

Viborg Kommune

Viborgsøerne (Nørresø og Søndersø)

RAPPORT OM MILJØSTANDEN OG INDSATSMULIGHEDER

Viborg Kommune

Viborgsøerne (Nørresø og Søndersø)

RAPPORT OM MILJØSTANDEN OG INDSATSMULIGHEDER

Rekvirent	Viborg Kommune Teknik og Miljø Natur og Vand Prinsens Alle 5 8800 Viborg
Rådgiver	Orbicon A/S Jens Juuls Vej 16 8260 Viby J
Projektnummer	1391500081
Projektleder	Henrik Skovgaard
Tekst	Henrik Skovgaard
Kvalitetssikring	Lars Bo Christensen
Revisionsnr.	0.4
Godkendt af	Henrik Vest Sørensen
Udgivet	06-04-2016

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. INDLEDNING 8

2. BESKRIVELSE AF SØERNE 9

2.1. Søernes historie 9

2.2. Opland og morfometri 11

2.3. Miljømålsætninger 13

2.4. Miljøforbedrende tiltag i et historisk perspektiv 15

2.5. Nyere undersøgelser i Viborgsøerne 19

2.5.1 Statslig overvågning 20

2.5.2 Viborg Kommunes overvågning 20

3. UDVIKLING OG NUVÆRENDE MILJØTILSTAND 21

3.1. Nørresø 21

3.1.1 Fysiske forhold 21

3.1.1.1. Temperatur 21

3.1.1.2. Ilt 22

3.1.1.3. Sigtdybde 24

3.1.2 Vandkemiske forhold 25

3.1.2.1. Fosfor 26

3.1.2.2. Kvælstof 28

3.1.2.3. Klorofyl 29

3.1.2.4. Øvrige parametre 30

3.1.3 Biologiske forhold 31

3.1.3.1. Fisk 31

3.1.3.2. Vandplanter 32

3.1.3.3. Plankton 34

3.2. Søndersø 34

3.2.1 Fysiske forhold 34

3.2.1.1. Temperatur 34

3.2.1.2. Ilt 35

3.2.1.3. Sigtdybde 36

3.2.2 Vandkemiske forhold 37
3.2.2.1. Fosfor 38
3.2.2.2. Kvælstof 39
3.2.2.3. Klorofyl 40
3.2.2.1. Øvrige parametre 41
3.2.3 Biologiske forhold 42
3.2.3.1. Fisk 42
3.2.3.2. Vandplanter 43
3.2.3.3. Plankton 44
3.2.4 Sediment 44

4. BADEVANDSFORHOLD 48

5. SØERNES VAND- OG NÆRINGSSTOFBALANCE 49
5.1. Historisk tilførsel af fosfor 49
5.2. Metode og resultater 49
5.2.1 Vand og næringsstofbalance i søerne 53

6. VURDERING AF VANDPLANENS BESTEMMELSER 55
6.1. Målsætning og miljøstand 55
6.2. Fosfortilførsel 55
6.3. Indsatsbehov 56
6.3.1 Nørresø 56
6.3.2 Søndersø 57

7. INDSATSMULIGHEDER I OPLANDET 58
7.1. Minivådområder 60
7.2. Dyrkningsfrie randzoner målrettet fosforfjernelse 61
7.3. Spildevand 63
7.3.1 Muligheder for reduktion af spildevandspåvirkning 64

8. INDSATSMULIGHEDER I SØERNE (SØRESTAURERING) 66
8.1. Nørresø 66
8.1.1 Iltning af bundvandet 66

8.2. Søndersø 68
8.2.1 Udplantning 68
8.2.2 Opfiskning af skaller og brasen 69

9. KLIMAÆNDRINGERS EFFEKT PÅ SØERNE 71

10. OPSAMLING AF FORSLAG TIL INDSATSER 72
10.1. Indsatsmuligheder i oplandet 72
10.2. Indsatsmuligheder i søerne (sørestaurering) 72

11. REFERENCER 73

RESUME

Viborg Kommune har bedt Orbicon om at udarbejde en rapport, som beskriver og vurderer udvikling og status for miljøtilstanden i Viborgsøerne (Nørresø og Søndersø).

Rapporten er en opfølgning på en rapport fra 2006 udført af daværende Danmarks Miljøundersøgelser og er udbygget med nye opgørelser af belastningen med næringsstoffer. De seneste års overvågningsresultater fra Naturstyrelsen og Viborg Kommunes egen overvågning er inddraget. Rapporten kommer med forslag og ideer til, hvordan søernes miljøtilstand kan forbedres, så disse kan opfylde den statslige vandplans målsætning om en *god økologisk tilstand* og forbedre den rekreative værdi for borgere og andre brugere.

Baggrunden for opsamlingen er, at Viborgsøerne ikke lever op til de fastsatte målsætninger, samt at de tidligere gennemførte tiltag i oplandet og søerne ikke har givet tilstrækkelige forbedringer af miljøtilstanden. De væsentligste forbedringer skete i 1980-erne, hvor spildevandsrensningen i Viborg og opland blev kraftigt forbedret, og belastningen af søerne med især fosfor fra spildevand blev markant reduceret. Fosfor er et vigtigt næringsstof for planktonalger i søerne, og store mængder fosfor giver anledning til kraftig algevækst og uklart vand, der forstyrrer det naturlige dyre- og planteliv. Viborgsøerne overholder i dag kravene til badevandskvalitet på de målte lokaliteter, men i varme perioder med mange blågrønalger fremstår især Søndersø mindre attraktiv til badning.

De eksisterende data for målinger i søerne og deres tilløb og afløb dækker flere årtier. Der er gennemført omfattende analyser af miljøtilstanden i søerne, tilførsel af næringsstoffer og mulige indgreb over for forurening fra Viborg by til søerne. De seneste års data viser, at tilførslen af fosfor til søerne ikke har ændret sig væsentligt siden 2006, og fosforindholdet i søerne er stort set uændret. Fosforkoncentrationen er ca. 125 µg P/l i Nørresø og 175 µg P/l i Søndersø, hvilket er væsentligt højere end forudsat i statens vandplan.

På trods af det høje fosforindhold i Nørresø er søen relativt klarvandet med en sommersigtdybde på 2-2,5 meter. Klorofylindholdet, der er et udtryk for algemængden, er ca. 20 µg/l, hvilket er tæt på målsætningen i vandplanen. Det relativt klare vand giver mulighed for vækst af undervandsplanter, hvoraf der er registreret 9 arter i 2015. Desuden er der en betydelig bestand af rovfisk som aborrer, sandart og gedder. Søndersø er mere lavvandet, og fremstår uklar og grøn af alger om sommeren. Sommersigtdybden er ca. 1 meter og indholdet af klorofyl på ca. 70 µg/l er næsten 3 gange højere end den målsatte værdi. En væsentlig årsag til den dårlige miljøtilstand i Søndersø er frigivelse fra søbunden af ophobet fosfor fra tidligere årtiers forurening med spildevand. Et problem som også findes i Nørresø, men ikke slår så kraftigt igennem der på grund af den større dybde og muligvis Viborg Kommunes iltning af bundvandet. Iltningen har til formål at forbedre søbundens evne til at binde fosfor, så det ikke kommer op i søvandet.

Beregninger viser, at Viborgsøerne vil kunne opnå en god økologisk tilstand ved indgreb overfor fosforkilder i oplandet til Nørresø (Nørremølle Å systemet) kombineret med indgreb overfor regnbetingede udledninger fra kloaknettet i Viborg. På grund af fosfor i søbunden vil forbedringerne i søerne ikke slå fuldt igennem med det samme, og den målsatte miljøtilstand vil først opnås efter en længere årrække. Det kræver muligvis også tiltag i form af sørestaurering i selve søerne.



Foto: Søbad i Nørresø.

1. INDLEDNING

Som i de fleste danske søer er der på grund af årtiers udledning af organisk stof og næringsstoffer sket en forurening af Viborg Nørresø og Viborg Søndersø (herefter benævnt Nørresø og Søndersø). For at forbedre miljøtilstanden og mindske udledningen af næringsstoffer til søerne er spildevandsrensningen i de seneste 70 år løbende blevet forbedret og kloaknettet udbygget. Desuden har de nationale vandmiljøplaner ført til, at færre næringsstoffer tabes fra de dyrkede arealer i søens afstrømningsopland til vandløb og søer.

Disse tiltag har imidlertid ikke været tilstrækkelige til at sikre en tilfredsstillende vandkvalitet i søerne. Derfor har Viborg Kommune i de seneste årtier iværksæt yderligere tiltag for at forbedre søernes miljøtilstand med yderligere indsatser i søernes afstrømningsopland og målrettede tiltag i søerne som f.eks. iltning i Nørresø og opfiskning af fredfisk i Søndersø.

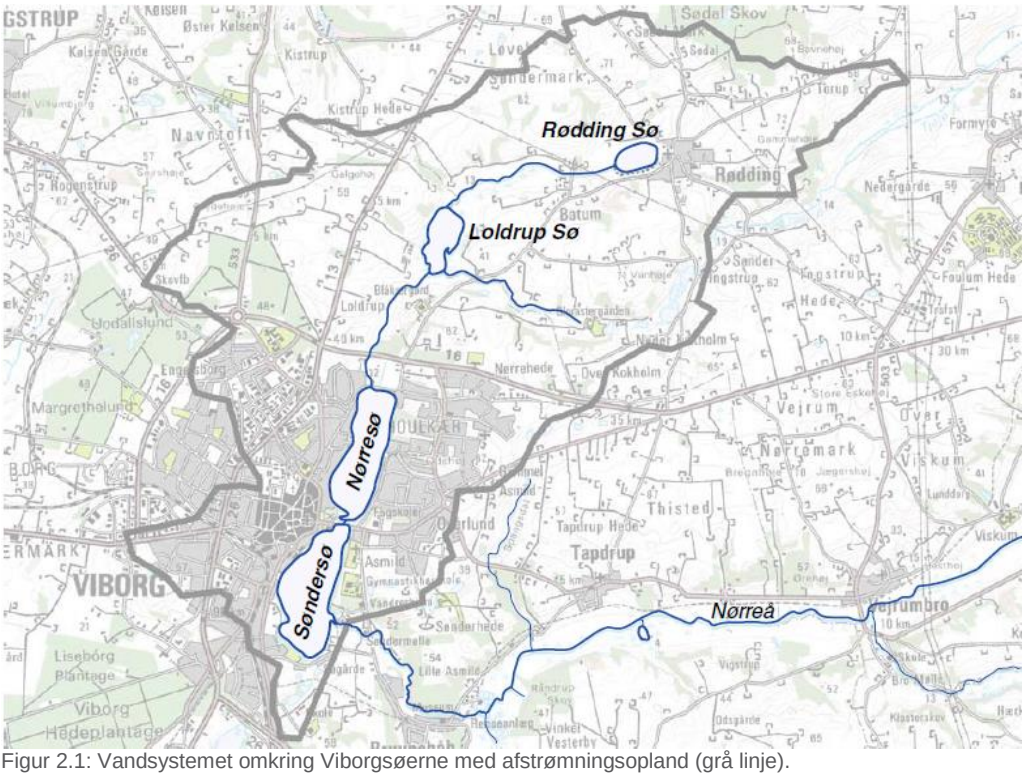
For at kunne vurdere effekten af de investeringer, der allerede er foretaget, samt for at vurdere behovet og mulighederne for yderligere forbedringer af miljøtilstanden, har Viborg Kommune ønsket denne rapport udarbejdet. Det overordnede formål for Viborg Kommune er dels at opfylde målsætningen om en ”god økologisk tilstand” i statens vandplan, dels at forbedre grundlaget for badning og anden rekreativ udnyttelse af søerne, så de i højere grad bliver et aktiv for byens borgere og andre brugere.

Rapporten er baseret på data fra det tidligere Viborg Amt, Viborg Kommune og Naturstyrelsen. Den seneste samlede afrapportering af miljøtilstanden i Viborgsøerne er fra 2006 og blev udført af Danmarks Miljøundersøgelser for Viborg Amt (Johansson m.fl., 2006).

2. BESKRIVELSE AF SØERNE

Viborgsøerne er dannet under sidste istid for ca. 15.000 år siden. Søerne ligger i en tunneldal, der går fra Mariager Fjord til gletcherporten ved isens hovedopholdslinje ved Hald Sø.

Viborgsøerne er en del af Gudenåsystemet. Hovedindløbet til Nørresø sker via Nørremølle Å, hvorefter vandet via Søndersø løber ud i Søndermølle Å (figur 2.1). Herfra løber vandet videre til Nørreå og ud i Gudenåen for til sidst at ende i Randers Fjord. Omkring søerne er der bebyggelse langs en større del af søbredden, og søerne har altid haft en stor betydning for byen. Opstrøms Viborgsøerne ligger Loldrup Sø og Rødding Sø. Rødding Sø blev genskabt som sø i 2004, primært for at fjerne næringsstoffer af hensyn til nedstrøms beliggende søer og kystvande.



Figur 2.1: Vandsystemet omkring Viborgsøerne med afstrømningsopland (grå linje).

2.1. Søernes historie

De første tegn på tættere bebyggelse som forstadie til Viborg by stammer fra år 800. Søerne var på det tidspunkt delt af et vadested, der lå lidt syd for den nuværende bro ved Randersvej. I 1313 blev vandstanden hævet ca. 2 meter, så søerne blev til én stor sø. Hævningen af vandstanden blev foretaget på initiativ af Kong Erik Menved og Viborgbispen.

Kongen ønskede en stabil vandstand i voldgraven ved det nyopførte borganlæg, nu kaldet Borgvold. Også bispen var interesseret i at hæve vandstanden, idet kirken drev en vandmølle ved udløbet fra Søndersø. Ved hævning af vandstanden kunne møllen få en betydelig større kapacitet. Den store sø blev først endelig delt i to søer igen, da den nye Randersvej fik sit nuværende forløb hen over dæmningen i 1850-erne (www.viborg.dk).



Foto: Bådebro ved Søndersø.

Forureningen af søerne tog til især efter kloakering af Viborg by i begyndelsen af 1900-tallet. I løbet af de seneste 70 år er kloaknettet løbende blevet udbygget og spildevandsrensningen er blevet væsentligt forbedret. Søerne modtager ikke længere spildevand fra renseanlæg, da Viborg Centralrenseanlæg i Bruunshåb har udledning til Nørreå nedstrøms søerne. Derimod udledes der regnvand (vej- og tagvand) fra separatkloakerede oplande i Viborg til begge søer. Det gælder både regnvand, der udledes via rensedamme, og regnvand, der udledes fra byen uden forudgående rensning. Desuden er der periodisk overløb til søerne af spildevand fra kloaknettet under kraftig nedbør. I 2011 blev der skabt et vådområde ved Nørremølle Enge opstrøms Nørresø, der har til formål at fjerne næringsstoffer.

I søerne er der gennemført forskellige former for sørestaurering som iltning og opfiskning for at fremskynde forbedringer i søernes vandkvalitet.

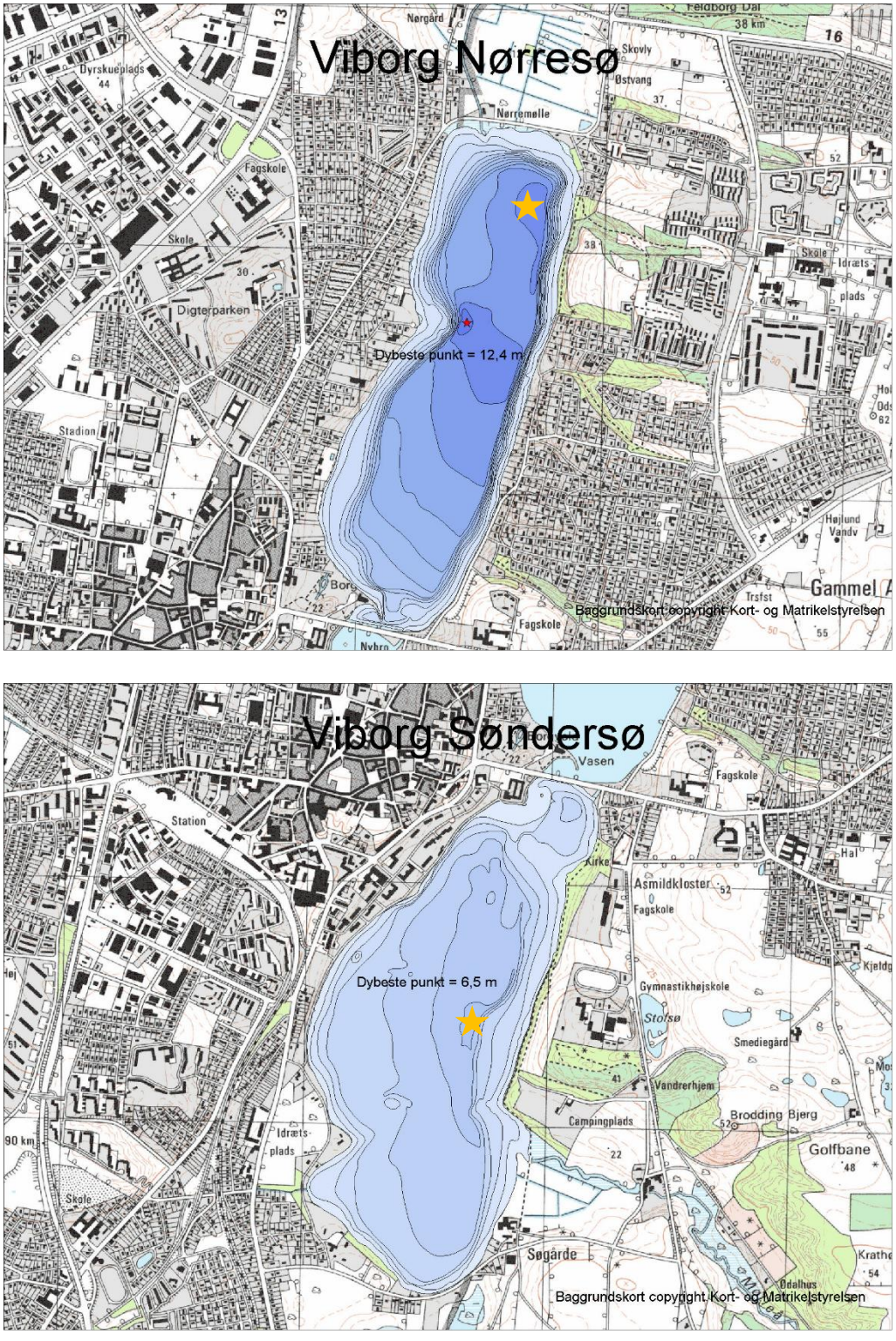
2.2. Opland og morfometri

Arealet af Nørresø er 120 ha, og arealet af Søndersø er 145 ha. Søerne er dermed blandt de middelstore danske søer. Nørresø er den dybeste med en middeldybde på 7 m og en maksimal dybde på 12,4 m. De tilsvarende værdier for Søndersø er henholdsvis 3,4 m og 6,5 m (tabel 2.2.1). I Nørresø ses der hvert år kortere eller længere perioder med temperaturbetinget lagdeling i vandsøjlen, mens dette kun meget kortvarigt finder sted i Søndersø.

Vandets gennemsnitlige opholdstid i søerne er ca. 0,6 år i Nørresø og ca. 0,3 år i Søndersø, men varierer fra år til år afhængigt af nedbør og afstrømning fra oplandet. Oplandet er opgjort til 36,7 km^2 for Nørresø og 43,4 km^2 for Søndersø (inkl. Nørresø og oplandet her til). Jordtypen i oplandet er primært grovsand og lerblandet sandjord og består af landbrugsarealer (ca. 60 %), mens ca. 17 % og 22 % af oplandet til henholdsvis Nørresø og Søndersø består af bymæssig bebyggelse.

	Nørresø	Søndersø
Areal, ha	120	145
Volumen, mio. m^3	8,49	5,00
Middeldybde, m	6,9	3,4
Max dybde, m	12,4	6,5
Opholdstid, år	0,6	0,3
Opland, km^2	36,7	43,4

Tabel 2.2.1: Morfometriske data for Nørresø og Søndersø



Figur 2.2.1: Dybdeforhold (1 m ækvidistance) i Nørresø (øverst) og Søndersø (nederst) med angivelse af det dybeste sted. ★: Orange stjerne markerer prøvetagningssted til vandkemi, temperatur- og iltprofil samt sigtdybde i søerne.

2.3. Miljømålsætninger

Indtil den endelige vedtagelse af de statslige vandplaner i november 2014 var målsætninger og retningslinjer i amternes regionplaner gældende og dermed administrationsgrundlaget for Viborg Kommune og Viborg Amts miljøforbedrende tiltag i søerne. Vandplanernes mål, retningslinjer og indsatsprogrammer er bindende for myndighederne og dermed også Viborg Kommune, der har ansvaret for at gennemføre en del af indsatsprogrammerne for de målsatte vandområder. Vandplanerne 2009-2015 skulle være gældende indtil december 2015, hvor planerne i henhold til EU-s vandrammedirektiv skulle erstattes af en ny 6 års plan. Statens vedtagelse af de efterfølgende vandområdeplaner for perioden 2015-2012 er forsinket, og indtil de træder i kraft, gælder vandplanerne 2009-2015.

Vandplanernes målsætninger for danske søer er baseret på EU-interkalibrerede afskæringsværdier for biologiske indikatorer for de enkelte søtyper. I vandplanerne for 2009-2015 anvendes udelukkende klorofyl (udtryk for algemænden i vandet) som biologisk indikator for miljøtilstanden. I udkast til vandområdeplanerne 2015-2021, der skal erstatte de gældende vandplaner, er der anvendt flere biologiske indikatorer som krævet i EU´s vandrammedirektiv. Det drejer sig om fisk, undervandsplanter og sammensætning af planteplankton.

Både Nørresø og Søndersø er i Vandplan 2009-2015 for Hovedvandopland Randers Fjord og i udkast til Vandområdeplan 2015-2021 for Jylland-Fyn målsat *god økologisk tilstand*, men da den økologiske tilstand samlet set er *moderat* i Nørresø og *ringe* i Søndersø, er målsætningerne ikke opfyldt. Der skal derfor ske en yderligere indsats for at reducere tilførslen af fosfor til søerne. Det skyldes, at fosfor vurderes at være det næringsstof i søer, som har størst betydning for regulering af produktionen af planteplankton og dermed vandets klarhed og betingelser for et alsidigt dyre- og planteliv, der kun i ringe grad må afvige fra det naturgivne (referencetilstanden).

I tabel 2.3.1 er der oplistet målsætninger og tilstandsvurdering fra vandområdeplan 2015-2021 for henholdsvis Nørresø og Søndersø. Desuden er de to opstrøms beliggende søer Loldrup Sø og Rødding Sø taget med, da tilstanden i disse søer har væsentlig betydning for tilstanden i Nørresø og Søndersø. Rødding Sø har målsætningen *dårlig økologisk tilstand* svarende til den aktuelle tilstand. Den lave målsætning skyldes, at søen er etableret som ”renseanlæg” med henblik på fældning af næringsstoffer for nedstrøms beliggende søer og Randers Fjord. Der stilles derfor ikke særlige krav om en god økologisk tilstand eller en indsats i oplandet til Rødding Sø.

Nørresø og Søndersø er omfattet af undtagelsesbestemmelser i vandområdeplan 2015-2021 i form af forlængelse af tidsfristen for målopfyldelse til efter 2021 på grund af kemisk og biologisk træghed i søernes respons på indsatsen i oplandet.

I den gældende vandplan 2009-2015 har Naturstyrelsen opgjort baseline 2015 for fosforbelastningen til Nørresø og Søndersø til henholdsvis 1.318 kg P/år og 1.310 kg

P/år. Indsatskravet for fosfor er 625 kg P/år i Nørresø og 0 kg P/år i Søndersø. Indsatskravet er den supplerende indsats over for fosfor, der skal nedbringe tilførslen fra oplandet til det niveau, der vil sikre målopfyldelse i søerne, når disse er kommet i ligevægt med tilførslen fra oplandet. Indsatskravet skal nås gennem tiltag over for den diffuse tilførsel fra oplandet med virkemidlet "fosfor-ådale" (oversvømmelse af ånære arealer med henblik på fjernelse af fosfor i vandløbsvandet).

