

SFH80-A106041 – Åpen

RAPPORT

En mulighetsstudie for økt vekst innen innlandsoppdrett

www.sintef.no

SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Juni 2010



**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse:
SINTEF Sealab
Brattørkaia 17C

Telefon: 4000 5350
Telefaks: 932 70 701

E-post: fish@sintef.no
Internet: www.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 980 478 270 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

En mulighetsstudie for økt vekst innen innlandsoppdrett

FORFATTER(E)

Ulf Winther, Øyvind Prestvik, Yngve Ulgenes, Morten Heide, Frode Nilssen, Lise Haug, Christian Uhlig, Hallvard Jensen, Sten Siikavuopio, Bjørn-Steinar Sæther

OPPDRAGSGIVER(E)

Norges Forskningsråd

RAPPORTNR. SFH80 A106041	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. 201002770	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 978-82-14-04951-0	PROSJEKTNR. 840303	ANTALL SIDER OG BILAG 123 + 6
ELEKTRONISK ARKIVKODE Innlandsoppdrett_rapport_endelig.docx	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Ulf Winther	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Leif Magne Sunde	
ARKIVKODE	DATO 2010-06-29	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Jostein Storøy, forskningssjef	

SAMMENDRAG

SINTEF Fiskeri og havbruk har sammen med Bioforsk Nord og Nofima Marked gjennomført en vurdering av mulighetene for økt vekst innen innlandsoppdrett i Norge. Følgende arter er vurdert: Røye, ørret, sik, regnbueørret, gjørs, abbor og lake.

Studien gir en oversikt over innlandsoppdrett i Norge og i andre nordiske land. Mulighetene for utvikling av en innlandsoppdrettsnæring i Norge er ellers vurdert ut fra status og potensial innen produkt og marked, biologiske forhold, ressursbruk og miljøeffekter, teknologi samt forretningsmessige forhold.

FoU-behovet er beskrevet og prioritert på grunnlag av vurderingene av status og potensial.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Fiskeoppdrett	Aquaculture
GRUPPE 2	Innlandsoppdrett	Inland Aquaculture
EGENVALGTE		

INNHALDSFORTEGNELSE

Sammendrag	3
1 Innledning	13
2 Avgrensninger og valg av arter i studien	14
3 Oversikt over innlandsoppdrett i Norge	15
4 Overordnet oversikt over bransjen internasjonalt, med spesiell vekt på Sverige	17
5 Offentlige rammebetingelser for innlandsoppdrett	19
6 Status og potensial – produkt og marked	22
6.1 Metode	22
6.2 Røye	22
6.3 Regnbueørret.....	28
6.4 Arter med begrenset eller ingen innlandsoppdrett i Norge.....	31
6.5 Status, kunnskapsnivå marked, markedsposisjon og markedspotensial	33
6.6 Synergi med havbruksnæringen.....	34
7 Status og potensial – biologi, ressursbruk og miljøeffekter	36
7.1 Metode	36
7.2 Status Norden – arter, volum og tillatelser	36
7.3 Ferskvannsfisk aktuelle for oppdrett.....	38
7.4 Status for oppdrett av ferskvannsfisk i Norge	38
7.5 Fiskearter med utviklingspotensial innen innlandsoppdrett	47
7.6 Status miljøeffekter – ressursbruk og miljøeffekter.....	52
7.7 Utviklingspotensial for innlandsoppdrett med hensyn til ressursbruk og miljøeffekter.....	59
8 Status og potensial – teknologi	63
8.1 Metode	63
8.2 Status teknologi for innlandsoppdrett.....	63
8.3 De viktigste utfordringene innen teknologi for innlandsoppdrett.....	73
8.4 Strukturelle muligheter innen teknologi	87
9 Forretningsmessig utvikling av innlandsoppdrett	96
9.1 Mulige aktører i utvikling og finansiering av innlandsoppdrett	96
9.2 Økonomisk potensial og utfordringer i landbasert oppdrett av røye	98
9.3 Kostnader forbundet med utvikling av nye arter i oppdrett.....	104
9.4 Hvor står de aktuelle artene i utviklingen?	105
9.5 Sammenfatning av forretningsmessige muligheter for innlandsoppdrett	105
10 Sammenfattende drøfting av status og potensialet for innlandsoppdrett	106
10.1 De viktigste utfordringene i utvikling av innlandsoppdrett i Norge	106
10.2 Potensialet for innlandsoppdrett i Norge	106
11 FoU-behov i utvikling av innlandsoppdrett	108
11.1 Produkter og marked.....	108
11.2 Biologi, ressursbruk og miljøeffekter	110
11.3 Teknologi	112
11.4 Sammenfattende vurdering av FoU-behov	114
12 Litteratur	116
Vedlegg	124

Sammendrag

Studien er gjennomført av SINTEF Fiskeri og havbruk med Bioforsk Nord og Nofima marked som underleverandører.

Med innlandsoppdrett forstår vi i denne rapporten oppdrett av fisk i ferskvann der normalt alt utslipp fra oppdrettsaktiviteten går til en ferskvannsresipient. Dette forholdet har dannet grunnlaget for vurderinger av rammebetingelser og nødvendige løsninger.

I kystnære områder kan alternativt utslippet foregå til sjø. Slike anlegg kan vurderes sidestilt med for eksempel smoltanlegg for havbruksnæringen, noe vi ikke har omtalt nærmere i rapporten. Innlandsoppdrett omfatter kun kommersielt oppdrett av ferskvannsfisk med konsum som formål. Produksjon av smolt for havbruk, settefisk for utsetting og annen virksomhet (f.eks forskningsvirksomhet) er ikke inkludert.

Studien skulle kun omfatte fisk og er konsentrert om følgende arter:

Laksefisk:

Røye (også kalt arktisk røye i rapporten) (*Salvelinus alpinus*)

Ørret (også kalt brunørret i rapporten) (*Salmo trutta*)

Sik (*Coregonus lavaretus*)

Regnbueørret (*Onchorhynchus mykiss*)

Abborfisk:

Gjørs (*Stizostedion lucioperca*)

Abbor (*Perca fluviatilis*)

Torskefisk:

Lake (*Lota lota*)

Innlandsoppdrett har et begrenset omfang i Norge i dag. Årlig produseres det ca 650 tonn fisk fra innlandsoppdrett fordelt på 20 foretak som produserer mer enn 10 tonn pr. år. Til sammenligning vil det i 2010 samlet bli produsert ca 950 000 tonn laks og regnbueørret i norsk havbruk.

Det drives kun landbasert oppdrett av ferskvannsfisk i Norge, i hovedsak i gjennomstrømningsanlegg (tabell 1). To selskaper driver oppdrett av røye i resirkuleringsanlegg. Det er pr. i dag ni aktører som oppdretter røye, seks som oppdretter regnbueørret og en som oppdretter ørret.

Det drives pr. i dag ikke oppdrett i merder i ferskvann i Norge, hovedsaklig på grunn av en streng praksis fra offentlig forvaltning.

Tabell 1 Oversikt over kommersielle oppdrettsanlegg i Norge for innlandsfisk som produserer mer enn 10 tonn per år (Tall for 2010, u = ukjent).

Produsent	Teknologisk prinsipp	Mengde t/år, ca	Art
Arctic Charr	Gjennomstrømning	30	Røye
Hande Fiskoppdrett Røn	Gjennomstrømning	15	Regnbueørret
Hardanger fjellfisk Tyssedal	Oppdrettskar i fjellhall	90	Brunørret
Heimtun fisk	Gjennomstrømning	u	Røye
Hongset Røye	Gjennomstrømning	15	Røye
Haadem Fisk Leira	Gjennomstrømning	35	Regnbueørret
Kirkenes charr	Gjennomstrømning	100	Røye
Lofoss Fisk Lomen	Gjennomstrømning	15	Regnbueørret
Noraker Gård Leira	Gjennomstrømning	30	Regnbueørret
Nymoen røyeoppdrett	Gjennomstrømning	u	Røye
Røn Gård Røn	Gjennomstrømning	15	Regnbueørret
Sæterstad Gård Hattfjelldal	Gjennomstrømning	15	Røye
Totakrøye	Gjennomstrømning	u	Røye
Trøsvik Fisk. Lomen	Gjennomstrømning	15	Regnbueørret
Tydalsfisk Tydal	Resirkuleringsanlegg	100	Røye
Villmarksfisk Bardu	Resirkuleringsanlegg	50	Røye

Totalt drives det oppdrett og FoU-virksomhet av 12 arter av ferskvannsfisk med utslipp i ferskvann i Norden med en samlet produksjon på 44 456 tonn pr. år (tabell 2), hvorav oppdrett av regnbueørret står for ca 86 % og røye for 10 %.

I Sverige drives i dag matfiskoppdrett av regnbueørret, røye, ørret, ål og laks. Produksjonen av regnbueørret har ligget relativt konstant mellom 3 000 – 4 500 tonn/år, mens produksjonen av røye har ligget på 500 – 800 tonn/år. Hoveddelen av produksjonen for begge arter skjer i merder i innsjøer, men det produseres regnbueørret og ål i landbaserte resirkuleringsanlegg. Det er etablert et avlsprogram for røye som har gitt betydelig framgang i viktige parametere, tilveksten har for eksempel økt med 10 % pr. generasjon siden oppstarten i 1982. Innlandsoppdrett er et satsingsområde i Sverige.

Tabell 2 Produksjon i tonn innen innlandsoppdrett i Norden. Tall for Norge fra 2009, øvrige land 2008.

Art	Norge	Sverige	Danmark	Finland	Island
Regnbueørret <i>Onchorhynchus mykiss</i>	50	3 808	32 567	1 927	
Røye <i>Salvelinus alpinus</i>	460	692		72*	3 000
Ørret <i>Salmo trutta</i>	70	23*		75	
Sik <i>Coregonus lavaretus</i>	FoU, T			85	
Ål <i>Anguilla anguilla</i>		172	912		
Gjørs <i>Stizostedion lucioperca</i>		FoU	55	FoU	
Stør <i>Acispencer sturio</i>			1	72*	
Laks <i>Salmo salar</i>		23*	1		
Bekkerøye <i>Salvelinus fontinalis</i>			184		
Gullørret <i>Oncorhynchus aguabonita</i>			1		
Bekkørret**			94		
Brøding***			207		
Lake <i>Lota lota</i>	FoU				
Abbor <i>Perca fluviatilis</i>	T	FoU	FoU		

FoU – Forsknings- og utredningsarbeid er gjennomført eller gjennomføres

T – Tillatelse er gitt, men ingen produksjon pr 2010

* Offentlige tall er slått sammen for disse artene

** Ørret uspesifisert

*** Krysningsart

De offentlige rammebetingelsene for innlandsoppdrett i Norge er særlig konsentrert om følgende tema:

- Rømming av fisk fra oppdrettsvirksomheten
- Spredning av fiskesykdommer
- Utslipp av næringssalter og organisk materiale

En streng praktisering av regelverket fra forvaltningens side fører blant annet til at det ikke gis anledning til å drive oppdrett i merder i innsjøer i Norge og at tillatt produsert mengde fisk pr. tillatelse gjennomgående er lav. Konsekvensen er blant annet at innlandsoppdrettere må drive sin virksomhet i landbaserte anlegg, som er relativt kostbare, og at tillatt produsert mengde er så liten at det er vanskelig å få til lønnsom drift. Et annet viktig forhold er at det ikke gis anledning til å bruke avlet fisk i innlandsoppdrett, noe som også har store konsekvenser for muligheten til å drive lønnsomt.

Røye og rakfisk fra regnbueørret er produkter som er godt etablert i det norske markedet. Det selges betydelige volum av produkter fra røye og rakfisk, selv om disse er posisjonert som nisjeprodukter i markedet. Det er flere aktører som opererer i begge næringene. Det finnes potensial for å øke salget av produkter fra røye og rakfisk, forutsatt at fokus på markedsarbeidet øker. Røye kan bli utsatt for konkurranse på det nasjonale markedet fra utenlandsk produsert røye fra land som Sverige og Island.

Ettersom det bare eksisterer en produsent av ørret i Norge, er oppdrettet dette fiskeslaget et relativt nytt og ukjent produkt i markedet. Villfanget brunørret antas å være et relativt kjent

produkt i det norske markedet, enten gjennom sportsfiske eller kommersielt innlandsfiske. Som nisjeprodukt oppnår oppdrettet brunørret foreløpig gode priser, men det er usikkert hva som vil skje om produksjonsvolumet øker.

Sik er den største arten i volum når det gjelder innlandsfiske, og er derfor etablert i enkelte lokale markeder i Norge. Det finnes intet innlandsoppdrett av sik i Norge, og det er derfor usikkert hvordan dette produktet vil prestere i markedet.

Abbor, gjørs og lake er ukjente produkter i det norske markedet, og det finnes foreløpig intet innlandsoppdrett av disse artene i Norge. Introduksjon av disse artene på det norske markedet vil kreve stor markedsinnsats for etablering og posisjonering.

Tabell 3 Status og markedsmessige muligheter/flaskehals for oppdrett av innlandsfisk i Norge.

	Røye	R-ørret*	Ørret	Sik	Abbor	Gjørs	Lake
Kommersiell Norge	ja	ja	ja	nei	nei	nei	nei
Kommersiell i Norden	ja	ja	ja	ja	nei	ja	nei
Kunnskapsnivå marked Norge	Middels	Middels	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
Norsk kunnskapsnivå marked internasjonalt	Middels	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
Markedsposisjon Norge	God	God	Middels	Lav	Lav	Lav	Lav
Markedspotensial i Norge	Høyt	Høyt	Middels	Middels	Lavt	Lavt	Lavt
FoU behov marked	Høyt	Middels	Høyt	Høyt	Høyt	Høyt	Høyt

* Store deler av produksjon av regnbueørret i ferskvann benyttet til rakfisk. Kunnskapsnivå etc. her er derfor for rakfisk av regnbueørret.

Markedspotensial og markedsposisjon internasjonalt er ikke omtalt da det ikke foreligger nok grunnlagsmateriale for en slik vurdering. Videre markedsmessige utredninger bør gjennomføres for å skaffe et bedre grunnlag for vurdering av markedspotensialet for de enkelte arter.

Havbruksnæringen har gjennom lakse- og regnbueørretoppdrett bygget opp et betydelig internasjonalt distribusjons- og salgssapparat. Evnen til å selge og distribuere fersk og fryst fisk til et stort antall markeder i verden, kan ha potensial for utnyttelse i utviklingen av innlandsoppdrett. Videre har havbruksnæringen verdifull kunnskap og kompetanse om internasjonale markeder for fisk. Samtidig er distribusjon og salg i havbruksnæringen utviklet for store volum, noe som spesielt røyenæringen har pekt på som en ulempe for sin bruk. Det er usikkert om havbruksnæringens salgs- og distribusjonsapparatet evner å håndtere dagens nisjeproduksjon fra innlandsoppdrett.

Røye er den arten som er kommet lengst i utviklingen som oppdrettsart. Man har et relativt godt kunnskapsnivå om arten og det drives kommersielt oppdrett av røye i Norge og internasjonalt. Det gjenstår allikevel betydelige FoU-oppgaver.

Sik og ørret anses å ha kommet kortere i utviklingen som oppdrettsarter. Selv om det er etablert kommersiell produksjon av artene i Norge (ørret) og Norden er det i liten skala og man kan si at disse artene er i startfasen som oppdrettsarter. Kunnskapsnivået for sik og ørret i oppdrett er generelt lavere enn for røye.

Abbor, gjørs og lake er på et meget tidlig stadium i utviklingen som oppdrettsarter og det står igjen svært mye arbeid for å bringe disse artene fram mot en kommersiell produksjon.

Tabell 4 Oversikt over status og biologiske flaskehalsar, relativ gradering av potensial og FoU-behov knyttet til oppdrett av røye, regnbueørret, ørret, sik, abbor, gjørs og lake i et nasjonalt og nordisk perspektiv.

	Røye	R-ørret	Sik	Ørret	Abbor	Gjørs	Lake
Kommersiell Norge	ja	ja	nei	ja	nei	nei	nei
Kommersiell i Norden	ja	ja	ja	ja	nei	Ja*	nei
Tilgang til høykvalitetsfisk til produksjon i Norge	ja**/nei	ja	nei	nei	nei	nei	nei
Kontroll av livssyklus	ja	ja	ja	ja	nei	nei	nei
Kommersielt før	ja	ja	ja	ja	nei	nei	nei
Kunnskap sykdom	middels	høy	middels	lav	lav	lav	lav
Kontroll over produksjonsmiljø	middels	høy	middels	lav	lav	lav	lav
Kunnskapsnivå biologi Norge	høy	høy	middels	middels	lav	lav	lav
Kunnskapsnivå biologi Norden	høy	høy	høy	middel	middels	middels	lav
Potensial i Norge	høy	***	middels	middels	lav	lav	lav
FoU-behov biologi	middels	lav	middels	middels	høy	høy	høy
Rangering av potensialet (1=høyest, 3 =lavest)	1	***	2	2	3	3	3

* Har vært to kommersielt anlegg i Danmark, men ett er nå konkurs

** Hammerfestrøye som brukes av røyeoppdrettere i Nord-Norge har høy kvalitet.

*** Vurderes ikke pga. at etablering av nye regnbueørret anlegg er lite sannsynlig

Generelt brukes det fire forskjellige typer anlegg for innlands fiskeoppdrett i Norden – åpne merder, dammer, landbaserte gjennomstrømningsanlegg og landbaserte resirkuleringsanlegg. I Norge gis det med hensyn til miljørisiko i praksis kun tillatelse til å oppdrette fisk i enten landbaserte gjennomstrømnings- eller resirkuleringsanlegg. I Danmark og Finland er det vanlig å produsere fisk i dammer, mens merdoppdrett i innsjøer er utbredt i Sverige og Finland. Kontroll av partikulært og vannløselig bundne næringsalter er generelt best i resirkuleringsanlegg.

Tabell 5 Ulike typer oppdrettsanlegg i Norden og tilhørende kunnskapsnivå samt muligheter for kontroll av nærings saltutslipp.

	Resirkulerings- anlegg	Gjennom- strømnings- anlegg	Damanlegg	Merdanlegg
Kommersielt i Norge i dag	Ja	Ja	Ja	Ja
Kommersielt i Norden i dag	Ja	Ja	Ja	Ja
Kunnskapsnivå i Norge	Middels/ Høy	Høy	Middels	Lav*
Kunnskapsnivå i Norden (utenom Norge)	Middels/ Høy	Høy	Høy	Høy
Kontroll av utslipp fra partikulær bundne næringsalter	Ja	Delvis**	Delvis***	Nei
Kontroll av utslipp fra vannløslige næringsalter	Ja	Nei	Nei	Nei

*Overførbare kunnskaper fra havbruksnæringen

**Ved bruk av partikkelfilter

*** Ved bruk av partikkelfelle og partikkelfilter

Det finnes både norsk og utenlandsk teknologi som kan tilfredsstille de krav som stilles til rensing i forhold til avløpsvann, avfallsprodukter og smittestoffer forutsatt riktig dimensjonering og bruk. Den generelle hovedutfordringen innen landbasert oppdrett med hensyn til miljøeffekter er å redusere forbruket av ressurser og utslipp, samtidig som en ivaretar fiskens helse og velferd.

Innlandsoppdrett lik andre næringer forbruker ressurser og produserer avfall og avfallstoffer. Vi har beskrevet faktorer som anses å utgjøre de største potensielle miljørisikoene innen landbasert fiskeoppdrett:

- Vannkvalitet og vannressurser
- Utslipp av næringsstoffer og organisk materiale
- Smittefare, rømning og introduksjon av fremmede arter
- Fiskefôr og miljøeffekter.

Av de beskrevne faktorene er det en betydelig miljørisiko fra landbasert oppdrett knyttet til utslipp av nitrogen, fosfor og organisk materiale. Med utgangspunkt i norske klimatiske forhold og myndighetenes krav til utslipp og krav til bærekraftig utvikling, anser vi resirkuleringsanlegg som det produksjonssystem som har størst framtidig utviklingspotensial i Norge. Dette er i tråd med det som også skjer internasjonalt.

Med hensyn til ressursbruk og miljøeffekter vil for eksempel utvikling av et "null nitrogen og fosfor utslipp oppdrettsanlegg", innen landbasert oppdrett ha et utviklingspotensial. Globalt er det stor aktivitet innen utvikling av konsepter for plantebasert resirkulering av næringsstoffer og optimalisering av energiforbruk innen landbasert oppdrett. Norge har alle forutsetninger for å bidra i den prosessen. Spesielt utvikling av integrerte produksjonssystemer basert på landbruk, bioenergi og landbasert oppdrett har et betydelig potensial, da det gir muligheter til produksjons- og ressursoptimalisering.

Med utgangspunkt i landbasert oppdrett er det mulighet for utvikling av et bærekraftig regionalt næringsstoff- og energikretsløp. Dette krever en samlet miljøstrategi og utvikling av virkemiddelpakke for økt aksept og økt produksjon av integrerte produksjonskonsept innenfor innlandsoppdrett. Parallelt med denne utvikling må regelverk og politiske føringer tilpasses for å kunne tillate utvikling av en kommersiell bærekraftig næring.

I landbaserte resirkuleringsanlegg kan man regulere vanntemperaturen til hva som er optimalt for fisken på en energiøkonomisk måte, da vannmengden som skiftes ut i anlegget er relativt liten. I tillegg til at dette gir mulighet for raskere fiskevekst, er blir det lettere å øke antall innsett av fisk i anlegget, noe som kan gjøre det mulig å utnytte anlegget bedre. Effektiv vannbehandling og kontroll med vannmiljøet i resirkuleringsanlegg gjør at man kan produsere mer enn dobbelt så mye fisk i slike anlegg sammenlignet med gjennomstrømningsanlegg med naturlige råvannstemperaturer.

Da vannmengden som brukes i resirkulasjonsanlegg er begrenset, gir det også mulighet for å bruke grunnvann som råvannskilde. Ved å benytte økende grad av vannbehandling og resirkulering av vann, kan vannforbruket i anleggene reduseres betydelig og komme ned under 1 % av vannforbruket i gjennomstrømningsanlegg.

Synergier med havbruksbransjen kan tenkes på områder som levering og utvikling av utstyr, utvikling av fôr tilpasset de aktuelle artene i innlandsoppdrett, felles utnyttelse av logistikkjeder og utnyttelse av kompetanse som er bygget opp i havbruksnæringen på viktige områder.

Lokale private aktører vil være de viktigste i utviklingen av innlandsoppdrett i Norge. Den lokale gründeren som har ideen og ønsket om å skape en virksomhet, sammen med lokalt forankrede aktører med kapital, vil trolig danne grunnstammen i utviklingen. I tillegg vil det offentlige virkemiddelapparatet måtte spille en viktig rolle, og da er det viktig at virkemidler og satsinger spisses inn mot de konkrete behovene man har. Enkelte andre aktører kan ha viktige roller i finansiering og utvikling av innlandsoppdrett, men neppe som motorer for en utvikling.

Dersom offentlige rammebetingelser kun tillater at oppdrett i landbaserte resirkuleringsanlegg er eneste mulige oppdrettsform, medfører dette høye investeringskostnader og høye driftskostnader. Beregninger viser at det vil være avgjørende at denne typen anlegg får rammebetingelser som gir bedre grunnlag for lønnsomhet, blant annet når det gjelder størrelse på tillatelsen og fiskematerialet det kan drives oppdrett på (for eksempel avlet røye). Her vil endringer i offentlige rammebetingelser og forvaltningspraksis være svært viktig, sammen med utvikling av grunnleggende kunnskap og videreutvikling av kostnadseffektiv teknologi og driftskonsepter. Tabell 6 viser effekten på produksjonskostnad ved bruk av avlet fisk og ved høy produksjon (500 tonn pr. år) i et landbasert resirkuleringsanlegg, sammenlignet med et basiseksempel som tar utgangspunkt i en produksjon på 125 tonn pr. år.

Tabell 6 Beregnede produksjonskostnader eksklusive finanskostnader for røye i landbasert resirkuleringsanlegg.

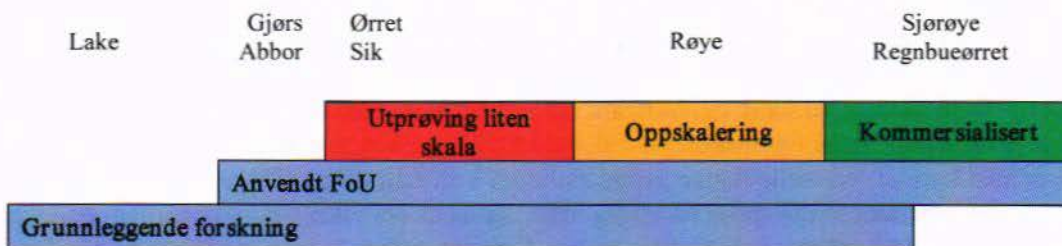
	Produksjonskostnad kr/kg		
	Basis	Avl	500 t
Omregnet sløyd vekt, pakket	46,01	40,16	39,42

Utvikling av nye arter i oppdrett tar tid og medfører ekstra kostnader i form av feil som begås og ved at drift ikke skjer under optimale betingelser (tabell 7). Dette krever tålmodig kapital og en betydelig innsats på finansieringssiden fra det offentlige i tillegg til privat kapital.

Tabell 7 Kostnadselementer ved utvikling av en ny art i oppdrett.

Type kostnad	Bæres av
Investeringer Oppbygging av biomasse Avkastning på investert kapital	Bedrift, planlagt
Risikokostnader	Bedrift, ikke planlagt
FoU	Bedrift, offentlige

Utviklingen fra tidlig eksperimentering med en art i oppdrett fram til at arten kan sies å være kommersialisert tar lang tid. Erfaringer fra havbruksbransjen viser at det er sannsynlig at man må bruke opp til 20 år på en slik prosess. Artene som er vurdert i denne rapporten er på svært ulike stadier i utviklingen som oppdrettsart, der røye er den arten som er kommet lengst.


Figur 1 Status for kommersialisering av aktuelle arter i innlandsoppdrett.

Regelverk og praksis i forvaltningen setter i dag klare begrensninger for utvikling av innlandsoppdrett i Norge. For eksempel tillates det generelt sett ikke innlandsoppdrett i merd i innsjøer, det settes meget strenge grenser for størrelsen på tillatelsene og det tillates ikke bruk av annet enn stedegen fisk (det siste med konsekvens at det vil være vanskelig å bruke avlet fisk).

Gjennomgangen av det markedsmessige potensialet viser at de mest aktuelle artene for innlandsoppdrett kan karakteriseres som nisjearter i markedssammenheng. Markedene er relativt små og er lite elastiske for betydelige økninger i volum, markeds- og produktutvikling er essensielt. Det kan synes å være nødvendig å foredle fisken for å komme inn i bedre betalte prissegmenter.

Røye er den arten som er lengst utviklet mot kommersialisering. De andre aktuelle artene er kommet relativt kort i utviklingen og det vil måtte gjøres en betydelig FoU-innsats over tid for å få disse artene opp som kommersielt drivbare. Også for røye gjenstår det mye FoU-arbeid for å få den opp i en kommersiell fase, spesielt dersom man kun kan drive innlandsoppdrett i landbaserte anlegg.

Drift i landbaserte anlegg med resirkuleringsteknologi kan tilfredsstillende strenge miljøkrav, men er kostbare å investere i og har høye driftskostnader sammenlignet med oppdrett i merd i innsjøer som konkurrenter i Sverige benytter. En gjennomgang og tilpasning av offentlige rammebetingelser og praksis i forvaltningen med sikte på å gi landbasert oppdrett betingelser tilpasset den miljøbelastningen denne type anlegg har i dag, vil være svært viktig. Dette vil særlig gjelde størrelse på tillatelse, utslippsbetingelser og hvilket fiskemateriale som tillates brukt.

Da oppdrett i landbaserte resirkuleringsanlegg er såpass kostbart (kapitalbehov 10 – 40 millioner kr pr. anlegg avhengig av investeringer og størrelse på produksjonen), er det lite trolig at innlandsoppdrett vil bli en aktivitet for mindre aktører som for eksempel mindre gårdsbruk ("attåttnæring").

Utviklingen av innlandsoppdrett vil i hovedsak måtte skje med initiativ og finansiering fra lokale aktører og aktører som har forankring i distriks-Norge. Det er lite som tyder på at havbruksnæringen, finansielle investorer eller andre nasjonale kapitalkilder vil være en vesentlig drivkraft og finansieringskilde i tidlige faser av utviklingen.

Potensialet på kort sikt: 3-5 år

Tatt i betraktning dagens regelverk og forvaltningspraksis, er det lite realistisk på kort sikt å kunne få fram en vesentlig større innlandsoppdrettsaktivitet enn den vi har i dag. Det bør imidlertid være en realistisk mulighet å bidra til å etablere et mindre antall landbaserte anlegg basert på resirkulering for produksjon av røye. For å bidra til en lønnsom vekst er det nødvendig å gjennomføre et markedsarbeid i utvalgte markeder med sikte på å øke prisene på aktuelle produkter.

Potensialet for innlandsoppdrett hos mindre aktører synes ikke å være til stede med dagens rammebetingelser.

Potensialet på lenger sikt: Mer enn 5 år

Naturgitte forhold, der oppdrett av flere arter ferskvannsfisk kan oppdrettes over store deler av Norge, gir et stort "grunnlagspotensial" for innlandsoppdrett. Forhold som markedspotensial, hvilket stadium de enkelte artene er på i utviklingen mot kommersielt oppdrett og offentlige rammebetingelser og forvaltningspraksis setter imidlertid klare begrensninger for potensialet.

Spesielt markedsforhold vil, selv med et godt og systematisk markedsarbeid, legge rammer for hvor stor en innlandsoppdrettsnæring kan bli i Norge. Her vil mulighetene i Norge også være avhengige av utviklingen i land som Sverige, Finland og Island.

Når dette er sagt, vil regelverket og forvaltningens praksis fortsatt gi rammene som innlandsoppdrett kan utvikle seg innenfor og kan være den faktor som begrenser utviklingen snarere enn begrensninger i markedet.

Dersom det blir gitt tillatelse til oppdrett i merder under gitte strenge miljøbetingelser (for eksempel i regulerte vannmagasiner) vil mulighetene åpnes for at flere aktører kan ta del i utviklingen av innlandsoppdrett og man kan få en næring som består av både landbaserte anlegg og merdanlegg.

Det er viktig å påpeke at markedsforhold med tilhørende priser på produktene vil legge en viktig ramme for utviklingsmulighetene også på noe lengre sikt. Erfaringene fra oppdrett av laks har imidlertid vist at det er mulig å oppnå økt volum med systematisk markedsføring. En viktig forutsetning for at markedsføring skal være vellykket, er at produsentene av fisk er leveringsdyktige hele året og at produktene holder avtalt kvalitet.

Vi anser det også som viktig at dersom man skal bygge opp en næring innen innlandsoppdrett, så må den bygges opp basert på andre markeder enn det som havbruksnæringen pr. i dag betjener med laks og regnbueørret. Produktene fra innlandsoppdrett vil måtte finne godt betalte nisjer som i makredet som kan gi grunnlag for en mer kostnadskrevenende produksjon i innlandsoppdrett enn i dagens havbruk.

FoU-behov i utvikling av innlandsoppdrett

FoU-behov for utvikling av innlandsoppdrett i Norge er utarbeidet på grunnlag av vurderinger som er gjort av status og potensial. I tillegg er det gjennomført en prioritering av FoU-behovene ut fra hvor viktige de er for utviklingen av innlandsoppdrett som næring og hvilke oppgaver som bør prioriteres i tid.

Artene som forelås prioritert i det videre arbeidet er røye, ørret og sik. Det er viktig å utvikle grunnlaget for innlandsoppdrett av disse artene ved å arbeide parallelt med kunnskapsutvikling innen alle de identifiserte hovedområdene for FoU.

FoU-behovet kan overordnet oppsummeres under følgende punkter:

Offentlige rammebetingelser

Flere av de identifiserte FoU-behovene tar utgangspunkt i de offentlige rammebetingelsene for innlandsoppdrett og det pekes på muligheter for å utvikle innlandsoppdrett som ivaretar strenge miljøkrav.

Økt lønnsomhet

Flere av FoU-behovene fokuserer på hvordan det er mulig å øke lønnsomheten innen innlandsoppdrett, enten gjennom økte markedspriser eller reduserte produksjonskostnader.

For å øke markedsprisen for arter i innlandsoppdrett er det blant annet pekt på behov for utredning av norske og internasjonale markeder.

For å redusere produksjonskostnader må det fokuseres på utvikling av teknologi og driftskonsepter som gir forutsigbar og god lønnsomhet. Integrasjon mellom fiskeoppdrett og for eksempel planteproduksjon, kan bidra til verdiskaping og lønnsomhet.

Globalt er det stor aktivitet innen utvikling av konsepter for plantebasert resirkulering av næringsstoffer og optimalisering av energiforbruk innen landbasert oppdrett. Norge har alle forutsetningene for å bidra i den prosessen. Spesielt utvikling av integrerte produksjonssystemer basert på landbruk, bioenergi og landbasert oppdrett har et betydelig potensial.

Organisering

Til slutt er det pekt på mulighetene for å bedre organiseringen av innlandsoppdrett. Muligheter her er

- Felles organisering av markedsarbeid,
- Etablering av nettverk/nettsted
- Etablering av felles interesseorganisasjoner

Etter vår oppfatning er det viktig å inkludere næringsaktørene og FoU-miljøene i en endelig prioritering av FoU-behovene. Her kan Norges Forskningsråds og Innovasjon Norges "Plan for koordinert satsing på torsk. Oppdrett og fangstbasert akvakultur", som er en koordinering av innsatsen for å utvikle oppdrett av torsk, tjene som mal for arbeidet.

1 Innledning

Norges Forskningsråd har ønsket å gjennomføre en studie for å belyse potensialet for innlandsoppdrett i Norge og utlyste i januar 2010 en anbudskonkurranse med tittelen "En mulighetsstudie for økt vekst innen innlandsoppdrett". I konkurransegrunnlaget heter det:

"Studien skal gi et best mulig kunnskapsgrunnlag for vurdering av framtidige FoU-behov rettet mot bærekraftig vekst og lønnsom nyskaping innenfor innlandsoppdrett i Norge. Studien må derfor på en nøktern måte identifisere og beskrive de viktigste flaskehalsene for vekst og nyskaping.

Følgende forhold og problemstillinger er vesentlige og må med i utredningen:

1. En nøktern framstilling av bransjen slik den er i dag inkludert en grov sammenligning med og vurdering av tilsvarende bransje i Sverige.
2. Markedsmuligheter, konkurranseforhold og produkter må underlegges en kritisk drøfting.
3. Anlegg og logistikk må være bærekraftige og konkurransedyktige. Anleggene må tilfredsstillende utslippskrav.
4. De strukturelle muligheter må drøftes da de vil sette viktige rammer for produksjon og markedsstrategier (Landbruksbasert tilleggsnæring eller/og større industrielle muligheter).
5. Teknologi og teknologiutvikling (maskiner, utstyr, styring) må kunne tilpasses den struktur som en i Norge anser som realistisk.
6. Muligheter for samarbeid og synergi med havbruksbransjen kan være viktige elementer.
7. Studien skal drøfte hvordan investormiljøer vurderer satsinger i denne bransjen."

SINTEF Fiskeri og havbruk AS (SINTEF) har vært totalleverandør for oppdraget, med Bioforsk Nord og Nofima Marked som underleverandører til SINTEF. Ansvar for delleveranser og personal som har arbeidet med oppdraget er:

SINTEF Fiskeri og havbruk

Har hatt ansvaret for leveranser innen teknologi, samt for sammenfatning og totalleveransen.

Ulf Winther, SINTEF Fiskeri og havbruk (prosjektleder)

Øyvind Prestvik, SINTEF Fiskeri og havbruk

Yngve Ulgenes, SINTEF Byggforsk

Bioforsk Nord

Har hatt ansvaret for leveranser innen biologi og bærekraft.

Lise Haug, Bioforsk Nord (ansvarlig for underleveranse)

Hallvard Jensen, Bioforsk Nord

Christian Uhlig, Bioforsk Nord

Sten Siikavuopio, Nofima Marin

Bjørn-Steinar Sæther, Nofima Marin

Nofima Marked

Har hatt ansvaret for leveranser innen produkt og marked.

Morten Heide, Nofima Marked

Frode Nilssen, Nofima Marked

Kontaktperson i Norges Forskningsråd har vært Trond Værnes. Arbeidet er gjennomført i perioden februar til juni 2010.

2 Avgrensninger og valg av arter i studien

Med innlandsoppdrett forstår vi i denne rapporten oppdrett av fisk i ferskvann der normalt alt utslipp fra oppdrettsaktiviteten går til en ferskvannsresipient. Dette forholdet har dannet grunnlaget for vurderinger av rammebetingelser og nødvendige løsninger.

I kystnære områder kan alternativt utslippet foregå til sjø. Slike anlegg kan vurderes sidestilt med for eksempel smoltanlegg for havbruksnæringen, noe vi ikke har omtalt nærmere i rapporten. Innlandsoppdrett omfatter kun kommersielt oppdrett av ferskvannsfisk med konsum som formål. Produksjon av smolt for havbruk, settefisk for utsetting og annen virksomhet (f.eks. forskningsvirksomhet) er ikke inkludert.

Valg av arter i studien

Innledningsvis i arbeidet ble det avklart med Norges Forskningsråd at studien kun skulle omfatte fisk og ikke andre arter, som for eksempel ferskvannskreps.

Det ble valgt arter som finnes naturlig i norsk fauna og som det enten drives oppdrett på i dag eller er gjort forsøk på å oppdrette i Norge eller i andre nordiske land. Det ble også vurdert om det er andre arter i tillegg til disse som kunne ha et betydelig markedspotensial, men slike arter ble ikke funnet.

Ål (*Anguilla anguilla*) er ikke inkludert i studien selv om det drives kommersielt oppdrett av arten i for eksempel Danmark og det er et marked for produkter av ål. Så langt behersker man ikke reproduksjon av ål i fangenskap og man er derfor avhengig av innfangning av villål til bruk i oppdrett. Ål har pr. i dag status som en truet art og vi kan ikke se at oppdrett av ål under disse betingelsene vil tilfredsstillende krav om bærekraftig oppdrett.

Regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) er inkludert i studien selv om dette er en art som offentlig forvaltning ikke ønsker benyttet i innlandsoppdrett og arten står på Artsdatabankens såkalte svarteliste. Vi har imidlertid inkludert arten i beskrivelse av status og for å illustrere poenger som er nyttige for andre arter.

Studien er konsentrert om følgende arter:

Laksefisk:

Røye (også kalt arktisk røye i rapporten) (*Salvelinus alpinus*)

Ørret (også kalt brunørret i rapporten) (*Salmo trutta*)

Sik (*Coregonus lavaretus*)

Regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*)

Abborfisk:

Gjørs (*Stizostedion lucioperca*)

Abbor (*Perca fluviatilis*)

Torskefisk:

Lake (*Lota lota*)

3 Oversikt over innlandsoppdrett i Norge

I dette kapitlet gis en overordnet, kortfattet oversikt over innlandsoppdrett i Norge. De enkelte kapitlene som omhandler status og potensial gir en mer grundig framstilling.

Innlandsoppdrett må kunne sies å ha et begrenset omfang i Norge pr. i dag. Årlig produseres det ca 650 tonn fisk fra innlandsoppdrett fordelt på 20 foretak som produserer mer enn 10 tonn pr. år. Til sammenligning vil det i 2010 samlet bli produsert ca 950 000 tonn laks og regnbueørret i norsk havbruk.

Det produseres hovedsaklig porsjonsfisk på 500 – 1 000 gram, og det er kun røye, regnbueørret og ørret som produseres. Tabellen under gir en oversikt over de viktigste produsentene, teknologisk prinsipp som er brukt, ca produksjon pr. år og art.

Tabell 3-1 Oversikt over kommersielle oppdrettsanlegg i Norge for innlandsfisk som produserer mer enn 10 tonn per år (Tall for 2010, u = ukjent).

Produsent	Teknologisk prinsipp	Mengde t/år, ca	Art
Arctic Charr	Gjennomstrømning	30	Røye
Hande Fiskoppdrett Røn	Gjennomstrømning	15	Regnbueørret
Hardanger fjellfisk Tyssedal	Oppdrettskar i fjellhall	90	Brunørret
Heimtun fisk	Gjennomstrømning	u	Røye
Hongset Røye	Gjennomstrømning	15	Røye
Haadem Fisk Leira	Gjennomstrømning	35	Regnbueørret
Kirkenes charr	Gjennomstrømning	100	Røye
Lofoss Fisk Lomen	Gjennomstrømning	15	Regnbueørret
Noraker Gård Leira	Gjennomstrømning	30	Regnbueørret
Nymoens røyeoppdrett	Gjennomstrømning	u	Røye
Røn Gård Røn	Gjennomstrømning	15	Regnbueørret
Sæterstad Gård Hattfjelldal	Gjennomstrømning	15	Røye
Totakrøye	Gjennomstrømning	u	Røye
Trøsvik Fisk. Lomen	Gjennomstrømning	15	Regnbueørret
Tydalsfisk Tydal	Resirkuleringsanlegg	100	Røye
Villmarksfisk Bardu	Resirkuleringsanlegg	50	Røye

Det drives kun landbasert oppdrett av ferskvannsfisk i Norge, i hovedsak i gjennomstrømningsanlegg. To selskaper driver oppdrett av røye i resirkuleringsanlegg. Det er ni aktører som oppdretter røye, seks som oppdretter regnbueørret og en som oppdretter ørret.

Det drives pr. i dag ikke oppdrett i merder i ferskvann i Norge, hovedsaklig på grunn av en streng praksis fra offentlig forvaltning.

Aktørene kontrollerer som regel alle ledd i verdikjeden selv, fra innfangning og stryking av stedege stamfisk, klekking, oppföring, slakting og foredling.

Rakfiskprodusentene i Valdres, som benytter regnbueörret, driver på en noe annen måte i det to lokale yngelprodusenter kjøper inn avlet materiale fra AquaGen og fordeler fisken til matfiskanleggene når den har nådd riktig størrelse. En av rakfiskprodusentene kjøper inn slaktet regnbueörret fra Danmark som råvare til produksjonen.

4 Overordnet oversikt over bransjen internasjonalt, med spesiell vekt på Sverige

I dette kapitlet gir vi en overordnet oversikt over innlandsoppdrett i Norden. Dette geografiske området er valgt fordi mye av produksjonen internasjonalt av artene som er vurdert i denne rapporten foregår i disse landene. Markedsmessige, biologiske og teknologiske forhold internasjonalt som omhandles i dette kapitlet er mer grundig behandlet i øvrige kapitler i rapporten. Der er det også lagt spesiell vekt på å trekke fram forhold vedrørende innlandsoppdrett i Sverige.

Totalt drives det oppdrett eller FoU-virksomhet av 12 arter med utslipp i ferskvann i Norden med en samlet produksjon på 44 456 tonn (tabell 4-1), hvorav oppdrett av regnbueørret står for ca 86 % og røye for 10 %. Tabellen under viser produksjonen i landbaserte matfiskanlegg i Norden.

Tabell 4-1 Produksjon i tonn innen innlandsoppdrett i Norden. Tall for Norge fra 2009, øvrige land 2008.

Art	Norge	Sverige	Danmark	Finland	Island
Regnbueørret <i>Onchorhynchus mykiss</i>	50	3 808	32 567	1 927	
Røye <i>Salvelinus alpinus</i>	460	692		72*	3 000
Ørret <i>Salmo trutta</i>	70	23*		75	
Sik <i>Coregonus lavaretus</i>	FoU, T			85	
Ål <i>Anguilla anguilla</i>		172	912		
Gjørs <i>Stizostedion lucioptera</i>		FoU	55	FoU	
Stør <i>Acispencer sturio</i>			1	72*	
Laks <i>Salmo salar</i>		23*	1		
Bekkerøye <i>Salvelinus fontinalis</i>			184		
Gullørret <i>Oncorhynchus aguabonita</i>			1		
Bekkerørret**			94		
Brøding***			207		
Lake <i>Lota lota</i>	FoU				
Abbor <i>Perca fluviatilis</i>	T	FoU	FoU		

FoU – Forsknings- og utredningsarbeid er gjennomført eller gjennomføres

T – Tillatelse er gitt, men ingen produksjon pr 2010

* Offentlige tall er slått sammen for disse artene

** Ørret uspesifisert

*** Krysningsart

Sverige

I Sverige drives i dag matfiskoppdrett av regnbueørret, røye, ørret, ål og laks. Produksjonen av regnbueørret har ligget relativt konstant mellom 3 000 – 4 500 tonn/år, mens produksjonen av røye har ligget på mellom 500 – 800 tonn/år. Hoveddelen av produksjonen for begge arter skjer i merder i innsjøer, men det produseres regnbueørret og ål i landbaserte resirkuleringsanlegg. Det er etablert et avlsprogram for røye som har gitt betydelig framgang i viktige parametere, tilveksten har for eksempel økt med 10 % pr. generasjon siden oppstarten i 1982.

Island

Island er verdens største produsent av røye, som er den eneste ferskvannsfisken som produseres i de landbaserte gjennomstrømningsanleggene. Den islandske produksjonen er i dag konsentrert til

mindre enn ti relativt store anlegg, og verdens største røyeanlegg, Islandsbleikja, produserer rundt 1500 tonn årlig. Som i Sverige har det vært drevet målrettet avlsarbeid med en økning i fiskevekst pr generasjon på inntil 10 % pr. generasjon.

Danmark

Danmark har oppdrett av regnbueørret, ål, gjørs, stør, laks, bekkerøye, gullørret, bekkørret og 'brøding' (krysning mellom røye og bekkerøye). Danmark var det første av de nordiske landene som startet oppdrett av regnbueørret i jordammer, men denne produksjonsformen har avtatt i de senere år og blitt erstattet av moderne betongdammer og bruk av resirkuleringsteknologi som forbedrer renseevne og vannforbruk.

Finland

Her drives oppdrett av regnbueørret, sik, ørret, røye og stør. De finske statistikkene viser en omsatt mengde på til sammen 2 159 tonn fordelt på 47 foretak og 63 anlegg. Regnbueørret er dominerende art med 1 927 tonn. I brakkvann i Østersjøen drives det også produksjon av regnbueørret og sik, og for 2008 ble det produsert henholdsvis 10 712 og 568 tonn av de to artene.

5 Offentlige rammebetingelser for innlandsoppdrett

For alt oppdrett av fisk for kommersielle formål kreves det tillatelse fra myndighetene. Behandling av søknader og tildeling av tillatelse om oppdrett av fisk, er i dag tillagt fylkeskommunen i det enkelte fylke der det søkes om tillatelse.

Behandlingen av tillatelse for oppdrett er en omfattende prosess der ulike fagetater er koblet inn i sammenheng med høringer og innstillinger til søknadene. Følgende myndigheter er koblet inn i saksbehandling og høringsuttalelser i forbindelse med tildeling av tillatelser:

- Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har overordnet ansvar for vannressursloven og vassdragsreguleringsloven.
- Fiskeridirektoratet har overordnet ansvar for fiskeoppdrett etter Lov om akvakultur.
- Mattilsynet er utøvende direktorat i forhold til matloven og dyrevernloven med aktuelle forskrifter i forhold til akvakultur.
- Direktoratet for naturforvaltning (DN) er utøvende direktorat for innlandsfiskeforvaltning gjennom Lakse- og innlandsfiskekloven.
- Fylkesmennene har forvaltningsansvar i forhold til truede arter og arts mangfold samt forvaltningsansvar i forhold til Forurensningsloven.
- Kommunene er høringsorgan og forvalter regelverket i forhold til Plan- og bygningsloven.

Følgende lovverk inngår som grunnlag for tildeling av tillatelse til oppdrett av fisk i innlandet:

- Lov om akvakultur
- Forurensningsloven
- Matloven
- Dyrevernloven
- Lakse- og innlandsfiskekloven
- Plan- og bygningsloven
- Vassdragsloven

I tillegg kommer andre lover til anvendelse i enkeltsaker der dette er aktuelt. Ett eksempel er "Lov om bevaring av natur, landskap og biologisk mangfold" som kan forhindre etablering av virksomhet i områder med forekomst av truede arter eller i naturområder med spesielle karakterer. I tilknytning til de ulike lovene er det utarbeidet forskrifter og i mange tilfeller også veiledere til forskriftene. Disse gir mer detaljerte og konkrete beskrivelser av grensebetingelser for etablering og drift av oppdrettsvirksomheten. Fiskeridirektoratet har nå også utarbeidet en "Brukerhåndbok for akvakulturforvaltning". Denne er foreløpig så ny (juni 2010) at den ennå ikke er lagt ut på Fiskeridirektoratets nettsider (www.fdir.no) (pers.medd. Anita Wiborg, Fiskeridirektoratet).

I sammenheng med saksbehandling vil også ulike typer skjønn – for eksempel "føre var – prinsippet" - påvirke forvaltningspraksis og vedtak i enkeltsaker. Det antas at denne type vurderinger har veid tungt når man krever bruk av "stedegen fiskestamme" til bruk i innlandsoppdrett.

I det videre vil vi trekke fram de mest prioriterte temaene som er spesielt fokusert i sammenheng med offentlige rammebetingelser for innlandsoppdrett. Disse temaene har en overordnet betydning for grensesettingen for etablering og drift av innlandsoppdrett. Det understrekes at vi her definerer innlandsoppdrett som oppdrett i ferskvann med avløp til ferskvannsresipient (selv om oppdrett i ferskvann i enkelte tilfeller også kan ha avløp til sjø).

