



# DANSKE RÅSTOFSØER – VANDKVALITET OG BIOLOGISK TILSTAND

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 235

2017



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

# DANSKE RÅSTOFSØER – VANDKVALITET OG BIOLOGISK TILSTAND

---

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 235

2017

Martin Søndergaard  
Torben L. Lauridsen

Aarhus Universitet, Institut for Bioscience



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

- Serietitel og nummer: Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 235
- Titel: Danske råstofsøer - vandkvalitet og biologisk tilstand
- Forfattere: Martin Søndergaard og Torben L. Lauridsen  
Institution: Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
- Udgiver: Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©  
URL: <http://dce.au.dk>
- Udgivelsesår: Juni 2017  
Redaktion afsluttet: Maj 2017
- Faglig kommentering: Liselotte S. Johansson  
Kvalitetssikring, DCE: Poul Nordemann Jensen
- Finansiel støtte: Region Midtjylland, Region Syddanmark og Region Hovedstaden.
- Bedes citeret: Søndergaard, M. og Lauridsen, T.L. 2017. Danske råstofsøer - vandkvalitet og biologisk tilstand. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 92 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 235 <http://dce2.au.dk/pub/SR235.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: Den vandkemiske og biologiske tilstand er undersøgt i 35 råstofsøer opstået i forbindelse med indvinding af sand og grus i Region Midtjylland, Region Syddanmark og Region Hovedstaden. Råstofsøerne var mellem ½ og 26 år gamle, havde et areal mellem 0,2 og 13 hektar og mange var mere end 10 m dybe. Undersøgelsen viste at råstofsøerne var med en god vandkvalitet og biologisk tilstand, der bidrager til en øget biologisk mangfoldighed. Sammenlignet med andre danske søer var råstofsøerne generelt næringsfattige, havde et lavt indhold af klorofyl a og med klart vand. Undervandsplanter blev fundet i alle søer og i nogle af de lavvandede råstofsøer var bunden helt dækket. Fisk blev fundet i de fleste råstofsøer, og der var ofte tale om udsætninger.
- Emneord: Nye søer, grusgravssøer, fosfor, kvælstof, klorofyl, undervandsplanter, fisk.
- Layout: Grafisk Værksted, AU Silkeborg  
Foto forside: Undersøgelse af søerne ved Hedeland (Roskilde). Foto: Martin Søndergaard.
- ISBN: 978-87-7156-274-3  
ISSN (elektronisk): 2244-9981
- Sideantal: 92
- Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som <http://dce2.au.dk/pub/SR235.pdf>

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>1 Sammenfatning</b>	<b>6</b>
<b>2 Baggrund og formål</b>	<b>8</b>
2.1 Baggrund	8
2.2 Danske søer og vurdering af vandkvalitet	9
2.3 Formål og indhold	10
<b>3 Litteratur- og datastudier</b>	<b>11</b>
3.1 Eksempler på danske undersøgelser	11
3.2 Analyse af eksisterende data fra danske råstofsøer	14
3.3 Udenlandske erfaringer	14
<b>4 Screeningsundersøgelser af 35 råstofsøer i 2016</b>	<b>17</b>
4.1 Indledning	17
4.2 Søerne	17
4.3 Metoder	18
4.4 Forudsætninger og begrænsninger	20
4.5 Søernes alder og udvikling	21
4.6 Størrelse og vanddybde	22
4.7 Temperatur- og iltprofiler	24
4.8 Alkalinitet, pH og farvetalet	25
4.9 Næringsstoffer	28
4.10 Sigtdybde og klorofylindhold	30
4.11 Dyreplankton	31
4.12 Fisk	33
4.13 Undervandsplanter	37
4.14 Søernes tilstand i forhold til alder	40
<b>5 Sammenfatning og anbefalinger</b>	<b>42</b>
5.1 Undersøgelsesresultater	42
5.2 Anbefalinger	44
<b>6 Referencer</b>	<b>46</b>
<b>7 Bilag</b>	<b>48</b>
7.1 Screeningssøerne	48
7.2 Supplerende søer	49
7.3 Eksisterende danske data fra råstofsøer	50
7.4 Flyfotoserie fra 1995-2015 fra råstofsøerne ved Tulstrup (Ikast)	51
7.5 Oversigt over søernes placering i de tre regioner	52
7.6 Temperatur- og iltprofiler	54
7.7 Dyreplankton	56
7.8 De enkelte søer	58

[Tom side]

## Forord

Denne rapport beskriver tilstanden i en række danske råstofsøer på basis af en undersøgelse gennemført i perioden marts 2016 til maj 2017.

Vi vil gerne takke de 3 medvirkende regioner: Region Midtjylland (Lars Ernst og Leif Richard Pedersen), Region Syddanmark (Jens Teilmann Vejrup) og Region Hovedstaden (Jonas Prehn, Gerald Hyde og Mette Simonsen) for støtte til gennemførelse af projektet og for hjælp og konstruktive input undervejs i hele projektforsøbet.

Det tekniske personale ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet takkes for omhyggelig gennemførelse af felt- og laboratorieaktiviteter (Karina Jensen, Tommy Silberg, Henrik Stenholt og Kirsten Landkildehus) samt GIS-, kontor- og grafisk arbejde (Ane Kjeldgaard, Tinna Christensen, Anne Mette Poulsen og Karin Balle Madsen).

Endelig også en stor tak til alle de mange lodsejere, der velvilligt og ofte med stor interesse har givet adgang til deres råstofsøer.

# 1 Sammenfatning

I Danmark udgør den årlige landbaserede råstofindvinding mellem 18 og 35 millioner m<sup>3</sup>, primært sand, grus og sten. Grundet arealpåvirkningen, brugen af stort og tungt maskinel samt den tunge transport til og fra råstofgrave, vil råstofindvindingen typisk medføre en vis påvirkning af lokalt miljø, natur og mennesker. Ved at indvinde af råstoffer under grundvandsspejlet sikres en bedre udnyttelse af råstofressourcen, en mindre arealbeslaglæggelse og reduceret påvirkning af omgivelserne samtidig med, at der som sidegevinst kan skabes mere naturværdi i form af flere søer (råstofgravesøer, i det følgende blot omtalt som råstofsøer).

Allerede i dag findes der i Danmark mange søer dannet i forbindelse med råstofindvinding. Med henblik på, at indhente viden til brug for såvel råstofplanlægning som tilrettelæggelse af konkret indvinding har formålet med dette projekt været, at undersøge tilstanden i en række danske råstofsøer for derigennem at kunne vurdere, hvilken naturkvalitet der bliver skabt, når der indvindes råstoffer under grundvandsspejl.

Resultaterne, der er vist i denne rapport, er baseret på eksisterende data fra danske råstofsøer samt en screeningsundersøgelse gennemført i sommeren 2016. Screeningsundersøgelserne omfattede en enkelt prøvetagning af en række centrale parametre i 35 råstofsøer af forskellig alder (½-26 år) og størrelse (0,2-13 hektar). Resultaterne giver et overordnet billede af de danske råstofsøers tilstand og vandkvalitet, men ikke noget detaljeret sæsonmæssigt billede eller et totalt dækkende billede af den flora og fauna, der knytter sig til søerne. Undersøgelsen omfattede råstofsøer fra 3 af de 5 danske regioner (12 søer fra Region Midtjylland, 13 søer fra Region Syddanmark og 10 søer fra Region Hovedstaden).

De fleste af de undersøgte råstofsøer var relativt dybe i forhold til andre danske søer med lignende arealer, dette gjaldt især råstofsøerne i Region Midtjylland og Region Syddanmark. Halvdelen af råstofsøerne havde en maksimaldybde over 7,1 m, mens halvdelen af andre danske søer af tilsvarende størrelse kun har en maksimumdybde over 2,6 m. Den store vanddybde betyder, at mange af råstofsøerne var temperaturlagdelte om sommeren. Springlaget lå typisk i 2-5 meters dybde. I de fleste af de lagdelte råstofsøer udvikles der iltfattige forhold i bundvandet om sommeren. Dette gjaldt især de få næringsrige råstofsøer, hvor der blev målt meget lave iltkoncentrationer allerede i 2-3 m's dybde.

Alle råstofsøerne havde en pH-værdi tæt på det neutrale og med en tilstrækkeligt høj kalkholdighed (alkalinitet) til, at de ikke er forsurede. Søerne var gennemgående klarvandede og ikke humusholdige, som andre danske søer i den størrelsesklasse ofte er. Indholdet af næringsstoffer (fosfor og kvælstof) var i næsten alle råstofsøerne meget lavt og kun enkelte af råstofsøerne, som formentlig ikke er grundvandsfødte, havde lige så høje koncentrationer, som det ses i andre danske søer af tilsvarende størrelse. Halvdelen af råstofsøerne havde totalfosforkoncentrationer under 0,023 mg/l, mens halvdelen af andre danske søer har koncentrationer over 0,123 mg/l.



De meget lave næringsstoffkoncentrationer i råstofsøerne betyder, at de gennemgående også var meget klarvandede. Halvdelen havde en sigtddybde over 2,5 m, mens dette tal for andre danske søer af samme størrelse er 0,9 m. Tilsvarende var klorofylindholdet i råstofsøerne oftest meget lavt og 33 af de 35 råstofsøer opfylder vandrammedirektivets krav om mindst god økologisk tilstand bedømt alene ud fra indholdet af klorofyl a.

Fisk blev fundet i næsten alle råstofsøerne på trods af, at de fleste ligger isolerede fra andre vandområder. De mest almindelige fiskearter var skalle, aborre og rudskalle, der blev fundet i 10-15 af de 33 råstofsøer, hvor fiskebestanden blev undersøgt. I flere af søerne fandtes regnbueørred og karpe og mange af søerne har formentlig været genstand for udsætninger. Næsten alle arter – på nær rudskallen, som blev fundet i et pænt antal i flere af søerne – forekom i relativt beskedne mængder. Dette er formentlig et udtryk for de generelt næringsfattige forhold i råstofsøerne og dermed et begrænset fødeudbud.

Undervandsplanter blev fundet i alle råstofsøerne, men i nogle af de nyeste var der kun få arter, og deres udbredelse var forholdsvis beskedne. Råstofsøerne med stor dybde har relativt begrænsede områder med lavt vand, hvor undervandsplanterne kan vokse, mens de lavvandede og klarvandede råstofsøer havde undervandsplanter næsten overalt på bunden, og her var dækningsgraden meget høj. Blandt de hyppigst fundne arter var svømmende vandaks, kruset vandaks, kredsbladet vandranunkel, vandpileurt og trådalger.

Råstofsøernes alder synes ikke at have nogen stor indflydelse på de undersøgte parametre, og det kunne tyde på, at de forholdsvis hurtigt opnår "naturlige" tilstande. I de helt nye søer var der dog kun få plante- og fiskearter. Tilsvarende var dækningen af undervandsplanter på de lavvandede områder endnu beskedne i de nyeste søer, men det kan også skyldes ringe substratforhold.

Etableringen af råstofsøer bidrager til et mere varieret landskab og flere naturområder, som samlet set giver mulighed for en større biodiversitet. Udformningen af råstofsøerne kan medvirke til at optimere biodiversiteten og give bedre levevilkår for organismer tilknyttet råstofsøerne ved eksempelvis at sikre tilstrækkeligt store lavvandede områder, hvor undervandsplanterne kan etablere sig. Mange småsøer er naturligt uden fisk og udsætningen af fisk i de mindre råstofsøer, kan være med til at begrænse levemulighederne for organismer, som er følsomme overfor forekomsten af fisk.

Sammenfattende peger denne undersøgelse på at de råstofsøer, som er etableret i Danmark de sidste årtier, gennemgående er meget næringsfattige. Dette sikrer en god vandkvalitet, som tillader en flora og fauna, som er forholdsvis sjældne i Danmark. Råstofsøer kan i flere sammenhænge også have store rekreative værdier, hvor det klare vand eksempelvis giver gode bademuligheder. Der er dog stadigvæk en række forhold omkring råstofsøer, som kun er ringe belyste og heller ikke undersøgt i dette projekt. Dette gælder for eksempel arealkonflikter med andre naturinteresser i forbindelse med råstofindvinding, optimeret tilrettelæggelse af indvindingen og efterbehandlingen, samt søvandets interaktioner med og potentielle påvirkning af grundvandet.

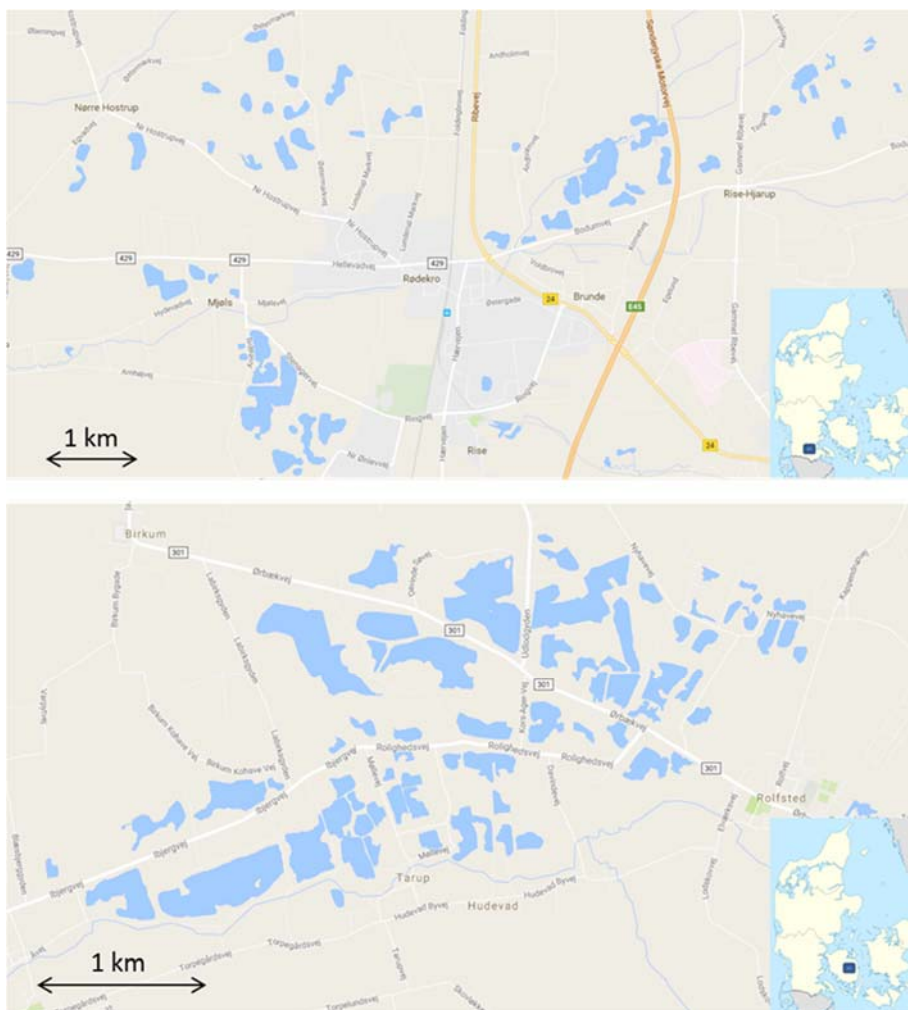
## 2 Baggrund og formål

### 2.1 Baggrund

I de sidste 10 år er der årligt indvundet mellem 18 og 35 millioner m<sup>3</sup> råstoffer i Danmark. Råstofferne anvendes i forbindelse med anlæg af bygninger, veje m.m., og langt størstedelen af råstofferne udgøres af sand og grus/sten. Indvindingen foregår primært på land.

Sand og grus er nogle steder i Danmark en mangelvare, og det betyder, at det kan være nødvendigt at transportere disse råstoffer over store afstande. Dette har betydelige negative miljø- og samfundsmæssige konsekvenser. Alene transporten af råstoffer bidrager med 1-2 mio. lastvognslæs om året på de danske landeveje, hvis der regnes med et gennemsnitligt vognlæs på omkring 18 m<sup>3</sup>. En af metoderne til at øge indvindingsmulighederne af råstoffer og begrænse de samfundsmæssige omkostninger er i højere grad at indvinde råstoffer under grundvandsspejlet. Denne praksis har allerede været anvendt i nogle områder af landet i en årrække, eksempelvis ved Rødekro i Sønderjylland og ved Davinde på Fyn. Herved er der begge steder dannet omkring 50 nye småsøer ved råstofindvinding (råstofsøer) på typisk 1-10 hektar (figur 2.1).

**Figur 2.1.** Kortudsnit fra områder ved Rødekro (Sønderjylland), øverst, og Davinde (Fyn), nederst, hvor der er dannet en række småsøer i forbindelse med råstofindvinding.



Råstofsøer, som er opstået efter indvinding af sand eller grus og dermed etableret på en næringsstoffattig jordbundstype og med grundvand som det primære input af vand, vil som udgangspunkt være ret næringsfattige søer. Dette er en forholdsvis sjælden dansk søtype, som i takt med øget befolkningstæthed og landbrugsudnyttelse de seneste årtier ydermere er blevet reduceret i udbredelse i det danske landskab. Det betyder også, at den flora og fauna, der knytter sig til denne søtype, er blevet sjældnere med årene. Indvindingen af råstoffer under grundvandsspejlet er således en potential win-win situation, hvor der, samtidig med at flere råstoffer kan udnyttes er mulighed for både at kunne skabe nye og flere værdifulde søtyper og øget biodiversitet. I tabel 2.1 er der givet en oversigt over nogle af de fordele og ulemper, der kan være i forbindelse med etableringen af råstofsøer.

**Tabel 2.1.** Potentielle fordele og ulemper ved etablering af råstofsøer.

Ulemper	Fordele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interessekonflikt med andre naturværdier, hvis råstofsøer etableres på naturområder. Evt. nødvendigt at vurdere "værdien" af et eksisterende naturområde i forhold til den værdi, som et nyt vandområde vil få.</li> <li>• Interaktion med og potentiel påvirkning af grundvandet.</li> <li>• Risiko for spredning af vandbårne sygdomme og stoffer (fra eksempelvis giftige blågrønalger).</li> <li>• Okkerpåvirkning fra jorden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindre arealer til råstofindvinding, mindre tung trafik på veje.</li> <li>• Etableringen af nye ferskvandsbiotoper og indvandring af flora og fauna, så områdets samlede biodiversitet øges.</li> <li>• Beskyttelse og fremme af sjældne planter og dyr.</li> <li>• Rekreative muligheder: naturoplevelser, badning, sejllads, fiskeri.</li> <li>• Vandingsmuligheder.</li> <li>• Tilbageholdelse og omsætning af næringsstoffer (fosfor og kvælstof), så tilførsel til andre vandområder mindskes.</li> </ul>

Kendskabet til de danske råstofsøers tilstand er forholdsvis beskedent, og man kan ikke nødvendigvis gå ud fra, at de ligner andre ikke-råstofsøer. Eksempelvis er råstofsøer kendetegnet ved, at de ofte er etableret uden kontakt til vandløbssystemer og fyldes med vand, der primært stammer fra grundvand og/eller regnvand. På den måde ligner råstofsøer mere småsøer og vandhuller, som i litteraturen er blevet beskrevet som "øer i det terrestriske hav" (Keddy, 1976; Hortal et al., 2014). Det betyder blandt andet, at fiskebestanden i råstofsøer må forventes i høj grad at være præget af, om der foretages ud-sætning af fisk (Zhao et al., 2016). Nye søer kan dog også være etableret i områder, hvor der i forvejen var vandområder, hvorfra en naturlig spredning kan finde sted.

Der findes undersøgelser af råstofsøer, hvor dele af de vandkemiske eller biologiske forhold er beskrevet (se senere), men ofte er der tale om enkeltstående undersøgelser og kun i få tilfælde om større og mere omfattende undersøgelser. Råstofsøernes generelle tilstand samt en beskrivelse af, hvad der måske sikrer den bedste tilstand, er derfor i de fleste tilfælde dårligt belyst. Den potentielle påvirkning af grundvandet ved etableringen af råstofsøer er ikke undersøgt i dette projekt, men der er undersøgelser, der tyder på, at råstof-indvinding under grundvandsspejlet ikke påvirker grundvandskvaliteten (Sulbrück et al., 2015).

## 2.2 Danske søer og vurdering af vandkvalitet

Der findes mere end 120.000 danske søer og vandhuller større end 100 m<sup>2</sup> (0,01 hektar), men kun omkring 3.300 er større end 1 hektar og ca. 600 større end 5 hektar. Alle søer større end 5 hektar og nogle af søerne mellem 1 og 5 hektar

er omfattet af de danske vandområdeplaner, der implementerer EU's vandrammedirektiv – i alt drejer det sig om 856 søer (Miljøstyrelsen: <http://svana.dk/vand/vandomraadeplaner/vandomraadeplaner-2015-2021/>).

Vandkvaliteten og den økologiske tilstand i søerne omfattet af vandrammedirektivet, indgår i de danske vandområdeplaner, hvor den økologiske tilstand i hver enkelt sø er vurderet. Det bindende indhold i implementeringen af vandrammedirektivet er udmøntet i bekendtgørelser om miljømål og indsatsprogrammer og en række andre bekendtgørelser.

Den økologiske tilstand i vandområdeplansøerne skal beskrives på baggrund af fire biologiske kvalitetselementer: planteplankton, undervandsplanter, fisk og bunddyr (se også Søndergaard et al., 2013). Hertil kommer også anvendelsen af vandkemiske støtteparametre i form af fosfor- og kvælstofkoncentrationer (Naturstyrelsen, 2014). Den økologiske kvalitet i søerne beskrives som enten høj, god, moderat, ringe eller dårlig, og målsætningen er at opnå mindst god økologisk tilstand.

Langt fra alle biologiske kvalitetselementer er målt i alle vandområdeplansøerne, og i nogle tilfælde anvendes kun indholdet af klorofyl *a* til at fastsætte grænsen mellem god og moderat økologisk tilstand. Her anvendes en grænse på 25 µg/l (sommergennemsnit) i de lavvandede søer og en grænse på 12 µg/l (sommergennemsnit) i de dybe/lagdelte søer.

### 2.3 Formål og indhold

Formålet med undersøgelserne, der beskrives i denne rapport, har været *at vurdere tilstanden i søer dannet i forbindelse med råstofgravning med henblik på at kunne beskrive den natur- og vandkvalitetsmæssige værdi, der kan dannes, hvis råstoffer indvindes under grundvandsspejlet.*

Et væsentligt formål med undersøgelsen har været at skabe et større kendskab til værdien af råstofsøer som naturtype og i sidste ende bidrage til en bedre udnyttelse af råstoffer pr. m<sup>2</sup> og et bedre samspil mellem råstofindvindingsaktiviteten og andre arealinteresser. Projektet forventes også at kunne medvirke til at optimere naturværdien i de råstofsøer, der skabes, ved at vejlede omkring udformning m.m., når råstofgravning ophører, og søerne får ro og udvikler deres "naturlige" tilstand. Undersøgelserne vil også belyse, i hvilket omfang råstofsøer bidrager til at øge biodiversiteten, herunder antallet af sjældne næringsstoffattige sønaturtyper.

Rapporten og undersøgelsen er inddelt i to dele. Første del (afsnit 3) omfatter en undersøgelse og beskrivelse af eksisterende data og litteratur, mens anden del (afsnit 4) består af en indsamling af nye data fra en række råstofsøer efter standardiserede metoder. Afsnit 4 udgør hovedelementet i undersøgelsen. Tilstanden i råstofsøerne vurderes i forhold til den generelle tilstand i eksisterende naturlige danske søer af sammenlignelig størrelse (her omtalt som DK-søer).

Projektet er gennemført i samarbejde med de tre regioner: Region Midtjylland, Region Syddanmark og Region Hovedstaden. Det er således kun fra disse tre regioner, at der er indsamlet nye data. Langt størstedelen af den råstofgravning, der finder sted i Danmark, er efter sand og grus, og det er kun denne type råstofsøer, som er blevet undersøgt.

### 3 Litteratur- og datastudier

Nogle af de søer, som er dannet i Danmark gennem de seneste årtier i forbindelse med råstofindvinding, er undersøgt for forskellige vandkemiske og biologiske forhold. På samme vis findes der også publicerede undersøgelser fra en del udenlandske råstofsøer. I dette afsnit præsenteres nogle af disse undersøgelser kort, ligesom der vises eksisterende data fra råstofsøer undersøgt i forbindelse med den nationale overvågning af danske søer.

#### 3.1 Eksempler på danske undersøgelser

Tidligere danske undersøgelser af råstofsøer er blandt andet gennemført i sønderjyske råstofsøer (Bioconsult, 1992; Sønderjyllands Amt, 1999). Disse omfatter blandt andet nogle søer ved Uge og ved Rødekro. Også fra råstofsøerne ved Davinde på Fyn findes der en række rapporter, som beskriver udvalgte emner, eksempelvis plante- og dyrelivet (Fyns Amt, 1998). En rapport fra Naturhistorisk Museum (2011) beskriver faunaens biodiversitet i mindre søer i danske nationalparker, som også omfatter søer opstået ved råstofindvinding.

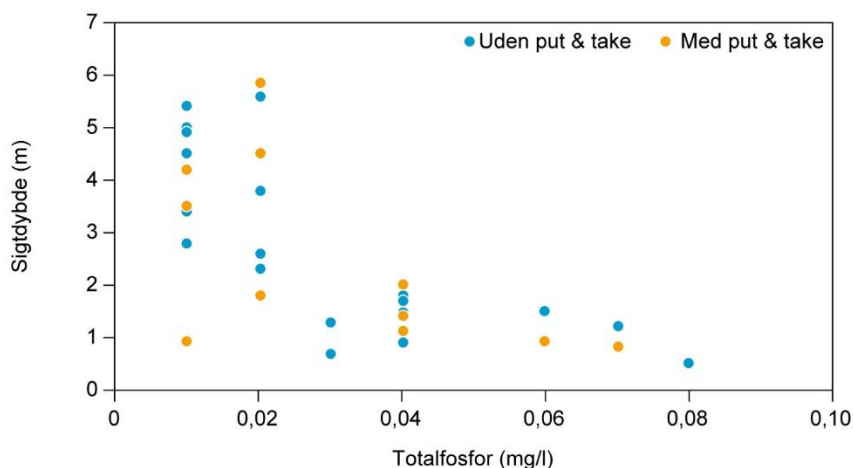
Der findes en del publicerede data og undersøgelser fra danske råstofsøer. I det følgende er der omtalt og udvalgt eksempler på data.

##### 3.1.1 Sønderjyske råstofsøer

En af de mere omfattende undersøgelser af råstofsøer er af sønderjyske råstofsøer, hvor der blandt andet i 1999 blev gennemført en feltundersøgelse af 58 søer (Sønderjyllands Amt, 1999). Undersøgelserne viste, at mange af søerne rummede et værdifuldt plante- og dyreliv, og mange havde et lavt indhold af næringsstoffer, klart vand og en rig undervandsvegetation.

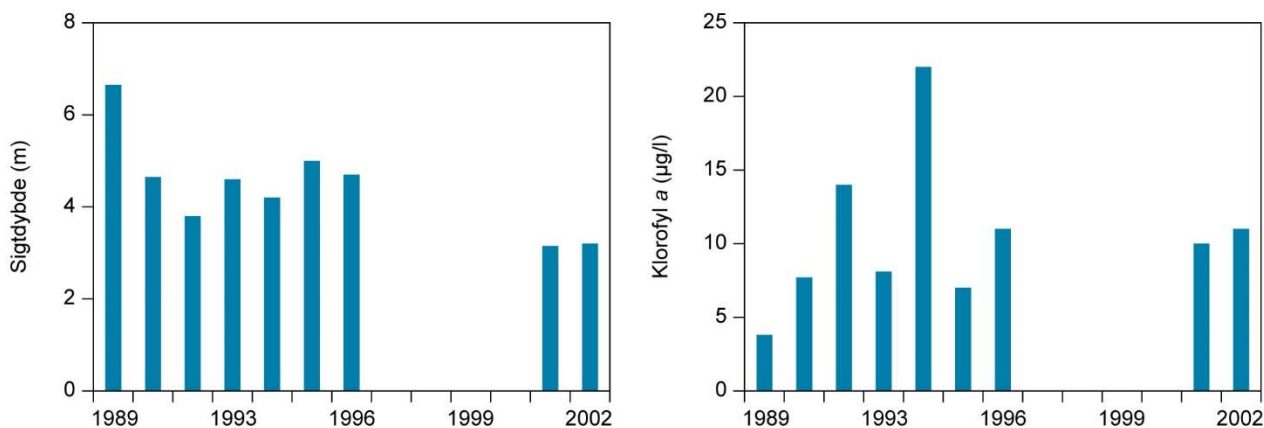
Undersøgelserne viste også, at der i vid udstrækning var udsat regnbueørred i søerne, uanset om de blev benyttet til put & take-fiskeri (foregik i 15 af søerne) eller ej. Rapporten kan ikke afgøre, om put & take-fiskeriet påvirker søernes miljøtilstand, men sammenhængen mellem sigtddybden og fosforindholdet i søer med og uden put & take viste umiddelbart ikke forskelle (figur 3.1).

**Figur 3.1.** Sammenstilling af totalfosfor og sigtddybde i søer med og uden put & take-fiskeri. Fra Sønderjyllands Amt (1999).



### 3.1.2 P. Hansens Grusgrav

P. Hansens Grusgrav ligger i Sakskøbing på Lolland og blev etableret i begyndelsen af 1960'erne i en tidligere grusgrav. Arealet er 3,3 hektar, og søen har en maksimumdybde på 11,4 m og en middeldybde på 6,0 m. Søen er fulgt gennem en årrække og illustrerer dermed de år-til-år variationer, der kan være i råstofsøer. Undersøgelserne viser også, at søen omkring 30 år efter dens dannelse stadigvæk var klarvandet med en god sigtddybde og et ret lavt indhold af klorofyl *a* (figur 3.2). Begge parametre varierede dog en del fra år til år (med forbehold for, at der kun er 1-2 prøvetagninger pr. år), sigtddybden fra omkring 3 m til over 6 m og klorofylindholdet fra 4 til over 20 µg/l.



Figur 3.2. Udviklingen i sigtddybde og klorofylindhold i P. Hansens Grusgrav. Data er baseret på 1-2 målinger pr. år.

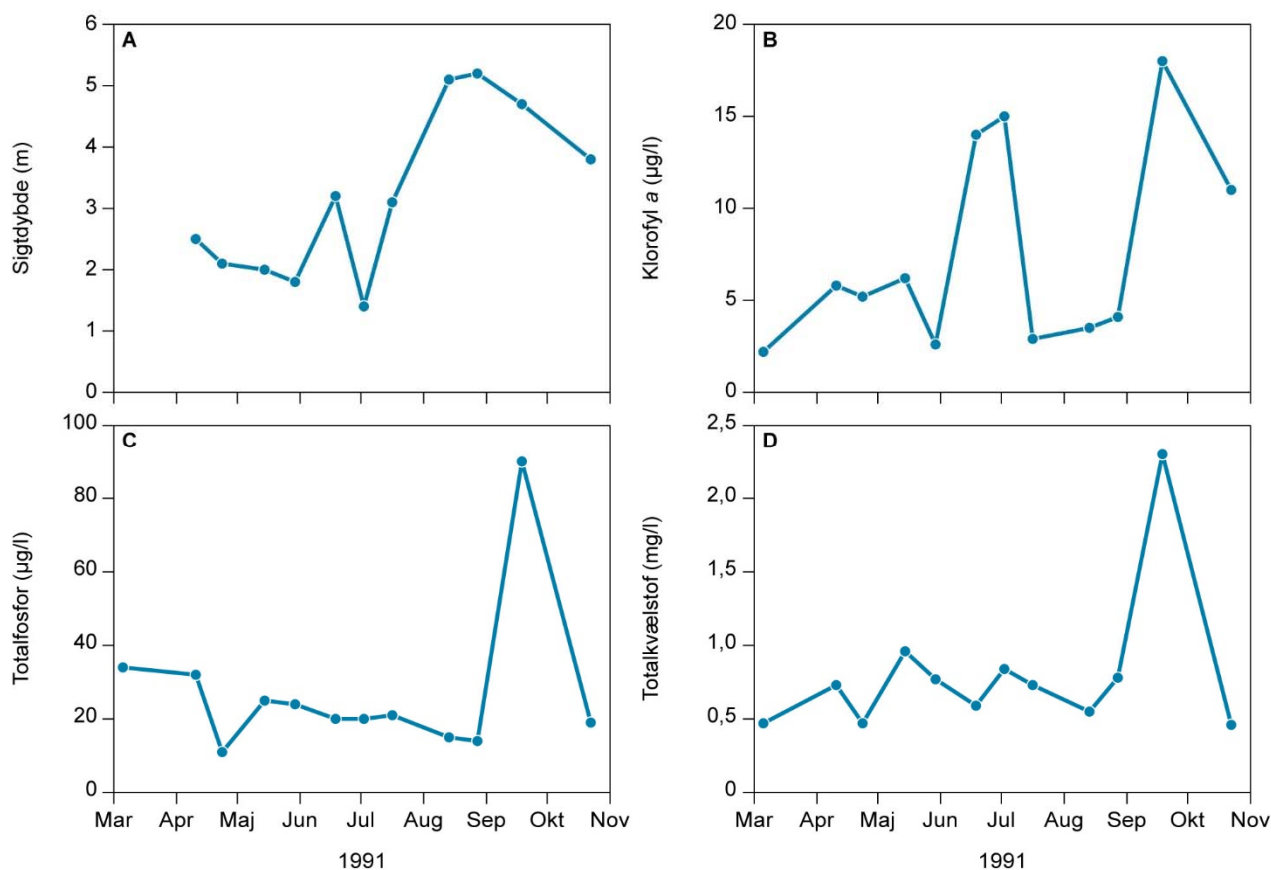
### 3.1.3 Grusgravsø v. Dyndet

Grusgravsøen ved Dyndet også kaldet "Badesøen" ligger i Køge Kommune, lidt sydvest for Borup. Det er en dybvandet sø med et overfladeareal på over 2 ha etableret i forbindelse med råstofgravning (figur 3.3).



Figur 3.3. Grusgravsø ved Dyndet (fra: <http://docplayer.dk/2326290-Badevandsprofil-grusgravssoe-ved-dyndet.html>).

De vandkemiske forhold blev fulgt sæsonmæssigt i 1991 og illustrerer de variationer, der kan være i råstofsøer gennem året (figur 3.4). Der var således betydelige variationer hen over sæsonen i sigtddybden, der varierede fra 1,5 til over 5 m i løbet af sommeren. Tilsvarende var der store variationer i indholdet af klorofyl og indholdet af næringsstofferne fosfor og kvælstof. Der er ikke informationer om, hvad der betinger disse variationer, men det er vigtigt at have in mente, når data fra screeningsundersøgelsen, hvor der kun er taget én prøve i løbet af sommerperioden, vurderes.



Figur 3.4. Sæsonvariationen i række vandkemiske forhold i 1991 i Grusgravsvø ved Dyndet.

### 3.1.4 Råstofgrave ved Kongensbro

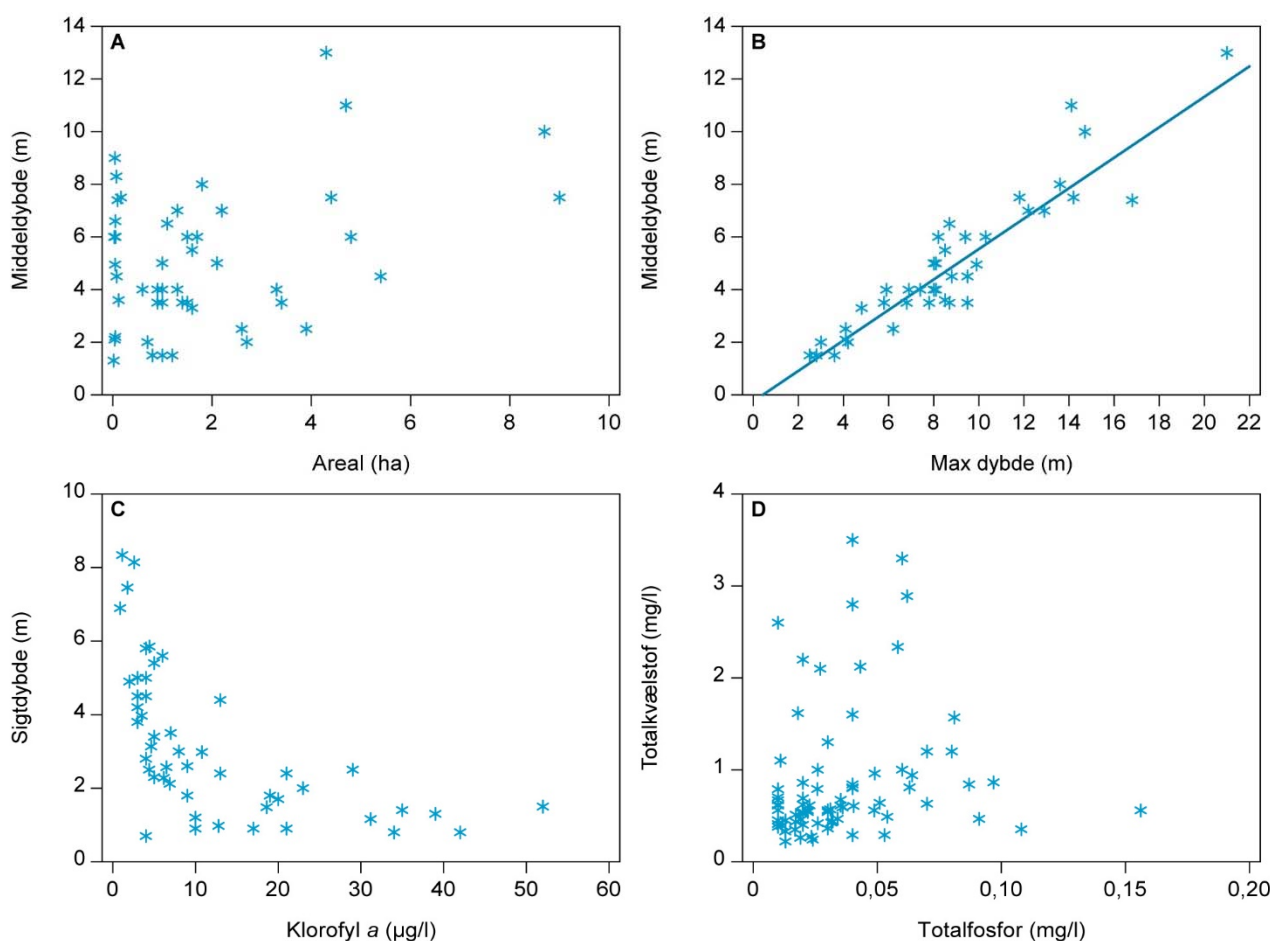
En af de nyere undersøgelser af råstofsøer er fra råstofsøerne ved Kongensbro (Orbicon, 2016). I områdets 3 største søer blev der i 2016 i alt registreret 43 arter af undervandsplanter, fordelt på 32 arter af blomsterplanter, 3 arter af mosser og 8 arter af kransnålalger. Arterne omfattede også arter, som er ualmindelige eller sjældne på landsplan, eksempelvis sekshannet bækarve.

