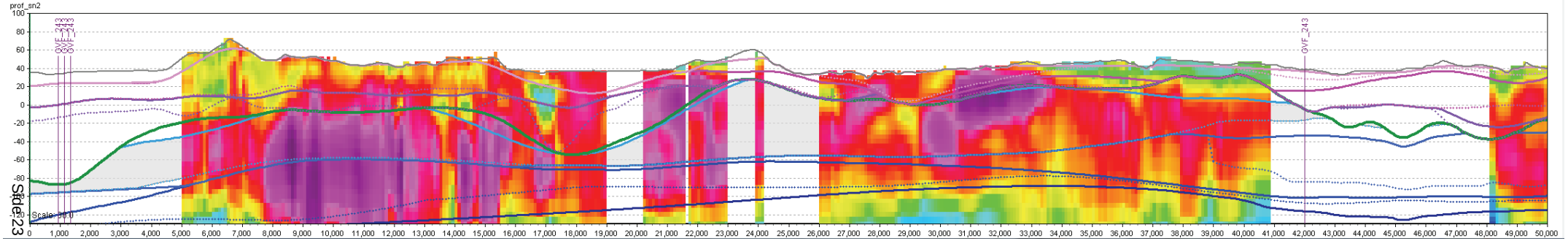




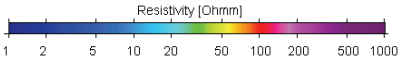
Profil SN1



Profil SN2

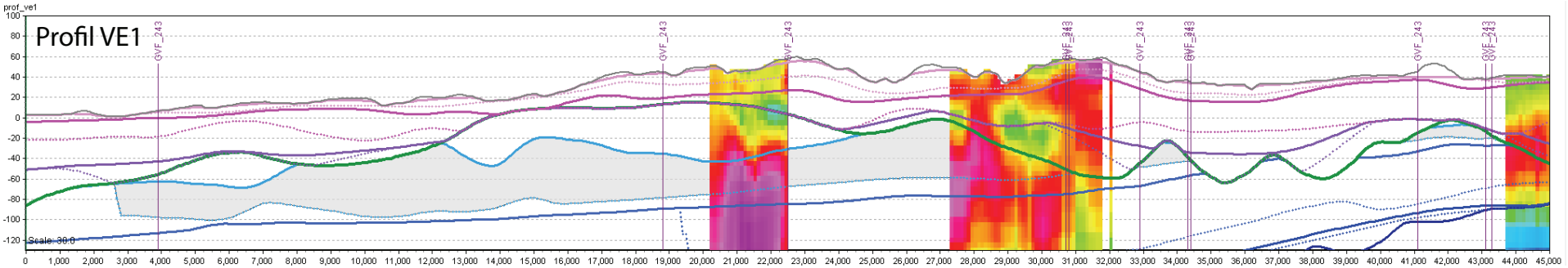


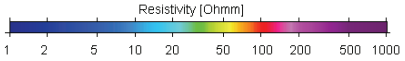
GVF 243 Ribe-Sønderjylland

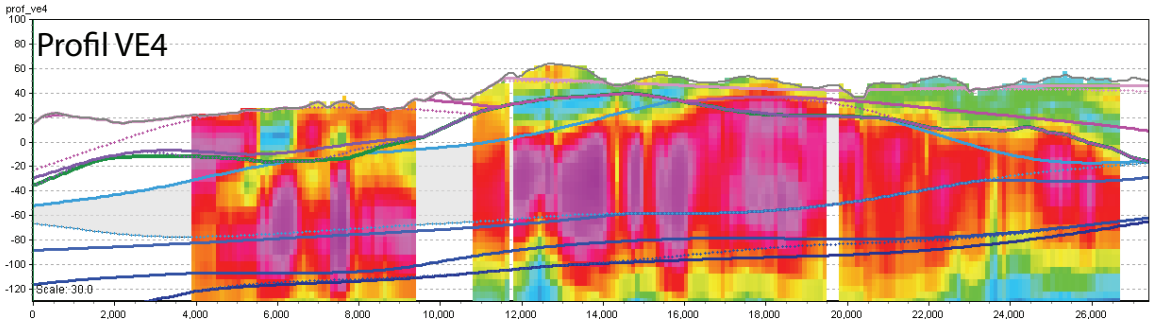


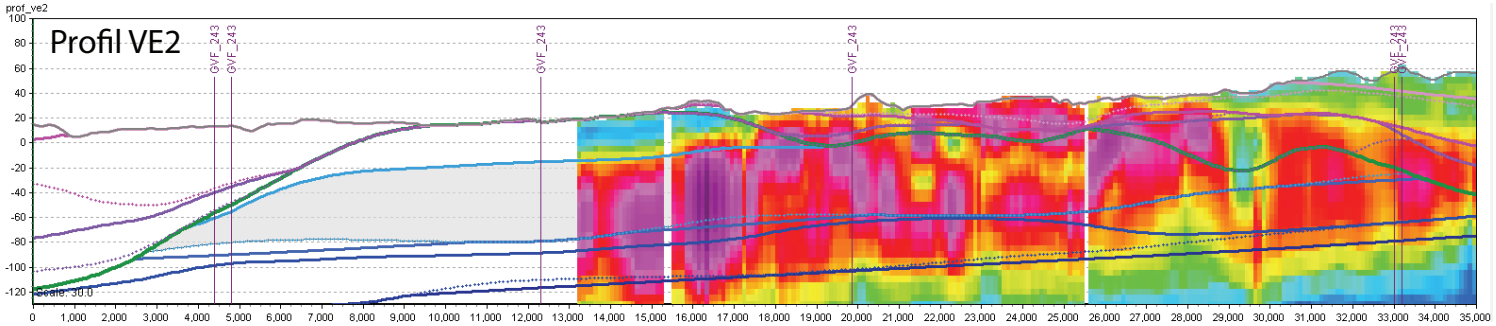
GVF 243 Ribe-Sønderjylland

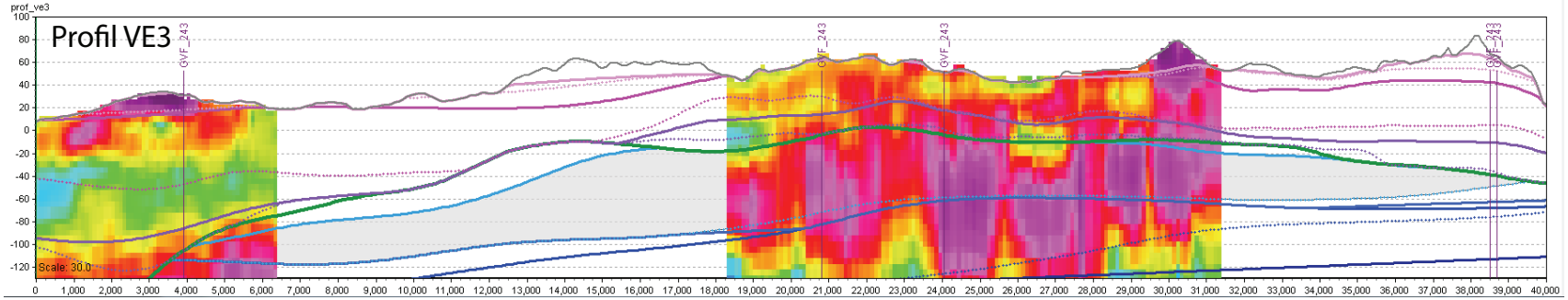
Side 24





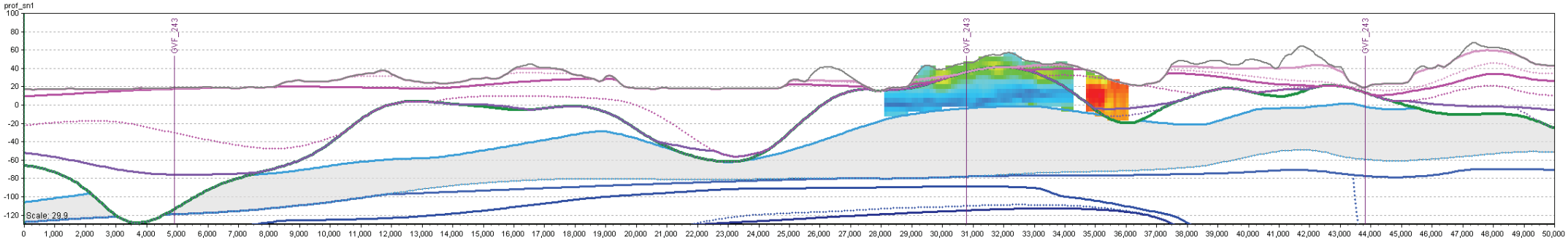




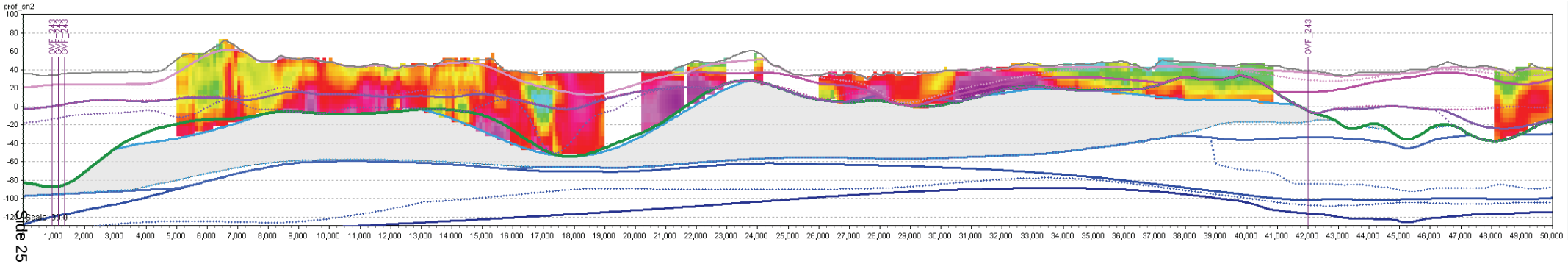


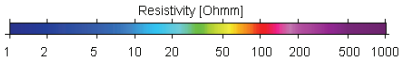
GVF 243 Ribe-Sønderjylland

Profil SN1

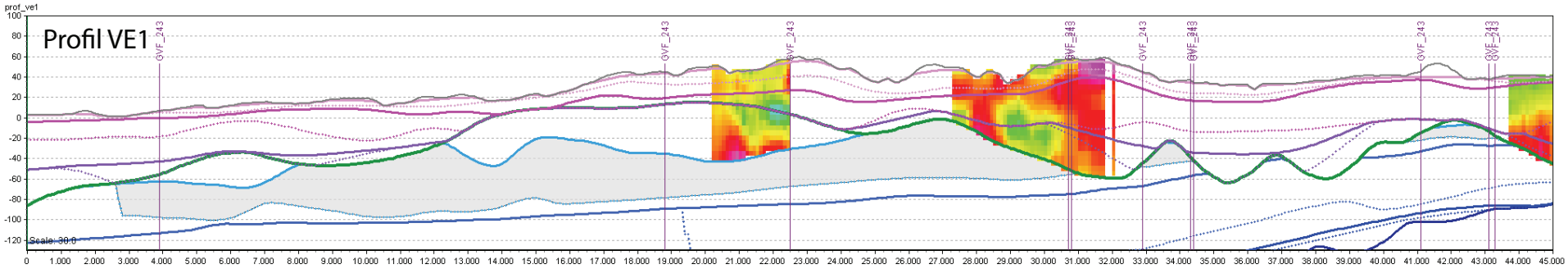


