



FUGLE OG KARPERS PÅVIRKNING AF SØER

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 84

2014



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

FUGLE OG KARPERS PÅVIRKNING AF SØER

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 84

2014

Martin Søndergaard
Torben L. Lauridsen

Aarhus Universitet, Institut for Bioscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer: Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 84

Titel: Fugle og karpers påvirkning af søer

Forfattere: Martin Søndergaard & Torben L. Lauridsen
Institution: Aarhus Universitet, Institut for Bioscience

Udgiver: Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL: <http://dce.au.dk>

Udgivelsesår: Januar 2014
Redaktion afsluttet: November 2013
Faglig kommentering: Poul Nordemann Jensen (DCE) og Søren Berg (DTU Aqua)

Finansiel støtte: Naturstyrelsen, Miljøministeriet

Bedes citeret: Søndergaard, M. & Lauridsen, T.L. 2014. Fugle og karpers påvirkning af søer. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 50 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 84
<http://dce2.au.dk/pub/SR84.pdf>

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sammenfatning: Rapporten opsummerer de danske og internationale erfaringer vedrørende fugles og karpers påvirkning af søer med henblik på at vurdere naturlige fuglebestandes og udsatte gråcænders påvirkning med kvælstof og fosfor, samt effekterne af karpeudsætning på danske søers vandkvalitet. Der findes kun få danske undersøgelser, men internationale undersøgelser peger på, at udsætningen af karper ofte fører til forringet vandkvalitet, især via øget indhold af suspenderet stof, men evt. også via øget næringsstofindhold og effekter på de øvrige biologiske forhold. Grænsen for hvornår, der ses effekter i danske søer er dårlig dokumenteret. I mange danske søer vil fuglenes rolle som ekstern næringsstofkilde være begrænset i forhold til andre næringsstofkilder, men store fuglekolonier af fx skarv kan lokalt have stor betydning. Udsætning og fodring af gråcænder, som især finder sted i søer mellem 1 og 10 hektar, kan føre til øget næringsstofindhold og forringet vandkvalitet.

Emneord: Karpe, fugle, søer, næringsstofpåvirkning, vandkvalitet

Layout: Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside: Karpedamme ved Gråsten. Foto: Martin Søndergaard

ISBN: 978-87-7156-051-0
ISSN (elektronisk): 2244-9981

Sideantal: 50

Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som
<http://dce2.au.dk/pub/SR84.pdf>

Indhold

Forord	5
Resume	6
1 Indledning og baggrund	8
1.1 Baggrund	8
1.2 Formål	9
2 Metoder	10
3 Påvirkninger fra karper	11
3.1 Danske erfaringer	12
3.2 Udenlandske erfaringer	16
3.3 Konklusioner	23
3.4 Anbefalinger	25
4 Påvirkninger fra fugle	27
4.1 Danske erfaringer	27
4.2 Udenlandske erfaringer	33
4.3 Konklusioner	40
4.4 Anbefalinger	41
5 Referencer	43
6 Bilag	48
Bilag 6.1. Fosfor- og kvælstofstofindholdet i forskellige planteædende fugles terrestriske fødeemner	48
Bilag 6.2. Forskellige planteædende fuglearters bidrag med fosfor og kvælstof (g/dag)	48
Bilag 6.3. Næringsstofindhold i kødædende fugles fødeemner	49
Bilag 6.4. Kvælstof og fosforindhold i kødædende/omnivore fugles ekskrementer (tørvægt), som fouragerer i forskellige habitattyper	49

[Tom side]

Forord

Denne rapport samler op på danske og udenlandske erfaringer vedrørende fugles og karpers påvirkning af søer. Hensigten har været at optimere grundlaget for at kunne vurdere naturlige fuglebestandes og udsatte gråænders påvirkning med kvælstof og fosfor, samt effekterne af karpeudsætning på danske søers vandkvalitet.

Rapporten er udarbejdet på foranledning af Naturstyrelsen og rapportudkast er undervejs blevet kommenteret af flere medarbejdere ved Naturstyrelsens enheder. Tak til disse og til Søren Berg ved DTU Aqua for nyttige og gode kommentarer. Også tak for tilladelse til brug af figurer fra forfatterne til en række af publikationerne omtalt i rapporten.

Resume

Vandkvaliteten og de biologiske forhold i søer bestemmes først og fremmest af næringsstofftilgængeligheden, og her er især mængden af fosfor og kvælstof vigtige. I forhold til implementeringen af EU's Vandrammedirektiv og udarbejdelsen af vandplaner for de danske søer er det derfor vigtigt med et godt kendskab til alle typer af menneskelige påvirkninger. I den sammenhæng kan både fugle og karper spille væsentlige roller – dels ved at øge næringsstofftilgængeligheden, men også ved at påvirke de biologiske forhold.

Formålet med denne rapport er at samle op på den eksisterende danske og internationale viden om effekter af fugle og karper på søers vandkvalitet og økologiske tilstand. Hensigten er at angive retningslinjer for vurdering af naturlige fuglebestandes påvirkning med kvælstof og fosfor samt at vurdere effekten ved udsætning og fodring af gråænder. Derudover har det været formålet at vurdere i hvilket omfang og ved hvilke tætheder, karper kan forventes at påvirke søers vandkvalitet, og i hvilket omfang udsætninger har betydning for muligheden for målopfyldelse i søerne.

Udsætning af karper finder sted i vidt omfang og karper findes stort set over hele landet. Det vurderes at karper findes i omkring halvdelen af alle egnede søer og moser på Sjælland og i en stor procentdel af søerne i den øvrige del af landet. Til gengæld findes der ikke mange informationer om karpernes tætheder, og fangstmetoderne i den traditionelle overvågning af søers fiskebestande giver efter al sandsynlighed hverken noget retvisende billede af udbredelse eller relativ biomasse, fordi karperne vanskeligt lader sig fange.

Karpeudsætning har potentielt en række negative effekter på søers vandkvalitet og mange af disse er også dokumenterede i udenlandske undersøgelser. Først og fremmest øges mængden af suspenderet stof i vandet på grund af karpernes fødesøgning i søbunden, og dette påvirker både vandets sigtbarhed og eventuelt også næringsstofftilgængeligheden, så der skabes grundlag for øget algevækst. Karperne kan også påvirke plantevæksten og flere af de øvrige biologiske forhold.

De danske erfaringer vedr. effekten af karper er meget sparsomme i forhold til at vurdere hvilken effekt en given tæthed af karper har. Samtidigt kan ikke alle de internationale undersøgelser nødvendigvis overføres til danske forhold. Ofte er forsøgene, der undersøger karpers effekt, gennemført ved karpetætheder, der overstiger, hvad man må forvente findes i danske søer. Det er derfor vanskeligt at opstille klare retningslinjer, men det anbefales at undgå udsætning og forfodring af karper til søer, hvor der er målsætning om en god eller høj økologisk tilstand. Det betyder også at udsætning af karper ikke bør foretages til klarvandede og næringsfattige søer samt naturligt fisketomme søer. Det anbefales ligeledes at gennemføre kontrollerede forsøg, hvor effekten af udsætning i forskellige tætheder af karper kan vurderes mere præcist under danske forhold.

Fugle kan øge næringsstofftilførslen til søer dels fra naturlige bestande af rastende fugle, som fouragerer i søernes omgivelser og bringer næringsstoffer med tilbage til søen, når de overnatter på eller ved søen, dels fra udsætning og evt. fodring af de op til 500.000 gråænder, som årligt udsættes i Danmark. Af de rastende fugle kan især gæs, skarv og måger spille en rolle, mens ud-

sætning og fodring af gråænder fortrinsvis finder sted i søer mellem 1 og 10 hektar.

De få beregninger af rastende fugles næringsstofbidrag, der er foretaget for danske søer, viser generelt at tilførslen via fuglene kun udgør en mindre andel af den samlede næringsstofftilførsel. Undtagelser er søer med store kolonier af især skarv (fx Brændegårdssøen på Fyn), hvor disse kolonier kan bidrage med væsentlige andele af den samlede næringsstofftilførsel. Internationale undersøgelser understøtter at fugle i nogle situationer kan være en væsentlig kilde til øget næringsstofftilførsel. Effekten ved udsætningen af gråænder i Danmark er også kun dokumenteret i begrænset omfang, men sammenlignende analyser mellem søer med og uden udsætninger tyder på, at mange af de mindre søer, hvor der udsættes større mængder af gråænder, også har forhøjede indhold af næringsstoffer og forringet vandkvalitet. I bynære søer kan fodring af ænder også bidrage til en uønsket øget næringsstofftilførsel, men heller ikke disse forhold er vel undersøgt.

Effekten af fugle på søers næringsstofftilførsel kan estimeres på baggrund af fugletællinger og standardværdier for forskellige arters bidrag per dag. For at vurdere fuglenes effekt må deres næringsstofbidrag ses i forhold til tilførslen fra øvrige kilder.

1 Indledning og baggrund

1.1 Baggrund

Søers vandkvalitet og økologiske tilstand afhænger af mange forhold, men især tilførslen af næringsstoffer, hvor ikke mindst tilførslen af fosfor har stor betydning. Øget næringsstofftilførsel fører til forringet vandkvalitet med uklart vand, dårligere økologisk tilstand og begrænser livsbetingelserne for en række planter og dyr. Øget næringsstofftilførsel påvirker de fleste biologiske forhold og de trofiske interaktioner (se fx Jeppesen et al. 2000), herunder også mængde og sammensætningen af fugle- og fiskesamfundene. Disse forhold er belyst i mange undersøgelser fra alle dele af verden og også fra danske søer (se fx Jensen et al. 1997; Jeppesen 1998; Søndergaard et al. 1999). Reduceret indhold og tilførsel af næringsstoffer er derfor et naturligt omdrejningspunkt for de vandplaner, der udarbejdes for de danske søer i forbindelse med Vandrammedirektivets implementering og med henblik på at forbedre søernes tilstand.

Søer tilføres næringsstoffer fra mange forskellige kilder, men efterhånden udgør den diffuse tilførsel fra det åbne land den største andel til de fleste søer. Denne tilførsel består af både naturlige og menneskeskabte kilder. De naturlige næringsstofkilder omfatter bl.a. tilførsel fra rastende fugle, der benytter søen efter fouragering uden for søen. De menneskeskabte kilder omfatter især et landbrugsbidrag, men i nogle søer foretages der også udsætninger og fodring af gråænder og karper. Fugle og fisk er centrale for den måde søer fungerer på, og både den øgede næringsstofftilførsel via fodring og fugles fouragering uden for søen samt selve udsætningen kan derfor også påvirke søernes overordnede tilstand.

Betydningen af fisk for søers overordnede tilstand er eksempelvis demonstreret i forbindelse med restaurering af søer ved fiskemanipulationer (Liboriussen et al. 2007). Næringsrige søer vil typisk have en stor bestand af fredfisk (især skalle og brasen), som holder mængden af dyreplankton på et lavt niveau, derved forhindrer de, at mængden af fytoplankton kan begrænses af dyreplankton. Restaurering af søer, hvor man fjerner størstedelen af fredfisk, fører derfor ofte til væsentligt mere klarvandede søer med mindre indhold af klorofyl og en række andre afledede effekter, som illustrerer fiskenes afgørende betydning for søers tilstand. Opfiskningen af fisk, som fouragerer i søbunden (især brasen og karper), har også en positiv effekt på vandkvaliteten via mindsket ophvirvling af sediment samt evt. indirekte via mindsket frigivelse af fosfor fra det ophvirvlede sediment.

Fugles betydning for søers tilstand er ikke så velbelyst som for fiskene. Fugle er mere mobile og vil kunne søge hen, hvor livsbetingelserne er de bedste, men der er flere eksempler på at fugle også kan påvirke søers tilstand. Græsningen fra svaner og blishøns kan have en markant effekt på mængden af undervandsplanter i søer og dette kan have stor betydning for vandkvaliteten specielt i lavvandede søer, hvor undervandsplanter er vigtige for at kunne opretholde klarvandede forhold (Jeppesen et al. 1997). Naturlige bestande af skarv, rastende gæs eller mågekolonier kan lokalt forekomme i så store antal, at de vurderes at påvirke søens tilstand betydeligt, fordi de bidrager til at importere næringsstoffer til søen. Øget næringsstofftilførsel kan

også ses i forbindelse med udsætning og fodring af fugle, herunder gråænder, som kan påvirke søers vandkvalitet i negativ retning.

Udsætning af fisk forvaltes efter Fiskeriloven, eller hvis den pågældende sø ikke er omfattet af denne lov, efter Naturbeskyttelsesloven (§ 3). Udsætning af gråænder er reguleret via "Bekendtgørelse om udsætning af vildt, jagtmåder og jagtredskaber" og indeholder regler for udsætning af gråænder i forhold til størrelsen af vandspejl. Således må der maksimalt udsættes 1 ælling pr. 150 m² frit vandspejl, eller 1 voksen and pr. 300 m² vandspejl. Det er ukendt i hvilket omfang udsætninger overholder disse regler, men det er kendt, at for eksempel udsætning af karper ikke altid er sket med de nødvendige tilladelser.

Udarbejdelsen af vandplaner i forbindelse med implementering af EU's Vandrammedirektiv kræver et godt kendskab til alle typer af menneskelige og næringsstofmæssige påvirkninger af søerne. Her er en vigtig brik at kunne vurdere betydningen af fuglebestande samt udsætninger af gråænder og karper, der i nogle søer vurderes at udgøre en vigtig, men ikke kvantificeret påvirkning.

1.2 Formål

Formålet med denne rapport er at samle op på den eksisterende viden om effekter af fugle og karper på søers vandkvalitet og økologiske tilstand.

Hensigten er at angive retningslinjer for vurdering af naturlige fuglebestandes påvirkning med kvælstof og fosfor ud fra kendskab til antal og arts-sammensætning af fugle, der opholder sig ved en sø. Endvidere vurderes effekten ved udsætning og fodring af gråænder.

Derudover er det formålet at vurdere i hvilket omfang og ved hvilke tætheder, karper kan forventes at påvirke søers vandkvalitet, og i hvilket omfang udsætning og forfodring af karper har betydning for muligheden for målpopulærlidelse i søerne.

2 Metoder

Påvirkning fra fugle og fisk på søers vandkvalitet er vurderet på baggrund af eksisterende danske og udenlandske undersøgelser. Der er primært valgt nyere publikationer fra den udenlandske litteratur, mens alle danske dokumenterede undersøgelser så vidt muligt er inddraget. Gennemgangen af disse undersøgelser har dannet baggrund for mere generelle konklusioner og anbefalinger.

3 Påvirkninger fra karper

Ferskvandsfisk var tilbage i tiden en vigtig del af kosten både blandt overklassen og den almindelige befolkning. Udsætning af fisk og pleje af søers fiskebestande har således fundet sted gennem århundreder i forsøg på at øge menneskers fødegrundlag. Mange af de mindre søer blev brugt til kulturfiskeri og systematisk produktion af karusser og karper, og der er beretninger om store produktioner af fisk i Nordsjælland fra 16- og 17-hundredetallet (Sand-Jensen 2001). Karpen (*Cyprinus carpio*) er antagelig kommet til Danmark allerede i 1500-tallet som dambrugsfisk. Karpedammene ved Gråsten fungerer i dag som et levende museum for hvordan opdræt og karpesfiskeri et tidligere foregik, men bortset herfra er der i dag ikke nogen egentlig karpeproduktion i Danmark.

Gennem de sidste årtier er udsætning og fangst af karper igen blevet mere almindeligt i forbindelse med lystfiskeri, hvor der blandt andet konkurreres om at fange de største fisk, eller der fiskes for blot at få en god naturoplevelse. Den stigende interesse for medefiskeri efter karper og andre fredfisk, herunder fra udlandet, skaber naturligt et ønske om at bevare og skabe gode fiskelokaliteter. Dette har ført til diskussioner om, i hvilket omfang udsætning og fangst (med forfodring) af karper påvirker vandkvaliteten negativt, og hvor stor en udsætning kan være, før der sker en uønsket påvirkning.

Såvel udsætning som forfodring af karper ved fiskeri er blevet sidestillet med eutrofiering, som bidrager til at forringe vandkvaliteten i søer og evt. må reguleres for at leve op til miljømyndigheders krav om mindst en god økologisk tilstand jf. EU's Vandrammedirektiv. Derudover har karpeudsætning en række andre potentielle negative effekter, som kan være i modstrid med andre naturinteresser, herunder forekomsten af fugle og padder. De potentielle negative effekter af karpeudsætning på vandkvaliteten i søer er opsummeret i tabel 3.1.

Tabel 3.1. Potentielle effekter af karpeudsætning og karpesfiskeri på søers vandkvalitet. Mange af de potentielle effekter er kun undersøgt i ringe grad.

Påvirkning	Effekter/konsekvenser
Ophvirvling af sediment i forbindelse med fødesøgning	Mere uklart vand med afledede effekter på en række øvrige forhold. Øget næringsstoffrigivelse fra sediment -> øget vækstmulighed for fytoplankton -> mere uklart vand Mindre kompakt og lettere resuspenderbart sediment -> mere uklart vand under blæsende forhold.
Forfodring i forbindelse med fiskeri	Ekstra tilførsel af organisk stof -> øget iltforbrug -> øget næringsstof-frigivelse. Ekstra næringsstofkilde -> bedre vækstmuligheder fytoplankton -> mere uklart vand.
Bunddyr som fødekilde	Forringer vækstvilkår for andre fiskearter
Dyreplankton som fødekilde	Forringer dyreplanktons evne til at holde mængden af fytoplankton nede -> mere uklart vand.
Konsumering/beskadigelse/oprivning af undervandsplanter	Mindsker vækstmuligheder for planter -> forringede vilkår for organismer knyttet til planter. Reducerer planternes stabiliserende effekt på den klarvandede tilstand i lavvandede søer -> øget risiko for uklart vand.
Ændrede konkurrencevilkår for naturlig fiskebestand	Påvirker naturlige fiskebestand.
Prædation på paddeæg og -yngel	Færre padder

I Danmark er flere af problemstillingerne knyttet til udsætning af karper, blandt andet beskrevet af DTU (2013) og i Carl (2012). Gennemgående for disse samstillinger er, at der ikke er mange danske undersøgelser, som dokumenterer, hvilken effekt udsætning af karper har, og at det er vanskeligt på baggrund af danske erfaringer at udtale sig om karpers betydning. I udlandet er der derimod gennemført mange undersøgelser, herunder forskellige former for kontrollerede forsøg, hvor effekten af karpeudsætning på forskellige vandkemiske og biologiske forhold er undersøgt. Ikke alle disse forsøg kan ukritisk overføres til danske forhold, men kan alligevel give nogle fingerpeg omkring effekten af karpeudsætning. I de følgende to afsnit gives en oversigt over de danske og udenlandske erfaringer.