Områdets faunaforhold blev også undersøgt og omfattede blandt andet forekomsten af strandtudse, der havde en moderat stor bestand på lidt over 100 voksne og kønsmodne individer. Derudover blev der registreret 4 ynglende paddearter i grusgravområdet, 3 krybdyrarter, 38 ynglefuglearter og 18 arter af pattedyr, herunder 5 flagermusarter og odder, som alle fouragerede i området.

### 3.2 Analyse af eksisterende data fra danske råstofsøer

I dette afsnit er der givet en sammenstilling af de data, der er registreret centralt, og hvor lokaliteten er omtalt som en råstofsø (ikke medtaget: kridtgrave, lergrave, mergelgrave, tørvgrave, klæggrave, kalkgrave, teglværksøer). Disse data omfatter i alt 40 søer (se bilag 7.3), som efterfølgende er suppleret med data fra diverse rapporter m.m., så der omfattes data fra i alt 54 søer (fra nogle søer er der flere år med målinger). Data omfatter primært vandkemiske data, men også lidt biologiske data (planter, smådyr).

Data viser, at disse søer generelt er relativt dybe i forhold til deres størrelse, og selvom de fleste af søerne er under 5 ha, har mange af søerne en middeldybde over 4 m (figur 3.5). Generelt er middeldybden ca. det halve af maksimumsdybden. Næringsstofindholdet var generelt lavt i forhold til andre danske søer (se afsnit 4), og tilsvarende var klorofylindholdet gennemgående lavt og sigtddybden god i de fleste søer (for sammenligning med andre danske søer, se afsnit 4).



Figur 3.5. Eksisterende morfometriske, vandkemiske og sigtddybde data fra danske råstofsøer (se også bilag 7.3).

### 3.3 Udenlandske erfaringer

På internationalt plan har råstofsøer heller ikke været genstand for mange undersøgelser. En søgning på "gravel pit lakes" i Web of Science giver blot 67 artikler siden 1971. Undersøgelserne, der findes, har et meget varierende indhold og fokus, og det kan være vanskeligt at drage direkte paralleller til de danske undersøgelser. I det følgende er der omtalt et par eksempler på udenlandske undersøgelser og sammenstillinger.



## **EU (UEPG)**

På europæisk plan har UEPG (Union Européenne des Producteurs de Granulats"; European Aggregates Association, Europäischer Gesteinsverband: <http://www.uepg.eu/key-uepg-topics/case-studies>) udgivet en række små publikationer, der beskriver en række cases fra hele Europa i forhold til biodiversitet og vandkvalitet i råstofsøer.

Præsentationen er inddelt i et afsnit om "Water management", hvor der i kortfattet og populær form er omtalt eksempler på råstofindvinding fra 10 europæiske lande, og hvad der er kommet ud af det. I et afsnit omkring "Biodiversity" er der omtalt eksempler fra 18 europæiske lande.

## **Tyskland (Fühlinger See)**

Jöbgen et al. (2004) har undersøgt en række tyske råstofsøer (Lake Fühlinger See), der i vid udstrækning anvendes til rekreative formål, herunder badning. Fühlinger See består af 7 søer på 2-8 hektar, som udelukkende tilføres grundvand og ikke har nogen overfladetilløb eller -afløb. På denne måde ligner dette søkompleks de danske råstofsøer.

Besøgende til Fühlinger See vurderes at være den mest betydende enkeltfaktor for den næringsstofberigelse (eutrofiering), der finder sted i området. Det angives, at én badegæst bidrager med 63 mg P, svarende til, at én badegæst øger indholdet i 1000 l vand med 63 µg P/l. Næringsstofindholdet kan derfor være øget i små søer med ringe vandudskiftning som følge af stor badeaktivitet.

## **Italien**

Der findes en del undersøgelser fra italienske søer. Én af dem (Tavenini et al., 2009) beskriver eksempelvis betydningen af forskellig gravningsintensitet på forekomsten af dyreplankton. De fandt blandt andet, at dyreplanktonsamfundet udviklede sig mod højere biodiversitet efter ophør af gravning, og når sandophvirvlingen stoppede.

I andre områder tæt ved Adriaterhavskysten blev interaktioner mellem indsivende grundvand i gennemstrømmede brakvandsråstofsøer undersøgt af Mollema et al. (2015). Deres resultater påviste blandt andet ringe eutrofiering, og at den stærke fordampning sammenholdt med den intensive dræning forøgede grundvandsindstrømningen.

## **Frankrig**

Zhao et al. (2016) beskriver fiskebestanden i 17 råstofsøer i de sydvestlige Frankrig, og i hvilken grad denne afhænger af miljømæssige variable. De fandt store forskelle i fiskesamfundene, og at især søer anvendt til fiskeri havde en højere taksonomisk diversitet, mens yngre og større søer havde en større andel af lokalt forekommende arter, såsom aborre.

I en anden fransk undersøgelse (Santoul et al., 2004) af 6 råstofsøer ved Garonne-floden blev det påvist, hvordan råstofsøerne gjorde det muligt for flere fuglearter at kolonisere regionen. Tilstedeværelsen af undervandsplanter viste sig at være den mest afgørende faktor for udbredelsen af vandfugle.

### **Østrig**

Muellegger et al. (2013) undersøgte de positive og negative påvirkninger af grundvandet ved etableringen af 5 råstofsøer langs Donau-floden i Østrig. Generelt fandt de, at råstofsøerne reducerede nitratkoncentrationerne og vandets kalkindhold. De fandt også, at i løbet af 5 år efter ophør af gravning var der etableret et organisk lag i bunden af søerne, som forhindrede nedsivningen af opløst organisk kulstof til grundvandet. Rekreativ udnyttelse af råstofsøerne vurderes at kunne øge risikoen for negative påvirkninger af søvandet, som potentielt også kan have indvirkning på grundvandet.

## 4 Screeningsundersøgelser af 35 råstofsøer i 2016

### 4.1 Indledning

Screeningsundersøgelserne har udgjort kernen i dette projekt. Her blev der blev indsamlet nye data fra et større antal søer undersøgt for en række parametre efter standardiserede retningslinjer.

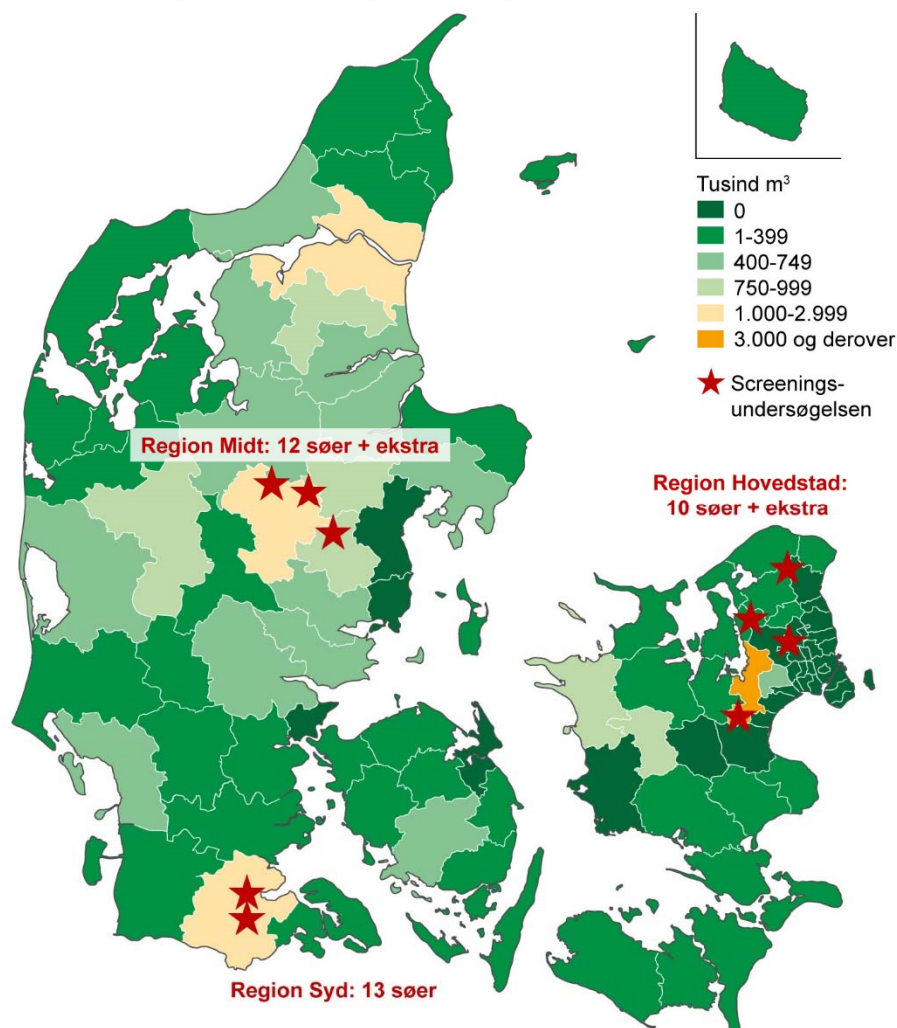
Formålet har været at opsamle data fra så mange og så forskellige typer af råstofsøer som muligt for at kunne give en overordnet tilstandsbeskrivelse via en række centrale vandkemiske og biologiske parametre.

### 4.2 Søerne

I screeningsundersøgelserne blev der undersøgt i alt 35 søer fra 3 af de 5 danske regioner. Søerne var fordelt på 12 søer fra Region Midtjylland, 13 fra Region Syddanmark og 10 fra Region Hovedstaden (figur 4.1, bilag 7.1). Ud over screeningsundersøgelserne blev der taget supplerende vandprøver fra 12 søer i region Midtjylland og 5 søer i region Hovedstaden. De supplerende vandprøver blev kun analyseret for indhold af fosfor, kvælstof og klorofyl a.

**Figur 4.1.** Råstofindvindingen i Danmark med omtrentlig markering af områderne i de 3 regioner, hvor screeningsundersøgelserne af råstofsøer blev gennemført. Kortet er modificeret efter Geodatastyrelsen. I bilag 7.1 findes en oversigt over alle de undersøgte søer.

Råstofindvindingen på land fordelt på kommuner, 2015



### 4.3 Metoder

Søerne blev kun undersøgt én gang for hver parameter (sommerperioden: juni-august). Nogle søer blev dog besøgt flere gange for eksempelvis at sikre, at undervandsplanterne var udviklet tilstrækkeligt.

Der blev udvalgt en række eksisterende råstofsøer, som repræsenterede forskellige typer med hensyn til morfologi (dybder, størrelse, alder m.m.). Der blev kun valgt søer, hvor der ikke længere foregik råstofindvinding, hvor der ikke var tilført jord, og hvor der ikke var put & take. Der blev valgt søer over 1 ha, dog også lidt mindre søer i Region Hovedstaden. Ingen af søerne havde egentlige tilløb eller afløb.

Screeningen omfattede prøvetagning og analyser af parametrene beskrevet i tabel 4.1. For nogle af de vandkemiske parametre var koncentrationerne under detektionsgrænsen. I dataanalyserne er der i disse tilfælde, dvs., hvor TN er  $< 0,05$  mg/l, anvendt TN =  $0,03$  mg N/l, for nitrit+nitrat ( $\text{NO}_3$ ), hvor detektionsgrænsen er  $0,01$ , er der anvendt  $\text{NO}_3=0,005$ , hvis under detektionsgrænsen, og for ammonium ( $\text{NH}_4$ ) er detektionsgrænsen  $0,001$  mg/l, og her er detektionsgrænsen anvendt.

**Tabel 4.1.** Oversigt over de undersøgte parametre ved screeningsundersøgelserne. Metoderne tager udgangspunkt i NOVANA overvågningsprogrammet for de danske søer. Vandprøver til kemiske analyser blev taget i overfladen (0-0,5 m's dybde) ca. i midten af søerne.

Parameter	Beskrivelse/bemærkning
<b>Fysiske:</b>	
- Temperatur og ilt	Måles i overfladen. Hvis lagdeling, måles i hele vandsøjlen med $\frac{1}{2}$ -1 m's interval.
- Sigtdybde	Måles midt i søen.
<b>Kemiske:</b>	
- Alkalinitet, pH	Udtryk for kalkholdighed og med betydning for søtype og økologi.
- Ledningsevne	Udtryk for evt. saltvandspåvirkninger.
- Fosfor	Måling af totalfosfor og orthofosfat. Vigtigste næringsstof for primærproducenter i søer.
- Kvælstof	Måling af totalkvælstof, nitrat+nitrit, ammonium. Vigtigt næringsstof for primærproducenter.
- Klorofyl a	Udtryk for mængden af planteplankton.
- Farvetal	Graden af brunfarvning betinget især af indhold af opløst organisk kulstof. Angives i Pt-enheder, hvor der bruges en bestemt blanding af platin (Pt) og kobolt som reference.
<b>Biologiske:</b>	
- Undervands- og flydebladsplanter	Artsliste, dækningsgrad, plantefyldt volumen og dybdegrænse på baggrund af transekter i søen. Ca. 20-100 observationspunkter afhængig af søstørrelse.
- Fisk	Der anvendes biologiske oversigtsgarn. Antal afhænger af søstørrelse, men mindst 1 (op til 3) garn pr. sø. Placeres 16-18 timer. Ruse udsættes som supplement.
- Dyreplankton	Overfladeprøve fra midtstation.

Undervandsplanter blev undersøgt på en række positioner langs transekter i søerne; i de dybe søer kun på de lavvandede områder og ud til en dybde, hvor der ikke længere blev registreret planter. På hvert observationspunkt blev vanddybde, de forskellige plantearter, dækningsgrad og højde over bunden registreret. Der blev anvendt vandkikkert og/eller Olsen-rive (figur 4.2).



**Figur 4.2.** Undersøgelse af vandplanter ved hjælp af vandkikkert og Olsen-rive.

Fiskeundersøgelser blev gennemført ved anvendelsen af biologiske oversigts-garn (42 m langt garn med 14 forskellige maskevidder fra 6,25 til 75 mm.) og ruser i 33 af de 35 søer (figur 4.3). Efter aftale med lodsejere blev der ikke fisket i Tulstrup 2 og Vestbirk 14. I de største af søerne, Rødekro 23 og Flintesø Nord, blev der anvendt 2 garn og i Rødekro 14 og Rødekro 20 blev der anvendt 3 garn. I alle de øvrige søer blev der kun anvendt et enkelt garn.

Søernes tilstand blev vurderet i forhold til danske søers generelle tilstand undersøgt i NOVANA-overvågningen af danske søer (her benævnt DK-søer). Ved denne sammenligning er der udvalgt søer i samme størrelsesklasse, som råstofsøerne omfatter, dvs. søer mellem 0,2 og 13 hektar. De vandkemiske målinger fra DK-søerne er sommergennemsnitlige værdier. Hvis der er flere års data fra den samme sø, er der anvendt et gennemsnit.



**Figur 4.3.** Ved fiskeriet blev der anvendt biologiske oversigtsgarn og ruser til at karakterisere fiskebestanden.

#### 4.4 Forudsætninger og begrænsninger

Screeningsundersøgelsen giver en meget overordnet beskrivelse af søernes tilstand, og det betyder, at undersøgelsesresultaterne må tages med en række forbehold:

- Et enkelt besøg i sommerperioden giver kun et øjebliksbillede og ikke noget mål for den betydelige sæsonmæssige variation, der ofte ses i søer (se figur 3.4), og som eksempelvis kan skyldes den sæsonmæssige variation i planteplanktonet. Det er en væsentlig begrænsning i vores undersøgelse.
- De undersøgte søer kan ikke nødvendigvis tages som værende repræsentative for alle råstofsøer i Danmark, dels mangler der undersøgelser fra to regioner, dels er alle råstofsøer ikke undersøgt. Eksempelvis er kun et mindretal af søerne ved Rødekro undersøgt, og ingen af de mange råstofsøer ved Davinde på Fyn er undersøgt ved screeningen.
- Undersøgelsen dækker ikke alle kemiske og biologiske forhold, men fokuserer på en række udvalgte centrale forhold omkring søernes vandkemiske og biologiske tilstand (se tabel 4.1). Det er således ikke vurderet, i hvilket omfang søernes vand udveksler med grundvandet, ligesom flere væsentlige dyregrupper som eksempelvis padder og insekter ikke er undersøgt. Dyre- og plantelivets tilstand og udvikling omkring søerne er heller ikke undersøgt.
- Screeningsundersøgelserne blev gennemført i perioden 6. juni til 18. august 2016, og det betyder, at i nogle af søerne er det tilstanden først på sommeren, mens det i andre søer er tilstanden sidst på sommeren, der beskrives. Det medfører, at man eksempelvis skal være forsigtig med at sammenligne iltprofiler søerne imellem, fordi der normalt gradvist vil udvikles mere iltfattige forhold i bundvandet hen over sommeren i de dybe og lagdelte søer. Undersøgelsen af undervandsplanter blev dog gennemført i perioden 30. juni til 10. august for at sikre en fremvækst af planter nær ved maksimum i deres vækstperiode.
- Omfanget af fiskeundersøgelsen var meget reduceret i forhold til den, der normalt anvendes til beskrivelse af fiskebestande i søer. Ofte kan der være en meget betydelig variation mellem garn placeret i forskellige områder af søerne. I screeningsundersøgelsen er der kun anvendt 1 garn i søer under 5 hektar, hvilket udgør hovedparten af de undersøgte søer, mens der er anvendt 2 garn i søerne mellem 5 og 10 hektar og 3 garn i søer over 10 hektar.
- Biologiske oversigtsgarn giver heller ikke nødvendigvis en fuldstændig beskrivelse af fiskebestandens artssammensætning. Arter som brasen og ikke mindst karpe fanges kun sjældent i disse garn og kan derfor godt være til stede, selvom de ikke fanges i garnene.
- Undervands- og flydebladsplanter omfattede en screening med henblik på at give en overordnet beskrivelse af planternes udbredelse og de almindeligste arter. Der kan derfor forekomme arter i søerne, som ikke fremgår af artslisterne. I transektundersøgelserne (bestemmelse af dækningsgrad) er kransalalger (*Chara*) ikke bestemt til art.

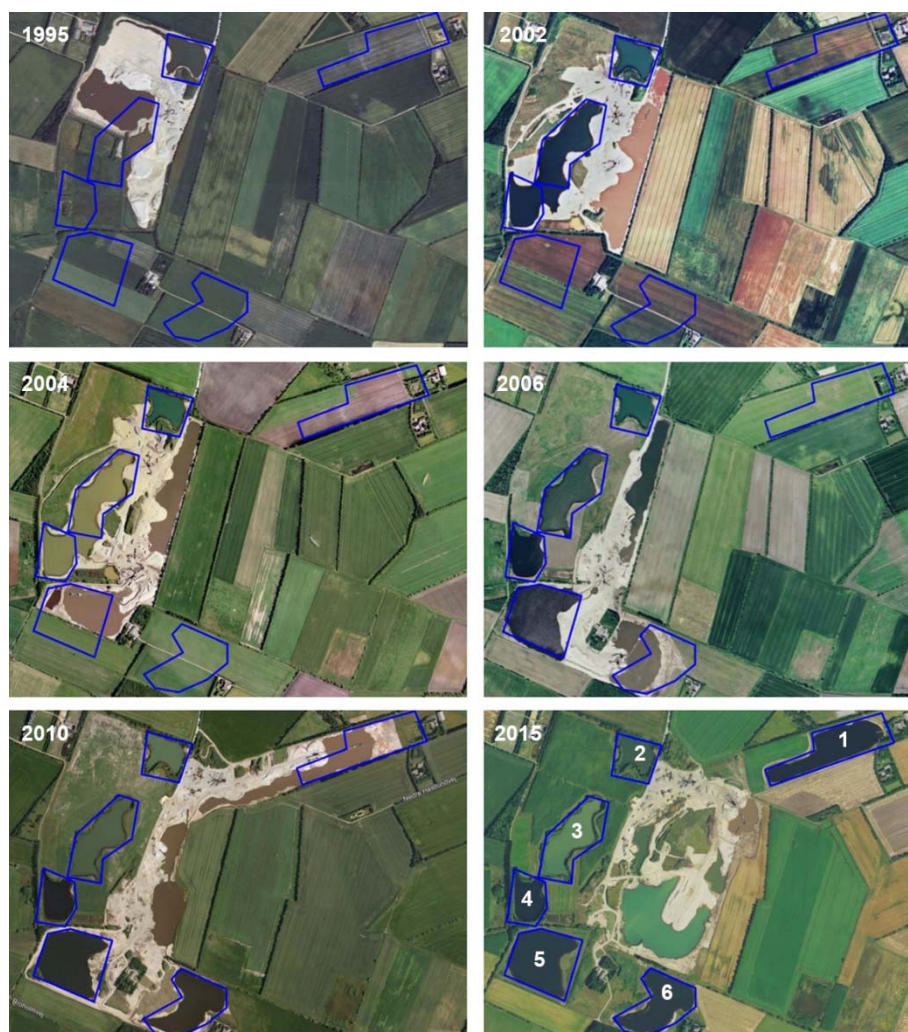
På trods af det begrænsede undersøgelsesomfang og den usikkerhed, der er forbundet med beskrivelsen af de enkelte søers tilstand, er det vores forventning at screeningsundersøgelsen giver et overordnet billede af de undersøgte råstofsøers tilstand på en række centrale vandkemiske og biologiske områder. Ud over at råstofindvinding under grundvandsspejlet skaber flere søer kan det dermed også vurderes, hvilken kvalitet disse nye søer har.

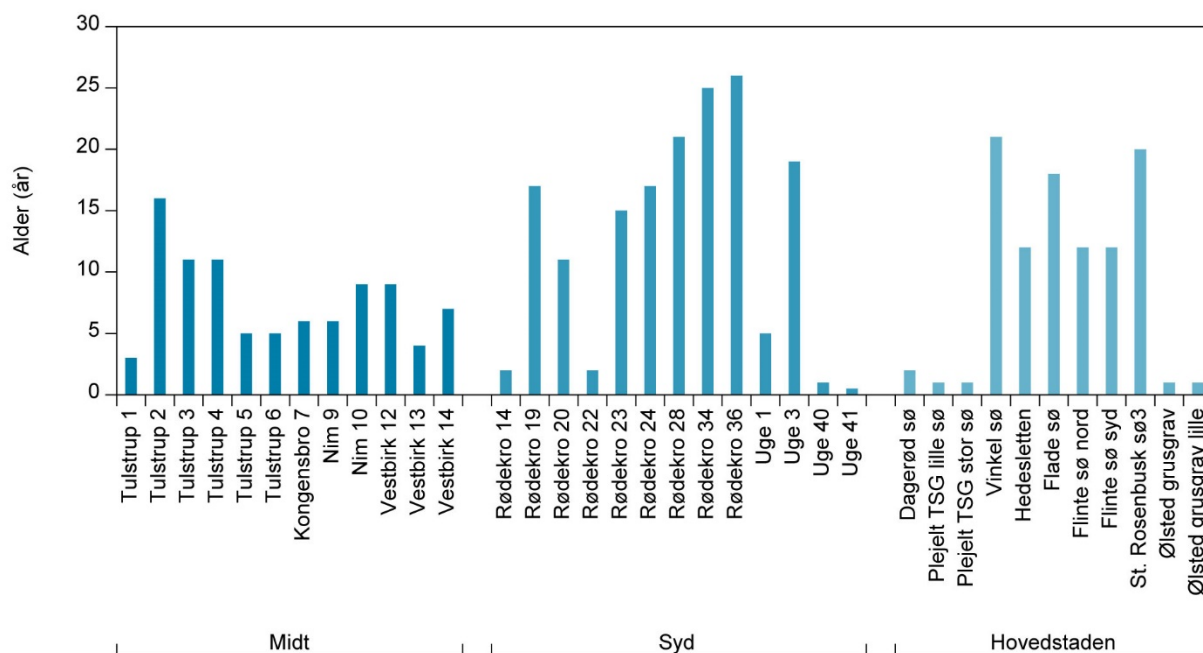
#### 4.5 Søernes alder og udvikling

Søer, som opstår i forbindelse med råstofindvinding, vil i etableringsfasen ofte være meget dynamiske, både i form og dybde. Indvindingen starter et sted, hvorved der måske dannes en sø, men i takt med at indvindingen udvides, "flytter" søen sig. Det er en proces, der kan stå på over flere år, som illustreret ved udviklingen i råstofområdet ved Tulstrup, øst for Ikast (figur 4.4). Her kan man for eksempel se, hvordan sø 1 og sø 6 skifter form de første par år. Det betyder også, at det kan være vanskeligt præcist at "aldersbestemme" en råstofsø, fordi forskellige områder af søen kan have forskellig alder.

Alderen af de 35 undersøgte søer varierede mellem  $\frac{1}{2}$  og 26 år (figur 4.5). De ældste søer var fra Rødekro-området. Nogle af de råstofsøer, som tidligere er undersøgt (afsnit 3), kan være mere end 50 år gamle.

**Figur 4.4.** Flyfotos fra 1995 til 2015 af råstofsøerne ved Tulstrup (Ikast). De angivne numre svarer til Tulstrup 1-6 anvendt i tabel 7.1. Fotos fra Region Midtjylland. Se bilag 7.4 for en mere omfattende tidsserie af flyfotos.





**Figur 4.5.** Råstofsøernes alder rubriceret efter de 3 regioner (Midtjylland, Syddanmark, Hovedstaden). Alderen er nogle gange usikkert fastlagt, og forskellige områder af søerne kan også have forskellig alder.

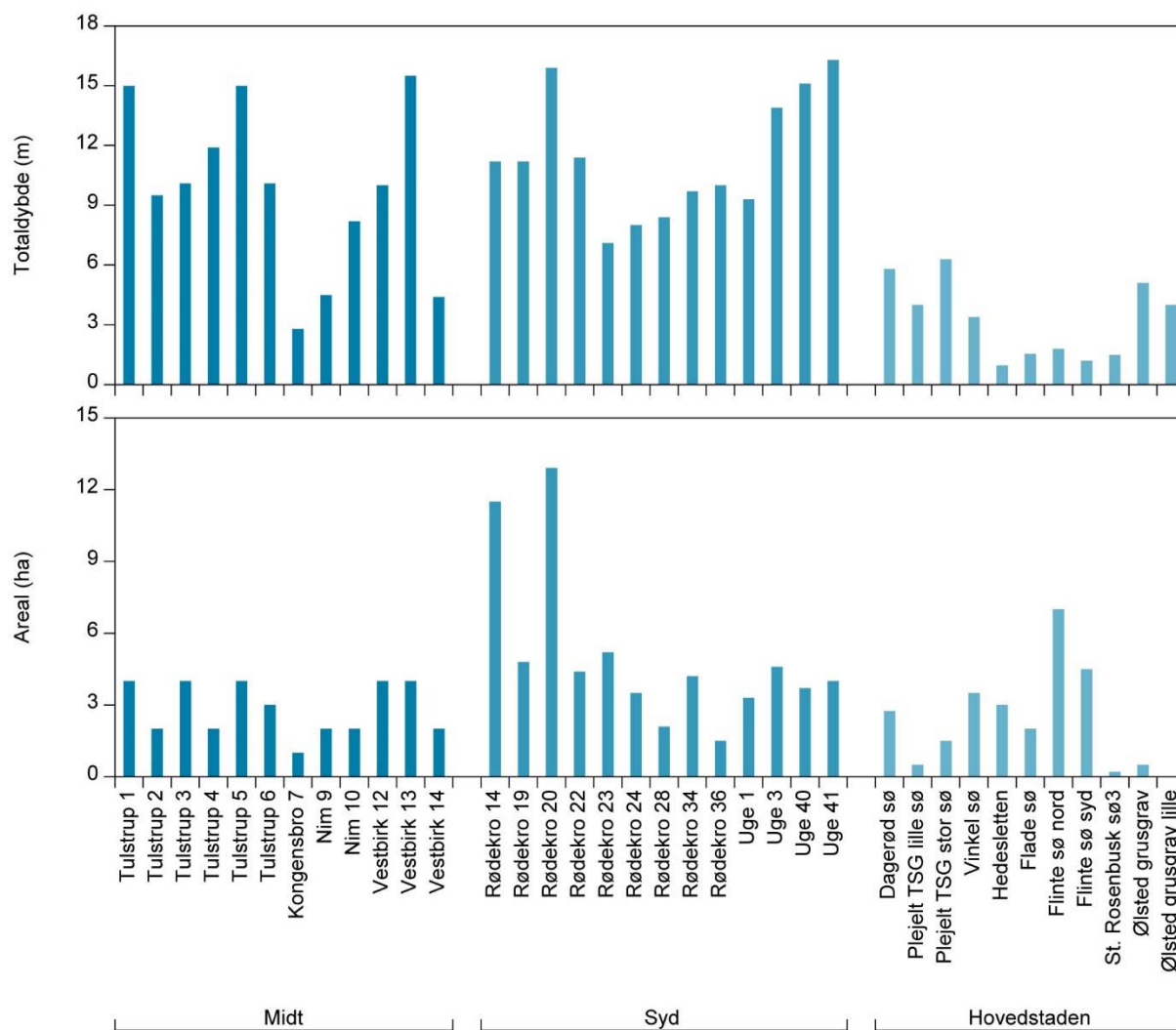
#### 4.6 Størrelse og vanddybde

Som udgangspunkt blev der kun udvalgt søer, som var større end 1 hektar, men for at få flere søer med også fra Region Hovedstaden blev der her taget 3 søer med, som var under 1 hektar. For alle de 35 søer varierede størrelsen mellem 0,2 og 12,9 hektar, hvor de største søer var fra Region Syddanmark (figur 4.6).

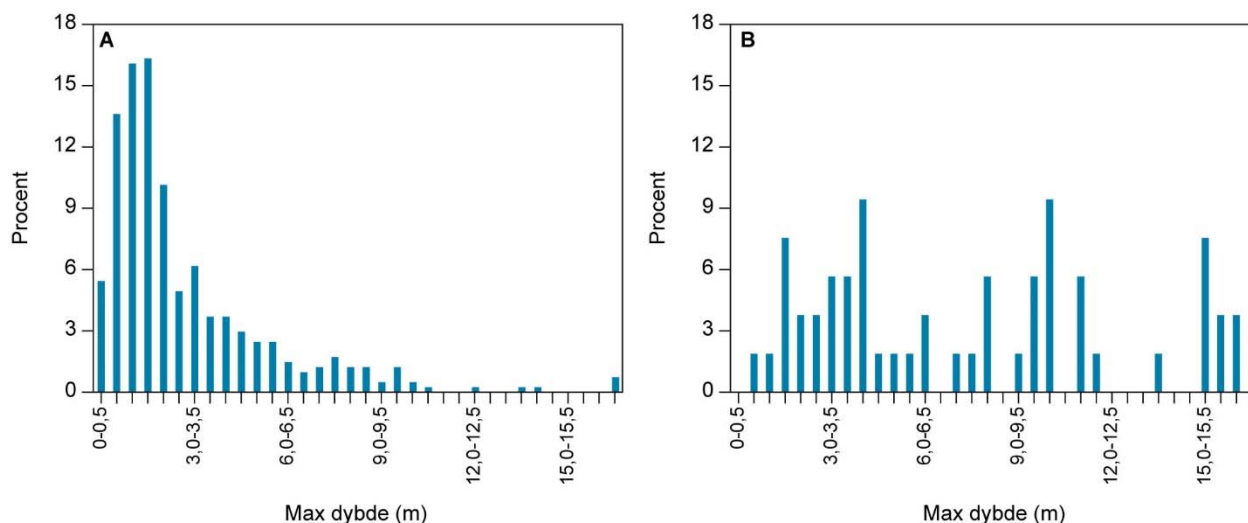
Vanddybdemæssigt var de dybeste af søerne fra Region Syddanmark, hvor den maksimale dybde i alle søerne var mellem 7 og 16 m. De fleste søer i Region Midtjylland var også relativt dybe, mens søerne i Region Hovedstaden var mere lavvandede med maksimaldybder mellem 1,0 og 6,3 m (figur 4.6). Den forholdsvis store vanddybde i de relativt små søer betyder, at mange af dem vil være temperaturlagdelte om sommeren med varmt overfladevand og koldt bundvand (se afsnit 4.7).

Sammenlignet med andre naturlige danske søer med sammenlignelige arealer (DK-søer) var næsten alle råstofsøerne relativt dybe (figur 4.7). Medianmaksimumdybden for danske søer med et areal mellem 0,2 og 13 hektar er på 1,9 m, mens den for de undersøgte råstofsøer var på 7,1 m. Råstofsøerne fra Region Hovedstaden var med en medianmaksimumsdybde på 2,6 m tættere på de dybdeforhold, man ser i andre danske søer.





**Figur 4.6.** De 35 råstofsøers areal og maksimale vanddybde inddelt efter de tre regioner (Midtjylland, Syddanmark og Hovedstaden).



**Figur 4.7.** Sammenligning mellem maksimumdybde (inddelt i ½ m's dybdeintervaller fra 0 til ≥17 m) i danske søer og råstofsøer. A: Frekvensfordelingen af danske søer mellem 0,2 og 13 hektar (DK-søer, antal søer = 404). B: Frekvensfordelingen af de undersøgte råstofsøer (inkl. de supplerende søer, antal søer = 52).

## Konklusioner

- De undersøgte råstofsøer var mellem 0,2 og 13 hektar, hvoraf de største var i Region Syddanmark.
- De fleste af de undersøgte råstofsøer var forholdsvis dybe og dybere end andre danske søer af sammenlignelig størrelse. Dette gjaldt især råstofsøerne i Region Midtjylland og Region Syddanmark, hvor maksimumdybden nåede ned til 16 m og ofte var over 8 m.

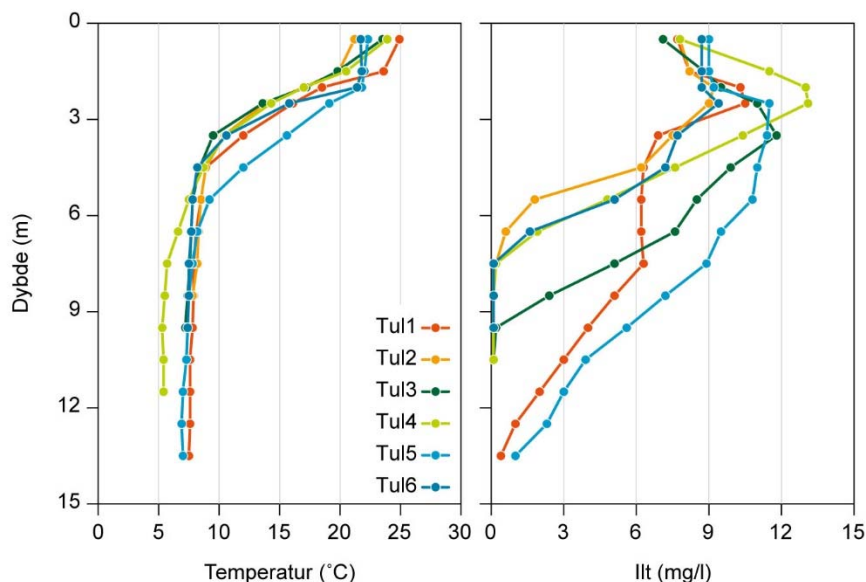
## 4.7 Temperatur- og iltprofiler

Ikke alle råstofsøerne er dybe nok til at lagdeles om sommeren, men som et eksempel på temperatur- og iltprofiler fra søer, som lagdeles, er der vist data fra de 6 Tulstrup søer (figur 4.8). Øvrige temperatur- og iltprofiler er vist i bilag 7.6 (for de søer, hvor der er lavet profilmålinger).

Temperaturprofilen viste samme mønster i alle de dybe råstofsøer med et varmt overfladelag i de øverste 2-5 m med samme temperatur som luften, efterfulgt af et temperaturspringlag, hvor temperaturen i løbet af nogle meter faldt ned til omkring 8 grader. Der var dog også variationer imellem søerne, hvilket kan skyldes forskellige opblandingsforhold og/eller indsvivende grundvand.

Iltprofilerne i de dybe lagdelte søer fulgte også et mønster med iltrigt vand i overfladen og til dels i springlaget, hvorefter iltkoncentrationen faldt med dybden, og i nogle søer nåede tæt på 0. Iltprofilerne varierede dog betydelig imellem søerne, og i nogle af søerne var der et maksimum omkring springlaget, hvilket kan skyldes iltens højere opløselighed i det koldere vand og/eller et maksimum af planteplankton i disse dybder. Forskelligt iltindhold på de dybe dybder kan skyldes et forskelligt iltforbrug ved omsætningen af sedimenteret organisk stof, men også at profilmålingen er foretaget på forskellige tidspunkter af sommeren.

**Figur 4.8.** Temperatur- og iltprofiler fra Tulstrup-søerne ved Ikast. Navne og beliggenhed fremgår af bilag 7.1.



#### Konklusioner

- Mange af råstofsøerne, ikke mindst i Region Midtjylland og Region Syddanmark, havde en dybde, så de temperaturlagdeles om sommeren. Springlaget lå typisk i 2-5 m's dybde.
- De fleste lagdelte råstofsøer havde velilte forhold et stykke nede i springlaget, men i de få næringsrige råstofsøer, eksempelvis Nim 9, var der stort set iltfrie forhold allerede i 2,5 m's dybde.

#### 4.8 Alkalinitet, pH og farvetal

Kalkholdigheden i søer er udtrykt ved søernes alkalinitet og pH. I den danske søtypologi, der anvendes i forbindelse med udarbejdelsen af vandplaner, skelnes mellem kalkfattige og kalkrige søer ved en alkalinitet på 0,2 meq/l. De kalkfattige og næringsfattige søer vil typisk have undervandsplanter domineret af grundskudsplanter (lobelie-søer), mens klarvandede søer med en alkalinitet over ca. 0,2 meq/l typisk domineres af langskudsplanter, eksempelvis arter af vandaks. I næringsrige søer vil undervandsvegetationen ofte være sparsom eller måske helt manglende på grund af det uklare vand og dårlige lysforhold. Ved meget høj kalkholdighed kan undervandsvegetationen – hvis til stede – være domineret af kransalger.

