Undersøgelse af sammenhængen mellem udviklingen af skarvkolonien ved Toftesø og forekomsten af fladfiskeyngel i Ålborg Bugt.

Januar 2008

Else Nielsen, DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer
Josianne Støttrup, DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer
Thomas Bregnballe, Aarhus Universitet, Danmarks Miljøundersøgelser, Afd. for Vildtbiologi og Biodiversitet
Hanne Nicolajsen, DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer

DTU Aqua
Afdelingen for Havøkologi og Akvakultur
Nordsøcentret
9850 Hirtshals

ISBN: 978-87-7481-062-9 DTU Aqua-rapport nr.: 179-08

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning 5

English summary 9

1. Indledning 13

2. Generel beskrivelse af undersøgelsesområdet..... 14

3. Fladfiskenes livsstadier og forekomst af fladfiskeyngel kystnært 17
   3.1 *Larvestadiet af fladfisk*..... 17
   3.2 *Forekomst af fladfiskeyngel i de kystnære områder* 17
   3.3 *Tidsseriedata om fladfiskeforekomster* 19

4. Skarvernes antal, fødesøgning og fødevalg..... 21
   4.1 *Skarvernes antal* 21
   4.2 *Skarvernes fødesøgning* 22
   4.3 *Skarvernes fødevalg* 23

5. Hypotese og forudsigelser 24
   5.1 *Forudsigelser og forventninger om effekt på tæthed* 24
      5.1.1 Forudsigelse A om effekt på tæthed 24
      5.1.2 Forudsigelse B om effekt på tæthed 24
      5.1.3 Forventninger om effekt på tæthed i forhold til afstand fra kolonien..... 25
   5.2 *Forventninger om effekt på længdefordeling*..... 25

6. Materiale og metoder 26
   6.1 BACI analysen 26
      6.1.1 Valg af fiskearter til analysen..... 27
      6.1.2 Opdeling i delområder..... 28
      6.1.3 Opdeling i tidsperioder..... 28

6.1.4 Den statistiske analyse 29
6.2 *Beregning af skarvprædation på skrubber* 30
6.3 *Det overordnede forhold mellem tætheden af 0- og I-gruppe skrubber* 31
6.4 *Sammenligning af længdefordelinger af skrubber* 32

7. Resultater 32
7.1 *Data fra tidsserier for skarv* 32
7.1.1 Udvikling af skarvkolonien 32
7.1.2 Skarvernes fødevalg 32
7.2 Data fra tidsserier for fladfiskeyngel 34
7.2.1 Generelle ændringer i skrubbeforekomster 34
7.2.2 Generelle ændringer i rødspætteforekomster 34
7.2.3 Generelle ændringer i tungeforekomster 39
7.3 *Resultater af denne undersøgelse* 40
7.3.1 Sammenhæng mellem antallet af skarver og tætheden af skrubbeyngel 40
7.3.2 Sammenhæng mellem antallet af skarver og tætheden af rødspætteyngel 44
7.3.3 Sammenhæng mellem antallet af skarver og tætheden af tungeyngel 45
7.3.4 Fiskeforekomster i forhold til afstanden fra skarvkolonien 46
7.3.5 Sammenhæng med længdefordelingen af skrubber 49
7.3.6 Estimering af skarvprædationens effekt 51
7.3.7 Estimering af den totale dødelighed 53

8. Diskussion 54
8.1 *Præcisionen i bestemmelse af fiskenes forekomst* 54
8.1.1 Skrubbeforekomster 54
8.1.2 Rødspætteforekomster 56
8.1.3 Tungeforekomster 58
8.2 *Ændringer i fladfiskeyngelforekomster* 59
8.2.1 Udvikling i skrubbebestanden 59
8.2.2 Udvikling i rødspættebestanden 60
8.2.3 Udvikling i tungebestanden 60
8.3 *Baci analysen* 61

8.4 Fiskeforekomster i forhold til afstand fra skarvkolonien 62
8.5 Ændringer i fiskenes længdefordeling 63
8.5.1 Effekt af prædation på skrubber..... 63
8.5.2 Effekt af prædation på rødspætter..... 67
8.5.3 Effekt af prædation på tunger 69
8.6 Fiskeforekomster i forhold til afstand fra skarvkolonien 69
8.7 Ændringer i fiskenes længdefordeling 70

9. Konklusion 70

Referencer 73

Reference: Nielsen, E., Støttrup, J., Bregnballe, T., Nicolajsen, H. 2008. Undersøgelse af sammenhængen mellem udvikling af skarvkolonien ved Toftesø og forekomsten af fladfiskeyngel i Ålborg Bugt. DTU Aqua-rapport nr. 179-08, 81s.

Arbejdet er finansieret af marin fiskepleje, Handlingsplan for fiskepleje 2006, http://www.fd.dk/Files/Filer/Fiskeridirektoratet/Paragraf%207%20udvalg/2006-HP.pdf.

Sammenfatning

Siden begyndelsen af 1980erne er antallet af skarvkolonier vokset langs de danske kyster og flere end 10 kolonier har siden begyndelsen af 1990erne huset flere end 1000 ynglepar. I takt med det stigende antal skarver og en nedgang i fiskeforekomster kystnært, er konflikten mellem behovet for at bevare skarverne og ønsket om fortsat at udøve kystnært fiskeri vokset.

Kysten langs den jyske østkyst er et vigtigt opvækstområde for fiskeyngel, deriblandt fladfisk, og i Ålborg Bugt har Danmarks Fiskeriundersøgelser fulgt udviklingen i forekomsten af fisk på lavt vand. Fiskeforekomsterne er blevet undersøgt ved at fiske med et yngeltrawl i juli måned i perioderne 1957-1971 og 1985-2004. Fiskeriet fandt sted på faste stationer, hvor vanddybden varierede mellem 1,2 og 3,0 m. Moniteringen har gjort det muligt at følge ændringer i forekomsten af rødspætte, skrubbe og tunge. Omkring 14 km syd for Limfjordens østlige munding, blev der i 1982 etableret en skarvkoloni ved Toftesø. Denne koloni var i 1996 vokset til 3300 reder og antallet af reder har siden varieret mellem 3200 og 4100 reder.

For at belyse hvorvidt Toftesøskarvernes prædation[1] har påvirket overlevelsen af fladfiskeyngel i de lavvandede områder i Ålborg bugt, inddelte vi den undersøgte kyststrækning mellem Asaa i nord, og Bønnerup Strand i syd, i tre delområder: a) et ”Nærområde” som vi forventede at skarverne havde benyttet som fødesøgningsområde siden koloniens opståen, b) et ”Naboområde”, som vi forventede at skarverne først i væsentlig grad begyndte at fouragere i efter kolonien var vokset til flere end 2600 reder, og c) et ”Referenceområde”, som lå uden for det område, hvor vi forventede Toftesøskarverne havde fourageret i yngletiden. Vi opdelte vores tidsseriedata i tre lige lange perioder: Periode I fra 1962-1971, hvor der ikke ynglede skarver i regionen, Periode II fra 1985-1994, hvor antallet af reder i Toftesøkolonien forøgedes fra ca. 800 til 2200 reder, og Periode III fra 1995-2004, hvor antallet af reder i kolonien varierede mellem 2800 og 4100 reder. I analysen skelnede vi mellem disse områder og perioder med og uden skarver.

I sammenligningen mellem Nærområdet og Referenceområdet viser resultaterne, at der var signifikant lavere tæthed af I-gruppe skrubber (1 år gamle skrubber) i Nærområdet efter

[1] Når et rovdyr æder et byttedyr

skarvkolonien var etableret. Sammenligningen mellem Naboområdet og Referenceområdet bekræftede vores hypotese om, at skarvkolonien ville have en negativ effekt på tætheden af I-gruppe skrubber i Naboområdet, og at effekten først ville vise sig, efter at skarvkolonien var nået op over en vis størrelse. Der var imidlertid store naturlige udsving i de fundne tætheder, og vi kan ikke afvise den mulighed, at sammenhængen skyldes en tilfældighed.

Fødesammensætningen hos Toftesøskarverne undersøgt i maj-juli 1993 og april-maj 1994 viste, at skrubbe, efter ising, var den næst vigtigste føde blandt fladfisk for skarven. På de dage, hvor skarvernes fødevalg blev undersøgt, udgjorde skrubbe vægtmæssigt 7-33% af skarvernes samlede daglige fødeindtag. I antal svarede det til, at hver skarv i gennemsnit tog én skrubbe hver tredje dag. I-gruppe skrubber kan på andre årstider og i andre år have udgjort en større eller mindre andel af skarvernes føde end tilfældet var i april-juli 1993-1994.

For tunge fandt vi ingen sammenhæng mellem tætheden af yngel og antallet af skarver. Det forventede vi heller ikke, fordi undersøgelser af Toftesø-skarvernes føde viste, at skarverne sjældent fangede tunger.

For rødspætter blev der fanget så få 1-årige i Periode II og III, at det ikke var muligt at teste for, om der var en sammenhæng mellem tætheden af yngel og antallet af skarver. Vi formoder, at de 1-årige rødspætter ikke blev fanget, fordi de opholdt sig på dybere vand, end hvor der blev fisket med yngeltrawl. Fødeundersøgelsen viste, at Toftesø-skarverne tog rødspætter, men rødspætter blev taget i væsentligt lavere omfang end skrubbe.

For yderligere at belyse de ynglende skarvers mulige effekter på overlevelsen af I-gruppe skrubber, sammenlignede vi størrelsesfordelingen af skrubber imellem perioder inden for hvert område. Andelen af større skrubber (>150mm) i både Nærområdet og Naboområdet var lavere i de to perioder, hvor der ynglede skarver ved Toftesø sammenlignet med perioden forud for koloniens opståen. Desuden var der en svag tendens til, at underrepræsentationen af >150 mm lange skrubber blev tydeligere efter kolonien havde vokset sig stor i Periode III. De samme ændringerne i længdefordelingen af skrubber blev imidlertid også observeret i Referenceområdet. Så vi kunne ikke konkludere, at ”fraværet” af ”store” skrubber i Nær- og Naboområdet i periode II og III var et

resultat af, at skarverne havde fortæret ”store” skrubber gennem månederne forud for det årlige fiskeri med yngeltrawl.

Vi forsøgte at opgøre, hvilken andel af skrubberne skarverne fortærede. Til denne beregning brugte vi oplysninger om antallet af skarver og årlige estimater for det samlede antal af skrubber i området strækkende sig fra Stensnæs i nord til udmundingen af Randers Fjord i syd. Desuden antog vi ud fra fødeundersøgelserne, at hver skarv i gennemsnit fortærede én skrubbe hver tredje dag hen gennem hele ynglesæsonen. Ved disse beregninger nåede vi frem til, at skarvernes konsum svarede til, at de gennem månederne april-juni havde ædt gennemsnitlig 25% af I-gruppe skrubberne i periode II og 40% af I-gruppe skrubberne i periode III. Der var stor variation mellem årene. For syv ud af 10 år i periode II estimerede vi, at færre end 20% af I-gruppe skrubberne blev ædt af skarver. I periode III var det derimod kun i ét ud af 10 år, hvor vi estimerede, at skarverne tog færre end 20% af I-gruppe skrubberne. Disse opgørelser over andelen af I-gruppe skrubber fortæret af skarver er forbundet med stor usikkerhed. Det var især vanskeligt at opgøre, hvor mange I-gruppe skrubber der var i området i de enkelte år. Det er også sandsynligt, at antagelsen om, at hver skarv i gennemsnit fortærede én skrubbe hver tredje dag, var et underestimat for de år, hvor I-gruppe skrubberne optrådte talrigt.

Vi konkluderer følgende:
De årlige udsving i forekomsterne af yngel af skrubber, rødspætter og tunger var store. For rødspætter blev der fanget så få I-gruppe fisk i periode II og III, at det ikke var muligt at teste for, om der var sammenhæng mellem tætheden af yngel og antallet af skarver. For tunger fandt vi som forventet ingen sammenhæng mellem tætheden af yngel og antallet af skarver.

Udviklingen i den gennemsnitlige tæthed af skrubber i de tre områder stemte overens med den udvikling, vi havde forventet at se, hvis skarvernes fortæring af skrubber havde påvirket småskrubbernes overlevelse. Men vi kan ikke, med den anvendte statistik og de tilgængelige data, afgøre, hvorvidt den fundne sammenhæng afspejler, at der var en årsagssammenhæng. Med baggrund i resultaterne af de andre metoder, som vi anvendte til at belyse skarvernes fortæring af skrubber, konkluderer vi imidlertid, at skarvernes fortæring af skrubber påvirkede overlevelsen af I-gruppe skrubber, især i år, hvor der ikke var en stor bestand af I-gruppe skrubber.

Ved brug af de andre metoder fandt vi, at tætheden af 0- + I-gruppe skrubber var lavere i områderne beliggende inden for 20 km fra kolonien end i områderne beliggende ca. 30 km fra kolonien. Desuden beregnede vi, at den andel af småskrubber, som skarverne fortærede ud af de skrubber, som vi estimerede var til stede, svingede mellem 3% og 20% i otte år, mellem 20% og 50% i syv år, og mellem 71% og 82% i tre år. Disse estimater er ikke præcise, men antyder, at skarverne især i nogle år kan have haft en væsentlig indflydelse på småskrubbernes overlevelse.

English Summary

Since the beginning of the 1980ies**,** the number of cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* colonies increased along the Danish coasts and from the beginning of the 1990ies, at least 10 colonies housed more than 1000 nests. Concurrent with the increase in cormorants, fish abundance declined in coastal areas, escalating conflicts between the need to protect cormorants and the desire to carry on fishing in the coastal zone.

The east coast of Jutland is an important nursery area for juvenile fish, including flatfish and in Aalborg Bay, the Danish Institute for Fisheries Research has monitored fish assemblages in the coastal zone. Fish were monitored using a juvenile fish trawl in July during the periods 1957-1971 and 1985-2004. Fishery took place at set stations, at depths of 1.2-3.0 m. This monitoring has enabled documentation of developments in abundance of plaice, flounder and sole. About 14 km south of the eastern mouth of the Limfjord, a cormorant colony was established in 1982 near Toftesø. This colony had grown to 3300 nests by 1996, and the number of nests has since varied between 3200 and 4100 nests.

To explore effects of Tofesø cormorant predation on survival among flatfish juveniles in shallow areas in Aalborg Bay, we used a BACI design for the analyses of data. We divided the coastal area from Asaa in the north to Bønnerup Beach in the south into three Areas: a) a “Near” area, where we expected the cormorants to forage from the establishment of the colony and onwards, b) a “Neighbour” area, where we expected the cormorants to increase their foraging substantially once the colony size had surpassed 2500 nests, and c) a “Reference” area, which was located at a distance where it was unlikely that cormorants would forage regularly during the breeding season. We divided the time-series data into one “before” period and two “after” periods, i.e. the following three periods: Period I, from 1962-1971, when no cormorants bred locally; Period II, from 1985-1994, when cormorant nest numbers increased from around 800 to 2200; and Period III, from 1995-2004, when the number of nests varied from 2800 to 4100 nests. In the analyses we distinguished between these areas and periods, with and without cormorants.

Comparing Near and Reference areas, the results showed significantly lower abundance of I-group flounder (one-year-old flounder) in the Near area once the cormorant colony was established. The

comparison between Neighbour and Reference areas confirmed our hypothesis that a negative effect on I-group flounder abundance in the Neighbour area would first become evident once the cormorant colony had surpassed a given nest number. However, there were large natural fluctuations in the observed abundances and we can not ignore the possibility that this relationship may be due to a coincidence.

Diet composition of Toftesø cormorants, examined during May-July 1993 and April-May 1994, showed that flounder, next after dab, was the second most important flatfish species in the diet. On those days their diet was examined, flounder constituted 7-33% by weight of the total daily food intake. Numerically, this corresponded to each cormorant consuming one flounder every three days. During other years or other times of the year, I-group flounder may have constituted a larger or smaller fraction of their diet than was the case during April-July 1993-1994.

In the case of sole, no correlation was found between juvenile fish abundance and number of cormorants. Neither was this expected, because the examination of Toftesø cormorant diet showed that cormorants only rarely caught sole.

So few I-group plaice were caught during Period II and III, that it was not possible to explore whether or not there was a relationship between juvenile abundance and number of cormorants. We presume that I-group plaice were not caught because they occurred at deeper depths than where fishery with the juvenile trawl was conducted. The diet analyses showed that Toftesø cormorants caught plaice, but to a considerably lower extent than flounder. .

To further investigate possible impacts of breeding cormorants on the survival of I-group flounder, length distributions of flounder between Periods were compared for the three Areas. The proportion of larger (> 150mm) flounder in both Near and Neighbour areas was lower during the two Periods with cormorants than during the preceding Period when no cormorants were nesting. Furthermore, there was a tendency for an additional decrease in the proportion of larger flounder (>150mm) in the Neighbour area during Period III, once the cormorant colony had passed c. 3000 nests. However, similar changes in length distributions were observed in the Reference area. It was therefore not possible to conclude that the “absence” of “larger” flounder in Near and Neighbour areas during period II and III was a result of cormorant predation on primarily “larger” flounder

during those months prior to the yearly fishing survey.

In this study, we attempted to quantify the proportion of flounder consumed by cormorants. For this analysis, we used data on number of cormorants and annual estimates of the total number of flounder in the area ranging from Stensnæs in the north to the mouth of Randers Fjord in the south. Moreover, it was presumed that each cormorant took one flounder every third day throughout the breeding season. The results showed that cormorant consumption during April to June constituted 25% of I-group flounder during Period II and 40% during Period III. The annual variation was high. In seven out of ten years in Period II we estimated a predation rate of less then 20% for I-group flounder. During Period III, however, the estimate was that only in one of ten years did cormorants take less than 20% of I-group flounder. These estimates of I-group predation are uncertain. The uncertainty arises partly from difficulties in estimating the number of flounder present in the area, partly from the assumption that cormorants in general caught one flounder every three days. This was probably an underestimate for the years when flounder abundance was high.

We conclude the following:
Annual variations in abundance of juvenile flounder, plaice and sole were high. Group-I plaice were caught in such low numbers that it was not possible to test for correlation between juvenile abundance and number of cormorants. In the case of sole, we found, as expected, no correlation between juvenile abundance and number of cormorants.

Development of average abundances of flounder in the three areas corresponded to the development we had expected if cormorant predation had impacted juvenile flounder survival. With the statistics used and the data available it is not possible to confirm that the observed relationships were results of true cause and effect relationships. On the basis of the results obtained from the other methods used to estimate cormorant predation on I-group flounder we conclude, however, that cormorant predation did affect I-group flounder survival, especially in those years, when the I-group population was small.

We found that abundance of 0- and I-group flounder was lower in areas within 20 km distance from the cormorant colony than in areas situated around 30 km from the colony. Furthermore, we estimated that the proportion of juvenile flounder estimated present within the area and predated by

cormorants varied between 3% and 20% in eight years, between 20% and 50% in seven years and between 71% and 82% in three years. These estimates are not precise estimates, but suggest that in some years cormorants may have had a significant impact on the survival in juvenile flounder.

1. Indledning

I Danmark findes store lavvandede områder som udgør vigtige opvækstområder for yngel af specielt fladfisk (Bregnballe 1961, Muus 1967, Nielsen m.fl. 1998). Mange af disse områder er attraktive fødesøgningsområder for skarver. Det rige udbud af føde for skarver i Danmarks lavvandede områder har sammen med en øget beskyttelse af skarverne bevirket, at ynglebestanden af skarver i Danmark steg fra ca. 250 par i 1970 til 36.000-42.500 par i 1994-2006 (Bregnballe & Gregersen 1995, Eskildsen 2006). Væksten i skarvbestanden har affødt et stigende ønske om at få belyst betydningen af skarvernes prædation af fisk for fiskebestandene i de danske farvande og fjorde. Ønsket om viden er yderligere forstærket, efter at der er observeret nedgange i fiskeforekomsterne i flere fjorde og kystnære områder i Danmark (se for eksempel Hoffmann 2000). Der efterspørges bl.a. viden om, hvorvidt og under hvilke betingelser skarvers konsum af fisk har betydning for fiskenes overlevelse, til de bliver tilgængelige for fiskeriet.

Da skarver oftest søger føde inden for en af afstand af 25 km fra deres ynglekoloni, kunne man forvente, at det især er omkring de store kolonier, der er risiko for, at skarvernes prædation påvirker fiskenes overlevelse. Ved Ålborg Bugt blev der i 1982 etableret en skarvkoloni ved Toftesø i Lille Vildmose. Denne koloni voksede sig til én af Danmarks største skarvkolonier. Da Danmarks Fiskeriundersøgelser har målt forekomsten af fladfiskeyngel langs kysten ud for Toftesøkolonien og langs kysten længere væk fra kolonien, både før kolonien opstod og efter, har vi mulighed for at belyse, om tætheden (og ”overlevelsen”) af skrubbe, rødspætte og tunge på denne kyststrækning har ændret sig efter at den store skarvkoloni opstod.

Denne rapport har til formål at belyse en hypotese om, at overlevelsen af fladfiskeyngel inden for Toftesøskarvernes fourageringsområde har været negativt påvirket af tilstedeværelsen af kolonien. Vi forsøger at af- eller bekræfte hypotesen ved at sammenholde de observerede mønstre i tætheder af de enkelte arter af fisk med forudsigelser om, hvordan den skarv-inducerede forøgelse i dødeligheden blandt fiskeynglen burde afspejle sig i ændringer og forskelle i fisketætheder. For den ene art (skrubbe), hvor vi finder det sandsynligt, at tætheden har været reduceret som følge af skarvernes prædation, har vi desuden forsøgt

a) at sammenholde tætheden af I-gruppe skrubber (1 år gamle skrubber) med tætheden af 0-gruppe skrubber (under 1 år gamle skrubber) i den foregående sæson,

b) at estimere den skarvbetingede dødelighed blandt småskrubberne ud fra viden om Toftesøskarvernes fødevalg, og
c) at undersøge, om de observerede længdefordelinger af småskrubber stemte overens med de ændringer i længdefordelinger, som forventedes, hvis skarvernes prædation var af væsentlig betydning for overlevelsen.

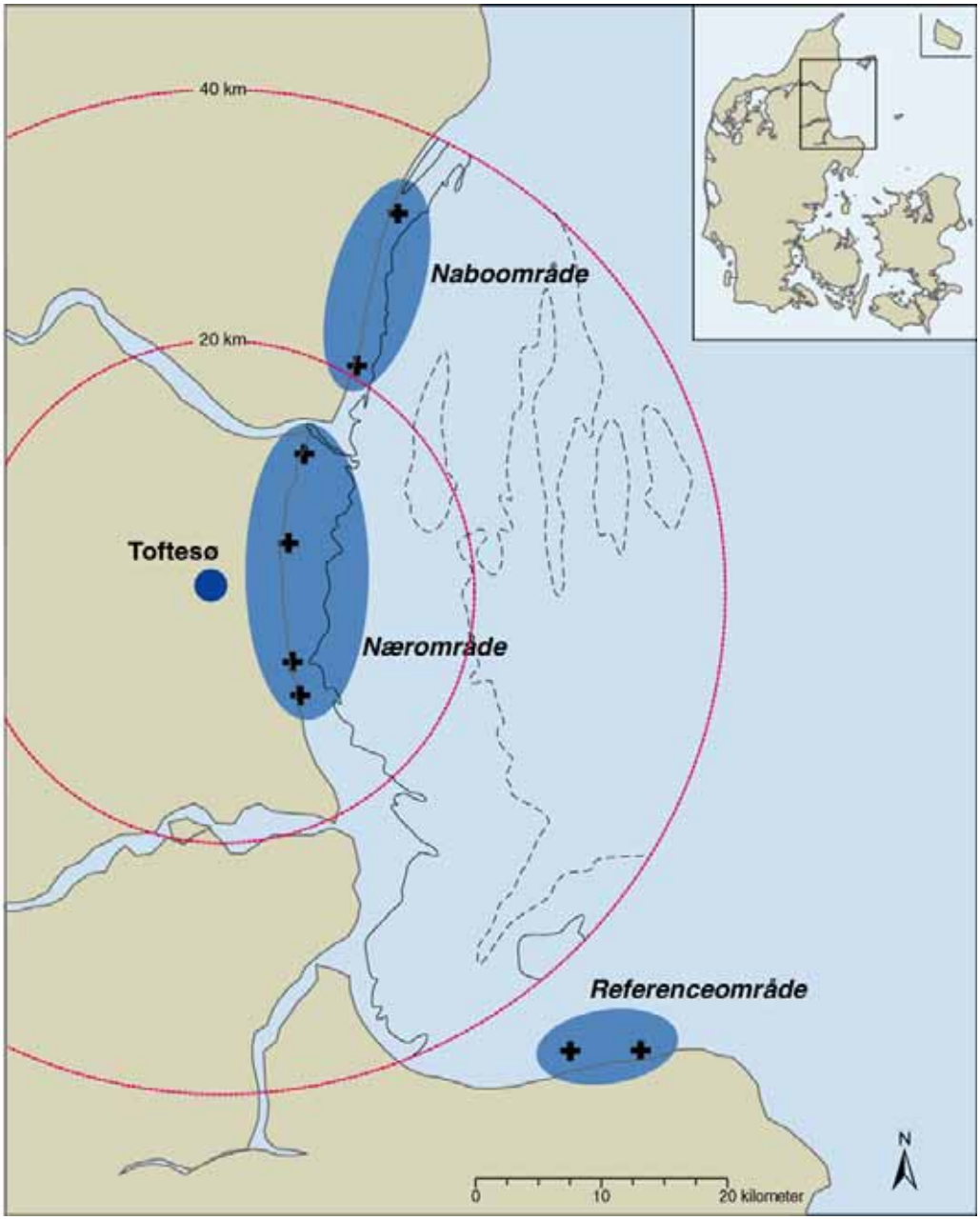
2. Generel beskrivelse af undersøgelsesområdet

Undersøgelsesområdet omfatter Ålborg Bugt og Hevring Bugt. Ålborg Bugt strækker sig fra Læsø Rende ud for Sæby i nord til Randers Fjord mod syd. Hevring Bugt strækker sig fra og med udløbet af Randers Fjord til og med Djurslands nordkyst.

Skarvkolonien etablerede sig ved Toftesø, en lavvandet, 60 ha stor sø beliggende 3 km fra kysten syd for Dokkedal på Jyllands østkyst. Fiskeristationerne ligger langs Jyllands østkyst (Figur 1) strækkende sig fra Asaa i nord til Bønnerup i syd.