3.1 Danske erfaringer

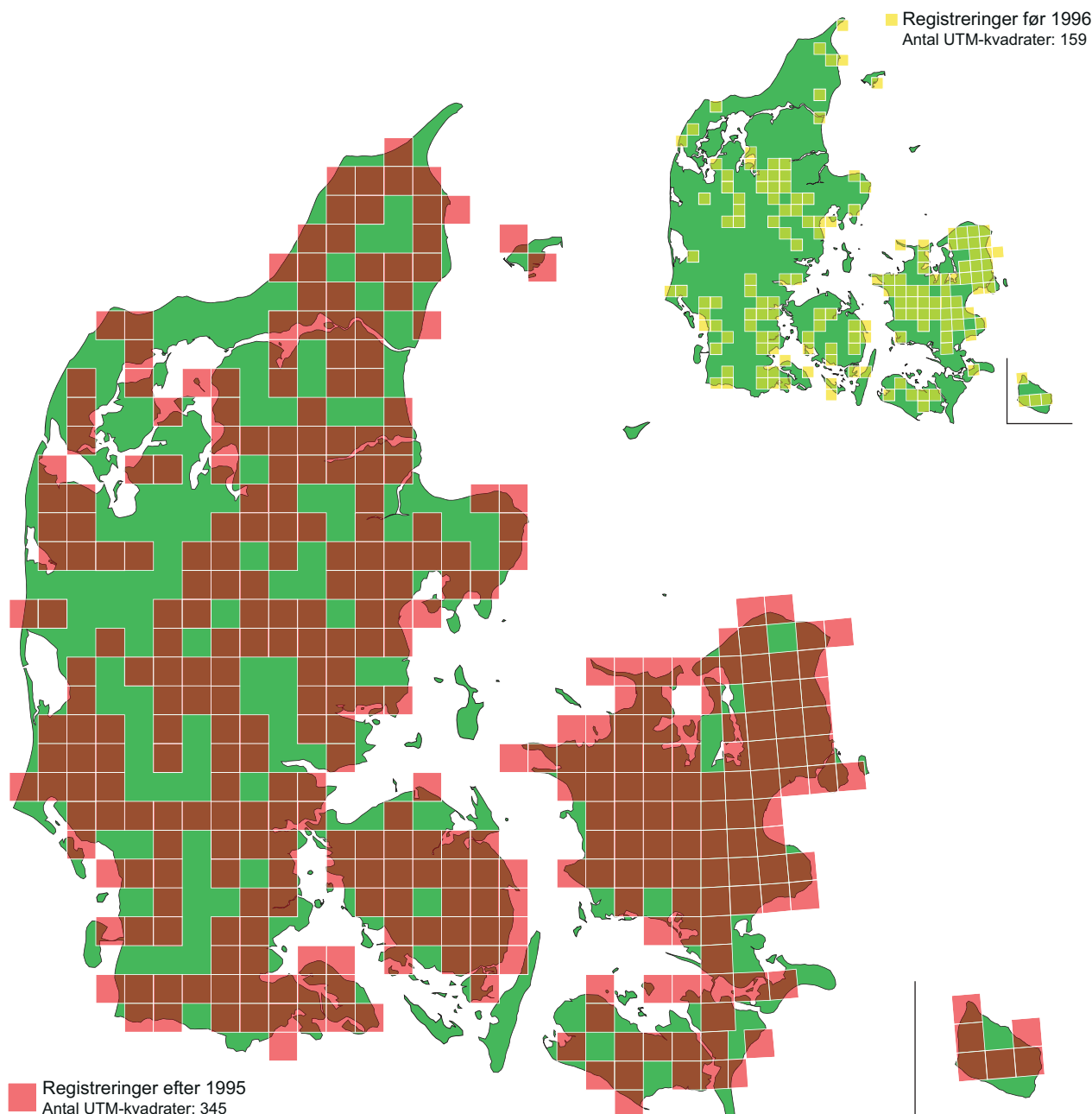
Udbredelse

Karper findes vidt udbredt over stort set hele Danmark. Det fremgår af den nyligt publicerede atlasundersøgelse over forekomsten af de danske ferskvandsfisk (Carl 2012; Fig. 3.1). Her er karpen registreret i 345 af de undersøgte 10*10 km UTM-kvadrater, og bortset fra nogle områder i Nordvestjylland, hvor den ikke er registreret så hyppigt, findes den overalt i Danmark. Til sammenligning er brasen registreret i 270 kvadrater og skalle i 437 kvadrater. Ved registreringer før 1996 blev karpen kun fundet i 159 kvadrater, og selv om undersøgelserne ikke nødvendigvis er helt sammenlignelige tyder det på, at udbredelse af karper er øget. Carl (2012) angiver, at karper sandsynligvis findes i omkring halvdelen af alle egnede moser og søer på Sjælland og i en stor procentdel af søerne i den øvrige del af landet. Karper er formentlig også udsat i en del mindre søer, som fra naturens side ville være uden fisk, pga. manglende indvandringssmuligheder, ringe overlevelsesmuligheder med fiskedød i tørre og varme somre og kolde vintre med isdække. Hvis der ikke foretages udsætninger vil søer under ca. 1 hektar derfor som oftest være uden fisk (Søndergaard et al. 2002). Karpebestande er følsomme over for hårde vintre, og det skønnes at mellem 25 og 50 % af alle karper i Danmark døde i vinteren 2009-2010 (Carl 2012).

Forekomsten af karper ved standardfiskeundersøgelserne gennemført i NOVANA-overvågningsprogrammet viser, at karper kun er registreret i ganske få søer. Ud af 203 søer undersøgt i perioden 2004-2011 blev der således kun registreret karper i 10 søer. I de fleste af disse søer udgjorde karperne kun en mindre del af den samlede fiskebiomasse (CPUE-vægt), og kun i enkelte søer var der dominans af karper. Disse fiskeundersøgelser giver dog efter al sandsynlighed ikke noget retvisende billede af udbredelse af karper og karpernes andel af fiskebiomassen i søer, fordi karper vanskeligt lader sig fange ved metoderne anvendt i NOVANA-programmet. Det betyder også, at der ikke findes nogen pålidelige undersøgelser af karpernes kvantitative andel af fiskebestanden i de danske søer på baggrund af NOVANA-programmet, og at karpers andel af danske søers fiskebestande dermed i store træk er ukendt.

De eksisterende fiskemetoders manglende evne til at beskrive søers karpebestande blev illustreret i en omfattende fiskeundersøgelse gennemført i 2000 i den 2,1 hektar store Hanebjerg Sø på Midtjylland (projekt finansieret af fisketegnsmidlerne). Her blev søen til sidst tømt for vand, så den præcise fiskebestand kunne opgøres. Søens fiskebestand blev, inden søen tømtes for vand, indledningsvis undersøgt med en række forskellige metoder (horison-

tal ekkolodning, faldnet, gællenet/biologiske oversigtsgarn, punktprøvetagning ved elfiskeri, mærkning-genfangst, ruser og yngeltrawl). Ingen af disse fiskemetoder fangede én eneste karpe, men da søen efterfølgende blev tømt for vand og alle fisk optalt (i alt næsten 178.000 fisk med en samlet vægt på 1.330 kg, svarende til 633 kg/ha), viste det sig, at der i alt var 149 karper i søen, og at disse udgjorde 35 % af den samlede fiskebiomasse i søen. Der var ingen yngel af karper i søen. Karperne blev først fanget i vodtræk, da søen næsten var tømt for vand.



Figur 3.1. Udbredelsen af karper i Danmark. Fra fiskeatlasset, Carl (2012).

Reproduktion og karpebestande

Som anført hører karper ikke naturligt hjemme i Danmark, og selv om der er mange beretninger om ynglesucces og reproducerende bestande, er forekomsten og opretholdelsen af karpebestande i Danmark formentlig i høj

grad betinget af udsætninger. Karper kan blive meget gamle, men det er blevet fremført, at med de nuværende klima- og yngleforhold ville 90 % af alle karpebestande i Danmark sandsynligvis være væk inden for 50 år, hvis bestandene ikke blev suppleret med nye udsætninger (DTU 2013). I takt med klimaændringer og øget temperatur må man forvente at karpers reproduktionsmuligheder øges. En omfattende beskrivelse af karpen og dens biologi findes i Carl (2012).

Selvom karper først gyder ved en forholdsvis høj temperatur, så er karpers ynglesucces ikke kun et spørgsmål om tilstrækkelig høj temperatur, men afhænger antagelig også af andre forhold, herunder konkurrence med de øvrige fiskearter (DTU 2013). Hvad der mere præcis afgør karpers ynglesucces er ikke tilstrækkeligt beskrevet endnu, men at konkurrencen med andre fisk spiller ind understøttes af, at de steder, hvor karper gyder med succes, som regel er der, hvor karper er den eneste eller den absolut dominerende fiskeart, samt at æg og yngel sjældent overlever på trods af at karper i de fleste tilfælde går på leg hvert år (DTU 2013). Effekten af den øvrige fiskebestand på karper understøttes af en undersøgelse i en række sammenhængende søer fra den øvre Mississippi (USA), hvor Bajer et al. (2012) fandt, at karpeyngel kun blev fundet i søer, hvor der på grund af vinterfiskedød var lav tæthed af indfødte fiskearter, som ellers spiste æggene fra karperne.

Effekter

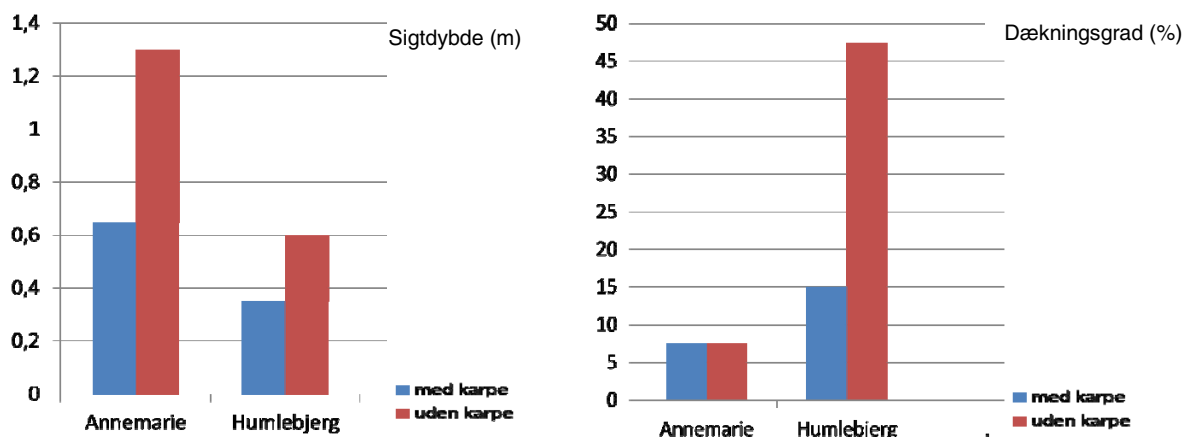
Den vigtige betydning af fredfisk for søers tilstande illustreres i de mange sørestaureringsprojekter, der er gennemført i Danmark ved opfiskning af fredfisk de sidste årtier (Liboriussen et al. 2007). Hvis der fjernes tilstrækkeligt mange fisk ses ofte en fordobling af sigtddybden, mens indholdet af suspenderet stof, klorofyl a og næringsstoffer reduceres betydeligt. Karper udgør ved disse opfiskninger sjældent nogen særlig stor andel af fiskebestanden, men de største effekter ses især der, hvor en bestand af brasen reduceres. Dette hænger formentlig sammen med, at ophvirvlingen af sediment mindskes, når brasen fjernes. Sidestilles effekten af brasen med effekten af karper (begge fødesøgende ved bunden) er dette en klar indikation på, at også karper har en negativ påvirkning af den økologiske tilstand i søer via blandt andet øget bidrag til partikler i vandet og mere uklart vand. Der er dog udenlandske undersøgelser, som peger på at fødesøgning fra brasen har større effekt på ophvirvlingen af sediment end karper har (se afsnit 3.2).

Som nævnt er der kun lavet meget få egentlige undersøgelser over karpers effekter på søers vandkvalitet i Danmark. DTU (2013) henviser til observerede effekter med nedsat sigtddybde og markant reduktion i mængden af undervandsplanter i flere mindre søer efter introduktion af karper. En anden er Pedersen (1993), hvor ændringer i udsætningsmængden sammen med vandkvalitetsmålinger i to småsøer på Gråsten Statsskovdistrikt i starten af 1990'erne gav mulighed for at vurdere effekten af karpeudsætning. Undersøgelsen omfatter kun et års målinger med og uden karper og kun af nogle enkelte parametre, og det er vanskeligt at generalisere ud fra så få målinger. Rapporten inkluderer også en litteraturgennemgang.

Resultaterne fra de to undersøgte søer (Pedersen 1993), Annemarie sø (1 hektar og middeldybde 0,5 m) og Humlebjerg sø (areal 0,24 hektar, middeldybde 0,6 m) viste en øget sigtddybde (fra 0,3-0,4 m til 0,6 m) i Annemarie sø efter at 325 kg karper blev opfisket og en mindsket sigtddybde (fra 1,3 m til 0,5-0,8 m) i Humlebjerg sø efter at 69 kg karper (svarende til 288 kg/hektar)

blev udsat (Fig. 3.2). Udsætningen i Humlebjerg sø førte til en nedgang i undervandsplanternes dækningsgrad fra 45-50 % til 10-20 %. Før karpeudsætningen var undervandsplanterne domineret af skør kransnål, men efter udsætningen var forekomsten spredt og med få individer. I Annemarie sø nåede den øgede sigtddybde ikke at slå igennem på mængden af undervandsplanter.

På baggrund af undersøgelserne i Gråsten-søerne og en litteraturgennemgang konkluderede Pedersen (1993), at den nedre grænse for en negativ miljøpåvirkning i små søer og damme er på 150-250 kg karpe/hektar, og at der ved 400-500 kg/hektar formentlig vil kunne registreres en reduceret sigtddybde afhængig af vanddybde og bundmaterialets beskaffenhed. I andre sammenhænge er det konkluderet at "En grov tommelfingerregel peger på, at man ved en biomasse af karper omkring 200-250 kilo pr. hektar altid kan forvente en tydelig negativ effekt på udbredelsen af undervandsvegetation", men også at nogle arter af undervandsplanter påvirkes ved lavere karpebiomasse (DTU, 2013). Der er dog ikke lavet egentlige danske undersøgelser, som nærmere dokumenterer disse retningslinjer.



Figur 3.2. Effekter af karpeudsætning på sigtddybde og undervandsplanternes dækningsgrad i to småsøer ved Gråsten. Baseret på Pedersen (1993).

Forfodring i forbindelse med fiskeri efter karper har også været genstand for diskussioner. Eksempelvis blev det i Skanderborg kommunes plan for 2009 i forbindelse med medefiskeri angivet at "Det anses derimod at være i strid med Miljøbeskyttelsesloven § 27, at fodre i større mængder end 0,5 kg foder per person per dag" (Skanderborg kommune 2009). En tysk undersøgelse viste på baggrund af 710 besvarede spørgeskemaer (Niesar et al. 2004), at hver specialiseret karpefisker gennemsnitligt brugte 215 kg forfoder per år, svarende til omkring 1 kg fosfor per fisker årligt. Dette svarer til ca. 1 person-ækvivalent (PE), eller tilførsel af 200 l spildevand per dag. For at modvirke denne fosfortilførsel skulle der fjernes 175-225 kg karpe per år, men eftersom karperne normalt udsættes igen efter fangst, bliver alt den tilførte fosfor i søen. Det er dog blevet fremført, at forbruget af forfoder hos danske karpefiskere ligger langt lavere og kun udgør ca. 1/10 end den, angivet for de tyske fiskere (Carl 2012).

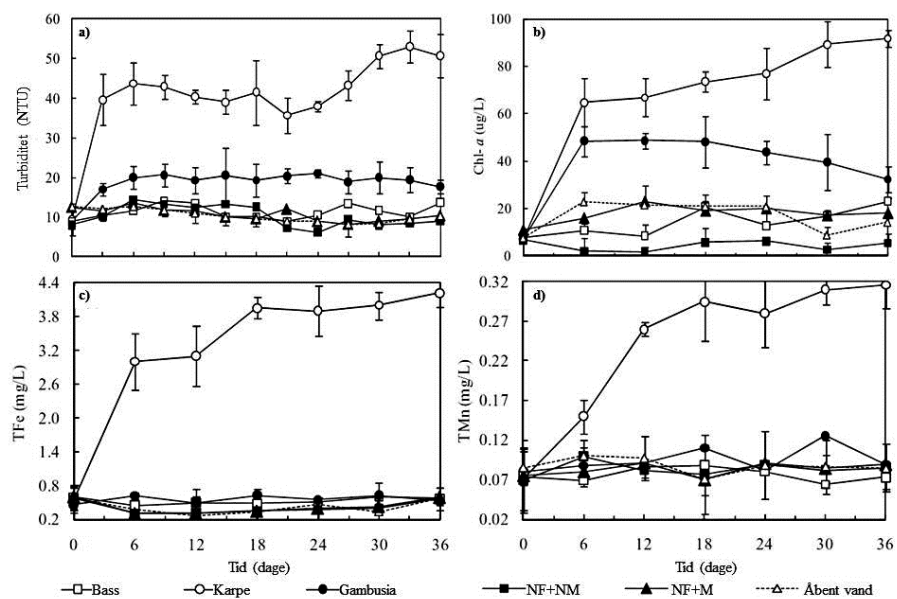
3.2 Udenlandske erfaringer

Karper har været hyppigt udsat i søer overalt i verden, og betydningen heraf har været genstand for mange undersøgelser. I dette afsnit opsummeres nogle af de mange udenlandske erfaringer og forsøg, der har været gennemført over årene.

