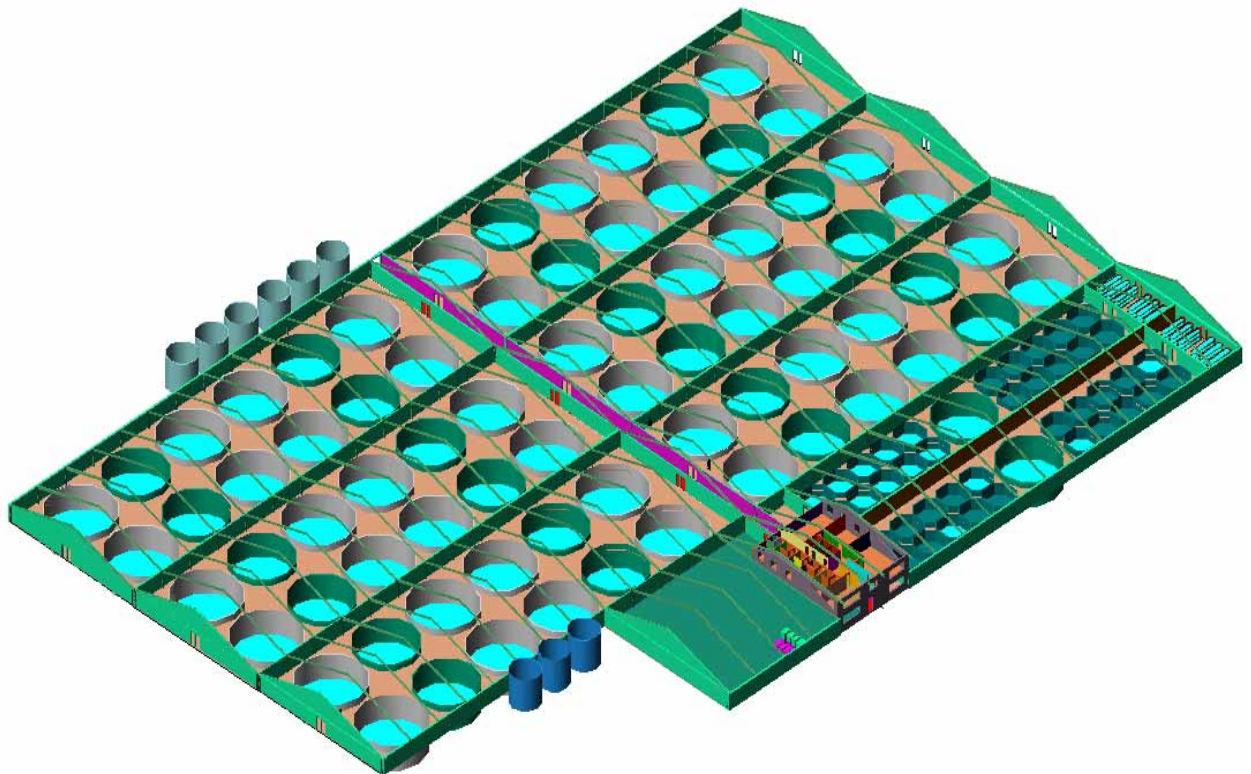


FREA

Udredning af de kommercielle og tekniske muligheder for at opdrætte ørreder i fuldt recirkulerede akvakulturanlæg

Styring og overvågning



FREA

Udredning af de kommercielle og tekniske muligheder for at opdrætte ørreder i fuldt recirkulerede akvakulturanlæg

Styring og overvågning

Juli 2007

Agern Allé 5
2970 Hørsholm

Tlf: 4516 9200
Fax: 4516 9292
dhi@dhigroup.com
www.dhigroup.com

Klient Dansk Akvakultur		Klientens repræsentant Brian Thomsen			
Projekt FREA		Projekt nr. 54411			
Forfattere Peter Rand Karl Iver Dahl-Madsen		Dato Juli 2007			
		Godkendt af Ian Sehested Hansen			
3	Notat	<i>PRD</i>	<i>FM</i>	<i>ISH</i>	11/07/07
2	2. Udkast til Teknisk Notat	PRD	FM	ISH	05/07/07
1	Udkast til Teknisk Notat	PRD	FM	ISH	03/05/07
Revision	Beskrivelse	Udført	Kontrolleret	Godkendt	Dato
Nøgleord Regulation and control Trout Farm Recirculation technology		Klassifikation <input type="checkbox"/> Åben <input type="checkbox"/> Intern <input checked="" type="checkbox"/> Tilhører klienten			

