

Bioforsk Rapport

Bioforsk Rapport
Vol. 8 Nr. 67 2013

Aquaponics

Litteraturstudium med henblikk på plantematch ved oppdrett av laks og ørret

Susanne Friis Pedersen
Bioforsk Økologisk Tingvoll

Svein Martinsen
Nekton Havbruk AS

www.bioforsk.no



Tittel/Title:

Aquaponics. Litteraturstudium med henblikk på plantematch ved oppdrett av laks og ørret.

Forfatter(e)/Author(s):

Susanne Friis Pedersen og Svein Martinsen

<i>Dato/Date:</i>	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i>	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i>	<i>Saksnr./Archive No.:</i>
04.06.2013	Åpen	20225	Arkivnr
<i>Rapport nr./Report No.:</i>	<i>ISBN-nr./ISBN-no:</i>	<i>Antall sider/Number of pages:</i>	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i>
Nr 67/2013	978-82-17-01088-3	30	

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i>	<i>Kontaktperson/Contact person:</i>
Smøla Klekkeri og settefiskanlegg	Susanne Friis Pedersen

<i>Stikkord/Keywords:</i>	<i>Fagområde/Field of work:</i>
Akvaponik, kaldtvannsfisk, design, bærekraft Aquaponics, cold water fishes, design, sustainability	Blå-grønn integrering Blue-green integration

Sammendrag:

Landbasert produksjon av fisk generer restprodukter som er interessante for videreforedling. Et landanlegg vil produsere fiskeslam med næringsstoffer som nitrogen, fosfor og mineraler og CO₂ fra fiskens respirasjon. Det genereres også termisk energi, spesielt hvis anlegget er basert på resirkuleringsteknologi. Disse komponentene kan benyttes til fremstilling av biogass eller som innsatsfaktorer i produksjon av ulike planter (aquaponics). Aquaponics systemer er designet på ulike måter; Flytende bed er av flere vurdert til å fjerne næringsstoffer mest effektivt. Næringsforsyning til planter kan delvis dekkes av fiskefaeces og fôrrester, men må suppleres med bladgjødning som inneholder kalium og jern. Aquaponics er mest utviklet til varmtvannsfisk som tilapia under varme klimaforhold - utfordringen i Norge er å finne plantematch til kaldtvannsfisk. Planter der bladene har bruksverdi er enklest å dyrke i et aquaponicssystem fordi de gjennom hele vekstsesongen stiller samme krav til sammensetningen av næringsstoffer. Mengden næringsstoffer øker i løpet av vekstsesongen. Planter fra korsblomstfamilien er ofte tilpasset et høyt pH- nivå, og det er bra samstemt med kaldtvannsfisk som ørret og laks. Planteproduksjonen kan endres utover året slik at det hele tiden gir forbrukere anledning til å velge bladgrønnsaker tilpasset årstidens bruk. Det er viktig å undersøke markedspotensialet lokalt og i et større marked før man foretar en større satsning på et aquaponicsprosjekt.

Summary:

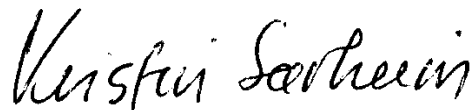
Landbased fishfarms generate rest-products suitable for further processing. A landbased fish farm will generate sludge (nitrogen, phosphorus, minerals), CO₂ from fish respiration and thermic energy especially if the farm is based upon recirculation technology. These components might be processed into biogass or as elements in plant production (aquaponics). Systems for aquaponics are designed in different ways - floating rafts are mostly considered to reduce plant nutrients most efficiently. If supplying plants with feces and fodder surplus from fish farming there must be

added fertilizer with potassium and iron to the leaves to cover the needs of nutrients in the plants. Aquaponics is mostly developed for warmwater fish species as tilapia under warm climate conditions - the challenge in Norway is to find a plant match for coldwater fishes as salmon and trout who demand a high level of dissolved oxygen in the water. Plants with leaves for consumption are easy to cultivate in aquaponics because they have constant demand for the same sort of nutrients. The amount of nutrients increases of course during the season. Cruciferan plants are often adapted to high pH level which is characteristic for coldwater fish species as salmon and trout. Plant production can be changed during the year corresponding the market demands. Market matters are to be analyzed and considered before an aquaponic project.

<i>Land/Country:</i>	Norge
<i>Fylke/County:</i>	Møre Romsdal Fylke
<i>Kommune/Municipality:</i>	Tingvoll
<i>Sted/Lokalitet:</i>	Tingvoll

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader



Navn/name

Navn/name

Innhold

1. Sammendrag	3
2. Forord	4
3. Innledning	5
4. Materiale og metode	6
5. Resultater	7
5.1 Bærekraftighet.....	7
5.2 Design av systemer	10
5.3 Innsatsfaktorer	13
6. Næringsstoffer.....	15
6.1 Om pH	18
6.2 Fremmedstoffer	18
7. Plantematch	20
8. Konklusjon.....	27

1. Sammendrag

Aquaponic defineres ut fra begrepene:

- Akva-kultur = oppdrett av akvatiske dyr
- Hydro-ponik = dyrking av planter i vann

Dette blir sammen til akvaponik = bio-integrasjon av dyr og planter i vann kultur.

Aquaponics er en ny vitenskap som har tatt av siden midten av 1980-tallet. Det er basert på:

- Kretsløp
- Biologisk kontroll
- Integrasjon av flere trofiske nivåer

Vannet resirkuleres mellom fisk og planter slik at nitrogen og andre næringsstoffer fra fiskene blir til ressurs for plantene. Likedan blir vannet rensert til fiskenes behov av plantene.

I driften brukes biologiske midler som for eksempel nyttedyr mot skadedyr, ugress forekommer ikke og derfor heller ingen bruk av kjemiske midler mot ugress.

Aquaponics systemet har innbygget et høyt nivå av biologisk mangfold med ulike leveformer i dyre- og planteriket.

Aquaponics er mest utviklet til oppdrett av varmtvannsfisk i ferskvann i varme klimaer. Det er fortrinnsvis fiske arten Tilapia som er anvendt. Plantevalget sies å være ubegrenset, men at det er lettest å få til en suksess ved å velge en bladkultur med moderat eller lavt næringsbehov.

Ved å velge en bladkultur er det ikke endrede næringsbehov ved utvikling av planteorganer som frukt og blomst. Tynne røtter som sprer seg er best egnet til vannkultur og derfor vil det til en start være smartest og se bort fra rotkulturer. Det er generelt en god avsetning på salat og urter hvilket også holder en god pris. Samtidig er det produkter som gjør seg best ved salg og bruk nyhøstet i nærområdet. Dette passer godt med en høy prioritering av lokal mat, som globalt har mye oppmerksomhet - brennstoff situasjonen og forsyningen med fossile brennstoffer tatt i betraktning.

Til implementering av aquaponics koblet på fiskeoppdrett i Norge er det viktig å finne et plantematch som egner seg med kaldtvannsartene laks og ørret som er de viktigste fiskeartene i oppdrettsnæringen. Det rette plantevalg kan minske omkostninger til klimaregulering og lystilførsel. Plantevalget innbefatter dessuten hensyn til lengden av kulturen fra såing til høsting. Likeledes er det viktig å ha fokus på næringsstoff og tilgjengeligheten av disse ved et balansert pH-nivå.

Planter fra korsblomstfamilien er tilpasset kjølige forhold og opptar næring ved et høyt pH-nivå. Familien rommer både kål med velutviklede blader og urter til frisk konsum. Derfor er dette noen av de planteartene som presenteres i dette litteraturstudiet.

2. Forord

Dette litteraturstudiet er del av et prosjekt som tar sikte på å utnytte restprodukter fra kommersielt landbaserte settefiskanlegg til produksjon av ulike grønnsaker i aquaponics anlegg. Aquaponics er en teknologi som benyttes i mange anlegg internasjonalt, både i stor og liten skala. I oppdrettsnasjonen Norge finnes det kun ett aquaponics anlegg av noenlunde størrelse, men gitt kapasitet innenfor landbasert settefiskproduksjonen, så er mengde tilgjengelige restprodukter i form av næringsalter, CO₂ og varme betydelig og en verdifull ressurs. Tilgjengelig kunnskap om aquaponics produksjon er gjerne knyttet til fiskeproduksjon i varmt vann (tilapia), og med planter som har krav til relativt høye veksttemperaturer. Overføring av denne kunnskapen til norske forhold, med lavere produksjonstemperaturer vil ikke nødvendigvis være problemfritt. Derfor vil en litteraturstudie med en «plantematch» - en studie over hvilke planter som kan være aktuelle, både teknisk og økonomisk, være en god tilnæringsmåte for å utforske dette konseptet. Smøla Klekkeri og Settefiskanlegg ved Mikael Eines og Svein Martinsen har vært initiativtakere til dette arbeidet på Nordmøre. Det drives et velfungerende anlegg på Smøla og dertil ønskes innovasjon med utnyttelse av både avløpsvann og fiskeslam som ressurs for plantedyrking.

Nofima i Sunndalsøra inngår i arbeidet med analysering av innholdsstoffene i fiskeslammet og rådgivere innenfor fiskeoppdrett.

Bioforsk Økologisk i Tingvoll har ansvar for plantedelen av dette arbeidet. Litteraturstudie og pilot for plantematch er utført på Tingvoll.

Her har Borghild Hongset Gjørsvik bidratt med korrekturlesning. Takk til Borghild for et bra samarbeid om dette litteraturstudiet og alt det praktiske ved pilotutprøvingen.

3. Innledning

Aquaponics er et integrert produksjonssystem for fisk og planter. Det har historiske paralleller langt tilbake i historien til for eksempel aztekernes dyrking av «Chinampas» i Mexico 2000 år før vår tidsregning. Aztekenes oppbygning med rennende vann i kanaler og vedlikehold av bed med høstet siv og leire var bærekraftig gjennom flere århundrer. Dette er beskrevet i Bill Mollisons verk fra 1988 om permakultur¹, der han utvider begrepet «chinampas» til et system av små dammer med flytende bed til plantedyrking.

Formen på dagens aquaponics er dog langt mer avansert og teknisk regulert enn datidens. Aquaponics regnes for en ny vitenskap med røtter i akvakultur og hydroponic - med andre ord fiskeoppdrett og dyrking av planter i jordløst vannbasert system. Aquaponics kombinerer resirkulert vann fra fisk med plantevekst (Nelson, 2008)². Starten på aquaponics systemer vi kjenner i dag regnes fra midten av 1980- tallet. Aquaponics brukes flere steder til undervisning om kretsløp. Nitrogensyklus gjennom fisk, plante og bakterie er et klassisk eksempel på dette.³

Akvakultur er den sektor innen matproduksjon som ekspanderer mest. I dag er rundt 50 % av de fiskene som konsumeres fra fiskeoppdrett.⁴

Norge er en fiskerinasjon både med hensyn til fangst og oppdrett. Internasjonalt sett ligger Norge på 11 plassen etter Kina, Peru, USA, Indonesia og Japan vurdert etter fiskeeksport. I 2008 en verdi på ca. 39 milliarder NOK. Norge eksporterer 26 ganger sitt eget konsum av fisk. Oppdrettsnæringen har ekspandert kraftig siden oppstarten i 1970-årene. Næringen sysselsetter rundt 3800 personer fordelt på 1500 oppdrettsanlegg. Fortrinnsvis er det laks som oppdrettes og dernest utgjør ørret en stabil andel av oppdrettet.⁵

Dette litteraturstudiet tar sikte på å finne rett plantematch til fiskeoppdrett av laks, *Salmo salar*, og ørret, *Salmo trutta*. Disse fiskene fra laksefamilien, *Salmonidae*, oppdrettes i landbaserte anlegg i ferskvann gjennom 12 til 18 måneder.