Der er ikke stillet krav om yderligere rensning af spildevand til Viborgsøerne i vandplan 2009-2015, den kommunale vandhandleplan for Viborg Kommune eller i Spildevandplan 2014-2018 for Viborg Kommune. I spildevandsplanen er der dog opsat nogle delmål, der skal sikre vandområderne yderligere mod forurening med spildevand.

Ud over målsætningen *god økologisk tilstand* skal søerne også opfylde målsætningen om en *god kemisk tilstand*, hvor der stilles krav til forekomsten af miljøfarlige forurenende stoffer.

Et vandområde har god kemisk og økologisk tilstand for så vidt angår miljøfarlige stoffer, når de målte stofkoncentrationer ikke overskrider de fastsatte miljøkvalitetskrav. Miljømålet i et vandområde er således opfyldt, når alle de målte stoffer overholder miljøkvalitetskravene. Omvendt vil et vandområde ikke opfylde miljømålet, hvis blot et af de målte miljøfarlige stoffer overskrider et fastsat miljøkvalitetskrav.

I udkast til vandområdeplan 2015-2021 er den økologiske tilstand med hensyn til miljøfarlige stoffer og den kemiske tilstand i Nørresø og Søndersø vurderet *ukendt*, fordi der ikke foreligger målinger i vand af de oplistede stoffer for søer eller kviksølvindhold i fisk. Sedimentundersøgelser i Søndersø har dog senest i 2013 vist et højt indhold af tungmetaller som kviksølv, cadmium, bly, chrom, zink og kobber, og især kviksølv kan udgøre et miljøproblem i Søndersø.

Indsatsen overfor miljøfarlige stoffer er ikke nærmere beskrevet i vandområdeplan 2015-2021, men lovgivningen betyder, at miljømyndighederne gennem tilladelser og godkendelser sikrer, at udledninger af miljøfarlige stoffer begrænses gennem anvendelse af bedst tilgængelig teknologi og under iagttagelse af lovbekendtgørelse nr. 1022.

Eftersom der ikke er konkret viden om allerede iværksatte eller planlagte miljøforbedringer vedrørende miljøfarlige forurenende stoffer, er den forventede målopfyldelse i 2021 for miljøfarlige stoffer antaget at være den samme som i dag.

	Nørresø	Søndersø	Loldrup Sø	Rødding Sø
Søtype	10 (dyb alkalisk ikke brunvandet sø)	9 (lavvandet alkalisk ikke brunvandet sø)	9 (lavvandet alkalisk ikke brunvandet sø)	9 (lavvandet alkalisk ikke brunvandet sø)
Målsætning	**God økologisk og god kemisk tilstand**	**God økologisk og god kemisk tilstand**	**God økologisk og god kemisk tilstand**	**Dårlig økologisk tilstand og god kemisk tilstand**
Økologisk tilstand - klorofyl	Moderat	Ringe	Dårlig	Dårlig
Økologisk tilstand - planteplankton	Ukendt	Ukendt	Moderat	Ukendt
Økologisk tilstand - fisk	Ukendt	Ukendt	Ukendt	Ukendt
Økologisk tilstand - undervandsplanter	Ukendt	Ukendt	Moderat	Dårlig
Økologisk tilstand - miljøfarlige stoffer	Ukendt	Ukendt	Ukendt	Ukendt
Kemisk tilstand	Ukendt	Ukendt	Ukendt	Ukendt
Samlet tilstand	**Moderat**	**Ringe**	**Moderat**	**Ringe**
Målsætning opfyldt?	**Nej**	**Nej**	**Nej**	**Ja**

Tabel 2.3.1: Målsætninger og tilstand i Nørresø, Søndersø, Loldrup Sø og Rødding Sø, jf. udkast til statens vandområdeplan.

2.4. Miljøforbedrende tiltag i et historisk perspektiv

For at forbedre Viborgsøernes miljøtilstand er der i perioden 1985-2015 gennemført en række eksterne indgreb, der skal formindske tilførslen af næringsstoffer til søerne fra oplandet. Derudover er der foretaget flere former for tiltag i søerne (sørestaurering) for at fremskynde forbedringerne. De fleste af disse er foretaget med henblik på at reducere frigivelse af ophobet fosfor fra søbunden. Andre tiltag som f.eks. opfiskning af fredfisk har haft til formål at reducere mængden af fredfisk i forhold til mængden af rovfisk for at sikre mere dyreplankton i vandet og dermed færre alger (planteplankton). Disse indgreb er beskrevet nedenfor og opsummeret i tabel 2.4.1. Ud over de tiltag,

som er gennemført af Viborg Amt og Viborg Kommune, har nationale vandplaner siden 1987 medført en generel forbedring af spildevandsrensningen og reduceret tabet af næringsstoffer (især kvælstof) fra de dyrkede arealer til vandløb og søer.

År	Tiltag i oplandet	Tiltag i søerne
1985	Etablering af rensedam ved regnvandsudløb til Nørremølle Å.	
1985	Opførelse af rensedam ved regnvandsudløb til Nørresø.	
1987	Anlæg af bassin på fælleskloakken før udløb i Søndersø.	
1987-1989		Udsætning af ca. 600 suder samt øjenæg og sættefisk af gedde til begge søer (*Viborg Amt, 1992*).
1987-2005		Opfiskning af fredfisk i Søndersø.
1988	Opførelse af kemisk/biologisk rensningsanlæg i Rødding.	
1988	Etablering af styringssystem, der regulerer spjæld i fælleskloakken, således at bassinerne til opsamling af spildevand udnyttes bedst muligt.	
1996-		Iltning af bundvand i Nørresø.
1996-1999		Intensiv opfiskning af fredfisk i Loldrup sø reducerede næringsstofkoncentrationen i søen og næringsstoftilførsel til Viborgsøerne.
1998-2005		Udsætning af geddeyngel i Nørresø.
Sidst i 1990'erne	Etablering af tre rensedamme. Heraf to med udløb til mosehuller og videre til Søndersø og én med udløb til Nørremølle Å.	
1999	20-årig braklægning af et 50 ha stort landbrugsområde i oplandet til Nørremølle Å.	

2002	Ombygning af eksisterende rensedam med udløb til Nørresø.	
2003-2004		Udplantning af undervandsplanter i Søndersø.
2003-2006		Destruktion af fiskeæg fra fredfisk.
2004	Genetablering af Rødding Sø.	Projekt under Vandmiljøplan II til kvælstoffjernelse.
2011-2012	Vådområdeprojekt Nørremølle Enge.	Rensning af regnvand fra tre rensedamme og vand fra det åbne land.
2011-2012	Etablering af rørbassin ved Nørremøllevej med overløb til Nørresø.	Etablering af underjordisk spildevandsbassin til opmagasinering af opblandet spildevand og regnvand fra fælleskloakeret område til forebyggelse af overløb til Søndersø.
2013	Etablering af rensedam ved Nordisk Park med udløb i Søndersø.	Rensning af regnvand fra separatkloakerede områder.
2014	Etablering af sparebassin ved Riegels Grund.	Etablering af underjordisk spildevandsbassin til opmagasinering af opblandet spildevand og regnvand fra fælleskloakeret område til forebyggelse af overløb til Søndersø.
2015	Etablering af regnvandsbassiner ved Sønæs ved Søndersø.	Rensning af regnvand fra separatkloakerede områder og forebyggelse af oversvømmelse ved skybrud. Rekreativt anlæg.

Tabel 2.4.1: Gennemførte miljøforbedrende tiltag i oplandet til Nørresø og Søndersø og restaureringstiltag i søerne.


Foto: Vådområde ved Nørremølle Enge med Nørresø i baggrunden.

Mange af de nævnte tiltag har medført en fald i tilførslen af fosfor til Viborgsøerne. Siden starten af 1980-erne er tilførslen af fosfor til Nørresø fra søens største tilløb Nørremølle Å halveret. Den største ændring skete frem til 1996, hvorefter fosfortransporten i Nørremølle Å har ligget på et niveau omkring 1.000 kg P/år. Forhold omkring fosfortilførslen med de nyeste beregninger for perioden 2006-2015 fremgår af kapitel 5.

De væsentligste spildevandsrelaterede tiltag i de sidste 5 år er følgende:

Vådområdeprojekt ved Nørremølle Enge (2011-2012). Etablering af afløb fra 3 regnvandsbassiner (overfladevand fra byområder) samt et drænudløb fra nordøst, som ledes ind i engområdet i korte sivegrøfter. Der er etableret lave brede minidiger, så der opstår laguner, hvorfra vandet siver mod afløbet. Drængrøfter i området er udjævnet. Afløbet fra Nørremølle Enge til Nørresø er bevaret uændret. Generelt er vandstanden i området steget ca. 10 cm. Ved gennemførelse af projektet er det beregnet, at tilførslen af fosfor og kvælstof til Nørresø reduceres med henholdsvis 95 kg P/år og 4,0 t N/år, når området har aflastet eventuelt mobilt fosfor i jorden i området.

Etablering af et underjordisk regnvandsbassin ved Riegels-grunden til midlertidig opmagasinering af spildevand ved kraftig regn (2014). Bassinet indbygges som et underjordisk bassin på kloaksystemet mellem Viborg Midtby og ledningen syd om Søndersø til renseanlægget i Bruunshåb. Når det regner kraftigt og længe, og bassinet er helt fyldt, vil der ske overløb fra bassinet, hvor opspædet spildevand løber ud i Søndersø. Vandet, som i disse tilfælde løber ud i søen, vil være filtreret over skummekanter, som

forhindrer at flydestoffer kommer med ud i søen. Overløbsvandet ledes ud i søen via en stor ledning, som ender ca. 50 m ude i søen. Teoretisk forventes overløb fra bassinet at kunne ske 1-2 gange om året, hvilket er en væsentlig forbedring i forhold til tidligere. Projektet reducerer tilførslen af fosfor til Søndersø med ca. 20 kg P/år-

Etablering af rensedam ved Sønæs (2015). SØnæs består af en rensedam på op til 48.000 m^3, som skal opmagasinere og rense separeret regnvand fra kloaknettet ved kraftig regn. Bassinet med to tilhørende pumper og ledning ud i søen er dimensioneret, så anlægget kan håndtere et skybrud svarende til en 100 års hændelse. Projektet bidrager dermed til forebyggelse af oversvømmelser i byen. Herudover fungerer sØnæs som et nyt grønt rekreativt område for byen. Viborg Kommune har beregnet, at rensedammen årligt fjerner ca. 7.500 kilo organisk stof, 75 kilo fosfor og 100 kg kvælstof, som tidligere løb ud i Søndersø (Thomas Møller Schmidt pers. medd.).

Belastningen med fosfor af søerne er nærmere beskrevet i kapitel 3.1.2.1 og 3.2.2.1, hvor øvrige fosforkilder er indregnet, og opgørelsen er opdateret med nye data.



Foto: sØnæs ved Søndersø er et regnvandsbassin og rekreativt område.

2.5. Nyere undersøgelser i Viborgsøerne

Den forrige statusrapport om miljøtilstanden i Viborgsøerne er fra 2006 *"Miljøtilstand og udvikling i Viborgsøerne 1985-2005"* (Johansson m.fl., 2006). Med kommunalreformen pr. 1. januar 2007 blev amterne nedlagt, og overvågningen af vandløb, søer og

kystvande og dermed Viborgsøerne overgik formelt til staten og administreres i dag af Naturstyrelsen.

2.5.1 Statslig overvågning

Overvågningen følger standarden for søer i det nationale overvågningsprogram NOVANA. Siden 2007 er søerne blevet undersøgt af Naturstyrelsen:

- 2013: Undersøgelser af fysiske forhold som pH, sigtdybde, ilt og temperatur samt vandkemiske parametre. I alt 7 prøvetagninger i hver af de to søer, både i overflade og bundvand ved springlagsdannelse af vandsøjlen.
- 2013: Sedimentundersøgelse på tre stationer i Søndersø.
- 2015: Undersøgelser af fysiske forhold som pH, sigtdybde, ilt og temperatur samt vandkemiske parametre. I alt 5 prøvetagninger i Nørresø, både i overflade og bundvand ved springlagsdannelse af vandsøjlen. Undersøgelse af undervandsvegetation i Nørresø.

Der er ikke foretaget undersøgelser af bunddyr, fisk, planteplankton (alger) dyreplankton eller miljøfarlige stoffer siden Viborg Amts seneste overvågning i 2006. Af samme grund er søernes tilstand vurderet "ukendt" for disse parametre jf. tabel 2.3.1.

2.5.2 Viborg Kommunes overvågning

På grund af Viborg Kommunes særlige interesse for miljøtilstanden i Viborgsøerne generelt og i forbindelse med iltningen af Nørresø, har kommunen selv foranstaltet supplerende overvågning af Nørresø, Nørremølle Å og afløbet fra Søndersø i perioden 2007-2015. Der er meget få og spredte overvågningsdata af vandkemiske parametre fra Søndersø ud over den nationale overvågning. Overvågningen omfatter følgende:

- Undersøgelser af fysiske forhold som sigtdybde, ilt og temperatur samt vandkemiske parametre i søerne (total-P, total-N, nitrat+nitrit-N, ammonium-N og ortho-P). I alt 10-12 prøvetagninger årligt i Nørresø (i 2013 og 2014 dog kun 4-6 prøvetagninger årligt), både i overflade og bundvand ved springlagsdannelse af vandsøjlen. Viborg Kommune har ikke foretaget overvågning i Nørresø i 2015, hvor Naturstyrelsen har undersøgt søen.
- Vandføring og vandkemiske undersøgelser i Nørremølle Å og afløbet fra Søndersø med henblik på beregning af stoftransport til og fra søerne.
- Badevandsprøver i begge søer med fokus på den hygiejniske badevandskvalitet (colibakterier og intestinale enterokokker). I forbindelse med udtagning af badevandsprøver anslås algekoncentrationen, herunder af blågrønalger.

3. UDVIKLING OG NUVÆRENDE MILJØTILSTAND

I det følgende gennemgås udviklingen i miljøtilstanden i Nørresø og Søndersø fra starten af 1980-erne og op til de seneste undersøgelser i 2013-2015, som beskriver den nuværende tilstand. Vurderingen af miljøtilstanden er baseret på fysiske feltmålinger som temperatur, ilt og sigtdybde og vandkemiske forhold som næringsstoffer, klorofyl m.m. Desuden er der foretaget biologiske undersøgelser som baggrund for en tilstandsvurdering, men der er kun få biologiske data af nyere dato.

Der er gennem tiden målt på forskellige stationer i søerne, men data i denne rapport stammer fra de to stationer, der hyppigst har været anvendt og stadig anvendes af både Naturstyrelsen og Viborg Kommune. De to stationers placering i søerne fremgår af figur 2.2.1. I Nørresø ligger stationen ikke på søens dybeste sted (12,5 meter) men i den nordlige del, hvor dybden er 10-12 meter. Denne station er på Danmarks Miljøportal benævnt ”Sejlklubben”. I Søndersø er stationen placeret på søens dybeste sted (6,5 meter) ca. midt i søen. Denne station er på Danmarks Miljøportal benævnt ”Amtmandsbroen”, hvilket formentlig er en fejl, da Amtmandens Bro findes i afløbet fra Søndersø.

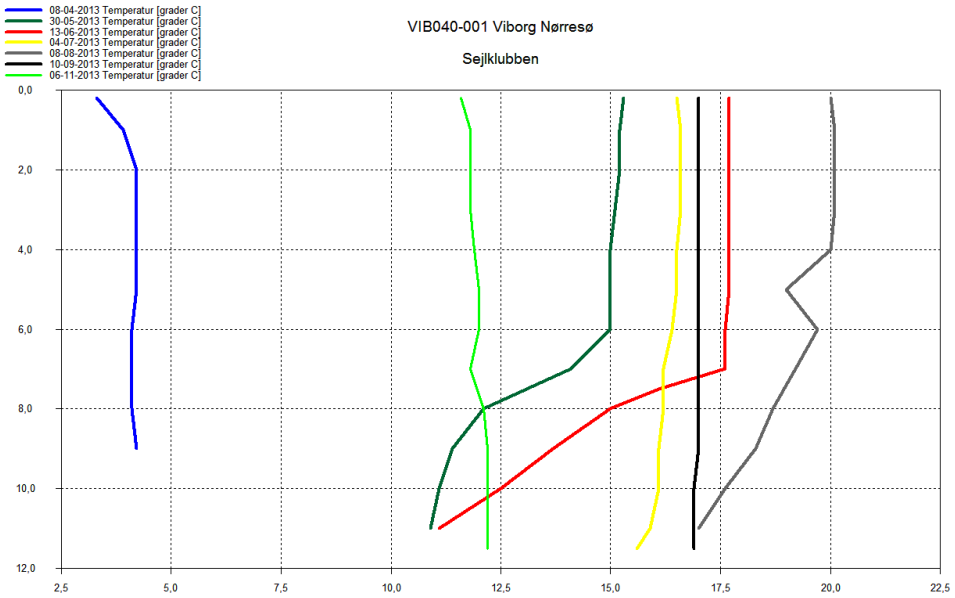
3.1. Nørresø

3.1.1 Fysiske forhold

I forbindelse med overvågningen af Nørresø foretages der feltmålinger af de fysiske forhold. Der måles temperatur og ilt ned gennem vandsøjlen på ca. 10 meters dybde i søens nordlige ende for hver meter. Desuden måles sigtdybden (vandets klarhed) ved hjælp af en secchiskive (hvid skive).

3.1.1.1. Temperatur

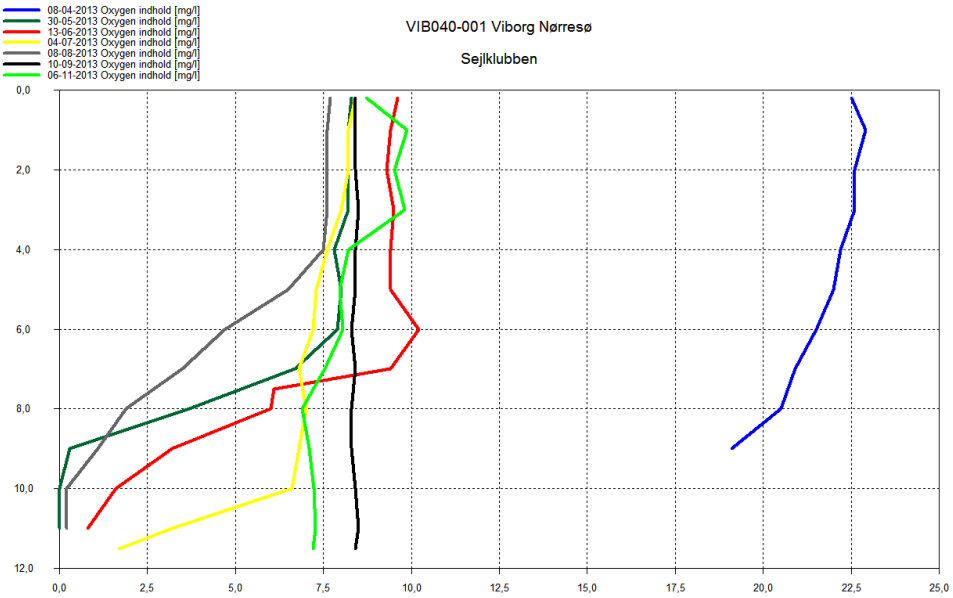
Temperaturen i Nørresø måles ned gennem vandsøjlen for hver meter. Med sin maksimum dybde på 12,4 meter er der tale om en dyb sø efter danske forhold. Dybdeforholdene og den forholdsvis vindbeskyttede beliggenhed medfører, at der om sommeren ofte er temperaturlagdeling af vandmasserne med varmt vand i overfladen og koldere bundvand. Figur 3.1.1 viser temperaturkurverne ned gennem vandsøjlen på måledage i 2013. I vintermånederne er der stort set ens temperaturforhold ned gennem vandsøjlen, men om sommeren kan temperaturforskellen mellem overflade og bund være ca. 7 grader som d. 13. juni. Temperaturspringlaget i søen om sommeren ligger typisk i 6-7 meters dybde, men i perioder med køligt blæsende vejr kan det kan brydes, hvilket f.eks. skete d. 4. juli og 10. september, hvor der var næsten ensartede temperaturer ned gennem vandsøjlen.



Figur 3.1.1: Temperaturprofil i Nørresø i 2013. Kilde: Danmarks Miljøportal.

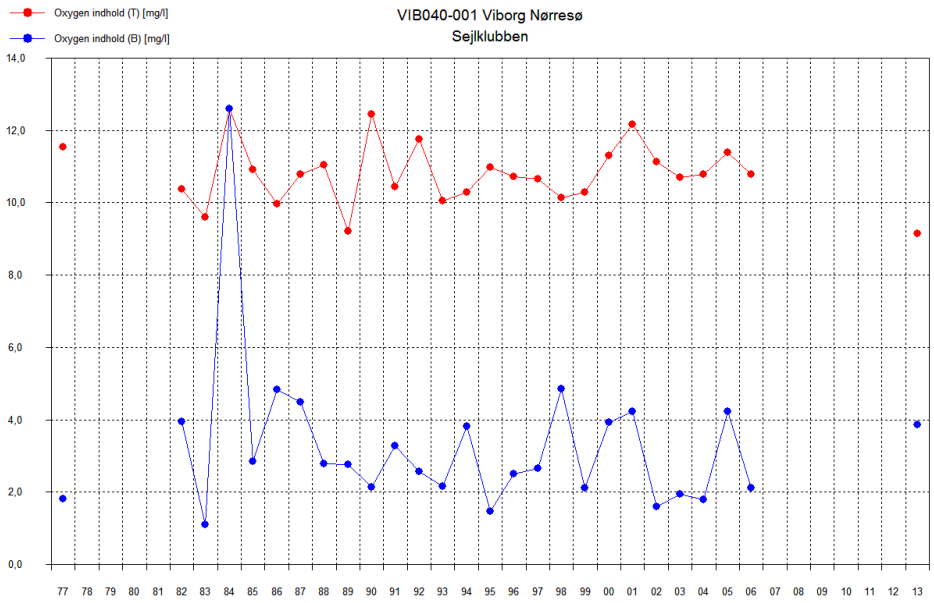
3.1.1.2. Ilt

På grund af temperaturspringlaget er der om sommeren ringe udveksling af ilt mellem bundvandet og overfladevandet. Figur 3.1.2 viser iltkurverne ned gennem vandsøjlen på måledage i 2013. Temperaturlagdelingen medfører store forskelle i iltindholdet med næsten 100 % iltmætning i overfladen og næsten iltfrie forhold i bundvandet i sommermånederne. Iltkurverne følger til en vis grad temperaturkurverne med et markant fald fra temperaturspringlaget og ned mod bunden, hvor sedimentet til stadighed forbruger ilt til biologisk og kemisk omsætning af organisk stof. I kølige og blæsende perioder om sommeren vil der ske en vis opblanding af vandmasserne, så iltindholdet stiger i bundvandet. Det skete d. 4. juli og 10. september. Afhængigt af vejrforholdene i de enkelte somre kan de iltfattige forhold vare fra dage til flere måneder. Viborg Kommunes iltning af bundvandet siden 1996 har naturligvis også betydning for udstrækningen af iltsvind i tid og rum. I vinterhalvåret er der mere ensartede iltforhold og et generelt højere iltindhold ved bunden. I lange perioder med isdække kan der dog opstå omvendt temperaturlagdeling og et reduceret iltindhold i bundvandet.



Figur 3.1.2: Iltprofil i Nørresø i 2013. Kilde: Danmarks Miljøportal.

