Kultivering av marin fisk

av

Erlend Moksness

Arendal
Februar 1996

Forord

Forelesningskompendiet "Kultivering av marin fisk" er tilrettelagt til bruk ved Norges Veterinær Høgskole, Oslo. En rekke kollegaer har bidradd med kommentarer til enkelte kapittel og jeg vil i denne forbindelse takke Professor Victor Øiestad, Universitet i Tromsø, for kommentarer til store deler av kompendiet, Mai Britt Knoph, Norges Veterinærhøgskole (1994), for kommentarer og endelig utformingen av kapittel 2.2 vedrørende ammoniakk, Grethe Rosenlund, BP Nutrition Aquaculture Research Centre, for kommentarer til kapittel 4 og bidrag med data i.f.m. fóring av fisk, og Einar Dahl, Havforskningsinstituttet Forskningsstasjon Flødevigen, for kommentarer til kapittel 8. Videre en takk til Berit Gullestad, Norsk Fiskeoppdrett (1994), for å holde meg oppdatert på produksjonstall av laks og ørret, Thomas Schram ved Universitet i Oslo for utlån og bruk av bl.a. tegning om rødåtas livsløp, Tor Birkeland, Havforskningsinstituttet Forskningsstasjon Flødevigen for scanning av en rekke figurer til bruk i kompendiet og Øyvind Lie, M. Jobling, K. Hjelmeland, H. Otterå og E. Austereng for både bidrag og hyggelig diskusjoner knyttet til kompendiet. Videre T.A. Mo, Veterinærinstituttet, Oslo og J. Støttrup, Danmarks Fiskeri og Havundersøgelser, for kommentarer og bidrag til teksten og D. Pavlov, Universitet i Moskva, for hyggelig samarbeid gjennom flere år.

Erlend Moksness
Professor dr. philos.

Bestilling av forelesningskompendiet kan gjøres til E. Moksness, Havforskningsinstituttet Forskningsstasjon Flødevigen, 4817 His. (Telf.: 37 05 90 00 / Telefax: 37 05 90 01 / E-mail: moksness@imr.no). Kommentarer, rettelser og tilføyelser er velkomne og sendes E. Moksness.

Innhold

1. Et overblikk over hvor vi står og hvor vi går ... 1
1.1. Innledning ... 1
1.2. Havbruksnæringen gjennom 100 år i Norge ... 1
1.2.1. Laksefiskene ... 1
1.2.2. Saltvannsfiskene og skalldyr ... 3
2. Abiotiske faktorer ... 8
2.1. Oksygen og oksygenforbruk ... 8
2.2. Ammoniakk ... 15
2.3. Temperatur ... 19
2.4. Saltholdighet ... 26
2.5. Hydrogensulfid ... 28
2.6. Lys ... 28
3. Produksjonslinje for marine fisk ... 30
3.1. Stamfisk og gyting av egg ... 30
3.2. Naturlig gyting hos fisk ... 31
3.3. Kunstig befruktning og inkubering av egg ... 34
3.3.1. Fisk med ytre befruktning ... 34
3.3.2. Fisk med indre befruktning ... 34
3.3.3. Eggkvalitet ... 38
3.3.3. Spermkvalitet ... 43
3.3.4. Inkubering ... 44
3.4. Yngelproduksjon ... 48
3.4.1. Generelt ... 48
3.4.2. Nedsenkete plastposer ... 52
3.4.3. Saltvannsbasseng på land og avstengte poller ... 53
3.5. Matfiskproduksjon ... 55
3.5.1. Lukkede anlegg ... 55
3.5.2. Tilvekst i lengde og vekt ... 57
4. Fóring og problemer utfra fiskens behov og markedets ønsker ... 60
4.1. Stamfisk og eggkvalitet ... 63
4.2. Startfóring, utfordring på mikronivå ... 65
4.3. Fra larve til tørrfórtilvendt yngel ... 70
4.4. Fra yngel til markedsstørrelse ... 72
5. Atferd ... 78
6. Helsespørsmål, profylakse, diagnosen og behandling ... 79
6.1. Parasitter, innvendige og utvendige ... 79
6.2. Sopp ... 82
6.3. Bakterier ... 84
6.4. Virus ... 86
6.5. Miljørelaterte helseproblemer ... 86
6.6. Symptomer på mangelsykdommer ... 87
7. Forflytting av levende materiale ... 88
7.1. Kommersiell transport av egg, larver og yngel ... 88
7.2. Småtransporter ... 89
8. Algeoppblomstringer, et problem også for marin fisk ... 89

9. Havbeite 94
10. Omtale av de enkelte arter 104
10.1. Torsk (Gadus morhua) 104
10.2. Steinbit (Anarhichas spp.) 118
10.3. Kveite (Hippoglossus hippoglossus L.) 141
10.4. Piggvar (Scophthalmus maximus L.) 156
10.5. Tunge (Solea solea) 168
10.6. Rødspette (Pleuronectes platessa L.) 173
11. Litteraturliste 178
11.1. Referanser i tekst 178
11.2. Håndbøker - temanummer 185
11.3. Tidsskrifter 185
12. Appendix 186
12.1. Formler 186
12.2. Innhold i råstoffer til fór 188
12.3. Komposisjon av fór 190
12.4. Anriking av byttedyr 193
12.5. Eksempel på småtransport av steinbit 195
12.6. Parasitter 196
12.7. Sammenligning steinbit - torsk - laks 201
12.8. Utvikling av kveite egg og larver 203
12.9. Utvikling av torske egg og larver 205

1. Et overblikk over hvor vi står og hvor vi går

1.1. Innledning

Produksjon av marin fisk i oppdrett ansees som et nytt ekspansjonsområde og som en del av framtiden for norsk havbruksnæring. I dag er norsk akvakultur dominert av laks (*Salmo salar*) med tillegg av regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*). Ved all produksjon ønskes arter som kan være tilnærmet mahi-mahi eller dolphin fish (*Coryphaena hippurus*). Denne varmekjære arten (23-25°C) produserer 30.000 - 400.000 egg (1.7 mm i diameter) hver 48 time ved 22-29°C. Larvene (5 mm lange) lar seg startfóre på rotatoria, copepoder og *Artemia salina* og kan videreféres på tørrfór. I løpet av 5 måneder oppnår mahi-mahi en våtvekt på omlag 2 kg (markedstørrelse). Kjønnsmoden blir arten etter 5-7 måneder (1-2 kg; 45-55 cm), og tettheten av fisken kan holdes på omlag 10-15 kg/m^3.

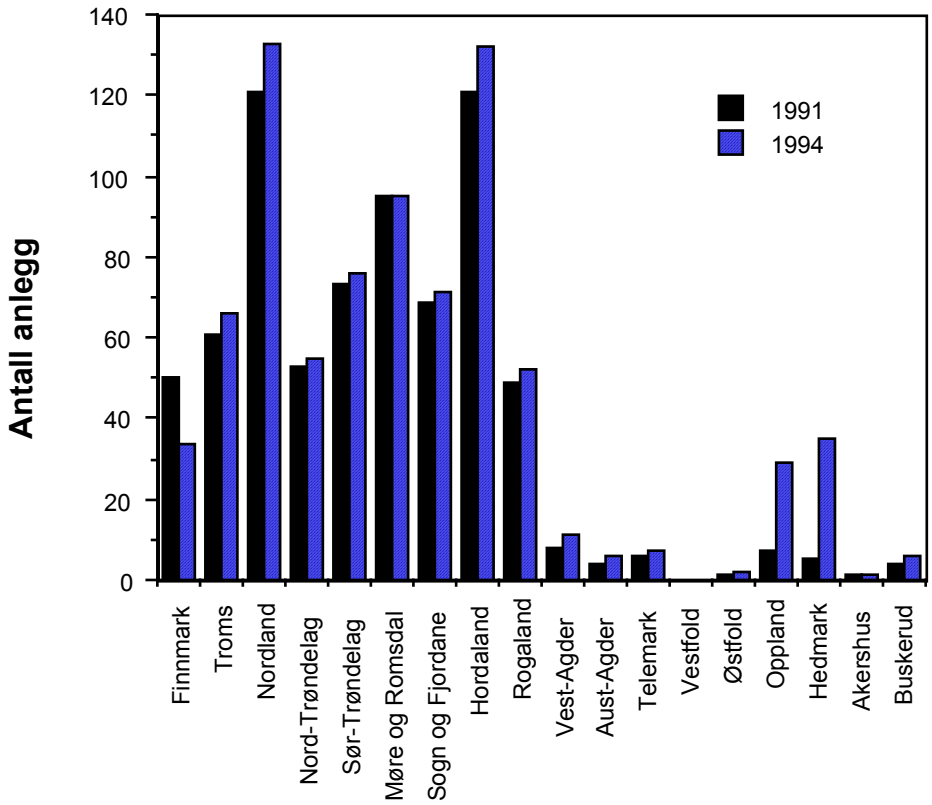
I Norge har vi et lavere temperaturområde å jobbe innenfor. Sjøtemperaturen varierer mellom 0-20°C gjennom året med en stabil saltholdighet mellom 30-34‰. Dette muliggjør oppdrett av kaldtvannsarter som torsk, kveite og steinbit. Tilgangen til varmere vann har vi i Norge i forbindelse med kjølevann fra industrianlegg. Utnyttelsen av dette vannet til oppdrett av marine fisk gir muligheter for produksjon av yngel og matfisk av varmekjære arter som piggvar og tunge.

