

För och nackdelar med recirkulerande akvakultursystem

- Metodens framtid i Sverige

JULIA KARLSSON 2019
HANDLEDARE: ANDERS PERSSON
MVEK02 EXAMENSARBETE FÖR KANDIDATEXAMEN 15 HP
MILJÖVETENSKAP | LUNDS UNIVERSITET



Julia Karlsson

MVEK02 Examensarbete för Kandidatexamen 15 hp, Lunds universitet

Intern handledare: Anders Persson, Akvatisk ekologi, Lunds universitet



LUNDS
UNIVERSITET

WWW.CEC.LU.SE
WWW.LU.SE

Lunds universitet

Miljövetenskaplig utbildning
Centrum för miljö- och
klimatforskning
Ekologihuset
223 62 Lund

Abstract

Until year 2050 the world population will be increased with more than two billion people, this will lead to high demands of food supply. At the same time many of the worlds fish stocks are overfished or under a lot of pressure due to the environment. This study has investigated the pros and cons with recirculating aquacultursystems from the viewpoint's energy use, carbon dioxide emissions and ethical aspects in comparation with other aquaculture methods in addition to see if recirculating aquaculture systems have a future in Sweden. The methods used are a literature study with a complemented interview. This study shows both a high energy use and high carbon dioxide emissions for recycling aquacultursystems compared to other methods but also that the method is under development with many solutions to the issues. Finally, this study shows that recycling aquacultursystems can be a future solution to issues like food shortage, eutrophication, greenhouse gas emissions and overfished fish stocks.

Innehållsförteckning

Abstract	2
Inledning	6
<i>Aquakultur</i>	6
<i>Recirkulerande akvakultursystem</i>	7
<i>Läget i Sverige</i>	8
<i>Syfte</i>	9
Frågeställningar	9
<i>Etisk reflektion</i>	9
Metod	12
<i>Litteraturoversikt</i>	12
<i>Intervju</i>	14
Resultat	16
<i>Energianvändning och koldioxidutsläpp</i>	16
<i>Etiska aspekter</i>	20
<i>Intervju</i>	22
Diskussion	26
<i>Energianvändningen och hur den kan minskas</i>	26
<i>Hur kan koldioxidutsläppet minskas?</i>	27
<i>Vad kan göras för att förbättra de etiska aspekterna?</i>	29
<i>RAS framtid i Sverige</i>	31
Slutsats	34
Tack	36
Referenser	38
Appendix	42
<i>Lista över databaser som används i LubSearch</i>	42

Intervjufrågor 42

Inledning

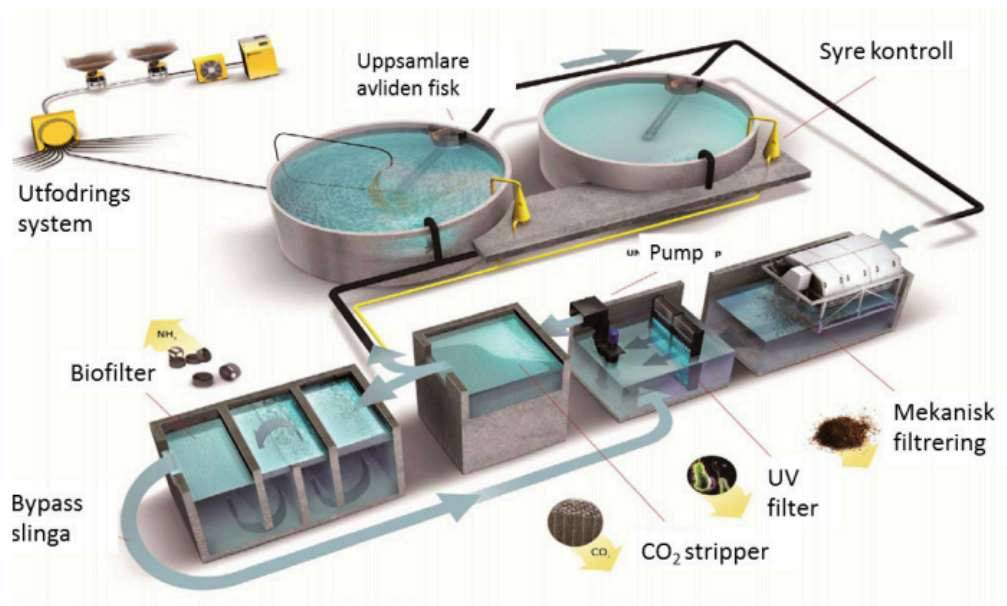
Aquakultur

Till år 2050 beräknar FN att världsbefolkningen kommer ha ökat till 9,6 miljarder från dagens 7,2 miljarder människor (Forsberg, 2013). Detta skulle innebära en stor ökning på efterfrågan av mat och där bland annat animaliskt protein från fisk. Samtidigt är en stor del av världens fiskebestånd överfiskade och ger inte tillräckligt stora fångster för att kunna möta den höga efterfrågan (Hilborn och Hilborn, 2012). En lösning till den höga efterfrågan av mat är att använda sig av akvakultur och där med odla fisk istället för att fånga den till havs.

Akvakultur är ett utbrett område som funnits under en längre period och fick en stor ökning i början på 90-talet, idag kommer 43% av all fisk som konsumeras av människor från akvakulturer och majoriteten av detta från Asien (Allsopp et al., 2009). Att odla fisk eller andra vattenlevande organismer kan göras på många olika sätt. Det vanligaste är att fisken odlas i bassänger ute i haven (kassar), däremot finns det en del problem med denna metod så som att fiskar rymmer och sprider sjukdomar till vilda fiskar men även utsläpp av kemikalier och näringsämnen (Tal et al., 2009). En annan metod är att odla fiskarna i genomflödande fiskeodlingssystem (FTS) där fiskarna odlas på land med genomflödande vatten hela tiden. En tredje och mest moderna metoden är recirkulerande akvakultursystem som sker i stängda system på land (Tal et al., 2009).

