

Dambrugsteknologi - Formalinsubstitution

Undersøgelse af vandbehandlingspraksis med brintoverilte og pereddikesyreprodukter på forskellige typer dambrug



DTU Aqua-rapport nr. 236-2011

Af Lars-Flemming Pedersen
og Niels Henrik Henriksen

Dambrugsteknologi – Formalinsubstitution

Undersøgelse af vandbehandlingspraksis med brintoverilte og pereddikesyreprodukter på forskellige typer dambrug

DTU Aqua-rapport nr. 236-2011

Lars-Flemming Pedersen, DTU Aqua
Niels Henrik Henriksen, Dansk Akvakultur

Danmark og EU investerer i bæredygtig akvakultur.

Projektet er støttet af Fødevareministeriet og EU.

Ministeriet for Fødevarer,
Landbrug og Fiskeri



Den
Europæiske
Fiskerifond

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning	4
Summary	5
1. Baggrund	6
2. Indledning	7
3. Projektets formål	8
4. Brintoverilteforsøg på model 1- og model 3-dambrug	11
4.1. HP-omsætning på model 1-dambrug	11
4.2. HP-omsætning på model 3-dambrug	14
4.3. Brintoverilte- og kvælstofomsætning i biofiltre	15
5. Pereddikesyre-forsøg på forskellige dambrug	20
5.1. Temperaturafhængig pereddikesyre-omsætning	20
5.2. Sammenligning af tre pereddikesyreprodukter	22
6. Veterinære observationer	31
6.1. Alternativer til formalin ved forebyggelse af skimmel på æg	31
6.2. Anvendelsen af ren brintoverilte	32
6.3. Anvendelsen af pereddikesyreprodukter	35
7. Doseringsforslag og arbejdssikkerhed	37
7.1. Brintoverilte	37
7.2. Pereddikesyre	38
8. Diskussion	41
9. Perspektiver	43
10. Referencer	44
Bilag 1 (Veterinærrapporter fra dambrug)	46

Sammenfatning

- Brintoverilte (hydrogenperoxid, HP) nedbrydes hurtigt, men kan dog opretholdes over en længere periode ved kontinuerlig dosering.
- Brintoverilteniveau kan følges ved at måle på ændring i vandets iltmætning og ved brug af sticks.
- Vandbehandling med HP er praktisk muligt (filter bypass m.m.) – og kan suppleres med kontinuerlige doseringer og flere timer.
- Der er synlige positive behandlingseffekter ved brugen af HP.
- Pereddikesyre (PES) forsvinder hurtigt i dambrugsvand i recirkulerede anlæg. Typisk på under 20-30 minutter.
- Betydelig variation i genfinding af PES – under indflydelse af fisketæthed og organisk materiale.
- Ingen umiddelbar forskel i omsætningshastigheder for tre forskellige pereddikesyre produkter.
- Der kan være stor variation af indholdet pereddikesyre i produkterne.
- For pereddikesyre produkter er der stor forskel i doseringsmængder fra anlæg til anlæg (fra 0,5 ml/m³ til 20 ml/m³).
- Kraftig, kortvarig reaktion fra fiskene på PES tilsætning.
- HP og PES kan anvendes til hygiejneforbedring, vedligehold af biofiltre, rengøring af flader, og kontrol/fjernelse af biofilm i rør og dyser.
- Kraftig HP-dosering i biofilter medførte forbedret vandgennemstrømning med forbigående nedsat ammoniumfjernelse (efter 1 uge nedsat med ca. 35%) og svagt nedsat nitritfjernelse (ca. 10%) i forhold ikke behandlede biofilterelementer.
- PES påvirkede ikke biofiltre – da pereddikesyren var omsat, inden den nåede biofiltret.
- Pereddikesyre eller bronopol er vist på flere anlæg at kunne anvendes som alternativ til formalin ved skimmelbekæmpelse på ørredæg.
- Brintoverilte og pereddikesyre har i de afprøvede koncentrationer vist ikke at kunne bekæmpe *costia* infektioner.

Summary

- Hydrogen peroxide (H_2O_2 , HP) is easily degraded, but continuously dosage makes it possible to obtain a specific H_2O_2 concentration for a given time.
- H_2O_2 levels can be monitored according to changes in water oxygen concentration or by using semiquantitative H_2O_2 sticks.
- Water disinfection with H_2O_2 is practically feasible (biofilter bypass by redirecting system water) including prolonged dosage.
- Positive treatment effects by H_2O_2 exposure were observed.
- Peracetic acid (peroxyacetic acid PAA) rapidly disappears in recirc systems – typically 20-30 minutes for a 95 % PAA reduction.
- Considerable variation in PAA actual measurement (analytic verification) and expected PAA level – primarily influenced by organic matter content.
- No apparent difference in degradation kinetics and rate when three commercial PAA products were applied to aquaculture water.
- Active PAA content within and between commercial product substantially vary
- Broad range of PAA treatment concentration (differing from 0.5 ml/m^3 to 20 ml/m^3 between systems).
- Vigorous, though transient fish reaction following PAA application.
- H_2O_2 and PAA can be used to improve system hygiene, including surface disinfection and biofilm/biofilter control.
- Moderate H_2O_2 addition to a biofilter improved the water distribution through the filter section and caused a transient reduction of the ammonium oxidation (35 % reduction after 1 week) and nitrite oxidation (10 % reduction) compared with control, unexposed biofilters.
- PAA did not have detrimental effect on nitrifying biofilter, as the far majority of PAA was degraded before it entered the biofilter.
- PAA and/or bronopol were in some cases found to be able to replace formalin regarding egg disinfection.
- H_2O_2 and PAA applied at low dose were found *not* to be able to combat *Costia* infections completely.

1. Baggrund

Dette projekt er støttet med midler fra Fødevarerministeriet og EU gennem EFF-programmet – Den Europæiske Fiskerifond. Der takkes hermed for den tildelte støtte.

Indeværende rapport indeholder resultater fra arbejds pakken ”Formalinsubstitution” i projekt ”Dambrugsteknologi” (www.danskakvakultur.dk). Forsøgene er udført på en række forskellige dambrug, og i den forbindelse takkes de involverede dambrugere for aktiv medvirken, erfaringsdeling og drøftelser undervejs.

Tak til Niels Råbjerg (Bisgård Dambrug), Jens Grøn (Tingkærvad Dambrug), Christian R. Jørgensen (Kærhede dambrug), Bjarne J. Eg (Assenbæk Dambrug), Peter Holm (Lundby Fisk), Ove Ahlgren (Hallesø Dambrug) og Jørgen Jøker (Ravning dambrug). Ligeledes takkes laboranterne Ulla Sproegel, Dorte Frandsen og Brian Møller (DTU Aqua, Sektion for akvakultur, Hirtshals) for analysearbejde i laboratorium og i felten, og dyrlægerne Simon Madsen og Thomas Clausen for deres rådgivning.

2. Indledning

Dansk Akvakultur arbejder for at udfase brugen af formalin på dambrug inden 2014 af hensyn til arbejdsmiljøet og fordi det for visse typer dambrug er svært at overholde de opstillede vandmiljøkrav. Ny viden har vist, at formalin på flere områder kan substitueres, men der mangler viden om i hvilken grad substitutionen umiddelbart kan foretages på de mange forskellige dambrugstyper vi har i dag.

Hud- og gællesnyltere (costia, tricodina, gælleamøber og især fiskedræber) og gælleinfektioner forårsaget af forringet vandkvalitet volder betydelige tab for hovedparten af danske fiskeopdrættere, og der er et betydeligt behov for, at undersøge nye metoder til vandrensning, hygiejnisering og kontrol af parasitforekomst i produktionsanlæg.

For at nye vandbehandlingsprocesser skal kunne realiseres, forudsætter det, at tilsvarende behandlingseffekter kan opnås uden væsentlige ændringer af driftspraksis. Nye metoder og stoffer skal kunne anvendes miljø- og arbejdsmiljømæssigt forsvarligt og risici for skade på fiskebestand eller biofilter skal ligeledes være kendt/lav. Brugen af brintoverilte og pereddikesyre har været forholdsvis beskedne, og dambrugerne ikke har haft et tilstrækkeligt erfaringsgrundlag for at anvende nye desinfektionsmidler.

Denne rapport tager afsæt i nye kontrollerede effektstudier (Heinecke & Buchmann, 2009 Bruzio & Buchmann 2010) i en række nye empiriske observationer (Thomas Clausen) samt ny viden om hjælpestoffernes virke (Sortkjær m.fl., 2009) stofferne skæbne og omsætningsrater ved lav dosering i akvakulturanlæg (Pedersen, 2010).

3. Projektets formål

Det er projektets formål at sammenholde ny viden om effektive behandlingskoncentrationer med målinger af faktiske brintoverilte og pereddikesyre forekomster i forbindelse med vandbehandling. Projektet sigter mod, ved forsøg på forskellige typer dambrug, at

- 1) undersøge omsætningsrater af stofferne.
- 2) afprøve metoder til opretholdelse af stofkoncentrationer under vandbehandling,
- 3) evaluere hjælpestoffernes eventuelle påvirkninger af nitrifikations-processen.
- 4) vurdere de veterinære effekter af substitution.

Erfaringer fra projektet vil blive opsamlet og indgå i forslag til nye vandbehandlingsmetoder der vil kunne anvendes i forbindelse med målet om helt eller delvist at kunne erstatte formalin.

Der er lavet forsøg på og indhentet erfaringer fra forskellige typer dambrug – traditionelle dambrug med gennemstrømningsdamme, model 1-dambrug og model 3-dambrug (Tabel 3.1 og 3.2). Fælles for forsøgene er, at de er afviklet i samråd med den praktiserende dyrlæge. De anvendte doser har indledningsvis, af forsigtighedshensyn bevidst været lave.

Tabel 3.1. Oversigt over dambrugsforsøg med måling af brintoverilte-omsætning, opretholdelse af H₂O₂ og måling af effekt på biofiltre.

Dambrug / Dambruger	Forsøg med teknisk brintoverilte (35 % H ₂ O ₂)	Dato 2010
Bisgård Dambrug	Enkelt dosering	11. juni
v. Niels Raabjerg	Støddosering og kontinuerlig dosering	18. juni
Model 1-dambrug		
Tingkjærvad Dambrug*	Desinfektion af biofilter	29-30. juni
v. Jens H. Grøn	Støddosering og pulsdannelse	6. juli
Model 3-dambrug	Kontinuerlig dosering og effekt af H ₂ O ₂ på biofilter	26. august

* indledende forsøg i efteråret 2009

Til brintoverilte forsøgene er der udelukkende anvendt teknisk brintoverilte (35 %), mens forsøg med pereddikesyre er foregået med brug af tre forskellige kommercielle produkter (Tabel 3.2).

Tabel 3.2. Oversigt over dambrugsforsøg med måling af pereddikesyre-omsætning og effekt på biofiltere.

Dambrug / Dambruger	Forsøg med pereddikesyre (Peraquaplus eller Incimaxx)	Dato 2010
Assenbæk Dambrug v. Bjarne J. Eg (Traditionelt)	Engangs-dosering med IA	13. sept.
Bisgård Dambrug v. Niels Raabjerg Model 1-dambrug	Støddoseringer PA+, IA + IA-SD Kontinuerlig dosering med IA Kontinuerlig dosering + kolbeforsøg	18. juni 26. juni 20. august
Tingkjæravad Dambrug* v. Jens H. Grøn Model 3-dambrug	Støddoseringer med IA	6. juli
Kærhede Dambrug v. Christian R. Jørgensen Model 1-/3-dambrug	Støddoseringer med PA+ Effekt af PA+ på biofilter	13. sept.

PA+= Peraqua Plus, IA= Incimaxx Aquatic, IA-SD= Incimaxx Aqua SD

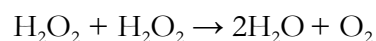
* indledende forsøg i efteråret 2009

Tabel 3.3. Oversigt over dambrugsforsøg med vurdering af de veterinære effekter ved substitution.

Dambrug / Dambruger	Forsøg med brintoverilte (H ₂ O ₂), pereddikesyreprodukter (PES) og bronopol	Dato 2010
Assenbæk Dambrug v. Bjarne J. Eg (Traditionelt)	Forebyggende daglig vanddesinfektion med PES (IA)	juli - sept.
Bisgård Dambrug v. Niels Raabjerg Model 1-dambrug	Behandling af fiskedråber + andre parasitter med H ₂ O ₂ / PES	Aug
Tingkjæravad Dambrug v. Jens H. Grøn Model 3-dambrug	Erfaringer med anvendelse af brintoverilte/ PES i anlæg med biofilter	juli - dec
Lundby Fisk v. Peter Holm Æg producent	Anvendelse af bronopol (Pyceze) til forebyggelse af svamp på æg	sept – dec
Hallesø Dambrug v. Ove Ahlgren	Anvendelse af PES (PA+) til forebyggelse af svamp på æg.	jan – feb
Ravning Dambrug v. Jørgen Jøker	Anvendelse af PES (PA+) til forebyggelse af svamp på æg.	jan - feb

PA+= Peraqua Plus, IA= Incimaxx Aquatic, IA-SD= Incimaxx Aqua SD

Brintoverilte kan tilsættes i form af natriumpercarbonat (granulat der frigiver H_2O_2 og carbonationer og derved medfører en pH stigning) eller som teknisk rent brintoverilte, typisk med et aktivt indhold på 35 %. Brintoverilte nedbrydes enzymatisk med mikroorganismernes katalase ved følgende reaktion:



Hastigheden hvormed dette sker, er styret af den mikrobielle forekomst, det vil sige kontaktflader og vandet beskaffenhed i form af organisk indhold.

Pereddikesyre findes i ligevægt med brintoverilte, eddikesyre og vand i syrestabiliserede produkter (Fig. 3.1). Det nedbrydes til CO_2 og vand ved kemisk oxidation.

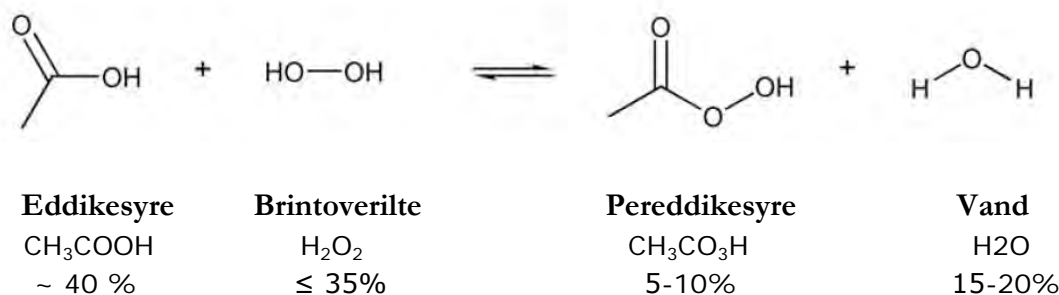


Fig. 3.1. Pereddikesyre er stabilt og fås derfor i syrestabiliserede handelsprodukter i ligevægt med brintoverilte, eddikesyre og vand.

De kommercielle produkter varierer med hensyn til koncentration af de aktive desinfektionsmidler, typisk er PES omkring 10 %, mens brintoverilten ligger fra 10-35 %.

Laboratorieforsøg har dokumenteret gode, og i forhold til formaldehyd tilstrækkelige antiparasitær effekt, og ud fra disse forsøg samt dyrlægens erfaringer er der udført forsøg med vandbehandling. I den forbindelse benyttes forskellige betegnelser/tilsætningsformer som:

Opblanding: fordeling af hjælpestoffet flere steder i dammen.

Pulsdosering/støddosering: tilsætning af hjælpestof et sted på en gang.

Kontinuerlig dosering: længerevarende dosering, eksempelvis ved at hjælpestoffet pibler fra bunden af en fyldt beholder med et 2-3 mm hul med en stump mågetråd gennem hullet.

4. Brintoverilteforsøg på model 1- og model 3-dambrug

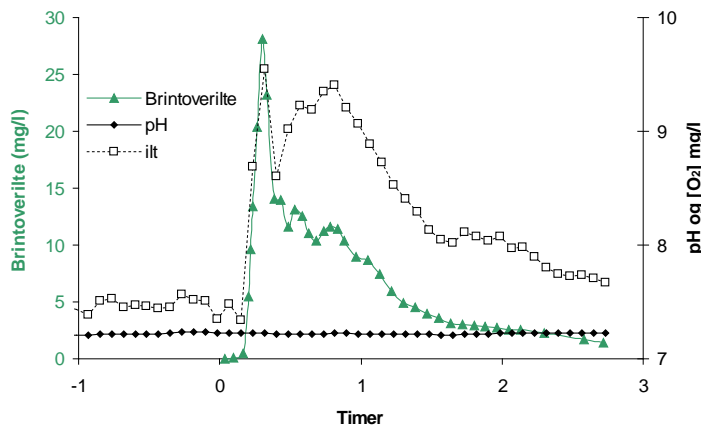
Formålet med disse forsøg var at foretage en simuleret vandbehandling med brintoverilte og undersøge hvordan stoffet blev opblandet og hvor hurtigt stoffet blev nedbrudt. Efterfølgende, blev mulighederne for at dosere kontinuerlig og opretholde HP-koncentrationen over en længere periode undersøgt.

