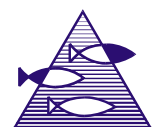
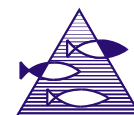


# Kan næringsutvikling basert på kunnskap gi fremtidig konkurransekraft?

Konsolidering av 20 års akkumulert kunnskap for å stimulere til etablering av hummeroppdrett





<b>Tittel:</b> Kan næringsutvikling basert på kunnskap gi fremtidig konkurransekraft? Konsolidering av 20 års akkumulert kunnskap for å stimulere til etablering av hummeroppdrett.			<b>FoU serienr.</b> 002	<b>Dato</b> 19.11 2013
			<b>Rapport nr.</b> 001_3_13	<b>Sider:</b> 32 sider
<b>Forfatter(e):</b> Asbjørn Drengstig*, Ann-Lisbeth Agnalt, Alf Reime, Beth Evensen, Asbjørn Bergheim, Jan Morten Homme & Petter Aanonsen,	<b>Geografisk plassering:</b> Kvitsøy Rogaland Europa	<b>Gradering:</b> Åpen	<b>Emnegrupper:</b> Oppdrett Hummer Nettverk Kommersialisering	<b>Distribusjon:</b> Åpen
<b>Fil/Arkiv:</b> NLF_nettnetk/001-3-13/0			<b>Oppdragsgiver:</b> VestMarin	

**Sammendrag:**

I perioden 1996 og frem til i dag har Matfylket Rogaland satset bredt på oppbygging og kommersialisering av flere nye marine skalldyrarter i fylket. Som et resultat har Rogaland vært vertsfylke for den største satsningen innenfor kultivering av marine skalldyr i Europa.

For oppdrett av hummer er det blitt utviklet og dokumentert en landbasert teknologi som er skalerbar og som viser et stort lønnsomhetspotensial i fremtiden. Det har også blitt utviklet produksjonsmetoder for helårlig klekking av yngel, noe som vil sikre en stabil rekruttering til landbaserte påvekstanlegg. Hummer er dermed en av de skalldyrartene som har kommet lengst i arbeidet med å kontrollere verdikjeden, herunder utvikling av teknologi, biologisk forståelse og oppbygging av oppdrettskompetanse. Dette inkluderer også dokumentering av produktkvalitet, markedspotensial og high-end kunders betalingsvilje for semi-kommersielle volum i markedet. Arbeidet med domestifisering av arten i landbaserte systemer har vært systematisk og må anses som vellykket. Hummer har derfor de beste forutsetninger til å utvikles videre som oppdrettsart i kommersiell skala. Produktet porsjonshummer er i tillegg eksklusivt, velrennert, har høyere etterspørsel enn tilbud, oppnår svært høye priser i markedet og skiller seg derfor fra alle andre marine arter (fisk og skalldyr) som har vært/er etablert med produksjon i Norge og globalt. Utover dette har Norwegian Lobster Farm i dag unike konkurransefortrinn med globalt monopol på både teknologi og produkt.

Det er imidlertid slik at oppdrett av hummer står overfor klart definerte utfordringer knyttet til kapitaltilgang som må løses for å kommersialisere driften. I Rogaland foregår det i dag et stort løft for å finne nye tiltak som skal stimulere forsknings- og utviklingsaktiviteter (FoU), noe som igjen vil gi ny kunnskap og økt konkurransekraft. Etablering av samarbeidsarenaer står sentralt i det videre arbeidet hvor private bedrifter i samarbeid med FoU institusjoner vil kunne utveksle informasjon og koordinere sine utviklingsaktiviteter.

Norwegian Lobster Farm fikk i 2012 delfinansiering av VestMarin som gjorde det mulig å gjennomføre et prosjekt for å identifisere nye strategier og nye samarbeidskonstellasjoner som kan styrke muligheten for å oppnå kommersiell suksess med oppdrett av hummer. Dette prosjektet har direkte bidratt til å samle alle kjente europeiske aktører innenfor hummeroppdrett (yngelproduksjon, havbeite, porsjonshummeroppdrett) i et større nettverk. Nettverksarenaen *European Lobster Centre of Excellence* (ELCE) ble formelt stiftet i april 2013 i tilknytning til en større hummerkonferanse i Padstow, England. Nettverket vil i tiden fremover definere strategier for næringsutvikling, forskningsprosjekter og virkemidler i Europa, og koordinere arbeidet i en nyutviklet database. Målsettingen til ELCE sine medlemmer er å kommersialisere oppdrett av porsjonshummer innen 2016.

**3 nøkkelord**

1. Hummeroppdrett
2. Lønnsomhet
3. Innovasjon

**3 key words**

1. Lobster farming
2. Profitability
3. Innovation

\*Kontaktperson: Asbjørn Drengstig; [post@norwegian-lobster-farm.com](mailto:post@norwegian-lobster-farm.com)

# Innholdsfortegnelse

<b>Innholdsfortegnelse</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>6</b>
1.1 Aktiviteter i prosjektet .....	7
1.2 Prosjektgruppe .....	8
<b>2 Hummeroppdrett</b> .....	<b>9</b>
2.1 Produksjonsprosess- og metode.....	9
2.2 Landbasert oppdrett .....	9
2.3 Havbeite og bestandsstyrking.....	11
2.4 Økt lønnsomhet gjennom økt overlevelse.....	12
2.5 Synergier nedstrøms.....	12
2.6 Lokalt samarbeid fiskere – forskere.....	13
2.7 Identifisering av drivere .....	13
2.8 AkvaPark MINI.....	14
<b>3 Næringsstatus</b> .....	<b>15</b>
3.1 Tidlig fase .....	15
3.2 Kriterier for en vellykket kommersialisering .....	15
<b>4 Næringsutfordringer</b> .....	<b>17</b>
4.1 Privat og offentlig kapitaltilgang .....	17
4.2 Produksjonsvilkår .....	17
4.3 Teknologi.....	18
4.4 Fôr.....	19
4.5 Utsettinger .....	19
4.6 Genetikk.....	20
4.7 Markedsføring og distribusjon .....	20
<b>5 Nettverk</b> .....	<b>22</b>
5.1 European Lobster Centre of Excellence (ELCE).....	22
5.2 IT system og databaseutvikling.....	23
5.3 Erfaringsdata fra andre marine nettverk.....	24
<b>6 Når deling av kunnskap blir konkurransekraft</b> .....	<b>26</b>
6.1 Fra forskning til faktura – eller konkurs.....	26
6.2 Rammebetingelser .....	27
6.3 Kommersialisering basert på kompetanse.....	28
<b>7 Avsluttende kommentar og konklusjon</b> .....	<b>29</b>
7.1 Internasjonalt perspektiv.....	29
7.2 Konklusjon.....	29
<b>8 Referanser</b> .....	<b>31</b>

## Sammendrag

For at en fremtidig hummernæring skal kunne kommersialiseres med fornuftige rammebetingelser bør noen sentrale forutsetninger oppfylles. De seks viktigste faktorene er:

- ✓ Markedet for hummer er synliggjort og er stort nok i forhold til produksjonsplaner
- ✓ Kunnskap rundt biologi, teknologi og fôr er på et grunnleggende godt nivå
- ✓ Dokumentert produksjon som kan vise til at verdikjeden beherskes
- ✓ Et godt forankret nettverk hvor næringsaktører og forskningsinstitusjoner er aktivt involvert
- ✓ Mulighet til å koordinere kapitalkilder
- ✓ Tilgang på relevant risikokapital og tilpasset offentlig tilrettelegging frem til kommersiell fase – Proof of Concept (POC)

Hummernæringen innfrir i dag de tre første forutsetningene, men har manglet en felles samarbeidsplattform og tilfredsstillende tilgang på kapital/finansieringsordninger. I 2012 ble det initiert et prosjekt hvor den sentrale målsetningen var å avdekke kritiske suksessfaktorer og koordinere tiltak for å øke lønnsomhetspotensialet gjennom et felles nettverk. Videre skulle felles utfordringer og muligheter for kompetanseutveksling mellom aktørene settes i system i lys av eksisterende kunnskap.

Det er flere faktorer som underbygger behovet for å etablere et nettverk innenfor hummeroppdrett (Drengstig et al. 2003). De viktigste faktorene er som følger:

- ✓ Skape en felles arena for målrettet utvikling av en hummernæring, hvor næringsaktører og FoU-miljøer kan diskutere fremtidsplaner, flaskehals, løsningsforslag, dokumentasjon og evaluering av erfaringer
- ✓ Skape en arena hvor nødvendige offentlige virkemidler kan kanaliseres, og koordineres, til bedrifter som kan gjennomføre kvalitetssikret FoU arbeid i nært samarbeid med forskningsmiljøer og omsette resultatene i praksis
- ✓ Utforme en samlet strategi for næringen som kan øke sjansene for en politisk satsning på hummeroppdrett hvor nettverket skal bidra til et mer systematisk og velstrukturert samarbeid mellom virkemiddelapparatet og privat kapital
- ✓ Fremskaffe en prioritert rekkefølge av hvilke utfordringer som må løses - behovet for FoU må ikke undervurderes
- ✓ Skape forutsigbare rammevilkår for næringen
- ✓ Etablere gode logistikkløsninger knyttet til tid, transport (levende frakt), redusere antall ledd i forsendelser, etc (gjelder både yngel og mathummer)
- ✓ Stimulere til flere etableringer i startfasen (0-8 år) slik at underdekningen i markedet kan imøtekommes. Det vil bidra positivt dersom flere produksjonsanlegg blir etablert over hele Europa for å sikre en stor nok leveringskapasitet fra flere produsenter til respektive nasjonale og internasjonale markeder
- ✓ Utvikle konkrete planer som vil skape balanse og stabilitet i tilbud og etterspørsel, samt koordinere markedstilpasning og salg av konsumhummer hvor aktørenes interesser og integritet ivaretas

- ✓ Sikre en god verdiskapning i alle ledd, herunder sikre at det er driftsgrunnlag for yngelprodusenter, mathummerprodusenter, grossister og eksportører
- ✓ Skissere felles bransjestandarder for hummer på generiske områder som miljø, kvalitet, fôrutvikling, logistikk, genetikk, marked, kulinariske tester mv. Bransjestandarder kan bli viktige for næringen og bidra til positive føringer i forhold til juridisk fastsatte standarder i EU og Norge