Distribution		Antal kopier
Dansk Akvakultur	Brian Thomsen	1+ pdf-fil
DHI:	PRD, Bibliotek	2



INDHOLDSFORTEGNELSE

1	RESUMÉ	1
1.1	Problemstillinger	1
1.2	Gennemførte undersøgelser.....	1
1.3	Resultater	1
1.4	Anbefalinger.....	3
2	INDLEDNING OG PROBLEMFORMULERING	4
3	OMFANG OG GENNEMFØRELSE	4
4	RESULTATER	4
4.1	Måling og registrering	4
4.2	Regulering og kontrol.....	6
4.3	Backup - og alarmsystemer	7
4.4	Præsentation og bearbejdning af data.....	7
5	SAMMENFATNING	8



1 RESUMÉ

Nærværende notat udgør en del af afrapporteringen af forundersøgelsesprojektet vedrørende de kommercielle og tekniske muligheder for at opdrætte ørreder i fuldt recirkulerede akvakulturanlæg.

Som grundlag for analysen er valgt data for et skitseprojekteret 3.000 tons/år dambrug ved Kærhede tæt ved Sdr. Felding i Skjern Å's opland. Dambruget er tænkt anlagt i isolerede bygninger og med en basal forsyning af vand til driften i form af grundvandsindvinding med en efterfølgende nedsivning af dette i laguner.

1.1 Problemstillinger

Følgende overordnede problemstillinger i forhold til behovet for regulering og kontrol af produktionsprocessen i fuldt recirkulerede anlæg til produktion af ørreder er blevet undersøgt og beskrevet i nærværende notat:

- Hvilke anlægstilstande og funktioner er der behov for at måle og registrere for at opnå en optimal udnyttelse af fiskenes og anlæggets produktionspotentialer?
- Hvordan kan/bør disse tilstande og funktioner reguleres og kontrolleres?
- Hvordan er status for danske anlæg med hel eller delvis recirkulering af opdrætsvandet?

1.2 Gennemførte undersøgelser

Som baggrund for løsning af ovenfor nævnte problemstillinger er der gennemført en række aktiviteter:

- Indsamling og sammenstilling af eksisterende viden om praktiske erfaringer med måling, registrering, styring og kontrol af akvakulturanlæg;
- Interviews med førende danske producenter af opdrætsanlæg med recirkulationsteknologi;
- Interviews med førende danske producenter af udstyr til måling, registrering, styring og overvågning af akvakulturanlæg.

1.3 Resultater

Gennemgangen af eksisterende erfaringer med måling, registrering, styring og kontrol af akvakulturanlæg har vist, at det er en forudsætning for at opnå en optimal udnyttelse af fiskenes og anlæggets produktionspotentiale at der løbende sker en måling og registrering af følgende tilstande og funktioner:

- Ekstern lufttemperatur;



- Vandstand og vandtemperatur i pumpebrønd;
- Temperatur, luftfugtighed og CO₂ i hver hal;
- Ilt og vandstand samt fiskenes fødesøgningsaktivitet og fodertilførslen i eller til samtlige kar i produktionsanlæggene;
- Temperatur, CO₂, pH, NH₄, NO₂ og NO₃ i opdrætsvandet i produktionsanlæg;
- Ilt og vandstand i sorterings - og leveringsanlæg;
- Vandstand i pumpe-sumpe, reservoirer og mekaniske filtre i produktionsanlæg;
- Effektforsøg af samtlige vandpumper, beluftere, ventilatorer og motorer til mekaniske filtre;
- Beholdning af foder, ilt, base og IPA-sprit.

Følgende anlægstilstande og bør løbende reguleres og kontrolleres:

- Vandtilførsel til samtlige produktionsanlæg;
- Temperatur, CO₂ og luftfugtighed i hver hal;
- Iltkoncentrationen i samtlige kar i produktions -, sorterings - og leveringsanlæg;
- Iltkoncentrationen i vand fra denitrifikationsfiltrene;
- Temperatur, CO₂ og pH i opdrætsvandet i samtlige produktionsanlæg.

Af hensyn til driftssikkerheden anbefales det at der etableres nødgeneratorer til drift af alt elektronisk udstyr til måling, registrering, regulering og kontrol af anlæggenes tilstand og funktion, samt til drift af alle hovedpumper og mekaniske filtre.

