Renseteknologier til fremtidens akvakultur

REFA

BioRAS Rapid Analysis Systems for Biology and Life Sciences
DTU
Dansk Akvakultur
TEKNOLOGISK INSTITUT
INTER AQUA ADVANCE
SIEMENS
AALBORG UNIVERSITET
RK PLAST
OxyGuard®
HYDROTECH
DHI
AKVA GROUP

AquaCircle

VAND • MILJØ • SUNDHED

Innovationskonsortie ansøgning
Forsknings- og Innovationsstyrelsen

0 RESUMÉ

Titel: Renseteknologier til fremtidens akvakultur – REFA

Parter:
DHI - CVR: 37057819 – Administrator: Gert Holm Kristensen, Agern Allé 5, 2970 Hørsholm, Tel: 45169200, email: ghk@dhigroup.com – www.dhigroup.com.

Teknologisk Institut, Center for Kemi og Vandteknik, Kongsvang Alle 29, 8000 Århus C. Koordinator Lars Jøker

Aalborg Universitet, Sektion for Bioteknologi, Sohngårdsholmsvej 49, 9000 Aalborg. Koordinator: Jeppe Lund Nielsen

Aalborg Universitet Institut for byggeri og anlæg. Sohngårdsholmsvej 57, 9000 Aalborg. Koordinator: Michael R. Rasmussen.

Danmarks Tekniske Universitet, DTU Miljø, Miljøvej 113B, 2800 Kgs. Lyngby. Koordinator: Professor Mogens Henze

Dansk Akvakultur

Siemens Turbomachinery Equipment A/S

Hydrotech AB

Oxyguard International A/S

Billund Akvakultur Service ApS.

AKVAgroup Denmark A/S

Inter Aqua Advance ApS.

RK Plast A/S

Bioras I/S

[redacted]

Fremtidens produktion af fisk vil i større og større grad skulle produceres i landbaserede anlæg og i havbrug, hvor en intensiv opvækst vil medvirke til at sikre det fødevarebehov, verden efterspørger. I kraft af at fangstkvoterne er faldende, vil efterspørgslen af fisk på verdensplan stige, hvilket bl.a. kan løses ved en mere intensiv produktion af fisk i de såkaldte recirkulerede opdrætsanlæg. Dette paradigmeskift er i praksis ved at ske, idet der i dag produceres mere end 50 mio. tons fisk i landbaserede anlæg og i havbrug, og denne produktion ventes at stige til det dobbelte eller det tredobbelte indenfor de kommende 20 år.

Fiskeopdræt i recirkulerede opdrætsanlæg indebærer brug af mekaniske, biologiske og fysisk/kemiske renseteknologier til vedvarende fjernelse af forureningsstoffer, der udskilles fra fiskene. Omfanget og kompleksiteten af rensningsforanstaltningerne afhænger af graden, hvormed der recirkuleres, men tendensen peger helt klart i retning af, at der i fremtidens akvakulturanlæg vil blive brugt mindre vand med en dertil højere recirkulationsgrad, og at der skal renses bedre og mere stabilt.

Danmark er i dag verdens førende med hensyn til knowhow og kompetence indenfor konstruktion af og monitering af recirkulerede opdrætsanlæg, og danske firmaer har bå-

AquaCircle

de i Danmark såvel som i udlandet bygget adskillige recirkulationsanlæg i form af modeldambrug (mindre intensivt recirkuleret) såvel som fuldt recirkulerede anlæg, hvor vandindtaget i forhold til fiskeproduktionen er minimal. På trods af dette er viden om den teknologi og samspillet af de teknologier, der benyttes til rensning af produktionsvandet ret begrænset, og det er de seneste år erkendt, at et videnløft indenfor især den rensningsteknologiske side af opdrætsanlægget er nødvendig.

Denne viden er rent faktisk tilgængelig indenfor spildevandsbranchen, hvor danske firmaer og videninstitutioner gennem de sidste 20 år har udviklet avancerede rensningstekniske løsninger, karakteriseringsmetoder, modeller, styringer og sensorer. Hovedformålet med dette konsortium er således at bringe kompetencer fra videninstitutioner indenfor spildevandsbranchen i spil sammen med de firmaer, som i dag leverer teknologi og løsninger til akvakulturbranchen for derigennem at overføre en stor del af den spildevandstekniske videnmængde til et brancheområde, der er i kraftig vækst.

I et netop afsluttet factfinding projekt RENSTEK blev det klarlagt, at der ses at være mange områder indenfor den rensetekniske side af opdrætsanlæggene, som trænger til et videnmæssigt og teknologisk løft. Hovedproblemstillingen er den interaktion, der opstår imellem den af fiskene generede forurening og den mekanisk/mikrobiologiske fjernelse af affaldsstoffer. Bakterierne i anlægget kan dog også producere stoffer, som påvirker fiskene, f.eks. de uønskede smagsstoffer, MIB (2-Methylisoborneol) og geosmin (4,8a-dimethyldecalin-4a-ol). De uønskede smagsstoffer resulterer i længere produktionstider og i kassation af fisk, hvilket er økonomisk og samfundsmæssigt uholdbart. Et akvakulturanlæg er dermed i princippet mere komplekst end almindelige spildevandsrenseanlæg, idet der er to organismer, fiskene og bakterierne, som i samme proces skal tilgodeses, hvilket fordrer en højere grad af styring, monitering, procesforståelse og robusthed med hensyn til de anvendte teknologier.

Dette innovationskonsortie vil beskæftige sig med forskning og innovation indenfor områderne mikrobiologisk dannelse af uønskede smagsstoffer, hydraulik- og procesmodellering, optimeret styring af recirkulationsanlæg, sensorudvikling samt udvikling og innovation af nye teknologiske renseprocesser; herunder interaktionen imellem renseprocesserne.

Projektet forventes at generere ny viden og teknologi, der først og fremmest kan forbedre driftsøkonomien i landbaserede opdrætsanlæg. Målet er at skabe mere robuste og sikre løsninger, der hurtigere og mere effektivt kan fjerne forurening samtidig med en højere grad af overvågning. En indirekte gevinst vil være mindre behov for medicinering i anlæggene (primært brug af formalin, brintperoxid og antibiotika), idet fiskene ved en mere ensartet og bedre vandkvalitet vil trives bedre. Dette vil igen have en gavnlig effekt på driftsøkonomien, men også være til gavn for fiskevelfærd, miljø og arbejdsmiljø.

De nyskabende teknologiske produkter vil være: bedre filtreringsteknologi, energieffektiv beluftning, udvikling af nye prisbillige næringssaltsensorer, styrings- og overvågningsudstyr samt bedre drift og udformning af biofiltermedier. Gennem modellering, monitering og kinetikundersøgelser af renseteknologier og den mikrobiologiske proces såvel som brug af ny teknologi vil en bedre procesforståelse kunne opnås, hvilket vil hjælpe anlægsbyggerne med at sammensætte de recirkulerede opdrætsanlæg på nye måder, der både vil kunne forbedre driften og driftsøkonomien af anlæggene.

AquaCircle

Den overordnede ledelse af konsortiet varetages af en bestyrelse med en virksomheds-repræsentant som formand. Hver af samarbejdsparterne indstiller et medlem til bestyrelsen. Den daglige projektledelse varetages af Kenneth Janning, Senioringeniør på, DHI mens Gert Holm Kristensen, DHI (CV vedlagt i Bilag 3) varetager den administrative ledelse af konsortiet med ansvar for perioderapportering, budget og regnskabsaflæggelse.

Det forventes, at konsortiesamarbejdet løber over en total projektperiode på fire år regnet fra underskrivelse af samarbejdsaftalen, som udarbejdes med udgangspunkt i en eventuel bevillingsskrivelse fra Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling.