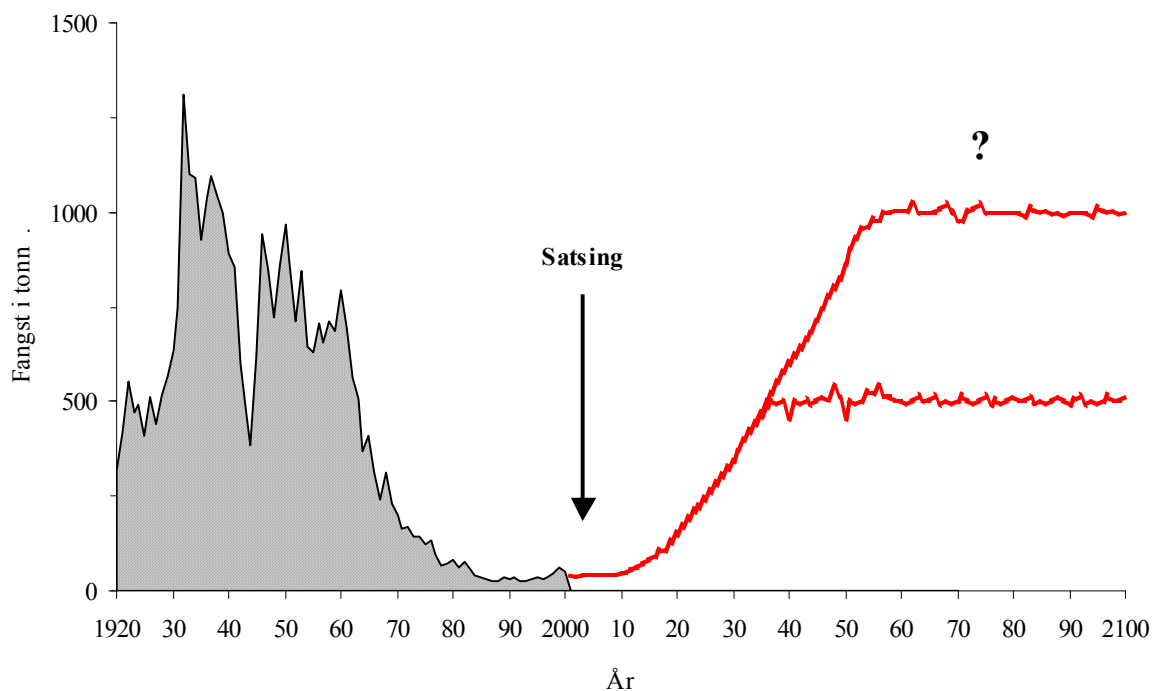
Nettverksarenaen *European Lobster Centre of Excellence* (ELCE) ble etablert i april 2013 for å kunne jobbe strategisk og systematisk med disse punktene i en definert rekkefølge. Nettverkets rolle skal videre være en møteplass hvor aktørene sammen kan etablere og koordinere forsøk, kursvirksomhet og utveksling av kunnskap og erfaringer. Under nettverkssparaplyen har medlemmene i ELCE allerede startet et samarbeid hvor nettverket koordinerer flere søknader til nye kunnskapshevende prosjekter. Det overordnede målet er at dette skal bidra til å strukturere en lønnsom hummernæring med en strategisk riktig politisk posisjonering som igjen skal øke mulighetene for å tiltrekke privat kapital til næringen. I tillegg skal nettverket bidra til generisk markedsføring, salg og merkevarebygging av den Europeiske hummeren nasjonalt og internasjonalt.

**Denne rapport skal refereres som:**

*Drengstig, A., A.-L. Agnalt, A. Reime, B. Evensen, A. Bergheim, J. M. Homme & P. Aanonsen (2013). Kan næringsutvikling basert på kunnskap gi fremtidig konkurransekraft? Konsolidering av 20 års akkumulert kunnskap for å stimulere til etablering av hummeroppdrett. Norwegian Lobster Farm rapport; 32 sider.*

# 1 Innledning

Hummerfisket i norske farvann har tradisjoner tilbake på 1600-tallet, men på grunn av hard beskatning og feil forvaltning, er hummerbestanden i dag er på et minimumsnivå (Figur 1). Fangstene avtok dramatisk etter 1960-tallet og på begynnelsen av 1990-tallet var de nede i et historisk lavmål på rundt 25 - 30 tonn per år (Uglem 1995; Borthen et al. 1998; Agnalt 2008). I 1996 utgjorde den norske fangsten bare 1 % av den totale fangsten i Europa, samtidig som det øvrige totale fangstkvantumet var relativt stabilt. Sammenbruddet i bestanden har ført til at hummer i dag vurderes som utrydningstruet, og det har i perioden 2002 til 2008 blitt innført stadig strengere fangstreguleringer, inkludert stans i vårfiske, minimum to fluktåpninger i hver hummerteine, kortere fangstperiode og forbud mot fiske etter rognhummer.



**Figur 1. Utvikling i fangstvolum for norsk hummer på 1900-tallet (Borthen et al. 2001)**

Før år 2000 var alle forsøk i Norge på oppdrett av hummer rettet mot produksjon av yngel for utsetting på havbeite. Det hadde imidlertid foregått et omfattende forskningsarbeid i USA med mål om å oppdrette hummer til konsum i perioden 1970 – 1995 (Nicosia & Lavalli 1999). Disse forsøkene ble avsluttet uten at det ble utviklet et konsept som hadde alle de nødvendige egenskapene i ett og samme design, og som også hadde økonomisk bæreevne. Norwegian Lobster Farm AS var dermed den første oppdrettsaktøren i verden som satt i gang kommersiell produksjon av porsjonshummer, og er fortsatt den eneste som har lyktes med å utvikle en teknologi som kan industrialiseres. Norwegian Lobster Farm ledet et større FoU prosjekt på Kvitsøy for å dokumentere potensialet for landbasert produksjon av porsjonshummer (20cm/

300gram) i perioden 2000 - 2011. I forskningsprosjektet samarbeidet selskapet med lokale og regionale forskningsinstitutter (Havforskningsinstituttet, Nofima, NIFES, IRIS og Sintef). Selskapet utviklet en unik patentert produksjonsteknologi, og en resept på spesialfôr som gir god vekst og riktig pigmentering fra tidlig yngelstadium til ferdig porsjonshummer. Som pionérer i hummeroppdrettsnæringen, bygget Norwegian Lobster Farm verdens første kommersielle oppdrettsanlegg for porsjonshummer i 2007. I det videre arbeidet fra 2007 til 2011 ble det i samarbeid med Havforskningsinstituttet utviklet prosedyrer for stabil og helårlig yngelproduksjon, samt en levende genbank for seleksjon av stamdyr. Selskapet har derfor gjennom sine FoU aktiviteter ervervet seg god kompetanse innenfor landbasert produksjon av hummeryngel og porsjonshummer fra egg til marked.

Deler av selskapets oppdrettsanlegg ble i 2011 totalskadd i brann, noe som medførte en produksjonsstans de siste to årene. Selskapet ble deretter revitalisert i 2012 hvor organisasjonen ble restrukturert og gjeld ble nedbetalt og slettet. For å kunne opprettholde kunnskapsnivået og opprettholde en fremtidig satsning, fikk Norwegian Lobster Farm i 2012 tilskudd fra VestMarin-programmet til å evaluere nye tiltak som kan øke lønnsomheten i hummeroppdrett og muligheten for å etablere kommersiell produksjon av porsjonshummer.

## 1.1 Aktiviteter i prosjektet

Dette forprosjektet hadde som mål å bygge opp et kompetansesenter innenfor hummer og skalldyr på Kvitsøy. Kvitsøy har en lang historie når det gjelder hummerfiske, og er en internasjonal kjent lokalitet når det gjelder forskning på utsetting av hummeryngel til bestandsstyrking og oppdrett av porsjonshummer. Det finnes i dag unike data og en stor kunnskapsbase fra Kvitsøy innenfor bestandsstyrking og gjenfangstdata, samt intensivt landbasert oppdrett. Havforskningsinstituttet i Bergen var ansvarlig for gjennomføringen av PUSH prosjektet fra 1994 – 2001 (Program for Utvikling og Stimulering av Havbeite), samt flere FoU prosjekt i perioden 2001 – 2011. I tillegg har Norwegian Lobster Farm AS jobbet målrettet i perioden 2000 og frem til i dag for å kommersialisere landbasert oppdrett av porsjonshummer.

Det var derfor interessant å identifisere måter å konsolidere denne kunnskapsbasen og anvende kompetansen til å øke lønnsomheten i hummeroppdrett. Som en del av dette skulle det foretas evalueringer av hvordan konsolidering av kunnskap kan skape nye muligheter for å kommersialisere landbasert oppdrett av hummer. Videre skulle nye veivalg avdekkes for hvordan havbeite med hummer og utsetting av yngel kan stimulere til fangstbasert akvakultur, for derigjennom å øke lønnsomheten til lokale klekkerier. Det stod derfor sentralt å vurdere ulike muligheter som næringen har for å øke sin inntjening ved å se intensivt oppdrett av porsjonshummer, FoU, havbeite og fangstbasert akvakultur i en sammenheng. I tillegg var det en målsetting å utvikle et effektivt IT system med kraftige og enkle søkemuligheter for innlegging og utveksling av

informasjon og data mellom aktørene. Et slikt verktøy vil bidra til å forenkle og effektivisere samarbeid mellom ulike bedrifter og organisasjoner i Europa.

Det var et selvstendig mål at forprosjektet skulle legge til rette for et hovedprosjekt med mål om å etablere et bærekraftig kompetansesenter innenfor skalldyroppdrett. Kompetansesenteret skulle bli lokalisert på Kvitsøy i Rogaland, men med mulighet til også å inkludere aktører innenfor skalldyroppdrett i Norge og internasjonalt. På bakgrunn av resultatene som ble avdekket tidlig i forprosjektet, ble imidlertid den geografiske rammen utvidet til å omfatte hele Europa fra starten av.

## 1.2 Prosjektgruppe

Prosjektgruppen ble satt sammen av følgende personer og selskap:

Prosjektansvarlig:	Asbjørn Drengstig, Norwegian Lobster Farm AS
Prosjektleder:	Beth Evensen, Blue Planet AS
Forsker:	Ann-Lisbeth Agnalt, Havforskningsinstituttet i Bergen
Seniorforsker:	Asbjørn Bergheim, IRIS
IT-utvikler:	Alf Reime, AqVisor AS
Prosjektmedarbeider:	Petter Aanonsen, AqVisor AS

I tillegg har prosjektet samlet kunnskap og erfaringer innenfor drift av klekkeri, bestandsstyrking, havbeite, oppdrett og fangstbasert akvakultur/turistfiske fra flere ulike land i Europa. Denne kompetansen har dette prosjektet knyttet opp mot en ny database som bidrar til hurtig utveksling av kompetanse mellom aktørene. Prosjektet har direkte bidratt til å samle Europa rundt videre satsning på hummeroppdrett. Medlemmene vil fremover stimulere til samarbeid, innovasjon og kommersialisering av hummeroppdrett i Europa gjennom deling av kunnskap. Følgende personer og selskap har deltatt i denne prosessen:

1. Dominique Boothroyd, The National Lobster Hatchery, Cornwall, UK
2. Carly Daniels, The National Lobster Hatchery, Cornwall, UK
3. Jan Morten Homme, AqVisor AS
4. Ragnheidur Inga Thorarinsdottir, Universitetet på Island/Svinna Engineering Ltd.
5. Jan Erik Jensen, Hobas AS
6. Dennis Gowland, Shellfish Hatchery Systems Ltd., Orkenøyene, UK
7. Bjørn Aspheim, Gamba Natural S.A., Medina del Campo, Spania
8. Ivar Lund, DTU-Aqua, Hirtshals, Danmark
9. Gregg Arthur, The North Atlantic Fisheries College, Shetland, UK
10. Eivind Helland, BluePlanet, Norge
11. Alessandro Carlini, Università degli Studi della Tuscia, Italia
12. Rossana Giannarini, Università degli Studi della Tuscia, Italia