Endvidere anbefales at der etableres akustisk, visuel, elektronisk og telefonisk alarm til vagtpersonale i forbindelse med afvigende tilstande i ilt og vandstand i karrene, pH i opdrætsvandet og effektforsøg af samtlige hovedpumper i alle produktionsanlæg.

Endelig anbefales det at der etableres visuelle alarmer for afvigende temperatur, CO₂ og luftfugtighed i hallerne samt afvigende temperatur, CO₂, NH₄, NO₂ og NO₃ i opdrætsanlæggene.

Det er af afgørende betydning for effekten af det opstillede måle -, registrerings - og reguleringsudstyr at der anvendes og/eller udvikles software til håndtering og præsentation af resultaterne samt til brug ved beregning af afledede størrelser så som fiskenes og biofiltrenes iltforbrug som funktion af udfodring samt af sammenhængen mellem CO₂, pH, baseforbrug, IPA-spritforbrug, nitratkoncentration, vandforbrug og fodertilførsel.

En gennemgang af eksisterende erfaringer fra førende fiskeopdrættere samt anlægs - og udstyrsproducenter viser at de fleste produktionsanlæg med udstrakt anvendelse af



recirkulationsteknologi er relativt veludstyrede samt at der findes velfungerende måleudstyr til stort set alle de foreslåede tilstande og funktioner samt systemer til registrering, regulering og kontrol af alle væsentlige tilstandsfunktioner.

1.4 **Anbefalinger**

Det anbefales, at der foretages en videreudvikling af software til beregning af afledede størrelser så som fiskenes vækst og biofiltrenes iltforbrug som funktion af udfodring samt af sammenhængen mellem CO₂, pH, baseforbrug, IPA-spritforbrug, nitratkoncentration, vandforbrug og fodertilførsel.

Endvidere foreslås at der udvikles en database – det virtuelle akvakulturanlæg -, som på grundlag af målinger og modelsimuleringer genererer oplysninger om anlæggets fortid, nutid og forventede nære fremtid til støtte for driftschefens optimering af anlæggets drifts- og miljøforhold.



2 INDLEDNING OG PROBLEMFORMULERING

Nærværende notat udgør en del af afrapporteringen af forundersøgelsesprojektet vedrørende de kommercielle og tekniske muligheder for at opdrætte ørreder i fuldt recirkulerede akvakulturanlæg.

Som grundlag for analysen er valgt data for et skitseprojekteret 3.000 tons/år dambrug ved Kærhede tæt ved Sdr. Felding i Skjern Å's opland. Dambruget er tænkt anlagt i isolerede bygninger og med en basal forsyning af vand til driften i form af grundvandsindvinding med en efterfølgende nedsivning af dette i laguner.

Med udgangspunkt i erfaringer fra og status for dansk fiskeproduktion med anvendelse af recirkulationsteknologi samt en undersøgelse af markedet for udstyr til måling, registrering, regulering og kontrol af fiskeanlæg foretages en vurdering af behovet for udvikling af udstyr og software til sikring af et sikkert og optimeret fiskeopdrætsanlæg.

3 OMFANG OG GENNEMFØRELSE

Notatet belyser behovet for data og informationer vedrørende anlæggenes og fiskenes tilstand til sikring af en optimal udnyttelse af fiskenes vækstpotentiale og anlæggenes produktionspotentialer. På grundlag heraf gives der anbefalinger til hvilke tilstandsvariabler og funktioner der bør måles og registreres. Endvidere gives et forslag til behovet for regulering og kontrol af de vigtigste tilstande og funktioner.

Notatet er udarbejdet af DHI på grundlag af møder og konsultationer med en række af de vigtigste danske producenter af fisk, produktionsanlæg og/eller udstyr til måling, registrering, regulering og kontrol af anlæggene.

4 RESULTATER

4.1 Måling og registrering

Gennemgangen af eksisterende erfaringer med måling, registrering, styring og kontrol af modeldambrug eller anlæg med recirkulationsteknologi til produktion af ål har vist, at det er en forudsætning for at opnå en optimal udnyttelse af fiskenes og anlæggets produktionspotentiale at der løbende sker en måling og registrering af følgende tilstande og funktioner:

- **Ekstern lufttemperatur.** Den eksterne lufttemperatur er af afgørende betydning for temperaturforholdene i luft samt i opdrætsanlæggene som følge af den nødvendige udluftning af hallen/hallerne for at bortskaffe kultveilte (CO₂) og luftfugtighed fra produktionen.