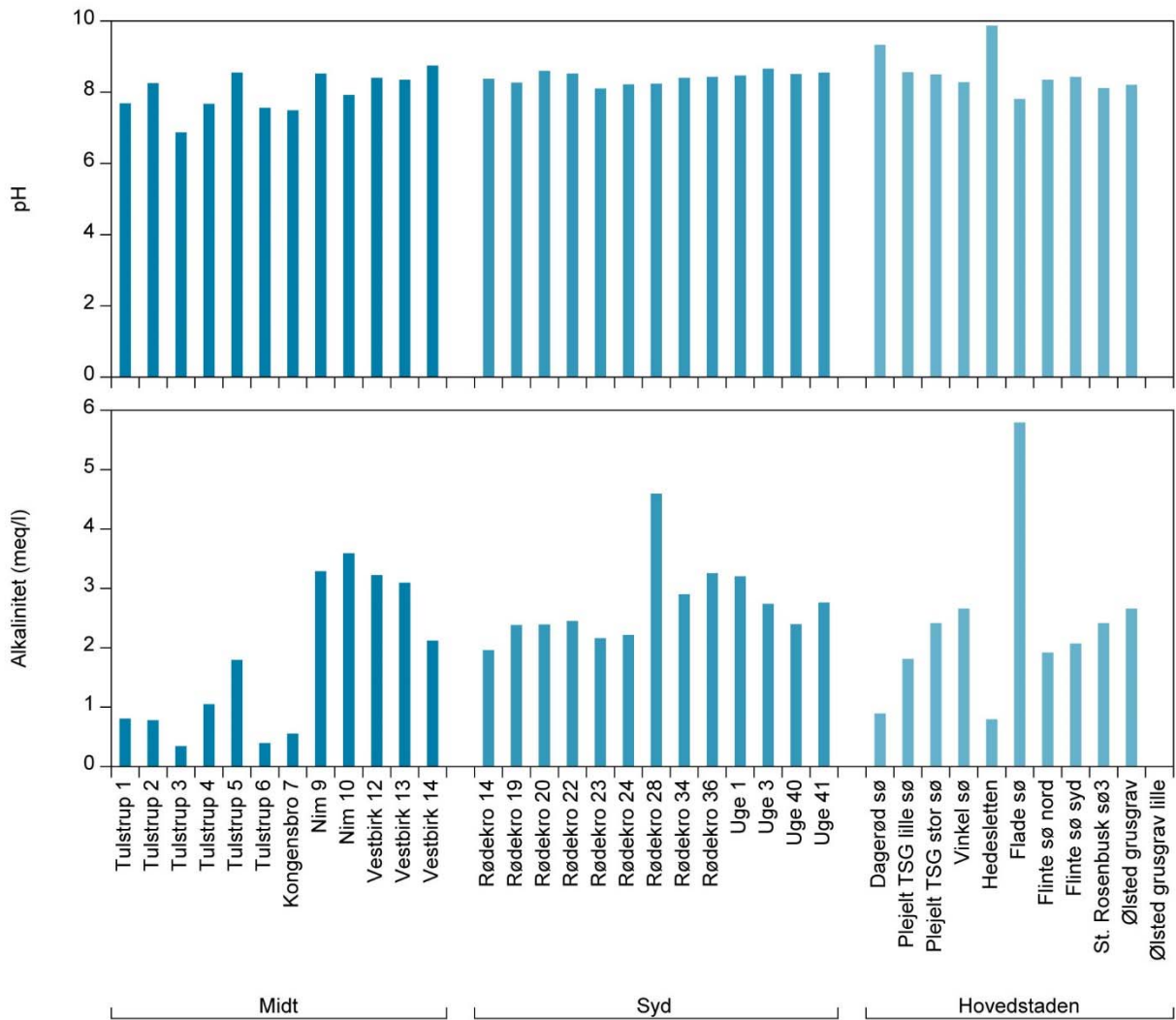
Ved lav kalkholdighed vil søerne være følsomme over for tilledningen og forvitringen af forsurende mineraler (eksempelvis pyrit), hvilket kan føre til meget lave pH-værdier, som kun få organismer er i stand til at leve i. Eksempler er søerne opstået i forbindelse med brunkulsgravning i Midtjylland frem til 1970. Her har nogle af søerne stadigvæk meget lave pH-værdier (under 4).

Søer – og især mindre søer – kan ofte være brunfarvede p.g.a. tilførsel af opløste organiske stoffer (humusstoffer) fra det omgivende opland. I søer med store mængder humusstoffer vil sigtbarheden være ringe og begrænse væksten af undervandsplanter. Brunfarvede søer kan have lave pH-værdier, men ikke altid. I søtypologien anvendt i forbindelse med de danske vandplaner skelnes der mellem brunvandede og ikke-brunvandede søer ved en værdi på 60 mg Pt/l. Meget brunvandede søer kan have et farvetal på flere hundrede mg Pt/l.

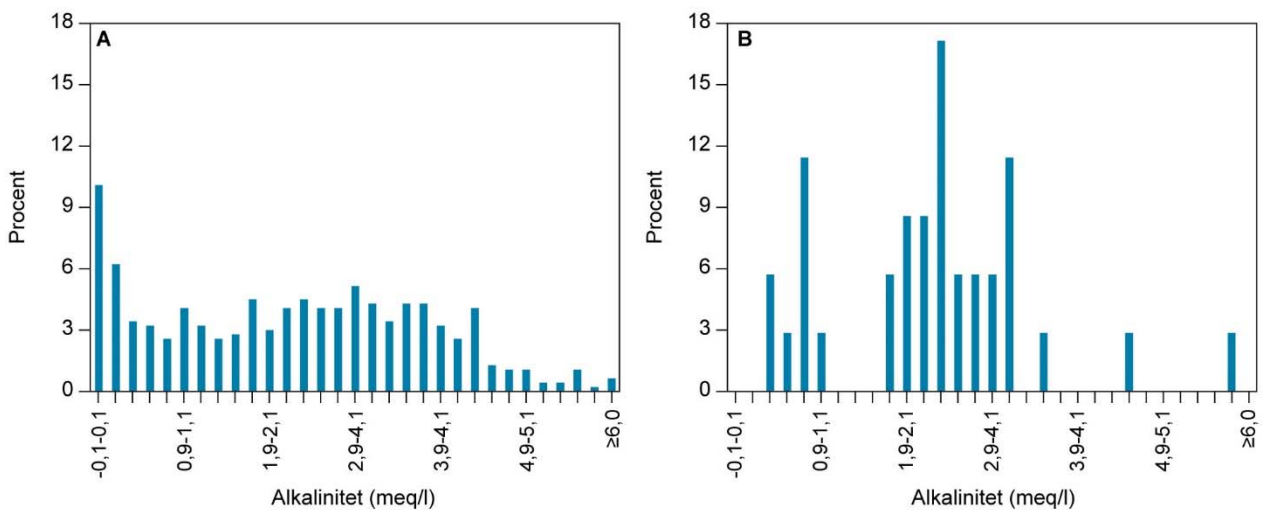
Råstofsøernes pH-værdi varierede mellem 6,6 og 9,9 og ligger dermed i det neutrale til let basiske område (figur 4.9). De højeste værdier blev set i de mest næringsrige søer eller i lavvandede søer med en stor dækning af undervandsplanter, hvor pH-værdien kan være øget i kraft af en høj primærproduktion.

Sammenligningen mellem råstofsøernes og DK-søernes alkalinitet viser, at de undersøgte råstofsøer ligger inden for det spænd, man også ser i andre danske søer (figur 4.10). Medianværdier for de undersøgte råstofsøer var 2,4 meq/l mod 2,3 meq/l i DK-søerne. Den laveste alkalinitet blev målt i søerne ved Tulstrup, hvor de fleste har en alkalinitet under 1 meq/l, men værdierne er dog stadigvæk så høje, at de ikke er egentligt forsurede. I litteraturen har der været anvendt en alkalinitetsværdi på under 0,2-0,4 meq/l eller under 0,1 meq/l til at betegne søer som forsurede (Rebsdorf & Nygaard, 1991).

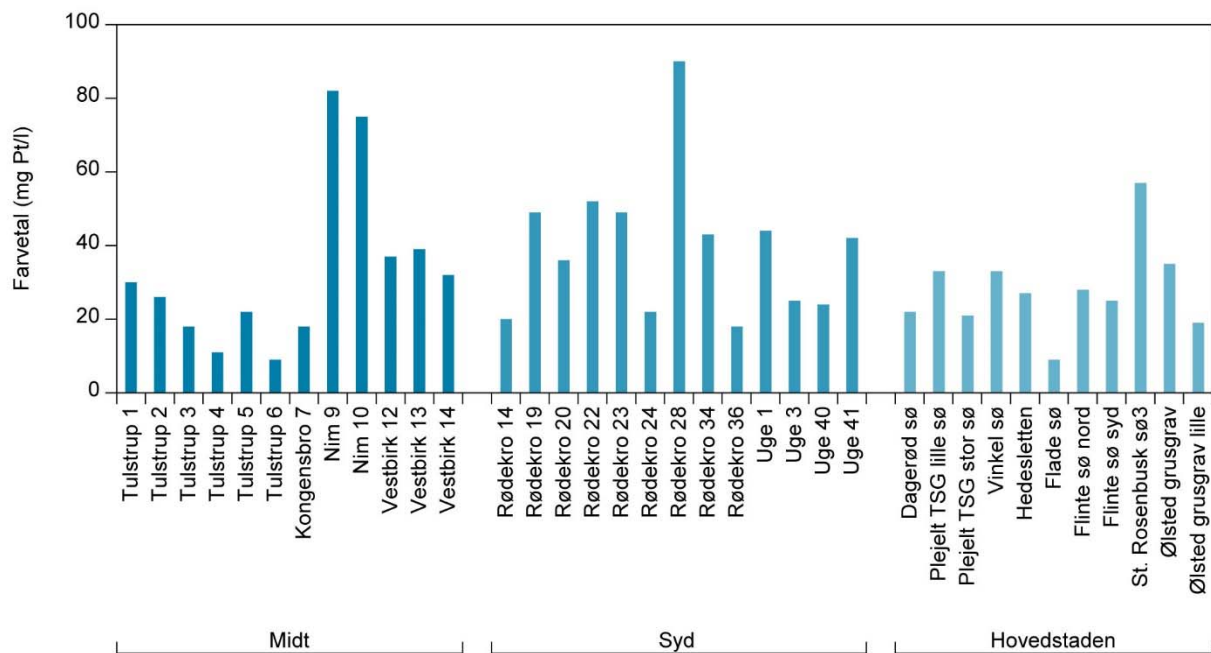
De fleste af de undersøgte råstofsøer var klarvandede og ikke brunfarvede, og kun 3 af søerne havde et farvetal lidt over de 60 mg Pt/l, der gør, at de vil komme i kategorien af brunvandede søer jf. den danske søtypologi anvendt i vandplanerne (figur 4.11). Medianværdien for råstofsøerne var 29 mg Pt/l, mens den for DK-søerne er lidt højere: 47 mg Pt/l (figur 4.12).



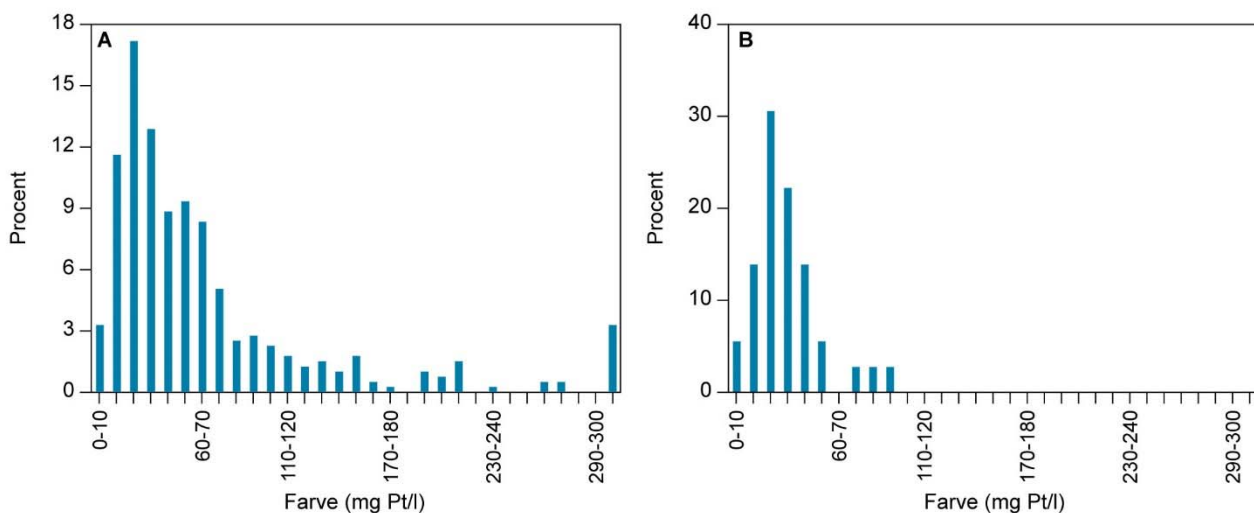
Figur 4.9. De 35 råstofsøers alkalinitet og pH i de tre regioner.



Figur 4.10. Sammenligning mellem alkaliniteten (inddelt i 0,2 meq/l intervaller fra -0,1 til  $\geq 6,0$  meq/l) i danske søer og råstofsøerne. A: Frekvensfordelingen af danske søer mellem 0,2 og 13 hektar (DK-søer, antal søer = 466). B: Frekvensfordelingen af de undersøgte råstofsøer (antal søer = 35).



Figur 4.11. De 35 råstofsøers farvetal i de tre regioner.



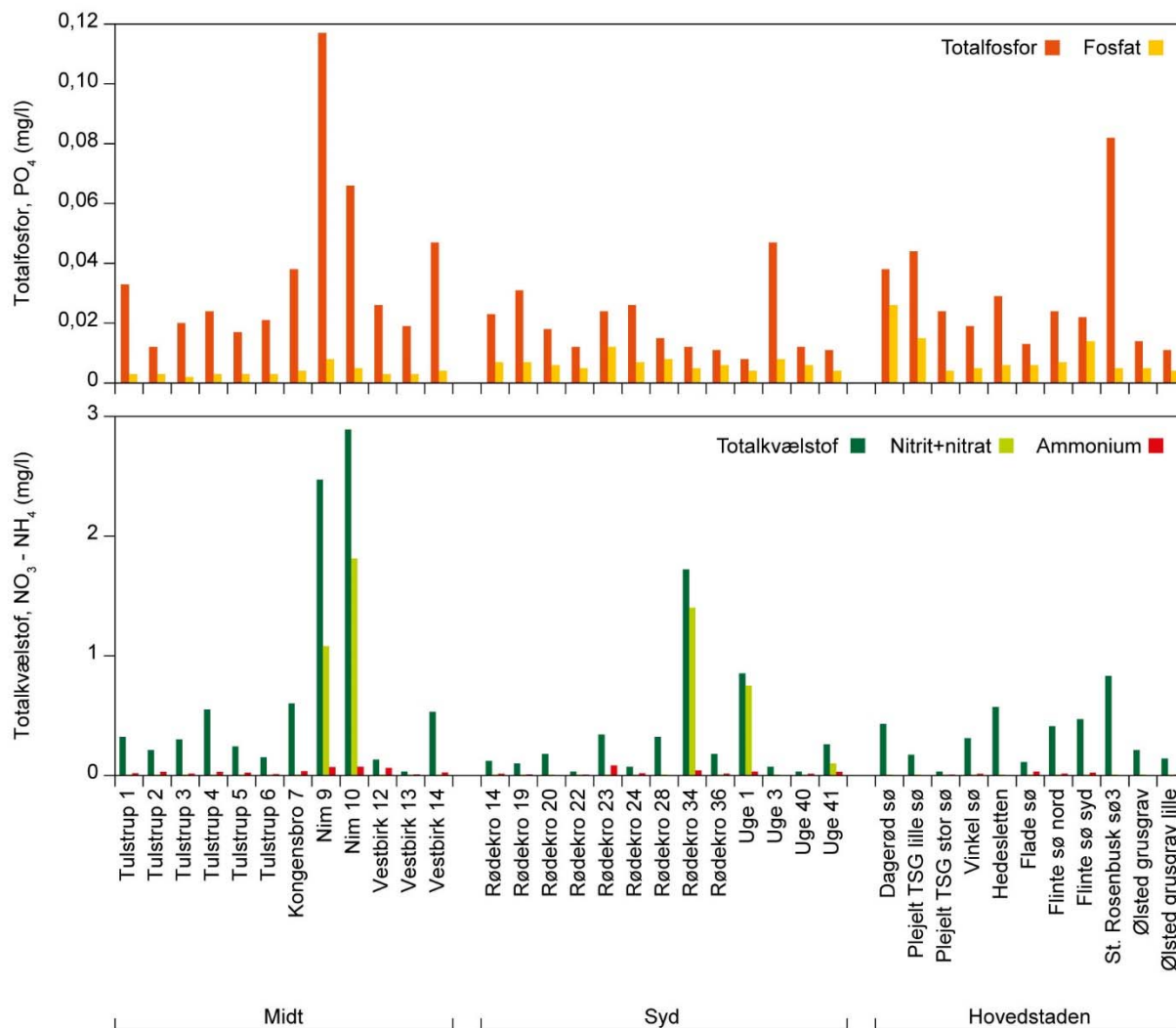
Figur 4.12. Sammenligning mellem farvetallet (inddelt i 10 mg Pt/l intervaller fra 0 til  $\geq 300$  mg Pt/l) i danske småsøer og råstof-søer. A: Frekvensfordelingen af danske søer mellem 0,2 og 13 hektar (DK-søer, antal søer = 396). B: Frekvensfordelingen af de undersøgte råstofsøer (antal søer = 35).

### Konklusioner

- De fleste af de undersøgte råstofsøer var forholdsvis kalkrige med høj alkalinitet. Enkelte havde en alkalinitet under 0,5 meq/l, men er ikke forsurede.
- pH-værdien var tæt på det neutrale, men var lettere øget i søerne med en høj primærproduktion.
- Råstofsøerne var gennemgående klarvandede og ikke humusholdige, ligesom mange andre danske søer i den størrelsesklasse er. Det giver gode lysforhold og vækstforhold for undervandsplanter.

## 4.9 Næringsstoffer

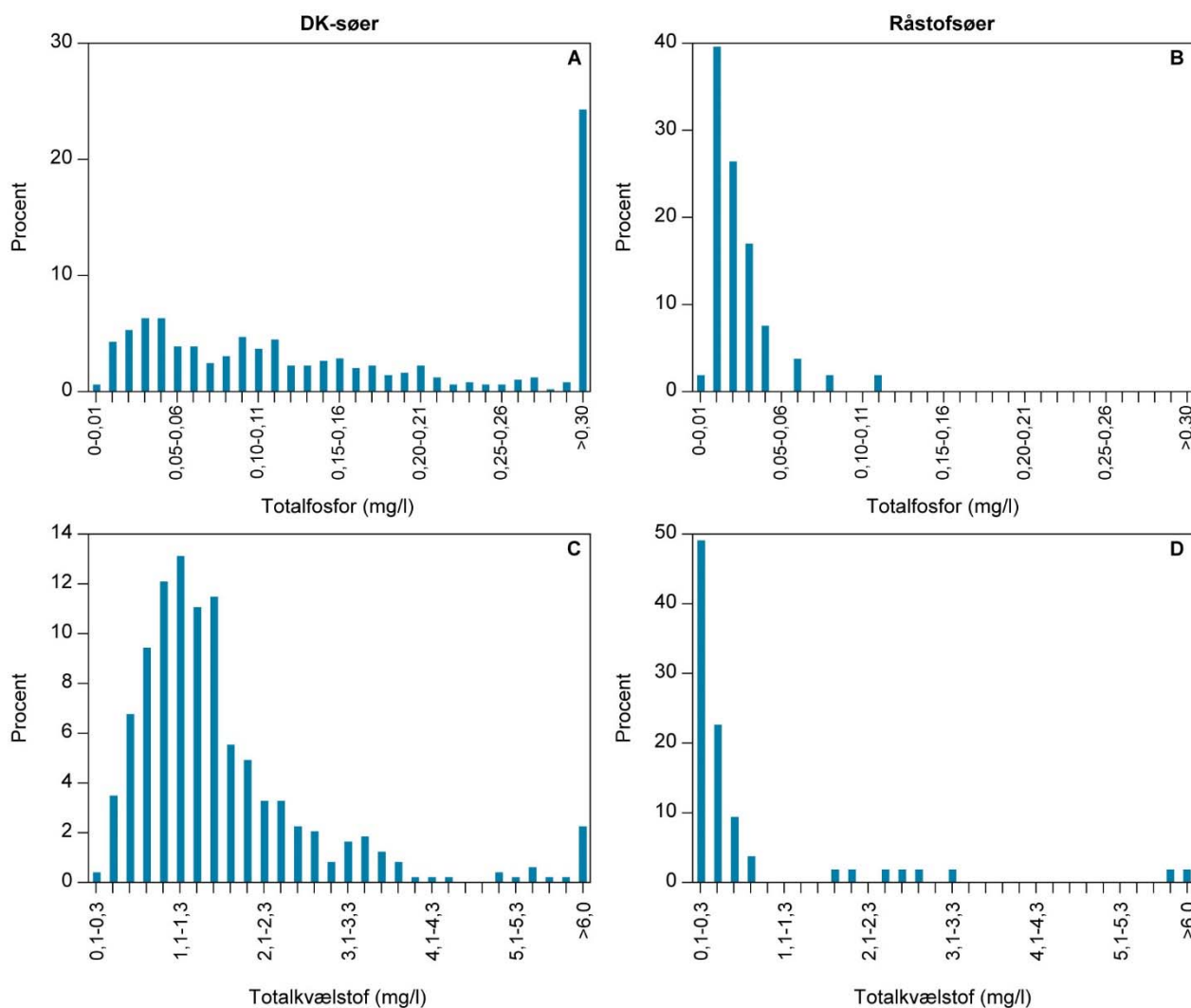
Langt de fleste af råstofsøerne var ret næringsfattige (figur 4.13). Kun enkelte af søerne, her især Nim 9 og Nim 10 samt St. Rosenbusk, var forholdsvis næringsrige med totalfosforkoncentrationer over 0,06 mg/l og totalkvælstofkoncentrationer over 2 mg/l (Nim 9 og Nim 10). Hvad angår de to Nim-søer, så er disse sandsynligvis ikke grundvandsfødte, da der er gravet ned til et tykt lag blåler. De får derfor formentlig hovedparten af deres vand fra drænvand, som kommer fra et opdyrket opland nord for søerne (personlig meddelelse, Leif Richard Pedersen, Region Midtjylland).



**Figur 4.13.** De 35 råstofsøers indhold af øverst: fosfor (totalfosfor (røde søjler) og fosfat (orange søjler) og nederst: kvælstof (totalkvælstof (mørkegrønne søjler), nitrit+nitrat (lysegrønne søjler), ammonium (røde søjler)).

Generelt var både koncentrationen af fosfor og kvælstof dog markant lavere i råstofsøerne end i andre danske søer af sammenlignelig størrelse (DK-søer, figur 4.14). DK-søerne er generelt ret næringsrige, og 25 % har totalfosforkoncentrationer over 0,300 mg/l, hvor ingen af råstofsøerne tilnærmelsesvis når op. Medianværdien for totalfosfor i råstofsøerne var 0,023 mg/l, mens den i DK-søerne er på 0,123 mg/l. For totalkvælstof er medianværdien 1,37 mg/l i DK-søerne, mens den var 0,30 mg/l i råstofsøerne.

I forhold til vandrammedirektivet og de danske vandplaner, så anvendes som øvre grænse for koncentrationsniveauet af fosfor, der understøtter målopfyldelse for de manglende kvalitetselementer, henholdsvis 0,080 mg P/l i lavvandede søer og 0,042 mg P/l i dybe søer som gennemsnit for sommerperioden (Naturstyrelsen, 2014). For kvælstof er grænserne 0,95 mg N/l i lavvandede søer og 0,90 mg N/l i dybe søer (sommergennemsnit). Også i denne sammenhæng havde langt de fleste af råstofsøerne væsentligt lavere koncentrationer.



**Figur 4.14.** Sammenligning mellem næringsstofindhold i danske søer (venstre del: 488-490 søer mellem 0,2 og 13 hektar, DK-søer) og råstofsøer (højre del: antal søer =52). A og B: totalfosfor (inddelt i 0,01 mg/l intervaller fra 0 til  $\geq 0,3$  mg/l), C og D: totalkvælstof (inddelt i 0,2 mg/l intervaller fra 0,1 til  $\geq 6$  mg/l).

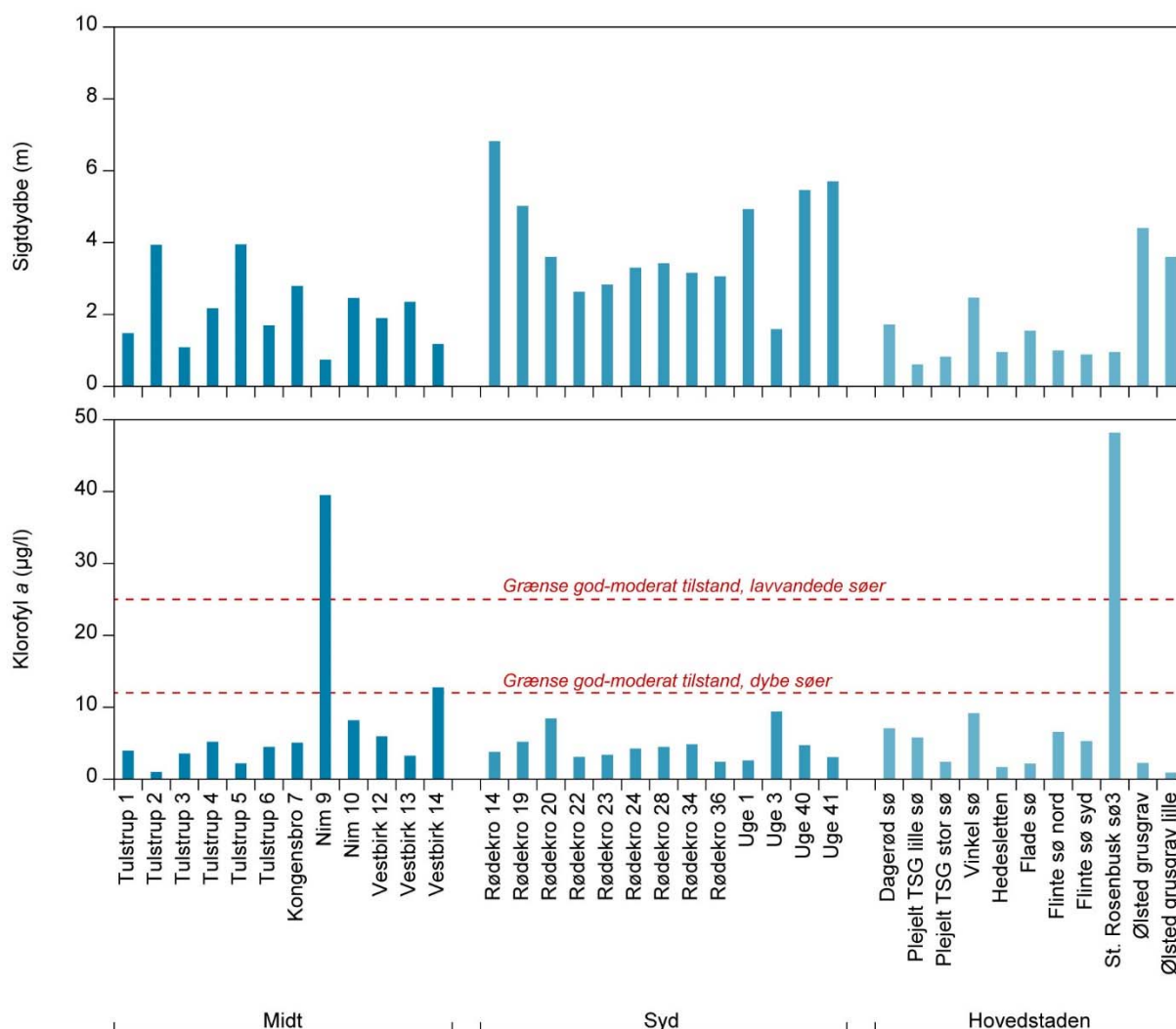
### Konklusioner

- Næsten alle de undersøgte råstofsøer er efter danske forhold næringsfattige, og både indholdet af fosfor og kvælstof var meget lavere end i andre danske søer af sammenlignelig størrelse. Få undtagelser var søer, som antages ikke at være primært grundvandsfødte.
- I enkelte af råstofsøerne udgjorde de uorganiske puljer af fosfor og kvælstof en forholdsvis stor del af den samlede mængde næringsstoffer, hvilket tilskrives et højt indhold i det tilstrømmende vand.

## 4.10 Sigtdybde og klorofylindhold

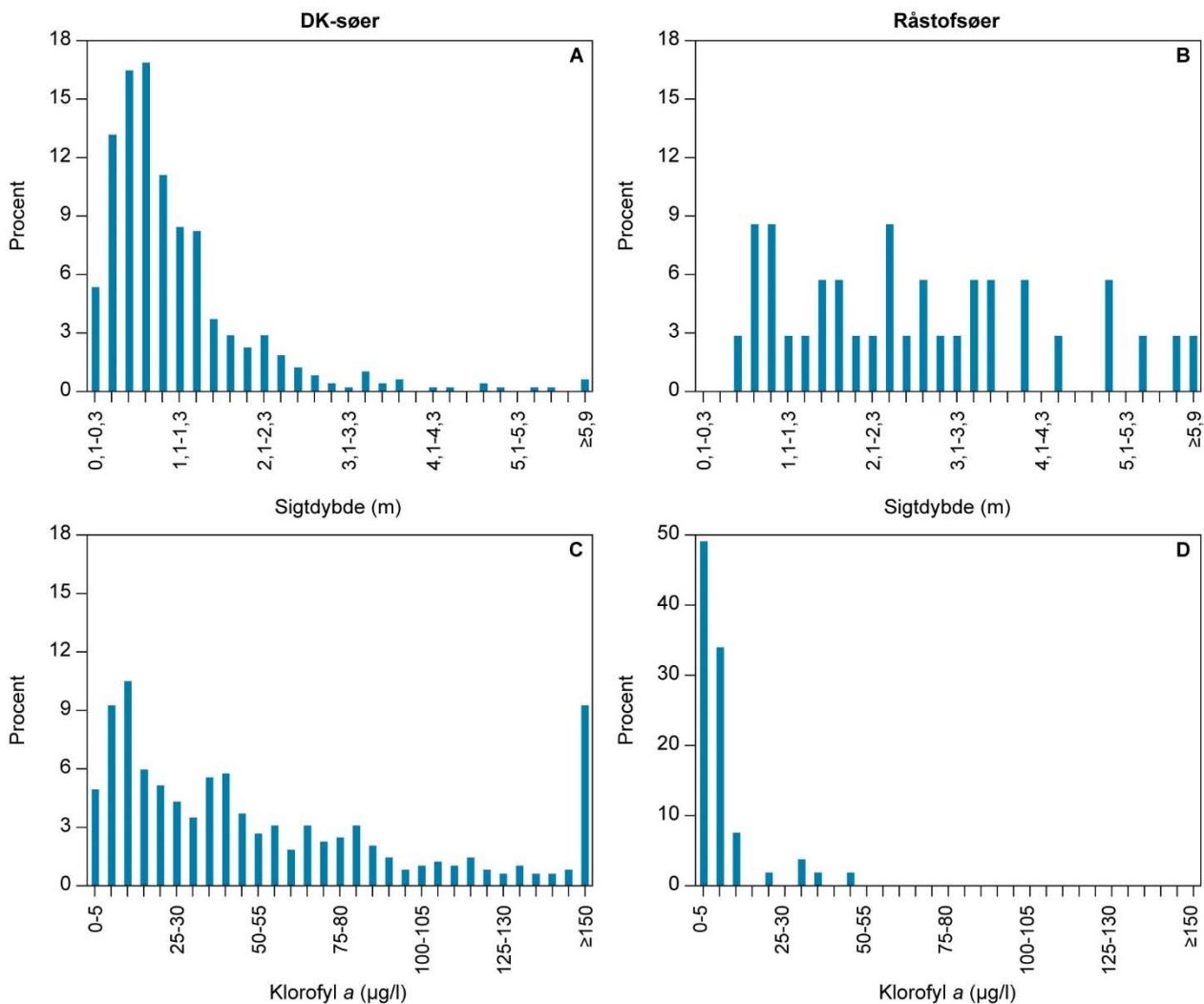
Sigtdybden er et mål for vandets klarhed og er typisk meget påvirket af klorofylindholdet, fordi mange planktonalger gør vandet uklart. Lav sigtdybde kan også være forårsaget af humusstoffer eller okkerudfældninger, som gør vandet uklart. I nogle af de lavvandede søer med klart vand kan sigtdybden nå bunden og er derfor i disse søer ikke god til at beskrive vandets klarhed.

Generelt havde råstofsøerne en meget god sigtdybde og et meget lavt indhold af klorofyl *a* (figur 4.15). Dermed afspejler søerne de næringsfattige forhold, som vist i de foregående afsnit. Mediansigtdybden for DK-søerne er 0,86 m, mens den i råstofsøerne var 2,47 m (figur 4.16). For klorofyl *a* er medianværdien for DK-søer på 40,7 µg/l, mens den for råstofsøerne var på 5,1 µg/l. I forhold til vandplanerne udarbejdet for de danske større søer og for de søer, hvor der alene anvendes indholdet af klorofyl *a* (se også afsnit 2.2), var klorofylværdierne for alle råstofsøerne - bortset fra Nim 9 og St. Rosenbusk - på den gode side af god-moderat grænsen grænser og søerne dermed i mindst god økologisk tilstand.



**Figur 4.15.** Råstofsøernes sigtdybde (m) og indhold af klorofyl *a*. De indsatte stiplede linjer på klorofyl *a*-figuren ved 12 og 25 µg/l svarer til de grænser, der anvendes til at adskille god og moderat økologisk tilstand i henholdsvis dybe (middeldybde > 3 m) og lavvandede (middeldybde < 3 m) søer i forbindelse med vandrammedirektivets implementering og udarbejdelsen af vandområdeplaner for de danske søer (se også afsnit 2.2). Hvis klorofylindholdet er over grænsen, skal der gøres en indsats for at forbedre tilstanden. I 4 af de undersøgte søer, Kongensbro 7, Hedesletten, Flade Sø og Ølsted grusgrav (lille) var sigtdybden til bunden.





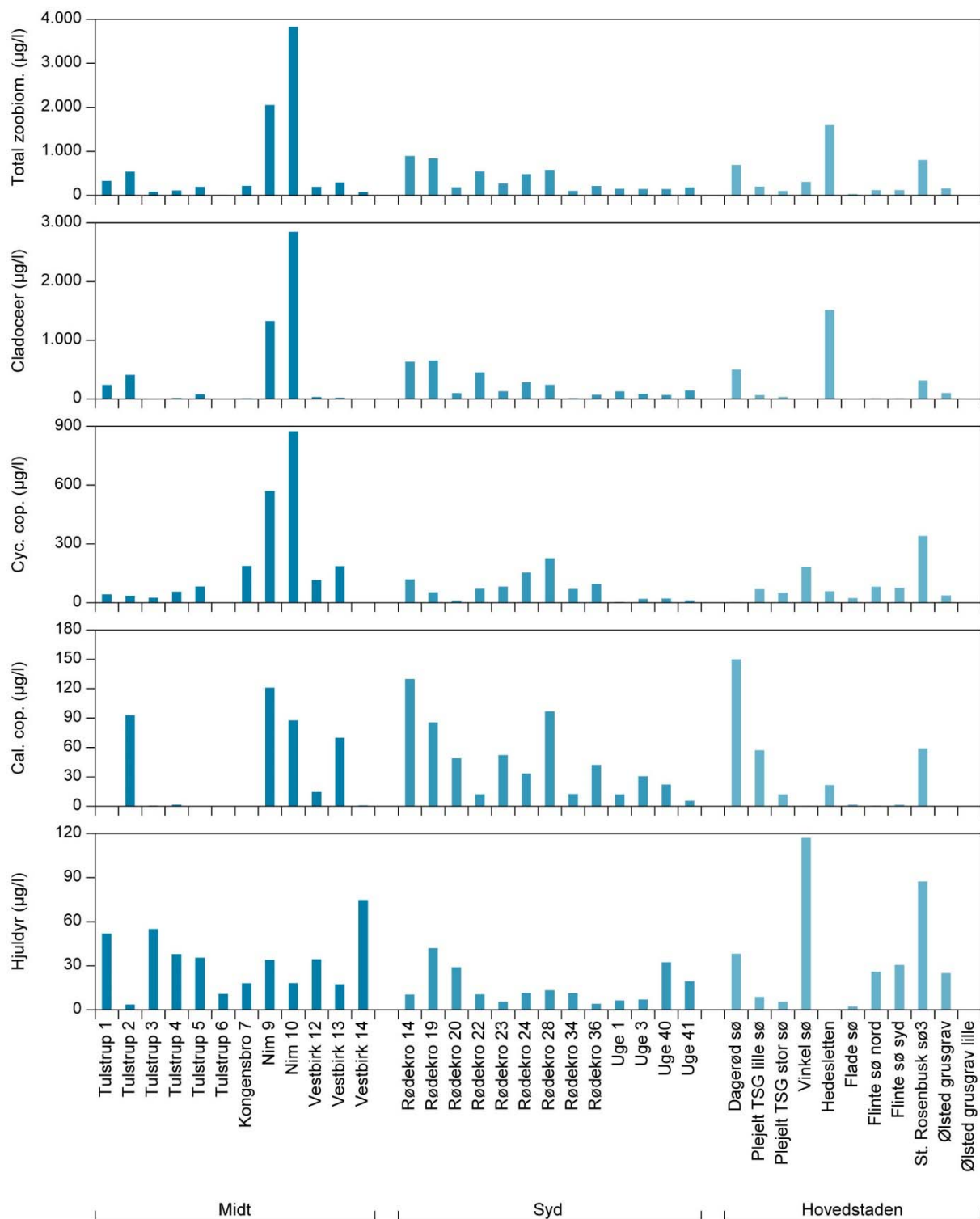
**Figur 4.16.** Sammenligning mellem sigtdybde og klorofyl a i danske søer (DK-søer, venstre del, antal søer=486) og råstofsøer (højre del, antal søer = 35 (sigtdybde) – 52 (klorofyl)). Klorofylskalaen er i intervaller på 5 µg/l fra 0-5 µg/l til ≥150 µg/l og sigtdybdeskalaen i 0,2 m's intervaller fra 0,1 til ≥ 5,9 m.

### Konklusioner

- De generelt næringsfattige forhold betyder lav vækst af planteplanteplankton og lavt indhold af klorofyl a. I næsten alle råstofsøer var klorofylindholdet meget lavere end i de fleste andre danske søer.
- Vurderet på baggrund af klorofylindhold opfylder næsten alle råstofsøerne kravet om mindst god økologisk tilstand jf. vandrammedirektivet.
- Vandet i råstofsøerne var generelt meget klart, og det betyder gode vækstforhold for undervandsplanter på alle lavvandede områder.