Et overordnet mål for akvakulturforvaltningen er alltid at enhver oppdrettsvirksomhet skal etableres og drives på en "miljømessig forsvarlig måte". I dette ligger blant annet at man setter særlig fokus på følgende tema:

- Rømming av fisk fra oppdrettsvirksomheten
- Spredning av fiskesykdommer
- Utslipp av næringssalter og organisk materiale

Rømming av fisk fra oppdrettsvirksomheten

Rømming av fisk kan beskrives ved at levende fisk kommer ut av anlegget og over i et nærliggende vassdrag. På den måten kan nye arter etableres, noe man frykter kan føre til uheldig genetisk påvirkning på ville fiskebestander eller det kan overføres sykdom til fisken i vassdraget.

For å bevare ville fiskebestander i vassdragene mht. genetiske særtrekk og artsmangfold er det ikke tillatt å oppdrette andre arter av fisk enn dem som naturlig finnes i vassdraget. Dette vil i praksis si at arter som ikke er hjemmehørende i Norge, er forbudt mht. innlandsoppdrett. Arter som regnbueørret, kanadisk bekkerøye etc. er ikke hjemmehørende i norsk fauna.

Artsdatabanken presenterte Våren 2007 "Norsk svarteliste 2007" som er en oversikt over økologiske risikovurderinger for et utvalg av fremmede arter i Norge. Her er regnbueørret betegnet som en av artene med "høy risiko" og av de mest uønskede i norsk fauna.

Det tyder på at det er etablert praksis i forvaltningen å kreve bruk av såkalt stedegen stamme av en fiskeart i innlandsoppdrett. Et slikt krav innebærer at et anlegg som eksempelvis skal oppdrette røye, må bruke fiskemateriale som allerede finnes naturlig i vassdraget. Dette kan enten skje ved fangst av småfisk i vassdraget og oppføring av denne i anlegget, eller fangst av kjønnsmoden røye og uttak av rogn for klekking og startføring. Inntak av rogn eller yngel fra andre anlegg/regioner vil etter denne praksisen betegnes som inntak av fremmedartet genetisk materiale og dermed ikke tillates. Det vil også bety at etter denne praksisen kan anleggene ikke ta inn avlet materiale av røye til et innlandsoppdrett.

Fiskeridirektoratet har i den senere tid hatt særlig fokus på rømming av fisk fra landbaserte oppdrettsanlegg, først og fremst settefiskanlegg for laks og regnbueørret, men også andre typer landbaserte oppdrettsanlegg. Det er i denne sammenheng publisert veiledere og informasjonsmateriell på direktoratets nettside (<http://www.fiskeridir.no/akvakultur/erfaringsbase-roemming>). Ved landbaserte anlegg er det i dag konkrete krav om tiltak mot rømming av fisk, og det stilles et generelt krav om at det skal være minst to rømmingshindre i anlegget før resipient.

Spredning av fiskesykdommer

Kontroll med forekomst og spredning av smittsomme fiskesykdommer har høy prioritet innen norsk akvakulturforvaltning. Fiskesykdommer klassifiseres i 3 grupper (gruppe A, B og C) avhengig av tidligere eller nåværende forekomst av sykdommer i Norge og alvorlighetsgrad mht smitteevne og dødelighet.

Regelverket setter grenser for og stiller krav til at biologisk materiale i oppdrett følges med dokumentasjon om helsetilstand. Drift av oppdrettsanlegg skal foregå på en måte som gir god dyrevelferd og minsker risiko for sykdomsutbrudd.

Ett av kriteriene for drift av anlegg som blant annet begrunnes i sykdomsloven, er krav om maksimal tetthet i oppdrettskarene dersom man produserer matfisk. For oppdrett av laks og regnbueørret er det satt en generell maksimal tetthet på 25 kg/m³.

For andre arter enn laks og ørret har man i dag ingen konkrete maksimalgrenser for biomassetetthet, og grensene vurderes i hvert enkelt tilfelle. Derfor har anlegg for oppdrett av arktisk røye fått maksimalgrenser for tetthet i området fra 60 til 100 kg/m³. Arktisk røye er karakterisert ved at den kan trives ved høye tettheter, mens man har begrenset viten om tetthetsgrenser for andre arter.

Grenser for biomassetetthet i et anlegg vil i stor grad også styres av hvor godt vannmiljø man klarer å holde i enhetene via vanntilførsel og vannbehandling. Grense for biomassetetthet i et system vil derfor være bestemt av både tekniske og biologiske forhold.

For å hindre inntak av og spredning av sykdomssmitte fra virksomheten, kan det kreves spesielle tiltak for å hindre dette. Viktigste inntaksveier for sykdom til anlegg antas å være via biologisk materiale og vanntilførsel. Hvis anlegget får inn biologisk materiale i form av egg eller settefisk fra et annet oppdrettsanlegg, kan det stilles spesielle krav til smittestatus for leverandør samt at all overføring av biologisk materiale skal følges med attest.

For å hindre inntak og spredning av smitte via vann, kan det være aktuelt med desinfeksjon av alt inntaksvann og avløp. Også via personale og materialer/utstyr er det en viss risiko for transport inn og ut av smitte. Krav til spesielle driftsrutiner i anlegget, og design av tekniske løsninger som muliggjør smittekontroll, vil som hovedregel bli satt.

Hvis det stilles spesielle krav om desinfeksjon av inntaksvann og/eller avløp, er det også krav om godkjenning av slike systemer. Normalt skal metodene kunne fjerne minst 99,9 % av smittsomme sykdomsagens fra vannet, og det kreves dokumentasjon i form av driftsjournal fra desinfeksjonsanleggene.

Utslipp av næringsalter og organisk materiale

Dette reguleres av Forurensingsloven og forvaltes av fylkesmennene og Klima- og forurensingsdirektoratet (KliF). Etter det vi vet er det ikke gitt noen generelle retningslinjer for hvor mye et anlegg kan slippe ut til en resipient. Dette blir vurdert i hvert enkelt tilfelle basert på angitt mengde utslipp, resipientens egnethet og kapasitet til å tåle et evt. utslipp.

Vi anser at utslippsmengde fra virksomheten er bakgrunnen for at maksimalstørrelse for innlandsoppdrett er satt til 325 tonn maksimal tillatt biomasse¹ (MTB). Størrelsesgrensen baserer seg på et tidligere maksimalt oppdrettsvolum på 5 000 m³ per anlegg og 65 tonn fisk per 1 000 m³. Biomassetaket for innlandsoppdrett er analogt til maksimal biomasse som gjelder for oppdrettsanlegg i sjø, men grensen er lavere i ferskvann enn i sjø.

Maksimal tillatt biomasse i anleggene setter begrensninger for hvor mye fisk som kan produseres pr. år ved lokaliteten.

¹ Maksimal tillatt biomasse (MTB) angir den maksimale mengden fisk (som regel oppgitt i tonn) som kan stå i et anlegg til enhver tid.

6 Status og potensial – produkt og marked

I dette kapitlet er produkt og potensial behandlet samlet for hver art. Til slutt i kapitlet er det gjort en sammenfattende vurdering av potensialet samt en presentasjon av FoU-behovet på markedssiden.

6.1 Metode

Undersøkelsen er blitt gjennomført gjennom telefonintervjuer, litteraturgjennomgang og gjennomgang av offentlig statistikk. Det er gjennomført telefonintervju av 8 oppdrettere av røye, 6 i Norge og 2 i Sverige. Disse intervjuene ble gjennomført med utgangspunkt i en kort intervjuguide. Samme intervjuguide er brukt i intervju av 4 norske produsenter av regnbueørret / rakfisk og 1 norsk oppdretter av brunørret.

Det er gjennomført telefonintervju av Norsk røyeforum, Eksportutvalget for fisk, samt en rekke internasjonale aktører innen oppdrett, villfangst og salg av artene brunørret, sik, abbor, og gjørs.

6.2 Røye

6.2.1 Oppdrett av røye

I 2009 var det 14 aktive tillatelsesinnehavere på røye. 2 av disse hadde matfiskproduksjonen i saltvann/sjøen. De resterende hadde matfiskproduksjon i ferskvann. Så langt i 2010 har 2 oppdrettere lagt ned produksjonen av røye, og ytterligere 2 planlegger å legge ned produksjonen i løpet av året.

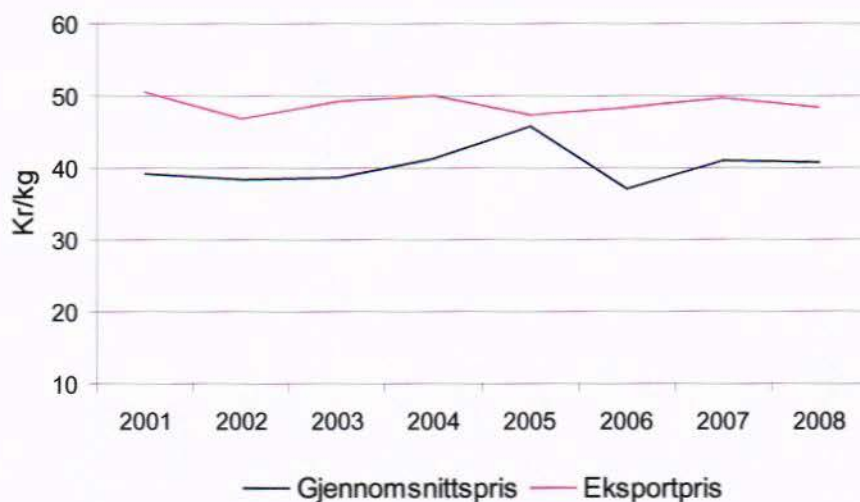
6.2.2 Produkter

Røyeprodukter omsettes primært som fersk fisk. Største andelen av den ferske fisken selges sløyd med hode, men det er også noen som tilbyr fersk røyefilet. Øvrige produktalternativer synes å være røyking og raking. Halvparten av aktørene oppgir at de tilbyr slike varianter. En har spesialisert seg på rakfisk, men leverer også noe ferskfisk. En aktør leverer kun bearbeidet røye (raket, varm- og kaldrøkt).

6.2.3 Pris

Det svært vanskelig å skille mellom priser som oppnås på innlandsrøye og sjørøye, da disse ikke representerer to adskilte kategorier i statistikken til Fiskeridirektoratet (www.fiskeridir.no) og Eksportutvalget for fisk. Gjennomsnittspris for total mengde omsatt røye innenlands og på eksportpris gjelder derfor begge produksjonsformer. I Fiskeridirektoratets statistikk er det prisen til oppdretter som blir samlet inn. Vanligvis er dette prisen for rund fisk avhentet hos oppdretter. Eksportprisen, slik den gjengis i statistikken som utgis av Eksportutvalget for fisk er prisen for sløyd fisk med hode "Free on Board" (FOB). Den reelle prisdifferansen mellom de to "leveringsformene" er derfor vanskelig å beregne. I tillegg "kamouflerer" gjennomsnittspriser at det kan være sprik i hva det enkelte anlegg oppnår, samt at prisen kan variere gjennom året.

I henhold til Fiskeridirektoratets statistikk har førstehåndsprisen de seinere år vært 38 - 46 NOK/kg rundvekt (figur 6-1). Toppåret var 2005, da prisen var oppe i 46 NOK/kg. Når det gjelder eksportprisen har denne variert mellom 47 og 51 kr/kg (Eksportutvalget for fisk). En mulig forklaring på den relativt stabile eksportprisen er at eksportkvantumet har "matchet" etterspørselen. Sistnevnte synes å være noenlunde konstant (figur 6-2). Samtidig indikerer de små volumene at røye er et nisjeprodukt i utenlandske markeder, og liten prisvariasjon kan forklares ut fra at røye har hatt liten konkurranse i de markedene der produktet har blitt solgt. Hvis disse betraktningene er riktige, kan økt volum uten ditto markedsbearbeiding fort resultere i prispress.



Figur 6-1 Gjennomsnittlig førstehåndspris og eksportpris for røye (kilde: Fiskeridirektoratet og Eksportutvalget for fisk).

Tabell 6-1 gjengir produktform og variasjon i pris på produkter fra røye.

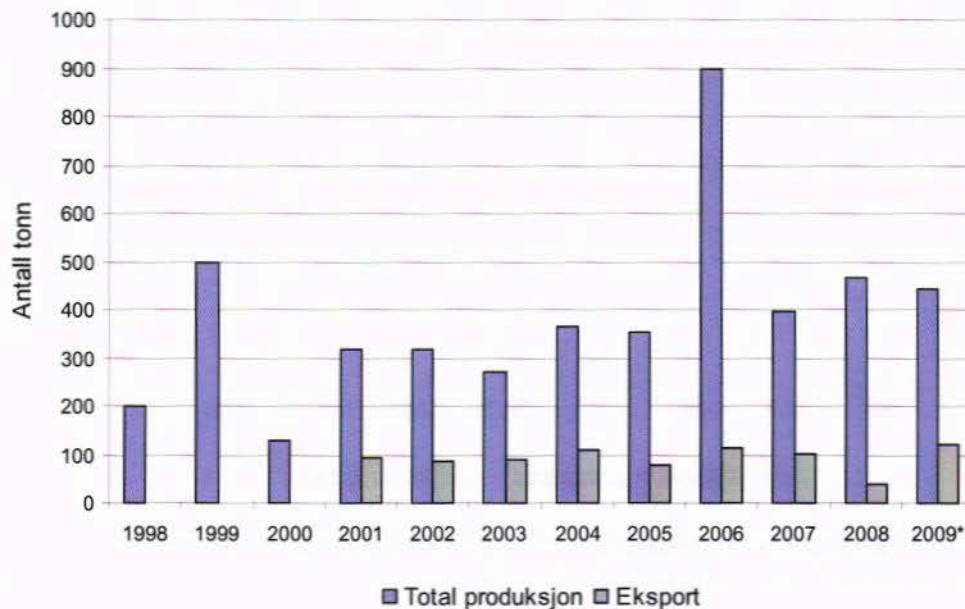
Tabell 6-1 Produktform og variasjon i produktpris røye.

	Produktform			
	Rund	Sloyd	Raket	Røyket
Prisvariasjon (kr/kg)	50-80	43-74	150-279	150-160

Tabellen viser at produsentene av innlandsrøye oppnår forskjellig pris på enkelte av produktene. Dette er ikke urimelig tatt i betraktning forskjeller i betalingsvillighet avhengig av markedet (geografisk) røya blir solgt i, i hvor store volum produsentene selger og/eller hvilke kanaler produktene selges gjennom (grossist, supermarked, fiskebutikk, restaurant etc.). Også sesongmessig prisvariasjon kan være til stede og den enkelte produsents markedsføring kan også være ulik og dermed påvirke oppnådde priser. Prisen på raket røye inkluderer både hel fisk og filet, noe som forklarer den store variasjonen i pris på dette produktet.

6.2.4 Volum og eksport

Produksjonen av røye har stort sett holdt seg mellom 300 og 500 tonn de siste årene, med en topp på 900 tonn røye i 2006 (figur 6-2). En vesentlig del av dette kvantumet er sjørøye. Eksempelvis ble det i 2009 slaktet 165 tonn innlandsrøye og 280 tonn sjørøye (tallene for 2009 er estimer basert på intervju med 12 av 13 oppdrettere av røye).



Figur 6-2 Totalproduksjon og eksport av røye.

Røye eksporteres i dag til Frankrike, Sveits, Russland, Finland og Sverige. Sverige var i 2009 det største utenlandske markedet for røye, det ble eksportert 88 tonn røye til en verdi av 3,9 millioner NOK. Selv om Sverige er det største markedet volummessig utgjør eksportkvantumet i gjennomsnitt ca 7 tonn pr måned. Dette tilsvarer et sted mellom en tredels og en halv trailerlast (som er ca. 18 tonn). Til sammenligning ble det solgt 37 500 tonn laks til Sverige i 2009, noe som tilsvarer over 2000 trailerlaster.

Eksportstatistikken skiller ikke mellom røye oppdrettet i sjø og i ferskvann. Det er derfor ikke mulig å identifisere hvordan eksportvolumet fordeles på de to produksjonsformene. To av produsentene av innlandsrøye rapporterte at de eksporterte til Sverige.

Det foregår kommersielt innlandsfiske etter røye. I 2006 ble det omsatt 26 tonn villfanget røye til en beregnet førstehåndsverdi til fisker på ca. 1 million NOK (Norsk innlandsfiskelag, 2006).

Flere av oppdretterne mener at det produseres for lite røye i Norge i dag. Den gjeldende oppfatning blant røyeoppdretterne er at lavt produksjonsvolum gjør det vanskelig å drive markeds- og salgsarbeid. Samtidig påpeker oppdretterne at det er viktig med en gradvis oppbygging av produksjonsvolumet i Norge, slik at markedet kan bygges opp i takt med økt produksjon.

6.2.5 Konkurransforhold nasjonalt

Norsk røye er posisjonert som et nisjeprodukt i det nasjonale markedet. Oppdretterne mener at produktet røye har få direkte konkurrenter i markedet, kanskje med unntak av ørret (fjellørret) og regnbueørret (rakørret). Noen få av de intervjuede røyeoppdretterne opplever intern konkurranse i det norske markedet. Dette kan være til større mottakere innen grossistledet og reiseliv, og mot enkelte geografiske deler av det nasjonale markedet.

6.2.6 Konkurransforhold internasjonalt med fokus på Sverige

Den globale produksjonen av røye estimeres til ca. 5 000 tonn per år og dette er i all hovedsak oppdrettsfisk. Foruten Norge, produseres det røye på Island, i Sverige, Canada, Irland, Skottland og Finland.

Island er den dominerende tilbyderen med om lag 3 000 tonn. I 2008 eksporterte Island om lag 700 tonn fersk hel røye, 20 tonn fryst hel røye, 600 tonn fersk filet og 500 tonn fryst filet. Eksportverdien var på ca. 80 millioner NOK. De største markedene for islandsk røye er USA og Sveits (Icelandic Fisheries).

Produksjon av røye i Sverige har de siste 10-15 årene vært på 500-800 tonn per år (SOU, 2009). Hoveddelen av produksjonen er i Jämtland og Västerbottens län. Hoveddelen av produksjonen selges på lokale eller regionale markeder. Med noen unntak er videreforedlingsgraden liten (SOU, 2009). De viktigste aktørene er Umlax AB, Svensk Fjällröding og Malgomaj Fjällfisk AB. Sistnevnte er et nylig oppstartet oppdrettselskap eid av norske (Røding AS) og svenske interesser (Umlax AB).

Svensk Fjällröding oppgir at de har en årsproduksjon på 300 tonn og planlegger å utvide produksjonen til 500 tonn. Bedriften er integrert ved at den både har settefiskanlegg og matfiskoppdrett. Sistnevnte foregår i merder i ferskvann. Svensk Fjällröding sier at de ikke har problemer med å omsette hele produksjonen på det svenske markedet, og det er i følge bedriften stor etterspørsel. De selger utelukkende fersk røye, og får tilsvarende 50 NOK/kg for sløyd og hodekappet fisk. Filet av røye selges for opptil 250 NOK/kg i fiskedisk. Distribusjon fra slakteri til marked er meget effektiv og tar som regel under 1 døgn. Bedriften har tilfredsstillende lønnsomhet og bruker svært lite ressurser på markedsføring.

Bedriftskonstellasjonen Umlax/Malgomaj har en årsproduksjon på ca 600 tonn. Malgomaj har en tillatelse på 2 000 tonn, og de planlegger å øke produksjonen i årene som kommer. Bedriften eier to settefiskanlegg, og all matfiskproduksjon foregår i merd i innsjø. Hoveddelen av produksjonen selges i det svenske markedet, men noe går også til andre nordiske land. Bedriften selger i det alt vesentlige ferske produkter, både hel fisk og filet. Bedriften markedsfører ikke produktene sine selv.

6.2.7 Posisjonering

Røye er et nisjeprodukt, både i det nasjonale og internasjonale markedet og det synes som om man bruker lite ressurser til markedsføring. Dette gjelder i hvert fall for norsk og svensk røye. Mye av salget av norsk røye skjer muntlig gjennom kundekontakt. Dette kan være mot eksportører, grossister, detaljister og restaurantsegmentet. Flere av produsentene har nettsider med informasjon om produksjon, produkter, oppskrifter og utsalgssteder. Noen av produsentene selger fisk direkte fra anlegg. Enkelte oppdrettere har lagd oppskriftshefter, plakater og lignende som tilbys forbrukeren i butikk. Det blir også brukt annonser i lokale medier. Butikkdemonstrasjoner har vært brukt av noen få aktører.

Flere av produsentene mener at det er for lite kjennskap til og kunnskap om røye i det nasjonale markedet både innen HoReCa (Hotell, Restaurant og Catering) og blant konsumenter, da særlig i Østlandsområdet. Dette oppfattes å være et hinder for å øke salget. Produsentene mener selv at røye er et unikt produkt, med høy kvalitet og gode smaksegenskaper. Med tanke på at mange norske oppdrettere uttrykker at de ikke har tilfredsstillende lønnsomhet i dag, bør man være forsiktig med å stimulere til økt produksjon uten at man samtidig søker å utvide markedet. Uten et tilfredsstillende markedsarbeid er det mange av oppdretterne som frykter at økt produksjon kan føre til prispress og dårligere lønnsomhet.

En del av røyeoppdretterne ønsker å differensiere seg fra andre røyeoppdrettere gjennom å fremstå som "unike", enten gjennom måten røya er produsert på eller hvor den er produsert. Eksempler på dette er "Ishavsrøye fra Vesterålen", "Villrøye fra Altevann" og "Finnmarksrøya, charr from arctic Norway". En del av oppdretterne merker fisken sin med gjellemerker eller plastkort som legges i fiskekassene.

Eksportutvalget for fisk har utviklet generisk reklamemateriell for "Norsk ishavsrøye". Her omtales både sjørøye og innlandsrøye. Reklamemateriellet er beregnet på industrielle kunder og finnes på norsk, engelsk og tysk. Eksportutvalget for fisk bidro med støtte til oppdrettere som gjennomførte kampanjer i norske butikker i 2009.

De norske røyeoppdretterne er i disse dager i ferd med å utvikle en egen kvalitetsstandard for "Norsk Ishavsrøye". Kvalitetsstandarden setter krav til art, opphavsland, produksjonsform og utseende til fisken. Standarden kan bare brukes av oppdrettere som først blir registrert hos EFF og deretter underlegger seg de kontroll- og oppfølgingsrutinene som standarden krever. Det hele er planlagt overvåket av en nøytral tredjepart, i dette tilfellet Det Norske Veritas. Oppdrettere som ønsker å tilslutte seg standarden må betale for å være med og avdekkede brudd på standarden kan medføre at selskapet blir utestengt. Arbeidet med å utforme standarden har blitt organisert gjennom "Norsk røyeforum", en interesseforening for oppdrett av røye og annen ferskvannsfisk.

6.2.8 Distribusjon

Distribusjon er eller har vært en stor utfordring for flere av røyeoppdretterne. Kombinasjon av lave slaktevolum, ofte noen få hundre kilo i uka, og lange avstander til markedet innebærer betydelige distribusjonskostnader. Noen har løst dette ved å samarbeide, eksempelvis med aktører i havbruksnæringen. Andre sliter fortsatt med transportkostnader opp mot 10 kr/kg. For noen av røyeoppdretterne representerer store avstander til markedet også en utfordring for å kunne bevare kvalitet og ferskhet.

Det meste av røye distribueres gjennom store norske grossister/eksportører. Dette betyr at nisjeproduktet røye i stor grad distribueres gjennom de samme kanalene som volumproduktene laks, regnbueørret og villfisk.

6.2.9 Markedsmessige flaskehalsar og muligheter

Flaskehalsar

Markedsarbeid og posisjonering

Flere av røyeoppdretterne ser på markedsarbeidet som en av de viktigste utfordringene. De norske oppdretterne er i all hovedsak små og integrerte. Dette innebærer at sluttproduktet skal dekke kostnadene forbundet med yngelproduksjon/fangst av villfisk, matfiskproduksjon, slakting, distribusjon, salg og markedsføring. På det nåværende tidspunkt må man karakterisere næringa som produksjonsorientert. Dette medfører at man er langt mer opptatt av det som skjer før fisken slaktes, enn de utfordringer/muligheter som markedet kan by på. Dette har blant annet medført at man i mindre grad har greid å identifisere og betjene markedssegmenter med høy betalingsvillighet.

Valg av markedskanaler

Flere av aktørene har valgt å selge produktene sine gjennom eksportører eller grossister, og tar lite del i kommunikasjon mot sluttbruker. Dette kan fort medføre manglende eller direkte gal markedsforståelse og markedstenking. Det at markedsprisen på røye tidvis ikke gir tilstrekkelig rentabilitet for oppdretteren kan være en konsekvens av dette.

Kostbar distribusjon

Distribusjon av røye er ofte en utfordring grunnet store avstander og små slaktevolum. Dette gjør distribusjon av røye kostbart. Distribusjon er gjerne satt bort til profesjonelle befraktere fordi egentransport oppfattes som et enda dyrere alternativ. Ikke alle befraktere behersker eller tilbyr de logistikk-løsningene som ferske røye er avhengige av og dette bidrar til at man tidvis også opplever problemer med logistikken.

Trusler fra utenlandske produsenter

Utenlandske konkurrenter som Sverige og Island er i ferd med å bygge opp sin produksjonskapasitet på røye. Sverige er per i dag det viktigste utenlandske markedet for norsk røye, og en økning i produsert volum i Sverige kan føre til at dette markedet forsvinner. Svenske aktører har så langt ikke hatt problem med å omsette hele kvantumet de produserer på det svenske markedet. Videre kan svensk røye bli en trussel på det norske markedet i fremtiden.

Muligheter

Utvikling av nye og eksisterende markeder

Røye blir sett på som et så unikt produkt blant produsentene at dette i seg selv skulle gi markedsmessig drahjelp. Samtidig hevder produsentene at produktet er relativt ukjent i sentrale markeder som Østlandsområdet. Målrettet markedsarbeid og markedsføring kan hjelpe til med å skaffe røye en posisjon i markedet som et eksklusivt og unikt produkt, og bidra til å identifisere markedssegmenter med høy betalingsvillighet i inn- og utland.

Samarbeid om markedsfunksjoner

Markedsføring, salg og distribusjon oppfattes å være utfordrende. Dette er arbeidsoppgaver som krever spesielle kunnskaper og kompetanser, og dette oppleves som vanskelig å bygge opp og vedlikeholde i små produksjonsorienterte bedrifter. En mulighet ligger i å kunne samarbeide om disse funksjonene gjennom felles bedriftsmessige eller organisasjonsmessige overbygninger, som for eksempel en felles salgsorganisasjon.

Oppbygging av større produksjonsvolum

Norsk røyenæring er i dag en nisjenæring preget av lav lønnsomhet. Flere av produsentene mener det mangler større aktører som har økonomiske ressurser til å bidra med teknologi-, biologi- og markedsutvikling. Samtidig mener produsentene at produksjonsvolumet må bygges opp i takt med markedet, slik at man unngår prispress.

Produktutvikling/videreforedling

Produktutvikling kan bidra til å frembringe nye produkter som gir bedre lønnsomhet for oppdretterne av røye. Eksempelvis har noen av innlandsoppdretterne av regnbueørret satsset på produksjon av rakkfisk, noe som i de fleste tilfeller oppgis å gi lønnsom drift. En røyeoppdretter er også inne med rakkfisk. Økt innsats på å utvikle videreforedlede produkter som er eller kan bli etterspurte i markedet kan bidra til å øke lønnsomheten for røyeoppdretterne.

Økologisk produksjon

En annen markedsmulighet som kan være verd å se nærmere på, er økologisk oppdrett. Økologiske matvarer er etterspurte i både det nasjonale og internasjonale matvaremarkedet, og kan bidra til å differensiere økologisk røye fra konvensjonelt produsert fisk. Samtidig setter økologisk oppdrett spesielle krav til produksjon og dokumentasjon. I Norge er betegnelsen "Økologisk" brukt i markedsføringsammenheng beskyttet og kan kun brukes dersom produktet er produsert og kontrollert i henhold til økologiforskriften. Denne forskriften er fastsatt av Landbruks- og matdepartementet. Debio har gjennom Mattilsynet fått oppgaven som kontrollorgan og er dermed den som godkjenner om produktene tilfredsstiller kravene til å kunne bruke betegnelsen "Økologisk" og tilhørende merking. Det regnes som sannsynlig at økologisk oppdrett vil øke

produksjonskostnadene for røye, og man bør derfor utrede markeds- og prispotensialet før man eventuelt legger om til denne produksjonsformen.

6.2.10 Synergi med havbruksnæringen

Det finnes muligheter for synergi med havbruksnæringen. Eksempelvis bruker flere røyeoppdrettere distribusjons- og salgsapparater som er bygget opp av havbruksnæringen. Dette oppleves som både positivt og negativt. På den ene siden er distribusjons- og salgsapparatet innen blant annet laksenæringen velutviklet, med fersk distribusjon til et stort antall markeder i Europa og Asia. På den andre siden er distribusjon og salg utviklet for store volum, noe som gjør det vanskelig for røyenæringen å utnytte denne. En del aktører påpeker at deres erfaring er at røya havner "sist i køen" og får lite oppmerksomhet når den håndteres av salgs- og distribusjonsapparatet til havbruksnæringen.

6.3 Regnbueørret

Selv om det ut fra dagens regelverk og praksis i forvaltningen ikke synes å være aktuelt med utvikling av innlandsoppdrett av regnbueørret, er arten omtalt her da flere aspekter som gjelder regnbueørret er interessante for rakfisk som produkt og for brunørret og røye som arter.

6.3.1 Produkt

Produksjonen av regnbueørret fra innlandsoppdrett utnyttes hovedsakelig som råvare til rakfisk, men et lite kvantum går til røyking. Fisk med ulike produksjonsskader omsettes som fersk og fryst vare, men dette oppgis å være marginale kvanta. Aktører i næringa sier at produksjonskostnadene ved oppdrett av ørret i ferskvann gjør at man oppnår best lønnsomhet ved videreforedling til rakfisk. Rakfisk produseres også av røye, brunørret og sik. I følge bestemmelsene kan man bare anvende ferskvannsprodusert fisk til raking.

6.3.2 Pris

Tabellen under (tabell 6-2) gjengir produktform og variasjon i pris på rakfisk fra regnbueørret og viser at prisen på rakfisk fra regnbueørret varierer med produktform (og til dels produsent).

Tabell 6-2 Produktform og prisvariasjon rakfisk fra regnbueørret.

	Produktform rakfisk		
	Hel	Filet	Spann
Prisvariasjon (kr/kg)	148-180	260-330	125-180

6.3.3 Volum og eksport

De siste 10 årene har Norge hatt en årlig produksjon på mellom 50 000 og 85 000 tonn regnbueørret. Produksjonen foregår i all hovedsak i sjø, og det meste av kvantumet blir eksportert som hel fisk, fersk eller fryst. En liten andel blir eksportert som filet. Den norske rakfiskproduksjonen ligger på ca. 450 tonn. Med utgangspunkt i dette tallet vil vi anta at produksjonen av regnbueørret i ferskvann er i samme størrelsesorden. Det må imidlertid tas hensyn til at det importeres en del fersk ørret fra Danmark som rakes i Norge.

6.3.4 Konkurransforhold nasjonalt

De fleste rakfiskprodusentene oppdretter selv den regnbueørreten som brukes i egen produksjon. Noen rakfiskprodusenter kjøper fisk fra andre innlandsoppdrettere og noen importerer regnbueørret fra utlandet, særlig Danmark.

Det største markedet for rakfisk i Norge er Østlandsområdet. En del av rakfisken selges direkte fra produsentene på lokale markeder. Blant annet arrangeres det en rakfiskfestival i Valdres hvert år hvor det omsettes betydelige kvanta direkte til det besøkende publikum. Konkurransen om å komme inn i ordinære salgskanaler er hard, og flere produsenter oppgir at kravene fra innkjøperne, da særlig supermarkedskjedene er skjerpet de siste årene. Dette gjelder særlig merking av og dokumentasjon til produktene og produksjonen. Samtidig synes det som om, i det minste rundt juletider, det er svært god utbredelse av produktene. De finnes da i veldig mange dagligvareforretninger i tillegg til ulike spesialutsalg.

6.3.5 Konkurransforhold internasjonalt med fokus på Sverige

Globalt produseres det 550 000 tonn regnbueørret med Chile som den største produsenten. I Europa er Frankrike, Norge, Danmark, Italia og Spania store produsenter. Bortsett fra i Norge og Sverige, er den europeiske produksjonen i stor grad såkalt porsjonsfisk fra ferskvann. Regnbueørret utgjør hoveddelen av den svenske produksjonen med ca. 7 000 tonn (Det växande vattenbrukslandet, 2009), og produksjonen innrettes mot noe større fisk. Prisnivået på porsjonsfisk gjør at de svenske produsentene finner dette produktalternativet økonomisk uinteressant. I de senere årene har flere svenske ørretprodusenter blitt overtatt av finske aktører.

En konkurrent til norsk regnbueørret på innlandsmarkedet er Peruansk regnbueørret. Denne selges som fryst porsjonsfisk og filet i alle norske supermarkedskjeder. Produktene selges for 100 kr/kg for porsjonsfisk og 160-170 kr/kg for filet i supermarkedene. Da produktet selges fryst, anses det ikke som en konkurrent til røye og brunørret, ettersom produkter fra disse artene hovedsakelig omsettes som fersk fisk.

Det er usikkert hvordan konkurranseforholdene er mellom svensk ferskvannsprodusert ørret og den norske oppdrettsørreten fra sjø som eksporteres til Sverige. Norsk ferskvannsprodusert ørret brukes, som tidligere nevnt, i all hovedsak til raking. Rakfiskprodusentene oppgir at det er marginal eksport av rakfisk. Noe selges naturlig nok til turister. Enkelte av produsentene tror at Sverige er et mulig rakfiskmarked.

6.3.6 Posisjonering

Rakfisk er et særnorsk produkt, selv om tilsvarende fermenteringsprosesser blir brukt til å produsere eksempelvis surströmming (fermentert sild) i Sverige og hákartl (fermentert haikjøtt) på Island. Noen av disse produktene kjennetegnes ved (meget) sterk lukt og ditto smak. Hvis ikke renhold og produksjonsforhold er helt riktige, kan visse typer bakterier gjennom gunstige formeringsforhold gi opphav til botulisme. Det har heldigvis vært få rapporter om denne typen forgiftning de senere år.

Rakfisk er et nisjeprodukt i det norske markedet. Det er i tillegg sesongpreget hvor størstedelen av omsetning og konsum skjer rundt jul. Bedriftene er generelt små, og de bruker ikke mye ressurser på markedsføring. Flere av produsentene har nettsider med informasjon om produksjon, produkter, priser, oppskrifter og utsalgssteder. Flere av produsentene selger fisk direkte fra bedriften, og arrangerer omvisning for turister og tilreisende i produksjonsanlegget. Noen bruker annonser i lokale medier. Mange av aktørene ser på "Norsk rakfiskfestival" i Valdres som den kanskje viktigste markedsføringsarenaen. Festivalen blir dekket av norsk og utenlandsk media, og det arrangeres en årlig konkurranse for å kåre landets beste rakfisk. Noen av produsentene deltar også på ulike messer med smaksprøver og salg.

Seks produsenter i Valdres har gått sammen om produktnavnet Valdres rakfisk BA. Dette er et lovbeskyttet geografisk navn. Denne lovbeskyttelsen innebærer at kun fisk som er klekket, oppdrettet og foredlet i Valdres kan bli markedsført som "Valdres Rakfisk BA". Produsentene har

i tillegg utviklet tre grader av rakfisk, avhengig av smak. Produktene merkes med smaksangivelsene "mild", "lagret" og "vellagret". Det virker som om rakfisk som selges med betegnelsen "Valdres rakfisk BA" oppnår en noe høyere markedspris enn konkurrerende produkter, men også her er det variasjon i hvilken pris den enkelt produsent oppnår. Enkelte av produsentene rapporterer at innføringen og bruk av betegnelsen har gitt økt salg.

6.3.7 Distribusjon

Distribusjon av rakfisk skjer enten gjennom egen transport eller bruk av transportselskaper. Distribusjonen kan være kostbar og tidkrevende for produsentene avhengig av avstanden til markedet de selger til.

6.3.8 Markedsmessige flaskehalsar og muligheter

Flaskehalsar

Det norske markedet

Flere av produsentene opplever økende konkurranse i markedet, da særlig i Østlandsområdet. Det norske markedet for rakfisk er relativt lite og sesongpreget. Det har vært en pen vekst i omsatt volum, men produsentene opplever nå at veksten flater ut.

Kvalitetskontroll

Som tidligere nevnt, kan feil i produksjonsprosessen og/eller lagring av rakfisk føre til oppblomstring av uønskede bakterier og i verste fall medføre alvorlige helsemessige plager og sogar dødsfall. Dette oppfattes av produsentene å være svært alvorlig fordi de "føler seg i samme båt". Dersom en produsent leverer produkter som kan gi opphav til matskandaler, frykter man at dette kan slå beina under hele næringa. Dette forholdet kan også betraktes som en styrke, fordi trusselen i en matskandale så åpenbart vil ramme alle.

Tilgang til regnbueørret

Enkelte av rakfiskprodusentene opplever at taket på tillatelsene de har på oppdrett av regnbueørret er en barriere for å kunne øke produksjonen av rakfisk.

Muligheter

Nye arter i produksjon av regnbueørret

Mangel på norsk regnbueørret som er egnet for produksjon av rakfisk kan muligens kompenseres ved bruk av andre arter. Andre arter som det i dag produseres rakfisk av i Norge er ørret, røye og sik.

Nye markeder

I praksis blir all rakfiskproduksjon i Norge omsatt innenlands. Målrettet markedsarbeid og markedsføring kan bidra til å utvikle det norske markedet. Det bør derfor undersøkes hvilken status rakfisk har blant norske forbrukere og hva som er muligheter og barrierer for å øke konsumet. Videre bør det undersøkes om konsum av rakfisk kan utvikles i utenlandske markeder, da i første rekke Sverige.

Nye produkter/videreforedling

Et fokus på å utvikle videreforedlete produkter som er eller kan bli etterspurte i markedet kan bidra til å øke lønnsomheten for rakfiskprodusentene. Eksempelvis er mat som er bekvemmelig, med andre ord mat som er enkel, rask og krever lite energi å lage, en trend blant norske forbrukere. Større fokus på utvikling av produkter av rakfisk som er bekvemmelig og tidsriktig for forbrukerne kan bidra til å øke konsumet.

6.4 Arter med begrenset eller ingen innlandsoppdrett i Norge

Artene brunørret, sik, abbor, gjørs og lake har begrenset eller ingen oppdrettsaktivitet i Norge. I det videre kapitlet vil disse artene omtales med hvilken status de har på det norske markedet, samt internasjonale konkurranseforhold. Det vil her inkluderes villfisk, ettersom en stor del av de kommersielle markedene for disse artene er basert på omsetning av villfisk. Videre vil internasjonalt oppdrett av artene med fokus på Norden omtales. Til slutt vil det gjøres en kort oppsummering av overordnede markedsmessige utfordringer for disse artene.

6.4.1 Brunørret

Status nasjonalt

Det finnes i dag en oppdretter av brunørret i Norge. Produksjonen ligger på 75 tonn og fisken selges som fersk porsjonsfisk. Gjennomsnittsprisen for oppdrettet ørret lå i 2008 på 71 kr/kg (Fiskeridirektoratet). Ørreten blir solgt gjennom grossister og hovedmarkedet ligger i Sør-Norge. Det foregår ingen eksport av oppdrettet brunørret. Produsenten ser på oppdrettet røye som et konkurrerende produkt. Videre er produksjonsvolum og logistikk hovedutfordringene for bedriften.

I tillegg til oppdrett foregår det et kommersielt innlandsfiske etter ørret. I 2006 ble det omsatt 57 tonn ørret med en beregnet førstehandsverdi til fisker på like under 3 millioner NOK (Norsk innlandsfiskelag, 2006). Brunørret antas å være et relativt kjent art for norske forbrukere, da særlig gjennom sportsfiske.

Konkurranseforhold internasjonalt

Det meste av oppdrett av brunørret innen Norden er for utsett i elver og vassdrag. Undersøkelsen har ikke klart å finne kommersielt matfiskoppdrett av brunørret i ferskvann i Norden (utenom Norge), men det eksisterer en liten produksjon av sjøørret i Sverige og Finland (Solbakken et al., 2005). Aktørene i Norden har stort sett fokus på oppdrett av regnbueørret i ferskvann (Solbakken et al., 2005). Det har vært svært vanskelig å finne informasjon om det europeiske markedet for brunørret ettersom det meste av litteratur og statistikk ikke skiller mellom regnbueørret og brunørret.

6.4.2 Sik

Status nasjonalt

Det foregår i dag ikke oppdrett av sik. Sik er derimot den største arten innen innlandsfiske når det gjelder volum, og nest største når det gjelder verdi. Det ble i 2006 omsatt 63 tonn sik til en beregnet førstehandsverdi (pris til fisker) på litt over 1,5 millioner NOK (Norsk innlandsfiskelag, 2006). Sik er et nisjeprodukt, og næringen er preget av få og små aktører (SND-rapport, 2003).

Det produseres en rekke produkter av vill sik, både fersk, varmrøkt, kaldrøkt, gravet, påleggsprodukter og kaviar. Intervju med en fiskebutikk som er spesialisert på produkter av innlandsfisk og en bedrift som fisker og foredler sik, viser at førstehandspris på hel sik er 25-45 kr/kg, mens førstehandspris på fileten er 110 kr/kg. En generell utfordring for disse aktørene er at sik er et lite kjent produkt i det norske markedet. Videre oppfattes statusen til sik å være lav. En annen utfordring er parasitter i fisken og at størrelsen på en del av fisken var for liten. Liten størrelse gjør videreforedling av sik (filet etc.) dyrt.

Konkurranseforhold internasjonalt

Det europeiske markedet for sik er vesentlig rund fisk fra 0,5 til 1 kg (fersk eller fryst). Det europeiske markedet betaler 8-10 euro/kg (Suomen Kalankasvattajaliitto ry). Russland og de baltiske stater er andre store markeder. Vill sik er dårligere betalt enn oppdrettet grunnet at denne kan ha parasitter (Haug *et al.*, 2006).

Det finske markedet er det best betalende marked for sik i Europa. Det totale markedet for sik i Finland lå i 2006 på 2 500 tonn. En tredel var fisket, en tredel oppdrettet og en tredel importert. Halvparten av siken i Finland selges røykt, en tredel som filet og 10 % blir gravet (Setälä, 2008).

Finland har et betydelig innlandsfiske av sik. I 2009 fikk fiskere i snitt betalt 4,59 euro/kg for sløyd sik (RKTL, 2010). Det er liten eksport av sik fra Finland ettersom etterspørselen i innlandsmarkedet er større enn tilgangen.

Det ble i 2007 oppdrettet 888 tonn sik i Finland. Hovedtyngden av oppdrettet ligger rundt Åland og Åbo. I 2009 fikk oppdretter i snitt betalt 8,06 euro for sløyd sik og 11,85 euro/kg for filet (RKTL, 2010). Sik over 800 gram blir best betalt. Det er verd å merke seg at oppdrettet sik blir vesentlig bedre betalt enn villfanget sik. Italia, Frankrike, Sveits og Tyskland blir sett på som potensielle markeder for fersk filet av finsk oppdrettssik (Suomen Kalankasvattajaliitto ry).

Det er ikke oppdrett av sik i Sverige. Sverige ser på sik som en mulig nisjeart innen oppdrett, med Finland som et potensielt marked (Det växande vattenbrukslandet, 2009).

6.4.3 Abbor

Status nasjonalt

Det foregår i dag ikke innlandsoppdrett av abbor i Norge. Det foregår innlandsfiske etter abbor, men dette er meget begrenset når det gjelder både volum og verdi. Det ble i 2006 omsatt 10 tonn abbor (Norsk innlandsfiskelag, 2006). Abbor omsettes som hel fisk, filet og røkt. Førstehåndspris på abbor ligger på om lag 40 kr/kg for hel fisk og 130 kr/kg for filet.

Konkurransforhold internasjonalt

Hovedmarkedet for abbor i Europa er konsentrert rundt alpine (Tyskland, Østerrike, Sveits, Italia og Øst-Europa), med et årlig konsum på 11 000-12 000 tonn. I Sveits blir det konsumert 5 500 tonn, hvorav ca. 90 % er importert. For øyeblikket blir det ikke fanget nok villfisk til å dekke etterspørselen. Det sveitsiske markedet etterspør liten abbor (50-100 gram) som koster 35-50 NOK/kg. Andre markeder (Frankrike, USA og Canada) etterspør større fisk (200 g), som oppnår en markedspris på 20-30 NOK/kg (Dana feed research centre).

Det finnes så vidt oss bekjent, ingen større kommersiell oppdrett av abbor i Europa. Det er tatt initiativ for å etablere abboroppdrett i Belgia, Frankrike og Irland, men det er usikkert hvor langt dette har kommet. Noe småskala oppdrett av abbor skal finnes i Sverige (SOU 2009).

6.4.4 Gjørs

Status nasjonalt

Det er i dag ikke innlandsoppdrett av gjørs i Norge. Det foregår et meget begrenset innlandsfiske etter gjørs, og det ble i 2006 omsatt ca. 3 tonn (Norsk innlandsfiskelag, 2006). Gjørs omsettes som hel fisk, filet og røkt. Førstehåndspris for gjørs ligger på om lag 130 kr/kg for filet.

Konkurransforhold internasjonalt

Gjørs er en verdsett kommersiell matfisk, både i Finland og Europa. I Tyskland blir gjørs (hel fisk) solgt for 65-90 NOK/kg til private kunder direkte fra oppdrettsanlegg. Fryste fileter blir importert fra Russland og Østeuropeiske land (Dana feed research centre). Gjørs blir blant annet oppdrettet i Danmark. Der finnes det et selskap som driver kommersiell oppdrett (Aquapri A/S), med en årsproduksjon på 120 tonn. Videre finnes det et anlegg som nettopp har lagt ned produksjonen av gjørs (Danish Pikeperch A/S).

Danish Pikeperch A/S hadde tidligere en årsproduksjon på 60 tonn gjørs i året. Fisken ble solgt fersk til Tyskland, Frankrike, Nederland og Sveits. I sesong oppnådde bedriften 75-85 NOK/kg for rund fisk over 1 kg. Prisen falt til 40 NOK/kg når det foregikk villfangst av gjørs, da særlig i svenske innsjøer. Den kommersielle fangst av gjørs i Sverige har i de siste årene ligget på mellom 25 og 40 tonn (Fiskeriverket). Det kommersielle oppdrettet av gjørs er nå lagt ned grunnet store utfordringer med å få produsert yngel. Dette medførte at bedriften bare kunne utnytte halve produksjonskapasiteten i anlegget, noe som igjen gjorde produksjonen lite lønnsom.

Aquapri A/S har en årsproduksjon på 120 tonn gjørs i året. Fisken blir solgt fersk hel til markeder i Norden, Tyskland, Sveits, Frankrike, Benelux landene og deler av Østeuropa. Størrelsen på fisken er fortrinnsvis 1-2 kg, og prisen varierer mellom 40-70 NOK/kg. Sesongvariasjonene på pris er svært store fordi prisen avhenger av fangsten på vill fisk fra Sverige, Finland, Estland og Nederland. Fisken blir ikke solgt fryst, da bedriften ikke kan konkurrere med fryst gjørs fra Kazakstan. Bedriften betegner markedet for gjørs som et nisjemarked.

6.4.5 Lake

Status nasjonalt

Det er i dag ett anlegg som planlegger å starte kommersiell produksjon av lake i Norge. Det foregår et meget begrenset innlandsfiske etter lake, og det ble i 2006 omsatt ca. 250 kg (Norsk innlandsfiskelag, 2006). Lake må sies å være et ukjent produkt på det norske markedet, og betalingsvilligheten for denne arten er usikker. Lake må innarbeides som et nytt produkt i det norske markedet.

Konkurransforhold internasjonalt

Det drives fiske etter lake i Sverige, Finland, Russland og Polen. Finland har et relativt stort fiske etter lake, med fangster på 1 000 tonn i året (Finnish Game and Fisheries Research Institute). Det svenske fisket er beskjedent med fangster på 1 tonn i året (Fiskeriverket). I 2009 fikk finske fiskere betalt 3,99 euro/kg for lake (RKTL, 2010).

6.4.6 Markedsmessige utfordringer for artene brunørret, sik, abbor, gjørs og lake

Introduksjon i det norske markedet

Artene sik, abbor, gjørs og lake er relativt ukjente arter for den norske forbruker. Brunørret er muligens bedre kjent som art, men hvordan denne oppfattes i konkurranse med regnbueørret i det norske markedet er ukjent. En utfordring for oppdrett og omsetning av disse artene på det norske markedet vil være å utvikle kjennskap til artene som matfisk blant norske forbrukere og i HoReCa (hotell, restaurant og catering) segmentet. Større kunnskap om markedet vil være viktig for at disse artene kan få en god introduksjon i markedet. Videre må artene bli gjort tilgjengelig i relevante salgskanaler.

Kunnskap om eksportmarkeder og internasjonale distribusjonskanaler

Det er per i dag lite norsk kunnskap om det internasjonale markedet for artene brunørret, sik, abbor, gjørs og lake. Videre vet man lite om hvilke internasjonale distribusjonskanaler som eksisterer for disse produktene. Ved oppstart av kommersiell oppdrett av disse artene bør dette utredes.