Det er utviklet ulike systemer til aquaponics og disse systemene og prinsippene vil bli gjennomgått ut i fra litterære kilder. I tillegg til de tekniske opplysningene for systemene inngår økologiske tilnærmelser til aquaponics som er gjort rundt omkring i verden.

Forutsetninger for plantevekst med deres behov for næringsstoffer vil deretter bli beskrevet ut fra hvilke behov det er hos planter og hos fisk. Dette både generelt og spesifikt, hvilket som er umiddelbart forenelig og hvilket som krever andre tiltak for plantene sin trivsel enn bare tilførsel av rester fra fiskeoppdrettet.

Deretter gis begrunnet forslag til plantematch.

Som avslutning blir det ennå tid å løfte blikket for å sette aquaponics i perspektiv til de utfordringer verden i dag står overfor. Det finnes flere artikler som gir et bud om hvordan man kan løse avfallsproblematikk og forurensning, gi større matsikkerhet eller matforsyning med protein og mikronæringsstoffer.

¹ Mollison Bill, 1988: Permaculture. A designers' Manual. Tagari. Australia. Pp 576. ISBN O 908228 01 5

² Nelson RL, 2008: Aquaponic Food Production. Raising fish and plants for food and profit. Nelson and Pade Inc. ISBN 978-0-9779696-1-6.

³ Jones S. og R.L. Nelson, 2001: Build a Low Cost Aquaponic System. Aquaponics Journal Volume V No. 3. Pp 10-14.

⁴ FAO, 2012: The State of World Fisheries and Aquaculture. 230 pages.

<http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e.pdf>

⁵ Statistisk sentralbyrå, 2009: Dette er Norge. <http://www.ssb.no/norge/primar.pdf>

4. Materiale og metode

Det er søkt artikler på tilgjengelige databaser fra Springer, Cambridge, Science direct, Blackwell / Riley og AGRIS / CARIS. Tidsskriftet Aquaponic Journal fra 1997 til 2011 er sett igjennom - i alt 60 utgivelser som stammer fra konsulentfirmaet Nelson/Pade Multimedia, Mariposa, California, USA.

Det er tatt med følgende artikler som er sammendrag av emner innom aquaponics:

- 1993 - Rackory and Hargreaves om bio-integrasjon planter og fisk
- 2002 - Gonzales om systemer og om fiskearten tilapia i produksjonen
- 2006 - Diver om designsystemer på markedet
- 2011 - Blidariu and Grozea om økonomisk og økologisk bærekraft

På <http://www.amazon.co.uk> finnes det mange titler innom "urban farming" og "aquaponics". Det finnes mye hobbylitteratur som kindlebooks til nedlasting på i Pad og pc, men det er ikke en servise som kan nås fra Norge.

Det er googlet etter nettsider med informasjon som guider til utforming av mindre hobbybetonede eller selvbergingsprosjekter. Aquaponics finnes også ofte som del av sosiale prosjekter med egne nettsider. Sosial bærekraft er en av de tre hovedpillarene i bærekraftighet.

5. Resultater

5.1 Bærekraftighet

Bærekraftighet vurderes ut fra tre vinkler: Økologisk, økonomisk og sosial bærekraftighet, som gir fremtidige generasjoner samme muligheter som nålevende.

Aquaponics vurderes i utgangspunktet som bærekraftig:

- Økologisk fordi skadedyrkontroll skjer biologisk
- Økologisk fordi systemet bygger på kretsløp og resirkulering
- Økologisk fordi gjødsling til planter er organisk fremfor mineralisk
- Økonomisk fordi avlingen skjer på bakgrunn av et restprodukt fra annen produksjon som ellers ville vært betraktet som avfall
- Økonomisk fordi avlingen kan være større i vann enn i jord
- Sosialt fordi det kan involvere mange ansatte og inngå i bymiljø som et rensende og produserende element

Thierry Chopin fra Canada som er kjent for utvikling av IMTA (Integrated Multi-Trophic Aquaculture) ser aquaponics som en modell under paraplyen av IMTA, fordi aquaponics i stil med IMTA inkluderer flere arter og trofiske nivåer. Visse goder fra aquaponics fins det ikke økonomisk beregning på, men sett fra en økologisk vinkel renses det vannet på en naturlig bærekraftig måte. Utendørs produksjon under tropiske eller subtropiske forhold minsker de økonomiske kostnader, men ved rette valg av fisk og planter er det også mulig under kaldere forhold.⁶

Blidariu *et.al.* vurderer økonomisk og økologisk bærekraftighet i et sammendrag med 47 referanser. De oppsummerer fordelene som følgende:

- Aquaponics er en ressursbevisst løsning som renses og gjenbrukes vann. Resirkulerende akvakultur systemer tilfører mindre enn 10 % nytt vann per dag.
- Aquaponics er agronomi for det nye årtusenet
- Aquaponics innebærer mindre risiko for zoonose
- Aquaponics gir økt inntekt for produsenter

I sammendraget konstateres det at avlingen av planter i aquaponics sammenliknet med planteavling i hydroponic veksler mye. I de fleste beregninger legges planteavlingen som ekstra inntekt til regnskapet for fiskeoppdrett. Det konkluderes videre at aquaponics øker økonomisk bærekraftighet på geografiske plasser som baserer matforsyning på import.⁷

Elisha R. Goodman har i sin avsluttende masteroppgave på sosiologi konstatert vesentlige forskjeller for aquaponics i temperert og tropisk klima. Hun viser til artikler fra University of Virgin Islands under tropiske forhold utendørs hvor Rackory angir en produktivitet av basilikum og okra som er henholdsvis 18 og 3 gange høyere enn produktiviteten av samme arter på bakken.⁸ Rackorys beregninger er ikke alltid overførbare på tempererte forhold.

⁶ Nadkarni A., 2012: Aquaponics more than just an ideal. www.intrafish.com November 2012. pp 22-25

⁷ Blidariu F. and A. Grozea, 2011: Increasing the Economical Efficiency and Sustainability of Indoor Fish Farming by means of Aquaponics - Review. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 2011,44(2) pp 1-8.

⁸ Rackory J.E., M.P.Masser og T.M. Losordo, 2006: Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publication No. 454. 16 sider.

I intervju med Richard Mueller, manager på prosjektet Growing Power i Milkauwee (Wisconsin i USA) og 30 års erfaring fra hydroponics, fremgår det at prosjektet etter 13 år ikke genererer økonomisk overskudd. Det samme gjelder Sweet Water Organics på samme plass etter 3 år i funksjon. Dårligere økonomi handler ikke bare om lavere avling, men også om skatteforhold i USA og om et høyere forbruk av energi. I masteroppgaven gis forslag til å bedre økonomien. Det gjelder å senke utgiftene med å bruke fornybar energi, søke etter billige råvarer, for eksempel restavfall som sagflis fra treindustri. Eller å skaffe inntekter fra produkter som markedsføre virksomheten eller fra turisme, konsulentvirksomhet, eksperimentere med tang, skalldyr og reker i tillegg.⁹

EU hadde under det 6. rammeprogrammet (FP6) et forsknings samarbeid om bærekraftig ferskvanns-akvakultur med navnet «SustainAqua». Samarbeidet genererte blant annet en håndbok, to e-lærings-seminarer i 2009 og 22 utdannelsesseminarer for akvakulturnæringen i 8 europeiske land.¹⁰

Blant fem ulike case studier inngikk fra Sveits et aquaponic prosjekt. Denne casen omfattet oppdrett av tilapia og kreps samtidig med dyrking av tropiske frukter, fortrinnsvis banan og papaya, men også mango, stjernefrukt, guava, chili, sitrongress, tarot og galangorot i hydrokultur. Dette skjer i veksthus, som er oppvarmet med overskuddsvarme fra et fortetningsanlegg til naturgass. Tropenhaus Wolhusen har 55000 besøkende i året og råder over bygning med restaurant, tilapiakultur, tropisk hage for nytte- og prydevekster. Til plantedyrkingen anvendes både oppsamlet regnvann og resirkulert vann fra fiskeoppdrettet. Årlige mengde nedbør angis til å være 1200 mm. Fiskevannet har en temperatur på ca. 26 °C, mens vannet som varmer opp veksthuset holder ca. 60 °C i rørsystemet. Dagtemperatur er rundt 23 °C om dagen og 18 °C om natten. Arealbehovet til en modul av fisk og planter angis til 180 m² som inkluderer 32 m² akvaponiske filtre og to fisketanker. Plantene dyrkes i plastikkbokser med lekastein. Avlingen på hoved kulturene (banan og papaya) er ca. 60 tonn.¹¹

SustainAqua har oppstilt 28 indikatorer for bedømmelse av bærekraftighet innom miljø, økonomi og sosiale dimensjoner. I miljømessige dimensjoner inngår næringsstoffer, vann og energi. I økonomiske dimensjoner inngår produksjonskostnader og kompensasjoner for svingninger i markedet. Dette utgjør 8 særskilte indikatorer, som er målbare og sammenlignbare. De resterende 20 indikatorer for den sosiale dimensjon er beskrevet adskilt i andre dokumenter fra prosjektet. Bedømmelsen har utgangspunkt på bedriftsnivå.

Det konkluderes at case studiet Tropenhaus Wolhusen med akvaponiske filter kommer bedre ut enn damfilter med hensyn til høyere effektivitet og mindre eutrofiering med næringsstoffer. De akvaponiske filtre utmerker seg i særlig med opptak av ammonium og nitritt. Dessuten konkluderes det at produksjonstegningen resulterer i lavere omkostninger til arbeidskraft.