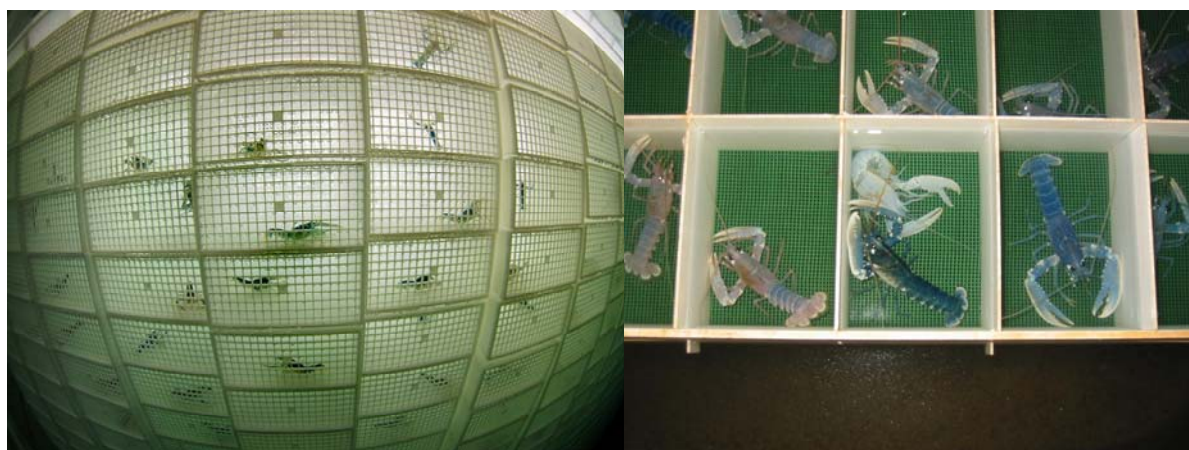


## 2 Hummeroppdrett

### 2.1 Produksjonsprosess- og metode

I dag eksisterer det to - tre mulige produksjonsstrategier for hummer basert på dagens forutsetninger og pågående aktiviteter i Europa. De to metodene som er mest aktuelle er intensivt landbasert oppdrett og ekstensivt oppdrett, også kalt havbeite. I tillegg driver en del klekkerier med utsetting av yngel til såkalt bestandsstyrking. Det er ingen aktører som kombinerer de ulike produksjonsmetodene, og det er ingen som kombinerer hummerproduksjon med andre næringer (fangstbasert akvakultur, turistfiske mv.).

Generelt kan man si at hummer er en relativt enkel biologisk art å drive oppdrett på, men hvor utfordringen har vært å utvikle en lønnsom teknologi som både forhindrer kannibalisme. I tillegg skal oppdrettskonsepter også legge til rette for en optimal vekst ved ca. 20°C, samt hummerens krav til stabil vannkvalitet (van Olst *et al.*, 1980).



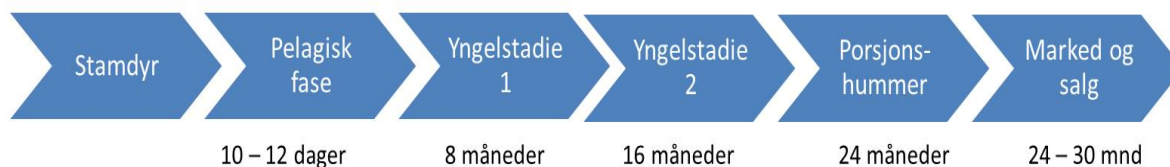
**Figur 2. Oppdrettsteknologi og hummer i förforsøk (Bilder: R. Svensen & A. Dregstig).**

Kostnader knyttet til oppbevaring, fôring, røkting, sortering, overvåking av dødelighet og høsting av hummer setter dermed store krav til teknologiske løsninger og høy grad av automatisering for å skape en lønnsom produksjon i hele verdikjeden (Figur 2).

### 2.2 Landbasert oppdrett

Mulighetene for å starte landbasert oppdrett av hummer ble første gang undersøkt på slutten av 1990-tallet hvor potensialet for oppdrett av porsjonshummer ble utredet i perioden 1997-1999 (Dregstig 2000). Undersøkelsene viste at fokus var satt på havbeite og yngelproduksjon gjennom PUSH-programmet, og at det var viet liten oppmerksomhet til industriell landbasert produksjon (Borthen *et al.* 1998). Hovedgrunnen til dette var flere internasjonale studier som viste at landbasert oppdrett av

hummer satt mange og store krav til selve oppdrettsteknologien for å kunne oppnå lønnsomhet i driften. Ingen hadde så langt klart å utvikle et oppdrettskonsept som hadde alle de nødvendige egenskapene i en og samme enhet. Aiken & Waddy (1995) oppsummerte den teknologiske utviklingen innenfor hummeroppdrett slik: *"The ideal tank for rearing lobsters individually would be inexpensive to construct and operate and simple to maintain. It would be self-cleaning, use space in three dimensions, conserve water, and permit access to the livestock for inspection and feeding. So far, no one has successfully incorporated all of these features into a single design"*.



**Figur 3. Verdikjede for landbasert oppdrett av porsjonshummer.**

Intensivt oppdrett defineres her som landbasert oppdrett av hummer til porsjonsstørrelse. Verdikjeden er vist i Figur 3 og det tar ca. 24 – 30 måneder fra eggene klekker til ferdig porsjonshummer kan levere til kunde (avhengig av kvalitet på avkom). I liten skala behersker man i dag oppdrett på en tilfredsstillende måte, men næringen mangler erfaringer i større skala. Man behersker imidlertid produksjon av hummeryngel fra I til IV-stadie, og IV-stadie til 5 – 6 cm i større kommersiell skala.

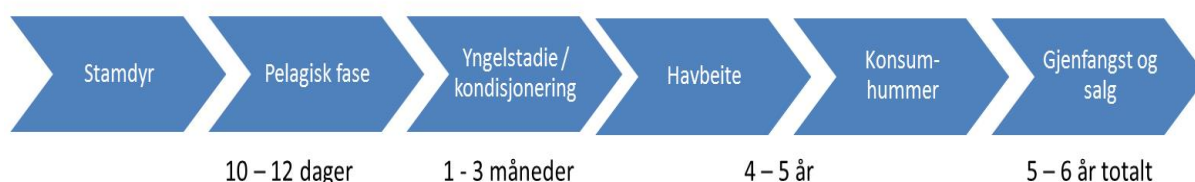
I motsetning til tradisjonelt fiskeoppdrett, er det nødvendig å utvikle et oppdrettssystem for hummer som muliggjør individuell behandling og overvåking. Det er også påkrevd at produksjonen i stor grad er automatisert. Det har de siste 10 – 12 årene blitt utviklet en oppdrettsteknologi, bildebehandlingssystem, fôringsroboter, sorteringsroboter, innsettingsroboter, høsteroboter og databasesystem. Oppdrettskonseptet muliggjør full kontroll i produksjonen fra bunnslått yngel til porsjonshummer, og tillater dermed full sporing av fôr-ingredienser, rognhummer, yngel og ferdig produkt levert til kunde. Forskningsinnsatsen har primært vært rettet mot problemstillinger knyttet til oppdrett av porsjonshummer (fra 6 – 20 cm lengde). Basert på antagelsen om at hummeryngel ville beite på formulert fôr, er det også blitt utviklet pelletert fôr til både yngelproduksjon og porsjonshummerproduksjon. Fôret sikrer korrekt pigmentering, akseptabel vekst, høy overlevelse og lav fôrfaktor. Det har også blitt dokumentert at oppdrett av hummer, i forhold til andre marine arter, ikke har startfôringsproblemer og få biologiske flaskehalsen på yngelstadiet. Fôret må imidlertid videreutvikles og optimaliseres sammen med øvrig teknologi og automatiseringsløsninger i en fremtidig kommersialiseringsprosess mot intensiv produksjon.

For produksjon av porsjonshummer er resultatene lovende, og dokumenterer at det lar seg gjøre å produsere porsjonshummer (300g/20cm) i løpet av 24-30 måneder (Wickins & Beard 1991; Drengstig et al. 2003; Drengstig & Bergheim 2013; Dalsgaard et al. 2013).

Økonomiske analyser viser også at det er mulig å oppnå svært god lønnsomhet i driften av landbaserte anlegg for produksjon av porsjonshummer (SR-Bank Corporate Finance 2009). Videre underbygger alle resultater fra flere markedsundersøkelser, analyser av produktkvalitet og prissensitivitet at kommersielt landbasert oppdrett av porsjonshummer har et stort globalt potensial (Anon. 2002; KPMG 2003; Rodi-Andrieu 2005; Yrwing 2005; Anon. 2006). Kunder i de best betalte markedssegmentene er villig til å betale opp mot 650 kr/kg for større volum til produsent forutsatt at kontinuerlige leveranser er mulig.

## 2.3 Havbeite og bestandsstyrking

De fleste klekkerier i Europa produserer yngel som settes tilbake i sjøen i ulike størrelser. Norge er det eneste landet som i 2002 fikk egen Lov om Havbeite som gir konsesjonshaver eksklusiv gjenfangstrett til utsatt hummer på et geografisk avgrenset område. Havbeite baserer seg i likhet med landbasert oppdrett på intensiv produksjon av settehummer. Når yngelen når en viss størrelse (varierer mellom IV stadielarver og 4 – 6 cm stor yngel) settes hummeren ut i naturlige omgivelser for å gjennomgå en påvekstfase. Verdikjeden er vist i Figur 4 og det tar mellom 5 – 6 år fra klekking av egg til hummeren når markedsstørrelse i havbeite. Utsetting av intensivt oppdrettet settehummer er en kritisk fase i produksjonen, og det gjenstår fortsatt mye kunnskapsutvikling knyttet til yngelkvalitet, habitatsutvelgelse, utsettings- og innhøstingsteknologi, samt logistikk. Under utsett og i perioden etterpå er hummeren sårbar for naturlige predatorer, og er avhengig av å finne skjul raskt for å kunne overleve.



**Figur 4. Verdikjede for havbeite**

To av de mest kritiske faktorene ved utsetting er derfor valg av bunnssubstrat ved utsetting og tilstedeværelsen av predatorer under og etter utsetting. Disse erfaringene stammer fra tidligere utsett av hummer, kanskje spesielt fra PUSH prosjektet på Kvitsøy. Totalt ble det satt ut 125 600 hummeryngel i 11 separate utsetninger fra 1990 og 1994 i forbindelse med PUSH programmet (Agnalt et al. 1999; Agnalt et al. 2004).

