



RESTAURERINGEN AF LYNGSØ

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 573

2023



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

RESTAURERINGEN AF LYNGSØ

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 573

2023

Martin Søndergaard¹⁾

Kasper Reitzel²⁾

¹⁾Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

²⁾Syddansk Universitet



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 573
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Restaureringen af Lyngsø
Forfattere:	Martin Søndergaard ¹ & Kasper Reitzel ²
Institution:	¹) Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi; ²) Syddansk Universitet
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	2023
Redaktion afsluttet:	September 2023
Faglig kommentering:	Torben Linding Lauridsen
Kvalitetssikring, DCE:	Signe Jung-Madsen
Sproglig kvalitetssikring:	Anne Mette Poulsen
Finansiel støtte:	Silkeborg Kommune
Bedes citeret:	Søndergaard, M. & Reitzel K., 2023. Restaurering af Lyngsø. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 37 s. - Videnskabelig rapport nr. 573.
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Den 10 hektar store Lyngsø ved Silkeborg blev restaureret i 2021-2022. Her blev omkring 70 % af fredfiskene fjernet samtidigt med, at der blev tilsat Phoslock, som via bindinger til lanthan binder fosfor. Effekterne af restaureringen var markante, og de første to år efter restaureringen har der været højere sigtdybde og lavere indhold af klorofyl og fosfor end før indgrebet. I sedimentet ses et skift i retning af færre mobile fosforformer. Der er en tendens til at den udbragte Phoslock koncentrerer sig i de dybe områder af søen.
Emneord:	Søer, restaurering, opfiskning, sedimentl lanthan, Phoslock
Illustrationer:	Tinna Christensen
Foto forside:	Lyngsø
ISBN:	978-87-7156-813-4
ISSN (elektronisk):	2244-9991
Sideantal:	37

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	7
1 Baggrund	8
1.1 Formål	8
1.2 Lyngsø	8
2 Restaureringsindgreb	10
2.1 Opfiskning	10
2.2 Tilsætning af Phoslock	10
3 Målinger og udtagning af prøver	13
4 Resultater	14
4.1 Profilmålinger	14
4.2 Vandkemiske forhold	14
4.3 Biologiske forhold	16
4.4 Sedimentet	17
5 Konklusioner og anbefalinger	20
6 Referencer	21
7 Bilag	22
7.1 Bilag 7.1 Fiskeundersøgelse	22
7.2 Bilag 7.2 Tilsætning af Phoslock	35

Forord

Denne rapport beskriver resultaterne af et restaureringsindgreb gennemført i Lyngsø ved Silkeborg i 2021-2022. Rapporten er udarbejdet af DCE ved Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet for Silkeborg Kommune i samarbejde med Syddansk Universitet. Silkeborg Kommune har set et udkast, men ikke kommenteret rapporten.

Sammenfatning

I 2021-2022 blev der gennemført en restaurering af den 10 hektar store Lyngsø ved Silkeborg. Restaureringen omfattede to typer af indgreb. Dels en opfiskning af fredfisk (skaller og brasen) med henblik på at reducere mængden af fytoplankton via øget filtrering fra dyreplanktonet – og dels en behandling med Phoslock med henblik på at reducere indholdet af fosfor og ad den vej begrænse mængden af fytoplankton og gøre søen klarvandet. Phoslock er et modificeret lerholdigt produkt, hvor grundstoffet lanthan, der har evnen til at binde fosfor, er indlejret.

I forbindelse med opfiskningen blev der fjernet 1,4 tons fredfisk, hvoraf langt størstedelen blev fanget i 2021. Skaller og brasen udgjorde henholdsvis 65 % og 30 % af den samlede opfiskede mængde. Det vurderes at omkring 70 % af den samlede bestand af fredfisk blev fjernet. Tilsætningen af Phoslock blev gennemført over få dage i slutningen af 2021, hvor i alt 44,1 tons Phoslock blev spredte jævnt på dybder større end 2 meter.

Effekterne af restaureringen var markante. I de tre år før indgrebet var den sommergennemsnitlige sigtdybde på 1,44-1,99 m, mens de to år efter indgrebet var på 2,87-3,19 m. Klorofylindholdet blev reduceret fra 8-64 µg/l til 4-5 µg/l. Også indholdet af næringsstoffer blev væsentligt reduceret, både i overfladevandet og bundvandet. Før indgrebet var den gennemsnitlige fosforkoncentration i overfladevandet på 0,12-0,48 mg/l, men var efter indgrebet reduceret til 0,03 mg/l. Ophobningen af fosfor i bundvandet, der eller tidligere var betydelig under lagdelingen om sommeren, forsvandt stort set efter restaureringen.

I de første måneder efter Phoslocktilsætningen var der forhøjede koncentrationer af lanthan i overfladevandet, men efter fem måneder kunne der ikke længere måles lanthan i overfladevandet.

Fiskebestanden var også efter opfiskningen domineret af skaller, men både antalsmæssigt og vægtmæssigt blev der fanget væsentligt færre i oversigtsfiskeriet end før opfiskningen.

I sedimentet skete der efter restaureringen et skift i fosforformerne i retning af mindre koncentrationer af mobile former og flere immobilt bundne former. Næsten alt det udbragte lanthan kunne genfindes i sedimentet, men størstedelen kunne genfindes på stationen, der repræsenterer de dybeste områder af søen. Phoslock nedblandes relativt hurtigt i de øverste lag af sedimentet.

Summary

In 2021-2022, a restoration of the 10-hectare Lyngsø near Silkeborg was carried out. The restoration included two types of interventions. Firstly, the removal of coarse fish (roach and bream) with the aim to reduce the amount of phytoplankton through increased filtering by zooplankton and, secondly, a treatment with Phoslock to reduce the phosphorus content and thereby limit the amount of phytoplankton, making the lake clearer. Phoslock is a modified clay-based product containing the chemical element lanthanum, which has the ability to bind phosphorus.

During the removal, 1.4 tons of coarse fish were extracted, the majority of which were caught in 2021. Roach and bream constituted 65% and 30%, respectively, of the total amount removed. It is estimated that around 70% of the total stock of coarse fish was removed. The addition of Phoslock was carried out over a few days at the end of 2021, where a total of 44.1 tons of Phoslock were evenly spread at depths greater than 2 m.

The effects of the restoration were significant. In the three years prior to the intervention, the average summer water transparency was between 1.44 and 1.99 m, whereas in the two years after the intervention, it was between 2.87 and 3.19 m. The chlorophyll content was reduced from 8-64 µg/l to 4-5 µg/l. The nutrient content was also substantially reduced in both surface water and bottom water. Before the intervention, the average phosphorus concentration in surface water was 0.12-0.48 mg/l, but after the intervention, it was reduced to 0.03 mg/l. The accumulation of phosphorus in the bottom water, which was previously significant during summer stratification, largely disappeared after the restoration.

In the first few months after the addition of Phoslock, there were elevated concentrations of lanthanum in the surface water, but after five months, lanthanum could no longer be detected in the surface water.

Even after the removal, the fish population was dominated by roach, but both in terms of numbers and weight, significantly fewer were caught in the survey fishing than before the removal.

There was a shift in the forms of phosphorus in the sediment after the restoration, towards lower concentrations of mobile forms and more immobile bound forms. Nearly all the applied lanthanum could be found in the sediment, but most of it appeared at the station representing the deepest areas of the lake. Phoslock is relatively quickly mixed into the upper layers of the sediment.

1 Baggrund

Lyngsø er en mindre sø beliggende i udkanten af Silkeborg (Fig. 1.1). Søen blev udpeget som en egnet kandidat til restaurering i vandområdeplanerne udarbejdet af Miljøstyrelsen for perioden 2015-2021. På trods af ringe ekstern fosfortilførsel opfyldte søen stadigvæk ikke vandrammedirektivets mål om mindst god økologisk tilstand.

På denne baggrund ansøgte Silkeborg Kommune og fik efterfølgende tilsagn om tilskud til gennemførelse af en restaurering af søen. Restaureringen blev gennemført i 2021 suppleret med en mindre indsats i 2022. Se også Silkeborg Kommunes beskrivelse af projektet: <https://projekter.silkeborg.dk/Vandprojekter/Soerestauring/Lyngsoe>.



Figur 1.1. Luftfoto af Lyngsø, der viser dens beliggenhed i udkanten af Silkeborg. Foto fra Silkeborg Kommune (<https://projekter.silkeborg.dk/Vandprojekter/Soerestauring/Lyngsoe>).

1.1 Formål

Formålet med denne rapport er at beskrive effekterne opnået af restaureringsindgrebet i Lyngsø på søens tilstand via en række centrale vand- og sedimentkemiske samt biologiske parametre.

1.2 Lyngsø

Lyngsø ligger bynært i den sydlige del af Silkeborg. Søen har et areal på 10 ha, en gennemsnitlig vanddybde på 2,4 m og en maksimumsdybde på 7,6 m. De dybe dele af søen temperaturlagdeles normalt i sommerperioden, så der opstår iltfrie forhold i bundvandet. Oplandet til søen er lille og gennemstrømningen i søen beskeden uden betydelige overfladiske tilløb. Vandets gennemsnitlige opholdstid er estimeret til 1,4 år. I perioder med afstrømning fra søen leder et delvis rørlagt afløb i søens vestlige side vandet til Ørnsø. Søen modtog tidligere betydelige mængder spildevand blandt andet fra et slagteri, men tilførslen er blevet væsentligt reduceret i de seneste årtier.

Søen er før beskrevet i flere rapporter og artikler, herunder detaljeret i Orbicon (2018), og derfor beskrives søen og dens historik ikke nærmere her. Søen og dens udvikling er også tidligere beskrevet i Søndergaard m.fl. (1997, 1998, 1999, 2000).

2 Restaureringsindgreb

Som den første sø i Danmark blev restaureringen af Lyngsø gennemført ved både opfiskning af fredfisk og en efterfølgende tilsætning af det fosforbindende produkt Phoslock. Begge indgrebsmetoder har til hensigt at mindske mængden af planteplankton og gøre søen mere klarvandet og med henblik på at opnå mindst god økologisk tilstand.

Opfiskningen af fredfisk er en velafprøvet restaureringsmetode, der har været anvendt i mange danske søer (Liboriussen mfl. 2007). Formålet er at øge dyreplanktonets evne til at holde mængden af planteplankton nede samt begrænse ophvirvlingen af sediment fra fiskenes fødesøgning på bunden.

Phoslock er et modificeret lerholdigt produkt, hvor grundstoffet lanthan er indlejret. Lanthan er det aktive fosforbindende element, der virker ved at danne stærke og uopløselige kemiske forbindelser med fosfor kaldet Rhabdophan og Monazit. Tilsætningen af Phoslock har dermed til formål at mindske planteplanktonets vækst via øget begrænsning af fosfor. Phoslock har været anvendt i en række udenlandske søer, men Lyngsø er den første sø i Danmark, hvor det har været anvendt, og restaureringen har derfor stor national interesse i forhold til fremtidige restaureringer.

