

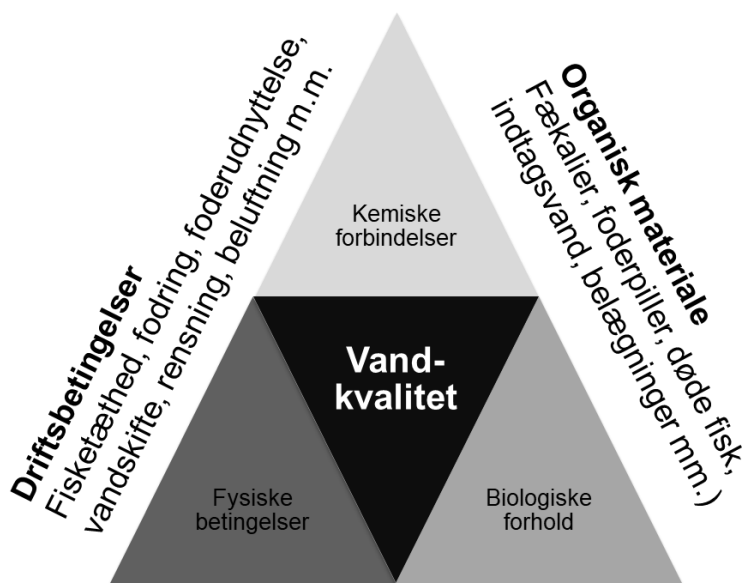
Forhold omkring vandkvalitet på økologiske dambrug

Lars-Flemming Pedersen, DTU Aqua, Sektion for Akvakultur, Hirtshals

Baggrund

God og stabil vandkvalitet er en væsentlig forudsætning for vellykket fiskeopdræt. Vandkvaliteten er en sum af mange parametre, der blandt andet omfatter vandtemperatur, iltindhold, surhedsgrad (pH), hårdhedsgrad og indhold af opløst jern og kvælstofholdige næringsstoffer (Fig. 1).

Ud over disse kemiske mål, kan vandet indeholde forskellige mængder af opløst og partikulært organisk materiale og vandet kan dermed have forskellige forureningsgrader og bakterier niveauer. Stigende mængder af organisk materiale øger risikoen for miljøbetinget gælle-infektion og giver gode betingelser for uønskede hud- og gælleparasitter. Bakterier og parasitter i opdrætsvandet kan delvis kontrolleres ved forebyggende tiltag, men kan ikke forhindres. Derfor kan der på visse anlæg være behov for at optimere driftspraksis (f.eks. rutiner, procedurer, nye vandbehandlings-strategier), der kan sikre en fortsat god vandkvalitet (Fig. 2).



Kemisk og mikrobiel vandkvalitet

Iltindhold
Surhedsgrad (pH)
Ammoniak
Opløst jern

Organisk materiale
(partikulært/opløst)
Bakterier, alger og parasitter
(ciliater, amøber)

Fig. 1. Vandkvalitet og samspillet mellem fysiske, kemiske og biologiske faktorer.

Ved konventionelt opdræt er der mulighed for at anvende biologiske, kemiske og mekaniske renseforanstaltninger. Visse kemiske hjælpestoffer, eksempelvis formalin, er ikke tilladt til vandbehandlinger inden for økologisk opdræt (Jokumsen & Svendsen, 2010). Tilsvarende er det heller ikke tilladt at anvende renseteknologier så som tromlefiltere. Derfor er der inden for økologisk opdræt en særlig opmærksomhed på at udvikle metoder og forbedre rutiner, der kan være med til at sikre en god og stabil vandkvalitet. Det forudsætter, at der bruges målemetoder, der kan dokumentere om en given ændring i driftspraksis kan føre til en forbedring i vandkvaliteten. Og disse målemetoder skal ideelt set være lette, pålidelige og billige i brug, således at dambrugeren selv kan undersøge vandkvaliteten og foretage ændringer til optimering af samme.

