



SØER 2020

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 474

2021



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

SØER 2020

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 474

2021

Liselotte Sander Johansson
Martin Søndergaard
Peter Mejlhede Andersen

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 474
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Søer 2020
Undertitel:	NOVANA
Forfattere:	Liselotte Sander Johansson, Martin Søndergaard & Peter Mejlhede Andersen
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	December 2021
Redaktion afsluttet:	December 2021
Faglig kommentering:	Torben Linding Lauridsen
Sproglig kvalitetssikring:	Anne Mette Poulsen
Kvalitetssikring, DCE:	Signe Jung-Madsen
Ekstern kommentering:	Miljøstyrelsen. Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/SR474_komm.pdf
Finansiell støtte:	Miljøministeriet
Bedes citeret:	Johansson, L.S., Søndergaard, M. & Andersen, P.M. 2021. Søer 2020. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 80 s. - Videnskabelig rapport nr. 474. http://dce2.au.dk/pub/SR474.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten giver en status over tilstand og udvikling for udvalgte kemiske, fysiske og biologiske miljøindikatorer, der overvåges i det nationale overvågningsprogram for søer, og som er gennemført siden 1989. De 18 søer, som indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling, viser, at de største ændringer skete i løbet af 1990'erne, hvor næringsstofindholdet blev reduceret og sigtddybden øget i mange søer. I de seneste 10 år har der kun været små ændringer. I de 180 søer, som indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand, ses en lignende udvikling for perioden som helhed, men sammenlignes tilstanden i søer, som er undersøgt i de to seneste 6-års perioder (fra 2009-2014 til 2015-2020), ses for søerne som helhed en signifikant stigning i indholdet af totalkvælstof og klorofyl <i>a</i> . Den operationelle overvågning af søer har i perioden 2018-2020 omfattet 331 søer, som rummer søer med meget varierende næringsstofindhold og udbredelse af undervandsplanter. Analyser af temperaturmålinger fra overfladevandet i søer fulgt siden 1989, viser en signifikant stigning, der som middel for sommergennemsnittet har været på 0,42 °C per 10 år og for årsgennemsnittet på 0,31 °C per 10 år. Stigningen har især været markant i efterårsmånederne.
Emneord:	Søer, miljøtilstand, overvågning, vandområdeplaner, NOVANA
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Martin Søndergaard
ISBN:	978-87-7156-647-5
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	80
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf): http://dce2.au.dk/pub/SR474.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både vandig og terrestrisk natur og miljø. NOVANA erstattede 1. januar 2004 det tidligere overvågningsprogram NOVA-2003, som alene omfattede vandmiljøet.

Indhold

Forord	4
1 Sammenfatning	6
Summary	11
2 Undersøglesprogrammet	16
2.1 Historik	16
2.2 Parametre i overvågningen	17
2.3 Fejlanalyser af totalkvælstof og totalfosfor	18
2.4 Søtyper i henhold til vandrammedirektivet	19
2.5 Kontrolovervågning	20
2.6 Operationel overvågning, 659 OP-søer	22
2.7 Kortlægning af habitatnaturtyper i søer	23
3 Kontrolovervågning af søernes udvikling	24
3.1 Generel karakteristik	24
3.2 Vandkemi og sigtdybde	25
3.3 Vegetation	41
4 Kontrolovervågning af søernes tilstand	45
4.1 Generel tilstand	45
4.2 Vandkemi	46
4.3 Vegetation, status	57
4.4 Fisk, status	58
5 Operationel overvågning af søernes tilstand	60
5.1 Generel tilstand	61
6 Klima, afstrømning og vandtemperatur	70
6.1 Temperatur og global indstråling	70
6.2 Nedbør	71
6.3 Afstrømning	72
6.4 Vindforhold	73
6.5 Temperaturmålinger i KU-søernes overfladevand	73
7 Referencer	76
Bilag 1. Datagrundlag og metoder	78

Forord

Denne rapport udgives af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (DCE), som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af VAndmiljøet og NATuren (NOVANA). NOVANA er fjerde generation af nationale overvågningsprogrammer, som med udgangspunkt i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram blev iværksat i efteråret 1988. Nærværende rapport omfatter data til og med 2020.

Overvågningsprogrammet er målrettet mod at tilvejebringe det nødvendige dokumentations- og videngrundlag til at understøtte Danmarks overvågningsbehov og -forpligtelser, bl.a. i forhold til en række EU-direktiver inden for natur- og miljøområdet. Programmet er løbende tilpasset overvågningsbehovene og omfatter overvågning af tilstand og udvikling i vandmiljøet og naturen, herunder den terrestriske natur og luftkvalitet.

DCE har som en væsentlig opgave for Miljøministeriet at bidrage med forskningsbaseret rådgivning til styrkelse af det faglige grundlag for miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. Som led heri forestår DCE med bidrag fra Institut for Ecoscience (tidligere Bioscience) og Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet, den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren samt arter og naturtyper.

I overvågningsprogrammet er der en arbejds- og ansvarsdeling mellem fagdatacentre og Miljøstyrelsen (MST). Fagdatacentret for grundvand er placeret hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og fagdatacentret for punktkilder hos MST, mens fagdatacentre for ferskvand, marine områder, landovervågning samt arter og naturtyper er placeret hos Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet, og fagdatacentret for atmosfæren hos Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet.

Denne rapport er udarbejdet af Fagdatacenter for ferskvand, og MST har haft mulighed for at kommentere udkast til rapporten. Rapporten er baseret på data indsamlet af MST.

Dette års rapport er som udgangspunkt en opdatering af tidligere års rapporter om søer med data indsamlet i 2020. Den seneste rapport er 'Søer 2019' (Johansson m.fl. 2021). Ikke alle indsamlede data bliver rapporteret hvert år, men først når der er et tilstrækkeligt datagrundlag for en rapportering. I år beskrives vandkemiske parametre samt vegetationsdata i alle søer, som indgår i kontrolovervågningen af udvikling (de 18 KU-søer). Derudover vises status for biologiske nøgleparametre, og der gives en beskrivelse af status og udvikling i vandkemiske- og fysiske parametre i de søer, som indgår i kontrolovervågning af tilstand (de 180 KT-søer) for perioden 2015-2020. Endelig gives også en oversigt over data indsamlet fra de operationelt overvågnede søer for perioden 2018-2020.

Data fra overvågning af arter og naturtyper er ikke med i dette års rapport. Disse resultater blev senest afrapporteret i 2019 i forbindelse med Danmarks rapportering til EU i medfør af habitatdirektivets artikel 17 og fuglebeskyttelsesdirektivets artikel 12. Dette skete i form af et selvstændigt bidrag fra DCE til Miljø- og Fødevareministeriets rapportering til EU (Fredshavn m.fl. 2019).

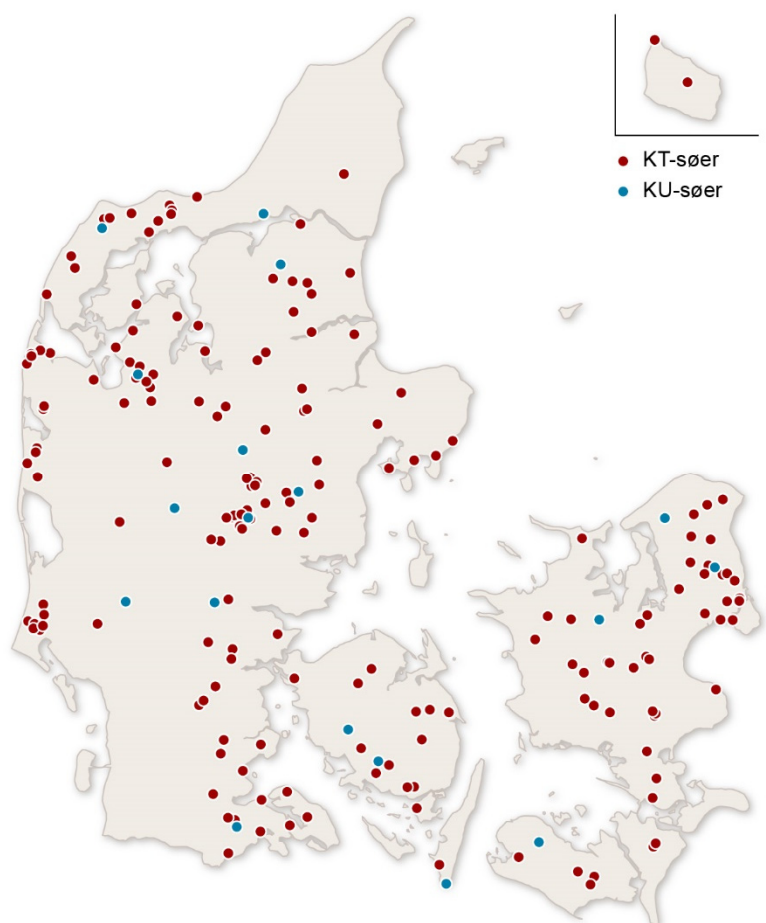
Konklusionerne i denne rapport sammenfattes med konklusionerne fra de øvrige fagdatacenter-rapporter i 'Vandmiljø og natur 2020', som udgives i et samarbejde mellem DCE, GEUS og MST.

1 Sammenfatning

1.1 Overvågningsprogrammet

Det nuværende overvågningsprogram for søer (inkluderet i NOVANA) omfatter overvågning i forhold til EU's vandrammedirektiv (Den Europæiske Union 2000) og EU's habitatdirektiv (Den Europæiske Union 1992). Data indsamlet i medfør af ovenstående direktiver bidrager herudover til at opfylde nationale overvågningsforpligtelser og databehov ifm. blandt andet nitratdirektivet og NEC-direktivets krav vedr. effekter af kvælstofdeposition. Jf. vandrammedirektivet gennemføres der to overordnede typer af overvågning – kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. Jf. habitatdirektivet foregår der kontrolovervågning og kortlægning af habitatnaturtyper i søer. For kontrolovervågningen og kortlægningen af habitatnaturtyper i vandhuller og småsøer <5 ha findes der et særskilt program. Placeringen af søerne i kontrolovervågningen, som omtales i denne rapport, er vist i figur 1.

Figur 1. Geografisk placering af søerne, der overvåges jf. vandrammedirektivet, og som beskrives i denne rapport. Disse omfatter 18 KU-søer og 180 KT-søer. KT=kontrolovervågning af søernes tilstand, KU=kontrolovervågning af søernes udvikling.



Kontrolovervågningen af søer jf. vandrammedirektivet inddeles i to typer: overvågningen af den generelle tilstand i søer (repræsenteret ved de såkaldte KT-søer, der omfatter 180 søer >5 ha) og overvågningen af udviklingen i søer (de såkaldte KU-søer, der omfatter 18 søer >5 ha). I KU-søerne bliver vandkemiske og -fysiske parametre målt hvert andet år, vegetation bliver undersøgt to gange i en seksårig periode og fytoplankton, fisk og sedimentkemi hvert sjette år. Den

operationelle overvågning, der er rettet mod søer, som er i risiko for ikke at opfylde natur- og miljømålet for deres tilstand, omfatter i perioden 2016-2021 ca. 659 søer (heri er ikke medregnet de søer i kontrolovervågningen, som også overvåges operationelt).

I tabel 1 er der givet en oversigt over søerne (antal og prøvetagningsår), der er repræsenteret i denne rapport. For data fra KT-søerne skal det bemærkes, at den seksårige periode fra 2015-2020, hvorfra der præsenteres resultater, ikke følger den officielle overvågningsperiode, som strækker sig over årene 2016-2021. For KT-søerne vises den aktuelle status for udvalgte fysiske/kemiske parametre samt for vegetations- og fiskeundersøgelser. Fra KU-søerne vises tilstanden i 2019/2020 samt udviklingen siden 1989 for en række centrale parametre. Endvidere gives der en oversigt over data indsamlet fra de operationelt overvågede søer samt de klimatiske forhold i 2020 sammenlignet med tidligere år.

Tabel 1 Oversigt over antal søer, hvorfra der vises data i denne rapport. År for undersøgelserne er ligeledes angivet.

	Antal søer	Undersøgt i
Overvågning jf. vandrammedirektivet (søer >5 ha)		
Kontrolovervågning af tilstand (KT)	180	2015-2020
Kontrolovervågning af udvikling (KU)	18	1989-2020
Operationel overvågning	331	2018-2020

I forhold til implementeringen af vandrammedirektivet og udarbejdelsen af vandområdeplaner arbejdes der i Danmark med 11 forskellige søtyper, der inddeles i forhold til middelvanddybde (dyb, lavvandet), kalkholdighed (kal- krig, kalkfattig), brunfarvning (brunvand, ikke-brunvand) og saltholdig- hed (fersk, brak). Præsentationen af data i denne rapport følger i de fleste til- fælde denne inddeling.

Miljøstyrelsen (MST) forestår den standardiserede prøveindsamling. Alle indsamlede data indberettes til Fagdatacenter for ferskvand, som udarbejder årlige statusrapporter, der beskriver den generelle tilstand og udvikling.

Analyser af totalfosfor og totalkvælstof har igennem en årrække fra 2007 til første kvartal af 2017 været behæftet med fejl, fordi analyselaboratorierne an- vendte en ikke-godkendt metode, som ikke sikrede en tilstrækkelig ”opluk- ning” af organisk bundet fosfor og kvælstof (Larsen m.fl. 2018, 2020). Efterføl- gende er der nu foretaget en korrektion af totalkvælstofkoncentrationen, mens dette ikke har været muligt for indholdet af totalfosfor (Tornbjerg m.fl. 2021). Resultater af totalfosforkoncentrationer fra denne periode er derfor sandsynligvis underestimerede og må tages med forbehold.

1.2 Kontrolovervågning af søernes udvikling

De 18 KU-søer, som indgår kontrolovervågningen af søernes udvikling, var ved undersøgelserne i 2019-2020 gennemgående næringsrige, men med meget varierende vandkemiske forhold. Det sommergennemsnitlige indhold af totalfosfor i de 18 søer varierede eksempelvis mellem 0,016 og 0,596 mg/L og indholdet af klorofyl *a* mellem 4,8 og 542 µg/L. Medianværdierne, baseret på sommergennemsnit, var på henholdsvis 0,058 mg/L for totalfosfor og 19,8 µg/L for klorofyl *a*.

Udviklingen i KU-søerne siden overvågningsperiodens start i 1989 er generelt gået i retning af lavere næringsstofindhold, mindre klorofyl *a* og øget sigt-dybde. De største ændringer er dog sket i løbet af 1990'erne, mens der derefter kun har været tale om mindre ændringer. I alt har der været en statistisk signifikant nedgang i indholdet af totalfosfor og totalkvælstof i henholdsvis 12 og 11 ud af de 17 søer, hvor der er tilstrækkeligt datagrundlag til en statistisk vurdering, mens sommergennemsnittet er reduceret i henholdsvis 13 og 11 ud af 18 søer. Hvis der alene ses på den seneste 20 års periode (2000-2020), er der sket en signifikant reduktion i indholdet af totalfosfor i 11 og af totalkvælstof i fem ud af 17 søer på årsbasis, mens sommergennemsnittet udviser et signifikant fald i totalfosfor i 10 og i totalkvælstof i fem ud af 18 søer. For den seneste 10-års periode (2010-2020) er der for både totalfosfor og totalkvælstof observeret et fald i sommergennemsnittet i to søer, men også en stigning i to søer.

Lignende, men ikke helt så markante, ændringer ses i indholdet af klorofyl, hvor sommergennemsnittet for hele perioden 1989-2020 er reduceret signifikant i seks ud af 18 søer, mens den er øget i to søer. I den seneste 20-års periode ses en signifikant reduktion i fire søer. I den seneste 10-års periode er der kun sket en signifikant ændring i klorofylindholdet i én sø (reduceret sommergennemsnit). Sigtdybden i KU-søerne har også haft en stigende tendens i perioden 1989-2020, og der er en signifikant positiv udvikling i syv ud af de 15 søer, mens der kun er én sø, hvor der har været en signifikant reduceret sigt-dybde for perioden 1989-2020. I den seneste 10-års periode er der ikke set signifikante ændringer i sommergennemsnittet.

Udbredelsen af undervandsplanter i de 10 KU-søer, som er undersøgt jævnlige siden 1993, har været meget varierende, og det er vanskeligt at se egentlige tendenser for de 10 søer som helhed. Vurderes vegetationens udvikling statistisk i de 16 søer, hvorfra der er mindst otte års data fra 1993-2020, er dækningsgraden øget i otte søer, og reduceret i to søer. I de fleste tilfælde afspejler den positive udvikling i dækningsgraden sig også i det plantefyldte vandvolumen og i planternes dybdegrænse. Hvis der alene ses på den seneste 20-års periode, er der lidt færre søer, hvor der har været signifikante ændringer i de tre parametre.

1.3 Kontrolovervågning af søernes tilstand

De 180 KT-søer, der indgår i overvågning af søernes tilstand, er oprindeligt udvalgt tilfældigt under hensyntagen til geografisk stratificering og udgør som sådan et repræsentativt udsnit af de danske søer >5 ha. Størstedelen af søerne er relativt små (medianværdien for søarealet er 23 ha) og lavvandede (medianværdien for middeldybden er 1,6 m). Endvidere er søerne gennemgående næringsrige med en medianværdi for koncentrationen af totalfosfor på 0,088 mg/L og totalkvælstof på 1,47 mg/L. Tilsvarende er søerne gennemgående uklare med en medianværdi for sigtdybde på 1,1 m og et klorofylindhold med en median på 35 µg/L. Alle værdier er beregnet på baggrund af sommergennemsnittet i de enkelte søer.

De fire mest almindelige søtyper, der anvendes ved udarbejdelsen af vandplaner, er søtype 9, 10, 11 og 13. Disse fire søtyper udgør 91 % af alle de undersøgte KT-søer. Blandt disse er søtype 11 – den kalkrige, ikke-brunvandede, lavvandede og saltholdige søtype (brakvandssøer) – den mest næringsrige med en medianfosforkoncentration på 0,178 mg/L og en mediankvælstofkoncentration på 1,86 mg/L. Det er også i søtype 11, at de højeste medianværdier af klorofyl *a* ses (55 µg/L), og hvor der sammen med søtype 13 (brunvandet

søtype) måles de laveste sigtddybder (medianværdi på 0,7 m). Den mest næringsfattige blandt de fire hyppigst forekommende søtyper er søtype 10 (kalkrig, ikke-brunvandet, fersk og dyb), hvor medianfosforkoncentrationen er på 0,050 mg/L, og mediankvælstofkoncentrationen er 1,04 mg/L.

I mange af KT-søerne er der, siden overvågningsprogrammet påbegyndtes, nu opnået så lange tidsserier, at det er muligt at vurdere og teste udviklingstendenser individuelt for disse søer. Afhængigt af, hvilken parameter der analyseres, ses der i 33-36 søer ud af de 59-63 KT-søer med lange tidsserier statistisk signifikante ændringer på 0,1-10 % signifikansniveau for perioden 1989-2020. I langt de fleste tilfælde er der tale om positive ændringer forstået sådan, at næringsstof- og klorofylindholdet er reduceret, mens sigtddybden er øget. Hvis der kun ses på udviklingen i de seneste 20 år, er næringsstof- og klorofylindholdet og sigtddybden uændret i flertallet af søerne. Hvis man sammenligner resultaterne fra de 180 KT-søer som en helhed fra de to seneste 6-års perioder, er billedet anderledes. For kvælstofs og klorofyls vedkommende er der som helhed sket en negativ udvikling, idet der forekommer en signifikant forøgelse fra perioden 2009-2014 til 2015-2020. Udviklingen er mest signifikant for totalkvælstof, hvor de fleste søer har højere værdier i perioden 2015-2020 end i perioden 2009-2014. For totalfosfor og sigtddybde er der ikke signifikante ændringer.

Forekomsten af undervandsplanter er vurderet på baggrund af fire centrale parametre: det relativt plantedækkede areal (RPA), det relativt plantefyldte volumen (RPV), planternes maksimale dybdegrænse og antallet af arter. Alle fire parametre varierede meget i mellem de forskellige søtyper målt i perioden 2015-2020. I den mest almindelige dybe søtype (søtype 10) varierede dybdegrænsen mellem 1,0 m og 21,5 m.

Fiskebestanden i KT-søerne varierede noget imellem søtyperne, men det største antal og den største biomasse pr. net blev fundet i den meste almindelige søtype, type 9, hvor der som medianværdi blev fanget 137 stk. og 4,4 kg per net. Det mindste antal og den mindste vægt pr. net blev fundet i de kalkfattige søtyper (type 1, 2, 5 og 6).

1.4 Den operationelle overvågning

En række søer overvåges med henblik på at vurdere tilstanden for de søer, som er i risiko for ikke at opfylde natur- og miljømålet. Denne operationelle overvågning har i perioden 2018-2020 omfattet 331 søer, som repræsenterer 10 af de 11 danske søtyper omfattet af overvågningen i forbindelse med implementeringen af vandrammedirektivet. Der er store forskelle i de forskellige søtypers næringsstofindhold. Den mest næringsrige søtype, både hvad angår fosfor og kvælstof og både for søer > 5 ha og søer mellem 1 og 5 ha, er søtype 15 (kalkrig, brunvandet, saltholdig, lavvandet). Det er også i denne søtype, at der ses det højeste indhold af klorofyl *a* og den laveste sigtddybde. De mest næringsfattige søtyper er søtype 1, 2 og 10 sammenfaldende med de laveste koncentrationer af klorofyl *a* og højeste sigtddybder.

Forekomst og udbredelse af undervandsplanter varierer ligeledes meget imellem de forskellige søtyper omfattet af den operationelle overvågning. I søerne mellem 1 og 5 ha er dækningsgraden størst i søtype 1, mens den for søerne over 5 ha lidt overraskende er størst i den næringsrige og uklare søtype 15. Det kan hænge sammen med, at middelvanddybden er meget lav i søtype 15,

således at der når tilstrækkeligt lys ned til bunden, eller at planterne kan vokse op til overfladen.

1.5 Klima, afstrømning og vandtemperatur

Årets gennemsnitlige lufttemperatur i 2020 var på 9,8 °C, hvilket var hele 1,2 °C højere end gennemsnittet for perioden 1990-2019 (8,6 °C) og kun overgået af 2014 (10,0 °C). Det var primært i januar og februar, at temperaturen var markant højere i 2020 end både perioden 1961-1990 og gennemsnittet for perioden 1990-2019. Nedbørsmæssigt var 2020 på niveau med gennemsnittet for perioden 1990-2019, men der var store variationer hen over året, hvor især februar var meget nedbørsrig, mens foråret (marts-maj) til gengæld var ret tørt sammenlignet med perioden 1961-1990 og gennemsnittet for 1990-2019.

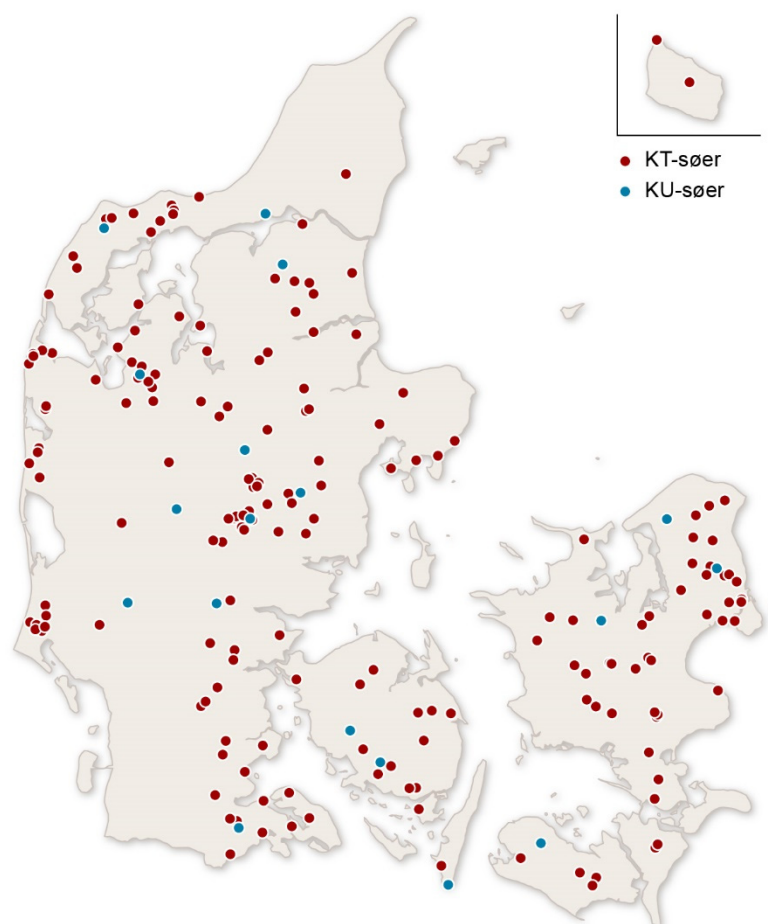
Analysen af temperaturmålinger fra overfladen (dybde ≤ 1 m) af de 18 KU-søer fulgt siden 1989 viser en statistisk signifikant stigende vandtemperatur. Der er tale om en gennemsnitlig stigningsrate på 0,31 °C pr. 10 år for årsgennemsnittet og 0,42 °C pr. 10 år for sommergennemsnittet. De sæsonmæssige variationer viser, at temperaturen i overfladevandet især er steget i efterårsmånederne og i nogen grad også i forårsmånederne og den tidlige sommer. Mest markant er stigningen i november, hvor medianværdien i overfladevandet er øget fra 5,8 til 8,1 °C og gennemsnittet fra 5,8 til 7,9 °C fra perioden 1989-1998 til perioden 2011-2020.

Summary

The monitoring programme

The current monitoring programme for lakes (encompassed by NOVANA) includes monitoring in relation to the EU Water Framework Directive (European Union 2000) and the EU Habitats Directive (European Union 1992). Data collected pursuant to the above-mentioned directives also contribute to the fulfilment of national monitoring obligations and data requirements in connection with, among other things, the Nitrates Directive and the NEC Directive's requirements regarding the effects of nitrogen deposition. According to the Water Framework Directive (WFD), there are two main types of monitoring – surveillance monitoring and operational monitoring. According to the Habitats Directive, surveillance monitoring and mapping of lake habitats are required. As to surveillance monitoring of lake habitats and mapping of small lakes and ponds < 5 ha, a separate programme exists. The location of the lakes in the surveillance monitoring referred to in this report is shown in Figure 1.

Figure 1. Geographical location of the lakes monitored according to the Water Framework Directive described in this report. These include 18 KU-søer (KU-lakes and 180 KT-søer (KT-lakes). KT = surveillance monitoring of the state of the lakes, KU = surveillance monitoring of the development of the lakes.



The surveillance monitoring of lakes according to the WFD is divided into two types: monitoring of the general state of lakes (represented by the so-called KT lakes, which includes 180 lakes > 5 ha), and monitoring of the development of lakes (the so-called KU lakes, comprising 18 lakes > 5 ha). In the KU lakes, water

chemistry and physical parameters are measured every second year, vegetation is studied twice in a six-year period, and phytoplankton, fish and sediment chemistry every six years. The operational monitoring geared towards lakes at risk of not complying with the objectives for nature and the environment as far as their environmental state is concerned comprises approx. 659 lakes (excepting the lakes included in the surveillance monitoring that are already being monitored operationally) during the period 2016-2021.

Table 1 provides an overview of the lakes (number and sampling year) represented in this report. For data from the KT lakes, it should be noted that the six-year period from 2015-2020, from which results are presented, does not follow the official monitoring period, which covers the years 2016-2021. For the KT lakes, the current status of selected physical/chemical parameters is shown, as well as that for vegetation and fish studies. For the KU lakes, the state for 2019/2020 is shown as well as the trend since 1989 for a number of key parameters. In addition, an overview is provided of data collected from the operationally monitored lakes as well as the climatic conditions in 2020 compared to previous years.

Table 1 Survey of the number of lakes from which data are shown in this report. Year of investigation is also provided.

		Number of lakes Investigated in
Monitoring according to the Water Framework Directive (lakes > 5 ha)		
Surveillance monitoring of environmental state (KT)	180	2015-2020
Surveillance monitoring of development (KU)	18	1989-2020
Operational monitoring	331	2018-2020

In connection with implementing the Water Framework Directive and preparing River Basin Management Plans, Denmark operates with 11 different lake types that are defined by water depth (deep, shallow), alkalinity (high alkalinity / low alkalinity), browning (brown water, non-brown water) and salinity (fresh, brackish). The presentation of the data in this report mainly follows this classification.

The Danish Environmental Protection Agency (MST) is responsible for the standardised sample collection. All collected data are reported to the National Topic Centre for Freshwater, which prepares annual status reports on the general environmental state and development in Danish lakes

Analyses of total phosphorus and total nitrogen have over a number of years from 2007 to the first quarter of 2017 been flawed, because the analysis laboratories used a non-approved method that did not ensure an adequate “opening” of organically-bound phosphorus and nitrogen. Subsequently, a correction has been made of the total nitrogen concentration, while this has not been possible for the concentration of total phosphorus. The results on total phosphorus concentrations from this period are therefore probably underestimated and must be interpreted with caution.

Surveillance monitoring of lake development (KU)

In the 2019-2020 monitoring, the 18 KU lakes included in the surveillance monitoring of lake development were generally nutrient-rich, but exhibited highly varying water chemical conditions. The summer-average content of total phosphorus in the 18 lakes varied, for example, between 0.016 and 0.596

mg/L and the content of chlorophyll *a* between 4.8 and 542 µg/L. The median values, based on the summer average, were 0.058 mg/L for total phosphorus and 19.8 µg/L for chlorophyll *a*.

The development in the KU lakes since the start of the monitoring period in 1989 has generally progressed towards lower nutrient concentrations, less chlorophyll *a* and increased Secchi depth. However, the greatest changes occurred in the 1990s, while only minor changes have been observed since then. In total, there has been a statistically significant decline in the concentrations of total phosphorus and total nitrogen in, respectively, 12 and 11 out of the 17 lakes on which sufficient data exist to allow a statistical assessment, while the summer average has been reduced in, respectively, 13 and 11 out of 18 lakes. If focusing only on the last 21 years (2000-2020), a significant reduction in the concentrations of total phosphorus and total nitrogen has occurred in, respectively, 11 and five out of 17 lakes on an annual basis, while the summer average shows a significant decrease in total phosphorus in 10 and in total nitrogen in five out of 18 lakes. For the last 10-year period (2010-2020), a decrease has been observed in the summer averages of both total phosphorus and total nitrogen in two lakes, but also an increase in two lakes.

Similar, but not quite as pronounced, changes are seen in the content of chlorophyll *a*, where the summer average for the entire period 1989-2020 has been reduced significantly in six out of 18 lakes, while it has increased in two lakes. In the last 21-year period, a significant reduction has been observed in four lakes. During the last 11-year period, there has only been a significant change in the chlorophyll *a* content in one lake (reduced summer average). Secchi depth in the KU lakes has also shown an increasing trend in the period 1989-2020, and there is a significant positive development in seven out of the 15 lakes, while there is only one lake where there has been a significantly reduced Secchi depth for the period 1989-2020. During the last 11-year period, no significant changes have appeared in the summer average.

The coverage of submerged macrophytes in the 10 KU lakes studied regularly since 1993 has varied significantly, and it is difficult to identify any general trends for the 10 lakes. If the development of the vegetation is assessed statistically for the 16 lakes, from which there is minimum eight years of data from 1993-2020, the coverage level has increased in eight lakes and declined in two lakes. In most cases, the positive development in the degree of coverage is also reflected in the plant-filled water volume and the depth boundary of the plants. If focusing on the last 21-year period, there are slightly fewer lakes where significant changes have occurred in the three parameters.

Surveillance monitoring of lake environmental state

The 180 KT lakes included in the monitoring of lake environmental state were originally selected randomly, taking into account geographical stratification, and as such constitute a representative segment of the Danish lakes > 5 hectares. The majority of the lakes are relatively small (the median value for lake area is 23 ha) and shallow (the median value for mean depth is 1.6 m). Furthermore, the lakes are generally nutrient-rich with a median value of total phosphorus of 0.088 mg/L and total nitrogen of 1.47 mg/L. Similarly, the lakes are generally turbid with a median value of Secchi depth of 1.1 m and a chlorophyll content with a median of 35 µg/L. All values are calculated on the basis of the summer average in the individual lakes.

The four most common lake types used in the preparation of River Basin Management Plans are lake type 9, 10, 11 and 13. These four lake types make up 91% of all the studied KT lakes. Among these, lake type 11 – the high alkaline, non-brown water, shallow and saline lake type (brackish lakes) – is the most nutrient-rich with a median phosphorus concentration of 0.178 mg/L and a median nitrogen concentration of 1.86 mg/L. It is also in lake type 11 that the highest median values of chlorophyll *a* are seen (55 µg/L), and where, together with lake type 13 (brown water lake type), the lowest Secchi depths (median value 0.7 m) are measured. The most nutrient-poor among the four most frequently occurring lake types is lake type 10 (high alkalinity, non-brown water, fresh and deep), where the median phosphorus concentration is 0.050 mg/L, and the median nitrogen concentration is 1.04 mg/L.

