

Saltreken *Artemia* sp. er den levendefôr-organismen som er mest brukt i forbindelse med intensiv produksjon av kveiteyngel. Fra en praktisk synsvinkel er *Artemia* en nærmest ideell fôrorganisme. Det er imidlertid vist at *Artemias* ernæringsmessige sammensetning ikke er optimal for marine fiskelarver, og da særlig larver av kaldtvannsfisk, som kveite. Det er vist at ekstrakt-skudd av vitaminer under anrikning av *Artemia* kan gi bedre vekst hos kveitelarver. *Artemia* er størrelsesmessig bra tilpasset kveitelarver fra startfôring, men larvenes fôrbehov vokser eksponentielt (figur 15.3), slik at man på slutten av startfôringsstadiet må fôre ut mer enn 3000 *Artemia* per larve per dag for å dekke larvenes energibehov. Når kveiten går over til formulert fôr, vil krav til forholdet mellom makronæringsstoff endre seg med fiskens størrelse. For yngel på 0,5 g, ser det ut til at det er en øvre grense på 5 % karbohydrat og 25 % lipid i diettens tørrstoff, og at proteinbehovet er minst 63 %. For større fisk (inntil 250 g) er proteinbehovet estimert til å være 51 % av diettens tørrstoffsammensetning. Etter hvert som kveiten oppnår matfiskstørrelse, vil man kunne oppnå en såkalt proteinsparende effekt ved å tilsette mer fett i fôret. Fôrsammensetning til stor kveite er enda ikke optimalisert, men sett fra en sjømatynsvinkel med fokus på smak, kan det anbefales at kveiten fôres med økende fett/protein-forhold ved økende fiskestørrelse. Fôrets fysiske egenskaper er også viktig for å oppnå god respons fra fisken. Måten kveiten blir tilbudt fôr-partiklene på, kan ha mye å si for tilveksten og for å unngå øyeskader. Optimaltemperaturen (10 – 13 °C) med hensyn til utnyttelse av fôret er lavest for stor kveite.

Fôr og fôring av liten kveite

Artemia som startfôr

Saltreken *Artemia* sp. er den levendefôr-organismen som er mest brukt i forbindelse med intensiv produksjon av kveiteyngel. *Artemia*

brukes også som tilleggsfôr til larver produsert ved hjelp av semi-intensive metoder, der copepoder er den viktigste gruppen av fôrorganismer. Selv om larver fra startfôringsstadiet ennå ikke er blitt funnet i naturen, antar man at copepoder er kveitelarvens viktigste naturlige byttedyr.

Artemia lever i saltsjøer. I disse sjøene vil perioder med sterk fordampning føre til økt saltholdighet. *Artemia* overlever ved å danne cyster som kan klekke når forholdene igjen blir mer fordelaktige. *Artemia* cyster høstes fra verdens saltsjøer og er kommersielt tilgjengelig som fôr til akvatiske organismer. I intensiv produksjon av kveiteyngel, brukes *Artemia* som fôr til larver fra startfôring til larvene kan tilvennes formulert fôr et stykke ut i metamorfosen. *Artemia* klekkes i laboratoriet, anrikes med fett av marin opprinnelse og fôres ut til larvene.

Fra en praktisk synsvinkel er *Artemia* en nærmest ideell fôrorganisme. Det er imidlertid vist at *Artemias* ernæringsmessige sammensetning ikke er optimal for marine fiskelarver, og da særlig larver av kaldtvannsfisk, som kveite. Det har særlig vært fokusert på fettsyre-sammensetningen; *Artemia* mangler de langkjedete omega-3 fettsyrene, DHA (22:6n-3) og delvis EPA (20:5n-3). Forskning rettet mot å finne behovet for ulike næringsstoff hos en organisme vil ofte basere seg på fôringsforsøk med graderte mengder av det aktuelle næringsstoffet i fôret. Mulighetene for å manipulere den ernæringsmessige sammensetningen av levendefôr er svært begrenset, og ernæringsbehov hos kveitelarver er derfor lite undersøkt. En alternativ strategi er å bruke ernærings-sammensetningen hos copepoder og ernæringsbehov hos større fisk som referanse. I de senere år er det vist at sammensetningen av *Artemia* skiller seg fra copepoder på en rekke områder (tabell 15.1), der i alle fall noen kan ha konsekvenser for vekst og utvikling av kveitelarvene.