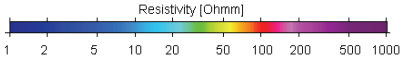
Profil SN2

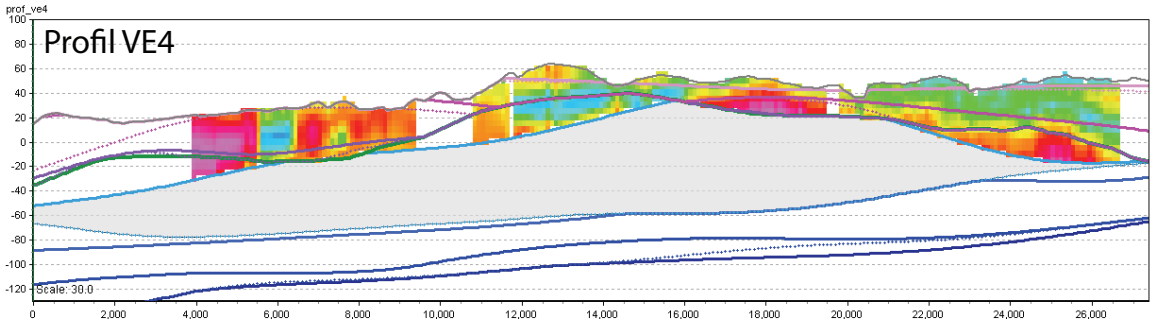


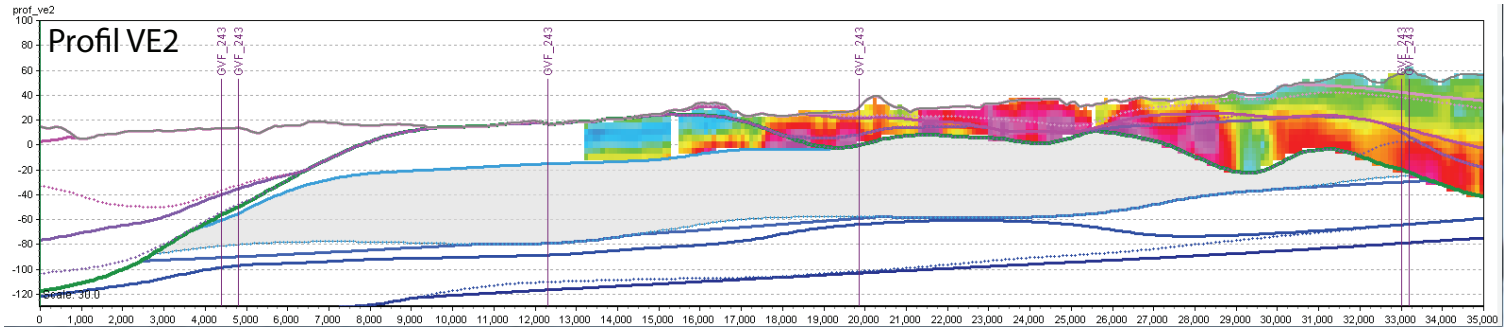


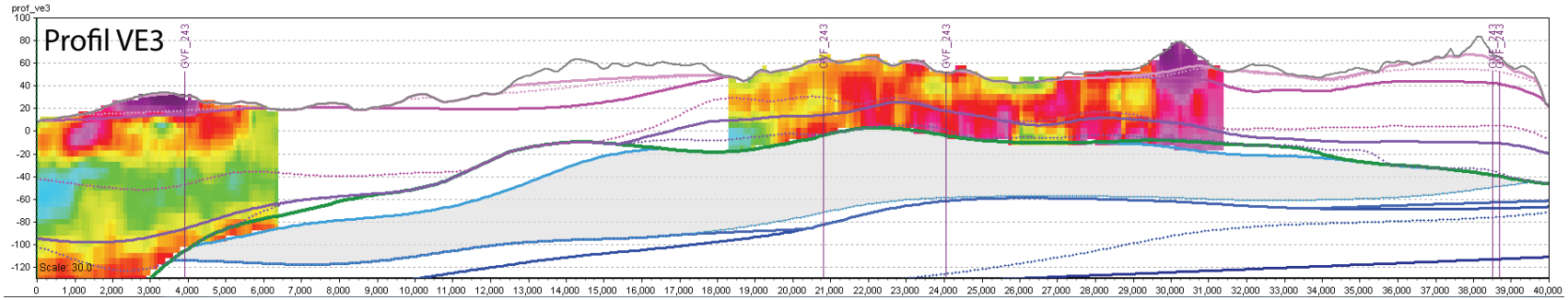
GVF 243 Ribe-Sønderjylland

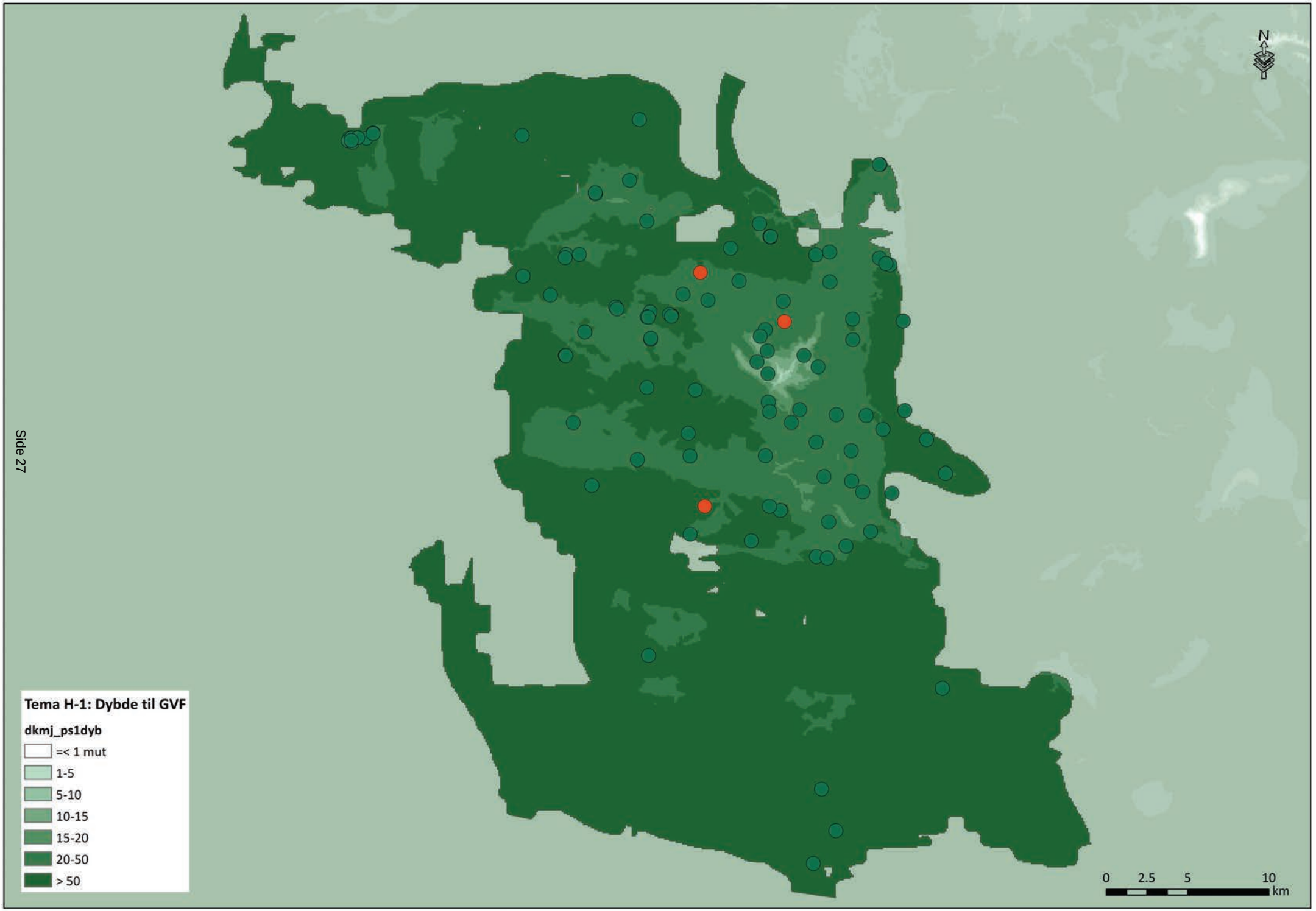


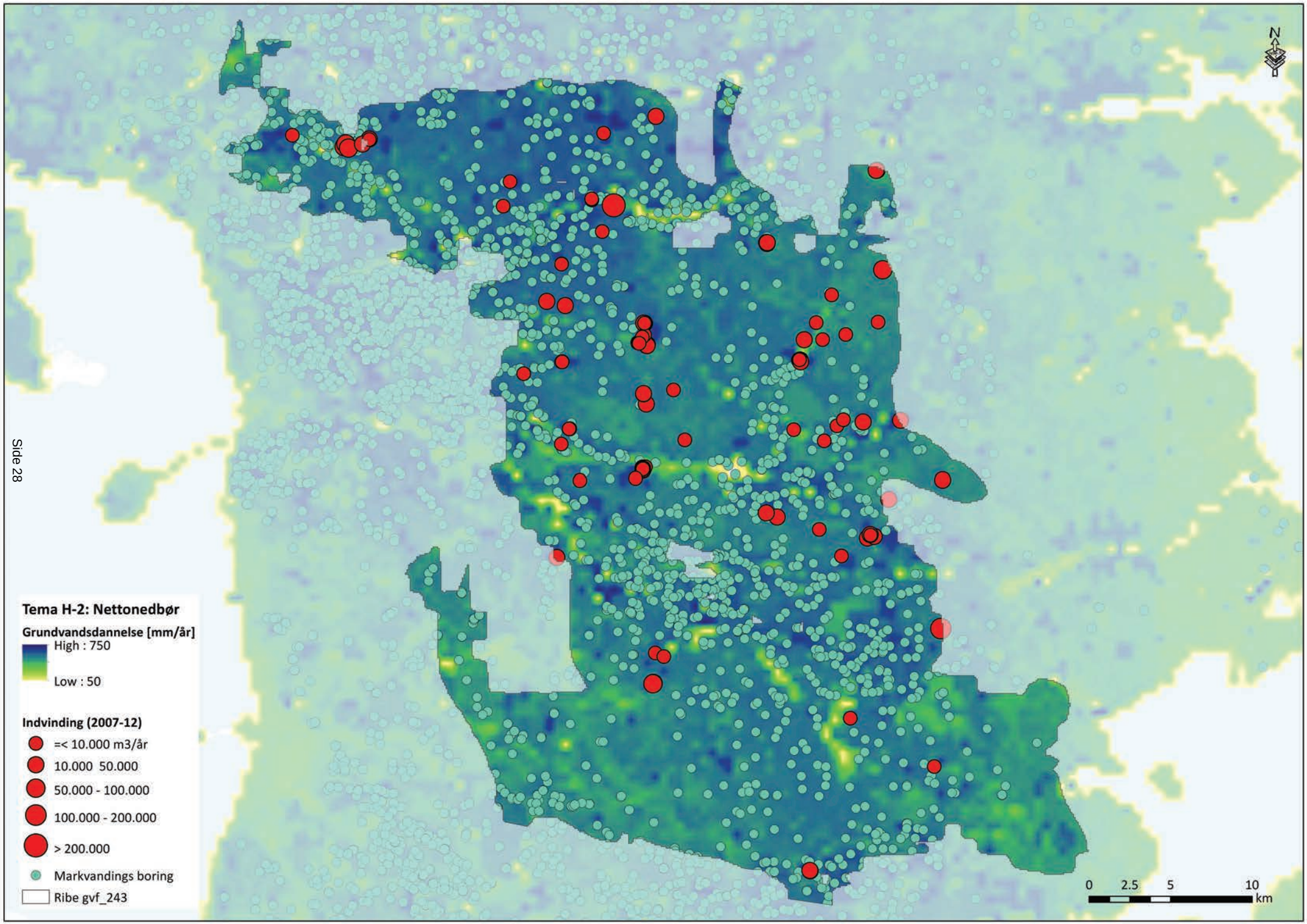


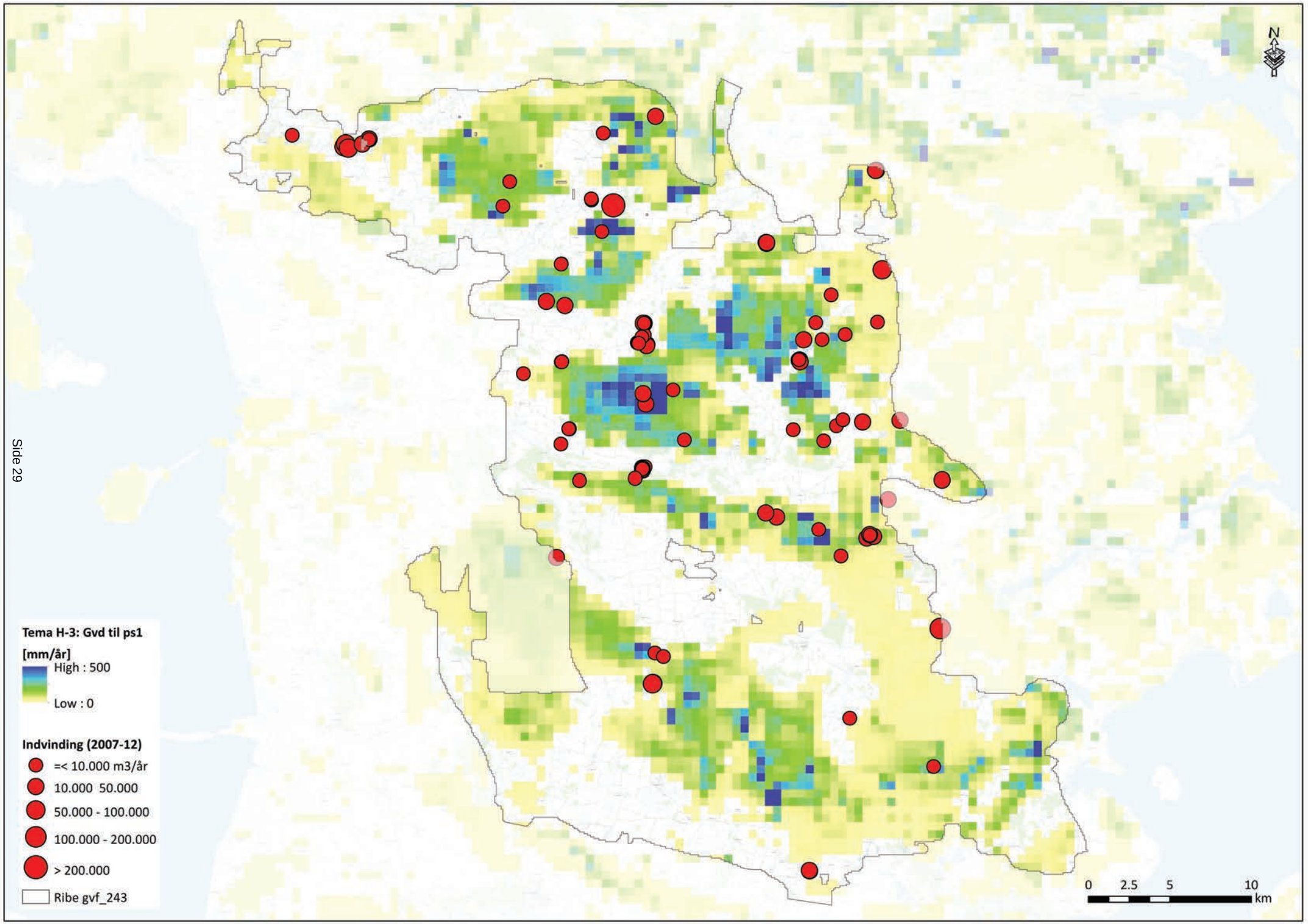


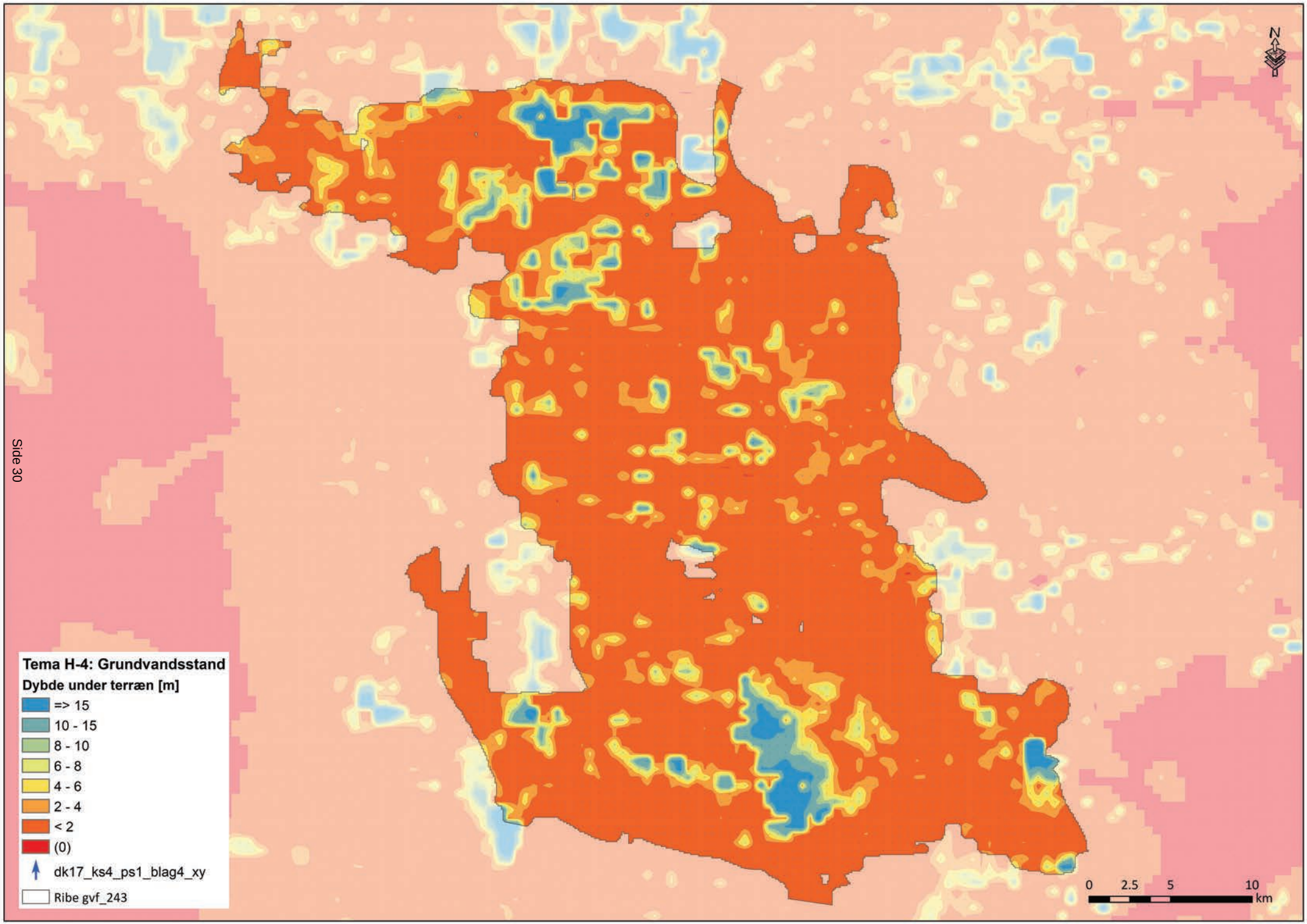


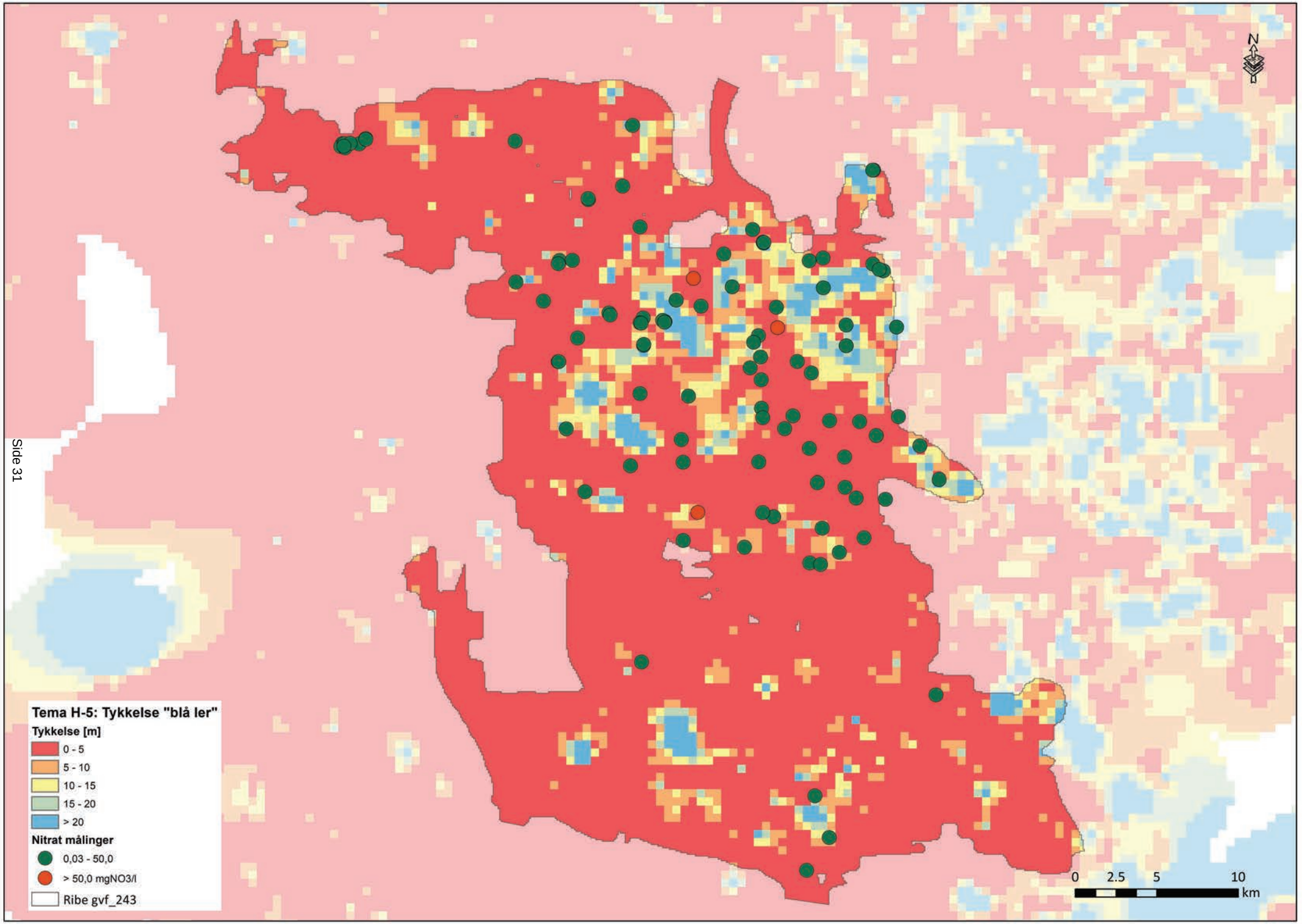


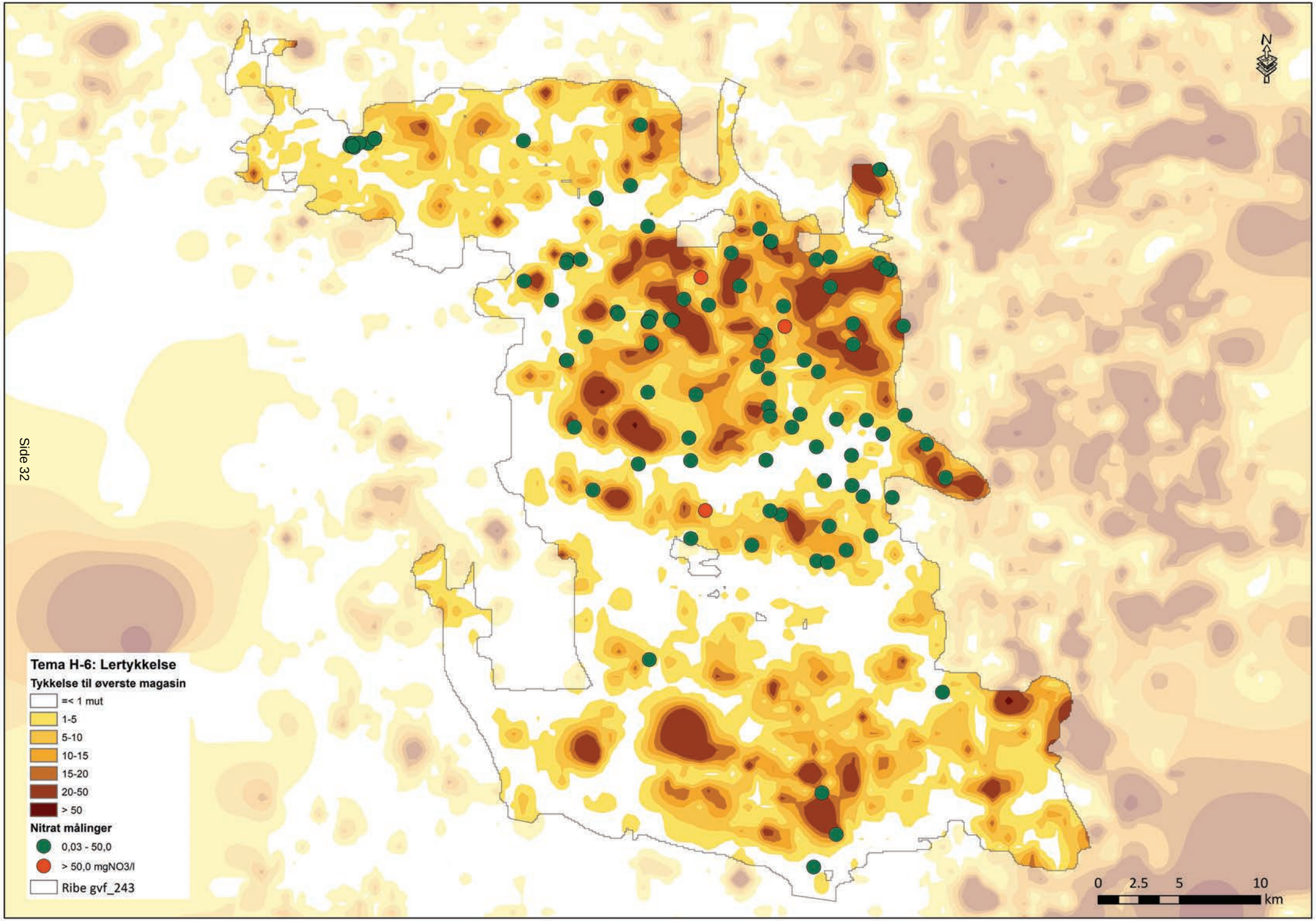

N
Tema H-1: Dybde til GVF
dkmj_ps1dyb
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
0
2.5
5
10
km