Casen fremheves som «modelleksempel på økologisk ingeniørarbeidet», hvor «økosystem-konsepser anvendes til å tjene samfunnet» og «avfallsstoffer betraktes som en resurs». Dyr manuell eller teknisk slamfjerning erstattes med en gratis naturlig prosess.¹²

Det europeiske prosjektet understreker at det inntil i dag (skrevet i 2009) ikke eksisterer et komplett sertifiserings- eller merkingssystem for status av bærekraftigheten av

⁹ Goodman E.R., 2011: Aquaponics: Community and Economic Development. Master in city planning at the Massachusetts institute of technology. 100 pages. I dne forbindelse vises til nettsider: <http://www.sweetwater-organic.com/> og <http://www.growingpower.org/>

¹⁰ László Váradi og Tamás Bardócz (red.): SustainAqua - "Integreret indføring I bæredygtig og sund ferskvands-akvakultur" (2009). SustainAqua-håndbog - En håndbog I bæredygtig akvakultur. Frigitt til distribusjon på www.sustainaqua.org. 112 sider

¹¹ <http://www.tropenhaus-wolhusen.ch/deu/default.shtml>

¹² Direkte sitat fra side 102 referanse nummer 10

fiskeprodukter i Europa. Imidlertid finnes det i regi av Nordisk Råd samarbeid om tiltak og innovasjon mot mere bærekraftighet i den marine sektor.¹³

I rapporten fra dette samarbeidet konkluderes det at sertifisering ikke regnes for en pådriver mot bærekraftighet i den nordiske marine sektor. Dog nevnes det at MSC-sertifisering (Marine Stewardship Council) innebar stort engasjement og dedikasjon hos firmaer, detaljhandel og blant bransjens interesseorganisasjoner. Det inngår 9 case studies i rapporten hvorav det ene handler om aquaponics på Island. Det er firmaet Matorka som anvender geotermisk varme i oppdrett av tilapia og røye på landbaserte anlegg, hvor resirkulering av vann og næringsstoffer inngår dels i akvaponisk planteproduksjon og i dyrking av fyttoplankton til fiskefôr.

Denne innovasjonen er blitt til i et samarbeid mellom akvamarin og agronomisk sektor, hvilket ifølge rapporten er én av nøkkelfaktorene i innovasjon for marin sektor: At tverrfaglig samarbeid gir et bra startpunkt for fornyelse.

Nordisk Råd har nylig i Marint Innovasjonsprogram modul 3, som varer til år 2014, bevilget midler til prosjektet Aquaponics NOMA (Nordic Marine) - New innovations for Sustainable Aquaculture in the Nordic countries.

I takt med begeistring for suksessen med oppdrettet fisk som fra 1980 har vokst fra 9 % til nesten halvparten av global konsumert fisk i 2009 er også bekymring for forurensning med næringsstoffer i havet vokst. Akvakulturbransjen har vokst årlig 8 % siden 80-tallet og er dermed den bransjen innen matvarer som har ekspandert mest.¹⁴

Fiskeribransjen har samtidig måtte erkjenne at 75 % av de mest verdifulle marine fiskebestandene er enten fisket til grensen eller overfisket. Derfor er bærekraftighet innom fiskeoppdrett ytterst viktig.¹⁵

Faktuelt er det beregnet at produksjon av 1 tonns regnbueørret produserer 50 kg nitrogen og 9 kg fosfor som restprodukt eller avfall om man vil si det slik. Derfor spør også Liltved *et. al.* om aquaponics kan bli en bra løsning for norsk akvakultur.¹⁶ I artikkelen nevnes tre barrierer som må håndteres før løsningen kan bli en bra løsning. Det gjelder innhold av oksygen, CO₂ og ammonium. Fiskene krever et høyt innhold av oppløst oksygen i vannet og et lavt innhold av CO₂ (under 10 mg/L). Dessuten kan nitrogen fra fiskefaeces i form av ammonium bli giftig, hvis plantenes rotmasse ikke klarer å oppta ammonium i ønsket omfang. For et stabilt opptak er det viktig å se til at det er et korrekt pH nivå og evt. korrigerer med base eller kalk. Liltved *et. al.* viser til kommersielle foretak som i kraft av spart transport og mindre miljøbelastning klarer et økonomisk utkomme og bidrar til utvikling av lokale markeder. USA, Canada og Australia har nådd langt i denne utviklingen, men også Kina, Sveits, Norge, Danmark, Storbritannia og Island hevder seg. Aquaponic er oftest i tilknytning til varm ferskvann fisk som tilapia. I Canada har tilapia oppdrett med urter til krydder særlig økonomisk fordelaktig og oppgitt til en inntekt 20 ganger større enn frukt kulturer som tomat og agurk.

På nåværende tidspunkt har forfatterne til artikkelen konkludert at en norsk versjon av aquaponic er mest realistisk i forhold til ørretoppdrett og laksesmolt på land. Dette krever investeringer i store veksthus og plantesystemer, men sammen med den utstrakte viten og erfaring med resirkulert vannsystemer RAS og Norges førende globale posisjon innen

¹³ Norden. Nordic Marine Innovation, 2009: Summary: Sustainable innovation in the Nordic marine sector. 10 sider. Full rapport Margeirsson S. og T. Edvardsen (red.), 2009: Innovation in the Nordic marine sector. Norden og NORA. 56 sider

¹⁴ Se referanse nummer 4

¹⁵ Se referanse nummer 4

¹⁶ Liltved H., Homme M., Gangnes Skar S.L., Hess-Erga O.-K., Uleberg S. and A. Drenngstig, 2012: Can aquaponic systems be adapted to Norwegian aquaculture? Fiskehelse juni 2012. Pp 14-18

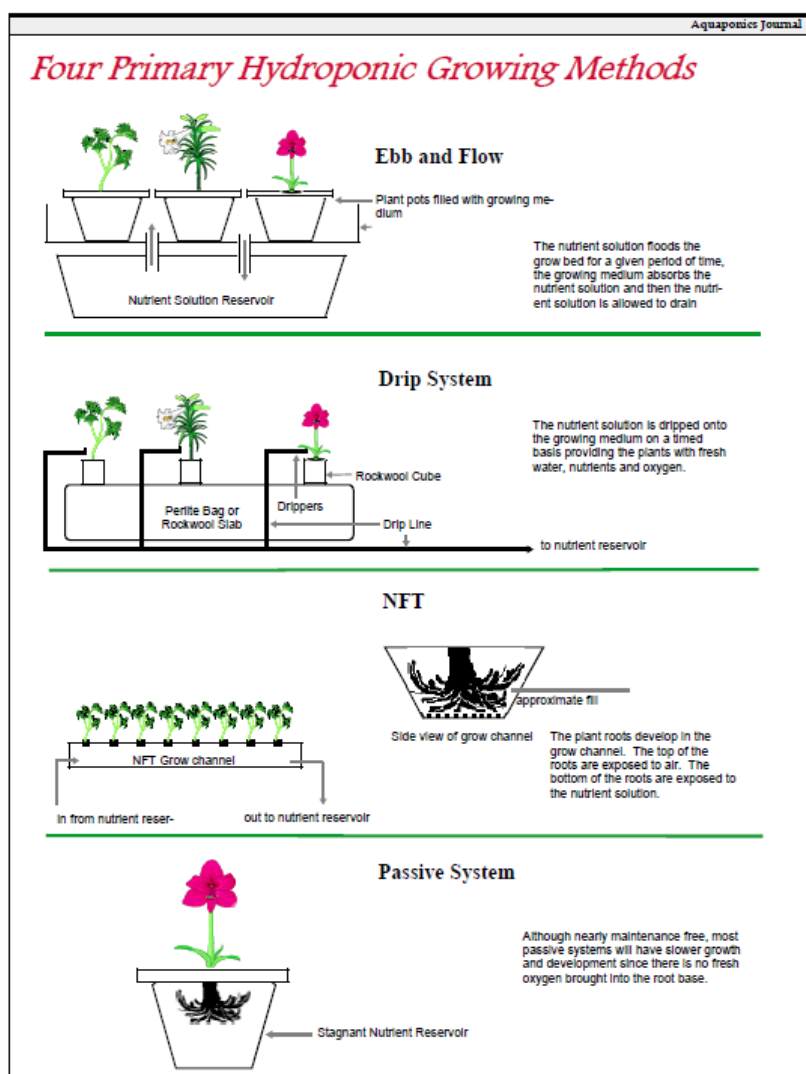
fiskeindustri ses det positivt ut og representerer i tillegg en mulighet for en førende rolle innen komplekse økosystemer til kommersiell bruk.

5.2 Design av systemer

Plante-enheten i aquaponics kan bygge på fire ulike metoder fra hydrokultur:

- Flo og fjære (engelsk: Ebb and Flow)
- Drypvaning (engelsk: Drip system)
- NFT kanaler (engelsk: Nutrient Film Technique)
- Passivt system eller dyrkings bed med grus (engelsk Passive System or gravel bed)

Dette er illustrert i figur 1 som er hentet fra en artikkel i Aquaponic Journal skrevet av Nelson og Pade.¹⁷



Figur 1: Fire metoder for planter i hydrokultur. Se referanse nummer 10.

¹⁷ Nelson R.L. and J.S. Pade, 1997: Four Primary Hydroponic Growing Methods. Aquaponic Journal no 1 Pp 24-25 and 30.

I tillegg til disse fire metodene som er beskrevet i 1997 finnes det flytende bed (eng.: floating rafts) der plantene er plassert i en flytende plate på lavt kar. Dette gir en konstant mengde vann som har god bufferevne innom pH og et lavt ledningstall for næringsalter, hvilket konkluderes som fordelene frem for flo og fjæra systemet. I tillegg har forsøk vist større avling av salat frem for i flo og fjæra systemet.¹⁸

Det finnes ulike artikler som sammenlikner de fire metodene innbyrdes:

Wilson A.L. og B.V. Leonard¹⁹ sammenlikner gravel bed, floating og NFT med hensyn til egnethet for dyrking av salat og miljømessige parametere. Daglige målinger viser at pH er mest stabil i gravel bed, mindre stabil i NFT og minst stabil i floating. Med hensyn til oppløst oksygen, ledningsevne og vannsirkulasjon er det ingen forskjell på de tre metodene eller subsystemer som de kaller det. Dessuten finner de at NFT er 20 % mindre effektiv med hensyn til fjerning av nitrat. Dette skyldes sannsynligvis at rot-vann kontakt er mindre enn 50 % og derfor er nitrat opptaket tilsvarende mindre. De viser til forsøk med agurkdyrking i NFT og i gravel bed utført av Wren i 1984, hvor dyrkingen gravel bed overgikk dyrkingen i NFT. Etter 50 dager kunne det høstes 34,5 kg agurk fra planter i gravel beds.

Floating systems fjerner mindre fosfor enn de to andre i sammenlikningen. I denne metoden inngår størst vannmengde og derfor er næringsstoffene til stede i mindre konsentrasjon. Dette forringer fosforopptaket fordi det også gjelder tilstedeværelse av mikronæringsstoffer, der ifølge Adler²⁰ fremmer fosfor opptak i planter.

Nelson ser den større anvendte vannmengde i floating systems også kallet «raft aquaponics», som en fordel. Det er utgjør en buffer for fiskene som får mere plass enn i andre RAS systemer, allikevel er fisketettheten større i floating systems enn i de andre metodene.²¹

Lennard²² ser nærmere på NFT aquaponics. Designet er blant mange praktikere, konsulenter og forskere regnet for dårligere enn de andre designene. Dette skyldes blant annet

- 1) mindre vannforbruk som gjør det mere følsomt overfor utilsiktede hendelser og feil
- 2) det krever et ekstra og separat biofilter som gjør systemet dyrere
- 3) komponentene er små - slanger og plantehuller. Det gir mer vedlikehold.