De hydrografiske forhold i Ålborg Bugt og Hevring Bugt påvirkes af områdets placering som overgangszone mellem Nordsøen og Østersøen sammenkoblet med meteorologiske (vind og lufttryk) forhold (Lund-Hansen m.fl. 1994). De meteorologiske forhold har betydning for strøm og lagdeling i bugten. Vindstuvning i perioder med lagdelte masser kan tvinge springlaget til at ’vippe’, eller overfladevandet kan blive presset væk, og en kompensationsstrøm af iltfattigt bundvand kan trænge ind på de lavvvandede områder (Lund-Hansen m.fl. 1994). Der er tale om et mikrotidevandsområde med en forskel mellem gennemsnitlig lav- og højvande på 0,4 m (Fonselius 1995).

Kystzonen i Ålborg Bugt vender mod øst, mens Hevring Bugt vender mod nord; derfor er de to kyststrækninger lidt forskellige. Kystzonen over hele strækningen er karakteriseret af en afløbsbrænding og en bred overføringszone. Der er tale om et forholdsvis lavvandet område med svagt skrånende bund mod øst (Anon. 2004).



Figur 1. Kort over Jyllands østkyst i Ålborg Bugt med angivelse af lokaliseringen af skarvkolonien ved Toftesø og positionerne for forsøgsfiskeriet langs kysten samt afgrænsningen af de tre undersøgelsesområder. Den inderste cirkel angiver henholdsvis 20 km og 40 km radius omkring skarvkolonien ved Toftesø. Dybdekurverne for 5 m (fuldt optrukket linie) og 10 m dybde (stiplet linie) er vist for området inden for 40 km afstand af skarvkolonien. ”+” markerer fiskeristationerne.

I den nordligste del i området nord for Stensnæs er strandhældningen størst (Anon. 2004). I det lavvandede område mellem Stensnæs og Hou udgøres bunden af sandvader og blødere sand-

slikblandede vader, der delvist tørlægges ved lavvande (Bregnballe m.fl. 2001). Langs denne del af kysten findes der på lavt vand større områder, som er bevokset med langstilket havgræs. I læ af sandrevlerne findes der desuden flere steder smalle bælter af ålegræsbevoksninger og blåmuslinger (Bregnballe m.fl. 2001). Der findes ikke grundige publicerede oplysninger om bundfaunaens sammensætning nær land på de lave dybder. På baggrund af en undersøgelse foretaget af DMU (herunder undersøgelser af bundfaunaen) i de lavvandede områder mellem Stensnæs og Hou beskrev Bregnballe m.fl. (2001) denne del af området på følgende måde. Vaderne er flere steder rige på sandorm, strandsnegl, dyndsnegl, østersømusling, hjertemusling, børsteorme (især *Nereis diversicolor*, *Scoloplos armiger*, *Heteromastus* sp.) og slikkrebs.

Ved Øster Hurup (Ålborg Bugt) har kysten flere parallelle revler, der flere steder er delt pga. tværløbsgennembrud fra bølgestrømme. Vanddybden i Ålborg Bugt når ikke over 12-14 m. Nordjyllands Amt har moniteret bunddyr på en prøvetagningsstation ved Dokkedal på 4-12 m dybde. Her domineredes bundfaunaen af børsteorm, men der fandtes også krebsdyr, pighuder og bløddyr.

Kysthældningen er lavest ved Bønnerup Strand (Hevring Bugt), og revlerne ligger ikke parallelt med kysten. Kysten er domineret af en sandbund, der på det lave vand ligger i karakteristiske bølgeribber. Middelvanddybde i Hevring Bugt er på 7-9 m (Anon. 2004). Bundvegetationen i Hevring Bugt blev undersøgt ved fem transekter i 2003 (Anon. 2004). Der fandtes ingen blomsterplanter eller blåmuslinger. Ålegræs vokser i spredte bælter/bånd i Hevring Bugt med en gennemsnitlig dybdegrænse på 2,9 m. Dækningsgraden på 1-2 m dybde var på omkring 15% og aftog med dybden. Generelt var udbredelsen af ålegræs mindre end forventet ud fra bundforholdene i området (Anon. 2004). På et par af transekterne var der løstsiddende trådalger, hovedsagelig fedtemøg, men der blev også registreret klotang og en mindre del søsalat i området. Der er i området spredte forekomster af brunalger og store sten (ca. 1% af bundarealet; Bråten & Moth 1999). Nordjyllands Amt har moniteret bunddyr på en prøvetagningsstation på 4-12 m dybde i Hevring Bugt. Her domineredes bundfaunaen af børsteorm, men der fandtes også krebsdyr, pighuder og bløddyr på nogle eller alle stationer.

I forbindelse med togterne er det observeret, at sandorm forekommer talrigt på lavt vand i hele området.

3. Fladfiskenes livsstadier og forekomst af fladfiskeyngel kystnært

3.1 Larvestadiet af fladfisk

Fladfisk gyder oftest på dybere vand i mere eller mindre afgrænsede områder. Eksempelvis gyder rødspætter i Nordsøen og Kattegat på dybder mellem 20 og 40 m (Coombs m.fl. 1990, Nielsen m.fl. 2004). De fleste fladfiskearter gyder æg, der er planktoniske og driver rundt med havstrømme. På hvilken dybde de befrugtede æg findes, er afhængig af deres vægtfylde og den omgivende vandsaltholdighed. Når larverne klækker, er de meget små og med begrænset mulighed for bevægelser. Efterhånden som de udvikler sig bliver de dog i stand til at foretage vertikale bevægelser, og nogle arter som skrubber og ising har markante døgnrytmer, hvor de er tæt på havbunden om dagen og tæt på havoverfladen om natten (Campos 1996 i Gibson 1997). Disse bevægelser er oftest knyttet til tidevandscyklus, således at det resulterer i, at larverne driver ind mod kysterne. Ikke alle arter benytter sig af selektiv tidevandstransport mod kysterne. I områder, hvor tidevandsforskelle ikke er store, som f.eks. i Kattegat, er det overvejende vindforholdene der bestemmer vandstrømmene. Det er vist, at transport af rødspætteyngel til kysterne i Ålborg Bugt er afhængig af vindens styrke og retning, således at der er sammenfald mellem år med høj tæthed af rødspætteyngel på kystområderne og år med stærke nord-nord-vestlige vinde (Nielsen m.fl. 1998). Når larverne forvandler sig til juvenile, søger de ind mod lavere vand og slår sig ned på bunden. Derfor er forekomsten af 0-gruppe fladfisk[2] på opvækstområderne afhængig af transportprocesserne, der sikrer, at yngel når kysterne, samt af hvor mange der overlever æg og larvestadiet.

3.2 Forekomst af fladfiskeyngel i de kystnære områder

Den overordnede rekrutteringssucces for en fladfiskeart afhænger af overlevelse og vækstraten igennem det højvariable planktoniske larvestadie samt igennem de juvenile år på de kystnære lavvandede opvækstområder (van der Veer 1986, van der Veer m.fl. 1994, Beverton 1995). Vækst og overlevelse af de juvenile fisk er afhængig af kvaliteten og størrelsen af deres levested (habitat). De faktorer, der har betydning for habitatens kvalitet og kvantitet omfatter føde, prædatorer samt temperatur, saltholdighed, iltforhold, dybde, habitatstruktur og hydrodynamiske faktorer (Gibson 1994).

Fladfiskeynglen forbliver i opvækstområderne langs kysterne frem til efteråret. Høje temperaturer,

høje forekomster af byttedyr og lav risiko for prædation er forhold, som menes at være årsag til, at juvenile fladfisk søger helt ind på lavt vand især som 0-gruppe fisk (Gibson 1997). Nogle fladfiskearter, som for eksempel skrubbe, pighvar og rødspætte, har meget snævre dybdefordelinger og dermed meget veldefinerede opvækstområder, mens andre arter som ising ikke har et veldefineret opvækstområde (Gibson 1997). Fiskeyngel som skrubbe foretrækker vanddybder under 1 m som 0-gruppe fisk, og de større I-gruppe skrubber findes udbredt fra helt ind mod kysten til lidt dybere vand end 0-gruppen (Muus 1967). I yngelundersøgelserne gennemført over en årrække fra 1957 (data anvendt i denne undersøgelse) blev både 0- og I-gruppe skrubber fanget på vanddybder fra 1,5 til 3 m, hvilket tyder på, at omfanget af deres udbredelse kan være stedafhængig. Selv arter med meget snævre opvækstområder foretager små daglige migrationer mellem kysten og det dybere vand, som er relateret til enten lyset eller tidevandet. Det gælder for bl.a. rødspætte (Burrows m.fl. 1994a, b) og skrubbe (Bregnballe 1961, Rasmussen m.fl. under udarbejd.). I tidevandsområder mener man, at det forhindrer, at de bliver fanget på for lavt vand og dermed undgår for høje temperaturer, når tidevandet er ude (van der Veer & Bergman 1986, Gibson 1997). Ved de danske kyster hvor tidevandet er ubetydeligt, kan disse daglige migrationer, hvor de søger ind mod kysten om natten, være tilknyttet fødesøgning og undvigelse af prædatorer (Bregnballe 1961, Gibson m.fl. 1998).

Fladfiskene bevæger sig endvidere langs kysten det første år indenfor deres foretrukne dybdeinterval, indtil om efteråret, hvor de forlader kysten for at overvintre på større dybder, hvor vandet er varmere om vinteren (Muus 1967, Gibson 1994, Gibson m.fl. 2002). Hvor meget fladfiskene bevæger sig varierer afhængigt af fiskeart og individernes størrelse. Fiskeyngel som skrubber opholder sig på de helt lave vanddybder og bevæger sig meget lidt op og ned langs kysten (Burrows m.fl. 2004). I et studie fra Limfjorden blev deres daglige bevægelser estimeret til, hvad der svarer til 800 kropslængder per døgn (Andersen m.fl. 2005b). Fisk som pighvar udviser lidt større bevægelser op til 2.013 kropslængder per døgn (Sparrevohn m.fl. 2002). I løbet af efteråret forlader fladfiskeyngelen kysten og forbliver vinteren over i de dybere vandlag, hvor de på grund af den lave vandtemperatur holder næsten helt op med at spise, og væksten går mere eller mindre i stå. Dette sker i vinterhalvåret i tempererede områder som de danske farvande. Det følgende forår, når vandet begynder at blive varmere, vandrer de ind mod kysten for igen at spise og vokse sommeren igennem.

---

[2] Fisk der er under 1 år gammel

Tætheden af de forskellige fladfiskearter varierer fra sted til sted. I en undersøgelse gennemført ved Egense og Voerså blev 0-gr. skrubbeyngeltætheden estimeret til at være på mellem 0,1 og 1,6 m^{-2} med et gennemsnit på omkring 1 m^{-2} (Andersen 2004a). I undersøgelsen blev der anvendt en droptrap som er næsten 100% effektiv til at fange skrubbeyngel (Pihl & Rosenberg 1982). I Nivå Bugt blev skrubbeyngeltætheden estimeret til 0,6 m^{-2} i 1963 (Muus 1967). Ved Nivå Bugt blev der anvendt en rejehov, som er mindre effektiv og som afhængig af bundtype fanger fladfiskeyngel med en gennemsnitlig effektivitet på 31% (Andersen 2004). Dybdeudbredelsen af skrubbeyngel er oftest meget snæver. I en undersøgelse i Limfjorden blev skrubbeyngel (primært 0-gruppe) kun fanget ud til 1,4 m dybde (Andersen m.fl. 2005). Muus (1967) fiskede i vanddybder fra 5-60 cm efter skrubbeyngel, men her blev det ikke undersøgt, om fiskeyngel også var til stede på dybere vand. Selvom en art har en meget snæver dybdefordeling, kan den under visse omstændigheder udbrede sig over et større dybdeinterval. Pighvaryngel ved Nordsjællands kyst er fanget over et væsentligt bredere dybdeinterval end pighvaryngel fanget ved Århus Bugt og Ålborg Bugt (Sparrevohn & Støttrup 2007). På de to sidste lokaliteter svarede udbredelsen til den udbredelse, som er observeret andre steder i tempererede områder (Gibson 1994, Van der Veer m.fl. 2000). Årsagen til, at pighvar ved Nordsjællands kyst var udbredt over et større dybdeinterval, var ifølge Sparrevohn & Støttrup (2007) mangel på større koncentrationer med egnet føde (små fisk).

3.3 Tidsseriedata om fladfiskeforekomster

Danmarks Fiskeriundersøgelser har gennemført årlige togter i juli med et ”Johansen yngeltrawl” siden slutningen af 1940erne, og fra 1957 og frem er resultaterne sammenlignelige fra år til år (Nielsen m.fl. upubliceret data). Disse togter har haft faste trawlstationer; dvs. at der så vidt muligt er fisket på samme position hvert år. Der er fisket med yngeltrawl på stationer langs hele den jyske østkyst fra syd for Skagen til Bønnerup (Figur 1). I perioden 1972-1984 var denne monitering afbrudt. Alle stationer var beliggende, hvor vanddybden lå inden for intervallet 1,2-3,0 m. På hver station blev der foretaget 10 min. trawltræk, svarende til en strækning på ca. 460-465 m. Da afstanden mellem skovlene på et Johansen yngeltrawl er 4,1 m (Nielsen & Bagge 1985) estimeres det, at et areal svarende til 1900 m^2 blev befisket ved et 10 min. trawltræk; se også Eigaard m.fl. (2000) for en beskrivelse af Johansen yngeltrawlet. I nogle år blev der foretaget trawltræk af 15 eller 20 min. varighed, mens der i f.eks. år med mange løstsiddende alger blev foretaget kortere træk på 10 min. eller mindre. Alle træk blev omregnet til antal fisk per 10 min. træk. Blev der

fanget mere end ca. 50 liter alger, blev hele fangsten kasseret. Dette fordi yngeltrawlet fisker helt anderledes og ineffektivt, når det er fyldt op med alger. Antallet af gennemførte træk er vist for hvert område og år i Tabel 1.

Tabel 1. Antal træk med yngeltrawl per område per år.

År	Nær	Nabo	Reference
1957	6	6	7
1958	6	6	5
1959	3	2	3
1960	6		
1961	10	5	3
1962	7	5	
1963	6	5	6
1964	8	7	7
1965	8	4	8
1966	2	6	5
1967	4		5
1968	3	2	5
1969	3	2	3
1970	4	1	3
1971	3	1	4
1985	12	9	3
1986	8	5	8
1987	5	8	
1988	12	12	8
1989	8	8	8
1990	7	5	8
1991	15	8	8
1992	13	8	16
1993	8	4	8
1994	23	15	18
1995	16	1	11
1996	16	14	16
1997	16	16	16
1998	14	9	16
1999			
2000	16	5	20
2001	4	24	13
2002			
2003	23	24	15
2004	20	18	14

Fangsterne blev gjort op i arter og antal individer fanget per 10 min. træk. Herudover blev alle fisk, eller en repræsentativ andel af fiskene, længdemålt. Når prøverne var meget store, blev de delt op i lige store delprøver, og en tilfældigt udvalgt delprøve blev oparbejdet. Aldersgrupper, der er repræsenteret i fangsterne af rødspætter, skrubber og tunger, er primært 0- og 1- grupper. Længdefordelingen af samtlige længdemålte fisk pr. art blev brugt til at adskille 0-grupper fra I-grupper. Der blev skelnet mellem perioden 1957-1971 og perioden 1985-2004. Herved blev der taget højde for eventuelle ændringer i væksthastigheder imellem de to perioder. Samtlige længdefordelinger resulterede i en tydelig to-toppet fordeling, hvorfra henholdsvis den øvre grænse for 0-grupper og nedre grænse for I-grupper blev bestemt (Nielsen m.fl. 1998). Alle over den givne grænse indgik som I-grupper og alle under som 0-grupper.

4. Skarvernes antal, fødesøgning og fødevalg

4.1 Skarvernes antal

Med henblik på at opgøre størrelsen af skarvkolonien ved Toftesø er antallet af reder blev optalt mindst én gang årligt. Tidspunktet for optællingerne er først og fremmest valgt ud fra viden og antagelser om, hvornår på foråret antallet af reder er størst (Bregnballe & Gregersen 1995). Rederne tælles ved at gå kolonien systematisk igennem og registrere, hvor mange reder der er i de enkelte træer. Kolonien ved Toftesø blev etableret i 1982 og har i en årrække været landets største. Hidtil har der ikke været andre kolonier i området omkring Ålborg Bugt end Toftesøkolonien.

Vi kender ikke den sæsonmæssige udvikling i antallet af skarver i skarvkolonien ved Toftesø. Men det er sandsynligt at sæsonudviklingen ikke afviger væsentligt fra det mønster, der er iagttaget i studiekolonien på Vorsø i Horsens Fjord. Her har der været stor år til år variation i, hvornår skarverne dukkede op i kolonien om foråret, og i hvornår de forlod kolonien i løbet af sommeren og efteråret. Det generelle billede har været, at ca. 30% af skarverne var tilstede midt i marts og at omkring 85% var tilstede fra midt i april. På Vorsø forlod de fleste af skarverne kolonien i løbet af juli, så færre end 30% af skarverne (inklusiv ungfuglene) var tilbage den 1. august. Vi ved ikke, hvor hurtigt Toftesøskarverne forlader Ålborg Bugt området efter ynglesæsonen er ovre, men genfund af ringmærkede skarver samt optællinger af overnattende fugle i kolonien på Vorsø i Horsens Fjord og på sensommer-overnatningspladsen ved Fussing Sø tyder på, at det i Danmark er

almindeligt, at de fleste skarver forlader deres koloni i løbet af juli måned (Bregnballe m.fl. 1997). Det er sandsynligt, at en del af skarverne fra Toftesø opholder sig i Ålborg Bugt, efter de har forladt kolonien, og inden de trækker mod syd (Bregnballe & Rasmussen 2000).

Ud over tilstedeværelsen i Ålborg Bugt af de ynglende skarver fra Toftesøkolonien har der i somrene og efterårene optrådt skarver fra andre kolonier, som er trukket til området efter endt ynglesæson, dvs. fra juli og frem (Bregnballe & Rasmussen 2000). Desuden er det meget sandsynligt, at unge ikke-ynglende skarver både fra Toftesøkolonien og andre kolonier har holdt til i området fra midt i ynglesæsonen til hen på efteråret. Vi har ikke nogen optællinger, hvorudfra vi kan beskrive udviklingen i antallet af skarver gennem de enkelte sæsoner. På kysten nord for Limfjordens østlige munding (mellem Hou i syd og Stensnæs i nord) har Danmarks Miljøundersøgelser i 1997-2001 optalt dagrastende skarver fra august til og med november (Bregnballe m.fl. 2001). Disse optællinger viste, at antallet af skarver var højest gennem august-september (op til i alt 1.500 dagrastende skarver). Antallet kulminerede mellem slutningen af august og midten af september, og forholdsvis få skarver opholdt sig ved kysten efter midten af oktober. På sandrevlerne umiddelbart syd for Limfjordens østlige munding har Danmarks Miljøundersøgelser i august-september 2005 talt op til 2.500 dagrastende skarver.

Vi kender ikke udviklingen i antallet af skarver i Ålborg Bugt området hen over årene ud over, hvordan skarvkolonien ved Toftesø har udviklet sig. Det er sandsynligt, at antallet af skarver, der har optrådt i området efter ynglesæsonen, er steget i takt med at ynglebestanden i Danmark gik frem, dvs. især fra begyndelsen af 1980erne til midten af 1990erne.

4.2 Skarvernes fødesøgning

Hald-Mortensen (1995) observerede, at nogle af Toftesøskarverne trak mod de lavvandede områder syd for Læsø. Det tyder på, at skarverne i det mindste i årene umiddelbart efter, at kolonien nåede op over 2.000 reder, ind imellem eller måske regelmæssigt trak 50 km eller længere væk fra kolonien for at nå attraktive fødesøgningsområder. Desuden så Hald-Mortensen (1995) skarverne trække mod nordøst mod Limfjorden og mod syd til Mariager Fjord.

Der er kun foretaget ganske få studier af, hvor langt væk fra ynglekolonier skarver trækker, når de skal finde føde. For store kolonier er det kendt, at skarver regelmæssigt kan flyve op til 20-50 km

væk fra kolonien for at nå attraktive fødesøgningsområder.

I hollandske, tyske, svenske og danske kolonier er der enten lavet undersøgelser eller gjort iagttagelser, som tyder på, at skarverne i nogle kolonier har udvidet deres fødesøgningsområde, efter at kolonierne er vokset (P.H. Mortensen, H. Engström, J.J. Kieckbush, S. van Rijn pers. medd.).

Skarver søger føde både på lavt og dybt vand. Vi ved ikke, i hvilket omfang Toftesøskarverne søgte føde på de dybder, hvor der blev fisket med yngeltrawl. Men flere steder langs de danske kyster er skarver blevet observeret fødesøgende på 1,5–2,5 m dybde (M. Desholm upubl., I.K. Petersen upubl.), dvs. inden for det dybdeinterval, som blev dækket af yngeltrawlene. Registreringer fra fly af fordelinger af skarver i Ålborg Bugt i januar-februar 2004 viste, at 81% af skarverne observeret på transekttællinger (der også gik hen over enkelte sandrevler) sås, hvor vanddybden var 0-6 m, mens 18% af skarverne sås, hvor vanddybden var 6-18 m (Petersen m.fl. 2006). De få undersøgelser der er lavet i udlandet tyder på, at skarver normalt ikke dykker dybere ned end 20 m, når de søger efter fisk (Grémillet m.fl. 1999).

4.3 Skarvernes fødevalg

Skarvernes fødevalg i Toftesøkolonien blev undersøgt af Hald-Mortensen (1995) i september 1992, i maj, juni og juli 1993 samt i april og maj 1994. Som i de fleste andre studier af skarvers fødevalg blev undersøgelsen baseret på en analyse af de øresten, som fandtes i de gylp af ufordøjelige føderester, som skarver normalt producerer ét af om dagen. Som regel vil man ikke i et gylp genfinde øresten fra alle de fisk den pågældende skarv har konsumeret. I en række undersøgelser har man bl.a. fundet, at øresten fra nogle arter og størrelsesgrupper af fisk slides mere under fordøjelsen end andre, hvilket har betydning for estimaterne af artssammensætningen af føden og for de konsumerede individers størrelse og vægt.

Danske skarvers fødevalg i yngletiden har været undersøgt ud fra gylp indsamlet i 23 skarvkolonier i 1992-94 (Hald-Mortensen 1995). I den undersøgelse fandt Hald-Mortensen, at skrubbe var overordentlig vigtig for skarverne i de vestjyske brakvandsfjorde. Herudover var skrubbe kun af moderat betydning (udgjorde <20% af fødens vægt) i kolonier i Limfjorden samt i Toftesøkolonien. I de øvrige egne af landet udgjorde skrubbe kun en ganske lille andel af fødens samlede vægt.

Gennemsnitslængden for de skrubber, der var blevet ædt af skarverne i de danske skarvkolonier, var 12,9 cm, hvilket svarer til gennemsnitslængden af skrubberne taget i Toftesøkolonien (13,2 cm).

I den vestlige og sydlige del af Kattegat ising skarvernes foretrukne føde. Kun i kolonien på Rønland Sandø ved Limfjordens vestlige munding og på Hirsholmene ud for Frederikshavn, var rødspætte og tunge vigtige bytteemner for skarverne. I de andre kolonier i landet indgik rødspætte og tunge kun yderst beskedent i skarvernes føde. I Lillebælt, Storebælt og den vestlige del af Østersøen dominerede torsk og hvilling i føden. I de mere lukkede farvande som Limfjorden, Isefjord og Smålandshavet spillede sort kutling, ålekvabbe, ål, ulk og ferskvandsfisk vægtmæssigt en relativt større rolle.

5. Hypotese og forudsigelser

Som nævnt i indledningen har vores overordnede hypotese været, at overlevelsen af fladfiskeyngel var påvirket af tilstedeværelsen af skarvkolonien ved Toftesø. I rapportens resultatafsnit forsøger vi at af- eller bekræfte denne hypotese ved at sammenholde de observerede mønstre med følgende forudsigelser om, hvordan den forøgede dødelighed burde afspejle sig i målingerne af tætheder af de enkelte arter af fisk.

5.1 Forudsigelser og forventninger om effekt på tæthed

5.1.1 Forudsigelse A om effekt på tæthed. I Nærområdet (dvs. i fødesøgningsområdet nær kolonien, se afsnit 6.1.2 Opdeling i delområder) vil tætheden af I-gruppe[3] skrubber og rødspætter aftage fra periode I til periode II og fra periode II til periode III, fordi antallet af skarver stiger fra periode til periode. Tætheden i Referenceområdet (området beliggende i periferien af eller uden for koloniens fødesøgningsområde) vil derimod ikke ændre sig efter dette mønster. Vi forudser således, at skarverne vil øge prædationstrykket i Nærområdet fra perioden, hvor kolonien er i vækst til perioden, hvor kolonien har stabiliseret sig på et højt niveau.

5.1.2 Forudsigelse B om effekt på tæthed. I Naboområdet (dvs. det mere fjerntliggende fødesøgningsområde) vil tætheden af I-gruppe skrubber og rødspætter ikke aftage væsentligt fra periode I til periode II, men den vil aftage væsentligt fra periode II til periode III. Tætheden i

Referenceområdet vil ikke ændre sig efter dette mønster. Her antager vi, at skarverne ikke i væsentlig grad søger føde i Naboområdet i den periode hvor kolonien er i vækst, men at de i vidt omfang søger føde i Naboområdet efter kolonien har stabiliseret sig på et højt niveau. Vi bygger denne antagelse på

a) en formodning om, at skarverne vil udvide deres fødesøgningsområde efterhånden som tilgængeligheden af fisk falder i de nærliggende fødesøgningsområder, samt

b) observationer af, at skarver i nogle kolonier udvider deres fødesøgningsområde efterhånden som deres koloni vokser (se afsnit 4.2). For Toftesøkolonien ved vi dog ikke, om skarverne først i væsentlig grad begyndte at søge føde i Naboområdet, da kolonien var nået op over en størrelse på 2.200 reder. Som nævnt tyder Hald-Mortensens (1995) observationer på, at nogle af Toftesøskarverne i det mindste ind imellem søgte føde langt væk fra kolonien, også inden kolonien var vokset til 2.200 reder.

Da tunge sjældent optræder i skarvgylp fra Toftesø, antages det at udviklingen i tætheden af aldersgruppe I tunge ikke afviger væsentligt mellem de tre områder i de tre tidsperioder. Tunge er dermed inddraget i analysen som en slags kontrol, idet en ”stabil” tæthed af tunge i et område formodes at afspejle, at der ikke har været markante miljøændringer fra år til år eller periode til periode.