Formål

Med udgangspunkt i erfaringer fra økologiske opdræt, er formålet med rapporten at

- Introducere måling af vandkvalitet inkl. målemetoder til bestemmelse af organisk materiale og mikrobiel vandkvalitet
- vise eksempler på måleresultater fra økologiske dambrug
- beskrive faktorer der påvirker den mikrobielle vandkvalitet
- diskutere forskellige muligheder for forebyggende procedurer og vandbehandling



Figur 2. De indledende undersøgelser af vandkvalitet er foretaget på et østjysk økologisk dambrug. Dambruget, der har vandindvinding fra væld og eget klækkeri, har gennem flere år produceret yngel, sættefisk og portionsfisk efter økologiske regelsæt.

Målemetoder

Iltindhold

Vandets iltindhold er nok den mest betydningsfulde vandkvalitetsparameter for fiskenes velbefindende. Kravet om en nedre grænseværdi på 60 % iltmætning skyldes, at fiskene oplever u hensigtsmæssige stresspåvirkninger, der kan øge risikoen for infektioner, nedsætte appetitten og i værste fald påføre en øget miljøbetiget dødelighed.

Iltkoncentrationen er relativt let at måle (se Fig. 3). Ved at måle iltindholdet forskellige steder på anlægget og på forskellige tidspunkter kan iltsvingningerne dokumenteres.

Iltindholdet falder ved stigende vandtemperatur, kraftig indfodring, lang opholdstid og ved tilstedeværelse af organisk materiale i kummer og damme.

Iltindholdet kan måles med forskellige typer af iltmålere (Fig. 3), hvor det er muligt for at måle/logge automatisk over længere perioder eksempelvis for at undersøge døgn-svingninger.

Handy Polaris



Handy pH



Figur 3. Eksempler på håndholdte ilt- og pH målere fra Oxyguard og Hach.

Ammonium

Fiskene udskiller opløselige affaldsstoffer som urea og ammonium (NH_4^+). Ammonium indgår i en ligevægt med ammoniak (NH_3), som er giftig for fiskene ved meget lave koncentrationer. Ved stigende pH øges andelen af giftig ammoniak.

I anlæg, hvor vandet genbruges og hvor der fodres relativt meget i forhold til vandskiftet, kan der være en betydelig ophobning som følge af ammonium udskillelse og en beskedent fortynding. Summen af ammonium og ammoniak kan måles ved hjælp af teststrips eller drypkit (fig. 4). Såfremt der måles mere end 2 mg $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ skal der være øget opmærksom på fodringsmængden, vandskiftet og vandets pH.



Figur 4. Forskellige former for test strips (A) og drykit (B) til bestemmelse af ammonium i vandet. Inddelingen ligger i koncentrationsinterval fra 0-10 mg N/l (0-0.5-1.0-2.5-5.0 & 10). Billede 4C viser test strips til måling af brintoverilte med inddeling fra 0-25 mg H₂O₂/l.

Organisk materiale

Organisk materiale kan nedbrydes af bakterier, svampe og andre mikroorganismer og kan både være opløst og partikulært materiale. Nedbrydningen af det organiske materiale giver grobund for mikroorganismer og medfører et forøget iltforbrug.

Hovedparten af det synlige, bundfældelige organisk materiale udgøres af fiskefækaler og uspiste foderpiller. Okkerslam og organisk materiale (biofilm/begroninger) der er løsrevet fra overflader bidrager også til puljen af organisk materiale. Organisk materiale er også mikropartikler i vandfasen og forskellige opløste organiske forbindelser, som kan være både let (simple kulhydrater og peptider) og svært nedbrydelige (komplexerede kulhydrater; cellulose og ligning).

Store mængder af organisk materiale vil ses som slamansamlinger i kummer og i damme. Det kan blive hvirvlet op og forringe vandets sigtbarhed, og der forbundet med en række direkte og indirekte uheldige følgevirkninger over for fiskene.

Det organiske materiale kan opfattes som en forureningskilde, der kan føre til større udsving i vandkvaliteten, påvirker iltindholdet negativt og øger risikoen for tilstedeværelsen af forskellige uønskede patogener. Der er også noget der tyder på, at "forurennet" vand øger forekomsten af skimmel på æggene, kan give hud- og gælle-irritation og favorisere vækst af uønskede snyltere (amøber, costia, trichodina) der lever af organisk materiale.

