

Drift og fiske sygdomme i modeldambrug

Master Management System

Projektet er støttet af Fødevareministeriet og EU
gennem FIUF programmet Juni 2008



Dansk Akvakultur



Indhold

1.	Deltagere	2
2.	Indledning	3
3.	Foder og produktion	4-9
4.	Renseforanstaltninger, opiltning og udfodring	10-13
5.	Veterinære forhold	14-24
6.	Økonomi	25
7.	Diskussion og konklusioner	26-28
8.	Referencer	29
Bilag 1: KU-LIFE		30-37
Bilag 2: DTU Aqua		38-40
Bilag 3: Veterinærinstituttet		41-43

Denne rapport er udarbejdet af Niels Henrik Henriksen, Kaare Michelsen og Lisbeth Jess Plesner fra Dansk Akvakultur med input fra de deltagende parter.

Deltagere ⁽¹⁾

Styregruppe:

Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet (DTU Aqua): Helge A. Thomsen (formand), Inger Dalsgaard

Det Biovidenskabelige Fakultet, Afdeling for veterinær patologi, Sektionen for fiskesygdomme, Københavns Universitet (KU-LIFE): Kurt Buchmann

Veterinærinstituttet (Vet-Inst): Niels Jørgen Olesen,

Danmarks Miljø Undersøgelser (DMU): Lars M. Svendsen,

Dansk Akvakultur (DA): Brian Thomsen

Ejstrupholm Dambrug: Jens Jensen

Projektleder: Lisbeth Jess Plesner (Dansk Akvakultur)

Derudover har følgende deltaget i projektet:

Abild Dambrug, Ejstrupholm Dambrug, Kongeåens Dambrug, Løjstrup Dambrug, Nørå Dambrug, Rens Dambrug, Tingkærvad Dambrug og Tvilho Dambrug

Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet (DTU Aqua): Lone Madsen, Morten Sichlau Bruun og Per Bovbjerg Pedersen

Det Biovidenskabelige Fakultet, Afdeling for veterinær patologi, Sektionen for fiskesygdomme, Københavns Universitet (KU-LIFE): Thomas Bjerre Larsen, Thomas Jørgensen, Isam Saeed

Dansk Akvakultur (DA): Niels Henrik Henriksen, Kaare Michelsen

Indledning (2)

Sideløbende med et 2-årigt måle- og dokumentationsprojekt udarbejdet af DTU Aqua og DMU, er der kørt et Master Management System (MMS) Projekt, hvor der er fokuseret på de driftsmæssige og veterinære forhold på de 8 modeldambrug (Model 3) også i en toårig periode. Driften og de veterinære forhold på dambrug med en høj grad af recirkulering er på mange områder vidt forskellig fra driften på traditionelle anlæg (gennemstrømningsanlæg). Formålet med MMS projektet var blandt andet at belyse nogle af disse forskelle og at hjælpe nuværende og nye modeldambrugere med omstillingen til drift af recirkulerede anlæg.

I denne rapport er der forsøgt at se på tværs af anlæggene, således de opnåede resultater i projektet kan sammenlignes og vigtigste problemstillinger erkendes.

Der er af KU-LIFE, DTU Aqua og DTU Veterinærinstituttet regelmæssigt blevet overvåget for parasitter, bakterier og virus i perioden september 2005 – august 2007. Langt de fleste af de refererede data stammer fra denne periode, men der vil dog også indgå data og erfaringer fra både før og efter denne periode.

Der er i forbindelse med projektet afholdt en kursusrække over drift og veterinære forhold, samt udarbejdet en række driftsorienteringer. Driftsorienteringer og kursusmateriale kan ses på

www.danskakvakultur.dk

Projektet er støttet af Fødevareministeriet og EU gennem FIUF programmet.



Foder og produktion ⁽³⁾

Foder

8 modeldambrug	I alt (tons)
Foderkvote før omlægning	1.649
Foderkvote efter omlægning	3.388
Min/max foderkvote pr. anlæg efter omlægning	128 - 876
Forbrugt foder, 1/9 2005 – 31/8 2006	2.708 (80 % af kvoten)
Forbrugt foder, 1/9 2006 – 31/8 2007	3.112 (92 % af kvoten)

Tabel 1: Foderbrug på modeldambrug (kilde DTU-Aqua + dambrugere)

De nye anlæg blev løbende taget i brug i perioden efteråret 2004 til sommeren 2005. Erfaringen har vist, at man må forvente en betydelig overgangperiode til at opstarte nye anlæg. Fuld produktion opnås kun sjældent på det enkelte anlæg indenfor de første 2 år efter omlægningen.

Produktion

8 modeldambrug	I alt (tons)	Foderkvotient		
		Total	Gennemsnit af de 8 anlæg	Laveste / højeste
1/9 2005 til 31/8 2006	3.042	0,89	0,90	0,83 / 0,99
1/9 2006 til 31/8 2007	3.544	0,88	0,91	0,75 / 1,10
Hele måleperioden	6.586	0,88	0,91	0,80 / 1,05

Tabel 2. Produktionen på modeldambrug opgjort som salg af fisk + mængden af døde fisk fratrukket mængden af indsatte fisk.

Foderkvotienten ligger i både første og andet måleår stabilt på ca. 0,9 når man kigger på anlæggene samlet. Dette dækker dog over en vis variation mellem anlæggene, hvor der især i andet måleår er stor forskel mellem de anlæg, som har opnået den laveste og højeste foderkvotient. Baggrunden for denne forskel er svær at belyse, da driften har været meget forskellig fra anlæg til anlæg. Her kan eksempelvis nævnes anvendelsen af forskellige fodertyper, opdræt af forskellige fiskestørrelser, forskellige udfodringsystemer, udfodringsstrategi, anlæg udformninger og forskellig management.

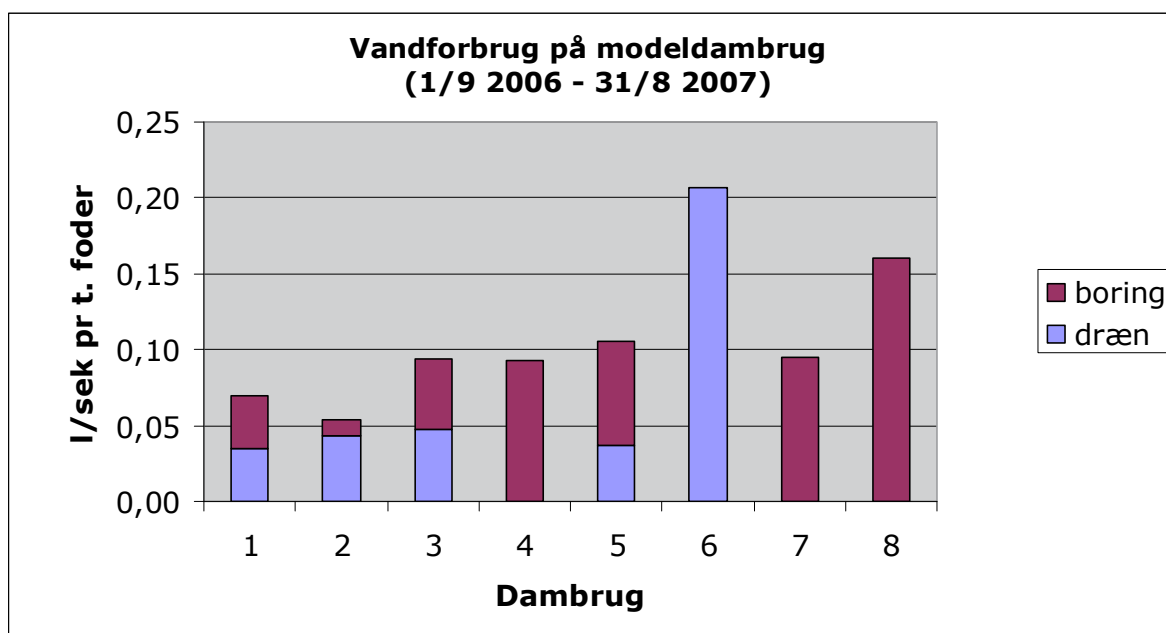
Vandforbrug

Alle modeldambrugenes vandforbrug er baseret på enten borevand, drænvand eller en kombination heraf.

8 modeldambrug	Vandforbrug	
	Gennemsnitligt forbrug (l/sek. pr. tons forbrugt foder)	Laveste og højeste forbrug (l/sek. pr. tons forbrugt foder)
1/9 2005 til 31/8 2006	0,15	0,10 – 0,22
1/9 2006 til 31/8 2007	0,11	0,05 – 0,21

Tabel 3. Vandforbrug på modeldambrug.

Samlet set har vandforbruget, set i forhold til det anvendte foder, været faldende siden opstarten. Fordelingen mellem borevand og drænvand på det enkelte anlæg afhænger primært af jordbundsforholdene. Nedenstående er der vist fordelingen af vandforbruget på de enkelte anlæg i perioden sept. 2006 til aug. 2007.

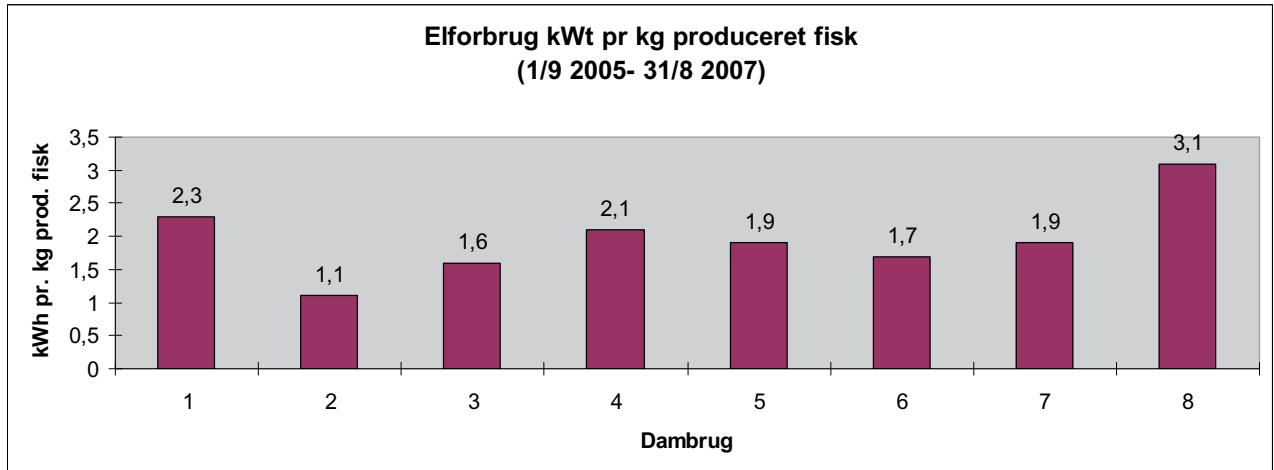


Figur 1: Vandforbrug på modeldambrug opdelt i dræn og boringsvand.

Vandforbruget varierer blandt andet i forhold til vandkvaliteten, produktionen, størrelsen af de producerede fisk og udnyttelse af anlæggets kapacitet.

Elforbrug

Gennemsnitligt elforbrug for anlæggene er i perioden 1/9 2005 – 31/8 2007: 2,0 kWh pr. kg produceret fisk.



Figur 2: Elforbrug på dambrugene kWh pr. kg produceret fisk

Elforbruget varierer en del mellem anlæggene, hvilket bl.a. skyldes, at der på flere af anlæggene bruges strøm til øvrige aktiviteter. På anlæg 1 og 8 indgår der således også el anvendt i kummehus. Gennemsnits forbrug for anlæg (2, 3, 4, 5, 6 og 7) uden indregnet el til kummehus er 1,7 kWh pr. kg produceret fisk.

Temperatur i produktionsvandet

Vandtemperaturen i opdrætsvandet er af helt afgørende betydning for hvordan produktionen kan foregå på de enkelte anlæg. Udfodringsintensitet, tilvækst og sygdomsudbrud er blot nogle af de faktorer, der er stærkt relateret til vandtemperaturen. Anlæggene er konstrueret således, at temperatur svingninger over døgnet er relativt begrænset (ofte få grader), mens svingningerne over året helst skal være sådan, at helt lave vintertemperaturer undgås, samtidig med at sommertemperaturen holdes under et acceptabelt niveau.

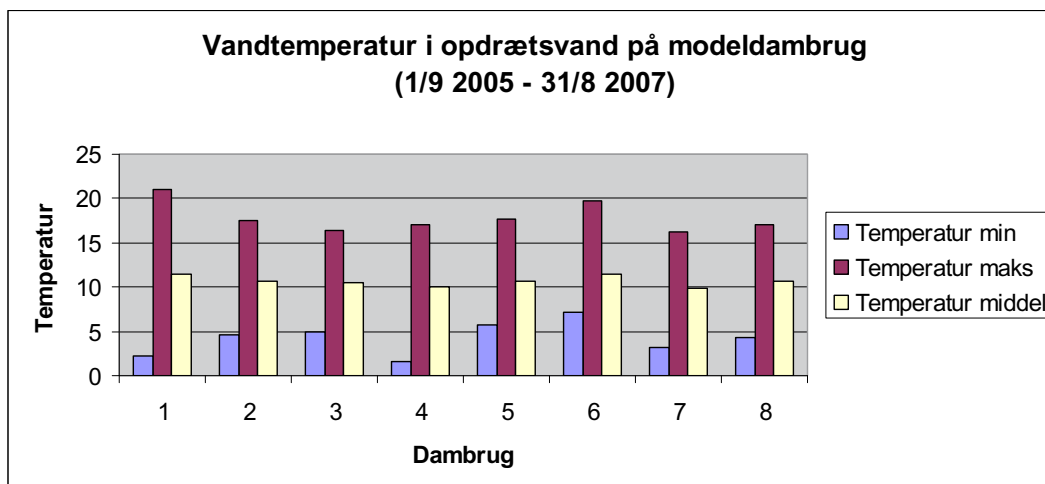
Målte data fra DTU Aqua suppleret med enkelte data fra dambrugere:

8 modeldambrug	Vandtemperatur i opdrætsvand (°C)			
	Gennemsnitlig middel temp.	Gennemsnitlig minimums temp.	Gennemsnitlig maksimums temp.	Laveste / højeste målte temp.
1/9 2005 - 31/8 2006	10,1	4,7	16,9	2,3 / 17,6
1/9 2006 - 31/8 2007	10,9	5,0	17,2	1,6 / 21,0
Hele måleperioden	10,6			

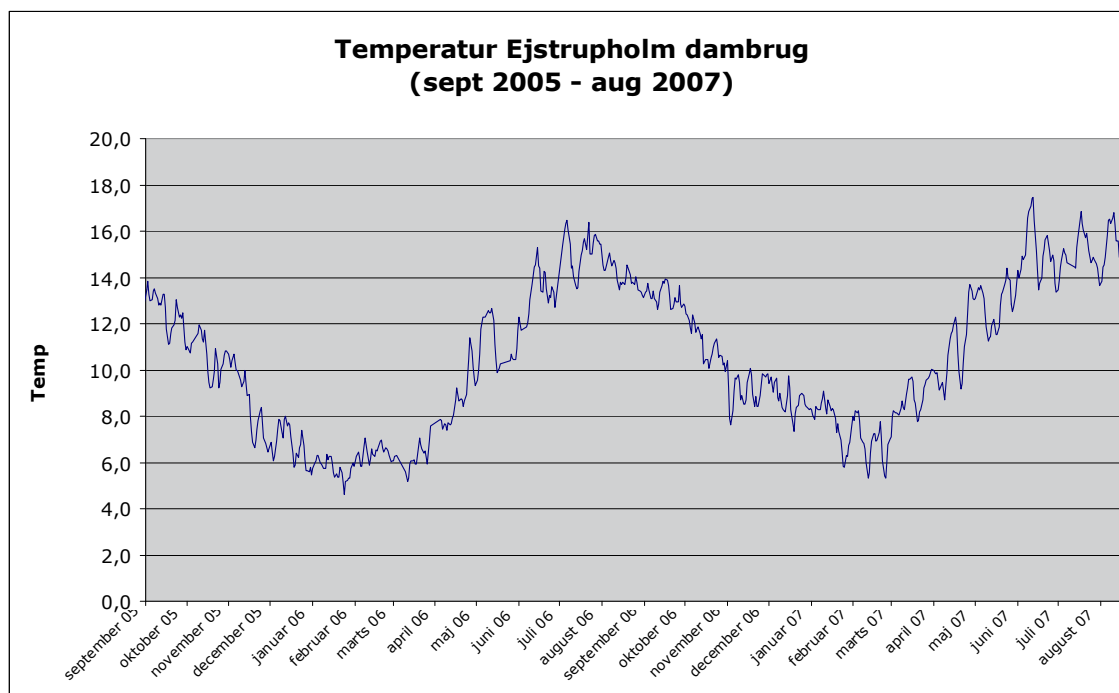
Tabel 4. Vandtemperatur i opdrætsvandet på modeldambrug

De målte temperaturer varierer forholdsvis lidt mellem anlæggene. Forhold som geografisk placering, solindfald, vandforbrug, anlægskonstruktion, borevand kontra drænvand har dog alle medvirket til mindre forskelle i de registrerede vandtemperaturer.

Anlæggene har under måleperioden både været udsat for kold vinter (januar og februar 2006) og en meget varm sommerperiode (2006) uden at der er konstateret kritiske forhold. Nedenstående ses en typisk temperaturkurve fra enkeltstående modeldambrug (Ejstrupholm Dambrug).



Figur 3: Vandtemperatur på de enkelte modeldambrug



Figur 4: Temperatur i produktionsvandet på Ejstrupholm Dambrug

pH

pH er rimelig stabil på de enkelte anlæg, men varierer dog mellem anlæggene (6,7 – 7,5) alt efter vandindtagets surhedsgrad. Der er her primært anvendt data fra dambrugernes egne pH målinger fra produktionsanlæggene. Kalkning af indløbsvandet har været nødvendig på 3 af de 8 anlæg.