2.1 Opfiskning

Opfiskningen blev foretaget af NIRAS i 2021 og 2022 (se bilag 7.1). I alt blev der fjernet 1409 kg fredfisk, hvoraf langt de fleste blev fanget i 2021 (tabel 2.1). Hovedparten var skaller og brasen, der udgjorde henholdsvis 65 % og 30 % af den samlede opfiskede mængde. Derudover blev der fanget små mængder af suder, rudskalle og aborre. Det vurderes, at i alt ca. 70 % af den samlede fredfiskebestand i søen blev fjernet. I bilag 7.1 er der givet en detaljeret beskrivelse af opfiskningen, samt estimerne som ligger bag vurderingen af den samlede fiskebestand.

Tabel 2.1 Mængden (kg) af fisk fjernet ved opfiskningen i Lyngsø 2021-2022. I parentes er angivet den procentuelle andel af den samlede fangst det pågældende år. Se også bilag 6.1.

	Skalle	Brasen	Suder	Rudskalle	Aborre <10 cm	I alt
2021	797 (63 %)	418 (33 %)	48 (4 %)	2 (<1 %)	3 (<1 %)	1267
2022	114 (80 %)	10 (7 %)	7 (5 %)	8 (6 %)	3 (2 %)	142
I alt	911 (65 %)	428 (30 %)	55 (4 %)	9 (1 %)	6 (<1 %)	1409

2.2 Tilsætning af Phoslock

Der blev samlet udbragt 44.100 kg Phoslock, leveret til søen i 42 bigbags (fig. 2.1). Udbringningen blev foretaget af firmaet Thomas Aabling Vandmiljø og gennemført fra den 29. november 2021 til den 3. december 2021 (se også bilag 7.2). Udbringningen blev foretaget i stille vejr, bortset fra formiddagen den 30/11, hvor det var blæsende. Søen ligger dog vindbeskyttet, og blæsten gav ikke anledning til problemer af nogen art for udbringningen, ligesom den ikke gav anledning til strøm eller bølger.

Udbringningen måtte kun foretages på arealer med en dybde større end 2 meter og uden for zoner hvor der normalt voksede bredvegetation. Dette blev overholdt ved ikke at udbringe i den vestlige del af søen, ved at holde god

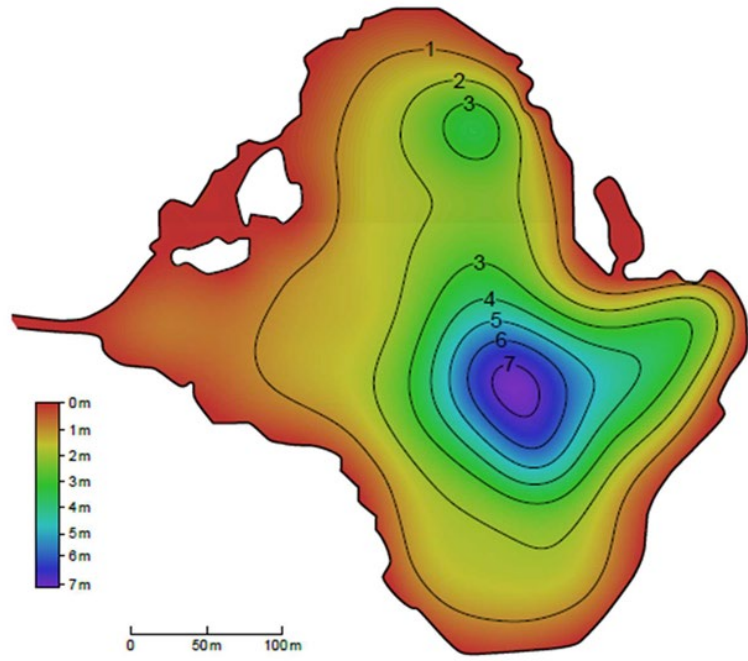
afstand mod syd og gå forholdsvis tæt på den østlige bred. Et kort (Fig. 2.2) blev brugt til orientering.

Udbringningen skete meget jævnt over området. Da søen er relativt lille, foregik navigering efter pejlemærker på land, bane for bane, og ved at flådens bane blev lagt op ad den foregående bane, der var synlig som et spor af Phoslock i vandet. Samtidig blev der sejlet systematisk efter baner nord-syd, øst-vest, og alle områder over 2 meters dybde blev med sikkerhed oversejlet flere gange. En mere detaljeret beskrivelse af udbringningen findes i bilag 7.2.

Figur 2.1. Tilsætning af Phoslock i november-december 2021.



Figur 2.2. Dybdekort over Lyngsø, der sammen med pejlemærker på land, blev anvendt til at navigere efter ved tilsætningen af Phoslock.



3 Målinger og udtagning af prøver

Vandprøver blev udtaget månedligt fra en station midt i søen (område med største vanddybde) fra sommeren 2019 til efteråret 2023. Der blev taget puljede vandprøver fra henholdsvis overfladevandet og bundvandet.

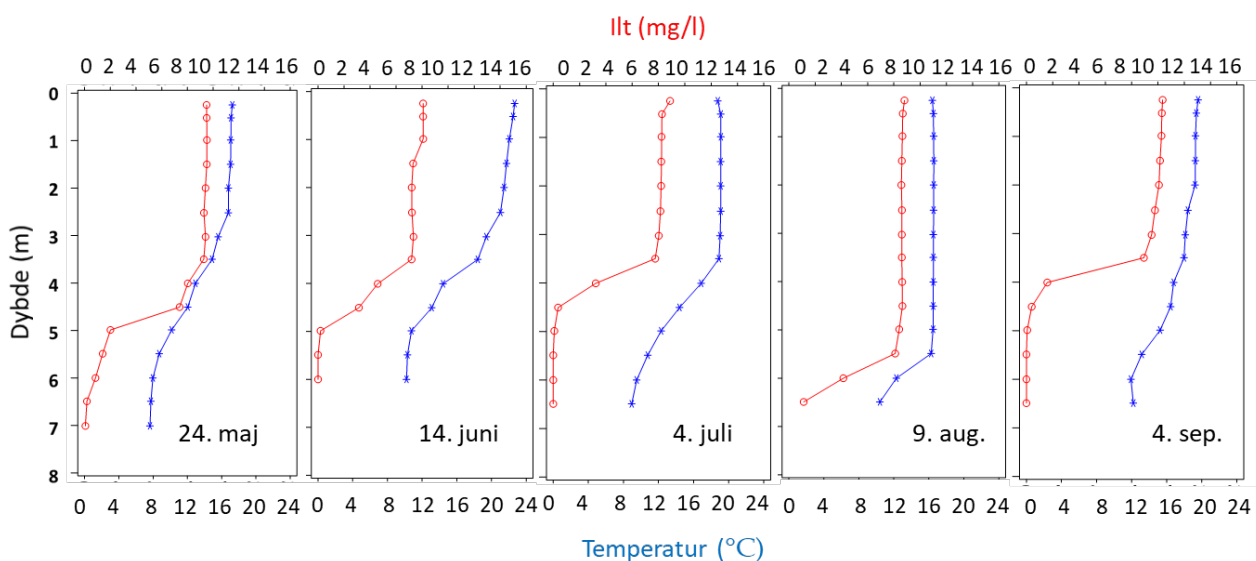
Vandprøverne blev analyseret for indhold af næringsstoffer (totalfosfor, orthofosfat, totalkvælstof, nitrat+nitrit, ammonium, alkalinitet, pH og klorofyl a (overfladevand)). Der blev desuden udtaget vandprøver til analyser af opløst lanthan, som efterfølgende blev sendt analyse på Syddansk Universitet. På prøvetagningsstationen blev der ved hvert besøg målt sigtdybde, og der blev lavet dybdeprofiler af temperatur og iltindhold for hver meter ned gennem vandsøjlen.

Sedimentprøver til analyser af lanthan og fosforfraktioner blev udtaget fra seks stationer i søen (se fig. 4.7). Der blev taget prøver før og efter Phoslockbehandlingen (juni 2022).

4 Resultater

4.1 Profilmålinger

Profilmålinger af temperatur og ilt ned gennem vandsøjlen på søens dybeste område bekræftede, at søen normalt er mere eller mindre permanent temperaturlagdelt om sommeren. Eksempler fra målinger i 2023 er vist i figur 4.1. Som det også ses af figuren, udvikles der i forbindelse med lagdelingen hurtigt iltfrie forhold i bundvandet. I perioder strakte det iltfrie bundvand sig op over bunden, så kun omkring de øverste 4 m af vandsøjlen var iltede.



Figur 4.1. Temperatur (blå)- og iltprofiler (rød) i Lyngsø fra maj til september 2023.

Målingerne i 2023 viste dog også, at lagdelingen ikke er særlig stabil, hvor eksempelvis det kraftige blæsevejr den 5. juli gjorde, at vandet ved den efterfølgende måling den 9. august var opblandet ned til 6 meters dybde og iltkoncentrationerne i bundvandet øget. Ved målingen i september havde det iltfrie vand igen bevæget sig op i næsten 4 meters dybde.

4.2 Vandkemiske forhold

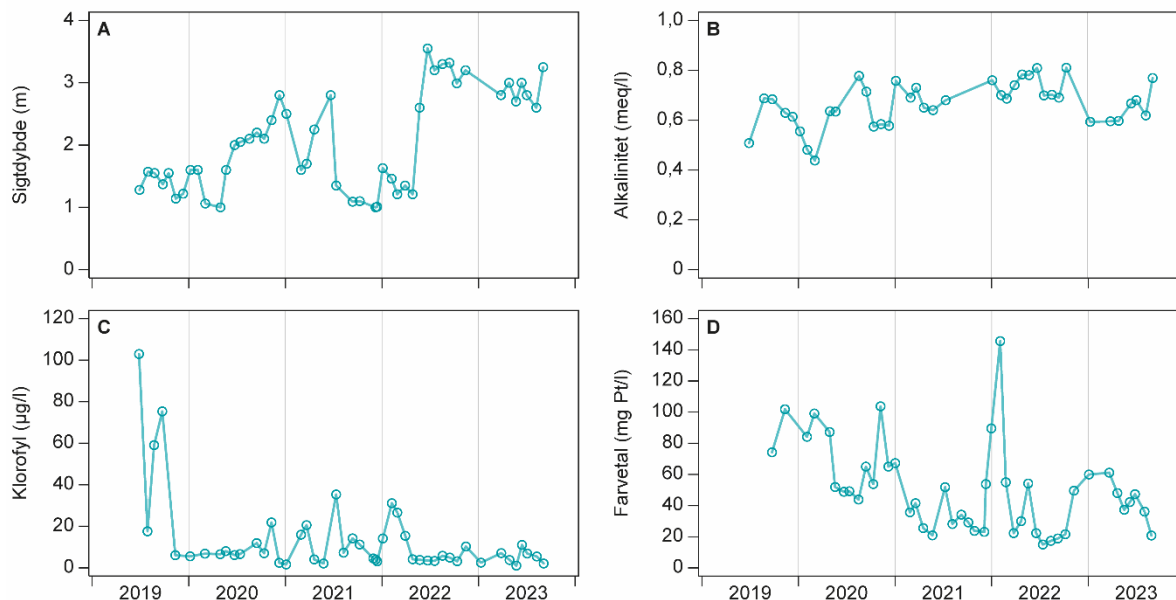
Resultaterne af restaureringsindgrebet er vurderet på baggrund af undersøgelser foretaget før indgrebet (2019-2021) og efter indgrebet (2022-2023).