Forsøg i Australien

Et nyligt publiceret eksempel er fra en række indhegningsforsøg gennemført i Australien (Fig. 3.3, Akhurst et al. 2012). I disse forsøg var der en meget tydelig negativ effekt på vandets klarhed i indhegninger, hvor der var udsat karper sammenlignet med indhegninger, hvor der ikke var udsat fisk, eller hvor der var udsat planktivore fisk. Vandets uklarhed (turbiditet) var øget med omkring en faktor 5 og sigtdybden reduceret fra omkring 1 til 0,2 m i indhegninger med karper. Karpeudsætningen havde også negative effekter på undervandsplanterne. Karpernes effekt på ophvirvlingen af partikler blev understøttet af et markant øget indhold af jern og mangan, som kun kunne stamme fra sedimentet. Antages en lineær sammenhæng mellem tilsat mængde karpe og forøgelse i indholdet af klorofyl a, giver en forøgelse på 100 kg karper/ha en forøgelse i indholdet af klorofyl a på 4,6 ug/l. Det skal dog bemærkes, at den udsatte mængde karper var meget høj (1.875 kg/ha) sammenlignet med de fleste naturlige bestande.

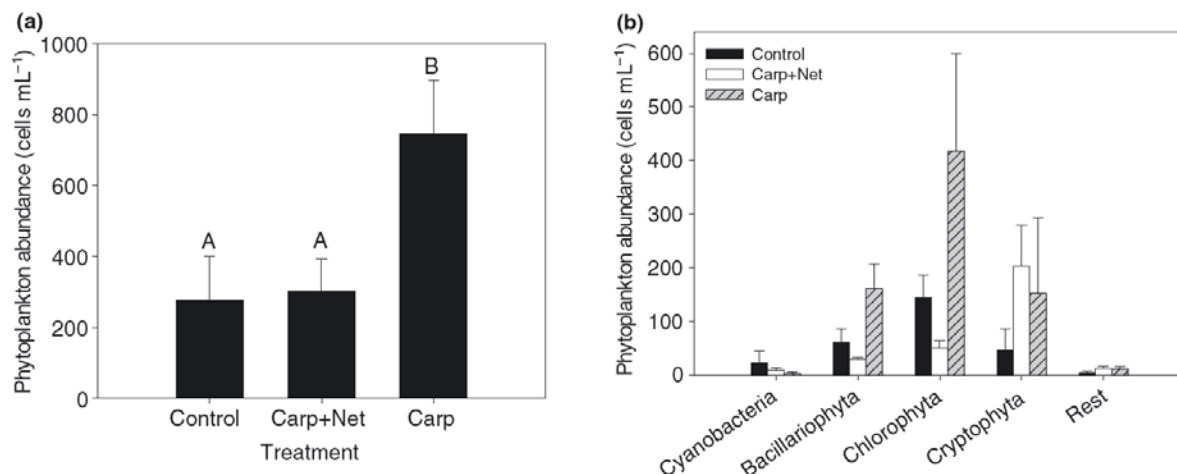
Figur 3.3. Forsøg fra Australien med udsætning af fisk. Forsøgene blev gennemført i 20 forsøgsindhegninger på hver 3,2 m³ (diameter: 2 meter). Hver indhegning blev tilsat 600 g fisk (1.875 kg/ha). a) Vandets uklarhed (turbiditet), b) Indholdet af klorofyl a (chl-a), c) Indhold af jern (TFe), d) Indhold af mangan (TMn). NF: uden fisk (no fish), NM: uden planter (no macrophytes), M: med planter (macrophytes). Bass: *Macquaria novemaculeata*, Gambusia: *Gambusia holbrooki*. Fra Akhurst et al. (2012).



Forsøg i Holland (2007)

En anden undersøgelse om karpers effekt er fra Holland. Her anvendte Roozen et al. (2007) en kombination af felt- og laboratorieforsøg til at vurdere karpers effekt på algemængde og sammensætning. Forsøgene blev gennemført i ret små indhegninger, hvortil der blev tilsat én karpe til nogle indhegninger og ingen til andre, svarende til ingen eller meget høje tætheder af karper (Fig. 3.4). Undersøgelsen viste, at hvis karper har adgang til sedimentet, så førte dette til øgede mængder af alger i vandet (Fig. 3.4a) i modsætning til andre indhegninger, hvor der var sat et net op over bunden, som forhindrede karpernes adgang til sedimentet. Den øgede mængde partikler i vandet omfattede også kiselalger og grønalger, som har en forholdsvis høj sedimentationsrate, og dette antyder, at karperne har en direkte effekt på

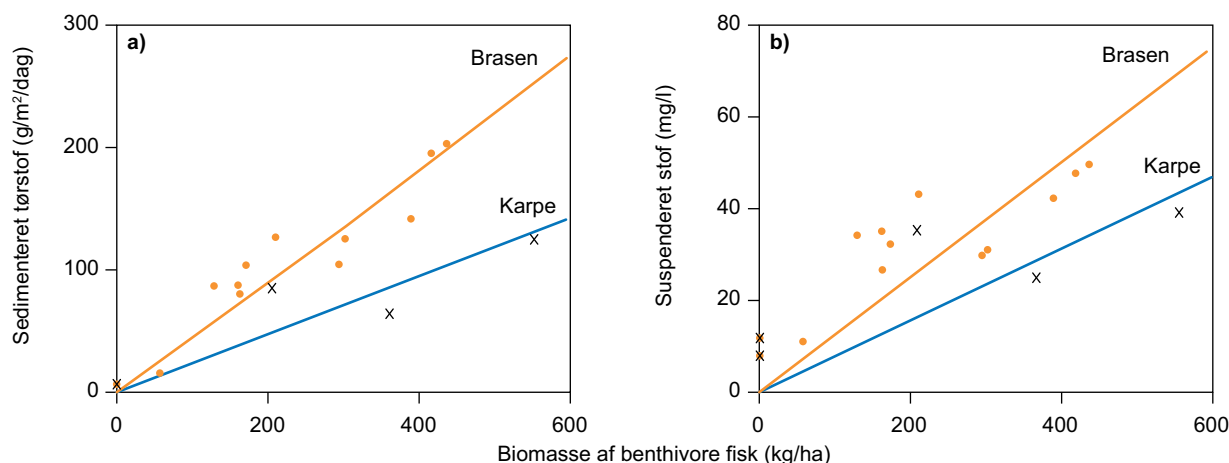
disse typer af alger, formentlig fordi algerne ophvirvles igen (Fig. 3.4b). Selvom man umiddelbart kunne tro at flere ophvirvlede partikler fra bunden ville påvirke mængden af planteplankton negativt pga. forringede lysforhold, så var det ikke tilfældet i denne undersøgelse. Der er dog andre forsøg, hvor der på trods af markant øget turbiditet og totalfosforkoncentrationer som følge af karpeudsætning, blev registreret en reduktion i mængden af alger (Wahl et al. 2011). Formentlig vil søspecifikke forhold og typen af sedimentoverflade – om den primært består af uorganiske partikler eller om den i højere grad består af nyligt sedimenterede alger, have stor betydning.



Figur 3.4. Forsøg fra Holland med udsætning af karper i indhegninger (12 stk med en diameter på 1,05 m og vanddybde på 0,9 m). Indhegninger med karpe blev tilsat én karpe på 20-26 cm (197-313 g, svarende til 2074-3295 kg/ha). I indhegninger, hvor karperne ikke havde adgang til sedimentet, var der installeret et net 10 cm over sedimentet. a) effekten på mængden af fytoplankton, b) effekten på fytoplanktontyper (Cyanobacteria: blågrønalger, Bacillariophyta: kiselalger, Chlorophyta: grønalger, Cryptophyta: rekylalger, Rest: andre). Control: Forsøg uden kaper. Carp-Net: Forsøg med karper tilsat og med net over sediment. Forsøg angivet med forskellige bogstaver (A, B) er statistiske signifikante. Fra Roozen et al. 2007.

Forsøg i Holland (1994)

En tidligere og ofte citeret hollandsk undersøgelse er af Breukelaar et al. (1994), som i 16 forsøgsdamme på hver 1000 m² tilsatte karper og brasen i varierende mængder mellem 0 og 500 kg/ha. Undersøgelserne antydede en lineær sammenhæng mellem mængden af tilsatte fisk og mængden af suspenderet stof i vandet (Fig. 3.5). Der var ingen sammenhæng mellem fiskestørrelse og mængden af ophvirvlet materiale, formentlig fordi, der ikke var alternative fødekilder til bunddyr. Breukelaar et al. (1994) angiver effekten af brasen til at være dobbelt så stor, som effekten af karpe, men som det fremgår af Fig. 3.5 baserer denne konklusion sig kun på meget få data og må tages med forbehold. Det blev beregnet, at for hver 100 kg brasen/ha øgedes mængden af suspenderet stof i vandet med 12 mg/l og for hver 100 kg karpe/ha med 8 mg/l. Den mindre effekt af karpe blev forklaret med karpens bredere fødevalg, som også omfatter snegle og frø, samt at karpens på grund af dens størrelse kræver mindre energi per vægtenhed. Forøgelsen på 8 mg suspenderet stof/l per 100 kg karpe/ha ligger indenfor det niveau fundet i andre undersøgelser, fra 3,8 mg/l per 100 kg karpe/ha fundet i andre hollandske undersøgelser (Meijer et al. 1989) til 17 mg/l per 100 kg karpe/ha fundet i Nordamerika (Parkos et al. 2003). Et indhold på 8 mg suspenderet stof/l svarer til en sigtdybde på ca. 1,7 m (Jensen et al. 1997).



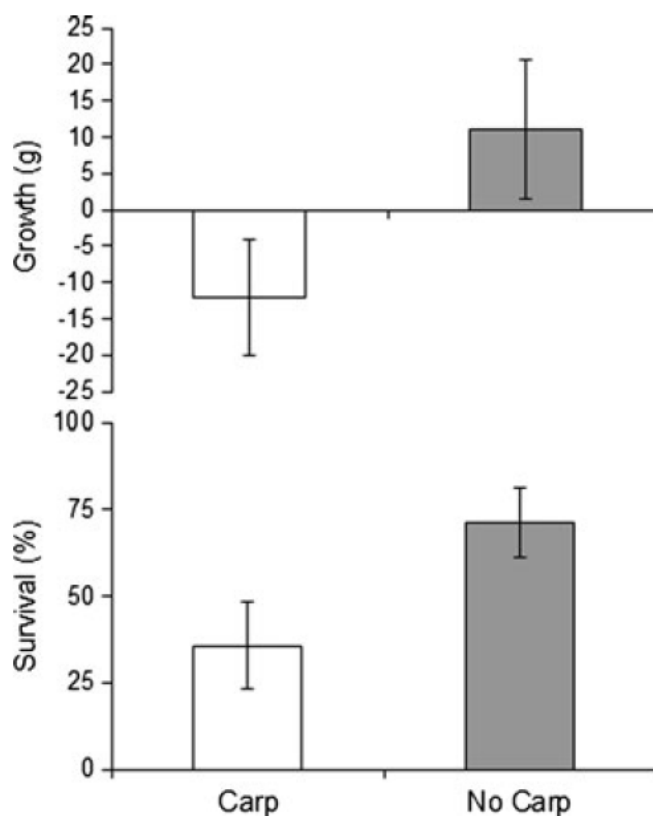
Figur 3.5. Sammenhænge mellem biomassen af benthivore fisk (karpe eller brasen) og mængden af sedimenteret tørstof (a) og mængden af suspenderet stof (b) i forsøg med forskellige mængder af fisk tilsat. Fra Breukelaar et al. 1994.

I damme, hvor hhv. brasen og karper var tilsat, kunne hhv 91 % og 81 % af variationen i indhold af suspenderet stof forklares ud fra mængden af tilsat fisk (Breukelaar et al. 1994). Effekten af fisk på mængden af suspenderet stof var ikke lige stor gennem hele sæsonen og var lavest om foråret, angiveligt fordi brasen og karpe her kunne finde pelagiske fødekilder (*Daphnia*) og derfor fouragerede mindre på bunden. Under antagelse af ligefrem proportionalitet førte 100 kg brasen/ha til en forøgelse i mængden af klorofyl med 9 ug/l, i koncentrationen af totalfosfor (TP) med 0,03 mg/l og i koncentrationen af totalkvælstof (TN) med 0,48 mg/l. Til sammenligning, så er grænsen mellem god og moderat økologisk tilstand i de første danske vandplaner sat til 21-25 ug klorofyl a i de lavvandede søer og 8-12 ug klorofyl a i de dybe søer. Disse resultater indikerer således, at alene en stor bestand (>200-300 kg/ha) af bundlevende fisk kan gøre det vanskeligere at efterleve Vandrammedirektivets krav om mindst en god økologisk tilstand i næringsrige søer.

Forsøg i USA

Wahl et al. (2011) anvendte 16 forsøgsindhegninger på hver 600 m² etableret i næringsrige damme i Illinois (USA) til at undersøge effekten af karpeudsætning, ikke kun på vandkvaliteten, men også på den øvrige fiskebestand. De fandt, som i mange andre forsøg, stærke positive effekter på TP og turbiditet, mens indholdet af klorofyl a og dækningsgraden af undervandsplanter var lavere ved tilsætning af karper. Reduceret indhold af fytoplankton på trods af øget fosforindhold blev forklaret med den øgede turbiditet og mindre lysgennemtrængning. Også væksten og overlevelsen af de naturligt tilstedeværende fisk (largemouth bass, *Micropterus salmoides* og blugill, *Lepomis macrochirus*) blev påvirket negativt ved karpeudsætning (Fig. 3.6), formentlig på grund af den øgede turbiditet. Wahl et al (2011) konkluderede at karpeudsætning har en række stærke direkte og indirekte effekter, som påvirker hele økosystemet og de trofiske interaktioner.

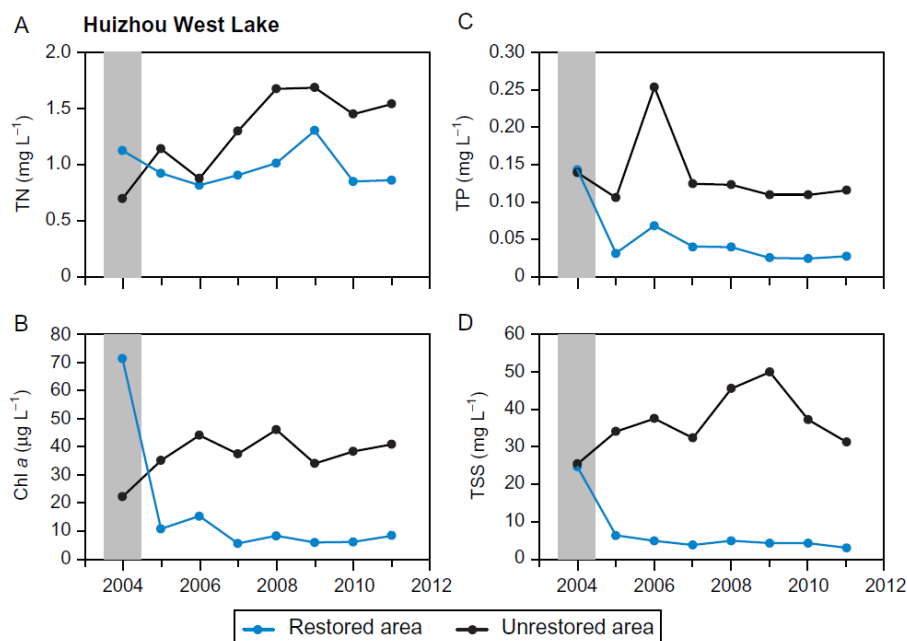
Figur 3.6. Vækst (Growth, øverst) og overlevelsesprocenten (Survival, nederst) af voksne largemouth bass (*Micropterus salmoides*) i 0,06 ha indhegninger med (Carp) og uden karper (No Carp) tilsat. Karper blev udsat i en tæthed på 277-430 kg/ha. Fra Wahl et al (2011).



Kina (opfiskning af karper mm.)

Jeppesen et al. (2012) beskriver resultaterne af et fuldskalaforsøg gennemført i Huizhou West Lake beliggende i den tropiske del af Kina. Et 1 hektar stort område af den 160 hektar store sø blev afgrænset og herfra blev ca. 200 kg fisk/ha fjernet for at restaurere søen. Opfiskningen omfattede flere karpearter, som blev fjernet over en 2-måneders periode i slutningen af 2004. Efterfølgende blev der også udplantet undervandsplanter. Restaureringsindgrebet førte til markant lavere indhold af suspenderet stof og klorofyl a, der de efterfølgende år var reduceret til omkring 10-20 % af niveauet i den ikke-restaurerede del af søen (Fig. 3.8). Også indholdet af næringsstoffer (TP, TN) blev væsentligt reduceret ved indgrebet. Mængden af større dyreplanktonarter (cladocer og copepoder) var efter indgrebet meget lavt både i den restaurerede og ikke-restaurerede del af søen, hvilket ikke tyder på, at effekten blev opnået via øget græsningstryk fra dyreplanktonet på algerne, men via planternes effekt og mindsket ophvirvling af sedimentet via karpernes fødesøgning.

Figur 3.7. Indholdet af total kvælstof (A), klorofyl a (B), total fosfor (C) og suspenderet stof (D) i den restaurerede (blå) og den ikke-restaurerede (sort) del af Huizhou West Lake, Kina. Grå felter angiver værdier før restaureringen. Fra Jeppesen et al. (2012). Se også Fig. 3.8.



Figur 3.8. Forsøg fra Huizhou West Lake, Kina, hvor der i én del af søen (højre side af billedet) blev fjernet en stor del af de fisk (forskellige karpearter), som fouragerer på søbunden. Se også Jeppesen et al. (2012) og Fig. 3.7.

Øvrige forsøg og undersøgelser

Der er mange øvrige udenlandske undersøgelser om karpers effekt, herunder:

- Badiou & Goldsborough (2011) fandt i 5-7 hektar store wetlandsforsøgsområder ved Lake Maniota, Canada at udsætningen af karper førte til

samme effekter som ved eutrofiering, dvs. højere indhold af suspenderet stof, næringsstoffer og klorofyl a. Wetlandsområderne blev dog ikke mere uklare ved udsætningen af karper, formentlig fordi humus-indholdet var højt, og der stadigvæk var mange undervandsplanter i de meget lavvandede områder. Det angives at karpetætheder på 400 kg/ha let kan skifte den trofiske tilstand i de fleste søer.