Om sommeren er der i gennemsnit ca. 10-12 mg O_2/l (fuld iltmætning) i overfladevandet og 2-4 mg O_2/l i bundvandet. Der har ikke været nogen signifikant udvikling i det gennemsnitlige iltindhold i måleperioden, jf. figur 3.1.3.



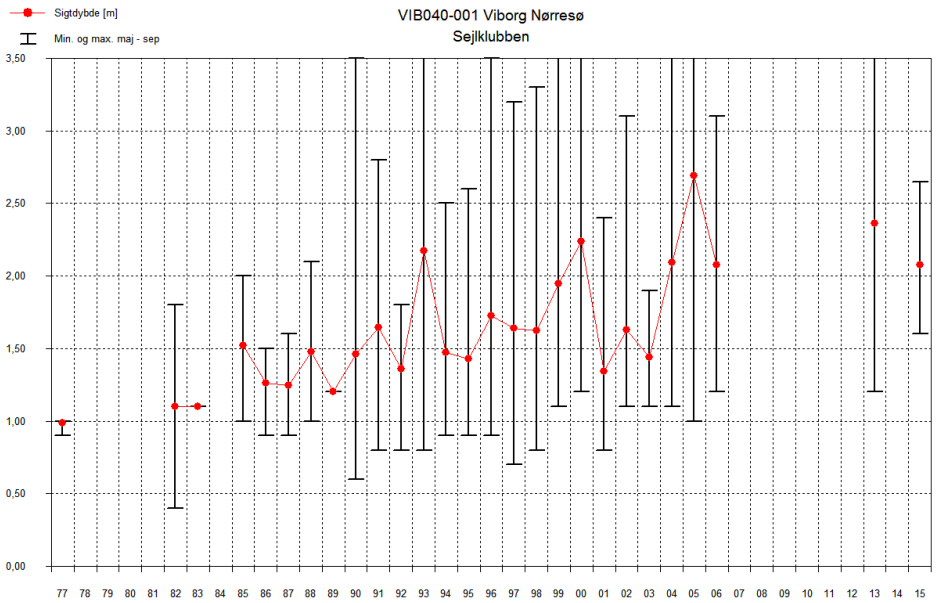
Figur 3.1.3: Gennemsnitligt iltindhold om sommeren (maj-september) i overfladevand og bundvand i Nørresø i perioden 1977-2013. Data for iltindholdet i bundvandet i 1984 vurderes at være en fejl. Kilde: Danmarks Miljøportal.

3.1.1.3. Sigtdybde

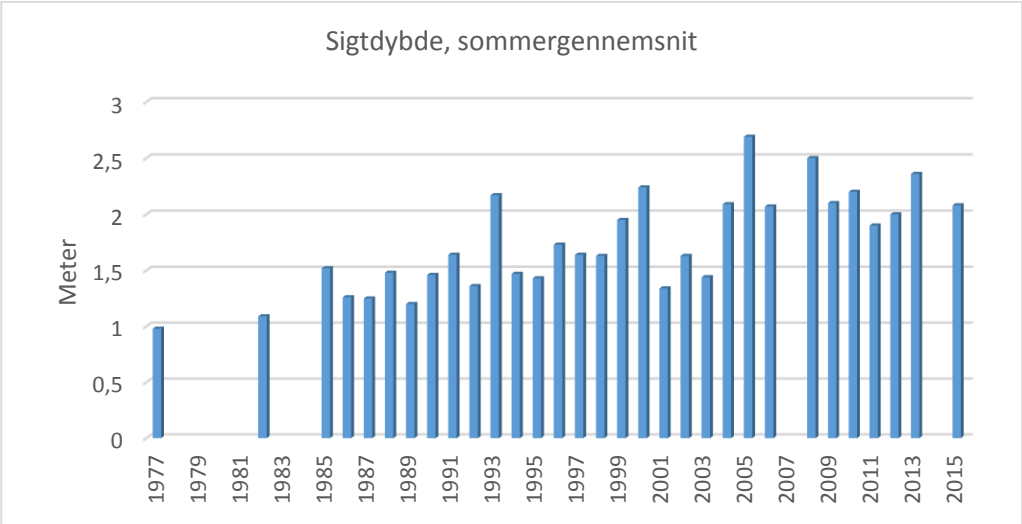
Sigtdybden, der måles med en hvid secchiskive, er et udtryk for lysets nedtrængning i vandet. I uklart vand med meget algevækst vil sigtdybden typisk være under 1 meter, mens den kan være større end 5 meter i rene klarvandede søer. Figur 3.1.4 viser sommergennemsnittet af sigtdybden i måleperioden baseret på de måleresultater, der ligger på Danmarks Miljøportal. Desuden er der målinger foretaget af Viborg Kommune. Figur 3.1.5 viser sommergennemsnit af alle målinger.

Som det fremgår af figur 3.1.5, er sigtdybden steget siden 1980-erne, hvor den typisk var 1-1,5 meter som gennemsnit i sommerhalvåret, til de nuværende 2-2,5 meter. Stigningen er markant og også statistisk signifikant. Det ses dog også af figuren, at der er betydelig variation fra år til år betinget af blandt andet fosfortilførslen fra oplandet og de klimatiske forhold i øvrigt. Også inden for det samme år er der betydelige forskelle mellem minimum og maksimum sigtdybder. Sigtdybden er typisk størst i den såkaldte klarvandsfase i maj-juni, hvor dyreplankton kan "græsse" effektivt på algerne i vandet. Senere på sommeren kan der opstå algeopblomstringer af f.eks. blågrønalger, der gør søen mere grøn og grumset og nedsætter lysets nedtrængning i vandet.

Den såkaldte vandremusling (*Dreissena polymorpha*) har været i Gudenåens vandsystem i flere år. Viborg Kommune har i efteråret 2015 haft en studerende til at kortlægge vandremuslingens forekomst og udbredelse i Viborgsøerne, og det konstateres, at muslingen nu har spredt sig til det meste af Viborgsøerne. Vandremuslingen blev dog ikke fundet i den nordlige ende af Nørresø. Derimod blev der konstateret vandremusling ved udløbet af Søndersø (Søndermølle Å) og det må formodes, at vandremuslingen nu også kan findes nedstrøms Viborgsøerne. De fundne eksemplarer er små, og tætheden er lav. Det indikerer, at bestanden stadig er meget ung. Bestanden i Søndersø blev vurderet til at være ældst, med større og flere individer. Vandremuslingen kan effektivt filtrere alger og dermed gøre vandet mere klart, men kan som invasiv art også påvirke den øvrige bundfauna negativt.



Figur 3.1.4: Sommergennemsnit af sigtdybde i Nørresø i perioden 1977-2015. De sorte streger viser minimum og maksimum sigtdybde. Kilde: Danmarks Miljøportal.



Figur 3.1.5: Sommergennemsnit af sigtdybde i Viborg Nørresø i perioden 1977-2015. Inklusiv Viborg Kommunes data. Kilde: Viborg Kommune og Danmarks Miljøportal.

3.1.2 Vandkemiske forhold

Der er udtaget vandprøver til vandkemiske analyser i Viborgsøerne i mere end 40 år, og der findes data for koncentrationen af fosfor og kvælstof helt tilbage fra 1971. Frekvensen og antallet af målinger per år fra perioden før 1985 er dog meget spredt og tilfældig, og i perioden 1974 til 1982 findes der f.eks. kun 4 målinger, som er fra august-oktober 1977. Tabel 3.1.1 opsummerer sommergennemsnit af de væsentligste parametre i perioden 2006-2015 i Nørresø. Data fra 2006 er indhentet af Viborg Amt,

og data fra 2013 og 2015 er indhentet af Naturstyrelsen som led i det nationale overvågningsprogram. Øvrige års data er indhentet af Viborg Kommune. Viborg Kommunes data findes ikke på Danmarks Miljøportal.

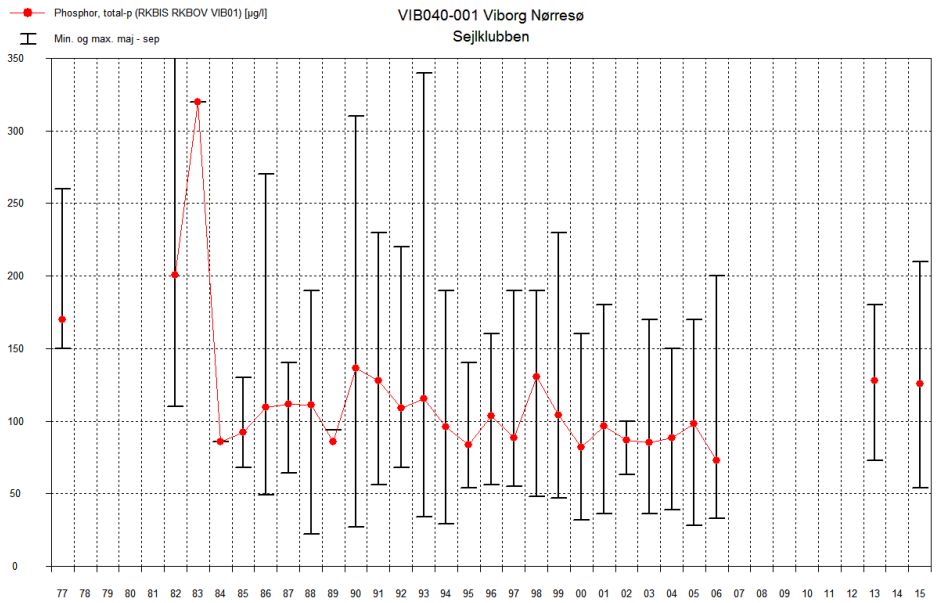
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total-P, µg P/l	73	76	67	72	71	87	117	128		125
Total-N, mg N/l	0,89	0,99	1,26	0,99	1,31	0,63	0,88	0,92		1,18
Klorofyl, µg/l	17							21		19
Sigt-dybde, m	2,1		2,5	2,1	2,2	1,9	2,0	2,4		2,1

Tabel 3.1.1: Sommergennemsnit (maj-september) i Nørresø af de væsentligste vandkemiske parametre i perioden 2006-2015. Kilde Danmarks Miljøportal og Viborg Kommune.

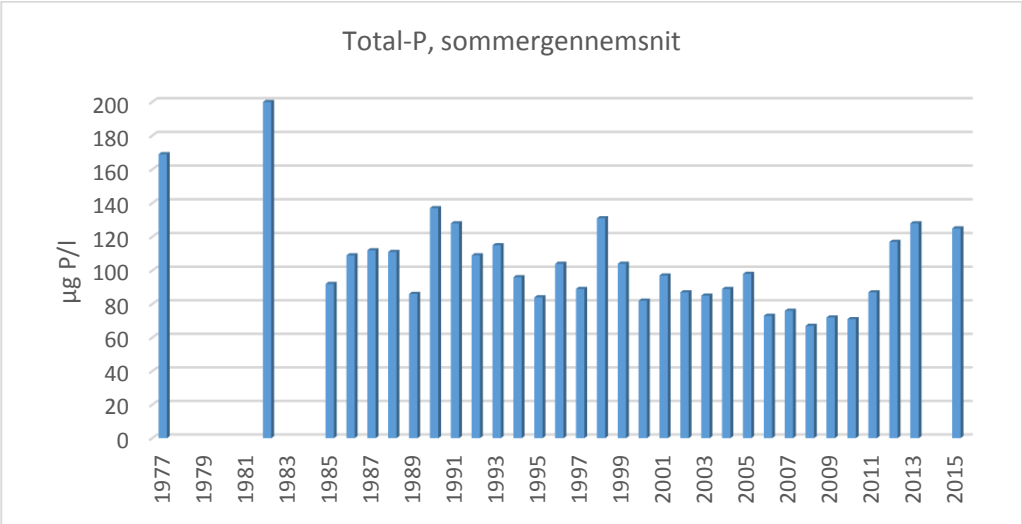
3.1.2.1. Fosfor

Fosfor er det primært regulerende næringsstof for algevæksten i Nørresø og har været målt regelmæssigt siden starten af 1980-erne. Figur 3.1.5 viser sommergennemsnittet af fosfor (total-P) i måleperioden i overfladevandet (over temperaturspringlaget) baseret på de måleresultater, der ligger på Danmarks Miljøportal. Desuden er der målinger foretaget af Viborg Kommune. Figur 3.1.6 viser sommergennemsnit af alle målinger.

Fosforindholdet har i hele perioden varieret omkring 100 µg P/l med betydelige udsving i de enkelte år, hvor de højeste koncentrationer er 150-200 µg P/l og de laveste er under 50 µg P/l. Der ses en betydelig år til år variation i fosforkoncentrationen betinget af klimatiske forhold som temperatur og nedbør. Der kan ikke påvises statistisk sikre ændringer i koncentrationen over hele måleperioden, men som det fremgår af figur 3.1.6, er der en stigende fosforkoncentration siden 2010. En fosforkoncentration på 125 µg P/l som i 2015 i Nørresø er væsentlig højere end de anbefalede 25 µg P/l (niveau for støtteparameteren fosfor) i vandplan 2009-2015.



Figur 3.1.5: Sommergennemsnit i Nørresø over temperaturspringlaget i perioden 1977-2013. Søjlerne viser den højeste og laveste koncentration i de enkelte måleår. Kilde: Danmarks Miljøportal.



Figur 3.1.6: Sommergennemsnit af total-P i Viborg Nørresø i perioden 1977-2015. Inklusiv Viborg Kommunes data. Kilde: Viborg Kommune og Danmarks Miljøportal.

I Nørresø er den gennemgående tendens for alle årene, at der i løbet af sommeren ved iltfattige forhold sker en forøgelse af fosforkoncentrationen i bundvandet, figur 3.1.7. Derved opnås der koncentrationer, der er højere end i overfladevandet. Sidst på sommeren, når temperaturen igen falder, sker der en opblanding af vandsøjlen, og koncentrationen af fosfor bliver mere ensartet i vandsøjlen.

Årsagen til den stigende fosforkoncentration i Nørresø fra 2010/11-2013/2015 fra ca. 80 til 125 µg P/l skyldes en ændring i de interne processer i søen, da fosfortilførslen

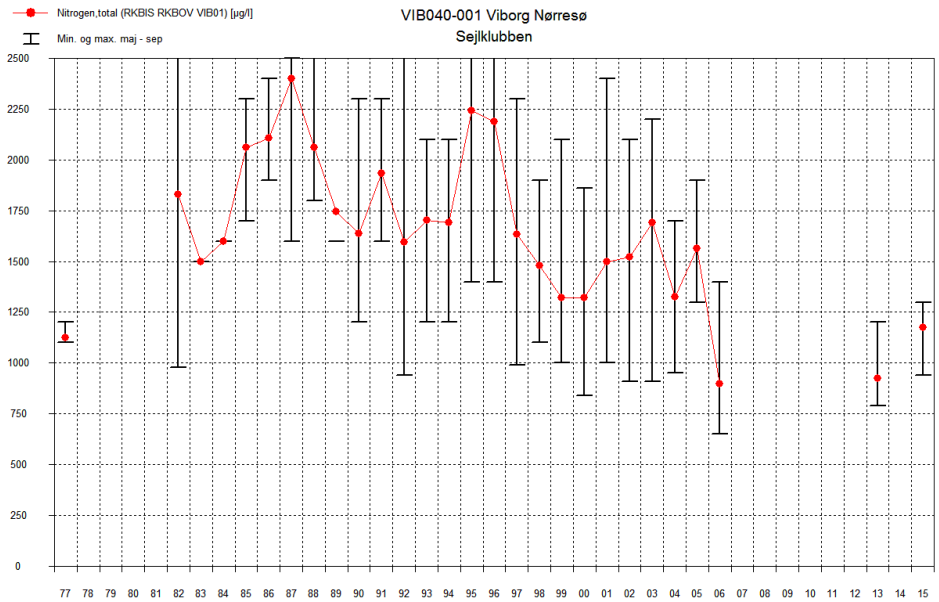
fra oplandet ikke er steget i samme periode. Der er formentlig tale om en øget udveksling af fosfor mellem det fosforrige bundvand og overfladevandet, der er betinget af iltforholdene i bundvandet og temperaturspringlagets stabilitet. Forhold omkring iltning af bundvandet i Nørresø behandles i afsnit i afsnit 8.1.1.

3.1.2.2. Kvælstof

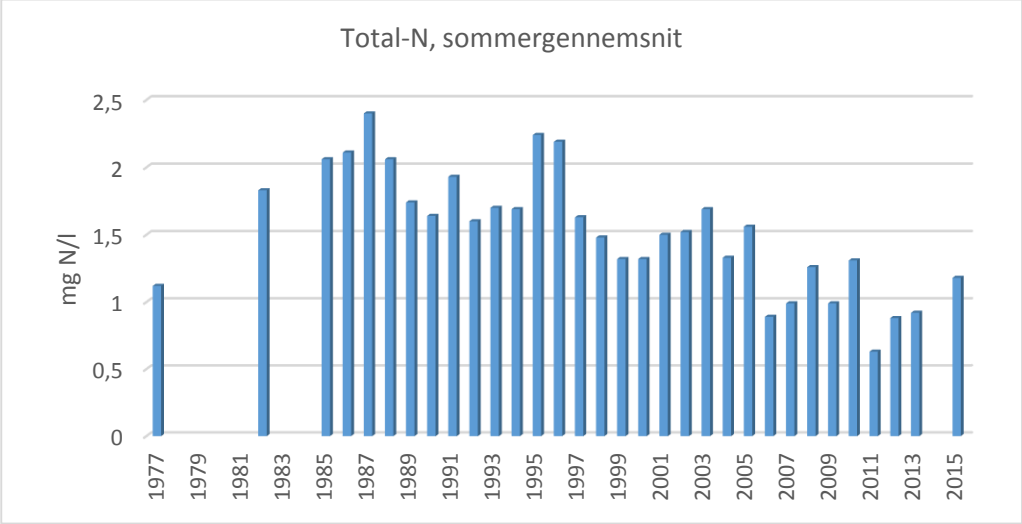
Kvælstof er et sekundært regulerende næringsstof for algevæksten i Nørresø og har været målt regelmæssigt siden starten af 1980-erne. Figur 3.1.8 viser sommergennemsnittet af kvælstof (total-N) i måleperioden i overfladevandet (over temperaturspringlaget) baseret på de måleresultater, der ligger på Danmarks Miljøportal. Desuden er der målinger foretaget af Viborg Kommune. Figur 3.1.9 viser sommergennemsnit af alle målinger.

Koncentrationen af kvælstof er faldet markant siden 1980-erne fra ca. 2 mg N/l til 1 mg N/l. Dermed følger Nørresø den generelle udvikling i Danmark som følge af de nationale vandplaner med en halvering af kvælstofindholdet i vandløb og søer med landbrugsprægede oplande. Faldet er særlig markant fra 2005 efter retablering af Rødding Sø som led i VMP II ordningen for kvælstoffjernende vådområder. Rødding Sø reducerer kvælstofafstrømningen fra dele af landbrugsområderne til Nørresø ved naturlige processer som bakteriel denitrifikation, hvor nitrat (NO^{3-}) i det tilstrømmende vand omsættes til frit kvælstof N_2 under opholdet i søen. Kvælstofkoncentrationen i Nørresø er dog stadig så høj, at algevæksten i søen ikke vækstbegrænses af uorganisk kvælstof.

En kvælstofkoncentration på 1,18 mg N/l som i 2015 er lidt højere end de anbefalede 0,96 mg N/l (niveau for støtteparameteren kvælstof) i vandplanen 2009-2015.



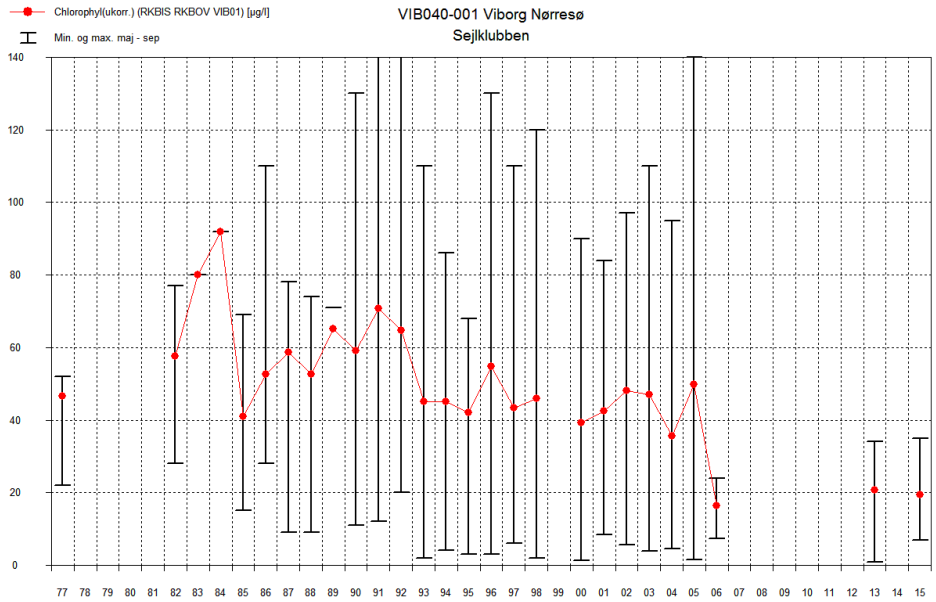
Figur 3.1.8: Koncentration af kvælstof (sommergennemsnit) i Nørresø over temperaturspringlaget i perioden 1977-2013. Søjlerne viser den højeste og laveste koncentration i de enkelte måleår. Kilde Danmarks Miljøportal.



Figur 3.1.9: Sommergennemsnit af total-N i Viborg Nørresø i perioden 1977-2015. Inklusiv Viborg Kommunes data. Kilde: Viborg Kommune og Danmarks Miljøportal.

3.1.2.3. Klorofyl

Klorofyl er det aktive stof i alger, hvor fotosyntesen foregår. En måling af klorofyl i en vandprøve er derfor et udtryk for koncentrationen af algeplankton, selvom der er en del usikkerhed ved metoden. Figur 3.1.10 viser sommergennemsnittet af klorofyl i måleperioden i overfladevandet (over temperaturspringlaget) baseret på de måleresultater, der ligger på Danmarks Miljøportal. Der er ingen klorofyldata fra Viborg Kommunes egen overvågning af søen.



Figur 3.1.9: Koncentration af klorofyl (sommergennemsnit) i Nørresø over temperaturspringlaget i perioden 1977-2013. Søjlerne viser den højeste og laveste koncentration i de enkelte måleår. Kilde: Danmarks Miljøportal.

Koncentrationen af klorofyl er faldet fra 40-60 µg/l i 1980-erne til 20-40 µg/l i det seneste årti og med en tendens til yderligere fald ved de seneste målinger. I perioden 2006-2015 har koncentrationen således været ca. 20 µg/l og 19 µg/l i 2015. Det bemærkes dog, at der er meget store udsving i koncentrationerne i de enkelte måleår. Der kan således være perioder først på sommeren med få alger og perioder i sensommeren med relativt mange alger.

Den faldende tendens for klorofylkoncentration kan forklare den stigning i sigtdybden, der er registret i de seneste år. Koncentrationen af klorofyl er dog stadig højere end kravværdien på 12 µg/l i vandplan 2009-2015, og målsætningen om god økologisk tilstand er derfor ikke opfyldt. Den nuværende koncentration svarer til moderat økologisk tilstand.