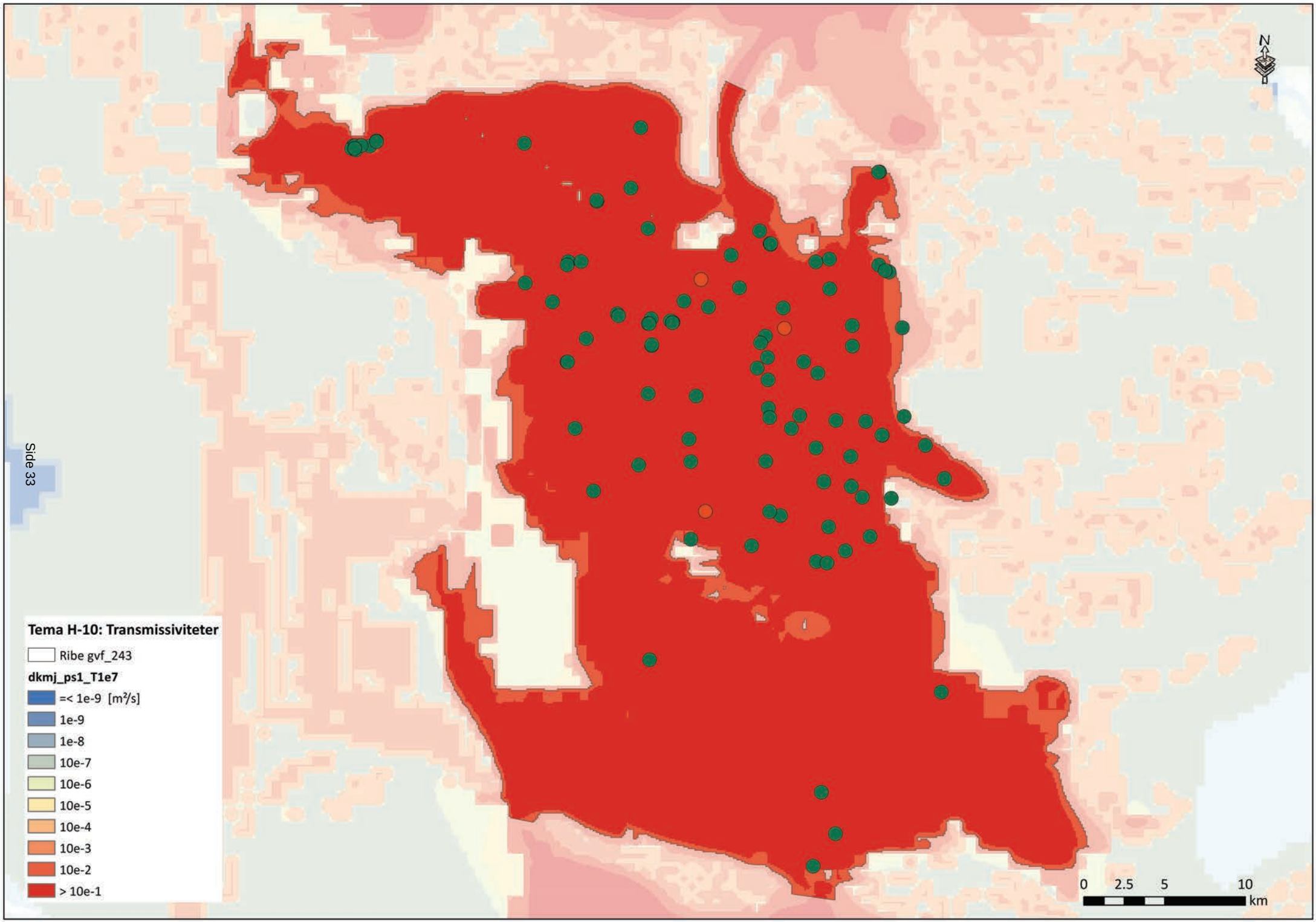

N
Tema H-2: Nettonedbør
Grundvandsdannelse [mm/år]
High : 750
Low : 50
Indvinding (2007-12)
=< 10.000 m3/år
10.000 50.000
50.000 - 100.000
100.000 - 200.000
> 200.000
Markvandings boring
Ribe gvf_243
0 2.5 5 10
km

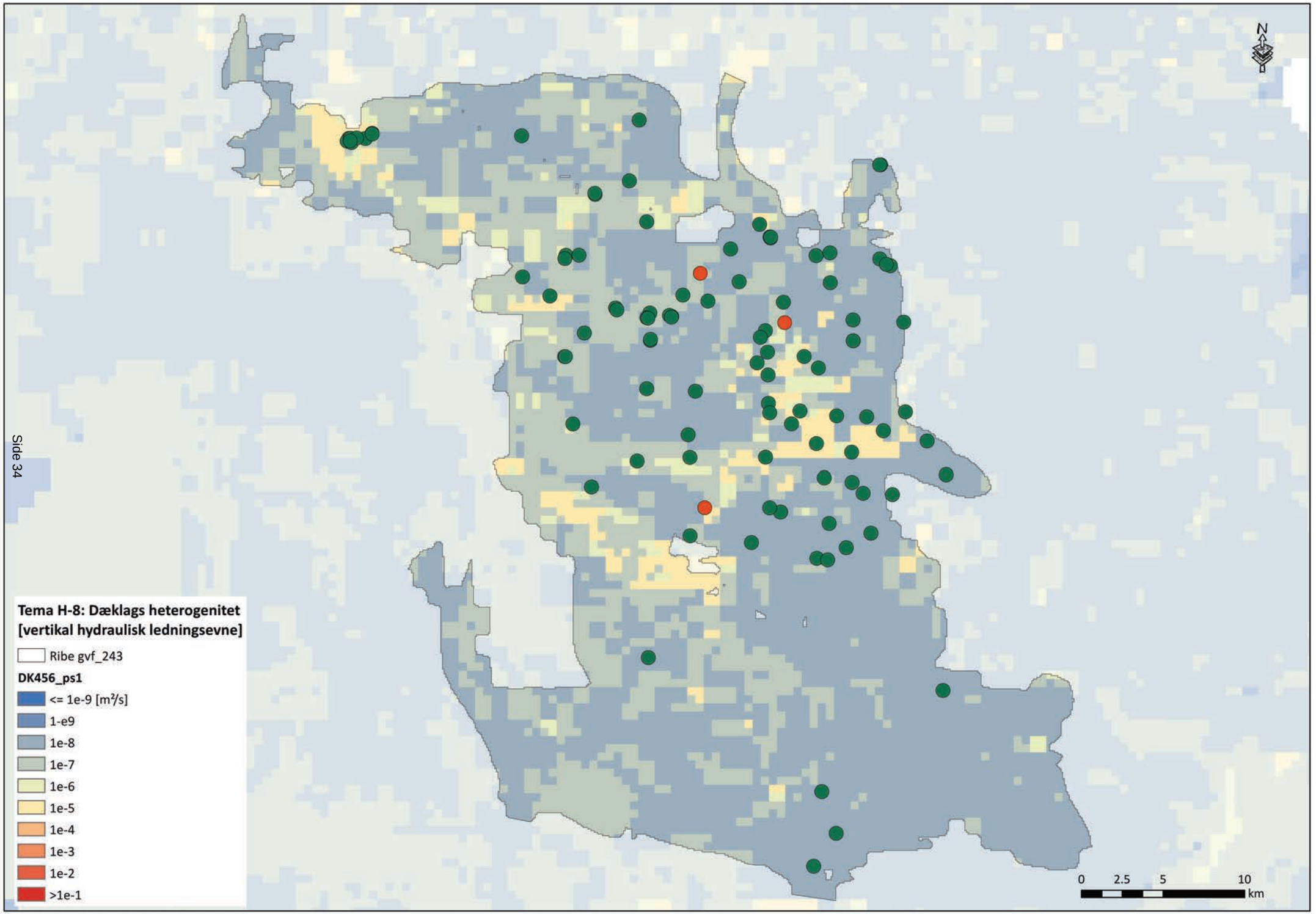

N
Tema H-3: Gvd til ps1
[mm/år]
High : 500
Low : 0
Indvinding (2007-12)
=< 10.000 m3/år
10.000 50.000
50.000 - 100.000
100.000 - 200.000
> 200.000
Ribe gvf_243
0 2.5 5 10
km

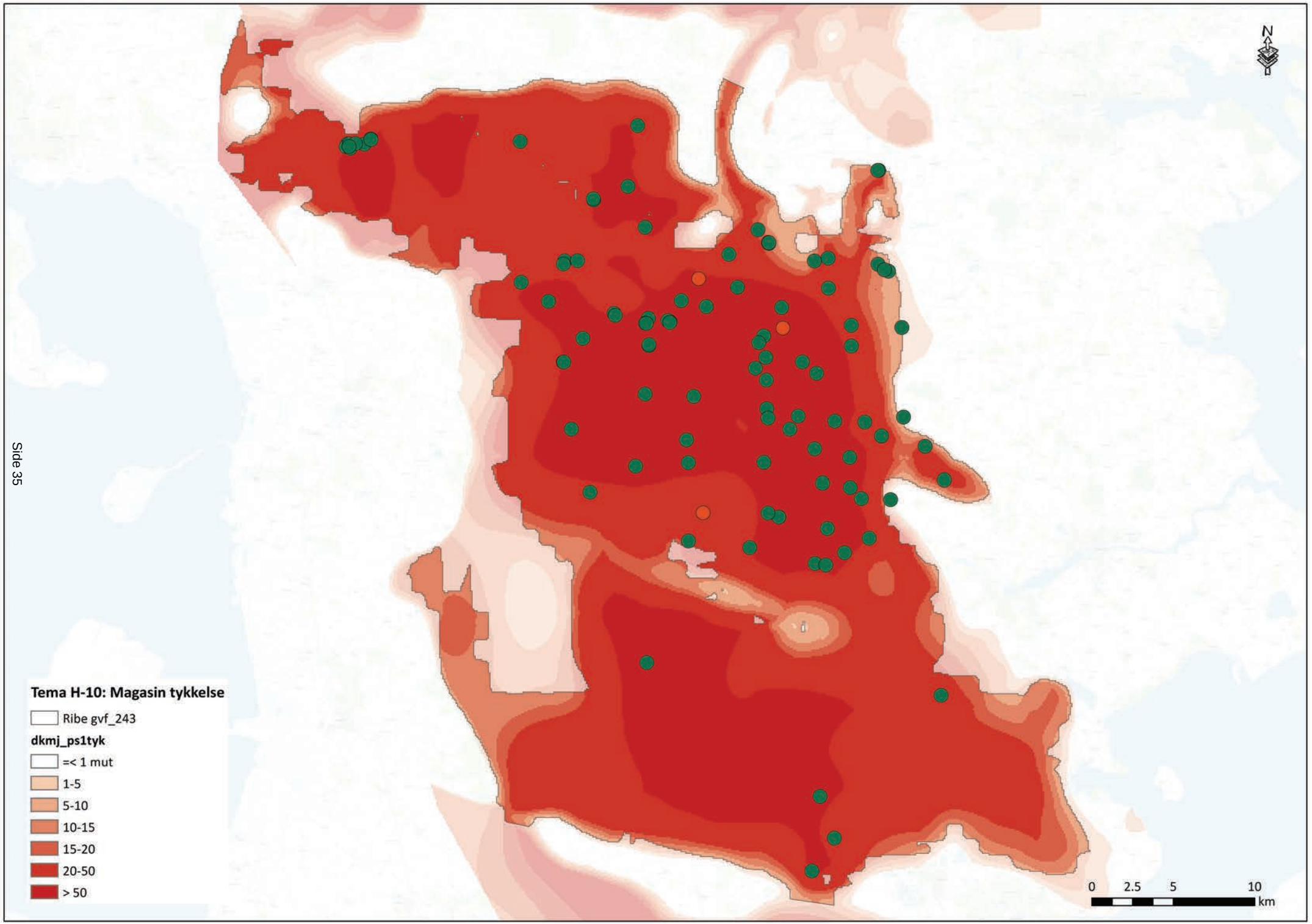

N
Tema H-4: Grundvandsstand
Dybde under terræn [m]
=> 15
10 - 15
8 - 10
6 - 8
4 - 6
2 - 4
< 2
(0)
dk17_ks4_ps1_blag4_xy
Ribe gvf_243
0
2.5
5
10
km


Tema H-5: Tykkelse "blå ler"
Tykkelse [m]
0 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 20
> 20
Nitrat målinger
0,03 - 50,0
> 50,0 mgNO3/l
Ribe gvf_243
N
0
2.5
5
10
km


N
Tema H-6: Lertykkelse
Tykkelse til øverste magasin
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
Nitrat målinger
0,03 - 50,0
> 50,0 mgNO3/l
Ribe gvf_243
0
2.5
5
10
km

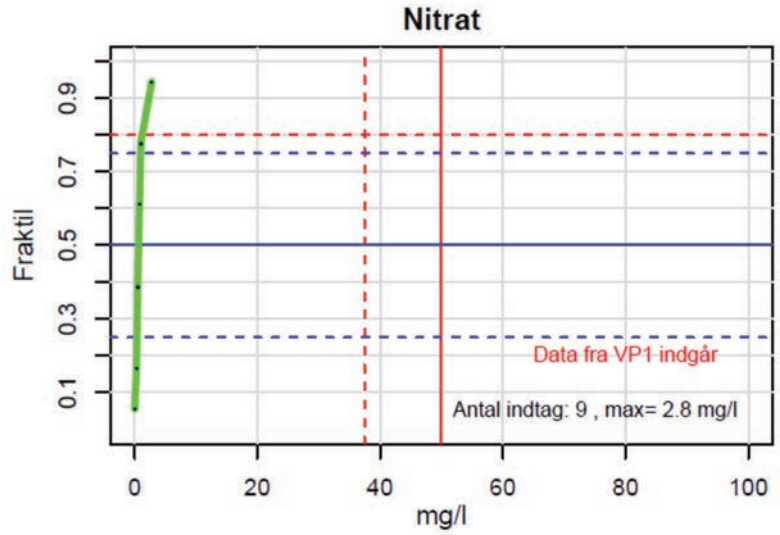

N
Tema H-10: Transmissiviteter
Ribe gvf_243
dkmj_ps1_T1e7
=< 1e-9 [m²/s]
1e-9
1e-8
10e-7
10e-6
10e-5
10e-4
10e-3
10e-2
> 10e-1
0 2.5 5 10
km


N
Tema H-8: Dæklags heterogenitet
[vertikal hydraulisk ledningsevne]
Ribe gvf_243
DK456_ps1
<= 1e-9 [m²/s]
1-e9
1e-8
1e-7
1e-6
1e-5
1e-4
1e-3
1e-2
>1e-1
0
2.5
5
10
km

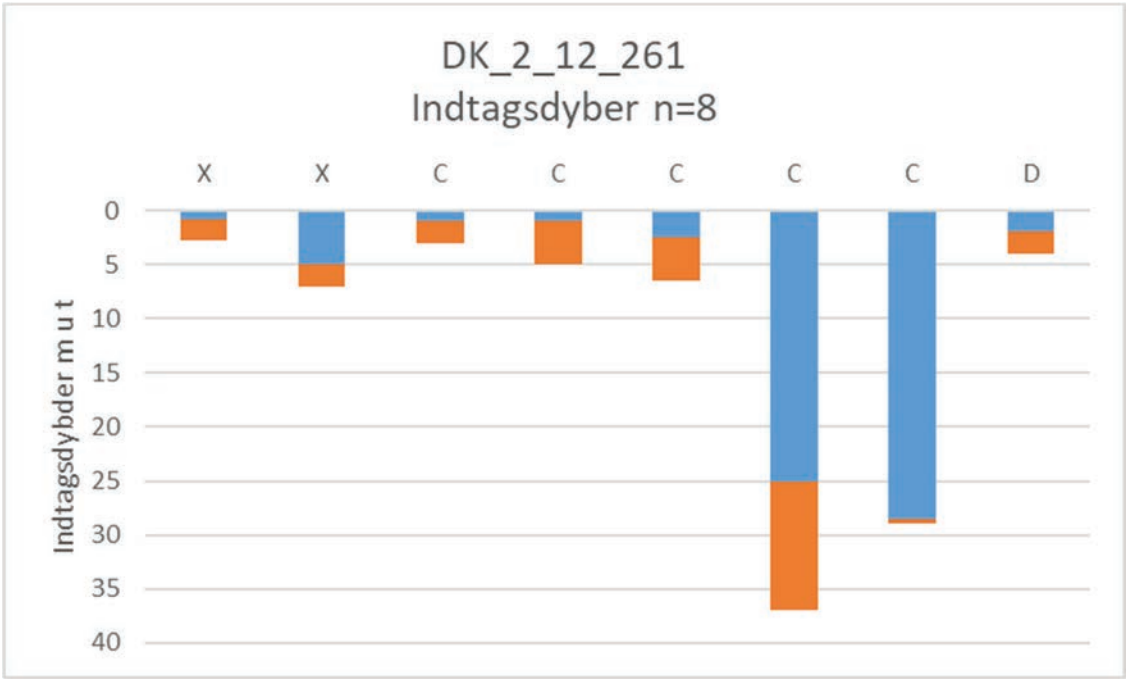

N
Tema H-10: Magasin tykkelse
Ribe gvf_243
dkmj_ps1tyk
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
0
2.5
5
10
km

Bilag 6.5 Nordsjælland-Roskilde Fjord (GVF -261)