De tilknyttede forskningsprojekter har en udstrækning op til tre år, og de faseopdeles, således at de løbende forventes at give resultater, der kan finde anvendelse i erhvervet. Dette sikrer, at selv de senest opnåede resultater i forskningsprojekterne kan nå at finde anvendelse i konsortiet inden afslutning efter fire år. Detailbudget er vist i Bilag 4.

1 BAGGRUND OG FORMÅL

1.1 Den globale udvikling

I 1996 anslog FAO (FN's fødevare organisation), at opdræt kunne producere 39 mio. tons i 2010. Denne grænse blev overskredet allerede i 2002, og i 2003 var den årlige produktion fra akvakultur væsentligt over. På bare 5 år – fra 1998 til 2003 – steg opdrætsproduktionen med 34%.

Nu viser den seneste statistik fra FAO ("State of the world fisheries and aquaculture, 2008"), at den globale produktion af spisefisk i 2006 rundede 110 mio. tons. Allerede nu (2008) estimeres den samlede produktion af spisefisk fra akvakultur at udgøre mere end 50% af den globale produktion af spisefisk. Akvakultur fortsætter således med at være den hurtigst voksende animalske fødevaresektor, og væksten mere end honorerer den globale befolkningstilvækst og det statiske fiskeri efter vild fisk. I 1970 var produktionen fra akvakultur 0,7 kg/capita – i 2006 nåede man 7,6 kg/capita, altså en årlig mængdemæssig vækst på 6.9%. Fra en produktion i 1950'erne på ca. 1 mio. tons til 51,6 mio. tons i 2006 med en værdi på knap 80 mia. US$ gav det en årlig værditilvækst på næsten 7%. Den fortsatte befolkningsudvikling, fald i traditionelt fiskeri og et stigende forbrug af fisk og skaldyr tilsiger en fortsat markant stigende efterspørgsel med en værdi på 20-40 mia. US$ i løbet af de kommende 20 år.

Menneskeheden står foran en "blå evolution", hvor vi med viden og teknologiudvikling kan gentage den "grønne evolution", som fandt sted for ca. 10.000 år siden med udviklingen af landbrug. Denne gang drejer det sig om "vandbrug", og potentialet er mindst lige så stort, fordi overfladen af "Den blå planet" er for mere end 70% vedkommende dækket af vand. Opdræt af fisk skal gennemgå den samme udvikling og omstrukturering som landbruget har været igennem. Fra oftest små, arbejdstunge, familiedrevne multibrug til større specialiserede og teknologisk udviklede brug med en høj grad af styring og automatisering. I takt med ekspansionen af akvakultur kan det desværre allerede nu konstateres, at miljøpåvirkninger fra denne produktion mange steder er betydelige. Som mange gange erfaret i menneskehedens historie medfører udvikling også fejltrin. Evolution er jo dynamisk – prøv, forkast, prøv igen! Den blå evolution kommer dog ikke til at tage 10.000 år, og vi skal lære af (landbrugs-) historien og udnytte det bedste af de evolutionære erfaringer, man har høstet i den udvikling.

1.2 Den nationale udvikling

Internationalt sker der en skærpelse af miljøkrav til opdræt i disse år, både som en konsekvens af de enkelte landes egne miljøkrav og som en konsekvens af stigende forbrugerkrav. EU har således udstedt en række direktiver og forordninger af betydning for opdræt i såvel ferskvand som saltvand. Samtidig har EU erkendt, at den europæiske opdrætsproduktion skal øges – dog på en sådan måde, at væksten kan foregå uden øgede miljømæssige konsekvenser. EU Kommissionen forventes således i april 2009 at fremlægge en revideret strategi for akvakultur.

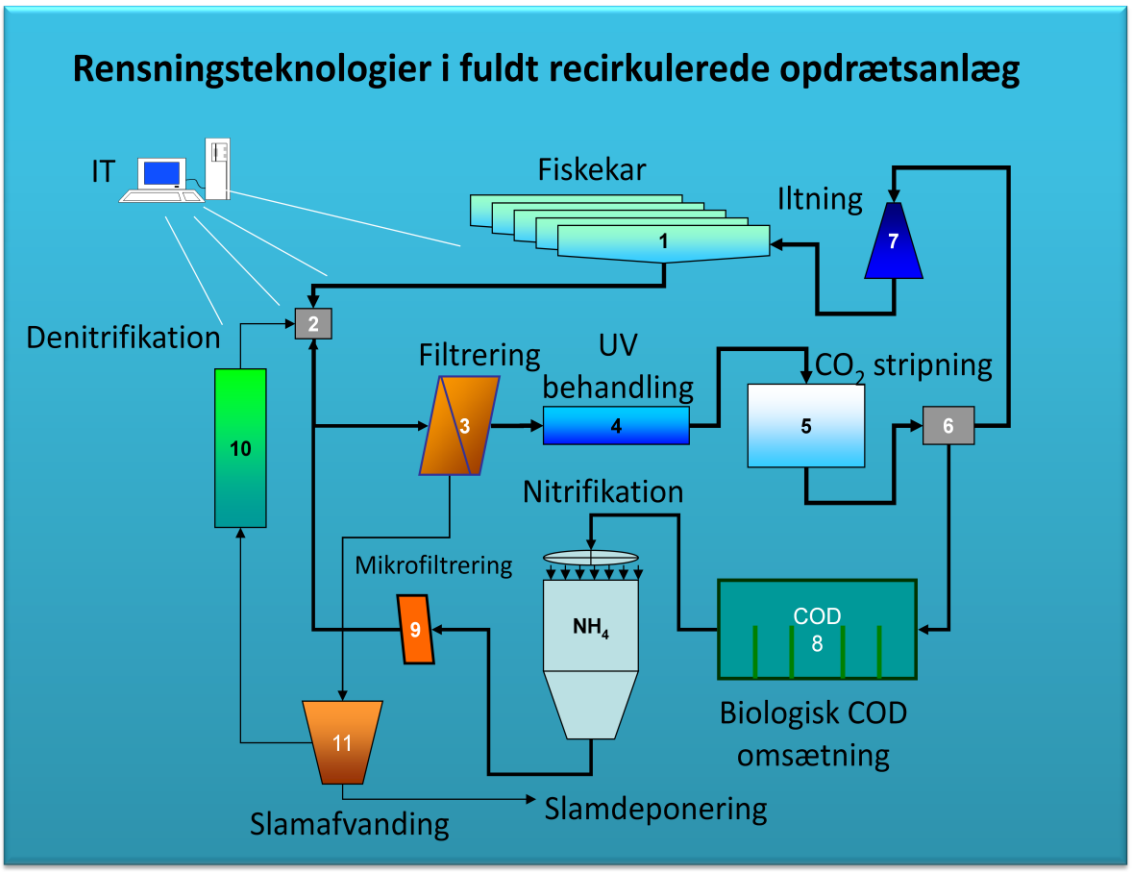
I 2006 etablerede en række danske firmaer, fiskeopdrættere, institutioner, organisationer og enkeltpersoner – med interesse for recirkulationsteknologi - AquaCircle. AquaCircle kan bedst beskrives som et innovationsnetværk, der er unikt ved at være tværgående og sektoroverskridende. AquaCircle har siden stiftelsen understøttet videreudviklingen af recirkulationsteknologi, og netværkets samlede viden og innovationskraft anvendes til at

AquaCircle

3 KONSORTIETS FAGLIGE GRUNDLAG OG INDHOLD

Den forventede vækst i fiskeopdræt kan kun ske ved øget brug af recirkuleringsteknologi. Akvakultur i recirkulerede anlæg stiller dog store krav til de renseteknologiske foranstaltninger for at sikre og opretholde en stabil og god kvalitet af produktionsvandet i opdrætsanlæggene, hvilket er en forudsætning for et velfungerende fiskeopdræt. Den dominerende teknologi indenfor vandrensning i recirkulerede akvakultur er anvendelse af kombineret mekanisk og biologisk rensning. Denne rensningsform har været anvendt siden recirkulationsteknologien indenfor fiskeopdræt blev taget i anvendelse for ca. 25 år siden, men anlæggene er stadig baseret på simple design og erfaringsbaseret styring.