Recirkulerande akvakultursystem

Recirkulerande akvakultursystem (RAS) är en metod inom akvakultur som blev framtagen på 70-talet från vattenreningsystem (Badiola et al., 2017). Metoden går ut på att man odlar vattenlevande organismer i landbaserade bassänger där vattnet återanvänds i olika grader med hjälp av mekaniska och biologiska filter (Bregbelle., 2015) (figur 1). I teorin kan vilken vattenlevande organism som helst odlas med hjälp av RAS det finns dock många parametrar som påverkar både tillväxten och välmående av individen (Bregnbelle., 2015). Parametrar som påverkar en fisks tillväxt är temperatur, pH, syremängd, vattenflöde, mängden ljus och mängden föda (Bregnbelle., 2015). I figur 1 visas uppbyggnaden och flödesschemat av hur en RAS anläggning kan se ut. Den består av en rad olika maskiner och aktiviteter som alla kräver olika mycket energi.



Figur 1. Flödesschema över en RAS anläggning. Källa: Langeland et al (2014).

Läget i Sverige

I genomsnitt äter människor bosatta i Sverige lite mer än 20kg fisk per år och utav detta importeras mer än 75% vilket bidrar till många transporter med stora utsläpp av växthusgaser (Lundin, 2018 och Lööv et al., 2015). Samtidigt är Östersjön i mycket dåligt skick med problem med övergödning, giftiga ämnen och där majoriteten av fiskebestånden är under för stort tryck (HELCOM, 2018). Utifrån de globala hållbarhetsmålen har Sverige satt upp 16 miljökvalitetsmål som både kommuner och företag ska arbeta mot för ett hållbarare klimat. Akvakultur och speciellt RAS berör ett flertal av dessa mål, bland annat:

- Begränsad klimatpåverkan
- Hav i balans samt levande kust och skärgård
- Levande sjöar och vattendrag
- Ingen övergödning

I Sverige är akvakultur jämfört med många andra länder en liten verksamhet där det produceras ca 12 000 ton fisk per år i 500 olika anläggningar vilket kan jämföras med Norges 1,2 miljoner ton per år (Bruno, 2014). Av dessa 500 anläggningar är en väldigt liten del RAS-anläggningar och många av de anläggningar som startar upp läggs ner igen efter några år (Jordbruksverket, UÅ). En av anledningarna till att så få RAS anläggningar finns kan vara de höga investeringskostnaderna då det är många tekniska och mekaniska maskiner som behövs men även att det finns stora risker då metoden är under utveckling och därför saknar svar på en del frågor (Bruno, 2014 och Langeland et al., 2014).

Syfte

I och med att efterfrågan på fisk ökar samtidigt som många fiskebestånd är utfiskade och vattenkvaliteten i en del hav blir sämre behövs en hållbar metod som kan stärka fisket. Syftet med studien är att undersöka om recirkulerande akvakultursystem är en hållbar metod som kan lösa dessa problem.

Frågeställningar

- Hur ser RASs energianvändning och koldioxidutsläpp ut i jämförelse med genomflödande fiskodling (FTS) och kassar till havs?
- Vilka etiska aspekter berörs när fisk odlas? Finns det någon skillnad mellan de olika metoderna?
- Kan RAS komplettera fisket i Östersjön och minska den svenska importen av fisk?

Etisk reflektion

I detta arbete kommer två etiska frågor att belysas, den ena är ämnet i sig, som kan vara kontroversiellt då det odlas en stor mängd fiskar i väldigt små bassänger i förhållande till mängden fisk. Den andra etiska frågan är hanteringen av personuppgifter som uppstår från intervjun. Arbetet handlar om att belysa både för och nackdelar med RAS, då kommer även de etiska frågorna att belysas och diskuteras. Metoden (RAS) är ett etiskt dilemma då där är många nackdelar

gällande odling, slakt, transporter med mera men å andra sidan kan den ge långsiktiga fördelar för både klimatet men speciellt miljön och biodiversiteten i Östersjön och kringliggande områden.

Hantering av de etiska frågorna kommer utgå ifrån informationskravet, samtyckeskravet, konfidentialitetskravet, nyttjandekravet. De som intervjuas måste vara medvetna om vad materialet kommer användas till innan några frågor ställs, de måste även godkänna att namn finns med i arbetet innan detta används. Skulle de inte vilja detta kan man alternativt göra intervjuerna anonyma vilket kan komma att sänka värdet av informationen.

Metod

Litteraturöversikt

För att undersöka de för och nackdelar som finns med RAS utfördes en litteraturöversikt i det tvärvetenskapliga sökverktyget LuBsearch, den söker i flera databaser som finns tillgänglig för Lunds universitet. Databaserna är listade i appendix. I tabell 1 redovisas sökstrategin som har används, under sökningen var det viktigt att begränsa resultaten till bara artiklar som innefattade recirkulerande akvakultursystem eftersom det är den metoden som undersöks, därför skulle detta sökord finnas med i titeln. Efter tre sökomgångar hade resultatet begränsats till 29 stycken artiklar efter alla dubletter var borttagna, där titel och abstract lästes för att göra ett urval.

Tabell 1.

Litteratursökning i LuBSerach med sökord, avgränsningar, antal träffar och urval.

Databas: LuBSerch* Datum: 2019-04-10	Sökord	Avgränsningar	Antal träffar	Urval 1	Urval 2
#1	("RAS" OR "Recirculating aquaculture systems*") AND ("fish farming*" OR aquaculture*)	Filter: Vetenskapliga artiklar och böcker. Första delen ska finnas i titeln och andra i Abstract.	455		
#2	#1 AND (Sustainable* OR environmental*)	Filter: Vetenskapliga artiklar. Första delen ska finnas i titeln och andra och tredje i Abstract.	44		
#3	#1 AND #2 NOT (Salmon)	Filter: Vetenskapliga artiklar. Första delen ska finnas i titeln och andra och tredje i Abstract.	29	12	7

Under första sökningen (#1) skulle RAS finnas med i titeln och *fiskodling* eller *akvakultur* finnas med i artiklarnas abstract. Detta för att begränsa resultaten till ämnet och den valda huvudmetoden annars kom träffar som berörde andra ämnen som använde ordet *RAS* med. Därefter adderades orden *hållbarhet* och *miljövänlig* för att begränsa urvalet till studier som undersökt RAS hållbarhet och då hitta de för och nackdelar som finns med metoden. Sökning två (#2) reducerade antalet träffar till 44 från 455 därpå gjordes sökning tre (#3) för att ytterligare minimera antalet träffar.