### 4.11 Dyreplankton

Mængden og sammensætningen af dyreplankton var meget forskelligt de 35 søer imellem (figur 4.17). Generelt fandtes den største biomasse i de mest næringsrige søer som eksempelvis Nim 9 og Nim 10, hvor der også var det største fødegrundlag. Især biomassen af cladoceer, der omfatter de største filtratorer som eksempelvis *Daphnia*, var generelt væsentligt mindre i råstofsøerne end i andre danske søer (tabel 4.2). I bilag 7.7 er der givet en oversigt over alle de fundne dyreplanktontaxa og det gennemsnitlige antal og biomasse.



Figur 4.17. Biomassen (µg tørvægt/l) af dyreplankton i de 35 råstofsøer inddelt i total biomasse samt biomassen af cladoceer, cyclopoide vandlopper (Cyc. cop.), calanoide vandlopper (Cal. cop.) og hjuldyr.

**Tabel 4.2.** Sommergennemsnit af biomassen ( $\mu\text{g}$  tørvægt/l) af dyreplankton og hovedgrupper af dyreplankton i 9 danske søer (Bjerring et al., 2013) sammenlignet med de 35 råstofsøer. Angivet som 25 %-kvartiler, medianværdier og 75 %-kvartiler.

Dyreplanktongruppe	DK-søer (2008/2009)			Råstofsøer		
	25 %	Median	75 %	25 %	Median	75 %
Total biomasse	287	681	750	119	199	546
Cladoceer	161	442	483	12	89	317
Cyclopoide vandlopper	42	78	91	23	68	118
Calanoide vandlopper	44	58	79	1	15	59
Hjuldyr	5	19	59	4	18	35

#### Konklusioner

- Dyreplankton i råstofsøerne indeholdt mange forskellige arter og taxa. Sammensætningen varierede meget de enkelte råstofsøer imellem.
- Gennemgående var dyreplanktonbiomassen lav sammenlignet med andre danske søer, men det tilskrives de næringsfattige forhold.

#### 4.12 Fisk

Råstofsøerne ligger ofte isolerede i landskabet uden kontakt til andre vandområder via vandløb eller kanaler. Som udgangspunkt kunne man derfor forvente, at mange af søerne var uden fisk. Som det fremgår af oversigten i tabel 4.3, var dette imidlertid ikke tilfældet. I næsten alle søer blev der fundet fisk, og det kan ikke udelukkes, at også de søer, hvor der ikke blev fundet fisk, faktisk har en fiskebestand, men at disse blot ikke blev fanget, fordi der kun blev anvendt et enkelt garn og en enkelt ruse.

Selvom der blev fundet fisk i næsten alle søer, så var der i de fleste søer kun tale om få arter. Nogle søer var domineret af en enkelt art (figur 4.18). Artsantallet varierede mellem 0 og 4. Igen må der dog tages forbehold for, at der måske kunne have været fundet flere arter, hvis flere garn havde været anvendt.



**Figur 4.18.** Nogle søer var domineret af en enkelt eller få fiskearter. Her små karusser til højre (fra St. Rosenbusk) og til venstre små karper (en af søerne ved Rødekro). Begge steder var det den eneste registrerede fiskeart.

I alt blev der i de 33 befiskede råstofsøer fundet 12 fiskearter (tabel 4.3). Skallen var den mest almindeligt fundne art (fundet i 15 ud af 33 søer) efterfulgt af aborre og rudskalle. Rudskallen synes at være meget almindelig i nogle af søerne, specielt i Region Hovedstaden og Region Syddanmark. I enkelte af søerne (Plejet (stor og lille) og Rødekro 22) var rudskallen den eneste observerede fiskeart. Den kendsgerning, at rudskallen klarer sig godt i råstofsøerne

og var mere hyppigt forekommende end i andre søer, kan være et udtryk for, at hvis skaller ikke har etableret sig ordentligt i søerne, så kan rudskallen udfylde den plads, som skallen normalt har. Dette er set i andre søer, hvor skallerne på grund af meget høje pH-værdier, forårsaget af en meget høj algebiomasse og primærproduktion, gennem en årrække havde en meget dårlig ynglesucces (Jeppesen et al., 1989). Dette førte til en betydelig andel af rudskaller, som senere forsvandt igen, da skallerens ynglesucces blev bedre.

**Tabel 4.3.** Oversigt over fiskearter fundet i råstofsøerne. R angiver fangst kun i ruse. \*) Karpe observeret.

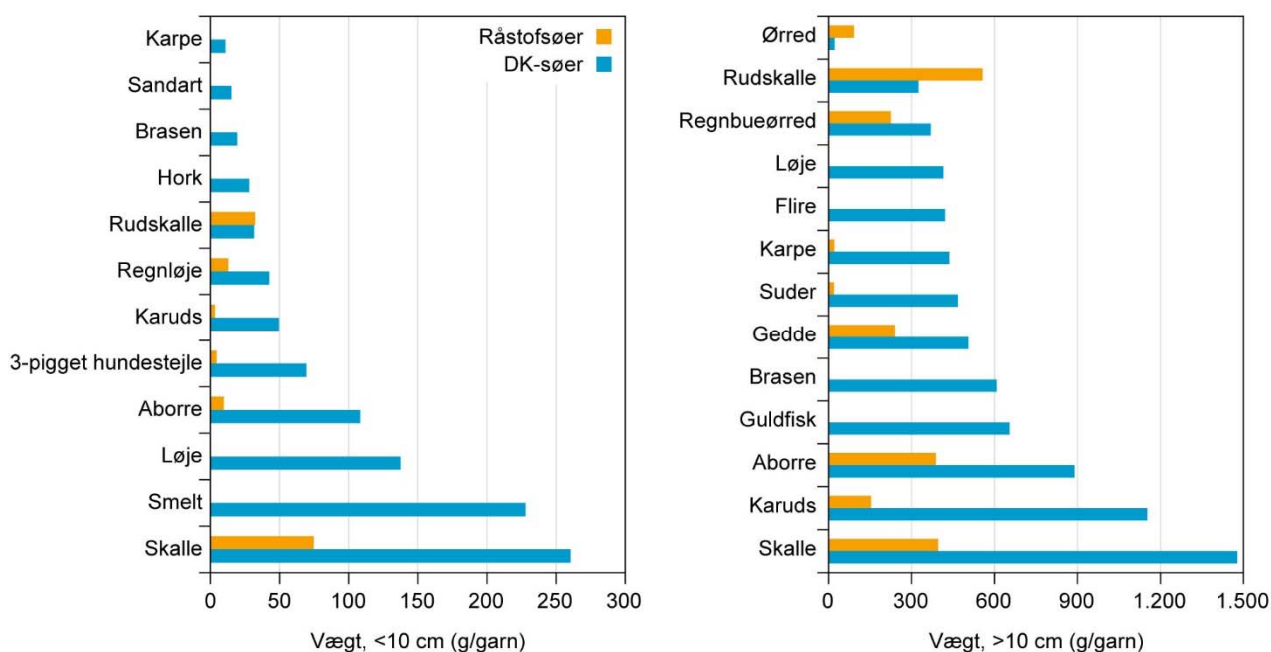
Sø	Skalle	Rudskalle	Karpe	Regnløje	Gedde	Aborre	3-pigget hundestejle	Karusse	Suder	Regnbueørred	Bækørred	Grundling	Total antal arter
Tulstrup 1	x			x			x						3
Tulstrup 2, ikke befisket													-
Tulstrup 3	x	x			x								3
Tulstrup 4	x				x								2
Tulstrup 5	x			x	R	x							4
Tulstrup 6	x			x									2
Kongensbro 7*													0
Nim 9	x		x			x			R				4
Nim 10	x		R			x			x				4
Vestbirk 12	x					x							2
Vestbirk 13	x					x						R	3
Vestbirk 14, ikke befisket													-
Rødekro 14						x							1
Rødekro 19						x							1
Rødekro 20		x				x				R			3
Rødekro 22		x											1
Rødekro 23										x			1
Rødekro 24										x			1
Rødekro 28		x					x						2
Rødekro 34													0
Rødekro 36			x										1
Uge 1				x									1
Uge 3	x						x				x		3
Uge 40													0
Uge 41				x									1
Dagerød sø													0
Plejelt TSG lille sø		x											1
Plejelt TSG stor sø		x											1
Vinkel sø	x	x			R	x							4
Hedesletten	x												1
Flade sø	x	x				x							3
Flinte sø nord	x	x				x							3
Flinte sø syd	x	x				x							3
St. Rosenbusk sø3								x					1
Ølsted grusgrav													0
I alt	15	10	3	5	4	12	3	1	2	3	1	1	

Generelt var den vægtmæssige fangst pr. garn i råstofsøerne lille i forhold til den, man ser i danske søer af sammenlignelig størrelse (figur 4.19). Som vist tidligere var næringsstofniveauet dog markant mindre i råstofsøerne, og derfor vil fiskebiomassen, som det også set i andre danske søer, forventelig også være væsentlig mindre. For enkelte arter var fangsten i råstofsøerne dog af sammenlignelig størrelse eller endog vægtmæssigt større. Dette gjaldt især rudskalle. Også ørred var vægtmæssigt væsentlig mere dominerende i råstofsøerne, formentlig på grund af hyppigere udsætninger.

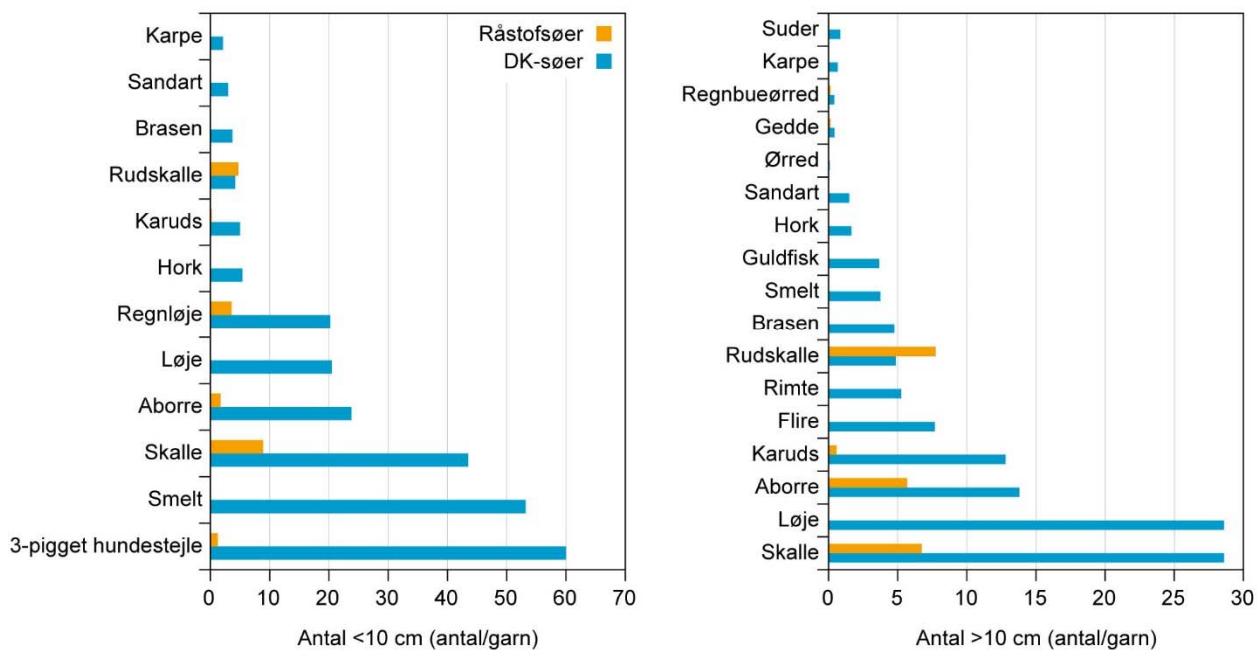
Den antalmæssige fangst i oversigtsgarnene viste samme billede som den vægtmæssige (figur 4.20), dvs. generelt få fisk sammenlignet med andre danske søer, men med enkelte undtagelser som rudskallen, der var hyppig i råstofsøerne.

Figur 4.19 og 4.20 viser gennemsnittet for alle de 33 råstofsøer, men der var meget store forskelle søerne imellem. Eksempelvis var karusse den eneste art, der blev fanget i St. Rosenbusk, hvor der i et garn blev fanget 17 fisk  $\leq 10$  cm og 15 fisk  $> 10$  cm. I en enkelt ruse blev der fanget 263 karusser mellem 3 og 14 cm.

I nogle af garnene og ruserne blev der i råstofsøerne også fanget andet end fisk (figur 4.21).



**Figur 4.19.** Vægtmæssig fangst af fisk i biologiske oversigtsgarn i DK-søer og i råstofsøerne. Til venstre: Fisk under 10 cm's længde. Til højre: Fisk over 10 cm's længde. På figuren er angivet de 12 hyppigste fiskearter fundet i danske småsøer mellem 0,2 og 13 hektar (DK-søer, i alt 78) sammenlignet med fangsten i de 33 råstofsøer, som blev befisket. På højre figur er også tilføjet ørred, som blev fanget i råstofsøerne, men som ikke er blandt de 12 hyppigste arter i DK-søerne.



**Figur 4.20.** Antalsmæssig fangst af fisk i biologiske oversigtsgarn i DK-søer og i råstofsøerne. Til venstre: Fisk under 10 cm's længde. Til højre: Fisk over 10 cm's længde. På figuren er angivet de 12 hyppigste fiskearter fundet i danske småsøer mellem 0,2 og 13 hektar (DK-søer, i alt 78) sammenlignet med fangsten i de 33 råstofsøer, som blev befisket. På højre figur er også tilføjet ørred, gedde, regnbueørred, karpe og suder, som blev fanget i råstofsøerne, men ikke er blandt de 12 hyppigste arter i DK-søerne.



**Figur 4.21.** "Bifangst" ved fiskeundersøgelser. Her krebs fra en af søerne ved Rødekro (venstre) og forskellige smådyr (salamander, vandkalve og haletudser) fra Kongensbro 7.

### Konklusioner

- I de fleste råstofsøer blev der kun fundet få fiskearter, men næsten alle råstofsøerne havde fisk. I nogle tilfælde kan dette skyldes kontakt til andre vandområder i forbindelse med etableringen, men i mange søer er der formentlig udsat fisk.
- Hyppigste arter var skalle, aborre og rudskalle. Den ikke hjemmørende art karpe blev fundet i flere af søerne – formentlig som et resultat af udsætning.
- Med undtagelse af rudskalle var mængden og biomassen af fisk relativt lille, hvilket primært tillægges de generelt næringsfattige forhold.

## 4.13 Undervandsplanter

### 4.13.1 Arter

I tabel 4.4 er der givet en samlet oversigt over arter af undervandsplanter, der blev fundet i råstofsøerne. Antallet af arter varierede mellem 1 og 10, hvilket må tages som minimumstal, eftersom undersøgelserne ikke nødvendigvis har registeret alle forekommende arter. De hyppigste forekommende arter/taxa var trådalger, svømmende vandaks, kruset vandaks, kredsbladet vandranunkel og vandpileurt.

### 4.13.2 Udbredelse

Undervandsplanternes udbredelse varierede meget de enkelte søer imellem (figur 4.22). I de mindre og ofte lavvandede danske søer vil planternes udbredelse i høj grad være et spørgsmål om vandets klarhed, som igen vil være et spørgsmål om næringsstofindhold og væksten af planteplankton.

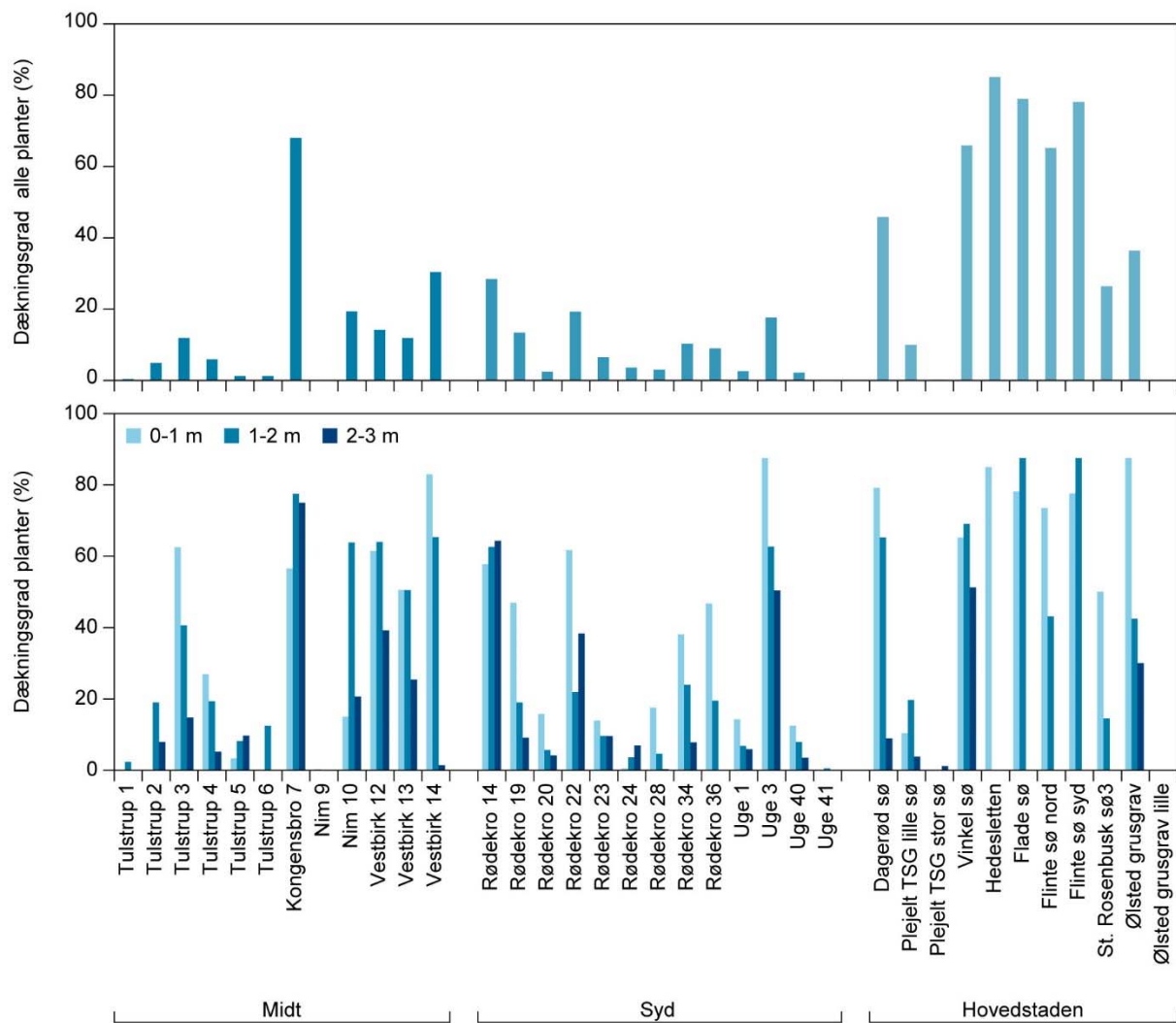
I råstofsøerne, hvor vandet i næsten alle var klart, afspejler planternes udbredelse især forskellen i vanddybde, hvor den samlede dækningsgrad i % af søens areal ikke kan forventes at blive særlig høj i de dybe søer. I de lavvandede søer, hvor vandet samtidig er klart, har planterne derimod potentiale til at have meget høje dækningsgrader. Dette kom eksempelvis til udtryk ved, at de lavvandede råstofsøer på Sjælland ved Hedeland (Vinkel Sø, Hedesletten, Flade Sø og Flinte Sø nord og syd) alle havde en stor dækningsgrad (figur 4.22, øverst). Her kunne bunden være helt dækket af planter (figur 4.23, venstre).

Vanddybdens betydning kan også ses ved, at undervandsplanternes udbredelse på de lavvandede områder af råstofsøerne (0-1, 1-2 og 2-3 m, figur 4.22, nederst) i nogle af de dybe søer godt kan have en høj dækningsgrad. I andre af de dybe søer var selv udbredelsen på de lavvandede områder beskedent. Dette kan skyldes, at søerne endnu er for unge til, at der er sket en indvandring, men eventuelt også, at disse områder ofte vil være ret stejlt skrånende, hvilket kan gøre dem til mindre egnede og ustabile levesteder. Et meget groft og/eller sandet substrat kan også være et uegnet voksested for nogle arter. I figur 4.24 er der givet et eksempel på, hvordan nogle af de hyppigst fundne arter varierede i forekomst mellem de enkelte råstofsøer.

En oversigt over udbredelse og dækningsgrad af undervandsplanter i de enkelte råstofsøer er givet sammen med dybdekortene i bilag 7.8.



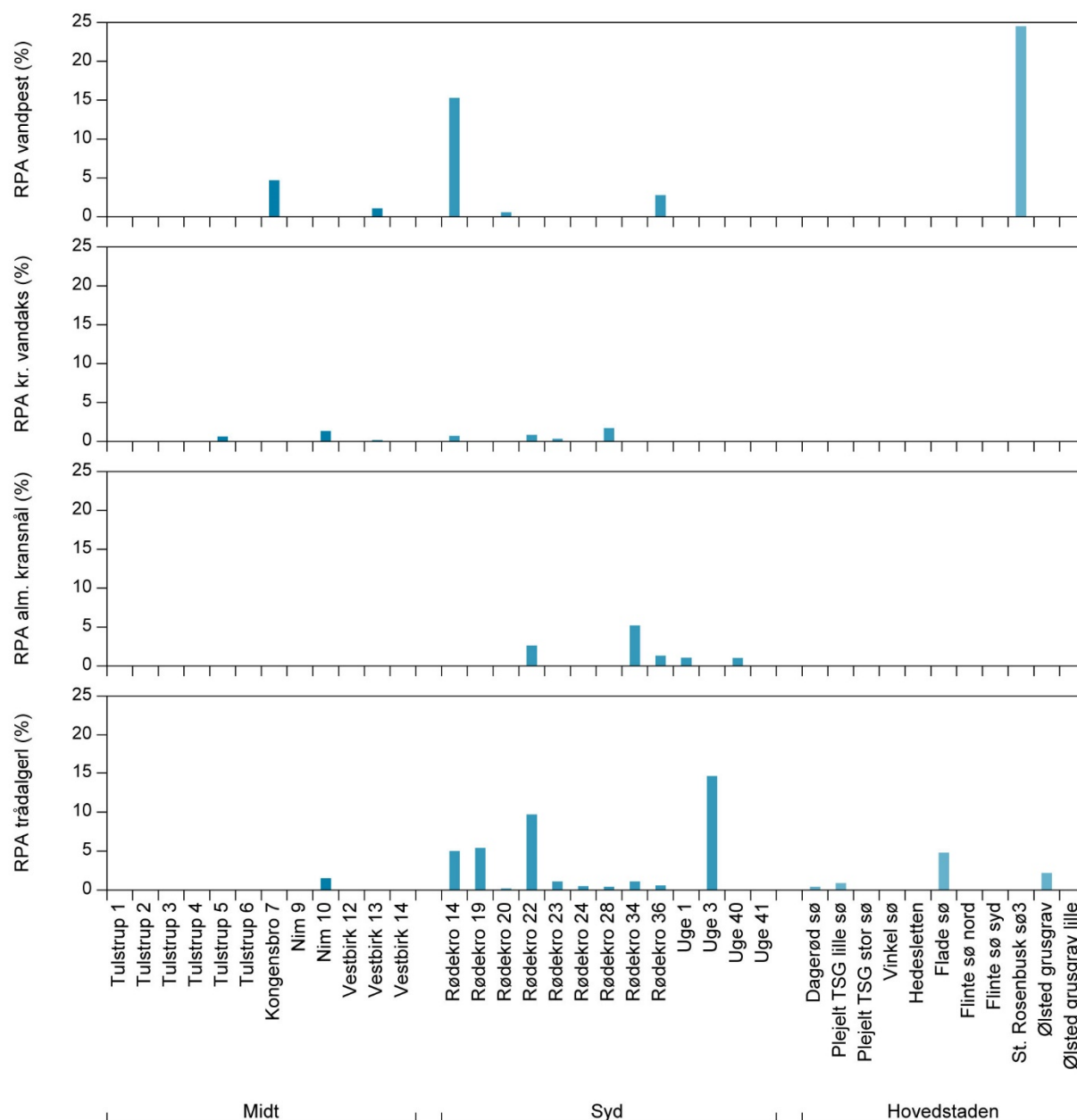




**Figur 4.22.** Undervandsplanternes dækningsgrad i de 35 råstofsøer. Øverst: Den samlede dækningsgrad i % af hele søens areal. Nederst: Den samlede dækningsgrad i dybdeintervallerne fra 0-1, 1-2 og 2-3 m i % af disse dybdeintervallers arealer. I nogle af de lavvandede søer findes dybdeintervallet 2-3 m ikke.



**Figur 4.23.** Undervandsplanter. Til venstre tæt dække af kransnålgælder fra Flade Sø og til højre flere vandaksarter fra en af Tulstrup søerne.



**Figur 4.24.** Eksempel på udbredelsen (dækningsgrad (RPA, relativ plantedækket areal) i procent af søens samlede areal) af nogle af de mest almindeligt forekommende undervandsplanter i de undersøgte råstofsøer.

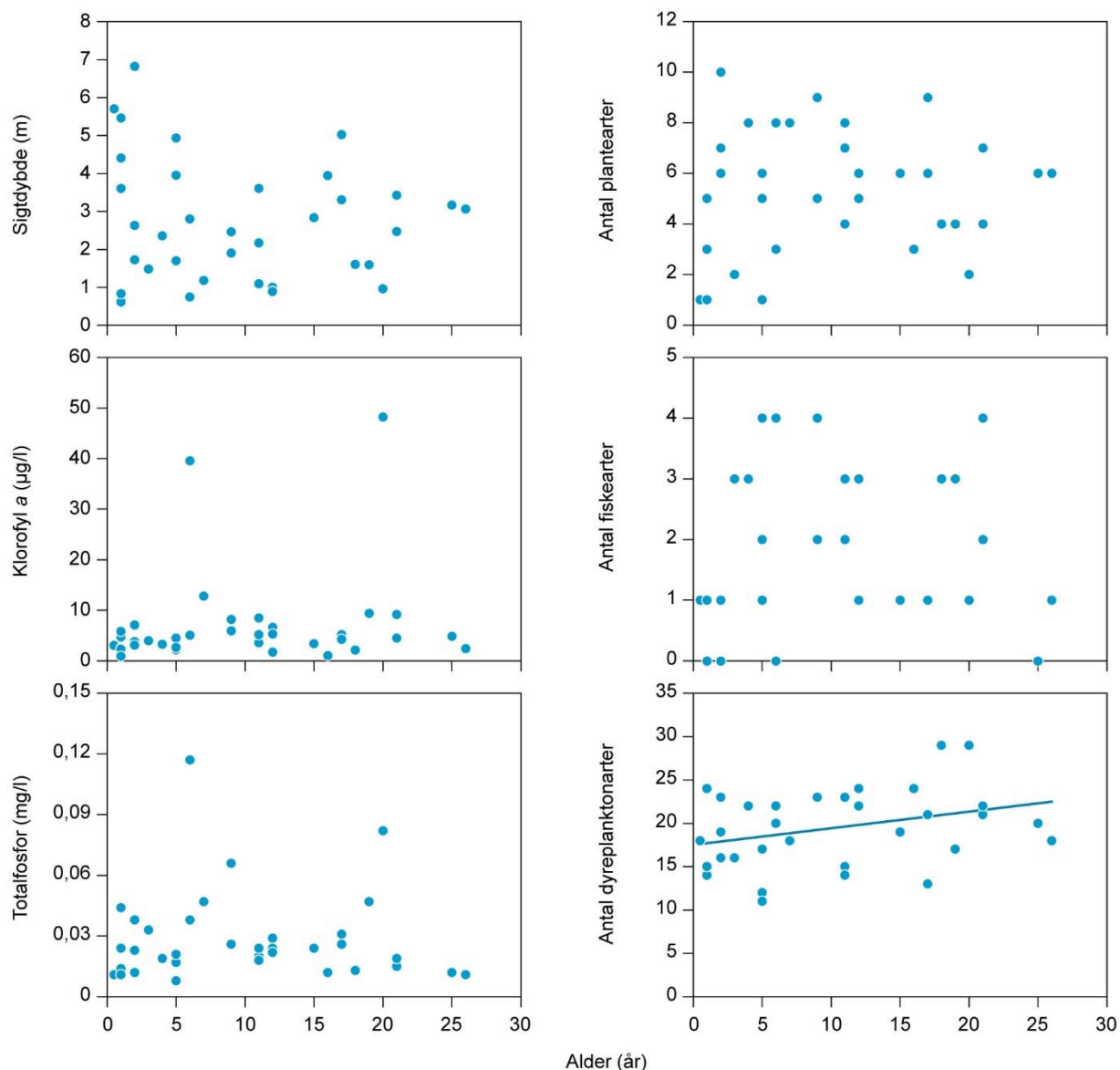
#### Konklusioner

- Der blev fundet undervandsplanter i alle råstofsøerne, men i nogle af søerne kun få arter, hvilket for de "unge" søers vedkommende tilskrives ufuldstændig spredning.
- Udbredelsen (dækningsgraden) af undervandsplanter var meget varierende. I de lavvandede klarvandede råstofsøer var bunden ofte næsten helt dækket af undervandsplanter. I de dybe søer var undervandsplanternes dækningsgrad begrænset til de lavvandede områder.

#### 4.14 Søernes tilstand i forhold til alder

Søernes alder varierede fra mindre end 1 år til 26 år, men det er vanskeligt at se klare mønstre i de undersøgte parametre i forhold til råstofsøernes alder (figur 4.25). Mange af råstofsøerne, ikke mindst de yngre, havde tydeligvis en

ret ringe udbredelse af undervandsplanter på trods af de generelt gode lysforhold. Man må forvente, at udbredelsen i disse søer med tiden vil øges på de lavvandede områder, hvor der vil være tilstrækkelig lys til vækst af undervandsplanter.



**Figur 4.25.** Udvalgte parametre set i forhold til råstofsøernes alder. Antal arter/taxa skal tages med forbehold, fordi listen ikke nødvendigvis er komplet (tager heller ikke højde for forskelle i areal m.m.).

#### Konklusioner

- Generelt var der ingen eller kun en ringe sammenhæng mellem søernes alder og de undersøgte vandkemiske og biologiske parametre.
- I de helt unge søer synes antallet af fiske- og plantearter dog at være mindre end i de lidt ældre søer.
- Antallet af dyreplanktonarter ser ud til at øges lidt med søernes alder.

## 5 Sammenfatning og anbefalinger

### 5.1 Undersøgelsesresultater

Øget indvinding af råstoffer under grundvandsspejlet betyder, at flere råstoffer kan udnyttes og at man evt. kan indvinde flere råstoffer i nærheden af anvendelsesstedet og dermed reducere transporten og de økonomiske og miljømæssige omkostninger herved. Ved råstofindvinding under grundvandsspejlet skabes der flere søer og undersøgelserne i dette projekt peger på, at disse søer har en god natur- og miljøkvalitet, som vil medvirke til at berige den danske natur og det danske landskab.

Fokus i denne undersøgelse har været på råstofsøernes vandkvalitetsmæssige forhold og i mindre grad forekomsten af specifikke flora- og faunaelementer. Undersøgelserne af både undervandsplanter, fisk og dyreplankton viser dog en betydelig artsrigdom i råstofsøerne, hvilket også bekræftes af andre danske undersøgelser (se fx Orbicon, 2016). Samlet set er etableringen af råstofsøer således med til at øge et områdes biodiversitet, herunder selvfølgelig primært de arter, som er tilknyttet vand- og vådområder.

De 35 undersøgte råstofsøers tilstand varierede en del, men generelt havde de en god vandkvalitet og en væsentlig bedre vandkvalitet end den gennemsnitlige kvalitet af andre danske søer af sammenlignelig størrelse. Langt de fleste af råstofsøerne havde en god sigtddybde og et meget lavt indhold af klorofyl *a*. Mediansigtddybden for de danske småsøer er 0,86 m (sommergennemsnit), mens målingen i råstofsøerne som gennemsnit viste 2,47 m. Tilsvarende var den sommergennemsnitlige mediankoncentrationen af klorofyl *a* (som et udtryk for mængden af alger i vandet) på 41 µg/l i danske småsøer, mens den i råstofsøerne var på 5 µg/l som gennemsnit. Vurderet alene på baggrund af den enkelte klorofylmåling opfylder 33 af den 35 undersøgte råstofsøer vandrammedirektivets krav om mindst god økologisk tilstand.

Råstofsøernes gode sigtddybde afspejler de ofte næringsfattige forhold, hvor både fosfor- og kvælstofkoncentrationer var væsentlig lavere end i sammenlignelige danske søer. Det klare vand betyder, at undervandsplanter har gunstige vækstvilkår og potentielt vil kunne vokse ud på forholdsvis store dybder og være med til at skabe et mere rigt biologisk system (højere biodiversitet).

Der var dog enkelte af søerne, som var forholdsvis næringsrige, eksempelvis to råstofsøer ved Nim. Disse to søer har imidlertid ikke nogen direkte kontakt til grundvandet (vandstandsende lag af blåler i bunden af søerne), men modtager vand fra det omgivende og landbrugsprægede opland. Selvom årsags-sammenhænge ikke kan afklares via undersøgelserne i dette projekt, kunne søerne fra Nim være et eksempel på, hvordan råstofsøer uden kontakt til grundvandet nærmere ligner "almindelige" danske søer, der i høj grad får deres næringsstofftilførsel fra det omgivende opland og dermed ofte bliver mere næringsrige. Der findes dog også eksempler på, som blandt andet set ved den naturlige og grundvandsfødte Væng Sø (Søndergaard et al., 2016), at grundvandsfødte søer kan være næringsrige, fordi grundvandet naturligt er næringsrigt. Det kan ikke afgøres, i hvor høj grad dette er tilfældet for de undersøgte råstofsøer.

I de lavvandede og klarvandede råstofsøer var der en meget stor udbredelse af undervandsplanter, der klarer sig godt ved de gode lysforhold og mange steder mere eller mindre dækkede bunden fuldstændigt. I mange af de dybe råstofsøer var undervandsplanternes udbredelse mere begrænset på trods af det klare vand, fordi de lavvandede områder kun udgør en mindre del af søarealet.

Næsten alle råstofsøerne havde en bestand af fisk på trods af, at mange vandhuller og småsøer uden kontakt til andre vandområder naturligt vil være uden fisk. I mange af søerne er der formentligt foretaget udsætninger af forskellige slags fisk herunder karper og i nogle områder også krebs. Udsættningens omfang er ukendt, og på grundlag af de enkelte eller få garn er det ikke muligt at vurdere deres effekt på økosystemet.

De 35 undersøgte råstofsøer var mellem ½ og 26 år gamle, men for de fleste af de undersøgte forhold kunne der ikke registreres større aldersmæssige forskelle imellem søerne. I de allernyeste søer (få år gamle) var der stadigvæk en mangelfuld indvandring af planter og fisk, men ellers tyder det på, at råstofsøerne forholdsvis hurtigt opnår "naturlige" tilstande. I mange af de undersøgte råstofsøer ser der ud til at være udsat fisk, så den naturlige succession her til dels omgås.

I tabel 5.1 er der givet en oversigt over centrale forskelle mellem råstofsøer og naturlige danske søer.

**Tabel 5.1.** Oversigt over centrale forskelle og ligheder mellem de undersøgte råstofsøer og øvrige danske søer af sammenlignelig størrelse (DK-søer).

Parameter	Råstofsøer	DK-søer	Bemærkninger vedr. råstofsøer
<b>Dybdeforhold</b>	Mange er dybe og lagdelte, med stejle skrænter.	Ofte lavvandede og ikke lagdelte.	Relativt små arealer til undervandsplanter.
<b>Kalkholdighed</b>	De fleste kalkrige.	De fleste kalkrige.	Alkalinitet tilstrækkelig høj til at søerne ikke er forsuringstruede.
<b>Vandtilførsel</b>	Formentlig primært via grundvand.	Ukendt, men i højere grad via vandløb, dræn og overfladisk tilstrømning.	Udveksling med grundvand ukendt.
<b>Næringsstofindhold</b>	Ofte næringsfattige.	Ofte næringsrige.	Fra start ingen næringsstofpuljer i sedimentet, men opbygges med tiden.
<b>Klorofyl a</b>	Ofte lavt.	Ofte højt.	Klart vand. Høj rekreativ værdi (badning m.m.).
<b>Sigtdybde</b>	God. Klarvandede.	Ringere. Ofte uklare.	God, så potentielt anvendelige som badesøer.
<b>Biodiversitet</b>	Flora og fauna karakteristisk for næringsfattige søer.	Ofte ret artsfattig pga. eutrofiering.	Høj naturværdi og bidrager til flere af de sjældne danske søtyper.
<b>Undervandsplanter</b>	Potentiel høj dækningsgrad i det klare vand, men kan være begrænset af store vanddybder og stejle skrænter.	Generelt ringe dækningsgrad pga. eutrofiering og uklart vand.	Flere lavvandede områder ville give større udbredelse og bedre vækstvilkår.
<b>Fisk</b>	Ofte udsætning, evt. put & take.	Arter knyttet til næringsrige forhold. Mindre søer ofte naturligt uden fisk.	Udsætning af ikke hjemmehørende arter som potentielt kan påvirke den naturlige flora og fauna.
<b>Økologisk tilstand jf. vandrammedirektiv</b>	Oftest god eller høj.	Oftest moderat eller ringere.	Vigtigt at undgå næringsstofftilførsel fra opland.

## 5.2 anbefalinger

Undersøgelsen af råstofsøerne peger på flere forhold, hvor den naturmæssige værdi evt. kan optimeres i forbindelse med søernes dannelse og efterfølgende håndtering.

### 5.2.1 Udsætning af fisk

Mange småsøer og vandhuller, der ikke er forbundet med andre vandområder, vil naturligt være uden fisk, hvilket kan være med til at forbedre levevilkår for blandt andet padder. Udsætning af fisk bør derfor af naturmæssige årsager undgås, især i de mindste råstofsøer.