4.1. HP-omsætning på model 1-dambrug

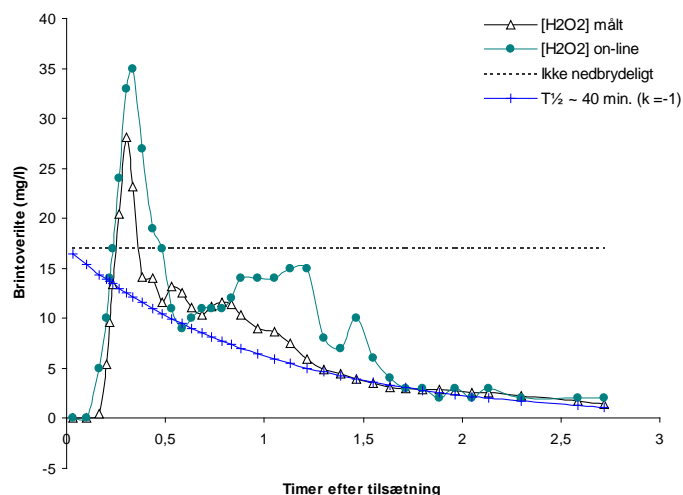
På model 1-dambruget bestod første vandbehandlingen af at tilsætte 40 liter 35 % H_2O_2 til en ca. 800 m³ stor opdrætsenhed. De 4 gange 10 liter blev tilsat i hver sin beluftningsbrønd (Figur 4.1) og koncentrationen af HP blev herefter fulgt. Den forventede ligevægtskoncentration på ca. 17 mg HP/l blev kun kortvarigt opretholdt, og forsøget viste at 95 % af brintoverilten var omsat i løbet af godt to timer, med en halveringstid for HP på ca. 25 minutter. Vandbehandlingen gav ikke anledning til ændring i pH, men en klar iltudvikling og et efterfølgende fald blev observeret og var nøje korreleret til HP niveauet (Fig.4.2).



Figur 4.1. Billede af model 1-anlæg med en af de 800 m³ store opdrætsenhed med mikrosigte t.v. og en af fire beluftningsbrønde forrest t.h. Dosering i belufterbrønde er angivet med røde pile; gul cirkel indikerer position for vandprøvetagning. [Foto:LFP]



Figur 4.2. Resultater af brintoverilteforsøg på Bisgård Dambrug den 11.6. 2010, hvor i alt 40 liter 35 % H₂O₂ er tilsæt fire steder til tiden 0. Brintoverilte koncentrationen (mg/l) i vandet er angivet med ▲, iltindhold (mg/l) er angivet med □ og pH som ◆, begge på højre y-akse. Vandtemp.: 11,7 til 12,1 °C.



Figur 4.3. Måling af brintoverilte ved hjælp af kemisk analyse (målt) samt online visninger i forbindelse med vandbehandling. Stiplede linie angiver koncentration uden omsætning, mens den blå kurve viser en teoretisk omsætning fra t=0 med en eksponentiel omsætningsrate på -1 ($t_{1/2} \sim 40$ minutter).

Den realiserede behandlingsintensitet (tid•koncentration) var anslået at være på ca. 40 % i forhold til en tiltænkt behandling på 17 mg/l i 2 timer.

Supplerende målinger med brintoverilte sticks (Merckoquant[®] 1.10011) viste sig at være nyttige i forsøgssammenhæng, dels for at indkredse HP fronten efter doseringen, men også for at få en idé af koncentrationsniveauet. Værdierne var dog generelt en anelse lavere end de faktiske/målte værdier, den relative grove skalering *in mente*.

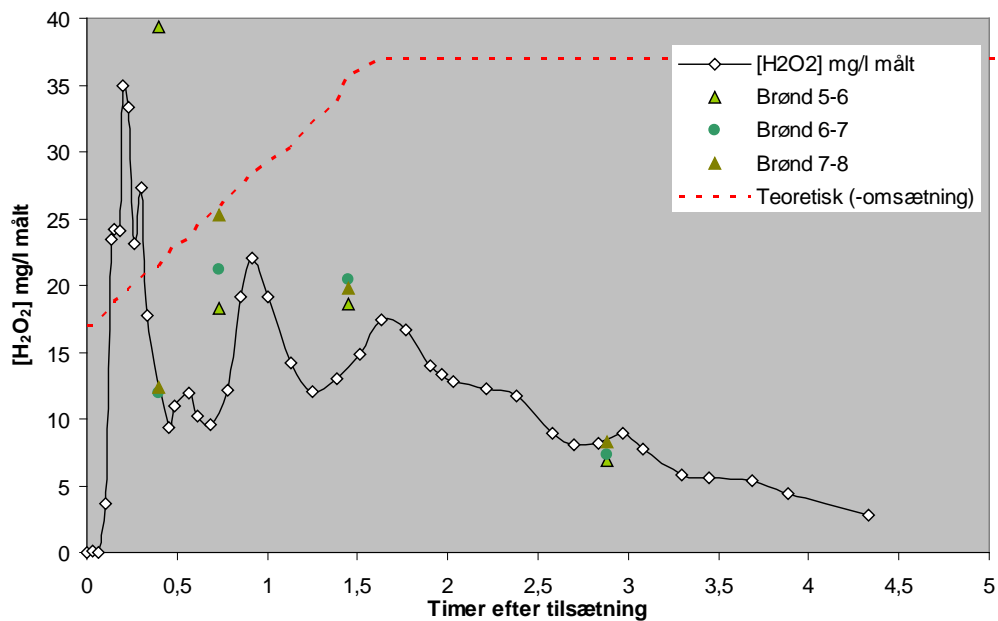
Online målinger var forbundet med mindre usikkerheder i forbindelse med sondens placering, idet uregelmæssigt flow afstedkom stor variation i aflæste værdier.

Fiskenes adfærd mindede til forveksling om reaktionerne forbundet med en behandling med PerAqua, idet der indledningsvis var bølge og stimedannelse og siden hen jævn, rolig fordeling af fiskene.

4.1.1. Kontinuerlig HP-dosering på model 1-dambrug

Med udgangspunkt i ovenstående forsøg blev en ny vandbehandling afprøvet. Først blev 10 liter 35 % HP tilsat i hver af de 4 belufterbrønde, hvorefter yderligere 45 liter blev tilsat over en 1½ times periode via dunk med hul. Der blev målt ved samme position (Fig. 4.1) samt enkelt målinger i anlæggets øvrige sektioner.

Forsøget viste, at der i tidsrummet umiddelbart efter dosering er stor variation i HP koncentrationen alt efter hvor der udtages målinger. Behandlingsformen sikrede opretholdelse af HP på 10-15 mg/l i mere end to timer, og da den kontinuerlige dosering ophørte, faldt koncentrationen af HP for efter 4½ time at være under 4 mg/l.



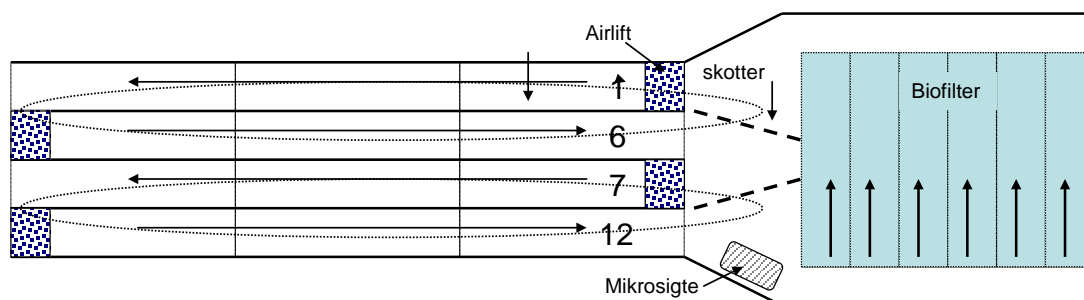
Figur 4.4. Brintoverilteforsøg på et model 1-dambrug i 800 m³ opdrætsenhed, hvor i alt 40 liter 35 % brintoverilte er tilsat fire steder til tiden 0. Herefter blev der kontinuerligt tilsat yderligere 45 liter over de efterfølgende 90 minutter. Brintoverilte-koncentrationen (mg/l) målt ved mikrosigten er angivet med \diamond , mens øvrige symboler viser værdier af vandprøver udtaget ved forskellige andre positioner i anlægget. Vandtemperatur fra 12-13,6 °C.

Der blev observeret god sammenhæng mellem HP og iltniveauet og dambrugeren havde herved let ved at følge HP-koncentrationen. Fiskene reagerede ikke negativt, ifølge dambrugeren var der snarere tegn på umiddelbar positiv effekt af vandbehandling, blandt andet i form af øget ædelyst.

4.2. HP-omsætning på model 3-dambrug

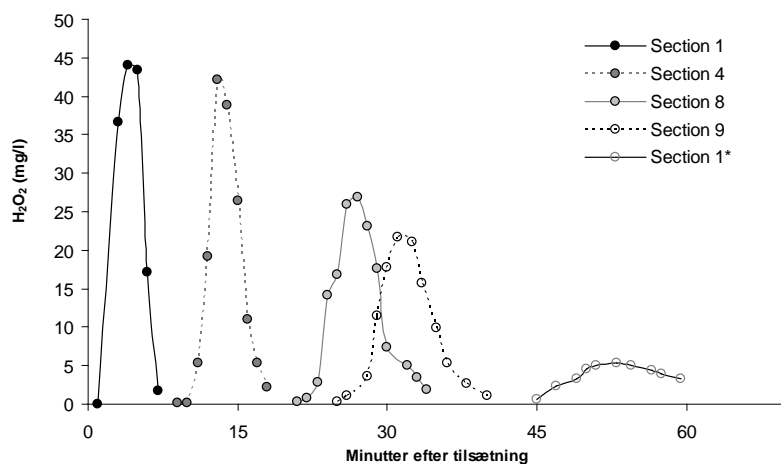
Vandbehandling i produktionsenhederne blev undersøgt ved to forskellige forsøg.

Første forsøg omfattede en punktdosering med 20 liter 35 % HP tilsat i belufterbrønden efter biofilter sektionerne (Fig.4.5). Den teoretiske ligevægts-koncentration uden omsætning er 4,1 mg HP/l.



Figur 4.5. Skitse over model 3-dambrug. Stiplede linier viser vandfordeling i en behandlingssituation hvor begge sæt skotter er fjernet og vandet dirigeret udenom biofiltret.

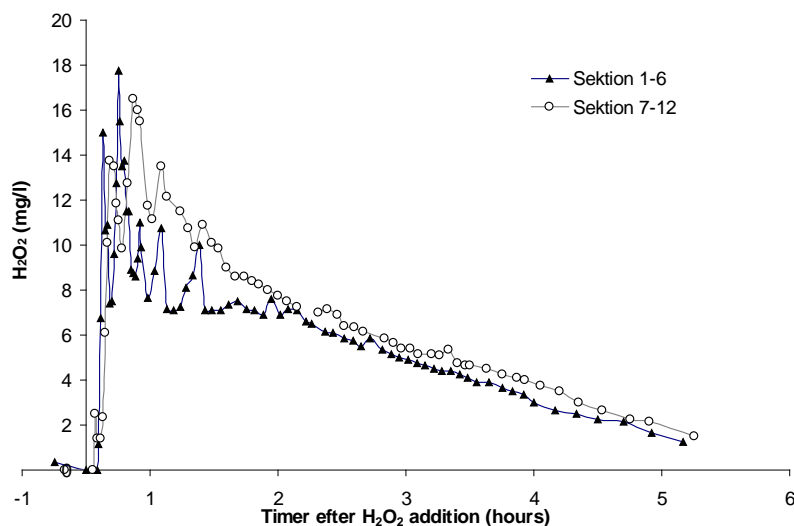
Koncentrationsforløbet og den resulterende puls blev efterfølgende målt flere steder på anlægget (Fig.4.6). Opblandingsforløbet viste at HP fronten er igennem systemet i løbet af knap 45 minutter, og ved tilbageløb måles koncentrationer efter sektion 1 op til 5 mg/l. Vurdering af omsætning vanskeliggøres af fortyndingsforholdene, opblandingen efter sektion 12 og pulsens karakter



Figur 4.6. Koncentrationsforløb af HP ved tilsætning i belufterbrønden før sektion 1. Efter 45 minutter når vandet rundt til sektion 1 igen, indikeret med *. Sektionsnumrene er angivet kronologisk ud fra strømretningen.

Koncentrationspulsernes areal blev målt til hhv. 160, 152, 151, 136 og 65 mg·min/l ved de fem forskudte målepositioner (1-4-8-9-1*). Ved 8. og 9. sektion udgjorde det hhv. 93 og 85 % af den målte mængde ved sektion 1, svarende til en egen omsætning fra 12 til 28 % per time.

Et efterfølgende forsøg bestod i at tilsætte den firdobbelte mængde HP og fastholde en HP-koncentration på > 5 mg/l i over tre timer. I alt 80 liter 35 % HP på samme tid tilsat hver af de 4 belufterbrønde. Det foregik ved at fylde 20 liter HP i 4 styk 25 liters dunke der med 2 mm hul i bunden blev tømt over 15 minutter. Af hensyn til biofiltrets sikkerhed blev vandet omdirigeret efter sektion 12 ved at bundtrække/hæve begge sæt skotter. Denne foranstaltning medførte i praksis at der blev etableret to parallelle systemer der hver især blev undersøgt m.h.t. HP-koncentrationsforløbet. Figur 4.7 viser dette forløb, hvor det ses at HP-koncentrationen relativt hurtigt stabiliseres og opretholdes over en lang periode og at HP når ned på under 5 mg/l efter godt tre timer.



Figur 4.7. Brintoverilte koncentration i forbindelse med vandbehandling på et model 3-dambrug. Prøvetagning foregik parallelt i to dobbeltkanal, bestående af sektionerne 1-6 og sektionerne 7-12.

4.3. Brintoverilte- og kvælstofomsætning i biofiltre

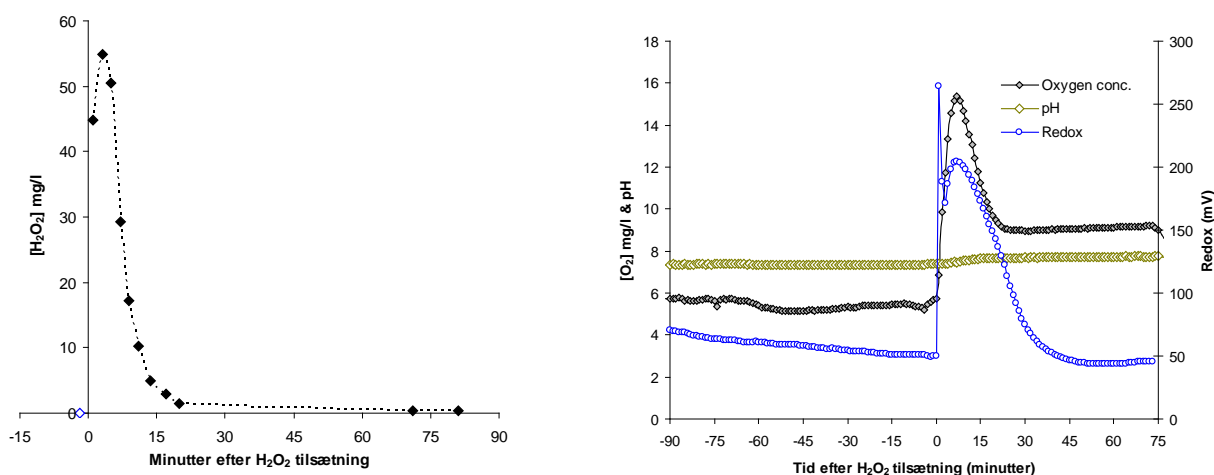
Vandbehandling med brintoverilte i anlæg med biofiltre som eksempelvis model 3-dambrug, forudsætter, at der tages en række særlige hensyn og forbehold. Der er en risiko for at biofiltret tager skade (Møller m.fl. 2010) og der er tilfælde hvor ammonium-omsætningen er blevet hæmmet betragteligt (Schwartz m.fl. 2000). Vandbehandling af anlæg skal derfor tilrettelægges så biofiltret i videst muligt omfang undgår, at komme i kontakt med brintoverilte. Der kan dog være situationer hvor en dambruger bevidst ønsker at rengøre en filtersektion, og med fuldt overlæg vælger at benytte et desinfektionsmiddel, eksempelvis brintoverilte.

Begge processer (traditionel vandbehandling og hygiejnisering af biofiltre) blev undersøgt på et model 3-dambrug, hvor effekten på kvælstofomsætningen samtidig blev undersøgt.