Efter första urvalet blev 17 stycken artiklar exkluderade. Urvalet gjordes utifrån de begränsningar som sattes upp inför arbetet, för att vara inkluderad måste någon av aspekterna energianvändning, koldioxidutsläpp eller etik finnas med. Många av artiklarna som blev exkluderade berörde aspekter så som vattenkvalité, kvävereducering och mekaniska förbättringar och var därför inte relevanta för detta arbete. Urval två utfördes genom att de 12 artiklar lästes igenom med extra fokus på resultatet och diskussionen och de som inte berörde någon av aspekterna som sattes upp inför arbetet eller inte kom fram till något användbart blev exkluderande. Efter en genomgång av materialet från urval två användes ”snöbollsmetoden” för att samla mer information, metoden innebär att de källor artiklarna från urval två använd lästes igenom för att utöka materialet och komma åt primärkällor. När snöbollsmetoden var avklarad återstod fem källor som senare la grunden för resultaten för energianvändning och koldioxidutsläppen.

Intervju

För intervjun används den kvalitativa metoden semi-strukturerad intervju även kallad samtalsintervju (Byrman, 2018 och Esaiasson et al., 2017). Intervjun utgår ifrån en intervjuguide som är skriven i förväg med olika frågor och teman (Byrman, 2018), kan ses i appendix. Fördelarna med denna metod är att intervjun blir flexibel och intervjupersonen ges stor frihet i sina svar (Byrman, 2018). Samtalsintervjuer är fördelaktigt att använda när man vill veta hur människor själva upplever ämnet och kan även användas som ett komplement till annan forskning vilket den har gjort i denna studie (Esaiasson et al., 2017).

Resultat

I denna del kommer resultaten av litteraturundersökningen och intervjun presenteras. Resultatet av litteraturstudien kommer vara en sammanställning av vad de olika vetenskapliga artiklarna har erhållit utifrån de utvalda aspekterna.

Energianvändning och koldioxidutsläpp

De miljöpåverkandeproblemen som ofta kopplas samman med akvakultur är svårigheterna med vattenkvalitén, utsläpp av näringsämnen och smittoriskerna. Ofta glöms problem som hög energianvändning och utsläpp av växthusgaser bort eftersom påverkan av exempelvis koldioxid bara kan ses på en global skala (Aubin et al., 2006). Flera studier visar däremot på att den höga energianvändningen är en av de största miljöpåverkandeproblemen som finns med RAS då denna metod eliminerar andra problem, så som utsläpp av näringsämnen (Badiola et al., 2018 och Aubin et al., 2006).

I tabell 2 har resultatet av energianvändningen och koldioxidutsläpp från nio studier sammanställts. Tabellen skildrar skillnaden mellan olika metoder men även användningen av olika energikällor och föda. Akvakulturmetoderna som jämförts är RAS, genomflödande fiskeodlingssystem (FTS) och odling av fisk i kassar ute till havs. Energianvändningen mellan de olika metoderna varierar kraftigt, exempelvis är energianvändningen för odlad röding, *Salvelinus alpinus*, i RAS 81 kWh/kg fisk jämfört med 7,4 kWh/kg fisk för odlad lax, *Salmo salar*, i kasse (Ayer och Tyedmers, 2009).

Koldioxidutsläpp för de olika studierna kan variera av många olika anledningar däremot är det allmänt känt att olika energikällor bidrar till olika mycket koldioxidutsläpp. Exempelvis använder studie fyra sig av kärnkraft som energikälla medan studie tre använder kolkraft, de har ett koldioxidutsläpp på 2,0 kg CO₂-eg /kg fisk respektive 28,2 kg CO₂-eg /kg fisk (d'Orbcastel et al., 2009 och Ayer och Tyedmers, 2009). Andra bidragande faktorer till koldioxidutsläpp är transporter och föda då studierna är baserade på livscykelanalyser.

Med resultaten i tabell 2 beräknades medelvärden av både energianvändningen och koldioxidutsläppen för respektive metod (tabell 3). RAS är den metod som både har högst energianvändning och koldioxidutsläpp med 54,2 kWh/kg fisk respektive 13,9 CO₂-eg /kg fisk medan kassar har lägst energianvändning och FTS lägst koldioxidutsläpp. Medelvärdet av koldioxidutsläppen för fossila respektive fossilfria energikällor beräknades också och illustreras i tabell 4. Fossila energikällor har mer än fyra gånger så höga koldioxidutsläpp jämfört med fossilfria källor.

Tabell 2. Litteratursammanställning av metod, art, land, energianvändning (kWh/kg fisk), koldioxidutsläpp (kg CO₂-eg/kg fisk) och energikälla.

Metod	Art	Land	Föda	Energianvändning (kWh/kg fisk)	Koldioxidutsläpp (kg CO ₂ -eg)/kg fisk	Energikälla	Referens
RAS	Piggvar	Frankrike	Blandad	81,0	6,0	Fossila	Aubin et al (2009)
RAS	Piggvar	Spanien	Bandad	20,0	19,5	Fossila	Iribarren et al (2012)
RAS	Röding	Kanada	Blandad	98,1	28,2	77% kolkraft	Ayer och Tyedmers (2009)
RAS (FCR 1,1)*	Öring	Frankrike	Blandad	17,5	2,0	Kärnkraft	d'Orbcastel et al (2009)
FTS	Öring	Frankrike	Blandad	21,7	2,8	Fossila	Aubin et al (2009)
FTS	Öring	Frankrike	Växtbaserad	5,6	1,6	Fossila	Papatryphon et al (2004)
FTS	Lax	Kanada	Blandad	27,2	2,8	90% vattenkraft	Ayer och Tyedmers (2009)
Kasse	Havsabbore	Grekland	Blandad	15,2	3,6	Fossila	Aubin et al (2009)
Kasse	Lax	Kanada	Blandad	7,4	2,1	90% vattenkraft	Ayer och Tyedmers (2009)

* En hypotetisk foderomvandlings förhållande på 1,1.

