



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap

Skillnader i odling av kall- respektive varmvattenfisk i RAS

– En jämförande studie

Differences in farming of cold and warm water fish in RAS

– A comparative study

Helena Eriksson

Pernilla Thorell

Skillnader i odling av kall- respektive varmvattenfisk i RAS

- En jämförande studie

Differences in the cultivation of cold and warm water fish in RAS

- A comparative study

Helena Eriksson

Pernilla Thorell

Handledare: Markus Langeland, Husdjurens utfodring och vård

Btr handledare: Jason Bailey, Vattenbrukscentrum ost

Examinator: Sammar Khalil, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i lantbruksvetenskap, G2E – Lantmästare – kandidatprogram

Kurskod: EX0885

Program/utbildning: Lantmästare - kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2020

Omslagsbild:

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Landbaserad fiskodling, land-based fish farming, tilapia, röding, RAS

FÖRORD

Lantmästare - kandidatprogrammet är en treårig universitetsutbildning vilken omfattar 180 högskolepoäng (hp). Inom programmet är det möjligt att ta ut två examina, en lantmästarexamen 120 hp och en kandidatexamen 180 hp. En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Detta arbete är utfört under programmets tredje år och arbetsinsatsen motsvarar minst 10 veckors heltidsstudier (15 hp).

Idén till studien kommer från att vi tidigare sett många tomma djurstallar och började fundera på vad de kan användas till. Vi tror att fiskodling är en framtidsbransch och valde därför den inriktningen.

Ett varmt tack riktas till vår handledare Markus Langeland, Husdjurens utfodring och vård som hjälpt till med god kunskap inom området och råd om uppsatsens upplägg.

Tack även till vår biträdande handledare Jason Bailey, Vattenbrukscentrum ost.

Examinator har varit Sammar Khalil, Institutionen för biosystem och teknologi.

Alnarp maj 2020

Helena Eriksson
Pernilla Thorell

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING.....	4
SUMMARY.....	5
1 INLEDNING.....	6
1.1 BAKGRUND.....	6
1.2 MÅL, SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING.....	7
1.3 AVGRÄNSNING.....	7
2 MATERIAL OCH METOD.....	7
2.1 LITTERATUR.....	7
3 LITTERATURSTUDIE.....	8
3.1 RAS.....	8
3.2 ABIOTISKA FAKTORER.....	10
3.3 FISKODLINGEN IDAG.....	11
3.4 JÄMFÖRELSE.....	12
3.4.1 <i>Tilapia</i>	12
3.3.2 <i>Laxfiskar – Salmonidae</i>	16
3.3.3 <i>Sammanställning av jämförelse</i>	20
4 DISKUSSION.....	21
5 SLUTSATS.....	22
6 REFERENSER.....	23

SAMMANFATTNING

Anledningen till att studien gjordes är det ökande behovet av protein för humankonsumtion, i kombination med ett ökat antal tomma djurstallar. Studien tar upp RAS som är ett recirkulerande odlingssystem för fisk och passar bra inomhus. Eftersom vattnet renas och återanvänds är det ett system som inte kräver mer vattenresurser än nödvändigt. RAS är ett system som är anpassningsbart efter den fisk som produceras, då vattenmiljön kan styras.

Vid fiskodling är det viktigt att ha koll på vilken miljö som passar fisken. De flesta fiskar klarar relativt stor temperaturvariation, men har ett smalare temperaturspektrum för optimal tillväxt. Syre är en mycket viktig faktor och måste finnas och oftast tillföras så att det finns tillgängligt syre i tillräcklig mängd för att fisken ska må bra.

Studien jämför skillnader och likheter med att odla varm- respektive kallvattenfisk. Arterna som tas upp som exempel är niltilapia (*Oreochromis niloticus*) och röding (*Salvelinus alpinus*). Båda arterna är efterfrågade hos svenska konsumenter, men röding är något vanligare då den avlats i Sverige under längre tid. Röding har en högre slaktvikt än tilapia, men når den under längre uppfödningstid. Foderomvandlingsfaktorn är något bättre hos röding än tilapia.

Tilapia är en omnivor fisk och har god tillväxt på ett helt vegetabiliskt foder. Röding är en karnivor fisk och ställer högre krav på fodrets proteininnehåll. Fiskarterna har generellt ganska lika preferenser när det kommer till vattenkvalité, förutom temperatur och syrehalt, där det är en markant skillnad. Niltilapia kräver varmt vatten, runt 30 °C, för optimal tillväxt medan röding föredrar kallt vatten, runt 10 °C.

Avelsarbete finns hos båda arterna och har snabbt gjort stora skillnader inom produktionen. Både tilapia och röding har blivit billigare att producera och växer snabbare nu jämfört med tidigare generationer av arterna.

SUMMARY

The reason why the study was conducted is the increasing need for protein for human consumption, combined with an increased number of empty animal stables. The study addresses RAS, which is a recirculating farming system for fish farming and fits well indoors. Since the water is purified and reused, it is a system that does not require more water resources than necessary. RAS is a system that is adaptable to the fish to be produced, when the aquatic environment can be strictly controlled.

When farming fish, it is important to keep track of which environment suits the fish. Most fish can withstand relatively large temperature variation but have a narrower temperature spectrum for optimal growth. Oxygen is a very important factor and must be present and usually supplied so that there is enough sufficient oxygen available for the fish to feel good.

The study compares differences and similarities with growing hot and cold-water fish respectively. The species covered as examples are niltilapia (*Oreochromis niloticus*) and Atlantic charr (*Salvelinus alpinus*). Both species are in demand from Swedish consumers, but Atlantic charr is more common since it has been bred in Sweden for a longer time. Atlantic char has a higher slaughter weight than tilapia but reaches it after a longer breeding time. The feed conversion factor is slightly better in char than tilapia.

Tilapia is an omnivorous fish and has good growth on a whole vegetable feed. Atlantic charr is a carnivorous fish and places higher demands on the protein content of the feed. Fish species generally have quite similar preferences when it comes to water quality, except temperature and oxygen content, where there is a marked difference. Niltilapa requires warm water, around 30 °C, for optimal growth while charr prefers cold water, around 10 °C.

Breeding work is found in both species and has in a quite short time made large differences on the production. Both tilapia and charr have become cheaper to produce and are growing faster now compared to previous generations of species.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Enligt en rapport av Grönvall (2019) har djurbesättningarna med fjäderfä, gris och nötkreatur blivit större, men färre, mellan åren 2000 och 2019. Det minskande antalet djurbesättningar leder till ett ökat antal tomma stallar. Dessa stallar är inte alltid byggnadsmässigt undermåliga, utan oftast för små eller orationella för att uppfylla dagens produktionskrav. Det finns flera sätt att återanvända gamla stallar, ett är att inhysa en annan djurart vilket syns genom att antalet fårbesättningar under samma period har blivit fler, men mindre.

Forskning visar att vi behöver äta mer fisk och mindre rött kött (Folkhälsomyndigheten 2019), men för att kunna ha en hållbar konsumtion av fisk och skaldjur måste utfiskningen av haven minska (Jordbruksverket 2012; Havs- och vattenmyndigheten 2020). Ett sätt att minska belastningen på havets fiskpopulation och samtidigt skapa sysselsättning på den svenska landsbygden, är genom att odla fisk. Sverige har kommit långt när det gäller förebyggande hälsoarbete och tillgång till bra avelsmaterial, vilket gör att det finns god potential till ökad fiskproduktion (Jordbruksverket 2012). Därför kan landbaserat vattenbruk vara ett annat bra sätt att använda tomma djurstallar.

Idag beräknas det vara ca 400 personer i Sverige som jobbar inom vattenbruk. De arbetar på 130 odlingar fördelat på 98 företag. Den största delen av Sveriges fiskodling sker i öppna kassar (SCB 2019), men vi vill fokusera på fiskodling som småskaligt kan appliceras i tomma djurstallar.

Utmaningarna studien kommer fokusera på är att producera mer protein, så resurseffektivt som möjligt. Att få det avancerade RAS systemet att fungera med till exempel rätt temperatur och optimal miljö för snabb tillväxt är en annan utmaning att beakta.

Studien som jämföra odlingen av kall- respektive varmvattenfiskar behövs för att ge en lättöverskådlig överblick över vilka förutsättningar som krävs och vad som behöver beaktas vid val av fiskart.

Förhoppningsvis kan studien väcka intresse för RAS-odling och öka den landbaserade fiskproduktionen.

1.2 Mål, syfte och frågeställning

Målet med studien är att ge en bra överblick gällande skillnader och likheter mellan fiskuppfödning i landbaserad RAS, inomhus i varm-respektive kallvatten.

Syftet är att undersöka möjligheter, förutsättningar och skillnader för fiskodling i varm-respektive kallvatten inomhus i Sverige. Detta för att ge en grund att bygga vidare på vid valet av fiskarter vid uppstart av ny fiskodling och ge tips på vilka faktorer som behöver tas i beaktande vid valet.

Frågeställningen är vilka skillnader som finns vid odling av fisk i kall-respektive varmvatten vad det gäller biologiska möjligheter och förutsättningar. Vilka faktorer måste uppfyllas för att fisken ska trivas? Vilka förutsättningar har gården att uppfylla kraven för en varm-respektive kallvattenfisk?

Vår hypotes är att varmvattenfiskar lämpar sig bättre att odlas inomhus.

1.3 Avgränsning

Arbetet är en litteraturstudie som beskriver skillnader och likheter i att odla matfisk i RAS system. En jämförelse görs mellan tilapia, en art som vill ha hög vattentemperatur och laxfiskar (röding, regnbåge och atlantlax), som är de arter som vill ha kallast vattentemperatur. Studien hade blivit mer komplett med praktiska erfarenheter av fiskodling i RAS från svenska fiskodlare, men då utbudet av odlare är begränsat hade underlaget inte kunnat bli statistiskt tillförlitligt. Studien är därför enbart en litteraturstudie byggd på vetenskapliga rapporter.

