

# Produktion af smolt i størrelse XL giver nye udfordringer

af David Owen, Blue-Unit

David Owen er australler, uddannet inden for biologi og landbrug-søkonomi, og har over 20 års international erfaring med design og styring af fiskeopdræt. I 2009 grundlagde David Blue-Unit i Danmark som en konsulentvirksomhed, der er specialiseret i styring af vandkvaliteten i landbaseret fiskeopdræt. Blue-Unit mener, at hvis man som leder af et fiskeopdræt ønsker at maksimere hastigheden og kvaliteten af ledelsesbeslutninger, er det nødvendigt at kunne stole på pålidelige målinger af vandkvaliteten og hurtigt kombinere dette med andre nyttige data fra opdrættet. Få mere at vide på [blue-unit.com](http://blue-unit.com)



I mange lakseproducerende områder er der store fordele, hvis man producerer en større smolt end hidtil til udsætning i havburene. På lokaliteter, der har problemer med havlus, kan en større smolt f.eks. have opnået slagtestørrelse før næste angreb af havlus. Dette skåner de pågældende fisk for behandling og frigør ressourcer til koncentreret behandling af de mindre fisk. I Chile anses en smolt på 150 gram for at være mere tilpasningsdygtig til havet, og det indebærer, at laksen kun behøver at være i havet i blot en sommer i stedet for to og at sygdomspresset falder.

Produktion af større smolt på land betyder imidlertid, at opdrætsvirksomhedens recirkulationssystem bliver presset langt hårdere. Dermed opstår der visse problemer, som personalet må forholde sig til. I andre recirkuleringsopdræt kan man opleve lignende udfordringer når produktionsvolumen øges. Hvad sker der, når vi lader et hold smolt vokse sig meget større før udsætning, uden at recirkulationssystemet udvides?

Lad os antage, at vi normalt opdrætter smolt i hold a 1 million individer til en størrelse på 100 gram i vores fintunede recirkulationssystem. Men nu har vi brug for, at de vokser til 150 gram. Hvad vil der ske? Personalet på anlægget vil helt bestemt skulle lægge flere arbejdstimer i det, men er det overhovedet muligt at passe recirkulationssystemet så tæt, at det kan bearbejde en så kraftig stigning i intensitet?

Figur 1 giver et overblik over, hvad der

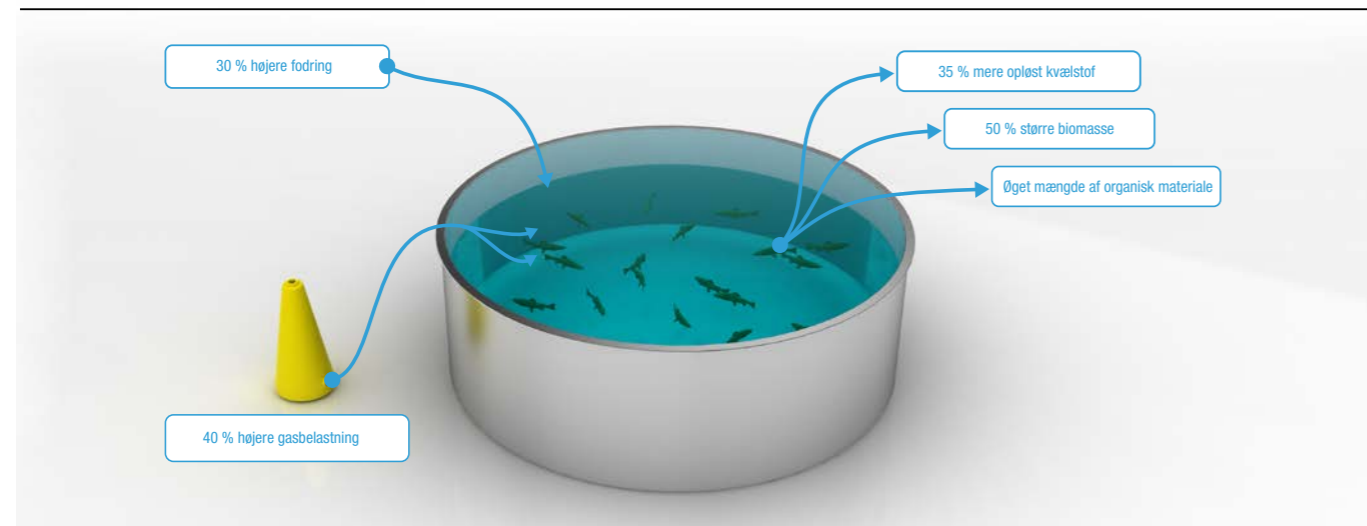
kan forventes, når vi øger anlæggets slut-biomasse med 50 %.