5.1.3 Forventninger om effekt på tæthed i forhold til afstand fra kolonien. På baggrund af de samme antagelser som beskrevet under forudsigelse B om effekt på tæthed, var det vores forventning, at tætheden af I-gruppe fisk i periode II og III var størst jo længere fiskeristationen lå fra skarvkolonien. For periode II og III forventede vi således, at tætheden ville stige med stigende afstand til kolonien, og vi forventede at denne tendens ville være mest markant i periode III, hvor der var flest skarver. Disse forudsigelser byggede vi på antagelsen om, at skarverne først og fremmest ville forsøge at dække deres fødebehov ved at søge føde i nærheden af kolonien, men at de ville udvide deres fødesøgningsområde efterhånden som kolonien blev større.

5.2 Forventninger om effekt på længdefordeling

For den ene art (skrubbe), hvor vi fandt indicier for, at overlevelsen har været reduceret som følge af skarvernes prædation, forventede vi at kunne spore effekter af den skarv-inducerede dødelighed i

---

[3] fisk der er 1-år gammel og defineres som værende fra 1.januar året efter de er født.

de observerede længdefordelinger. For Nærområdet forventede vi, at andelen af skrubber, der var længere end 150 mm (ud af alle skrubber i længdeintervallet 90-310 mm) ville aftage fra periode I til periode II og fra periode II til periode III. For Referenceområdet forventede vi derimod ikke, at længdefordelingen ville ændre sig efter dette mønster fra periode til periode. Dette mønster forventede vi ud fra et rationale om, at hvis dødeligheden havde været væsentligt påvirket, burde der have været en underrepræsentation af ”store” skrubber, fordi de store skrubber (de der var længere end 150 mm) potentielt havde været udsat for prædation i mindst 3 måneder forud for moniteringen i juli. Vi antager her, at sandsynligheden for at en fisk i en given størrelse (inden for det valgte størrelsesinterval) udvandrede fra et befisket område ikke ændrede sig fra periode til periode. Det betyder bl.a., at vi forestiller os, at fiskene ikke blev mere tilbøjelige til at vandre ud på større dybder, efterhånden som risikoen for at de blev spist steg med stigningen i antallet af skarver.

6. Materiale og metoder

6.1 BACI analysen

Der blev anvendt et BACI design til analysen (Before-After-Control-Impact; Underwood 1994). I et BACI design ser man på f.eks. tætheden af fisk i et område både før og efter der er indtruffet en forandring i miljøet (i vort tilfælde før og efter skarver begyndte at yngle i området), og samtidig ser man over den samme periode på ændringer i et nærliggende sammenligneligt kontrol-område, som ikke bliver udsat for den samme forandring i miljøet (i vort tilfælde at der ikke begynder at yngle skarver). Denne type analyse giver mulighed for at sammenligne fiskeforekomster før skarvkolonien blev etableret (Before) med forekomsterne efter skarvkolonien blev veletableret (After). Analysen tillader også en sammenligning af fiskeforekomster i referenceområdet (Control) med det ”påvirkede” område (Impact).

I dette tilfælde anvendes et ”Beyond BACI” design (Underwood 1992), da vi har anvendt tidsserie data for 10 år ad gangen og grupperet disse i perioder (se afsnit 6.1.3) for at evaluere ”før (Before)” og ”efter (After)” på det påvirkede område og referenceområdet. Ændringer, der sker på det påvirkede område, bliver dermed sat i forhold til de naturlige variationer, der sker med tiden inden for både det påvirkede område og referenceområdet inden for perioderne (Underwood 1992).

6.1.1 Valg af fiskearter til analysen

Undersøgelsen af skarvgylp fra Toftesøkolonien (se afsnit 4.3) viste bl.a., at isinger både antalsmæssigt og vægtmæssigt var den vigtigste bytteart (Hald Mortensen 1995; Tabel 2). Vægtmæssigt var ålekvabber og skrubber næst vigtigst (Tabel 2). Da forsøgsfiskeriet foregår på vanddybder mellem 1,2 og 3,0 m, og yngel af ising lever på dybere vand, fanges denne art sjældent med yngeltrawl. Ligeledes fanger det anvendte yngeltrawlt sjældent ålekvabber, formentlig på grund af deres adfærd. På denne baggrund har vi vurderet, at oplysningerne indsamlet med yngeltrawl ikke egner sig til vurdering af effekten af skarver på disse to arter. Skrubbe, der findes i lidt over hvert femte skarvgylp (se Tabel 2), fanges derimod i forsøgsfiskeriet. De nysettlede 0-gruppe skrubber opholder sig fortrinsvis på meget lave dybder ofte under 1,5 m så denne tidlige gruppe kan være underrepræsenteret i fangsterne, mens det er mere sandsynligt, at de 1-årige skrubber er velrepræsenteret i fangsterne (se også afsnit 3.2).

Tabel 2. Den vægtmæssige fordeling i % af det samlede antal fisk taget af skarver i Toftesø-kolonien i september 1992, maj, juni og juli 1993 samt i april og maj 1994. Fordelingen er vist for arter der vægtmæssigt har udgjort mindst 5% af den samlede vægt i mindst én måned samt for tunge. Opgørelsen er lavet ud fra registrering og opmåling af øresten fundet i et udvalg af skarvernes gylp af ufordøjelige dele. Antallet af undersøgte gylp er angivet i parentes under månederne. Data fra Hald-Mortensen (1995).

	1992	1993			1994	
	Sep.	Maj	Juni	Juli	April	Maj
Art	(16)	(36)	(42)	(57)	(43)	(40)
Ising	59,1	47,0	37,5	46,9	25,4	70,7
Ålekvabbe	15,3	13,5	18,3	8,8	5,6	0,9
Skrubbe	9,9	8,6	10,8	15,1	33,2	6,5
Torsk	3,2	10,2	6,1	8,1	7,3	5,8
Ulk	0,4	9,8	7,1	4,8	16,7	13,4
Rødspætte	1,1	0,9	4,2	5,0	0,0	1,0
Ål	0,0	1,4	6,5	2,6	8,4	0,2
Tunge	1,0	1,1	3,7	3,2	0,0	0,7
Andre arter	10,0	7,5	5,8	5,5	3,4	0,8

Rødspætter fandtes i omkring hvert syvende skarvgylp (Hald Mortensen 1995), og vi vurderer, at fangsterne af denne art giver et pålideligt billede af den tæthed, rødspætterne optrådte i. Tunge findes sjældent i skarvgylp i danske skarvkolonier (Hald-Mortensen 1995), men arten optrådte i tilstrækkeligt antal i forsøgsfiskeriet til, at der kunne gennemføres statistiske analyser. Tunge er taget med som en slags ”referenceart”, idet det forventes, at denne art vil være upåvirket af skarvprædation.

6.1.2 Opdeling i delområder

Undersøgelser og observationer tyder på at det er almindeligt, at ynglende skarver udvider deres fødesøgningsområde og begynder at trække længere og længere bort fra kolonien efterhånden som kolonien vokser (se afsnit 4.2). Forsøgsfiskeristationerne blev grupperet efter deres beliggenhed i forhold til skarvkolonien med følgende afstandsintervaller og betegnelser (Fig. 1):

7-15 km Nærområdet kaldet ”Nær”
20-30 km Naboområdet kaldet ”Nabo”
53-55 km Referenceområdet kaldet ”Reference”.

I denne undersøgelse defineres Referenceområdet som dækkende de stationer, der var beliggende udenfor den forventede rækkevidde af skarvernes fourageringsafstand. I Referenceområdet udgør arealet ud til 5 m dybde 43 km² og 468 km² ud til 10 m dybde. De stationer, der lå indenfor 20 km afstand, defineres som hørende til Nærområdet. Nærområdets areal er 167 km² og 443 km² ud til

henholdsvis 5 og 10 m dybde. Endvidere blev der i analysen inddraget et ”Naboområde”. Naboområdet udgøres af de stationer, som vi forventede ville blive påvirket af skarvkolonien, når denne havde nået en vis størrelse, og skarverne havde udvidet deres fourageringsafstand til det maksimale. Arealet her udgør 70 og 512 km² ud til henholdsvis 5 og 10 m dybde.

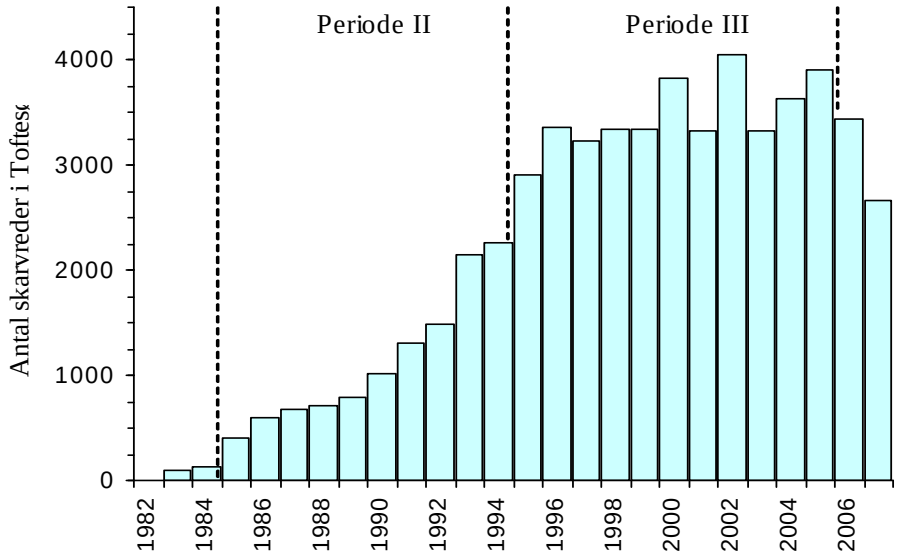
6.1.3 Opdeling i tidsperioder

De tre tidsperioder, der blev analyseret og sammenlignet, var bestemt ud fra skarvkoloniens udviklingstrin (Figur 2):

I: 1962-1971. Ingen ynglende skarver, men skarver har optrådt fåtalligt i sensommeren og i efteråret. I denne periode var kolonien på Vorsø i Horsens Fjord den eneste danske koloni, og denne kolonis størrelse varierede mellem 150 og 280 reder.

II: 1985-1994. I denne periode var antallet af ynglende skarver i Toftesøkolonien moderat, idet kolonien voksede fra ca. 800 til 2.200 reder.

III: 1995-2004. I denne periode lå antallet af skarvreder nogenlunde stabilt mellem 2.900 og 4.000 reder.



Figur 2. Skarvkolonien ved Toftesø blev etableret i 1982 og udviklede sig i løbet af 12 år til en bestand på over 2500 reder.

6.1.4 Den statistiske analyse

BACI analysen er gennemført med GLM SAS. For alle tre tidsperioder er områderne sammenlignet

to og to (Nabo med Nær, Nabo med Reference og Nær med Reference).

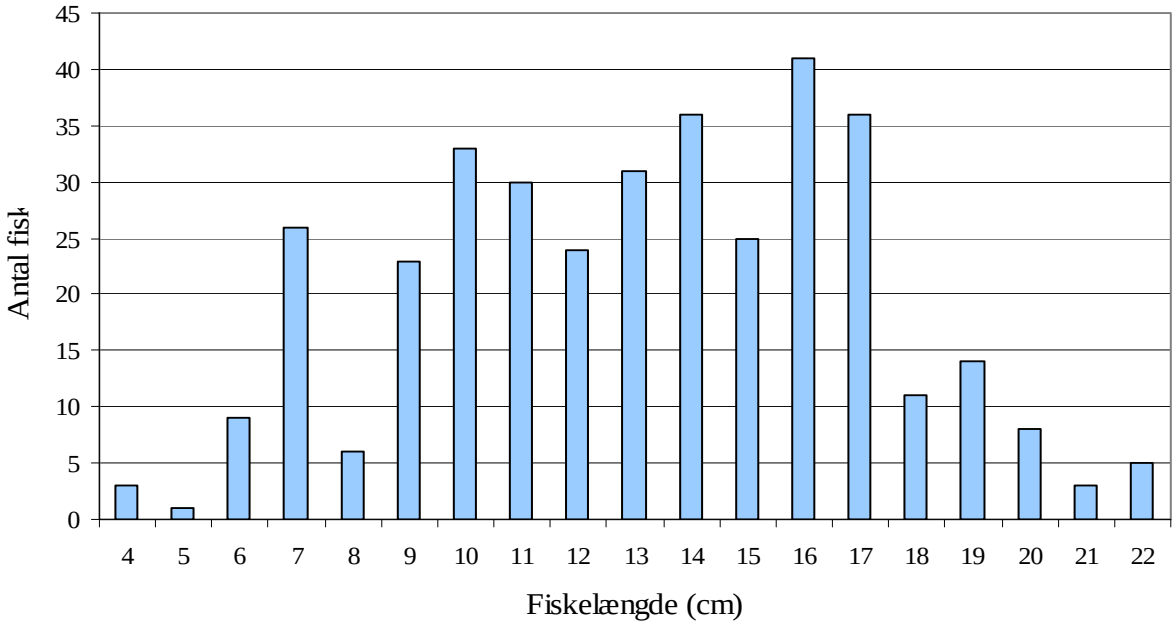
Analysen er gennemført på data for skrubbe og rødspætte. Alle rådata på enkelttræk blev sorteret efter område og tidsperiode. De anvendte værdier er således det beregnede antal fisk fanget pr. 10 min. træk (uanset om trækket varede kortere eller længere tid end 10 min.). Da antallet af stationer varierer og træk varierer fra område til område og år til år, er der variation i det samlede antal træk (”sample” størrelsen) for hver periode og område. Det laveste samlede antal træk var 33 og det højeste var 156 (i gennemsnit 93 træk; se også Tabel 1).

Aldersgruppe I skrubber blev defineret som værende de fisk, hvis længde lå inden for intervallet 100-250 mm. For rødspætter var der forskel i længdefordeling af fisk i perioden 1957-1972 og 1985-2004. Derfor blev I-gruppe fisk defineret som værende 80-210 mm for perioden 1957-1972 og 105-220 mm for perioden 1985-2004. På grund af mange træk uden fangster af fladfisk, blev data log-transformeret (ln[x+1]). Lineære korrelationer blev gennemført for at teste, om der var ensartethed i tæthed af 0-gruppe skrubbe, rødspætte og tunge mellem områder i henholdsvis Periode I og Periode II+III.

6.2 Beregning af skarvprædation på skrubber

Prædationstrykket fra skarv blev estimeret ved at sammenligne det estimerede antal tilstedeværende skrubber (inden for området strækkende sig fra Stensnæs til udmundingen af Randers Fjord) med antallet af skrubber, som vi estimerede var blevet spist af skarverne. Der blev benyttet samme metode som Leopold m.fl. (1998). Modellen, som blev anvendt, er beskrevet i ligning (1) under afsnit 6.2, dog er N_o her hhv. summen af det estimerede antal tilstedeværende skrubber og antallet af skrubber, som blev estimeret spist af skarverne. Antallet af skrubber, der var blevet ædt af skarverne, blev estimeret ud fra Hald-Mortensens analyse af Toftesøskarvernes fødevalg og ved at gøre samme antagelser som Hald-Mortensen (1995), da han forsøgte at estimere ynglende skarvers konsum over en hel sæson. Her antages det, a) at én rede svarede til to fugle, b) at ynglefuglene i gennemsnit opholdt sig 100 dage i ynglekolonien, c) at hver ynglepar fik to unger, og d) at ungerne opholdt sig i kolonien i 60 dage. Hald-Mortensens analyse af Toftesøskarvernes fødevalg viste, at hver fugl i gennemsnit åd omkring én skrubbe hver tredje dag (gennemsnittet for 135 gylp indsamlet i maj, juni og juli 1993 var 0.37; se Tabel 2). Med disse antagelser blev antallet af spiste skrubber estimeret til: (antal reder *(100 *2*0,37+60*2*0,37)).

Skrubbeforekomster blev beregnet ud fra gennemsnit af skrubbefangster per 10 min. træk ganget med det estimerede areal, der blev befisket på 10 min. (se afsnit 6.1 for en nærmere beskrivelse af trawlets størrelse og arealberegning). For at estimere det totale antal af I-gruppe skrubber, der var til stede i området mellem Stensnæs og Randers fjord ud til 5 m dybde, blev den årlige gennemsnitlige tæthed (baseret på alle træk i Nær- og Naboområdet) ganget op med det kystnære areal ud fra den antagelse af skrubberne var jævnt fordelt inden for området. Fangsteffektiviteten[4] for skrubber kendes ikke og blev derfor estimeret ud fra fangsteffektiviteten estimeret for pighvar, idet det blev antaget, at fangsteffektiviteten er den samme. Middellængden for skrubber fundet i skarvgylp ved Toftesø i 1993 og 1994 (Figur 3) blev estimeret til 13,2 cm. Ud fra en lineær regression af fangsteffektiviteter for pighvar (data fra størrelse på henholdsvis 8, 12 og 17 cm; Sparrevohn & Støttrup 2007) estimeredes det, at fangsteffektivitet på 13,1 cm lange skrubber svarede til 21%.



Figur 3. Længdefordeling af skrubber fundet i skarvgylp fra Toftesø i årene 1993 og 1994. (Data fra Poul Hald Mortensen 1995).

6.3 Det overordnede forhold mellem tætheden af 0- og I-gruppe skrubber

Det var ikke muligt at undersøge den totale dødelighed fra 0-gruppe til I-gruppe skrubber, fordi 0-

gruppe skrubberne, grundet deres fordeling i forhold til fangstdybde, var underrepræsenterede i fangsterne. Dette betød bl.a., at der af en given årgang ofte blev fanget flere I-gruppe end 0-gruppe skrubber. Disse forhold gælder for alle tre områder i periode I og i alle tre perioder i Referenceområdet. For Nær- og Naboområderne har vi for periode II og III beregnet et indeks for dødelighed, som svarer til summen af effekten af migration og dødelighed. Indekset beregnes som en eksponentiel dødelighedsfunktion, der beskriver forskellen mellem den gennemsnitlige tæthed af 0-gruppen og I-gruppen af skrubber. Indekset blev beregnet ved at tage gennemsnittet af alle målte tætheder inden for hver tidsperiode og område. Indekset blev således ikke beregnet adskilt for hver årgang af skrubber. Vi anvendte følgende ligning for den eksponentielle dødelighedsfunktion:

$$N_t = N_o . e^{-Mt} \qquad (1)$$

hvor N_t er forekomsten af I-gruppe, og N_o er forekomsten af 0-gruppe skrubber. ”M” i ligningen er den del, der forsvinder fra området i tiden ”t”. M, den totale dødelighed er derfor både den naturlige dødelighed (prædation, fiskeri, sygdom, m.m.), og migration fra området. Med dette indeks fås et underestimat af hvor mange skrubber, der forsvandt fra området (som følge af dødelighed og migration) fra juni, i året hvor skrubberne havde alderen 0, til juni året efter, hvor de havde alderen 1. Grunden til, at vi får et underestimat er, at 0-gruppe skrubbernes udbredelse adskilte sig fra I-gruppe skrubbernes udbredelse og derfor ikke optrådte i så høje tætheder på fangststationerne. Men vi bruger alligevel indekset som et groft mål for, hvorvidt tætheden ændrede sig fra 0-gruppe til I-gruppe som følge af dødelighed og migration.

6.4 Sammenligning af længdefordelinger af skrubber

Længdefordelingerne af skrubber fanget i de tre områder og i de tre perioder blev sammenlignet med hinanden. Der blev anvendt det interval af længder af skrubber, som ligger inden for de størrelser, som skarver æder (Figur 3). For at teste for forskelle i hyppighedsfordelingerne imellem områder og perioder anvendtes en Kolmogorov-Smirnov test (NONPAR1WAY i SAS). Testene er gennemført som parvise tests.

---

[4] hvor mange fisk et redskab fanger i den areal den dækker mens den fisker i forhold til det total antal fisk der findes i det befiskede område.

7. Resultater

7.1 Data fra tidsserier for skarv

7.1.1 Udvikling af skarvkolonien

Udviklingen i skarvkolonien ved Toftesø er vist i Figur 2. Kolonien blev etableret i 1982, og i 1996 var den vokset til 3.300 reder. Siden har antallet af reder varieret mellem 3.200 og 4.000, og kolonien har i en årrække været landets største.

7.1.2. Skarvernes fødevalg

Undersøgelsen af Toftesøskarvernes fødevalg viste, at skarverne i efteråret 1992 og foråret-sommeren 1993 og 1994 især dækkede deres fødebehov ved at tage isinger (Tabel 2). Næst efter ising var ålekvabbe og skrubbe vægtmæssigt de vigtigste arter for skarverne.

Vægtmæssigt udgjorde skrubbe 7-33% af skarvernes daglige konsum. Sammenlignet med de fleste andre danske skarvkolonier udgjorde skrubbe en høj andel af Toftesøskarvernes føde (Hald-Mortensen 1995). Antages det, at alle øresten fra de konsumerede skrubber blev genfundet i de undersøgte gylp, kan det estimeres, at hver skarv i de undersøgte år og måneder i gennemsnit tog mellem 1 og 3 skrubber om ugen (Tabel 3). Hald-Mortensens (1995) undersøgelser i 1993 og 1994

Tabel 3. Antal individer af skrubbe, rødspætte og tunge pr. gylp fundet i Toftesø-kolonien i september 1992, maj, juni og juli 1993 samt i april og maj 1994. Hyppigheden af individer i gylpene er beregnet ud fra data fra Hald-Mortensen (1995). Antallet af undersøgte gylp er angivet i parentes under månederne. Skarver producerer normalt ét gylp om dagen.

	1992	1993			1994	
	Sep.	Maj	Juni	Juli	April	Maj
Art	(16)	(36)	(42)	(57)	(43)	(40)
Skrubbe	0,19	0,33	0,38	0,39	0,23	0,30
Rødspætte	0,19	0,11	0,21	0,26	0,00	0,13
Tunge	0,06	0,06	0,07	0,11	0,00	0,03

viste, at Toftesøskarvernes især tog skrubber i længdeintervallet 40-240 mm, og at hovedparten af de konsumerede skrubber målte 60-200 mm (Figur 3). I april-maj vil det udelukkende være I-gruppe fisk, der ædes, idet 0-gruppe yngel ikke er settlet endnu. I juli er 0-gruppe skrubberne settlede, og hvis årgangen er stor, vil der være store mængder 0-gruppe yngel for skarven at fouragere på. Størrelsesintervallet af skrubber fundet i skarvgylp fra Toftesø dokumenterer, at Toftesøskarverne i april-juli især tog skrubber tilhørende 0-gruppen (<1 år gamle), I-gruppen (1 år gamle) og II-gruppen (2 år gamle). I andre kolonier er det registreret, at skarver tager op til 256 mm lange skrubber (Hald-Mortensen 1994, 1995).

Rødspætte og tunge udgjorde vægtmæssigt hhv. 0-5% og 0-4% af skarvernes daglige konsum (Tabel 2). For disse to arter estimeres, at en Toftesøskarv i gennemsnit tog op til to (rødspætte) henholdsvis et (tunge) individ om ugen i de år og måneder, hvor skarvernes fødevalg blev undersøgt (Tabel 3). I andre danske skarvkolonier er det registreret, at skarver tager rødspætter i samme størrelsesinterval som skrubber (Hald-Mortensen 1995).

7.2 Data fra tidsserier for fladfiskeyngel

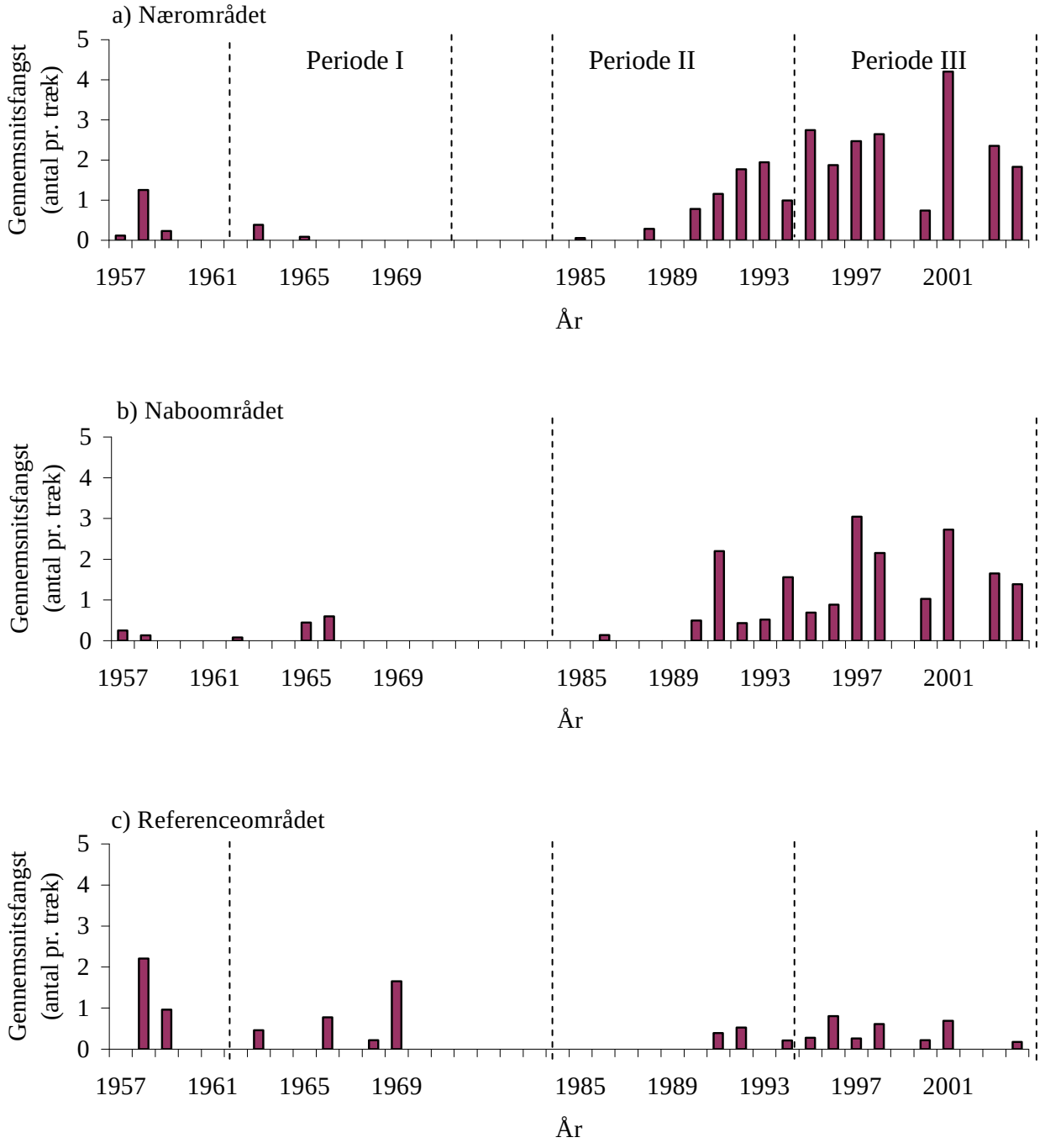
7.2.1 Generelle ændringer i skrubbeforekomster

I nogle områder og perioder var der store år til år udsving i tætheden af både 0- og I-gruppe skrubber. Forekomsten af 0-gruppe skrubber var næsten konstant lav i perioden 1957-1971 og 1985-1989 (Figur 4). Men fra 1990 og frem var der en stigning i tilgangen af 0-gruppe skrubber i både Nærområdet og Naboområdet (Figur 4). For I-gruppe skrubber konstateredes et fald i tætheden i Nærområdet fra anden halvdel af 1960erne til perioden 1986-2004 (Figur 5a). I Naboområdet skete der et markant fald i tætheden af I-gruppe skrubber fra 1992-1997 til 1998-2004 (Figur 5b). I Referenceområdet var der store år til år udsving i tætheden af I-gruppe skrubber (Figur 5c).