Selskapene Norsk Hummer AS og Aegir Havbruk AS er de to eneste aktørene som fortsatt jobber med havbeite. I tillegg har Havforskningsinstituttet de seneste årene avdekket nye strategier for utsetting basert på en kondisjoneringsfase eller predator-trening som kan sikre høyere overlevelse frem til høsting. Foreløpige estimater tyder på at gevinstene med «treningsleir» vil overstige kostnadene (Agnalt pers. med.). Dette arbeidet er

imidlertid fortsatt i en tidlig fase og forsøkene er foretatt i liten skala. For havbeitevirksomheter er det likevel viktig at nye foreløpige forskningsresultater indikerer på at kontrollert utsetting av yngel helt klart vil gi positive utslag. Aktørene jobber også selv med utvikling av tiltak for å øke overlevelsen i større skala, både i klekkeriene og etter utsett. Dette arbeidet bør settes inn i en FoU sammenheng og prioriteres i tiden fremover for fremskaffe mer faglig underbygd dokumentasjon. Siden man mangler kunnskap om optimale utsettingsmetoder og hva som differensierer en egnet fra en uegnet lokalitet for utsetting, jobbes det også med utvikling av relevante og fornuftige utsettingsmetoder for hummeryngel til havbeite. Når verdikjeden til havbeite er dokumentert vil denne type hummerproduksjon kunne skape store bedriftsøkonomiske verdier langs kysten, samtidig som man kan forvente en positiv samfunnsmessig gevinst gjennom en økning av villhummerbestanden. Derfor vil både videreutvikling av landbasert oppdrett og havbeite prioriteres videre.

## 2.4 Økt lønnsomhet gjennom økt overlevelse

Uavhengig av valgt produksjonsstrategi, må man forstå hummerens biologi og hvilke krav som stilles til teknologisk utvikling og design for å oppnå lønnsomhet i intensivt og kommersielt oppdrett av hummer. Det må imidlertid skilles mellom utsetting/havbeite og landbasert oppdrett fordi man søker ulike egenskaper hos hummeryngelen. Det er vist at den såkalte «fitness» er ulik for landbasert produksjon og havbeite/bestandsøkning. Fellesnevneren for alle strategiene er imidlertid utvikling av et godt tilpasset fôr, kondisjonering av yngel til de ulike påvekstmetodene, seleksjon av «riktige» stamdyr og sikre god vannkvalitet i de tidlige livsstadier. Tilstrekkelig kunnskap på disse områdene er av vesentlig betydning for å redusere dødelighet og øke tilvekstraten. Fortsatt kompetanseutvikling og langsiktig FoU arbeid er derfor nødvendig hvor man samtidig implementerer ny kunnskap i produksjonen. Ved å omsette kunnskap til praktisk drift i riktig skala, vil man til enhver tid kunne oppskalere biomassen under kontrollerte betingelser.

## 2.5 Synergier nedstrøms

Tiltak som fremmer nettverksbygging og samarbeid i generisk markedsarbeid vil redusere kostnader for enkeltbedrifter, samt gi synergier på tvers av verdikjeden. Etterspørselen etter hummer på det globale markedet er i dag langt større enn tilbudet, prisen er høy og produktet er velrenommert, noe som setter oppdrettet hummer i en unik konkurransesituasjon. Forrige gang Norge hadde slike fortrinn i arbeidet med å domestisere en art inn i oppdrett, var i oppstarten av lakseoppdrett for 40 år siden. For oppdrettet hummer er én av de viktigste faktorene i dag å få anledning til å skalere opp produksjonen, noe som krever samarbeid mellom aktører i verdikjeden. I tillegg vil det styrke markedstilgangen dersom flere produsenter kommer i posisjon til å levere stabilt ut i markedet. Dette vil bidra til bedre rammebetingelser i form av stabil pris og lønnsomhet i næringen hvor prisen i markedet øker med økende volum. Det er

dokumentert at oppdrettet hummer har en atypisk priselastisitet hvor økende volum gir økende pris til oppdretter. Det er derfor grunnlag for å hevde at det ikke vil være konkurranse nedstrøms i mange år fremover.

## 2.6 Lokalt samarbeid fiskere – forskere

Det ble satt fokus på å belyse hvilke muligheter et samarbeid som også inkluderer lokale fiskere kunne ha for lønnsomheten til lokale klekkerier. Et samarbeid med fiskere kan også bidra til å etablere en verdikjede for uttak av rognhummer og gjenutsetting av hummeryngel. Det er et viktig element at både fiskere og forskere bidrar med kunnskap til å styrke verdikjeden innenfor oppdrett av hummer. Inntil næringen har stamhummer som er produsert fra egne bestander av stamhummer, og selekterte stamhummer, er næringen avhengig av å fiske villhummer med rogn som kan klekkes. Basert på den lave bestanden, er det viktig å identifisere et bærekraftig antall ved uttak av rognhummer. Tidligere forsøk på Kvitsøy har dokumentert verdien av et godt samarbeid mellom fiskere, oppdrettere, offentlige organ og forskere (Borthen et al. 2001). Det foreligger også et betydelig samfunns- og bedriftsøkonomisk potensial dersom samarbeid mellom fiskere, oppdrettere og forskere etableres. Dette kan gi spinn-offs i form av turistbasert fiske, marine opplevelser, samarbeid med utsett og høsting i havbeite og bestandsstyrking, samt koordinering av fangstbasert akvakultur. Et slikt arbeid vil imidlertid kreve langsiktig innsats fordi de ulike aktørene ikke alltid snakker «samme språk». Det foreligger ofte også betydelige interessekonflikter knyttet til havbeite og fiskerier, noe som viser at tiltak som bidrar til å øke bestanden bør kommuniseres og tilrettelegges på en omforent måte.

Dersom man bruker riktige metoder som gir stabil høy overlevelse ved utsetting av hummeryngel, vil alle som benytter allmenningen kunne nyte godt av å utvikle en velorganisert hummernæring. Investeringsbehov og risiko vil også bli betydelig lavere dersom næringen utvikler mindre og standardiserte «satellitt-klekkerier» langs kysten og unngår store «hub-klekkerier» med store investerings- og driftskostnader.

## 2.7 Identifisering av drivere

Det er avdekket at de samme faktorer som vil påvirke lønnsomheten i hummeroppdrett, i dag begrenser utviklingen. Hummernæringen har inntil nå vært fragmentert hvor ulike aktører hver for seg har utviklet teknologier og kunnskap. Dette har vært en uheldig, men naturlig utvikling, mye grunnet statens måte å organisere og praktisere virkemiddelapparatet på. Denne praksisen har fremmet konkurranse og hemmet samarbeid mellom nyetablerte bedrifter i en tidlig fase, samtidig som virkemiddelapparatet har vært lite målrettet. De to store overordnede driverne for å skape lønnsomhet er tilgang på kunnskap og kapital, men samtidig vil deling av kunnskap og samarbeid være viktig for en vellykket kommersialisering. En koordinert næringsutvikling er også avhengig av nøkkelpersonell som er «hands-on» i pågående

prosesser. Hummeroppdrett representerer en radikal innovasjon og er avhengig av gründere som har en kreativ kompetansebase og et brennende engasjement.

Både for aktører innenfor hummeroppdrett og andre marine arter, er det derfor behov for en bedre statlig tilrettelegging for næringsutvikling. Gründerbedrifter er ikke i stand til å bygge sin egen næring utover det å bygge opp verdier i egne selskap og mestre de utallige uforutsette utfordringene som dukker opp på daglig basis i de tidlige fasene. Staten representerer dermed den viktigste driveren på flere områder dersom Norge skal bygge opp interessante arbeidsplasser langs kysten i fremtiden.

## **2.8 AkvaPark MINI**

For å styrke mulighetene for å re-etablere et klekkeri og hummeraktiviteter på Kvitsøy, ønsker Norwegian Lobster Farm også å bygge opp et mindre klekkeri på Finnøy. Bakgrunnen er primært at dette vil redusere risiko knyttet til kapital, arbeidsinnsats og biologisk produksjon i det videre arbeidet siden Rygjabø videregående skole har all nødvendig infrastruktur tilgjengelig. Det er også ønskelig å øke bredden arter og aktører for å sikre rekruttering og kunne gjennomføre FoU prosjekter med flere replikater innenfor et begrenset geografisk område. Samtidig har Ryfylke Næringshage i 2013 tatt initiativ til å etablere en samlokalisert Akvapark-MINI for deling av kunnskap, fordeling av kostnader og derigjennom skape bedre konkurransefortrinn (Drengstig et al. 2013). Det er ønskelig at akvapark-konseptet blir etablert som en økonomisk sone hvor staten går inn med ulike økonomiske og strategiske insentiver som stimulerer til innovasjon og næringsutvikling frem til en kommersialisering lar seg realisere (POC).

## 3 Næringsstatus

### 3.1 Tidlig fase

Selv om man har kommet langt med utvikling av hummeroppdrett, så er aktørene fortsatt i en tidlig fase med behov for FoU knyttet til kommersialisering. Norske oppdrettsaktører og FoU-miljø har imidlertid en unik spisskompetanse på hummer som oppdrettsart. I tillegg finnes det kompetanse tilgjengelig på de fleste fagfelt som biologi, teknologi, marked, vannkvalitet, helse, automasjon og prosessstyring, men næringen mangler kunnskap og erfaring fra fullskalaproduksjon av både yngel og porsjonshummer. Aktørene i Norge er dermed klar for å oppskalere sine respektive teknologier og oppdrettskonsepter gjennom etablering av pilotproduksjoner som vil gi næringsaktørene Proof of Concept i kommersiell skala.

### 3.2 Kriterier for en vellykket kommersialisering

Basert på dagens kunnskap har oppdrett av hummer et potensial til å bli en livskraftig og lønnsom næring i Norge, men næringens fremtid er imidlertid preget av finansiell usikkerhet i forbindelse med oppskalering av produksjonen. På kort sikt har det vært antatt at intensiv landbasert kontrollert produksjon var mest realiserbar grunnet usikkerhet knyttet til gjenfangst ved havbeite. På grunn av relativt store investeringsbehov og høy risiko i en startfase, og manglende statlig risikoavlastning, foreligger det i dag også usikkerhet med hensyn til realisering av landbasert oppdrett.