Figur 4.8. Biofiltersektioner fra model 3-dambrug, og nedenfor forsøgsopstilling med biofilterelementer udsat for forskellig behandling. I hvert delforsøg med samme mængde biofilter-elementer tilsættes en kendt mængde NH_4Cl eller NaNO_2 og der udtages vandprøver over tid til senere analyser. [Foto: LFP]

Virningen af kraftig HP-dosering i et aktivt biofilter blev undersøgt i en udvalgt biofiltersektion hvor vandtilførslen blev afbrudt. Biofilterelementer blev udtaget til parallelle forsøg, hvorefter 10 liter 35 % HP blev tilsat. HP forbruget og de resulterende ændringer i vandkemi ses på figur 4.9. De desinficerede biofilterelementer blev efterfølgende udtaget (1 time efter, 18 timer efter og 7 dage efter) og sammenlignet med de uberørte (kontrol) biofilterelementer.

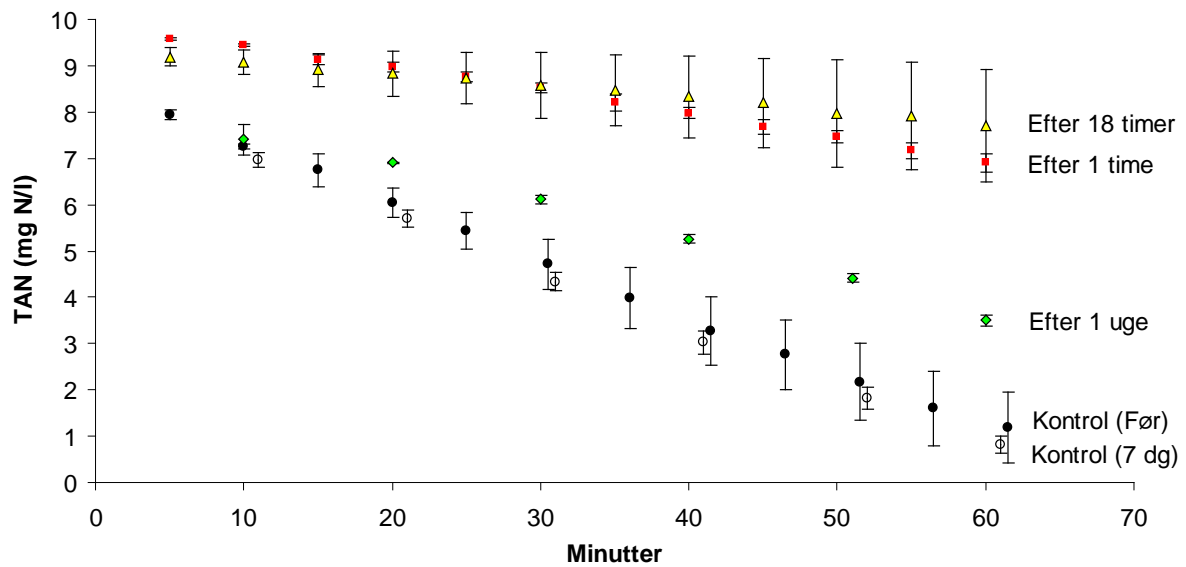


Figur 4.9. HP-henfaldsforløb i en lukket biofiltersektion efter tilsætning af 10 liter 35 % HP (t.v.), med tilhørende målinger af ilt, pH og redox i forbindelse med HP-tilsætning og -omsætning (t.h).

Forsøgene viste, at ammoniumomsætningen blev påvirket af HP behandlingen (Fig.4.10). Umiddelbart efter desinfektionen var ammoniumomsætningen reduceret med 60-78 % (Tabel 4.1.). Efter en uge var filtret bedre kørende, og omsatte ammonium med en rate på ca. $\frac{2}{3}$ af sammenlignet med de ikke-desinficerede biofilterelementer.

Tabel 4.1. Overfladespecifikke 0. ordens omsætningsrater for ammonium og nitrit. Værdierne er estimeret på baggrund af forsøg hvor kendte mængde biofilter elementer er overført til kolber med beluftning og hvor der tilsættes enten ammonium og nitrit og udtages prøver over tid. Hæmningsgrad er baseret på omsætning i forhold til kontrol

Behandling	NH ₄ ⁺ omsætning g N/m ² /d	% hæmning	NO ₂ ⁻ omsætning g N/m ² /d	% hæmning
Før kontrol				
1 time før H ₂ O ₂ tilsætning	0,59 ± 0,062	-	0,61 ± 0,03	-
1 time efter H ₂ O ₂ tilsætning	0,24 ± 0,013	60 %	0,42 ± 0,076	31 %
18 timer efter H ₂ O ₂ tilsætning	0,13 ± 0,097	78 %	-	
7 dage efter H ₂ O ₂ tilsætning	0,39 ± 0,034	34 %	0,542 ± 0,038	11 %
Slut kontrol				
Efter 7 dage uden H ₂ O ₂	0,61 ± 0,005	- 4%	0,63 ± 0,008	- 3%



Figur 4.10. Resultater af nitrifikationsforsøg, hvor biofilterelementernes ammoniumfjernelse over tid er bestemt før og efter tilsætning af brintoverilte. Værdier angiver middelværdi og standardafvigelse ud fra dobbeltforsøg.

Nitritomsætningen var også påvirket af desinfektionen, dog i et mindre omfang sammenlignet med ammoniumfjernelsen. Der blev målt reduceret nitritomsætning på maksimal 30 % umiddelbart efter desinfektionen i forhold til uberørte biofilter elementer, og en uge efter var omsætningsraten øget og nu ca. 10 % lavere i.f.t. kontrollen (Tabel 4.1). Desinfektionen førte ikke efterfølgende til nævneværdigt forhøjede koncentrationer af ammonium eller nitrit i anlæggets produktionsvand.

Tilsvarende sammenligning af biofiltrets kvælstoffjernelse blev undersøgt i forbindelse med den længerevarende vandbehandling beskrevet i afsnit 4.2. (se Fig.4.7). Biofilterelementer blev udtaget før HP tilsætningen og under vandbehandlingsforløbet, henholdsvis efter 3 timer afskåret fra produktionsenheden, og efter yderligere 1 time med gennemløb af rest HP. Disse målinger viste, at ammoniumomsætningen kun var minimalt påvirket med værdier fundet til $0,69 \pm 0,13$ (Før), $0,71 \pm 0,05$ (3 timer lukket) og $0,56 \pm 0,12$ (3 timer lukket + 1 time genåbnet med rest HP) g N/m²/d. Nitritomsætningen blev ikke tilsvarende undersøgt i dette forsøg, men ifølge dambrugeren var der ikke målbare vandkemiske ændringer i den efterfølgende periode.

Ifølge dambrugeren kunne begge behandlingsprocedurer (rensning af filter og vandbehandling) umiddelbart benyttes, og det indebærer ikke væsentlige driftsændringer. Ved at benytte HP sticks undervejs i vandbehandlingen opnåede dambrugeren en høj grad af fortrolighed med brintoveriltens opførsel og koncentrationsniveau, og da niveauet var tilpas lavt (< 5 mg/l) kunne der åbnes op for enkelte biofiltersektioner uden at påvirke filtret.

Det ses af tabel 4.2. at der frigøres betydelige mængder organisk materiale i forbindelse med rensning af biofiltret med HP. I perioden lige efter tilsætning af HP øges mængden af organisk materiale til værdier der er 20-40 gange højere end produktionsvandets indhold.

Tabel 4.2. COD måling af ufiltrerede vandprøver (mg O₂/l) fra Tingkærvad Dambrug den 29/6, 2010.

Vandprøver fra biofiltersektion med ekstra beluftning		
Før HP	69,3	69,5
5 min efter HP	765	745
10 min. efter HP	915	780
20 min. efter HP	454	452

Konklusionen på anvendelse af HP på model 1- og model 3-dambrug var blandt andet, at

- styring af HP er ligetil (iltsvingning og sticks).
- fiskenes reaktionsmønster er ikke kritisk.
- relativ let/enkel behandlingsprocedure.
- positiv effekt på vandfordelingen i biofiltret som følge af frigørelse af organisk materiale og derved frigørelse af sammengroede biofilterelementer.
- kontinuerlig dosering kan opretholde tilfredsstillende HP niveauer.
- relativ hurtig omsætning (~2 mg/l /time).
- HP er flokkulerende og det kan føre til at større partikler der lettere kan fjernes (af mikrosigten) og derved føre til renere vand.

5. Pereddikesyre-forsøg på forskellige dambrug

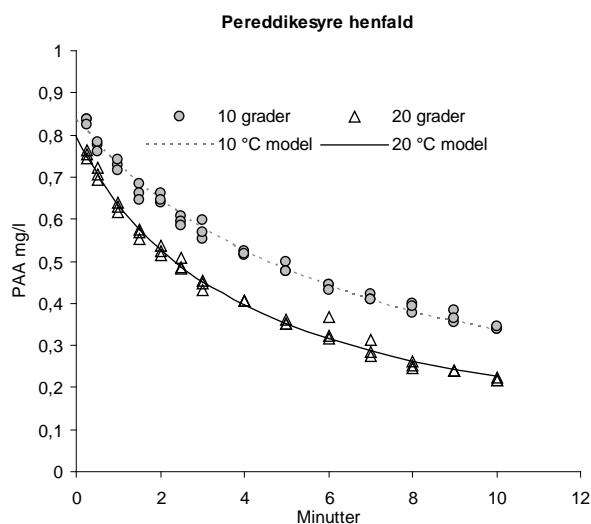
Formålet med disse forsøg var at dokumentere omsætning og virkningen af forskellige pereddikesyre produkter. Tre handelsvarer blev anvendt; Incimaxx SD, Incimaxx Aquatic og PerAquaPlus. PeraquaPlus har været på markedet og anvendt i flere år, mens de to Incimaxx produkter er relativt nye og ikke undersøgt i forbindelse med vandbehandling på danske dambrug. Forsøgene omfattede kolbeforsøg med dambrugsvand, samt en række direkte feltmålinger af omsætning og opretholdelse af pereddikesyre-koncentration i anlægsvand fra gennemstrøms-dambrug samt model 1- og model 3-dambrug.

5.1. Temperaturafhængig pereddikesyre-omsætning

Nedbrydningsforløbet af pereddikesyre afviger fra den eksponentielle omsætning af brint-overilte, ved umiddelbart at være mere stejlt og ved en momentan reduktion.

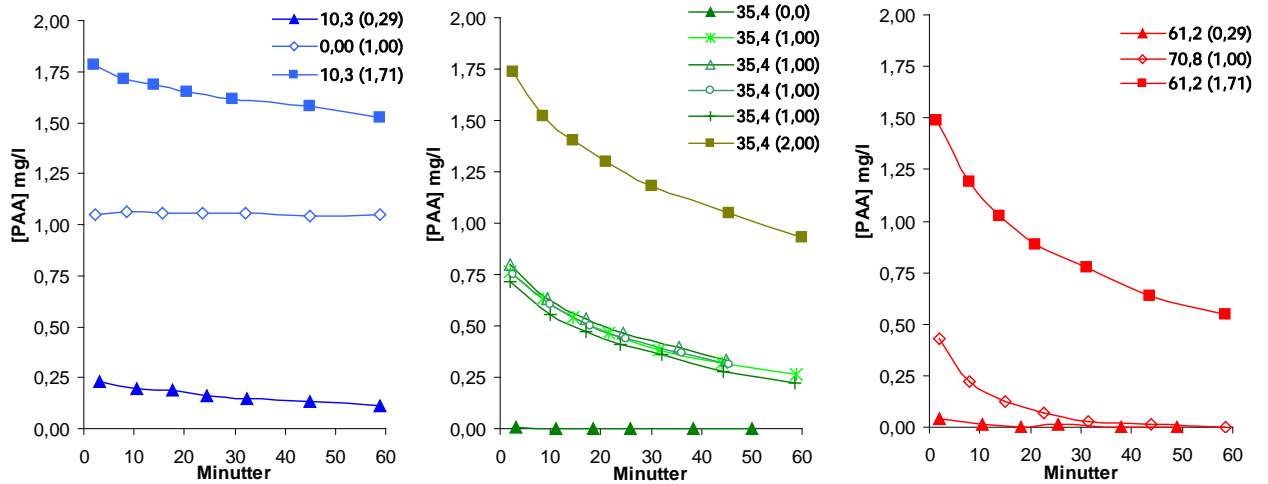
Nedbrydningen kan beskrives med følgende 2. ordens reaktion: $C_t = 1 / ((1/A)+B)$, hvor C_t = koncentrationen til tiden t, og A og B værdier der udledes ved kurvetilpasning. $A = C_0 - D$, hvor C_0 er initialkoncentrationen og D = momentant forbrug (mg/l); B er en 2. ordens ratekonstant (Pedersen, 2010).

Figur 5.1 viser temperaturens indflydelse på nedbrydningsforløbet af pereddikesyre. PeraquaPlus blev tilsat systemvand fra et recirkuleret anlæg (COD = 70 mg O₂/l; pH = 7,4) ved temperaturer hhv. 10 og 20 °C (Pedersen, 2010). Den teoretiske start-koncentration (C_0) ved t=0 var 1,0 mg/l mens der i de to forsøg målt 79 og 84 % heraf (*Initial disinfection demand* D = 0,21 og 0,16 mg/L). Der var også signifikant forskel på ratekonstanten B, der var 0,179 ved 10 °C og 0,318 ved 20 °C. Det bemærkes, at halveringstiden i begge tilfælde er på få minutter. Omsætningen er overvejende styret af tilstedeværelsen af organisk materiale, enten opløst i vandfasen eller i form af biofilm på faste overflader.



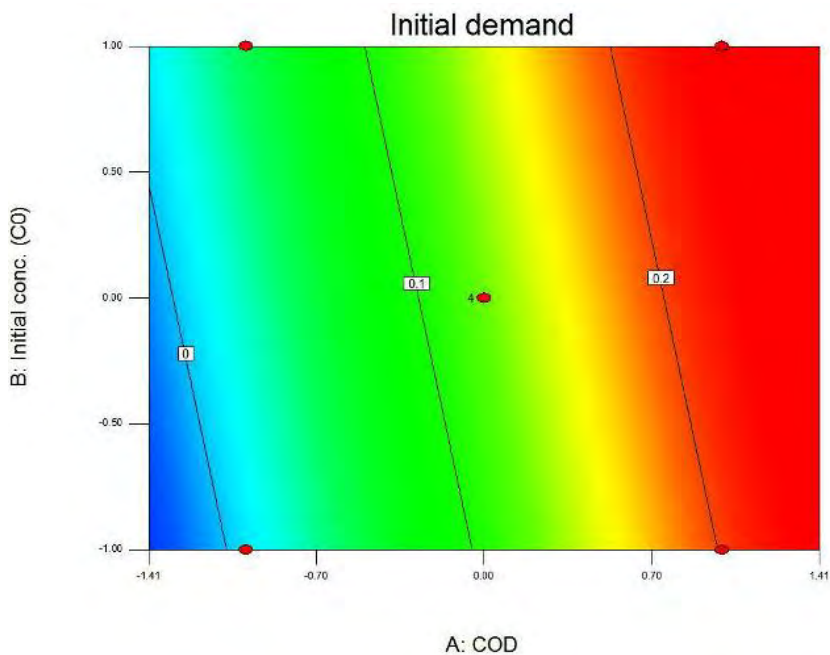
Figur 5.1. Omsætning af pereddikesyre efter tilsætning til vand fra fiskeanlæg. Forsøg ved 10 °C (○) er beskrevet med $C_t = 1 / (1 / 0,84 + 0,179t)$, mens forsøgene ved 20 °C (Δ) kan beskrives med $C_t = 1 / (1 / 0,79 + 0,317t)$.

Sammenhænge mellem COD, doseringsmængde og omsætningsforløb blev undersøgt i et statistisk 12 kombinations design. Figur 5.2. viser data fra disse forsøg, hvor det ses, at COD har en afgørende effekt for omsætningshastigheden og det momentane forbrug.



Figur 5.2. Data fra forsøg med henfald af pereddikesyre ved forskellig doseringsmængde i vand med forskellig COD indhold. Tekst efter symboler angiver COD (mg O₂/l) og den teoretiske initial-koncentration i parentes.

Forsøgene viste, at tilstedeværelsen af organisk materiale, her målt som COD, var væsentlig mere afgørende for det initiale forbrug og efterfølgende omsætningsrate af pereddikesyre, end doseringsmængden. (Fig. 5.3).

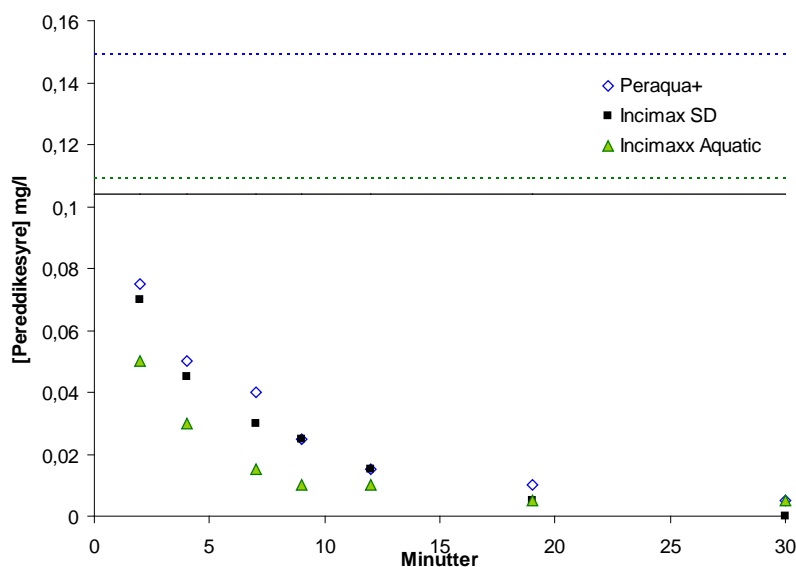


Figur 5.3. Sammenhæng mellem vandets COD-indhold (0-71 mg O₂/l) initial dosering [0-2 mg PES/l] og det momentane pereddikesyre forbrug angivet som mg PES/l. Centerværdierne er lavet ved COD på 35 mg O₂/l og dosering med 1,0 mg PES/l.