Ammoniak / nitrit / CO2

I recirkulerede dambrug med reduceret vandudskiftning er der risiko for ophobning af især ammoniak, nitrit, nitrat og CO2. Alle disse stoffer er over visse koncentrationer potentielt giftige for fisk. I modeldambrugene er vandudskiftningen dog normalt så stor, at kun ammoniak, nitrit og CO2 rent teoretisk kan blive et problem i opdræt af regnbueørreder.

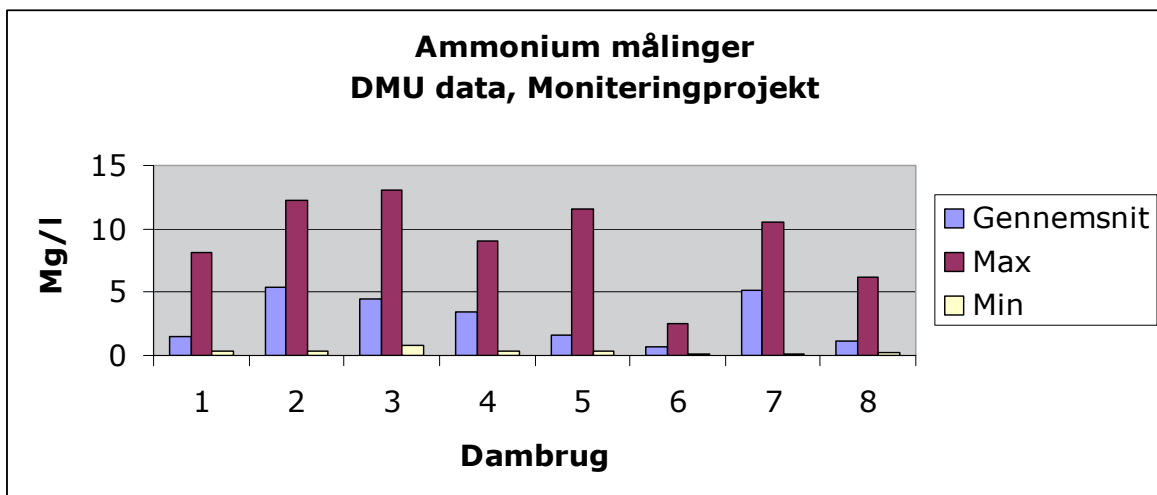
Ophobningen af ammoniak, nitrit og CO2 i modeldambrugene afhænger primært af udfodringen, biofiltrets kapacitet og funktion samt af vandudskiftningen.

Måling af ammoniak og nitrit indgår ikke i normal drift på traditionelle dambrug, og på den baggrund viste det sig vanskeligt, at introducere en regelmæssig overvågning ved overgangen til modeldambrugsdriften. Efterhånden udføres der dog tjek af koncentrationerne i opdrætsvandet mindst 1 gang ugentlig på næsten alle anlæg.

Ammoniak / ammonium

Ammoniak kan ikke måles direkte og må derfor udregnes via målte ammonium koncentrationer, sammenholdt med vandets temperatur og pH.

Ammonium-koncentrationer i opdrætsvandet er under projektet målt enten gennem DMU i forbindelse med måle og dokumentationsprojektet eller af dambrugerne selv.



Figur 5: DMU data (målinger hver 14 dag gennem en 2 årig periode).

Ammonium (DMU data)	Målte værdier i perioden forår 2005 – efterår 2007 (mg/l)
Gennemsnit af middelkoncentrationen	2,9
Gennemsnit af maksimums koncentrationer	9,1
Gennemsnit af minimums koncentrationer	0,3
Højeste målte koncentration	13,1

Tabel 5: Ammonium koncentrationer målt af DMU på alle anlæg.

Data fra DMU er sammenlignet med data fra dambrugernes egen målinger. Der er en pæn overensstemmelse mellem tallene. Dette på trods af dambrugene har anvendt forskelligt måleudstyr og har haft meget forskellige rutiner for målingerne. Der har på dambrugene således været anvendt metoder gående lige fra simple sticks til mere avancerede fotometriske målinger. Generelt må det konkluderes, at alle de anvendte testmetoder har været brugbare. Prisen for den enkelte prøve kan dog variere en del afhængig af metode.

Ved de givne pH-værdier og temperaturer har der ikke været konstateret niveauer for ammoniak over den i litteraturen generelt angivne kritiske øvre grænse for regnbueørreder på 0,025 mg/l (eksempelvis Jon From 1993). Dette trods intensiv produktion, opstart af biofiltre og anvendelse af forskellige hjælpepestoffer, som potentielt har kunnet påvirke biofiltret negativt.

På enkelte anlæg var der især i sommeren 2006 relativt høje ammonium værdier (op til 15 mg/l). Ved justering af beluftningen i biofiltrene blev problemet dog generelt afhjulpet.

Der er således ikke registreret akut dødelighed, som følge af ammoniak forgiftning. En evt. nedsat tilvækst, nedsat immunforsvar eller øvrige negative påvirkninger af fiskene (eksempelvis skader på gællerne) ved de konstaterede niveauer er dog endnu uafklaret.

Nitrit

Nitrit indholdet i produktionsvandet er under forsøget udelukkende blevet målt af dambrugerne. Frekvensen af nitrit målingerne har ligesom for ammoniummålingerne været meget forskellig mellem anlæggene. Nogle har regelmæssigt målt 1-2 gange ugentlig, mens andre anlæg kun har få målinger gennem året. Dambrugerne har anvendt forskellig prøvetagningsfrekvens, forskelligt udstyr og forskellige rutiner for målingerne. Alle afprøvede målemetoder har fungeret tilfredsstillende.

Dambrugernes målinger viser typisk et indhold fra 0,25 – 1 mg/l.

Nitrit er i større mængder giftig for ørreder. Ifølge Jon From (1993) vil der for ørreder optræde væksthæmning ved 0,01 mg/l og forgiftning ved 0,2 mg/l. Erfaringen viser dog, at værdier helt op til 10 mg/l ikke nødvendigvis udløser akut dødelighed. Nitrits giftvirkning i fisken foregår ved at iltoptagelsen hæmmes. Måske bevirker modeldambrugenes relativt konstant høje iltindhold i opdrætsvandet at nitrit ikke har den forventede negative akutte effekt. Kroniske effekter er stadig uafklarede.

Der har enkelte gange været konstateret niveauer over 10 mg/l. I disse tilfælde er der konstateret øget dødelighed i anlægget. Når problemet erkendes, bliver der tilsat salt (NaCl), som i selv forholdsvis små mængder, begrænser nitrits giftighed overfor fisken.

CO₂

I recirkulerede anlæg er der risiko for, at CO₂-niveauet i vandet kan blive så højt, at det påvirker fiskene negativt. Især i anlæg, som anvender rent ilt, er risikoen stor. På 7 af de 8 modeldambrug blev der ikke anvendt rent ilt, idet opiltningen af vandet udelukkende sker ved airlifte, altså indløsning af atmosfærisk luft under tryk i en vis vanddybde. Denne metode udlufter CO₂, men det var, før projektet blev påbegyndt, ukendt hvilke niveauer, som modeldambrugs produktionen ville give anledning til. Der blev derfor indkøbt udstyr til måling af niveauerne. Ved måling foretaget af Dansk Akvakultur i produktionsvandet på forskellige modeldambrug blev det vist, at niveauerne i opdrætsvandet er fra 5- 20 mg/l.

I ét enkelt tilfælde blev der dog målt højere værdier (25-30 mg/l). Efterfølgende blev det anbefalet at tilsætte hydratkalk, for at øge alkaliniteten og dermed vandets buffer egenskaber. Dette medførte øjeblikkelig et fald til ca. 10 mg/l. I litteraturen er der ikke enighed om, ved hvilke niveauer regnbueørreder påvirkes negativt, men flere steder angives, at værdier under 15 – 20 mg/l (blandt andet Fivelsted 1999, Svobodová 1991) skulle være acceptabelt, dog afhængig af fiskestørrelsen. Mindre fisk er mere følsomme end større fisk overfor forhøjede CO₂ værdier.

Renseforanstaltninger, opiltning og udfodring ⁽⁴⁾

For yderligere oplysninger om effekt af renseforanstaltninger mm. henvises til rapporter fra måle- og dokumentationsprojektet udført af Danmarks Miljøundersøgelser og DTU Aqua.

Biofiltre

Specielt i det første driftsår opnåede flere af modeldambrugene ikke den samme rensning for ammonium, som set i projektet "Vandrensning på dambrug", idet ammoniumkoncentrationen i lange perioder lå højt og væsentlig over det forventede. Dette kan blandt andet tilskrives problemer, der er forbundet med manglende beluftning af filtre og opskalering af forsøgsanlæg med filterkamre på 0,5 – 1 m³ til produktionsanlæg med filterkamre på op til ca. 50 m³. De små filterkamre er betydelig lettere at håndtere med henblik på en jævn og stabil ilttilførsel til hele filterfyldningen. Ligeledes er oprensningen af små filtre enklere end store filtre.

De til tider høje ammoniumniveauer har medført en række forsøg med skylleprocedurerne for filtrene og beluftning m.m., idet forholdet ud over det miljømæssige aspekt også i høj grad har en driftmæssig interesse. Det ser ud til, at en øget beluftning af de faste filtre kan stabilisere ammoniumniveauet i opdrætsanlæggene til 0,6 – 4 mg/l i sommerperioden. Da iltniveauet ud af filtrene ligger på et teoretisk gunstigt niveau for ammonium omsætning, indikerer den bedre funktion ved øget beluftning, at der er et iltfordelingsproblem i de opskalerede filterkamre. Der dannes sandsynligvis kanaler, hvori vandet passerer, mens resten af filtret "gror" fast og isoleres fra vandflowet. Herved vil dele af filtrene have en uudnyttet omdannelseskapacitet for ammonium, som aktiveres ved større iltspændinger og en øget turbulens i filterfyldningen. Dette understøttes af, at filtrene tilsyneladende virker bedst i kolde perioder, hvor bakteriernes omdannelseskapacitet teoretisk skulle være lav, medens vandets iltindhold er højt.



At ammoniumomsætningen på nogle dambrug afveg fra de øvrige modeldambrug kan ligge i de mindre forskelle i filterkonstruktionen, som faktisk foreligger. Der er dog en tendens til, at ammoniumkoncentrationen også har fulgt anlæggenes forbrug af foder.

På ét dambrug er der tale om relativt små filterkamre, medens kontakt- og biofiltrene på et andet dambrug er placeret i separate bassiner. På syv af de involverede dambrug er filtrene sammenbyggede. Heraf er biofiltrene på

to dambrug indrettet som bevægeligt medie filtre. Anlægget med separate kamre for kontakt- og biofiltre har klart været det bedste af de faste filtre med hensyn til returskylning. Der bruges mindre vand, og kontrollen med skylleproceduren er sikrere. Anlægget har også været mellem de bedste, når det gælder stabiliteten i ammoniumomsætningen.

De fleste anlæg har haft forbigående problemer med biofiltrene, der med rimelig sikkerhed kan henføres til foderleverancer med svingende kvalitet. Ved opdræt med recirkulering over biofiltre, er der således en ekstra grund til sikre en foderleverance med en stabil og høj fordøjelighed. Hvorvidt brugen af hjælpestoffer har påvirket biofiltrene negativt eller positivt er ikke afklaret.



På to anlæg har der været specielle problemer med omsætningen af nitrit til nitrat.

Forholdet gav anledning til en ustabil tilvækst i besætningen, og efter alt at dømme var det ligeledes medvirkende til en uacceptabel dødelighed. Dette kunne relateres til en lav alkalinitet i opdrætsvandet. Installation af udstyr til kontinuerlig tilsætning af hydratkalk til opdrætsenhederne, stabiliserede nitritomsætningen.

Der har ved flere lejligheder været en tendens til et højt trykfald over filtrene i de to anlæg, hvor biofilteret er indrettet med bevægeligt filtermedie. Tendensen til tilstopning af filtrene ligger ikke i selve kontaktfileret eller biofilteret, men skyldes begroning af et plastiknet, som adskiller de to filtre. Denne adskillelse findes også i filtre bestående af en kombination af kontakt- og faste filtre. Da filteret med bevægeligt medie ikke stopper til og den hydrauliske kapacitet i kontaktfileret er stor, er det umiddelbare behov for returskylning af filtrene lavt. I forhold til biofiltre med fast fyldning giver dette anledning til kortere skyllesekvenser og dermed en ringere rensning af plastiknettet. En løsning kan være periodevis kraftig beluftning af filtrene uden skyllevandsudtag.

Der har været en tendens til, at anlæggene indrettet med bevægeligt medie i biofiltrene har haft flere driftsproblemer end anlæg med faste filtre. Det kan ikke udelukkes, at disse problemer kan tilskrives filtrenes konstruktion. Filtrene med bevægeligt medie er placeret i 3 delvist serieforbundne sektioner med bundindløb fra et fælles forlag, der udgøres af kontaktfileret. Dette indebærer en ikke ubetydelig risiko for, at hovedparten af afløbsvandet fra kontaktfileret går til den sidste afdeling af filteret med bevægeligt medie, der ligger umiddelbart før udløbet til afløbskanalen. Er dette tilfældet bliver belastningen og dermed udnyttelsen af de to første filtersektioner for lav.

Mikrosigter

To af de otte anlæg under forsøgsordningen blev bygget med supplerende rensning ved hjælp af mikrosigter.

I løbet af forsøgsperioden har yderligere tre dambrug suppleret vandrensningen med mikrosigter. Disse dambrugs egenkontrol med den interne vandkvalitet viser ingen signifikant ændring af vandkvaliteten i anlæggene som følge af den foretagne ændring.

Etableringen af mikrosigter har imidlertid ændret driftsforholdene på flere områder. Ved returskylning af biofiltrene er der observeret en markant nedgang i den bortskyllede slammængde, og skylningen

foregår nemmere og med mindre vand end før etableringen af sigterne. Slam i sigternes spulevand fældes i tyknerne placeret ved hvert anlæg. Herved undgås overførsel af spulevand fra sigterne til slamdepotet, idet der kun overføres opkoncentreret slam fra tyknerne til slambassinerne. Samlet reducerer dette den hydrauliske belastning af slambassinerne.

Overførsel af en øget mængde omsat slam fra mikrosigterne og mindre delvist mineraliseret slam fra biofiltrene har ændret karakteren af slammet i slambassinerne. Ændringen af slammet må betegnes som negativ, da tørstofindholdet i det aflejrede slam er reduceret.

Selv om der ikke kan registreres signifikante ændringer i opdrætsanlæggenes vandkemi efter installation af sigterne, har disse medført en mærkbar forøgelse af anlæggenes produktionskapacitet.

Driften af mikrosigterne giver en øgning af dambrugenes elforbrug på ca. 2,5 kW pr. sigte.

Slamkegler

I seks af anlæggene er der etableret slamkegler udført i glasfiberarmeret plast eller rustfast stål. Keglerne er placeret før beluftsanlæg og før biofiltre. De tømmeres via standrør og disse kegler har fungeret problemfrit. Der er dog tætningsproblemer ved keglerne udført i rustfast stål, idet der kan sive vand forbi tætningerne, hvilket må tilskrives problemer opstået under fremstillingen af keglerne. Ved svejsning af rustfast stål er det noget nær umuligt at undgå formforandringer i materialet. Problemet med den manglende tæthed i lukkemekanismen klares ved manuel styring af slampumpen.

Et anlæg er også forsynet med slamkegler mellem belufterenhederne. Disse er forsynet med en rist lagt i plan med kanalbunden, og tømningen sker ved med snoretræk til en betonprop med gummitætning. Dette system gav indledningsvis anledning til problemer og systemet er generel ikke så vel-fungerende som brugen af standrør.

Et anlægs slamkegler er udført som en dobbelt V-formet rende i beton med huller i bunden til ud-sugning af slam. Rensningen foregår ved åbning af en ventil i et fælles afløbsrør for hver rende. Der er for nuværende ikke belæg for at skelne effektiviteten af dette system fra anlæg med traditionelle slamkegler. Betjeningsmæssigt er systemet mere enkelt.

Et anlægs slamfang er udført som en rektangulær rende i beton efter dambrugssets riste. Rensningen foregår ved "slamsugning". Der er for nuværende ikke belæg for at skelne effektiviteten af dette system fra anlæg med traditionelle slamkegler. Betjeningsmæssigt er systemet mere krævende.

Ved siden af den interne omsætning i biofiltrene er slamkeglerne den væsentligste kilde til stoffjernelse fra anlægget. Samtidig er stofkoncentrationen i det afledte vand væsentlig højere end stofkoncentrationen i skyllevandet fra biofiltrene.

Slamanlæg

Seks anlæg fælder slam i serieforbundne jordbassiner med plastmembran, medens to anlæg har etableret gyllebeholdere i beton. Med hensyn til stoftilbageholdelsen ses der ingen entydig forskel på de to anlægstyper.

Indledningsvis har der været en række problemer med slamanlæggene. Blandt disse har genopløsning og resuspendering af udskilt slam samt manglende hydraulisk kapacitet i returledningen været de væsentligste. Fældning med aluminiumklorid og hydratkalk har på nogle anlæg reduceret tilbageførslen af suspenderet stof og fosfor til lagunen. Udskiftning af vandure og en omhyggelig tilrettelæggelse af filtrenes skylning samt tømningen af slamkeglerne har fjernet eller reduceret de hydrauliske problemer. En væsentlig forudsætning for anlæggenes drift er en tilstrækkelig hyppig overførsel af slam til depot eller udkørsel.