6.5 Status, kunnskapsnivå marked, markedsposisjon og markedspotensial

Tabell 6-3 gir en oversikt over status i kommersialisering, kunnskapsnivå marked, markedsposisjon og markedspotensial knyttet til oppdrett av røye, regnbueørret (rakfisk), ørret, sik, abbor, gjørs og lake. Vurderingene er basert på en subjektiv tolkning av informasjon som er kommet frem i prosjektet.

Tabell 6-3 Status og markedsmessige muligheter/flaskehals for oppdrett av innlandsfisk i Norge.

	Røye	R-ørret [±]	Ørret	Sik	Abbor	Gjørs	Lake
Kommersiell Norge	ja	ja	ja	nei	nei	nei	nei
Kommersiell i Norden	ja	ja	ja	ja	nei	ja	nei
Kunnskapsnivå marked Norge	Middels	Middels	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
Norsk kunnskapsnivå marked internasjonalt	Middels	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
Markedsposisjon Norge	God	God	Middels	Lav	Lav	Lav	Lav
Markedspotensial i Norge	Høyt	Høyt	Middels	Middels	Lavt	Lavt	Lavt
FoU-behov marked	Høyt	Middels	Høyt	Høyt	Høyt	Høyt	Høyt

* Som tidligere nevnt blir store deler av produksjon av regnbueørret i ferskvann benyttet til rakfisk. Kunnskapsnivå etc. her er derfor for rakfisk av regnbueørret.

Markedspotensial i Norge for de ulike artene

Røye og rakfisk fra regnbueørret er produkter som er godt etablert i det norske markedet. Det selges betydelige volum av produkter fra røye og rakfisk, selv om disse er posisjonert som nisjeprodukter i markedet. Det er flere aktører som opererer i begge næringene. Det finnes potensial for å øke salget av produkter fra røye og rakfisk, forutsatt at fokus på markedsarbeidet øker. Røye kan bli utsatt for konkurranse på det nasjonale markedet fra utenlandsk produsert røye fra land som Sverige og Island.

Ettersom det bare eksisterer en produsent i Norge, er oppdrettet brunørret et relativt nytt og ukjent produkt i markedet. Villfanget brunørret antas å være et relativt kjent produkt i det norske markedet, enten gjennom sportsfiske eller kommersielt innlandsfiske. Som nisjeprodukt oppnår oppdrettet brunørret foreløpig gode priser, men det er usikkert hva som vil skje om produksjonsvolumet øker.

Sik er den største arten i volum når det gjelder innlandsfiske, og er derfor etablert i enkelte lokale markeder i Norge. Det finnes intet innlandsoppdrett av sik i Norge, og det er derfor usikkert hvordan dette produktet vil prestere i markedet.

Abbor, gjørs og lake er ukjente produkter i det norske markedet, og det finnes foreløpig ingen innlandsoppdrett av disse artene i Norge. Introduksjon av disse artene på det norske markedet vil kreve stor markedsinnsats for etablering og posisjonering.

Markedspotensial internasjonalt for de ulike artene

Markedspotensial og markedsposisjon internasjonalt er ikke omtalt da det ikke foreligger nok grunnlagsmateriale for en slik vurdering. Videre markedsmessige utredninger bør gjennomføres for å skaffe et bedre grunnlag for vurdering av markedspotensialet for de enkelte arter.

6.6 Synergi med havbruksnæringen

Havbruksnæringen har gjennom lakse- og regnbueørretoppdrett bygget opp et betydelig internasjonalt distribusjons- og salgssystem. Evnen til å selge og distribuere fersk og fryst fisk til et stort antall markeder i verden, kan ha potensial for utnyttelse i utviklingen av innlandsoppdrett. Videre har havbruksnæringen verdifull kunnskap og kompetanse om internasjonale markeder for

fisk. Samtidig er distribusjon og salg i havbruksnæringen utviklet for store volum, noe som spesielt røyenæringen har pekt på som en ulempe. Det er usikkert om havbruksnæringens salgs- og distribusjonsapparatet evner å håndtere dagens nisjeproduksjon fra innlandsoppdrett.

7 Status og potensial – biologi, ressursbruk og miljøeffekter

7.1 Metode

Undersøkelsen har blitt gjennomført gjennom litteraturstudier, telefonintervjuer med oppdrettere, kunnskap tilegnet gjennom to EU prosjekter knyttet til oppdrett av røye (www.Northcharr.eu og www.Charnet.org) og kontakt med forskerkolleger nasjonalt og internasjonalt

7.2 Status Norden – arter, volum og tillatelser

Her gis en kortfattet oversikt over omfanget av innlandsoppdrett i Norden med spesiell vekt på forholdene i Sverige. Innenfor Norden finnes i dag hovedsakelig fire typer anlegg; tradisjonelle gjennomstrømningsanlegg (Norge og Island), resirkuleringsanlegg (Danmark og Norge), dammer (Danmark), og merdanlegg i ferskvann (Sverige og Finland). Totalt drives det oppdrett eller FoU-virksomhet av 12 arter med utslipp i ferskvann i Norden med en samlet produksjon på 44 456 tonn (tabell 7-1), hvorav oppdrett av regnbueørret står for ca 86 % og røye for 10 %.

Tabell 7-1 Produksjon i tonn innen innlandsoppdrett i Norden. Tall for Norge fra 2009, øvrige land 2008.

Art	Norge	Sverige ²	Danmark ³	Finland ⁴	Island
Regnbueørret <i>Onchorhynchus mykiss</i>	50	3808	32567	1927	
Røye <i>Salvelinus alpinus</i>	460	692		72*	3000
Ørret <i>Salmo trutta</i>	70	23*		75	
Sik <i>Coregonus lavaretus</i>	FoU, T			85	
Ål <i>Anguilla anguilla</i>		172	912		
Gjørs <i>Stizostedion lucioperca</i>		FoU	55	FoU	
Stør <i>Acispencer sturio</i>			1	72*	
Laks <i>Salmo salar</i>		23*	1		
Bekkerøye <i>Salvelinus fontinalis</i>			184		
Gullørret <i>Oncorhynchus aguabonita</i>			1		
Bekkørret**			94		
Brøding***			207		
Lake <i>Lota lota</i>	FoU				
Abbor <i>Perca fluviatilis</i>	T	FoU	FoU		

FoU – Forsknings- og utredningsarbeid er gjennomført eller gjennomføres

T – Tillatelse er gitt, men ingen produksjon pr 2010

* Offentlige tall er slått sammen for disse artene

** Ørret uspesifisert

*** Krysningsart

7.2.1 Sverige

I Sverige drives i dag matfiskoppdrett av regnbueørret, røye, ørret og laks. I tillegg oppdrettes muslinger (*Mytilus edulis*) og edelkreps (*Astacus astacus*).

² http://www.scb.se/Pages/ProductTables___10110.aspx Statistiska centralbyrån, Sverige 2009

³ http://www.fvm.dk/Aquaculture_Statistics.aspx%3FID%3D24950

⁴ http://www.rktl.fi/english/statistics/aquaculture_statistics/aquaculture/ Finish fisheries statistics

Regnbueørret blir fortrinnsvis produsert i merdanlegg i innsjøer, fordelt på 53 anlegg og 3 808 tonn i 2008 (tabell 7-1). Antall små anlegg har blitt gradvis færre de siste ti årene på bekostning av større anlegg slik at produksjonen har ligget relativt konstant på 3 000-4 500 tonn. Gitt de temperaturmessige kravene til regnbueørreten, er de fleste anleggene lokalisert i søndre og midtre deler av Sverige. I motsetning til Norge og Finland er det ikke iverksatt noe nasjonalt avlsprogram på arten, og videre utviklingsmuligheter i forhold til økt fiskevekst er dermed begrenset (Statens offentlige utredninger, 2009).

Kommersiell produksjon av røye startet i 1983, og samtidig ble også et eget nasjonalt avlsprogram iverksatt. Produksjonen de siste 10 årene har ligget på mellom 500-800 tonn, og for 2008 ble det omsatt 692 tonn fordelt på 17 anlegg. Hoveddelen av produksjonen skjer i merdanlegg i ferskvann, spesielt i Jämtland og Västerbotten län i Midt-Sverige. Mesteparten av den økende produksjonen framover planlegges å skje i kraftverksmagasin i Jämtlands och Västerbottens län, og i 2008 ble det innvilget en tillatelse i en innsjø på 2000 tonn i dette området (Statens offentlige utredninger, 2009).

Det systematiske avlsprogrammet har gitt kontinuerlige forbedringer i forhold til fiskevekst. Fra oppstart har man økt tilveksten hos røya med rundt 10 % for hver generasjon (Brännäs m.fl. 2007). Så lenge røyeoppdrett i Sverige foregår i innsjøer eller reguleringsmagasin, begrenses produksjonen i hovedsak til egnede lokaliteter i forhold til røyas temperaturløselighet (< 15 °C), effekten av avl og forsvarlige utslippsmengder (Statens offentlige utredninger, 2009). Gjennom god dokumentasjon av forsvarlige utslippsmengder ser man på oppdrett av røye i næringsfattige magasiner i nordre deler av Sverige som en ressurs for å motvirke næringstap som følge av reguleringsvirksomhet (se også kapittel 7.6).

Ål produseres i to anlegg i Sør-Sverige (i Skåne og i Blekinge) med en totalproduksjon på 150 tonn. Produksjonen baseres på innfangning av vill åleyngel som oppfores til slaktestørrelse. Den europeiske ålen er på den internasjonale rødlisten over truede arter, og populasjonene har under de siste 30 årene blitt dramatisk redusert. Årsakene til nedgangen er usikre, men klimaforandringer, forurensning, tap av habitat og høy dødelighet ved turbinpassasjer er nevnt som de viktigste faktorene (Statens offentlige utredninger, 2009).

7.2.2 Island

Island er verdens største produsent av røye, og den eneste ferskvannsfisken som produseres i de landbaserte gjennomstrømningsanleggene. Opprinnelig var de fleste av disse anleggene konstruert for å produsere laks med innblanding av sjøvann i karene, men dette viste seg å være problematisk slik at man isteden satset på røye. Den islandske produksjonen er i dag konsentrert til mindre enn ti relativt store anlegg, og verdens største røye-anlegg, Islandsbleikja, produserer rundt 1 500 tonn årlig. Totalt har den islandske røye-produksjonen de siste årene ligget på mellom 2 500 - 4 000 tonn (3 000 tonn i 2008, tabell 7-1). Som i Sverige har det vært drevet målrettet avlsarbeid med en økning i fiskevekst pr generasjon på inntil 10 % pr. generasjon. Det forekommer også noe produksjon av regnbueørret på Island, men disse er lokalisert i merder i sjøen.

7.2.3 Danmark

Danmark har oppdrett av regnbueørret, ål, gjørs, stør, laks, bekkerøye, gullørret, bekkørret og 'brøding' (krysning mellom røye og bekkerøye). Danmark var det første av de nordiske landene som startet oppdrett av regnbueørret i jordammer, men denne produksjonsformen har avtatt i de senere år og blitt erstattet av moderne betongdammer og bruk av resirkuleringsteknologi som forbedrer renseevne og vannforbruk. Grunnlaget for omleggingen baseres i stor grad på modellenanlegg med fastlagte spesifikasjoner og godkjennelseskrav (Danmarks Miljøundersøgelser 2003). 95 % av all fiskeoppdrett med utslipp til ferskvann i Danmark består av regnbueørret, og

for 2008 ble det produsert 32 567 tonn, noe som er klart mest i Norden (tabell 1). Ål var nest størst og utgjorde 912 tonn, mens bekkerøye og krysningen brøding utgjorde henholdsvis 184 og 207 tonn. Produksjonen av gjørs for 2008 var 55 tonn. I tillegg drives det FoU-virksomhet på abbor, men på grunn av store utfordringer knyttet til oppdrett av denne arten drives det ikke kommersiell produksjon pr i dag.

7.2.4 Finland

Her drives oppdrett av regnbueørret, sik, ørret, røye og stør. De finske statistikkene viser en omsatt mengde på til sammen 2 159 tonn fordelt på 47 foretak og 63 anlegg (tabell 1). Regnbueørret er totalt dominerende art med 1927 tonn, mens sik, ørret og røye produserte henholdsvis 85, 75 og 70 tonn i 2008. Som følge av brakkvannet i Østersjøen drives det også produksjon av regnbueørret og sik i denne lokaliteten, og for 2008 ble det produsert henholdsvis 10 712 og 568 tonn av de to artene.

7.3 Ferskvannsfisk aktuelle for oppdrett

Det finnes i dag 39 forskjellige arter av ferskvannsfisk i Norge. Av disse er 8 arter innført eller kommet til landet etter utsettinger i naboland (Borgstrøm og Hansen, 1987). I Norge regnes for eksempel, regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) og pukkellaks (*Oncorhynchus gorboscha*) som introduserte arter.

Av de 39 artene foregår det oppdrett av; røye (*Salvelinus alpinus*, L.), regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) og ørret (*Salmon trutta*). Det finnes også tillatelser for oppdrett av abbor (*Perca fluviatilis*) og sik (*Coregonus lavaretus*), men disse er så langt ikke satt i drift. Arter som det ikke er gitt tillatelser til oppdrett av i Norge, men som kan antas å ha et potensial er for eksempel lake (*Lota lota*), gjørs (*Stizostedion lucioperca*) og ål (*Anguilla anguilla*). Noen termer er sentrale i denne teksten, og forklares derfor i det følgende.

Ferskvannsfisk: Fisk som reproducerer i ferskvann. De kan imidlertid leve deler av livet i sjøen (diadrom).

Diadrom: Fisk som vandrer mellom ferskvann og sjøen, vanligvis som næringsvandring eller gytevandring. To former anadrom og katadrom.

Anadrom: Fisk som gyter i ferskvann, men som lever deler av livet i sjøen (eks de fleste laksefiskene).

Katadrom: Fisk som gyter i sjøen, men som lever deler av livet i ferskvann (eks. ål)

Stedegen art: Med stedegen art menes arter som hører naturlig hjemme i det vassdraget som anlegg drenerer til.

Fra flere arter, blant annet laks, kjenner man til at de ulike stammene er mer eller mindre tilpasset elva eller vassdraget de lever i. Man mener at fisk som over generasjoner har tilhørt et vassdrag, og dermed er stedegen, er gjennomgått genetisk seleksjon og dermed har bedre forutsetninger for å leve, og overleve, i nettopp dette vassdraget. Bruk av genetisk tilpassede sted egne stammer i oppdrett skal redusere faren for innblanding av, for det spesifikke vassdraget, egenskaper som reduserer disse kvalitetene hos avkommet.

7.4 Status for oppdrett av ferskvannsfisk i Norge

I dette kapittelet vil vi ta for oss utbredelse, livssyklus, vekst, tetthet, vannkvalitetskrav, fôr sykdomsstatus (der dette er kjent) oppdrettsomfang og produksjonsform til de artene som det drives ferskvannsoffdrett av i Norge per i dag; røye, ørret og regnbueørret. Vi vil i tillegg også kort beskrive nøkkelopplysninger for sik, abbor, gjørs og lake.

7.4.1 Røye

Utbredelse

Arktisk røye tilhører laksefamilien, og var den første ferskvannsfisken som innvandret til Norge etter istiden. Den har en sirkumpolar utbredelse, med flere ferskvannspopulasjoner i Nord-Amerika, Europa og Asia. Anadrome populasjoner er vanlige nord for 65° N. Artens naturlige utbredelse er den mest utstrakte blant laksefiskene (Maitland 1995). Arktisk røye er den ferskvannsfisken med verdens nordligste utbredelse (Johnson 1980), og den ansees å være den mest uttalt kaldtvannstilpassede laksefiskene. Man kjenner til at den kan spise og vokse ved temperaturer helt ned mot 0°C (Brännäs og Wiklund 1992; Siikavuopio m.fl. 2010), og den har sin øvre toleransegrense rundt 19 °C (Johnston 2002).

Livssyklus

Gytingen finner sted om høsten eller tidlig vinter, men det finnes også noen vårgytende populasjoner. Avhengig av stamme vil røya kjønnsmodne ved 2-5 års alder. Fekunditeten ligger vanligvis mellom 1500-3000 egg per kilo hunnfisk. Eggene er vanligvis fra 4-4,5mm i diameter. Utviklingstiden fra gyting til klekking er avhengig av temperatur, vanligvis mellom 450-500 døgngrader og optimaltemperatur mellom 4 og 7 °C. Klekking finner sted rundt januar-februar. Røyeungen, som er 15-20 mm lang, er relativt godt utviklet ved klekking, og er klar for startfôring når 80 % av plommesekken er brukt opp. Et av områdene som røyenæringen sliter med er stor variasjon i eggkvalitet.

Vekst, tetthet

Røye vokser relativt godt, selv ved lave temperaturer. Det finnes etablerte vekstmodeller som tilsier at røye vokser fra 2 til 800 gram (startfôret til slakteklar) på rundt ett år ved 12 °C (Jobling et al., 1993). Tilveksten kan variere mye mellom individene, noe som resulterer i stor størrelsesvariasjon innad i gruppene. Dette er utfordrende for produksjonsplanleggingen og stiller krav til hyppigere størrelsessortering. Tidlig kjønnsmodning er også regnet som et betydelig biologisk problem innen røyeoppdrett. I tillegg til tapt vekst vil kjønnsmodning også føre til dårligere produktkvalitet.

Arktisk røye har generelt høy toleranse for store fisketettheter uten at appetitt eller tilvekst reduseres. Faktisk bør lave tettheter unngås da dette kan føre til økt aggresjon og hierarkidannelse innen grupper (Jørgensen et al. 1993). 60 kg m⁻³ synes å utgjøre minimumstetthet ved oppdrett av røye. Den øvre grensen er usikker, men det synes klart at 120 kg m⁻³ ikke utgjør noe problem.

Fôr

På hovednæringsstoff-nivå (protein og fett) er behovet likt de man finner hos laks (Wandsvik & Jobling, 1983), og best forutnyttelse hos røye fant man ved bruk av fôr som inneholdt 56 % protein og 20 % fett (Tabachek, 1986). Lavest fôrkostnad per kilo tilvekst var imidlertid ved 44 % protein og 20 % fett. Utviklingen av fôr har etter hvert endret karakter, mot mer bærekraftig fôr-råvarer og reduserte kostnader. Dette er en utvikling som skjer på laksens premisser som over tid kan vise seg å bli problematisk, det er derfor ønskelig med en rendyrket fôrutvikling for røye.

Røye utnytter fôret godt, og i forsøk i kar er det vanlig med fôrfaktor på under 1. I kommersiell sammenheng er dette imidlertid vanskelig å oppnå. I kar er det rapportert 0.9-1,6 for mens det i merd er vanligere med noe høyere nivåer. Forskjellen her skyldes i noen grad muligheten til å optimalisere produksjonsforholdene i kar, men hovedsakelig skyldes den større grad av kontroll på fôringen i lukkede systemer sammenlignet med åpne merder. Røye fôr produseres av fôrprodusenter både i Norge og internasjonalt. Fôret som brukes i røyeoppdrett er i stor grad det samme som laksefôr, i mange tilfeller er det laksefôr. Noen oppdrettere foretrekker et noe høyere

pigmentinnhold enn hva tilsvarende fôr til laks inneholder. Flere oppdretter opplever ujevn innfargning av filéten og søker å kompensere dette med økt pigmentinnhold i fôret.

Vannkvalitet

Det finnes i dag systematiske undersøkelser av effekt av temperatur for vekst hos røye og røyas oksygenbehov. Det foreligger i dag nesten ingen dokumentasjon til hvilke krav røya stiller til vannkvalitet utenom oksygen. Spesielt gjelder det konsentrasjonene av metabolske produkter som CO₂ og ammoniakk, samt nitritt og nitrat, som kan ved gitte konsentrasjoner har negativ effekt på fiskens vekst, velferd og helse.

Optimale temperaturer for startfôring er, 6-8 °C, hos juvenil fisk, 10-16 °C, i påvekstfasen med maksimal temperatur, 16 °C. I de siste stadiene av reproduksjonssyklusen er det viktig med relativt lave temperaturer (4-7 °C) (Johnston, 2002; Jobling m.fl. 2010). Når det gjelder oksygenmetning (O₂) anses 70 % som anbefalt minimumsnivå i oppdrett. Ved produksjon av røye larver og yngel bør denne minimumsgrensen økes til 80 %.

I oppdrettssammenheng anbefales ikke CO₂ konsentrasjoner i vannet over 10 mg per liter (avhengig av alkaliniteten). Røye synes mindre sensitiv ovenfor endringer i pH sammenlignet med andre laksefisker. Hvor giftig ammoniakk er for fisk avhenger sterkt av pH, temperatur, CO₂ (via pH) og salinitet (Timmons og Ebling, 2007). Røyas toleranse for salinitet avhenger av hvilket livsløp den er i (stasjonær i ferskvann eller migrerende sjørøye)

Sykdommer

Røye er regnet for å være en mer robust fisk sammenliknet med andre laksefisk mot de vanligste patogene bakterie- og virussykdommer (Johnston, 2002). Selv om røye er en robust fisk som sjelden blir syk, kan røye på lik linje med andre laksefisk få bakterielle infeksjoner (vibriose, furunkulose og BKD) og virus (IPNV, IHNV og VHSV) (Johnston, 2002), soppinfeksjoner (tilhørende slekten *Saprolegnia*), parasitter (flagellaten *Ichthyobodo necator* (Costia)). Nyere forskning viser også at røye kan være bærer av den dødelige lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i opp til et år uten at annen laksefisk er til stede (Winger m.fl. 2008).

Omfang av oppdrett og produksjonsform

Det finnes totalt 38 innehavere av tillatelse i Norge (per oktober 2009) med til sammen 55 tillatelser til å produsere røye. Av disse er 13 pt. i kommersiell drift med røye i oppdrett. I tillegg til disse er 4 andre tillatelser i drift tilknyttet forskning og rekreasjonsfiske. Fjorten tillatelser har vært i drift tidligere, men er ikke i drift nå. Tre planlegger oppstart, og av disse er det en aktør som prosjekterer for kapasitet på 200 tonn per år. Den siste gruppen på fire tillatelser har ingen planer om oppstart.

Matfiskproduksjonen er fordelt på ulike produksjonsteknologier, hvor den klart største (63 %) er merd i sjø. Ser man på isolert på biomassen som produseres i ferskvann kommer rundt 43 % fra anlegg med gjennomstrømssystemer (kar), og 32 % produseres i resirkuleringssystemer, mens ca 24 % produseres i merd i innsjø. Dermed faller mindre enn 40 % av fjorårets røyeproduksjon inn under begrepet innlandsfiskeoppdrett. Tillatelsene er spredt fra nord til Hedmark og Oppland, samt to i Hordaland og en i Telemark, men anlegg i drift finner vi hovedsaklig i Nordland (9 av 13).

Kommersiell produksjon av røye er relativt ny. Det tidligste rapporterte forsøk på produksjon av røye, som involverte klekking av egg, fant sted i Norge i 1900. Formålet var her å kultivere fiskevann. Oppdrett av røye som vi kjenner det i dag, kom i kjølvannet av lakseoppdrett, og var da også basert på produksjon i merd. Disse initiativene kom i Norge og Sverige, og baserte seg på bruk av eksisterende kunnskap og teknologi fra oppdrett av annen laksefisk. Røya viste tidlig

gode egenskaper for oppdrett, ved at den vokste raskt, selv ved høye tettheter, og oppnådde høy pris i markedene. Utviklingen videre gikk i noe forskjellige retninger. I Canada jobbet man med ferskvann i oppdrettskar og dammer på land, mens norske og svenske oppdrettere ønsket å nytte seg seg teknologien utviklet for sjø. I Sverige er oppdrett i merd i ferskvann utbredt. I Norge er dette en linje man har valgt å ikke følge. Norsk røyeoppdrett er derfor basert på intensiv produksjon i merd i sjø (saltvann) eller i kar på land. Av de landbaserte anleggene er to produsenter basert på teknologi for resirkulering av vann. Sammenlignet med merd er karbasert produksjon, spesielt når basert på resirkulering, kapitalkrevende og stiller høyere krav til kostnadsintensiv drift.

For mer utfyllende informasjon om røye henvises til vedlegg.

7.4.2 Regnbueørret

Utbredelse

Regnbueørret er en nordamerikansk fiskeart, som i dag er spredt over samtlige kontinent (Dube og Mason, 1995). I Norge regnes derfor regnbueørret som en introdusert art. Siden nye tillatelser for oppdrett av regnbueørret med stor sannsynlighet ikke vil bli gitt i henhold til "Forskrift om endring i forskrift om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften)" §5, hvor det står at det er forbudt å drive akvakultur med arter som ikke forekommer naturlig i området", vil vi ikke beskrive denne arten inngående.

Livssyklus

Regnbueørret kan opptre som en anadrom form med næringsvandring til sjø, og som vender tilbake til elvene for å gyte (Dube & Mason, 1995). Regnbueørret som oppdrettes i sjø er også kjent som steelhead. Hannen blir kjønnsmoden når den er 2 til 3 år, hunnfisk normalt som 3 åring. I naturen gyter regnbueørreten vanligvis i perioden mars-april, men det finnes også høstgytere. Hunnen gyter fra 300 til 5000 egg relativt store egg (50-100 mg). Tid for klekking varierer med temperatur, fra for eksempel 80 dager ved 4.5 °C til 19 dager ved 15 °C (Purser og Forteach, 2003).

Vekst, tettheter

Tilveksthastigheten hos regnbueørret og ørret er relativt lik den for annen laksefisk, men med noe forskjellig temperaturer for optimal tilvekst. Ørret vokser best ved temperaturer på 13 °C mens regnbueørret har sitt vekstoptimum på 17 °C (Jobling et al 1993). Langvarige temperaturer over 22 °C regnes som kritisk for vekst og overlevelse hos regnbueørret (Dube & Mason, 1995).

Fôr

Fôrprodusenter både i Norge og internasjonalt produserer fôr til regnbueørret som dekker alle stadier i fiskens liv. Fôrutnyttelsen hos ørret er som laksefisk for øvrig.

Vannkvalitet

Både regnbueørret og vanlig ørret stiller relativt strenge krav til vannkvalitet og kommer inn under samme vannkvalitetsstandard som gjelder for Salmonider i akvakultur (Dube & Mason, 1995; Purser og Forteach, 2003; Timmons & Ebling, 2007).

Omfang av oppdrett og produksjonsform

Den største produksjon av matfisk av regnbueørret i ferskvann i Norge finner sted i Valdres. I ferskvann holdes regnbueørreten normalt innendørs i kar eller lengestromsrenner til de er mellom 10 til 30 gram for så å bli satt ut i kar eller jorddamer eller kar ved bruk av vanlig gjennomstrømningsanlegg. Det er inne en søknad om tillatelse hvor søker ønsker å ta i bruk resirkuleringsanlegg for oppdrett av regnbueørret til sin rakfiskproduksjon (Pers. medd Steinar Skybakmoen). Det finnes også noen eldre tillatelser hvor oppdretter har tillatelse for merd i

ferskvann. Arten oppdrettes imidlertid i stort omfang i Norge i sjøbaserte system (størst oppdrettsvolum etter laks) og vil med stor sannsynlighet fortsette å utgjøre en betydelig del av norsk oppdrett i fremtiden.

Oppdrettsteknikk for regnbueørret er kjent og velutviklet. Regnbueørret er gjennom en lang oppdrettshistorie tilpasset til oppdrett og er etablert i markedet. Muligheten for å utvikle matfiskproduksjon av regnbueørret videre i ferskvann begrenses av gjeldende regelverk da regnbueørret ikke er naturlig hjemmehørende i norsk fauna. Bruk av annen teknologi, eksempelvis lukkede anlegg med desinfisering eller infiltrasjon av avløpsvann, vil fjerne risiko for rømming og gir dermed et annet grunnlag for videre utvikling av innlandsoppdrett av regnbueørret.

7.4.3 Ørret

Utbredelse

I Norge forekommer ørreten naturlig i alle lavereliggende vassdrag. Den er vanlig i alle fylkene bortsett fra Østfold, hvor den ikke er så tallrik (Pethon, 1999).

Livssyklus

Ørretens form, farge og størrelse varierer fra vann til vann og fra vassdrag til vassdrag (Borgstrøm og Hansen 1987). Det er vanlig å skille mellom fire hovedtyper ørret: bekkørret, elveørret, innsjøørret og sjøørret etter det habitat de utnytter (Borgstrøm og Hansen 1987). Ørreten gyter vanligvis om høsten fra september til desember (Borgstrøm og Hansen 1987). Ørreten gyter fra 1000 til 2000 egg pr. kg kroppsvekt. Tid for klekking varierer med temperatur.

Vekst og tettheter

Ørret vokser best ved temperaturer på 14-15 °C, men tolererer lave temperaturer (Purser og Forteach, 2003). I landbaserte anlegg for ørret er det vanlig å dimensjonere for en maksimal fisketetthet på 40 – 100 kg fisk m⁻³ for fisk større enn 100 g. Vanlig markedsstørrelse for ferskvannsrørret er rundt 600 g sløyd vekt. Ørret vokser saktere enn laks og regnbueørret i sjøanlegg. Ørret har lavere toleranse for høye tettheter enn røye, og ligger nok mer på linje med laks, dvs. maksimalt rundt 35 kg m⁻³. En av årsakene til dette er at det ikke er gjennomført avl på ørret og at det derfor er villfisk som oppdrettes. Produksjonstid fra yngel på 10 g til slakteklar fisk på 600 g sløyd vekt er omlag 18 mnd (Skotvold m.fl. 2003).

Fôr

Det er flere fôrprodusenter som produserer fôr for oppdrett av ferskvannsrørret.

Vannkvalitet

Systematiske undersøkelser om ørretens krav til vannkvalitet mangler, med tanke på intensiv drift og spesielt RAS. Man går ut fra at ørret stiller strenge krav til vannkvalitet og kommer inn under samme vannkvalitetsstandard som gjelder for Salmonider i akvakultur (Dube og Mason, 1995; Purser og Forteach, 2003; Timmons & Ebling, 2007).

Omfang av oppdrett og produksjonsform

Det finnes ett anlegg i Norge som har kommersiell produksjon av vanlig ørret basert på bruk av Tunhovd-stammen fra Hardangervidda. Anlegget befinner seg i Tyssedal i Indre Hardanger og har en årlig produksjon på ca. 75 tonn ørret. Produksjonstid fra yngel til matfisk er på ca 18 måneder, ved bruk av en temperatur på 12 °C. Slaktevekt på ørreten er da fra 400 – 900 gram⁵.

Kommersielt ferskvannsoffdrett av ørret er heller ikke vanlig hverken i de nordiske landene eller i Europa. Produksjon av ørret i Europa skjer primært for utsetting i vann og vassdrag. Bare i

⁵ www.hardanger-fjellfisk.no

Norge regner man med at det finnes flere hundre klekkerier for utsetting i vassdrag (Pethon, 1999).

7.4.4 Sik

Utbredelse

Sik er naturlig utbredt på Østlandet i de store sjøene øst for en linje gjennom Femunden, Mjøsa, Randsfjorden, Sperillen, Krøderen og Heddalsvatnet (Borgstrøm og Hanse, 1987). Den finnes også i Agderfylkene, på Jæren, i deler av Lierne i Nord-Trøndelag og nordover til Troms og Finnmark (Borgstrøm og Hanse, 1987; Pethon, 2005). Den finnes videre over mesteparten av Nord-Europa og østover i nordlige Sibir til Kolyma. Sik finnes også i Alaska, Canada og USA (Pethon, 2005).

Livssyklus

Alder og størrelse ved kjønnsmodning varierer fra bestand til bestand og kan også være forskjellig hos ulike sikformer i en lokalitet (Sandlund og Næsje, 1986). Gytingen varierer fra høst til vinter og fekunditeten kan være opptil 50 000 egg per kg fisk (Pethon, 2005; Jobling m.fl. 2010). Klekking skjer normalt etter 300-400 døgngrader (Siikavuopio m.fl. ikke publisert; Jobling m.fl. 2010). Klekkespunkt kan også være forskjellig hos ulike sikformer på samme lokalitet (Siikavuopio m.fl. ikke publisert; Jobling m.fl. 2010). Størrelse ved klekking er ca. 11 mm. Etter at 2/3 av plommesekken er brukt opp kan sikyngel startfôres på kommersielt startfôr.

Vekst, tetthet

Siken er en stimfisk som kan bli på over 6 kg i enkelte vassdrag i Norge (Pethon, 2005). Sik regnes for å være en lite aggressiv fisk, som i mindre grad en både røye og ørret har territoriell og aggressiv atferd ved lave tettheter eller feil fôringsstrategi (Koskela m.fl. 1997). Studier knyttet til optimal individtetthet er ikke kjent. Vanlig individtetthet i merdoppdrett i Finland er på mellom 20-30 kg m⁻³ (Jobling m.fl. 2010). I karforsøk med oppdrett av sik kan man ha fisketettheter mellom 60-100 kg m⁻³ uten at negativ effekt på vekst er observert (Siikavuopio, ikke publisert). Sik regnes for å være en stimfisk som derfor med stor sannsynlighet kan oppdrettes ved høye fisketettheter.

Fôr

Ved bruk av startfôr utviket for torsk (300 mμ, AGLONORSE®, som består av 59 % protein og 21 % fett) oppnådde man en overlevelse på over 95 % (Siikavuopio m.fl. ikke publisert). Videre er formulert laksefôr, bestående av et høyt nivå av protein (minimum 40 %) lavt fettnivå (20-25 %) og karbohydrater egnet som fôr fra 2 gram og frem til slakting (500-1500 g) (Dabrowski m.fl. 2002; Siikavuopio m.fl. 2010; Siikavuopio m.fl. ikke publisert).

Vannkvalitet

Sikyngel vokser best ved 20 °C. Innkubering av egg bør helst skje i kaldt vann (4-7 °C) For større fisk regnes 15-20 °C som optimal temperatur med tanke på vekst. Nye forsøk har vist at sik slutter å vokse hvis temperaturen kommer under 3 °C (Siikavuopio m.fl. 2010). Videre er det ikke funnet forskjeller i vekst mellom han- og hunnfisk frem til kjønnsmodning (Siikavuopio m.fl. ikke publisert). Yngelen og juvenil sik kan holdes i temperaturer på opptil 18 °C (Jobling m.fl. 2010). I kommersiell produksjon regnes en overlevelse på mellom 60-80 % som normalt (Jobling m.fl. 2010).

Sykdommer

Utbrudd av bakterielle sykdommer som vibriose (*Vibrio anguillarum*) og furunkulose (*Aeromonas salmonicida*) er kjent fra oppdrett i Finland (Jobling m.fl. 2010). Vaksine både mot vibriose og furunkulose hos sik eksisterer kommersielt i dag og benyttes til å forebygge disse sykdommene (Koskela m.fl. 2004).

Oppdrettsomfang og produksjonsform

Det finnes per i dag ingen kommersiell produksjon av sik i Norge, men det foreligger en søknad om tillatelse til oppdrett.

7.4.5 Abbor

Utbredelse

Abbor finnes over store deler av Finnmark, Østlandet og kystnære vassdrag i Telemark, Aust og Vest-Agder. Abbor er vanlig i mesteparten av Europa og finnes gjennom hele Nord-Asia (Borgstrøm og Hansen, 1987; Pethon, 2005).

Livssyklus

Abboren gyter om våren, og alder ved kjønnsmodning er normalt 4-5 år med en fekunditet på opptil 200.000 per kilo hunnfisk. Antall døgngader fra befruktning fram til klekking er omkring 100, og størrelsen på yngelen er 5-6 mm (Pethon, 2005). I vill tilstand er det fanget abbor på 3,6 kilo i Finland.

Vekst, tetthet

Abbor regnes som en varmtvannsart, et trekk som stiller krav til hvilken oppdrettsteknologi som kan benyttes. God tilvekst oppnås ved temperaturer over 20 °C året rundt, med et vekstoptimum på 25 °C (Watson og Stokes, 2004). Forsøk som er gjort i Sverige viser at det tar 280 dager for abboren å nå 300 gram fra en startvekt på 50 gram (Alanära og Magnhagen 2003). Beregninger som er gjennomført av svenske forskere har vist at det teoretisk er mulig å få frem abbor til markedsstørrelse (150 g) i løpet av 14 måneder i oppdrett når temperaturen holdes konstant på 23 °C (Alanära og Magnhagen 2003). Andre steder er det oppgitt at den kan nå en markedsstørrelse på 300 gram i løpet av 1 ½ år (Skotvold m. fl. 2003). I vekstforsøk er det oppnådd fôrfaktorer ned mot 1,0 (Fontaine *et al.*, 1997).

I vanlig oppdrett ved bruk av gjennomstrømningsanlegg eller merdoppdrett er produksjonstiden beregnet til 3 til 4 år (Alanära og Magnhagen 2003). Videre så ser man store vekstforskjeller allerede etter 6 måneder mellom hann og hunnfisken, hvor hunnfisken har best tilvekst. Forsøk har vist at monokulturer av hunnabor vokser fra 20 til 30 % bedre enn blandete populasjoner (Fontaine m.fl. 1997; Lekang, 2002; Alanära og Magnhagen 2003). Abbor opptrer i naturen som en stimfisk og er tilsynelatende tolerant for høye fisketettheter. Grenseverdier for optimal fisketetthet mangler, men i forsøk gjennomført i resirkuleringsanlegg var det ingen tegn til negative effekter av en fisketetthet på 125 kg m⁻³.

Fôr

I intensiv oppdrett begynner man fôring av larvene med små *Artemia*, for siden å gå over på tørrfôr (Lekang, 2002). Systematiske undersøkelser innen ernæringsbehov hos abbor ved de ulike livsstadiene er mangelfull. I dag brukes vanlig kommersielt laksefôr til oppdrett av abbor i Sverige (Alanära og Magnhagen 2003). Ulempen med bruk av laksefôr har vært et for høyt innhold av fett som har ført til leverskader hos abbor (Alanära og Magnhagen 2003). I Danmark har DANA FEED Research Center utviklet ulike fôrtyper og fôringsregime til abbor.

Vannkvalitet

Abbor kan tolerere lavere oksygen konsentrasjoner i vannet sammenliknet med for eksempel ørret. For optimale forhold anbefales det oksygenkonsentrasjoner over 7 mg O₂/l ved temperaturer opp til 20 °C (tilsvarende 70 % og 80 % metning ved hhv. 15 og 20 °C) og minimum 2.25 mg O₂/l ved temperatur over 20 °C (DANA FEED Research Center; Fontaine m.fl. 1997; Lekang, 2002).

Abbor kan tolerere salinitet opp til 10 ‰. Salinitet mellom 3-5 ‰ har vanligvis ingen negativ effekt på vekst hos abbor. Lysintensitet er svært viktig i produksjon av abbor. Kannibalisme er observert blant abbor yngel allerede fra størrelser rundt 13 mm. Størrelsessortering er nødvendig for å unngå kannibalisme (Alanärä og Magnhagen 2003).

Sykdom

I følge DANA FEED Research Center kan abbor bli infisert med de fleste bakterier, virus sopp og parasitter som går på oppdrettsfisk. Spesielt nevnes problem med sopp av typen *Saprolegnia sp.* ved lave temperaturer. Flere potensielle patogene bakterier har blitt isolert fra abbor (for eksempel; *Aeromonas sp.*, *Streptococcus sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Vibrio fluvialis*) og virus (for eksempel; Perch Rhabdovirus og Epizootic haematopoietic necrosis virus). Sykdommer behandlet ved bruk av salinitet (2-3 ‰), formalin og bruk av antibiotika har vært vellykket.

Omfang av oppdrett og produksjonsform

Det finnes ingen kommersiell produksjon av abbor i Norge. Det er imidlertid gitt en tillatelse, men den er per i dag ikke satt i drift.

Abbor er en art som man i Norden har hatt store forhåpninger til med tanke på oppdrett. Det er lagt ned et relativt stort FoU-arbeid i både Sverige, Danmark og Finland knyttet til å mestre livssyklusen i oppdrett. Fra dette arbeidet er det kommet frem flere biologiske begrensninger som gjør fremtiden for abboroppdrett usikker. Delvis trenger abbor høy temperatur for å opprettholde god tilvekst, man har avdekket store problemer med å mestre livssyklusen og videre er kannibalisme i fangenskap et stort problem

7.4.6 Gjørs

Utbredelse

Gjørs (*Stizostedion lucioperca* L.) finnes i Glomma opp til og med Øyeren, i Vansjø og nedre del av Haldenvassdraget (Borgstrøm og Hanse, 1987; Pethon, 2005). Den er satt ut i Akersvannet i Vestfold og i Gjersjøen i Akershus. Gjørs har en naturlig utbredelse i det meste av Europa, spesielt i østeuropeiske land (DANA FEED Research Center).

Livssyklus

Størrelse ved kjønnsmodning er ca. 2-4 år for hannfisk og 3-5 år for hunnfisk. Gytingen foregår om våren, og fekunditeten kan være opptil 150 000 til 200 000 egg per kg fisk. Klekking skjer etter 60-70 døgngrader (ved 17 °C). Størrelse på nyklekket larve er rundt 6 mm. Fôring starter 4 til 5 dager etter klekking når 2/3 av plommesekken er brukt opp.

Vekst, tetthet

Gjørs er en varmeskjær art med relativt rask vekst og kan bli opptil 15 kg (Pethon, 2005; DANA FEED Research Center). Optimal temperatur er avhengig av størrelse på fisken. Yngel vokser best ved 22 – 23 °C, mens for større fisk regnes 26-27 °C som optimaltemperatur.

Kannibalisme kan oppstå ved store størrelsesforskjell mellom individene. Det anbefales ukentlige sorteringer i fra 0,1 til 5 gram, for å redusere kannibalismen til et minimumsnivå. (DANA FEED Research Center). Det finnes få studier av lysbehovet til gjørs, men i et arbeid utført av Zienert et

al. (2005) anbefales bruk av indirekte lys over karene for å unngå at fisken ble blendet, noe som kan resultere i redusert fôrintak.

I oppdrett av gjørs i kar anbefales fisketettheten økt med økende fiske størrelse fra 40 kg m⁻³ (5-40 g) til 80 kg m⁻³ (300-900 g). For oppdrett i merd anbefales det lavere fisketetthet sammenliknet med kar (Zienert, et. al., 2005).

Fôr

I intensivt oppdrett benyttes *Artemia* som startfôr, for siden å gå over til tørrfôr med et høyt proteinnivå tilsvarende fôr utviklet av DANA FEED for abbor. Det er også gjort vellykkede vekstforsøk kun ved bruk av kommersielt ørretfôr (Kucska m.fl. 2005).

Vannkvalitet

For optimale oppdrettsforhold anbefales det oksygenkonsentrasjoner på 80-100 % metning. Nivået av ammoniakk bør ligge under 0,02 mg/l og nitritt bør ligge under 1 mg/l (DANA FEED Research Center; Zienert m.fl. 2005). Arten har lav toleranse for surt vann (Pethon, 2005).

Sykdommer

I følge DANA FEED Research Center kan gjørs på lik linje med abbor bli infisert med de fleste bakterier, virus og parasitter som utgjør problemer for annen oppdrettsfisk i ferskvann.

Omfang av oppdrett og produksjonsform

Gjørs har ikke blitt forsøkt oppdrettet i Norge. I Europa er Bulgaria og Frankrike de største nasjonene på oppdrett av gjørs.

I likhet med abbor finnes det en del biologiske faktorer, som for eksempel, kannibalisme og komplisert livssyklus, som begrenser muligheten for matfiskoppdrett av denne arten. Komplisert og lite forutsigbar produksjon av yngel. Gjørs vokser vesentlig raskere en abbor. Stort FoU-behov for å få en forutsigbar yngelproduksjon både nasjonalt og internasjonalt. Videre lever gjørs her på den nordlige grensen av sitt utbredelsesområde og regnes som en varmekjær art som må ha høye temperaturer for å vokse. Gjørs vokser imidlertid vesentlig raskere en abbor.

7.4.7 Lake

Utbredelse

Lake er en torskefisk med naturlig utbredelse over den nordlige halvkule nord for ca 45 °N. (Pethon, 1999). Laken i Norge har innvandret østfra, og finnes i både elver og innsjøer i grensetraktene fra Halden i sør til Lierne i nord samt indre deler av Troms og Finnmark (Borgstrøm og Hansen 1987, Økland og Økland 1999).

Livssyklus

Lake er en utpreget rovfisk som kan nå betydelig størrelse, men fisk over 7 kg er en sjeldenhet i Norge. Størrelse ved kjønnsmodning er ca 3-4 år for hunnfisk og 2-4 år for hannfisk. Gyting foregår i desember til mars ved vanntemperaturer mellom 0,5 - 4 °C, med en fekunditet på 50 000-1 000 000 avhengig av størrelse (Maitland og Lyle, 1991).

Vekst og tettheter

Ifølge selskapet Calcus AS kan lake ved optimal fôring oppnå størrelser på 4-5 kg i løpet av 2 år, men det ikke funnet dokumenterte studier på egnede fisketettheter eller optimal fôrutnyttelse. Lake trives best i relativt kaldt vann, og trivselstemperaturen for voksen villfisk er mellom 12-15 °C, mens yngelen vokser godt ved 20-22 °C (Ferguson, 1958; Pethon 1999).

Det er gjort lite studier relatert til lys på lake. Kannibalisme er observert under naturlige betingelser, og fisken bør størrelsessorteres i karene for å hindre slik adferd.

Vannkvalitet

Lake stiller relativt strenge krav til vannkvalitet og krever blant annet et oksygeninnvå på 5-7 mg/L (Maitland og Lyle, 1991).

Fôr

Egnet fôr til startfôring har vist seg å være rotiferer de første 10-14 dagene før en går over på *Artemia*, for deretter å gå over til tørrfôr (Harseili m.fl. 2004).

Omfang av oppdrett og produksjonsform

Et pilotanlegg på Kvithamar i Stjørdal (Calculus AS) har tidligere drevet FoU-arbeid med lake. Blant annet i Finland og flere steder i Europa omsettes vill lake som en delikatesse til gode priser. Det er per i dag ingen kommersiell matfiskproduksjon på global basis.

På lik linje med abbor og gjørs finnes det en rekke biologiske faktorer knyttet til en komplisert livssyklus som vil begrense muligheten for matfiskoppdrett av denne arten. Lake regnes som en bunnlevende art og arealbehovet er stort ved dimensjonering av anlegg. Så langt er det gjennomført få studier som belyser lakens egnethet i oppdrett. Introduksjon av arten i kommersiell produksjon vil derfor kreve betydelig FoU-innsats.

7.5 Fiskearter med utviklingspotensial innen innlandsoppdrett

I vår vurdering av mulighetene for økt vekst innen innlandsoppdrett tas det utgangspunkt i de naturlige ferskvannarter som finnes i Norge og muligheter for å drive en bærekraftig næring.

Tillatelser for oppdrett av introduserte arter vil med all sannsynlighet ikke bli gitt i henhold til akvakulturdriftsforskriften som vi tidligere har nevnt. Kultivering av planter, herbivorer, omnivorer, detritivorous arter kan per dags dato kultiveres med lavere ressurser og mindre utslipp enn produksjon av fiskepisende arter. Det stilles også spørsmålsteget til om kjøttproduksjon generelt basert på kraftfôr etter dagens mønster er bærekraftig. Dette gjelder i så fall generelt og ikke bare for fiskeoppdrett (Nationen 2009).

De arter som per i dag oppdrettes i Norge er avhengig av fôr basert på animalske råvarer. Fisk er imidlertid mer effektiv enn for eksempel gris, kylling, storfe å omdanne fôr til kjøtt. Den produserer mindre CO₂ enn annen kjøttproduksjon⁶. I en studie utført i regi av SINTEF 2008 (Forprosjekt - Miljøregnskap for fiskeri- og havbruksnæringen i Norge) konkluderes det med at energiforbruket knyttet til produksjon av fiskeprodukter kan virke som om ligger på et forholdsvis moderat nivå i forhold til kjøttprodukter i alminnelighet. Fiskeoppdrett er per dags dato kanskje en av de mest effektive kjøttproduksjons næringer. Fisk med for eksempel god vekst under høye tettheter med god fôrutnyttelse, relativt lave krav til høye vanntemperaturer, og oppdrettet i integrerte resirkulerings systemer (kapittel 8) med muligheter for f.eks. egen supplerende fôrproduksjon vil kunne bidra til en enda mer effektiv produksjon og bærekraftig utvikling innen innlandsoppdrett.

Abbor, gjørs og lake anser vi å ha lavest utviklingspotensial for oppdrett i Norge. Dels på grunn av manglende suksess i andre land hvor disse artene er prøvd ut og dels på grunn av en komplisert biologi. Spesielt vil forutsigbar yngelproduksjon kreve enn betydelig FoU-innsats. Ved oppdrett av disse artene i ferskvann så vil man med stor sannsynlighet måtte ta i bruk resirkuleringsteknologi, da alle artene har behov for oppvarmet vann for å oppnå god vekst.

⁶ Kilde: Statistisk sentralbyrå og Klima- og forurensningsdirektoratet, 2010)

Kostnaden for oppvarming vil allikevel bli høyere enn for de mindre varmekrevende artene røye, ørret og sik. Det foreligger i dag nesten ingen dokumentasjon av hvilke krav disse artene stiller til vannkvalitet. Det er derfor et stort behov for kartlegging av disse vannmiljøparametrene dersom man skal etablere disse artene i intensivt oppdrett. Spesielt gjelder det konsentrasjonene av metabolske produkter som CO₂ og ammoniakk, samt nitritt og nitrat, som ved gitte konsentrasjoner kan ha negativ effekt på fiskens vekst, velferd og helse. Det vil være et betydelig FoU-behov innen biologi knyttet til disse artene for å komme over fra en tidlig eksperimentell fase til en kommersiell fase.