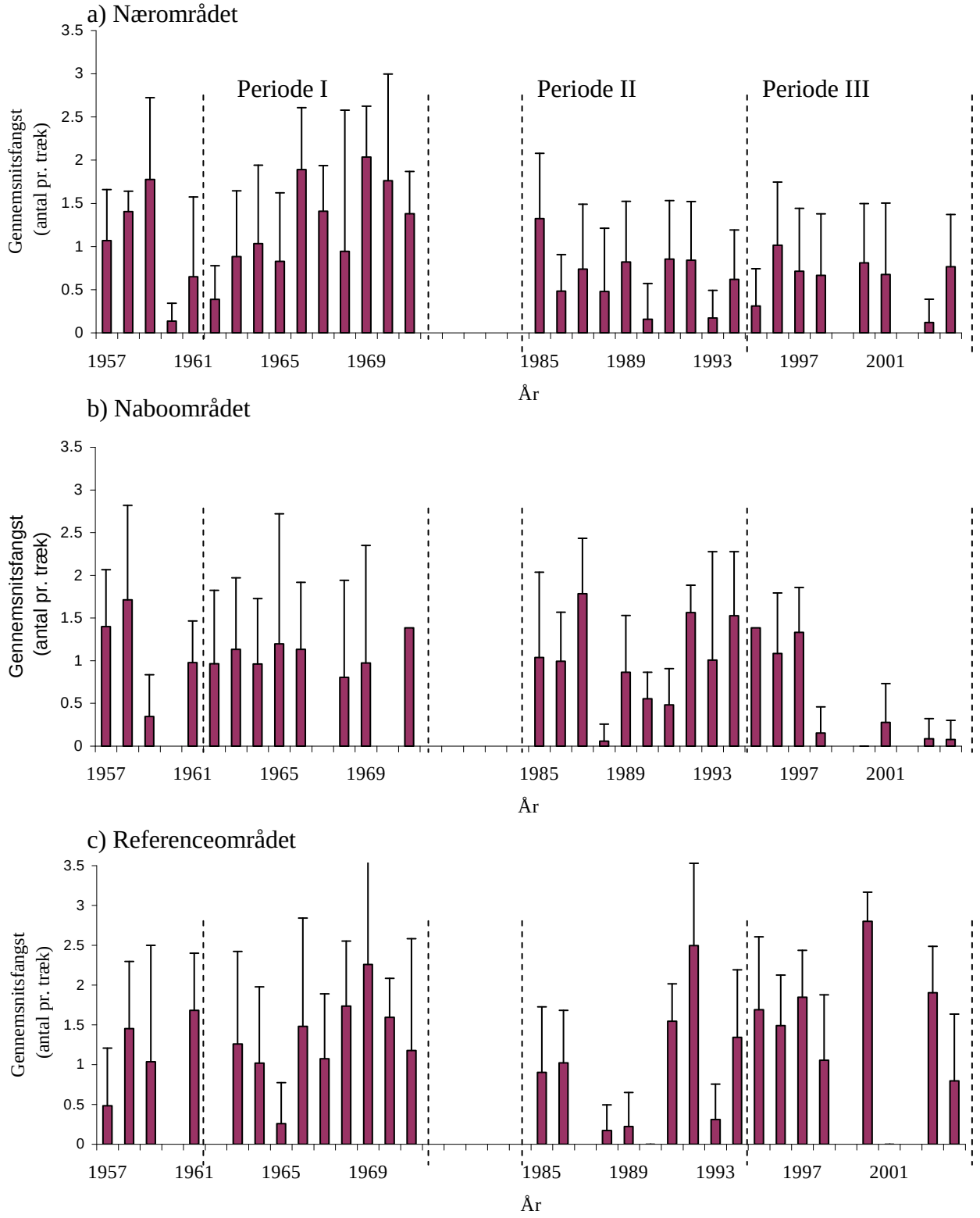
7.2.2 Generelle ændringer i rødspætteforekomster

Rekrutteringen af 0-gruppe rødspætter til kystområdet varierede meget fra år til år i alle tre områder og var højere i nogle perioder end i andre (Figur 6). Men mønstret i udsvingene i forekomsterne var i nogen grad sammenfaldende imellem Nær-, Nabo- og Referenceområdet. Forekomsten af I-gruppe rødspætter inden for hvert af de tre områder var karakteriseret ved et skift i tæthed fra 0,5-4,5 rødspætter pr. 10 min. træk (transformeret data ln(x+1)) i langt de fleste år i perioden 1957-1971 til under 0,5 rødspætter pr. træk i alle undtagen to år i perioden 1985-2004 (Figur 7). De stærke 0-

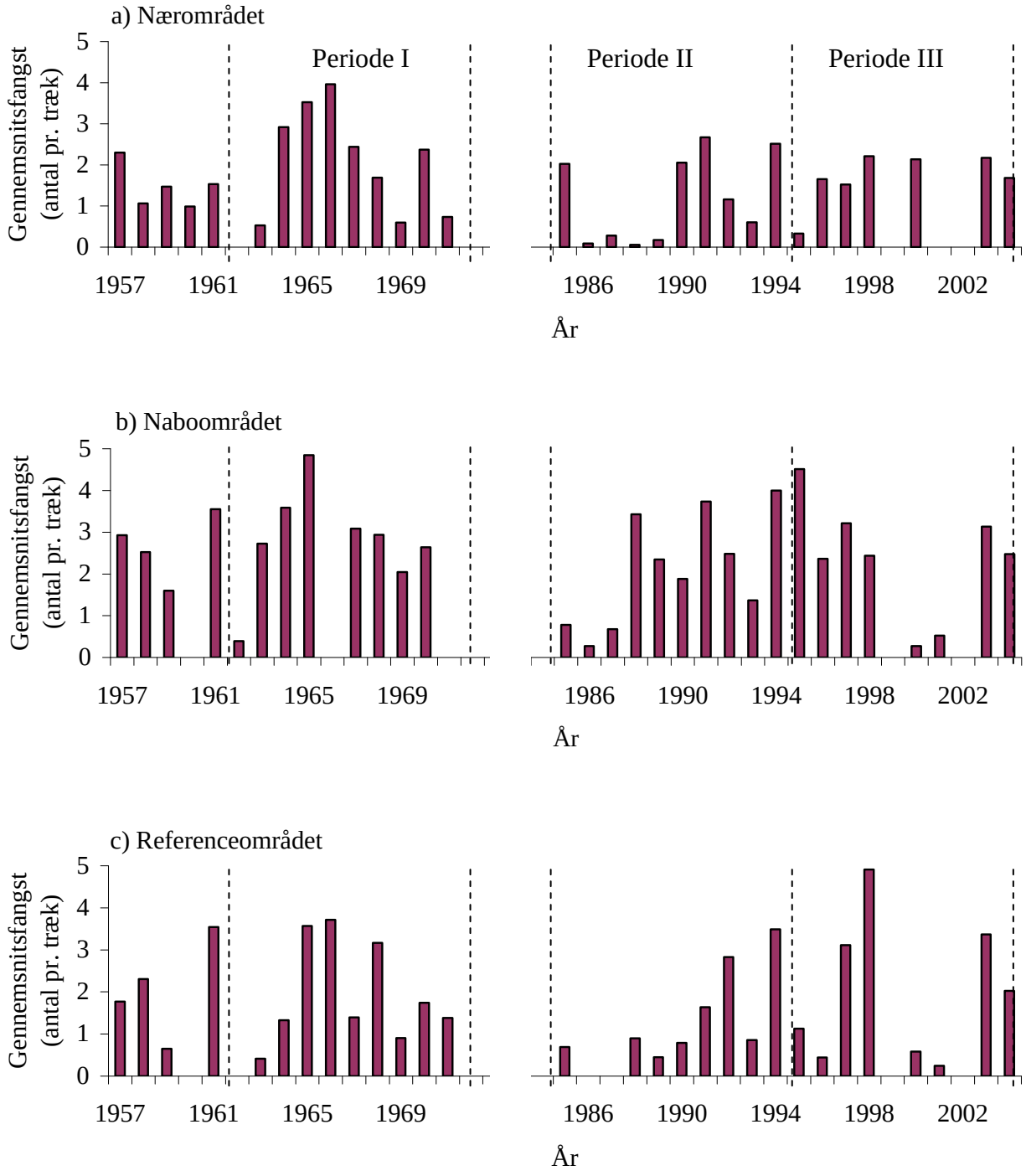
gruppe-rekrutteringsårgange i begyndelsen og midten af 1960erne (Figur 6) slog igennem også på I-gruppe rødspætteforekomsterne, som toppede i 1968, hvor der i gennemsnit blev fanget 4,5 rødspætter per trawltræk (ligeledes ln transformeret data) i Nærområdet (Figur 7). Efter 1985 slog stærke rekrutteringsår som 1992, 1994, 1997 og 1998 for 0-gruppe rødspætter (Figur 6) ikke igennem på forekomsten af I-gruppe rødspætter (Figur 7).



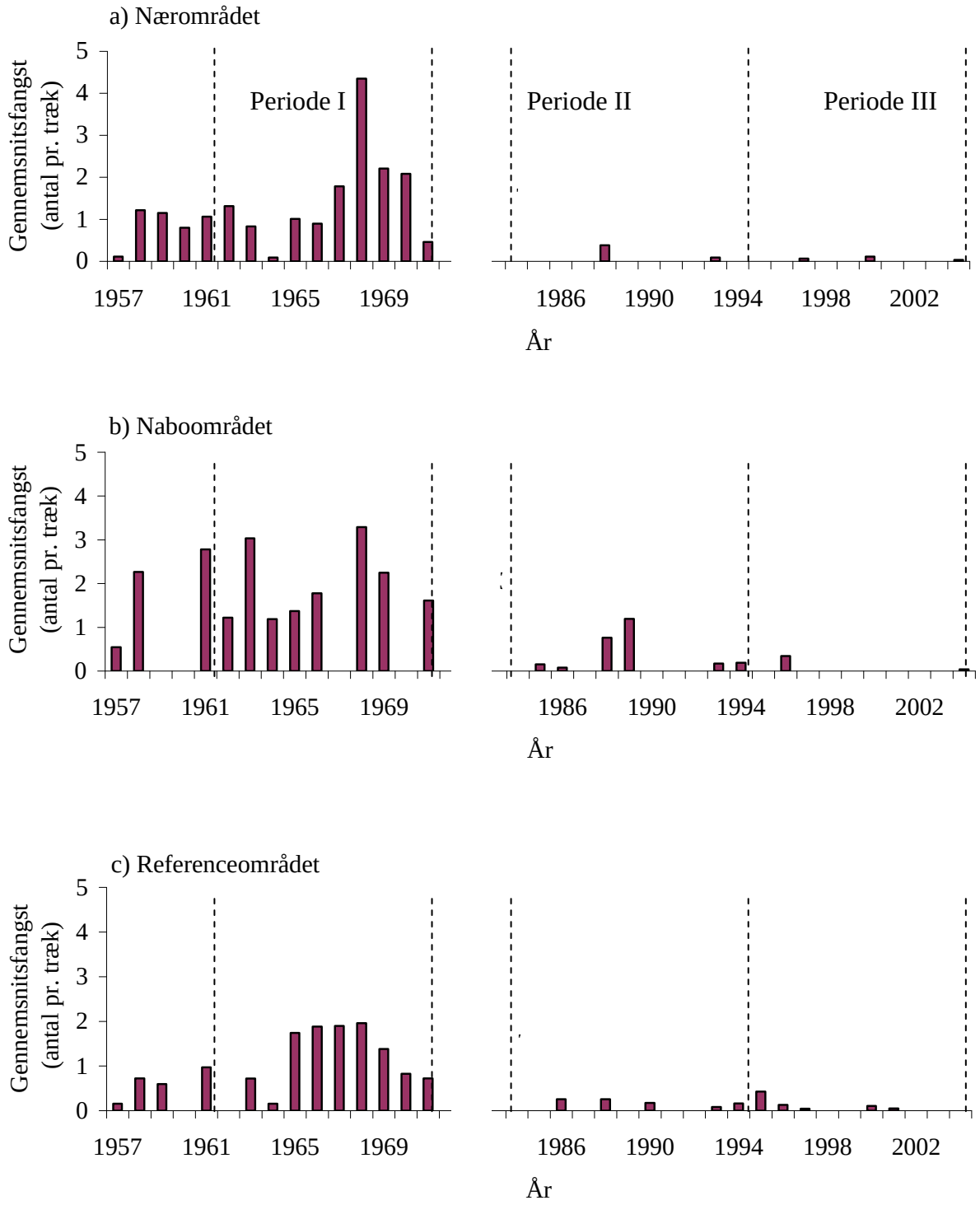
Figur 4. Gennemsnitlig fangst (ln(x+1) per 10 minutters træk med yngeltrawl i hhv. Nær- (a), Nabo- (b) og Referenceområdet (c) af 0-gruppe skrubber. De lodrette streger viser Periode inddeling til BACI analysen.



Figur 5. Gennemsnitlig fangst (ln(x+1), og standard afvigelsen per 10 minutters træk med yngeltrawl i hhv. Nær- (a), Nabo- (b) og Referenceområdet (c) af I-gruppe skrubber. De lodrette streger viser Periode inddeling til BACI analysen.



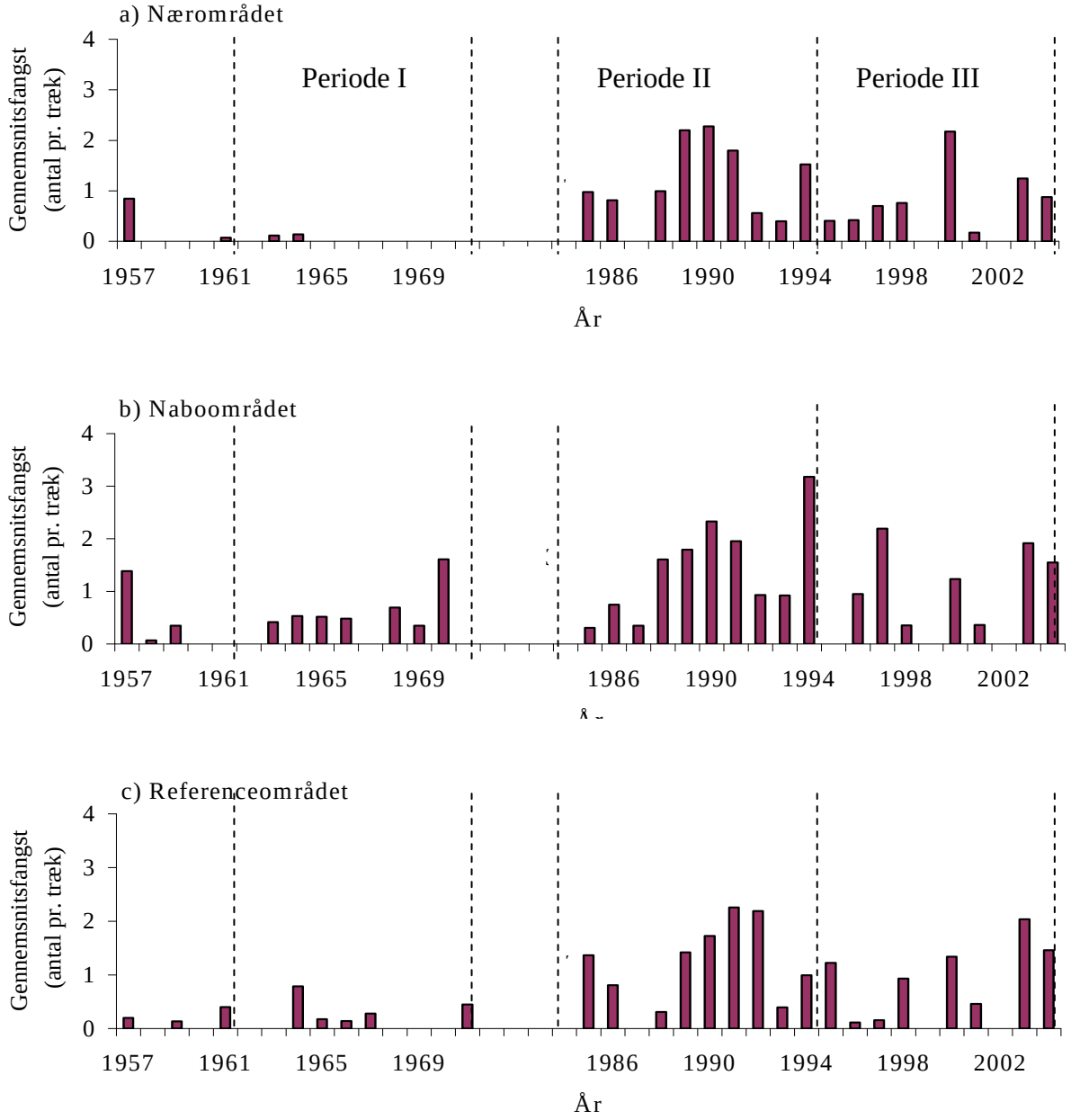
Figur 6. Gennemsnitlig fangst (ln(x+1) per 10 minutters træk med yngeltrawl i hhv. Nær- (a), Nabo- (b) og Referenceområdet (c) af 0-gruppe rødspætter. De lodrette streger viser Periode inddeling til BACI analysen.



Figur 7. Gennemsnitlig fangst (ln(x+1) per 10 minutters træk med yngeltrawl i hhv. Nær- (a), Nabo- (b) og Referenceområdet (c) af I-gruppe rødspætter. De lodrette streger viser Periode inddeling til BACI analysen.

7.2.3 Generelle ændringer i tungeforekomster

Udviklingen i forekomsten af I-gruppe tunger var nogenlunde overensstemmende imellem de tre områder, karakteriseret ved lave forekomster i perioden 1957-1972 og højere forekomster i perioden 1985-2004 (Figur 8).



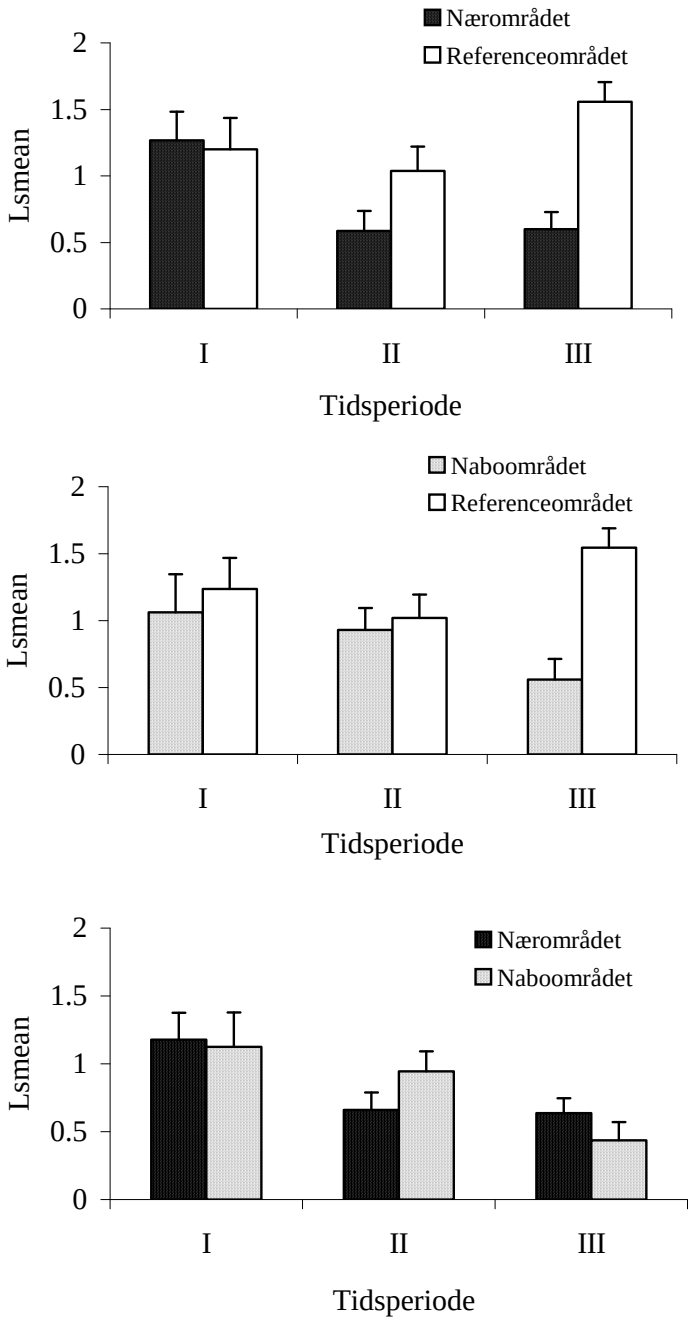
Figur 8. Gennemsnitlig fangst (ln(x+1) per 10 minutters træk med yngeltrawl i hhv. Nær- (a), Nabo- (b) og Referenceområdet (c) af I-gruppe tunger. De lodrette streger viser Periode inddeling til BACI analysen.

7.3 Resultater af denne undersøgelse

7.3.1 Sammenhæng mellem antallet af skarver og tætheden af skrubbeyngel

I Nærområdet, men ikke i Referenceområdet, aftog gennemsnittet for den årlige tæthed af I-gruppe skrubber fra periode I til periode II (Figur 9a). BACI undersøgelsen viser signifikante forskelle i skrubbetæthed mellem Nær- og Referenceområdet inden for perioder (Tabel 4). Der skete et signifikant fald i skrubbetætheden i Nærområdet fra periode I til periode II, og forskellen i tæthed mellem Nær- og Referenceområdet var signifikant. I periode III var forskellen i tæthed mellem Nær- og Referenceområdet fortsat signifikant og tætheden var signifikant lavere end i periode I. Disse observerede ændringer og forskelle i tætheder af I-gruppe skrubber, var således i overensstemmelse med det forventede ud fra hypotesen om, at overlevelsen af skrubbeyngel ville være negativt påvirket af skarvkolonien ved Toftesø.

I Naboområdet aftog tætheden af aldersgruppe I ikke fra periode I til periode II, men tætheden aftog fra periode II til periode III (Figur 9b). Dette fald i den gennemsnitlige tæthed



Figur 9. Least Square Mean af antal I-gruppe skrubber pr træk og 95% confidens grænse per område for de tre tidsperioder. Tidsperiode I = 1962-1971, II=1984-1994, III= 1995-2004.

over årene kunne forklares med helt lave tætheder i de sidste fem år af periode III (Figur 5b). Beregningen i BACI undersøgelsen viser signifikante forskelle i skrubbetæthed mellem Nabo- og Referenceområdet inden for perioder (Tabel 4). Faldet i tæthed af I-gruppe skrubber i Naboområdet er signifikant fra periode II til periode III, og i Periode III er tætheden signifikant lavere end i Referenceområdet. For Naboområdet var ændringerne i overensstemmelse med hypotesen om, at overlevelsen af skrubbeyngel i Naboområdet først blev negativt påvirket af skarvkolonien, efter denne var blevet stor (formodningen var, at skarverne da begyndte at søge føde i større afstand fra kolonien). Forskellen i udviklingen imellem Nærområdet og Naboområdet (Figur 9c) var også i overensstemmelse med hypotesen.

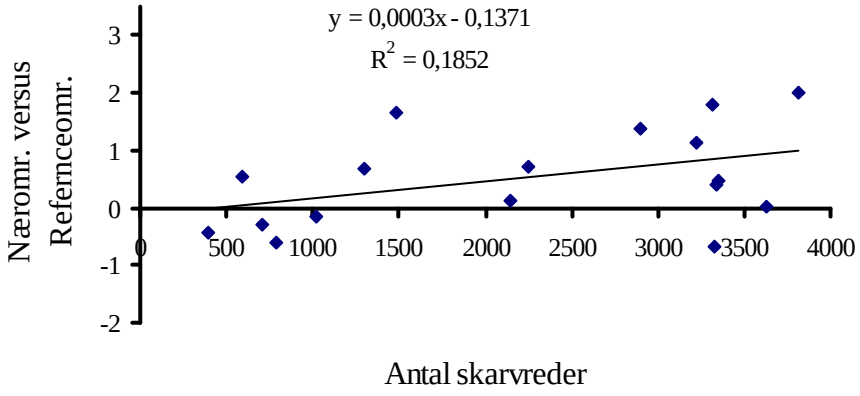
Tabel 4. Testresultater for BACI analysen gennemført på GLM SAS ved sammenligning af skrubbeforekomster (både 0- og I-gr. skrubber) i alle 3 perioder mellem områder.

Sammenligning		F	P
Nær- med Referenceområdet	Periode	9,18	0,0001
	Område	34,45	0,0001
	År(Periode)	6,4	0,0001
	Område*Periode	15,29	0,0001
Nabo- med Referenceområdet	Periode	1,27	0,2955
	Område	25,54	0,0001
	År(Periode)	9,05	0,0001
	Område*Periode	17,15	0,0001
Nabo- med Nærområdet	Periode	22,69	0,0001
	Område	0,02	0,9946
	År(Periode)	4,77	0,0001
	Område*Periode	6,84	0,0009

Samlet set finder vi, at den statistiske analyse af tætheder efter BACI-designet gav signifikante resultater (se Tabel 4), der var i overensstemmelse med hypotesen om, at overlevelsen af skrubbeyngel var negativt påvirket af tilstedeværelsen af skarvkolonien ved Toftesø. Der var signifikante forskelle i gruppe-I skrubbe forekomster mellem Nær- og Referenceområdet og mellem

Nabo- og Referenceområdet, men ikke mellem Nær- og Naboområdet (Tabel 4).