Slam fra de primære slamanlæg overføres ofte til depot. Disse er generelt ikke tilstrækkelig store til, at der kan foretages en kompostering af slammet, og omsætningen af slammet i depoterne er beskedent. Afvanding af slammet i depotet fremmes ved indblanding af hydratkalk. Lugten fra det overpumpe slam begrænses samtidig væsentligt ved indblanding af hydratkalk under overpumpningen fra slamfældning til depot. Optimal pH = 10 – 11 svarende til ca. 0,5 kg hydratkalk pr. m³ slam.

Forår og efterår afhændes der slam til jordbrugsformål, medens der i den øvrige del af året overføres slam til biogasanlæg fra flere anlæg.

Selv om driften af slamanlæggene er forbedret over det første års drift, er der stadig udestående problemer. Af disse er de væsentligste stoftilbageførslen til plantelagunen (ammonium, fosfor og COD) og et lavt tørstofindhold i det fraseparerede slam.

Ved hyppig overpumpning kan en kontinuerlig beluftning af slammet reducere slamvoluminet og bedre afvandingsegenskaberne. Det vil herudover være muligt, at koncentrere slammet mekanisk ved overpumpning fra fældningsanlæg til depot ved brug af f.eks. sibånd. Metoden kræver tilsætning af såkaldte polymerer for at opnå en tilstrækkelig afvanding.

Stoftilbageførslen til plantelagunen kan begrænses, hvis der etableres ekstra rensning ved udløb af slambehandlingsanlægget vha. et kontakt/biofilter, hvor ammonium og organisk stof kan omsættes og fosfor frarenses. DTU Aqua har igangsat et projekt, hvor denne mulighed undersøges.

Airlifte

Der er ikke konstateret væsentlige problemer med driften af anlæggenes beluftningsanlæg. Iltilførslen samt vandtransporten har været i overensstemmelse med forventningerne. Det har dog i perioder været nødvendigt, at supplere lufttilførslen efter de faste biofiltre. For denne filtertype giver dette anledning til fremover, at sikre en ekstra beluftningskapacitet ved den første belufter efter biofilteret.

Udfodringsystemer

Fem anlæg benytter traditionelle selvfodringsautomater, medens tre anlæg er indrettet med computerstyrede fuldautomatiske fodringsanlæg, hvor foderet ledes til de enkelte opdrætsenheder med luft via et rørsystem.

Hvor de traditionelle selvfodringsautomater fyldes en til to gange om dagen, kan de fuldautomatiske anlæg indrettes til et vilkårligt antal fodringer pr. dag. Den kendsgerning, at flere små udfodringer over døgnet giver en bedre foderudnyttelse end én stor udfodring, taler til fordel for fuldautomatisk fodring. I praksis er forskellen imidlertid ikke så entydig, idet fyldning af selvfodringsautomaterne to gange pr. døgn, i de aktuelle intensive systemer, ofte tillader fiskene at indtage foder næsten kontinuerligt.

Erfaringerne fra de tre anlæg med fuldautomatisk fodring er da heller ikke ens. På det ene anlæg findes foderudnyttelse og tilvækst på ingen måde bedre end set ved selvfodringsautomater, medens de to andre anlæg finder, at der er en gevinst, specielt på tilvæksthastigheden, ved brug af fuldautomatisk fodringsanlæg.

Når der dagligt anvendes store mængder foder, er der en klar arbejdsmæssig besparelse ved fuldautomatisk fodring, og systemer af denne art må forventes at få øget udbredelse i takt med, at udviklingen går mod færre og større opdrætsenheder.

Veterinære forhold ⁽⁵⁾

Døde fisk

Under forsøgsperioden er der på de enkelte anlæg registreret den daglige dødelighed af fisk. Dødeligheden kan opgøres på mange måder, men nedenstående er det valgt at opgøre dødeligheden som procent af produktionen.

Gennem forsøget er der flere gange fundet, at "driftsuheld" har krævet betydelige mængder døde fisk. Derfor er det i opgørelsen opgjort, hvor stor en del døde fisk fra driftsuheld udgør. Betegnelsen "sygdom" dækker over alle andre døde fisk.

Døde fisk (% af produktion)		Dambrug								
		1	2	3	4	5	6	7	8	Middel
1/9 2005 – 31/8 2006	"Sygdom"	5	3	5	7	4	5	1,3	0,4	4
	Uheld	85	0	0	1	0	0	0	3	11
	Total	90	3	5	8	4	5	1,3	3,4	15
1/9 2006 – 31/8 2007	"Sygdom"	38	6	3	5	3	3	1,6	1	8
	Uheld	3	1	0	0	2	12	0	8	3
	Total	41	7	3	5	5	15	1,6	9	11
Hele perioden	"Sygdom"	30	5	4	6	4	4	1,5	1	7
	Uheld	30	0,5	0	0,5	1	6	0	6	5
	Total	60	5,5	4	6,5	5	10	1,5	7	12

Tabel nr. 6. Opgørelse over dødelighed af fisk på modeldambrug

Dambrug 1 påvirker den samlede opgørelse i væsentlig grad, da der på anlægget var stor dødelighed i begge opgørelses år. Første år gennem ét stort uheld, som på en gang medførte at næsten alle fisk på anlægget døde. Andet år gennem en generelt meget stor dødelighed hen over året, hvor anlægget/produktionen simpelthen ikke fungerede optimalt.

Ses der bort fra Dambrug 1, har den gennemsnitlige dødelighed af fisk for de andre anlæg i hele perioden været 6 % (4 % sygdom + 2 % "uheld").

Der er ikke væsentlig forskel mellem første og andet opgørelsesår. Halvdelen af anlæggene har en stigende dødelighed pga. "sygdom", mens den anden halvdel har en faldende dødelighed. Dødelighedsprocenten er forsøgt koblet til, hvornår BKD (Bakteriel nyre syge) først blev erkendt på anlæggene. Der findes dog ingen umiddelbar sammenhæng.

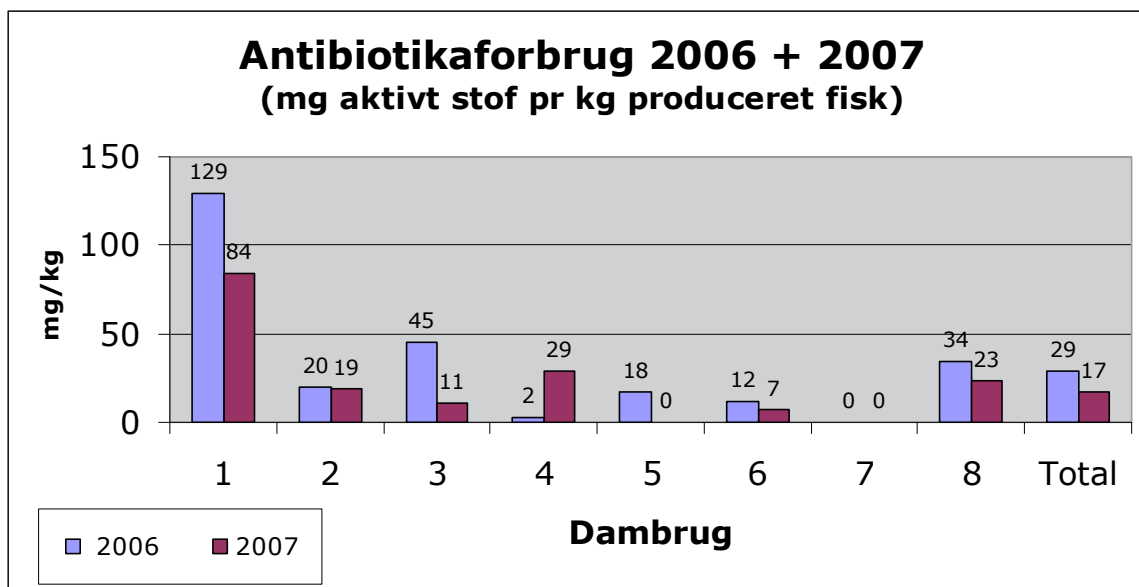
Dødeligheden på grund af "sygdom" afviger ikke væsentlig fra det, som ses under traditionel drift. Til gengæld viser opgørelserne at modeldambrug er yderst sårbare overfor "uheld". Når disse rammer er konsekvenserne ofte meget store og får dermed en væsentlig betydning for rentabiliteten i driften af anlægget.

Vaccination

På samtlige anlæg er der indsat fisk, der som yngel har været dyppe-vaccineret mod rødmundsyge. Dette har uden tvivl været medvirkende til at udbrud af rødmundsyge er sjældne (se også afsnittet om rødmundsyge).

Antibiotika

Oplysninger om anvendt mængde medicin stammer fra Vet-stat (central registrering af medicin udskrevet af dyrlæger). Forbruget er nedenstående opgjort som antal mg aktivt stof pr. kg. produceret fisk. I tallene indgår der for nogle af anlæggene også brug af antibiotika anvendt i kummehus og/eller yngelanlæg. Både den anvendte mængde og produktionen i disse er dog forholdsvis lille, og er derfor af mindre betydning. Tallene vurderes derfor at være sammenlignelige.



Figur 6: Mængde anvendt antibiotika på modeldambrug i 2006 og 2007.

Det gennemsnitlige medicinforbrug på dambrugene var:

2006: **29 mg** aktivt stof pr. kg. produceret fisk

2007: **17 mg** aktivt stof pr. kg. produceret fisk

Dette kan sammenlignes med et estimeret gennemsnit for alle dambrug (både traditionelle og recirkuleringsanlæg):

- 2006 på 72 mg/kg.
- 2007 på 65 mg/kg.

Forskellen i forbruget mellem de enkelte anlæg må udelukkende tilskrives produktionsmæssige forhold herunder anlægsudformning og generel management.

Hjælpestoffer(vanddesinfektionsmidler)

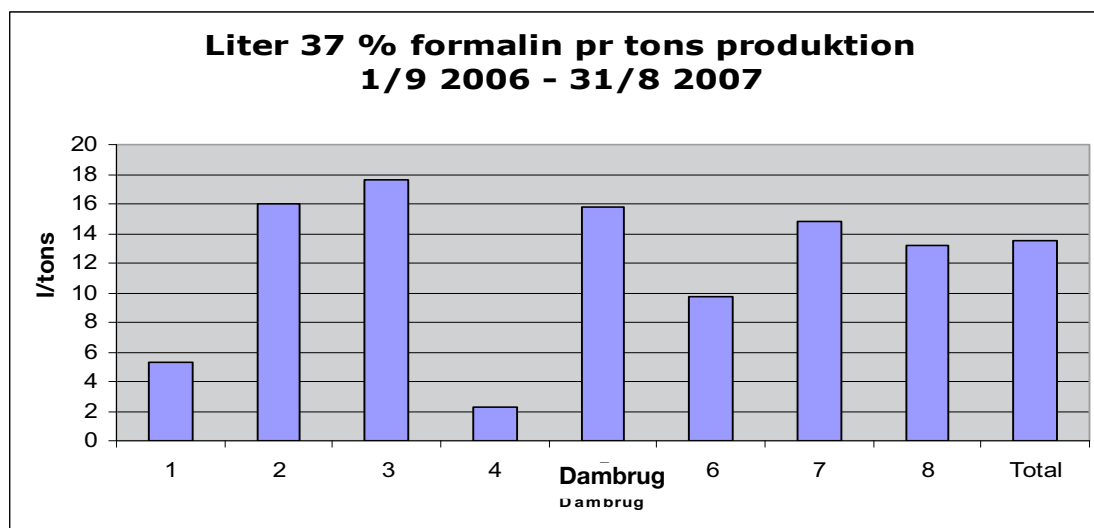
Der er anvendt følgende stoffer: Formalin, blåsten, pereddikesyre/brintoverilte, kloramin, benzalkoni-umklorid, salt og kalk.

I tabel 7 er angivet den samlede mængde anvendt på alle 8 dambrug.

Stof	1/9 2005 – 31/8 2006	1/9 2006 – 31/8 2007	Oftest anvendt koncentration
Formalin (37 %), l Heraf 403 g/l formaldehyd	42.000	48.000	22 – 30 mg/l (rent formaldehyd)
Blåsten, kg Heraf 255 g/kg Kobber	220	120	30 – 250 mg pr. m3
Pereddikesyreopl., l Heraf 164 g/l brintoverilte	325	25	
KloraminT, kg Heraf 808 g/ kg kloraminT	18	4	650 mg pr. m3
Salt (NaCl), kg Heraf 1000 g/kg NaCl	129.000	230.000	0 - 10 promille

Tabel 7: Anvendte hjælpestoffer i modeldambrug.

Et af de mest anvendte hjælpestoffer er formalin. Forbruget af formalin pr. produktionsenhed varierer en del mellem dambrugene jf. figur 8.



Figur 7: Formalinforbrug pr. tons produktion pr. år.

Forbruget af formalin i sidste måleår (gennemsnitlig ca. 13 liter pr. tons produktion) kan sammenlignes med opgørelser hentet fra Miljøstyrelsens punktkilderrapport 2004. Her er det totale forbrug af formalin på ferskvandsdambrug opgjort i 2003 til 151.284 liter (det antages, at der er tale om 37 % formalin) ved en produktion på 29.294 tons, svarende til et gennemsnit på ca. 5 liter pr. tons produktion.

Parasitter, gælleproblemer (KU-LIFE)

Regnbueørred fra 8 forskellige recirkulerede modeldambrug, blev undersøgt for parasit-infektioner igennem en periode fra 1/9 2005 - 31/8 2006. I perioden 1/9 2006 – 31/8 2007 blev to udvalgte anlæg undersøgt regelmæssigt.

Parasitter

Som følge af introduktion af inficerede fisk fra traditionelt opdræt ind i de nye systemer, blev fisk fra alle modeldambrug testet positive for en række parasitære organismer allerede fra projektperiodens start. I enkelte modeldambrug skabte fiskedræber (*Ichthyophthirius multifiliis*) store problemer allerede tidligt i forløbet. Også *Trichodina* spp., *Apiosoma* sp., *Ambiphrya* sp., *Epistylis* sp., *Chilodonella piscicola*, *Ichthyobodo necator* (Costia), *Spironucleus salmonis* (tarmsnyltere), *Gyrodactylus derjavini* samt *Displostomum spathaceum* blev identificeret på regnbueørred fra de undersøgte produktionsenheder. Det vurderes dog, at ingen af disse sidste nævnte parasitter har været skyld i forhøjet fiskedødelighed i monitoringsperioden. I forbindelse med parasitundersøgelserne blev der foretaget morfologiske undersøgelser, histologiske farvninger, SEM (scanning elektron mikroskopi) samt molekylære metoder (PCR-RFLP) til artsbestemmelse. De opnåede resultater viser, at man ikke observerer den samme årstidsvariation i mængden af parasitter, som tidligere er set ved undersøgelser af traditionelle dambrug. Dette indikerer, at årstidsvariationer i de recirkulerede modeldambrug til dels er maskerede eller udlignes grundet brugen af hjælpestoffer så som formalin og salt. Forsyningsvands stabile og relativt lave temperatur har tillige bidraget til mindre sæsonbetonede fluktuationer i forhold til, hvad der kunne forventes ud fra tidligere observationer på traditionelle dambrug hvor der anvendes å-vand. Resultaterne understreger de problemstillinger, der opstår når inficerede fisk tages ind i recirkulerede systemer.

Gælleproblemer

Det viste sig at hovedparten af gælleskaderne var associeret med infektion med *I. multifiliis* (fiske-dræber).

Der blev i enkelte tilfælde fundet amøbelignende organismer, men slet ikke i et antal der kan forventes at skabe problemer for fisken. Til trods for at der er blevet gjort flere forsøg på at kultiverer de amøbelignende organismer, er det ikke lykkedes.

Uddybende tekst om KU-LIFE's undersøgelser findes i bilag 1.



Bakterier og antibiotika, (DTU Aqua)

Overvågningen af fisk for forekomst af fiskepatogene bakterier er foregået med henblik på at påvise *Aeromonas salmonicida* (furunkulose), *Yersinia ruckeri* (rødmundsyge) og *Flavobacterium psychrophilum* (yngeldødeligheds-syndrom). Der er i perioden 1/9 2005 til 31/8 2006 hvert kvartal udtaget prøver af 20 fisk fra hvert af de 8 dambrug og i perioden 1/9 2006 – 31/8 2007 på to udvalgte dambrug.

Yersinia ruckeri (rødmundsyge-bakterien) forekom på 7 af dambrugene, hvor bakterien fandtes på huden og gæller samt i indre organer ved prøveudtagninger, hvor der ikke var diagnosticeret sygdomsudbrud. Bakterien blev dog også isoleret ved prøveudtagning i forbindelse med sygdomsudbrud på dambrug. Samtlige *Yersinia ruckeri* isolater var serotype O1, som også er den type der findes i de vacciner der i øjeblikket anvendes i Danmark. De isolerede *Yersinia ruckeri* var alle følsomme overfor oxolinsyre, sulfadiazin og trimethoprim.

Aeromonas salmonicida (furunkulose-bakterien) blev det første undersøgelses-år fundet på 3 af dambrugene og kun i få fisk, uden der blev registreret sygdom.

De isolerede *Aeromonas salmonicida* var alle følsomme overfor oxolinsyre, sulfadiazin og trimethoprim.

Flavobacterium psychrophilum (YDS-bakterien) fandtes på samtlige 8 dambrug fortrinsvis i slim og gæller, men blev også fundet i sår samt indre organer. Hvilken betydning fundet af *Flavobacterium psychrophilum* har, ved man ikke på nuværende tidspunkt. Halvdelen af de fundne typer er de samme som vides at kunne medføre sygdomsudbrud (YDS / vintersår).

Mere end halvdelen (536 ud af 943) af de isolerede *Flavobacterium psychrophilum* blev testet for antibiotika resistens. Alle var følsomme overfor florfenicol.