Organisk materiale måles typisk i form af et kemisk iltforbrug (Chemical Oxygen Demand; COD), der angiver den mængde ilt, der forbruges på en kemisk oxidation af vandets organiske stofmængde. Tilsvarende kan det biologiske iltforbrug over 5 døgn (B_{l5}) sige noget om mængde af bio-nedbrydelig organisk materiale, hvor iltforbruget af mikroorganismernes nedbrydning måles. Begge metoder giver et resultat i mg O₂/l, og det kemiske iltforbrug er højere end det biologiske iltforbrug.

Mængden af partikulært organisk materiale kan også vurderes ved at lade en vandprøve stå i en given periode og måle/se mængden af bundfald. En mere præcis metode er bestemmelse som tørstofindhold, hvor en given vandmængde filtreres gennem et forvejet filter, som tørres og genvejtes.

Antallet, mængden og størrelsesfordelingen af mikropartikler kan analyseres i laboratoriet.

Mikrobiel vandkvalitet

Den mikrobielle vandkvalitet er et relativt nyt begreb indenfor akvakultur, hvor vandets forureningsgrad bestemmes ved at måle på den samlede bakterielle aktivitet. I vand med meget organisk materiale vil der være en høj bakteriel aktivitet, og denne aktivitet kan bestemmes i løbet af en time, sammenlignet med BI₅, der tager 5 døgn.

Der anvendes to metoder – en kommerciel certificeret metode BactiQuant (Mycometer) og en metode, som er udviklet af DTU Aqua. Begge metoder måler vandets indhold af frie og partikelbundne bakterier og måles på en ensartet vandprøve. Begge metoder måler den samlede enzymaktivitet i vandprøven under standardiserede betingelser.

DTU Aqua metoden bruger ændringer i brintoverilte koncentrationen som et udtryk for *den bakterielle aktivitet*.

Hurtig omsætning af brintoverilte= høj bakteriel aktivitet = forurenat vand

Direkte målinger af brintoverilte med test strips (Fig. 4C) over en kendt tidsperiode kan derfor være en måde at sammenligne den mikrobielle vandkvalitet fra forskellige enheder på anlægget.



Fig. 5. Rensning og vedligehold af fældningsfilter hvor opløst jern bindes.

Resultater

Iltkoncentration i indtagsvand og i udløbet fra alle klækkerender (med klækkebakker) kummer og tank blev målt på besøgsdagen og sammenholdt med flow-målinger i alle 10 render og 20 kummer.

Iltkoncentrationen i indtagsvandet blev målt til 10,2 mg O₂/l, svarende til 90 % mætning ved 8°C. Iltkoncentrationen ud af klækkerenderne med æg og yngel blev målt ned til 5,46 mg O₂/l - svarende til ca. 47% iltmætning (Fig. 6a) I kummerne blev der målt 6.60 mg O₂/l (~57 % iltmætning) i udløbet fra kummerne med lavest iltindhold (Fig. 6b).

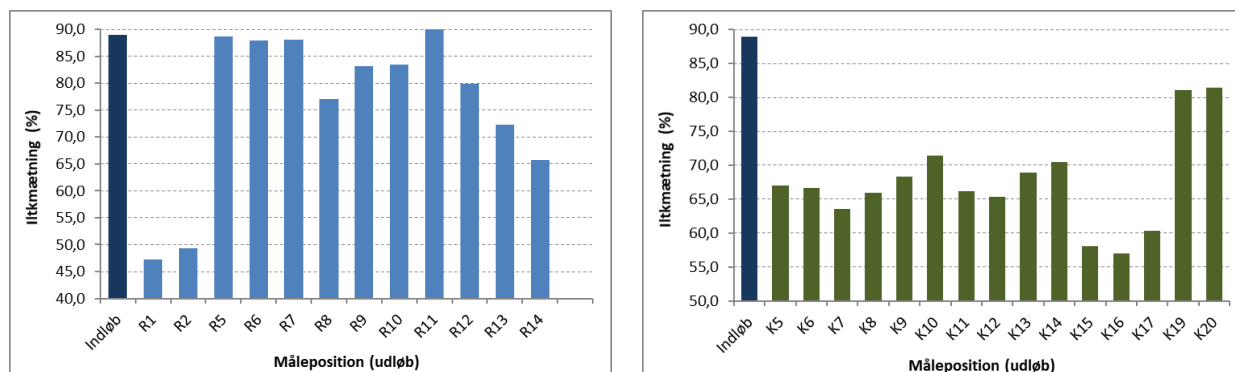


Fig. 6. Iltmålinger fra økologisk anlæg, februar, 2020. Målingerne er lavet i indløbsvandet (mørk søjle) og i udløbet fra de nummererede render (R; blå søjler fig. 6a) og kummer (K, grønne søjler, fig. 6b) med yngel. Vandtemperatur 7,8-8,3 °C, pH = 6,3-6,4.