I årene før skarvkolonien blev etableret, var der ingen forskel i differencen i skrubbeforekomst mellem områderne. Differencen i tætheden af I-gruppe skrubber mellem Nær- og Referenceområdet steg, efter at Toftesøkolonien nåede op over ca. 1.100 reder (se punkternes fordeling i Figur 10). Dette skift kan forklares med næsten årligt høje tætheder af I-gruppe skrubber i Referenceområdet fra 1991 til 2004, men uforandrede lave tætheder i Nærområdet i samme periode (Figur 5). Se Diskussionen for en vurdering af, hvorvidt dette understøtter indicierne for, at tilstedeværelsen af skarvkolonien og antallet af fugle i kolonien var af betydning for I-gruppe skrubbernes overlevelse i Nærområdet.



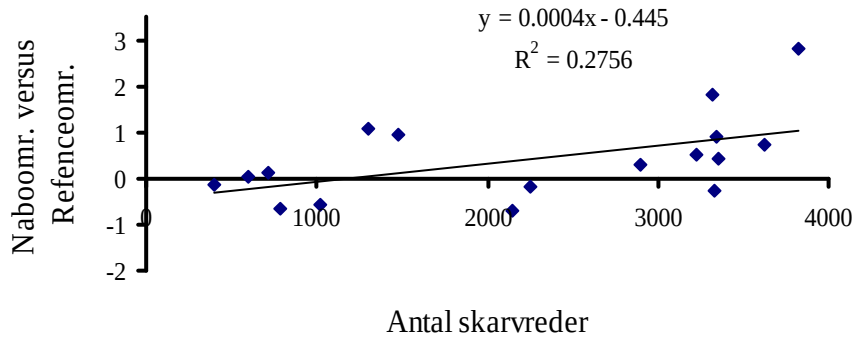
Figur 10. Differencen mellem Nær- og Referenceområdet i tætheden af I-gruppe skrubber i relation til antallet af skarvreder i Toftesø-kolonien i årene 1985-2004 (Periode II og III).

Differencen i tætheden af I-gruppe skrubber mellem Nabo- og Referenceområdet ændrede sig fra kolonien talte 400-1.000 reder til den nåede en størrelse på 2.900-4.000 reder (Figur 11).

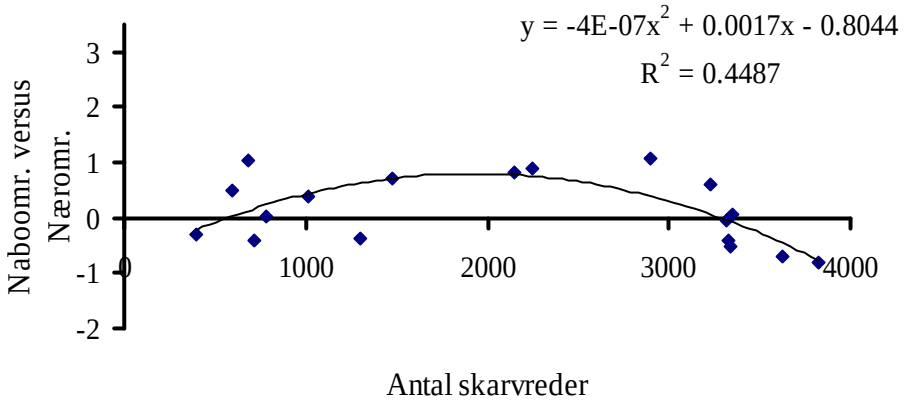
Differencen i tætheden af I-gruppe skrubber mellem Nabo- og Nærområdet steg efterhånden som kolonien blev større, indtil kolonien nåede en størrelse på omkring 3.000 reder (Figur 12). Herefter aftog tætheden af skrubber i Naboområdet til et niveau som i Nærområdet eller lavere. Sammenhængen er i overensstemmelse med vores formodning om, at skarverne først og fremmest ville begynde at søge føde i Nabområdet, efter at kolonien var nået over en vis størrelse. Sammenhængen kan udtrykkes som et andengrads polynomium (klokkeformet kurve). Datamaterialet til bestemmelse af toppunktet på den klokkeformede kurve er for spinkelt, idet der

går få år fra kolonistørrelsen er på 1.000 reder til den når 3.000 reder. men mønstret stemmer overens med det man kunne forvente hvis skarverne først for alvor begyndte at søge føde i Naboområdet, da kolonien nåede op i nærheden af 3.000 reder.

Gruppe-0 skrubber var ikke talrige i Periode I, og fangsterne var meget sporadiske med mange træk med nul fangster i alle tre områder. Det var derfor ikke muligt at teste for, om tætheden af 0-gruppe skrubber varierede på samme måde i alle tre områder. En sammenligning af tætheden af 0-gruppe skrubber i de tre områder i Periode II+III sammenlagt viste, at udsvingene i tæthed i nogen grad var overensstemmende imellem områderne, idet der ved alle sammenligninger var en signifikant sammenhæng (Tabel 5).



Figur 11. Differencen mellem Nabo- og Referencemrådet i tætheden af I-gruppe skrubber i relation til antallet af skarvreder i Toftesø-kolonien i årene 1985-2004 (Periode II og III).



Figur 12. Differencen mellem Nabo- og Nærområdet i tætheden af I-gruppe skrubber i relation til antallet af skarvreder i Toftesø-kolonien i årene 1985-2004 (Periode II og III).

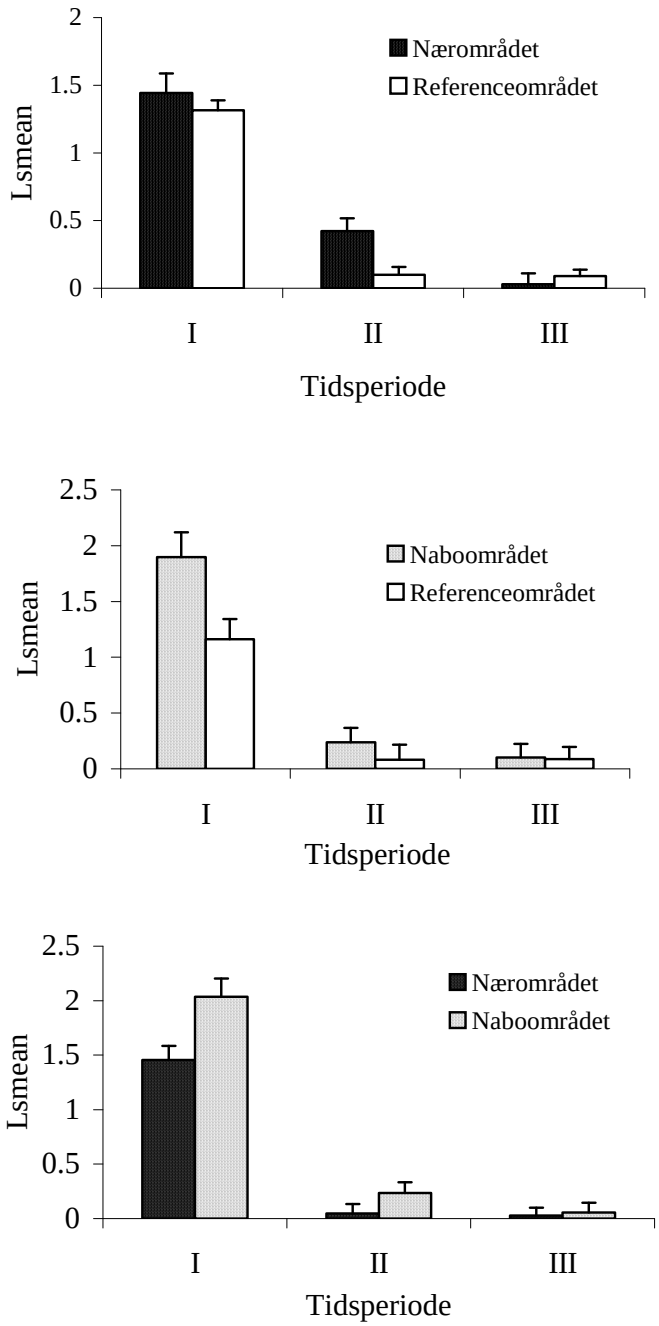
Tabel 5. Resultat af linear korrelation af tæthed af 0- og I-gruppe fladfisk mellem de forskellige områder i årene før skarvkolonien dukkede op (”Før” svarende til 1957-1961 + Periode I (1962-1971)) og i årene, hvor der ynglede skarver i kolonien ved Tofteseø (”Efter” svarende til Periode II+III (1985-2004)). Tallene er testresultatet (R-værdier). * indikerer at der var en signifikant positiv sammenhæng ($p < 0,05$). For arter, aldersgrupper og perioder, hvor der var mange nul-værdier, er der ikke testet for korrelation.

Art Aldersgruppe	Periode	Nær- og Naboområdet	Nær- og Referenceområdet	Nabo- og Referenceområdet
Skrubbe				
0-gruppe	Efter	0,730*	0,630*	0,508*
I-gruppe	Før	0,115	0,413	-0,347
Rødspætte				
0-gruppe	Før	0,780*	0,568*	0,561*
	Efter	0,260	0,530*	0,500*
I-gruppe	Før	0,390	0,628*	0,448
Tunge				
0-gruppe	Efter	0,617*	0,506*	0,202
I-gruppe	Før	0,511*	0,112	0,236

7.3.2 Sammenhæng mellem antallet af skarver og tætheden af rødspætteyngel

Ændringerne i tæthederne af I-gruppe rødspætter i Nær-, Nabo- og Referenceområdet var ikke i overensstemmelse med hypotesen om, at overlevelsen af rødspætteyngel var negativt påvirket af skarvkolonien ved Toftesø. Dette fordi faldet i tætheden af aldersgruppe I fra periode I til periode II og III (Figur 13) også fandt sted i Referenceområdet og ikke kun i Nær- og Naboområdet. På grund af de meget lave forekomster af I-gruppe rødspætter samt de mange nulværdier i rødspættefangsterne på alle tre områder i både periode II og III, gav det ikke mening at gennemføre BACI-analysen.

Der var ikke signifikant forskel i tætheden af 0-gruppe rødspætter mellem de tre områder, hverken i perioden før skarvkolonien blev etableret, eller i perioderne efter den var blev etableret (Tabel 5).



Figur 13. Least Square Mean af antal 1-gruppe rødspætter pr. træk og 95% confidensgrænse per område for de tre tidsperioder. Tidsperiode I = 1962-1971, II=1984-1994, III= 1995-2004.

7.3.3 Sammenhæng mellem antallet af skarver og tætheden af tungeyngel

Fangst af tungeyngel er taget med i denne rapport som en slags kontrol, da denne art sjældent blev fundet i skarvgylp. Vores forudsigelse er, at udviklingen i tungeforekomsterne i de tre områder ikke

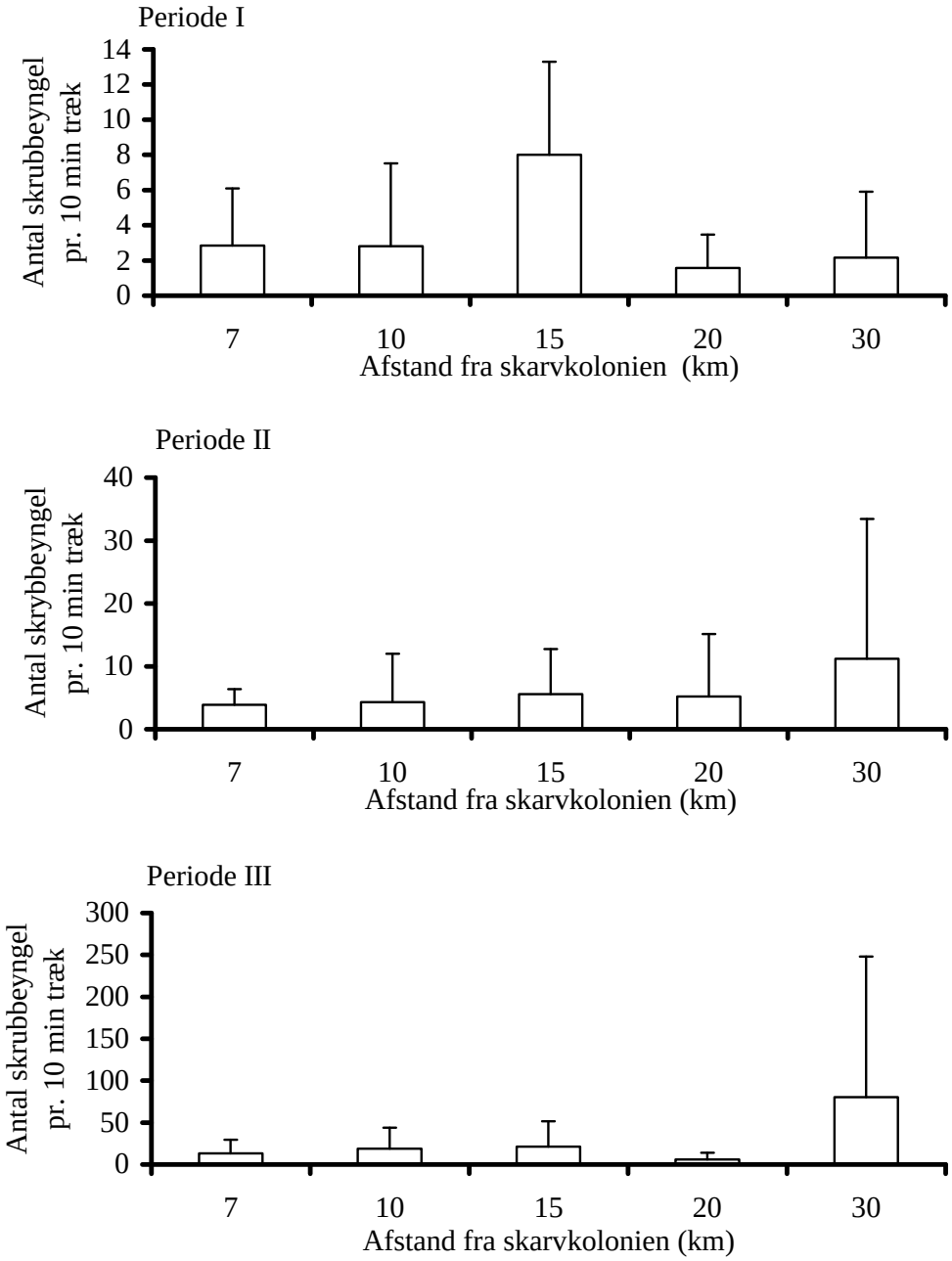
vil være relateret til udviklingen i skarvbestanden. Ændringerne i tæthederne af I-gruppen af tunger i Nær-, Nabo- og Referenceområdet (Figur 8) var i overensstemmelse med hypotesen om, at overlevelsen af tungeyngel ikke var påvirket af tilstedeværelsen af skarvkolonien ved Toftesø. Tætheden af I-gruppe tunge i Nabo- og Nærområderne var ikke signifikant forskellig før skarvkolonien blev etableret, og der var ingen signifikant forskel i tætheden af tunger under og efter etableringen af skarvkolonien. I Periode II og III var der heller ikke signifikant forskel imellem Nær- og Referenceområdet.

Fangsterne af 0-gruppe tunge med yngeltrawl på 1,2-3,0 m dybde er ikke repræsentative, bl.a. på grund af den sene gydesæson for denne art, og dermed den sene settling af meget små fisk, som ikke fanges særligt effektivt i trawlen. 0-gruppe tunger var ikke talrige i Periode I, og fangsterne var meget sporadiske med mange træk uden fangster af tunge. Det var tilfældet i alle tre områder. Det var derfor ikke muligt at teste, om tætheden svingede efter samme mønster i alle tre områder. I Periode II+III var år til år udsvingene i tætheden af 0-gruppe tunger nogenlunde overensstemmende mellem Nær- og Naboområdet og mellem Nær- og Referenceområdet (Tabel 5).

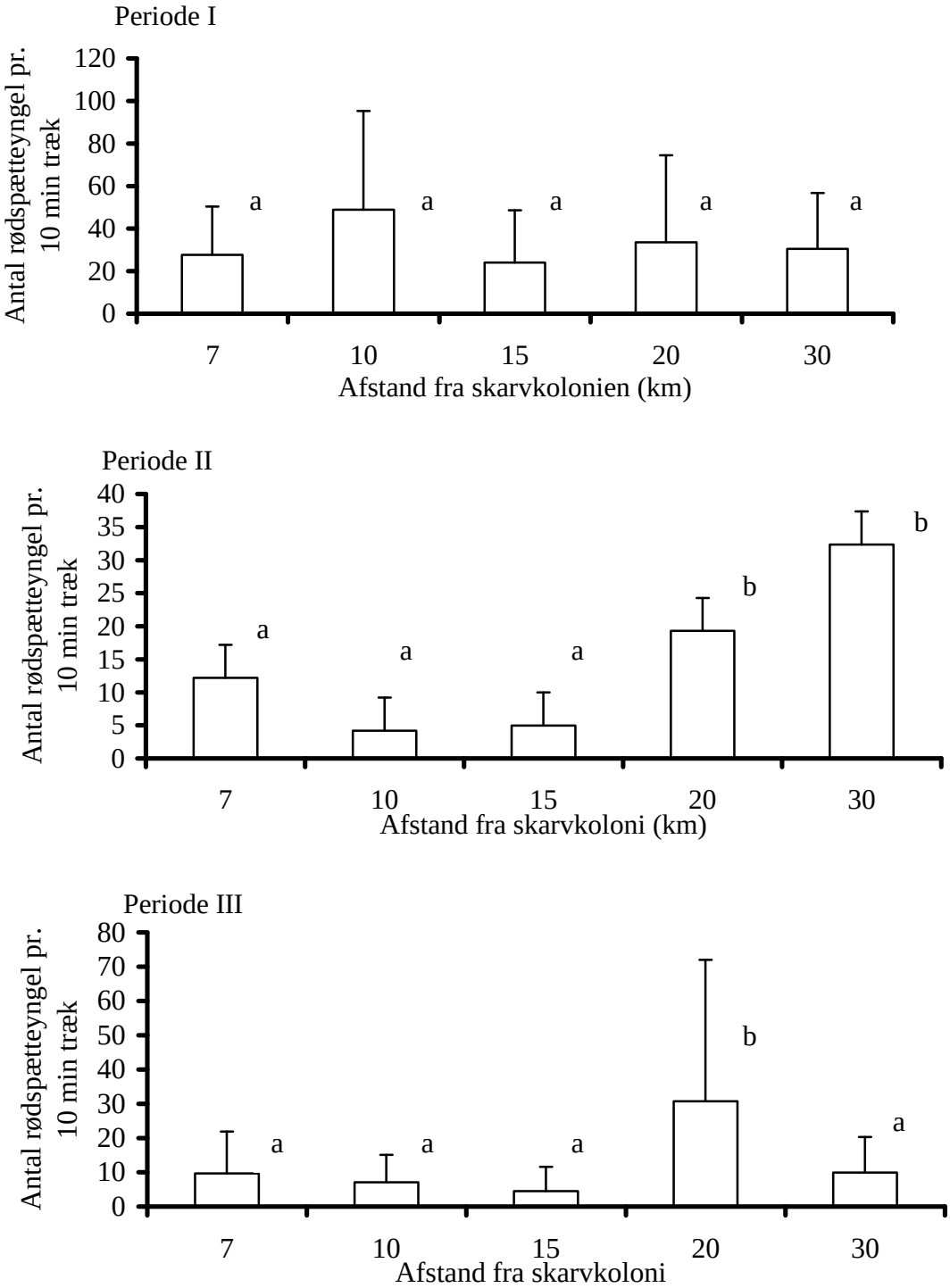
7.3.4 Fiskeforekomster i forhold til afstanden fra skarvkolonien

Fangststationerne blev grupperet i forhold til afstanden fra skarvkolonien for at undersøge, om der var en sammenhæng imellem tætheden af skrubber og rødspætter og afstanden fra skarvkolonien. For skrubbe (både 0- og I-gruppe) var der ikke nogen signifikante forskelle i tætheden imellem de forskellige afstande i periode I og II. Men i periode III var tætheden på stationen, som lå 30 km fra kolonien, signifikant højere end tætheden på de andre stationer, der lå nærmere kolonien (Figur 14).

For rødspætte var der ikke signifikant forskel på afstanden fra skarvkolonien i periode I. I periode II var der signifikant højere tætheder på stationerne beliggende 20 og 30 km væk fra skarvkolonien end på stationerne beliggende nærmere kolonien (Figur 15). I periode III var der signifikant højere tætheder på stationerne beliggende 20 km væk fra kolonien, men ikke for stationen der lå 30 km fra skarvkolonien (Figur 15).



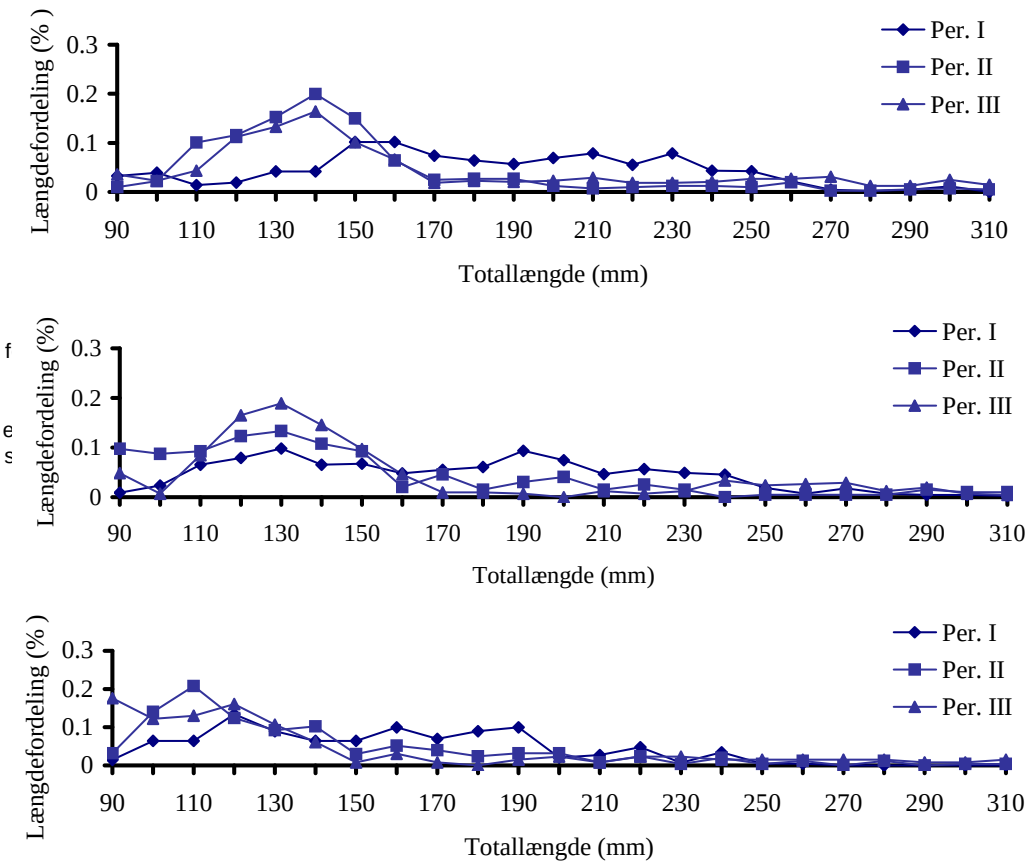
Figur 14. Fangst af skrubbeyngel (0- + I-gruppe) og standard afvigelse per 10 min trawltræk i tidsperiode I (1962-71), II (1984-94) og III (1995-2004) i forhold til afstanden fra skarvkolonien målt i km.



Figur 15. Fangst af rødspætteyngel (0- + I-gruppe) og standard afvigelse per 10 min trawltræk i tidsperiode I (1962-71), II (1984-94) og III (1995-2004) i forhold til afstanden fra skarvkolonien målt i km. Forskelle i bogstaverne indenfor hver figur betyder signifikante forskelle.

7.3.5 Sammenhæng med længdefordelingen af skrubber

Skarverne i Toftesøkolonien tog især skrubber inden for længdeintervallet 70-180 mm (Figur 3). Længdefordelingen af skrubbeyngel fanget i hvert område fordelt på de tre tidsperioder er vist i Figur 16. Andelen af skrubber, der var større end eller lig med 150 mm, er vist i Tabel 6 for hvert område og hver periode. I Periode I udgjorde de skrubber, der var større end 150 mm en høj andel af de tilstedeværende skrubber i alle tre områder (57-82%). I periode II var andelen af fisk større end 150 mm faldet til nær det halve (30-40%) i alle tre områder. Faldet var dog kun signifikant i Referenceområdet (Tabel 7). Denne ændring fra periode I til periode II er ikke i overensstemmelse med vores forventning, som var, at andelen af ”store” skrubber ville falde mere i Nærområdet fra periode I til periode II end i de andre områder.



Figur 16. Den relative længdefordeling af skrubbeyngel fanget med yngeltrawl på de tre områder og i de tre tidsperioder.

I periode III var skrubberne i fangsterne i alle tre områder domineret af skrubber, der var mindre

end 150 mm (Tabel 6). I Referenceområdet steg andelen af større skrubber signifikant fra periode II til periode III, således af næsten halvdelen af de 80-180 mm lange fisk i Referenceområdet var større end 150 mm i periode III, mens det i Naboområdet kun var 1 ud af 4 fisk og i Nærområdet 1 ud af 3 fisk der var større end 150 mm. Det var vores forventning, at ændringen fra periode II til periode III ville afspejle et fald i andelen af ”store” fisk i Naboområdet, og at andelen af ”store” fisk fortsat ville være lav i Nærområdet sammenlignet med Referenceområdet. Den observerede udvikling fra periode II til periode III understøtter således ikke entydigt det mønster, vi havde forventet at se, hvis skarvernes prædation i løbet af foråret i væsentlig grad påvirkede den længdefordeling blandt skrubber som kunne måles i juli.

Tabel 6. Andelen af skrubbeyngel fanget med yngeltrawl der er større end eller lig med 150mm i de tre områder og i de tre perioder.