Tabell 3. Medelvärden av både energianvändning och koldioxidutsläpp för metoderna RAS, FTS och Kasse.

Metod	Medelvärde av energi-användning (kWh/kg fisk)	Medelvärde av koldioxid-utsläpp (kg CO₂-eg)/kg fisk
RAS	54,2	13,9
FTS	18,2	2,4
Kasse	11,3	2,9

Tabell 4. Medelvärden av koldioxidutsläppen uppdelat för fossila och fossilfria energikällor.

Energikälla	Medelvärde av koldioxid-utsläpp (kg CO₂-eg)/kg fisk
Fossil	10,3
Fossilfri	2,3

Majoriteten av alla fiskodlingar använder både fiskmjöl och fiskolja i födan till fiskarna (Aubin et al., 2009). Definitionen av fiskmjöl är enligt FAO (Food and Agriculture Organisation, Windsor, 2001) när fisk eller fiskavfall har torkats och malts utan några tillsatser. I tabell 2 presenteras födan på åtta ut av studierna som *blandad* vilket betyder att de både använt sig av fiskmjöl och eller fiskolja samtidigt som de baserat födan på proteinrika vegetabiliska produkter så som seitan och sojabönor. Papatryphon et al (2004) har däremot testat att odla fisk på bara växtbaserad föda vilket resulterar i väldigt låga koldioxidutsläpp i jämförelse med de andra studierna (tabell 2).

Etiska aspekter

Grigorakis (2009) har kartlagt de etiska problemen som uppstår när produktioner av akvakultur används. De etiska problemen uppstår inte bara för den odlade organismen utan även för miljön, den slutliga konsumenten och den som odlar fisken (Grigorakis, 2009). Akvakultur är som tidigare nämnts en bred metod som innefattar allt mellan odling av akvatiska plantor till odling av fiskätande fiskar, miljön de odlas i kan också variera.

De etiska problemen varierar inte beroende på vilken metod som används utan i vilken omfattning verksamheten är och ökar med stigande trofiska nivåer (Grigorakis, 2009). De etiska bekymmer som kommer med en större fiskodling vilken metod som än används är förorening av miljön, fiskens välmående, livsmedelssäkerhet och kvalité och ekosystemets hållbarhet (Grigorakis, 2009). Grigorakis (2009) fastställer trots det att skadan måste vägas mot nyttan vilket i detta fall är anställning, föda, ekonomisk inkomst för både privatpersoner och landet, bevaring av biodiversitet (om syftet är att restaurera), fisktillgång, utbildning och miljömedvetenhet.

Riche et al (2013) har undersökt om det finns ett negativt samband mellan fiskdensitet och den slutliga produktionen. De odlade cobia, *Rachycentron canadum*, i 119 dagar med tre olika tätheter, 10-, 20- och 30kg fisk/m³. Samtidigt mätte dem överlevnadsgraden, tillväxt, kroppsuppbyggnad och verkningsgraden av föda. Resultatet visade ingen signifikant skillnad för någon av kategorierna mellan de olika densiteterna och motbevisade då ett negativt samband mellan fiskdensitet och slutproduktionen (Riche et al., 2013). Överlevnadsgraden för de tre odlingarna efter 119 dagar var 95,7 respektive 96,1 och 97,2 procent (Riche et al., 2013).

Smittorisken är en aspekt som oftast diskuteras inom akvakulturen, aspekten berör både fiskens välmående men även ekosystemets hållbarhet och biodiversiteten i hav och vattendrag. Langeland et al (2014) och Bruno (2014) diskuterar smittoriskerna med akvakultur i sina rapporter och konstaterar att smittor oftast uppstår vid flyttning av sättfiskar eller att vattnet de lever i inte renas tillräckligt. En fördel med RAS är att kontrollen över vattenrening är mycket högre än för både kassar och FTS då den använder sig av pumpar och filter som renar vattnet konstant. Däremot är det svårt att bli av med bakterierna eller parasiter om de skulle uppstå i ett RAS system då de kan finnas kvar inne i biofilter och bioflimer där det är svårt att rena (Langeland et al., 2014). Kassar till havs drabbas i en mycket högre utsträckning av smittor och parasiter både eftersom det är svårare att rena vattnet i en kasse jämfört med RAS men även för att de har kontakt med vildfiskar och kan bli smittade av dessa (Langeland et al., 2014).

Smittor är inte bara ett hot för fiskar på individ och populationsnivå utan de hotar både ekosystemen och biodiversiteten vid exempelvis rymlingar (Bruno, 2014). Norska laxodlingar drabbas ofta av parasiten laxlus, *Lepeophtheirus salmonis*, och parasiten har nu spridit sig till de inhemska populationerna av lax och havsöring, *Salmo trutta trutta*, i Norge (Bruno, 2014). Då det är mycket svårare att bota

parasitangrepp i hav och vatten jämfört med angrepp på landlevande djur kan det hota både ekosystemen och biodiversiteten.

Intervju

För att komplettera litteraturstudien och för att få en annan aktörs synvinkel på RAS intervjuades Johan Ljungquist, VD på företaget gårdsfiske. I appendix presenteras alla frågorna som ställdes, nedan presenteras resultatet på frågorna som i slutändan blev relevanta för studien. Intervjun är inspelad och sedan sammanställd nedan enligt den metod som beskrivs i metoden.

1. Vad har du för koppling till återcirkulerande akvakultursystem?

Ljungquist började studera marinbiologi på Lunds universitet år 2006 och hade redan ett stort intresse för vattenbruk från start. Under denna tid var det ett stort fokus på norsk laxindustri då detta var nytt och en metod som användes väldigt mycket. Snabbt lärde man sig att det fanns stora utmaningar med metoden med exempelvis smittor, rymlingar, utsläpp av kväve och fosfor och behandlingar med antibiotika och andra kemikalier. Detta blev grunden till företaget *Gårdsfiske* där de odlar allätande fiskar på land och återanvänder vattnet både i produktionen men även som bevattning till lantbruk. På så sätt hittade de en metod som löste dessa utmaningar som fanns med odling av fisk till havs. Utöver att odla fisk med hjälp av RAS på deras egna gård säljer de deras koncept till andra lantbrukare som vill starta upp odling av fisk på land.