Antibiotika indhold i fisk

I forbindelse med en antibiotika behandling (Tribrissen) blev der udtaget prøver af både fisk, der var i behandling, og af fisk, som ikke blev behandlet, men som blev opdrættet i samme recirkulerede afsnit, som de behandlede fisk. Analyser af fiskekødet for antibiotika i fiskemuskulatur viste variation i koncentrationerne i behandlede fisk for både sulfadiazin og trimethoprim umiddelbart efter afslutning af behandling. Fundet af antibiotika i hovedparten af de undersøgte fisk fra en behandlet sektion både 1, 5 og 10 dage efter behandlingens ophør tyder på en tilfredsstillende optagelse af antibiotika i fisken. Sulfadiazin omsættes forholdsvis hurtigt i de behandlede fisk (halveres på få dage), mens trimethoprim omsættes betydeligt langsommere. Undersøgelsen viste også, at det er muligt at finde sulfadiazin i fisk fra ubehandlede sektioner, når sådanne ubehandlede sektioner ligger i samme recirkuleringsystem og dermed modtager vand fra behandlede sektioner. Niveauet for sulfadiazin var i de ubehandlede fisk dog aldrig over 100 µg/kg, som er tilladt i kød i slagtefisk. Trimethoprim kunne ikke påvises i fisk fra ubehandlede sektioner i dette anlæg. Samlet kan der konkluderes, at undersøgelsen tyder på, at der under behandling af store mængder fisk i et recirkuleret anlæg vil kunne findes så store mængder antibiotika i ikke-behandlede fisk i samme recirkulerings enhed, at disse fisk ikke umiddelbart kan anvendes til konsum. Det anbefales derfor, at man nøje vurderer risikoen, hvis man under eller lige efter en antibiotika kur ønsker at slagte ikke behandlede fisk, som modtager vand fra afsnit med behandlede fisk. Forsøget kan betragtes som en forundersøgelse, og det vil være relevant at få belyst problemstillingen ved yderligere undersøgelser.

Uddybende tekst om DTU Aqua undersøgelser findes i bilag 2.

Virus – BKD, (Veterinærinstituttet)

Prøver til virologisk analyse og for tilstedeværelse af *Renibacterium salmoninarum* der forårsager bakteriel nyresyge (BKD) er blevet udtaget til Veterinærinstituttet af dyrlægerne ved Fødevarestyrelsen, Sektion for Akvakultur. Der har som udgangspunkt været foretaget 2 besøg pr. undersøgelses år. Nogle dambrug, hvor der enten har været mistanke eller erkendt infektion med BKD, har dog været undersøgt flere gange.

Samlet blev der fundet følgende:

VHS

Der blev ikke påvist VHS (viral haemorrhagisk septikæmi) virus på anlæggene.

IPN

IPN (infektøs pancreas nekrose) virus blev påvist på 6 ud af de 8 anlæg. IPN-virus formodes dog ikke at have nogen sygdomsmæssig betydning, idet fundene udelukkende har været tilfældige og ikke nødvendigvis i forbindelse med sygdomsudbrud.

BKD

BKD er konstateret på 6 ud af 8 anlæg ved ELISA testmetoden, og de sidste 2 anlæg er under stærk mistanke (har været positive i PCR metoden). De 5 af anlæggene blev erkendt inficeret allerede under 1. undersøgelses år.

Uddybende tekst om Veterinærinstituttets undersøgelser findes i bilag 3.

Dambrugsbesøg af Dansk Akvakultur

Smitteforebyggende tiltag

Graden af smitteforebyggende tiltag har været meget forskellig fra dambrug til dambrug. Lige fra SPF lignende forhold til yderst begrænsede tiltag kendt fra den traditionelle drift. Udgangspunktet for projekteringen af de 8 modeldambrug var først og fremmest miljø og drift, og de veterinærmæssige aspekter blev kun i ringe grad inddraget. Primært fordi erfaringer var begrænsede, og da foreslåede tiltag (blandt andet større grad af sektionering) umiddelbart virkede økonomisk uoverkommelig.

Da der blev bygget nye opdrætsenheder, og vandforsyningen blev gjort uafhængig af vandløbet, var der store muligheder for forebyggelse af introduktion af patogener på anlæggene. Som udgangspunkt var der således håb om, at langt de fleste parasitter kunne holdes ude, og at mange bakterielle sygdomme kunne undgås.

Forløbet under opstartfasen viste dog hurtigt, at det var yderst vanskeligt at undgå at indtage fisk, som ikke kom fra traditionelle jorddamme. Seks af anlæggene indsatte således straks fisk, som medbragte alle de i jorddamme normalt forekommende patogener. To anlæg forsøgte at opstarte en produktion udelukkende baseret på opdræt i eget kummehus. Det viste sig dog ikke muligt at sikre en tilstrækkelig fiskebesætning, hvorfor det også senere i disse anlæg blev nødvendigt at indsætte fisk fra jorddamme.

Resultatet blev hurtigt, at alle modeldambrug var inficeret med mange forskellige potentielt sygdomsfremkaldende parasitter og bakterier. Det veterinære fokus ændrede sig dermed fra at skulle undgå introduktion af patogener til primært at omhandle, hvordan man skulle håndtere de enkelte sygdomme.

Sektionering

På et enkelt af modeldambrugene er produktionen opdelt i 10 mindre sektioner (å 40-50 tons). Dette primært for at køre produktionen sektioneret. Foregangsbilledet er landbruget, hvor optimal driftsøkonomi ved intensiveret drift er betinget af en større grad af sektionering. Erfaringen fra det sektionerede modeldambrug har dog vist, at det ikke var muligt at holde de mest almindelige fiske sygdomsfremkaldende organismer ude, men anlægget har påvist en række andre fordele og ulemper:

Fordele ved sektionering:

- Mindre økonomisk risiko ved uheld. Relativt lille del af bestanden rammes.
- Ved udbrud af fiskedræber bliver kun en begrænset mængde fisk syge.
- Behandlingen af syge fisk kan målrettes, hvilket især mindsker forbruget af hjælpestoffer.
- Der er i det sektionerede dambrug observeret færre gælleproblemer set i forhold til andre model dambrug (kan være tilfældigt)
- Rengøring og desinfektion er mulig og realistisk. Det tyder på at rengøring og desinfektion af en sektion kan øge fiskenes ædelyst.
- Ved ubalance i biofilter (forhøjet nitrit/ammoniak) er det kun en mindre del af dambrugets fiskebestand, som er påvirket.
- Måske bedre mulighed for håndtering af BKD problemer.

Ulemper ved sektionering:

- Større arbejdsbyrde (flere renseenheder mm.).
- Dyrere at anlægge
- Opsættelse af mange mikrosigter er dyrt
- Svært i praksis at holde produktionen helt opdelt (ikke anvende samme udstyr i flere sektioner)

Alt ind - alt ud

For eller imod "alt ind – alt ud" produktion har undergået omfattende diskussioner under projektering, anlæggelse og driften af modeldambrugene. En produktionsmetode, hvor forskellige aldersgrupper og hold opdrættes fuldstændig adskilt, har nogle indlysende smitteforebyggende fordele, men desværre også nogle produktionsmæssige omkostninger.

6 ud af de 8 modeldambrug er opbygget således at fiskene kontinuerlig indsættes i anlæggene. Dvs. at nye fisk indsættes i vand, som også ældre fisk svømmer i. Muligheden for at styre smitten bliver hermed reduceret væsentligt. I princippet er der anlagt anlæg, som reelt ikke kan rengøres og desinficeres uden det vil få omfattende produktionsmæssige negative konsekvenser.

Der har på modeldambrug været adskillige eksempler på, at sammenblanding af fisk med forskellig "immunologisk status" har medført sygdom (især med fiskedræber). Men lignende infektioner er altså også set på de anlæg, hvor alt ind – alt ud produktion i enkelte tilfælde har været forsøgt praktiseret. For nuværende er det for tidligt at konkludere at alt ind – alt ud produktion er produktions økonomisk en fordel set i forhold til kontinuerlig drift. Først og fremmest fordi der endnu har været for få anlæg involveret og fordi mange andre forhold har spillet ind og påvirket resultaterne.

Hvilken produktionsmetode, som er mest optimal kan altså ikke konkluderes endegyldigt. Vi må afvente yderligere erfaringer. Af forhold som især bør belyses fremover kan nævnes:

- Er der fare for, at vi i den kontinuerlige produktion opbygger hjælpestoffer- og antibiotika-resistente bakterier og parasitter? Hvorledes vil dette evt. påvirke behandlingsmulighederne i fremtiden?
- Opbygges der over tid en flora i opdrætsenheden, som påvirker fiskene negativt?

Rengøring + desinfektion

På et af dambrugene erfarede man, at fiskenes ædelyst reduceres når anlægget har kørt ca. 4-8 måneder. Dambrugeren løste dette problem ved at rengøre og desinficere de enkelte anlæg vha. brintoverilte og base.

Erfaringerne var gode. Metoden er også anvendt på andet modeldambrug. Mulig udfodring kan gå fra under 1 % til 1,3 % på få dage. Forklaring kan ikke umiddelbart gives. Måske etableres der over tid en bakterie-, svampe- eller parasit-flora i vandet/biofiltret, som påvirker fiskene negativt. Lignende kendes fra produktion af fisk i almindelige jorddamme og i øvrigt generelt i al anden husdyr produktion (kvæg, svin, får osv.).

Erfaringen er, at biofiltret hurtigt kommer "op at køre" igen (indenfor få dage).

Sygdomsudbrud

Der er i alle modeldambrug konstateret udbrud af fiskesygdomme. Største problemer har været fiskedræber og BKD. Herudover er der set generelle gælleproblemer, rødmundsyge og YDS.

Fiskedræber *Ichthyophthirius multifiliis*

Fiskedræber har ifølge oplysninger fra dambrugene været en af de mest tabsvoldende fiskesygdomme på modeldambrugene. Parasitten er primært introduceret via indsatte fisk, men parasitten medførte også udbrud på anlæg, som ikke indsatte fisk fra jorddamme. Parasitten har således vist sig at være ualmindelig vanskelig at holde helt ude af systemerne.

Fiskedræber var især et stort problem i første produktionssommer (2005), da der ikke var rutiner og erfaring med brug af hjælpestoffer på anlæggene, og der blev fejldoseret og fejlbehandlet i starten. Større fokus på sygdommen sammenholdt med større viden om parasittens livscyklus gav i 2006 og 2007 langt færre udbrud. Dette på trods af en meget varm sommer i 2006.

Erfaringen er, at behandling af fiskedræber skal iværksættes så tidlig som muligt. Får parasitten først lov til at etablere sig i stort antal, er det svært at afhjælpe problemet. Vandbehandling med især formalin og salt har været den bedste løsning til at forebygge og behandle udbrud.

Immunisering er afgørende. Ved indsættelse af nye fisk er det vigtigt at holde fokus på disse. Hvis nyindsatte fisk ikke har mødt parasitten før, kan der forventes et udbrud ca. 14 dage efter indsættelse. Størrelsen af udbruddet vil afhænge af vandtemperatur og fiskens generelle immunstatus.

Det har vist sig, at de anlæg, som har mikrosigter, generelt har haft færre problemer med fiskedræber infektioner end andre anlæg uden mikrosigter. Om dette udelukkende skyldes mikrosigter er dog uafklaret. Undersøgelser på KU, LIFE tyder på, at nogle af parasitstadiene kan sigtes fra vha. mikrosigter, og der er derfor håb om, at mikrosigterne i fremtiden kan indgå aktivt i bekæmpelsen af fiskedræber.

BKD - Bakteriel nyresyge

I undersøgelsesperioden (1. september 2005 til 31. august 2007) er BKD bakterien erkendt på 6 af de 8 anlæg og de sidste anlæg er under stærk mistanke for at være inficeret. Der har således været kliniske symptomer (hævede nyrer, væske i bughulen osv.) på alle anlæg. Bakterien er primært introduceret via indkøbte fisk. På tre af anlæggene er smitteruten dog aldrig blevet klarlagt.

I de BKD-inficerede modeldambrug er der alle steder set en forøget dødelighed. Der har ikke været sygdomsudbrud med massiv dødelighed, men derimod jævnlige fund af fisk med de karakteristiske BKD symptomer (anæmi, væske i bughulen, forstørrede nyrer), og ofte ses andre sekundære infektioner (især rødmundsyge). BKD har tidligere vist, at kunne give store problemer i andre recirkulerede anlæg, med forøget dødelighed og nedsat tilvækst. Dette står i stærk kontrast til de traditionelle gennemstrømsanlæg, hvor BKD infektion sjældent giver væsentlige kliniske symptomer.

Teoretisk er den bedste måde at håndtere sygdommen på, altid at indkøbe BKD frie æg og fisk, og at hindre smitte fra ældre til nye fisk. Sidstnævnte medfører, at opdrætsanlægget bør indrettes, så vandet ikke recirkuleres mellem forskellige aldersgrupper eller hold.

På et enkelt af anlæggene, hvor BKD blev erkendt i foråret 2006, har man efterfølgende kørt holddrift og lejlighedsvist desinficeret mellem holdene. På dette anlæg har BKD ikke været erkendt efterfølgende hverken klinisk eller laboratoriemæssigt. Lignende er dog også set på et af de anlæg der har kørt kontinuerlig drift uden desinfektion og holddrift. Der findes endnu for få resultater til at konkludere noget om sektionsopdeling i forhold til BKD.

Alle modeldambrug, som til stadighed har været inficeret med BKD, er af den opfattelse at BKD-infektionen er en af de mest betydende for driften. Især i forårs månederne dør der forholdsvis for mange fisk i BKD-inficerede anlæg.

Rødmundsyge

Rødmundsyge er ofte et væsentligt problem i traditionel dansk dambrugsdrift. Ved omlægning til modeldambrug er problemerne generelt blevet mindre, hvilket også var ventet. Smittetrykket er uden tvivl større i de fleste af de eksisterende modeldambrug, grundet deres opbygning med mange fisk i samme vandafsnit. Men modeldambrugenes altid høje iltindhold og relativt mindre vandtemperatur svingninger i opdrætsvandet gør, at fiskene i mindre grad bliver ramt af klinisk rødmundsyge.

Specielt i det første år (2005) var der meget få problemer med rødmundsyge på anlæggene. Der blev kun medicinsk behandlet på få anlæg og kun en begrænset mængde fisk. Tidligt i 2005 blev der det første modeldambrug dog erkendt BKD-positiv, og man kunne i den forbindelse finde en hel del fisk, som samtidig også udviklede rødmundsyge. Hvorvidt rødmundsygen kun optrådte som sekundær infektion til immunsvækkede BKD fisk vides ikke, men det var meget påfaldende, at dambrugeren erfarede at antibiotikabehandling ikke havde den forventede effekt. Lignende forhold blev set på 3 af de 4 anlæg, som fik konstateret BKD i 2006. Altså en stigende tendens til fund af fisk med klinisk rødmundsyge, men begrænset effekt af antibiotikabehandling.

Forklaringen kan ligge i, at BKD inficerede fisk i sygdomsudviklingen normalt bliver immunsvækkede, og rødmundsyge-bakterien dermed vil få gode infektionsbetingelser, hvorved kliniske symptomer kan opstå (også i vaccinerede fisk). Bemærk, at selv om disse rødmundsyge-udbrud er forsøgt medicinsk behandlet, så er mængden af anvendt antibiotika i modeldambrugene relativt lavt i forhold til niveauet i det samlede erhverv. DTU Aqua har som nævnt ikke fundet antibiotika resistens blandt de rødmundsyge bakterier, der er isoleret.

Indsættelse af korrekt vaccinerede fisk mod rødmundsyge, er formentlig stadig afgørende for forebyggelsen af sygdommen. Optimeret beskyttelse ved gentagen vaccination (evt. orale vacciner) er endnu ikke forsøgt, men vil måske kunne reducere problemet yderligere.

Gælleproblemer

Modeldambrugene har oplevet en varierende grad af gælleproblemer. Problemerne er på flere anlæg set hele året rundt. Der er set gællebetændelse, tilslimning med fund af parasitter og bakterier. 3 ud af de 8 anlæg har dog sjældent haft problemer. Hvorledes samspillet er mellem gælleproblemerne og patogener kendes ikke. KU-LIFE konkluderer, at gælleproblemerne primært kan være forbundet med infektion med fiskedråber parasitter. I traditionelle dambrug har gælleproblemer i de seneste år ofte været associeret med fund af amøbelignende organismer. Dette er ikke fundet i samme grad i modeldambrugene (hverken af KU-LIFE eller af de praktiserende fiskedyrlæger).

Flavobacterium psychrophilum er dyrket fra gæller i mange tilfælde, men er indtil videre ikke sat direkte i forbindelse med observerede forandringer.

Svingende vandkvalitet (forhøjede ammonium/nitrit værdier og høj belastning med organisk materiale) og anvendelsen af hjælpestoffer kan dog formentlig også have stor betydning.

Kontrol og forebyggelse er primært foregået ved vanddesinfektion med formalin og/eller kobbersulfat. Normalt med udmærket effekt, men symptomer vender ofte tilbage hurtigt.

YDS- Yngeldødeligssyndrom

Der er ikke observeret YDS udbrud i store fisk i modeldambrugene. Påfaldende er det dog, at DTU Aqua i rigtig mange fisk ofte finder bakterien *Flavobacterium psychrophilum*, som potentielt kan give YDS og/eller vintersår. Symptomer på vintersår (fisk med sår uden blødning + let anæmi) er set i store fisk, men hvilken betydning bakterien reelt har vides ikke. På et enkelt af anlæggene har der i foråret 2008 været problemer med en hel del fisk, hvori YDS-bakterien er isoleret (blandt andet i hjernen). Der kan dog ikke afvises, at disse infektioner kan være sekundære hos BKD inficerede fisk, eller at der generelt er et samspil mellem *R. salmoninarum* og *F. psychrophilum*.