Næringsstoff	Artemia	Copepoder	NRC*
Protein (% av tørrvekt)	33-41	55-58	32-38
Frie aminosyrer (% av prot)	10	20	
Ess AA (% av FAA)	10-20	45	
Fett (% av tørrvekt)	24-32	9-10	
Polart fett (% av fett)	36	66**	
Nøytralt fett (% av fett)	63	35**	
DHA (% av fettsyrer)	11-12	38-45	0,5-2% n-3
Vitaminer (mg/g tørrvekt)			
Tiamin	6-12	13-20	0,5-1
Folinsyre	6-10	3-5	1-1,5
Pantotensyre	60-180	20-40	10-30
Niacin	180-250	100-150	10-28
Pyridoxin	2-13	2-6	3-6
Cobalamin	2-5	1-2	0,01
Biotin	2-5	0,6-0,9	0,15-1
Riboflavin	30-60	14-27	4-9
Vitamin C	400-500	600-1000	25-50
Vitamin E	100-800	50-200	50-100

Tabell 15.1 Næringsinnhold i Artemia sammenlignet med naturlig plankton (hovedsakelig copepoder). Artemia var anrikt med DHA Selco i 24 timer. Rotatoriene var dyrket på gjær og DHA Selco eller Super Selco. Copepodene var høstet fra poll.

*National Research Council (1993) Nutrient requirements of fish, National Academic Press, Washington D.C. (gjelder generelt for alle fiskestørrelser) **Unge individer.

Referanser: Evjemo & Olsen, Aquaculture Trondheim '97; McEvoy et al. (1998) Aquaculture 163, 237-250; Rønnestad et al., (1995) Statusrapport NFR-prosjekt "Helårlig storskalaproduksjon av kveiteyngel", Helland, C. Scient thesis, UoB 1995. Fyhn et al., (1995) Fish Farming technology.

Et viktig karakteristika for fôr er forholdet mellom protein- og energiinnhold. Siden fett inneholder omtrent dobbelt så mye energi per vektighet som protein og karbohydrat, vil fettinnholdet i stor grad bestemme fôret's energiinnhold. I Artemia anrikt med marint fett vil fettinnholdet øke på bekostning av proteininnholdet. Tabell 15.1 viser at Artemia anrikt med en kommersiell emulsjon inneholdt vesentlig mindre protein og mer fett enn copepoder (yngre stadier). Proteinnivå lå dessuten på nivå med minimumsbehovet i større fisk. Man regner vanligvis at små og hurtigvoksene organismer, som larver, har et høyt proteinbehov. For lakseyngel regner man at protein bør utgjøre ca 60% av tørrstoffet i dietten, og man kan anta at Artemia ligger noe lavt i protein i forhold hva som er optimalt for kveitelarver. Det er dessu-

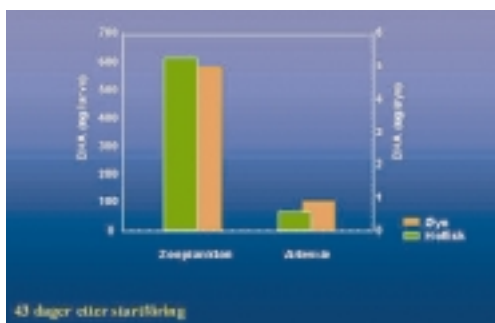
ten viktig at fôrproteinene har en riktig aminosyresammensetning, og Artemia skiller seg også på dette området noe fra copepoder.