2 MATERIAL OCH METOD

2.1 Litteratur

Materialet är hämtat mestadels från vetenskapliga rapporter hittade med hjälp av Google scholar, men även FAO:s hemsida, SCB:s rapporter och Svenskt vattenbruks hemsida.

Sökorden vi använt oss av är fisksorter, odlade fiskarter, matfisk, fish breed, fish farming, tilapia, tilapia feed, temperature, tilapia and rainbowtrout, nutritional requirements, amount of feed, landbased farming, artic charr, Iceland land-based farming, RAS, recirkulerande vattenbruk, pH och salvelinus alpinus.

3 LITTERATURSTUDIE

3.1 RAS

Recirkulerande akvakultursystem (RAS, engelska: Recirculating Aquaculture System). Är ett slutet system där vattnet återanvänds. RAS-systemet går att använda både utomhus och inomhus. Fiskarna hålls i tankar som tack vare det avancerade systemet går att styra till optimal miljö. Med optimal miljö menas att vattnet har rätt kvalitet och uppfyller fiskens krav. Bland annat temperatur, pH-, syre och salthalt samt reduktion av koldioxid, övriga gifter och restprodukter är viktiga parametrar som är enkla att styra och ändra i RAS (Bregnballe 2015).

Fisktankarna finns i olika former, storlekar och material. Det vanligaste inomhus är runda eller ovala tankar, gjorda av giftfri plast för lättheten att hålla rent och låg risk för läckage. Det förekommer även fyrkantiga bassänger och bassänger gjorda av vattensäkrad plywood, betong, glas, gummi eller rostfritt stål, det sistnämnda kan dock bli onödigt dyrt (Helfrich & Libey u.å).

RAS är en vanlig metod, men kräver kompetens inom teknik, vattenkemi, biologi och mikrobiologi. Eftersom metoden är mycket teknikintensiv blir den lätt kostsam och kräver daglig kontroll. Det finns dock många fördelar att odla i ett RAS-system. Det fungerar till olika arter och det går att hålla en jämn fiskproduktion året runt, oberoende av väder och årstid (Svenskt vattenbruk 2019b; Zhang et al. 2011). Systemet ger producenten full kontroll över produktionen eftersom det går att anpassa vattenkvalitet och foder för varje fiskart. Detta skapar möjlighet att leverera fisk när marknaden vill köpa. Det är lätt att hålla vattnet rent, till skillnad från kassodlingen där producenten blir beroende på vattenkvaliteten i naturen. Rent vatten ger friskare fiskar som kräver mindre, eller ingen medicinerings (Bregnballe 2015).

Vattenflödet styrs med pumpar som för vattnet mellan olika komponenter, (se Figur 1). Från fisktanken passerar det använda vattnet igenom ett mekaniskt filter, vanligast är ett trumfilter för att bli av med större organiska avfallsprodukter. Avfallsprodukterna fastnar på ett filterelement i trumman och lyfts ut från systemet som slam genom trummans rotationstryck. Det finns dock avfallsprodukter, exempelvis ammoniak, som kan ta sig igenom det mekaniska filtret. Dessa avfallsprodukter skapar gifter som försämrar vattenkvaliteten och behöver tas om hand på annat sätt, vanligtvis genom ett biofilter.

I ett biofilter finns bakterier i en aerob miljö som bryter ner ammoniak och omvandlar den i flera steg till nitrat. Hur effektivt biofiltret är beror främst på pH-värde och vattentemperatur. Storleken på de olika filtren beror på hur stor anläggningen är, hur hög fiskdensiteten är och hur mycket foder som fiskarna får (Bregnballe 2015; SustainAqua 2009). Det förloras ca 5-10 % vatten per dag i reningsprocesserna, vilket behöver fyllas på (Helfrich & Libey u.å; Svenskt vattenbruk 2019b).

Innan vattnet kan gå tillbaka till fisktanken behöver det desinficeras för att undvika smittspridning. De vanligaste metoderna är med ultraviolett strålning (UV-strålning) och ozonbehandling, men det finns även andra metoder såsom att tillsätta klor eller ändra temperatur eller pH. Både UV-strålning och ozonbehandling ska ske efter filtrering för att få ut maximal effekt av desinficeringen. UV-strålning sker från en eller flera lampor som är placerade på ett sådant sätt att den kan utnyttjas maximalt. Ofta används speglar som reflekterar strålningen och därmed ökar kapaciteten per lampa (Langeland & Bailey 2017). UV-strålningen behöver placeras under vattenytan för att få maximal effekt, risken är annars att vattenytan reflekterar bort strålningen (Bregnballe 2015). UV-strålning ändrar mikroorganismers DNA och RNA och gör att de flesta bakterier som finns i vattnet dör

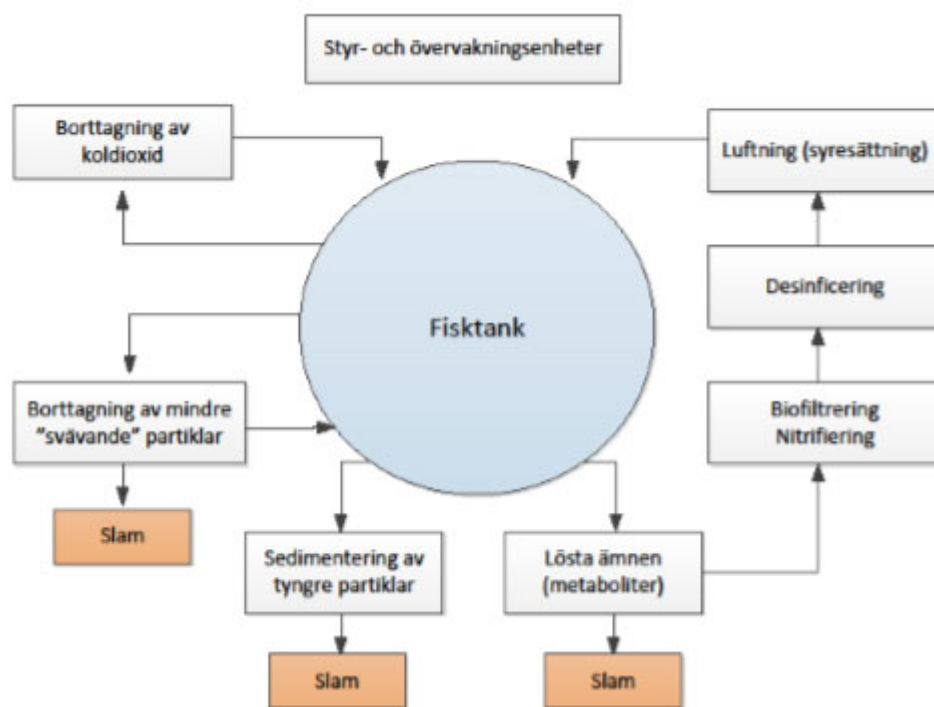
(SustainAqua 2009; Langeland & Bailey 2017). Fiskarna påverkas inte av UV-strålningen då detta sker under processen när vattnet inte är i fisktanken (SustainAqua 2009).

Ozonbehandling har toxiska egenskaper som kan skada både fisk och människor om den hanteras fel. Används den typen av desinficering krävs mycket god ventilation (Bregnballe 2015). Fördelen med Ozonbehandling är att den renar vattnet genom att bland annat reducera andelen ammoniak och nitrit vilket gör vattnet klarare. Ozon bryter ner mikroorganismernas cellmembran och nucleinsyror. Gasen injiceras i vattnet (Langeland & Bailey 2017). Ozonbehandling används ofta i system med yngre fiskar som är extra känsliga för bakterier och kan även användas på nytt vatten som ska tillsättas i tanken (Bregnballe 2015). Blir inte vattnet tillräckligt rent, eller om för lite nytt vatten tillsätts, kan det bli en smakändring på fiskköttet. Denna bismak kan påminna om jord eller dy och är inte populär hos konsumenten. Bismaken är orsakad av bakterier som lagras i fettvävnaden, vilket gör att den tar lång tid att bryta ner och få bort (Langeland et al. 2014).

Koldioxid som bildas från fiskarnas celledning måste tas bort ur vattnet då det sänker pH-värdet i vattnet (Langeland et al. 2014).

Det finns olika metoder för att lufta och syresätta vattnet i tanken. Ett sätt är att pumpa in luft, när luftbubblorna pressas ner i vattnet trycks de giftiga gaserna ut. Vattnet som kommer i kontakt med luftbubblorna får då samma syre- och koldioxidkoncentration som den omgivande atmosfären. En annan metod är att låta vattnet rinna genom en skiva med hål i så att vattnet får stor kontakt med luften omkring och syresätts. Båda dessa metoder går ut på att lufta vattnet, vilket kallas att strippa gaser och ger en syresättning på ungefär 90-100 % (Bregnballe 2015; Berglöf 2018; SustainAqua 2009).

För mer syrekrävande arter behöver extra syre tillföras till vattnet. Detta kan göras med till exempel en syrekon som innehåller hög syrehalt och har ungefär 1,4 bars tryck. Det räcker med att endast en del av vattnet syresätts i konen. Vattnet som syresätts får en syrehalt på 200-300 %, vilket ger en lagom syrenivå, när det blandas ut med det övriga vattnet i tanken. Metoden är dyr och energikrävande, men effektiv och används på många större anläggningar (Berglöf 2018; Bregnballe 2015).



Figur 1: Exempel på hur ett RAS system kan fungera. Illustration: Markus Langeland (2014).