3.1.2.4. Øvrige parametre

I forbindelse med Naturstyrelsens overvågning af Nørresø er der foretaget målinger af andre parametre, der kan bidrage til fortolkningen af miljøtilstanden i søen. I tabel 3.1.2 ses sommergennemsnit af disse parametre i 2015. Ph, alkalinitet og farvetal bekræfter, at Nørresø er en alkalisk og ikke brunvandet dyb sø (søtype 10 i vandplan 2009-2015). Koncentrationen af opløste næringsstoffer (nitrat+nitrit og ortho-P) i søen er så høj, at planteplankton stort set aldrig er vækstbegrænset af mangel på næringsstoffer. Især koncentrationen af ortho-P er høj og udgør i gennemsnit ca. 2/3 af total-P. Det er derfor ikke fosfor, der alene regulerer planteplankton (klorofyl) og dermed sigtdybden.

pH	8,4
Alkalinitet, meq/l	2,03
Farvetal, mg Pt/l	18
Nitrat+nitrit, µg N/l	444
Ortho-P, µg P/l	82
Suspenderet stof, mg/l	6,17

Tabel 3.1.2: Sommergennemsnit af øvrige vandkemiske parametre i Nørresø i 2015. Kilde: Danmarks Miljøportal.


Foto: Nørresø ved Borgvold.

3.1.3 Biologiske forhold

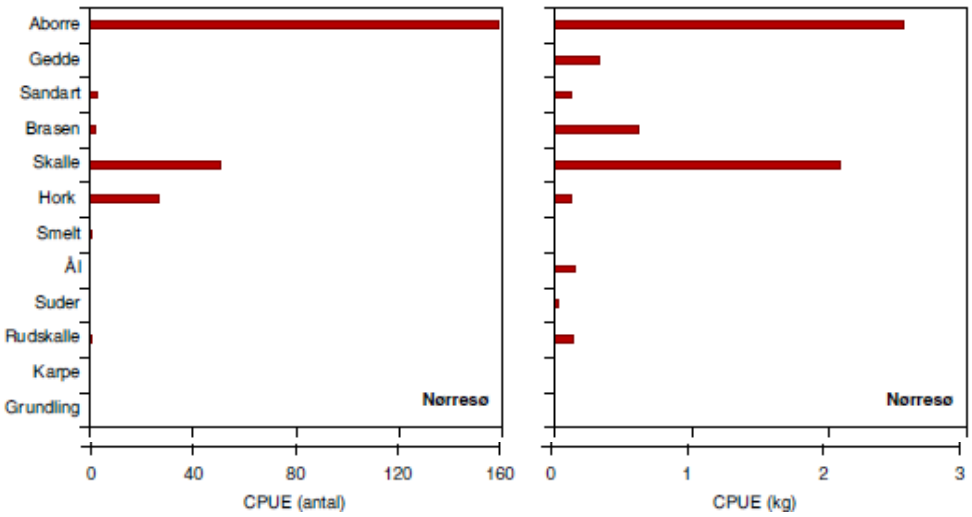
De biologiske forhold i søer beskrives typisk på baggrund af undersøgelser af fisk, vandplanter og plankton (dyreplankton og planteplankton). Disse parametre indgår i bedømmelsen af den økologiske tilstand i udkast til vandområdeplaner 2015-2021. I Viborgsøerne er der gennem årene foretaget biologiske undersøgelser, der gennemgås i de følgende afsnit.

3.1.3.1. Fisk

Der er i løbet af de seneste ca. 80 år foretaget fire fiskeundersøgelser i Nørresø. Den første undersøgelse er fra 1925. Den seneste undersøgelse er fra 2006 og blev foretaget af Viborg Amt efter forskrifterne i det nationale overvågningsprogram (intensivprogrammet) NOVANA. I rapporten om Viborgsøerne fra 2006 (Johansson m.fl., 2006) blev der lavet en samlet vurdering af udviklingen i fiskebestanden i Nørresø ved at omregne resultaterne til en standardfangst pr. net (CPUE-værdi).

Det fremgår af figur 3.1.10, at aborre er den mest hyppige af de 10-12 registrerede arter i søen, og aborren har den største samlede vægt af fisk efterfulgt af skalle. Der er få men relativt store brasen i søen. Bestanden af aborre og gedde er højere i Nørresø end i Søndersø, og aborrerne er generelt størst i Nørresø. Derimod er både antallet og vægten af skalle og brasen størst i Søndersø. Fiskebestanden er nærmere beskrevet af Johansson m.fl., 2006.

Forskellen på fiskebestandene i de to søer afspejler dybdeforholdene og næringsstofmængden. Forholdet mellem vægten af fredfisk som skaller og brasen og rovfisk som aborrer (>10 cm), geder og sandart i procent kaldes fiskeindexet. Hvis indexet er 100, svarer det til en total dominans af fredfisk. Indekset i Nørresø var 53 i 2006, hvilket er forholdsvis lavt sammenlignet med tilsvarende næringsrige søer. Det vidner om en relativt god balance mellem fredfisk og rovfisk. Færre fredfisk medfører mere dyreplankton (dafnier og vandlopper), som kan "græsse" på algeplankton, hvorved søvandet bliver mere klart. Det kan være en af forklaringerne på, at Nørresø er mere klarvandet end man ville forvente ud fra det relativt høje fosforniveau.



Figur 3.1.10: Fiskebestanden i Nørresø i 2006 målt som fangst pr. net i antal og kg fordelt på arter: Kilde: Johansson m.fl., 2006.

3.1.3.2. Vandplanter

Forekomsten af vandplanter i Nørresø er blevet undersøgt tre gange gennem tiden og senest i 2015 som led i den statslige overvågning. Den seneste afrapportering er foretaget af Orbicon for Viborg Amt (Orbicon, 2006a). Nedenstående tabel 3.1.3 viser plantearter fordelt på egentlige undervandsplanter og flydebladsplanter.

I 1986 blev der fundet 3 arter af undervandsplanter mod 10 arter i 2006 og 9 arter i 2015. Alle arter er udbredte og almindelige og typiske for næringsrige søer. Den maksimale dybdegrænse for undervandsplanter var i 1986 1,4 meter. Undervandsplanter var i 2006 og 2015 udbredt langs hele søbredden og den maksimale dybdegrænse steget til 2,3 m i 2006 og 3-4 meter i 2015. Flydebladsvegetationen i 2015 omfattede fire arter med relativt ringe udbredelse. Der er tagrørsbevoksninger i rørsumpen langs størstedelen af søbredden. Rørsumpsvegetationen er tæt og uden plads til undervandsplanter. På grund af de stejle skrænter tæt på bredden er bredzonen uden for rørskoven i Nørresø meget smal, hvilket giver begrænset vokseplads til undervands-

planterne. Dette forhold er en medvirkende årsag til, at mængden af undervandsplanter ikke er særlig stor. Dækningsgraden var således 3,5 % af søens areal i 2015 og det relative plantefyldte volumen kun 0,3 %.

Der er altså sket en betydelig forøgelse i både artsrigdom og udbredelse af undervandsplanter siden 1986. Selv om udbredelsen er forøget, er den dog stadig forholdsvis lav på grund af bundforholdene i søen. Fremgangen i udbredelsen hænger sammen med, at vandet er blevet klarere, og det vurderes, at denne positive udvikling vil fortsætte.

Art	**1986**	**2006**	**2015**
Undervandsplanter			
Kredsbladet vandranunkel	Spredt, fåtallig	Almindelig	Spredt
Almindelig vandpest	Spredt, fåtallig	Almindelig	Spredt
Børstebladet vandaks	-	Spredt	Spredt
Liden vandaks	-	Fåtallig	Fåtallig
Kruset vandaks	-	Fåtallig	Spredt
Hjertebladet vandaks	Spredt, fåtallig	Spredt	Almindelig
Spinkel vandaks	-	Fåtallig	Spredt
Krybende vandkrans	-	Fåtallig	Fåtallig
Brudelys (submers)	-	Meget fåtallig	-
Sø-kogleaks (submers)	-	Meget fåtallig	Fåtallig
Antal arter	***3***	***10***	***9***
Flydebladsvegetation	**1986**	**2006**	**2015**
Vandpileurt	Spredt	Spredt	X
Liden andemad	-	Fåtallig	X
Kors-andemad	-	-	X
Gul åkande	-	-	
Hvid åkande	-	-	X
Antal arter	***1***	***2***	***4***

	1986	2006	2015
Gennemsnitlig dybde-grænse, meter	-	1,8	-
Maksimal dybdegrænse, meter	1,4	2,3	3,5
Plantevolumen, % af søvo-lumen	-	0,1	0,33
Plantedækket areal, % af søareal	-	2,5	3,1

Tabel 3.1.3: Vegetationsdata fra Nørresø. Kilde Danmarks Miljøportal og Orbicon 2006a.

3.1.3.3. Plankton

Der er foretaget så få systematiske undersøgelser af plankton (dyreplankton og plan-teplankton), at det ikke er muligt at vurdere udviklingen og den nuværende tilstand i søen. Viborg Kommune har dog oplyst, at der i varme perioder om sommeren er op-blomstring af blågrønalger. Dette kan udgøre et sundhedsmæssigt problem, da blå-grønalger kan udvikle toxiner, der kan være skadelige ved indtagelse eller kontakt med huden, hvilket vil være tilfældet under badning.

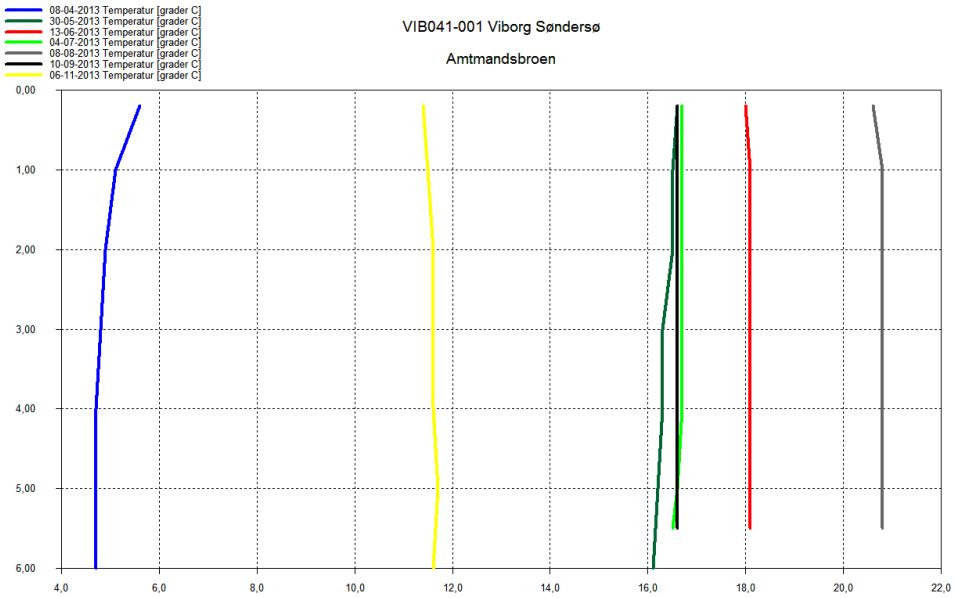
3.2. Søndersø

3.2.1 Fysiske forhold

I forbindelse med overvågningen af Søndersø foretages der feltmålinger af de fysiske forhold. Der måles temperatur og ilt ned gennem vandsøjlen på søens dybeste sted (ud for Sejlklubben) for hver meter. Desuden måles sigtdybden (vandets klarhed) ved hjælp af en secchiskive (hvid skive).

3.2.1.1. Temperatur

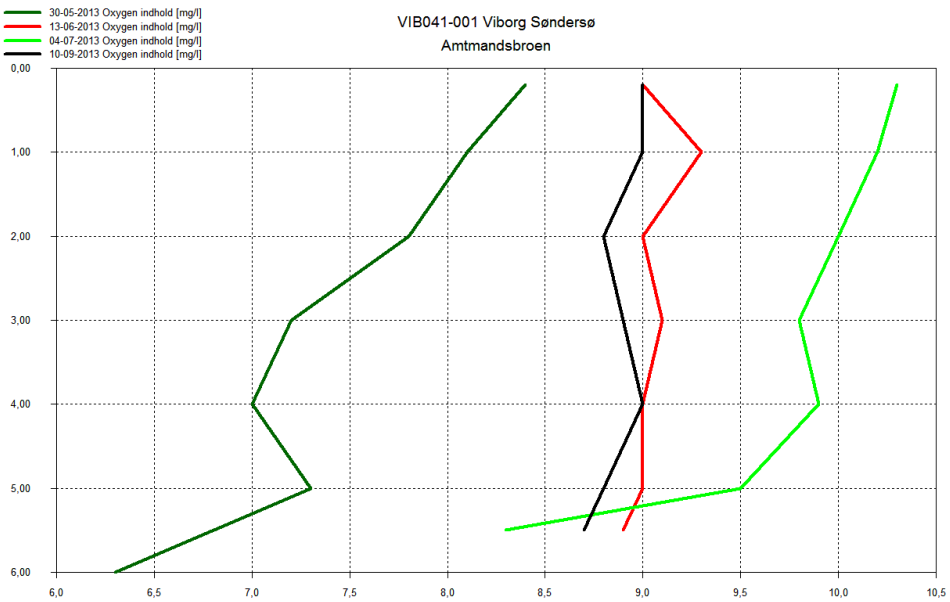
Temperaturen i Søndersø måles ned gennem vandsøjlen for hver meter. Med sin maksimum dybde på 6 meter er der tale om en lavvandet sø. På grund af den for-holdsvis vindbeskyttede beliggenhed kan der dog være forskelle i temperaturen mel-lem overflade og bunden på nogle få grader med det varmeste vand i overfladen og koldere bundvand. Figur 3.2.1 viser temperaturkurverne ned gennem vandsøjlen på måledatoer i 2013. Temperaturforskellen er dog så lille, at der ikke er tale om et egentligt temperaturspringlag som i den dybere Nørresø. I perioder med køligt blæ-sende vejr er der næsten ensartede temperaturer ned gennem vandsøjlen.



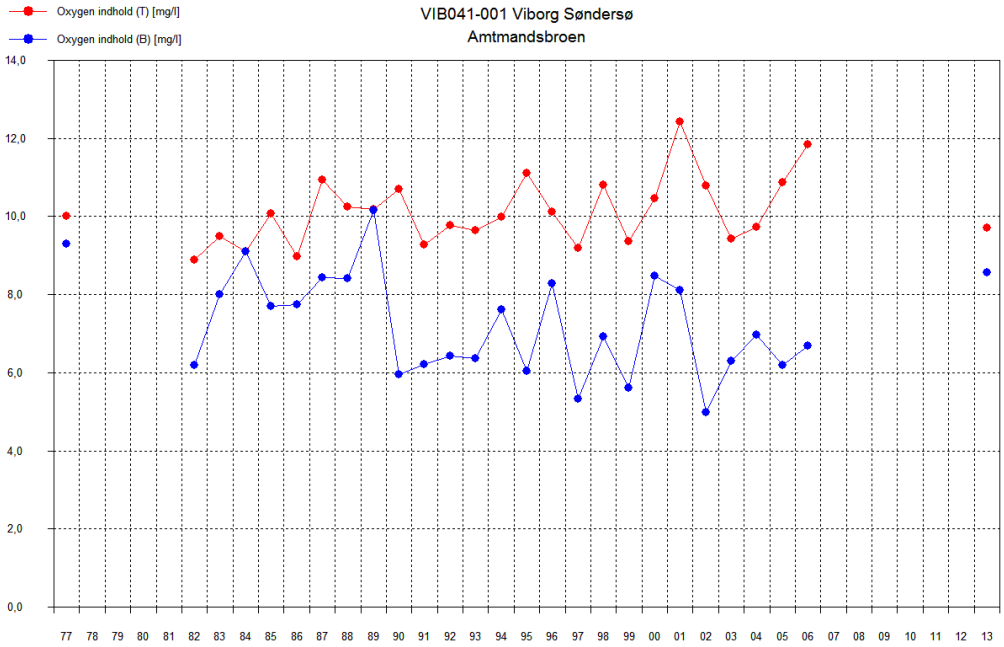
Figur 3.2.1: Temperaturprofil i Søndersøi 2013. Kilde: Danmarks Miljøportal.

3.2.1.2. Ilt

Normalt er der næsten ensartede iltkoncentrationer ned gennem vandsøjlen i Søndersø. Men, som det fremgår af figur 3.2.2, kan der i varme stille perioder om sommeren dannes stillestående bundvand, der i kombination med et stort iltforbrug i sedimentet giver anledning til lavere iltkoncentrationer på dybder over 4 meter. Der er dog sjældent helt iltfrit ved bunden, figur 3.2.3. På lavere dybder i søen er vandmasserne dog fuldt opblandede, og her opstår der sjældent lave iltkoncentrationer. En undtagelse er dog længere perioder med isdække, hvor der sker en ringe geniltning af vandet.



Figur 3.2.2: Iltprofil i Søndersø i 2013. Kilde: Danmarks Miljøportal



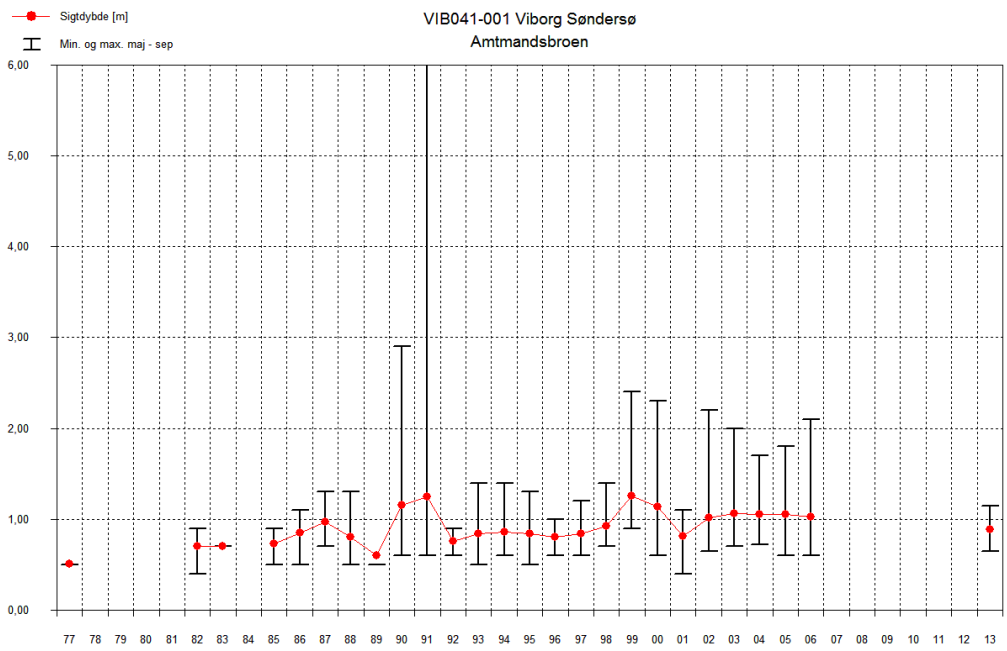
Figur 3.2.3: Iltkoncentrationer (sommergennemsnit) i Søndersø i bundvand (blå) og overfladevand (rød) i perioden 1977-2013. Kilde: Danmarks Miljøportal.

3.2.1.3. Sigtdybde

Sigtdybden målt med en hvid secchiskive, er et udtryk for lysets nedtrængning i vandet. I uklart vand med meget algevækst vil sigtdybden typisk være under 1 meter, mens den kan være større end 5 meter i rene klarvandede søer. Som det fremgår af

figur 3.2.4 har sigtdybden stort set været uændret siden 1980-erne, og den er typisk 1,0 meter som gennemsnit i sommerhalvåret. Det ses dog også af figuren, at der er variation fra år til år betinget af blandt andet fosfortilførslen fra oplandet og de klimatiske forhold i øvrigt. Også inden for det samme år er der betydelige forskelle mellem minimum og maksimum sigtdybder. Typisk vil sigtdybden være størst i den såkaldte klarvandsfase i maj-juni, hvor dyreplankton kan "græsse" effektivt på algerne i vandet. Senere på sommeren kan der opstå algeopblomstringer af f.eks. blågrønalger, der gør søen mere grøn og grumset og nedsætter lysets nedtrængning i vandet.

Den såkaldte vandremusling (*Dreissena polymorpha*), som har været i Gudenåen i flere år, har inden for de senere år spredt sig til Søndersø (Viborg Fiskeriforening). Vandremuslingen kan effektivt filtrere alger og dermed gøre vandet mere klart. De kommende års målinger vil vise, om vandremuslingerne etablerer sig med en stor bestand og er i stand til at øge sigtdybden i Viborgsøerne, som det er set i andre danske søer.



Figur 3.2.4: Gennemsnitlig sigtdybde om sommeren (maj-september) i Søndersø i perioden 1977-2013. De sorte streger viser minimum og maksimum sigtdybde. Kilde: Danmarks Miljøportal.

3.2.2 Vandkemiske forhold

Der er udtaget vandprøver til vandkemiske analyser i Søndersø i mere end 40 år, og der findes data for koncentrationen af fosfor og kvælstof helt tilbage fra 1971. Frekvensen og antallet af målinger per år fra perioden før 1985 er dog meget spredt og tilfældig, og i perioden 1974 til 1982 findes der f.eks. kun 4 målinger, som er fra august-oktober 1977. Tabel 3.2.1 opsummerer sommergennemsnit af de væsentligste parametre i perioden 2006-2015 i Søndersø. Data fra 2006 er indhentet af Viborg Amt,

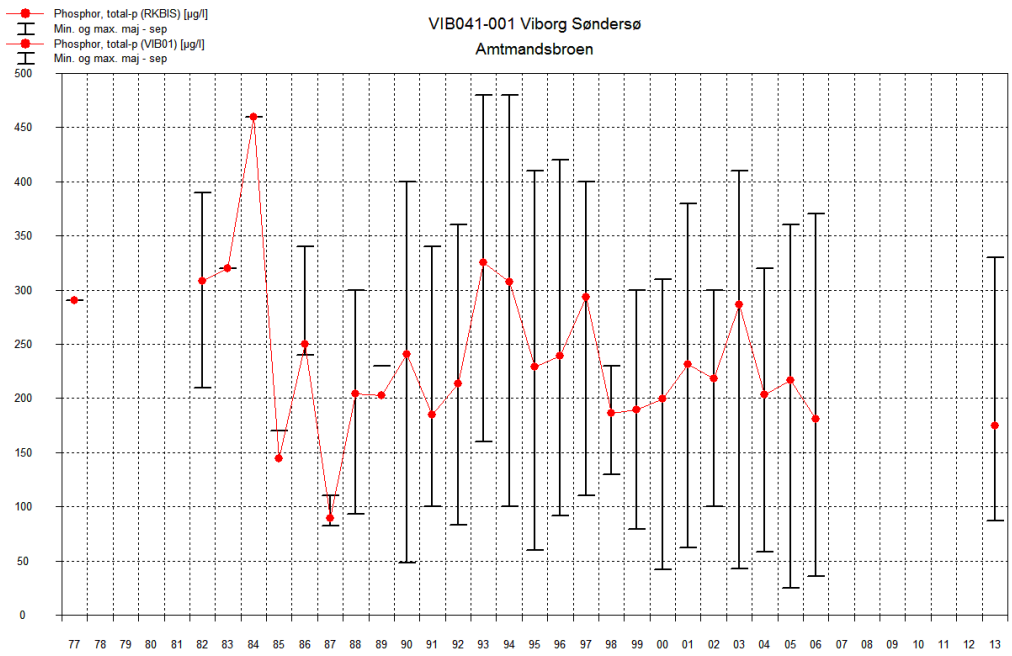
data fra 2007 af Viborg Kommune og data fra 2013 af Naturstyrelsen som led i det nationale overvågningsprogram. Viborg Kommunes data findes ikke på Danmarks Miljøportal.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total-P, µg P/l	181	165						174		
Total-N, mg N/l	0,94	0,78						0,83		
Klorofyl, µg/l	55							67		
Sigtdybde, m	1,0	0,7						0,9		

Tabel 3.2.1: Sommergennemsnit i Søndersø af de væsentligste vandkemiske parametre i perioden 2006-2015. Kilde: Danmarks Miljøportal og Viborg Kommune.