- **Vandstand og temperatur i pumpebrønd.** Til sikring af brøndens kapacitet samt vandets karakter måles vandstand i brønden samt vandets temperatur.
- **Intern lufttemperatur, luftfugtighed og CO₂-indhold.** Af hensyn til det interne arbejdsmiljø, korrosion, samt kortslutninger forårsaget af kondens er det vigtigt at der foretages en måling og registrering af temperatur, luftfugtighed og CO₂-indhold af luften i hallen/hallerne. Ved kontakten mellem luften i hallen og vandet forårsaget af beluftningen af vandet i karrene og/eller i rislefiltrene, sker der en temperaturudligning, en fordampning, en iltning af vandet samt en ud-drivning (stripping) af CO₂, stammende fra fiskenes og biofiltrenes respiration.
- **Ilt og vandstand i kar i produktionsanlæggene.** Koncentrationen af opløst ilt i karrene er af afgørende betydning for fiskenes vækst og overlevelse. Koncentrationen af opløst ilt sikres ved normal drift ved tilførsel af recirkuleret vand med det nødvendige indhold af ilt. Som en følge af vandmodstanden i afløbsarrangementet stiger vandstanden i karrene og vandstanden bliver derved et indirekte mål for vandtilførslen. Ved pumpevigt bør der kunne tilføres ilt direkte til karrene.
- **Fiskenes fødesøgningsaktivitet.** Fiskenes fødesøgningsaktivitet kan måles og registreres elektronisk samt ved visuelle observationer foretaget af driftspersonel og ved videoovervågning.
- **Fodertilførslen.** Fodertilførslen bør måles og registreres manuelt eller elektronisk ved henholdsvis manuel eller automatisk foderfremføring og dosering.
- **Ilt i det samlede tilbageløb, i afløbet fra det dykkede filter, i afløbet fra rislefiltret samt i afløbet fra iltkeglen.** Disse målinger er af afgørende betydning for kontrollen af omsætningen af foder hos fisk og i biofiltrene og dermed for fiskenes udnyttelse af foderet til vækst og for biofiltrenes nedbrydning af resterne til kultveilde, ammoniak, fosfat og vand.
- **Ilt i afløbet fra denitrifikationsfiltre.** Iltindholdet i afløbet fra filtre til reduktion af nitratindholdet i det recirkulerede vand (denitrifikationsfiltre) måles og registreres løbende.
- **Temperatur, pH, CO₂, NH₄, NO₂ og NO₃ i opdrætsvandet.** Opdrætsvandets temperatur, surhedsgrad (pH) samt indhold af kultveilde (CO₂), ammoniak, nitrit samt ammoniak er af afgørende betydning for fiskenes væksthastighed samt for effektiviteten af biofiltrenes funktion.
- **Ilt, temperatur og vandstande i sorterings - og leveringsanlæg.** For at sikre et minimum af stress for fiskene under ophold i sorterings – eller leveringsbassiner foretages målinger af de væsentligste miljøfaktorer.
- **Vandstand i pumpe-sumpe, reservoirer og mekaniske filtre.** Vandstanden i pumpe-sumpe (og eventuelle reservoirer til beluftning) er af afgørende betydning for pumpernes og belufternes funktion. For de mekaniske filtre er vandstanden styrende for aktiveringen af skyllemekanismen og dermed for filtrets funktion.



- **Effektforbrug af samtlige vandpumper, beluftere, ventilatorer samt motorerne til mekaniske filtre.** Som grundlag for kontrol af funktionen (alarmering) og effektiviteten (vedligehold) af de installerede pumper, blæsere, ventilatorer og motorer måles løbende effektforbruget.
- **Beholdning af foder, ilt, base og IPA-sprit.** For at sikre en kontinuerlig drift måles og registreres beholdningen af de vigtigste råmaterialer.