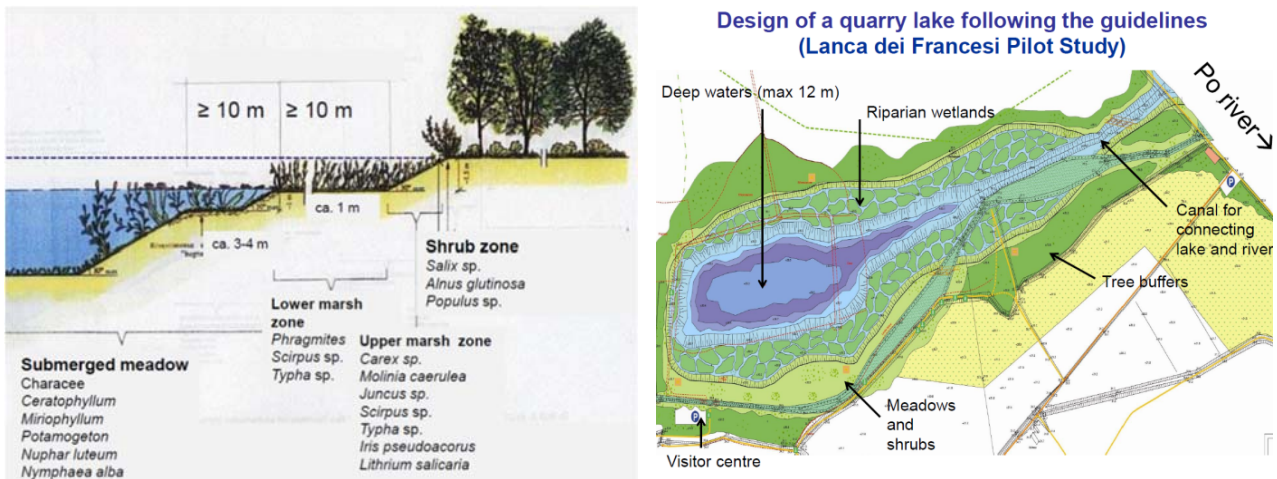
Visse fiskearter, herunder karpe, har generelt en negativ effekt på den økologisk tilstand i søer, blandt andet fordi de via deres fødesøgning roder op i søbunden og derved medvirker til uklart vand (Søndergaard & Lauridsen, 2014). Det skal dog bemærkes, at der mangler viden om, hvilke effekter en beskeden mængde karper har, og i nogle af råstofsøerne blev der observeret karper og samtidig en god vandkvalitet. Fund af karpeyngel i nogle af søerne tyder på, at karpen formår at yngle også i råstofsøerne og derved skabe permanente karpebestande.

### 5.2.2 Udformning af råstofsøer

Søers udformning og design kan have stor indflydelse på deres tilstand, og hvordan de fungerer som levested for forskellige organismegrupper. Baseret på fugletællinger fra 69 nye søer etableret gennem de sidste årtier angav Hansen (2009) således varierende vanddybde, lang kystlinje, opbygning af øer, begrænset adgang for publikum og bekæmpelse af uønskede rovdyr som de fem hovedingredienser for det succesrige design af en fuglesø.

De undersøgte råstofsøer varierede meget i udformning, men generelt var de væsentlig dybere end danske småsøer i almindelighed. For at fremme fremvæksten af undervandsplanter kunne det være hensigtsmæssigt, om råstofsøerne blev etableret med rimeligt store områder, hvor dybden var tilstrækkelig lav til, at undervandsplanterne havde gode vækstbetingelser. Det ville alt i alt bidrage til at øge råstofsøernes biodiversitet.

Lavvandede søer, med en dækningsgrad på mindst 20-30 % af søens samlede areal, har generelt en bedre vandkvalitet end søer med færre undervandsplanter (Søndergaard et al., 2015). Dette kunne tale for at etablere råstofsøer, så mindst 20-30 % af deres areal har vanddybder under ca. 3 m. Dette ville muliggøre, at undervandsplanter kunne kolonisere betydelige arealer og gøre søerne mere robuste over for påvirkninger. Et eksempel på, hvordan udformningen af råstofsøer foreslås gennemført i Italien (Emili-Romagna regionen), er vist i figur 5.1.



**Figur 5.1.** Eksempel på, hvordan råstofsøer langs Po-floden i Italien foreslås etableret. Fra Pierluigi Viaroli (University of Parma, Italien). I modsætning til de danske råstofsøer er der i eksemplet til højre angivet en direkte kontakt til et vandløb (Po-floden).

### 5.2.3 Supplerende undersøgelser

Resultaterne vist i denne rapport giver et overordnet billede af tilstanden i de danske råstofsøer, men der er en række områder, som med fordel også kunne undersøges eller udbygges nærmere. Oversigt over forslag til relevante supplerende undersøgelser m.m. er vist i tabel 5.2.

**Tabel 5.2.** Forslag til supplerende undersøgelser og udregninger vedr. råstofsøer.

Supplerende undersøgelse mm.	Baggrund
Undersøgelser fra alle regioner.	Et mere landsdækkende billede ville give et mere sikkert billede af effekterne opnået ved råstofindvinding under grundvandsspejlet.
Sæsonvariationer.	Mange søer udviser en betydelig sæsonmæssig variation og sæsonmålinger ville kunne belyse, hvor stor denne variation er og give en mere klart billede af hvad, der kan opnås ved råstofindvinding.
År-til-år variationer.	Alle søer udviser år-til-år variationer, men meget få råstofsøer er undersøgt flere år og det gør det mere usikkert, hvor stabile forhold, der kan opnås i råstofsøer.
Successionsforløb efter etablering.	Successionsforløb for flora og fauna efter etablering kan anvendes til at vurdere, hvor hurtigt man efter ophør af råstofindvinding kan forvente stabile forhold.
Biodiversitet.	Biodiversiteten er kun beskrevet i ringe grad og ved at inddrage flere organismegrupper kunne der gives et mere detaljeret og fyldestgørende billede af, hvad der kan opnås ved dannelsen af råstofsøer.
Betydningen af udsætningen af fisk.	Fisk har ofte en strukturerende rolle i søer, men det er usikkert hvordan mængde og typer af fiskeudsætninger påvirker tilstanden i råstofsøer.
Samspil terrestrisk natur – råstofsø.	Råstofsøer udgør kun en del af et råstofområde og der kan med fordel tænkes helhedsorienteret, når råstofindvindingen afsluttes.
Interaktioner med grundvand.	Interaktionerne mellem vandet i råstofsøer og grundvandet er kun undersøgt i begrænset omfang og flere undersøgelser ville øge vores vidensgrundlag.
Betydning af efterbehandling.	I nogle råstofsøer efterbehandles der ved at udlægge et muldlag mere eller mindre tæt på råstofsøen, men eventuelle effekter af dette er ukendte.
Betydning af udformning (dybdeforhold mm.)	Råstofsøernes udformning efter ophør af råstofindvinding kan have stor betydning for søernes tilstand, men mere præcis, hvordan den optimeres er usikker.
Vejledning i udformning af råstofsøer.	En egentlig vejledning i hvordan naturværdierne i et råstofområde optimeres efter ophør af råstofindvinding ville kunne forbedre råstofmyndighedernes beslutningsgrundlag.

## 6 Referencer

Bioconsult. 1992. Plante- og dyrelivet i 5 grusgravsøer ved Rødekro og Uge i Sønderjyllands Amt august 1992.

Bjerring R., Johansson, L.S., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L., Kjeldgaard, A., Sortkjær, L., Windolf, J. & Bøgestrand, J. 2013. Søer 2012. NO-VANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 84 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 76.

Fyns Amt 1998. Plante- og dyrelivet i 6 grusgravssøer i Tarup-Davindeområdet 1997. Rapport til Fyns Amt udarbejdet af Bioconsult.

Hansen, K. 2009. Dårligt design i nye søer giver for få fugle. Fugle og Natur 3: 3-7.

Hortal, J., Nabout, J.C., Calatayud, J., Carneiro, F.M., Padial, A., Santos, A.M.C., Siqueira, T., Bokma, F., Bini, L.M. & Ventura, M. 2014. Perspectives on the use of lakes and ponds as model systems for macroecological research. J. Limnol. 73: 42-56.

Jeppesen, E., Mortensen, E., Sortkjær, O., Kristensen, P., Bidstrup, J., Timmermann, M., Jensen, J.P., Hansen, A.M., Søndergaard, M., Müller, J.P., Jensen, H.J., Riemann, B., Lindegaard, C., Bosselmann, S., Christoffersen, K., Dall, E. & Andersen, J.M. 1989. Restaurering af søer ved indgreb i fiskebestanden. Del 2: Undersøgelser i Frederiksborg Slotssø, Væng Sø og Søbygård Sø. Danmarks Miljøundersøgelser.

Jöbgen, A., Palm, A. & Melkonian, M. 2004. Phosphorus removal from eutrophic lakes using periphyton on submerged artificial substrata. Hydrobiologia 528: 123-142.

Keddy, P.A. 1976. Lakes as islands: the distributional ecology of two aquatic plants, *Lemna Minor* L. and *L. Trisulca* L. Ecology 57: 353-359.

Mollema, P.N., Antonellini, M., Dinelli, E., Greggio, N. & Stuyfz & P.J. 2015. The influence of flow-through saline gravel pit lakes on the hydrologic budget and hydrochemistry of a Mediterranean drainage basin. Limnol. Oceanogr. 60: 2009-2025.

Muellegger, C., Weilhartner, A., Battin, T.J. & Hofmann, C. 2013. Positive and negative impacts of five Austrian gravel pit lakes on groundwater quality. Sci. Tot. Envir. 443: 14-23.

Naturhistorisk Museum. 2011. Biodiversiteten af faunaen i mindre søer i danske nationalparker. Rapport til Kulturarvsstyrelsen (forfatter: Frank Jensen).

Naturstyrelsen. 2014. Retningslinjer for udarbejdelse af vandområdeplaner 2015-2021. Intern arbejdsinstruks.

Orbicon. 2016 (forfatter: P.N. Grøn). Bestanden af strandtudse i Kongensbro Grusgrav i 2016. Rapport til Region Midtjylland.



- Rebsdorf, Aa. & Nygaard, E. 1991. Danske sure og forsurede søer. Miljøprojekt nr. 184. Miljøministeriet.
- Santoul, F., Figuerola, J. & Green, A.J. 2004. Importance of gravel pits for the conservation of waterbirds in the Garonne river floodplain (southwest France). *Biodiv. Conserv.* 13: 1231-1243.
- Sulbrück, C., Ernst, L.G., Arildskov, N.P. & Holmboe, T. 2015. Konsekvenser for grundvandskvaliteten ved råstofindvinding under grundvandsspejlet. *Vand og Jord* 22: 52-55.
- Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Kristensen, E.A, Baattrup-Pedersen, A., Wi-berg-Larsen, P., Bjerring, R. & Friberg, N. 2013. Biologiske indikatorer til vurdering af økologisk kvalitet i danske søer og vandløb Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 76 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 59.  
[www.dmu.dk/Pub/SR59.pdf](http://www.dmu.dk/Pub/SR59.pdf).
- Søndergaard, M. & Lauridsen, T.L. 2014. Fugle og karpers påvirkning af søer. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 50 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 84  
<http://dce2.au.dk/pub/SR84.pdf>.
- Søndergaard, M., Trolle D., Larsen, Bjerring R. 2015. Fastlæggelse af økologisk kvalitet i søer. *Vand og Jord* 22: 13-15.
- Søndergaard M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L., Landkildehus, F. & Kidmose, J. 2016. Væng Sø – to biomanipulationer og 30 års overvågning. *Vand og Jord* 23: 51-54.
- Sønderjyllands Amt. 1999. Miljøtilstanden i sønderjyske råstofsøer.
- Tavernini, S., Viaroli, P. & Rosetti G. 2009. Zooplankton community structure and inter-annual dynamics in two sand-pit lakes with different dredging impact. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 94: 290-307.
- Zhao, T., Grenouillet, G., Pool, T., Tudesque, L. & Cucherousset, J. 2016. Environmental determinants of fish community structure in gravel pit lakes. *Ecol. Freshwat. Fish* 25: 412-421.

## 7 Bilag

### 7.1 Screeningssøerne

**Tabel 7.1.** Oversigt over de undersøgte råstofsøer i forbindelse med screeningsundersøgelsen i 2016. Ølsted grusgrav består af to nærliggende småsøer, som er forbundet med en kanal ("Ølsted grusgrav lille" er beliggende mest østligt, og herfra er der kun vandkemiske analyser).

Sø	UTM	X	Y	Alder, år (skønnet)	Areal, ha	Prøvetagnings- dato (vandkemi)	Totaldybde, meter
<b>Region Midtjylland</b>							
Tulstrup 1	32V	512383	6223474	3	3,1	06-06	15,0
Tulstrup 2	32V	511651	6223404	16	1,2	08-06	9,5
Tulstrup 3	32V	511434	6223149	11	2,9	06-06	10,1
Tulstrup 4	32V	511268	6222904	11	1,4	06-06	11,9
Tulstrup 5	32V	511259	6222710	5	3,5	07-06	15,0
Tulstrup 6	32V	511763	6222569	5	2,9	08-06	10,1
Kongensbro 7	32V	540307	6240199	6	1,0	09-06	2,8
Nim 9	32U	542954	6195636	6	3,9	09-06	4,5
Nim 10	32U	543496	6195408	9	2,5	10-06	8,2
Vestbirk 12	32U	544642	6204302	9	4,6	13-06	10,0
Vestbirk 13	32U	544523	6204627	4	4,1	13-06	15,5
Vestbirk 14	32U	543880	6204498	7	1,6	13-06	4,4
<b>Region Syddanmark</b>							
Rødekro 14	32U	519793	6101374	2	11,5	15-06	11,2
Rødekro 19	32U	519527	6100960	17	4,8	15-06	11,2
Rødekro 20	32U	519542	6101631	11	12,9	15-06	15,9
Rødekro 22	32U	518577	6102915	2	4,4	20-06	11,4
Rødekro 23	32U	518274	6102762	15	5,2	20-06	7,1
Rødekro 24	32U	518131	6102926	17	3,5	20-06	8,0
Rødekro 28	32U	519174	6105543	21	2,1	22-06	8,4
Rødekro 34	32U	520111	6105017	25	4,2	21-06	9,7
Rødekro 36	32U	519107	6104837	26	1,5	22-06	10,0
Uge 1	32U	517915	6091903	5	3,3	23-06	9,3
Uge 3	32U	518268	6090611	19	4,6	23-06	13,9
Uge 40	32U	520066	6091929	1	3,7	23-06	15,1
Uge 41	32U	518169	6091861	0,5	4	23-06	16,3
<b>Region Hovedstaden</b>							
Dagerød sø	33V	339659	6214210	2	2,75	11-08	5,8
Plejelt TSG lille sø	33V	339081	6213889	1	0,5	11-08	4,0
Plejelt TSG stor sø	33V	339150	6213959	1	1,5	11-08	6,3
Vinkel sø	33U	322895	6168986	21	3,5	16-08	3,4
Hedesletten	33U	323050	6168888	12	3	16-08	1,0
Flade sø	33U	322705	6169313	18	2	17-08	1,6
Flinte sø nord	33U	322312	6168335	12	7	16-08	1,8
Flinte sø syd	33U	322259	6167891	12	4,5	16-08	1,2
St. Rosenbusk sø3	33U	327133	6191585	20	0,21	12-08	1,5
Ølsted grusgrav	33U	316304	6200202	1	0,5	12-08	5,1
Ølsted grusgrav lille*	33U			1		12-08	4,0

\*) Kun vandkemiske data.

## 7.2 Supplerende søer

**Table 7.2.** Oversigt over de supplerende undersøgte råstofsøer i 2016. Regionernes prøvetagninger og benævnelser af søer er angivet.

<b>Sø</b>	<b>Prøvetagningsdato (vandkemi)</b>	<b>Totaldybde, meter</b>
<b>Region Midt:</b>		
Samsø 1	15-06-2016	6,2
Samsø 2	15-06-2016	7,9
Samsø 3	15-06-2016	9,6
Røde mølle	15-06-2016	6,5
Glatved	15-06-2016	3,6
Dalgas P-Ø	13-06-2016	3,1
Dalgas P-V	13-06-2016	1,8
Lyne N	13-06-2016	2,1
Lyne S1	13-06-2016	3,6
Lyne S2	13-06-2016	2,4
Finderup N	13-06-2016	3,1
Finderup S	13-06-2016	3,7
<b>Region Hovedstaden:</b>		
Sø nr. 7. Flaske 1	17-08-2016	>15
Sø nr. 8. Flaske 2	17-08-2016	4
Sø nr. 10. Flaske 3	17-08-2016	>10
Sø nr. 11. Flaske 4	17-08-2016	4
Sø nr. 19. Flaske 5	17-08-2016	2,8

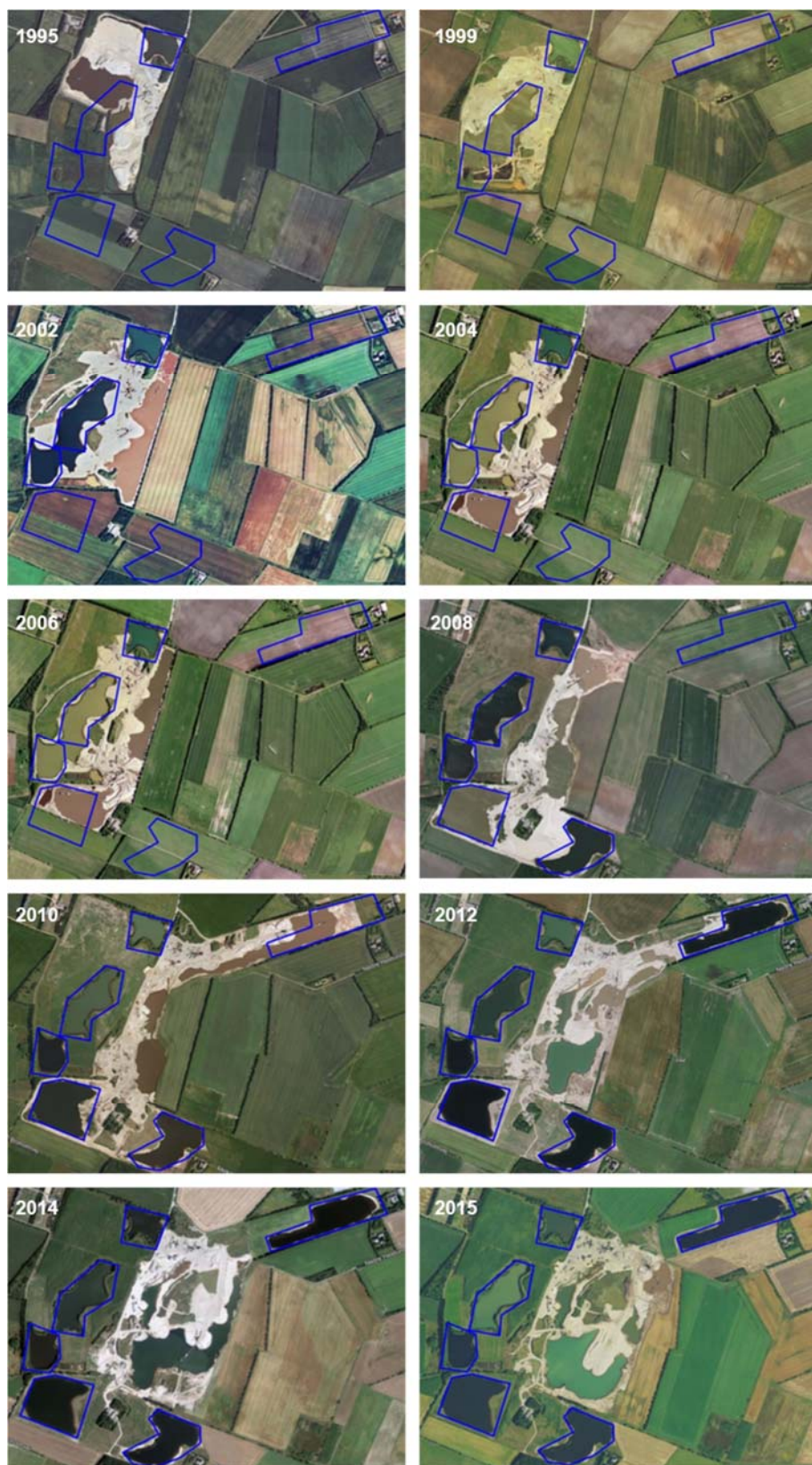
### 7.3 Eksisterende danske data fra råstofsøer

**Tabel 7.3.** Søer fra database, hvor navnet angiver, at der er tale om råstofsøer, men ikke kridtgrave, lergrave, mergelgrave, tørvegrave, klæggrave, kalkgrave og teglværkssøer. Søernes areal (hektar), middeldybde (dybmid, m) og maksimumsdybde (dybmax, m) er angivet.

Obs	Ionavn	areal	dybmid	dybmax
1	RALGRAV KLIM ØST	5,0	2,2	.
2	RALGRAV KOLLERUP	4,0	2,1	4,1
3	RALGRAVE VEST FOR BALLERUM	12,6	.	.
4	GRAVEDE SØER ØST FOR BALLERUM	16,2	.	.
5	DAM SØNDERH. GRUSGRAV	1,9	1,3	.
6	GRUSGRAVSSØ ØST FOR GAMMELBY	1,2	4,0	.
7	RÅSTOFGRAV VED MÅDE	3,3	5,0	.
8	GRUSGRAVSØ I SOLBJERG PLANTAGE	4,5	4,8	.
9	GRUSGRAVSØ VEST FOR GULDAGER	1,2	14,0	.
10	BØRSMOSE GRUSGRAVSSØ VEST	4,9	6,3	.
11	BØRSMOSE GRUSGRAVSSØ ØST	1,4	6,0	.
12	GRUSGRAVSØ ØST FOR HOSTRUP	0,8	2,8	.
13	GRUSGRAVSSØ VED ALSLEV	0,8	2,0	.
14	RÅSTOFSØ I TØNDING ØST	0,8	5,0	.
15	RÅSTOFGRAV I GAMMEL TISTRUP	1,0	4,5	.
16	VIBÆK GRUSGRAV	1,2	6,2	.
17	GRUSGRAVSSØ VED SOLBJERG	2,1	6,3	.
18	RÅSTOFGRAV VED ØSTERVANG	2,5	1,7	.
19	GRUSGRAVSØ RØDEKRO 1	16,7	7,5	.
20	UGE SØ 3	9,6	7,4	16,8
21	GRUSGRAVSØ RØDEKRO 2	4,5	9,0	.
22	RALSØEN	5,3	6,0	10,3
23	RÅSTOFSØ G36	7,9	4,5	8,8
24	GRUSGRAVSSØ 4.3	7,2	8,3	.
25	GRUSGRAVSSØ 5.6	1,3	.	.
26	GRUSGRAVSSØ 5.11	1,9	5,6	.
27	GRUSGRAVSSØ 5.16	4,7	7,8	.
28	GRUSGRAVSSØ 5.18	3,3	5,8	.
29	GRUSGRAVSSØ 5.20	1,5	5,3	.
30	GRUSGRAVSSØ 5.21	1,4	5,0	.
31	GRUSGRAVSSØ 7.9	2,6	.	.
32	GRUSGRAVSSØ 1	0,4	.	.
33	GRUSGRAVSSØ 7.1	12,0	3,6	8,5
34	KIRKEBY SAND NY GRUSGRAV	1,2	.	.
35	KIRKEBY SAND GAMMEL GRUSGRAV	3,4	.	.
36	GRUSGRAVSSØ ØST FOR DARUPVEJ	5,2	6,6	.
37	LANGEBJERG GRAVSØ	4,8	4,9	9,9
38	SKULDELEV GRAVSØ	6,0	3,0	.
39	GRUSGRAVSSØ V. DYNDET	1,8	.	.
40	P.HANSENS GRUSGRAV	3,3	6,0	.

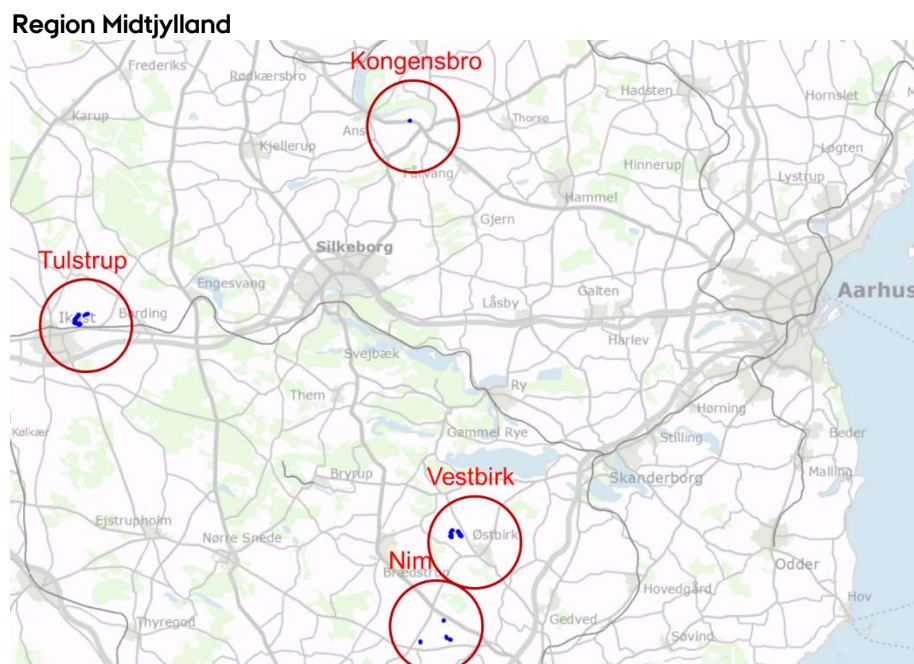
## 7.4 Flyfotoserie fra 1995-2015 fra råstofsøerne ved Tulstrup (Ikast)

**Figur 7.1.** Serie af flyfotos fra området ved Tulstrup (Region Midtjylland).

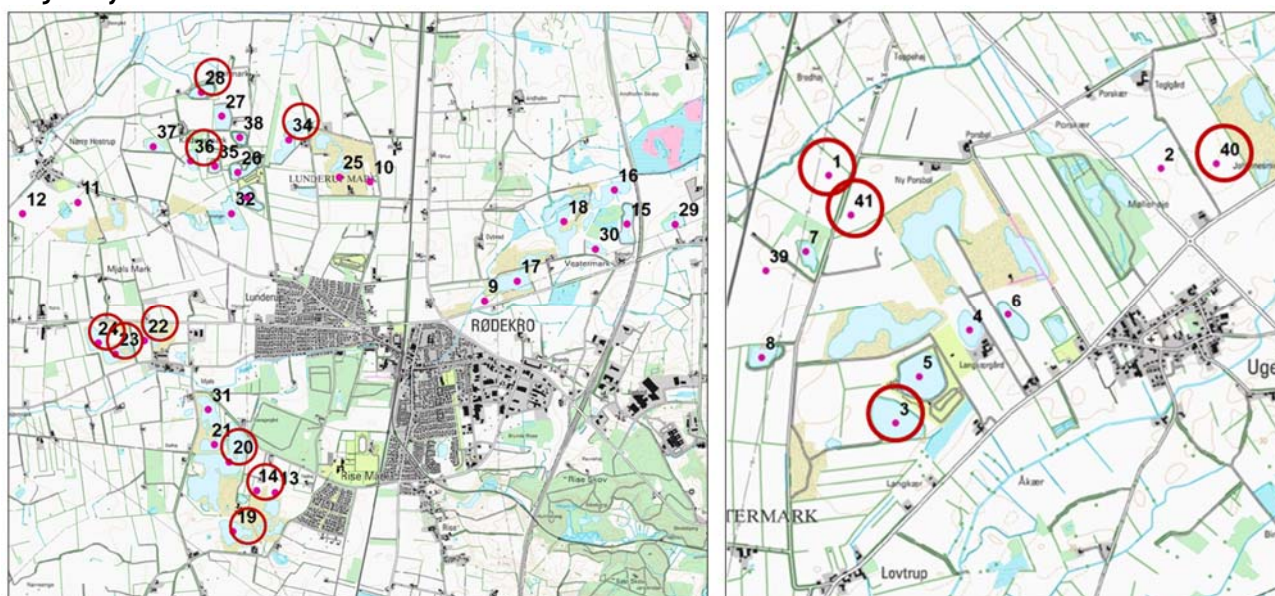


## 7.5 Oversigt over søernes placering i de tre regioner

**Figur 7.2.** Oversigt over placeringen af råstofsøer undersøgt ved screeningsundersøgelserne i Region Midtjylland.



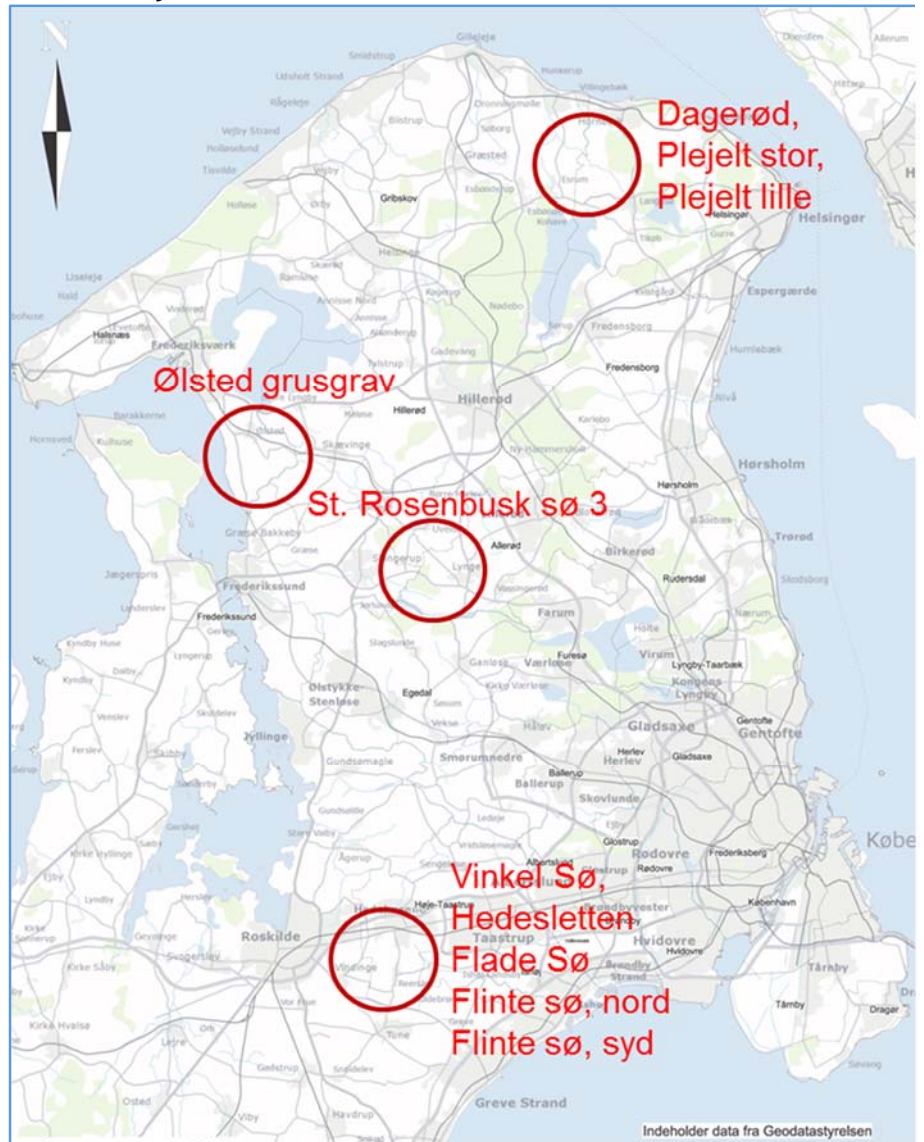
### Region Syddanmark



**Figur 7.3.** Oversigt over placeringen af råstofsøer undersøgt ved screeningsundersøgelserne i Region Syddanmark.

## Region Hovedstaden

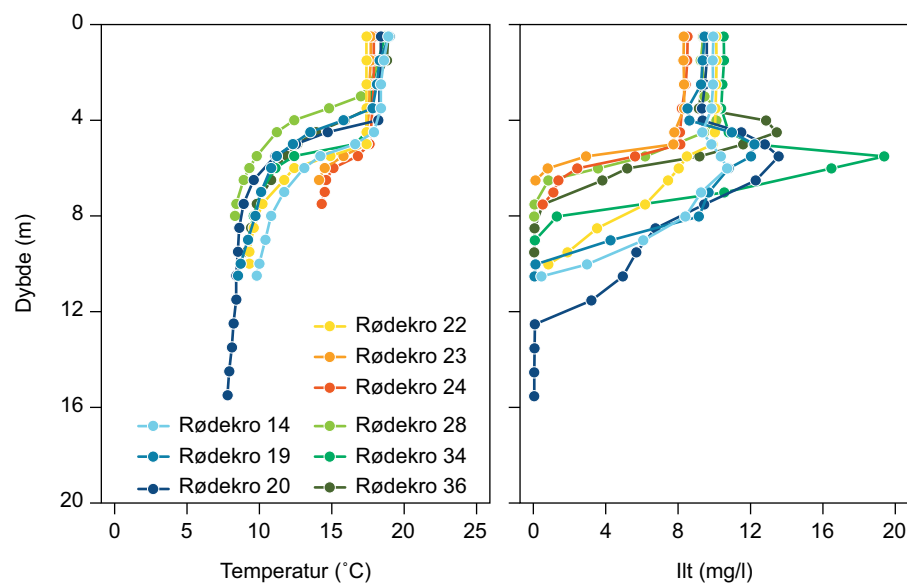
**Figur 7.4.** Oversigt over placeringen af råstofsøer undersøgt ved screeningsundersøgelserne i Region Hovedstaden.



## 7.6 Temperatur- og iltprofiler

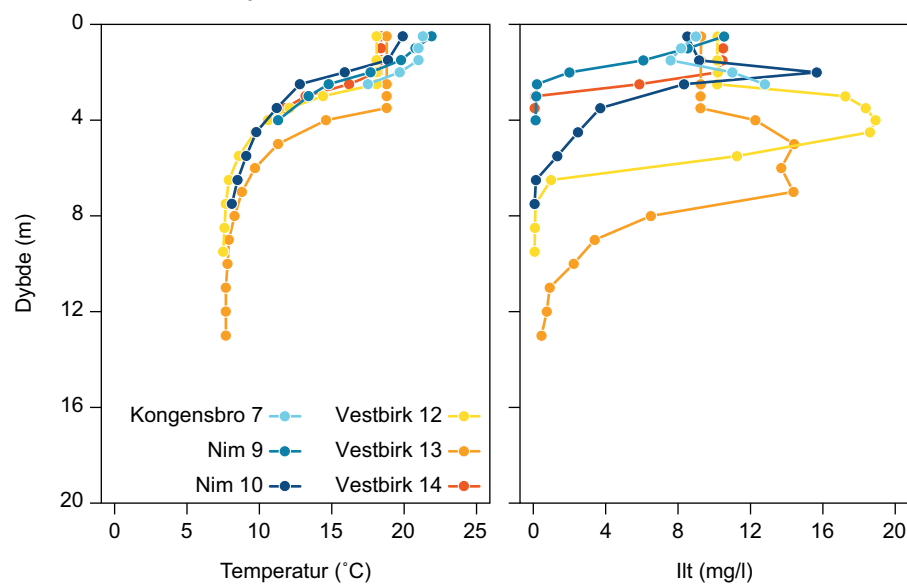
**Figur 7.5.** Profiler af temperatur og ilt i råstofsøer ved Rødekro. Den høje iltkoncentration i 5 m's dybde i Rødekro 34 kan være en fejlmåling. Sønnumre fremgår af bilag 7.1.

**Råstofsøer ved Rødekro**



**Figur 7.6.** Profiler af temperatur og ilt i råstofsøer ved Kongensbro, Vestbirk og Nim. Sønnumre fremgår af bilag 7.1.

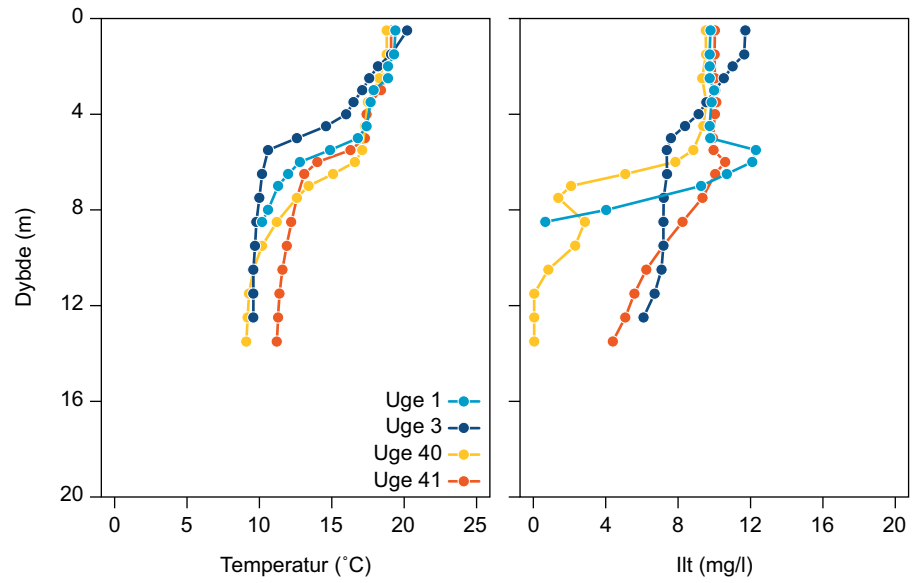
**Råstofsøer ved Kongensbro, Vestbirk, Nim**





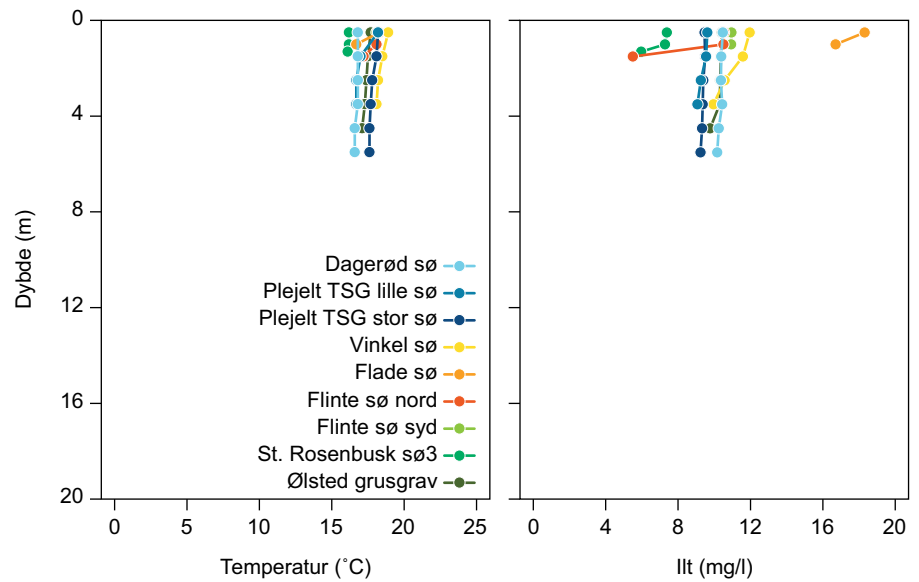
**Figur 7.7.** Profiler af temperatur og ilt i råstofsøer ved Uge. Sø-numre fremgår af bilag 7.1.