I tillegg til aminosyresammensetning og mengde av proteinene, er også formen proteinene i av betydning for vekst og utvikling av larvene. Kveitelarver har, i likhet med andre marine fiskelarver, begrenset evne til å fordøye intakt protein. Copepoder bruker frie aminosyrer (FAA) i osmoreguleringen. Ca 20% av aminosyrene vil foreligge som FAA i copepoder, mens tilsvarende for Artemia er ca 10%. I tillegg inneholder levende byttedyr fordøyelsesenzymene som bidrar til fordøyelsen av byttedyrene i larven's tarm. Protein fra levende fôrorganismer er derfor stort sett bedre tilgjengelig for larvene enn protein fra formulerte fôr.

Når det gjelder sammensetning av fettene i

fôr til marine larver, er det to forhold som har vært fokusert, nemlig fettsyresammensetningen og forholdet mellom polart og nøytralt fett. Det er særlig mangelen på DHA i levende fôrorganismer brukt i akvakultur som har ført til den store interessen for fettsyrer. DHA finnes så godt som ikke i uanrikt Artemia, i Artemia anrikt med kommersielle emulsjoner kan DHA øke til mellom 5 og 15 % av fettsyrene, mens man i copepoder finner vesentlig høyere innhold (ca 40% i tabell 15-1). Behovet for DHA i er spesielt høyt hos marine fiskelarver, inkludert kveitelarver. Dette har bl.a. sammenheng med at utvikling av øyne og nervesystem hos larvene krever store mengder DHA, som er en viktig bestanddel i nervecellemembraner og myelinskjeder.

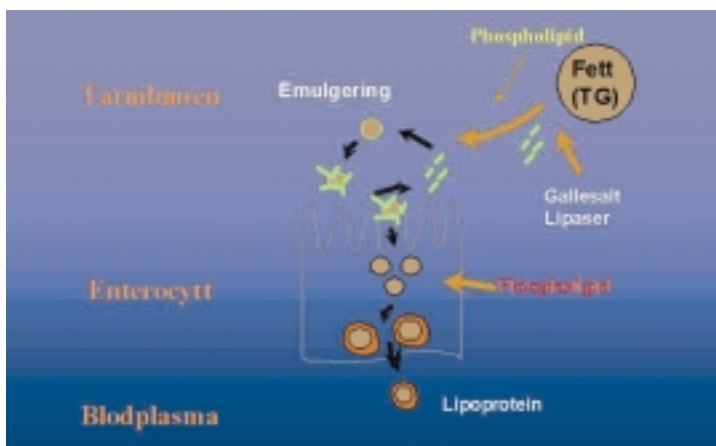
Figur 15-1.a viser at innholdet av DHA i hel kropp og øyne hos kveiteyngel fôret med anrikt Artemia er vesentlig lavere enn i larver fôret med copepoder (McEvoy et al., 1998). I et annet studie (Shields et al., 1999, Fig. 15-1.b) ble det vist øyne fra kveitelarver som ble fôret med Artemia hadde færre staver i forhold til tapper enn kveitelarver som ble fôret med copepoder. Dette viser at ernæring kan påvirke larvenes syn, og det er nærliggende å tro at DHA innholdet i fôrorganismene kan ha hatt betydning for denne effekten.



Figur 15-1 Kveitelarver fôret med Artemia og zooplankton. a) Innhold av DHA i hel kropp og øye (McEvoy et al., 1998) b) Forholdet mellom tapper og staver i larvenes retina (Shields et al., 1999).

Anrikingsemulsjoner for Artemia er i hovedsak basert på fiskeoljer som stor sett består av triacylglycerol (TAG) og emulgatorer, den største komponenten i nøytralt fett. TAG

er bygget opp av tre fettsyrer forestret (bundet sammen) med glyserol. Det er fullstendig upolart (ikke blandbart med vann) og benyttes som lagringsfett hos dyr. Biologiske membraner er bygget opp av polart fett som har en fettløselig og en vannløselig "ende", og som lar seg emulgere i vann. Det viser seg at marine fiskelarver som tilføres hoveddelen av fettene som nøytralt fett får problemer med fettabsorpsjon og akkumulerer store mengder fett i tarmcellene. Tilsetning av polart fett i fôret har en gunstig effekt, både på fettabsorpsjonen og på vekst hos larvene (figur 15-2).



