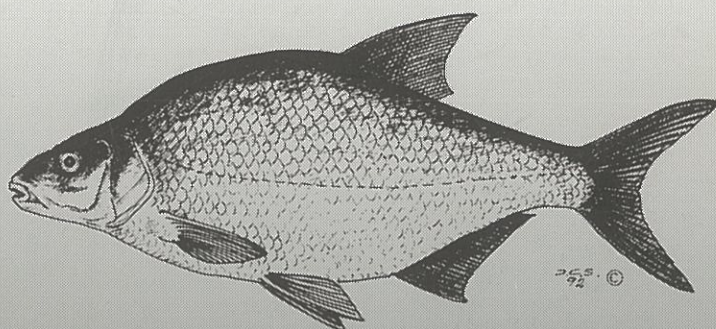


TEKNISK RAPPORT

FISK
I
SKANDERBORG SØ
1995



Brasen

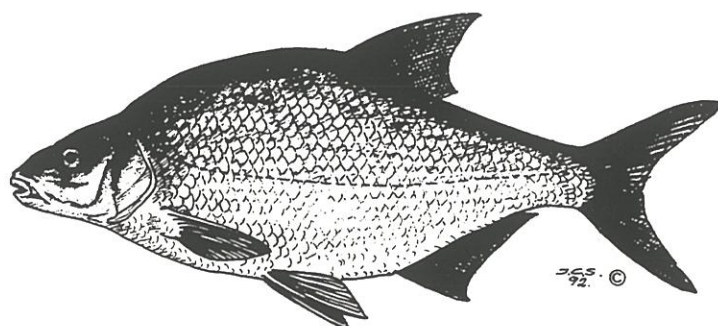
JAN 1996

ÅRHUS AMT



TEKNISK RAPPORT

FISK I SKANDERBORG SØ 1995



Brasen

JAN 1996

ÅRHUS AMT



Udført for:

Århus Amtskommune, Lyseng Allé 1, 8270 Højbjerg

Udført af:

Bio/consult, Johs. Ewalds Vej 42-44, 8230 Åbyhøj

Tekst:

Christian B. Hvidt

Rentegning:

Kirsten Nygaard

Redigering:

Berit Brolund

Stregtegning:

Jens Chr. Schou

10.01.1996

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning	I-IV
1. Indledning	1
1.1. Formål og baggrund	1
1.2. Lokalitetsbeskrivelse	1
2. Omfang og metoder	5
2.1. Feltundersøgelser	5
2.1.1. Fiskeundersøgelsen	5
2.1.2. Redskaber	6
2.2. Analyse og beregninger	6
2.2.1. Skælanalyse	6
2.2.2. Beregninger	7
2.3. Metodebetinget usikkerhed	9
2.4. Sammenligningsmateriale	10
2.4.1. Andre søer	10
2.4.2. Tidligere undersøgelser	11
2.4.3. Fangstindberetninger	11
3. Resultater, den samlede fangst	12
3.1. Artssammensætning og hyppighed	12
3.2. Fangst pr. indsats (CPUE)	13
3.3. Beregnet biomasse	15
3.4. Indeks for artsdiversitet, rovfisk og skidtfisk	15
4. Resultater og vurdering, de enkelte arter	17
4.1. Helt (<i>Coregonus lavaretus</i>)	17
4.2. Gedde (<i>Esox lucius</i>)	20
4.3. Skalle (<i>Rutilus rutilus</i>)	24
4.4. Rudskalle (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	29
4.5. Flire (<i>Blicca björkna</i>)	31
4.6. Brasen (<i>Abramis brama</i>)	34
4.7. Brasenskalle (<i>Abramis brama</i> X <i>Rutilus rutilus</i>)	39
4.8. Ål (<i>Anguilla anguilla</i>)	40
4.9. Knude (<i>Lota lota</i>)	42
4.10. Trepigget hundestejle (<i>Gasterosteus gasterosteus</i>)	42
4.11. Sandart (<i>Lucioperca lucioperca</i>)	43
4.12. Aborre (<i>Perca fluviatilis</i>)	48
4.13. Hork (<i>Acarina cernua</i>)	53
5. Vurdering af den samlede fiskebestand	58
5.1. Fiskebestandens sammensætning	58
5.2. Fiskebestandens størrelse	61

5.3. Fiskebestandens miljømæssige betydning	62
5.3.1. Zooplankton-fisk	62
5.3.2. Bundfauna-fisk	63
5.3.3. Byttefisk-rovfisk	64
6. Restaurering af det økologiske system (biomanipulation)	66
6.1. Formål med biomanipulation	66
6.2. Forudsætninger	66
6.3. Omfang	68
6.4. Metodevalg	69
6.4.1. Udsætning af rovfisk	70
6.5. Kontrolprogram	71
7. Konklusion	72
8. Referencer	74

Sammenfatning

Denne rapport indeholder en beskrivelse af fiskefaunaen i Skanderborg Sø (Store Sø og Hylke Sø). Rapporten er udarbejdet i forbindelse med Århus Amts overvågning af miljøtilstanden i Skanderborg Søerne. Beskrivelsen af fiskefaunaen består af en statusbeskrivelse samt en beskrivelse af fiskefaunaens aktuelle tilstand i relation til søens miljøtilstand og naturgivne forudsætninger. Endvidere er det vurderet, hvorvidt et indgreb i fiskebestanden (biomanipulation) kan forbedre vandkvaliteten i søen.

Fiskeundersøgelserne er udført efter forskrifterne i vejledningen for fiskeundersøgelser i Overvågningsprogrammet fra Danmarks Miljøundersøgelser.

Skanderborg Sø, der består af Store Sø, Ringkloster Sø og Hylke Sø, er en del af Gudenå-systemet. Søerne er forbundet med hverandre gennem forholdsvis smalle, men dybe passager. Skanderborg Sø er 732 ha, og med en maksimal dybde på ca. 18,5 m hører den til de lidt dybere søer. På trods af den relativt store maksimaldybde opstår der kun kortvarigt springlag. Søen er en næringsrig og sommeruklar sø uden større sammenhængende områder med bundvegetation.

Der er ved undersøgelsen i 1995 fanget i alt 11.914 fisk fordelt på 353 kg. I fangsten er der registreret i alt 12 arter: helt, gedde, skalle, rudskalle, flire, brasen, ål, knude, trepigget hundestejle, sandart, aborre og hork samt én hybrid mellem brasen og skalle. Derudover vides det med sikkerhed, at også søørred findes i søen. Fiskefaunaen i Skanderborg Sø må således betegnes som artsrig.

Antalsmæssigt er fangsten domineret af skalle og aborre, der hver især udgør henholdsvis halvdelen og en tredjedel af den samlede fangst, men brasen og hork er også meget almindelige. Små fisk under 10 cm udgør antalsmæssigt ca. 79% og vægtmæssigt 14% af fangsten. Vægtmæssigt er skalle dominerende i gruppen af fisk større end 10 cm, mens aborre dominerer gruppen af fisk mindre 10 cm.

Laksefiskene er med to arter almindeligt forekommende i søen, (incl. søørred). Forekomsten af karpe- og aborrefisk er almindelige for en eutrof sø, og bestanden af gedde og ål er dårligt udviklet.

De dyreplanktonædende fisk (især skalle, brasen og aborre yngel) forekommer talrigt og dominerer fiskefaunaen. Fisk, der hovedsageligt æder bunddyr (brasen, hork, små aborre og sandartyngel), forekommer antageligt i større mængde, end fødegrundlaget kan bære. Rovfiskebestanden (gedde, sandart og store aborre) er forholdsvis dårligt udviklet, og specielt er der mangel på større individer.

Den beregnede biomasse er opgjort til 142 tons svarende til 194 kg/ha, heraf er 34% fisk under 10 cm. Den beregnede biomasse af skalle og aborre er næsten lige store, og tilsammen udgør de godt 64%. Rovfiskene (gedde, sandart og aborre større end 10 cm) udgør næsten en tredjedel af den beregnede biomasse, hvoraf aborre er den dominerende.

Helt i Skanderborg Sø stammer fra udsætninger i 1911-12. De forekommer relativt talrigt i de åbne vandmasser, men er forholdsvis små. Helt er opportunistisk i sit fødevalg og kan, når invertebrater er fåtallige, være en regulerende faktor for forekomsten af især de større dyreplanktonarter. I de år, hvor rekrutteringen er stor, kan det således have en betydelig negativ effekt på søens vandkvalitet.

Bestanden af *gedde* er ret beskeden i Skanderborg Sø. Bestanden må i dag i miljømæssig henseende betragtes som utilfredsstillende lille og med en bestandsstruktur med for få store kønsmodne individer. Gedden har derfor en for lille betydning for søens miljøtilstand, hvilket er almindeligt i en eutrofieret sø. I en sommeruklar sø, hvor der tillige findes sandart, er geddebestanden som oftest lille på grund af forringede jagtvilkår og konkurrence fra sandart.

Skalle er den dominerende fredfisk i søen, og bestandens struktur er markant ved en stor tæthed af små zooplanktonædende individer. Tætheden af skalle yngel i bredzonen er ret høj, og dødeligheden som følge af prædation fra rovfisk er lav de første år. Når skallen når en størrelse, hvor den trækker ud i de åbne vandmasser, synes prædationen at øges, fra store aborre og sandart. De større skaller opholder sig således fortrinsvist i de frie vandmasser. Skallens vækst er god og tyder på, at levevilkårene for denne fisk er ret stabile i søen, antageligt på grund af en stor konkurrenceevne. Den tætte bestand af skaller har stor indflydelse på søens miljøtilstand, hvor de udøver et stort prædationstryk på dyreplanktonet. Bestanden er typisk for en næringsrig søtype som Skanderborg Sø.

Forekomsten af *rudskalle* er fåtallig i Skanderborg Sø, hvor deres foretrukne levesteder er begrænsede. Små og ustabile bestande af rudskalle og suder er almindeligt for dybe søer. Denne fisk spiller således kun en mindre rolle i søens biologiske system.

Flire findes i alle de store dybe søer i Gudenå-systemet, men forekommer tilsyneladende mest talrigt i Skanderborg Sø. Bestanden er dog ikke stor sammenlignet med skalle og brasen, hvorfor den ikke spiller nogen væsentlig rolle for søens økologi.

Bestanden af *brasen* har en struktur, der er karakteristisk ved mange små et- til treårige individer, få mellemstore og en del større fisk. Væksten er hurtig, men konditionen hos de større brasen, der lever af bunddyr, er ret dårlig. Det store henfald af brasen ved tre-fireårsalderen skyldes tilsyneladende et begrænsende fødegrundlag af bunddyr. Bestandens størrelse hører til de større for søtypen, og brasen har derfor en væsentlig del af skylden for at fastholde søen i en dårlig miljøtilstand.

Ål forekommer i relativt ringe omfang, og bestanden er reduceret i de senere år, hvilket først og fremmest skyldes en generel reduktion i tilgang af åleyngel til danske farvande, men også den lange og svært passable vej fra havet til Skanderborg Sø har givetvis stor betydning. Sammenlignet med tilsvarende søtyper er bestanden af ål i Skanderborg Sø generelt dårlig, hvilket kan henføres til, at der foretages ret massive udsætninger i mange andre søer, og at bunddyrsfaunanen tilsyneladende er individfattig.

Brasenskalles er ikke en art, men en hybrid mellem brasen og skalle. Den forekommer kun fåtalligt i søen og er et udtryk for tætte bestande af skalle og brasen.

Knude findes kun i en mindre bestand i Skanderborg Sø. Bestandens reelle størrelse er dog svær at vurdere ud fra fangster med passive redskaber. Sammenlignet med Mossø står knuden i Skanderborg Sø kun for en mindre del af prædationen af skidtfisk.

Trepigget hundestejle er antagelig almindelig i Skanderborg Sø. Den kan spille en mindre rolle i bredzonen, hvor den ernærer sig af dyreplankton.

Sandart er udsat i Skanderborg Sø lige efter århundredskiftet. Den synes at trives. Der er således en stor overproduktion af yngel, hvoraf mange henhælder i søen, som følge af fødekongurrence og prædation. Andre trækker ned i systemet gennem Tåning Å. Væksten er ualmindelig langsom det første år, hvorefter vækstraten øges markant, og sandarten kan blive endda særdeles stor i Skanderborg Sø. Den betydelige regulering af sandartbestanden på yngelniveau kan betyde, at bestanden af større fisk er meget varierende. Det kan have den effekt, at sandartens rolle som rovfisk kan være af varierende karakter.

Aborre er den antals- og vægtmæssigt dominerende rovfisk om end den del af aborrebestanden, der er rovfisk, ikke er stor. Småaborre og aborreyngel holder til i bredzonen, mens de større aborre, som er rovfisk, især holder til på skrænter uden for bredzonen og til dels i de frie vandmasser. Bestandens størrelsesstruktur er karakteristisk ved en stor tæthed af årsyngel og forholdsvis få store fisk. Størrelsesstrukturen afspejler et meget stort henfald af yngel grundet prædation og ikke mindst fødekongurrence. Aborrens forventede rolle som primære regulerende faktor af skidtfiskebestanden er med den nuværende struktur langt fra optimal. Tværtimod må den store tæthed af yngel have en negativ effekt på søens økologiske forhold.

Hork er almindelig i Skanderborg Sø, hvor den holder til uden for bredzonen. Væksten er tilsyneladende meget langsom det første år og gennemsnitslevealderen kort. Hork må antages at være i hård fødekongurrence med især brasen, og bestandens tæthed og biomasse er almindelig for denne søtype, hvor brasen tillige er talrig. Hork kan påvirke tætheden af bunddyr og spiller derfor en vigtig rolle i det økologiske system som potentiel næringskonkurrent til brasen og spidssnudet ål. Meget tyder dog på, at den er brasen underlegen i konkurrencen om føden.

Med den nuværende sammensætning og struktur af fiskebestanden i Skanderborg Sø kan søen karakteriseres som næringsrig. Bestanden af skidtfisk er udviklet og meget talrig på små individer. Rovfiskebestanden er nok forholdsvis stor, men strukturen er meget uhensigtsmæssigt set i forbindelse med reguleringen af skidtfisk. Strukturen hos aborrebestanden, der i denne søtype er ansvarlig for den primære prædation, er karakteristisk ved mange små og få store individer. Den samme struktur gentages hos sandart, mens gedde, og knudebestanden består af få individer.

Det betyder, at skidtfiskene udøver en uhensigtsmæssig hård prædation på dyreplanktonet med forringet vandkvalitet til følge. Endvidere forekommer mellemstore og store brasen relativt talrigt, hvilket erfaringsmæssigt medfører en øget intern belastning ved frigivelse af næringssalte fra sedimentet og dermed en øget primærproduktion.

Den talrige bestand af skidtfisk skyldes dels en stor produktion af zooplankton og dels, at rovfiskebestanden ikke er tilstrækkelig stor og udviklet til at kunne regulere skidtfiskebestanden.

Tilsyneladende er udviklingen af rovfiskebestanden især begrænset ved en flaskehals. Flaskehalseffekten giver sig udtryk ved et enormt henfald af både aborre- og sandart yngel, forskyldt af fødekonkurrence individerne imellem, men også de to arter imellem og især med brasen. Flaskehalsen betyder, at kun et meget lille antal af årets yngel bliver store nok til at blive udpræget rovfisk. Foruden rovfiskene er den spidssnude ål også kraftigt berørt heraf.

På trods af, at brug af biomanipulation ved opfiskning i store, dybe søer endnu ikke er forsøgt i større omfang herhjemme, er der stor sandsynlighed for, at det vil have en endda overordentlig god effekt i Skanderborg Sø. Som en sidegevinst kan tilføjes, at den eksterne belastning i Mossø fra Tåning Å, afløbet fra Skanderborg Søerne til Mossø, antageligt vil kunne reduceres som følge af en bedre miljøtilstand i Skanderborg Sø.

Indgreb i fiskebestanden kan således være et redskab til at forbedre fiskebestandens sammensætning og struktur i Skanderborg Sø. Det vil efter al sandsynlighed medføre et skift i den økologiske balance med en forbedret vandkvaliteten til fordel for alle trofiske niveauer i søen. Det er vigtigt, at indgrebets karakter og omfang tilrettelægges, så ca. 80% af skidtfiskene, svarende til ca. 50-60 ton, opfiskes inden for et år. I de efterfølgende år kan det være nødvendigt at foretage en eller to mindre omfangsrige opfiskninger.

Det er dog usikkert, hvorvidt en ny økologisk tilstand i Skanderborg Sø vil være stabil og hvile i sig selv. Såfremt det ikke er tilfældet, kan det vise sig nødvendigt med kontinuert mindre omfangsrige opfiskninger over relativt lang tid.

Sammensætning og struktur af fiskefaunaen i Skanderborg Sø kan på baggrund af fiskeundersøgelsen i hovedtræk karakteriseres som værende repræsentativ for store, dybe eutrofierede søer. Artsantallet er over middel, og skidtfiskebestanden har en negativ indflydelse på miljøtilstanden og domineres af skaller. Rovfiskebestanden, hvortil hører gedde, sandart og især aborre, kan ikke regulere og kontrollere bestanden af skidtfisk. Dertil kommer, at en uhensigtsmæssig struktur i aborre- og sandartbestanden skyldes en flaskehals, hvor yngel af rovfisk konkurrerer om føden med de større skidtfisk. Fiskefaunaens sammensætning og struktur er således markant ved, at konsumtionen af forskellige fødegrundlag er mest kritisk med hensyn til zooplankton og bunddyr.

1. Indledning

1.1. Formål og baggrund

Som et led i Miljøbeskyttelseslovens §55 fører Århus Amt tilsyn med miljøtilstanden i søerne i Århus Amt. I den forbindelse er der i september 1995 foretaget en fiskeundersøgelse i Skanderborg Sø, som består af Store Sø inklusiv Ringkloster Sø og Hylke Sø.

Formålet med denne undersøgelse er:

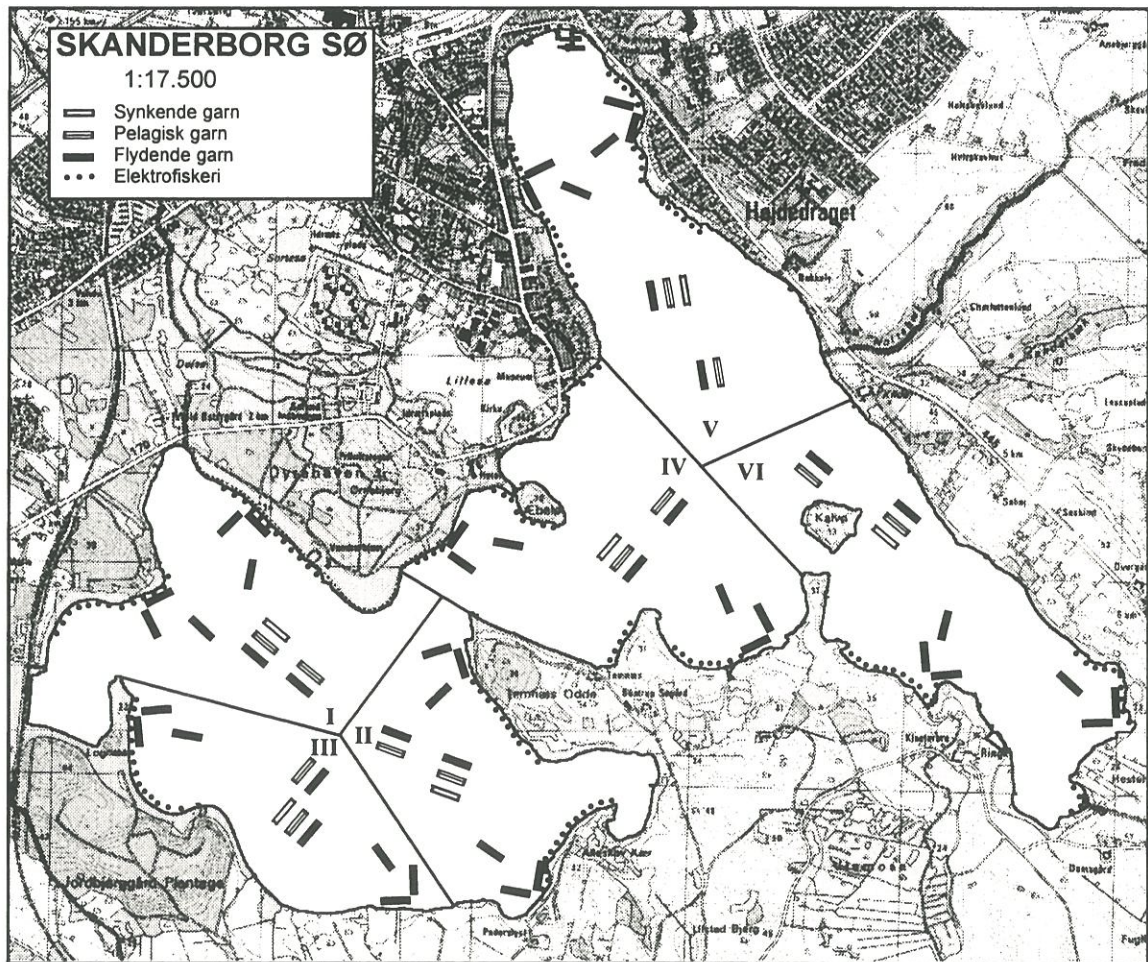
- at vurdere fiskefaunaens sammensætning og tilstand i relation til søen og dens naturgivne forudsætninger
- at vurdere fiskenes rolle i søens økologiske system
- at vurdere, hvorvidt biomanipulation vil have en gavnlig effekt på søen.

Fiskeundersøgelsen er udført på grundlag af et standardiseret program under Overvågningsprogrammet, der er beskrevet i vejledningen om fiskeundersøgelser i søer fra Danmarks Miljøundersøgelser (Miljøstyrelsen, 1990).

1.2. Lokalitetsbeskrivelse

Skanderborg Sø ligger syd for Skanderborg og er med en udbredelse på 732 ha en af de største søer i Gudenå-systemet. Søen, som består af Store Sø, incl. Ringkloster Sø og Hylke Sø, er mere eller mindre adskilt i to større bassiner. Søerne ligger i en stor øst-vest-orienteret tunneldal og er omgivet af et meget kuperet terræn. Søerne modtager vand fra flere tilløb, hvoraf Ringkloster Å med tilløb til Store Sø er den største. Vandet fra søerne afledes fra vestenden af Hylke Sø til Gudenåen via Tåning Å og Mossø.

Store Sø og Ringkloster Sø er forbundet gennem en relativ smal og dyb passage, hvilket også gælder for forbindelsen mellem Store Sø og Hylke Sø. De dybe passager betyder, at vandet uhindret kan bevæge sig mellem søerne. Skanderborg Sø er en dyb sø med maksimale dybder på henholdsvis 18,8 meter i Store Sø og 18,3 meter i Hylke Sø. Gennemsnitsdybderne er relativt store med dybder på henholdsvis 7,1 meter og 8,5 meter. Som følge heraf udskiftes vandet forholdsvis langsomt, og vandets opholdstid er ca. 1,5 år.



Figur 1. Kort over Skanderborg Søerne med angivelse af sektioner, placering af redskaber samt elektrobefiskede strækninger.

På trods af de relativt store vanddybder udvikles der aldrig en stabil temperaturlagdeling af vandmasserne om sommeren. Dog kan der periodevist forekomme lagdeling, men i så fald kun kortvarigt primært på grund af den kraftige vindeksponering, der er et resultat af søens orientering i landskabet.

Skanderborg Sø er i følge Recipientkvalitetsplanen målsat som spildevandspåvirket (C) samt med en badevandmålsætning (A2) (Århus Amt, 1991). Det betyder i hovedtræk, at vandets klarhed udtrykt ved den gennemsnitlige sommersigt dybde skal være større end 1,5 meter, og at den maksimale fosforbelastning fra punktkilder må være 2.210 kg/år.

Den gennemsnitlige sigt dybde i sommeren 1995 var 1,3 meter (Århus Amt, 1995), og dermed er de specifikke krav til Recipientkvalitetsplanen ikke helt opfyldt i modsætning til 1990, hvor sommersigt dybden var 1,6 m.

Fytoplanktonet i Skanderborg Sø er først på året domineret af kiselalger og sidst på foråret af rekylalger (Århus Amt, 1991). Herefter dukker blågrønalger op og dominans til blågrønalger skifter i juli, hvor den største biomasse er målt til 20 mg vv/l. Dominansen af blågrønalger varer til november, hvor kiselalger igen overtager.

Zooplanktonets biomasse var i 1990 karakteristisk ved i perioden april til september at være stærkt varierende med ikke mindre end fire markante maksima (Århus Amt, 1991). Tilsyneladende var der i 1990 ikke noget større prædationstryk fra zooplanktivore fisk, hvorfor det formodedes, at fiskebestanden primært bestod af relativt få zooplanktivore fisk.

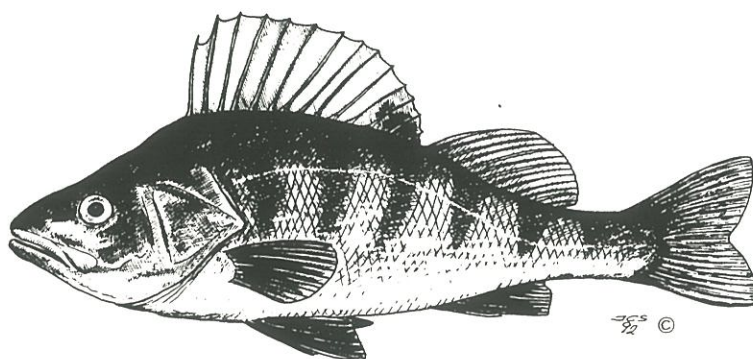
Areal		732	ha
Omkreds		ca. 23,4	km
Volumen		49,2	mill. m ³
Gennemsnitsdybde		ca. 8	m
Største dybde		18,8	m
Opholdstid		540	dage
Oplandsareal		910	ha
Sigtdybde	Sommergennemsnit	1,3	m
Total-N	Sommergennemsnit	2,35	mg/l
Total-P	Sommergennemsnit	125	µg/l

Tabel 1. Morfometriske, fysiske og vandkemiske data for Skanderborg Sø 1995 (efter Århus Amt, 1991; 1995).

Den ringe sigtdybde i kombination med søens stejle og dybe bredder bevirker, at der kun er begrænsede områder med undervandsvegetation. Mest udbredt er aks-tusindblad (*Myriophyllum spicatum*), men også to arter af vandranunkel (*Batrachium circinatum* og *Batrachium* sp.) er hyppigt registreret (Århus Amt, 1991). Aks-tusindblad er ikke kun den mest forekommende, men angiver også den største dybdegrænse for vegetation på 1,4 meter. Foruden de nævnte arter findes tillige spredte forekomster af hjertebladet vandaks (*Potamogeton perfoliatus*) og børstebladet vandaks (*Potamogeton pectinatus*) samt vandpest (*Elodea canadensis*). Rørskovens udbredelse er tillige begrænset i Skanderborg Sø på grund af de stejle bredder.

Set under ét kan Skanderborg Sø karakteriseres som en næringsrig sø forurenet af en kraftig tilførsel af forurenende næringssalte i halvfjerdsene. Tiltag til fjernelse af de eksterne forureningskilder har medført, at søen i dag er internt belastet. Det har betydet, at sommergennemsnittet i fosforkoncentrationen er faldet til 125 µg P/l fra en gennemsnitlig værdi på 230 µg P/l i perioden 1978-90, men uden at sommersigtdybden er ændret væsentligt. Det er en stadig tilbagevendende opblomstring af planteplankton, som giver den dårlig sommersigtdybde og er til hinder for udvikling af sammenhængende undervandsvegetation langs søens bredder.

På baggrund af en undersøgelse foretaget i 1990 (Århus Amt, 1991) og tiltagene til begrænsning af forureningskilder er søen vurderet til i en fremtidig tilstand at have en forventet fosforkoncentration på ca. 80 µg P/l og en sommersigtdybde på godt 2 meter.



Aborre

2. Omfang og metoder

2.1. Feltundersøgelser

2.1.1. Fiskeundersøgelsen

Fiskeundersøgelsen i Skanderborg Søerne er gennemført i perioden 1. - 8. september 1995. Undersøgelsen er gennemført efter vejledningen til fiskeundersøgelser i søer (Miljøstyrelsen, 1990). På trods af søernes topografiske opdeling er Hylke Sø og Store Sø i forbindelse med fiskeundersøgelsen betragtet som ét bassin.

På grundlag af dybde- og arealindeks er Skanderborg Sø klassificeret som en type "G" sø. Søen inddeles som følge heraf i seks sektioner, og der fiskes med i alt 66 garnsætninger og elektrofiskeri, figur 1. Hver sektion er befisket med ét flydende, to pelagiske og otte synkende biologiske oversigtsgarn, og der er endvidere foretaget elektrofiskeri i bredzonen.

De biologiske oversigtsgarn og ruserne er sat sidst på eftermiddagen og røgtet den følgende morgen, således at de har fisket i ca. 14 timer. Elektrofiskeri i hver sektion er foretaget langs 600 meter af søbredden fordelt på to strækninger. Elektrofiskeriet er primært foretaget i rørskovs- og flydebladszoner. Varigheden af elektrofiskeriet er ca. 90 minutter i hver sektion.

Fra fiskeriet er følgende registreret:

- sø
- dato
- sektion
- redskabstype
- placering af redskab
- fiskeart
- fiskenes længde (forklængde) nedrundet til nærmeste halve cm
- samlet vægt af fisk <10 cm med 0,1 grams nøjagtighed
- samlet vægt af fisk ≥ 10 cm med 2 grams nøjagtighed.

For de dominerende fiskearter er der af den samlede fangst så vidt muligt udtaget fem fisk pr. halve centimeterklasse til fastlæggelse af alder og vækst samt forholdet mellem længde og vægt. For hvert enkelt individ, der er udtaget til analysen, er der taget skælprøve og følgende registreret:

- sø
- dato
- fiskeart
- længder (forklængde) til nærmeste millimeter
- vægt med 0,1 grams nøjagtighed.

2.1.2. Redskaber

Det biologiske oversigtsgarn (Lundgren gællenet) er 42 meter langt og 1,5 meter højt. Garnet er opdelt i 14 sektioner med forskellige maskestørrelser:

10, 60, 30, 43, 22, 50, 33, 12,5, 25, 38, 75, 16,5, 8 og 6,25 mm.

Elektrofiskeriet er udført ved hjælp af en 3.000 watt vekselstrømsgenerator med transformer, der leverer en pulserende jævnstrøm (220 V) eller en kondensator-udglattet jævnstrøm (308 V). Katoden er opbygget af 15 mm kobberør i en firkantet rist, der måler 50 x 52 cm. Som anode er anvendt en standardelektrode på 25 cm i diameter udført i 5 mm kobbertråd.

2.2. Analyse og beregninger

2.2.1. Skælanalyse

Fra de udvalgte fisk er der med pincet udtaget skælprøver til beskrivelse af alder og vækst. Den enkelte skælprøve består af seks nøgleskæl fra et veldefineret område af skælklædningen på fiskens venstre side. Nøgleskællenes placering på fisken er angivet i tabel 2.

	Skælrække Horizontal placering	Skælposition Vertikal placering	Skælanalyse
Laksefisk	1. og 2. skælrække over sidelinien	Foran rygfinnens bagerste kant	Fra focus til forreste margin
Gedde	1. og 2. skælrække under sidelinien	Foran rygfinnens bagerste kant	Fra focus til forreste margin
Karpefisk	1. og 2. skælrække over sidelinien	Bag rygfinnens forreste kant	Fra focus til forreste margin
Aborrefisk	1. og 2. skælrække under sidelinien	Bag bagerste rygfinnes forreste kant	Fra focus til margin af dorsale skulder

Tabel 2. Nøgleskællenes position på fiskens skælklædning samt anvendte retningslinier for opmåling af skællene.

Aflæsning og opmåling af skæl til brug ved alders- og vækstbestemmelser foretages efter retningslinierne angivet i tabel 2. Analysen foretages ved hjælp af stereomikroskop (6-50 X forstørrelse) og måleokkular. Antallet af årringe (annuli) bestemmes, og radius fra focus til margin samt radier fra focus til de enkelte årringe aflæses. Der analyseres tre skæl fra hver skælprøve.

2.2.2. Beregninger

For hver art i hver sektion beregnes den gennemsnitlige fangst i antal og vægt for fisk <10 cm og fisk ≥ 10 cm.

Fangst pr. indsats (CPUE = Catch Per Unit Effort) svarende til den gennemsnitlige fangst pr. redskab i hver sektion beregnes i antal ($CPUE_{\text{antal}}$) og vægt ($CPUE_{\text{vægt}}$) ud fra fangsterne for hvert fiskeredskab. Beregningerne foretages som beskrevet i vejledningen til fiskeundersøgelser i søer (Miljøstyrelsen, 1990).

Beregninger af 95% konfidensintervaller for $CPUE_{\text{antal}}$ og $CPUE_{\text{vægt}}$ foretages på grundlag af en logaritmisk transformation af gennemsnittet for hver sektion. Logaritmisk transformation anvendes, fordi datamaterialet sjældent er normalfordelt, og som følge af muligheden for nul-værdier anvendes en $\log(x+1)$ transformation.

Beregnet biomasse for de enkelte arter er omregnet ud fra $CPUE_{\text{vægt}}$ -værdier ved hjælp af erfaringstal.

Artsdiversitetsindeks I_a beregnes ud fra den enkelte arts vægtmæssige andel (P_n) af den samlede fangst:

$$I_a = (\sum P_n^2)^{0,5}$$

Indekset antager værdier mellem 0 og 1.

Rovfiskeindeks I_R beregnes som forholdet mellem den samlede vægt af alle rovfisk (gedde, sandart og aborre) ≥ 10 cm og den samlede vægt af alle fisk:

$$I_R = \frac{\text{Vægt af rovfisk } \geq 10 \text{ cm}}{\text{Vægt af alle fisk}}$$

Skidtfisk-indeks I_S beregnes ud fra forholdet mellem skidtfisk (skalle, rudskalle, brasen og flire) ≥ 10 cm og summen af skidtfisk og rovaborre ≥ 10 cm:

$$I_S = \frac{\text{Antal skidtfisk } \geq 10 \text{ cm}}{\text{Antal (skidtfisk + aborre) } \geq 10 \text{ cm}}$$

Længde-vægt forholdet for hver fiskeart er fastlagt efter udtrykket:

$$W = a \cdot L^b$$

hvor W = fiskens vægt (g)

L = fiskens længde (cm)

a og b er regressionsparametre, der findes ved lineær regression af de logaritmetransformerede datasæt efter:

$$\log W = \log a + b \cdot \log L$$

Konditionsfaktoren K er beregnet for hver enkelt fisk som:

$$K = 100 \cdot W / L^3$$

hvor W = fiskens vægt (g)

L = fiskens længde (cm).