1.2. Havbruksnæringen gjennom 100 år i Norge

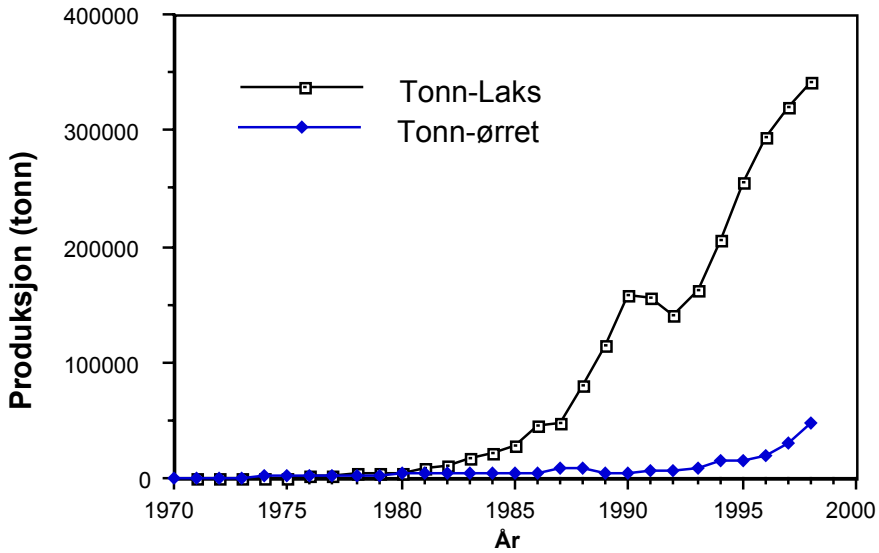
1.2.1. Laksefiskene

Det har vært en fenomenal vekst innen oppdrett av laks siden starten i begynnelsen av 60-årene. Den gjennomsnittlige veksten i næringen i 80-årene var mellom 30 og 35%. Produksjonskapasiteten av smolt var på 131 mill. stk fordelt på 349 settefiskanlegg i 1994. Det er registrert 811 matfiskanlegg (1994) med en samlet konsesjonsvolum på over 8.5 mill m^3. Forventete produksjon i 1995 vil bli 255.000 tonn og det er mulig at den årlige økning i kvantum vil bli mellom 20-25%. Norge har idag 55% av totalproduksjonen av atlantisk laks, mot 70% i 1989.

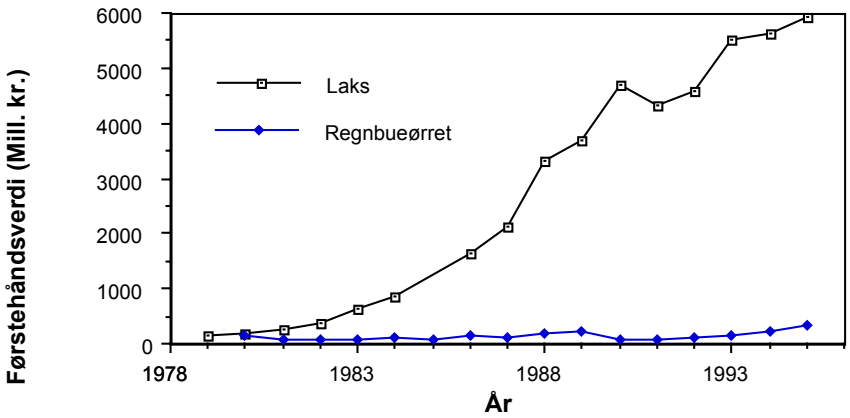
En generell oversikt over produksjon av laks og regnbueørret er gitt i figurene 1-1 til 1-3.



Figur 1-1. Antall anlegg for laks og regnbueørret fordelt på fylker (Fiskeridirektoratet, 1991; 1995).



Figur 1-2. Produksjon av laks og regnbueørret i perioden 1970 - 1998.



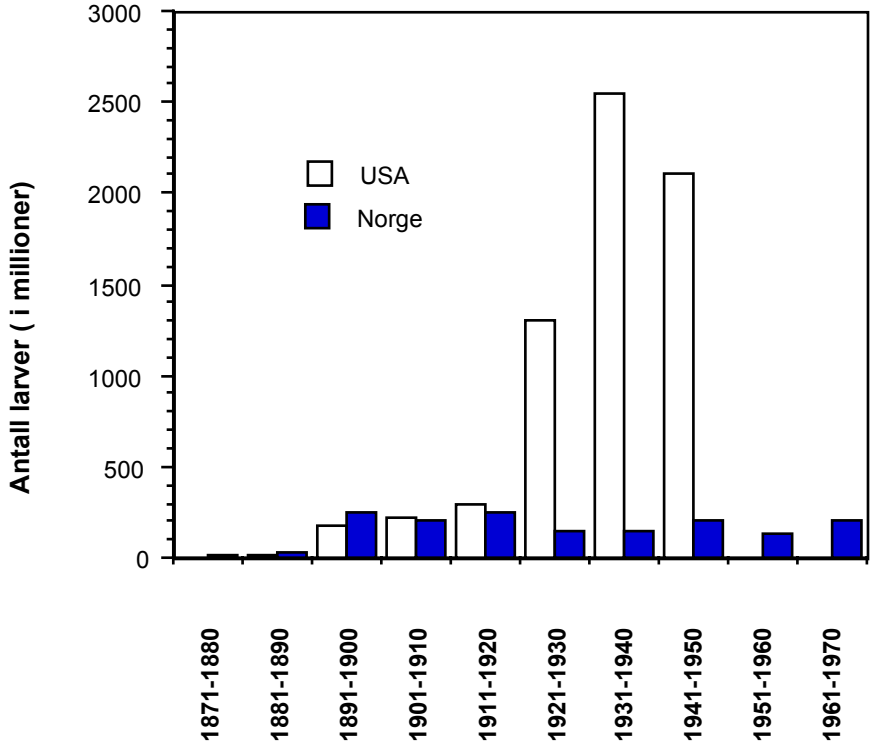
Figur 1-3. Førstehåndsverdien (mill. kr.) av laks og regnbueørret i perioden 1979 - 1995.

1.2.2. Saltvannsfiskene og skalldyr

Norge har så absolutt en sentral plassering i verdenshistorien når det gjelder kultivering av marine arter. G.O. Sars (1837-1927) hadde idéen bak kultiveringen av den første marine arten, torsk, og kaptein G.M. Dannevig (1841-1911) stod for gjennomføringen. Denne kultiveringen startet i 1883 og bestod i årlige utsettinger av 100-talls millioner plommesekklarver av torsk på strekningen Oslofjorden - Lindesnes. Denne utsettingen av torskelarver ble avsluttet i Norge i 1967. Også USA satte igang med slik utsetting av torskelarver omtent på samme tiden (Fig. 1-4).

Ved "Flødevigen Utklekningsanstalt" som Havforskningsinstituttet Forskningsstasjon Flødevigen het fram til 1957, ble det første bassengforsøket gjennomført i 1886. Bakgrunnen for forsøket var å bevise levedyktigheten til de torskelarvene som ble klekket ved stasjonen. I 1950- og 60-årene var Storbritannia i full gang med å utvikle fullskala metoder for marin yngelproduksjon. Virksomheten startet i pollsystemer, men fortsatte innendørs basert på bruk av *Artemia salina* (saltkreps). Tidlig i 60-årene lyktes de med pilotproduksjon av rødspette og tunge, men hang etter på piggvar. I løpet av 70-årene lyktes de etterhvert med yngelproduksjonen også av piggvar, men samtidig sluknet gløden i offentlig forskning. Kommersielle selskaper, som Golden Sea Produce LTD, tok over utviklingsarbeidet på piggvar, men så ikke noe kommersielt potensiale i rødspette og tunge.