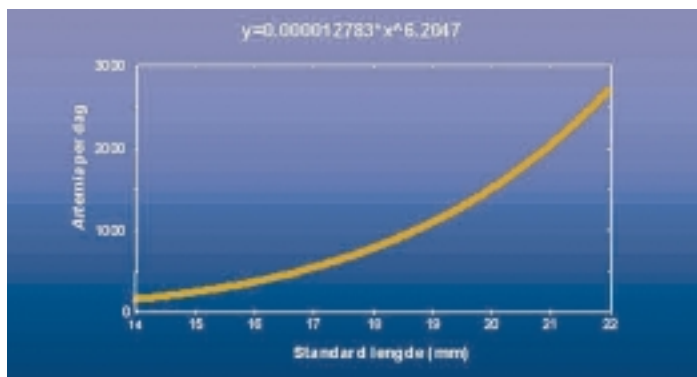
Figur 15-2 a) Absorpsjon av fett. b) Vekst hos kveiteyngel fôret med ulike nivå av polart lipid.

Det er vist at ekstratilskudd av vitaminer under anrikning av Artemia kan gi bedre vekst hos kveitelarver. Siden man i dette forsøket benyttet seg av en multivitaminblanding, er det vanskelig å si hvilke(t) vitaminer som eventuelt er for lave i Artemia. Bruker man copepoder som referanse (tabell 15-1), er det imidlertid to vitaminer som peker seg ut som lave i Artemia; pyridoxin og thiamin.

Uanrikt Artemia ser altså ut til å ha en rekke begrensninger som fôr til kveitelarver. Noen av disse manglene kan rettes helt eller delvis ved å anrike med marint fett, vitaminer og utvalgte aminosyrer. Man skal da være oppmerksom på at anrikede næringsstoffer kan forsvinne med tiden, når Artemia oppholder seg i larvekarer uten tilgang på næring. Dette er særlig aktuelt for DHA. Det er derfor viktig å tilpasse utfôringsmengde til antall larver som skal fôres, slik at Artemia ikke

får en for lang oppholdstid i karet.

Videre er *Artemia* størrelsesmessig bra tilpasset kveitelarver fra startfôring, men larvenes fôrbehov vokser eksponensielt (figur 15-3), slik at man på slutten av startfôringsstadiet må føre ut mer enn 3000 *Artemia* per larve per dag for å dekke larvenes energibehov (Van der Meeren 1995). Dette får konsekvenser for dekning av larvenes energibehov og det blir vanskelig å opprettholde et godt miljø i karene. Blant annet derfor er det svært aktuelt å utvikle formulert fôr som kan brukes relativt tidlig på larvestadiet.



Figur 15.3 Konsum versus størrelse (van der Meeren et al., 1995).

Fôring basert på formulert fôr

Også for kveite som tilbys formulert fôr er vår kunnskap mangelfull vedrørende fiskens krav til ernæring og optimal fôrsammensetning. Mange eksterne faktorer spiller inn, eksempelvis fiskes-tørrelse og temperatur, på både næringsopptak og muskelvekst. Ellers er forholdet mellom fett, protein og karbohydrat i dietten av stor betydning for maksimal vekst. Systematiske studier av makro-næringsstoffenes betydning for tilvekst og fôrfaktor startet på begynnelsen av 1990-tallet (Hjertnes og Opstvedt 1990, Berge og Storebakken 1991, Hjertnes m.flere 1991). Etter hvert opparbeidet man erfaring med fôr og fôringsrutiner.

