



Norddjurs Kommune

Restaurering af Dystrup Sø og Ramten Sø

FORUNDERSØGELSE AF MULIGHEDERNE FOR SØRESTAURERING I DYSTRUP SØ OG RAMTEN SØ

Norrdjurs Kommune

Restaurering af Dystrup Sø og Ramten Sø

FORUNDERSØGELSE AF MULIGHEDERNE FOR SØRESTAURERING I DYSTRUP SØ OG RAMTEN SØ

Rekvirent	Norrdjurs Kommune
Rådgiver	Orbicon A/S Jens Juuls Vej 16 8260 Viby J
Projektnummer	1321600453
Projektleder	Henrik Skovgaard
Tekst	Henrik Skovgaard og Jonathan David Carl
Kvalitetssikring	Henrik Skovgaard
Revisionsnr.	0.3
Godkendt af	Simon Grünfeld
Udgivet	26-06-2017

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. INDLEDNING	6
2. BESKRIVELSE AF RAMTEN SØ OG DYSTRUP SØ	7
2.1. Ramten Sø	8
2.2. Dystrup Sø	11
3. MILJØTILSTAND	13
3.1. Ramten Sø	13
3.1.1 Temperatur og ilt	13
3.1.2 Vandkemiske forhold	13
3.1.3 Biologiske forhold	19
3.1.3.1. Fisk	19
3.1.3.2. Vegetation	22
3.2. Dystrup Sø	24
3.2.1 Temperatur og ilt	24
3.2.2 Vandkemiske forhold	25
3.2.3 Biologiske forhold	30
3.2.3.1. Fisk	30
3.2.3.2. Vegetation	33
4. VAND- OG NÆRINGSSTOFTILFØRSEL FRA OPLANDET	35
4.1. Ramten Sø	35
4.2. Dystrup Sø	36
4.2.1 Fosfortilførsel fra vandfugle	37
5. VURDERING AF MÅLOPFYLDELSE NU OG PÅ SIGT	39
5.1. Ramten Sø	40
5.2. Dystrup Sø	41
6. FOSFORPULJE I SEDIMENTET	43
6.1. Ramten Sø	43
6.1.1 Sedimentkarakteristik	44

6.1.2	Mobil fosforpulje	47
6.2.	Dystrup Sø	48
6.2.1	Sedimentkarakteristik	49
6.2.2	Mobil fosforpulje	51
7.	RESTAURERINGSMULIGHEDER.....	55
7.1.	Ramten Sø	55
7.1.1	Egnethed til fosforfældning.....	55
7.1.2	Egnethed til biomanipulation ved opfiskning af fredfisk	55
7.2.	Dystrup Sø	59
7.2.1	Egnethed til fosforfældning.....	59
7.2.2	Egnethed til biomanipulation ved opfiskning af fredfisk i Dystrup Sø.....	61
7.3.	Anbefalinger til sørestaurering i Dystrup og Ramten Sø	63
8.	PROJEKTERING AF RESTAURERING	64
8.1.	Ramten Sø	64
8.1.1	Biomanipulation ved opfiskning.....	64
8.2.	Dystrup Sø	67
8.2.1	Biomanipulation ved opfiskning.....	67
8.2.2	Fosforfældning med Phoslock.....	71
9.	OMKOSTNINGER TIL RESTAURERING	74
9.1.	Ramten Sø	74
9.1.1	Biomanipulation ved opfiskning.....	74
9.2.	Dystrup Sø	74
9.2.1	Biomanipulation ved opfiskning.....	74
9.2.2	Fosforfældning med Phoslock.....	75
9.2.3	Efterfølgende overvågning	76
9.2.4	Samlet udgift til restaurering af Dystrup Sø og Ramten Sø	76
10.	MYNDIGHEDSBEHANDLING	78
10.1.	Fosforfældning med Phoslock	78
10.2.	Biomanipulation ved opfiskning	78

11.REFERENCER	80
---------------------	----

1. INDLEDNING

Som led i realiseringen af indsatsprogrammerne i statens Vandområdeplan for Jylland-Fyn 2015-2021 skal Norddjurs Kommune undersøge mulighederne for at gennemføre sørestaurering af Ramten Sø og Dystrup Sø med henblik på at opfylde målsætningen om "god økologisk tilstand" i de to søer. Tilskudsordningen er baseret på Bekendtgørelse nr. 784 af 24. juni 2016 og Vejledning om tilskud til kommunale projekter til restaurering af søer under vandområdeplanerne 2015-2021 (SVANA, 2016).

Norddjurs Kommune har bedt Orbicon om at gennemføre feltundersøgelser og udarbejde en forundersøgelsesrapport, som opfylder Vejledning for gennemførelse af sørestaurering (Søndergaard m.fl. 2015). Forundersøgelserne skal klarlægge, om søerne kan restaureres ved biomanipulation og/eller kemisk fosforfældning. Undersøgelserne omfatter følgende elementer:

- Opsamling og vurdering af datagrundlag.
- Indsamling og analyse af sedimentprøver jf. vejledningen.
- Indhentning af vandkemiske og -fysiske data fra Danmarks Miljøportal (Stoq)
- Vurdering af næringsstofbalance i søerne og prognose for ligevægtstilstand.
- Status for vandkemiske parametre over tid og prognose for miljøtilstand.
- Status for fiskebestand og vegetation.
- Vurdering af målopfyldelse nu og på sigt.
- Analyse og vurdering af sedimentdata fra hver sø, herunder en bestemmelse af potentielt mobilt fosfor i sedimentet.
- Vurdering af behov for sørestaurering og begrundet anbefaling af metode, herunder en vurdering af om kriterierne for restaurering er opfyldt (jf. de kriterier der anføres i bekendtgørelsen om tilskud samt vejledning for gennemførelse af sørestaurering), og hvordan prognosen vurderes at være for et succesfuldt indgreb - både på kort og på lang sigt.
- Beregning af økonomiske omkostninger ved sørestaurering og tidshorisont.
- Oplæg til efterfølgende monitoring og forslag til opfølgning på en eventuel restaureringsindsats.
- Oversigt over regler og nødvendige myndighedsgodkendelser.

2. BESKRIVELSE AF RAMTEN SØ OG DYSTRUP SØ

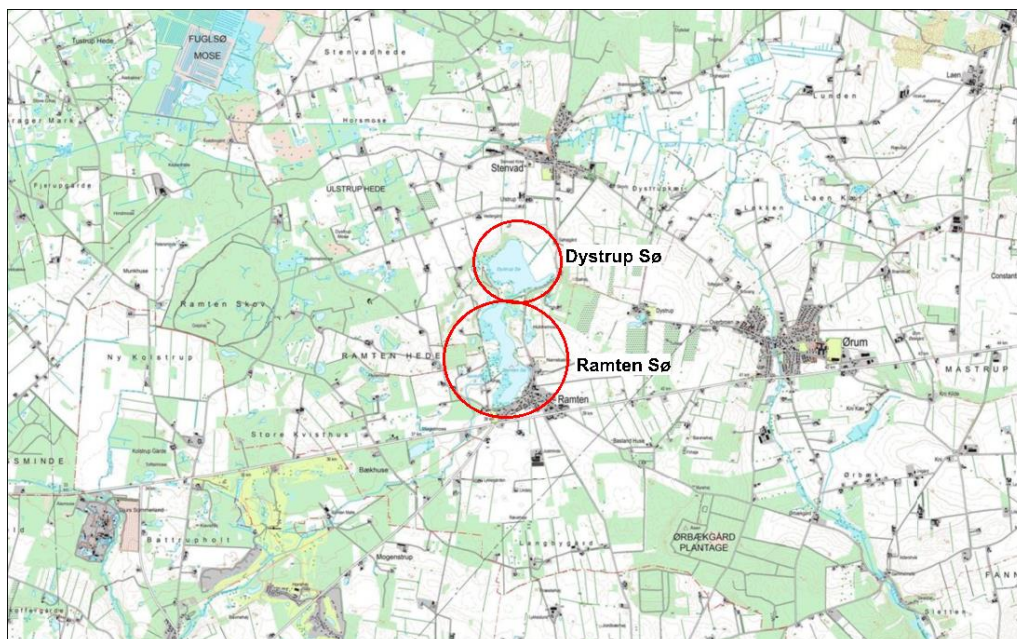
Ramten Sø og Dystrup Sø ligger i et småbakked landskab ved Ramten i den øverste del af Nimtofte Å's afstrømningsområde i Norddjurs Kommune. Placeringen fremgår af Figur 2.1.1. Søerne er dermed en del af hovedvandopland Djursland.

Søerne hang oprindeligt sammen, men i 1930-erne forsøgte man at udtørre dem, hvorved vandstanden blev ca. 1 meter lavere end det oprindelige niveau. Det lykkedes dog ikke at udtørre søerne, men vandstanden er forblevet lavere end oprindeligt, fordi afløbet i sydenden af Ramten Sø til Nimtofte Å er uddybet, så vandet løber i en grøft, der skærer sig ned i de omgivende arealer. Søerne og en del af de omliggende enge og småskove er omfattet af en ca. 190 ha stor fredning. Der foregår en del jagt og lystfiskeri ved søerne, som også er et yndet udflugtsmål for fuglekiggere. Der er opstillet et fugletårn ved Dystrup Sø.

Søerne har tidligere været meget belastet af spildevand fra spredt bebyggelse og fra Ramten by. Derudover har der været betydelige landbrugsbetingede udledninger af kvælstof og fosfor. En indsats i de seneste årtier har medført en betydelig reduktion i tilførslen af næringsstoffer, herunder også fra ejendomme i det åbne land, som er blevet kloakeret eller har forbedret spildevandsrensningen. Der findes fortsat separate regnvandsudløb til Ramten Sø, men spildevandet fra Ramten by pumpes videre til Fornæs Renseanlæg.

Søerne har haft en meget dårlig miljøtilstand med stor algevækst om sommeren, også efter at spildevandstilførslen blev stærkt reduceret. I perioden 1995-1998 foretog Aarhus Amt en biomanipulation ved opfiskning af fredfisk (især skalle og suder) i både Ramten Sø og Dystrup Sø, suppleret med udsætning af geddeyngel i Ramten Sø. Opfiskningen havde en positiv effekt på miljøtilstanden i Ramten Sø frem til 2000, men i perioden 2002-2004 blev opfiskningen genoptaget, fordi sigtgybden igen var lav i 2001. Effekten af opfiskningen varede nogle få år, og søen har siden været uklar. Effekten af udsætning af geddeyngel isoleret set vurderes at være ringe.

Dystrup Sø har svinget mellem en klarvandet tilstand med mange undervandsplanter og en uklar tilstand med stor algevækst og få undervandsplanter som i dag. Søen er ustabil på grund af fosforfrigivelse fra søbunden, og har i dag en dårligere miljøtilstand end Ramten Sø.



Figur 2.1.1: Geografisk placering af Ramten Sø og Dystrup Sø.

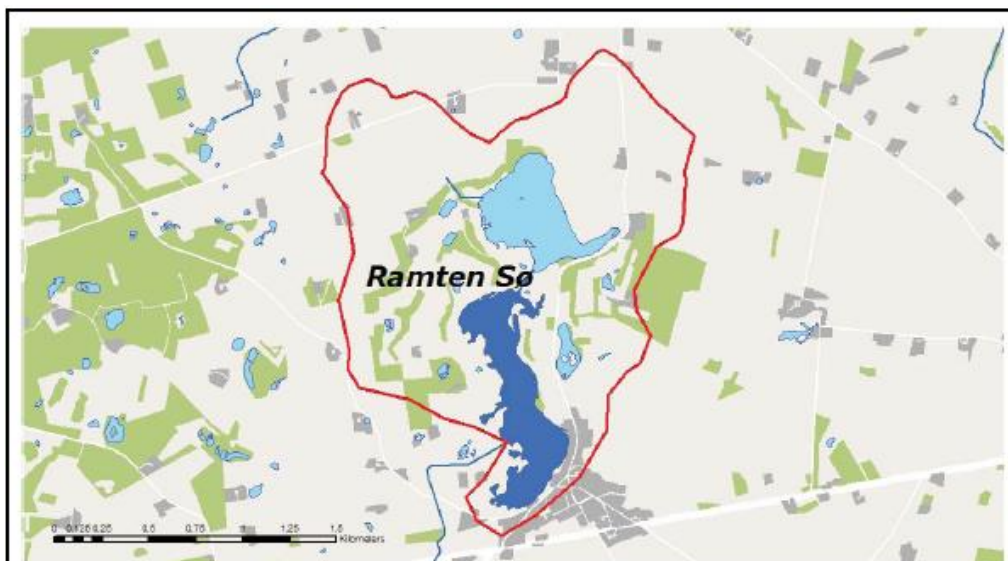
2.1. Ramten Sø

Ramten Sø er en lavvandet sø med et areal på 27,2 ha. Der er ingen overfladiske tilløb til søen ud over kanalen, som fører vand fra Dystrup Sø til Ramten Sø, men ofte har denne en ringe vandføring om sommeren.

Søen har en middeldybde på ca. 1,2 meter, og den største dybde er ca. 2,0 meter (reelt kun 1,8 meter). Det skal dog bemærkes, at søen aldrig har været opmålt systematisk. Data og dybdekort fremgår af Tabel 2.1.1 og Figur 2.1.2 mens dybdeangivelser fra en vegetationsundersøgelse i søen fremgår af Figur 2.1.3.

Søens opland på 3,11 km² består primært af landbrugsjord (ca. 65 %) og skov (8,9 %). Jordbunden er overvejende sandjord. Vandets opholdstid i søen er tidligere beregnet til 0,4 år men er i Vandområdeplan 2015-2021 ændret til ca. 0,9 år på grund af en mindre beregnet vandtilførsel.

Søen er i statens Vandområdeplan 2015-2021 karakteriseret som søtype 9, dvs. en lavvandet, fersk, ikke brunvandet alkalisk sø med miljømålet "god økologisk tilstand". Miljømålet er ikke opfyldt.



Beliggenhed		Søen: Ramten Sø	
Kommune(r)	Norrdjurs	Søtype	9: Kalkrig, ikke brunvandet, fersk, lavvandet
Hovedopland	I.6: Djursland	Søareal, ha	27
Delvandopland		Middeldybde, m	1,2
Vandløbssystem	Grenå	Max. dybde, m	2
Tilløb	Afløbet fra Dystrup Sø	Volumen, m ³	325840
		Opholdstid, år	0,40
		Opland	
Afløb	Nimtofte Å	Oplandsareal, km ²	3,11
Beskyttelse		Arealanvendelse	
Natura 2000-område		Landbrugsjord, %	65,34
EF-habitatområde		Befæstet/bebygget areal, %	3,41
EF-fuglebeskyttelsesområde		Skov, %	8,91
Habitatarter		Naturarealer, %	2,19
		Ferskvand, %	15,64
Ramsar område		Andet, %	
Sø-naturtype		Ikke opgjort %	4,49
		Jordbunds-forhold	
Badevandssø ¹⁾		F1 - grovsand, %	67,75
Fredning	Arealfredning nr. 0534000	F2 - finsand, %	3,09
Natur/vildtreservat		F3 - lerblandet sandjord, %	2,54
		F4 - sandblandet lerjord, %	0
		F5 - lerjord, %	0
		F6 - svær lerjord, %	0
		F7 - humus, %	6,53
		F8 - Kalkrig jord, %	0
		FKX - uklassificeret, %	20,07

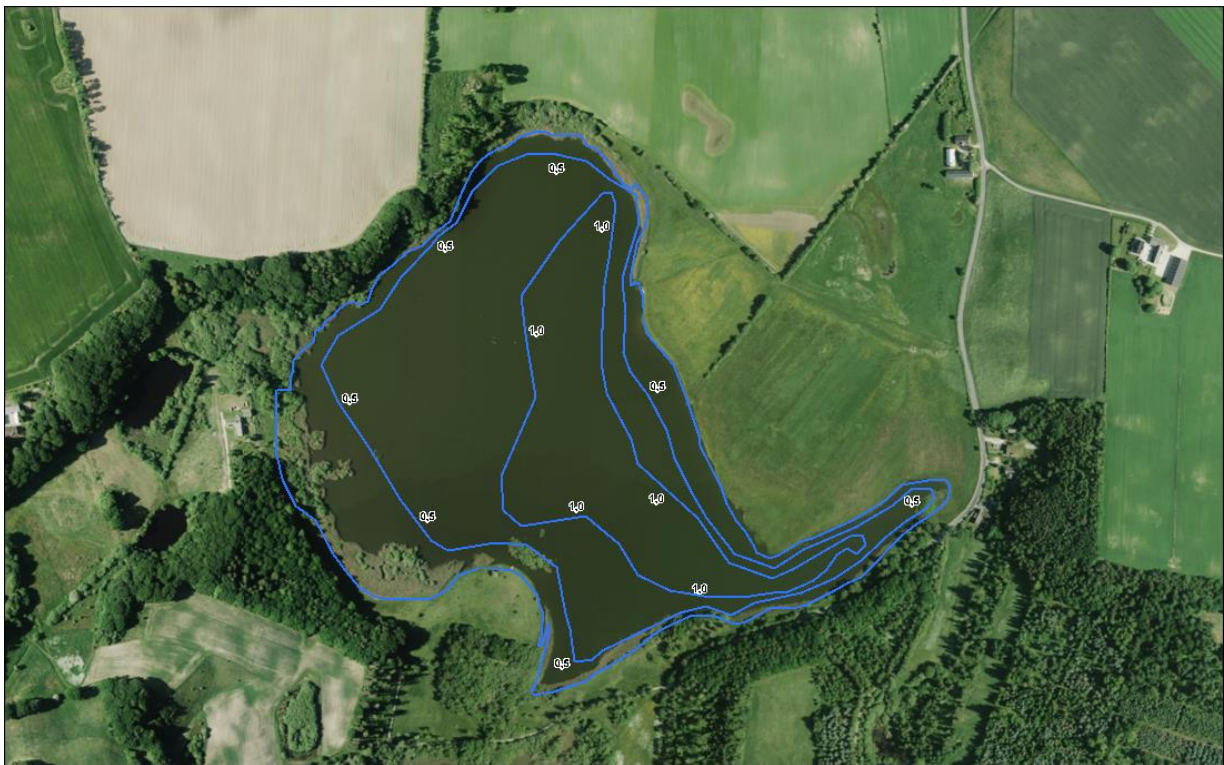
Tabel 2.1.1: Basisoplysninger om Ramten Sø fra baggrundsnotat til vandplan 2009-2015 for Djursland.

2.2. Dystrup Sø

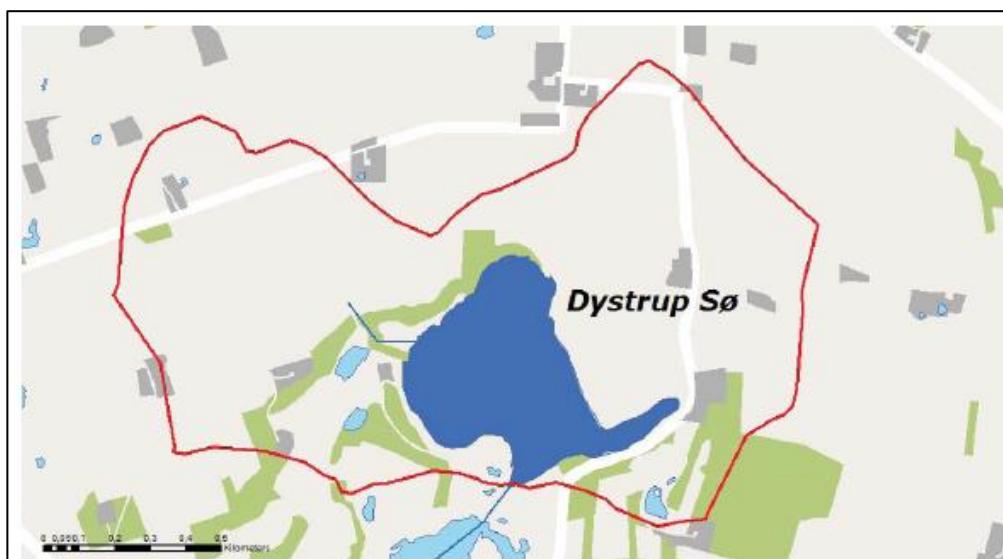
Dystrup Sø er en lavvandet sø med et areal på 22,6 ha. Søen har et lille overfladisk tilløb i søens østlige side og nogle kildetilløb i den nordlige del. Desuden findes der drænudløb på søens nordvestlige side. Vandstrømmen går til Ramten Sø, hvor afløbet fra søerne til Nimtofte Å findes. Afstrømningsoplandet er 1,68 km² og indgår i de 3,11 km², som er oplandet til Ramten Sø. Ca. 72 % af oplandet er landbrugsjord.

Søen har en middeldybde på ca. 1,0 meter, og den største dybde er 1,4-1,5 meter. Det skal dog bemærkes, at søen aldrig er blevet systematisk opmålt. Data og dybdekort fremgår af Tabel 2.2.1 og Figur 2.2.1. Vandets opholdstid i søen er tidligere beregnet til 0,5 år, men er i Vandområdeplan 2015-2021 ændret til ca. 1,15 år.

Søen er i statens Vandområdeplan 2015-2021 karakteriseret som søtype 9, dvs. en lavvandet, fersk, ikke brunvandet alkalisk sø med miljømålet "god økologisk tilstand". Miljømålet er ikke opfyldt.



Figur 2.2.1: Usikkert bestemt dybdekort af Dystrup Sø. Baseret på data fra en vegetationsundersøgelse.



Beliggenhed		Søen: Dystrup Sø	
Kommune(r)	Norrdjurs	Søtype	9: Kalkrig, ikke brunvandet, fersk, lavvandet
Hovedopland	I.6: Djursland	Søareal, ha	23
Delvandopland		Middeldybde, m	1
Vandløbssystem	Grenå	Max. dybde, m	1,5
Tilløb	Små unavngivne vandløb	Volumen, m ³	226240
		Opholdstid, år	0,52
		Opland	
Afløb	Til Ramten Sø	Oplandsareal, km ²	1,68
Beskyttelse		Arealanvendelse	
Natura 2000-område		Landbrugsjord, %	72,27
EF-habitatområde		Befæstet/bebygget areal, %	2,13
EF-fuglebeskyttelsesområde		Skov, %	7,38
Habitatarter		Naturarealer, %	1,25
		Ferskvand, %	13,07
Ramsar område		Andet, %	
Sø-naturtype		Ikke opgjort %	3,87
		Jordbunds-forhold	
		F1 - grovsand, %	72,25
		F2 - finsand, %	5,70
Badevandssø ¹⁾		F3 - lerblandet sandjord, %	
Fredning	Arealfredning nr. 0534000	F4 - sandblandet lerjord, %	
Natur/vildtreservat		F5 - lerjord, %	
		F6 - svær lerjord, %	
		F7 - humus, %	4,96
		F8 - Kalkrig jord, %	0
		FKX - uklassificeret, %	17,06

Tabel 2.2.1: Basisoplysninger om Dystrup Sø fra baggrundsnotat til vandplan 2009-2015 for Djursland.

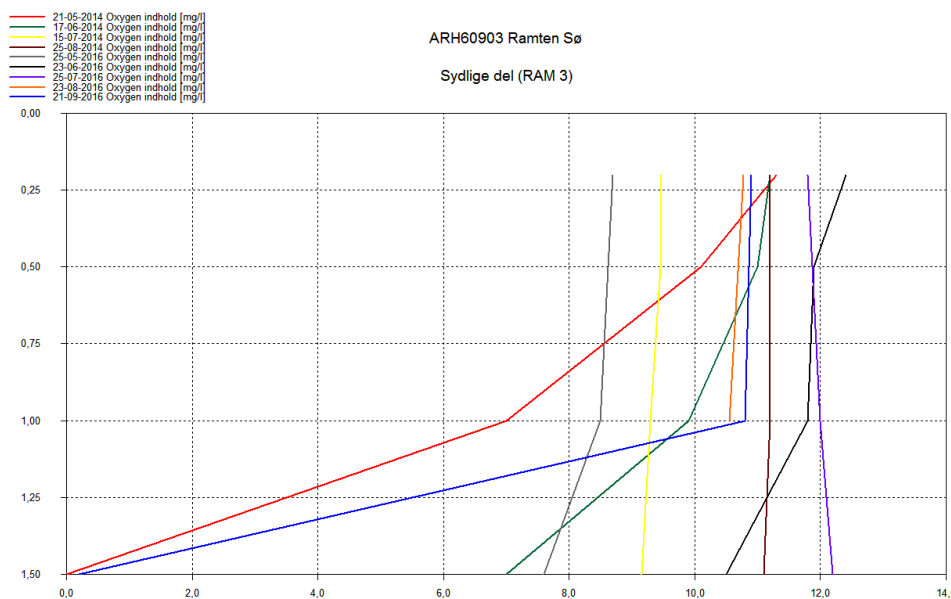
3. MILJØTILSTAND

I dette kapitel beskrives status og udvikling i miljøtilstanden i Ramten Sø og Dystrup Sø, idet søerne er blevet undersøgt siden 1970-erne af Aarhus Amt og siden 2007 af Miljøministeriet som led i den nationale overvågning af vandmiljøet (NOVANA). Der er fokuseret på de væsentligste vandkemiske parametre i tilstandsbeskrivelsen, men i rapporten inddrages andre parametre i det omfang, de er relevante for vurderingen af søernes egnethed til sørestaurering.

3.1. Ramten Sø

3.1.1 Temperatur og ilt

Ramten Sø er så lavvandet, at der ikke opstår temperaturlagdeling af vandmasserne om sommeren. Der kan dog være små forskelle temperaturen i overfladen og ved bunden i varme vindstille perioder. Den lave dybde og vindens opblanding af vandmasserne sikrer høje iltkoncentrationer ned gennem vandsøjlen om sommeren, Figur 3.1.1, dog med en tendens til lidt lavere iltkoncentrationer ved bunden i varme stille perioder om sommeren. Som det fremgår af figuren, er der ved to målinger i maj 2014 og september 2016 konstateret iltfrie forhold ved bunden. Orbicon betvivler dog rigtigheden af disse målinger, idet det aldrig før er konstateret i Ramten Sø. Der kan være tale om en fejlmåling i det iltfrie bundsediment.



Figur 3.1.1: Iltprofiler i Ramten Sø om sommeren i 2014 og 2016.