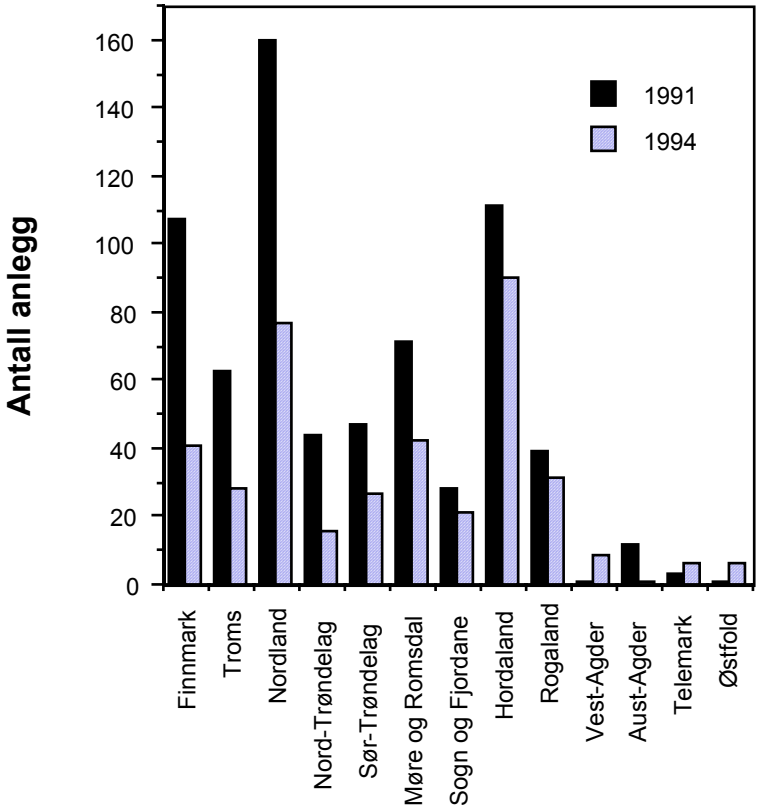
Norge kom først "på banen" igjen fra 1974 med vellykket klekking av kveiteegg og fra 1975 med vellykket produksjon av flere arter fiskeyngel, deriblant av torsk, i ett av bassengene (4.400 m^3) ved Forskningsstasjon Flødevigen. Virksomheten pågikk også i flytende store plastposer (2 - 30 m^3) fra 1977. Yngelproduksjonsforsøkene omfattet ialt artene torsk, tunge, piggvar, rødspette og kveite i tillegg til sild, lodde og hummer. Denne virksomheten ble senere ført videre ved Akvakulturstasjonen i Austevoll og siden midten av 1980-årene ved flere private anlegg.



Figur 1-4. Utsatte plommesekklarver av torsk (i millioner pr. år) i USA og Norge, beregnet som gjennomsnitt innenfor 10-års-perioder (Solemdal *et al.*, 1984).

Ved disse anleggene konsentrerte en seg om produksjon av torsk i store poller (60.000 m^3 - 1.5 mill m^3) og store tette plastposer (50-350 m^3), og om produksjon av kveite- og piggvaryngel i poser. Mulighetene for en rask framvekst av oppdrett av flere marine fiskearter ble i midten av 1980-årene vurdert som svært gode. Denne optimismen kom til uttrykk i et stort antall konsesjoner (626 i 1991; 395 i 1994) for marine arter, i hovedsak fordelt på torsk og kveite (1994) med henholdsvis 225 og 28 (se figur 1-5 og tabell 1-1).

Hovedproblemet ved produksjon av marin yngel er oppskalering til kommersielt omfang. Produksjonskostnadene og yngelkvaliteten er også sentrale utfordringer. For noen arter er det ennå uløste biologiske oppgaver, særlig for steinbitartene. Innledningsvis vil vi sammenligne størrelsene av artene ved startfóring, som vist i Fig. 1-6. Blant de seks artene er det ikke noe problem å startfóre yngel av steinbit og laks med tørrfór, mens torsk, kveite, piggvar, tunge og rødspette bare lar seg startfóre med *levende dyreplankton*, enten dette skjer i laboratoriet i utendørs produksjonsanlegg (poller, bassenger eller poser, det vi med et samlenavn kaller mesokosmos). Forskjellene springer ikke bare ut fra størrelsesforskjellene alene, men har sin primærårsak i en lite utviklet tarm og tarmendokronologi hos de små marine larvene. Mulighetene for å samle inn "vill" yngel har vært undersøkt for torsk i Norge og for piggvar i Storbritannia. En tror at det ikke har stor innvirkning på en årsklasse av skrei om en fanger inn noen millioner torskeyngel (~ 5 cm). Det er beregnet at antallet 6 måneder



Figur 1-5. Antall konsesjoner for andre fiskearter enn laks og regnbueørret fordelt på fylker (Fiskeridirektoratet, 1991; 1995).

Tabell 1-1. Antall konsesjoner for andre fiskearter enn laks og regnbueørret, fordelt på fiskesorter (Kilde: Fiskeridirektoratet, 1991; 1995).

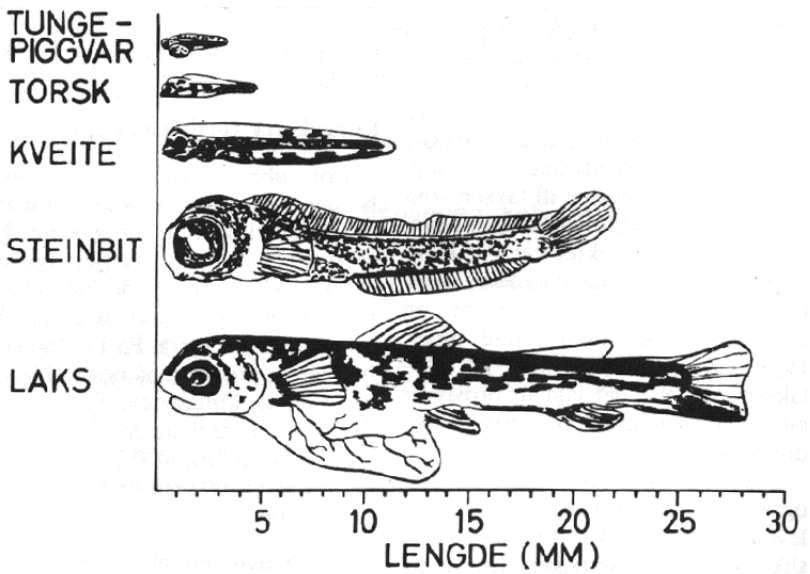
Fiskeart	1991	1994
Torsk	455	225
Røye	61	45
Kveite	51	28
Piggvar	12	4
Ål	8	9
Steinbit	2	1
Sei	4	4
Flatfisk	1	1
Marin fisk$	93	75

$: mer enn én art i en konsesjon

gammel yngel av norsk-arktisk torsk årlig varierer mellom 300 og 5200 millioner individer. Fangst av noen "få" millioner norsk-arktisk torskeyngel på 6-måneders stadiet vil således ha marginal virkning. Fra sterke årsklasser vil virkningen av slik yngelfangst heller kunne være positiv da det kan gi økt vekst og overlevning hos den gjenværende yngelen. De produksjonstallene en hadde frem til og med 1991 i Norge av aktuelle arter for marint oppdrett, er som vist i tabell 1-2. Totalt ble det produsert 2,5 mill. piggvaryngel i Europa i 1992, og det forventes at behovet vil ligge på dette nivå i årene fremover. Dersom markedstørrelsen av piggvar faller fra 1,7 kg til 1,1 - 1,2 kg, vil behovet for antall yngel øke fra 2,5 mill. til ~ 4 mill. pr. år, under forutsetning av at det totale volumet av

piggvar blir det samme på markedet. I Norge ble det i 1993 produsert 10 tonn piggvar og 9 tonn kveite. Når en skal vurdere om en art er aktuell for oppdrett i én eller annet form i Norge må en legge til grunn de opplysningene som er gitt i Tabell 1-3. Torsk, kveite, rødspette og steinbit er typiske kaldtvannsarter og passer inn i våre farvann for produksjon, mens piggvar, tunge og havabbor er varmtvannsarter og kan bare produseres der en har tilgjengelig varmt kjølevann. Fig. 1-7 gir en oversikt over gjennomsnittlig laveste og høyeste temperatur og saltholdighet langs norskekysten. Piggvar, flekksteinbit, kveite og torsk er de fire artene som har den beste tilveksten, men prisene for torsk og steinbit er relativt lave. Rødspette og tunge har lav tilvekst og rødspetten kommer særdeles dårlig ut da en i tillegg har lav pris til produsent.