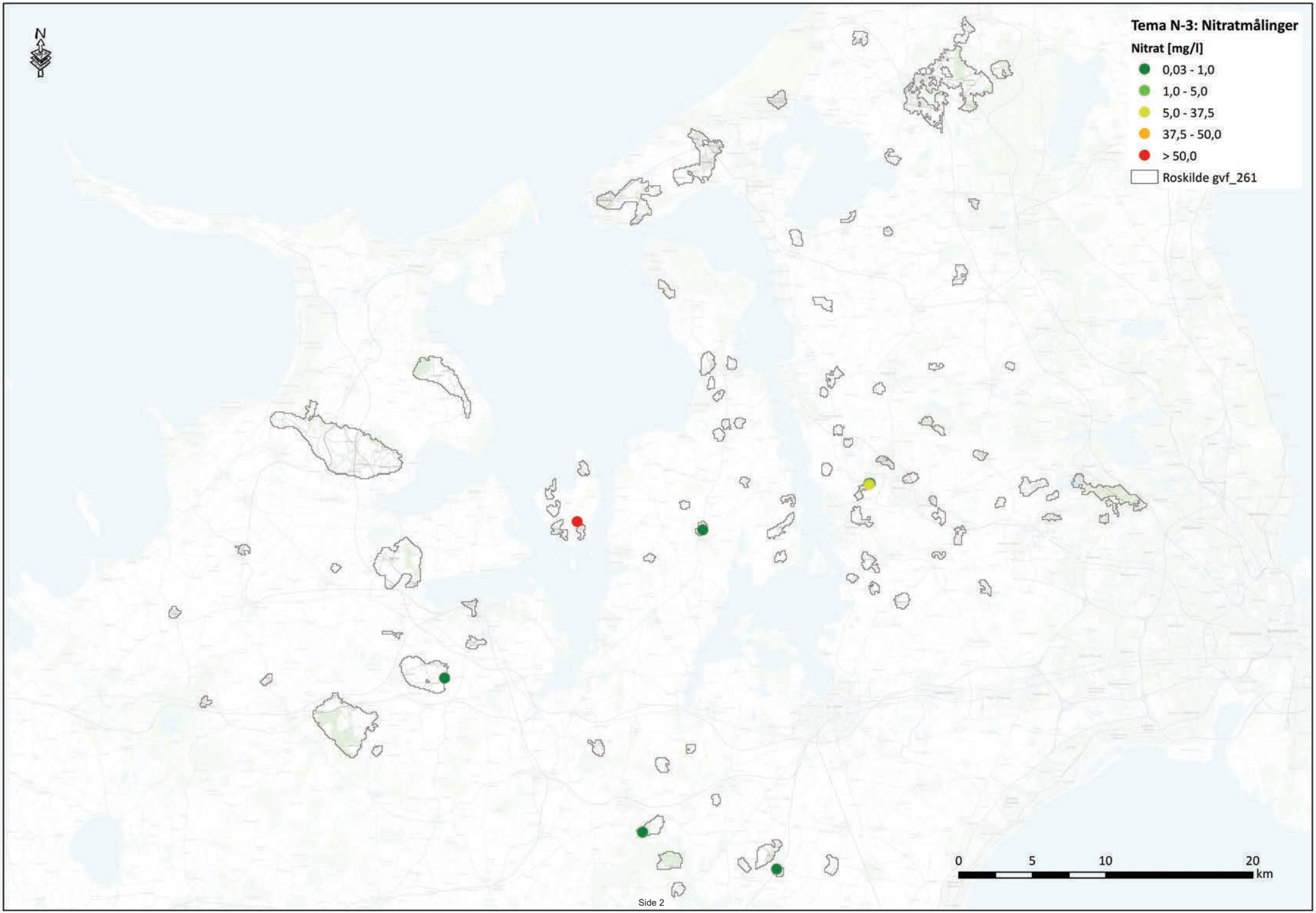
DK_2_12_261, Nordsjælland-Roskilde Fjord

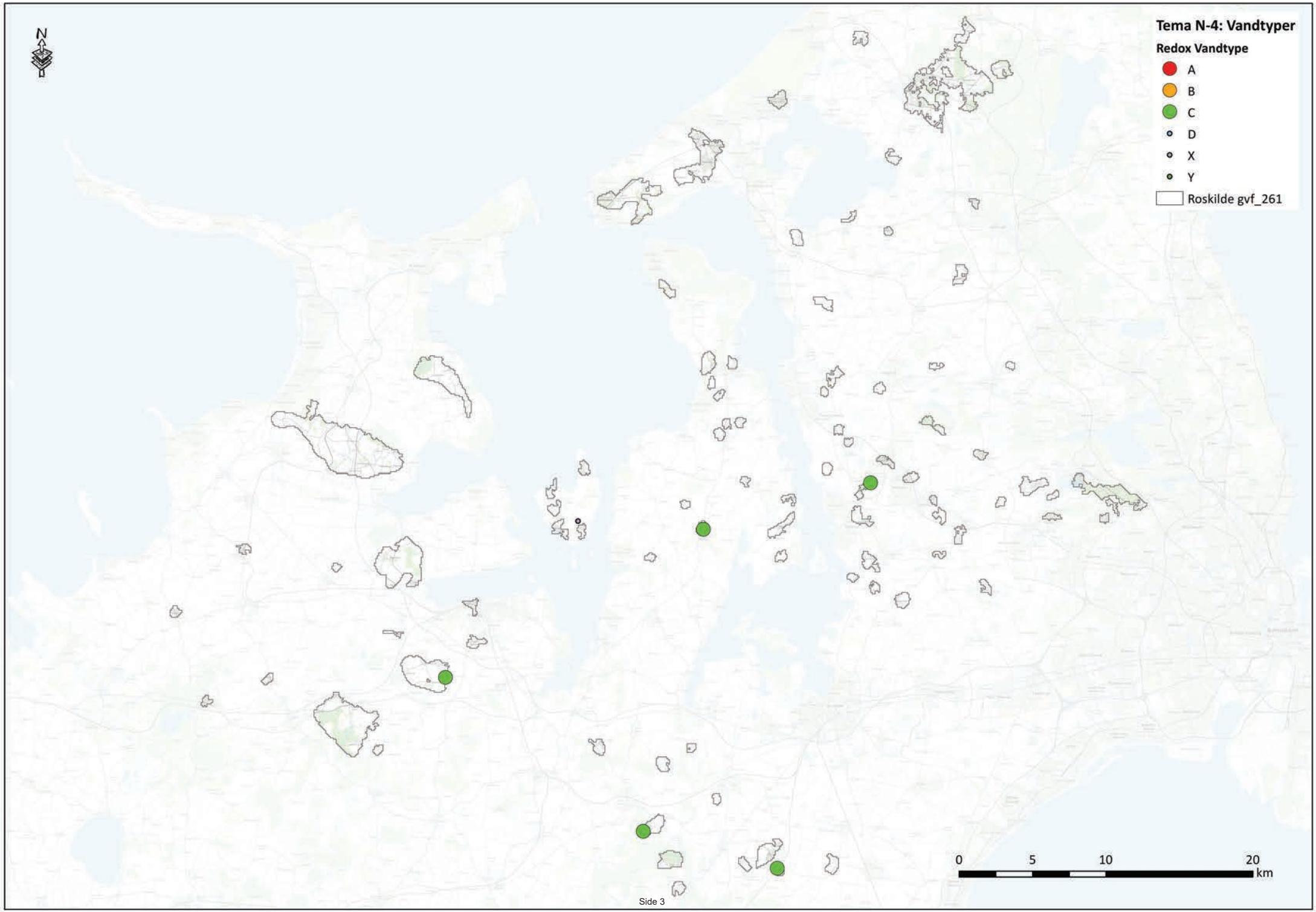


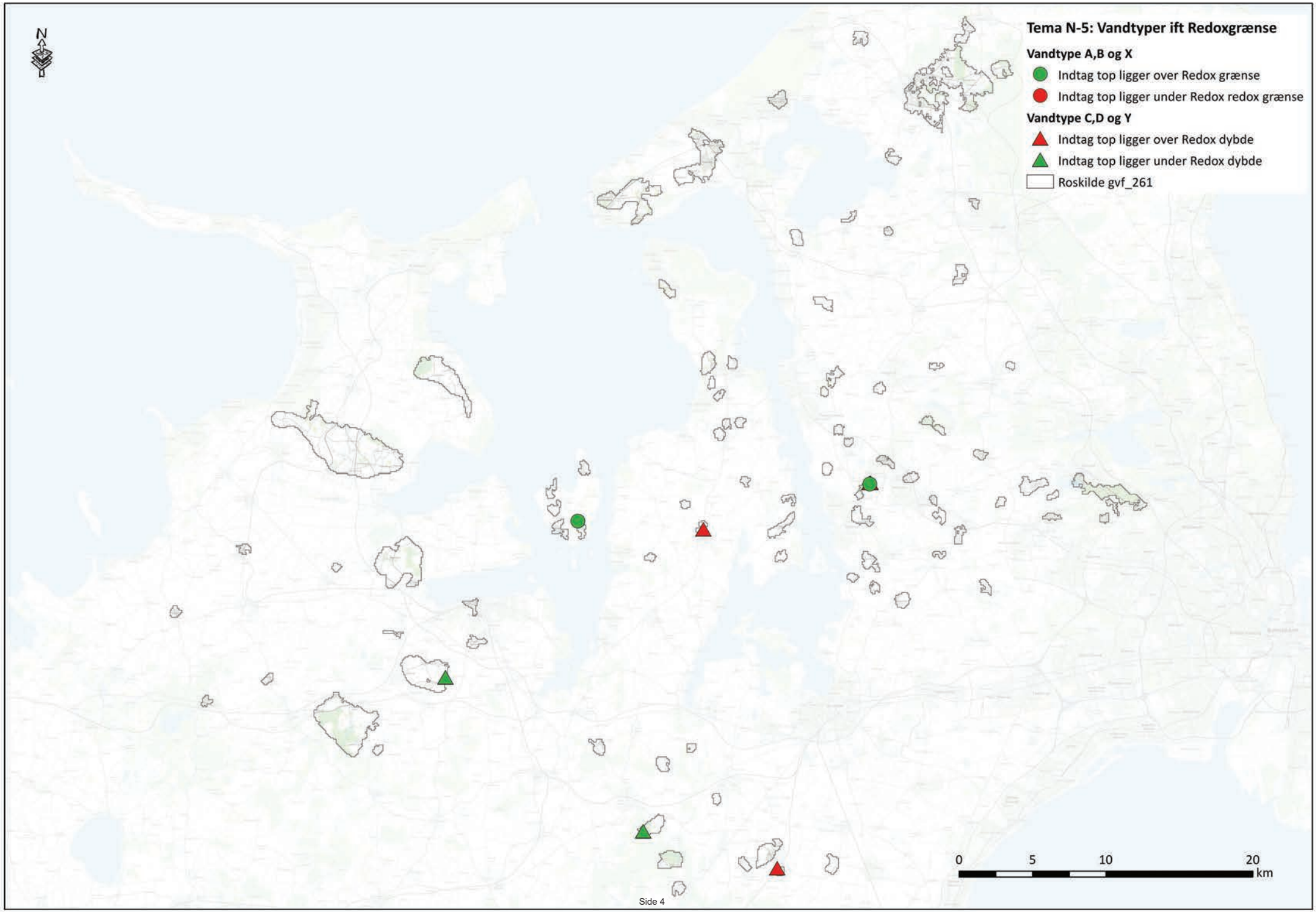
Figur 21 N1, Fordeling af nitratkoncentrationerne i GVF 2_12_261 fra Vandplan 2, data fra 2000-2013. Der var i perioden 2011-2016 et indtag med nitrat >> 50 mg/l, der ikke indgik i vandplan 2.

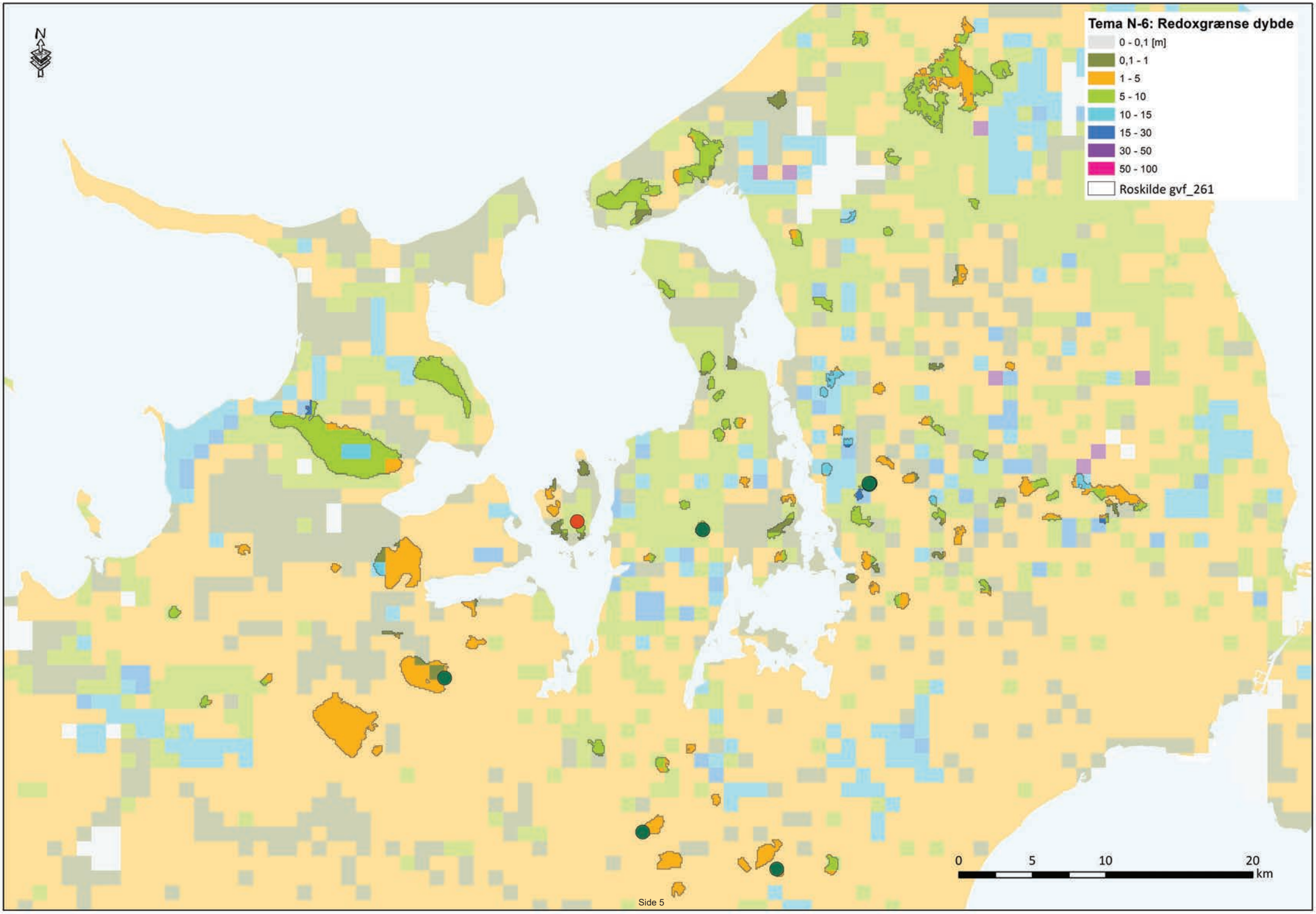


Figur 22 N2. Dybdefordeling og vandtyper i GVF 2_12_261, data fra 2011-2016.


N
Tema N-3: Nitratmålinger
Nitrat [mg/l]
0,03 - 1,0
1,0 - 5,0
5,0 - 37,5
37,5 - 50,0
> 50,0
Roskilde gvf_261
0
5
10
20
km

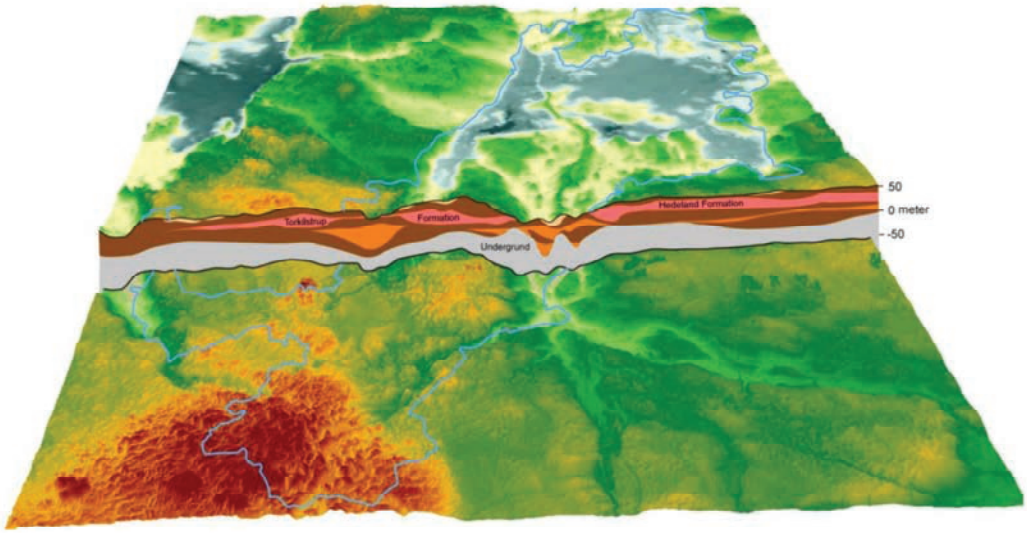

N
Tema N-4: Vandtyper
Redox Vandtype
A
B
C
D
X
Y
Roskilde gvf_261
0
5
10
20
km


N
Tema N-5: Vandtyper ift Redoxgrænse
Vandtype A,B og X
Indtag top ligger over Redox grænse
Indtag top ligger under Redox redox grænse
Vandtype C,D og Y
Indtag top ligger over Redox dybde
Indtag top ligger under Redox dybde
Roskilde gvf_261
0
5
10
20
km


N
Tema N-6: Redoxgrænse dybde
0 - 0,1 [m]
0,1 - 1
1 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 30
30 - 50
50 - 100
Roskilde gvf_261
0
5
10
20
km

GVF 261: Roskilde Fjord/Nordsjælland

Kort beskrivelse af geologiske forhold:



Figur 1: Principskitse af geologi og terrænforhold i området omkring Roskilde Fjord. "Undergrund" udgøres af Skrivekridt, Danienkalk, Lellinge grønsandskalk og her over Kertemindemergel. Figur fra /1/.