Furunkulose

Furunkulose er normalt af mindre betydning i traditionel regnbueørred opdræt i danske dambrug. I DTU Aqua's undersøgelser blev den tilgrundliggende bakterie (*Aeromonas salmonicida*) dog også kun påvist på 3 dambrug og da kun i få fisk og ikke i forbindelse med syge fisk.

I efteråret 2007 sås der dog et enkelt tilfælde med klinisk udbrud af furunkulose (diagnosticeret af den praktiserende dyrlæge + verificeret på Veterinærinstituttet). Der var ikke nogen umiddelbar forklaring på udbruddet, men det giver anledning til også at rette fokus mod denne fiskesygdom i den fremtidige modeldambrugs drift.

PKD- Proliferative Kidney Disease

Der er ikke observeret udbrud af PKD i nogle af de 8 modeldambrug. Ifølge engelske forskere (Morris & Adams 2006) kan livscyklus for parasitten ikke foregå uden, at der i systemet findes andre fiskearter end regnbueørreden. Modeldambrugenes vandforsyning via borevand (ikke å-vand) skulle altså teoretisk beskytte fiskene mod infektionen. Der er dog i enkelte laboratoriesvar bemærket, at der i undersøgte fisk kunne ses kroniske skader efter PKD-infektionen. Hvorvidt denne infektion evt. stammer fra fiskenes liv før indsættelse i modeldambrugene og betydning heraf er dog ukendt.

VHS - Viral Haemorrhagisk Septikæmi

Der er ikke observeret udbrud af VHS i modeldambrugene. Med modeldambrugenes vandindtag, der er uafhængig af vandløb, er risikoen for at introducere sygdommen dog betydelig mindre end i traditionelle dambrug. Flere af modeldambrugene er imidlertid placeret i områder, hvor risiko for VHS udbrud er forholdsvis stor. Derfor har smittebegrænsende foranstaltninger, så som beskyttelse mod indtrængning af fugle, begrænsning af person adgang, indretning af læssepladser og forsigtighed ved indkøb af sættefisk, meget stor betydning for fortsat VHS frihed.

Brugen af hjælpestoffer

Under opstarten af anlæggene var erfaringen omkring anvendelse af hjælpestoffer i recirkulerede anlæg forholdsvis ubeskrevet. Dette medførte stor usikkerhed omkring valg af hjælpestoffer, den anvendte koncentration, metode osv. Resultatet blev, at der på en del anlæg enten blev over- eller underbehandlet resulterende i større sygdomsudbrud og fiskedød.

Gennem 2005 - 2007 opsamlede de enkelte dambrug så mange erfaringer (fra egne og de andre anlæg), at alle anlæg for nuværende har kunnet opstille deres egne "behandlingsregimer". Dette vil være en stor hjælp for de kommende modeldambrugere, og forhåbentlig resultere i at mange undgår de opstartsvanskeligheder en sådan usikkerhed omkring anvendelse af hjælpestoffer indebærer.

De mest anvendte stoffer er formalin, blåsten og salt. Ikke alle dambrug bruger alle stoffer, men samlet kan det konkluderes, at driften af modeldambrug er mest afhængig af formalin. Stoffernes akutte og kroniske effekt på biofiltre og fisk er ukendt.

Formalin anvendes især ved fiskedræber angreb og andre parasit- og gælleproblemer. Stoffet er for det meste tilsat anlægget i puls. Dosis, udregnet på den fulde vandmængde i anlægget, er normalt 20 – 30 mg formaldehyd pr. liter vand, ca. svarende til 55 – 80 liter 37 % formalin til 1.000 m³. I forbindelse med gennemførelsen af projektet "*Minimering af forbrug og udledning af miljøfremmede stoffer i forbindelse med anvendelsen af medicin og hjælpestoffer i akvakultur*" (Sortkjær, O. et al. 2008) blev formalinbehandling på modeldambrug undersøgt. I den forbindelse blev det påvist, at formalin omsættes forholdsvis hurtigt i modeldambrugs anlæggene (primært i biofiltrene). Projektet viste samtidig, både i laboratoriet og på andre dambrug, at en koncentration på ca. 15-20 ppm opretholdt i 4 timer (ved ca. 10 grader) har en dræbende effekt på flere parasitter, herunder det frie fiskedræber stadium

(theront stadiet). Anbefalingen fra denne rapport er at lukke for vandudskiftningen under behandlingen. Herved vil man spare stof, som ellers vil blive tabt unødigt til miljøet, og formalin bliver under alle omstændigheder omsat ved passage gennem biofiltrene. Projektet viste ligeledes, at biofiltrene kan "optrænes" til at omsætte formalin. Anvendes der på et anlæg jævnligt formalin, vil biofiltrene altså omsætte større mængder formaldehyd, end på anlæg der aldrig eller sjældent anvender formalin. Fiskene lider tilsyneladende ingen skade ved de nævnte koncentrationer og behandlingstider. Yderligere undersøgelser pågår i øjeblikket, og det forventes, at man gennem disse kan komme med yderligere anbefalinger omkring dosering.

Blåsten anvendes primært ved gælleproblemer og parasitangreb. Anvendte doser er meget varierende (fra 33 – 250 mg blåsten pr. m³). Det tilrådes her, at man tilvænner sine filtre til blåstens vandbehandlinger.

Salt (NaCl) er anvendt i forbindelse med fiskedræber og generelle gælleproblemer. Nogle modeldambrugere har erfaret, at selv små koncentrationer (0,5 promille) virker positivt på fiskene og øger deres appetit. Er ved fiskedræberudbrud anvendt i op til 8 – 10 promille. Giver god effekt, men er forholdsvis dyrt at anvende. Bemærk, at der i forbindelse med 2 uafhængige saltbehandlinger er observeret stor dødelighed. Baggrunden for dette er forsøgt klarlagt, men der er ikke fundet et endegyldigt svar. De anvendte koncentrationer skulle på ingen måde kunne påvirke regnbueørreder negativt. Den mest sandsynlige teori er, at saltet ændre vandets vægtfylde og bryder bindinger mellem forskellige molekyler, hvilket kan have resulteret i frigivelse af giftige stoffer fra uerkendte slamansamlinger. Det tilrådes på denne baggrund, at anlægget før en saltbehandling kritisk gennemgås for at finde evt. slamansamlinger (bør også indbefatte kraftig gennemskylning af biofiltrene). Salt er desuden anvendt i mindre mængde til forebyggelse af nitrit forgiftning.

Andre stoffer såsom pereddikesyre (brintoverilte), kloramin og benzalkoniumklorid er forsøgt anvendt i begrænset omfang. Erfaringerne er få og generelle anbefalinger kan ikke gives. Bemærk at der i ovennævnte projekt "*Minimering af forbrug og udledning af miljøfremmede stoffer i forbindelse med anvendelsen af medicin og hjælpestoffer i akvakultur*" (Sortkjær, O. et al. 2008) er fundet, at brintoverilte vandbehandlinger kan påvirke biofiltret negativt (tilgroning og nedsat effektivitet). Dette medfører, at ingen i øjeblikket kan anbefale at anvende dette stof i modeldambrug med biofilter.

"Uheld"

Der er på flere modeldambrug sket uheld medførende betydelige mængder døde fisk. Det mest alvorlige medførte, at ca. 120 tons fisk (ca. 90 % af bestanden) døde indenfor 24 timer. Årsagen til dette og andre "uheld" har formentlig været:

- Slam-ansamlinger som har frigivet, for fisk, giftige stoffer (svovlbrinte, metan og lignende).
- Saltbehandling. Uheldene her skyldes formodentlig også giftige stoffer, som frigøres når salt "opløser" slamansamlinger.
- Lynnedslag. Backup system virkede, men alarmerne svigtede.
- Strømfald. Nødstrømsanlæg startede ikke op.

Konklusionen på disse uheld er foreløbig:

Uheld er meget kostbare, og forebyggelse af disse skal prioriteres højt. Indretning af anlægget skal optimeres så større slamansamlinger undgås. Regelmæssig slamfjernelse skal ske over alt i anlægget. Opsætning af alarmsystemer og nødgeneratorer er altafgørende. Og disse skal efterses og vedligeholdes.

Jo større enheder, jo større risiko.

Økonomi ⁽⁶⁾

Anlægsudgifter

Prisen for selve ombygningen af de 8 modeldambrug under forsøgsordningen varierede mellem 19 og 27 kr. pr. kg tildelt foder. Prisdifferencen mellem de enkelte anlæg skyldes hovedsageligt forskellige ønsker til udstyr og udformning. Specielt måtte der bygges ret bekostelige okkerrensingsanlæg på to anlæg af hensyn til jernindholdet i det indvundne vand.

Herudover sås en stigning i byggeomkostningerne fra det første til det sidste anlæg, som blev bygget. Dette kan delvist henføres til øgede materialeomkostninger, hvor der især var store stigninger i prisen for rustfast stål inden for byggeperioden.

Mandskab

Ombygningen til modeldambrug gav mulighed for at opnå en betydelig rationalisering af den daglige drift. Dette gælder for såvel anlægsvedligehold som for udfiskning, sortering, levering og fodring. Trods nye rutiner med pasning af renseanlæg opleves et stærkt nedsat behov for arbejdskraft til det daglige arbejde og en væsentlig forbedring af arbejdsmiljøet, idet områder med tunge løft og uhen-sigtsmæssige arbejdsstillinger i vidt omfang blev automatiserede.

Anlæggenes afhængighed af tekniske installationer medfører modsat øgede krav til vagtordningen. Dette bevirker, at mindre anlæg ikke i samme grad som større anlæg kan udnytte den opnåede rationalisering af driften til besparelser i bemanningen. Sammen med de relativt store omkostninger til forrentning og afdrag af de nye anlæg, sætter muligheden for en rationel udnyttelse af arbejdskraften en nedre grænse for en økonomisk bæredygtig ombygning til model 3 dambrug. Denne grænse vil være flydende afhængigt af produktionens karakter, men for produktion af konventionelle portionsørreder til slagteri, ligger grænsen for nuværende ved et foderforbrug i omegnen af 500 ton pr. år såfremt der ikke er samdrift med andre anlæg.



Diskussion og konklusioner (7)

Drift

Den samlede produktion er steget på de anlæg, som har omlagt til modeldambrug. Før omlægning havde anlæggene en samlet foderkvote på 1.649 tons. Efter omlægning var foderkvoten hævet til 3.388 tons, hvoraf anlæggene ca. 2-3 år efter omlæggelse havde en udnyttelses procent på ca. 90%.

Foderkvotienten ligger på ca. 0,9. Den varierer dog fra anlæg til anlæg. Foderkvotienten ligger på samme niveau som i traditionelle dambrug.

Vandforbruget har været faldende i løbet af perioden. Der bruges gennemsnitlig 0,11 l bore- eller drænvand pr sekund pr. tons forbrugt foder.

Elforbruget ligger gennemsnitlig på 1,7 kWh pr. kg. produceret fisk.

Temperaturen i produktionen har ligget meget konstant set over året. Store temperatursvingninger indenfor en kortvarig periode er undgået, hvilket er en fordel både produktions- og sygdomsmæssigt. Gennemsnitstemperaturen i opdrætsvandet har over en 2 årig periode været 10,6 °C.

pH har ligget rimeligt konstant, og efter indkøring af biofilter og tilvæning af anlægget til medicin og hjælpestoffer, har også ammonium og nitrit ligget rimeligt konstant.

Ud over indkøringsproblemer med biofiltrene har anlæggenes tekniske installationer generelt fungeret som forventet eller bedre. Der vil dog utvivlsomt kunne opnås yderligere forbedringer i indretningen samt drift af biofiltrene ved fortsat forskning og driftsoptimering. Der er ligeledes baggrund for at søge anlæggenes energiforbrug nedsat gennem målrettede undersøgelser af anlægsudformning og energiforbrug ved beluftning, iltning og vandtransport.

Slambehandlingsystemerne på de eksisterende modeldambrug type 3 er den mindst velfungerende del af anlæggene. Forbedring af hele slambehandlingen bør derfor prioriteres højt.

Kvælstofrensningen på anlæggene har vist sig som den væsentligste begrænsende parameter for anlæggenes foderforbrug. Her vil udvikling af en bæredygtig teknik, der kan øge kvælstofrensningen være af stor betydning for erhvervets produktionspotentiale.

Veterinærmæssigt

Recirkuleringsteknikken har krævet indførelse af andre behandlingsregimer og nye smitteforebyggende foranstaltninger. Mange erfaringer er gjort, men samlet kan det siges at dambrugerne forholdsvist hurtigt har fået styr på de fleste veterinærmæssige problemer.

Da projektet startede, var det vores håb at mange af de fiskesygdhedsfremkaldende bakterier og parasitter kunne holdes ude af anlægget. Det stod dog hurtigt klart, at den planlagte produktion ikke muliggjorde dette. Mange af anlæggene var således af produktionsmæssige og ikke mindst økonomiske grunde tvunget til at indtage fisk fra anlæg med traditionelle jorddamme. Selv de modeldambrug, som blev opbygget med eget kummehus og eget sættefiskanlæg, blev i opstartsfasen af produktionsmæssige årsager tvunget til at indtage fisk fra andre anlæg. Samlet resulterede dette i, at alle modeldambrug hurtigt blev inficeret med alle de mest almindelige forekommende bakterier og parasitter, som kendes fra den traditionelle drift i å-vand. Det medførte, at fokus på ekstern smitteforebyggelse hurtigt blev flyttet til fokus på håndtering af de sygdomme, som de indkomne parasitter og bakterier gav anledning til.



Dødeligheden har kunnet holdes på et acceptabelt niveau (4 %), når der ses bort fra større uheld. De større uheld viste sig derimod at kunne have store negative konsekvenser for det enkelte anlæg. Et forhold som absolut bør have maksimal fokus i de kommende år.

Ammonium, nitrit og CO₂ er stoffer, som potentielt kan optræde i for fisk giftige niveauer i recirkulerede anlæg. Målinger har dog kun i få tilfælde vist betænkelige niveauer (nitrit). Dette tyder på, at biofiltrene og airliften virker efter hensigten, og at disse sammen med vandudskiftningen udgør en rimelig sikkerhed. Hvorvidt de målte niveauer af ammonium, nitrit eller CO₂ kan have en negativ kronisk effekt vides dog ikke. Totalgas målinger udført efter projektperiodens udløb indikerer, at der kan være problemer med gasovermætning i nogle af anlæggene og bør derfor have øget fokus i de kommende år.

Antibiotikaforbruget har været relativt lavt, sammenlignet med forbruget i hele dambrugserhvervet.

Forbruget af formalin i modeldambrugene har samlet set været forholdsvist højt. Dette bør have stort fokus de kommende år. Substitutions muligheder bør undersøges.

Samlet set er brugen af andre hjælpepestoffer lavt sammenlignet med traditionel dambrugsdrift.

I intensivt recirkulerede anlæg med fisk i antibiotikabehandling er det fundet, at der er risiko for, at ikke behandlede fisk i samme opdrætsenhed kan optage antibiotika fra vandet. Niveaueet i de ikke-behandlede fisk er dog lavt, men det bør i det konkrete tilfælde nøje vurderes, om sådanne ikke-behandlede fisk kan leveres til konsum.

Effekten af sektionering og/eller alt ind – alt ud produktion, og muligheden for rengøring og desinfektion af anlæggene er kun delvist belyst. Der er dog både indlysende fordele og ulemper ved implementering af systemet. Der er set øget ædelyst ved indsættelse i nyrengjorte enheder, ligesom sektionering i teorien bør kunne bidrage til en produktion med færre sygdomme. Den væsentligste ulempe er økonomi både ved anlæggelse og under drift. Der er en række uafklarede spørgsmål især koblet til driften af biofiltre, samt risiko for opbygning af antibiotika og hjælpestof resistente bakterie og parasitter, hvis man ikke kører "alt ind – alt ud produktion" men kontinuerligt.

Af fiskesygdomme er de vigtigste hidtil:

Fiskedræber infektioner har været kostbare (døde fisk og driftstab) og har resulteret i brug af meget hjælpestof specielt formalin. Ved indførelse af nye forbedrede forebyggelses- og behandlingsstrategier er der dog opnået en situation, hvor denne infektion kan håndteres rimeligt på det enkelte anlæg.

BKD-symptomer er konstateret på alle anlæg. På 6 ud af 8 anlæg er diagnosen verificeres vha. ELISA test. Sygdommen giver øget dødelighed på de ramte anlæg. Management af sygdommen er svær med den nuværende opbygning af anlæggene. Indsættelse af BKD-frit materiale (æg/fisk) er formentlig stadig afgørende, men derudover mangler der viden på området.

Gælleproblemer er set på flere dambrug. Årsagen er søgt klarlagt gennem KU-LIFE. Her er konstateret, at fiskedræber har en afgørende betydning, men det kan ikke udelukkes, at der også er andre faktorer. Eksempelvis bakterier (f.eks. *Flavobacterium spp.*) eller en ikke optimal vandkvalitet (forhøjet mængde organisk stof, nitrit, ammonium osv.).

YDS udbrud er ikke konstateret i produktionsafsnittene. Der er dog observeret fisk med vintersår forårsaget af bakterien *Flavobacterium psychrophilum*. Bakterien er fundet på og indeni hovedparten af de undersøgte fisk. Betydningen af bakteriens tilstedeværelse og eventuelt samspil med BKD er ikke klarlagt.

Rødmundsyge udbrud har tilsyneladende ofte været tilknyttet fisk med BKD. Der er i nogle anlæg antibiotika-behandlet en hel del fisk med ringe effekt. Optimal vaccinering er stadig afgørende. Sygdommen har haft mindre betydning end forventet, hvilket også afspejles i et relativt lavt antibiotika-forbrug.