Since the monitoring programme began, sufficiently long time series have been obtained for many of the KT lakes to allow assessment and testing of the development trends individually for these lakes. Depending on which parameter is analysed, in 33-36 lakes out of the 59-63 KT lakes with long time series statistically significant changes of 0.1-10% significance level for the period 1989-2020 are found. In the vast majority of cases, the changes are positive in that the nutrient and chlorophyll *a* concentrations have declined, while the Secchi depth has increased. If contemplating only the development during the past 20 years, the nutrient and chlorophyll *a* content and the Secchi depth remain unchanged in the majority of lakes. If you compare the results from the 180 KT lakes as a whole from the last two six-year periods, the picture is different. As for nitrogen and chlorophyll *a* as a whole, there has been a negative development due to a significant increase from the period 2009-2014 to 2015-2020. The development is most significant for total nitrogen, where most lakes exhibit higher values in the period 2015-2020 than in the period 2009-2014. For total phosphorus and Secchi depth, there are no significant changes.

The abundance of submerged macrophytes is assessed on the basis of four central parameters: the relative plant-covered area (RPA), the relative plant-filled volume (RPV), the maximum depth boundary of the plants and the number of species. All four parameters varied greatly between the different lake types measured in the period 2015-2020. In the most common deep lake type (lake type 10), the depth boundary ranged between 1.0 m and 21.5 m).

The fish population in the KT lakes varied somewhat between the lake types, but the highest number and the largest biomass per net were found in the most common lake type, lake type 9, where the median values were 137 individuals and 4.4 kg per net. The smallest number and the smallest weight per net were found in the low alkalinity lake types (type 1, 2, 5 and 6).

The operational monitoring

A number of lakes are being monitored with a view to evaluating the state of the lakes that are at risk of not meeting the objectives set for nature and the environment. In the period 2018-2020, the operational monitoring encompassed 331 lakes, which represent 10 of the 11 Danish lake types covered by the monitoring in connection with the implementation of the Water Framework Directive. There are major differences in the nutrient concentrations of the different lake types. The most nutrient-rich lake type, both in terms of phosphorus and nitrogen, and for both lakes > 5 hectares and lakes between 1 and 5 hectares, is lake type 15 (high alkalinity, brown water, saline, shallow). It is also in this lake type that the highest level of chlorophyll *a* and the lowest

Secchi depth are found. The most nutrient-poor lake types are lake type 1, 2 and 10, coinciding with the lowest content of chlorophyll *a* and the highest Secchi depths.

The occurrence and abundance of submerged macrophytes also vary greatly between the different lake types covered by the operational monitoring. In the lakes between 1 and 5 hectares, the coverage is greatest in lake type 1, while for the lakes > 5 hectares it is, somewhat surprisingly, greatest in the nutrient-rich and turbid lake type 15. This can be related to the fact that the medium water depth is very low in lake type 15 so that sufficient light reaches the bottom or plants grow to the surface.

Climate, runoff and water temperature

The average temperature in 2020 was 9.8 °C, which was as much as 1.2 °C higher than the average for the period 1990-2019 (8.6 °C) and only surpassed by 2014 (10.0 °C). It was primarily in January and February that the temperature was significantly higher in 2020 than in both the period 1961-1990 and the average for 1990-2019. The precipitation in 2020 was on a par with the average for the period 1990-2019, but there were major variations over the year, especially February was high in precipitation, while spring (March-May) was rather dry compared to the period 1961-1990 and the average for 1990-2019.

Analyses of temperature measurements from the surface (depth ≤1 m) of the 18 KU lakes followed since 1989 show a statistically significant increasing water temperature. This is an average rate of increase of 0.31 °C per 10 years for the annual average and 0.42 °C per 10 years for the summer average. The seasonal variations show that the temperature in the surface water has increased in the autumn months and to some extent also in the spring months and in early summer. The most significant increase is in November, where the median value in the surface water increased from 5.8 to 8.1 °C and the average from 5.8 to 7.9 °C from the period 1989-1998 to the period 2011-2020.

2 Undersøgellesprogrammet

2.1 Historik

Siden vedtagelsen af Vandmiljøplan 1 i 1988 er der sket løbende ændringer og tilpasninger af overvågningsprogrammerne. I perioden 1989-1997 omfattede overvågningsprogrammet 37 søer >5 ha, hvori der hvert år blev foretaget intensive kemiske / fysiske og biologiske undersøgelser. Kemiske / fysiske undersøgelser og planktonundersøgelser blev i den enkelte sø foretaget to gange per måned om sommeren og én gang per måned om vinteren – i alt 19 gange. Derudover blev der årligt foretaget planteundersøgelser, mens fiskeundersøgelser blev foretaget hvert femte år i hver sø. I perioden 1998-2003 var antallet af søer reduceret til 31.

I 2004, hvor den første NOVANA-periode (se forordet) trådte i kraft, og i de efterfølgende år blev antallet af intensivt undersøgte søer reduceret yderligere til 15 søer i 2010. Samtidig skete der en reduktion i frekvensen af de biologiske undersøgelser, hvilket medførte, at planteundersøgelser blev foretaget hvert tredje år og fiske- og planktonundersøgelser hvert sjette år. Fra og med 2015 blev undersøgelsesfrekvensen af de kemiske / fysiske undersøgelser af søvandet, i de intensivt undersøgte søer, reduceret fra hvert år til hvert andet år. I 2011 blev programmet udvidet med tre søer (hvoraf to søer tidligere havde indgået i programmet) til 18 søer med intensive undersøgelser (*kontrolovervågning af søernes udvikling; KU-søer*, se nedenfor). Fra 2016 ophørte overvågningen af dyreplankton i NOVANA.

Samtidig med at antallet af de intensivt undersøgte søer i 2004 blev reduceret, blev der inddraget væsentligt flere søer i et mere ekstensivt program. I dette program blev undersøgelserne i de enkelte søer foretaget med lavere frekvens, både årligt og i overvågningsperioden som helhed. Det ekstensive program dækkede indtil 2008 tre størrelseskategorier af søer: >5 ha (Ekstensiv-1 søer), 0,1-5 ha (Ekstensiv-2 søer) og 0,01-0,1 ha (Ekstensiv-3 søer) og omfattede i gennemsnit i perioden 2004-2007 årligt ca. 60 søer i hver størrelsesgruppe. Fra 2008 overgik søerne <5 ha i det daværende ekstensive program til en anden del af overvågningen – de fleste til den del af overvågningen, der foretages jf. habitatdirektivet (se nedenfor).

I 2010 blev overvågningen opdelt i *kontrolovervågning* og *operationel overvågning* (se nedenfor). Således blev 180 søer >5 ha fra den ekstensive overvågning videreført i *kontrolovervågningen af tilstand, KT-søer*, hvor hver sø bliver undersøgt i en seksårig turnus (dvs. 30 søer pr. år). Fra 2015 blev den årlige undersøgelsesfrekvens i hver af disse søer reduceret fra syv årlige prøvetagninger til fem prøvetagninger i perioden maj-september. I det ekstensive program blev algemængden indikeret ved klorofylkoncentrationen, og i 2011 blev fytoplanktonundersøgelser inkluderet i *kontrolovervågningen af tilstand*.

Fra 2008 blev omfanget af overvågningen af søer <5 ha ændret. Udvalgte søer i størrelsesklassen 1-5 ha undersøges nu i det operationelle program, og søer med et areal på 0,01-5 ha (størstedelen i Natura 2000-habitatområder) undersøges i forbindelse med overvågningen af habitatnaturtyper i henhold til habitatdirektivet (Den Europæiske Union 1992). Samtidig overgik overvågningen af naturtyper i søer fra programmet for overvågning af arter og natur til søprogrammet.

Fra og med 2011 trådte en ny seksårig NOVANA-periode i kraft, som nu er videreført i den indeværende NOVANA-periode – 2016-2021. De væsentligste behov for overvågning af søer gennemføres nu med udgangspunkt i de to EU-direktiver; vandrammedirektivet (Den Europæiske Union 2000) og habitatdirektivet (Den Europæiske Union 1992). Således omfatter overvågningen fra og med 2010 dels en *kontrolovervågning* og dels en *operationel overvågning* af søer, OP-søer.

Kontrolovervågningen har til formål at ”dokumentere søernes tilstand og den generelle udvikling, herunder de klimatisk relaterede og de menneskeskabte ændringer”. Kontrolovervågningen skal endvidere give et generelt billede af tilstand og udvikling af de enkelte sønaturtyper. Kontrolovervågning af arter i søer skal danne baggrund for en vurdering af bevaringsstatus på landsplan af de plante- og dyrearter, som indgår på bilag II og IV i habitatdirektivet (de såkaldte ”habitatarter”) (Miljøstyrelsen, 2017). Kontrolovervågningen i henhold til vandrammedirektivet omfatter hovedsageligt søer >5 ha (198 stk.), mens kontrolovervågningen i henhold til habitatdirektivet udelukkende omfatter søer <5 ha (420 stk.).

Data fra kontrolovervågningen anvendes i forbindelse med basisanalyserne, der bl.a. danner grundlag for vandområde- og Natura 2000-planlægningen. Derudover skal data anvendes til afrapporteringer i henhold til nationale forpligtelser, herunder f.eks. Artikel-17 afrapportering og rapportering i henhold til nitratudirektivet (Miljøstyrelsen, 2017).

Den operationelle overvågning skal danne baggrund for fastlæggelse af den økologiske tilstandsklasse, kemiske tilstand og indsatsbehov i søer, hvor man er i tvivl om tilstanden. Derudover skal den operationelle overvågning levere data, der dokumenterer effekten af nationale vandmiljøplaner, vandområdeplaner, nitrathandlingsprogrammer og andre forvaltningsmæssige tiltag (Miljøstyrelsen 2017).

Indholdet i de forskellige undersøgelsesprogrammer er tilpasset de enkelte formålsbeskrivelser både mht. undersøgte parametre, frekvenser og antal søer. Måleprogrammerne er opnået ved at sammenstille de hidtidige erfaringer fra søovervågningsprogrammet, bl.a. igennem en statistisk optimering (Larsen m.fl. 2002) og tidligere erfaringer ved opstilling af undersøgelsesprogrammer for søer (Søndergaard m.fl. 1999), ligesom et internationalt evalueringspanel har givet anbefalinger vedrørende disse forhold.

2.2 Parametre i overvågningen

Til beskrivelse af søernes tilstand og udvikling måles der en række kemiske, fysiske og biologiske parametre. Ikke alle parametre måles i alle søer, og frekvensen varierer mellem de enkelte overvågningstyper.

I søvandet beskrives næringsstofferne med målinger af både totale og, i nogle af søerne, uorganiske opløste fraktioner af kvælstof og fosfor. I udvalgte søer måles til- og fraførsel af vand, og der foretages analyser af totalkvælstof, totalfosfor og totaljern i søens til- og afløb. Sedimentets indhold af totalfosfor og totaljern bestemmes i udvalgte søer til understøttelse af analyserne af næringsstofomsætningen i søerne.

Søernes bufferkapacitet og forsureningsstatus kan beskrives ved måling af alkalinitet (kalkholdighed) og pH, som sammen med bl.a. totaljern kan indgå i beskrivelsen af næringsstoffdynamikken i søerne. Herudover indgår også ilt- og temperaturprofiler, ledningsevne, farvetal samt sigtddybde i en beskrivelse af de fysiske forhold i søvandet. Nogle af disse parametre anvendes også i forbindelse med fastlæggelse af søtype jf. vandrammedirektivet (se afsnit 2.4).

Mængden af partikulært materiale i søvandet måles som den totale koncentration af suspenderet stof sammen med glødetabet, der udtrykker andelen af organisk materiale af det suspenderede stof. Indholdet af klorofyl *a* giver et estimat for biomassen af fytoplankton.

Ud over de kemiske og fysiske faktorer undersøges en række biologiske komponenter, som også er nødvendige for beskrivelse af søers tilstand. Undervandsplanter beskrives ved deres tæthed, artssammensætning og dybdeudbredelse. Fiskebestandens arts- og størrelsessammensætning samt biomasse bliver opgjort, og fytoplanktonets tæthed og taksonomiske sammensætning beskrives i udvalgte søer. Bunddyr og fytobenthos (repræsenteret ved bentske kiselalger) undersøges ligeledes i udvalgte søer.

Miljøfarlige forurenende stoffer inden for grupperne metaller, aromatiske kulbrinter, phenoler, polyaromatiske kulbrinter (PAH), blødgørere og organotinforbindelser måles i sedimentet fra udvalgte søer. I muskeltvæv fra fisk (biota) måles kviksølv, og fra 2019 indgik dioxiner og furaner, perflourerede forbindelser samt pesticiderne heptachlor og heptachlorepoxid i målingerne i fiskevæv. En række pesticider blev i begrænset omfang målt i vandfasen i 2020.

Til beskrivelse af bevaringsstatus og udbredelse og for at opnå et tilstrækkeligt videngrundlag for søerne i forhold til naturplanerne foretages der kontrol- overvågning og kortlægning af habitatnaturtyper i søerne. Heri indgår en registrering af strukturelle faktorer og registrering af arter i de enkelte søer og deres nære omgivelser. I søer, der indgår i denne type kontrolovervågning, bliver der foretaget ekstensive vandkemiske undersøgelser.

I afsnit 2.5-2.7 gives en kort beskrivelse af de enkelte overvågningstyper i søerne. En komplet beskrivelse af overvågningsprogrammet for søer i NOVANA 2017-2021 findes i Miljøstyrelsen (2017).

2.3 Fejlanalyser af totalkvælstof og totalfosfor

Analyser af totalkvælstof og totalfosfor fra vandprøver var igennem en årrække fejlbehæftede. Årsagen var, at der blev anvendt en ikke godkendt analysemetode (UV-metoden) i stedet for den korrekte autoklavemetode. Anvendelsen af UV-metoden førte til en utilstrækkelig destruktion/oplukning af prøvens indhold af kvælstof og fosfor bundet i organisk stof og dermed en underestimering af de målte koncentrationer af totalkvælstof og totalfosfor i prøverne. Der er redegjort for de nærmere detaljer i Larsen m.fl. (2018) og Larsen m.fl. (2020).

I Larsen m.fl. (2020) blev det anbefalet at gennemføre korrektion af koncentrationer af totalkvælstof, dog med forbehold for, at UV-analysemetoden, der blev anvendt i perioden 2007-2014 for hver enkelt prøve, var sammenlignelig med den UV-analysemetode, der blev anvendt i 2015, og hvorpå korrektionsligningerne mellem resultaterne af autoklave- og UV-metoden kunne udregnes. Miljøstyrelsen vurderede, at der kunne tages udgangspunkt i, at det var

de samme laboratorier og metoder, der har været anvendt for vandløbs- og søprøver i perioden 2007-2015. Med denne vurdering blev der i Tornbjerg m.fl. (2021) anbefalet og efterfølgende gennemført korrektioner af totalkvælstofkoncentrationen i søprøver for perioden 2007 til første kvartal 2017. Den relative middelfejl på totalkvælstofanalyserne, baseret på de to års indsamlede data for totalkvælstof målt med både UV- og autoklavemetoden, der har dannet baggrund for opstillingen af de anvendte korrektionsligninger, var på henholdsvis 14,6 % (2015) og 16,3% (2017). I perioden 2007-første kvartal 2017 blev der foretaget ca. 14.000 analyser af totalkvælstof i søprogrammet i NO-VANA, hvoraf resultaterne af ca. 10.000, svarende til 71 % af prøverne, blev korrigeret. Korrektionen af disse data betyder, at tidligere præsentationer af resultater for totalkvælstof, der dækker perioden 2007-2017, afviger fra præsentationerne i denne rapport.

For så vidt angår analyser af totalfosfor, blev det i Larsen m.fl. (2020) vurderet, at det ikke var muligt at finde gode korrektionsmuligheder på baggrund af de eksisterende data, fordi disse viste væsentligt forskellige forskelle i korrektionsniveau mellem de to år, hvor der kunne opstilles korrektionsligninger. Ikke desto mindre blev det i Tornbjerg m.fl. (2021) bemærket, at problemstillingen i forhold til totalkvælstofanalyser efter al sandsynlighed også gælder for totalfosforanalyser gennemført i den samme periode. Det blev derfor anbefalet at vurdere forhold vedr. totalfosforanalyser nærmere. På grund af usikkerheden omkring totalfosforanalyser er præsentationen af værdier af totalfosforkoncentrationer i perioden 2007-første kvartal 2017 i denne rapport markeret med grå skygge.

2.4 Søtyper i henhold til vandrammedirektivet

I forhold til vandrammedirektivets implementering og udarbejdelsen af vandområdeplaner arbejdes der i Danmark med 11 forskellige søtyper. Søtyperne defineres med udgangspunkt i forskelle i kalkholdighed, brunfarvning, saltholdighed og middelvanddybde (tabel 2.1).

Tabel 2.1. Oversigt over de 11 danske søtyper anvendt i forbindelse med vandrammedirektivets implementering. Grænserne for kalkrig-kalkfattig (alkalin – lav-alkalin) er ved 0,2 meq/L (alkalinitet), brunvandet – ikke-brunvandet ved 60 mg Pt/L (farvetal), fersk – saltholdig (brak) ved 0,5 ‰ (saltholdighed) og lavvandet – dyb ved en middelvanddybde ved 3 m (i vandområdeplanerne indgår også graden af lagdeling).

Søtype	Alkalinitet	Farvetal	Saltholdighed	Middeldybde
1	Kalkfattig	Ikke-brunvandet	Fersk	Lavvandet
2	Kalkfattig	Ikke-brunvandet	Fersk	Dyb
5	Kalkfattig	Brunvandet	Fersk	Lavvandet
6	Kalkfattig	Brunvandet	Fersk	Dyb
9	Kalkrig	Ikke-brunvandet	Fersk	Lavvandet
10	Kalkrig	Ikke-brunvandet	Fersk	Dyb
11	Kalkrig	Ikke-brunvandet	Saltholdig	Lavvandet
12	Kalkrig	Ikke-brunvandet	Saltholdig	Dyb
13	Kalkrig	Brunvandet	Fersk	Lavvandet
14	Kalkrig	Brunvandet	Fersk	Dyb
15	Kalkrig	Brunvandet	Saltholdig	Lavvandet

2.5 Kontrolovervågning

Kontrolovervågningen omfatter tre hovedtyper: en overvågning af den generelle tilstand i søer >5 ha (KT-søer), en overvågning af udviklingen i søer >5 ha (KU-søer), vurderet på baggrund af lange tidsserier, samt en overvågning af den generelle tilstand i søer <5 ha til vurdering af habitatdirektivets beskyttelse af sønaturtyper i denne størrelsesgruppe. En oversigt over kontrolovervågningens omfang er givet i tabel 2.2.

Samlet udgør de 198 søer >5 ha, som er omfattet af kontrolovervågningen i henhold til vandrammedirektivet, ca. 1/3 af alle danske søer i denne størrelsesgruppe (tabel 2.3).

Tabel 2.2. Kontrolovervågning – antal søer i de forskellige arealklasser.

Kontrolovervågning	Antal søer pr. år (gennemsnit)	Antal søer i en seksårig periode
Økologisk og kemisk tilstand		
Tilstand (søer >5 ha)	30	180
Udvikling (søer >5 ha)	9	18 ¹⁾
Naturtyper		
Vandhuller (0,01-1 ha)	35	210
Småsøer (1-5 ha)	35	210

¹⁾Undersøges hvert andet år for fysik/kemi, hvert tredje år for vegetation og fytobenthos (repræsenteret ved bentiske kiselalger) og hvert sjette år for bunddyr, fytoplankton og fisk.

Tabel 2.3. Oversigt over antallet af søer >5 ha i kontrolovervågningen af henholdsvis udvikling (KU-søer) og tilstand (KT-søer) i en seksårig overvågningsperiode med arealafgrænsning af programmerne samt måleprogrammets turnus. "% af alle" angiver, hvor stor en andel de udvalgte søer udgør af det samlede antal danske søer >5 ha.

Programtype	Areal (ha)	Antal søer	% af alle	Turnus (år)
Kontrolovervågning, udvikling	7-4000	18	} 33	2 ¹⁾
Kontrolovervågning, tilstand	5-1730	180		6

¹⁾Vandkemiske parametre. Sedimentkemiske og biologiske parametre undersøges med lavere frekvens.

2.5.1 Kontrolovervågning af udvikling (søer >5 ha), 18 KU-søer

For at kunne give en detaljeret beskrivelse af tilstand og udvikling i udvalgte søtyper gennemføres der en intensiv overvågning af i alt 18 søer, hvoraf 15 indtil 2010 var en del af "Det intensive program". Disse søer benævnes KU-søer (Kontrolovervågning af Udvikling). Tre nye søer blev i 2011 en del af KU-programmet, hvoraf én (Ulvedybet) tidligere har indgået i "Det intensive program", og to (Keldsnor og Tranemose) har været inkluderet i andre dele af overvågningsprogrammet. Disse tre søer indgår, pga. afbrudt tidsserie eller uensartet prøvetagning, ikke i alle analyser af den generelle udvikling i denne rapport.

De fysiske og kemiske undersøgelser omfatter i alt 17 vandkemiske og fysiske parametre (se den fulde liste i Miljøstyrelsen 2017). Den årlige prøvetagningsfrekvens for de vandkemiske og fysiske parameter er 19 (to gange pr. måned i april-oktober, resten af året månedlige prøver). I udvalgte KU-søer måles til- og fraførsel af vand, og der foretages analyser af totalkvælstof, totalfosfor og totaljern i søens til- og afløb. Disse målinger foretages med en årlig frekvens på 12-22, afhængigt af afstrømningsmønstret. På baggrund af dette kan næringsstoffdynamikken beskrives detaljeret. De enkelte søers sediment undersøges for totalfosfor, totaljern, tørstof og glødetab hvert sjette år, vegetation

og fytobenthos (repræsenteret ved bentiske kiselalger undersøges hvert tredje år, mens planteplankton (12 prøver pr. år), fisk og bunddyr undersøges hvert sjette år. Miljøfarlige forurenende stoffer (se Miljøstyrelsen 2017) undersøges i KU-søer i sediment og biota (fisk) hvert sjette år.

Der er kun medtaget 18 søer (hvoraf kun de 15 har en lang tidsserie) i kontrol-overvågningen af udviklingen, og disse søer kan ikke betragtes som værende repræsentative for danske søer som helhed, men giver mulighed for at vurdere langsigtede udviklingstendenser i større søer. Reduceret undersøgelsesfrekvens i forhold til tidligere betyder, at det tager længere tid at detektere en eventuel udvikling. For så vidt angår kemiske og fysiske parametre, giver resultaterne fra KU-søerne en baggrund for at vurdere resultaterne fra de mere ekstensivt overvågede søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand.

De intensive målinger i KU-søerne giver grundlag for at udarbejde en detaljeret beskrivelse af de enkelte søers økosystem, således at næringsstofomsætning, biologisk tilstand og interaktioner kan tolkes. Samtidig kan der etableres en årsagssammenhæng mellem menneskelig påvirkning og søernes respons såvel fysisk-kemisk som biologisk. Det er samtidig muligt at beskrive klimatiske og andre naturgivne forholds indflydelse på søerne og deres respons.

2.5.2 Kontrolovervågning af tilstand (søer >5 ha), 180 KT-søer

Til overvågning af de danske søers generelle økologiske og kemiske tilstand gennemføres der undersøgelser i gennemsnitligt 30 søer >5 ha pr. år, dvs. i alt 180 søer, over en seksårig periode. Disse søer benævnes KT-søer (Kontrolovervågning af Tilstand). Udvalget af dem er geografisk stratificeret, og de væsentligste danske søtyper, herunder brakvandssøer, er omfattet. En del af disse søer indgår tillige i det operationelle program. Eftersom KT-søerne tidligere var inkluderet i "Det ekstensive program" eller "Det intensive program", er en stor del af KT-søerne undersøgt mindst tre gange i løbet af overvågningsperioden (1989-2020). Mange af dem er undersøgt otte gange eller mere, hvilket gør det muligt at beskrive udviklingen i hver af disse søer med statistisk sikkerhed.

Vandkemiske og fysiske forhold i KT-søerne følges månedligt i sommerperioden (maj-september) med i alt 11 nøgleparametre (se den fulde liste i Miljøstyrelsen 2017). De biologiske undersøgelser omfatter i den enkelte sø fem årlige fytoplanktonprøver (månedligt fra maj til september) samt undersøgelse af undervandsplanter, fytobenthos (repræsenteret ved bentiske kiselalger) og fisk én gang i en seksårig periode.

Ud over vandkemiske og biologiske undersøgelser foretages der undersøgelser af miljøfarlige forurenende stoffer i sediment og biota (fisk) i 70 udvalgte KT-søer og i vand i fire søer i løbet af overvågningsperioden.

2.5.3 Kontrolovervågning af habitatnaturtyper i søer

Søer <5 ha

Til vurdering af bevaringsstatus og udvikling af habitatdirektivets beskyttede naturtyper i søer (se tabel 2.4) bliver der i kontrolovervågningen årligt foretaget ekstensive undersøgelser i gennemsnitligt ca. 70 søer <5 ha.

For søerne <5 ha er disse udvalgt på baggrund af tidligere undersøgelser, således at der sikres en nogenlunde ligelig fordeling mellem de seks naturtyper beskrevet i tabel 2.4.

De målte parametre i kontrolovervågningen af naturtypesøerne <5 ha omfatter kemiske parametre, vegetationens dækning og taksonomiske sammensætning samt strukturelle faktorer, der knytter sig til søbredden og de nærmeste omgivelser (se Fredshavn m.fl. 2009 for en fuld oversigt).

Tabel 2.4. Oversigt over de seks danske habitatnaturtyper i søer anvendt i forbindelse med overvågning jf. habitatdirektivet. Se nærmere beskrivelse i habitatnøglen og habitatbeskrivelserne her: <https://mst.dk/natur-vand/natur/natura-2000/natura-2000-omraaderne/beskyttede-arter-og-naturtyper/>. Hvis en sø ikke tilhører nogen af de nævnte typer, registreres den med "type" 3100.

Habitatnaturtype	
Nr.	Beskrivelse
1150	Kystlaguner og strandsøer
3110	Kalk- og næringsfattige søer og vandhuller (lobeliesøer)
3130	Ret næringsfattige søer og vandhuller med små amfibiske planter ved bredden
3140	Kalkrige søer og vandhuller med kransnålalger
3150	Næringsrige søer og vandhuller med flydeplanter eller store vandaks
3160	Brunvandede søer og vandhuller

Søer >5 ha

Kontrolovervågningen af habitatnaturtyper i søer >5 ha, jf. habitatdirektivet, foregår samtidig med kontrolovervågningen af disse søer jf. vandrammedirektivet. Naturtypen bestemmes i henhold til habitatnøglen og habitatbeskrivelserne (se <https://mst.dk/natur-vand/natur/natura-2000/natura-2000-omraaderne/beskyttede-arter-og-naturtyper/>), og der indsamles ikke data ud over dem, der indgår i kontrolovervågningen i henhold til vandrammedirektivet.

2.6 Operationel overvågning, 659 OP-søer

For at tilvejebringe data til brug ved vurdering af tilstanden i søer, der er i risiko for ikke at opfylde natur- og miljømålet, og for at opnå datagrundlag til at vurdere den nødvendige indsats bliver der hvert år i perioden 2016-2021 foretaget undersøgelser af vandkemi i 95 søer, vegetation i 50 søer og fisk i 11 søer (antallet af søer er gennemsnitligt og nogle søer undersøges to gange i perioden) alle over 5 ha. En del af disse søer er også inkluderet i kontrolovervågningen. Derudover overvåges i gennemsnit pr. år 25 småsøer med et areal på 1-5 ha, hvor vandkemi og vegetation undersøges. Søerne i den operationelle overvågning er udpeget af MST.

Søerne er udvalgt efter følgende kriterier (Naturstyrelsen 2011):

- Søer, hvor der aldrig har været tilsyn.
- Søer, for hvilke der ikke findes oplysninger om den aktuelle status, eller hvor oplysningerne er forældede.
- Søer, hvor der har været tilsyn, men hvor man mangler oplysninger i forhold til nødvendig indsats.
- Søer, der ikke opfylder målsætningen, og hvor effekten af igangsatte eller gennemførte tiltag skal vurderes.
- Søer, der opfylder målsætningen, men er i forværring.

Undersøgelserne i den operationelle overvågning omfatter op til 16 udvalgte vandkemiske og fysiske parametre. Ud over vandkemiske og biologiske undersøgelser undersøges sedimentet for totalfosfor, totaljern og miljøfarlige forurenende stoffer i udvalgte søer (se nærmere i Miljøstyrelsen 2017). Desuden undersøges fisk i udvalgte søer for miljøfarlige forurenende stoffer.

2.7 Kortlægning af habitatnaturtyper i søer

For at sikre et tilstrækkeligt videngrundlag for søerne i forhold til naturplanerne skal der, i henhold til habitatdirektivet, foretages en kortlægning (dvs. fastlæggelse af naturtype og indsamling af data til tilstandsvurdering) af naturtyper. Gennemsnitligt kortlægges ca. 500 vandhuller og småsøer <5 ha pr. år. Denne kortlægning fortsættes i de kommende år, indtil alle vandhuller og småsøer i Natura 2000-områder er undersøgt.

Til brug ved kortlægning af habitatnaturtyper i søer >5 ha anvendes de data, der indgår i overvågningen jf. vandrammedirektivet, hvilket vil sige, at der ikke indsamles yderligere data. Naturtypen for søer >5 ha bestemmes i henhold til Miljøstyrelsens habitatnøgle og habitatbeskrivelser, som kan findes her: <https://mst.dk/natur-vand/natur/natura-2000/natura-2000-omraaederne/beskyttede-arter-og-naturtyper/>.

3 Kontrolovervågning af søernes udvikling

Denne del af rapporten indledes med en generel karakteristik af de 18 KU-søer (figur 3.1). Femten af KU-søerne var i perioden 1989-2010 omfattet af ”Det intensive program” og har dermed gennemgået intensive undersøgelser siden 1989. De fysiske og kemiske parametre undersøges hvert andet år (indtil 2015 var det hvert år), og det seneste komplette datasæt, hvor vandkemiske parametre i alle KU-søer er undersøgt, omfatter således data fra perioden 2019-2020.

Figur 3.1. Geografisk placering af de 18 KU-søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling.



3.1 Generel karakteristik

Vandkemisk varierer KU-søerne fra kalkfattige til kalkrige (sommergennemsnitlig alkalinitet fra 0,02 til 5,0 meq/L) og fra ikke-farvede til brunvandede (sommergennemsnitlig farvetal fra 8 til 231 mg Pt/L) (tabel 3.1). Næringsstofmæssigt varierer søerne også meget. Sommergennemsnittet varierer for totalfosfor mellem 0,016 og 0,596 mg/L og for totalkvælstof mellem 0,373 og 11,66 mg/L. Dette kommer til udtryk i en sigtddybde, der som sommergennemsnit varierer fra 0,2 til 4,4 m, og et indhold af klorofyl *a*, der sommergennemsnitligt spænder fra 4,8 til 542 µg/L. Alle de nævnte værdier er fra overvågningen i 2019-2020.

Tabel 3.1. Vandkemiske forhold i de 18 KU-søer i 2019-2020 baseret på års- og sommergennemsnit for de enkelte søer. Af forskellige årsager, herunder restriktioner i forbindelse med Covid-19, har det ikke været muligt at undersøge alle søer for alle parametre.