Av de artene som vi har tatt for oss i studien anser vi at røye, sik og ørret har størst utviklingspotensial i innlandsoppdrett i Norge (se tabell 7-2). Nedenfor gis en gjennomgang av røye, sik og ørret sitt utviklingspotensial ut fra biologiske kriterier og flaskehalser.

7.5.1 Utviklingspotensial for røye

Oppdrett av røye har foregått i Norge siden begynnelsen av 1980 tallet og frem til i dag. Produksjonsvolumet har vært stabilt, men lite (ca. 400 tonn pr år i mange år). I samme tidsperiode har røye blitt den viktigste oppdrettsarten både på Island og i Sverige. Etter 20 år med betydelig FoU-aktivitet både i Norge, Sverige, Island, Canada, USA og Finland er kunnskapsnivået knyttet til røyas biologi godt kjent. Blant annet har disse studiene vist at røye er den kaldtvannsart som vokser best ved lave temperaturer sammenliknet med de andre artene som er omhandlet i dette studiet. Sykdom er et lite problem, røya trives ved høye individtettheter og utnytter føret godt. Røye er den arten som med størst sannsynlighet kan løfte norsk innlandsoppdrett til ei bærekraftig næring.

Det er imidlertid flere flaskehalser som hindrer utvikling av næringen. Stor variasjon i vekst hos røye fører ofte til store utfordringer for oppdretteren i produksjonsplanleggingen. Videre fører det til merarbeid og økte kostnader i form av tid til sortering og et økt behov for kar som fisken kan fordeles på etter sortering. En del av vekstvariasjon skyldes genetisk variasjon, som man bare kan redusere gjennom avl. I tillegg vil også miljøfaktorer som for eksempel individtetthet, vannstrøm, lysregime, fôringsregime, temperaturregime påvirke veksten til fisken.

Videre forekommer det store variasjoner i eggkvalitet som fører til problemer med å forutsi produksjonen i tillegg til alt ekstra arbeid som trengs i forbindelse med fjerning av døde egg. Problemene medfører også til et uønsket bruk av kjemikalier i bekjempelse av sopp på egg. Som mulig årsak til dårlig eggkvalitet er det nevnt flere faktorer, blant annet bruk av feil type fôr til stamfisken, dårlig genetisk materiale og suboptimale miljøbetingelser (f.eks. høye temperaturer i sluttmodningen).

Røye er en laksefisk hvor rødfargen i muskel regnes for å være et viktig kvalitetskriterium. Stor variasjon i innfarging av filet/muskel blir av flere oppdrettere nevnt som et problem i forbindelse med salg og markedsføring. Tidlig kjønnsmodning er også regnet som et betydelig biologisk problem innen røyeoppdrett. I tillegg til tapt vekst, vil kjønnsmodning også føre til dårligere produktkvalitet. Siden de nordiske landene har mange av de samme utfordringene innen teknologi, produksjon, offentlige rammebetingelser, marked og salg⁷ vil det i dette arbeidet være viktig å involvere, mobilisere og få i gang et enda større samarbeid mellom næringsaktører (oppdrettsnæringsorganisasjoner) i respektive land enn hva som eksisterer i dag.

7.5.2 Utviklingspotensial for sik

Sik er på linje med røye ansett for å være en ferskvannsart med et stort oppdrettspotensial i både Sverige og Finland. Sistnevnte land har i dag en årlig produksjon på 1000 tonn, med planer om å

⁷ www.bioforsk.no/innlandsfisk foredrag under Nordisk Ferskvannsoppdrettskonferanse 2009

øke produksjon til ca. 4 000 tonn de nærmeste årene. I både Sverige og Finland har man kultur for å spise sik og Finland har i en årrekke drevet på med FoU-aktivitet knyttet til oppdrett av sik, noe som har ledet til at Finland er verdens største produsent av oppdretts-sik. Man har i dag kontroll med livssyklusen til sik i fangenskap og den regnes for å være en enkel art å drive oppdrett med. Som røye er sik en kaldtvannsart som ser ut til å kunne ha samme krav til vannkvalitet som røye og videre kan oppdrettes med samme type oppdrettsteknologi som røye.. I Norge er Nofima Marin og Universitet i Tromsø i gang med innledende forsøk knyttet opp mot oppdrett av sik. Et annet interessant aspekter er at sik i naturen spiser bunnlevende organismer og/eller plankton (hoppekreps). Dette gjør sik interessant med hensyn på muligheter å utvikle fôr basert på andre råvarer en/eller mindre andel råvarer fra animalske produkter. Ut fra dette anser vi sik nest etter røye som en art med et stort oppdrettspotensial i Norge.

Det finnes i dag få systematiske undersøkelser av effekt av temperatur for vekst hos sik. Generelt har sik relativt lavt krav til høye temperaturer. Noen studier har vist at man vil oppnå best vekst ved temperaturer mellom 15-20 °C. Dette medfører at varmepumpe eller RAS teknologi vil være mest aktuelt for å kunne utnytte fiskens vekstpotensial. Selv om det kan se ut som sik har samme vannkvalitetskrav som røye foreligger det per i dag ikke nakk dokumentasjon til hvilke krav sik stiller til vannkvalitet. Spesielt gjelder det konsentrasjonene av metabolske produkter som CO₂ og ammoniakk, samt nitritt og nitrat, som ved gitte konsentrasjoner kan ha negativ effekt på fiskens vekst, velferd og helse. Ved etablering av en ny oppdrettsart vil også et nytt artsspesifikk sykdomsbilde oppstå. Ved å gjøre innledende studier knyttet til potensielle sykdommer parallelt med oppbygging av sik som oppdrettsart i Norge vil man kunne være forberedt på sykdommer som måtte komme. Det vil videre være nødvendig å utvikle nye vaksiner. Da kommersiell produksjon av sik er av relativt nytt dato, vil det være mangel på kunnskap knyttet til optimal produksjon. Her kan nevnes mangel på systematiske undersøkelser knyttet til optimal individtetthet. Kunnskap som både er viktig ut fra biologisk og økonomisk ståsted ved drift av et oppdrettsanlegg. Videre vil det være behov for å utvikle et optimalt fôr. Innledende fôrforsøk har blitt gjennomført på sik, slik at det finnes kunnskap som man kan ta utgangspunkt i.

7.5.3 Utviklingspotensial for ørret

Oppdrettsteknikk og biologi for ørret er både kjent og velutviklet. I dag finnes det imidlertid kun ett kommersielt oppdrettsanlegg som benytter seg av norsk ørret (Tunhovd-ørret fra Hardangervidda), som regnes for å være en hurtigvoksende ørretbestand. Imidlertid foregår det oppdrett av settefisk for kultiveringsformål og man har derfor en relativt god erfaring med oppdrett på denne art i Norge. Ørret er en kjent og etablert art i markedene, man kontrollerer livssyklus i oppdrett, og produksjonen kan baseres på bruk av kjent teknologi. Det er derfor nærliggende å konkludere med at ørret har et potensial for oppdrett i Norge. En av grunnene til at produksjonen er så vidt beskjedent er at brunørret, som jo har lange tradisjoner i Europeisk oppdrett, i nyere tid er erstattet av den raskere voksende Regnbueørreten. Sistnevnte er en innført art som etter hvert finnes over store deler av verden. Det ligger likevel restriksjoner ved nyetablering av regnbueørret i innlandsoppdrett, selv om det produseres betydelige mengder uten slike restriksjoner i sjø.

Utfordringer ved brun ørret er blant annet knyttet til store vekstvariasjoner mellom de ulike ørretbestandene, noe som sannsynligvis skyldes genetiske forskjeller. Det vil også være et betydelig FoU-behov knyttet til, fôring og ernæring, produksjonsoptimalisering og sykdom. Som for røye og Sik vil mangel på avlsmateriale begrense mulighetene til å forbedre produktiviteten, og krav til bruk av stedegen stamme vil henvise oppdrettere til begrenset seleksjon innad i en populasjon.

7.5.4 Generelle flaskehalsar gjeldende for alle tre arter

Bruk av stedegen stamme

En av de viktigste begrensningene er mangel på tilstrekkelig utviklet produksjonsmateriale for å oppnå god lønnsomhet. Som eksempel kan nevnes fremgangen våre konkurrenter har hatt både i Sverige og Island med sine avlsprogram på røye. Hver generasjon av røye i det svenske avlsprogrammet har så langt vist 10 % raskere tilvekst enn den foregående. Fordelene man vil ha ved bruk av avlet materiale i oppdrett er godt dokumentert, både med tanke på bedre vekst, sykdomsmotstand og kvalitet. Kravet om bruk av stedegen stamme som myndighetene pålegger en rekke norske oppdrettere setter en betydelig begrensning på norsk innlandsoppdrett. Det er problematisk at selv ved bruk av rømningssikre anlegg (resirkuleringsanlegg med dobbel mekanisk sikring, UV-anlegg og infiltrasjon av avløpsvann i jord og morenemasser) fravikes ikke kravene til bruk av stedegen stamme (Pers. med., Dagfinn Lysne, Villmarksfisk AS). Ved oppdrett basert på stedegen stamme fjerner en muligheten for et landsomfattende avlsprogram, og dermed muligheten til å skaffe til veie og kontinuerlig forbedre produksjonsmaterialet via avl. Lokale avlsprogram vil ha nytteverdi kun for oppdrettere med felles stamme. Videre vil avlsfremgangen ventelig være sterkt begrenset som følge av forholdsvis beskjedent tilfall av variasjon i arvbare egenskaper man søker å forbedre, sammenlignet med hva man finner i tradisjonelle avlsprogram. Lokale avlsprogram vil i tillegg være kostbare. En annen løsning til avlsprogram vil være å importere avlet materiale (egg) fra andre land. Innenfor dette området bør det settes i gang omfattende FoU-arbeide for å dokumentere risiko for rømming og smittepotensial knyttet til ulike oppdrettsformer i ferskvann, fra resirkuleringsanlegg til klassiske gjennomstrømnings anlegg.

Maksimal individtetthet

Regelverk knyttet til maksimal individtetthet i oppdrett er i dag hovedsakelig basert på kunnskap til oppdrett av laks og regnbueørret (se kapittel 5). For oppdrett av røye vil bruk av samme grenseverdi for individtetthet kunne gi negative utslag i form av aggressiv sosial atferd. Dette fører til økt variasjon i tilvekst og økt antall biteskader, sammenliknet med en høyere individtetthet. Samtidig reduserer de lave grenseverdiene muligheten for effektiv utnyttelse av oppdrettsanleggenes produksjonskapasitet og dermed muligheter for økonomisk lønnsomhet.

Maksimal biomasse

Maksimal stående biomasse på en tillatelse knyttet til oppdrett av ferskvannsfisk i Norge er satt til 325 tonn (se kapittel 5). I land det er naturlig å sammenligne seg med gis det tillatelse utafra resipientens kapasitet, dvs. hvor stor organisk belastning er systemet i stand til å motta uten å kompromittere bærekraftige prinsipper? Det er for eksempel gitt tillatelser på enkelte lokalitet i ferskvann på

2 000 tonn fôr per år med bakgrunn i beregninger av resipientens kapasitet. Fremtidens regelverk knyttet til utslipp bør tilpasses aktuell renseteknologi og resipientens bærekapasitet, og ikke som nå en øvre grense fastsatt til 325 tonn som er konkurransevridende sammenliknet med våre konkurrenter.

For å kunne utnytte de enkelte arters oppdrettspotensial og kunne drive optimale anlegg må regelverk tilpasses innlandsoppdrett for å kunne tillate utvikling av en kommersiell bærekraftig næring.

Tabell 7-2 Oversikt over status og biologiske flaskehalsar, relativ gradering av potensial og FoU-behov knyttet til oppdrett av røye, regnbueørret, ørret, sik, abbor, gjørs og lake i et nasjonalt og nordisk perspektiv.

	Røye	R-ørret	Sik	Ørret	Abbor	Gjørs	Lake
Kommersiell Norge	ja	ja	nei	ja	nei	nei	nei
Kommersiell i Norden	ja	ja	ja	ja	nei	Ja*	nei
Tilgang til høy kvalitet fisk til produksjon i Norge	ja**/nei	ja	nei	nei	nei	nei	nei
Kontroll av livssyklus	ja	ja	ja	ja	nei	nei	nei
Kommersielt för	ja	ja	ja	ja	nei	nei	nei
Kunnskap sykdom	middels	høy	middels	lav	lav	lav	lav
Kontroll over produksjonsmiljø	middels	høy	middels	lav	lav	lav	lav
Kunnskapsnivå biologi Norge	høy	høy	middels	middels	lav	lav	lav
Kunnskapsnivå biologi Norden	høy	høy	høy	middel	middels	middels	lav
Potensial i Norge	høy	***	middels	middels	lav	lav	lav
FoU-behov	middels	lav	middels	middels	høy	høy	høy
Rangering av potensialet (1=høyest, 3 =lavest)	1	***	2	2	3	3	3

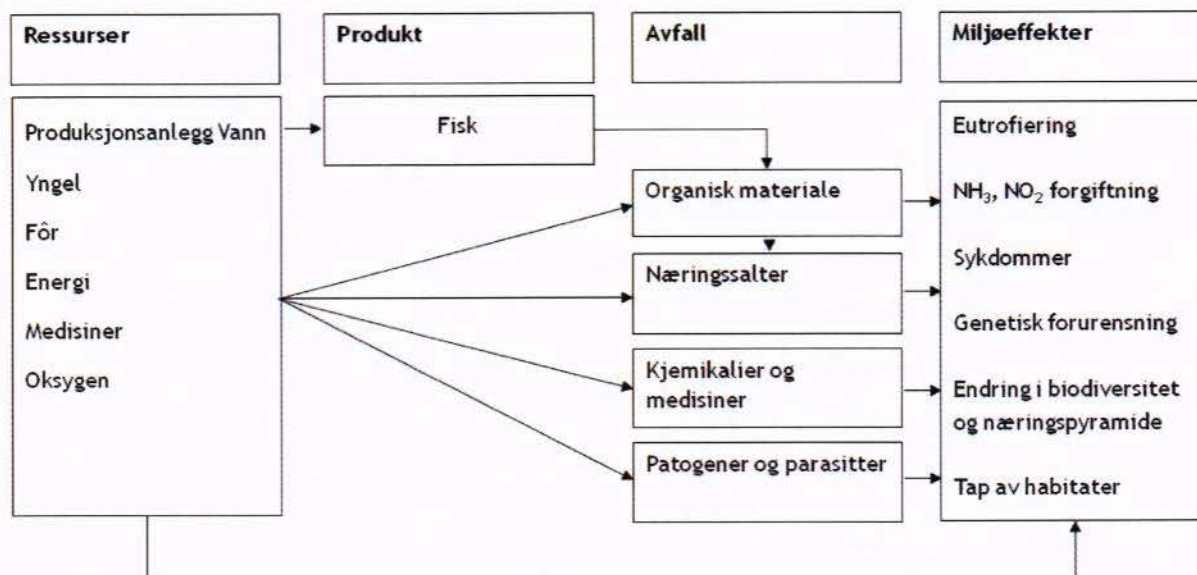
* Har vært to kommersielt anlegg i Danmark, men ett er nå konkurs

** Hammerfestrøye som brukes av røyeoppdrettere i Nord-Norge har høy kvalitet.

*** Vurderes ikke pga. at etablering av nye regnbueørret anlegg er lite sannsynlig

7.6 Status miljøeffekter – ressursbruk og miljøeffekter

Akkurat som andre næringer forbruker innlandsoppdrett ressurser og produserer avfall og avfallsstoffer. Dette medfører en miljøbelastning og utgjør dermed en potensiell miljørisiko. Miljørisikoen evalueres gjennom sannsynligheten for uønskede fremtidige hendelser som blant annet skade på miljøet (eutrofiering, forurensning mv.) og/eller negative effekter på lokale arter eller populasjoner (figur 7-1).



Figur 7-1 Innsatsfaktorer, produkter, avfall og deres potensielle miljøeffekter i landbasert fiskeoppdrett (Uhlig 2010).

Avfall fra fiskeoppdrett består av alle materialer som ikke blir fjernet med produktet og består vanligvis av fôrspill, ekskrementer, kjemikalier og medisiner (Bergheim & Åsgård 1996). Dette kapittelet fokuserer på et utvalgt antall faktorer som generelt anses å utgjøre de største potensielle miljørisikoene innen landbasert fiskeoppdrett:

- i. Vannkvalitet og vannressurser
- ii. Utslipp av næringsstoffer og organisk materiale
- iii. Smittefare, rømning og introduksjon av fremmede arter
- iv. Fiskefôr og miljøeffekter

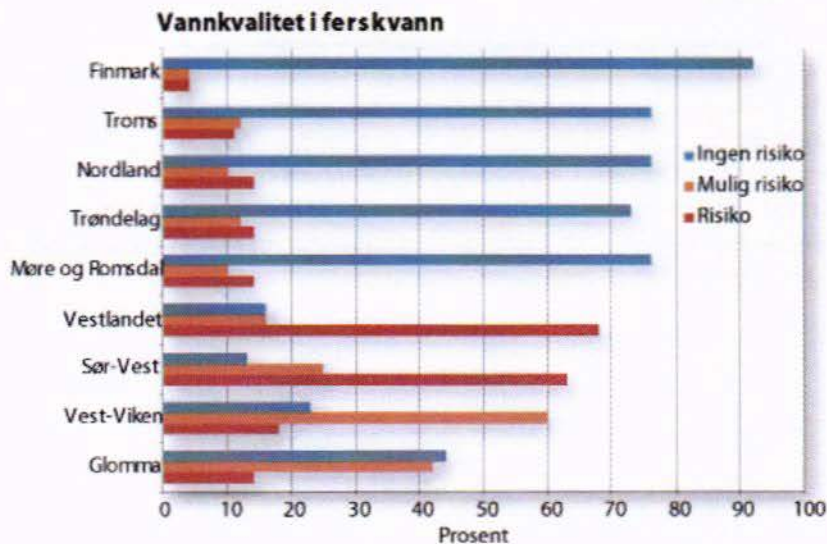
I tillegg gir kapittel 7.6 en kort oversikt over dagens status i forhold til miljøeffekter knyttet til utslipp av næringsstoffer og organisk materiale ved forskjellige typer oppdrettsanlegg.

7.6.1 Vannkvalitet og vannressurser

Norge har store ferskvannsressurser sammenliknet med øvrige europeiske land. Norske vassdrag og innsjøer dekker over 16 000 km² eller rundt 5 % av landarealet, noe som er mer enn det dyrkbare landarealet. Til sammen finnes 440 000 innsjøer større enn 0.6 dekar, og 250.000 km elvestrekninger med en vannføring på over 1 m³/sekund (Landbruks- og Matdepartementet, 2006).

EUs vanddirektiv har som mål å hindre forverring, beskytte og forbedre miljøkvaliteten i vann, og økosystem som er avhengig av vann, samt bidra til bærekraftig vannforbruk og langsiktig beskyttelse av vannressursene. Figur 1 viser en påbegynt kartlegging av vannkvaliteten i Norge i forhold til risiko for negative miljøkonsekvenser. Med begrepet "ingen risiko" menes at

vannkvaliteten avviker lite fra den naturlige tilstanden. For disse vannforekomstene er det ingen risiko for ikke å nå miljømålet, som er god økologisk tilstand. De ulike kategoriene risiko, mulig risiko og ingen risiko er fastsatt ved å vurdere omfanget av menneskelige påvirkninger på fisk (bare ferskvann), planteplankton, planter og bunndyr.



Figur 7-2 Vannkvalitet i ferskvann fordelt på geografiske områder i 2008. Tallene er basert på arbeidet med innføringen av EUs rammedirektiv for vann. (Kilde: www.miljostatus.no).

De fleste vannforekomster i Norge er karakterisert innenfor ”ingen risiko”, det vil si at de er i liten grad er påvirket av menneskelig aktivitet. De fleste av disse finner vi i de tynnest befolkede områdene; Vest-Norge, Midt-Norge og Nord-Norge, mens de fleste vannforekomstene med mulig risiko og risiko forekommer på Øst- og Sør- og Vestlandet. Vannet fra landbasert oppdrettsanlegg tas enten fra overflatevann eller grunnvann. I følge Kittelsen m.fl. (2006) finnes det for eksempel tilstrekkelige mengder med egnet vann til settefiskproduksjon i Norge. Det største potensialet ligger fra Hordaland og nordover i kystnære strøk. Tilgjengelighet av inntaksvann for landbasert oppdrett synes derfor å være tilstrekkelig, forutsatt at en får tillatelse til å bruke disse ressursene. De omfattende miljøkravene til kvalitet av utslippsvann kan derimot være begrensende for både lokalisering og størrelse.

7.6.2 Utslipp av næringsstoffer og organisk materiale og mulig resirkulering

En betydelig miljørisiko fra landbasert oppdrett er knyttet til utslipp av nitrogen, fosfor og organisk materiale og deres påvirkning på resipientene. Tilførselen kan skade den naturlige økosystembalansen direkte gjennom ammoniakk- og nitritforgiftning, eller indirekte gjennom overgjødning (eutrofiering og nedslamming). Dette kan gi uønskete virkninger som økt algevekst, oppblomstring av giftige alger, økt mengde partikler i vannet og sedimentering på bunnen, redusert sikt i vannmassene og oksygenmangel. Flere av disse forholdene vil kunne bidra til å endre den økologiske balansen og dermed det biologiske mangfoldet i de berørte vassdragene (jfr. figur 7-1). Generelt er det fosfor som har størst betydning for eutrofiering av ferskvann, mens nitrogen normalt vil ha størst betydning i saltvann.

Landbaserte anlegg har inntak av vann fra ferskvann og utslipp enten til ferskvann (overflate- eller grunnvann) eller sjøvann. Med hensyn til næringsstofferrelaterte miljøeffekter fra landbasert oppdrett er det viktig å skille mellom i) den totale mengden med næringsstoffer og organiske stoffer fra landbasert oppdrett og ii) deres kvalitative og kvantitative utslipp til miljøet. De totale mengder

De gjennomsnittlige utslippene fra landbasert fiskeoppdrett i Norden er på 55 kg N og 8 kg P pr tonn fisk produsert (Solbakken m.fl. 2005). De spesifikke utslippene varierer ikke i samsvar med produksjonen av fisk, men kan relateres til behandling av avløpsvann og mengden fôr som blir brukt som nevnt ovenfor. Med utgangspunkt i en årlig produksjon av ca. 600 tonn fisk i Norge tilsvarer dette en produksjon av 33 tonn nitrogen, 4,8 tonn fosfor og mellom 190 og 250 tonn organisk materiale. Totalt tilsvarer dette omtrent samme mengde utslipp av næringsalter som en by på mellom 5 000-7 500 innbyggere.

Resirkulering av næringsstoffer fra fiskeslam og fiskeensilasje

Avhengig av resneteknologi kan opptil 20 % av nitrogenet og 80 % av fosforet være bundet i fiskeslam¹⁰. Fiskeslam og fiskeensilasje har generelt god gjødselverdi, og næringsstoffene i begge avfallstyper kan dermed i utgangspunktet resirkuleres som gjødsel innen f.eks. grovfôrproduksjon eller dyrking av planter til produksjon av bioenergi. Gjødselstype og mengde må imidlertid nøye tilpasses produksjonssystemet (Uhlig & Haugland 2007). Ved dyrking av eng er behovet av nitrogen og fosfor rundt 10 kg og 1 kg pr. dekar. Dagens totale produksjon på rundt 33 tonn nitrogen og 4,8 tonn fosfor (fra ca 600 tonn fisk) vil kunne gjødsle et areal tilsvarende ca 3 300 dekar. Slam fra produksjonen brukes per i dag av mange oppdrettere som jordforbedringsmiddel på dyrket mark eller eng som supplement til andre jordforbedringsmiddel. Miljøriskoen ved bruk av fiskeslam og fiskeensilasje som jordforbedringsmiddel er spredning av patogener, mikroorganismer og parasitter til potensielle resipienter gjennom avrenning. Derfor stilles det krav til stabilisering og hygienisering ved slik anvendelse (Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav., FOR-2003-07-04-951). Det stilles også krav om at innholdet av tungmetaller og andre miljøgifter ikke må overstige gitte nasjonale grenseverdier. Det er ikke tillatt å bruke produkter som inneholder kompostert animalsk avfall eller foredle animalske proteiner som ensilasje på eng og beitearealer. Ensilasje fra mange av dagens anlegg blir derfor brukt som fôr til blant annet pelsdyrnæringen.

7.6.3 Smittefare, rømming og introduksjon av fremmede arter

Landbasert oppdrett innebærer en viss fare for rømming av oppdrettsfisk og dermed fare for spredning av nye arter, genetisk innblanding i lokale populasjoner og smitte av sykdommer, noe som igjen kan påvirke naturmangfoldet. Den nye Naturmangfoldloven som ble vedtatt i Stortinget 16. juni 2009, og erstatter Naturvernloven, legger til grunn viktige miljørettslige prinsipper som skal gjelde for alle sektorer og bidra til å sikre bærekraftig bruk av naturen. Det innføres bl.a. krav om kunnskapsinnhenting før beslutninger fattes, økosystemtilnærming, føre-var-prinsipp og generell aktsomhetsplikt.

Fisk i oppdrettsanlegg er utsatt for smitte både horisontalt og vertikalt, og det vil alltid være en viss risiko for smitte til og fra et anlegg. Av artene som oppdrettes i Norge i dag er det den introduserte regnbueørreten som har skapt mest bekymring og konflikter. Konflikten gjelder både rømming og spredning av sykdommer.

Ukontrollert innførsel av regnbueørret til norske dambruk på 60-tallet førte til at de alvorlige fiske sykdommene furunkulose og VHS (egtvedtsyke) ble innført til landet hvilket i sin tur førte til innføring av nytt lovverk og krav om tillatelse for å kunne drive oppdrett. Regnbueørret er også en effektiv vert for lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*, en parasitt som har ført til utryddelse av laksestammer flere steder i Norge (Johnsen & Jensen 1991). Nyere studier har vist at også røye kan fungere som vert for lakseparasitten, og den er påvist å overleve på ville røye populasjoner i Skibotnelva og Signaldalselva i Troms (Winger m.fl. 2008). Både helse- og rømmingssituasjonen

¹⁰ Summen av forspill og rester fra partikkelfilter.

i norsk innlandsoppdrett anses imidlertid som tilfredsstillende, og i de lukkede anleggene er risikoen for rømming minimal.

a) Kjemikalier og medisinrester

Solbakken m.fl. (2005) har gitt en grundig oversikt over bruk av kjemikalier og medisin i landbasert fiskeoppdrett, og vi gir her kun et kort sammendrag. Kjemikalieforbruket for innlandsoppdrett i Norge er svært begrenset. Som desinfiseringsmiddel brukes formalin, klor og kloramin. I ferskvannsoffdrett er antibiotika svært lite brukt og innen norsk røyeproduksjon blir det så vidt vi har fått informasjon om ikke brukt antibiotika (Kurt Oterhals, pers. medd.).

b) Fiskefôr og miljøeffekter

I innlandsoppdrett brukes stort sett samme type fôr som brukes i lakseoppdrett, og i det følgende tar vi utgangspunkt i effektene basert på denne fôrtypen. Fôrsammensetningen varierer med størrelsen på fisken, men består for en stor del av råmateriale fra pelagisk fisk som bearbeides til fiskemel og fiskeolje. Disse fiskebaserte råvarene kommer i all hovedsak fra pelagisk villfisk som ikke er egnet eller etterspurt som menneskeføde. Ved produksjon av fiskemel er det beregnet at 1 000 kg fiskeråstoff gir 228 kg fiskemel (International Fishmeal and Fish Oil Organisation – IFFO). Avhengig av type fisk og årstid gir 1 000 kg fiskeråstoff 50-120 kg fiskeolje. Omregnet vil dette si at for å produsere 1 kg fiskemel trengs 4,4 kg fisk og for å produsere 1 kg fiskeolje går det med mellom 8 og 20 kilo fisk. Nyere beregninger fra en forprodusent viser at det for å produsere 1 kg fisk (laks) med en forfaktor på 1.1 behøves ca. 2,0 kg annen fisk for å ha nok fisk til å produsere nødvendig fiskeolje i fôret, og 1,54 kg fisk for å dekke behovet for fiskemel.

Den siste tiden har det vært økende fokus på bærekraften av importert pelagisk fisk til norsk fiskeoppdrett. Rovdrift på marine fiskeresurser truer i følge FN¹¹ de globale fiskebestandene (Pauly m.fl. 1998, Heithaus m.fl. 2007) og er dermed en trussel for hele fiskeindustrien, inkludert akvakulturnæringen (Naylor m.fl. 2000). Fôrindustrien har imidlertid gjennomgått store forandringer de senere år. Mens fôret til norsk laks i 2000 besto av 68 % fiskebaserte råvarer, var andelen redusert til under 50 % i 2009¹². For røye anbefales blant annet 20 % fett og 54 % protein (se fôrtabell i vedlegg).

Fiskemel- og fiskeoljebransjen arbeider mye for å gjøre sine råvarer bærekraftige gjennom volumreguleringer og strenge kriterier for hvilke bestander som kan brukes og det vil i fremtiden komme strenge krav til sertifisering av fiskemel og fiskeolje. I følge Källqvist & Willumsen (2002) vil mangel på marine oljer til produksjon av fiskefôr bli den største utfordringen for å oppnå vekst innen akvakultur framover. Derfor har det blitt utviklet fiskefôr med innslag av landbaserte komponenter de siste 15-20 årene. Grunnen til at en ikke tilsetter større mengder vegetabilisk olje, er at disse oljene generelt mangler eller har feil sammensetning av de essensielle fettsyrene som fisken trenger. Fettet i fisk og andre marine organismer inneholder i hovedsak omega-3 fettsyrer, mens landbaserte produkter er rikest på omega-6 fettsyrer.

c) Miljøeffekter av forskjellige typer oppdrettsanlegg

Generelt brukes det fire forskjellige typer anlegg for innlands fiskeoppdrett i Norden - merdoppdrett, dammer, landbaserte gjennomstrømningsanlegg og landbaserte resirkuleringsanlegg (tabell 7-3). I Norge gis det med hensyn til miljørisiko i praksis kun tillatelse

¹¹ Turning the Tide on Falling Fish Stocks - UNEP-Led Green Economy Charts Sustainable Investment Path: www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.Print.asp?DocumentID=624&ArticleID=6566&l=en&t=long

¹² www.skretting.no; www.iffonet.no

til å oppdrette fisk i enten gjennomstrømnings- eller resirkuleringsanlegg. I Danmark og Finland er det vanlig å produsere fisk i dammer, mens merdoppdrett i innsjøer er utbredt i Sverige. Kontroll av både partikulært og vannløselig bundne næringsalter er generelt best i resirkuleringsanlegg, se tabell 7-3.

Tabell 7-3 Ulike typer oppdrettsanlegg i Norden og tilhørende kunnskapsnivå, samt muligheter for kontroll av næringsaltutslipp.

	Resirkulerings- anlegg	Gjennom- strømnings- anlegg	Damanlegg	Merdanlegg
Kommersielt i Norge i dag	Ja	Ja	Ja	Ja
Kommersielt i Norden i dag	Ja	Ja	Ja	Ja
Kunnskapsnivå i Norge	Middels/ Høy	Høy	Middels	Lav*
Kunnskapsnivå i Norden (utenom Norge)	Middels/ Høy	Høy	Høy	Høy
Kontroll av utslipp fra partikulær bundne næringsalter	Ja	Delvis**	Delvis***	Nei
Kontroll av utslipp fra vannløslige næringsalter	Ja	Nei	Nei	Nei

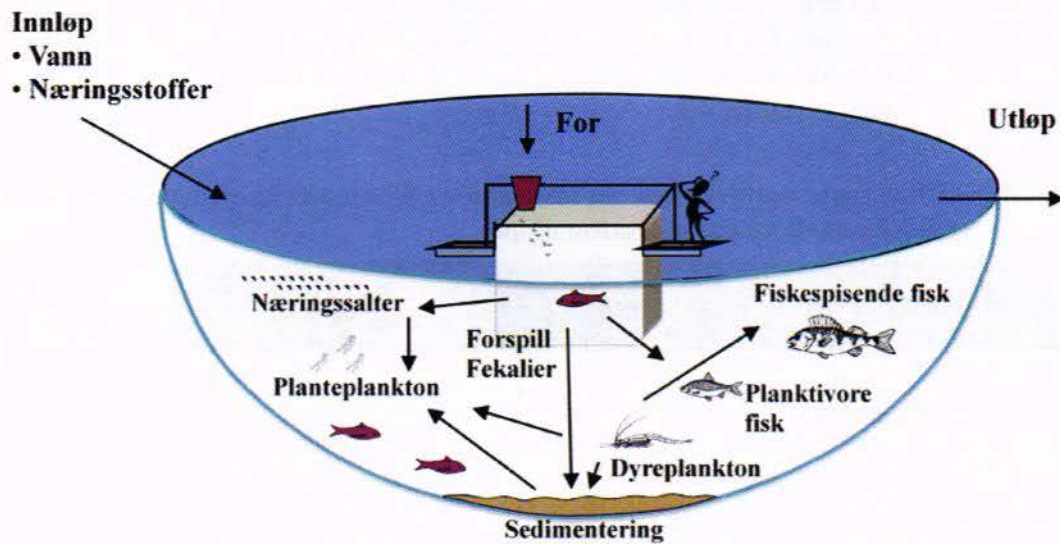
*Overførbare kunnskaper fra havbruksnæringen

**Ved bruk av partikkelfilter

*** Ved bruk av partikkelfelle og partikkelfilter

Merdoppdrett

Merdoppdrett i innsjøer eller vassdrag gir i utgangspunktet opphav til tre hovedtyper av miljøeffekter, (i) økt utslipp av næringsalter med risiko for overgjødslingseffekter, (ii) smittefare og spredning av sykdommer til det omkringliggende miljøet og (iii) rømming av fisk som kan lede til genetisk innblanding og konkurranse med de naturlige fiskebestander. Den svenske satsningen på merdoppdrett i innsjøer er basert på grundig dokumentasjon og testing av miljøeffektene gjennom flere forsknings- og utredningsprogrammer (Alanärä og Anderson 2000; Johansson m.fl. 2000; Wahlström 2000, Statens offentliga utredningar, 2009). Utgangspunktet for hvor stor oppdrettsproduksjon som kan tillates baseres først og fremst på den totale fosforbelastningen i resipienten, og beregnes ved hjelp av OECD- eller Vollenweidermodellen (Johansson m.fl. 20002). Modellen beskriver hvor stor del av det økende totalfosforinnholdet som på årsbasis samles i sedimentene ved dynamisk likevekt, det vil si etter lengre tid med samme fosfortilskudd. I tillegg vil økt utslipp av næringsalter gi økt produktivitet av planteplankton som igjen gir økt produksjon i dyreplanktonsamfunnet og i noen tilfeller endringer i artssammensetning, i tillegg til endringer på høyere trofisk nivå, figur 7-4 (Wahlström 2000 og Eriksson 2009).



Figur 7-4 Forenklet skisse over næringskretsløpet i en innsjø med merdoppdrett omtegnet etter Wahlström 2000 og Eriksson 2009.

Selv om overgjødningseffekter potensielt er tilstedeværende, er det ved oppfølging av lokalitetene hvor det drives merdoppdrett i Sverige ikke registrert faretruende miljøeffekter i forhold til økt næringssaltinnhold (Statens offentliga utredningar, 2009). Det er heller ikke registrert spredning av sykdommer eller store fiskerømninger, men disse effektene vil kontinuerlig være tilstede ved å benytte åpne merder i vann og vassdrag.

I et prosjekt støttet av Hattfjelldal kommune og Landbruks- og Matdepartementet har Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) kartlagt grunnlaget for oppdrett av røye i merder i Røssvatnet (Nordland). Beregninger fra NIVA viser at vannkvaliteten i Røssvatnet ikke vil forringes ved oppdrett av 3 000 tonn røye (Urke m.fl. 2009).

Damanlegg

Oppdrett i dammer er en enkel, gammel og rimelig metode men lite effektiv. I Norge forekommer oppdrett av regnbueørret for røkfiskproduksjon i dammer i Valdres. På lik linje med merdoppdrett i innsjøer eller vassdrag kan også damoppdrett i utgangspunktet føre til de samme miljøeffektene. Ulike metoder kan brukes for å redusere utslipp av næringsstoffer, som blant annet sedimenteringsanlegg med biologisk omsetning av oppløste næringsalter. Dette kan redusere utslippet av nitrogen fra 62,5 kg til 15 kg nitrogen og fosfor fra 8,5 kg til 1 kg per tonn produsert fisk. Dette tilsvarer en reduksjon på 76 % og 88 % av henholdsvis nitrogen og fosfor (Solbakken m.fl. 2005). Naturbaserte rensemetoder som våtmarksfilter og infiltrasjonsanlegg kan imidlertid redusere både innhold av organisk materiale, næringsalter og patogene mikroorganismer. Rømning og spredning av sykdom vil være vanskelig å gardere seg 100 % mot med hensyn til flomsituasjoner, oversvømmelser og inntrengning av skadedyr som for eksempel fugl eller mink.

Gjennomstrømningsanlegg

Ved bruk av gjennomstrømningsanlegg og bruk av partikkelseparasjon, vil man kunne redusere utslipp av både organisk materiale, fosfor og nitrogenforbindelser. Prinsippet går ut på at organisk materiale samt den partikulært bundne andelen av nitrogen og fosfor blir skilt ut i karavløpet og samlet opp før utslipp til resipient. Konservative beregninger og forsøk fra denne type anlegg viser at slik separasjon kan fjerne opp til 90 % av det partikulære materialet (Tvinnerem 1994). Under normale produksjonsbetingelser kan man derfor med stor sikkerhet gå ut fra at man kan minst oppnå 50 % renseseffekt av partikler, der 20 % er partikkelbundet N_{total} og 80 % er

partikkelbundet P_{total} . Mengden totalt fosfor og nitrogen per kg fisk produsert kan ut fra disse forutsetningene reduseres til 45 g N og 6,5 g P per kg fisk produsert (Skotvold m.fl. 2003).

Resirkuleringsanlegg

Utslipp av næringsstoffer fra resirkuleringsanlegg er sterkt reduserte i forhold til utslipp fra et tilsvarende gjennomstrømningsanlegg (Timmons & Losordo 1994, Timmons & Ebling 2007). Utslippene vil variere med hvilke tekniske løsninger som velges. Utslipet vil i prinsippet stå i forhold til vannforbruket i et anlegg, som igjen er avhengig av valg av tekniske løsninger. I intensive resirkuleringssystemer hvor det benyttes pumper, mekanisk filtrering, biologiske filtre og tilsetning av oksygen kan vannforbruket reduseres til ca 100 l vann eller mindre per kg produsert fisk. Et gjennomstrømningsanlegg derimot forbruker mellom 80 000 – 160 000 l vann per kg produsert fisk (Solbakken m.fl. 2005).

7.7 Utviklingspotensial for innlandsoppdrett med hensyn til ressursbruk og miljøeffekter

På grunn av mulige miljømessige konsekvenser har forvaltningsmyndighetene vært svært restriktive med å gi tillatelser (Skotvold m.fl. 2003) og føre var prinsippet praktiseres. Det finnes imidlertid både norsk og utenlandsk teknologi som vil tilfredsstille de krav som stilles til rensing i forhold til både avløpsvann, avfallsprodukter og smittestoffer forutsatt riktig dimensjonering og bruk.

Den generelle hovedutfordringen innen landbasert oppdrett med hensyn til miljøeffekter er å redusere forbruket av ressurser og utslipp samtidig som en ivaretar fiskens helse og velferd. Ulike produksjonskonsepter medfører ulikt ressursbruk og ulike utslippsmengder. Av de nevnte oppdrettsmetodene vil resirkuleringsanlegg i forhold til kg produsert fisk ha lavest vannforbruk (se kapittel 8) og lavest utslipp av næringsalter og organisk materiale. Selv om det finnes lite data for rømming og utslipp av patogener for de ulike anleggstypene, anses også risikoen lavere i resirkuleringsanlegg. Med hensyn til Norske klimatiske forhold og myndighetenes krav til utslipp og krav til bærekraftig utvikling, vurderer vi resirkuleringsanlegg som det produksjonssystem med størst framtidig utviklingspotensial i Norge. De siste årene har det blitt brukt betydelige resurser for optimalisering av dette oppdrettskonsept. Bl.a. ble det i 2007 opprettet et nytt forskningsanlegg på resirkulering på Sunndalsøra¹³. I det følgende vil vi derfor fokusere mest på utviklingspotensialet av resirkuleringsanlegg med fokus på bærekraftig utvikling.

Bærekraftig utvikling er generelt definert som ” en samfunnsutvikling som imøtekommer dagens behov uten å forringe mulighetene for kommende generasjoner til å få dekket sine behov” (Brundtlandrapporten 1987¹⁴).

7.7.1 Resirkulering av næringsstoffer

Omtrent 52 % av nitrogenet og 63 % av fosforet som tilføres med fiskefôr til landbasert oppdrett vil ende opp i miljøet dersom en tar utgangspunkt i en førfaktor på 1,04 (Solbakken m.fl. 2005; Bergheim og Asgard 1996), uavhengig av filter- og renseteknikk. Filter- og renseteknikk bestemmer kun i hvilken kjemisk form, konsentrasjon og til hvilken resipient næringsstoffene slippes ut og dermed deres mulige miljøeffekter. Bruk av partikkel-, bio- og denitrifikasjonsfilter reduserer f.eks. nitrogenkonsentrasjoner i avløpsvann mens utslippsmengder av organisk bundet nitrogen som fiskeslam og nitrogengass til atmosfæren økes (figur 7-3). Miljøgevinsten ved bruk av filtrene består i at samlet miljørisiko ved utslipp av nitrogen i fiskeslam og nitrogengass til atmosfæren forutsettes å være mindre enn nitrogen utslipp i avløpsvann. Den positive miljøeffekten av filtrene i resirkuleringsanlegg består dermed i en omfordeling av

¹³ <http://www.nofima.no/marin/nyhet/2007/5/akvaforsk-investerer-i-forskningsanlegg-paa-resirkulering>

¹⁴ Our Common Future (1987), Oxford: Oxford University Press. ISBN 0-19-282080-X

næringsstoffutslippene fra resipienten vann til resipientene luft og jord. Resirkuleringsanlegg for landbasert oppdrett er utviklet for å resirkulere vann men ikke næringsstoffene i vannet.

For eksempel fjerner denitrifikasjonssfilter nitrat fra resirkuleringsvann gjennom redusering til nitrogengass (N₂), med lystgass som biprodukt (figur 7-3). Utslipp av nitrogengass medfører ingen miljørisiko. Med utgangspunkt i at produksjon av N-holdig mineralgjødsel (NH₄ og NO₃), fra nettopp N₂ (Haber-Bosch-prosessen), er energi og ressurskrevende¹⁵ kan resirkulering av nitrat og ammonium fra resirkuleringsvannet gi ressursøkonomiske og dermed miljømessige fordeler.

Et annet eksempel er fosfor. Fosfor fjernes effektivt i fosforfellingssystemer og slammet derfra brukes som jordforbedringsmiddel. Felling av fosfor ved bruk av jernklorid (FeCl₂) gir generelt liten plantetilgjengelighet av fosfor og kan dermed gi en negativ fosforeffekt i jord¹⁶. Med bakgrunn i at fosfor kan bli en begrenset ressurs for framtidens landbruksproduksjon, bør fosfor i landbasert oppdrett fjernes på en slik måte at den foreligger i en plantetilgjengelig form.

Med hensyn til ressursbruk og miljøeffekter vil utvikling av et "null nitrogen og fosfor utslipp oppdrettsanlegg", hvor næringsstoffene resirkuleres via planteproduksjon ha et utviklingspotensial for landbasert oppdrett.

7.7.2 Integrert fiskeoppdrett – planteproduksjon

Spesielt med hensyn til vannrensning og resirkulering av næringsstoffer har det globalt sett vært en økende interesse for å gå fra monokulturer til integrerte systemer (Troell m.fl. 2005). Allerede i 2003 ble det i Trondheim organisert en kongress med emne "Beyond Monoculture"¹⁷ som fokuserte på utvikling av forskjellige integrerte oppdrettssystemer som f. eks. i) Integrert Multi-Trofisk Akvakultur (IMTA), ii) Integrated Aquaculture Agriculture (IAA) eller iii) Aquaponics. Felles for systemene er at det er en integrert produksjon av ulike arter og der næringsstoffer og organiske stoffer resirkuleres i ulik grad. Hensikten med dette er en produksjons- og ressursoptimalisering og dermed å bidra til økt lønnsomhet og en mer miljøvennlig drift.

Alger

Mange av de integrerte systemene inkluderer produksjon av alger. Mikroalgene er de viktigste primærprodusentene i havet og mange ferskvanns-økosystemer. Mikroalger er grunnlaget for de fleste akvatiske næringskjeder som fører fram til fisk. Forskning på massedyrking av mikroalger ble gjennomført i stor skala i Asia og Øst-Europa gjennom 1950-1960-årene. I forprosjektet "Algekulturteknologi, eksperiment- og produksjonsanlegg for mikroalger i Vestfold" ble det sannsynliggjort at det kan være forretningsmessig lønnsomt med en mikroalgebasert næringsutvikling i Norge. Slik virksomhet vil i tillegg innebære betydelige miljø- og ressursmessige gevinster (Aasgaard m.fl. 1999). Spesielt med hensyn til miljøkostnader og framtidlige begrensninger i fiskefôr er det derfor nærliggende å fremme produksjon av mikroalger i sammenheng med fremstilling av fôrkomponent til akvakultur. Det er spesielt som kilde av omega-3 fettsyrer at olje fra mikroalger kommer inn som et alternativ til vegetabilsk olje fra landplanter og fiskeolje (Källqvist og Willumsen 2002). Utenom bruken som startfôr har mikroalger til nå vært i begrenset bruk som råstoff til fôr til fisk i akvakultur. Andre anvendelsesområder er for eksempel innenfor helse, kosmetika-industrien og ved produksjon av bioenergi. Per i dag forekommer det ikke noen kommersiell produksjon av mikroalger i Norge, men flere aktører, bl.a. Algetech Industrier AS¹⁸, utvikler systemer. Selskapet NIRI¹⁹ jobber også

¹⁵ Our Common Future (1987), Oxford: Oxford University Press. ISBN 0-19-282080-X

¹⁶ www.hardanger-fjellfisk.no

¹⁷ www.hardanger-fjellfisk.no

¹⁸ www.hardanger-fjellfisk.no

¹⁹ www.hardanger-fjellfisk.no

med utvikling av konsepter for algedyrking i tilknytning til landbasert fiskeoppdrett (pers. med Arne Gravdal). Hovedproblemet ved kommersialisering av nye mikroalgearter og produkter er utvikling av systemer som tillater kontrollert produksjon uten at systemene blir for kapitalkrevende (Källqvist og Willumsen 2002).

Vegetabiliske matplanter

Aquaponics går ut på at man kultiverer fisk og vekster i samme sirkulerende vann i et drivhus. Vann fra fiskeproduksjonen brukes til produksjon av planter i et drivhus. Vannet luftes og tilsettes oksygen og pumpes deretter tilbake til fiskeproduksjonen. Systemet går ut på at fiskens ekskresjon gjødsler plantene samtidig som vannet blir rensert med hjelp av planter og naturlige bakterier. Sammenlignet med vanlige anlegg bruker dette systemet vesentlig mindre mengde vann, samtidig som det ikke forekommer noe utslipp til miljøet. Dette forenkler videre valg av lokalitet med hensyn til vannbehovet og miljøpåvirkninger. Samtidig vil man utnytte fiskefôret bedre gjennom produksjon av matplanter/grønnsaker i tillegg til fisk. Som et eksempel kan det produseres 10 kg tomater eller agurk for hvert kg fisk produsert. Flere kommersielle anlegg er i drift på verdensbasis, blant annet i USA der det foregår integrert produksjon av tilapia kombinert med vegetabilisk produksjon. I Sverige ved Kattstrand kretsløpsoppdrett er det gjennomført flere EU-prosjekter på dette feltet. Denne produksjonsform er pr i dag ikke benyttet i Norge.

Bioenergi

Organiske biprodukter og avfall fra industri har et potensial innenfor biogassproduksjon (ENOVA 2008, potensialstudie for biogass i Norge), og mengder organisk materiale som kreves er store. For eksempel produserer et av de tre gårdsbiogassanleggene som drives av betydning i Norge, Åna fengsel, totalt ca 820 MWh fra rundt 5 000 tonn storfe gjødsel og 1 500 tonn fiskeensilasje. Avløpsvann fra fiskeoppdrett kan også i realiteten brukes til dyrking av planter til produksjon av bioenergi. I Sverige er rundt 200 000 dekar tilplantet med energiskog, hovedsakelig basert på kloakkutslipp og avrenning fra jordbruket, og energiskogen er dokumentert å redusere avrenning og lekkasje av næringsstoffer til vassdrag (Dimitriou & Aronsson, 2005). Avløpsvannet fra landbasert oppdrett, vil potensielt være mulig å bruke til produksjon av energivekster i Norge. Kombinasjon av fiskeoppdrett, rensing av avløpsvann, og produksjon av bioenergi er en innovativ strategi i EU (SustainAqua – “Integrerat synsätt för hållbar och hälsosam sötvattensfiskodling” 2009).