Referencer ⁽⁸⁾

Faunapassageudvalgets Samlerapport, Februar 2004, ISBN, 87-7941-483-4

Fivelstad, S., Haavik, H., Lovik, G. and Olsen, A.B. 1998. Sublethal effects and safe levels of carbon dioxide in seawater for Atlantic salmon postsmolts (*Salmo salar* L.): Ion regulation and growth. *Aquaculture* **160**: 305-316.

Fivelstad, S., Olsen, A.B., Kloften, H., Ski, H. and Stefansson, S. 1999. Effects of carbon dioxide on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts at constant pH in bicarbonate rich freshwater. *Aquaculture* **178**: 171-187

Jon From 1993, Fiskeopdræt 1 & 2, ISBN 87-88016-29-3

Morris & Adams (2006). Transmission *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Malacosporea), the causative organism salmonid proliferative kidney disease, freshwater bryozoan *Fredericella Parazitology*, **133**: 701-709.

Sortkjær, O., Henriksen, N.H., Heinecke, R.D., Pedersen, L.F., 2008, Optimering af behandlingseffekten i akvakultur, Faglig rapport fra DMU nr. 659

Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S. & Dalsgaard, A.J.T. (2006): Ejstrupholm Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Danmarks Fiskeriundersøgelser. DFU-rapport 166-06

Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S. & Dalsgaard, A.J.T. (2006): Kongeåens Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Danmarks Fiskeriundersøgelser. DFU-rapport 164-06

Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S. & Dalsgaard, A.J.T. (2007): Løjstrup Dambrug (øst) - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Danmarks Fiskeriundersøgelser. DFU-rapport 172-07.

Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S. & Dalsgaard, A.J.T. (2007): Tingkæravad Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Danmarks Fiskeriundersøgelser. DFU-rapport 173-07.

Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S. & Dalsgaard, A.J.T. (2006): Tvilho Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport fra 1. måleår af monitoringsprojektet. Danmarks Fiskeriundersøgelser. DFU-rapport 168-06.

Svobodová, Z. and Vykušová, B. (editors), 1991. Diagnostics, prevention and therapy of fish diseases and intoxications. Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology, Vodňany, Czechoslovakia

Bilag 1: KU-LIFE

MMS

Rapport omkring parasitære infektioner i modeldambrug i 2005–2007

Sammendrag:

Regnbueørred fra 8 forskellige recirkulerede modeldambrug, blev undersøgt for parasitinfektioner igennem en periode på 24 måneder. Som følge af introduktion af inficerede fisk fra traditionelt opdræt ind i de nye systemer, blev fisk fra alle modeldambrug testet positive for en række parasitære organismer allerede fra projektperiodens start. I enkelte modeldambrug skabte fiskedræber (*Ichthyophthirius multifiliis*) store problemer allerede tidligt i forløbet. Også *Trichodina* spp., *Apiosoma* sp., *Ambiphrya* sp., *Epistylis* sp., *Chilodonella piscicola*, *Ichthyobodo necator*, *Spironucleus salmonis*, *Gyrodactylus derjavini* samt *Displostomum spathaceum* blev identificeret på regnbueørred fra de undersøgte produktionsenheder. Det vurderes dog, at ingen af disse sidstenævnete har været skyld i forhøjet fiskedødelighed i monitoringsperioden. I forbindelse med parasitundersøgelserne blev der foretaget morfologiske undersøgelser, histologiske farvninger, SEM (scanning elektron mikroskopi) samt molekylære metoder (PCR-RFLP) til artsbestemmelse. De opnåede resultater viser, at man ikke observerer den samme årstidsvariation i mængden af parasitter, som tidligere er set ved undersøgelser af traditionelle dambrug. Dette indikerer, at årstidsvariationer i de recirkulerede modeldambrug til dels er maskerede eller udlignes grundet brugen af kemikalier så som formalin og salt. Forsyningsvandets stabile og relativt lave temperatur har tillige bidraget til mindre sæsonbetonede fluktuationer i forhold til, hvad der kunne forventes ud fra tidligere observationer på traditionelle dambrug hvor der anvendes å-vand. Resultaterne understreger de problemstillinger der opstår, når inficerede fisk tages ind i recirkulerede systemer.

Følgende personer har været involveret i prøvetagning, efterbehandling af materiale samt kursusaktivitet: Thomas Rohde Jørgensen, Thomas Bjerre Larsen, Isam Saeed samt Kurt Buchmann.

Introduktion:

Opdræt af regnbueørred (*Oncorhynchus mykiss*) har i mange år kunne fremvise en øgning i produktiviteten. Det anslås at den globale produktion af netop denne art nærmer sig 500.000 ton pr. år. Dambrugserhvervet i Danmark har dog længe været pålagt produktionsbegrænsninger på grund af miljøhensyn. For at minimere udslip af forurenende stoffer samt at kunne øge produktionen, er nye recirkulerede produktionsanlæg blevet udviklet. Disse anlæg er helt fri for brugen af å-vand ved i stedet at bruge bore- eller drænvand. Desuden er de baseret på avanceret recirkulationsteknologi som biofiltre, slamkegler, beton raceways samt plantelaguner (www.danskakvakultur.dk). Højteknologiske anlæg som disse menes at skulle sætte standarden for fremtidig dansk akvakultur. At anvende alternative vandkilder i forhold til å-vand, gør det muligt at forhindre en introduktion af parasitære organismer i det nye system, hvorved der opstår en unik mulighed for at opnå en patogen fri produktion. (Buchmann et al., 1997). Grundet økonomiske forhold blev alle 8 modeldambrug, inkluderet i denne undersøgelse, nødsaget til at starte produktionen inden der var tilstrækkelig sygdomsfri yngel og sættefisk tilgængelig. Dette medførte, at inficerede ørreder fra traditionelt opdræt blev anvendt, hvorved en lang række parasitære organismer blev introduceret til hvert opdrætsanlæg. Dette medførte fiskedødelighed i visse anlæg, hvorefter det blev nødvendigt til stadighed at behandle med kemikalier som natriumklorid og formaldehyd for at kontrollere infektionerne. Denne undersøgelse belyser konsekvenserne af, at indføre smittede fisk fra traditionelt dambrug i nye patogenfrie recirkulerede anlæg.

Metoder:

Ialt blev 274 regnbueørreder fra 8 forskellige dambrug undersøgt med hensyn til forekomsten af parasitære infektioner. Monitoringsperioden blev iværksat kort efter produktionsstart, og varede fra september 2005 indtil november 2007. Således blev 6 dambrug monitoreret hver anden måned indtil maj 2006. Derudover blev to af disse dambrug monitoreret indtil oktober 2007, hvor der i denne periode tillige blev lagt vægt på undersøgelse af gæller. Monitoringen bestod af undersøgelser i feltlaboratorium samt undersøgelser foretaget på laboratoriet på KU-LIFE. Regnbueørred blev fanget med ketcher og omgående dræbt i en overdosis af MS222 (500mg/l). Der blev foretaget en standardundersøgelse for parasitære organismer som beskrevet i Buchmann and Bresciani (2001). Kort fortalt blev følgende undersøgelser foretaget i feltlaboratorium. Fiskens ydre overflader så som hud, finner samt mundhule blev undersøgt. Alle finner blev afklippet, placeret i vand og undersøgt i stereolup. Øjne blev fjernet og både linsen samt glaslegemet blev ligeledes undersøgt i stereolup. Gæller blev undersøgt efter samme metode. Der blev desuden foretaget skrab af hud (4 cm²), som efterfølgende blev undersøgt ved mikroskopi. De forskellige parasitgrupper blev identificeret og talt. Primære gællefilamenter blev undersøgt efter samme metode. Spiserør, mave, pylorus og tarm blev fjernet og undersøgt mikroskopisk. Moving bed filter enheder blev i projektperiodens start undersøgt med henblik på forekomst af forskellige stadier af parasitære organismer. I tilfælde hvor det ikke var muligt fuldstændigt at karakterisere de fundne parasitter ved felt undersøgelse, blev parasitten fjernet og konserveret i 96 % alkohol, 4 % neutral formalin eller som smears på objektglas. Disse præparater blev hjemtaget til eget laboratorium til videre undersøgelse. Gyrodactylider blev monteret i ammonium picrat glycerin og identificeret på baggrund af morfometriske forskelligheder. Desuden blev der foretaget molekylære analyser for at fastslå hvilke Gyrodactylus arter, der var tale om. En PCR-RFLP analyse blev anvendt ifølge Cunningham (1997). En kort beskrivelse af metoden følger: Gyrodactylider som tidligere var konserveret i 96% alkohol blev tørret og placeret i 200 µl PCR rør indeholdende 7.5 µl lysis buffer (Tween 20 [0.45%], Proteinase K [60 µl ml⁻¹], 10 mM Tris samt 1 mM EDTA). Prøverne blev inkuberet ved 65 °C indtil komplet fordøjelse af parasittens bløde dele. Dette blev verificeret ved mikroskopi. Proteinase K blev inaktiveret ved at inkubere prøverne ved 95°C i 10 min. Derefter blev PCR med Taq polymerase (Bioline no. BIO21040) udført ved en annealing temperatur på 55 °C (30 cykler). For specifikke primere se Cunningham (1997). Efterfølgende blev et mix af PCR produktet og restriktionsenzymet Hae III inkuberet ved 37 °C i 2 timer. Skæringsproduktet blev visualiseret ved ethidium bromid farvet agarose gel-elektroforese.

Trichodinider blev karakteriseret ved hjælp af sølvnitratfarvning (2%) af hud og gælleskrab. Alle parasitter inden for en gruppe eller art blev talt. *Apiosoma* sp., *Ambiphrya* sp. og *Epistylis* sp. blev lagt sammen og refereret til som sessile cillier. Individuer inden for slægten *Trichodina* (*T. nigra*, *T. fultoni*) blev refereret til som trichodinider. Gennemsnitlig luft og vand temperatur blev sammenlignet med forekomsten af parasitære organismer. Parasit tællinger fra hud skrab (4 cm²) blev tildelt rangtal som delte parasittællingerne op i fem grupper (tabel 1).

Definition af infektionsniveau	Rangtal
Ingen infektion: 0 parasitter	0
Lav: 1-10 parasitter	1
Mellem: 11-30 parasitter	2
Høj: 31-75 parasitter	3
Meget høj: 75≤ parasitter	4

Tabel 1.

Fisk fra dambrug 1 og 2 blev desuden undersøgt med specielt henblik på gælleproblematikken. Følgende materiale er undersøgt i den forbindelse: Frisk gællemateriale, farvede smears fra gæller, formalinfixerede gæller, mukus præparater fra hud samt mukus præparater fra gæller. I alt 458 fisk blev undersøgt for gælleskader. De 4 højre gællebuer fra hver fisk blev undersøgt. De tilstedeværende organismer blev identificeret. Skadernes placering på gællerne blev endvidere registreret.

Resultater

Flere parasitgrupper som ved tidligere lejligheder er blevet observeret i traditionelt dambrug, blev observeret i denne undersøgelse. 10 forskellige arter i forskellige udviklingsstadier blev identificeret. Generelt dominerede forekomsten af ektoparasitter på hud og finner, men endoparasitter som *S. salmonis* blev også observeret (Tabel 2). *I. multifiliis* var den eneste parasitære organisme, som kunne sættes i direkte forbindelse med høj værtsdødelighed. Observerede parasitarter, sammenligning imellem de undersøgte dambrug samt korrelation imellem infektionsintensitet og temperatur er præsenteret i tabel 2.

Parasit	Statistisk signifikans imellem infektionsniveau i dambrug 1 og 2	Antal identificerede dambrug	Lufttemperatur korrelation		Vandtemperatur korrelation	
			Dambrug 1	Dambrug 2	Dambrug 1	Dambrug 2
<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	P = 0.18	8	r = -0.40 P = 0.18	r = 0.04 P = 0.89	r = -0.30 P = 0.35	r = 0.13 P = 0.66
<i>Trichodina</i> spp.	P = 0.72	4	r = -0.14 P = 0.65	r = -0.53 P = 0.07	r = -0.25 P = 0.43	r = -0.50 P = 0.089
Sessile ciliates (<i>Apiosoma</i> sp. <i>Ambiphrya</i> sp. <i>Epistylis</i> sp.)	P = 0.62	8	r = 0.12 P = 0.69	r = 0.20 P = 0.53	r = 0.11 P = 0.71	r = -0.043 P = 0.88
<i>Chilodonella piscicola</i>		4	#	#	#	#
<i>Ichthyobodo necator</i>		3	#	#	#	#
<i>Spironucleus salmonis</i>		1	#	#	#	#
<i>Gyrodactylus derjavini</i>	P = 0.16	5	r = 0.19 P = 0.53	r = -0.13 P = 0.69	r = -0.30 P = 0.35	r = -0.21 P = 0.50
<i>Displostomum spathaceum</i>		1	#	#	#	#

Table 2. Oversigt over alle parasitære arter observeret på regnbueørred i de 8 modeldambrug. Korrelationskoefficient (*r*) og *P* værdier for korrelation med vand og luft temperatur samt *P* værdier for sammenligning af infektionsniveauer imellem dambrug 1 og 2. # angiver arter som ikke blev observeret i de to dambrug der blev undersøgt i 24 måneder.

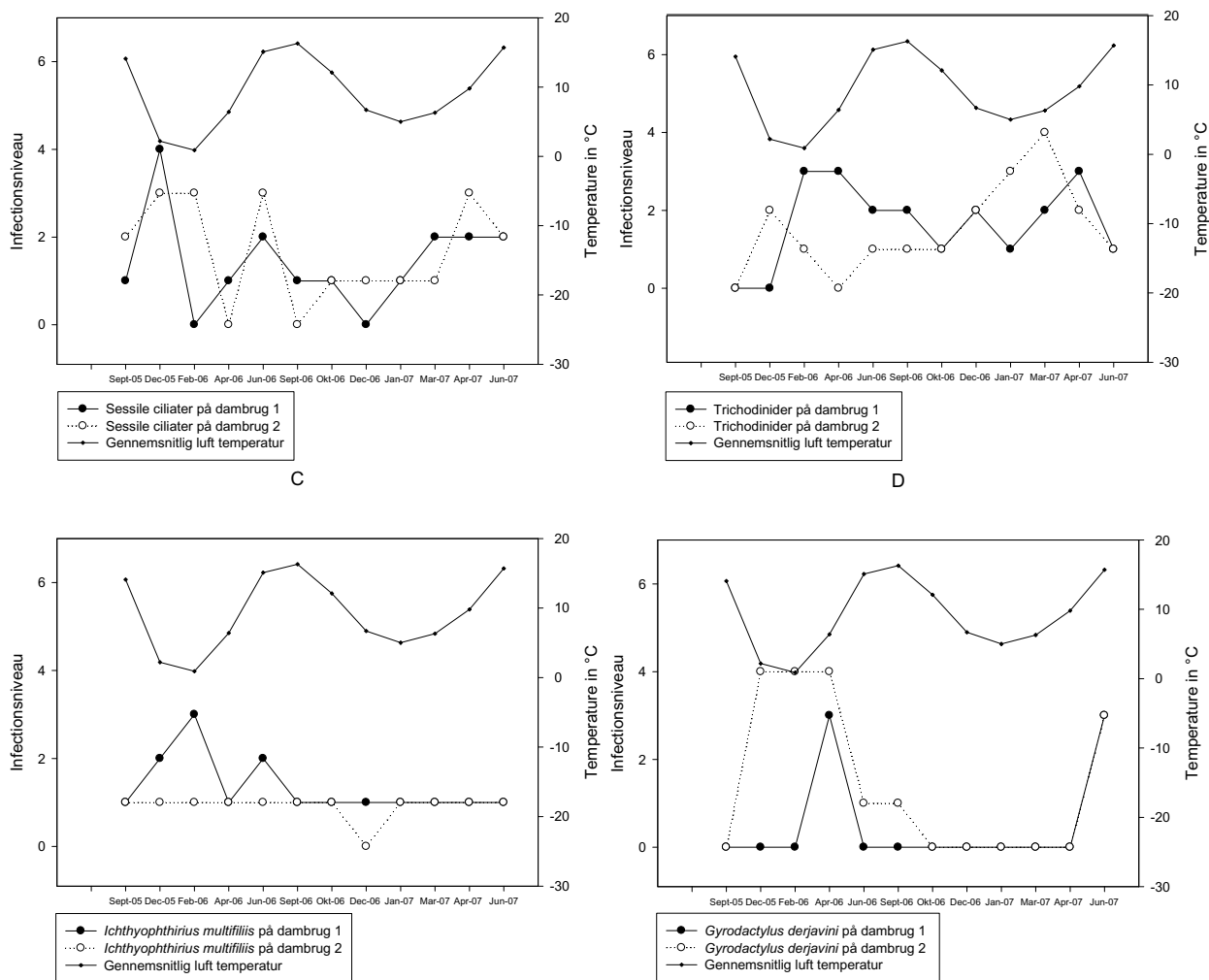


Fig. 1. Sammenligning af infektionsdata og gennemsnitlig lufttemperatur fra dambrug 1 og 2 igennem 22 måneder. A: Sessile ciliater (*Apiosoma* sp., *Ambiphrya* sp. and *Epistylis* sp.) infektion på dambrug 1 og 2. B: trichodinid infektion på dambrug 1 og 2. C: *I. multifiliis* infektion på dambrug 1 og 2. D: *Gyrodactylus derjavini* infektion på dambrug 1 og 2.

Resultater

Gælleundersøgelser:

Det viste sig, at hovedparten af gælleskaderne var associeret med infektion med *I. multifiliis*. Der blev i denne forbindelse lagt vægt på microhabitatselektion for denne parasit. Det blev således undersøgt om visse områder på gællerne indeholdt flere parasitter og skader end andre. Gælleskader forvoldt af andre organismer end *I. multifiliis* blev kun observeret hos 15 fisk hvilket svarer til 12 %. Der blev observeret gælleskader forvoldt af *I. multifiliis* i 17 % af de undersøgte fisk.