Prækvartære aflejringer:

- De ældste lag i området er Skrivekridt (Øvre Kridt), som overlejres af Danienkalk /2/
- Over Danienkalken findes Lellinge grønsandskalk og her over Kerteminde mergel
- Kerteminde mergel betragtes generelt som en dæklagsbjergart over de to kalkmagasiner Danienkalk og Lellinge grønsandskalk, men da Kerteminde mergel litologisk kan variere meget, findes der nogle steder bænke med grovere sedimenter, hvorfor formationen også kan have gode magasinegenskaber /2/

Kvartære aflejringer:

- Området været isoverskredet flere gange i perioderne under de seneste istider
- Der er aflejret moræneler, som øverst kan være opsprækket, så der kan ske nedsivning gennem sprækkerne
- De kvartære aflejringer består også af smeltevandssand og -grus. Det kvartære sand optræder i kortlægningsområdet både som mindre, lokale sandlinser i morænen og som mere sammenhængende og gennemgående lag i området (figur 1)

Begravede dale:

- I området findes en række begravede dalstrukturer, hvoraf de fleste er dannet som tunneldale, mens et antal sandsynligvis er dannet som gravsænkninger eller som andre typer af erosionsdale (f.eks. Søndersø-dalen og Alnarp-dalen) /3/
- Dalene er udfyldt med vekslende ler/sand og er stedvist eroderet ned til kalken

Deformationer af lagserien:

- I den kvartære lagpakke findes flager af prækvartære aflejringer, der er blevet deformeret under gletsjernes fremrykning. Dette kan betyde at grundvandsmagasinerne ikke er dækket af et tykt og beskyttende lerdække. De skråtstillede flager kan give nemmere adgang for vand fra terræn til dybereliggende magasiner /2/

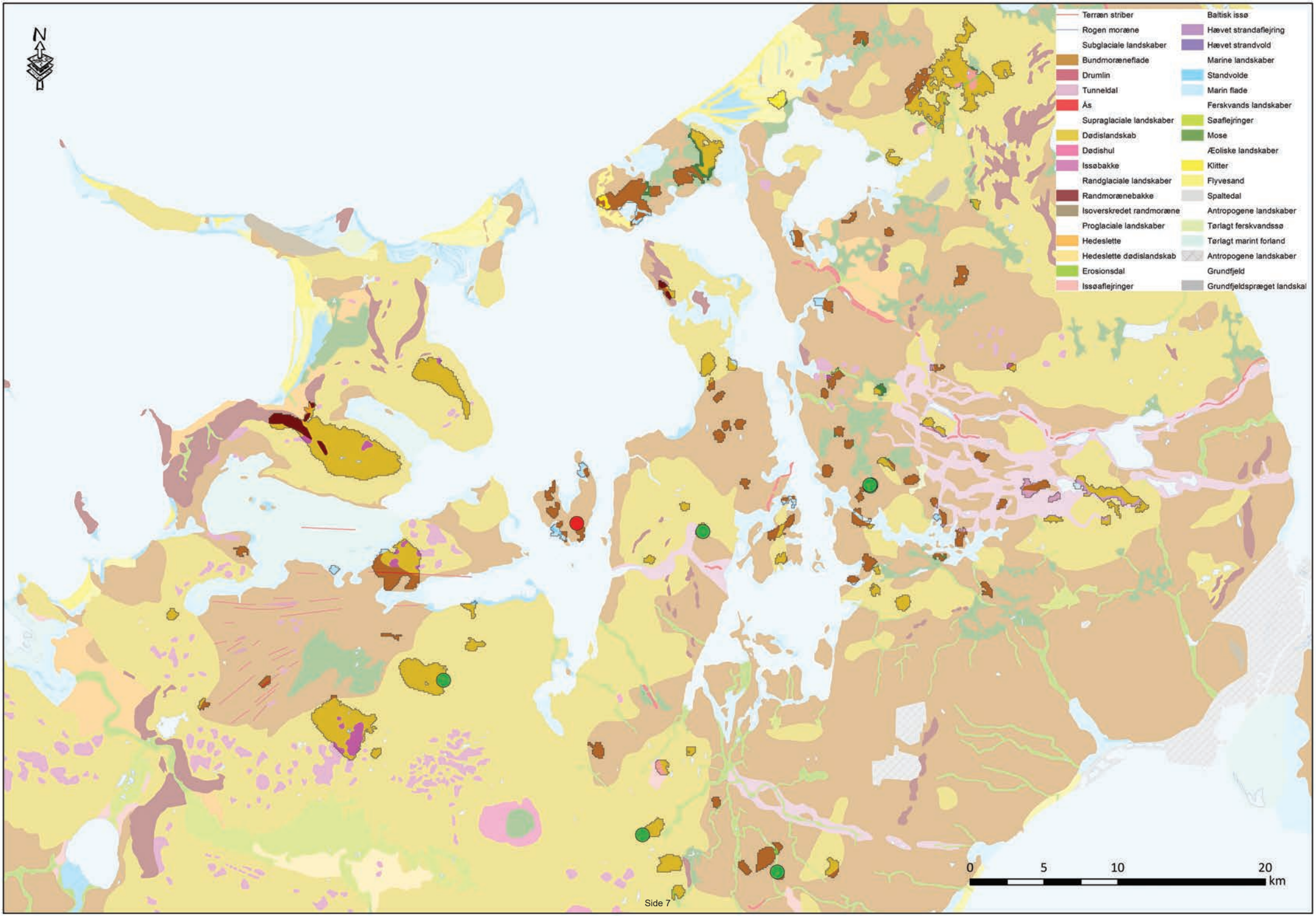
Referencer:

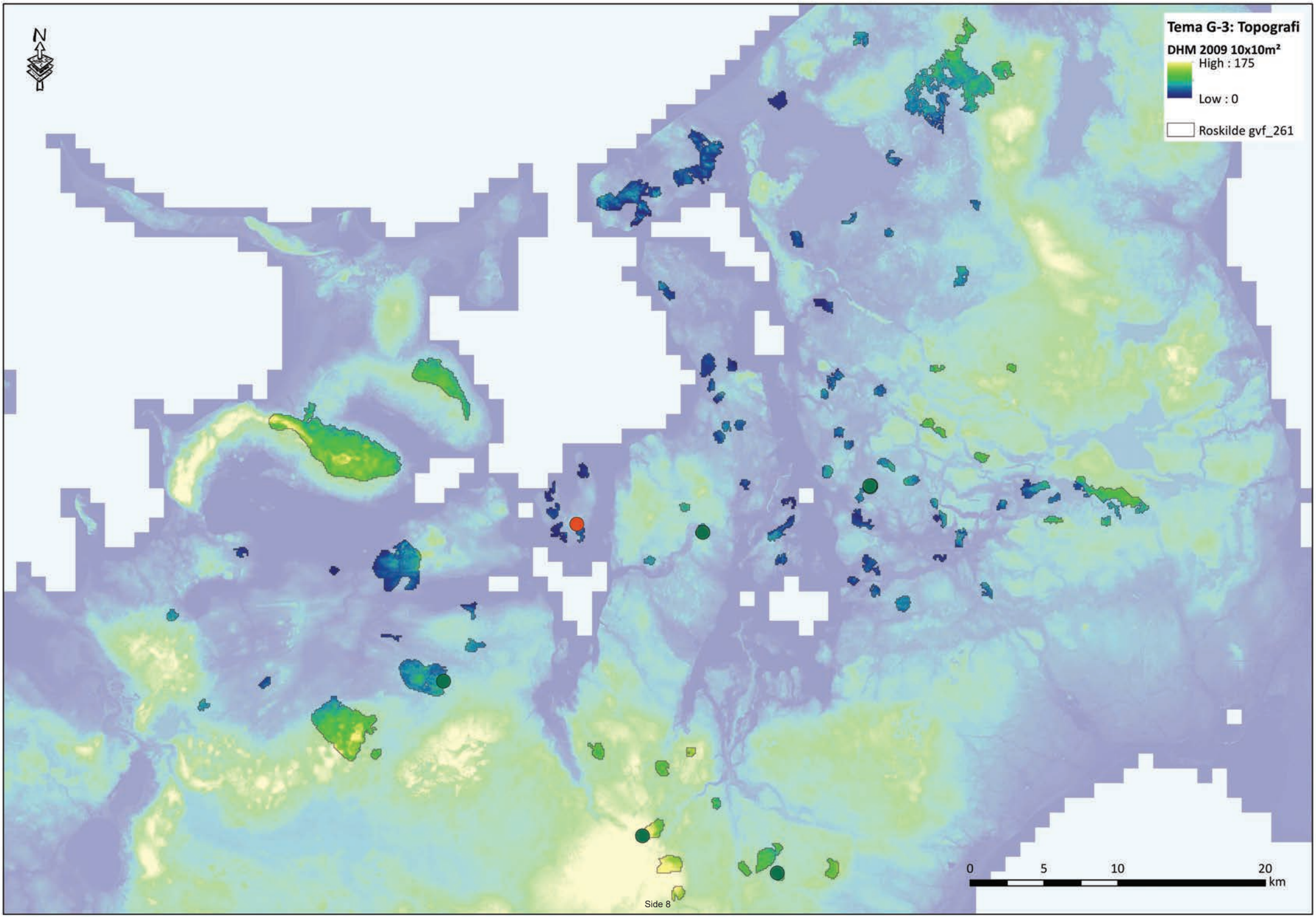
/1/ Houmark-Nielsen, M. 2017: Geologi og landskaber i Nationalpark Skjoldungernes Land. Geologisk Tidsskrift 2017, pp. 1–20. ISSN 2245-7097, København.

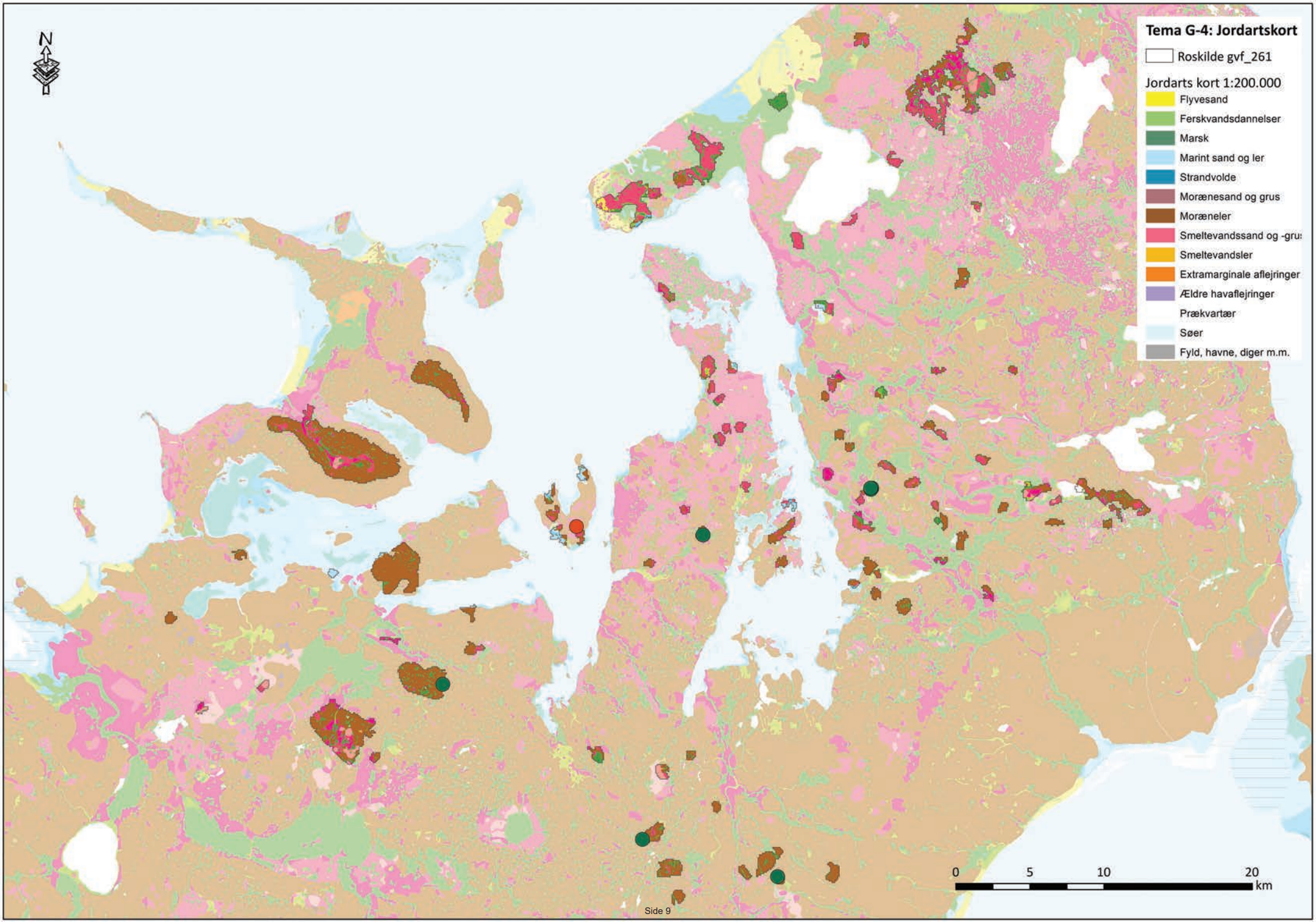
/2/ Naturstyrelsen, 2015: Redegørelse for Lejre Vest. Afgiftsfinansieret grundvandskortlægning 2015. Naturstyrelsen. ISBN nr. 978-87-7175-515-2.

/3/ Sandersen, P.B.E. & Jørgensen (2016). Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. GEUS Særudgivelse, bind 1 og 2 (www.begravededale.dk).

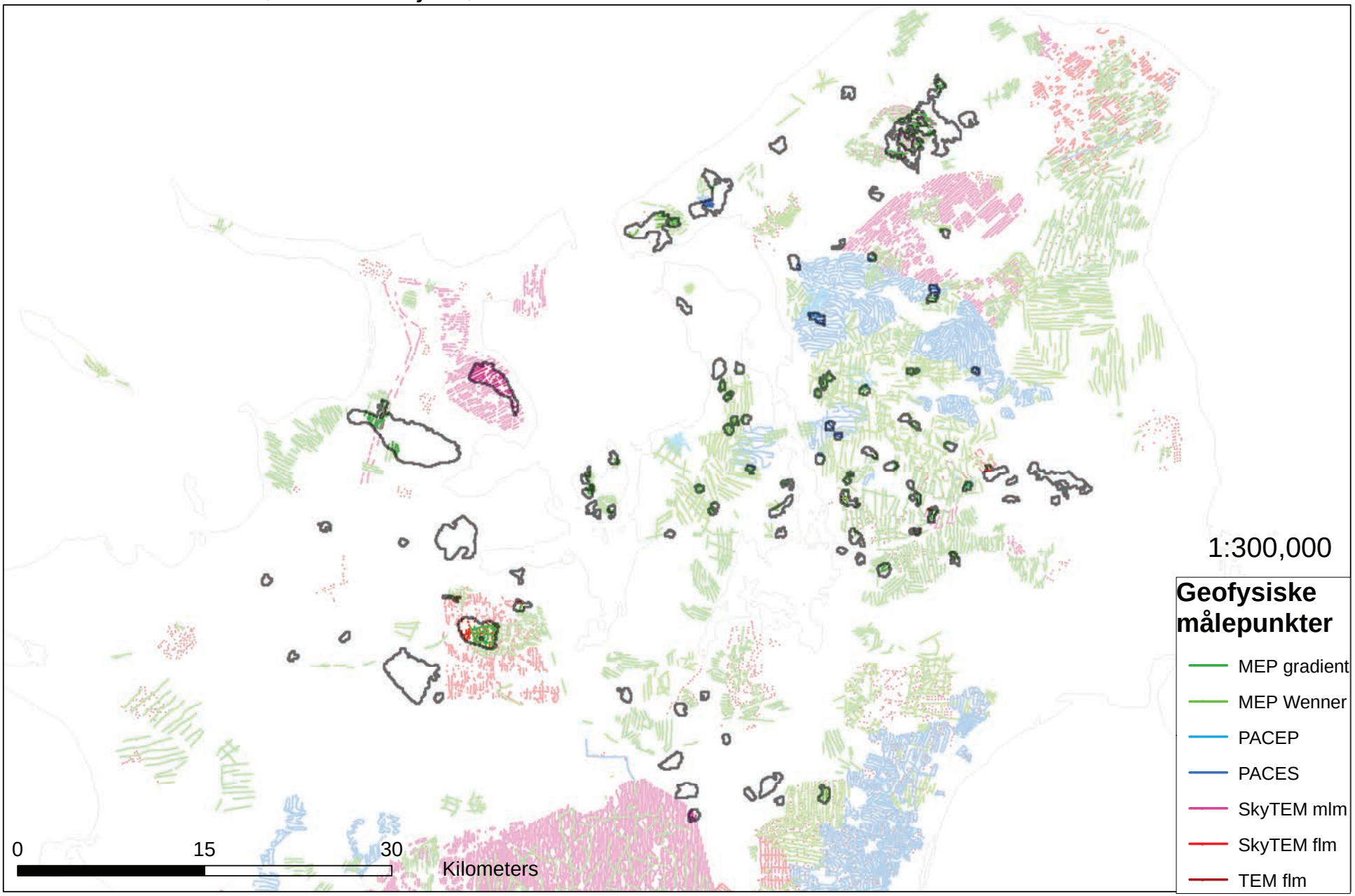
Udført af:	PSA	Dato:	02.05.18


N
Terræn striber
Rogen moræne
Subglaciale landskaber
Bundmoræneflade
Drumlin
Tunneldal
Ås
Supraglaciale landskaber
Dødislandskab
Dødishul
Issøbakke
Randglaciale landskaber
Randmoræneбakke
Isoverskredet randmoræne
Proglaciale landskaber
Hedeslette
Hedeslette dødislandskab
Erosionsdal
Issøaflejringer
Baltisk issø
Hævet strandaflejring
Hævet strandvold
Marine landskaber
Standvolde
Marin flade
Ferskvands landskaber
Søaflejringer
Mose
Æoliske landskaber
Klitter
Flyvesand
Spaltedal
Antropogene landskaber
Tørlagt ferskvandssø
Tørlagt marint forland
Antropogene landskaber
Grundfjeld
Grundfjeldspræget landskal
0
5
10
20
km

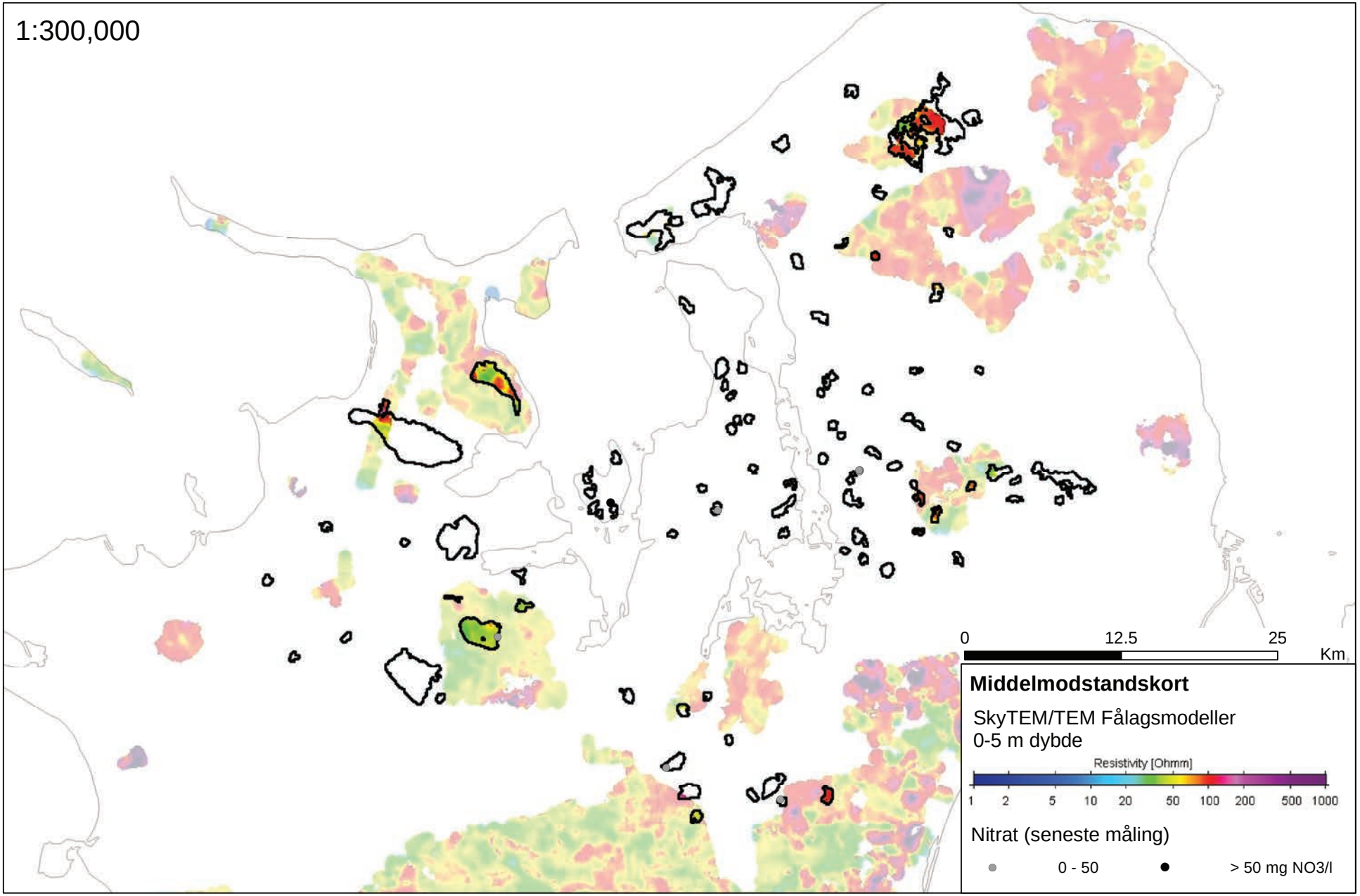

N
Tema G-3: Topografi
DHM 2009 10x10m²
High : 175
Low : 0
Roskilde gvf_261
0
5
10
20
km