Vandkvalitet i klækkerender med æg, blommesæk-yngel og yngel i klækkebakker

Forskellige vandkvalitetsparametre blev målt i indtagsvandet og i udløbet fra forskellige klækkerender, og udvalgte resultater ses på Fig. 7.

Der sker en betydelig udskillelse af ammonium (0,18 mg NH₃/NH₄⁺-N/l), hvor baggrunds-koncentrationen i vandforsyningen er < 0,001 mg NH₃/NH₄⁺-N/l).

Indholdet af organisk materiale er lavt (nedre målegrænse er 5 mg O₂/l) og kun i den rende, hvor der er skimlede æg kan der måles en betydelig forøgelse i udløbsvandet. Den bakterielle aktivitet er forøget i forhold til indtagsvandet, om end de målte værdier er relativt lave (0,02/time). Der er ca. 95 % bundet jern og 5 % opløst jern i vandet, og der sker en vis udfældning i bakkerne (Fig. 7F).

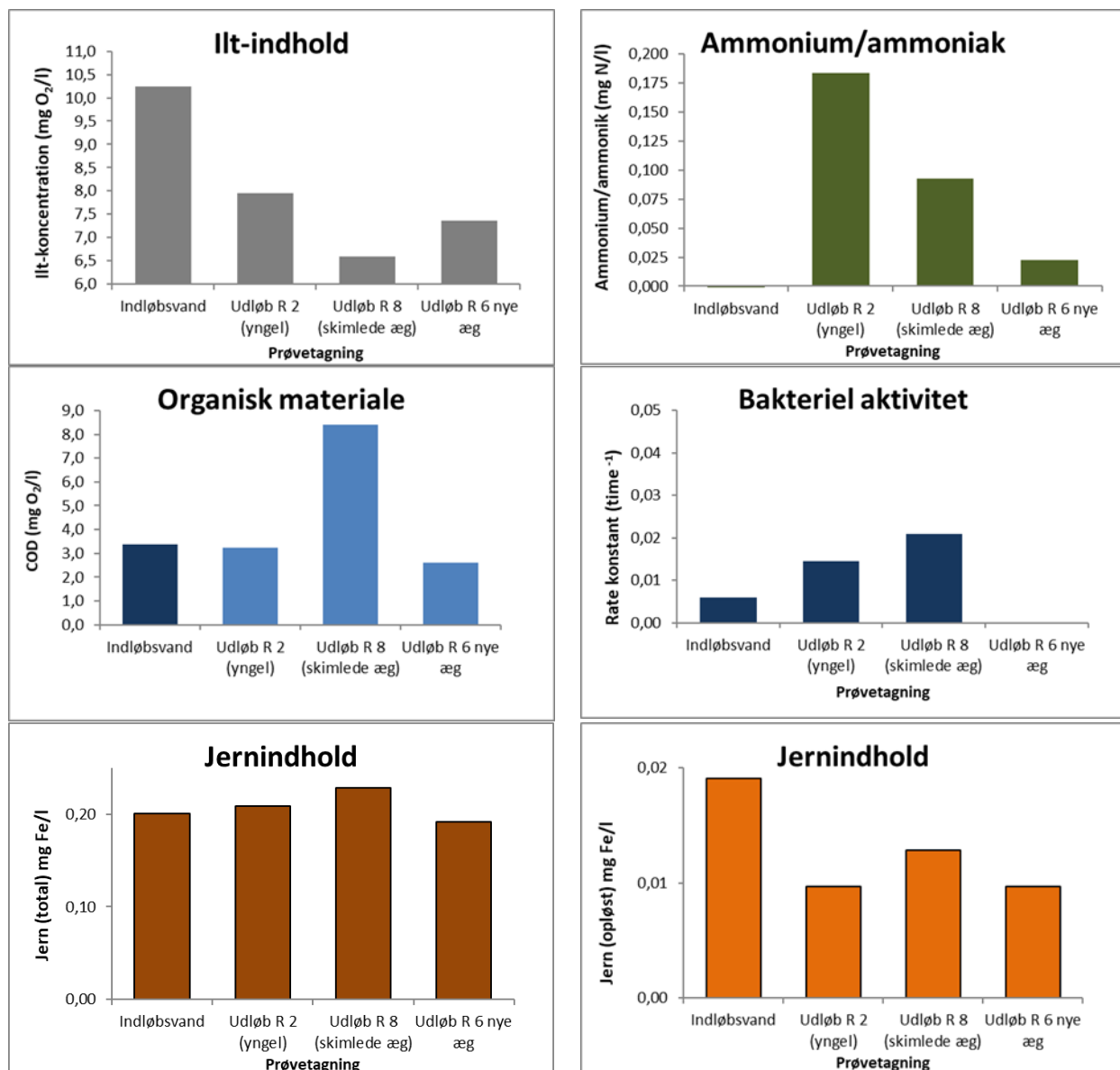


Fig. 7. Vandanalyser fra økologisk dambrug. Prøverne udtaget fra indløbsvandet og i udløbet fra 3 klækkerender. A: Iltindhold målt som mg O₂/l; B: opløst ammonium/ammoniak i mg N/l; C: organisk materiale (total= partikulært + opløst) målt som COD i mg O₂/l, D: Bakteriel aktivitet med beregnet ratekonstant, E: koncentration af total indhold af jern (mg jern/l; F: koncentration af opløst jern.

Vandkvalitet i betonkummer med yngel

Vandkvaliteten blev målt i forskellige udvalgte kummer, både ved normal drift og i forbindelse med rensning (Fig. 8). Der målt op til 25 % iltforbrug ved en enkelt passage, ligesom der udskiltes ammonium op til 0,16 mg N/l. Mængden af organisk materiale er 8-10 dobbelt i vandet fra de rensede kummer i forhold til det rene indtagsvand (Fig. 8C).