Der blev i enkelte tilfælde fundet amøbelignende organismer, men slet ikke i et antal der kan forventes at skabe problemer for fisken. Til trods for at der er blevet gjort flere forsøg på at kultiverer de amøbelignende organismer, er det ikke lykkedes. Ud fra gælleundersøgelserne kan det derfor ikke konkluderes at de observerede "gælleproblemer" skyldes amøbeinfektioner.

Gæller	Undersøgt	Positive for parasit-infektion i gæller	%
Totalt antal undersøgte fisk	458	142	31
Frisk gælle mukus	33	12	36
Dissektionsmikroskopi	458	50	11
Smears	264	105	40
Histologiske prøver	29	7	24
Elektronmikroskopi af gæller	13	6	46

Tabel 3. Oversigt over observationer i forbindelse med undersøgelse af gæller. Tallene er udtryk for positiv identifikation af en eller flere parasitarter i gællerne.

Der blev identificeret 7 forskellige organismer i forbindelse med undersøgelse af gælle-smears, hvor *I. multifiliis* og *Trichodina* spp. synes at være tilstede i største omfang. Dette konkluderer ikke noget omkring gælleskader så som hyperplasi, men giver et indtryk af hvilke organismer der er associeret med gællerne og i hvilket omfang de findes.

	A1	A2	A3	A4	Total antal <i>I. multifiliis</i> cyster
dorsal proximal	39	28	37	2	106
dorsal distal	24	31	93	29	177
median proximal	92	45	15	19	171
median distal	84	45	21	32	182
ventral proximal	25	29	61	14	129
ventral distal	13	69	95	26	203
Total	277	247	322	122	968

Tabel 4. Antal og placering af *I. multifiliis* cyster i gæller på i alt 504 gællebuer fordelt på 126 fisk.. A1-4 henviser til gællebue 1-4.

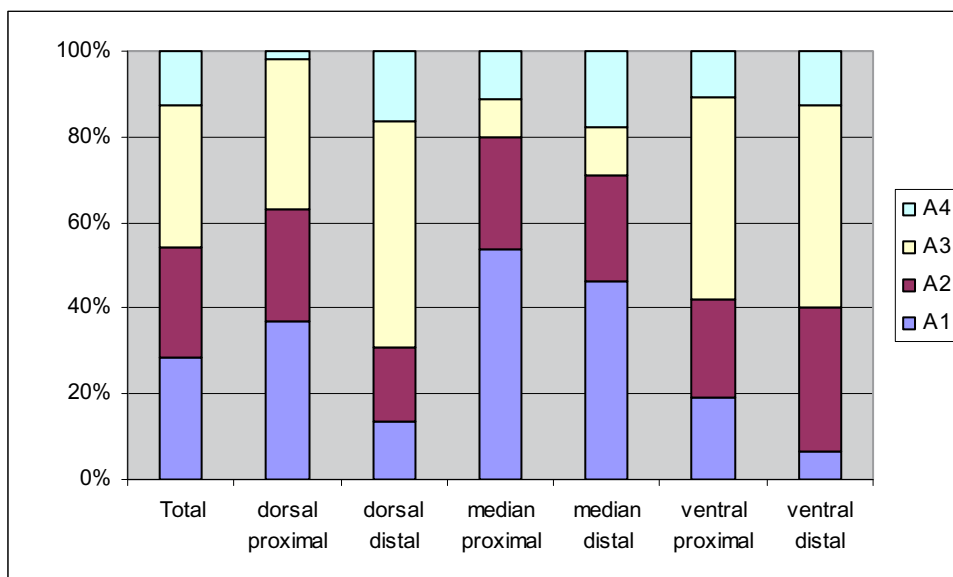


Fig. 2. Microhabitat fordeling af *I. multifiliis* på i alt 504 gællebuer fordelt på 126 fisk. A1-4 henviser til gællebue 1-4.

Diskussion

Fiskedødelighed i 7 af de 8 undersøgte anlæg afviger ikke i forhold til dødelighed observeret i traditionelt dansk dambrug, hvor der anvendes jorddamme. Et enkelt dambrug oplevede høj dødelighed indenfor en 24 timers periode, men dette skyldes ikke sygdom. I denne undersøgelse blev der kun observeret 10 parasitarter, hvilket er relativt få sammenlignet med 24 arter observeret ved et tilsvarende studie af regnbueørred fra danske dambrug baseret på jorddamme (Buchmann and Bresciani, 1997). De arter som blev observeret i recirkulerede anlæg, er alle introduceret ved tilførsel af inficerede fisk fra jorddamme. Alle observerede parasitarter i det nuværende studie benytter sig af en simpel livscyklus uden mellemværter, med undtagelse af øjeikten *D. spathaceum*, som kun blev fundet i et enkelt tilfælde. Dette skyldes en række biologiske faktorer, som er tilstede i jorddamme men ikke i moderne recirkulerede raceway systemer. Således vil en mangel på akvatiske planter, snegle, amphipoder, copepoder tilsammen med cement raceways og høj vandgennemstrømning være grund til at forvente fravær af flere parasitære organismer så som mange ikter og bændelorm.

Infektionsniveauet for parasitære organismer viser variation over tid (Fig. 1). Dog viser videre statistisk analyse af materialet, at der er tale om meget meget små variationer. Foregående studier af trichodinider fra recirkulerede ålefarme indikerer, at vandets indhold af organisk materiale er en af de faktorer der kontrollerer Trichodinaforekomsten. Således fandt Madsen et al. (2000) en positiv sammenhæng imellem organisk indhold og intensiteten af Trichodina infektion. Sessile ciliater (*Apiosoma* sp., *Ambiphrya* sp. and *Epistylis* sp.) er også filtratorer af organisk materiale, og det er sandsynligt at infektionsintensiteten af disse organismer også er afhængig af mængden af organisk materiale i vandet. Fiskedræber (*I. multifiliis*) og *G. derjavini* infektion var ikke korreleret til temperaturen i de to recirkulerede dambrug, som indgik i en sammenlignende undersøgelse.

I traditionelle dambrug varierer vandtemperaturen kraftigt igennem året, hvilket medfører årstidsvariationer i parasitintensiteten (Dorucu et al., 1995; Buchman and Bresciani, 1997; Simkova et al., 2005; Karvonen, 2006). Buchmann and Bresciani (1997) viste i en undersøgelse af traditionelt jorddambrug, at *I. multifiliis*, havde højest prevalens ved høje temperaturer, og at gyrodactylider forekom i større antal ved lave temperaturer. Desuden er det vist, at udviklingshastigheden for *I. multifiliis* tomocyster er positivt korreleret med temperaturen (Wagner, 1960; Aihua and Buchmann, 2001).

De manglende årstidsvariationer for gyrodactylider og *I. multifiliis* i de undersøgte recirkulerede systemer, er til dels grundet i de relative små temperaturfluktuationer i forsyningsvandet som er knyttet til denne type af systemer. Ved traditionelt dambrug anvendes å-vand og ikke borevand, hvilket giver større svingninger i temperaturen. Ved en undersøgelse af 5 traditionelle dambrug med jorddamme viste Buchmann et al. (1997) en årlig temperaturvariation på 1 °C – 20 °C i forhold til 2.3 °C – 18.0 °C i de 8 undersøgte modeldambrug. Udover temperatureffekten vil gentagende vandbehandling med formaldehyd og natriumklorid maskere eventuelle årstidsvariationer i parasit forekomsten (Buchmann and Kristensson, 2003).

Det blev ved undersøgelserne påvist, at infektionen med *I. multifiliis* stabiliseres på et lavt niveau i løbet af monitoringsperioden. Dette skyldes dels bedre "management" og dels, at fiskene har opbygget en vis immunitet i løbet af perioden. Med hensyn til intensiteten af *I. multifiliis* og alle andre observerede parasitære organismer blev der ikke fundet nogen statistisk signifikant forskel imellem dambrug 1 og 2. Dette indikerer tilstedeværelsen af ensartede biotiske og abiotiske faktorer i de to sammenlignede modeldambrug. Gentagne undersøgelser har vist, at der i danske dambrug findes forskellige Gyrodactylus arter (Malmberg and Malmberg, 1993; Buchmann and Bresciani, 1997; Nielsen and Buchmann, 2001; Lindenstrøm et al., 2003; Jørgensen et al., 2007). Trods disse resultater blev der i den nuværende undersøgelse kun observeret én art (*Gyrodactylus derjavini*). Mht. andre parasitære infektioner er der på begge dambrug, igennem vinterperioden, til tider observeret høj infektion af ciliaten *Trichodina*. Det vurderes dog, at infektionen ikke på noget tidspunkt har været årsag til dødelighed. Filtrering med mikrosigte, vil eventuelt også minimere mængden af denne parasitgruppe. På begge dambrug blev der påvist en middel infektion af de sessile ciliater *Apistoma* sp., *Ambiphrya* sp. og *Epistylis* sp., igennem hele vinterperioden. Dog har der ikke været tale om så høje mængder, at det har resulteret i egentlig sygdom eller alvorlige gælleskader.

Undersøgelser af gæller viste at gælleproblematikken ikke stammede fra amøbeinfektioner. Derimod blev der observeret gælleskader forvoldt af andre parasitære organismer, hvor *I. multifiliis* stod for langt de fleste af disse skader. Det kan ikke udelukkes, at fiskedråberinfektioner baner vejen for sekundære infektioner. Således kan gælleinfektioner tænkes at udgøre et kompleks af forskellige patogener. Fra starten var det tanken, at alle 8 modeldambrug ville have mulighed for at holde produktionen fri for infektion med parasitære organismer, da der ikke anvendes vand fra potentielt inficerede kilder. Det viste sig dog hurtigt, at det var nødvendigt, at overflytte fisk fra traditionelt dambrug til modeldambrugene, da det ikke var muligt at anskaffe sygdomsfrie sættefisk i tilstrækkelige mængder. Resultaterne i denne undersøgelse viser med tydelighed, at der som følge af denne flytning af fisk, inden for kort tid blev observeret en række parasitter i modeldambrugene. Dette skabte især i begyndelsen problemer med *I. multifiliis*. Trods gentagende behandlinger viste det sig umuligt helt at udrydde de observerede parasitære arter fra modeldambrugene.

Det anses ikke for økonomisk muligt at tørlægge og rense modeldambrugene på nuværende tidspunkt. Dog er der planer om opstart af nye modeldambrug inden for den nærmeste fremtid. Tages der udgangspunkt i resultater fra denne undersøgelse, er det tilrådeligt at tage strenge forholdsregler for at starte og gennemføre en sygdomsfri produktion, da dette har vist sig muligt i tidligere tilfælde hvor recirkulerede anlæg har været anvendt (Buchmann et al., 1997). I den udstrækning det er nødvendigt at leve med infektionerne, må disse minimeres. KU-LIFE har gennemført en serie undersøgelser, der viser at anvendelse af mikrosigte og strategisk brug af natriumpercarbonat kan reducere parasitforekomsten og dermed sygdom (Heinecke and Buchmann, 2007).

Litteraturliste

- Aihua, L., Buchmann, K., 2001. Temperature- and salinity-dependent development of a Nordic strain of *Ichthyophthirius multifiliis* from rainbow trout, J. Appl. Ichthyol. 17, 273-276.
- Buchmann, K., Bresciani, J., 1997. Parasitic infections in pond-reared rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in Denmark. Dis. Aquat. Org. 19, 125-138.
- Buchmann, K., Dalsgaard, I., Nielsen, M. E., Pedersen, K., Uldal, A., Garcia, J. A., Larsen, J. L., 1997. Vaccination improves survival of Baltic salmon (*Salmo salar*) smolts in delayed release sea ranching (net-pen period). Aquaculture. 156, 335-348.
- Buchmann, K., Bresciani, J., 2001. An introduction to parasitic diseases of freshwater trout, 1 Edition. DSR Publishers. Frederiksberg. Denmark.
- Buchmann, K., Kristensson, R., 2003. Efficacy of sodium percarbonate and formaldehyde bath treatment against *Gyrodactylus derjavini* infestations of rainbow trout. North. Am. J. Aquacult. 65, 25-27.
- Cunningham, C. O., 1997. Species variation within the internal transcribed spacer (ITS) region of *Gyrodactylus* (Monogenea: Gyrodactylidae) ribosomal RNA genes. J. Parasitol. 83, 215-219.
- Dorucu, M., Crompton D. W. T., Huntingford, F. A., Walters, D. E., 1995. The ecology of endoparasitic helminth infections of brown trout (*Salmo trutta*) and rainbow-trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Scotland. Folia Parasitol. 42, 29-35.
- Jørgensen, T. R., Larsen, T. B., Jørgensen, L.G., Bresciani, J., Kania, P. W., Buchmann, K., 2007. Characterisation of a low pathogenic form of *Gyrodactylus salaris* from rainbow trout. Dis. Aquat. Org. 73, 235-244.
- Heinecke, R. D., Buchmann, K., 2007. Control of *Ichthyophthirius multifiliis* infections using strategic treatments with sodium percarbonate and water filtration. Parassitologica, ISFP, Viterbo, Italy, Sept. 2007.
- Lindenstrøm T., Collins C.M., Bresciani J., Cunningham C.O., Buchmann K., 2003. Characterization of a *Gyrodactylus salaris* variant: infection biology, morphology and molecular genetics. Parasitology. 127, 165-177.
- Madsen, H. C. K., Buchmann, K., Mellergaard, S., 2000. Association between trichodiniasis in eel (*Anguilla anguilla*) and water quality in recirculation systems. Aquaculture. 187, 275-281.
- Malmberg, G., Malmberg, M., 1993. Species of *Gyrodactylus* (Platyhelminthes, Monogenea) on salmonids in Sweden. Fish Res. 17, 59-68.
- Nielsen, C. V., Buchmann, K., 2001. Occurrence of *Gyrodactylus* parasites in Danish fish farms. Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol. 21, 19-25.
- Simkova, A., Jarkovsky, J., Koubkova, B., Barus, V., Prokes, M., 2005. Associations between fish reproductive cycle and the dynamics of metazoan parasite infection. Parasitol. Res. 95, 65-72.
- Wagner, G., 1960. Der Entwicklungszyklus von *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet und der Einfluss physikalischer und chemischer Aussenfaktoren. Zeitschr. Fisch. 9, 425-443.

Bilag 2:

DTU Aqua

Bruun, M.S., Madsen, L. og Dalsgaard, I.
Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Akvatiske Ressourcer, Fiskepatologisk Laboratorium,
Stigbøjlen 4, 1870 Frederiksberg C

Bakterier

Overvågningen af fisk for forekomst af fiskepatogene bakterier er foregået med henblik på at påvise *Aeromonas salmonicida* (furunkulose), *Yersinia ruckeri* (rødmundsyge) og *Flavobacterium psychrophilum* (yngeldødelighedssyndrom). Der er i perioden 1/9 2005 til 1/9 2006 hvert kvartal udtaget prøver af 20 fisk fra hvert af de 8 dambrug. Undersøgelsen fortsatte i perioden 1/9 2006 til 1/9 2007 på 2 af dambrugene.

Rødmundsyge

Yersinia ruckeri forekom det første år på 7 af dambrugene, hvor bakterien fandtes i slim, gæller og fra indre organer ved prøveudtagninger, hvor der ikke var diagnosticeret sygdomsudbrud. Bakterien blev også isoleret ved prøveudtagning i forbindelse med sygdomsudbrud på et dambrug. Det følgende år, hvor kun 2 af dambrugene indgik i undersøgelsen, blev *Y. ruckeri* ikke påvist. Samtlige *Y. ruckeri* reagerede med serotype O1, som er den serotype, der påvises i forbindelse med sygdom.

Furunkulose

Aeromonas salmonicida fandtes det første år på 3 af dambrugene og i få fisk, bakterien blev isoleret fra slim og gæller og fra et sår, uden der blev registeret sygdom. Bakterien blev ikke påvist det følgende år, hvor kun 2 af dambrugene indgik i undersøgelsen. *A. salmonicida* forårsager tilsyneladende ikke sygdom under de anvendte produktionsforhold, men hvis fisken flyttes i havbrug kan bakterien forårsage sygdom.

Yngeldødelighedssyndrom

Flavobacterium psychrophilum fandtes det første år på samtlige 8 dambrug fortrinsvis i slim og gæller, men blev også fundet i sår samt indre organer. Det følgende år hvor kun 2 af dambrugene blev undersøgt, blev bakterien fundet fra begge dambrug og ved samtlige 4 prøveudtagninger.

Der blev i alt isoleret 943 *F. psychrophilum* bakterier i undersøgelsesperioden, heraf er 324 *F. psychrophilum* blevet karakteriseret for at se om der var genetiske forskelle mellem isolaterne ved en metode kaldet ribotypning. Herved isoleres bakteriernes kromosom der efterfølgende skæres med et enzym, så man kan se hvor tæt bakterierne er beslægtede. Ribotypningen viser at mere end halvdelen af bakterierne fra fiskenes indre organer, men også fra fiskenes overflader er identiske med *F. psychrophilum* isolater som tidligere er bestemt som sygdomsfremkaldende, og er isoleret i forbindelse med sygdom.

Hovedparten af de fundne bakterier var til stede i slim og gæller – bakterien er dog også fundet i stigende grad i sår og indre organer, hvilket kunne være en indikation på enten overstået sygdom eller opstart af sygdom. Betydningen af *F. psychrophilum*'s forekomst i mange af de undersøgte fisk, bør undersøges yderligere.