Sigtdybden har i de to somre 2022 og 2023 efter restaureringsindgrebet generelt været højere end i de tre foregående år (Fig. 4.2). Den gennemsnitlige sommarsigtdybde var i 2022 på 3,19 m og i 2023 på 2,87 m, sammenlignet med en sigtdybde på 1,44-1,99 m i årene 2019-2021 (tabel 4.1). Tilsvarende er indholdet af klorofyl reduceret fra 8-64 $\mu\text{g/l}$ i 2019-2021 til 4-5 $\mu\text{g/l}$ i 2022 og 2023.

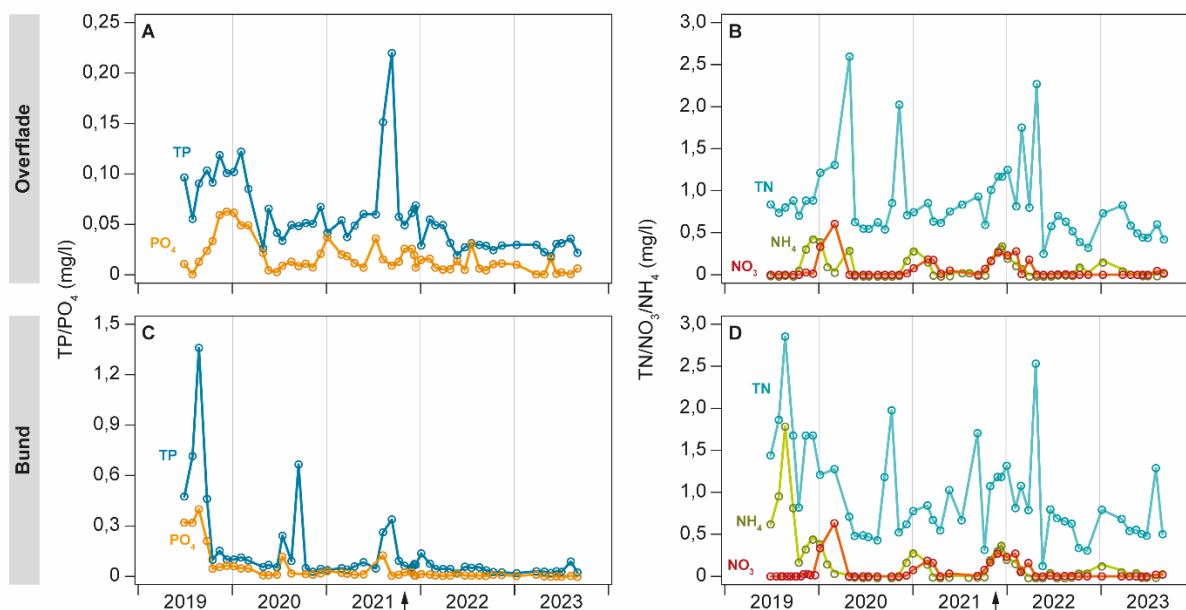
Også indholdet af næringsstoffer blev reduceret efter indgrebet (Fig. 4.3.) I overfladevandet var der før indgrebet en sommergennemsnitlig totalfosforkoncentration (TP) på 0,123-0,48 mg/l og en totalkvælstofkoncentration (TN) på 0,58-0,84 mg/l , som efter indgrebet var reduceret til henholdsvis 0,027-0,028 mg/l og 0,48-0,54 mg/l . Den ophobning af fosfor, der kunne ses i bundvandet før indgrebet i sommerperioden,

forsvandt stort set efter restaureringen. Alkaliniteten har siden 2020 ligget på 0,6-0,8 meq/l, dvs. forholdsvis kalkfattigt. Farvetallet varierer en del over sæsonen, og især om vinteren kan søen være mere brunvandet.

I forhold til at kunne vurdere en eventuel lanthan-effekt, blev der i perioden før og efter Phoslock-behandlingen målt på lanthan i søvandet med månedlige intervaller (Fig. 4.4). I april 2022, fem måneder efter udbringningen, blev der ikke længere observeret lanthan i vandet, og koncentrationen var generelt relativt lav selv under udbringningen.

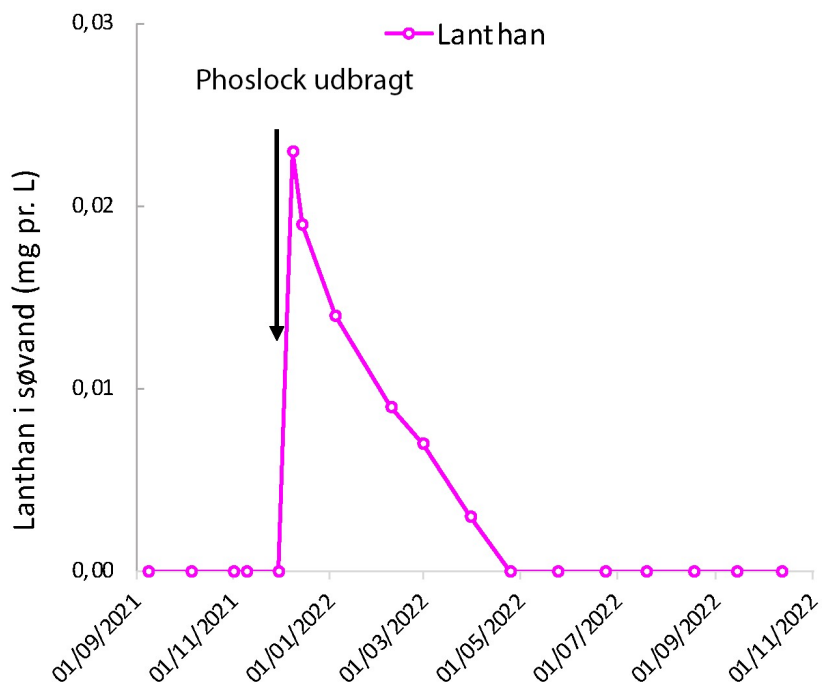


Figur 4.2. Sigtdybde (A) og vandkemiske målinger med målinger af alkalinitet (B), klorofylindhold (C) og vandets farvetal (D) i Lyngsø fra 2019 til 2023. Efter Søndergaard m.fl. (2023).



Figur 4.3. Koncentrationer af fosfor (A, C) vist som totalfosfor (TP) og fosfat (PO_4) og kvælstof (B, D) vist som totalkvælstof (TN), nitrat (NO_3) og ammonium (NH_4) i henholdsvis overfladevandet (A, B) og bundvandet (C, D) i Lyngsø fra 2019 til 2023. Tidspunkt for tilsætning af Phoslock er markeret med pil. Efter Søndergaard m.fl. (2023).

Figur 4.4. Koncentration af lanthan målt i vandsøjlen før og efter Phoslock-udbringningen. Pilen angiver tidspunkt for udbringning af Phoslock. Efter Polauke m.fl. (2023).



Tabel 4.1. Gennemsnitlige sommerværdier (simpelt gennemsnit af maj-septembermålinger) af sigtdybde og vandkemiske data (overflade).

	2019	2020	2021	2022	2023
Sigtdybde (m)	1,44	1,99	1,75	3,19	2,87
Klorofyl ($\mu\text{g/l}$)	63,7	8,2	14,6	4,3	5,3
TP (mg/l)	0,086	0,048	0,123	0,027	0,028
TN (mg/l)	0,81	0,58	0,84	0,54	0,48

4.3 Biologiske forhold

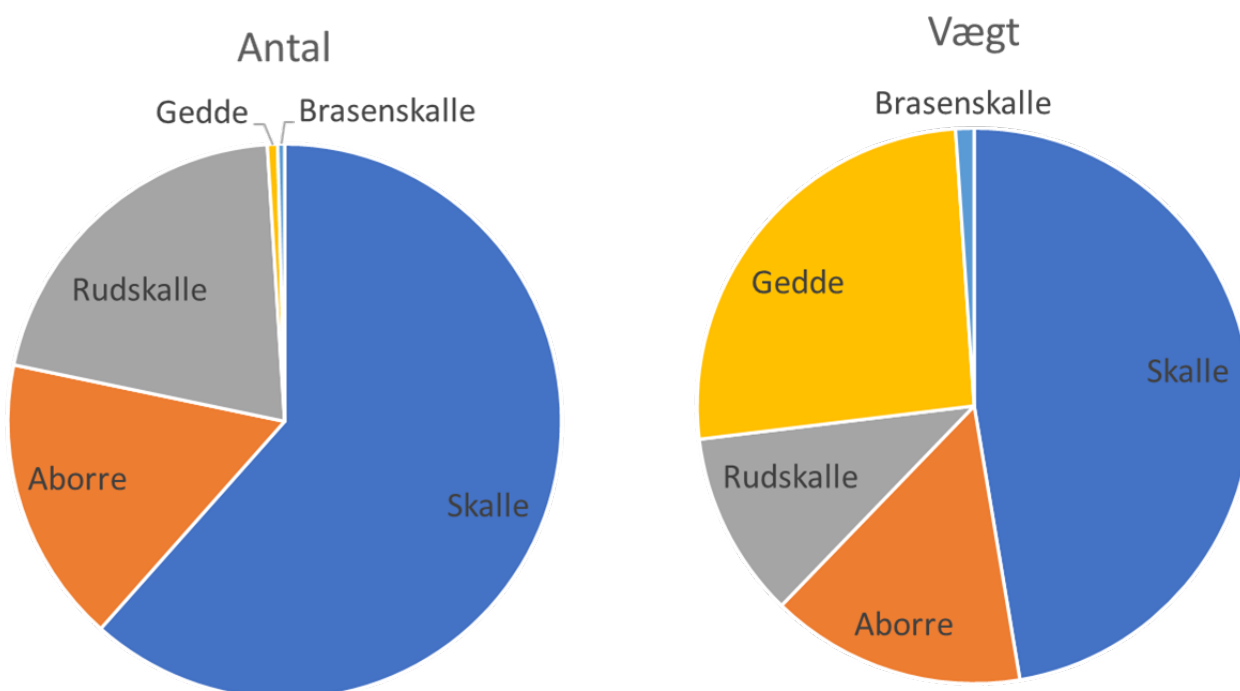
Fiskebestanden

Fiskebestanden i Lyngsø blev undersøgt af NIRAS i 2016, 2021 og 2022 (se detaljeret beskrivelse i bilag 7.1). Ved oversigtsfiskeriet i 2022 var fangsten antalmæssigt markant lavere end i 2021, hvor der med 1.269 stk. forekom godt og vel fire gange flere fisk i garnene. Vægtmæssigt var fangsten i 2022 ca. halvt så stor som de 28,4 kg pr. garn året før. I forhold til 2016 var fangsten i 2022 både antals- og vægtmæssigt omtrent halvt så stor (tabel 4.2).