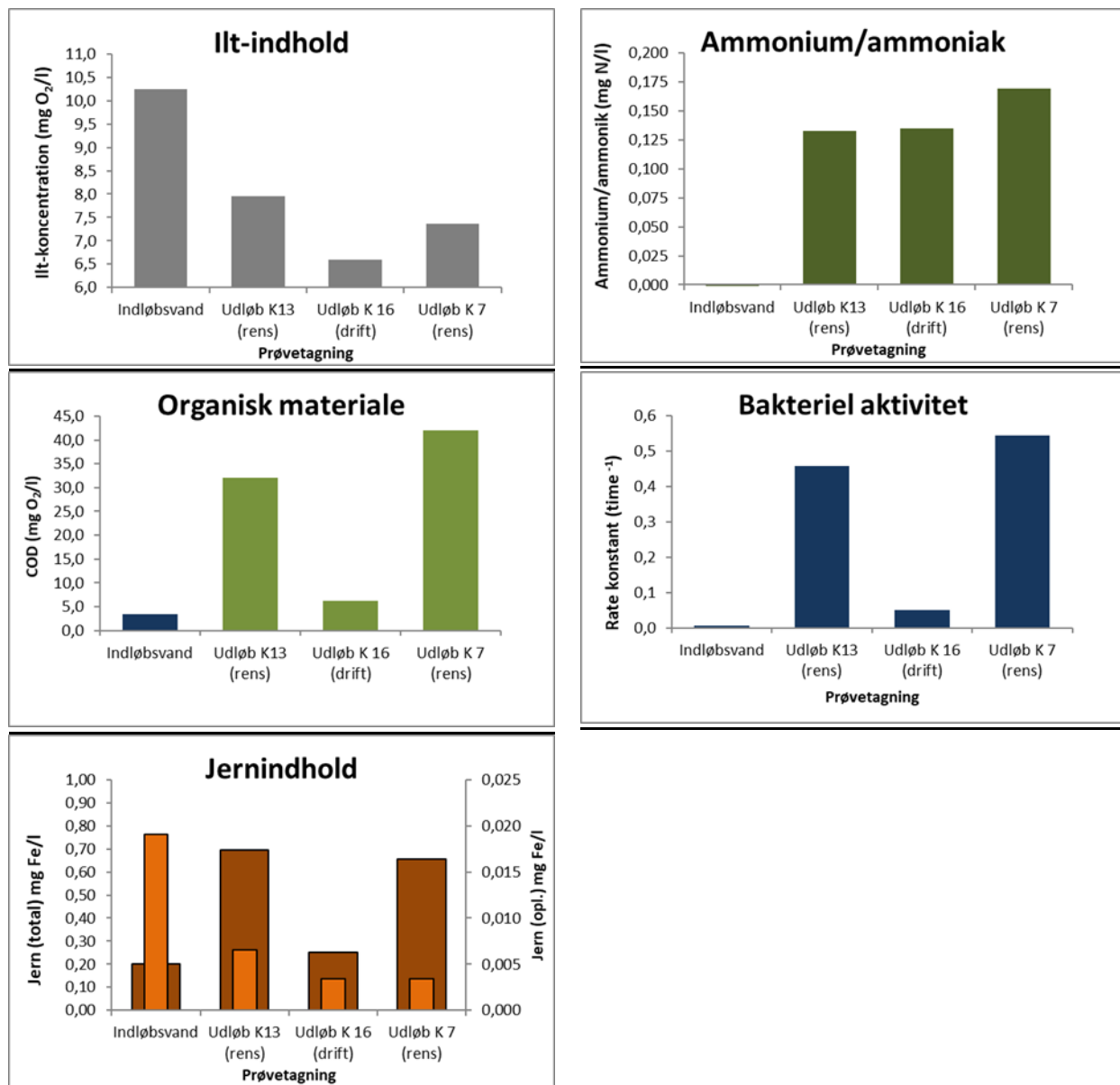


Fig. 8. Vandanalyser fra økologisk dambrug. Prøverne udtaget fra indløbsvandet og i udløbet fra udvalgte kummer. "Rens" angiver, at prøvetagning foregik i forbindelse med rensning/fejning af kummen, mens drift angiver normal situation. Fig. 8E viser total- og opløst jern i vandet hhv. mørke og lysebrune søjler. Se fig. 7 for supplerende info.

Tilsvarende er den bakterielle aktivitet også væsentlig forøget i de to kummer (75 til 90 gange højere end i indtagsvandet), men også forøget (7x) i vandet fra den uberørte kumme. Der ses et forøget indhold i total jern i samme vandprøver, mens der i alle tre kummer sker en fældning af opløst jern (ca. 99% som partikulært jern).

Vandkvalitet i glasfiber tanke med små ørreder

Der blev lavet tilsvarende målinger af vandkvaliteten i sættefisk anlæg med glasfiber-tanke. Her blev der taget vandprøver af indløbsvandet (Tank 1, IND) det genbrugte vand (Tank 12, IND) og i udløbsvandet fra begge tanke (Fig. 9). Der blev registreret et iltforbrug på 3,5 mg O₂/l i tank 1, mens der kun var et fald på 0,60 mg O₂/l i tank 12. Der blev udskilt ammonium svarende til ca. 0,26 mg N/l i tank 1 og ca. 0,15 mg N/l i tank 12.

Der var en generel lav forekomst af organisk materiale i begge tanke, mens der i tank 12 (genbrugsvand) blev målt 3-dobbelt forøget bakteriel aktivitet i tank 12 sammenlignet med tank 1. Indholdet af jern var ca. 0,40 mg Fe/l i tank 1 og 0,60 mg Fe/l i tank 12, og i begge tanke blev der målt lave opløste jernkoncentrationer (0,01-0,03 mg Fe²⁺/l) – hvor indholdet i indløbsvandet var højere end i udløbet.