En rekke marine skjell er aktuelle for oppdrett slik som blåskjell, østers, haneskjell, stort kamskjell og teppeskjell. Norsk produksjon står imidlertid i stampe selvom vi behersker yngelproduksjonen for flere av artene og for østers i mer enn 100 år.

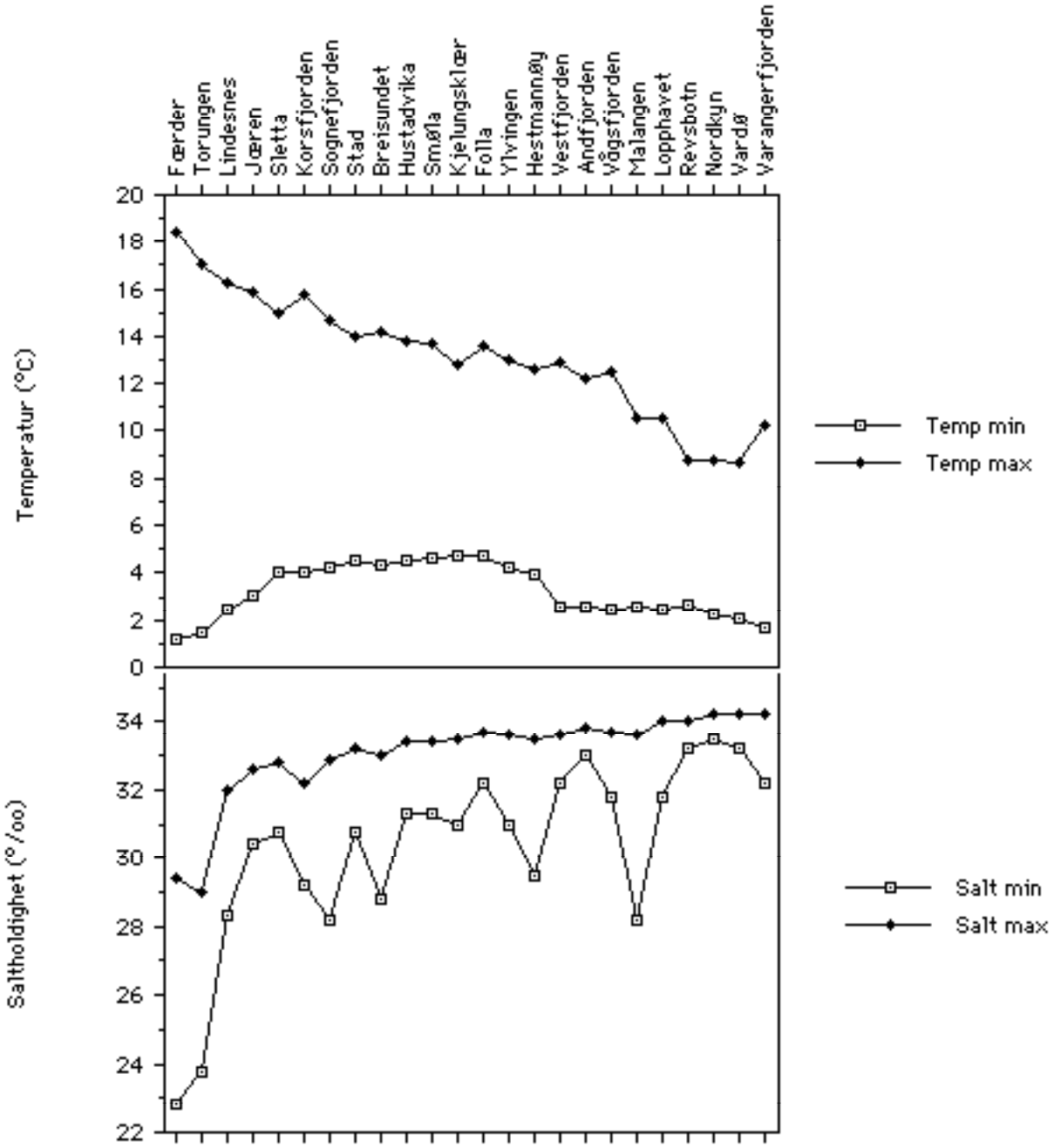


Figur 1-6. Størrelsen av fem arter ved startfóring. Våtvekt av en torskelarve er på omlag 0,3 mg mens en lakseyngel har en våtvekt på omlag 140 mg og er således 2500 ganger tyngre! (Tegnet av E. Maløen, Forskningsstasjon Flødevigen).

Tabell 1-2. Oversikt over antall yngel produsert av noen marine arter frem til 1998 (Anon., 1995, 1998).

År	Torsk	Kveite	Piggvar	Steinbit
1886	2500			
1976	4400			
1980		2		
1983	60000			
1985	130000	2		
1986	50000	100	40000	
1987	266000	1000	150000	
1988	422000	2000	352000	
1989	513000	4000	430000	
1990	330000	8000	615000	
1991	390000	35000	350000	400
1992	95000	50000	510000	300
1993	235000	175000	380000	5000

1994	320000	350000	460000	5000
1995	222000	100000	300000	5000
1996	60000	100000		
1997	150000	298000		
1998	100000	440000		
1999	150000	360000		



Figur 1-7. Midlere maksimums- og minimumsverdier for temperatur og saltholdighet i overflatevannet langs norskekysten (Sætre, 1973)

Tabell 1-3. Oversikt over enkelte viktige parametre for noen aktuelle marine arter i oppdrett. Understrekninger angir foreslått salgsstørrelse.

	Torsk	Kveite	Piggvar	Tunge	Rød-spette	Flekk-steinbit
Egg						
Størrelse (mm)	1,1-1,4	3,0-3,8	1,0	1,3	1,6	5,5-6,0
Klekketid (d)	15	16	4	4	20	200
Klekketemp. (°C)	6-7	6	12	12	5	5
Overleving (%)	30-80	10-90	40-90	50-90	40-80	90
Nyklekte larver						
Størrelse (mm)	4	6,5-9	2,8	3,1	6,0	20
Startfór	levende	levende	levende	levende	levende	tørt
Metamorfose	12 mm	30 mm	30 mm	11 mm	10 mm	
Stamfisk						
Hunn (vekt)	2	7-13	3-4	3	3-6	> 2,5
Hann (vekt)						> 5
Gytetemp. (°C)	4-6	4-7,5	6-15	6-12	6	
Gyteperiode	mar-apr	des-mai	apr-aug	apr-aug	mar-apr	des-jan
Produksjon						
Optimal temp (°C)	6-14	7-12	13-20	15-22	12-15	< 8
Max. tetthet (kg/m^3)	20-40	-	-	-	36	-
Max. tetthet (kg/m^2)	-	~ 100	50	30	180	100-200
Størrelse (g)						
12 måneder	300	100	175			
18 måneder				205-300		
24 måneder	2000	1500	500		200	5000
30 måneder			2000*			
36 måneder	4000	4000				
48 måneder		10000*			600	
Anleggstype	mær	kar	kar	kar	kar	kar