3.2 Abiotiska faktorer

För att fisken ska må bra i det odlade systemet, finns det abiotiska faktorer att ta hänsyn till. Vattentemperatur, syre-, pH- och salthalt är några av de miljöfaktorer som måste stämma. Hur fisken vill ha sin vattenmiljö beror på dess ursprunglig, men här kan även avelsframstegen påverkat fiskens utveckling till en tåligare fisk. För att få en bra produktion krävs stor kunskap om arten och en god anläggning samt hantering för att skapa en lugn och stressfri miljö för fisken (Myric 2011; Zhang et al. 2011).

Temperatur

Det finns en optimal temperatur där fiskarten trivs bäst och en där de har mest aktivitet och förökar sig. Fiskar kan oftast överleva i temperaturer som är högre eller lägre än dess optimum. Under de förhållandena går det dock inte att räkna med bra tillväxt, vilket är en ekonomisk förutsättning för produktion av odlad fisk. Vid den temperatur där fiskarna är som mest aktiva, har de inte störst tillväxt eftersom de gör annat än att äta och växa, till exempel har mer fokus på förökning. Här har odlingsystemet stor betydelse (Myric 2011). Ett försök från Zhang et al. (2011) visar att rätt temperatur ger positiva effekter på fiskens hälsa och slutvikt.

Syrehalt

En av de viktigare faktorerna för fiskarnas överlevnad är syre. När syrehalt nämns menas ofta det syre som är tillgängligt för fiskarna (Zhang et al. 2011). Det tillgängliga syret behöver vara så pass mycket att fisken inte behöver göra av med mer energi än nödvändigt. För lite tillgängligt syre tar mycket energi från fisken och kan skapa problem såsom passivitet, reproduktionsproblem och beteendeförändringar. Passiviteten beror på att fisken i det vilda känner att den inte kan fly från fiender och istället försöker gömma sig. Det är dock svårt för fisken att gömma sig i en fiskodlingstank (Kramer 1987).

Fiskens syrebehov beror på dess storlek och tillväxtpunkt, samt vattentemperatur. Stora fiskar har ett större faktiskt syrebehov än små fiskar, medan små fiskar som växer mycket, har ett större syrebehov per kg fisk. Det är därför viktigt att det går att styra syretillförseln i odlingssystemet. Det finns system där små fiskar är placerade närmast luftintaget, vilket gynnar snabb tillväxt eftersom syret har ett högre flöde just där. Vattnet går sedan vidare till de större fiskarna som klarar en lägre syrenivå (Myric 2011). Det är dock vanligare att varje tank har ett eget system för syretillförsel (Bregnballe 2015).

Syre är en av de mest kritiska parametrarna i ett RAS-system. Fiskar är känsliga för syrebrist så ett väl genomtänkt system är mycket viktigt. Vissa arter som har mycket aktivitet vid exempelvis utfodring, kan själva öka syrehalten i vattnet för några timmar. Syre omvandlas till CO₂ vid fiskarnas cellandning. CO₂ skapar en missgynnsam vattenmiljö som påverkar vattnets pH och gör det lägre än vad fiskarna klarar av. Fiskarna blir då stressade, får en lägre tillväxt och högre dödlighet på grund av att cellandningen blir betydligt sämre (Myric 2011).

Salthalt

Fiskarnas osmotiska förmåga styr vilken salthalt fisken behöver. Önskad salthalt beror på fiskens ursprung. Det är viktigt att veta vad just den tänkta produktionsfisken vill ha för salthalt. Fel salthalt kan bland annat göra att fisken tappar syreupptagningsförmåga (Myric et al. 2011; Kulac et al. 2013). Stress som uppkommer i samband med dålig syreupptagning, genererar i sämre tillväxt och större sjukdomsrisk (Myric 2011). Fel salthalt kan även påverka fiskens upptag av metaller, vilket kan ha giftiga effekter (Kulac et al. 2013). Det finns försök som visar på att extra tillsatt salt i vattnet ger en bättre miljö med lugnare djur, samt en minskad produktion av ammoniak (Myric 2011).

3.3 Fiskodlingen idag

År 2017 odlades totalt 80,1 miljoner ton fisk, skaldjur och blötdjur i världen fördelat på 48,3 miljoner ton i sötvatten, 8,9 miljoner ton i bräckt vatten och 22, 8 miljoner ton i saltvatten. Asien är den kontinent med störst produktion 71, 2 miljoner ton, medan Europa producerar 3,0 miljoner ton per år. Niltilapia stod för 4,1 ton av världsproduktionen medan lax (*salmo salar*) stod för 2,4 ton (FAO 2019).

Produktionen av matfisk i Sverige uppskattas till 11 100 ton år 2018. Nästan 90 %, 9 600 ton, bestod av regnbåge. Värdet av den svenska odlingen av matfisk, matkräftor och blötdjur uppskattas till ca 500 miljoner kronor. Av den summan står regnbåge för ca 400 miljoner, alltså ca 80 % (SCB 2019).

Lite mer än hälften av odlingarna i Sverige är matfiskproduktion. Hälften av alla matfiskodlingar är belägna i norra Sverige. Dessa står för över 95 % av produktionen av matfisk (SCB 2019).

Antal kassar som användes till fiskodling år 2018 i Sverige var 621 stycken, på sammanlagt 758 000 m³. Antalet bassänger samma år var 237 stycken, på en total volym av 7000 m³. Antalet RAS-system år 2018 var 72, med en total volym på 5 000 m³. Både 2017 och 2018 ökade antalet bassänger för fiskodling på land i Sverige (SCB 2019).

3.4 JÄMFÖRELSE

3.4.1 *Tilapia*

Bakgrund

Tilapia är ett samlingsnamn för flera fiskarter från samma familj. De härstammar från Afrika och tillhör de abborrartade fiskarna. Köttet är vitt och fast med röda eller rosa strimmor närmast skinnet hos vissa arter (Svenskt vattenbruk 2019a). Niltilapia är den vanligaste arten som odlas renrasigt, men hybrider mellan olika tilapiaarter är också vanligt (Qiuming & Yi; 2004FAO 2020).

Enligt en relief i en över 4000 år gammal egyptisk grav, odlades niltilapia redan då. Under 40-talet började tilapian spridas i resten av världen. 1978 introducerades arten i Kina, men okontrollerad förökning i tillväxtdammarna ledde till att endast en liten del av fiskarna hade tillräcklig storlek vid slakt. Artens anseende som matfisk sjönk i och med den ojämna och ofta undermåliga storleken på fiskarna. I slutet av 70-talet utvecklades en teknik för att med hjälp av hormoner styra könsutvecklingen och uppfödning av homogena hanbestånd utvecklades. Detta gjorde att alla fiskar i dammen hade samma storlek vid slakt och ryktet som matfisk förbättrades igen. Kina har under lång tid stått för hälften av all odlad tilapia i världen (FAO 2020).

Förutom karpfiskar är tilapia-arterna den fiskgrupp som odlas mest i världen. Den är endast tillåten att odla i slutna system i Sverige då det är en främmande art (Svenskt vattenbruk 2019a).

Könsreglering

Att föda upp både honor och hanar av tilapia i samma tank är problematiskt av flera orsaker. Dels sker okontrollerad förökning på grund av tidig könsmognad, redan vid 5-6 månaders ålder, vilket ökar konkurrensen av foder (FAO 2020). Dels växer honor och hanar i väldigt olika takt och revirhävande beteenden uppvisas hos hannarna med honor närvarande. Detta ger en mycket varierad storlek på fiskarna vid slakt, då tanken ofta töms på vatten och alla fiskar tas upp samtidigt. Det optimala är därför att föda upp enbart hannar i samma vatten. För att få en homogen könsfördelning går det att separera honor och hannar manuellt, manipulera antalet kromosomer eller genom att tillsätta hormoner för att påverka könsutvecklingen. Att använda 17 α -methyl testosteron är den effektivaste och billigaste metoden att könsreglera (Beardmore et al. 2001; Megbowon & Mojekwu 2014).

Olika sätt att könsreglera

Att manipulera könsutvecklingen med hjälp av olika hormoner har visat sig fungera bra på ett trettiotal arter, men det är endast på tilapian som det är vanligt även kommersiellt. Det mest använda hormonet är 17 α -methyltestosteron. Den vanligaste metoden för att ge hormonet är att blanda ut det i alkohol och ge det i fodret. Det är dock svårt att styra att alla yngel får i sig samma mängd hormon med denna metod (Beardmore et al. 2001).

Enligt Megbowon & Mojekwu (2014) är det ingen fara att äta köttet från fiskar som blivit könsreglerade. Hormonet påverkar under kort tid och har försvunnit från fisken redan efter några dagar.

Det är vanligt att korsa honor av niltilapia med hanar av blå tilapia (*O. aureus*). Avkommorna blir då 85-90 % hanar och växer snabbt till en bra storlek. Denna metod är vanlig i Kina (Qiuming & Yi 2004).

Sverige importerar yngel främst ifrån Europa (tabell 4) (Berglöf 2018). De företag som exporterar yngel till Sverige, föder upp stammar av niltilapia utan att tillämpa hormoner. Istället är det selektiv avel och värmebehandling som gör att nästan alla yngel kläcks som hanner (Til-gen L.A.S.A 2015; Til-aqua international 2020).

I slutet av 1980-talet fick Europa upp ögonen för arten och åren -88 till -97 pågick ett avelsprojekt, Genetic Improvement of Farmed Tilapia (GIFT) för att visa potentialen i avelsarbete på niltilapia. Det var flera länder som gick ihop om projektet, bland andra Norge. Tillväxten hos tilapia ökade med ca 80 % på bara fem generationer under GIFT projektets gång (WorldFish Center 2004).