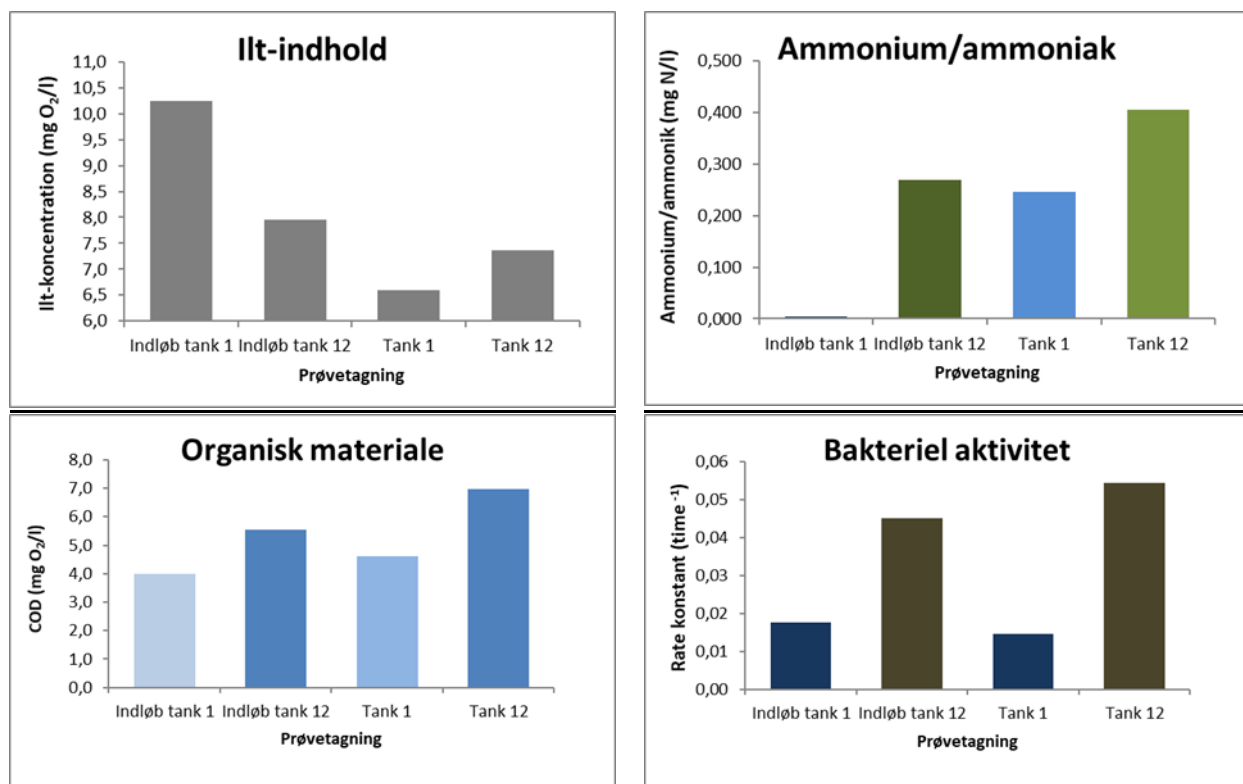


Fig. 9. Vandanalyser fra sættefisk-anlæg på et økologisk dambrug. Prøverne udtaget fra indløbsvandet og fra udløbet i tank 1 og tank 12. A: Iltindhold målt som mg O₂/l; B: opløst ammonium/ammoniak i mg N/l; C: organisk materiale (total= partikulært + opløst) målt som COD i mg O₂/l, D: Bakteriel aktivitet i vandet med en ratekonstant beregnet ud fra omsætning af brintoverilte.

Generel diskussion af vandkvalitets målinger og driftsbetingelser.

På det pågældende dambrug blev følgende oplyst om driftsbetingelserne i forbindelse med måleperioden:

Ynglen går fint i kummer og tanke – og spiser godt. Der udføres daglig vandbehandling med Aqua Oxides og Biocare (hvh. et pereddikesyre-produkt og et brintoverilteholdigt pulver). De større fisk i jorddammene går tilsvarende godt. Men derimod er der store problemer med overlevelse af æg, idet æggene skimler til og klumper sammen efter en uges tid og i en periode, hvor bakkerne ikke må berøres. Dette kan løses med formalin – som ikke er en umiddelbar løsning for økologisk opdræt. Der er forsøgt vandbehandling med salt, pereddikesyre og VirkonS – ingen af delene har haft tydelig effekt.

Det bemærkes, at ovenstående betingelser og målinger var tilbage i februar, og at der er andre udfordringer afhængig af årstiden. Diskussionen omfatter således ikke forhold omkring jorddammene i denne rapport.