Antibiotikaresistens

Yersinia ruckeri og *Aeromonas salmonicida* er blevet undersøgt for antibiotikaresistens over for Tri-

brissen og oxolinsyre, der anvendes i dambrugene ved sygdom forårsaget af de nævnte bakterier. I alt blev der isoleret 163 isolater af *Y. ruckeri*, som alle var følsomme for Tribriksen og oxolinsyre. De 13 *A. salmonicida* isolater var ligeledes følsomme for Tribriksen og oxolinsyre. Et resultat der viser, at i en behandlingssituation vil man kunne forvente en god effekt af begge lægemidler.

De isolerede *Flavobacterium psychrophilum* er blevet undersøgt for antibiotikaresistens over for Tribriksen, oxolinsyre, tetracyclin, amoxicillin og florfenicol. 536 isolater ud af 943 *F. psychrophilum* er undersøgt for antibiotikaresistens. Alle undersøgte *F. psychrophilum* isolater fandtes følsomme overfor florfenicol, som er det anvendte lægemiddel til behandling af infektioner med *F. psychrophilum*. Resistens overfor de andre undersøgte antibiotika varierede, men det er velkendt, at bakterien er naturlig resistent overfor Tribriksen, og at følsomheden ofte er nedsat overfor oxolinsyre. Nedsat følsomhed overfor tetracyclin og amoxicillin er forholdsvis udbredt og kendes også fra tidligere undersøgelser, hvor mønstret er nogenlunde som set ved denne undersøgelse. Man vil derfor ikke forvente en effektiv behandling med disse antibiotika, og det er også en forklaring på, hvorfor de ikke anvendes i behandlingen mod yngeldødelighed.

Biofiltrens påvirkning af sygdomsfremkaldende bakterier

I forbindelse med behandling af rødmundsyge blev effekten af antibiotika på filter og vandmiljøet undersøgt. Der blev fundet *Yersinia ruckeri* (O1) fra 9 ud af 10 syge fisk, og ligeledes blev *Flavobacterium psychrophilum* isoleret fra 4 af de 10 fisk. *Y. ruckeri* blev påvist i vandprøver både før og efter biofilteret, men der var for få bakterier til at vurdere om biofilteret havde en påvirkning på antallet af sygdomsfremkaldende bakterier.

Antibiotikaforekomst i fiskemuskulatur efter behandling

3 x 33 fisk blev udtaget til analyse for sulfadiazin/trimethoprim-koncentrationer i muskeltvæv i forbindelse med behandling mod rødmundsyge med Aquavet ST. Der blev udtaget fisk dagen efter behandlingsperiodens ophør samt 5 og 10 dage efter.

Analyserne for antibiotika i fiskemuskulatur viste stor variation i koncentrationerne i behandlede fisk for både sulfadiazin og trimethoprim umiddelbart efter afslutning af behandling. Fundet af antibiotika i hovedparten af de undersøgte fisk fra en behandlet sektion både 1, 5 og 10 dage efter behandlingens ophør viser optagelse af antibiotika i fiskene, dog i varierende grad. Sulfadiazin omsættes forholdsvis hurtigt i de behandlede fisk (halveres på få dage), mens trimethoprim omsættes betydeligt langsommere.

Undersøgelsen viste også, at det er muligt at finde sulfadiazin i fisk fra ubehandlede sektioner, når sådanne ubehandlede sektioner ligger i samme recirkuleringssystem og dermed modtager vand fra behandlede sektioner. Niveauet for sulfadiazin var i de ubehandlede fisk dog aldrig over 100 µg/kg, som er tilladt i kød i slagtefisk. Trimethoprim kunne ikke påvises i fisk fra ubehandlede sektioner i dette anlæg.

Samlet kan der dog konkluderes at undersøgelsen tyder på, at der under behandling af store mængder fisk i et recirkuleret anlæg vil kunne findes antibiotika indhold i eventuelle ikke-behandlede fisk i samme recirkuleringsenhed, hvorved disse fisk ikke umiddelbart kan anvendes til konsum. Det anbefales derfor, at man nøje vurderer risikoen, hvis man under eller lige efter en antibiotika-kur ønsker at slagte ikke behandlede fisk, som modtager vand fra afsnit med behandlede fisk. Forsøget kan betragtes som en forundersøgelse, og det vil være relevant at få belyst problemstillingen ved yderligere undersøgelser.

Opsummering

Undersøgelsen viser, at der har været patogene bakterier til stede både i fiskene, på fiskenes overflader og i vandmiljøet, hvilket har ført til sygdomsudbrud forårsaget af *Yersinia ruckeri*, og at det både i starten af behandlingsforløbet og lige efter behandling har været muligt at finde de sygdomsfremkaldende bakterier inde i fiskene og i vandmiljøet. *Aeromonas salmonicida* fandtes i enkelte dambrug og forårsager tilsyneladende ikke sygdom under de anvendte produktionsforhold. *Flavobacterium psychrophilum* findes udbredt i dambruget og kan, f.eks. i samspil med stress af fiskene, spille en rolle i forbindelse med dødelighed og patologiske forandringer i f.eks. hud, øjne og gæller. Ved at sammenholde de opnåede resultater fra undersøgelsen med oplysninger fra den praktiserende dyrlæge om eventuelle sygdomsudbrud, kan der muligvis opnås mere viden om betydningen af de tilstedeværende bakterier. Både forsøget med biofitrenes påvirkning af sygdomsfremkaldende bakterier og antibiotikaindhold i fiskemuskulatur kan betragtes som forundersøgelser, og problemstillingerne bør belyses yderligere.

Litteraturliste

Bruun, M.S., A.S. Schmidt, L. Madsen & I. Dalsgaard, 2000: **Antimicrobial resistance patterns in Danish isolates of *Flavobacterium psychrophilum***. *Aquaculture*, 187, 201-212.

Bruun, M.S., L-F. Pedersen, I. Dalsgaard, P.B. Pedersen and O. Sortkjær, 2007: **The fate of chemical additives and antimicrobial agents applied in Danish freshwater fish farms**. *World aquaculture* 38, 57-61.

Dalsgaard, I. & L. Madsen, 2000: **Bacterial pathogens in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* reared at Danish freshwater farms**. *J. Fish Dis.*, 23, 199-209.

Madsen, L. & I. Dalsgaard, 2000: **Comparative studies of Danish *Flavobacterium psychrophilum* strains concerning ribotypes, plasmid profiles, serotypes and virulence**. *J. Fish Dis.*, 23, 211-218.

Madsen, L. & I. Dalsgaard, 2004: **Bakterie koster dambrugerne dyrt**. *Ferskvandsfiskeribladet* 102 (11), 150-155.

Madsen, L. & Dalsgaard, I. 2008: **Water recirculation and good management: potential methods to avoid disease outbreaks with *Flavobacterium psychrophilum***. *J Fish Diseases* (accepted).

Madsen L., J.D. Møller & I. Dalsgaard, 2005: ***Flavobacterium psychrophilum* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), hatcheries: studies on broodstock, eggs, fry and environment**. *J. Fish Diseases*, 28, 39-47.

Schmidt, A.S., M.S. Bruun, I. Dalsgaard, K. Pedersen & J.L. Larsen, 2000: **Occurrence of antimicrobial resistance in fish-pathogenic and environmental bacteria associated with four Danish rainbow trout farms**. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66, 4908-4915.

Sortkjær, O., P. Bovbjerg, S.J. Steinfeldt, M.S. Bruun, I. Dalsgaard, P. Nielsen & P. Aarup, 2000: **Undersøgelse af eventuelle miljøpåvirkninger ved anvendelse af hjælpestoffer og medicin i ferskvandsdambrug, samt metoder til at reducere/eliminere sådanne påvirkninger**. DFU-rapport nr. 79-00.

Aarup Jensen, P., Henriksen, N.H., Michelsen, K., Madsen, L. and Dalsgaard, I., 2003: **Forebyggelse af YDS (yngeldødelighedssyndrom) og begrænsning af medicinforbrug i æg- og yngelopdræt i danske dambrug**. DFU-rapport 124-03, Charlottenlund: Danmarks Fiskeriundersøgelser. 129 p.

Bilag 3:

Veterinærinstituttet

Samlerapport fra VET.DTU

Laboratoriemæssige undersøgelser ved Veterinærinstituttet (DTU.VET)

Smittepres analyse

Alle 8 modeldambrug er på VET.DTU blevet overvåget intensivt for forekomst af bakteriel nyresyge (BKD) og for forekomst af virusbetingede sygdomme.

Overvågningen blev organiseret ved, at dyrlægerne ved Fødevarestyrelsens sektion for akvakultur udtog prøver efter aftale med VET.DTU. Der blev hertil udarbejdet prøveudtagningsmanualer samt igangsat undersøgelser vedr. prøvetagningsstørrelser og effekt af samleprøver fra 1-10 fisk på overvågningens følsomhed. Herudover igangsattes arbejde på udvikling af mere følsomme metoder til påvisning af *Renibacterium salmoninarum* der forårsager BKD, metoderne omfattede dyrkning, ELISA og PCR baserede teknikker.

Laboratoriemæssige undersøgelser:

BKD:

I alt blev 289 samleprøver af nyremateriale fra 1 til 10 fisk undersøgt for *R. salmoninarum*. Alle prøver blev undersøgt ved ELISA, hvis én af prøverne fra en indsendelse var suspekter eller positive for *R. salm.* blev de tillige undersøgt ved PCR, og eller ved dyrkning på special medie. Af disse 289 prøver var 216 negative, 31 suspekter og 42 positive, dvs. at 25% af prøverne fra de 8 modeldambrug var enten suspekter eller positive for BKD. 25 af 95 prøver var positive ved BKD-PCR (Tabel 1).

Virologi:

I alt blev 200 prøver, repræsenterende mere end 1000 fisk, undersøgt for infektion med virus. Der blev ikke konstateret infektion med VHS på dambrugene. IPN virus påvist imidlertid i 34 af prøverne fra 6 af de 8 dambrug. IPN giver i regnbueørreder kun anledning til sygdom på yngelstadiet. I de sidste 20 år har man imidlertid konstateret, at sygdommen nu også kan opstå og give betydelig dødelighed i opdrættet laks på op til ½ kg, sygdom bryder her primært ud i forbindelse med udsætning i saltvand. Det følges derfor om overgang til modeldambrugsdrift kan have samme effekt på sygdommen, og om IPN også vil kunne bryde ud i større regnbueørreder under de ændrede produktionsforhold. Der var dog ingen kliniske symptomer der tydede på, at det har været tilfældet i undersøgelsesperioden. IPN virus overføres både vertikalt (gennem æg) og horisontalt (gennem vand og ved kontaktsmitte), og IPN regnes for at være indført på anlæggene ved indkøb af smittede fisk. Indtil videre tillægges fundene derfor ingen større betydning.

En tidligere undersøgelse gennemført i 1990'erne hvor en række udvalgte traditionelle dambrug blev monitoreret over en årrække, blev der ligeledes fundet tilstedeværelse af IPN virus med tilsvarende frekvenser på, fra ingen til op mod 70% af prøverne var positive (SJVf projekt: "Sygdomsforebyggelse, genetik og ernæring ved produktion af regnbueørred" her blev IPN virus påvist på 2 af 5 udvalgte dambrug. Gentagne undersøgelser af enkeltfisk viste en prævalens på disse 2 dambrug på henholdsvis 0.42 og 0.70, hvilket var højere end forventet. Det omfattende indsamlede datamateriale om de enkelte dambrug blev derfor blevet analyseret med det formål at undersøge, om forekomsten af IPN virus på dambrug kunne afspejles i produktionsforhold. Ved at sammenligne data om foderkonvertering og forekomst af andre sygdomme med tilstedeværelse af IPN virus var der imidlertid intet, der pegede på at forekomst af IPN virus i regnbueørreder fra sættefisk-størrelse og opefter har indflydelse på produktionen og for fiskenes trivsel.)

	BKD antal prøver	BKD-ELISA		BKD-PCR		Virus antal prøver	IPNV
		Sus-pekete	Positive	Nega-tive	Posi-tive		
Dambrug 1	39	8	0	18	1	24	0
Dambrug 2	24	1	1	2	4	18	4
Dambrug 3	37	2	2	6	1	24	11
Dambrug 4	40	3	19	5	7	21	4
Dambrug 5	30	4	1	1	5	27	6
Dambrug 6	29	2	0	10	1	34	3
Dambrug 7	31	9	8	19	4	24	6
Dambrug 8	59	2	11	9	2	28	0
I alt	289	31	42	70	25	200	34

Tabel 1: Antal prøver undersøgt for BKD og virus infektion under MMS projekte

Dambrug	IPNV			BKD-ELISA			BKD-PCR			Konklusion
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007	
1	Ikke påvist	Ikke påvist	Ikke påvist	Ikke påvist	Suspekt	Ikke påvist	-	Påvist	Ikke påvist	IPNV: ikke påvist BKD: suspekt
2	-	Påvist	Påvist	-	Påvist	Suspekt	-	Påvist	-	IPNV: påvist BKD: påvist
3	-	Påvist	Påvist	-	Påvist	Suspekt	-	Påvist	-	IPNV: påvist BKD: påvist
4	-	Påvist	Påvist	Ikke påvist	Påvist	Påvist	-	Påvist	Påvist	IPNV: påvist BKD: påvist
5	Ikke påvist	Påvist	Påvist	Ikke påvist	Påvist	Suspekt	-	Påvist	-	IPNV: påvist BKD: påvist
6	-	Ikke påvist	Påvist	-	Ikke påvist	Suspekt	-	-	Påvist	IPNV: Påvist BKD: suspekt
7	-	Påvist	Påvist	Ikke påvist	Suspekt	Påvist	-	Ikke påvist	Påvist	IPNV: påvist BKD: påvist
8	Ikke påvist	Ikke påvist	Ikke påvist	Ikke påvist	Påvist	Suspekt	Påvist	Påvist	-	IPNV: ikke påvist BKD: påvist

Tabel 2: Resultat af laboratiemæssige undersøgelser.

Konklusion på smittepres analyse:

Der blev ikke påvist VHS (viral hæmorrhagisk septikæmi) virus på anlæggene. IPN (infektøs pankreas nekrose) virus blev påvist på 6 ud af de 8 anlæg. IPN-virus menes dog ikke at have nogen sygdomsmæssig betydning, idet fundene udelukkende har været tilfældige og ikke nødvendigvis i forbindelse med sygdomsudbrud.

BKD er påvist på 6 ud af 8 anlæg i projektperioden, og der var mistanke om BKD på de sidste 2 anlæg.

Forebyggelse

Smittepres analyserne viste at, BKD med stor sandsynlighed forekommer på alle modeldambrug. Årsagen er især, at der ikke anvendtes registrerede BKD fri fisk ved besættelse af anlæggende. I tidligere år var der observeret meget betydelig dødelighed som følge af BKD på dambrug, der i høj grad recirkulerede deres vandforsyning. Der er derfor begrundet frygt for, at BKD vil blive en alvorlig trussel for modeldambrugsdriften. Der blev da også set ret betydelig dødelighed som følge af BKD på enkelte modeldambrug. Problemerne var dog størst i 2006 medens sygdommen ikke udviklede sig så meget i 2007.

Renibacterium salmoninarum er den bakterie der forårsager BKD. Bakterien lever inde i værtsorganismens celler og kan ikke behandles med de antibiotika, der må bruges i akvakultur. Bakterien kan sætte sig inden i æg og kan dermed undgå at blive inaktiveret ved den rutinemæssige ægdesinfektion. Den kan således overføres vertikalt ligesom IPN. Langt de fleste bakterier vil dog være at finde udenpå æg, og ægdesinfektion har derfor en betydelig effekt på reducere af sygdomsoverførslen.

På Færøerne var der fra 1980-erne og frem til slut 90-erne store problemer med BKD i lakseopdræt. Sygdommen forekom især i fjorde med mange koncessioner og mange produktionstyper, ligesom nedsat vandkvalitet også så ud til at have en betydning for sygdommen. I flere år blev samtlige moderfisk testet for BKD, og kun afkom fra BKD negative moderfisk indgik i produktionen. Denne monitorering har nok medført nogen nedgang i sygdomsproblemet, men langt det vigtigste tiltag var krav om alt ind alt ud produktion på de enkelte anlæg samt nøje koordinering af produktionen og hygiejne kontrol på de forskellige anlæg i samme fjorde. I dag spiller BKD kun en ubetydelig rolle for lakseopdrætterne på Færøerne.

Forebyggelse vil derfor bestå i:

- Indkøb af sættefisk fra registrerede BKD fri dambrug
- Undgå at blande aldersklasser på strengene, alt ind/alt ud
- God hygiejne, hurtig og sikker fjernelse af syge fisk
- Vandbehandling med f.eks. UV
- God styring af ilt, pH, kvælstof m.v.

Bekæmpelsesstrategier

Hvis BKD først er indført på et modeldambrug, forventes det, at det vil være særdeles vanskeligt at skille sig af med den igen. Et modeldambrug lignende anlæg forsøgte dog i 2005 og 2006 at bekæmpe sygdommen med traditionelle metoder som tørlægning, rensning, desinfektion og braklægning før genbesættelse med sygdomsfri fisk. I første omgang lykkedes strategien ikke formodentlig på grund af indkøb af fisk, der alligevel ikke viste sig at være sygdomsfri. Men efter den sidste tørlægning har dambruget ikke haft problemer med sygdommen. Det tyder således på, at det er muligt at bekæmpe sygdommen. Samme erfaringer er gjort i England, hvor sygdommen er anmeldeligt og skal bekæmpes ved fund. Her har det vist sig, at tørlægning kan reducere problemet i en årrække, indtil den blusser op igen. Bakterien menes således ikke at forsvinde helt, men da den er meget længe om at vokse og etablere sig, vil der gå flere år før sygdommen igen kommer til udbrud.

Der er ikke udviklet vacciner, der kan forebygge BKD, og antibiotika behandling eller hjælpstoffer kan ikke afhjælpe problemet.