I figur 3.1 er skitseret et eksempel på opbygningen af nutidens mest moderne fuldt recirkulerede akvakulturanlæg. Som nævnt er hele renseprocessen bygget op omkring det biologiske filter, som både er den mest komplekse proces at drive og samtidig den mest dyre at etablere.



Figur 3.1 Renseprocesser i fremtidens fuldt recirkulerede opdrætsanlæg.

Hovedproblemstillingen i det recirkulerede anlæg er interaktionen imellem den af fiskene generede forurening og den mekaniske/mikrobiologiske fjernelse af affaldsstoffer, som skal sikre en god vandkvalitet for fiskene. Efterfølgende har ny forskning vist, at CO_2 og smagsstoffer er andre problemstoffer, som dannes og akkumulerer i vandfasen, hvilket blot understreger, hvor kompliceret renseprocessen i recirkulerede akvakulturanlæg reelt er. Et akvakulturanlæg er dermed mere komplekst end konventionel spildevandsrensning, idet der er to organismer, fiskene og bakterierne, som i samme proces

AquaCircle

skal tilgodeses. Det fordrer en højere grad af styring, monitering, procesforståelse og robusthed af teknologierne, der anvendes i processen.

Den primære belastning af renseprocessen stammer fra foderets indhold af organisk stof og kvælstof. En del af foderets indhold af kvælstof indbygges i fiskene, mens faste og opløste kvælstofpuljer tilføres vandet både direkte fra foderester og fra fiskenes afføring. Vandet tilføres desuden opløst kvælstof i form af ammonium og urea via ekskretion fra fiskenes gæller. Fiskenes fækalier indeholder desuden organisk bundet kvælstof såvel som organisk stof. Det er disse puljer af organisk stof og kvælstof, som det biologiske filter i renseprocessen skal fjerne. Den biologiske proces, der omdanner kvælstof, bliver dog hæmmet af det organiske stof, idet de bakterier, der omsætter ammonium til nitrat, vokser meget langsomt og dermed hurtigt udkonkurreres af de heterotrofe bakterier, der omdanner organisk stof.

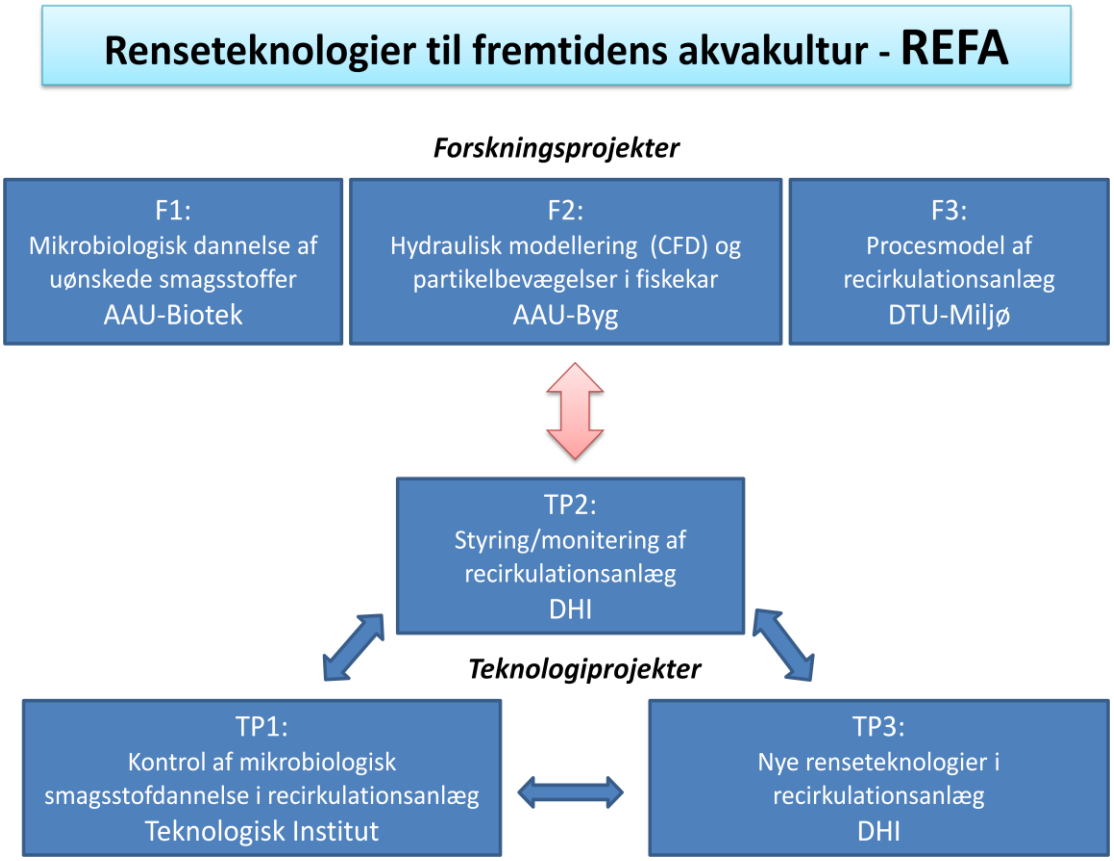
Nøglen til fjernelse af det organiske stof ligger i hurtigt at få frafiltreret partiklerne fra vandfasen, da mere end 80% af det organiske stof initialt er på partikulær form. En sådan filtrering vil desuden fjerne en del af kvælstofbelastningen og således minimere belastningen af de biologiske filtre. En lang række aspekter influerer dog på partiklerne i de recirkulerede anlæg, og det er nødvendigt med en bedre forståelse af de hydrauliske aspekter omkring vandbevægelser i fiskekar, partiklers transport, opløsning og sedimentation sammenholdt med et studie af en mere effektiv filtering og biofiltrenes kinetik for at belyse udfordringerne omkring det partikulære materiale tilstrækkeligt.

Tilsvarende er det nødvendigt identificere driftsbetingelser, som kan forhindre væksten af bakterierne, der danner uønskede smagsstoffer. Til dette er det nødvendigt i første omgang at forstå levebetingelserne for de mikroorganismer, der står bag dannelsen af de uønskede smagsstoffer og efterfølgende udføre fuldskala feltundersøgelser for at verificere og kvantificere effekten ved ændringer i både filtertyper og driftsrutiner af opdrætsanlæggene.

For at opnå forståelse og mulighed for optimering af den komplekse proces i recirkulerede anlæg er det nødvendigt med en dynamisk procesmodel, der indeholder samspillet mellem de involverede processer. Hermed er det muligt at simulere effekten af styringsmæssige tiltag på baggrund af moniteringskampagner udført på recirkulerede opdrætsanlæg, således at styringsstrategier, nye renseteknologier og variationer af belastninger i fremtiden kan testes direkte og medføre lettere optimeringer.

Det endelige mål med konsortiet er således at skabe et forbedret vidensgrundlag omkring de væsentligste rensemæssige processer og sammenspillet imellem disse. Ny teknologi til styring, monitering, beluftning, filtrering og biologisk rensning vil blive udviklet af danske og danskrelaterede firmaer, som i dag besidder nøglekompetencer indenfor disse områder.

Det ansøgte konsortium vil beskæftige sig med en række delprojekter, som vurderes at have stor betydning for de recirkulerede opdrætsanlægs fremtid – med særligt vægt på renseteknologiske problemstillinger. Konsortiet består af 3 forskningsprojekter og 3 teknologiprojekter på følgende vis:



Figur 3.2 Konsortiets faglige projekter.