Generelt er det et problem, at der er begrænset vandforsyning til kummehuset. Det betyder, at vandet (ca. 6 l/s ~ 22 m³/time) skal fordeles til de 10 klækkerender og 20 kummer. Det ses af iltmålingerne (Fig. 6), at der kan være lave iltkoncentrationer i visse enheder, og at dette ikke kan løses ved at øge flowet. Samtidig er der forhold omkring partikulært organisk materiale, der kan optimeres. Dels bidrager dette til et øget iltforbrug, men det kan også skabe u hensigtsmæssig opretholdelse og spredning af uønskede mikroorganismer.

Organisk materiale fra foder og fækalier skal fjernes hurtigt, effektivt og nænsomt.

Nedenfor gennemgås forskellige forslag til hvordan iltindholdet kan øges og hvordan mængden af organisk materiale kan reduceres.

Tabel 1. Liste med forslag til driftsforanstaltninger på økologiske anlæg

Udfordringer	Løsningsforslag	Anbefalinger og bemærkninger
Begrænset vandforsyning og dermed risiko for lav ilt	<ul style="list-style-type: none"> • Undersøge muligheden for at få adgang til mere vældvand • Opilte og belufte vandet og derved øge den nuværende iltmætningen på 90% • Justering af flow • Øget fokus på fjernelse af organisk materiale 	<ul style="list-style-type: none"> • Dette forhold afsøges lokalt • Passivt (risleblokke) eller med luft (proteinskimmer) • Tidskrævende • Se nedenfor
Vandkvalitet – organisk materiale	<ul style="list-style-type: none"> • Øget frasortering af døde æg • Reducere foderspild • Effektiv fjernelse af foderspild og fækalier. Øget flow langs bunden (cirkulationspumpe) – og/eller fejning. • Fjernelse af døde fisk og slamansamlinger i kummer, tanke og jorddamme 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidskrævende • Muligvis optimal • Mekaniske metoder til at fjerne partikulært organisk materiale (pt. bruges biocare pulver sammen med mekanisk) • Eksisterende praksis
Vandkvalitet – bakterier, skimmel og snyltere	<p>Reducere smitekilder</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rengøring og desinfektion af enheder ved isætning af fisk – herunder kontaktflader • Begrænse forekomst af organisk materiale <p>Vandbehandling</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forbehandling af indtagsvand (UV) til klækkeri • Periodisk vandbehandling og recirkulering med salt (særlig til æg med skimmel) • Brug af brintoverilte produkter der desinficerer og udvikler ilt. Enten flydende eller pulver, hvor sidstnævnte "løsner" 	<ul style="list-style-type: none"> • Herunder overfladebehandle ujævne kummer • Fjerne oplagte smitekilder (flamingo, fugtigt træ, afpillede æg) • Kan være i strid med økologisk regelsæt • Som erstatning til formalin mod skimmel • Reduktion af bakterie tryk; obs. på pH stigning

Anbefalinger

Det bemærkes, at forslagene kan være vanskelige at forene med den daglig drift, og at det kan være forbundet med mindre investeringer og være mere tidskrævende.

I projekt ShelterFish vil det være interessant at undersøge en række af ovenstående initiativer med henblik på at opnå en bedre produktion af æg og yngel. Det anbefales, at øget fokus på hygiejne sammenholdes med afprøvning af vandbehandling.

Undersøgelsen vil foregå på det pågældende anlæg og de endelige foranstaltninger aftales med fiskemesteren. Det er ikke muligt at lave kontrollerede forsøg på anlægget (uberørte kontrolgrupper og behandlingsgrupper), men undersøgelsen vil give ny viden om og erfaring med hvorvidt initiativerne er praktisk mulige. Det tilstræbes samtidig at måle og sammenligne vandkvaliteten *før* og *efter* en ny renseforanstaltning.

Supplerende litteratur

Jokumsen, A. & Svendsen, L.M., 2010. *Opdræt af regnbueørred i Danmark*. DTU Aqua; 49 sider.
<https://core.ac.uk/download/pdf/13789101.pdf>

Larsen, V. J., N.H. Henriksen, L-F Pedersen & A. Jokumsen. 2015. "Udvikling af dansk økologisk yngelopdræt." Rapport fra Dansk Akvakultur, 53 sider.
<https://orgprints.org/29429/1/Projektrapport-%C3%98kologisk%20yngel.pdf>