### Råstofsøer ved Uge



**Figur 7.8.** Profiler af temperatur og ilt i råstofsøer i øvrige råstofsøer. Sønumre fremgår af bilag 7.1.

### Øvrige råstofsøer med dybdeprofiler



## 7.7 Dyreplankton

Tabel 7.4. Det samlede antal fundne dyreplanktontaxa i råstofsøerne og det gennemsnitlige antal (antal/l) og deres gennemsnitlige biomasse ( $\mu\text{g}$  tørvægt/l) for de 35 søer.

Obs	Taxa (slægt/art)	antal	biomasse
1	Acroperus harpae	0,0544	0,0621
2	Alona affinis	0,0040	0,0023
3	Alona guttata	0,0285	0,0073
4	Alona sp.	0,0040	0,0065
5	Alonella nana	0,203	0,0198
6	Anuraeopsis fissa	172	0,259
7	Ascomorpha ovalis	4,24	0,0423
8	Ascomorpha saltans	1,39	0,0028
9	Ascomorpha sp.	14,4	0,102
10	Ascomorpha spp.	8,87	0,119
11	Asplanchna priodonta	7,05	4,017
12	Bosmina longirostris	57,3	54,3
13	Bosmina longispina	0,0114	0,0042
14	Brachionus angularis	3,17	0,111
15	Brachionus urceolaris	3,21	0,293
16	Calanoida spp.	21,7	25,9
17	Cephalodella sp.	0,889	0,0058
18	Ceriodaphnia pulchella	9,11	4,48
19	Ceriodaphnia sp.	0,229	0,112
20	Chydorus sp.	0,149	0,103
21	Collotheca spp.	3,39	0,151
22	Colurella spp.	2,82	0,0281
23	Colurella uncinata	0,0204	0,0002
24	Conochilus sp.	2,93	0,0199
25	Conochilus unicornis	6,35	0,0958
26	Cyclopoidae spp.	117	109
27	Cyclops sp.	0,0843	0,675
28	Cyclops vicinus	0,0040	0,0828
29	Daphnia cucullata	0,314	1,044
30	Daphnia galeata	6,94	70,7
31	Daphnia galeata/hyalina	7,21	70,3
32	Daphnia longispina	1,74	13,6
33	Daphnia pulex	1,34	12,9
34	Daphnia rosea/longispina	1,52	14,6
35	Daphnia sp.	5,99	57,8
36	Diaphanosoma brachyurum	0,0204	0,0448
37	Diaphanosoma sp.	0,0489	0,0732
38	Eudiaptomus gracilis	1,18	9,407
39	Eudiaptomus graciloides	0,143	1,009
40	Eudiaptomus sp.	0,0204	0,207
41	Filinia longiseta	11,6	0,279
42	Gastropus sp.	27,6	0,622
43	Gastropus stylifer	4,88	0,147
44	Gruppe:Asplanchna girodi-brightwelli	0,639	0,951
45	Gruppe:Keratella cochlearis	497	1,74
46	Hexarthra mira	0,721	0,0418
47	Hexarthra sp.	1,19	0,0600
48	Kellicottia longispina	25,6	0,179
49	Keratella quadrata	24,7	1,234
50	Lecane spp.	2,44	0,0207
51	Lepadella spp.	0,604	0,0028
52	Leptodora kindtii	0,0081	0,0428
53	Leydigia leydigi = Leydigia quadrangularis	0,0081	0,0349
54	Limnosida frontosa	0,0040	0,0088
55	Mesocyclops leuckarti	1,30	3,16
56	Mesocyclops sp.	0,0084	0,0142
57	Mytilina spp.	1,66	0,0164

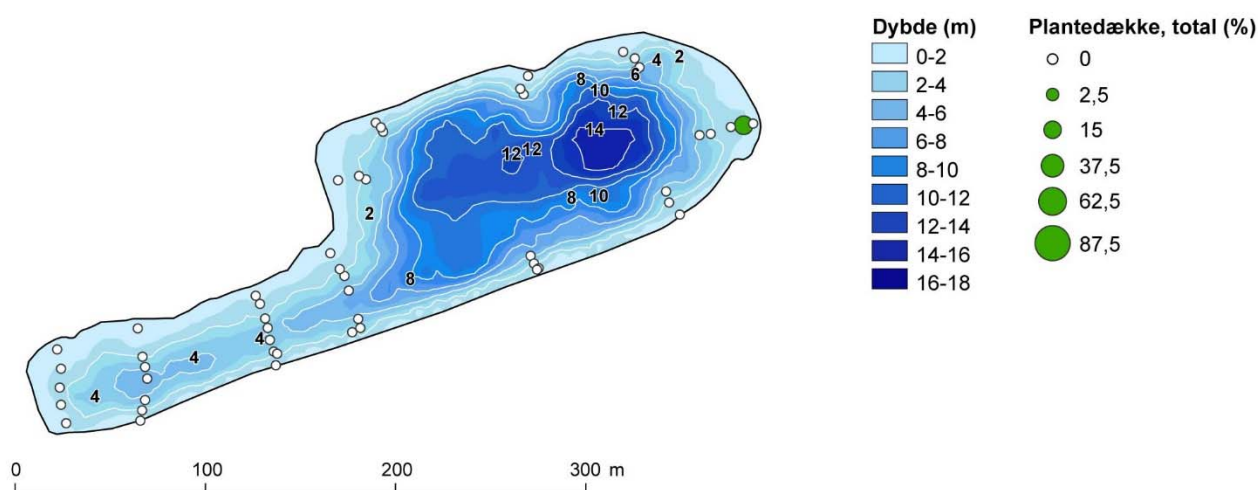
58	Paracolurella sp.	0,0408	0,0004
59	Pleuroxus aduncus	0,0040	0,0047
60	Ploesoma hudsoni	0,0163	0,0070
61	Polyarthra spp.	349	11,4
62	Polyphemus pediculus	0,0394	0,244
63	Pompholyx complanata	8,052	0,0773
64	Pompholyx sulcata	28,9	0,290
65	Rotatoria sp.	9,81	0,304
66	Scapholeberis mucronata	0,0040	0,0144
67	Sida crystallina	0,0040	0,0307
68	Simocephalus sp.	0,0394	0,941
69	Synchaeta spp.	63,7	2,16
70	Testudinella patina	0,0204	0,0010
71	Thermocyclops oithonoides	1,16	1,50
72	Thermocyclops sp.	0,127	0,172
73	Trichocerca capucina	0,490	0,0503
74	Trichocerca porcellus	0,0612	0,0008
75	Trichocerca pusilla	27,3	0,191
76	Trichocerca similis/birostris	54,4	1,56
77	Trichocerca sp.	7,95	0,0416
78	Trichocerca stylata	1,36	0,0136
79	Trichotria sp.	0,0043	0,0001

---

## 7.8 De enkelte søer

Her gives en meget kort beskrivelse af de enkelte søer. For sønavne se også bilag 7.1. I søer og områder af søer med tæt vegetation vil dybdemåleren evt. angive søens dybde til at være overfladen af plantedækket.

Tulstrup 1

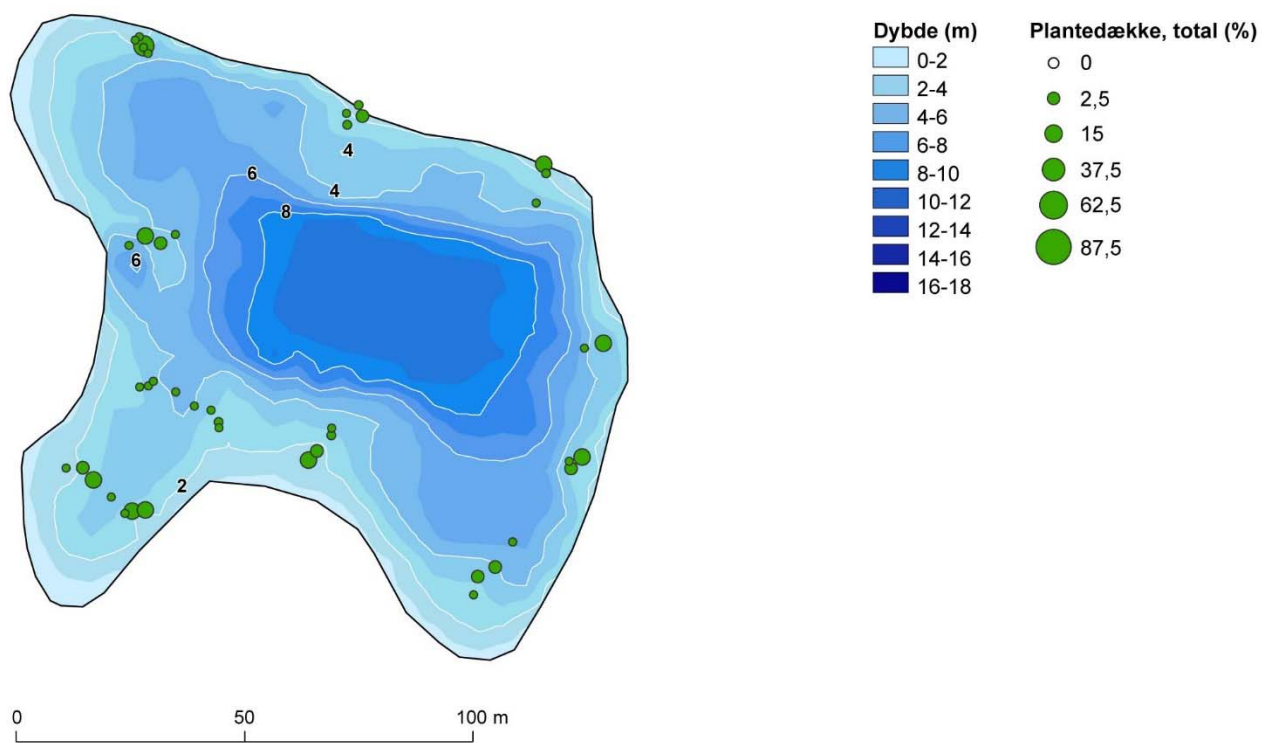


Region Midtjylland. Sø: Tulstrup 1. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Tulstrup 1.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigtdybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	0,81	7,7	1,48	4	0,033	0,32
<b>Undervandsplanter</b>	Svømmende vandaks, liden siv					
<b>Fisk</b>	Skalle, regnløje, 3-pigget hundestejle					

## Tulstrup 2

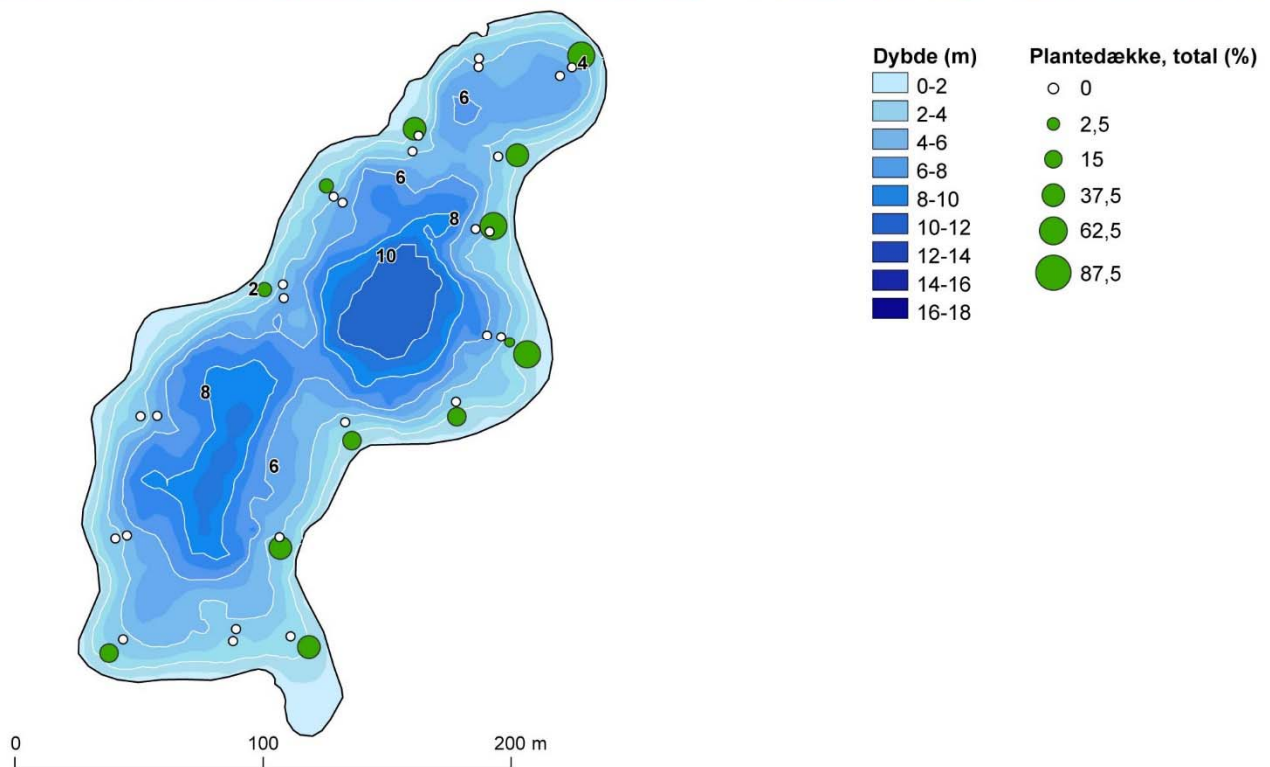


Region Midtjylland. Sø: Tulstrup 2. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Tulstrup 2.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigtedybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	0,78	7,7	3,94	1	0,012	0,21
<b>Undervandsplanter</b>	Svømmende vandaks, langbladet vandaks/hybrid, krebsklo					
<b>Fisk</b>	?, Ikke fisket					

### Tulstrup 3

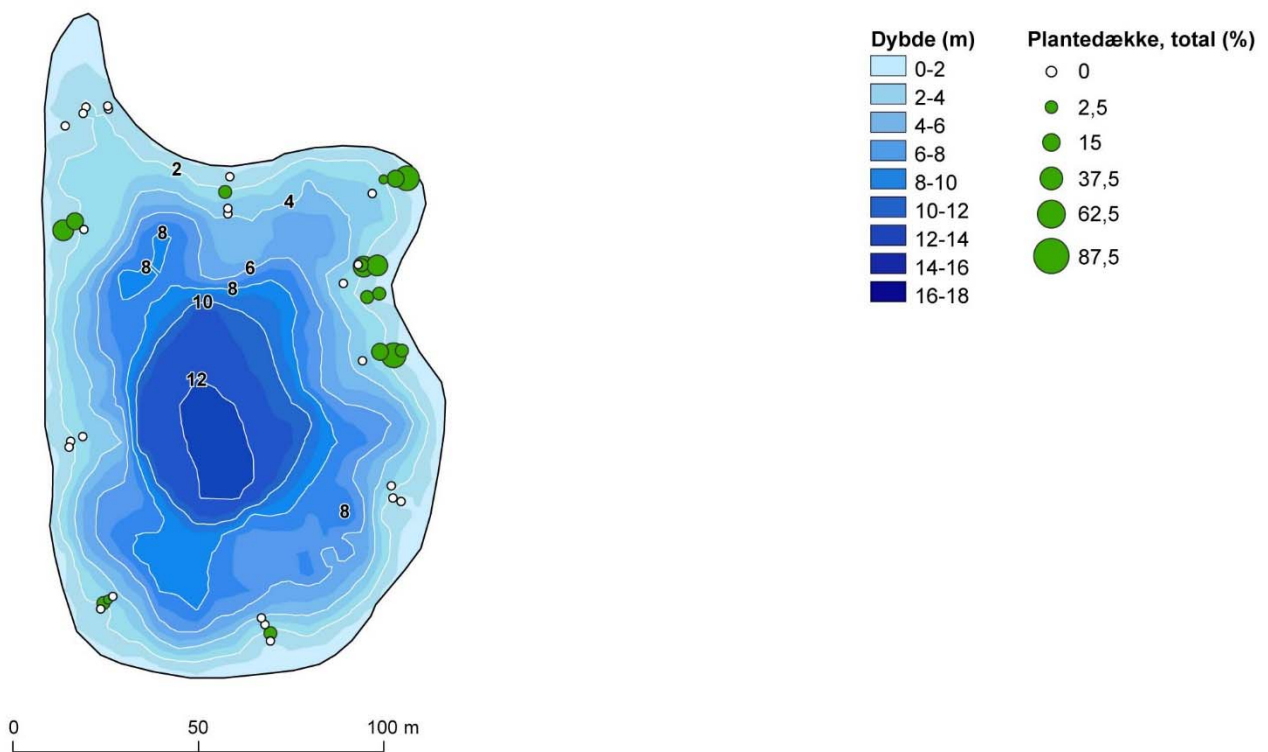


Region Midtjylland. Sø: Tulstrup 3. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Tulstrup 3.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	0,34	6,8	1,09	3,5	0,020	0,30
<b>Undervandsplanter</b>	Svømmende vandaks, langbladet vandaks/hybrid, vandranunkel, fladfrugtet vandstjerne, smalbladet vandstjerne, akstusindblad, vandspir, liden siv					
<b>Fisk</b>	Skalle, rudskalle, gedde					

## Tulstrup 4

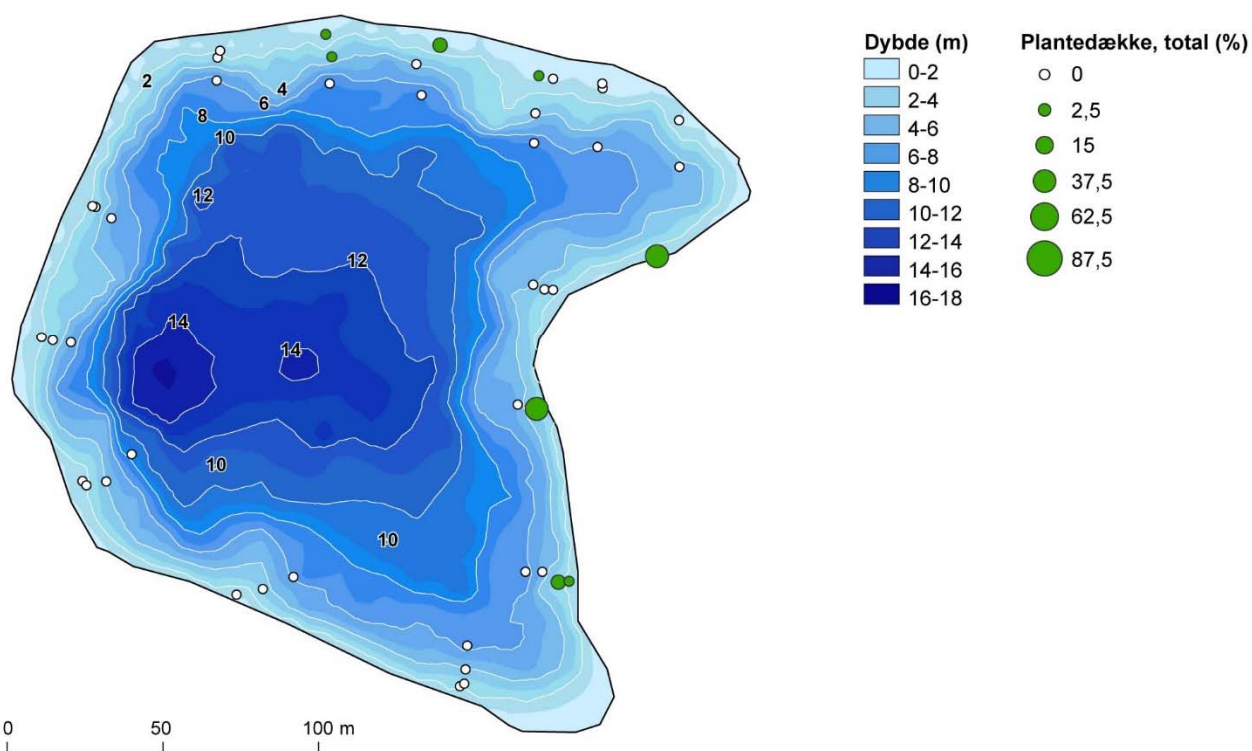


Region Midtjylland. Sø: Tulstrup 4. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

### Tulstrup 4. Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	1,05	7,7	2,17	5,2	0,024	0,55
<b>Undervandsplanter</b>	Svømmende vandaks, langbladet vandaks/hybrid, liden vandaks, liden andemad					
<b>Fisk</b>	Skalle, gedde					

## Tulstrup 5



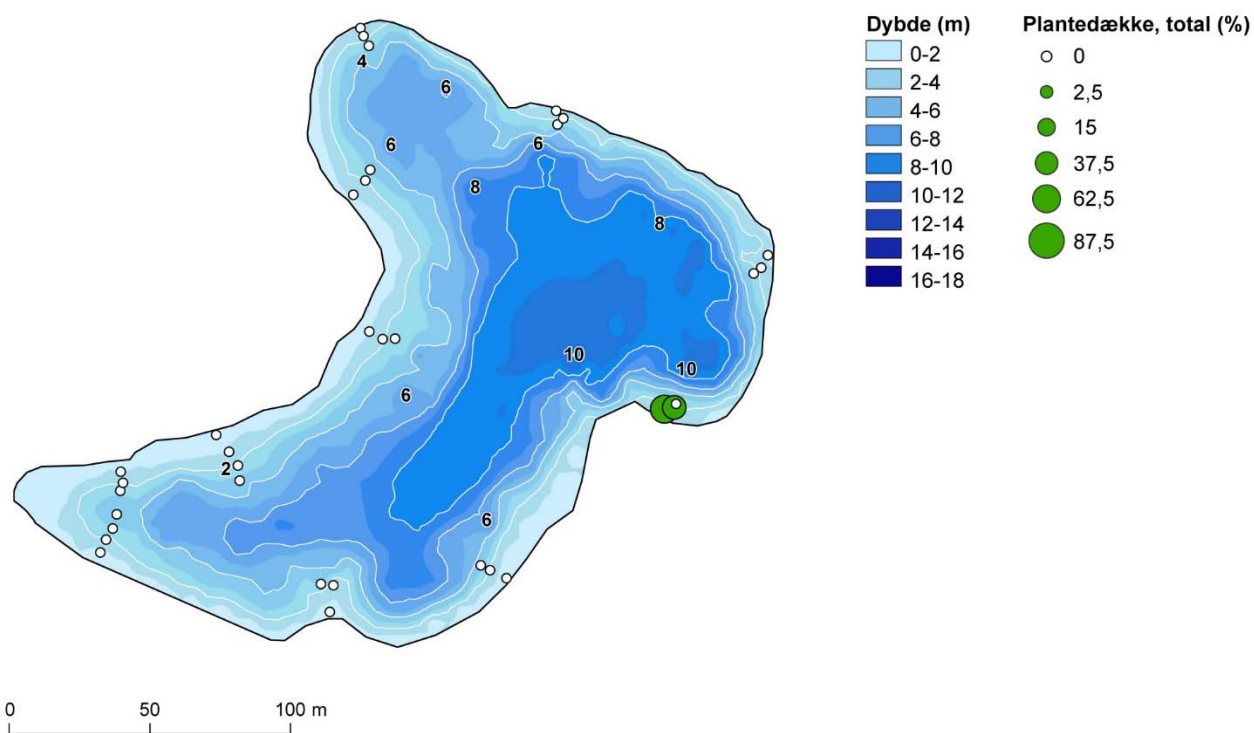
Region Midtjylland. Sø: Tulstrup 5. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

### Tulstrup 5. Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l) pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)	
	1,79	8,5	3,95	2,2	0,017	0,24
Undervandsplanter	Svømmende vandaks, langbladet vandaks/hybrid, liden vandaks, kruset vandaks, trådalger					
Fisk	Skalle, regnløje, gedde, aborre					



## Tulstrup 6

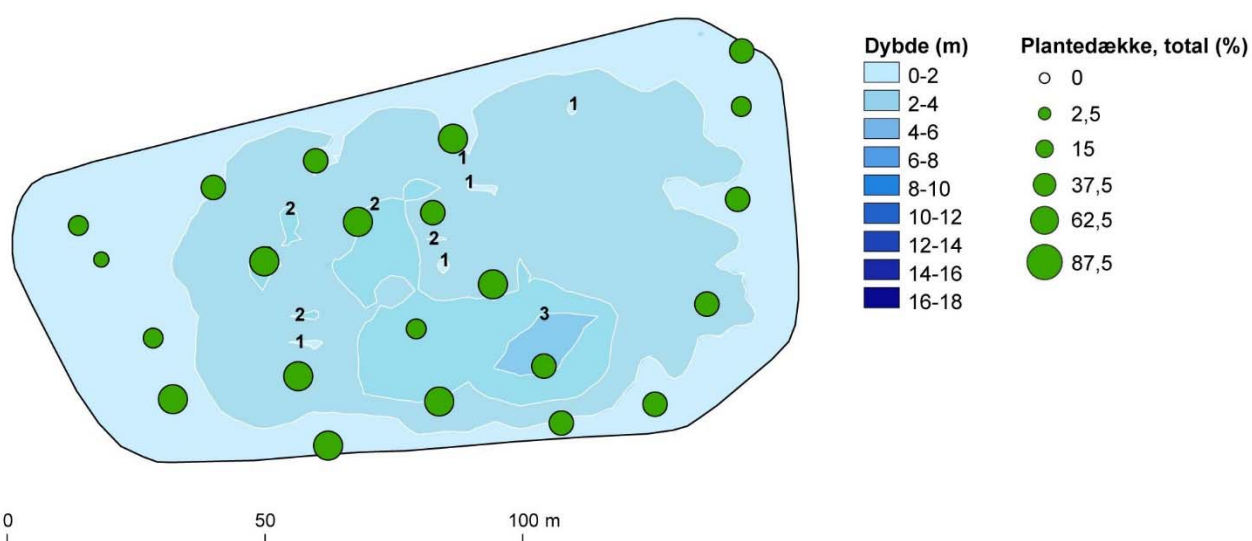


Region Midtjylland. Sø: Tulstrup 6. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Tulstrup 6.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l) pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	0,39      7,6	1,70	4,5	0,021	0,15
Undervandsplanter	Svømmende vandaks				
Fisk	Skalle, regnløje				

## Kongensbro 7

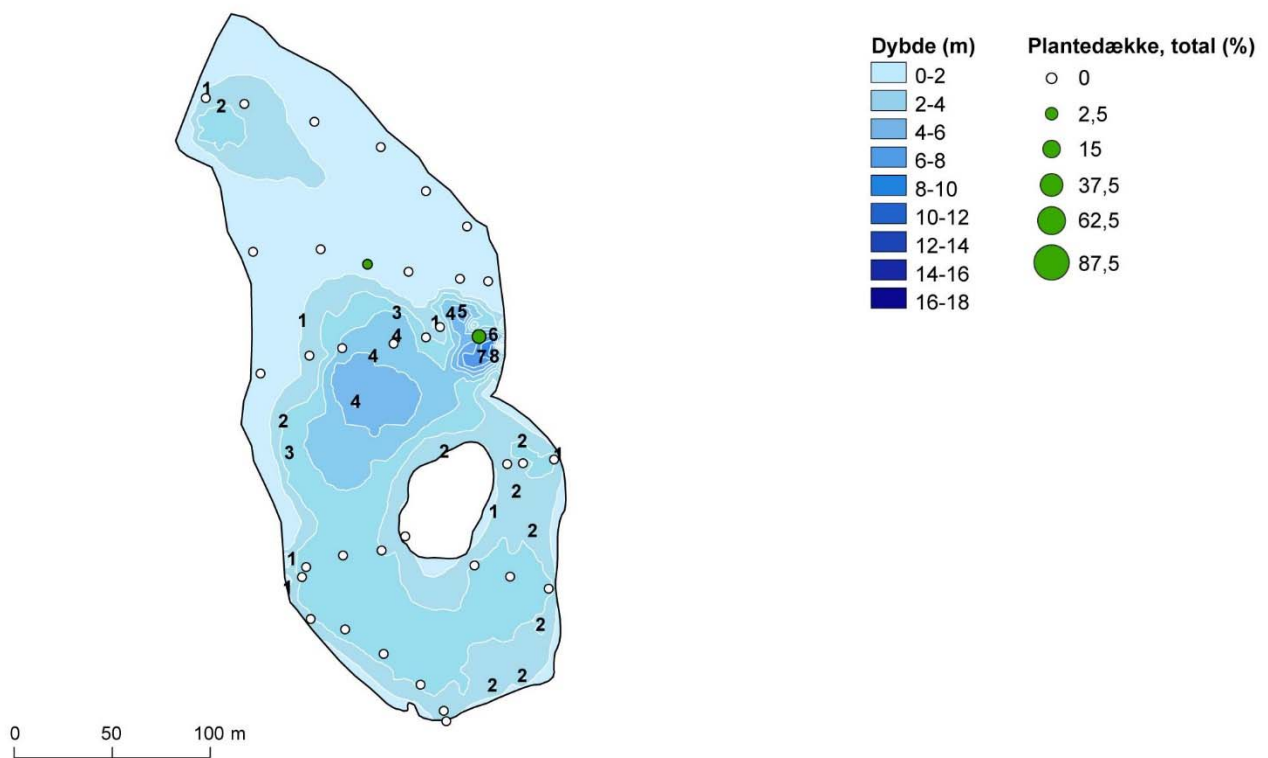


Region Midtjylland. Sø: Kongensbro 7. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

### Kongensbro 7. Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	0,55	7,5	>2,8	5,1	0,038	0,60
Undervandsplanter	Liden vandaks, hjertebladet vandaks, butbladet vandaks, alm vandpest, liden andemad, akstusindblad, Chara, trådalger					
Fisk	Ingen fangst, men karpe observeret.					

## Nim 9

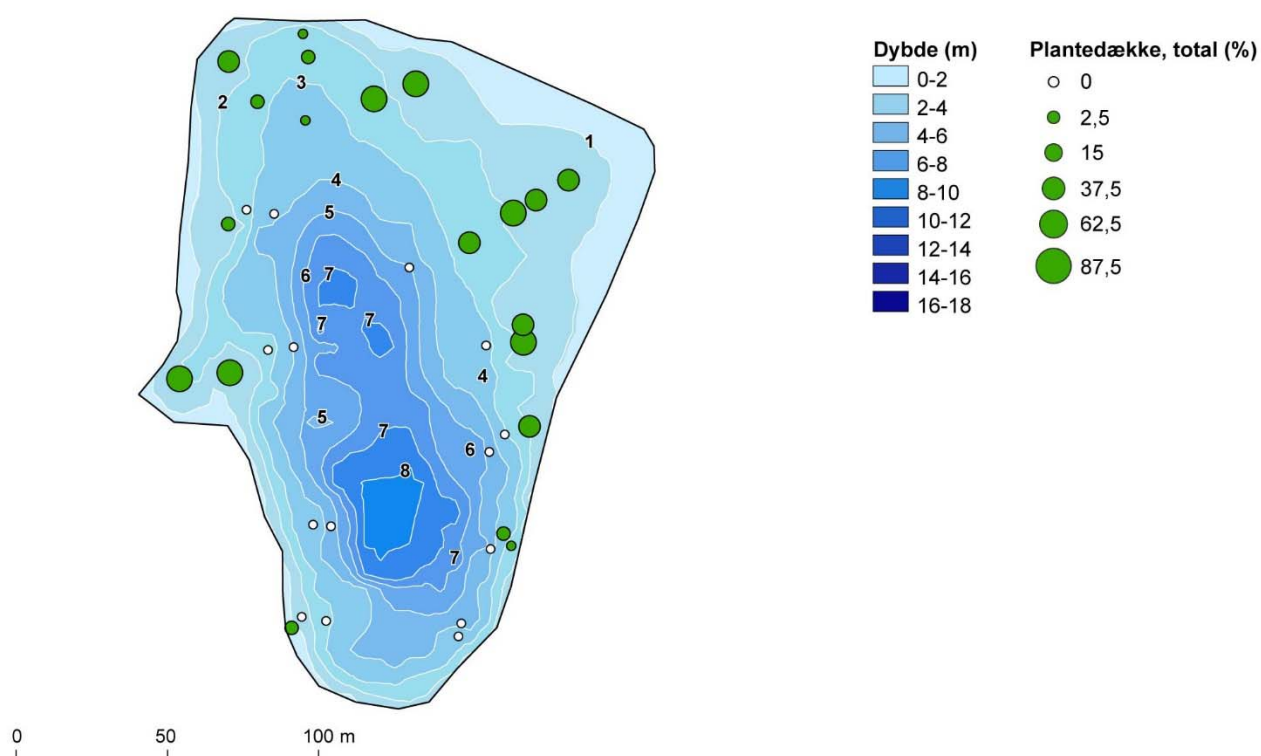


Region Midtjylland. Sø: Nim 9.

**Nim 9.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	3,29	8,5	0,74	39,5	0,117	2,47
Undervandsplanter	Liden andemad, akstusindblad, trådalger					
Fisk	Skalle, karpe, aborre, suder (ruse)					

## Nim 10

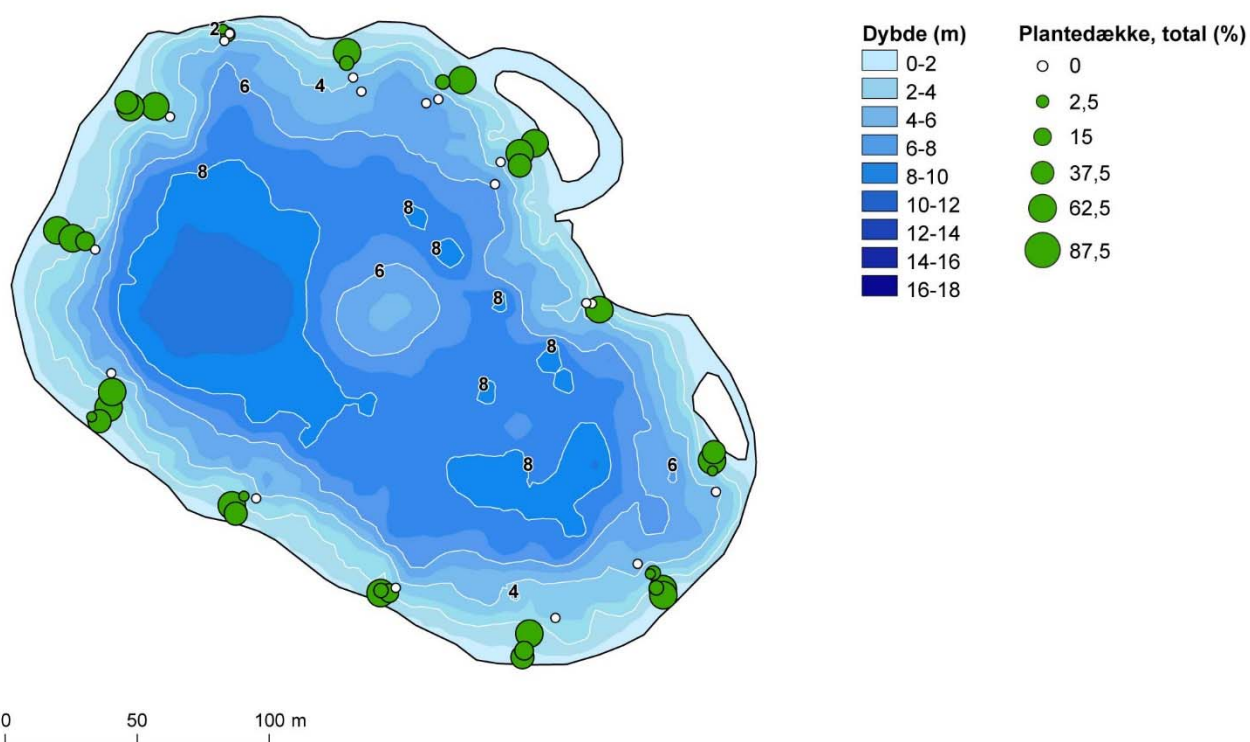


Region Midtjylland. Sø: Nim 10. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Nim 10.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	3,59	7,9	2,5	8,2	0,066	2,89
Undervandsplanter	Kruset vandaks, vandranunkel, kredsbladet vandranunkel, vedbend vandranunkel, fladfrugtet vandstjerne, liden andemad, akstusindblad, trådalger, vandpileurt					
Fisk	Skalle, karpe (ruse), aborre, suder					

## Vestbirk 12

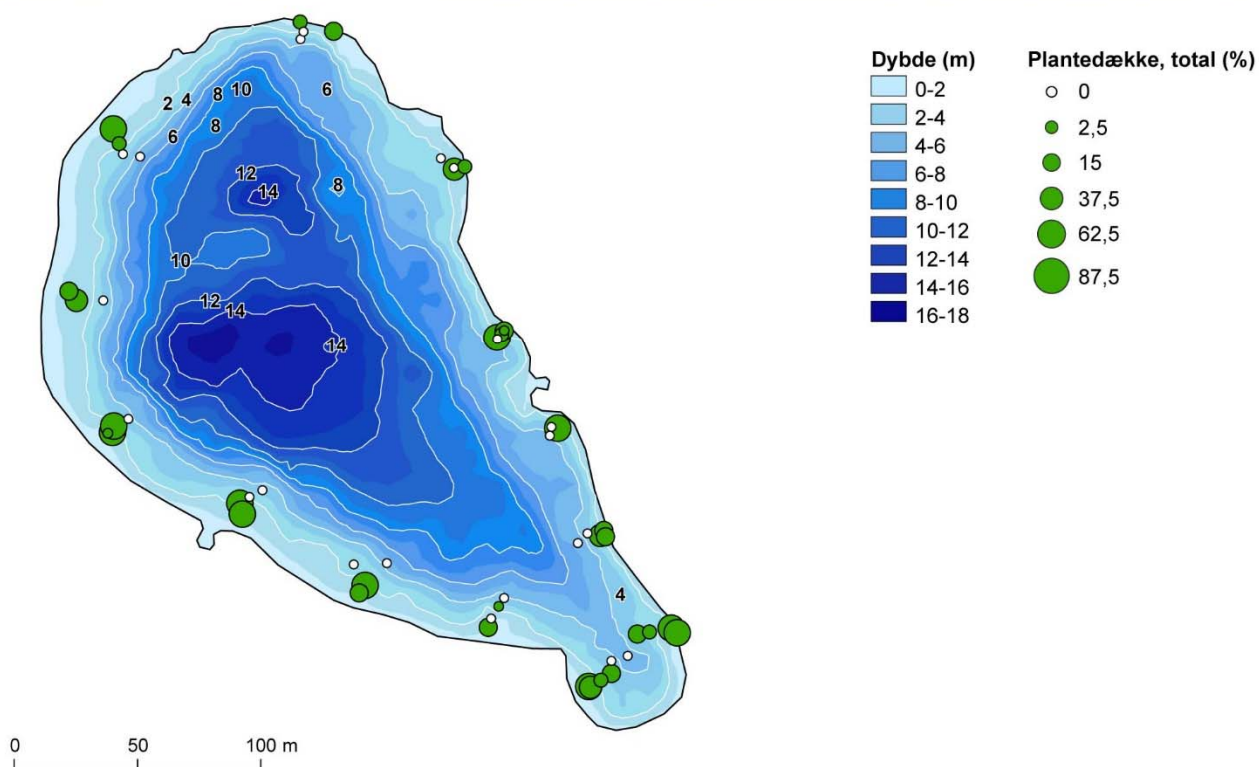


Region Midtjylland. Sø: Vestbirk 12. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Vestbirk 12.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigtdybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	3,22	8,4	1,9	5,9	0,026	0,13
Undervandsplanter	Liden vandaks, kruset vandaks, kredsbladet vandranunkel, hår tusindblad, vandspir					
Fisk	Skalle, aborre					

## Vestbirk 13

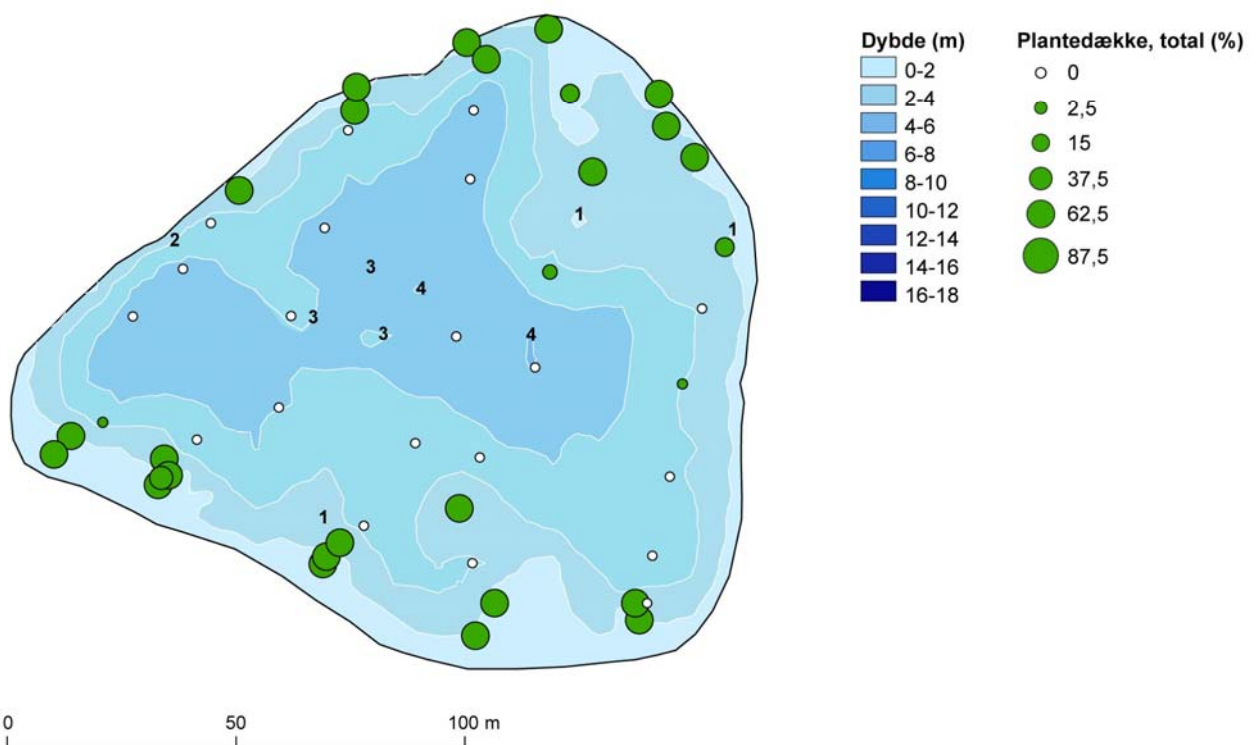


Region Midtjylland. Sø: Vestbirk 13. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Vestbirk 13.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigtdybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	3,01	8,4	2,4	3,3	0,019	<0,05
Undervandsplanter	Svømmende vandaks, liden vandaks, kruset vandaks, alm vandpest, kredsbladet vandranunkel, hår tusindblad, vandspir, trådalger					
Fisk	Skalle, aborre, grundling (ruse).					