3.1.2 Vandkemiske forhold

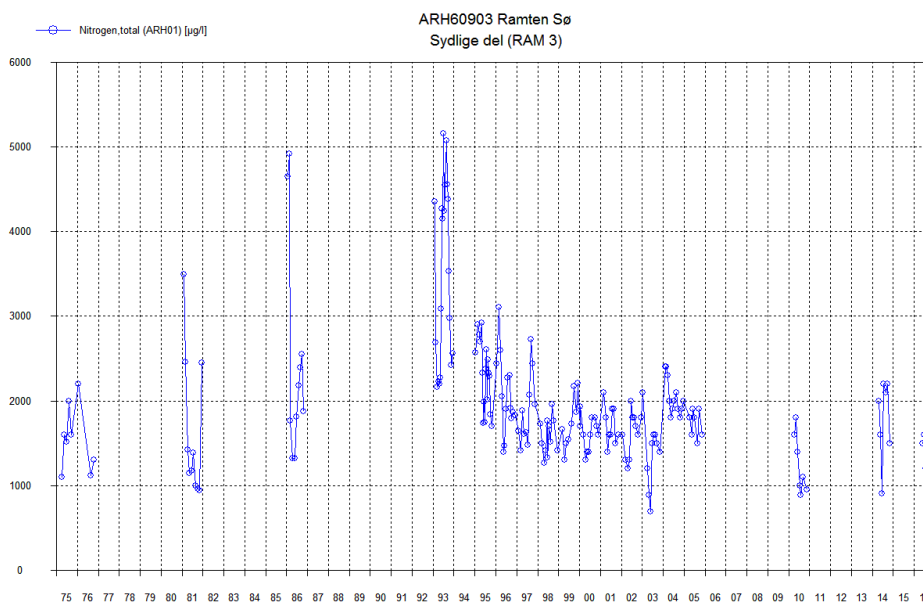
I dette afsnit gennemgås de vigtigste vandkemiske parametre fra undersøgelsesperioden, der strækker sig fra 1975 til 2016.

Tidligere blev der udtaget i alt ca. 12 prøver i et måleår, typisk med én prøve pr. måned, men i 2010 og 2016 er det reduceret til 5 prøver pr. år til analyse i overfladevandet, én i hver af de fem sommer måneder (maj-september). Der er ingen eller meget få vandprøver fra bundvandet fra de senere år. Data er hentet fra Danmarks Miljøportal, Stoq-databasen.

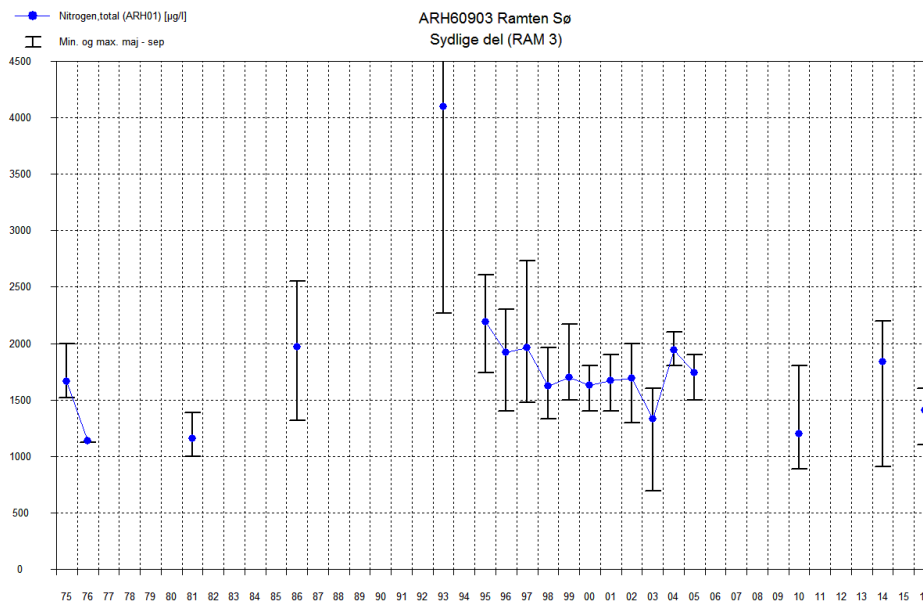
Figur 3.1.2 viser koncentrationen af kvælstof (total-N) i overfladevandet i de seneste måleår. Generelt er koncentrationen af kvælstof høj i Ramten Sø, hvilket stemmer godt overens med beliggenheden i et opland med meget landbrug. Søen følger et typisk billede for danske søer med et fald i tilførslen af kvælstof fra landbrugsarealer i 1980-erne til 1990-erne. Det har givet sig udslag i faldende koncentrationer i søen. Faldet er dog ikke så markant som mange andre steder, og koncentrationer omkring 1.500 µg N/l (1,5 mg N/l) er stadig højt. Kvælstofkoncentrationen er lavere i Ramten Sø end i Dystrup Sø, da der sker en omsætning i Dystrup Sø af den kvælstoftilførsel til søerne fra oplandet, der først passerer Dystrup Sø.

De lave koncentrationer i perioden 1995 til 2000 skyldes en kombination af positive effekter på vandkvaliteten ved opfiskning af fredfisk og den generelle trend med faldende kvælstofkoncentrationer i vandmiljøet som følge af vandmiljøplanerne.

Med en kvælstofkoncentration på ca. 1,4 mg N/l som sommergennemsnit i 2016 (Tabel 3.1.1 og Figur 3.1.3), er planteplankton formentlig ikke vækstbegrænset af kvælstofmangel, idet en stor del af kvælstofpuljen er uorganisk kvælstof.



Figur 3.1.2: Kvælstofkoncentrationen (total-N) i Ramten Sø i perioden 1975-2016.

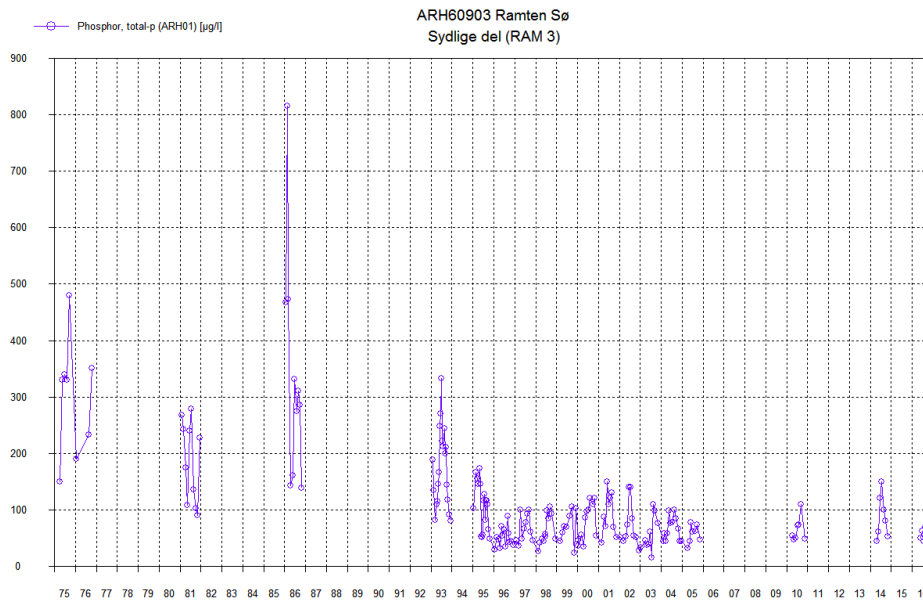


Figur 3.1.3: Kvælstofkoncentrationen (total-N) som sommergennemsnit i Ramten Sø i perioden 1975-2016.

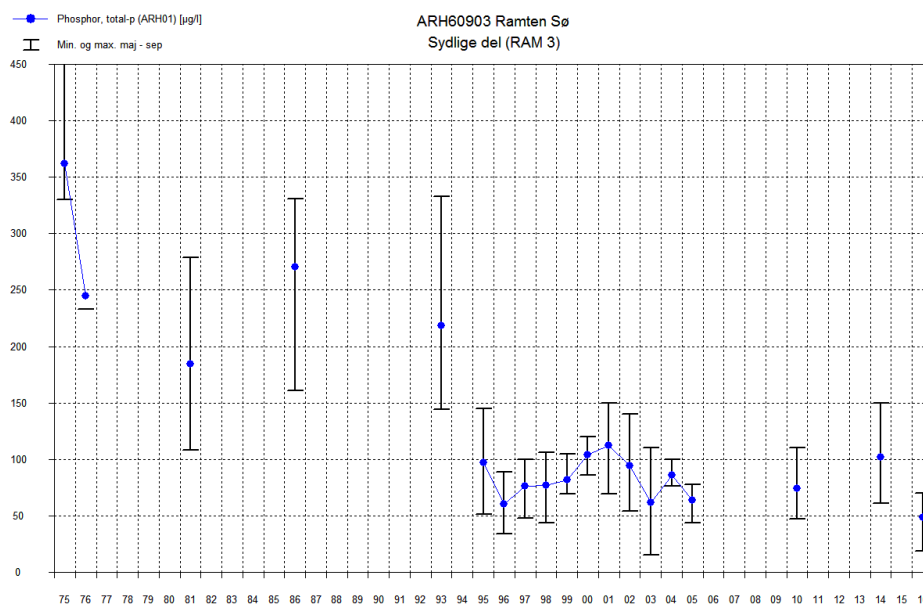
Figur 3.1.4 viser koncentrationen af fosfor (total-P) i overfladevandet i de seneste år. Målingerne er hovedsagelig fra sommerperioden, og der ses en variation mellem ca. 50 og 500 µg P/l. De meget høje målinger i 1980-erne skyldes især forurening med spildevand og fra landbrugsbetingede udledninger.

Generelt er svingningerne i fosforkoncentrationerne henover året blevet mindre og ligger nu på 50-100 µg P/l. Sommergennemsnittet i 2016 var 49 µg P/l, Tabel 3.1.1 og Figur 3.1.5. Det svarer til de anbefalede 50-70 µg P/l som sommergennemsnit, der ifølge Vandområdeplan 2015-2021 er en forudsætning for at opnå "god økologisk tilstand" i lavvandede søer.

De relativt lave koncentrationer af fosfor fra 1995 til 2000 skyldes en kombination af forbedret spildevandsrensning og positive effekter på vandkvaliteten af opfiskningen af fredfisk i perioden 1995 til 1998. Fosforkoncentrationen steg lidt i perioden 1996 til 2001, fordi søen faldt tilbage til en mere uklar tilstand som følge af en gradvist øget bestand af fredfisk. Den anden opfiskning i perioden 2002 til 2004 havde en fornyet positiv effekt på fosforkoncentrationen, der faldt lidt igen.



Figur 3.1.4: Fosforkoncentrationen (total-P) i Ramten Sø i perioden 1975-2016.

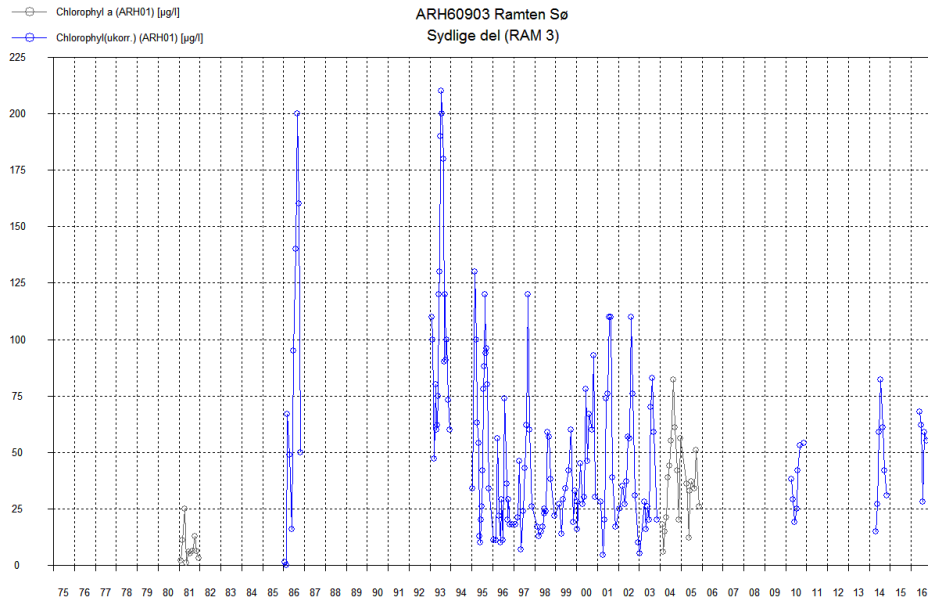


Figur 3.1.5: Fosforkoncentrationen (total-P) som sommergennemsnit i Ramten Sø i perioden 1975-2016.

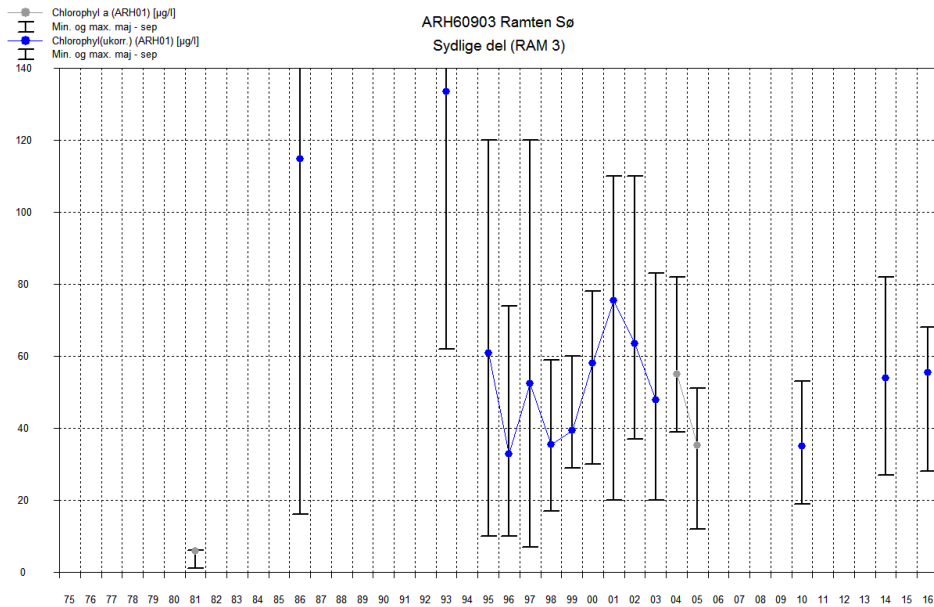
Figur 3.1.6 viser koncentrationen af klorofyl i overfladevandet i perioden 1981 til 2016. Målingerne er hovedsagelig fra sommerperioden, og der ses en stor variation fra ganske få µg/l til ca. 200 µg/l.

Efter nogle gode år i perioden 1995 til 1999/2000, hvor Ramten Sø var relativt klar vandet som følge af opfiskningen af fredfisk, faldt søen tilbage til en mere uklar tilstand med øget vækst af planteplankton (ses som stigning i koncentrationen af kloro-

fyl) i 2001. Den anden opfiskning i perioden 2002 til 2004 medførte et kortvarigt fald i koncentrationen af klorofyl, men siden da har koncentrationen været høj (ca. 50 µg/l) med et sommergennemsnit på 55 µg/l i 2016, Tabel 3.1.1 og Figur 3.1.7. Til sammenligning er den målsatte værdi i Vandområdeplan 2015-2021 ca. 25 µg/l for ”god økologisk” tilstand i lavvandede ferske søer.



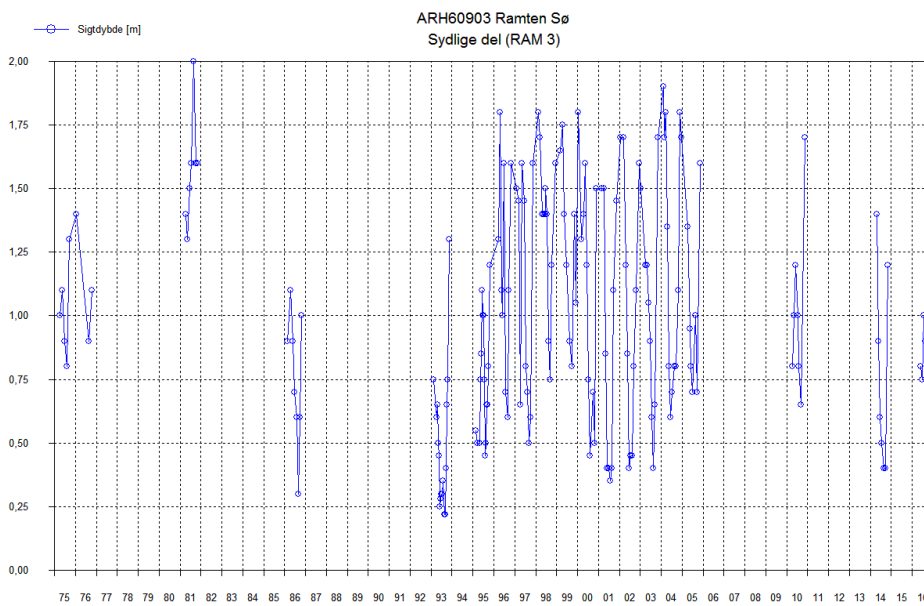
Figur 3.1.6: Klorofylkoncentrationen i Ramten Sø i perioden 1981-2016.



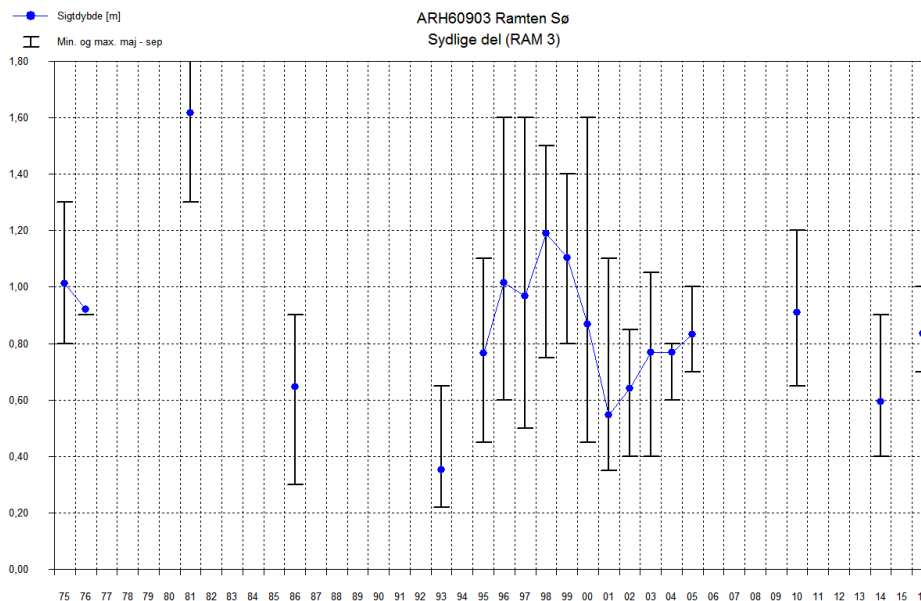
Figur 3.1.7: Klorofylkoncentrationen som sommergennemsnit i Ramten Sø i perioden 1981-2016.

Figur 3.1.8 viser sigtddyben i overfladevandet i de seneste år. Målingerne er hovedsagelig fra sommerperioden, og der ses en variation mellem ca. 0,25 m og 1,8-2,0 m,

der svarer til sigt til bunden. Sigtdybden blev forbedret som følge af opfiskning af fredfisk i perioden 1995 til 1998 og nåede det højeste niveau i 1998 med et sommergennemsnit på ca. 1,2 m, hvorefter sigtdybden faldt til under 0,6 m i 2001, Figur 3.1.9. Udviklingen følger klorofyl, og anden opfiskning i perioden 2002 til 2004 medførte en stigning i sigtdybden igen. Siden 2010 har sigtdybden varieret mellem 0,6 og 0,9 m som sommergennemsnit, men med en betydelig årtidsvariation. En sigtdybde på ca. 0,8 m som sommergennemsnit i 2016 er relativt lav og skyldes en betydelig vækst af planteplankton, der i perioder gør vandet grønt og uklart. Ramten Sø er dog mere klarvandet end Dystrup Sø.



Figur 3.1.8: Sigtdybden i Ramten Sø i perioden 1975-2016.



Figur 3.1.9: Sigt dybden som sommergennemsnit i Ramten Sø i perioden 1975-2016.

	2010	2014	2016
Total-N, mg N/l	1,20	1,84	1,40
Total-P, µg P/l	74	102	49
Klorofyl, µg/l	35	54	55
Sigt dybde, meter	0,91	0,59	0,83

Tabel 3.1.1: Sommergennemsnit af vigtige vandkemiske parametre i Ramten Sø i perioden 2010-2016.

3.1.3 Biologiske forhold

3.1.3.1. Fisk

I 2013 blev der udført en fiskeundersøgelse i Ramten Sø for at få et overblik over søens artssammensætning. Fiskeundersøgelsen var udført efter retningslinjer fra nyeste udgave af Nationalt Center for Miljø og Energi's (DCE) tekniske anvisning for fiskeundersøgelser i søer (TA-S05).

Fiskeundersøgelsen i Ramten Sø blev foretaget den 5. september. Placeringen af de 6 oversigtsgarn i tilfældigt udvalgt gridceller, svarende til det antal net som bruges (6 stk.), er vist i Figur 3.1.10. Nettene blev ikke sat nærmere end 2 m fra bredden eller rørskov.



Figur 3.1.10: Kort over Ramten Sø og garnplacering i fiskeundersøgelse fra 2013.

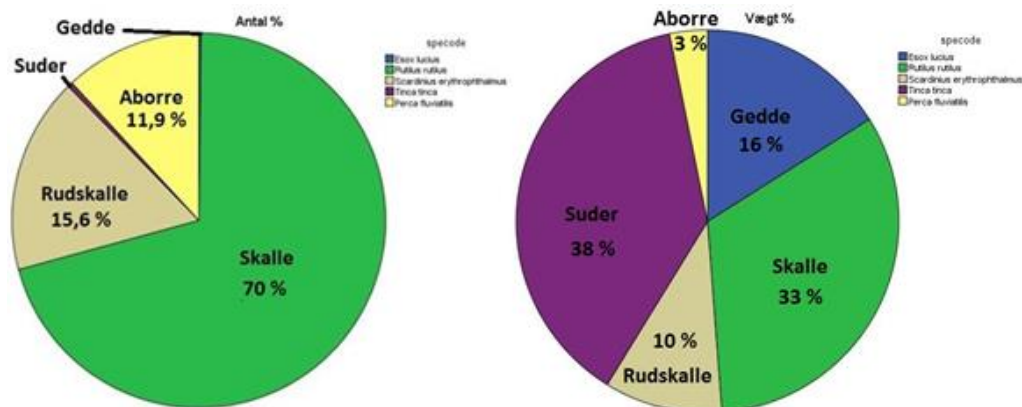
I alt blev der fanget 5 fiskearter i Ramten Sø. Disse var aborre (*Perca fluviatilis*), gedde (*Esox lucius*), skalle (*Rutilus rutilus*), rudskalle (*Scardinius erythrophthalmus*) og suder (*Tinca tinca*). Det samlede antal fisk fanget var 1.656 stk. med en samlet vægt på 31,9 kg.

Der blev kun fanget 4 gedder, som var forholdsvis store med en gennemsnitsstørrelse på 56,4 cm (11,0 cm std. afv.) og 7 store suder med en gennemsnitsstørrelse på 47,6 (3,9 cm std. afv.).

Antalsmæssigt er Ramten Sø domineret af små (<10 cm) og store (>10 cm) skaller, som udgør >70% af fangsten, samt rudskalle, som udgør mere end 16% af fangsten. Antalsmæssigt udgør aborre 11,9% af fangsten af den total fangst, Figur 3.1.11.

Vægtmæssigt er Ramten Sø domineret af suder (ca. 38% af fangsten), skalle (33% af fangsten) og rudskalle (ca. 10% af fangsten). Vægtmæssigt udgør gedde og aborre henholdsvis 16% og ca. 3%.

Venstre cirkel angiver fiskebestandens procentvise fordeling i antal fisk i alt, højre cirkel den procentvise fordeling i vægt i alt.

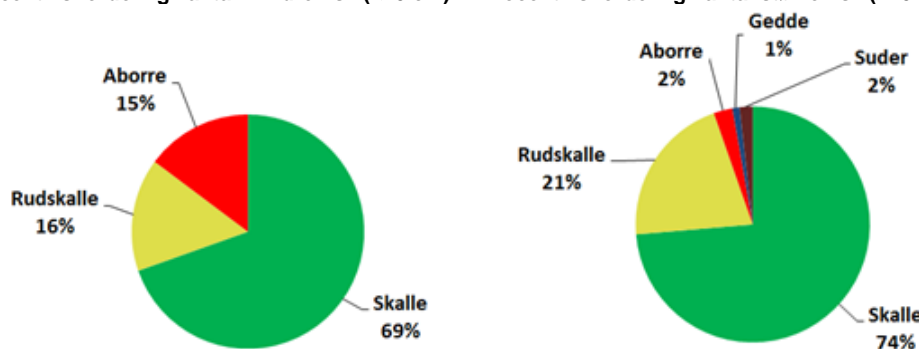


Figur 3.1.11: Venstre cirkel angiver fiskebestandens procentvise fordeling i antal fisk i alt, højre cirkel den procentvise fordeling i vægt i alt.

Fiskebestanden blandt de små fisk (<10 cm) består af ca. 70% skalle, 15% rudskalle og 15% aborre. Fiskebestanden blandt de større fisk (>10 cm) består også af mange skaller (74%) og rudskaller (21 %) samt nogle enkelte store suder og gedde, Figur 3.1.12.

Venstre cirkel angiver fiskebestandens procentvise fordeling i antal små fisk mindre end 10 cm, højre cirkel den procentvise fordeling i antal af fisk større end 10 cm.

Procentvis fordeling i antal mindre fisk (<10 cm) Procentvis fordeling i antal større fisk (>10 cm)

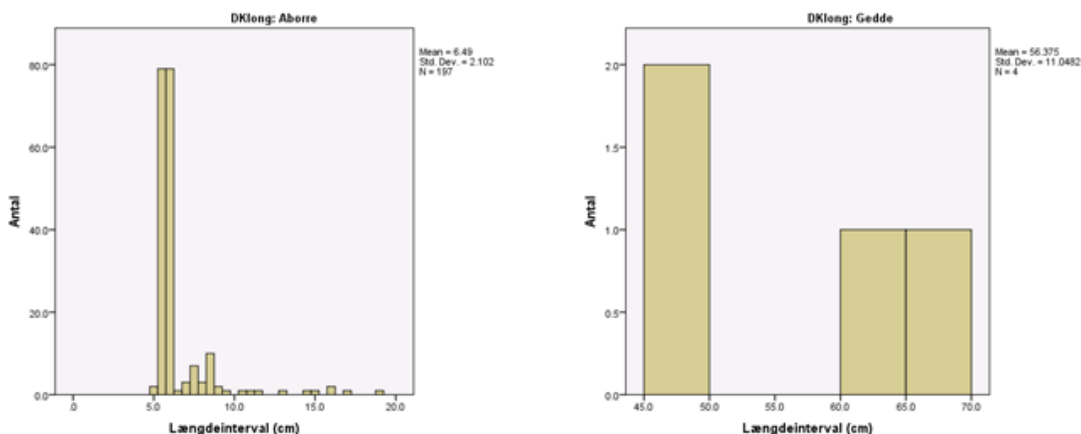


Figur 3.1.12. Venstre cirkel angiver fiskebestandens procentvise fordeling i antal små fisk mindre end 10 cm, højre cirkel den procentvise fordeling i antal af fisk større end 10 cm.