Artsfordelingen i garnfangsten for 2022 er vist i figur 4.5. Antalmæssigt bestod fangsten som før opfiskningen fortsat overvejende af skaller (62 %) efterfulgt af rudskaller (21 %) og aborrer (17 %). Vægtmæssigt stod skallerne for ca. halvdelen (47 %), mens gedderne var næstmest betydende (26 %), efterfulgt af aborrer (15 %) og rudskaller (11 %).

Tabel 4.2. Den samlede fangst i antal og vægt (g) i ni stk. biologiske oversigtsgarn ved fiskeundersøgelserne i Lyngsø 2016, 2021 og 2022.

Totalfangst	Antal			Vægt (g)		
	2016	2021	2022	2016	2021	2022
Skalle	264	1.033	245	7.464	21.980	7.025
Aborre	292	153	66	2.852	2.922	2.210
Rudskalle	89	35	82	2.074	1.348	1.611
Gedde	3	2	2	6.248	101	3.833
Brasen	23	42	0	14.713	589	0
Suder	0	2	0	0	1.415	0
Brasenskalle	0	2	2	0	63	197
Sum	671	1.269	397	33.352	28.418	14.875



Figur 4.5. Fordelingen af fisk fanget ved oversigtfiskeriet i 2022 opgjort på antals- og vægtbasis.

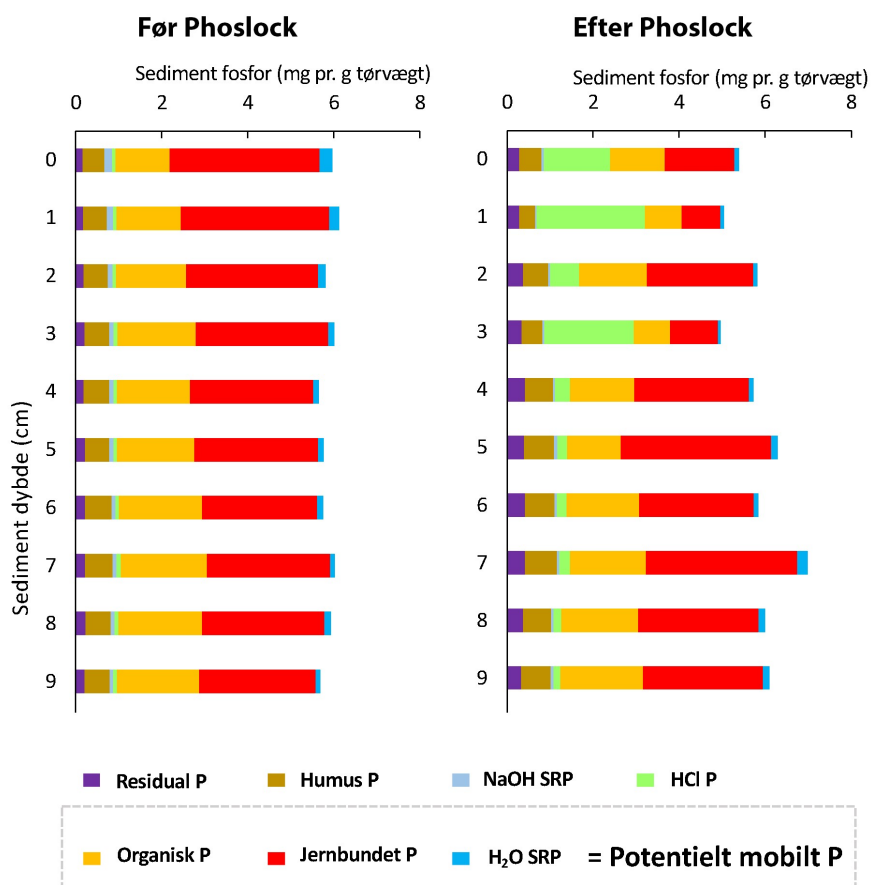
4.4 Sedimentet

Sedimentets fosforpuljer blev undersøgt før og efter Phoslockbehandlingen. Figur 4.6 viser fordelingen af fosforpuljer på station 3 (den dybeste station) i de øverste 10 cm. Heraf ses det, at der som forventet er sket et skift i fosforbindingen fra mere mobile fosforformer (nrP, der er labilt organisk bundet P) og BD SRP (der er fosfor bundet til oxiderede jernforbindelser), til immobilt fosfor bundet i HCl-fraktionen. Det er i fin tråd med litteraturen, der netop viser, at fosfor bundet til lanthanen i Phoslock vil blive ekstraheret i HCl-fraktionen (Reitzel et al. 2013).

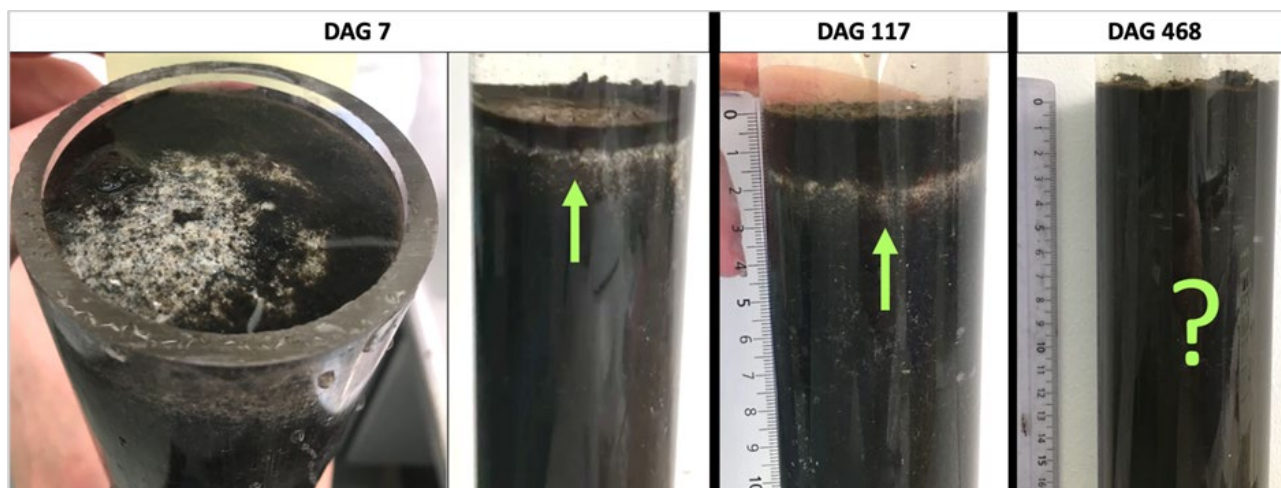
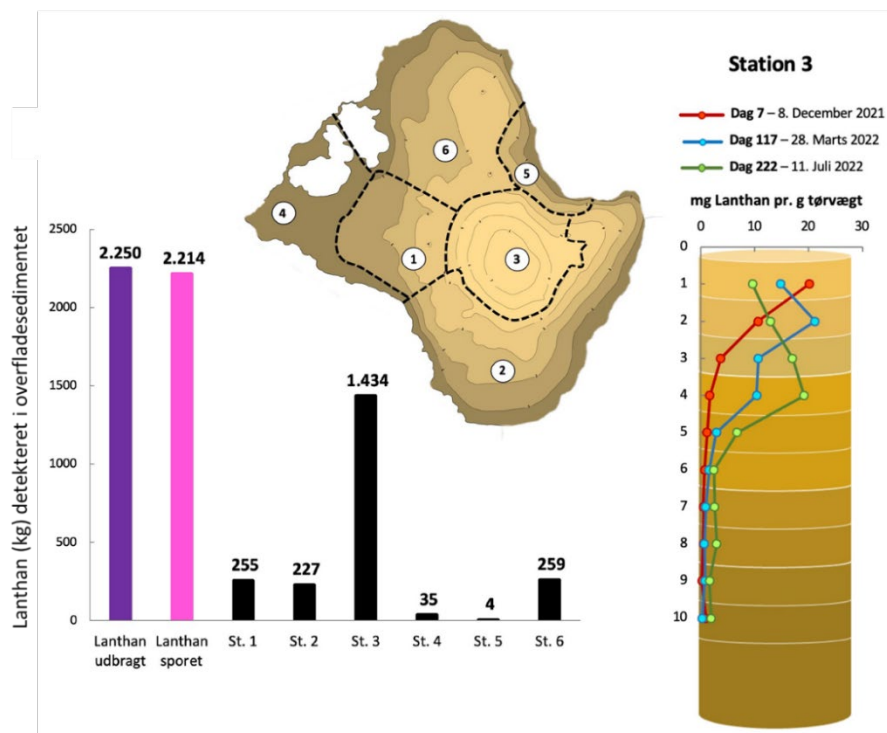
Der blev yderligere målt på lanthan-indholdet i sedimentet efter udbringningen på seks forskellige sedimentstationer (se Fig. 4.7 og 4.8). Af figurerne ses det, at stort set alt lanthan, der blev udbragt, blev genfundet, og at der ligger meget lidt lanthan på station 4. Dette giver god mening, da der ikke skulle være udbragt Phoslock på station 4 på grund af den lave

vanddybde. Der var også meget lidt lanthan på station 5, som er kendetegnet af ren sandbund, hvilket indikerer, at der er en transport af sediment væk fra denne station. Generelt genfinder vi den største del af lanthan på station 3, og der planlægges yderligere undersøgelser, der skal afdække, hvorvidt dette resultat er retvisende og derved indikerer en transport af Phoslock mod søens dybeste areal, eller om resultatet kan skyldes udfordringer ved at opskalere lanthan-indholdet fra de målte stationer til et større område. Yderligere viser vores resultater, at Phoslock nedblandes i sedimentet relativt hurtigt efter udbringningen, hvilket kan skyldes en kombination af bioturbation samt tildækning af overfladesedimentet med nysedimenteret materiale.

Figur 4.6. Fosforpuljer i sedimentet på station 3 før og efter Phoslockbehandlingen. Efter Polauke m.fl. (2023).



Figur 4.7. Lanthanindholdet på seks forskellige sedimentstationer i juli 2022 efter Phoslockudbringningen i december 2021 vist med sorte søjler. Derudover vises andelen af lanthan genfundet i sedimentet (lyserød søjle) i forhold til den beregnede udbragte mængde (mørkelilla). Til højre ses lanthankoncentrationerne i sedimentet fra 2021 til 2022 på station 3 i de øverste 10 cm. Efter Polauke m.fl. (2023).