## Vestbirk 14

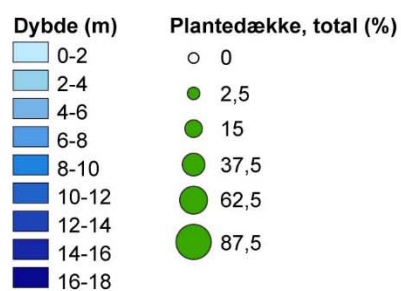
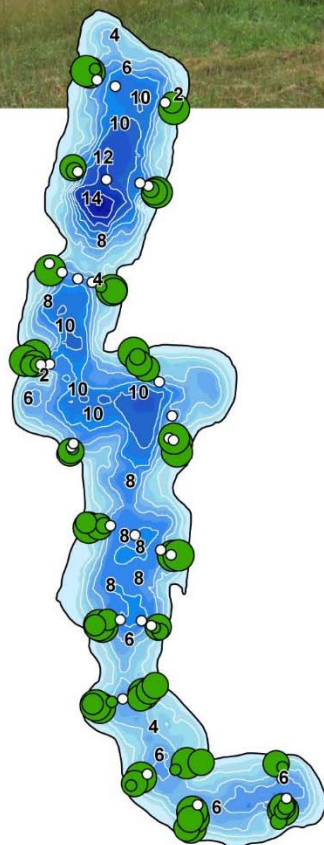


Region Midtjylland. Sø: Vestbirk 14. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Vestbirk 14.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,12	8,8	1,2	12,8	0,047	0,53
Undervandsplanter	Børstebladet vandaks, liden vandaks, tornfrøet hornblad, kredsbladet vandranunkel, hår tusindblad, vandspir, vandpileurt, hvid åkande					
Fisk	Ikke fisket					

## Røde kro 14



0 100 200 m

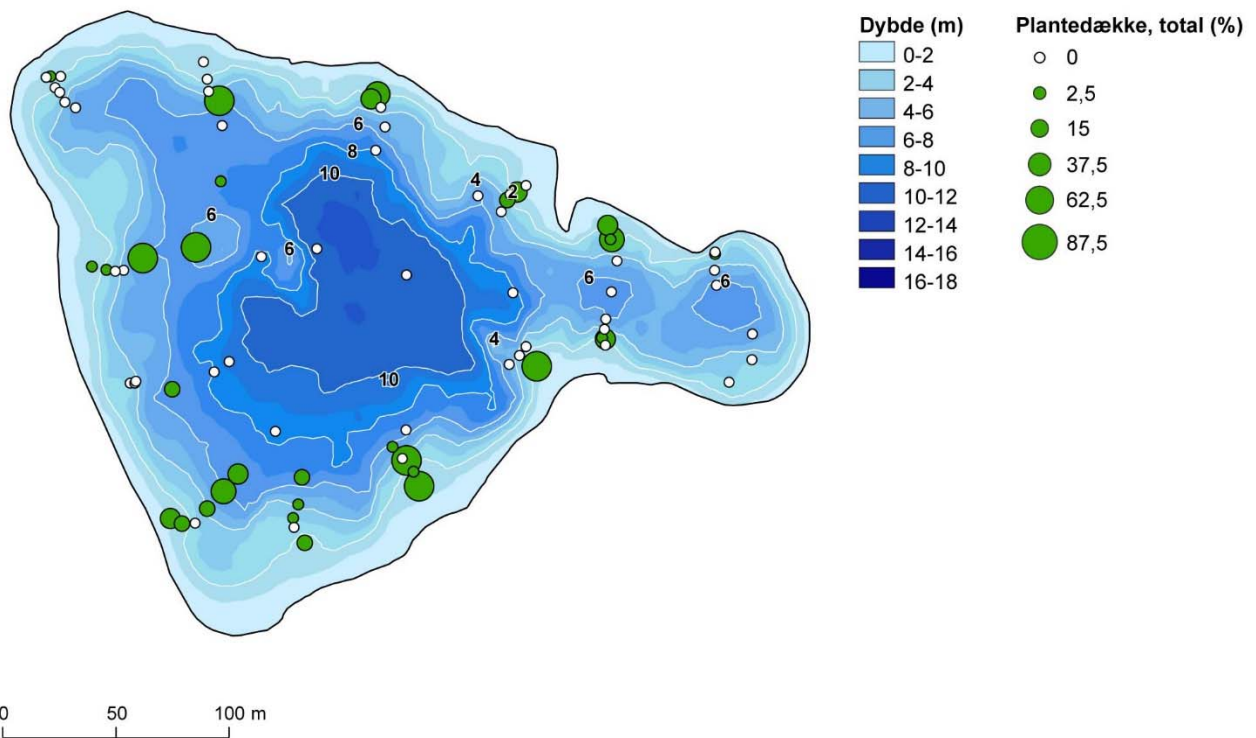
Region Syddanmark. Sø: Røde kro 14. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Røde kro 14.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	1,96	8,4	6,8	3,7	0,023	0,12
Undervandsplanter	Børsteblandet vandaks, liden vandaks, kruset vandaks, alm vandpest, kredsbladet vandranunkel, hår tusindsblad, <i>Chara</i> , trådalger, stor kildemos, vandpileurt					
Fisk	Aborre.					



## Rødekro 19

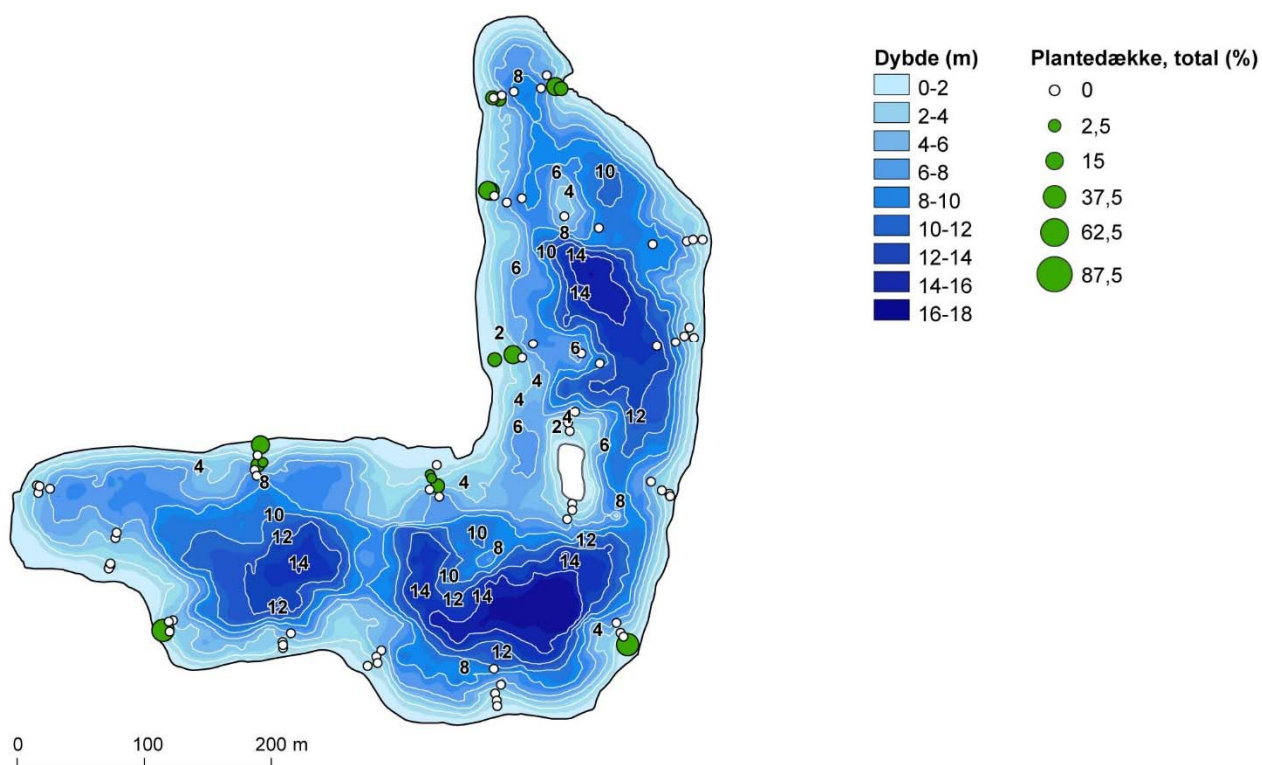


Region Syddanmark. Sø: Rødekro 19. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

### Rødekro 19. Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,38	8,3	5,0	5,2	0,031	0,10
Undervandsplanter	Svømmende vandaks, kruset vandaks, kredsladet vandranunkel, vedbend vandranunkel, kors andemad, <i>Chara</i> , trådalger, vandpileurt, hvid åkande					
Fisk	Aborre.					

## Røde kro 20

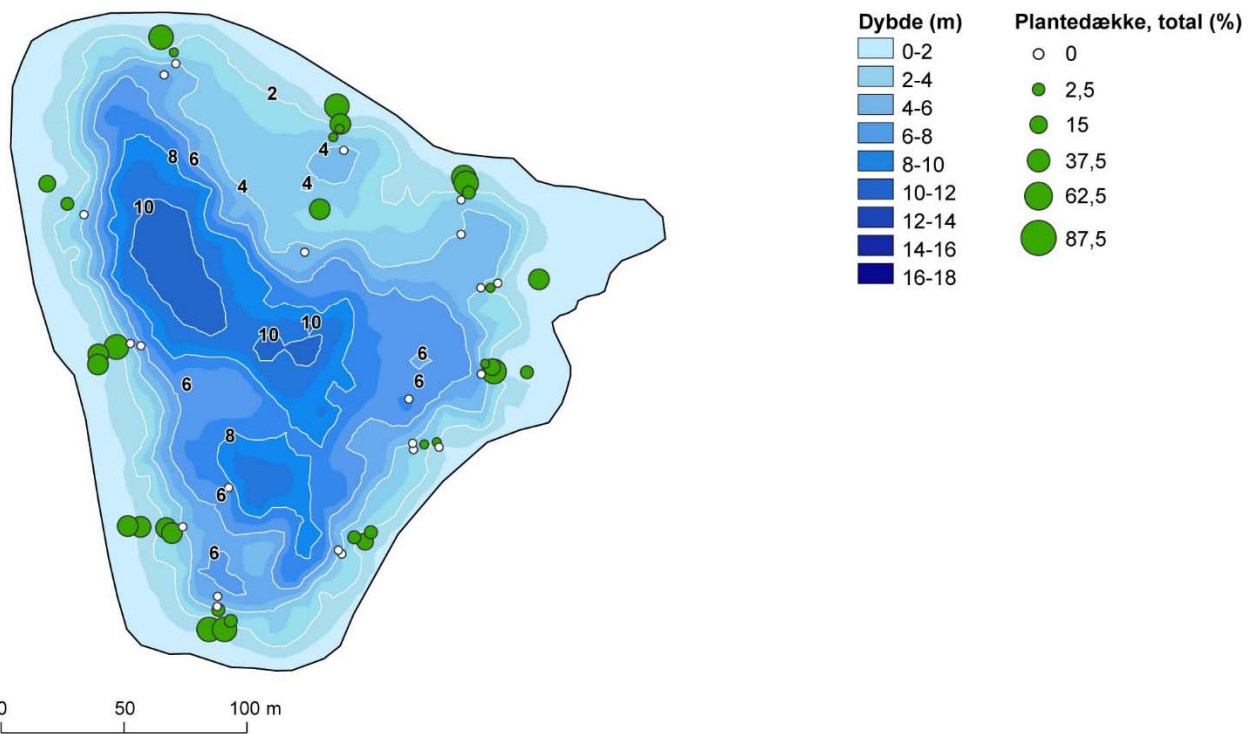


Region Syddanmark. Sø: Røde kro 20. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Røde kro 20.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,39	8,6	3,6	8,4	0,018	0,18
<b>Undervandsplanter</b>	Alm. vandpest, kredsbladet vandranunkel, kors andemad, hår tusindblad, <i>Chara</i> , trådalger, vandpileurt					
<b>Fisk</b>	Rudskele, regnbueørred (ruse)					

## Rødekro 22

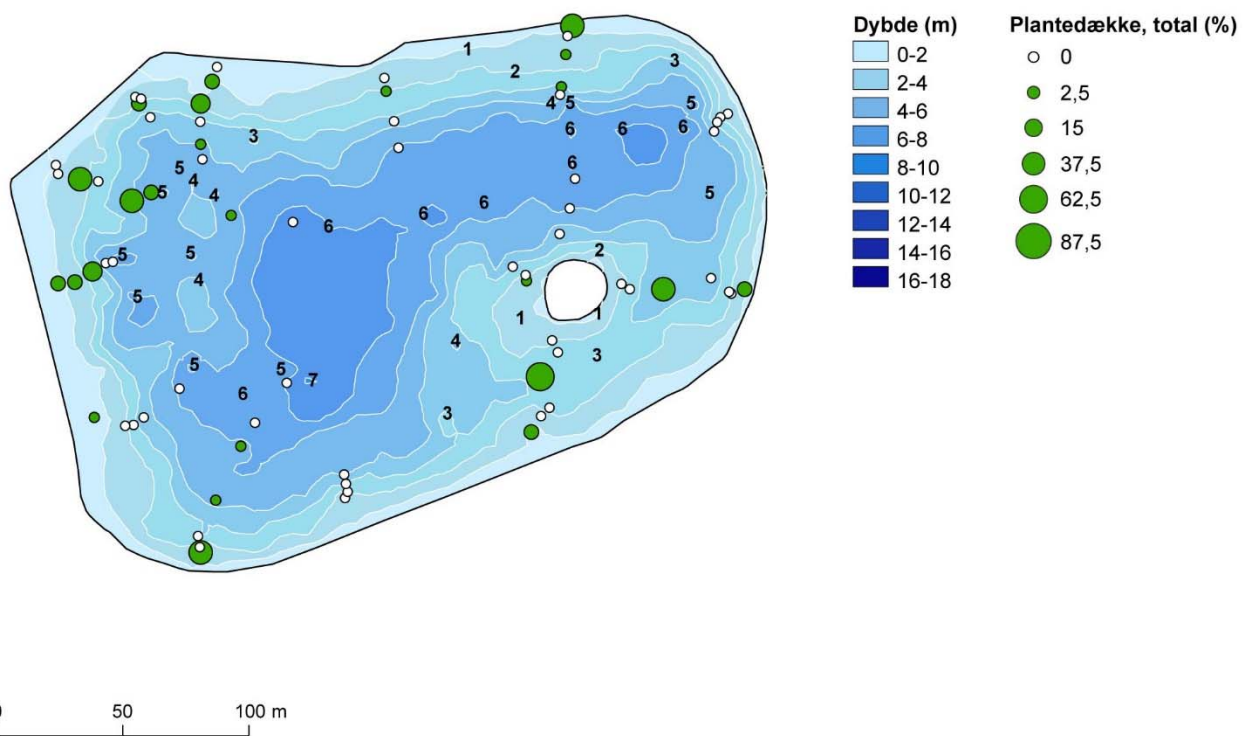


Region Syddanmark. Sø: Rødekro 22. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Rødekro 22.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,45	8,5	2,6	3,1	0,012	0,30
<b>Undervandsplanter</b>	Børstebladet vandaks, liden vandaks, kruset vandaks, hår tusindblad, <i>Chara vulgaris</i> , trådalger					
<b>Fisk</b>	Rudskalle					

## Rødekro 23

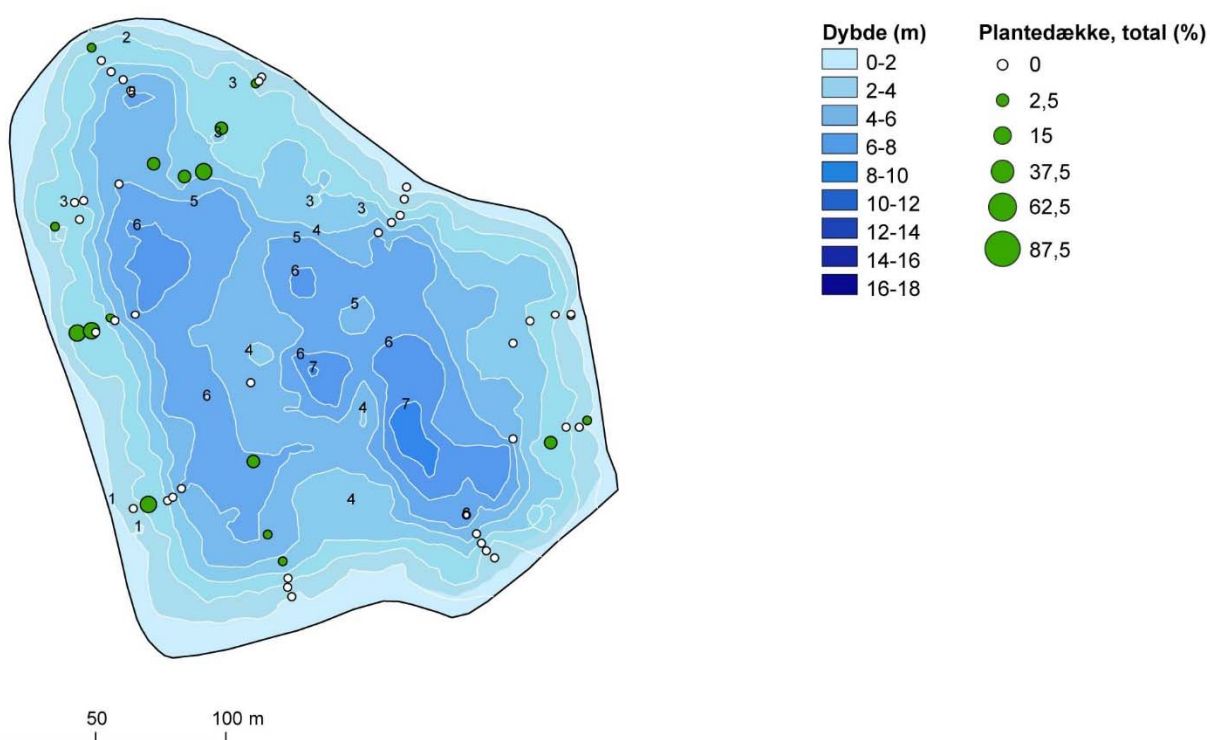


Region Syddanmark. Sø: Rødekro 23. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Rødekro 23.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigtdybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,16	8,1	2,8	3,4	0,024	0,34
<b>Undervandsplanter</b>	Børstebladet vandaks, kruset vandaks, tornfrøet hornblad, kredsbladet vandranunkel, trådalger, vandpileurt					
<b>Fisk</b>	Regnbueørred					

## Rødekro 24

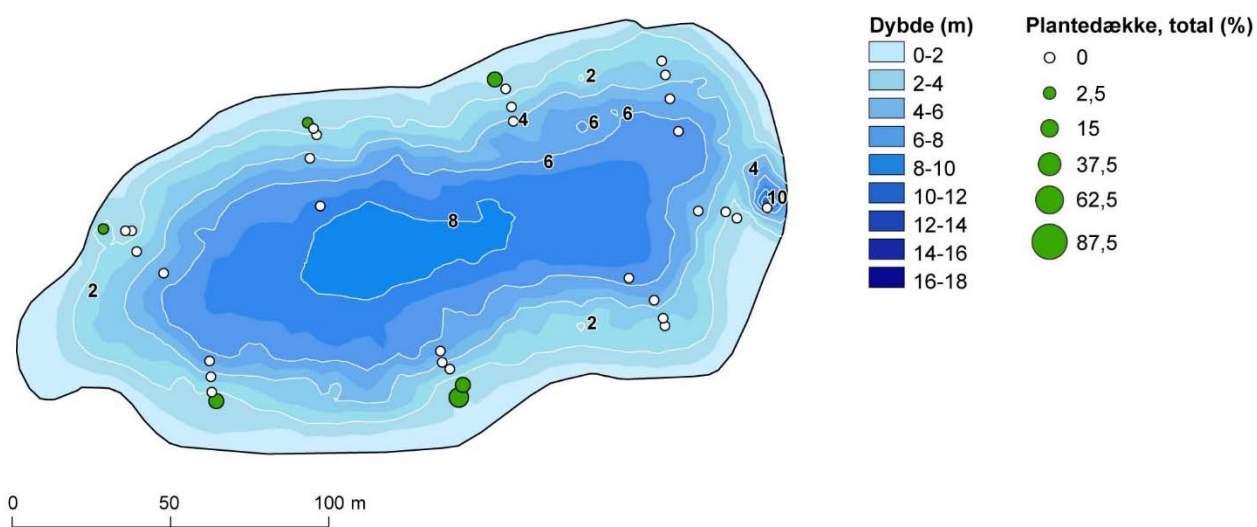


Region Syddanmark. Sø: Rødekro 24. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Rødekro 24.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,21	8,2	3,3	4,3	0,026	0,07
<b>Undervandsplanter</b>	Børstebladet vandaks, kruset vandaks, tornfrøet hornblad, kredsbladet vandranunkel, trådalger, vandpileurt					
<b>Fisk</b>	Regnbueørred.					

## Rødekro 28

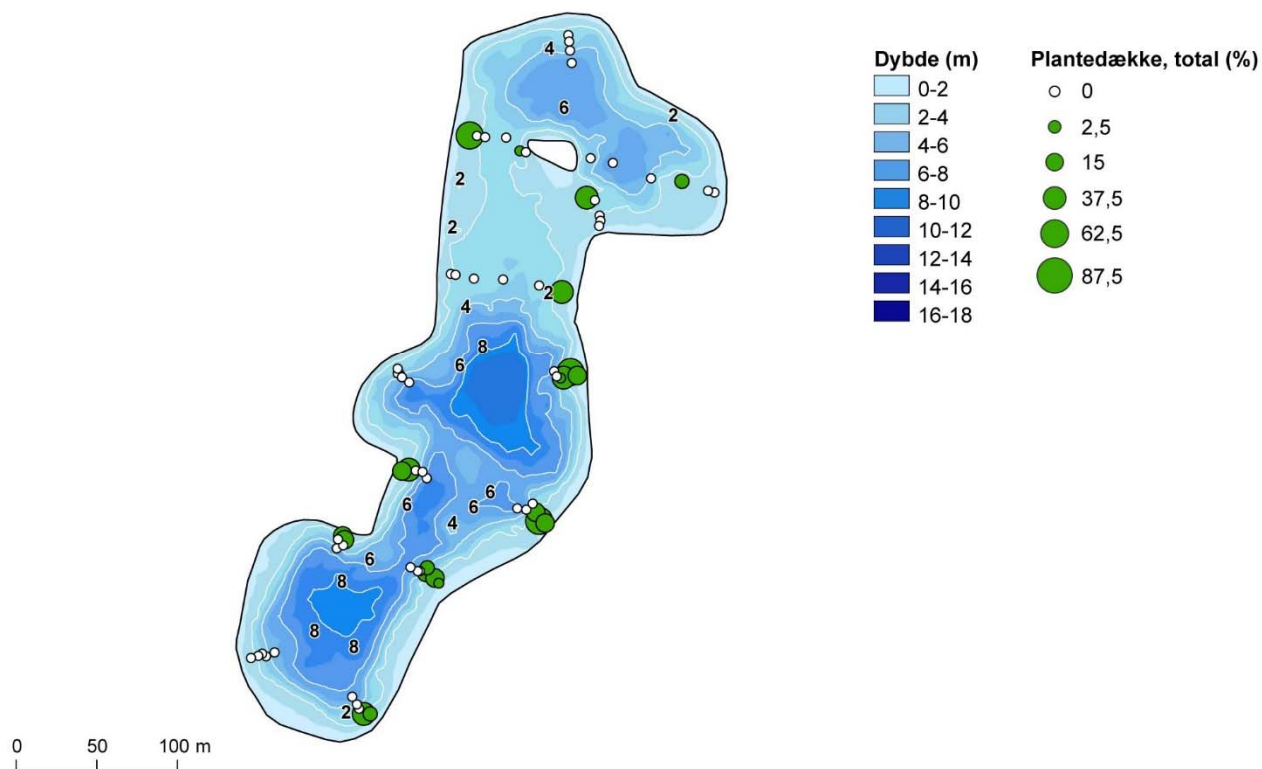


Region Syddanmark. Sø: Rødekro 28. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Rødekro 28.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	4,60	8,2	3,4	4,5	0,015	0,32
<b>Undervandsplanter</b>	Kruset vandaks, <i>Chara virgata</i> , trådalger, vandpileurt					
<b>Fisk</b>	Rudskalle, 3-pigget hundestejle					

## Rødekro 34

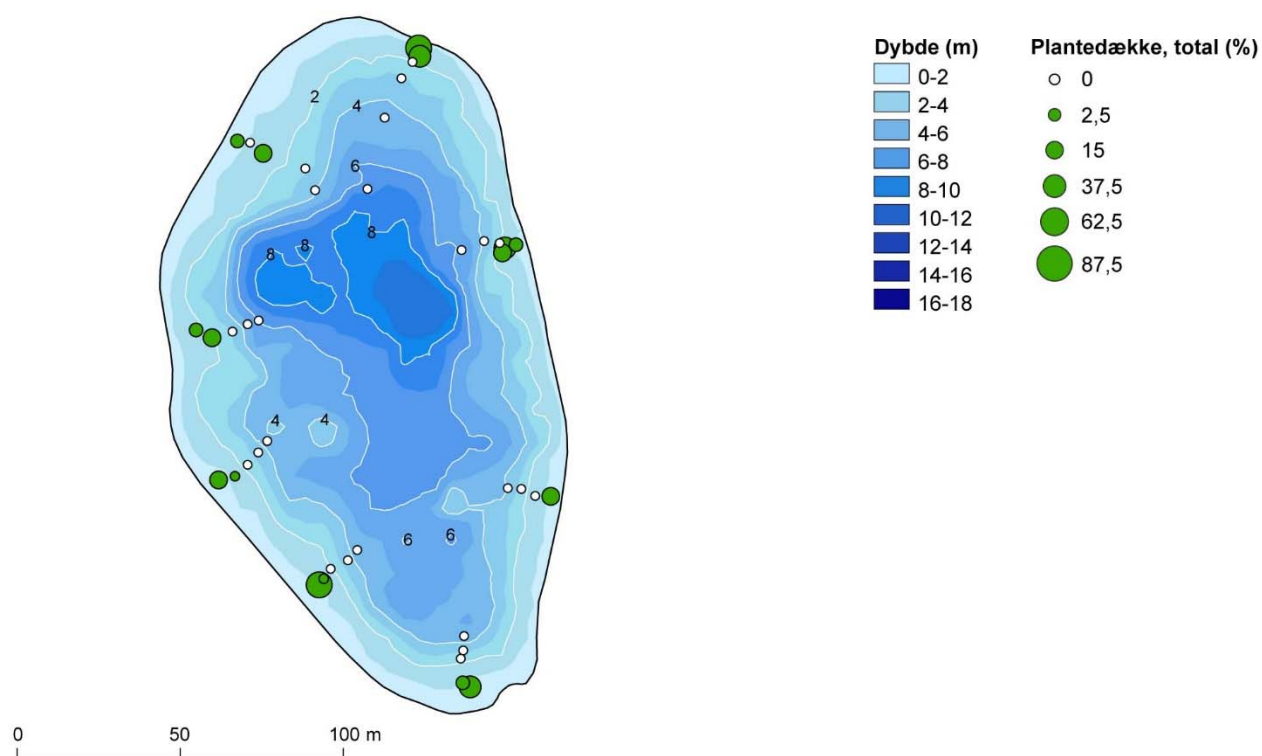


Region Syddanmark. Sø: Rødekro 34. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

### Rødekro 34. Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,90	8,4	3,2	4,8	0,012	1,72
Undervandsplanter	Børsteblandet vandaks, kredsbladet vandranunkel, <i>Chara vulgaris</i> , trådalger, stor kildemos, vandpileurt					
Fisk	Ingen					

## Røde kro 36



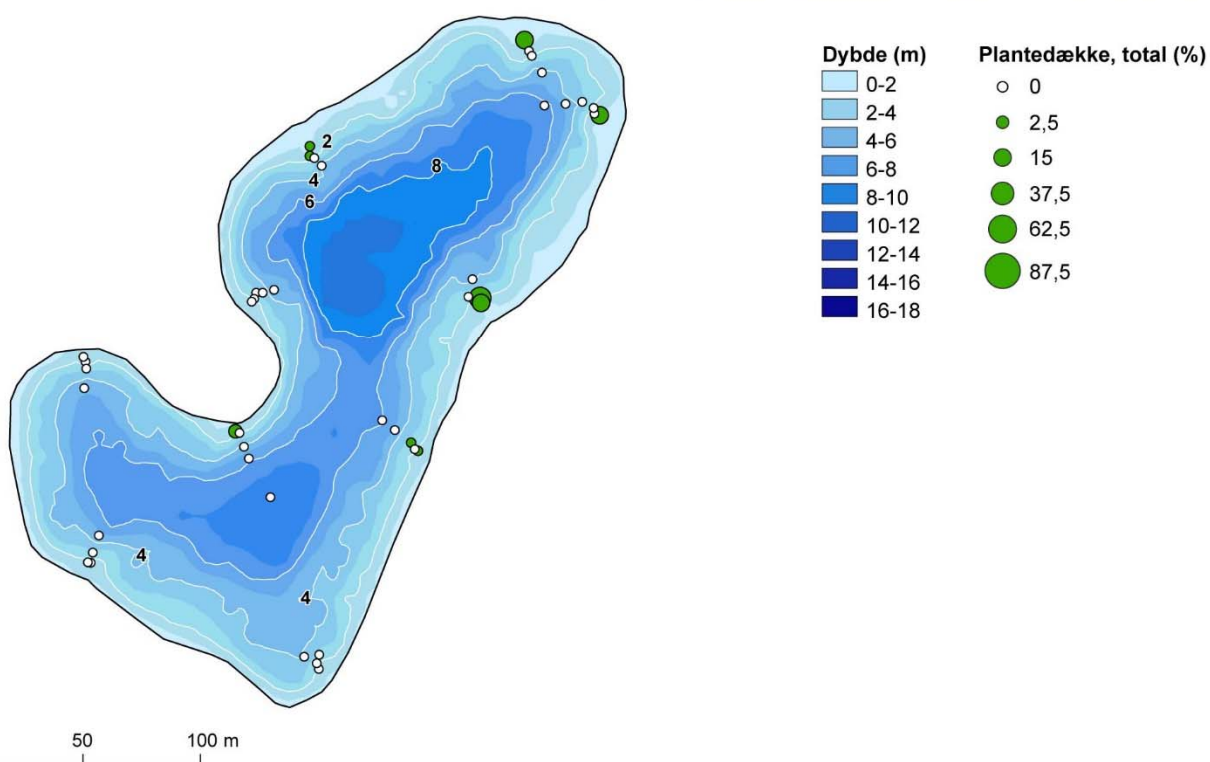
Region Syddanmark. Sø: Røde kro 36. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Røde kro 36.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	3,26	8,4	3,1	2,4	0,011	0,18
<b>Undervandsplanter</b>	Kruset vandaks, alm. vandpest, hår tusindblad, <i>Chara vulgaris</i> , trådalger, stor kildemos					
<b>Fisk</b>	Karpe					



## Uge 1

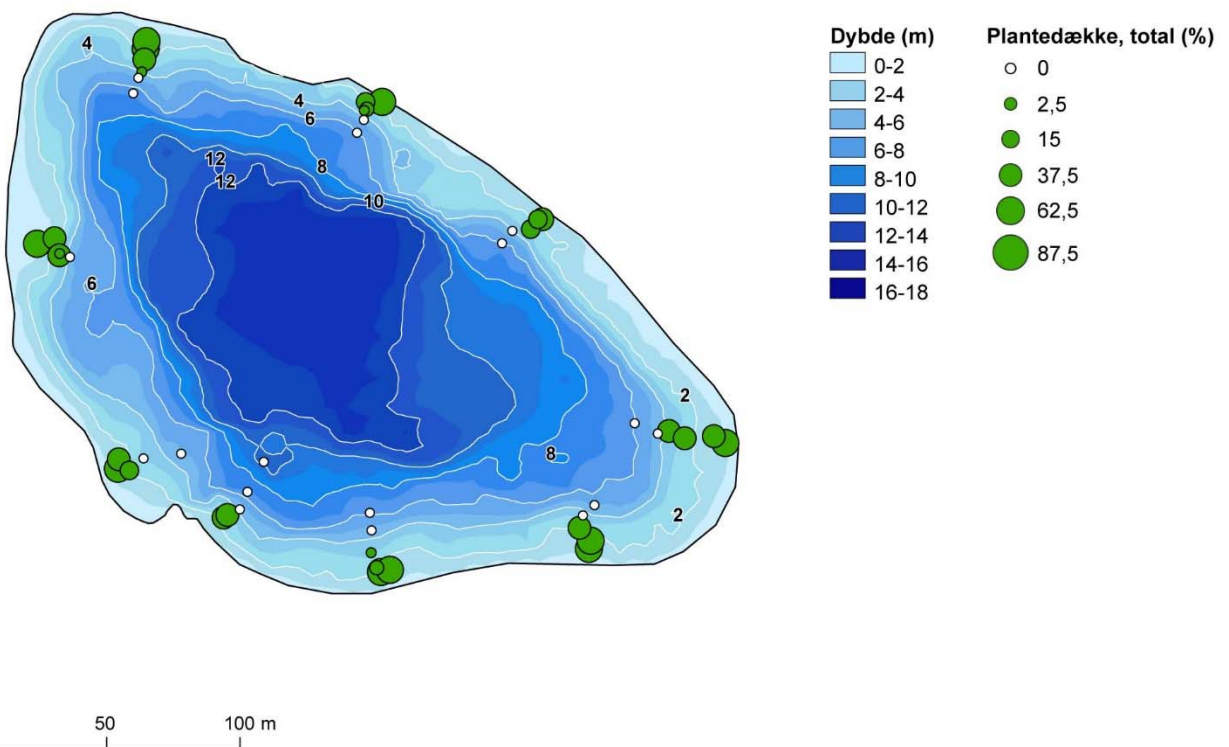


Region Syddanmark: Uge 1. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

### Uge 1. Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l) pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a $\mu\text{g/l}$	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)	
	3,20	8,5	4,9	2,6	0,008	0,85
<b>Undervandsplanter</b>	Svømmende vandaks, liden vandaks, kredsbladet vandranunkel, fladfrugtet vandstjerne, <i>Chara vulgaris</i> , trådalger					
<b>Fisk</b>	Regnløje					