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Totalfosfor (mg/L), år	0,103	0,062	0,017	0,525	17
Totalfosfor (mg/L), sommer	0,111	0,058	0,016	0,596	18
Opløst fosfor (ortho-P) (mg/L), år	0,022	0,014	0,002	0,108	17
Opløst fosfor (ortho-P) (mg/L), sommer	0,018	0,007	0,002	0,111	18
Totalkvælstof (mg/L), år	2,56	1,76	0,478	10,15	17
Totalkvælstof (mg/L), sommer	2,03	1,51	0,373	11,66	18
Nitrat (NO ₃ -N) (mg/L), år	1,03	0,61	0,08	4,87	17
Nitrat (NO ₃ -N) (mg/L), sommer	0,36	0,09	0,01	2,23	18
Klorofyl a (µg/L), år	53,1	13,7	6,1	494	17
Klorofyl a (µg/L), sommer	58,4	19,8	4,8	542	18
Sigtdybde (m), år	2,0	1,6	0,2	4,0	15
Sigtdybde (m), sommer	1,9	1,4	0,2	4,4	18
Alkalinitet (meq/L), år	2,2	2,3	0,02	5,1	17
Alkalinitet (meq/L), sommer	2,1	2,2	0,02	5,0	18
Farvetal (mg Pt/L), år	37,7	23,3	7,3	234	17
Farvetal (mg Pt/L), sommer	35,5	20,6	7,8	231	18

3.2 Vandkemi og sigtdybde

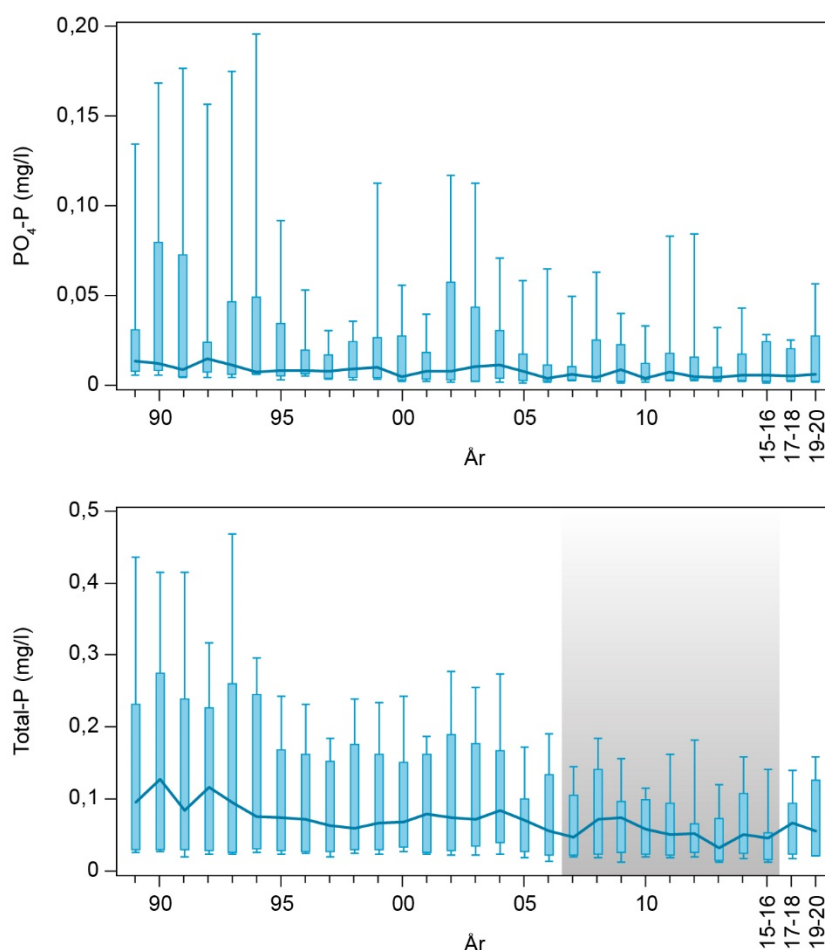
3.2.1 Fosfor

Fosfor i vandmiljøet kommer primært fra landbrugs- og naturarealer, spildevand fra byer og spredt bebyggelse og i mindre omfang fra industrier og dambrug.

Fosfor er et plantenæringsstof, der i de fleste søer betragtes som den mest begrænsende faktor for algevæksten. Fosfor har dermed stor betydning for vandmiljøet og mange af de biologiske forhold i søerne. Fosfor akkumuleres i søbunden, og efter en reduceret belastning eller afskæring af spildevand kan denne fosfor efterfølgende i en årrække frigives til søvandet, hvilket forsinker effekten på vandkvaliteten. Totalfosfor udtrykker den samlede fosformængde, hvoraf en stor del ofte er bundet i alger og andre partikler, mens den opløste fosfor (orthofosfat) er direkte tilgængelig for algerne produktion. Høje koncentrationer af opløst fosfor er derfor en indikation på, at en søs algevækst ikke er fosforbegrænset.

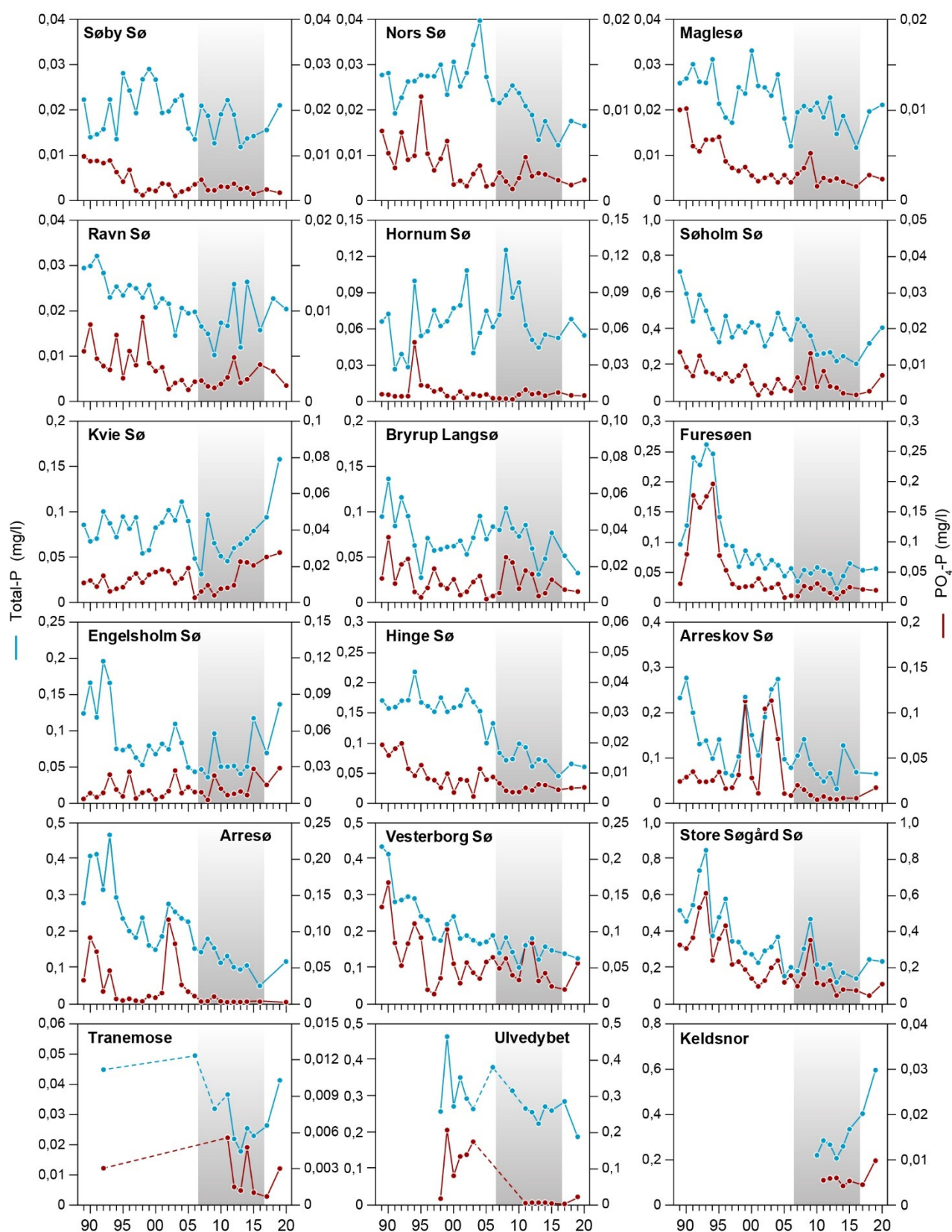
Udviklingen i sommerkoncentrationen fra 1989 til 2020 af totalfosfor og opløst fosfor i de søer, der er omfattet af kontrolovervågningen af udvikling, og som har været undersøgt siden 1989, er vist i figur 3.2. De tre søer, som kun har været med i kontrolovervågning af søernes udvikling siden 2011, er ikke medtaget i disse fremstillinger. Resultaterne for de enkelte søer ses i figur 3.3, og her er også de tre søer med data siden 2011 vist. Det skal bemærkes, at totalfosforanalyser fra perioden 2007-første kvartal 2017 kan være fejlbehæftede og koncentrationerne dermed underestimerede (se afsnit 2.3).

Figur 3.2. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af opløst fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$) og totalfosfor (mg P/L) i 15 af de søer i kontrolovervågningen af udvikling, der har været undersøgt siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne. Fra og med 2015 er hver sø kun undersøgt hvert andet år, hvorfor resultaterne fra hver af perioderne 2015-2016, 2017-2018 og 2019-2020 er slået sammen. Det skraverede område indikerer perioden med fejlbehæftede analyseresultater, se afsnit 2.3.



Det største fald i fosforindholdet er generelt sket i begyndelsen af overvågningsperioden (figur 3.2 og 3.3). Sommermedianen af totalfosforkoncentrationen lå i perioden 1989-1993 på ca. 0,1 mg/L. Fra 1994 og frem til 2013 varierede medianværdierne mellem 0,05 og 0,08 mg/L og med en faldende tendens. I 2013 blev der målt de laveste medianværdier, hvorefter medianværdien de seneste to perioder (2017-2018 og 2019-2020) har ligget omkring 0,07 mg/L. Medianværdierne af opløst fosfor var ligeledes generelt højest i den første del af perioden, mens de laveste værdier ses fra 2005 og frem.

At det største fald i fosforkoncentrationen skete i begyndelsen af overvågningsperioden, ses også af tabel 3.2. Faldet i årsværdierne for totalfosfor var af samme størrelsesorden som sommerværdierne; medianværdien faldt fra 0,105 til 0,059 mellem de to første femårsperioder, hvorefter den lå på 0,06-0,07 i de følgende perioder. Hvis man ser på femårsperioderne i tabel 3.2, er udviklingen i medianværdierne af orthofosfat ikke tydelig; dog er der for sommerværdierne en tendens til en reduktion i de seneste 10 år. Årsværdierne af orthofosfatkoncentrationer er gennemgående højere end sommerværdierne, fordi den opløste fraktion af fosfor generelt er højere om vinteren, hvor der ikke optages så meget af algerne.



Figur 3.3. Udvikling i sommergennemsnitskoncentrationen af totalfosfor (Total-P) og opløst fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$) i de 18 søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling. Bemærk forskellige skalaer på akserne. Det skraverede område på hver graf indikerer perioden med fejlbehæftede analyseresultater af totalfosfor, se afsnit 2.3.

Et andet mønster i udviklingen af fosforkoncentrationen i KU-søerne gennem de seneste 30 år er, at det største fald generelt ses i søer, som fra begyndelsen havde de højeste koncentrationer (figur 3.2 og 3.3 samt tabel 3.2 og 3.3). Således er det generelt maksimumværdierne og 75 %-fraktilerne, der er faldet mest, hvorimod minimum- og 25 %-fraktilerne ikke ændres meget. For totalfosfor var både 75 %-fraktilen og maksimumværdien mere end halveret mellem perioden 1989-1993 og 2015-2020. Dette gælder både sommergennemsnittet (dog ikke 75 %-fraktilen) og gennemsnittet på årsbasis. Reduktionen i de mest næringsrige KU-søer er endnu tydeligere for orthofosfat, hvor 75 %-fraktilen og maksimumværdierne fra 1989-1993 til 2015-2020 på årsbasis var reduceret til henholdsvis 32 % og 22 %. For sommerværdier var der tale om reduktioner til henholdsvis 46 % og 18 % mellem de samme perioder. Der kan dog ikke tolkes alt for hårdt på disse kvartilværdier på grund af det lave antal søer, hvor en enkelt eller få søer kan have stor betydning.

Tabel 3.2. Koncentrationen af totalfosfor angivet som gennemsnit- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-fraktiler (overfladevand) for 5-6-årsperioder siden 1989 i de 15 søer, som har været overvåget siden 1989. Data er baseret på gennemsnit for de enkelte søer. *Nogle af resultaterne i disse perioder vil være påvirkede af fejlanalyserne beskrevet i afsnit 2.3.

	Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Maks.
Periode	Årsværdier (mg/L)					
1989-1993	0,150	0,021	0,035	0,105	0,228	0,494
1994-1998	0,106	0,021	0,031	0,059	0,155	0,351
1999-2003	0,093	0,024	0,028	0,068	0,147	0,219
2004-2008 ^{*)}	0,077	0,019	0,028	0,071	0,118	0,182
2009-2014 ^{*)}	0,063	0,017	0,034	0,060	0,075	0,172
2015-2020 ^{*)}	0,064	0,015	0,031	0,055	0,093	0,168
	Sommerværdier (mg/L)					
1989-1993	0,162	0,018	0,029	0,105	0,195	0,621
1994-1998	0,112	0,022	0,028	0,070	0,175	0,425
1999-2003	0,103	0,021	0,028	0,074	0,186	0,279
2004-2008 ^{*)}	0,088	0,018	0,027	0,075	0,139	0,243
2009-2014 ^{*)}	0,069	0,016	0,020	0,059	0,079	0,234
2015-2020 ^{*)}	0,071	0,015	0,020	0,058	0,108	0,208

Tabel 3.3. Koncentrationen af opløst fosfor (orthofosfat) angivet som gennemsnit- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-fraktiler (overfladevand) for 5-6-årsperioder siden 1989 i de 15 søer, som har været overvåget siden 1989. Data er baseret på gennemsnit for de enkelte søer.

	Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Maks.
Periode	Årsværdier (mg/L)					
1989-1993	0,059	0,006	0,008	0,016	0,074	0,345
1994-1998	0,038	0,004	0,008	0,013	0,028	0,253
1999-2003	0,033	0,003	0,009	0,019	0,053	0,118
2004-2008	0,024	0,002	0,004	0,012	0,033	0,115
2009-2014	0,022	0,003	0,005	0,016	0,021	0,100
2015-2020	0,019	0,002	0,003	0,015	0,024	0,075
	Sommerværdier (mg/L)					
1989-1993	0,056	0,005	0,008	0,010	0,052	0,429
1994-1998	0,036	0,004	0,006	0,009	0,025	0,298
1999-2003	0,028	0,003	0,003	0,009	0,047	0,152
2004-2008	0,021	0,002	0,003	0,009	0,017	0,157
2009-2014	0,019	0,003	0,003	0,006	0,012	0,139
2015-2020	0,015	0,002	0,003	0,006	0,024	0,078

Reduktionen i fosforniveauet siden 1989 er også tydelig, hvis man ser på de enkelte søers udvikling, især hvad angår de mest næringsrige søer (figur 3.3, tabel 3.4 og tabel 3.5). Således er årsgennemsnittet af totalfosfor i perioden 1989-2020 reduceret signifikant i 12 ud af de 17 søer, hvor der er tilstrækkeligt datagrundlag til en statistisk vurdering, og sommergennemsnittet er reduceret i 13 ud af 18 søer. Hvis der alene ses på den seneste 20-års periode (2000-2020), er der sket en signifikant reduktion i 11 ud af 17 søer på årsbasis, mens sommergennemsnittet udviser et signifikant fald i 10 ud af 18 søer. I en enkelt sø er der sket en stigning i sommergennemsnittet. Kun få søer viser ændringer i de seneste 11 år (2010-2020). Der er sket en signifikant stigning i to søer, både på års- og sommerbasis, mens fosforkoncentrationen er reduceret i én hhv. to søer. Som i de øvrige fremstillinger er resultaterne et udtryk for, at de største ændringer skete tidligt i overvågningsperioden. Bemærk, at den statistiske test, ud over det normalt anvendte signifikansniveau på 5 % eller derunder, også er vurderet med et signifikansniveau på 10 %.

Tabel 3.4. Udviklingen i indholdet af totalfosfor i hele perioden 1989-2020 i de seneste 21 år og de seneste 11 år i de søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand. Søer markeret med: -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. ** betyder, at der ikke er tilstrækkeligt datagrundlag (<8 målinger) til en statistisk vurdering. Resultaterne i perioden 2007-første kvartal 2017 kan være påvirkede af fejlanalyserne beskrevet i afsnit 2.3.

	Totalfosfor					
	Årsgennemsnit			Sommergennemsnit		
	1989-2020	2000-2020	2010-2020	1989-2020	2000-2020	2010-2020
Nors Sø	----	----	0	---	----	-
Ulvedybet Nord	0	0	**	-	-	**
Hornum Sø	0	-	**	0	0	0
Tranemose	0	0	**	0	0	**
Hinge Sø	----	----	0	----	----	--
Ravn Sø	0	0	0	----	0	0
Bryrup Langsø	---	-	-	-	0	0
Søby Sø	--	--	0	0	-	0
Kvie Sø	0	0	++	0	0	+++
Engelsholm Sø	--	0	+	--	0	0
Store Søgård Sø	----	-	0	----	0	0
Arreskov Sø	---	--	0	---	---	0
Søholm Sø	----	----	0	----	--	0
Keldsnor	**	**	**	+	+	+
Arresø	----	----	0	----	----	0
Furesøen	----	0	0	----	-	0
Maglesø	---	--	0	---	--	0
Vesterborg Sø	----	----	0	----	---	0
I alt +/++/+++ /++++	0	0	2	1	1	2
I alt -/--/--- /----	12	11	1	13	10	2

3.2.2 Kvælstof

Kvælstof i vandmiljøet stammer primært fra udvaskning fra det åbne land, hvoraf landbrugsarealer udgør størstedelen. Mindre betydende kilder er renseanlæg, industrier og dambrug.

Kvælstof er ligesom fosfor et plantenæringsstof, der har betydning for algemængden og den generelle tilstand i søerne, selv om fosfor i de fleste søer oftest vil være den begrænsende faktor. Der er dog undersøgelser, der peger på, at

kvælstof spiller en væsentlig rolle for undervandsplanterne, og at høje kvælstofkoncentrationer kan gøre det vanskeligere at opnå klarvandede forhold (Gonzales Sagrario m.fl. 2005); se eventuelt rapporten fra Bjerring m.fl. (2013), der indeholder et afsnit om betydningen af kvælstof for søers tilstand. I søerne foregår der en naturlig kvælstoffjernelse (denitrifikation), som har betydning for, hvor meget kvælstof der transporteres ud af søerne og videre via vandløbene til havet. Overvågningen af kvælstofkoncentrationerne bidrager med viden om denitrifikationskapaciteten, hvilket muliggør en vurdering af søernes samlede kapacitet til at fjerne kvælstof. Indholdet af totalkvælstof udtrykker den samlede mængde kvælstof, hvoraf en stor del – især om sommeren – er bundet i partikler som alger. Indholdet af nitrit-nitrat, der som regel udgør den største andel af opløst kvælstof, der er direkte tilgængelig for algernes produktion, reduceres ofte hen over sommeren på grund af algernes optag og øget denitrifikation.

Udviklingen i sommerkoncentrationen fra 1989 til 2020 af totalkvælstof og nitrit-nitrat i de søer, der indgår i kontrolovervågningen af udviklingen, ses i figur 3.4. Resultaterne for de enkelte søers kvælstofindhold ses i figur 3.5 og tabel 3.6 og 3.7.

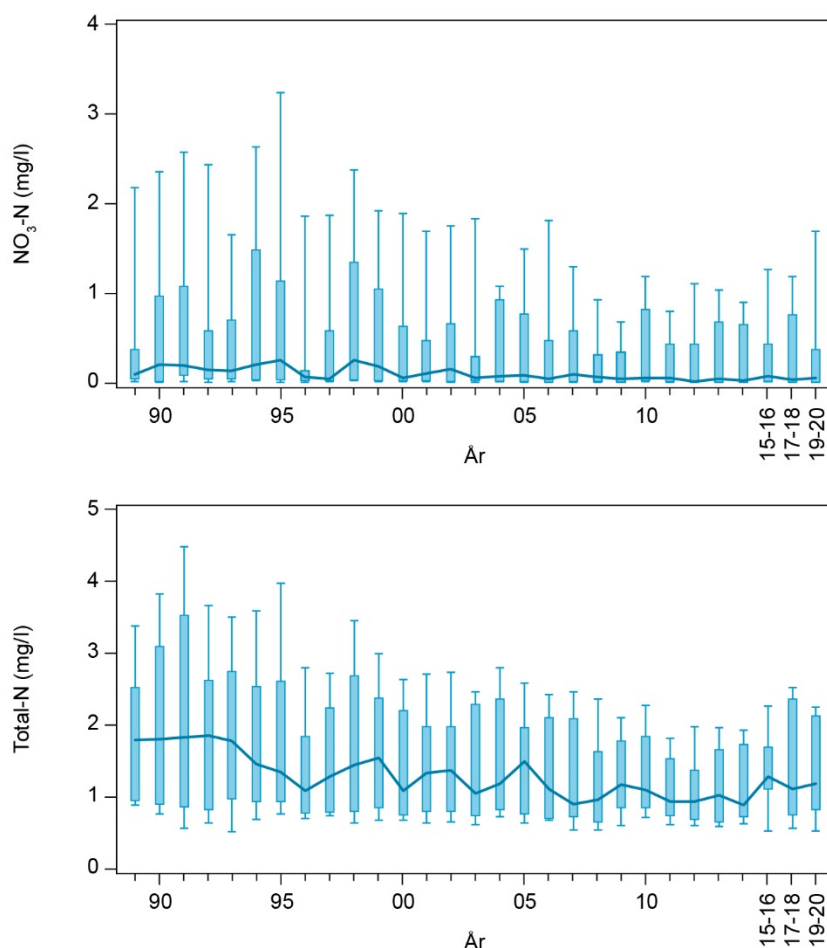
Siden 1989 er der sket en reduktion i indholdet af totalkvælstof i søerne, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling, på såvel års- som på sommerniveau. Sommermedianen af totalkvælstof lå i perioden 1989-1993 på omkring 1,8 mg/L (figur 3.4), og frem til 1996 var der et konstant fald i koncentrationen til 1,1 mg/L. I de følgende 10 år varierede totalkvælstofkoncentrationerne som median for de 15 søer mellem 1 og 1,5 mg/L. Siden 2007 har medianværdien ligget mellem 1 og 1,3 mg/L. I de tre seneste toårsperioder (2015-2016, 2017-2018 og 2019-2020) har medianværdien af sommertotalkvælstofkoncentrationen ligget lidt højere end i den foregående 10-års periode (2005-2014). Dette gælder også for værdierne af maksimum og i de seneste to perioder (2017-2018 og 2019-2020) for 75 %-kvartilerne.

Sommermedianen af nitrit-nitratkoncentrationen lå i perioden 1989-1999 mellem 0,1 og 0,25 mg/L, bortset fra årene 1996 og 1997, som pga. lav nedbør og dermed ringe afstrømning fra oplandet overordnet viste lavere værdier (0,06 og 0,05 mg/L). Efter 1999 sås et generelt fald, således at mediankoncentrationerne siden har ligget omkring eller under 0,1 mg/L. I modsætning til totalkvælstof øgedes medianværdien af nitrit-nitratkoncentrationen ikke fra 2014 til de seneste tre toårsperioder (2015-2016, 2017-2018 og 2019-2020).

Reduktionen af både totalkvælstof og nitrit/nitrat er især markant for de mest kvælstofrige søer, hvilket kommer tydeligt til udtryk i mindskede værdier for både medianværdier og 75 %-fraktilerne. I perioden 1989-1993 til 2015-2020 er 75 %-fraktilen af årsværdierne af totalkvælstof således reduceret fra 4,2 til 2,4 mg/L, og sommerværdierne er faldet fra 3,1 til 2,1 mg/L i samme periode (tabel 3.6). Fra perioden 2009-2014 til 2015-2020 er 75 %-fraktilen for totalkvælstof øget både som årsmiddel og sommermiddel. Nitrit-nitrat-koncentrationen er i de mest kvælstofrige søer (75 %-fraktilen) på årsbasis over hele perioden halveret fra 3,2 til 1,7 mg/L. For sommerperioden er der, overordnet set, også sket et fald i de mest næringsrige søer.

Generelt er sommerkoncentrationerne af nitrit/nitrat væsentligt lavere end på årsbasis. Det skyldes, at primærproducenterne om sommeren optager en større andel af nitrit/nitrat, og/eller at det forbruges via denitrifikation, og de højere vinterkoncentrationer slår igennem på årsgennemsnittet.

Figur 3.4. Udviklingen i sommer-gennemsnit for søkoncentrationen af nitrat+nitrit ($\text{NO}_3\text{-N}$) og to-talkvælstof (Total-N) (mg N/L) i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne. Fra og med 2015 er hver sø undersøgt hvert andet år, hvorfor resultaterne fra hver af perioderne 2015-2016, 2017-2018 og 2019-2020 er slået sammen.



Tabel 3.6. Koncentrationen af totalkvælstof angivet som gennemsnits- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-fraktiler (overfladevand) for 5-6-årsperioder siden 1989 i de 15 søer, som har været overvåget siden 1989. Data er baseret på gennemsnit for de enkelte søer.

	Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Maks.
Periode	Årsværdier (mg/L)					
1989-1993	2,74	0,45	0,93	2,51	4,24	6,00
1994-1998	2,28	0,48	1,07	1,71	3,85	4,33
1999-2003	1,99	0,44	0,97	1,84	3,11	3,84
2004-2008	1,96	0,42	0,97	1,81	2,61	4,71
2009-2014	1,84	0,40	0,98	1,89	2,18	4,45
2015-2020	1,90	0,40	0,97	1,76	2,44	5,59
	Sommerværdier (mg/L)					
1989-1993	1,97	0,37	0,85	2,03	3,06	4,07
1994-1998	1,68	0,42	0,87	1,42	2,27	3,80
1999-2003	1,48	0,39	0,83	1,23	2,28	2,98
2004-2008	1,41	0,36	0,72	1,35	2,12	2,55
2009-2014	1,23	0,35	0,75	0,97	1,86	2,13
2015-2020	1,38	0,33	0,83	1,24	2,12	2,50

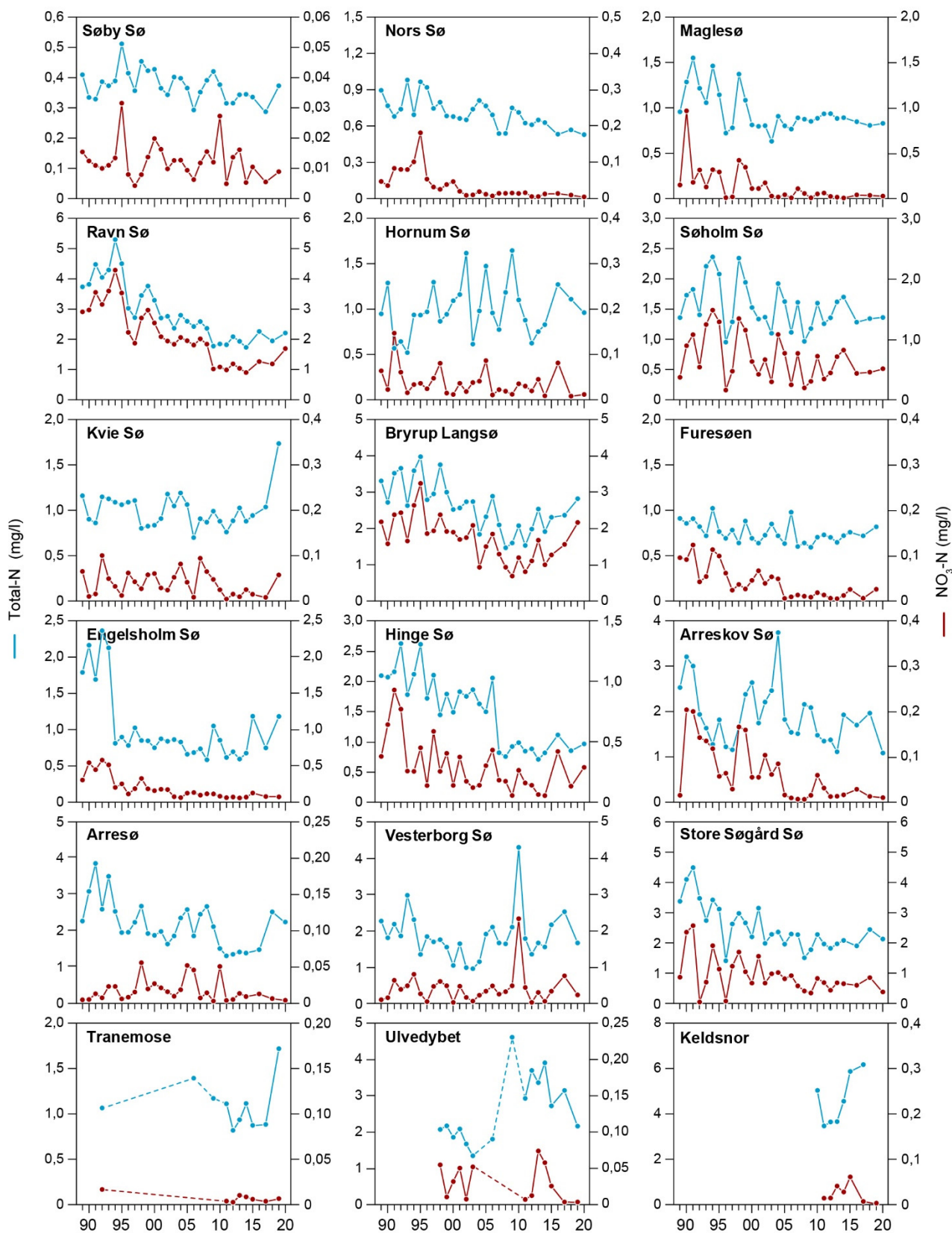
Tabel 3.7. Koncentrationen af nitrat+nitrit angivet som gennemsnit- og medianværdier, minimum, maksimum samt 25 %- og 75 %-fraktiler (overfladevand) for 5-6-årsperioder i de 15 søer, som har været overvåget siden 1989. Data er baseret på gennemsnit for de enkelte søer.

	Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Maks.
Periode	Årsværdier (mg/L)					
1989-1993	1,47	0,08	0,27	0,70	3,21	3,97
1994-1998	1,25	0,08	0,21	0,50	2,92	3,36
1999-2003	1,06	0,09	0,22	0,45	2,47	2,89
2004-2008	0,96	0,07	0,15	0,35	2,02	3,32
2009-2014	0,79	0,04	0,13	0,29	1,30	2,57
2015-2020	0,89	0,05	0,15	0,29	1,59	3,83
	Sommerværdier (mg/L)					
1989-1993	0,64	0,01	0,06	0,35	0,83	3,23
1994-1998	0,60	0,01	0,04	0,21	0,95	2,92
1999-2003	0,45	0,01	0,02	0,15	0,63	2,27
2004-2008	0,37	0,01	0,02	0,06	0,61	1,93
2009-2014	0,28	0,01	0,01	0,03	0,60	1,08
2015-2020	0,34	0,01	0,02	0,03	0,47	1,66

Ser man på enkelt søerne i perioden 1989-2019/2020, er der som helhed sket en reduktion i totalkvælstofkoncentrationen i flertallet af de 15 søer (figur 3.5, tabel 3.8), både hvad angår sommergennemsnit og årsgennemsnit (11 søer i begge tilfælde). Hvis der alene kigges på udviklingen i de seneste 21 år (2000-2020), er der færre søer, hvor indholdet af totalkvælstof har ændret sig; i fem søer har der været et reduceret sommer- og årsgennemsnit, mens koncentrationen i én henholdsvis to søer er steget. I de seneste 11 år er der på årsbasis sket ændringer i fire søer; i én sø er totalkvælstofkoncentrationen steget, mens den er faldet i tre søer. Indholdet af kvælstof afspejler således en udvikling parallel til indholdet af fosfor, hvor de største ændringer skete i den første del af overvågningsperioden. Bemærk, at den statistiske test, ud over det normalt anvendte signifikansniveau på 5 % eller derunder, også er vurderet med et signifikansniveau på 10 %.

Tabel 3.8. Udviklingen i indholdet af totalkvælstof i hele perioden 1989-2020, i de seneste 21 år og de seneste 11 år i de søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand. Søer markeret med: -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. ** betyder, at der ikke er tilstrækkeligt datagrundlag (<8 målinger) til en statistisk vurdering.

	Totalkvælstof					
	Årgennemsnit			Sommergennemsnit		
	1989-2020	2000-2020	2010-2020	1989-2020	2000-2020	2010-2020
Nors Sø	----	--	0	----	--	--
Ulvedybdet Nord	0	0	**	0	0	**
Hornum Sø	0	0	**	0	0	0
Tranemose	0	**	**	0	0	**
Hinge Sø	----	----	--	----	--	0
Ravn Sø	----	---	0	----	---	0
Bryrup Langsø	----	0	0	----	0	0
Søby Sø	--	0	0	--	-	0
Kvie Sø	0	+	0	0	0	++
Engelsholm Sø	----	0	0	---	0	0
Store Søgård Sø	----	--	-	----	0	0
Arreskov Sø	--	--	0	--	---	0
Søholm Sø	0	0	0	0	0	0
Keldsnor	**	**	**	++	++	++
Arresø	----	0	0	---	0	0
Furesøen	--	0	+++	-	0	0
Maglesø	-	0	--	--	0	-
Vesterborg Sø	0	0	0	0	++	0
I alt +/++/+++ /++++	0	1	1	1	2	2
I alt -/- /--- /----	11	5	3	11	5	2

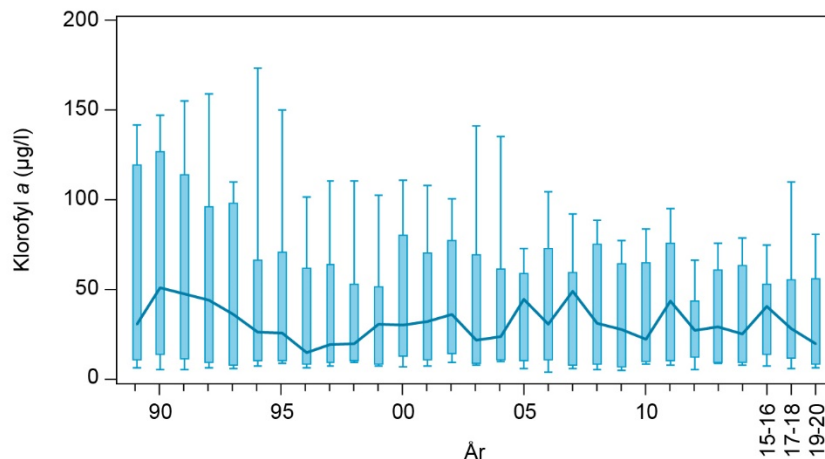


Figur 3.5. Udvikling i sommergennemsnitskoncentrationen af totalkvælstof (Total-N) og nitrat (NO₃-N, inkl. NO₂-N) i hver af de 18 søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling. Bemærk forskellige skalaer på akserne.