3.2.2.1. Fosfor

Figur 3.2.5 viser fosforkoncentrationen i sommerhalvåret i Viborg Søndersø. Siden 1980-erne er der sket et fald, men i de seneste år har koncentrationen ligget på et relativt højt niveau omkring 200 µg P/l om sommeren og 150 µg P/l om vinteren. Der ses en betydelig år til år variation i fosforkoncentrationen betinget af klimatiske forhold som temperatur og nedbør. Ved den seneste måling i 2013 var koncentrationen 174 µg P/l som sommergennemsnit, hvilket er betydeligt højere end vandplanens mål på 70 µg P/l. Det høje niveau skyldes en for stor ekstern tilførsel af fosfor, men de periodiske høje niveauer om sommeren med maksimumværdier over 300 µg P/l vidner også om en betydelig fosforfrigivelse fra sedimentet. Det sker især i varme og vindstille perioder, hvor der opstår lave iltkoncentrationer over søbunden i søens dybe områder.

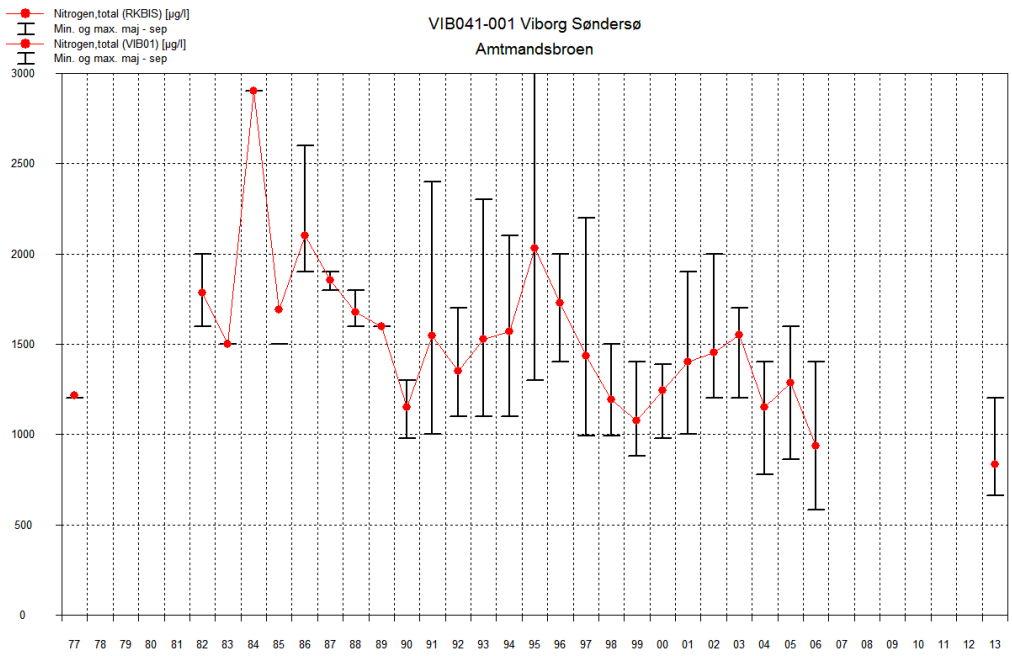


Figur 3.2.5: Koncentration af fosfor (sommergennemsnit) i Søndersø i overfladevandet i perioden 1977-2013. Søjlerne viser den højeste og laveste koncentration i de enkelte måleår. Kilde: Danmarks Miljøportal.

3.2.2.2. Kvælstof

Kvælstof er et sekundært regulerende næringsstof for algevæksten i Søndersø og har været målt regelmæssigt siden starten af 1980-erne. Figur 3.2.6 viser sommergennemsnittet af kvælstof (total-N) i overfladevandet (over temperaturspringlaget) i måleperioden. Desuden er der målinger foretaget af Viborg Kommune i 2007, som fremgår af tabel 3.2.1. Koncentrationen af kvælstof er faldet markant siden 1980-erne fra ca. 2 mg N/l til 1 mg N/l. Dermed følger Søndersø den generelle udvikling i Nørresø, hvorfra søen modtager det meste af sin vandtilførsel. Kvælstofkoncentrationen i Søndersø er dog stadig så høj, at algevæksten i søen ikke vækstbegrænses af uorganisk kvælstof som næringsstof.

En kvælstofkoncentration på 0,83 mg N/l, som i 2013, er på niveau med de anbefalede 0,96 mg N/l (niveau for støtteparameteren kvælstof) i vandplanen 2009-2015.

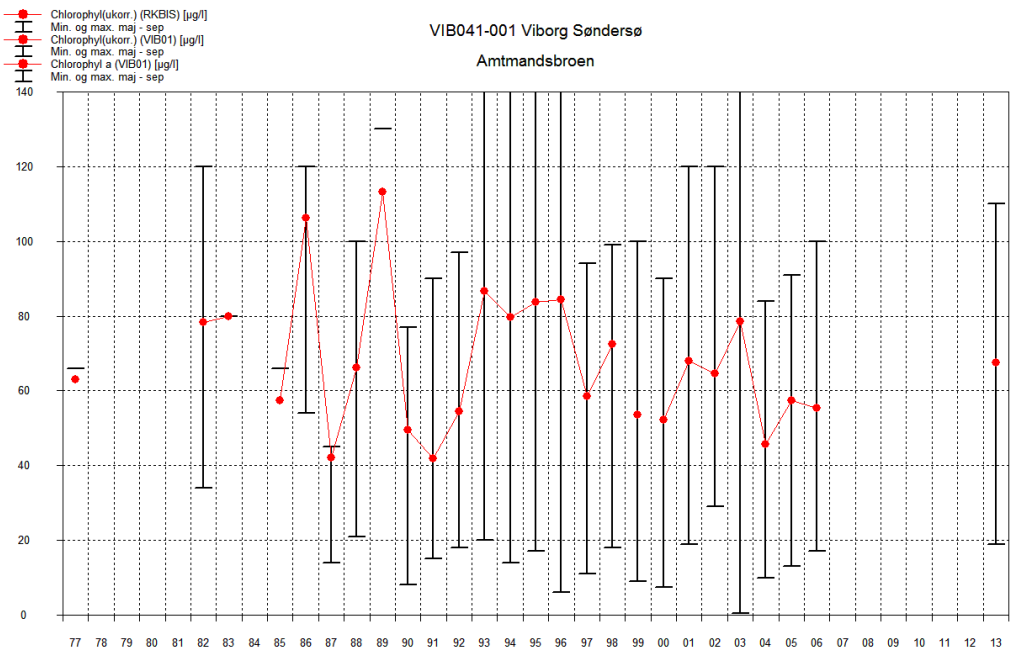


Figur 3.2.6: Koncentration af kvælstof (sommergennemsnit) i Søndersø i overfladevandet i perioden 1977-2013. Søjlerne viser den højeste og laveste koncentration i de enkelte måleår. Kilde: Danmarks Miljøportal.

3.2.2.3. Klorofyl

Klorofylkoncentrationen i Viborg Søndersø om sommeren fremgår af figur 3.2.7. I de senere årtier har koncentrationen været 40-80 µg/l. Det bemærkes dog, at der er meget store udsving i koncentrationerne både i de enkelte måleår og mellem måleårene. Der kan således være perioder først på sommeren med få alger og perioder i sensommeren med mange alger. Ved den seneste måling i 2013 var koncentrationen 67 µg/l, hvilket svarer til ringe økologisk tilstand. Søen er ikke kommet nærmere den målsatte koncentration i vandplan 2009-2015 på 25 µg P/l, som er forudsætningen for en god økologisk tilstand i lavvandede søer. Årsagen er en fortsat høj fosforkoncentration, der giver anledning til stor algevækst. Målopfyldelse vil kræve en yderligere reduktion af tilførslen af fosfor til søen, så algerne i højere grad vækstbegrænses af mangel på uorganisk fosfor som næringsstof.

På grund af den høje koncentration af klorofyl er sigtdybden lav i Søndersø. Sigtdybden har i de seneste årtier har været knap 1 meter, og der er ingen signifikant ændring i perioden.



Figur 3.2.7: Koncentration af klorofyl (sommergennemsnit) i Søndersø i overfladevandet i perioden 1977-2013. Søjlerne viser den højeste og laveste koncentration i de enkelte måleår.

3.2.2.1. Øvrige parametre

I forbindelse med Naturstyrelsens overvågning af Søndersø er der foretaget målinger af andre parametre, der kan bidrage til fortolkningen af miljøtilstanden i søen. I tabel 3.2.2 ses sommergennemsnit af disse parametre i 2013. pH, alkalinitet og farvetal bekræfter, at Søndersø er en alkalisk og ikke brunvandet lavvandet sø (søtype 9 i vandplan 2009-2015). Koncentrationen af opløst fosfor (ortho-P) i søen er så høj, at planteplankton stort set aldrig er vækstbegrænset af mangel på fosfor. Koncentrationen af uorganisk kvælstof (nitrat+nitrit) er betydelig lavere end i Nørresø, men planteplankton er formentlig meget sjældent vækstbegrænset af mangel på kvælstof. Mængden af suspenderet stof er mere end dobbelt så høj som i Nørresø, hvilket især skyldes mere planteplankton i vandet og muligvis også resuspension af sediment og detritus.

pH	8,7
Alkalinitet, meq/l	2,08
Farvetal, mg Pt/l	15
Nitrat+nitrit, µg N/l	26
Ortho-P, µg P/l	129
Suspenderet stof, mg/l	17,6

Tabel 3.2.2: Sommergennemsnit af øvrige vandkemiske parametre i Søndersø i 2013. Kilde: Danmarks Miljøportal og Orbicon 2006a.

3.2.3 Biologiske forhold

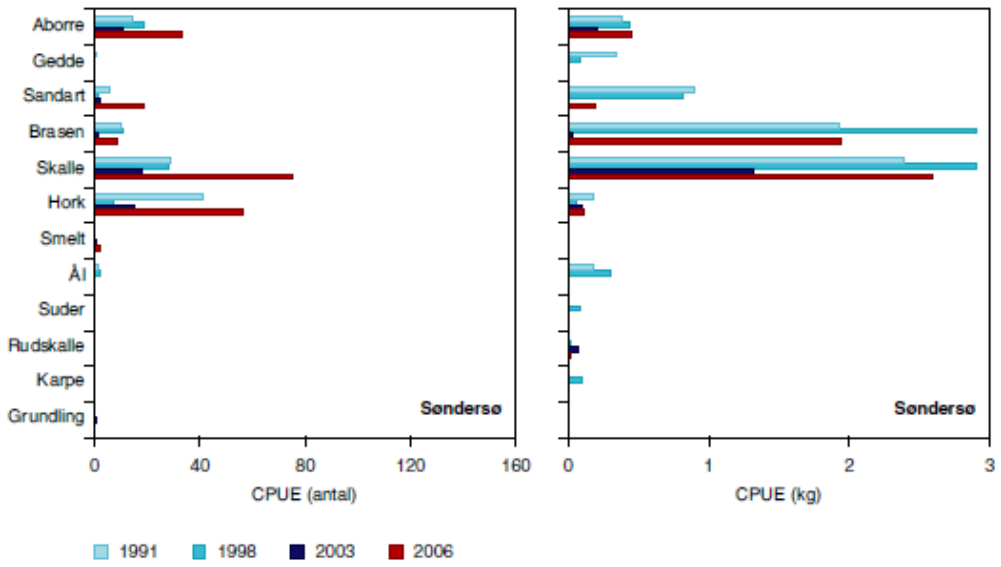
De biologiske forhold i søer beskrives typisk på baggrund af undersøgelser af fisk, vandplanter og plankton (dyreplankton og algeplankton). Disse parametre indgår i bedømmelsen af den økologiske tilstand i udkast til vandområdeplanen 2015-2021 for Jylland-Fyn. I Søndersø er der gennem årene foretaget biologiske undersøgelser, der gennemgås i de følgende afsnit.

3.2.3.1. Fisk

Der er i løbet af de seneste ca. 80 år foretaget syv fiskeundersøgelser i Søndersø. Den første undersøgelse er fra 1925. Den seneste undersøgelse er fra 2006 og blev foretaget af Viborg Amt efter forskrifterne i det nationale overvågningsprogram (intensivprogrammet) NOVANA. I rapporten om Viborgsøerne fra 2006 (Johansson m.fl., 2006) blev der lavet en samlet vurdering af udviklingen i fiskebestanden i Søndersø ved at omregne resultaterne til en standardfangst pr. net (CPUE-værdi). Det fremgår af figur 3.2.8, at skalle og hork er de mest hyppige af de 10-12 registrerede arter i søen, og har den største samlede vægt af fisk efterfulgt af skalle. Der er få men relativt store brasen i søen. Bestanden af aborre og gedde er lavere i Søndersø end i Nørresø, og aborrerne er generelt størst i Nørresø. Derimod er både antallet og vægten af skalle og brasen størst i Søndersø. Fiskebestanden er nærmere beskrevet i Johansson m.fl., 2006.

2006 adskiller sig fra tidligere år ved flere små aborrer, hork, sandart og især skaller, mens bestanden af større fisk (> 10 cm) er mere stabil i Søndersø.

Forskellen på fiskebestandene i Søndersø og Nørresø afspejler dybdeforholdene og næringsstofmængden. Forholdet mellem vægten af fredfisk som skaller og brasen og rovfisk som aborrer (>10 cm), gedder og sandart i procent kaldes fiskeindexet. Hvis indexet er 100 svarer det til en total dominans af fredfisk. Indekset i Søndersø var 87 i 2006, hvilket er højere end i Nørresø og typisk for næringsrige uklare søer. Det vidner om en relativt dårlig balance mellem fredfisk og rovfisk. Flere fredfisk medfører mindre dyreplankton (dafnier og vandlopper) som kan ”græsse” på algeplankton, hvorved søvandet bliver mere uklart. Fiskeindexet steg fra 75 til 87 fra 1991 til 2006.



Figur 3.2.8: Fiskebestanden i Søndersø i årene 1991, 1998, 2003 og 2006 målt som fangst pr. net i antal og kg fordelt på arter. Kilde:Johansson m.fl., 2006.

3.2.3.2. Vandplanter

Forekomsten af vandplanter i Søndersø er blevet undersøgt systematisk to gange gennem tiden og senest i 2006 om led i den statslige overvågning. Den seneste afrapportering er foretaget af Orbicon for Viborg Amt (Orbicon, 2006b). Tabel 3.2.3 viser plantearter fordelt på egentlige undervandsplanter og flydebladsplanter.

I 1986 blev der ikke fundet undervandsplanter, mens der i 2006 blev fundet 4 arter. Søen er generelt artsfattig med hensyn til undervandsplanter, og de 4 arter er udbredte og almindelige og typiske for næringsrige søer. Den maksimale dybdegrænse for undervandsplanter var 0,4 meter i 2006.

Rørsumpvegetationen, som er meget tæt og findes langs størstedelen af bredden, har de fleste steder så stor en dybdeudbredelse, at bredzonen er smal uden for rørskoven. Der levnes derfor ikke meget vokseplads for undervandsplanter på lavt vand i bredzonen. Dækningsgraden af undervandsplanter var kun 0,004 % af søens areal, og det plantefyldte volumen kun 0,0001 %. Selvom der er sket en lille fremgang for undervandsplanter siden 1980-erne, er vilkårene for undervandsplanter i Søndersø stadig dårlige. Ud over den tætte rørskov mange steder skyldes det en lav sigtdybde og store mængder slam på bunden, som giver dårligt fodfæste for undervandsplanter.

Med den nuværende sigtdybde i søen (0,9 m i 2013) kan det forventes, at undervandsvegetationen kun langsomt vil etablere sig på lysåbne og lavvandede arealer i bredzonen uden rørsump. Der kan således kun forventes en svag fremgang i undervandsvegetationen de kommende år, hvis der ikke sker en væsentlig forbedring af søens tilstand.

Art	1986	2006
Undervandsplanter		
Kredsbladet vandranunkel	-	Fåtallig
Almindelig vandpest	-	Fåtallig
Spinkel vandaks	-	Meget fåtallig
Krybende vandkrans	-	Meget fåtallig
Antal arter	***0***	***4***
Flydebladsvegetation	**2006**	**2006**
Liden andemad	?	Fåtallig
Gul åkande	?	Ret almindelig
Hvid åkande	?	Spredt
Antal arter	***?***	***3***

	1986	2006
Maksimal dybdegrænse, meter	-	0,4
Plantevolumen, % af søvolumen	-	0,004
Plantedækket areal, % af søareal	-	0,0001

Tabel 3.2.3: Vegetationsdata fra Søndersø. Kilde: Danmarks Miljøportal og Orbicon 2006a.

3.2.3.3. Plankton

Der er foretaget så få systematiske undersøgelser af plankton (dyreplankton og planteplankton), at det ikke er muligt at vurdere udviklingen og den nuværende tilstand i søen. Viborg Kommune har dog oplyst, at der i varme perioder om sommeren er opblomstring af blågrønalger. Det har også været tilfældet i 2015.

3.2.4 Sediment

Den seneste undersøgelse af sedimentforholdene i Søndersø blev foretaget af Naturstyrelsen i 2013. Fra tre forskellige stationer blev der udtaget sedimentsøjler, som blev opskåret i dybdeintervaller til analyse for tørstof, indhold af organisk stof, fosfor og jern. Resultaterne fremgår af tabel 3.2.5.

Generelt er station 1 og 2 karakteriseret af løst sediment med lavt tørstofindhold (typisk 5-15 %) og et højt indhold af organisk stof (20-35 % af tørstofvægten) med sær-

ligt høje værdier på station 2. Station 3 adskiller sig ved et væsentlig højere tørstofindhold på ca. 70 % og et lavt indhold af organisk stof (1-2 % af tørvægt). Station 1 og 2 repræsenterer således sedimentationsområder i søen med blød bund, mens station 3 har en mere sandet mineralsk bund, fordi der ikke aflejres så meget organisk materiale. Station 3 adskiller sig også ved et betydeligt lavere indhold af fosfor i de øvre sedimentlag, hvilket er en naturlig følge af det lave indhold af organisk stof.

Fosforindholdet på station 1 og 2 viser den typiske tendens for danske søsedimenter med højest indhold i overfladesedimentet og aftagende med dybden. Der er ikke foretaget en fraktionering af sedimentets fosforpuljer, der normalt består af organisk bundet, kalkbundet og jernbundet fosfor samt uorganisk opløst fosfor. Jernindholdet i sedimentet er relativt højt, og derfor antages det, at en væsentlig del af fosforpuljen er jernbundet. Netop denne pulje er følsom overfor redoxforholdene i sedimentet. Lave iltkoncentrationer i søens bundvand på de dybeste steder kan give anledning til, at jern reduceres og ikke længere kan binde fosfor, der overgår til opløst form og kan frigives til søvandet. Det er med stor sandsynlighed denne pulje, der giver anledning til de periodisk meget høje koncentrationer af fosfor i søvandet om sommeren.

Medianen for indhold af henholdsvis fosfor og jern i de øverste 2 cm sediment i danske søer er 1,60 g P/kg ts og 18,0 g Fe/kg ts (Jensen m.fl., 1997). Værdierne i Søndersø ligger tæt på medianen. Baggrunden for at beskrive sedimentets fosforpuljer er som regel ønsket om at kunne definere en mobil fosforpulje med henblik på at kunne vurdere eller forudsige sedimentets rolle som intern fosforkilde og dermed dets nuværende og fremtidige påvirkning af vandkvaliteten. Erfaringsgrundlaget er dog spinkelt, idet der stadig mangler veldefinerede sammenhænge mellem et søsediments fosforindhold og -puljer og betydningen for interaktionerne mellem sediment og vand.

	Station 1 (nord)		**Station 2 (midt)**		**Station 3 (syd)**	
Sediment-dybde, cm	Total-P, g/kg ts	Total-Fe, g/kg ts	Total-P, g/kg ts	Total-Fe, g/kg ts	Total-P, g/kg ts	Total-Fe, g/kg ts
0-2	1,70	22,0	1,90	34,0	0,16	2,1
2-5	1,50	21,0	1,90	30,0	0,11	5,9
5-10	1,30	21,0	1,90	33,0	0,10	12,0
10-20	1,00	22,0	1,50	34,0	0,12	19,0
20-30	0,95	21,0	1,30	31,0	-	-
30-47	0,61	10,0	-	-	-	-

Tabel 3.2.5: Sedimentdata fra Søndersø. Kilde: Danmarks Miljøundersøgelser.

På baggrund af fosforindholdet i sedimentet kan der beregnes en potential frigivelig P-pulje i sedimentet i Søndersø. For hver station antages det, at fosforindholdet i den nederste fraktion (f.eks. 30-47 cm på st. 1) svarer til den ikke frigivelige P-pulje, mens indholdet over denne basisværdi i hver fraktion svarer til en mobil P-pulje. F.eks. er

der på station 1 i fraktionen 0-2 cm en "overkoncentration" på 1,09 g P/kg ts. Ud fra den målte tørstofprocent i hver fraktion og under antagelse af, at volumen/vægt relationen i sedimentet er 1:1 kan der herefter beregnes en frigivelig P-pulje pr. m^2 sediment ved summering i af de enkelte dybdefraktioners bidrag ned til 20 cm´s dybde på 11,9 g P/m^2 på station 1 og 4,1 g P/m^2 på station 2. Der vurderes ikke at være nogen frigivelig P-pulje på station 3 på grund af det meget lave fosforindhold. På station 2 er den frigivelige P-pulje formentlig underestimeret, fordi den nederste fraktion 20-30 cm formentlig ikke repræsenterer en basisværdi.

Ved at antage, at station 1 og 2 hver repræsenterer 1/3 af søens areal på 145 ha med sediment, der har potentiale for fosforfrigivelse, fås en potentiel frigivelig P-pulje på ca. 7,7 ton P. Hvis hele denne pulje opløses i søvandet giver det anledning til en gennemsnitlig fosforkoncentration på 1,5 mg P/l. Det vil dog i praksis aldrig forekomme, da der indstiller sig en ligevægt mellem sediment og vandsøjle på et væsentligt lavere niveau.

I 2013 blev der også udtaget sedimentprøver til analyse for tungmetaller og organiske miljøfarlige stoffer på vandkemistationen i søen. I vandplanen for Randers Fjord er Søndersø på listen over søer, hvor der er fundet indhold af miljøfarlige forurenende stoffer i sedimentet, der overstiger 90 %-fraktilen for danske søer. På baggrund heraf placeres Søndersø i indsatskategori 3 (vandområde med stofbestemt indsats) på grund af blandt andet et højt indhold af tungmetaller. Desuden indgår både Nørresø og Søndersø også i indsatskategori 4, da der er en begrænset viden om en række miljøfarlige forurenende stoffers forekomst i søerne. Her skal tilvejebringes det fornødne grundlag for at kunne gennemføre en generel indsats. Indsatsen er ikke nærmere beskrevet i vandplanen, men ifølge denne skal miljømyndighederne gennem tilladelser og godkendelser sikre, at udledninger af miljøfarlige forurenende stoffer begrænses gennem anvendelse af bedst tilgængelig teknologi, ligesom det sikres, at øvrige tiltag iværksættes. Det bemærkes, at i udkast til vandområdeplan 2015-2021 er den kemiske tilstand i både Nørresø og Søndersø vurderet *ukendt* på trods af den fremlagte viden i vandplan 2009-2015.

I tabel 3.2.6 er der vist grænseværdier for udbringning af slam, jf. bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål (slambekendtgørelsen BEK nr. 1650 af 13/12/2006). Det fremgår, at grænseværdierne er betydeligt overskredet for cadmium, kviksølv og bly. Forureningen af søen med tungmetaller skyldes den bynære beliggenhed og tidligere årtiers udledninger af dårligt renset spildevand fra kloaknettet, vejvand m.m. På grund af overskridelserne vil slammet ikke kunne udbringes på landbrugsjord ved en eventuel oprensning, men det må deponeres på kontrolleret losseplads.