Imidlertid er det en design som har vært anvendt mye i hydroponics, dermed finnes det utstyr tilgjengelig hvorpå det er enkelt å koble en fiskeenhet. Fiskene er mere uavhengig av plante-enheten og dermed en mere robust enhet. Plante-enheten er ergonomisk riktig i tilpasset høyde. I Australia og på New Zealand har produsenter gode erfaringer med designsystemet.

¹⁸ Lennard W.A. og B. V. Leonard, 2004: A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated, gravel bed, aquaponic test system. *Aquaculture International* no 12 pp 539-553.

¹⁹ Wilson A.L. and B.V. Leonard, 2006: A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. *Aquacult Int* (2006) 14:539-550

²⁰ Adler PR, Harper JK, Wade EM, Summerfelt ST, 2000: Economic evaluation of hydroponics and other treatment options for phosphorus removal in aquaculture effluent. *Horticultural Science* 35:993-999

²¹ Nelson R., 2009: Raft Aquaponics. *Aquaponics Journal* #53. Pp 20-25.

²² Lennard W., 2010: A New Look at NFT Aquaponics. *Aquaponics Journal* # 56 pp. 16-19

Diver²³ gir en innføring i aquaponics og designsystemer. Artikkelen hans fra 2006 er oppdatert i 2010 og oversikten rommer følgende design fra ulike plasser:

- The North Carolina State University System eller Aqua-vegeculture system, som ble utviklet på 80-tallet av Mark McMurtry og Doug Sanders. Dette var en forløper for seinere teknologi utvikling
- Speraneo system utviklet på 90-tallet av Tom og Paula Speraneo fortrinnsvis basert på grusbede. Iverksettere som oppnådde gode økonomiske resultater også ved å ta imot et stort antall besøkende på tunet.
- UVI system fra University of the Virgin Islands utviklet av James Rackory med flere. Systemet bygger på en fiskeenhet med fire fisketanker, enhet med rensing, filtrering og avgassing, enhet med tilførsel av base og plantenhet med planter i flytende bedde. Dette system er det mest utbredte og suksessfulle systemet i kommersielle anlegg.²⁴
- The Freshwater Institute System er en videreutvikling av Speraneo-systemet. Instituttet er spesialisert i kaldtvanns fisk med tanke på fiskeoppdrett inne eller ute. Instituttet er lokalisert i Vest- Virginia, USA.
- The Cabbage Hill Farm System har designet et enkelt resirkuleringsanlegg og har dessuten fokus på avl av sjeldne husdyrraser.
- The New Alchemy Institute hadde i 1970 til 1980-årene fokus på integrert akvakultur og publikasjoner derfra er fortsatt aktuelle på tross av at instituttet ble stengt i 1991.
- Miscellaneous Systems er beregnet til varmt klima utendørs. Systemet mikser dambrug med alger (Zweig og Kleinholz), tanker fra UVI systemet (Rackory) og fra Living Machines (John Todd og Ocean Arks International)
- Økologisk Akvakultur bygger på økologisk godkjente innsats faktorer.

Videre i artikkelen sin gir han noen anbefalinger før oppstart av aquaponics. Det er viktig å undersøke økonomien rundt drivhusproduksjon og klokt å undersøke markedspotensialet for produktene. Salg direkte fra veksthuset er mest ideelt, men avhengig av geografisk plassering. Den ukentlige levering av friske grønnsaker kan være en utfordring, derfor er det verdt å overveie lagring og behandling rundt dette. Dessuten anbefales teknisk og populær vitenskapelig litteratur om RAS, akvakultur og akvaponik samt manualer og bruksanvisninger. Besøk på eksisterende anlegg og kurs eller deltakelse i nettfora anbefales i tillegg. Konsulenttjeneste fra landbrukskyndig er også bra før oppstart. Siste anbefaling er heller ikke uvesentlig: Styr unna for mye eksperimentering - de ovenstående systemene er utviklet og godt utprøvde.

Rackory anbefaler også kjøp av ferdig design. Han med flere presenterer UVI systemet med prinsipper og ulike innsatsfaktorer i artikkel fra 2006.²⁵ I samme anfører han at det generelt er enighet om at raten på fiskefôr i forhold til planteareal ligger mellom 60-100 gram. På eget UVI-anlegg er raten dog på 180 gram og produksjonen av fisk og planter mer intensiv. Vekstraten plante:fisk er 7,3:1. På dette anlegget er det mulig å dyrke salat frem på 4 uker.

McIntosh advarer mot å risikere mer enn det en tåler å miste. Samtidig advarer han mot å risikere mye for en liten sak. I handtering av risiko understreker han viktigheten av å forstå proporsjoner av muligens tap og tidsrammen for risiko handtering.²⁶ I presentasjon av en

²³ Diver S., oppdatert av L. Rinehart 2010: Aquaponics - Integration of Hydroponics with Aquaculture. A publication of ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service. 28 pages. www.attra.ncat.org/attra-pub/aquaponic.html

²⁴ Se referanse nummer 17

²⁵ Rackory J.E., M.P.Masser og T.M. Losordo, 2006: Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publication No. 454. 16 sider.

²⁶ McIntosh D., 2008: Aquaculture Risk Management. NRAC Publication No. 107-2008

«HCCP»-plan som minsker risiko og hasard nevnes i rekkefølgen: Bakteriologiske, kjemiske, toksiske og fysiske trusler.²⁷

Økologisk akvakultur og aquaponics er sertifisert etter to standarder i USA: Farmers Verified Organic og Northeast Farming Association (NOFA).²⁸ Farmers verified Organic startet i 1979. I dag heter det International Certification Services, Inc. (ICS). På nettsiden omtales økologisk bomull, forarbeidning av råvarer, økologisk på gardsnivå og at merket er akkreditert av den internasjonale økologiske paraplyorganisasjon IFOAM. Epost utveksling bekrefter at det ikke lengere sertifiseres aquaponics eller fisk i akvakultur²⁹ NOFA har eksistert siden 1982 og er også organisert under IFOAM. I dag finner jeg ikke aquaponics eller akvakultur omtalt på nettsiden deres. Det finnes en publikasjon om kompost -te og meitemark-kompost, som er to komponenter brukt i økologisk aquaponics. Meitemarken spiser opp planterester og blir brukt som fôr til fiskene. Kompost-teen stabiliserer mikrobiologien i systemet.³⁰ Kompost-te er ekstrahert av kompost, i noen oppskrifter gjennomgått en gjæringsprosess, og derpå fortynnet. Dette gir en større diversitet i mikroorganismer og hemmer humane- og plante-patogener både i jord og jordløse dyrkingssystemer. Det er omdiskutert om inhiberingen av patogenere er mest effektiv ved tilførsel av oksygen (aerob) eller uten oksygen (anaerob). Hvorvidt sjukdomsinhiberingen skyldes kjemiske eller biologiske eller fysiske grunner er også omdiskutert.³¹ Dr. Ingham skriver om mikroorganismer som er befordrende for plantenes næringsopptak, røttenes helse og dybde, strukturen i voksemediet og vannretensjonen: Bakterier, sopp, protozoer og nematoder. Disse aerobe mikroorganismer er samtidig med og nedbryter plantetoksiner og tungmetall-forbindelser. De krever minst et oksygenivå på 6 ppm (6 mg per liter). Ingham fremhever at befordrende mikroorganismene vokser sakte mens sjukdomsfremkallende mikroorganismer har en bratt vekstkurve opp og ned (blomstrer opp og brister. Engelsk: "boom and boost"). Hun er tilknyttet Rodale Institute i Pennsylvania, som er et tradisjonsrikt økologisk senter siden 1947.³² En status fra 2000 viser til at det finnes 40 uavhengige sertifiserings standarder i USA, men få har tatt med akvakultur. Det er felles trekk som høyt biologisk mangfold og miljøvennlige innsatsfaktorer og driftsmidler, men det er en utfordring med økologisk fôr og styring av næringsstoff.³³ De europeiske reguleringer presiserer at: "Økologisk plante produksjon er primært basert på næringsstoffer gjennom jordens økosystem. Derfor er hydroponic dyrking, der plantene gror med røttene i inaktivt medium og næres med oppløselige mineraler og næringsstoffer ikke tillatt" (red. oversettelse).³⁴

5.3 Innsats faktorer

Dyrkingsmediet i hydrokultur er uten jord. I stedet for jord kan plantene være festet i:

- Perlitt

²⁷ Gall K. og G. Rivara, 2005: HACCP guide for the aquaculture industry. NRAC Publications No. 00-005 pp 10

²⁸ Ground T., 1998: Developments in Organic Aquaculture. Aquaponics Journal volume IV No 4 pp 5-7

²⁹ <http://www.ics-intl.com/index.html>

³⁰ <http://www.nofa.org/>

³¹ St Martin C.C.G. og R.A.I Brathwaite, 2012: Compost and compost tea: Principles and prospects as substrates and soil-borne disease management strategies in soil-less vegetable production. Biological Agriculture and Horticulture volume 28 no 1 pp 1-33

³² Ingham E. R. og C.A. Rollins, 2008: Adding biology - for Soil and Hydroponic Systems. Sustainable Studies Institute and nature Technologies International. LLC.93 pages

³³ Brister D. J. og A. R. Kapuscinski, 2000: Organic Aquaculture. Aquaponics Journal volume IV No 5 pp 18-21.

³⁴ Regulations Commission Regulation No 889/2008 of 5 September 2008.

- Steinull
- Lekastein

Disse vekstmediene benevnes som inaktive eller døde medier, idet de ikke har et iboende mikrobielt liv som jord og kompost inneholder.

Perlitt er en vulkansk aske med en glassaktig porøs struktur som er oppnådd ved en kortvarig oppvarming til 870 °C. Det inneholder 2-5 % vann og veier ganske lite. Siden 2. Verdenskrig har perlitt vært anvendt industrielt i byggeri (begrensede på brann, lettvektet betong, takkonstruksjoner), matvarer (vin, øl), opprensning med mere. Perlitt har også vunnet innpass i gartneriproduksjon. Dels som luft giver og vannretensjon i jordblandinger og som 100 % vekstmedier i hydrokultur spesielt i Europa.³⁵

I brukermanualer for hobby aquaponics frarådes steinull, fordi det hevdes, at de små fibre er skadelige for gjellene hos fisk. I stedet anbefales kokosfibre i ferdigproduktet RootIt.³⁶

Lekastein er brente leirkuler, akronymet er hentet fra engelsk «Light Expanded Clay Aggregate». På engelsk kalles det også «geolite», «clay pebbles» eller «lavarock».³⁷ Sheikh nevner som en ulempe ved lekastein, at det er kostbart i store mengder.³⁸

Jones skiller mellom behovet hos en småplante og en eldre tilvokst plante. Småplanter kan med fordel drives frem i jiffypotter av presset kokosfiber. Det er en billig og praktisk anvendbar ressurs. I tillegg til dette nevner han også sand og stein som innsatsfaktor i gravel beds.³⁹

³⁵ Di Nardo D., 2000: Perlite, it Rocks! Aquaponics Journal Volume IV, No 3. Nelson/Pade Multimedia, Mariposa, California, USA. pp 14-15.