Med dagens lave produksjon av landbasert oppdrett i Norge kan man finne det vanskelig å forsvare bruk av store ressurser for å utvikle disse konseptene/bruksområdene. Imidlertid vil økte krav til trygg, sikker, helsemessig mat og miljøvennlig matproduksjon fremme utvikling av nye produksjonsprosesser og produkter. Ved bruk av resirkuleringsteknologi og integrerte oppdrettsmetoder har man mulighet til å styre og kontrollere vannkvalitet, fôrspill og miljøutslipp, bidra til økt biomasseproduksjon og økt produktdiversitet. Disse aspektene i kombinasjon med økte muligheter for å ivareta fiskevelferd vil innfri økende krav til bærekraftig matproduksjon sett ut fra et økologisk, økonomisk og sosialt perspektiv. Flere aktører som i dag driver med konvensjonell merdteknologi vurderer utvidelser og nyetableringer for matfiskproduksjon på land i stedet for i sjøen (Drengstig m.fl. 2008).

Utvikling av integrerte oppdrettsystemer gir muligheter til produksjons- og ressursoptimalisering og har dermed et utviklingspotensial for landbasert oppdrett.

7.7.3 Regionalt integrert fiskeoppdrett

I en livsløpsanalyse²⁰ (LCA) basert på sammenligning mellom algeproduksjon og dyrking av tradisjonelle landbruksprodukter, konkluderer Clarens m.fl. (2010) med at “conventional crops have lower environmental impacts than algae in energy use, greenhouse gas emissions and water”. Gjennomførte beregninger for algeproduksjon tar utgangspunkt i isolerte produksjonsenheter hvor all nødvendig ressursinput som vann, gjødsel, CO₂ og energi utgjør en miljøkostnad (Algae Biomass Organization²¹ 2010). Forfatterne har ikke tatt hensyn til at mikroalgeproduksjon A) i praksis er tilknyttet industri med utslipp av næringsstoffer (oppdrett, kommunalt avløp m.fl.) eller CO₂²² (kraftverk m.fl.), og B) representerer et ”flere produkt ressurs”. Dvs. at det er mulig at algene først utnyttes til produksjon av spesifikke etterspurte biokjemiske komponenter som proteiner eller alginat for å så brukes til produksjon av biogass og/ eller bioetanol. Gjenværende restprodukter, f. eks. biorester fra biogassproduksjonen, kan til slutt med fordel brukes som gjødsel innen tradisjonelt terrestrisk landbruk. LCA analysen til Clarens m.fl. (2010) understreker likevel nødvendigheten av å ikke begrense integrerte produksjonssystemer på fisk- og planteproduksjon, men utvikle systemer som optimaliserer energi og næringsstoffkretsløp på et regionalt nivå (f.eks. Karlsen m.fl. 2009). Gjennom integrerte systemer, hvor framstilling av verdifulle stoffer er koblet med nyttiggjøring for eksempel i renseprosesser eller miljøforbedrende tiltak, kan løsningen av viktige samfunnsutfordringer kombineres på en hensiktsmessig måte (Aasgaard m.fl. 1999). Dette indikerer at utvikling av bærekraftig innlandsoppdrett kun kan oppnås gjennom samordning med andre ressurskrevende næringer der økologiske, økonomiske og sosiale aspekter tas hensyn til.

Med utgangspunkt i landbasert oppdrett er det et potensial for utvikling av et bærekraftig regionalt næringsstoff- og energikretsløp.

²⁰ www.hardanger-fjellfisk.no

²¹ www.hardanger-fjellfisk.no

²² www.hardanger-fjellfisk.no

8 Status og potensial – teknologi

Dette kapitlet omhandler tekniske konsepter og praktisk drift av innlandsoppdrettsanlegg, tekniske prinsipper for vannbehandling i oppdrettsanlegg for innlandsfisk, samt utfordringer knyttet til vannbehov, vannbehandling og vannkvalitet.

8.1 Metode

Kapitlet er basert på litteraturstudier, samt erfaringer fra FoU innen landbasert oppdrett i Norge siste 10 år.

8.2 Status teknologi for innlandsoppdrett

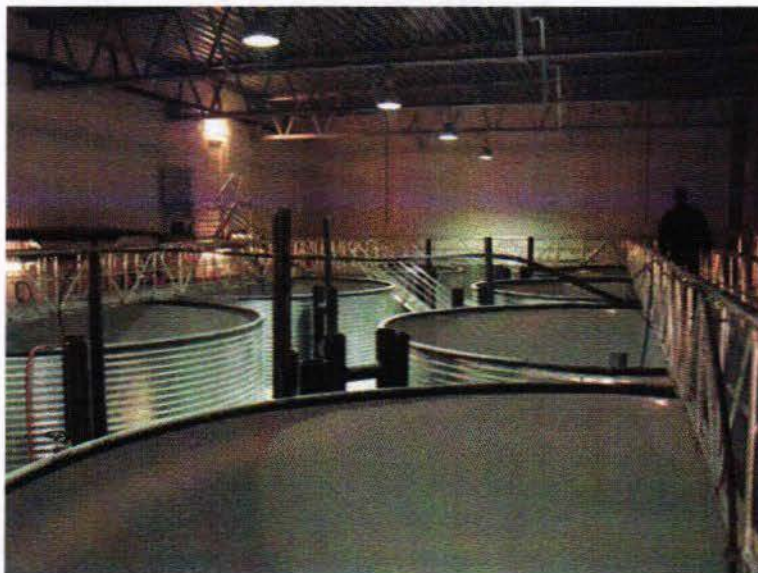
8.2.1 Tekniske konsepter

Norsk innlandsoppdrett av matfisk i ferskvann foregår utelukkende i lukkede anlegg med oppdrettskar. Det finnes noen få anlegg som produserer i dammer blant annet i Valdres. Det er ingen som produserer matfisk i merdanlegg i ferskvann.

Produksjonen foregår hovedsakelig i tre ulike typer landbaserte anlegg:

- Gjennomstrømningsanlegg
- Anlegg med gjenbruk og CO₂-fjerning fra vann
- Resirkuleringsanlegg med omfattende vannbehandling

Figur 8-1,8-2 og 8-3 viser bildeeksempler av de tre anleggstypene. Prinsipptegninger er vist i kapittel 5. iv.



Figur 8-1 Oppdrettskar med gjennomstrømming er den mest vanlige produksjonsmetode for oppdrett av innlandsfisk og laksesmolt. Ved gjennomstrømming passerer vannet kun én gang gjennom karet før det går i avløp.



Figur 8-2 Oppdrettskar for laksesmolt med gjenbruk og CO₂-fjerning fra vann. 20 – 50 % av avløpsvannet pumpes tilbake til karet igjen gjennom en lufter for fjerning av CO₂ og innmiksing av oksygen.



Figur 8-3 Resirkuleringsanlegg for røye. Slike anlegg blir ofte plassert innomhus for å unngå temperaturløstap til omgivelsene. Anlegget på bildet benytter seg av grunnvann, og grunnvannsbrønnen vises fremst i venstre hjørne.

Oppdrettsdammer er mest benyttet av ørretoppdrettere i Valdres som skal foredle fisken til rakfisk. Dammene er ikke standardisert til en bestemt størrelse, men er ofte sirkelformede med diameter på 6 - 20 meter, og har et vanddyb på inntil 2,5 meter. De har som regel bunn av betong. Oppdrett kan foregå hele året, også vinterstid, så lenge man har god tilgang på råvann og godt strømbilde i oppdrettsenhetene. Før vannet går ut i resipient filtreres vannet gjennom en mekanisk

sil, eventuelt gjennom et eller flere basseng for fjerning eller sedimentering av organisk stoff (Pers. medd Nils O. Noraker 2010).

Bruk av oppdrettskar er mest vanlig i innlandsoppdrett i Norge. De produseres i glassfiber, polyetylen, betong og aluminium (plastmateriale på innsiden). Hele kar, eller karelementer produseres ofte ved fabrikk før montering ute på oppdrettsanlegget. Formen er oftest sirkulær, men 6- og 8- eller manglekantede kar kan forekomme. Vannhøyden varierer gjerne fra 0,5 - 4 meter, og det benyttes størrelser opp mot 150 m³ for innlandsfisk i Norge. Vannet tilsettes gjennom et vertikalt innløpsrør og går ut gjennom en sil i bunnen etter endt oppholdstid i karet. Et godt oppdrettskar skal gi god vannblanding og selvrensingseffekt slik at fôr og ekskrementer effektivt fjernes med et todelt avløp plassert i bunn av karet.

Bruk av oppdrettskar er mest vanlig i innlandsoppdrett i Norge, og produseres i plast, betong og aluminium (plastmateriale på innsiden). Hele kar, eller elementer for større kar, produseres ofte ved fabrikk før montering ute på oppdrettsanlegget. Formen er oftest sirkulær, men 6- og 8-kantede kar kan forekomme. Vannhøyden varierer gjerne fra 0,5 - 3 meter, og det benyttes størrelser opp mot 150 m³ for innlandsfisk i Norge. Vannet tilsettes gjennom et vertikalt innløpsrør og går ut gjennom en sil i bunnen etter endt oppholdstid i karet. Et godt oppdrettskar skal gi god vannblanding og selvrensingseffekt slik at fôr og ekskrementer effektivt fjernes med utløpsvannet i løpet av noen minutter.

Vannforbruket i gjennomstrømningsanleggene er omlag 0,5 – 5,0 L/kg/min avhengig av fiskestørrelse og vanntemperatur, og om det nyttes kunstig oksygen eller ikke. For å fremskynde vekst er det vanlig å varme opp vannet til rogn og den minste fisken som har lavest vannforbruk. I sommerhalvåret kan det være aktuelt med det motsatte, nemlig at vannet må kjøles for å oppnå optimal vanntemperatur (avhengig av stadium og art). For å unngå varmetap/kuldetap er det vanlig å plassere avdelinger med temperert vann i isolerte bygninger. Om man benytter seg av gjenbruksanlegg med fjerning av CO₂ kan forbruket av råvann reduseres opp mot 50 % uten at dette gir nevneverdig dårlig vannkvalitet.

Resirkuleringsanleggene kan drives med temperert vann året rundt på en energiøkonomisk måte da forbruket av råvann blir redusert med 90 - 99 % sammenlignet med gjennomstrømningsanlegg, og fordi slike anlegg ofte plasseres innomhus.

Praktiske erfaringer fra røyeoppdrett viser at man med et grunnareal på 1 000 – 2 000 m² kan produsere 100 tonn røye per år i et landbasert anlegg, avhengig av vanntemperatur, produksjonstetthet og fiskens tilveksthastighet (jfr. kapittel om biologi).

Med forholdsvis enkel resirkuleringsteknologi er det mulig å produsere 100 tonn rund røye per år med en råvannsmengde på 1 000 l/min. Om man skulle produsert tilsvarende mengde i et gjennomstrømningsanlegg ville behovet for råvann vært 25 000 – 30 000 l/min.

Ettersom vannbehovet er så lavt i et resirkuleringsanlegg, er det mulig å benytte grunnvann som råvannskilde. Lavt vannforbruk begrenser også mengden avløpsvann og muliggjør effektiv rensing av dette. Dette gir valgfrihet med tanke på hvor anleggene kan plasseres.

8.2.2 Produksjonsstrategier for innlandsoppdrett i Norge

Den norske produksjonen av innlandsfisk er fordelt på i underkant av 20 foretak som produserer mer en 10 tonn fisk per år, med en total produksjon av ca 650 tonn oppdrettet innlandsfisk i 2008 (da har vi ikke tatt med røyeoppdrett i sjømerder, ca 300 tonn i 2008).

Det er stort sett porsjonsfisk av 500 – 1 000 grams størrelse som produseres, og de fleste gjennomfører alle produksjonsstadier selv, fra innfangning og stryking av stedegen stamfisk til klekking, oppføring, slaktning og bearbeiding til foredlet vare.

Rakfiskprodusentene i Valdres har et noe annet opplegg, ved at to lokale yngelprodusenter kjøper inn avlet regnbueørret fra rognprodusenten AquaGen. Ved 5 - 10 grams størrelse fordeles yngelen til fem stk matfiskanlegg lengre opp i dalen, hvor fisken føres opp til slaktestørrelse og foredles til rakfisk (Pers. medd. Nils O. Norraker 2010). En annen rakfiskprodusent i Valdres kjøper inn slaktet regnbueørret fra Danmark, og driver kun med foredling av innlandsfisk.

I sammenheng med planlagte prosjekter for innlandsoppdrett av røye er det skissert egne virksomheter som skal stå for stamfiskhold, samt gjennomføre klekking og oppføring av yngel. Yngelen skal videre selges til matfiskprodusenter i nærområdet.

Hos Villmarksfisk i Bardu fanger man inn villfisk av røye fra en nærliggende innsjø og overføres til oppdrettsanlegget for oppføring til slakteferdig størrelse.

De fleste oppdrettsselskapene slakter og foredler fisken lokalt ved eget oppdrettsanlegg. Unntak er Hardanger Fjellfisk, samt Kirkenes Charr som kjører avlivet fisk til slakteri hhv. 80 og 100 km unna oppdrettslokaliteten før sløyning og eventuell bearbeiding kan starte opp²³.

Vi kan ut fra dette oppsummere fire ulike produksjonsstrategier for innlandsoppdrett hvorav strategi 1 er den vanligste i Norge:

1. Innfangning av stedegen gytefisk, klekking og oppføring frem til slaktestørrelse
2. Innkjøp av avlet øyerogn, klekking og oppføring til slaktestørrelse
3. Innkjøp av fôringsklar yngel av stedegen stamfisk, og oppføring frem til slaktestørrelse
4. Oppføring av villfanget fisk fram til slaktestørrelse

Oppsummert er det 16 produsenter som produserer mer enn 10 tonn innlandsfisk pr. år i Norge (tabell 8-1). Av disse er det 14 som benytter gjennomstrømningsanlegg og 2 som benytter resirkuleringsanlegg. Begge resirkuleringsanleggene produserer røye. Tabellen gir også en oversikt over produksjonsstrategier og slaktning/foredling hos de 16 produsentene.

²³ www.hardanger-fjellfisk.no

Tabell 8-1 Oversikt over kommersielle oppdrettsanlegg i Norge for innlandsfisk som produserer mer enn 10 tonn per år (2010).

Produsent	Teknologisk prinsipp	Produksjonsstrategi*	Slakter/ Foredler?	Mengde t/år, ca	Art
Arctic Charr	Gjennomstrømning	1	Ja	30	Røye
Hande Fiskoppdrett Røn	Gjennomstrømning	3	Ja	15	Regnbueørret
Hardanger fjellfisk Tysedal	Oppdrettskar i fjellhall	1	Nei	90	Brunørret
Heimtun fisk	Gjennomstrømning	u	u	u	Røye
Hongset Røye	Gjennomstrømning	1	u	15	Røye
Haadem Fisk Leira	Gjennomstrømning	3	Ja	35	Regnbueørret
Kirkenes charr	Gjennomstrømning	1	Nei	100	Røye
Lofoss Fisk Lomen	Gjennomstrømning	3	Ja	15	Regnbueørret
Noraker Gård Leira	Gjennomstrømning	3	Ja	30	Regnbueørret
Nymoen røyeoppdrett	Gjennomstrømning	u	U	u	Røye
Røn Gård Røn	Gjennomstrømning	3	Ja	15	Regnbueørret
Sæterstad Gård Hattfjelldal	Gjennomstrømning	1	Ja	15	Røye
Totakrøye	Gjennomstrømning	4	Nei	u	Røye
Trøsvik Fisk. Lomen	Gjennomstrømning	3	Ja	15	Regnbueørret
Tydalsfisk Tydal	Resirkuleringsanlegg	1	Ja	100	Røye
Villmarksfisk Bardu	Resirkuleringsanlegg	4	Nei	50	Røye
SUM				Ca 650	

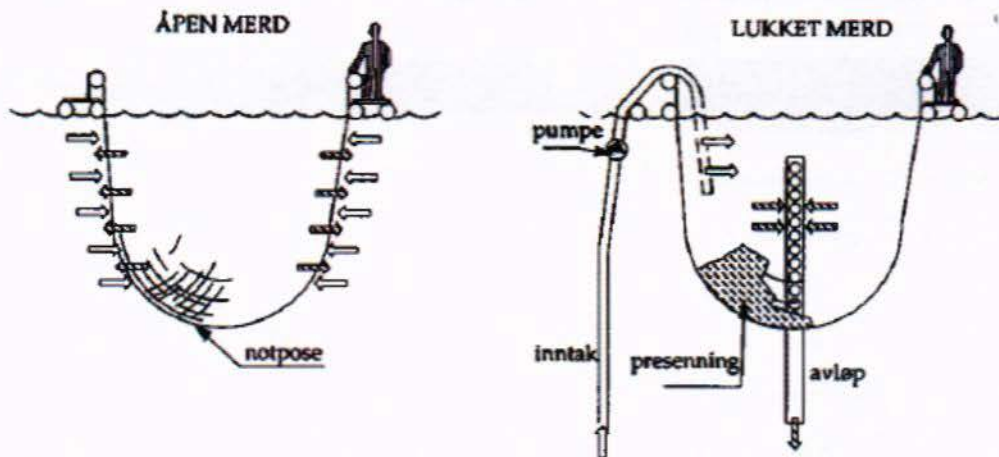
*Forklaring til Produksjonsstrategier

1. *Innfangig av stedegen gytefisk, klekking og oppføring frem til slaktestørrelse*
 2. *Innkjøp av avlet øyerogn, klekking og oppføring til slaktestørrelse*
 3. *Innkjøp av føringsklar yngel av stedegen stamfisk, og oppføring frem til slaktestørrelse*
 4. *Oppføring av villfanget fisk fram til slaktestørrelse*
- u = ukjent*

8.2.3 Bruk av merder i innlandsoppdrett

Det er også teknisk mulig å oppdrette innlandsfisk i merder plassert i innsjøer, selv om forvaltningen i Norge praktiserer en restriktiv linje overfor denne metoden.

Merdene er utformet på ulike måter, og de kan bygges med not eller tette vegger og bunn (lukkede merder), se illustrasjonen nedenfor (figur 8-4).



Figur 8-4 Illustrasjon av prinsipp av åpen eller lukket merd (Illustrasjon hentet fra Lekang og Fjæra 1997).

Lukkede merder er nesten ikke brukt i Norge, og erfaringene fra slike anlegg er sparsomme. Det er imidlertid utført et fullskalaforsøk i Canada i 2002 hvor man sammenlignet oppdrett av laks i åpne og lukkede merder. Det ble ikke funnet store forskjeller i tilvekst, dødelighet, fôrutnyttelse, mengde fôrspill og ekskrementer, problemer med predatorer, rømming og fiskehelse (Future Sea Closed Containment Units 2002).

Det er lite sannsynlig at dagens lukkede anlegg er mer rømmingssikre enn åpne merder. Man kan kontrollere vannstrømmen inn- og ut av merdene ved hjelp av inntakspumper, og fra utløpsrør er det teknisk mulig å samle opp fôrspill og ekskrementer fra fisken. Slammet må imidlertid håndteres og det er knyttet store kostnader til pumping av vann. Se bilde av lukkede merder i figur 8-5.



Figur 8-5 Lukkede merder for produksjon av oppdrettsfisk (Kilde fra internett: www.futuresea.com).

De åpne merdene har en diameter opp mot 50 meter og vanddyb ned mot 25 - 30 meter. På oppdrettslokaliteter for laks i sjø kan man produsere flere tusen tonn fisk per år, og det er mulig å holde 500 – 1 500 tonn laks per merd så lenge man har god vannkvalitet.

I dag blir det produsert ca 1 000 tonn røye i ferskvannsbaserte åpne merdanlegg i Sverige. I forhold til fiskens velferd og krav til godt vannmiljø er det fullt mulig å produsere i åpne merder i Norge også. Det er mindre utfordringer med høye bølger og sterk strøm i en innsjø- sammenlignet med merder ute ved kysten.

Man kan imidlertid få utfordringer vinterstid, med lave vanntemperaturer som kan føre til dårlig fiskevekst og risiko for frysing/ isdannelse rundt merdene. Det kan også være en utfordring å få spredd fôrspill og ekskrementer i innsjøer, slik at disse ikke hopper seg opp under merdene med risiko for anaerob forbrenning og utvikling av giftig H₂S -gass.

8.2.4 Teknologisk status for oppdrett av innlandsfisk i andre land

Teknologisk status - Sverige

Den mest vanlige produksjonsformen i Sverige er oppdrettsmerder i regulerte, næringsafattige innsjøer (figur 8-6), mens produksjonen av settefisk foregår i landbaserte anlegg som i Norge. De landbaserte anleggene produserer i tillegg settefisk for utsetting i vassdrag for å styrke naturlige bestander.

Det har vært en strukturendring i oppdrettselskapene, ved at en del oppdrettere har gått sammen til større anlegg og at en del små oppdrettere har forsvunnet (Fiskeriverket 2006). Blant annet foregår røyeproduksjonen hovedsaklig i Jämtland og Västerbottens län fordelt på to økter.

Den svenske produksjonen av innlandsfisk var i 2006 fordelt på 111 foretak og det var registrert 264 ansatte (Kilde: Bengtsberg R., Fiskeriverket 2009).



Figur 8-6 Svensk innlandsoppdrett foregår ofte i merder i regulerte innsjøer. Produksjon av settefisk foregår på land (foto: Lise Haug).

Sammenligning og vurdering av norsk og svensk innlandsoppdrett

Ettersom svenske rammebetingelser gjør det mulig å produsere avlet røye i åpne merder i oppdemte kraftverksmagasiner, har dette klare konkurransefordeler sammenlignet med norsk oppdrettsproduksjon i lukkede anlegg på land med stedegen fisk. Dette fordi:

- Investeringskostnadene per m³ merdvolum er lavere enn for lukkede landbaserte anlegg
- Kostnader knyttet til pumping, CO₂-fjerning og oksygenering er eliminert eller sterkt redusert.
- Det er relativt enkelt og lite tidkrevende å sette ut et merdanlegg, sammenlignet med oppbygging av lukkede anleggskonstruksjoner på land
- Det avlede fiskematerialet gir generelt sett mer forutsigbar fiskeproduksjon og jevnere kvalitet på produktet.

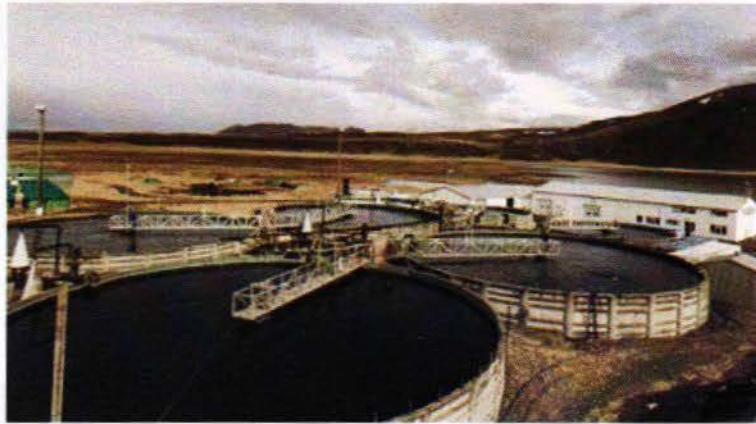
Norge har følgende fortrinn sammenlignet med Sverige:

- Norge har trolig et tyngre fagmiljø innen fiskeoppdrett sammenlignet med svenskene, noe som kan være viktig med tanke på forvaltning, utvikling av nye anlegg og optimalisering av oppdrettsproduksjon.
 - Driftspersonell
 - Teknologileverandører
 - Forvaltningsapparat
 - Utdannings- og FoU-miljøer
- Norske anlegg har trolig lavere risiko for sykdomsutbrudd, rømming og forurensing da norske miljøkrav for innlandsoppdrett er relativt strenge. Dette kan være viktig for å utvikle en robust oppdrettsnæring over tid, og med tanke på good-will fra markedet og opinionen.
- Norge har langt flere markedskanaler og logistikkjeder for oppdrettet fisk, noe som kan være fordelaktig i salgssammenheng.
- Norge har også et godt produksjonsapparat for fiskefôr, selv om disse stort sett fokuserer på oppdrett av laks.

Teknologisk status – Island

I Island produserte man i 2008 ca 3 000 tonn innlandsfisk, først og fremst røye, i gjennomstrømningsanlegg med avløp i sjø. De bruker både ferskvann, brakkvann og sjøvann i anleggene sine. Når vannet slippes ut i sjøen, eller til en næringsfattig resipient, nyttes ingen rensing av avløpsvannet. En aktør produserer ved hjelp av merdteknologi i en lagune.

Islendingene benytter seg av forholdsvis store anlegg (opp mot 1 500 tonn per år) og karstørrelser (opp mot 2 000 m³) i forhold til Norge (figur 8-7). Totalt var det 15 foretak som produserte innlandsfisk i 2008.



Figur 8-7 Islandske røyeanlegg har produksjonskapasitet opp mot 1 500 tonn fisk per år, og man benytter gjennomstrømmingsteknologi og forholdsvis store oppdrettskar plassert utendørs.

Teknologisk status - Danmark

Danskene har drevet produksjon av regnbueørret i jorddammer i mange år, og var en av de første nordiske nasjoner som startet med dette. Den totale produksjonen ligger på ca 30 000 tonn ferskvannsfisk årlig, hvorav storparten av produksjonen omfatter 200 – 300 grams størrelse som porsjonsfisk, 300 – 500 grams fisk til varmrøyking og 1 - 2 kg fisk til røyking og produksjon av kaviar (www.danskakvakultur.dk).

Hvert dambruk (ca 400 stk i Danmark) produserer i gjennomsnitt omlag 80 tonn fisk per år og er fordelt på 150 virksomheter. Antall medarbeidere er oppgitt til ca 700 stk (www.danskakvakultur.dk).

Danmark har også nordens høyeste produksjon av ål, med en produksjon på 2 100 tonn per år basert på 11 virksomheter. Antall medarbeidere i åleproduksjonen er 30 stk (www.danskakvakultur.dk).

Danskene produserer først og fremst i gjenbruksanlegg med CO₂-fjerning der man leder vannet fra en elv gjennom en eller flere jorddammer og rensing før utslipp i resipient. Vannet luftes med padlehjul i jorddammene for å piske inn oksygen og for å luften ut CO₂ (figur 8-8). Stadig flere danske dambruk har tatt i bruk resirkuleringsteknologi de siste årene for å effektivisere sin produksjon (figur 8-9). For å begrense forurensing av næringssalter blir avløpsvannet ofte ført gjennom laguner med rasktvoksende plantevekster som benytter næringssalter fra avløpsvannet.



Figur 8-8 Oversiktsbilde over et dansk dambruksanlegg med padlebjul for fjerning av CO₂ og innmikning av oksygen (Kilde: <http://www.hoven-dambrug.dk>).



Figur 8-9 Oversiktsbilde over et dansk dambruksanlegg (Kongeåens Model Trout Farm) hvor man har tatt i bruk resirkuleringsteknologi for partikkelfjerning og biologisk filtrering av vannet. Anlegget har en årlig kapasitet på 1 000 tonn porsjonsørret (Jokumen & Svendsen 2010).

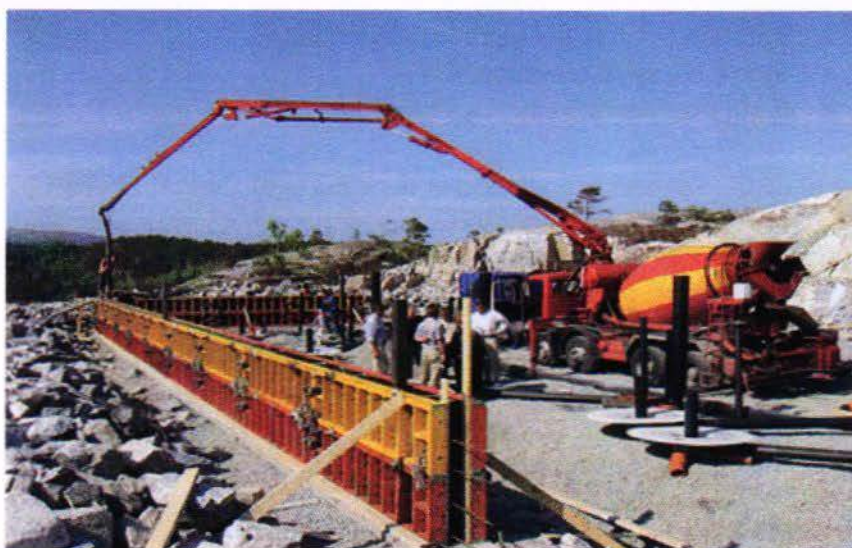
Teknologileverandører til innlandsoppdrett

Det er relativt mange norske teknologileverandører for innlandsoppdrett, da man stort sett kan benytte samme komponenter som for lakseoppdrett (f.eks. oppdrettskar, vannbehandlingsenheter, rørsystem, nødstrømsaggregat, måleinstrumenter, programmerbart og logisk styringssystem (PLS) og lignende).

Hjelpeløsninger som sorteringssystem og slakteutstyr må imidlertid tilpasses den enkelte fiskeart og fiskestørrelse, og her er det gjort forholdsvis lite arbeid i forhold til innlandsoppdrett.

Det er først og fremst komponentleverandører som eksisterer, med leveranser av oppdrettskar, oksygeninnblandingsutstyr, pumper, mekaniske siler og lignende. Det er også 5 – 6 leverandører av resirkuleringsanlegg. De fleste av disse er danske, og det er mulig å kjøpe anlegget nøkkelferdig (turn-key-anlegg). Det er bygget opp forholdsvis mange resirkuleringsanlegg i Europa og i Chile de siste årene, og leverandørene har etter hvert opparbeidet seg et godt erfaringsgrunnlag for bygging av slike anlegg.

Grunnarbeider, teknisk installasjon og oppføring av bygninger blir gjerne utført av lokale entreprenører (figur 8-10).



Figur 8-10 Grunnarbeid for et landbasert oppdrettsanlegg.

Slakterier

Det meste av fisken sløyes og fileteres for hand. Slakteriene holder stort sett god teknisk standard. Mange av dem har egne linjer for foredling. Slakteriene er som oftest knyttet til produsenter av fisken, med unntak av 2-3 anlegg som slakter fisken ved eksternt slakteri 80-90 km unna produksjonsenheten.

8.3 De viktigste utfordringene innen teknologi for innlandsoppdrett

Det er foran gitt en kortfattet beskrivelse av tekniske konsepter og praktisk drift av innlandsoppdrettsanlegg. Beskrivelsen av ulike typer anlegg i dette kapittelet er mer fokusert på vannbehov og vannbehandling. Dette anser vi som viktige faktorer for å påpeke hvilket potensial et framtidig innlandsoppdrett kan ha.

8.3.1 Valg av oppdrettskonsepter

I tidligere tider har oppdrett av fisk i innlandet vært gjennomført i både åpne og lukkede anlegg. Eksempelvis var det oppdrett av regnbueørret i merder Tyrifjorden fram til midten av 1980-åra. I tillegg var det i drift en del oppdrettsdammer der vanntilførselen enten var pumping eller via selvføll gjennom kanal eller rør fra en nærliggende elv. Teknologien som ble brukt i denne

perioden, var enkel og i mange tilfeller konstruert og bygd av oppdretterne selv. Risiko for uønskede hendelser som kunne føre til negative miljøkonsekvenser, var også stor.

Erfaringene fra Tyrifjorden og en del av fiskedammene var forekomst av ukontrollert rømming av fisk, samt spredning av smittsom fiske sykdom fra anleggene. I merdoppdrettet i Tyrifjorden var det mistanke om spredning av parasitten *Gyrodactylus salaris* til det omkringliggende miljøet.

Oppdrettsdammer som lå i nærheten av elvebredd eller ved innsjø, lå i omtrent samme høyde som selve elva eller innsjøen. Disse damanleggene hadde følgelig også stor risiko for oversvømmelse i forbindelse med for eksempel flomperioder. Ved slike tilfeller kunne det forekomme rømming av oppdrettsfisk til vassdraget.

Dagens regelverk for akvakultur har som nevnt i kapittelet om rammebetingelser, spesielt fokus på kontroll med følgende risikofaktorer knyttet til oppdrettsvirksomhet:

- Rømming av fisk fra oppdrettsvirksomheten
- Spredning av fiske sykdommer
- Utslipp av næringssalter og organisk materiale

I tillegg til de tre overnevnte punktene, er det i dag også sterkt fokus på å begrense vannforbruk i vassdrag på en slik måte at naturmiljøet i og nær tilknyttet vassdraget påvirkes minst mulig negativt. Etablering av ny vannressurslov i Norge samt innføring EUs rammedirektiv for vann har hatt og vil få stor innflytelse på hvordan vannkilder kan utnyttes til oppdrett.

Basert på opplysninger som bl.a er fremkommet i dette prosjektet, kan det være til dels store forskjeller mellom ulike lokaliteter hvilke konkrete særkrav et anlegg kan få. Slike særkrav kan styres av flere forhold som f. eks. resipientens beliggenhet og følsomhet for påvirkning. To eksempler er nærliggende å nevne:

Det vil normalt ikke bli gitt tillatelse til oppdrett med avløp til ferskvann i vassdrag der det er oppgang av anadrom fisk (laks, sjørret og sjørøye). Unntaket kan være tillatelse til kultiveringsanlegg for laksefisk.

Det vil normalt heller ikke bli gitt tillatelse til å drive oppdrett i merdanlegg i ferskvann, selv om resipienten kunne tåle relativt stor belastning i form av utslipp av fosfor og nitrogen. Selv om det i etableringsforskriften som gjelder andre arter enn laks og ørret (FOR 2004-12-22 nr 1799) heter at etablering av merdanlegg for settefisk ikke tillates, men ikke gis et slikt forbud mot etablering av matfiskanlegg, er forvaltningspraksis at det ikke blir gitt slik tillatelse.

Dette beror i hovedsak på at man i merdanlegg vanskelig kan etablere så sikre rømmingshinder som det man kan i landbaserte anlegg. Det samme gjelder for lukkede flytende anlegg ("lukkede merdanlegg"). Hvis det oppstår en skade med hull i posen på en lukket merd, vil risikoen være stor for at fisk rømmer fra anlegget. I lukkede merdanlegg er det imidlertid mulig å redusere utslipp av næringssalter, organisk materiale og sykdomsagens gjennom rensing av utløp fra slike systemer.

Med bakgrunn i gjeldende praksis kan vi vanskelig se at nyetablering av merdanlegg i ferskvann, enten de er åpne eller lukket, kan etableres uten at forvaltningspraksis endres (Mattilsynets veileder 2006).

Det synes også som at det i forskjellige regioner i Norge er ulik praksis og forståelse av regelverket, som blant annet har ført til at det er gitt forskjellige maksimalgrenser for biomassetthet ved oppdrett av røye.

I tillegg til egne faglige vurderinger ved saksbehandling, ønsker Mattilsynet å gjennomføre eksterne risikovurderinger ved etablering av oppdrettsanlegg i vassdrag uten oppgang av anadrom fisk.

Skjerpede miljømessige rammebetingelser og dagens forvaltningspraksis for akvakultur i innlandet sett under ett er grunnlaget for å hevde at pr. i dag er eneste form for anlegg som kan anvendes i sammenheng med innlandsoppdrett for produksjon av matfisk lukkede anlegg i kar på land. Det vil i praksis si landbaserte oppdrettssystemer. Med riktig valg av løsninger kan disse sikres med tanke på rømming, reduksjon av utslipp og fare for spredning av sykdom til resipient – altså imøtekomme de prioriterte miljømålene som er nevnt ovenfor.

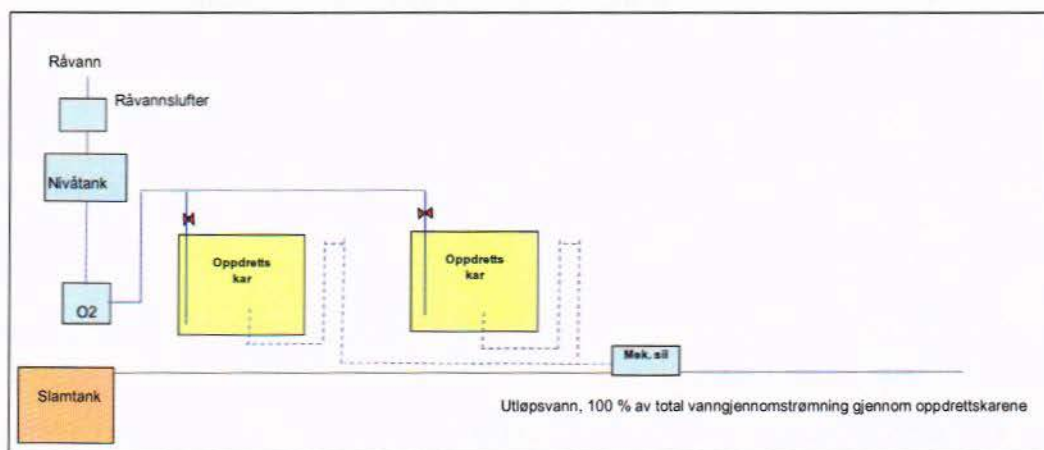
8.3.2 Ulike typer landbaserte anlegg

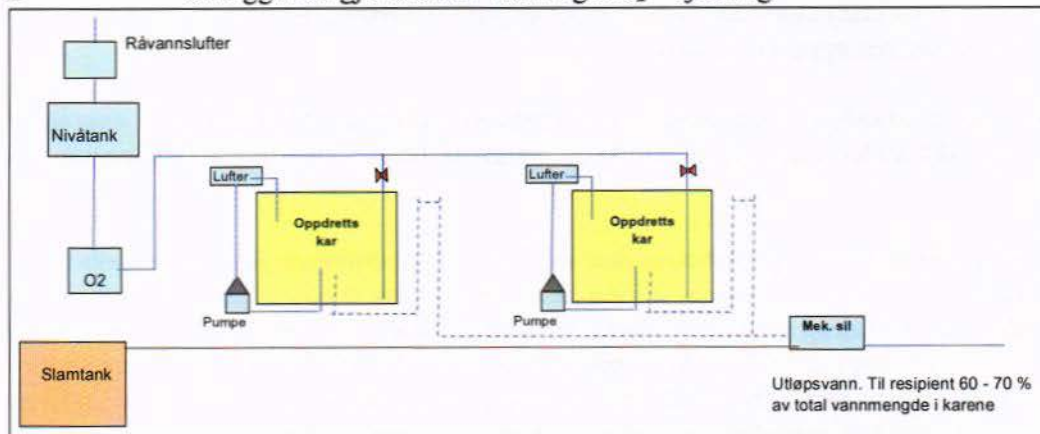
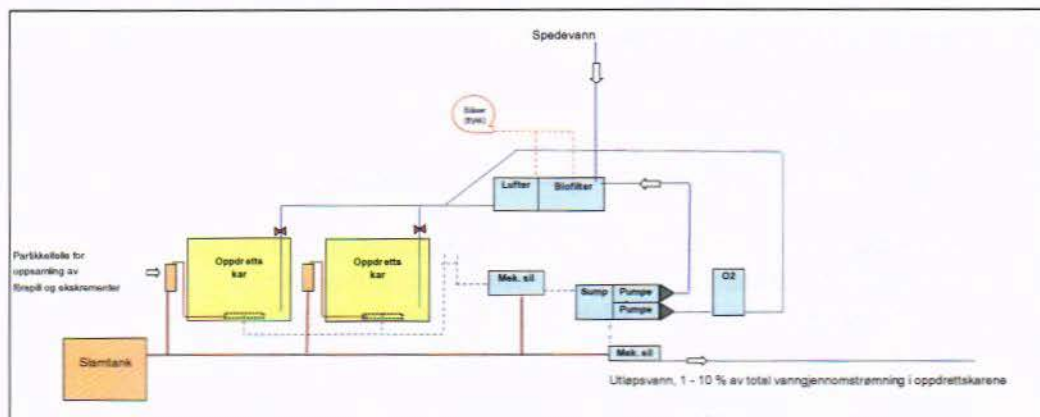
Man har i praksis 3 ulike typer landbaserte anlegg:

- a) Gjennomstrømningsanlegg
- b) Anlegg med gjenbruk av vann og CO₂ – fjerning
- c) Anlegg med resirkulering og omfattende vannbehandling

Disse anleggene har varierende grad av teknisk kompleksitet, grad av vannbehandling og vannforbruk. Figur 8-11 illustrerer skjematisk hvordan de ulike anleggene er bygd opp med angivelse av vannstrømmer og teknologiske komponenter for vannbehandling.

A Gjennomstrømningsanlegg



B Anlegg med gjenbruk av vann og CO₂ – fjerning

C Anlegg med resirkulering og omfattende vannbehandling


Figur 8-11 Skisse av prinsipiell konstruksjon for et gjennomstrømningsanlegg (A), anlegg med gjenbruk av vann (B) og resirkulering (C).

Gjennomstrømningsanlegg

I Norge har bruk av gjennomstrømningsanlegg vært den dominerende driftsmåten for oppdrettsanlegg på land. Hovedkjennetegnet for disse anleggene er at alt tilført vann til anlegget brukes bare en gang før det går til resipient via avløp. I praksis betyr dette at vannets oppholdstid i anlegget kun bestemmes av tilført nytt vann.

I et gjennomstrømningsanlegg er omfanget av vannbehandling gjerne svært begrenset og kan bestå av:

- Lufting av inntaksvann for å hindre overmetning av nitrogengass og evt. for tilførsel av oksygen.
- Tilførsel av rent oksygen for å begrense vannbehov i perioder med rask vekst av fisk og høy biomasse.
- Oppvarming av råvann i sammenheng med klekking av rogn og startfôring. Slik oppvarming benyttes bare på en liten del av vannforbruket og anvendes på små fisk da vannbehovet er begrenset pga liten biomasse.
- I noen sammenhenger kan det være aktuelt å justere pH i inntaksvannet for å hindre skadevirkninger av for surt råvann. Ulike alkaliseringsmidler kan brukes; for eksempel ulike typer kalk.

Vannbehov i et oppdrettsanlegg bestemmes av det vi kaller begrensende vannparametere. Disse er forenklet (i rekkefølge):

- Fiskens tilgang på oksygen i vannet
- Konsentrasjon av fritt CO₂ i vannet
- Konsentrasjon av ammonium/ammoniakk i vannet

For å forklare denne rekkefølgen av begrensninger, kan vi først gå ut fra et kar der det er rikelig med vann tilgjengelig, slik at fiskens oksygenforbruk er dekt gjennom tilført råvann. Hvis man da reduserer tilførsel av vann til karet, vil fiskens tilgang på oksygen via tilført vann bli den først begrensende vannkvalitetsparameteren. For å løse dette, kan man tilsette rent oksygen til vannet, og kan dermed redusere vanntilførselen ytterligere. Neste begrensende parameter vil være avfallsstoffet CO₂. Dette skyldes at fisken skiller ut CO₂ til vannet, og konsentrasjonen av dette avfallsstoffet vil øke etter hvert som man reduserer vanntilførselen. Hvis man så i tillegg til oksygentilsetning også fjerner CO₂ fra vannet i karet via vannbehandling, vil neste begrensende vannparameter være ammonium. Grenseverdi for ammonium settes som et resultat av at man ikke ønsker at konsentrasjonen av ammoniakk skal overstige en antatt sikker grense på 12 – 15 µg/L.

I følge driftsforskriften (FOR 2008-06-17 nr 822) er grensebetingelsene for de ovenfor nevnte begrensende vannparametrene:

Oksygen:	minimum 80 % metning i kar eller avløp
Karbondioksid:	maksimum 15 mg/L (som fritt CO ₂)
Ammonium:	maksimum 2 mg/L

Disse grenseverdiene er i utgangspunktet allmenngyldige for driftsforskriftens virkeområde. Vi har ikke opplysninger om det vil bli stilt spesielle krav ved oppdrett av andre arter enn laks og ørret. De generelle formuleringer i driftsforskriften vil uansett gjelde her:

”Fisk skal til enhver tid ha tilgang på tilstrekkelige mengder vann av en slik kvalitet at fiskene får gode levekår alt etter art, alder, utviklingstrinn, vekt, og fysiologiske og adferdsmessig behov, og ikke står i fare for å bli påført unødige påkjenninger eller skader, herunder også senskader som deformiteter.

Vannkvaliteten og vekselvirkningene mellom ulike vannparametere skal overvåkes etter behov. Ved fare for skade eller unødige påkjenninger skal effektive tiltak iverksettes.

Mengden metabolske avfallstoffer akkumulert i vannet skal være innenfor forsvarlige grenser.”

Beskrivelsen ovenfor av begrensende vannparametere er forenklet, men den illustrerer godt nok hva som er de normale grensebetingelsene for reduksjon i vannforbruk ved produksjon av fisk i karsystemer, nemlig oksygen, karbondioksid og ammonium.

Fiskens oksygenforbruk i et gjennomstrømningsanlegg dekkes av en blanding av det oksygenet som er i råvannet og via tilsatt ren oksygen. I perioder med høy temperatur og/eller høy biomasse i anlegget vil mestedelen av fiskens oksygenforbruk baseres på tilført oksygen. I perioder med lav temperatur eller liten biomasse kan mesteparten av oksygenforbruket baseres på oksygen som kommer med vannet som tilføres anlegget.

Anlegg med gjenbruk av vann og CO₂ – fjerning

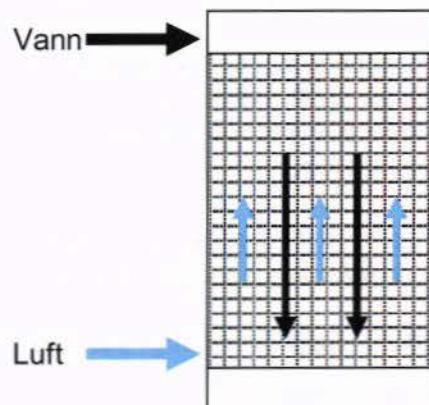
Dette er i praksis gjennomstrømningsanlegg som har redusert vannbehovet i produksjonen ved i tillegg til oksygenering også å fjerne CO₂ fra oppdrettsvannet med bruk av lufteteknologi (figur 8-13).

Begrepet "gjenbruk av vann" bruker vi som betegnelse på at noe av vannet i fiskekarene resirkuleres via en lufteprosess før det føres tilbake til samme fiskekar. Det er laget mange ulike utforminger av anlegg med gjenbruk av vann, og de fleste er konstruert med bakgrunn i et gjennomstrømningsanlegg hvor det tidligere ikke var lufting for CO₂ – fjerning. Det er i hovedsak anlegg for produksjon av smolt/settefisk som benytter denne driftsformen i dag.

Mht lufteteknologi finnes mange å velge mellom, og de baserer seg på ulike lufteprensipp:

- innblåsing av luft i vann (for eksempel diffusorlufting)
- ulike typer luftekolonner hvor vannet pumpes over en rislekolonne fylt med et plastmateriale
- ejetorluftere hvor vann blandes med luft ved undertrykk i en ejetor

Den typen luftere som har vist seg å være blant de mest effektive mht CO₂ – fjerning og energiforbruk, er de såkalte motstrøms luftekolonner (figur 8-12). I disse enhetene tilføres vann på toppen av luftenheten og risler ned gjennom et plastmateriale som fordeler vannet. I bunnen av luftenheten tilføres luft fra en vifte. Luften går motsatt vei i forhold til vannet, altså oppover i enheten. Systemet kalles en motstrøms strippekolonne (Grace and Piedrahita, 1994), og antas å være de mest effektive luftesystemene man har i dag for fjerning av CO₂. I praktiske forsøk har denne typen luftere vist seg å fjerne ca 50 % av fritt CO₂ ved hver passasje med en CO₂ - konsentrasjon før lufting på ca 10 mg/L (Bergheim, 2009).



Figur 8-12 Skjematisk illustrasjon av motstrøms luftekolonne for CO₂ – fjerning. Vann (svarte piler) tilføres i toppen av kolonnen hvor det risler ned gjennom et luftemedium bestående av plastmateriale. Luft (blå piler) tilføres i bunnen av enheten og strømmer oppover (motstrøms vannet).

I og med at det finnes mange ulike typer luftere, er også monteringen av dem i anlegget gjort på ulik måte. Noen luftere er plassert utenfor oppdrettskarene og vannet pumpes fra karet over i luftenhetene og renner tilbake med selvføll. Diffusorluftere er oftest plassert inne i selve karvolumet og vann og luft sirkulerer gjennom lufteren ved hjelp av det såkalte mammutpumpeprinsippet.

I anlegg med lufting for å fjerne CO₂ vil vannets innhold av ammonium i teorien bli den begrensende vannkvalitetsparameteren som dirigerer minimumsbehovet for vann. Dette forutsetter imidlertid at lufteteknologien som brukes for å fjerne CO₂ er så effektiv at man kan komme opp i begrensende konsentrasjon av ammonium – dvs. 2mg/L ifølge driftsforskriften.

Det har imidlertid vist seg at mye av den lufteteknologien som anvendes i anleggene, kun har begrenset effektivitet til å fjerne CO₂. Derfor blir gjerne CO₂ den parameteren som fortsatt er den begrensende også i disse anleggene. Potensialet for reduksjon av vannforbruk i anlegg med gjenbruk av vann er imidlertid bestemt av konsentrasjonsgrensen for ammonium.