Figur 4.8. Visuelle observationer af Phoslocklaget i perioden efter udbringning. Pile markerer tydelige bånd med Phoslock.. Efter Polauke m.fl. (2023). Fotos: E. Polauke.

5 Konklusioner og anbefalinger

Restaureringsindgrebene i Lyngsø havde gode effekter på flere af de vandkemiske parametre. Sigtdybden blev øget markant, indholdet af klorofyl blev reduceret, og også indholdet af fosfor og kvælstof i det øverste vandlag blev reduceret. I søens bundvand var ophobningen af fosfor under sommerens lagdeling væsentlig mindre efter restaureringen. Dermed synes restaureringen alt i alt at have bidraget til at forbedre tilstanden i søen.

Oversigtsfiskeriet i 2022 gav en væsentlig mindre fangst end i 2021, men fiskebestanden er stadigvæk domineret af skaller.

Målinger af lanthan, der er det aktive fosforbindende stof i Phoslock, var forhøjet i søens vand i de første måneder efter Phoslocktilsætningen, men siden da har der ikke været målt forhøjede koncentrationer af lanthan i vandet.

Den udbragte Phoslock ser ud til at blive opkoncentreret i sedimentet på søens dybeste områder. Dette kan skyldes, at den tilsatte Phoslock har flyttet sig under eller efter tilsætningen. Da Phoslock er et lerholdigt produkt, bundfældes det kun langsomt. Opkoncentreringen kan have en positivt begrænsende effekt på fosforfrigivelsen fra de dybeste områder, men vil samtidig have en mindre effekt på de andre områder, hvor den aktuelle Phoslock-tilsætning er blevet mindre end tiltænkt.

Det anbefales at undersøge søens tilstand igen inden for nogle år for at vurdere, om restaureringen har skabt vedvarende effekter.

6 Referencer

Liboriussen, L, Søndergaard, M, Jeppesen, E, Pedersen, AR, Skov, C, Skovgaard, H, Christensen, I, Bramm, M, Marsbøl, S & Pedersen, L-L 2007, Sørestaurering i Danmark: Del 1: Tværgående analyser. Faglig rapport fra DMU, bind 636, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. http://www2.dmu.dk/Pub/FR636_Del1.pdf.

Orbicon A/S (2018). Restaurering af Lyngsø. Forundersøgelse af mulighederne for sørestaurering i Lyngsø. Rapport til Silkeborg Kommune.

Polauke, E., Kragh T., Møller C. W., Søndergaard M., & K. Reitzel 2023. Et studie i sørestaurering med Phoslock. Vand & Jord.

Reitzel K., Lotter S., Dubke M., Egemose S., Jensen H.S. & Andersen F., 2013. Effects of Phoslock® treatment and chironomids on the exchange of nutrients between sediment and water. *Hydrobiologia* 703: 189-202. doi: 10.1007/s10750-012-1358-8. <https://doi.org/>

Søndergaard, M., Jeppesen E. & J.P. Jensen, 1999. Danske søer og deres restaurering. Temarapport nr. 24. https://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_temarapporter/rapporter/87-7772-440-2.pdf

Søndergaard, M., Jeppesen, E. & Berg, S., 1997. Pike (*Esox lucius* L.) stocking as a biomanipulation tool 2. Effects on the lower trophic levels in lake Lyng, Denmark. *Hydrobiologia* 342/343: 319-325.

Søndergaard, M. (red.), Jeppesen, E (red.), Jensen, J.P. (red.), Lauridsen, T.L., Müller, J.P., Jerl Jensen, H., Berg, S. & Hvidt, C., 1998, Sørestaurering i Danmark: Metoder, erfaringer og anbefalinger. Miljønyt, bind 28, Miljøstyrelsen. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1998/87-7909-000-1/pdf/87-7909-000-1.pdf>

Søndergaard, M, Jeppesen, E & Jensen, J.P., 2000. Hypolimnetic nitrate treatment to reduce internal phosphorus loading in a stratified lake. *Lake and Reservoir Management* 16: 195-204.

Søndergaard, M., Reitzel, K. & H. J. Jensen 2023. Sørestaurering: ny metode i Lyngsø. Vand & Jord.

7 Bilag

7.1 Bilag 7.1 Fiskeundersøgelse

Biomanipulation i Lyngsø Status 2022



Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	2
2.	Fiskeundersøgelse	2
2.1	Fiskeprogram	2
2.2	Samlet fangst	3
2.3	Skalle	4
2.4	Brasen	5
2.5	Aborre	5
2.6	Rudskalle	6
2.7	Øvrige arter	7
2.8	Fiskebestandens biomasse	8
3.	Opfiskningens omfang	9
4.	Status for biomanipulation.	10
5.	Referencer	12

1. Indledning

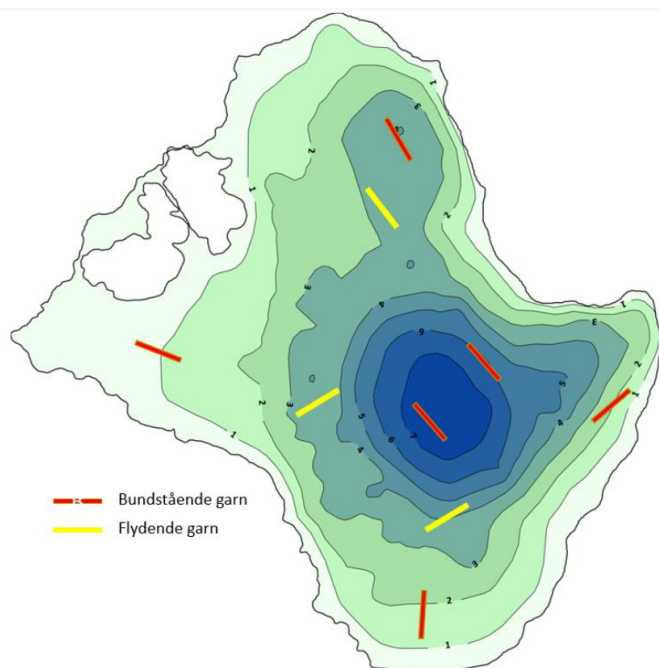
Lyngsø er for nærværende genstand for en sørestaurering omfattende en regulering af fiskebestanden samt en fosforfældning med Phoslock. En forundersøgelse har således vist at disse to tiltag opfylder de faglige kriterier for sørestaurering, og er nødvendige for at opfylde statens miljømålsætning for søen inden 2027 /1/.

Dette notat præsenterer resultaterne fra den seneste fiskeundersøgelse og beskriver forløbet af opfiskningen i 2022, for herigennem at vurdere opfiskningens tilstrækkelighed

2. Fiskeundersøgelse

2.1 Fiskeprogram

Fiskeundersøgelsen i 2022 blev gennemført i dagene 16. - 18. august. Undersøgelsen var identisk med undersøgelsen udført i 2016 og 2021, og blev udført med 9 garnsætninger med biologiske oversigtsgarn af typen Ny Nordisk Norm i overensstemmelse med NOVANA-programmets retningslinjer /2/. Placeringen af garnene blev dog ikke bestemt tilfældigt, som angivet i vejledningen, men i stedet anvendtes samme positioner som ved fiskeundersøgelsen i 2021 (fig.1). Derudover blev der som i 2021 sat tre garnlænker med store maskevidder (80-115 mm), i det følgende benævnt brasengarn, for at vurdere tætheden af store brasener.



Figur 1. Kort over Lyngsø med placering af biologiske oversigtsgarn ved fiskeundersøgelsen august 2022.

Resultaterne fra undersøgelsen sammenlignes med fangsten pr. garn fra de seneste undersøgelser i 2016 og 2021. Eftersom der ikke foreligger oplysninger

om placeringen af de respektive garn fra undersøgelsen i 2016, er der taget udgangspunkt i et simpelt gennemsnit.

Ud fra erfaringstal mellem volumenvægtede CPUE-værdier og bestandstæthed er fiskebestandens biomasse beregnet /3/, hvilket ligger til grund for vurderingen af opfiskningens effektivitet.

2.2 Samlet fangst

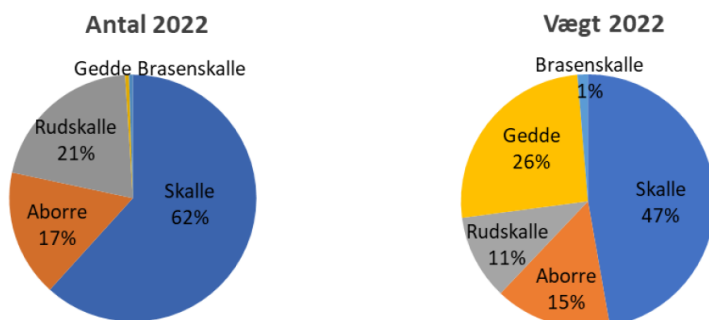
Der blev i alt fanget 397 fisk ved den seneste fiskeundersøgelse svarende til knap 14,9 kg i de 9 garn fordelt på skalle, aborre, rudskalle og gedde samt brasenskalle (tab.1). Brasen, som vægtmæssigt stod for ca. halvdelen af fangsten i 2016, optrådte hverken i de biologiske oversigtsgarn eller i brasengarnene. Der blev derimod fanget en enkelt stor suder i brasengarnene.

Fangsten var antalsmæssigt markant mindre end i 2021, hvor der med 1.269 stk. forekom godt og vel fire gange flere fisk i garnene, og vægtmæssigt ca. halvt så stor som de 28,4 kg pr. garn året før. I 2016 var fangsten både antals- og vægtmæssigt omtrent halvt så stor.

Table 1. Den samlede fangst i antal og vægt i biologiske oversigtsgarn ved fiskeundersøgelserne i Lyngsø 2016, 2021 og 2022.

Totalfangst (9 garn)	Antal			Vægt (g)		
	2016	2021	2022	2016	2021	2022
Skalle	264	1.033	245	7.464	21.980	7.025
Aborre	292	153	66	2.852	2.922	2.210
Rudskalle	89	35	82	2.074	1.348	1.611
Gedde	3	2	2	6.248	101	3.833
Brasen	23	42	0	14.713	589	0
Suder	0	2	0	0	1.415	0
Brasenskalle	0	2	2	0	63	197
Sum	671	1.269	397	33.352	28.418	14.875

Artsfordelingen i garnfangsten er vist i figur 2. Antalsmæssigt bestod fangsten fortsat overvejende af skaller (62%) efterfulgt af rudskaller (21%) og aborrer (17%). Vægtmæssigt stod skallerne for ca. halvdelen (47%), mens gedderne var næstmest betydende (26%) efterfulgt af aborrer (15%) og rudskaller (11%).



Figur 2. Fordeling af garnfangsten i antal og vægt i Lyngsø, 2022.