2. Vilka arter odlar ni? Varför har ni valt dessa arter?

Tilapia som är världens näst mest producerade fiskart på ca 3 miljoner ton per år och Afrikansk ålmal, *Claris*. Båda är fantastiska matfiskar och så är de allätande vilket gör att en successiv minskning av fiskmjöl kan tillämpas. Både yngel och

foder kan köpas in inom EU och behöver därmed inte transporteras över hela jorden.

3. Vad är den största svårigheten med RAS och akvakultur?

I Sverige är den största svårigheten att vi har nya fiskarter och även om de är fantastiskt goda är svenskar ganska konservativa med fisk. Majoriteten av de arter som odlas är valda för att hela fisken ska kunna användas vilket vi i Sverige inte brukar göra.

4. Vad kan göras för att underlätta detta?

Marknadsföra fisken och vara ute i butiken och bjuda på fisken så att konsumenten får möjlighet att testa produkten innan de köper den. Även förfina produkten och sälja den filead eller i färdiga produkter så som rökta för att möta konsumenterna.

5. Hur ser er energianvändning ut?

Verksamheten använder luft, vatten och värmepumpar som har en bra effekt där det kommer ut fyra till fem gånger mer energi än vad som stoppas in. Det som kräver energi är att värma upp vattnet men när det väl är uppvärmt håller temperaturen sig ganska bra. I ladan är där många maskiner som själva ger sig ifrån värme dessutom genererar fisken själv värme. Temperaturen i vattnet är 28 °C. Ljungquist säger följande om verksamhetens energianvändning: ”Vid full produktion så tror jag man är nere i 2 kWh/ producerad kilo fisk, just nu ligger vi runt 5–6 kWh/ kilo fisk”

6. Varifrån kommer energin ni använder? Hade man kunnat använda förnybar energi?

Just nu köper verksamheten enbart in förnybar energi, de har även ansökt om att få sätta upp solceller på gården för att kunna ha egenproducerad förnybar energi. Solceller skulle täcka energianvändningen från maj till september däremot inte under vinterhalvåret. En lösning för denna perioden av året är att använda sig av biogasproduktion av de fiskrester som blir över vid produktionen.

7. Hur tror ni framtiden för RAS ser ut i Sverige?

Sverige har väldigt god potential att bli framgångsrika inom RAS då det finns ett stort intresse från lantbrukare att börja med denna sortens av verksamhet men även ett intresse från konsumenterna att äta svenskodlad fisk. Utöver det har Sverige en väldigt bra djurlagstiftning jämfört med många andra länder där det finns hårda krav på hur en odlad fisk blir avlivad jämfört med yrkesfisket där det nästan inte finns några krav.

8. Skulle ni rekommendera denna sortens akvakultur till personer som vill börja odla fisk? Varför/varför inte?

Absolut, snarare så att vi tycker detta är det ända sättet att odla fisk. I åtanke ska det finnas att det krävs ganska mycket arbete som måste göras innan en odling kan starta. Det krävs mycket kunskap som inom både biologi, kemi, fysik och teknik för att få en odling att fungera utan att fiskarna ska lida. Ljungquist rekommenderar att man antingen tar kontakt med någon som tillverkar RAS-system eller att man kontaktar *Gårdsfiske* och köper in deras koncept för då får man något som fungerar och slipper göra allt förarbete.

Diskussion

Energianvändningen och hur den kan minskas

Tabell 2 och 3 visar en kraftig skillnad mellan energianvändningen mellan de olika studierna och metoderna, där RAS har ett medelvärde på 54,2 kWh/kg fisk medan FTS och kasse har 18,2 respektive 11,3 kWh/kg fisk. Att ha en tre gånger så hög energianvändning är en stor nackdel däremot inget överraskande då metoden bygger på hög teknologi med många maskiner och pumpar som kan ses i figur 1. Både Badiola et al (2017) och Langeland et al (2014) har undersökt energianvändningen för de olika maskinerna. Där båda undersökningarna kom fram till att värmepumpen är den del som kräver mest energi (Badiola et al., 2017 och Langeland et al., 2014). Värmepumpen i den ena undersökningen stod för mer än 70 % av all energianvändning (Badiola et al., 2017).

Ett sätt att minska energianvändningen är att minska användningen av värmepumpen vilket kan göras om temperaturen i bassängerna sänks. Temperaturen är anpassad för fiskarten så för att sänka temperaturen och därmed sänka energianvändningen skulle odlingen kunna anpassas för fiskar som lever i kallare vatten. Samtidigt är RAS under hög utveckling där effektiviteten på pumpar och maskiner förbättras vilket leder till lägre energianvändningar (Martins et al., 2010). En nykommen idé för att minska energianvändningen är att ersätta pumparna med tryckluftspumpar vilket inte kräver lika mycket energi (Martins et al., 2010). En annan nyuppkommen idé är FluoRAS sensor är en dansk uppfinning och ett exempel på när maskiner blivit vidareutvecklade för att bli mer effektiva.

Sensorn ska kunna spara 30% av den årliga användningen av både vatten och energi hos återcirkulerande anläggningar (Hambly och Stedmon, 2018). Sensorn bevakar anläggningen i realtid och optimerar RAS teknologin genom att använda en fluorescensspektroskopi (Hambly och Stedmon, 2018).

Jämförs resultaten i tabell 2 och 3 med resultatet från intervjun och svaret på fråga fem är det en kraftig skillnad. Denna skillnad kan förklaras då studierna i tabellerna utgår ifrån en livscykelanalys vilket resultatet från intervjun inte gör. Med livscykelanalys menas en produkts miljöpåverkan från råvara till avfall (Nationalencyklopedin, UÅ). För resultaten från energianvändningen betyder detta att den energin som räknas in i resultatet är inte bara den energi som används i själva odlingen utan transporter och andra faktorer räknas också in.