- King et al. (1997) fandt i et fuldskalaforsøg i Australien (2 søer/billabongs delt i hver to med forskellige tætheder af karper tilsat), signifikant højere fytoplanktonmængde og højere turbiditet i søer med høj tæthed af karper. Effekten varierede med karpemængde og sedimenttypen i de to søer.
- Miller og Crowl (2006) gennemførte to typer indhegningsforsøg i Utah (USA) og konkluderede, at karper påvirkede diversiteten af makrofytter og nogle invertebrater negativt. Effekten af karper varierede afhængig af indhegningernes placering, hvilket blev tilskrevet vindens påvirkning af makrofytter.
- Jackson et al. (2010) undersøgte 129 søer (4-2.174 hektar) i Iowa, USA og fandt, at søer med høj fangstrate af karper også havde højeste næringsstofindhold, højest fytoplanktonmængde og lavest sigtddybde. De konkluderede endvidere, at lavvandede søer er mest følsomme overfor karpeudsætning og at restaurering af søer ved opfiskning af karper vil være mest succesfuld i denne søtype.
- Bio et al. (2008) forsøgte at restaurere Lake Furnas på Azorerne ved at opfiske over halvdelen af de karper, som var udsat/havde formeret sig i søen. De konkluderede, at opfiskningen ikke var tilstrækkelig til at skifte søen til en klarvandet tilstand, fordi der stadigvæk var en stor næringsstofftilførsel og fordi fiskene reproducerede sig igen. Skov et al. (2010) har på baggrund af sedimentanalyser påvist, at der skete store ændringer i en række biologiske forhold i forbindelse med udsætningen af karper i søerne på Azorerne omkring 1890.
- Chumchal & Drenner (2004) vurderede på baggrund af 2,5 m² store indhegninger i Texas den kombinerede effekt af karpe- og fosfortilsætning. De fandt at karper havde størst effekt på indholdet af klorofyl a i indhegninger, hvor der også blev tilsat fosfor, formentlig fordi tilsætningen af fosfor førte til kvælstofbegrænsning, hvorved karpernes ekskretion af kvælstof fik størst betydning på mængden af fytoplankton i disse indhegninger.
- Kloskowski (2011) vurderede effekten af karpeudsætning i polske småsøer med enten høj eller lav tæthed af karper og fandt en væsentlig lavere biodiversitet i småsøer med store mængder karper. Eksempelvis resulterede tilstedeværelsen af karper i elimineringen af alle larver af løgfrøen (*Pelobates fuscus*).
- Turner and Ruhl (2007) undersøgte betydningen af fodring af karper og fugle i den over 6.000 hektar store Pymatuning Reservoir (Pennsylvania, USA) og fandt at parkens 450.000 årlige besøgende med brød og anden føde bidrog med 3,2 kg P/dag, hvilket oversteg hele oplandets belastning med en faktor 1,5 og udgjorde en betydende fosforkilde for dele af søen.

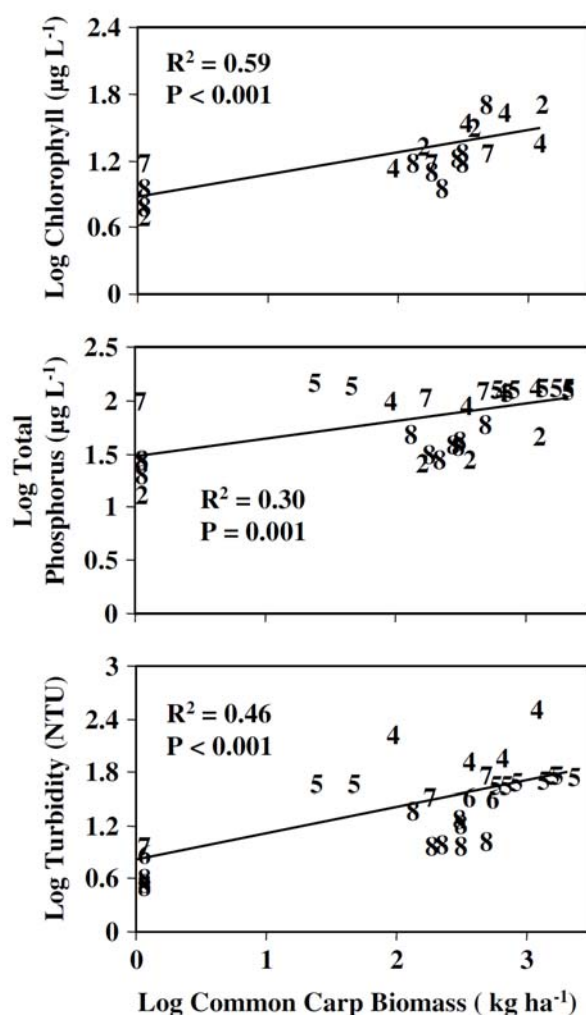
Metaanalyser

Enkelte artikler opsummerer resultaterne af karpeforsøg fra en række undersøgelser. Chumchal et al. (2005) undersøgte således effekten af tætheden af udsatte karpemængde dels i selvstændige forsøg, men også ved at sammenstille resultater fra 7 andre studier gennemført under sammenlignelige forhold. De fandt en generel positiv sammenhæng mellem mængden af ud-

satte karper for flere vandkemiske forhold (klorofyl a, TP og turbiditet) på tværs af de forskellige forsøg (Fig. 3.9). Som det fremgår af Fig. 3.9, så domineres undersøgelserne af forsøg, hvor der enten ingen karper er, eller hvor der er en forholdsvis høj tæthed af karper. Det gør det vanskeligt at vurdere effekten af lave eller middelhøje tætheder af karper og at vurdere om der faktisk er en lineær sammenhæng, som vist i figuren.

Matsuzaki et al. (2009) gennemførte en metaanalyse af 16 artikler, som havde undersøgt betydningen af karper på forskellige søparametre (tabel 3.2). De fandt at karper generelt havde signifikante effekter på undervandsplanter, fytoplankton, dyreplankton, næringsstoffdynamik og benthiske invertebrater. I en række supplerende forsøg observerede Matsuzaki et al (2009) at selv ret lave tætheder (100 kg/ha) af karper førte til betydeligt øget indhold af suspenderet stof, fytoplankton og næringsstoffer, men reducerende effekter på bunddyrene. I en anden oversigtsartikel fandt Chumchal & Drenner (2004) på baggrund af 38 studier af karpeudsætning siden 1929 at 19 studier ud af 24 viste positive effekter på turbiditeten (øget), 22 ud af 24 studier negative effekter på makrofytter (reduceret), og 8 ud af 12 studier positive effekter (øget) på fytoplankton og TP.

Figur 3.9. Effekten af karpeudsætning på indhold af klorofyl a (øverst), TP (midt) og turbiditet (nederst) gennemført i syv undersøgelser. Alle værdier er angivet på en logaritmisk skala. Numrene refererer til undersøgelserne refereret i Chumchal et al. (2005).



Tabel 3.2. Opsummering af undersøgelser, som vurderer effekten af karpeudsætning. Fra Matsuzaki et al. 2009. Der henvises til denne artikel, for de viste referencer.

Biomasse udsat (kg/ha)	Effekt på	Reference
<17,8 ind m ⁻² >	Chironomidae	Batzer 1998)
300, 500	Suspenderet stof	Breukelaar et al. 1994
670	Klorofyl a, TN, TP, hjuldyr, copepoder	Chumchal and Drenner 2004
330, 570, 650	Klorofyl a, TN, TP	Driver et al. 2005
-	Makrofytter	Evelsizer and Turner 2006
520	Klorofyl a	Matsuzaki et al. 2007
162, 365, 1.250	Klorofyl a, TP	Lamara 1975
369	Makrofytter, Suspenderet stof, TN, TP, børsteorme, hjuldyr	Matsuzaki et al. 2007
163	Makrofytter, dansemyggelarver, børsteorme	Miller and Crowl 2006
173, 476	Suspenderet stof, klorofyl a, TP, dansemyggelarver, børsteorme, cladocer, copepoder	Parkos et al. 2003
<1,3 ind m ² >	PO ₄ -P, cladocer, hjuldyr, copepoder,	Qin and Threlkeld 1990
18,2	Dansemyggelarver, hjuldyr, copepoder	Richardson et al. 1990
2.948	Suspenderet stof, klorofyl a, TN, TP, NH ₄ -N cladocer, hjuldyr	Roozen et al. 2007
163, 210	Makrofytter	Sidorkewicz et al. 1998
200, 700	Makrofytter, dansemyggelarver, børsteorme	Williams et al. 2002
200, 700	TP	Williams and Moss 2003

3.3 Konklusioner

Karper findes over hele Danmark og forekommer sandsynligvis i de fleste større danske søer og også i mange af de mindre søer. Ulovlige udsætninger finder sted i et ukendt, men antageligt betydeligt omfang (DTU 2013). I nogle søer findes selvreproducerende bestande.

Selvom karpers ynglesucces ikke kun er et spørgsmål om tilstrækkelig høj temperatur, er der risiko for at effekten af karpeudsætninger fremover øges i takt med at øget temperatur vil bidrage til, at der etableres flere selvreproducerende karpebestande.

Der findes ikke nogen fyldestgørende oversigt over i hvilke danske søer karper forekommer - især ikke hvad angår mængden af karper i de forskellige søer. Det manglende kendskab til mængden af karper i de danske søer gør, at det er vanskeligt at vurdere karpernes effekt i forhold til effekten af den naturlige fiskebestand af for eksempelvis brasen, som også primært søger føde i søbunden og bidrager til uklart vand. De nuværende overvågningsmetoder til undersøgelse af søers fiskebestande fanger kun karper i meget begrænset omfang, og kan ikke bidrage til at belyse disse forhold.

Karpernes evne til at undgå fangstredskaber betyder også, at det er vanskeligt at fjerne karper fra en sø, når de først er udsat. Det betyder, at udsætning af karper i vid udstrækning må betragtes som et irreversibelt indgreb (hvis der etableres selvreproducerende bestande), som ikke kan gøres om med mindre karperne uddør under hårde vintre eller drastiske midler tages i brug (fx anvendelse af giftstof, tørlægning).

Der findes kun meget få dokumenterede erfaringer med effekten af karpeudsætning fra Danmark, og dem der er, omfatter kun et meget beskedent datamateriale, hvilket gør det vanskeligere at udtale sig om karpers effekt på

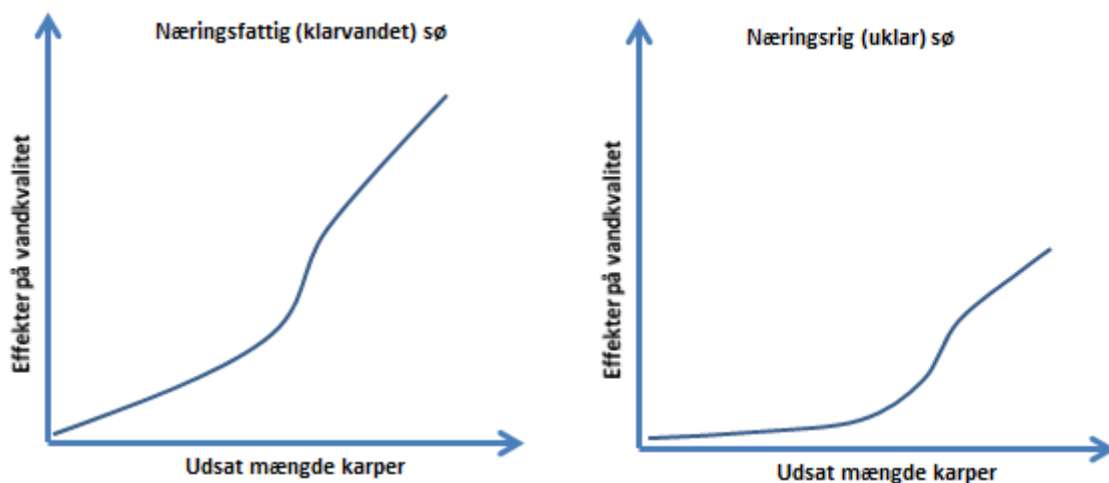
baggrund af danske erfaringer. Derimod er der mange og forskellige typer af udenlandske undersøgelser. Ikke alle af disse kan dog ukritisk overføres til naturlige forhold og i flere tilfælde er de også udført ved karpemængder, som formentlig langt overstiger de bestandsstørrelser af karper, der normalt vil findes i danske søer.

Fælles for de udenlandske undersøgelser er, at de overvejende påviser negative effekter af karper på vandets kvalitet. Den mest umiddelbare effekt, som ses i stort set alle forsøg og undersøgelser, er øget indhold af suspenderet stof, som gør vandet mere uklart, men ofte registreres også andre negative effekter på vandkvaliteten. Disse omfatter:

- nedgang i mængden af undervandsplanter, som ellers er vigtige for at opretholde den klarvandede tilstand i lavvandede søer,
- mindsket biodiversitet og mængde af invertebrater, hvilket kan føre til afledte effekter på andre organismer, herunder fisk,
- øget næringsstofftilgængelighed, som kan fremme væksten af fytoplankton,
- i mange tilfælde også mindsket mængde dyreplankton, som ellers bidrager til at holde mængden af fytoplankton nede og
- øget mængde af fytoplankton, som sammen med ophvirvlet stof bidrager til at gøre vandet uklart.
- Endelig kan udsætning af karper afhængig af omfang og søtype også være i konflikt med andre natur- og miljøinteresser.

Mange af undersøgelserne er kun gennemført ved én eller få tætheder af tilsatte karper og i nogle tilfælde ved meget høje mængder af karper, som kun sjældent ses under naturlige forhold. Det er derfor vanskeligt at afgøre hvilken karpebiomasse, der i en given sø skal til, før det får negative effekter. Flere af undersøgelserne indikerer dog en ligefrem proportionalitet med mængden af udsatte fisk, så effekten øges gradvis i takt med større udsætningsmængder.

Det er også blevet foreslået, at størrelsen af de eksperimentelle undersøgelser kan påvirke resultaterne, således at karper ophvirvler mere materiale per udsat karpemængde desto mindre forsøgsindhegningerne er (Badiou & Goldsborough 2011). Dette kan hænge sammen med, at karper i små indhegninger let tvinges til at overudnytte benthiske fødedyr og derfor også udviser større fourageringsaktivitet med større effekter på mængden af suspenderet stof. Hvis det forholder sig således, så kan det samtidigt også betyde, at lavvandede søer med en stor bestand af karper, bliver meget uklare, når en kritisk mængde karper overskrides og fødesøgningen intensiveres (Zambrano et al. 2001). Holder denne teori samtidigt med, at det antages, at effekten af karper øges proportionalt med mængden eller biomassen af fisk, vil sammenhængen mellem mængde udsatte karper og effekterne på vandkvaliteten følge et forløb, som antydnet i Fig. 3.10. Knæpunktet, hvor de negative effekter på vandkvaliteten af karper yderligere øges i en given sø, vil afhænge af flere forhold, såsom søtype, vanddybde, sedimentforhold, næringsstoffindhold og biologiske forhold. Færrest målbare effekter vil kunne ses i søer, som i forvejen er næringsrige og uklare, som illustreret i Fig. 3.10.



Figur 3.10. Konceptuel model for hvordan forskellige mængder af karper formodes at påvirke vandkvaliteten i søer med forskellig næringsstofindhold. De to figurers skalaer kan ikke umiddelbart sammenlignes.

Der er altså ikke meget, der tyder på, at søer har en vis "bærekapacitet" mht. hvilken biomasse af karper der skal til, før der ses effekter – ikke mindst hvis der etableres selvreproducerende bestande. Enhver udsætning vil derfor principiel påvirke vandkvaliteten og den økologiske tilstand i negativ retning, og jo større karpebiomasse der etableres, desto større og mere målbare effekter ses. Meget store karpebestande vil dog, som omtalt ovenfor evt. kunne føre til yderligere forringet vandkvalitet pga. karpernes øgede fødesøgning.

Man må antage, at effekten af karpeudsætning især vil være stor i mindre søer, hvor der ikke tidligere har været fisk samt i klarvandede og næringsfattige søer, hvor små ændringer i næringsstofftilgængeligheden kan have stor effekt på tilstanden. Med de lavvandede forhold i mange danske søer og muligheden for hyppig vindinduceret ophvirvling af sediment kan tilstedeværelsen af karper og brasen formentlig have en forstærkende effekt på mængden af suspenderet stof og bidrage til at sedimentet lettere ophvirvles. Færrest målbare effekter vil kunne ses i næringsrige søer og søer med en god bestand af brasen. Forfodring i forbindelse med karpefiskeri vil være med til at forstærke de negative effekter af karpeudsætning på grund af den øgede næringsstofftilførsel. Specielt i mindre og næringsfattige søer vil forfodring påvirke søernes tilstand negativt.

3.4 anbefalinger

- Udsætning og forfodring af karper bør undgås til søer, hvor der er målsætning om en god vandkvalitet og en god eller høj økologisk tilstand.
- Hvis næringsrige, uklare søer skal bringes i en klarvandet tilstand ved at mindske næringsstofftilførslen skal udsætning af karper undgås og størstedelen af en eventuel karpebestand om muligt opfiskes.
- De negative effekter af karpeudsætning og forfodring må forventes at være størst i mindre søer, hvor der ikke tidligere har været fisk, samt i klarvandede og næringsfattige søer. Her bør udsætning af karper undgås, hvis en god vandkvalitet ønskes opretholdt.
- Hvis der gives tilladelse til udsætning af karper, bør dette være til i forvejen og i fremtiden også forventelige næringsrige søer (dvs søer, som accepteres at have ringe eller dårlig økologisk kvalitet). Udsætninger bør

begrænses til søer, hvor der i forvejen er en bestand af brasen og til søer, som ikke er forbundet til andre søsystemer, så spredning forhindres.

- Før karper evt. udsættes må det vurderes om udsætningen kolliderer med andre naturmæssige værdier og interesser.
- Det anbefales, at der gennemføres kontrollerede forsøg med udsætning af karper i forskellige tætheder for nærmere at vurdere deres effekt på vandkvaliteten og de biologiske forhold ved de udsætningstætheder og bestandsstørrelser, der normalt ses i Danmark.



Figur 3.11. Karpefangst. Foto: Jacob Juul

4 Påvirkninger fra fugle

Som omtalt i indledningen, så kan fugle påvirke og interagere med søers tilstand på flere måder. I dette afsnit ser vi nærmere på fugles betydning for tilførslen af næringsstoffer. Flere arter anvender søer som rasteområde efter at have fourageret i de omkringliggende områder og er herved med til at øge den eksterne tilførsel af næringsstoffer. Fugle, som fouragerer inde i søen, kan påvirke den interne næringsstofomsætning og evt. næringsstoffligængeligheden, men ikke øge den samlede tilførsel af næringsstoffer ude fra. Øget ekstern næringsstofftilførsel kan også finde sted i forbindelse med, at der fodres.

I dette kapitel samles der op på de danske og udenlandske erfaringer vedr. fugles næringsstoffpåvirkning af søer. Analysen og de afsluttende konklusioner og anbefalinger baserer sig på den eksisterende litteratur.