Skötsel och arbetsåtgång

Tilapia är en tålig, snabbväxande fisk som klarar av hög täthet. I Sverige slaktas den vid en vikt på 400-1000g (Tabell 4). Tilapia brukar odlas med en fisktäthet på 60-160kg/m³ vatten (Tabell 4) (Bailey u.å.). Det vanligaste är en täthet på 120 kg/m³ vatten.

En exempelgård köper in 3 månader gamla fiskar som efter 7 månader väger ca 700 g, det ger en total uppfödningstid på 9 månader. Den vanliga uppfödningstiden i Sverige är runt 6 månader (Tabell 4) från yngel till slakt (Berglöf 2018).

Vattenkvalité

Vattnets pH ska ligga mellan 6,5 och 8,5 (Tabell 4) med en syrehalt på 3,5-6,0 mg/l för att fiskarna skall trivas (Bailey u.å.). Tilapia klarar en syrehalt på 90 % (Tabell 4) vilket gör att det räcker med att strippa gaser från tankvattnet, utan att behöva ta till mer avancerade och kostnadskrävande syresättningsmetoder (Berglöf 2018).

Olika arter av tilapia klarar av olika salthalter. Enligt ett försök av Kamal & Mair (2005) på niltilapia, *O. mossambicus* och hybrider mellan de båda arterna, klarade niltilapia höga salthalter sämst. *O. mossambicus* och hybriderna hade en överlevnadsgrad på 98 % även vid 30 ppm salt, medan niltilapia hade sämre överlevnad över 22,5 ppm salt (Tabell 4).

Recirkulationsgraden på vattnet bör ligga på 1-2 gånger per timme (Berglöf 2018).

Temperatur

Niltilapia klarar temperaturer mellan 20-36 °C, men trivs bäst i 25-30 °C (Tabell 4) (El-Sayed 2006; SustainAqua 2009; Myric 2011; Bailey u.å.).

Enligt ett försök gjort av El-Sayed & Kawanna (2008) räcker det inte att hålla sig inom det optimala temperaturspannet. Några få graders skillnad kan få stora konsekvenser på niltilapians tillväxt och foderomvandling. 24 °C och 32 °C gav sämst resultat jämfört med 26 °C och 30 °C som gav signifikant bättre resultat i både tillväxt och foderomvandling. Den optimala temperaturen var 28 °C.

Enligt ett annat försök genomfört av Sifa et al. (2002) klarar tilapian så låga temperaturer som 11 °C utan att dödligheten påverkas, i alla fall under en begränsad period. När temperaturen sedan sänktes från 11 °C började fiskarna dö och vid 8,4 °C fanns inga levande fiskar kvar.

Hur mycket energi som går åt vid uppvärmning beror på vilket system som används. Uppvärmning (Tabell 4) av tankvattnet sker oftast genom värmeväxling från antingen en värmepump, genom solpaneler eller genom användning av spillvärme från olika fabriker. Det går även att värmeväxla med det utgående vattnet för att ta tillvara på värmen som redan finns i tanken (Berglöf 2018; Badiola et al. 2018). Det beräknas gå åt 3,4 kWh per kg producerad fisk i uppvärmning (SustainAqua 2009).

Foder

Niltilapia är en omnivor som äter både vattenväxter, plankton, bakteriefilmer och små ryggradslösa djur (FAO 2020). Tilapia har ett långt tarmsystem, vilket är typiskt för en art som i huvudsak livnär sig på växter. Växter är mer svårsmälta och kräver längre tid i mag-tarmkanalen för att näringen skall hinna tas upp (El-Sayed 2006). Därför föredrar tilapian att äta ofta, ungefär var fjärde timme, för att alltid ha mat i magen (Berglöf 2018). Tilapia klarar sig på enbart vegetabiliskt foder, men ofta blandas fiskmjöl och fiskolja in i de kommersiella fodren, för att öka tillväxten och innehållet av omättade fiskfetter i köttet (Bailey u.å.).

Tilapians proteinbehov varierar med ålder hos fisken. Yngel (startvikt 0,4-0,5 g) växer bäst med en proteinhalt i fodret på 45 %. Småfisk (startvikt 17-22 g) växer bäst med en proteinhalt på 35 %. Större fisk (startvikt 37-43 g) växer bäst med en proteinhalt på 35 % (Abdel-Tawwab et al. 2010).

Förhållandet mellan smältbart protein och omsättningsbar energi är avgörande för hur bra ett foder är. Det foder som ger signifikant skillnad i form av högst slutvikt, tillväxthastighet och lägst foderomvandlingsfaktor är ett foder med 240 g protein och 12,6 MJ energi per kg foder. Bäst utnyttjande av protein ger ett foder med 140 g protein och 12,6 MJ energi per kg foder. (Caineiro et al. 2020). Foderomvandlingsfaktorn, kg foder/kg tillväxt, ökar med ökande andel smältbart råprotein per MJ omsättbar energi (Abdel-Tawwab et al. 2010; Haidar et al. 2018).

Lysin är en av de essentiella aminosyrorna och när fiskfodret innehåller allt mindre animaliskt protein, ökar behovet av tillsatt lysin. Enligt en undersökning gjord av Michelato et al. (2016) är den optimala mängden tillsatt lysin 14,6 g per kg vilket motsvarade 5,8 % av fodrets protein. Detta för att uppnå optimal tillväxt.

Utfodring och foderutbyte

Av de tilapia som utfodras fick 70 % av fiskarna fabrikstillverkat foder år -95, 2008 var siffran istället 83 %. I vikt ökade produktionen från 0,99 till 3,95 miljoner ton foder under samma tidsperiod (Tacon et al. 2011). Foderkostnaden för niltilapian är runt 19 kr/kg producerad fisk i svenska RAS-system (Berglöf 2018).

Vid utfodring 2-3 gånger dagligen med kommersiellt foder (28-35 % råprotein) ges 6-10 % av fiskens kroppsvikt till fiskar som väger upp till 100 g. Fiskar som väger 100-250 g får foder motsvarande 3-6 % av sin kroppsvikt. Fiskar som väger 300-800 g får motsvarande 1,5-4 % av sin kroppsvikt i foder (Qiuming & Yi 2004).

Tilapians foderutbyte beror både på fodrets innehåll, vattentemperatur och på ålder hos fisken. Yngel (startvikt 0,4-0,5 g) har en foderomvandlingsfaktor på 1,5 kg foder/kg tillväxt. Småfisk (startvikt 17-22 g) har en foderomvandlingsfaktor på 1,9 kg foder/kg tillväxt. Större fisk (startvikt 37-43 g) har en foderomvandlingsfaktor på 2,3 kg foder/kg tillväxt (Abdel-Tawwab et al. 2010). Vid uppfödning i Sverige i RAS-system har tilapia en foderomvandlingsfaktor på 1,1-1,6 kg foder/kg tillväxt (Tabell 4) (Bailey u.å.; SustainAqua 2009). Som jämförelse har fiskar uppfödda i Kina en foderomvandlingsfaktor på 1,5-2,0 kg foder/kg tillväxt (Qiuming & Yi 2004).

Utsläpp

Vilka utsläpp som blir av gödseln beror på vilka fodermedel som ges till fisken och hur stor andel av dessa fisken kan tillgodogöra sig. Köprücü & Özdemir (2005) gjorde en studie (Tabell 1) med ett foder med ett näringsinnehåll på 40 % råprotein, 3,9 % råfett, 2,7 % råfiber, 5,6 % aska, 47,8 % kvävefritt extrakt, 0,8 % kalcium, 0,9 % fosfor och 4,7 % bruttoenergi. Det som fisken kunde tillgodogöra sig var 89 % av ts, 87,1 % av proteinet, 90,6 % av fett, 88 % av fibrerna, 63,5 % av askan, 88,7 % av kvävefritt extrakt (NDF), 18,4 % av kalciumet, 25,7 % av fosfor och 81,8 % av energin (Tabell 1). Enligt en studie av Trung et al. (2011) har protein en smältbarhet på 85,1 % vid 22 °C i vattnet och 80,4 % vid 28 °C.

Tabell 1 visar näringsinnehållet i det använda fodret och andel av näringen fisken tillgodoser sig. Siffror hämtade från Köprücü & Özdemir (2005)

Ämne	Foderanalys (% av ts)	% Smältbarhet	% som blir utsläpp
Råprotein	40	87,1	12,9
Råfett	3,9	90,6	9,4
Råfiber	2,7	88	12
Aska	5,6	63,5	36,5
NDF	47,8	88,7	11,3
Kalcium	0,8	18,4	81,4
Fosfor	0,9	25,7	74,3
Bruttoenergi	4,7	81,8	18,2

Enligt fodertillverkaren Aller aqua (u.å.) ger deras foder *Aller bona float* (Tabell 2) med ett delvis animaliskt proteininnehåll, en sammansättning på 42 % råprotein, 12 % råfett, 28,3 % NDF, 6,6 % aska, 3,1% fiber, 20 MJ bruttoenergi och 15,7 MJ omsättbar energi. Med den sammansättningen på foder och vid utfodring enligt tillverkarens rekommendation ger 100 kg producerad fisk ett utsläpp på 5,29 kg kväve och 0,39 kg fosfor (Tabell 4) i vattnet om fisken har en foderomvandlingsfaktor på 1,3 kg foder per kg tillväxt.

Tabell 2 visar foderanalysen på *Aller aquas* foder *Aller bona float*. Siffror hämtade från *Aller aqua* (u.å.)

Ämne	Foderanalys
Råprotein	42 % ts
Råfett	12 % ts
NDF	28,3 % ts
Aska	6,6 % ts
Fiber	3,1 % ts
Bruttoenergi	20 MJ
Nettoenergi	15,7 MJ

Ekonomi

Efterfrågan på tilapia i Sverige anses god av försäljarna och de upplever att kunden inser det mervärde som en lokalproducerad fisk innebär. Utländsk och importerad tilapia odlas oftast i dammar och kan därför ha en dyg smak som den svenska RAS-odlade tilapian inte får (Bailey u.å.).