Hur kan koldioxidutsläppet minskas?

Det är inte energianvändningen i sig som är problemet och gör metoden mindre hållbar utan det är det koldioxidutsläpp och andra växthusgasutsläpp energianvändningen har. Idag använder majoriteten av alla RAS anläggningar sig av fossilt bränsle både för uppvärmningen av vattnet och elektriciteten vilket har ett högre växthusgasutsläpp jämfört med förnybar energi (Badiola et al., 2018). Däremot har en ökning av både studier och anläggningar som använder sig av förnybar energi visat sig de senaste åren och att denna energikälla är något som blir mer och mer populär. Tabell 4 skildrar skillnaden mellan koldioxidutsläppen för fossilt bränsle och fossilfritt bränsle. Då tabellen bara är baserad på de studier som finns med i tabell 2 är det för lite data för att kunna dra några konkreta slutsatser däremot så tenderar fossilfritt bränsle ha ett mycket lägre koldioxidutsläpp jämfört med fossila bränslen.

I en av Badiolas et al (2018) studier har de sammanställt, beräknat och jämfört olika energikällor och dess koldioxidutsläpp i länderna Kanada, Spanien och Danmark med odling av fjällröding, piggvar, *Scophthalmus maximus* och öring för respektive land. Energikällorna var följande kombinationer, 20% fossilt bränsle och 80% geotermisk, 50% fossilt bränsle och 50% vindenergi eller 10% fossilt bränsle och 90% vattenkraft (Badiolas et al., 2018). Studien visade att användning av 90% vattenkraft och 10% fossilt bränsle var den kombination som gav det lägsta koldioxidutsläppet för alla tre länder (Badiolas et al., 2018). Studien resulterade även i att vilken energianvändning de än använde så var koldioxidutsläppet alltid lägst i Danmark (Badiolas et al., 2018). Detta kan bero på att anläggningarna inte producerar egen energi utan använder sig av de elbolag som finns i landet och den el de producerar. Däremot visar resultatet av intervjun att det är möjligt att bara använda sig av fossilfria energikällor men även att det går att ha egenproducerad energi i form av solceller eller biogas från fiskrester. En stor fördel med RAS är att anläggningarna är mobila och kan därför anläggas vart de behövs som mest. De kan exempelvis anläggas bredvid en solcells eller vindpark och använda sig utav den elen.

Det är inte bara energin som används på anläggningen som räknas med vid koldioxidutsläppet utan både transporter och tillverkning av föda räknas in. I tabell 1 finns födan för varje studie med och en av studierna har använt sig av växtbaserad föda. Då detta är ovanligt hittades bara en studie vilket är för lite för att dra några konkreta slutsatser trots allt visar studien (nr 7 i tabell 1) har ett koldioxidutsläpp på 1,6 kg CO₂-eg/kg fisk vilket är lägre jämfört med de andra studierna. När födan bara består utav växtbaserad minskas många steg i processen som bidrar till högre utsläpp exempelvis behöver ingen fisk fångas alternativt odlas och därefter torkas och malas. Trots det kan växtbaserad föda ge höga utsläppsvärden då det är beroende på vart i världen det är odlat och vart det i slutändan hamnar. Då

anläggningarna är mobila kan de anläggas i det område där födan behövs vilket skulle minska transporter och därmed utsläppet av växthusgaser.

Vad kan göras för att förbättra de etiska aspekterna?

Resultatet för de etiska aspekterna visar delade åsikter där olika studier ser problemen ur olika perspektiv. Grigorakis (2009) anser att etiska bekymmer stiger med ökad trofisk nivå, vilket innebär att de utgår från att en fisks liv värderas högre än exempelvis en encellig organisms. I och med detta skulle det inte bero på vilken metod som används utan vad det är som odlas. De etiska aspekter som presenteras i resultatet som berörs vid akvakultur är förorening av miljön, fiskens välmående, livsmedelssäkerhet och kvalitet och ekosystemets hållbarhet. Resterande studier utgår ifrån att olika akvatiska metoder berör dessa aspekter olika mycket. Fiskens välmående kan exempelvis mätas genom att se mortaliteten för de olika metoderna. I Riche et al (2013) studie är överlevnadsgraden mellan 97 och 95 procent vilket kan jämföras med kasseodlingar som oftast har en mortalitet på 25% då de lättare exponeras för sjukdomar och parasiter från både vildfiskar men även svårigheterna med att rena vattnet (Langeland et al., 2009).

Föroreningar av miljön kan vara allt från utsläpp av växthusgaser men även utsläpp av näringsämnen som fosfor och kväve eller tungmetaller. I resultatet presenteras ingen data på hur mycket de olika metoderna släpper ut mer än koldioxid däremot har metoderna olika lätt att begränsa sina utsläpp. Då RAS sker under kontrollerande förhållande kan utsläpp av näringsämnen väljas att användas som gödning vid jordbruk, något som företaget *Gårdsfiske* väljer att göra (Ljungquist, 2019). Kasseodlingar har det mycket svårare att fånga upp sina utsläpp då odlingarna sker i haven däremot har de lägre koldioxidutsläpp (tabell 3) då de inte

behöver använda sig av lika många tekniska maskiner som vid RAS och FTS. Ramírez-Godínez et al (2013) säger att forskare de senaste åren insett akvakultur bidrar till stora utsläpp och föroreningar av miljön i form av upplöst organiskt material (DOM), näringsämnen, bekämpningsmedel och tungmetaller. Slutsatsen av deras studie visar dock på att RAS är den metod som släpper ut minst då den bland annat tar hjälp av biologiskrening av vattnet (Ramírez-Godínez et al., 2013).