³⁶ FishPlant System User Guide. www.fishplant.co.uk 20 sider

³⁷ Jones S, 1999: Filling Your Aquaponic Grow Bed. Aquaponics Journal volume V, No. 6 pp 18-23

³⁸ Sheikh B.A., 2006: Hydroponics: Key to sustain agriculture in water stressed an urban environment. Pakistan Journal on Agricultural Engineering, Veterinary Science 22(2) 2006. Pp 53-57

³⁹ Se referanse nummer 37

6. Næringsstoffer

Høyere planter trenger næringsstoffer for å vokse og utvikle seg. Næringsstoffene svarer til grunnstoffene fra det periodiske systemet oppbygd med 8 hovedgrupper og tilhørende undergrupper. I forhold til plantevekst grupperes stoffene på en annen måte etter plantenes behov og forekomsten av næringsstoffene. Et grunnstoff kan karakteriseres som et plantenæringsstoff når tre kriterier er oppfylt: Stoffet kreves for at planten fullføre en livssyklus, stoffet har en spesifikk rolle i planten og stoffet er direkte knyttet til ernæringen av planten.

Det gjelder makronæringsstoffene, som kalles slik fordi de trenges i størst mengde svarende til kilo per hektar per år: Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Svovel (S), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Oksygen (O), Hydrogen (H), Karbon C. De tre førstnevnte (N, P, K) regnes for primære makronæringsstoffer, mens de øvrige regnes for sekundære. De tre sist nevnte (O, H, C) benevnes også atmosfæriske næringsstoffer fordi de forekommer i luft og vann. Hverken oksygen, hydrogen eller karbon inngår i beregninger for optimal plantevekst.⁴⁰

Mikronæringsstoffene, som trenges i mindre mengder svarende til gram per hektar per år teller følgende: Jern (Fe), Mangan (Mn), Bor (B), Sink (Zn), Kobber (Cu), Molybden (Mo), Natrium (Na), Klor (Cl) og Kobolt (Co).

I tillegg kan det nevnes nyttige grunnstoffer for mennesker og dyr. Det er Fluor (Fl), Jod (I), krom (Cr) og Selen (Se).

Plantene opptar næringsstoffer ved simpel ionebytting primært bestemt av elektrisk ladning i røttene eller via kutikula (overflaten/huden) av bladene. Det er funnet følgende produkter til bladgjødsling på det norske markedet:

Fra Yara er det

- Yara Vita™ Croplift med N ,P,K og andre næringsstoffer
- Caltrac med kalsium, bor og sink
- Stopit med kalsium
- Seniphos med N, P, Ca (mest til potet, frukt og bær)
- Solatrel med P, K, Mg, Ca, Mn, Zn (til potet, bønne, ert, kål, gulrot, purre, salat, mais, løk, rotfrukt)⁴¹

Fra Nordox selges

- Nordox som er kopperbaserte gjødslinger til fruktavling og mot phytoptera-sopp⁴²

Fra PGM forhandles

- PGM Pothash Plus med kalium, jern og magnesium (selger mye for gressarealer)
- TrueFoliar K
- TrueFoliar Si⁴³

Fra Algea⁴⁴ produseres og selges

- Algeafert liquid K + ekstrahert av tang med jern og kalsium
- Algea Base ekstrahert av tang

⁴⁰ McCaskill J., 1998: Plant Nutrient Elements - Growth, deficiencies and Toxicities. Aquaponics Journal volume IV no. 3 pp 20-22.

⁴¹ <http://www.yara.no>

⁴² <http://www.nordox.no>

⁴³ <http://www.pgm.no>

⁴⁴ <http://www.algea.com>

Mengden av næringsstoffer som er til stede bestemmer også opptaket. Hvis tilstedeværelsen av kalium er stor i forhold til tilstedeværelsen av magnesium kan kalium utkonkurrere magnesium og det er tale om indusert mangel. Et annet eksempel på indusert mangel er hvis fosfor er til stede ubalansert i forhold til jern, sink og/eller mangan.

Det viktigste plantenæringsstoff er nitrogen. Vel å merke nitrogen i plantetilgjengelig form. Planter kan for eksempel ikke oppta nitrogen fra luften selv om nitrogeninnholdet i luft er høyt (21 %). I dyregjødsel og plantematerialer er nitrogeninnholdet (N) også immobilisert inntil det ved en nitrifiseringsprosess omdannes til plantetilgjengelig form som er enten ammonium (NH_4^+) eller nitrat (NO_3^-). I denne nitrifiseringsprosessen er bakteriene nitrosomonas og nitrobacter aktive. Disse er i fiskeoppdrett podet på lette plastikkbiter som roterer i det såkalte biofilter. Nitrogen i fiskeslam er etter denne prosessen i biofiltret derfor på plantetilgjengelig nitratform. Studier har vist at planter opptar bedre nitrogeninnholdet i fiskeslam enn fra annen husdyrgjødsel. Likeledes har fiskeslam vist seg like lett opptakbart som kunstgjødsel.⁴⁵

Fosfor finnes rikholdig i fiskeslam på en plantetilgjengelig form. Dette er undersøkt ved forsøk og ser lovende ut med hensyn til forsyning for planten. Imidlertid konstateres det i samme forsøk at plantene mistrives med det høye nivået av natrium og klor. Uønskede stoffer som tungmetallene kadmium, kvikksølv og bly blir det også sett på, men ikke funnet problematisk.⁴⁶

Kalium må i aquaponics tilføres fra annen kilde enn fiskene. Det kan gjøres med tilførsel av kaliumhydroxid, KOH, som samtidig regulerer pH nivået.⁴⁷ Det kan også gjøres med tilførsel av bladgjødsel for eksempel ekstraher av grisetang fra *Aescophyllum nodosum*. Algea AS har et kommersielt produkt; Algeafert liquid K^+ , som inneholder 19-20 % K_2O , 0,5-1% Ca og 50-200 ppm Fe.⁴⁸ Tilførsel av bladgjødsel i aquaponic til tomat er beskrevet av Roosta og Hamidpour. De konkluderer at tomat i aquaponic stimuleres signifikant av bladtilført kalium og at opptaket i tillegg blir mer optimalt for jern, mangan, sink, magnesium og bor. Tomatplantene er løpende fotografert med SPAD filter som gjengiver grønkorn med klorofyll innhold. Den grønnere fargen på bladene hos tomater i aquaponic sammenliknet med tomater i hydroponic kunne konstateres med øyet. Effekten på bladene i hydroponic var tydeligst på de unge bladene. SPAD indeksen viste at bladene hadde opptatt magnesium og jern i klorofyll b. Jernet i klorofyllet er viktig for biosyntesen i grønnkornet og dermed for hele planteveksten. Dette bidro også til økt innhold av pigmentet karotenoid.⁴⁹ I annen sammenheng ble bladgjødsel med jern prøvd ut på pepperfrukt og viste ikke effekt på klorofyll b, men på klorofyll a. Det ble gjødslet med jernsulfat (FeSO_4) og to gjødslinger basert på jernchelater. Jernsulfaten var suverent best og det ble foreslått at chelatene sannsynligvis lukker for porer åpninger i blader. Slik jern også kan lukke for gjeller hos fisk (red. komm.). Jernsulfaten ga et mer optimalt opptak av kopper, mangan, sink og natrium. I tillegg bidro det til flere pepperfrukter med større biomasse.⁵⁰

Generelt er det enighet om at aquaponic med organisk gjødsel fra fisk trenger mye mindre input av næringsstoff enn hydroponic med mineralske kunstgjødslinger. Det anslås til tre

⁴⁵ Uhlig, C. & Haugeland, E. 2007. Gjødsel kvalitet av fiskeslam og fiskeensilasje fra landbasert røyeoppdrett for dyrking av timotei (Phleum pratense). BioforskFokus Vol. 2:13, pp 53-57.

⁴⁶ Stavang, J.A., van Leuwen, G., Vangdal, E., Espe, M., Lunestad, B.T. og A. Måge, 2011: Fiskefeces - frå problem til ressurs? Norsk fiskeoppdrett 36(12a) pp 45-48.

⁴⁷ Se referanse 22 Rackory et al

⁴⁸ Algea, 2011: Safety data sheet for Algeafert liquid K^+ .pp10

⁴⁹ Roosta H. R. og M. Hamidpour, 2011: Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. Scientia Horticulturae 129 pp 396-402.

⁵⁰ Roosta H.R. og Y. Mohsenian, 2012: Effects offoliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. Scientia Horticulturae 146 pp 182-191.

ganger mindre nitrogen, 10 ganger mindre fosfor og 45 ganger mindre kalium.⁵¹ Med fokus på å oppnå bedre vannkvalitet har tomat fremfor aubergine og agurk vist seg mest effektiv.

Næringsopptaket i aubergine var mer relatert til sorten av auberginen enn dyrkingssystemet hydroponic eller aquaponic. Vanddybden i plantebedet spilte også inn på næringsopptaket. Det var mest optimal ved 27 cm frem for 50 cm, da får plantene best tak i ammonium og fosfor. Nivået for COD (chemical oxygen demand) og BOD (biologisk oxygen demand) er tilpass utenfor konkurranse til plantene sitt behov.

Nivået for næringstilførsel varierer en del i litteraturen og det er mange faktorer som spiller inn. For plantene er det for eksempel forskjell i behovet for næring etter art og sort, alderen og utviklingen med rot, blad og frukt. For fiskene gjelder det også at fôropptaket varierer med vekstraten, utviklingsnivået, fiskearten, proteininnholdet i fôret og tettheten spiller inn. Rackory *et.al.* skriver at generelt betraktes 60-100 gram fiskefôr per kvadratmeter plantevekst som tilpass samtidig nevner de dog at de selv bruker 180 gram m⁻².⁵² Andre oppgjør at 1kg fôr blir 46 +/- 4 gram N, 6 +/- 0,8 gram P og 1 +/- 0,4 gram K til planteveksten.⁵³ Et nivå tilpasset fisken sitt behov er i et forsøk 1 % av fiskenes biomasse første 5 dager og dernest 1,5 % av fiskenes biomasse de resterende 15 dager som forsøket forløp.⁵⁴ Det er utprøvd tre nivåer for fiskefôr (34 % protein) 56 gram / 113 gram / 169 gram per kvadratmeter plantevekst med salat. Den minste raten på 56 gram viste seg mest optimal. Utprøvingen foregikk i Saudi Arabia hvor salatavlingen var 10 ganger høyere i aquaponic enn i jordkultur. Tettheten av salathoder var 42 per kvadratmeter, hvilket av hensyn til kvaliteten gjerne kunne være 25-30 stykk per kvadratmeter.⁵⁵

Tabell 1 oppsummerer noen ytterpunkter for forsyning av næringsstoff:

Plantenæringsstoff	For mye / forgiftning symptom	For lite / mangel symptom
Nitrogen (N)	Mørkegrønne blader, langstrakt svak stengel ofte i kombinasjon med for lite lys.	Gul og blek plante. Få nye skudd
Kalium (K)	Langstrakt plante.	Nekrose (døde celler) i bladranden, først på eldre blad. Bladene får redusert saftspenningen og blir slapp
Jern (Fe)	Veldig sjeldent, men vises ved brune flekker på blader.	Klorose (fargemangel). Blade likner på fiskebein. Bladnervene er mørke mellom nerver er det sitrongult til hvit. Tydeligst på eldre blader.
Kalsium (Ca)	Klorose, tap av blader.	Vekstpunktet er gul/brun/dødt og misdannede, bølgede blader

⁵¹ Graber A. og R. Junge, 2009: Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. ScienceDirect, Desalination 246 pp 147-156.