2.3 Skalle

Nøgletal for fangsten af skaller i 2016, 2021 og 2022 er vist i tabel 2.

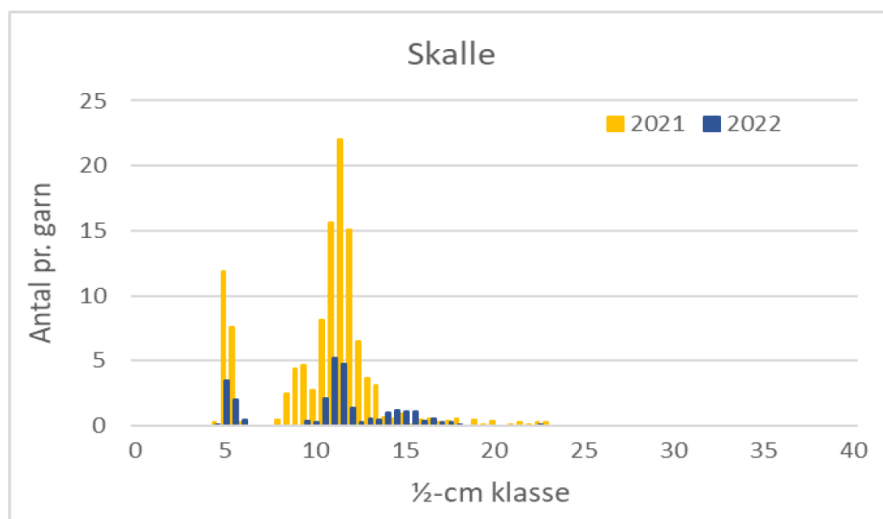
Tabel 2. Fangsttal for skalle ved fiskeundersøgelserne i Lyngsø 2016, 2021 og 2022.

Skalle	Antal				Vægt (g)			
	< 10 cm	> 10 cm	Sum	%	< 10 cm	> 10 cm	Sum	%
Middelfangst								
2016	12,9	20,1	33,0	39,3	139	794	933	22,4
2021	38,9	90,3	129,1	81,4	210	2538	2748	77,3
2022	7,1	23,5	30,6	61,7	21	857	878	47,2

Som det fremgår af tabellen, blev der fanget betydeligt færre både småskaller og skaller større end 10 cm i forhold til i 2021, og skallernes andel af fangsten var reduceret fra 81,4 % til 61,7 % i antal og fra 77,3 % til 47,2 % i vægt. Sammenlignet med 2016 var fangsten dog i nogenlunde samme niveau, og som følge af en større samlet fangst stod skallerne for en mindre andel i 2016.

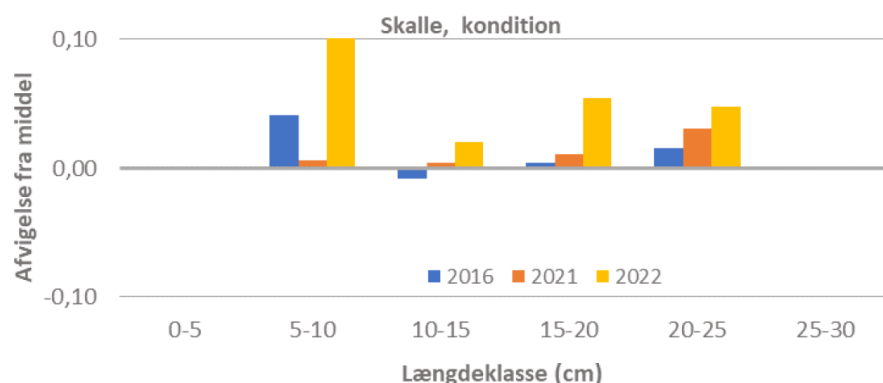
Skallebestandens størrelsessammensætning i 2021 og 2022 fremgår af figur 3. Begge år var årsynglen omkring 5-6 cm, men hvor der i 2021 var to årgangstoppe omkring henholdsvis 8-9 cm og 11-12 cm, var der i 2022 kun en enkelt mindre top omkring 11-12 cm foruden en gruppering af ældre skaller omkring 15 cm.

I 2016 var hovedparten af skallerne fordelt på to mindre årgange med toppe omkring 8-9 cm og 11-12 cm med kun meget lidt yngel og skaller større end 15 cm.



Figur 3. Længdehyppighed af skalle i Lyngsø, 2021 og 2022.

Skallernes kondition ved de tre undersøgelser er vist i figur 4, hvor det fremgår at alle størrelsesklasser har fået en betydelig bedre kondition siden 2016. Selvom skallebestanden i 2016 også var forholdsvis beskedent afspejler dette en mindre fødekonekurrence, hvilket formodentlig primært skyldes reduktionen i søens brasenbestand.



Figur 4. Konditionen af skaller i Lyngsø 2016, 2021 og 2022 i forhold til middelkonditionen af skaller i en række andre danske søer.

2.4 Brasen

Der blev hverken fanget brasener i de biologiske oversigtsgarn eller i de tre supplerende brasengarn. Brasenernes vægtandel af fangsten er således reduceret markant fra 44,1 % i 2016 over 2,1 % i 2021 til 0% (tab.3).

I 2016 var der en del store brasener i de biologiske oversigtsgarngarn, som dominerede den vægtmæssige fangst, mens store brasener kun forekom i brasengarnene i 2021. Dette år blev der derimod fanget mere brasenyngel, men da der ikke blev fanget etårige brasener i 2022 har overlevelsen øjensynlig været ringe.

Tablet 3. Fangsttal for brasen ved fiskeundersøgelserne i Lyngsø i 2016, 2021 og 2022.

Brasen	Antal				Vægt (g)			
	< 10 cm	> 10 cm	Sum	%	< 10 cm	> 10 cm	Sum	%
Middelfangst								
2016	0,4	2,5	2,9	3,4	1	1838	1839	44,1
2021	4,5	0,8	5,3	3,3	13	61	74	2,1
2022	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0,0

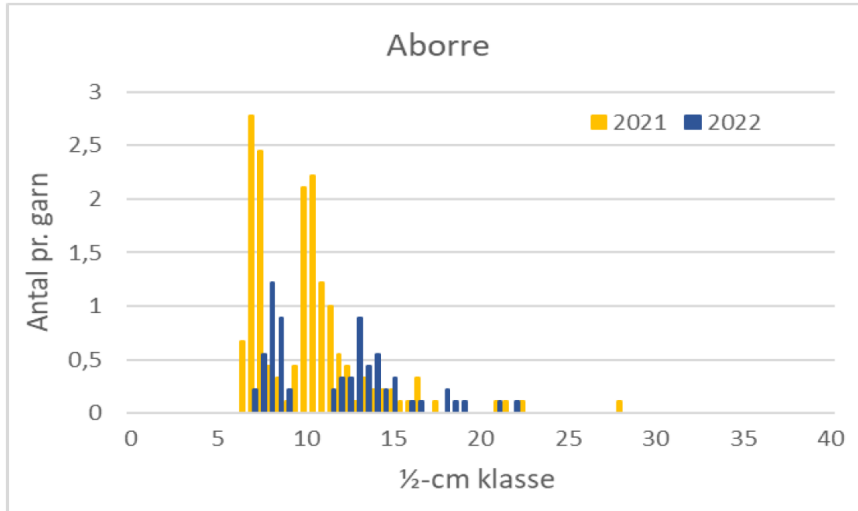
2.5 Aborre

Fangsten af aborre var især antalsmæssig mindre men også vægtmæssigt lidt mindre end både i 2016 og 2021 (tab.4). Med knap 15 % udgjorde de dog en større vægtmæssig andel af den samlede fangst i vægt.

Tablet 4. Fangsttal for aborre ved fiskeundersøgelserne i Lyngsø i 2016, 2021 og 2022.

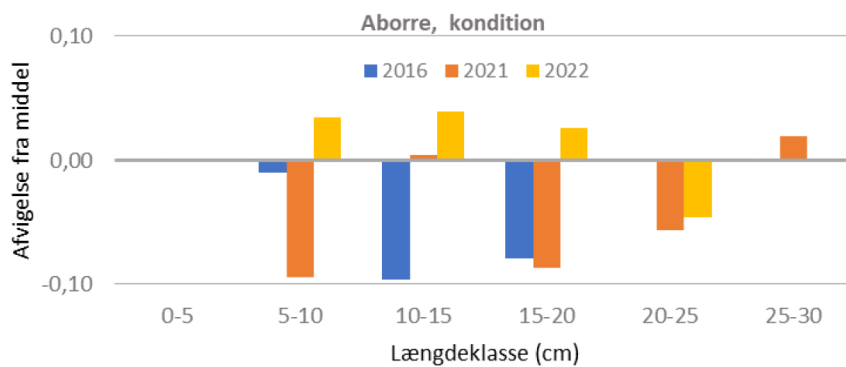
Aborre	Antal				Vægt (g)			
	< 10 cm	> 10 cm	Sum	%	< 10 cm	> 10 cm	Sum	%
Middelfangst								
2016	29,4	7,1	36,5	43,5	143	214	357	8,6
2021	10,5	8,6	19,1	12,1	71	294	365	10,3
2022	3,5	4,8	8,3	16,6	29	247	276	14,9

Som i 2021 var hovedparten af aborrerne mindre end 15 cm, men årgangstoppene på de to yngste årgange mellem henholdsvis 5-10 cm og 10-15 cm var tydeligvis forskudt (fig.5). Der er ikke foretaget aldersbestemmelse, men antagelig svarer de to toppe begge år til ynglen og de etårige aborrer, der således antyder en væsentlig bedre vækst i 2022. I 2016 var de to yngste årgange grupperet omkring hhv. 6 cm og 9 cm svarende til en endnu mindre vækst end både i 2021 og 2022.



Figur 5. Længdehyppighed af aborre i Lyngsø, 2021 og 2022.

Lignende vækstforøgelse ses ofte hos opvoksende aborrer i forbindelse med biomanipulationer, og understøttes i Lyngsø af en sideløbende markant forbedring af konditionsforholdene på nær hos aborrer større end 20 cm (fig.6).



Figur 6. Konditionen af aborrer i Lyngsø 2016, 2021 og 2022 i forhold til middelkonditionen af aborrer i en række andre danske søer.