Alderen svarer til antallet af årringe (annuli) i fiskens skæl.

Væksten er udtrykt ved den tilbageberegnete længde til en given alder. Den er baseret på forholdet mellem målte kropslængder, totale skælradier og radius til den enkelte årring. Traditionelt anvendes der en lineær regression til at beskrive forholdet mellem kropslængder og totale skælradier på trods af, at forholdet oftest er non-lineært. Hvor dette er tilfældet kan den beregnede vækst være behæftet med betydelige fejl.

Væksten beregnet efter den *lineære metode* (Fraser, 1916; Lee, 1920), er udtrykt ved den tilbageberegnete længde (L_n) til en given alder ved udtrykket:

$$L_n = S_n \cdot (L - c) / S + c \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

hvor S_n = afstanden fra focus til den n 'te årring (alder)

L = fiskens længde ved fangst

S = totale skælradius

c = konstant fra relationen mellem kropslængde og skælradius.

Sammenhængen mellem fiskens kropslængde (L) og skælradius (S) er fastlagt gennem regressionsanalyse efter udtrykket:

$$L = c + d \cdot S$$

hvor c og d er regressionsparametre.

Den non-lineære *eksponentielle metode* til beregning af væksten giver som regel en mere korrekt beregning, fordi at længde-skæl forholdet kun sjældent er lineært, men tilnærmelsesvis beskrevet ved en eksponentiel funktion (Hvidt et al., 1990)

Tilbageberegning af fiskens længden til en given alder (L_n) er baseret på sammenhængen mellem de totale skælradius (S) og kropslængder (L) samt afstanden til den " n 'te" årring (S_n):

$$L_n = (1/e \cdot S_n)^{1/f} \cdot G \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

hvor e og f er regressionsparametre bestemt ved lineær regressionsanalyse af logaritmetransformererede data ($\log S$, $\log L$):

$$\log(S) = \log(e) + f \cdot \log(L)$$

G er en korrektionsfaktor, der kompenserer for afvigelser fra den gennemsnitlige skællængde relation hos det enkelte individ eller hos en gruppe af fisk, som eksempelvis en årgang (Whitney & Carlander, 1956). F er udtrykt ved:

$$F = L/L_s$$

hvor L er det enkelte individ målte kropslængde, og L_s er den beregnede kropslængde. L_s beregnes ved hjælp af udtrykket:

$$L_s = (1/e \cdot S)^{1/f}$$

2.3. Metodebetinget usikkerhed

Garnenes fysiske udformning kan i sig selv medvirke til en størrelsesselektiv fordeling af fangsten (Skanderborg kommune, 1983). En given maskestørrelse er mest effektiv over for fisk af en bestemt størrelse og udformning. Derudover kan de biologiske garn til en vis grad "mættes" i de enkelte sektioner, hvorefter garnene ikke længere fisker effektivt over for fisk af en given størrelse.

Garnenes effektivitet kan derudover også afhænge af fiskearten og af vandets beskaffenhed. Nogle fiskearter (eksempelvis aborre, hork, sandart og gedde) har en ydre morfologi, der medvirker til, at de lettere fastholdes af garn. Andre arter som ørred, laks, skalle, smelt, helt, rudskalle, brasen, flire og knude skal nødvendigvis have et gællelåg ind bag netmasken for at fastholdes. En art som ål lader sig kun yderst sjældent fange i garn.

Elektrofiskeriets effektivitet kan variere meget, da den afhænger af faktorer som type og udformning af elektrofiskegrej, vandets kemiske og fysiske karakterer, habitatudformning og størrelse (Bohlin et al., 1989).

På grundlag af de ovennævnte usikkerheder ved de anvendte fangstmetoder skal det understreges, at fangsten ikke nødvendigvis afspejler den reelle fiskebestand med hensyn til artssammensætning og struktur. Det betyder, at beregninger baseret på arternes antal og vægt, som beregnet biomasse, artsdiversitetsindekset mv. er reproducerbare, men skal vurderes med forbehold.

Længde-vægt og konditionsberegninger er størrelser, der i en betydelig grad er afhængige af flere faktorer. De afhænger således af årstid, maveindhold, køn, reproduktionsstatus mv. (Ricker, 1985; Bagenal & Tesch, 1978). Sammenligninger og vurderinger, hvori vægt indgår, må derfor tolkes med varsomhed.

Vækstbestemmelser ud fra skællanalyser anses for at være forbundet med stor usikkerhed, der opstår ved aflæsning af skæl, herunder definition og fastlæggelse af årringe i skællet. Denne usikkerhed kan reduceres ved analyse af flere skæl fra samme fisk. Endvidere vil anvendelse af specifikke nøgleskæl yderligere reducere spredningen i målinger og dermed øge sikkerheden ved beregning af væksten.

Anvendelse af den traditionelle lineære beregningsmetode af væksten bygger på antagelse om en lineær sammenhæng mellem skælmål og kropslængde og kan medføre en væsentlig beregningsusikkerhed. Hvor forholdet mellem skælradius og kropslængde ikke er lineært, vil anvendelse af den traditionelle lineære metode medføre væsentlige beregningsfejl. Dette ses ofte ved, at tilbageberegninger af længden til det første år er uforholdsmæssig stor. Denne fejl kan reduceres ved at bruge en eksponentiel model, der ofte bedre beskriver forholdet mellem skælmål og kropslængde.

I de følgende vækstberegninger vil den model, der statistisk er mest velegnet, blive anvendt.

2.4. Sammenligningsmateriale

2.4.1. Andre søer

Vurderingen af fiskeundersøgelsens resultater er, hvor det er hensigtsmæssigt, relateret til resultater fra seks andre danske dybe søer med tilsvarende morfometriske forhold som Skanderborg Sø.

	Nors Sø	Ravn Sø	Hald Sø	Skanderborg Sø	Furesøen	Esrums Sø	Mossø	
	1991	1992	1991	1995	1991	1990	1993	
Areal	348	182	344	732	739	1730	1.690	ha
Omkreds	9,2	5,9	9,2	23,4	12,7	27	27	km
Volumen	12,6	27,2	45	49,2	122,2	218	151	mill. m ³
Gns. dybde	3,6	15	-	8	16,5	12,3	9,0	m
Største dybde	19,5	33	31	18,8	37,7	22	22,0	m
Opholdstid	-	803	456	540	(5.548)	6.022	252	døgn
Sigtdybde	4,0	3,1	3,1	1,3	2,2	4,1	~1,6	m
Total-N	0,68	4,03	-	2,35	0,86	0,46	~1,58	mg/l
Total-P	20	27	63	125	130	130	~160	µg/l

Tabel 3. Morfometriske, fysiske og vandkemiske data for Nors Sø (Viborg Amt, 1992b), Ravn Sø (Århus Amt, 1992), Hald Sø (Viborg Amt, 1992a), Skanderborg Sø (Århus Amt, 1991; 1995), Furesøen (Københavns Amt, 1992) og Esrum Sø (Frederiksborg Amt, 1991). De morfometriske data er efter de nævnte referencer, mens de vandkemiske data så vidt muligt er fra samme årstal som fiskeundersøgelsen.

Hvor fiskefaunaen i Skanderborg Sø er vurderet i relation til andre danske dybe søer, er der sammenlignet med resultater fra Nors Sø (Viborg Amt, 1992b; 1995), Ravn Sø (Århus Amt, 1993a), Hald Sø (Viborg Amt, 1992a), Furesøen (Københavns Amt, 1992), Esrum Sø (Frederiksborg Amt, 1991) og Mossø (Århus Amt, 1994). For disse søer gælder, at de morfometriske forhold er nogenlunde ens. I tabel 3 er der for disse søer

angivet nogle morfometriske, fysiske og vandkemiske data. Søerne er i tabellen arrangeret efter et stigende næringsstofniveau (sommerrmiddelkoncentration af totalfosfor).

Det skal bemærkes, at Esrum Sø er speciel derved, at primærproduktionen er kvælstofbegrænset i modsætning til de andre søer, hvor primærproduktionen er fosforbegrænset.

Alle de nævnte søer er efter beregnede dybde- og arealindeks af type "G" med undtagelse af Nors Sø, der er af type "F". Sammenligninger mellem søer af type "G" kan foretages direkte i antal og vægt, da fiskeriindsatsen er ens. Inddrages Nors Sø i sammenligningerne, må det nødvendigvis ske på grundlag af CPUE-værdier eller procenter.

Fiskeundersøgelsen i Nors Sø 1991 afviger fra de andre undersøgelser ved, at længder er målt som totallængde og ikke som forklængde. Det betyder, at det ikke er muligt direkte at foretage sammenligninger mellem resultater, hvor fiskene er opdelt efter størrelse. Ved beregninger af vækst er alle totallængder omregnet til forklængder.

Med hensyn til afvigelser i forhold til vejledningen i fiskeundersøgelser i søer (Miljøstyrelsen, 1990) skal det for Hald Sø, Esrum Sø og Furesøen nævnes, at der ikke er sat synkende garn under springlaget. Synkende garn på dybder med springlag er sat lige over springlaget, mens de pelagiske garn er sat midtvejs mellem springlag og overflade. Det kan derfor forventes, at CPUE-værdier for de pelagiske fiskearter er relativt større end i Nors Sø og Mossø.

2.4.2. Tidligere undersøgelser

Der er tidligere foretaget undersøgelse af fiskebestanden i Skanderborg Sø. Således har Skanderborg kommune foretaget en omfattende undersøgelse i 1982 (Skanderborg kommune 1983). Danmarks Fiskeri- og havundersøgelser har ligeledes foretaget en undersøgelse i 1966 (Dahl, 1972).

2.4.3. Fangstindberetninger

Fra Danmarks Fiskeriundersøgelser er der indhentet oplysninger om erhvervsfiskernes og andre fiskeres fangstindberetninger i perioderne 1959-1971 og 1985-1993. Endvidere er der brugt oplysninger fra Skanderborg kommune (Skanderborg kommune, 1983).

Betragtninger over fangstindberetningerne skal tages med et vist forbehold, da fiskeritryk skal forudsættes at være ens fra år til år. Det er ikke sandsynligt, da antallet af indberetninger svinger meget fra år til år. Ligeledes skal det nævnes, at der ikke er indberetningspligt, med mindre der foreligger en forespørgsel fra Fiskeriministeriet.

3. Resultater, den samlede fangst

3.1. Artssammensætning og hyppighed

Ved denne fiskeundersøgelse er der registreret i alt 12 fiskearter og én hybrid fordelt på 11.914 individer med en samlet vægt på 313 kg. I tabel 4 er angivet antal og vægt for de enkelte arter.

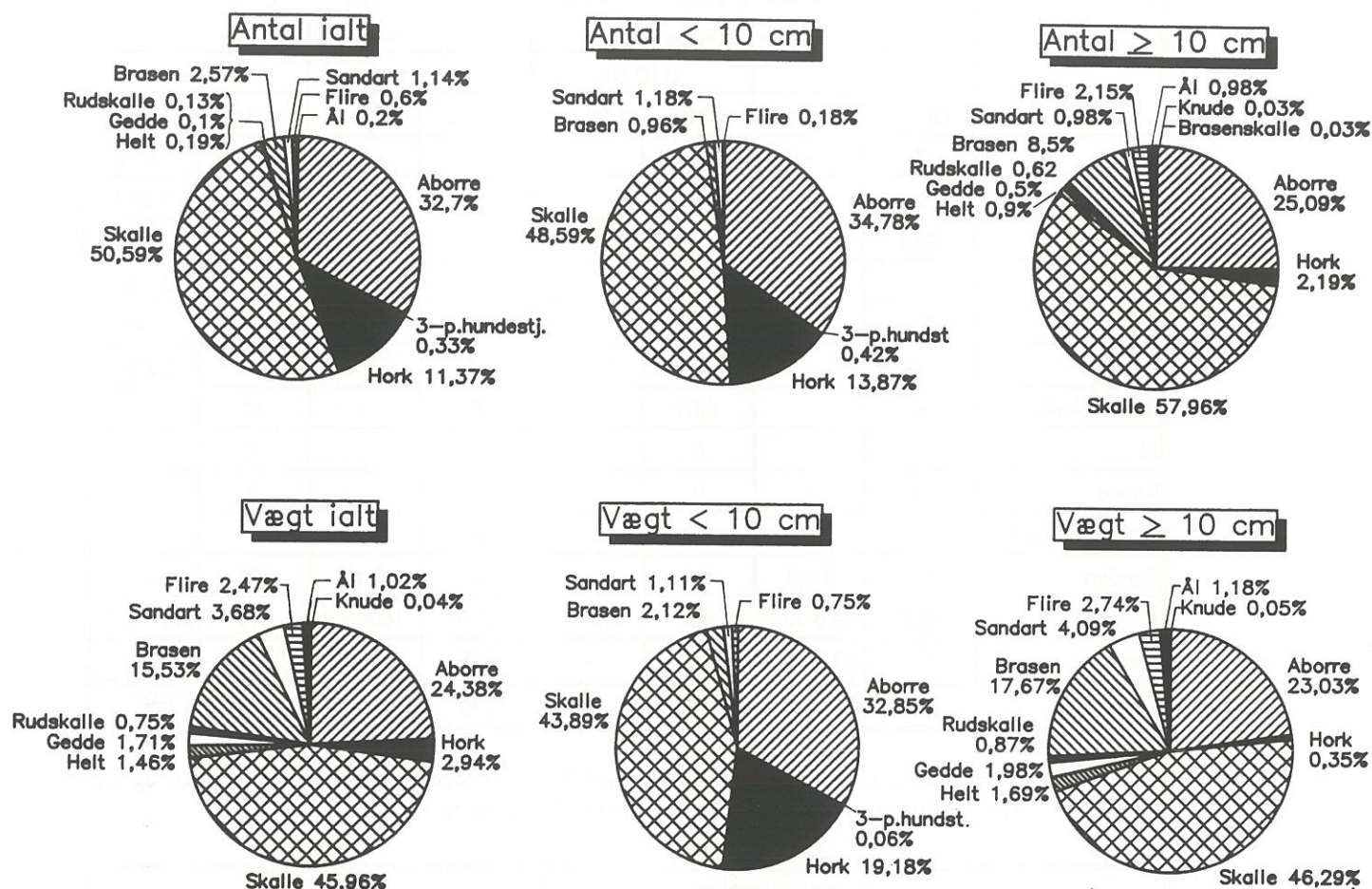
Art	Garn				Elfiskeri				I alt	
	Antal		Vægt (g)		Antal		Vægt (g)		Antal	Vægt (g)
	<10	≥10	<10	≥10	<10	≥10	<10	≥10		
Helt	0	22	0	3.910	0	1	0	668	23	4.578
Gedde	0	3	0	1.828	0	10	0	3.544	13	5.372
Skalle	1.866	1.403	12.419	122.253	2.684	75	6.477	2.871	6.028	144.020
Rudskalle	0	12	0	1.908	0	4	0	449	16	2.357
Flire	14	55	305	7.424	3	0	18	0	72	7.747
Brasen	78	194	842	31.278	12	23	73	16.485	307	48.678
Brasenskalle	0	1	0	14	0	0	0	0	1	14
Ål	0	0	0	0	0	25	0	3.212	25	3.212
Knude	0	0	0	0	0	1	0	139	1	139
3-p. hundestejle	40	0	30	0	0	0	0	0	40	30
Sandart	111	25	480	11.074	0	0	0	0	136	11.554
Aborre	3.109	622	13.390	61.676	148	18	755	589	3.897	76.410
Hork	1.288	56	8.227	964	11	0	31	0	1.355	9.222
Sum	6.506	2.393	35.693	242.329	2.858	157	7.354	27.957	11.914	313.333

Tabel 4. Oversigt over gennemsnitligt antal og vægt af fisk <10 cm og fisk ≥10 cm fanget med garn og ved elektrofiskeri i Skanderborg Sø, 1995.

Fisk under 10 cm udgør ca. 79% af fangsten og er dermed den dominerende størrelsesgruppe. Vægtmæssigt udgør denne gruppe imidlertid kun godt 14%.

Fangsten i de biologiske oversigtsgarn udgør antalsmæssigt ca. 75% og vægtmæssigt ca. 89% af den totale fangst. Udpræget bundlevende, stationære arter som ål og knude er kun fanget ved elektrofiskeri.

Den procentuelle fordeling af antal og vægt for de forskellige arter repræsenteret i fangsten er illustreret i figur 2.



Figur 2. Oversigt over den procentuelle antals- og vægtfordeling af arter i den samlede fangst i Skanderborg Sø, 1995.

Skalle er antalsmæssigt den dominerende fiskeart og udgør halvdelen af den samlede fangst. Aborre udgør en tredjedel, mens hork er repræsenteret med godt 10%, og de resterende ni fiskearter udgør tilsammen mindre end 6%. Denne fordeling afspejles hos småfisk under 10 cm og større fisk, hvor brasen og hork dog har byttet roller.

Den vægtmæssige fordeling af fangsten er især fordelt på skalle (46%), aborre (24%) og brasen (16%). Fordelt på henholdsvis småfisk og fisk større end 10 cm forholder det sig som ved den antalsmæssige fordeling, at brasen og hork bytter roller.

3.2. Fangst pr. indsats (CPUE)

Fangsten pr. indsats som CPUE-værdier (*Catch Per Unit Effort*) i antal og vægt er angivet i tabel 5 og 6. Den foreskrevne beregningsmetode medfører, at 95% konfidensgrænserne er negative ved en lille CPUE-værdi og derfor ikke er angivet.

Art	Garn-CPUE _{Antal}				Garn-CPUE _{Vægt}			
	<10 cm		≥10 cm		<10 cm		≥10 cm	
	CPUE	95% c.l.	CPUE	95% c.l.	CPUE	95% c.l.	CPUE	95% c.l.
Helt	0	-	0,3	-	0	-	59	7-423
Gedde	0	-	<0,1	-	0	-	28	2-300
Skalle	28,3	19,3-38,4	21,3	17,8-23,0	188	128-272	1.852	1.605
Rudskalle	0	-	0,2	-	0	-	29	5-135
Flire	0,2	-	0,8	-	5	0-16	112	51-242
Brasen	1,2	-	2,9	1,1-3,0	13	7-20	474	365-612
Brasenskalle	0	-	<0,1	-	0	-	<1	-
Ål	0	-	0	-	0	-	0	-
Knude	0	-	0	-	0	-	0	-
3-p. hundestejle	0,6	-	0	-	<1	-	0	-
Sandart	1,7	0-1,8	0,4	-	7	2-16	168	15-1.720
Aborre	46,6	34,8-59,6	9,3	7,0-9,8	200	160-248	919	687-1.227
Hork	19,5	13,1-25,9	0,8	-	125	91-169	15	8-22
Σ CPUE	98,1		36,1		539		3.657	

Tabel 5. Oversigt over CPUE_{Antal} og CPUE_{Vægt} med 95% konfidensgrænser for fisk <10 cm og fisk ≥10 cm fanget i biologiske oversigtsgarn i Skanderborg Sø, 1995.

Art	El. fiskeri-CPUE _{Antal}				El. fiskeri-CPUE _{Vægt}			
	<10 cm		≥10 cm		<10 cm		≥10 cm	
	CPUE	95% c.l.	CPUE	95% c.l.	CPUE	95% c.l.	CPUE	95% c.l.
Helt	0	-	0,1	-	0	-	56	4-671
Gedde	0	-	0,8	-	0	-	295	8-9.811
Skalle	256,3	127,2	6,4	2,3-11,4	611	342-1.088	246	103-577
Rudskalle	0	-	0,3	-	0	-	37	2-413
Flire	0,3	-	0	-	2	0-3	0	-
Brasen	1,0	-	2,2	0-3,8	6	1-22	1.575	23-101.678
Brasenskalle	0	-	0	-	0	-	0	-
Ål	0	-	2,2	0-4,1	0	-	321	14-6.839
Knude	0	-	0,1	-	0	-	12	1-71
3-p. hundestejle	0	-	0	-	0	-	0	-
Sandart	0	-	0	-	0	-	0	-
Aborre	12,9	4,8-27,9	1,7	0-2,3	67	25-172	58	7-405
Hork	0,9	-	0	-	3	0-6	0	-
Σ CPUE	271,4		13,8		689		2.600	

Tabel 6. Oversigt over CPUE_{Antal} og CPUE_{Vægt} med 95% konfidensgrænser for fisk <10 cm og fisk ≥10 cm fanget ved elektrofiskeri i Skanderborg Sø, 1995.

$CPUE_{\text{antal}}$ giver et reproducerbart udtryk for fiskebestandens tæthed, og tilsvarende er $CPUE_{\text{vægt}}$ et udtryk for fiskebestandens biomasse. $CPUE_{\text{vægt}}$ må ikke forveksles med den beregnede biomasse, der er et estimat over den aktuelle biomasse i søen. $CPUE$ -værdier er derfor sammenlignelige, standardiserede fiskeundersøgelser imellem.

3.3. Beregnet biomasse

Den beregnede biomasse af fisk i Skanderborg Sø er fundet til godt 142 ton, tabel 7, svarende til godt 194 kg/ha. Heraf er 37% af den beregnede biomassen fisk under 10 cm, og rovfisk over 10 cm udgør næsten 19%.

Art	Biomasse				
	g/m ²		kg/ha		ton
	<10 cm	> 10 cm	<10 cm	>10 cm	> 0 cm
Helt	0	0,3	0	3,4	2,5
Gedde	0	0,2	0	2,7	1,7
Skalle	1,2	4,6	12,3	46,4	42,9
Rudskalle	0	0,3	0	2,6	1,9
Flire	0,1	0,4	0,5	4,1	3,4
Brasen	0,2	2,9	1,5	29,1	22,4
Brasenskalle	0	<0,1	0	0,1	0,1
Ål	0	<0,1	0	0,2	0,1
Knude	0	<0,1	0	0,2	0,1
3-p. hundestejle	<0,1	0	0,1	0	0,1
Sandart	1,2	0,4	11,5	3,6	11,0
Aborre	3,5	3,0	35,3	30,3	48,0
Hork	1,0	0,1	9,8	1,4	8,2
Σ Biomasse	7,3	12,5	71,0	124,1	142,4

Tabel 7. Beregnet biomasse af de forskellige fiskearter i Skanderborg Sø 1995. Beregningerne er foretaget ved hjælp af $CPUE_{\text{vægt}}$ -værdier og erfaringstal, jf. bilag 7.

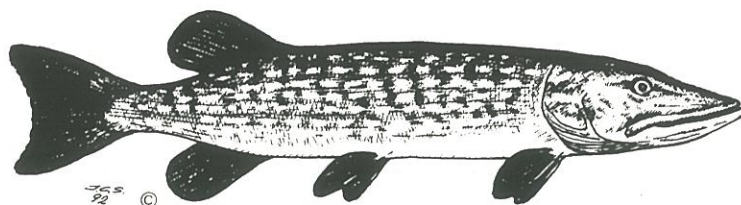
Med hensyn til den beregnede biomasse er aborre den dominerende art med næsten 34% af biomassen, men mere end halvdelen heraf er aborre under 10 cm. Skalle udgør med godt 30% næsten lige så stor en gruppe som aborre i søen.

3.4. Indeks for artsdiversitet, rovfisk og skidtfisk

Det vægtbaserede *artsdiversitetsindeks* I_a er beregnet til 0,55 på grundlag af fangstvægten af de 12 registrerede arter, jf. tabel 4.

Rovfiskeindekset I_r er beregnet til 0,25, hvor gedde, sandart og aborre regnes som rovfisk.

Skidtfisk-indekset I_s er beregnet til 0,73, hvor skidtfisk inkluderer skalle, rudskalle, flire og brasen, der er større end 10 cm.



Gedde

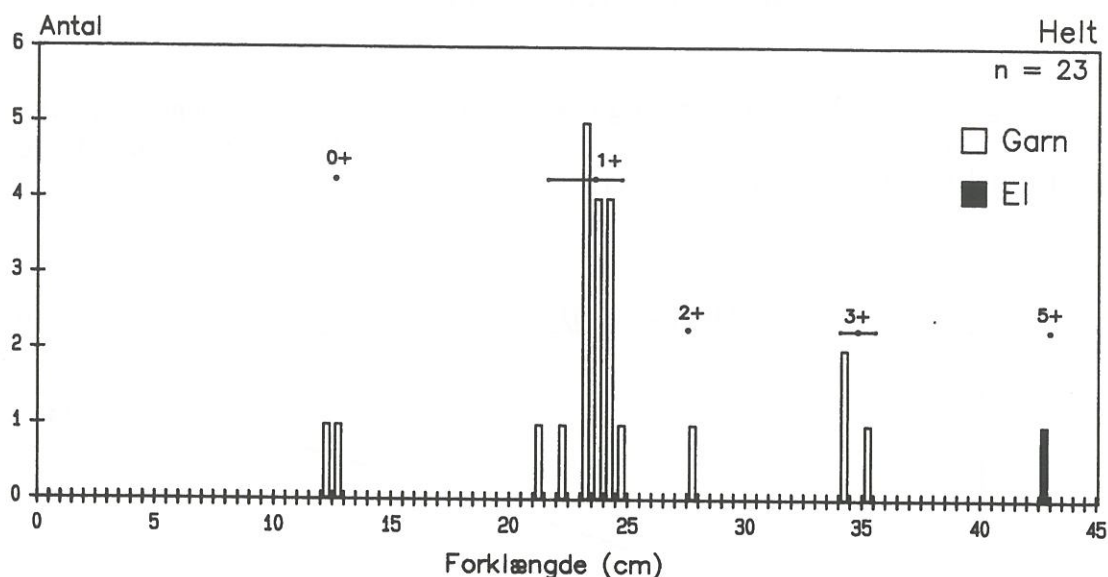
4. Resultater og vurdering, de enkelte arter

En nærmere beskrivelse af de enkelte arters biologi kan blandt andet findes i "Europas ferskvandsfisk" (Muus et al., 1990) og "Danmarks Natur" (Larsen, 1969).

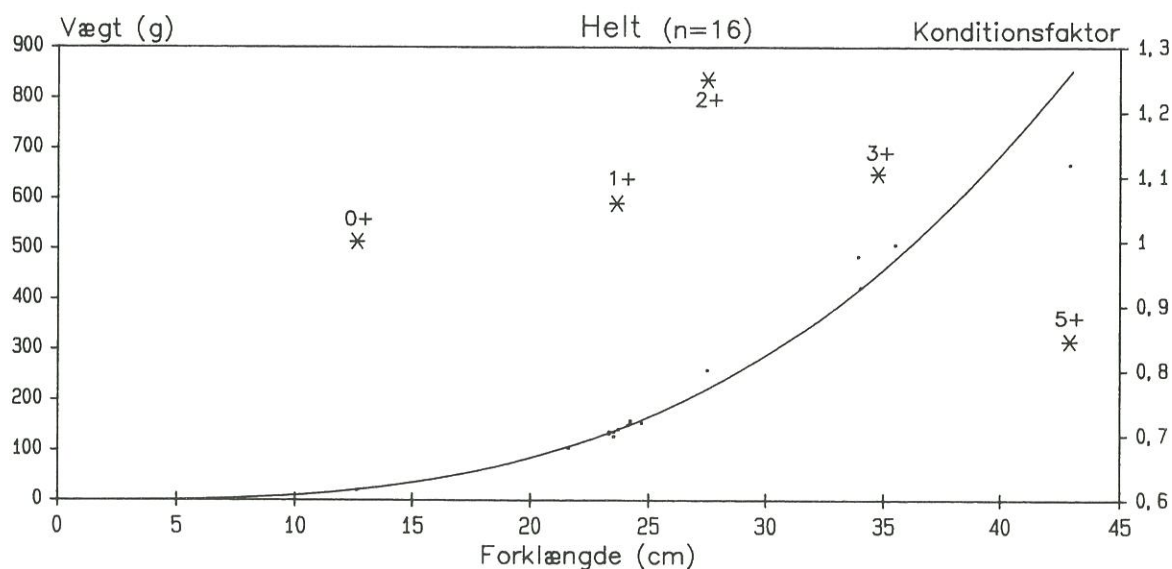
I det følgende er undersøgelsens resultater og beregninger angivet hver art for sig. Derudover er der givet en vurdering af den enkelte arts status i Skanderborg Sø samt en vurdering af artens forekomst i relation til søens miljøtilstand og den økologiske betydning for søen.

4.1. Helt (*Coregonus lavaretus*)

På nær to individer er alle helt, der indgår i undersøgelsen fanget i Hylke sø, sektion I, II og III. Heltene fordeler sig på fem årgange med hovedvægten på aldersgruppe 1+, figur 3.

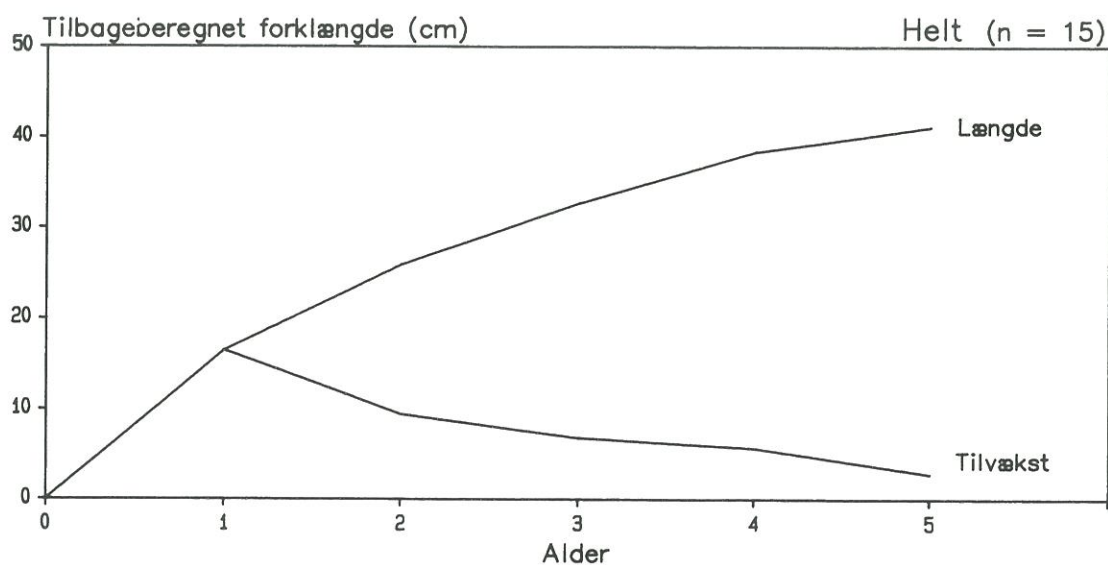


Figur 3. Længdehyppighed for helt i Skanderborg Sø, 1995. Middellængde og længdeinterval for aldersgrupperne er beregnet på grundlag af delprøven udtaget til skælanalyse, jf. bilag 8.



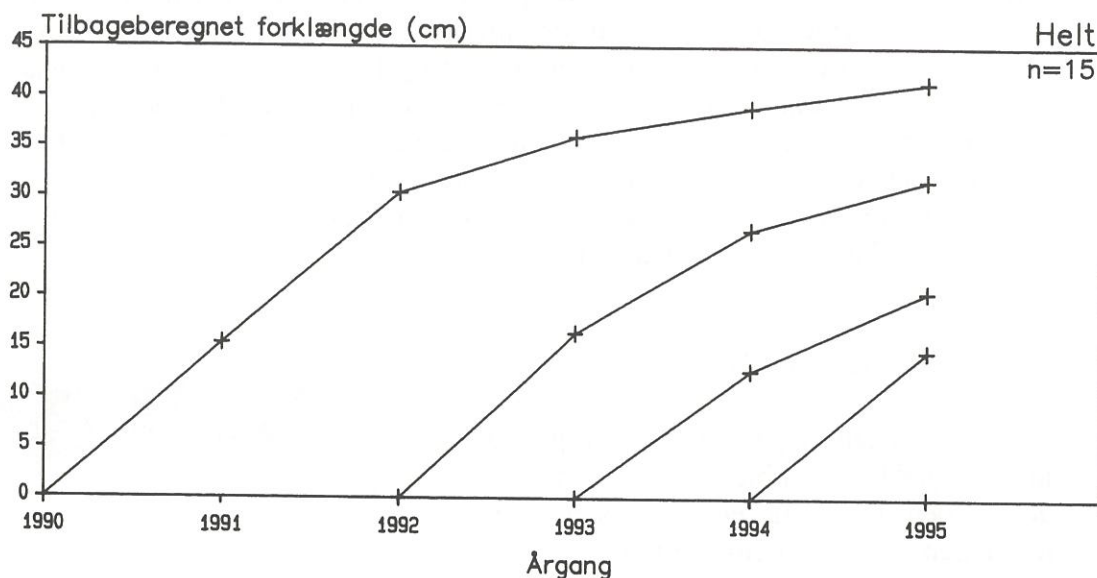
Figur 4. Længde-vægt forhold og konditionsfaktorer for hver aldersgruppe hos helt i Skanderborg Sø, 1995. Regressionsparametre er angivet i bilag 9.

Længde-vægtforholdet er vist i figur 4 sammen med de aldersafhængige konditionsfaktorer. Konditionen er ualmindelig dårlig for det enkelte femårige individ, men ellers normal hos de andre aldersgrupper.



Figur 5. Gennemsnitlig vækstkurve og årlig tilvækst for helt i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.

Den gennemsnitlige vækst og væksten hos de registrerede årgange af helt er vist i henholdsvis figur 5 og figur 6. Væksten aftager tilsyneladende jævnt med alderen. Den er dog beregnet ud fra relativt få individer, hvorfor vurderinger skal tages med forbehold.



Figur 6. Vækstkurver for de forskellige årgange af helt i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.

Vurdering

Helt er en laksefisk, der i Danmark forekommer naturligt i de vestjyske åer, i brakvandsområder og i enkelte dybe søer med klart og iltrigt vand. I dag er der ved udsætninger etableret heltbestande i en række søer med meget svingende vandkvalitet. Helten er ikke specielt kritisk i sit fødevalg og kan ernære sig på en kost af zooplankton, bunddyr og insektlarver. Typisk vil den fouragere på det mest tilgængelige fødeemne herunder store former for zooplankton.