⁵² Se referanse nummer 25

⁵³ Se referanse nummer 51

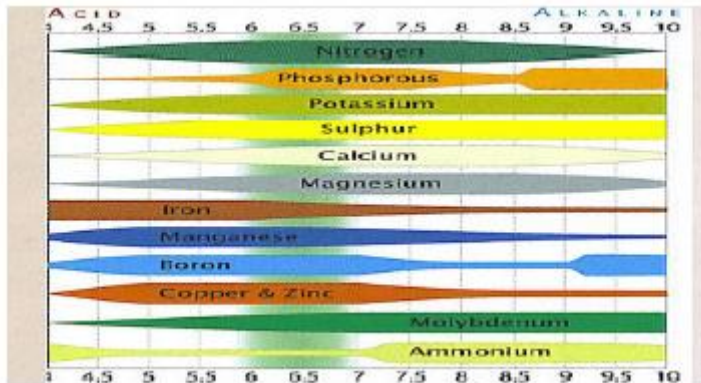
⁵⁴ Se referanse nummer 19

⁵⁵ Al-Hafedh Y.S., Alam A., og M.S. Beltagi: Food Production and Water Conservation in a Recirculating Aquaponic System in Saudi Arabia at Different Ratios of Fish Feed to Plants. Journal of World Aquaculture Society volume 39 no. 4 pp 510-520.

		med brun rand. (Tipburn på engelsk). Griffelr�te hos tomat.
--	--	--

6.1 Om pH

Opptaket av næringsstoffene skjer best, når ionene er mobile ved et optimalt pH-nivå (syre/base-nivå). Det illustreres i figur 2.



Figur 2. Tilgjengeligheten av ulike næringsstoffer ved variert pH-nivå. Det optimale for plantenes næringsstoff opptak er mellom pH 6 -8. Høyt pH en barriere for opptak mikronæringsstoffer som jern, bor, mangan, kobber og sink.⁵⁶

Ifølge Schultz⁵⁷ vil pH-nivået fluktuerer som følge av nitrifiseringsprosessen, men ved hjelp av visse grep kan det opprettholdes en buffer for det rette pH-nivået. pH -nivået har vist seg mest stabilt i gravel beds fremfor NFT og fremfor floating rafts.⁵⁸ pH-nivået måles mest korrekt med et elektronisk pH-meter frem for en måling med fargeutslag. Et ønskelig pH-nivå er mellom 6,5 - 9. Andre skriver om et optimalt pH-nivå på 6,8-7 for plantene (referanse 29). Fiskene tåler ikke ekstreme nivå under 4 eller over 11. Optimalt pH område for laks er 6,5-6,7⁵⁹. De mest brukte baser i aquaponics er kalsiumkarbonat (CaCO_3), dolomitkalk ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), kaliumhydroxid (KOH), kalsiumoksid (CaO) og kalsium hydroksid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Natriumhydroksid (NaOH) er ikke tilrådelig fordi natrium akkumuleres og blir toksisk for plantene. Kalsium er viktig i utviklingen av fruktorganer. I tomat vil mangel være årsak til griffelr te. I nitrifiseringsprosessen vil lecastein ved syrereaksjon frigi kalsium som hever pH.⁶⁰

6.2 Fremmedstoffer

Det er velkjent at fisk lagrer stoffer i fettdepotene sine og at fremmedstoffer og uønskede stoffer slik kan akkumuleres i f dekjeden. Det er stoffer som kan påvirke graden av matsikkerheten og derfor risiko som må tas med i betraktningene. Fisk i aquaponics lever i et kontrollert miljø som i utgangspunktet er med samme vannkvalitet som vi drikker.

⁵⁶ Karlsdottir S.K., Homme J.M. og R. Bjornsdottir, 2012: Aquaponics - Grønn vekst. NORA Project No 510-072. Final report from the project. pp31

⁵⁷ Schultz R.C., 1999: pH, Alkalinity, Hardness and the Buffering System As They Relate to Aquaponics. Aquaponics Journal Volume V, No. 3, pp 4-8

⁵⁸ Se referanse nummer 16

⁵⁹ Hansen T.(red.),1998: Oppdrett av laksesmolt. 232 pages

⁶⁰ Se referanse 25

Likevel kan de bli eksponert for stoffer vi ikke ønsker i vårt kosthold. Det kan være stoffer tilført av hensyn til fiskenes helse for eksempel antibiotika, hvilket på sikt kan degradere vårt immunsystem, samt komponenter i fôr.

Nasjonalt senter for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) overvåker fremmedstoffer i sjømatproduksjon, og utgir årsrapporter for tilstanden i blant annet produksjon av oppdrettslaks⁶¹. I 2012 rapporterte NIFES ingen rester av legemidler i norsk oppdrettslaks, med unntak av to medikamenter som benyttes til avlusning av fisk i matfiskproduksjon.

Som et resultat av EU direktiv 96/23 har Norge etablert et kontrollsystem for fremmedstoffer. Dette kontrollverket håndheves av Mattilsynet. Det er etablert MRL (maximum residue limit) for en lang rekke fremmedstoffer, og spesielt fokus ligger på rester av legemidler, tungmetaller og plantevernstoffer (de to siste som innhold i fôr). Ved medisinsk behandling foreligger det også regelverk i forhold til tilbakeholdingstid før produktet kan brukes til konsum.

Fisk produsert i landbaserte oppdrettsanlegg er hovedsakelig laksesmolt, og disse kan i sjeldne tilfeller eksponeres for legemidler. Praksis med tilbakeholdelse av medisinerert fisk før bruk i aquaponics anlegg være vanskelig å opprettholde.

⁶¹ www.nifes.no/sjomatdata

7. Plantematch

Plante match er som utgangspunkt ubegrenset hvis resten av systemet innrettes på det. Dyrkingssystemet kan reguleres med fisketetthet, med oppvarming, med avkjøling, med lengde, lys, med vekstmedium og så videre. Dette er dels kostbart og det kompliserer systemet.

Plante matchet må ifølge Webster *et.al.* avstemmes markedet som må analyseres for 1) området det skal lansere i 2) forbrukersegmentet det rettes mot 3) etterspørsel i forhold til sesong og årstider. Dessuten oppfordres til å ta med i betraktningene omkostninger til transport, pakking og emballasje.⁶²

En markedsanalyse kan være viktig i grunnlaget for beslutninger - ikke bare ved oppstart av bedrift men kontinuerlig. Markedsanalysen har fokus på utviklingen i markedet og kan også kalles en prognose for hvor markedet beveger seg hen. Det innsamles informasjon til å beskrive:

- Hvor er markedet - nærmarked, Region/Norge, Eksport
- Hvem er kundegruppen - dagligvarehandelen, storhusholdninger, forbrukere
- Hvordan skal varen avsettes - er salgskanalen enten grossist, detaljist eller forbruker

Kundegruppen kan deles opp i kategorier 1) Bedriftskundemarkedet og 2) Forbrukerkundemarkedet. Disse treffer beslutninger enten ut fra informasjon fra selger / vareprat / reklamer / gammel vane eller en kombinasjon av de nevnte.

Dessuten er viten om konkurrentene viktig. Er det andre nyetablerte som har overlevd? Hvem er de viktigste på markedet? Og hvor stor andel har de? Hvilken profil har de?

Informasjonskildene kan være bransjeorganisasjoner, grossisten, detaljisten eller offentlige utredninger (NOU`er), Statistisk Sentralbyrå eller hvis det gjelder eksport ambassader i Norge.

Dette kan gi en vurdering av hvor stort markedet er målt i kroner eller enheter og vurdering av om markedet vil utvikle seg med økning, nedgang eller stagnasjon i løpet av de neste 3-5 årene.⁶³

Salgbarheten avhenger dels av markedet og dels av kvaliteten av produktet. Kvalitetskravene til vegetabilia fremgår av nettsiden til Bama. Selskapet Bama er et engros firma med et bredt spekter av frukt, grønnsaker og blomster. Bama skriver om pak choi under fanen "velg riktig" at "pak choi skal ha en frisk farge og friske, sprø blader" (figur 3). Det finnes tilsvarende definerte kvaliteter innen andre grønnsaker og salater. Bama pakker babyleaves i pakker med 65 gram i hver.⁶⁴ En annen stor aktør innen distribusjon og salg av frukt og grønnsaker er produsentorganisasjonen Gartnerhallen SA med en årlig omsetning på ca. 1,6 milliard kroner. Samvirkeforetaket omfatter omkring 1250 gartnere og potetdyrkere. På nettsiden kan det leses at de forhandler 52 ulike salatprodukter blant annet pak choi, salatspinat og mizuna som er arter fra korsblomstfamilien.⁶⁵

⁶² Webster D., J. Buttner og G. Flimlin, 2008: Planning for Success in Your Aquaculture Business. Northeastern Regional Aquaculture Center, Maryland, USA. NRAC Publication No. 101. 7 pages

⁶³ Fylkesmannen i Nordland, 2004: Etableringsveileder for småskala matproduksjon - Matopplevelser i Nord. 104 pages.