En smolt på 150 gram vil dagligt optage foder svarende til en mindre del af sin kropsvægt i sammenligning med en mindre smolt. Vi kan derfor antage, at fodermængden stiger med 30 % i stedet for de fulde 50 %. En smolt på 150 gram vil desuden have en lidt ringere foderudnyttelse i sammenligning med en smolt på 100 gram, og produktionen af affaldsstoffer kan derfor forventes at stige med

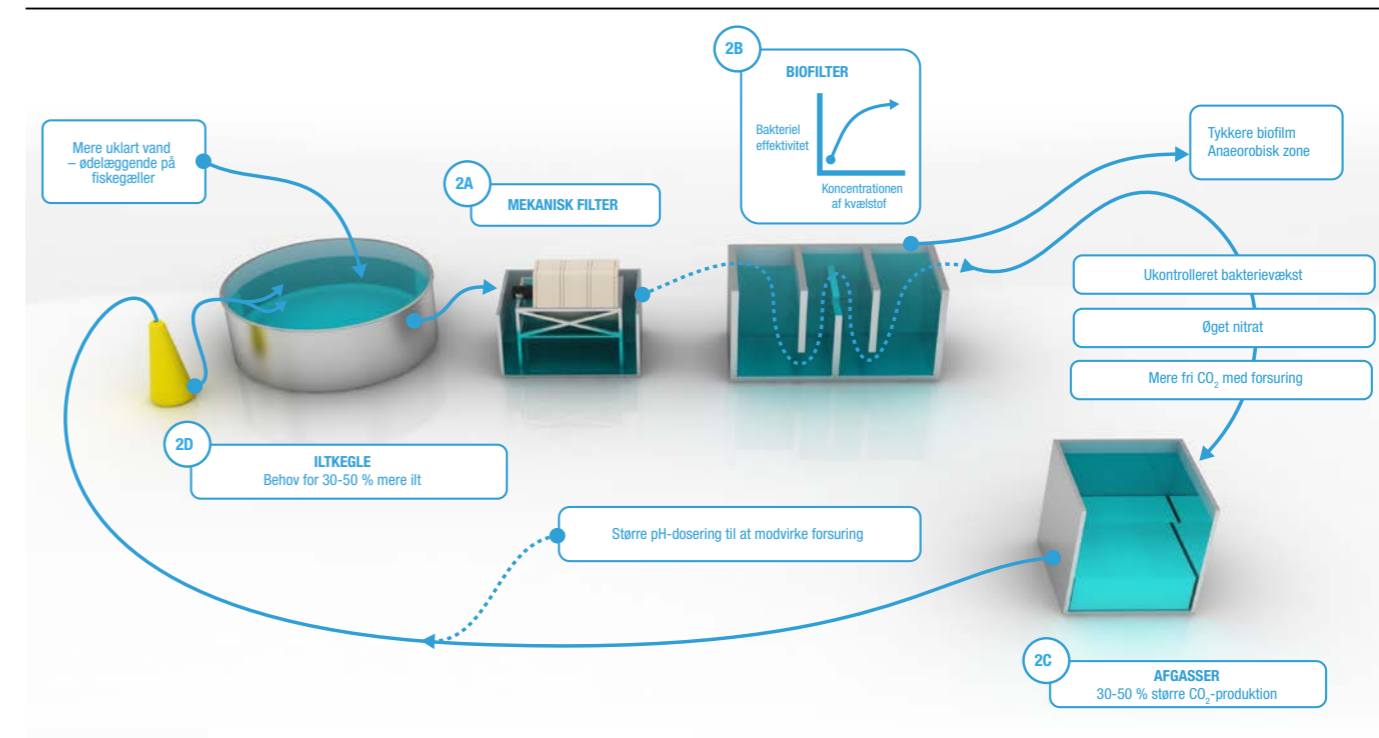
30-35 %. Dette gælder specielt for de opløste kvælstofforbindelser (ammoniak og nitrit), som er giftige biprodukter fra biologisk aktivitet.