* hunnfisk

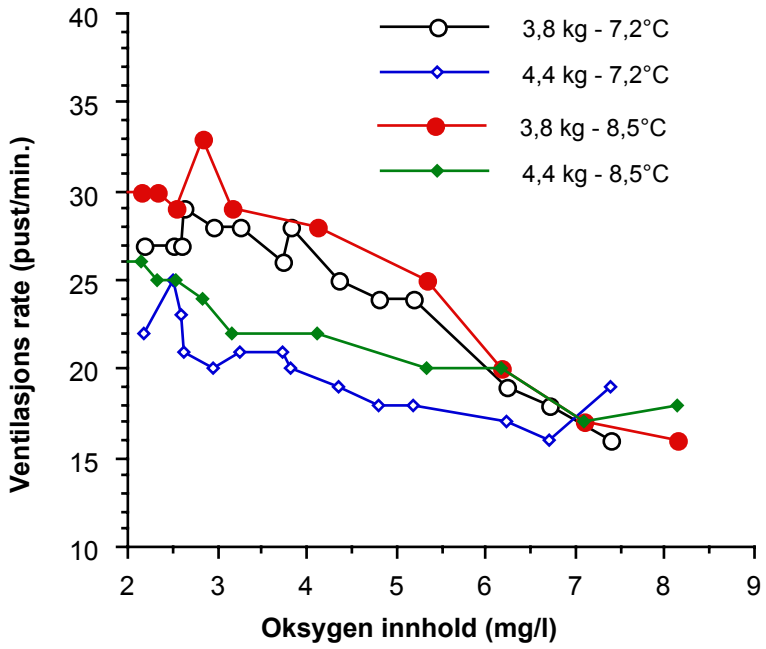
2. Abiotiske faktorer

2.1. Oksygen og oksygenforbruk

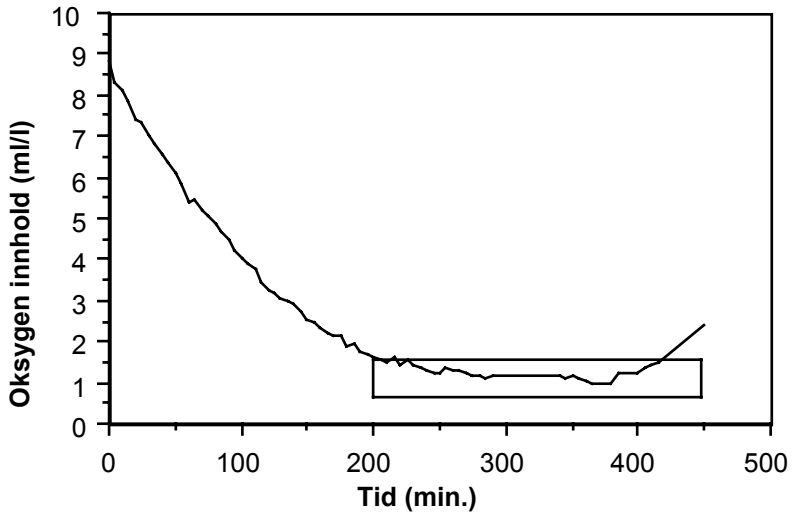
Oksygeninnholdet i sjøvannet er en nøkkelfaktor for trivsel, fórutnytting og tilvekst hos fisk i oppdrett. Når en måler oksygeninnholdet, skal en alltid måle på det vannet som forlater karet (event. i mæren). Disse verdiene bør ikke være under 5 mg/l[1] selv om kritiske verdier for overleving ligger langt lavere. Det anbefales alltid å ha verdier over 7 mg/l. I figur 2-1 er det vist ventilasjonsrater hos steinbit ved ulike konsentrasjoner av oksygen i vannet. Resultatene viser at ventilasjonsraten øker med avtagene oksygeninnhold i vannet, noe som indikerer at fisken blir utsatt for stress. Videre viser undersøkelser på steinbit at oksygeninnhold under 2,3 mg/l medfører dødlighet hos fisken (Fig. 2-2). Hos flatfisk og steinbit er det også nødvendig å måle oksygennivået i bunnvannet som omgir fiskene. Dette bør helst skje kontinuerlig og med nivåalarm tilkoblet. I lukkede systemer som f.eks. kar, kan en øke oksygeninnholdet ved å oksygenere inntaksvannet med rent oksygen. Som vist i Fig. 2-3 øker oksygeninnholdet i inntaksvannet fra 7,4 mg/l (82 % metning; 11 °C) til 11,5 mg/l (128 % metning) i løpet av 4

[1] Omregning mellom ml og mg oksygen er: 1 ml = 1.4 mg, og 1 mg = 0.7 ml.

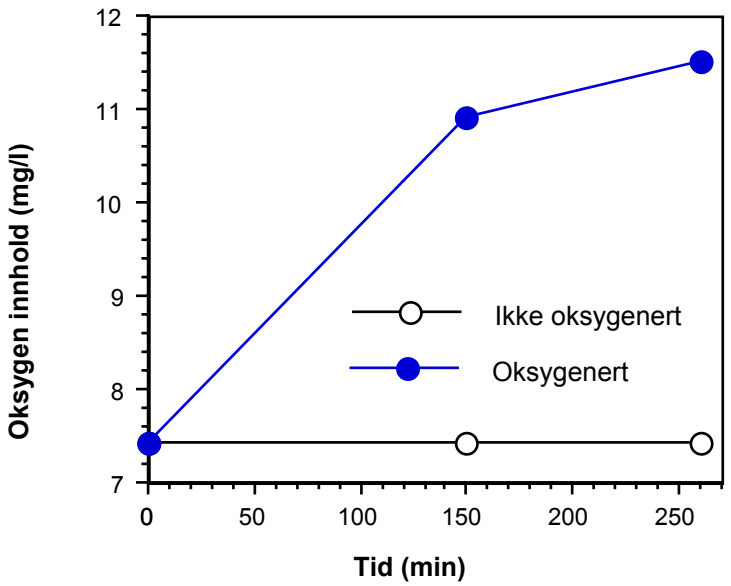
timer ved bobling av det innkommende vann med 5 l oksygen/min. Det er imidlertid flere andre tekniske løsninger som gir høyere effekt enn bobling med innlegging under trykk som den mest regningssvarende. Ren oksygen koster 2-3 kr/kg så det blir fort en stor utgiftspost; ett kg oksygen forbrukes for å gi ett kg tilvekst hos fisk. Dette vil tilsvare *mulig* uttak av oksygen fra omlag 500 tonn sjøvann når en benytter tall for atlantisk laks.



Figur 2-1. Forandring i ventilasjonsrate hos steinbit i forhold til forandring av oksygeninnholdet i vannet. Størrelsen av fisken og temperaturen er angitt (Steinarsson, 1992)



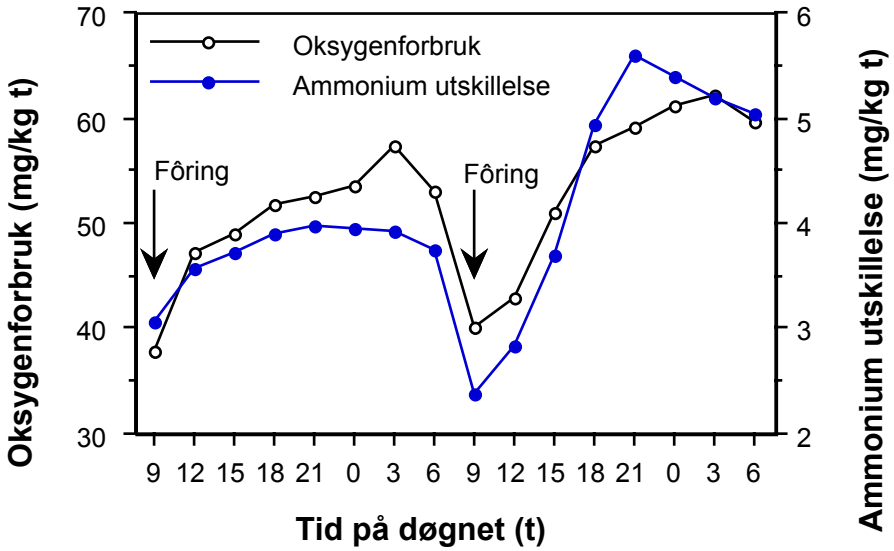
Figur 2-2. Observert fall i oksygeninnhold i en tank med steinbit og uten tilførsel av vann. Den rektangulære boksen, oksygen innhold < 2,3 mg/l, indikerer periode med dødlighet hos steinbiten (Steinarsson, 1992).