Helten gyder i november-december på lavt vand med sand eller grusbund og gerne, hvor der vandplanter til stede. Æggene er klæbende og klækker i april måned.

Helten i Skanderborg Sø stammer fra udsætninger foretaget i 1911 og 1912 (Dahl, 1972). Den har på grundlag af disse udsætninger skabt en fast bestand, som har holdt sig til Skanderborg Sø uden at sprede sig nævneværdigt nedstrøms i vandsystemet.

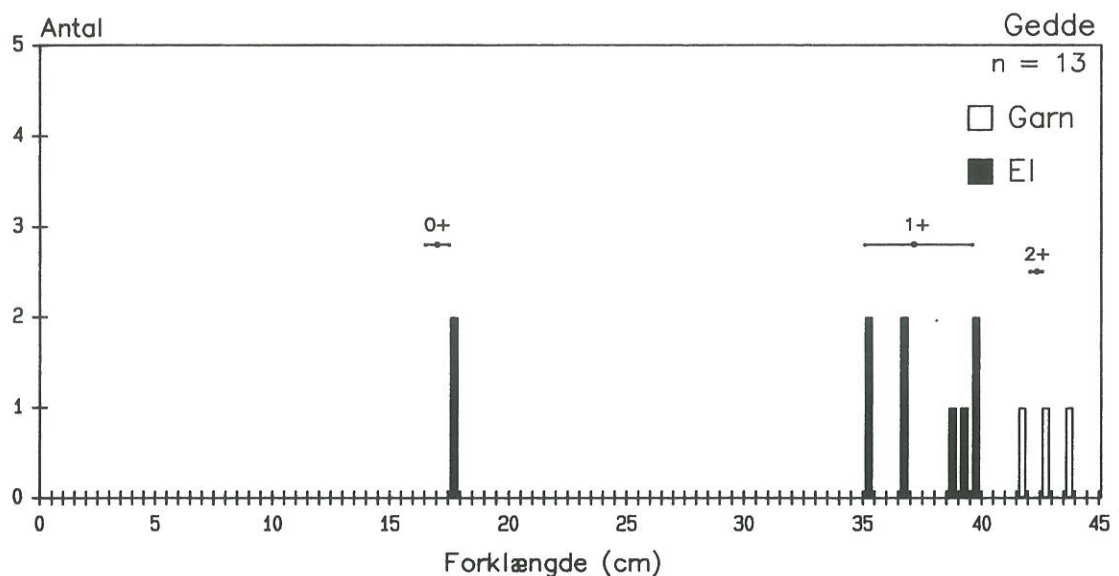
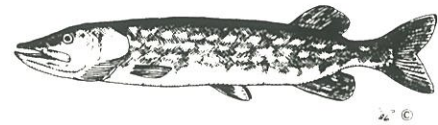
Forekomsten af helt i Skanderborg Sø er tilnærmelsesvis som den, der er fundet i Mossø, men kun ca. en tiendedel af bestanden i Nors Sø. Biomassen er derimod kun det halve af heltbiomassen i Mossø og kun en femtedel af biomassen fundet i Nors Sø. Det vil sige, at helten i Skanderborg Sø gennemsnitligt ikke er ret stor. Dette billede afspejles tillige i fangststatistikkerne fra Skanderborg Sø og Mossø, hvor der i sidstnævnte i dag fanges mere end 300 kg på årsbasis. I Skanderborg Sø indgår helt kun i ringe grad i fangstindberetningerne og udgør ikke over 100 kg årligt. Med udgangspunkt i fiskeundersøgelserne kan årsagen til den mindre fangst i Skanderborg Sø nok henføres til

forskelle i bestandsstørrelser end som tidligere antaget (Skanderborg kommune, 1983), at de anvendte redskaber i Skanderborg Sø ikke egner sig til fangst af helt.

Helten hører i vid udstrækning til de zooplanktonædende fisk og kan i tilfælde, hvor den forekommer talrigt, medvirke til en forringelse af vandkvaliteten gennem prædation på zooplanktonet (Berg et al., 1994). Det er først og fremmest de større dafniearter, som er effektive fytoplanktongræssere, helten æder. Det kan derfor ikke udelukkes, at helten har en negativ effekt på miljøtilstanden i Skanderborg Sø. Helten kan have meget varierende gydesucces, hvorfor nogle aldersgrupper er mere talrige end andre. Heltbestanden kan derfor variere en del i størrelse, hvorfor det prædationstryk, den udøver på de store zooplanktonarter, også varierer.

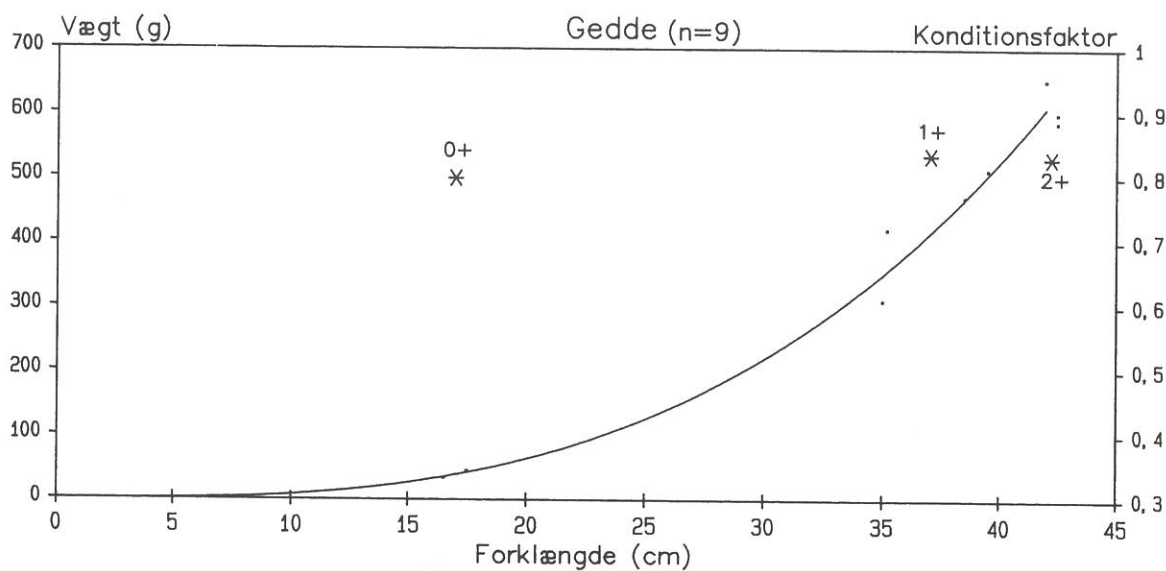
4.2. Gedde (*Esox lucius*)

Fiskeundersøgelsen gav et resultat på 13 fangede gedder, som blev fanget jævnt fordelt i søen. Gedderne er forholdsvis små, idet ingen er over 45 cm, figur 7.

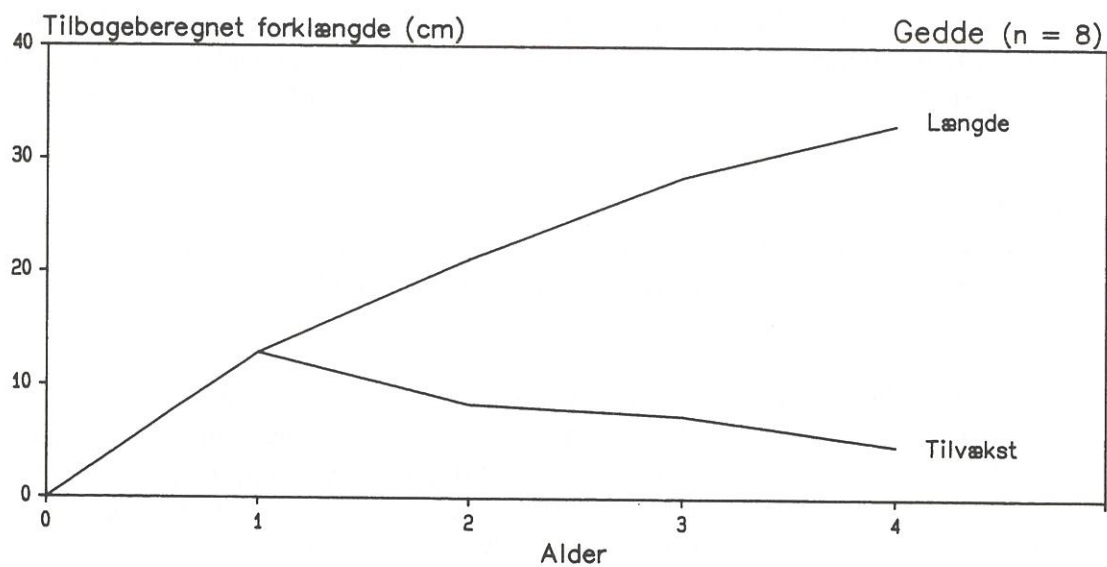


Figur 7. Længdehyppighed for gedde i Skanderborg Sø, 1995. Middellængde og længdeinterval for aldersgrupperne er beregnet på grundlag af delprøven udtaget til skælanalyse, jf. bilag 8.

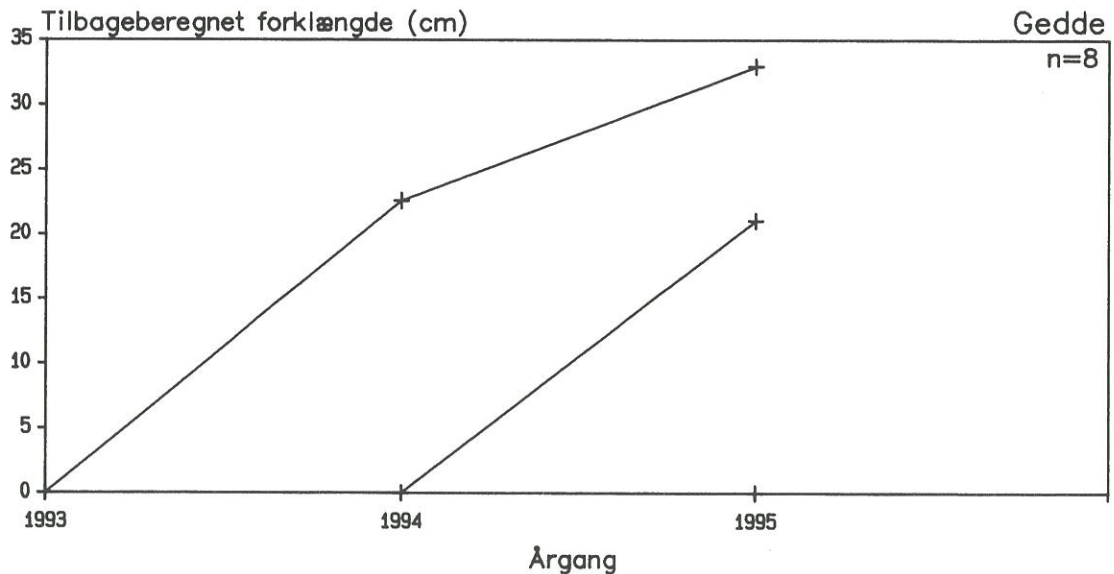
Længde-vægtforholdet og de aldersafhængige konditionsfaktorer er vist i figur 8, som viser at, konditionen er ret uafhængig af alderen.



Figur 8. Længde-vægt forhold og gennemsnitlige konditionsfaktorer for hver aldersgruppe hos gedde i Skanderborg Sø, 1995. Regressionsparametre er angivet i bilag 9.



Figur 9. Gennemsnitlig vækstkurve og årlig tilvækst for gedde i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.



Figur 10. Vækstkurver for de forskellige årgange af gedde i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.

Vækstforløbet hos gedden i Skanderborg Sø er ret jævnt og aftager kun lidt med alderen indtil fireårsalderen, figur 9 og 10. Det skal bemærkes, at vækstberegningerne tager udgangspunkt i et fåtal og unge individer og derfor ikke nødvendigvis giver det korrekte billede.

Vurdering

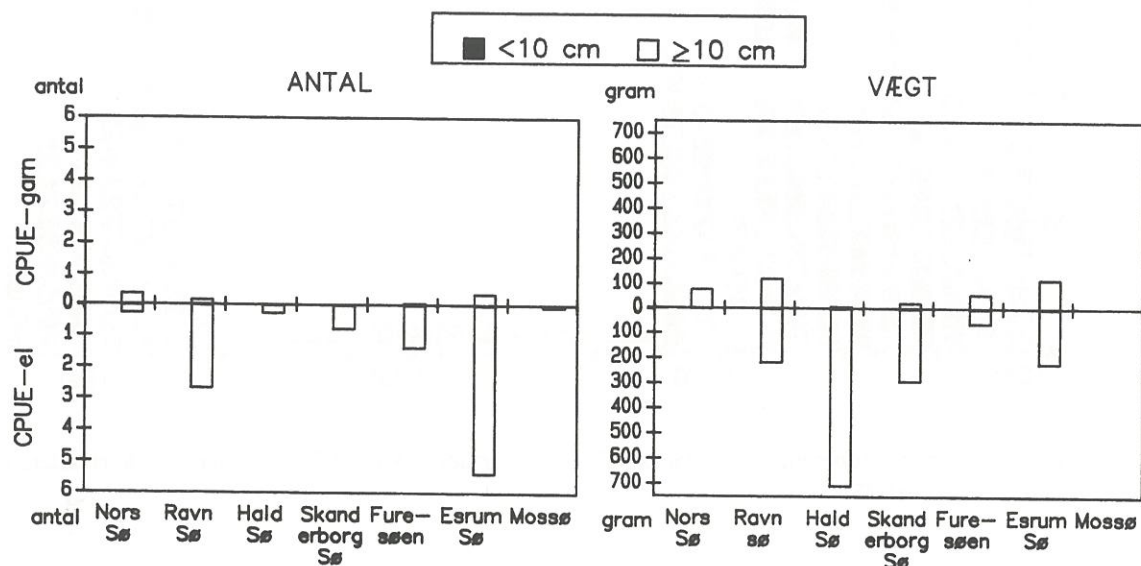
Gedde er vor største rovfisk, og den er almindeligt udbredt i de fleste søer, moser og større vandløb. Gedden er i mange søer i tilbagegang i takt med en øget eutrofiering og vandstandsreguleringer.

En øget eutrofiering giver umiddelbart gedden et bedre fødegrundlag ved en øget tæthed af fredfisk, men som oftest kan gedden ikke udnytte denne mulighed. Gedden jager hovedsageligt ved hjælp af synet fra skjul i undervandsvegetationen, og eutrofieringen medfører en dårligere sigt og forringer således geddens jagteffektivitet. Tillige har vandstandsreguleringer medført, at geddens gydeområder, som er lavvandede vegetationsrige områder som oversvømmede engarealer, i dag er kraftigt reducerede.

Geddens fødevalg ændres fra zooplankton til smådyr og småfisk, når geddeynglen når en længde på 3-4 cm i maj-juni. Gedden vælger byttefisk afhængig af sin egen størrelse, således foretrækker gedder bytte med en størrelse med en tredjedel af sin egen kropslængde.

Geddens adfærdsmønster udviser en markant årstidsafhængig variation (Guy et al., 1991). Uden for gydeperioden er gedden en ret stationær fisk, der venter på byttefisk frem for

aktivt at jage dem, og derfor er gedden meget lidt aktiv i sensommeren og efteråret. I gydeperioden i det tidlige forår er geddens adfærdsmønster derimod præget af vandring til og fra gydepladserne samt forsvar af territorier. En vurdering af geddebestanden på grundlag af fiskeri med passive redskabstyper i sensommeren vil derfor ofte føre til underestimeringer.

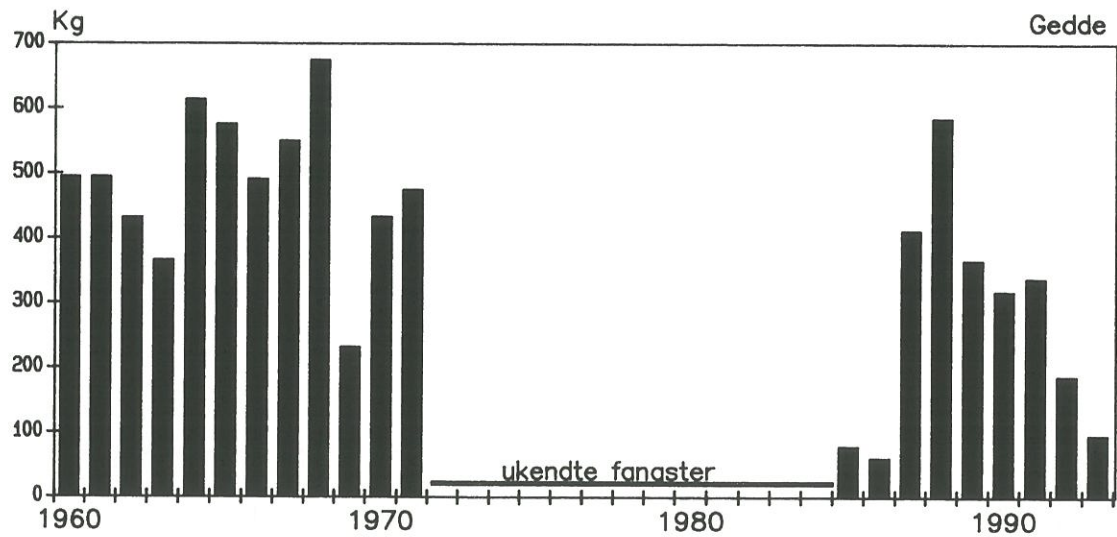


Figur 11. CPUE-værdier for fangster i garn og ved elektrofiskeri af gedde i Skanderborg Sø, 1995 samt i seks andre danske søer.

Geddebestanden er både i tæthed og biomasse relativt almindelig for dybe søer, figur 11. I denne type søer er geddebestanden ofte afhængig af, at typiske geddehabitater som lavvandede områder med udbredt rankegrøde er begrænset på grund af stejle bredder. Det underbygges blandt andet af, at bestandsstørrelser af gedde i mange søer kan relateres til rankegrødens dækningsgrad (Grimm, 1989). Er søen ydermere eutrofieret med deraf følgende dårligt sigtddybde som i Skanderborg Sø, betyder det en yderligere forringelse af geddens levevilkår.

Geddebestanden er dog ikke tilfredsstillende, selvom bestanden sandsynligvis er større end fangsten antyder og set i lyset af, at gedden i stort omfang skulle medvirke til at regulere skidtfiskebestanden. Således er mangel på områder med rankegrøde og vandets ringe sigt de primære årsager til bestandens begrænsede udbredelse. Endvidere er der fanget betænkeligt få årsyngel af gedde, samtidig med at der ikke er fanget gedder af betydning i den gydedygtige alder. Det kan medføre store variationer i geddebestanden, hvilket gør den sårbar, og på længere sigt reducerer bestanden yderligere.

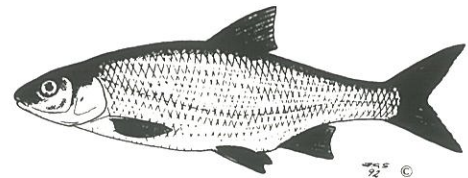
Den indberettede fangst af gedde varierer en del, figur 12, og umiddelbart ser det ud, som om fangsten har været ringe i midten af firserne og igen i begyndelsen af halvfemserne. Den samme tendens afspejles i fangsten af gedde i Mossø, omend udbyttet generelt er større i denne sø.

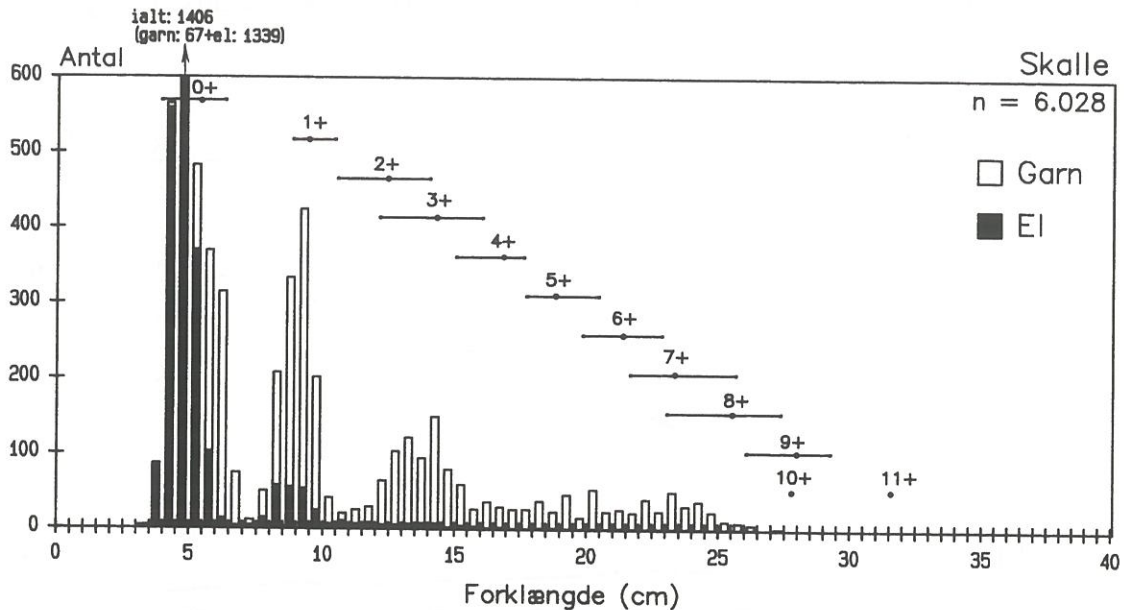


Figur 12. Fangstindberetninger af fangst af gedde i perioden 1960-1993 (Danmarks Fiskeriundersøgelser, 1995).

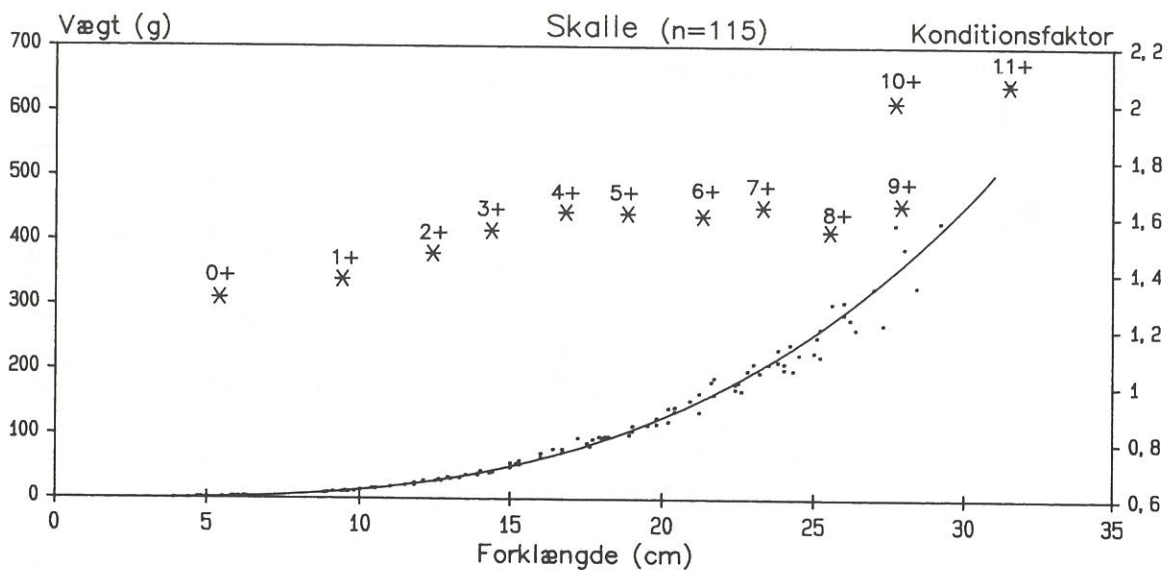
4.3. Skalle (*Rutilus rutilus*)

Fangsten af skalle udgør med 6.028 individer mere end halvdelen af den samlede fangst i fiskeundersøgelsen. Fangsterne er meget jævnt fordelt på alle seks sektioner på nær sektion III, hvor der er fanget næsten tre gange så mange skaller som i nogen af de andre sektioner. Fangsten består især af små individer under 10 cm, og specielt er årsyngelen talrigt repræsenteret. Der er kun fanget meget få større individer over 26 cm.





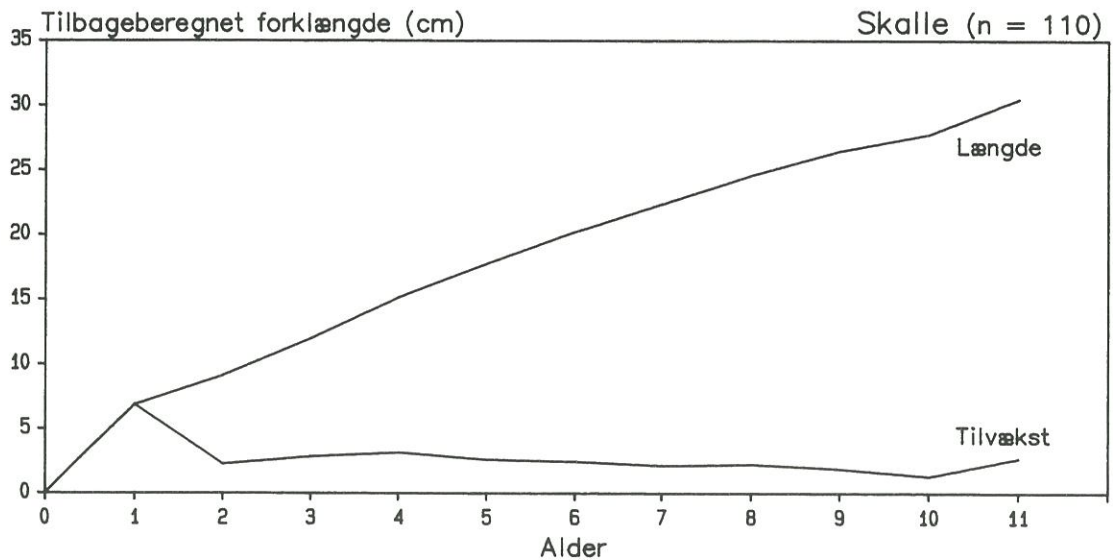
Figur 13. Længdehyppighed for skalle i Skanderborg Sø, 1995. Middellængde og længdeinterval for aldersgrupperne er beregnet på grundlag af delprøven udtaget til skælanalyse, jf. bilag 8.



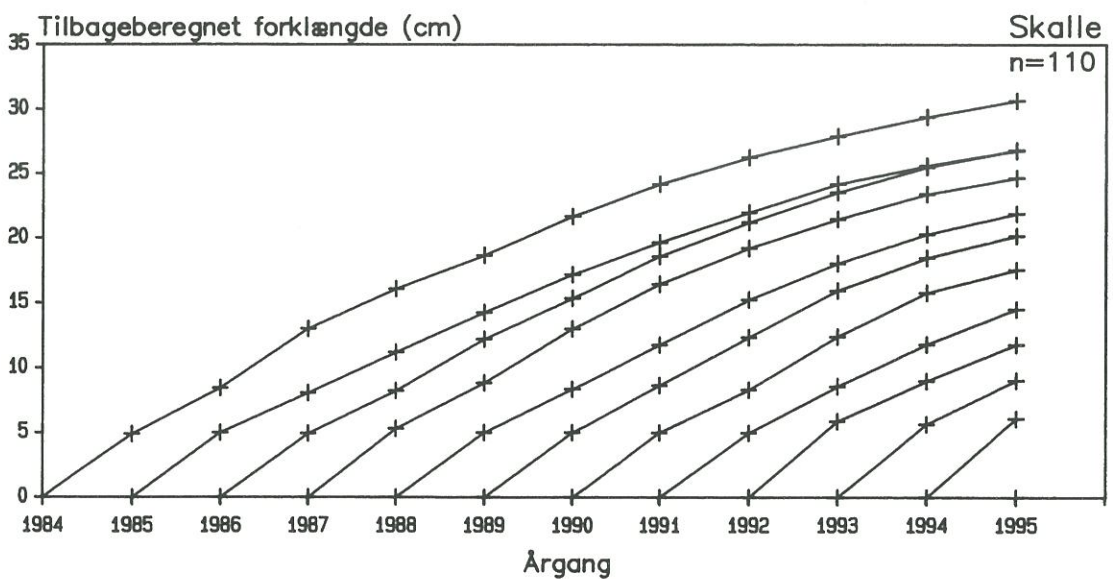
Figur 14. Længde-vægt forhold og gennemsnitlige konditionsfaktorer for hver aldersgruppe hos skalle i Skanderborg Sø, 1995. Regressionsparametre er angivet i bilag 9.

Længde-vægtforholdet samt aldersgruppernes kondition er afbilledet i figur 14. Hos skalle øges konditionen lidt og jævnt med alderen. Den årlige tilvækst hos skalle aftager kun

lidt med alderen efter det andet leveår, figur 15. Ved at se på de enkelte årganges vækst i figur 16 ses, at der er tendens til, at væksten er øget en smule hos de yngste årgange.



Figur 15. Gennemsnitlig vækstkurve og årlig tilvækst for skalle i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.



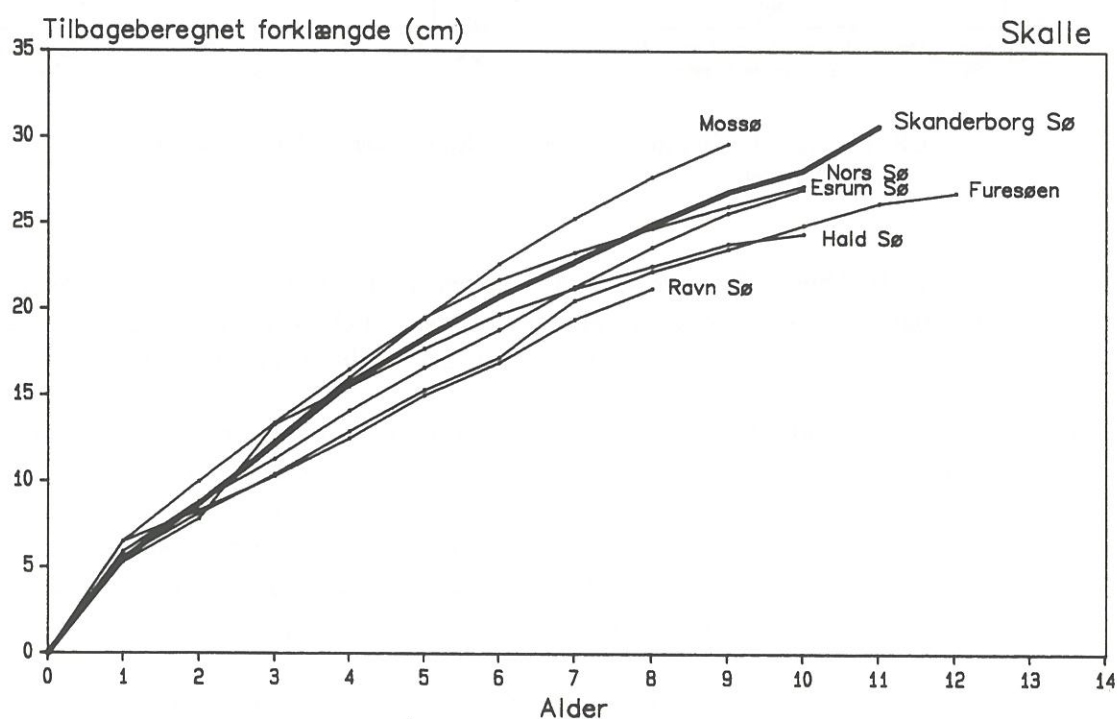
Figur 16. Vækstkurver for de forskellige årgange af skalle i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.

Vurdering

Skalle er en stimefisk, der i stor udstrækning er knyttet til vegetationsbæltet. De mindre skaller og yngel færdes længst inde ved bredden og de større skaller i vegetationens yderkant, over barbund og i pelagiet. Med stigende grad af eutrofiering bliver dette forhold udjævnet, og skaller i alle størrelser spredes gradvist til hele søen. Med en øget eutrofiering forringes vandets klarhed og rovfiskenes aktionsradius, hvorfor skallen ikke i samme grad behøver vegetationens skjul, som i øvrigt også reduceres.

Skalle er som regel den fredfisk, der klarer sig bedst i de dybe søer. Den stiller ikke samme krav til høje gydetemperaturer som andre fredfiskearter, og derfor gyder den tidligere og ved lavere temperaturer. Disse forhold favoriserer skallen fremfor eksempelvis brasen og flire. Endvidere er den voksne skalle ikke så kritisk med hensyn til fødevalg som eksempelvis brasen.

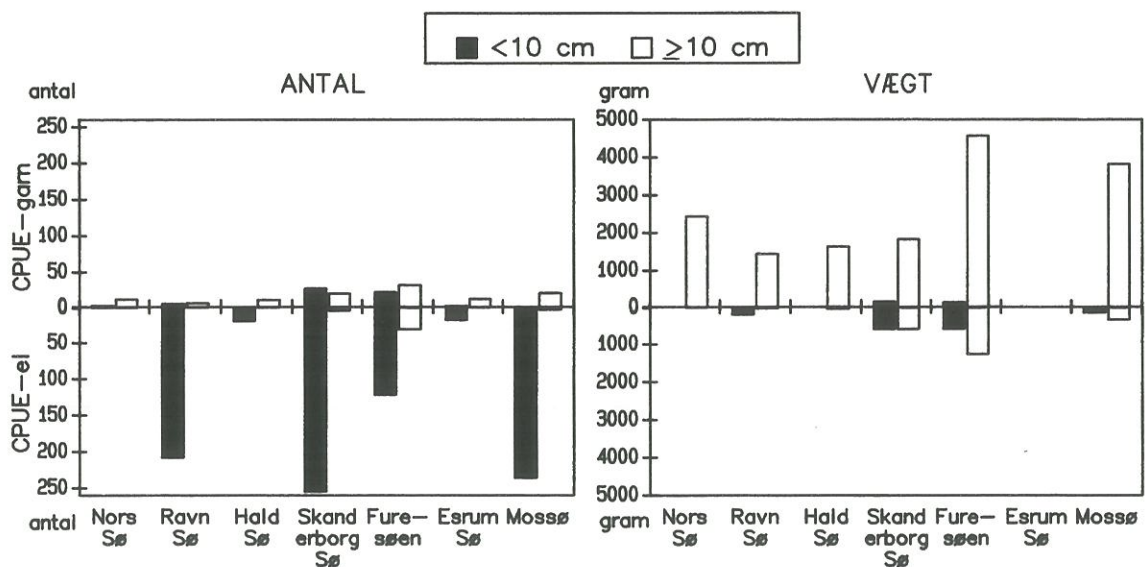
Som i andre danske eutrofierede søer er skalle også i Skanderborg Sø den dominerende fredfisk. Dødeligheden er ikke specielt stor i de yngste aldersgrupper, men den falder dog jævnt med alderen, jf. figur 13. Det lave prædationstryk på de yngste årgange kan formentligt tilskrives mangel på rovfisk, der primært jagter småfisk. Det er rovfisk som aborre og geddeyngel, der holder til i bredzonen, hvor småskaller også befinder sig, som tilsyneladende ikke formår at skabe det nødvendige prædationstryk på denne størrelsesgruppe. Den tredje rovfisk i søen, sandart, holder typisk til i de frie vandmasser og på større dybde, hvor småskaller normalt ikke færdes. Når skallen når en størrelse på ca. 15 cm trækker den ud i det åbne vand. Her ser det ud til, at prædationstrykket øges. Det må formodes især at være sandart, der er topprædator på skalle af denne størrelsesgruppe.