Tilapia säljs ofta som filé, vilket utgör 30-37 % av fisken (Berglöf 2018).

Övrigt

Tilapia växer fort, är anpassningsbar till olika miljöer, kräver lite mat i förhållande till tillväxt och förökar sig i fångenskap. Den är alltså mycket väl lämpad för vattenbruk. I Afrika förekommer tilapia i tillfälliga floder, forsar, varma källor, tropiska och subtropiska floder. Även i grunda, träskartade, anlagda, sura, alkaliska och salthaltiga sjöar förekommer fisken vilket visar på dess anpassningsförmåga (El-Sayed 2006). Tilapian föredrar grunt vatten (FAO 2020).

En av anledningarna till att fisk anses så nyttigt är den höga halten av omättat fett och framförallt omega 3-fettsyror i förhållande till omega 6-fettsyror. Hos tilapia odlad i USA är strax över 35% av fettets mättat, ca 35% är omättat fett och ca 30% fleromättat fett. Av det fleromättade fettets är ca två tredjedelar omega 6 medan resten är omega 3 (Weaver et al. 2008).

3.3.2 Laxfiskar – Salmonidae

Bakgrund

Laxen är en populär matfisk som är känd för sitt röd-orangea kött med hög fetthalt (Erikson & Misimi 2008). Den är en sötvattenfisk som under sin uppväxt tar sig ner till saltvatten. I familjen laxfiskar ingår det flera olika arter, till exempel atlantlax (*Salmo salar*), regnbåge (*Oncorhynchus mykiss*), och röding. Den odlas mest i kassar i mindre skala i Sverige, medan den i Norge är en av de största inkomstkällorna för landet. I Norge började laxen odlas i slutet av 1960-talet, men blev inte storskaligt förrän på 1980-talet (Liu et al. 2011). Atlantlaxen är en av de fiskarter som odlas mest i världen. Den står idag för 23 % av den totala fiskskörden och den största odlingen sker i kassar i hav (Mowi 2019).

Röding började odlas i Sverige i början på 1900-talet (Tabell 4). Då föddes ynglen upp i små, naturliga dammar. Först på 1950-talet började tankar användas och en strukturerad avel för att få fram en fisk med högre tillväxthastighet, började ta form. Avelsprogrammet för röding är noga framtaget för att få en tåligare och mer snabbväxande fisk. Aveln är strukturerad i två typer av program, ett individbaserat och ett familjebaserat avelsprogram. Bäst resultat uppnås när en kombination av de bägge programmen används, då kommer de egenskaper som är viktiga fram (Brännäs et al. 2011b).

Avelsprogrammet har resulterat i en fisk med effektivare foderomvandling och en uppfödningstid på 1.5-2 år, istället för 3-4 år. Köttet har även fått en högre och jämnare kvalitet och produktionskostnaden har gått ner med 40 % från slutet av 80-talet till slutet av 00-talet (Eriksson et al 2010). Regnbågens avelsprogram startade i slutet av 80-talet. Avelsprogrammet har strävat efter det konsumenterna vill ha, vilket är stora filéer. Målet har därför varit att få fram stora och tunga djur (Kause et al. 2003; Kause et al. 2005).

Förökning och könsreglering

Att få fram yngel tar ca ett år. Avelsarbetet är viktigt för att få fram och bibehålla en snabbväxande frisk fisk med hög standard. Av den anledningen pågår avelsarbetet endast på vissa ställen, där producenter sedan får köpa yngel för vidare uppfödning. Genom detta koncept ges full kontroll över arten och bättre ekonomi (Brännäs et al. 2011a).

Fiskhonan börjar producera ägg på våren, men har sin naturliga lek på hösten när dagarna blir kortare. Det går att påverka fiskarnas leklust med antal ljusstimmar. Honan töms manuellt på rom, som sedan befruktas separat för full kontroll fram till kläckning. Artificiell

befruktning av äggen kräver både teknik och tid, men har en högre överlevnad än om fiskarna skulle sköta det själva. Den befruktade rommen är väldigt känslig för hög temperatur och ljus. Det är därför viktigt för överlevnadsgraden att temperaturen är under 8 °C, samt att rommen hålls i mörker (Brännäs et al. 2011a).

Efter kläckning är ynglen väldigt känsliga för sjukdomar. Ynglen behöver få ett startfoder som är anpassat efter deras storlek och behov för stabil tillväxt. Oftast flyttas ynglen även till en annan tank efter kläckning. För att utfodringen av den växande fisken ska bli rätt, är det väldigt viktigt med bra management hos odlaren. Det krävs regelbundna och täta kontroller av temperatur och vattenkvalité samt storleken på fisken (Brännäs et al. 2011a)

Det har gjorts försök att utsätta rommen för tryck, så kallat tripliodisering (Tabell 4) för att göra ynglen sterila. Försöket gav dock en ökad dödlighet. Den svaga rommen, som i normala fall ändå skulle klara sig i konventionell produktion, klarade inte av trycket. Testet visade även att de tryckbehandlade fiskarna fick en lägre tillväxt och en högre andel missbildningar (Nilsson 2014).

Något som är vanligare än tripliodisering utanför EU, är att könsreglera fiskarna med östrogenhormoner. Alla fiskarna får då XX-kromosomer, men bara de ”riktiga” honorna kan reproducera sig, ”hanarna” blir sterila (Brännäs et al. 2011a).

Skötsel och arbetsgång

Rödingen kan uppfattas som tidskrävande, då den har relativt låg överlevnad som yngel och kräver att temperaturen regleras efter storleken på fisken. Vid temperaturförändringar är det rimligt för arten att anpassa sig till 1-2 °C per dygn (Eriksson et al. 2010).

Rödingen växer som mest på vinterhalvåret och som sämst under sensommaren. Många individer tappar i kroppsmassa under senare delen av sommaren, då det är svårt att få fiskarna att äta ordentligt. Utfodring bör ske vid flera tillfällen under dygnet för att alla fiskar ska få i sig tillräckligt med foder. Vid få utfodringar finns risk att lågrankade fiskar inte får någon mat då de dominanta fiskarna tar allt. Något som är viktigt att veta är att de lågrankade fiskarna helst äter på natten (Eriksson et al. 2010). Mindre fiskar som växer som mest behöver utfodras oftare än stora fiskar (Brännäs et al. 2011a).

Röding har en stark hierarkisk instinkt, speciellt om fiskdensiteten i tanken är låg. Det är därför viktigt att hålla koll på fiskens beteende och det kan vara nödvändigt att sortera fiskar som visar aggressiva beteenden (Brännäs et al. 2011a).

Vattenkvalité

Röding är mindre känslig än laxen för obalans i temperatur och salthalt i vattnet. Röding klarar av en salthalt som motsvarar havsvattnet, dvs 33 ppt, under en viss period medan atlantlax klarar av en högre salthalt under en betydligt längre tid (Norman et al. 2012; Dagbjartson Imsland et al. 2019;). Det osmotiska trycket blir ganska högt under 33 ppt salthalt och ger en lägre tillväxt. Mer optimalt är det att ha en salthalt runt 20 ppt (Tabell 4) för maximal tillväxt (Dagbjartson Imsland et al. 2019).

Syrebehovet beror på fiskens storlek, tillväxthastighet, temperatur och foderintag. I en besättning med bra tillväxt, ligger syrebehovet i snitt på 150 mg O₂ per kg fisk i timmen, men behovet ökar med ca 50 % precis efter utfodring (Eriksson et al. 2010). För regnbåge behöver vattnets syresättning vara minst 100 % (Tabell 4) (Berglöf 2018).

Med syreintaget kommer koldioxidproduktionen och risken för koldioxidförgiftning. Vattnets pH bör vara mellan 6.5-8.5 för att få en god tillväxt utan risk för

koldioxidförgiftning. Röding klarar normalt sett av pH mellan 5-9 (Tabell 4), men blir pH-värdet för högt finns risk att fiskens gälar skadas (Eriksson et al. 2010).

Temperatur och ljus

Det är inte speciellt vanligt i Sverige att odla röding i landbaserad odling. Däremot är det vanligare på till exempel Island. Då rödingen tål låga temperaturer bra, är det många fiskodlare som har stalltemperatur, utan extra uppvärmning i vattnet (Tabell 4). Vid odling i kasse är det därför viktigt att tänka på att sjön behöver vara så pass djup att temperaturen blir tillräckligt låg. Är temperaturen för hög kommer inte fiskarnas reproduktion igång som den ska och fiskarna kan stanna i tillväxt (Eriksson et al. 2010).

Rödingen föredrar låga temperaturerna eftersom den i det vilda lever på djupt vatten. Det har gjorts tester på Island som jämfört konstant ljus med ljusschema för att imitera ljusförhållandena på djupt vatten. Försöken visar att ett ljusschema som ger kortare dagar, ger en betydligt högre tillväxt (Dagbjartson Imsland et al. 2019).

Laxfiskens ägg vill ha låga temperaturer, högsta temperatur varierar, men upp till 16 °C beroende på art. Rödingens ägg vill dock inte ha högre temperatur än 8 °C (Elliott J.M. & Elliott J.A. 2010).

Unga fiskar upp till 200 g, vill ha en temperatur mellan 12 °C och 16 °C för optimal tillväxt. Röding har tillväxt ner till 0,3 °C och upp till 16 °C (Tabell 4). Bäst tillväxt hos vuxna djur sker vid lägre temperaturer och optimum är 8-12°C, men det varierar beroende på storleken hos fisken. Större fiskar behöver lägre temperatur. Är temperaturen högre än 14 °C minskar tillväxten och risken för sjukdomar ökar (Imsland et al. 2019).