Periode	Område		
	Nær	Nabo	Reference
I	0,659	0,57	0,817
II	0,359	0,302	0,399
III	0,359	0,244	0,489

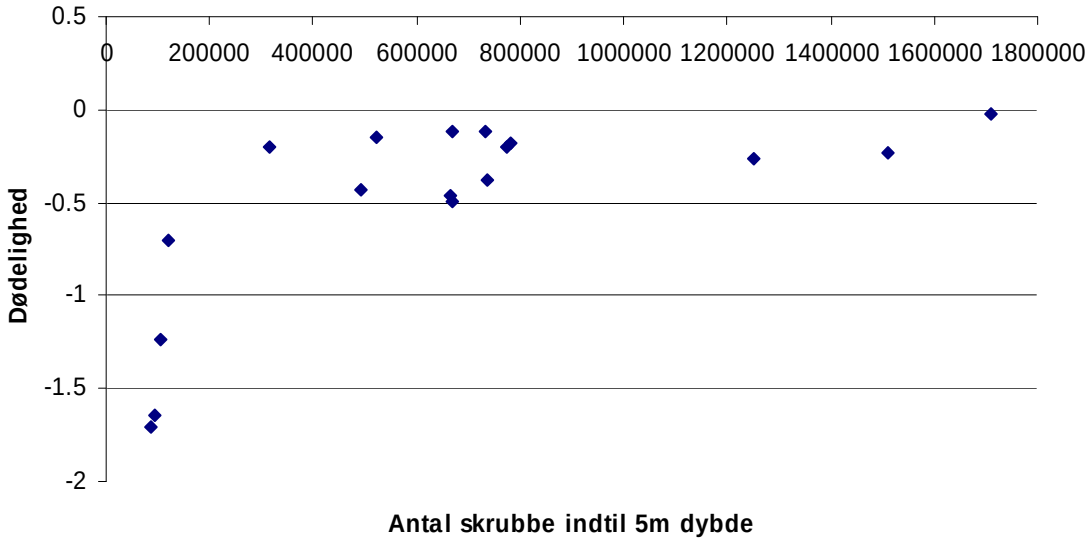
Tabel 7. Resultat af den parvise Kolmogorov-Smirnov test udført på længdefordeling af skrubber ≥150 mm for at undersøge om der er signifikante forskelle i længdefordeling mellem perioder i de enkelte områder.

Periode	Område					
	Nær		Nabo		Reference	
	D	Pr>ksa	D	Pr>ksa	D	Pr>ksa
I – II	0,3043	0,2373	0,2608	0,4143	0,4209	0,0372
I - III	0,3478	0,1237	0,2608	0,4143	0,3774	0,0812
II - III	0,1739	0,8773	0,2608	0,4143	0,4348	0,0259

7.3.6 Estimering af skarvprædationens effekt

Tabel 8 viser resultaterne af estimaterne over, hvor mange I-gruppe skrubber der var til stede i området samt over skarvernes prædation udtrykt som total prædation i løbet af ynglesæsonen, prædationen pr. dag og som den andel, det estimerede antal ædte skrubber udgjorde af det estimerede antal tilstedeværende skrubber i perioden fra april til juli. I periode II varierede det estimerede daglige prædationstryk på skrubber mellem 0,03 og 1,2. Det svarer til, at andelen af ”skrubbepopulationen”, der blev ædt af skarver, varierede fra 3% til 71% i denne periode. I periode III varierede den daglige skarvprædation fra 0,06 til 1,7 hvilket svarer til at 6-82% af skrubberne i området blev ædt af skarver. Gennemsnittet for estimatet over den årlige andel af skrubber, der blev ædt, steg fra 25% i periode II til 40% i periode III.

Skarvernes prædation af I-gruppe skrubber i periode II blev estimeret til at ligge på gennemsnitlig 0,34 (Mt i Tabel 8). Vore estimater tyder på, at skarvernes prædation før 1990 var beskeden og lå på 3-18% af det estimerede antal tilstedeværende I-gruppe skrubber. Som det ses i Figur 17 var den beregnede skrubbedødelighed som følge af skarvernes prædation ubetydelig i de sæsoner, hvor antallet af 0- og I-gruppe skrubber oversteg cirka 200.000 individer. Derimod var



Figur 17. Forholdet mellem den estimerede dødelighed (Mt) og det totale antal skrubbe til stede. Punktet for år 2000 er ikke taget med for gennemskueligheds skyld men værdien kan aflæses i Tabel 7.

skrubbedødeligheden som følge af skarvernes prædation betydelig i de sæsoner, hvor der var forholdsvis få skrubber. Eksempelvis estimerede vi, at skarverne i 1990 og 1993 (hvor der var lav tæthed i Nærområdet, se Fig. 5a) fortærede henholdsvis 50% og 71% af det antal I-gruppe skrubber, som vi estimerede var til stede i området. Variationen var stor. For årene 1990-1994 estimerede vi, at skarverne konsumerede 16-71% af det estimerede antal tilstedeværende I-gruppe skrubber.

Tabel 8. Den estimerede dødelighed som følge af skarvprædation (Mt, -) og den estimerede daglige prædationsrate (M/dag) for I-gruppe skrubber inden for perioden 1. april til 31. juli i Ålborg Bugt (fra Stensnæs i nord til udmundingen af Randers Fjord i syd). Antal skarvreder angiver antallet af reder i skarvkolonien ved Toftesø. Se Metodeafsnit 6.4.5 vedr. fremgangsmåder for estimering af antal skrubber ædt, antal skrubber tilstede i området i julimåned og prædationen.

År	Periode	Antal skarvreder	Antal skrubber ædt	Antal skrubber til 5 m linie	Skarv prædation Mt (-)	Ratio ædt skrubbe:total antal skrubber
1985	II	396	46886	1708381	0,03	0,03
1986	II	595	70448	313784	0,20	0,18
1987	II	681	80630	669406	0,11	0,11
1988	II	712	84301	522974	0,15	0,14
1989	II	785	92944	732163	0,12	0,11
1990	II	1019	120650	119537	0,70	0,50
1991	II	1300	153920	780974	0,18	0,16
1992	II	1480	175232	772392	0,20	0,18
1993	II	2149	254442	104595	1,23	0,71
1994	II	2253	266755	491141	0,43	0,35
1995	III	2901	343478	735295	0,38	0,32
1996	III	3352	396877	1509421	0,23	0,21
1997	III	3227	382077	1249813	0,27	0,23
1998	III	3338	395219	666539	0,47	0,37
1999	III	3346	396166	0		
2000	III	3820	452288	6903253	0,06	0,06
2001	III	3327	393917	87684	1,70	0,82
2002	III	4043	478691	0		
2003	III	3321	393206	94683	1,64	0,81
2004	III	3629	429674	667973	0,50	0,39

Ved estimeringen af skarvernes konsum af I-gruppe skrubber gennem yngleperioden antog vi, at skarverne i gennemsnit åd omkring én skrubbe hver tredje dag, som det blev fundet af Hald-

Mortensen i 1993 og 1994. I disse år, var tætheden af I-gruppe skrubber forholdsvis lav i Nærområdet. De højeste estimerede prædationstryk i hele perioden 1985-2004 (Periode III) blev observeret i årene 2001 og 2003, hvor henholdsvis 82% og 81% af 0- og I-gruppe skrubberne i området blev ædt af skarver (Tabel 8). Det laveste prædationstryk blev registreret i år 2000, hvor ”bestanden” af 0- og I-gruppe skrubbe blev estimeret til at være tæt på syv millioner individer, og hvor prædationstrykket blev estimeret til 6%. I beregningen for de år, hvor skrubbebestanden var høj, har vi antaget, at skarvene fortærede det samme antal skrubber dagligt som da skrubbetætheden var forholdsvis lav i Nærområdet (1993 og 1994).

7.3.7 Estimering af den totale dødelighed

I Tabel 9 er vist resultaterne af et groft estimat af ”dødeligheden” fra 0-gruppe til I-gruppe skrubber. Disse resultater skal ses som et indeks og ikke som en absolut værdi. I dette tilfælde omfatter ”dødeligheden” også de fisk, der vandrer væk fra eller til stedet (migrationen). I beregningen antages det, at fangsteffektiviteten for hhv. 0- og I-årige skrubber var uændret fra år til år. Det gav ikke mening at beregne ”dødeligheden” for Referenceområdet, fordi tætheden af I-gruppe skrubber var højere end tætheden af 0-gruppe skrubber. I periode II og III fandtes den højeste estimerede ”dødelighed” i Nærområdet, og den estimerede ”dødelighed” var væsentligt højere i periode III end i periode II. I periode II var ”dødeligheden” lavere i Naboområdet end i Nærområdet, men i Naboområdet steg ”dødeligheden” med en faktor 7-8 fra periode II til III og blev højere end den estimerede dødelighed for Nærområdet.

Tabel 9. Groft estimat af den totale dødelighed (inklusiv migration) fra 0-gruppe til 1-gruppe skrubbe under forudsætning af en konstant fangsteffektivitet af 0- og 1-årige skrubber. Pos = positiv (der var et stigende antal 1-gruppe i forhold til 0-skrubber).

Område	Periode II	Periode III
Nær	-0,68 ok	-1,38 ok
Nabo	-0,25 ok	-1,90 ok
Reference	pos	pos

8. Diskussion

8.1 Præcisionen i bestemmelsen af fiskenes forekomst

Forsøgsfiskeriet langs Kattegats vestkyst foregik på stationer hvor der blev trukket parallelt med kysten på dybder mellem 1,5 og 3,0 m. Der blev således kun fisket på en del af den totale dybdeudbredelse for den pågældende fiskepopulation, hvorfor disse data er mindre egnet til at sige noget om den totale population af den enkelte fiskeart Dataene kan imidlertid bruges som et indeks. Så længe der ikke sker ændringer i dybdefordelingen af de enkelte aldersklasser af fiskearterne, vil disse data vise udviklingen for de enkelte arter og aldersklasser over år eller årtier. Data ligger tilbage til 1957, og de ældre data (fra 1957-1971) er sammenlignelige med data, der samles i dag fordi man har ikke ændret væsentligt på samplingsstrategien. Datasættet er endvidere værdifuld fordi det rækker over en lang periode med væsentlige miljøændringer såsom temperatur (MacKenzie & Schiedek 2007) og ilt (Bagge m.fl. 1990). I det følgende gennemgår vi samplingstrategiens indflydelse på, hvor repræsentativt forsøgsfiskeriet har været for den enkelte art og dennes størrelses- eller aldersgrupper.

8.1.1 Skrubbeforekomster.

Da 0-gruppe skrubber primært opholder sig på meget lavt vand (0-1 m) i juni-september måned (Bregnballe 1961, Andersen m.fl. 2005a; b), og yngeltogtets stationer ligger på vand dybere end1,5 m, formoder vi, at togtfangsterne kun gav information om tætheden af 0-gruppe skrubber i yderzonen af deres primære opholdsområde. Eksempelvis blev der i nogle år, og især i perioden før skarvkolonien blev etableret, slet ikke fanget 0-gruppe skrubber på flere af stationerne. Rekrutteringen af 0-gruppe skrubber i Periode II og III er nogenlunde i alle tre områder og var større end i perioden før skarvkolonien blev etableret. Det afspejles i de højere fangster og de ens tætheder af 0-gruppe skrubber i alle tre områder. Dette mønster passer godt sammen med McCall's (1990) "basin model", hvor en stor bestand resulterer i, at fiskene indtager sub-optimale habitater, hvorimod en lille bestand indskrænker sig til den optimale habitat. Hvis 0-gruppe skrubbetætheden helt ind til og langs hele kysten er høj, kan skrubbeynglen kun udvide deres udbredelse ud mod dybere vand. Under sådanne omstændigheder vil de fanges hyppigere på togtets stationer, som ligger mellem 1,5 og 3 m vand. Vi har ikke mulighed for at undersøge, hvor god overensstemmelse der gennem årene har været imellem den samlede forekomst af 0-gruppe skrubber i undersøgelsesområderne og den tæthed, der måltes på togtets målestationer. Der kan eksempelvis

have været tætheds-uafhængige årsager til år til år variationen, alt efter hvilke vanddybder (og i hvilke områder) 0-gruppe skrubberne befandt sig på, da togterne fandt sted. Det er således tænkeligt, at 0-gruppe skrubbernes valg af opholdssted, bl.a. i forhold til vanddybden, har været påvirket af vandtemperaturen (Gibson 1994) eller forekomster af løstsiddende alger, hvilket er observeret for rødspætteyngel (Pihl & van der Veer 1992). Derimod har forekomsten af iltfattigt vand formentlig ikke spillet en væsentlig rolle, idet iltfattigt vand på lave, kystnære dybder kun forekommer i de sjældne tilfælde, hvor iltfattigt vand fra de centrale og dybere dele i Kattegat presses op mod kysterne, som det skete i meget korte perioder, og senere på året end det tidspunkt togterne foregår, i 1991 og 1998 (Anon. 2004).

Ifølge Berghahn (2001) er august den optimale måned til forsøgsfiskeri efter fladfisk i Vadehavet, fordi de fleste fiskearter på det tidspunkt har bundslået sig og samtidig ikke er begyndt at trække ud på dybere vand. Ved udmunding af floden Elben i Vadehavet toppede forekomsten af 0-gruppe skrubbeyngel i juni 1996 og i juli 1997, men forekomsten var høj i hele perioden maj til juli 1996 og juli til august i 1997 (Bos 1999). I Bælthavet toppede forekomsten i maj-juni (Muus 1967). Derfor er juli måned nok den måned, der også er optimal for forsøgsfiskeri efter skrubbe i Ålborg Bugt. Vi antager, at forholdene i Kattegat ikke er væsentlig anderledes end Vadehavet mht. hvornår skrubber slår sig ned eller begynder at trække ud på dybere vand sidst på året.

Allerede i marts-april begynder I-gruppe skrubber at vandre ind mod kysten (Muus 1967). Da I-gruppe skrubber i højere grad end 0-gruppe skrubber forekommer på 1,5-3,0 m vand, formoder vi, at tæthederne af I-gruppe skrubber, i højere grad end tilfældet har været for 0-gruppe skrubberne, afspejler de faktiske forekomster i området. I periode I, hvilket er perioden før skarvkolonien var etableret og før eutrofiering eller en temperaturstigning var konstateret, var der i alle tre områder flere I-gruppe skrubber end 0-gruppe skrubber, og samtidig var tætheden af I-gruppe skrubber forskellig i de tre områder. Selvom det samlede antal individer af 0-gruppe skrubber i området givetvis oversteg det samlede antal individer af I-gruppe skrubber i området med mindst en faktor 10, blev der eksempelvis i Referenceområdet fanget flere 1-årige end 0-årige året før.

Fangsteffektiviteten af redskabet varierer fra art til art og med størrelsen inden for en art. Bundtypen og fangstretningen i forhold til strøm/vind kan også have en indflydelse. Fangsteffektiviteten for fangst af skrubber med yngeltrawl er ikke undersøgt, men har været undersøgt for pighvar. Således

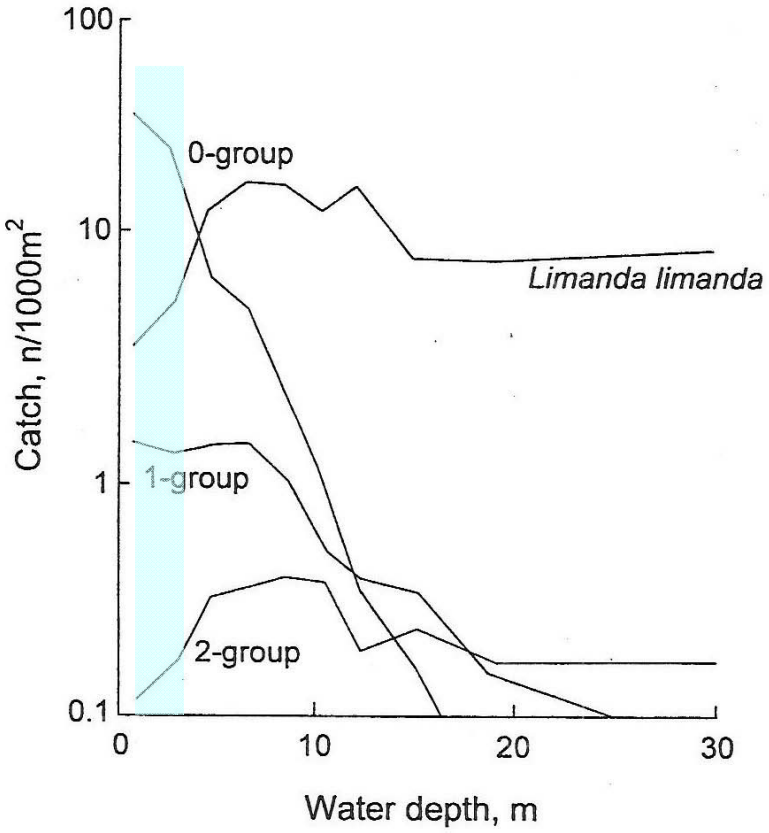
varierede fangsteffektiviteten fra 45% for 8 cm store pighvar til 52% for 12 cm store pighvar og 12% for 17 cm store pighvar (Sparrevohn & Støttrup 2007). Skrubber forventes at blive fanget mere effektivt end pighvar, idet der ifølge fiskere oftest skal fiskes med en højere hastighed for at fange pighvar effektivt i forhold til andre fladfisk.

Der er ikke lavet undersøgelser, som har fulgt bevægelserne af de enkelte arter af fiskeyngel fra år til år, og derfor er det svært at estimere, hvor langt skrubbeyngel typisk flytter sig fra juli måned som 0-gruppe skrubber til juli måned i det efterfølgende år, hvor de tilhører I-gruppen. Antages det, 1) at skrubberne er forholdsvis trofaste i forhold til deres opvækstområde og derfor vender tilbage til samme opvækstområde som I-gruppe, og 2) at de målte tætheder på stationerne korrekt afspejler forekomsten af 0- og I-gruppen af skrubber i kystområdet, ville man forvente, at de målte tætheder af 1-årige skrubber fulgte de målte tætheder af 0-gruppe skrubber med ét års forskydning. Derfor ville man forvente, at en stigning i forekomsten af 0-gruppe skrubber ville resultere i et stigende antal 1-årige med ét års forskydning. For Referenceområdet fandt vi en positiv sammenhæng mellem tætheden af 0-gruppe skrubber i år ”t” og tætheden af I-gruppe skrubber i år ”t+1”, men sammenhængen var ikke signifikant (p=0,21).

8.1.2 Rødspætteforekomster

Rødspætterne fanges repræsentativt i forsøgsfiskeriet, fordi både 0-gruppe og I-gruppe rødspætter forventes at anvende det dybdeområde, hvor der blev fisket med yngeltrawl, som deres opvækstområde. Vi antager derfor, at de målte tætheder af rødspætter på stationerne korrekt afspejler forekomsten af 0- og I-gruppen af rødspætter i det undersøgte område. I en skotsk undersøgelse af fordeling af 0-gruppe rødspætter i en lokal bugt befandt rødspætteynglen sig inden for 4 m dybdegrænsen (Edwards & Steele 1968). I Vadehavet fordeler rødspætteyngel sig inden for 5 m dybdegrænsen (van det Veer & Witte 1993), og på åbne kyststrækninger slår rødspættelarverne sig på bunden ved 5 m dybde og bevæger sig langsomt ind mod lavere dybder ved kysten (Bregnballe 1961, Gibson 1973, Lockwood 1974, Berghahn 1986). På togtets tidspunkt i juli vil de fleste rødspætter have slået sig ned på bunden og være trukket ind tæt på kysten. Dette observeres ved, at forekomsten af rødspætteyngel topper i sommermånederne. I udenlandske undersøgelser, for eksempel ved den skotske kyst, topper forekomsten af 0-gruppe rødspætter i juni og juli (Edwards & Steele 1968) mens de i Skagerrak, Kattegat og Bælthavet topper omkring juli og ligger højt i juli, august og september (Bruun 1927). Bevægelserne langs kysten er oftest begrænset, og studier med

mærkede fisk har vist, at rødspætteyngel vandrer mindre end 500 m langs kysten over en periode på flere måneder (Macer 1967, Riley 1973). Det betyder, at et fiskeri, som foregår på stationer liggende indenfor 1,5-3,0 m, har god mulighed for repræsentativt at vise fordelingen af 0-gruppe rødspætter (se Figur 18).



Figur 18. Gennemsnitlig dybdefordeling af 0-, I- og II-gruppe rødspætte (hhv. 0-group, 1-group og 2-group) samt af juvenile ising (*Limanda limanda*). Den grå boks indikerer dybdeintervallet for togtets fiskeristationer. Taget fra Gibson (1999).

Om efteråret forlader 0-gruppe rødspætter de kystnære områder og vandrer mod dybere vand (Muus 1967, Gibson 1973), men både I-gruppe og i nogle tilfælde II-gruppe rødspætter vender tilbage mod kysten den efterfølgende sommer. I hvor høj grad de vender tilbage til kysten afhænger sandsynligvis af fødetilgængeligheden. Der findes for eksempel højere forekomster af ældre fisk i områder, der er højproduktive, som for eksempel Vadehavet (Kuipers 1973), end ved den britiske kyst (Lockwood 1974, Ansell & Gibson 1990), som ikke er så produktiv. I-gruppe rødspætter fordeler sig over et bredere dybdespektrum end 0-gruppe rødspætter, men hovedparten befinder sig

inden for zonen fra kysten ud til 7-10 m (se Figur 18) (Riley m.fl. 1981, Gibson 1999). Tidspunktet for de årlige togter i juli måned falder sammen med tidspunktet, hvor forekomsten af rødspætteyngel menes at være højest i de danske farvande, dvs. juli, august og september (Bruun 1927). Det betyder dog også, at fiskeri indenfor 1,5-3,0 m også vil være repræsentativ for I-gruppe rødspætter.

Fangsteffektiviteten for fangst af rødspætter med yngeltrawl er, ligesom for skrubber, ikke kendt. Fangsteffektiviteten for I-gruppe rødspætte kan have ændret sig i perioden undersøgelsen har fundet sted på grund af en ændret længdefordeling hos de juvenile rødspætter. Der er sket en signifikant ændring i længdefordeling af I-gruppe rødspætter i perioden 1985-2004 i forhold til 1957-1972 (Nielsen m.fl. in prep.). Dette kan påvirke fangsterne på to måder. Dels fanges større fisk med en ringere effektivitet i yngeltrawlen (Sparrevohn & Støttrup 2007). Dels opholder større fisk sig på dybere vand end mindre fisk (Bregnballe 1961, Riley m.fl. 1981, Gibson 1999). Den dybere dybdefordeling kan påvirke fangsterne negativt, fordi fiskeristationerne ligger på samme dybde fra år til år igennem alle tre tidsperioder, og tætheden af I-gruppe rødspætter kan have været underestimeret i Periode II og III forhold til Periode I.

Ved sammenligning af tætheder af 0-gruppe rødspætter det ene år og tætheder af I-gruppe rødspætter det efterfølgende år antages det, at rødspætter ligesom skrubber er forholdsvis trofaste i forhold til deres opvækstområde og derfor vender tilbage til samme opvækstområde når de når I-gruppe stadiet. Ud fra studier, hvor man mærkede I-gruppe rødspætter og flyttede dem ud til dybere vand, blev det observeret, at de vendte tilbage, enten til det samme opvækstområde hvor de oprindelig blev fanget eller til et nærliggende opvækstområde (Riley 1973). Derfor forventede vi denne undersøgelse, at de målte tætheder af 1-årige rødspætter ville følge de målte tætheder af 0-gruppe rødspætter med ét års forskydning. Fangsten af I-gruppe rødspætter var imidlertid så ringe, at det ikke var muligt at gennemføre denne analyse.

8.1.3 Tungeforekomster

0-gruppe tunger blev næsten ikke fanget i forsøgsfiskeriet, mens de 1-årige blev fanget jævnligt i større antal. Tunge gyder senere på sæsonen (april-juli, Muus, 1989) end for eksempel rødspætter (februar-marts, Nielsen m.fl. 1998) og dermed sker settling noget senere. 0-gr. tungerne vil derfor, på det tidspunkt fiskeriet fandt sted (juli måned), være for små til at blive fanget effektivt i

yngeltrawlen. Dette kan forklare, hvorfor der fanges så få 0-gruppe tunger på yngeltogterne.
Ifølge flere forfattere fordeler tunge sig over et større område og benytter sig af de mere åbne kyster, når de bliver større (Dorel m.fl. 1991; Le Pape m.fl. 2003). Dette forhold passer godt med den jævnlige fangst af I-gruppe tunge på yngeltogterne. Endvidere er tidspunktet for forsøgsfiskeriet i juli måned optimalt for fangst af juvenil (I-gruppe) tunge (Dorel m.fl. 1991). Da tunge sjældent optrådte i de undersøgte skarvgylp fra Toftesø, blev forekomster af I-gruppe tunge taget med som en slags kontrol, idet vi antog, at skarverne ikke havde indflydelse på tungeforekomsterne. De målte tætheder af I-gruppe tunger i de tre områder var ikke forskellige mellem områderne i de tre perioder, hvilket stemmer godt overens med vores formodning om, at udviklingen af skarvkolonien ikke havde betydning for tætheden af tungeyngel i de tre områder.

8.2 Ændringer i fladfiskeyngelforekomster

8.2.1 Udvikling i skrubbebestanden

I Nær- og Naboområdet sås en større rekruttering af 0-årige skrubber i nyere tid i forhold til perioden 1957-1972. Stigningen startede i 1990erne midt i periode II. Bestanden af skrubber moniteres[5] ikke i de generelle fiskeriundersøgelser, og derfor er det ikke muligt at sammenligne den udvikling, der observeres ud fra data fra yngeltogtet, med information om for eksempel udviklingen i bestanden af voksne fisk i området. Det er derfor ikke muligt at forklare, om den større rekruttering af 0-årige skrubber hænger sammen med en generel stigning i gydebestanden. Den gradvise stigning i forekomsten af 0-gruppe skrubber i Nær- og Naboområdet fra 1990 og frem kan muligvis forklares med en stigende eutrofiering i området, som er set i løbet af 1980erne (Richardson & Heilmann 1995), en gennemsnitlig stigning på omkring 1,5°C i sommertemperaturen siden 1980erne (MacKenzie & Schiedek 2007) eller en kombination af begge faktorer.

En stigende eutrofiering vil til en vis grad betyde mere føde for skrubbeyngelen. I løbet af de sidste årtier har en øget tilførsel af kvælstof til de kystnære farvande resulteret i øget forekomst og udbredelse af eutrofieringsbetingede alger (Isaksen & Pihl 1992, Pihl m.fl. 1996, Rosenberg m.fl.

---

[5] visse fiskearter, der er kommercielt vigtige moniteres regelmæssigt. Moniteringen består dels af forsøgsfiskeri hvor man ser på fiskeforekomster og fordeling, dels prøvetagninger fra det kommercielle fiskeri hvor man ser på alders-længde sammensætning af de fangede fisk. På baggrund af disse data laves estimater af bl.a. bestandsstørrelsen og fiskeritrykket.