For yngel på 0,5 g, ser det ut til at det er en øvre grense på 5 % karbohydrat og 25 % lipid i diettenes tørrstoff, og at proteinbehovet er minst 63 % (Hamre m.fl. 2003). For større fisk (inntil 250 g) er proteinbehovet estimert til å være 51 % av diettenes tørrstoffsammensetning (Helland og Grisdale-Helland 1998). Rosenlund (1996)

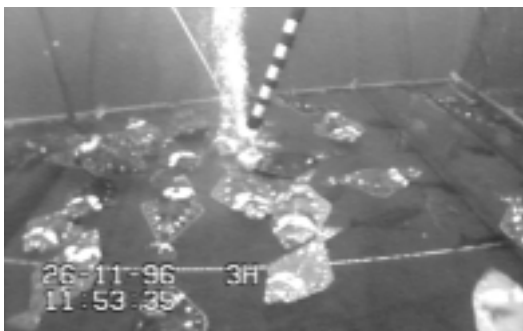
viste at variasjon i protein / energi – forholdet mellom 20,5 – 23,1 g/MJ i fôr til 100 g kveite ikke hadde effekter på tilvekst. En ytterligere økning i dette protein / energi – forholdet til 25,0 g/MJ (ved 51 % protein og 18 % fett), resulterte i lavere tilvekst og økt fôrfaktor. For stor marin fisk er det vanlig å tilby 5-10 % karbohydrat i dietten, men sikre verdier finnes enda ikke for kveite, og må stå i forhold til fettforbrenningen. Man må optimalisere kombinasjonen av både fett, protein og karbohydrat samtidig og sammen med fôrets fysiske egenskaper. Denne optimaliseringen vil være forskjellig og være avhengig av om man ønsker å optimalisere for fôrets fysiske egenskaper, smakelighet og inntak, fordøyelse, vekst, fettdeponering eller pris.

Kveiten blir feitere etterhvert som den vokser til relevant slaktestørrelse, og dette reflekteres i utnyttelsen av fett i dietten. Men kveitas behov for fett og protein er relatert til vanntemperaturen. Optimumstemperaturen for tilvekst hos kveite har vist seg å ligge rundt 10-13 °C (Björnsson og Tryggvadóttir 1996, Hallaráker m.flere 1995), men minsker med økende fiskes-tørrelse. Björnsson og Tryggvadóttir (1996) foreslo en optimal temperatur for maksimal tilvekst på 13 °C for 26 g fisk, 11,4 °C for 280 g fisk og 9,7 °C for 3,4 kg fisk. Ved økende temperaturer opp mot optimaltemperatur, vil kveiten bedre kunne utnytte høyere andeler av fett i fôret.

Kveitens appetitt påvirkes av fôrets utseende, synkeevne, bevegelse, lukt og smak. Kveiten har en større munnåpning enn laks og kan svelge større partikler. Pelletstørrelse har imidlertid mest betydning for liten fisk, der 8-9 mm blir for stor for liten kveite < 55 g (Nortvedt og Tuene 1995). Det er registrert en svak positiv effekt på fettdeponering i filet ved å øke pelletstørrelse på myk-fôr fra 12 til 27 mm for kveite > 1.4 kg (Nortvedt og Tuene 1998). Det er vanlig å føre med pellets, hel fisk eller avskjær av lodde, makrell og sild. God respons blir oppnådd med hel fisk eller avskjær (Björnsson m.flere 1992), men dette gir ikke tilstrekkelig med vitaminer. Kveiten blir dessuten kresen, og det blir således vanskelig å få respons på eksempelvis pellet etterpå. Men når kveita først er tilvendt pellet, spiser den dette uten videre. Fôrets smakelighet er ikke tilstrekkelig undersøkt til å danne grunnlag for anbefalinger, men i en

undersøkelse ved Austevoll Havbruksstasjon og NIFES (Nortvedt, Holm, Sandnes og Tuene, upubl. data) ble det funnet at en systematisk diettveksling (3 mnd. sildeavskjærsfôr, 3 mnd. sildefôr og 3 mnd. hestemakrellfôr) over ni måneder ikke gav tilvekstgevinst i forhold til kveite som fikk et kontinuerlig fôringsregime.