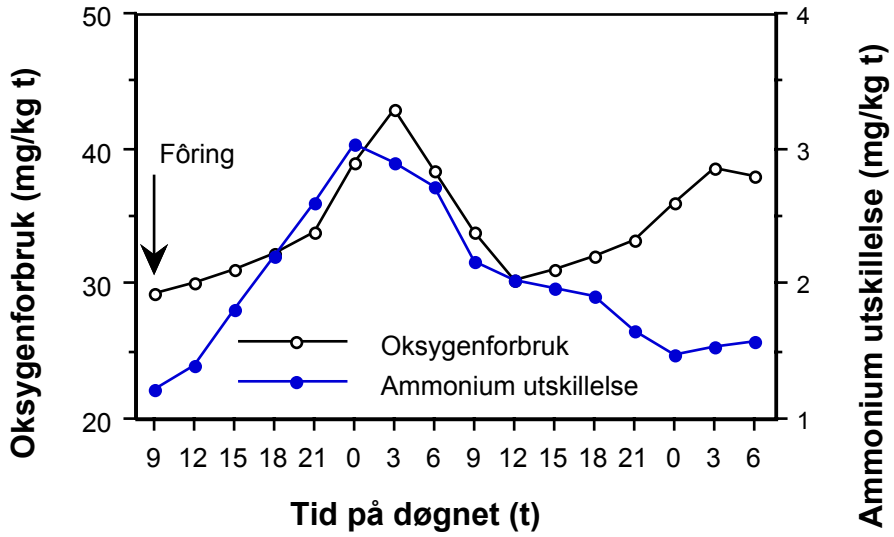
Figur 2-3. Effekten av oksygenering av 0,5 m^3 sjøvann med 5 l ren oksygen/min. Temperaturen = 11 °C (Moksness, upubl. data).

Forbruket av oksygen varierer gjennom døgnet og er avhengig av bl.a. opptak av fór (Fig. 2-4 og 2-5) og temperatur (Fig. 2-6). Oksygenforbruket for en rekke arter aktuelle for oppdrett er vist i figur 2-6. I Fig. 2-7 er vist forandringer gjennom året av oksygen-mengde på 75 m dyp på Sørlandet. En *variasjon* på 3,9 mg/l gjennom året vurderes som betydelig, men vil likevel forekomme mange steder langs kysten. De laveste oksygenverdiene opptrer sent på sommeren og om høsten og faller sammen med de høyeste temperaturene i løpet av året. Fisk vil ved høye temperaturer ha størst behov for oksygen. De problemene som kan oppstå ved lave oksygenverdier kombinert med høy temperatur er lav tilvekst, dårlig fórutnyttelse og ikke minst sykdom som et resultat av at fisken opplever "stress". I Fig. 2-7 er de laveste verdiene nede i 7,0 mg/l eller 80% metning[1]. Om dette skulle være inntaksvannet til et oppdrettsanlegg, ville avløpsvannet sannsynligvis ha verdier ned mot 4,0 mg/l. I en slik situasjon vil mengden av oppløst ammoniakk (NH_3) øke (se kap. 2.2) med de påkjenninger dette gir fisken. Figuren indikerer viktigheten av å kjenne i detalj sjøvannskvaliteten ved den lokaliteten en velger *før* etablering av et anlegg, både når det gjelder mæranlegg såvel som landbasert anlegg. Oksygenforbruket til fisk i oppdrett vil variere med temperatur, oksygennivå og saltholdighet. I figur 2-10 er det vist beregnet vannforbruket hos steinbit og laks.

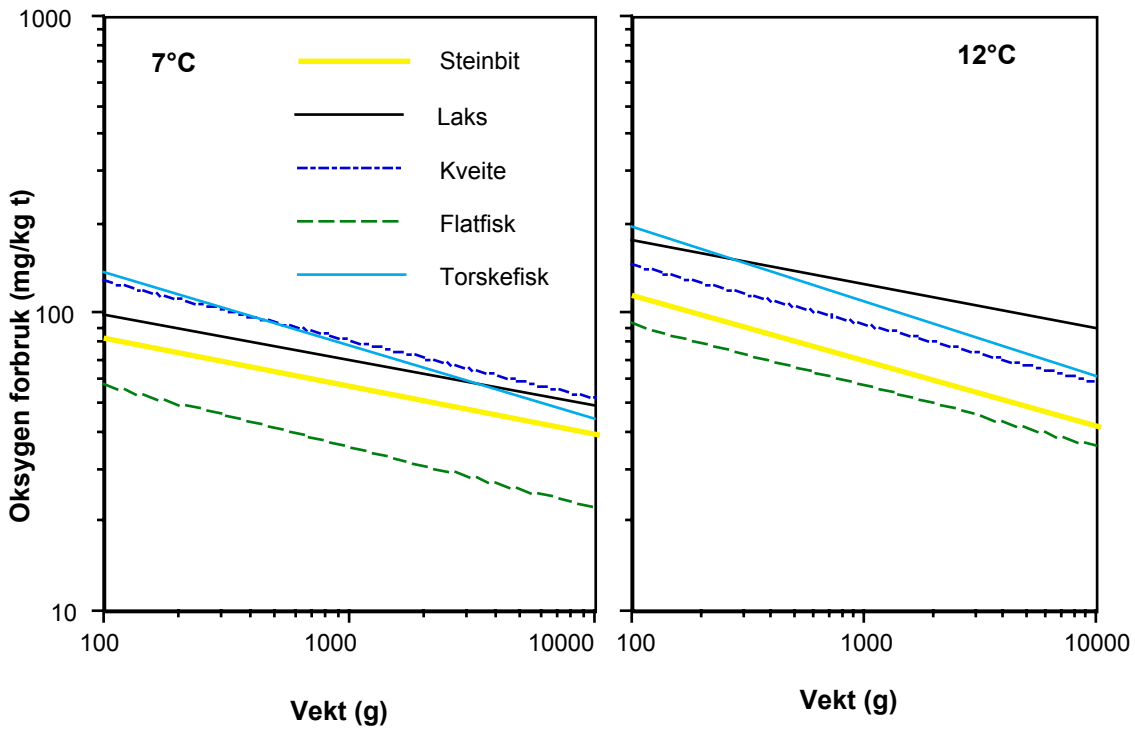
[1] Metningsprosent = (Oksygen målt x 100)/(oksygen mettet)



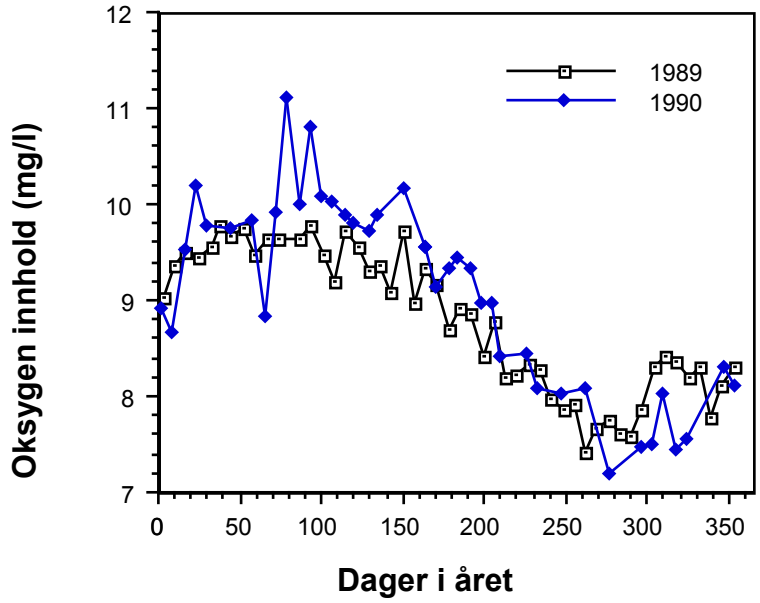
Figur 2-4. Typisk døgnvariasjon i oksygenforbruk hos steinbit som fóres hver dag (Steinarsson, 1992).



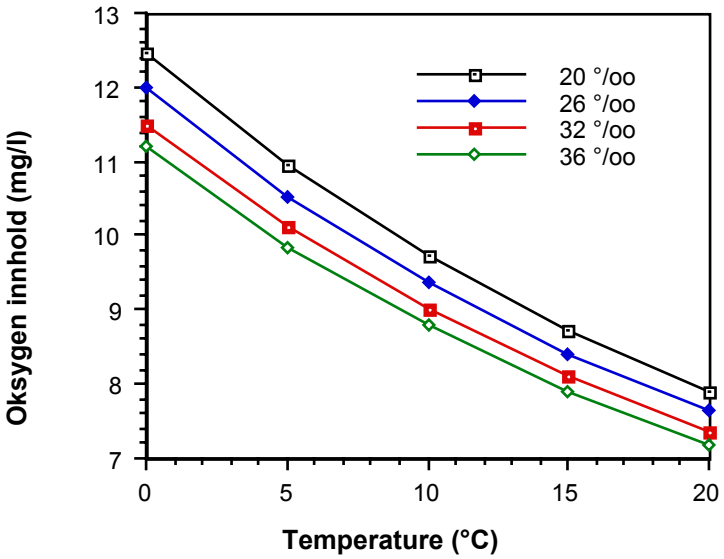
Figur 2-5. Typisk døgnvariasjon i oksygenforbruk og ammonium utskillelse hos steinbit som fóres tre ganger pr. uke (Steinarsson, 1992).