3.2.3 Klorofyl *a*

Klorofyl *a* er det grønne pigment i fotosyntetiserende højere planter og alger, og det kan bruges som et udtryk for algemængden i vandet og et mål for vandkvaliteten. Højt indhold af klorofyl fører til uklart vand. Klorofylindholdet i de forskellige algearter varierer, ligesom det kan variere med årstiden i den enkelte art.

Figur 3.6. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af klorofyl *a* ($\mu\text{g/L}$) i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne. Fra og med 2015 er hver sø undersøgt hvert andet år, hvorfor resultaterne fra hver af perioderne 2015-2016, 2017-2018 og 2019-2020 er slået sammen.



Udviklingen i sommerkoncentrationen fra 1989 til 2019-2020 af klorofyl *a* i de søer, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling, ses i figur 3.6. Resultaterne for de enkelte søer ses i figur 3.7 og tabel 3.11.

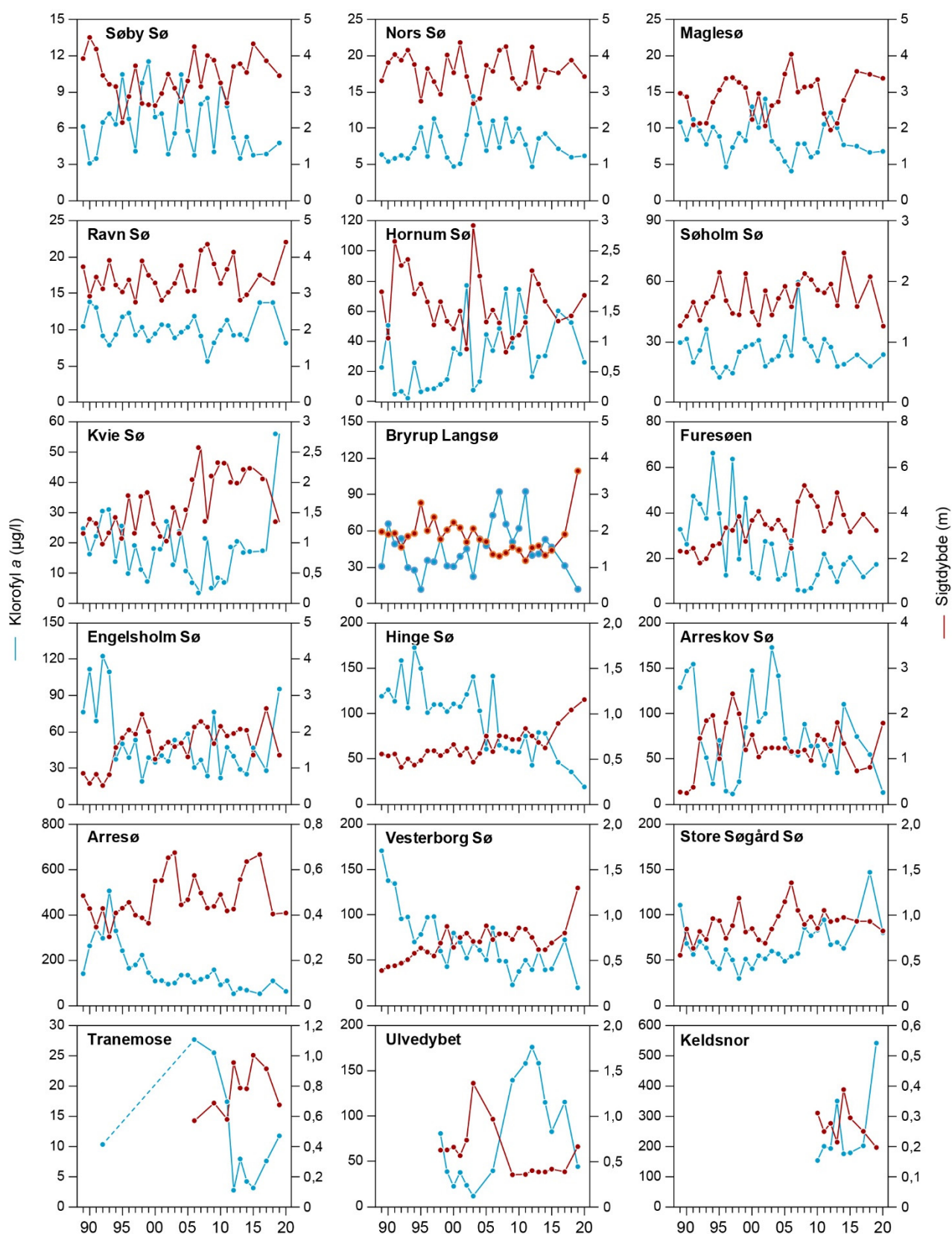
Sommermedianværdierne for de 15 søers indhold af klorofyl *a* har varieret en del fra år til år i undersøgelsesperioden, uden at der er nogen klar udviklingstendens for perioden som helhed. Der var et konstant fald fra 1990 til 1996, efterfulgt af nogle år med en stigende tendens. I de seneste 21 år har den sommergennemsnitlige medianværdi varieret mellem 20 og 50 $\mu\text{g/L}$ uden klare udviklingstendenser.

I lighed med ændringerne i næringsstofindholdet er de største reduktioner i klorofylindholdet generelt sket i søer med de højeste klorofylkoncentrationer. Fra perioden 1989-1993 til 2019-2020 blev værdien af 75 %-fraktilen af klorofyl *a* på årsbasis mere end halveret, idet der skete en reduktion fra 85 til 36 $\mu\text{g/L}$ (tabel 3.10). I samme periode faldt maksimumværdien fra 377 $\mu\text{g/L}$ til 83 $\mu\text{g/L}$. Faldet i de høje klorofylkoncentrationer har betydet, at medianværdierne af klorofylkoncentrationerne på årsbasis blev reduceret fra 31,1 $\mu\text{g/L}$ i 1989-1993 til 21,8 $\mu\text{g/L}$ i 2015-2020. I samme periode blev medianværdierne i sommerperioden reduceret fra 37,4 $\mu\text{g/L}$ til 30,1 $\mu\text{g/L}$. Sommerværdierne er generelt noget højere, fordi algemængden om vinteren, der indgår i års gennemsnittet, er lavere på grund af lavere temperatur og mindre lys.

Tabel 3.10. Søkoncentrationen af klorofyl *a* angivet som årsgennemsnits- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-fraktiler (overfladevand) for 5-6-årsperioder i de 15 søer, som har været overvåget siden 1989. Data er baseret på gennemsnit for de enkelte søer.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Maks.
		Årsværdier (µg/L)					
Klorofyl <i>a</i>	1989-1993	61,0	6,7	10,6	31,1	85,2	376,5
	1994-1998	43,6	8,0	10,1	22,3	31,2	296,9
	1999-2003	33,0	7,7	9,7	21,6	45,8	111,4
	2004-2008	31,8	7,3	9,6	26,1	43,4	100,8
	2009-2014	26,5	6,6	8,9	25,3	37,8	79,6
	2015-2020	27,6	6,2	8,7	21,8	36,0	83,0
		Sommerværdier (µg/L)					
	1989-1993	68,8	5,3	10,8	37,4	111,2	310,5
	1994-1998	47,1	7,5	10,6	29,0	46,3	228,4
	1999-2003	44,9	7,0	10,7	33,3	63,1	119,5
	2004-2008	43,7	6,5	9,5	40,3	66,1	123,6
	2009-2014	37,4	5,9	9,4	40,1	64,0	93,0
	2015-2020	35,9	4,2	11,8	30,1	47,7	106,8

Klorofylkoncentrationen er i perioden 1989-2020 som helhed reduceret signifikant i fem af de 18 søer som årsgennemsnit og i seks af de 18 søer som sommergennemsnit (figur 3.7, tabel 3.11). Klorofylkoncentrationen er øget i to søer både som sommergennemsnit og årsgennemsnit. I mange af de 18 søer har der gennem perioden været tale om betydelige ændringer i indholdet af klorofyl *a* (se f.eks. tabel 3.11). Som for næringsstofferne fosfor og kvælstof ses ændringerne i klorofylkoncentrationen, der er sket i perioden 1989-2020, mest i den første del af perioden. Hvis der alene ses på ændringer i den seneste 20-års periode, er der kun signifikant reduceret indhold af klorofyl *a* i fire søer både som års- og sommergennemsnit, mens indholdet er øget i henholdsvis én (årsgennemsnit) og to (sommergennemsnit) søer. Hvis der alene ses på den seneste 10-års periode, er der kun sket en signifikant ændring i én sø (reduceret sommergennemsnit), men for flere søer er der her ikke tilstrækkeligt med data til en statistisk vurdering. Bemærk, at den statistiske test, ud over det normalt anvendte signifikansniveau på 5 % eller derunder, også er vurderet med et signifikansniveau på 10 %.



Figur 3.7. Udvikling i sommergennemsnitskoncentrationen af klorofyl a og sigtddybe i de 18 søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling. Bemærk forskellige skalaer på akserne.

Tabel 3.11. Udviklingen i indholdet af klorofyl a og sigtdybde i hele perioden 1989-2020, i de seneste 21 år og de seneste 11 år i de søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand. Søer markeret med: -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. ** betyder, at der ikke er tilstrækkeligt datagrundlag (<8 målinger) til en statistisk vurdering.

	Årgennemsnit					
	Klorofyl a			Sigtdybde		
	1989-2020	2000-2020	2010-2020	1989-2020	2000-2020	2010-2020
Nors Sø	0	0	0	0	0	0
Ulvedybet Nord	0	0	**	--	-	**
Hornum Sø	+++	0	**	0	0	**
Tranemose	0	**	**	**	**	**
Hinge Sø	----	----	0	++++	++++	**
Ravn Sø	0	0	0	++	++	0
Bryrup Langsø	0	0	-	0	0	**
Søby Sø	0	0	0	+	0	0
Kvie Sø	0	0	0	++++	+++	**
Engelsholm Sø	---	0	0	0	0	**
Store Søgård Sø	++	++++	0	++	0	**
Arreskov Sø	0	---	0	0	0	0
Søholm Sø	0	0	0	0	0	0
Keldsnor	**	**	**	**	**	**
Arresø	----	--	0	++++	0	**
Furesøen	---	0	0	++++	0	**
Maglesø	0	0	0	0	0	**
Vesterborg Sø	----	--	0	++	0	0
I alt +/++/+++ /++++	2	1	0	8	3	0
I alt -/-/---/----	5	4	0	1	1	0

	Sommergennemsnit					
	Klorofyl a			Sigtdybde		
	1989-2020	2000-2020	2010-2020	1989-2020	2000-2020	2010-2020
Nors Sø	0	0	0	0	0	0
Ulvedybet Nord	0	+	**	0	0	**
Hornum Sø	+++	0	0	0	0	0
Tranemose	0	0	**	0	0	**
Hinge Sø	----	---	0	++++	+++	0
Ravn Sø	0	0	0	0	0	0
Bryrup Langsø	0	0	-	--	0	0
Søby Sø	0	0	0	0	++	0
Kvie Sø	0	0	0	+++	++	0
Engelsholm Sø	--	0	0	+++	0	0
Store Søgård Sø	++	++++	0	++	0	0
Arreskov Sø	0	---	0	0	0	0
Søholm Sø	0	0	0	++	0	0
Keldsnor	0	0	0	0	0	0
Arresø	----	--	0	0	0	0
Furesøen	---	0	0	++++	0	0
Maglesø	-	0	0	0	0	0
Vesterborg Sø	----	--	0	++++	0	0
I alt +/++/+++ /++++	2	2	0	7	3	0
I alt -/-/---/----	6	4	1	1	0	0

3.2.4 Sigtdybde

Sigtdybden er et udtryk for vandets klarhed eller gennemsigtighed, dvs. sigtdybden er afgørende for lysets evne til at trænge ned i søvandet og dermed f.eks. af betydning for, hvor dybt egentlige undervandsplanter vil være i stand til at vokse. Sigtdybden er derfor også en væsentlig parameter i vurderingen af undervandsplanternes potentielle udbredelsesområde.

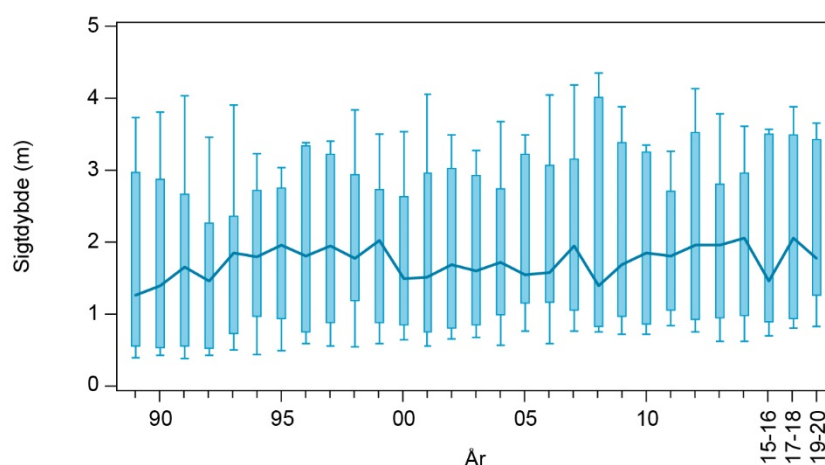
I de fleste søer er sigtddybden tæt koblet til mængden af alger og dermed til indholdet af klorofyl. Vandets farve (f.eks. brunvandede søer) eller resuspenderet materiale fra søbunden i lavvandede søer kan dog også påvirke sigtddybden negativt. Derfor vil de brunvandede og de lavvandede søer alt andet lige have en lavere sigtddybde end de ikke-brunvandede og de dybere søer.

Sigtddybden i de 15 søer, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling, har overordnet vist en stigende tendens siden 1989 (figur 3.8). De største ændringer skete i løbet af 1990'erne, hvor medianværdien blev øget fra omkring 1,3 m til 1,9 m (sommerværdier). Siden da har medianværdien varieret en del fra år til år, uden at der har været nogen klar udviklingstendens. I den seneste 10-års periode har medianværdien svinget mellem 1,4 og 1,9 m.

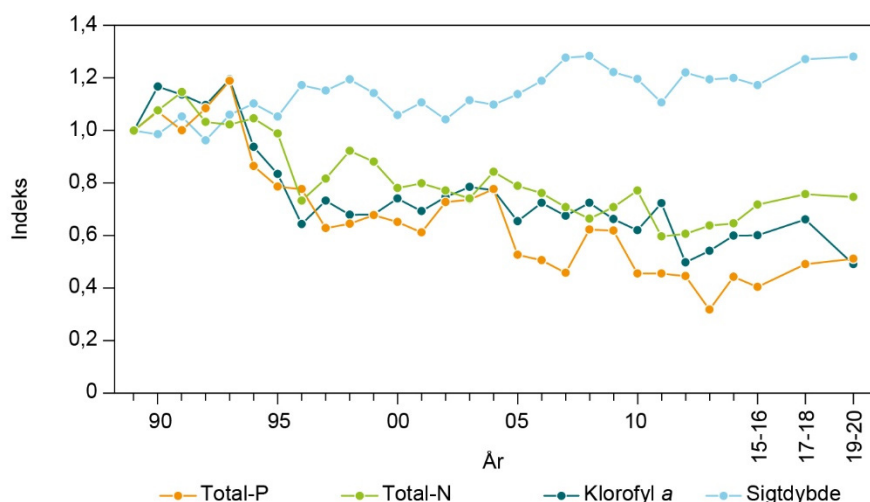
Udviklingen i sigtddybden i de enkelte søer har generelt været uændret eller med en stigende tendens (figur 3.7, tabel 3.11). For sommergennemsnittet har der været en signifikant positiv udvikling i syv ud af de 15 søer, mens der kun er én sø, hvor der har været en signifikant reduceret sigtddybde for perioden 1989-2020. For årsgennemsnittet er der i den samme periode otte søer, hvor sigtddybden er øget signifikant, og én, hvor den er reduceret. I den seneste 10-års periode har der hverken været signifikante ændringer i sommergennemsnittet eller årsgennemsnittet. Bemærk, at den statistiske test, ud over det normalt anvendte signifikansniveau på 5 % eller derunder, også er vurderet med et signifikansniveau på 10 %.

Set som årsgennemsnit er sigtddybden i de 15 søer, der er undersøgt siden 1989, øget fra 1,92 m i perioden 1989-1993 til 2,30 m i 2015-2020 (tabel 3.12). Sommergennemsnittet er i samme periode øget fra 1,73 til 2,12 m. Sommerværdierne ligger generelt lavere end årsværdierne, fordi mængden af alger generelt er højere om sommeren. Den største ændring i sommergennemsnittet er sket i 75 %-kvartilen, der er øget fra 2,44 til 3,48 m, mens 25 %-kvartilen er øget fra 0,72 til 1,03 m.

Figur 3.8. Udviklingen i sommer-sigtddybden i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne. Fra og med 2015 er hver sø undersøgt hvert andet år, hvorfor resultaterne fra hver af perioderne 2015-2016, 2017-2018 og 2019-2020 er slået sammen.



Figur 3.9. Udviklingen i søkoncentrationen (gennemsnit for søerne baseret på sommergennemsnit i den enkelte sø) af totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og sigtddybde i de 15 søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling, og som har været fulgt siden 1989. Udviklingen er vist som et indeks, hvor 1989 for alle fire parametre er sat til 1.



Tabel 3.12. Sigtdybden angivet som gennemsnits- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-fraktiler for 5-6-årsperioder i de 15 søer, som har været overvåget siden 1989. Data er baseret på gennemsnit for de enkelte søer.

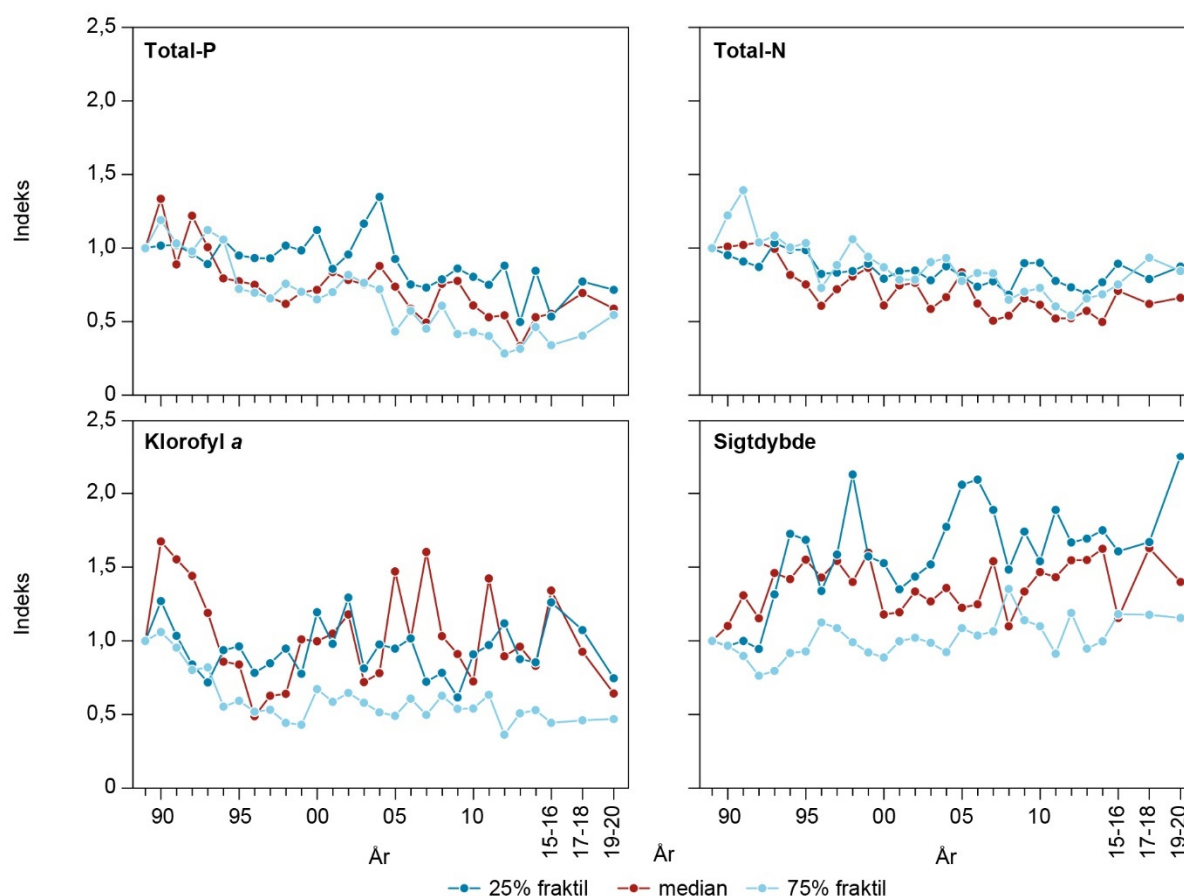
		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Maks.
Årsværdier (m)							
Sigtdybde	1989-1993	1,92	0,37	0,82	1,99	3,34	3,68
	1994-1998	2,16	0,40	0,98	2,14	3,16	3,93
	1999-2003	2,14	0,61	1,14	2,04	3,16	4,08
	2004-2008	2,30	0,56	1,14	1,86	3,65	4,87
	2009-2014	2,33	0,61	1,06	2,02	3,64	4,98
	2015-2020	2,30	0,61	1,27	2,06	3,59	4,13
Sommerværdier (m)							
	1989-1993	1,73	0,40	0,72	1,46	2,44	3,86
	1994-1998	1,93	0,42	0,94	1,84	3,11	3,27
	1999-2003	1,86	0,56	0,79	1,63	2,97	3,60
	2004-2008	2,04	0,48	1,09	1,73	3,49	3,80
	2009-2014	2,03	0,49	0,96	1,95	3,44	4,08
	2015-2020	2,12	0,49	1,03	1,79	3,48	3,88

3.2.5 Den relative udvikling i vandkemi og sigtddybde

Den relative udvikling i KU-søernes gennemsnitlige vandkemiske forhold og sigtddybden set i forhold til det første måleår i 1989 og i forhold til hinanden er vist i figur 3.9. Figuren illustrerer, hvordan ”næringsstofparametrene” totalfosfor, totalkvælstof og klorofyl *a* overordnet og som gennemsnit følger samme mønster gennem hele overvågningsperioden. Dette understreger koblingen mellem næringsstofindhold og søernes indhold af klorofyl.

Sigtddybden i 2019-2020, som indekssværdi set i forhold til 1989, er øget med godt 20 %, mens indholdet af næringsstoffer og klorofyl *a* er reduceret til omkring eller lidt over halvdelen af værdierne i 1989. Sigtdybden øges jævnt over hele måleperioden, mens den største reduktion i indhold af næringsstoffer og klorofyl *a* fandt sted i midten af 1990’erne, men også herefter har de gennemsnitlige værdier haft en faldende tendens frem til omkring 2010.

De tre kvartilers relative udvikling (første, anden og tredje kvartil, svarende til 25 %-, 50 %- (median) og 75 %-fraktilen) i resultater for vandkemi og sigt-dybde i den samme periode er vist i fig. 3.10. Ved at vurdere udviklingen i kvartiler frem for de gennemsnitlige målinger er det lettere at se, hvordan søer med forskelligt næringsstofniveau har ændret sig mest og hvornår. Næringsstofindholdet ses således at være mindsket nogenlunde jævnt over hele perioden for alle tre kvartiler. For klorofylindholdet har der især været ændringer i tredje kvartil (75 %-fraktilen), der er ca. halveret, men kun små ændringer i medianværdi og første kvartil (25 %-fraktil) i forhold til udgangspunktet i 1989. Dette peger på, at klorofylindholdet især er mindsket i søerne med højt indhold af klorofyl, hvorimod søerne med lavere indhold af klorofyl *a* i 1989 ikke har ændret sig meget set over perioden som helhed. Ændringen i første kvartils indhold af klorofyl *a* skete især i den første halvdel af 1990'erne.



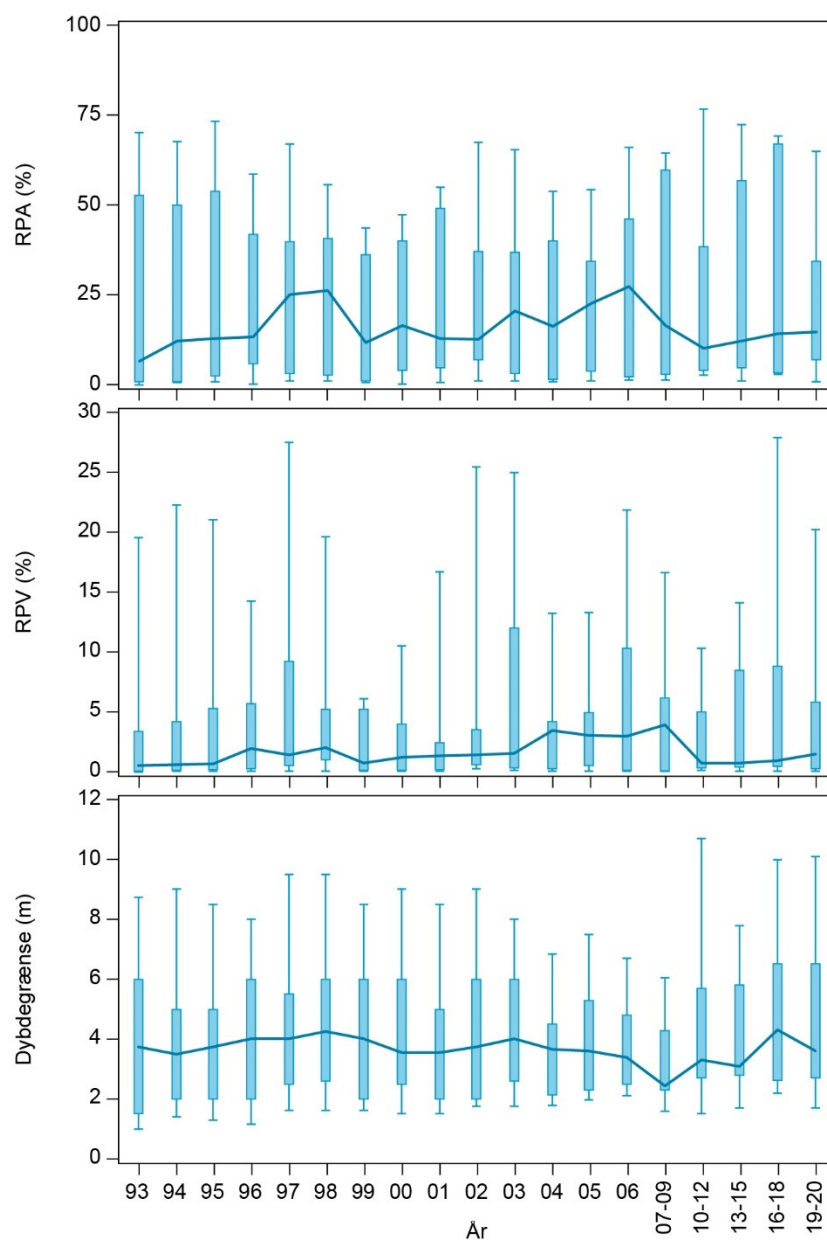
Figur 3.10. Udviklingen vist som 25 %-fraktil, median og 75 %-fraktil i søkoncentrationen (baseret på sommergennemsnit i den enkelte sø) af totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og sigtddybde i de 15 søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling, og som har været fulgt siden 1989. Udviklingen er vist som et indeks, hvor 1989 for alle fire parametre er sat til 1.

3.3 Vegetation

Undervandsvegetationen i KU-søerne er undersøgt siden 1993/94, men der er sket ændringer undervejs i forhold til antal søer og den måde, undersøgelserne er foretaget på. Ved undersøgelserne før 2004 blev den enkelte sø således inddelt i delområder, men derefter er undersøgelserne foretaget ved en transektundersøgelse. Undervandsplanternes udbredelse blev frem til 2006 undersøgt årligt i 10 af de tidligere 37 overvågningssøer, men fra 2007 blev frekvensen sat ned til hvert andet år og fra 2010 til en gang hvert tredje år.

Udviklingen i undervandsplanternes gennemsnitlige dækningsgrad, det relative plantefyldte volumen og planternes dybdegrænse for alle de 10 søer, som er undersøgt jævnligt siden 1993, er vist i figur 3.11. Der er betydelige variationer fra år til år, og det er vanskeligt at se egentlige udviklingstendenser for perioden og søerne som helhed. Det lille antal søer, der indgår i figuren, betyder, at ændringer i enkelte eller få søer kan få relativ stor indflydelse på resultaterne, der afbildes på figuren. Derudover omfatter de 10 søer både lavvandede og dybe søer, og det betyder, at figuren dækker over både søer, hvor dækningsgraden og det relative plantefyldte volumen kan være meget høj (lavvandede søer), og søer, hvor dækningsgraden og den plantefyldte volumen af naturlige årsager vanskeligt kan blive høj (dybe søer). Blandt de lavvandede søer kan der være søer, hvor planternes dybdegrænse når søbunden og derved ikke kan øges mere, selv om sigtbarheden i vandet og lysforholdene forbedres.

Figur 3.11. Udviklingen i undervandsplanternes dækningsgrad (RPA – relativt plantedækket areal), relative plantefyldte volumen (RPV) og dybdegrænse i de 10 søer, hvor der i perioden 1993-2006 er foretaget årlige planteundersøgelser. I perioden 2007-2020 er søerne ikke undersøgt årligt, og derfor er perioderne 2007-2009, 2010-2012, 2013-2015 og 2016-2018 præsenteret ved én søjle på grafen. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen viser medianværdien.



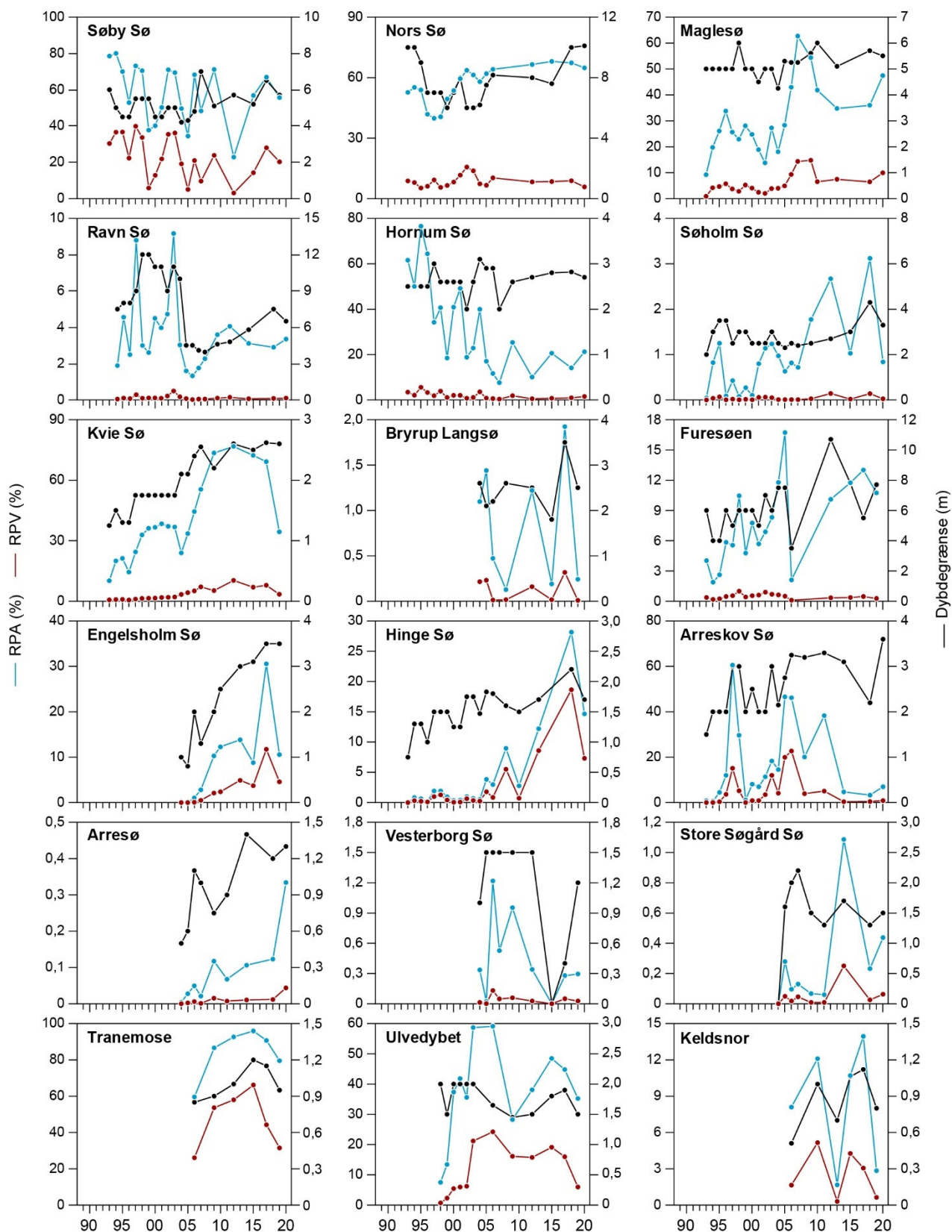
Resultaterne for de enkelte KU-søer er vist i figur 3.12. Figuren omfatter både de 10 søer, som har været fulgt gennem hele overvågningsperioden, de fem søer, som er undersøgt fra 2004, og de tre søer, som kom med i 2011, dermed i alt 18 søer.