Fremtidig kommersialisering av hummeroppdrett vil være preget av erfaringsoppbygging, og det er viktig at det fortsettes å gjennomføre strukturert FoU arbeid for å redusere risikoen knyttet til investeringer også i de neste fasene. For å lykkes på alle områder med arten, er det nødvendig å prioritere arten og utvikle en 10-årsplan for kommersialisering. Hummer har ikke vært en prioritert art for staten, og det foreligger derfor ikke ordninger som kan sikre en vellykket kommersialisering. Tilgang på privat kapital er avhengig av tilrettelegging fra det offentlige til å finansiere de nødvendige forsknings- og utviklingsfasene. Det er først da man kan realisere de underliggende verdiene som er bygget opp og det store økonomiske potensialet i oppdrett av hummer. Alle innovasjoner i hummernæringen i dag skjer utelukkende i gründerbedrifter (SMB bedrifter), og det er disse selskapene som genererer og betaler for brorparten av verdiskapingen. Slike investeringer har liten til ingen reell mulighet til å gi økonomisk avkastning siden slike kostnader inngår i et langsiktig strategisk arbeid for å bygge kunnskap og erfaring (kompetanse) med liten annenhåndsverdi og liten direkte omsetningsverdi. Når man bygger en ny verdikjede ved å etablere en ny art i oppdrett, kan man i dag dessverre ikke forvente at nødvendig FoU aktivitet har (tilstrekkelig) risikoavlastning (Drengstig 2013a). Forskningsaktiviteter som utvikling, testing og dokumentasjon av nye metoder, teknologier og kunnskap er dermed en naturlig del av driften til disse selskapene. Når det blir avdekket at bedriftene selv må finansiere en

altfor stor andel av FoU arbeidet for å oppnå tilstrekkelig kontinuitet i sitt utviklingsarbeid, vil dette etterhvert sette en effektiv begrensning for nyetablerere og innovasjon i marin sektor.

For å skape et bedre grunnlag for å kommersialisere hummeroppdrett, ønsker imidlertid de etablerte aktørene nå å gjøre sin del. Dette inkluderer deling av eksisterende kunnskap og erfaring, koordinere fremtidig «funding» og FoU arbeid, samt å utføre strategisk samarbeid i en krevende kommersialiseringsfase. Det er videre slik at næringsaktørene frem til i dag har fått svært begrenset risikoavlastning for å ivareta utviklingsarbeidet, og ingen har fått midler direkte til forskningsprosjekter. Derfor bør også norske myndigheter ta ansvar og ivareta sin rolle på en bedre måte. Dette angår spesielt en økning, og spissing, av virkemidlene til nye arter, samt bedre koordineringen av sine virkemidler overfor bedrifter som ønsker å satse. Den politiske fokus bør rettes dit hvor verdiskapningen skjer og midlene må kanaliseres deretter. Bransjeorganisasjonen Norske Hummeroppdretteres Interesseorganisasjon (NHI) var aktiv i perioden 2002 – 2007, og hevdet allerede i 2003 at de viktigste kriteriene for at hummeroppdrett skulle kunne foreta en vellykket kommersialisering var følgende (Drengstig et al. 2003):

- ✓ Et økt og tilstrekkelig statlig engasjement
- ✓ Koordinering av virkemidler
- ✓ Et eget forskningsprogram for hummer
- ✓ Tett relasjon mellom FoU institusjoner og bedrifter
- ✓ Forutsigbarhet i rammebetingelser fra det offentlige
- ✓ Tro på små aktører og deres rolle i innovasjonsprosessen
- ✓ Verdiskapning i alle ledd
- ✓ Småskala kommersialisering
- ✓ Industrialisering når markedet, erfaring og kompetanse tilsier det



## 4 Næringsutfordringer

Enhver nyetablert virksomhet står overfor både eksterne og interne uforutsette utfordringer og risikofaktorer som den må forholde seg til. En forutsetning for å redusere risiko er at det etableres gode rutiner og etterprøvbare målsettinger på alle nivåer i bedriften (Kalvenes & Drengstig 2008). Vurdering av utfordringer innebærer å identifisere og analysere risiko som er relevante når det gjelder oppnåelse av virksomhetens målsettinger, som igjen danner et grunnlag for hvordan risiko skal håndteres. For nye marine arter som etableres i oppdrett, vil imidlertid slike teoretiske «desktop» analyser ha en meget begrenset verdi. I denne typen innovasjonsprosesser, vil aldri de kritiske suksessfaktorene være kjent på forhånd, men bli oppdaget underveis i utviklingsløpet. Det er derfor den biologiske risikoen alltid er «deal-breakeren» for kapitalinnhenting i tidlig fase (Drengstig et al. 2013). Manglende kapitaltilgang har derfor blitt skjebnesvangert for alle marine arter når bedriftene kommer til den kritiske kommersialiseringsfasen. Det er dermed ekstra viktig at næringsaktører som utvikler nye marine arter i oppdrett samarbeider tett i tidlig fase. Et slikt nettverksarbeid vil medføre at analyser av kostnadsstruktur, krav til egen finansiering og identifisering av ulike tiltak for risikoavlastning i gründerfasen blir basert på (hver)andres konkrete erfaringer og dermed mest mulig reelle. Ulempen med en slik tilnærming vil være at man får bedre og mer kvalifiserte vurderinger tidlig hvor en naturlig konsekvens vil være at gründerne ikke går videre med sine virksomheter gitt dagens manglende offentlige tilrettelegging i form av rammebetingelser og risikoavlastning.

### 4.1 Privat og offentlig kapitaltilgang

Den største og overordnede utfordringen knyttet til hummernæringen er manglende kapitaltilgang. Dette gjelder både fra private så vel som fra offentlige kilder. I tillegg kan vi i dag legge til at dagens offentlige virkemidler verken er tilpasset bedriftenes, artens eller næringens behov (Drengstig 2013a; Drengstig et al. 2013). Det er derfor behov for å restrukturere metodikken i utviklingsarbeidet innenfor hummeroppdrett spesielt, og marine arter generelt, særlig i pilot- og oppskaleringsfasen. Økt tilgang på offentlig kapital vil redusere avkastningskravet i faser med høy risiko, samt bidra til å redusere selskapenes gjeldsgrad i perioder hvor det er vanskelig å generere inntekter. Utfordringer knyttet til kapitaltilgang er nærmere beskrevet av Drengstig et al. (2013).

### 4.2 Produksjonsvilkår

Utfordringene og problemstillingene knyttet til produksjonsvilkår for en ny næring vil være mange og mangfoldige. Hummernæringen ble ovenfor inndelt i to - tre kategorier representert ved:

1. Landbasert kontrollert oppdrett av porsjonshummer

2. Havbeite
3. Bestandstyrking

Sentralt for de ulike produksjonsstrategiene er først og fremst å sikre stabil tilgang på stamdyr og yngel av god kvalitet. Stabil yngelproduksjon er starten i verdikjeden til oppdrett, og det er viktig at denne kan styres og kontrolleres (Drengstig et al. 2009; Drengstig 2013b). Selskaper innenfor nye marine arter i Rogaland har klart å etablere god kontinuitet på yngelproduksjon av flere arter, og har god kompetanse på hvordan marine klekkeriet kan drives kommersielt. Det er derfor viktig at slik kunnskap overføres mellom artene og aktørene. Alle hummerklekkeriene i Europa har imidlertid til tider opplevd stor dødelighet i yngelproduksjonen uten at det er avdekket konkrete årsaker. De fleste har logget data knyttet til vannkvalitet, fôrtyper og arbeidsrutiner, men har utfordringer med å knytte dødelighet direkte til enkeltårsaker. Fremtidens produksjonsvilkår er derfor i stor grad avhengig av at næringen sikres kontinuitet tidlig i verdikjeden, og at klekkerier kan tilby en tilpasset yngelkvalitet i forhold til de ulike strategiene. Dette vil igjen sikre høyere overlevelse i påvekstfasen og økonomisk avkastning totalt sett i verdikjeden.

For landbasert oppdrett av porsjonshummer er det i dag viktig å kunne etablere en produksjon på kommersielt nivå. En lønnsom produksjonsstørrelse er estimert til en årlig produksjon av 20 tonn porsjonshummer. Teknologi og oppdrettskonseptet er i dag veldokumentert med årlig produksjon på rundt 2 tonn årlig i perioden 2007 – 2011. Det vil kreves 2 – 4 år for aktørene å verifisere potensialet gjennom fullskala kommersiell produksjon, og 5 – 7 år for industriell produksjon.

For havbeite og bestandsstyrking er det viktig å dokumentere troverdige estimater på hvilke gjengangstprosenter som er realistiske å oppnå ved utsetting av yngel. Når det gjelder tidsforbruk for verifisering og kontroll av slike estimater, vil det typisk ta 4 – 5 år fra utsett til gjengangst kan foretas. Det er derfor åpenbart at det må tilstrebes en etablering av et parallelt erfaringsystem basert på alternative driftsformer. For enkeltaktører vil det av kostnadsmessige og tidsmessige grunner være prohibitivt å gjøre noe slikt i egen regi, men innenfor et nettverk kan aktørene enklere, billigere og hurtigere etablere et bedre felles grunnlag for fremtidige produksjonssystemer.

### 4.3 Teknologi

Det stilles høye krav til vannrensing og hygiene i resirkulerte anlegg som har stabil temperatur på 19 – 20 °C for å opprettholde en god vannkvalitet. Det er imidlertid påvist at resirkuleringsanlegg gir et mer stabilt vannmiljø og økt overlevelse enn det man oppnår i såkalte gjennomstrømningsanlegg. De fleste aktørene har derfor installert teknologier med høy grad av vannbehandling. Siden hummeren må oppdrettes i separate enheter, stilles det også høye krav til teknologi og automatisering. Dette gjelder for begge verdikjedene hvor bedriftene har generiske teknologiske utfordringer i f.eks. stamdyr- og klekkerifasen. Det er utviklet egne teknologiske løsninger for både

havbeite/bestandsstyrking og landbasert oppdrett. For havbeite jobbes det også med ulike metoder for effektiv sortering, logistikk og utsetting/innhøsting. I landbasert oppdrett må de individuelle burene ha en utforming og størrelse som gir tilstrekkelig rom for å oppnå god vekst, utvikling og velferd.

Teknologiene er i dag på et utviklingsstadium som tilsier at en oppskalering er godt fundamentert og kan foretas med redusert risiko (e.g. Bergheim & Agnalt 2011). På den annen side, må automatiseringsløsninger og roboter selvfølgelig videreutvikles og tilpasses høyere kapasiteter i kommende oppskaleringsfaser. Det må også utvikles gode metoder for fjerning av avfall og evt. døde dyr, samt effektive systemer for overføring av hummer mellom bur og høsteteknologier.