Figur 17. Beregnede gennemsnitlige vækstkurver for skalle i Skanderborg Sø, 1995 samt for seks andre danske dybe søer.

Skallens vækst er i dybe søer relativt jævn, hvilket fremgår af figur 17. I Skanderborg Sø vokser skallen relativt hurtig næsten på lige fod med skaller fra Mossø. Det betyder endvidere, at mængden af skallens foretrukne fødeemner ikke er en begrænsende faktor. Skallen når dog sjældent en størrelse over 30 cm i Skanderborg Sø, idet de ældre skaller kun har en meget ringe årligt tilvækst.

Det ses da også af figur 18, at tæthed og biomasse af småskaller er ret høj i Skanderborg Sø sammenlignet med de andre søer. Det indikeres både af fangster foretaget med garn og elektrofiskeri. For de større skaller over 10 cm er tætheden almindelig for søtypen og eutrofieringsgraden af Skanderborg Sø, mens biomassen er forholdsvis lav og på niveau med let eutrofierede søer. Det indikerer, at bestandens struktur er karakteristisk ved en stor tæthed af små individer, hvilket er typisk for sommeruklare søer.



Figur 18. CPUE-værdier for fangster i garn og ved elektrofiskeri af skalle i Skanderborg Sø, 1995 samt i seks andre søer.

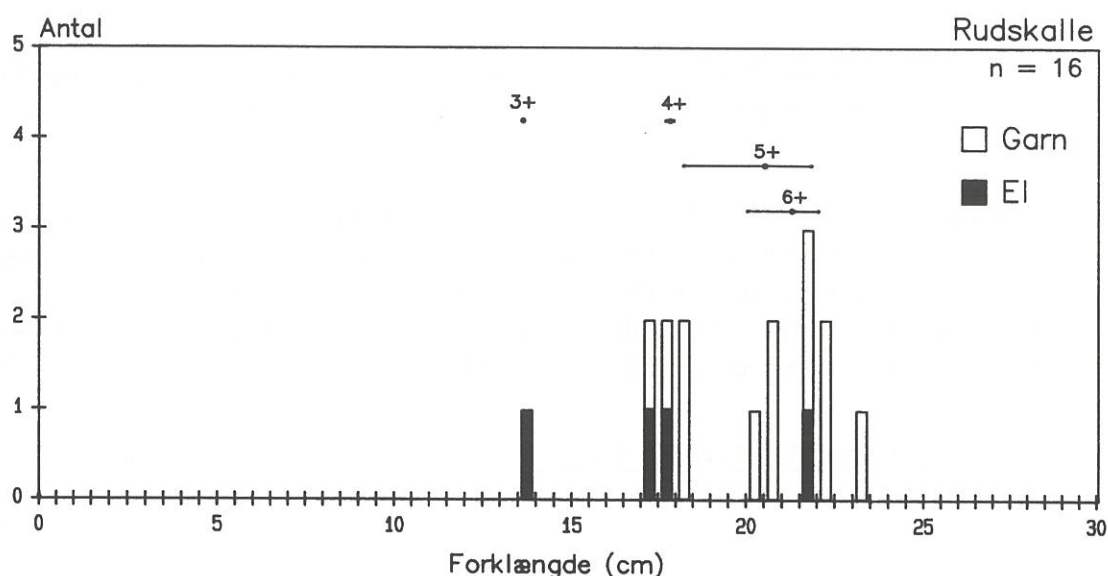
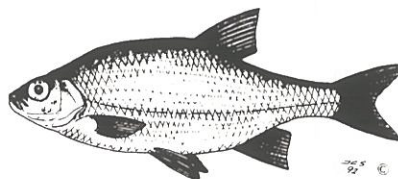
De viste forskelle i bestandsstørrelser skal ikke ses i relation til næringsstofniveauet alene, men også naturlige variationer forårsaget af eksempelvis vejrmæssige forhold, der erfaringsmæssigt påvirker gydesucces samt opvækstforhold, kan have indflydelse.

Udbredelse og bestandsstruktur af skalle i Skanderborg Sø afspejler, at søen er eutrofieret. Kun de mindste individer blandt årsynglen opholder sig inderst i rørskovene, ellers er skalle i alle størrelser spredt over hele søområdet og det er klart, at bestanden af skalle må have stor indflydelse på søens lavere trofiske niveauer. Især må skalle ynglen efter klækningen i maj-juni sammen med de talrige etårsskaller være ansvarlig for en kraftig konsumtion af zooplankton i bredzonen fra midsommer og resten af året, hvilket er medvirkende årsag til en forringet vandkvalitet. Også de større skaller er primærkonsumenter af zooplankton, men er dels ikke så talrige og dels fouragerer de hovedsageligt i de pelagiske vandmasser, hvor konkurrencen med andre pelagiske fiskearter er ringe.

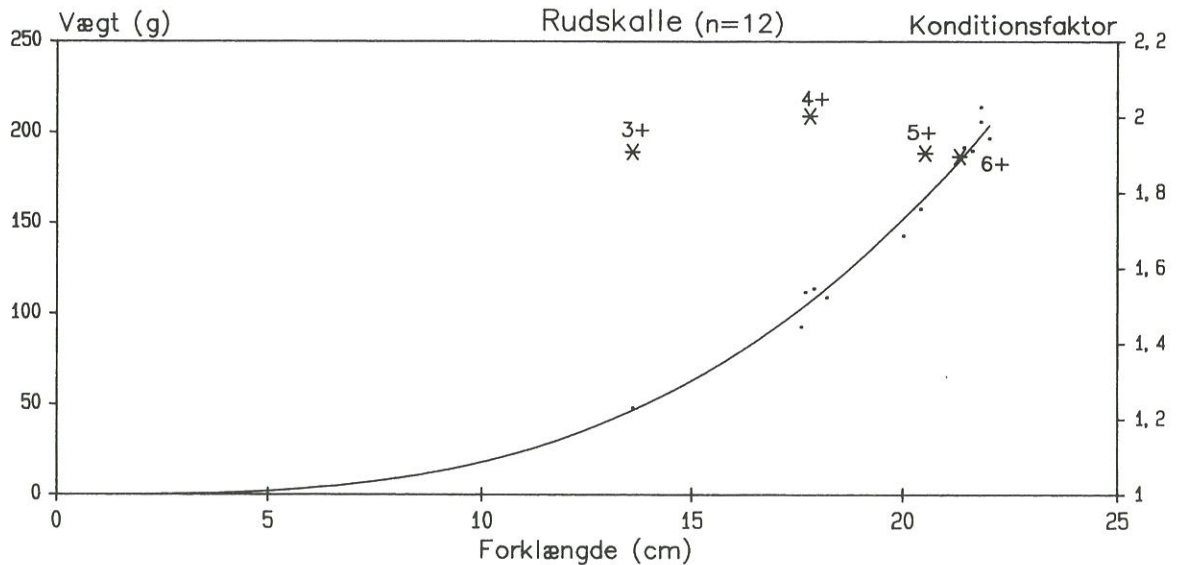
Fiskeriet i Skanderborg Sø, såvel det erhvervsmæssige som fritidsfiskeriet, har ikke nogen særlig indflydelse på skallebestanden. Fangstindberetningerne fra Danmarks Fiskeriundersøgelse er ret mangelfulde med hensyn til fangsten af skalle. Det kan dog antages, at der næppe bliver opfisket mere end 3-6 ton skaller årligt, hvilket ikke er nok til at fjerne overskudsproduktionen eller til at have betydning for søens miljø.

4.4. Rudskalle (*Scardinius erythrophthalmus*)

Der er under fiskeundersøgelsen fanget i alt 16 rudskaller, som fordeler sig længde og aldersmæssigt som vist i figur 19. Der blev ikke fanget yngel, et- eller toårs rudskaller eller fisk ældre end seks år. Fangsten er jævnt fordelt på alle seks sektioner.

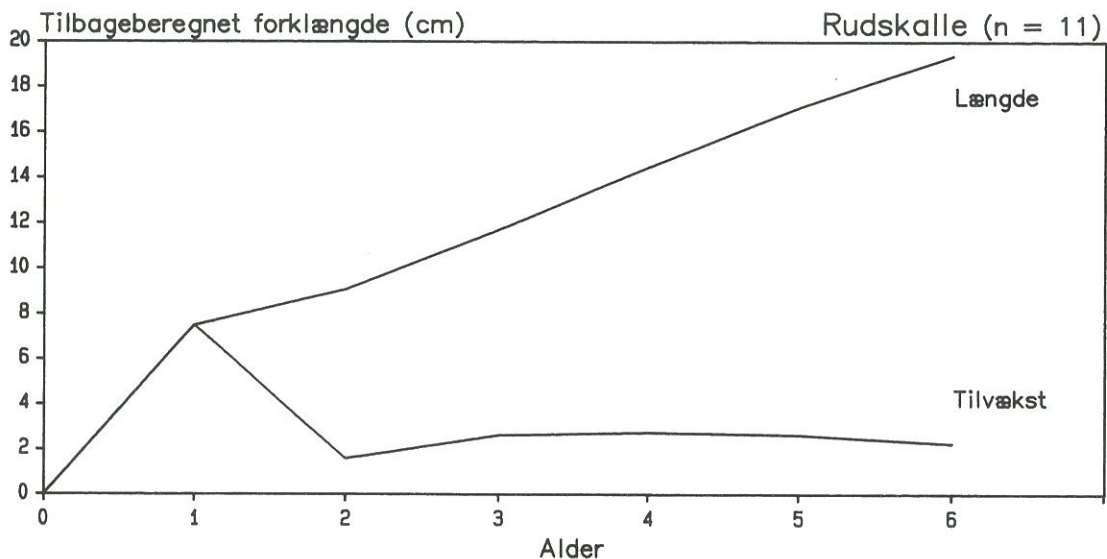


Figur 19. Længdehyppighed for rudskalle i Skanderborg Sø, 1995. Middellængde og længdeinterval for aldersgrupperne er beregnet på grundlag af delprøven udtaget til skælanalyse, jf. bilag 8.

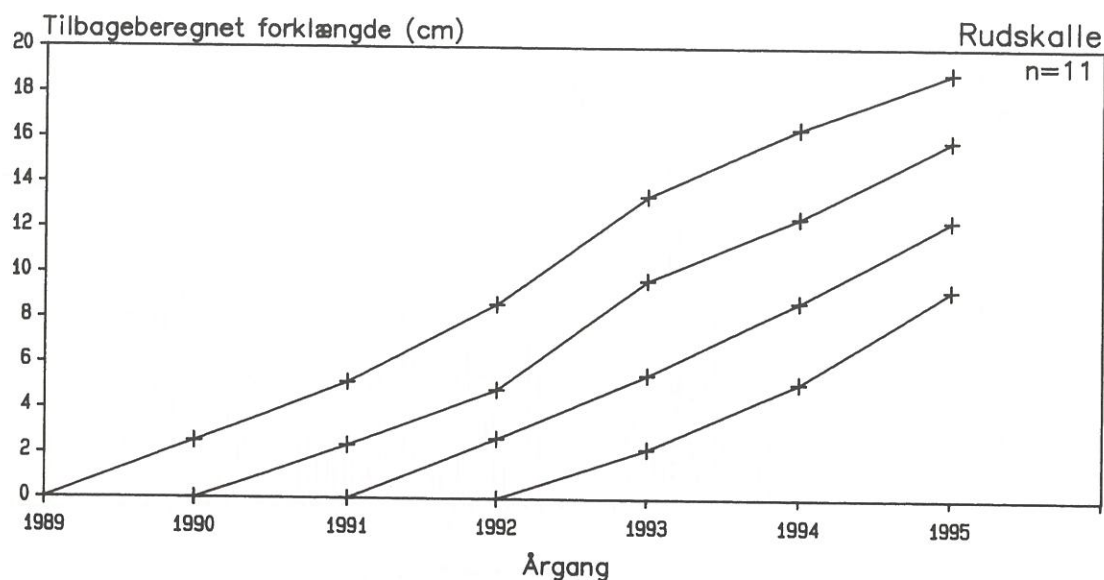


Figur 20. Længde-vægt forhold og gennemsnitlige konditionsfaktorer for hver aldersgruppe hos skalle i Skanderborg Sø, 1995. Regressionsparametre er angivet i bilag 9.

Alder og vækst samt længde-vægtforhold for rudskalle er beregnet på forholdsvis få individer, hvorfor disse data skal tages med forbehold og kan ikke med rimelighed anvendes til sammenligninger. Det fundne længde-vægt forhold og de aldersafhængige konditioner er vist i figur 20, og den gennemsnitlige beregnede vækst og væksten for de repræsenterede årgange er vist i henholdsvis figur 21 og figur 22.



Figur 21. Gennemsnitlig vækstkurve og årlig tilvækst for skalle i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.



Figur 22. Vækstkurver for de forskellige årgange af skalle i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.

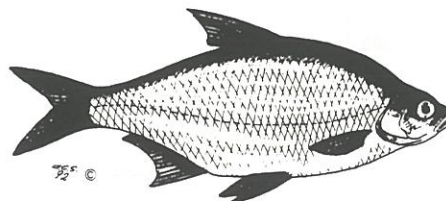
Vurdering

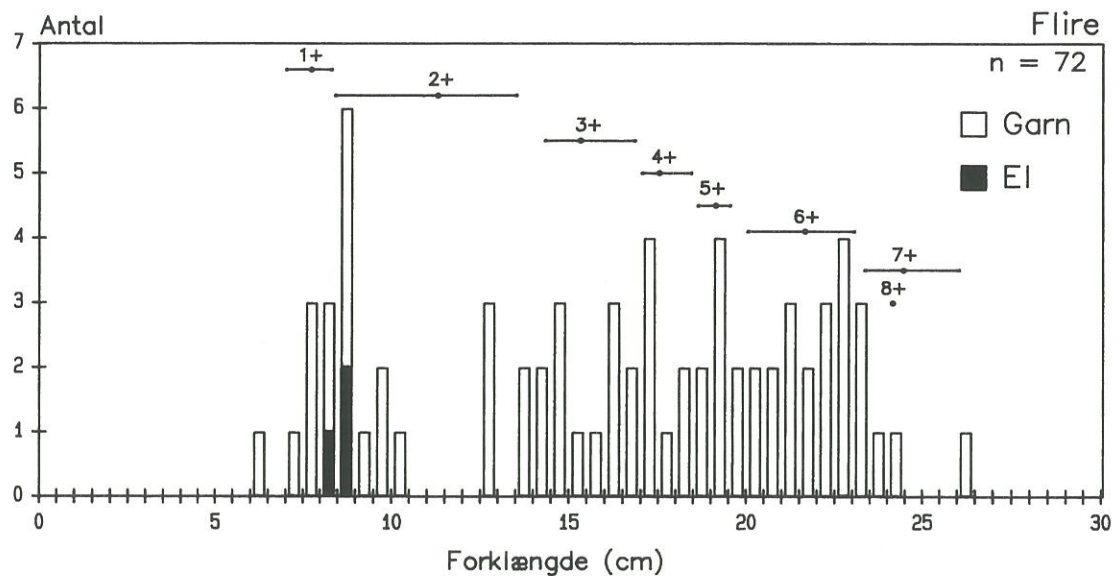
Rudskalle er almindeligt forekommende i Danmark og først og fremmest knyttet til vegetationsbæltet i lavvandede, varme søer, hvor ynglen lever af zooplankton, mens de ældre fisk i stor udstrækning lever som omnivorer.

Bestanden af rudskalle i Skanderborg Sø er antageligt lille, hvilket er karakteristisk for de danske, dybe søer. Rudskalle har i disse søer tilsyneladende forholdsvis dårlige kår som følge af, at undervands- og flydebladsvegetationen har en begrænset udbredelse. Er søen ydermere eutrofieret, må den i de første leveår formodes at være underlagt en ulige fødekonekurrence med skalle og brasen. Rudskallen spiller således hverken antals- eller vægtmæssigt nogen væsentlig rolle i Skanderborg Sø.

4.5. Flire (*Blicca björkna*)

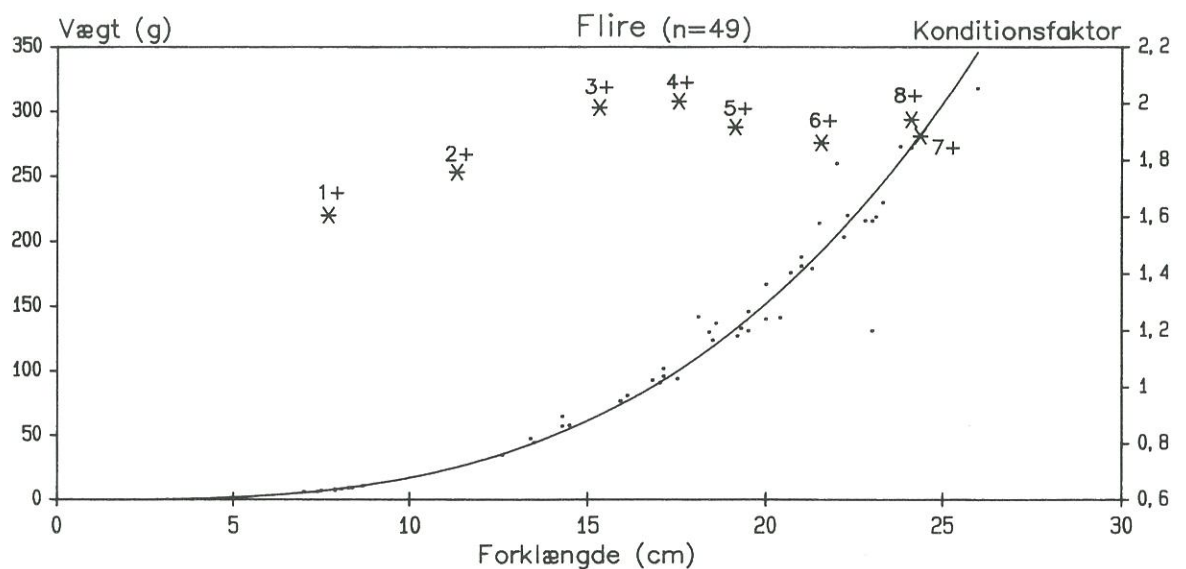
Der er fanget i alt 72 flire, hvoraf kun tre er fanget ved elektrofiskeri i bredzonen. Der er fanget flire over hele søen, men den største fangst, som udgør næsten halvdelen af den samlede flirefangst, er fanget i sektion V, det vil sige i søens nordøstligste del. Flirene er i størrelsen 6-27 cm og fordeler sig på otte aldersgrupper, figur 23. Der er ikke fanget årsyngel.



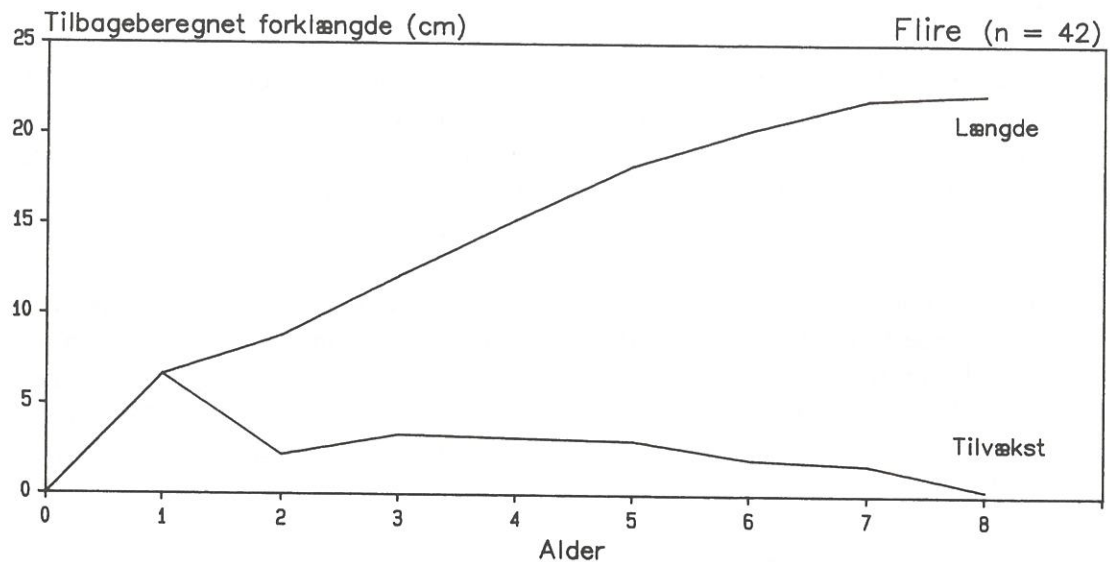


Figur 23. Længdehyppighed for flire i Skanderborg Sø, 1995. Middellængde og længdeinterval for aldersgrupperne er beregnet på grundlag af delprøven udtaget til skælanalyse, jf. bilag 8.

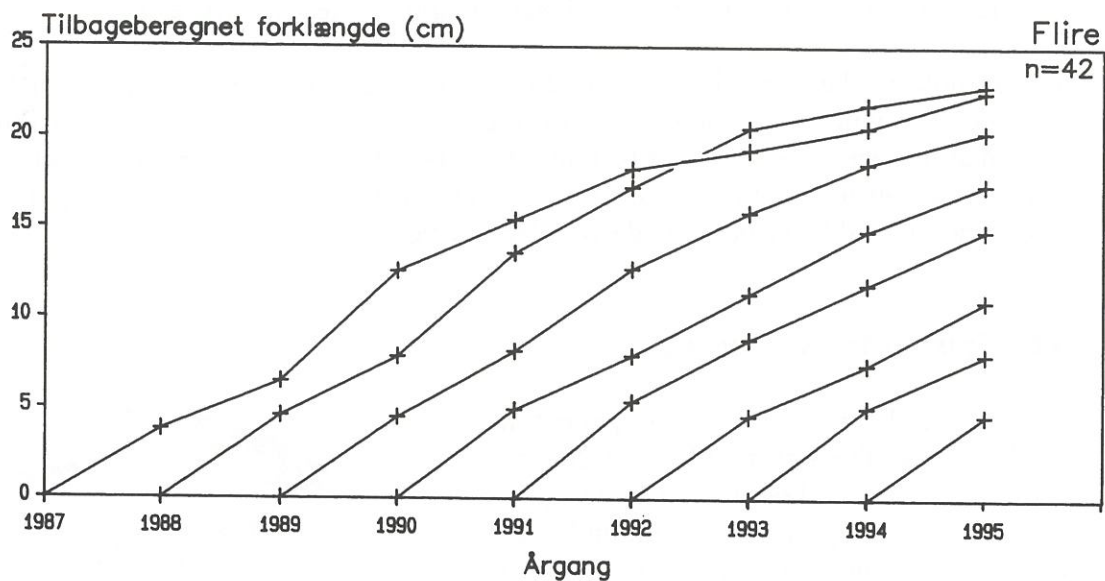
Konditionsfaktoren hos flire øges med alderen og er relativt stor, figur 24. Den beregnede gennemsnitlige vækst aftager jævnt med alderen, figur 25, og der er ikke markante forskelle i væksten hos de enkelte årgange antallet i hver årgang taget i betragtning, figur 26.



Figur 24. Længde-vægt forhold og gennemsnitlige konditionsfaktorer for hver aldersgruppe hos flire i Skanderborg Sø, 1995. Regressionsparametre er angivet i bilag 9.



Figur 25. Gennemsnitlig vækstkurve og årlig tilvækst for flire i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.



Figur 26. Vækstkurver for de forskellige årgange af flire i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.

Vurdering

Forekomster af flire i dybe søer er hidtil antaget at være ualmindelig. Men med de registrerede forekomster i Skanderborg Sø, Ravn Sø og Mossø må det siges, at fliren ikke er ualmindelig i denne typer søer. Fliren er tydeligvis mere tilknyttet en geografisk

udbredelse end en udbredelse afhængig af dens krav til habitatet. Hele Gudenå-systemet synes således at være udbredelsesområde for denne fiskeart, hvilket også tidligere er antaget (Gudenåkomiteen, 1987).

Fliren siges at være knyttet til bredzonens vegetation, hvor den lever af myggelarver og andre insektlarver og små bundinvertebrater. Lejlighedsvis tager den også planktondyr, hvilket er entydigt for ynglen. Den gyder i maj-juni, og ynglen vokser op i bredbæltet. Væksten er relativt langsom, men fliren bliver allerede kønsmoden ved en længde på 10-12 cm. Fliren er en næringskonkurrent til brasen, aborre, ål og hork.

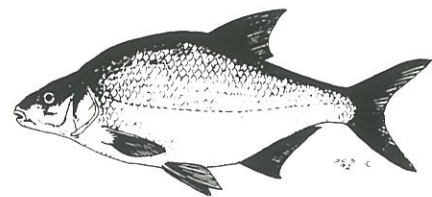
Ved fiskeundersøgelser, hvor flire og brasen forekommer sammen i større antal, er det let at overse fliren. Specielt er mindre flire af udseende meget lig små brasen, og de kan derfor let fejlbestemmes som brasen. Endvidere synes flireyngel generelt at mangle ved fiskeundersøgelser, hvilket må betragtes som en metodebetinget fejl. Den viste fordeling af flire i Skanderborg Sø afspejler nok ikke den reelle fordeling specielt med hensyn til yngel og etårfsk.

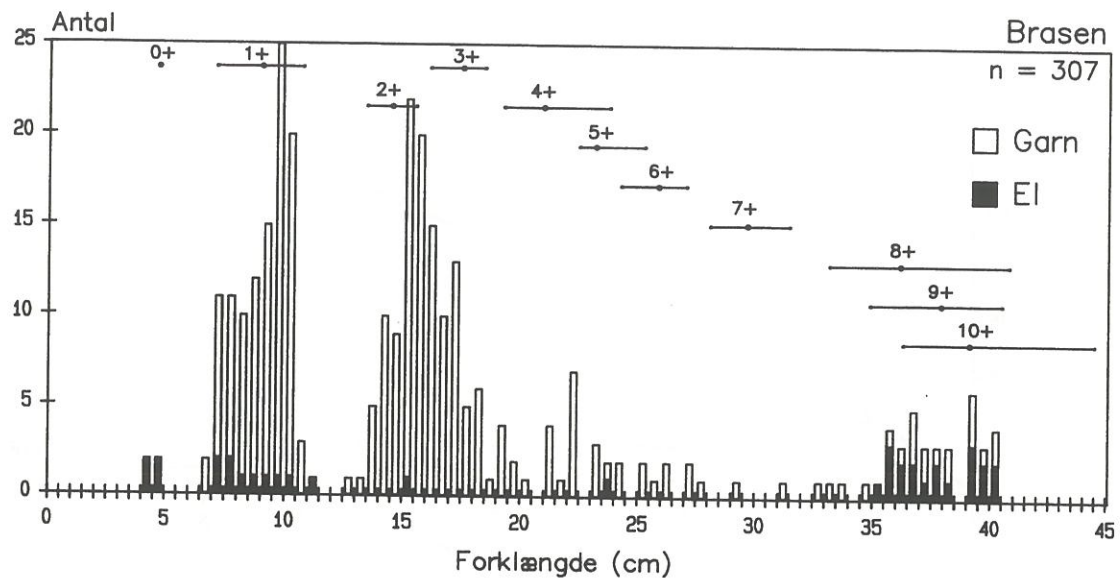
Som fangsternes fordeling antyder, er fliren i Skanderborg Sø ikke specielt tilknyttet bredzonen, tværtimod er den næsten kun fanget i det åbne vand. En årsag til, at fliren ikke er fundet i bredzonen, kan være den ofte meget tætte bestand af fisk i bredzonen, som angiveligt medfører en meget hård konkurrence om de foretrukne fødeelementer, zooplankton og mindre bunddyr. Fliren kan derfor være presset ud i det åbne vand, hvor også de større individer klarer sig godt sammenlignet med den nære slægtning, brasen.

Den forholdsvis begrænsede fangst af flire tyder på, at bestanden er forholdsvis lille og ubetydelig sammenlignet med skalle- og brasenbestanden. Generelt er Skanderborg Sø dog en af de søer, hvor fliren forekommer talrigest. Bestanden af flire spiller ikke nogen større rolle som zooplanktonprædator dels som følge af den ringe forekomst, og dels fordi større individer ikke er udprægede zooplanktonædere.

4.6. Brasen (*Abramis brama*)

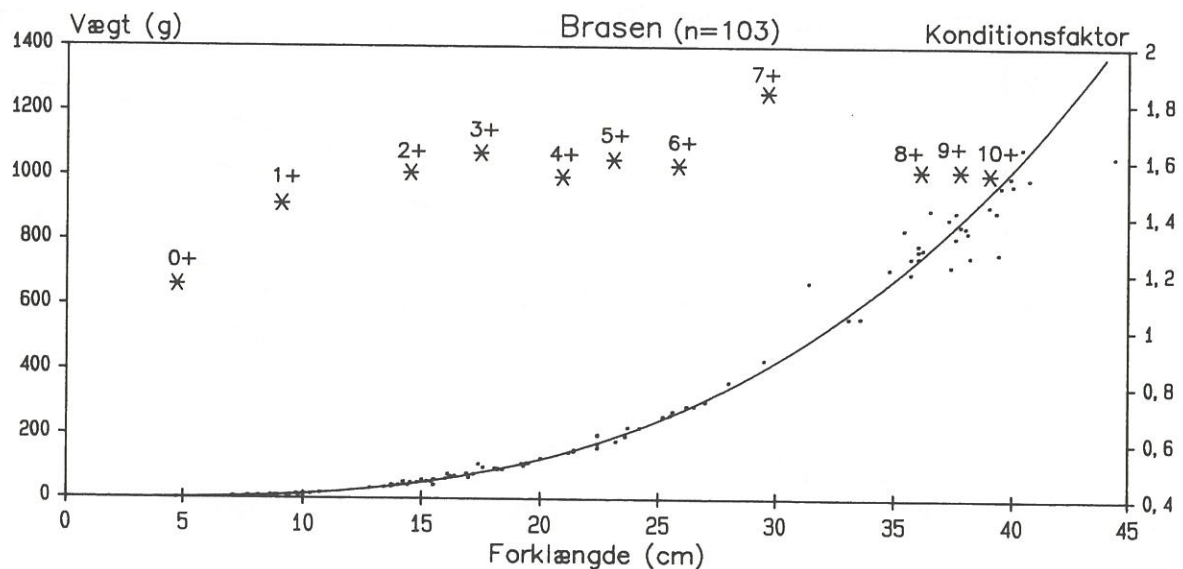
Størrelsesfordelingen af brasen er præget af en dominans af brasen mindre end 20 cm, foruden en del store brasen mellem 35 og 40 cm, figur 27. Gruppen af små brasen består især af et-, to- og treårfsk, mens årsynglen næsten mangler.



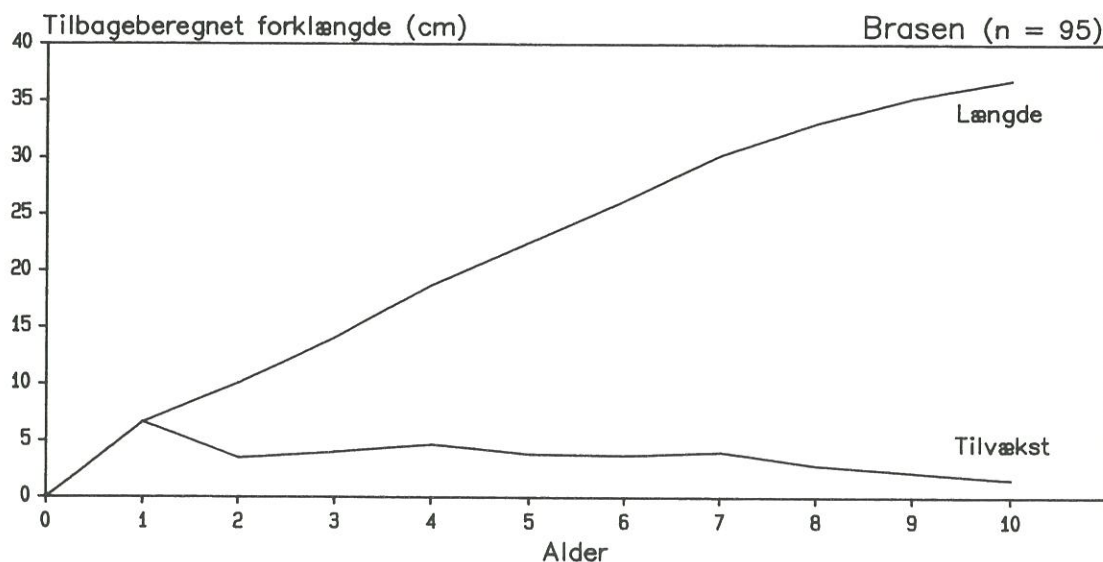


Figur 27. Længdehyppighed for brasen i Skanderborg Sø, 1995. Middellængde og længdeinterval for aldersgrupperne er beregnet på grundlag af delprøven udtaget til skælanalyse, jf. bilag 8.

Længde-vægt forholdet er karakteristisk ved en relativ stor spredning hos brasen over 32 cm, figur 28. Konditionen øges jævnt med alderen til fireårs alderen, hvorefter konditionen er uændret eller falder en smule.