Praktiske erfaringer viser, at iltbehovet og kuldioxidproduktionen stiger med mere end de 30 % som kunne forventes af den øgede fodermængde. Dette skyldes, at der vil ske en forhøjet akkumulering af organisk materiale i anlægget og dermed større gas behov og produktion.

Figur 1. Overblik over, hvad der kan forventes, når anlæggets slut-biomasse øges med 50 %.



Figur 2. Udfordringer for vandkvaliteten forbundet med, at fodring øges med 30 %.



Det største problem i forbindelse med produktion af ekstra store smolt er akkumuleringen af organisk materiale og deraf følgende behov for ilt og produktion af kuldioxid. Om produktion af ekstra store smolt bliver en succes eller et fiasko afhænger af, hvordan vi håndterer dette problem i vandbehandlingssystemet.

## Et 500 kilos foderchok til systemet

Hvis vi lader et hold på 1 million individer vokse de ekstra 50 gram fra 100 til 150 gram i vores fintunede recirkulationssystem, betyder det, at der skal tilsættes 500 kg foder ekstra til recirkulationssystemet på alle dage med topbelastning. Det er temmelig meget og forårsager visse chokbølger i systemet. Figur 2 er et forsøg på at opsummere udfordringerne for den generelle vandkvalitet i forbindelse med den chokbølge, der genereres med de 500 kg foder.

Vandet i fisketankene belastes med

30-35 % flere fækalier og foderspild end tidligere. Det ender alt sammen i et mekanisk filter med en fastsat kapacitet, som derfor skal arbejde hårdere og pludselig kræver meget mere vedligehold. Det kan f.eks. medføre at man øger hulstørrelsen i et tromlefilter fra f.eks. 40 µm til 60 µm og at man som følge heraf fjerner 30 % mindre af de faste affaldsstoffer (Hydrotech præsentation).

De ekstra affaldsstoffer, der skylles gennem det mekaniske filter (Figur 2A), forårsager et større pres på de biologiske filtre i recirkulationssystemet. Mens en øget koncentration af kvælstof faktisk øger effektiviteten af biofilterets bakterier (Figur 2B) (Zhu and Chen), skaber for meget organisk materiale tykke biofilm og anaerobe zoner, som reducerer bakteriernes effektivitet til at nedbryde affaldsstofferne. Et overbelastet biofilter kan resultere i bakterier, der begynder at vokse uohæmmet inde i rør, på tankvægge

og på alle tilgængelige overflader, hvor de ofte danner "lammehaler".

Organisk materiale gør vandet grumset, hvilket skader fiskenes gæller. Organisk materiale i recirkulationssystemet forbindes desuden ofte med store stigninger i nitritindholdet. De bakterier, der reducerer nitrit, er de svageste bakterier i biofilteret, og de bliver hurtigt udkonkurreret af de heterotrofe bakterier, der trives på den større mængde organisk materiale der findes i anlægget.

De heterotrofe bakterier, der trives på den stigende mængde organisk materiale, kan direkte påvirke effekten af afgasningsmediet ved at blokere for vand- og luftstrømmen. Men hovedproblemet med disse hurtigt voksende bakterier er, at de genererer et betydeligt behov for ilt, og at de producerer kuldioxid. En forøgning i fodermængden på f.eks. 30 % vil føre til en stigning på 30-35 % i gasbelastningen

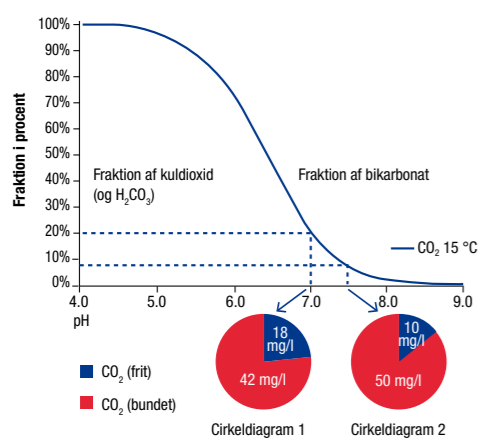
fra fiskene PLUS et proportionelt større iltbehov og en større kuldioxidproduktion fra bakterierne, hvilket resulterer i en potentiel stigning på 50 % i den totale gasbelastning!