4.1 Danske erfaringer

Ligesom det er tilfældet med karpeudsætningen, så er de danske erfaringer og undersøgelser af fugles næringsstoffpåvirkning af søers tilstand meget begrænsede. I søer, som har store rastende fuglebestande af eksempelvis gæs eller skarv, antydes det ofte, at fuglene kan udgøre en betydelig næringsstoffbelastning, men det er sjældent, at der er lavet egentlige beregninger, så deres effekt kan vurderes kvantitativt. Sørensen (1997) opsummerer i en specialerapport effekterne fra en række fuglearter og estimerer desuden effekten af naturlige fuglebestande for et par søer og Fyns amt har lavet en vurdering af næringsstofftilførslen fra en skarvkoloni til Brændegårdssøen (Fyns amt 1994). Derudover er der lavet flere vurderinger af effekterne af udsætning og fodring af gråænder (Wiberg-Larsen et al. 2000; Søndergaard et al. 2006; Noer et al. 2008). Disse rapporter suppleret med øvrige erfaringer danner grundlag for gennemgangen af de danske erfaringer.

Næringsstoffbelastning fra rastende fugle

Sørensen (1997) gennemførte på baggrund af søspecifikke forhold (stoftransport mm.), fugletællinger, undersøgelse af tarmindehold og næringsstoffindhold i fuglenes ekskrementer beregninger af fugles tilførsel af fosfor og kvælstof til Filsø og de tre Maribosøer. Beregningerne omfattede tilførslen fra grågås, kortnæbet gås og troldand. Den beregnede gennemsnitlige tilførsel per rasteperiode (er oftest = 1 døgn) fra disse tre arter er vist i tabel 4.1.

Tabel 4.1. Gennemsnitlig tilførsel af N og P per rasteperiode for tre fuglearter. Rasteperioden vil typisk omfatte én periode per døgn (fouragerer om dagen og raster om natten), dvs. tallene angiver tilførsel per fugl per dag, men hos gæs i sommerperioden kan der godt være to rasteperioder per døgn. Fra Sørensen (1997).

Art	Fosfor (mg)	Kvælstof (mg)
Grågås	274	1.663
Kortnæbet gås	262	1.589
Troldand	58	384

Beregningerne fra de fire søer viste, at fosfor- og kvælstoftilførslen fra fugle kun udgør en mindre andel af den samlede næringsstofftilførsel (tabel 4.2). Den relative andel er størst for fosfor, der udgør mellem 4 og 10 % af den eksterne fosfortilførsel. Rapporten konkluderer, at fosfortilførslen fra fugle til søer ofte vil være af mindre betydning i forhold til de øvrige næringsstofferkilder. I nogle søer, som den forholdsvis næringsfattige Røgbølle Sø er den beregnede fosfortilførsel dog af en sådan størrelse, at den kan påvirke søens tilstand negativt.

Tabel 4.2. Årlig tilførsel af N og P fra fugle til Filsø og Maribosøerne. % fugletilførsel er fuglenes relative tilførsel som % af den samlede tilførsel (excl. fugle). I Maribosøerne er næringsstofftilførslen beregnet over forskellige perioder. Antal fugledage for grågæs for de tre Maribosøer varierede mellem 368.000 og 486.000 i perioden 1989 til 1995. Fra Sørensen (1997).

Fugleart	Filsø		Røgbølle Sø	Hejrede Sø	Maribo Sø
	1989/90*	1995			
Grågås, fosfor, kg	79	79	27	19	150
Grågås, kvælstof, kg	481	481	162	117	913
Kortnæbet gås, fosfor, kg	116	116			
Kortnæbet gås, kvælstof, kg	702	702			
Troldand, fosfor, kg			27	26	98
Troldand, kvælstof, kg			177	169	649
% fugletilførsel, fosfor	4,4	6,2	9,3	4,5	10,0
% fugletilførsel, kvælstof	1,7	1,8	1,9	0,6	1,3

*) baseret på antal fugledage i 1992-95.

Næringsstoffbelastning fra skarv (Brændegårdssøen, Fyn)

I forbindelse med Folketingets behandling af forslag til regulering af skarvbestanden i Danmark i 1996 lavede Fyns amt (1994) en vurdering af næringsstoffbelastningen til Brændegårdssøen fra den skarvkoloni, der siden dens etablering i 1973, havde vokset sig op til at være Danmarks største skarvkoloni. I 1993 ynglede der 5.873 par ved søen. Skarverne fouragerer primært uden for koloniområdet, især i Det Sydfynske Øhav, og importerer derved næringsstoffer til koloniområdet og Brændegård Sø.

Skarvernes næringstilførsel til søen blev overslagsmæssigt estimeret ud fra følgende antagelser og vurderinger, her citeret fra Fyns amt (1994):

- En voksen skarv spiser dagligt ca. 560 g fisk (vådvægt) (Cramp 1977).
- En voksen skarv producerer dagligt 50 g gødning (»guano«), svarende til 7,5 g kvælstof og 1,0 g fosfor (Vries 1988).
- Voksne skarver skønnes i gennemsnit at opholde sig ca. 135 dage om året ved kolonien (i forbindelse med ynglesæsonen) (Cramp 1977). De fisker i denne periode hovedsageligt deres føde uden for søen, typisk i Det Sydfynske Øhav. En væsentlig del af deres gødning afsættes i koloniområdet, hvorfra kvælstof og fosfor kan udvaskes til søen.
- Skarvungerne i Brændegård Søens koloni opholder sig (årligt) ca. 50 dage i reden og ca. 40 dage i koloniområdet. Deres gødningsproduktion i redeperioden skønnes i gennemsnit at være halvdelen af de voksnes, mens de afgiver ca. lige så meget gødning som de voksne, efter at de har forladt reden. Gødningen afsættes inden for koloniområdet.
- Et skarvynglepar og deres unger (skønnet til ca. 3) vil dermed igennem en ynglesæson afgive ca. 16,5 kg gødning i Brændegård Sø med tilhørende koloniområde. Det svarer til 2,48 kg kvælstof og 0,33 kg fosfor om året. Det forudsættes endvidere, at alle disse næringsstoffer udvaskes til søen.

På baggrund af disse vurderinger blev det beregnet at skarvkolonien i 1993 tilførte koloniområdet i alt ca. 14.500 kg kvælstof og 2.000 kg fosfor (Fyns amt 1994). Selv om kun en del af disse næringsstoffer når frem til søen, er der tale om en anseelig tilførsel, som blev angivet at svare til indholdet i urensset spildevand fra hhv. 3.300 personer (kvælstof) og 1300 personer (fosfor). Det blev vurderet, at skarvkolonien i perioden 1980-1993 kan have tilført koloniområdet ved Brændegård Sø i alt 104 t kvælstof og 13,9 t fosfor.

Allerede i 1980, hvor der var 668 par skarver ved søen, blev det vurderet, at skarvernes bidrag til søens fosfortilførsel kan have været af samme størrelsesorden som de øvrige tilførsler til søen (Fyns amt 1994). Skarvkoloniens effekt på Brændegårdssøens vandkvalitet blev underbygget af, at søens gennemsnitlige indhold af totalfosfor om sommeren i perioden 1974 til 1992 steg fra 0,105 til 1,112 mg P/l, indholdet af totalkvælstof fra 2,28 til 4,53 mg N/l og indholdet af klorofyl a fra 30 til 130 ug/l. Næringsstofftilførslen fra skarvkolonien til Brændegårdssøen kan også påvirke nedstrømsbeliggende vandområder.

Udsætning af gråænder og påvirkning af søtilstand

Opdrættede gråænder er blevet udsat i Danmark igennem mange år. Det vurderes, at der årligt udsættes 300.000-500.000 gråænder i danske søer med henblik på jagt (Noer et al. 2008). Samtidigt med udsætningen udlægges der også ofte foder på søbredden, hvoraf en betydelig del – enten direkte eller indirekte via ændernes ekskrementer, ender nede i søen, og derved kan skabe eutrofiering og forringe vandkvaliteten. Ud over næringsstofpåvirkningen kan udsætningen af ænder også påvirke andre forhold i søerne, ved at ænderne eksempelvis spiser eller rykker vandplanter op i søen (Chaichana et al. 2011) eller påvirker padderne negativt (Mjelstad & Sætersdal 1989).

Den største del af udsætningen af gråænder i Danmark finder sted i søer, som har et areal mellem 1 og 10 hektar. I denne størrelseskategori vurderes 23-39 % (1.100-1.900) at få udsat ænder (Noer et al. 2008). Disse tal stemmer godt overens med Wiberg-Larsen et al. (2000), der fandt at udsætninger foregik i 14-44 % af i alt 728 søer og vandhuller, hvori fem af de tidligere amter (Fyn, Storstrøms, Vejle, Ribe og Århus amter) havde undersøgt miljøtilstanden. I søer over 5 hektar udsættes der kun ænder i 8 % af søerne med jagtvæsen (større ejendomme) og ingen i søerne uden jagtvæsen. Disse opgørelser er dog kun baseret på oplysninger fra 48 søer og skal tages med forbehold.

De fleste udsætninger finder sted på Sjælland og Fyn samt i Midt- og Østjylland. Dermed foretages udsætninger primært i de landsdele, hvor forekomsten af vildtlevende bestande af andefugle under efterårstrækket er mere spredte og begrænsede. Udsætning af ællinger foretages i perioden 1. maj - 1. august med størstedelen jævnt fordelt over perioden ultimo maj til ultimo juli. Omkring halvdelen af de gråænder, der udsættes, er leverancer på over 550 stk. og disse formodes leveret til ejendomme med jagtvæsen (Noer et al. 2008).

Effekten af udsætningen af gråænder på søernes næringsstofindhold og søernes tilstand er, som omtalt nedenunder, vurderet i flere sammenhænge, men dog stadigvæk kun med baggrund i et ret begrænset datamateriale. Derfor er udsætningernes effekter stadigvæk mangelfuldt belyste. En af de væsentligste mangler er, at man ikke har gode beskrivelser af søernes til-

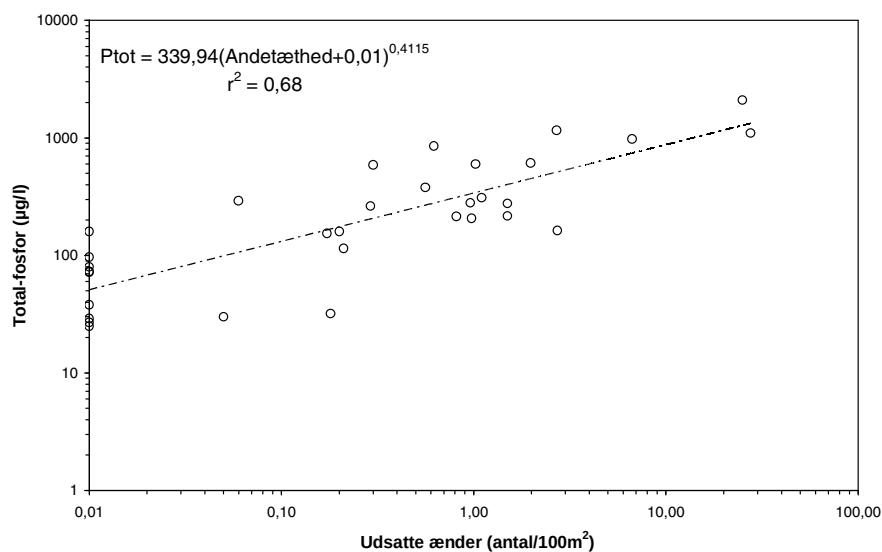
stand (hverken vandkemisk eller biologisk) både før og efter en udsætning, samt at kendskabet til øvrige næringsstofkilder til søerne ofte er meget begrænset, så det er vanskeligt særskilt at vurdere andeudsætningens effekt.

Den første større analyse af effekterne af udsætningen af gråænder er fra Wiberg-Larsen et al. (2000). Her sammenlignede man en række søer/vandhuller, som skønnedes at være relativt lidt belastede med spildevand og/eller andre tilførsler af næringsstoffer, men hvor nogle var uden og andre med udsætninger (og fodring) af ænder i varierende tætheder. I undersøgelsen indgik i alt 32 søer (9 uden udsætninger og 23 med udsætninger). Undersøgelsen var forbundet med en række usikkerheder, men analysen viste generelt væsentlige og signifikante højere fosforkoncentrationer i søer med udsætninger af ænder end i søer uden udsætninger (Fig. 4.1). En stor andel af søerne med udsætningstætheder over ca. 0,2 ælling/100 m², eller 1 ælling per 500 m², havde høje koncentrationer af fosfor, og det antyder, at den nuværende grænse på 1 ælling per 150 m² vandoverflade som grænse for højeste tilladelige udsætning godt kan føre til betydeligt forhøjede koncentrationer af fosfor og påvirke vandkvaliteten i søer, der ikke er væsentligt påvirkede af andre næringsstofkilder. Undersøgelsen indikerede også, at andetætheder på 0,4-4/100 m² søoverflade synes at have en markant indflydelse på ynglesuccessen hos salamandre og brune frøer.

I et udredningsnotat fra 2006 vurderede Søndergaard et al. (2006), at der sandsynligvis også ved en maksimal udsætningstæthed på de foreslåede 1 and/150 m² vandoverflade kan være tale om væsentlige påvirkninger af vandkvaliteten i de søer, hvor udsætning finder sted. Det blev endvidere anbefalet at:

- Udsætninger kun tillades i søer/vandhuller med et overfladeareal større end f. eks. 2.000 m².
- Udsætninger ikke tillades i næringsfattige søer (kalkfattige søer som fx Lobeliesøer eller sure brunvandede søer), uanset størrelse.
- Foder ikke må udlægges direkte i søvandet eller på flåder, ligesom foder på land ikke må placeres nærmere end 5 m fra vandkanten.

Figur 4.1. Sammenhæng mellem tætheden af udsatte/fodrede gråænder og vandets indhold af fosfor i 32 udvalgte søer (15 fra Fyns Amt, 15 fra Storstrøms Amt og 2 fra Århus Amt) i størrelsen 0,01-8,8 ha. Fra Wiberg-Larsen et al. (2000).

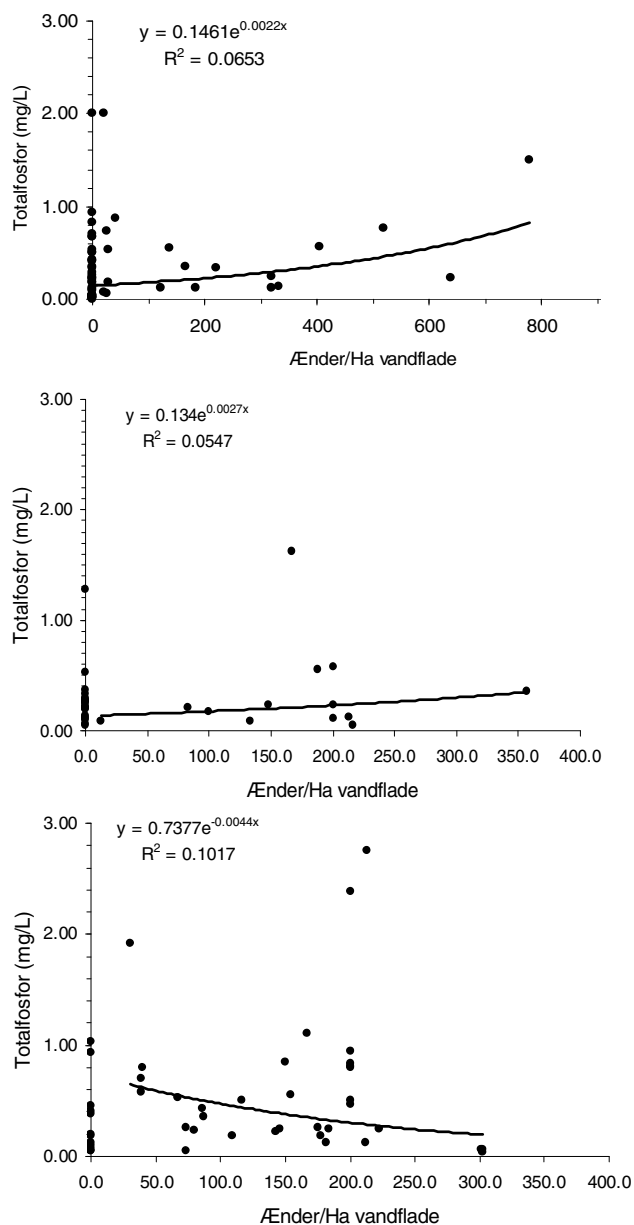


Noer et al. (2008) gennemførte i 2007 en undersøgelse af indholdet af totalfosfor i 143 søer, heraf 66 søer med og 72 søer uden andeudsætninger (tabel 4.3). Der blev kun taget én vandprøve (sommer) fra hver sø, så fosforbestemmelsen er usikker. Undersøgelsen viste at fosforkoncentrationen var klart højere (0,52 mg P/l) i søer med udsætninger end i søer uden (0,30 mg P/l) udsætninger (Tabel 4.3). Der kunne dog ikke påvises nogen særlig tydelig sammenhæng mellem fosforkoncentration og udsætningsmængder, som det også fremgår af Fig. 4.2, men dette skyldes formentlig, at mange af søerne, som indgik i undersøgelsen, i ukendt omfang også var påvirket af andre fosforkilder. På figuren ses således fosforkoncentrationer i mange af søerne uden andeudsætning, som langt overstiger, hvad man ville forvente i upåvirkede søer. Dette fosfor kunne enten stamme fra den diffuse tilførsel fra oplandet eller fra evt. intern belastning med fosfor ophobet i sedimentet fra tidligere tilførsler. Undersøgelsen af Noer et al. (2008) blev foretaget med henblik på at vurdere, om der skulle ændres ved kravene om højst 1 udsat ælling per 150 m² søoverflade, men eftersom der ikke kunne påvises klare resultater, kunne der heller ikke gives nogen generel vurdering af 150 m²-reglen. Det blev dog påpeget, at der var behov for en nuancering af de gældende regler, således at udsætninger ikke foretages i visse næringsfattige og sårbare søtyper.

Tabel 4.3. De gennemsnitlige koncentrationer af totalfosfor (i mg/l) for hhv. søer i NATURA-2000 områderne og søer på ejendomme med og uden jagtvæsen i prøverne fra 2007. Antallet af søer undersøgt i de enkelte grupper er givet i parenteser. Fra Noer et al. (2008).