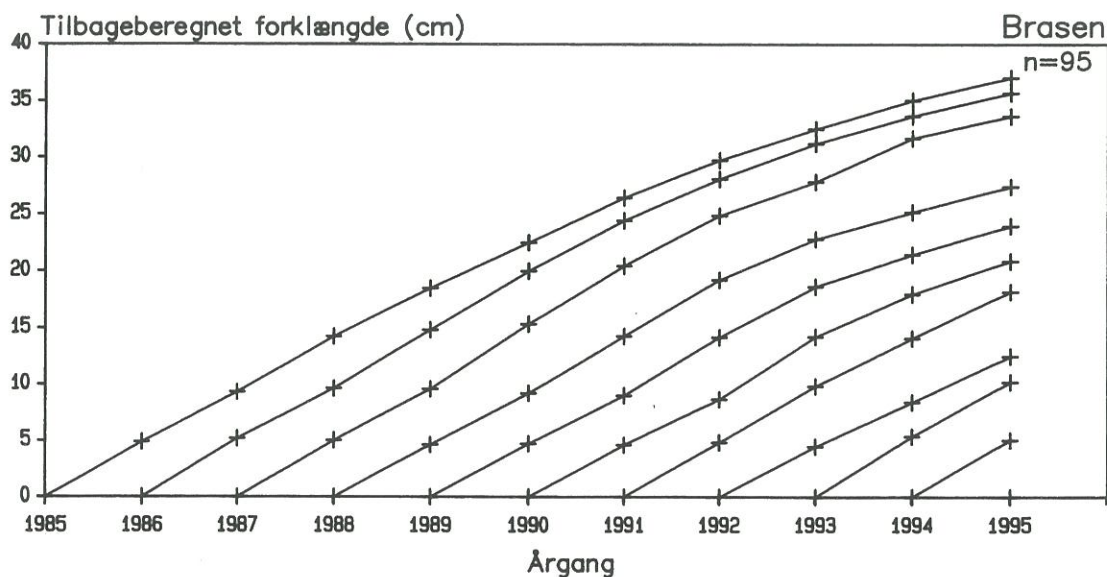


Figur 28. Længde-vægt forhold og gennemsnitlige konditionsfaktorer for hver aldersgruppe hos brasen i Skanderborg Sø, 1995. Regressionsparametre er angivet i bilag 9.



Figur 29. Gennemsnitlig vækstkurve og årlig tilvækst for brasen i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.

Ligeledes synes den årlige tilvækst at være konstant de første fire år for derefter at falde jævnt med alderen, figur 29. I figur 30 ses endvidere, at væksten er relativt ens de første to-tre år for de repræsenterede årgange. Herefter opstår der en mindre spredning, fordi nogle årgange vokser bedre end andre, eksempelvis årgang 1987.



Figur 30. Vækstkurver for de forskellige årgange af brasen i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.

Vurdering

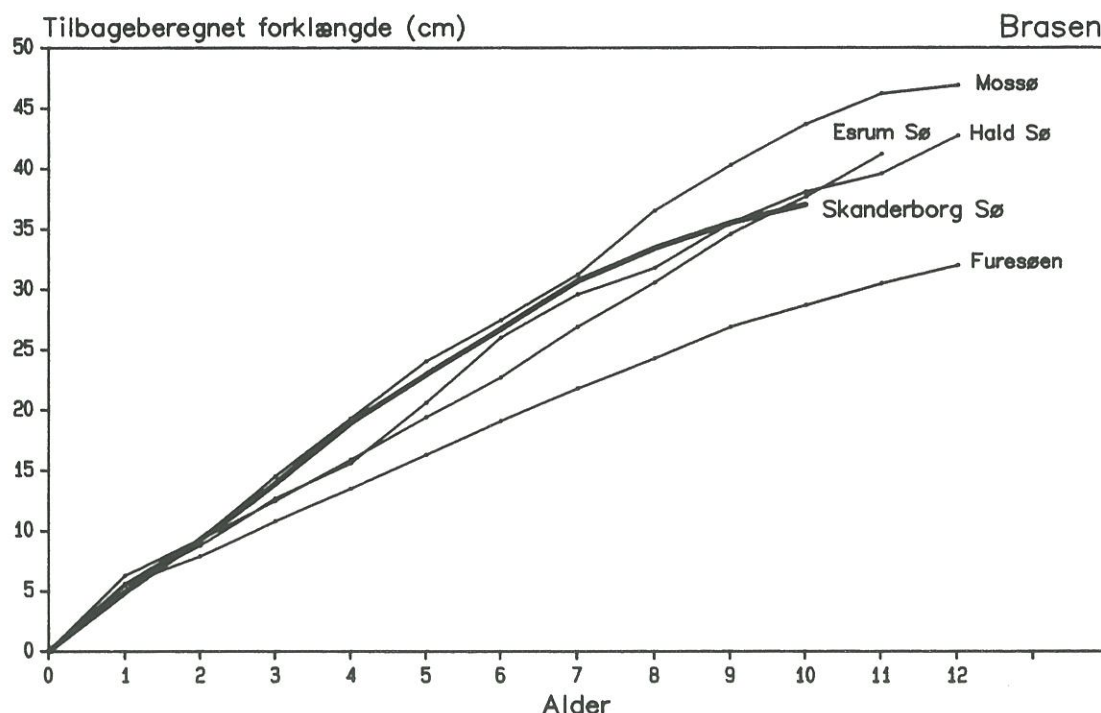
Brasen er sammen med skalle den mest almindelige fredfisk i danske søer. I eutrofierede søer har den gode livsbetingelser og danner tætte populationer og er ofte den vægtnæssigt dominerende art. Føden består i de første år af større zooplankton, men ved en vægt på ca. 100 g ændres fødevalget til i stigende grad at omfatte bundlevende invertebrater. I Skanderborg Sø svarer det til brasen på 15-20 cm og en alder på 3 år. Hvor bestanden er tæt, således som det er tilfældet i mange næringsrige søer, vil bundfaunaen hurtigt reduceres, hvorfor væksten hos de større brasen ofte stagnerer med en ophobning af ældre individer med nogenlunde samme længde til følge. Brasen er selvsagt en vigtig næringskonkurrent til ål og hork.

Den ret markante størrelsesfordeling med mange små brasen, få mellemstore brasen og flere store brasen kan have flere årsager. For det første kan manglen på mellemstore brasen skyldes en tre-fire årig periode (1990-1993) med dårlig rekruttering af brasenyngel som følge af dårlig kondition hos de kønsmodne brasen eller ufavorable gyde- og opvækstvilkår. Det er dog ikke sandsynligt, at gyde- og opvækstvilkår kan være årsagen i en sammenhængende fireårig periode.

Det er kendt, at brasen på ca. 100 g skifter fødevalg fra en føde domineret af zooplankton til en føde domineret af bunddyr. Er der fødekongurrence brasen imellem (intraspecifik konkurrence), hvor de største brasen er overlegne, kan det betyde, at de mindre brasen går til grunde, når de ændrer fødevalg. Denne effekt kan forstærkes af en fødekongurrence (interspecifik konkurrence) mellem brasen, aborre, små sandart, hork og spidssnudet ål. Det faktum, at aborrebestanden primært består af små individer, og at ålebestanden er dårligt udviklet, antyder, at strukturen i brasenbestanden, med et stort henfald af mellemstore brasen, er fødebetinget.

Manglen på store individer kan også være en metodebetinget usikkerhed. I de biologiske oversigtsgarn er der én sektion á 3 m med maskestørrelse på 60 mm, alle andre sektioner har mindre maskestørrelse. For det første bliver mætningsgraden hurtigt nået, når det er store fisk, som fanges, og for det andet sætter maskestørrelsen en begrænsning for, hvor store brasen, der kan fanges. Denne grænse er på ca. 45 cm. Men da der er fanget flere store brasen end mellemstore brasen foruden, at der heller ikke i 1982 er fanget større brasen i Skanderborg Sø, kan der ses bort fra denne mulighed som årsag til den markante størrelsesfordeling.

Det er således mest sandsynligt, at årsagen til den markante størrelsesfordeling primært skyldes fødekongurrence om bunddyrene. Den faldende årlige vækstrate samt den stagnerede udvikling i den aldersbetingede kondition efter tredje-fjerde leveår er yderligere argument for, at brasen er udsat for intensiv fødekongurrence. Til sammenligning kan det nævnes, at fire- og femårige brasen fanget i Mossø på samme tid af året har en konditionsfaktor, der er mere end 20% større, og at denne forskel øges, jo ældre fisken bliver.

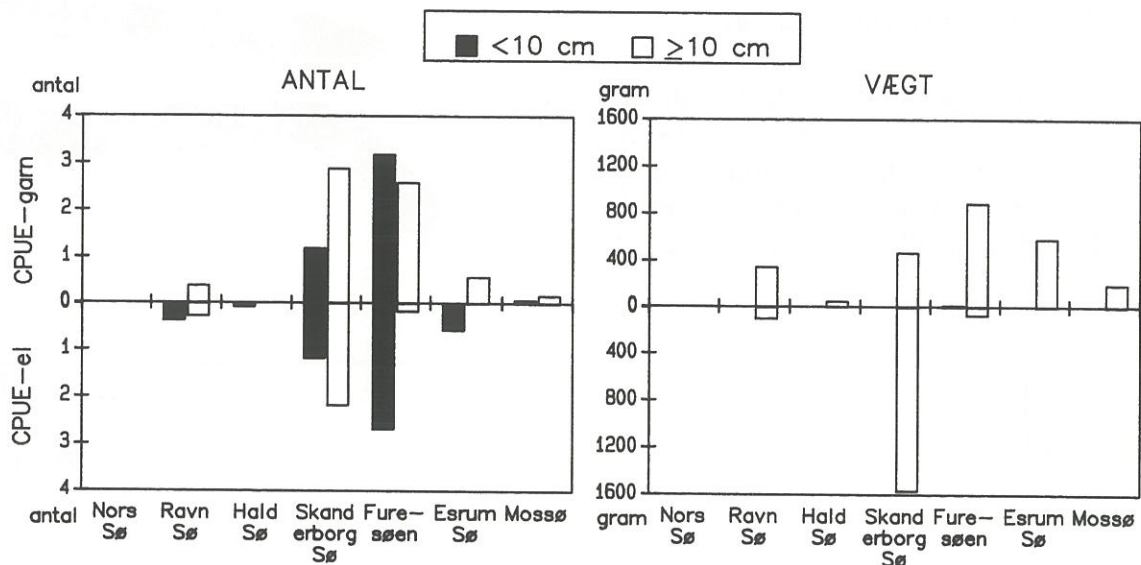


Figur 31. Beregnede gennemsnitlige vækstkurver for brasen i Skanderborg Sø, 1995 samt i seks andre danske søer.

På trods af, at mellemstore og store brasen på undersøgelsestidspunktet var i en ualmindelig dårlig forfatning, har brasen i Skanderborg Sø sammenlignet med brasen fra andre dybe søer en relativ hurtig vækst, figur 31. Vækstraten reduceres dog markant med alderen, og brasen synes ikke at opnå en lige så høj alder som i de andre dybe søer. Det skal i den forbindelse nævnes, at den hurtige vækst først og fremmest skyldes de gamle brasen fra årgang 1985-87, figur 30. Den bedre vækst hos disse årgange skal utvivlsomt ses i relation til det fiskeriprojekt, Skanderborg kommune foretog i årene 1982-85 (Skanderborg kommune, 1985; 1986), hvor der sammenlagt blev fjernet næsten 50 ton, hvoraf størstedelen var brasen. Endvidere ses det, at væksten siden fiskeriprojektets ophør er faldet, og at de yngste årgange faktisk vokser ret ustabil og langsomt.

Af dybe søer har Skanderborg Sø og Furesøen de største brasenbestande både med hensyn til tæthed og biomasse, figur 32. I dybe søer med sommerlagdeling og et lille overfladeareal i forhold til vandvolumen er det tilgængelige bundareal ofte begrænset som følge af stejle skrænter og springlaget. Normalt er disse forhold medvirkende til, at brasen, der i vid udstrækning søger sin føde på barbunden, kun findes i mindre bestande i denne søtype. For Skanderborg Søes vedkommende kan forklaringen være den, at der i sommerperioden kun opstår midlertidige springlag, og at store dele af barbunden på trods af søens dybde ikke bliver berørt heraf. Det betyder, at brasens foretrukne habitat er udbredt over det meste af søen og det meste af året, hvilket umiddelbart optimerer forholdene. Tilsyneladende er den del af fiskebestanden, der lever af bunddyr, for stor til ikke at være i kraftig indbyrdes konkurrence om fødegrundlaget. Det betyder en forringelse af levevilkårene samt med tiden ret ustabile fiskebestande, idet reproduktions- evnen og dermed rekrutteringen vil variere.

Brasenbestanden i Skanderborg Sø er, set ud fra et miljømæssigt synspunkt, karakteristisk ved at være for stor både med hensyn til små brasen og store brasen. De små brasen er sammen med skalle den vigtigste årsag til det hårde prædationstryk på zooplanktonet, der medfører en forringelse af vandets klarhed. De mellemstore og store brasen medvirker til frigivelse af næringssalte fra sedimentet ved den såkaldte "bottom up effect", hvor store mængder bundmateriale rodes op i forbindelse med fødesøgning. Denne effekt er antageligt forstærket af, at brasenbestanden er relativt tæt og fødegrundlaget begrænset, hvilket nødvendigvis må medføre en øget fødesøgningsaktivitet.



Figur 32. CPUE-værdier for fangster i garn og ved elektrofiskeri af brasen i Skanderborg Sø, 1995 samt seks andre danske søer.

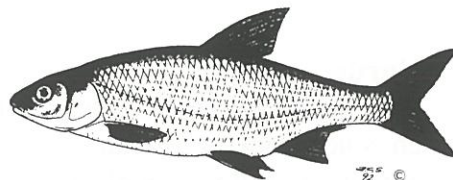
Der er således ingen tvivl om, at såvel søens vandkvalitet og brasenbestanden i sig selv vil have fordel af et udtyndingsfiskeri. En kraftig reduktion af brasenbestanden vil antageligt resultere i en mindre intern belastning, en forøgelse af sigtddybden foruden en væsentlig forbedring af levevilkår for brasen med følgende øget kondition og vækst. I tilgift vil det kunne forbedre levevilkårene for spidssnudet ål, hork og aborre.

4.7. Brasenskalle (*Abramis brama* X *Rutilus rutilus*)

Der er kun registreret en enkelt brasenskalle under fiskeundersøgelsen.

Vurdering

Naturligt forekommende krydsninger mellem karpefisk er ikke ualmindelig, og det vides, at brasen og skalle krydser forholdsvis let. I irske søer er der således observeret, at op til 90% af karpefiskebestanden består af brasenskalle, hvor den i vid udstrækning udnytter

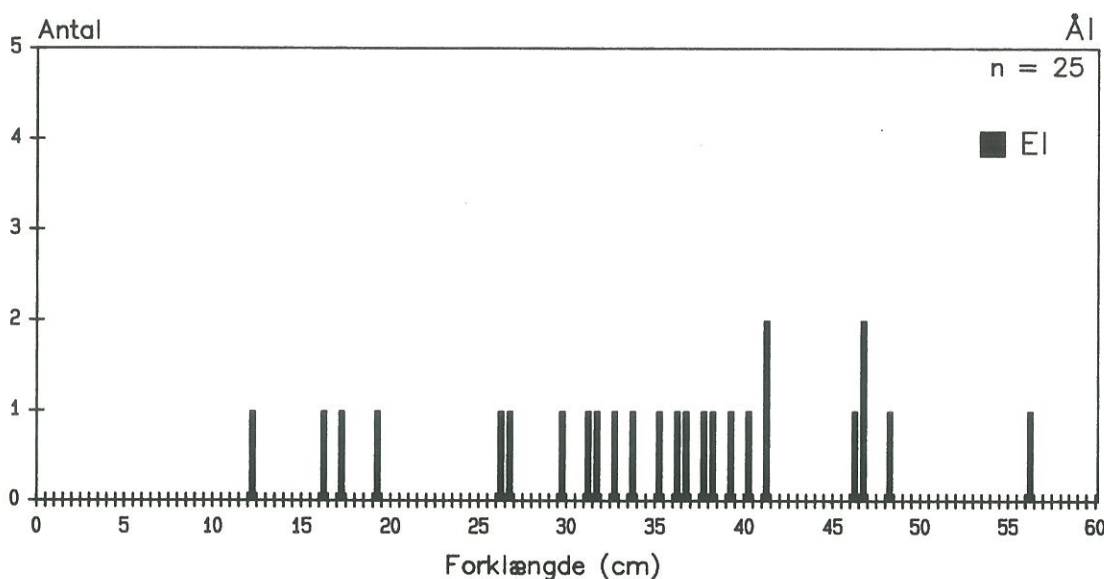


samme føderessourcer som skallen. Brasenskalle udnytter habitater intermediært til brasen og skalle. Brasenskalle er herhjemme kun sjældent registreret, men er nok overset, idet den let forveksles med enten brasen eller skalle.

Tilstedeværelsen af denne krydsning i Skanderborg Sø må antages at være et udtryk for, at såvel skalle som brasen forekommer i tætte bestande. Brasenskalle har med den ringe forekomst ikke nogen væsentlig betydning for søens økologiske forhold.

4.8. Ål (*Anguilla anguilla*)

Der er fanget i alt 25 ål, der alle er fanget ved elektrofiskeri i bredzonen. De fleste ål, i alt 18, blev fanget i sektion III på sydsiden af Temnæs Odde. Ålene er jævnt fordelt i længdeintervallet 12-56 cm, figur 33.



Figur 33. Længdehyppighed for ål i Skanderborg Sø, 1995. Middellængde og længdeinterval for aldersgrupperne er beregnet på grundlag af delprøven udtaget til skælanalyse, jf. bilag 8.

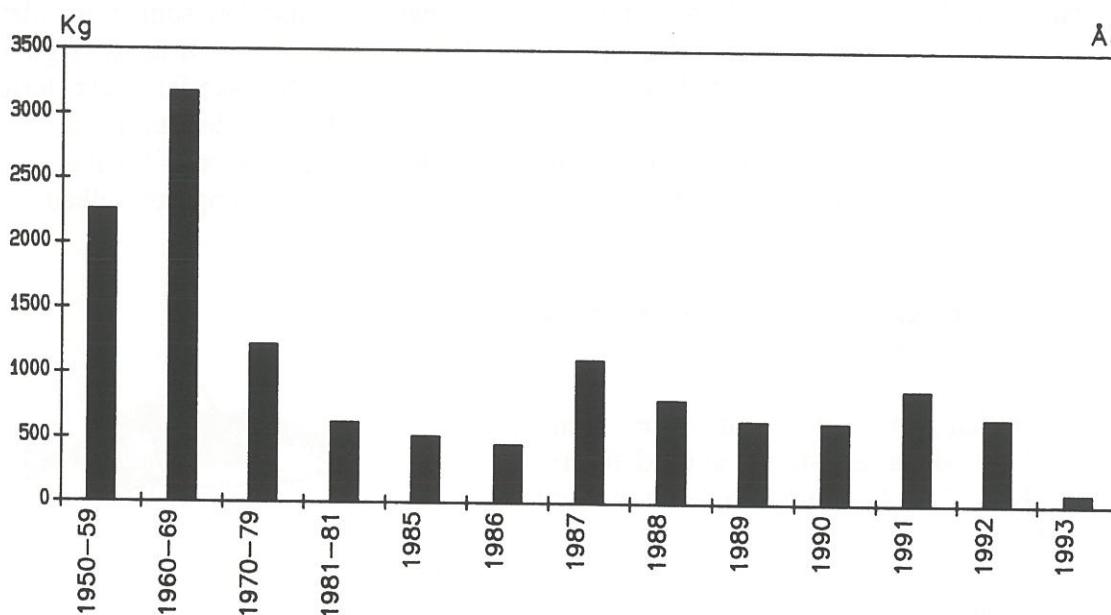
Vurdering

Ålen findes i to former dels en bredsnudet form, der primært lever som rovfisk og dels en spidssnudet form, der lever af bundinvertebrater. Ålebestanden i danske søer er afhængig af tilgangen af glasål og deres passagemuligheder til søerne. En stor del af den danske ålebestand stammer i dag fra udsætninger af glasål og sætteål. Hvor spidssnudet ål er talrig, kan den have væsentlig indflydelse på udbredelse og sammensætning af søens bundinvertebratfauna.

Med en samlet fangst på 25 ål må ålebestanden i Skanderborg Sø vurderes som lille. Størrelsesfordelingen viser endvidere, at bestanden især består af relativt små ål.

At bestanden må anses som beskeden, bekræftes af betydeligt større fangster i andre tilsvarende søer som Hald Sø, Furesøen og Esrum Sø med fangster på henholdsvis 583, 325 og 925 individer. Bestanden i Skanderborg Sø er tilsvarende den, der er fundet i Mossø, hvor der kun blev registreret 29 ål. Årsagen til den store forskel skal ses i lyset af, at der i Furesøen og Esrum Sø er foretaget udsætninger af 2-10 g store ål i en størrelsesorden af 68.500 individer i 1991 og noget færre i Hald Sø i 1990. I Mossø er kun udsat åleyngel i størrelsesordenen 6-13.000 individer i de sidste seks år, mens der i Skanderborg Sø sammenlagt er udsat 8.200 stk. i 1992 og 1993. Først i 1995 er der udsat et større antal sætteål (49.000 stk.) i 1995 (Berg, personlig samtale). Med en størrelse på 10-12 cm på det tidspunkt fiskeundersøgelsen er foretaget, er det betænkeligt få, der er registreret i fangsten.

I følge de erhvervsmæssige fiskeriindberetninger, figur 34, er fangsten af ål faldet voldsomt fra af tresserne frem til i dag. Sammenholdt med den generelle tilbagegang i ålefangsterne her i landet kan det derfor konkluderes, at ålebestanden i Skanderborg Sø i det seneste kvarte århundrede har været i tilbagegang, og i dag må betegnes som utilfredsstillende.



Figur 34. Indberetninger af erhvervsmæssig fangst af ål i perioden 1950-1993 (Danmarks Fiskeriundersøgelser, 1993).

Den ringe bestand af ål skal først og fremmest søges i en generel tilbagegang i indvandring af glasål til danske farvande. Endvidere kan den lange vej fra havet til Mossø på ca. 130 km med dårlige passageforhold være en begrænsende faktor for tilgang af ål til søen. Endelig kan konkurrencen om fødegrundlaget af bundinvertebrater med hork og især den tætte bestand af brasen være en faktor af meget stor betydning for bestanden

af spidssnudet ål. En decimering af brasenbestanden kan derfor formodes at have en positiv indflydelse på ålebestanden.

4.9. Knude (*Lota lota*)

Der er kun fanget én mindre knude under denne fiskeundersøgelse.



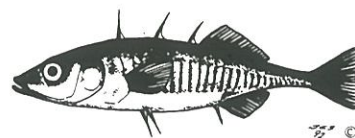
Vurdering

Hvor knuden er talrig, spiller den som voksen en vigtig rolle som fiskeprædator over for især hork og smelt og i mindre grad over for aborre. I mangel af småfisk kan knuden ernære sig på større bundinvertebrater. Larven lever pelagisk i littoralzonen, hvor den æder større zooplankton, men allerede ved 3 cm's længde sker der et fødeskift til bundinvertebrater. De yngre aldersgrupper af knude holder til i bredzonen, mens de større individer, der er udprægede rovfisk, holder til på dybere vand.

Det er sandsynligt, at fangsten af et enkelt individ giver et fejlagtigt indtryk af bestandens størrelse. Knuden fanges kun i ringe omfang i passive redskaber som garn, idet den sædvanligvis er en mindre aktiv fisk i lighed med gedde, foruden at dens glatte og langstrakte kropsform vanskeliggør fangst med garn. Elektrofiskeriet giver derfor de bedste resultater, men kun med hensyn til de mindre individer, der lever i bredzonen. Der er dog ingen tvivl om, at forekomsten af knude i Skanderborg Sø ikke er stor, hvorfor den som rovfisk kun spiller en mindre rolle i søens økologiske helhed.

4.10. Trepigget hundestejle (*Gasterosteus gasterosteus*)

Bestanden af trepigget hundestejle i søen er, vurderet ud fra fangsterne, almindeligt relativt beskeden. Alle hundestejlerne er mindre end 6 cm



Vurdering

Trepigget hundestejle forekommer på lavt vand i alle typer af fersk- og saltvand, hvor saltholdighed er mindre end 35‰. Der findes såvel vandrende som stationære bestande. Føden består af fiskelarver, -yngel og -rogn samt zooplankton. Selv er den trepiggede hundestejle fødeemne for især ål, aborre og ørred.

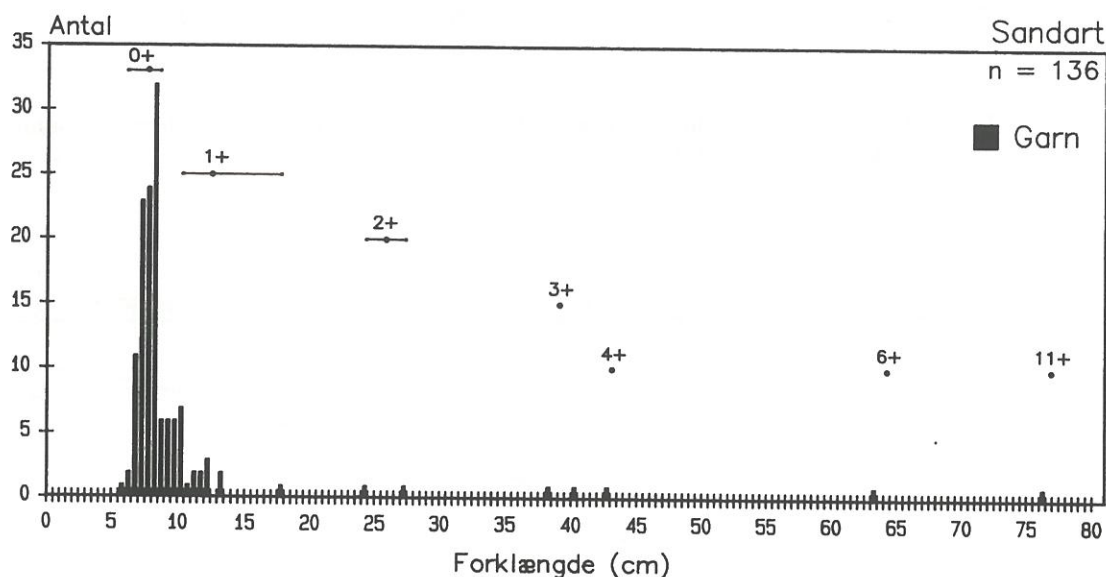
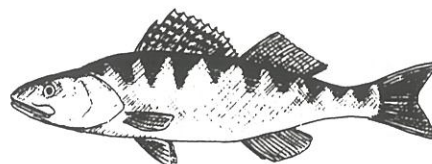
Bestanden af trepigget hundestejle kan være større end de foreliggende resultater viser. Fiskens ringe størrelse kan gøre den let at overse ved elektrofiskeri, især når vandet er uklart. Bestanden af hundestejle i Skanderborg Sø er antageligt almindelig, men spiller i kraft af fiskens ringe størrelse kun en mindre rolle. Den er dog medvirkende til at øge

prædationstrykket på zooplanktonet i bredzonen, men bestanden reguleres formentligt hårdt af især aborren.

4.11. Sandart (*Lucioperca lucioperca*)

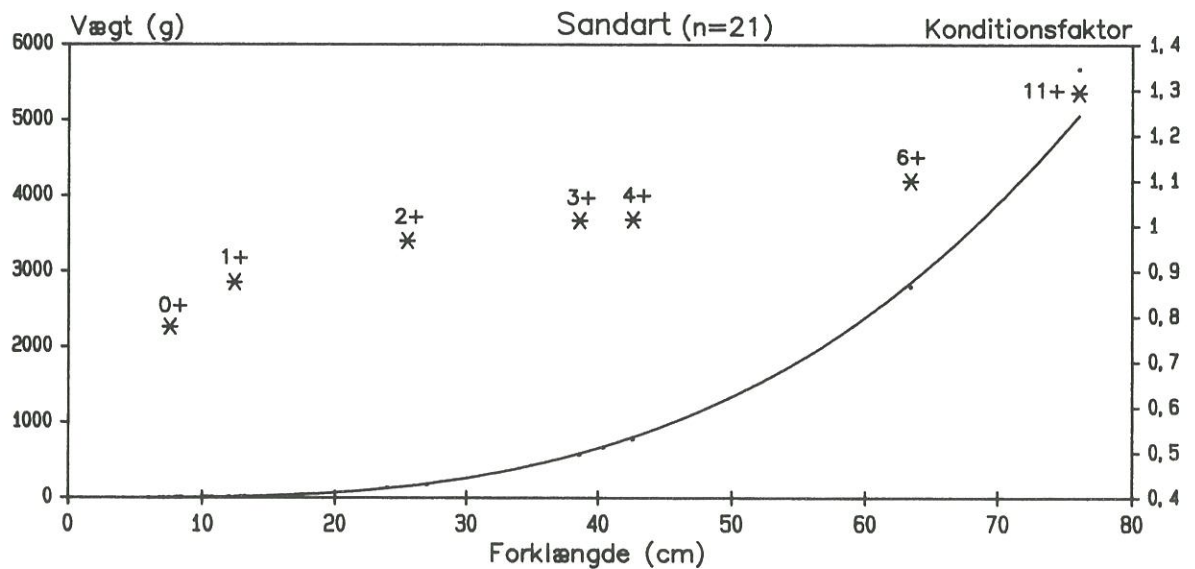
Fangsten af sandart er domineret af fisk under 18 cm, der består af årsyngel og etårs-fisk, figur 35. Denne gruppe udgør mere end 95% af den samlede fangst af sandart. Hos de større sandart, som ligger i intervallet 24-76 cm, er der stor spredning, og de spænder over aldersgrupper fra to til elleveårige fisk.

Sandart er udelukkende fanget i garn, men fangsterne er jævnt fordelt over hele søen.

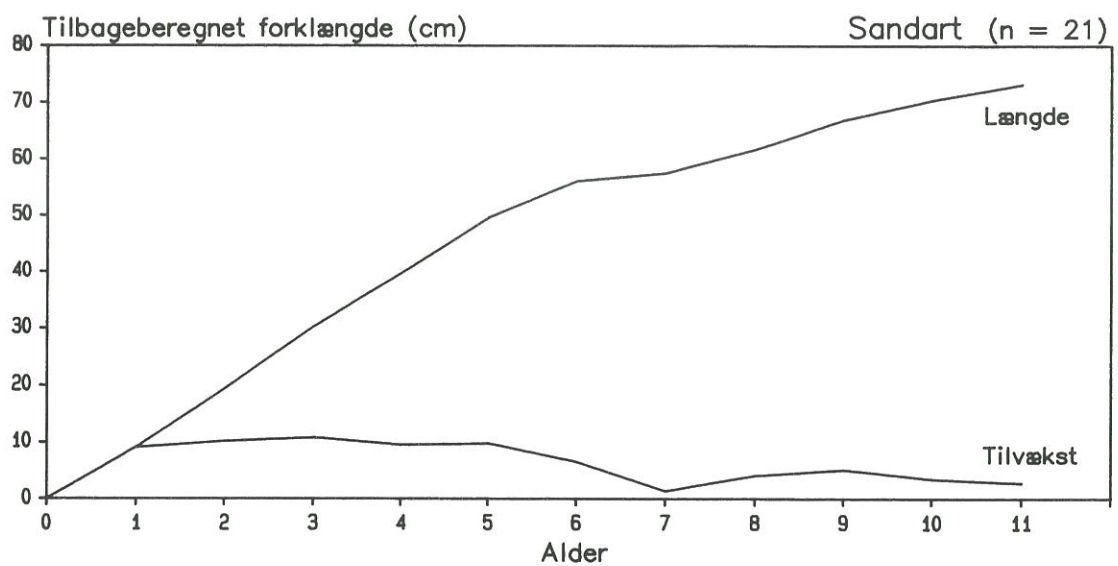


Figur 35. Længdehyppighed for sandart i Skanderborg Sø, 1995. Middellængde og længdeinterval for aldersgrupperne er beregnet på grundlag af delprøven udtaget til skælanalyse, jf. bilag 8.

Længde-vægtforhold og aldersafhængige konditionsfaktorer for sandart i Skanderborg Sø er vist i figur 36. Konditionen er mindst hos de yngste aldersgrupper, men øges hurtigt i de første leveår for derefter at være relativt uændret. Det skal bemærkes, at længde-vægt forholdet er baseret på et skævt vægtet data, hvor relativt mange små fisk, men kun få store fisk indgår.



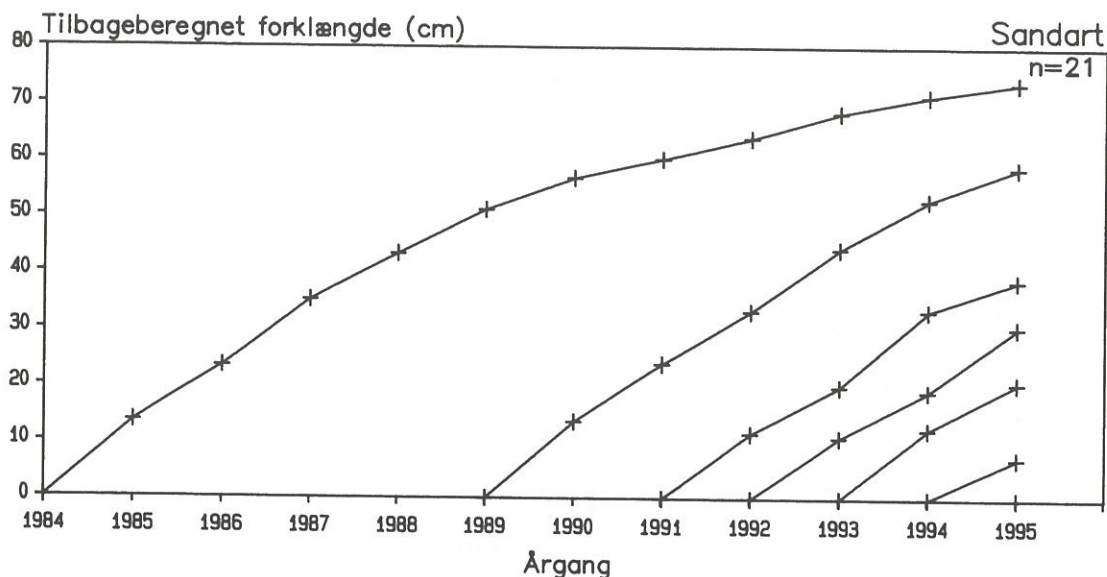
Figur 36. Længde-vægt forhold og gennemsnitlige konditionsfaktorer for hver aldersgruppe hos sandart i Skanderborg Sø, 1995. Regressionsparametre er angivet i bilag 9.