N
Tema G-4: Jordartskort
Roskilde gvf_261
Jordarts kort 1:200.000
Flyvesand
Ferskvandsdannelser
Marsk
Marint sand og ler
Strandvolde
Morænesand og grus
Moræneler
Smeltevandssand og -grus
Smeltevandsler
Extramarginale aflejringer
Ældre havaflejringer
Prækvartær
Søer
Fyld, havne, diger m.m.
0
5
10
20
km

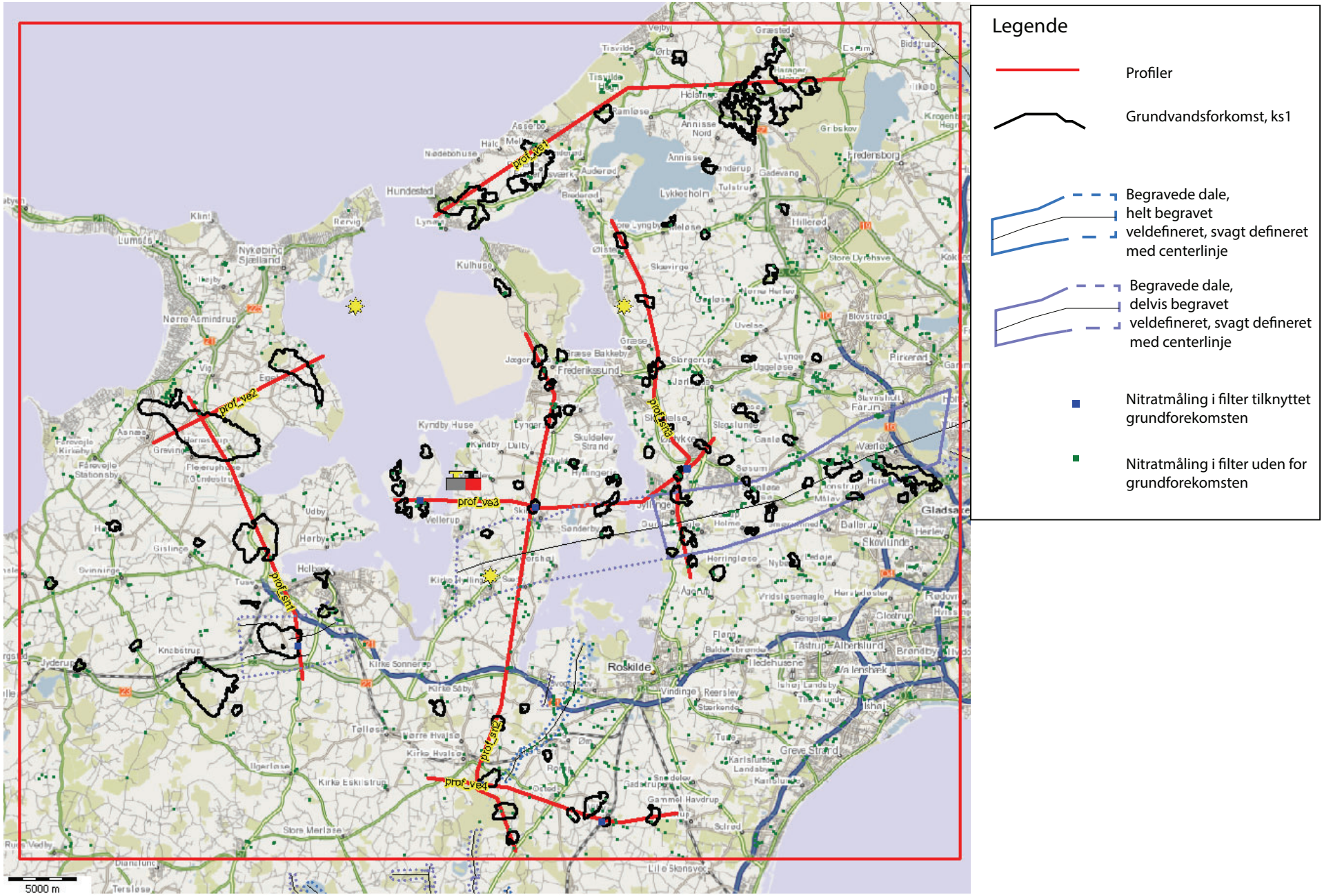
Tema G-6: GVF 261, Roskilde Fjord, KS1



Tema G7-G8: GVF 261, Roskilde Fjord ks1

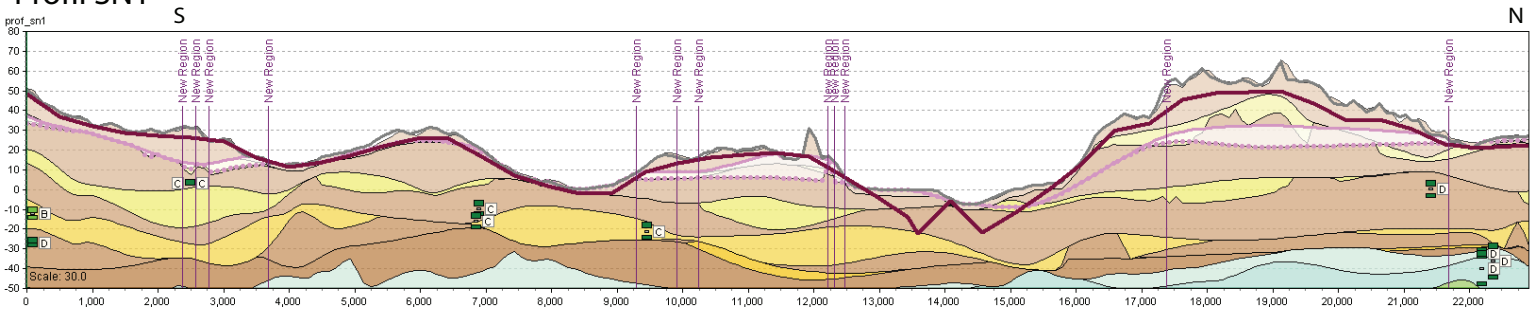


Tema G9: GVF 261 Roskilde Fjord/Nordsjælland , KS1

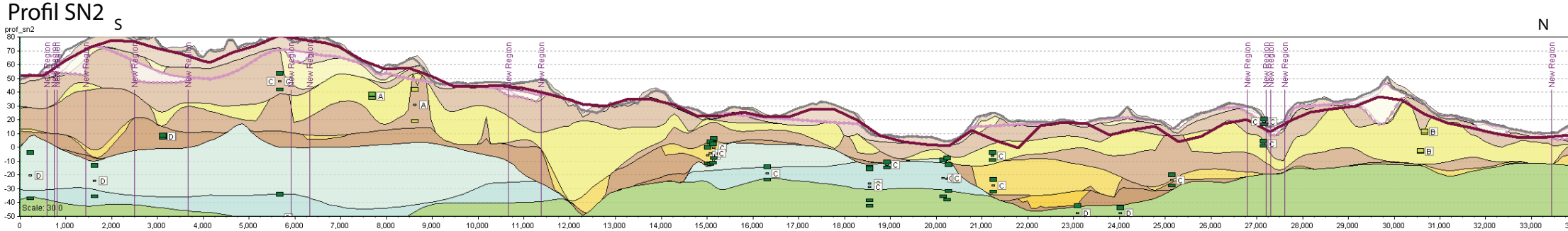


Tema G9:
GVF 261 Roskilde Fjord/Nordsjælland , KS1

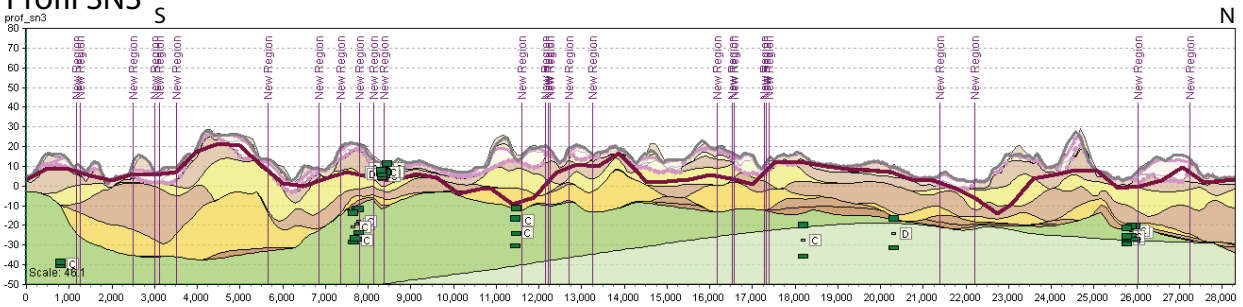
Profil SN1



Profil SN2



Profil SN3



Sjælland hydrostratigrafiske lag

- Kvartært ler KL1
- Kvartært sand KS1
- Kvartært ler KL2
- Kvartært sand KS2
- Kvartært ler KL3
- Kvartært sand KS3
- Kvartært ler KL4
- Kvartært sand KS4
- Kvartært ler KL5
- Prækvartært ler PL1
- Grønsandskalk GK1
- Kalk DK1, øverst
- Kalk DK1, bund

Nitrat [mg/l]
seneste måling

- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

Redox vandtype
seneste måling

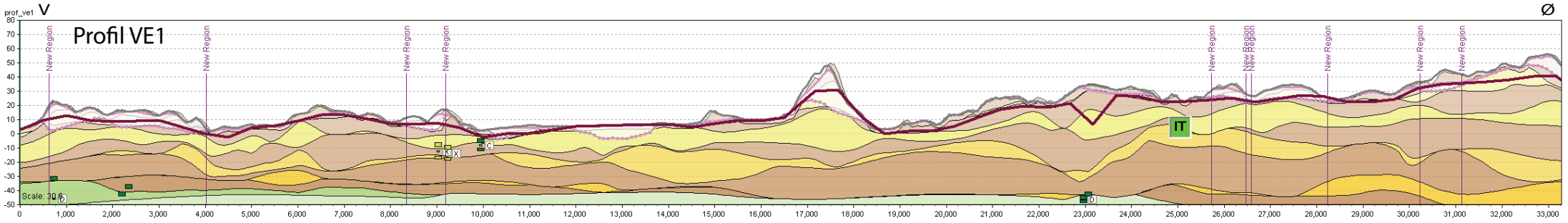
- B – B i grundvandsforekomst
- – B uden for grundvandsforekomst

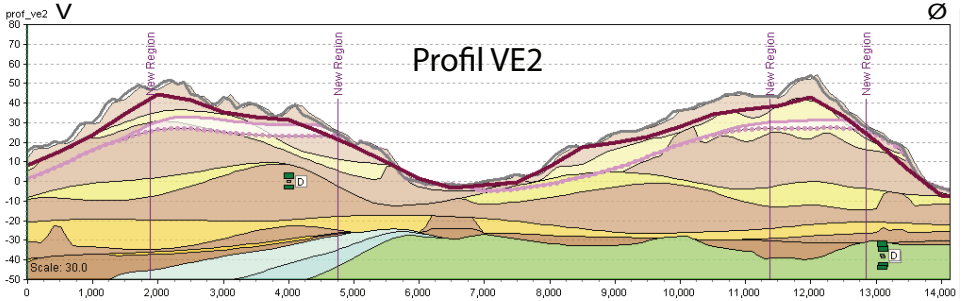
Redoxgrænse
modelleret

DK model magasin lag

- KS1

Tema G9:
GVF 261 Roskilde Fjord/Nordsjælland , KS1





Nitrat [mg/l]
seneste måling

- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

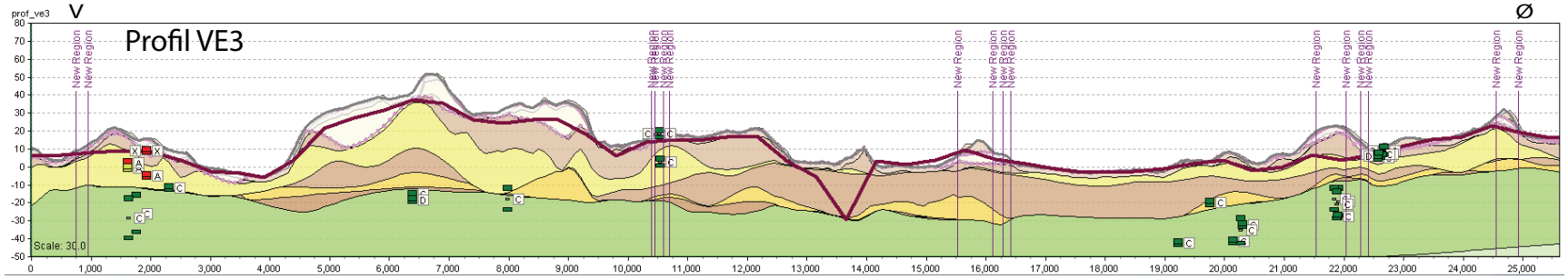
Redox vandtype
seneste måling

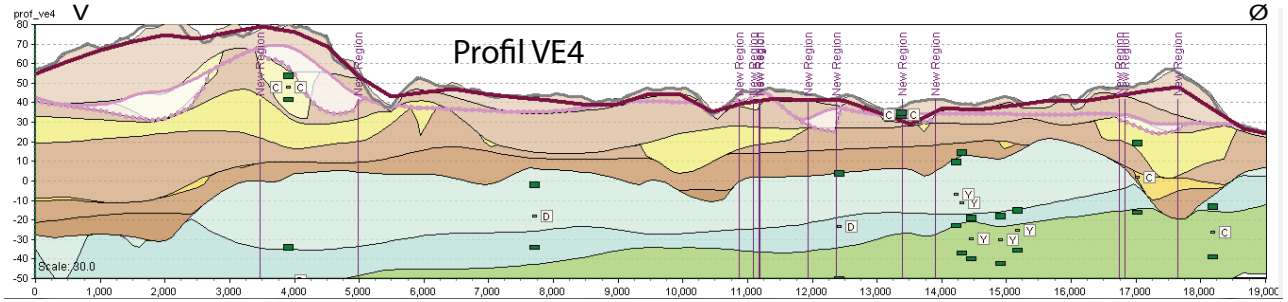
B – B i grundvandsforekomst
– B uden for grundvandsforekomst

Redoxgrænse
modelleret

DK model magasin lag

KS1



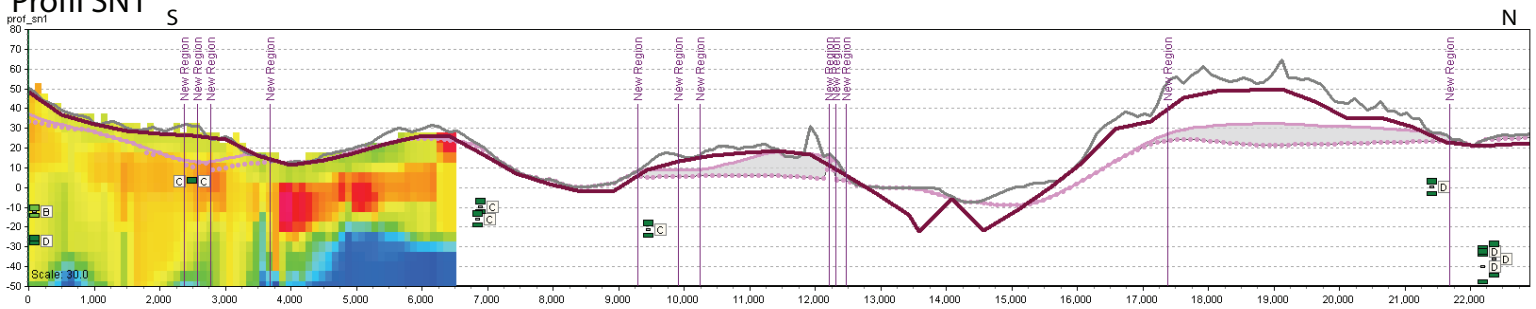


Sjælland hydrostratigrafiske lag

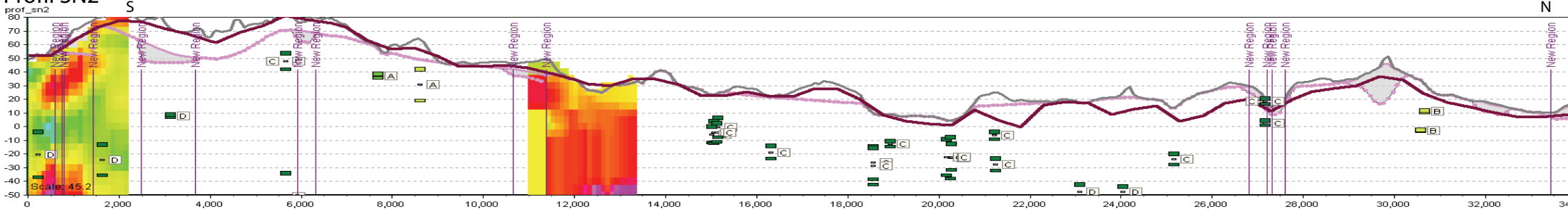
- Kvartært ler KL1
- Kvartært sand KS1
- Kvartært ler KL2
- Kvartært sand KS2
- Kvartært ler KL3
- Kvartært sand KS3
- Kvartært ler KL4
- Kvartært sand KS4
- Kvartært ler KL5
- Prækvartært ler PL1
- Grønsandskalk GK1
- Kalk DK1, øverst
- Kalk DK1, bund

Tema G9:
GVF 261 Roskilde Fjord/Nordsjælland , KS1

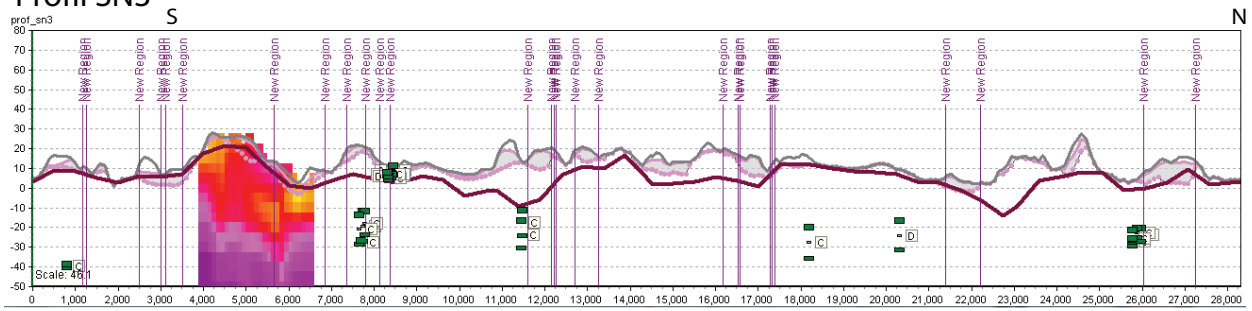
Profil SN1



Profil SN2



Profil SN3



Resistivitet [Ohmm]