	Uden udsætning	Med udsætning
NATURA-2000 områder	0,30 (38)	0,50 (19)
Ejendomme uden jagtvæsen	0,27 (22)	0,34 (13)
Ejendomme med jagtvæsen	0,33 (12)	0,60 (34)
I alt	0,30 (72)	0,52 (66)

Figur 4.2. Koncentrationer af totalfosfor som funktion af tætheden af optalte ænder for søer i øverst: NATURA-2000 områder (antal søer = 57), midten: ejendomme uden jagtvæsen (antal søer = 35), nederst: ejendomme med jagtvæsen (antal søer = 46). Fra Noer et al. (2008).



Fodring af fugle i bynære søer

Fodring af ænder og andre fugle i parker og rekreative områder er yndet aktivitet for mange børn og deres forældre. Effekten af denne fodring på søernes vandkvalitet har til tider været diskuteret og er et følsomt emne, fordi man fra myndighedernes side ikke ønsker at fratage besøgende denne glæde, men samtidigt gerne vil sikre en god vandkvalitet i søerne. Københavns kommune har eksempelvis udgivet en folder om fodring af fugle, der redegør for effekterne og henstiller til at fodring af ænder og andre fugle begrænses (Københavns kommune, pjece). Det beskrives, hvordan et kg tørt brød indeholder lige så meget næring som 500 l kloakvand. Langs nogle af de indre søer i København er der også opstillet skilte, som angiver at fugle kun må fodres på land, og brød ikke må efterlades (Fig. 4.3). På tilsvarende vis kan lokale foreninger og laug opfordre til at fodring af ænder og andre fugle begrænses af hensyn til vandets kvalitet (Ørestad Vandlaug).

Det er vanskeligt at vurdere effekten af fodring i de bynære søer, så længe man ikke ved hvor meget, der fodres. Man kan lave nogle antagelser og gennemsnitsbetragtninger over antal fugle, mængde foder (ofte franskbrød) og foderets indhold af fosfor og kvælstof (se fx. Andersen-Harild), som kan give nogle fingerpeg. Effekten i en given sø må dog altid vurderes i forhold til fodringens omfang, søens størrelse og søens øvrige næringsstofftilførsel. Således vil en begrænset fodring til en sø, som tilføres væsentlige større mængder næringsstoffer fra andre kilder have ringe effekt, hvorimod fodring i søer uden andre større næringsstofkilder vil have større effekt. Største negative effekter af fodring må derfor forventes i mindre, næringsfattige søer med lille vandvolumen og langsomt vandskifte.



Figur 4.3. Skilte fra København vedr. fodring af fugle.

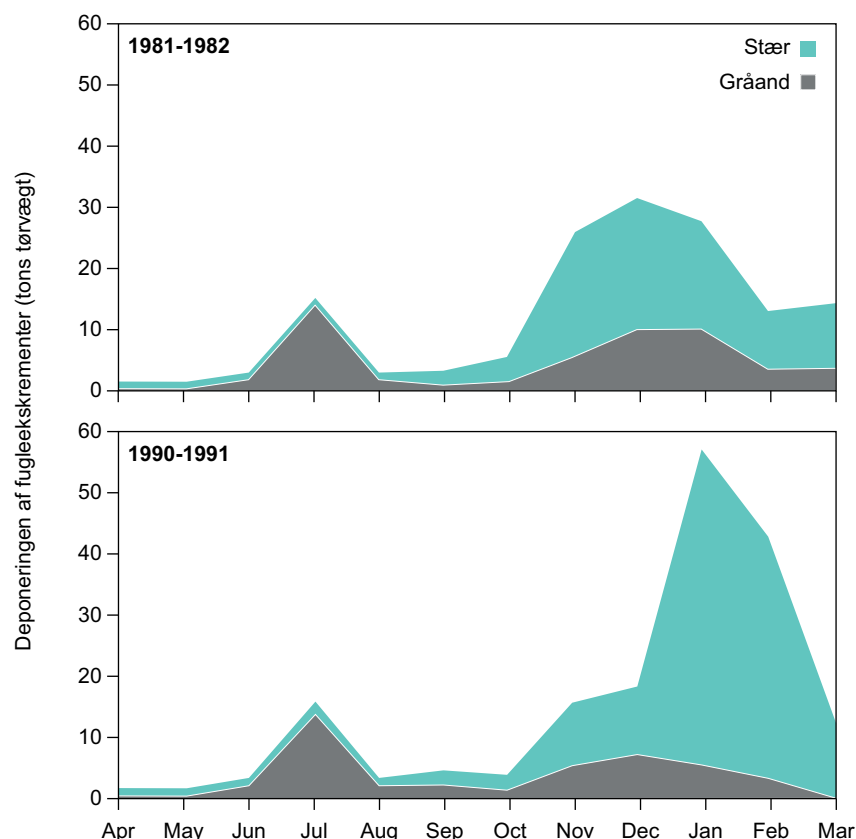
4.2 Udenlandske erfaringer

I det følgende gennemgås en række udenlandske undersøgelser, der vurderer fugles næringsstofmæssige effekter på søers vandkvalitet.

Frankrig

Marion et al. (1994) undersøgte fugles tilførsel af N og P til Frankrigs største naturlige sø, den næringsrige Grand-Lieu (4.000 hektar stor om sommeren). Søen har et rigt fugleliv omfattende over 200 arter, heraf 136 ynglende arter (1990-1991). De vigtigste næringsstofftilførende arter er gråand, fiskehejre, skarv, måger og stære. På baggrund af fugletællinger og estimater af de enkelte arters ekskretion (bird droppings) af næringsstoffer blev der opstillet massebalancer for søen (Fig. 4.4). De viste et maksimum i tilførsel af fosfor om sommeren forårsaget af gråand og et større efterårs/vintermaksimum, som primært stammede fra stære og i nogen grad gråender. Den samlede næringsstofftilførsel fra fugle udgjorde dog kun en ringe del af den samlede tilførsel, henholdsvis 0,4-0,7 % af den årlige kvælstofftilførsel og 2-7 % af den årlige fosfortilførsel.

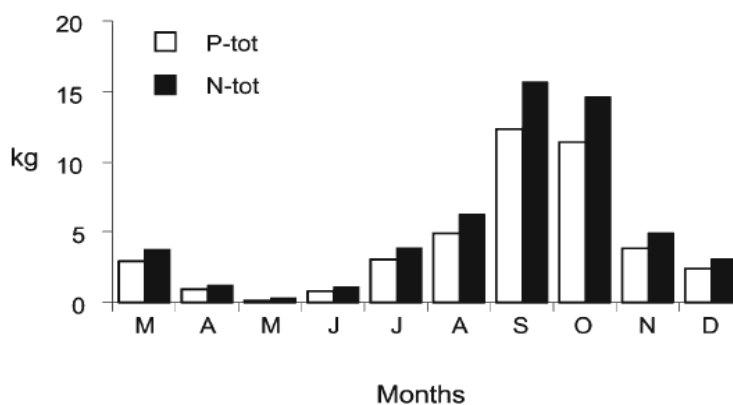
Figur 4.4. Deponeringen af fugleekskremer (tons tørvægt) i Grand-Lieu over to sæsoner. Efter Marion et al. (1994).



Polen

Gwiazda et al. (2010) undersøgte effekten af en skarvkoloni på N- og P-tilførslen til et reservoir (980 ha, middeldybde 11 m) i det sydlige Polen. Skarvtætheden var som median på 55 individer og producerede årligt ekskrementer svarende til henholdsvis 103 kg N og 81 kg P. Ekskrementerne indeholdt i gennemsnit 10,2 % N og 7,9 % P. Antallet af skarv var højest i september-oktober, og her var næringsstofbidraget også højest (Fig. 4.5). Koncentrationen af N og P var 3 gange højere i jorden under skarvkolonien end uden for, og der kunne også registreres højere koncentrationer i sediment fra litorale områder, som var påvirket af skarv. Derimod kunne der ikke registreres højere N og P koncentrationer i søvandet tæt ved skarvkolonien, sammenlignet med områder længere væk.

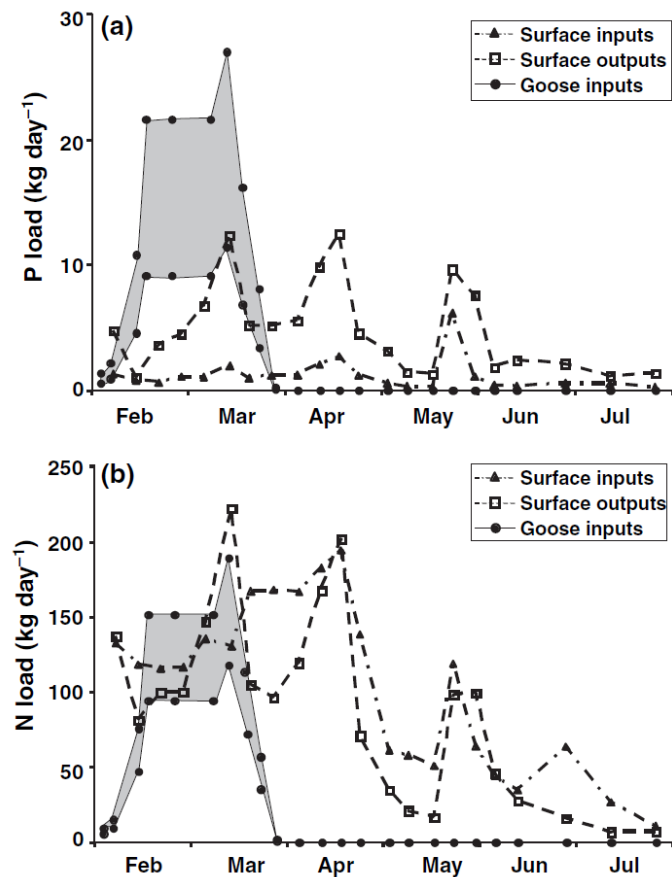
Figur 4.5. Gennemsnitlig (2000-2002) månedlig tilførsel af fosfor (P-tot) og kvælstof (N-tot) fra skarv til Dobczyce Reservoir i Polen. Fra Gwiazda et al. 2010.



USA 1

Olson et al. (2005) undersøgte effekterne af omkring 100.000 snegæs som i 2-6 uger (februar-marts) brugte et reservoir i Pennsylvania under deres forårstræk nord på. Under deres ophold bidrog gæssene med 85-93 % af fosfortilførslen og 33-44 % af kvælstoftilførslen, mens de var tilstede. Begge næringsstoffer blev kun langsomt ført ud af reservoiret og helt hen i juli måned var udløbskoncentrationerne af fosfor højere end indløbskoncentrationerne (Fig. 4.6).

Figur 4.6. Estimeret daglig input- og outputrater af fosfor (a) og kvælstof (b) til Middle Creek Reservoir i Pennsylvania. Surface inputs repræsenterer indløbsvandet til reservoiret og surface outputs udløbet. Øvre og nedre afgrænsning af de skraverede område for input fra gæs angiver daglig inputrater baseret på henholdsvis median- og minimumsekskretionsrater angivet i Post et al. (1998). Fra Olson et al. (2005).

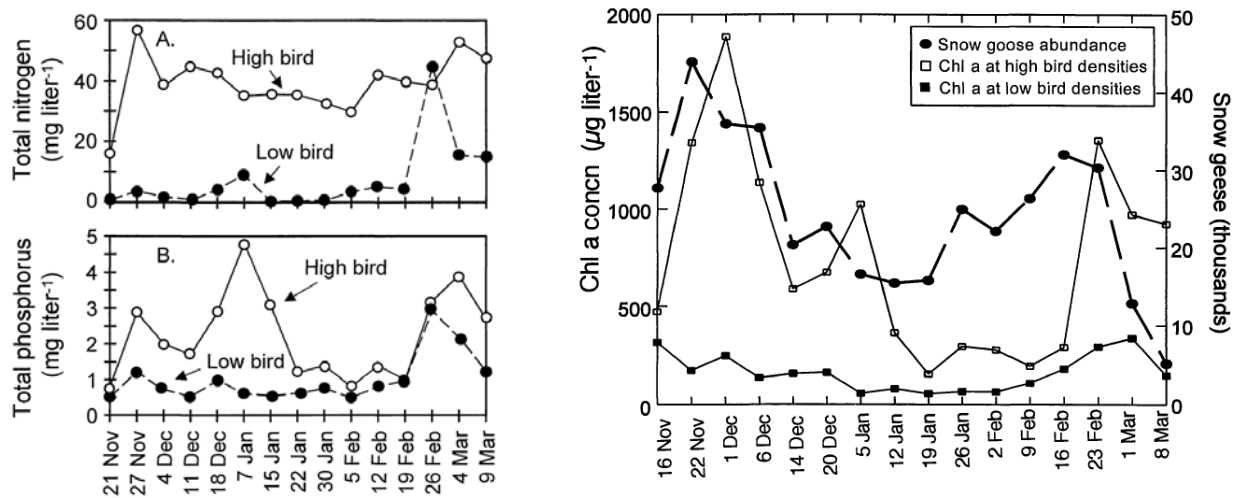


USA 2

Kitchell et al. (1999) undersøgte påvirkningen fra overvintrende vandfugle (især gæs) i et vådområde langs Rio Grande (New Mexico). De undersøgte og sammenlignede to individuelle vandhulssystemer, med henholdsvis høje og lave fugletætheder. Området bliver forvaltet med henblik på at maximere vandfuglebestanden ved at dyrke lucerne (alfalfa) og majs. I undersøgelsen indgik også målinger af stabile isotoper til vurdering af indbygningen af kvælstof i fødekæderne.

Deres undersøgelser viste, at gæs øgede kvælstoftilførslen til nogle områder med op til 40 % og fosfortilførslen med op til 75 %. Målinger i søvandet viste tilsvarende markant højere fosfor- og kvælstofkoncentrationer i søer med høj fugletæthed end i søer med lav fugletæthed (Fig. 4.7). Klorofyl-indholdet blev øget proportionalt i forhold til fugletætheden. Klorofylindholdet i søer med høj fugletæthed toppede i den tidlige og sene vinter, hvor gæssene foretog to fourageringsture per dag og rastede i vandhullerne både midt på dagen og om natten, og derfor i disse perioder tilførte flere næringsstoffer til søerne (Fig. 4.7). Fødekædeundersøgelsen viste at fisk og krebs i vandhuller,

som blev intensivt udnyttet af fugle havde meget lavt ^{15}N -indhold, svarende til et lavt ^{15}N -indhold i den føde (alfalfa og majs), som udgjorde fugles primære fødekilde i det terrestriske miljø. Hermed blev det illustreret, at kvælstofkilden til de højere trofiske niveauer stammede fra den føde fuglene indtog uden for søen og senere via ekskrementer førte til søen.

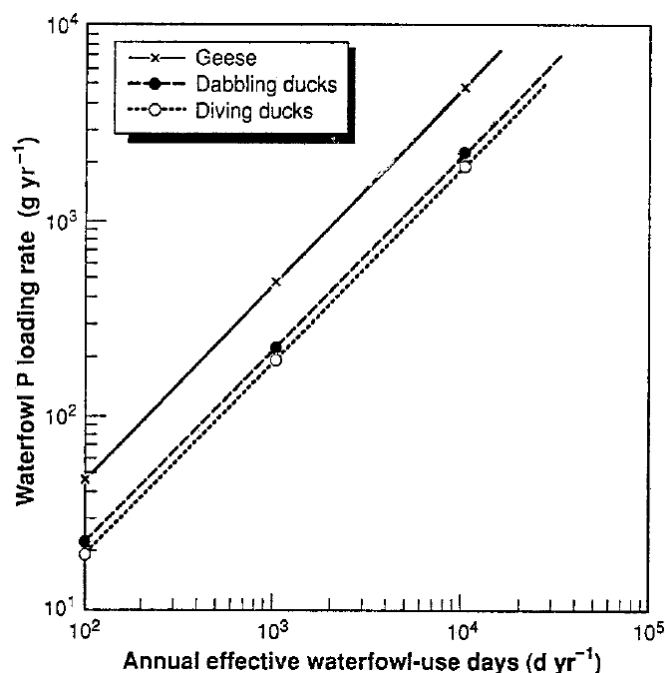


Figur 4.7. Klorofyl a (højre side), fosfor- og kvælstof- (venstre side) koncentrationer i vandprøver fra vandhuller med høje eller lave tætheder af gæs i Bosque del Apache National Wildlife Refuge, New Mexico. Fra Kitchell et al. (1999).

USA 3

Manny et al. (1994) udviklede i mere generelle vendinger en model for næringsstofftilførslen fra forskellige typer af vandfugle. På den baggrund opstillede de nogle generelle sammenhænge mellem antal fugledage og fuglenes tilførsel af fosfor (Fig. 4.8). De anvendte modellen til at beregne næringsstofftilførslen fra fugle til Wintergreen Lake (Michigan) og fandt at fugle bidrog med 27 % af den samlede eksterne kvælstofftilførsel og 70 % af den samlede fosfortilførsel. Modellen er siden blevet brugt af en del andre til at beregne fugles næringsstofftilførsel til søer.

Figur 4.8. Tilførslen af fosfor fra tre typer af vandfugle i forhold til antal fugledage. Fra Manny et al. (1994).



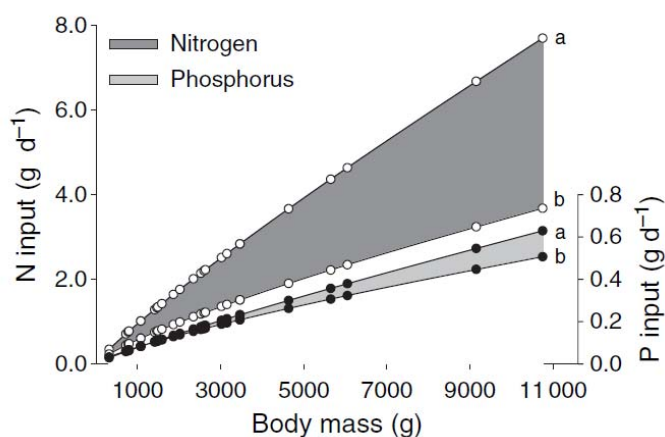
Metaanalyser (Hahn et al.)

Påvirkning fra planteædende fugle på søers næringsstofftilførsel er også søgt kvantificeret i mere generelle termer af Hahn et al. (2008). På baggrund af data om fødeindtagelse, fourageringsopførsel og fødefordøjelse hos vandfugle, som søger føde på terrestriske habitater, opstillede de to modeltyper, som beregnede næringsstofftilførslen fra en række vandfugle. De to modeltyper baserede sig på henholdsvis fuglenes energibehov (IM, intake model) og deres produktion af ekskrementer (DM, dropping model). Begge modeller antager en simpel daglig rutine hos fuglene, hvor fuglene fouragerer på terrestrisk føde om dagen og raster på søen om natten. I modellerne antages fuglene at være i ligevægt mht. N og P, dvs. det daglige fødeindtag svarer til den daglige produktion af ekskrementer. Modellerne er tilpasset de specifikke fuglearter og fødevalg.