#### **4.4 Fôr**

Det er utviklet et pelletert tørrfôr som gir god vekst, normal pigmentering og høy overlevelse både i yngelfasen og i landbasert påvekstfase. På den annen side, foreligger det store gevinster som kan realiseres i et videre arbeid for å optimalisere dietten. Potensialet ligger i økt overlevelse, mer robust yngel, økt tilvekst og redusert fôrfaktor. Videre skal fôret sikre at mathummer har den kvalitet, konsistens og farge som markedet krever. Optimal fôr kvalitet er derfor en av de viktigste faktorene som påvirker lønnsomheten i landbasert hummeroppdrett. En forbedret diett kan redusere produksjonssyklusen med opptil 30 %, noe som slår direkte ut på bunnlinjen gjennom redusert biologisk risiko i form av mindre dødelighet og økt tilvekst. Dette vil igjen redusere de totale driftskostnadene pr kilo produsert hummer. Næringsaktørene har gjort grunnleggende god forskning på hovednæringsemner som fettsyrer, fosfolipider, aminosyrer, vitaminer, pigmenter, samt kulinariske faktorer som smaklighet, farge, tekstur og relasjoner mellom fôr og produktkvalitet. Dette er en oppgave som burde vært ledet av forskningsinstitutter og fôrprodusenter, i samarbeid med oppdrettselskaper som har de nødvendige forsøksfasiliteter. Det har også på dette feltet vist seg vanskelig å få større industrielle partnere (fôrprodusenter) til å delta i verdikjeden til hummeroppdrett siden produksjonsvolumet de første årene er lavt sammenlignet med fiskefôrproduksjon. Fôrutvikling skjer derfor internt hos bedriftene i en tidlig fase, noe som er kostnadskrevende og reduserer avkastning. Fôrkostnadene i kommersielt hummeroppdrett utgjør imidlertid en langt mindre del av totalkostnadene enn hos oppdrettsfisk, noe som gjør det mulig å fokusere på fôrets kvalitet med henblikk på vekst og produktkvalitet og ikke på pris. Videre produksjon av hummerfôr vil nå skje samlet til alle medlemmene i ELCE i større «batcher», noe som vil redusere kiloprisen betydelig i tiden før kommersielle volumer er realisert.

#### **4.5 Utsettinger**

Når, hvor, hvordan og størrelsen på hummeryngel som skal settes på havbeite er avgjørende spørsmål. Det er også lite kunnskap knyttet til optimal tetthet for yngel på

havbeite i ulike habitater. Relasjoner mellom størrelse ved utsetting og overlevelse, mellom utsettingshabitat og overlevelse, samt mellom årstid og overlevelse vil være nøkkelfaktorer i en evaluering og strategiutvikling. Også relasjoner mellom oppdrettsmiljø og egnethet for utsetting bør undersøkes nærmere.

I hvilken grad en kan overføre erfaringer mellom ulike havbeiteområder og/eller ulike geografiske områder (land) er usikkert. Det vil være viktig at erfaringene fra de ulike havbeiteområdene dokumenteres, evalueres og sammenlignes. Videre bør forsøk designes på en måte som gir sammenlignbare og statistisk holdbare resultater og som gir raskest mulig oppbygging av avgjørende kunnskap. Her har det blitt avdekket store synergier ved å øke samarbeidet mellom medlemsbedriftene i ELCE.

## 4.6 Genetikk

For å unngå uforutsigbare genetiske endringer, skal hummer som settes ut på havbeite eller for å styrke villhummerbestanden ha samme genetiske variasjon og sammensetning som lokal hummer. Forskriftene til Lov om Havbeite beskriver og regulerer retningslinjer for opphavsted (stedegne stamdyr). Stedegen hummer vil si at stamhummer fiskes i samme området som den produserte yngelen skal settes ut. Dette skal sikre/reducere genetiske endringer som følge av havbeiteaktiviteten/utsettingene.

For hummer som oppdrettes til konsum, vil målrettet avl generere hummer som vokser og trives bedre under kommersielle oppdrettsbetingelser. Dette er kostbart og langsiktig arbeid, som krever at en behersker hele reproduksjonssyklusen i fangenskap og at det investeres tilstrekkelige ressurser. Næringen anser også dette å være en nasjonal oppgave, hvor resultatene bør komme alle til gode. Norwegian Lobster Farm gjennomførte imidlertid vellykkede forsøk med utvikling av en levende genbank sammen med Havforskningsinstituttet i perioden 2008 – 2011. I tillegg gjennomførte selskapet vellykkede forsøk med faseforskyvning i klekketidspunkt for å kunne ha tilgang til yngel uavhengig av årstid.

## 4.7 Markedsføring og distribusjon

Svært mange oppstartsarter har tidligere blitt stanset eller hemmet betydelig på grunn av manglende markedsføringsinnsats og distribusjonsapparat. For en virksomhet som baserer seg på ferskvare, er det imperativt at det foreligger et distribusjonsnett som på den ene siden er hurtig og kostnadseffektivt, og som samtidig dekker et marked som er stort nok til å konsumere den produksjon som til enhver tid måtte være tilgjengelig.

Det er også et sentralt poeng å redusere kostnader knyttet til logistikk i en tidlig fase med små volum. Her har det vist seg vanskelig å få større grossister til å delta i verdikjeden på fornuftige vilkår. Logistikk og distribusjon av levende porsjonshummer er krevende og mange distributører mangler både erfaring og kunnskap på feltet.

«Distribution will kill you» er et ordtak som er mye brukt i Europa blant aktører som leverer/håndterer levende sjømatprodukter. Dette er grunnet i to ting:

1. Distributøren tar en urimelig høy andel av profitten uten at dette reflekterer risikobalansen mellom produsent og distributør
2. Distribusjon/logistikkleddet kan ødelegge store verdier på to dager som det har tatt to år å bygge opp.

I dette leddet ligger det derfor et betydelig potensial for å øke lønnsomheten og redusere risiko i liten skala. Enkelte aktører kan sikre salg av egen produksjon på lokal og regional basis, men for å nå målet om en større nasjonal næring, vil det tidlig måtte etableres et fellesskap for å sikre etablering av, og tilgang til, et internasjonalt marked. De nevnte faktorene vil videre være en forutsetning for de gjeldende produksjonsetablerende forhold som fremskaffelse av kapital, for derigjennom å finansiere produksjonsutstyr, arbeidskraft og etterfølgende salgsvirksomhet. Enhver långiver, investor eller andre finansieringskilder vil vurdere kvaliteten og sannsynligheten for at fremsatte planer kan realiseres. Etter at det er tilrettelagt for en finansiering av oppstart av pionerbedrifter, vil behovet for fortsatt markedsarbeid, FoU og oppkapitalisering være tilstede i senere faser. Såfremt nye arter og nye bedrifter kommer dit, er muligheten for egeninntjening og egenfinansiering betydelig større, noe som vil forenkle videre arbeid og vekst.

## 5 Nettverk

Samarbeid på tvers av aktører, teknologier og bransjer er viktig i utvikling av «umodne» teknologier, produkter og markeder. Norwegian Lobster Farm har flere ganger tidligere forsøkt å etablere nettverk for fremme innovasjon og samarbeid på tvers av sektorer og næringsaktører i Norge og Europa (e.g. Drengstig et al. 2003) uten å lykkes. Hovedgrunnen til dette har vært at alle aktørene har trodd at de ville mestre kommersialiseringsprosessen alene, og fordi førstelinjetjenesten ikke har fremmet insentiver for samarbeid. Aktørene var heller ikke bevisst statens manglende tilrettelegging av rammebetingelser, noe som gjør at selskapene konkurrerer om kapital på lik linje som andre næringer med betydelig bedre offentlige støtteordninger. Samarbeid på tvers av sektorer og landegrensar skaper imidlertid en unik mulighet til å generere nye prosjekter som kan gi resultater som underbygger en kommersiell etablering av den nye hummernæringen.

### 5.1 European Lobster Centre of Excellence (ELCE)

Et bindende samarbeid mellom to eller flere aktører styrker konkurranseevnen og kan gjøre det mulig å oppnå en raskere utviklingsfase, redusere kostnader og øke lønnsomheten. Et sentralt poeng i denne studien var derfor å utrede hvilke muligheter man reelt sett hadde for å samle ulike aktører innenfor hummeroppdrett på en felles arena. Prosjektgruppen besøkte derfor hummerklekkeriet The National Lobster Hatchery i Padstow i tilknytning til en større internasjonal hummerkonferanse i april 2013 (Figur 5). Under denne konferansen ble det etablert et samarbeid med flere aktører i hele Europa gjennom *European Lobster Centre of Excellence* (ELCE). Det Europeiske nettverkssamarbeidet vil legge vekt på følgende:

- produktfortrinn som kan gi merpris
- innarbeide en ny merkevare gjennom samarbeid med flere bedrifter regionalt, nasjonalt eller internasjonalt
- forpliktende samarbeid med andre bedrifter i verdikjeden
- samarbeid nedstrøms mot markeder og enkeltkunder for å skape effektive logistikkløsninger som ivaretar alle karv til å sende levende sjømat til krevende kunder over et bredt geografisk område

ELCE nettverket har hatt en enorm tilslutning på veldig kort tid og nye medlemmer er under rekruttering. Dette illustrerer at denne type initiativ er etterspurt og at aktørene ser gevinsten av en slik sammenslutning. Foreløpig er følgende organisasjoner og bedrifter tilsluttet nettverksarenaen:

1. Norwegian Lobster Farm AS
2. The National Lobster Hatchery (UK)
3. The Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (UK)

4. AqVisor AS
5. Havforskningsinstituttet i Bergen
6. The international Research Institute of Stavanger (IRIS)
7. Svinna Engineering Ltd. (Island)
8. Orkney Lobster Hatchery (Orkenøyene)
9. Northbay Shellfish Ltd. (Orkenøyene)
10. Gamba Natural S.A. (Spania)
11. Orkney Lobster Hatchery (UK)
12. Università degli Studi della Tuscia, Italia
13. Danish Technical University – DTU Aqua (Danmark)
14. BluePlanet AS
15. North Atlantic Fisheries College, Shetland (UK)



**Figur 5. Hummereksperter fra hele verden samlet i Padstow i april 2013. Petter Aanonsen (AqVisor AS) og Ann-Lisbeth Agnalt (Havforskningsinstituttet) var ikke tilstede når bildet ble tatt.**

## 5.2 IT system og databaseutvikling

Norwegian Lobster Farm har utviklet en database for næringsaktører innenfor nye marine arter. I første rekke skal den anvendes mot hummernæringen, men det foreligger mulighet til å utvide den mot andre skalldyrarter og/eller marin fisk.

Databasen er bygget opp med lav brukerterskel slik at flest mulig enkelt kan benytte den uavhengig av nivå i organisasjonene. I tillegg er den strukturert slik at alle partnerne må legge inn/dele informasjon for å få tilgang til biblioteket. Hvilket nivå den enkelte bruker er på, er avhengig av mengden informasjon som aktøren har delt med nettverket. Det vil

med andre ord si, at man må være aktiv bruker av databasen dersom man ønsker å oppnå høyeste nivå på informasjonstilgang. Databasen inneholder interne og eksterne fagartikler, bildekartoteker, datafiler, produksjonsdata, mm. (Figur 6).



Figur 6. Skjermbilde av database med brukergrensesnitt

Databasen hadde i utgangspunktet en regional forankring i Rogaland, men på bakgrunn av de mange positive tilbakemeldingene fra flere europeiske selskap, ble den utvidet til også å omfatte alle medlemmene i ELCE nettverket. Norwegian Lobster Farm jobber nå med å etablere rutiner for drift og vedlikehold av databasen, slik at databasen blir dynamisk og holdes oppdatert ukentlig.