I næsten alle KU-søerne er der betydelige variationer fra år til år i de tre variable, men i nogle af søerne ser der også ud til at være en udviklingstendens gennem årene. Dette gælder eksempelvis Kvie Sø, hvor der gennem hele perioden har været en positiv udvikling i planternes udbredelse (dog reduceret i 2019), i Hinge Sø, hvor der har været en positiv udvikling i alle tre parametre, især siden 2004, og i Engelsholm Sø, hvor der også har været en positiv udvikling for alle de tre viste parametre.

I tabel 3.14 er udviklingen i vegetationens udbredelse testet statistisk i de 16 søer, hvorfra der er mindst otte års data. Testen er gennemført dels for hele perioden siden 1993 og dels for de seneste 21 år. For hele perioden bekræfter tabellen den gennemgående positive udvikling siden overvågningens start i 1993, hvor eksempelvis dækningsgraden er øget i otte søer, men kun reduceret i to søer. I de fleste tilfælde afspejler den positive udvikling i dækningsgraden sig også i det plantefyldte vandvolumen og i planternes dybdegrænse. Hvis der alene ses på den seneste 20-års periode, er der lidt færre søer, hvor der har været signifikante ændringer i de tre parametre, men i søer, hvor der er ændringer, er det i de fleste tilfælde gået i retning af større udbredelse både med hensyn til dækningsgrad, plantefyldt volumen og planternes dybdegrænse. Bemærk, at der i den statistiske test, ud over det normalt anvendte signifikansniveau på 5 % eller derunder, også er vurderet med et signifikansniveau på 10 %.

Tabel 3.14. Udviklingen i undervandsplanternes dækningsgrad (RPA), relative plantefyldte volumen (RPV) og dybdegrænse i KU-søer vist for perioden 1993-2020 og perioden 2000-2020. Der er kun medtaget søer, hvorfra der er mindst otte års data. Markeringer med: -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	RPA		RPV		Dybdegrænse	
	1993-2020	2000-2020	1993-2020	2000-2020	1993-2020	2000-2020
Nors Sø	++++	+++	0	0	0	++
Ulvedybet	0	0	+	0	0	-
Hornum Sø	----	-	---	0	+	0
Hinge Sø	++++	++++	+++	+++	+++	0
Ravn Sø	0	0	0	0	-	0
Bryrup Langsø	0	0	0	0	0	0
Søby Sø	-	0	--	0	0	++
Kvie Sø	++++	0	++++	++++	++++	++++
Engelsholm Sø	+++	+++	+++	+++	++++	++++
Store Søgård Sø	0	0	0	0	0	0
Arreskov Sø	0	0	0	0	+++	++
Søholm Sø	+++	+	0	0	0	+
Arresø	+++	+++	+++	+++	++	++
Furesøen	+++	0	0	--	++	0
Maglesø	+++	++	+++	++	++	++
Vesterborg Sø	0	0	0	0	0	0
I alt +/+/+/+/++++	8	6	6	5	8	8
I alt -/-/-/-----	2	1	2	1	1	1

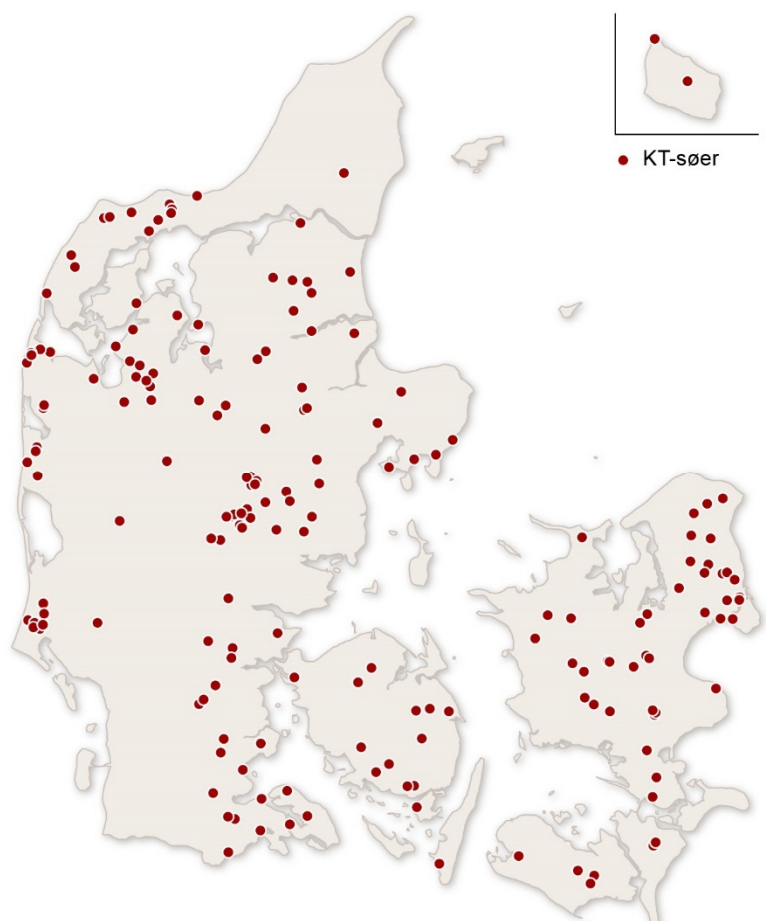


Figur 3.12. Udviklingen i undervandsplanternes dækningsgrad (RPA), relative plantefyldte volumen (RPV) og den maksimale dybdegrænse i KU-søerne. Bemærk forskellig skala.

4 Kontrolovervågning af søernes tilstand

Overvågning af de danske søers generelle økologiske og kemiske tilstand omfatter i alt 180 søer (KT-søer) >5 ha, der overvåges over en seksårig periode. Den indeværende overvågningsperiode omfatter årene 2016-2021. I dette afsnit præsenteres en overordnet status over alle 180 KT-søer med resultater for udvalgte kemiske og biologiske parametre for perioden 2015-2020, dvs. resultater fra den seneste undersøgelse i hver sø. Enkelte søer er repræsenteret med resultater, der stammer fra undersøgelser foretaget i 2014, da der ikke er foretaget undersøgelser i perioden 2015-2020. Figur 4.1 viser placeringen af de 180 søer. Præsentationen af data omfatter undersøgelser af vandkemi, vandplanter og fisk. Det bemærkes, at totalfosforanalyser foretaget i årene fra 2007 til første kvartal 2017 kan være fejlbehæftede og koncentrationerne kan dermed være underestimerede (se afsnit 2.3). Ud over beskrivelsen af resultater opnået i 2015-2020 gives der et overblik over udviklingen i vandkemiske og fysiske nøgleparametre i den del af KT-søerne, for hvilke der findes et tilstrækkeligt datagrundlag. Endvidere er der foretaget en overordnet sammenligning mellem perioderne 2009-2014 og 2015-2020, for så vidt angår resultaterne af vandkemiske og fysiske undersøgelser.

Figur 4.1. Geografisk placering af de 180 KT-søer.



4.1 Generel tilstand

I tabel 4.1 er der givet en samlet oversigt over udvalgte morfometriske, kemiske/fysiske og biologiske parametre for de 180 KT-søer. Søerne omfatter syv

forskellige søtyper, hvoraf type 9 og 10 (ferske, kalkrige, ikke-brunvandede og hhv. lavvandede og dybe, se tabel 2.1) er de to hyppigst repræsenterede. Søernes areal spænder fra en nedre grænse på 4,9 ha op til 1730 ha. Størstedelen er lavvandede søer (medianen for middeldybde er 1,6 m og gennemsnittet 2,4 m), men også dybe søer med en maksimaldybde på op til 30,9 m forekommer. Flertallet af søerne har et forholdsvis højt klorofylindhold (median af sommergennemsnit er 35 µg/L) og en relativt lav sigtdybde (median af sommergennemsnit er 1,1 m).

Som gennemsnit har undervandsplanterne en dækningsgrad på knap 20 % og et plantefyldt volumen på 8 %. Halvdelen af søerne har en dækningsgrad på 12 % eller derunder, men det dækker over søer, hvor der ingen undervandsplanter er (dækningsgrad = 0), til søer, hvor søbunden er stort set totalt dækket af planter (dækningsgrad = 88 %) (tabel 4.1). Den gennemsnitlige dybdegrænse for undervandsplanterne er 2,4 m. Det skal bemærkes, at denne dybdegrænse kan være påvirket af søens totaldybde, dvs. dybdegrænsen er i nogle søer begrænset af søens totaldybde.

Den gennemsnitlige fangst af fisk i de biologiske oversigtsgarn er hhv. 139 stk. pr. net og knap 4 kg pr. net. Der er store variationer blandt de 180 søer, idet værdierne ligger i intervallerne 0-678 fisk pr. net og 0-16 kg pr. net (tabel 4.1).

Tabel 4.1. Oversigt over morfometriske samt vandkemiske nøgleparametre (sommer-værdier) for samtlige 180 KT-søer i perioden 2015-2020 (enkelte er undersøgt i 2014). I 15 af søerne findes der ikke undervandsplanter. Disse søer indgår ikke i resultater for vegetationens dybdegrænse.

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Søareal (ha)	97,4	22,8	4,9	1730	180
Middeldybde (m)	2,4	1,6	0,3	13,7	180
Maksimumdybde (m)	5,3	3,0	0,7	30,9	180
Totalfosfor (mg/L)	0,165	0,088	0,006	1,800	179
Totalkvælstof (mg/L)	1,71	1,47	0,34	5,58	179
Klorofyl a (µg/L)	57	35	1	389	179
Sigtdybde (m)	1,4	1,1	0,2	6,7	180
Farvetal (mg Pt/L)	42	26	3	586	179
Undervandsplanter, dækningsgrad (%)	19,5	12,0	0	88,0	179 ²⁾
Undervandsplanter, plantefyldt vol. (%)	8,0	2,2	0	60,2	177 ^{2,3)}
Undervandsplanter, dybdegrænse (m)	2,4	1,9	0,3	21,5 ¹⁾	164 ^{2,4)}
Undervandsplanter, antal arter	10,5	9,0	0	39,0	179 ²⁾
Fisk, CPUE-antal (antal/net)	139	101	0	678	180
Fisk, CPUE-vægt (kg/net)	3,8	3,36	0,00	16,12	180

¹⁾Tornfrøet hornblad i Fussing Sø. ²⁾Undersøgelser kunne ikke gennemføres i Bastemose pga. meget høj forekomst af krebsklo. ³⁾For to søer var det ikke muligt at beregne RPV. ⁴⁾Søer uden planter indgår ikke.

4.2 Vandkemi

4.2.1 Vandkemi, status

I tabel 4.2 er en oversigt over næringsstofindhold (totalfosfor og totalkvælstof), klorofyl *a* og sigtdybde i KT-søerne inddelt efter de søtyper, der anvendes i Danmark i forbindelse med vandrammedirektivets implementering (se også kapitel 2). En del af søtyperne er kun repræsenteret ved ganske få søer (f.eks. 1-4 søer af søtyperne 1, 2, 6 og 15, se tabel 2.1), og det er derfor usikkert at give en generel vurdering af disse søtyper.

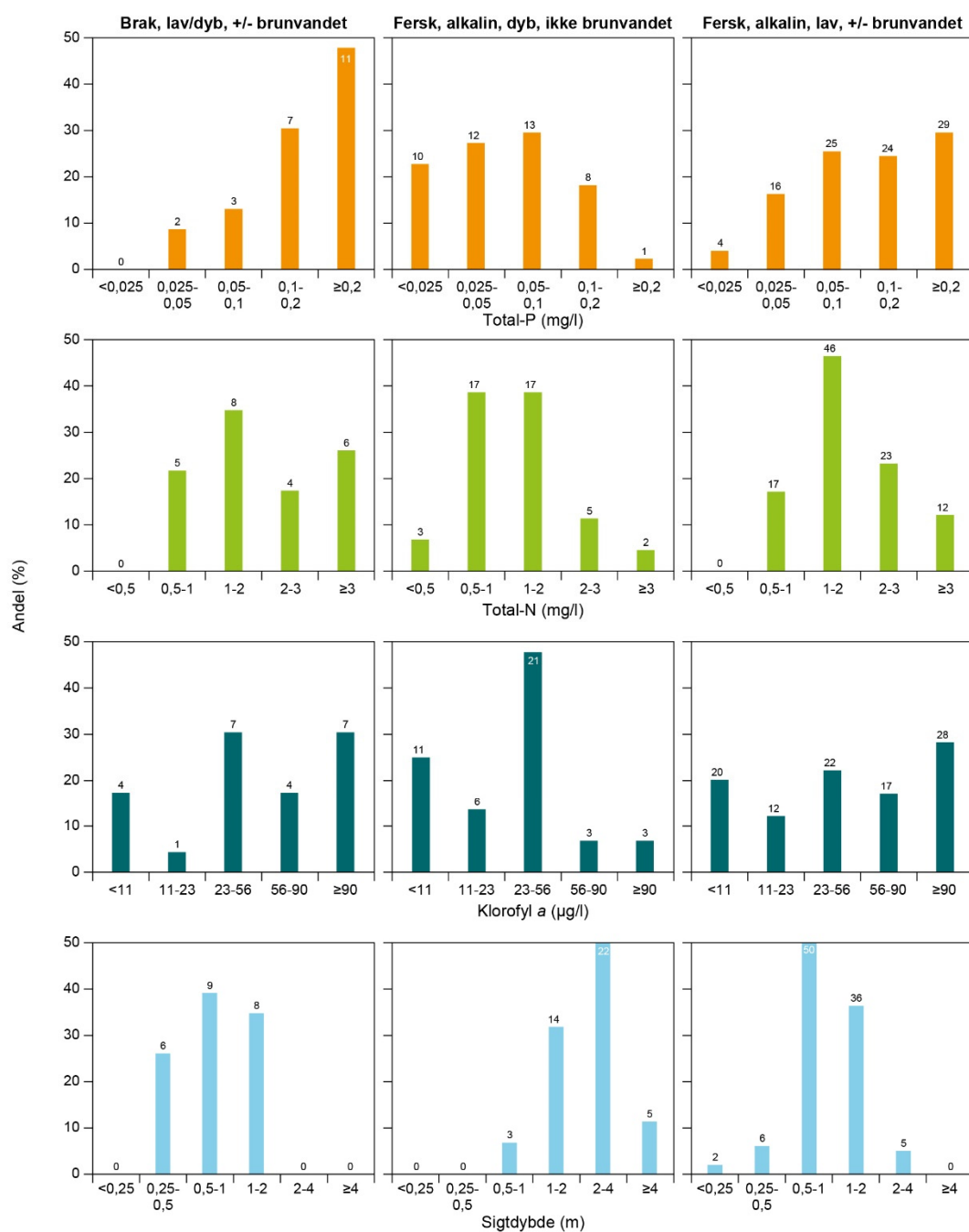
Tabel 4.2. Oversigt over sigtddybde og vandkemiske data fra de 180 KT-søer (sommerværdier) fordelt på ni søtyper (se tabel 2.1 for beskrivelser af de forskellige søtyper), som er undersøgt i perioden 2015-2020 (enkelte er undersøgt i 2014). Hvis der er data for flere år, indgår søen kun med det seneste års målinger.

Søtype	Totalfosfor (mg P/L)					Totalkvælstof (mg N/L)				
	Gns.	Median	Min.	Maks.	N	Gns.	Median	Min.	Maks.	N
1	0,023	0,021	0,011	0,041	4	0,60	0,60	0,58	0,61	4
2	0,006	0,006	0,006	0,006	1	0,40	0,40	0,40	0,40	1
5	0,082	0,097	0,020	0,113	7	1,31	1,34	0,71	1,79	7
6	0,093	0,093	0,032	0,154	2	1,15	1,15	0,68	1,61	2
9	0,178	0,113	0,023	0,994	85	1,86	1,74	0,54	5,33	85
10	0,070	0,050	0,012	0,333	44	1,30	1,04	0,34	4,03	44
11	0,283	0,178	0,030	1,567	21	2,16	1,86	0,73	5,03	21
13	0,297	0,077	0,023	1,800	13	1,95	1,55	0,81	5,58	13
15	0,349	0,349	0,035	0,663	2	2,77	2,77	0,65	4,90	2

Søtype	Klorofyl a (µg/L)					Sigtddybde (m)				
	Gns.	Median	Min.	Maks.	N	Gns.	Median	Min.	Maks.	N
1	9	9	1	19	4	2,7	2,4	1,2	4,9	4
2	4	4	4	4	1	6,7	6,7	6,7	6,7	1
5	53	42	5	121	7	0,7	0,6	0,3	1,4	7
6	22	22	14	30	2	1,3	1,3	0,3	2,3	2
9	66	46	4	389	85	1,0	0,9	0,2	2,8	86
10	32	25	3	125	44	2,5	2,1	0,8	5,4	44
11	78	55	3	308	21	0,8	0,7	0,3	1,9	21
13	71	19	3	333	13	0,9	0,7	0,2	1,7	13
15	122	122	4	241	2	1,1	1,1	0,4	1,9	2

Blandt de fire mest almindelige søtyper (søtype 9, 10, 11 og 13) er søtype 11 (kalkrig, ikke-brunvandet, lavvandet og saltholdig) den mest næringsrige med en medianfosforkoncentration på 0,178 mg/L og en mediankvælstofkoncentration på 1,86 mg/L. Det er også i søtype 11, at de højeste medianværdier af klorofyl *a* ses (55 µg/L), og hvor der sammen med søtype 13 (brunvandet søtype) måles de laveste sigtddybder (medianværdi er på 0,7 m). Den mest næringsfattige blandt de fire hyppigst forekommende søtyper er søtype 10 (kalkrig, ikke-brunvandet, fersk og dyb), hvor medianfosforkoncentrationen er på 0,050 mg/L, og mediankvælstofkoncentrationen er 1,04 mg/L.

Figur 4.2 viser KT-søernes fordeling på fem-seks kategorier af næringsstofkoncentrationer, klorofylindhold og sigtddybde (i alle tilfælde sommergennemsnit). For at koncentrere datamængden er de mest almindelige søtyper, delt ind i tre søtypegrupper: brakke, kalkrige, lavvandede, ikke-brunvandede og brunvandede søer (søtype 11 og 15), ferske, kalkrige, dybe, ikke-brunvandede søer (søtype 10) og ferske, kalkrige, lavvandede, ikke-brunvandede og brunvandede søer (søtype 9 og 13). De kalkfattige (lavalkaline) søer (type 1, 2, 5 og 6) er dermed udeladt i denne figur. Også her fremgår det, at de brakke søer generelt er de mest næringsrige, hvor næsten alle søer har et højt indhold af totalfosfor (21 ud af 23 har et fosforindhold over 0,05 mg/L) og klorofyl *a* (18 ud af 23 søer har et klorofylindhold over 23 µg/L), mens gruppen af de dybe, kalkrige søer generelt er de mindst næringsrige med et lavere indhold af klorofyl *a* og en højere sigtddybde (vær dog opmærksom på, at sigtddybden kan være begrænset af søens dybde i de øvrige to grupper). Blandt de lavvandede, kalkrige søer er der relativt mange i de højeste fosfor- og klorofylkategorier, men for kvælstofkoncentrationer og sigtddybde er der flest søer i midten af spektret.



Figur 4.2. Den procentuelle fordeling af søer opdelt i tre søtypegrupper: brakke (søtype 11 og 15), ferske, alkaliske, dybe (søtype 10) og ferske, alkaliske, lavvandede (søtype 9 og 13) – se også tekst. Inden for hver søtypegruppe er søerne fordelt på fem-seks kategorier (sommergennemsnit) af totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl a og sigt dybde. Tallet over de enkelte søjler angiver det absolutte antal af søer i hver kategori.

4.2.2 Vandkemi, udviklingstendenser

I mange af KT-søerne er der, siden overvågningsprogrammet påbegyndtes, nu opnået så lange tidsserier, at det er muligt at vurdere og teste udviklingstendenser for de enkelte søer. I henhold til den statistiske test (Mann-Kendall, se bilag 1), der anvendes, skal der foreligge data fra mindst otte år, for at denne

vurdering kan foretages. For perioden 1989-2020 opfylder 59 KT-søer dette kriterium for totalfosfor og totalkvælstof, og for sigtddybde og klorofyl *a* opfylder 63 søer kriteriet. Vurderes udviklingen alene over de seneste 21 år, opfylder 28 søer kriteriet. Resultaterne af disse analyser kan ses i tabel 4.3 og 4.4. Hovedparten af søerne med lange tidsserier udgøres af søtype 9 og søtype 10.

I 33-36 søer af de 59-63 KT-søer med lange tidsserier ses statistisk signifikante ændringer på 0,1-10 % signifikansniveau for perioden 1989-2020. I langt de fleste tilfælde er der tale om positive ændringer forstået sådan, at næringsstof- og klorofylindhold er reduceret, mens sigtddybden er øget (tabel 4.3 og 4.4 og figur 4.3). Indholdet af totalfosfor er således reduceret i 32 søer og kun øget i én sø, mens indholdet af totalkvælstof er reduceret i 33 og øget i tre søer. I overensstemmelse hermed er klorofylindholdet reduceret i 31 søer og øget i tre søer, mens sigtddybden er øget i 32 søer og mindsket i tre søer.

Hvis der kun ses på udviklingen i de seneste 21 år, er næringsstof- og klorofylindhold og sigtddybden uændret i flertallet af søerne (tabel 4.3, tabel 4.4 og figur 4.3). Flest signifikante ændringer er der i fosforindholdet, som er reduceret i 13 af 28 søer og øget i to søer. For kvælstofs vedkommende er der tale om en signifikant reduktion i syv søer og en øgning i to søer. Klorofylindholdet er reduceret i seks ud af de 28 søer, mens der ikke er nogen søer, hvor den er øget. Tilsvarende er sigtddybden øget i seks søer, dog er sigtddybden reduceret i en enkelt sø. Læg mærke til, at ændringerne har forskelligt statistisk signifikansniveau. Endvidere er testen her, ud over det normalt anvendte signifikansniveau på 5 % eller derunder, også vurderet med et signifikansniveau på 10 %.

De procentvise andele af søer, hvor totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og sigtddybde er henholdsvis reduceret, uændret eller forøget for de to perioder 1989-2020 og 2000-2020, ses i figur 4.3.

Tabel 4.3. Udviklingen (sommergenomsnit) i indholdet af totalfosfor og totalkvælstof i perioden 1989-2020 samt for perioden 2000-2020 i de KT-søer, som er undersøgt i mindst otte år. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. Type angiver søtype anvendt i vandområdeplanerne (tabel 2.1). Antal år angiver, hvor mange år der er data fra.

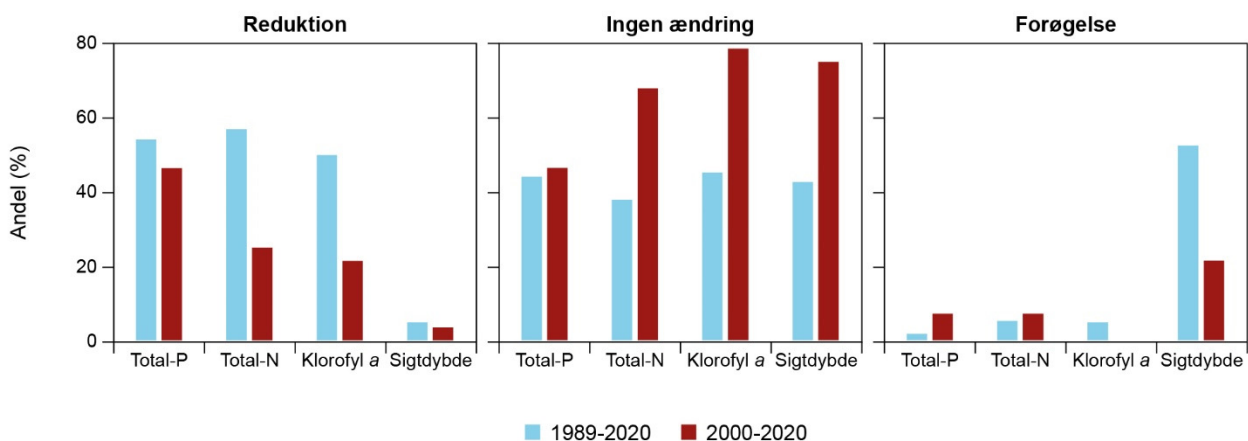
Sønr.	Sønavn	Type	Antal år 1989- 2020	Total- fosfor	Total- kvælstof	Antal år 2000- 2020	Total- fosfor	Total- kvælstof
1200003	Legind Sø	9	9	0	0			
1400006	Madum Sø	1	12	0	+			
1500013	Udbyover Sø	9	13	0	--			
1600002	Ferring Sø	11	18	--	0	8	0	0
1600006	Kilen	11	15	---	--			
1600037	Skør Sø	1	9	0	+			
1800018	Fussing Sø	10	8	0	0			
2000026	Stubbergaard Sø	9	8	0	0			
2100016	Lyngsø	9	9	---	---			
2100264	Karl Sø	9	9	0	--			
2100276	Torup Sø	10	19	0	---	11	0	-
2100282	Hald Sø	10	23	----	0	12	--	0
2100293	Ørnsø	10	18	----	----			
2101053	Vedsø, Nonbo bassin	10	8	---	--			
2200016	Byn	13	8	0	0			
2300013	Tillerup Sø	9	9	0	-			
2500020	Hampen Sø	10	15	-	--			
2500039	Rørbæk Sø	10	18	----	----	8	-	0

Sønr.	Sønavn	Type	Antal år 1989- 2020	Total- fosfor	Total- kvælstof	Antal år 2000- 2020	Total- fosfor	Total- kvælstof
2500043	Nørresø v/Ringkøbing	9	9	0	--			
2600013	Lading Sø	9	12	0	0	8	0	0
3000005	Holm sø	1	23	0	0	12	-	0
3000088	Ål Præstesø	13	9	0	-			
3200005	Fårup Sø	10	19	--	----	8	0	--
3400006	Dons Nørresø	9	15	---	---			
3400010	Skærsø	9	16	-	0			
3600005	Søgård Sø, Jylland	9	22	----	----	11	-	--
3700016	Rygbjerg Sø	10	9	0	0			
3800005	Jels Nedersø	10	8	0				
3800006	Jels Oversø	9	13	--	---			
4100003	Ketting Nor	11	12	0	-	8	0	0
4200001	Hostrup Sø	9	11	--	0	8	0	0
4500006	Dallund Sø	9	14	-	-	8	0	0
4500007	Langesø	10	18	----	----	9	0	--
4500008	Nørresø, Fyn	9	15	+	-	8	+++	0
4600005	Søbo Sø, Fyn	10	15	0	0	8	0	0
4700008	Hvidkilde Sø	9	15	0	0	9	++	++
4700011	Ollerup Sø	9	8	0	-			
4800003	Gurre Sø	9	9	0	0			
5000001	Bagsværd Sø	9	23	----	----	12	---	-
5000025	Bastrup Sø	10	18	0	0	8	0	0
5000026	Lyngby Sø	9	10	--	0	9	0	0
5200005	Østrup-Gundsømagle Sø	9	23	----	----	12	----	--
5200013	Sønder Sø	10	17	----	--	8	-	0
5300018	Damhussøen	9	21	---	0	11	0	0
5300025	Peblinge Sø	9	23	----	--	15	---	0
5300027	Skt. Jørgens Sø, Sydbassin	10	21	---	---	14	0	0
5300036	Gentofte Sø	9	8	---	0			
5300041	Vallensbæk Sø	9	8	0	--			
5500002	Tissø	10	25	-	--	14	---	0
5700020	Tystrup Sø	10	16	---	--			
5800001	Borup Sø	9	19	----	----	8	--	--
5800004	Kimmerslev Sø	10	9	--	---			
6000010	Hulemose Sø	9	8	0	0			
6100001	Virket Sø	10	10	---	--			
6100002	Mølle Sø	10	9	0	++			
6200002	Nakskov Indrefjord	11	9	---	0	8	--	0
6400001	Hejrede Sø	9	19	----	0	9	--	0
6400003	Røgbølle Sø	9	14	----	0			
6400004	Maribo Søndersø	9	22	0	--	11	-	+
I alt +/+/+/+/+/+				1	3		2	2
I alt -/-/-/-/-				32	33		13	7

Tabel 4.4. Udviklingen (sommergennemsnit) i indholdet af klorofyl a og sigtdybde i perioden 1989-2020 samt for perioden 2000-2020 i de KT-søer, som er undersøgt i mindst otte år. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. Type angiver søtype anvendt i vandområdeplanerne (tabel 2.1). Antal år angiver, hvor mange år der er data fra.