Elfiskeri

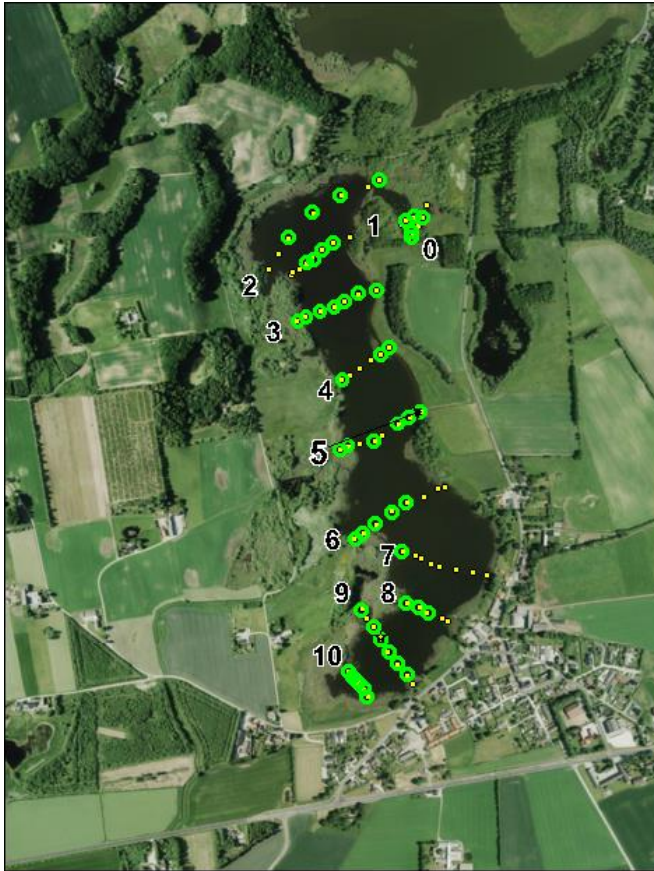
Der blev befisket med elektrofiskeri i forskellige habitater langs bredden i søen i 1 time for at undersøge for supplerende arter og tilstedeværelse af yngel. Her blev der observeret en del mindre skaller (<10 cm), få mindre aborrer (<10 cm), 3 store gedder (>45 cm) og 2 store suder. Der blev ikke set andre arter end observeret i garnene.

I Ramten Sø er der kun fanget 10 stk. store aborrer (≥ 10 cm), hvoraf kun 5 stk. var lig med eller større end 15 cm. Ifølge længdefrekvensdiagrammer fra fiskeundersøgelsen er rovfiskebestanden, som omfatter større aborrer (≥ 15 cm) og gedder, kun meget lille (se diagrammer nedenunder).



3.1.3.2. Vegetation

I 2016 blev der udført en vegetationsundersøgelse i Ramten Sø efter retningslinjer i NOVANA programmet (ekstensiv 1 sø, TA-S04). Der blev registreret undervandsvegetation i 60% af de undersøgte punkter langs 10 transekter på tværs af søen. Transekt-punkter med observeret vegetation er markeret med grønne cirkler i Figur 3.1.13.



Figur 3.1.13: Undersøgte transekter for vegetation i Ramten Sø i 2016.

Kruset vandaks og Krebseklo er de mest hyppige undervandsplanter i Ramten Sø. Generelt er forekomsten spredt men ved visse steder forekommer de almindeligt eller rigeligt. Dækningsgraden er typisk omkring 6-25 % på de steder, hvor de er observeret, Tabel 3.1.2.

Øvrige observerede arter af vandplanter og flydebladsplanter er Frøbid, Hvid åkande Vandpileurt, Skør kransnål, Gul åkande (submers), Børstet vandaks og Almindelig vandpest samt arter af trådalger, alle med spredt forekomst.

Dækningsgraden for alle arter af undervandsplanter i hele søen (RPA) er 9,89 % og det plantefyldte volumen (RPV) er 2,21 %. Dybdegrænsen for undervandsplanter er 1,60 meter.

I 2004 var der meget lidt vegetation i Ramten Sø, men i 2010 var der sket en indvandring af især Krebseklo men også andre arter. Kruset vandaks har været kendt i søen siden 1990-erne med varierende bestande.

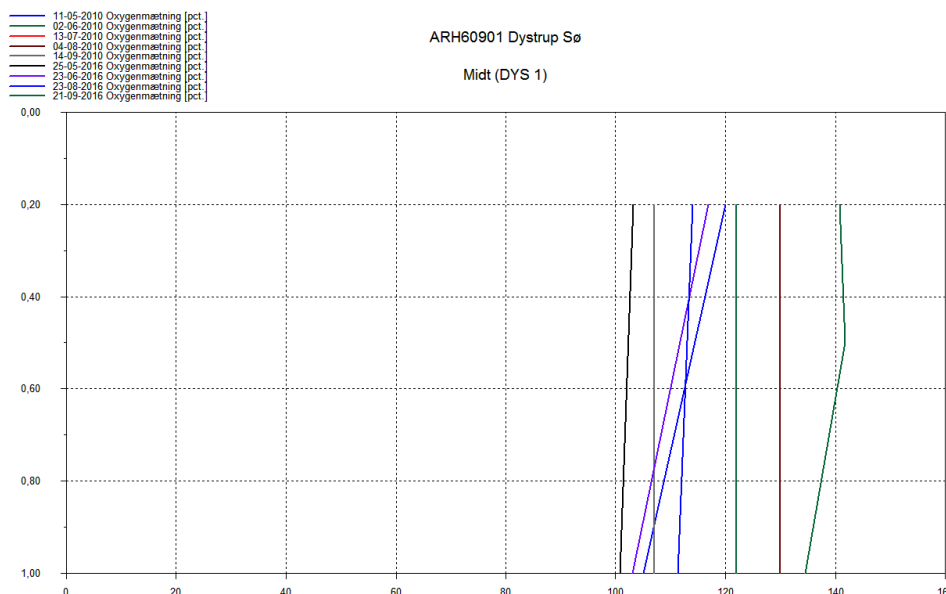
Transekt no.	UTM_X	UTM_Y	Dybde	Bundareal dækket	Beskrivelse	Plantehøjde (m)	Trådalger	Skør kransnål	Vandpest	Gul Åkande	Kruset vandaks	Børsteblandet vandaks	Krebseklo
0	600344	6256888	0.7	6-25 %	Ret spredt	0.2							6-25 %
0	600346	6256896	0.8	0-5 %	Spredt	0.1				>0-5%			>0-5 %
0	600370	6256929	0.8	6-25 %	Ret spredt	0.6					6-25 %		
1	600332	6256922	0.9	6-25 %	Ret spredt	0.2							6-25 %
1	600347	6256929	0.7	6-25 %	Ret spredt	0.2							6-25 %
1	600116	6256829	1.1	6-25 %	Ret spredt	0.3					6-25 %		
1	600130	6256840	1.3	51-75 %	Rigelig	0.9					51-75 %		
1	600149	6256858	1.1	0-5 %	Spredt	0.5					>0-5 %		
1	600174	6256875	1.3	6-25 %	Ret spredt	0.4					6-25 %		
2	600274	6257010	0.7	0-5 %	Spredt	0.2							>0-5 %
2	600192	6256977	0.8	0-5 %	Spredt	0.1			>0-5 %		>0-5 %		
2	600131	6256938	1.1	6-25 %	Ret spredt	0.4					6-25 %		
2	600077	6256884	0.4	6-25 %	Ret spredt	0.2					6-25 %		
3	600096	6256703	0.8	0-5 %	Spredt	0.2							>0-5 %
3	600115	6256713	1.1	0-5 %	Spredt	0.1		>0-5%			>0-5 %		
3	600146	6256725	1.3	6-25 %	Ret spredt	0.1					6-25 %		
3	600176	6256734	1.1	0-5 %	Spredt	0.2							>0-5 %
3	600198	6256747	1.3	26-50 %	Almindelig	0.4					26-50 %		
3	600289	6256770	0.3	51-75 %	Rigelig	0.1	51-75 %						
4	600278	6256631	1.4	0-5 %	Spredt	0.5					>0-5 %		
4	600194	6256577	0.8	0-5 %	Spredt	0.1							>0-5 %
4	600296	6256645	0.5	51-75 %	Rigelig	0.1	51-75 %						
5	600189	6256425	0.5	6-25 %	Ret spredt	0.2					>0-5 %		6-25 %
5	600207	6256432	0.9	51-75 %	Rigelig	0.3							51-75 %
5	600265	6256444	1.5	0-5 %	Spredt	0.2					>0-5 %		
5	600316	6256479	1.5	0-5 %	Spredt	0.2					>0-5 %		
5	600341	6256495	1	0-5 %	Spredt	0.1	>0-5 %						
5	600366	6256505	0.3	76-95 %	Dækkende	0.2	51-75 %					26-50 %	
6	600335	6256309	1.6	0-5 %	Spredt	0.1					>0-5 %		
6	600302	6256290	1.5	6-25 %	Ret spredt	0.5					6-25 %		
6	600267	6256262	1.3	26-50 %	Almindelig	0.5					26-50 %		>0-5 %
6	600240	6256241	0.9	6-25 %	Ret spredt	0.2							6-25 %
6	600221	6256231	0.7	6-25 %	Ret spredt	0.2							6-25 %
7	600325	6256203	0.7	6-25 %	Ret spredt	0.2							6-25 %
8	600379	6256070	1.4	6-25 %	Ret spredt	0.2					6-25 %		
8	600362	6256081	1.3	6-25 %	Ret spredt	0.2					6-25 %		
8	600335	6256092	0.7	6-25 %	Ret spredt	0.2							6-25 %
9	600237	6256078	0.5	6-25 %	Ret spredt	0.2							6-25 %
9	600263	6256038	0.8	6-25 %	Ret spredt	0.2					>0-5 %		6-25 %
9	600278	6256013	1.2	51-75 %	Rigelig	0.8					51-75 %		
9	600294	6255983	1.4	76-95 %	Dækkende	0.8					76-95 %		
9	600314	6255958	1.4	51-75 %	Rigelig	0.6					51-75 %		
9	600336	6255934	1.2	6-25 %	Ret spredt	0.2					6-25 %		
10	600249	6255886	0.7	6-25 %	Ret spredt	0.2							6-25 %
10	600242	6255904	0.9	6-25 %	Ret spredt	0.2					>0-5 %		6-25 %
10	600229	6255918	0.9	6-25 %	Ret spredt	0.2							6-25 %
10	600216	6255928	0.9	0-5 %	Spredt	0.2					>0-5 %		>0-5 %
10	600207	6255941	0.7	6-25 %	Ret spredt	0.2							6-25 %

Tabel 3.1.2. Forekomst, dækningsgrad og artslisten på undervandsplanter i de stationer i Ramten Sø hvor der er registreret vegetation i 2016.

3.2. Dystrup Sø

3.2.1 Temperatur og ilt

Dystrup Sø er så lavvandet, at der normalt er fuld opblanding af vandmasserne med ensartede temperaturer ned gennem vandsøjlen. Der er således ikke konstateret temperaturspringlag om sommeren i søen. Af samme grund er der gode iltforhold i søen med høj iltmætning, Figur 3.2.1. Om sommeren kan der være mere 100 % iltmætning, hvilket skyldes høj fotosyntese og dermed iltproduktion fra planteplankton og vandplanter i søen.



Figur 3.2.1: Iltprofiler i Dystrup Sø om sommeren i 2010 og 2016.

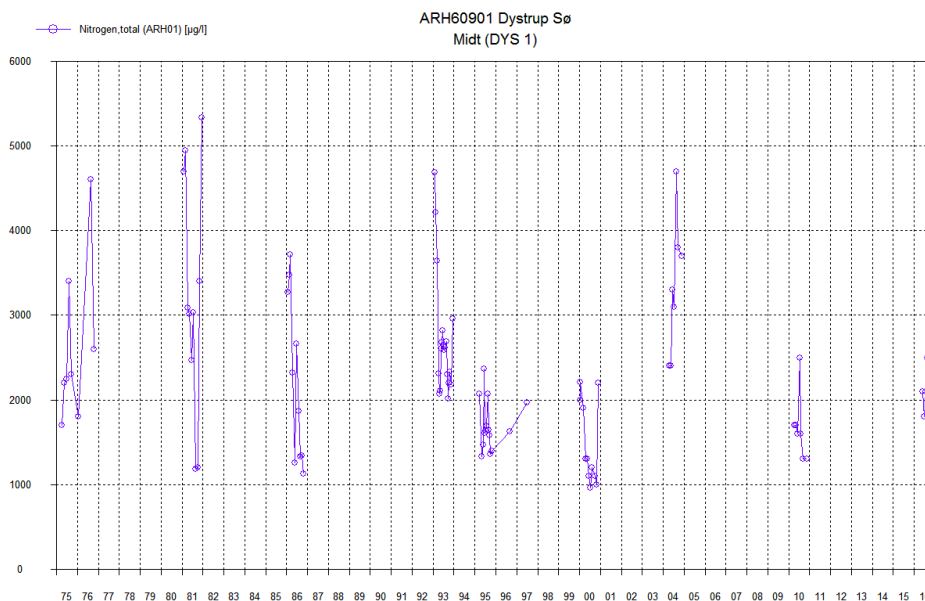
3.2.2 Vandkemiske forhold

I dette afsnit gennemgås de vigtigste vandkemiske parametre fra undersøgelsesperioden, der strækker sig fra 1975 til 2016.

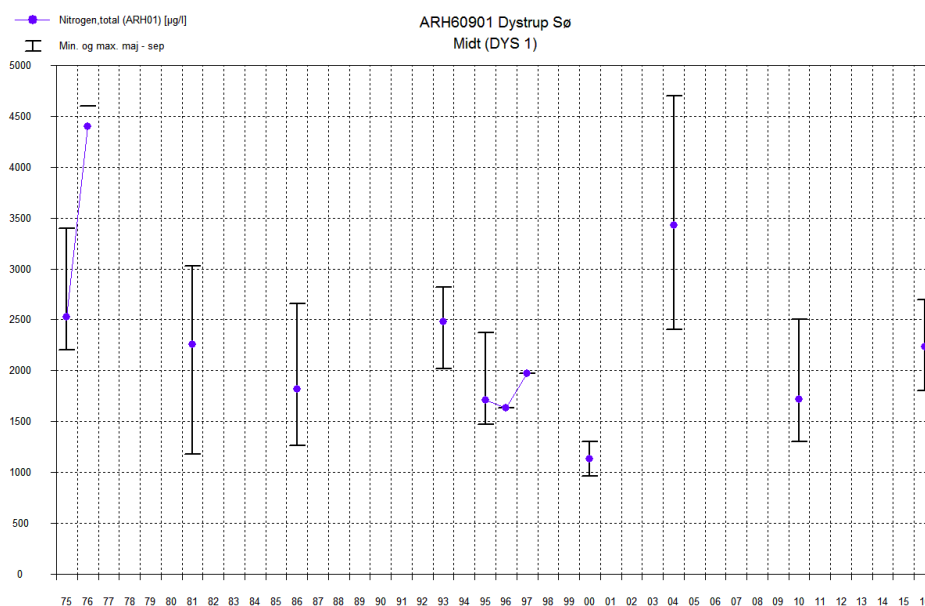
Tidligere blev der udtaget i alt ca. 12 prøver i et måleår, typisk med én prøve pr. måned, men i 2010 og 2016 er det reduceret til 5 prøver pr. år til analyse i overfladevandet, én i hver af de fem sommermåneder (maj-september). Der er ingen eller meget få vandprøver fra bundvandet fra de senere år. Data er hentet fra Danmarks Miljøportal, Stoq-databasen.

Figur 3.2.2 viser koncentrationen af kvælstof (total-N) i overfladevandet i de seneste måleår. Generelt er koncentrationen af kvælstof høj i Dystrup Sø, hvilket stemmer godt overens med beliggenheden i et opland med meget landbrug. Søen følger et typisk billede for danske søer med et fald i tilførslen af kvælstof fra landbrugsarealer siden 1980-erne som følge af vandmiljøplanerne m.m. Det giver sig udslag i faldende koncentrationer i søen, men koncentrationer omkring 2 mg N/l er stadig højt. De lave koncentrationer i perioden 1995-2000 skyldes formentlig, at søen på daværende tidspunkt var klarvandet med stor udbredelse af vandplanter, som har optaget kvælstof til vækst.

Med en kvælstofkoncentration på ca. 2,2 mg N/l som sommergennemsnit i 2016, Tabel 3.2.1 og Figur 3.2.2, kan planteplankton ikke have være vækstbegrænset af kvælstofmangel, idet en stor del af kvælstofpuljen forekommer som uorganisk kvælstof.



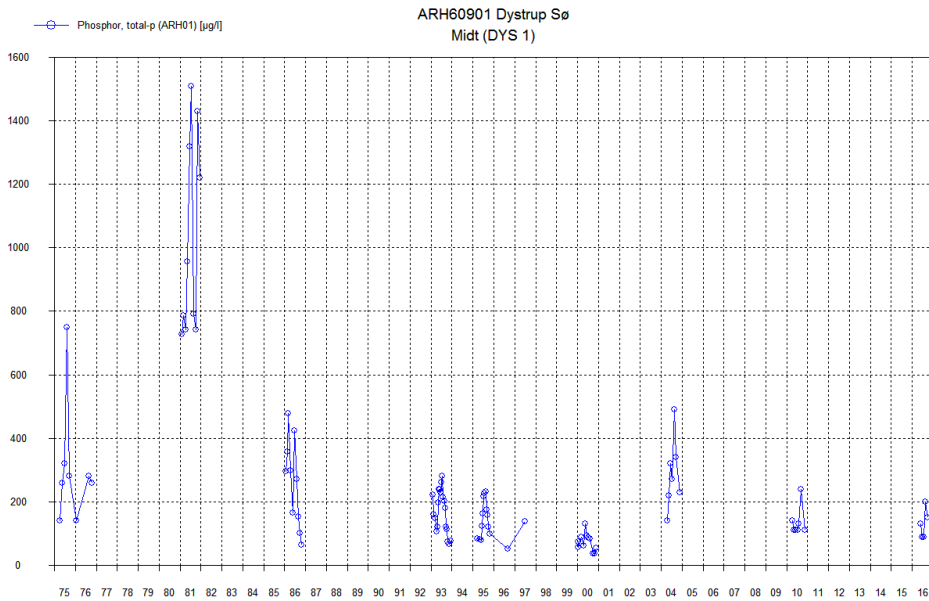
Figur 3.2.1: Koncentrationen af kvælstof (total-N) i Dystrup Sø i perioden 1975-2016.



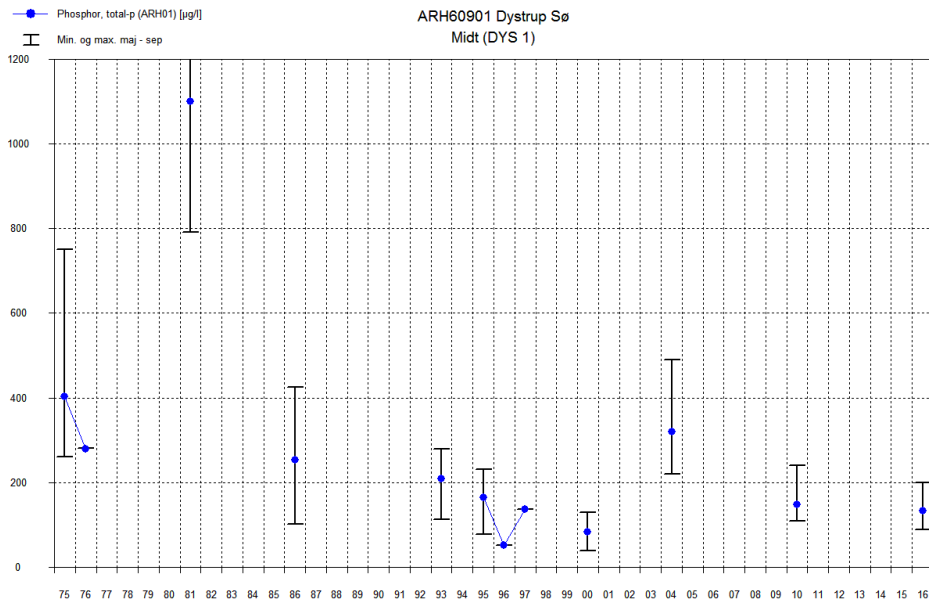
Figur 3.2.2: Koncentration af kvælstof (total-N) som sommergennemsnit i Dystrup Sø i perioden 1975-2016.

Figur 3.2.3 viser koncentrationen af fosfor (total-P) i overfladevandet i de seneste år. Målingerne er hovedsagelig fra sommerperioden, og der ses en variation mellem ca. 50 og 1.500 µg P/l. De meget høje målinger i 1980-erne skyldes forurening fra især landbrugsbetingede udledninger. Generelt er svingningerne i fosforkoncentrationerne henover året blevet mindre siden, og niveauet er nu 100-200 µg P/l. Sommergennemsnittet i 2016 var 132 µg P/l, Tabel 3.2.4 og Figur 3.2.3. Det er væsentligt højere end de anbefalede 50-70 µg P/l som sommergennemsnit, der ifølge Vandområdeplan 2015-2021 er forudsætningen for en god økologisk tilstand i lavvandede ferske søer. Det må således antages, at planteplankton i Dystrup Sø kun i ringe grad er vækstbe-

grænset af fosformangel. De laveste koncentrationer af fosfor er målt i perioden 1990-2000, hvor der var udbredt undervandsvegetation i Dystrup Sø, og hvor der sås en effekt af opfiskningen i perioden 1995 til 1998. Det generelle fald siden 1980-erne skyldes især ophør af direkte landbrugsudledninger og generelle positive effekter af vandmiljøplanerne.



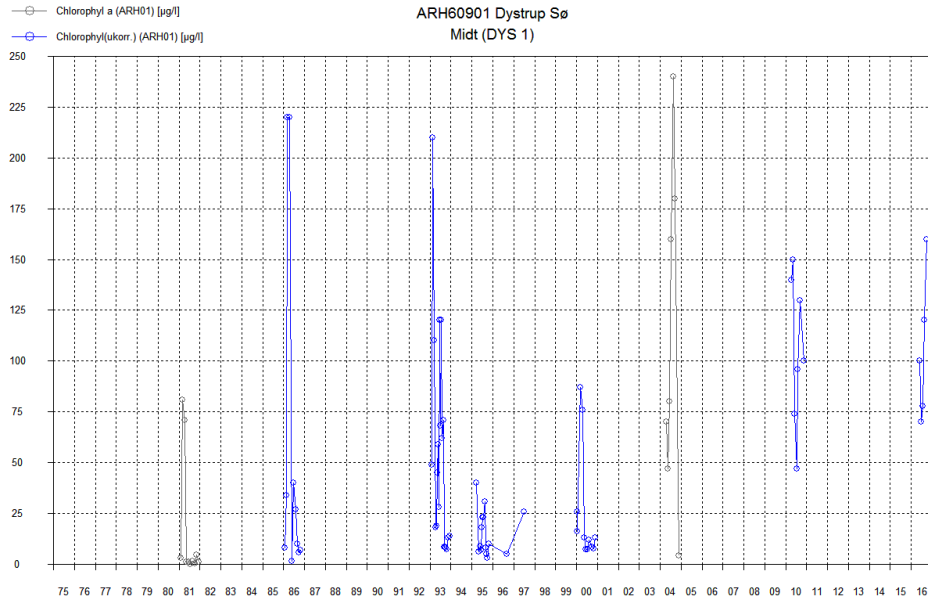
Figur 3.2.3: Koncentrationen af fosfor (total-P) i Dystrup Sø i perioden 1975-2016.



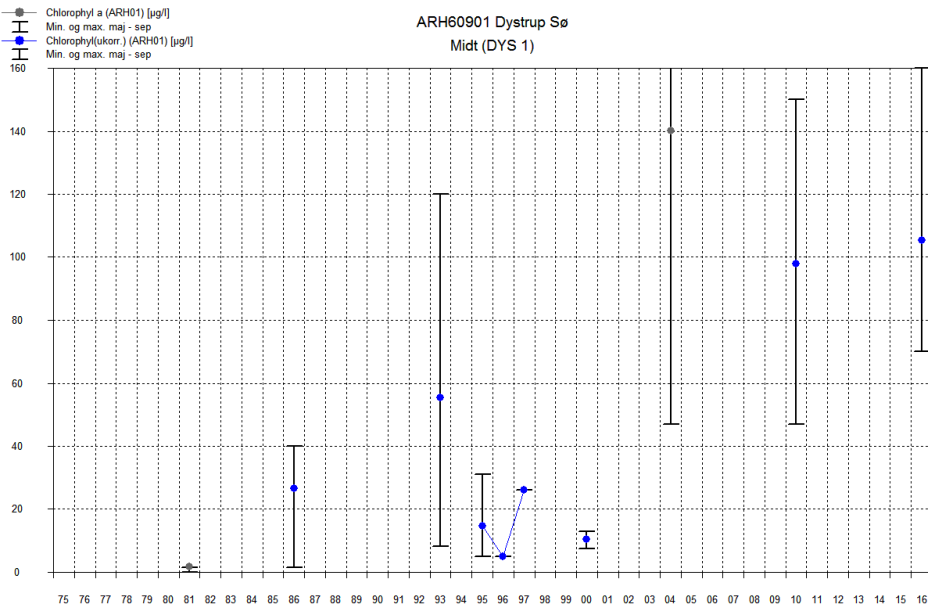
Figur 3.2.4: Koncentration af fosfor (total-P) som sommergennemsnit i Dystrup Sø i perioden 1975-2016.

Figur 3.2.5 viser koncentrationen af klorofyl i overfladevandet i perioden 1981 til 2016. Målingerne er hovedsagelig fra sommerperioden, og der ses en stor variation fra gan-

ske få $\mu\text{g/l}$ til ca. $225 \mu\text{g/l}$. Efter nogle gode år i perioden 1995 til 2000, hvor Dystrup Sø var klarvandet med udbredt undervandsvegetation, er koncentrationen af klorofyl steget. I 2016 var der således et sommergennemsnit på $105 \mu\text{g/l}$, som er meget højt. Til sammenligning er den målsatte værdi i Vandområdeplan 2015-2021 ca. $25 \mu\text{g/l}$ svarende til god økologisk tilstand i lavvandede ferske søer for denne parameter.



Figur 3.2.5: Koncentrationen af klorofyl i Dystrup Sø i perioden 1981-2016.