⁶⁴ <http://www.bama.no/>

⁶⁵ <http://www.gartner.no/web/>



Figur 3. Av nettsiden til Bama fremgår kvalitetskravet til blant annet pak choi

Bama og Gartnerhallen har til sammen en målsetting om å øke forbruket av norske kvalitetsprodukter. De vurderer at det er vekstmuligheter svarende til 6% volum og 8% verdi i perioden 2012-2015. For produsenter er det en størrelsesorden på 150-200 millioner kroner. Vekstmulighetene gjelder de aller fleste kulturer. Tomat fremheves som et produkt med særlig stort vekstpotensial. Samhandel strategien mellom de to selskapene har blant vesentlige punkter: 1) Ferskere produkter med bedre kvalitet - herunder kjappere transport ved rett temperatur. 2) Økt innovasjons -evne, -vilje og takt. 3) Større preferanse for norske produkter - lokal produksjon. Lokal produksjon er definert som avsetning i en omkrets av 50 mil.⁶⁶

I verdikjeden for mat har grossister mistet innflytelse og betydning. Utviklingen siden 1970-tallet har rykket styrkeforholdet i verdikjeden over til særlig paraplykjeder som:

- Norgesgruppen med en markedsandel på 36,9 % bestående av butikker som Meny/Ultra, Kiwi og Kjøpmannshuset (eier Joker og Spar). Norgesgruppen har samarbeid med Bunnpris, Safari, Butikkringen, Helgø Matsenter og CC Mart´n.
- Coop med 23,7 % av dagligvaremarkedet. Coop er samvirkelag og eid av medlemmene.
- Rema 1000 er eid av Reitangruppen. Butikken representerer et lavpriskonsept og utgjør 20.9 % av markedet.
- ICA Norge inklusiv butikken Rimi er den minste paraplykjeden med 14,8 % markedsandel.⁶⁷

Dette svarer til 96,3 % av markedet. Innkjøpere i disse fire paraplykjedene har en betydelig innflytelse på hvilke produkter som kommer på hylla i butikkene. Denne rollen kalles en "portvokterfunksjon". Sammenlignet med Sverige har forbrukere i Norge halvt så stort

⁶⁶ Raastad-Hoel H.: Samhandlingsstrategien Gartnerhallen og BAMA 2012-2015: Vekstmuligheter for norsk grøntproduksjon. I Fløistad E. og M. Günther (red.): Bioforsk FOKUS 8(2). Bioforsk-konferansen 2013. Sammendrag av presentasjoner. Pp 246

⁶⁷ Norges offentlig utredninger Mat, makt og avmakt - om styrkeforholdene i verdikjeden for mat. Utredning fra et utvalg oppnevnt av LMD, Barne-, likestilling og inkluderingsdepartementet og Fornyings-, administrasjons- og kirkedepartementet. Avgitt 13. april 2011.

utvalg av produkter. Utvalget av nye produkter i perioden 2008-2010 er oppgjort til en økning på ca. 10 %.⁶⁸

Norsk Institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) har fulgt prisutviklingen på mat fra 1980 til 2000, bort sett fra prisen i grøntsektoren. Denne prisen varierer mye gjennom året og det mikses utenlandske og norske produkter, slik at det ikke har vært mulig å utarbeide indeks for grønt sektoren.⁶⁹ I driftsgranskninger i jordbruket viser resultatene fra 2011 at de minste brukene med 35-49,9 dekar hadde en produksjonsinntekt på 863 600 kr på grønnsaker, hvilket er høyest i sammenlikning med inntektene på større bruk og også i sammenlikning med andre kulturer som «frukt og bær» og «potet». Bare «hvete» på de største brukene dvs. over 500 dekar gir en tilsvarende høy inntekt.⁷⁰ NILF utgir også «Handbok for driftsplanlegging» som i 2013 koster 330 kroner.

Jordbruksavtalen 1.7.2012 til 30.6 2013 innebærer tilskudd til økologisk areal med grønnsaker, frukt og bær som er 1000 kr. per dekar. Dessuten er det gjennom avtalen mulig å få distrikts- og kvalitetstilskudd til tomatdyrking, hvis minste kvantum er 2000 kg. I klimasoner 2 og 3 utgjør det 1,27 kroner per kg. til maksimalt 94 000 kg tomater. Det er også mulig å få tilskudd til dyrking av salat: Minstekvantum er 2000 stk., maksimum er 200000 stk. Tilskuddet er i klimasone 2-3 0,47 kr per stykk. Maksimalt beløp for tilskudd til grønnsaker i klimasone 2 til 3 er 154 700 kr.

Plante matchet gjelder planter som trives med de fysiske og kjemiske forutsetningene en samdrift med oppdrett av ørret og laks har. Det vil blant annet si lav temperatur og moderat til høy pH. Fra intervju med driftsleder Mueller på aquaponic anlegg i Milwaukee, USA, fremgår det at han har tvil om det finnes plantematch til nettopp ørret og laks på grunn den lave temperaturen og fiskenes behov for mye oksygen.⁷¹

Nivået for avlinger varierer en del og sammenliknes med ulike avlinger fra jordkultur, hydroponisk eller oppdrettet av fisk. Som tidligere skrevet har Rackory med flere oppnådd resultater for basilikum og okra som er henholdsvis 18 og 3 ganger høyere enn produktiviteten på bakken samt produksjonstid for salat på 4 uker. Det opplyses dessuten at forholdet fisk: plante er 1:7.⁷² Sheikh fremhever at aquaponics har 10-30 ganger mindre forbruk av vann enn planter i en åker og at holdbarheten generelt er bedre på produkter fra vann kultur enn jordkultur.⁷³ Som skrevet er det vesentlig forskjeller på kaldt og varmt klima.

Fra Australia presenterer Backyard aquaponics en planteguide som dekker blomster, frukttrær, rotgrønnsaker og urter. Planter som vil gro i hvilket som helst aquaponicsystem er: salat, pak choi, spinat, basilikum, mynte, brønnkarse, gressløk og de fleste stueplanter. I system med høyere fisketetthet og mer etablert system nevnes: Tomat, pepperfrukt, agurk, bønner, erter, squash. Det vises til positive erfaringer i småskala (i bakgården) med selleri, mangold, ryllik, hvitløk, brokkoli, kål, knutekål, mizuna, chili, persille og blant brønnkarse - en jugoslavisk eller bulgarsk eller libanesisk variant.⁷⁴

En oversikt med 56 dyr og planter for det nordøstlige Amerika nevner mikroalgene *Neochloris oleobundans*, *Bracteaococcus grandis*, *Phaeodactylum tricornutum* og *Oocystis* sp. som mulige plantearter i forbindelse med akvakultur. Dette er fortsatt på

⁶⁸ Se referanse nummer 67

⁶⁹ Løyland J. og R. Gudem, 2000: Matpriser 1980-2000. Utvikling i forbruker-, engros- og produsentpriser. NILF rapport 2000-3. pp 99.

⁷⁰ http://nilf.no/statistikk/Driftsgranskninger/2011/Hovedtabell_14a_Produksjonsinntekter_i_1000_kroner_pr_bruk_Planteprodukter

⁷¹ Se referanse nummer 9

⁷² Se referanse 8

⁷³ Se referanse 38

⁷⁴ <http://aquaponics.com/plantsandfisk.php>

eksperimentielt nivå i tank kultur.⁷⁵ Blant makroalger til biologisk filtrasjon i kalt saltvann fremheves *Saccharina*, *Laminaria* og *Macrocystis*. Disse artene er studert og inngår per i dag i kommersielle fiskeoppdrett i Canada, Spania, Tyskland, Skottland og Chile.⁷⁶ Makroalger til rensning av overskuddsnæring fra norske fiskeoppdrett betraktes som et stort potensiale, mest ved dyrking i åpent hav. Det vurderes at 57% av nitrogen og fosfor ikke tas opp av oppdrettslaks og det gir rundt 26.000 megaton N og 4.339 megaton P. Det nevnes at butare, *Alaria esculenta*, trives med lave temperaturer under 16-17⁰ C lik temperaturområdet for laks og ørret.⁷⁷

Et spansk studie viser til at varmt vann (22⁰ C) til tilapia fisk er befordrende for nedbryting av organiske komponenter som feces og fôrrester. I et hydroponics anlegg med jordbær er det koblet en fiskedel og det gjøres opp at i dette må det tilføres mer kalsium enn i hydroponics, da kalsiumet er opptatt av både fisk og planter.⁷⁸

Et ensartet næringsbehov gjennom vekstperioden kan være en fordel. Bladgrønnsaker har et slikt ensartet behov idet næringsbehovet ikke endres fra bladstadium til eksempelvis et blomst- eller fruktstadium. Fruktorganer trenger vanligvis kalsium. Som omtalt tidligere har det vært utført vellykket forsøk med aubergine, tomat og agurk. Graber og Junge som utførte dette overveier også at persille, basilikum, hamp og roser må være egnede til å gå videre med. Det er dog ikke overveid i samspill med ørret og laks.⁷⁹

To myntearter peppermynta, *Mentha piperita* og spearmint *Mentha Sativa* er sammenliknet i hydroponic og aquaponic med henblikk på innholdet av eteriske oljer og plantevekst. Planteveksten var størst i hydroponics for begge planter. Innholdet av eteriske oljer var høyst i peppermynten i aquaponics, men for spearminten gjaldt det at høyeste innhold var i hydroponics-plantene.⁸⁰ Åkermynte, *Mentha arvensis* L., er utprøvd i Malaysia, hvor det finnes at fisk i aquaponics kan nære plantene i to uker før det inntreder misfarging av blader og andre mangelsymptomer. Det foreslås derfor at plantene vokser, høstes og omplasseres i korte intervaller på 14 dager eller at det i tillegg til næringsstoffene fra fisk finnes kilder til andre forsyninger. Videre konstateres det at mynte vokser bra ved 15,5 til 21,1⁰ C i skygge.⁸¹

En annen bladgrønnsak er salat, som konsulenten Creaser mener er lett å avsette til restauranter. Til salatdyrking anbefaler han flytende bed eller dyrking i bakker, særlig i et varmt klima vil et NFT-kanalsystem ikke egne seg fordi røttene lett blir overopphetet. I tillegg til fiskegjødsele anbefaler han en mineralsk gjødsel med NPK forholdet 5-11-26 og kalsiumnitrat med en ledningsevne på 2000. Til å starte en salatproduksjon er et veksthus på 550 kvadratmeter over siktbart og produktivt for ca. 1000 salathoder per uke.⁸²

Planter fra korsblomstfamilien *Brassicaceae* inneholder mange arter tilpasset lav temperatur, kystmiljø. Det gjelder for eksempel kål og krydder som spises og tilberedes

⁷⁵ Buttner J., Frimlin G. og D. Webster, 2008: Freshwater Aquaculture Species for the Northeast. NRAC Publication No. 102 pp1-7.

⁷⁶ Guerrero S. og J. Cremades (red.), 2012: Integrated multi-trophic aquaculture. A sustainable, pioneering alternative for marine cultures in Galicia. Regional Government of Galicia, Regional Council of the Rural and Regional Maritime Environment Marine Research Centre. 58 pages.

⁷⁷ Dalen M., 2009: Dyrking av makroalger - et hav av muligheter. Bellona 40 pages.

⁷⁸ Villaroel M., J.M.R. Alvarino og J.M. Duran: Aquaponics: Integrating fish feeding rates and ion waste production for strawberry hydroponics. Spanish journal of Agricultural Research 9 (2) pp 537-545

⁷⁹ Se referanse nummer 51

⁸⁰ Roosta H.R og F. Ghorbani, 2011: Investigation of the growth and development, essential oil and minerals content in two species of mint in hydroponics and aquaponic. J. Sci. & Technol. Greenhouse Culture, Vol. 2 No. 7, Isfahan Univ. Technol. Isf. Iran. Page 28

⁸¹ Wahap N., Estim A., Kian A. Y. S., Seeno S. og M. Saleem, 2010: Producing Organic Fish and Mint in an Aquaponic System. Aquaponics Journal no. 58 pp 28-32.