Sønr.	Sønavn	Type	Antal år 1989-2020	Klorofyl	Sigtdybde	Antal år 2000-2020	Klorofyl	Sigtdybde
1200003	Legind Sø	9	9	0	0			
1400006	Madum Sø	1	12	0	--			
1500013	Udbyover Sø	9	13	---	+			
1600002	Ferring Sø	11	18	--	0	8	0	0
1600006	Kilen	11	15	--	++++			
1600037	Skør Sø	1	9	0	0			
1800018	Fussing Sø	10	8	--	0			
2000026	Stubbergaard Sø	9	8	0				
2100016	Lyngsø	9	9	0	0			
2100264	Karl Sø	9	9	0	0			
2100276	Torup Sø	10	19	0	0	11	0	0
2100282	Hald Sø	10	23	----	++	12	--	0
2100293	Ørn Sø	10	18	--	0			
2101053	Vedsø, Nonbo Bassin	10	8	0	++			
2200016	Byn	13	8	0				
2300013	Tillerup Sø	9	9	+	+			
2500020	Hampen Sø	10	15	---	0			
2500039	Rørbæk Sø	10	18	----	++	8	0	0
2500043	Nørresø v/Ringkøbing	9	9	0	+			
2600013	Lading Sø	9	12	0	++	8	0	0
3000001	Fåresøen	5	8		--			
3000005	Holm Sø	1	23	---	0	12	0	---
3000088	Ål Præstesø	13	10	---	++			
3200005	Fårup Sø	10	19	---	++++	8	0	0
3400006	Dons Nørresø	9	15	----	+++			
3400010	Skærsø	9	16	0	0			
3600005	Søgård Sø, Jylland	9	22	----	++++	11	0	++
3700016	Rygbjerg Sø	10	10	0	0			
3800005	Jels Nedersø	10	9	+	--			
3800006	Jels Oversø	9	13	--	++			
4100003	Ketting Nor	11	13	0	++	8	0	0
4100008	Varnæs Skovsø	11	8	0	0			
4200001	Hostrup Sø	9	11	0	0	8	0	0
4400002	Fjellerup Sø	9	10	0	0			
4400005	Hjulby Sø	9	9	--	0			
4500006	Dallund Sø	9	16	-	+	8	0	0
4500007	Langesø	10	18	0	++++	9	0	0
4500008	Nørresø, Fyn	9	18	0	+++	8	0	0
4600005	Søbo Sø, Fyn	10	19	+	++	8	0	0
4700008	Hvidkilde Sø	9	19	0	++	9	0	0
4700011	Ollerup Sø	9	11	--	++			
4800003	Gurre Sø	9	9	0	0			
5000001	Bagsværd Sø	9	23	---	+++	12	0	++
5000025	Bastrup Sø	10	18	-	++	8	0	0
5000026	Lyngby Sø	9	10	0	0	9	0	0
5200005	Østrup-Gundsømagle Sø	9	23	----	++++	12	--	++
5200013	Sønder Sø	10	17	----	+++	8	0	++
5300018	Damhussøen	9	22	0	0	12	0	0
5300025	Peblingesø	9	23	---	++++	15	--	++

Sønr.	Sønavn	Type	Antal år Klorofyl Sigtdybde 1989-2020			Antal år Klorofyl Sigtdybde 2000-2020		
5300027	Skt. Jørgen Sø, Sydbassin	10	21	--	+++	14	0	0
5300036	Gentofte Sø	9	8	0	0			
5300041	Vallensbæk Sø	9	8	-	0			
5500002	Tissø	10	25	--	++++	14	--	0
5700020	Tystrup Sø	10	16	0	0			
5800001	Borup Sø	9	19	----	++++	8	---	+++
5800004	Kimmerslev Sø	10	9	-	++			
6000010	Hulemose Sø	9	8	0	0			
6100001	Virket Sø	10	10	-	0			
6100002	Mølle Sø	10	9	0	0			
6200002	Nakskov Indrefjord	11	9	0	0	8	0	0
6400001	Hejrede Sø	9	19	----	++++	9	0	0
6400003	Røgbølle Sø	9	14	--	+			
6400004	Maribo Sønder sø	9	22	----	++++	11	-	0
I alt +/+/+/+/+/+				3	32		0	6
I alt -/-/-/-/-				31	3		6	1

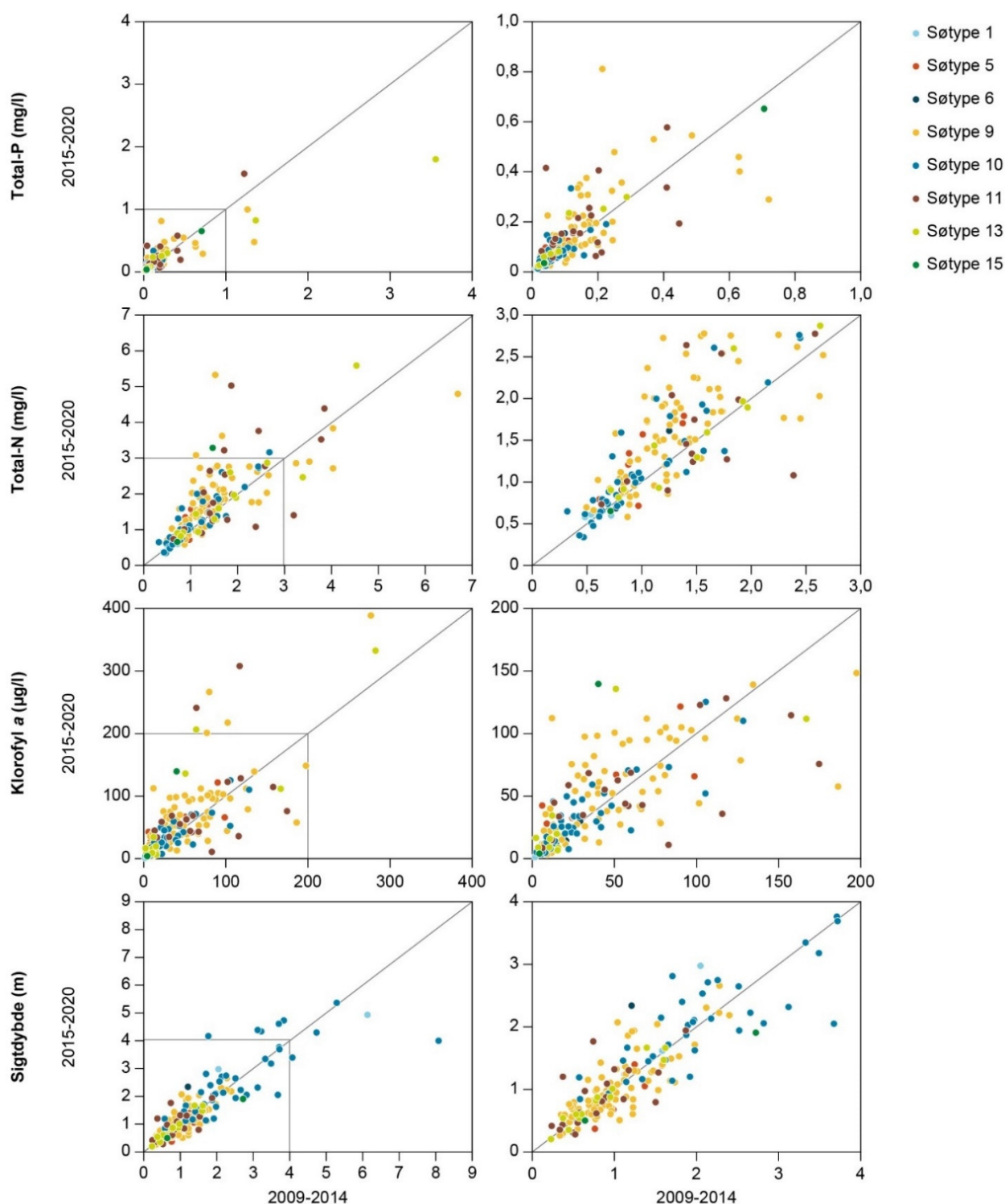


Figur 4.3. Andelen af KT-søer med mindst otte års data, hvor indholdet af totalfosfor, totalkvælstof og klorofyl a samt sigtdybde statistisk set er reduceret, uændret eller øget (10 % signifikansniveau). Der er vist data, som omfatter henholdsvis perioden 1989-2020 (i alt 63 søer) og perioden 2000-2020 (i alt 28 søer).

De ovenfor beskrevne resultater indikerer, som det også er vist tidligere for KU-søerne (se kapitel 3), at de største ændringer i søernes tilstand er sket i løbet af 1990'erne. Udviklingen i de senere år er dog også interessant. For at belyse udviklingen inden for den seneste 12-års periode er resultaterne i KT-søerne, samlet set, for den seneste seksårige periode (2015-2020) sammenlignet med den forrige seksårsperiode (2009-2014). Langt størstedelen af KT-søerne er undersøgt for vandkemiske parametre og sigtdybde i begge perioder. Der er testet for signifikante ændringer på alle søer og de enkelte søtyper for de fire parametre (totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl a og sigtdybde), og resultaterne ses i figur 4.4 og tabel 4.5. Til test af forskellene er der, hvis data er normalfordelt, anvendt parret t-test ellers Wilcoxon signed rank test. Se bilag 1 for nærmere beskrivelse.

Sammenligningen viser, at der for kvælstofs og klorofyls vedkommende for søerne som helhed er sket en signifikant forøgelse fra perioden 2009-2014 til 2015-2020. Udviklingen er mest signifikant for totalkvælstof, hvor de fleste

søer har højere værdier i perioden 2015-2020 end i perioden 2009-2014. For totalfosfor og sigtddybde er der ikke signifikante ændringer.



Figur 4.4 Sammenligning af sommergennemsnit mellem de to perioder 2009-2014 og 2015-2020 for totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl a samt sigtddybde fordelt på søtyper (beskrivelserne af de enkelte søtyper fremgår af tabel 2.1). Hvert punkt repræsenterer én sø. Hvis den enkelte sø er undersøgt mere end én gang i den samme periode, er der anvendt et gennemsnit. Til højre vises forstørrelse af de laveste værdier. Linjen angiver 1:1 værdier, dvs. punkter på denne linje viser status quo. Hvis et punkt ligger over 1:1 linjen er der sket en forøgelse fra perioden 2009-2014 til perioden 2015-2020 i den givne sø og omvendt, hvis et punkt ligger under 1:1 linjen.

Hvis man opdeler søerne i søtyper, ses kun en signifikant forøgelse i kvælstofkoncentrationen i søtype 5, 9 og 10. I ingen af søtyperne er der signifikante ændringer i indholdet af totalfosfor og klorofyl, mens sigtdybden er reduceret i søtype 5.

Det er ikke undersøgt nærmere, hvad årsagen er til den generelt stigende tendens i søernes indhold af især totalkvælstof. Mulige årsager kunne være ændringer i udledningen og transporten af stofferne i søens opland, herunder også effekten af klimatiske ændringer.

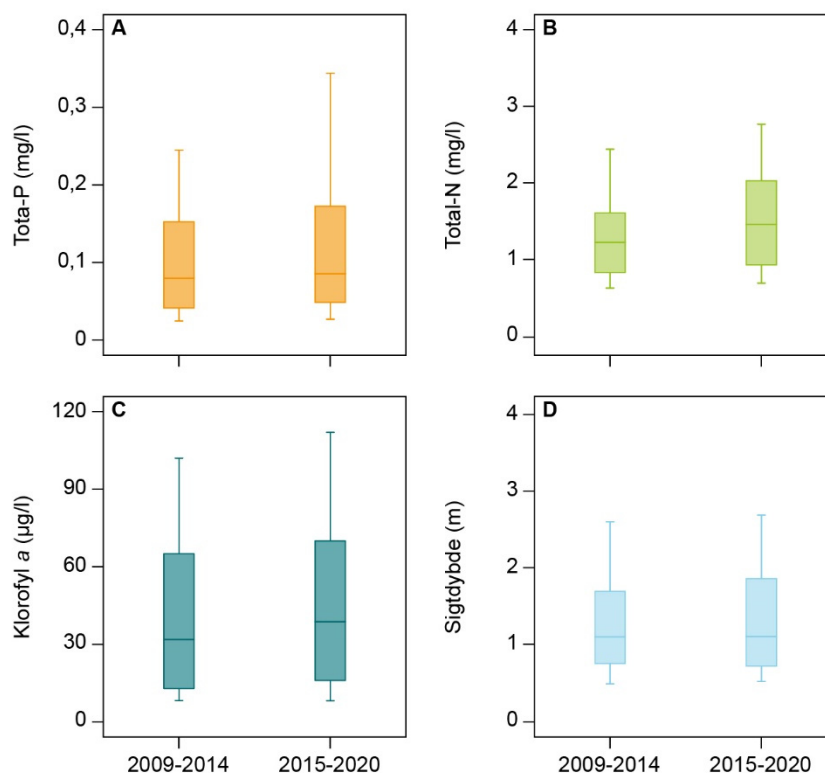
Tabel 4.5. Resultat af statistiske tests (p-værdier) af sammenligning af sommergennemsnit af kemiske nøglevariable (totalfosfor og totalkvælstof) samt en biologisk (klorofyl) og en fysisk (sigtdybde) nøglevariabel for de søer, der blev undersøgt i begge perioder: 2009-2014 og 2015-2020. Forskelle med et signifikansniveau (p)<0,05 er angivet med gråt. (+) angiver, at værdien er øget fra 2009-2014 til 2015-2020, mens (-) angiver reduceret værdi. Antal søer angiver det totale antal søer, som kan variere lidt mellem parametrene.

Søtype	Antal søer	Totalfosfor	Totalkvælstof	Klorofyl	Sigtdybde
1	4	0,391	0,625	0,978	0,722
5	7	0,259	0,039 (+)	0,453	0,048 (-)
6	2	0,429	0,7	0,534	0,535
9	82	0,581	<0,001 (+)	0,06	0,942
10	44	0,451	0,001 (+)	0,451	0,451
11	21	0,078	0,335	0,189	0,530
13	13	0,267	0,492	0,098	0,442
15	2	0,476	0,546	0,526	0,274
Alle søer	175	0,226	<0,001 (+)	0,004 (+)	0,599

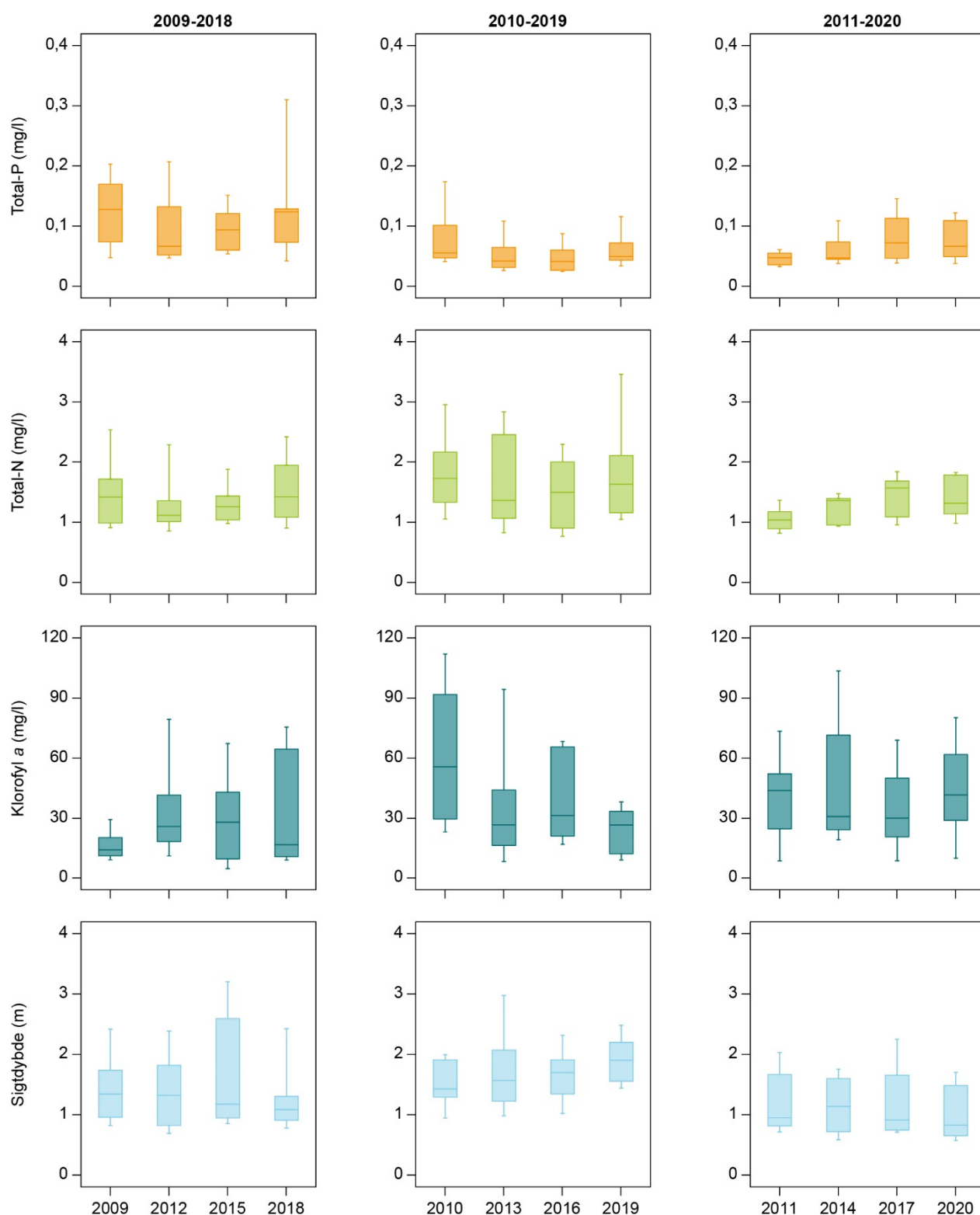
Sammenligningen af de kemiske parametre og sigtdybden mellem de to perioder kan også illustreres ved boxplots, som vist i figur 4.5. Som for de øvrige præsentationer i denne rapport er resultaterne baseret på sommergennemsnit i de enkelte søer. Både median, 10, 25, 75 og 90 %-fraktillerne for totalkvælstof og klorofyl a er højere i perioden 2015-2020 end i perioden 2009-2014, men forskellen er tydeligst for totalkvælstof. Der er ikke en tilsvarende forskel for totalfosfor og sigtdybden. Boxplottene tjener som et visuelt supplement til graferne i figur 4.4, og data har i denne sammenhæng ikke gennemgået en statistisk test.

Nogle af søerne har været undersøgt to gange i hver af de to seksårsperioder og med regelmæssige intervaller, dvs. hvert tredje år og i alt fire måleår. Den højere undersøgelsesfrekvens er begrundet i, at disse søer er indeholdt i både kontrolovervågningen og det operationelle program (jf. beskrivelsen af de enkelte delprogrammer i kapitel 2). For disse søer er det muligt at give en lidt mere detaljeret beskrivelse af den tidsmæssig udvikling, uden at denne dog kan testes statistisk. Således viser figur 4.6 ændringerne i totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl a og sigtdybde for ca. 10 søer i hver af perioderne 2009-2018, 2010-2019 og 2011-2020. Inden for hver periode og hvert måleår, der sammenlignes, er det de samme søer, som er undersøgt.

Figur 4.5. Boxplots, der illustrerer forskellen i henholdsvis totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl a og sigtdybde mellem de to seksårige perioder 2009-2014 og 2015-2020 for alle KT søer. Hver box med whiskers viser median, 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler.



Generelt er der tale om små ændringer i de undersøgte perioder. Variationer i resultater mellem årene vil bl.a. være påvirket af klimatiske variationer fra år til år, f.eks. var sommeren i 2018 ekstremt tør, hvilket gør det vanskeligt at se eventuelle udviklingstendenser i de relativt få måleresultater. En generel tendens til stigende koncentrationer af totalkvælstof, som vist i figur 4.4 og testet i tabel 4.5, kan erkendes for søerne målt i perioden 2011-2020, men ikke for søerne målt i perioderne 2009-2018 og 2010-2019. Tendensen til stigende koncentrationer af totalkvælstof i perioden 2011-2020 ses også for totalfosfor.



Figur 4.6 Sammenligning af niveauer af totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl a og sigt dybde i søer, der er undersøgt med tre års mellemrum i perioden 2009-2018, 2010-2019 eller 2011-2020. Hver box med whiskers viser median, 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Følgende søer indgår i de tre perioder, hvor søtype er angivet i parentes: 2009-2018: Hylke Sø (10), Vedsø Nonbo (9), Tåstrup Sø (9), Stevning Dam (9), Varnæs Skovsø (11), Kær Vig (11), Nørresø, Fyn (9), Bagsværd Sø (9), Tuel Sø (10), Haraldsted Lillesø (9). 2010-2019: Gjeller Sø (11), Torup Sø (10), Kulsø v. Trolldhede (9), Langesø (10), Skt. Jørgens Sø Syd (10), Bavelse Sø (10), Tystrup Sø (10), Maribo Sønder sø (9). 2011-2020: Sdr. Lemvig (9), Karl Sø (9), Byn (13), Fåresøen (5), Rygbjerg Sø (10), Hostrup Sø (9), Sø 265 v/Kliplev (5), Søbo Sø (10), Damhussøen (9).

4.3 Vegetation, status

Kontrolovervågningen af undervandsplanter i perioden 2015-2020 omfattede i alt 179 søer (tabel 4.6). En oversigt over de fire undersøgte nøgleparametre i hver af de ni søtyper: det plantedækkede areal i procent af søbunden (relativt plantedækket areal - RPA), det plantefyldte volumen i procent af søens vandvolumen (relativt plantefyldt volumen - RPV), planternes maksimale dybdegrænse og antallet af arter er givet i tabel 4.6. Nogle af søtyperne – især de kalkfattige søer (søtype 1-6) – er kun repræsenteret ved ganske få søer, og her er det vanskeligt at anvende dataene til at udtale sig generelt om disse søtyper.

Dybdegrænsen må generelt tolkes med forsigtighed, ikke mindst for de lavvandede søtyper, fordi planterne her oftere end i de dybe søer vil kunne vokse helt ud til søens maksimale dybde. Dermed vil dybdegrænsen begrænses af søens dybde. På samme måde kan man ikke forvente, at RPA eller RPV kan blive særlig høj i dybe søer sammenlignet med lavvandede søer, fordi planterne ikke nødvendigvis vokser i de dybe dele af søen, hvor lysnedtrængningen er naturligt begrænset. Endelig må man også være påpasselig med at sammenligne antallet af arter på tværs af søtyperne, fordi artsantallet alt andet lige vil være større i store søer end i mindre søer, og fordi diversiteten kan være begrænset af andre faktorer end næringsstofferforholdene. Hvis én søtype generelt omfatter flere mindre søer end en anden søtype, kan forskelle i artsantallet således også skyldes forskelle i størrelse. Nogle søtyper – eksempelvis de brakke eller de kalkfattige søer – kan heller ikke forventes at være så artsrige, fordi færre arter er tilpasset forholdene i disse søtyper sammenlignet med ferske og kalkrige søer. Det betyder f.eks., at et lavt artsantal ikke nødvendigvis afspejler en dårlig miljøtilstand i søen.

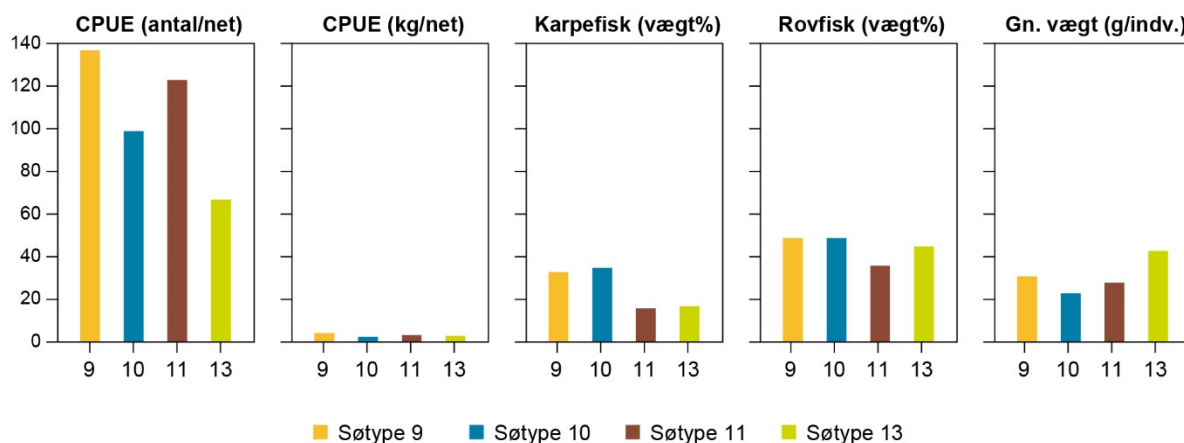
Tabel 4.6. Oversigt over nøgleparametre vedr. undervandsplanter fra søerne i kontrolovervågningen af søernes tilstand fordelt på ni søtyper (se tabel 2.1 for en nærmere beskrivelse), som er undersøgt i perioden 2015-2020 (enkelte er undersøgt i 2014). For dybdegrænse indgår kun søer, hvor der fandtes undervandsplanter. Hvis der er data for flere år, indgår søen med de seneste resultater.

Søtype	Relativt plantedækket areal - RPA (%)					Relativt plantefyldt volumen - RPV (%)				
	Gns.	Median	Min.	Maks.	n	Gns.	Median	Min.	Maks.	n
1	50,8	57,0	20,2	68,9	4	5,0	4,0	0,4	10,6	3
2	68,9	68,9	68,9	68,9	1	2,3	2,3	2,3	2,3	1
5	16,3	10,2	0	37,2	7	5,1	4,9	0	12,2	7
6	1,4	1,4	1,4	1,5	2	0,1	0,1	0,04	0,1	2
9	23,8	16,7	0	88,0	85	11,9	4,9	0	60,2	85
10	8,9	5,7	0	75,3	44	0,9	0,3	0	7,9	44
11	17,9	12,0	0	54,5	21	8,4	2,9	0	38,8	21
13	20,3	14,6	0	56,0	13	9,2	5,3	0	38,8	12
15	24,7	24,7	19,5	29,8	2	16,3	16,3	5,1	27,4	2
Søtype	Dybdegrænse (m)					Antal arter				
	Gns.	Median	Min.	Maks.	n	Gns.	Median	Min.	Maks.	n
1	2,8	2,2	1,5	5,5	4	9,3	10	6	11	4
2	7,5	7,5	7,5	7,5	1	11,0	11	11	11	1
5	1,2	1,1	0,4	1,8	6	10,9	9	0	25	7
6	1,6	1,6	0,6	2,5	2	3,0	3	3	3	2
9	1,8	1,6	0,5	4,2	76	10,0	9	0	39	85
10	4,5	3,7	1,0	21,5	41	10,6	10	0	35	44
11	1,5	1,4	0,3	2,7	19	7,2	5	0	37	21
13	1,3	1,2	0,6	2,4	12	18,2	21	0	31	13
15	1,3	1,3	1,0	1,7	2	16,0	16	4	28	2

Generelt varierer de fire målte parametre meget inden for de enkelte søtyper. Både RPA og RPV dækker eksempelvis en gradient i mange af typerne fra 0 (ingen undervandsplanter) og til langt over 50 %. Antallet af arter varierer mellem 0 og 39. Ved beregning af de statistiske parametre for dybdegrænsen er der kun inddraget de søer, hvor der findes planter. I den mest almindelige dybe søtype (søtype 10) varierer dybdegrænsen mellem 1,0 m og 21,5 m.

4.4 Fisk, status

Nøglevariable for fiskebestanden i KT-søerne for perioden 2015-2020 er vist i tabel 4.10 og for de fire mest almindelige søtyper i figur 4.7. Antallet af fisk og den totale biomasse var generelt lavere i de dybe, ferske, kalkrige søer (type 10) end i de tilsvarende lavvandede søer (type 9), henholdsvis 28 og 39 % lavere for medianværdien af antal og biomasse. Andelen af både større rovfisk og af karpefisk ligger tæt på hinanden i de to søtyper; medianværdien for større rovfisk udgjorde 33 % i type 9 og 35 % i type 10, mens karpefisk udgjorde 49 % i begge søtyper. Individbiomassen af fiskene er mindre (opgjort som medianværdi) i type 10 end i type 9. Generelt ligger CPUE-værdierne – både hvad angår vægt og antal – noget lavere i de kalkfattige søtyper (søtype 1-8) end i de kalkrige søtyper (søtype 9-15).



Figur 4.7. Nøglevariable for fiskebestanden i de fire mest almindelige søtyper undersøgt i KT-søerne. Figuren viser medianværdier. Enheden på y-akserne ses af de enkelte overskrifter.

Tabel 4.10. Oversigt over nøgledata for fisk i 180 KT-søer fordelt på ni søtyper (se tabel 1.1), som er undersøgt i perioden 2015-2020 (enkelte søer er undersøgt i tidligere år). Maskestørrelserne 68 og 85 mm anvendes ikke længere i undersøgelserne, så en evt. fangst i disse er ikke medtaget. Rovfiskenes andel er beregnet som den procentvise andel af gedde+aborre+sandart >10 cm af totalbiomassen. Karpefiskenes andel er beregnet som den procentvise andel af skalle+rudskalle+brasen+hybrider af totalbiomassen. Data er volumenkorregerede i forhold til de enkelte dybdezoner i henhold til den tekniske anvisning (Johansson & Lauridsen 2011). For individbiomassen er fem søer ikke inkluderet, da disse var uden fisk. CPUE: Catch Per Unit Effort.

CPUE (antal/net)						CPUE (kg/net)				
Søtype	Gns.	Median	Min.	Maks.	N	Gns.	Median	Min.	Maks.	n
1	29	28	0	59	4	2,3	2,0	0,0	5,2	4
2	24	24	24	24	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1
5	18	0,17	0	57	7	1,0	0,014	0,0	3,2	7
6	15	15	10	20	2	1,0	1,0	0,7	1,3	2
9	177	137	1	678	86	4,7	4,4	0,041	12,5	86
10	129	99	14	410	44	2,9	2,7	0,3	8,0	44
11	122	123	0,33	276	21	4,0	3,5	0,0	16,1	21
13	87	67	23	233	13	3,6	3,1	0,1	8,1	13
15	85	85	82	88	2	1,5	1,5	1,3	1,7	2

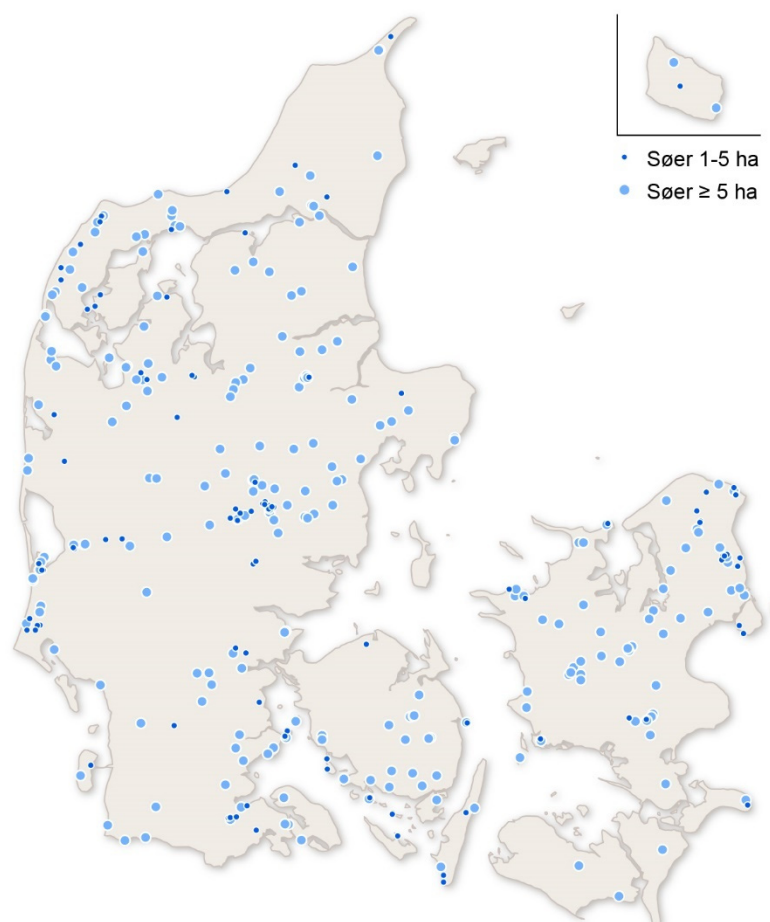
Rovfisk (vægt, %)						Karpefisk (vægt, %)				
Søtype	Gns.	Median	Min.	Maks.	N	Gns.	Median	Min.	Maks.	n
1	65	81	0	98	4	8	0	0	31	4
2	88	88	88	88	1	11	11	11	11	1
5	39	12	0	100	7	16	0	0	82	7
6	78	78	58	99	2	21	21	0	42	2
9	38	33	0	100	86	45	49	0	89	86
10	36	35	4	90	44	49	49	0	94	44
11	24	16	0	98	21	35	36	0	98	21
13	29	17	0	85	13	48	45	0	100	13
15	36	36	0	72	2	48	48	0	96	2

Gennemsnitlig individbiomasse (g/individ)					
Søtype	Gns.	Median	Min.	Maks.	N
1	78	75	71	87	3
2	63	63	63	63	1
5	62	62	41	83	4
6	71	71	67	75	2
9	37	31	9	162	86
10	29	23	10	69	44
11	87	28	1	1029	21
13	54	43	2	142	13
15	18	18	15	20	2

5 Operationel overvågning af søernes tilstand

Den operationelle overvågning af søer er sat i værk med henblik på at vurdere tilstanden for de søer, som er i risiko for ikke at opfylde natur- og miljømålet. Dette kapitel omhandler de søer, der undersøgt operationelt i perioden 2018-2020 og omfatter 331 søer af de i alt 659 søer, der er indeholdt i det operationelle program i perioden 2016-2021. Ud over de 331 søer indgår yderligere ca. $\frac{3}{4}$ af de 180 søer, der er i programmet for kontrolovervågning, da det er vurderet, at disse søer ikke opfylder målsætningen og derfor vil være omfattet af behov for operationel overvågning. Dette afsnit omhandler kun de søer, som ikke indgår i kontrolovervågningen (se kapitel 3 og 4). Placeringen af de operationelt overvågede søer i 2018-2020 er vist i figur 5.1.

Figur 5.1. Geografisk placering af søer, der indgik i den operationelle overvågning af søer >1 ha i perioden 2018-2020. Operationelt overvågede søer, der også indgår i kontrolovervågningen, er ikke inkluderet.



Det operationelle program omfatter søer, hvori der aldrig har været tilsyn, eller hvor statusoplysningerne er forældede, søer med manglende oplysninger i forhold til nødvendig indsats, søer med igangsatte indsatser samt søer med målopfyldelse, der er i forværring. Det vandkemiske måleprogram svarer som udgangspunkt til programmet for kontrolovervågningen af tilstand. I udvalgte søer er der foretaget sedimentanalyser, belastningsopgørelser samt analyser af fraktioner af kvælstof og fosfor i vandet. Vegetationsundersøgelser er som udgangspunkt foretaget i alle søer bortset fra dem, som forventes at være i dårlig

tilstand, eller søer, hvor der er viden om, at forekomsten af vegetationen er ubetydelig. Endelig er der foretaget fiskeundersøgelser i udvalgte søer i det operationelle program.

Nedenfor gives en kort status for søernes tilstand omfattet af det operationelle program. Data fra søerne i det operationelle program er vist for de enkelte søtyper, men er derudover også inddelt i søer ≥ 5 ha og søer på 1-5 ha. Alle søer ≥ 5 ha er omfattet af vandrammedirektivets overvågning, mens dette kun gælder for en mindre del af de danske søer på 1-5 ha. Det bemærkes, at de 331 søer, der er undersøgt i perioden 2018-2020, ikke er et repræsentativt udsnit af de danske søer som helhed.

5.1 Generel tilstand

Søerne i den operationelle overvågning omfatter i alt 10 søtyper, og dermed er alle danske registrerede søtyper, på nær én (søtype 6, fersk/kalkfattig/brunfarvet/dyb), repræsenterede (tabel 5.1). De forskellige søtyper er repræsenteret i forskellig grad afhængigt af søstørrelse. Den hyppigste søtype blandt søerne over 5 ha er, som i kontrolovervågningen, søtype 9, der omfatter de lavvandede, kalkrige, ikke-brunvandede, ferske søer. Søtypen blandt søerne mellem 1 og 5 ha med flest data er derimod søtype 5, der omfatter de kalkfattige, brunvandede, ferske, lavvandede søer.