1996). Samtidig med den øgede bentiske biomasse, steg biomassen af bevægelige epibentiske organismer (Isaksson 1999). Stigning i fødeforekomster gavner fiskeyngel ved at øge chancen for at finde føde, mindske tiden anvendt til fødesøgning og dermed sårbarhed overfor prædatorer samt mindske aktiviteten i forbindelse med fødesøgning og dermed fremme væksten. En stigende temperatur ville betyde en hurtigere vækst, især koblet med en øget fødetilgængelighed, hvilket vil betyde, at skrubbeyngelen på kortere tid vil opnå størrelsesrefugium[6] fra prædatorer som rejer og krabber, som er talrige i disse opvækstområder. Da effekterne af eutrofiering og temperaturstigningen forventes at være udbredt over hele kystområdet i Ålborg Bugten, ville man også forvente en lignende stigning i forekomsten af 0-gruppe skrubber i Referenceområdet, som dog ikke er observeret i denne periode. Derfor må forklaringen findes andre steder. Kysterne ved Nær- og Naboområderne vender mod øst, mens Referenceområdet vender mod nord, og dette kan have haft betydning for fordelingen af 0-gruppe skrubber i forhold til den dybde, hvor der blev fisket (jf. diskussion under sektion 8.1.1).

I Nærområdet faldt forekomsten af I-gruppe skrubber fra periode I til periode II og forblev på det lavere niveau i periode III. De lavere tætheder i juli i periode II og III afspejler muligvis, at skarvernes prædation gennem ynglesæsonen i nogle år i væsentlig grad påvirkede tætheden af I-gruppe skrubber i juli. I Naboområdet sås et pludseligt og markant fald i forekomsten af I-gruppe skrubber fra midten af Periode III (efter 1997). Samtidig med den lave forekomst i Naboområdet i anden halvdel af periode III var der en høj forekomst af I-gruppe skrubber i Referenceområdet.

8.2.2 Udvikling i rødspættebestanden

Rødspætterekrutteringen til kystområderne i Ålborg Bugt var stort set uændret over årene i alle tre områder. Dette harmonerer med en tilsyneladende uændret gydebestand i området, selv om bestandsvurderingen af rødspætter i Kattegat-Skagerrak området er meget usikker (ICES 2005). Den registrerede udvikling i rødspættebestanden med årene (ICES 2005) forklarer ikke den lave forekomsten af 1-årige, der ses i alle områderne fra 1985 og frem.

8.2.3 Udvikling i tungebestanden

Rekrutteringen af juvenile tunger til kystområderne i Ålborg Bugt var ligesom rødspætterne stort set ens i alle tre områder defineret i vores undersøgelse. I perioden op til slutningen af 1960erne var

[6] Størrelsesrefugium. Fisken opnår størrelsesrefugium fra en prædator når den bliver for stor som byttedyr..

rekrutteringen lav i alle tre områder, men fra 1980erne og frem var den generelt højere. Der er endvidere i Kattegat-Skagerrak området observeret en stærk øget rekruttering af 1-årige i årene 1989-1993 (ICES 2004), og denne observation harmonerer godt med vores yngelfiskeridata.

8.3 BACI analysen

Med anvendelsen af BACI designet var det muligt at finde indicier for, om dannelsen af og udviklingen i skarvkolonien ved Toftesø havde påvirket sommer-forekomsterne af skrubbeyngel i Ålborg Bugt. De primære styrker i det dataset, vi havde til rådighed, var, at der forelå målinger af tætheder af skrubbeyngel over en længere årrække, hvor der ikke ynglede skarver i området, og fra områder som Toftesøskarverne formentlig ikke udnyttede i yngletiden samt fra områder, som de udnyttede. Vores Referenceområde er beliggende i så tilpas stor afstand fra kolonien, at vi vurderer det usandsynligt, at skarverne i større antal trak så langt (00-00 km) for at fouragere i yngletiden. Samtidig er Referenceområdets karakter og beliggenhed således, at de lokale miljøforhold formentlig ikke adskiller sig væsentligt fra hinanden med hensyn til de forhold, som er vigtige for de tre arter af fladfisk, dog med den undtagelse at Referenceområdets kyst er øst-vest hvorimod den i de to andre områder er nord-syd.

De anvendte datasæt for antallet af skarver ved Toftesø eller fangster af fladfiskeyngel kystnært var data, der forelå som resultat af årlige moniteringer over en lang årrække, og selvom de giver meget værdifulde informationer, er de ikke indsamlet med det formål at undersøge effekten af dannelsen af skarvkolonien på fiskebestande. Derfor er der nogle svagheder ved analysen; dels i det valgte design (BACI), som vi mente bedst passede data, men også i måden data blev indsamlet på. Estimaterne af antal fugle tilstede og antal 0-gruppe og I-gruppe fisk er derfor ikke kvantitative præcise størrelser, men de kan anvendes som indeks til at beskrive udviklinger i antal og tætheder. I BACI designet tester vi, om *forskellene* mellem områderne forandrer sig mellem et kontrolområde (Reference) og et påvirket område før og efter en påvirkning (sensu Stewart-Oaten m.fl. 1986).

En svaghed i BACI designet er, at der kun anvendes ét kontrolområde (Referenceområdet), og ofte er den naturlige variation så stor, at det kan være vanskeligt at skelne effekten af påvirkningen fra rækkevidden af den naturlige variation. I mange tilfælde i dag, hvor der laves effektstudier, inddrages flere referenceområder (”beyond BACI” design; Underwood 1994). Vi har i dette studium haft mulighed for at inddrage en 10-års periode både før og efter i det påvirkede og

upåvirkede område som anbefalet af Underwood (1992). Endvidere er den 10-års periode, hvor skarven er i vækst, taget med i analysen. Ved at inddrage et antal data over tid både før og efter, er det muligt at sætte observerede ændringer i forhold til den naturlige tidslige variation, der uvilkårligt findes.

En anden svaghed i BACI designet er, at det ikke er muligt at forholde sig til, hvorvidt de påvirkede områder og referenceområdet påvirkes på samme måde af ikke-skarv relaterede forhold. Tætheden af I-gruppe skrubbe i perioden, før skarvkolonien blev etableret, er forskellig i de tre områder. Dette i sig selv er ikke noget problem, fordi vi undersøger, om *udviklingen* fra tilstanden før til tilstanden efter skarvkolonien blev dannet, er forskellig for områderne. Vi antager, at udviklingen i de påvirkede områder skal følge samme mønster som den i referenceområdet, hvis påvirkningen ingen effekt har haft. Men med kun ét referenceområde er det svært at afgøre, hvorvidt referenceområdet er repræsentativt for hele området, herunder de påvirkede områder.

8.4 Indeks for dødelighed og migration

Forskelle i forholdet mellem tætheder af 0-årige og 1-årige skrubber i de tre områder blev anvendt for at få overblik over forskelle i, hvor mange individer, der forsvandt som følge af dødelighed og migration. På grund af den store variation i fangster mellem årene blev dette indeks for effekten af dødelighed og migration på gennemsnit af årene inden for en periode. Indekset beskriver forholdet mellem den gennemsnitlige tæthed af 0-gruppe fisk og I-gruppe skrubber det efterfølgende år. Under anvendelsen af indekset antager vi bl.a.,

- at fangsteffektiviteten er stort set uændret fra år til år
- at fiskene som 1-gruppe vender tilbage til samme kyststrækning, som de har opholdt sig på som 0-gruppe
- at fiskene ikke selv ændrer fordeling ved at undgå områder, hvor de i særlig grad er under risiko for at blive præderet af skarver.

Præcisionen for dette estimat er ikke særlig høj af flere grunde:

- Det er usikkert, hvorvidt skrubberne kommer tilbage til samme kyststrækning det efterfølgende år som I-gruppe fisk.
- Fiskenes fordeling langs kysten og dybdeudbredelse som 0-gruppe og I-gruppe overlapper men er lidt forskellige.

- Fangsteffektiviteten, der ændrer sig med størrelsen af fisk, sediment type og dybden er vanskelig at estimere og forudsætter at ændringerne er de samme for 0- og I-gruppe fisk.

Det er usandsynligt at erhvervsfiskeriet har en indflydelse, idet der i undersøgelsen er tale om fiskestørrelser, der ikke indgår i fiskeriet hvorfor fiskeridødeligheden er lig nul.

Selvom præcisionen i estimatet er lav og mange af forudsætningerne ikke er opfyldt, indikerer den et øget fravær af I-gruppe skrubber i Nærområdet i forhold til Referenceområdet i Periode II og et væsentligt øget fravær af I-gruppe skrubber i Naboområdet i forhold til Referenceområdet i Periode III.

8.5 Effekter af skarvprædation på tætheden af fladfiskeyngel

8.5.1 Effekt af prædation på skrubber

Udviklingen i tætheden af skrubber i de tre delområder stemte overens med vores forudsigelse om, at tætheden af I-gruppe skrubber ville aftage i Nærområdet fra periode I til II og fra periode II til III, mens der i Referenceområdet ikke ville være en nedgang i tætheden. Endvidere var det vores formodning at tætheden af I-gruppe skrubber i Naboområdet først ville aftage væsentligt fra periode II til III, mens tætheden i Referenceområdet ikke ville ændre sig efter det mønster.

Differencen i tætheden af I-gruppe skrubber mellem Nær- og Referenceområdet steg igennem Periode II og III som resultat af, at antallet af skrubber, der blev fanget i Referenceområdet, steg især i Periode III. Den lavere tæthed i Nærområdet i Periode II end i Periode I og faldet i tætheden i Naboområdet i anden halvdel af periode III kan være et delvis resultat af Toftesø-skarvernes prædation på I-gruppe skrubber hen gennem de enkelte ynglesæsoner. Det at vi finder, at der i tallene er en sammenhæng som forventet, er imidlertid ikke ensbetydende med, at der er en årsagssammenhæng imellem tætheden af I-gruppe skrubber og antallet af ynglende skarver i Toftesø.

Ud fra Figur 2 kan det konstateres, at der forekom store op- og nedgange i tætheden af I-gruppe skrubber uafhængigt af, hvor mange skarver, der var i området. I Nærområdet var der eksempelvis både perioder med mange og perioder med få skrubber inden skarvkolonien opstod (Figur 2a). Det er helt naturligt, at der optræder sådanne store udsving i tætheden af I-gruppe skrubber i et lavvandet område, som det undersøgte. Derfor kan vi heller ikke udelukke, at det er en tilfældighed,

at de gennemsnitlige værdier hen over de 8-10-årige perioder udviklede sig, som forventet, hvis skarverne havde påvirket tæthederne.

Ser man på tætheden i de enkelte år i Naboområdet, falder tætheden af skrubber brat til næsten nul efter 1997. Dette fald er ikke i overensstemmelse med det forventede: en gradvist øget skarvfouragering i Naboområdet der ville resultere i et gradvis fald i skrubbeforekomster. Denne bratte ændring i skrubbeforekomster kunne derfor skyldes andre årsager end skarv; såsom negativ påvirkning af habitaten således at skrubberne foretrak andre steder af kysten som opvækstområde. Det vides ikke, hvorvidt I-gruppe skrubber typisk vender tilbage til det samme område, som de benyttede, da de var 0-gruppe skrubber. Ved at mærke fisk er det for rødspætter vist, at 0-gruppe fisk, der blev flyttet fra deres opvækstområde ud til dybere vand, umiddelbart efter søgte tilbage til det område, de blev flyttet fra. For I-gruppe rødspætter har man fundet, at flyttes de fra deres opvækstområde, vil de forsøge at vende tilbage til enten det samme eller et tilgrænsende opvækstområde inden for det samme kystområde (Lockwood & Lucassen 1984).

I kystområder foretager fiskeyngel ofte natlige vandringer ind mod land, og deres bevægelser langs kysten begrænser sig til daglige vandringer på under 1 km. Dette er observeret for skrubbe (Bregnballe 1961, Andersen m.fl. 2005). Så formentlig forudsætter en højere forekomst af settlet yngel i et bestemt område, at der har været en retningsbestemt vandring mod det område. Ifølge Gibson (1997) følger fiskene interne og eksterne spor for at initiere eller slutte en migration. Eksterne spor kan være lys, temperatur, saltholdighed og strømforhold, mens de interne spor kan være døgnrytmer eller sult. De eksterne spor anvendes primært ved sæsonændringer, når fiskene forlader kysterne om efteråret eller vandrer mod gydeområderne. De interne spor påvirker døgnrytmen. Tunger er inaktive, når de er mætte, men viser en højere aktivitet, når de er sultne (Macquart-Moulin m.fl. 1991). En ændring i fordeling af bytteforekomster kan derfor anspore til øget aktivitet hos fiskeyngel i søgen efter områder med bedre fødegrundlag. Data fra Nordjyllands Amt (Anon. 2004) giver dog ingen anledning til at forvente store ændringer i bundfaunaen i området inden for de sidste årtier (i Periode III). Bundfaunasamfundet er rigt og varieret med egnede fødeemner for fladfiskeyngel, så længe der ikke sker iltsvindshændelser. Ved iltsvind rammes bundfaunasamfundet i hele området. Det har derfor ikke været muligt at finde en god forklaring på en målrettet vandring af I-gruppe skrubber mod Nabo- og Referenceområderne i Periode II og mod Referenceområdet i Periode III.

Prædationstrykket (Mt i Tabel 8) blev estimeret til at stige fra i gennemsnit 0,12 (1985-1989) til 0,55 (1990-1994) i den periode, der dækker væksten i skarvkolonien. Fra Periode II til Periode III, hvor kolonien havde vokset sig stor, var der sket en yderligere stigning til 0,66. Resultatet af vores beregning af, hvor mange skrubber skarvene kunne have fortæret sammenholdt med det antal skrubber, som vi har estimeret var til stede hvert år, giver en meget tydelig indikation på, at skarverne ved Toftesø kan have taget en betydelig andel af de tilstedeværende 1-årige skrubber, dog med stor år til år variation. Tallene for antal fugle, antal skrubber spist og antal skrubber til stede er imidlertid estimater, der er hæftet med stor usikkerhed. Eksempelvis er beregningen af prædationstrykket baseret på den antagelse, at de ynglende skarver i gennemsnit tog én skrubbe hver tredje dag. Den antagelse byggede på Hald-Mortensens (1995) fødeundersøgelser i 1993 og 1994. I begge disse år var den målte tæthed af I-gruppe skrubber i Nærområdet forholdsvis lav (Figur 5a) og den samlede ”bestand” i området var i den lave ende i forhold til de 18 år, hvor årsstyrken af skrubber i området blev estimeret (Tabel 8). Det er sandsynligt at skarverne fortærede flere en én skrubbe hver tredje dag i år, hvor tætheden af skrubber var højere end i 1993 og 1994. Derfor kan skarvprædationen være underestimeret for de år, hvor I-gruppe skrubberne optrådte talrigt. I andre områder, hvor skrubbe er den hyppigst forekommende fladfisk, har man fundet, at skarver i gennemsnit (over en måned) kunne tage op til 8 skrubber dagligt (P. Sonnesen pers. medd.). I den hollandske del af Vadehavet, hvor skrubbeforekomsterne var estimeret til en tiendedel af både rødspætte- og tungeforekomster, blev der fundet gennemsnitligt otte skrubber per skarvgylp, hvilket svarer til det halve af indtaget af rødspætter (Leopold m.fl. 1998). Skrubben er tilsyneladende mere sårbar end andre fladfiskearter over for skarvprædation. Endvidere har laboratorieforsøg vist, at fund af øresten i skarvgylp er langt under 100%. Zijlstra & Van Eerden (1995) fandt kun 52% af ørestenene fra byttefiskene i skarvgylp, og dette kan resultere i et underestimat af, hvor mange fisk, der blev ædt dagligt. Vores estimat på én skrubbe ædt per tredje dag, kan derfor godt være et underestimat, af den egentlige skrubbekonsumption.

Inden for fiskeribiologien sættes den naturlige dødelighed pr. år generelt til 0,2 for rundfisk og 0,15 for fladfisk (ICES WGNSSK 2006). Denne dødelig gælder normalt ikke for 0-gruppe fisk, da dødeligheden for disse generelt er meget højere. For I-gruppe og ældre fisk anses disse rater for at være normen for summen af den naturlige dødelighed for marine fisk. Selvom en prædationsdødelighed på 0,55 er høj i forhold til den generelt ansatte naturlige dødelighed, siger

den ikke noget om en eventuel negativ påvirkning af bestanden af store skrubber. Den totale dødelighed for en given art er summen af den naturlige dødelighed samt fiskeridødeligheden. Hvor stor en total dødelighed en given art 'tåler' afhænger af mange faktorer og danner grundlaget for det fiskeribiologiske arbejde, hvis mål bl.a. er at estimere den fiskeridødelighed, der er acceptabel for en given art, og som bevarer gydebiomassen på eller over det niveau, hvor arten er i stand til at opretholde sig selv. Holder fiskeritrykket sig inden for de acceptable grænser, er fiskeriet bæredygtigt, og bestanden kan fortsat udvikle sig. Bliver den totale dødelighed for stor, vil det gå ud over bestandens evne til at opretholde sig. Da fiskeritrykket for skrubben ikke kendes, og den øvre grænse for den totale dødelighed heller ikke kendes, er det ikke muligt at sætte en øvre grænse for en 'bæredygtig prædation'.

Leopold m.fl. (1998) undersøgte skarvprædation på fladfiskeyngel i Vadehavet. Fladfisk udgjorde i gennemsnit 73% antalsmæssigt og 79% biomassemæssigt af skarvens diæt. Det var primært rødspætte, der blev ædt (46% af alle 0-gruppe fladfisk), og skrubber kom på en tredje plads (19%) efter ising. Det relative prædationstryk på skrubber var dog lidt højere end for rødspætter, og Leopold m.fl. (1998) forslog som forklaring enten en højere sårbarhed over for prædation fra skarv eller et underestimat af deres forekomst ud fra forsøgsfiskeriet. I Hald-Mortensens (1995) undersøgelse er skrubbe den dominerede fladfisk i skarvgylp fra Toftesø-kolonien og afspejler forekomster af fladfiskeyngel i området. Skrubbe er den talrigeste fladfiskeart i området, og i år med en høj rekruttering af skrubbeyngel til kysten er skarvprædation estimeret at have en lille betydning for bestandens overlevelse, idet kun en lille andel af skrubbepopulationen tages af skarv. I år hvor rekrutteringen er lille, kan skarvprædation dog have en væsentlig indflydelse på rekrutteringen af skrubber til både fiskeri og gydebiomasse i området. Kattegats østkyst formodes at være et vigtigt opvækstområde for skrubbeyngel, men der findes ikke estimater af, hvor stor en andel produktionen af yngel fra området udgør af den samlede bestand i Kattegat. Derfor er det ikke muligt at ekstrapolere betydningen af skarvprædation på skrubbeyngel i opvækstområdet for Kattegatbestanden som helhed. I 2002 og 2003 blev over 80% af skrubbeyngelen i området estimeret ædt af skarv. Hvis området er af stor betydning for skrubberekruttering i Kattegat, vil et sådant prædationstryk fra skarv give anledning til bekymring for bestandens videre udvikling, især hvis det sker flere år i træk. Da et for højt prædationstryk er tæt knyttet til skrubbebestandens evne til at producere rekrutter, er fiskebestanden mere udsat jo mindre den er. En kombination af højt prædationstryk og højt fiskeritryk kan derfor have alvorlige konsekvenser for bestandens evne til at

udvikle sig og endda true dens overlevelse.

8.5.2 Effekt af prædation på rødspætter

Udviklingen i tætheden af rødspætter i de tre delområder, som vi formoder, blev udnyttet i varierende grad som fødesøgningsområder, stemte *ikke* overens med vores forudsigelse om, at tætheden af I-gruppe rødspætter ville aftage i Nærområdet fra periode I til II og fra periode II til III; mens den for Referenceområdet ville forblive uforandret. Tætheden af I-gruppe rødspætter var generelt lav, eller der blev slet ikke fanget noget i Periode II og III i alle tre områder. Den pludselige forsvinden af I-gruppe rødspætte fra Kattegats vestkyst, også i Referenceområdet, har derfor formentlig andre ikke-skarvrelaterede årsager. Bestandsvurderingen for rødspætte i Kattegat er meget usikker på grund af en varierende indflydelse af rødspætte fra Nordsøbestanden (ICES 1991), så det er ikke muligt med sikkerhed at afvise fejlslagen reproduktion i nyere tid. På den anden side har der siden slutningen af 1970erne været observeret gode rekrutteringer af 0-gruppe rødspætter både på den danske side af Kattegat (se Fig. 6) og på den svenske side (Modin & Pihl 1994). For eksempel blev der i en bugt på Sveriges vestkyst fundet mellem 0,2 – 4,3 individer m^{-2} fra 1977 til 1990, 1,4 individer m^{-2} i 1991 og 10 individer m^{-2} i 1992 (Modin & Pihl 1994), hvilket tyder på gode rekrutteringer af rødspætteyngel.

Faldet i forekomster af I-gruppe rødspætter i begyndelsen af 1980erne er muligvis knyttet til en general habitatændring i hele området langs Kattegats vestkyst. Det betyder, at denne kyststrækning mellem 1,2 og 3,0 m ikke længere spiller en vigtig rolle i rekrutteringen af rødspætter til fiskeriet eller gydebestanden i området. Det er en markant ændring i forhold til perioden 1905-1926, hvor det nordlige Kattegat, defineret som området fra Skagen til Mariager Fjord, var det vigtigste opvækstområde for I-gruppe rødspætter i forhold til de øvrige danske farvande fra Hanstholm i Skagerrak til Østersøen (Bruun 1927). Bruuns (1927) nordlige Kattegatområde dækker Nær- og det nordlige Naboområde i denne undersøgelse. I gennemsnit blev der fanget, hvad der svarer til ca. 10 gruppe-I rødspætter per 10 min. træk med det samme redskab, der anvendes i denne undersøgelse. I periode I i denne undersøgelse var der fortsat gode fangster af I-gruppe rødspætter i området, hvilket tyder på, at det vestlige Kattegat fortsat var et vigtigt opvækstområde for rødspætter frem til omkring 1970erne. Siden 1980erne må rødspættebestanden rekrutteres enten fra dybere vand langs Kattegats vestkyst eller fra andre opvækstområder end det vestlige Kattegat.

Rødspætternes fravær fra Kattegats vestkyst som I-gruppe fisk kan forklares ved, at de ikke længere trækker så tæt ind mod kysten, men opholder sig på dybere vand. Dette kan skyldes miljøfaktorer, som rammer hele området, så som højere vandtemperatur om sommeren eller en øget forekomst af løstsiddende makroalger på lavt vand. Som I-gruppe trækker rødspætteyngel ind mod land om foråret. I et mikrotidevandsområde som Kattegat, benytter de ikke tidevandet som transportmiddel, men snarere vinddrevne strømme, som styrer Kattegats hydrodynamik. Når rødspætteyngel er tæt på kysten, har den en forholdsvis begrænset dybdefordeling med et positivt forhold mellem størrelse og dybde inden for yngelområdets dybdeinterval (Bregnballe 1961, Gibson 1973 og se Figur 18).. De daglige bevægelser ind mod kysten om natten sikrer også, at rødspætteyngel udsættes for en mere eller mindre konstant temperatur og i hvert tilfælde undgår de høje temperaturer i løbet af dagen på de helt lave vanddybder (Gibson 1999). Fødeindtagelse og tilvækst topper hos rødspætteyngel omkring de 20º C, og er lavere både ved højere og lavere temperaturer (Fonds m.fl. 1992). I forsøg med rødspætteyngel er det vist, at de flytter sig i forhold til temperaturen (Zahn 1963), og derfor forventes ynglen at søge mod dybere vand, når temperaturen stiger over 22-25ºC. Ifølge MacKenzie & Schiedek (2007) er sommertemperaturen siden 1980erne steget med gennemsnitlig 1,5ºC, og kystnært på det lave vand kan en temperaturstigning af den størrelse være tilstrækkelig til, at de lavvandede kystnære områder ikke længere er egnede som opvækstområder for rødspætteyngel.

De sidste årtier har en øget tilførsel af kvælstof til de kystnære farvande resulteret i øget forekomst og udbredelse af eutrofieringsbetingede alger (Isaksen & Pihl 1992, Pihl m.fl. 1996, Rosenberg m.fl. 1996). Samtidig med den øgede bentiske biomasse blev der observeret en moderat øgning i dækningsgrad af makrofauna og i biomassen af bevægelige epibentiske organismer, indtil vegetationens dækningsgrad nåede et punkt, hvor dækningen resulterede i et fald i bunddyr tæthed og biomasse (Isaksson 1999). Forekomsten af vegetationen forandrer habitatens struktur og funktion. Dette påvirker forekomsten af bunddyr (fiskeynglens byttedyr), samt forholdet mellem fladfiskene og deres byttedyr, idet fiskenes fødesøgningsadfærd og byttedyrenes tilgængelighed ændres (Nelson & Bonsdorff 1990; Norkko & Bonsdorff 1996, Andersen m.fl. 2005a). Dette påvirker også fiskenes effektivitet i at fange bytte (Aarnio & Mattila 2000). I en undersøgelse af rødspætteforekomster på barbundsområder med og uden alger fandt Wennhage & Pihl (1994) et fald i tætheden af 0-gruppe rødspætter fra 10,0 individer m^{-2} i et område uden alger til 0,5-1,0 individer m^{-2} i et område med alger. Præferencen for barbundsområder forsvandt dog med de større

individer (>5 cm). Det er derfor sandsynligt, at det enten er den ændrede længdefordeling af rødspætteyngel eller den øgede sommertemperatur, der har påvirket fangsteffektiviteten eller forekomsten af fladfiskeyngel i området i det vestlige Kattegat.

I skarvgylp fra årene 1992-1994 blev der kun fundet rødspætter i hvert syvende gylp. Dette kan forklares ved, at skarverne enten foretrækker andre fiskearter (selektiv fødeadfærd), fanger andre fiskearter nemmere end rødspætter, eller at de fanger den art, der er flest af (opportunistisk fødeadfærd). Skarv menes at udvise et opportunistisk valg af fødeemner, hvilket betyder, at indholdet i deres diæt afspejler sammensætningen i fødeudbudet (Leopold m.fl. 1998). I deres undersøgelse i det hollandske Vadehav, fandt de flest rødspætter blandt fladfisk både i skarvernes diæt samt i området. I vores undersøgelse var der i 1992-1994 mange 0- og I-gruppe skrubber, 0-gruppe rødspætter og I-gruppe tunger men nærmest ingen I-gruppe rødspætter. Den mangelfulde forekomst af I-gruppe rødspætter sammenholdt med en opportunistisk fødeadfærd hos skarv kan forklare den forholdsvis lave forekomst af rødspætte i skarvens diæt.

8.5.3 Effekt af prædation på tunger

Forekomster af tungeyngel blev taget med i undersøgelsen som en slags ”kontrol”. De fundne tætheder stemmer overens med forudsigelsen om, at der ikke burde være en sammenhæng mellem tætheden af tunger og antallet af skarver. Tunge er sjældent repræsenteret i skarvgylp i denne undersøgelse, og i en lignende undersøgelse ved Vadehavet blev tunge fundet i færre antal i skarvgylp end forventet ud fra deres forekomst i området (Leopold m.fl. 1998). De er tilsyneladende bedre i stand til at undgå skarvprædation end for eksempel rødspætter og skrubber og kan hænge sammen med, at de generelt er nataktive, hvor de bruger lugtesansen til at lokalisere byttedyr (Groot 1971).