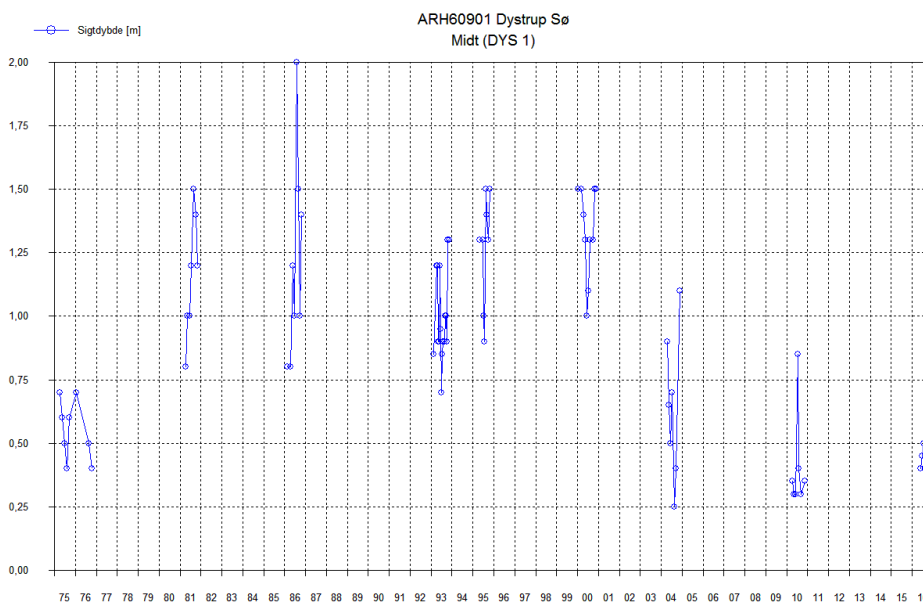


Figur 3.2.6: Koncentration af klorofyl som sommergennemsnit i Dystrup Sø i perioden 1981-2016.

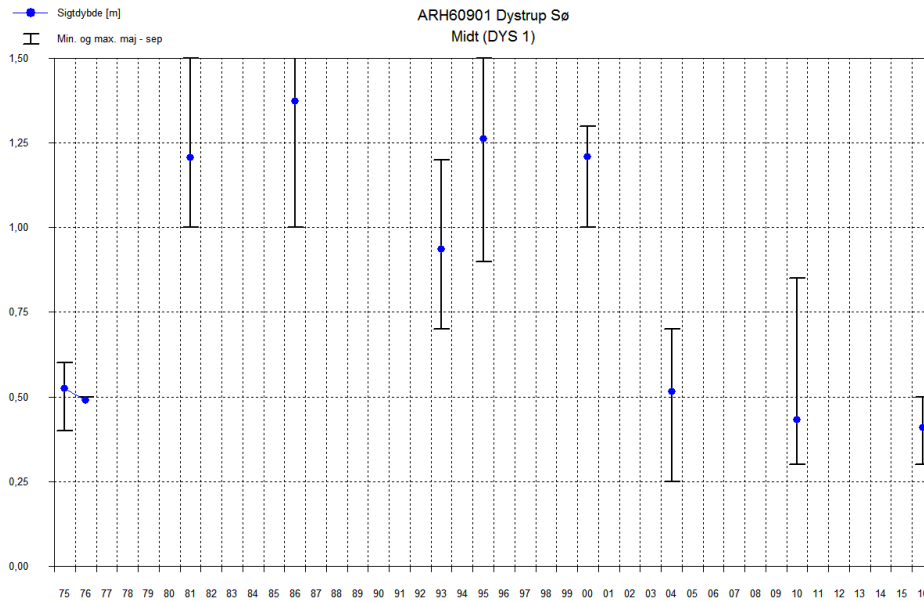
Figur 3.2.7 viser sigtddybden i overfladevandet i de seneste år. Målingerne er hovedsagelig fra sommerperioden, og der ses en variation mellem ca. 0,25 m og 1,5 m, der svarer til sigt til bunden. Den relativt høje sigtddybde i 1980-erne på trods af høj næringsstofkoncentration skyldes formentlig nogle hårde vintre med langvarigt isdække og efterfølgende iltsvind, som medførte omfattende fiskedød. Dystrup Sø blev efterfølgende klarvandet og fyldt med planter. Fiskedøden var en form for naturlig biomanipulation.

Den klarvandede tilstand varede dog kun til 2000, idet der siden da er sket et fald i sigtddybden på næsten 1 meter.

En sigtddybde på ca. 0,4 m som sommergennemsnit i 2016 er lav og skyldes den store vækst af planteplankton, der gør vandet grønt og uklart. Udviklingen følger klorofyl, idet der er sket et fald i sigtddybden siden 2000 samtidig med, at koncentrationen af klorofyl er steget markant. Den bagved liggende årsag er formentlig et kollaps i undervandsvegetationen i perioden 2000 til 2004, der har frigjort næringsstoffer til planteplankton, øget fosforfrigivelsen fra sedimentet og forringet den biologiske struktur. Udviklingen har bragt Dystrup Sø længere væk fra at opfylde målsætningen om en god økologisk tilstand.



Figur 3.2.7: Sigtdybde i Dystrup Sø i perioden 1975-2016.



Figur 3.2.8 Sigtedybde som sommergennemsnit i Dystrup Sø i perioden 1975-2016.

Tabel 3.2.1: Sommergennemsnit af vigtige vandkemiske parametre i Dystrup Sø i 2010 og 2016.

	2010	2016
Total-N, mg N/l	1,7	2,2
Total-P, µg P/l	148	132
Klorofyl, µg/l	98	105
Sigtedybde, meter	0,43	0,41

3.2.3 Biologiske forhold

3.2.3.1. Fisk

I 2013 blev der udført en fiskeundersøgelse i Dystrup Sø efter retningslinjer i den nyeste udgave af Nationalt Center for Miljø og Energi's (DCE) tekniske anvisning for fiskeundersøgelser i søer (TA-S05).

Fiskeundersøgelsen i Dystrup Sø blev foretaget den 6. september. Placeringen af de 6 oversigtsgarn i tilfældigt udvalgt gridceller, svarende til det antal net som bruges (6 stk.), er vist i Figur 3.2.9. Nettene blev ikke sat nærmere end 2 m fra bredden eller rørskovene.



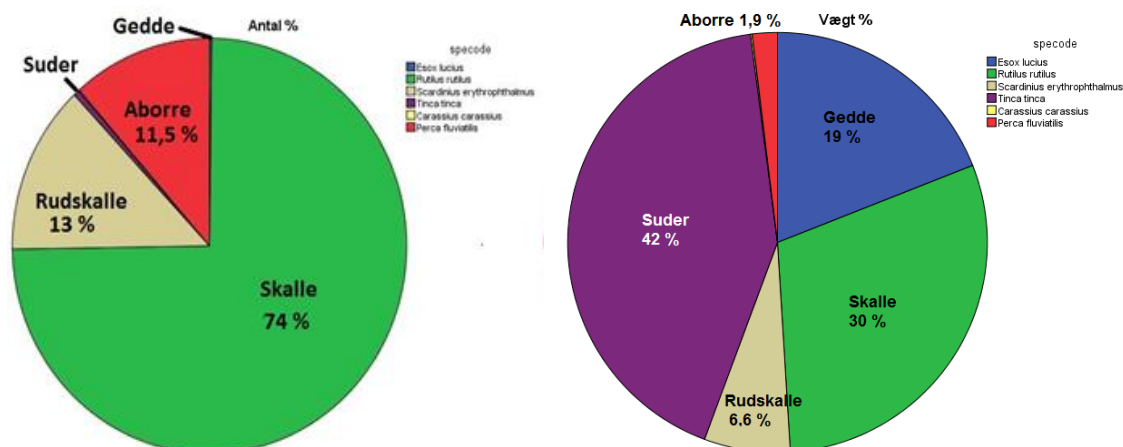
Figur 3.2.9. Kort over Dystrup Sø og garplacering i fiskeundersøgelse fra 2013.

I alt blev der fanget 6 fiskearter i Dystrup Sø. Disse var aborre (*Perca fluviatilis*), gedde (*Esox lucius*), skalle (*Rutilus rutilus*), rudskalle (*Scardinius erythrophthalmus*), suder (*Tinca tinca*) og karuds (*Carassius carassius*). Det samlede antal fisk fanget var 1.109 med en samlet vægt på 23,1 kg.

Antalsmæssigt er Dystrup Sø også domineret af små (<10 cm) og store (>10 cm) skaller ligesom Ramten Sø. Skalle udgør ca. 74% af fangsten og rudskalle udgør ca. 13% af fangsten. Antalsmæssigt udgør aborre (alle <10 cm) 11,5% af fangsten. Dvs. der er ingen store aborrer (>10 cm) noteret i fangsten. Der blev fanget 4 gedder, med en gennemsnitsstørrelse på 53,5 cm (4,4 cm std. afv.) og 7 store suder med en gennemsnitsstørrelse på 45,5 (2,2 cm std. afv.).

Vægtmæssigt er Dystrup Sø domineret af suder (ca. 42% af fangsten), skalle (30% af fangsten) og rudskalle (ca. 6,6% af fangsten). Vægtmæssigt udgør gedde og aborre henholdsvis 19% og ca. 1,9% af fangsten, Figur 3.2.10.

Venstre cirkel angiver fiskebestandens procentvise fordeling i antal fisk i alt, højre cirkel den procentvise fordeling i vægt i alt.

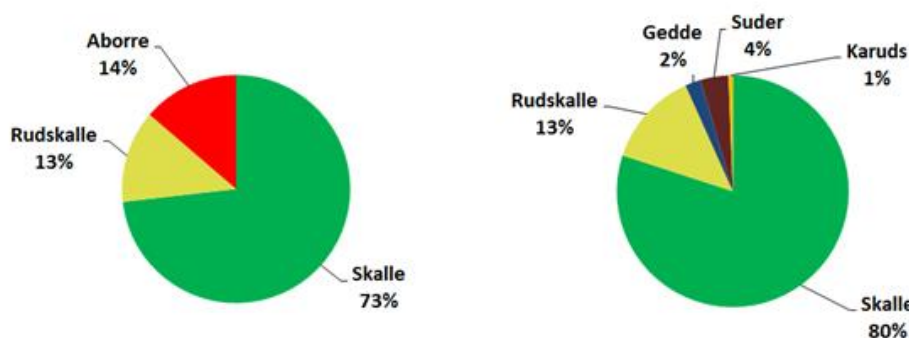


Figur 3.2.10: Venstre cirkel angiver fiskebestandens procentvise fordeling i antal fisk i alt, højre cirkel den procentvise fordeling i vægt i alt.

Antalsmæssigt består fiskebestanden blandt de små fisk (<10 cm) af ca. 73% skaller, 13% rudskaller og 13,7% aborrer. Fiskesammensætningen blandt de større fisk (>10 cm) består af mange skaller (80%) og rudskaller (21 %) samt enkelte store suder (4 %) og gedder (2 %) og en enkelt karuds, Figur 3.2.11.

Venstre cirkel angiver fiskebestandens procentvise fordeling i antal små fisk mindre end 10 cm, højre cirkel den procentvise fordeling i antal af fisk større end 10 cm.

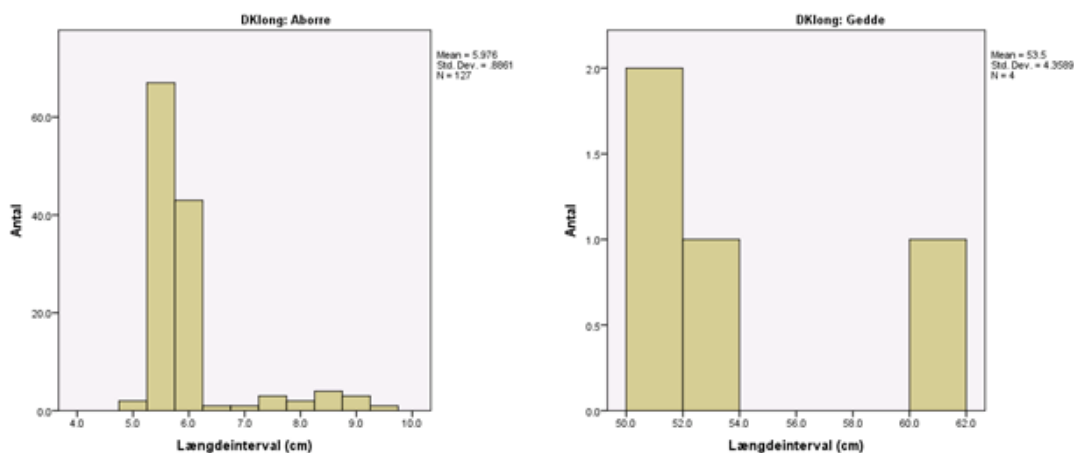
Procentvis fordeling i antal mindre fisk (<10 cm) Procentvis fordeling i antal større fisk (>10 cm)



Figur 3.2.11. Venstre cirkel angiver fiskebestandens procentvise fordeling i antal små fisk mindre end 10 cm, højre cirkel den procentvise fordeling i antal af fisk større end 10 cm.

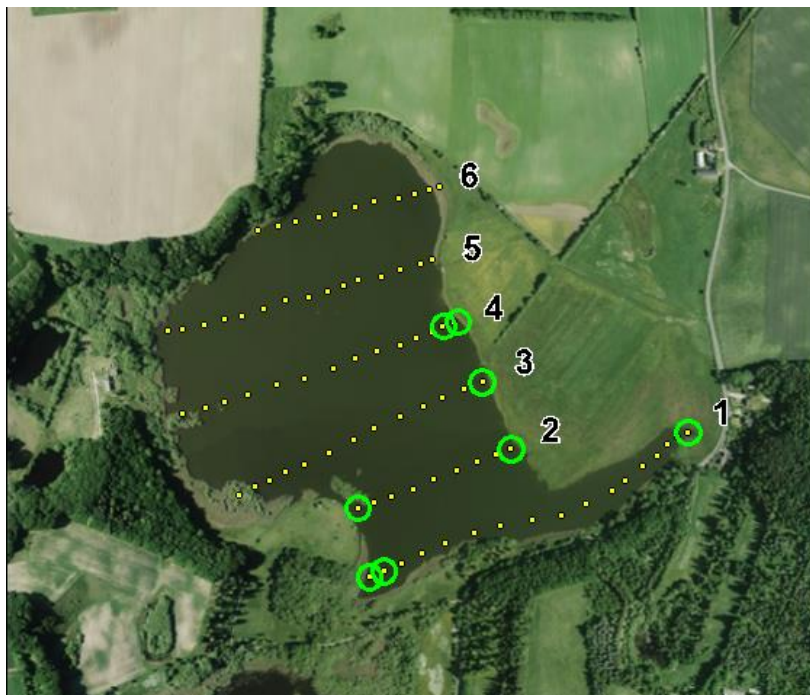
Elfiskeri

Der blev befisket med elektrofiskeri langs bredden og på tværs af søen i 1 time for at undersøge for supplerende arter. Her blev der observeret en del mindre skaller (<10 cm) og skalle yngel (<3cm), få mindre aborrer (<10 cm) og 3 store suder (45-50 cm). Der blev ikke set andre arter end de, der var noteret fra garnene. Ifølge længdefrekvensdiagrammer fra fiskeundersøgelse er rovfiskebestanden, som omfatter større aborrer (≥15 cm) og gedder, meget lille (se diagrammer nedenunder) da der ikke fanget store aborre (≥10 cm) og kun meget få gedder (se diagrammer nedenunder).



3.2.3.2. Vegetation

I 2016 blev der udført en vegetationsundersøgelse i Dystrup Sø efter retningslinjer i NOVANA programmet (ekstensiv 1 sø, TA-S04). Der er kun registreret vegetation på 8 ud af 79 punkter langs 6 transekter på tværs af søen, Figur 3.2.12. Alle disse observationer er i nærheden af bredzonen i den østlige og den sydvestlige del af søen med en vanddybde på 30 cm eller mindre.



Figur 3.2.12: Undersøgte transekter for vegetation i Dystrup Sø i 2016.

Transekt no.	UTM-X	UTM-Y	Dybde	Bundareal dækket	Beskrivelse	Plantehøjde (m)	Trådalger	Nåle Sumpstrå	Vandpest	Vandnavle	Græsbladet vandaks
1	600802	6257356	0.3	51-75 %	Rigelig	0.2			26-50 %	>0-5 %	6-25 %
1	600380	6257163	0.5	0	Ingen	0	>0-5 %				
1	600359	6257155	0.2	26-50 %	Almindelig	0.05		6-25 %	6-25 %	>0-5 %	>0-5 %
2	600344	6257250	0.4	0	Ingen	0	>0-5 %				
2	600556	6257333	0.1	26-50 %	Almindelig	0.1		>0-5 %			26-50 %
3	600517	6257426	0.15	26-50 %	Almindelig	0.15	>0-5 %	>0-5 %			26-50 %
4	600461	6257503	0.3	26-50 %	Almindelig	0.05		26-50 %			
4	600477	6257510	0.1	26-50 %	Almindelig	0.05		26-50 %			

Tabel 3.2.2. Forekomst, dækningsgrad og artslisten på undervandsplanter i de stationer i Dystrup Sø, hvor der er registreret vegetation i 2016.

Nålesumpstrå og Græsbladet vandaks var de mest hyppige arter af undervandsplanter med almindelig forekomst og en dækningsgrad på typisk 6-25 % på lokaliteten, Tabel 3.2.2.

Øvrige vand- og flydebladsplanter i søen er Vandnavle, Vandpileurt, Svømmende vandaks, Hvid åkande og Almindelig vandpest samt arter af trådalger, der alle forekommer spredt eller sjældent i søen. Rørskoven er ikke undersøgt.

Dækningsgraden for undervandsplanter i hele søen (RPA) er 2,97 %, og det plante-fyldte volumen (RPV) er 0,45 %. Dybdegrænsen for undervandsplanter er 0,3 meter.

4. VAND- OG NÆRINGSSTOFTILFØRSEL FRA OPLANDET

I Vandområdeplan 2015-2021 har Miljøstyrelsen beregnet en middelbelastning af en række målsatte søer, herunder Ramten Sø og Dystrup Sø. Der anvendt en standard-beregningsmetode med anvendt belastning fra punktkilder (status 2010-2014) og en baseline (2021). Baseline 2021 er fremskrivninger af allerede vedtagne indsatser, herunder planlagte indsatser overfor spildevandsrensning, der er indarbejdet i kommunens spildevandsplan. Opgørelsen er kun udarbejdet for fosfor, som har størst betydning for miljøtilstanden i søerne.

Det atmosfæriske bidrag af fosfor ved deposition på selve søoverfladen er ikke opgjort særskilt, men sættes normalt til 0,1 kg P/ha søoverflade årligt (Bjerring m.fl., 2015).

Fraførslen af fosfor er ikke beregnet af Miljøstyrelsen, men kan skønnes ved at multiplicere vandtilførslen med årsgennemsnittet af total-P, idet koncentrationen af total-P i afløbet er tilnærmelsesvist den samme som i søen. Det skal dog her nævnes, at data-grundlaget ikke er optimalt, fordi der kun er sommermålinger i søerne og dermed kan fosforkoncentrationen i afløbet blive overvurderet. Det skyldes, at fosforkoncentrationen typisk vil være større om sommeren end om vinteren i søer, hvor der er fosforfrigivelse fra sedimentet. Det gør sig især gældende i Dystrup Sø. I Ramten Sø er fosforkoncentrationen om sommeren nu så lav, at der ikke vurderes at være en større forskel på sommer og vinter koncentrationer.

4.1. Ramten Sø

I Tabel 4.1.1 er der opstillet en massebalance for vand og fosfor i Ramten Sø baseret på Miljøstyrelsens opgørelse (SVANA, 2016). Den samlede fraførsel af fosfor i Ramten er skønnet ved at multiplicere den samlede vandtilførsel med middelværdien af tre seneste års gennemsnit af total-P i søen (2010, 2014 og 2016). Det bemærkes her, at massebalancen er usikker, da der er meget få målte data for indløb og afløb.

	Vand, m ³ /år	Fosfor kg P/år
Overfladevand, grundvand, og atmosfærisk bidrag (netto)	367.000	22,2
Spildevand	-	9,8
Samlet tilførsel	367.000	32,0
Samlet fraførsel via afløb	367.000	27,5
Retention kg/år	-	4,5
Retention, %	-	14

Tabel 4.1.1: Massebalance for vand, kvælstof og fosfor i Ramten Sø.

Ramten Sø tilføres årligt 367.000 m³ vand og 32 kg P/år. Det giver en vandføringsvægtet indløbskoncentration på 87 µg P/l. Der tilbageholdes ca. 4,5 kg P/år svarende til 14 % af tilførslen. Den gennemsnitlige opholdstid for vandet i søen er beregnet til 0,89 år.

Ca. 53 % af vandtilførslen til Ramten Sø kommer fra Dystrup Sø. Tilførslen herfra er baseret på, at der er opstået ligevægt mellem tilført fosfor og fosforkoncentrationen i Dystrup Sø, hvilket ikke er tilfældet nu. Fosforkoncentrationen er høj i Dystrup Sø, og dermed er den nuværende fosfortilførsel til Ramten Sø større end angivet i Tabel 4.1.1. Det er ikke muligt ud fra det eksisterende datagrundlag at beregne den aktuelle ekstra fosfortilførsel, men det er Orbicons vurdering, at afstrømningen fra Dystrup Sø til Ramten Sø er meget lille i sommermånederne og dermed ikke belaster Ramten Sø væsentligt med fosfor i de kritiske perioder. Denne vurdering underbygges af den lave fosforkoncentration i Ramten Sø i sommermånederne i 2016. I særligt nedbørsrige somre eller i forbindelse med skybrud vil der dog være en afstrømning af søvand med en forhøjet fosforkoncentration fra Dystrup Sø til Ramten Sø. Denne påvirkning ophører først helt, når Dystrup Sø er kommet i ligevægt med den eksterne tilførsel af fosfor og sedimentet ikke længere har frigivelse af fosfor om sommeren.

Spildevandstilførslen på 9,8 kg P/år stammer fra regnbetingede udledninger fra Ramten by, og der er ikke planlagt en indsats over dette bidrag i indeværende planperiode (SVANA, 2016). Derfor forventes der også en fosfortilførsel på 32 kg P/år til Ramten Sø i 2021. Målbekæmpelsen i Vandområdeplan 2015-2021 er 23 kg P/år, dvs. der er et indsatsbehov på 9 kg P/år som forudsætning for målopfyldelse. Der har i flere år været separatkloakeret, så bidraget herfra kan kun reduceres yderligere ved etablering af regnvandsbassiner til fældning af partikulært fosfor. Ifølge kommunens spildevandsplan er bidraget fra regnbetingede udledninger dog kun 2 kg P/år. Forskellen skyldes formentlig forskellige beregningsmetoder.

Norrdjurs Kommune oplyser endvidere, at oplandet til Ramten Sø fortsat er udpeget til en indsats for spredt bebyggelse, men dette er blevet færdiggjort de senere år, og må forventes ikke at indgå i belastningsopgørelsen for søerne i Vandområdeplan 2021-2027.

Det bør afklares med Miljøstyrelsen, om indsatskravet stadig skal være 9 kg P/år, og hvordan det i givet fald skal nås.

4.2. **Dystrup Sø**

I Tabel 4.2.1 er der opstillet en massebalance for vand og fosfor i Dystrup Sø baseret på Miljøstyrelsens opgørelse som i Ramten Sø (SVANA, 2016). Det er ikke muligt at beregne en fraførsel af fosfor, da årsgennemsnittet af fosfor i søvandet formentlig afviger en del fra sommergennemsnittet. Det bemærkes endvidere, at massebalancen er usikker, da der er meget få målte data for indløb til søen.

	Vand, m ³ /år	Fosfor kg P/år
Overfladevand, grundvand, og atmosfærisk bidrag (netto)	197.500	16,4
Samlet tilførsel	197.500	16,4
Samlet fraførsel via afløb	197.500	-
Retention kg/år	-	-
Retention, %	-	-

Tabel 4.2.1: Massebalance for vand, kvælstof og fosfor i Dystrup Sø.

Dystrup Sø tilføres årligt 197.500 m³ vand og 16,4 kg P/år. Det giver en vandføringsvægtet indløbskoncentration på 83 µg P/l. Den gennemsnitlige opholdstid for vandet i søen kan beregnes til 1,15 år. Med en modelberegnet ligevægtskoncentration på 77 µg P/l som sommergennemsnit og en aktuell fosforkoncentration på ca. 140 µg P/l er der tegn på enten en betydelig frigivelse af fosfor fra sedimentet om sommeren og/eller en underestimering af fosfortilførslen på grund af fosfortilførsel fra ekskrementer fra især rastende grågæs, se også afsnit 4.2.1.

Der afledes kun rensede spildevand fra spredt bebyggelse til Dystrup Sø, idet spildevandsindsatsen er blevet gennemført. Der forventes derfor den samme fosfortilførsel til søen i 2021 (SVANA, 2016). Målbekæmpningen i Vandområdeplan 2015-2021 er 12 kg P/år, og der er således fastsat et indsatsbehov på ca. 4 kg P/år. Norrdjurs Kommune har oplyst, at kravene til spredt bebyggelse i Vandområdeplanen allerede er gennemført. Der er ikke peget på andre indsats i oplandet. Det bør derfor afklares med Miljøstyrelsen, om der stadig er et indsatsbehov i forhold til fosfortilførsel.

4.2.1 Fosfortilførsel fra vandfugle

I de senere år er bestanden af grågæs steget i Danmark, og også i Dystrup Sø er der sket en stigning. Det fremgår således af DOF-basen, at der i perioden januar 2014 til marts 2017 (status ved søgning d. 25. april 2017) på alle 29 observationsdage er registreret rastende eller fouragerende grågæs på eller ved søen. Antallet varierer mellem 5 og 434 individer med et gennemsnit på 110 individer pr. observationsdag. Det er kendt, at vandfugle og især store arter som grågæs kan påvirke søer med næringsstoffer og organisk stof via deres ekskrementer. Problemet må antages at være størst i søer, hvor gæs fouragerer på omkringliggende marker og enge, men raster i eller ved søerne. I praksis vil bestanden af gæs være afhængig af muligheden for at fouragere på omkringliggende marker ved Dystrup Sø, men de vil også fouragere i søen, når de opholder sig der om dagen.

Sørensen (1997) gennemførte på baggrund af søspecifikke forhold (stoftransport mm.), fugletællinger, undersøgelse af tarmindehold og næringsstofindehold i fuglenes ekskrementer beregninger af fugles tilførsel af fosfor og kvælstof til Filsø og de tre Maribosøer. Beregningerne omfattede tilførslen fra grågås, kortnæbbet gås og trolde-

and. Den beregnede gennemsnitlige tilførsel per rasteperiode (er oftest = 1 døgn) fra grågås er 274 mg P/d og fra troidand 58 mg P/d. Da grågæs observeres i alle måneder i Dystrup Sø er det realistisk at antage, at der i gennemsnit er 110 grågæs i Dystrup Sø i alle årets dage. Der kan herefter beregnes en fosfortilførsel fra grågæs alene til Dystrup på 11 kg P/år. Hertil kommer et bidrag fra andre vandfugle som ænder, hættemåger m.fl. på skønsmæssigt 1 kg P/år. Det er således muligt, at der tilføres lige så meget fosfor til Dystrup Sø fra vandfugle som målbelastningen på 12 kg P/år fra oplandet. Bidraget fra vandfugle indgår ikke i Miljøstyrelsens opgørelse af fosfortilførslen, der dermed kan være undervurderet.

Der er ingen oplysninger om forekomst af grågæs i Ramten Sø, men søen er formentlig ikke lige så attraktiv som Dystrup Sø på grund af en lidt større vanddybde samt færre egnede raste- og fourageringsområder i nærheden af søen.