5.2. Sammenligning af tre pereddikesyreprodukter

Tre forskellige pereddikesyreprodukter blev hver tilsat i en $1 \cdot 10^6$ fortynding [$\sim 1,0$ ml pr. m³] til kolber med vand fra et model 1-dambrug. Bruzio & Buchmann (2010) har gennemført forsøg hvor der er vist god effekt overfor parasitter ved denne koncentration.

Henfaldsmønstrene var ensartede, om end den teoretiske startkoncentration var forskellig som følge af produkternes indhold af aktivt stof (Figur 5.1; tabel 5.4). Ved denne simulerede dosering på 1 ml/m³ var ≥ 80 % af den tilsatte pereddikesyre nedbrudt i løbet af 12 minutter efter tilsætning, og opbrugt ($< 0,01$ ppm) i løbet af en halv time.



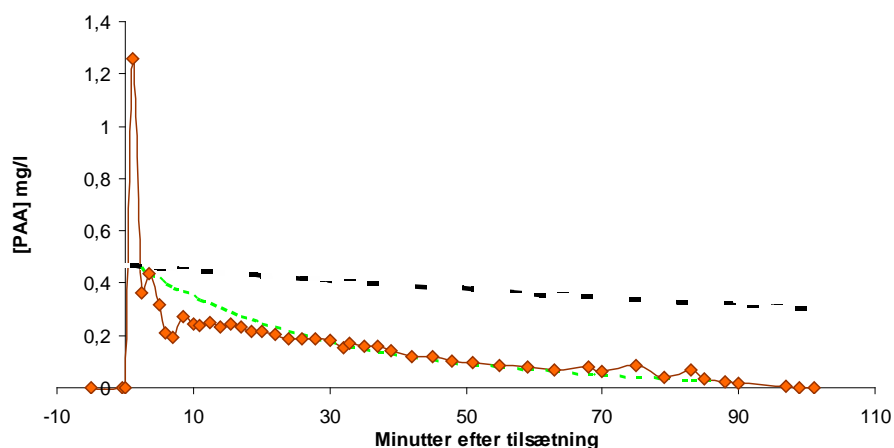
Figur 5.4. Kolbeforsøg med tilsætning af forskellige pereddikesyreholdige produkter til dambrugsvand (COD ca. 22 mg/l O₂; 16 °C). Teoretiske startværdier (t=0) og ligevægts-konc. uden omsætning (stiplede linjer) er baseret på dobbelttitreringsanalyser af de tre produkter

Tabel 5.1. Data for pereddikesyre og brintoverilte indhold i fire handelsvarer, hvoraf deklARATIONERNE er sammenholdt med af analytiske målinger for tre af produkter.

Produkt	Pereddikesyre målt (g PES/100ml)	Brintoverilte målt (g H ₂ O ₂ /100ml)	Ifølge deklARATIONERNE (% PES & % HP)
Peraqua plus	14,9 ± 0,4	34,6 ± 0,4	10-17 / 20-50
Incimaxx SD	10,4 ± 0,7	16,5 ± 0,3	5-10 / 10-20
Incimaxx Aquatic	10,9 ± 0,3	5,4 ± 0,1	5-10 / 5-10
Divosan Aktiv			1-5 / 10-15

5.2.1. Måling af koncentration ved vandbehandling på et traditionelt dambrug

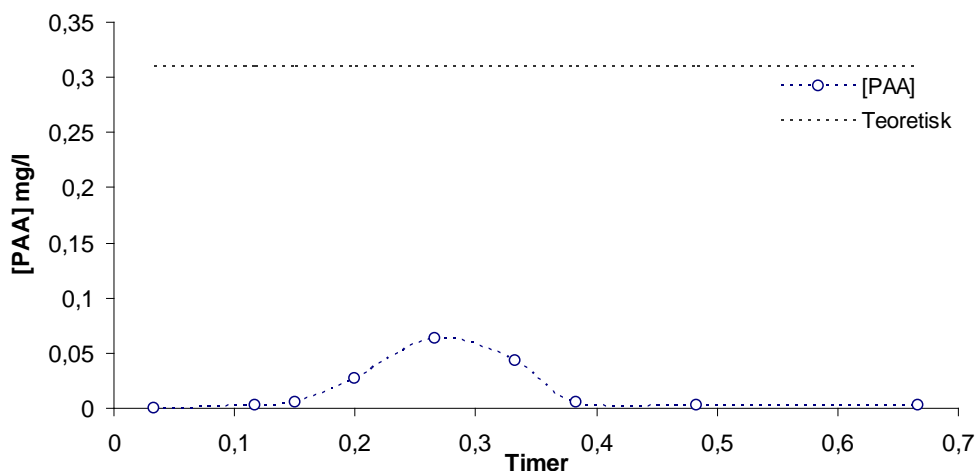
Pereddikesyrekoncentrationen blev målt i forbindelse med vandbehandling af en jorddam på et traditionelt dambrug. Der blev benyttet Incimaxx Aquatic som blev fordelt i dammen der forud for tilsætningen var blevet sænket. Der blev målt et jævnt faldende koncentrationsforløb fra ca. 0,4 mg/l frem til komplet fjernelse efter knap halvanden time (Fig. 5.5). Den genfundne mængde pereddikesyre udgjorde 38 % af den teoretiske mængde i løbet af de første 1½ time. De målte værdier (omsætning og fortynding) svarer til en halveringstid på ca. 20 minutter mens vandskiftets i sig selv bidrager til en reduktion af stoffet med en halveringstid på godt 2½ time.



Figur 5.5. Koncentration af pereddikesyre målt i forbindelse med vandbehandling af dam. Symboler (◇)er målte værdier af pereddikesyre, mens den stiplede grå linie viser den teoretiske koncentration uden omsætning ved fortynding. Den grønne stiplede linie viser henfaldsforløb med en halveringstid på 23 minutter.

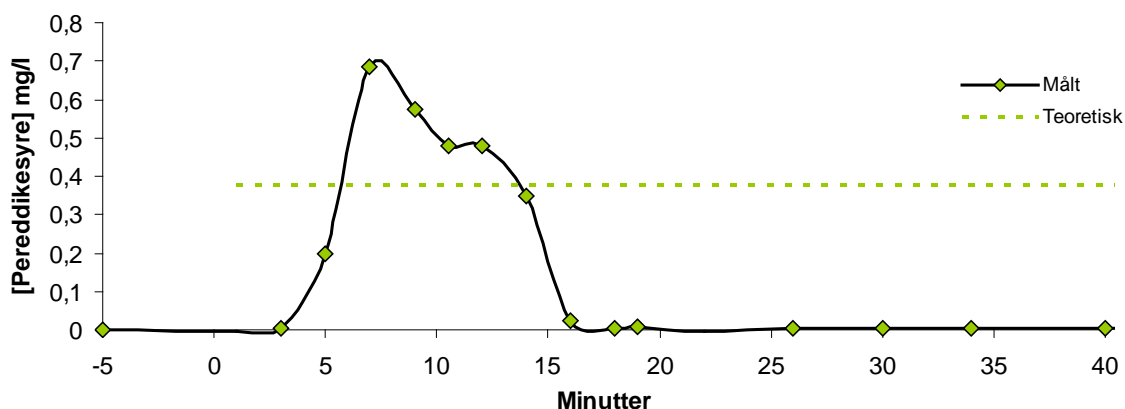
5.2.2. Måling af PES-koncentration ved vandbehandling på model 1-dambrug

Et første indledende forsøg blev udført på et model 1-dambrug den 18/6. Her blev der udtaget vandprøver i forbindelse med en traditionel vandbehandling med PeraquaPlus der omfattede tildeling af i alt 2,5 liter PA+ svarende til i alt 250 gram aktivt pereddikesyre i en 800 m³ opdrætsenhed. Doseringen foregik ved at tilføre 5 dl i hver af anlæggets fire belufterbrønde og efterfølgende yderligere 5 dl i belufterbrønd 1. Prøvetagning foregik efter mikrosigten før belufterbrønd 1 (se foto; fig. A). Fiskene udviste en kraftig, men kortvarig respons på doseringen og en front kunne følges i få minutter. I forhold til den teoretiske doseringskoncentration blev der kun genfundet op til maksimal 20 %, og den tilsatte mængde PES var helt omsat indenfor 20-30 minutter (fig. 5.6).



Figur 5.6. Måling af pereddikesyre (○) på model 1-dambrug i forbindelse med vandbehandling med PeraquaPlus, hvor i alt 2,5 liter blev tilsat 4 steder i den 800 m³ store enhed. Stiplet vandret linie angiver teoretisk koncentration af PES ved ligevægt.

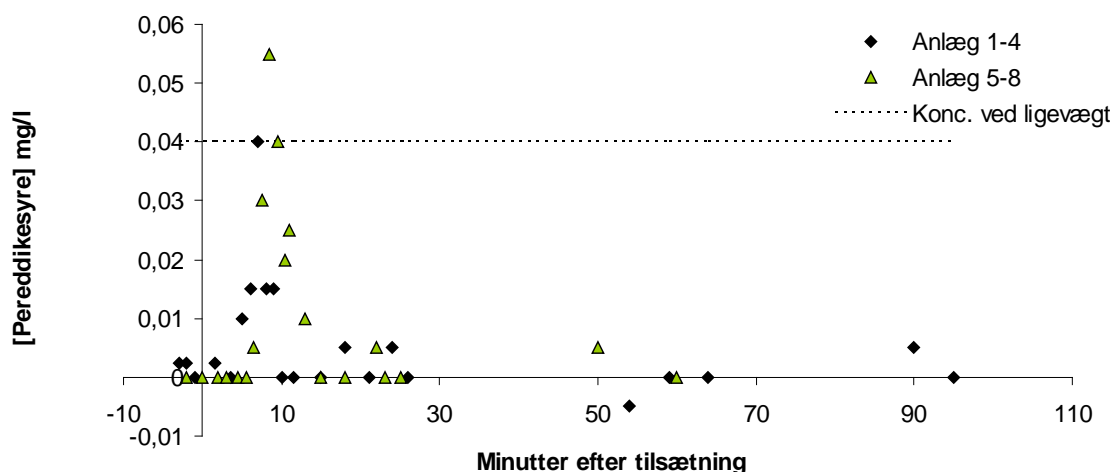
Forsøget blev gentaget den efterfølgende uge, med den ene forskel, at der i stedet blev målt halvvejs i dammen ca. 10 meter efter belufter brønd 1 hvor 6 dl PA+ blev tilsat af en gang (i alt 3 l fordelt på anlægget). Her blev der målt PES-koncentrationer på op til 0,7 mg/l, knap 2 gange den teoretiske ligevægtsværdi, og der blev ikke målt forsinkede pulser fra de øvrige doseringer, hvilket kunne tyde på at al PES var nedbrudt indenfor den tid (ca. 30 minutter) et enkelt gennemløb tager (Fig. 5.7).



Figur 5.7. Måling af PES efter tilsætning af PeraquaPlus på et model 1-dambrug.

I august blev tilsvarende målinger af PES foretaget på samme dambrug; denne gang med Incimaxx produkter og i form af 2 forskellige forsøg.

Vandbehandling med Incimaxx SD i to parallelle systemer viste at der kunne registreres en kortvarig puls indenfor 10 minutter efter tilsætning (Figur 5.8). Der var ingen forskelle i omsætningshastighederne ved sammenligning af de to anlæg, og stoffet var væk indenfor en halv time efter tilsætning. Der blev registreret PES-koncentrationer på op til 0,56 mg/l ved en forbigående puls, og efterfølgende kunne der ikke måles PES. Måle-metodens detektionsgrænse ved meget lave værdier ($< 0,01$ mg/l) er skyld i det målte værdier på hhv. 0,005 og $- 0,005$ mg PES/l.



Figur 5.8. Koncentrationsforløb af pereddikesyre målt i forbindelse med vandbehandling med Incimaxx SD. Der blev tilsat $0,5$ ml I-SD/ m^3 fordelt med 100 ml i de 4 belufterbrønde. Den stiplede linie angiver ligevægtskoncentrationen ved fuld opblanding.

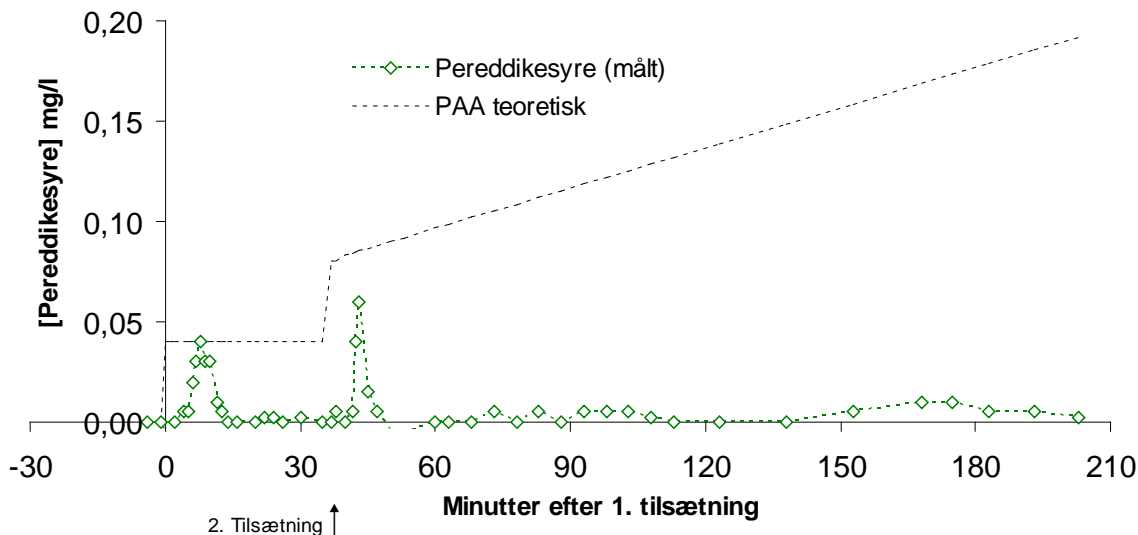
Pulsdosering og kontinuerlig dosering med PES

Der blev efterfølgende lavet et forsøg med Incimaxx Aquatic, hvor samme koncentration ($0,5$ ml IA/ m^3 fordelt med 100 ml i de 4 belufterbrønde) blev suppleret med en kontinuerlig dosering fra en 25 liters dunk på yderligere 400 ml IA/time i tre timer. På figur 5.9 ses en kort forbigående puls-top efter knap 10 minutter. Efter 35 minutter tilsættes samme mængde Incimaxx Aquatic med efterfølgende registrering af puls top op til $0,05$ mg PES/l. Disse 2 puls- og koncentrationsforløb er på samme niveau som de forudgående forsøg med det andet produkt (Incimaxx SD) tilsat i samme mængde (Fig. 5.7).

Incimaxx produkterne blev altså omsat på tilsvarende vis som PA+ var blevet i forsøget udført 2 mdr. tidligere (Fig. 5.6) og der er således ikke noget der indikerer, at nogen af Incimaxx produkterne skulle have en forbedret stabiliserende/bevarende effekt på pereddikesyren sammenlignet med PA+.

Som en del af den kombinerede behandling (støddosering og kontinuerlig dosering) blev Incimaxx Aquatic fra det 37. minut tilsat med en konstant dosering svarende til 400 ml/time over tre timer. Det viste sig efterfølgende med målinger af PES at denne mængde

ikke kunne genfindes, og at PES-koncentrationen var så lav at det var omkring måle metodens detektionsgrænse.



Figur 5.9. Koncentrationsforløb af pereddikesyre (PES) målt (\diamond) i forbindelse med vandbehandling med Incimaxx Aquatic. 400 ml IA blev fordelt i de fire beluftningsbrønde ved $t = 0$ og $t = 35$ minutter og derefter suppleret med konstant dosering svarende til 400 ml/time over tre timer fra $t = 37$ min. Den stiplede linie angiver den teoretiske ligevægtskoncentration ved fuld opblanding.