Tabel 5.1. Fordelingen af søerne i det operationelle program i perioden 2018-2020 på de enkelte søtyper. For definition af søtyperne se kapitel 2. Søerne er opdelt efter størrelse; 1-5 ha og ≥ 5 ha).

Søtype	Antal søer 1-5 ha	Antal søer ≥ 5 ha
1	5	1
2	6	2
5	29	11
9	17	89
10	1	30
11	5	29
12	0	1
13	19	45
14	1	1
15	20	17

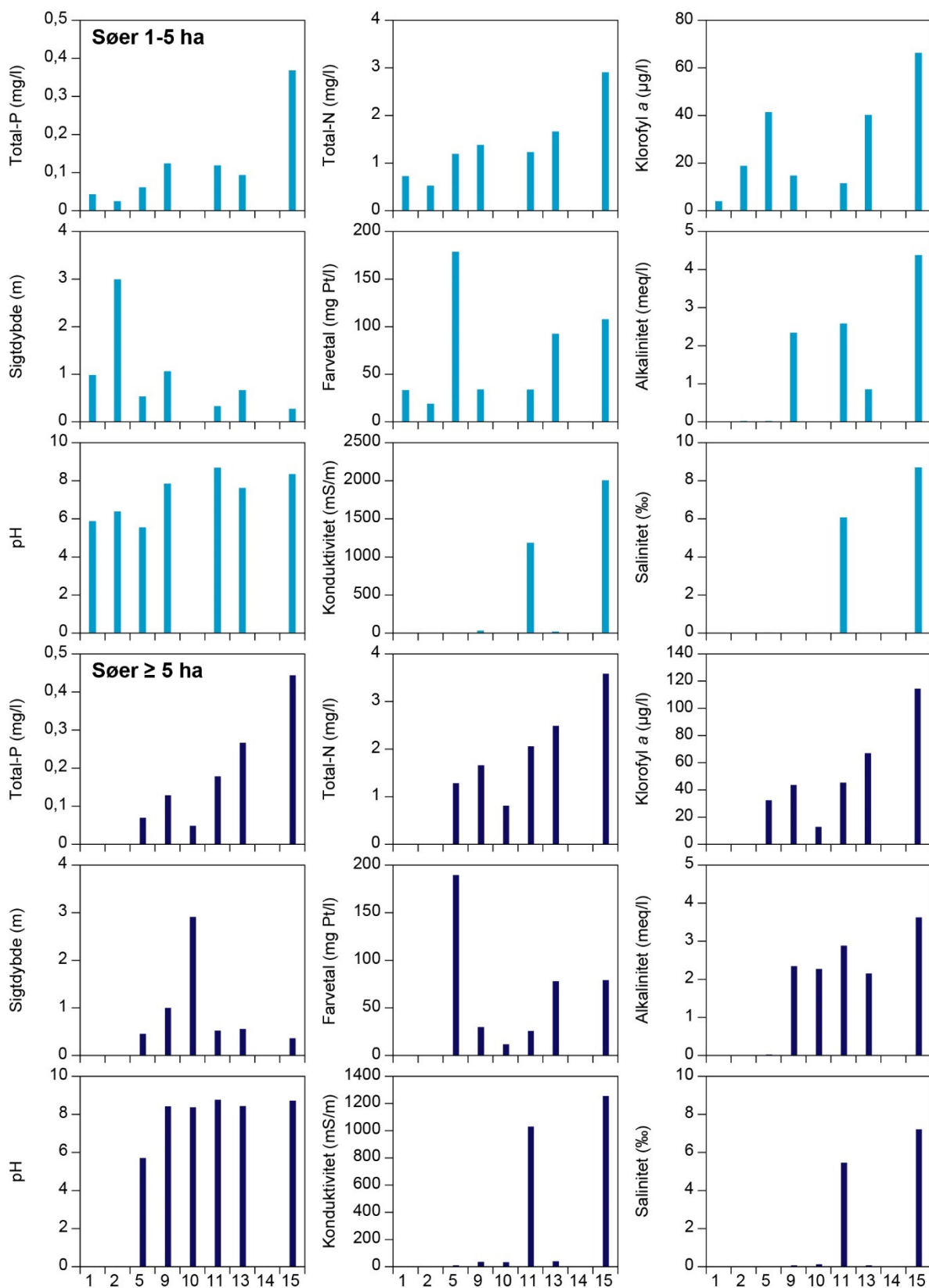
En samlet beskrivelse af de morfologiske, vandkemiske og vegetationsmæssige forhold i de ti søtyper, inddelt i de to størrelseskategorier, er givet i tabel 5.2. I figur 5.2a og 5.2b er medianværdien for en række af de morfologiske og vandkemiske parametre samt resultater af vegetationsundersøgelser vist for de enkelte søtyper og de to søstørrelser. Nogle af søtyperne er kun repræsenteret ved få søer og i flere tilfælde kun ved en enkelt sø. I figur 5.2a og 5.2b er der kun vist resultater, hvis der er data fra mindst fem søer.

Inddelingen i søtyper sker på baggrund af forskelle i vanddybde, alkalinitet, brunfarvning og saltholdighed (se en oversigt i afsnit 2 over de forskellige søtyper). Denne inddeling kommer tydeligt til udtryk i flere af parametrene vist i figur 5.2 og i tabel 5.2. Eksempelvis har søtyperne 1, 2 og 5 alle en meget lav alkalinitet med en medianværdi tæt ved 0, og middeldybden er højest (pr. definition kun over 3 m) i søtype 10 og 12. Dette gælder både for søer ≥ 5 ha og for søerne mellem 1 og 5 ha. Blandt søtyperne inden for samme størrelsesafgræns-

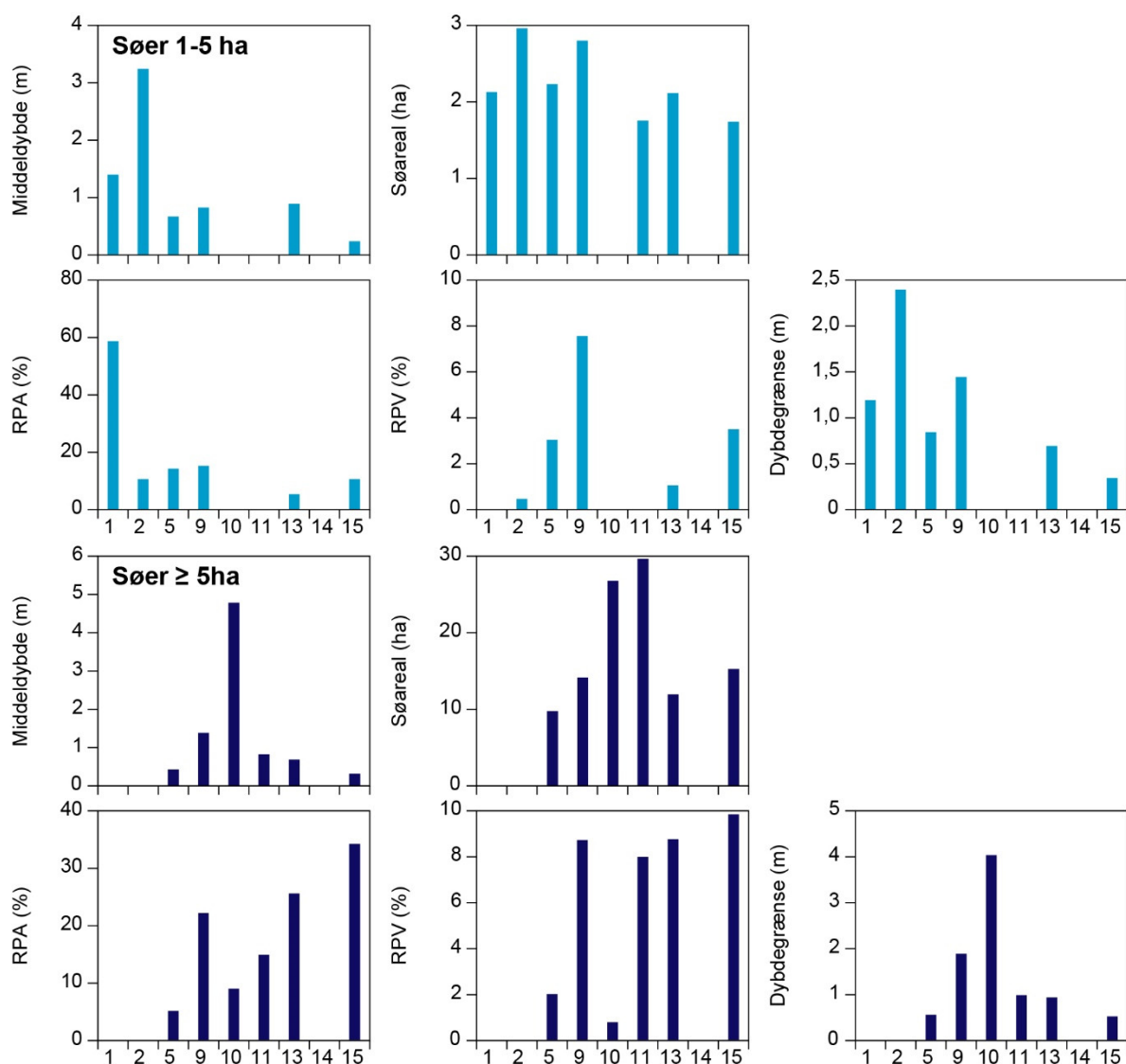
ning kan der også være væsentlige forskelle, eksempelvis blandt de brunvandede søtyper (type 5, 13 og 15), hvor den lavalkaline søtype 5, er væsentlig mere brunvandet (målt på medianværdien) end de højalkaline søtyper 13 og 15. Forskellen er mest udpræget for søer ≥ 5 ha. Ligeledes dækker gruppen af lavvandede søer også over væsentlige forskelle, hvor den brakke og brunvandede søtype 15 generelt omfatter mere lavvandede søer (median af middeldybde = 0,3 m) end den ferske og ikke-brunvandede søtype 9 (median af middeldybde = 1,3-1,4 m).

Der er store forskelle i de forskellige søtypers næringsstofindhold. Den mest næringsrige søtype, hvad angår fosfor og kvælstof, er søtype 15. Det gælder både for søer ≥ 5 ha og søer mellem 1 og 5 ha. Det er også i denne søtype, at der ses det højeste indhold af klorofyl *a* og den laveste sigtdybde. De mest næringsfattige søtyper er søtype 1, 2 og 10, hvilket er sammenfaldende med de laveste koncentrationer af klorofyl *a* og højeste sigtdybder. For søerne ≥ 5 ha er sigtdybden højest i søtype 10 med en mediansigtdybde på 2,9 m, mens det for søerne mellem 1 og 5 ha er i søtype 2, at der ses den højeste mediansigtdybde (3,0 m). I nogle af søtyperne kan en relativ lav sigtdybde skyldes, at de er så lavvandede, at sigtdybden når bunden.

Forekomst og udbredelse af undervandsplanter varierer ligeledes meget imellem de forskellige søtyper. I søerne mellem 1 og 5 ha er dækningsgraden størst i søtype 1 (dog kun fem målinger), mens den for søerne ≥ 5 ha lidt overraskende er størst i søtype 15, der samtidigt også er den mest næringsrige og klorofylholdige søtype med lav sigtdybde. Det kan hænge sammen med, at middelvanddybden er meget lav i søtype 15, således at der når tilstrækkeligt lys ned til bunden, eller at planterne kan vokse op til overfladen. Undervandsplanternes dybdegrænse i søerne mellem 1 og 5 ha er størst i søtype 2 og i søerne ≥ 5 ha i den ligeledes dybe søtype 10.



Figur 5.2a. Oversigt over vandkemiske parametre samt sigtdybde i de operationelt overvågede søer fordelt på søtype 1-15, som er 1-5 ha (øverst) eller ≥5 ha. Der er angivet medianværdier. Der er kun vist resultater, hvor der er data fra mindst fem søer, så derfor er der ikke vist data for alle parametre for alle søtyper. Se også tabel 5.1 og 5.2.



Figur 5.2b. Oversigt over morfometriske parametre og vegetationsdata i de operationelt overvågede søer fordelt på søtype 1-15, som er 1-5 ha eller ≥ 5 ha. Der er angivet medianværdier. Der er kun vist resultater, hvor der er data fra mindst fem søer. Se også tabel 5.1 og 5.2. Data vedr. undervandsplanter medtager ikke trådalger. RPA=relativt plantedækket areal af søbunden i procent, RPV=relativt plantefyldt vandvolumen i procent.

Tabel 5.2. Oversigt over kemiske (sommerværdier) og biologiske data fra de søer, der indgik i den operationelle overvågning i perioden 2018-2020, fordelt på de enkelte søtyper og opdelt i søer mellem 1 og 5 ha og ≥ 5 ha. Hvis der er data for flere år, indgår søen med den seneste undersøgelse. Søer, hvor der ikke er registreret undervandsplanter, indgår ikke i opgørelser over dybdegrænse.

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal søer	
	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha
Type 1 (lavvandet, lavalkalin, ufarvet, fersk)										
Middeldybde (m)	1,4	2,5	1,4	2,5	0,2	2,5	2,8	2,5	5	1
Maksimumdybde (m)	3,0	9,6	3,0	9,6	0,4	9,6	5,5	9,6	5	1
Søareal (ha)	2,7	20,7	2,1	20,7	1,7	20,7	4,5	20,7	5	1
Totalfosfor (mg P/L)	0,040	0,033	0,044	0,033	0,008	0,033	0,074	0,033	5	1
Totalkvælstof (mg N/L)	0,76	0,67	0,74	0,67	0,30	0,67	1,48	0,67	5	1
Sigtdybde (m)	1,2	2,7	1,0	2,7	0,3	2,7	2,2	2,7	5	1
Klorofyl a ($\mu\text{g/L}$)	28	12	4	12	2	12	67	12	5	1
Alkalinitet (meq/L)	0,02	0,04	0,01	0,04	0,004	0,04	0,05	0,04	5	1
pH	5,8	6,4	5,9	6,4	4,8	6,4	6,9	6,4	5	1
Farvetal (mg Pt/L)	33,8	22,0	33,9	22,0	4,8	22,0	59,8	22,0	5	1
Suspenderet stof (mg/L)	4,5	3,3	2,9	3,3	1,5	3,3	9,5	3,3	5	1
Konduktivitet (mS/m)	11,8	9,5	9,6	9,5	4,5	9,5	23,3	9,5	5	1
Relativt plantedækket areal (%)	40,0	29,6	58,9	29,6	1,3	29,6	72,4	29,6	5	1
Relativt plantedækket volumen (%)	9,8	1,6	8,7	1,6	0,0	1,6	21,9	1,6	4	1
Plantedybdegrænse (m)	1,588	2,7	1,2	2,7	0,35	2,7	3	2,7	5	1
Antal arter af undervandsplanter	6,8	12	7	12	4	12	12	12	5	1

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal søer	
	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha
Type 2 (dyb, lavalkalin, ufarvet, fersk)										
Middeldybde (m)	3,5	4,0	3,3	4,0	3,2	3,3	4,4	4,7	6	2
Maksimumdybde (m)	8,6	11,0	8,7	11,0	7,8	11,0	9,3	11,0	6	2
Søareal (ha)	2,8	7,4	3,0	7,4	2,0	5,1	3,7	9,7	6	2
Totalfosfor (mg P/L)	0,026	0,016	0,026	0,016	0,019	0,013	0,036	0,020	6	2
Totalkvælstof (mg N/L)	0,56	0,53	0,54	0,53	0,48	0,51	0,68	0,56	6	2
Sigtdybde (m)	2,8	2,8	3,0	2,8	1,6	2,7	4,3	2,9	6	2
Klorofyl a ($\mu\text{g/L}$)	24	9	19	9	11	7	43	12	6	2
Alkalinitet (meq/L)	0,06	0,16	0,04	0,16	0,01	0,16	0,19	0,17	6	2
pH	6,5	7,5	6,4	7,5	5,6	7,3	7,4	7,7	6	2
Farvetal (mg Pt/L)	23,4	13,1	19,6	13,1	10,7	8,8	47,8	17,3	6	2
Suspenderet stof (mg/L)	3,2	2,5	3,2	2,5	1,0	2,3	6,2	2,7	6	2
Konduktivitet (mS/m)	9,1	8,6	5,7	8,6	4,3	6,8	25,0	10,4	6	2
Relativt plantedækket areal (%)	17,1	14,6	10,9	14,6	0	14,6	55,0	14,6	6	1
Relativt plantedækket volumen (%)	1,3	0,3	0,5	0,3	0	0,3	5,9	0,3	6	1
Plantedybdegrænse (m)	3,0	1,5	2,4	1,5	1,8	1,5	4,7	1,5	6	1
Antal arter af undervandsplanter	4,8	4	5,5	4	1	4	8	4	6	1

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal søer	
	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha
Type 5 (lavvandet, lavalkalin, brunvandet, fersk)										
Middeldybde (m)	0,9	0,8	0,7	0,44	0,2	0,3	2,7	2,8	29	11
Maksimumdybde (m)	2,3	2,2	1,8	1,1	0,4	0,5	7,8	8,0	29	11
Søareal (ha)	2,5	12,04	2,2	9,9	1,4	5,4	4,4	32,4	29	11
Totalfosfor (mg P/L)	0,131	0,094	0,063	0,071	0,006	0,049	1,672	0,178	28	11
Totalkvælstof (mg N/L)	1,48	1,35	1,21	1,29	0,52	0,91	6,99	2,04	28	11
Sigtdybde (m)	0,7	0,6	0,5	0,5	0,2	0,3	1,7	1,2	28	11
Klorofyl a (µg/L)	74	42	42	33	1	12	574	92	28	11
Alkalinitet (meq/L)	0,05	0,06	0,04	0,04	0,003	0,004	0,25	0,15	28	11
pH	5,6	5,8	5,6	5,7	4,1	4,3	7,2	7,3	28	11
Farvetal (mg Pt/L)	247,1	220,7	179,4	190,1	70,5	64,7	735,4	463,4	28	11
Suspenderet stof (mg/L)	12,0	11,7	5,9	7,8	1,0	2,5	132,2	33,9	28	11
Konduktivitet (mS/m)	12,3	14,4	11,1	13,4	3,4	6,2	24,7	23,1	28	11
Relativt plantedækket areal (%)	25,2	6,5	14,4	5,3	0	0	80,9	13,3	28	8
Relativt plantedækket volumen (%)	12,8	2,6	3,1	2,0	0	0	78,6	9,1	28	8
Plantedybdegrænse (m)	0,9	0,8	0,85	0,57	0,11	0,4	2,6	1,28	26	7
Antal arter af undervandsplanter	5,4	7,9	5	8	0	0	19	15	28	8

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal søer	
	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha
Type 9 (lavvandet, lkalkrig, ufarvet, fersk)										
Middeldybde (m)	0,8	1,4	0,8	1,4	0,2	0,4	2,0	4,6	16	85
Maksimumdybde (m)	1,7	2,9	1,5	2,5	0,3	0,8	5,0	10,4	16	85
Søareal (ha)	3,0	42,6	2,8	14,3	1,0	5,0	5,7	472,2	17	88
Totalfosfor (mg P/L)	0,296	0,203	0,126	0,130	0,025	0,020	2,762	2,011	15	89
Totalkvælstof (mg N/L)	1,42	1,93	1,39	1,67	0,42	0,45	4,26	6,29	15	89
Sigtdybde (m)	1,3	1,1	1,1	1,0	0,6	0,2	2,3	3,9	15	89
Klorofyl a (µg/L)	37	78	15	44	3	4	183	484	15	89
Alkalinitet (meq/L)	2,57	2,40	2,36	2,36	0,84	0,25	4,30	5,37	15	89
pH	8,0	8,5	7,9	8,4	7,3	7,3	9,3	10,0	15	89
Farvetal (mg Pt/L)	34,8	31,0	34,7	30,4	16,2	6,7	57,1	61,6	15	89
Suspenderet stof (mg/L)	8,0	18,6	4,5	12,2	1,3	1,4	23,9	136,2	15	89
Konduktivitet (mS/m)	42,9	44,8	37,5	41,1	24,0	17,3	85,2	167,5	15	89
Relativt plantedækket areal (%)	27,7	27,2	15,4	22,3	0	0	88,4	84,9	15	55
Relativt plantedækket volumen (%)	18,5	13,3	7,6	8,8	0	0	78,1	67,4	15	55
Plantedybdegrænse (m)	1,6	2,1	1,45	1,9	0,55	0,45	3,2	8,3	11	44
Antal arter af undervandsplanter	5,1	8,6	5	6	0	0	10	59	15	55

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal søer	
	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha
Type 10 (dyb, kalkrig, ufarvet, fersk)										
Middeldybde (m)	3,1	5,4	3,1	4,8	3,1	3,1	3,1	10,4	1	30
Maksimumdybde (m)	6,0	12,1	6,0	10,0	6,0	5,0	6,0	31,8	1	30
Søareal (ha)	3,5	110,5	3,5	27,0	3,5	5,4	3,5	558,8	1	30
Totalfosfor (mg P/L)	0,036	0,073	0,036	0,050	0,036	0,009	0,036	0,222	1	30
Totalkvælstof (mg N/L)	1,04	1,09	1,04	0,82	1,04	0,23	1,04	3,72	1	30
Sigtdybde (m)	1,7	3,0	1,7	2,9	1,7	0,8	1,7	6,4	1	30
Klorofyl a (µg/L)	32	22	32	13	32	3	32	112	1	30
Alkalinitet (meq/L)	0,31	2,36	0,31	2,28	0,31	0,64	0,31	4,18	1	30
pH	8,2	8,4	8,2	8,4	8,2	7,7	8,2	9,1	1	30
Farvetal (mg Pt/L)	31,7	14,1	31,7	12,4	31,7	3,2	31,7	34,0	1	30
Suspenderet stof (mg/L)	4,9	5,2	4,9	3,3	4,9	1,3	4,9	18,6	1	30
Konduktivitet (mS/m)	9,9	41,8	9,9	37,9	9,9	17,1	9,9	85,6	1	30
Relativt plantedækket areal (%)	1,6	9,8	1,6	9,2	1,6	0	1,6	31,9	1	18
Relativt plantedækket volumen (%)	0,0	1,2	0,0	0,8	0,0	0	0,0	6,1	1	18
Plantedybdegrænse (m)	2,5	4,4	2,5	4,05	2,5	1,9	2,5	8,1	1	16
Antal arter af undervandsplanter	1	12,1	1	9,5	1	0	1	40	1	18

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal søer	
	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha
Type 11 (lavvandet, kalkrig, ufarvet, saltholdig)										
Middeldybde (m)	0,6	1,0	0,3	0,8	0,3	0,3	1,5	2,9	4	27
Maksimumdybde (m)	1,2	2,2	0,5	1,6	0,5	0,8	3,1	6,5	4	27
Søareal (ha)	2,2	171,4	1,8	29,9	0,5	5,1	3,7	1593,0	5	29
Totalfosfor (mg P/L)	0,127	0,226	0,120	0,180	0,045	0,036	0,269	0,849	5	29
Totalkvælstof (mg N/L)	1,46	2,29	1,24	2,06	0,92	0,62	2,58	6,22	5	29
Sigtdybde (m)	0,5	0,9	0,3	0,5	0,3	0,2	1,2	2,8	5	29
Klorofyl a (µg/L)	23	72	12	46	2	4	65	207	5	29
Alkalinitet (meq/L)	2,63	2,87	2,60	2,90	1,76	1,30	3,64	4,16	5	29
pH	8,5	8,7	8,7	8,8	8,0	8,0	8,9	9,4	5	29
Farvetal (mg Pt/L)	37,2	27,9	34,4	26,2	20,9	8,2	59,8	50,3	5	29
Suspenderet stof (mg/L)	24,5	51,2	10,5	20,6	6,7	2,9	87,7	300,4	5	29
Konduktivitet (mS/m)	1956,3	1372,0	1189,7	1033,8	300,5	85,3	3863,4	4486,6	5	29
Salinitet (‰)	11,5	8,2	6,1	5,5	1,7	0,3	24,0	28,9	5	29
Relativt plantedækket areal (%)	24,3	22,4	14,2	15,1	13,9	0	44,7	78,1	3	20
Relativt plantedækket volumen (%)	10,2	12,5	6,7	8,0	4,8	0	19,0	79,1	3	20
Plantedybdegrænse (m)	0,8	1,4	0,5	1,0	0,5	0,2	1,4	4,4	3	19
Antal arter af undervandsplanter	4,3	7,1	4	4,0	2,0	0	7	25	3	20

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal søer	
	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha
Type 12 (dyb, kalkrig, ufarvet, saltholdig)										
Middeldybde (m)		3,1		3,1		3,1		3,1		1
Maksimumdybde (m)		7,5		7,5		7,5		7,5		1
Søareal (ha)		6,2		6,2		6,2		6,2		1
Totalfosfor (mg P/L)		0,054		0,054		0,054		0,054		1
Totalkvælstof (mg N/L)		1,04		1,04		1,04		1,04		1
Sigtdybde (m)		0,9		0,9		0,9		0,9		1
Klorofyl a (µg/L)		25		25		25		25		1
Alkalinitet (meq/L)		3,6		3,6		3,6		3,6		1
pH		8,5		8,5		8,5		8,5		1
Farvetalet (mg Pt/L)		11,1		11,1		11,1		11,1		1
Suspenderet stof (mg/L)		10,1		10,1		10,1		10,1		1
Konduktivitet (mS/m)		339		339		339		339		1
Salinitet (‰)		1,8		1,8		1,8		1,8		1
Relativt plantedækket areal (%)										
Relativt plantedækket volumen (%)										
Plantedybdegrænse (m)										
Antal arter af undervandsplanter										

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal søer	
	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha
Type 13 (lavvandet, kalkrig, brunvandet, fersk)										
Middeldybde (m)	0,9	0,8	0,9	0,7	0,1	0,2	2,4	2,8	19	43
Maksimumdybde (m)	2,0	1,8	1,7	1,3	0,4	0,4	6,5	7,8	19	43
Søareal (ha)	2,6	31,7	2,1	12,1	1,0	5,07	4,8	344,0	19	45
Totalfosfor (mg P/L)	0,146	0,463	0,095	0,267	0,029	0,043	0,678	5,263	16	44
Totalkvælstof (mg N/L)	1,90	3,08	1,67	2,50	0,78	0,53	4,89	12,35	16	44
Sigtdybde (m)	0,8	0,6	0,7	0,6	0,3	0,2	1,4	1,5	17	43
Klorofyl a (µg/L)	59	93	40	67	3	4	251	370	16	44
Alkalinitet (meq/L)	1,36	2,45	0,87	2,17	0,20	0,30	4,49	5,23	16	44
pH	7,6	8,3	7,7	8,5	6,6	6,8	9,0	9,5	17	44
Farvetalet (mg Pt/L)	119,4	92,3	93,0	78,7	58,1	45,3	303,1	223,6	16	44
Suspenderet stof (mg/L)	10,0	25,1	6,6	17,9	2,0	2,4	57,8	101,3	16	44
Konduktivitet (mS/m)	35,4	48,6	25,2	44,2	10,3	13,9	104,4	116,0	17	44
Relativt plantedækket areal (%)	19,0	28,7	5,6	25,7	0	0	75,1	83,8	16	25
Relativt plantedækket volumen (%)	10,8	16,9	1,1	8,8	0	0	43,2	59,6	13	25
Plantedybdegrænse (m)	1,0	1,0	0,7	0,95	0,27	0,45	2,6	1,8	15	21
Antal arter af undervandsplanter	6,1	9,4	4	8	0	0	20	29	16	25

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal søer	
	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha
Type 14 (dyb, kalkrig, brunfarvet, fersk)										
Middeldybde (m)	3,8	3,9	3,8	3,9	3,8	3,9	3,8	3,9	1	1
Maksimumdybde (m)	8,5	9,3	8,5	9,3	8,5	9,3	8,5	9,3	1	1
Søareal (ha)	2,9	7,9	2,9	7,9	2,9	7,9	2,9	7,9	1	1
Totalfosfor (mg P/L)	0,131	0,058	0,131	0,058	0,131	0,058	0,131	0,058	1	1
Totalkvælstof (mg N/L)	1,15	1,81	1,15	1,81	1,15	1,81	1,15	1,81	1	1
Sigtdybde (m)	0,7	1,3	0,7	1,3	0,7	1,3	0,7	1,3	1	1
Klorofyl a (µg/L)	25,7	21,5	25,7	21,5	25,7	21,5	25,7	21,5	1	1
Alkalinitet (meq/L)	0,60	3,38	0,60	3,38	0,60	3,38	0,60	3,38	1	1
pH	6,9	8,2	6,9	8,2	6,9	8,2	6,9	8,2	1	1
Farvetal (mg Pt/L)	260,1	80,0	260,1	80,0	260,1	80,0	260,1	80,0	1	1
Suspenderet stof (mg/L)	6,6	5,3	6,6	5,3	6,6	5,3	6,6	5,3	1	1
Konduktivitet (mS/m)	23,7	53,7	23,7	53,7	23,7	53,7	23,7	53,7	1	1
Relativt plantedækket areal (%)	0,8	4,1	0,8	4,1	0,8	4,1	0,8	4,1	1	1
Relativt plantedækket volumen (%)	0,0	1,4	0,0	1,4	0,0	1,4	0,0	1,4	1	1
Plantedybdegrænse (m)	2	4,2	2	4,2	2	4,2	2	4,2	1	1
Antal arter af undervandsplanter	11	8	11	8	11	8	11	8	1	1

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal søer	
	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha	1-5 ha	≥5 ha
Type 15 (lavvandet, kalkrig, brunvandet, saltholdig)										
Middeldybde (m)	0,3	0,4	0,3	0,3	0,1	0,1	0,4	0,9	20	16c
Maksimumdybde (m)	0,5	0,9	0,5	0,9	0,2	0,3	0,7	2,2	20	16
Søareal (ha)	2,1	15,4	1,7	15,4	1,0	5,1	4,9	82,2	20	17
Totalfosfor (mg P/L)	1,172	0,737	0,370	0,445	0,059	0,066	6,314	2,938	20	16
Totalkvælstof (mg N/L)	6,70	4,36	2,92	3,59	1,52	1,36	51,04	10,20	20	16
Sigtdybde (m)	0,3	0,4	0,3	0,4	0,1	0,1	0,5	0,9	20	16
Klorofyl a (µg/L)	221	143	67	115	15	6	1288	654	20	16
Alkalinitet (meq/L)	4,81	3,86	4,40	3,64	1,40	1,81	10,14	8,36	20	16
pH	8,4	8,7	8,4	8,7	7,6	8,1	9,2	9,2	20	16
Farvetal (mg Pt/L)	148,3	82,8	108,4	79,6	66,2	50,3	417,2	121,0	20	16
Suspenderet stof (mg/L)	88,6	46,0	28,4	47,5	6,8	5,5	718,3	131,2	20	16
Konduktivitet (mS/m)	1869,6	1418,9	2012,6	1258,9	153,4	70,8	3971,6	3824,3	20	16
Salinitet (‰)	1,172	0,737	0,370	0,445	0,059	0,066	6,314	2,938	20	16
Relativt plantedækket areal (%)	17,5	24,6	10,8	34,4	0	0	58,5	52,7	19	13
Relativt plantedækket volumen (%)	12,5	14,9	3,5	9,9	0	0	43,7	37,0	19	11
Plantedybdegrænse (m)	0,3	0,61	0,35	0,54	0,05	0,03	0,6	1,6	15	12
Antal arter af undervandsplanter	2,4	5	2	4	0	0	5	17	19	13

6 Klima, afstrømning og vandtemperatur

Variationer i de klimatiske forhold og afstrømning kan både direkte og indirekte influere på søernes miljøtilstand. I nedbørsrige år med stor afstrømning vil der generelt være en større tilførsel af næringsstoffer fra dyrkede og udyrkede arealer til søerne. Vandets opholdstid vil til gengæld være kortere, og derfor vil der være tendens til, at stoftilbageholdelsen i søerne i procent af tilførslen vil være relativt mindre end i et "tørt" år.

Temperaturen påvirker direkte en bred række af processer (f.eks. søernes temperaturlagdeling, fiskenes gydetidspunkt, organismernes vækst, tidspunkt for undervandsplanternes henfald eller udvekslingen af næringsstoffer mellem sediment og vand og dermed den interne fosforfrigivelse) i søerne. Derfor kan forskelle i temperaturniveauet og sæsonforløbet være en medvirkende årsag til forskelle i den generelle miljøtilstand mellem de enkelte år.

Også de øvrige klimatiske faktorer (f.eks. vindforhold eller solskinstimer) påvirker i højere eller mindre grad søernes tilstand og udvikling. Kendskab til variationer i de klimatiske forhold er således nødvendig, når resultaterne fra søovervågningen skal tolkes. Der kan også være tale om mere generelle og vedvarende klimaforandringer i eksempelvis temperatur og nedbørsmønstre, som kan påvirke søernes tilstand.