3.1 Forskningsprojekter

I de kommende afsnit er konsortiets forsknings- og teknologiprojekter præsenteret i kort form. En uddybende præsentation af projekterne er givet i Bilag 5.

3.1.1 FP1: Mikrobiologisk dannelse af uønskede smagsstoffer

Problemstilling

For at bekæmpe uønskede smagsstoffer i akvakultursystemer er det en forudsætning, at man ved, *hvilke bakterier* der er ansvarlige for produktionen af smagsstofferne, og at man kender *betingelserne*, der stimulerer eller hindrer deres vækst. Indtil for nylig var alle undersøgelser dog foretaget med metoder, der kun kan identificere et fåtal af de smagsstofdannende bakterier.

Forskningsprojektets overordnede indhold og grundlag

Projektet vil anvende molekylære metoder, som overkommer disse begrænsninger, og for første gang opnå et komplet billede af uønskede smagsstofdannede bakterier.

FP1 vil:

1. Identificere alle bakteriegrupper, der danner de væsentlige uønskede smagsstoffer
2. Udvikle en hurtig diagnostik for disse bakterier
3. Øge viden om fysiologien af bakterierne, hvilket kan bruges til at målrette indsatsen for at kontrollere dem i akvakultur (TP1)

AquaCircle

Videnskabelige metoder

Projektet inddeles i to faser. Fase 1 vil udvikle diagnostiske metoder til at identificere, hvilke bakterier der er væsentlige for problemet. Der tages udgangspunkt i geosminproduktionen (Fase 1a), men produktion af andre uønskede smagsstoffer, f.eks. MIB, vil efterfølgende blive undersøgt på tilsvarende vis (Fase 1b). Dette vil danne grundlaget for at udvikle molekylære værktøjer til hurtig diagnosticering, som kan 1) hurtigt analysere den bakterielle sammensætning, f.eks. T-RFLP og DGGE, og 2) hurtigt kvantificere de væsentlige bakteriegrupper (kvantitativ PCR). Fase 2 vil identificere livsbetingelserne for de væsentlige smagsdannende bakterier. Informationen opnås på to måder: 1) Ved sammenligning med nært beslægtede arter, som er velbeskrevet - til dette formål bruges invers-PCR og renkulturdyrkning, og 2) ved at studere deres aktivitet *in situ* – med mikroautoradiografi og enzym-linked-fluorescence kombineret med fluorescerende in situ hybridisering.

3.1.2 FP2: Hydraulisk modellering (CFD) og partikelbevægelser i fiskekar

Problemstilling

Belastningen af renseprocesserne i recirkulerede akvakulturanlæg stammer primært fra to kilder: 1) belastning fra foder, som ikke spises af fiskene og 2) ekskrementer fra fisk. Det er disse to stoffraktioner, som renseforanstaltningerne i det recirkulerede anlæg skal fjerne. Både foderspild og ekskrementerne er initialt på partikulær form, men partiklerne vil hurtigt opløses og hydrolyseres til opløst form. De renseteknologier, der anvendes i det recirkulerede akvakultur, er forskellige med hensyn til, hvilken størrelse partikler de fjerner fra vandfasen. Mekaniske filtre som tromlefiltre fjerner primært store partikler, mens biofiltret i lang højere grad adsorberer og omsætter mindre partikler samt opløste stoffer i biofilmen. Ved at reducere antallet af partikler så tidligt i processen som muligt, er det dermed muligt at reducere belastningen på biofiltrene, hvorved bygge- og driftsudgifterne kan reduceres.

Forskningsprojektets overordnede indhold og grundlag

Det overordnede formål med projektet er at opbygge en model for bevægelsen og ændringen af det partikulære materiale i et recirkuleret akvakulturanlæg dels gennem anvendelse af 3-D modellering med computational fluid dynamics (CFD) og dels igennem anvendelse af avancerede partikelkarakteriseringsværktøj for derigennem at kunne modellere, hvordan opsamlingen af partikulært materiale kan øges så tidligt i processen som muligt for derigennem at reducere hydrolyse af partiklerne. Ved anvendelse af en hydraulisk 3D model – opstillet for givne udformninger og hydrauliske variationer i fiskekar – kan det undersøges, hvordan partikler med en kendt størrelse og vægt vil bevæge sig rundt i systemet. Modellen vil således både tage hensyn til strømningsforhold såvel som partiklernes fysiske egenskaber. Viden om ekskrementernes sammensætning og opløselighed er ret velbeskrevet og veldokumenteret og vil med hjælp af partikelkarakteriseringsværktøjer kunne indbygges i den hydrauliske model.

En særlig udfordring er imidlertid at medtage den hydrauliske påvirkning fra fiskenes bevægelser. Et helt nyt forskningselement vil derfor være kombinering af CFD modellering og partikelopløsning med partikelbevægelser styret af hydraulisk bevægelse fra konvektiv strømning og turbulens, genereret fra fiskene. Det er nødvendigt at medtage den hydrauliske og fysiske påvirkning fra fiskebevægelserne, da partikelbevægelser og partikelopløsning ellers vil blive undervurderet.

Videnskabelige metoder

AquaCircle

En række avancerede partikelkarakteriseringsværktøjer vil blive brugt til at beskrive partiklerne. Disse inkluderer partikelstørrelse, styrke, overfladeladning, mv. Forskningsprojekt FP2 vil således rumme følgende metoder og forskningselementer:

- Opbygning af 3D CFD modeller til beskrivelse af hydraulikken i recirkulerede akvakulturanlæg
- Opbygning af 3D CFD modeller til beskrivelse af hydraulikken i slamkoncentreringssystemet
- Identifikation og implementering af effekter fra fisks indbyrdes bevægelse på middelhastighed, turbulens og shear i de opbyggede modeller
- Identifikation af relevante fysisk-kemiske parametre for det partikulære material
- Udvikling af 3D model til beskrivelse af den partiklernes opførsel i det recirkulerede akvakultur gennem kombination af 3D CFD modellering med fysisk-kemiske data

3.1.3 FP3: Procesmodel af recirkulationsanlæg

Problemstilling

I recirkulerede opdrætsanlæg optræder der en række biologiske, fysiske og kemiske processer, som dels interfererer med hinanden og dels påvirkes dynamisk af belastningsvariationer fra forureningen, der genereres i fiskekarrene. Den biologiske renseproces betragtes normalt som den meste komplicerede, idet den vil påvirkes af måden, hvorpå anlægget drives. Problemstillingen er den, at vandkvalitetsvariationer vil påvirke kinetikken af den biologiske proces og dermed den effektivitet, hvormed processen fungerer.

Den biologiske renseproces består af to hovedprocesser – aerob heterotrof omsætning af organisk stof og aerob autotrof omsætning af ammonium (nitrifikation), der i princippet ikke er forenelige, idet for megen heterotrof aktivitet kan hæmme den autotrofe aktivitet og derved forværre nitrifikationsprocessen, som er den absolut væsentligste proces i biofiltrene. Den heterotrofe aktivitet forøges, når foderet, der tilledes fiskekarrene, ikke bliver spist tilstrækkeligt hurtigt (f.eks. på grund af ændret adfærd hos fiskene), eller når fiskeekskrementer ikke fjernes fra vandfasen og dermed gradvist går i opløsning. Procesmodellering har således en direkte kobling til forskningsprojektet F2, som handler om hydraulisk modellering og partikelbevægelser samt deres opløsning i fiskekar og har også en væsentlig kobling til teknologiprojekterne TP2 Styring og monitering af recirkulationsanlæg samt TP3 Nye renseteknologier i recirkulationsanlæg.