### Uge 3

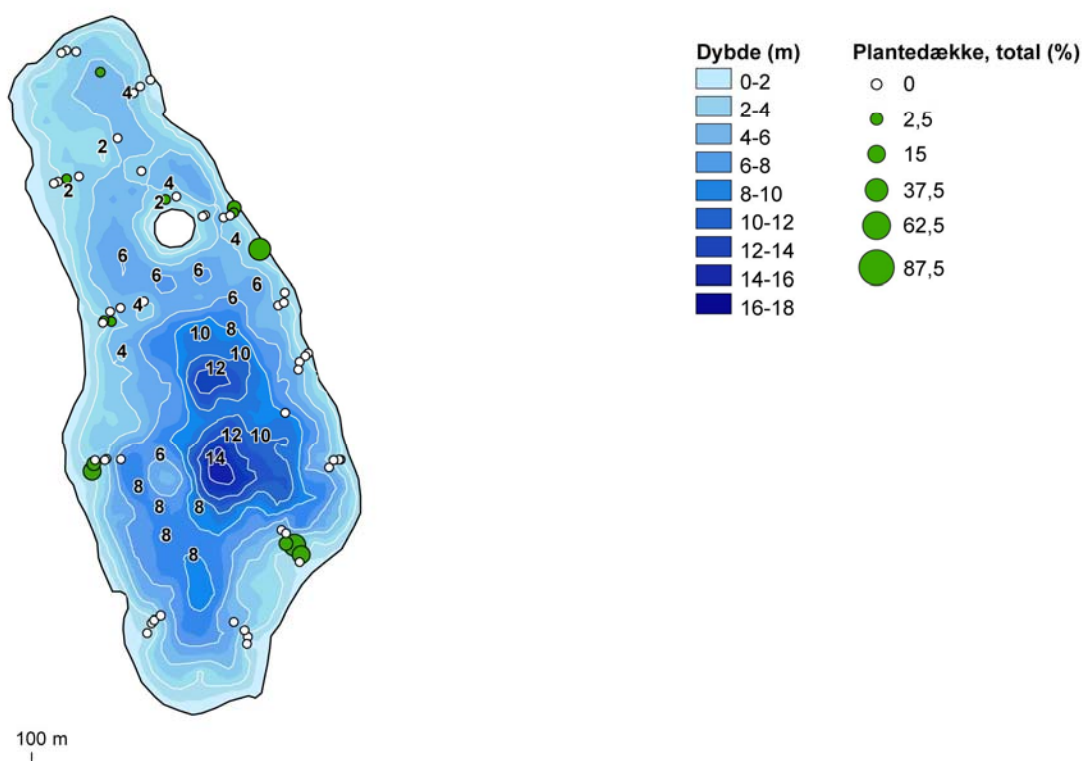


Region Syddanmark: Uge 3. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Uge 3.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigtdybde (m)	Klorofyl a $\mu\text{g/l}$	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,74	8,7	1,6	9,4	0,047	0,07
<b>Undervandsplanter</b>	Børsteblandet vandaks, tornfrøet hornblad, trådalger, stor kildemos					
<b>Fisk</b>	Skalle, 3-pigget hundestejle, bækkørred					

Uge 40

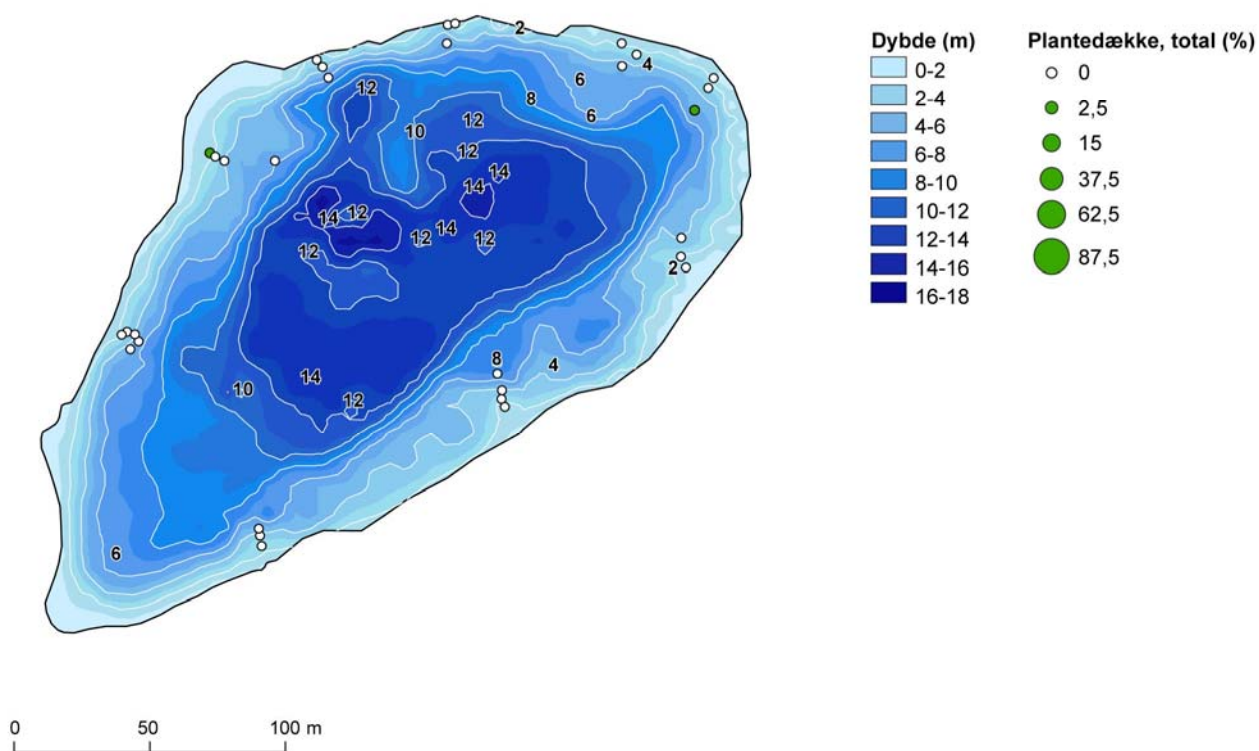


Region Syddanmark: Uge 40. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Uge 40.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,40	8,5	5,5	4,7	0,012	<0,05
<b>Undervandsplanter</b>	Børstebladet vandaks, <i>Chara vulgaris</i> , trådalger					
<b>Fisk</b>	Ingen					

Uge 41

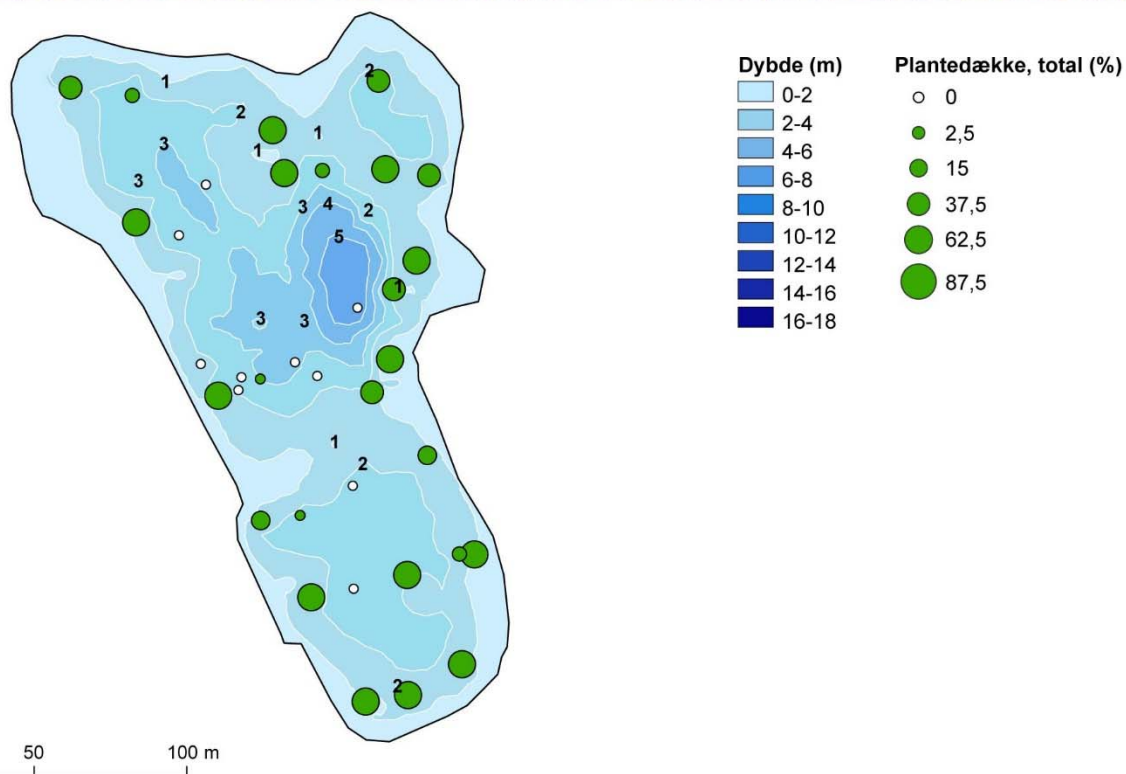


Region Syddanmark: Uge 41. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Uge 41.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,76	8,6	5,7	3,1	0,011	0,26
<b>Undervandsplanter</b>	Trådalger					
<b>Fisk</b>	Regnløje					

## Dagerød Sø



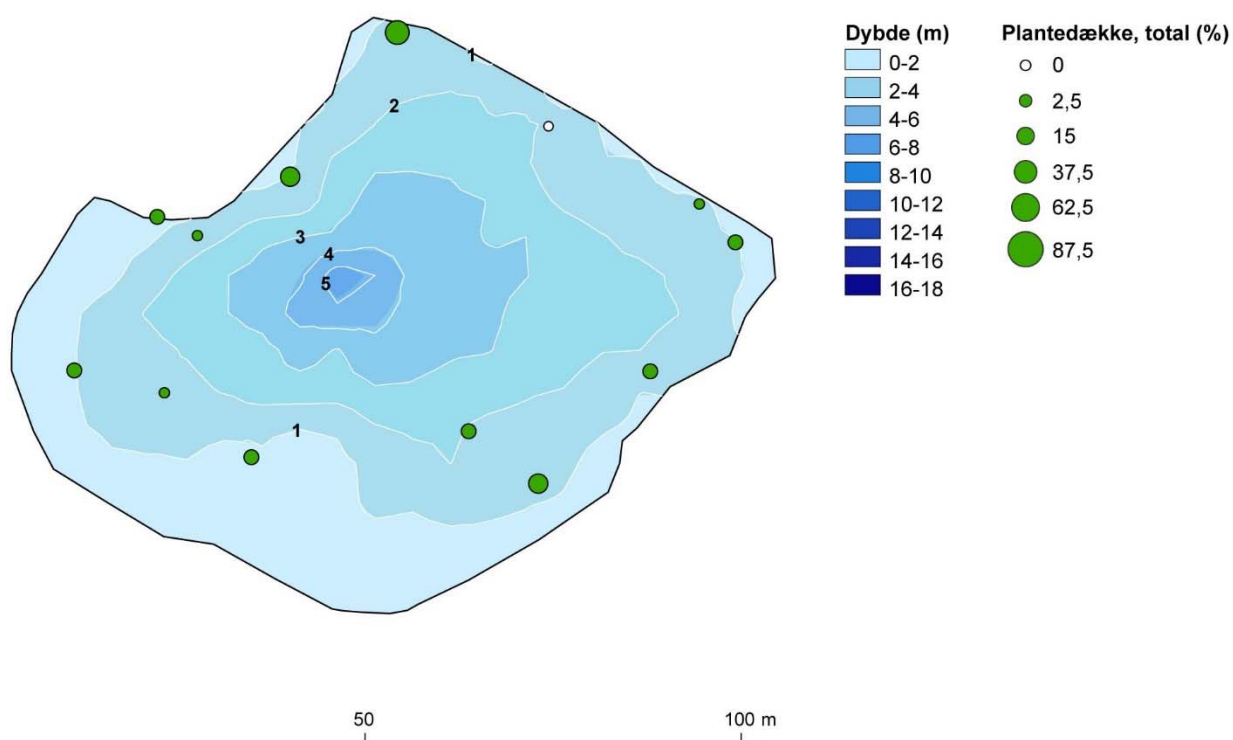
Region Hovedstaden: Dagerød Sø. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Dagerød.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	0,89	9,3	1,7*	7,1	0,038	0,43
<b>Undervandsplanter</b>	Svømmende vandaks, spinkel vandaks, vandrunkel, vandstjerne, aks tusindblad, <i>Chara vulgaris</i> , trådalger					
<b>Fisk</b>	Ingen					

\*) Regnfuld på det sidste, så udskylning af silt. Medvirker til lav sigtdybde.

## Plejet, lille sø



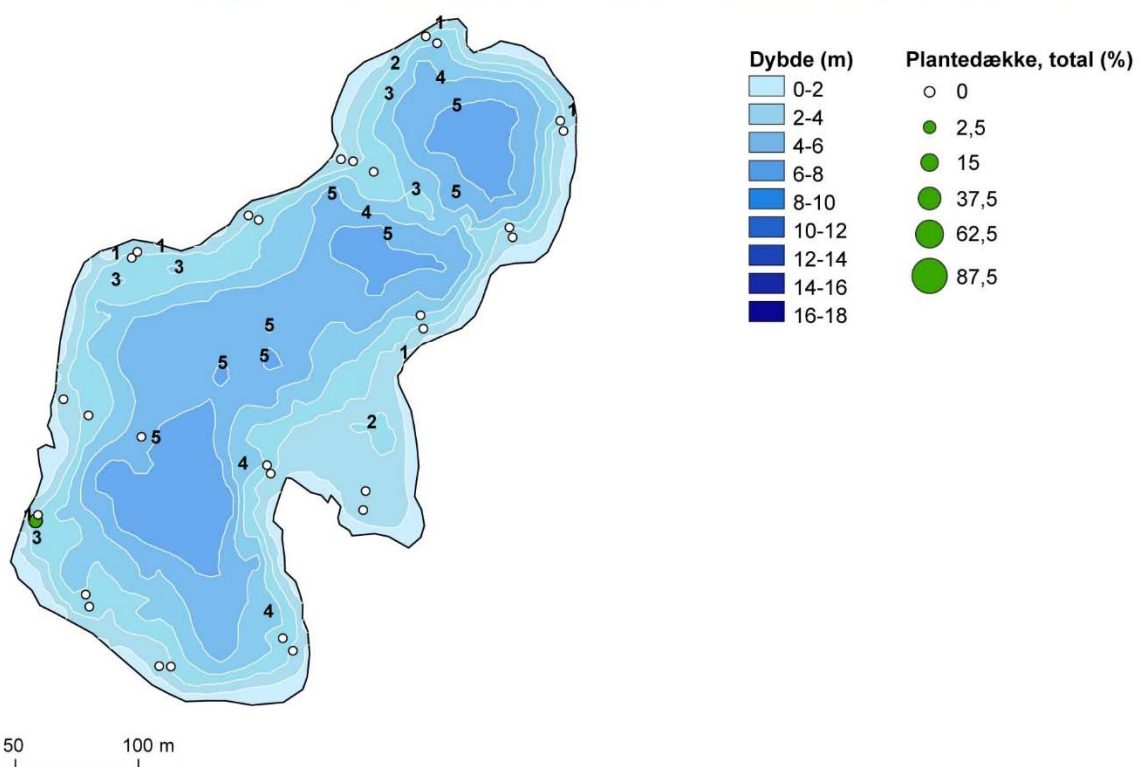
Region Hovedstaden: Plejelt, lille sø. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Plejelt, lille sø.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	1,81	8,6	0,61*	5,8	0,044	0,17
Undervandsplanter	Svømmende vandaks, spinkel vandaks, trådalger					
Fisk	Rudskalle					

\*) Vandet siltet.

## Plejlet, store sø



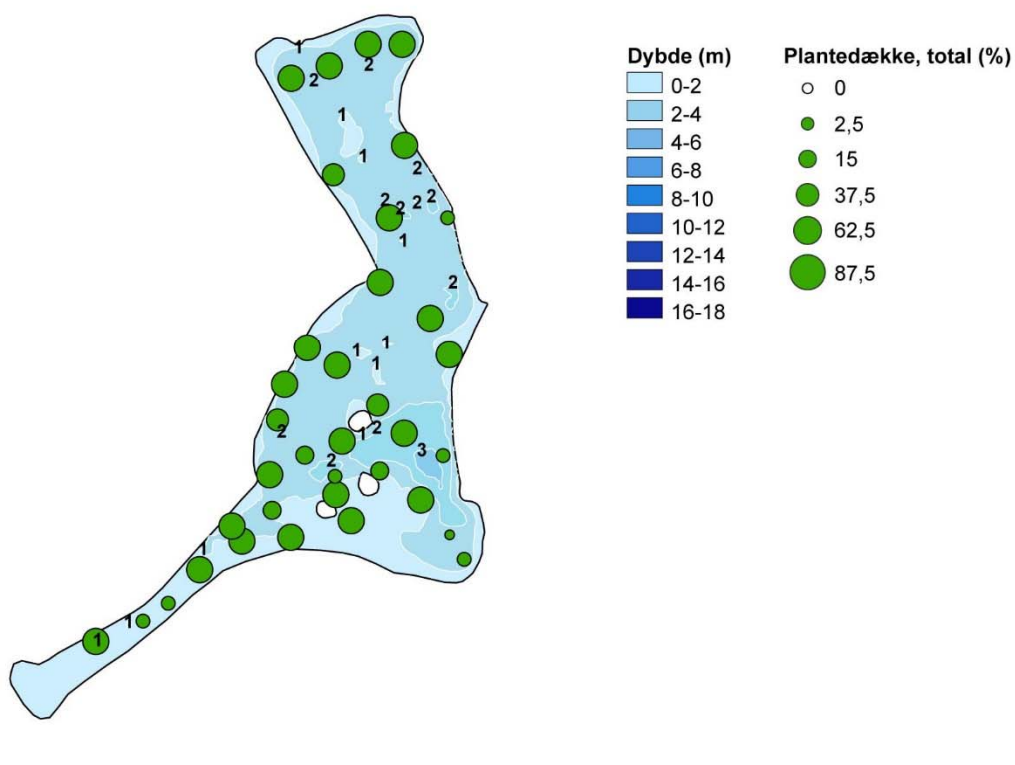
Region Hovedstaden: Plejlet, store sø. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Plejlet, store sø.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigtdybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,42	8,5	0,83*	2,4	0,024	<0,05
<b>Undervandsplanter</b>	Svømmende vandaks					
<b>Fisk</b>	Rudskalle					

\*) Vandet siltet.

## Vinkelsø



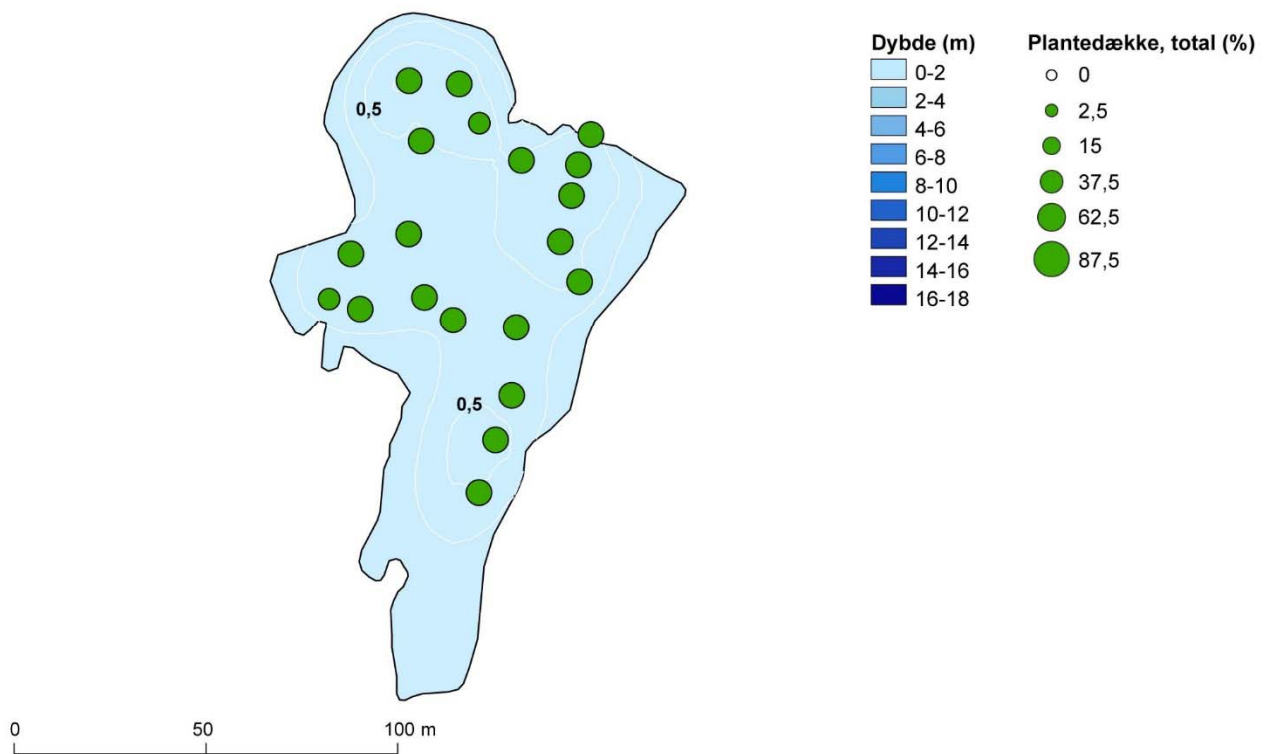
Region Hovedstaden: Vinkel sø. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

### Vinkel sø. Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigtdybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,66	8,3	2,5	9,2	0,019	0,31
Undervandsplanter	Svømmende vandaks, aks tusindblad, <i>Nitella flexilis</i> , <i>Chara sp.</i> , <i>Chara vulgaris</i> , alm. hestehale, vand-pileurt					
Fisk	Skalle, rudskalle, gedde (ruse), aborre					



## Hedesletten

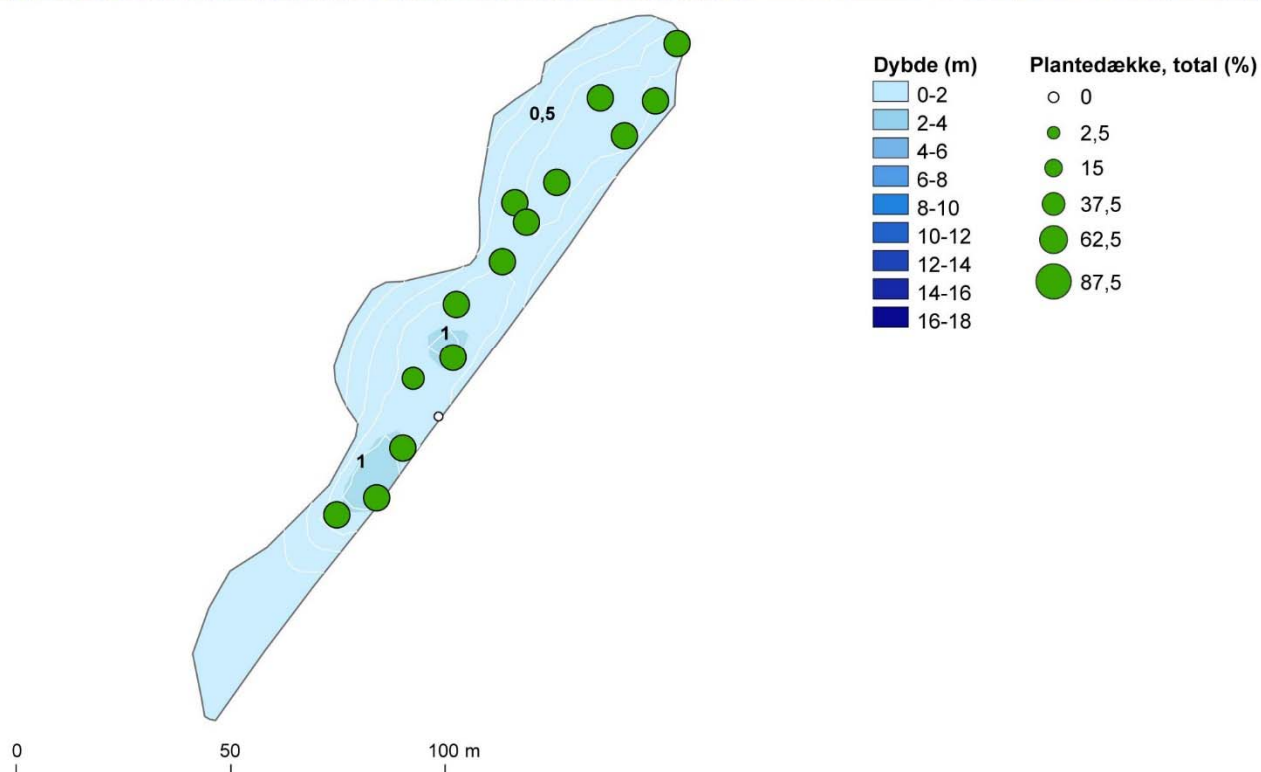


Region Hovedstaden: Hedesletten. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Hedesletten.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	0,80	9,9	>0,96	1,7	0,029	0,57
Undervandsplanter	Aks tusindblad, <i>Chara hispida</i> , <i>Chara virgata</i> , <i>Chara contraria</i> , mos, vandpileurt					
Fisk	Skalle					

## Flade Sø

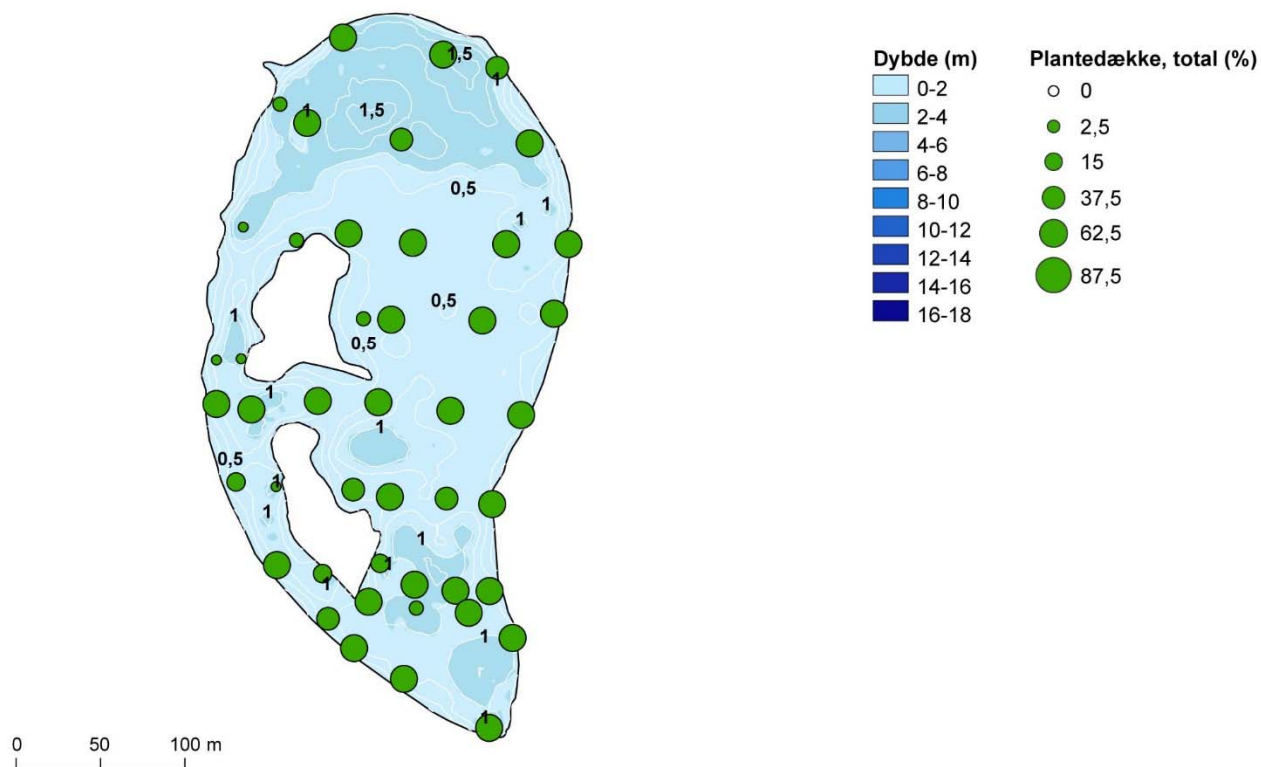


Region Hovedstaden: Flade sø. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Flade sø.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	5,79	7,8	>1,6	2,1	0,013	0,11
<b>Undervandsplanter</b>	<i>Nitellea flexilis</i> , <i>Chara virgata</i> , <i>Chara intermedia</i> , trådalger					
<b>Fisk</b>	Skalle, rudskalle, aborre					

## Flinte Sø, nord

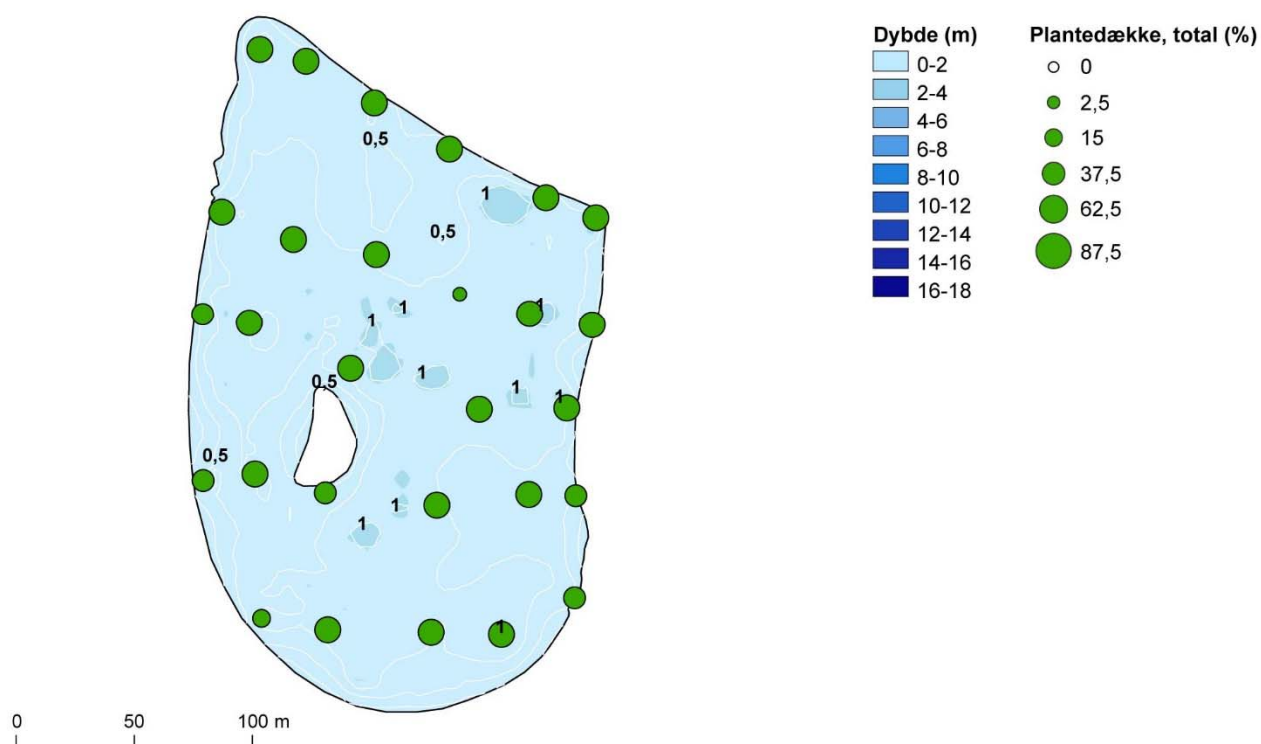


Region Hovedstaden: Flinte sø, nord. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Flinte sø, nord.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	1,92	8,4	1,0	6,6	0,024	0,41
<b>Undervandsplanter</b>	Børstebladet vandaks, aks tusindblad, <i>Nitellea flexilis</i> , <i>Chara intermedia</i> , alm. hestehale					
<b>Fisk</b>	Skalle, rudskalle, aborre					

## Flinte Sø, syd

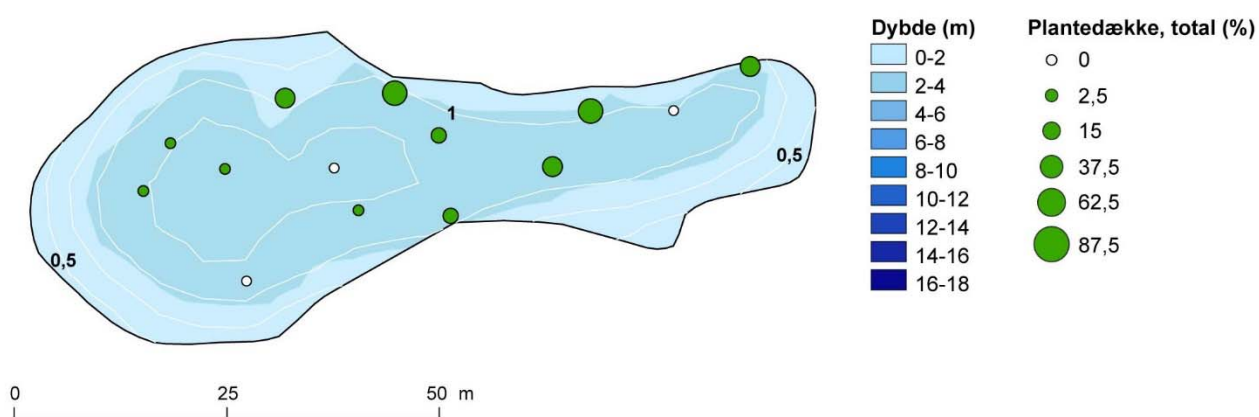


Region Hovedstaden: Flinte sø, syd. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

Flinte sø, syd. Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a (µg/l)	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,07	8,4	0,89	5,3	0,022	0,47
<b>Undervandsplanter</b>	Børstebladet vandaks, alm. vandpest, aks tusindblad, <i>Chara vulgaris</i> , alm. hestehale					
<b>Fisk</b>	Skalle, rudskalle, aborre					

## St. Rosenbusk, sø 3

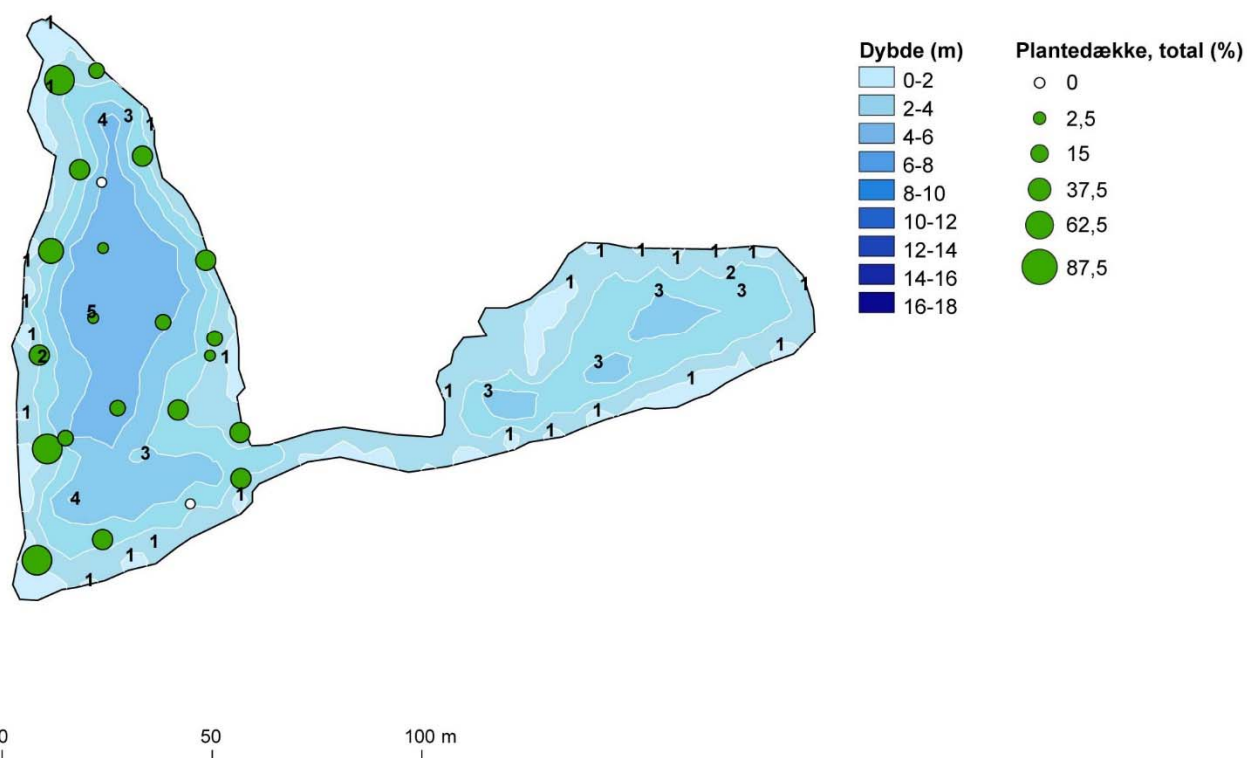


Region Hovedstaden: St. Rosenbusk, sø 3. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

### St. Rosenbusk sø 3. Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigt dybde (m)	Klorofyl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,42	8,1	0,96	48,2	0,082	0,83
<b>Undervandsplanter</b>	Alm. vandpest, alm. kildemos					
<b>Fisk</b>	Karusse					

## Ølsted grusgrav



Region Hovedstaden: Ølsted grusgrav. Dybdekort og udbredelse af undervandsplanter.

**Ølsted grusgrav.** Vandkemiske data og arter af undervandsplanter og fisk registreret.

Vandkemi mm	Alkalinitet (meq/l)	pH	Sigtedybde (m)	Klorofyl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Totalfosfor (mg/l)	Totalkvælstof (mg/l)
	2,67	8,2	4,4	2,3	0,014	0,21
<b>Undervandsplanter</b>	Svømmende vandaks, spinkel vandaks, <i>Chara vulgaris</i> , <i>Chara virgata</i> , trådalger					
<b>Fisk</b>	Ingen					

*[Tom side]*

## DANSKE RÅSTOFSØER - VANDKVALITET OG BIOLOGISK TILSTAND

Den vandkemiske og biologiske tilstand er undersøgt i 35 råstofsøer opstået i forbindelse med indvinding af sand og grus i Region Midtjylland, Region Syddanmark og Region Hovedstaden.

Råstofsøerne var mellem 1/2 og 26 år gamle, havde et areal mellem 0,2 og 13 hektar og mange var mere end 10 m dybe. Undersøgelsen viste at råstofsøerne var med en god vandkvalitet og biologisk tilstand, der bidrager til en øget biologisk mangfoldighed. Sammenlignet med andre danske søer var råstofsøerne generelt næringsfattige, havde et lavt indhold af klorofyl a og med klart vand. Undervandsplanter blev fundet i alle søer og i nogle af de lavvandede råstofsøer var bunden helt dækket. Fisk blev fundet i de fleste råstofsøer, og der var ofte tale om udsætninger.