4.2 Regulering og kontrol

Med udgangspunkt i driftserfaringerne fra opdrætsanlæg med brug af recirkulationsteknologi bør følgende anlægstilstande løbende reguleres og kontrolleres:

- **Vandtilførsel til leveringsanlæg og produktionsanlæg.** Vandtilførslen til leveringsanlæggene og produktionsanlæggene foreslås reguleret manuelt ved flowmåler medens vandafløbet foreslås reguleret passivt ved overløb.
- **Temperatur i luften i hallen.** Temperaturen i hallen reguleres ved krydsvarmeveksling af den ud - og indgående luft under hensyntagen til temperaturen i opdrætsvandet.
- **CO₂ i hallen.** Halluftens indhold af kultveilde reguleres ved forceret udskiftning af halluftens med omgivelserne. Det anbefales at holde koncentrationen af kultveilde under 0,3 %.
- **Luftfugtighed i hallen.** Halluftens relative luftfugtighed reguleres ved forceret udskiftning af halluftens med omgivelserne. Det anbefales at holde den relative luftfugtighed under 90 %.
- **Iltkoncentrationen i vand fremført til produktionskar.** Iltkoncentrationen i fremføringsvandet kan reguleres centralt ved dosering af ilt til iltkegler eller lignende udstyr til opiltning af vand. Mængden af tilsat ilt styres af koncentrationen af ilt det recirkulerede vand efter karrene.
- **Tilførsel af IPA-sprit til denitrifikationsfiltre.** Tilførslen af IPA-sprit til denitrifikationsfiltrene foreslås reguleret automatisk på baggrund af iltkoncentrationen i afløbet.
- **Iltkoncentrationen i kar i produktionsanlæg.** Iltkoncentrationen i karrene kan reguleres manuelt ved fordeling af den samlede recirkulerede vandmængde mellem produktionskarrene efter behov. Den recirkulerede vandmængde kan eventuelt fordeles på to flow, hvoraf kun den ene har fået tilført ilt fra iltkeglerne. I givet fald reguleres iltkoncentrationen i karrene kun ved manuel justering af dette vandflow.
- **Iltkoncentrationen i kar i sorterings - og leveringsanlæg.** Iltkoncentrationen i karrene kan, som følge af det mindre iltbehov reguleres ved beluftning af de enkelte kar. Beluftningens omfang styres manuelt på baggrund af kontinuerte målinger af iltindholdet.



- **Temperatur i produktionsanlæg.** Temperaturen i det recirkulerede vand reguleres ved manuel regulering af vandtilførsel samt halluftens temperatur. Opvarmningen af vandet sker primært ved den energi der løbende tilføres fra fiskenes og bakteriernes nedbrydning af foderet samt el-forbruget til recirkulering af vandet.
- **CO₂ i produktionsanlæg.** Vandets indhold af kultveilte kan reguleres ved at skabe den nødvendige kontakt mellem det recirkulerede vand og halluften. Dette kan ske ved beluftning i separate kar eller ved modstrømsbeluftning af rislefilte etableret som en del af det biologiske renseanlæg. Intensiteten af beluftningen reguleres manuelt efter indholdet af kultveilte i det recirkulerede vand.
- **pH i produktionsanlæg.** pH i vandet styres elektronisk ved tilsætning af basisk virkende stoffer.

4.3 **Backup - og alarmsystemer**

Som en følge af at cirkulationen af vandet i anlæggene og tilførslen af ilt til karrene er de mest kritiske faktorer anbefales det af hensyn til driftssikkerheden at der etableres nødgeneratorer til drift af alt elektronisk udstyr til måling, registrering, regulering og kontrol af anlæggenes tilstand og funktion, samt til drift af alle cirkulationspumper og mekaniske filtre.

Endvidere anbefales det at der etableres akustisk, visuel, elektronisk og telefonisk alarm til vagtpersonale i forbindelse med afvigende tilstande i ilt og vandstand i karrene, pH i opdrætsvandet samt i effektforbrug til cirkulationspumper og til de mekaniske filtre.

Endelig anbefales det at der etableres visuelle alarmer for afvigende temperatur, kultveilte og luftfugtighed i hallerne, for afvigende temperatur, kultveilte, NH₄, NO₂ og NO₃ i opdrætsanlæggene samt til effektforbrug af pumper, blæsere mv..

4.4 **Præsentation og bearbejdning af data**

Det er af afgørende betydning for effekten af det opstillede måle -, registrerings - og reguleringsudstyr at der anvendes og/eller udvikles software til håndtering og præsentation af resultaterne samt til brug ved beregning af afledede størrelser så som:

- Fiskenes og biofiltrenes iltforbrug som funktion af udfodring
- Sammenhængen mellem CO₂, pH, baseforbrug, IPA-spritforbrug, nitratkoncentration, vandforbrug og fodertilførsel.