Forskningsprojektets overordnede indhold og grundlag

Forskningsprojektet vil udvikle en ny 1D procesmodel til recirkulerede akvakulturanlæg med udgangspunkt i det velkendte ASM model princip (Activated Sludge Model). ASM konceptet er løbende blevet udviklet over de sidste 25 år og kan i dag bruges til modellering af velkendt stofomsætning i renseanlæg der omfatter omsætning af COD, kvælstof, fosfor og iltomsætning i forhold til de relevante bakteriegrupper, som omsætter disse stoffer. De eksisterende ASM modeller indeholder imidlertid ikke nogle af de processer, som er relevante at modellere i recirkulerede opdrætsanlæg som f.eks. størrelsesfraktioner af partikler, pH, ammoniakgas koncentration, CO_2-gaskoncentration eller gasstripning, og derfor er et af hovedmålene med dette forskningsprojekt at integrere disse nye processer i det eksisterende ASM model kompleks.

AquaCircle

Videnskabelige metoder
Gennem litteraturstudier, moniteringsundersøgelser og procesvandskarakterisering vil der blive skabt grundlag for udviklingen af en ny procesmodel til brug i recirkulerede akvakulturanlæg. Følgende udviklings- og metodeelementer vil indgå i forskningsprojektet:

- Procesdefinition. Relevante processer som vurderes relevante at modellere opstilles og beskrives matematisk i henhold til den velkendte ASM matrix definition. Nye processer udvikles igennem litteraturstudier, forsøg og monitering på udvalgte recirkulationsanlæg.
- Parameterkarakterisering. De identificerede og opstillede processers kinetik og støkiometri udvikles dels ved gennemførelse af laboratorieforsøg (funktionelle karakteriseringer) samt ved litteraturstudier.
- Udvikling af modelkoncept. De opstillede processer indbygges i en ASM model matrix hvor indbyrdes afhængigheder og støkiometri imellem processerne beskrives.
- Programmering af simulator. Den udviklede ASM model programmeres ind i modelsimulatoren WEST, og en model af et recirkuleret opdrætsanlæg vil blive konfigureret. Modellen testes dernæst for dens stabilitet med de indbyggede styringsfunktioner i forbindelse med gennemførelse af dynamiske simuleringer.
- Monitering, kalibrering og validering. Et væsentligt input til den udviklede procesmodel er vandkvalitetsdata, som opnås igennem moniteringskampagner. Den udviklede model vil blive testet, kalibreret og valideret gennem moniteringsundersøgelser i virkelige recirkulationsanlæg

3.2 Teknologiprojekter

3.2.1 TP1: Kontrol af mikrobiologisk smagsstofdannelse i recirkulationsanlæg

Problemstilling
Recirkulerende akvakultursystemer fungerer som et økosystem med fiskene og mange forskellige typer af naturligt forekommende bakterier – både i vandfasen og i biofilteret. Gavnlige bakterier bliver selekteret ved at styre systemet, således at de opformerer sig i biofiltret og udfører den ønskede proces, f.eks. ammoniak-oxidation. Nogle af de selekterede bakterier kan imidlertid producere stoffer, som har en negativ effekt på produktet, f.eks. uønskede smagsstoffer.

Teknologiprojektets overordnede indhold og grundlag
Dette delprojekt vil dokumentere effekten af driftsændringer og kontrolstrategier, som selekterer bakterier, der producerer uønskede smagsstoffer uden at forstyrre selektionen af bakterier, som er nødvendige for renseprocessen. Tidligere forskning har opnået en forståelse af livsbetingelserne for nogle af bakterierne, som producerer uønskede smagsstoffer, og de forslåede procesændringer tager udgangspunkt i denne viden. Et tæt samarbejde med FP1 vil også integrere ny viden om nyligt identificerede grupper af smagsstofdannede bakterier. Koncentration of næringsstoffer og suspenderede stoffer ændres ved optimering af renseprocesserne i TP2 og TP3, og der samarbejdes på, at der samtidig opnås forståelse for effekten på smagsstofproduktion. Derudover vil koncentrationen af salt og effekten af belysningen også blive undersøgt. Baseret herpå vil der blive foreslået en række løsningsmuligheder for at modarbejde produktionen af uønskede smagsstoffer.

AquaCircle

Videnskabelige metoder
Uønskede smagsstoffer vil blive monitoreret med kemiske analyser (SPME og GC-MS) samtidig med molekylære mikrobiologiske metoder, som identificerer, hvilke bakterier der danner stofferne. Analyserne – udviklet i forbindelse med FP1 og TP1 – vil efterfølgende blive tilbudt som kommercielle ydelser tilgængelige for branchen.

Deltagende parter og deres rolle
Industripartnerne stiller deres anlæg, udstyr og kompetencer til rådighed i vidensindsamlings- og afprøvningsfaser. Hydrotech og RK Plast er specifikt interesseret i, om driften af deres teknologi har en effekt på produktionen af uønskede smagsstoffer (samarbejde med TP2 og TP3). Anlægsleverandørene (Inter Aqua Advance, Billund Aquakultur Service, AKVA group) ønsker tekniske løsninger for problemet med uønskede smagsstoffer for deres kunder. Dansk Akvakultur repræsenterer dambrugerne, der er slutmodtagerne af disse løsninger.

3.2.2 TP2: Monitering og styring af recirkulationsanlæg

Problemstilling
Styring og monitering af selv avancerede fuldt recirkulerede opdrætsanlæg er i dag decideret mangelfuld. Online-monitering foretages kun på de for fiskene direkte livsnødvendige parametre (ilt, pH, temperatur), og recirkulationsdriften er fuldstændig statisk. Denne moniteringsform er både uøkonomisk og uhensigtsmæssig i forhold til de vandkvalitetsvariationer, som nødvendigvis vil indtræde. Problemstillingen er dels, at de sensorer, som kan monitere vandkvalitetsparametre, der på lang sigt påvirker fiskenes trivsel og opvækst (primært ammonium og CO_2), er forholdsvist dyre og bliver sjældent implementeret og dels, at avancerede styringer ikke er tilgængelige. Udvikling af mere prisbillige og stabile sensorer samt styringer, der både kan validere tilstand og foretage aktiv regulering af de driftsparametre, som kan kompensere for belastningsvariationer i anlæggene, vil både kunne øge dokumentationsniveauet af driften, medvirke til at opretholde et mere stabilt vandkvalitetsniveau og spare store mængder energi.

Teknologiprojektets overordnede indhold, grundlag og videnskabelige metode
I dette teknologiprojekt vil der være fokus på sensorudvikling, monitering og styring i forhold til følgende tre indsatsområder:

- Udvikling af næringssaltsensorer
- Monitering af vandkvalitetsvariationer og fiskeadfærd
- Udvikling af nye styringer

Sensorudviklingen koncentreres omkring konstruktion af en ammoniaksensor, som ved hjælp af indbygget pH-måling vil være i stand til at udregne koncentrationen af ammoniakgas, som er den relevante komponent at registrere i forhold til forgiftning af fisk. Herved opstår muligheden for at anvende ammoniak som styringsparameter i det recirkulerede anlæg. Arbejdet med udviklingen af nye sensorer indbefatter en udviklings- og konstruktionsfase af selve sensoren, hvor fysisk/kemiske kompetencer skal assistere opbygningen af måleprincippet og sensor, hvorefter en egentlig aftestningsfase skal validere sensorens stabilitet og nøjagtighed.