Kveite foretrekker fôr som er i bevegelse. Derfor vil synkehastigheten til fôret bety mye. Ekstrudert fôr (kommersielt tørrfôr) har en tendens til å synke for fort til bunnen, hvor det blir liggende i ro før det forsvinner ut i avløp. Mykfor har som regel mindre egenvekt, og holder seg i vannsøylen over en lengre periode. Dette ser ut til å vekke "jaktinstinktet" hos kveita: responsen er større, og fôrøppetaket øker. Da kveiten ikke har svømmeblære, vil det være energikrevende for den å svømme over lengre avstander for å finne mat. Ved lav fisketetthet vil den derfor gjerne ta fôret ved bunn, men ved økende fisketetthet vil den søke oppover for å sikre seg fôr, som ellers vil forsvinne på bunnen mellom andre individer (Kvalsund 1995). Man har også hatt suksess ved å introdusere flytefôr fra bunnen av merder (Nortvedt, Haugen, Holm, Sandnes og Tuene, upublisert). Da fôret ble introdusert gjennom en vannslange ved bunn, viste kveiten som lå rolig på notbunnen, umiddelbar respons og fulgte eventuelt fôret oppover i vannsøylen (Figur 15.4). Overskuddsfôr som fløt i vannflaten kunne samles inn og eventuelt reintrodueres. Dette gav intet forspill til omkringliggende vannmasser.



Figur 15.4. Fôring av kveite i merd med flytefôr i vannstrøm gjennom nedsenket rør. a) fôr fôring, b) spiseaktivitet.

Mykfor har vært under utvikling de siste årene, og ved NIFES i Bergen kan man skreddersy forsøksfôr med hensyn på næringsinnhold, synkeegen-

skaper og pelletstørrelse. Ved Austevoll havbruksstasjon har en tatt i bruk 45 mm pellets som stamfiskfôr, og responsen fra kveita har hittil sett bra ut. Over et bredt størrelsespekter fra liten til stor kveite ser det ut til at den individuelle appetitten er svært varierende (Tuene og Nortvedt 1995, Bøgevik 2003). Man kan derfor sannsynligvis oppnå en produksjonsgevinst ved å optimalisere fôringsrutinene.

Håndfôring er mest brukt som metode ved utfôring. Det er selvfølgelig ønskelig å automatisere dette, men det har vist seg vanskelig på basis av tidsstyrt fôring, siden appetitten hos kveite svinger i større grad enn hos laks. Hos Stolt Sea farm, Norge A/S, Sunnmøre, har en prøvd ut forskjellige typer fôrautoma-ter. En har her kun brukt tidsstyrte typer, og det har blitt prøvd ut alt fra 1-3 fôringer per dag, til nesten kontinuerlig utfôring (hyppige men små porsjoner). Dette har fungert bra, men gir foreløpig ikke god nok vekst (Kvalsund, pers. komm.). En har her i stor grad gått tilbake til håndfôring, i påvente av at automatisk utfôring kommer nærmere optima-lisering. Ved Austevoll havbruksstasjon har en prøvd appetittstyrt fôring, der ekkolodd har overvåket kveitas respons ved begynnelsen av fôring (som er tidsstyrt). Hvis responsen er god, så fortsetter utfôringen til en nedre terskelverdi for antall kveite i aktivitet er nådd. Ved sjelden fôring vil de største individene kunne angripe de minste individene under utfôring, med påfølgende fysiske øyeskader og tap av både synet og ytterligere vekst hos de minste fiskene i en gruppe. Høyreblindhet (det mest utstående øyet) er derfor vanligst forekommende (Nortvedt og Tuene 1995).

Det er registrert en viss interesse for opp-drett av kveite i åpent merdssystem. Her vil kveiten bli utsatt for sesongvarisjoner i vann-temperatur. Dette vil ha innvirkning på omdannelsen av fôr til vekst. Det vil derfor være nødvendig med utvidet kunnskap om kveitens krav til førsammensetning ved for-skjellige temperaturer, ved bruk av alternative fôr-kilder og for forskjellige fiskestørrelser. Det er også viktig at en får klarlagt sammen-hengen mellom ernæring og produktkvalitet hos kveite.