Foder

Laxfiskar är karnivorer och behöver därför foder med animaliskt innehåll, eller ett växtbaserat foder som uppfyller kraven på högkvalitativt protein. Växtbaserat foder är billigare och därför mer ekonomiskt än ett animaliebaserat foder. Det växtbaserade fodret (Tabell 3) som förekommer idag, innehåller näringsämnen från mikroorganismer såsom olja från alger. De mer konventionella fodren innehåller fiskmjöl och fiskolja. Det vanligaste är foder i pelletsform och storleken varierar beroende på tillväxtstadium hos fisken. Fiskar som äter naturlig föda, dvs fiskbaserade foder, får en högre halt omega-3 i köttet (Brännäs et al. 2011; BioMar 2020).

Foderinnehållet har stor betydelse för köttets färg. Den typiska röd-orangea färgen kommer från bland annat sill och räkor när fisken lever i vilt tillstånd (Kause 2003). Att byta ut animaliska råvaror mot vegetabiliska, är inte så enkelt. Det är viktigt att det blir rätt innehåll av protein, aminosyror och balans mellan omega 3 och omega 6. Bland aminosyrorna är det bland annat metionin, lysin och cystein som är viktiga för fisken. Fel innehåll i fodret leder till minskad tillväxt och välmående (Morken 2011).

Det har skett en stor förändring av fodermedel genom tiderna. För 20 år sedan utfodrades fiskarna enligt norska studier med 65 % fiskmjölsprotein, 24 % fiskolja, 9 % vegetariska proteinråvaror, 9,5 % kolhydrater och 1 % mikroingredienser. Idag är dessa siffror 40 % vegetariska proteinråvaror, 10 % fiskolja, 14,5 % fiskmjölsprotein, 10,6 % kolhydrater och 4 % mikroingredienser (Synnøve Aas et al. 2019). Vegetabiliska råvaror är billigare än animaliska, men kommer inte upp i samma proteinhalt. Vanliga vegetabiliska råvaror som används som laxfoder är oljor, vete, majs, baljväxter och solrosor (Synnøve Aas et al. 2019; Mowi 2015).

Tabell 3 visar ett exempel på ett växtbaserat tillväxtfoder för röding från fodertillverkaren BioMar (2020).

Råprotein (%)	45
Råfett (%)	24
Kolhydrater (%)	15,4
Råcellulosa (%)	2,7
Aska (%)	6,7
Fosfor (%)	0,9
Bruttoenergi (MJ/kg)	23,2
Smältbar energi (MJ/kg)	19,3
Kväve (%)	7,2
Utsläpp Kväve (foderomvandlingsfaktor 1.1)	4,5
Utsläpp Fosfor (foderomvandlingsfaktor 1.1)	0,45

Utsläpp

Utsläppen beror på bland annat på foderomvandlingen hos den producerade fisken. Ju effektivare fisken är på att omvandla fodret, desto lägre blir utsläppen. Ett exempel från BioMar (2020) (Tabell 3) visar att en fisk som har en foderomvandling på 1,1 genererar ett utsläpp på ca 0,45 kg fosfor och 4,5 kg kväve per 100 kg producerat kött (Tabell 4).

CO₂ utsläppen är ca 2,9 kg per kg ätbart kött och vattenförbrukningen ligger på 2000 kg per kg ätbart kött (Marine Harvest 2019). Globalt sett är allt foder som ges till odlad lax kommersiellt extruderat foder. År 1995 tillverkades 806 000 ton och 13 år senare 2 miljoner ton laxfoder (Tacon et al.2011).

Ekonomi

Rödingen har en odlingscykel på ca 2 år med låg frekvens av tidig könsognad. Produktionskostnaden är ca 25-35 kr/kg fisk (Brännäs et al. 2011b). Hur effektiv fisken är i foderomvandlingen har stor betydelse för ekonomin hos odlaren. De olika laxarterna har olika foderomvandlingsfaktorer beroende på dess genetik. Det kan även finnas en signifikant skillnad mellan olika familjegener inom samma art (Kolstad et al. 2004).

Att starta upp en laxodling tar tid, ca 3 år från yngel till slaktmognad, om fisken odlas i kasse i havsmiljö. De första 10-16 månaderna växer laxen som yngel och småfisk i väl kontrollerad miljö, för att sedan slutuppfödas 12-24 månader i kassar i havet (Marine Harvest 2019).

Övrigt

Rödingen slaktas efter ungefär 2 år, när fisken har nått en storlek runt 1,7-2 kg (Tabell 4). Djurtätheten varierar mellan 60-120 kg fisk per m³ vatten (Tabell 4) under den största tillväxten, så länge vattenkvalitén är god. Vid mindre tankar rekommenderas 20-30 kg fisk per m³ vatten (Brännäs et al. 2011a).

Regnbågen är slaktfärdig när den är 2-3 år gammal, då väger den mellan 1 och 3 kg (Kause et al. 2005). Hos regnbåge odlad i USA är ca 30 % av fettsyrorerna mättade, strax under 30 % omättade och lite mer än 40 % fleromättade. Av det fleromättade fettet är ca 20 % omega 6 medan resten är omega 3 (Weaver et al. 2008). Atlantlaxen kan bli stor, det är inte ovanligt med en slaktvikt på 4-5 kg (Synnóve Aas et al. 2019).

3.3.3 Sammanställning av resultatet från jämförelsen

Tabell 4 visar en sammanställning av jämförelsen mellan varm- respektive kallvattensfisk.

*Regnbåge

Jämförandefaktor	Röding	Tilapia
Temperatur	8-16 °C beroende på ålder	25 – 30 °C
Foderomvandlingsfaktor	1,1	1,1-1,6
pH	6,5-8,5	6,5-8,5
Syrehalt	100%*	90%
Salthalt	20 ppm	<22,5 ppm
Djurtäthet (fisk/m ³)	60-120 kg	60-160kg
Utsläpp fosfor/100 kg produktion	0,45 kg	0,39 kg
Utsläpp kväve/100kg produktion	4,5 kg	5,29 kg
Andel fleromättat fett	40 %*	30%
Andel omega 3 av omättat fett	80 %*	33%
Uppfödningstid	2-3 år	6-9 mån
Slaktvikt	1,7-2 kg	0,8-1 kg
Förökning i Sverige	Ja	Nej
Uppvärmning	Nej	Ja
Könsreglering	Sällan, men teknik finns	Ja

4 DISKUSSION

Recirkulerande akvakultursystem (RAS) är ett system som ligger i tiden då det har relativt låg vattenförbrukning och inte bidrar till utfiske av haven. Systemet har potential att producera protein i djurstallar, eller annan typ av passande byggnad. Vi anser att RAS-odling minskar miljöbelastningen då vattnet är i ett slutet system och renas från fiskarnas gödsel. Den snabbare uppfödningstiden ger en lägre förbrukning av resurser samtidigt som mer protein fås fram på kortare tid. Beroende på hur vattenuppvärmningen sker kan detta vara en faktor som är negativ för miljön.

Det är god efterfrågan på båda fiskarna, men här i Norden har avelsarbetet med röding pågått mycket längre än för tilapia och arten är därför mer förankrad hos den svenske konsumenten. Marknaden för röding borde av den anledningen vara mer etablerad och stabil.

Det är först på senare tid ett strukturerat avelsarbete börjat genomföras på tilapia. Tidigare har de fiskar som klarat sig trots mindre gynnsamma förhållanden, varit de som kunnat föröka sig. Röding och andra laxfiskar har under lång tid avlats för att förbättra produktionsegenskaperna. Avelsarbetet på de bägge arterna har visat stora framsteg under en relativt kort period och resulterat i högre tillväxt till en lägre produktionskostnad.

För båda arterna finns det utvecklad teknik för könsreglering för att undvika okontrollerad fortplantning. Det används regelbundet på tilapia, medan det inte slagit igenom hos röding på grund av låg överlevnad hos de könsreglerade äggen. Att könsreglera tilapia med hormon är fortfarande allmänt vedertaget, särskilt i utvecklingsländer. Vi tror och hoppas att hormonfri könsreglering är på framfart, då användning av hormoner känns som en snabb lösning som på sikt kan få oväntade konsekvenser.

Jämför vi vattenkvaliteten så har arterna samma pH-preferenser. Rödingen klarar en något högre salthalt, men kräver mer syre för att trivas. Den största skillnaden i uppfödningen är temperaturen där röding vill ha 8-16 °C, gärna så kallt som möjligt, medan tilapia vill ha en temperatur på 25-30 °C. Skillnaden i djurtäthet är inte så stor, men tilapia klarar lite högre beläggning.

Med rödingens slaktvikt på 1,7-2 kg som uppnås efter 2-3 år, jämfört med tilapian 0,4-1 kg på 6-9 månader, blir det en markant skillnad mellan arternas uppfödningstid. Tilapia har snabbare uppfödningstid än röding och upptar stallet under en kortare period. Att tilapia kräver varmt vatten för att överleva, gör den mer energikrävande under uppfödningstiden och antas därför ge en högre stallkostnad.

Tilapia är en omnivor fisk och kan leva på enbart vegetabiliska råvaror. Röding däremot är en karnivorfisk som kräver ett mer högkvalitativt protein i fodret. Foderomvandlingen är lite bättre hos laxfisken och arten kan därför antas ha ett lägre utsläpp av bland annat kväve och fosfor. Här finns dock inga säkra generella källor, utan siffrorna i detta arbete är hämtade från fodertillverkare och gäller därför enbart vid den specifika utfodringen av just det fodret.