Hahn et al. (2008) fandt, at det gennemsnitlige fosfor og kvælstofindhold i fuglenes føde varierer en del og også af om afgrøden blev gødsket eller ej (bilag 6.1). Gødskning øgede gennemsnitligt fødens indhold af kvælstof med 45 % og indholdet af fosfor med 63 %. Det gennemsnitlige indhold af næringsstoffer i fuglenes ekskrementer var henholdsvis 45 mg N/g og 6,2 mg P/g.

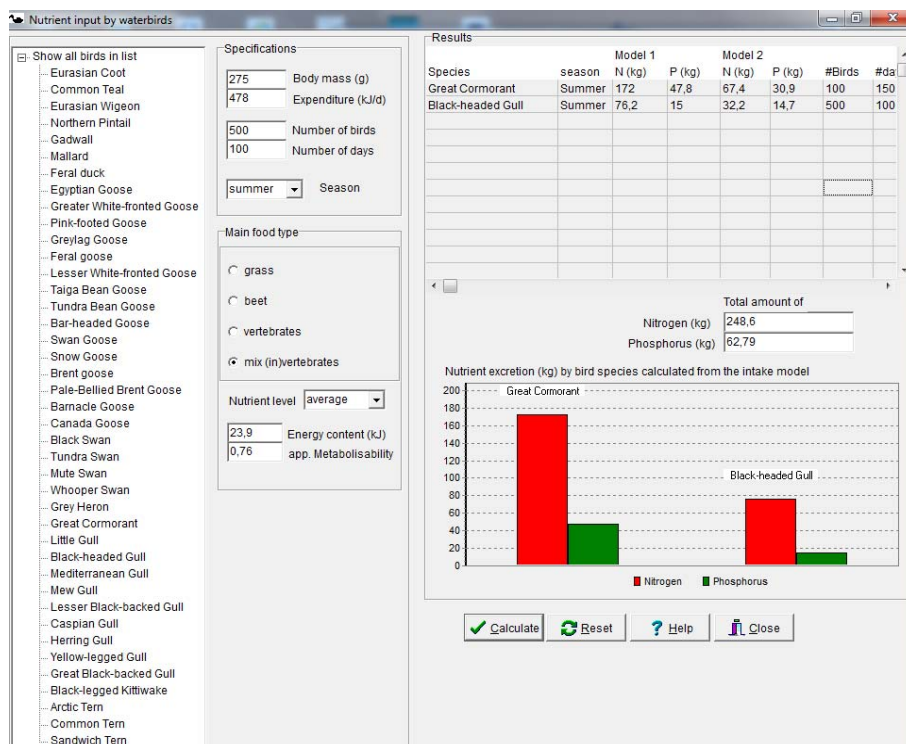
Den daglige næringsstofftilførsel fra fugle øgedes med kropsvægten fra 0,29 g N og 0,03 g P fra krikand til 5,7 g N og 0,57 g P fra knopsvane. Næringsstofbidraget fra forskellige fuglearter blev sammenholdt med hvad, der er fundet i andre undersøgelser (bilag 6.2). Generelt estimerede IM-modellen (beregnet efter energibehov) den største næringsstofftilførsel (Fig. 4.9). Begge modeltyper var dog underlagt en betydelig usikkerhed, som det også fremgår af Fig. 4.9. Hahn et al. (2008) anvendte modellerne for hollandske vådområder og beregnede en gennemsnitlig årlig næringsstofbelastning på henholdsvis 1,1 kg N/ha og 0,1 kg P/ha. Heraf stod gæs for størstedelen af belastningen.

Figur 4.9. Dagligt input af kvælstof og fosfor fra vandfugle med forskellig kropsvægt, som fourager udelukkende på terrestriske fødeemner. a og b henviser til to anvendte modeltyper (a: IM-model, b: DM-model). Fra Hahn et al. 2008.



Modellen, som kan anvendes til at estimere næringsstofbelastningen fra fugle på baggrund af fuglearter, rasteperioder og fødetyper, er tilgængelig på en hjemmeside fra det hollandske institut, som har stillet modellen til rådighed (Netherlands Institute of Ecology). Et eksempel fra modellen anvendt på hjemmesiden er vist i Fig. 4.10.

Figur 4.10. Et eksempel fra <http://www.nioo.knaw.nl/en/content/quantification-nutrient-input-freshwater-habitats-waterbirds> på, hvordan næringsstofbidraget fra fugle kan estimeres ud fra generelle modelbetragtninger (se også Hahn et al., 2007 og 2008).



Hahn et al. har også vurderet kødædende fugles næringsstofbidrag til ferskvandslokaliteter (Hahn et al. 2007). På landskabsniveau vurderede de, at kødædende fugles bidrag til søers næringsstoftilførsel var af mindre betydning og i Holland gennemsnitlig udgjorde henholdsvis 0,26-0,65 kg N/ha/år og 0,12-0,16 kg P/ha/år. Kødædende fugles ekskrementer er gennemgående mere næringsstofholdige end ekskrementer fra planteædende fugle og kan derfor lokalt godt udgøre en betydelig andel af den samlede næringsstoftilførsel.

Det er vanskeligere at vurdere næringsstofbidraget fra kødædende fugle end fra planteædende fugle, fordi føden i højere grad findes både inde i søen (bidrager til intern næringsstofomsætning) og uden for søen (bidrager til øget ekstern næringsstoftilførsel). Hahn et al. (2007) beregnede det eksterne og interne kvælstof- og fosforbidrag fra forskellige fuglearter og vurderede for to mågearter (hættemåge og sølvmåge) at 55-66 % af ekskrementer produceret på baggrund af fouragering udenfor søen endte i søen. Hahn et al. (2007) angav også indholdet af kvælstof og fosfor i en række forskellige potentielle fødeemner for de kødædende fugle samt indholdet af kvælstof og fosfor i ekskrementerne produceret af kødædende/omnivore fuglearter (Bilag 6.3 og 6.4).

Andre undersøgelser

Der findes en række andre undersøgelser af fugles næringsstoffeffekt på søer, herunder:

- Côté et al. (2010) undersøgte påvirkningen af snegæs (*Chen caerulescens atlantica*) i 27 nordcanadiske arktiske tundrasøer og fandt højere N og P koncentrationerne i søer, som blev anvendt af gæssene end i søer, som ikke blev anvendt. Indtil videre kunne der dog ikke registreres væsentlige ændringer på søernes trofiske status, men det vurderes at en eksplan-

derende gåsepopulation på sigt kan ændre søernes tilstand i disse områder (Mallory et al. 2006).

- Post et al. (1998) undersøgte over en 5-års periode næringsstofftilførslen fra gæs (snegås, *Chen caerulescens* og dværagsnegås, *Chen rosi*) til vådområdet Bosque del Apache i New Mexico. De fandt at op til 40 % af kvælstofftilførslen og 75 % af fosfortilførslen i perioder kunne stamme fra gæssene. Post et al. (1998) estimerede at omkring 60 % af den kvælstof og fosfor, som gæssene udskilte blev tilført vådområdet, mens resten blev deponeret på de landsbrugsarealer, som gæssene fouragerede på.
- Rönicke et al. (2008) undersøgte fosfortilførslen fra gæs (sædgås og blisgås) som om vinteren opholder sig ved Arendsee i Tyskland. De fandt at gæssene i løbet af 100 dage producerede en fosforbelastning på 2,8 tons i 1996 og 1,7 tons i 1997. Dette svarer til 88-92 % af den samlede fosforbelastning fra forskellige kilder og de konkluderede at gæssene udgør en betydelig eutrofieringsfaktor for søen.
- Chaichana et al. (2010) vurderede fugles næringsstoffbelastning med fosfor og kvælstof til en 33 hektar stor sø i England. De fandt at fugle bidrog med 73 % af den eksterne fosfortilførsel og 11 % af den eksterne kvælstofftilførsel. De vigtigste fuglearter var svømmeænder og gæs.
- Signa et al (2012) undersøgte hvordan en mindre mågekoloni (op til 125 individer af middelhavssølvmåge) lokalt påvirkede tilstanden i en lille (1,7 ha) kystnær sø på Sicilien, som lå ved siden af mågekolonien. Tilstanden i søen blev sammenlignet med to andre småsøer og det blev fundet at indholdet af N og P var henholdsvis 8-13 og 5-6 gange højere og indholdet af klorofyl a 5-15 gange højere i søen beliggende tæt ved mågekolonien end i søerne, der lå 1-2 km længere væk.
- Huang & Isobe (2012) vurderede på baggrund af japanske undersøgelser vådområder/søers bærekapacitet mht. antal migrerende fugle. De opstillede et simpelt diagram, som afhængig af hydraulisk opholdstid og krav til fosforkoncentration i søen beregnede den maksimale tilladelige mængde fugle.

Næringsstofftilgængelighed

Tilførsel af fugleekskremer i søer betyder ikke nødvendigvis, at alle de tilførte næringsstoffer er tilgængelige for algerne primærproduktion og dermed påvirker søens tilstand. Der findes ikke mange undersøgelser, som beskriver disse forhold, men Unckless & Makarewicz (2007) fandt i nogle små indhegningsforsøg (0,8 m³), at tilførsel af ekskremer fra gæs (*Branta canadensis*) over 30 dage ikke førte til signifikante ændringer i vandets indhold af næringsstoffer eller klorofyl a. De vurderede, at dette skyldes, at ekskrementerne hurtigt bundfældes, og at ekskrementernes påvirkning først ville komme til udtryk, når de omsættes yderligere i sedimentet eller opvirvles med vinden.

Roy et al. (2011) konkluderede til gengæld på basis af feltundersøgelser i en indisk sø, at fugleekskremer forøgede indholdet af næringsstoffer og hurtigt påvirkede primær- og sekundærproduktionen.

Endelig viste undersøgelser af Olson et al. (2005) at ekskremer tilført fra snegæs også i månederne efter deres besøg førte til højere koncentrationer af både fosfor og kvælstof, og dermed at næringsstofferne langsomt frigives (Fig. 4.3). Hermed antydes, at alle næringsstoffer tilført søvandet via fugleekskremer som udgangspunkt før eller siden må forventes at blive tilgængelige for primærproduktionen.

4.3 Konklusioner

Fugle som fouragerer uden for en sø, men anvender en sø som yngle- eller rasteområde bidrager til at øge den eksterne næringsstofftilførsel. Fugle, som fouragerer inde i en sø ændrer på næringsstofkredsløbet, men øger ikke den samlede næringsstofftilførsel.

Effekten af fugle på næringsstofftilførslen til en given sø afhænger af flere forhold, som hver især kan være vanskelige at kvantificere. Næringsstofftilførslen og dens effekter afhænger af:

- antallet af fugle som raster på søen (per dag, sæson eller år),
- hvilke fuglearter
- i hvor høj grad disse henter føde udenfor søen,
- i hvor høj grad ekskrementer droppes i søen eller evt. senere ender i søen.
- næringsstofindholdet i fuglenes afføring (afhænger blandt andet af føde-type indtaget),
- i hvor høj grad næringsstoffer i ekskrementerne frigives til vandet,
- i hvilken grad der evt. er afledte effekter i form af fodring (af gråænder), som kan ende nede i søen,
- søens øvrige næringsstofkilder og i hvor høj grad fuglene bidrager til den samlede næringsstofftilførsel. Sidstnævnte forhold afhænger for eksempel også af vandtilstrømningen og næringsstofkilder i oplandet.

Fugles næringsstoffbelastning til en given sø kan estimeres på baggrund af optællinger af antal fugledage de enkelte arter anvender søen samt erfaringstal over næringsstoffbidraget fra den enkelte art per dag. En oversigt over udvalgte arters gennemsnitlige bidrag er vist i tabel 4.4 (se også bilag 6.2 og 6.4). Den største tilførsel af næringsstoffer fra rastende fugle finder oftest sted i efterårs- og vinterperioder, hvor der opkoncentreres store mængder fugle indenfor relativt små områder.

Tabel 4.4. Eksempler over almindelige danske vandfugles gennemsnitlige næringsstofftilførsel (fosfor og kvælstof) til søer per dag per fugl. Der er primært medtaget arter, som fortrinsvis fouragerer (eller tilføres foder) uden for søen. Se de angivne referencer for nærmere detaljer vedr. beregninger og forudsætninger. Der er ikke taget højde for evt. øvrige fuglebetingede næringsstofftilførsler (eksempelvis ved fodring af gråænder). Ved anvendelse af programmet fra Netherlands Institute of Ecology er der som fødekilde anvendt græs for gæs og gråand, vertebrat (fisk) for skarv og blandet (invertebrat og vertebrat) for hættemåge.

Art	Næringsstofftilførsel (mg/dag)		Reference
	Fosfor	Kvælstof	
Grågås	274	1663	Sørensen (1997)
	208-232	1510-2830	Netherlands Institute of Ecology
Kortnæbet gås	262	1589	Sørensen (1997)
	153-164	1120-2010	Netherlands Institute of Ecology
Bramgås	112-116	818-1420	Netherlands Institute of Ecology
Blisgås	136-144	989-1760	Netherlands Institute of Ecology
Skarv	2060-3180	4490-11.500	Netherlands Institute of Ecology
Troldand	58	384	Sørensen (1997)
Gråand	124-148	635-801	Sørensen (1997)
	80	600-1010	Marion et al. (1994)
	42	302-506	Netherlands Institute of Ecology

Mange af de internationale undersøgelser, hvor der kan påvises effekter af fugle på søers næringsstofindhold og vandkvalitet stammer fra arktiske eller ret næringsfattige områder. På tilsvarende vis vil effekten i danske søer især kunne påvises i de tilfælde, hvor forholdsvis næringsfattige søer anvendes af større kolonier eller bestande af rastende fugle, og hvor næringsstofftilførslen fra fuglene kan komme til at udgøre en betydende del af den samlede næringsstofftilførsel.

Der er kun gennemført meget få egentlige beregninger af fouragerende fugles bidrag til søers næringsstofbelastning, men på baggrund af de få erfaringstal fra Danmark, som understøttes af empiriske undersøgelser fra udlandet, ser det ud til, at fuglene i langt de fleste tilfælde kun udgør en mindre del af den samlede næringsstofftilførsel. Lokalt kan store kolonier af for eksempel skarv, som beskrevet fra Brændegårdssøen, dog bidrage med en betydelig del af den samlede næringsstofbelastning, og dermed også påvirke vandkvaliteten negativt.

Fodring af fugle og udsætning af gråænder finder primært sted i mindre søer og vandhuller og formodes derfor kun at påvirke tilstanden i en mindre andel af de søer, som er omfattet af vandplanerne. I søer under 10 ha, hvor udsætninger hyppigst finder sted, kan udsætning og fodring af gråænder have betydelige effekter. Disse effekter vil afhænge af udsætningsmængde, grad af fodring, i hvilket grad foderet ender i søen samt søspecifikke forhold. Der er ikke gennemført kontrollerede forsøg i Danmark, som dokumenterer de vandkemiske og biologiske effekter af udsætning og fodring af gråænder. Belastningen fra fugle og fodring af fugle må ses i forhold til den øvrige eksterne næringsstofftilførsel for at kunne vurdere fuglenes effekt. Anvendes de samme søer til udsætning af ænder år efter år kan der efterhånden ophobes en pulje af fosfor i bunden af søen, som betyder at søen fastholdes i en eutrof tilstand, selv hvis andeudsætning og fodring ophører.

4.4 anbefalinger

Hvis man ikke har et mere specifikt kendskab til fugles eksterne næringsstofbidrag til en sø, kan man som en grov tommelfingerregel anvende generelle betragtninger, som eksempelvis angivet i Fig. 4.8-4.10 og i bilaget. Dette kræver blot kendskab til, hvor mange fugledage de enkelte fuglearter, som benytter søen som rasteområde, bidrager med. På baggrund af gennemsnitlige betragtninger over antallet af fugle, som raster på søen, kan fuglenes fosfor- og kvælstofftilførsel estimeres og sættes i relation til søens øvrige næringsstofftilførsel.

Der findes allerede retningslinjer for hvor mange gråænder, der må udsættes i danske søer og vandhuller, men det anbefales derudover, at udsætning og fodring ikke foretages til næringsfattige og klarvandede søer, samt at fodring begrænses og i alle tilfælde udlægges således, at foderet ikke ender ned i søen.

Der bør gennemføres kontrollerede forsøg med udsætning og fodring af gråænder, som nærmere dokumenterer de vandkemiske og biologiske effekter.



Figur 4.11. Brændegårdssøen på Fyn med skarvkolonien på øen i midten.

5 Referencer

Akhurst, D.J., Jones, G.B., Clark, M. & Reichelt-Brushett, A. 2012. Effects of carp, gambusia, and Australian bass on water quality in a subtropical freshwater reservoir. *Lake and Reservoir Management*, 28:212–223.

Andersen-Harild, P. Notat om: Fodring i bynære søer og indvirkningen på vandkvalitet - med Albertslund som eksempel.
<http://www.netbiologen.dk/beregning.html>).

Badiou, P.H.J. & Goldsborough, L.G. 2010. Ecological Impacts of an Exotic Benthivorous Fish in Large Experimental Wetlands, Delta Marsh, Canada. *Wetlands*, 30: 657-667.

Bajer, P.G., Chizinski, C.J, Silbernagel, J.J. & Sorensen, P.W. 2012. Variation in native micro-predator abundance explains recruitment of a mobile invasive fish, the common carp, in a naturally unstable environment. *Biol. Invasions*, 14:1919–1929.

Bio, A., Couto, A., Costa, R., Prestes, A., Vieira, N., Valente, A., & Azevdo, J. 2008. Effects of fish removal in the Furnas Lake, Azores. *Life and Marine Sciences*, 25: 77-87.

Breukelaar, A.W., Lammens, E.H.R.R., Breteler, J.G.P.K. & Tatrai, I. 1994. Effects of benthivorous bream (*Abramis brama*) and carp (*Cyprinus carpio*) on sediment resuspension and concentrations of nutrients and chlorophyll-a. *Freshwater Biology*, 32: 113-121.

Carl, H. 2012. Karpe. I: Carl H. & P.R. Møller (red.) 2012. Atlas over Danske Ferskvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum og Københavns Universitet.

Chaichana, R.; Leah, R. & Moss, B. 2010. Birds as eutrophicating agents: a nutrient budget for a small lake in a protected area. *Hydrobiologia*, 646: 111-121.