En gennemgang af eksisterende erfaringer fra førende fiskeopdrættere samt anlægs – og udstyrsproducenter viser at de fleste produktionsanlæg, med udstrakt anvendelse af recirkulationsteknologi, er relativt veludstyret med henblik på registrering af de basale anlægstilstande.



En gennemgang af udbudet på det danske marked viser at der findes velfungerende måleudstyr til stort set alle de foreslåede tilstande og funktioner samt systemer til registrering, regulering og kontrol af alle væsentlige tilstandsfunktioner.

Der savnes imidlertid et effektivt værktøj til at optimere drifts- og miljøforholdene på de enkelte fiskeopdrætsanlæg. Moderne dataopsamlings-teknologier, kombineret med state-of-the-art simuleringsmodeller gør det i dag muligt at etablere et "virtuelt" fiskeopdrætsanlæg. Dette virtuelle fiskeopdrætsanlæg bør være en troværdig og dynamisk model af et fiskeopdrætsanlæg. Modellen skal kunne opdateres løbende ved hjælp af strømmen af indsamlede data og automatisk gentagne computersimuleringer.

I det virtuelle fiskeopdrætsanlæg opbygges detaljeret information om fiskeopdrætsanlæggets fortid, nutid og fremtid i form af en database. Blandt andet vil der kunne foretages løbende beregninger af alle størrelses udvikling i tiden herunder udviklinger i balancer for stof og energi.

Disse oplysninger kan bruges til at optimere drifts- og miljøforholdene på fiskeopdrætsanlægget, og dermed spare driftsomkostninger samt øge produktionen i forhold til den tilladte miljøbelastning. Endvidere kan oplysningerne bruges til varsel om evt. kommende problemer med drift, sygdom etc. Det virtuelle fiskeopdrætsanlæg skal kunne kobles til - eller alternativt indeholde - en økonomifunktion som gør det muligt at minimere produktionsomkostningerne.

Det virtuelle akvakulturanlæg bør opbygges som et integreret software værktøj, der samler data op, afvikler computersimuleringer, lægger information i en data-base og præsenterer den nyeste information løbende på en hjemmeside i brugerdefineret format.

Grundlaget for det virtuelle akvakulturanlæg kan være en dynamisk tredimensional database indeholdende alle væsentlige oplysninger om akvakulturanlæggets forhold. I en mindre driftsdatabase kan samles alle væsentlige driftsmæssige forhold: besætning, udfiskning, fodring, anvendelse af hjælpestoffer etc. i komprimeret form.

Informationerne, for eksempel størrelse af fiskebesætning, foder, medicintilsætning, udfiskning osv., skal komme dels fra opdrætteren, som indfører dem i databasen, dels fra analyser og endelig fra automatiske registreringer af de væsentligste tilstande i produktionsanlægget. Desuden fyldes databasen ud med resultater af modelberegninger, som udgør en slags "intelligent interpolation". Modellerne bør kunne afvikles online, og beskrive akvakulturanlæggets nærmeste fremtid.

Efter en såkaldt "assimilering", dvs. systematisk korrektion af de beregnede (forventede) tilstande på grundlag af de faktiske måledata, bliver disse tal til tal for fortid og nutid gemt til senere brug.

5 SAMMENFATNING

En optimal driftsstyring af denne type anlæg er betinget af, at der etableres dækkende måle- og datasystemer for driften. I forbindelse med etablering og drift af modeldambrugene er der etableret megen relevant viden, som kan bruges til design af et dækkende



målesystem. Desuden bør der inddrages viden fra analoge sektorer som spildevandsrensingsanlæg og industrielle produktionsanlæg.

Grundlaget for måleprogrammet skal være:

- nødvendige målinger af driftstilstande og -funktioner kombineret med matematiske modeller for foderudnyttelse og fiskevækst
- den biologiske omsætning i rensningsanlæggene kombineret med detaljerede hydrauliske beregninger (**C**omputational **F**luid **D**ynamics).

Målingerne og modelberegningerne foreslås sammenkørt med oplysninger om fodring, fiskebesætninger etc. i en database – det virtuelle akvakulturanlæg -, som genererer oplysninger om anlæggets fortid, nutid og forventede nære fremtid.

Databasen kobles med et driftsprogram, som på en overskuelig måde (virtualisering) leverer løbende støtte for produktionschefens beslutninger.