5.2.3. Måling af PES-koncentration ved vandbehandling på model 3-lignende dambrug

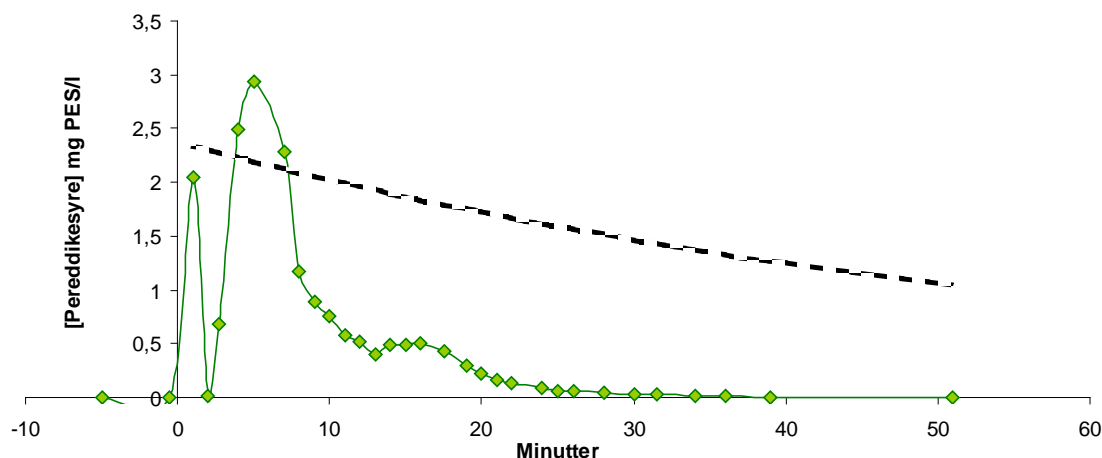
Formålet med disse forsøg var at undersøge koncentrationsforløbet af pereddikesyre i.f.m. vandbehandling med PeraquaPlus (PA+) i en rundtank med, og vurdere om behandlingspraksis påvirkede kvælstof-omsætningen i det tilhørende biofilter.

På dambruget var der hen over sommeren 2010 forebyggende blevet anvendt PA+ i en doseringsmængde svarende til 1 liter PA+ pr. 50 m^3 (20 ml/m^3) tre gange ugentlig.

Der blev udført to forsøg med dosering af PA+. Det ene forsøg foregik i en raceway kanal på 125 m^3 med et vandskifte på 40 l/s og det andet i en rundtank på 125 m^3 med central airlift og et vandskifte på 20 l/s. I begge anlæg var der fiskebestande på ca. 6000 kg, svarende til tætheder på ca. 50 kg/m^3 .

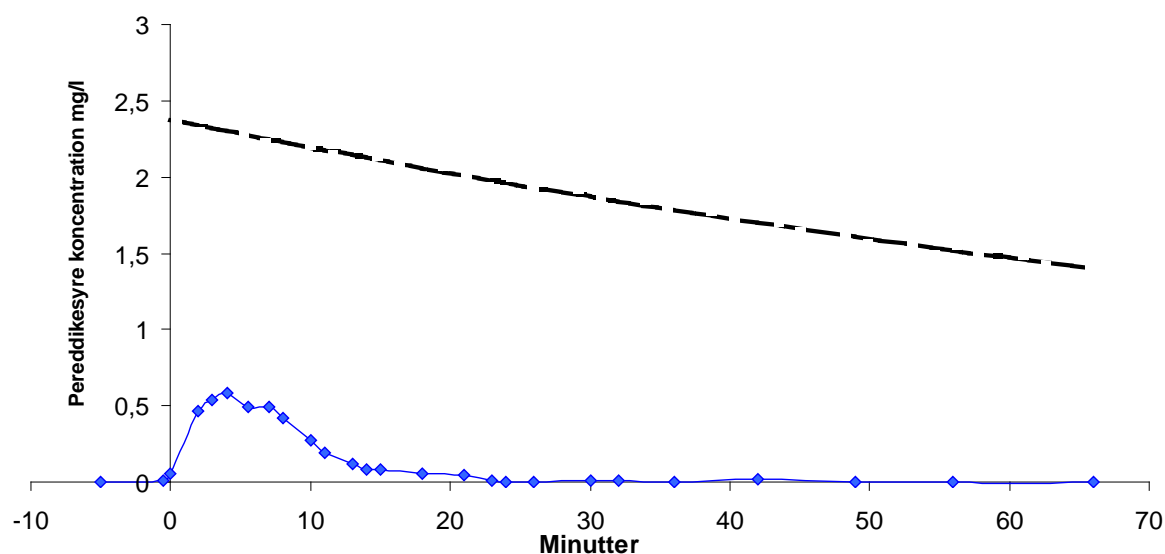
Figur 5.10. viser koncentrationsforløbet af pereddikesyre i en raceway hvor tilsætning af PA+ hovedsagelig blev tilsat efter belufterbrønden og nåede frem til prøvetagningen efter 6-8 minutter. Den anvendte PA+-dosering svarede til en teoretisk ligevægtskoncentration på 2,4 mg PES/ liter, hvilket kun kortvarigt blev realiseret. I løbet af den første halve time efter tilsætning var der ikke målbare mængder pereddikesyre i anlægget. Den gråstiplede

kurve på figur 5.10 angiver det teoretiske koncentrationsniveau udelukkende baseret på fortynding, hvilket svarer til en halveringstid på 45 minutter. De målte værdier (henfald + fortynding) kan beskrives med et eksponentielt henfaldsforløb med en halveringstid på 7 minutter ($t_{1/2} = 45$ minutter ved fortynding alene), og der blev genfundet ca. 30 % pereddikesyre i forhold til den tilsatte mængde.



Figur 5.10. Måling af PES-koncentration ved vandbehandling i en raceway enhed hvor 2,5 liter PA+ blev (uens) fordelt til tiden $t=0$. Den stiplede kurve viser det teoretiske koncentrationsniveau udelukkende baseret på fortynding, svarende til en halveringstid på 45 minutter.

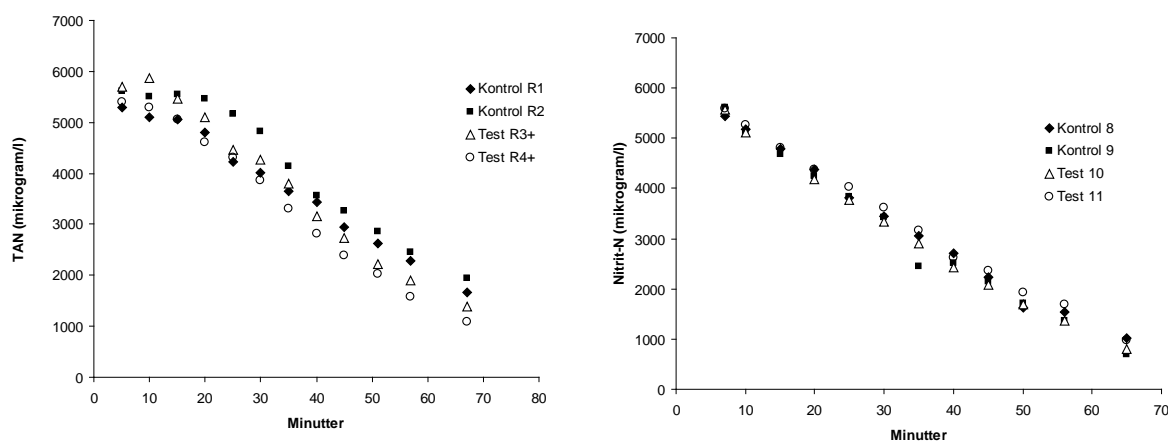
En tilsvarende doseringsmængde blev undersøgt i en af dambrugets andre type anlæg, en 125 m^3 rundtank, hvor PES blev omsat endnu hurtigere (Fig. 5.11). Her blev der i udløbsvandet kun målt pereddikesyre i en kort periode og værdierne var lave i forhold til den teoretiske ligevægtsværdi. Der blev genfundet hhv. 9,9 % og 5,2 % af den teoretiske mængde 25 og 60 minutter efter doseringen. Dambrugerne har en teori om at der ske en afdampning af pereddikesyren ved passage i belufterbrønden, idet der under vandbehandling i nærheden af belufterbrønden findes en karakteristisk skarp eddikelugt. Dette kunne altså være en medvirkende forklaring på at PES forsvinder så forholdsvis hurtigt i rundtanken hvor den midtstillede voldsomme beluftning – ud over at sikre en hurtig opblanding også kunne facilitere en vis afdampning. Dette fysiske fænomen har dog ikke kunnet eftervises i laboratoriet, hvor kraftig beluftning af milli-Q med PES i bægerglas ikke førte nogen nævneværdig reduktion i pereddikesyre-koncentrationen.



Figur 5.11. Måling af PES-koncentration ved vandbehandling i en 125 m³ rundtank efter tilsætning af 2,5 liter PA+ til tiden t=0. Den stiplede kurve viser det teoretiske koncentrationsniveau ved ideel opblanding, uden omsætning og reduktionen udelukkende baseret på fortynding.

Udløbsvandet (målinger vist i figur 5.11) blev ledt til et centralt biofilter hvor den resterende mængde PES kom i kontakt med filter elementerne. Der blev i den forbindelse udtaget biofilter elementer før og efter denne PES eksponering (samlet 15 liter PA+ grundet samtidig behandling i seks 125 m³ tanke) til undersøgelse af eventuel hæmning af de nitrificerende bakterier.

Nitrifikationsprocesserne blev undersøgt ved at tilsætte NH₄Cl og NaNO₂ til opstilling med en kendt mængde biofilterelementer (HP afsnit) og derefter følge nedbrydnings-hastigheden. Figur 5.12 viser resultaterne af disse spikforsøg, hvor det ses, at ammoniumomsætning ikke var påvirket af PES (faktisk omsættes PES eksponerende rør ammonium en anelse hurtige sammenlignet med kontrol elementer hæmning) ligesom nitritomsætningen også var upåvirket af PES.



Figur 5.12. Data fra tilsætningsforsøg med måling af ammonium- og nitritomsætning. Omsætningsraterne for ammonium og nitrit var i størrelsesorden fra $0,41 \pm 0,01$ til $0,45 \text{ g N/m}^2/\text{d}$.

Konklusion

Der er ikke rapporteret om lignende udenlandske undersøgelser der har dokumenteret og målt PES-omsætning i forbindelse med akvakulturbrug. Pereddikesyre produkter er blevet anvendt i tidligere undersøgelser, såvel ved laboratorium-undersøgelser (Bruzio & Buchmann; Meinelt et al, 2009) og på kommercielle anlæg (Rintimäkki m.fl, 2005) uden stofkoncentrationer er blevet målt eller analytisk verificeret. Det er sandsynligt at uens dosering og momentan omsætning af PES er vigtige årsager til svingende behandlingsresultater.

Der findes p.t. ingen nem måde at følge stofkoncentrationen (eksempelvis sticks, sensorer eller indirekte ved at måle ændring i iltmætning som tilfældet med brintoverilte) da der i akvakultur anvendes meget lave doseringskoncentrationer (typisk få ml handelsvare/m³). Det indebærer blandt andet, at brugen af PES handelsvarer kræver forsigtig opstart og tilvænning til den enkelte behandlingssituation, og at det er vanskeligt at oprethold en given lav koncentration af PES. Det er muligt at PES virkningsmekanisme er meget kortvarig, hvilket taler for en behandling der indeholder en koncentrationsfront med en kort eksponeringstid.

Fiskenes reaktion er meget typisk og indebærer en kortvarige og forbigående flugt som følge af frontens bevægelse når der tilsættes PES i vandfasen. Efter passage og ved opblanding (omsætning) er fiskenes reaktion atter normal og fiskene fordelt.

Der er en betragtelig forskel mellem de to ”ekstreme” situationer, hhv. doseringen i en dam med få fisk og doseringen i en airlift tank med mange fisk. I det første tilfælde kan PES opretholdes og halveringstiden er relativ høj, mens der i det andet tilfælde sker en hurtig fjernelse af PES med en lav eksponeringstid til følge. Det indebærer således, at der

på det ene anlæg benyttes en dosering der er 50 gange kraftigere end det andet, og dette har selvfølgelig også økonomiske konsekvenser.

Der blev ikke registreret døde fisk i forbindelse med vandbehandling med PES. I et tidligere forsøg hvor behandlingsræderummet af PES blev undersøgt, blev der imidlertid observeret dødelighed ved 3 gange anbefalet PES-dosering (Arvidson m.fl, 2009). Disse forsøg blev udført i et kummehus hvor vandet var rent og tilstedeværelsen af POM var beskedent ligesom der blev recirkuleret under behandlingen.

En hurtig omsætning af stoffet pereddikesyre er et gennemgående mønster i ovenstående undersøgelser. Omsætningshastigheden øges ved stigende mængder af organisk materiale, ligesom fisketæthed og vandtemperatur påvirker omsætningen positivt.



Figur 5.13. Afprøvning af nye, mere arbejdssikkerhedsmæssige forsvarlige og letnedbrydelige vanddesinfektionsmidler (N. Råbjerg, Bisgård dambrug).

6. Veterinære observationer

Formålet med disse observationer var at indsamle praktiske erfaringer med de tiltag, som bliver gjort på udvalgte dambrug for at substituere formalin. Der er fokuseret på følgende områder: Finde alternativer til formalin ved forebyggelse/bekæmpelse af skimmelsvampe på æg samt at øge kendskabet til og bedre forstå hvilke muligheder og begrænsninger, der er ved anvendelsen af brintoverilte og pereddikesyre-produkter ved vanddesinfektion i forbindelse med parasitangreb.

6.1. Alternativer til formalin ved forebyggelse af skimmel på æg

For at minimere fremvækst af skimmel (*Saproglenia*) på ørredæg anvendes der på mange dambrug i dag formalin. Forebyggelsen sker ved regelmæssigt (normal 1-2 gange dagligt) i en kortere periode at tilsætte formalin til det vand, der strømmer hen over æggene. Forebyggelsen sker normalt fra få dage efter befrugtning til klækning. Gennem de sidste år har der i Danmark været enkelte dambrugere, som med god effekt har erstattet formalin med pereddikesyre-produkter. Disse erfaringerne blev i dette projekt indsamlet fra tre dambrug og ud fra disse erfaringer blev der udført forsøg på 3 nye dambrug.

Resultater

I nedenstående tabel kan man se de forskellige erfaringer og resultater.

Tabel 6.1: Doseringer og resultater for alternative forebyggende behandlinger mod svampeangreb på ørredæg. For dambrug 4 henvises til bilag 1.

Dambrug	Stof	Tilsættes i gennemstrøm over	ml i alt (pr l/sek i renden)	Fortyndes inden tilsætning	Gange om dagen	Konc. PAA	Konc H2O2	Dagspris dec 2010 for produkt kr/l	pris (kr) pr rende pr dag med 0,1 l/sek	Bemærkninger	Effekt bedømt af dambrugere (-,+,++,+++)
1	PA+	1 time	150	1 til 9	2	5 mg/l	14 mg/l	26	0,78	æg meget glatte og hårde	++
2	PA+	20 min	80	1 til 5	1	80 mg/l	230 mg/l	26	0,21	æg meget glatte og hårde	+++
3	Divosan	1 sekund	100	1 til 9	1	5000 mg/l	15000 mg/l	22	0,22	æg meget glatte og hårde	++
4	PA+	1 time	150	1 til 9	2	50 mg/l	140 mg/l	26	0,78	æg meget glatte og hårde	++
	PA+	20 min	80	1 til 9	1	80 mg/l	230 mg/l	26	0,21	æg meget glatte og hårde	++
	PA+	1 sekund	50	1 til 9	1	6250 mg/l	17300 mg/l	26	0,13	æg meget glatte og hårde	++
5	PA+	0-60 min	80 - 150		1 - 2					Dårlig effekt, forsøg opgivet	-
7	Pyzece	30 min	180	1 til 9	1	-	-	400	7,20	Meget effektiv, æg lidt fedtet	+++

Vurdering af vandbehandling: -= uden virkning; + = ringe effekt; ++ = nogenlunde/tilfredsstillende effekt og +++ = meget effektiv effekt

Konklusion og diskussion

Der er på flere anlæg vist at pereddikesyre og/eller Pyzece[®] kan være et godt alternativ til formalin. Resultaterne viser dog samtidig, at effekten af pereddikesyre-produkter er

varierende fra dambrug til dambrug. Dette kan skyldes flere forhold herunder vandets beskaffenhed. Specielt vandets indhold af organisk materiale må antages at have stor betydning. Jf. andre resultater i dette projekt er det vist, at pereddikesyre kan omsættes forholdsvis hurtigt i dambrugsvand. Der forestår altså endnu et stykke arbejde på de enkelte anlæg med at tilpasse doseringen til de givne forhold.

Fra USA findes en række undersøgelser, hvor der anvendes ren brintoverilte (500 mg/l i 5-45 minutter) til forebyggelse af svamp på æg. Nogle resultater har været lovende, men der er rapporteret om øget risiko for misdannelser, specielt hvis brintoverilte anvendes i perioden 70-140 daggrader efter befrugtning.

Pyzece, indeholdende det aktive stof bronopol, er i efteråret 2009 blevet godkendt af Lægemiddelstyrelsen til bekæmpelse af svamp på æg. Lægemidlet er forholdsvis dyrt, hvilket gør at det med størst fordel kan anvendes i anlæg, hvor vandet recirkuleres.