Vannforbruket i anlegg med gjenbruk av vann og CO₂ – lufting vil være betydelig redusert i forhold til hva det er i et gjennomstrømningsanlegg hvor det kun anvendes oksygen for å begrense vannbehovet. Vannbehovet er likevel så høyt at det ikke vil være økonomisk forsvarlig å varme opp tilført vann om vinteren for å oppnå raskere vekst hos fisken. Dette vil si at også i denne anleggstypen er temperaturen i oppdrettskarene bestemt av temperaturen i vannkilden.

Anlegg med resirkulering og omfattende vannbehandling

Vi har i denne korte gjennomgangen skilt mellom begrepene "gjenbruk av vann" og "resirkulering". Denne distinksjonen har vi innført for å skille to prinsipielt ulike former for driftstrategier ved oppdrett av fisk i anlegg med behandling av vann. På engelsk bruker man i dag gjerne begrepene "reuse" for gjenbruk og "recirculation" for resirkulering. Hovedforskjellen mellom disse to anleggstypene ligger i omfanget av vannbehandling for å redusere vannbehovet.

Med bakgrunn i overnevnte kan man kortfattet si at anlegg med resirkulering har biofilter som en del av vannrenseenhetene, mens anlegg med gjenbruk av vann ikke har biofilter. Anlegg med gjenbruk av vann fjerner kun CO₂ og evt. nitrogenovermetning via lufting samt tilfører rent oksygen for å redusere vannbehovet.

I et resirkuleringsanlegg er vannbehandlingen betydelig mer omfattende enn i de to forannevnte typene anlegg, og inkluderer minst følgende prosesser:

- partikkelfjerning for resirkulert vann fra oppdrettskar
- biologisk vannbehandling i et biofilter for å fjerne ammonium/ammoniakk og oppløst organisk stoff i resirkulert vann
- fjerning av CO₂ ved lufting
- alkalisering for å opprettholde pH og alkalitet innenfor gitte anbefalinger
- temperaturkontroll for å holde gunstig driftstemperatur for den biologiske renseprosessen i biofilteret
- i anlegg med svært lavt vannforbruk vil det være enheter for å fjerne nitrat fra resirkulert vann (denitrifikasjon).

Sistnevnte punkt (denitrifikasjon) er lite brukt, og vil være lite aktuelt for norske forhold. Alle de andre vannbehandlingsprosessene er normalt inkludert i et resirkuleringsanlegg uansett type.

Resirkuleringsanlegg er en ennå lite benyttet teknologi i Norge, men er mye benyttet i andre land f. eks Danmark. Utviklingen de senere årene med sterkt økende etterspørsel etter settefisk av laks og ørret til havbruksnæringen, sammen med begrenset vanntilgang til slik produksjon, har gjort at resirkulering i dag er et mer naturlig valg. Samtidig er det viktig å påpeke at den motstand man tidligere opplevde i havbruksnæringen mot bruk av resirkulering, også synes å ha snudd. Bruk av resirkulering er nå mye mer akseptert, og det antas at i framtiden kan dette bli en vanlig driftsform

også i Norge. Noe av dette skyldes at det har vært en betydelig utvikling av kunnskap og teknologiske løsninger som gjør at effekten av vannbehandlingsprosessene står i forhold til det anleggene skal være dimensjonert for (Summerfelt et al.) 2004)

Vi skal ikke i denne sammenheng gå inn i detaljene knyttet til vannbehandlingsprosesser i resirkuleringsanlegg, men bare noen sentrale forhold knyttet til et biofilter. Ved hjelp av dette biofilteret eliminerer man i praksis ammonium som begrensende vannparameter for vannforbruket. Dette skjer ved at ammonium (NH_4^+) omsettes til nitrat (NO_3^-) i biofilteret ved en biologisk prosess som kalles nitrifikasjon. Denne kan forenklet beskrives på følgende måte:



Omsetningen av ammonium til nitrat forestås av en bakteriegruppe som kalles nitrifiserende bakterier. Disse finnes over alt i jord og vann og er en naturlig del av bakteriefloraen i et oppdrettsanlegg. Bakteriene må derfor ikke tilsettes for at de skal etableres i biofilteret.

Det kan tenkes mange ulike måter å fjerne ammonium fra vann – både fysiske og kjemiske. Av ulike årsaker er det bare den biologiske metoden ved bruk av nitrifikasjon i et biofilter som i dag er aktuell i akvakultur.

Siden nitrifikasjon er en biologisk prosess, og den påvirkes av mange fysiske, kjemiske og biologiske vannkvalitetsfaktorer, er riktig design og drift av resirkuleringsanlegg svært vesentlig. Det fokuseres mye på at biofilteret skal ha best mulig driftsbetingelser. Dette betyr i praksis at det legges stor vekt på effektiv partikkelfjerning (forrester og ekskrementer) fra oppdrettskarene, god kontroll med føring, god hydraulisk utforming av systemene, kontroll med temperatur og justering av pH/alkalitet.

Nye typer biofiltermedia har blant annet medført at anleggene er blitt vesentlig mer kompakte enn før (Rusten et al., 2006). Summerfelt et al. (2004) har gitt en gjennomgang av resirkuleringsteknologi for produksjon av arktisk røye og styrker/svakheter i anlegg som er bygget for kommersiell produksjon av røye. I denne sammenheng blir det fremhevet noen hovedpunkter som har ført til at resirkulering i dag kan anses som en effektiv og forutsigbar metode for oppdrett av denne arten:

- Riktig hydraulisk utforming av kar- og rørsystem
- Høy gjennomstrømming av vann (dvs. resirkulert vannstrøm) for å oppnå effektiv vannbehandling
- Effektive silsystemer (mikrosiler) for fjerning av partikler (fôr og ekskrementer) fra resirkulert vann
- Effektive luftesystemer for å holde CO_2 – nivået lavt
- Nye biofiltermedier som gir forutsigbar drift og kompakte anlegg

I dag er det en klar trend som går mot å bruke såkalte ”moving bed” bioreaktorer (MBBR) som biofilter. Denne teknologien er utviklet med tanke på å optimalisere forholdene for biologisk vannrensing i en bioreaktor og dermed oppnå god vannkvalitet i systemene.

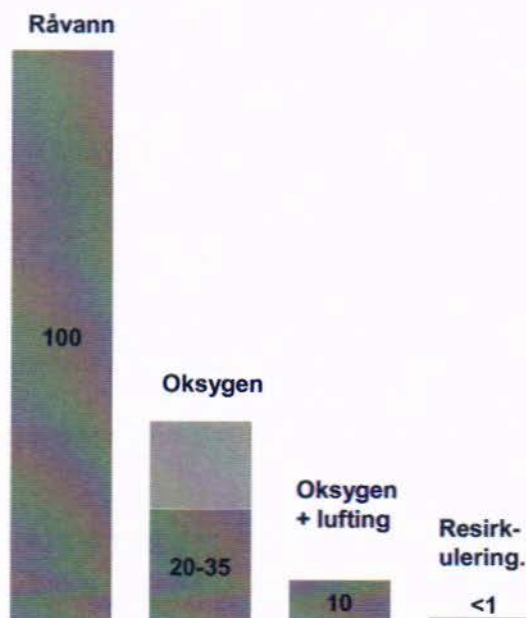
Sammenligning av vannforbruk i de 3 ulike anleggstypene

Med bakgrunn i de korte beskrivelsene av de 3 ulike anleggstypene har vi beregnet omtrentlig spesifikt vannbehov man kan forvente ved oppdrett av laksefisk. Vi har da gått ut fra produksjon av smolt av laks som illustrasjon, og gått ut fra de begrensende vannparametrene som beskrevet ovenfor:

Oksygen:	minimum 80 % metning i avløp
Karbondioksid:	maksimum 15 mg/L som fritt CO ₂
Ammonium:	maksimum 2 mg/L

I gjennomstrømningsanlegget beregnes vannbehovet direkte ut fra begrensende vannparametere. I et resirkuleringsanlegg derimot har man egentlig ingen begrensende vannparameter, siden man i denne anleggstypen kan ta fullstendig kontroll med vannkvaliteten ved en effektiv vannbehandling. I slike anlegg blir derfor vannbehovet en *valgt* størrelse ut fra den teknologien man har og hvilken oppholdstid man velger for vannet i anlegget.

Figur 8-13 illustrerer en sammenligning av vannbehov i de 3 anleggstypene dersom man velger vanntilførsel uten oksygenering – dvs. kun råvann - som referanse (100 %). Som figuren illustrerer, vil man ved kun bruk av oksygen, redusere vannbehovet til mellom 1/5 og 1/3 av vannbehovet ved kun bruk av råvann. Hvis man i tillegg til oksygenering også bruker lufting for å fjerne CO₂, vil vannbehovet bli ca 1/3 av det man har ved oksygenering.



Figur 8-13 Illustrasjon av vannbehov med ulik type vannbehandling. Verdiene på stolpene er angitt som prosent av vannbehovet ved kun bruk av råvann som referanse (100 %).

I et resirkuleringsanlegg vil vannbehovet bli svært lavt sammenlignet med de to andre alternativene. Med denne teknologien kan man i realiteten *velge* vannforbruk ut fra kapasiteten i vannbehandlingen og komme godt under 1 % av vannbehovet ut fra vannbehovet man har i et gjennomstrømningsanlegg uten oksygentilsetting (referanseverdien).

8.3.3 Tekniske forhold for å ivareta prioriterte miljømål

De prioriterte miljømålene knyttet til sikring mot rømming, sykdomskontroll og begrenning av utslipp krever fokus på spesielle tiltak og tekniske løsninger på anleggene for å kunne oppfylle disse målene.

Rømming

Mht tiltak mot rømming har Fiskeridirektoratet nå hatt en kampanje på dette området innen norsk havbruksnæring, og hovedpunktene i dette er gjengitt her.

I et landbasert anlegg vil det være gode muligheter for å bygge inn effektive og sikre tekniske løsninger som kan forhindre at levende fisk forlater anlegget på en ukontrollert måte.

I dag kreves at det er minst to fysiske hindre som følger etter hverandre i et landbasert anlegg. Dette vil som regel være siler over avløpet i selve oppdrettskarene og et system av rister og/eller siler i avløp før utslipp til resipient. Hensikten med å ha to hindre i rekke, er at dersom det ene svikter, skal det andre være god nok sikring inntil man kan få reparert det defekte og igjen oppnå dobbel sikring.

Systemer som skal hindre rømming må ha regelmessig tilsyn og oppfølging for å kunne fungere. I tillegg må de ha tilstrekkelig kapasitet dersom en krisesituasjon skulle oppstå. Dette kan eksempelvis være at det oppstår plutselig massedød i et oppdrettskar, og utløpssilen i karet bryter sammen under presset av dødfisk. Da kan store mengder dødfisk sammen med fisk som fortsatt er i live, kunne gå ut i avløp. Under slike forhold er det viktig med en utløpssil (end-of pipe) som har kapasitet til å holde tilbake fisken slik at den ikke går ut i resipient. Hvis avløpssilen i karet ikke bryter sammen, men karet i stedet flommer over, vil store mengder fisk kunne flyte ut over anleggsområdet og gjenlevende fisk kunne nå ut i resipient.

Oversvømming av anleggsområde kan også skje ved at oppdrettskar revner og alt vann og fisk flyter utover. For å hindre rømming ved oversvømmelse av område rundt karsystemer, har mange anlegg fått pålegg om å bygge ringmur med ca 1m høyde rundt hele anleggsområdet for oppdrettskar. Hvis anlegget er plassert i en bygning, vil dette fungere som "ringmur".

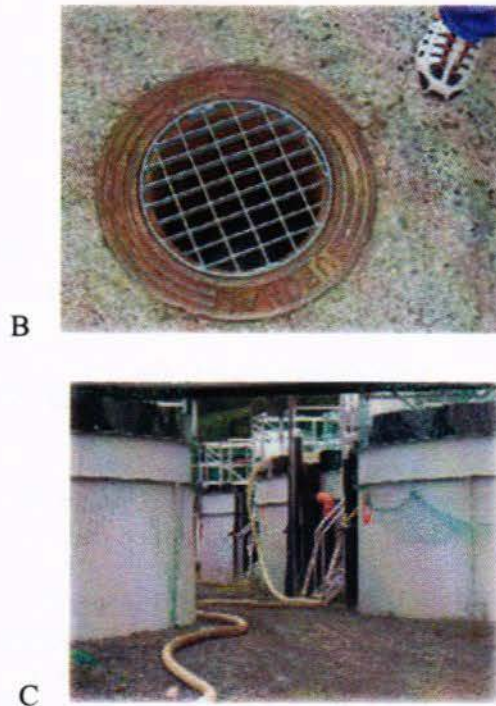
Hinder mot rømming vil være en kombinasjon av gode rutiner sammen med opprettelse av fysiske hinder. Slike hinder vil imidlertid ikke være tilstrekkelig dersom man under ulike arbeidsoperasjoner "tar snarveier". Ukontrollert rømming ved lasting, lossing, transport og intern transport av fisk i anlegget er eksempler på negative hendelser som gjerne er en følge av rutinesvikt.

Figur 8-14 viser eksempler på forhold i landbaserte anlegg som øker risiko for ukontrollert rømming.

Det er settefiskanlegg knyttet til havbruksnæringen som til nå har vært best dokumentert. Det er imidlertid ingen prinsipiell forskjell mellom settefiskanlegg og andre landbaserte anlegg, f eks for oppdrett av innlandsfisk (Anita Wiborg, pers.) medd.)



A



Figur 8-14 Eksempler på forhold som øker fare for ukontrollert rømming.

- A. Kar som står i fare for å sprekke
- B. Slukrister med for store åpninger i gitteret
- C. Svake og/eller uoversiktlige fisketransportsystemer

Kontroll mot inntak og spredning av fiskesykdommer

Kontroll mot inntak, utbrudd og spredning av smittsomme fiskesykdommer må foregå på flere plan i driften av et oppdrettsanlegg. Mange av vurderingene knyttet til dette vil være avhengig av opphavet til det biologiske materialet i anlegget. Hvis anlegget tar inn fisk fra det lokale vassdraget i form av villfanget fisk, vil smittestatus i et oppdrettsanlegg være omtrent den samme som i vassdraget for øvrig. Hvis anlegget har eget klekkeri, kan smittestatus i anlegget bedres ved at befruktete egg kan desinfiseres før innlegg i klekkeri.

Ved inntak av biologisk materiale fra andre regioner, for eksempel ved innkjøp av rogn, yngel eller settefisk, vil vaksinestatus, sykdomshistorie for leverandøranlegg og kontroll med gjeldende parti egg eller yngel (attestering) være avgjørende. Dette er likevel ingen garanti mot inntak av smitte. Det er umulig å dokumentere at en gruppe av fisk er uten smitte. Man kan bare angi som sannsynlig at smitte ikke forekommer ved at ingen smitte er påvist ved kontroll.

For å unngå utbrudd av sykdom i anlegget, vil betydningen av godt oppdrettsmiljø for fisken være mest sentralt. Stressende driftsoperasjoner (f eks håndtering), ugunstig vannkvalitet som følge av høy biomasse, dårlig vannbehandlingssystem eller andre forhold som gir belastninger for fisken, kan forårsake sykdom. Ved drift av oppdrettsanlegg er det et krav om rutinemessig helsekontroll utført av autorisert personale for kunne oppdage evt. forekomst av smitte samt opparbeide en smittestatus for anlegget (FOR 2008-06-17 nr 822). I tillegg er det krav om at ulike avdelinger i anleggene skal ha adgangskontroll via smittesluser med skifte av arbeidstøy og fottøy.

Vi kan angi følgende tiltak som de viktigste for å ha kontroll med sykdom i landbaserte anlegg:

- Kontroll via inntak av biologisk fiskemateriale (egg, yngel, settefisk)
- Driftsrutiner i anlegg og nedvask og desinfeksjon mellom ulike fiskegrupper
- Generasjonsskiller
- Sikring mot inntak av smitte via vannforsyning
- Sikring mot spredning av smitte via avløp

Smittekontroll via inntaksvann er mulig via desinfeksjon, og den vanligst benyttede metoden er UV-bestråling. Ozonering brukes i liten grad i Norge, men er mer benyttet i andre land, f.eks. USA. Desinfeksjonseffekt er i stor grad bestemt av vannkvalitet i inntaksvann. For UV-behandling er vannets fargetall og transmisjon avgjørende for hvor mye energi som må til for å oppnå en gitt effekt. Etter vår kjennskap er det ingen anlegg som i dag har krav om desinfeksjon av avløpsvann før utslipp i resipient.

Anleggene for oppdrett av regnbueørret i Valdresregionen har krav om kontroll mot utslipp av *Gyrodactylus salaris* ved at alt vannet skal siles med maksimal maskevidde 40 µm før utslipp.

Mulighet for effektiv desinfeksjon henger nøye sammen med mengden vann som skal desinfiseres. Redusert vannforbruk betyr mindre vannvolum som skal behandles og følgelig bedre mulighet for effektiv behandling. Sannsynlighet for kontroll mot inntak og spredning av smitte via vann er derfor god i anlegg med resirkulering, mens man kan betrakte den som begrenset eller dårlig i anlegg med gjennomstrømming og stort vannforbruk.

Kontroll med utslipp av næringsalter

Utslipp av organisk stoff fra oppdrett kommer i form av partikulært materiale og oppløste stoffer i vannet. Dette kan kalles fôr-relatert utslipp. Begrensning av denne typen utslipp ved rensing av avløpsvann fra akvakulturanlegg er kun aktuelt ved fjerning av partikulært materiale. Fjerning av oppløste stoffer er ikke aktuelt da dette ville bli uforholdsmessig kostbart med dagens teknologi. Imdertid vil man kunne oppnå ressursøkonomiske og økologiske fordeler ved integrert landbasert oppdrett i en regional sammenheng som beskrevet i kapittel 7.7.

Ett unntak er anlegg med intensiv resirkulering – dvs. meget lavt vannforbruk og bruk av denitrifikasjon. I denne prosessen fjernes nitrat fra vannet ved omdanning til nitrogengass i en biologisk prosess. I tillegg kan man også betrakte heterotrof vekst i et biofilter som en form for fjerning av oppløst organisk stoff i vann siden det oppløste stoffet i denne sammenheng omdannes til biomasse (biofilm) i biofilteret.

Sindilariu (2007) har systematisk gått gjennom de prinsipielle måtene å begrense fôr-relatert utslipp fra produksjon av fisk, og dette kan kortfattet beskrives som følger:

- Bruk av fôr med god ernæringsmessig kvalitet og god tilgjengelighet av næringsstoffene i spist fôr
- Bruk av fôr med teknisk god kvalitet, gode sveveegenskaper, lite fôrstøv og lite lekkasje av næringsstoffer til vannet
- Tildeling av riktig mengde fôr i forhold til fiskemengde og appetitt
- God vannhydraulikk i oppdrettskar som muliggjør rask transport av partikler ut fra oppdrettskarene
- Fjerning av partikulært materiale fra avløpet ved hjelp av mikrosil eller annet partikkelfjerningssystem (figur 8-15)



Figur 8-15 Eksempel på mikrosil som benyttes til rensing av avløp.

De tre første punktene nevnt ovenfor bidrar til å redusere total mengden av partikler og oppløste stoffer som dannes, og som potensielt utgjør maksimalt utslipp fra virksomheten. De to siste punktene bidrar til å fjerne det som faktisk blir generert av partikler i sammenheng med føring. Med sin store hydrauliske kapasitet og relativt god renseseffekt, er bruk av mikrosiler (figur 8-16) er i dag den dominerende metoden for rensing av avløp.

Dokumentasjon av renseseffekt ved rensing av avløp fra landbasert oppdrett med mikrosiler har vist at man må forvente store variasjoner i renseseffekter bl. a. som følge av vannets innhold av partikler før rensing (Begheim og Brinker, 2003, Bregnballe 2009):

Suspendert stoff (SS)	6 – 95 %	(65 %)
Organisk stoff (BOD5)	0 – 50 %	(60 %)
Totalnitrogen (TotN)	0 – 28 %	(20 %)
Totalfosfor (Tot-P)	30 – 60 %	(50 %)

Verdiene angitt i parentes er forventede gjennomsnittsverdier. Variasjonene i renseseffekter skyldes at konsentrasjoner av partikler i hovedavløp fra anlegg med stort vannforbruk gjerne er meget lavt og varierende. Fra vann med lavt innhold av partikler oppnås lav renseseffekt når dette regnes i prosent. Omvendt gjelder når vannforbruket i anlegget er lavt som følge av omfattende vannbehandling, og avløpsvannet som kommer ut fra anlegget, er mer konsentrert før rensing i mikrosiler.

Ved bruk av delt avløp fra karsystemene, har det vist seg mulig å oppnå tilsvarende like god rensing av avløp med bruk av hvirvelseseparator (dvs. sedimentering) sammenlignet med bruk av mikrosil på hovedavløp. Dette er vist både for liten laks i ferskvann (Ulgenes og Eikebrokk, 1999) og for brunørret og røye opp til ca 250 gram (Ulgenes og Lundin, 2003). Effekt av delt avløp og partikkelrensing fra avløp er også dokumentert av Schei (2008) i et anlegg med gjennomstrømming og delt avløp i store kar for smoltproduksjon.

Prinsippet med delt avløp ser ut til å gi meget gode renseseffekter med relativt enkle midler samtidig som man oppnår relativt høyt tørrstoffinnhold i slam som produseres på denne måten. Slike rensemetoder for landbaserte systemer, evt. i kombinasjon med bruk av mikrosiler for å vurdere hvilket minimumsutslipp man med enkle midler kan nå, er lite undersøkt.

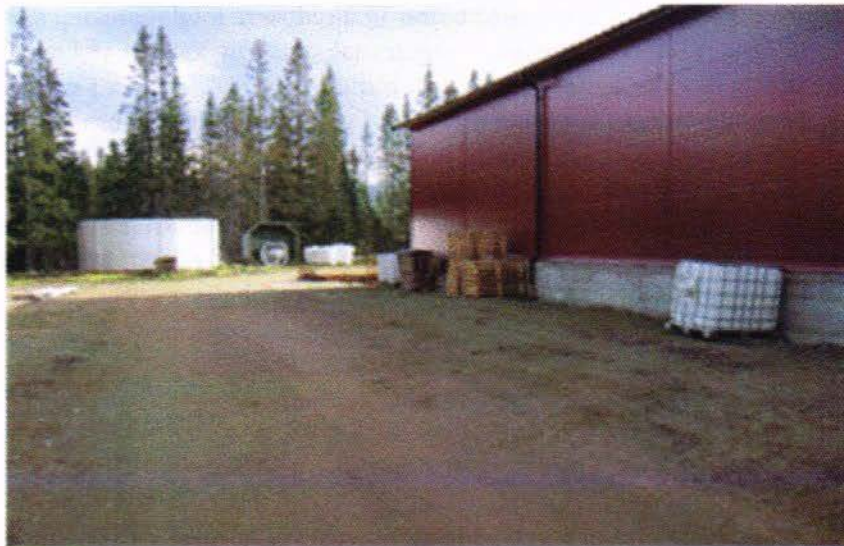
Ved rensing av avløp fra fiskeoppdrett produseres et slam som må behandles videre (ca 1,25 liter per kg fiskefôr, tørrstoffinnhold 5 - 7 %). Som minstekrav må slammet hygeniseres, dvs. at eventuelle patogener i slammet må inaktiveres. En enkel metode for hygenisering kan være tilsetning av ulesket kalk (CaO) for å heve pH i slammet til over 11. Kalkbehandling vil også føre til at slammet blir stabilt og det kan benyttes som gjødsel eller jordforbedring (Bergheim og Brinker, 2003).

Utslipp av medisiner og kjemikalier

Ved oppdrett av fisk i landbaserte systemer brukes kjemikalier til ulike formål:

- Rensing og vasking av kar
- Desinfeksjon av kar og rørsystem mellom sesonger eller generasjoner av fisk
- Kurativ eller forebyggende behandling mot ektoparasitter (formalin)

I tillegg kan det brukes ulike typer medisiner ved påvisning av enkelte typer sykdom.



Figur 8-16 Slamtank fra oppdrettsanlegg for innlandsfisk, plassert utendørs.

Kontroll med slakteavfall og dødfisk

Oppsamlet dødfisk fra oppdrettsenheter skal håndteres med tanke på å sikre mot at eventuelle fiskepatogener kan spres med dødfisken. Den vanligste metoden for håndtering av dødfisk er ensilering som består i oppmaling av dødfisk og tilsetning av maursyre til en stabil pH på ca 4 i ensilasjen. Slik ensilasje kan benyttes som ingredienser i fôr til annen fisk enn samme art som dødfisken eller til pelsdyrfôr.

Ved slakting og sløyging av fisk produseres biprodukter i form av slo og evt. avskjær. Tatt rett fra produksjonslinjen for oppdrettsfisk vil disse biproduktene ha en ferskhetsgrad lik den spiselige delen av fisken, og kan dermed inngå i en produksjon av høykvalitets biprodukter i form av f eks olje og protein. Slik direkte utnyttelse av høykvalitets biprodukter fra fiskeslakterier og foredlingsanlegg er begynt å bli vanlig ved større anlegg, mens man ved mindre anlegg må ensilere biproduktene for mellomlagring på tank.

8.4 Strukturelle muligheter innen teknologi

8.4.1 Størrelser og mulighet for industriell skala

Vurderinger av lønnsomhet ved produksjon av rund fisk som råvare i landbaserte systemer, viser at det ikke er økonomisk bærekraftig eller kun marginalt bærekraftig å drive produksjon i små eller mellomstore anlegg. Grensen for størrelse av anlegg beror på flere faktorer, men de viktigste er investeringsnivået, produsert mengde fisk pr m^3 oppdrettsvolum og oppnådd pris pr kg produsert vare. Dette er grundigere omtalt på annet sted i rapporten.

For å kunne etablere store produksjonsanlegg i innlandet, vil det være en forutsetning at anlegget begrenser vannforbruket, har lavt utslipp og har mulighet for høy produksjon pr m^3 oppdrettsvolum. Disse forutsetningene henger sammen gjennom at lavt vannforbruk i praksis betyr resirkulering med høyere investering pr m^3 enn i et gjennomstrømningsanlegg med mindre omfattende vannbehandling. Mht høy pris på produkt kan dette enten være høy pris for rund fisk som kan betegnes som råvare til videre foredling, eller man kan oppnå høy pris ved at fisken foredles ved anlegget og selges som ferdig foredlet markedsvare.

Ved å etablere større anlegg ligger det an til flere følgefördeler, for eksempel bedre utnyttelse av personellressurser (flere tonn per årsverk), rasjonaliseringsmuligheter når det gjelder klekking og slakting av fisk, og større mengder biprodukter fra slakting og foredling med mulighet for å etablere bedrifter for utnyttelse av dette. I tillegg vil store anlegg også produsere betydelige mengder slam fra rensing av avløp. Dette kan gi bedre muligheter for økonomisk utnyttelse av slam til bioenergi og jordbruksformål (er behandlet på annet sted i rapporten).

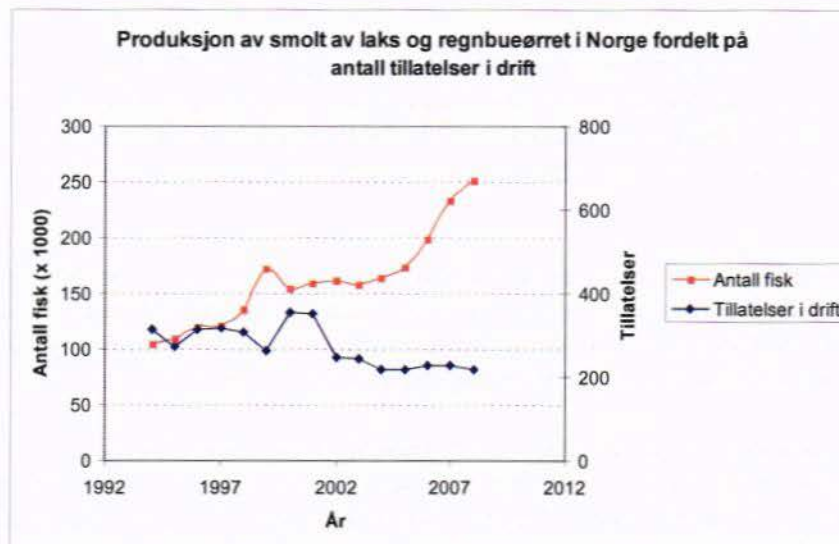
Etablering av større anlegg i industriell skala vil også ha den fordelen at man da kan benytte relativt store produksjonskar ($> 500 m^3$ oppdrettsvolum, figur 8-17). Slike kar vil normalt sett være billigere å drive enn mindre kar, både fordi store kar er billigere pr m^3 oppdrettsvolum i innkjøp, men også fordi man får mer fisk per enhet og færre servicepunkter for røkterne å følge med på.

Overgang til større og mer kostnadseffektive anlegg er en trend som har pågått innen smoltproduksjon til havbruksnæringen over mange år. Siden midten av 90-tallet har det vært en betydelig omstrukturering til stadig større anlegg og mer fisk produsert pr årsverk og år, og de produserer stadig mer fisk per anlegg og per årsverk (figur 8-18).

Med større anlegg kommer behovet for automasjon og effektivisering av en del arbeidsprosesser i oppdrettsanleggene. Her vil det være mye som kan overføres fra en veletablert havbruksnæring for laks og ørret mht løsninger for logistikk, fisketransport og sortering samt slaktelinjer med stor kapasitet. Figur 8-19 viser eksempel på automatisert fileterings- og pakkelinje ved et røyeanlegg på Island.



Figur 8-17 Oppdrettskar for røye på Island er langt større en hva som er vanlig hos norske fiskeoppdrettere. Karet på bildet rommer ca 2 000 m³ vann, mens vanlig størrelse for oppdrettskar til innlandsoppdrett i Norge er 50 – 150 m³ per kar.



Figur 8-18 Historisk produksjonsutvikling i norske oppdrettsanlegg for smolt av laks og regnbueørret, sammenlignet med antall tillatelser. Av kurvene kan man lese at hvert anlegg produserer stadig mer fisk.



Figur 8-19 Prosesslinje for filetering og pakking av røye på Island.

8.4.2 Produksjonskapasitet i gjennomstrømningsanlegg og resirkuleringsanlegg

I et gjennomstrømningsanlegg der vanntemperaturen i karene bestemmes av temperaturen i råvannskilden, vil man oppleve store temperatursprang gjennom året. Figur 8-20 angir det man kan kalle en forventet temperaturprofil med kaldt vann om vinteren, og relativt høy temperatur om sommeren. Minimum er her angitt til 2°C om vinteren, mens mange lokaliteter kan ha lavere minimum enn dette. Maksimaltemperatur om sommeren er angitt til 14°C. Igjen kan mange lokaliteter avvike mye fra dette, med høyere maksimaltemperaturer.

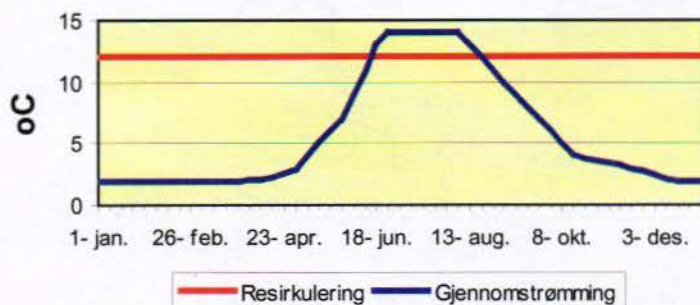
Optimal veksttemperatur varierer for hver ulik fiskeart og kan også variere for en arts ulike størrelser og livsstadium. Med røye som eksempel, vil denne kunne trives i et temperaturområde mellom 2 og 14°C. Temperaturen bør for denne arten ikke gå særlig over 14°C.

I et gjennomstrømningsanlegg er man prisgitt råvannstemperaturen det meste av tiden. For å fremskynde vekst og forkorte produksjonsintervallet, er det vanlig at man varmer opp vann til startfôring og små yngel fram til råvannstemperaturen "når igjen" temperaturen på oppvarmet vann. Siden røye er en høstgyter, vil det være naturlig å foreta startfôring påfølgende vinter og vår med start i januar. Oppvarming av vann vil derfor være nødvendig fra januar til april/mai. Hvis man ikke varmer vann i denne perioden, vil produksjonsintervallet fram til slakteferdig fisk forlenges betydelig.

Ved å forsinke eggutvikling med lav temperatur, kan man gjennomføre 2 startfôringsperioder gjennom året. I tabell 8-3 er det angitt hvilke startfôringsperioder som er brukt i beregningene. Fordeling av fiskematerialet på 2 puljer slik som angitt her, vil øke utnyttelsen av produksjonsvolumet i anlegget. Man kunne tenkt seg flere puljer av fisk enn dette (f.eks. 4 pr år), men i et gjennomstrømningsanlegg vil dette bli en kompleks situasjon pga relativt langt produksjonsintervall for hver pulje (17 – 18 mnd).

I et resirkuleringsanlegg der hver pulje av fisk i dette tilfellet vil bruke 11 mnd til slakteferdig størrelse, vil det være enklere å kjøre gjennom flere puljer pr år. Vi har likevel valgt å holde 2 puljer for sammenligningens skyld.

Mht tilvekst for røye, kan denne variere betydelig mellom ulike avstamminger. I dette regneeksempelet har vi valgt veksthastigheter som er i det området man kan forvente å finne for røye.



Figur 8-20 Produksjonstemperatur i anlegg for produksjon av røye basert på resirkulering og gjennomstrømming.

Tabell 8-2 Sammenligning av produksjonsmengden i to anlegg med samme oppdrettsvolum (1 000 m³) hvorav det ene anlegget bruker gjennomstrømming, og det andre anlegget bruker resirkulering.

	Gjennomstrømnings-anlegg	Resirkuleringsanlegg
Produksjonsvolum i kar	1 000 m ³	1 000 m ³
Varming av vann for startföring (ΔT / l/min)	10°C / 300	10°C / 100
Eget klekkeri og startföring	Ja	Ja
Fiskestörrelse ved slakting	800 g	800 g
Maksimal biomassetthet i kar	100 kg/m ³	100 kg/m ³
Antall produksjonspuljer	2	2
Tidspunkt for begynnende startföring	Januar – pulje 1 April – pulje 2	Januar – pulje 1 Juli – pulje 2
Lengde av produksjonsintervall pr pulje	17 – 18 mnd	11 mnd
Vannbehov i produksjon (m ³ /min) *)	5 - 18	0,3 – 0,5
Produsert mengde fisk pr m ³ / pr år (rund vekt)	82 kg	176 kg
Total mengde fisk produsert i anlegget pr år (rund vekt)	82 tonn	176 tonn
*) Vannbehov i gjennomströmningsanlegget: Beregnet ut fra bruk av oksygenering og maksimalt 15 mg CO ₂ /Liter i avlöp. Vannbehov i resirkuleringsanlegget: Beregnet ut fra vannets oppholdstid på 2 – 3 dögner i anlegget.		

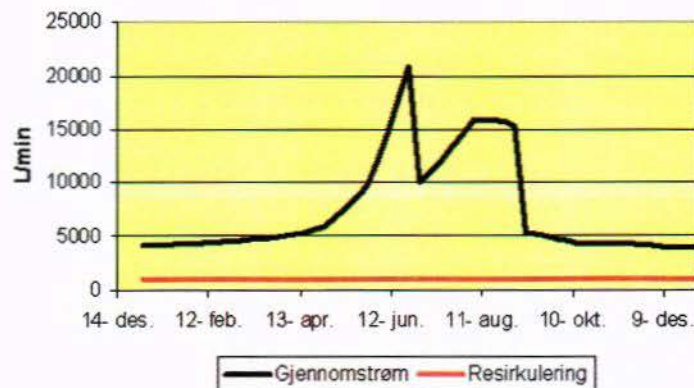
Driften i anlegget er for övrig basert på fölgende forutsetninger:

- Det er samme oppdrettsvolum i begge anlegg. Dette kan f eks være 8 stk Ø8m-kar og 5 stk Ø3m-kar eller andre karstörrelser som egner seg til formålet. Totalt oppdrettsvolum i begge anlegg er ca 1 000 m³.
- Begge anlegg har eget klekkeri og startföringenshet, og kan derfor produsere yngel til önsket tidspunkt.

- For å øke utnyttelse av oppdrettsvolum og spre slakteperiode noe, er det angitt at produksjonen gjennomføres i 2 puljer.
- I gjennomstrømningsanlegget varmes driftsvannet kun i startfôringsperioden og fram til råvannet inn til anlegget er minst 9°C. Hvis startfôringen skjer i den varme årstiden (sommer), er temperaturen i startfôringen satt til 12°C i 4 uker. Utenom startfôringsperiodene går fisken i råvannstemperatur (se figur 8-20).
- Driftstemperaturen i resirkuleringsanlegget er 12°C hele året.
- Fisken slaktes når den når en gjennomsnittsvekt på ca 800 g (rund vekt).
- Det beregnes kun gjennomsnittsvecter. I praksis vil det i fiskematerialet bli en del spredning i vekt. Ved å sortere ut stor fisk for slakt og sette den mindre fisken tilbake for videre vekst, vil gjennomsnittet holdes litt lavere enn om man ikke foretar slik sortering. Dette vil igjen gi en litt lavere biomassebelastning i anlegget enn det som er angitt som maksimalt i beregningene ved at all fisk går i anlegget til den når en gjennomsnittsvekt på 800 g som angitt her.

Det vil være mer enn dobbelt så høyt produksjonspotensial i anlegget med resirkulering sammenlignet med gjennomstrømningsanlegget. Dette skyldes kun forskjellene i driftstemperatur mellom de to anleggene. I et resirkuleringsanlegg er det ingen problemer med å holde en jevnt høy temperatur siden vannforbruket er så beskjedent. Av samme årsak kan man også bruke grunnvann som vannkilde i slike anlegg, og dermed kunne ta inn vann med jevn temperatur (5 – 8°C) hele året. Dette gir redusert temperaturløft til gjeldende driftstemperatur.

I et gjennomstrømsanlegg av denne typen vil vannforbruket være meget høyt i perioder (se figur 8-21) og gjør at man i dette anlegget kun varmer vannet i kortere perioder mens fisken er liten og vannbehovet er lavt.



Figur 8-21 Beregnet vannbehov i de to anleggene gjennom et år. For illustrasjon har vi her satt vannbehovet i resirkuleringsanlegget til 750 l/min for å ta med alle typer av vannforbruk utenom til selve oppdrettskarene og for at det skal være en "buffer" i systemet for å ivareta spesielle hendelser. I gjennomstrømsanlegget har vi beregnet vannbehovet ut fra biomassevekst og temperatur.

Det er i disse beregningene brukt en relativt høy biomassetetthet i produksjonen. Dette har biologisk sett vist seg å være fullt mulig for røye, men kan være en utfordring når det gjelder andre fiskearter. Forskriftene setter i dag begrensning for hvor høy tetthet man kan ha for laks og regnbueørret i matfiskoppdrett (25 kg/m³, FOR 2008-06-17 nr 822), men det er ikke gitt slik begrensning for andre arter. Generelt bør slike begrensninger være knyttet til vannkvalitet i oppdrettskarene, som igjen gir åpning for en gitt tetthet i karene ut fra dyrevelferd.

I resirkulerte anlegg er prinsippet at man tar kontroll om vannkvaliteten i systemet via omfattende vannbehandling. Systemer med effektiv vannbehandling kan dermed holde en høy biomasse i produksjon. I gjennomstrømningsanlegg med begrenset vannbehandling, er økt vanntilgang eneste mulighet for å oppnå en god vannkvalitet dersom biomassen skal økes i anlegget. Tilgang på vann er normalt en begrensende faktor. Det kan derfor hevdes at et resirkuleringsanlegg vil gi større frihet til å bestemme størrelsen av produksjonen uavhengig av de naturgitte forhold som f. eks. tilgang på vann ved en gitt lokalitet.

Vi har i denne sammenheng kun sett på en enkel sammenligning av produksjonspotensial i de to anleggstypene uten å optimalisere driften mht. antall puljer som settes inn i anlegget gjennom året. Hvis man f. eks. kan øke antall puljer med startføring og spre disse mer over året, vil dette kunne gi vesentlig større produksjonskapasitet i det resirkulerte anlegget, men ha kun begrenset virkning i gjennomstrømsanlegget. Dette skyldes i hovedsak forskjellige temperaturer i de to anleggene med jevnt høy vekst i det resirkulerte anlegget, og årstidsavhengig vekst i gjennomstrømsanlegget med mer overlapp mellom de ulike puljene i anlegget.

Hvis man vurderer dette opp mot driftsøkonomi, vil dette ha stor betydning for mulighet til å skape lønnsom drift i produksjonsanlegg for innlandsfisk.

8.4.3 Bruk av grunnvann til oppdrett

Norge har et stort potensial for bruk av kaldtvanns resirkuleringsanlegg (6 – 10°C) med bruk av grunnvann for produksjon av kaldtvannsarter (gjelder spesielt ørret og røye).

Ved å ta i bruk grunnvann som hovedvannskilde, får man jevn vanntemperatur på 2 – 7 °C året rundt i inntaksvannet. Grunnvannstemperaturen avhenger hvor i landet man befinner seg, samt høyde over havet (Fig. 8-22). Om vinteren oppnås en betydelig energigevinst ved å ta inn temperert vann med betydelig høyere temperatur enn overflatevannet. Om sommeren vil grunnvannet fortsatt ha en stabil temperatur omtrent på samme nivå som om vinteren, mens overflatevannet i sommerhalvåret kan bli for varmt til å brukes i oppdrett, spesielt til røyeoppdrett.

Ved røyeanlegget til Tydalsfisk i Sør-Trøndelag (resirkuleringsanlegg) har de benyttet grunnvann med temperatur på ca 5,5°C som hovedvannkilde siden 2004. Med 2 000 l/min produserer de i underkant av 100 tonn røye per år (pers. medd. Jens Peder Svelmo). Temperaturen i anlegget stiger ca 1°C i forhold til grunnvannet på grunn av overført energi fra maskiner i resirkuleringsystemet, noe som gir en stabil vanntemperatur på 6,5°C året rundt ved dette anlegget. Dette er tilstrekkelig til å gi røya gode vekstbetingelser, selv om det ideelt sett er behov for noe høyere temperatur for den aller minste fisken.

Grunnvannet er normalt forutsigbart mht. vannkvalitet og konsentrasjonene av bakterier, sopp og virus er lavt sammenlignet med overflatevann. Grunnvannet kan imidlertid inneholde en god del karbondioksid og ha en lav oksygenmetning, så vannet må luftes før det tilsettes fisken. Dette sammen med andre forhold (f. eks. metallinnhold og annet) gjør at grunnvannet må undersøkes nøye før det tas i bruk.

Grunnvannsføremønstre finnes i varierende mengder over hele landet, og det kan være vannressurser nok til etablering av mange anlegg i Norge basert på grunnvann.



Figur 8-22 Forventet grunnvannstemperatur i Norge.

(<http://www.nve.no/no/Vann-og-vassdrag/Hydrologi/Grunn-og-markvann/Grunnvannsdannelse>)

8.4.4 Synergier med havbruksbransjen

Den etablerte havbruksnæringen i Norge har bygd opp en infrastruktur som er nødvendig for effektiv og sikker drift av næringen. Vi påpeker her noen sentrale forhold hvor det kan tenkes synergieffekter mellom havbruk og innlandsoppdrett:

- Utnyttelse av apparat for produksjon av kvalitetsfôr til oppdrettsfisk. Fôrleverandørene har bygd opp et stort produksjonsapparat og kunnskapsomfang for å lage kvalitetsfôr til oppdrett av fisk. Dette gjelder også for f.eks oppdrett av røye som kan anses som den viktigste arten for innlandsoppdrett i dag. Ved etablering av nye arter for innlandsoppdrett vil fôrindustrien bli en viktig støttespiller for å kunne realisere dette.
- Leveranse av oppdrettsutstyr for produksjon og håndtering av fisk. Utstyr som er utviklet for produksjon og håndtering av fisk i havbruk, vil normalt også kunne benyttes i innlandsoppdrett. Den utvikling som pågår for å utvikle resirkuleringsanlegg og andre anleggskonsepter for smoltanlegg, vil også i stor grad kunne benyttes ved etablering av innlandsoppdrett.
- Felles utnyttelse av logistikkjeder. Ved transport av ferdigvarer til markedet kan det være en gevinst i å utnytte felles logistikk løsninger med den etablerte havbruksnæringen. Det kan også være mulige gevinster i å utnytte kjøle-/frysekapasitet som er etablert innefor havbruk. Slike felles utnyttelse av logistikk og oppbevaring kan redusere kostnader betydelig for produsenter av innlandsfisk hvor volumene er begrenset.
- Utnytte kompetanse som er bygget opp i havbruksnæringen. Fiskeoppdrett er en kompetansekrevende virksomhet og aktørene vil ha behov for kompetanseoverføring og veiledning knyttet til ulike deler av driften. Det å befinne seg i et miljø av aktører med tilsvarende utfordringer (f eks røyenettverket) vil være en stor

fordel. I tillegg til dette vil synergier mot havbruksnæringen med etablert fiskehelsetjeneste, utdanningstilbud osv være av stor positiv betydning

8.4.5 Oppsummerende kommentarer – teknologisk potensial

Status i Norge og internasjonalt

- Innlandsoppdrett i Norge foregår kun i lukkede anlegg på land. Anleggene er i hovedsak bygget som gjennomstrømningsanlegg med liten grad av vannbehandling og med relativt små karstørrelser (Ø 3 – 8m). Noen av anleggene er damanlegg og det er 2 anlegg som benytter resirkulering.
- I Sverige er innlandsoppdrett i åpne merdssystem plassert i regulerte vassdrag den vanligste formen for drift. I disse anleggene benyttes stort sett bare avlet biologisk materiale (regnbueørret og røye).
- I Island er røyeproduksjonen med ett unntak plassert i landbaserte anlegg med relativt store oppdrettskar (opp til ca 1 500 m³ pr kar).
- I Danmark foregår det meste av innlandsoppdrettet i damanlegg med varierende størrelse. Gjennomsnittlig produksjon pr damanlegg er ca 80 tonn pr år. I nye såkalte modelldambruk er anleggsstørrelsen vesentlig større med årsproduksjon opp mot 1 000 tonn pr år pr anlegg. De nye modelldambrukene er basert på resirkulering av vannet, mens de gamle damanleggene kun bruker oksygen og noe CO₂-avløsting.

Økt potensial ved bruk av teknologi

Følgende forhold knyttet til teknologi vil bidra til å utløse økt potensial for innlandsoppdrett i Norge:

- Resirkuleringssystemer med effektiv vannbehandling og sterkt redusert vannforbruk vil åpne for:
 1. Liten påvirkning på vannføring i vassdrag og økt bruk av grunnvann
 2. Høy produksjonskapasitet pr m³ oppdrettsvolum i anleggene og fleksibelt produksjonsmønster (flere generasjoner fisk pr år).
 3. God kontroll med oppdrettets miljøpåvirkning ved bl a sterkt redusert utslipp og muligheter for god kontroll med fiske sykdom via vanninntak og avløp.
 4. Fleksibel plassering av anlegg med tanke på vanntilgang og utløp av vann til ulike resipienter.
- Design og drift av anlegg må oppfylle vedtatte og prioriterte miljømål mht rømming av fisk.
- Effektiv logistikk og automasjon kan bidra til økt produksjon pr årsverk og bidrar til reduserte kostnader.
- Effektiv produksjonsteknologi med lavt vannforbruk vil gi muligheter for å bygge store anlegg med begrenset påvirkning på miljø.
- Anleggenes bruk av energi til drift må effektiviseres.
- Innlandsoppdrett bør kunne benytte betydelige synergieffekter med den etablerte havbruksnæringen. Slike synergier kan hentes i høyt utviklet kompetanse på teknologi,

biologi og marked samt muligheter for å videreutvikle og tilpasse teknologi som i dag brukes innen havbruk. Slike synergier kan også bidra til at etablering av økt innlandsoppdrett kommer raskere.

9 Forretningsmessig utvikling av innlandsoppdrett

9.1 Mulige aktører i utvikling og finansiering av innlandsoppdrett

For å belyse hvilke typer aktører som kan være viktige i å initiere utvikling av innlandsoppdrett og bidra i finansiering, har vi intervjuet utvalgte personer i innlandsoppdrettsnæringen, i investormiljøer, havbruksnæringen og i det offentlige virkemiddelapparatet. Vurderingen under er ikke ment å skulle gi et fullstendig bilde, snarere å peke på hvilke aktører som kan spille en viktig rolle og hvilke som trolig ikke vil være så sentrale i utviklingen av innlandsoppdrett i Norge.

Lokale aktører

En nødvendig forutsetning for å kunne utvikle innlandsoppdrett er å ha en lokal gründer som ønsker å starte egen virksomhet. Når det gjelder utvikling av innlandsoppdrett viser det seg også at det er eiere av større eiendommer, for eksempel skogeiendommer, som ønsker å utvikle forretningsmuligheter med basis i eiendommen og ser på oppdrett som en mulighet. Disse kan være den som ønsker å sette i gang å drive virksomheten, eller kun bidra med finansiering og stille ressurser som eiendom og vannkilde til rådighet.

Erfaringene fra utvikling av nye arter i havbruk viser at lokalt forankrede næringsutøvere med god kapitalbase er viktig i utviklingsfasen. Disse næringsutøverne kan enten ha sin base i nærmiljøet, eller ha sterk tilknytning til stedet de kommer fra og har sin kapital fra lønnsom forretningsdrift innen andre næringer enn oppdrett. Denne typen aktører har vært viktige innen utvikling av torskeoppdrett, kveiteoppdrett og dyrking av kamskjell, og vi anser disse for å være vesentlige for å finansiere en oppbygging av innlandsoppdrett.