Figur 37. Gennemsnitlig vækstkurve og årlig tilvækst for sandart i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.

Den beregnede vækstkurve, figur 37, viser, at sandart i de første fem år har en forholdsvis jævn tilvækst. Herefter falder tilvæksten markant, hvilket dog ikke er entydigt, idet kun

én fisk ligger til grund for vækstberegningerne til alderen 7 år og derover. Væksten hos de forskellige aldersklasser, figur 38, er således heller ikke repræsentativ for bestanden.

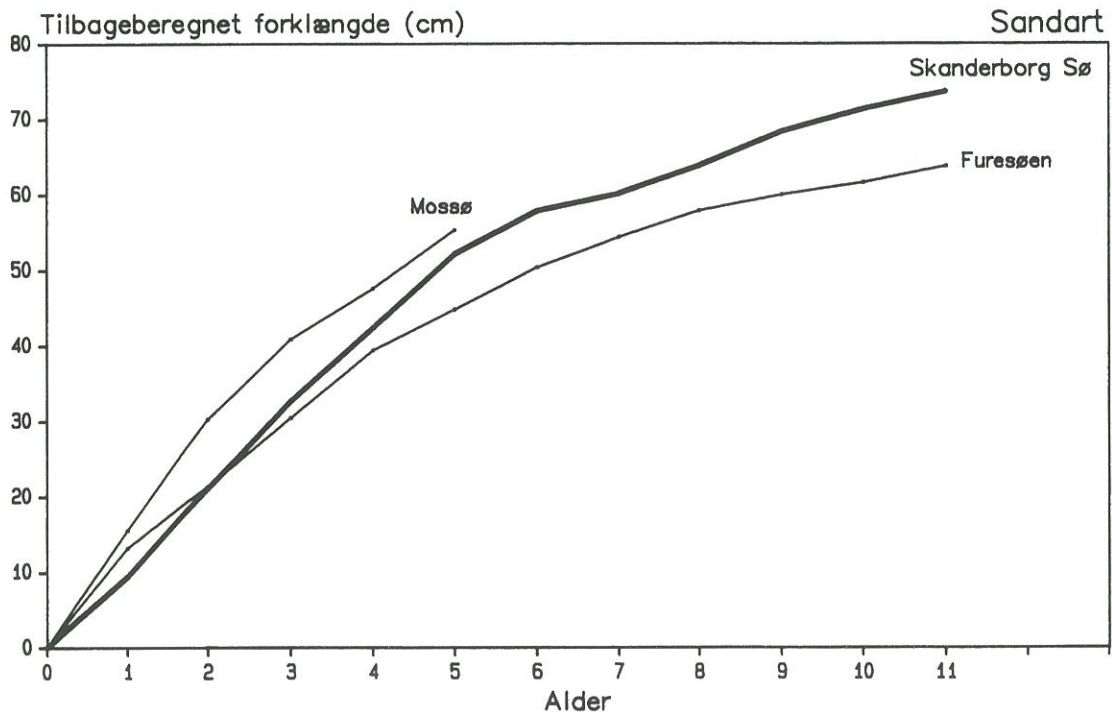


Figur 38. Vækstkurver for de forskellige årgange af sandart i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.

Vurdering

Sandart er en aborrefisk og er ikke naturligt hjemmehørende i den danske fiskefauna, men er siden slutningen af det attende århundrede udsat i et betydeligt antal danske søer. Den er knyttet til søens frie vandmasser, hvor den lever som rovfisk. Også ynglen, der som spæd lever af større zooplankton og mindre invertebrater, lever i de frie vandmasser. De voksne sandart lever udelukkende af fisk og kan have stor betydning for reguleringen af bestanden af skidtfisk. Sandartens mund er mindre end geddens, og derfor tager den kun fisk, der er op til 12% af sin egen vægt. Det betyder, at store skaller og brasen ikke indgår i dens fødevalg. I sommeruklare søer kan sandarten erstatte gedde som den dominerende rovfisk, idet den jager ved hjælp af lugte- og følesans fremfor synssansen.

Sandarten er udsat i Skanderborg Sø i 1903 og 1904, og bestanden synes at trives godt. Der er tilsyneladende således en stor overproduktion af yngel hvert år, som trækker ned i vandsystemet og ud i Mossø (Skanderborg kommune, 1983; Poulsen, personlig samtale). Udtrækket finder formentligt sted som følge af fødemangel og konkurrence med små skalle, brasen og aborre. Selv kan sandarten i de første leveår være udsat for kraftig prædation fra store aborre, men også kannibalisme kan være udtalt i sandartbestande.



Figur 39. Beregnede gennemsnitlige vækstkurver for sandart i Skanderborg Sø, 1995 samt for to andre danske søer.

Sandarten i Skanderborg Sø vokser langsomt det første leveår, hvis den sammenlignes med sandarter fra andre søer, figur 39. Men efter det første leveår er væksten markant hurtigere med en vækstrate, der tilnærmelsesvis ligner den fra Mossø. Den er dog mere stabil over en længere periode end i Mossø. Væksten i Skanderborg Sø er ikke ændret markant gennem de sidste 30 år, idet en sandart på ca. 40 cm i dag gennemsnitligt er fire år som fundet ved tidligere undersøgelser i 1966 og 1982. Det viser, at sandartens fødespektrum er bredt. Som kuriosum skal det tilføjes, at det er almindeligt antaget, at smelt er et vigtigt fødeemne for sandart og betydende for dennes vækst, og siden halvfjerdsere er smelt ikke registreret i Skanderborg Sø.

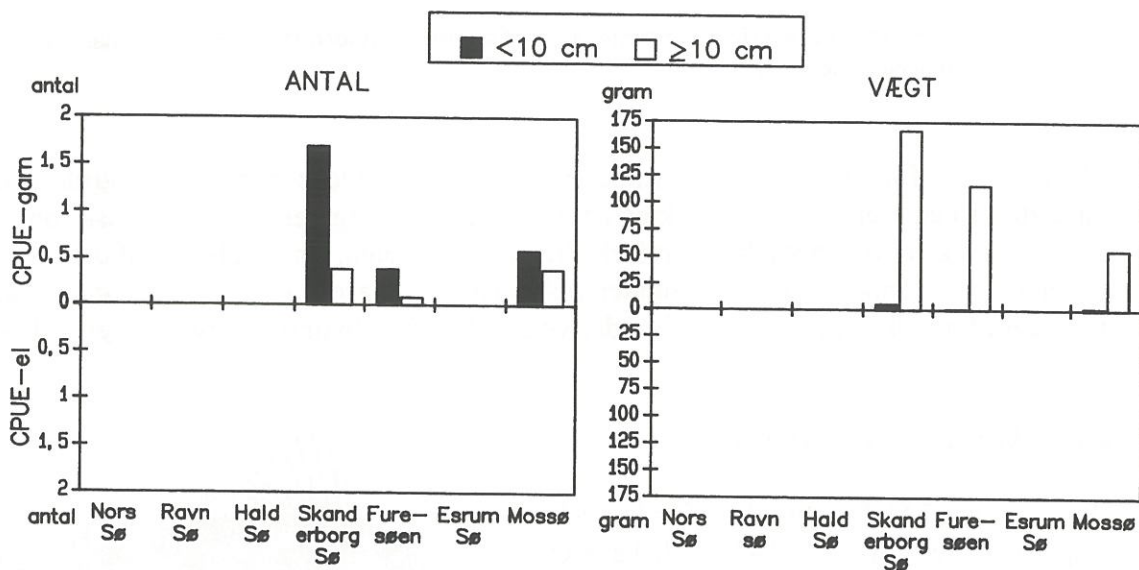
Sandarten i Skanderborg Sø kan blive stor. Dels er der fanget et eksemplar på godt 6 kg under fiskeundersøgelsen, dels meldes der om fangst af en sandart på 10 kilo for to år siden (Poulsen, personlig kommentar).

Noget tyder således på, at fødegrundlaget for årsynglen er en begrænsende faktor. Som det ses af figur 40, er tætheden af sandartyngel ualmindelig stor sammenlignet med Furesøen og Mossø. Endvidere er bestandene af konkurrerende fiskearter, som småaborre og brasen samt skalle, også relativt stor. Det fører uvilkårligt til en markant fødekonkurrence både sandart imellem og til aborre, skalle og brasen, hvor sandart formentligt er den svage part. Det ses også af størrelsesfordelingen, at der er et enormt henfald af sandart i yngelstadiet.

Når først sandarten når en størrelse, hvor den går over til at æde småfisk, er den dels mere konkurrencedygtig over for aborre, men fødeudbuddet er tilsyneladende også langt

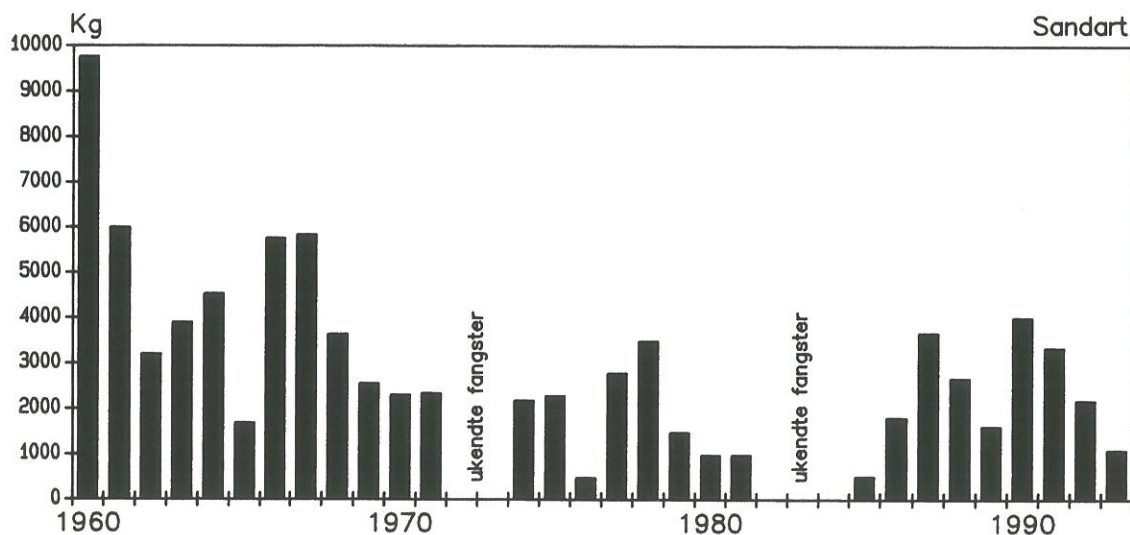
større. Dette forhold afspejles også i konditionsfaktorer, hvor konditionen er væsentligt dårligere hos årsynglen i Skanderborg Sø end den, der blev fundet i Mossø i 1993. For de ældre fisk er konditionen uden forskelle.

Sandartbestanden er som sagt markant ved en ualmindelig stor tæthed af yngel, mens tætheden af større fisk er mere almindelig, figur 40. Derimod er biomassen af fisk over 10 cm ret stor. Sandartbestanden må således betragtes som ret veludviklet i Skanderborg Sø, omend opvækstforholdene for ynglen er uhensigtsmæssigt dårlige. Det betyder, at en stor del af det potentiale, der ligger i sandarten som regulator af skidtfiskebestanden, går til grunde som følge af enorme henfald af yngel. Endvidere betyder det, at sandartbestanden er ret ustabil, idet rekrutteringen til de ældre aldersklasser blandt andet afhænger af intensiteten af fødekonekurrence på yngelniveau samt prædationstrykket fra store aborre og sandart. Det ser derfor ud som om, der er et tæt sammenspil mellem bestandenes størrelse og struktur af henholdsvis sandart, aborre, skalle og brasen. Herudover kan de meteorologiske forhold spille en rolle, idet der i varme somre kan forventes en øget yngelproduktion, mens kolde forår og somre modsat kan give udslag i manglende rekruttering.



Figur 40. CPUE-værdier for fangster i garn og ved elektrofiskeri af sandart i Skanderborg Sø, 1995 samt i seks andre danske søer.

Fangststatistikkerne fra Skanderborg Sø viser et stærkt svingende udbytte af sandart-fiskeriet, figur 41. Det skal selvfølgelig forudsættes, at fiskeritrykket er ens fra år til år, men der er en tendens til, at det årlige gennemsnitsudbytte er ca. 2.000 kg inden for den sidste dekade, hvilket svarer til ca. 2,7 kg/ha. Det kan synes af ret meget at fjerne mindst tre fjerdedele af den fangbare bestand af sandart på ca. 3,6 kg/ha (sandart >10 cm). Nok produceres der mindst 11 kg/ha sandart under 10 cm hver år, men mere end 95% af disse enten dør eller trækker ud af søen.

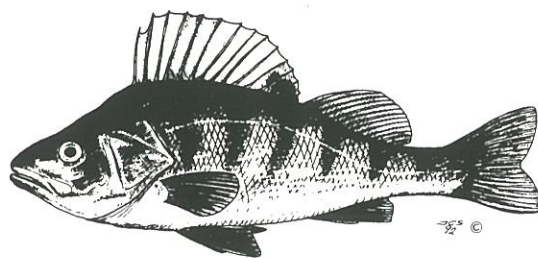


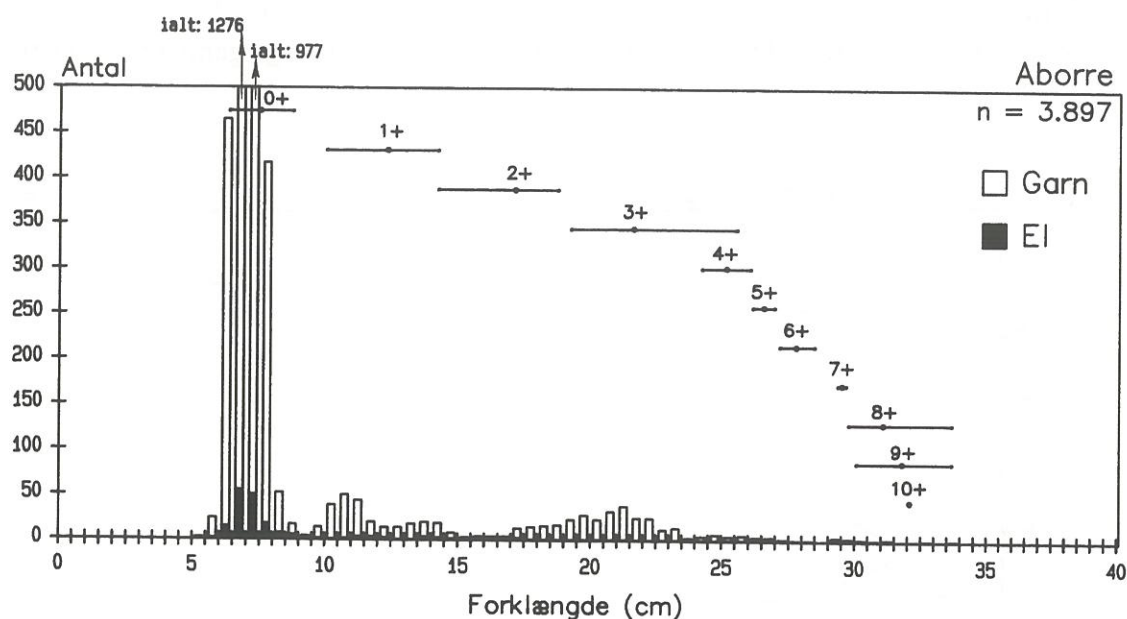
Figur 41. Indberetninger af erhvervsmæssig fangst af sandart i perioden 1960-1993 (Danmarks Fiskeriundersøgelser, 1995).

I betragtning af aborrebestandens struktur og geddebestandens størrelse og struktur må sandarten i dag være en vigtig faktor i forbindelse med regulering af skidtfisk, omend bestanden ikke er tilstrækkelig til at forbedre vandkvaliteten. En regulering af den øvrige fiskefauna i Skanderborg Sø, herunder reducere af brasen- og skallebestanden, kan antageligt forbedre overlevelsen af sandarttyngel til stadiet, hvor den bliver fiskeprædator.

4.12. Aborre (*Perca fluviatilis*)

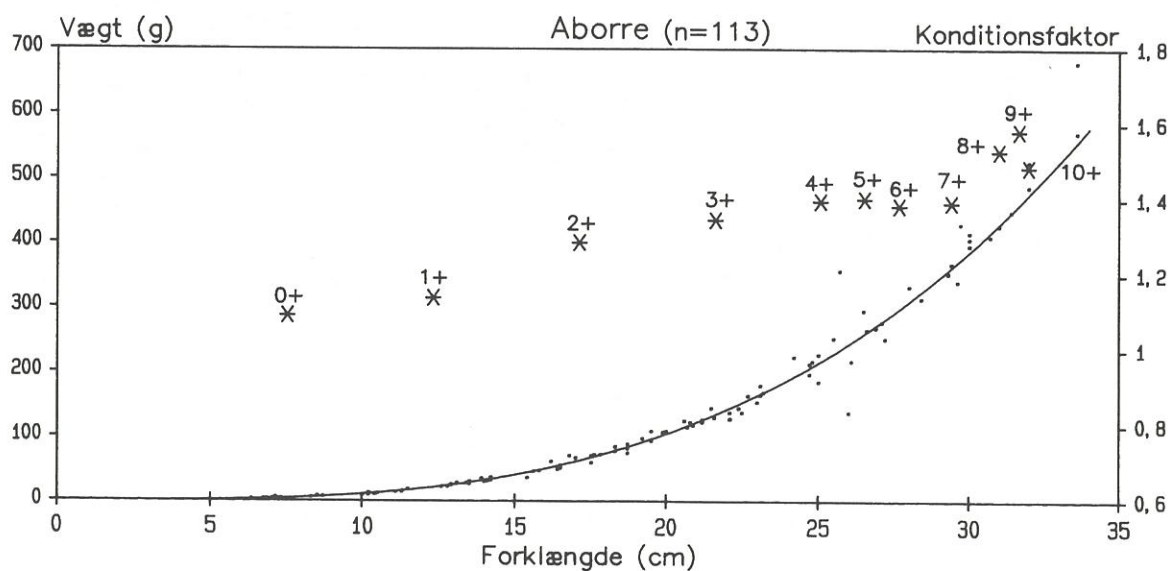
Der er fanget 3.897 aborre, heraf er kun 4% fanget ved elektrofiskeri. 84% af fiskene er mindre end 10 cm. For begge størrelsesgrupper gælder, at de er fanget jævnt fordelt over hele søen.





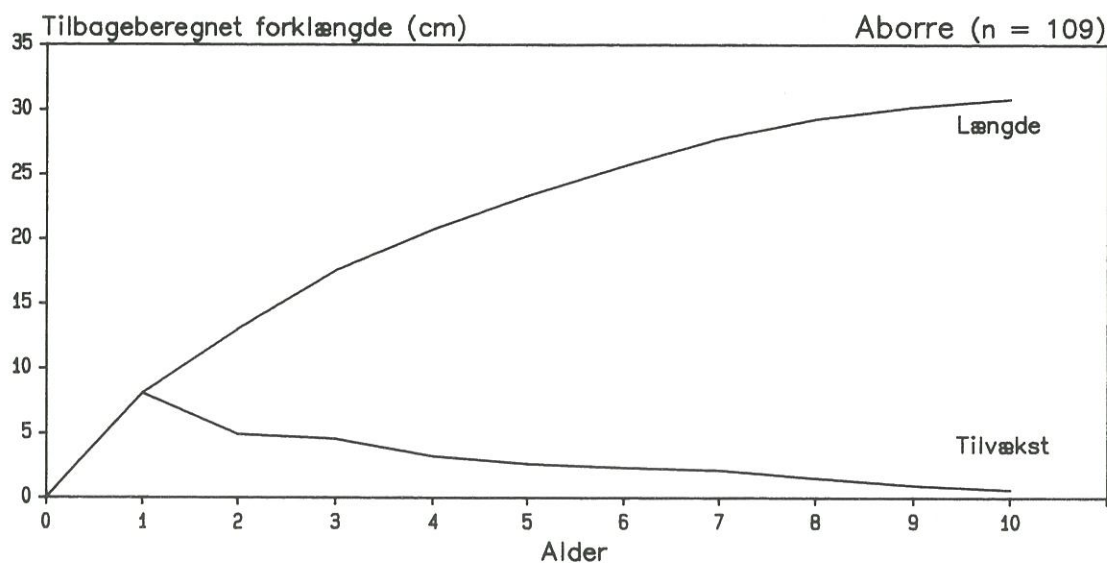
Figur 42. Længdehyppighed for aborre i Skanderborg Sø, 1995. Middellængde og længdeinterval for aldersgrupperne er beregnet på grundlag af delprøven udtaget til skælanalyse, jf. bilag 8.

Størrelsesfordelingen af aborre, figur 42, er karakteristisk ved, at aldersgruppe 0⁺ (årgang 1995) antalsmæssigt helt dominerer fordelingen. Aldersgruppe 2⁺ er forholdsvis dårligt repræsenteret, mens treårige aborre er godt repræsenteret set i forhold til et- og toårige. Aborre over fire år findes sporadisk, selvom der er ret gamle individer imellem.

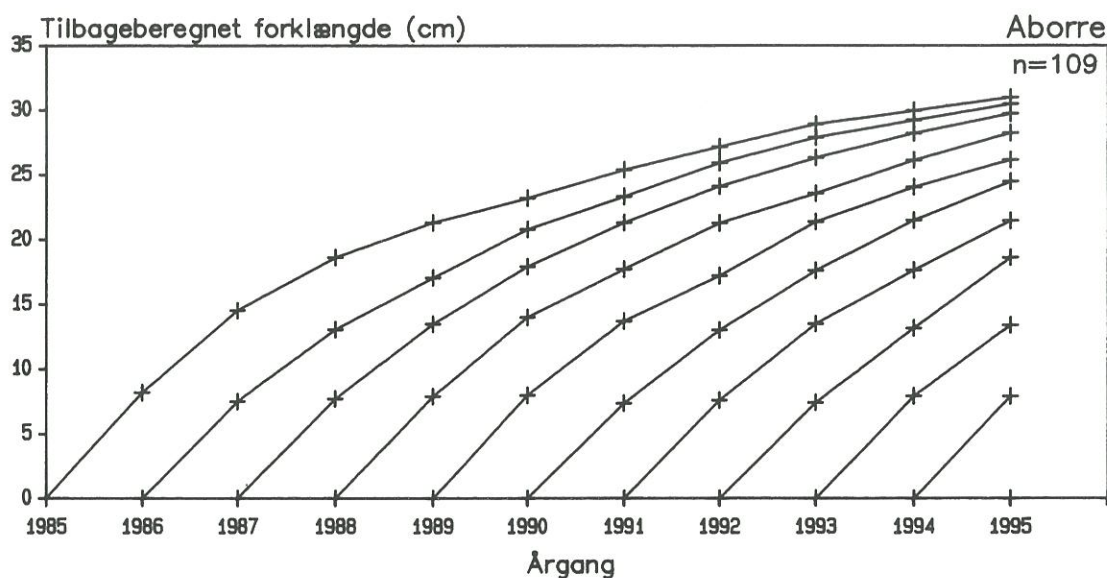


Figur 43. Længde-vægt forhold og gennemsnitlige konditionsfaktorer for hver aldersgruppe hos aborre i Skanderborg Sø, 1995. Regressionsparametre er angivet i bilag 9.

Indtil fireårsalderen øges konditionen jævnt med alderen, hvorefter der forekommer nogen spredning, figur 43. Vækstraten hos aborre er stabil, og den årlige gennemsnitlige tilvækst aftager meget jævnt med alderen, figur 44.



Figur 44. Gennemsnitlig vækstkurve og årlig tilvækst for aborre i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.



Figur 45. Vækstkurver for de forskellige årgange af aborre i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.

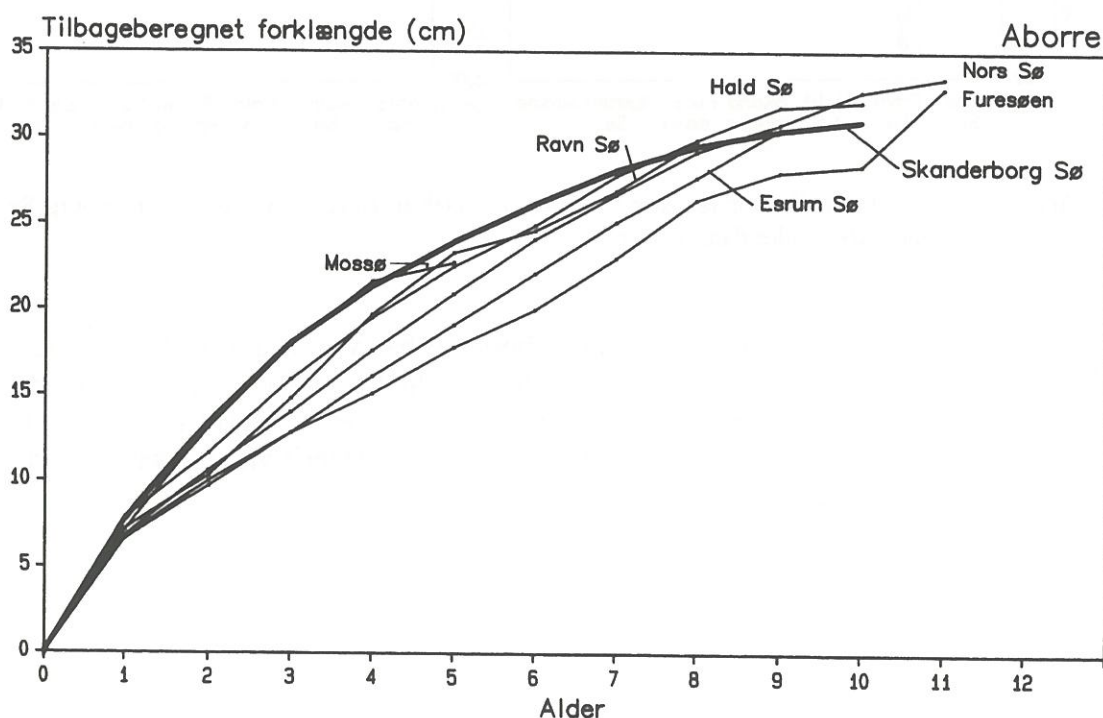
Der er ikke nogen markant forskel på væksten mellem de enkelte årgange, figur 45. Det fremgår, at tilvæksten efter sjette-syvende leveår er meget ringe.

Vurdering

Aborre er almindelig i alle danske søtyper med gode iltforhold, og den er ofte den dominerende rovfisk især i dybe søer. I de første måneder af aborrens liv, hvor den primært holder til i bredzonen, består føden først af mindre zooplankton sidenhen af større; men hurtigt ændres fødevalget til større dyr som eksempelvis insektlarver, tanglopper og fiskeyngel. De store aborre, der holder til uden for vegetationsgrænsen, er udprægede rovfisk, der udover at æde små skaller, brasen, hork og smelt også æder sine egne artsfæller.

Dødeligheden hos aborren er som hos sandart ret stor. Det skyldes blandt andet prædation fra større aborre, gedde, knude og sandart. Medvirkende er utvivlsomt også en udpræget fødekongurrence om zooplankton og mindre invertebrater, som er foretrukne fødeemner blandt yngel af de forskellige arter og individer i bredzonen. Det fører til, at de mindste og svageste individer i stort tal går til grunde hen på efteråret, efterhånden som fødegrundlaget reduceres. Fødegrundlaget for de større, rovlevende aborre er tilsyneladende ikke begrænsende ved, at der er en stor tæthed af småskaller, sandart, aborre og hork.

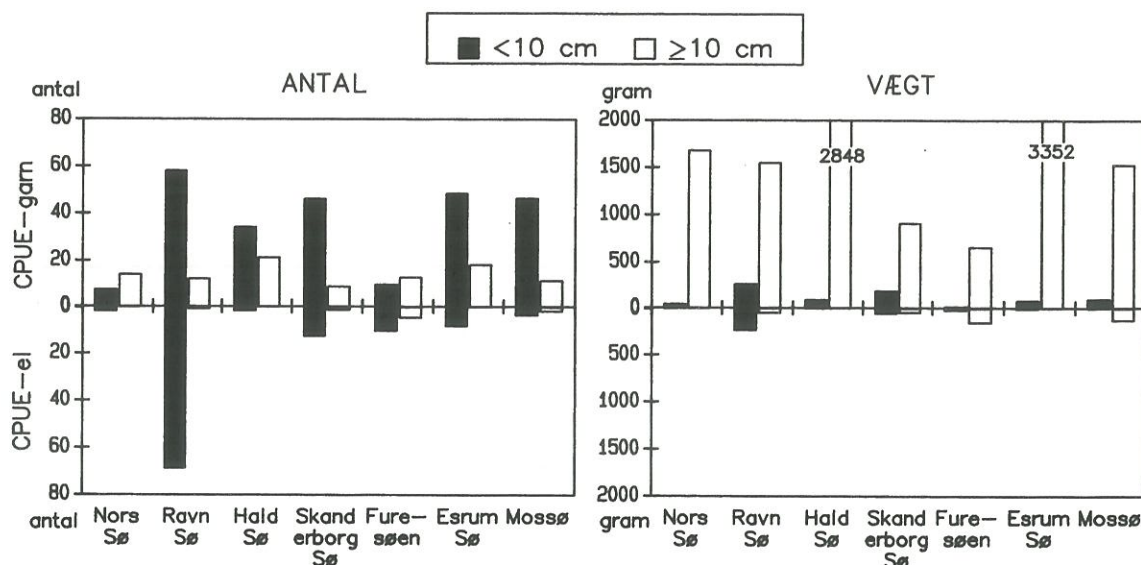
Væksten er således meget hurtig og konditionen god hos de større fisk. En mulig forklaring er den, at de svageste og langsomst voksende individer sorteres fra allerede i det første leveår, og at fødekongurrencen for de større individer, som er rovfisk, er minimal. Væksten hos aborre synes at være en anelse hurtigere i dag end fundet ved fiskeundersøgelsen i 1982. I dag er en niårig aborre således i gennemsnit 30 cm, hvorimod en aborre i 1982 i gennemsnit skulle være ti år for at opnå denne længde.



Figur 46. Beregnede gennemsnitlige vækstkurver for aborre i Skanderborg Sø, 1995 samt i seks andre danske søer.

I Skanderborg Sø er aborren udbredt og almindelig og den dominerende rovfisk både i antal og biomasse. I forhold til søens næringstilstand er aborrebestanden i tæthed og biomasse for fisk i størrelsesgruppen under 10 cm relativt stor, figur 47. I gruppen over 10 cm er bestanden både i tæthed og biomasse derimod ret lille i forhold til andre tilsvarende søer. En vurdering af aborrebestanden set i relation til søens næringsstofniveau og i relation til andre dybe søer må være, at bestanden er forholdsvis lille og har en dårlig størrelsesfordeling; men at aborren ellers har en rimelig kondition og en hurtig vækst.

Set ud fra et miljømæssigt standpunkt er strukturen dårlig. Aborre har i kraft af det store antal småaborre en vigtig rolle i forbindelse med prædation på zooplankton og er desuden næringskonkurrent til sandartyingel. Derimod forekommer den som den dominerende rovfisk kun i relativt få store individer og kan derfor ikke udøve det nødvendige prædationstryk på skidtfiskebestanden. I sådanne søer er det opfattelsen, at aborre er topprædator og den rovfisk, der er og bør være den regulerende faktor. Aborrebestanden vil som sandartbestanden kunne få en bedre struktur ved en hensigtsmæssig regulering af fiskebestanden.

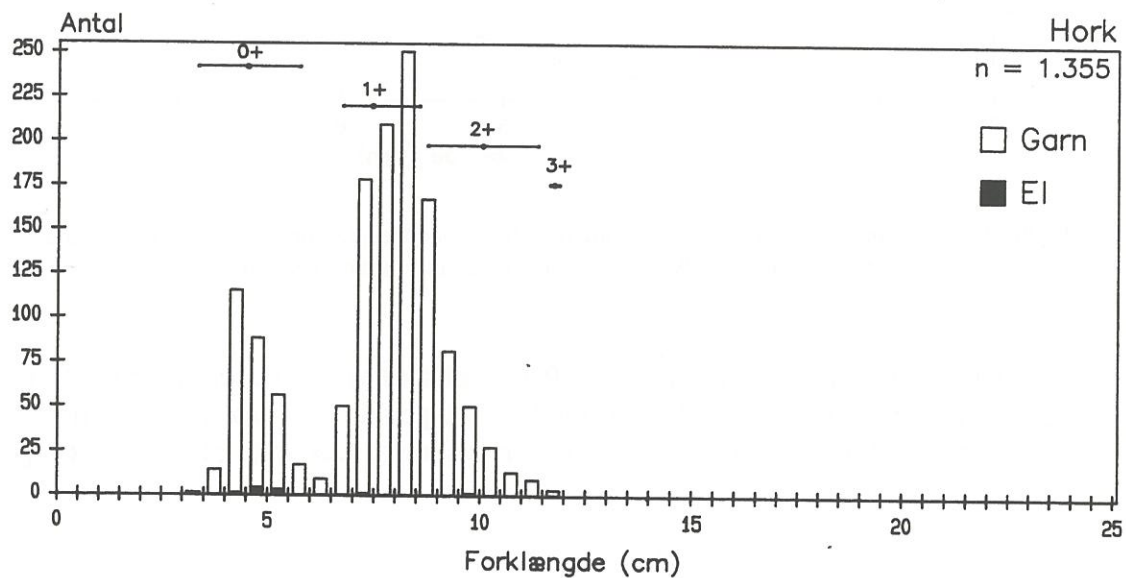
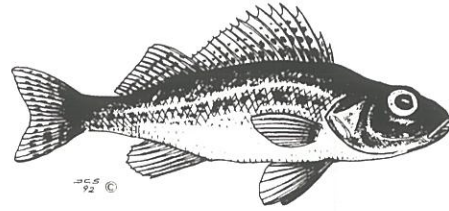


Figur 47. CPUE-værdier for fangster i garn og ved elektrofiskeri af aborre i Skanderborg Sø, 1995 samt seks andre danske søer.