### 5.3 Erfaringsdata fra andre marine nettverk

I den fremtidige satsingen på hummer bør man trekke inn erfaringer fra andre arter og kompetansemiljø. I starten på lakseoppdrettseventyret var erfaringsutveksling svært viktig i en tidlig fase før kunnskapen ble institusjonalisert og videreført gjennom utdanningssystemene og næringens egne organisasjoner. I tillegg fikk laksenæringen tidlig etablert en forskningsstasjon som jobbet med generiske biologiske utfordringer. Dette var en viktig årsak til at næringen utviklet seg så raskt som den gjorde på 1980 – 1990 tallet. Siden fikk også laksenæringen etablert et eget markedsapparat som jobber med generiske utfordringer nedstrøms (Norges sjømatråd).

Et nettverk skal fungere både som informasjonssentral og som læringsanstalt. Videre gjør en organisering av utviklingsarbeid i nettverk det mulig å samle erfaringer som deretter spres til alle deltakerne, for å unngå at samme feilen gjøres flere ganger. Kostnaden for den enkelte er imidlertid at deltakerne avgir muligheten til å utvikle egne



løsninger (autonomi) og å oppnå konkurransefortrinn basert på dette ved at de stiller egne produksjonsdata til rådighet for sine konkurrenter. Dette er data som i en annen sammenheng ville blitt betraktet som sensitiv informasjon. Fortrinnet med en nettverksmodell er at læringen og løsningene kommer raskere og at dette kommer alle næringsaktørene til gode.

I nettverket «Sats på torsk» deltok både oppdrettere, eksportører, produsenter, forskningsinstitusjoner samt Fiskeridepartementet, NFR og SND. Oppstartplanene for kommersiell produksjon av oppdrettstorsk ble forsinket i 2003 grunnet tilbakeholdne banker og manglende finansiering blant investorer generelt i fiskerinæringen. Nettverket jobbet derfor for å stimulere til at flere anlegg kom i gang for å sikre større volum, og dermed lønnsomhet på tross av små økonomiske marginer. Dette skulle gjøre at den totale verdikjeden kunne gi overskudd fordi man trodde at oppdrettstorsk hadde en sterk stilling og bevissthet i mange delmarkeder. I løpet av de siste par årene har imidlertid torskeoppdrett blitt marginalisert til noen veldig få aktive aktører.

Også skjellnæringen hadde i flere år et nettverk som drev med informasjon, opplæringsvirksomhet, forskningsformidling, og innhenting av erfaringer fra prøvedyrking. Det viste seg at dette ga rask spredning av kompetanse, men utviklingen var sterkt hemmet av langsom kunnskapsoppbygging på grunn av utilstrekkelig nivå på FoU-virksomheten, samt manglende langsiktig og forutsigbar offentlig og privat satsing. Skjellnettverket ble videreført i FRESA nettverket. Hovedoppgaven til FRESA var å sikre utvikling og spredning av kunnskap, erfaringer og kompetanse til deltagende bedrifter, organisasjoner og samarbeidende forskningsinstitusjoner. FRESA hadde også som oppgave å organisere møter, fremskaffe informasjon, initiere utviklingsprosjekter av felles interesse og være en pådriver for innsats innen prioriterte næringsoppgaver. Fiskeri og Havbruksnæringens Landsforening (FHL) avholdt i perioden 2003 – 2008 Skjellkonferansen sammen med nettverksorganisasjonen BioMarinVekst i Stavanger. I perioden 2008 – 2012 overtok BluePlanet AS i Stavanger arrangementet sammen med FHL, og konferansen endret navn til Skalldyrkonferansen. Konferansen var en viktig felles møteplass for aktører, forskere og fagmiljøer knyttet til skalldyroppdrett. I løpet av de siste 2 – 4 årene har også skalldyrnæringen blitt marginalisert til noen få aktive aktører.

Ser man tilbake for å lære av tidligere forsøk på nettverksbygging og kommersialisering av nye marine arter, er et gjensidig forpliktende FoU samarbeid, med en riktig rollefordeling, helt avgjørende for å oppnå den ønskede effekt. I det videre arbeidet med ELCE skal alle tidligere nettverk evalueres i form av innhold, struktur og måloppnåelse for å finne den riktige driveren (navet) som vil gjøre ELCE til et effektivt verktøy i det videre strategiarbeidet med kommersialiseringen av hummeroppdrett. Nettverket skal driftes ut fra en styringsgruppe og en forankring i Norwegian Lobster Farm som initiativtaker. En av arbeidsoppgavene til denne styringsgruppen vil være å aktivt søke erfaringsutveksling med andre internasjonale aktører som har vært med i nettverk, samt aktører som har erfaringer fra organisering og drift av andre nettverk.

## 6 Når deling av kunnskap blir konkurransekraft

Brukerdrevet innovasjon er i flere anledninger definert som en driver for å fremme nyskaping innenfor marin sektor. I dag er kunnskap en sentral driver for rekruttering, sysselsetting, vekst og velferd i de fleste sektorer. Produksjon av sjømat er spådd en kraftig vekst de neste 10 – 20 årene, men næringen i Norge sliter med flere utfordringer. En av disse utfordringene er blant annet knyttet til å rekruttere kompetent arbeidskraft i konkurranse med andre næringer. Nye marine arter representerer imidlertid de spennende arbeidsplassene langs kysten i fremtiden, og slike arter kan også bidra til å styrke rekrutteringsgrunnlaget innenfor lakseoppdrett. Det er dessverre et veldokumentert faktum at verken staten eller laksenæringen (produsenter, førselskaper, teknologiselskaper) er pådrivere for å utvikle nye teknologier eller nye arter i oppdrett.

Tilrettelegging av marin næringsutvikling er et nasjonalt ansvar, og kan ikke overlates til gründerbedrifter som utvikler radikale innovasjoner i form av nye teknologier og nye produkter. Nye marine arter konkurrerer globalt og næringen har derfor behov for rammebetingelser som gjør den konkurransedyktig. Utvikling av nye marine arter bør også ses i sammenheng med annen sjømatproduksjon som lakseoppdrett. Etablering av et samarbeid vil medføre store synergier for begge sektorer, hvor aktørene innenfor nye marine arter kan lære av en etablert industri. Det er videre realistisk å forvente at Norges komparative fortrinn innenfor produksjon av laks etter hvert vil forsvinne. Laksenæringen selv jobber nå med såkalte off-shore løsninger som innebærer å bygge store industrielle installasjoner i åpent hav. Dersom næringen lykkes med å finne teknologier som gjør dette mulig, er Norges komparative fortrinn historie. Dette illustrerer at også tradisjonelt merdoppdrett i sjø ikke lenger kan basere økonomisk avkastning på komparative fortrinn, men vil bli avhengig av skape seg nye konkurransefortrinn de neste 10 – 30 årene. Aktører innenfor nye marine arter har i den sammenheng mye å tilføre laksenæringen. Norge som en samlet sjømatnasjon trenger kunnskap, innovasjoner, ny teknologi og, ikke minst, dyktige medarbeidere som vil skape sin karriere innenfor sjømatproduksjon.

### 6.1 Fra forskning til faktura – eller konkurs...

Det er veldig langt mellom den validering av oppfinnelser som skjer i gründerbedrifter til den validering som er nødvendig for at private investorer kan vurdere oppfinnelsens potensiale og bidra til kommersialisering av arten/teknologien. Basert på de siste 20 års akkumulering av kunnskap og erfaring på oppdrett av hummer, har et systematisk FoU arbeid vært godt forankret hos både bedrifter og FoU sektoren. For nye marine arter, ligger nøkkelen til å utløse en betydelig fremtidig avkastning i et trilateralt, tett og langvarig samarbeid mellom gründerne, forskere og investorer. Norge har i dag en unik kunnskapsplattform innenfor skalldyroppdrett generelt og hummeroppdrett spesielt som bør ivaretas og utvikles videre. Såfremt det ikke legges til rette for dette i årene

fremover, vil man med stor sannsynlighet oppleve ytterligere nedleggelse og konkurser innenfor nye arter, med dertil hørende tap av en unik kompetansebase. En slik utvikling vil verken være samfunnsøkonomisk eller bedriftsøkonomisk lønnsom. I tillegg bør Norge som sjømatnasjon vurdere konsekvensene at en slik utvikling med hensyn til en fremtidig økning av oppdrettsproduksjonen, en økning som utelukkende vil komme basert på ny kunnskap og nye teknologiske konsepter. Lønnsomheten i havbruksnæringen vil bli mer og mer avhengig av innovasjoner, som igjen er direkte knyttet til kunnskap. Nye arter i oppdrett savner en strategi for å skape trygghet gjennom kunnskap og konkurransekraft. Fremfor å gjøre Norge mer avhengig av inntekter fra lakse- og oljeindustrien, er det behov for å øke satsningen på kunnskap, infrastruktur og bedre rammebetingelser for nye bedrifter innenfor fremtidens sjømatproduksjon.

## 6.2 Rammebetingelser

Til tross for at mange arter har kalkyler som synliggjør meget høy avkastning, er bedriftene avhengig av å foreta investeringer med privat kapital i faser som aldri vil la seg kapitalisere. Det er nettopp her behovet for nye retningslinjer ligger, og som man er nødt til å fokusere på videre dersom Norge skal lykkes med å nå de uttalte målene for økt verdiskaping i norsk sjømatnæring. I dag er det slik at bedriftene sammen med virkemiddelapparatet finansierer de tidlige fasene (tilskudd, egeninnsats, egenkapital og kapital fra «family & friends»). I møte med profesjonelle investormiljøer blir disse fasene ansett som «sunk-cost» eller ha liten verdi, nettopp fordi bedriftene er tvunget til å skaffe «profesjonell» kapital på et for tidlig tidspunkt. utfordringer knyttet til skalering og finansiering er utfyllende belyst av Drengstig et al. (2013).

**Gullrekka fra Rogaland**



**Figur 7. Gullrekka fra Rogaland byr på mange eksklusive gourmetarter.**

Det er liten tvil om hvilket markedspotensial og fremtidig verdiskapingspotensial som ligger fremfor oss dersom de nødvendige grep tas nå. Når det gjelder reduksjonen i hummerfisket som kom som følge av statens feilslåtte forvaltning over flere tiår, så har det vært estimert et årlig verditap på ca. 90 MNOK – akkumulert over 30 – 35 år vil dette si at Norge har gått glipp av over 3,5 mrd. kroner i verdiskaping på en art alene. Dersom man i tillegg diskonterer en fremtidig avkastning for andre gourmetarter som kråkeboller, kamskjell og østers (Figur 7), vil man oppdage at en satsning på utvikling av

nye marine arter er en lav investering som over tid vil gi høy bedrifts- og samfunns-økonomisk avkastning.

### **6.3 Kommersialisering basert på kompetanse**

Enhver etablering og kommersialisering av nye oppdrettsarter krever at det først gjennomføres et langsiktig og målrettet forsknings- og utviklingsarbeid. Utvikling av kompetanse er en nøkkelfaktor for å kunne lykkes med radikale innovasjoner frem mot Proof of Concept (POC). Når teknologiene/konseptene nærmer seg POC, er det vesentlig at selskapene og konseptene får mulighet til å profesjonalisere operativ drift og rigge seg for videre vekst. For oppdrett av hummer, besitter aktørene i dag nok kompetanse til å kommersialisere produksjonen. Bare fremtiden vil vise om dette lar seg realisere i Norge.