Ved de højere fodringsniveauer sker der en markant større forsyning i recirkulationssystemet idet der opstår højere niveauer af nitrificering (direkte produktion af syre) i kombination med øget kuldioxidproduktion (som danner en svag syre<sup>1</sup>). En faldende pH-værdi er ikke i sig selv et problem, da det kan modsvares af vandudskiftning og ved at dosere en stærkere base - Ca(OH)<sub>2</sub> (pulver) eller NaOH (flydende). Men en faldende pH-værdi har stor betydning for koncentrationen af giftig, fri kuldioxidgas i vandet. Det kan spille en vigtig rolle, at man forstår forholdet mellem pH-værdi og fri kuldioxid, når man vil undgå, at der opstår et 500 kilos foderchok!

### Undgå foderchok gennem bedre styring

Det første skridt på vejen mod at undgå et foderchok er at foretage fornyelser til styringerne af akkumuleringen af organisk stof. De lokale driftsledere er de naturlige eksperter til at anvise den bedste løsning på at reducere koncentrationen af affaldsstofferne, som f.eks. skum fraktionering både med og uden ozon, bedre rensning af biofiltre, bedre hydrodynamik i fisketankene eller forbedringer til fodringssystemet.

**Figur 3. Karbonatsystem - distribution af kuldioxid ved forskellige pH-værdier.**



Figuren illustrerer fraktionen af CO<sub>2</sub>-gas (≠ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ved forskellige pH-værdier og ved 15 °C. Denne teoretiske kurve giver meget høje niveauer af frit CO<sub>2</sub>, da det formodes, at der ikke er andet, der påvirker pH-værdien. I realiteten (især i havvand) er der andre kemikalier, der bremser pH-værdien, hvilket flytter kurven til venstre.

I takt med at biomassen vokser og foderet øges, må iltforsyningen ikke være en begrænsende faktor. I de fleste recirkulationssystemer kan iltforsyningen som regel klare ekstra iltningsskrav der opstår ved at øge kapaciteten. Men hvis man ikke foretager en analyse, før man går i gang med udfordringen af de ekstra store smolt, vil iltforsyningen ofte være utilstrækkelig - man bliver f.eks. mere afhængig af diffuser i tankene - med en ekstra stor iltregning som resultat.

Den næste kritiske "flaskehals" er fjernelsen af kuldioxid. Fjernelsen af kuldioxid er normalt begrænset til et fastsat vandflow i cirkulationssystemet med en enkelt passage over en afgasser eller et iltningsskammer.

Når kuldioxid frigives, opløses det i produktionsvand som frit kuldioxidgas (frit CO<sub>2</sub>), bikarbonat og karbonat. Hvor stor en del der forbliver som frit CO<sub>2</sub>, og hvor meget der bindes i vandet, er stærkt afhængigt af pH-værdien (figur 3).

Summen af frit CO<sub>2</sub> og bundet bikarbonat og karbonat er det totale uorganiske kulstof (eller total CO<sub>2</sub>). Hvis det totale CO<sub>2</sub> er 60 mg/L og pH-værdien er 7,1, så er omkring 15 % af det totale CO<sub>2</sub> fri CO<sub>2</sub>-gas (figur 3, blåt stykke, cirkeldiagram 1). Hvis pH-værdien i systemet får lov til at falde til 6,8, forbliver det totale CO<sub>2</sub> på 60 mg/L, men procentdelen af frit CO<sub>2</sub> øges til lige over 30 % (figur 3, blåt udsnit i cirkeldiagram 2). Disse kemiske tal er af stor vigtighed, når recirkulationssystemet skal plejes i forbindelse med at foderintensiteten øges med 500 kg.

Mange recirkulationssystemer til smolt arbejder ved en lavere pH-værdi og en lavere total CO<sub>2</sub>. Et eksempel i figur 4A illustrerer, at dette scenarie resulterer i et stort fald i pH-værdien i tanken, hvilket betyder, at koncentrationen af frit CO<sub>2</sub> næsten fordobles. På den ene side er dette ikke godt for fiskene, hvor de større fisk synes at være mere følsomme over for disse variationer. På den anden side betyder det, at en rimelig stor andel (30 %) af den kuldioxid, der produceres, er tilgængelig for afgasseren eller iltningsskammeret som frit CO<sub>2</sub><sup>2</sup>.