Chaichana, R.; Leah, R. & Moss, B. 2011. Seasonal impact of waterfowl on communities of macrophytes in a shallow lake. *Aquatic Botany*, 95: 39-44.

Chumchal, M.M. & Drenner, R.W. 2004. Interrelationships between phosphorus loading and common carp in the regulation of phytoplankton biomass. *Archiv fur Hydrobiologie*, 161: 147–158.

Chumchal, M.M., Nowlin, W.H. & Drenner, R.W. 2005. Biomass-dependent effects of common carp on water quality in shallow ponds. *Hydrobiologia*, 545: 271-277.

Cote, G., Pienitz, R., Velle, G. & Wang, X.W. 2010. Impact of Geese on the Limnology of Lakes and Ponds from Bylot Island (Nunavut, Canada). *International Review of Hydrobiology*, 95: 105-129.

Cramp, S. (ed.) 1977. Handbook of the birds of Europe the Middle East and North Africa. Volume I. Oxford University Press, 1977 (genoptryk 1986), 722 s.

DTU 2013. Vedr.: Spørgsmål om karpens mulige påvirkning af vandmiljøet i danske søer. Revideret version udarbejdet maj 2013 (notat udarbejdet af Skov, C., Sivebæk, F., Berg, S. og Carl, H.

http://www.fiskepleje.dk/upload/dfu/fiskepleje.dk/fiskebiologi/karpe/notat_om_karpers_effekt_paa_miljoet_i%20de_danske_soeer_version_2013.pdf

Fyns amt 1994. Redegørelse om miljøtilstanden i Brændegård Sø med særligt henblik på skarvkoloniens indvirkning på miljøtilstanden.

<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=106532>.

Gwiazda, R., Jarocho, K. & Szarek-Gwiazda, E., 2010. Impact of a small cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) roost on nutrients and phytoplankton assemblages in the littoral regions of a submontane reservoir. *Biologia*, 65:742-748.

Hahn, S., Bauer, S. & Klassen, M. 2007. Estimating the contribution of carnivorous waterbirds to nutrient loading in freshwater habitats. *Freshwater Biology*, 52: 2421-2433.

Hahn, S., Bauer, S. & Klassen, M. 2008. Quantification of allochthonous nutrient input into freshwater bodies by herbivorous waterbirds. *Freshwater Biology*, 53: 181-193.

Huang, G & Isobe, M. 2012. Carrying capacity of wetlands for massive migratory waterfowl. *Hydrobiologia*, 697: 5-14.

Jackson, Z. J., Quist, M.C., Downing, J.A. & Larscheid, J.G. 2010. [Common carp \(*Cyprinus carpio*\), sport fishes, and water quality: Ecological thresholds in agriculturally eutrophic lakes](#). *Lake and Reservoir Management*, 26: 14-22.

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

Jeppesen, E., Søndergaard, M., Søndergaard, M. & Christoffersen, K. (eds.) 1997. The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes. Springer. *Ecological Studies*, 131: 423 pp.

Jeppesen, E. 1998. Lavvandede søers økologi - Biologiske samspil i de frie vandmasser. Doktordisputats. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU 248: 59 s.

Jeppesen, E., Jensen, J.P., Søndergaard, M., Lauridsen, T. & Landkildehus, F. 2000. Trophic Structure, Species richness and biodiversity in Danish lakes. Changes along a phosphorus gradient. *Freshwat. Biol.*, 45: 201-218.

Jeppesen, E., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Davidson, T.A., Liu, Z.W., Mazzeo, N., Trochine, C., Ozkan, K., Jensen, H.S., Trolle, D., Starling, F., Lazzaro, X., Johansson, L.S., Bjerring, R., Liboriussen, L., Larsen, S.E., Landkildehus, F., Egemose, S. & Meerhoff, M. 2012. Biomanipulation as a Restoration Tool to Combat Eutrophication: Recent Advances and Future Challenges. *Advances in Ecological Research*, 47: 411-488.

King, A.J., Robertson, A.I. & Healey, M.R. 1997. Experimental manipulations of the biomass of introduced carp (*Cyprinus carpio*) in billabongs. I. Impacts on water-column properties. *Marine and Freshwater Research*, 48: 435–443.

Kitchell, J.F., Schindler, D.E., Herwig, B.R., Post, D.M., Olson, M.H. & Oldham, M. 1999. Nutrient cycling at the landscape scale: The role of diel foraging migrations by geese at the Bosque del Apache National Wildlife Refuge, New Mexico. *Limnol. & Oceanogr.*, 44: 1999, 828–836.

Kloskowski, J. 2011. Impact of common carp *Cyprinus carpio* on aquatic communities: direct trophic effects versus habitat deterioration. *Fundam. Appl. Limnol.*, Vol. 178/3: 245–255.

Københavns kommune, pjece. Fodring i søer:
(http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/710_7svuFteo4q.pdf).

Liboriussen, L., Søndergaard, M. & Jeppesen, E. (redaktører) 2007. Sørestauring i Danmark, del 1: tværgående analyser. Faglig rapport fra DMU nr 636.

Mallory, M.L., Fontaine, A.J., Smith, P.A., Robertson, M.O.W. & Gilchrist, H.G. 2006. Water chemistry of ponds on Southampton Island, Nunavut, Canada: Effects of habitat and ornithogenic inputs. *Archiv fur Hydrobiologie*, 166: 411–432.

Manny, B.A., Johnson, W.C. & Wetzel R.G. 1994. Nutrient additions by waterfowl to lakes and reservoirs: predicting their effects on productivity and water quality. *Hydrobiologia*, 279/280: 121–132.

Marion, L., Clergeau, P., Brient, L. & Bertru, G. 1994. The importance of avian-contributed nitrogen (N) and phosphorus (P) to Lake Grand-Lieu, France. *Hydrobiologia*, 279/280: 133–147.

Matsuzaki, S.S., Usio, N., Takamura, N. & Washitani, I. 2007. Effects of common carp on nutrient dynamics and littoral community composition: roles of excretion and bioturbation. *Fundamental and Applied Limnology*, 168: 27–38.

Matsuzaki, S.S., Usio, N., Takamura, N. & Washitani, I. 2009. Contrasting impacts of invasive engineers on freshwater ecosystems: an experiment and meta-analysis. *Oecologia*, 158 : 673–686.

Meijer, M.L., Raat, A.J.P. & Doef, R.W. 1989. Restoration of Lake Bleiswijkse Zoom (The Netherlands): first results. *Hydrobiology Bulletin*, 23:49–57.

Mjelstad, H. & Sætersdal, M. 1989. Mallards *Anas platyrhynchos* utilizing common frogs *Rana temporaria* as a protein resource during breeding. – *Fauna Norvegica Ser. C., Cinclus*, 12: 47–48.

Miller, S.A. & Cowl, T.A. 2006. Effects of common carp (*Cyprinus carpio*) on macrophytes and invertebrate communities in a shallow lake. *Freshwater Biology*, 51: 85–94.

Netherlands Institute of Ecology. Quantification of the nutrient input into freshwater habitats by waterbirds:

<http://www.nioo.knaw.nl/en/content/quantification-nutrient-input-freshwater-habitats-waterbirds>.

Niesar, M., Arlinghaus, R., Rennert, B. & Mehner, T. 2004. Coupling insights from a carp, *Cyprinus carpio*, angler survey with feeding experiments to evaluate composition, quality and phosphorus input of groundbait in coarse fishing. *Fisheries Management and Ecology*, 11: 225–235.

Noer, H., Søndergaard, M. & Jørgensen, T.B. 2008. Udsætning af gråænder i Danmark og påvirkning af søers fosforindhold. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, 44 s. (Faglig rapport fra DMU; 687).

Olson, M.H., Hage M.M; Binkley M.D. and Binder J.R. 2005. Impact of migratory snow geese on nitrogen and phosphorus dynamics in a freshwater reservoir. *Freshwater Biology*, 50: 882–890.

Parkos, J.J., Santucci, V.J. & Wahl, D.H. 2003. Effects of adult Common Carp (*Cyprinus carpio*) on multiple trophic levels in shallow mesocosms. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60:182–192.

Pedersen, M. I. 1993. Karpers indvirkning på det omgivende miljø. IFF-rapport nr. 19,1993. Rapport udarbejdet af Michael Ingemann Pedersen, Institut for Ferskvandsfiskeri og Fiskepleje.

Post, D.M.; Taylor, J.P.; Kitchell, J.F.; Olson, M.H.; Schindler, D.E. & Herwig, B.R. 1998. The role of migratory waterfowl as nutrient vectors in a managed wetland. *Conservations Biology*, 12: 910-920.

Roozen, F.C.J.M., Lurling, M.; Vlek, H., van der Krann, E., Ibelings, B.W. & Scheffer, M. 2007. Resuspension of algal cells by benthivorous fish boosts phytoplankton biomass and alters community structure in shallow lakes. *Freshwater Biology*, 52: 977-987.

Roy, U.S., Goswami, R.A., Aich, A. & Mukhopadhyay, S.K. 2011. Changes in Densities of Waterbird Species in Santragachi Lake, India: Potential Effects on Limnochemical Variables. *Zoological Studies*, 50: 76-84.

Roenicke, H.; Doerffer, R.; Siewers, H.; Buettner, O.; Lindenschmidt, K.-E.; Herzsprung, P.; Beyer, M. & Rupp, H. 2008. Phosphorus input by nordic geese to the eutrophic Lake Arendsee, Germany. *Fundamental and applied Limnology*, 172: 111-119.

Sand-Jensen, K. 2001. Søer en beskyttet naturtype. Miljø- og Energiministeriet.

Signa, G., Mazzola, A. & Vizzini, S. 2012. Effects of small seagull colony on trophic status and primary production in a Mediterranean coastal system (Marinello ponds, Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 111: 27-34.

Skanderborg kommune 2010. Kommuneplan 09.

<http://pdf.skanderborg.dk/planlaegning/kommuneplan/-kommuneplan09/?Page=150>.

Skov, T., Buchaca, S., Amsinck, S.L., Landkildehus, F., Odgaard, B.V., Azevedo, J., Gonçalves, V., Raposeiro, P.M., Andersen, T.J. & Jeppesen, E. 2010. Using invertebrate remains and pigments in the sediment to infer changes in trophic structure after fish introduction in Lake Fogo: a crater lake in the Azores. *Hydrobiologia*, 654: 13-25.

Søndergaard, M., Jeppesen, E. & Jensen, J.P. 1999. Danske søer og deres restaurering. Danmarks Miljøundersøgelser. – NERI tema rapport no. 24/1999: 34 sider.

Søndergaard, M., Jensen, J.P. & Jeppesen, E. 2002. Småsøer og vandhuller. Skov- og Naturstyrelsen (elektronisk). 104 s. Findes på:
<http://www.sns.dk/erhvogadm/ferskvand/smaasoer.pdf>.

Søndergaard, M., Wiberg-Larsen, P. & Noer, H. 2006. Miljøpåvirkninger af søer som følge af udsætning af gråand. – Notat, Danmarks Miljøundersøgelser 2006. 16 s.

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

Turner, A.M. & Ruhl, N. 2007. Phosphorus loadings associated with a park tourist attraction: Limnological consequences of feeding the fish. *Environmental Management*, 39: 526-533.

Unckless, R.L. & Makarewicz, J.C. 2007. The impact of nutrient loading from Canada Geese (*Branta canadensis*) on water quality, a mesocosm approach. *Hydrobiologia*, 586: 393-401.

Vries, P.J.R., 1988: Poster på symposium om restaurering af søer i Holland, april 1988.

Wahl, D.H, Wolfe, M.D, Santucci, V.J. & Freddeman, J.A. 2011. Invasive carp and prey community composition disrupt trophic cascades in eutrophic ponds. *Hydrobiologia*, 678:49-63.

Wiberg-Larsen, P., Fog, K., Ejbye-Ernst, M., Jensen, P.N., Myssen, P. & Franko-Dossar, F. (2000) Når sømiljøet får et 'rap'. – *Vand og Jord* 7: 90-94.

Zambrano, L., Scheffer, M. & Martínez-Ramos, M. 2001. Catastrophic response of lakes to benthivorous fish introduction. *OIKOS*, 94: 344-350.

Ørestad Vandlaug. Fodring af fugle:
<http://orestad.net/%C3%B8restad-vandlaug/fodring-af-fugle>.

6 Bilag

Bilag 6.1. Fosfor- og kvælstofstofindholdet i forskellige planteædende fugles terrestriske fødeemner. Fra Hahn et al. (2008). I parentes er angivet antallet af studier, som indgår i værdierne.

Fødeemne	Gødet		Ugødet	
	N (mg/g)	P (mg/g)	N (mg/g)	P (mg/g)
Frø	18,6 (5)			
Sukkerroer	11,4 (3)	2,15 (2)		
Løv/blade, forår	40,1 (24)		27,1 (3)	
Løv/blade, sommer	33,7 (23)	3,18 (12)	22,6 (25)	1,70 (10)
Løv/blade, vinter	41,2 (23)	2,50 (8)	32,6 (13)	2,95 (2)
Løv/blade, gennemsnit	38,2 (73)	3,12 (34)	26,3 (42)	1,91 (12)

Bilag 6.2. Forskellige planteædende fuglearters bidrag med fosfor og kvælstof (g/dag). Fra Hahn et al. (2008).

Art	Lat. navn	Vægt (g)	N-input (dette studie)	P-input (dette studie)	Referencer
Snegås	<i>Chen c. caerulescens</i>	2630	1,89* (1,22-2,22)	0,27* (0,17-0,18)	Post et al., 1998
Canadagås	<i>Branta c. interior</i>	2560	1,43–1,57 (1,19-2,17)	0,44–0,49 (0,16-0,18)	Manny et al., 1975; 1994
Svømmeænder		1178	0,72 (0,65-1,09)	0,23 (0,09)	Manny et al., 1994
Gråand	<i>Anas platyrhynchos</i>	1080	1,24 (0,60-1,01)	0,50 (0,08)	Andersen et al., 2003
Gråand	<i>Anas platyrhynchos</i>	1080	0,79 (0,60-1,01)	0,40 (0,08)	Marion et al., 1994
Canadagås	<i>Branta c. maxima</i>	3630		0,61 (0,22-0,24)	Moore et al., 1998
Canadagås	<i>Branta c. maxima</i>	3630		0,76 (0,22-0,24)	Scherer et al., 1995
Gråand	<i>Anas platyrhynchos</i>	1140		0,38 (0,09)	Scherer et al., 1995
Amerikansk pibeand	<i>Anas americana</i>	750		0,16 (0,06)	Scherer et al., 1995
Pibeand	<i>Anas penelope</i>	716		0,13 (0,06)	Klein, 1993

Bilag 6.3. Næringsstofindhold i kødædende fugles fødeemner. Fra Hahn et al. (2007). Der henvises til referencerne heri.

Fødeemne	Latinsk navn	N (mg/g)	P (mg/ g)	Sources
Brasen	<i>Abramis brama</i> L.	106,0	27,0	Penczak & Tatrai, 1985
Ørred	<i>Salmo trutta</i> L.	106,0		Elliott, 1976
Fisk	20 arter	112,6	24,5	Tanner, Brazner & Brady, 2000
Fisk	5 arter	102,0	22,1	Penczak & Tatrai, 1985
Fisk	17 arter	97,0	33,1	Davis & Boyd, 1978
Fisk	11 arter	100,4	37,5	Lawrence 1968 cit in Tanner et al., 2000
Fisk	3 arter	105,6		Hilton et al., 2000
Fisk	2 arter	103,2		Mizutani & Wada, 1988
Oligochaeta		93,5		Mizutani & Wada, 1988
Oligochaeta		95,4	8,4	Penczak & Tatrai, 1985
Diptera (larvae)	Insecta	91,3		Mizutani & Wada, 1988
Coleoptera (larvae)	Insecta	86,5		Klaassen, Kvist & Lindstrom, 2000
Gammaridae	Crustacea	71,1	9,7	Penczak & Tatrai, 1985
Decapoda	Crustacea		10,6	Nakashima & Leggett, 1980
Trichoptera (larvae)	Insecta	78,1	6,3	Penczak & Tatrai, 1985
Odonata (larvae)	Insecta	111,2	6,8	Penczak & Tatrai, 1985
Chironomidae (larvae)	Insecta	81,2	12,8	Penczak & Tatrai, 1985
Chironomidae (larvae)	Insecta		9,3	Nakashima & Leggett, 1980

Bilag 6.4. Kvælstof og fosforindhold i kødædende/omnivore fugles ekskrementer (tør-vægt), som fouragerer i forskellige habitattyper (ter: terrestisk, fer: ferskvand, mar: marint). Fra Hahn et al. (2007). Der henvises til referencerne heri.

Art	Latinsk navn	Habitat	Hovedføde	N (mg g ⁻¹)	P (mg g ⁻¹)	Reference
Hættemåge	<i>Larus ridibundus</i> L.	ter/fer	Naturlig mix	72,4	78,6	Gwiazda, 1996
Fiskehejre	<i>Ardea cinerea</i> L.	fer	Naturlig mix	42,1	114,7	Marion et al., 1994
Skarv	<i>Phalacrocorax carbo</i> (L.)	fer/mar	Fisk	32,8	143,2	Marion et al., 1994
Sølvmåge	<i>Larus argentatus</i> Pon.	fer/mar/ter	Naturlig mix	12,5	15,3	Portnoy, 1990
		fer/mar/ter	Naturlig mix	18,4	23,3	Portnoy, 1990
		fer/mar/ter	Naturlig mix	29,6	16,2	Marion et al., 1994

FUGLE OG KARPERS PÅVIRNING AF SØER

Rapporten opsummerer de danske og internationale erfaringer vedrørende fugles og karpers påvirkning af søer med henblik på at vurdere naturlige fuglebestandes og udsatte gråænder påvirkning med kvælstof og fosfor, samt effekterne af karpeudsætning på danske søers vandkvalitet. Der findes kun få danske undersøgelser, men internationale undersøgelser peger på, at udsætningen af karper ofte fører til forringet vandkvalitet, især via øget indhold af suspenderet stof, men evt. også via øget næringsstofindhold og effekter på de øvrige biologiske forhold.

Grænsen for hvornår, der ses effekter i danske søer er dårlig dokumenteret. I mange danske søer vil fuglenes rolle som ekstern næringsstofkilde være begrænset i forhold til andre næringsstofkilder, men store fuglekolonier af fx skarv kan lokalt have stor betydning. Udsætning og fodring af gråænder, som især finder sted i søer mellem 1 og 10 hektar, kan føre til øget næringsstofindhold og forringet vandkvalitet.