6.2. Anvendelsen af ren brintoverilte

Brintoverilte har i en årrække været anvendt i forbindelse med vandbehandling ved udbrud af forskellige parasit- og gællesygdomme. Ikke bare i Danmark men også andre steder i verden. Siden 2007 har brintoverilte eksempelvis været godkendt i USA til behandling af gælleinfektion hos laksefisk. I Danmark har stoffet primært været anvendt gennem tilsætning af pulveret natrium-percarbonat, som ved kontakt med vandet udvikler brintoverilte. Pulveret udgør en stor transportfordel, men det har desværre også vist sig, at anvendelsen af pulveret i systemer med sediment giver meget beskidt vand, og at natrium-percarbonat kan give anledning til en betydelig pH-stigning, som i især lukkede recirkuleringssystemer ikke er uvæsentlig. Stigning i pH kan eksempelvis øge mængden af fri ammoniak og derved giftigheden overfor fiskene. Derfor er det i dette projekt forsøgt at afprøve anvendelsen af ren brintoverilte (35 %).

I tidligere projekter (Sortkjær m.fl. 2008) er det vist, at brintoverilte både i laboratorium og i dambrug har en god effekt overfor visse parasitarter. I laboratoriet er det således vist, at brintoverilte har en god dræbende effekt overfor de frie stadier af fiskedråber og *Gyrodactylus*. Effekten er dog meget temperaturafhængig således at jo højere vandtemperatur man har jo hurtigere forløber drabet af parasitter. Opretholdes en koncentration på 5-20 mg/l H₂O₂ i 3-5 timer dør parasitterne. Dette blev også eftervist i praktiske forsøg på dambrug i 2007-2008 hvor der også blev vist effekt overfor eksempelvis *Chilodonella* og *Trichodina*. Udfordringen med en brintoverilte behandling er at opretholde koncentrationen i vandet i tilstrækkelig lang tid. Brintoverilte omsættes forholdsvis hurtigt i dambrugsvand, hvilket på den ene side er en ulempe når man ønsker at opretholde en koncentration over længere tid, men på den anden side er en stor fordel når man efterfølgende skal lede stoffet ud i vandmiljøet. Det er tidligere vist at såfremt man supplerer op 1-2 gange så er det muligt at opretholde tilstrækkelig koncentration i de ønskede 3-6 timer. I USA er brintoverilte godkendt til behandling af gælleinfektioner hos laksefisk. Her er den anbefalede dosering 50 -100 mg/l H₂O₂ i 30-60 minutter. Dette indikerer at

stoffet ikke udgør nogen risiko for fiskene i de koncentrationer (normalt 5-10 gange lavere) vi hidtil har anvendt på danske dambrug.

Brintoverilte har hidtil ikke været udbredt anvendt i anlæg med indbygget biofilter. Dette beror både på uvished om effekt på fisk, men i lige så høj grad uvisheden på effekt på biofilter.

6.2.1 Praktiske forsøg med ren brintoverilte på model 1-anlæg

På et model 1-dambrug (se evt 4.1) blev der i august konstateret stigende dødelighed i én ud af fire sektioner i et af dambrugets recirkulerede anlæg. Det blev konstateret at fiskene var massivt inficeret med fiskedræber i både gæller og på hud. Dødeligheden var forholdsvis lav (dagligt ca. 5 kg ud af 5-6 tons fisk, 18-20 stk pr kg). Det blev med dambrugeren aftalt at behandlingsstrategien skulle gå ud på at minimere antallet af nye parasitter i vandfasen, de næste 2-3 uger. Her skal erindres at ingen lovlige stoffer (ej heller formalin) har nogen dræbende effekt overfor de fiskedræberstadier, der befinder sig på fisken og bunden.

På første dagen var fiskene udover fiskedræber også inficeret med *Chilodonella*, *Glossatella*, *Trichodina* og *Gyrodactylus sp.* Der blev herefter anvendt 35 % brintoverilte til vanddesinfektion hver anden dag de næste 10 dage. Anlægget var lukket i 4-5 timer under behandlingen og der blev hver gang tilsat 40 liter brintoverilte 35 % og efter ca. 1,5 timer suppleret op med 20-35 liter ekstra brintoverilte 35 %, der blev tilsat løbende. Enheden var 800 m³ så det svarer til en startdosering på 50 ml pr m³ vand suppleret op med 25-40 ml pr m³ vand. Som det ses af figur 4.4 tyder det på at denne metode har været nok til at opretholde en koncentration af H₂O₂ på over 10 mg/l i mindst 2-3 timer.

Effekten at behandlingen var tilfredsstillende idet dødeligheden holdt sig på et rimelig lavt niveau (< 5-10 kg daglig) og fiskedræberne blev hurtigt reduceret i antal på både gæller og hud. Dette til trods for at vandtemperaturen gennem hele forløbet var 14-15 grader hvilket medfører forholdsvis hurtig reproduktion hos parasitten. Det skal bemærkes at der ved kontrol 4 dage efter første behandling ikke længere blev fundet nogle *Chilodonella*, *Glossatella*, *Trichodina* og *Gyrodactylus sp.* på fiskene. Ædelysten hos fiskene var dog kun moderat, og der blev fundet gælletilslimning. Dette blev i forløbet forsøgt afhjulpet via behandlinger med Peraqua Plus (3 ml pr m³) vand.

Efter 12 dage (6 behandlinger) blev det fundet at alle fiskene var massivt inficeret med *Costia (Ichtyobodo necator)*. Brintoverilte og pereddikesyre i de ovennævnte koncentrationer havde altså ikke kunne eliminere denne parasit. Herefter blev der iværksat en enkelt formalinbehandling, hvorefter fiskene igen var fri for *Costia*.

Fiskene blev endvidere angrebet af rødmundsyge. Efter al sandsynlighed fordi der kort inde i forløbet i samme opdrætsenhed blev indsat yngel i anden sektion. Disse yngel var tydeligt inficeret med rødmundssyge få dage efter indsættelsen. Udover rødmundsyge udviste disse nyindsatte fisk også tegn på PKD-infektion og ynglen blev hurtig inficeret med fiskedræber. Denne infektion blev ligesom ovenstående forsøgt holdt nede med

brintoverilte og pereddikesyreprodukter. Her var resultatet dog meget nedslående. 12 dage efter indsættelse var der stor dødelighed i holdet og først efter saltbehandling fik dambrugeren styr på infektionen.

Konklusion

Brintoverilte 35 % kunne i ét tilfælde holde fiskedræber infektion på et acceptabelt niveau. I andet tilfælde hvor infektionspresset var meget højt og fiskene havde andre infektioner var brintoverilte ikke tilstrækkeligt effektiv. Det er uvist om formalinvand-desinfektioner i det sidste tilfælde havde haft større effekt. Det er forholdsvis let at holde den ønskede brint-overilte-koncentration. Brintoveriltetsætning i koncentration 5-15 mg H₂O₂ i 2-4 timer fjerner *Chilodonella*, *Glossatella*, *Trichodina* og *Gyrodactylus sp.* men har ingen/eller kun begrænset effekt overfor *Costia*.

De anvendte koncentrationer påvirker ikke fisken negativt.

6.2.2 Praktiske forsøg med ren brintoverilte på model 3-anlæg

I opdrætsvand

På et model 3-anlæg blev der lavet forsøg med ren brintoverilte (35 %). Efter indledende forsøg i august (se 4.2) blev det konstateret at vandbehandlingen kunne fortages uden væsentlig risiko for nedsat biofilter-funktion såfremt man overholder følgende: Vand ledes uden om biofiltret indtil man via måle-stick estimerer at H₂O₂ niveauet er under ca. 5 mg/l. Dambrugeren har efterfølgende vanddesinficeret ca. 1 gang ugentlig. Der har været anvendt 40 liter brintoverilte 35 % hvilket i det 1750 m³ store anlæg giver en forholdsvis lav teoretisk brintoveriltekoncentration (8 mg/l). Effekten har dog ifølge dambrugeren været mindre fiskedødelighed end normalt og bedre vandkvalitet (meget klart vand).

I filter

På samme model 3-anlæg har der været forsøgt at anvende brintoverilte 35 % til at rense biofilteret. Formålet er at fjerne organisk materiale herunder uønskede bakterier, svampe og parasitter, som over tid kan opbygges i biofiltrene.

Med baggrund af resultaterne vist i afsnit 4.3 er siden august regelmæssigt anvendt følgende metode: Vandforsyningen til en af biofilter-sektionerne lukkes. Der tilsættes 20 liter 35 % brintoverilte til sektionen (udgør 1/6 af hele biofiltret). Der beluftes og vandet bliver nu meget beskidt af skidt og løsrevet filterhud. Filtret skylles og der åbnes op igen. Denne procedure, hvor en sektion renses om ugen, har ikke medført forhøjede ammonium- eller nitrit-koncentrationer i anlægget. Derimod ses der renere vandkvalitet (sammenlignet med tidligere) og betydelig mindre modstand i de rensede filterenheder.

Konklusion

Brintoverilte 35 % kan også anvendes i recirkulerede anlæg med biofilter. Effekt på parasitter er dog endnu ukendt, men det må antages at såfremt koncentrationen oprettholdes på samme niveau, som i model 1-anlæggene så vil man opnå samme effekter. Brintoverilte 35 % kan også anvendes til at rengøre biofiltre.

6.3. Anvendelsen af pereddikesyreprodukter

Pereddikesyre (PES) produkter har været anvendt på danske fiskeopdræt anlæg i mere end 10 år. Resultaterne har været meget svingende og der har kun været få forklaringer herpå. Der har manglet kendskab til hvilke koncentrationer af PES's der skulle anvendes, stoffets omsætning i dambrugsvand og stoffet reelle parasitdræbende effekter. For nuværende anvendes der især følgende fire forskellige produkter med PES: Peraqua Plus, Divosan Aktiv, Incimaxx SD og Incimaxx Aquatic. Produkterne indeholder udover PES også brintoverilte, men med de forholdvis lave doseringer som PES-produkterne anvendes i, må det antages at brintoverilten-delen kun har begrænset antiparasitær effekt ved behandlingerne.

Det afgørende er altså indholdet af PES i produkterne. Og her findes uden tvivl en af forklaringerne på den varierende effekt. Produkterne er nemlig deklareret med vidt forskellige indhold af PES og hertil skal lægges at det enkelte produkt kan indeholde meget varierende mængde af PES fra dunk til dunk (se tabel 5.1).

Nye undersøgelser udført på KU-Life (Bruzio & Buchmann, 2010) har vist at pereddikesyre er ekstremt effektivt overfor parasitter (undersøgt for fiskedræbere). Der er således vist at blot 1 ml produkt/m³ af enten Peraqua Plus, Incimaxx SD eller Incimaxx Aquatic dræber fiskedræberens sværmestadier, hvis koncentrationen opretholdes i 1-2 timer. Forsøgene er dog udført i forholdsvist rent vand, og med de høje omsætningsrater af PES, der i dette projekt er vist i dambrugsvand, er der stor risiko for at det aktive stof (PES) ikke kan holdes i tilstrækkelig høj koncentration.

Fundet af den høje omsætningsrate giver i hvert fald anledning til store overvejelser om hvordan stoffet bedst tilsættes et anlæg. Er der tale om et racewaysystem med serieforbundne enheder, hjælper det simpelthen ikke bare at tilsætte PES-produkter på en gang ét sted. Stoffet omsættes hurtigt og vil aldrig nå hverken fisk eller vand i alle dele af anlægget med den ønskede koncentration. Omvendt bevirker den hurtige omsætning at man lettere kan styre en vandbehandlings evt. negative effekt på et biofilter. Tilsættes stoffet således længst væk fra biofiltret (evt. kontinuerlig over nogle timer) vil stoffet aldrig nå ind i biofiltret og man undgår dermed negative effekter herved.

I denne sommer har der på flere anlæg været forsøgt at bruge PES produkterne ved kontinuerlig tilsætning (eksempelvis 1 ml/m³ pr time i 5-6 timer). Dette har givet forbedret effekt hvilket også giver mening med den hurtige omsætning i tankerne. Med den nuværende viden kan det endvidere konstateres, at såfremt man ønsker effekt på fisk (gæller/hud) så skal stoffet tilsættes meget lokalt i de vand fiskene befinder sig i. Hvis man derimod gerne vil desinficere vandet (bakterier/parasitter) kan med fordel i recirkulerede anlæg nøjes med løbende at tilsætte ét sted.

PES produkter har uden tvivl et stort potentiale for fremover at blive et af de mest brugte hjælpestoffer i dansk akvakultur. God effekt hvis det anvendes rigtig, rimelige behandlingsudgifter og sidst men ikke mindst, at stoffet omsættes så hurtigt som det gør. Dette

medfører også store muligheder for at kunne overholde gældende miljøkrav ved udledning til vandsystemerne.

6.3.1 Praktiske forsøg med ren PES på udvalgt traditionelt anlæg

På et traditionelt jorddambrug har der de sidste somre været problemer med fiske-dræberangreb på nyudsat yngel i jorddamme. Med baggrund i KU-Life ovennævnte undersøgelser blev det besluttet at udføre et forsøg med forebyggende vandbehandling med PES. Der blev valgt produktet Incimaxx Aquatic (IA). Fra ynglen blev udsat (midt juli) og 2 måneder frem blev der dagligt vanddesinficeret med IA. Der blev anvendt forskellige doser. Fra ca. 1-3 ml pr m³ én til to gange daglig (se bilag 1). Som kontrol var der en dam, som slet ikke fisk nogen behandling. Resultatet blev, at der i perioden slet ikke forekom fiskedræber infektion, hverken i de behandlede damme eller i kontrol dammen.

Konklusion

Der kan ikke konkluderes noget konkret. I forløbet var der en enkelt gang tegn på gælleinfektion (specielt i de damme der fik lavest dosis) og her valgte dambrugeren at anvende formalin. Der kan altså ikke ud fra dette forsøg konkluderes om PES var effektivt overfor fiskedræbere eller andre parasitter.

6.3.2 Praktiske forsøg med ren PES på model 1- og 3-anlæg

Anlæggene hvor der blev udført omsætningsforsøg (afsnit 5) har efterfølgende regelmæssigt anvendt PES produkter til vanddesinfektion. Effekten er ikke entydig, men flere af dambrugene melder om forbedret vandkvalitet. Der anvendes doseringer fra helt op til 20 ml Peraqua Plus pr m³ vand ned til 0,3 ml pr m³ for Incimaxx Aquatic. Konklusion: Pereddike-syreprodukterne kan anvendes i recirkulerede anlæg med biofilter, hvis man doserer på de rigtige steder.

7. Doseringsforslag og arbejdssikkerhed

7.1 Brintoverilte

Første gang man benytter et nyt hjælpestof er det en god idé at afprøve stoffet i mindre målestok. Eksempelvis kan nogle fisk med fordel flyttes i en balje eller i et transportkar og herefter tilsætte hjælpestoffet i den foreslåede koncentration og dernæst følge forløbet. Herved kan det sikres, at fiskene ikke tager skade under de givne betingelser og utilsigtede overdosering kan identificeres. Da brintoverilte forekomst og tilhørende omsætning resulterer i iltudvikling, kan ændring i iltkoncentrationen således være et god indikator for HP-koncentrationen. Ligeledes anbefales det at anvende engangs-sticks til måling af HP-koncentrationen. Husk at højere vandtemperatur giver højere effekt, men også større risiko for fisken. Ved vandtemperaturer over 15 grader bør man udvise stor forsigtighed når stoffet anvendes.

Doseringsforslag til jorddamme (*Sortkjær m.fl, 2008*)

Ved parasit-udbrud (gælleamøber og *Costia* undtaget):

Vandforsyning reduceres eller stoppes (mekanisk belufning i damme), og vandstanden sænkes eventuelt. Der startes med 50 ml 35 % brintoverilte pr m³ vand. Efter ca. én time gives der 25-40 ml ekstra pr m³ vand. Behandlingen fortsætter i 3-4 timer. Ved fiske-dræber gentages behandlingen hver 1-2 dage i starten af infektionen. Koncentrationen kan følges vha. sticks. Indholdet af brintoverilte bør ligge mellem 5 – 20 mg/l.

Doseringsforslag til model 1 (*Sortkjær m.fl, 2008*)

Ved parasit-udbrud (gælleamøber og *Costia* undtaget):

Friskvandsforsyningen stoppes i den enhed der skal behandles. Recirkuleringen opretholdes. Der startes med 50 ml 35 % brintoverilte pr m³ vand. Fordeles så jævnt som muligt i hele anlægget. Herefter tilsættes løbende 10 – 20 ml/m³ i timen de næste 2-3 timer. Ved recirkulering kan denne tilsætning med fordel ske på et sted. Friskvandsforsyningen genoptages efter 3-4 timer. Ved fiskedræber gentages behandlingen hver 1-2 dage i starten af infektionen. Koncentrationen kan følges vha. sticks. Indholdet af brintoverilte bør ligge mellem 5 – 20 mg/l.

Doseringsforslag til anlæg med biofiltre

Samme som for model 1.