Figur 2-6. Oksygenforbruk (mg/kg/t) for en rekke marine andre arter og laks ved 7 og 12 °C (Steinarsson, 1992).



Figur 2-7. Oksygenverdier gjennom året i inntaksvannet (75 m dyp) til Forskningsstasjonen Flødevigen.

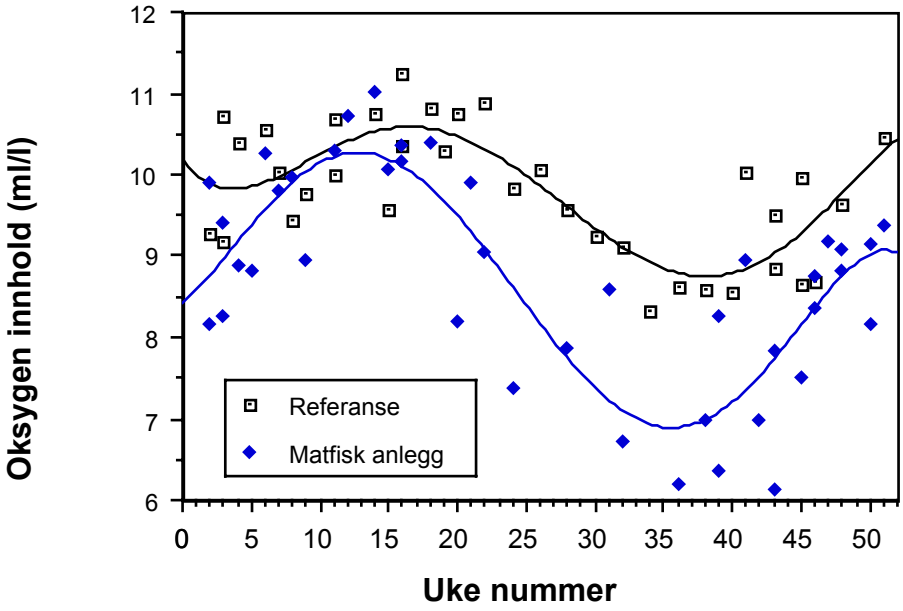


Figur 2-8. Sammenhengen mellom vanntemperatur, saltinnhold og oksygeninnhold. Vannet er 100% mettet med oksygen.

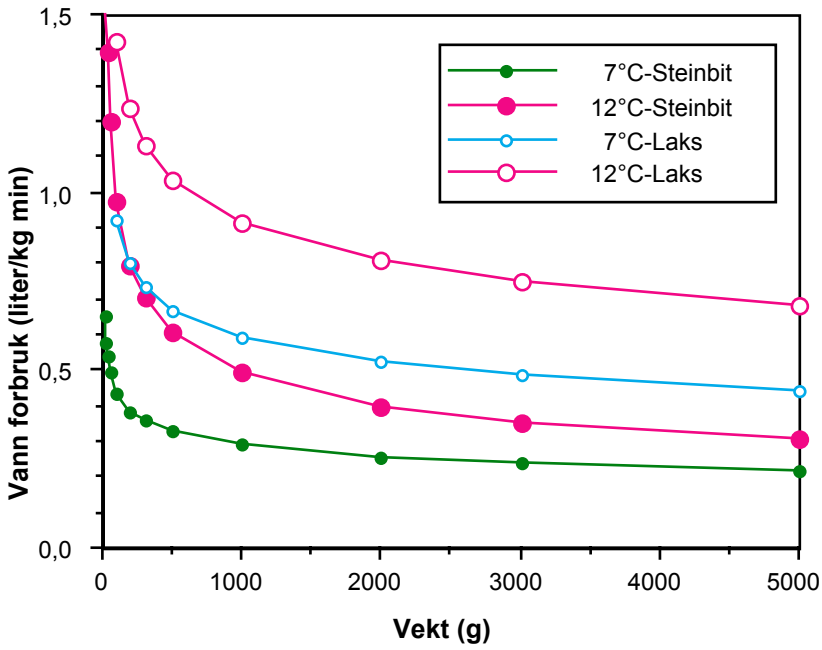
Det er viktig å kunne foreta beregninger av oksygenforbruket i et anlegg. Da må en kjenne mengde fisk, størrelsen av fisken og temperaturen. Steinbit på omlag 200 g, vil ved en temperatur på 12 °C, forbruke omlag 92 mg O_2/kg/t. Totalt vil 1000 kg (5000 stykker) av denne størrelse forbruke 1000 * 92 mg O_2/kg/t = 92 g O_2/t. Vanntilførselen for å dekke forbruket for 1000 kg steinbit kan beregnes slik: Vann på 33‰ ved 12°C vil ved 100% metning innholde 8,9 mg O_2/l. Ideelt uttak vil være 8,9 mg/l - 5,0 mg/l = 3,9 mg/l. Totalt må det pumpes inn: 92 g O_2/t : 3,9 mg O_2/l = 23590 l/t (0,4 m^3/min.). 80000 yngel trenger 6,4 m^3/min i et slikt tilfelle. Ved oksygenring av vannet vil behovet for tilført vann avta. Ved å bruke eksempelet vist i figur 2-3 vil det totale vannbehovet ved oksygenering av inntaksvannet reduseres fra 6,4 m^3/min til 3,8 m^3/min.

Piggvarens oksygenforbuk kan beregnet etter denne formelen:
Ln C = 1,25 - 0,24 · Ln W + 1,66 · Ln T; hvor C = oksygenforbruk i mg·kg·time^{-1}, W = våt vekt i g., og T = temperatur (°C).

Sykdommen gassblæresyke fremkalles i hovedsak av nitrogenovermetning (dykkersyke). Gassovermetning oppstår særlig når vann blir utsatt for høyt trykk (f.eks pumping) eller når vann varmes opp. En nitrogenovermetning i området 105-115% er vanligvis dødelig for fisken. Langtidseksponeringer i vann med 102-105% overmetning kan være skadelig og gi nedsatt tilvekst. Særlig skadelig er overmetning på larve- og yngelstadiet.



Figur 2-9. Variasjoner gjennom året av oksygen (ml/l) fra et referanse område og målt i et matfisk anlegg for laks (Ervik *et al.*, 1990).



Figur 2-10. Beregnet vannforbruk (liter/kg/min) til steinbit og laks ved to temperaturer (7 og 12 °C). Vannet er antatt 100% mettet med oksygen i inntaket og konsentrasjon er forutsatt 5 mg oksygen per liter i avløpsvannet (Steinarsson, 1992).

2.2. Ammoniakk

Det meste av nitrogenet som fisken får i seg gjennom fóret skilles ut som ammoniakk (50-90%), varierende med blant annet art og vanntemperatur. Hovedmengden (omlag 98%) skilles ut over gjellene. Hos vill fisk vil det normalt ikke være noen risiko for forgiftning da ammoniakken vil fortynnes i store vannmengder. Ved oppdrett, hvor store mengder fisk trenges sammen i et avgrenset vannvolum, *kan* imidlertid fiskens ekskresjon av ammoniakk føre til en selvforgiftning. Risikoen er særlig tilstede ved transport av fisk i lukkede systemer og ved redusert vannforbruk/resirkulering av vann i anlegg. Fisk kan også forgiftes av ammoniakk fra eksterne kilder, som f.eks. kloakkrenseanlegg, men dette forkommer sjeldent.

"Ammoniakk" brukes ofte som et uspesifikt uttrykk for udissosiert NH_3 (ammoniakk), dissosiert NH_4^+ (ammoinium), eller summen av disse (NH_3 + NH_4^+ = total ammoniakk, TA). Ammoniakk (NH_3) er en svak base som protolyseres i vann etter ligningen:

$$NH_3 + H^+ \leftrightarrow NH_4^+$$

pKa-verdien for NH_4^+/NH_3 er 9,25. Andelen av den giftigste formen NH_3 øker med økende pH og økende temperatur (se Fig. 2-11). Det anbefales at en uttryker konsentrasjoner av ammoniakk i mg/l (evnt. µg/l) NH_3-N, NH_4^+-N eller TA-N. Da molekylvekten (NH_3) = 17 og atomvekten (N) = 14 har vi at [NH_3-N] = 0,8235 * [NH_3][1]. Ved analyse av ammoniakk (kontakt analyselab. på forhånd!) er det konsentrasjon av total ammoniakk (TA) som blir bestemt. En må eventuellt beregne andelen av den giftigste formen NH_3. Vi har at:

$$[NH_3\text{-}N] = [TA\text{-}N] * f$$

hvor f er gitt ved

$f = 1/(10^{pKa-pH-S} + 1)$; hvor pKa = 0,09018 + 2729,92/(273,16 + T), S er en korreksjonsfaktor for saltholdighet (S=0 i ferskvann) og T = temperaturen i °C.