Moniteringen af vandkvalitetsparametre og fiskeadfærd er væsentlig i forhold til forståelse af de dynamiske vandkvalitetsvariationer, der forekommer som følge af fiskenes udstødning af ekskrementer. Da renseteknologierne i recirkulationsanlæggene i dag

AquaCircle

stort set ikke styres, har der ikke været et tilstrækkeligt incitament til at indføre mere avancerede og bekostelige sensorer og moniteringssystemer, som dels ville kunne informere driftspasseren om anlæggets tilstand og dels ville kunne opfange og registrere en anderledes adfærd i fiskenes bevægelsesmønster. Projektet omhandlende monitering af vandkvalitet og fiskeadfærd vil dels give værdifuld information omkring dynamikken i vandkvalitetsvariationer i relation til mulige regulerings- og styringstiltag og dels fungere som et early-warning system registreret ud fra ændringer i svømmeadfærd.

Deltagende parter og deres rolle

I TP2 deltager en række virksomheder, som beskæftiger sig med styringssystemer til akvakulturanlæg. Oxyguard udvikler og producerer måle- og styringssystemer til akvakultur og indgår i teknologiprojektet både i forbindelse med udvikling af nye sensorsystemer og generelt i forbindelse med optimering styringssystemer, Siemens Turbo Machinery producerer beluftningsudstyr og deltager for at være med i udviklingen af bedre iltstyringssystemer. BioRas laver billedbehandlingssoftware og er med i projektet for at løfte denne teknologi ind som styringsværktøj i akvakulturbranchen. Ud over disse deltager anlægsbyggere (Billund Aquakulturservice, Inter Aqua Advance og AKVA group) samt dambrugere (Dansk Akvakultur), der er med for at kunne test og indbygge de opnåede resultater i både nye og eksisterende anlæg.

3.2.3 TP3: Nye rensningsteknologier i recirkulationsanlæg

Problemstilling

Nutidens renseteknologier i recirkulerede akvakulturanlæg bygger på en mangeårig erfaringsopsamling, der i høj grad har været afkoblet udviklingen i spildevandsbranchen. De kompetencer, der har drevet denne renseteknologiske udvikling, har ikke været understøttet af viden opnået fra spildevandsbranchen, som de seneste 20 år har gjort store fremskridt. Udviklingen af den mest komplicerede renseproces i recirkulationsanlæg – det biologiske filter – har således stort set ikke ændret sig de sidste 10-15 år, og forståelsen for biologiens interaktion med den mekaniske filtrering er stort set kun opnået gennem empiriske observationer. Ligeledes er energieffektive beluftningssystemer, som med succes i dag bruges i spildevandsbranchen, heller ikke overført, endsige afprøvet, i recirkulationsanlæg på trods af recirkulationsanlæggenes ekstremt store iltbehov. Der ses således store muligheder for at overføre viden og effektiv renseteknologi til et erhverv, som i endnu højere grad er afhængig af energieffektiv og robust renseteknologi end spildevandsbranchen, som ikke er i samme konkurrencesituation.

Teknologiprojektets overordnede indhold, grundlag og videnskabelige metode

I dette projekt er der valgt at fokusere på 3 indsatsområder i forhold til opnåelse af en forbedret renseteknologi i recirkulerede akvakulturanlæg:

- Forøget effektivitet af de biologiske filtre
- Forbedret partikelfjernelse
- Energieffektiv beluftning

I takt med udbygningen af recirkulerende opdrætsanlæg er der de senere år udviklet en række koncepter, som alle renser vandet i acceptabel grad, men der er ingen fælles standard for hverken opbygning eller drift af disse anlæg. Det i dette projekt målet – igennem forsøg på fastmedie filtre og moving-bed filtre (bevægeligt filtermedie) – at analysere biofiltrenes kinetik under forskellige driftsforhold for at dokumentere disse filtres

AquaCircle

optimale driftsmåde. Forsøgene med filtermedier vil blive sammenholdt med litteraturværdier opnået fra spildevandsbranchen.

Indretning af de mekaniske filtre foran biofiltrene er i dag fast praksis, og branchen har i dag fået udviklet mekaniske filterløsninger, som giver en fornuftig stabil drift af biofiltrene, idet det for længst er erkendt, at biofiltrenes effektivitet direkte er afhængig af den forudgående mekaniske filtrering. Effekten af, hvor meget der filtreres, er imidlertid forholdsvis uafklaret, og denne har hidtil været begrænset af filterfabrikanternes produkter og disses begrænsninger. Der er en stærk formodning om, at en forbedret filtrering vil have en særdeles gavnlig effekt på fiskenes velfærd (færre parasitter og dermed mindre behov for medicin), vandkvaliteten og nitrifikationsprocessen i biofiltrene. Ny udvikling har løst en række af de problemer, der eksisterer ved anvendelse finere filtrering, og muligheden for at anvende filterduge med porestørrelser ned til 10 µm med samme høje hydrauliske kapacitet er snart realistisk.

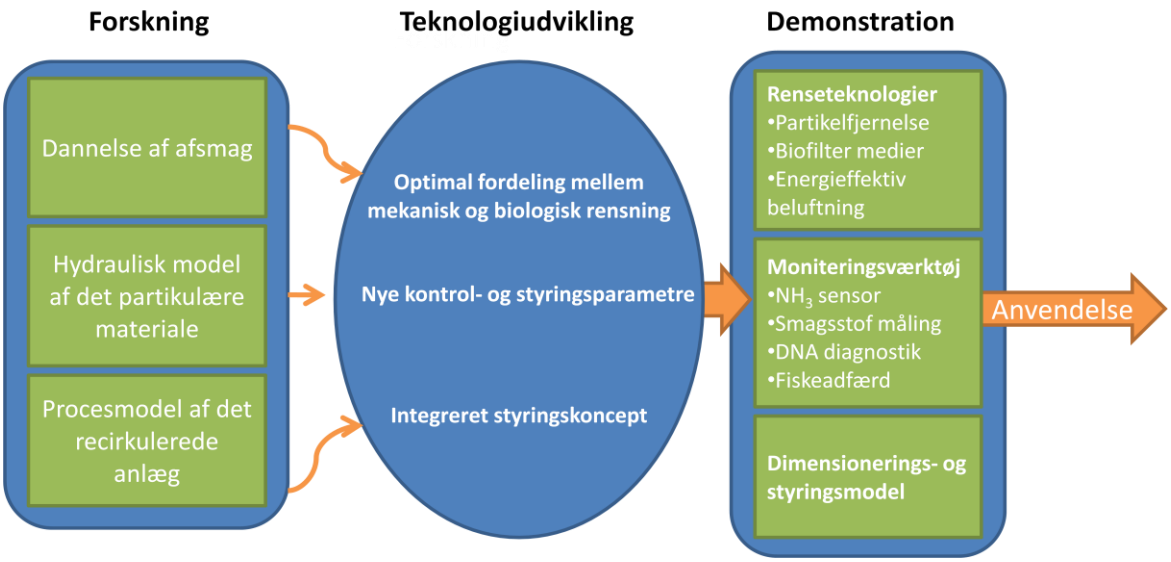
Traditionelt anvendes i dag iltkegler, kapselblæsere og mamutpumper til beluftningen, men undersøgelser har vist, at iltning ved anvendelse af turboblæsere rummer en række energetiske fordele, idet der med disse blæserstationer kan opnås betydelige driftsbesparelser. Ydermere har erfaringer fra spildevandsbranchen vist, at turboblæsere nemt kan styres dynamisk, så ilttilførslen kan tilpasses det konkrete behov. Der foreligger imidlertid ingen erfaring med denne nye beluftningsteknologi, og det vurderes, at der med disse beluftningssystemer skal foretages en vis videreudvikling så de kan levere en større iltoptagelse til procesvandet, såfremt de skal styres efter det aktuelle iltningsbehov. Der vil i projektet indgå en række aftestninger af den nye teknologi i forhold til traditionelle iltningsmetoder i recirkulationsanlæg. Forsøg skal dels dokumentere, at turboblæserbeluftningsteknologien er velegnet til drift i recirkulerede opdrætsanlæg og dels klarlægge driftsomkostningerne i forhold til eksisterende beluftningssystemer.