⁸² Creaser G., 1999: So, you Want to grow Lettuce?. Aquaponics Journal volume 5 no. 5 pp 22-24.

som bladgrønnsaker. Kål dyrkes i Norge ofte på jord med høy pH fordi det minsker risikoen for sjukdommen klumprot, *Plasmodiphora brassicae*. Denne soppen er jordbåren og lever på samme plass i opp til åtte år etter infisering. Det er antatt at man i aquaponics er kvitt klumprot. Kål vokser sakte i en lang periode som kanskje stemmer godt med to plante av grøder til en oppdretts periode for fiskene. Familien rommer også diverse krydder som kan vise seg å være aktuelle i en aquaponics produksjon. Følgende presentasjon av planter tilhører alle korsblomstfamilien.

Karse (Brønnkarse) *Nasturtium officinale* Synonym med *Lepidium sativa*, nært beslektet med blomkarse *Tropaeolum majus*. Anbefalt til brakklagte kar uten fisk i plasttunnel. Dyrking i fuktig jord. Innført i Norge etter 1800, vides ikke om den oppformeres generativt naturlig her. Den er en sjeldenhet i naturen - bare observert tre steder i Norge hvorav de to er på Nordmøre. I Danmark er den indikator på ren kildevann og finnes ved Blåkilde og Fossen i Jylland. Den trives som oversvømt opptil 5 cm. Inneholder mye c-vitamin, jern, er vanddrivende, stimulerer blodsirkulasjon og har vært brukt i behandling av bronkitt. Dyrkes i kalde veksthus i Tyskland om vinteren og er vanlig i Storbritannia på kommersiell basis. Aquaponics UK viser til at brønnkarse kan dyrkes i et flytende bed eller i steinull. Den vokser kjapt og representerer en kommersiell verdi.⁸³ Det skal for øvrig nevnes at det kan oppstå bekymring mht. leverikthe hvis plantene er infisert og spises rå.⁸⁴ Karse er valgt fordi: sunnhetsfaktoren er høy. Den trives i fuktig, kalkrik jord.

Kildeurt, *Montia fontana* L., (engelsk: waterblinks, tysk: vintersalat) er en vill plante som likner på brønnkarse. Den har høyere innhold av C-vitamin enn salat, men lite mindre enn i brønnkarse. Kildeurt tilhører portlakkfamilien og vokser vilt få plasser i Norge. På den iberiske halvøya innsamlers den til bruk i mikset salat. Kildeurt fra høylandet foretrekkes fordi smaken er mindre syrlig og planten inneholder mindre oksalsyre. Botanikere fra Madrid mener det er verd å dyrke den på samme måte som brønnkarse og at den vil egne seg til vannkultur.⁸⁵

Vinterkarse er ifølge Israelsson enklere å dyrke enn den foregående. Hun skriver at det er mulig å høste 8-10 uker etter såing. Den krever mye næring, fuktighet og skyggefulle steder.⁸⁶ Vinterkarse kalles noen steder *Barbarea vulgaris* og er en to- til flerårig plante som er vanlig i Norge. Den blir 30-80 cm høy. Den er innført for 300 år siden og er blitt veldig dominerende noen steder, fordi den blomstrer tidlig på året og formerer seg og etablerer seg i løpet av høsten. Den utkonkurrerer åkerreddik og åkersennep som er andre korsblomstrede arter. Derfor er den blitt problematisk i norsk natur og følgelig plassert på svartelista.⁸⁷ Det betyr at det må vises aktsomhet mot å spre den i naturen, men den er tillatt å ha i kultur, og i veksthus vil den være avskjermet fra spredning. Den har tidligere vært anvendt til salat og vært viktig medisinske plante mot skjorbuk.⁸⁸ Rosetten fortsetter og trives under snøen.⁸⁹ Både blader og blomst kan spises. Smaken av blader finner noen lite

⁸³ <http://www.aquaponics.org.uk/information/crops.phd>

⁸⁴ Hutchinson L., 2011: Ecological Aquaculture - A Sustainable Solution. Permanent Publications. ISBN 978 1 85623 060 5. pp 95-96

⁸⁵ Tadio J., Molina M., Aceituno-Mata L., Pardo-de-Santayana, Morales R., Fernández-Ruiz V., Morales P., García P., Cámara M., og M.C. Sánchez-Mata, 2011: *Montia fontana* L. (Portulacaceae), an interesting wild vegetable traditionally consumed in the Iberian Peninsula. Genet Resour Crop Evol 58:1105-1118

⁸⁶ Israelsson L., 2002: Køkkenhaven - Den grønne arv. Christian Ejlers`Forlag. Pp 76-79

⁸⁷ Fremstad E., 2012: Artsdatabankens Faktaark Vinterkarse *Barbarea Vulgaris*. NTNU. ISSN 1504-9140 nr. 250

⁸⁸ Vinterkarse. (08.07.2009) i Store norske leksikon. <http://wwwsnl.no/vinterkarse>

⁸⁹ Anderberg, 2004: Den virtuelle floran - Sommargyllen *Barbarea vulgaris* R.Br. Naturhistoriska riksmuseet. <http://linnaeus.nrm.se/flora/di/brassica/barba/barabvul.html>

ram⁹⁰ andre sier sprø og syrlig (engelsk - tangy)⁹¹. Smaken av blomsten finner noen lik brokkoli⁹²

Vårkarse *Barbarea verna* (Mill.) Asch. Blomstrer tidligere enn vinterkarsen og blir 20 cm høyere dvs. 50 cm. Skulpene med frø er lengere enn på vinterkarse, derav navnet på dansk: Langskulpet vinterkarse. Den dyrkes også i Florida og kalles Amerikansk karse eller early yellowrocket. Navnet brukes synonymt med *Barbarea praecox*. Den har en pepperaktig smak.

På engelsk benevnes brønnkarse for «vannkarse» og vinterkarse for «landkarse».

Skjørbuksurt *Cochlearia officinalis* har tidligere spilt en viktig rolle i nordisk kosthold. Som navnet antyder har den vært brukt mot c-vitamin mangel som forårsaker sjukdommen skjørbuk. Blader har vært saltet ned og tatt med på lange seilaser. Inntil begynnelsen av 19. århundret var den å finne i frøkataloger. I dag finnes den bare vilt voksende på stranden. Den blir ca. 30 cm høy og har kjøttfulle sukkulente blader. Smaken minner på pepperrot og er i tillegg litt syrlig⁹³

Pak choi *Brassica rapa ssp. chinensis* er en mild asiatisk kål. Den danner en bladrosett av 8-10 blader og brukes i wokretter frisk eller stekt.⁹⁴ Pak choi er synonymt med Pak choy, Bok Choy og PakTsoi. Den kalles også for salatkål eller spinatkål og kan erstatte spinat i mange retter. Kålen er opprinnelig dyrket i mye i Kina og Japan og er nå populær og vanlig i store deler av Asia. Det er en av de enkleste og kjappeste kål å dyrke. Den spirer etter 5-7 dager ved 16 til 21°C. 10 dager etter spiring kan plantene omplantes til aquaponic anlegget og er klar til høsting ytterligere etter 45-55 dager.⁹⁵ Pak choi er en kortdagsplante som ved lange dager med lys vil gå i frø. Derfor sås den sist på sommeren i juli eller august. Den tåler noe frost.⁹⁶

Mizuna *Brassica Rapa var. Nipposinica* tilhører gruppen av orientalsk sennep, men regnes for den mildeste i smaken. Bladene har fjærform. De nye blader spises som salat. De eldre mere grove blader tilberedes som spinat. Planten tåler klipping flere ganger samt lave temperaturer.

Rukola *Eruca sativa spp. Sativa* er de seinere årene blitt mer kjent i salatbollen. Rukola har en nøtteaktig smak som i løpet av sesongen blir mer skarp. Planten kan klippes og høstes flere ganger. Det forhandles en sort med hvite blomster og en opprinnelig italiensk vill sort med gule blomster. Den ville sorten er lengere om å slå røtter og er skarpere i smaken. Sorten med kjapt etablering av røtter og med hvite blomster vil nok være best egnet til aquaponics.

Forslagene til plantematchet kan innpasses i en variasjon gjennom året som det fremgår tabell 2 herunder.

⁹⁰ Se referanse 86

⁹¹ Thompson and Morgan <http://www.thompson-morgan.com/vegetables/vegetable-seeds>

⁹² Hjelmstad R, 2012: Urtekildesn bildegalleri - medisinplanter. Vinterkarse http://www.rolv.no/bilder/galleri/medplant/barb_vul.htm

⁹³ Maj K., 2012: Kokleare

http://www.havenyt.dk/artikler/koekkenhaven/groensager/salat_og_bladgroentsager/1177.html

⁹⁴ Opplysningskontoret for frukt og grønt <http://www.frukt.no/leksikon/gronnsaker/faktaark1/pak-choy/>

⁹⁵ Nelson R, 1999: Species Profile Pak choi. Aquaponics Journal volume V no. 4 page 43

⁹⁶ Olesen A., 2010: Pak-choi i Kålkogebogen - der skal kål på bordet igen. Skarresøhus Forlag, Danmark. Pp 55-58.

Tabell 2 gir oversikt over tidspunkt for høst, anvendelse og evt. mulighet for høsting flere ganger.

	Tidspunkt for høst	Anvendelse	Flere høstinger
Brønnskarse	Vår - sommer	Krydder - suppe	X
Kildeurt	Vår - sommer	Krydder	X
Vinterkarse	Vinter-vår	Salat	X
Vårkarse	Vinter - vår	Salat	X
Skjorbuksurt	Sommer	Krydder	X
Pakchoi	Høst	Mild kål - spinat - suppe	
Mizuna	Sommer- høst	Salat - spinat	X
Rukola	Sommer	Salat	X

8. Konklusjon

Aquaponics dyrkingssystem er testet bra ut og vist seg bærekraftig - resultatene er mest overbevisende fra tropisk eller subtropisk klima uten store kostnader til lys og varme. Det finnes ulike design (sub-systemer) hvor systemet med flytende bed med ca. 50 cm dybde fungerer mest stabilt og effektivt.

Planteproduksjon i tillegg til landbasert fiskeoppdrett fremgår i de fleste regnestykkene som økonomisk rentabelt. Det skyldes ikke minst at overskudd fra fiskeoppdrett (fôr og feces) betraktes som avfall og spill.

Ved oppstart av aquaponics er en oversiktlig produksjon med ca. 1000 salathoder per uke i et veksthus på ca. 550 kvadratmeter noe som anbefales fra konsulenthold i USA. Dessuten anbefales det å ha på plass en markedsanalyse og avtaler om avsetning før oppstart.

Plantevalget kan gjerne bestå av en art til hver årstid. Bladgrønnsaker har et ensartet behov for næringsstoff i hele produksjonsperioden og er enklest å lykkes med i et aquaponicssystem er det enighet om.

Bladgrønnsaker fra korsblomstfamilien er ofte tilpasset kalde forhold med høy pH. Derfor kan de være bra i match med oppdrett av ørret og laks. Det kan for eksempel være: Vinterkarse, brønnkarse, vårkarse, kildeurt, pak choi, skjørbuksurt, mizuna og rukola.