Udbyttet af fiskeri efter aborre i Skanderborg Sø har været lavt og ligger siden 1960 gennemsnitligt på ca. 150 kg pr. år. Det største udbytte forekom i 1969, hvor der blev indberettet 489 kg. Der er en tendens til, at fangstudbyttet er blevet mindre med tiden. Hvorvidt det skyldes en mindre bestand eller mindre fiskeritryk er svært at vurdere på foreliggende grundlag.

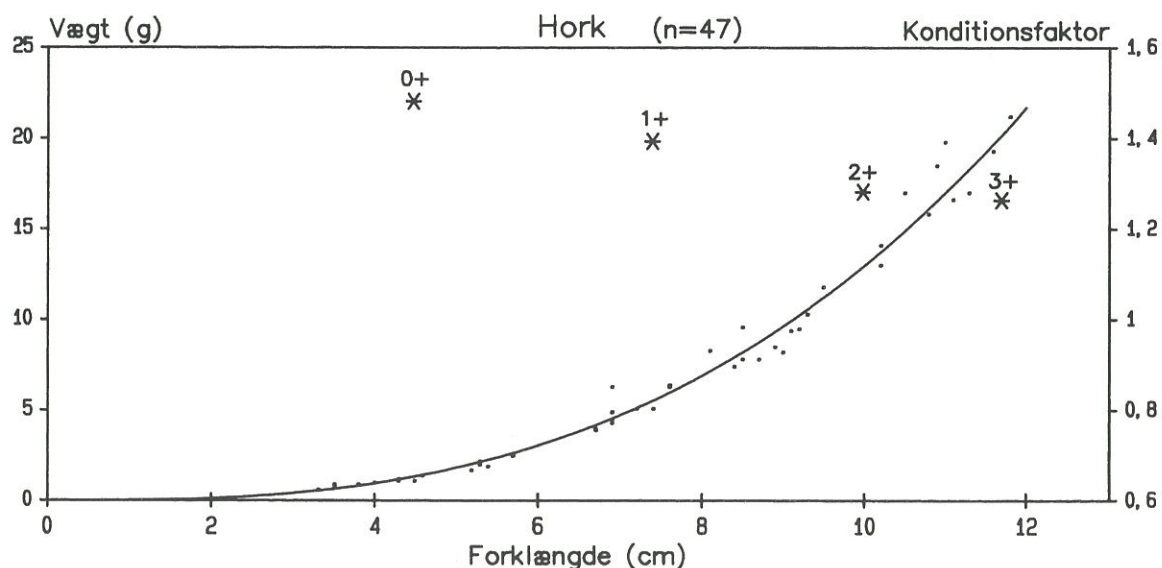
4.13. Hork (*Acarina cernua*)

Fangsten af hork er jævnt fordelt over hele søen. Så godt som hele fangsten på 1.355 individer er taget med de synkende biologiske oversigtsgarn uden forskel med hensyn til placeringen. Fangstens størrelsesfordeling, der ligger i intervallet 3-12 cm, er vist i figur 48. Fordelingen er karakteristisk ved to toppe, hvoraf den første udelukkende er årsyngel, mens den anden top består af tre aldersgrupper.



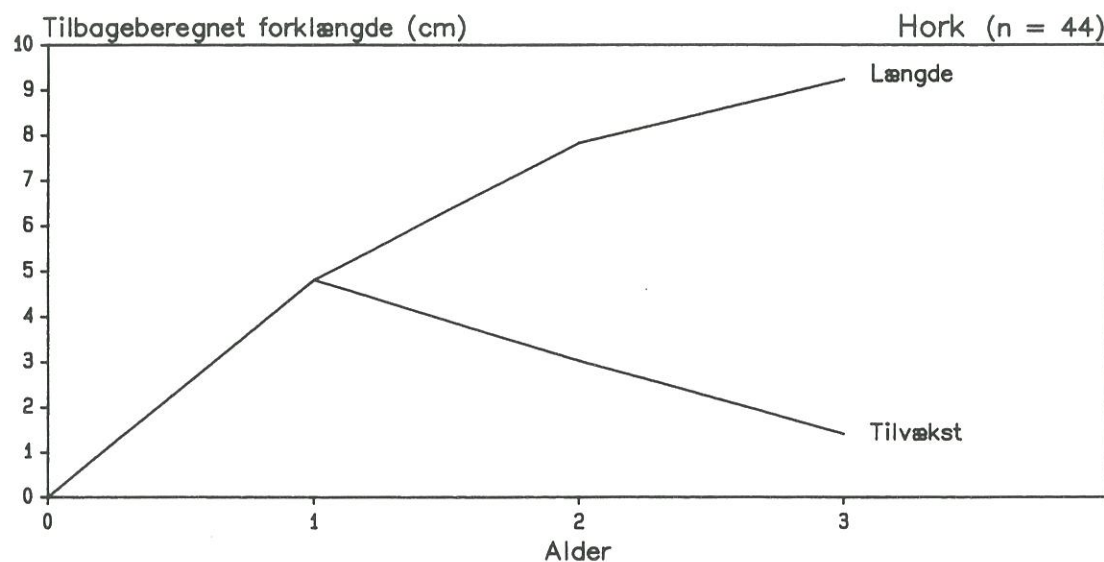
Figur 48. Længdehyppighed for hork i Skanderborg Sø, 1995. Middellængde og længdeinterval for aldersgrupperne er beregnet på grundlag af delprøven udtaget til skælanalyse, jf. bilag 8.

Længde-vægt forholdet og den aldersspecifikke konditionsfaktor er illustreret i figur 49. Konditionen er størst hos de yngste hork og falder derefter med alderen.

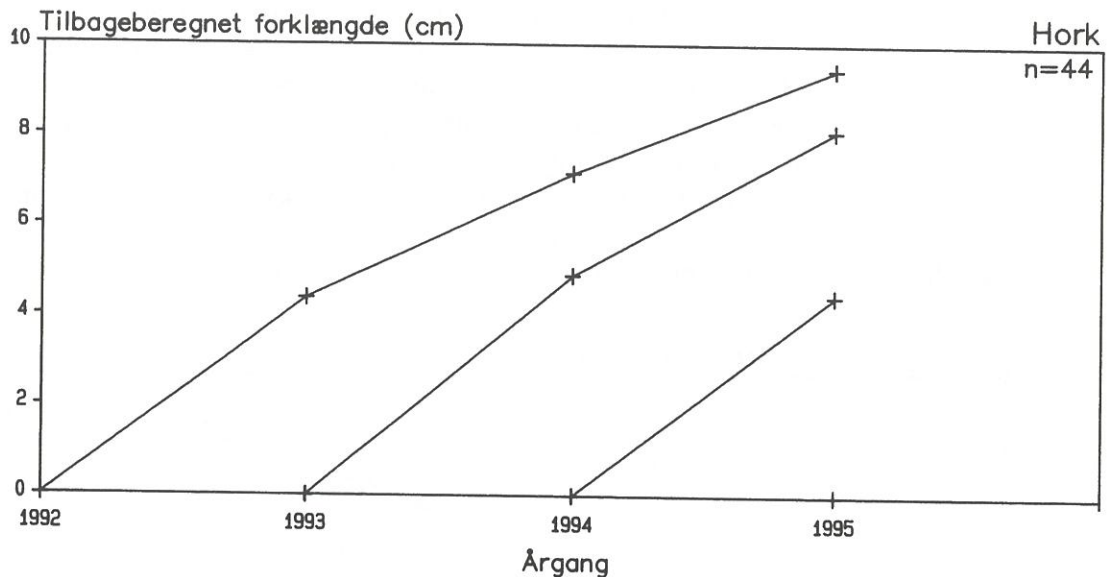


Figur 49. Længde-vægt forhold og gennemsnitlige konditionsfaktorer for hver aldersgruppe hos hork i Skanderborg Sø, 1995. Regressionsparametre er angivet i bilag 9.

Den gennemsnitlige vækstkurve, figur 50, og vækstkurver for de repræsenterede årgange, figur 51, viser et jævnt vækstforløb med en aftagende vækstrate med alderen. Årgang 1992 har, dog uden at være markant, den langsomste vækstrate af de tre årgange.



Figur 50. Gennemsnitlig vækstkurve og årlig tilvækst for hork i Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.



Figur 51. Vækstkurver for de forskellige årgange af hork Skanderborg Sø, 1995. Beregnede værdier findes i bilag 8 og regressionsparametre i bilag 9.

Vurdering

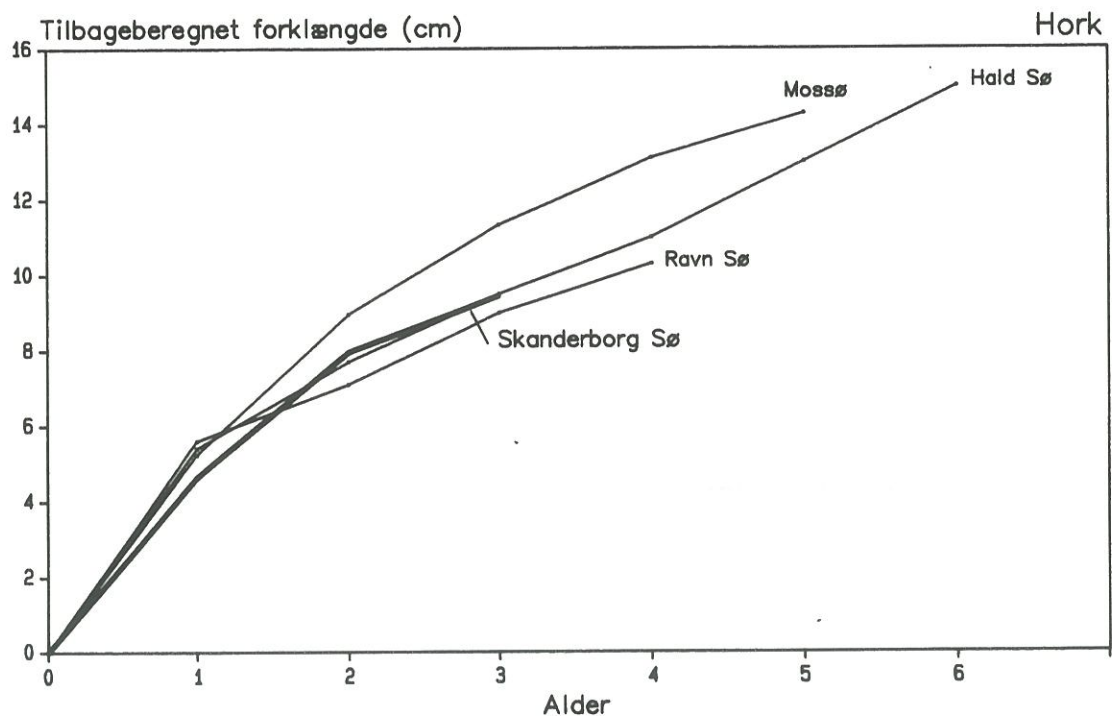
Hork er en udpræget bundfisk, der i vore søer lever både i bredzonen og på barbund. Her ernærer den sig af dansemyggelarver og andre bundinvertebrater, mens ynglens diæt fortrinsvis er zooplankton. Selv kan hork spille en væsentlig rolle som byttedisk for især knude, aborre, sandart og bredhovedet ål samtidig med, at den er næringskonkurrent til spidssnudet ål.

Hork er almindelig i Skanderborg Sø, men i kraft af sin ringe størrelse udgør den kun en mindre del af den samlede beregnede fiskebiomasse. Horken holder hovedsageligt til på barbund uden for vegetationsgrænsen på lidt dybere vand, hvilket fordelingen af fangster på de enkelte redskaber og deres placering vidner om.

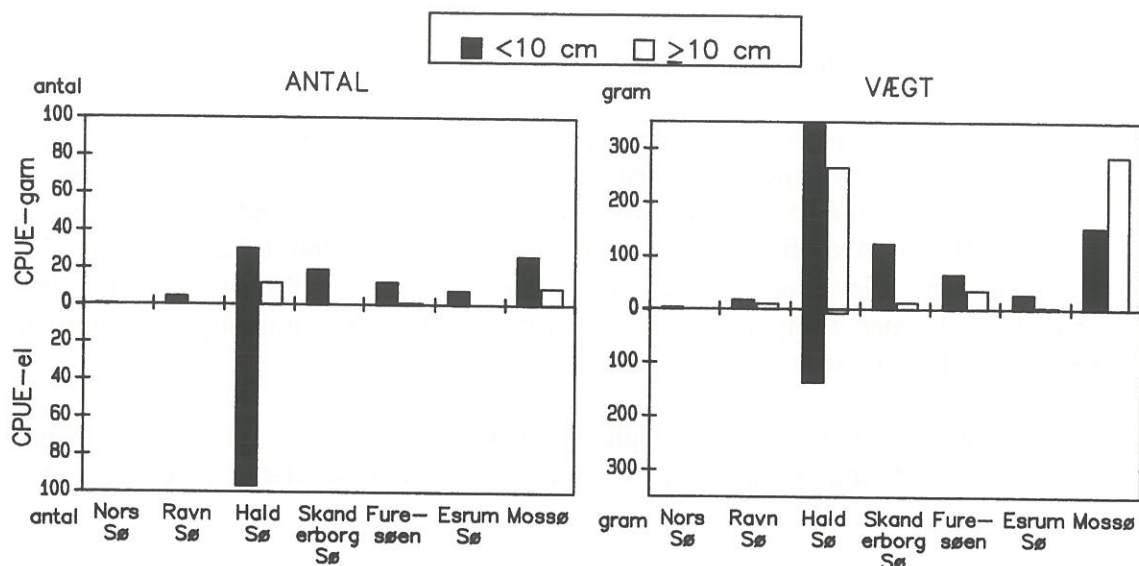
Umiddelbart tyder længdefordelingen på, at horkbestanden er ret ustabil, idet der kun er fanget relativt få årsyngel af hork, hvilket må betyde en varierende rekruttering. Den lille fangst af årsyngel er dog ikke ensbetydende med en ustabil bestand, men kan formentligt også tillægges metodiske usikkerheder. Forholdet, at hork kun i ringe omfang er fanget i bredzonen ved elektrofiskeri, at årsyngel kun er fanget i relativt begrænset antal, og at årsynglens længdegennemsnit synes mindre end længdefordelingen viser, kan betyde, at fangsten af årsyngel er sket med betydelig selektivitet af de større individer. Individer under fire cm fanges kun sjældent i de mindste garnmasker. Det er derfor svært at vurdere bestanden med udgangspunkt i rekruttering.

Såfremt ovennævnte selektivitet giver en for høj middelværdi af gennemsnitslængden for aldersgruppe 0⁺, betyder det også, at den tilbageberegnete vækst til alderen 1 er for stor

og må tages med forbehold. Det betyder, at væksten hos hork i Skanderborg Sø specielt det første år er meget langsom, mens væksten i det andet leveår er forholdsvis god sammenlignet med andre bestande af hork, figur 52. Væksten det første år, synes således at være kraftigt præget af den ringe tilgængelighed af dyreplankton og den hårde konkurrence med anden fiskeyngel og skidtfiskene. Væksten forbedres, når kosten ændres til bunddyr. Den ringe gennemsnitslevealder sammenlignet med hork fra de andre søer tyder dog også på, at fødekongurrencen stadig er en markant faktor eller, at større hork er udsat for et stort prædationstryk. Da sidstnævnte tilsyneladende ikke er tilfældet, fordi bestandene af rovfisk (aborre og sandart) og bredhovedet ål ikke er store, må der være tale om et ustabilt fødegrundlag af bunddyr og en udpræget fødekongurrence.



Figur 52. Beregnede gennemsnitlige vækstkurver for hork i Skanderborg Sø, 1995 samt i tre andre danske søer.



Figur 53. CPUE-værdier for fangster i garn og ved elektrofiskeri af hork i Skanderborg Sø, 1995 samt seks andre danske søer.

Generelt set er horkbestandens tæthed og biomasse ret almindelig for en stor, dyb og næringsrig sø, hvor den største næringskonkurrent (brasen) er talrig, figur 53. Bestandens struktur og størrelse synes således også at understrege, at der er et tæt sammenspil mellem mængden af bunddyr, horkbestanden og brasenbestanden. Således er der meget, der tyder på, at en stor brasenbestand undertrykker horkbestanden, såfremt mængden af bunddyr ikke er meget stor (Århus Amt, 1994).

Horkbestandens betydning for søens miljøtilstand er antageligt af mindre betydning og spiller kun en lille rolle som zooplanktivor i yngelstadiet. Derimod er den vigtigere for dele af den øvrige fiskefauna, hvor den er vigtig føde for både sandart og store aborre.

5. Vurdering af den samlede fiskebestand

5.1. Fiskebestandens sammensætning

Af de ved denne fiskeundersøgelse 12 registrerede arter er gedde, skalle, rudskalle, brasen, ål, knude, trepigget hundestejle, aborre og hork udbredte og almindelige i danske søer med samme morfometri som Skanderborg Sø. Helt og sandart forekommer også almindeligt, hvor disse fiskearter er udsat. Flire er mindre udbredt i de store og dybe søer og forekommer tilsyneladende kun i Mossø og Skanderborg Sø. Brasenskalle, der ikke er en fiskeart, men en hybrid mellem brasen og skalle, er almindeligt forekommende i søer, hvor disse to arter findes i tætte bestande.

De enkelte arters omtrentlige hyppighed i Skanderborg Sø er vist i tabel 8. Grundlaget for denne vurdering af artssammensætningen er undersøgelsens resultater og lokal information.

Art	Hyppighed 1995
Søørred (<i>Salmo trutta</i>)	+
Helt (<i>Coregonus lavaretus</i>)	+++
Gedde (<i>Esox lucius</i>)	+++
Skalle (<i>Rutilus rutilus</i>)	+++++
Rudskalle (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	++
Flire (<i>Blicca bjoerkna</i>)	+++
Brasen (<i>Abramis brama</i>)	+++++
Brasenskalle (<i>A. brama</i> X <i>R. rutilus</i>)	+
Ål (<i>Anguilla anguilla</i>)	++
Knude (<i>Lota lota</i>)	++
Trepigget hundestejle (<i>Gasterosteus gasterosteus</i>)	+++
Sandart (<i>Lucioperca lucioperca</i>)	+++
Aborre (<i>Perca fluviatilis</i>)	+++
Hork (<i>Acarina cernua</i>)	+++

Tabel 8. Status for fiskebestandens skønnede sammensætning i Skanderborg Sø i 1995: + sjælden, ++ fåtallig, +++ almindelig, ++++ talrig, og +++++ meget talrig.

Foruden de i undersøgelserne registrerede arter vides det, at søørred i dag findes i søen omend i et lille antal. Lokale lystfiskere fanger hvert år et mindre antal søørreder, og ved fiskeundersøgelsen i 1982 (Skanderborg kommune, 1984) blev der fanget 10 søørreder. Der udsættes hvert år ørredyngel i tilløbene til søen. Endvidere forekommer der lejlighedsvis regnbueørred (*Salmo mykiss*), som dog formentligt stammer fra udslip fra

dambrug. Ved undersøgelsen i 1982 blev der fanget ét eksemplar. Smelt (*Osmerus eperlanus*) var tidligere almindelig i søen, men den forsvandt i begyndelsen af halvfjerdserne (Poulsen, personlig kommentar).

Med to arter af laksefisk, søørred og helt, er laksefiskene almindeligt repræsenteret set i relation til den generelle repræsentation af laksefisk i danske søer. De fire arter af karpefisk er med undtagelse af flire udbredte og almindelige i næsten alle danske søtyper. Alle tre aborrefisk er repræsenteret, og aborre og hork er karakteristiske for søtypen, mens sandart er udsat og trives godt. Torskefisk, knude, er en almindelig repræsentant for de store, kølige søer, men er dog mest almindelig i forholdsvis klarvandede søer.

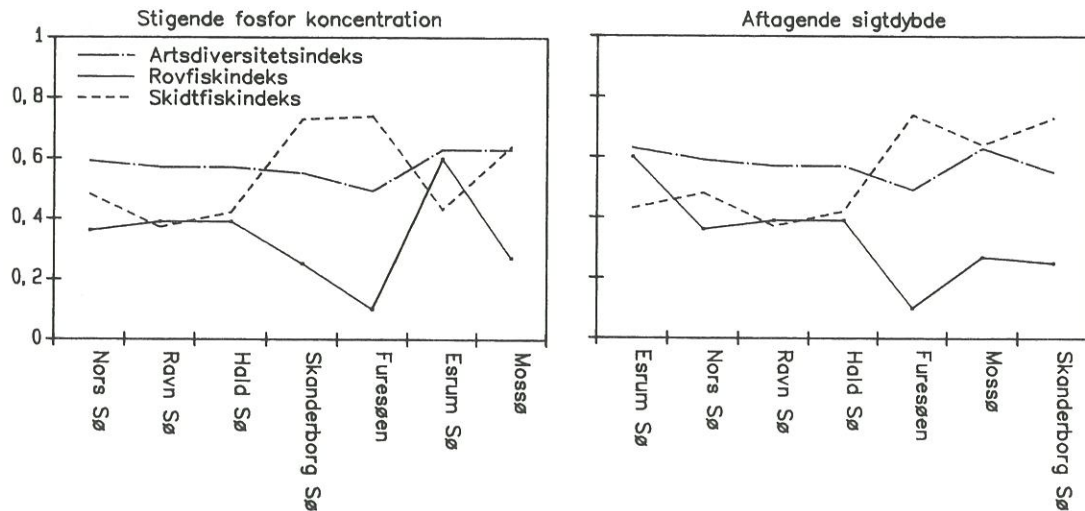
Med i alt 12 registrerede fiskearter, incl. søørred, ligger artsdiversiteten lidt over gennemsnittet for danske søer. Det gennemsnitlige niveau af arter er ca 10 arter, og de artsrigeste danske søer har et artsantal på 14-19 arter, hvilket kun er registreret i få søer, heriblandt Mossø, som tegner sig for rekorden på 19 arter registreret ved én undersøgelse.

	Nors Sø	Hald Sø	Ravn Sø	Skanderborg Sø	Furesø- en	Esrum Sø	Mossø
	1991	1991	1992	1995	1991	1990	1993
Artsdiversitetsindeks I_a	0,59	0,57	0,57	0,55	0,49	0,63	0,63
Rovfiskeindeks I_R	0,36	0,39	0,39	0,25	0,10	0,60	0,27
Skidtfiskeindeks I_S	0,48	0,37	0,42	0,73	0,74	0,43	0,64

Tabel 9. Indeks for artsdiversitet, rovfisk og skidtfisk i Nors Sø (Viborg Amt, 1992b), Hald Sø (Viborg Amt, 1992a), Ravn Sø (Århus Amt, 1993a), Skanderborg Sø, Furesøen (Københavns Amt, 1992) og Esrum Sø (Frederiksborg Amt, 1991). Hvor indeks ikke er oplyst i referencen, er den beregnet ud fra rådata.

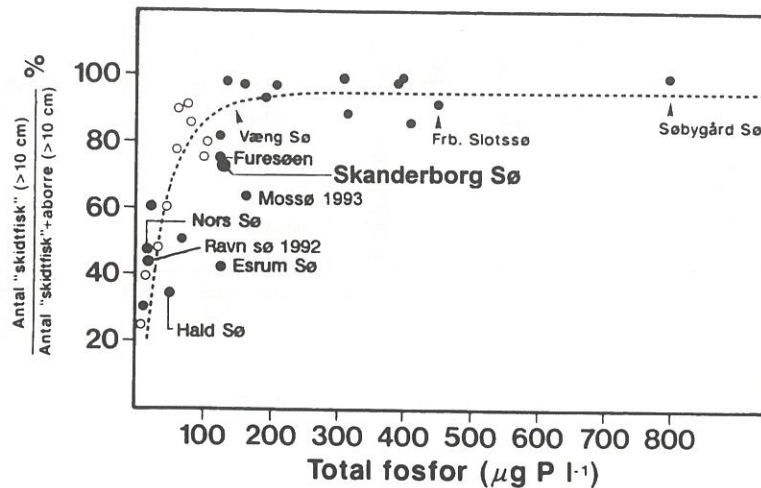
Det vægtbaserede artsdiversitetsindeks er et mål for antallet af fiskearter, der vægtmæssigt har betydning. Indekset ligger mellem nul og ét. Et højt artsdiversitetsindeks viser, at fiskefaunaen er domineret af en enkelt art, mens et lavt indeks betyder, at flere arter deler søens ressource eller udnytter den på forskellig vis. Er der flere arter om samme fødegrundlag, eksempelvis i en meget næringsrig brasen-skalle sø, fører det til en betydelig konkurrence mellem arterne. I den næringsfattige sø er der flere forskellige føderessourcer og habitater, hvorved konkurrencen mindskes mellem fiskearter.

Der er ikke store udsving i artsdiversitetsindeks for fiskebestande i søer med morfometriske forhold som Skanderborg Sø, tabel 9 og figur 54. Indekset ligger for alle de her nævnte søer inden for intervallet 0,55-0,63 på trods af, at miljøtilstanden er meget forskellig. Det betyder, at søernes ressourcer primært udnyttes af to til tre arter uanset søen næringsstatus. I Skanderborg Sø er det især skalle, der påvirker indekset i opadgående retning. Aborre og brasen, der udnytter andre fødegrundlag, er også vægtmæssigt godt repræsenteret og er med til at give Skanderborg Sø et relativt lavt indeks.



Figur 54. Indeks for artsdiversitet, rovfisk og skidtfisk for syv store, dybe søer. Søerne er arrangeret dels efter stigende fosforkoncentration dels efter aftagende sigtddybe, jf. tabel 9.

I figur 54 er artsdiversitet, rovfiskeindeks og skidtfiskeindeks afbilledet som funktion af store, dybe søer arrangeret dels efter stigende fosforkoncentration dels efter aftagende sigtddybe. Når der ses bort fra Esrum Sø, der er kvælstofbegrænset, synes der at være et klart forhold mellem rovfiskeindekset og skidtfiskeindekset afhængig af næringsstofniveauet og sigtddybe således, at ved en bestemt grænseværdi øges forskellen drastisk mellem rovfiskeindekset og skidtfiskeindekset. Figur 54 og tabel 9 antyder, at disse grænseværdier ligger i intervallet 80-120 μg for fosforniveauet og 2-3 m for sigtddybe. På grundlag af de få undersøgte store, dybe søer er ovennævnte grænseværdier tilsyneladende de eneste retningslinier for at bedømme denne type søer i forbindelse med stabilitet i fiskebestanden og biomanipulation.



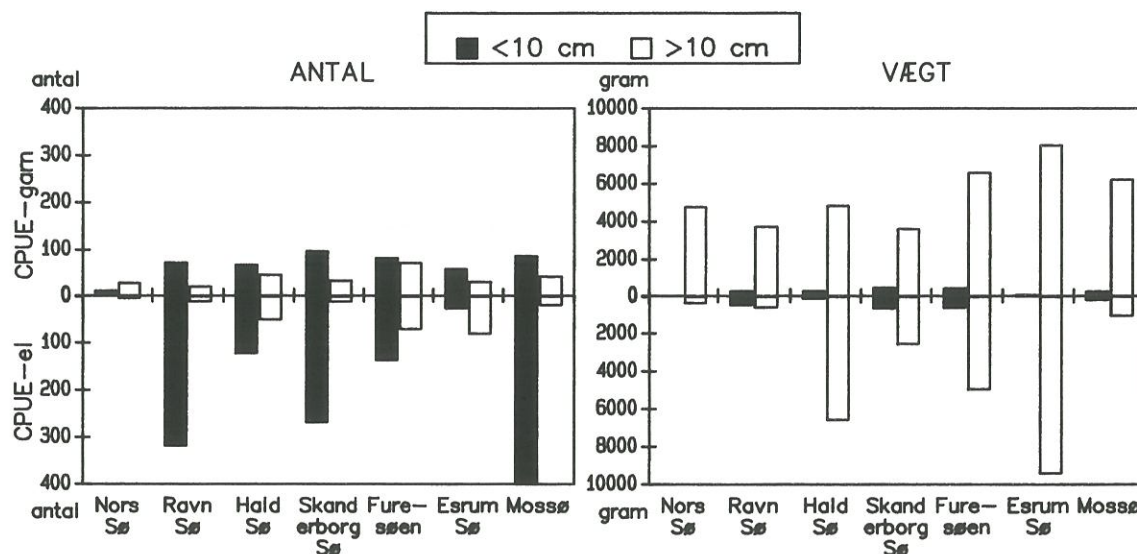
Figur 55. Skidtfiskeindeks afbildet som funktion af næringsstofniveau målt som sommerkoncentration af totalfosfor i Skanderborg Sø, 1995 og en serie danske søer (efter Jeppesen et al., 1989).

Dette niveau for fosforkoncentrationen er også, hvad modellen i figur 55 anvender som et grænseniveau for, hvor rovfiskebestanden mister evnen til alene at regulere skidtfiskebestanden. Skanderborg Sø følger nogenlunde modellen for sammenhængen mellem skidtfiskeindeks og næringsstofniveau i danske søer. Skidtfiskeindekset er dog en anelse lavere, end det gennemsnitligt kunne forventes til det aktuelle næringsstofniveau, hvilket synes at være en generel tendens i de store dybe søer.

Det skal understreges, at skidtfiskeindekset alene er baseret på aborrebestanden, hvorfor ovenstående model skal vurderes under hensyntagen til eventuelle tætte bestande af andre rovfisk. For Skanderborg Sø betyder det ikke nogen væsentlig ændring, idet de tre andre rovfisk, gedde, knude og sandart tilsammen med aborre ikke er i stand til at kontrollere bestanden af skidtfisk. Skanderborg Sø har således i dag en fiskebestand, der i struktur og sammensætning svarer til fiskebestande i eutrofe søer, hvor fiskebestandens sammensætning og struktur i lang tid vil fastholde søens nuværende forringede vandkvalitet.

5.2. Fiskebestandens størrelse

$CPUE_{\text{antal}}$ giver et rimeligt reproducerbart udtryk for fiskebestandens tæthed, og $CPUE_{\text{vægt}}$ giver tilsvarende et udtryk for fiskebestandens biomasse. $CPUE_{\text{vægt}}$ må ikke forveksles med den beregnede biomasse, der er et estimat over den aktuelle biomasse i søen. De enkelte arters tæthed og biomasse, i relation til andre store, dybe søer, er diskuteret under vurderingen af de enkelte arter.



Figur 56. Sum af CPUE-værdier for garn- og elektrofiskeri Skanderborg Sø og i seks andre dybe søer.

Sammenlignet med fiskebestande i dybe, kølige søer er den samlede tæthed i fiskebestanden i Skanderborg Sø relativt stor og den samlede biomasse almindelig af størrelse, figur 56. Den store tæthed skyldes især en stor tæthed af småfisk. Under hensyn til ovenstående kan det dog antages, at fiskebestandens indvidtæthed og biomasse i Skanderborg Sø er almindelig set i relation til søtypen og næringsstofniveauet, og fiskebestanden må som sådan betragtes som karakteristisk for en eutrofieret sø.

5.3. Fiskebestandens miljømæssige betydning

Fiskeundersøgelser i søer giver ikke alene information om fiskebestandens sammensætning og struktur, men kan også relateres til fiskenes interaktioner med andre trofiske niveauer. På den måde kan fiskeundersøgelser medvirke til at give et indblik i fiskenes effekt på det øvrige økologiske system.

Fiskebestandens påvirkning af søens øvrige dyre- og planteliv er ofte betinget af bestandens artssammensætning, struktur og tæthed.

5.3.1. Zooplankton-fisk

Zooplankton er reguleret "fra neden" og "fra oven". "Fra neden" er det mængden og tilgængeligheden af primærproduktionen, især fytoplankton, der igen er styret af mængden af næringsstoffer. I de fleste søer kan primærproduktionen relateres til mængden af tilgængeligt fosfor. "Fra oven" er zooplankton styret dels af prædation fra zooplanktivore fisk, de såkaldte fredfisk, dels fra rovzooplankton. Der er således ofte en klar sammenhæng mellem fosforniveau, mængden og sammensætningen af zooplankton og fredfisk.

Med stigende næringsstofbelastning øges primærproduktionen og dermed zooplanktonbiomassen. Som følge heraf ændres fiskebestandens sammensætning, og antallet af zooplanktivore fisk øges. Det større antal zooplanktivore fisk kan have stor indvirkning på zooplanktonets sammensætning og biomasse og dermed på zooplanktonets kapacitet til at græsse på fytoplanktonet. Fiskene æder først og fremmest de større former af calanoide vandlopper og dafnier. Da dafnier og vandlopper er effektive græssere af fytoplankton, kan en reduktion af disse betyde et hurtigt og markant fald i græsningsstrykket på fytoplanktonet. Det mindre græsningstryk giver direkte udtryk i en forringelse af sigtddyden.

I Skanderborg Sø er det ved undersøgelser i 1990 i Hylke Sø konstateret, at der ikke er tale om et stort prædationstryk på zooplanktonet fra de zooplanktivore fisk (Århus Amt, 1991). I den forbindelse skal opmærksomheden henledes på, at konklusionens grundlag bygger på blandingsprøver indsamlet på én station, hvor dybden er 14,5 meter og dækker derfor nødvendigvis ikke forholdet i den brednære zone.

Det er derfor nærliggende at konkludere, at prædationstrykket er væsentligt større i bredzonen, fordi tætheden af zooplanktivore fisk her er langt større end i de åbne vandmasser. Det er især små skaller, men også yngel af andre fredfisk og aborre, der holder til her. Alene denne gruppe af fisk (fredfisk og aborre under 10 cm) udgør 26% af den samlede beregnede biomasse, hvilket svarer til 36 ton. Et skøn over den årlige konsumption hos denne gruppe fisk vil være ca. 140 ton, som primært vil bestå af zooplankton. Det er selvfølgelig løselig værdier, og zooplanktonbiomassen er sædvanligvis også større i bredzonen end i pelagiet. Men sammenholdt med den ringe sigtddybe er der forhold, der peger på, at græsningsstrykket på fytoplanktonet ikke er tilstrækkeligt i forhold til produktionen heraf. Med den veludviklede bestand af skidtfisk i Skanderborg Sø er det derfor nærliggende at antage, at fiskebestandens sammensætning og struktur er en af de væsentligste årsager til den dårlige vandkvalitet.