Der bør lukkes for biofiltret under behandling og først når brintoverilte niveauet igen er under 5 mg/l åbnes der igen for filterne. For at undgå at hele biofilteret hæmmes, kan man med fordel nøjes med at åbne for en del af biofiltret (eksempelvis ¼) når vandet igen ledes gennem filteret. Herved vil kun denne del kunne påvirkes negativ i en korterevarende periode. Når vandet ledes gennem en del af biofilteret omsættes brintoverilten meget hurtigt så man med rimelig sikkerhed hurtigt (indenfor ½-1 time) kan åbne for den resterende del.

”Desinfektion” af biofilter

Dette kan udføres for at optimere filtrets drift.

Et filter kammer lukkes. Under beluftning tilsættes eksempelvis 20 liter 35 % brintoverilte til kammeret (bør ikke udgøre mere end max 1/4 af hele biofiltret). Vandet bliver nu meget snavset. Filtret skylles efterfølgende på normal måde og der åbnes op igen.

Det er vigtigt at holde øje med filtrenes kvælstofomsætning før og efter en vandbehandling, hvilket kan gøres ved systematisk at måle de gængse vandkemiske parametre som ammonium og nitrit med sticks eller testkit. Det er også vigtigt at have udtænkt korrigerende foranstaltninger i forbindelse med vandbehandling i anlæg såfremt HP-koncentrationen ikke aftager som forventet og dermed kan påvirke filtrene eller fiskene. Disse tiltag kunne være øget friskvandsindtag. Omsætningen af HP kan variere fra anlæg til anlæg og hen over året, og det er vigtigt at få kendskab til betydningen af de årstids- og driftsmæssige variationer for vandbehandlingen og den potentielle risiko for beskadigelse af biofiltrene. Det bemærkes endvidere, at HP tilsætning i biofiltrene kan medføre frigørelse af betydelige mængder organisk materiale. Det er derfor vigtigt at sikre at dette føres til slambeddet så det ikke havner i produktionsenheden og overbelaster mikrosigten.

Arbejdssikkerhedsmæssige foranstaltninger ved brug af HP

Koncentreret brintoverilte er sundhedsskadeligt og skal derfor anvendes med forsigtighed. Under arbejde med stoffet skal der således anvendes handsker og beskyttelsesbriller. Dunke skal opbevares køligt og mørk, og det frarådes at omhælde stoffet til brugte dunke og lade dem henstå i flere dage, da der kan dannes overtryk.

7.2. Pereddikesyre

Som beskrevet ovenfor anbefales indledende afprøvning af stoffet i mindre skala. Ved dosering i kummer, damme og kanaler skal fiskenes reaktion følges nøje, og det anbefales indledningsvist at anvende lavere doser end forventet. Fiskenes reaktion og adfærd kan med tiden give en indikation af behandlingsstyrken, ligesom det kan give en idé om pulsforløbet og opblandingen af stoffet. Det er afgørende for behandlings-effektivitet at stoffet fordeles i hele opdrætsenheden, så alle individer eksponeres for det aktive stof i en tilpas høj koncentration.

Doseringsforslag til forebyggelse af skimmel på æg

Doseringen afhænger af vandets beskaffenhed og anlæggets konstruktion. Husk at pereddikesyre (PES) reagerer hurtigt med organisk materiale. Doseringen afhænger også i høj grad af hvilket PES-produkt der er valgt og hvor gammel dunken er. Indholdet af PES i de forskellige produkter varierer betydeligt og selv indenfor samme produkt kan der være stor forskel fra dunk til dunk. Derfor kan man godt opleve at samme dosering af samme produkt ikke har samme effekt fra år til år eller hold til hold. Man må forsøge sig frem og løbende justere dosis set i forhold til effekt. Optræder der begyndende skimmel sættes dosis op. Med en nuværende viden er der ikke oplevet

skader på æggene undtagen i tilfælde hvor dosis fejlagtig har været urimelig høj. Husk at man ved at nedsætte vandudskiftningen under behandling kan nedsætte dosis betydeligt. Evt. kan det overvejes at etablere recirkulering under behandlingen.

Doseringsforslag. Der kan tages udgangspunkt i tabel 6,1 f.eks. 80 ml PerAqua Plus pr l/s tilsat over 20 min én gang daglig. Fortyndes mindst 1:10.

Eksempel: Man måler med spand, at det tager 75 sek. at fylde en 20 l spand med vand fra klækkerendens udløb. Omregnet betyder dette, at der løber 0,26 l/sek. Der skal til en sådan klækkerende anvendes i alt ca. 20 ml PerAqua Plus. Disse blandes op i en vandmængde på mindst 2 dl. Denne blanding kommes i dunk med hul som bevirker at blandingen løber ud på 20 minutter i indløbet til klækkerenden. Anvendes én gang daglig.

Doseringsforslag til jorddamme

Her skal man erindre at pereddikesyren omsættes forholdsvis hurtig. Ønsker man en effekt på fisk og vand skal stoffet tilsættes meget lokalt det sted stoffet skal have sin virkning (altså i den enkelte dam). Ønsker man den parasitdræbende effekt skal koncentrationen enten være forholdsvis høj indledningsvis eller alternativt skal man dosere løbende over længere tid. Forslag: 2-5 ml produkt per m^3 vand indledningsvis. Derefter suppleres der ved kontinuerlig tilsætning af 1 ml/ m^3 pr time i 2-4 timer. Ved fiskedråber kan man med fordel behandle over meget lang tid (6-10 timer), hvorved man hele tiden rammer nye sværme, der frigives fra bunden. Doseringen skal være i den lave ende for Incimaxx produkterne. Anvendes der Divosan Aktiv kan de nævnte doser fordobles.

Dosering til recirkuleringsanlæg

Her skal man være lidt forsigtig. Fiskene kan reagere meget kraftig på pereddikesyreprodukterne. Især første gang stoffet tilsættes. Det er i recirkulerede anlæg helt afgørende, at man tænker over, hvilken effekt det er, at man ønsker at opnå før doseringsmetoden planlægges. Ved gælleafslimning eller parasitter på fiskene skal stoffet tilsættes lokalt til fisken i de enkelte sektioner/damme. Drejer det sig om bekæmpelse af parasitter i vandfasen kan man med fordel tilsætte stoffet ét sted i vandsystemet. Ofte vil der være tale om en kombination. Forslag: 0,5 – 20 ml / m^3 vand PES produkt tilsættes i de enkelte sektioner, herefter suppleres ét sted i recirkuleringsystemet kontinuerlig med 0,5 – 1,0 ml pr m^3 pr time i 2-4 timer.

BEMÆRK: Ved Incimaxx produkterne skal doseringen ikke være højere en 1-2 ml / m^3 vand. Er der biofilter skal man overveje hvor langt væk fra filtret, man tilsætter stoffet. Såfremt man behandler enheder der ligger mindre end 15 minutter væk (tjek vandhastighed) bør man lukke filtret kortvarig under behandlingen. Såfremt den kontinuerlige tilsætning sker langt væk fra biofiltret (over 30 min) er der ikke stor risiko for filtret, da omsætningen af PES går meget hurtig i recirkuleret dambrugsvand.

Arbejdssikkerhedsmæssige foranstaltninger ved brug af PES

Pereddikesyreprodukter er sundhedsskadelige og ætsende og skal derfor anvendes med forsigtighed. Under arbejde med stoffet skal der således anvendes handsker og beskyt-

telsesbriller. Dunke skal opbevares køligt og mørk. Stoffet må ikke omhældes til dunke eller beholdere, da der opstår betydeligt damptryk med risiko for eksplosion såfremt der ikke er trykdigningsventil.

8. Diskussion

Vandbehandling er en integreret del af dambrугets driftspraksis. Der stilles forskellige krav til en effektiv vandbehandling; udover at opretholde gode vækstbetingelser for fiskene (minimere parasittrykket) skal potentielle gener (arbejdsikkerhed, miljømæssig påvirkning) og omkostningerne (økonomi, tidsforbrug og risiko for fisk og biofilter) også med i den samlede vurdering.

Formalin har længe været et af foretrukne vanddesinfektionsmiddel, men behovet for alternative hjælpestoffer eller teknisk desinfektion er som bekendt støt stigende. Resultaterne fra denne rapport viser, at vandbehandling med såvel brintoverilte som pereddikesyre er muligt, om end der stadig ikke er et fuldgyldigt alternativ.

Ved overgangen til ny behandlingspraksis vil der indledningsvis skulle indhentes nogle, undertiden dyrebare, erfaringer. Ved at afprøve de nye hjælpestoffer i ”fredstid”, som en af de deltagende dambrugere kaldte øvelsen, vil dambrugeren stå langt bedre rustet når behovet pludselig opstår og valgmulighederne indsnævres. Disse indledende forsøg på det enkelte dambrug giver dambrugeren en fortrolighed til stoffet og en mulighed for at optimere behandlingsrutinen. Eksempelvis hvor det er bedst at dosere, hvor hyppigt stoffet skal tilsættes, hvor meget fiskene kan klare på forskellige årstider, om fiskene skal holdes foderfri under behandlingen etc. De deltagende dambrugeres velvilje til at afprøve nye hjælpestoffer er således en god forudsætning for at videregive erfaringer og dermed accelerere indførelsen af forbedrede vandbehandlingsrutiner.

Indeværende undersøgelser har vist at det er muligt at anvende og opretholde HP-koncentrationer, der har antiparasitær effekt, uden biofiltret beskadiges. Tilsvarende er det på et dambrug erfaret at pereddikesyre heller ikke påvirker de nitrificerende biofiltre. Disse positive erfaringer står delvis i kontrast til resultater fra andre undersøgelser (Schwartz m.fk, 2000; Pedersen m.fl. 2009), og viser hvor sammensat og stadig uafdækket mekanismerne er.

Kombinerede vandbehandlingsstrategier (skiftevis PES, HP, formalin) vil med stor sandsynlighed være mere effektive end ensidige protokoller med det samme hjælpestof, og vil på den måde kunne nedsætte brugen af formalin. De mest åbenlyse problemstillinger med brugen af PES og HP er den manglende effektivitet overfor Costia og gælleamøber samt den generelt vanskelige fiskedræber parasit. Her kunne langvarig (dagevis) opretholdelse af lav HP/PES være en mulighed der ikke er undersøgt.

Teknisk desinfektion med af UV og ozon er ikke tilstrækkeligt belyst på udendørs recirkulerede anlæg som model 1- og model 3-anlæg Det skal således afprøves om den seneste teknologiske udvikling af især UV anlæg er mere effektive og mere driftsøkonomiske, og eventuelt vil kunne anvendes i kombination med HP (Møller & Grønborg, 2010).

Undersøgelserne har samtidig vist at både HP og PES omsættes relativt hurtigt i dambrugs vand. Dette er helt afgørende når man også tager de miljømæssige forhold i betragtning.

9. Perspektiver

Der ligger fortsat et betydeligt arbejde i at optimere brugen af såvel HP og PES. Online måling og dosering af HP er en mulighed der ikke er afprøvet i fuld skala, og det kan sammen med brugen af UV være en mulig strategi mod bekæmpelse af fiske-dræber.

Det er fortsat vanskeligt at måle den faktiske koncentration af pereddikesyre og det er nødvendigt at få bedre mål for behandlingseffektivitet så man undgår underdosering.

Undersøgelsen viste ligeledes, at der kan være et betydeligt forbedringspotentiale i at hygiejnisere opdrætsenheden, eksempelvis brintoveriltebehandle biofiltersektionerne på skift. Dette kan enten ske systematisk i en lukket biofiltersektion eller indgå som en nødforanstaltning i forbindelse med vandbehandling i hele enheden.

10. Referencer

- Arndt, R.E. et al. 2001. Reducing or withholding hydrogen peroxide treatment during a critical stage of rainbow trout development: Effects on eyed eggs, hatch, deformities, and fungal control. *North American Journal of Aquaculture* **63**: 161-166
- Arvidson, S.M.N., Gertsen, S., Jørgensen, G.P., Larsen, M., Mølby, A.C., Nielsen, K.M. & Pedersen, L.S. 2009. Effekt af Incimaxx Aquatic og PerAqua plus på regnbueørred (*O. mykiss*). Tredjesemester projekt ved Ålborg Universitet, rapport, p37.
- Barnes, M.E & Soupir, C.A. 2006. Evaluation of formalin and hydrogen peroxide treatment regimes on rainbow trout eyed eggs. *North American Journal of Aquaculture* **69**: 5-10
- Bruzio, M & Buchmann, K. 2010. Test af pereddikesyreprodukter og deres virkning på fiskedræberens stadier. *Dansk Akvakulturs Nyhedsbrev juli 2010*: 6-7
- Heinecke, R.D. & Buchmann, K. 2009. Control of *Ichthyophthirius multifiliis* using a combination of water filtration and sodium percarbonate: Dose-response studies. *Aquaculture* **288**: 32-35.
- Kitis, M. 2004. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environment International* **30**: 47-55.
- Liu, X., Roe, F., Jesaitis, A. & Lewandowski, Z. 1998. Resistance of biofilms to the catalase inhibitor 3-Amino-1,2,4-triazole. *Biotechnology and bioengineering* Vol. 59, 2, 1998.
- Marking, L.L., Rach, J.J., & Schreier, T.M. 1994. Evaluation of Antifungal Agents for Fish Culture. *Progressive Fish-Culturist* **56**: 225-231.
- Møller, M. Arvin E. & Pedersen L. F. 2010. Degradation and effect of hydrogen peroxide in small-scale recirculation aquaculture system biofilters. *Aquaculture Research*, 41: 1113-1122.
- Pedersen, L.-F., Pedersen, P.B. Nielsen, J.L. & Nielsen, P.H. 2009. Peracetic acid degradation and effects on nitrification in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*. Vol. 296: 246-254.
- Pedersen, L.-F., Pedersen, P.B. Nielsen, J.L. & Nielsen, P.H. 2010. Long term/low dose formalin exposure to small-scale recirculation aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*. Vol. 42(1): 1-7.

- Rach,J.J. & Ramsay,R.T. 2000. Analytical verification of waterborne chemical treatment regimens in Hatchery raceways. *North American Journal of Aquaculture* **62**: 60-66.
- Saez,J.A. & Bowser,P.R. 2001. Hydrogen peroxide concentrations in hatchery culture units and effluent during and after treatment. *North American Journal of Aquaculture* **63**: 74-78.
- Schmidt, L. J. Gaikowski M. P. & Gingerich W. H. 2006. Environmental assessment for the use of hydrogen peroxide in aquaculture for treating external fungal and bacterial diseases of cultured fish and fish eggs. USGS Report, 180 pages.
- Schreier,T.M., Rach,J.J., & Howe,G.E. 1996. Efficacy of formalin, hydrogen peroxide, and sodium chloride on fungal-infected rainbow trout eggs. *Aquaculture* **140**: 323-331.
- Sortkjær, O. Henriksen N. H. Heinecke R. D. & Pedersen L-F. 2008. Optimering af behandlingseffekten i akvakultur. Minimering af forbrug og udledning af hjælpestoffer. Danmarks Miljøundersøgelser, AarhusUniversitet. 124 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 659. <http://www.dmu.dk/Pub/FR659.pdf>.
- Tanner,P.A. & Wong,A.Y.S. 1998. Spectrophotometric determination of hydrogen peroxide in rainwater. *Analytica Chimica Acta* **370**: 279-287.

Bilag 1. Veterinære observationer

Dambrugsteknologiprojektet, Formalinsubstitution
Forsøg med alternativ skimmelforebyggelse på regnbueørredæg, Dambrug 1

Vand pr rende l/sek		0,25			0,25			0,25			0,25		
Klækkerende		Bemærkning			Bemærkning			Bemærkning			Bemærkning		
		1			2			3			4		
Behandling		Formalin (23 %)			150 ml Peraqua Plus pr. l/sek. Tilsat over ca. 60 minutter, 2 x daglig.			80 ml Peraqua Plus pr. l/sek Tilsat over 20 minutter, 1 x daglig.			50 ml Peraqua Plus pr. l/sek på én gang, 1 x daglig.		
		Desinfektion udført sæt kryds	Skimmel	Bemærk-ninger	Desinfektion udført sæt kryds	Skimmel	Bemærk-ninger	Desinfektion udført sæt kryds	Skimmel	Bemærk-ninger	Desinfektion udført sæt kryds	Skimmel	Bemærk-ninger
Dato	Vand temp	ml			ml			ml			ml		
11-01-2010	6	250	Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
12-01-2010	6		Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
13-01-2010	6		Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
14-01-2010	6	250	Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
15-01-2010	6		Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
16-01-2010	6	250	Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
17-01-2010	6		Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
18-01-2010	6	250	Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
19-01-2010	6		Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
20-01-2010	6	250	Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
21-01-2010	6	250	Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
22-01-2010	6		Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
23-01-2010	6	250	Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
24-01-2010	6		Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
25-01-2010	6		Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
26-01-2010	6	250	Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
27-01-2010	6		Ingen		2 x 38	Ingen		20	Ingen		13	Ingen	
28-01-2010	6	250	Lidt	Mange døde pga dårlig befrugtning	2 x 38	Lidt	Mange døde pga dårlig befrugtning	20	Lidt	Mange døde pga dårlig befrugtning	13	Lidt	Mange døde pga dårlig befrugtning
29-01-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
30-01-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
31-01-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
01-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
02-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
03-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
04-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
05-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
06-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
07-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
08-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
09-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
10-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
11-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
12-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
13-02-2010	6	250	Lidt		2 x 38	Lidt		20	Lidt		13	Lidt	
14-02-2010		Ialt	6250		2584			680			442		

Konklusion: Æggene var dårligt befrugtet. Pereddikesyrebehandlingen gør æggene meget hårde og glatte. Ingen forskel på holdene.