5. VURDERING AF MÅLOPFYLDELSE NU OG PÅ SIGT

Ramten Sø og Dystrup Sø er målsat med "god økologisk tilstand" i Vandområdeplan 2015-2021 for Jylland-Fyn (SVANA, 2016). Målsætning og tilstand for de to søer fremgår af Tabel 5.1.1. Miljømålet er ikke opfyldt, fordi tilstandsklasserne for de enkelte tilstandsvariable er lavere end "god økologisk tilstand" eller ukendt. Den samlede tilstand er vurderet som "ringe økologisk tilstand" i Ramten Sø og "dårlig økologisk tilstand" i Dystrup Sø, idet den ringest placerede tilstandsvariabel definerer den samlede tilstand ("one out all out princippet"). For begge søer er der defineret et indsatsbehov overfor fosfortilførslen til søerne, men der er ikke anvist en konkret indsats i form af fosforådale eller andre virkemidler for at nå dette mål i 2021 eller senere. Det vides heller ikke, hvordan en fortsat fosfortilførsel fra vandfugle i Dystrup Sø vil påvirke indsatsbehovet, og om det vil eventuelt vil medføre behov for at nedklassificere søen til en lavere målsætning.

Fiskebestanden er ringe eller dårlig i de to søer som følge af en meget stor bestand af fredfisk og ubalance mellem fredfisk og rovfisk. Dette forhold var også kendt i Vandplan 2009-2015, hvor søerne blev udpeget til restaurering ved biomanipulation. Denne udpegning er videreført i Vandområdeplan 2015-2021 for begge søer. I forbindelse med udpegning af søer til sørestaurering er der foretaget en nærmere vurdering af det beregnede indsatsbehov over for fosfor. I visse tilfælde har det ført til, at søen vurderes at kunne nå målopfyldelse efter en restaurering, selvom resultatet i tabellen viser et indsatsbehov på henholdsvis 9 kg P/år for Ramten Sø og 4 kg P/år for Dystrup Sø. I sådanne tilfælde skal fosfortilførslen gennem en forundersøgelse vurderes konkret for den enkelte sø, inden en restaurering evt. sættes i værk, jf. bilag 2 i Vandområdeplan 2015-2021 for Jylland-Fyn.

Da Norrdjurs Kommune endvidere har vurderet, at biomanipulation ved opfiskning af fredfisk muligvis ikke alene er en tilstrækkelig effektiv restaurering, er forundersøgelsen udvidet til også at omfatte restaurering af søerne ved fosforfældning eller en kombination af de to restaureringsmetoder.

	Ramten Sø	Dystrup Sø
Målsætning (miljømål)	God økologisk tilstand	God økologisk tilstand
Tilstand klorofyl	Moderat økologisk tilstand	Dårlig økologisk tilstand
Tilstand fytoplankton	Ukendt tilstand	Ukendt tilstand
Tilstand makrofytter	Moderat økologisk tilstand	Ukendt økologisk tilstand
Tilstand fisk	Ringe økologisk tilstand	Ringe økologisk tilstand
Samlet tilstand	Ringe økologisk tilstand	Dårlig økologisk tilstand
Målsætning opfyldt	Nej	Nej
Indsatsbehov fosfor	9 kg P/år	4 kg P/år
Indsatsbehov restaurering	Biomanipulation	Biomanipulation

Tabel 5.1.1: Målsætning, tilstand og indsatsbehov i Ramten Sø og Dystrup Sø.

5.1. Ramten Sø

På baggrund af massebalancen for fosfor kan der beregnes en fosforkoncentration i søen, når denne er i biologisk/kemisk ligevægt med tilførslen af fosfor fra oplandet.

Beregning af søkoncentration af fosfor (TP) i lavvandede søer med mindre end 0,200 mg P/l:

$$TP_{sø} = 1.095 * ((TP_{indløb})^{1,043}) / ((1 + Tw^{0,5})^{0,229}): \text{ (Naturstyrelsen, 2014) hvor,}$$

$TP_{sø}$ er søkoncentrationen som årsmiddel (mg P/l)

$TP_{sø}$ er den vandløbsvægtede indløbskoncentration med Dystrup Sø i ligevægt (0,087 mg P/l)

T_w er vandets opholdstid i år (0,89 år)

Med modellen kan der herefter beregnes et årsgennemsnit ($P_{sø}$) på 0,074 mg P/l, der igen kan omregnes til et sommergennemsnit på 0,084 mg P/l (SVANA, 2014). Det afviger dog noget fra den målte fosforkoncentration i 2016 på 0,049 mg P/l men er tæt på gennemsnittet på 0,075 mg P/l for perioden 2010-2016.

Det øvre fosforniveau for god økologisk tilstand i lavvandede søer er 0,050 - 0,070 mg P/l total-fosfor som sommergennemsnit. Der vil være størst sikkerhed for en klarvandet tilstand, hvis fosforkoncentrationen reduceres til ca. 0,050 mg P/l (Danmarks Miljøundersøgelser, 2003).

Såfremt tilførslen af fosfor reduceres til 23 kg P/år som forudsat i målbelastningen i Vandområdeplan 2015-2021 vil det modelberegnete sommergennemsnit falde til 0,055 mg P/l, hvilket vurderes at kunne sikre en god økologisk tilstand.

Ovenstående konklusioner er baseret på en ligevægtstilstand i søen, som forudsætter, at der ikke sker frigivelse af fosfor fra sedimentet eller negative forskydninger i fødekæderne i form af øget dominans af dyreplankton spisende fredfisk som skaller, dvs. at søen befinder sig i den klarvandede tilstand med undervandsvegetation.

Ud fra DMU's formel for relationen mellem klorofyl (mål for algemængde, der også har været anvendt i vandplanerne for søer) og fosfor:

$$\text{Klorofyl a} = 229,1 * TP^{0,8}$$

kan der beregnes en fremtidig klorofylkoncentration i Ramten Sø på ca. 32 µg/l ved en fosforkoncentration på 0,084 mg P/l, hvilket er højere end kravværdien på 25 µg/l ved målopfyldelse for parameteren klorofyl for søtypen i Vandområdeplan 2015-2021 (www.MiljøGIS.dk). En målsat fosforkoncentration på 0,055 mg P/l vil reducere klorofylkoncentrationen til 23 µg/l og dermed sikre målopfyldelse for denne tilstandsparameter.

Det er Orbicons vurdering, at forudsætningen for en god økologisk tilstand i Ramten Sø er en maksimal fosfortilførsel på 23-25 kg P/år.

5.2. Dystrup Sø

På baggrund af massebalancen for fosfor kan der beregnes en fosforkoncentration i søen, når den er i biologisk/kemisk ligevægt med tilførslen af fosfor fra oplandet.

Beregning af søkoncentration af fosfor (TP) i lavvandede søer med mindre end 200 µg P/l:

$$TP_{sø} = 1.095 * ((TP_{indløb})^{1,043}) / ((1 + Tw^{0,5})^{0,229}): \text{ (Naturstyrelsen, 2014) hvor,}$$

$TP_{sø}$ er søkoncentrationen som årsmiddel (mg P/l)

$TP_{sø}$ er den vandløbsvægtede indløbskoncentration med Dystrup Sø i ligevægt (0,083 mg P/l)

T_w er vandets opholdstid i år (1,15 år)

Med modellen kan der herefter beregnes et årsgennemsnit ($P_{sø}$) på 69 µg P/l, der igen kan omregnes til et sommergennemsnit på 77 µg P/l (SVANA, 2014). Det afviger fra det målte gennemsnit i perioden 2010 til 2016 på 140 µg P/l. Det kan skyldes, at søen ikke er i ligevægt med den eksterne tilførsel af fosfor på grund af fosforfrigivelse fra sedimentet om sommeren. En anden årsag kan være, at fosfortilførslen til søen er højere end forudsat på grund af fosfortilførslen til søen fra rastende grågæs og andre vandfugle (se også afsnit 4.2.1).

Det øvre fosforniveau for god økologisk tilstand i lavvandede søer er 50-70 µg P/l total-fosfor som sommergennemsnit, men der vil være størst sikkerhed for en klarvandet tilstand, hvis fosforkoncentrationen reduceres til ca. 50 µg P/l (Danmarks Miljøundersøgelser, 2003).

Såfremt tilførslen af fosfor reduceres til 12 kg P/år som forudsat i målbelastningen i Vandområdeplan 2015-2021 vil det modelberegnete sommergennemsnit falde til 62 µg P/l, hvilket vurderes at kunne sikre en god økologisk tilstand.

Ovenstående konklusioner er baseret på en ligevægtstilstand i søen, som forudsætter, at der ikke sker frigivelse af fosfor fra sedimentet eller negative forskydninger i fødekæderne i form af øget dominans af dyreplankton-spisende fredfisk som skaller, dvs. at søen befinder sig i den klarvandede tilstand med undervandsvegetation.

Ud fra DMU's formel for relationen mellem klorofyl (mål for algemængde, der også har været anvendt i vandplanerne for søer) og fosfor:

$$\text{Klorofyl } a = 229,1 * TP^{0,8}$$

kan der beregnes en fremtidig klorofylkoncentration i Dystrup Sø på ca. 29 µg/l ved en fosforkoncentration på 77 µg P/l, hvilket er højere end kravværdien på 25 µg/l ved målopfyldelse for parameteren klorofyl for søtypen i Vandområdeplan 2015-2021 (www.MiljøGIS.dk). En målsat fosforkoncentration på 62 µg P/l vil reducere klorofylkoncentrationen til 25 µg/l og dermed sikre målopfyldelse for denne tilstandsparameter.

Det er Orbicons vurdering, at forudsætningen for en god økologisk tilstand i Dystrup Sø er en maksimal fosfortilførsel på 12 kg P/år og gerne lidt lavere (f.eks. 10 kg P/år) på grund af naturlig år til år variation. Desuden skal fosforfrigivelsen fra sedimentet ophøre ved enten at forlænge tidsfristforlængelsen for målopfyldelse eller ved at fremskynde forbedringer ved sørestaurering.

Det er tvivlsomt, om målbelastningen kan nås, hvis søen også fremover anvendes som rasteområder for store flokke af gæs. Det ligger dog uden for denne opgave at konkludere, hvilken betydning det har for søens fremtidige målsætning og indsatsbehov. I den videre analyse af egnethed til restaurering behandles problemstillingen med vandfugle ikke yderligere, idet det antages, at den forringede miljøtilstand primært skyldes overskydende fosfor og en fiskebestand i ubalance.

Der er generelt behov for flere undersøgelser af det stigende antal vandfugles påvirkning af danske søer, både med hensyn til tilførsel af næringsstoffer og deres græsning på vandplanter.

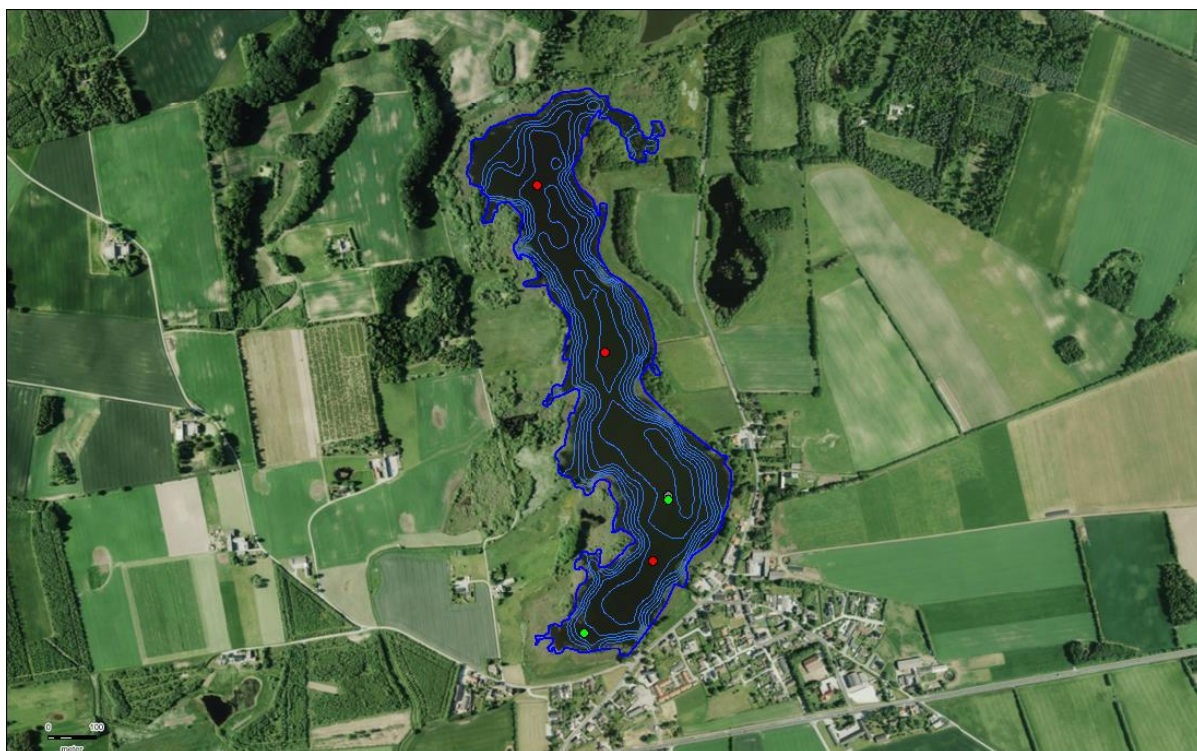
6. FOSFORPULJE I SEDIMENTET

Det afgørende i vurderingen af sedimentets betydning for miljøtilstanden i lavvandede søer er størrelsen af den potentielt mobile fosforpulje og den faktiske udveksling af fosfor mellem sediment og de øvre vandmasser. Udvekslingen er styret af mange faktorer, hvor temperatur, pH og især iltkoncentration i bundvandet har betydning. I perioder med høj temperatur og lave iltkoncentrationer er der en forøget mineralisering af organisk stof og en frigivelse af jernbundet fosfor, idet jern under reducerede forhold reduceres fra ferri jern (Fe^{3+}) til ferro jern (Fe^{2+}), som medfører en opløsning af FePO_4 forbindelser og frigivelse ved diffusion og bioturbation af de opløste puljer til bundvandet. Udover størrelsen af frigivelsen af opløst fosfor til bundvandet, har det også betydning for miljøtilstanden i søen, om den frigivne fosfor efterfølgende er til rådighed for planteplankton. I lavvandede og vindpåvirkede søer som Dystrup Sø og Ramten Sø vil sedimentfrigivet fosfor hurtigt kunne optages af planteplankton.

6.1. Ramten Sø

I de følgende afsnit gennemgås resultaterne af prøvetagningen af sediment i Ramten Sø i 2016 og 2017. I 2016 udtog Miljøstyrelsen sediment fra 3 stationer. Imidlertid er der forskel på prøvetagningen af sediment i NOVANA programmet og vejledningen i sørestaurering for så vidt angår valget af stationer. Ifølge vejledningen skal der udtages prøver fra mindst 3 stationer, hvoraf den ene er det dybeste sted i søen (ca. 1,8 meter) og de to andre placeret på gennemsnitsdybden (ca. 1,2 meter) i hver sin ende af søen. Selve prøveudtagningen, analyseparametre og –metode er dog ens bortset fra, at der ikke nødvendigvis skal måles total-jern ifølge vejledningen til sørestaurering.

Orbicon har vurderet, at to af Miljøstyrelsens stationer (Ramten Sø ARH60902 og ARH66005) kunne genbruges. Der er suppleret med yderligere to stationer (R 18, ARH60903, som er søens dybeste sted med en vandkemistation) og en ny station (R10) i den sydlige ende, Figur 6.1.1. Prøverne på de to ekstra stationer er udtaget fra båd med kajakbundhenter i marts 2017. Der blev udtaget tre sedimentsøjler af en længde på hver 50 cm som efterfølgende blev opskåret i 6 intervaller (0-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm og 30- ca. 50 cm) og puljet for hvert dybdeinterval. Prøverne blev samme dag afleveret til analyse hos laboratoriet Eurofins i Vejen og analyseret for tørstof, glødetab, total-P og total-Fe.



Figur 6.1.1: Prøvetagningsstationer for sediment i Ramten Sø i 2016 (røde pletter) og 2017 (grønne cirkler).

6.1.1 Sedimentkarakteristik

Resultaterne af sedimentanalyserne fremgår af Tabel 6.1.1.

Generelt er sedimentet i de øverste 20 cm tyndtflydende med et lavt indhold af tørstof og et højt indhold af organisk stof (højt glødetab). Fra 20-30 cm og nedefter bliver sedimentet mere fast og med et aftagende men stadig højt indhold af organisk stof. Jernindholdet i sedimentet er moderat med et gennemsnit på 12,0 g Fe/kg ts i de øverste 10 cm. Der er dog en betydelig spredning med de højeste værdier på den nordlige station ARH60902.

Fosforindholdet er moderat til højt, især i de øverste 10 cm af sedimentet med 1,40 – 4,04 g P/kg ts. De højeste værdier findes på den nordlige station ARH60902, hvilket stemmer godt overens med et højt indhold af jern, der effektivt binder fosfor i sedimentet. Det er bemærkelsesværdigt, at fosforindholdet i de øverste 2 cm er lavere end i de næste 8 cm. Det skyldes formentligt, at den tilførsel af fosfor fra oplandet er faldet i de senere årtier. Fosforindholdet i de øverste 10 cm af sedimentet er med et vægtet gennemsnit på 2,52 g P/kg ts typisk for danske søer.

Gennemsnittet for danske søer er ca. 2,0 g P/kg ts i de øverste lag og 1,0 g P/kg ts i lag dybere end 20-30 cm. Søndergaard m.fl. (1996) har dog fundet flere eksempler på fosforindhold (totalfosfor) højere end 3 mg P/kg ts i de øverste sedimentlag i rene søer uden kulturbetinget tilførsel og med fosforniveauer i søvandet på 19-25 µg P/l. Det

gælder dog især dybe søer med stor jerntilførsel fra oplandet, indsvivende grundvand og en lang hydraulisk opholdstid.

Jern-fosfor forholdet (Fe:P) i sedimentet (øverste 10 cm) kan beregnes til 4,8 i Ramten Sø. Det er væsentligt lavere end grænseværdien på Fe:P > 15, hvor sedimentet under normale iltede forhold i sedimentoverfladen vil medføre en meget lille frigivelse af fosfor til vandfasen. Denne antagelse baseres på undersøgelser af 15 danske søer (Jensen m.fl, 1992). Der er således en relativt dårlig jernbinding af fosfor i sedimentet i Ramten Sø og dermed også en større risiko for fosforfrigivelse under iltede forhold.

	Tørstof, %	Glødetab, % af tørstof	Total-Fe, g Fe/kg ts	Total-P, g P/kg ts
Ramten Sø Ram 2, nord, ARH60902				
0-2 cm	2,1	65,6	18,60	2,82
2-5 cm	2,7	65,1	26,30	2,60
5-10 cm	3,2	60	24,90	4,04
10-20 cm	4,1	62,2	13,70	2,23
20-30 cm	4,9	62,4	10,20	1,63
30- 50 cm	12	69,3	5,46	1,09
Ramten Sø syd, ARH66005				
0-2 cm	2,5	56,8	7,80	2,13
2-5 cm	2,8	60,4	12,40	3,84
5-10 cm	4,1	59,7	8,11	2,20
10-20 cm	5,5	52,9	8,83	1,31
20-30 cm	7,6	46,8	8,33	1,21
30-50 cm	30	36,8	3,48	0,71
Ramten Sø, RAM 3 (R18) ARH60903				
0-2 cm	1,6	62	7,80	2,60
2-5 cm	2,6	59	8,50	2,00
5-10 cm	6,6	57	8,20	1,40
10-20 cm	6,2	54	9,00	1,40
20-30 cm	10,0	51	6,70	0,91
30-50 cm	14,0	47	5,90	0,72
Ramten Sø, syd (R10)				
0-2 cm	1,5	63	6,40	2,20
2-5 cm	2,3	62	6,70	2,30
5-10 cm	3,4	59	7,70	2,10
10-20 cm	15	23	3,60	0,66
20-30 cm	20	39	3,90	0,69
30-50	22	50	5,00	0,94

Tabel 6.1.1: Resultater af sedimentanalyser på 4 stationer i Ramten Sø i forskellige dybdeintervaller.

6.1.2 Mobil fosforpulje

Ifølge vejledningen til sørestaurering (Søndergaard m.fl., 2015) skal den potentielle mobile fosforpulje i sedimentet fastlægges, inden en eventuel fældning med aluminium kan doseres i den rette mængde. Den potentielt mobile P-pulje er summen af TP i vandfasen og mobilt P i sedimentet. Puljen i sedimentet udregnes ifølge vejledningen ud fra mindst 3 stationer i søen (én prøve på største dybde og 3 stationer på middeldybden i Ramten Sø). Doseringen beregnes efter puljen i sedimentet ned til mindst 10 cm's dybde.

En metode fremgår af vejledningens bilag 1, hvor puljede delprøver af sediment undersøges for porevands-P, jernbundet P, og NaOH-ekstraherbart organisk P (metode 1).

Ifølge vejledningen kan man alternativt bruge TP_{sed} -profilen (metode 2) til en simpel bestemmelse af potentielt mobilt P, idet forskellen på gennemsnittet af TP i de øverste 10 cm og gennemsnittet af TP i de dybere mere stabile lag med et naturligt lavere fosforindhold repræsenterer den potentielt mobile fosforpulje i sedimentet.

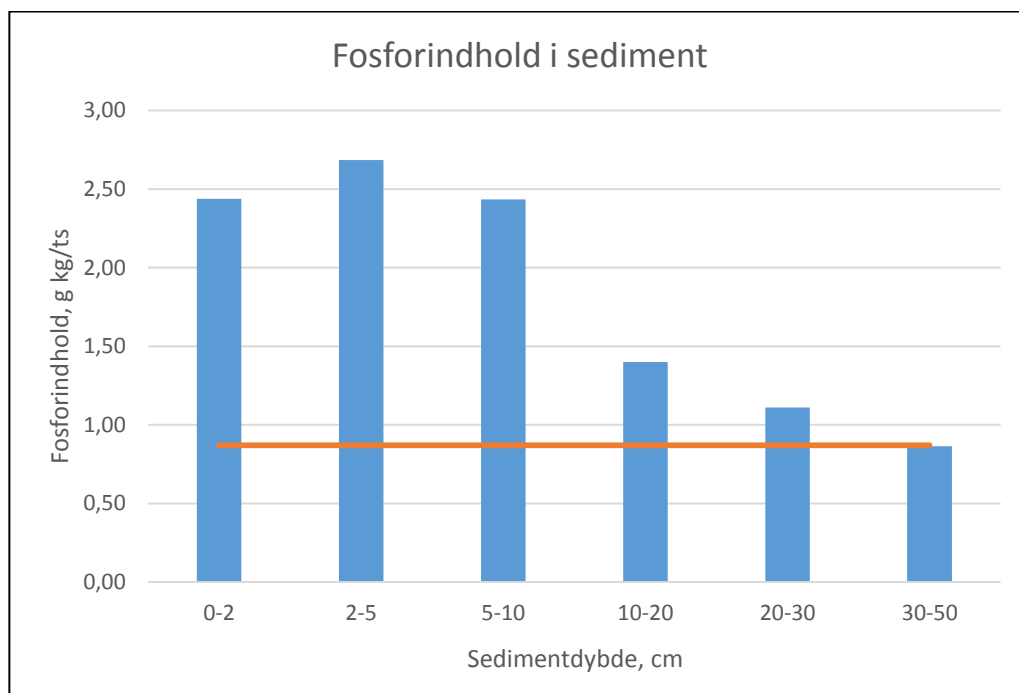
Ligeledes giver TP_{sed} et godt estimat for puljestørrelsen af mobilt P ud fra ligningen: $Mobilt\ P = -26,108 + 0,877 * TP_{sed}$. TP_{sed} angives i $\mu\text{mol P/g}$ tørstof (metode 3).

TP metoden (metode 2 og 3) anvendes i beregningen af den mobile fosforpulje i Ramten Sø.

Metode 2:

For hver station antages det, at fosforindholdet i den dybeste fraktion (30-50 cm) repræsenterer den ikke mobile P-pulje, mens indholdet over denne basisværdi i hver fraktion svarer til en mobil P-pulje. Figur 6.1.2 viser således gennemsnittet for TP på de 4 stationer i hvert dybdeinterval (søjler), mens den vandrette linje viser gennemsnittet for den nederste fraktion (baggrundsværdien).

Gennemsnittet (vægtet) for de øverste 10 cm er 2,52 g/kg ts, som fratrækkes baggrundsværdien på 0,87 mg/ kg ts. Det giver en mobil P-pulje på 1,65 g/kg ts i de øverste 10 cm af sedimentet. Det vurderes, at den mobile P-pulje på dybder under 10 cm er tæt på 0.



Figur 6.1.2: Fosforpuljer i sedimentlag i Ramten Sø (blå søjler) som gennemsnit af 4 stationer. Rød linje viser gennemsnit af fosforpulje i dybere sedimentlag (30-50 cm) svarende til baggrundsværdien.

Metode 3:

$$\text{Mobilt P} = -24,690 + 0,830 \cdot \text{TP}_{\text{sed}}$$

P_{sed} i de øverste 10 cm af sedimentet på gennemsnitligt 2,52 g P/kg ts omregnes til 78 $\mu\text{mol P/g}$ tørstof. Det giver en mobil P-pulje på 1,29 g/kg ts i de øverste 10 cm af sedimentet, dvs. lidt lavere end beregnet med model 2.

Ud fra den målte tørstofprocent i hver fraktion og under antagelse af, at volumen/vægt relationen i sedimentet er 1:1 og med et gennemsnitligt tørstofindhold i de øverste 10 cm af sedimentet på ca. 3 %, kan der herefter beregnes en arealbaseret mobil P-pulje ud fra den mobile P-pulje i sedimentet på de 4 stationer. Med metode 2 fås en mobil P-pulje på 5,0 g P/m² sediment og med metode 3 fås 3,9 g P/m². Til den videre beregning anvendes værdien fra metode 2 på 5,0 g P/m².

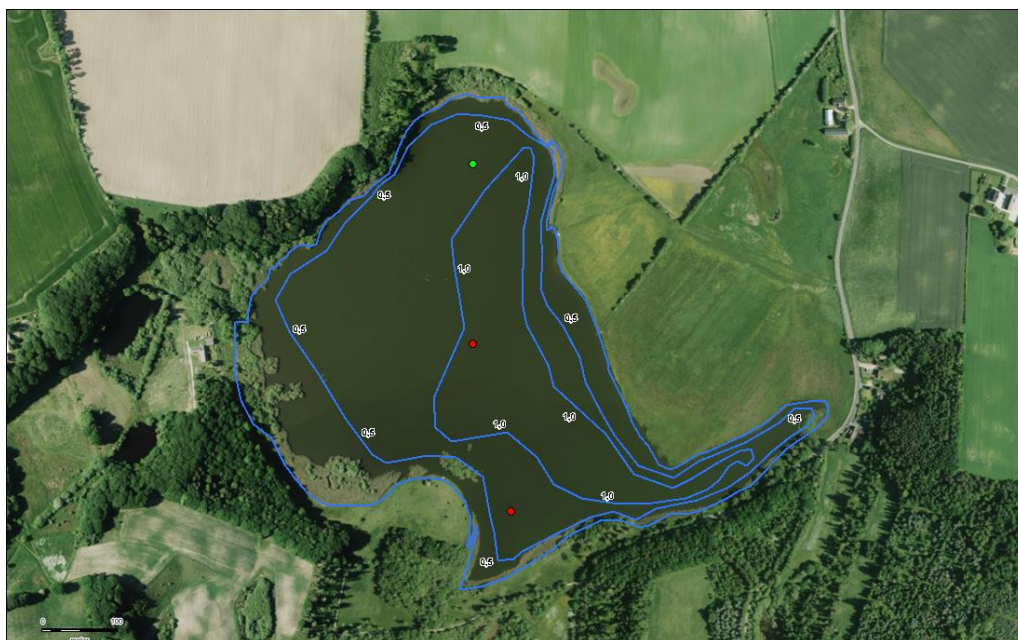
De 4 stationer antages at repræsentere sedimentforholdene i hele Ramten Sø, da denne ikke er lagdelt og sedimentet er relativt ensartet. Med en mobil P-pulje på 5,0 g P/m² og et søareal på 27 ha svarer det til en potentiel mobil P-pulje i sedimentet i hele søen på 135 kg P.