Referanser

- Berge, G. M. and Storebakken, T. 1991. Effect of dietary fat level on weight gain, digestibility, and fillet composition of Atlantic halibut. *Aquaculture*, 99: 331-338.
- Björnsson, B., Sigurthorsson, G., Hemre, G.- I. and Lie, Ø., 1992. Growth rate and feed conversion factor of young halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) fed six different diets. *Fiskeridir. Skr. Ser. Ernæring*, 5: 25-35.
- Björnsson, B. and Tryggvadóttir, S.V., 1996. Effects of size on optimal temperature for growth and growth efficiency of immature Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture*, 142: 33-42.
- Bøgevik, A.S., 2003. Effekter av energi og fetttsyresammensetning i stamfiskdietter på eggkvalitet hos atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*). Cand.scient.-oppgave ved NIFES og Institutt for fiskeri- og marinbiologi, UiB, 104 sider.
- Evjemo & Olsen, *Aquaculture Trondheim '97*.
- Fyhn et al., 1995. *Fish Farming technology*.
- Hallaråker, H., Folkvord, A. & Stefansson, S.O., 1995. Growth of juvenile halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) related to temperature, day length and feeding regime. *Netherlands Journal of Sea Research*, 34: 139-147.
- Hamre, K., Øfsti, A., Næss, T., Nortvedt, R., and Holm, J.C., 2003. Macronutrient composition of formulated diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) juveniles. *Aquaculture*, 227: 233-244.
- Helland, S. 1995. C. Scient-oppgave, UiB.
- Helland, S.J. and Grisdale-Helland, B., 1998. Growth, feed utilization and body composition of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed diets differing in the ratio between macronutrients. *Aquaculture*, 166: 49-56.
- Hjertnes, T. and Opstvedt, J., 1990. Effects of dietary protein levels on growth in juvenile halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). In: M. Takeda and T. Watanabe (eds.). *The Current Status Of Fish Nutrition In Aquaculture. Proceedings of the third international symposium on feeding and nutrition in fish. August 28 - September 1, 1989, Toba, Japan.* pp. 189-193.
- Hjertnes, T., Gulbrandsen, K.E., Johnsen, F., Opstvedt, J., 1991. Effect of dietary protein, carbohydrate, and fat levels in dry feed for juvenile halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). In: S. J. Kaushic & P. Luquet (eds.) *Fish nutrition in practise, France. INRA*, pp. 493-496.
- Kvalsund, R., 1995. Vekst, tetthet og kjønnsmodning av oppdrettskveite. I: Pittman, K.; Kjørrefjord, A.G.; Berg, L. og Engelsen, R. (red.). *Kveite - Fra forskning til næring. Kystnæringen, Bergen*, s. 53-60.
- McEvoy et al. (1998) *Aquaculture* 163, 237-250.
- National Research Council, 1993. *Nutrient requirements of fish*, National Academic Press, Washington D.C, USA, 114 p.
- Nortvedt, R. and Tuene, S., 1995. Multivariate evaluation of feed for Atlantic halibut. *Chemom. & Intell. Lab. Syst.*, 29: 271-282.
- Nortvedt, R. and Tuene, S., 1998. Body composition and sensory assessment of three weight groups of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed three pellet sizes and three dietary fat levels. *Aquaculture*, 161: 295-313
- Rosenlund, G., 1996. Manufactured feeds for flatfish. *Fish Farmer*, September – October, p. 31.
- Rønnestad, I. et al., 1995. Statusrapport for NFR-prosjektet Helårlig storskalaproduksjon av kveiteyngel.
- Tuene, S. and Nortvedt, R., 1995. Feed intake, growth and feed conversion efficiency of individual Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed a commercial fish feed. *Aquaculture Nutrition*, 1: 27-35.