<u>Deltagende parter og deres rolle</u>
Formålet med projektet er at optimere renseteknologierne, og det er derfor naturligt at producenterne af de samlede systemer, dvs- anlægsbyggerne, deltager i dette delprojekt (Billund Aquakultur Service, Inter Aqua Advance og Akvagroup). Her bidrager de – ud over deres knowhow – med deres konkrete systemer som bliver testet og optimeret. Derudover deltager en række producenter af delkomponenter til filtreringsprocessen. Hydrotech producerer filtreringsudstyr til partikler, og deres rolle er at deltage i undersøgelserne af effekterne af en reduceret mængde partikulært materiale. RK plast producerer filtermedier. Disse medier har stor betydning for den samlede renseproces. Igennem projektet er deres rolle – ud over at få bedre indsigt i de processer, der foregår på mediet – at deltage i optimering af selve filtermediet.

4 ARBEJDSPLAN

Det forventes, at konsortiesamarbejdet løber over en total projektperiode på 4 år regnet fra underskrivelse af samarbejdsaftalen, som udarbejdes i tilfælde af, at bevillingen gives fra Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling.

Innovationskonsortiets arbejde vil være opbygget omkring en række centrale forsknings- og generiske teknologiudviklingsprojekter. Parallelt med disse aktiviteter udnyttes og optimeres resultaterne fra teknologiprojekterne i en række mere specifikke demonstrationsaktiviteter med udgangspunkt i konsortiets industrielle parter (se figur 4.1).



Figur 4.1 Den overordnede arbejdsplan.

Et Gantt diagram, der beskriver konsortieaktiviteterne opdelt i de enkelte projekter og tidsperioder, er vist i Bilag 7.

Innovationskonsortiet holder et tæt samspil mellem forsknings-, teknologi- og demonstrationsprojekterne, idet teknologiprojekterne tager afsæt i forskningens state-of-the-art teknikker, ligesom forskningsprojekterne til stadighed har til formål at udvikle nye forståelsesmodeller og teknikker til industriel afprøvning og implementering.

AquaCircle

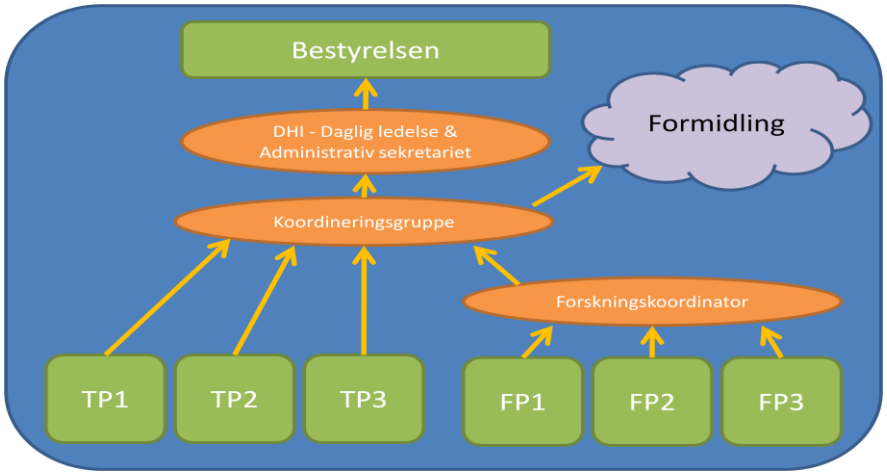
5 KONSORTIETS ORGANISATION OG LEDELSE

Den overordnede ledelse af konsortiet varetages af en bestyrelse med en virksomheds-repræsentant som formand. Hver af samarbejdsparterne indstiller et medlem til bestyrelsen. Den daglige projektledelse varetages af Kenneth Janning, Senioringeniør ved DHI, mens Gert Holm Kristensen, DHI varetager den administrative ledelse af konsortiet med ansvar for perioderapportering, budget og regnskabsaflæggelse (CV vedlagt i Bilag 3).

Der etableres tre formelle projektgrupper – en gruppe for hvert teknologiprojekt – og en projektkoordineringsgruppe. Deltagerpanelet i de enkelte projektgrupper udgøres af repræsentanter for de i teknologiprojekterne involverede virksomheds- og GTS-parter og er i øvrigt defineret af projekternes individuelle indhold. Projektgrupperne har det overordnede ansvar for projekternes fremdrift og gennemførelse samt disses koordinering med forskningsprojekterne. Endelig etableres et antal tematiske arbejdsgrupper.

Det overordnede ansvar for forskningsaktiviteterne varetages af Lektor Jeppe Lund Nielsen, Aalborg Universitet (CV vedlagt i Bilag 2).

Projektkoordineringsgruppen har ansvaret for at sikre den formidlingsmæssige forpligtelse gennem konsortiets løbetid. Det være sig udarbejdelse af newsletters, vedligeholdelse af hjemmeside (igennem videnscentret AQUACIRCLE), organisering af konferencer og tematiske mødearrangementer. I projektkoordineringsgruppen sidder repræsentanter for GTS-institutterne og forskningsinstitutterne og på ad hoc-basis repræsentanter for virksomhedsparterne. Projektkoordineringsgruppen ledes af DHI.



Figur 5.1 REFA´s Projektorganisation.

7 DEN ERHVERVSMÆSSIGE EFFEKT AF INNOVATIONSKONSORTIET

Der vurderes at være et stabilt og kraftigt voksende globalt marked for recirkulerede anlæg. Med den rette pleje, koordinering og igangsætning af relevante udviklingsprojekter, som det her beskrevne, vil den danske sektor for udstyr til opdrætsbranchen kunne udbygge den stærke internationale markedsposition, som den allerede har.

Til trods for succesen på eksportmarkederne er de danske virksomheder, der leverer udstyr til recirkuleret opdræt, typisk små virksomheder med begrænset råderum og kapacitet til gennemgående udviklingsaktiviteter. Et innovations-konsortium, som dette, mellem primærproducenter, komponent- og anlægsleverandører, rådgivere og forskningsinstitutioner medvirker signifikant til højnelse af virksomhedernes og producenternes viden og styrker derved videreudviklingen af recirkulationsteknologi i akvakultur: Derigennem styrkes såvel det danske opdrætserhverv, samt det erhverv der udvikler og sælger komponenter, hele opdrætsanlæg samt serviceydelser. Hele sektoren har således mulighed for at profitere af denne generiske indsats.

Primærproducenterne (dambrugerne) kan imødese muligheder for energieffektivisering gennem såvel udviklede energirigtige beluftningsmetoder som gennem mere stabil drift af biofilter og gennem bedre mekanisk filtrering. Drift og vedligehold af de mekaniske og biologiske filtre er i dag såvel mandskabs- som energikrævende processer. Monitering og regulering af renseforanstaltningerne i et akvakulturanlæg vil kunne føre til, at de tidvis kraftige fluktuationer af vandkvaliteten i anlæggene minimeres. Hvis vandkvaliteten holdes konstant, vil besætningen (fiskene i opdræt) direkte have benefit af dette, idet stabilitet er vigtig for fiskenes velfærd, trivsel (tilvækst) og foderomsætningseffektivitet. Faktisk har det større økonomisk betydning, at fiskenes miljø holdes stabilt, end at det er optimalt.