6.2. Dystrup Sø

I de følgende afsnit gennemgås resultaterne af prøvetagningen af sediment i Dystrup Sø i 2016 og 2017. I 2016 udtog Miljøstyrelsen sediment fra 3 stationer. Imidlertid er der forskel på prøvetagningen af sediment i NOVANA programmet og vejledningen i

sørestaurering for så vidt angå valget af stationer. Ifølge vejledningen skal der udtages prøver fra mindst 3 stationer, hvoraf den ene er det dybeste sted i søen (ca. 1,4 meter) og de to andre placeret på gennemsnitsdybden (ca. 1,0 meter). Selve prøveudtagningen, analyseparametre og –metode er dog ens bortset fra, at der ikke nødvendigvis skal måles total-jern ifølge vejledningen til sørestaurering.

Orbicon har vurderet, at to af Miljøstyrelsens stationer (Dystrup Sø ARH66002 og ARH66003) kunne genbruges, og der er derefter suppleret med én station (D1 Dystrup Sø Nord) på søens dybeste sted, Figur 6.2.1. Prøverne på den ekstra station er udtaget fra båd med kajakbundhenter i marts 2017. Der blev udtaget tre sedimentsøjler af en længde på hver 50 cm som efterfølgende blev opskåret i 6 intervaller (0-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm og 30- ca. 50 cm) og puljet for hvert dybdeinterval. Prøverne blev samme dag afleveret til analyse hos laboratoriet Eurofins i Vejen og analyseret for tørstof, glødetab, total-P og total-Fe.



Figur 6.2.1: Prøvetagningsstationer for sediment i Dystrup Sø i 2016 (røde cirkler) og 2017 (grønne cirkler).

6.2.1 Sedimentkarakteristik

Resultaterne af sedimentanalyserne fremgår af Tabel 6.2.1.

Generelt er sedimentet i de øverste 30 cm tyndtflydende med et lavt indhold af tørstof og et højt indhold af organisk stof (højt glødetab). Fra 30-50 cm og nedefter bliver sedimentet mere fast og med et aftagende men stadig højt indhold af organisk stof. Jernindholdet i sedimentet er moderat med et gennemsnit på 9,8 g Fe/kg ts i de øverste 10 cm. Der er dog en betydelig spredning med de højeste værdier på den sydlige station ARH66002.

Fosforindholdet er moderat til højt, især i de øverste 10 cm af sedimentet med 1,60 – 3,60 g P/kg ts. De højeste værdier findes på den sydlige station ARH60002, hvilket stemmer godt overens med et højt indhold af jern, der effektivt binder fosfor i sedimentet. Fosforindholdet i de øverste 10 cm af sedimentet i Dystrup er med et vægtet gennemsnit på 2,18 g P/kg ts typisk for lavvandede danske søer.

Gennemsnittet for danske søer er ca. 2,0 g P/kg ts i de øverste lag og 1,0 g P/kg ts i lag dybere end 20-30 cm. Søndergaard m.fl. (1996) har dog fundet flere eksempler på fosforindhold (totalfosfor) højere end 3 mg P/kg ts i de øverste sedimentlag i rene søer uden kulturbetinget tilførsel og med fosforniveauer i søvandet på 19-25 µg P/l. Det gælder dog især dybe søer med stor jerntilførsel fra oplandet, indsvivende grundvand og en lang hydraulisk opholdstid.

Jern-fosfor forholdet (Fe:P) i sedimentet (øverste 10 cm) kan beregnes til 4,5 i Dystrup Sø. Det er væsentligt lavere end grænseværdien på Fe:P > 15, hvor sedimentet under normale iltede forhold i sedimentoverfladen vil medføre en meget lille frigivelse af fosfor til vandfasen. Denne antagelse baseres på undersøgelser af 15 danske søer (Jensen m.fl, 1992). Der er således en relativt dårlig jernbinding af fosfor i sedimentet i Dystrup Sø og dermed også større risiko for fosforfrigivelse under iltede forhold.

	Tørstof, %	Glødetab, % af tørstof	Total-Fe, mg Fe/kg ts	Total-P, mg P/kg ts
Dystrup Sø, midt ARH66002				
0-2 cm	1,3	69,2	8,40	2,00
2-5 cm	3,9	57,1	6,30	1,60
5-10 cm	5,2	56,6	6,50	1,80
10-20 cm	6,4	53,8	6,20	1,30
20-30 cm	13,0	62,8	5,50	0,92
30-50 cm	11,0	56,5	7,10	1,10
Dystrup Sø, syd ARH66003				
0-2 cm	1,1	71,4	10,00	1,90
2-5 cm	1,7	64,5	17,00	3,60
5-10 cm	2,8	69,4	15,00	2,20
10-20 cm	3,3	68,5	8,20	2,70
20-30 cm	4,4	67,6	7,80	2,30
30-50 cm	5,2	63,4	8,70	1,50
Dystrup Sø, nord D1				
0-2 cm	1,5	59	8,20	2,20
2-5 cm	3,5	57	7,30	2,00
5-10 cm	3,9	59	8,40	2,30
10-20 cm	4,7	59	8,50	1,80
20-30 cm	9	56	7,00	1,10
30-50 cm	15	50	5,50	0,78

Tabel 6.2.1: Resultater af sedimentanalyser på 3 stationer i Dystrup Sø i forskellige dybdeintervaller.

6.2.2 Mobil fosforpulje

Ifølge vejledningen til sørestaurering (Søndergaard m.fl., 2015) skal den potentielle mobile fosforpulje i sedimentet fastlægges, inden en eventuel fældning med aluminium eller Phoslock kan doseres i den rette mængde. Den potentielt mobile P-pulje er summen af TP i vandfasen og mobilt P i sedimentet. Puljen i sedimentet udregnes ifølge vejledningen ud fra mindst 3 stationer i søen (én prøve på største dybde og 2 stationer på middeldybde). Doseringen beregnes efter puljen i sedimentet ned til mindst 10 cm's dybde.

En metode fremgår af vejledningens bilag 1, hvor puljede delprøver af sediment undersøges for porevands-P, jernbundet P, og NaOH-ekstraherbart organisk P (metode 1).

Ifølge vejledningen kan man alternativt bruge TP_{sed} -profilen (metode 2) til en simpel bestemmelse af potentielt mobilt P, idet forskellen på gennemsnittet af TP i de øverste 10 cm og gennemsnittet af TP i de dybere mere stabile lag med et naturligt lavere fosforindhold repræsenterer den potentielt mobile fosforpulje i sedimentet.

Ligeledes giver TP_{sed} et godt estimat for puljestørrelsen af mobilt P ud fra ligningen:

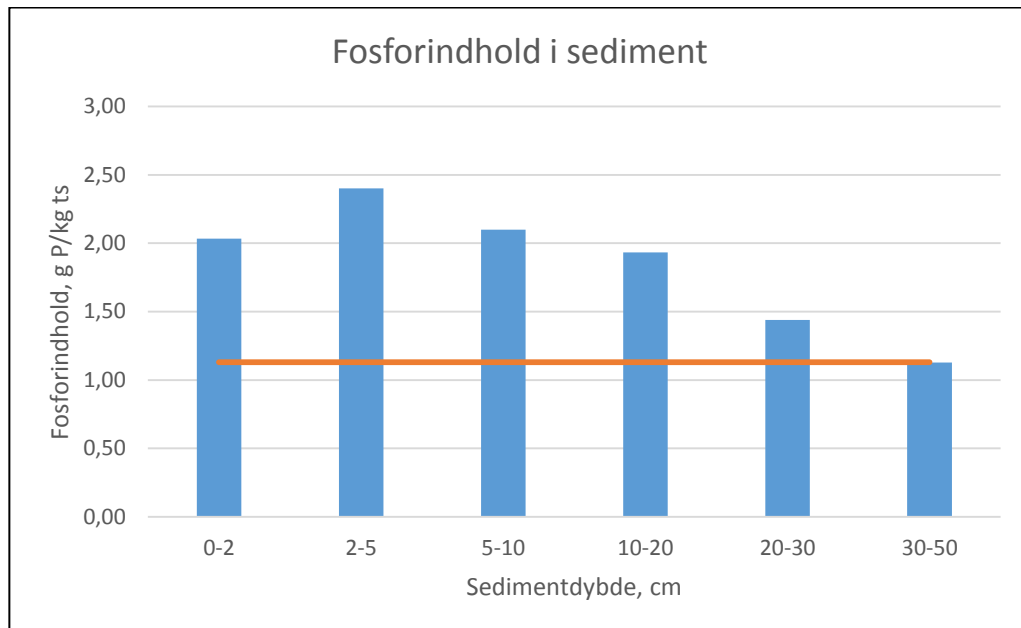
Mobilt P = $-26,108 + 0,877 * TP_{sed}$. TP_{sed} angives i $\mu\text{mol P/g}$ tørstof (metode 3).

TP metoden (metode 2 og 3) anvendes i beregningen af den mobile fosforpulje i Dystrup Sø.

Metode 2:

For hver station antages det, at fosforindholdet i den nederste fraktion (30-50 cm) repræsenterer den ikke mobile P-pulje, mens indholdet over denne basisværdi i hver fraktion svarer til en mobil P-pulje. Figur 6.2.2 viser således gennemsnittet for TP på de 5 stationer i hvert dybdeinterval (søjler), mens den vandrette linje viser gennemsnittet for den nederste fraktion (baggrundsværdien).

Gennemsnittet (vægtet) for de øverste 10 cm er 2,18 g/kg ts, som fratrækkes baggrundsværdien på 1,13 mg/ kg ts. Det giver en mobil P-pulje på 1,05 g P/kg ts i de øverste 10 cm af sedimentet. Det vurderes, at den mobile P-pulje på dybder under 10 cm er tæt på 0.



Figur 6.2.2: Fosforpuljer i sedimentlag i Dystrup Sø (blå søjler) som gennemsnit af 3 stationer. Rød linje viser gennemsnit af fosforpulje i dybere sedimentlag (30-50 cm) svarende til baggrundsværdien.

Metode 3:

$$\text{Mobilt P} = -24,690 + 0,830 \cdot \text{TP}_{\text{sed}}$$

P_{sed} i de øverste 10 cm af sedimentet på gennemsnitligt 2,18 g P/kg ts omregnes til 68 $\mu\text{mol P/g}$ tørstof. Det giver en mobil P-pulje på 1,02 g P/kg ts i de øverste 10 cm af sedimentet, dvs. stort set det samme som beregnet ved metode 2. I det følgende anvendes resultatet fra beregningsmetode 2 på 1,05 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 og med et gennemsnitligt tørstofindhold i de øverste 10 cm af sedimentet på ca. 3,2 %, kan der herefter beregnes en arealbaseret mobil P-pulje ud fra den mobile P-pulje i sedimentet på de 3 stationer på ca. 3,5 g P/m² søbund.

Det er bemærkelsesværdigt, at den mobile fosforpulje i sedimentet i Dystrup Sø er lavere end i Ramten Sø ved begge beregningsmetoder, især når det tages i betragtning, af fosforfrigivelsen fra sedimentet om sommeren er størst i Dystrup Sø. Det kan skyldes ændringerne i tilførslen af fosfor til de to søer men også det faktum, at jernindholdet i sedimentet i Ramten Sø er højere i Dystrup Sø. Jern binder effektivt fosfor, og reducerer mobiliteten af fosfor under iltede forhold i bundvandet.

De 3 stationer antages at repræsentere sedimentforholdene i hele Dystrup Sø, da denne ikke er lagdelt og sedimentet er relativt ensartet. Med en mobil P-pulje på 3,2 g P/m² og et søareal på 23 ha svarer det til en potentiel mobil P-pulje i sedimentet i hele søen på 74 kg P. Det kan dog ikke afvises, at der findes mobilt fosfor dybere i sedi-

mentet end 10 cm, da der også er et forhøjet fosforindhold i sedimentlag i dybdeintervallet 10-20 cm. Omvendt er det ikke sandsynligt, at hele den beregnede mobile fosforpulje reelt frigives til søvandet om sommeren. En frigivelse på 74 kg P/år ville således give anledning til en forøgelse i vandfasen på ca. 300-400 µg P/l om sommeren ved en lav fraførsel af vand, hvilket ikke stemmer overens med de observerede koncentrationer i søvandet på ca. 140 µg P/l.

Samlet set vurderes en mobil fosforpulje på 74 kg P/år at være et realistisk bud.

7. RESTAURERINGSMULIGHEDER

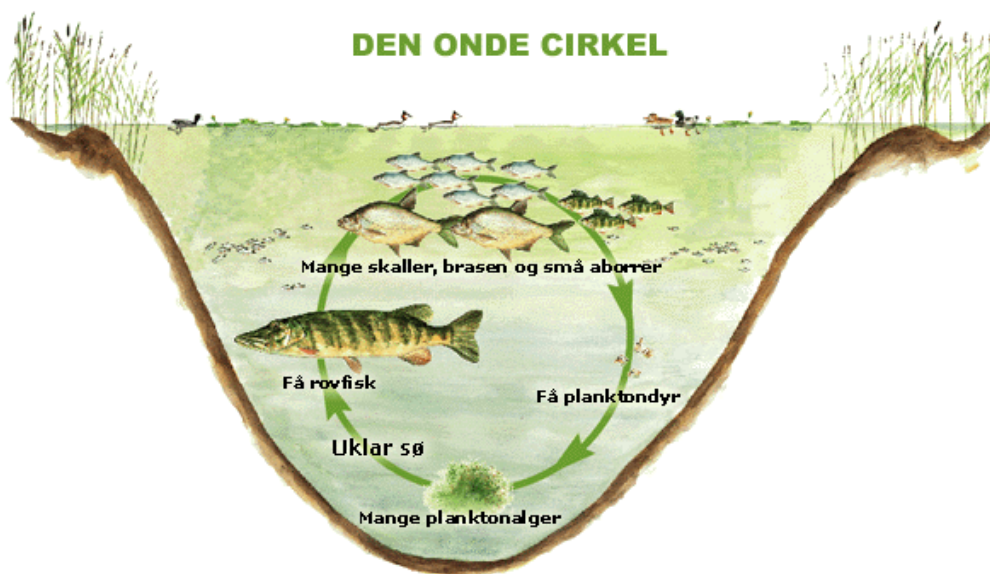
7.1. Ramten Sø

7.1.1 Egnethed til fosforfældning

Ifølge vejledningen i sørestaurering (Søndergaard m.fl., 2015) bør kemisk fosforfældning af søer kun gennemføres, hvis søens P-dynamik er præget af intern P-belastning og søens P-pulje ikke eller kun meget langsomt udvaskes. De seneste års overvågningsdata fra Ramten Sø viser, at søen ikke er væsentligt påvirket af fosforfrigivelse fra sedimentet. Derfor kan kemisk fosforfældning i Ramten Sø ikke anbefales.

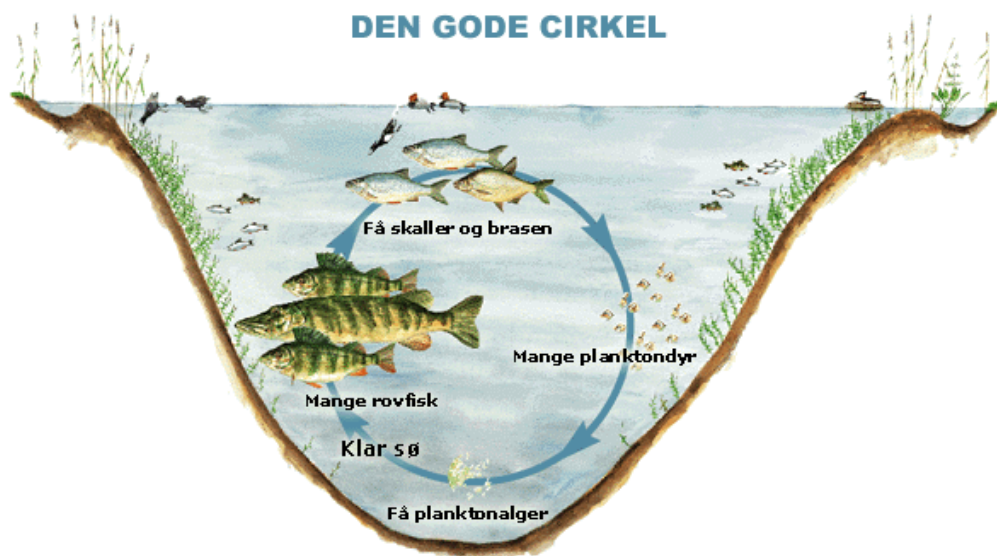
7.1.2 Egnethed til biomanipulation ved opfiskning af fredfisk

I en analyse af danske søer, hvor der er gennemført indgreb i fiskebestanden, konkluderes det, at der kan opnås positive effekter ved opfiskning af 200-300 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. Formålet med opfiskningen er at fjerne skaller, brasen og andre fredfisk, der æder det dyreplankton, som ellers skulle nedgræsse planteplankton. Denne situation betegnes den "onde cirkel", Figur 7.1.1.



Figur 7.1.1: Den "onde cirkel" i en uklar sø. Skitse Henrik Skovgaard.

Ved en massiv opfiskning af fredfisk øges dyreplanktons græsning på planteplankton, søen bliver mere klar, og en væsentlig del af primærproduktionen flyttes til vækst af vandplanter og benthiske alger. Det forbedrer iltforholdene ved sedimentoverfladen og næringsstofindholdet falder betragteligt. Der bliver føde til opvækst af rovfisk som aborre og mere klart vand er en fordel for rovfisk som gedder, der jager ved hjælp af synet. Den situation betegnes som den "gode cirkel", jf. Figur 7.1.2.



Figur 7.1.2: Den "gode cirkel" i en klarvandet sø. Skitse Henrik Skovgaard

En analyse af 27 danske søer, hvor der er foretaget en massiv opfiskning af fredfisk inden for få år viser, at sigtedybden bliver fordoblet ved en opfiskning, mængden af blågrønalger halveres, koncentrationen af klorofyl falder 40 % og koncentrationen af fosfor falder 25 % (Liboriussen m.fl., 2007), Tabel 7.1.1. Effekten har været tidsbe-grænset for de fleste af de undersøgte søer (typisk-5-10 år), fordi opfiskningen ikke har været tilstrækkelig omfattende og/eller tilførslen og søkoncentrationen i søen i udgangspunktet har været for høj til en stabil tilstand efter indgrebet. I søer med rela-tivt lav fosforkoncentration er der dog eksempler på mere varige forbedringer efter opfiskningen. Et eksempel er Lading Sø vest for Aarhus.

Tabel 7.1.1: Samlet fremstilling af opfiskningens effekt i 27 danske søer på fysisk/kemiske kvalitetselemen-ter og biomassen af planteplankton (baseret på Liboriussen m.fl., 2007).

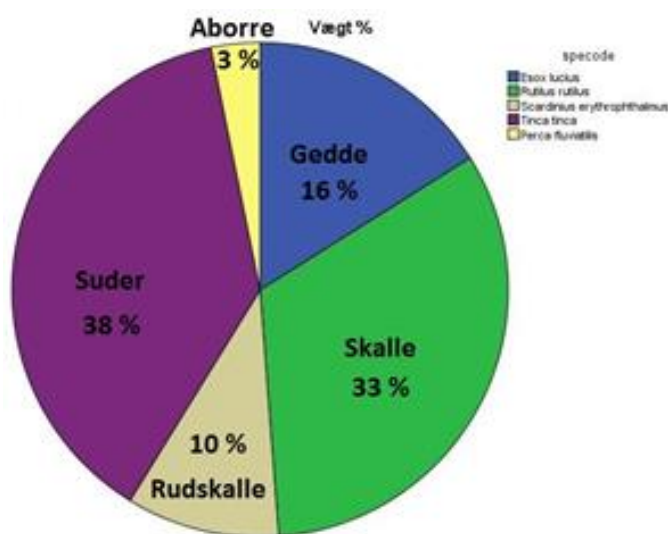
Parameter	Sigtedybde	Suspenderet stof	Klorofyl a	Total-P	Total-N	Algebiomasse	Biomasse af blågrønalger
Ændring efter opfiskning	+100%	-40%	-40%	-25%	-25%	-40%	-50%
Effekt, antal år	10-12 år	10-12 år	6-8 år	ca. 4 år	8-10 år	5-6 år	ca. 5 år

På baggrund af erfaringerne fra tidligere projekter har Søndergaard m.fl. (2015) i vejledningen til sørestaurering opstillet kriterier for at gennemføre en effektiv biomanipulation (opfiskning). Følgende forhold bør iagttages:

- 1) At næringsstofftilførslen til søen er reduceret eller begrænset, og at fosforindholdet i søen er forholdsvis lav.
- 2) At der er en dominans af fredfisk (typisk karpfisk skalle, brasen, rudskalle, suder mm). Opfiskning af fredfisk kan være relevant, hvis biomassen af fredfisk udgør ca. 60% eller mere af den samlede fiskebestand.
- 3) At der er en vurdering af, hvorvidt der er risiko for genindvandring af andre fredfisk fra vandløb og andre søer i det samme vandsystem.

Bidraget af næringsstoffer til Ramten Sø fra oplandet og de omkring liggende ejendomme er blevet reduceret væsentligt. Ca. halvdelen af vandtilførslen til Ramten Sø kommer fra Dystrup Sø på årsbasis, men der er ikke tilstrækkelige data til at beregne en sæsonbetinget fosfortilførsel fra Dystrup Sø til Ramten Sø. Det er Orbicons vurdering, at afstrømningen fra Dystrup Sø til Ramten Sø er meget lille i sommerhalvåret, og dermed ikke belaster Ramten Sø væsentligt med fosfor i de kritiske perioder. Det begrundes i en lav fosforkoncentration i Ramten Sø på 49 µg P/l som sommergennemsnit på trods af en næsten 3 gange højere fosforkoncentration i Dystrup Sø. Hvis Dystrup Sø havde stor afstrømning til Ramten Sø i sommermånederne, ville fosforkoncentrationen i Ramten Sø være højere end målt.

I kriterier for biomanipulation vurderes det, at opfiskning af fredfisk er relevant, hvis den biomassebaserede fredfiskebestand er over ca. 60 % af den samlede fiskebestand. Fiskeundersøgelser udført i 2013 viser, at Ramten Sø vægtmæssigt er domineret af fredfiskene suder med 38 %, skalle med 33 % og rudskalle med 10 % (>80 % af biomassen).



Det vurderes, at der kan skabes en fiskebestand i bedre balance i Ramten Sø ved at anvende en kunstig top-down kontrol af fredfiskebestanden gennem fjernelse af fredfisk (suder, skalle og rudskalle) således, at rovfiskene (gedde og rovaborre) får mulighed for at kontrollere den tilbageværende fredfiskebestand. Færre fredfisk giver bedre betingelser for dyreplanktonet, som dermed lettere kan holde mængden af planteplankton nede. Opfiskningen af suder, som bl.a. er fødesøgende på bunden – har også en positiv effekt på vandets klarhed via mindsket sedimentophvirvling og frigivelse af fosfor.

Tilstedeværelse af gedde og bestanden af forholdsvis mange små aborrer (godt rekrutteringspotentiale) i Ramten Sø indikerer, at de potentielt danner et grundlag for forhold med dominans af rovfisk (gedder og flere større "rovaborrer") i forhold til fredfisk ved hjælp af en opfiskning af fredfiskene. En dominans af gedde og flere rovaborrer kan hjælpe til med at regulere bestanden af kønsmodne skaller (reproduktionspotentielle) og ikke mindst antallet af mindre skaller (planktivore), hvis forholdene er gunstige. En reduktion af især skallebestanden vil mindske prædationstrykket på dyreplankton fra fisk og øge ratio mellem biomassen af dyreplankton og planteplankton, som i sidste ende vil hjælpe med at reducere biomassen af planteplankton i søen, forbedre sigtddybden og dermed forholdene for undervandsvegetation. Planterne er et væsentligt element i en stabilisering af miljøet, og undervandsvegetation vil forøge konkurrencen om næringssalte, ilte bunden, binde næringsstoffer og skabe flere skjul for dyreplanktonet som græsser på algerne samt forbedre vilkårene for aborre og geddebestanden.

Opfiskningen af suder vil reducere den fysiske ophvirvling af sedimentet, som suder forårsager. Dette bevirker, at det mere klare vand vil forbedre vilkårene for først bentske alger og senere etablering af undervandsvegetation på søbunden, hvilket vil tilføre ilt til sedimentet og reducere fosforfrigivelsen fra sedimentet.

Der er tidligere blevet gennemført sørestaurering (biomanipulation) i Ramten Sø med kortvarig succes. Opfiskning er sket i to omgange (1995 til 1998 og 2002 til 2004), og medførte at sigtddybden og klorofylkoncentrationen i søerne blev forbedret med det samme. Opfiskning af størsteparten af suder og skaller ændrede også dominansforholdet i søerne, så rovfiskene opnåede en væsentlig større andel af biomassen.

Selvom tilstanden i søerne blev forbedret markant efter opfiskning, blev miljøtilstanden dårligere igen, da opfiskningen stoppede. Dette scenarie er kendt fra en del andre søer, der er restaureret ved opfiskning af fredfisk (Liboriussen m.fl., 2007). En af forklaringerne på tilbagefaldet i miljøtilstanden er, at fosformængden i Ramten Sø i 1995 til 2004 var relativt højt dengang. Det vurderes, at man med det nuværende fosforniveau kan opnå en længerevarende og muligvis permanent forbedring af miljøtilstanden ved en biomanipulation, dvs. ved et grundigt indgreb i bestanden af fredfisk. Forudsætningerne er således væsentlig bedre i dag end for 10-20 år siden. Det vil være

af afgørende betydning, at undervandsvegetationen breder sig i det mere klare vand og stabiliserer søbunden og den biologiske struktur.