	Grænseværdier i slambekendtgørelsen (mg pr. kg tørstof)	Indhold i sediment i Søndersø (mg pr. kg tørstof)
Cadmium	0,8	***3,1***
Kviksølv	0,8	***3,5***
Bly	120	***240***
Nikkel	30	24
Chrom	100	46
Zink	4000	1600
Kobber	1000	120

Tabel 3.2.6: Indhold af tungmetaller i sediment fra Søndersø og grænseværdier i slambekendtgørelsen. Fed kursivskrift markerer overskridelse af grænseværdi. Kilde: Danmarks Miljøportal.

4. BADEVANDSFORHOLD

Viborgsøerne er målsat som badevand, og derfor udføres der jævnligt badevandsanalyser til udarbejdelse af en badevandsprofil og -tilstand på lokaliteterne Kærvænget, Nørresø Nord, Pilehaven, Søndersø sØnæs og Søndersø Camping. Badevandsanalyser fokuserer især på forurening med bakterier fra spildevand (E. coli og intestinale enterokokker). For alle 5 badelokaliteter gælder, at der er meget få overskridelser af de mikrobiologiske grænseværdier. Det fremgår af badevandsprofilerne, at badevandskvaliteten for alle 5 lokaliteter er klassificeret som "udmærket", hvilket er den bedste badevandskvalitet et badested kan have. For begge søer gælder dog, at der sker aflastning af spildevand fra byens fælleskloakker under kraftig regn. Der er ret stor usikkerhed på omfanget at aflastninger i søerne, men de udtagne badevandsprøver over de seneste 4 år indikerer en begrænset spildevandspåvirkning af søernes badevandkvalitet. Badeforholdene kunne dog være bedre. Især Søndersø og lejlighedsvist også Nørresø er plaget af masseopblomstring af blågrønalger i varme og stille somre. Det har også været tilfældet i 2015, hvor vandet var næsten malinggrønt i Søndersø. Blågrønalger kan i visse tilfælde være giftige for dyr og mennesker ved indtagelse og hudkontakt. Derfor fraråder Kommunen badning ved opblomstring af blågrønalger ud fra en visuel vurdering. Det kan heller ikke afvises, at der visse steder i søen uden for målestationerne, kan være overskridelser af kravværdierne for bakterier, hvor badning kan udgøre en sundhedsmæssig risiko.

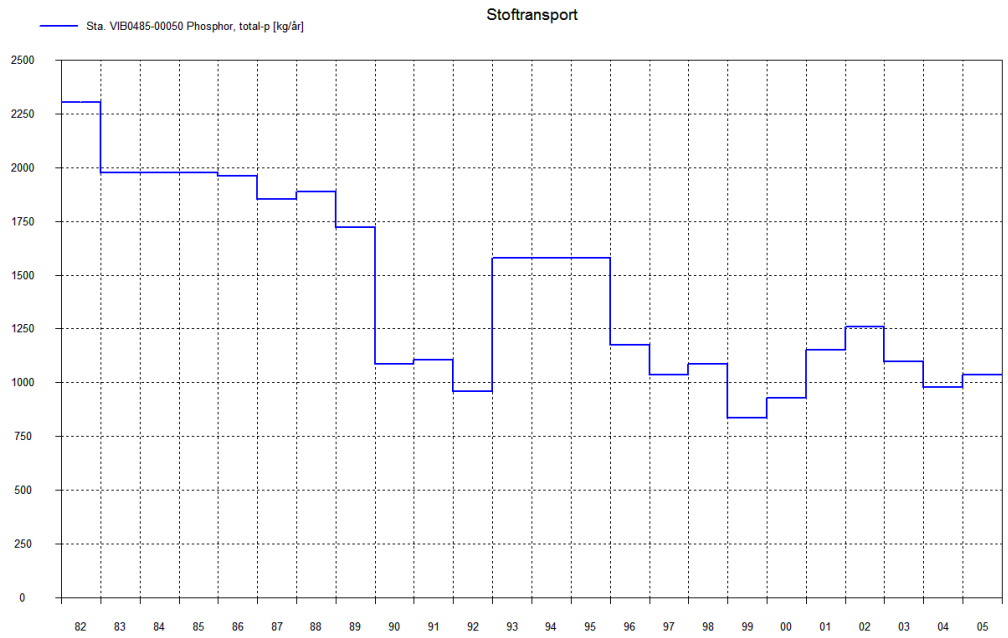


Foto: Blågrønalger i sommeren 2015 ved bådebro i den sydvestlige del af Søndersø.

5. SØERNES VAND- OG NÆRINGSSTOFBALANCE

5.1. Historisk tilførsel af fosfor

Til- og fraførsel af vand og næringsstofferne kvælstof og især fosfor er afgørende for miljøtilstanden i Viborgsøerne. Søerne modtager hovedparten af vand og næringsstoffer fra Nørremølle Å. Den historiske udvikling i Nørremølle Å i perioden 1982-2005 fremgår af figur 5.1.1. Der er sket en betydelig reduktion i stoftransporten af fosfor i denne periode på grund af især forbedret spildevandsrensning. Svingningerne i tilførslen fra år til år skyldes varierende nedbør og afstrømning samt fosforbalancen i Loldrup Sø.

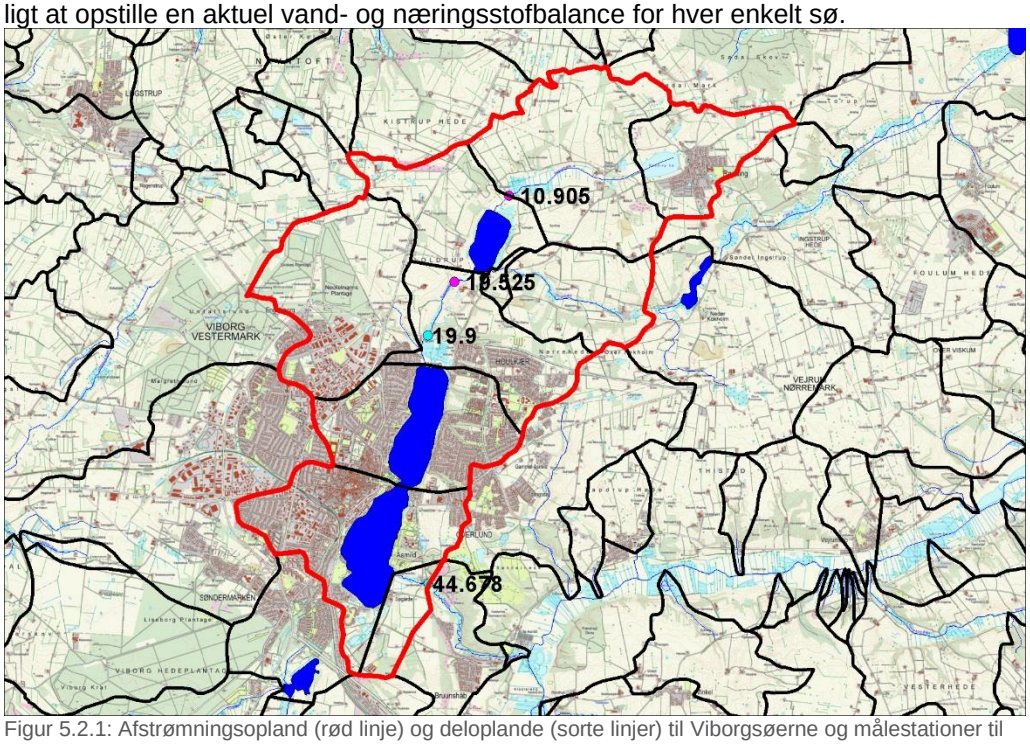


Figur 5.1.1: Årlig transport af fosfor i Nørremølle Å i perioden 1982-2005, hvor den væsentligste reduktion skete.

5.2. Metode og resultater

Viborg Kommune har hvert år i perioden 2006-2014 målt både vandføring, totalfosfor, opløst fosfor og totalkvælstof i både Nørremølle Å (station 18.525) og i de senere år også på station 19.9 samt i afløbet fra Søndersø (station 44.678). Placering af stationerne fremgår af figur 5.2.1. Orbicon har på baggrund af disse data beregnet den månedlige og årlige transport af vand, kvælstof og fosfor. Resultaterne giver mulighed for at vurdere udviklingen i tilførslen til søerne i de seneste 10 år samt en aktuel statusopgørelse. 2015 data indgår ikke, da indeværende rapport blev afsluttet inden udgangen af 2015. Ved også at inddrage vand- og stoftransporten fra det umålte opland og afløbet fra Søndersø, nedbørsdata og direkte tilførsler til søerne fra kloaknettet er der op-

stillet en vand- og næringsstofbalance for søerne. Da vandet i perioder kan løbe baglæns fra Søndersø til Nørresø under vejbroen ved Randersvej har det ikke været muligt at opstille en aktuel vand- og næringsstofbalance for hver enkelt sø.



Figur 5.2.1: Afstrømningsopland (rød linje) og deloplande (sorte linjer) til Viborgsøerne og målestationer til beregning af vand- og stoftransport.

Transporten af vand, kvælstof og fosfor er beregnet for følgende stationer for perioden 2006-2014:

210113 (10.905): Nørremølle å, os Loldrup Sø:
Vandføringen er beregnet for perioden 2006-2009 ved hjælp af QQ relation mellem udførte vandføringsmålinger på lokaliteten og beregnede døgnmiddelvandføringer på målestationen 19.02 Jordbro å, Jordbro Mølle.

Oplandsarealet for st. 210113 er 10,89 km^2

210110 (18.525): Nørremølle å, ns Loldrup Sø:
Vandføringen er beregnet for perioden 2006-2014 ved hjælp af QQ relation mellem udførte vandføringsmålinger på lokaliteten og beregnede døgnmiddelvandføringer fra følgende målestationer:

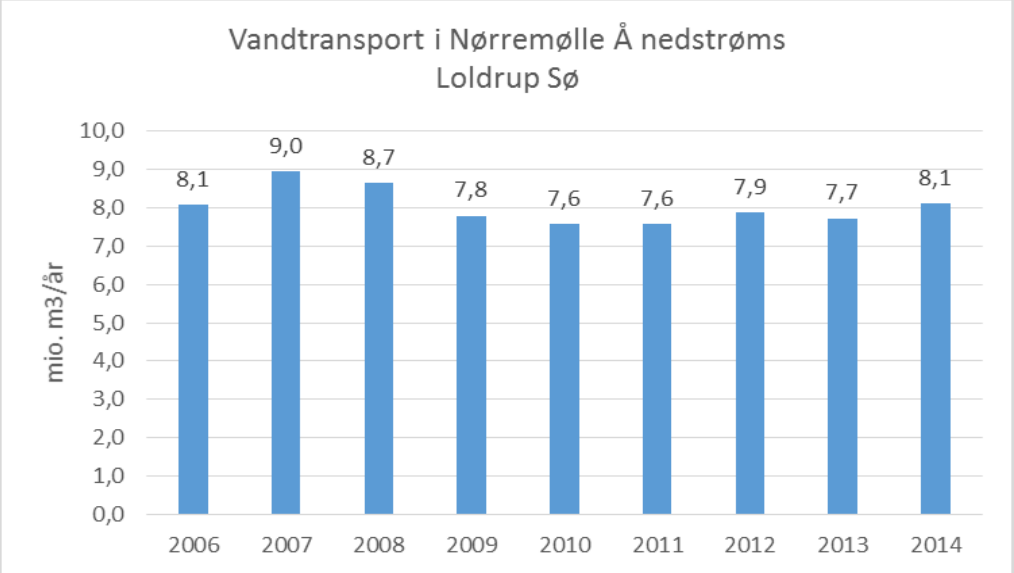
19.02 Jordbro å, Jordbro Mølle
21.68 Søndermølle å, Bruunshåb
21.90 Stigsbæk, Stigsbro

Oplandsareal for st. 210110 er 19,52 km^2.

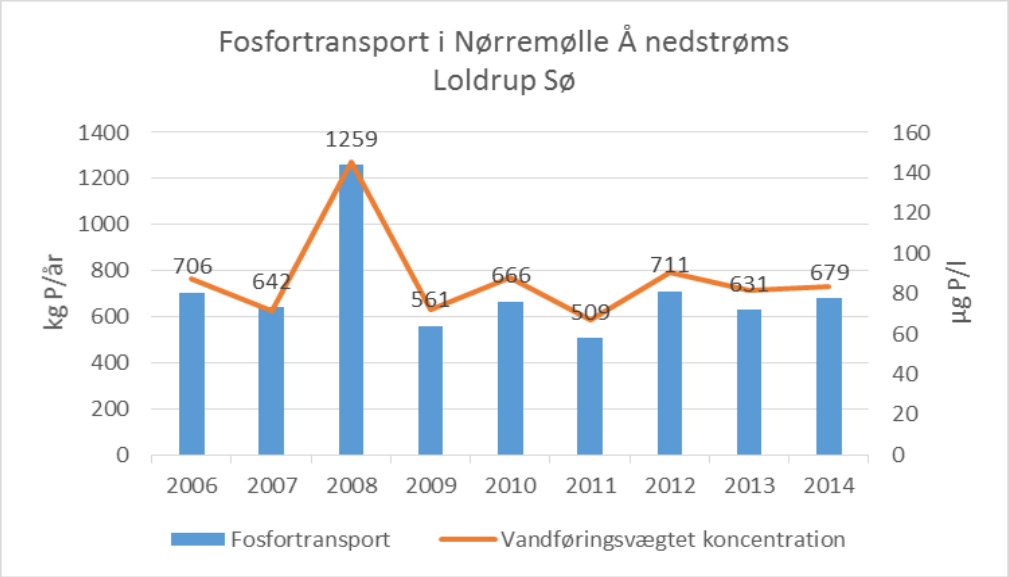
210936 (19.9): Nørremølle å, Nordre Ringvej:
Vandføringen er beregnet for 2014 ved hjælp af QH relation mellem målte vandstande og udførte vandføringsmålinger på lokaliteten. Oplandsarealet for st. 210936 er 20,49 km^2.

210900 (44.478): Søndermølle å, Søndermølle:
Vandføringen er beregnet for perioden 2006-2013 ved hjælp af QQ relation mellem udførte vandføringsmålinger på lokaliteten og beregnede døgnmiddelvandføringer på målestationen 21.68 Søndermølle å, Bruunshåb. Oplandsarealet for st. 210900 er 44,68 km^2.

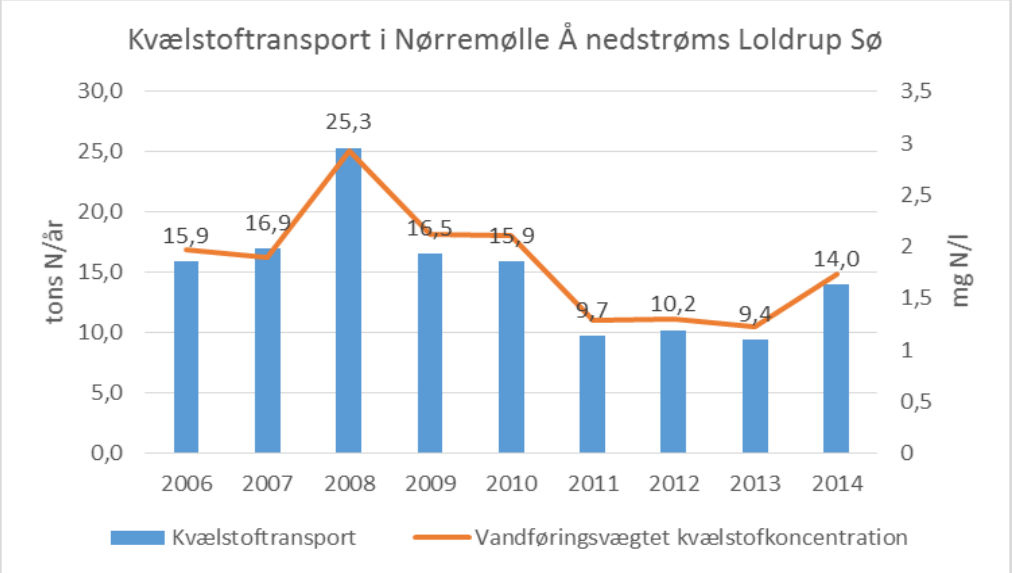
Transporten af vand, fosfor og kvælstof i Nørremølle Å nedstrøms Loldrup Sø fremgår af figur 5.1.2, 5.1.3 og 5.1.4, hvor også den vandføringsvægtede koncentration af fosfor og kvælstof i hvert år er vist. Det ses, at vand- og fosfortransporten har været relativt stabil i perioden 2006-2014, mens kvælstoftransporten er noget mere varierende men med en faldende tendens. De årlige udsving kan tilskrives en naturlig år til år variation i nedbør og afstrømning, men også interne processer i søerne opstrøms målestationen, især i Loldrup Sø. 2008 adskiller sig ved særligt høje koncentrationer af både kvælstof og fosfor i Nørremølle Å, hvilket formentlig skyldes en forværring af miljøstilstanden i Loldrup Sø ved et tilbagefald til en uklar tilstand og henfald af undervandsplanter. Den vandføringsvægtede årskoncentration af kvælstof og fosfor i Nørremølle Å er henholdsvis 1,5-2,0 mg N/l og 80-100 µg P/l.



Figur 5.1.2: Årlig vandtransport i Nørremølle Å nedstrøms Loldrup Sø (st. 18.525).



Figur 5.1.3: Årlig fosfortransport og vandføringsvægtet fosforkoncentration i Nørremølle Å nedstrøms Loldrup Sø (st. 18.525).



Figur 5.1.4. Årlig kvælstoftransport og vandføringsvægtet kvælstofkoncentration i Nørremølle Å nedstrøms Loldrup Sø (st. 18.525).

Det umålte opland er opgjort til 11,31 km^2 og strømmer til Nørremølle Å mellem st. 18.525 (Nørremølle Å nedstrøms Loldrup Sø) og indløbet i Nørresø. Bidraget fra det umålte opland er beregnet ved at anvende samme arealmæssige afstrømning og vandføringsvægtede koncentrationer som ved st. 18.525. Det giver en usikkerhed, idet Loldrup Sø har indflydelse på de målte referencekoncentrationer.

Det giver et samlet opland ved indløbet til søen på 30,83 km^2 ud af et samlet opland til Nørresø på 36,7 km^2. Resten af oplandet til Nørresø og oplandet til Søndersø er overvejende bymæssig bebyggelse og kloakeret område og herfra beregnes tilførslen af vand, kvælstof og fosfor som direkte tilførsler jf. data fra Viborg Kommune. Spildevandsdata er beregnet for 2015. Tilførslen af spildevand fra separatkloakerede områder til Nørremølle Enge er opgjort separat. Renseeffekten i Nørremølle Enge og sØnæs er fratrukket den samlede tilførsel til søerne.



Foto: Nørremølle Å ved Nørremølle Enge.

5.2.1 Vand og næringsstofbalance i søerne

På baggrund af de beregnede tilførsler af vand, kvælstof og fosfor er der opstillet en massebalance for Viborgsøerne, jf. tabel 5.1.1. Massebalancen er baseret på et gennemsnit af 6 år (2009-2014) for at kompensere for naturlige år til år variationer i tilførslerne. Desuden har perioden vist sig at være relativ stabil med hensyn til vand- og fosfortilførsel til søerne.

Der er beregnet stoftransport til søerne i 2014, men der er ikke tilstrækkelige data til at beregne en fraførsel i afløbet i 2014. Derfor er stoftransporten i afløbet beregnet for perioden 2009-2013.

Atmosfærisk bidrag for vand er sat til 0 (nedbør er lig fordampning, svarende til at søens volumen er uændret på årsbasis), mens bidraget af kvælstof er 15 kg N/ha søoverflade årligt og bidraget af fosfor 0,1 kg P/ha søoverflade årligt (Bjerring m.fl., 2014). Forskellen mellem tilført vand fra kendte kilder og den målte fraførsel kan skyldes indsivning af grundvand. Dette "restvand" tillægges en koncentration af kvælstof og fosfor svarende til medianen for de vandføringsvægtede koncentrationer i Nørremølle Å, dvs. 81 µg P/l og 1,63 mg N/l jf. metodebeskrivelsen i Bjerring m.fl., 2014.

	Vand, mio. m^3/år	Fosfor kg P/år	Kvælstof ton N/år
Nørremølle Å St. 18.525	7,77	626	12,63
Umålt opland	4,50	362	7,31
Spildevandstilførsel til Nørremølle Enge	0,60	60	0,24
Renseeffekt i Nørremølle Enge	-	-95*	-4,03
Spildvandstilførsel til Nørresø	0,27	141	0,57
Spildevandstilførsel til Søndersø	0,48	196	1,04
Renseeffekt af regnvandsbassin Riegelsgrunden	-	-20	-
Renseeffekt i Sønæs	-	-75	-0,10
Atmosfærisk bidrag	-	27	3,98
Grundvand	2,80	227	4,56
Samlet tilførsel	**16,4**	**1.449**	**26,2**
Samlet fraførsel via Søndermølle	**16,4**	**2.138**	**13,3**
Retention kg/år	-	-689	12,9
Retention, %	-	-48	49

Tabel 5.1.1: Massebalance for vand, fosfor og kvælstof i Viborgsøerne. *Effekt, når området er i fosforbalance.

Som det fremgår af tabel 5.1.1, er den samlede tilførsel af vand til Viborgsøerne 16,4 mio. m^3/år. Den samlede tilførsel af fosfor og kvælstof er henholdsvis 1.449 kg P/år og ca. 26 ton N/år. Der er sket et fald i tilførslen af fosfor gennem de seneste årtier. Tilførslen af fosfor var således ca. 3.100 kg P/år i 1985 og 1.800 kg P/år i 2005 (Johansson m.fl., 2006).

6. VURDERING AF VANDPLANENS BESTEMMELSER

6.1. Målsætning og miljøstand

Målsætningen i både vandplan 2009-2015 og udkast til vandområdeplan 2015-2021 er "god økologisk tilstand", og den nuværende tilstand er vurderet at være moderat for Nørresø og ringe for Søndersø. Det betyder, at målsætningen ikke er opfyldt i nogen af søerne. De seneste års overvågningsdata giver ikke anledning til en anden vurdering. Klorofylniveauet er stadig for højt på grund af for meget fosfor i søerne fra oplandet samt intern fosforbelastning i specielt Søndersø.

6.2. Fosfortilførsel

Naturstyrelsen har i vandplan 2009-2015 vurderet, at den nuværende tilførsel af fosfor til Nørresø er 1.397 kg P/år og til Søndersø 1.354 kg P/år ved status 2009 (e-mail fra Helle Jensen, Naturstyrelsen). I baseline 2015, dvs. når allerede planlagte tiltag er gennemført og opstrøms søer som Loldrup Sø er kommet i ligevægt, vil tilførslen være henholdsvis 1.318 kg P/år og 1.310 kg P/år. For at opnå målopfyldelse er der efterfølgende beregnet et yderligere indsatsbehov på 625 kg P/år til Nørresø og ingen indsats i oplandet til Søndersø (Naturstyrelsen). Desuden er der beregnet et indsatsbehov på 135 kg P/år til Loldrup Sø. Det giver et samlet indsatsbehov på 760 kg P/år til Viborgsøerne.

Beregningerne af tilførslerne er i indeværende rapport baseret på en samlet tilførsel til de to søer, mens udkast til vandområdeplan 2015-2021 opererer med adskilte tilførsler. Den samlede tilførsel til søerne i tabel 6.1.1 er således ikke summen af de to tilførsler, idet der i opgørelsen for Søndersø er indregnet en tilførsel fra Nørresø. Der er ingen tilgængelige oplysninger om beregningsforudsætningerne for den konkrete tilførsel mellem søerne i vandplanerne. DMU har tidligere beregnet en samlet fosfortilførsel til de to søer på 1.800 kg P/år i 2005 (Johansson m.fl., 2006). I indeværende undersøgelse blev den samlede tilførsel af fosfor til søerne (status 2009-2014) beregnet til 1.449 kg P/år, hvilket er lavere end DMU´s beregning i 2005.