2.6 Rudskalle

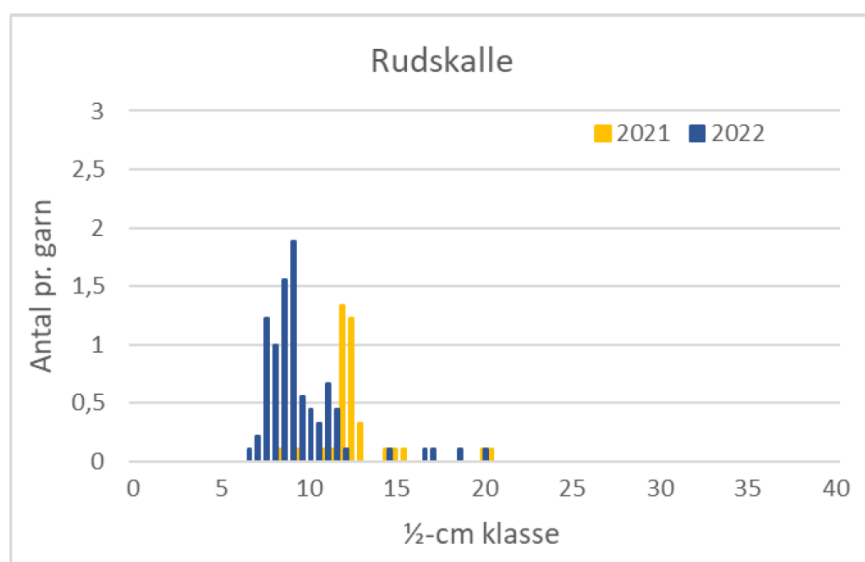
Fangsten af rudskaller var både antals- og vægtmæssig større end i 2021, men i niveau med fangsten i 2016 (tab.5). Som følge af den mindre fangst udgjorde

rudskallerne en væsentlig større andel af fangsten med hhv. 20,7 % i antal og 10,8 % i vægt.

Tabel 5. Fangsttal for rudskalle ved fiskeundersøgelserne i Lyngsø i 2016, 2021 og 2022.

Rudskalle	Antal				Vægt (g)			
	< 10 cm	> 10 cm	Sum	%	< 10 cm	> 10 cm	Sum	%
Middelfangst								
2016	3,4	7,8	11,1	13,3	24	235	259	6,2
2021	0,3	4,1	4,4	2,8	3	166	169	4,7
2022	7,4	2,9	10,3	20,7	81	121	201	10,8

Mens de fleste af rudskallerne i fangsten i 2021 var grupperet omkring 12-13 cm var hovedparten af rudskallerne i 2022 mindre end 10 cm med kun enkelte individer større end 15 cm begge år (fig.7). Det er ikke ualmindeligt at rudskaller får en bedre rekruttering når skallebestanden reduceres ifm. biomanipulationer.



Figur 7. Længdehyppighed af rudskalle i Lyngsø, 2021 og 2022.

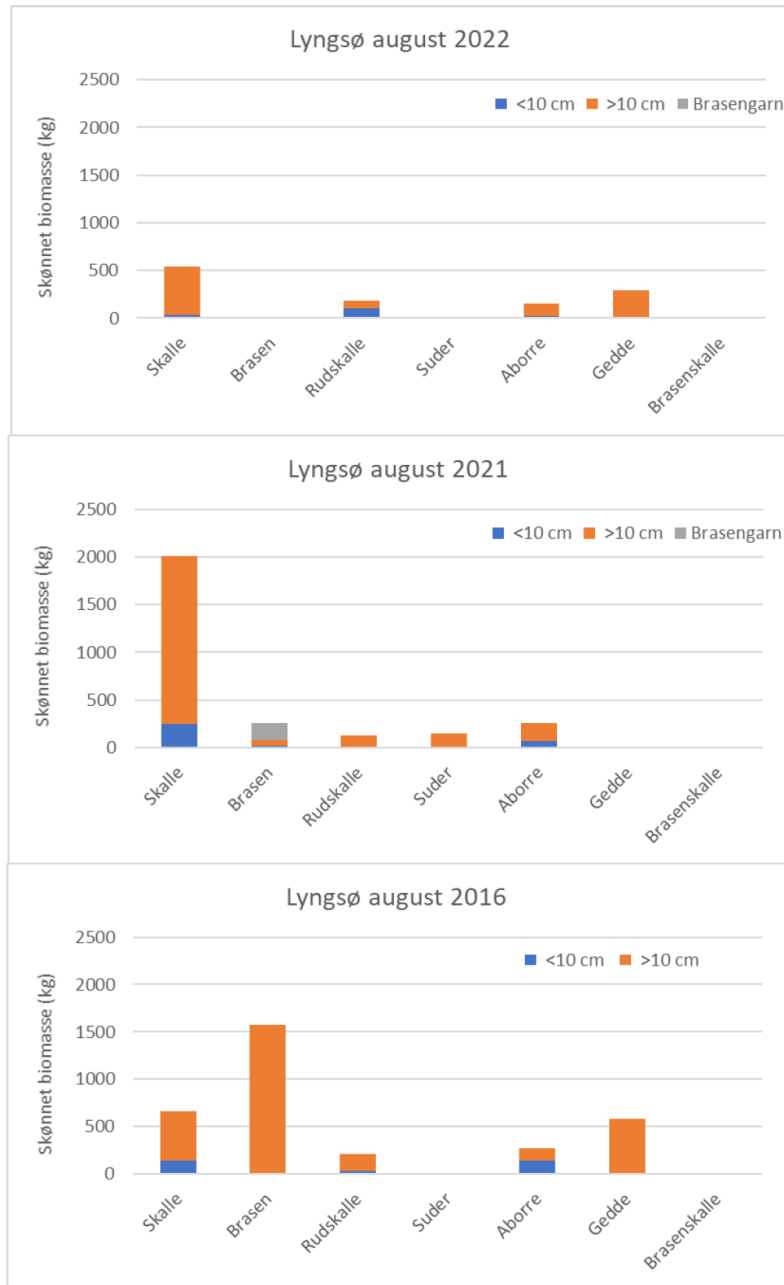
2.7 Øvrige arter

Foruden de nævnte arter rummede fangsten to gedder på henholdsvis 24 cm og 75 cm, og gedderne stod med 26 % for en pænt stor andel af garnfangsten i vægt. Derudover blev der fanget to brasenskaller på 17 cm og 19 cm foruden en enkelt stor suder på 42 cm i brasengarnene.

2.8 Fiskebestandens biomasse

Biomasse

De enkelte fiskearters skønnede biomasse i 2016, 2021 og 2022 beregnet ud fra resultatet af fiskeundersøgelserne er vist i figur 8. I 2016 var fiskebestandens samlede biomasse i august 3,3 tons, hvoraf brasener udgjorde hovedparten med skaller og gedder som de to næstmest betydende arter. I 2021 var bestandens skønnede biomasse 2,8 tons, men dette år stod skallerne for langt størstedelen, mens brasen- og geddebiomassen var reduceret markant. I 2022 var bestandens samlede biomasse reduceret til 1,0 tons, hvoraf skallerne stod for halvdelen,



Figur 8. Skønnet biomasse af de forskellige fiskearter i Lyngsø i sensommeren 2016, 2021 og 2022 vurderet ud fra fiskeundersøgelserne i de respektive år.

mens gedder og aborrer stod for hovedparten af den resterende biomasse.

Vurderet ud fra fiskeundersøgelserne er fredfiskebiomassen reduceret med 70 % siden 2016 og med 71 % fra 2021 til 2022. Sideløbende er rovfiskenes andel (gedder og aborrer > 10 cm) gået fra 22 % i 2016 over 7 % i 2021 til 35 % ved den seneste undersøgelse.

Dette dækker imidlertid over en stor usikkerhed ved bl.a. bestemmelsen af gedder, hvor fangst af bare en enkelt gedde kan få stor betydning for rovfiskeandelen. Hertil kommer at store brasener bliver underrepræsenterede ved NOVANA-fiskeundersøgelser, især efter at de to største maskevidder i de biologiske oversigtsgarn er frataget.

Tilsvarende er der stor usikkerhed i omregningsfaktoren fra fangsten i brasengarn til bestandsbiomassen. På baggrund af fangsten i disse garn vurderedes bestanden af store brasener i august 2021 til at være blot 175 kg, men efterfølgende blev der fanget 404 kg store brasener i garn og vod i oktober.

3. Opfiskningens omfang

Der er til dato fjernet 1409 kg fredfisk ved opfiskningen i 2021 og 2022, hvoraf hovedparten var skaller og brasener med hhv. 911 kg og 428 kg (tab.6). Størsteparten blev fanget i 2021, hvor der blev fanget 1267 kg, mens forårets og sommerens fiskeri i 2022 kun beløb sig til 142 kg.

Langt de fleste skaller og suder blev fanget ved vodfiskeriet i 2021, hvorimod ca. 2/3 af brasenerne blev fanget i stormasket garn, hvoraf hovedparten ligeledes i 2021.

Forårets fiskeri i 2022 bestod af bundgarns- og rusefiskeri samt sætninger med stormasket garn efter gydende fisk. Bundgarnene blev opsat den 16. april og fiskede frem til den 21. maj, men fangsten var beskeden med i alt 69 kg, overvejende bestående af skaller. I de stormaskede garn var fangsten ligeledes beskeden med i alt 13 kg, hvoraf 10 kg brasener og 3 kg suder.

Da det ikke var muligt at fiske med vod blev der i juli igen fisket med bundgarn, der blev suppleret med ekstra lange rader, som stod udover de dybere områder af søen. Derudover blev der fisket med ruser, elektrofiskeri og agnhuse (med madding). Fangsten var beskeden med i alt 51 kg.

Tabel 6. Opfiskningen af fredfisk i kg i de respektive fiskeperioder og i de respektive redskaber ved biomanipulationen i Lyngsø 2021-2022.

År	Skalle	Brasen	Suder	Rudskalle	Aborre< 10	Sum
2021	797	418	48	2	3	1267
2022	114	10	7	8	3	142
I alt	911	428	55	9	6	1409

	Skalle	Brasen	Suder	Rudskalle	Aborre< 10	Sum
Bundgarn	106	0	2	7	3	118
Garn	10	284	5	0	0	299
Vod	751	143	45	1	2	941
Biogarn	38	1	3	2	2	46
Agnhuse	1	0	0	0	0	1
El	5	0	0	0	0	5
Alle	911	428	55	9	6	1409

Med en samlet fangst på 142 kg ud af en groft skønnet fredfiskebiomasse på ca. 1 tons (skønnet biomasse august 2022 plus fangsten i 2022) var effektiviteten på ca. 14 % meget lav. Dette skyldes antagelig flere forhold, herunder at de benyttede redskaber ikke fisker så effektivt som vod og at vandet ved fiskeriet i juli måned var meget klart med sigtddybder større end 3 m.

4. Status for biomanipulation.

Fiskebestand

Med en reduktion i den skønnede fredfiskebiomasse fra henholdsvis 267 kg/ha og 252 kg/ha i 2016 og 2021 til 79 kg/ha i 2022, svarende til reduktion på ca. 70 %, er fiskebestandens negative påvirkning af søen væsentligt mindsket. Dette understøttes af de generelt forbedrede vækst- og konditionsforhold hos skallerne og aborrerne i 2022. Samt af de klart forbedrede sigtddybder, der er registreret over sommeren 2022.