Det danske dambrugserhverv, der i dag er underlagt en regulering ved hjælp af foderkvoter, ønsker fremover at blive reguleret på udlederkrav. Med andre ord ønsker man at ibrugtage teknologi, bl.a. den der udvikles i nærværende konsortium, som muliggør en produktionsekspansion og samtidig muliggør overholdelse af krav til indhold af N, P, O og organisk materiale (BOD) i udløbsvandet. Øgede muligheder for monitering og regulering af vandkvalitet i akvakulturanlæg vil have afgørende betydning for introduktion af nye opdrætsarter – såvel hos danske producenter som på eksportmarkederne. Internationalt ligger der et meget stort potentiale i opdræt af marine arter, hvis yngel er mikroskopisk og stiller store krav til vandkvaliteten og stabiliteten af dette. De direkte medvirkende virksomheder vil have et klart forspring og vil hurtigt kunne videreføre forsknings- og udviklingsresultaterne fra konsortiet til markedsførbare produkter.

Forventningerne til en revideret EU-strategi for udviklingen af akvakultursektoren i Europa er store. Allerede med etableringen af Den Europæiske Fiskeri Fond blev akvakultur ”løftet” op på niveau med fiskeri. Dette tolkes som et tidligt politisk signal om, at EU ønsker en reel ekspansion på opdrætsområdet. Når man studerer de enkelte medlemsstaters udlægning i nationale handlingsplaner, er dette også tydeligt. En væsentlig del af den ønskede omlægning af opdrætssektoren i EU ligger umiddelbart åbent for danske rådgivere, leverandører af udstyr og hele anlæg. De teknologiske, erhvervsmæssige, politiske, økonomiske og miljømæssige effekter, der kan forventes fra arbejdet i innovationskonsortiet, er således store. Uden i øvrigt at drage paralleller til vindmølleindustrien – er der faktisk muligheder for en markant dansk ekspert- og eksportniche.

AquaCircle

8 DEN SAMFUNDSMÆSSIGE EFFEKT AF INNOVATIONS-KONSORTIET

Akvakultur er en effektiv fødevareproducent. Ved produktion af 1 kg ørred anvendes med dagens teknologi 400-500 l vand. Som kontrast til dette kan det nævnes, at der til produktionen af 1 kg oksekød medgår 16.000 l vand. Med den påtænkte teknologiudvikling vil vandbehovet ved fiskeopdræt yderligere kunne sænkes. Det skønnes, at der indenfor en overskuelig fremtid vil kunne produceres 1 kg ørred med brug af 40 – 50 l vand. Da det brugte vand ydermere ikke er belastet med patogener, pesticider eller andre miljøfremmede stoffer, og oven i købet vil indeholde en smule næringsstoffer, kan dette anvendes til anden, vegetabilsk, fødevareproduktion. Denne kombination vil i høj grad være interessant for lande og regioner, hvor vand er en begrænsende faktor for fødevareproduktionen, men også i Danmark hvor der kommer større og større pres på vandressourcerne.

Det danske samfund udleder årligt ca. 450.000 tons kvælstof til havet. Dansk opdræt af fisk har fået tildelt en kvote på 2.400 tons. Med innovationskonsortiets succesfulde gennemførelse vil denne kvote sandsynligvis kunne anvendes til produktion, der ligger over de forventede 115.000 tons fisk, som fremgår af regeringens handlingsplan, og dermed deltage i afkoblingen af produktion og miljøbelastning. Samtidig vil resultater og tekniske løsninger, som udspringer fra nærværende konsortium medvirke til en fastholdelse og udvidelse af arbejdspladser i både den danske opdrætssektor såvel som leverandører af teknologi og know-how.

Med videreudvikling af mekaniske filtre, som på trods af det markante hydrauliske pres, der forekommer i opdrætsanlæggene, vil en anvendelse af væsentligt mindre maskevidder formentlig medføre, at de naturligt forekommende fiskeparasitter kan fjernes mekanisk. I så fald vil brugen af medicin til denne bekæmpelse kunne reduceres væsentligt. Med en stabil høj vandkvalitet takket været forbedret drift og regulering af biofiltre knyttes der også håb om en reduktion af forbrug af medicin og andre hjælpestoffer, som kan påvirke det omgivende miljø.

En eliminering eller en markant reduktion af risikoen for, at opdrætsfiskene tager afsmag af mikrobielt producerede smags- og lugtstoffer, vil betyde en økonomisk gevinst for hele sektoren fra primærproducent via forarbejdning til eksportør. Således vil samfundet som sådan få en værditilvækst.

Endeligt ligger systemeksport lige for: Teknologiske landvindinger fra nærværende projekt i kombination med allerede indvundne erfaringer fra omstillingen til modeldambrugskonceptet. Både dambrugserhvervet, de offentlige myndigheder (miljø- og fødevareministerierne) og sektorens følgeindustri har erhvervet en enestående viden og erfaring – en erfaring der bør eksporteres som koncept. I første omgang kunne eksporten fokuseres på en række østlige EU medlemslande, hvor man nationalt har prioriteret udvikling af akvakultursektoren højt.

AquaCircle

9 RESULTATFORMIDLING OG SPREDNINGSEFFEKT

I Danmark eksisterer der en enestående kobling mellem erhvervets værdikæde (branche-foreningen Dansk Akvakultur), netværket AquaCircle, der repræsenterer udstyrs- og vi-denleverandører, og de offentlige myndigheder. Denne kobling giver også enestående muligheder for at sprede viden og resultater, som vil udspringe fra dette konsortium. AquaCircle hjemmeside bringer dagligt efterretninger af interesse for sektoren – herun-der også populærfortolkninger af forsknings- og udviklingsresultater. Herudover afhol-der såvel AquaCircle som Dansk Akvakultur temamøder, og Dansk Akvakultur udgiver et månedligt nyhedsbrev.

Gennem konsortiets levetid forventes opnåede resultater og opbygget kompetence løbende formidlet til en bredere kreds af interessenter gennem bl.a.:

- AquaCircles hjemmeside
- Nyhedsbreve, der udgives jævnligt og udsendes bredt i industrien
- Efteruddannelsesaktiviteter
- Deltagelse i nationale og internationale temadage
- Videnhjemtagning og udveksling med European Aquaculture Association – en fælleseuropæisk interesseforening for udvikling af opdrætssektoren

Projektet indeholder tre ambitiøse forskningsprojekter, som bidrager til området internationalt niveau. Formidlingen vil ske i form af internationale peer-reviewede artikler og konferencer, men også nationalt i branchetidsskrifter og temadage. Projektet spiller sammen med de øvrige forskningsindsatser i akvakulturbranchen. Her er Dansk Akvakultur og ikke mindst netværket AquaCircle aktive bindeled som samler og koordinerer.

GTS-institutterne forventer at kunne kommercialisere de udviklede ydelser inden for bl.a. følgende områder:

- Miljørigtig og kost-effektiv anvendelse af renseteknologi i recirkulerede akvakulturanlæg ved opgradering af gennemstrøms dambrug eller mindre intensivt recirkulerede til mere intensivt recirkulerede anlæg
- Udvikling og afprøvning samt dokumentation af teknologi til recirkulerede akvakulturanlæg med fokus på renseprocesløsninger
- Specialistrådgivning i forbindelse med anvendelse af ny renseteknologi og forebyggelse af afsmagsproblemer
- Energibesparelser ved drift med fokus på energieffektiv beluftning
- Identifikation og måling af smagsstoffer og smagsstofdannende bakterier
- Kursustilbud relateret til drift af renseteknologi i recirkulerede akvakulturanlæg

Endeligt har DTU netop etableret en ny akvatisk masteruddannelse. Resultater fra konsortiets arbejde vil tilgå de ansvarlige for uddannelsen på DTU. På tilsvarende vis vil Aalborg Universitet inddrage resultater i undervisningen.

Miljøstyrelsen har nedsat en Teknisk Arbejdsgruppe, som arbejder med mulighederne for at omlægge reguleringen af danske dambrug til udlederkrav. Det synes oplagt at holde denne arbejdsgruppe opdateret på fremdrift i og resultater fra dette konsortium.

AquaCircle