Det er muligt at beregne den nuværende vand- og stoftilførsel til Nørresø men ikke til Søndersø, da der mangler data i kanalen under Randersvej, der forbinder de to søer. Under antagelse af, at grundvandsbidraget til Nørresø er halvdelen af det samlede bidrag til søerne, kan der beregnes en vandtilførsel til Nørresø på 14,5 mio. m^3/år og en tilførsel af fosfor på 1.219 kg P/år som gennemsnit for perioden 2009-2014. Det er tæt på vandplanens baseline 2015 på 1.318 kg P/år for Nørresø. Forskellen kan skyldes forskellige beregningsforudsætninger og et nyere datagrundlag i indeværende undersøgelse.

	Vandtilførsel, mio. m^3/år	Status 2009 kg P/år	Baseline 2015 kg P/år	Målsat tilførsel kg P/år	Indsatsbehov kg P/år
Fosfortilførsel Nørresø	13,0	1.398	1.318	693	625
Fosfortilførsel Søndersø	16,8	1.355	1.310	1.310	0

Tabel 6.1.1. Tilførsel af vand og fosfor til Nørresø og Søndersø og indsatsbehov i vandplanen for hovedvandopland Randers Fjord 2009-2015 (data fra Helle Jensen, Naturstyrelsen).

6.3. Indsatsbehov

6.3.1 Nørresø

Tilførslen af fosfor til Nørresø på 1.219 kg P/år er stadig for høj til at sikre en god økologisk tilstand i søerne. Ifølge vandplan 2009-2015 skal den nedbringes til 693 kg P/år og ifølge udkast til vandområdeplan 2015-2021 til 828 kg P/år.

Naturstyrelsen har til brug for planlægningen af vandområdeplaner 2015-2021 opstillet nye empiriske sammenhænge, der kan anvendes til at vurdere, hvilket fosforniveau der forventes at føre til målopfyldelse i forskellige søtyper (Naturstyrelsen, 2014). På baggrund af dette anvendes en sommermiddel fosforkoncentration på 0,053 mg P/l for lavvandede søer og 0,029 mg/l for dybe søer. Nørresø er kategoriseret som en dyb sø og Søndersø som en lavvandet sø.

Til at omregne mellem års- og sommermiddel-koncentrationer af TP ($TP_{år}$, TP_{sommer}) i henholdsvis lavvandede og dybe søtyper anvendes formlen i tabel 6.1.2, som er udarbejdet af DCE (Naturstyrelsen, 2014). 0,029 mg P/l svarer ifølge modellen til et årsgennemsnit på 0,045 mg P/l.

Lavvandede søtyper, typerne 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 og 15	$TP_{år} = 0{,}5603 * (TP_{sommer})^{0{,}8139}$; $R^2 = 0{,}93$
Dybe søtyper, typerne 2, 4, 6, 8, 10, 12 og 14	$TP_{år} = 0{,}7117 * (TP_{sommer})^{0{,}7782}$; $R^2 = 0{,}93$

Tabel 6.1.2: Omregning mellem sommer- og års middel fosforkoncentration.

Ud fra den beregnede årsmiddel koncentration ved målopfyldelse kan fosfortilførslen, der vil svare til et sommermiddel koncentration i Nørresø, beregnes gennem en model for sammenhæng mellem indløbskoncentration og årsmiddel fosforkoncentration.

Den såkaldte modificerede OECD model bruges til omregning mellem den årsgennemsnitlig totalfosforkoncentration i søen ($TP_{sø}$) og den gennemsnitlige indløbskoncentration ($TP_{indløb}$), idet sammenhængen afhænger af den hydrauliske opholdstid (tw, år). Modellen er opstillet på sødata < 0,2 mg P/l og fremgår af tabel 6.1.3.

Alle søer	$TP_{sø} = 1{,}095 * TP_{indløb}^{1{,}043} / (1+\sqrt{t_w})^{0{,}229}$ $R^2 = 0{,}40$	$TP_{indløb} = (TP_{sø} * (1 + \sqrt{t_w})^{0{,}229} / 1{,}095)^{1/1{,}043}$

Tabel 6.1.3: Sømodel til beregning af sammenhæng mellem fosforkoncentration i indløb og årsgennemsnitlig søkoncentration.

Ved at anvende en opholdstid på 0,6 år kan der beregnes en vandføringsvægtet indløbskoncentration ($TP_{indløb}$) til søen på 0,053 mg P/l. Ved at multiplicere 0,053 mg P/l med den samlede tilførsel af vand til Nørresø på 14,5 mio. m^3/år fås en målsat fosfortilførsel til Nørresø på 769 kg P/år. Dette tal afviger fra den målsatte tilførsel i vandplan 2009-2015 for Nørresø på 693 kg P/år, jf. tabel 6.1.1. Forskellen skyldes en kombination af, at den målsatte fosforkoncentration (sommergennemsnit) for dybe søer er øget fra 25 til 29 µg P/l, og omregningen fra målsat sommergennemsnit til årsgennemsnit er anderledes end tidligere.

Med Orbicons nye beregninger er indsatsbehovet for hele oplandet til Nørresø 450 kg P/år (1.219 kg P/år - 769 kg P/år). Beregningen er baseret på den faktiske tilførsel til søen og er ikke korrigeret for en fremtidig ligevægtstilstand i Loldrup Sø. Denne problemstilling behandles i kapitel 7.

6.3.2 Søndersø

Når Nørresø er kommet i ligevægt med den målsatte eksterne fosfortilførsel og har opnået en sommermiddel fosforkoncentration i søvandet på 0,029 mg P/l og en årsmiddel koncentration på 0,045 mg P/l, vurderes det, at Søndersø vil kunne leve op til kravene om en sommermiddel koncentration af fosfor på 0,053 mg P/l, der forventes at føre til målopfyldelse for lavvandede søer. Et beregningsoverslag viser, at fosfortilførslen til Søndersø i fremtiden vil være ca. 650 kg P/år (14,5 mio. m^3 vand x 0,045 mg P/l). Hertil kommer en tilførsel fra øvrige kilder (spildevand, grundvand og atmosfærisk deposition) på ca. 250 kg P/år. En samlet tilførsel på 900 kg P/år til Søndersø er således lavere end målbelastningen på 1.310 kg P/år i vandplanen for hovedvandopland Randers Fjord og målbelastningen på 1.127 kg P/år i udkast til vandområdeplan 2015-2021.

Orbicon konkluderer derfor som i vandplan 2009-2015, at der ikke er behov for en yderligere indsats i oplandet til Søndersø.

7. INDSATSMULIGHEDER I OPLANDET

Den væsentligste årsag til, at Viborgsøerne ikke har god økologisk tilstand, er en for stor tilførsel af fosfor fra oplandet og især kemisk og/eller biologisk "træghed" i søerne. I dette afsnit vurderes mulighederne for at begrænse tilførslen af fosfor til søerne fra oplandet, mens løsningsmuligheder i forhold til kemisk og og/eller biologisk "træghed" i søerne behandles i afsnit 8.

De indsatser, som udkast til vandområdeplan 2015-2021 giver mulighed for, omfatter fosforvådområder (P-ådale) og opkøb af dambrug. Der blev i vandplan 2009-2021 planlagt en indsats i form af P-ådale på 20,7 ha i oplandet til Loldrup Sø og på 31,4 ha i oplandet til Nørresø. Viborg Kommune har gennemført forundersøgelser af mulighederne for at etablere P-ådale, men det har ikke vist sig muligt at gennemføre på grund af manglende omkostningseffektivitet. Der findes ingen dambrug i oplandet til Viborgsøerne, så opkøb af dambrug er heller ikke en indsatsmulighed.

Ud over disse virkemidler kan andre dele af vandområdeplanens indsatsprogram bidrage til at forbedre søernes tilstand generelt. Det gælder først og fremmest øget spildevandsrensning. Der er dog ikke planlagt nogen øget spildevandsindsats over for renseanlæg, regnbetingede udledninger eller spredt bebyggelse i vandplan 2009-2015 eller i udkast til vandområdeplan 2015-2021.

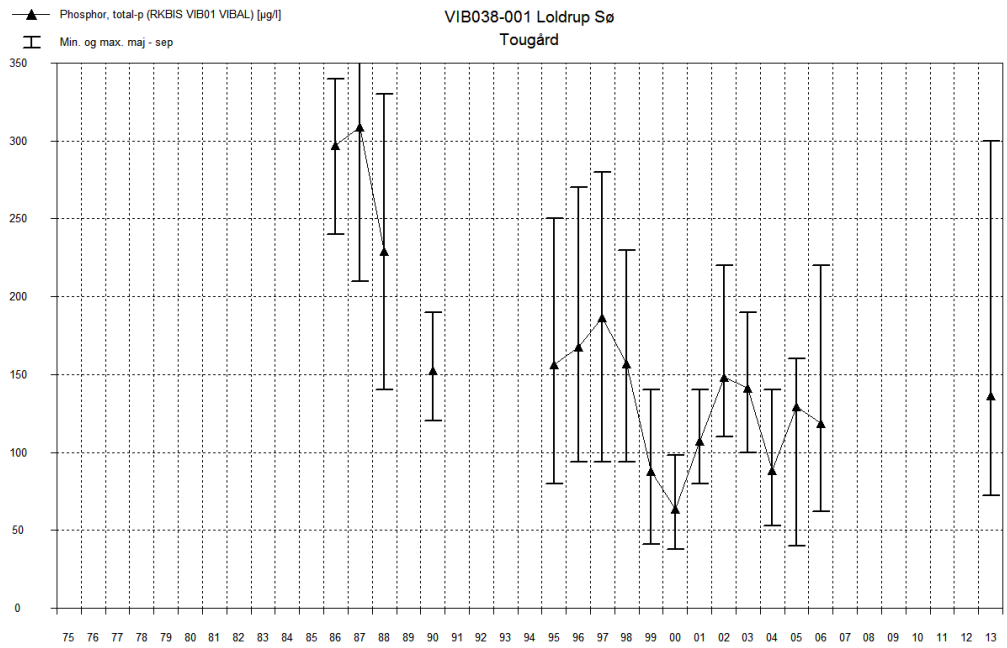
Fosforindsatsen i søoplande er generelt udfordret af mangel på omkostningseffektive virkemidler, hvorfor staten afsætter midler til yderligere udredning og forskning. Herunder afsættes midler til en forbedring af det faglige grundlag for tilrettelæggelsen af en omkostningseffektiv indsats i form af en videreudvikling af et fosforrisikokort, hvor områder med risiko for særligt stort tab af fosfor til vandmiljøet kortlægges.

Det forventes, at fosforvådområder i planperioden vil kunne erstattes af andre mindst lige så omkostningseffektive virkemidler, såfremt sådanne kan udvikles, og deres effekt kan dokumenteres. Der foreligger i skrivende stund ingen oplysninger om, hvornår et opdateret og udvidet virkemiddelkatalog er tilgængeligt og kan anvendes af kommunerne i deres planlægning og finansiering af indsatser, men Aarhus Universitet har udarbejdet et indsatskatalog med potentielle nye virkemidler, som kunne være relevante i oplandet til Viborgsøerne:

- Minivådområder placeret på dræn.
- Indsats over for risikoområder for tab af fosfor.
- Indsats i Loldrup Sø til begrænsning af fosfortab nedstrøms.

Disse indsatsmuligheder gennemgås i det følgende med forslag til geografiske indsatsområder. De endelige placeringer kræver dog en egentlig forundersøgelse og detailprojektering, der ligger uden for regi af indeværende rapport.

Som det ses af figur 7.1.1, er fosforkoncentrationen i Loldrup Sø faldet siden 1980-erne, hvilket kan forklare det samtidige fald i fosfortransporten i Nørremølle Å. Det fremgår også, at der er store variationer i fosforkoncentrationen og stadigvæk periodisk høje fosforkoncentrationer i søen om sommeren formentlig på grund af fosforfrigivelse fra søbunden. Da hovedparten af vandtilførslen til Viborgsøerne stammer fra afløb fra Loldrup Sø, kan det være nødvendigt at gennemføre en indsats her for at begrænse aflastningen af fosfor til Nørremølle Å. Problemstillingen er dog mere kompleks, idet også den opstrøms beliggende Rødding Sø har høje fosforkoncentrationer med et sommergennemsnit på 228 µg P/l i 2013.



Figur 7.1.1: Fosforkoncentration (sommergennemsnit) i Loldrup Sø i perioden 1986-2013. Kilde: Danmarks Miljøportal.

Ifølge vandplan 2009-2015 skal der ske en reduktion i tilførslen af fosfor til Loldrup Sø på 135 kg P/år (ud over baseline 2015 og når Rødding Sø er i ligevægt med den eksterne tilførsel). Med en fremtidig sommermiddel koncentration i Loldrup Sø i ligevægt på 0,053 mg P/l (forventet krav til lavvandede søer i vandområdeplan 2015-2021) og en beregnet årsmiddel koncentration på 0,051 mg P/l fås der ud fra en vandtilførsel fra søen på ca. 7,7 mio. m^3/år (Nørremølle Å nedstrøms Loldrup Sø fratrukket bidrag fra opland mellem søafløb og målestationen) en samlet fraførsel fra søen på 393 kg P/år.

Da stoftransporten ved Nørremølle Å nedstrøms Loldrup Sø i dag er 626 kg P/år (incl. fosforaflastning fra Loldrup Sø), vil den fremtidige fosfortilførsel til Nørresø med en opfyldt miljømålsætning i Loldrup Sø blive reduceret med 233 kg P/år (626 kg P/år - 393 kg P/år).

Den fremtidige fosfortilførsel til Nørresø vil således være 986 kg P/år, hvilket stadig er højere end Orbicons beregnede målsatte tilførsel på 769 kg P/år. Dermed er der behov for en supplerende indsats på 217 kg P/år i oplandet til Nørresø ud over den planlagte indsats i oplandet til Loldrup Sø i vandplanen.

Som tidligere nævnt er Rødding Sø ikke målsat i vandplan 2009-2015 og der er derfor heller intet indsatsprogram for denne sø. Rødding Sø´s høje fosforkoncentration er et problem for både Loldrup Sø og Viborgsøerne. Der kan ikke umiddelbart peges på eksterne kilder, der kan forklare den høje fosforkoncentration, så årsagen er formentlig fosforfrigivelse fra søbunden. Den forventes at falde med tiden, men processen kan muligvis fremskyndes gennem fosforfældning med aluminium eller phoslock, hvis søen er egnet hertil. Det ligger dog uden for regi af denne rapport.

7.1. Minivådområder

Konstruerede minivådområder med etableres i tilknytning til markdræn og virker ved at reducere drænvandets indhold af næringsstoffer (N, P) samt sediment, inden drænvandet udledes til recipienten. Virkemidlets funktion består i at afbryde markdrænet og lede drænvandet via et sedimentationsbassin og efterfølgende vådområde med skiftevis åbne, dybe vandzoner og lavvandede vegetationszoner tilbage til hoveddræn og/eller vandløb. Virkemidlet er målrettet dræntransport af næringsstoffer og kan principielt etableres på alle drænede landbrugsarealer i tilknytning til dræn eller grøfter, men omkostningseffektiviteten fordrer en kvantitativt betydende dræntransport. Konstruerede minivådområder er ikke egnet til anvendelse på lavbund i ådale, fordi ådalene generelt set er udstrømningsområder for grundvand, og herved bliver vandtransporten for høj. Et konstrueret vådområde kan etableres i områder, hvor der ikke naturligt dannes vådområder, som f.eks. i kanten af dyrkningszonen, hvor drænudløb kan tilkobles

Kvælstof (N) fjernelsen foregår som i naturlige vådområder fortrinsvis ved biologisk denitrifikation, hvor nitrat omdannes til frit atmosfærisk kvælstof. Virkemidlet virker endvidere ved at tilbageholde suspenderet sediment samt fosfor (P) ved sedimentation af partikulært P og til dels sorption af opløst fosfat (Kjærgaard og Hoffmann, 2010, 2013).

På baggrund af førsteårs danske moniteringsresultater er der fundet N-reduktionseffektivitet varierende fra 20 til 30 % af N-belastningen ved N-tab fra drænoplandet varierende fra 12 til 47 kg N/ha/år. Effekten på fosfor ser ud til at være endnu bedre. Der er således fundet en P-retentionseffektivitet varierende fra minimum 30 % til 56 % af P-belastningen ved P-tab fra 0,2 til 0,9 kg P/ha/år dækkende størstedelen af den variationsbredde, der vil være for dyrkede landbrugsjorde (<0,1 til >1 kg P/ha/år). Virkemiddelseffekten er direkte proportional med belastningen og varierer for første års resultater fra 5 til 46 kg P/ha vådområde/år. Med udgangspunkt i førsteårsresultater synes det realistisk at forvente en retention på min. 30 % af P-belastningen fra drænoplandet (Eriksen m.fl., 2014; Kjærgaard og Hoffmann, 2013).

Prisen på etablering af minivådområder kan variere fra 150.000 til 300.000 kroner afhængigt af omfang af gravearbejde. Det kan i visse tilfælde blive dyrere, hvis der skal omlægges dræn og installeres pumpe eller membran. Der er dog stadig tale om et meget omkostningseffektivt virkemiddel med den rette placering og dimensionering. Minivådområder er endnu ikke et godkendt virkemiddel i vandplanerne, men Orbicon vurderer både ud fra erfaringer med egne forsøgsanlæg og erfaringer fra Aarhus Universitets forsøgsanlæg, at det har et betydeligt potentiale for at fjerne en del af den landbrugsrelaterede tilførsel af fosfor til Loldrup Sø og dermed Viborgsøerne. Især landbrugsarealer langs Nørremølle Å mellem Rødding Sø og Loldrup Sø og arealer ned til Stigsbæk opstrøms Loldrup Sø kunne undersøges nærmere for mulige placeringer.

En forundersøgelse kunne klarlægge drænsystemernes placering, vandmængde og fosfortab samt placeringsmuligheder og dimensionering af minivådområder.

7.2. Dyrkningsfrie randzoner målrettet fosforfjernelse

Ifølge tidligere lov om randzoner (LBK nr. 894 af 15/07/2014) må der i landzone ikke foretages gødskning og anden jordforbedring, sprøjtning, dyrkning eller anden jordbearbejdning i en randzone på indtil 10 m, jf. stk. 4, fra bredden af de åbne vandløb og søer med et overfladeareal på mere end 100 m^2. Randzoneloven blev ophævet i januar 2016. Det vil medføre, at tabet af fosfor og kvælstof fra de vandløbsnære arealer stiger, men effekten vil være meget forskellig fra sted til sted.

Som kompensation kan der etableres dyrkningsfrie randzoner designet til maksimal fosforfjernelse. Denne form for randzoner dækker over, at randzonerne i højere grad designes til det umiddelbare opland, men stadig med udgangspunkt i et areal, der ligger i tilknytning til et vandløb eller en sø. Det betyder, at randzonens bredde fra kronekanten kan varieres fra de pligtige 2 meter bræmmer til en bredde bestemt bl.a. af de lokale topografiske og jordbundsmæssige forhold, fjernelse af næringsstoffer fra randzonen ved høst kan implementeres, og træer kan plantes for at beskytte brinkerne. Randzoner målrettes i forhold til de arealer, hvor primært fosfortabet via overfladisk afstrømning er væsentligt. Dette virkemiddel er beskrevet i Eriksen m.fl., 2014, men er endnu ikke implementeret som virkemiddel i statens virkemiddelkatalog.

En udlagt, udyrket randzone vil på grund af dens permanente vegetation og større infiltrationskapacitet end de tilstødende marker være i stand til at tilbageholde en del af de jordpartikler (sediment med partikulært fosfor) og opløst fosfor, som det overfladisk afstrømmende vand har eroderet fra marken og ført ned mod vandløbet. Tilbageholdelsen af fosfor i randzoner sker ved flere processer: Sedimentation i randzonen af partikelbundet fosfor og infiltration af opløst fosfat i randzonens jordmatrice. Det er muligt at optimere på alle disse processer ved et intelligent design og pleje af randzonen. Der opnås en forbedring i randzonens evne til at tilbageholde sediment og total

fosfor ved stigende bredder af randzonen, jf. tabel 7.2.1. (Eriksen m.fl., 2014; Kronvang m.fl., 2014). Desuden kan tilbageholdelsen øges ved fjernelse af fosfor ved høst på randzonen og beskyttelse af brink ved udplantning af pil, rødel m.m. i randzonen.

Randzone bredde (m)	Total fosfor tilbageholdelse (%)		
	Model simuleret	95 % konfidensinterval	
2	32	6	60
4	45	15	75
10	62	22	103
20	75	25	125
30	83	23	143

Tabel 7.2.1: Simuleringer af fosfortillbageholdelse ved forskellige bredder af randzoner. Kilde:Kronvang m.fl., 2014.

Potentialet for dyrkningsfrie bræmmer målrettet fosforfjernelse omfatter i oplandet til Nørresø især skrånende landbrugsarealer ned til Stigsbæk og Nørremølle Å mellem Rødding Sø og Loldrup Sø. En forundersøgelse kan klarlægge mulige placeringer. Et tidligere udarbejdet fosforrisikokort udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelse vil kunne understøtte en udpegning, men kortet er ikke tilgængeligt på http://www.np-risikokort.dk.



Foto: Dyrkede arealer ned mod Stigsbæk i oplandet til Loldrup Sø.

7.3. Spildevand

For spredt bebyggelse er der ikke planlagt tiltag i oplandet til Viborgsøerne, der vil reducere stofbelastningen.

I indeværende spildevandsplanperiode (2014-2018) er det planlagt, at 3 mindre områder i oplandet til Viborgsøerne skal omlægges fra fælleskloak til separatkloak. De tre områder er:

- Slesvigsgade og Fredensgade i den vestlige del af Viborg Midtby (via ny rensedam ved Sønæs) - udføres 2015.
- Smedegårdsvej i Overlund (via eksisterende rensedam i Overlund) - udføres 2015.
- Asmildvej og Elmevangen i Overlund (planlagt rensedam i Helledalen) - forventes udført 2016.

Omlægning af fælleskloak til separatkloak i søernes opland vil generelt medføre en øget belastning af Viborgsøerne, idet regnvandskloakker har udledning til søerne, mens fælleskloakker ledes til Bruunshåb Centralrenseanlæg nedstrøms søerne. Un-

der kraftig regn aflaster fælleskloakken dog stadig til Viborgsøerne. Det forholdsvis beskedne omfang af planlagte separatkloakeringer i oplandet til Viborgsøerne i 2014-2018, vurderes at medføre en beskeden merudledning af fosfor til søerne.

Der er desuden vedtaget en helhedsplan for Viborg Baneby (området ved banegården i Viborg). I løbet af de kommende år vil banebyområdet blive omdannet fra et ældre bynært erhvervsområde til en levende og bæredygtig bydel, hvor sammenhængen med omliggende byområder vil blive forbedret. I den forbindelse vil området gradvist blive omlagt fra fælleskloak til separatkloak. Det forventes i den forbindelse, at Lokal Afledning af Regnvand (LAR) vil medvirke til at undgå/mindske belastningen af søerne.

Det vurderes, at de allerede planlagte spildevandstekniske tiltag i de kommende år ikke vil medføre væsentlige ændringer af fosfortilførslen til Viborgsøerne.

7.3.1 Muligheder for reduktion af spildevandspåvirkning

I dette afsnit diskuteres mulighederne for at gennemføre yderligere foranstaltninger, der kan begrænse tilledningen af fosfor til Viborgsøerne fra spildevandssystemet.

Viborgsøerne er belastet af regnbetingede udløb fra Viborg og indirekte opstrøms af regnbetingede udløb fra Rødding. De regnbetingede udløb i Rødding er forsynet med bassiner og renseforanstaltninger, der betyder, at påvirkningen er minimal og meget omkostningsfuldt at reducere yderligere.