De andra etiska aspekterna, *livsmedelssäkerhet och kvalité* och *ekosystemets hållbarhet*, är svårare att mäta och därmed svårare att jämföras mellan de olika metoderna. Livsmedelssäkerheten berörs både av fiskens välmående då den blir sämre om fisken har parasiter eller innehåller farliga ämnen så som tungmetaller men även av hur den hanteras efter slakt fram tills den når konsumenten. Ekosystemets hållbarhet kan också variera då den avgörs utifrån de val producenten gör. Exempelvis berörs ekosystemets hållbarhet mer om odlingen släpper ut en massa gifter eller ämnen som inte miljön runt om odlingen kan hantera. Däremot kan rymlingar hota ekosystemet om den odlade fisken har parasiter eller sjukdomar och smittar de vilda fiskebestånden. Detta sker i högre utsträckning vid odlingar i kasse än både RAS och FTS då kassarna hålls i samma miljö som de vilda bestånden.

För att minimera de etiska bekymren så mycket som möjligt vid odling av fisk med hjälp av RAS bör anläggningarna hållas småskaliga och inte odla de fiskar som är högst upp i de trofiska nivåerna. Utöver det bör producenten ha en plan för hur anläggningen ska minimera sina utsläpp eller att utsläpp som går att återanvändas återanvänds så att effekten på miljön och ekosystemet blir så liten som möjligt.

RAS framtid i Sverige

Som tidigare nämnts importerar Sverige ca 75% av den fisk som konsumeras samtidigt som vi har stora problem med övergödning och överfiske i Östersjön (Lundin, 2018 och HELCOM, 2018). Utöver det har Sverige satt upp miljökvalitetsmål för att förbättra miljön och klimatet på både en nationell och global skala. Ett sätt att uppnå dessa mål samtidigt som utsläppen från importen av fisk skulle minskas kan vara att använda sig av RAS.

Om Sverige skulle expandera RAS verksamheter skulle detta kunna bidra till en *begränsad klimatpåverkan* genom minskning av import av fisk och därmed minska mängden transporter. Det skulle även kunna hjälpa till med att förbättra miljökvalitetsmålen *Hav i balans samt levande kust och skärgård* och *Levande sjöar och vattendrag*, då trycket på fiskebestånden skulle minska men även att mindre kasseodlingar skulle behövas och i och med det risken för smittspridning och rymlingar skulle minimeras. Sist men inte minst skulle målet om *Ingen övergödning* lättare uppnås då de utsläpp i form av näringsämnen från odlingarna kan återanvändas vid lantbruk eller andra verksamheter som behöver dessa ämnen. En minskning av kasseodlingar skulle även minska utsläppet av näringsämnena till haven då det är svårt att kontrollera dessa.

Det som skulle tala emot att investera i RAS anläggningar är de höga kostnaderna för att bygga upp anläggningarna men även energiåtgången. Ett sätt att minska kostnaderna är att använda sig av våtmarker för den biologiska reningen istället för biologiska filter (Martins et al., 2010). Genom att låta vattnet i bassängerna gå igenom en våtmark tas både kväve- och fosforgrupper upp (ex: NO_3 och PO_4) precis som de görs av ett biologiskt filter (Martins et al., 2010). Då anläggningarna är mobila kan de placeras i anslutning till redan anlagda våtmarker. Ett annat sätt att

minska kostnaderna är att återanvända vattnet från reningen till odlingsmarker så som företaget *Gårdsfiske* gör.

För att lyckas med RAS i Sverige kanske den viktigaste aspekten är att få konsumenterna medvetna om varför det är bra att köpa svenskodlad fisk från RAS-anläggningar. Blir det inte en ökad efterfrågan på odlad fisk kommer det aldrig att löna sig att använda sig av denna metoden i Sverige. Ett sätt att få konsumenterna att handla mer odlad fisk är att forskare och experter går ut och stödjer metoden och berättar de fördelar som finns. Utöver det behöver även producenterna marknadsföra produkterna mycket då metoden i än så länge inte är allmänt känd.

Slutsats

Resultaten från denna studie visar att det både finns svårigheter men även möjligheter vid odling av fisk i RAS-anläggningar. Det största problemet med metoden är de höga energianvändningarna som kan bidra till höga utsläpp av koldioxid. Däremot så finns det relativt enkla lösningar på dessa problem genom att använda sig av fossilfria energikällor men även placera anläggningarna i områden där produkten är efterfrågad och behövs så att transporter kan minimeras. Samtidigt är RAS under ständig utveckling där maskiner och pumpar blir mer och mer effektiva vilket bidrar till lägre energianvändning. Utifrån resultaten av denna studie väger de positiva aspekterna mer än de negativa och därför rekommenderas RAS som en framtidslösning för Sveriges fiske.

Tack

Jag vill tacka Johan Ljungquist, VD på företaget gårdsfiske både för att jag fick lov att intervjua honom och använda detta till min studie men även för den fina rundturen. Jag vill även tacka min handledningsgrupp för att ni har kommit med förslag och idéer som har hjälpt mig i mitt skrivande.

Referenser

- Allsopp, M., Page, R., Johnston, P. and Santillo, D. 2009. Aquaculture kap 3. State of the World's Oceans. 1ed. Springer, Berlin. ss 85–112.
- Aubin, J., E. Papatryphon, E., Van der Werf, H.M.G. och Chatzifotis, S. 2009. Assessment of the environmental impact of carnivorous finfish production systems using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*. 17: 354-361
- Aubin, J., E. Papatryphon, E., Van der Werf, H.M.G., Petit, J. och Morvan, Y.M. 2006. Characterisation of the environmental impact of a turbot (*Scophthalmus maximus*) re-circulating production system using Life Cycle Assessment. *Aquaculture*. 261:1259-1268
- Ayer, N.W. och Tyedmers, P.H. 2009. Assessing alternative aquaculture technologies: life cycle assessment of salmonid culture systems in Canada. *Journal of Cleaner Production*. 17: 362-373
- Badiola, M., Basurko, O.C., Piedrahita, R., Hundley, P. och Mendiola, D. 2018. Energy use in Recirculating Aquaculture Systems (RAS): A review. *Aquacultural Engineering*. 81: 57-70
- Badiola, M., Basurko, O.C., Gabina, G. och Mendiola, D. 2017. Integration of energy audits in the Life Cycle Assessment methodology to improve the environmental performance assessment of Recirculating Aquaculture Systems. *Journal of Cleaner Production*. 157: 155-166
- Bregnballe, J. 2015. A Guide to Recirculation Aquaculture: An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. Köpenhamn: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and EUROFISH International Organisation.
- Bruno, E. 2014. Miljöanpassat vattenbruk i Sverige -en näring med stor potential. Stockholm: Naturskyddsföreningen. ISBN: 978-91-558-0157-1.
- Byrman, A. 2018. Samhällsvetenskapliga metoder. 3 ed. Liber, Solna, 877 ss.