8.6 Fiskeforekomster i forhold til afstand til skarvkolonien

Udviklingen i tætheden af I-gruppe skrubber i Nær- og Naboområderne stemte overens med forudsigelsen om, at skarverne ville udvide deres fødesøgningsområde, fra perioden hvor kolonien var i vækst, til perioden hvor kolonien havde stabiliseret sig på et højt niveau.

I periode III lå skarvkolonien på et højt niveau på omkring 3.500-4.000 reder. Det er sandsynligt, at skarverne da regelmæssigt fløj 20-50 km for at nå attraktive fourageringsområder. Det betyder bl.a., at det er sandsynligt at en del af skarverne, efter at kolonien var vokset til flere end 3.000 reder

(måske før), regelmæssigt fløj til Naboområdet (20-30 km fra Toftesøkolonien) for at søge føde der. Det er ikke sandsynligt, at skarver fløj helt til referenceområdet, som ligger 53-55 km borte, om end det i Holland er registreret, at ungeopfostrende skarver i store kolonier ind imellem kan flyve op til 60 km væk fra kolonien for at nå et attraktivt fødesøgningsområde (S. van Rijn pers. medd.).

8.7 Ændringer i fiskenes længdefordeling.

Vi forventede, at skarverne ville påvirke den andel af bestanden, der var større end 150 mm, fordi skarverne havde mulighed for at fouragere på I-gruppe fisk i omkring tre måneder, fra fiskene ankom til kysten om foråret til togtets gennemførelsestidspunkt. I Hald-Mortensens (1995) undersøgelse åd skarverne fra Toftesø primært skrubber i længdeintervallet 90-310 mm. Ligeledes fandt Leopold m.fl. (1998), at det primært var fisk under 14 cm, der blev spist af skarv. Dette ville betyde, at andelen af større fisk i Nærområdet ville forandre sig i forhold til den totale fiskepopulation i området og i forhold til størrelsesfordelingen i Referenceområdet. For at kunne finde en sådan sammenhæng, skal omfanget af prædation være høj i forhold til bestanden som sådan, og det er kun i enkelte år, især i Periode III, hvor yngelrekrutteringen er forholdsvis lille, at vi finder, at prædationen på skrubbeyngel har været særdeles høj i området. Dette og den store år til år variation kan være årsag til, at vi ikke ser en større nedgang i forekomsten af ”store” skrubber i Nær- og Naboområdet end i Referenceområdet.

9.0 Konklusion

Vi har brugt forskellige metoder til at belyse, hvorvidt Toftesø-skarvernes fortæring af fladfisk i Ålborg Bugt har haft indflydelse på overlevelsen blandt yngel af tunge, rødspætte og skrubbe.

For tunge fandt vi ingen sammenhæng mellem tætheden af yngel og antallet af skarver. Det forventede vi heller ikke, fordi undersøgelser af Toftesø-skarvernes føde viste, at skarverne sjældent fangede tunger.

For rødspætter blev der fanget så få 1-årige i Periode II og III, at det ikke var muligt at teste for, om der var en sammenhæng mellem tætheden af yngel og antallet af skarver. Vi formoder, at de 1-årige rødspætter ikke blev fanget, fordi de opholdt sig på dybere vand, end hvor der blev fisket med

yngeltrawl. Fødeundersøgelsen viste, at Toftesø-skarverne tog rødspætter, men rødspætter blev taget i væsentligt lavere omfang end skrubbe.

For skrubbe fandt vi en sammenhæng mellem antallet af skarver og tætheden af skrubber som stemte overens med det vi forventede, hvis skarverne havde haft en så negativ effekt på overlevelsen af skrubbeyngel, at det ville afspejle sig i tætheden af I-gruppe skrubber. Der var imidlertid store naturlige udsving i de fundne tætheder, og vi kan ikke afvise, at sammenhængen skyldes en tilfældighed.

De andre metoder vi benyttede til at afklare, om skarverne have en betydelig eller ubetydelig indflydelse på overlevelsen blandt skrubbeyngel, tydede på, at skarverne i betydelig grad påvirkede overlevelsen af 1-årige skrubber, især i år, hvor der ikke var en stor bestand af 1-årige skrubber.

Den præcise betydning var vanskelig at opgøre, fordi vore beregninger var forbundet med stor usikkerhed. Eksempelvis kunne vi ikke komme med sikre estimater for antallet af skrubber i området og antallet af skrubber fortæret af skarverne i de enkelte år, foruden de to år hvor vi har sammenfaldende data for både antal skrubbe fortæret af skarv og togtdata. Da estimaterne for størrelsen af skrubbeårgangen ligger i den lave ende for begge disse år, er det muligt at skarvprædationen er underestimeret for årene hvor skrubbeårgangene var store. Spørgsmålet er derfor fortsat, hvor stor en andel af skrubberne skarverne tog, og hvilken effekt det har haft på bestandsniveau.

Med de anvendte metoder fandt vi indicier for:

1) At overlevelsen af I-gruppe skrubber i området indenfor 15 km af skarvkolonien har været påvirket af skarvernes fouragering
2) At overlevelsen af I-gruppe skrubbe i området inden for 20-30 km af skarvkolonien blev påvirket efter at skarvkolonien var blevet stor.
3) At en meget stor andel af skrubbeynglen i området blev ædt af skarver i de år, hvor yngelrekrutteringen var lav.
4) At en ikke ubetydelig andel af skrubbeynglen i området blev ædt af skarver i de år, hvor yngelrekrutteringen var moderat eller høj.
5) At manglende forekomst af I-gruppe rødspætter sandsynligvis ikke skyldes, at de blev ædt

af skarver.

6) At tunge ikke var særlig sårbar over for skarvprædation.

Referencer.

Aarnio, K. & Mattila, J. 2000. Predation by juvenile *Platichthys flesus* (L.) on shelled prey species in a bare sand and drift algae habitat. *Hydrobiologia* **440**, 347-355.

Andersen, A.K. 2004. Redskabskalibrering 2000-2004: Rapport omhandlende fangsteffektivitet af diverse fangstredskaber på juvenile skrubber, *Platichthys flesus*. Intern rapport, marin fiskepleje, DFU.

Andersen, B. S., Carl, J. D., Grønkjær, P. & Støttrup, J. G. 2005a. Feeding ecology and growth of age 0 year *Platichthys flesus* (L.) in a vegetated and a bare sand habitat in a nutrient rich fjord. *Journal of Fish Biology* **66**, 531-552. doi:

Andersen, A. K., Schou, J., Sparrevohn, C. R., Nicolajsen, H. & Støttrup, J. G. 2005b. The quality of a release habitat for reared flounder, *Platichthys flesus*, with respect to salinity and depth. *Fisheries Management and Ecology* **12**, 211-219.

Anon., 2004. Vestlige Kattegat og tilstødende fjorde 2003. Tilstand og udvikling. Nordjyllands Amt og Århus Amt. 112s. *http://www.nja.dk/NR/rdonlyres/ea2lsl2yups6dh3jgo5vif4mqhon2xopqwgxynl2kvzeaf6d5kbcrkgwthbve2pcsudjeujmidujun/KV2003_Tilstand_og_udvikling.pdf.*

Ansell, A.D. & Gibson, R.N. 1990. Patterns of feeding and movement of juvenile flatfishes on an open sandy beach. In: Barnes M., Gibson, R.N. (eds) Trophic relationships in the marine environment. Aberdeen University Press, Aberdeen, 191-207.

Bagge, O., Nielsen, E., Mellergaard, S. & Dalsgaard, I. 1990. Hypoxia and the demersal fish stock in the Kattegat (IIIA) and Subdivision 22. *ICES* **E:4**, 1-52.

Berghahn, R. 1986. Determining abundance, distribution and mortality of 0-group plaice (*Pleuronectes platessa* L) in the Wadden Sea. *J. Appl. Ichthyol* **2**, 11-22.

Berghahn, R. 2001. Estimated intensity needed for sampling flatfish assemblages in reference areas of tidal mud flats systems may be disproportionately costly and deleterious. *J. Sea Res*. **45**, 281-

292.

Beverton, R.J.H. 1995. Spatial limitation of population size; the concentration hypothesis. *Neth. J. Sea Res*. **34**, 1-6.

Bos, A.R. 1999. Aspects of the life history of the European flounder (*Pleuronectes flesus* L. 1758) in the tidal river Elbe. PhD. Dissertation. Hamburg University, Germany.

Bregnballe, F. 1961. Plaice and Flounder as Consumers of the Microscopic Bottom Fauna. *Meddelelser fra Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser* **3**, 133-182.

Bregnballe, T. & Gregersen, J. 1995. Udviklingen i ynglebestanden af Skarv *Phalacrocorax carbo sinensis* i Danmark 1938-1994. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift* **89**, 119-134.

Bregnballe, T. & Rasmussen, T. 2000. Post-Breeding dispersal of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* from Danish breeding colonies. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift* **94**, 175-187.

Bregnballe, T.**,** Frederiksen, M. & Gregersen, J. 1997. Seasonal distribution and timing of migration of Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* breeding in Denmark. *Bird Study* **44**, 257-276.

Bregnballe, T., Rasmussen, P.A., Laursen, K., Kortegaard, J. & Hounisen, J.P. 2001. Regulering af jagt på vandfugle i kystzonen: Forsøg med døgnregulering i Østvendsyssel. *Faglig rapport fra DMU* **363**, 104 s.

Bruun, A.F. 1927. Quantitative investigation of the 0-group and I-group of the plaice, turbot, brill and sole in the Skagerrak, Kattegat and Belt Sea. *Meddelelser fra Kommissionen for Havundersgøelser*, **Fiskeri, VIII, 5**, 30 s.

Bråten, S. & Moth, L. 1999. Juvenile fladfisks fordeling, migration og fouragering i kystnære områder – i relation til bestandsstyrkelse. *DFU-rapport* **64-99**, 86 s.

Burrows, M.T., Gibson, R. N. & Maclean A. 1994a. Effects of endogenous rhythms and light conditions on foraging and predator-avoidance in juvenile plaice. *Journal of Fish Biology* **45**, 171-180.

Burrows, M.T., Gibson, R.N., Robb, L. & Comely, C. 1994b. Temporal patterns of movement in juvenile flatfishes and their predators. Underwater television observations. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*. **177**, 251-268.

Burrows, M.T., Gibson, R.N., Robb, L. & Maclean, A. 2004. Alongshore dispersal and site fidelity of juvenile plaice from tagging and transplants. *Journal of Fish Biology* **65**, 620–634.

Coombs, S.H., Nichols, J.H., Fosh, C. A. 1990. Plaice eggs (*Pleuronectes platessa* L.) in the southern North Sea: abundance, spawning area, vertical distribution, and buoyancy. *J. Cons. Int. Explor. Mer* **47**, 133-139.

Dorel, D., Koutsikooulos, C., Desaunay, Y. & Marchand, J. 1991. Seasonal distribution of young sole (*Solea solea* L.) in the nursery ground of the Bay og Vilaine (northern Bay of Biscay). *Neth. J. Sea Res*. **27**, 297-306.

Edwards, R. & Steele, J.H. 1968. The ecology of 0-group plaice and common dabs at Loch Ewe. I. Population and food. *J. exp. mar. Biol. Ecol*. **2,** 215-238.

Eigaard, O.R., Støttrup J.G. & Hovgård, H. 2000. Udvikling af standard garnserie til brug ved rutinemæssig bestandsanalyse af flad- og rundfisk i marine lavvandede områder. *DFU-report* **78-00,** 42 s.

Eskildsen, J. 2006. Skarver 2006. Naturovervågning. Arbejdsrapport fra DMU nr. 233, 50 s.

Fonds, M. Cronie, R., Vethaak, A.D., Puyl, Pvan der. 1992. Metabolism, food consumption and growth of plaice (*Pleuronectes platessa*) and flounder (*Platichthys flesus*) in relation to fish size and temperature. *Netherlands J. Sea Res*. **29**, 1-3.

Fonselius, S. 1995. *Västerhavet och Östersjöens oceanografi*. Oceanografiske laboratoriet. *SMHI*.

Gibson, R.N. 1973. The intertidal movements and distribution of young fish on a sandy beach with special reference to the plaice (*Pleuronectes platessa* L). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*. **12**, 79-102.

Gibson, R.N. 1994. Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Netherlands Journal of Sea Research* **32**, 191-206.

Gibson, R.N. 1997. Behaviour and distribution of flatfishes. *Journal of Sea Research* **37**, 241-256.

Gibson, R.N. 1999. The ecology of the early life stages of the plaice, *Pleuronectes platessa* L.: a review. *Bull. Tohuku Natl. Fish. Res. Inst*. **62**, 17-50.

Gibson, R.N., Pihl, L., Burrows, M.T., Modin, L., Wennhage, H. & Nickell, L. 1998. Diel movements of juvenile plaice in relation to their predators, competitors, food availability and abiotic factors on a microtidal nursery ground. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. **165**, 145-159.

Gibson, R.N., Robb, L., Wennhage, H. & Burrows, M.T., 2002. Ontogenetic changes in depth distribution of juvenile flatfishes in relation to predation risk and temperature on a shallow-water nursery ground. *Marine Ecology Progress Series* **229**, 233-244.

Grémillet, D., Wilson, R.P., Storch, S. & Gary, Y. 1999. Three dimension space utilization by a marine predator. *Marine Ecology Progress Series* **183**, 263-273.

Groot, S.J. De. 1971. On the interrelationships between morphology of the alimentary tract, food and feeding behaviour in flatfishes (Pisces: pleuronectiformes). *Neth. J. Sea Res*. **5**, 121-196.

Hald-Mortensen, P. 1994. Danske skarvers fødevalg i 1980-erne. *Rapport fra Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen*, 118 s.

Hald-Mortensen, P. 1995. Danske skarvers fødevalg 1992-1994. *Rapport fra Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen*, 386 s.

Hoffmann, E. 2000. Fisk og fiskebestande i Limfjorden 1984-1999. *DFU-rapport* **75**, 35 s.

ICES 1991. Report of the IIIa demersal stocks Working Group. ICES C.M. 1991/Assess.9, 1-129.

ICES 2004. Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group, 13-22 April 2004. ICES CM 2004/ACFM:22.

ICES 2005. Report of the ICES Advisory Committee on Fishery Management, Advisory Committee on the Marine Environment and Advisory Committee on Ecosystems, 2005. *ICES Advice* **6**, 1418 s.

ICES 2007. Report of the Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (WGNSSK), 5–14 September 2006, ICES Headquarters. *ACFM* **35** 1160 s.

Isaksson, I. 1999. *Faunal response to altered benthic vegetation structure in shallow coastal waters*. PhD thesis. Gothenburg University, Sweden.

Isaksson, I. & Pihl, L. 1992. Structural changes in benthic macrovegetation and associated epibenthic faunal communities. *Netherlands Journal of Sea Research* **30**, 131-140.

Kuipers, B.R. 1973. On the tidal migration of young plaice (*Pleuronectes platessa*) in the Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res*. **6**, 376-388.

Leopold, M. F., van Damme, C.J.G., van der Veer, H.W., 1998. Diet of cormorants and the impact of cormorant predation on juvenile flatfish in the Dutch Wadden Sea. *Journal of Sea Research* **40**, 93-107.

Le Pape, O., Chauvet, F., Mahévas, S., Lazure, P., Guérault, D. & Désaunay, Y. 2003. Quantitative description of the habitat suitabililty for the juvenile common sole (*Solea solea* L.) in the Bay of Biscay (France) and the contribution of different habitats to the adult population. *J. Sea Res*. **50**, 139-150.

Lund-Hansen, L.C., Christiansen, C., Jürgensen, C., Richardson, K. & Skyum, P. 1994. *Basisbog i fysisk-biologisk Oceanografi*. G.E.C. Gads Forlag, København.

Lockwood, S.J. 1974. The settlement, distribution and movements of 0-group plaice *Pleuronectes platessa* (L.) in Filey Bay, Yorkshire. *J. Fish Biol*. **6**, 465-477.

Lockwood, S.J. & Lucassen, W. 1984. The recruitment of juvenile plaice (*Pleuronectes platessa* L.) to their parent spawning stock. J. cons. Int. Explor. Mer, 41, 268-275.

Macer, C.T. 1967. The food web in Red Wharf Bay (north Wales) with particular reference to young plaice (*Pleuronectes platessa*). *Helgoländer wiss Meeresunters* **15**, 560-573.

MacKenzie, B.R. & Schiedek D. 2007. Daily ocean monitoring since the 1860s shows record warming of northern European seas. Global Change Biology 13, 1335-1347.

Macquart-Moulin, C., Champalbert, G., Howell, B.R., Patriti, G., Ranaivoson, C. 1991. La relation alimentation-fixation benthique chez les jeunes soles *Solea solea* L. métamorphosées. Evidences expérimentales. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*. **153**, 195-205.

MacCall, A.D. 1990. *Dynamic geography of marine fish populations*. Univ. Wash. Press, Seattle, 1-153.

Modin, J. & Pihl, L. 1994. Differences in growth and mortality of juvenile plaice, *Pleuronectes platessa* L., following normal and extremely high settlement. *Neth. J. Sea Res*. **32**, 331-341.

Muus, B. J., 1967. *The fauna of Danish estuaries and lagoons*. Meddelelser fra Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser. København.

Nelson, W.G., Bonsdorff, E. 1990. Fish predation and habitat complexity: are complexity thresholds real? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **141**, 183-194.

Nielsen, E., Bagge, O. 1985. Preliminary investigations of 0-group and 1-group plaice surveys in the Kattegat in the period 1950-84. *ICES* **G:19**, 34 s.

Nielsen, E., Bagge, O., MacKenzie, B., 1998. Wind-induced transport of plaice (*Pleuronectes platessa*) early life-history stages in the Skagerrak-Kattegat. *J. Sea Res*. **39**, 11– 28.

Nielsen, E., Støttrup, J.G., Heilmann, J., MacKenzie, B.R. 2004. The spawning of plaice *Pleuronectes platessa* in the Kattegat. *Journal of Sea Research* **51**, 219-228.

Norkko, A. & Bonsdorff, E. 1996. Altered benthic prey-availability due to episodic oxygen deficiency caused by drifting algal mats. *Marine Ecology* **17**, 355-372.

Petersen, I.K., Pihl, S., Hounisen, J.P., Holm, T.E., Clausen, P., Therkildsen, O. & Christensen, T.K. 2006. Landsdækkende optælling af vandfugle januar-februar 2004**.** *Faglig rapport fra DMU* **606,** 76 s.

Pihl, L. & Rosenberg, R. 1982. Production, abundance and biomass of mobile epibenthic marine fauna in shallow waters, western Sweden. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*. **57**, 273-301.

Pihl, L. & van der Veer, H.W. 1992. Importance of exposure and habitat structure for the population density of 0-group plaice, *Pleuronectes platessa* L., in coastal nursery areas. *Neth. J. Sea Res*. **29**, 145-152.

Pihl, L., Magnusson, G., Isaksson, I. & Wallentinus, I. 1996. Distribution and growth dynamics of ephemeral macroalgae in shallow bays on the Swedish west coast. *J. Sea Res*. **30**, 169-180.

Pihl, L., Modin, J. & Wennhagen, H. 2005. Relating plaice (*Pleuronectes platessa*) recruitment to deteriorating habitat quality: effects of macroalgal blooms in coastal nursery grounds. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. **62**, 1184-1193.

Rasmussen, F. 2005. Growth and diel patterns of behavior in 0-group European flounder *(Platichthys flesus*) on a shallow nursery ground. Masters thesis, Århus University, 2005

Richardson, K. & Heilmann, J.P. 1995. Primary production in the Kattegat: past and present. *Ophelia* **41**, 317-328.

Riley, J.D. 1973. Movements of 0-group plaice *Pleuronectes platessa* L. as shown by latex tagging. J. Fish Biol. 5, 323-343.

Riley, J.D., Symonds, D.J., Woolner, L. 1981. On the factors influencing the distribution of 0-group demersal fish in coastal waters. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Per. Int. Explor. Mer* **178**, 223-228.

Rosenberg, R., Cato, I., Foerlin, L., Grip, K. & Rodhe, J. 1996. Marine environment quality assessment of the Skagerrak-Kattegat. *Journal of Sea Research* **35**, 1-8.

Sparrevohn, C.R., Nielsen, A. & Støttrup, J.G. 2002. Diffusion of fish from a single release point. *Canadian Journal of Fish and Aquatic Sciences* **59**, 844-853.

Sparrevohn, C.R. & Støttrup, J.G. 2007. Post release survival and feeding in reared turbot. *Journal of Sea Research* **57**, 151-161.

Underwood, A.J. 1992. Beyond BACI: the detection of environmental impact on populations in the real, but variable, world. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **161**, 145-178.

Stewart-Oaten, A., Murdoch, W.W. & Parker, K.R. 1986. Environmental impact assessment: “Pseudoreplication” in time? *Ecology* **67**, 929-940.

Underwood, A.J. 1994. On beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecol. Appl*. **4**, 3-15.

van der Veer, H.W. 1986. Immigration, settlement, density-dependent mortality of a larval and early post-larval 0-group plaice (*Pleuronectes platessa*) population in the western Wadden Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. **29**, 223-236.

van der Veer, H.W. & Bergman, M.J.N. 1986. Development of tidally related behaviour of a newly settled 0-group plaice (*Pleuronectes platessa*) population in the western Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series* **31**, 121-129.

van der Veer, H.W., Berghahn, R. & Rijnsdorp, A.D. 1994. Impact of juvenile growth on recruitment in flatfish. *Neth. J. Sea Res*. **32**, 153-173.

van der Veer, H.W., Berghahn, R., Miller J.M. & Rijnsdorp, A., 2000. Recruitment in flatfish, with special emphasis on North Atlantic species: Progress made by the flatfish Symposia. *ICES J. Mar. Sci*. **57**, 202-215.

van det Veer, H.W. & Witte, I.J. 1993. The 'maximum growth/optimal food condition' hypothesis: a test for 0-group plaice *Pleuronectes platessa* L. in the Dutch Wadden Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 101, 81-90.

Wennhage, H. & Pihl, L. 1994. Substratum selection by juvenile plaice (*Pleuronectes platessa* L): impact of benthic microalgae and filamentous macroalgae. *Neth. J. Sea Res*. **32**, 343-351.

Zahn, M. 1963. Jahreszeitliche Veranderungen der Vorzugstemperaturen von Scholle (*Pleuronectes platessa* Linne) und Bitterling (*Rhodeus sericeus* Pallas). *Verh. Dt. Zoo.l Ges.* **27**, 562-580.

Zijlstra, M. & Van Eerden, M.R. 1995. Pellet production and the use of otoliths in determining the diet of cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*: trials with captive birds. *Ardea* **83**, 123-131.

DTU Aqua-rapportindex

Denne liste dækker rapporter udgivet i indeværende år samt de foregående to kalenderår. Hele listen kan ses på DTU Aquas hjemmeside www.dfu.dtu.dk, hvor de fleste nyere rapporter også findes som PDF-filer.

Nr. 158-06	Østers (*Ostrea edulis*) i Limfjorden. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann
Nr. 159-06	Optimering af fangstværdien for jomfruhummere (*Nephrops norvegicus*) – forsøg med fangst og opbevaring af levende jomfruhummere. Lars-Flemming Pedersen
Nr. 160-06	Undersøgelse af smoltudtrækket fra Skjern Å samt smoltdødelighed ved passage af Ringkøbing Fjord 2005. Anders Koed
Nr. 161-06	Udsætning af geddeyngel i danske søer: Effektvurdering og perspektivering. Christian Skov, Lene Jacobsen, Søren Berg, Jimmi Olsen og Dorte Bekkevold
Nr. 162-06	Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
Nr. 162a-06	Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Bilagsrapport. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
Nr. 163-06	Skarven (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.) og den spættede sæls (*Phoca vitulina* L.) indvirkning på fiskebestanden i Limfjorden: Ecopath modellering som redskab i økosystem beskrivelse. Rasmus Skoven
Nr. 164-06	Kongeåens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af moniteringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
Nr. 165-06	A pilot-study: Evaluating the possibility that Atlantic Herring (*Clupea harengus* L.) exerts a negative effect on lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) in the North Sea, using IBTS-and TBM-data. Mikael van Deurs
Nr. 166-06	Ejstrupholm Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af moniteringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
Nr. 167-06	Blåmuslinge- og Stillehavsøstersbestanden i det danske Vadehav efteråret 2006. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
Nr. 168-06	Tvilho Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af moniteringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.

Nr. 169-07 Produktion af blødskallede strandkrabber i Danmark - en ny marin akvakulturproduktion. Knud Fischer, Ulrik Cold, Kevin Jørgensen, Erling P. Larsen, Ole Saugmann Rasmussen og Jens J. Sloth.

Nr. 170-07 Den invasive stillehavsøsters, Crassostrea gigas, i Limfjorden - inddragelse af borgere og interessenter i forslag til en forvaltningsplan. Helle Torp Christensen og Ingrid Elmedal.

Nr. 171-07 Kystfodring og kystøkologi - Evaluering af revlefodring ud for Fjaltring. Josianne Støttrup, Per Dolmer, Maria Røjbek, Else Nielsen, Signe Ingvardsen, Per Sørensen og Sune Riis Sørensen.

Nr. 172-07 Løjstrup Dambrug (øst) - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af moniteringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.

Nr. 173-07 Tingkærvad Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af moniteringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.

Nr. 174-07 Abildtrup Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoreringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard.

Nr. 175-07 Nørå Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af moniteringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard.

Nr. 176-07 Rens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af moniteringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.

Nr. 177-08 Implementering af mere selektive og skånsomme fiskerier – konklusioner, anbefalinger og perspektivering. J. Rasmus Nielsen, Svend Erik Andersen, Søren Eliasen, Hans Frost, Ole Jørgensen, Carsten Krog, Lone Grønbæk Kronbak, Christoph Mathiesen, Sten Munch-Petersen, Sten Sverdrup-Jensen og Niels Vestergaard.

Nr. 178-08 Økosystemmodel for Ringkøbing Fjord - skarvbestandens påvirkning af fiskebestandene. Anne Johanne Dalsgaard, Villy Christensen, Hanne Nicolajsen, Anders Koed, Josianne Støttrup, Jane Grooss, Thomas Bregnballe, Henrik Løkke Sørensen, Jens Tang Christensen og Rasmus Nielsen.

Nr. 179-08 Undersøgelse af sammenhængen mellem udviklingen af skarvkolonien ved Toftesø og forekomsten af fladfiskeyngel i Ålborg Bugt. Else Nielsen, Josianne Støttrup, Hanne Nicolajsen og Thomas Bregnballe.