Figur 4B illustrerer et scenarie, som det overbelastede recirkulationssystem kunne ende i, under et 500 kilos foderchok. Når belastningen af recirkulationssystemet øges, stiger kuldioxidproduktionen og pH-værdien falder fordi syreindholdet stiger. Driftslederen kan styre pH-værdien mod et højere niveau ved at bruge kemiske hjælpestoffer til at binde mere af

### SKRÆDDERSYDEDE LØSNINGER

Der findes mange fine eksempler på kreative styringsstrategier og ekstraudstyr, som kan hjælpe recirkulationssystemet med at fjerne organisk stof, øge iltten og fjerne kuldioxid. Disse løsninger varierer fra opdræt til opdræt, og her er de lokale driftsledere naturligvis de specialister, der kan pege på den bedste løsning under de givne omstændigheder. Når foderforbruget begynder at nå sit maksimum er det af stor vigtighed også at kunne forstå hovedprocessen, identificere "flaskehalsen" og bruge ressourcer på at styre "flaskehalsproblemet".

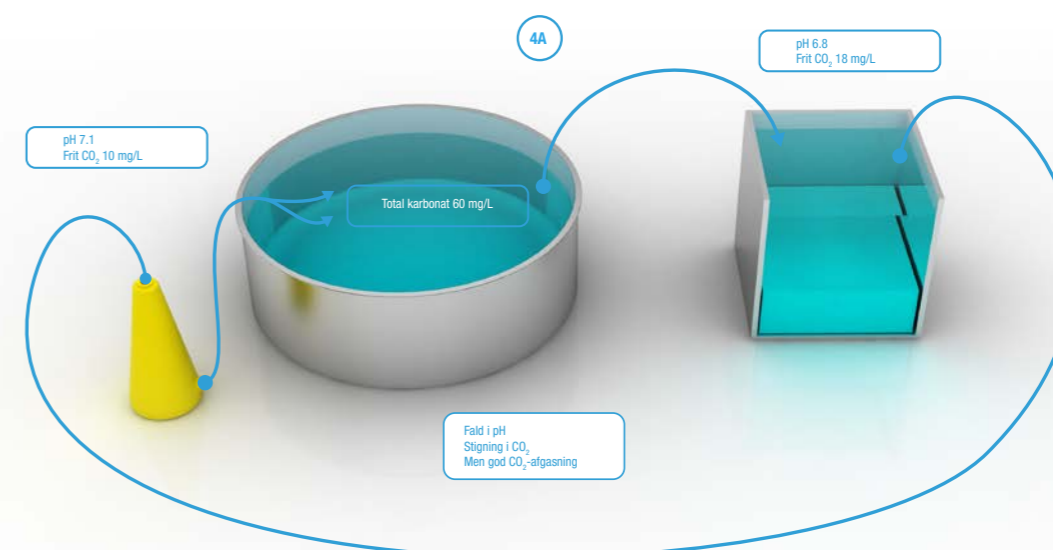
den producerede kuldioxid. Ved at styre pH-værdien udsættes fisken for mindre frit CO<sub>2</sub>, som dermed også reducerer den mængde af frit CO<sub>2</sub> der afgasses og dermed tillades det totale CO<sub>2</sub> indhold at stige i anlægget (under antagelse at der produceres mere CO<sub>2</sub> end der afgasses).

Stigningen i det totale CO<sub>2</sub> har den fordel, at det giver større bufferkapacitet i produktionsvand, begrænser fald i pH-værdien i tanken og begrænser den tilsvarende stigning af CO<sub>2</sub>. Den høje koncentration af frit CO<sub>2</sub> er på ingen måde optimal, og forhindrer optimale vækstbetingelser. Men sammenlignet med scenariet med store variationer i vandparametrene, kan dette kortvarigt tolereres. Modsat giver varierende koncentrationer i frit CO<sub>2</sub> og pH betydelige reduktioner i appetitten, især hos større fisk.