- Esaiasson, P., Gilljam, M., Oscarsson, H., Towns, A. och Wängnerud, L. 2017. Metodpraktikan, konsten att studera samhälle, individ och marknad. 5 ed. Wolters Kluwer, Visby, 424 ss.
- Forsberg, E. 2013. FN-prognos: Afrikas befolkning fördubblas till 2050. 2013:59. [<https://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Artiklar/Afrikas-befolkning-fordubblas-till-2050/>]. Hämtad 2019-04-05.
- Grigorakis, K. 2009. Ethical Issues in Aquaculture Production. Journal of Agricultural and Environmental Ethics. 23: 345-370
- Hambly, A. och Stedmon, C. 2018. FluoRAS Sensor - Online organic matter for optimising recirculating aquaculture systems. Research Ideas and Outcomes. DOI: 10.3897/rio.4.e23957
- HELCOM. 2018. State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011-2016. Baltic Sea Environment Proceedings 155.
- Hilborn, R. och Hilborn, U. 2012. Overfishing kap 1. Overfishing: what everyone needs to know. 1 ed. Oxford University press, New York. ss 3-10.
- Iribarren, D., Moreira, M.T. och Feijoo, G. 2012. Life Cycle Assessment of Aquaculture Feed and Application to the Turbot Sector. International Journal of Environmental Research. 6: 837-848
- Jordbruksverket (UÅ). Välkommen att söka efter vattenbruk. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/etjanster/etjanster/sokvattenbruk.4.4b2051c513030542a92800011259.html> Hämtad: 2019-05-17
- Langeland, M., Kiessling, A. och Lekang, O-I. 2014. Baltic Aquaculture Innovation Center (BIC). Nova Utbildning, FoU & Affärsutveckling.
- Ljungquist, Johan; VD för Gårdsfiske. 2019. Tollarp. Samtalsintervju om recirkulerande akvakultursystem. 30 April 2019.
- Lundin, A. 2018. Svenskt Sigills satsning stärker statusen på landodlad fisk. Fiskejournalen. <https://www.fiskejournalen.se/svenskt-sigill-starker-statusen-pa-landodlad-fisk/> Hämtad: 2019-05-21

- Lööv, H., Widell, L.M. och Sköld, O. 2015. Livsmedelskonsumtionen i siffror – Hur har konsumtionen utvecklats de senaste femtio åren och varför?. Jordbruksverket. 2015:15
- Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, O., Blanchetton, J.P., d'Orbcastel, E.R. och Verreth, J.A.J. 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering* 43: 83–93
- Nationalencyklopedin. UÅ. Livscykelanalys.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/livscykelanalys> (Hämtad 2019-05-26)
- d'Orbcastel, E.R., Blancheton, J-P. och Aubin, J. 2009. Towards environmentally sustainable aquaculture: Comparison between two trout farming systems using Life Cycle Assessment. *Aquacultural Engineering* 40: 113–119
- Papatryphon, E., Sadasivam, J-P., Kaushik, J. och van der Werf, H.M.G. 2004. Environmental Impact Assessment of Salmonid Feeds Using Life Cycle Assessment (LCA). *Ambio*. 33: 316-323
- Riche, M.A., Weirich, C.R., Wills, P.S. och Baptiste, R.M. 2103. Stocking Density Effects on Production Characteristics and Body Composition of Market Size Cobia, *Rachycentron canadum*, Reared in Recirculating Aquaculture Systems. *Journal of the world aquaculture society*. 44: 259-266
- Ramírez-Godínez, J., Beltrán-Hernández, R.I., Coronel-Olivares, C., Contreras-López, E., Quezada-Cruz, M. och Vázquez-Rodríguez, G. 2013. Recirculating Systems for Pollution Prevention in Aquaculture Facilities. *Journal of Water Resource and Protection*. 5: 5-9.
- Tal, Y., Schreier, H.J., Sowers, K.R., Stubblefield, J.D., Place, A.R. och Zohar, Y. 2009. Environmentally sustainable land-based marine aquaculture. *Aquacultural*. 286: 28-35.
- Windsor, M.L. 2001. Fish Meal. Torrey research station, FAO och SIFAR. Torrey advisory note No. 49.

Appendix

Lista över databaser som används i LubSearch

Namn	Antal träffar
Academic Search Complete	23
ScienceDirect	14
Inspec	10
Complementary Index	8
MEDLINE	6
SwePub	4
Business Source Complete	3
Directory of Open Access Journals	3
Supplemental Index	2
FSTA - Food Science and Technology Abstracts	1
GreenFILE	1
IEEE Xplore Digital Library	1

Intervjufrågor

- Vad har du/ni för koppling till återcirkulerande akvakultursystem?
- Vilka arter odlar ni? Varför har ni valt dessa arter?

- Hur ser ni på RAS i Sverige jämfört med resterande av Europa?
- Varför tror ni det ser ut så?
- Vad är den största svårigheten med RAS och akvakultur?
- Vad kan göras för att underlätta detta?
- Hur ser er energianvändning ut?
- Varifrån kommer energin ni använder? Hade man kunnat använda förnybar energi?
- Tycker ni det finns en tillräckligt stor efterfrågan på denna sortens odlad fisk i Sverige?
- Vad kan man göra för att öka efterfrågan av hållbarodlad fisk i Sverige?
- Finns det något den svenska regeringen kan göra för att få en mer hållbar RAS/akvakultur?
- Finns det något i lagstiftningen angående RAS som kan ändras för att få en mer hållbar produktion?
- Hur tror ni framtiden för RAS ser ut i Sverige?
- Skulle ni rekommendera denna sortens akvakultur till personer som vill börja odla fisk? Varför/varför inte?