## 7 Avsluttende kommentar og konklusjon

Landbasert oppdrett av hummer har tidligere vært ansett som umulig. På tross av dette, har Norwegian Lobster Farm AS lyktes med å lukke verdikjeden i oppdrett (Drengstig & Bergheim 2013; Dahlsgaard et al. 2013; Drengstig et al. 2013). Det foreligger dessverre store finansielle risikoelementer og usikkerhet til hvorvidt en kommersialisering vil la seg realisere i Norge. På bakgrunn av manglende rammebetingelser i Norge, samarbeider nå selskapet med internasjonale samarbeidspartnere med mål om kommersiell etablering i Europa. En videreutvikling av strategien til ELCE vil ligge til grunn for et videre arbeid med å kommersialisere selskapet.

### 7.1 Internasjonalt perspektiv

Et annet viktig element i innovasjonsprosessen til næringen, vil derfor være å se norske innovasjoner i et internasjonalt perspektiv. Dersom man klarer å utvikle strategier som kan bidra til en bedre flyt av kompetanse og teknologi mellom arter, land og kontinent på replika basis, vil det kunne åpne nye forretningsmuligheter for norske bedrifter som utvikler radikale innovasjoner. Det er avdekket at utvikling av nye arter krever en velfungerende verdikjede uavhengig av om arten skal etableres i et i-land eller et u-land (Drengstig 2011; Drengstig & Jenssen 2012; Drengstig 2013b; Drengstig et al. 2013). Den globale etterspørselen etter nye teknologier, produksjonsmetoder og praktisk faglig kompetanse vil dermed øke betydelig i årene fremover. I dag kan verken i-land eller u-land alene bidra til å dekke en estimert 2% økning i sjømatproduksjon med de respektive rammevilkår. Det derfor sannsynlig at fremtidens akvakulturproduksjon vil bli en «trade-off» mellom land som har bærekraftig industriell teknologi og fremmer radikale innovasjoner med land som har naturressurser og arbeidskraft som er konkurransedyktig på global basis (Drengstig 2013b).

### 7.2 Konklusjon

Som en fortsettelse av dette forprosjektet, vil styringsgruppen forsøke å få tilstrekkelig finansiering videre til å videreutvikle og optimalisere ELCE nettverket. En viktig forutsetning for fremtidig vekst og verdiskaping er kunnskap. En vesentlig suksessfaktor i det norske oljeeventyret, var ikke bare at vi hadde naturlige fortrinn til råstoffet, pumpet råoljen utav sedimentene og solgte oljen, men at Norge også samtidig bygget opp verdensledende høyteknologisk kompetanse på feltet. På samme måte som olje, representerer oppdrett av hummer et nytt eventyr – eller Norges nye sorte gull. Samspill mellom forskningsmiljøer og høyteknologisk industri vil også innenfor hummeroppdrett spille en avgjørende rolle for hvorvidt man klarer å realisere en kommersialisering og en fremtidig verdiskaping innenfor sektoren.

For å nå målet om å beholde og videreutvikle de gode og dynamiske forskningskluster innenfor hummeroppdrett, må næringen ha kontinuitet i satsningen. Kontinuiteten er avhengig av offentlig tilrettelegging i form av strategi, kapital og et planarbeid som beskriver og prioriterer hvilke veivalg og rammebetingelser som eksisterende og nye gründerbedrifter reelt kan forholde seg til. Dette er trolig den største enkeltfaktor som gjør at hummeroppdrett ikke enda har klart å realisere sine underliggende verdier. Dersom det er politisk handlekraft bak de uttalte målsettinger om at Norge skal bli verdens fremste sjømatnasjon, så ser aktørene innenfor hummeroppdrett frem til en konstruktiv dialog med både politisk ledelse, så vel som med virkemiddelapparatet i årene fremover.

**«Hvis det er mulig, er det gjort.  
Hvis det er umulig, skal det bli gjort.»**

*Charles A. de Calonne (1734 - 1802)*

## 8 Referanser

- Agnalt, A.-L., G.I. van der Meeren, K. E. Jørstad, H. Næss, E. Farestveit, E. Nøstvold, T. Svåsand, E. Korsøen & L. Ydstebø (1999). Stock enhancement of European lobster (*Homarus gammarus*); a large-scale experiment off southwestern Norway (Kvitsøy), s. 401-419. I: Howell, B, Moksness, E., and Svåsand, T. (reds), Stock enhancement and sea ranching. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd, Oxford, 606 s.
- Agnalt, A.-L., K. E. Jørstad, T. S. Kristiansen, E. Nøstvold, E. Farestveit, H. Næss, O. I. Paulsen & T. Svåsand (2004). Enhancing the European lobster (*Homarus gammarus*) stock at Kvitsøy Islands; Perspectives of rebuilding Norwegian stocks, s. 415-426, I: Leber, K.M., Kitada, S., Blankenship, H.L., and Svåsand, T. (reds), Stock enhancement and sea ranching developments, pitfalls and opportunities, Blackwell Publishing Ltd, Oxford, 562 s.
- Agnalt, A.-L. (2008). Stock enhancement of European lobster (*Homarus gammarus*) in Norway; Comparisons of reproduction, growth and movement between wild and cultured lobster. Dr. scient. Thesis, Department of Biology, University of Bergen, Norway.
- Aiken, D. E. & S. L. Waddy (1995). *Aquaculture*, pp.153-175. In: Factor, J. R. (Ed.). *Biology of the lobster Homarus americanus*. Academic Press, Inc.
- Anon. (2002). Sensorisk test av Norwegian Lobster Farm sin oppdrettshummer. Gastronomisk Institutt i Stavanger. 11 s.
- Anon. (2006). Sensorisk vurdering av oppdrettshummer fra Norwegian Lobster Farm. Rapport fra andre smaksvurdering. 7s.
- Bergheim, A. & A.-L. Agnalt (2011). Vurdering av teknisk-biologisk risiko ved oppskalering av resirkuleringsanlegg for intensiv produksjon av porsjonshummer. Rapport IRIS 2011 – 018. 16 s.
- Borthen, J., A.-L. Agnalt, E. Nøstvold & J. Sørensen (1998). Havbeite med hummer. Artsrapport. - *Norges forskningsråd. Program for stimulering og utvikling av havbeite* (ISBN 82-91625-09-3).60 pp.
- Borthen, J., A.-L. Agnalt, K.-E. Jørstad, J. Sørensen & T. Kristiansen (2001). Hummer og hummerforvaltning, prøveprosjekt på Kvitsøy, Rogaland fylke. Sluttrapport til Fiskeridirektoratet. Norsk Sjømatsenter, Bergen april, 2001. 31. s.
- Dahlsgaard, A. J., I. Lund, R. Thorarinsdottir, A. Drengstig, K. Arvonen & P. B. Pedersen (2013). Current status and future developments in rearing different species in RAS. *Aquacultural Engineering*. 53: 2 – 13.
- Drengstig, A. (2000). Forretningsplan for etableringen av Norwegian Lobster Farm AS.
- Drengstig, A., J. Borthen & P. Jacobsen (2003). Hummernettverk og næringsutvikling – Tiltaksplan for hummer. *Report from Norsk Sjømatsenter*, Bergen. 22 s.
- Drengstig, A., T. Drengstig, A.-L. Agnalt, K. Jørstad & E. Farestveit (2009). Utvikling av metoder for stabil produksjon av hummeryngel med gode vekstegenskaper. Sluttrapport til Vestlandsrådet/ Innovasjon Norge. *Norwegian Lobster Farm rapport*. 36 s.
- <http://www.rup.no/vision/vision7.aspx?hierarchyid=763&type=3>

- Drengstig, A. (2011). The Aquaculture sector – Possible future strategies for Sri Lanka. Oral presentation and abstract. *Business Match Making Seminar, Colombo Feb 2011*. Colombo Chamber of Commerce, NORAD and The Ministry of Fisheries in Sri Lanka.
- Drengstig A. & J. E. Jenssen (2012). Demonstrasjonsanlegg av i-landsteknologi i et u-land for produksjon av Asian seabass. Etablering av oppdrettsanlegg basert på biologisk resirkulering i Sri Lanka. Hobas/Norad rapport. 28 s.
- Drengstig, A. (2013a). Utfordringer kapitalisering – finansiering av nye marine arter. Foredrag Fagkonferansen til Det Norske Måltid, januar 2013. <http://www.maaltidetshus.no/event/doLink/famid/332446>
- Drengstig, A. (2013b). Requirements for establishing commercial aquaculture in Sri Lanka. Suggested development strategies, national implementation policies and road map. AqVisor/ABP/Norad rapport. 43 pp.
- Drengstig, A. & A. Bergheim (2013). Commercial land-based farming European lobster (*Homarus gammarus* L.) in recirculating aquaculture systems (RAS) using a single cage approach. *Aquacultural Engineering*. 53: 14 – 18.
- Drengstig, A., E. Helland, J.E. Jenssen, P. Aanonsen, A. Reime, A. Bergheim & M. Bergslien (2013). Potensial for etablering av en AkvaPark i Rogaland – fremdrift gjennom delt kunnskap og samlokalisering for å skape konkurransefortrinn. BluePlanet rapport 002/2013. BluePlanet rapport. 41 sider.
- Kalvenes, S. & A. Drengstig (2008). Styrets ansvar for sikring av god internkontroll i konsernet NLF Invest AS. Forslag til mulig organisering og implementering. Universitetet i Stavanger. 17 sider.
- KPMG (2003). Planmessig igangsetting av nye arter i oppdrett. 309 s.
- Nicosia, F. & K. Lavalli (1999). Homarid lobster hatcheries: their history and role in research, management and aquaculture. *Marine Fisheries Review*, 61 (1): 1-57
- Rodi-Andrieu, M. J. (2005). Market analysis in France. Innovasjon Norge, Paris, Frankrike. 23 s.
- SR-Bank Corporate Finance (2009). Økonomiske kalkyler for fremtidige utvidelser til kommersiell og industriell produksjon av porsjonshummer. 16 s.
- Uglem, I. (1995). Håndbok i hummeryngeloppdrett. Havforskningsinstituttet (ISBN 82-7461-041-5). 68 s.
- van Olst, J.C., J.M. Carlberg & J.T. Hughes (1980). Chapter 10: Aquaculture. -Pp. 333-384 in: Cobb, J.S. & B.F. Phillips (eds.). The biology and management of lobsters. Vol II. Ecology and management. Academic Press, Inc.,
- Wickins, J.F. & T.W. Beard (1991). Variability in size at moult among individual broods of cultured lobsters, *Homarus gammarus* (L.). *Aquaculture and Fisheries Management*. 22: 481-489.
- Wickins, J. F. & Lee, D´O (2002). *Crustacean Farming – Ranching and Culture*. Blackwell Science. 446 s.
- Yrwing, J. (2005). Marknaden för portionshummer i Sverige. Nordic Business Development (NBD). 11 s.