Den litteratur vi hittat har baserats på försök gjorda under väldigt olika odlingsförhållanden och är därför svåra att sammanställa till en enhetlig jämförelse. Litteraturen har framförallt bestått av forskningsrapporter, regelverk och handböcker vilket gör vår litteraturstudie tillförlitlig. Dock är det svårt att hitta forskning på så pass generella förutsättningar som vi behövt för att kunna jämföra de två arterna mot varandra.

På grund av det begränsade utbudet av fiskodlare i Sverige, skulle ett resultat av en intervjuenkät inte bli statistiskt tillförlitligt då odlingsformerna skiljer sig för mycket åt. Vi har av den anledningen valt att inte ta med det i vårt resultat. Djupintervjuer via telefon med fiskodlarna hade gett en bättre svarsfrekvens och mer utförliga svar. Dock hade underlaget fortfarande varit för litet för att göra en kvalitativ undersökning.

Vi kom fram till att vår hypotes delvis stämmer. Det är gårdens förutsättningar till uppvärmning av fisktankens vatten och tillgång till isolerad byggnad, som avgör om varm- eller kallvattenfisk är mest lämpad för odling i RAS inomhus. I övrigt fungerar båda fiskarterna i RAS-system, men traditionellt sätt anses kassodling bättre lämpat för odling av kallvattenfiskar.

5 SLUTSATS

Våra slutsatser är därför:

- I ett RAS-system kan det produceras animaliskt protein nära människor och städer.
- I ett RAS-system går det att detaljstyra fiskarnas klimat och därför justera förhållandena till att fungera för olika arter. I och med att det går att anpassa till olika odlingsförhållanden, kan vilken art som produceras delvis styras av marknadens efterfrågan.
- Avelsarbete är viktigt och en ständigt pågående process.
- Mer forskning behövs om könsreglering för att få den hormonfria processen att bli billigare och enklare att använda.
- Den största skillnaden i uppfödningen är temperaturen.
- Att röding upplever vi som mer tidskrävande att föda upp på grund av att temperaturen behöver justeras mycket efter ålder och storlek, samt att den är en känsligare fisk med aggressiva tendenser vid felaktiga förhållanden.
- Att för att få ett tydligare resultat på jämförelsen mellan varm-och kallvattenfisk behövs ett större jämförelseunderlag med de båda fiskarterna i RAS-system under svenska förhållanden.

6 REFERENSER

Abdel-Tawwab, M., Ahmad, M.H., Khattab, Y.A.E. & Shalaby, A.M.E. (2010). Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, vol. 298, ss. 267-274.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.10.027>

Aller Aqua (u.å.). Tilapia- Aller bona float. [Broschyr]. Christiansfeld, Danmark. Aller Aqua A/S.

Tillgänglig:

file:///C:/Users/Perri/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/350-Tilapia-EN.pdf [2020-05-19]

Badiola, M., Basurko, O.C., Piedrahita, R., Hundley, P. & Mendiola, D. (2018). Energy use in Recirculating Aquaculture Systems (RAS): A review. *Aquacultural Engineering*, vol. 81, ss. 57-70.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.03.003>

Bailey, J. (u.å.). *Vattenbruk-fokus på odling av sötvattensfiskar i recirkulerande akvatiska system (RAS)*.

Vattenbrukscentrum Ost. Tillgänglig: <http://www.vattenbrukscentrumost.se/wp-content/uploads/2018/02/Fiskarter-RAS.pdf> [2020-04-29]

Beardmore, J.A., Mair, G.C. & Lewis, R.I. (2001). Monosex male production in finfish as exemplified by tilapia: applications, problems, and prospects. *Reproductive Biotechnology in Finfish Aquaculture*, ss.283-301.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-50913-0.50015-1>

Berglöf, K., Bailey, J. & Eklund, P. (2018). *Fisk I hus -en handbok för landbaserad fiskodling*. Uppl.1.

Tillgänglig: <http://www.vattenbrukscentrumost.se/wp-content/uploads/2017/02/FISK-I-HUS-1.pdf> [2020-05-18]

BioMar (2020). *Efco envito – Deklaration*. BioMar A/S Danmark. Tillgänglig:

<https://www.biomar.com/globalassets/global/pdf-files/datasheets/-sweden/ac/se-efco-enviro-978-3-45-mm-arctic-char.pdf> [2020-04-27]

Bregnballe, J. (2015). *A guide to recirculation aquaculture – an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming system*. Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO) & Eurofish international organization. Tillgänglig: <http://www.fao.org/3/a-i4626e.pdf> [2020-05-23]

Brännäs, E., Larsson, S., Steinar Saether, B., Siikavuopio, S.I., Thorarensen, H., Sigurgeirsson, O & Jeuthe, H (2011a). *Arctic charr farming – production of juveniles; a manual*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet.

(Intitutionen för Vilt, Fisk och Miljö, Rapportserie 2011:10). Tillgänglig:

https://pub.epsilon.slu.se/8468/1/Brannas_E_etal_111125.pdf [2020-04-26]

Brännäs, E., Nilsson, J. & Eriksson, L-O. (2011b). *Rödingavel – En summering av det Svenska*

avelsprogrammet från 1982-2011. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. (Intitutionen för Vilt, Fisk och Miljö, Rapportserie 2011:9). Tillgänglig: https://pub.epsilon.slu.se/8389/1/Brannas_E_etal_111018.pdf [2020-04-20]

Carneiro, W.F., Colpini, L.M.S., de Souza, R.C.T., Bombardelli, R.A., Balen, R.E. & Meurer, F. (2020). Effect of the digestible protein-energy relationship on the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed fishmeal-free diets. *Animal Feed Science and Technology*, vol. 262, nr.114379.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114379>

Dagbjartson Imsland, A.K., Gunnarsson, S. & Thorarensen, H. (2019). *Impact of environmental factors on the rowth and maturation of farmed Arctic charr*. Australien: The Authors John Wiley & Sons. Tillgänglig:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/raq.12404> [2020-04-27]

- El-Sayed, A-F.M. (2006). *Tilapia Culture*. Biddles Ltd, King's Lynn, United Kingdom. Tillgänglig: <https://www.gafrd.org/files/0084/84094/Tilapia%20culture.pdf> [2020-04-09]
- El-Sayed, A-F. M. & Kawanna, M. (2008). Optimum water temperature boosts the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry reared in a recycling system. *Aquaculture Research*, vol. 39, ss. 670-672. DOI:10.1111/j.1365-2109.2008.01915.x
- Elliott J.M. & Elliot J.A (2010). Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *Journal of fish biology*, vol.77 ss. 1793-1817. Tillgänglig: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1095-8649.2010.02762.x> [2020-05-17]
- Eriksson, L-O., Alanära, A., Nilsson, J. & Brännäs, E. (2010). *The Arctic charr story: development of subarctic freshwater fish farming in Sweden*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. (Intitutionen för Vilt, Fisk och Miljö) Tillgänglig: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10750-010-0248-1.pdf> [2020-04-15]
- Eriksson, U. & Misimi E. (2008). Atlantic Salmon Skin and Fillet Color Changes effected by Perimortem Handling Stress, Rigor Mortis, and Ice Storage. *Journal of food science*, vol. 73. Tillgänglig: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1750-3841.2007.00617.x> [2020-05-19]
- FAO (2019). *FAO Yearbook-Fishery and Aquaculture Statistics*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Serie: Yearbook 2017. Tillgänglig: <http://www.fao.org/3/ca5495t/CA5495T.pdf> [2020-05-13]
- FAO (2020). *Cultured Aquatic Species Information Programme Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Tillgänglig: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en [2020-04-07]
- Fernandes Junior, A. C., Figueiredo de Carvalho, P.L.P F., Pezzato, L.E. Koch, J.F.A., Teixeira, C. P., Cintra, F.T., Damasceno, F.M., Amorin, R.L., Padovani, C.R. & Barros, M.M. (2016). The effect of digestible protein to digestible energy ratio and choline supplementation on growth, hematological parameters, liver steatosis and size-sorting stress response in Nile tilapia under field condition. *Aquaculture*, vol. 456, ss.83-93. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.001>
- Folkhälsomyndigheten (2019). *Mat-rekommendationer*. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/fysisk-aktivitet-och-matvanor/mat--rekommendationer/> [2020-04-29]
- Grönvall, A. (2019). *Lantbrukets djur i juni 2019*. Statistiska centralbyrån. Serie: JO20-Husdjur. Rapportnummer: 1654-4218. Tillgänglig: https://www.scb.se/contentassets/5a0620e7b6f3409eaa4e9805f1b721b0/jo0103_2019m06_sm_jo20sm1901.pdf [2020-05-14]
- Haidar, M.N., Bleeker, S., Heinsbroek, L.T.N. & Schrama, J.W. (2018). Effect of constant digestible protein intake and varying digestible energy levels on energy and protein utilization in Nile tilapia. *Aquaculture*, vol. 489, ss.28-35. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.035>
- Havs- och vattenmyndigheten (2020). *Fisk- och skaldjursbestånd i hav och sötvatten 2019*. Havs- och vattenmyndigheten, Göteborg. Tillgänglig: <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/sidan-publikationer/resursoversikten/fisk-och-skaldjursbestand-2019-final-rev-11mb.pdf> [2020-05-24]
- Helfrich, L.A & Libey, G. (u.å). *Fish farming in recirculationg aquaculture systems (RAS)*. Department of Fisheries and Wildlife Sciences. Virginia Tech. Tillgänglig: <https://pdfs.semanticscholar.org/80d4/2a4cc5dfd309b2aadaac4e38b0f13fa6e13d0.pdf> [2020-04-15]