Kommuner vil være en viktig aktør både i å støtte initiativ og til en viss grad å bidra med finansiering. Lokale næringsfond som disponeres av kommuner, sparebanker og til dels kraftselskap kan være viktige, sannsynligvis mest aktuelle som delfinansør og ikke som primærfinansør.

Regionale aktører

Enkelte regionale kraftselskap har vist at de kan gå inn i utvikling av ny næringsvirksomhet utenfor sin kjernevirksomhet. Disse vil bare unntaksvis være en drivende kraft bak for eksempel utvikling av et prosjekt innen innlandsoppdrett, men kan være viktig som delfinansør.

Fylkeskommunene har midler til å bidra til næringsutvikling, men benytter i all hovedsak de midlene de selv disponerer til fellestiltak innen næringsutvikling. Slik sett kan fylkeskommunen være en viktig aktør for å finansiere utredninger og samarbeidstiltak, forutsatt at innlandsoppdrett er blant de prioriterte områdene for den enkelte fylkeskommune. Midlene fylkeskommunene velger å bruke til støtte til enkeltbedrifter kanaliseres gjennom Innovasjon Norge som tildeler midlene etter vanlige kriterier.

Lokalt eller regionalt forankrede aktører i havbruksnæringen kan være aktuelle aktører i finansiering av innlandsoppdrett, og kan også bidra med annen viktig kompetanse samt tilby deltakelse i eget logistikksystem. Vi er allikevel av den oppfatning at det kun vil være enkeltaktører innen havbruksnæringen lokalt og regionalt som vil bidra i utviklingen av innlandsoppdrett, hovedsaklig på grunn av de relativt begrensede markedsmulighetene for de aktuelle artene på kort sikt. Disse er også opptatt av å utvikle mulighetene som de fortsatt ser i havbruk og vil prioritere dette foran å gå inn i innlandsoppdrett.

Nasjonale aktører

En fellesnevner for nasjonale aktører vil være at deres vurderinger av potensialet for å forrente investert kapital i utvikling av oppdrettsvirksomhet ut over lakse- og ørretnæringen, vil være preget av store tap som er lidd i utvikling av blant annet torskoppdrett og dyrking av blåskjell.

Spesielt vil nok dette gjelde for finansielle investorer som investerer for å få rask avkastning på investert kapital. Disse vil også normalt se etter større prosjekter med betydelig markedspotensial. Prosjekter innen arter med marginal fortjeneste pr. kilo fisk og relativt begrensede markedsmuligheter vil som regel ikke bli prioritert.

Tapene i utvikling av nye arter i havbruk preger også industrielle investorer som for eksempel de store oppdrettsselskapene og investeringselskaper som er finansiert med havbrukskapital. Flere av disse har lidd til dels betydelige tap i utvikling av torskoppdrett og kveiteoppdrett og vil være tilbakeholdne med å gå inn i ny virksomhet med betydelig risiko, spesielt der potensialet ikke synes stort. Disse aktørene er opptatt av å utvikle mulighetene innen kjernevirksomheten i havbruk og å utvikle ny aktivitet basert på denne, som for eksempel utnyttelse av biprodukter og utvikling av utstyr.

Investinor er et statlig investeringselskap som skal tilby risikovillig kapital til næringslivet innen prioriterte bransjer²⁴. Det marine området er et av de prioriterte områdene og innlandsoppdrett kan i prinsippet også være interessant for Investinor. Selskapet investerer primært i virksomheter som er i tidlig vekstfase (venturefase), gjerne etter en tidlig produkt- eller teknologiutviklingsfase der for eksempel et såkornfond har bidratt i den første fasen. I tillegg vil det internasjonale potensialet veie ved beslutning om å investere i et selskap. Vår vurdering er at Investinor kan være en interessant partner i utviklingen av enkeltbedrifter innen innlandsoppdrett på noe sikt, men at det på det stadiet næringen står på i øyeblikket vil trolig såkornfond kunne spille en viktigere rolle.

Det offentlige virkemiddelapparatet

Det offentlige virkemiddelapparatet vil måtte spille en vesentlig rolle i utvikling av innlandsoppdrett. I hovedsak vil virkemiddelapparatet i denne sammenheng bestå av Innovasjon Norge med sine normale virkemidler og virkemidler knyttet til ulike satsinger. Men også virkemidler knyttet til for eksempel Landbruks- og matdepartementet vil kunne være viktige.

Dersom disse virkemidlene skal kunne spille en vesentlig rolle i utvikling av innlandsoppdrett, må de etter vår oppfatning spisses inn mot å kunne passe til de spesifikke behov som eksisterer og som blant annet er identifisert i denne rapporten.

FoU-institusjonene

Kompetansemiljøene vil måtte spille en vesentlig rolle i utviklingen av innlandsoppdrett. Uansett om man velger å beholde dagens strenge forvaltning av ferskvannsressursene, som betyr at oppdrett i landbaserte resirkuleringsanlegg må utvikles videre, eller man åpner for oppdrett i innsjøer som betyr at man må utvikle systemer og driftsformer som ivaretar strenge miljøkrav – vil FoU-institusjonene være viktige aktører. I så måte er det viktig å vise langsiktighet og stille midler til rådighet over tid, noe som vil sette forskningsinstitusjonene i stand til å bygge opp kompetanse til et tilstrekkelig nivå og som gir anledning til å arbeide med problemstillinger som krever langsiktig innsats for å løses.

²⁴ www.investinor.no

9.2 Økonomisk potensial og utfordringer i landbasert oppdrett av røye

I dette kapitlet ønsker vi å belyse det økonomiske potensialet i landbasert oppdrett i resirkuleringsanlegg. Røye blir brukt som eksempel da det eksisterer mest erfaringstall for oppdrett av denne arten i landbaserte anlegg i Norge og fordi røye betraktes som en av de mest aktuelle artene for innlandsoppdrett i Norge.

Følgende beregninger er gjennomført:

- Et basiseksempel med produksjon av ca 125 tonn sløyd røye med hode pr. år. Illustrerer et tilfelle med realistisk størrelse på tillatelse og investeringsnivå.
- Et eksempel med samme produksjon som i basiseksemplet, men med endrete forutsetninger på flere viktige forutsetninger. Illustrerer effekten av målrettet FoU.
- Et eksempel med samme produksjon som i basiseksemplet, men med bruk av avlet fisk. Illustrerer effekten av avl for lønnsomheten.
- Et eksempel med en produksjon av ca 500 tonn sløyd røye med hode pr. år. Illustrerer effekten av stordrift for lønnsomheten.

På bakgrunn av valgte forutsetninger er et enkelt resultatbudsjett og likviditetsbudsjett beregnet. I tillegg har vi sett på produksjonskostnad pr. kilo for enkelte eksempler.

Det landbaserte anlegg er basert på 97,5 % resirkulering. Det eksisterer ikke mye erfaring med å produsere 120 tonn røye pr. år i resirkuleringsanlegg og flere av forutsetningene er derfor beheftet med usikkerhet. Beregningene må derfor ses på som indikasjoner på kostnadsnivå, lønnsomhet og kapitalbehov.

Forutsetninger basiseksempel

FORUTSETNINGER		<i>År 1</i>	<i>År 2</i>	<i>År 3</i>	<i>År 4</i>	<i>År 5</i>
Produksjonstid fra utsett 40 g yngel	Mnd	17	17	17	17	17
Svinn pr generasjon	%	9	9	9	9	9
Omregningsfaktor rund sultet - sløyd	%	90	90	90	90	90
Høstet produksjon, rund sultet	Tonn	0	83	138	138	138
Høstet produksjon, sløyd med hode	Tonn	0	75	124	124	124
Salgspris sløyd m. hode i kasse	Kr/kg	-	40,-	40,-	40,-	40,-
Slaktevekt, gjennomsnittlig	Kg	-	0,88	0,88	0,88	0,88
Variable kostnader						
Biologisk förfaktor		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Økonomisk förfaktor		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Förforbruk pr. år	Tonn	22	128	152	152	152
Förpris	Kr/kg	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25
Yngel, antall		85 700	171 400	171 400	171 400	171 400
Yngel, størrelse	Gram	40	40	40	40	40
Yngel, pris	Kr/stk	5,-	5,-	5,-	5,-	5,-
Energi	Kr/kg	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11
Oksygen	Kr/kg	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Slakting og pakking	Kr/kg	6,70	6,70	6,70	6,70	6,70
Andre variable kostnader	Kr/kg	1,-	1,-	1,-	1,-	1,-
Faste kostnader						
Lønn:						
- Årsverk	Antall	1	2	2	2	2
- Lønn pr. årsverk inkl sos	Kr 1000	500	500	500	500	500
Andre faste kostnader	Kr 1000	100	100	200	200	200
Investeringer						
- Bygg inkl utstyr	Kr 1000	12 000	3 000			
Annet						
Avskrivinger	År	17	17	17	17	17
Avkastningskrav	%	5	5	5	5	5

9.2.1 Resultat basiseksempel

Basert på forutsetningene foran har vi beregnet et første resultatbudsjett, som er presentert under. Dekningsbidraget i et normalår er på 1 321 000 kr, som ikke gir dekning for faste kostnader inklusive avskrivninger. Både normalresultatet drift beregnet over 10 års drift og normalresultatet inklusive kapitalkostnader (her: kalkulatorisk avkastning) er negative. Det akkumulerte resultatet er negativt i hele perioden og øker til ca minus 19 mill kr etter 10 år.

Budsjettet over viser at en gunstig finansiering ikke vil være nok til å skape overskudd, da driftsresultatet er negativt med de valgte forutsetningene.

RESULTATBUDSJETT

Alle tall i NOK 1000

	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 6	År 7	År 8	År 9	År 10
Salgsinntekt	-	3 323	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521
Beholdningsendring	787	1 321	-	-	-	-	-	-	-	-
Produksjonsverdi	787	4 644	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521
Yngelkostnad	428	856	856	856	856	856	856	856	856	856
Førkostnad	222	1 311	1 555	1 555	1 555	1 555	1 555	1 555	1 555	1 555
Slaktning pakking	-	501	832	832	832	832	832	832	832	832
Oksygen	26	153	182	182	182	182	182	182	182	182
Energi	89	526	624	624	624	624	624	624	624	624
Andre variable kostnader	22	128	152	152	152	152	152	152	152	152
Sum variable kostnader	787	3 475	4 200	4 200	4 200	4 200	4 200	4 200	4 200	4 200
Dekningsbidrag	-	1 169	1 321	1 321	1 321	1 321	1 321	1 321	1 321	1 321
Lønnskostnader	500	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Andre faste kostnader	100	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Avskrivninger	706	882	882	882	882	882	882	882	882	882
Sum faste kostnader	1 306	2 082	2 082	2 082	2 082	2 082	2 082	2 082	2 082	2 082
Driftsresultat	-1 306	-914	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761
Kalkulatorisk avkastning	-705	-966	-1 004	-1 042	-1 081	-1 119	-1 157	-1 195	-1 233	-1 271
Resultat	-2 011	-1 880	-1 766	-1 804	-1 842	-1 880	-1 918	-1 956	-1 994	-2 032
Akkumulert resultat	-2 011	-3 890	-5 656	-7 460	-9 302	-11 182	-13 101	-15 057	-17 051	-19 083

Normalresultat drift over 10 år -831
 Normalresultat kapitalkostnad over 10 år -1 908

Basert på de samme forutsetningene, viser et enkelt likviditetsbudsjett at det akkumulerte kapitalbehovet er ca 25 mill kr etter 10 år. Kapitalbehovet øker i hele perioden.

LIKVIDITETSBUDSJETT

	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 6	År 7	År 8	År 9	År 10
Sum inntekter	-	3 323	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521
Sum innbetalinger	-	3 323	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521
Utbetalinger fra driften	1 387	4 675	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400
Investeringer	12 000	3 000	-	-	-	-	-	-	-	-
Sum utbetalinger	13 387	7 675	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400
Reinvesteringer	706	882	882	882	882	882	882	882	882	882
Kontantstrøm	-14 093	-5 234	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761
Akkumulert kontantstrøm	-14 093	-19 327	-20 088	-20 850	-21 611	-22 373	-23 134	-23 896	-24 657	-25 419

Kapital bundet i virksomheten 14 093 19 327 20 088 20 850 21 611 22 373 23 134 23 896 24 657 25 419

9.2.2 Flere endrede forutsetninger – effekt av målrettet FoU

Følgende forutsetninger er endret i forhold til basiseksemplet:

- Yngelprisen, redusert med 25 %
- Slakting og pakking, redusert kostnad med 25 % til 5,03 kr/kg
- Oksygenkostnad, redusert med 25 % til 0,90 kr/kg
- Energikostnad, redusert med 25 % til 3,08 kr/kg
- Investeringsnivå: redusert med 50 % til 7,5 mill kr

Endringene over kan tjene til å indikere resultatet av målrettet FoU og gir en klar forbedring i resultatet. Normalresultatet er positivt regnet over 10 år, men det akkumulerte resultatet over 10 år er på minus ca 3,2 mill kr.

RESULTATBUDSJETT

Alle tall i NOK 1000

	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 6	År 7	År 8	År 9	År 10
Salgsinntekt	-	3 323	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521
Beholdningsendring	651	1 127	-	-	-	-	-	-	-	-
Produksjonsverdi	651	4 450	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521
Yngelkostnad	321	642	642	642	642	642	642	642	642	642
Førkostnad	222	1 311	1 555	1 555	1 555	1 555	1 555	1 555	1 555	1 555
Slakting/pakking	-	376	624	624	624	624	624	624	624	624
Oksygen	19	115	137	137	137	137	137	137	137	137
Energi	67	394	467	467	467	467	467	467	467	467
Andre variable kostnader	22	128	152	152	152	152	152	152	152	152
Sum variable kostnader	651	2 966	3 577	3 577	3 577	3 577	3 577	3 577	3 577	3 577
Dekningsbidrag	-	1 484	1 944	1 944	1 944	1 944	1 944	1 944	1 944	1 944
Lønnskostnader	500	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Andre faste kostnader	100	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Avskrivninger	353	441	441	441	441	441	441	441	441	441
Sum faste kostnader	953	1 641	1 641	1 641	1 641	1 641	1 641	1 641	1 641	1 641
Driftsresultat	-953	-157	302	302	302	302	302	302	302	302
Kalkulatorisk avkastning	-380	-519	-504	-489	-474	-459	-444	-429	-414	-398
Resultat	-1 333	-677	-202	-187	-172	-156	-141	-126	-111	-96
Akkumulert resultat	-1 333	-2 010	-2 211	-2 398	-2 570	-2 726	-2 868	-2 994	-3 105	-3 201

Normalresultat drift over 10 år 131
 Normalresultat kapitalkostnad over 10 år -320

Akkumulert kapitalbehov etter 10 års drift er ca 8 mill kr.

LIKVIDITETSBUDSJETT

	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 6	År 7	År 8	År 9	År 10
Sum inntekter	-	3 323	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521
Sum innbetalinger	-	3 323	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521	5 521
Utbetalinger fra driften	1 251	4 166	4 777	4 777	4 777	4 777	4 777	4 777	4 777	4 777
Investeringer	6 000	1 500	-	-	-	-	-	-	-	-
Sum utbetalinger	7 251	5 666	4 777	4 777	4 777	4 777	4 777	4 777	4 777	4 777
Reinvesteringer	353	441	441	441	441	441	441	441	441	441
Kontantsrom	-7 604	-2 784	302	302	302	302	302	302	302	302
Akkumulert kontantsrom	-7 604	-10 388	-10 086	-9 783	-9 481	-9 178	-8 876	-8 573	-8 271	-7 969

Kapital bundet i virksomheten	7 604	10 388	10 086	9 783	9 481	9 178	8 876	8 573	8 271	7 969
--------------------------------------	--------------	---------------	---------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

9.2.3 Effekten av avl på det økonomiske resultatet

I avl på oppdrettsfisk tar man som regel sikte på å bedre viktige produksjonsparametere som vekst, utnyttelse av fôret, redusert tidlig kjønnsmodning og motstandsdyktighet mot sykdom. Etter avl på røye i fem generasjoner har man i Sverige oppnådd en bedring i veksten på 75 % og tidlig kjønnsmodning skal være redusert til under 1 % (Eriksson 2008). I praksis vil den bedre veksten bety at avlet fisk er fire ganger større etter to år, sammenlignet med villfisken man startet avlsprogrammet med.

I vår beregning har vi tatt utgangspunkt i at en avlet fisk ved samme tidspunkt veier dobbelt så mye som fisken som er benyttet i basiseksemplet, som er en fisk det ikke er avlet på, altså en moderat framgang i forhold til det som er oppnådd i Sverige. Vi har også kun lagt inn forbedringer på slaktet mengde fisk, ikke på andre parametere som svinn og fôrfaktor.

Fisken slaktes ved samme størrelse som i basiseksemplet og det er derfor satt inn dobbelt så mange settefisk hvert år for å utnytte anlegget optimalt. Anlegget fisken produseres i er det samme som i basiseksemplet.

Følgende forutsetninger er endret i forhold til basiseksemplet:

- Antallet settefisk satt inn i anlegget pr. år er fordoblet til ca 343 000 stk
- Slaktet volum er økt til ca 220 tonn sløyd med hode
- Doblet antall ansatte og økt de faste kostnadene til 300 000 kr/år i et normalår

Beregningen viser ikke uventet at resultatet forbedrer seg vesentlig i forhold til basiseksempelen. Gjennomsnittlig driftsresultat over ti år er ca et nullresultat, mens gjennomsnittlig resultat etter kapitalkostnader fortsatt er negativt.

RESULTATBUDSJETT

Alle tall i NOK 1000

	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 6	År 7	År 8	År 9	År 10
Salgsinntekt	-	6.647	11.043	11.043	11.043	11.043	11.043	11.043	11.043	11.043
Beholdningsendring	1.485	2.094	-	-	-	-	-	-	-	-
Produksjonsverdi	1.485	8.741	11.043	11.043	11.043	11.043	11.043	11.043	11.043	11.043
Yngelkostnad	856	1.713	1.713	1.713	1.713	1.713	1.713	1.713	1.713	1.713
Førkostnad	444	1.870	3.107	3.107	3.107	3.107	3.107	3.107	3.107	3.107
Slakting/pakking	-	1.001	1.663	1.663	1.663	1.663	1.663	1.663	1.663	1.663
Oksygen	52	219	364	364	364	364	364	364	364	364
Energi	89	526	624	624	624	624	624	624	624	624
Andre variable kostnader	43	182	303	303	303	303	303	303	303	303
Sum variable kostnader	1.485	5.512	7.774	7.774	7.774	7.774	7.774	7.774	7.774	7.774
Dekningsbidrag	-	3.229	3.269	3.269	3.269	3.269	3.269	3.269	3.269	3.269
Lønnskostnader	500	1.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Andre faste kostnader	100	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Avskrivninger	706	882	882	882	882	882	882	882	882	882
Sum faste kostnader	1.306	2.182	3.182	3.182	3.182	3.182	3.182	3.182	3.182	3.182
Driftsresultat	-1.306	1.047	86	86	86	86	86	86	86	86
Kalkulatorisk avkastning	-740	-942	-938	-933	-929	-925	-920	-916	-912	-907
Resultat	-2.045	105	-851	-847	-843	-838	-834	-830	-825	-821
Akkumulert resultat	-2.045	-1.940	-2.792	-3.638	-4.481	-5.319	-6.154	-6.983	-7.809	-8.630

Normalresultat drift over 10 år 43

Normalresultat kapitalkostnad over 10 år -863

Kapitalbehovet er fortsatt negativt med ca 18 millioner kr etter 10 år.

9.2.4 Effekten av produsert volum på det økonomiske resultatet

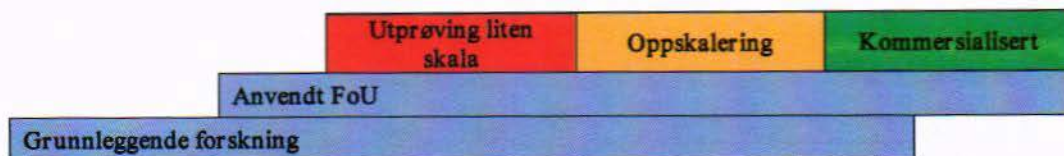
Det er vanlig at det eksisterer skalafordeler i oppdrett av fisk. Vi har sett på effekten av å firedoble det produserte volumet pr. år i et landbasert resirkuleringsanlegg, til ca 500 tonn sløyd røye med hode. Følgende endringer er gjort i forhold til basiseksemplet:

lønnsomhet i landbasert produksjon. Det er som vi har vist mulig å oppnå betydelig bedre lønnsomhet dersom det gis anledning til å drive oppdrett med avlet fisk og med betydelig større årlig produksjon enn det dagens tillatelser gir grunnlag for. Målrettet FoU på viktige driftsparametere vil kunne styrke det økonomiske fundamentet ytterligere.

9.3 Kostnader forbundet med utvikling av nye arter i oppdrett

Det tar lang tid å utvikle en ny art i oppdrett. Både erfaringer fra utvikling av røye som oppdrettsart og utvikling av oppdrett av torsk og kveite har tatt mange år. For torsk og kveite startet utviklingsarbeidet på 80-tallet og man kan ennå ikke si at det grunnleggende utviklingsarbeidet er ferdig. Når det gjelder røye startet utviklingen også på 80-tallet, men man kan sannsynligvis si at den er kommet lenger i kommersialiseringen enn torsk og kveite selv om det fortsatt gjenstår betydelig FoU-arbeid.

I tidligere arbeider er kommersialiseringen av en ny art i oppdrett inndelt i faser, slik det framgår i figuren under (noe justert etter figur i Winther et. al 2003).



Figur 9-1 Faser i etablering av en ny art i oppdrett.

Både utprøving i liten skala og oppskaleringsfasen er forbundet med en viss grad av prøving og feiling som koster tid og ikke minst ressurser. Utprøvingen fører også til bortfall av inntekter for eksempel ved at fisk dør eller at kvaliteten forringes (eksempel: kjønnsmodning). En utfordring er at gründere ofte hopper over de første fasene og starter mer eller mindre direkte som om arten skulle være kommersialisert, noe som ytterligere øker risikoen for tap. Både grunnleggende og anvendt FoU spiller en meget viktig rolle i utviklingen i alle faser.

Type kostnadselementer som er typiske ved utvikling av en ny art i oppdrett er framstilt i tabellen under.

Tabell 9-2 Kostnadselementer ved utvikling av en ny art i oppdrett.

Type kostnad	Bæres av
Investeringer Oppbygging av biomasse Avkastning på investert kapital	Bedrift, planlagt
Risikokostnader	Bedrift, ikke planlagt
FoU	Bedrift, offentlige

Risikokostnadene kan være betydelige, som det demonstreres i torskeoppdrettsnæringen der kostnadene ved tidlig kjønnsmodning og svinn er eksempler på spesielt tunge risikokostnader. Innen utvikling av innlandsoppdrett vil risikokostnadene avhenge av art og hvilket nivå den enkelte art er i utviklingen. Uansett vil det være avgjørende at offentlig finansiering bidrar sammen med privat finansiering til utviklingsarbeidet.

9.4 Hvor står de aktuelle artene i utviklingen?

Som det framkommer tidligere i rapporten, der status og potensial for de enkelte artene drøftes, har artene kommet ulikt langt i utviklingen fram mot kommersielt oppdrett. I figuren under har vi satt artene inn i tidslinjen for utvikling av arter i oppdrett.



Figur 9-2 Status for kommersialisering av aktuelle arter i innlandsoppdrett.

Plasseringen er basert på vurderinger som er gjennomført i denne rapporten.

9.5 Sammenfatning av forretningsmessige muligheter for innlandsoppdrett

Etter vår oppfatning vil de lokale private aktørene være de viktigste aktørene i utviklingen av innlandsoppdrett i Norge. Den lokale gründeren som har ideen og ønsket om å skape en virksomhet, sammen med lokalt forankrede aktører med kapital, vil trolig danne grunnstammen i utviklingen. I tillegg vil det offentlige virkemiddelapparatet måtte spille en viktig rolle, og da er det viktig at virkemidler og satsinger spisses inn mot de konkrete behovene man har. Noen andre aktører kan ha viktige roller i finansiering og utvikling av innlandsoppdrett, men neppe som motorer for en utvikling.

Dersom offentlige rammebetingelser medfører at oppdrett i landbaserte resirkuleringsanlegg er eneste mulige oppdrettsform, medfører dette høye investeringskostnader og høye driftskostnader. Beregninger viser at det vil være avgjørende at denne typen anlegg får rammebetingelser blant annet når det gjelder størrelse på tillatelsen og fiskematerialet det kan drives oppdrett på som gir bedre grunnlag for lønnsomhet. Her vil endringer i offentlige rammebetingelser og forvaltningspraksis være svært viktig, sammen med utvikling av grunnleggende kunnskap og videreutvikle driftskonsepter.

Utvikling av nye arter i oppdrett tar tid og medfører ekstra kostnader i form av feil som begås og drift under ikke optimale betingelser. Dette krever tålmodig kapital og en betydelig innsats på finansieringssiden fra det offentlige i tillegg til privat kapital.

10 Sammenfattende drøfting av status og potensialet for innlandsoppdrett

10.1 De viktigste utfordringene i utvikling av innlandsoppdrett i Norge

Regelverk og praksis i forvaltningen setter i dag klare begrensninger for utvikling av innlandsoppdrett i Norge. For eksempel tillates det generelt sett ikke innlandsoppdrett i merd i innsjøer, det settes meget strenge grenser for størrelsen på tillatelsene og det tillates ikke bruk av annet enn stedegen fisk (det siste med konsekvens at det vil være vanskelig å bruke avlet fisk).

Gjennomgangen av det markedsmessige potensialet viser at de mest aktuelle artene for innlandsoppdrett kan karakteriseres som nisjearter i markedssammenheng. Markedene er relativt små og er lite elastiske for betydelige økninger i volum, markeds- og produktutvikling er essensielt. Det kan synes å være nødvendig å foredle fisken for å komme inn i bedre betalte prissegmenter.

Røye er den arten som er lengst utviklet mot kommersialisering. De andre aktuelle artene er kommet relativt kort i utviklingen og det vil måtte gjøres en betydelig FoU-innsats over tid for å få disse artene opp som kommersielt drivbare. Også for røye gjenstår det mye FoU for å få den opp i en kommersiell fase, spesielt dersom man kun kan drive innlandsoppdrett i landbaserte anlegg.

Drift i landbaserte anlegg med resirkulering kan tilfredsstillende strenge miljøkrav, men er kostbare å investere i og har høye driftskostnader sammenlignet med oppdrett i merder i innsjøer som konkurrenter i Sverige benytter. En gjennomgang og tilpasning av offentlige rammebetingelser og praksis i forvaltningen med sikte på å gi landbasert oppdrett betingelser tilpasset den miljøbelastningen denne type anlegg har vil være svært viktig. Dette vil særlig gjelde størrelse på tillatelser, utslippsbetingelser og hvilket fiskemateriale som tillates brukt.

Da oppdrett i landbaserte resirkuleringsanlegg er såpass kostbart (kapitalbehov 10 – 40 millioner kr avhengig av investeringer og størrelse på produksjonen), er det lite trolig at innlandsoppdrett vil bli en aktivitet for mindre aktører som for eksempel mindre gårdsbruk ("attåttnæring").

Utviklingen av innlandsoppdrett vil i hovedsak måtte skje med initiativ og finansiering fra lokale aktører. Det er lite som tyder på at havbruksnæringen, finansielle investorer eller andre nasjonale kapitalkilder vil være en vesentlig drivkraft og finansieringskilde i tidlige faser av utviklingen.

10.2 Potensialet for innlandsoppdrett i Norge

På kort sikt: 3-5 år

Tatt i betraktning dagens regelverk og forvaltningspraksis, er det lite realistisk på kort sikt å kunne få fram en vesentlig større innlandsoppdrettsaktivitet enn den vi har i dag.

Det bør imidlertid være en realistisk mulighet å bidra til å etablere et mindre antall landbaserte anlegg basert på resirkulering for produksjon av røye. For å bidra til en lønnsom vekst er det nødvendig å gjennomføre et markedsarbeid i utvalgte markeder med sikte på å øke prisene på aktuelle produkter.

Potensialet for innlandsoppdrett hos mindre aktører er ikke til stede.

På lenger sikt: Mer enn 5 år

Naturgitte forhold, der oppdrett av flere arter kan oppdrettes over store deler av Norge, gir et stort "grunnlagspotensial" for innlandsoppdrett. Som vi har diskutert i det foregående setter forhold som markedspotensial, hvilket stadium de enkelte artene er på i utviklingen mot kommersielt

oppdrett og offentlige rammebetingelser og forvaltningspraksis klare begrensninger for potensialet.

Spesielt markedsforhold vil, selv med et godt og systematisk markedsarbeid, legge rammer for hvor stor en innlandsoppdrettsnæring kan bli i Norge. Her vil mulighetene i Norge også være avhengige av utviklingen i land som Sverige, Finland og Island.

Når dette er sagt, vil regelverket og forvaltningens praksis gi rammene som innlandsoppdrett kan utvikle seg innenfor og kan være den faktor som begrenser utviklingen snarere enn begrensninger i markedet.

Gitt dagens offentlige rammebetingelser og forvaltningspraksis, som ikke tillater oppdrett i merder, er konsekvensen at innlandsoppdrett også må drives som landbasert virksomhet, fortrinnsvis med resirkulering, også i framtiden noe som vil begrense antallet aktører og produksjonen. Imidlertid, for å kunne drive lønnsomt er det viktig at dagens krav til landbasert oppdrett vurderes.

Dersom det blir gitt tillatelse til oppdrett i merder under gitte strenge miljøbetingelser (for eksempel i regulerte magasiner) vil mulighetene åpnes for at flere aktører kan ta del i utviklingen av innlandsoppdrett og man kan få en næring som består av både landbaserte anlegg og merdanlegg.

Det er viktig å påpeke at markedsforhold med tilhørende priser på produktene vil legge en viktig ramme for utviklingsmulighetene også på noe lenger sikt. Erfaringene fra oppdrett av laks har imidlertid vist at det er mulig å oppnå øket volum med systematisk markedsføring. En viktig forutsetning for at markedsføring skal være vellykket er at produsentene av fisk er leveringsdyktige hele året og at produktene holder avtalt kvalitet.

11 FoU-behov i utvikling av innlandsoppdrett

FoU-behovene som presenteres i dette kapitlet er utarbeidet på bakgrunn av gjennomgangen og vurderingen av status og potensial i de foregående kapitlene. Det er forsøksvis gjort en prioritering av de identifiserte FoU-behovene ut fra hvor viktige de for en videre utvikling av innlandsoppdrett og i hvilken rekkefølge de bør gjennomføres.

11.1 Produkter og marked

FOU-behov for 5 år frem i tid

I forkant av videre FOU innen markedsarbeid vil det være viktig å foreta en prioritering over hvilke arter som er mest aktuelle for kommersialisering/videre kommersialisering i Norge. Videre anbefales det at næringsaktørene deltar aktivt i prioritering av FOU-behov for den enkelte art. Følgende FoU-behov er rangert etter antatt viktighet med basis i resultatene fra undersøkelsen og det er antydning av tidsperiode for aktivitet. Behov for den enkelte art kan avvike fra prioriteringene under ettersom noen arter er godt etablerte i markedet, mens andre har liten eller ingen kommersiell omsetning på det norske markedet.

1. Utredning av det norske markedet

Tidsrom: 3 år 2011-14

Med dagens produksjonsvolum innen norsk innlandsoppdrett er det nasjonale markedet svært viktig for salg av arter som allerede er i kommersielt oppdrett, og vil sannsynligvis være det for potensielle nye arter. En utfordring per i dag er at man generelt har liten markeds kunnskap om det norske markedet for innlandsarter, også blant produsentene av innlandsfisk. Dette gjelder kunnskap om grossist-, detaljist- og forbrukerleddet. For å utvikle det norske markedet vil det være viktig å ha kunnskap om preferanser for produktkvalitet, pris, merking, størrelse på fisk og pakning (størrelse og design). Det er videre svært sentralt å kartlegge hvilken posisjon artene som er i oppdrett, samt potensielle arter, har blant forbrukere. Sentralt her er kjennskap til og kunnskap om de forskjellige artene blant norske forbrukere. Til slutt vil det være viktig å utrede muligheten for nye/alternative distribusjonskanaler for oppdrettet innlandsfisk. Målsetningen med dette arbeidet vil være å øke den gjennomsnittelige markedspris for arter i innlandsoppdrett.

2. Økt kunnskap om eksportmarkeder og internasjonale distribusjonskanaler

Tidsrom: 3 år 2011-14

Dagens innlandsoppdrett omsettes hovedsakelig på det norske markedet. Om man ønsker å øke produksjonsvolum av dagens kommersielle arter (røye, regnbueørret/rakfisk og ørret), samt starte produksjon av nye arter, vil det være viktig å skaffe seg kunnskap om utenlandske markeder der disse artene omsettes. Særlig da det virker som om enkelte utenlandske markeder har høyere betalingsvillighet for enkelte av artene som er undersøkt i dette prosjektet, eksempelvis sik i Finland. Det vil være viktig å gjennomføre markedsstudier for å avdekke om det eksisterer utenlandske markeder med høy betalingsvillighet, og muligheter og barrierer for å kunne eksportere norske arter fra innlandsoppdrett til disse markedene. Det vil i denne sammenheng være viktig å kartlegge hvilke internasjonale distribusjonskanaler som eksisterer. Under dette punkt kan det være verd å utrede om det finnes potensielle synergieffekter med havbruksnæringen, som i dag selger og distribuerer oppdrettet fisk til svært mange markeder.

3. Organisering av markedsarbeid

Tidsrom: 2 år 2011-13

Markedsføring, salg og distribusjon er arbeidsoppgaver som krever spesielle kunnskaper og kompetanse. Det kan være en utfordring å ivareta disse funksjonene i små produksjonsorienterte bedrifter, noe som kjennetegner mange av innlandsoppdretterne i dag. En mulighet ligger i å kunne samarbeide om disse funksjonene gjennom felles bedriftsmessige eller organisasjonsmessige overbygninger, som for eksempel en felles salgsorganisasjon. Mulighetene for utvikling av organisasjoner eller bedrifter som ivaretar markedsføring, salg og distribusjon for en eller flere arter fra innlandoppdrett bør utredes.

4. Nye produkter/videreforedling

Tidsrom: 5 år 2012-2017

Produktutvikling og/eller videreforedling kan bidra til å frembringe produkter som gir bedre lønnsomhet for innlandsoppdretterne. Produktutvikling kan eksempelvis være:

- Utvikling av fellesmerker for produkter med lik produksjonsmetode eller av samme art (Valdres rakfisk BA, Norsk ishavsrøye).
- Ny design på emballasje.
- Utvikling av nye produkter (eksempelvis rakfisk fra sik eller marinerte produkter for grilling)

Produktutviklingsarbeid bør være basert på muligheter eller behov i markedet som identifiseres i forkant av utviklingen av selve produktene. Dette kan integreres som en del av utredningen av det norske og internasjonale markedene (se punkt 1 og 2). Produktutvikling er ofte ressurskrevende og kan både være forbundet med høye kostnader, stor tidsbruk og risiko. Det kan være fornuftig om flere aktører går sammen for å utvikle nye produkter for å redusere risiko og spre kostnader ved en slik aktivitet.

5. Nye markeder

Tidsrom: 5 år 2012-2017

For noen av artene vil det være aktuelt å undersøke om det eksisterer nye markeder som kan utvikles for disse artene. Bedrifter går inn i nye markeder for å overleve eller vokse, enten med nye eller modifiserte produkter, eller med produkter som er identiske med de som allerede er i markedet. Uavhengig av hvilken strategi som velges, står bedriftene overfor en betydelig risiko. Markedsforskning kan imidlertid være et nyttig og relevant hjelpemiddel for å redusere en slik risiko.

6. Økologisk produksjon

Tidsrom: 2 år 2013-2015

En markedsmulighet som kan være verd å undersøke er økologisk oppdrett. Økologiske matvarer er etterspurte i både det nasjonale og internasjonale matvaremarkedet, og kan bidra til å differensiere produkter fra norsk innlandsoppdrett fra utenlandske konkurrenter. Økologisk

oppdrett setter spesielle krav til produksjon og dokumentasjon. I Norge er betegnelsen "Økologisk" brukt i markedsføringsammenheng beskyttet og kan kun brukes dersom produktet er produsert og kontrollert i henhold til økologiforskriften. Det regnes som sannsynlig at økologisk oppdrett vil øke produksjonskostnadene for arter i innlandsoppdrett, og man bør derfor utrede markedspotensialet før man eventuelt legger om til denne produksjonsformen.

11.2 Biologi, ressursbruk og miljøeffekter

11.2.1 Biologi

Tidsrom: 5 år 2011-2016

De tre artene, røye, ørret og sik anser vi å ha størst utviklingspotensial innenfor landbasert innlandsoppdrett i Norge per i dag. De viktigste forskningsbehovene er etter vår oppfatning:

1. Det er fortsatt et betydelig FoU-behov knyttet til optimalisering av produksjonen til de ulike artene (avl, førutvikling, produksjonsplanlegging, sykdom). Bruk av resirkuleringsanlegg og nye integrerte resirkuleringsystem, som i dette studiet vurderes å ha et utviklingspotensial, vil medføre endringer i vannkvalitet sammenlignet med for eksempel gjennomstrømmingsystemer. Det er derfor et stort behov for kartlegging av vannmiljøparametrene og hvilke effekter de vil ha på de ulike artene.
2. De artsspesifikke FoU-behov er knyttet til følgende områder:
 - a. Røye: eggkvalitet, kjøttkvalitet, produksjonslogistikk og fôringsstrategier, optimal vannmiljø, føroptimalisering og førutvikling (ernæringsmessig og teknisk kvalitet)
 - b. Sik: tilpassning til norske forhold (samarbeid med Finland), vekst, individtetthet, sykdommer
 - c. Ørret: førutvikling, produksjonsoptimalisering, sykdom

I denne sammenheng foreslår vi blant annet følgende FoU-strategier:

Etablering av pilotprosjekt

Ved utvikling av nye oppdrettsarter kan etablering av pilotanlegg i samarbeid mellom FoU-institusjoner og næringsaktører være en gunstig FoU-strategi. Størrelsen på anlegget bør være i slik skala at det er mulig å høste reelle produksjonserfaringer til bruk i planlegging av nye kommersielle anlegg.

Etablering av pilotområder

En annen fremgangsmåte for utvikling av næringen er etablering av pilotområder/distrikter hvor oppdretterne går sammen om for eksempel å betjene markedet, inkludert utstrakt foredling i distriktet. Eksempler her kan være Valdres hvor det er ønskelig å utvide den totale rakfiskproduksjonen. Andre eksempler kan være Hattfjelldal kommune og/eller indre Finnmark der det allerede er satt i gang arbeid med innlandsfisk i tilknytning til "Hattrøyeprojektet" og gjennom Verdiskapningsprogrammet for næringskombinasjoner i samiske strøk (St.meld. nr. 28 (2007-2008)).

Økt Nordisk FoU-samarbeid

Et felles nordisk FoU-samarbeid er ønskelig for å utnytte ressursene best mulig for å øke kunnskapene. En felles arena i form av en årlig Nordisk konferanse som rullerer mellom de Nordiske land vil kunne bidra til dette (Haug m.fl., 2010) og økt felles FoU-arbeid som for

eksempel Northern Periphery Programme²⁵ (Northcharr). Man kan se for seg lignende program for andre arter også en på røye.

11.2.2 Ressursbruk og miljørisiko

Tidsrom: 5 år 2011-2016

Med hensyn til miljøeffekter vil særlig en ressursøkonomisering minske miljørisikoen innenfor landbasert oppdrett. Spesielt integreringen av næringsstoff- og energiomsetningen mellom oppdrett og planteproduksjon vil kunne gi positive økonomiske og økologiske resultater.

Forskningsbehovet ligger derfor i:

1. Utvikling av konsepter for plantebasert resirkulering av næringsstoffer og optimalisering av energiforbruk innen landbasert oppdrett tilpasset norske produksjonsvilkår og ressurstilgang.
2. Utvikling av integrerte produksjonssystemer for optimalisering av regionale energi og næringsstoffkretsløp.
3. En samlet miljøstrategi og utvikling av virkemiddelpakke for økt aksept og økt produksjon av integrerte produksjonskonsept innenfor innlandsoppdrett.

Parallelt med denne utvikling må regelverk og politiske føringer tilpasses for å kunne tillate utvikling av en kommersiell bærekraftig næring.

11.2.3 Kompetanseheving og organisering av næringen

Tidsrom: Kompetanseheving bør skje kontinuerlig (pkt1-2)

Organisering av næringen (pkt 4): 2 år 2011-2013.

Pkt 4 Spesialisering i verdikjeden er langt frem i tid da spørsmålet først er avhengig av at næringen klarer å produsere store nok volum. Det ligger et utviklingspotensial i at det legges til rette for forbedret og økt kompetanseoppbygging blant næringsaktører. Vi foreslår følgende tiltak eller strategier:

1. Etablering av et nettverk av kompetansepersoner som oppdretterne kan kontakte hvis de har et problem. I USA dekkes denne tjenesten økonomisk av staten.
2. Etablering av nettsted
3. Interesseorganisasjon: Oppdrettere bør samles i en felles organisasjon for å styrke sin påvirkningskraft og handlingskraft. Et forslag kan være å støtte opp om den allerede etablerte organisasjonen Norsk Røyeforum.
4. Spesialisering i verdikjeden. Det bør vurderes om innlandsoppdretterne bør spesialisere seg på produksjon av yngel, settefisk og matfisk etter modeller fra oppdrett av laks og torsk.

²⁵ <http://www.northcharr.eu/>

11.2.4 FoU- behov knyttet til offentlige rammebetingelser

Tidsrom: 3 år 2013-2016

For å kunne utnytte de enkelte arters oppdrettspotensial og kunne drive optimale anlegg, må regelverk tilpasses innlandsoppdrett for å kunne tillate utvikling av en kommersiell bærekraftig næring. Til dette vil det være knyttet en del FoU-behov.

Bruk av stedegen stamme

For å kunne konkurrere på samme vilkår som våre største konkurrenter internasjonalt innen innlandsoppdrett er det nødvendig med et biologisk materiale som har like godt eller bedre vekstpotensial enn konkurrentene. For å oppnå dette kan enten oppdretterne skaffe forbedret fiskemateriale utenfor Norge fra eksisterende avlsprogram eller så må det opprettes et eget avlsprogram i Norge. Det bør settes i gang FoU-arbeid (dokumenteringsmetoder) for å dokumentere risiko for rømming og smittepotensial knyttet til ulike oppdrettsformer i ferskvann, fra resirkuleringsanlegg til klassiske gjennomstrømnings anlegg.

Regelverk knyttet til maksimal tillatt biomasse

Fremtidens regelverk knyttet til maksimal tillatt biomasse bør tilpasses aktuell renseteknologi og resipientens bærekapasitet, og ikke som nå en øvre grense fastsatt til 325 tonn som er konkurransevridende sammenliknet med våre konkurrenter.

Regelverk knyttet til maksimal individtetthet

Regelverk bør ta hensyn til hver enkelt art og dens krav til oppdrettsmiljø. FoU-behov vil være å fastsette optimale tettheter for hver enkelt art under spesifikke oppdrettsbetingelser.

11.3 Teknologi

FoU-behov knyttet til teknologi for innlandsoppdrett bør fokusere på viktige faktorer som etter all sannsynlighet vil bli førende for mulighet til å skape en vekstnæring av fiskeoppdrett i ferskvann. Disse faktorene kan i korthet oppsummeres slik:

- Teknologien må takle de utfordringer som gis av offentlige rammebetingelser og det må skapes en aksept for at teknologien gjør dette på en sikker måte
- Innlandsoppdrett må være bærekraftig i forhold til miljø
- Teknologien og produksjonsstrategiene må være effektive og forutsigbare for å skape en lønnsom virksomhet

Følgende FoU-behov er rangert etter antatt viktighet og det er antydning av tidsperiode for aktivitet

1. Utvikling av akseptert, sikker og lønnsom teknologi for oppdrett av innlandsfisk

Tidsrom: 5 år 2011-16

Som en følge av streng forvaltningspraksis med krav om forebygging mot rømming, sykdomsspredning og utslipp til vassdrag, er det i dag sterke begrensninger av innlandsoppdrett som næringsvirksomhet.

Gjennom et sammensatt FoU-program bør det satses på å utvikle kunnskap om å forbedre tekniske løsninger og drift av anlegg for oppdrett som på en sikker måte kan ivareta strenge hensyn til miljøet. Samtidig må teknologiutviklingen ha som mål å åpne for en lønnsom næringsvirksomhet basert på innlandsoppdrett. Man kan blant annet opparbeide seg kunnskap på

bakgrunn av allerede oppbygget anleggsstruktur i Norge, og fra andre nordiske land som driver med innlandsoppdrett.

En overordnet målsetting i denne sammenheng bør være at innlandsoppdrett med bruk av sikker teknologi og systemer for drift, har mulighet for å benytte avlet fiskemateriale i sin produksjon, slik at man kan oppnå produksjonsgevinstene som ligger i dette. Det refereres her til forbedringen i tilvekst og jevnere fiskekvalitet som kan oppnås ved målrettet avl på røye. Man får samtidig spesialisert stamfisk- og rognproduksjon slik at oppdretterne slipper utfordringer knyttet til denne produksjonsfasen. På sikt kan dette danne grunnlag for lønnsomt og industrielt innlandsoppdrett.

Vi antar at lukkede anlegg på land med resirkulering av vann med lavt vannforbruk og mulighet for effektiv kontroll av alle massestrømmer inn og ut fra anlegget, i mange tilfeller vil være den mest egnede anleggstypen for et industrielt innlandsoppdrett.

Et alternativ til utslipp av vann fra landbaserte anlegg direkte til åpne resipienter (elv/innsjø) er å la avløpet fra anlegget gå ut via infiltrasjon i grunnmasser. Hvis man skal benytte naturlige infiltrasjonskapasiteter i grunnen, vil det kun være få landområder i Norge som har muligheter til slike løsninger. Det må derfor satses på å utvikle alternative og sikre løsninger for rensing av utslippsvann fra virksomheten.

Oppdrett i åpne merder i ferskvann kan være et godt alternativ til lukkede anlegg på land (se kapittel om status, samt marked), men da må forvaltningspraksis endres i forhold til dagens strenge rammevilkår med hensyn til rømming av fisk, sykdomskontroll og kontroll med utslipp. Her kan det være behov for utviklingsprosjekter for rømmingssikre merder og merdløsninger hvor det er kan være mulig å samle opp førspill og ekskrementer fra oppdrettsproduksjonen.

I sammenheng med teknologiutvikling bør det følge en kategorisering av oppdrettsanlegg med ulike tekniske egenskaper i forhold til deres mulige påvirkningsgrad på miljøet. I denne sammenheng bør det gjennomføres risikovurderinger (for eksempel Risiko Og Sårbarhet (ROS) - analyser) hvor man kan inndele anlegg etter grad av risiko og for å avdekke, beskrive og gradere ulike risikofaktorer. Som illustrerende bemerkning kan vi nevne at større, lettedrevne anlegg som gir gode arbeidsforhold og som gir rom for at man aktivt kan drive med inspeksjon og vedlikehold av teknisk utstyr, er viktig bidrag for å oppnå større miljøsikkerhet for anleggene.

2. Effektivisering av energibruk ved produksjon av fisk i landbaserte systemer

Tidsrom: 3 år 2012-15

Energibruk er en stor kostnadsfaktor i resirkuleringsanlegg med stor grad av vannbehandling, men også for andre anleggstyper i forbindelse med oppvarming eller kjøling av vann, for mekanisk lufting av vann og lignende. Det er en målsetting å komme lavest mulig mht energiforbruk ved produksjon av fisk.

I et resirkulert anlegg er vanntemperaturen en viktig styrende parameter for effektivitet av vannbehandlingen i biofilteret. Samtidig er pumping av vann i et resirkuleringsanlegg en nødvendighet og krever mye energi. Best mulig design av produksjonskonsept for å redusere pumpeenergi er et viktig bidrag til å få ned energiforbruket.

Ved å benytte lang oppholdstid for vannet i et resirkuleringsanlegg, vil man oppnå en viss temperaturstigning i vannet pga tilført energi i form av pumpeenergi som omgjøres til varme ved rørfriksjon, varme tilført fra UV-lamper, blåsemaskiner osv. Hvis man kan konservere denne energien i anlegget ved å ha virksomheten i et bygg med god isolasjon og et effektivt

ventilasjonssystem, kan dette være en mulig strategi for å oppnå energieffektive løsninger. Undersøkelse av kombinasjoner av ulike driftsløsninger i ulike typer industribygninger bør gjennomføres.

Effektivisering av energibruken vil bedre lønnsomheten i anleggene, og det er derfor et vesentlig FoU-behov for å utvikle systemer som ivaretar dette. Slik energieffektivisering vil også bidra til en effektiv og lønnsom produksjon i nordlige og kalde klimaområder.