5.3.2. Bundfauna-fisk

Fiskearter som brasen, hork og spidssnudet ål, små aborre og sandart, der primært ernærer sig af bundfaunaen, er i vid udstrækning afhængig af dette fødegrundlag. Det er klart, at både intraspecifik konkurrence (konkurrence mellem individer af samme art) og interspecifik konkurrence (konkurrence mellem individer af forskellige arter) om dette fødegrundlag hører til de mest bestemmende faktorer for disse arters forekomst, sammensætning og bestandsstruktur.

Som tidligere nævnt er der meget, der tyder på, at der i Skanderborg Sø er en betydelig intraspecifik såvel som interspecifik fødekongurrence om bunddyrene. Det giver sig udslag i en form for flaskehals, der kommer til udtryk ved dårlig kondition hos nogle fiskearter og stort henfald hos andre. Således er både brasen og hork, der fortrinsvis lever på barbund i hård konkurrence med hverandre, begge i en dårlig kondition. Hos små sandart og aborre, der begge i en overgangsperiode lever fortrinsvis af bunddyr, er der et meget stort henfald i denne overgangsperiode.

Der er ved en tidligere lejlighed således vist en tendens til en sammenhæng, hvor bestandene af brasen og hork, når de bliver for store, afhænger af udbredelsen af bundinvertebrater (myggelarver) (Århus Amt, 1994). I Skanderborg Sø tyder det endvidere også på, at forekomsten af ål, små aborre og sandart også i betydeligt omfang er afhængig heraf.

Desværre kan disse formodninger ikke klart underbygges med tal for forekomsten af bundinvertebrater, idet der ikke er foretaget en undersøgelse af udbredelse og forekomst af bundinvertebrater i Skanderborg Sø. Flere forhold peger alligevel på, at fiskebestanden i dag påvirker bundfaunaen i særdeleshed.

Der er dog næppe tvivl om, at en reducere i forekomsten af de mest udprægede bentivore fisk, brasen og hork, vil have en gunstig effekt på fiskebestanden som helhed og i særdeleshed på rovfiskebestanden og dermed også på miljøtilstanden i søen.

5.3.3. Byttefisk-rovfisk

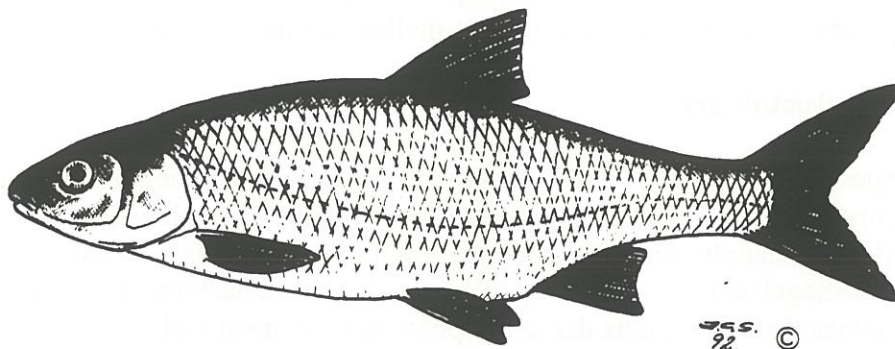
Uanset rovfiskenes fødevalg som voksne begynder de som zooplanktivore fisk. Efter at de nyklækkede larver har opbrugt blommesækken, ernærer de sig af de mindste grupper af zooplankton som eksempelvis hjuldyr. Men hos både gedde, knude, sandart og aborre ændres fødevalget hurtigt. Allerede ved en længde af ca. 3 cm er gedden en udpræget rovfisk, mens aborre og sandart skal være noget større for at få rovfiskenatur. Hos rovfiskene er der lige som hos skallen en størrelsesfordeling i søen. De mindste individer jager tæt ved bredden i den inderste del af vegetationen, mens større individer opholder sig længere ude. Det hænger sammen med, at preferencen på størrelsen af byttefisk stiger med rovfiskenes størrelse. Som tidligere nævnt er størrelsesfordeling af skalle således, at de mindste individer opholder sig inderst i bredzonen og større individer ud mod pelagiet. Hertil kommer, at sandart er en fisk, der foretrækker relativt dybt vand, hvor den også er i mindre konkurrence med gedde.

De større gedder står på lur i udkanten af flydebladszonen og rankegrøden, mens sandart og aborre jager fra en position på skrænter uden for vegetationen og i pelagiet. De store knuder har samme jagtadfærd som gedde, men jager fortrinsvis nær bunden på dybere vand.

I store, dybe søer er det normalt aborre, der står for den største konsumtion af skidtfisk. Det er tydeligt, at aborrebestanden i Skanderborg Sø ikke har en størrelse og struktur, der gør den i stand til at regulere bestanden af skidtfisk. Det samme gælder også for sandart og gedde, der begge er forholdsvis fåtallige på større individer. På trods af, at sandart og gedde er forholdsvis fåtallige, formår de i nogen udstrækning at vise et prædationstryk på de større skaller og mellemstore brasen. Problemet er dog stadig at få reduceret den store mængde af småskaller og brasen, der jo er ansvarlig for prædationstrykket på zooplanktonet.

For at etablere en bestand af rovfisk, der er mere hensigtsmæssig i størrelse og struktur, bør den flaskehals, der begrænser rekrutteringen af rovfisk fra yngelstadiet hos aborre

og sandart, derfor fjernes. Da flaskehalsen tilsyneladende er fødebetinget, kan det gøres ved at reducere de fiskearter, der konkurrerer med aborrengel og sandart. Det vil sige, at problemet kan løses ved at reducere bestandene af brasen og større skaller og til en vis grad også aborre- og sandartyngel.



Skalle

6. Restaurering af det økologiske system (biomanipulation)

6.1. Formål med biomanipulation

Formålet med biomanipulation er at restaurere det økologiske system hen imod en tilstand, der tilsvarende tidligere tiders forhold. I søer, hvor vandkvaliteten er forringet som følge af højt næringsstofindhold og en uhensigtsmæssig sammensætning og struktur af fiskebestanden, kan et indgreb i søens biologiske struktur have en gunstig effekt på miljøtilstanden. I sommeruklare søer kan en reduktion af de zooplanktivore fisk give en større zooplanktonbiomasse bestående af større arter, som medvirker til en øget sigtddybde. Den større sigtddybde har i de fleste tilfælde en gunstig tilbagevirkning på fiskebestanden, hvor rovfisk begunstiges ved bedre jagtvilkår og bedre habitatudformning gennem større udbredelse af undervandsvegetation, der tillige binder en del af fosforpuljen. En reduktion af de bentivore fisk betyder erfaringsmæssigt en reduktion af den interne belastning af næringssalte.

Hvorvidt sådanne indgreb har en permanent effekt eller, om indgrebet skal gentages for, at en bedre miljøtilstand skal være vedvarende, afhænger af flere faktorer. Men formålet med et indgreb må være så vidt muligt at opnå en positiv permanent effekt, hvor det økologiske system indgår i en ligevægt mellem de trofiske niveauer.

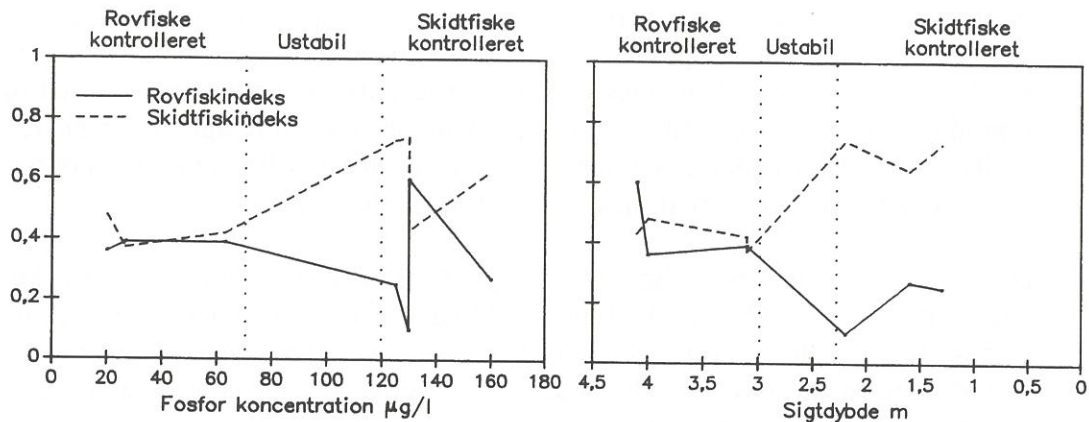
6.2. Forudsætninger

Erfaringerne med indgreb i fiskebestanden i søer er endnu ret begrænsede og der kan ikke gives entydige retningslinier om, hvornår og hvordan et indgreb bedst foretages. Der foreligger dog efterhånden en del dokumentation for projekter i lavvandede søer. I Danmarks Miljøundersøgelser (1989) er der opstillet en række forudsætninger, som bør være opfyldt for de lavvandede søer, hvis der skal opnås en permanent forbedring af miljøtilstanden gennem indgreb i fiskebestanden. Derimod er biomanipulationsprojekter i store dybe søer kun foretaget med sporadisk indsats, hvorfor dokumentationer og erfaringer endnu er meget mangelfulde. Hvorvidt, forudsætningerne er til stede til at iværksætte et biomanipulationsprojekt i Skanderborg Sø, vil derfor i vid udstrækning bygge på erfaringerne fra de lavvandede søer og vurderinger.

Den vigtigste forudsætning er, at gennemsnitskoncentrationen af fosfor om sommeren er under 100-150 µg/l og for tilgængeligt kvælstofs vedkommende 1-2 mg/l. Disse forudsætninger gælder for lavvandede søer. Overført til Skanderborg Sø ligger den inden for disse rammer i 1995 omend i overkanten med et sommergennemsnit henholdsvis på 125 µg/l for fosfor og 2,3 mg/l for kvælstof. Søen ligger således i et grænsetilfælde, hvor det ikke vides, om søen vender tilbage til den nuværende tilstand med dominans af zooplanktonædende fisk, når indgrebet ophører.

I figur 57 er nogle styrende faktorer sat op mod hinanden for om muligt at kunne danne et overblik over nogle grænseværdier for store dybe søer, der kan bruges som retningslinier i forbindelse med biomanipulation. Figuren viser rovfiske- og skidtfiskeindekset

afbilledet som funktion af sommergennemsnit af henholdsvis fosfor og sigtddybde. Desværre mangler der dokumentation for netop de kritiske områder på 65-120 $\mu\text{g P/l}$ og sigtddybden i området på 2,3-3,0 m; men det er tydeligt, at de søgte grænseværdier ligger inden for disse intervaller. Det vil sige, fosforniveauet næsten skal halveres, og sigtddybden fordobles i Skanderborg Sø, før der kan forventes at indfinde sig en tilstand, hvor rovfiskebestanden alene kan kontrollere den øvrige fiskebestand.



Figur 57. Rovfiske- og skidtfiskeindeks som funktion af sommergennemsnit af fosforkoncentration og sigtddybde i syv store, dybe søer. Det skal bemærkes, at Esum Sø, der ligger på 130 $\mu\text{g P/l}$ falder uden for sammenhængen, idet søen er kvælstofbegrænset.

Såfremt rovfiskebestanden i fremtiden skal kunne regulere bestanden af skidtfisk, skal der nødvendigvis ske en strukturændring i både aborre- og sandartbestanden. For begge arter gælder, at der skal ske en større rekruttering fra yngel til rovfiskestadiet. Det vil sige, det store henfald skal reduceres, og dermed skal førnævnte flaskehals fjernes. Eventuelt kan det i denne forbindelse være formålstjenligt, at fjerne en del af den tætte bestand af aborreyngel sammen med andre bentivore fisk, først og fremmest brasen, men også store skaller og hork.

Det er klart, at en kraftig opfiskning af skidtfisk og eventuelt aborreyngel foruden udsætning af geddeyngel, vil påvirke skidtfiske- og rovfiskeindekset væsentligt i en hensigtsmæssig retning. Tilbage står spørgsmålet, hvorvidt et sådan indgreb også i store dybe søer medfører en tilstrækkelig reduktion i den interne fosforbelastning og forøgelse af sigtddybden til, at søen kan indgå en stabil tilstand domineret af rovfisk. Det er kendt fra lavvandede søer, at indgreb af nævnte type kan medføre op til en halvering af fosforniveauet, og det er tillige veldokumenteret, at sigtddybden let kan fordobles, når den i forvejen er lille.

Et andet forhold ved et biomanipulationsprojekt i Skanderborg Sø, der ligger øverst i denne gren af vandsystemet, vil være en sidegevinst for Mossø. Når det tages i betragtning, at biomanipulation erfaringsmæssigt kan medføre op til en halvering af fosforniveauet, og biomassen af fytoplankton reduceres, vil det i væsentlig grad medføre en

mindre ekstern belastning i Tåning Sø og Mossø. Netop Tåning Å er årsag til den største eksterne belastning af den største sø i Jylland, hvilket i sig selv er en god begrundelse til at ændre på de økologiske forhold i Skanderborg Sø.

6.3. Omfang

Erfaringsmæssigt skal et biomanipulationsprojekt, hvor hovedindsatsen er opfiskning af uønskede fiskearter, foretages over så kort en periode som muligt. Planlægges projektet til at foregå over flere år, risikerer man årligt kun at fjerne overskudsproduktionen af de uønskede fisk. Ydermere øges overskudsproduktionen i takt med, at noget af fiskebiomassen fjernes ved, at de tilbageblevne fisk får bedre livsbetingelser og dermed øger deres reproduktionsevne (fecunditet). Kan opfiskningen ikke foretages over en relativ kort periode, så fiskebestanden decimeres, så rovfiskene igen kan overtage kontrollen med overskudsproduktionen, er projektet ikke formålstjenligt.

Det er en almindelig opfattelse, at omkring 80% af skidtfiskebiomassen opfiskes hurtigt muligt, det vil sige inden for det første år. I Skanderborg Sø vil det andrage en opfiskning på 50-60 ton fundet ud fra de beregnede biomasseværdier. Da den beregnede biomasse er forbundet med en vis usikkerhed, er det vigtigt at føre kontrol enten direkte med fangsten eller ved hjælp af et kontrolprogram.

Det vil typisk være de større fisk (>10 cm), som vil blive fanget det første år. De store fisk er mere fangbare, eftersom de for en stor dels vedkommende findes i det åbne vand, mens de små fisk, der holder til i bredzonen, er for små til at blive fanget i de redskaber, som typisk anvendes. Det kan derfor være formålstjenligt at bruge ressourcer på at fiske i bredzonen med andre typer redskaber eller øge prædationen på yngel ved en massiv udsætning af geddeyngel.

Såfremt det ikke lykkes at reducere mængden af små skidtfisk i bredzonen det første år, kan en opfiskning et eller to år senere, hvor disse fisk er blevet større og fangbare, være nødvendig. Det er dog vigtigt, at opfiskningen foretages, inden fiskene bliver kønsmodne for at forhindre dem i at øge produktionen af yngel.

Hvorvidt, søen efter en ca. 80% reduktion af skidtfiskebestanden og ophjælpning af rovfiskebestanden indgår i en ny økologisk tilstand, er som sagt svært at vurdere på grund af manglende erfaringer med store dybe søer. Men opfyldes formålet, og den økologiske tilstand er stabil, vil det ikke være nødvendigt med nye indgreb. Det vil dog være nødvendigt med jævnlige kontrolundersøgelser og en stram styring af fiskeriet på søen, idet det må formodes, at balancen i søen kan være skrøbelig ind til næringsstofkoncentrationen har nået et niveau, hvor der er en bufferkapacitet til at imødekomme kortvarige forhøjede værdier af næringsstoffer.

Viser det sig, at søen langsomt vender tilbage mod den nuværende tilstand, kan det være nødvendigt at fortsætte opfiskningen fremover, til næringsstofniveauet er bragt yderligere ned. Opfiskningen behøver antageligt ikke være af samme omfang, blot skal bestanden af skidtfisk holdes på et niveau, hvor rovfiskene kan kontrollere bestanden på yngelniveau.

6.4. Metodevalg

Skanderborg Sø er med sine 732 ha overfladeareal af en størrelse, hvor metodevalget og indsats har en afgørende betydning for effektiviteten af biomanipulation. I det følgende gives et forslag til metodevalg og udførelse, som formodes at kunne give det ønskede resultat. Det skal dog påpeges, at valg af metoder skal sættes i relation til ressourcer og økonomi. Det kan betyde, at metodevalget skal være anderledes. Metodevalg og ressourcetilforbrug skal vurderes omhyggeligt, idet et forkert valg eller mangel på ressourcer i et projekt af denne størrelse kan medføre, at projektet mislykkes i sidste fase.

Traditionelt er der i store søer brugt trawl og bundgarn til opfiskning, hvilket også i Skanderborg Sø må anses for at være de mest effektive metoder til fangst af de større fisk. Alternativt kan der anvendes et snurrenot konstrueret til fiskeri i søer. Disse metoder kan suppleres med metoder, som eksempelvis modificeret elektrofiskeri, der kan fange småfiskene i bredzonen.

Trawlfiskeri er et aktivt redskab, som i og for sig kan bruges hele året. I kolde perioder, hvor fiskene ofte samler sig i stimer på dybere vand, kan fiskeri med trawl give store fangster. Effektiviteten kan øges ved brug af redskaber som ekkolod til at lokalisere fiskestimer. Trawlfiskeri udføres herhjemme traditionelt med en båd.

De morfometriske forhold i Skanderborg Sø må anses som værende ideelle til fiskeri med trawl. Store områder med en god vanddybde og en relativ flad bund uden større forhindringer gør, at der kan anvendes et forholdsvis stort trawl, som dog kræver stor motorkraft. Det kan derfor være nødvendigt at fiske trawlet med to både, som man eksempelvis har gjort i den ca. 10 km² store Finjasjön i Sverige. Her blev der anvendt to specialbyggede både til at trække et stort trawl, der gennemsnitligt gav en fangst på ca. to ton pr. 12 timers arbejdsdag. Bådene er tillige indrettet således, at fisken kunne sorteres ombord, hvorved kun de uønskede fiskearter blev fjernet. I alt blev der fanget næsten 400 ton fisk over en toårig periode.

Der er ikke kendskab til brugen af snurrenot i søer herhjemme, men anvendelse af dette redskab i modificerede udgaver anvendes i udlandet til blandt andet indsamling i videnskabeligt øjemed. Anvendelsen af snurrenot foregår på den måde, at notet lægges rundt om en i forvejen lokaliseret fiskestime eller et formodet opholdssted for fisk, hvorefter det snurres sammen i bunden. Snurrenotet kan efter behov konstrueres, så det dækker større eller mindre områder både horisontalt og vertikalt.

Bundgarn er et passivt redskab, og fangsten afhænger af fiskenes bevægelsesmønster. I Skanderborg Sø må fiskeri med bundgarn kun opfattes som et supplement til de to ovennævnte metoder. Morfometrien i søen sætter en begrænsning for, hvor mange bundgarn der kan sættes, idet der hurtigt bliver dybt i kort afstand fra bredden ved langt hovedparten af søens bred. Erfaringer fra et projekt i Haderslev Dam viser, at det er yderst vigtigt at sætte bundgarnene senest i begyndelsen af april, før brasen går på leg. Fangsterne er væsentligt større i denne periode end resten af året, fordi fiskene trækker meget rundt. Det vil derfor være hensigtsmæssigt at placere bundgarn i områder, hvor brasen flokkes for at gyde. Ligger gydeområderne på lokaliteter, hvor det ikke er muligt

at sætte bundgarn, kan sådanne områder muligvis befiskes med landdragningsvod med et godt resultat. Det vil dog kræve en intensiv indsats, men for en forholdsvis kort periode.

Elektrofiskeri giver sjældent vægtmæssigt de store fangster. Men da fiskeriet alene foregår i bredzonen, består fangsten af små et- og toårige fisk, som for øvrigt også er den gruppe, der udøver det største prædationstryk på zooplanktonet.

Elektrofiskeri kan foretages hele året, men er bedst i foråret, når fiskeynglen er størst. Når vandet lokalt opvarmes i åbne områder i rørsumpen, kan der samles store stimer af småfisk på grund af øget vandtemperatur, primærproduktion og zooplanktonbiomasse. Kan disse steder lokaliseres, kan der gøres endda meget store fangster her. Sidst på vinteren og i det meget tidlige forår har skidtfisk for vane at trække op i de nedre dele af tilstødende vandløb, hvor de kan stå i meget store antal. Her kan det også ved hjælp af elektrofiskeri eller voddragnings være muligt at opfiske store mængder skidtfisk. Perioden, hvor fiskene trækker op i vandløbene, er tilsyneladende kort, hvorfor det vil være hensigtsmæssigt med lokal kontakt til at overvåge forholdene.

Erfaringsmæssigt er elektrofiskeri i bredzonen ret ineffektiv, idet mange fisk flygter fra det elektriske felt, før de bliver ramt af et tilstrækkeligt spændingsfald til at blive tiltrukket af anoden. Almindeligvis kan man således under elektrofiskeri iagttage, hvorledes fiskene jages foran det befiskede område. Det kan derfor være hensigtsmæssigt med et finmasket spærregarn for at afspærre en længere strækning på eksempelvis 500 m af bredzonen og derefter elfiske området. Ligeledes, hvis der fiskes i de tilstødende vandløb, bør det afspærres ved udløbet i søen, før fiskeriet påbegyndes.

6.4.1. Udsætning af rovfisk

En massiv udsætning af rovfisk kan i nogle tilfælde være tilstrækkelig som redskab til indgreb i fiskebestanden. Men i de fleste tilfælde må udsætning af rovfisk betragtes som et supplement til før nævnte metoder. Gedde er den mest anvendte rovfisk til udsætninger, men den stiller store krav for at kunne opretholde en sund, selvreproducerende bestand. Således synes geddebestandens størrelse at kunne relateres til plantedækket i søen (Grimm, 1998). I søer uden nævneværdig plantedække kan det derfor være nødvendigt at gentage udsætninger af gedde, hvis en effekt skal opretholdes.

Som ved udtyndingsfiskeri kan der kun forventes en kortvarig effekt af geddeudsætninger, hvis søens næringsstofindhold ikke er tilstrækkeligt lav, idet plantedækket og vandets klarhed er afhængig heraf. Et fosforniveau under 100-200 µg/l og et plantedække på 30-50% af søens areal anses som betingelser for, at den zooplanktivore fiskebestand kan kontrolleres af geddebestanden (Grimm & Back, 1990).

Som tidligere nævnt har man kun erfaringer med denne form for biomanipulationsmetode fra forsøg i lavvandede søer. I de store dybe søer kan ovennævnte forudsætninger ikke antages at gælde på grund af den meget anderledes morfometri og aborrens vigtige rolle som prædator.

Udsætninger af geddeyngel foretages mest hensigtsmæssigt tæt på det tidspunkt, hvor larverne af de zooplanktivore fisk klækkes, hvilket vil sige i sidste halvdel af maj. Udsætningerne bør være ret massive for at kunne slå igennem de lavere led i fødekæden. Ud fra hidtidige erfaringer anbefales det at udsætte mindst 1.000 stk. geddeyngel pr. ha svarende til én pr. 10 m² (Søndergård, 1993). Denne vurdering bygger dog på undersøgelser, hvor indgreb i fiskebestanden kun er foretaget ved udsætning af geddeyngel og kun i lavvandede søer.

I Skanderborg Sø vil et antal på ca. 120.000 stk. geddeyngel formentligt være passende. Antallet er baseret på et skøn over størrelsen af det bredzoneareal, som små gedder kan forventes at få opfyldt deres krav til habitat i - svarende til en gennemsnitlig bredde på 50 m langs bredden af Skanderborg Sø. Udsætningerne kan med fordel foretages således, at koncentrationen af geddeyngel bliver størst i områder, hvor der erfaringsmæssigt er størst tæthed af fiskeyngel. Det er typisk de samme områder, som skalle og brasen anvender til gydning.

6.5. Kontrolprogram

For at få et skøn over opfiskningens effektivitet kan der, umiddelbart før opfiskningen iværksættes, foretages en befiskning med biologiske oversigtsgarn på to til tre af sektionerne i fiskeundersøgellesprogrammet, svarende til i alt 22-33 garnsætninger. Tilsvarende befiskninger med biologiske oversigtsgarn foretages under opfiskningen, efter at en større del af skidtfiskene er fjernet. De beregnede CPUE-værdier bruges til kontrol af opfiskningens effektivitet og til beregning af den samlede procentvise fjernelse af fiskebiomassen.

Kontrolprogrammet kan vælges på to niveauer alt efter det ønskede niveau og ressourceforbrug. Såfremt man skønner, at en beregning af den resterende biomasse er tilstrækkeligt, kan ressourceforbruget minimeres ved kun at beregne $CPUE_{vægt}$ -værdier. Det vil således være tilstrækkeligt kun at veje de enkelte garn. Såfremt man ønsker en mere detaljeret beskrivelse, herunder længdefordeling, antal og biomasse af den resterende fiskebestand, udvides programmet til at omfatte optælling og opmåling af de enkelte individer og vejning af den samlede fangst i de enkelte garn.

Det kan have sin berettigelse at benytte det udvidede kontrolprogram, idet det er reduktionen i antallet af de zooplanktivore fisk fremfor biomassen, der har betydning for indgrebets succes.

Det vil også være hensigtsmæssigt jævnligt at kontrollere geddebestandens størrelse og struktur. Det kan gøres ved elektrofiskeri om foråret i gydeperioden, hvor også de store gedder findes på lavt vand eller i sommerperioden, hvor man hovedsageligt vil få et indtryk af tætheden af geddeyngelen.

7. Konklusion

Skanderborg Sø er en stor, dyb, næringsrig og sommeruklar sø uden nævneværdig bundvegetation og kun periodevis lagdeling af vandmasserne. Fiskebestandens størrelse og sammensætning er i overensstemmelse hermed, og er karakteristisk ved, at

- artsdiversiteten er over middel
- bestanden af karpefisk er uhensigtsmæssig stor
- skidtfiskebestanden er domineret af skaller og brasen
- der er en stor tæthed af zooplanktonædende fisk, hvilket har en negativ effekt på vandkvaliteten
- biomassen af fisk, der primært ernærer sig af bunddyr, er stor
- rovfiskebestanden består primært af arter, som kan jage på trods af en ringe klarhed i vandet
- rovfisk, der jager ved synet, er fåtallige
- rovfiskebestandens struktur er dårlig på grund af stort henfald af rovfiskenes yngel
- rovfiskebestanden kan ikke regulere bestanden af zooplanktivore fisk.

Fiskefaunaen i Skanderborg Sø er i bredzonen hovedsageligt sammensat af mindre zooplanktonædende skidtfisk, især småskaller, men også aborre yngel er her meget talrig. Mindre aborrer er her de dominerende rovfisk foruden enkelte gedder. På bar bunden er brasen og hork, men også store skaller talrige. Enkelte store aborre og sandart er de dominerende rovfisk. I de frie vandmasser domineres fiskefaunaen af skaller, flire og mindre brasen samt helt.

De dyreplanktonædende fisk (især skalle, brasen og aborre yngel) forekommer talrigt og dominerer fiskefaunaen. Fisk, der hovedsageligt æder bunddyr (brasen, hork, små aborre og sandart yngel), forekommer i større mængde end fødegrundlaget kan bære. Rovfiskebestanden (gedde, sandart og store aborre) er dårligt udviklet, og specielt er der mangel på større individer af disse fisk.

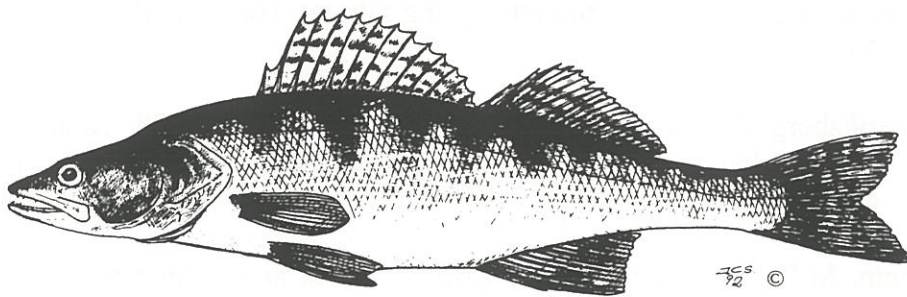
Den store overvægt af skidtfisk betyder, at skidtfiskene udøver en uhensigtsmæssig hård prædation på dyreplanktonet med forringet vandkvalitet til følge. Endvidere forekommer mellemstore og store brasen relativt talrigt, hvilket øger den interne belastning.

Den talrige bestand af skidtfisk skyldes dels en stor produktion af zooplankton dels, at rovfiskebestanden ikke er tilstrækkelig stor og udviklet til at kunne regulere skidtfiskebestanden.

Rovfiskebestandens struktur er uhensigtsmæssig som følge af at være begrænset ved en flaskehals. Flaskehalseffekten giver sig udtryk ved et enormt henfald af både aborre- og sandart yngel forskyldt af fødekongurrence individerne imellem, men også de to arter imellem og især med brasen. Foruden rovfiskene er den spidssnudet ål også kraftigt berørt heraf.

Der kan forventes et positivt resultat ved biomanipulation, hvor skidtfiskebestanden reduceres til ca. 20% af den nuværende biomasse og udsætning af geddeyngel samt en mindre udtynding af aborrengel. En forbedring af miljøtilstanden i Skanderborg Sø vil tillige forbedre forholdene i Mossø.

Det er dog usikkert, hvorvidt en ny økologisk tilstand i Skanderborg Sø vil være stabil og hvile i sig selv. Såfremt det ikke er tilfældet, kan det vise sig nødvendigt med gentagende indgreb.



Sandart

8. Referencer

- Bagenal, T.B & F.W. Tesch 1978. Age and growth. 101-136 in Methods for assesment of fish productionin fresh waters. Ed. Bagenal, T. 2nd. Ed., Balckwell Scientific Puplications, Oxford.
- Berg, Søren. Danmarks Fiskeriundersøgelse, Silkeborg.
- Berg, S., E. Jeppesen, M. Søndergaard & E. Mortensen 1994. Environmental effects of introducing whitefish, *Coregonus lavaretus* (L.) in Lake Ring. *Hydrobiologia* 275/276: 71-79.
- Bohlin, T., S. Hamrin, T. Heggberget, G. Rasmussen, G. & S.J Saltveit 1989. Electrofishing-theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- Dahl, J 1972. Beretning om undersøgelsen af Skanderborg Sø 1996 samt foreslag til driftplan. Danmarks hav- og fiskeriundersøgelser, Charlottenlund.
- Frazer, C. Mcl. 1916. Growth of the spring salmon. *Trans. Pacif. Fish. Soc. Seattle* 1915: 29-39
- Frederiksborg Amt 1991. Fiskebestanden i Esrum Sø 1990. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium. Frederiksborg Amt, Teknisk forvaltning, Miljøafdelingen.
- Grimm, M.P 1989. Northen Pike *Esox lucius* L. and aquatic vegetation, tools in the management of fisheries and water quality in shallow waters. *Hydrobiol. Bull.* 23, 59-65.
- Grimm, M.P. & J.J.G.M. Back 1990. The restoration of shallow eutrophic lakes and the role of northern Pike, aquatic vegetation and nutrient concentration. *Hydrobiologia* 200/201: 557-566.
- Guy, C.S & D.W. Willis 1991. Seasonal Variation in Cartch Rate and Body Condition for Four Fish Species in a South Dakota Natural Lake. *Journal of Freshwater Ecology*, Vol. 6 No. 3.
- Hvidt, C.B. & I.G. Christensen 1990. Træk af nordsøsnæblens (*Coregonus oxyrhynchus* L.) biologi i Vidå-systemet. Specialerapport ved Aarhus Universitet, Zoologisk laboratorium.
- Danmarks fiskeriundersøgelser 1995. Indberetninger af fangster i Skanderborg Sø. Danmarks Fiskeriundersøgelser.
- Jeppesen, E., M. Søndergaard, H. Rossen 1989. Restaurering af søer ved indgreb i fiskebestanden. Rapport fra Dannmarks Miljøundersøgelser.
- Københavns Amt 1992. Fiskebestanden i Furesøen 1991. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium. Københavns Amt, Teknisk forvaltning.

- Larsen, K. 1969. Fiskene i søerne. Danmarks Natur, bind 5.
- Lee, R.M 1920. The methods of age and growth determination. Fishery Investigations, series II, IV (2).
- Miljøstyrelsen 1990. Fiskeundersøgelser i søer. Miljøministeriet Danmarks Miljøundersøgelser 1990. Teknisk anvisning fra DMU, nr. 3.
- Muus, B.J. & P. Dahlstrøm 1990. Fersvandsfisk. Gads Forlag, 2. udgave.
- Poulsen, Thorkild. Formand for Ferskvandsfiskeriforeningen Danmark. Personlig samtale.
- Ricker, W.E 1975 Computation and interpradation of biological statistics of fish populations. Bulletin of the Fisheries Researche Board of Canada.
- Skanderborg kommune 1983. Fiskene i Skanderborg Søerne 1983. Rapport udarbejdet af Jan Nielsen. Skanderborg kommune, Beskæftigelsescentret
- Skanderborg kommune 1985 og 1986. Fiskeriprojekt Skanderborg Sø. Interne notater.
- Viborg Amt 1989. Miljøtilstanden i Hald Sø. Notat udarbejdet af Bio/consult as. Viborg Amt, Forvaltning for teknik og miljø.
- Viborg Amt 1992b. Fiskebestanden i Nors Sø. Rapport udarbejdet af Mohr-Markmann. Viborg Amt, Forvaltning for teknik og miljø.
- Weatherley, A.H. & S.C. Rogers 1978. Some aspect of age and growth. - I Ecology of freshwater fish production. Ed. Gerking, S.D. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 52-74.
- Århus Amt 1991. Skanderborg Søerne 1990 - Forureningstilstand. Århus Amt, teknisk rapport, miljøkontoret.
- Århus Amt 1992. Ravn Sø 1991. Teknisk rapport, miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt 1993. Fisk i Ravn Sø 1992. Århus Amt, Natur og Miljø. Rapport udarbejdet af Bio/consult as.
- Århus Amt 1994. Fiskeundersøgelse i Mossø 1993. Århus Amt, Natur og Miljø. Rapport udarbejdet af Bio/consult as.
- Århus Amt 1995. Rådata fra vandkemi i Skanderborg Sø 1995. Århus Amt, miljøkontoret.