Fra Viborg er der omkring 50 regnbetingede udløb, hvoraf ca. ¼ er fra fælleskloakken, som alle er forsynet med bassin. I de senere år er der på fælleskloakken etableret to meget store bassiner. Det ene er placeret på Riegels grund og det andet på det tidligere kaserneområde. I dag er der derfor sjældent overløb fra fælleskloakken til Viborgsøerne.

Mange af separatkloakkens udløb er forsynet med en rensedam, som tilbageholder ca. 60 % af fosformængden. For de resterende udløb fra separatkloakken er det meget vanskeligt at etablere bassiner, da der ikke er plads til etablering af disse. Energi Viborg (daværende Viborg Kommune) har foretaget en undersøgelse af placeringsmuligheder i 2004. Rapporten anviste bl.a. plads til etablering af en rensedam ved sØnæs, som er gennemført. Tilbage er der nu kun marginale muligheder for at etablere yderligere rensedamme.

Der er principielt tre måder at reducere påvirkningen fra regnbetingede udløb på Viborgsøerne:

- begrænsning ved kilden,
- rensning før udledning,
- flytning af udløbssted til Søndermølle Å.

Der er flere løsninger for dette, som er belyst i en rapport fra 2003 udarbejdet for Energi Viborg (daværende Viborg Kommune). Nogle af løsningerne i rapporten er:

Separering af fælleskloakken
I alle de fælleskloakerede oplande skal der etableres en ekstra kloakledning, så spildevand og regnvand kan adskilles. Løsningen vil imidlertid give en markant stigning i udledningen af fosfor, så løsningen er ikke god, hvis formålet alene er at reducere udledningen af fosfor til Viborgsøerne.

Lokal nedsivning af tagvand
En stor del af de befæstede arealer i Viborg er tagflader, mens resten er veje, fortove og pladser. Dermed er der potentielt store befæstede arealer der kan fjernes, hvis grundejerne nedsiver tagvandet på egen grund.

Yderligere rensning af udløb fra rensedamme
Der findes forskellige metoder, som kan reducere udledningen af fosfor yderligere fra de eksisterende rensedamme f.eks. ved etablering af filter i afløbet.

Afskærende ledning for separatkloakken
Ude i søerne etableres en såkaldt afskærende regnvandsledning. Den opsamler alt afløbet fra separatkloakkens udløb med bassiner og godt halvdelen af vandmængden fra separatkloakkens udløb uden bassin. Ledningen placeres på bunden af søerne og fortsætter videre til et bassin, der placeres ved Søndermølle Å, hvortil der pumpes. Sidstnævnte løsning vil give den største reduktion af fosforpåvirkningen, men kræver en stor investering og kan på længere sigt øge påvirkningen med næringsstoffer, organisk stof og miljøfremmede stoffer i nedstrøms beliggende recipienter. Det skyldes, at "renseeffekten" i Viborgsøerne vil udeblive.

Der er ikke i indeværende rapport foretaget økonomiske beregninger af de foreslåede tiltag. Hvis det ikke er muligt at sikre opfyldelse af miljømålsætningerne i Viborgsøerne alene ved indsatser i det åbne land og egentlig sørestaurering kan det undersøges nærmere, om der skal ske en yderligere spildevandsindsats, selvom det ikke er det billigste virkemiddel.

8. INDSATSMULIGHEDER I SØERNE (SØRESTAURERING)

Sørestaurering kan fremskynde en tilstand med klarere vand og en større udbredelse af undervandsplanter. Det er dog vigtigt at pointere, at sørestaurering ikke kan stå alene som indsats, hvis effekten skal være langsigtet. Sørestaurering bør anvendes som en mulig supplerende indsats, når den forebyggende fosforindsats i søens opland er gennemført. I udkast til vandområdeplan 2015-2021 er der planlagt sørestaurering i de tilfælde, hvor intern fosforbelastning er årsag til, at søen ikke senest i 2027 kan opnå en god økologisk tilstand. Indsatsen kan være i form af opfiskning af fredfisk, tilsætning af aluminium m.m. Viborgsøerne er dog ikke udpeget til en sådan indsats, der i givet fald skal besluttes og finansieres af Viborg Kommune uden for regi af vandplanen og den kommende vandområdeplan 2015-2021.

8.1. Nørresø

I Nørresø er der allerede foretaget to typer sørestaurering; iltning af bundvandet og udsætning af gedder. Resultaterne af iltningen er summarisk gennemgået i de følgende afsnit.

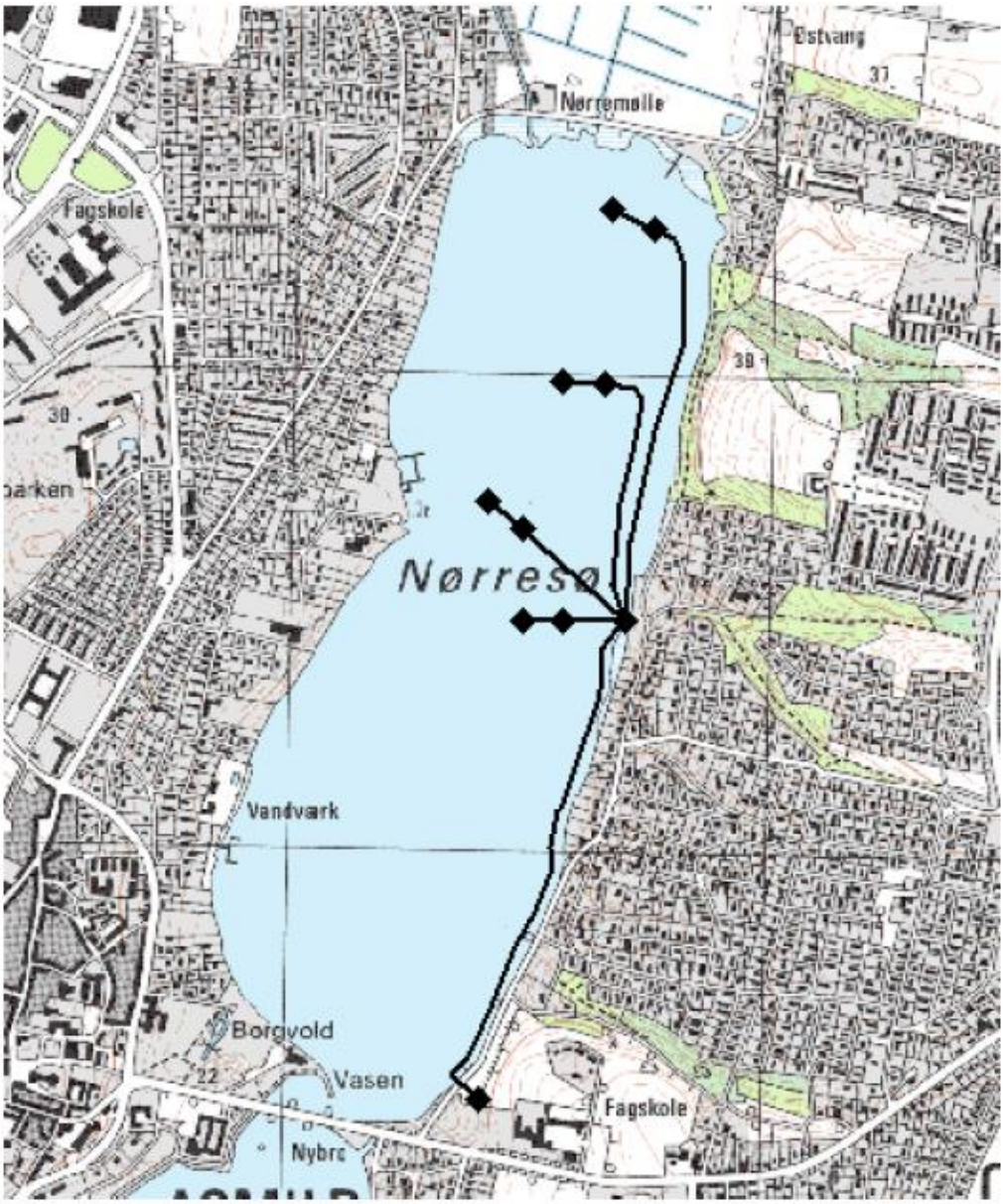
Der har ikke kunne dokumenteres en effekt på vandkvaliteten af udsætning af gedder. Nyere undersøgelser viser, at udsætning af geddeyngel ikke har nogen væsentlig betydning for vandkvaliteten i søer og anbefales ikke længere som sørestaureringsmetode (Liboriussen m.fl., 2007).

8.1.1 Iltning af bundvandet

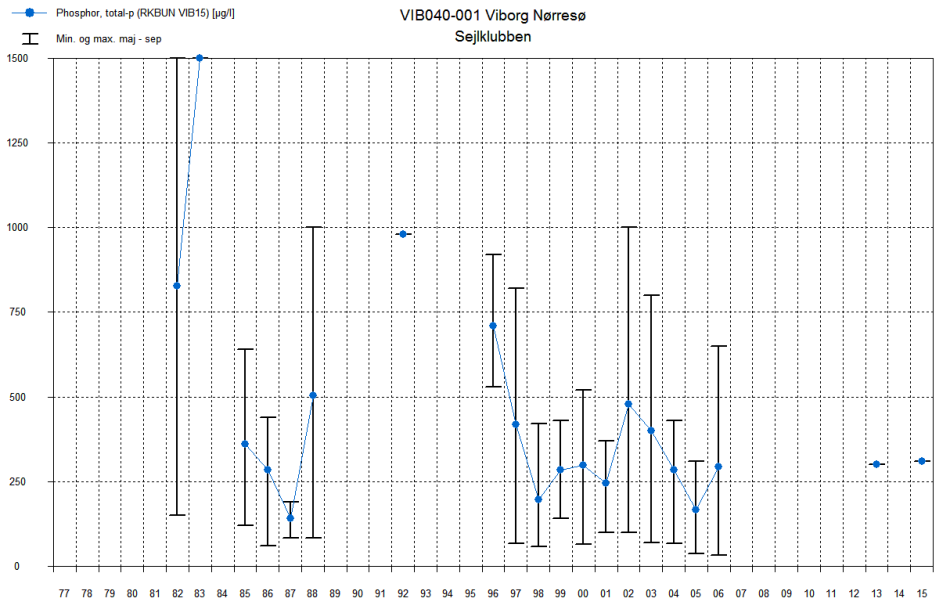
I de sidste ca. 20 år er Nørresø forsøgt restaureret ved iltning af bundvandet om sommeren. Viborg Kommune etablerede i sommeren 1996 et iltningsanlæg på østbredden i den sydligste del af Nørresø. Fra iltningsanlægget udgår der langs søbunden fire forsyningsledninger til den nordlige og dybeste del af søen, figur 8.1.1. Ilttilførslen har varieret noget fra år til år men har i de senere år været 100-135 ton pr. år. I nogle år mindre, fordi lystsejlere og lystfiskere kom til at rive iltledningerne over. Hvor der typisk blev opnået koncentrationer på 0,5-1 mg P/l uden iltning, blev der under iltningen oftest registreret koncentrationer mellem 0,2 og 0,5 mg P/l, dvs. ca. en halvering (Johansson m.fl., 2006).

Iltningen af bundvandet vurderes at have haft en positiv effekt, idet der efter 1996, hvor iltningen blev påbegyndt, er sket en reduktion af de højeste fosforkoncentrationer ved bunden. I 1996 var fosforkoncentrationen (total-P) således ca. 700 µg P/l men har siden 2001 ligget på et niveau omkring 250 µg P/l som sommergennemsnit, figur 8.1.2. Fosforpuljen i bundvandet før iltningen var hovedsagelig var i form af opløst fosfor (ortho-P), og det er først og fremmest koncentrationen af den opløste fosfor, som er blevet reduceret efter iltningen blev påbegyndt. Det indikerer en mindre frigivelse af jernbundet fosfor som følge af bedre iltforhold henover sedimentet. Der er dog meget

få målinger af jern i bundvandet, der kan verificere dette. Også indholdet af ammonium falder markant i forbindelse med iltningen, og reduceres fra 1-3,5 mg/l som maksimum til 1-2 mg/l.



Figur 8.1.1: Kort, der viser placeringen af iltningsslangerne i Nørresø. I 2011 kom der et nyt iltningsanlæg, som afviger noget fra det viste kort.



Figur 3.1.7: Koncentration af fosfor (sommergennemsnit) i Nørresø ved bunden i perioden 1977-2015. Søjlerne viser den højeste og laveste koncentration i de enkelte måleår. Kilde: Danmarks Miljøportal.

Den positive effekt af iltningen på fosforkoncentrationen i bundvandet er i overensstemmelse med tidligere vurdering af Danmarks Miljøundersøgelser (Johansson m.fl., 2006). Det skal dog nævnes, at iltningen også kan have negative effekter på miljøtilstanden. F.eks. er der risiko for, at iltningen bryder springlaget og øger opblandingen af vandmasserne, så overfladevandet tilføres fosforrigt bundvand om sommeren. Det kan være en af forklaringerne på den stigende fosforkoncentration i overfladevandet siden 2011, hvor det nye iltningsanlæg blev etableret. Iltningen kan også øge omsætningen af organisk stof i sedimentet og dermed teoretisk set øge puljen af opløst mobilt fosfor. Der mangler dog viden om disse forhold.

Som en forsøgsordning kan iltningsanlæggets funktion undersøges nærmere eller iltningen kan standses et par år for at undersøge, om det reelt gavner søen.

8.2. Søndersø

I Søndersø er der foretaget to typer sørestaurering. Opfiskning af skaller og brasen og udplantning af undervandsplanter. Resultaterne er summarisk gennemgået i de følgende afsnit.

8.2.1 Udplantning

Forsøgene med udsætning af vandplanter er ikke slået an, idet de udplantede planter blev ødelagt den første vinter. Der har således ikke været nogen effekt af udplantningen på vandkvaliteten.

Det kan ikke anbefales at genoptage udplantning af vandplanter. Hvis sigtdybden stiger i søen vil de eksisterende plantearter i søen brede sig naturligt, og der vil indvandre nye arter fra Nørresø.

8.2.2 Opfiskning af skaller og brasen

Viborg Amt foretog i perioden 1987-2005 opfiskning af fredfisk (overvejende skaller og brasen) i Søndersø. Indsatsen af opfiskningerne er varieret fra år til år, og der er anvendt pæleruser, bundgarn, nedgarn og vod. Indtil 1995 blev der anvendt landbaseret vodtrækningsudstyr, hvorefter man gik over til at have vodtrækningsudstyret på flåder, så man kunne fiske nye steder i søen (Johansson m.fl., 2006). Der er opfisket mest intensivt fra 1987 til 1993 med årlige fangster på 10-30 ton og igen fra 1997 til 2001.

I en analyse af danske søer, hvor der er gennemført indgreb i fiskebestanden, konkluderes det, at der kan opnås positive effekter ved opfiskning af mindst 200 kg fisk per ha inden for 3 år. (Liboriussen m.fl., 2007). Generelt anbefales det, at op til 80% af fredfiskenes biomasse fjernes inden for 1-2 år. Opfiskningsmængden øges, jo mere næringsrig søen er. Selvom opfiskningen i perioden 1997-2001 var højere har det ikke været tilstrækkeligt til at forbedre vandkvaliteten som ønsket i retning af lavere koncentrationer af fosfor og klorofyl og større sigtdybde. Der er stadig en dårlig balance mellem fredfisk og rovfisk. Yderlige oplysninger og vurderinger af opfiskningen i Søndersø findes i Johansson m.fl., 2006.

Der blev i Loldrup Sø i perioden 1996-1999 foretaget en intensiv opfiskning af fredfisk, hvor der blev fjernet i alt 14,4 tons skalle og brasen, hvilket svarer til 369 kg/ha. Dette medførte en kraftig stigning i sigtdybde og plantedække og et markant fald i fosforkoncentrationen (Viborg Amt 2002). Denne forbedring af vandkvaliteten i Loldrup Sø har haft en positiv indflydelse på vandkvaliteten i Viborgsøerne på grund af det reducerede indhold af næringsstoffer i Nørremølle Å, men Loldrup Sø er i de senere år faldet tilbage til en uklar tilstand uden vandplanter.

En af årsagerne til dette tilbagefald i både Søndersø og Loldrup Sø, at der sker en stor ind- og udvandring af fisk mellem Viborgsøerne og Loldrup Sø. Mærkningsforsøg med fisk udført af DTU Aqua har således dokumenteret, at 30 % af brasenbestanden i 2005 vandrede fra Loldrup Sø til Viborgsøerne, hvorefter Loldrup Sø i 2006 og 2007 var klarvandet med mange vandplanter. I maj 2009 vandrede 40 % af brasenbestanden (35-50 cm) den modsatte vej fra Viborgsøerne til Loldrup Sø, og året efter var Loldrup Sø meget uklar og vandplanterne forsvundet (Christian Skov, DTU Aqua, personlig meddelelse). Der sker også store forflytninger af skaller og små brasener mellem søerne i vinterhalvåret. Disse resultater viser, at det vil være vanskeligt at foretage en afgrænset sørestaurering ved opfiskning af fredfisk i en af Viborgsøerne, som har varige effekter på miljøtilstanden. Desuden er fosforkoncentrationen så høj, at søerne i løbet af nogle år vil falde tilbage til tilstanden før opfiskningen.

Fosforkoncentrationen vurderes stadig at være for høj til at sikre en permanent effekt af en opfiskning, men ved reduktion af tilførslen fra oplandet jf. krav i vandplan 2009-2015 kombineret med opfiskning som tilbagevendende plejeforanstaltning i en årrække vil der kunne opnås hurtigere forbedringer i vandkvaliteten i Loldrup Sø, hvilket også vil gavne især Nørresø.

9. KLIMAÆNDRINGERS EFFEKT PÅ SØERNE

I år 2100 forventes der en forøget temperatur på grund af global opvarmning forårsaget af kulturbetinget udledning af CO_2 og andre klimagasser til atmosfæren, der medfører en "drivhuseffekt" på varmeudstrålingen fra jorden. Der forskes i flere lande i de mulige effekter af klimaændringerne, der ud over stigninger i temperaturen også vil medføre mere nedbør generelt i Danmark samt et andet nedbørsmønster med mere tørre somre kombineret med hyppigere skybrud og mere våde vintre.

Aarhus Universitet er langt fremme i forskningen af mulige påvirkninger af vores søer i et fremtidigt varmere klima. På baggrund af blandt andet klimaforskningsprojektet Conwoy har man i en række forsøgsbassiner ved Silkeborg simuleret klimaændringer i søer. De vigtigste konklusioner fra undersøgelserne er følgende:

- Højere vandtemperaturer medfører dårligere iltforhold ved bunden og dermed større fosforfrigivelse.
- Kraftigere forekomst af blågrønalger tidligere på året og mere uklart vand i længere perioder.
- Større dominans af små fredfisk, der æder de dafnier, der ellers er med til at holde vandet klart.

Analyserne viser, at den globale opvarmning vil medføre en forværring af miljøtilstanden i de danske søer og dermed også Viborgsøerne. Konsekvensen vil være, at kravene må skærpes over for tilførsel af næringsstoffer fra spildevand og landbrug til søerne i fremtiden, hvis der skal opnås klart vand i de danske søer (Jeppesen m.fl., 2009). Øget og mere kraftig nedbør vil også føre til større erosion langs vandløbene og større udvaskning af næringsstoffer fra dyrkede arealer. Det vil alt andet lige øge tilførslen af fosfor til søerne og dermed yderligere vanskeliggøre indsatsen for at opnå klart vand i de danske søer.

Alle de nævnte forhold forventes også at slå igennem i Viborgsøerne.

10. OPSAMLING AF FORSLAG TIL INDSATSER

10.1. Indsatsmuligheder i oplandet

Orbicons beregninger viser, at det er nødvendigt at reducere fosfortilførslen til Nørresø med ca. 217 kg P/år ud over den reduktion, der ifølge vandplanen skal gennemføres for at opfylde vandplanens målsætninger for Loldrup Sø. Da det vil være vanskeligt at gennemføre hele indsatsen ved en indsats over landbrugsbidrag alene, bør indsatsen kombineres med tiltag overfor regnbetingede udledninger af spildevand (RBU) til Viborgsøerne.

I deloplandet til Loldrup Sø anbefaler Orbicon følgende tiltag, der kan reducere tabet af fosfor fra landbrugsarealer og andre diffuse kilder:

- Etablering af minivådområder på dræn til fjernelse af fosfor og kvælstof.
- Etablering af randzoner langs vandløb på landbrugsarealer med risiko for erosion og dermed tab af fosfor.
- Udtagning af landbrugsjorde på vandløbsnære arealer.

I det øvrige opland til Viborgsøerne anbefaler Orbicon følgende tiltag, der kan reducere udledningen af fosfor fra spildevand. Fokus bør især være på udledninger af spildevand til Nørresø, idet det vil gavne både Nørresø og Søndersø.

- Lokal nedsivning af tagvand.
- Yderligere rensning af udløb fra rensedamme.
- Afskærende ledning for separatkloakken til Søndermølle Å nedstrøms Viborgsøerne.

10.2. Indsatsmuligheder i søerne (sørestaurering)

Orbicon anbefaler følgende tiltag:

- Restaurering af Loldrup Sø (og evt. Rødding Sø) ved gentagne opfiskninger af skidtfisk med henblik på hurtigere målopfyldelse i søen og en lavere fosforkoncentration i Nørremølle Å nedstrøms søen.
- Kontrol af iltningsanlæggets effekt og/eller forsøg med ophør af iltning i Nørresø i nogle år med opfølgende overvågning af vandkvaliteten. Eventuelt fortsat optimeret iltning af Nørresø.

11. REFERENCER

Bjerring, R., Windolf, J., Kronvang, B., Sørensen, P. B., Timmermann, A., Kjeldgaard, A., Larsen, S. E., Thodsen & H., Bøgestrand, J. 2014. Belastningsopgørelser til søer. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 102 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 36.
http://dce2.au.dk/pub/TR36.pdf

Eriksen, J., Nordemann Jensen, P., Jacobsen H. B. (2014). Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. Rapport fra DCA- Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T. & Sortkjær, L. 1997: Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 211. 106 s.

Jeppesen, E., Jørgensen, T.B., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Meerhoff, M., Liboriussen, L., Holmgren, K. 2009: Klimaændringer i Danmark – Effekt på søer. Vand og Jord. 16. årgang nr. 4, november 2009.

Johansson, L.S., Søndergaard, M., Liboriussen, L. & Jacobsen, T. 2006: Miljøtilstand og udvikling i Viborgsøerne 1985-2005. 55 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 607.
http://www.dmu.dk/pub/fr607.pdf.

Kjærgaard, C., Hoffmann, C.C.. 2010. Konstruerede vådområder som effektive landskabsfiltre. Vand & Jord nr. 2, 2010.

Kjærgaard, C., Hoffmann, C.C.. 2013. Konstruerede vådområder til målrettet reduktion af næringsstof-fer i drænvand. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, og DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Landbrug. Aarhus Universitet.

Kronvang, B. et al (2014). Etablering af ”intelligent” udlagte randzoner. Notat fra DCE, Nationalt center for miljø og energi, Aarhus Universitet.

Liboriussen, L., Søndergaard, M. & Jeppesen, E. (red.) 2007: Sørestaurering i Danmark. Del I: Tværgående analyser. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 88 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 636.

Naturstyrelsen, 2014a: Vandplan 2009-2015. 1.5 Randers Fjord. Hovedvandopland 1.5. Vanddistrikt Jylland og Fyn.

Naturstyrelsen (2014b): Udkast til Vandområdeplan 2015-2021 for Vandområdedistrikt Jylland og Fyn. December 2014.

Naturstyrelsen (2014c): Retningslinjer for udarbejdelse af vandområdeplaner 2015-2021. Intern arbejdsinstruks 2014.

Orbicon 2006a. Vegetationen i Viborg Nørresø 2006. Rapport til Viborg Amt. 66 s.

Orbicon 2006b. Vegetationen i Viborg Søndersø 2006. Rapport til Viborg Amt. 46 s.