- Imslund, A.K.D., Gunnarsson, S. and Thorarensen, H. (2019). *Impact of environmental factors on the growth and maturation of farmed Arctic charr*. Rev Aquacult. Tillgänglig: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12404> [2020-05-23]
- Jordbruksverket (2012). *Svenskt vattenbruk-en grön näring på blå åkrar*. Jordbruksverket, Jönköping. Tillgänglig: https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr257.pdf [2020-05-24]
- Kabir, K.A., Schrama, J.W., Verreth, J.A.J., Phillips, M.J. & Verdegem, M.C.J. (2019). Effect of dietary protein to energy ratio on performance of Nile tilapia and food web enhancement in semi-intensive pond aquaculture. *Aquaculture*, vol.499, ss. 235-242. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.09.038>
- Kamal, A.H.M.M. & Mair, G.C. (2005). Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. *Aquaculture*, vol.247, ss. 189-201. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.02.008>
- Kause, A. Ritola, O. Paananen, T. Eskelinen, U. & Mäntysaari, E. (2003). Big and beautiful? Quantitative genetic parameters for appearance of large rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, vol. 62. Tillgänglig: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1095-8649.2003.00051.x> [2020-05-19]
- Kause, A. Ritola O. Paananen, T. Wahlroos, H. & Mäntysaari, E. (2005). Genetic trends in growth, sexual maturity and skeletal deformations, and rate of inbreeding in a breeding programme for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, vol. 247, ss. 177-187. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848605000827> [2020-05-19]
- Kolstad, K. Grisdale-Helland, B. & Gjerde, B. (2004). Family differences in feed efficiency in Atlantic salmon (*Salmo Salar*). *Aquaculture*, vol. 241, ss. 169-177. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848604005009> [2020-05-19]
- Kramer, D.L (1987). Dissolved oxygen and fish behavior. *Environmental Biology of Fishes*, vol. 18, ss. 81-92. Tillgänglig: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF00002597.pdf> [2020-05-15]
- Kulac, B. Atli, G. & Canli, M. (2013). Response of ATPases in the osmoregulatory tissues of freshwater fish *Oreochromis niloticus* exposed to copper in increased salinity. *Fish Physiology and Biochemistry*, vol. 39, ss. 391-401. Tillgänglig: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10695-012-9707-0> [2020-05-18]
- Köprücü, K. & Özdemir, Y. (2005). Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, vol.250, ss.308-316. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.12.003>
- Langeland, M. Kiessling, A. & Lekand, O-I. (2014). *Baltic Aquaculture Innovation Center (BIC)*. Nova utbildning, FoU & Affärsutveckling. Tillgänglig: <http://www.vattenbrukscentrumost.se/wp-content/uploads/2017/02/BICrapport.pdf> [2020-05-23]
- Langeland, M. & Bailey, J. (2017). *Förebyggande av smittspridning från landbaserade recirkulerande akvakultur system (RAS)*. Jordbruksverket, rapport 2017:15. Tillgänglig: <http://www.svensktvattenbruk.se/download/18.3894410416242e31190becd9/1521718678480/F%C3%B6rebyggande%20av%20smittspridning%20fr%C3%A5n%20RAS.pdf> [2020-05-23]
- Liu, Y. Olaussen, J.O. & Skonhoft A. (2011). Wild and farmed salmon in Norway – A review. *Marine Policy*, vol. 35, ss. 413-418. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X10002125> [2020-05-19]
- Marine Harvest (2015). *Salmon farming industry handbook*. Tillgänglig: <http://hugin.info/209/R/1934071/696335.pdf> [2020-04-08]

- Marine Harvest (2019). *Salmon farming industry handbook*. Tillgänglig: <https://ml.globenewswire.com/Resource/Download/1766f220-c83b-499a-a46e-3941577e038b>
- Megbowon, I. & Mojekwu, T.O. (2014). Tilapia Sex Reversal Using Methyl Testosterone (MT) and its Effect on Fish, Man and Environment. *Biotechnology*, vol. 13, ss. 213-216. DOI: 10.3923/biotech.2014.213.216
- Michelato, M., de Oliveira Vidal, L.V., Xavier, T.O., de Moura, L.B., de Almieda, F.L.A., Pedrosa, V.B., Furuya, V.R.B. & Furuaya, W.M. (2016). Dietary lysine requirement to enhance muscle development and fillet yield of finishing Nile tilapia. *Aquaculture*, vol. 457, ss. 124-130. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.022>
- Morken, T. (2011). *Upgrading plant ingredients in feed for salmonids by thermo-mechanical treatment and acid salts*. Norwegian University of life science (department of animal and aquacultural science) Thesis 2011:52. Tillgänglig: https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2434211/2011-52_Thea%20Morken_%28IHA%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y [2020-05-20]
- Myric, C.A. (2011). AQUACULTURE | Physiology of Fish in Culture Environments. *Encyclopedia of Fish Physiology*. Colorado, USA: Elsevier, ss. 2084-2089. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123745538001295> [2020-04-07]
- Nilsson, J., Brännäs, E. & Andersson, T. (2014). *Tripliodisering av röding vid VBCN i Kalarne*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. (Intitutionen för Vilt, Fisk och Miljö, Rapportserie 2011:9). Tillgänglig: https://pub.epsilon.slu.se/11573/11/nilsson_j_etal_141017.pdf [2020-04-10]
- Norman, J.D. Robinson, M. Glebe, B. Fergusson, M.M. & Danzman R.G. (2012). *Genomic arrangement of salinity tolerance QTLs in salmonids: A comparative analysis of Atlantic salmon (Salmo salar) with Arctic charr (Salvelinus alpinus) and rainbow trout (Oncorhynchus mykiss)*. BMC Genomics. Department of integrative Biology, (university of Guelph,) Canada. Tillgänglig: <https://bmcgenomics.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1471-2164-13-420> [2020-05-20]
- SCB. (2019). *Vattenbruk 2018*. Statistiska centralbyrån. Serie: Jordbruk, skogsbruk och fiske. Rapport: JO 60 SM 1901. Tillgänglig: https://www.scb.se/contentassets/cef2fb103630496bb532e76c98f747e6/jo1201_2018a01_sm_jo60sm1901.pdf [2020-04-18]
- Sifa, L., Chenhong, L., Dey, M., Gagalac, F. & Dunham, R. (2002). Cold tolerance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in China. *Aquaculture* vol. 213, ss. 123–129. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848602000686> [2020-04-12]
- SustainAqua (2009). *A handbook for sustainable aquaculture*. Integrated approach for a sustainable and healthy freshwater aquaculture- SustainAqua handbook. Tillgänglig: https://haki.naik.hu/sites/default/files/uploads/2018-09/sustainaqua_handbook_en.pdf?fbclid=IwAR2TNkyAcck1NddLPjoFPfcj0nswkzAWelzIVY3gFLAC4Mq8a_MsQRdeQUU [2020-05-24]
- Svenskt vattenbruk (2019a). *Tilapia*. Tillgänglig: <http://www.svensktvattenbruk.se/46/att-driva-vattenbruk/exempel-pa-arter-inom-vattenbruk/tilapia.html> [2020-01-12]
- Svensk vattenbruk (2019b). *Landbaserat vattenbruk*. Tillgänglig: <http://www.svensktvattenbruk.se/46/om-vattenbruk/avel-och-odlingssatt/landbaserat-vattenbruk.html> [2019-12-18]
- SynnØve Aas, T. TrestØyl, T & Åsgård, T. (2019). Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway: An update for 2016. *Aquaculture reports*, vol. 15. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235251341930256X> [2020-05-24]

- Tacon, A.G.J., Hasan, M.R. & Metian, M. (2011). *Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans*. Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rapport nr. 564. Tillgänglig: <http://www.fao.org/3/ba0002e/ba0002e.pdf> [2020-04-22]
- Til-aqua international (2020). *YY-Technology Explained*. Tillgänglig: <https://www.til-aqua.com/yy-technology-for-hormone-free-all-male-tilapia-click-here/> [2020-05-20]
- Til-gen L.A. S.A. (2015). *Products- Original Male Tilapia (OMT)*. Tillgänglig: <http://tilgen-la.com/pag-english/productos.php> [2020-05-20]
- Trung, D.V., Diu, N.T., Hao, T.N & Glengross, B. (2011). Development of a nutritional model to define the energy and protein requirements of tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, vol. 320, ss. 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.07.029>
- Weaver, K.L., Ivester M.S.P., Chilton, J.A., Wilson, M.D., Pandey, P. & Chilton, F.H. (2008). The Content of Favorable and Unfavorable Polyunsaturated Fatty Acids Found in Commonly Eaten Fish. *Journal of the American Dietetic Association*, vol. 108, ss. 1178-1185. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2008.04.023>
- WorldFish Center (2004). *GIFT Technology Manual: An aid to Tilapia selective breeding*. WorldFish Center, Penang, Malaysia. Tillgänglig: http://pubs.iclarm.net/resource_centre/WF_365.pdf [2020-05-24]
- Qiuming, L. & Yi, Y. (2004). Tilapia culture in Mainland China. I: Bolivar, R., Mair, G. & Fitzsimmons K.: *Proceedings from the 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. Manila, Phillippines: ISTA, ss. 18– 27. Tillgänglig: <https://cals.arizona.edu/azaqua/ista/ista6/ista6web/pdf/018.pdf> [2020-04-29]
- Zhang, S-Y. Li, G. Wu, H-B. Liu, X-G. Yao, Y-H. Tao, L. & Liu, H. (2011). An integrated recirculating aquaculture system (RAS) for land-based fish farming: The effects on water quality and fish production. *Aquacultural Engineering*, vol. 45, ss. 93-102. Tillgänglig: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0144860911000471?token=31FE2418C45C4106B865A546C8000D0EDFAF90E66FA8BAB87A685D6354E80CA4106156431AF9C32870C5C3F7513E5841> [2020-05-16]