1 2 5 10 20 50 100 200 500 1000

DK model magasin lag

KS1

Nitrat [mg/l]
seneste måling

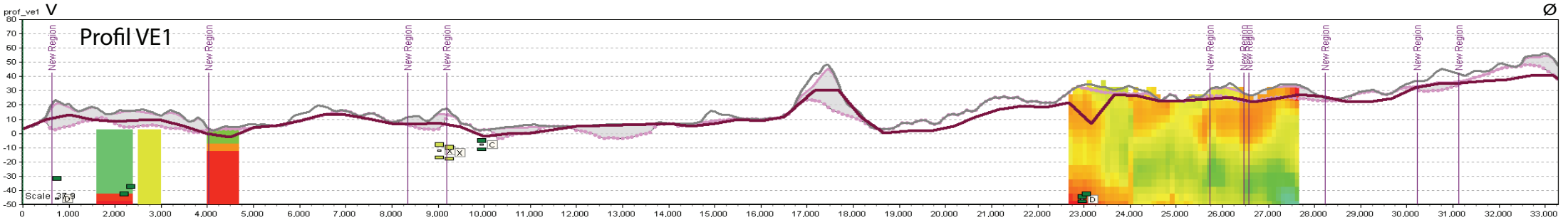
- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

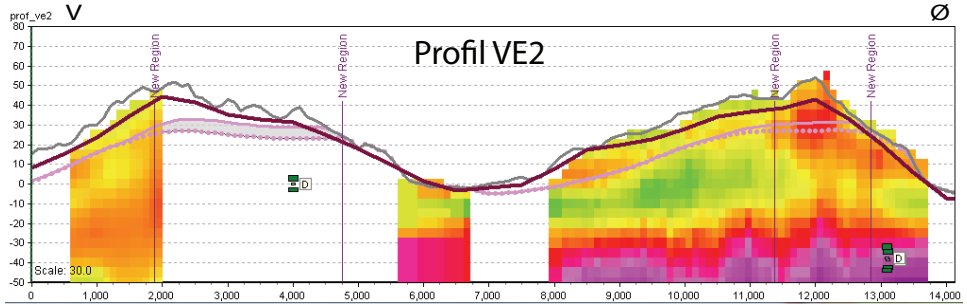
Redox vandtype
seneste måling

B – B i grundvandsforekomst
– B uden for grundvandsforekomst

Redoxgrænse
modelleret

Tema G9:
GVF 261 Roskilde Fjord/Nordsjælland , KS1



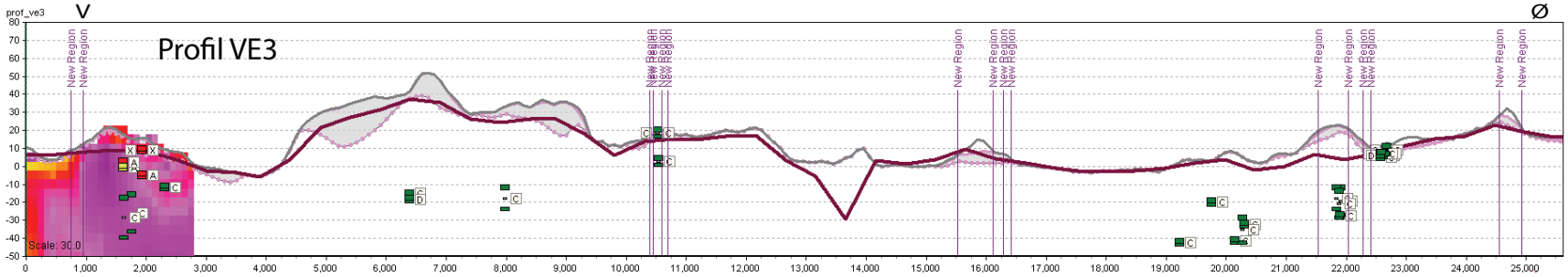


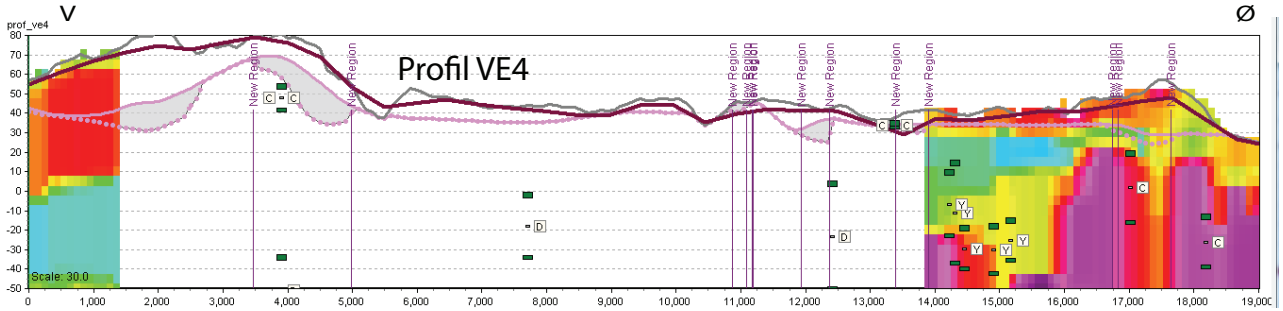
Resistivitet [Ohmm]

1 2 5 10 20 50 100 200 500 1000

DK model magasin lag

KS1





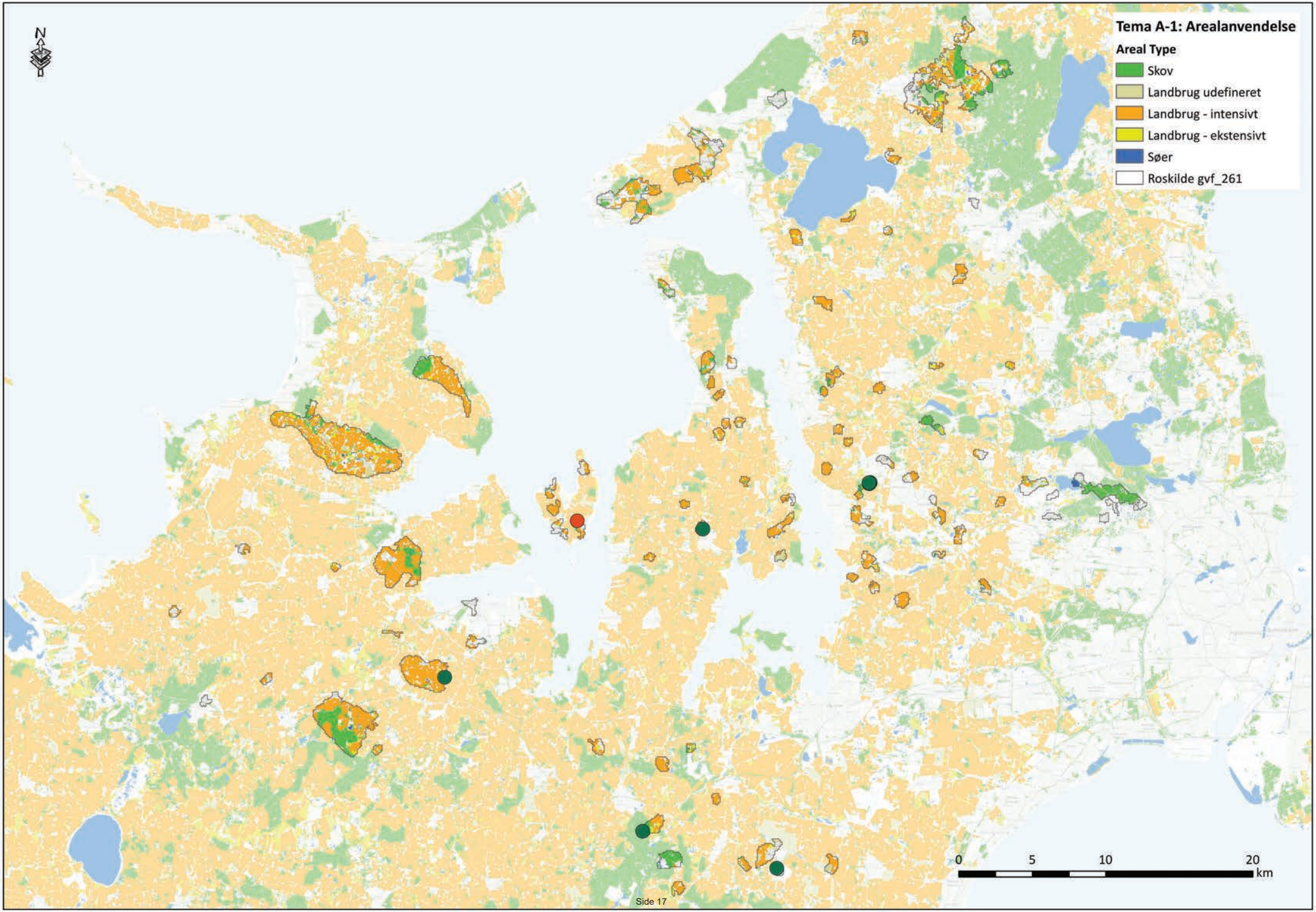
Nitrat [mg/l]
seneste måling

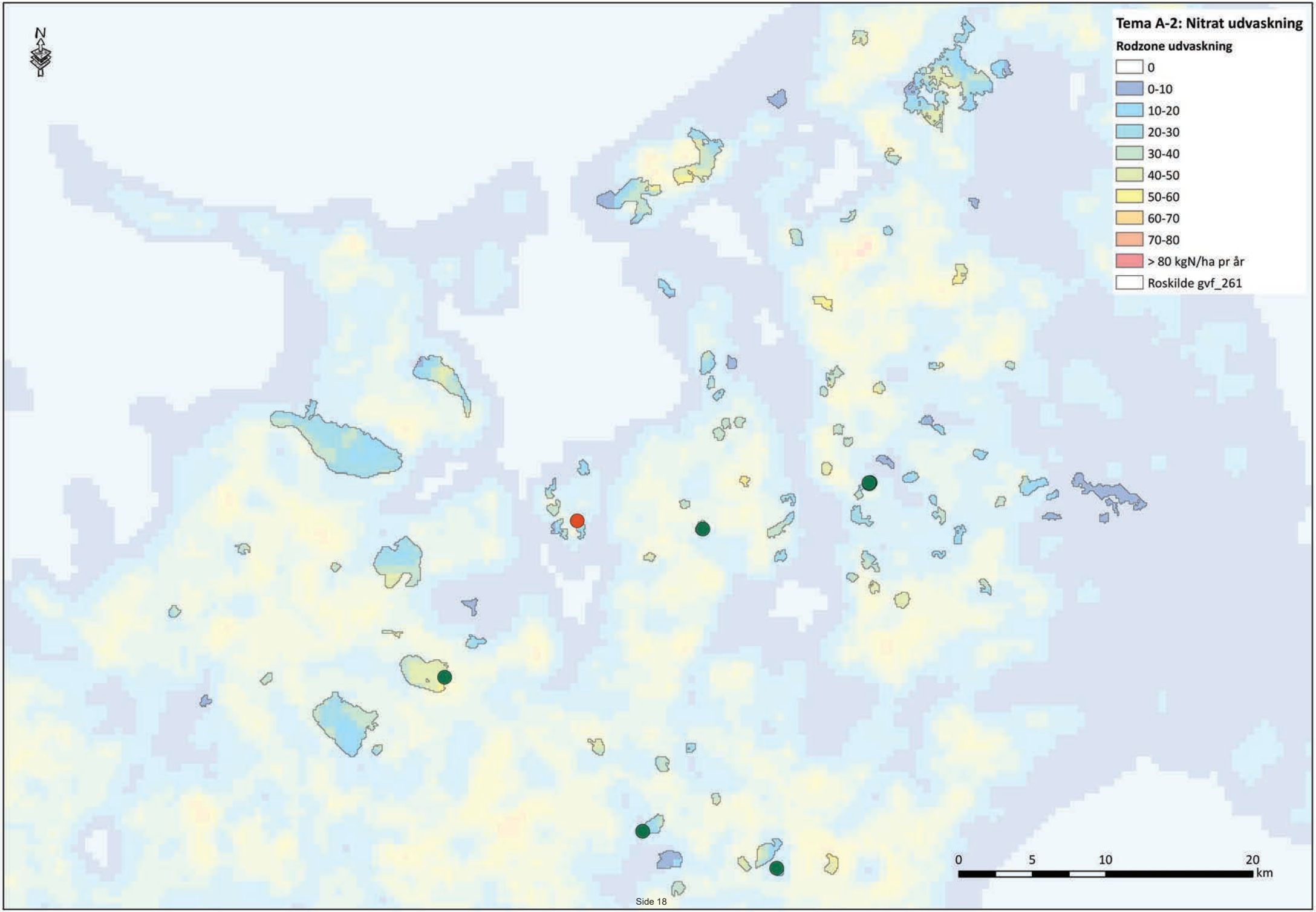
- > 50
- 37 - 50
- 5 - 37
- 1 - 5
- < 1

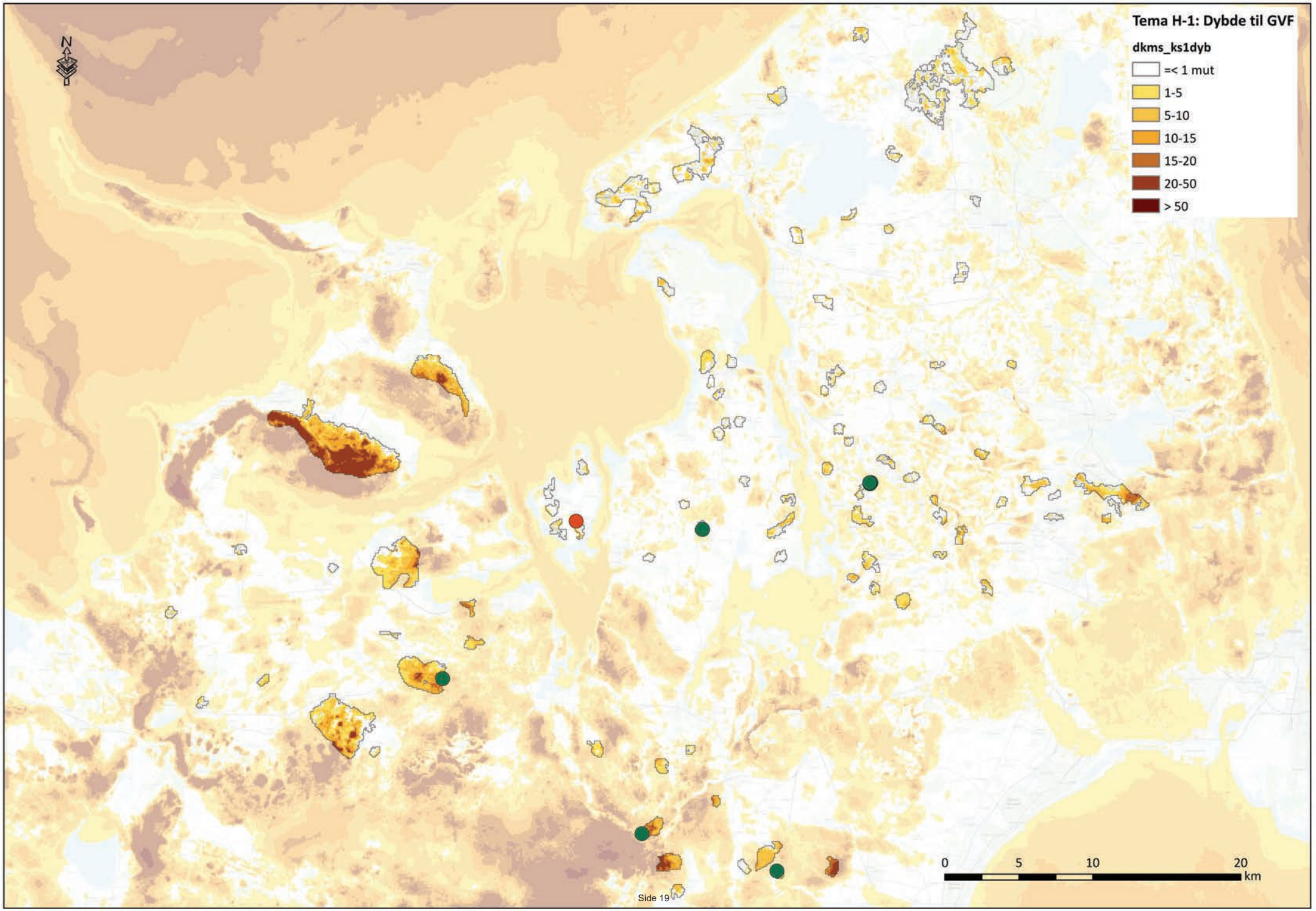
Redox vandtype
seneste måling

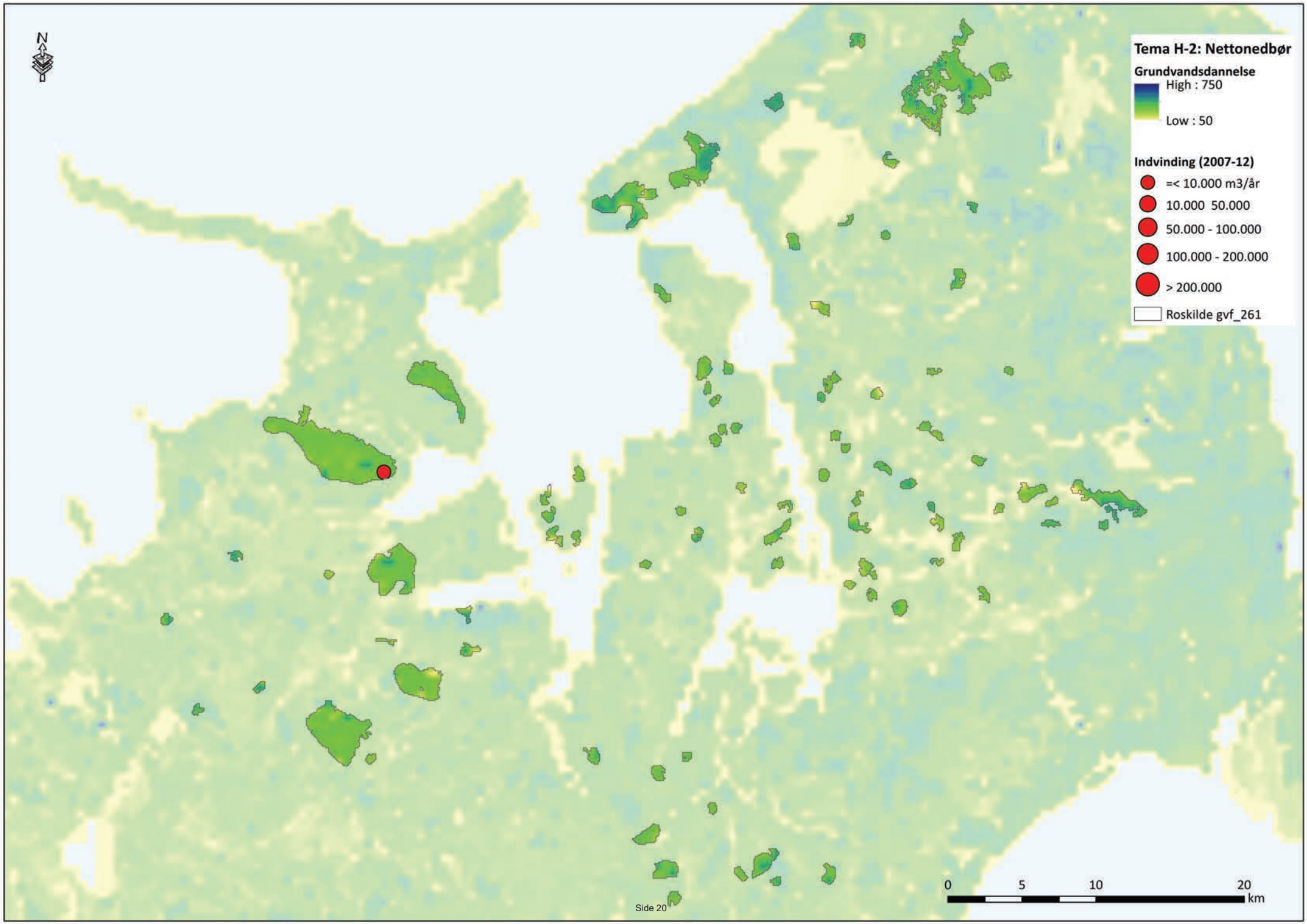
B – B i grundvandsforekomst
– B uden for grundvandsforekomst