7.2. Dystrup Sø

7.2.1 Egnethed til fosforfældning

Ifølge vejledningen i sørestaurering fra 2015 (Søndergaard m.fl., 2015) bør restaurering ved kemisk fosforfældning i søer kun gennemføres, når en række kriterier er opfyldt, og alle disse punkter skal derfor godtgøres og verificeres i forundersøgelsen. Eventuel fosforfældning foretages ved anvendelse af to fældningsmidler; aluminiumsalte eller det modificerede lerprodukt Phoslock.

a) Søens P-dynamik er præget af intern P-belastning og søens P-pulje udvaskes ikke eller kun meget langsomt. Typisk sker der kun en ringe transport af P ud af søen om sommeren pga. ringe vandføring. Aluminiumbehandling af søer bør kun bruges til at immobilisere overskud af P i søvandet samt den pulje af P i sedimentet, som kan frigives til søvandet. Aluminium bør altså ikke bruges i søer for at skabe et fældningsbassin for P tilført fra oplandet.

b) Det skal være sandsynligt, at P-niveauet efter behandlingen kan overholde de til målopfyldelse svarende P-niveauer angivet i vandområdeplanen.

c) En sø kan også behandles, hvis behandlingen kan føre til målopfyldelse i nedstrøms beliggende søer, og så behøver kravet om målopfyldelse ikke nødvendigvis at være opfyldt i den behandlede sø. Der kan således forekomme en situation, hvor en behandling ikke medfører målopfyldelse i den behandlede sø; men hvor behandlingen betyder, at søen ophører med at afgive P til en nedstrøms beliggende sø, som derved bliver i stand til at opfylde målsætningerne.

d) Søens alkalinitet er højere end 1 meqv/l. Polyaluminiumklorid er opløst i saltsyre og dannelsen af $\text{Al}(\text{OH})^3$ ud fra Al^{3+} er yderligere en syredannende proces. Fældning af $\text{Al}(\text{OH})^3$ sker bedst i pH-intervallet 6-6,5. I søer med en lavere alkalinitet end 1 meqv/l er der risiko for, at bufferevnen er for lav, og at pH-værdi efter tilsætning bliver lavere end dette. I så fald vil man have en høj restkoncentration af Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ og $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, som alle er særdeles toksiske ioner. Phoslock virker også ved lav alkalinitet, men hvis alkaliniteten er lavere end 0,8 meqv/l anbefales det foreløbigt, at der udføres en test af fældningsegenskaberne i det pågældende vand for at se, hvor hurtigt La (Lanthan) i suspension falder til $<10 \mu\text{g/l}$.

e) Søer med lagdeling eller med forholdsvis lille bølgepåvirkning af sedimentet (relativ stor dybde til trods for manglende lagdeling eller lille påvirkning af vind) er egnede til aluminiumbehandling, hvis *kriterium f* også er opfyldt. Målet er at undgå resuspension af Al flokken og evt. efterfølgende omflytning. Både Phoslock og Al er følsomme overfor høj turbulens i udbringningssituationen og op til to uger efter for Phoslock og to

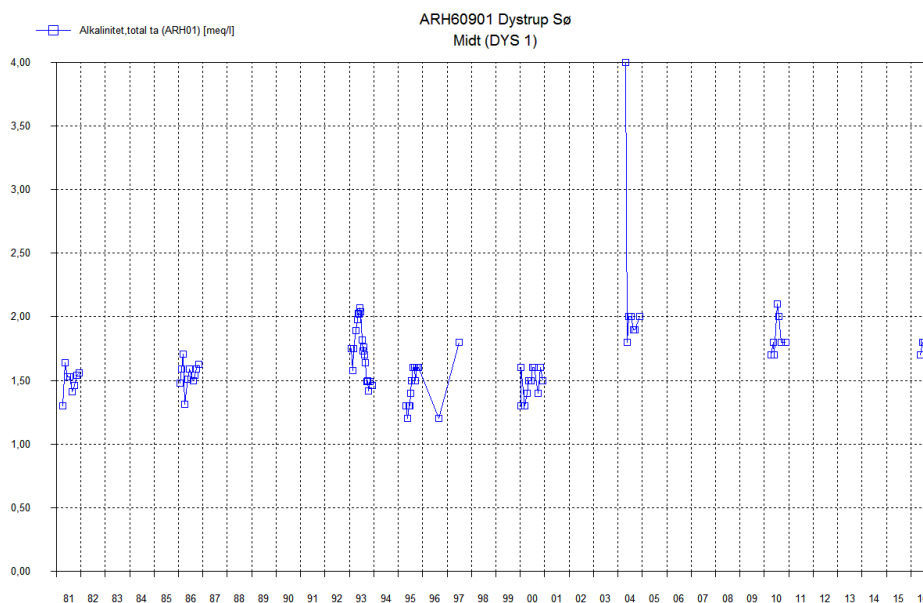
måneder efter for Al. Phoslock synker langsomt, og kan derfor transporteres med vandstrømme i overfladen (ved blæst), mens Al-hydroxid danner en flok, som meget let resuspenderes, indtil den kondenserer i løbet af de første måneder.

f) Søer, hvor der ikke vurderes at være risiko for, at pH i vandet over den aluminium-behandlede søbund overstiger 8,5 i de første år efter behandling (hvilket kan føre til genopløsning af udfældet Al), er velegnede. Ved Al-behandling af lavvandede søer kan der være risiko for, at udfældet Al genopløses ved høj pH i forbindelse med resuspension af sediment. Det skal vurderes om et indgreb i fiskebestanden forud for Al-behandling kan afværge risikoen, så Al-behandlingen kan gennemføres alligevel.

Dystrup Sø overholder *kriterie a*, idet overvågningsdata viser en forhøjet fosforkoncentration om sommeren, der er betinget af frigivelse af fosfor fra sedimentet, som kun langsomt aflastes via afløbet. Her er det dog forudsat, at Miljøstyrelsens beregning af tilført fosfor er korrekt. Det er også sandsynligt, at søen efter fosforfældning vil kunne opfylde Vandområdeplanens målsætning (*kriterie b*), når det kombineres med realisering af målbelastningen af søen (reduktion på 4 kg P/år) og biomanipulation. Her skal problemstillingen med vandfugles tilførsel af fosfor dog igen nævnes.

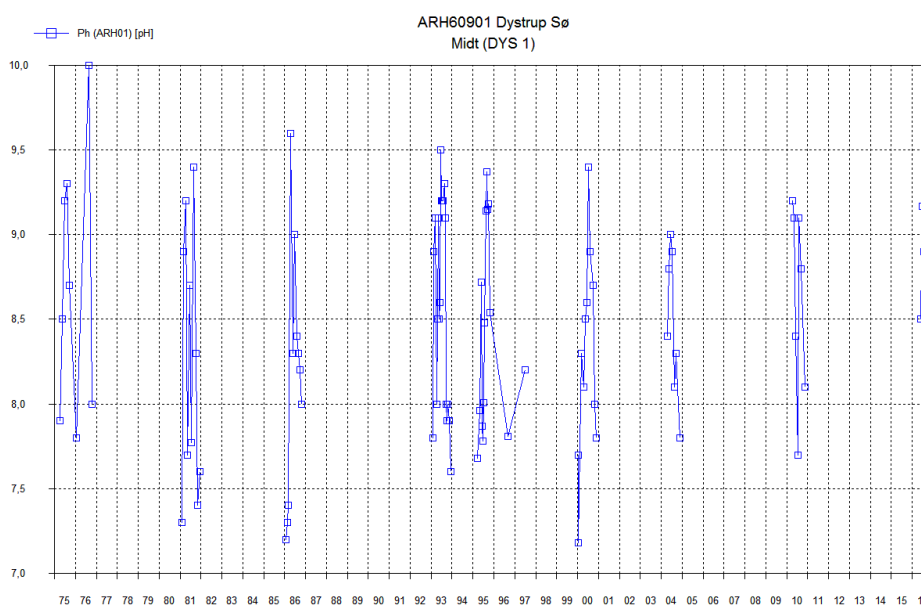
En forbedring af miljøtilstanden i Dystrup Sø vil også have en gavnlig effekt på Ramten Sø (*kriterie c*), især i nedbørsrige perioder om sommeren, hvor der kan være afløb fra Dystrup Sø.

Som det fremgår af Figur 7.2.1, er alkaliniteten i Dystrup Sø altid større end 1,0 mækv/l og overholder derfor *kriterie d* om en tilstrækkelig høj alkalinitet (>0,8 mækv/l).



Figur 7.2.1: Alkalinitet i Dystrup Sø i perioden 1981-2016. I alle år har alkaliniteten været højere end 1,0.

Som det fremgår af Figur 7.2.2 kan pH i Dystrup Sø være højere end 9 om sommeren og overskrider derved grænsen på 8,5, hvor der er risiko for genopløsning af aluminium. Dystrup Sø er endvidere lavvandet og med et løst sediment, som kan resuspenderes af vind og fødesøgende fisk, der roder i søbunden (f.eks. suder). Aluminiumflokken vil derfor også kunne resuspenderes og omløjres i søen. Af disse to grunde kan kemisk fosforfældning med aluminium ikke anbefales, og i stedet anbefales Phoslock, der også giver en stabil binding af fosfor ved højere pH-værdier og lægger et fysisk mere stabilt lag hen over sedimentet, når det først er bundfældet. Phoslock-metoden er nærmere beskrevet i afsnit 8.2.2.



Figur 7.2.2: pH-værdier i Dystrup Sø i perioden 1975-2016. I de senere år har pH været højere end 9,0 om sommeren.

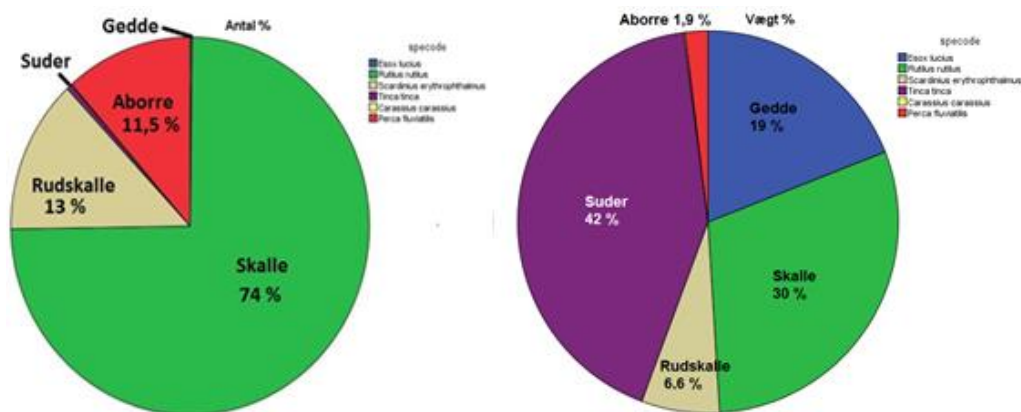
7.2.2 Egnethed til biomanipulation ved opfiskning af fredfisk i Dystrup Sø

Søndergaard m.fl. (2015) har i vejledningen til sørestaurering opstillet kriterier for at gennemføre biomanipulation (opfiskning):

- 1) At næringsstofftilførslen til søen er reduceret eller begrænset, og at fosforindholdet i søen er forholdsvis lav.
- 2) En dominans af fredfisk (typisk karpfisk skalle, brasen, rudskalle, suder mm). Opfiskning af fredfisk kan være relevant, hvis biomassen af fredfisk udgør ca. 60% af den samlede fiskebestand.
- 3) En vurdering af, hvorvidt der er risiko for genindvandring af andre fredfisk fra vandløb og andre søer i det samme vandsystem.

I kriterier for biomanipulation vurderes det, at opfiskning af fredfisk er relevant, hvis biomassen af fredfisk er over ca. 60 % af den samlede fiskebestand. Fiskeundersø-

gelsen udført i 2013 viser, at Dystrup Sø antal- og vægtmæssigt er domineret af små skalle og suder, som udgør mere end 70 % af fangsten i søerne.



Aborre (1,9 %) og gedde (19 %) udgør vægtmæssigt kun udgør omkring 21 % af fangsten i Dystrup Sø. Hermed er kriteriet om en biomassebaseret fredfiskebestand på over 60 % af den samlede fiskebestand opfyldt.

Tilstedeværelse af gedde og bestanden af små aborrer i Dystrup Sø indikerer, at rekrutteringsgrundlaget for at få flere og større aborrer (rovaborre) og til dels flere store gedder for at forbedre rovfisk/fredfisk forholdet med dominans af rovfisk ved opfiskning af fredfisk er tilstede.

En reduktion af især mindre fredfisk vil mindske prædationstrykket på dyreplankton fra fisk og øge ratioen mellem biomassen af dyreplankton og planteplankton, som i sidste ende vil hjælpe med at reducere planteplankton biomassen i søen. Det vil øge sigt-dybden og give mulighed for etablering af undervandsvegetationen og eventuelt sikre en bedre stabilisering af bundforholdene.

En forudsætning for et positivt resultat af en biomanipulation i Dystrup Sø er, at næringsstofftilførslen til søen er lav og begrænset. Bidraget af næringsstoffer fra spildevand til Dystrup Sø er stoppet eller blevet reduceret fra de omkringliggende ejendomme, og det nærmeste opland til Dystrup Sø. Det betyder, at næringsstofftilførslen til søen i dag er væsentligt lavere end tidligere. Den største trussel mod miljøet i Dystrup Sø i dag er formentlig den store fosformængde i sedimentet, som kan frigives til søvandet om sommeren (muligvis også næringsberigelse fra rastende gæs).

Sedimentet i Dystrup Sø er meget blødt og let påvirkeligt af fysisk forstyrrelse. Et væsentligt resultat i forbindelse med opfiskning vil være at reducere antallet af suder og dermed minimere den fysiske ophvirvling af sedimentet, som suder forårsager ved

deres føde-søgning. Det vil reducere fosforfrigivelse fra søbunden, og vilkårene for undervandsvegetation vil forbedres.

Den seneste måling af sommergennemsnit af total P i Dystrup Sø fra 2016 viser en høj fosforkoncentration på 132 µg P/l.

Det forventes, at vandmiljøet i Dystrup Sø vil kunne forbedres ved opfiskning af fredfisk (skalle og suder), ligesom det er sket i Dystrup Sø ved den tidligere opfiskning (1998-2004). Men søens forholdsvis høje fosformængde kombineret med søens markante blødbundsforhold gør det svært for undervandsvegetation at rodfæste sig, og en potentielt forbedret miljøtilstand i søen vil være ustabil og måske præget af få arter af vandplanter som almindelig vandpest eller arter af hornblad, der ikke er rodfæstede.

Da Dystrup og Ramten Sø er forbundet med en kanal, hvor fiskene frit kan vandre, vil det alligevel være nødvendigt at lave opfiskning i begge søer. Det anbefales derfor, at der opfiskes i Dystrup Sø samtidig med Ramten Sø. Derefter kan det være nødvendigt at fortsætte eller genoptage biomanipulation over en årrække, hvis den positive udvikling i Dystrup Sø skal fastholdes. Alternativt kan man kombinere opfiskning i Dystrup Sø med en efterfølgende kemisk fosforfældning med Phoslock.

7.3. **Anbefalinger til sørestaurering i Dystrup og Ramten Sø**

På baggrund af analysen af restaureringsmuligheder i Dystrup Sø og Ramten Sø anbefaler Orbicon følgende tiltag:

- Biomanipulation ved opfiskning af fredfisk i både Dystrup Sø og Ramten Sø (samtidigt og over en periode på 2 år).
- Kemisk fosforfældning med Phoslock i Dystrup Sø umiddelbart efter opfiskningen i Dystrup Sø.

Biomanipulation vil forbedre vandkvaliteten i begge søer og sænke pH og resuspension af sediment inden kemisk fosforfældning i Dystrup Sø. Kemisk fosforfældning vil reducere fosforbelastningen af Ramten Sø og sikre en langtidsstabil effekt af restaureringen i Dystrup Sø.

Restaureringstiltagene suppleres med en målrettet overvågning af vandkemiske parametre og fiskebestand.

8. PROJEKTERING AF RESTAURERING

I det følgende gives forslag til projektering af restaureringsforslagene. Det bemærkes, at der ikke er tale om detailprojektering men projektforslag, der kan danne grundlag for Norddjurs Kommunes senere udbud af opgaverne samt et prisoverslag baseret på Miljøstyrelsens standardpriser (SVANA, 2016).

8.1. Ramten Sø

8.1.1 Biomanipulation ved opfiskning

Der er tidligere blevet gennemført biomanipulation i Ramten Sø med succes. Opfiskning er sket i to omgange (1995-1998 og 2002-2004) og medførte, at sigtdybden og klorofylkoncentrationen i søerne blev forbedret med det samme. Opfiskning af størsteparten af suder og skaller ændrede også dominansforholdet i søerne, så rovfiskene opnåede en væsentlig større andel af biomassen.

Opfiskningsmetoder

I vejledningen for gennemførelse af sørestaurering (Søndergaard m.fl., 2015) er der nævnt en række forskellige metoder og redskaber til opfiskning afhængigt af søens størrelse, morfometri m.m., fiskearter, bundforhold, årstider m.m.

De metoder, der blev brugt ved tidligere opfiskninger i Ramten Sø med succes, og som vil kunne tages i brug igen er:

- **Vodtrækning** (vod med forholdsvis små maskestørrelser) for at fange suder og skaller i alle størrelser.
- **Ruser og gællenet** (rødspættegarn og sildegarn) primært til større fisk. såsom suder og større skaller. Fordelagtigt i områder med vegetation.
- **Elfiskeri** med stor elektrode i bredzone og forbindelseskanalen mellem Ramten og Dystrup.

Tidligere opfiskninger i Ramten Sø er primært foretaget ved at trække vod i det åbne vandområde, udsætning af ruser i bredzonen og anvendelse af elektrofiskeri i bredzonen og kanalen mellem Ramten Sø og Dystrup Sø (Liboriussen m.fl., 2007, Del II, Eksempelsamling).

For at skåne den nuværende undervandsvegetation i søen, kan der bruges flere stående redskaber (ruser, bundgarn/pæleruser, gællegarn), og man kan også udelukkende bruge vodtrækning i de dybere dele af søen, hvor der kan etableres mere eller mindre fastlagte "baner".

Tidsplan

Erfaringer fra tidligere opfiskninger i Ramten Sø kan bruges til at optimere indsatsen med forskellige typer redskaber (se beskrivelse i Liboriussen m.fl., 2007, Del II, Ek-

sempelsamling). Tidligere erfaringer med opfiskning generelt og specifikt med opfiskning af Ramten Sø indikerer, at opfiskning bør gennemføres inden for 2 år for at mindske risikoen for, at den tilbageværende fiskebestand kompenserer for den opfiskede mængde ved øget produktion og overlevelse.

Erfaringer fra opfiskning i Ramten Sø viser, at sommermånederne er den mest effektive periode at fange skaller og suder i voddet, hvorimod voddrøgning om vinteren og i det tidlige forår giver et meget dårligt resultat.

Når opfiskning skete med garn og ruser, sås de største fangster også i varme perioder i løbet af sommeren samt i gydeperioden om foråret, hvor specielt suderne vandrer langs med og ind i rørskoven, og der kunne fanges med stående redskaber.

Elfiskeri blev brugt med succes i korte perioder i marts og april i forbindelseskanalen, hvor skaller samler sig i større mængder, samt i og langs sivskoven i gydesæsonen i maj og juni.

Forslag til en tidsplan og indsatsen for opfiskningsopgaven i Ramten Sø fremgår af Tabel 8.1.1. og tager udgangspunkt i et opfiskningsforløb over 2 år. Opfiskningen kan dog blive standset, hvis det bliver vurderet, at fiskebestanden er reduceret tilstrækkeligt.

Forslag til tidspunkter hvor de enkelte metoder bruges, tager udgangspunkt i de måneder, hvor fangsterne ved tidligere opfiskninger var størst og hvor målarter af interesse (primært skalle og suder) samler sig i større stimer (gydningstidspunkter og overvintringssteder osv.) og derfor er nemmere at fange.

Forslag til de antal dage der skal bruges til at opfiske indenfor de enkelte måneder over året, er baseret på et estimat af tidsforbruget på at gennemføre de enkelte indgreb med begrænsede omkostninger. Hvis erfaringerne viser, at det er mere fordelagtigt at forøge indsatsen på bestemte perioder, hvor det går godt med opfiskning, kan antallet af feltdage i de enkelte måneder justeres derefter.

På grund af meget dårlige resultater i forbindelse med tidligere voddrøgning om vinteren og i det tidlige forår, er der ikke anbefalet opfiskning i Ramten Sø fra november – februar. Men i princippet kan der også opfiskes i de kolde måneder om vinteren med succes, da mange fredfisk (f.eks. skaller) samler sig i store stimer, er mindre aktive og muligvis nemmere at fange. Hvis man opfisker om vinteren, skal man bruge aktive redskaber såsom vodtrækning eller el-fiskeri, da fiskenes aktivitetsniveau og bevægelse er meget nedsat.

Et godt tidspunkt at påbegynde opfiskning i Ramten Sø er tidligt forår (vinter) hvor der er erfaringer for, at skaller samler sig i større mængder i forbindelseskanalen. Her kan elfiskeri bruges med succes. Derefter samler skaller og suder sig i større mængder i og langs rørskoven i gydesæsonen i maj og juni, hvor stående redskaber (garn, kaste-

ruser og pæleruser) kan være effektive. På den måde kan man fjerne en del moderfisk, før de kan nå at gyde.

Derefter kan man fortsætte indsatsen med vodtrækning i de varme måneder, hvor fiskeri med vod er det mest effektive redskab til at fange skaller og suder. Efter sommeren, kan man fortsætte med at fokusere indsatsen med de redskaber, som har vist sig at være mest effektive.

Tabel 8.1.1: Vejledende tidsplan for opfiskning i Ramten Sø over 2 år.

Opfiskningsplan – 1 år	Måned							
	Marts	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt
Ca. antal feltdage	2-4	2-4	3-6	2-5	4-8	4-8	3-5	2-3
Elfiskeri	X	X	X	X				
Garn	X	X	X	X	X	X	X	X
Kasteruser	X	X	X	X	X	X	X	X
Vodtrækning				X	X	X	X	
Pæleruser: 2 i Ramten	X	X	X	X	X	X	X	X
Opfiskningsplan – 2 år	Måned							
	Marts	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt
Elfiskeri	X	X	X	X				
Garn	X	X	X	X	X	X	X	X
Kasteruser	X	X	X	X	X	X	X	X
Vodtrækning				X	X	X	X	
Pæleruser: 2 i Ramten	X	X	X	X	X	X	X	X

Mulige lokaliteter i Ramten Sø, hvor det praktiske arbejde vil kunne gennemføres

Det er muligt at køre til og fra søen med alt udstyr ved en broplatform i den sydøstlige del af Ramten Sø. Forholdene på nogle af de anbefalede steder kan have ændret sig siden tidligere opfiskning, og søen bør besøges for at planlægge feltarbejdet. Man bør også tale med lodsejerne om adgang til deres arealer, samt om de selv kan anbefale opfiskningssteder og metoder.

På Figur 8.1.1 er der skitseret eksempler på placering af garn, ruser og eventuelt pæleruser i søen (venstre kort) samt eksempler på hvor vodtræknings "baner" kan placeres på baggrund af tidligere erfaringer med voddrågning (højre kort).



Figur 8.1.1: Mulig placering af garn, ruser og eventuelt pæleruser i Ramten Sø.

Mængden af fredfisk som skal fjernes for at opnå et positiv effekt

Erfaringer viser, at en betydelig del af fredfiskebestanden skal fjernes for at opnå en positiv effekt på søen. Generelt anbefales det, at op til 80 % af fredfiskenes biomasse fjernes, hvilket i næringsrige søer kan betyde, at 200 til 300 kg fisk pr. hektar skal opfiskes (Liboriussen m.fl., 2007).

Ramten Sø er 27 ha. Det vil svare til, at mellem 5,4-8,1 ton fredfisk skal fjernes for at opnå en positiv effekt på søen.

Som opfiskningsmål kan man som udgangspunkt bruge mængden af fredfisk, der var opfisket i de 2 perioder fra 1995 til 2004. Fra 1995 til 1998 blev der fanget ca. 10,4 ton fredfisk i Ramten Sø, og fra 2002 til 2004 blev der fanget 6,7 ton fredfisk (Liboriussen m.fl., 2007, Del II, Eksempelsamling). Disse fangster førte til, at tilstanden i søen blev mærkbart forbedret. Opfiskning i begge perioder ophørte, da det ikke længere kunne betale sig at fortsætte med at fiske på grund af stærkt aftagende fangster.

Monitering efter opfiskning - fiskeundersøgelse

Ifølge vejledning for gennemførelse af sørestaurering (opfiskning af fredfisk) skal fiskebestanden monitoreres mindst 1 gang efter at opfiskningen er afsluttet for at kunne vurdere effektiviteten af opfiskningen. Den obligatoriske monitering skal foretages året efter opfiskningen, og under anvendelse af metoden i NOVANA programmet, jf. [TA nr. 05](#), Fiskeundersøgelser i søer). Supplerende monitering kan foretages i forhold til at vurdere den eventuelle genetablering af bestanden.

8.2. Dystrup Sø

8.2.1 Biomanipulation ved opfiskning

Der er tidligere blevet gennemført sørestaureringer (biomanipulation) i Dystrup Sø med en vis succes. Opfiskning er sket i to omgange (1995 til 1998 og 2002 til 2004), hvor størsteparten af suder og karudser blev fjernet. Opfiskning af disse fredfisk med-

førte en ændring af dominansforholdet i søen, så rovfisken opnåede en væsentlig større andel af biomassen.

Opfiskningsmetoder

De metoder der tidligere er brugt til opfiskning i Dystrup Sø med succes, og som vil kunne tages i brug igen er:

- **Ruser og gællenet** (rødspættegarn og sildegarn) primært til større fisk såsom suder og større karudser. Fordelagtig metode i søer/områder med vegetation.
- **Bundgarn/pæleruser**. Bundgarn og pæleruser er passive fiskeredskaber og fungerer som en stor ruse til fangst af suder og karudser. Da bundgarn skal tømmes regelmæssigt, blev den passet af en lokal fisker.
- **Elfiskeri** med stor elektrode i bredzone og forbindelseskanalen mellem Ramten og Dystrup.
- **Vodtrækning** for at fange suder og karudser i alle størrelser. Var brugt i begrænset omfang, da søen var fyldt med vegetation (hornblad) og bunden var meget blød.

Tidligere opfiskning i Dystrup Sø er primært foretaget ved at bruge ruser og gællenet (rødspættegarn og sildegarn) samt bundgarn da meget undervandsvegetation hindrede brug af vod. Elektrofiskeri blev anvendt i bredzonen og kanalen mellem Ramten Sø og Dystrup Sø.

For at skåne den nuværende sparsomme undervandsvegetation i Dystrup Sø, kan der anvendes stående redskaber (ruser, bundgarn/pæleruser, gællegarn) i disse områder. Dog vil det også være effektivt med vodtrækning i søen efter suder og skalle. Elfiskeri med stor elektrode i bredzone og forbindelseskanalen mellem Ramten og Dystrup kan igen bruges med succes.

Tidsplan - sæsonen

Erfaringer fra tidligere opfiskning af Dystrup Sø kan bruges til at optimere indsatsen (Liboriussen m.fl., 2007, Del II, Eksempelsamling). Tidligere erfaringer med opfiskninger generelt, og specifikt med opfiskning i Dystrup Sø, viser, at opfiskning så vidt muligt skal gennemføres inden for to år.