Udover fiskeriet skyldes reduktionen i fisketætheden formodentligt en forholdsmæssigt større prædation fra rovfisk kombineret med en generel beskeden rekruttering hos skaller og brasener. Særligt fraværet af småbrasener og en beskeden tæthed af småskaller i 2022 tegner positivt for fiskebestandens kommende udvikling. Imidlertid vækker det nogen bekymring, at aborrerne ikke har opbygget nogen bestand af betydning trods forbedrede vækst- og konditionsforhold hos de opvoksende aborrer. Søen huser således fortsat meget få aborrer i en rovlevende størrelse.

Både usikkerheder ved bestandsestimater samt afledte effekter af reguleringer af fredfisk over flere sæsoner, kan gøre anbefalingen om en 80 %'s fredfiskereduktion for opnåelsen af en vellykket biomanipulation /4/ mindre operativt. Hertil kommer effekterne af fosforfældningen på den biologiske struktur, som f.eks. muligvis har medvirket til at forringe fiskenes rekruttering i 2022. Det må således antages, at dyreplankton i større grad bliver fødebegrænset efter en fosforfældning, hvilket kan have reduceret det spæde yngels fødegrundlag og dermed overlevelse. På den anden side må det forventes, at fiskene proportionalt set udøver et større prædationstryk på dyreplanktonet, når næringsgrundlaget for de nedre trofiske niveauer reduceres.

Anbefalinger

Selvom fiskeriet ikke har været effektivt i 2022 anbefales det, at foretage samme fiskeri med stormaskede garn som i oktober 2021, hvor størstedelen af de store brasener blev fanget (knap 300 kg). Store brasener er således den største fødekonkurrent til mellemstore aborrer, foruden at brasener i særlig stor grad påvirker søen negativt ved at ophvirvle sediment. Medens dette fiskeri pågår,

anbefales det, at de bundgarn som stadig findes i søen, sættes til at fiske, inden de tages op for vinteren. Fiskeriet kan foregå fra medio oktober.

5. Referencer

- 1/ Orbicon A/S (2018). Restaurering af Lyngsø. Forundersøgelse af mulighederne for sørestaurering i Lyngsø.
- Rapport til Silkeborg Kommune.
- 2/ Johansson, L.S. og Lauridsen, T.L (2011). Fiskeundersøgelse i søer. Teknisk anvisning S05, vers.5, Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.
- 3/ Fiskeøkologisk Laboratorium (ububl.). Data fra fangsttal og mærkningsforsøg i forbindelse med biomanipulationsprojekter i Skærsø, Engelsholm Sø, Dallund Sø, Bastrup Sø, Ejstrup Sø, Bastrup Sø, Rørbæk Sø, Sortedamssøerne, Peblingsøen, Skt.Jørgenssøerne, Tueholm Sø, Vallensbæk Sø og Sjælsø.
- 4/ 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

7.2 Bilag 7.2 Tilsætning af Phoslock

Afrapportering af udbringning af Phoslock i Lyngsø i uge 48, 2021.

Af Thomas Aabling

Meget kort kan det siges, at udbringningen gik fint, og de problemer, der opstod, blev løst undervejs. Der var et meget fint samarbejde med kommunens Entreprenørgård.

I det følgende afrapporteres indsatsen ved udbringning af Phoslock i Lyngsø i uge 48, 2021, ud fra vilkårene angivet i tilladelsen.

Vilkår 1)

Tilladelsen omfatter udbringning af 1,575 kg Phoslock/m² på vanddybder over 2 m eller 0,65 kg/m² ved udbringning på hele søens areal. Der må maksimalt udbringes 63 tons Phoslock i Lyngsø.

Svar: Der blev samlet udbragt 44.100 kg Phoslock, svarende til 42 bigbags med 1.050 kg Phoslock pr. bigbag, samlet 44,1 tons. Det blev leveret 2 x 21 bigbags (2 x 22.050 kg) mandag den 29/11 og tirsdag den 30/11.

Vilkår 2)

Indholdet af sporstoffer i det valgte produkt må ikke overstige den maksimale koncentration oplyst i databladet for Phoslock.

Svar: Der blev anvendt Phoslock overvejende fra år 2020-produktionen, 30 bigbags, og 12 bigbags fra 2019- og 2018-produktionen.

Vilkår 3) Søen behandles som minimum over to dage. Udbringning må kun ske i perioden 1. september – 31. december.

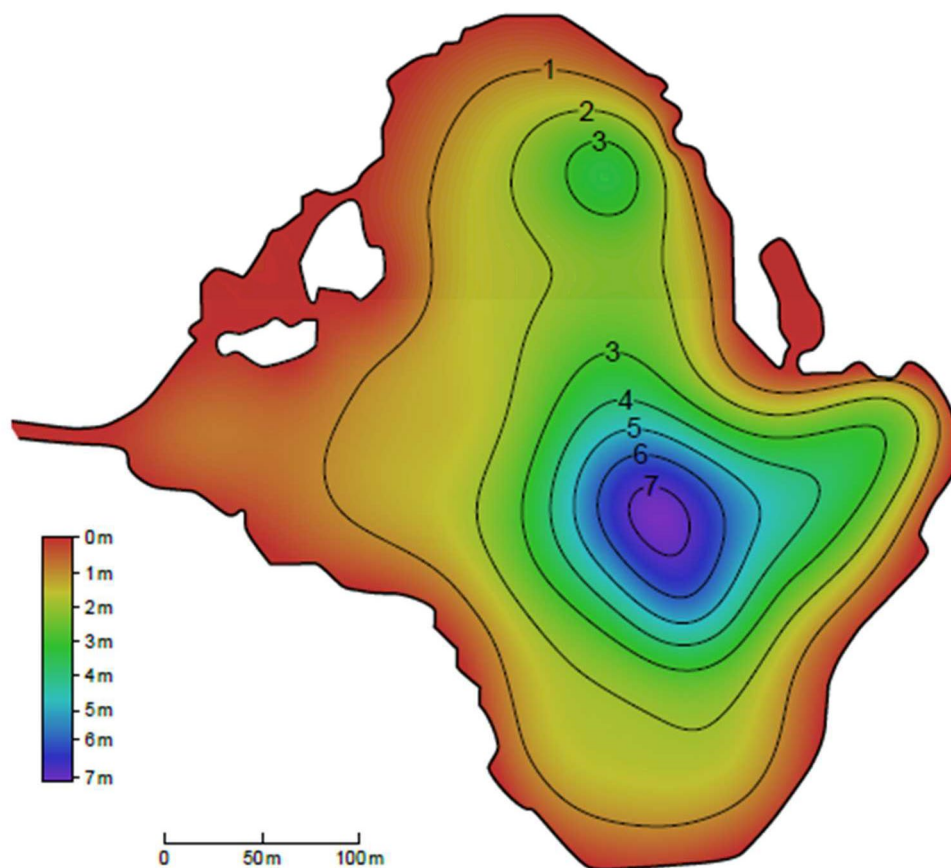
Svar: Søen blev behandlet over fem dage fra den 29. november 2021 til den 3. december 2021.

Vilkår 4) Udbringningen skal foregå på dage med rolige vind- og strømforhold.

Svar: Vejret var for det meste stille eller uden vind, bortset fra tirsdag formiddag den 30/11, hvor det var blæsende. Søen ligger dog ret vindbeskyttet, og blæsten gav ikke anledning til problemer af nogen art for udbringningen, ligesom den ikke gav anledning til nævneværdig strøm eller bølger.

Vilkår 5) Udbringningen må kun ske på arealer med en dybde større end 2 meter og uden for zoner med bredvegetation.

Svar: Dybden blev overholdt ved ikke at sprede i den vestlige del af søen, holde god afstand mod syd og gå forholdsvis tæt på den østlige bred. Kortet herunder blev brugt til orientering.



Vilkår 6) Der skal foretages GPS-registrering af sejlruten under udbringningen.

Svar: Dette vilkår blev desværre ikke opfyldt på grund af en misforståelse mellem leverandør (TAV) og underleverandør (Phoslock). Det blev dog sikret, at udbredelsen skete meget jævnt over området. I og med, at søen er så lille, foregik navigering efter pejlemærker på land, bane for bane, og ved at flådens bane blev lagt op ad den foregående bane, der var synlig som et spor af Phoslock i vandet.

Samtidig blev der sejlet systematisk efter baner nord-syd, øst-vest osv., og alle områder over 2 meters dybde er med sikkerhed blevet oversejlet flere gange.

Der blev udbragt og sejlet efter følgende mønster:

Dag	Bigbags	Phoslock	Bemærkning vedr. udbringning
Mandag den 29/11	2	2.100 kg	8 baner øst-vest (2 bigbags)
Tirsdag den 30/11	12	12.600 kg	16 baner øst-vest (4 bigbags) 32 baner nord syd (8 bigbags)
Onsdag den 1/12	12	12.600 kg	32 baner på skrå sydvest-nordvost (8 bigbags) 16 baner på skrå sydøst-nordvest (4 bigbags)
Torsdag den 2/12	14	14.700 kg	40 baner øst-vest (10 bigbags) 16 baner på skrå sydøst-nordvest (4 bigbags)
Fredag den 3/12	2	2.100 kg	2 bigbags i cirkel fra det dybeste område og udad, spor på spor, til sidst langs 2 meter-kurven
Total	42	44.400 kg	

En bigbag med Phoslock svarer til ca. fire baner sejlet med prammen.

Vilkår 7) Tilførslen af Phoslock skal i øvrigt foretages som beskrevet i: Vejledning for gennemførelse af sørestauration, afsnit 4.4 Beskrivelse af behandlingens forløb.

Svar: Udbringningen blev gennemført som beskrevet for Phoslock, bortset fra at der ikke blev navigeret efter GPS.

Vilkår 8) Phoslock-produktet skal opbevares sikkert og under lås, såfremt det opbevares ved Lyngsø.

Svar: I perioden, hvor der ikke var folk på arbejdspladsen (aften og nat), blev området med Phoslock hegnet af, ved at vejen blev afspærret med byggepladshegn.

Vilkår 9) og 10) Varetaget af Silkeborg Kommune.

Vilkår 11) Tilladelsen er gældende fra d.d. og bortfalder, hvis den ikke er udnyttet inden tre år, efter at tilladelsen er givet.

Svar: Tilladelsen er delvis udnyttet (44,1 tons ud ad 63 tons).

RESTAURERINGEN AF LYNGSØ

Den 10 hektar store Lyngsø ved Silkeborg blev restaureret i 2021-2022. Her blev omkring 70 % af fredfiskene fjernet samtidigt med, at der blev tilsat Phoslock, som via bindinger til lanthan binder fosfor. Effekterne af restaureringen var markante, og de første to år efter restaureringen har der været højere sigtddybde og lavere indhold af klorofyl og fosfor end før indgrebet. I sedimentet ses et skift i retning af færre mobile fosforformer. Der er en tendens til at den udbragte Phoslock koncentrerer sig i de dybe områder af søen.