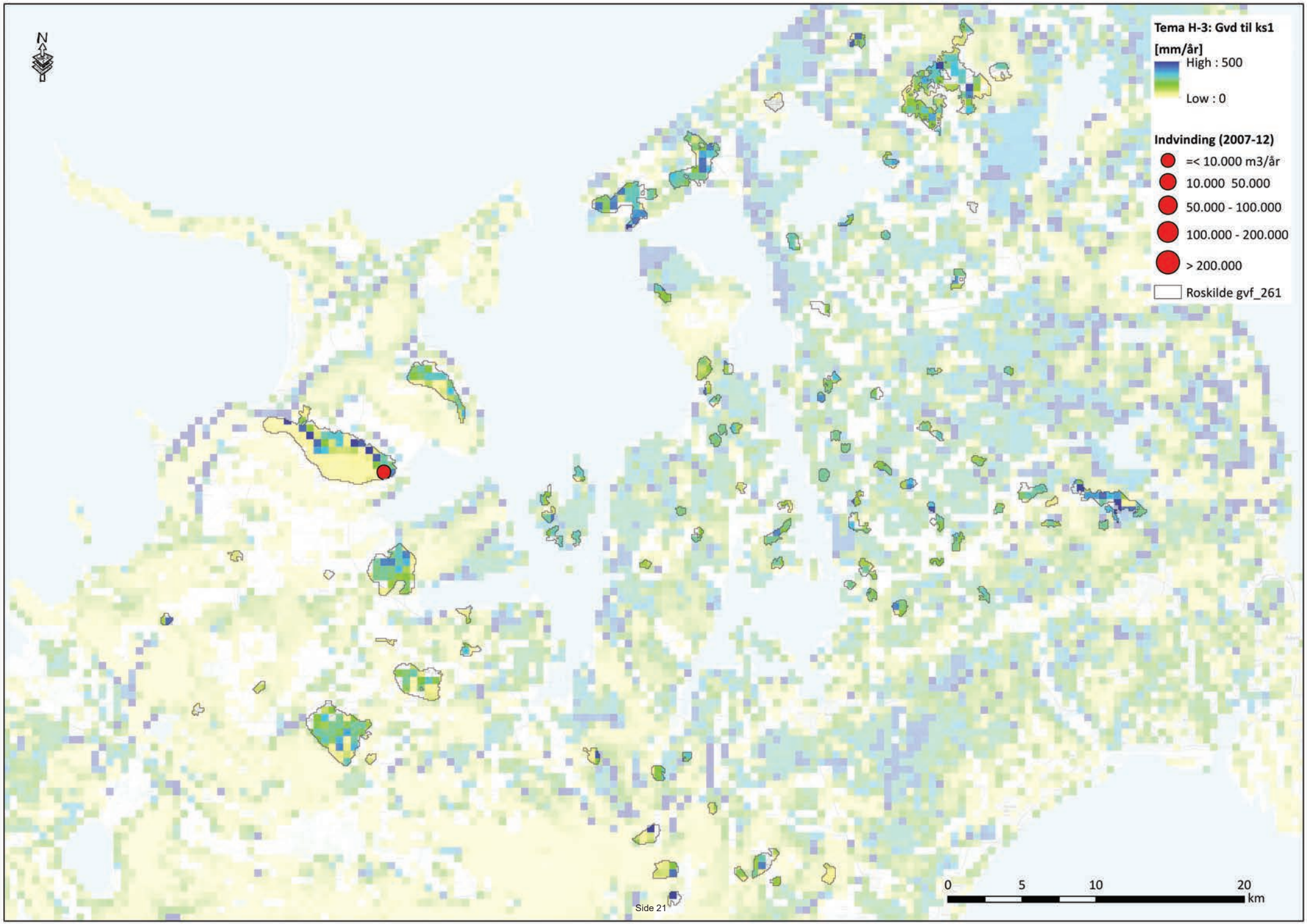
Redoxgrænse
modelleret

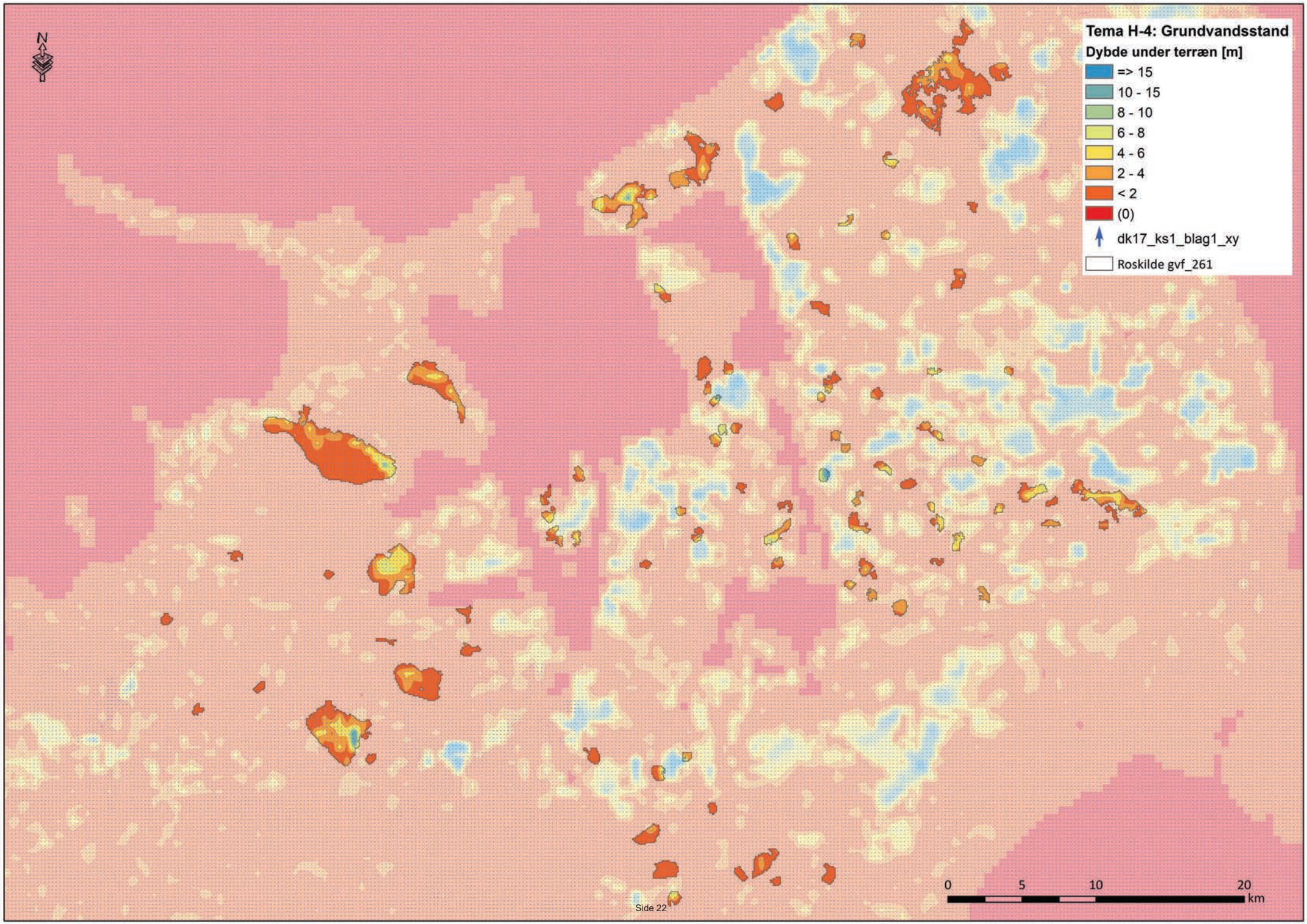

N
Tema A-1: Arealanvendelse
Areal Type
Skov
Landbrug udefineret
Landbrug - intensivt
Landbrug - ekstensivt
Søer
Roskilde gvf_261
0
5
10
20
km

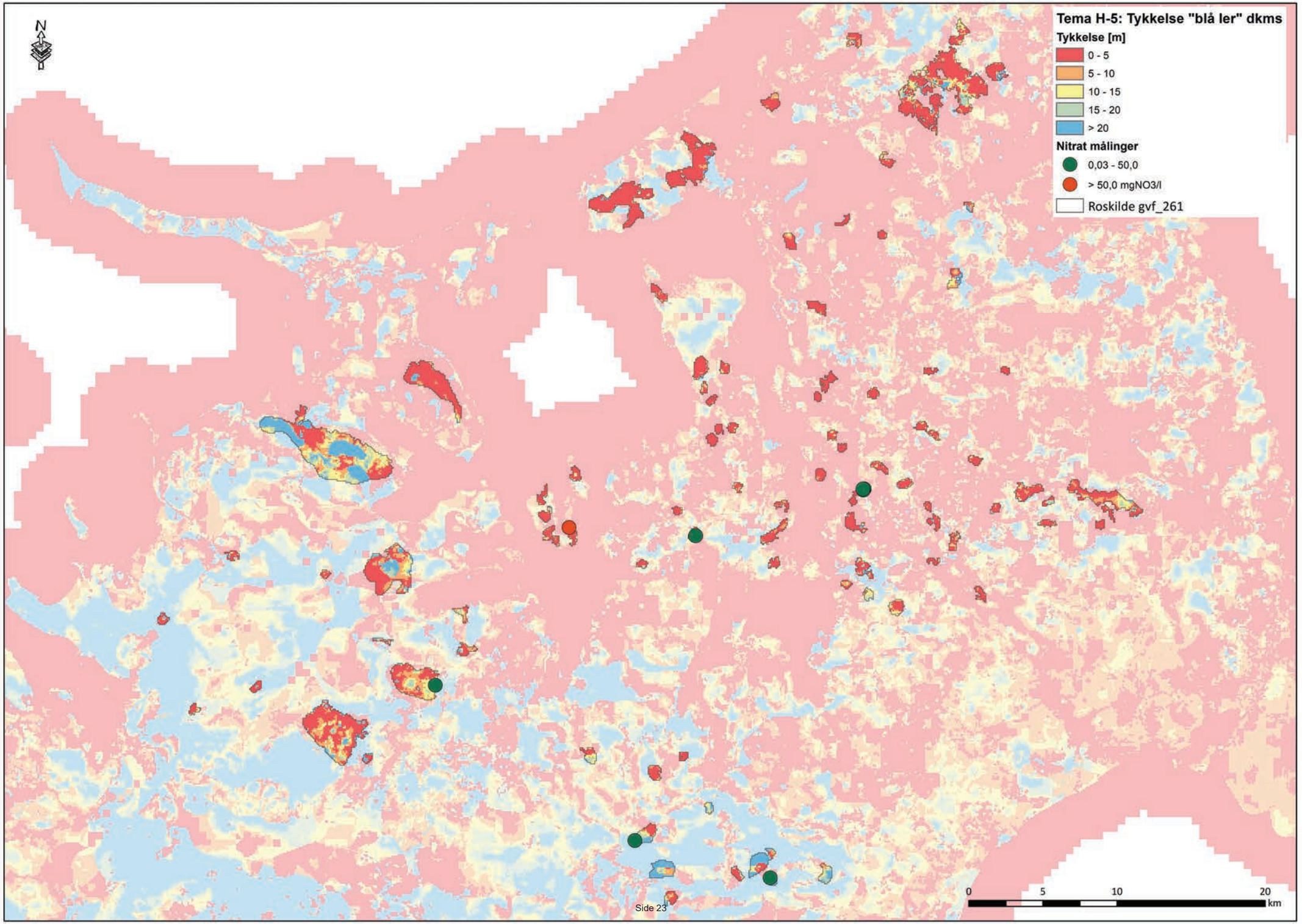

N
Tema A-2: Nitrat udvaskning
Rodzone udvaskning
0
0-10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
> 80 kgN/ha pr år
Roskilde gvf_261
0
5
10
20
km

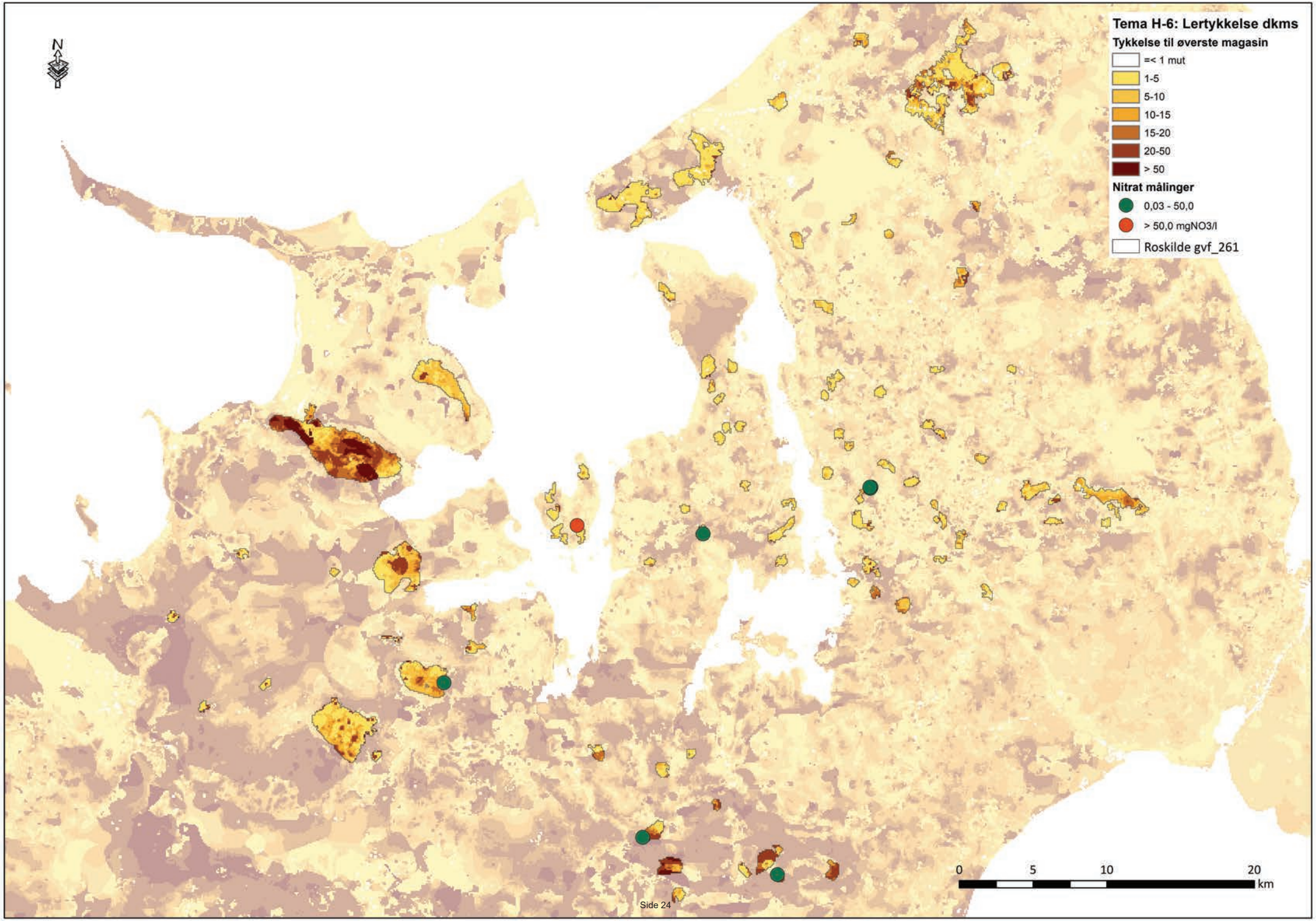

Tema H-1: Dybde til GVF
dkms_ks1dyb
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
N
0
5
10
20
km


N
Tema H-2: Nettonedbør
Grundvandsdannelse
High : 750
Low : 50
Indvinding (2007-12)
=< 10.000 m3/år
10.000 50.000
50.000 - 100.000
100.000 - 200.000
> 200.000
Roskilde gvf_261
0
5
10
20
km


N
Tema H-3: Gvd til ks1
[mm/år]
High : 500
Low : 0
Indvinding (2007-12)
=< 10.000 m3/år
10.000 50.000
50.000 - 100.000
100.000 - 200.000
> 200.000
Roskilde gvf_261
0
5
10
20
km


N
Tema H-4: Grundvandsstand
Dybde under terræn [m]
=> 15
10 - 15
8 - 10
6 - 8
4 - 6
2 - 4
< 2
(0)
dk17_ks1_blag1_xy
Roskilde gvf_261
0
5
10
20
km


N
Tema H-5: Tykkelse "blå ler" dkms
Tykkelse [m]
0 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 20
> 20
Nitrat målinger
0,03 - 50,0
> 50,0 mgNO3/l
Roskilde gvf_261
0
5
10
20
km


N
Tema H-6: Lertykkelse dkms
Tykkelse til øverste magasin
=< 1 mut
1-5
5-10
10-15
15-20
20-50
> 50
Nitrat målinger
0,03 - 50,0
> 50,0 mgNO3/l
Roskilde gvf_261
0
5
10
20
km

N
Tema H-10: Magasin tykkelse
Roskilde gvf_261
dkms_ks1tyk
=< 1 [m]
1-5
5-10
10-20
> 20
0
5
10
20
km