Dambrugeren bruger stadig Peraqua med ok effekt. Bruger i dec 2010: 5-10 ml pr l/sek vand. Tilsat på en gang opblandet med lidt vand.

Forsøg på Dambrug i forbindelse med Dambrugsteknologi

Rådgivnings- og planlægningsbesøg udført d. 4/5 2010

Ved tegn på fiskedråbere igangsættes forsøget d. 6/8 2010

Dambrugstype model 1
 Vandforsyning Bore- / drænvand 40 l/sek
 Design Anlægget består af 2 separate anlæg med 4 sektioner i hver, 800 m³ vand i hvert anlæg, recirkulering vha airlift, mikrosigte i hvert anlæg

Sygdomsudbruddet foregik i anlæg nr 2 sektion nr 7. 5-6 tons fisk 18-20 stk/kg, dødelighed ved start ca 5 kg pr dag

Dato	Vand temp	Behandling	Mængde (l)	Dosis	Dødelighed	Observationer	Diagnose/mikroskopi før dagens behandling		
							Fiskedråbere	Andre parasitter	Andet
							Gæller	Hud	
Ugen før		Kloramin / blåsten			5 kg pr dag	Fisk begynder at springe	Mange (indkapslet)	Mange	Chilodonella, Gyrodactylus, Trichodina, Gossatella
06-08-10	15	Brintoverilte 35 %	75	ca. 95 ml pr m ³ , halvdelen på én gang, resten tilsættes efter 1,5 timer	3	Behandling OK, Ingen neg. reaktion hos fisk, 3 llt sitiger i vand under beh			
07-08-10					3				
08-08-10	14	Brintoverilte 35 %	75	ca. 95 ml pr m ³ , halvdelen på én gang, resten tilsættes efter 1,5 timer	3	Beh OK			
09-08-10					2				
10-08-10	14	Peraqua	2,5	3 ml pr m ³ tilsat i sektion med syge fisk	3	Begrænset ædelyst	Få indkapslet	Få	Ingen andre parasitter
11-08-10		Brintoverilte 35 %	75	ca. 95 ml pr m ³ , halvdelen på én gang, resten tilsættes efter 1,5 timer					
12-08-10	14	Brintoverilte 35 %	60	ca. 75 ml pr m ³ , halvdelen på én gang, resten tilsættes efter 1,5 timer	5				
13-08-10					5				
14-08-10	14	Brintoverilte 35 %	62,5	ca. 80 ml pr m ³ , halvdelen på én gang, resten tilsættes efter 1,5 timer	5				
15-08-10		Peraqua	2,5	3 ml pr m ³ tilsat i sektion med syge fisk	10	tiltagende dødelighed			
16-08-10	15	Brintoverilte 35 %	62,5	ca. 80 ml pr m ³ , halvdelen på én gang, resten tilsættes efter 1,5 timer	10	Stigende dødelighed igen, fisk springer ikke, sorte fisk i kant, manglende ædelyst, Der er d. 12/8 indsat små fisk i anden sektion i samme anlæg. Disse udviser nu symptomer på fiskedråbere og ERM	Få	Få	Massiv inficeret med costial!
17-08-10		Formalin + antibiotika			10				5 ud af 5 fisk med tydelige tegn på ERM, antibiotika ordineret
18-08-10		Antibiotika			7				
19-08-10		Antibiotika			7				
20-08-10	13	Brintoverilte 35 %	70	ca. 90 ml pr m ³ , halvdelen på én gang, resten tilsættes efter 1,5 timer	7	Mange kliniske syge fisk i anden enhed med små fisk (voldsom inficeret med fiskedråbere, pkd og ERM)	Ingen	Få	Ingen parasitter, "døde" costial!
		Antibiotika							
21-08-10	14	Peraqua	2,5	3 ml pr m ³ tilsat i sektion med syge fisk	7				
		Brintoverilte 35 %	60	ca. 75 ml pr m ³ , halvdelen på én gang, resten tilsættes efter 1,5 timer					
22-08-10	15	Peraqua	2,5	3 ml pr m ³ tilsat i sektion med syge fisk	5				
		Brintoverilte 35 %	62,5	ca. 80 ml pr m ³ , halvdelen på én gang, resten tilsættes efter 1,5 timer					
23-08-10	14	Brintoverilte 35 %	62,5	ca. 80 ml pr m ³ , halvdelen på én gang, resten tilsættes efter 1,5 timer	5	Stigende dødelighed i sektionen med små fisk (fiskedråbere /ERM)			
24-08-10	14	Incimaxx S.D.	3,5	Start dosering: 1ml/m ³ herefter løbende tilsætning med 1 ml/m ³ i 5 timer i 4 timer	5	Voldsom dødelighed (80 kg) i anden sektion med små fisk (fiskedråbere)	Ingen	Få	Ingen
25-08-10	14	Incimaxx S.D.	1000	Start dosering: 1ml/m ³ herefter løbende tilsætning med 1 ml/m ³ i 5 timer i 5 timer	5	Stadig stor dødelighed (55 kg) i sektionen med små fisk			
		salt	1000	1 tons salt, ingen vandudskiftning i 1 døgn					
26-08-10	14	Incimaxx S.D.	1000	Start dosering: 1ml/m ³ herefter løbende tilsætning med 1 ml/m ³ i 5 timer i 5 timer	4	Dødelighed (20 kg) i sektionen med små fisk			
27-08-10	14	Incimaxx S.D.	1000	Start dosering: 1ml/m ³ herefter løbende tilsætning med 1 ml/m ³ i 5 timer i 5 timer	Få	Stigende dødelighed (nu 60 kg) igen i sektionen med små fisk (fiskedråbere /ERM)			
28-08-10	14	Brintoverilte 35 %	62,5	ca. 80 ml pr m ³ , halvdelen på én gang, resten tilsættes efter 1,5 timer	Få	Faldende dødelighed i sektionen med små fisk			
		salt	1000	1 tons salt, ingen vandudskiftning i 1 døgn					
30-08-10						Få døde	Ingen	Ingen	Ingen

Dambrugsteknologiprojektet, Formalinsubstitution
Forsøg med forebyggende vanddesinfektion med Incimaxx Aquatic

Traditionelt jorddambrug med gennemstrømning. Har ofte problemer med parasitter hos yngel i sommermånederne efter at ynglen udættes i jorddamme. Formålet med forsøget er at se om et nyt produkt Incimaxx Aquatic kan reducere dambruget anvendelse af formalin

Dam 1.

1 dl Incimaxx Aquatic 1 x daglig i nedtrukket dam under opstemning (varer ca 1 time).

Dam 2.

1 dl Incimaxx Aquatic 2 x daglig i nedtrukket dam under opstemning (varer ca 1 time)..

Dam 3.

2 dl Incimaxx Aquatic 1 x daglig i nedtrukket dam under opstemning (varer ca 1 time).

Dam 4.

2 dl Incimaxx Aquatic 2 x daglig i nedtrukket dam under opstemning (varer ca 1 time).

Dam 5.

3 dl Incimaxx Aquatic 1 x daglig i nedtrukket dam under opstemning (varer ca 1 time).

Dam 6.

3 dl Incimaxx Aquatic 2 x daglig i nedtrukket dam under opstemning (varer ca 1 time).

Dam 7

Kontrol

Fisk udsat d. 9/7. Vandbehandling foretaget dagligt indtil kontrol d. 13/9. Incimaxx behandling dagligt i damme 1 - 6. Alle damme ca. 80 m³
Formalin anvendt 1 gang (25/8) i Dam 1-7. Herudover har dam 7 fået en formalin behandling d. 30/7 og dam 1 d. 10/8.

Konklusion: Meget svært at uddrage noget konklusivt. Ingen parasitudbrud, men dette var heller ikke tilfældet i kontrolholdet.

DTU Aqua-rapportindex

Denne liste dækker rapporter udgivet i indeværende år samt de foregående to kalenderår. Hele listen kan ses på DTU Aquas hjemmeside www.aqua.dtu.dk, hvor rapporterne findes som pdf-filer.

- Nr. 202-09 Vurdering af markedsudsigter for akvakulturproduktion i Danmark. Erling P. Larsen, Jens Henrik Møller, Max Nielsen og Lars Ravensbeck.
- Nr. 203-09 Løjstrup Dambrug (øst) - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 204-09 Final Report of Fully Documented Fishery. Jørgen Dalskov and Lotte Kindt-Larsen.
- Nr. 205-09 Registrering af fangster i de danske kystområder med standardredskaber fra 2005-2007. Nøglefiskerrapporten 2005-2007. Claus R. Sparrevohn, Hanne Nicolajsen, Louise Kristensen og Josianne G. Støttrup.
- Nr. 206-09 Abildtrup Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 207-09 Nørå Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 208-09 Rens Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 209-09 Konsekvensvurdering af fiskeri på europæisk østers i Nissum Bredning 2008. Per Dolmer, Helle Torp Christensen, Kerstin Geitner, Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann.
- Nr. 210-09 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Løgstør Bredning 2008/2009. Per Dolmer, Helle Torp Christensen, Per Sand Kristensen, Erik Hoffmann og Kerstin Geitner.

- Nr. 211-09 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Lovns Bredning 2008/2009. Per Dolmer, Helle Torp Christensen, Per Sand Kristensen, Erik Hoffmann og Kerstin Geitner.
- Nr. 212-09 Udvikling af kulturbanker til produktion af blåmuslinger i Limfjorden. Per Dolmer, Per Sand Kristensen, Erik Hoffmann, Kerstin Geitner, Rasmus Borgstrøm, Andreas Espersen, Jens Kjerulf Petersen, Preben Clausen, Marc Bassompierre, Alf Josefson, Karsten Laursen, Ib Krag Petersen, Ditte Tørring og Mikael Gramkow.
- Nr. 213-09 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Lillebælt 2008/2009. Per Dolmer, Mads Christoffersen, Kerstin Geitner og Per Sand Kristensen.
- Nr. 214-09 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Løgstør Bredning 2009/2010. Per Dolmer, Louise K. Poulsen, Mette Blæsbjerg, Per Sand Kristensen, Kerstin Geitner, Mads Christoffersen og Nina Holm.
- Nr. 215-09 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Lovns Bredning 2009/2010. Per Dolmer, Louise K. Poulsen, Mette Blæsbjerg, Per Sand Kristensen, Kerstin Geitner, Mads Christoffersen og Nina Holm.
- Nr. 216-09 Konsekvensvurdering af fiskeri af østers i Nisum Bredning 2009/2010. Per Dolmer, Louise K. Poulsen, Mette Blæsbjerg, Per Sand Kristensen, Kerstin Geitner, Mads Christoffersen, Erik Hoffmann og Nina Holm.
- Nr. 217-2010 Åle- og torskefangst ved rekreativt fiskeri i Danmark. Undersøgelserdesign og fangster i 2009. Claus R. Sparrevohn og Marie Storr-Paulsen.
- Nr. 217-2010 Eel and cod catches in Danish recreational fishing. Survey design and 2009 catches. Claus R. Sparrevohn and Marie Storr-Paulsen.
(English version)
- Nr. 218-2010 Undersøgelse af miljøvenlige dambrugshjælpestoffer til erstatning for formalin. Bedre styring og driftspraksis ved implementering af miljøvenlige dambrugshjælpestoffer til erstatning for formalin. Lars-Flemming Pedersen.
- Nr. 219-2010 Opdræt af regnbueørred i Danmark. Alfred Jokumsen og Lars M. Svendsen.
- Nr. 219-2010 Farming of Freshwater Rainbow Trout in Denmark. Alfred Jokumsen og Lars M. Svendsen.
(English version)
- Nr. 220-2010 Opgang og gydning af laks i Skjern Å-systemet 2008/2009. Anders Koed, Niels Jepsen, Henrik Baktoft og Søren Larsen.
- Nr. 221-2010 Workshop on Fully Documented Fishery. Jørgen Dalskov.
- Nr. 222-2010 Konsekvensvurdering af fiskeri af blåmusling i Lillebælt 2010. Per Dolmer, Mads Christoffersen, Louise K. Poulsen, Kerstin Geitner og Per Sand Kristensen.

- Nr. 223-2010 Konsekvensvurdering af fiskeri af østers i Nissum Bredning 2010/2011. Per Dolmer, Mads Christoffersen, Louise K. Poulsen, Kerstin Geitner og Per Sand Kristensen.
- Nr. 224-2010 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Løgstør Bredning 2010/2011. Louise K. Poulsen, Mads Christoffersen, Morten Aabrink, Per Dolmer, Per Sand Kristensen og Nina Holm.
- Nr. 225-2010 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Lovns Bredning 2010/2011. Mads Christoffersen, Louise K. Poulsen, Morten Aabrink, Per Dolmer, Per Sand Kristensen og Nina Holm.
- Nr. 226-2010 Supplerende bestandsundersøgelser af blåmuslinger, ålegræs og makroalger på lavt vand i Lovns og Løgstør Bredning i 2009. Louise K. Poulsen, Per Dolmer, Kerstin Geitner, Ditte Tørring, Jens Kjerulf Petersen, Carsten Fomsgaard Nielsen, Mads Christoffersen og Per Sand Kristensen.
- Nr. 227-2010 Fugle som bifangst i garnfiskeriet. Estimat af utilsigtet bifangst af havfugle i garnfiskeriet i området omkring Ærø. Henrik Degel, Ib Krag Petersen, Thomas Eske Holm og Johnny Kahlert.
- Nr. 228-2010 Videreudvikling af intensivt opdræt af sandart i Danmark. Svend Steinfeldt, Martin Vestergaard, Julia Lynne Overton, Ivar Lund, Helge Paulsen, Villy J. Larsen og Niels Henrik Henriksen.
- Nr. 229-2010 European Eel and Aquaculture. Eskild Kirkegaard (ed.).
- Nr. 230-2010 Effektvurdering af åleudsætninger i Roskilde Fjord. Michael Ingemann Pedersen.
- Nr. 231-2010 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Lillebælt 2010/2011. Louise K. Poulsen, Mads Christoffersen, Per Sand Kristensen, Per Dolmer, Morten Aabrink, Lotte Kindt-Larsen, Grete Elisabeth Dinesen og Nina Holm.
- Nr. 232-2011 Anvendelse og udvikling af skånsomme muslingeskrabere i danske og internationale fiskerier. Louise K. Poulsen.
- Nr. 233-2011 Dambrugsteknologi – reduktion af kvælstofudledning fra Modeldambrug. Undersøgelse af biofilterelementer, biofilterkinetik og forhold af betydning for nitrifikationen. Lars-Flemming Pedersen Karin Suhr og Per Bovbjerg Pedersen.
- Nr. 234-2011 Dambrugsteknologi – reduktion af kvælstofudledning fra Modeldambrug. Test af denitrifikationsfiltre. Karin Suhr og Per Bovbjerg Pedersen.
- Nr. 235-2011 Final Report on the Danish Catch Quota Management Project 2010. Jørgen Dalskov and Kirsten Birch Håkansson og Hans Jakob Olesen.

Nr. 236-2011 Dambrugsteknologi - Formalinsubstitution. Undersøgelse af vandbehandlingspraksis med brintoverilte og pereddikesyreprodukter på forskellige typer dambrug. Lars-Flemming Pedersen og Niels Henrik Henriksen.

Kolofon

Dambrugsteknologi – Formalinsubstitution

Undersøgelse af vandbehandlingspraksis med brintoverilte og pereddikesyreprodukter på forskellige typer dambrug

Af Lars-Flemming Pedersen og Niels Henrik Henriksen

August 2011

DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer

DTU Aqua-rapport nr. 236-2011

ISBN 978-87-7481-134-3

ISSN 1395-8216

Omslag: Peter Waldorff/Schultz Grafisk

Forsidefoto: Peter Jensen

Reference: Pedersen, L-F. & Henriksen, N.H. (2011). Dambrugsteknologi – Formalinsubstitution. Undersøgelse af vandbehandlingspraksis med brintoverilte og pereddikesyreprodukter på forskellige typer dambrug. DTU Aqua-rapport nr. 236-2010. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet, 48 p.

DTU Aqua-rapporter udgives af DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer og indeholder resultater fra nogle af instituttets forskningsprojekter, studenterspecialer, udredninger m.v. Fremsatte synspunkter og konklusioner er ikke nødvendigvis instituttets.

Rapporterne kan hentes på DTU Aquas websted www.aqua.dtu.dk.

DTU Aqua reports are published by the National Institute of Aquatic Resources and contain results from research projects etc. The views and conclusions are not necessarily those of the Institute.

The reports can be downloaded from www.aqua.dtu.dk.

DTU Aqua
Institut for Akvatiske Ressourcer
Danmarks Tekniske Universitet

Nordsøen Forskerpark
Postboks 101
9850 Hirtshals
Tlf: 35 88 32 00

aqua@aqua.dtu.dk
www.aqua.dtu.dk