I Dystrup Sø (ligesom i Ramten Sø) har de største fangster været i varme perioder med stille vejr. Erfaringer fra opfiskning i Dystrup Sø med stående redskaber viser, at sommermånedene er den meste effektive periode at fange karudser og suder.

Når opfiskning i Dystrup Sø sker med garn og ruser, er de største fangster også i varme perioder i løbet af sommeren, samt i gydeperioden om foråret, hvor specielt

suderne vandrer langs med og ind i rørskoven, hvor de kan fanges med stående redskaber.

Elfiskeri kan anvendes med succes i korte perioder i marts og april i forbindelseskana-len, hvor erfaringen viser, at skaller samler sig i større antal. Desuden kan elfiskeri anvendes i og langs rørskoven i gydesæsonen i maj og juni.

Forslag til en tidsplan og indsatsen for opfiskningsopgaven i Dystrup Sø fremgår af Tabel 8.1.2. Hvis erfaringerne viser det mere fordelagtig at forøge indsatsen i bestemte perioder, hvor det går godt med opfiskning, kan antallet af feltdage i de enkelte måneder justeres derefter.

Forslag til en tidsplan og indsatsen for opfiskningsopgaven i Dystrup Sø fremgår af Tabel 8.1.2. og tager udgangspunkt i et opfiskningsforløb over 2 år. Opfiskningen kan dog blev standset, hvis det bliver vurderet, at fiskebestanden er reduceret tilstrækkeligt.

Ligesom med Ramten Sø udnyttes de tidspunkter, hvor de enkelte metoder kan bruges og i de måneder hvor fangsterne fra tidligere opfiskninger af målarter har været størst.

Forslag til de antal dage der skal bruges til at opfiske indenfor de enkelte måneder over året er baseret på et estimat af hvor meget tid man skal bruge for at gennemføre de enkelte indsatser med begrænsede omkostninger.

Hvis erfaringerne viser, at det er mere fordelagtig at forøge indsatsen på bestemt perioder, hvor det går godt med opfiskning, kan antallet af feltdage i de enkelte måneder justeres derefter.

Et godt tidspunkt til at opstarte opfiskning i Dystrup Sø (ligesom i Ramten Sø), kunne være tidlig forår (vinter), hvor der er erfaringer for, at skaller samler sig i større mængder i forbindelseskana-len mellem Dystrup Sø og Ramten Sø. Her kan elfiskeri anvendes med succes. Derefter samler skaller og suder sig i større mængder i og langs rørskoven i gydesæsonen i maj og juni, hvor stående redskaber (garn, kasteruser og pæleruser) kan være effektive. På den måde kan man fjerne en del moderfisk, før de kan nå at gyde.

Derefter kan man fortsætte indsatsen med vodtrækning i de varme måneder, hvor vod er det mest effektive redskab til at fange skaller og suder. Efter sommeren, kan man fortsætte med at fokusere indsatsen med de redskaber som har vist sig at være mest effektive.

Tabel 8.1.2: Vejledende tidsplan for opfiskning i Dystrup Sø over 2 år.

Opfiskningsplan – 1 år	Måned							
	Marts	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt
Ca. antal feltdage	2-4	2-4	3-6	2-5	4-8	4-8	3-5	2-3
Elfiskeri	X	X	X	X				
Garn	X	X	X	X	X	X	X	X
Kasteruser	X	X	X	X	X	X	X	X
Vodtrækning				X	X	X	X	
Pæleruse: 1 i Dystrup Sø	X	X	X	X	X	X	X	X
Opfiskningsplan – 2 år	Måned							
	Marts	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt
Elfiskeri	X	X	X	X				
Garn	X	X	X	X	X	X	X	X
Kasteruser	X	X	X	X	X	X	X	X
Vodtrækning				X	X	X	X	
Pæleruse: 1 i Dystrup Sø	X	X	X	X	X	X	X	X

Mulige lokaliteter i Dystrup Sø, hvor det praktiske arbejde vil kunne gennemføres

Der er muligt at køre til og fra søen med udstyr og båd på den sydlige del af Dystrup Sø. Forholdene på nogle af de anbefalede steder kan have ændret sig siden tidligere opfiskninger, og søen bør besøges for at planlægge feltarbejdet. Man bør også tale med lodsejerne om lov til at bruge deres arealer, samt om de selv kan anbefale opfiskningssteder og metoder.

På Figur 8.1.2 er der skitseret eksempler på placering af garn, ruser og eventuelt pæleruser i søen (venstre kort) samt eksempler på hvor vodtræknings "baner" kan placeres på baggrund af tidligere erfaringer med voddragning (højre kort).



Figur 8.1.2: Mulig placering af garn, ruser og eventuelt pæleruser i Dystrup Sø.

Mængden af fredfisk som skal fjernes for at opnå et positiv effekt

Generelt anbefales det, at op til 80 % af fredfiskenes biomasse fjernes, hvilket i næringsrige søer kan betyde, at 200 til 300 kg fisk pr. hektar skal opfiskes (Liboriussen m.fl., 2007).

Dystrup Sø er 23 ha. Det vil svare til at mellem 4,6-6,9 ton fredfisk skal fjernes for at opnå en positiv effekt på søen.

Som fangstmål kan man som udgangspunkt bruge mængden af fredfisk der var opfisket i de 2 perioder fra 1995 til 2004. Fra 1995 til 1998 blev der fanget ca. 3,8 ton fredfisk i Dystrup Sø og fra 2002 til 2004 blev der fanget ca. 2,2 ton fredfisk (Liboriussen m.fl. 2007, Sørestaurering i DK – Del II: Eksempelsamling). Disse opfiskninger førte til, at fiskebestanden i søen blev mærkbart forbedret. Opfiskning i begge perioder ophørte, da det ikke længere kunne betale sig at fortsætte fiskeriet på grund af stærkt dalende fangster.

Monitering efter opfiskning - fiskeundersøgelse

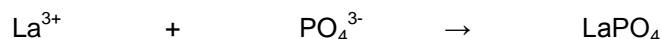
Ifølge vejledning for gennemførelse af sørestaurering (opfiskning af fredfisk) skal fiskebestanden monitoreres mindst 1 gang efter at opfiskningen er afsluttet for at kunne vurdere effektiviteten af opfiskningen. Den obligatoriske monitering skal foretages året efter opfiskningen og under anvendelse af metoden i NOVANA programmet, jf. TA nr. 05, Fiskeundersøgelser i søer). Supplerende monitering kan foretages i forhold til at vurdere den eventuelle genetablering af bestanden.

8.2.2 Fosforfældning med Phoslock

Phoslock er et kommercielt australske produkt, som indtil videre er anvendt i 19 forskellige lande, primært Tyskland, Skotland og Holland, og er senest blevet godkendt i USA. EU har erklæret, at Phoslock ikke skal betragtes som et Biocid og legalt kan importeres og sælges i EU-lande. Mere end 90 søer større end 1 ha er blevet behandlet med Phoslock. Der er forholdsvis få langtidsstudier, men resultater fra Tyskland og Holland indikerer, at det virker og effektivt kan mindske sedimentets fosforfrigivelse over en længere årrække. Phoslock er ikke blevet anvendt i fuld skala i Danmark, men Syddansk Universitet har udført en række tests for bindingskapacitet og toksiditet (By og Landskabsstyrelsen, 2010). Nærmere information om Phoslock og case studies findes på virksomhedens tyske hjemmeside <http://www.phoslock.eu/en/>.

Phoslock består af bentonit, som indeholder det sjældne jordelement lanthan. Produktionen af Phoslock sker ved, at bentonit og lanthanklorid blandes i en stor røremaskine, hvorefter det tørres og omdannes til granulat. Lanthanindholdet i Phoslock er 50 ± 2 mg/g eller omkring 5 %. Vandindholdet er på 8-10 % efter tørringen, og pH ligger neutralt mellem 7.0-7.5 (Afsar & Groves 2009). Phoslock kan udbringes på søoverfladen i en opløsning med vand, som giver en ensartet fordeling. Lanthan i Phoslock reagerer med oxyanioner og omdannes til et tungtopløseligt produkt, som sedimenterer. Udbringningen bør ske i stille vejr over nogle dage, da Phoslock bundfælder lang-

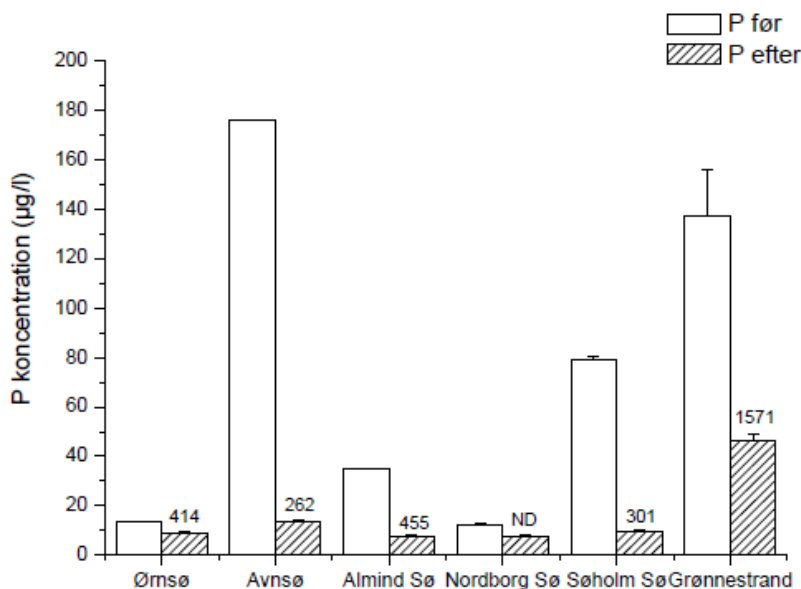
somt. Affiniteten for fosfat er høj, fordi fosfat og lanthan har samme valenstal. Den normale dosering er 1:100, hvor der altså bruges 100 g Phoslock til at binde 1 g P. Reaktionen mellem lanthan og fosfat danner produktet rhabdophane:



Phoslock binder både fosfat i vandfasen og fosfat, som frigives fra sedimentet (Robb et al. 2003). Sedimentationshastigheden er forholdsvis langsom, men varierer med partikelstørrelse og pH (Ross et al. 2007).

Phoslock's binding af fosfat er meget stærk og brydes ikke under anoxiske forhold. Produktet virker over en bred pH gradient fra ca. pH 4-11, hvor der dog sker et fald i kapaciteten, når pH er under 5 og over 9 (Ross et al. 2007).

Kontrollerede undersøgelser af Phoslock har vist, at Phoslock har en stor affinitet for fosfat især ved relativt høje fosfatkoncentrationer, og at man i søerne optimalt vil kunne forvente en ligevægtskoncentration i søvandet for fosfat på 10-20 µg P/l efter Phoslock behandling, Figur 8.2.1.



Figur 8.2.1: Effekten af Phoslock på fosforkoncentrationen i 6 udvalgte danske søer. Tallene over kolonnerne (P efter) viser koncentrationen af La (µg/l) (efter By- og Landskabsstyrelsen, 2010).

Forsøg med kerner af søsediment behandlet med Phoslock og aluminium viser, at Phoslocks tilbageholdelse af fosfat i sedimentet er sammenlignelig med effekten af aluminium og betydelig bedre end i kontrolediment med og uden ilt ved sedimentoverfladen. Faktisk optog Phoslock fosfat fra vandet samtidig med at fosfat fra sedi-

mentet blev tilbageholdt (By- og landskabsstyrelsen, 2010). Phoslock er dog ikke i stand til at tilbageholde alle typer fosfor.

Det er vigtigt at Phoslock udbringes i perioder med lav turbulens i søerne, da den lave sedimentationsrate bevirker, at Phoslock kan forblive opslæmmet i vandet og derved f.eks. skylle ind i plantebælter i stedet for at synke ud på den dybere bund, som er målet for behandlingen. Når Phoslock er sedimenteret, er det sværere at resuspendere end det oprindelige sediment. Desuden vil resuspension af Phoslock kræve ca. 3 gange højere strømhastigheder sammenlignet med anvendelse af aluminium.

Efter tilsætning af Phoslock vil søens planteplankton blive vækstbegrænset af mangel på fosfor, og søen blive mere klarvandet. Ved normal dosering vil Phoslock ikke påvirke sedimentets fauna eller flora negativt. Forsøg viser, at bunddyr ikke fysisk skades af Phoslock, og der er heller ikke konstateret økotoxikologisk effekt ved den anbefalede dosis (Afsar & Groves 2009). Andersen et al. (2010) har undersøgt, hvordan *Chironomus plumosus* påvirker vandfluxen i Phoslock-behandlet sediment. Undersøgelsen viste, at *C. plumosus* ingen negativ effekt har på effektiviteten af Phoslock, og *C. plumosus* formår at grave igennem det 1-2 mm tykke Phoslock lag.

Phoslock gør sedimentet mere kompakt, så der derved lettere kan forankres rodfæstede planter i sedimentet (Flindt et al. 2010). Dette kan være en fordel for vandplanter, som ellers har svært ved at finde fæste, hvis sedimentet er meget løst som i Dystrup Sø.

9. OMKOSTNINGER TIL RESTAURERING

I det følgende gives der prisoverslag på udførelse af de anbefalede restaureringstiltag og den efterfølgende overvågning. Alle priser er ekskl. moms.

Det må forventes, at der vil kunne opnås besparelser, hvis tiltagene gennemføres samtidigt i de to søer.

9.1. Ramten Sø

9.1.1 Biomanipulation ved opfiskning

Ifølge vejledningen om sørestaurering (Søndergaard m.fl., 2016) og baseret på de tidligere danske erfaringer koster opfiskning af fredfisk i størrelsesordenen 10-20.000 kr. per ha søoverflade (se også Liboriussen et al., 2007). Dette beløb dækker dog over store forskelle afhængigt af lokale forhold og omfanget af inddragelse af lokal og frivillig arbejdskraft. I vejledningen om tilskud til sørestaurering (SVANA 2016) er der angivet en pris på 21.000 kr. per ha søoverflade for søer i størrelsen 10-50 ha. Prisen sættes efterfølgende til 15-20.000 kr per ha søoverflade.

Ramten Sø	Søens størrelse	Pris (kr.) per ha (Vejledende)	Estimeret pris for opfiskning i Ramten Sø
Vejledende pris på opfiskning	27 ha	15-20.000 kr.	405.000-540.000 kr. (gns. 454.500)

Opfølgende fiskeundersøgelse.

I vejledningen om tilskud til sørestaurering er der angivet en vejledende pris for fiskeundersøgelse i søer af forskellige størrelse. For Ramten Sø er den vejledende pris 42.000 kr. (se tabellen).

Ramten Sø	Søens størrelse	Pris (kr.) søer af størrelse 10-50 ha	Estimeret pris for opfølgende fiskeundersøgelse i Ramten Sø
Vejledende pris på fiskeundersøgelse	27 ha	42.000 kr.	42.000 kr.

9.2. Dystrup Sø

9.2.1 Biomanipulation ved opfiskning

Prisen for biomanipulation ved opfiskning i Dystrup sættes som i Ramten Sø til 15-20.000 kr per ha søoverflade.

Dystrup Sø	Søens størrelse	Pris (kr.) per ha (Vejledning)	Estimeret pris for opfiskning i Ramten Sø
Vejledende pris på opfiskning	23 ha	15-20.000 kr.	345.000-460.000 kr. (gns 402.500 kr.)

Opfølgende fiskeundersøgelse.

Prisen på en fiskeundersøgelse sættes som i Ramten Sø til 42.000 kr.

Dystrup Sø	Søens størrelse	Pris (kr.) søer af størrelse 1-50 ha	Estimeret pris for opfølgende fiskeundersøgelse i Dystrup Sø
Vejledende pris på fiskeundersøgelse	23 ha	42.000 kr.	42.000 kr.

9.2.2 Fosforfældning med Phoslock

Generelt er en behandling med Phoslock 3-5 gange dyrere end en tilsvarende behandling med aluminium.

Ifølge producenten vil et ton Phoslock kunne binde 11 kg fosfor. Med en mobil fosforpulje i sedimentet i Dystrup Sø på ca. 74 kg P vil der således skulle bruges ca. 6,7 ton Phoslock. Hertil kommer et behov for at binde fosfor i vandfasen. Denne pulje er ikke kendt, da der mangler nyere målinger af fosforkoncentrationer i søen om vinteren, men ud fra ældre data vurderes "overkoncentrationen" i søvandet at være ca. 0,1 mg P/l. Det svarer til 20 kg P i vandfasen, der skal fældes. Samlet set skal der dermed doseres ca. 9 ton Phoslock til Dystrup Sø svarende til 0,4 ton pr. hektar søoverflade. Det har ikke været muligt at finde en pris på indkøb af Phoslock.

I vejledningen til sørestaurering er der vist et eksempel, hvor en sø med en mobil fosforpulje på 5,75 g P/m² søbund (3,2 g P/m² i Dystrup Sø) og et areal på 30 ha restaureres med Phoslock. Udgifterne anslås til 2,974 mio. kr, hvis alt fældningsmiddel udbringes ad én gang. Det vides ikke, om alle udgifter er indeholdt i det beløb. Hvis det omregnes til en sø på 23 ha med en mobil fosforpulje på 3,2 g P/m² og 20 kg P i vandfasen kan udgiften anslås til på 1,60 mio. kr. for en behandling af Dystrup Sø.

Miljøstyrelsen har vurderet, at den vejledende referenceværdi for kemisk fosforfældning med Phoslock er 99.000 kr. pr. ha for søer i størrelsen 10-50 ha (SVANA, 2016). Det svarer til 2,277 mio. kr. for Dystrup Sø.

Det er Orbicons vurdering, at den samlede udgift for behandling af Dystrup Sø vil være ca. 2,0 mio. kr., men den endelige pris vil afhænge af resultatet af et udbud for løsning af opgaven.

Endvidere må der påregnes en udgift til efterfølgende monitoring og muligvis en ekstensiv efterbehandling med Phoslock på 115.000 kr.

Det skal her bemærkes, at udgiften forudsætter, at den eksterne tilførsel af fosfor til Dystrup Sø overholder Vandområdeplanens målbelastning, da der ellers kan blive behov for yderligere tilsætning af Phoslock efter en årrække for at holde fosforkoncentrationen i søen nede på det ønskede niveau på 0,05-0,06 mg P/l.

9.2.3 Efterfølgende overvågning

Begge søer bør overvåges efter restaureringen. Desuden bør der foretages en overvågning af vandkvaliteten i Dystrup Sø under udbringning af Phoslock. Efter opfiskningen af Dystrup Sø og Ramten Sø, der varer to år, bør der foretages en fiskeundersøgelse efter standarden i NOVANA i begge søer for at undersøge effekten og vurdere, om fiskebestanden kan opfylde målsætningen. Som rettesnor skal fangsten af fredfisk være 80 % lavere end ved den seneste fiskeundersøgelse i 2013. Det kan dog være vanskeligt at eftervise, da der er naturlig variation i fangster fra år til år og en betydelig usikkerhed på beregning af bestandsudviklingen.

Overvågning af vandkvaliteten bør også som minimum følge standarden i NOVANA programmet (kontrolovervågning, bortset fra salinitet og farvetal) med 5 prøvetagninger pr. år i perioden maj-september:

Ledningsevne, ilt- og temperaturprofil, pH, alkalinitet, total-N, total-P, klorofyl a, suspenderet stof, sigtdybde. Programmet bør suppleres med måling af uorganiske næringsstoffer som ortho-P, nitrat+nitrit og ammonium. Hvis Dystrup Sø skal behandles med Phoslock kan Miljøstyrelsen stille krav om yderligere måleparametre.

Overvågningen kan foretages samme år eller året efter behandling med Phoslock. Alternativt kan man først overvåge effekten af opfiskningen og senere af behandlingen med Phoslock. Effekterne af Phoslock vil blive sløret af, at søen årene forinden er biomanipuleret, men en før og efter situation og tidsmæssig adskillelse af indgrebene vil give bedre mulighed for at vurdere effekterne hver for sig. Den efterfølgende overvågning vil endvidere kunne suppleres med den almindelige overvågning i NOVANA programmet.

9.2.4 Samlet udgift til restaurering af Dystrup Sø og Ramten Sø

I Tabel 9.2.1 er de anslåede udgifter til restaurering af Dystrup Sø og Ramten Sø oplyst.

Tabel 9.2.1: Samlet prisoverslag på restaurering af Ramten Sø og Dystrup Sø.

	Ramten Sø, mio. kr.	Dystrup Sø, mio. kr.
Bio-manipulation ved opfiskning over 2 år.	0,455	0,403
Kemisk fosforfældning med Phoslock med mulighed for ekstensiv efterbehandling	-	2,000
Overvågning vandkemi 1 år	0,042	0,042
Overvågning fiskeundersøgelse 1 år	0,042	0,042
Samlet prisoverslag	0,54	2,49

10. MYNDIGHEDSBEHANDLING

Forud for gennemførelse af en sørestaurering ved fosforfældning med Phoslock og/eller biomanipulation ved opfiskning skal kommunen opnå de fornødne tilladelser og dispensationer efter lovgivningen, herunder miljøbeskyttelsesloven og naturbeskyttelsesloven.

10.1. Fosforfældning med Phoslock

- Dispensation fra naturbeskyttelseslovens § 3, da opfiskningen vil medføre en ændring af tilstanden i søen.
- Tilladelse fra Miljøstyrelsen efter Miljøbeskyttelseslovens § 27 stk. 3 og Bekendtgørelse nr. 921 om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet. Ansøgningen skal indeholde en redegørelse for søens nuværende tilstand, herunder resultater fra monitorering før behandlingen, dokumentation for, at kriterierne for anvendelse af fosforfældningsprodukter er opfyldt, dosering, monitorering under og efter behandlingen m.m. Kravene til dokumentation i ansøgningen er specificeret i Vejledningen for gennemførelse af sørestaurering (Søndergaard m.fl., 2015) afsnit 4.6. Forundersøgelsen vurderes at dække de oplysninger, der er nødvendige for en ansøgning.

10.2. Biomanipulation ved opfiskning

- Dispensation fra naturbeskyttelseslovens § 3, da opfiskningen vil medføre en ændring af tilstanden i søen.
- Ferskvandsfiskeriloven

Ifølge Danmarks Tekniske Universitet (DTU Aqua) gælder følgende regulering i forbindelse med biomanipulation ved opfiskning

<http://www.fiskepleje.dk/Vandloeb/fiskeriregulering>.

Før en offentlig myndighed, privat person eller organisation eller lignende foretager et sådant indgreb i fiskebestanden i en sø, skal følgende give tilladelse og/eller høres:

- Alle grundejere (lodsejere), som fiskeriet direkte påvirker, dvs. hvis der skal udføres fiskeri på vedkommendes søpart.
- *Hvis fiskeretten er lejet ud, skal lodsejeren afklare det kontraktlige forhold til lejeren, medmindre andet aftales mellem myndighed og lodsejer.*

Som udgangspunkt skal der ikke søges om tilladelse til opfiskning efter ferskvandsfiskeriloven, medmindre:

- 3a. Der fiskes med særlige redskaber, der kræver dispensation, herunder: Nedgarn i april og maj måned, nedgarn med masker mindre end 60 mm (knu-
de til knude) hele året, trawl spilet med skovle, store vod/bundgarn, der
spænder over mere end 1/3 af søens bredde, elektricitet, eksploderende, gif-
tige eller bedøvende stoffer, eller fiskeri ved tørlægning.
- 3b. Der direkte fiskes efter fisk med mindstemål eller fredningstid. Normalt er
der ingen hindring i fangst af ovennævnte fisk under fiskeri efter andre arter,
når blot de fredede fisk straks genudsættes.
- 3c. Der er planer om at fiske med ruser eller bundgarn uden stoprist (odder-
rist).

En dispensation til fiskeri med ovennævnte redskaber kan indeholde bestemmelser om, hvornår og hvor der må fiskes, røgtning af redskaberne, hvem der skal forestå fiskeriet, hvilke arter der er det primære bytte, særlig skånsom behandling af enkelte andre arter samt oplysningspligt for resultatet om fiskeriet.

*Kommunen bør altid høres eller tages med på råd. Kommunen er ansvarlig myndig-
hed og arbejder med at opfylde målsætningerne for de forskellige søer. Kommu-
nen kender til status og udvikling over en årrække i søerne, og ved, hvilke søer der er
særlig følsomme over for påvirkninger, og hvilke områder i eller omkring den enkelte
sø, der er særlig bevaringsværdige (evt. fredede), og som derfor ikke bør udsættes for
slid fra fiskeredskaber og færdsel.*

Det er Orbicons vurdering, at der skal søges tilladelse til opfiskning efter Ferskvands-
fiskeriloven, da der skal anvendes redskaber og opfiskningstidspunkter, der falder ind
under punkt 3a og muligvis ruser eller pælegarn uden stoprist for at effektivisere
fangst af suder, jf. punkt 3c. Alle fisk udover fredfisk genudsættes, og derfor er der
ikke konflikter med punkt 3b.

11. REFERENCER

Afsar, A. & Groves S. 2009: Eco-toxicity Assessment of Phoslock. PWS report number: TR 022/09

Andersen F.Ø., Reitzel K., Dubke M. & Lotter S. 2010 Effects of Chironomids on sediment – water fluxes of nutrients in Phoslock treated sediments.

By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet, 2010: Test af det fosfat-bindende lerprodukt "Phoslock®" i laboratorieskala. Forfatter: Kasper Reitzel & Henning S. Jensen, Syddansk Universitet.

Flindt, M., Egemose, S., Reitzel K. & Andersen, F. Ø. 2010: Kemisk sørestaurering 2: Undersøgelse af aluminiums, Phoslocks og bentonits betydning for sedimenters fysiske egenskaber. Vand & Jord 17: 35-38

Jensen, H.S., Kristensen, P., Jeppesen E. & Skytthe, A. (1992): Iron:phosphorus ratio in surface sediment as an indicator of phosphate release from aerobic sediments in shallow lakes. *Hydrobiologia* 235/236: 731-743.

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.

Liboriussen, L., Søndergaard, M. & Jeppesen, E. (red.) 2007: Sørestaurering i Danmark. Del II: Eksempelsamling. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 312 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 636.

Robb, M., Greenop B., Goss, Z., Douglas, G. & Adeny, J. 2003. Applikation of Phoslock, an innovative phosphorus binding clay, to two Western Australian waterways: preliminary findings. *Hydrobiologia* 494: 237-243.

Ross, G., Haghseresht, F. & Cloete, T. 2007. The effect of pH and anoxia on the performance of Phoslock, a phosphorus binding clay. *Harmful algae* 7: 545-550.

SVANA, 2016: Sørestaurering. Vejledning om tilskud til kommunale projekter til restaurering af søer under vandområdeplanerne 2015-2021. Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning.

Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Jensen, H., Egemose, S. & Reitzel, K. 2015. Vejledning for gennemførelse af sørestaurering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 42 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 149 <http://dce2.au.dk/pub/SR149.pdf>

Sørensen, B., 1997. Fugles næringsstofftilførsel til søer. Specialerapport fra Biologisk Institut, Afd. For Botanisk økologi, Aarhus Universitet. 64 sider.