3. Betydningen av lav temperatur på drift av resirkuleringsanlegg

Tidsrom 2 år 2011-13

I et biofilter er temperatur ett av de viktigste vannkvalitetskriteriene for god effekt av den biologiske vannbehandlingen. Ved oppdrett av eksempelvis røye kan det av ulike grunner være aktuelt å drive anlegget ved lavere temperaturer enn det som er optimalt (3 - 6 °C). For røye antas optimal temperatur å være i området 8 – 10°C. Bruk av biofilter ved lav temperatur kan gi for lav vannbehandlingskapasitet, og det er avgjørende å kjenne grensebetingelsene for dette ved intensiv drift.

4. Tilpasning av teknologi til ulike arter av innlandsfisk

Tidsrom 2 år 2013-15

Ved oppdrett av innlandsfisk har man med få unntak brukt teknologi som er utviklet til settefisksproduksjon av laks og regnbueørret. I hovedsak passer denne teknologien også til oppdrett av røye og ørret, men den er ikke tilpasset produksjon av stor fisk, og behøver ikke være særlig godt egnet til andre arter. Ved utvidelse av artsvalget for norsk innlandsoppdrett, f.eks. til å omfatte også sik, abbor og gjørs, kan det være nødvendig å tilpasse teknologi og vannbehandlingssystemene på en slik måte at man oppnår gode vekstvilkår for den aktuelle arten.

11.4 Sammenfattende vurdering av FoU-behov

FoU-behov for utvikling av innlandsoppdrett i Norge er utarbeidet på grunnlag av vurderinger som er gjort av status og potensial. I tillegg er det gjennomført en prioritering av FoU-behovene ut fra hvor viktige de er for utviklingen av innlandsoppdrett som næring og hvilke oppgaver som bør prioriteres i tid.

Artene som forelås prioritert i det videre arbeidet er røye, ørret og sik. Det er viktig å utvikle grunnlaget for innlandsoppdrett av disse artene ved å arbeide parallelt med kunnskapsutvikling innen alle de identifiserte hovedområdene for FoU.

FoU-behov kan overordnet oppsummeres under følgende punkter:

Offentlige rammebetingelser

Flere av de identifiserte FoU-behovene tar utgangspunkt i de offentlige rammebetingelsene for innlandsoppdrett og det pekes på muligheter for å utvikle innlandsoppdrett som ivaretar strenge miljøkrav.

Økt lønnsomhet

Flere av FoU-behovene fokuserer på hvordan det er mulig å øke lønnsomheten innen innlandsoppdrett, enten gjennom økte markedspriser eller reduserte produksjonskostnader.

For å øke markedsprisen for arter i innlandsoppdrett er det blant annet pekt på behov for utredning av norske og internasjonale markeder.

For å redusere produksjonskostnader må det fokuseres på utvikling av teknologi og driftskonsepter som gir forutsigbar og god lønnsomhet. Integrasjon mellom fiskeoppdrett og for eksempel planteproduksjon, kan bidra til verdiskaping og lønnsomhet.

Globalt er det stor aktivitet innen utvikling av konsepter for plantebasert resirkulering av næringsstoffer og optimalisering av energiforbruk innen landbasert oppdrett. Norge har alle forutsetningene for å bidra i den prosessen. Spesielt utvikling av integrerte produksjonssystemer basert på landbruk, bioenergi og landbasert oppdrett har et betydelig potensial.

Organisering

Til slutt er det pekt på mulighetene for å bedre organiseringen av innlandsoppdrett. Muligheter her er

- Felles organisering av markedsarbeid,
- Etablering av nettverk/nettsted
- Etablering av felles interesseorganisasjoner

Etter vår oppfatning er det viktig å inkludere næringsaktørene og FoU-miljøene i en endelig prioritering av FoU-behovene. Her kan Norges Forskningsråds og Innovasjon Norges "Plan for koordinert satsing på torsk. Oppdrett og fangsbasert akvakultur", som er en koordinering av innsatsen for å utvikle oppdrett av torsk, tjene som mal for arbeidet.

Organisering

Til slutt er det pekt på mulighetene for å bedre organiseringen av innlandsoppdrett. Muligheter her er

- Felles organisering av markedsarbeid,
- Etablering av nettverk/nettsted og
- Etablering av felles interesseorganisasjoner

Etter vår oppfatning er det viktig å inkludere næringsaktørene og FoU-miljøene i en endelig prioritering av FoU-behovene. Her kan Norges Forskningsråds og Innovasjon Norges "Plan for koordinert satsing på torsk. Oppdrett og fangsbasert akvakultur", som er enkoordinering av innsatsen for å utvikle oppdrett av torsk, tjene som mal for arbeidet.

12 Litteratur

Marked

Dana feed research centre

Det växande vattenbrukslandet 2009. Statens Offentliga Utredningar 2009:26

Eksportutvalget for fisk, månedsstatistikk 2000-2009

Norsk Innlandsfiskelag, Fangststatistikk for yrkesfisket etter ferskvannsfisk, ål og kreps for 2006.

Finnish Game and Fisheries Research Institute, www.rktl.fi/english/fish/fish_atlas/burbot/

Fiskeridirektoratet, www.fiskeridir.no/fiskeridirektoratets-statistikkbank

Fiskeriverket, www.fiskeriverket.se

Icelandic Fisheries, www.fisheries.is/aquaculture/species/arctic-charr/

Jokelainen, T., Koskela, J., og Suomalainen L-R. 2009. Kuhan kasvatus ruokakalaksi: kirjallisuuskatsaus. Riista- ja kalatalous. Selvityksiä, nr 3, 2009

Haug, L., Jensen, H., og Svenson, L. 2006. Ferskvannsoppdrett 06 – Utfordringer og muligheter. Bioforskfokus, vol.1 (11).

RKTL, Finnish Game and Fisheries Research Institute 2010. Producentpriset på fisk 2009. Riista – Ja Kalatalous tilastoja 3/2010

Solbakken, J., Windmar, L., Liltved, H., Hesjevik, J.I. og Johannson R. 2005. Beste tilgjengelige teknikker for fiskeoppdrett i Norden. TemaNord 2005:528

Setälä, J. (2008). Siian tarjonta ja jalostus Suomessa. Riista – Ja Kalatalous Selvityksia 9/2008 Suomen Kalankasvattajaliitto ry, www.kalankasvatus.fi

Strategisk plan for næringsmessig utnyttelse av fisk og kreps i ferskvann (2003). SND-rapport nr. 5.

Biologi og miljømessig bærekraft

Alanärä, A. & Anderson, T. 2000. Kriterier för lokalisering av vatten lämpliga för fiskodling. Vattenbruksinstitutionen, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport nr 26.

Alanärä, A., Magnhagen C., 2003. Abbores odlingsbiologi, SLU- rapport.

Aasgaard, G.F., Skulberg, O. & Källqvist, T. 1999. Algekulturteknologi, eksperiment- og produksjonsanlegg for mikroalger i Vestfold. NIVA rapport 3994-99.

Bergheim, A. & Åsgård, T. 1996. Waste production from aquaculture. In: *Aquaculture and Water Resource Management* (ed. by D.J. Baird, M.C.M Beverige, L.A. Kelly & J.E. Muir), pp 50-80. Blackwell Science, Oxford, UK.

Borgstrøm, R., Hansen, L. P., 1987. Fisk i ferskvann, økologi og ressursforvaltning. Eds., Borgstrøm, R. & Hansen, L.P. Landbruksforlaget, ISBN 82-529-1016-5. 347s.

Boyd, C.E., 1979. *Water quality in warm water fish ponds*. Auburn University, AL.

Brännäs, E., Wiklund, B.-S., 1992. Low temperature growth potential of Arctic charr and rainbow trout. *Nordic Journal of Freshwater Research* 67: 77-81.

Brännäs, E., Nilsson, J. & Eriksen, L.O. 2007. Rødingavlsprogrammet. Rapport 57-2007.

Christiansen, J.S., Jobling, M., Jørgensen, E.H. 1990. Oksygen- og vandbehov hos laksefisk, Nye reviderede tabeller. *Norsk Fiskeoppdrett*, 10: 28-29. (in Danish)

Clarens, A.F., Resurreccion, E.P., White, M.A. & Colosi, L.M. 2010. Environmental Life Cycle Comparison of Algae to Other Bioenergy Feedstocks. *Environ. Sci. Technol.*: 1813-1819.

Dabrowski, K., Czency, S., & Matusiewicz, M., 2002. Coregonides. In: Webster, C.D., and Lim, C.E., (Eds.) *Nutrient Requirements and feeding of finfish for aquaculture*. CAB International Wallingford, UK, pp.83-106.

Daily, J.B., Economon, P., 1983. Selection of water supplies. In: *A guide to integrated fish health management in the Great Lake basins*. (eds. F.P. Mayer, J.W. Warren, & T.G. Carey), pp 37-48. Special Publication no. 83-2, Great Lakes Fishery Commission, Ann Arbor, MI.

Dalen, H., 1997. Effekter av morgen- kontra kveldsføring på vekst, forinntak og kroppsammensetning hos røye (*Salvelinus alpinus*). 44 p. Cand. Scient. Thesis, Norwegian College of Fishery Science, University of Tromsø, Tromsø, Norway (in Norwegian).

Dimitriou, L. & Aronsson, P. 2005. Nitrogen leaching from short-rotation willow coppice after intensive irrigation with wastewater. *Biomass and Bioenergy* 5: 433-441.

Drengstig, A., Bergslien, M. Berge, A. & Bergheim, A. 2008. Forundersøkelse ressurscenter for landbasert oppdrett. IRIS rapport 274.

Dube, P., Mason, E., 1995. Trout culture in Atlantic Canada. *Cold-water aquaculture in Atlantic Canada*. Ed. Bogen, A, D. Sccond edition., The Canadian Institute for Research on Regional Development, ISBN 0-88659-033-7. 672s.

Ferguson, R.G. 1958. The preferred temperature of fish and their midsummer distribution in temperate lakes and streams. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 15: 607- 624.

Fontaine, P., Gardeur, J.N., Kestemont, P. & Gerorges, A. 1997. Influence of feeding level on growth, intraspecific weight variability and sexual growth dimorphism of Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared in a recirculation system. *Aquaculture* 157: 1-9.

Glebe, B.D., Turner, T., 1993. Alternate commercial rearing strategies for Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.). *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada*. 93: 2-9.

- Haug, L., Eriksson, L.-O., Paulsen, H., Rúnarsson, G. 2010. Arctic Charr in the Nordic countries. Nordic Conference on fresh water aquaculture, 13.-14 October 2009 in Reykjavik. Sluttrapport utgitt av Bioforsk Nord.
- Hansen, R.I., Siikavuopio, S.I., Skybakmoen S., Thoen, E., 2008. Bruk av ozon i resirkulering for å forbedre vannmiljø til villfanget røye hos Villmarksfisk Fiskeriforsknings rapport konfidensiell , juni 08.
- Harzevili, A., Dooremont, I., Vught, I., 2004. First feeding of burbot, *Lota lota* (Gadidae, Teleostei) larvae under different temperature and light conditions. *Aquaculture Research* 35: 419-422.
- Heithaus, M.R., Frid, A., Wirsing, A.J. & Worm, B. 2007. Predicting ecological consequences of marine top predators decline. *Trends in Ecology and Evolution* 23: 202-210.
- Jensen, J.W., 1985. The potential growth of salmonids. *Aquaculture*, 48: 223-231.
- Jobling M, Jørgensen EJ, Arnesen, AM., Ringø E (1993a) Feeding, growth and environmental requirements of Arctic charr: a review of aquaculture potential. *Aquaculture International* 1: 20-46.
- Jobling M, Jørgensen EH, Siikavuopio SI (1993b) The influence of previous feeding regime on the compensatory growth response of maturing and immature Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *J Fish Biol* 43: 409-419.
- Jobling M (1994) *Fish Bioenergetics*. Chapman and Hall, London.
- Jobling M, Tveiten H, Hatlen, B (1998) Cultivation of Arctic charr: an update. *Aquaculture International* 6: 181-196.
- Jobling, M., Arnesen, A-M., Befey, T., Carter, C., Hardy, R., LeFrancois, N., Keefe, R., Koskela, J., Lamarre, S., 2010. The Salmonids (Family: Salmonidae), 234-288. *Finfish Aquaculture Diversification*, eds., LeFrancoid, N., Jobling., M., Carter, C., Blier, P., CAB International.
- Johansson, T. Nordvarg, L. & Håkanson, L. 2000. Overgødslings effekter av fiskodling i søtvatten. Vattenbruksinstitutionen, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport nr 25.
- Johnsen, B.O. & Jensen, A.J. 1991. The *Gyrodactylus* story in Norway. *Aquaculture* 98: 289-302.
- Johnsen, F. & Wandsvik, A. 1991. The impact of high energy diets on pollution control in the fish farming industry. I: *Nutritional Strategies & Aquaculture Waste*. Cowey, C.B. and Cho, C.Y. (eds.), pp. 51-63.
- Johnson, L., 1980. The Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. Charrs – Salmonid fishes of the genus *Salvelinus* (ed. E.K. Balon), pp. 15-98. Dr. W.Junk bv Publishersm The Hauge, The Netherlands.
- Johnston, W.G., 2002. *Arctic Charr Aquaculture*. Fishing News Books, Blackwell Publishing, Malden, MA. USA.
- Jørgensen, E.H., Jobling, M., 1993. The effect of exercise on growth, food utilisation and osmoregulatory capacity of juvenile Atlantic salmon (*salmo salar*). *Aquaculture*, 116: 233-246.

- Jørgensen, E.H., Christiansen, J.S., Jobling, M., 1993. Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic charr *Salvelinus alpinus*. *Aquaculture*, 110: 191-204.
- Karlsen, Å., Øvsthus, I., Rebours, C. & Uhlig, C. 2009. Kilder og ressurser for biogass i Nord-Salten. Bioforsk Rapport 4-2009.
- Kittelsen, A., Rosten, T., Ulgenes, Y., Selvik, J. R. & Alne, H. 2006. Tilgjengelige ferskvannsressurser til fremtidig produksjon av settefisk av laks og ørret. Rapport i regi av AKVAFORSK, NIVA og SINTEF.
- Kolbeinshavn, A., Wallace, J., 1985. Observations on swim bladder stress syndrome in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), induced by inadequate water depth. *Aquaculture*, 46, 259-261.
- Koskela, J., Jobling, M., Pirhonen J., 1997. Influence of the length of daily feeding period on feed intake and growth of whitefish, *Coregonus lavaretus*. *Aquaculture* 156: 35-44.
- Koskela J, Rahkonen, R., Pasternack, M., Knuutinen, H., 2004. Effects of immunization with two commercial vaccines on feed intake, growth and lysozyme activity in European whitefish, *Coregonus lavaretus*. *Aquaculture* 234: 41-50.
- Källqvist, T. & Willumsen, K. 2002. Mikroalger og produksjon av fôr til akvakultur. Delrapport 4: Mikroorganismer fra forprosjektet: Landbasert fôr til fisk.
- Landbruks- og Matdepartementet 2006. Handlingsplan for innlandsfiske. Handlingsplan for økt bruk av innlandsfisk som grunnlag for verdiskaping innen mat- og opplevelsproduksjon.
- Larsson, S., 2002. Thermal performance of Arctic charr: Intraspecific variation and competitive ability. PhD thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå. Sweden.
- Lekang, O-I., 2002. Oppdrett av ferskvassfisk. GAN Forlag AS. ISBN 82-492-0361-5. 76s
- Linnér, J., Brännäs, E., 1994. Behavioural response to commercial food of different sizes and self-initiated food size selection by Arctic char. *Transactions of the American Fisheries Society*, 123: 416-422.
- Lyytikäinen, T., Jobling, M., 1998. The effect of temperature fluctuations on oxygen consumption and ammonia excretion in underyearling lake Inari Arctic charr. *J. Fish. Biol.* 52: 1186-1198.
- Lyytikäinen, T., Koskela, J., Rissanen, I., 1997. The influence of temperature on growth and proximate body composition of underyearling lake Inari Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *Journal of applied Ichthyology* 13: 191-194.
- Maitland, P.S & Lyle, A.A. 1991. Conservation of freshwater fish in the British Isles: the current status and biology of treated species. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Conservation* 1: 25-34.
- Maitland, P.S., 1995. World status and conservation of the arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.). *Nordic Journal of Freshwater Research* 71:113-127.
- Miljørapport 2008. Social and environmental Report, Skretting Norway SEA, Skretting.

Nationen, 2006. Fjellaure frå Hardanger er resultat av eit samarbeid mellom eit oppdrettsselskap , eit kraftselskap og eit smelteverk, Nationen, 9 mai, 2006.

Naylor, R.L., Goldberg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M, Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. & Troell, M. 2000. Effect on aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017-1024.

Olaussen, J.O., Utne, I.B. Ellingsen & Aanonsen, S.A 2008 Forprosjekt - Miljøregnskap for fiskeri- og havbruksnæringen i Norge. Rapport SINTEF Fiskeri og havbruk.

Pedersen P.B., Grønberg Ole., Svendsen., LM. 2003. Modeldambrug. Specifikationer og godkendelseskrav. Rapport fra faglig arbejdsgruppe. Arbejdsrapport fra DMU, nr 183-2003.

Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, Forese R and Torres F Jr. (1998). Fishing down marine food webs. *Science* 279: 860-863.

Pethon, P., 2005. Aschehougs store fiskebok. ISBN 0-82-03-23247-7. 468 s.

Piper, R.G. McElwain, I.B. Orme, L.E., McCraren, J.P., Fowler, L.G., Leonard, J.R.,(1982). Fish hatchery management. U.S. Fish & Wildlife Service, Washington, DC.

Purser, J., Forteach, N., 2003. Salomonids, Aquaculture, Farming Aquatic and Plants, Eds. Lucas, J, S.& Southgate, P, C., Blacwell, ISBN 0-85238-222-7. 502 s.

Sandlund, O. T., Næsje, T.F., 1986. sikbestanden i Femund. Undersøkelser 1982-84. DN-rapport 2, 1-51.

Sigma Consultants, 1983. Summary for water quality criteria for salmonid hatcheries, revised ed. Oct. 1983, Department of Fisheries & oceans. Sigma Environmental Consultants Ltd.

Siikavuopio, S.I., Jobling, M., 1995). The effects of stocking density on survival and growth of wild-caught arctic charr. *Nordic J. Freshw. Res.* 71: 419-423.

Siikavuopio, S.I., Knudsen, R., Amundsen, P.-A., 2010. Comparative growth study of Arctic charr and European whitefish at low temperatures. *Hydrobiologia*, (online first)

Skotvold, T., Windmar, L. & White, P. 2003. Fiskeoppdrett i Innlands-Norge, en bærekraftig næring? – En konsekvensanalyse og tiltaksanalyse ved etablering av oppdrett i innlandsvassdrag. SND-rapport 4-2003, 72 s. ISBN: 82-91172-85-4.

Solbakken, J., Windmar, L, Liltved, H., Hesjevik J. I. & Johannson, R. 2005. Beste tilgjengelige teknikker (BAT) for fiskeoppdrett i Norden. *TemaNord* 2008:546.

Statens offentliga utredningar 2009. Det växande vattenbrukslandet. Statens offentlige utredningar. SOU-rapport 2009:26.

SustainAqua – “Integrerat synsätt för hållbar och hälsosam sötvattensfiskodling” (2009). SustainAqua handbok-En handbok för hållbar fiskodling.

Swift, D.R., 1964. The effect of temperature and oxygen on the growth rate of the Windermere cha (*Salvelinus alpinus willughbii*). *Comparative biochemistry and physiology.* 12: 179-183.

- Sæther, B.-S., Johnsen, H.K., Jobling, M., 1996. Seasonal changes in food consumption and growth in Arctic charr exposed to either simulated natural or a 12:12 LD photoperiod at constant water temperature. *J. Fish. Biol.* 48: 113-1122.
- Tabachek, J.-A.L., 1988. The effect of feed particle size on the growth and feed efficiency of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* (L.)). *Aquaculture*, 71: 319-330.
- Timmons, M.B. & Losordo, T.M. 1994. *Aquaculture Water reuse Systems: Engineering Design and Management*. Elsevier.
- Timmons, M. B, Ebeling, J.M., 2007. *Recirculating Aquaculture*. NRAC Publication NO.01-007. ISBN 0-978-0-9712646-2-5. 975s.
- Troell, M, A. Neori, T. Chopin & A.H. Bushmann, A.H. 2005. *Biological wastewater treatment in aquaculture - More than just bacteria*. World Aquaculture report 2005.
- Uhlig, C. & Haugeland, E. 2007. Gjødtsel kvalitet av fiskeslam og fiskeensilasje fra landbasert røyeoppdrett for dyrking av timotei (*Phleum pratense*). Bioforsk Fokus rapport 13: 53-57.
- Uraivan, S., 1982. Effect of genotype, environment, and genotype-environment interactions on growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). MSc thesis, University of Manitoba, Winnipeg, Canada.
- Urke, A, H., Tjomsland., T. & Molvær J. 2009. Merdbasert matfiskproduksjon av røye i Røssvatnet. Vurderinger i forhold til næringssalter, regelverk, rømming av fisk og fiskehelse. NIVA Rapport, 5739-2009.
- Wahlström, E. 2000. Effekter av ökad närsaltsbelastning på födoväver i sjöar – översikt över befintligt kunskäppläge. Vattenbruksinstitutionen, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport nr 24.
- Wallace, J.C., 1988. Observations on the effect of light intensity on the growth of Arctic charr fingerlings (*Salvelinus alpinus*) and salmon fry (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 72: 81-84.
- Watson, L., Stokes, A., 2004. Seahorses to sea urchins – The next big splash in Irish aquaculture, BIM rapport. 67 pp.
- Winger, A.C., Kanck, M., Kristoffersen, R. & Knutsen, R. 2008. Seasonal dynamics and persistence of *Gyrodactylus salaris* in two riverine anadromous Arctic charr populations. *Environmental Biology of Fishes* 83: 117-123.
- Winger, A.C., Primicerio, R., Kristoffersen, R., Siikavuopio S.I., Knutsen, R., 2008. *Gyrodactylus salaris* infecting allopatric Arctic charr fry: an experimental study of host survival. *Journal of Fish Biology*, 73, 1-12, 2008.
- Zachmann, A., Knijff., S.C.M., Ali, M.A. & Anctil, M. 1992. Effects of photoperiod and different intensities of light exposure on melatonin levels in the blood, pineal organ, and retina of the brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchill). *Can. J. Zool.*, 70: 25-29.
- Zienert, S., Wolf, P., Göthling, U., 2005. *Aufzucht von Zandern in der Aquakultur*. Schriften des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, Band 18. ISSN 1438-4876.

Økland, J., Økland, K.A., 1999. Vann og vassdrag 4. Dyr og planter: Innvandring og geografisk fordeling. Nesbru, Vett & Viten.

Teknologi

Akvakulturdriftsforskriften 2008.FOR 2008-06-17 nr 822: Forskrift om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften).

Bergheim A. and Brinker, A. 2003. Effluent treatment for flow through systems and European Environmental Regulations. *Aquacultural Engineering* 27 (2003) 61_ 77

Bengtsberg, R. 2009. "Den svenska vattenbrukssektorn 1996-2006 samt kostnader och intäkter för 2006". Promemoria. Fiskeriverket.

Bergheim, A. 2009. Lufting med henblikk påCO₂-fjerning

Foredrag ved konferansen "Resirkulering av vann. Temakonferanse". Trondheim 28.januar 2009. Web: www.resirkforumnor.no

Bregnballe, J. 2010. A Guide to Recirculation Aquaculture. An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. Eurofish, Copenhagen, Denmark

FOR 2004-12-22 nr 1799. Forskrift om tillatelse til akvakultur av andre arter enn laks, ørret og regnbueørret.

Grace, G.R., and Piedrahita, R.H., 1994. Carbon dioxide control. In: Timmons, M.B., Losordo, T.M. (Eds.), *Aquaculture Water Reuse Systems: Engineering Design and Management*. Elsevier Science, New York, NY, pp. 209 - 234.

Gunnarson V.I. 2008. "Production and marketing of Icelandic Arctic charr". Presentation. Ferskvannssoppdrettskonferansen 2008.

Jokumen A. and Svensen L.M. 2010. Farming of Freshwater Rainbow Trout in Denmark. Technical University of Denmark.

Lekang O.I. og Fjæra S.O., 1997. Teknologi for akvakultur, Landbruksforlaget, ISBN 82-529-1789-5.

Mattilsynets veileder, 2006. Veileder til forskrift av 16.1.2004 nr. 279 om godkjenning av etablering og utvidelse av akvakulturanlegg og registrering av pryddammer (etableringsforskriften) § 5.

Forfatter: Mattilsynet, Publisert: 02.04.2004 Sist oppdatert: 27.02.2006

N.O. Noraker 2010. Personlig meddelelse. Daglig leder for Noraker gård i Valdres og produsent av regnbueørret som foredles til rakfisk.

Norsk svarteliste 2007. Økologiske risikovurderinger av fremmede arter. Artsdatabanken. ISBN: 978-82-92838-02-0

Rusten B., Eikebrokk B., Ulgenes Y., and Lygren E. 2006. Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors. *Aquacultural Engineering* 34 (2006) 322–331

Schei, I. 2008. Partikkelfjerning og slamavvanning av utløp fra settefiskanlegg. Sluttrappr IFU. Fra: http://www.aquaoptima.com/images/stories/pdf/ifu_rapport08.pdf

Summerfelt, S.T., Vinci, B.J., Piedrahita, R.H., 2000. Oxygenation and carbon dioxide control in water reuse systems. *Aquacultural Engineering* 22, 87_ 108.

Sindilariu, P-D. 2007. Reduction in effluent nutrient loads from flow-through facilities for trout production: a review *Aquaculture Research*, 2007, 38, 1005-1036

Svelmo J.P. 2010. Personlig meddelelse. Daglig leder for Tydalsfisk i Tydal, og produsent av fersk og foredlet røye.

Sindilariu P.D. 2007. "Reduction in effluent nutrient loads from flow-through facilities for trout production": a review *Aquaculture Research*, 2007, 38, 1005^1036

Summerfelt S.T., Wilton G., Roberts D., Rimmerd, T., Fonkalsrud K. 2004. Developments in recirculating systems for Arctic char culture in North America. *Aquacultural Engineering* 30 (2004) 31–71

Ulgenes, Y. and Eikebrokk, B. 1999. Reduction of effluent discharges from an in-tank recirculation system using dual outlet and whirl separation. Proc Annual International Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, 26 April - 2 May 1999, Sydney, Australia.

Ulgenes, Y. og Lundin, U., 2003. Valsjöbyn fiskodling. Dokumentasjon av BIOFISH-anlegg for oppdrett av settefisk. SINTEF rapport STF A03105. 47 s+vedlegg.

Wiborg, Anita, Fiskeridirektoratet Region MidtNorge, personlig meddelelse.

Internett-henvisninger:

<http://www.hardanger-fjellfisk.no/>

<http://www.danskakvakultur.dk>

<http://www.futuresea.com/>

<http://www.hoven-dambrug.dk>

<http://www.nve.no/no/Vann-og-vassdrag/Hydrologi/Grunn--og-markvann/Grunnvannsdannelse>

Forretningsmessig utvikling av innlandsoppdrett

Eriksson, L-O. 2008. Kvalitetssaspekter vid fiskodling. Institusjonen för vilt, fisk och miljø. Presentasjon seminar Tromsø 2008.

Winther, U., Rosten, T., Hempel, E., Rønning, J.E., Gisvold Sandberg, M., Gjermundsen, A. 2003. Planmessig igangsetting av nye arter i oppdrett. KPMG 2003.

Vedlegg

Utfyllende opplysninger om oppdrett av røye

I likhet med flere andre laksefisker opptrer røya i to hovedformer. Det er sjørøye og stasjonær innlandsrøye. Sjørøya lever de første årene i ferskvann før den begynner med årlige vandringer ut i sjøen om sommeren. Oppholdet i sjøen om sommeren er kort, 40 til 50 dager (Jobling m.fl. 2010). På seinsommeren/høsten vandrer den tilbake til ferskvann igjen for overvintring. Ny forskning tyder imidlertid på at røya kan foreta korte vandringer ut i sjøen også vinterstid. Stasjonær innlandsrøye lever hele livet i ferskvann, men kan foreta årstidsbaserte vandringer internt i ferskvannssystemer.

1. Vannmiljø

Standarder for vannets kjemiske kvalitet er for røye er gitt i tabell 1. De viktigste vannkvalitetsparametrene er beskrevet under.

Oksygen (O₂)

Oksygennivå mellom 100 og 70 % oksygenmetning har ingen påviselig negativ effekt på vekst og overlevelse ut over kompensasjonskostnadene til fisken, men nivåer under 70 % vil ventelig føre til redusert appetitt og tilvekst hos røye (Christiansen m.fl. 1990). En oksygenmetning på 70 % ansees derfor som anbefalt minimumsnivå i oppdrett. Ved produksjon av røyelarver og yngel bør denne minimumsgrensen økes til 80 %.

Karbondioksid (CO₂)

I oppdrettssammenheng anbefales ikke CO₂ konsentrasjoner i vannet over 10 mg per liter når alkaliniteten er under 100 mg per liter. Ved høyere alkalinitet (høyere bufferevne) kan maksimalgrensen for CO₂ økes til 15 mg per liter (Johnston, 2002).

pH

Arktisk røye synes mindre sensitiv ovenfor endringer i pH sammenlignet med andre laksefisker. Laks tolererer pH i området pH 5-9, mens maksimal produktivitet (vekst) kan opprettholdes innen området 6.5 og 8.5 (Jobling, 1994).

Ammoniakk (NH₃)

Ammoniakk er det viktigste ekskresjonsproduktet fra proteinnedbrytningen hos fisk. Totalt ammoniakk i vann består av u-ionisert, eller fritt ammoniakk (NH₃) og ammonium ioner (NH₄⁺), hvor førstnevnte er mest giftig for fisk på grunn av dennes evne til å trenge gjennom gjellemembraner. Hvor giftig ammoniakk er for fisk avhenger sterkt av pH (lavere ved redusert pH), temperatur (lavere ved redusert temp.), CO₂ (via pH) og salinitet (Timmons og Ebling, 2007). Konsentrasjonen av NH₃ bør holdes under 0.01 mg per liter ved startfôring og ungfiskstadier.

Tabell 1 Vannkvalitetsstandarder for arktisk røye i oppdrett. Data fra Boyd, 1979; Piper m.fl. 1982; Daily & Economon, 1983; Sigma Consultants, 1983; Johnston, 2002.

Parameter	Standard (mg/L)	Exceptions to standard
Alkalinity (as CaCO ₃)	20-400	
Aluminium (Al)	< 0.01	
Ammonia-N (NH ₃ + NH ₄)	< 2.0	
Ammonia (NH ₃)	< 0.0 15	< 0.005 in hard water
Arsenic (As)	< 0.05	
Barium (Ba)	< 5.0	
Cadmium (Cd)	< 0.004	< 0.003 in hard water
Calcium (Ca)	20 160	
Carbon dioxide (CO ₂)	< 5.0	< 10.0 in hard water
Chlorine (Cl)	< 0.003	
Chromium (Cr)	< 0.03	
Copper (Cu)	< 0.006	< 0.03 in hard water
Fluorine (F)	< 0.5	
Hardness (as CaCO ₃)	20-400	Considered hard water if > 100
Hydrogen cyanide (HCN)	< 0.005	
Hydrogen sulphide (H ₂ S)	< 0.002	
Iron (Fe)	< 0. 1	
Lead (Pb)	< 0.02	
Magnesium (Mg)	< 15.0	
Manganese (Mn)	< 0.01	
Mercury (Hg)	< 0.0002	
Nickel (Ni)	< 0.01	
Nitrate (NO ₃)	< 1.0	
Nitrite NO ₂	< 0.015	< 0. 1 in hard water
Nitrogen (N ₂)	< 103% saturation	< 107% in larger fish (> 100 g)
Oxygen (O ₂)	< 6.5	but see text above
Ozone (O ₃)	< 0.005	
pH	6.5-8.5	
Polychlorinated biphenyls (PCB)	< 0.002	
Potassium (K)	< 5.0	
Selenium (Se)	< 0.01	
Silver (Ag)	< 0.003	
Sodium (Na)	< 75.0	
Sulphur (S)	< 1.0	
Sulphate (SO ₄)	< 50.0	
Temperature	< 15 (°C)	
Total dissolved solids (TDS)	< 400	
Total suspended solids (TSS)	< 80	< 15 mg/L above background levels
Uranium (U)	< 0. 1	
Vanadium (V)	< 0. 1	
Zinc (Zn)	< 0.005	
Zirconium (Z)	< 0. 1	

Temperatur

Preferanse og toleranse for temperatur endres med livsstadie. Kjønnsmoden hunnfisk har sannsynligvis det smaleste toleranseområdet. For tilvekst vil optimaltemperaturen falle med økende størrelse og alder. Det er ikke bare alder som bestemmer optimal temperatur for tilvekst. Ulike populasjoner synes å ha ulike temperaturer for optimal tilvekst, og temperaturer fra 11.8 °C (Jensen, 1985; Nesjøen, Norway) opp til 16 °C (Swift, 1964) er rapportert. Larsson (2002) studerte 11 ulike røye populasjoner og fant en felles gjennomsnittlig temperatur for optimal tilvekst på 15.8 °C, noe som stemmer godt med resultater fra Lyytikäinen et al. (1997). Ungfisk fra Hammerfest-stammen viser maksimal tilvekst mellom 12 og 14 °C. Disse temperaturene gjelder kun når tilveksten ikke er begrenset av førtilgang. Hvis tilveksten begrenses av fødetilgang vil optimaltemperaturen for tilvekst reduseres. Intensivt oppdrett med høy tetthet kan også gi praktiske begrensninger til hva som er fornuftig maksimal temperatur, siden både oksygenforbruk og ammoniakkskillelse øker med økende temperatur (Lyytikäinen og Jobling, 1998). Sopp og bakteriesykdommer blir et økende problem ved temperaturer over 15 °C (Glebe og Turner, 1993). Tolv grader Celsius kan synes som et godt kompromiss for arktisk røye da det gir god vekst, høy førutnyttelse, og redusert fare for sykdom samtidig som sopp veksten er lav. Optimal førutnyttelse oppnås ved en lavere temperatur enn optimal/maksimal vekst, og er oppgitt til ca. 9 °C i to forskjellige arbeider (Urawain, 1982; Larsson, 2002).

Salinitet

Røyas toleranse for salinitet avhenger av hvilket livsløp den er i (stasjonær i ferskvann eller migrerende sjørøye). Anadrom sjørøye tåler fullt sjøvann (33-35 promille) uten problemer i den perioden den ville vært i sjøen (40 – 50 dager om sommeren). Resten av året synes den å tåle brakkvann opp til 20 promille salt uten problemer selv om dette er noe avhengig av fiskens størrelse og temperatur med økende problemer når disse reduseres (Jobling m.fl. 2010).

Vannstrøm

Vannstrøm i karene er nødvendig for selvrensingen i de fleste systemer, og runde kar krever ca. 6-8 cm per sekund avhengig utforming av avløp. Vannstrømmen påvirker også fiskens adferd. Ved lave vannhastigheter svømmer fisken lite organisert rundt i karet, ingen felles orientering av retning, og med mange mer eller mindre aggressive "trefninger" mellom enkeltindivider (figur 2, venstre). Dominante fisker forsvaret territorier i karet, fortrinnsvis i nærheten av fôrautomaten. Ved høyere vannstrømhastighet vil fisken svømme retningsbestemt mot strømmen i en stimliknende adferd. Fisken er jevnere fordelt i karet og bruker mindre tid på aggressive trefninger, noe som reflekteres av redusert antall finneskader på fisken (Jørgensen & Jobling, 1993). Vannstrømmen hjelper også til med å spre fôret i hele karvolumet slik at det blir tilgjengelig for all fisken innen kort tid og dermed vanskeligere å forsvare/monopolisere av potensielt dominante individer. Siden fisken foretrekker å holde samme posisjon i karet vil vannstrømmen også bestemme fiskens svømmehastighet. Økt svømmehastighet har, innen visse grenser, en mosjonerende effekt på fisken og fører til økt veksthastighet og fôrutnyttelse. Nedre grense for mosjonerings effekter hos røye ligger et sted mellom 0.5 og 1.0 kroppslengde i sekundet. Svømmehastigheten har en positiv effekt på tilveksten helt opp til 1.5-1.75 kroppslengder per sekund (Jørgensen & Jobling, 1993).

Vannstrømmen i karene har dermed flere oppgaver; selv-rensing, fordeling av oksygen, rensing av metabolitter, fordeling av fôr, redusere aggresjon/hierarkidannelse og finneskader samt å mosjonere fisken.

Vanndybde

Lav vannstand kan føre til problemer med såkalt svømmeblærestresssyndrom. Dette kjennetegnes ved at fisken ikke klarer å kontrollere sin egen oppdrift, og ender opp i vannoverflaten med for mye luft i svømmeblæren. I ekstreme tilfeller blir den svømmende rundt flytende i overflaten med buken i været. Hos små røye (ca. 20 g) kan problemet oppstå i kar med vanddyb under 15 cm (Kolbeinshavn og Wallace, 1985). De samme forskerne fant økt dødelighet som følge av svømmeblærestress ved vanddyb på 24 cm (10 % dødelighet) sammenliknet med 37 cm (3 % dødelighet), dermed synes anbefalt minimumsdybde å ligge nærmere 35 enn 15 cm.

2. Fôr kvalitet og fôringsregimer

Fôret som brukes i røyeoppdrett er i stor grad det samme som laksefôr, i mange tilfeller er det laksefôr. Noen oppdrettere foretrekker et noe høyere pigmentinnhold enn hva tilsvarende fôr til laks inneholder. Røyas behov for hovednæringsstoffer antas å være de samme som andre laksefisker. Dette behovet endrer seg etter som fisken vokser, med redusert proteinbehov hos større fisk. Det er dermed mulig å spare proteiner ved å øke fettnivået i fôr til stor fisk. Anbefalt fôrsammensetning til røye er gitt i tabellen under.

Tabell 2 Anbefalt sammensetning av fôr til røye (etter Johnston, 2002).

Dietary component (% dry weight)	Starter	Grower	Finish	Brood
Crude protein	60	54	52	50
Total lipid	20	20	22	28
Carbohydrate	8	13	13	13
Fiber	1	4	4	1
Ash	11	9	9	8
Carotenoid pigment (mg/kg)	50	22	78	67
Linolenic acid 18: 3 (n-3)	12-20	11-18	11-18	11-18
Methionine (% of total protein)	2.7	2.7	2.7	2.7
Vitamins (mg/kg dry diet)	All diets	Minerals (mg/kg dry diet)		All diets
Thiamine (B 1)	15	Calcium (Ca)	3000	
Riboflavin (B2)	30	Cobalt (Co)	5-10	
Pyridoxine (B6)	20	Copper (Cu)	5	
Pantothenic acid	50	Iodine (I)	0.3	
Niacin	200	Iron (Fe)	40	
Folic acid	10	Magnesium (Mg)	500	
Cyanocobalamin (B 12)	121	Manganese (Mn)	15	
Myo-inositol	400	Phosphorus (P)	6000	
Choline	1000	Potassium (K)	700	
Biotin	1.5	Selenium (Se)	0.3	
Ascorbic acid (C)	400	Sodium (Na)	6000	
Vitamin A	7000 IU	Zinc (Zn)	30	
Vitamin D	3000 W			
Vitamin E	350			
Vitamin K	350			

Fôringsrutiner

Magetarmsystemet hos røye er relativt kort, med begrenset lagringskapasitet i magesekken. Røya bør derfor ha daglig tilgang til fôr. Røya er i stand til å spise fra karbunnen, og den spiser også i mørket. Den beste vekstraten oppnås imidlertid i perioder med lang daglengde, men dette kan være nærmere knyttet til sesong enn daglengden. Tidspunkt på dagen da fôret blir tilbudt ser ut til å ha liten betydning. Dalen (1997) sammenlignet fôrinntak og tilvekst hos røye som fikk fôr ved dagry med røye som fikk fôr i skumringen, uten at det fremkom noen forskjeller.

Sammenlignet med laks har røya en mindre munn, og man anbefaler derfor å benytte pelletstørrelser et nummer lavere enn for laks ved samme størrelse. Som for laks anbefales det å øke pelletstørrelsen med økende fiskestørrelse. Ved startfôring viser erfaringene fra norske oppdrettere at granulert fôr ned i 0.4 mm størrelse gir best resultat (Håkon Dalen, pers. med.). Linnér og Brännäs (1994) målte tiden røya brukte på å spise enkeltpellet og hvor ofte de ikke fikk tak i dem, og konkluderte med at pelletstørrelse (diameter) på 2% av fiskens kroppslengde ble spist raskest og med færrest bom. Dette er i overensstemmelse med resultatene til Tabachek (1988) som dokumenterte raskest vekst hos små røye (ca. 10 cm) som fikk fôr med partikkelstørrelse 2.3-2.4 % av kroppslengden. Hun brukte ikke pelletert fôr som Linnér og Brännäs (1994), men fôrklumper som var knust og deretter siktet i ulike partikkelstørrelser.

Konkurransen om maten er ganske utbredt hos øye. Hvis de får muligheten til det vil de som vinner denne konkurransen, som vi ofte kaller sosiale dominanter, få tilgang til maten på bekostning av andre. De danner et fødehierarki, ikke ulikt hakkeordener hos høns, og fisken på toppen i hierarkiet vokser bedre enn de andre, og dette fører over tid til økt størrelsesspredning i gruppen/karet. Denne spredningen øker raskt siden stor fisk oftere vinner i konkurransen. I

ekstreme tilfeller, og selv om fisken får mat i overflod, kan dominante individer undertrykke andre i så stor grad at disse ikke spiser selv om de får muligheten. Forutsigbarhet om hvor og når føret kommer i karet øker konkurransen og sjansene for stor størrelsesspredning øker. Ved å sørge for at føret spres i hele karvolumet under føringen reduseres sjansene for enkeltfisk å dominere matressursen, og dermed reduseres også sjansene for dannelsen av fødehierarkier. Dette bidrar til redusert konkurranse og aggresjon i karet. Aggresjon vet man fører til økt stress, og reduserer dermed vekstpotensialet, immunforsvaret og kompromitterer dermed dyrenes velferd.

Konklusjonen fra dette avsnittet på føringrutiner blir derfor at røye bør føres til metning hver dag, og at føret bør tildeles over kort tid og fordelt i hele vannmassen i karet. Dette vanskeliggjør sosial dominans for enkeltindivider og gir dermed all fisken øket sjanse for å få tak i mat.

3. Oppdrettsmiljø

Størrelsessortering

Størrelsessortering av fisk kan gi små fisk med dårlig vekst en mulighet til å øke vekstraten når konkurransen minker som følge av at de blir skilt fra de større individene. Det er derfor mest å hente ved størrelsessortering når tilveksten er variabel som følge av sosiale interaksjoner er. Den økte vekstraten som følge av sortering skyldes kompensasjonstilvekst hos den minste fisken som tidligere har hatt begrenset vekst som følge av fødehierarkier. Den større fisken som har klart seg bra i konkurransen om maten viser gjerne ingen endring i tilvekst som følge av sorteringen.

Det er vanskelig å sortere fisken uten et minimum av håndtering. All håndtering av fisk vil medføre noe stress, og dette ha påfølgende negative effekter på førinntak. Fisk vil imidlertid kompensere for redusert appetitt som følge av håndtering ved å øke førinntaket i noen dager etter håndteringen når appetitten er tilbake. Med tanke på tilvekst er håndtering derfor et lite problem om det ikke skjer for ofte.

Fisketetthet

Arktisk røye har generelt høy toleranse for store fisketettheter uten at appetitt eller tilvekst reduseres. Faktisk bør for lave tettheter unngås da dette kan føre til økt aggresjon og hierarkidannelse innen grupper (Jørgensen et al. 1993). De fant at røye holdt ved 15 kg m^{-3} hadde dårligere tilvekst og større variasjon i tilvekst enn fisk holdt ved 60 kg m^{-3} . En ytterligere økning i tetthet til 120 kg m^{-3} førte ikke til redusert tilvekst eller variasjon i tilvekst sammenliknet med gruppen på 60 kg m^{-3} . I et annet forsøk viste Siikavuopio og Jobling (1995) at røye holdt ved 30 kg m^{-3} hadde mer finneskader, og større vekttap, enn røye holdt ved 90 og 150 kg m^{-3} , sannsynligvis som følge av aggressiv adferd ved lav tetthet. 60 kg m^{-3} synes dermed å utgjøre minimumstetthet ved oppdrett av røye. Den øvre grensen er usikker, men det synes klart at 120 kg m^{-3} ikke utgjør noe problem. I kommersiell skala produksjon i kar (10 m^3) ser det ut til at tettheten kan reduseres noe uten problemer med øket aggresjon. For eksempel er ikke $20\text{-}30 \text{ kg m}^{-3}$ noe problem, noe som er fordelaktig ved produksjon av små fisk om sommeren med høye temperaturer og begrenset oksygentilgang via råvannet eller ikke tilgang til ren oksygen. Årsaken til at lav tetthet er et mindre problem i full skala oppdrett kan være at antall fisk er så høyt at det reduserer aggresjonen og hierarkidannelse.

Lys

Fisken påvirkes av daglengden (også kalt fotoperiode). Det mest stabile signalet om årstid som kan benyttes som "kalender" av dyr er endringene i daglengde. Laksefisk bruker endringene i daglengde til å justere viktige sesongmessige endringer i tid, som f. eks. smoltifisering og kjønnsmodning. Slike endringer er komplekse og involverer både morfologiske, adferdsmessige og fysiologiske forandringer, og eksakt tidsfastsettelse av disse er svært viktig. Hvis man ønsker at fisken skal gjennomføre sine sesongavhengige endringer til riktig tid i forhold til naturen, så må

de få informasjon om tiden ved at de opplever den naturlige endringen i daglengde gjennom året. Fisk, som formodentlig alle andre dyr med lang levetid, har en egen evne til å generere en indre årsrytme basert på hva vi kaller biologiske klokke. Slike klokke kan ha ulik periode. Et eksempel på en slik klokke med kortere periode er den som styrer døgnrytmen. Typisk for slike klokke er at de krever hyppig justering, siden de tenderer til å henge etter eller gå for fort uten justering fra omgivelsene. Dette betyr at røye som holdes under helt konstante betingelser vil fortsette å gjennomføre sine sesongmessige endringer (eks. kjønnsmodne), men de vil være forskjøvet i tid i forhold til om de hadde informasjon om daglengde endringer. Dette kan også utnyttes innen oppdrett, ved at tidspunktet for eksempelvis smoltifisering eller kjønnsmodning kan flyttes i tid på en kontrollert måte ved å manipulere med endringene i daglengde. Simulerte endringer i daglengde behøver ikke å skje daglig, men man kan for eksempel justere daglengden hver uke. Det er lett å gjøre feil når man skal manipulere med biologiske klokke, da det er kompliserte prosesser som ligger under, så skal man påvirke dem bør man ha satt seg grundig inn i hvordan de fungerer. Resultatet kan fort bli annerledes enn hva man hadde tenkt seg hvis man gjør feil.

Laksefisk er svært sensitive ovenfor lys, og kan registrere så lave intensitet som under 1 lux (Zachmann m.fl. 1992). Wallace og kolleger (1988) sammenliknet vekst og dødelighet hos juvenil Arktisk røye som var eksponert for ulike lysintensiteter mellom 0 og 700 lux målt i vannoverflaten. De fant raskest tilvekst ved 50 lux, og den eneste gruppen som hadde bedre overlevelse ble holdt i mørke (0 lux). Dårligst vekst og høyest dødelighet fant de ved 700 lux. Det synes derfor som at små røye har best overlevelse og tilvekst ved relativt dus belysning, og lysintensitet rundt 50 lux anbefales. Til sammenligning er intensiteten under standard lysstoffrør ca. 1000-1500 lux på en meters avstand i luft. Intensiteten taper seg mye raskere i vann.

Forskjellen i lysintensitet mellom natt og dag er viktigere for fiskens oppfattelse av daglengde enn faktisk intensitet (Zachman m.fl. 1992). Benytter man lav lysintensitet om dagen er det derfor viktig at det er så mørkt som mulig om natten.

Sykdom

Røye er regnet for å være en mer robust fisk sammenliknet med andre laksefisk mot de vanligste patogene bakterie- og virussykdommer (Johnston, 2002). Selv om røye er en robust fisk som sjelden blir syk, kan røye på lik linje med andre laksefisk få bakterielle infeksjoner (vibriose, furunkulose og BKD) og virus (IPNV, IHNV og VHSV). (Johnston, 2002). Sopp kan også i enkelt tilfeller være et stort problem i oppdrett av røye. Erfaringer fra Norge og utlandet indikerer at utvendige sopp sykdommer i de aller fleste tilfeller er ensbetydende med infeksjoner med sopparten tilhørende slekten *Saprolegnia*. *Saprolegnia* er av den mest allestedsnærværende soppen i ferskvann. *Saprolegniose* på fisk kjennetegnes ved at det dannes et karakteristisk hvitt eller bomullaktig belegg der hvor soppen koloniserer fisken. Kan være den primære og sekundære dødsårsak. Vanligvis opptrer soppen som sekundære patogener dvs. angriper individer som allerede er svekket av andre årsaker. For å forebygge soppinfeksjon er god vannkvalitet en av nøkkelfaktorene (Hanse m.fl. 2007). Av encellede parasitter er flagellaten *Ichthyobodo necator* (*Costia*) mest sannsynlig den encellede parasitten som volder størst problem inne røye oppdrett. Nyere forskning viser også at røye kan være bærer av den dødelige lakseparasitten *Grodactylus salaris* i opp til et år uten at annen laksefisk er til stede (Winger m.fl. 2008).