Klimadata vist i dette afsnit er tilvejebragt via DMI's GRID-data (<http://no-vana.dmi.dk>). Temperatur-, global indstråling- og vinddata er baseret på data fra 20x20 km kvadrater, de såkaldte "grid-værdier", mens nedbøren er baseret på 10x10 km grids. For alle parametre er grids'ene "klippet" ved kystlinjen og derefter beregnet for arealet inden for kystlinjen. Det bemærkes, at de anvendte nedbørsværdier er de observerede værdier, som ikke er korregeret til jordoverfladen. For datagrundlag og beregningsmetoder af ferskvandsafstrømningen henvises til Thodsen m.fl. (2021).

I dette kapitel gives der en kort oversigt over de klimatiske forhold i 2020 sammenlignet med perioden 1990-2019 samt perioden 1961-1990. Data fra sidstnævnte periode stammer fra Rubek m.fl. (2020).

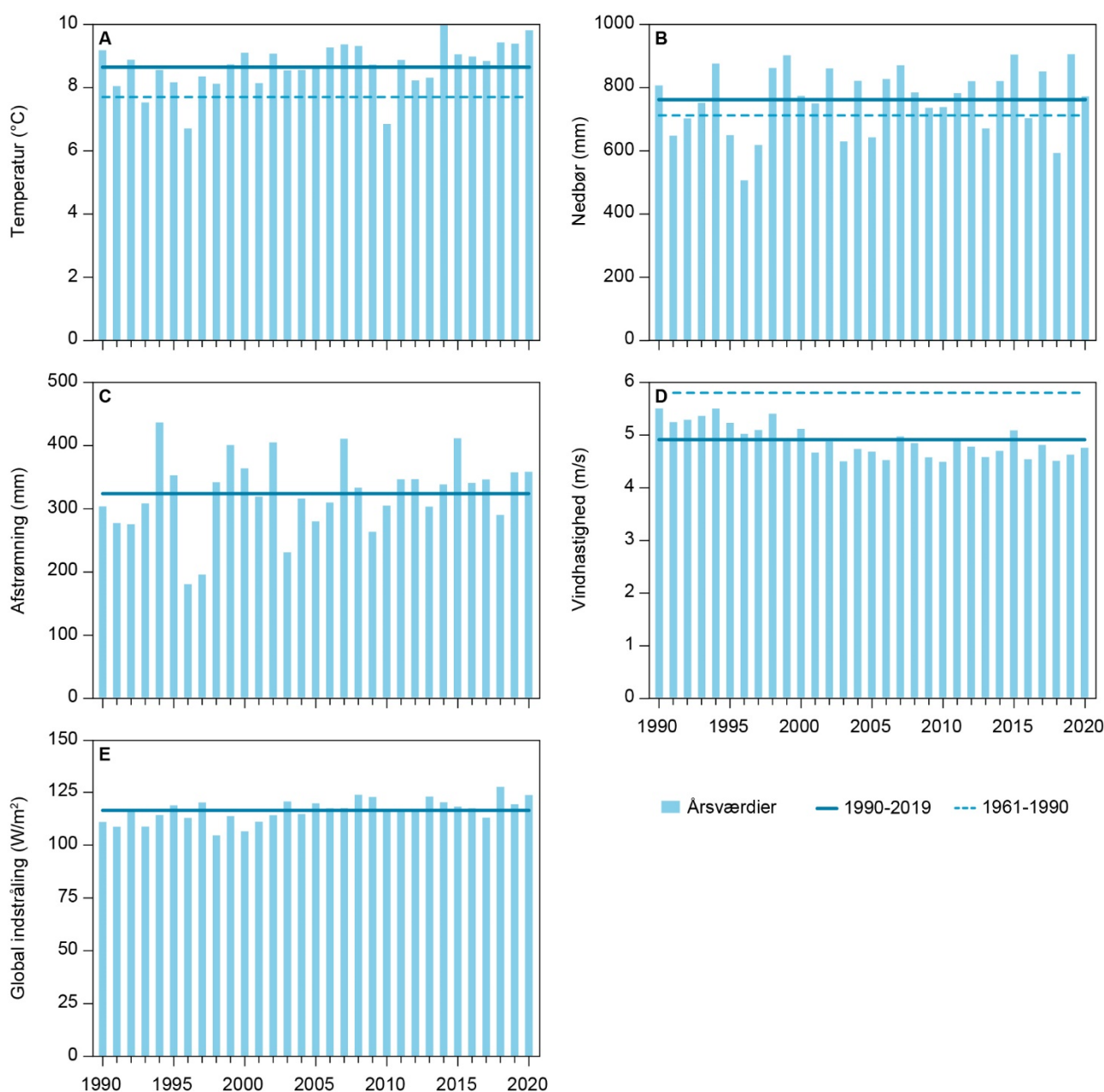
6.1 Temperatur og global indstråling

For Danmark som helhed var årets gennemsnitlige temperatur i 2020 på 9,8 °C, hvilket var hele 1,2 °C højere end gennemsnittet for perioden 1990-2019 (8,6 °C) (figur 6.1A) og kun overgået af 2014 (10,0 °C). Det var primært i januar og februar, at temperaturen var markant højere i 2020 end både perioden 1961-1990 og gennemsnittet for perioden 1990-2019 (figur 6.2A). I 2020 var den gennemsnitlige temperatur 2,1 °C højere end for perioden 1961-1990 (7,7 °C).

Den gennemsnitlige årsværdi af den globale indstråling varierede kun lidt fra år til år (figur 6.1E). I 2020 var den noget højere (6 %) end gennemsnittet for perioden 1990-2019, og dette skyldes hovedsageligt en noget højere indstråling i foråret og sommeren (figur 6.2E).

6.2 Nedbør

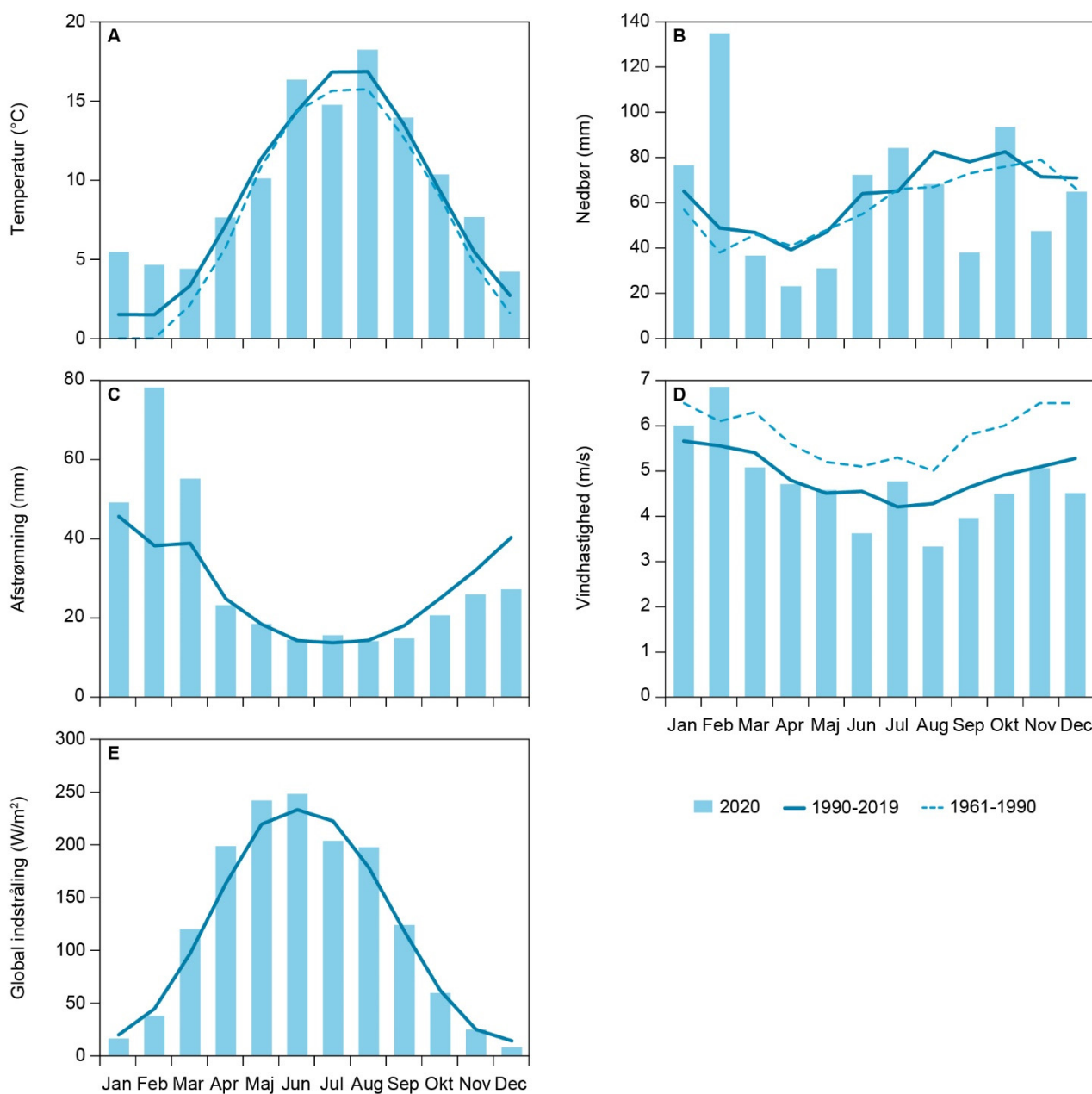
I 2020 kom der 774 mm nedbør, hvilket er på niveau med gennemsnittet for perioden 1990-2019 (762 mm). Det er dog noget mere end i perioden 1961-1990, der er på 712 mm. Der var store variationer over året, og i februar 2020 kom der 3,6 gange så meget nedbør (135 mm) som i perioden 1961-1990 (38 mm) og 2,8 gange så meget som gennemsnittet for perioden 1990-2019 (49 mm). Foråret (marts-maj) 2020 var til gengæld ret tørt sammenlignet med perioden 1961-1990 og gennemsnittet for 1990-2019 (figur 6.2B). I resten af året var nedbørsforholdene mere normale, bortset fra en relativ tør september og november.



Figur 6.1. Årsværdier for lufttemperatur (A), nedbør (B), ferskvandsafstrømning (C), vindhastighed (D) og global indstråling (E) for Danmark fra 1990 til 2020. Data for temperatur, vindhastighed, nedbør og global indstråling er baseret på DMI's data. Ang. afstrømning se Thodsen m.fl. (2021). Desuden er gennemsnittet for perioderne 1961-1990 (dog ikke for ferskvandsafstrømning og global indstråling) og 1990-2019 indlagt. Data fra hele Danmark.

6.3 Afstrømning

Den arealspecifikke ferskvandsafstrømning var i 2020 på 359 mm, hvilket stort set er det samme som for 2019 (358 mm). Afstrømningen for 2020 var dermed 11 % højere end gennemsnittet for perioden 1990-2019 (324 mm) (figur 6.1C). Afstrømningen var meget høj i februar og marts, mens den i perioden oktober til november var noget lavere end den gennemsnitlige afstrømning for perioden 1990-2019 (figur 6.2C).



Figur 6.2. Månedsværdier for temperatur (A), nedbør (B), ferskvandsafstrømning (C), vindhastighed (D) og global indstråling (E) i 2020 samt gennemsnittet for perioderne 1961-1990 og 1990-2019 (førstnævnte dog ikke for global indstråling, vindhastighed og ferskvandsafstrømningen). Data for temperatur, vindhastighed, nedbør og global indstråling er baseret på DMI's data. Ang. afstrømning se Thodsen m.fl. (2021). Data fra hele Danmark.

6.4 Vindforhold

Den gennemsnitlige årlige vindhastighed for hele Danmark varierer ikke ret meget fra år til år og har i de seneste 10 år ligget mellem 4,5 og 5,0 m/s (figur 6.1D). I 2020 lå den på 4,8 m/s, hvilket var omtrent det samme som gennemsnittet for perioden 1990-2019 (4,9 m/s). Det er dog markant lavere end gennemsnittet for perioden 1961-1990, som var på 5,8 m/s. Det månedlige gennemsnit var på samme niveau som de månedlige gennemsnit fra perioden 1990-2019, men markant forskellige fra perioden 1961-1990. Der var dog noget mere vind i februar 2020, mens især juni og august havde ret lave månedlige vindhastigheder (figur 6.2.D).

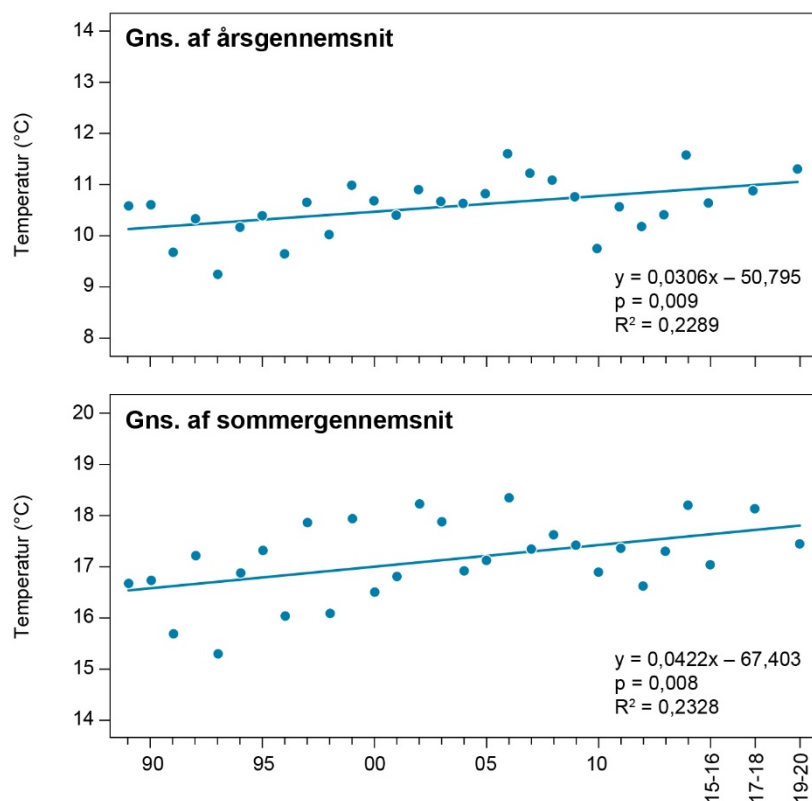
6.5 Temperaturmålinger i KU-søernes overfladevand

De klimatiske forhold og udvikling afspejler sig i søernes vandmasser. Målinger af temperaturprofiler indgår rutinemæssigt i søernes overvågning. Det giver mulighed for at vurdere, hvordan forskelle i nogle af de biologiske forhold, eksempelvis fremvækst af undervandsplanter, kan være påvirket af klimatiske variationer fra år til år. Den lange tidsserie med temperaturmålinger fra især KU-søerne giver mulighed for at se, hvordan de begyndende klimaforandringer påvirker søvandets temperatur. I dette afsnit anvendes temperaturmålinger fra overfladevandet (måledybde ≤ 1 m) i KU-søerne til at vurdere, om der har været udviklingstendenser, og hvordan de eventuelt kommer til udtryk hen over året.

6.5.1 Sommer- og årsgennemsnit

Udviklingen i overfladevandets temperatur i de 18 KU-søer, der er fulgt siden 1989, viser en stigning i både års- og sommergennemsnit (figur 6.3). Stigningen er statistisk signifikant, hvis der anvendes en lineær regression, og har en gennemsnitlig stigningstakt for perioden som helhed på $0,31^\circ\text{C}$ pr. 10 år for årsgennemsnittet og $0,42^\circ\text{C}$ pr. 10 år for sommergennemsnittet.

Figur 6.3. Års- og sommergennemsnit (maj-september) af overfladevandets temperatur i de 18 KU-søer siden overvågningsperiodens start i 1989. Statistiske data for lineær regression er indsat.

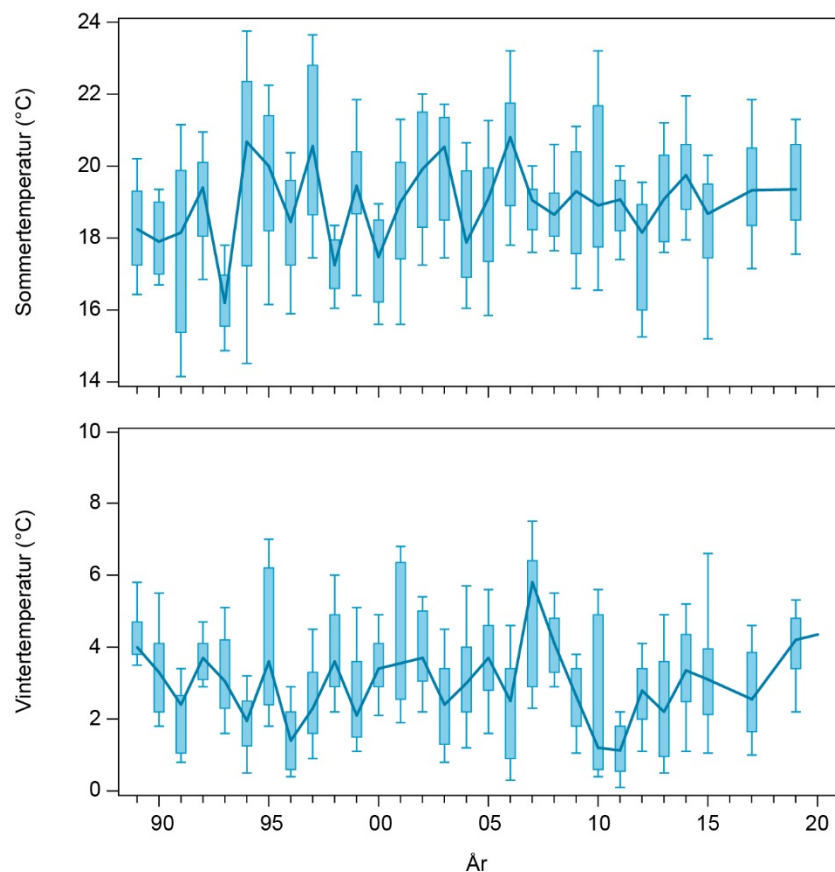


6.5.2 Ændringer i sæsonudviklingen

I figur 6.4 vises fordelingen som boxplots af henholdsvis temperaturer i overfladevandet i månederne juni-august og december-februar baseret på profil-målinger af temperatur i de 18 KU-søer siden overvågningsperiodens start i 1989. Der er store variationer fra år til år, men for sommertemperaturen ses en tendens til højere temperaturer gennem måleperioden, mens der ikke kan ses klare tendenser for målingerne om vinteren.

De forholdsvis store variationer inden for de enkelte boxe kan hænge sammen med, at opvarmningen af søerne er forskellig, men kan også skyldes, at prøvetagningerne i søerne ikke er foretaget på samme tidspunkt i de enkelte måneder. Det kan heller ikke udelukkes, at prøvetidspunktet på dagen har indflydelse. Eksempelvis kan boxene for juni repræsentere målinger fra både en kølig start af juni og en varm slutning af juni. Dette giver en spredning, som også vil medvirke til at sløre eventuelle udviklingstendenser. Specielt for målinger om vinteren er der en yderligere usikkerhed, idet der med øget lufttemperatur efterhånden kan være blevet færre perioder med usikker is, hvor der ikke er foretaget målinger. Det kan betyde, at der tidligere har været flere perioder med isdækning uden data, hvilket vil give en tendens til færre resultater tæt ved frysepunktet.

Figur 6.4. Overfladevandets temperatur (dybde ≤ 1 m) i KU-søerne målt siden 1989. Øverst: gennemsnit af juni, juli og august. Nederst: gennemsnit af december, januar og februar. I perioden 2015-2020 er søerne ikke undersøgt årligt, og derfor er hver af perioderne 2015-2016, 2017-2018 og 2019-2020 præsenteret ved én søjle på grafen. Boxplots viser 10, 25, median, 75 og 90 %-fraktiler. Baseret på gennemsnitlige månedsværdier for de enkelte KU-søer og år.

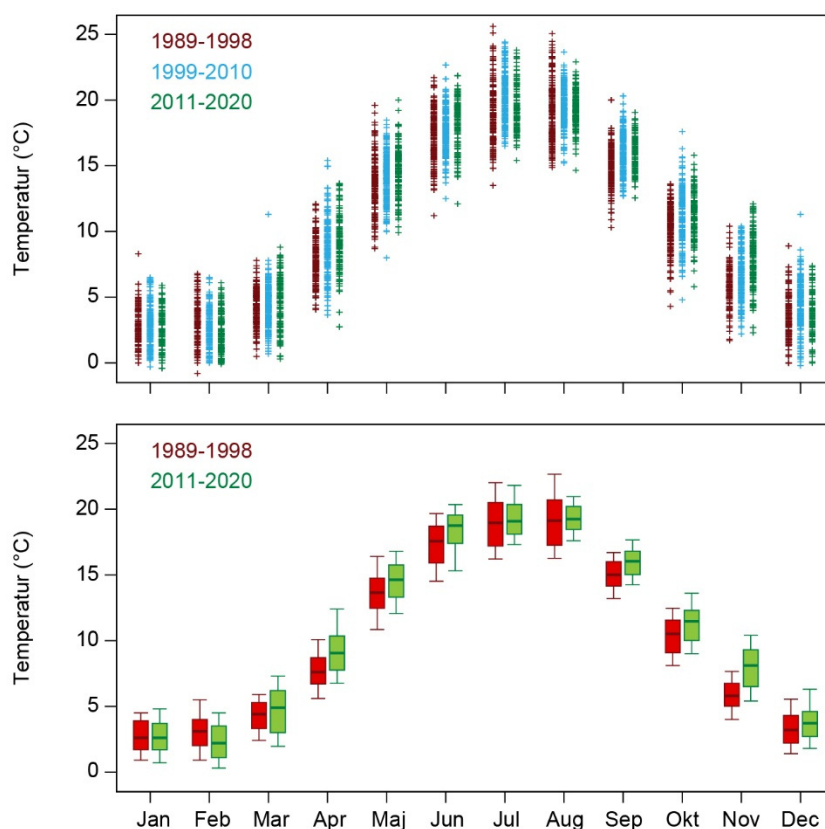


I figur 6.5 er vist den sæsonmæssige variation pr. måned i overfladevandets temperatur i de 18 KU-søer siden måleperiodens start i 1989. Figuren viser flere markante ændringer i temperaturen siden den første 10-års måleperiode fra 1989 til 1998. Disse ændringer kommer stærkest til udtryk i efterårsperioden (september-november), og ikke mindst i november, hvor medianværdien i overfladevandet er øget fra 5,8 til 8,1 °C og gennemsnittet fra 5,8 til 7,9 °C fra

perioden 1989-1998 til perioden 2011-2020. I vinterperioden er der kun tale om små ændringer, og det samme gælder juli-august. Derimod ses også en temperaturstigning i forårsperioden og den tidlige sommer, med øgede temperaturer i april, maj og juni. I april er mediantemperaturen fra 1989-1998 til 2011-2020 øget fra 7,6 til 9,1 °C, og gennemsnitstemperaturen er steget fra 7,7 til 9,2 °C.

Temperaturdata fra KU-søerne viser således flere markante ændringer hen over sæsonen i retning af højere vandtemperaturer i de seneste årtier. Temperaturstigningen er af en sådan størrelsesorden, at det også må forventes at kunne påvirke flere af de biologiske forhold og de biogeokemiske processer i søerne.

Figur 6.5 Den sæsonmæssige variation i overfladevandets temperatur i de 18 KU-søer siden 1989. Øverst vises alle temperaturmålinger for de enkelte måneder inddelt i de tre tidsperioder: 1989-1998, 1999-2010 og 2011-2020. Nederst vises boxplots (10, 25, median, 75 og 90 %-fraktiler) for de første 10 år af måleperioden (1989-1998) sammenlignet med de seneste 10 år af måleperioden (2011-2020).



7 Referencer

Bjerring, R., Johansson, L.S., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L., Kjeldgaard, A., Sortkjær, L., Windolf, J. & Bøgestrand, J. (2013). Søer 2012. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 84 s. – Videnskabelig rapport fra Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 76. <http://dce2.au.dk/pub/SR76.pdf>

Den Europæiske Union (1992). Rådets direktiv nr. 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter. (Habitatdirektivet) EF-tidende L206 af 22. juli, s.7-50.

Den Europæiske Union (2000). Europaparlamentets og rådets direktiv nr. 2000/60/EC af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. (Vandrammedirektivet) EF-tidende L327 af 22. december s. 1-73.

Fredshavn, J., Nygaard, B., Ejrnæs, R., Damgaard, C., Therkildsen, O.R., Elmeros, M., Wind, P., Johansson, L.S., Baisner Alnø, A., Dahl, K., Nielsen, E.H., Pedersen, H.B., Sveegaard, S., Galatius, A. & Teilmann, J. (2019). Bevaringsstatus for naturtyper og arter – 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 52 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 340. <http://dce2.au.dk/pub/SR340.pdf>

Fredshavn, J.F., Jørgensen, T.B. & Moeslund, B. (2009). Beregning af naturtilstand for vandhuller og mindre søer. Tilstandsvurdering af Habitatdirektivets søtyper. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 38 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 706. <http://www.dmu.dk/Pub/FR706.pdf>

Gonzales Sagrario, M.A., Jeppesen, E., Goma, J., Søndergaard, M., Jensen, J.P., Lauridsen, T.L. & Landkildehus, F. (2005). Does high nitrogen loading prevent clear-water conditions in shallow lakes at moderately high phosphorus concentrations? *Freshwater Biology* 50: 27-41.

Johansson, L.S. & Lauridsen, T.L. (2011). Teknisk Anvisning S05. Fiskeundersøgelse i søer. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. https://bios.au.dk/fileadmin/bioscience/Fagdatacentre/Ferskvand/S05_Fiskeundersogelser_ver5.pdf.

Johansson, L.S., Søndergaard, M. & Andersen, P.M. (2021). Søer 2019. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 68 s. - Videnskabelig rapport nr. 417 <http://dce2.au.dk/pub/SR417.pdf>

Larsen, S.E., Jensen, C. & Carstensen, J. (2002). Statistisk optimering af monitoringsprogrammer på miljøområdet. Eksempler fra NOVA-2003. 195 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 426. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR426.pdf.

Larsen, S.E., Tornbjerg, H., Søndergaard, M., Thodsen, H. & Blicher-Mathiesen, G. (2020). Forskelle i målt koncentration af totalkvælstof og totalfosfor i ferskvand ved at anvende de to oplukningsmetoder til organisk stof; autoklave- og UV-metode. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 53 s. – Fagligt notat nr. 38. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/N2020_38.pdf

Larsen, S.E., Windolf, J., Tornbjerg, H., Hoffmann, C.C., Søndergaard, M. & Blicher-Mathiesen, G. (2018). Genopretning af fejlbehæftede kvælstof- og fosforanalyser. Ferskvand. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 72 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 110.

Miljøstyrelsen – søtyper. <https://mst.dk/natur-vand/vandmiljoe/vandom-raadeplaner/vandplanprojekter/soeprojekter/ny-typeinddeling-af-de-danske-soeer/>

Miljøstyrelsen (red.) og DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet, GEUS – De nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (2017). NOVANA Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2017-2021. Programbeskrivelse. 184 s. <http://mst.dk/overvaagning/>

Rubek, F., Scharling, M. & Cappelen, J. (2021). Danmarks Klima 2020. Danmarks Meteorologiske Institut DMI Rapport 21-01. <https://www.dmi.dk/fileadmin/Rapporter/2021/DMIRap21-01.pdf>

Søndergaard, M., Jeppesen, E. & Jensen, J.P. (1999). Danske søer og deres restaurering. Danmarks Miljøundersøgelser. 34 s. Temarapport fra DMU nr. 24. Danmarks Miljøundersøgelser. 34 s. Temarapport fra DMU nr. 24.

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rolighed, J., Baattrup-Pedersen, A., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Blicher-Mathiesen, G. & Kjeldgaard, A. 2021. Vandløb 2020. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 82 s. - Videnskabelig rapport nr. 473.

Tornbjerg, H., Søndergaard, M., Johansson, L.S. & Larsen, S.E. (2021). Korrektion af totalkvælstofanalyser foretaget på søprøver i perioden 2007-2017. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 13 s. Fagligt notat nr.2021|62 https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2021/N2021_62.pdf.

Bilag 1. Datagrundlag og metoder

Data i denne rapport er baseret på prøvetagninger ved fastlagte stationer i henholdsvis kontrolovervågningen og den operationelle overvågning af søer i NOVANA. For udvælgelse af stationer se afsnit 2. Frekvensen af prøvetagningen for de forskellige parametre fremgår ligeledes af afsnit 2 og mere udførligt i Miljøstyrelsen (2017).

Med hensyn til prøvetagningsmetodik for de enkelte parametre (kemiske og fysiske målinger i søvandet, prøvetagning i sediment, fiskeundersøgelser, planteundersøgelser, planktonprøvetagning og -oparbejdning og undersøgelser i naturtypesøer og artsovervågning) henvises der til de tekniske anvisninger for prøvetagning i søovervågningen på Fagdatacenter for ferskvands hjemmeside: <https://ecos.au.dk/forskningraadgivning/fagdatacentre/ferskvand/>

De kemiske nøgledata og sigtddybde er præsenteret i tabeller og figurer for hver periode (et-flere år) ved gennemsnits-, median-, minimum- og maksimumværdier og i nogle tilfælde også ved 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler for det totale antal søer i den givne periode. Disse værdier er oftest baseret på de gennemsnitlige værdier af resultater fra sommerperioden (maj-september).

Beregning af tidsvægtede gennemsnit

Sommergennemsnit: Der skal være minimum fire målinger i perioden maj-september (begge inklusive). Der interpoleres til dagsværdier, således at hver dag i perioden får en værdi for den enkelte parameter, og sommergennemsnittet beregnes på baggrund af disse. Hvis der findes en måling minimum seks uger før en måling i maj, medtages denne i interpolationen. Hvis der ikke findes en måling minimum seks uger før maj, tildeles datoen 1/5 samme værdi som den første måling i maj. Tilsvarende for slutpunkter – hvis der findes en måling minimum seks uger efter målingen i september, tages denne med i interpolationen. Hvis der ikke findes en efterfølgende måling inden for seks uger efter målingen i september, får datoen 30/9 den samme værdi som den seneste septembermåling.

Analyse af tidsmæssig udvikling i søerne i kontrolovervågningen

For at vurdere eventuelle udviklingstendenser i søerne er der testet for, om der er afvigelser fra nulhypotesen, dvs. om der gennem overvågningsperioden har været en statistisk sikker ændring. Mann-Kendalls ikke-parametriske test er anvendt til at teste for monotone udviklingstendenser. Nulhypotesen er, at der ikke har været en udviklingstendens i overvågningsperioden, og den alternative hypotese er, at der er en statistisk sikker udviklingstendens. Vi har anvendt et signifikansniveau på 10 %, hvorfor der i flere tilfælde kun er tale om udviklingstendenser. I præsentationen er der dog foretaget opdeling i fire klasser baseret på testsandsynligheden: <10 %, <5 %, <1 % og <0,1 %.

Sammenligning af resultater for vandkemi mellem perioderne 2009-2014 og 2015-2020 i KT-søerne

Data for de enkelte parametre er logaritmetransformeret, og vha. Shapiro-Wilk-testen undersøges det, om forskellene mellem perioderne i de enkelte søer er normalfordelt. Ved normalfordeling anvendes der en parret t-test for at afgøre, om der samlet set er forskel mellem perioderne. Hvis data ikke er normalfordelt, testes forskellen vha. en Wilcoxon signed rank test.

Kvalitetssikring

Data, der fra fagsystemerne (Stoq og Fiskbase) overføres til Overfladevandsdatabasen (ODA), undergår både automatisk og faglig godkendelse i Miljøstyrelsen og DCE. Der pågår løbende en proces, hvor data i ODA bliver mærket efter denne kvalitetssikring. En beskrivelse af processen kan ses i de datatekniske anvisninger på <https://ecos.au.dk/forskningraadgivning/fagdatacentre/ferskvand/>.

SØER 2020

NOVANA

Rapporten giver en status over tilstand og udvikling for udvalgte kemiske, fysiske og biologiske miljøindikatorer, der overvåges i det nationale overvågningsprogram for søer, og som er gennemført siden 1989. De 18 søer, som indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling, viser, at de største ændringer skete i løbet af 1990'erne, hvor næringsstofindholdet blev reduceret og sigtddybden øget i mange søer. I de seneste 10 år har der kun været små ændringer. I de 180 søer, som indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand, ses en lignende udvikling for perioden som helhed, men sammenlignes tilstanden i søer, som er undersøgt i de to seneste 6-års perioder (fra 2009-2014 til 2015-2020), ses for søerne som helhed en signifikant stigning i indholdet af totalkvælstof og klorofyl a. Den operationelle overvågning af søer har i perioden 2018-2020 omfattet 331 søer, som rummer søer med meget varierende næringsstofindhold og udbredelse af undervandsplanter. Analyser af temperaturmålinger fra overfladevandet i søer fulgt siden 1989, viser en signifikant stigning, der som middel for sommergennemsnittet har været på 0,42 °C per 10 år og for årgennemsnittet på 0,31 °C per 10 år. Stigningen har især været markant i efterårsmånederne.