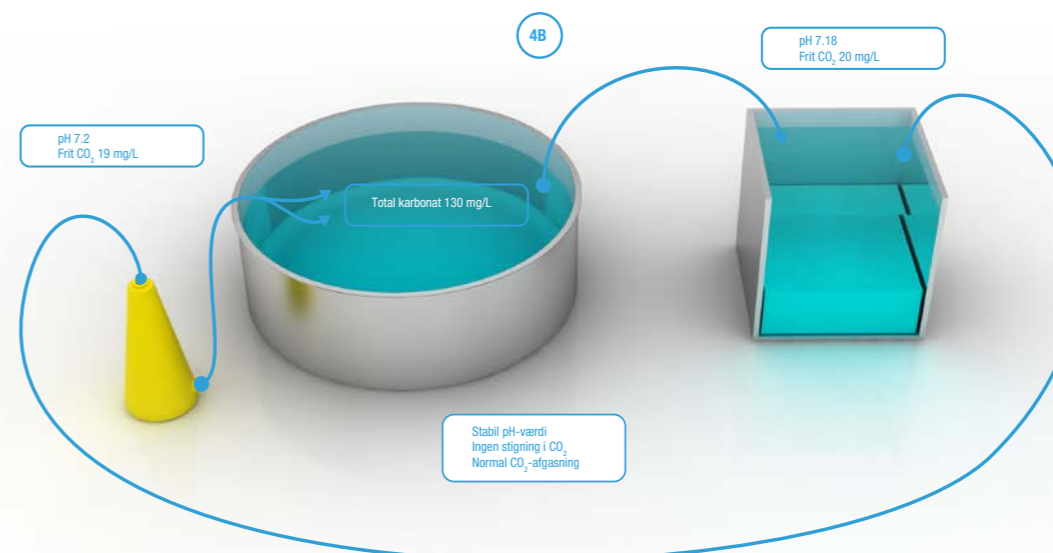
Figur 4B er et scenarie med højere koncentrationer af total CO<sub>2</sub>, hvor tilsætning af nyt vand til recirkulationssystemet er et nyttigt værktøj til reduktion af total CO<sub>2</sub>. Når den totale koncentration af CO<sub>2</sub> i recirkulationssystemet er betydeligt højere end den totale koncentration af CO<sub>2</sub> i det tilsatte, nye vand, vil det tilsatte, nye vand naturligt fortynde kuldioxiden.

Hvorfor falder pH-værdien så markant i fisketanken? Simpelthen fordi det totale CO<sub>2</sub> er en vigtig komponent i alkaliniteten, evnen til at dæmpe vandets pH-værdi. Jo højere total af CO<sub>2</sub>, jo højere er vandets alkalinitet og jo mere modstandsdygtigt er vandet over for fald i pH-værdien.

**Figur 4. Scenarier, der relaterer til styring af pH og kuldioxid**



4A: Typisk scenarie for smolt



4B: Scenarie, hvor recirkulationssystemet er blevet overbelastet af kuldioxid i nogen tid.

af organisk materiale i systemet giver anledning til ukontrolleret bakterievækst. Dette fører til uklart vand, stigning i nitrit og betydeligt forhøjet gasbelastning og der kan være risiko for ophobning af for eksempel tungmetaller.

Det succesrige opdræt har innovative driftsledere, som kan finde metoder til at reducere de organiske forbindelser i systemet, og som forstår processerne, så de f.eks. bedre kan styre kuldioxiden. Vi mener, at målinger af vandkvalitet kombineret med god styring kan gøre det muligt at øge fodringen med 30 % i et recirkulationssystem i mange uger i træk. Lederen må huske på følgende succeskriterier:

- Styring af affaldsstoffer og fodring: Overvej alle faktorer, der kan føre til øget organisk belastning af systemet, herunder foderkvalitet.
- Iltforsyning: Juster iltsystemet til at kunne klare mindst 50 % større forsyningsskapacitet.
- Styring af kuldioxid: Medarbejderne skal forstå den bagvedliggende kemi og bruge denne forståelse til at styre pH-værdi og total CO<sub>2</sub> på daglig basis.

1 - Fri CO<sub>2</sub> er i kemisk balance med H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> der stærkt foretrækker CO<sub>2</sub> (600 gange) (Summerfelt, 2004).

2 - Kun frit CO<sub>2</sub> kan fjernes af en afgasser eller et iltningsskammer.

### BIBLIOGRAFI

- Hydrotech præsentation.** Ingen dato. The Hydrotech Solutions. Hydrotech.
- Summerfelt, Steven. 2008.** Understanding and Treating Carbon Dioxide Problems. Aquacultural Engineering Society. 2008.
- Zhu and Chen. 2000.** The Impact of Temperature on NitrificationRate in Fixed Film Biofilters. Washington State University. 2000.