Utregning av S er komplisert, så det anbefales bruk av tabeller for f hvis beregning av [NH_3-N] er nødvendig i sjøvann (f.eks. Skarheim, 1973). Fig. 2-11 viser f ved forskjellige temperaturer og pH i 30 $^o/oo$ sjøvann. Temperatur og pH har langt størst innflytelse på likevekten, og i sjøvann vil pH variere lite på grunn av god bufferkapasitet. Ved stor fisketetthet kan pH synke noe på grunn av fiskens CO_2-ekskresjon. Dette er observert også i sjøvann (pH redusert fra 8,2 til 7,9) og vil redusere faren for NH_3-forgifning.

Det er viktig å ha kunnskap om ammoniakkekskresjonen hos fisk ved vurdering av fisketetthet, vannutskiftning og eventuelt oksygentilsetning ved oppdrett eller transport av fisk. Videre kan kartlegging av fiskens nitrogenbudsjett gi informasjon om f.eks.

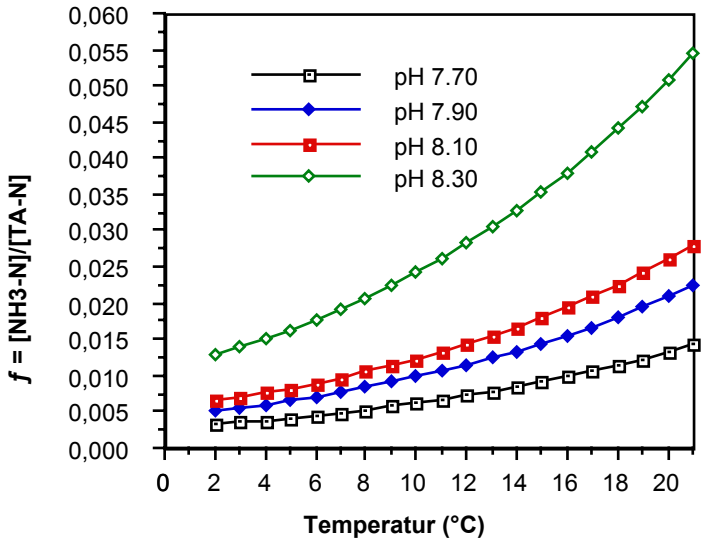
---

[1] 1 µgat/l = µMol/l = 0,017 mg/l for [NH_3]; 1 µgat/l = µMol/l = 0,014 mg/l for [NH_3-N]; 1 µgat/l = µMol/l = 0,018 mg/l for [NH_4].

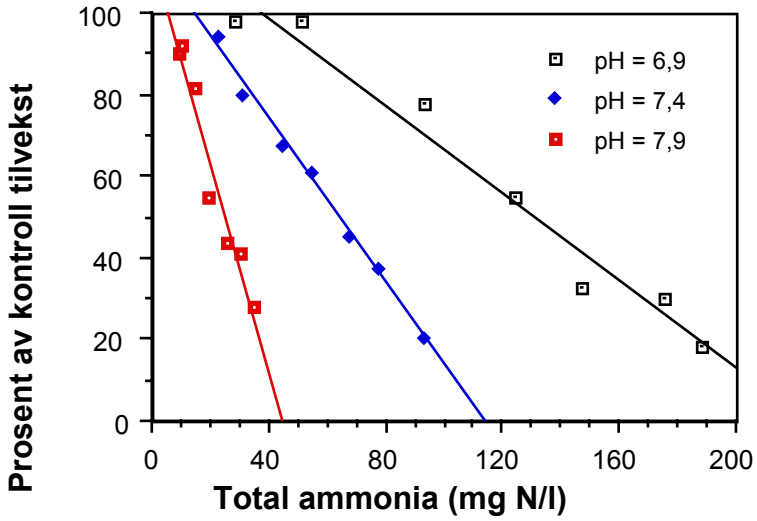
proteinutnyttelsen for en bestemt fórtype. Generelt vil TA-N utskillelsen hos laks på 10 og 1000 g ved 7 °C være henholdsvis 4 og 12 mg/kg/t. Ammoniakkutskillelsen øker med økende temperatur samtidig som oksygenforbruket økes. Dette henger sammen med at ammoniakk er et stoffskifteprodukt og dermed direkte påvirket av oksygenforbruket. For steinbit større enn 1 kg er det registrert lavere TA-utskillelse ved 12 °C enn ved 7 °C, hvilket kan relateres til stagnasjon i tilveksten ved 12 °C.

Både akutt og kronisk toksistet av NH_3 vil variere med art, fiskestørrelse, vannkvalitet (temp., pH, O_2 etc), tidligere tilvenning til ammoniakk med videre. Akutt virker amoniakk som en nervegift, og forgiftningstegn i form av "host", kramper, og panikksvømming kan sees. I ferskvann vil laks ha store problemer etter fire døgn med konsentrasjoner mellom 0,03 - 0,15 mg/l NH_3-N (pH 6-6,5; 2-17°C). Foreslåtte grenseverdier for langstidseffekter hos laks i ferskvann ligger mellom 0,005 - 0,021 mg/l NH_3-N. For piggvar og tunge (~ 2 g) er det funnet grenseverdier på henholdsvis 0,11 mg N/l og 0,066 mg N/l, ved 16,6 °C og 34 ‰, hvor under disse verdier liten eller ingen effekt var målbar. I figur 2-12 vises innvirkningen av ulike pH nivåer og ammonium konsentrasjoner har for tilvekst hos tunge. Aktuelle skadevirkninger av ammoniakk kan være vekstreduksjon, gjelleskader og økt mottagelighet for sykdom. Ifølge Brownell (1980) reduseres matopptaket med 50% for en rekke marine arter i startfôringsfasen ved konsentrasjoner mellom 0,1 - 0,22 mg/l NH_3-N, mens 50% dødlighet ble observert på mellom 0,36-0,46 mg/l NH_3-N. Et høyt ammoniakknivå i vannet opptrer gjerne samtidig med høyt innhold av partikulært materiale, andre ekskresjonsprodukter og lavt oksygennivå på et tidspunkt hvor fiskens oksygenbehov er ekstra stort (høy temperatur og høy metabolsk aktivitet). Videre øker toksisiteten av ammoniakk lineært med reduksjon av oksygeninnhold i vannet. Det er derfor særlig grunn til å være på vakt i perioden august-oktober hvor en på grunn av høy temperatur, høy fisketetthet og fóringsintensitet finner de høyeste ammoniakknivåene i laksoppdrettsanleggene. Videre kan økt forekomst av algeoppblomstringer i denne perioden ytterligere redusere oksygeninnholdet i vannet.

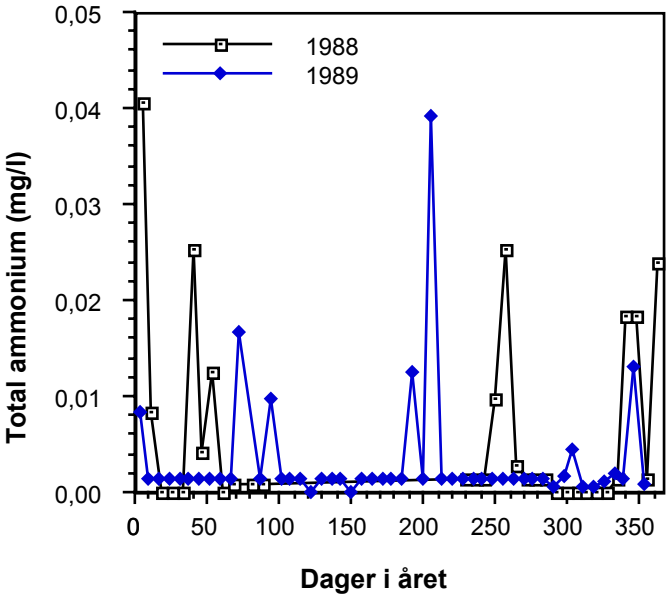
Ved vanlig sjøvanns-pH på ca. 8,2 er NH_3 - andelen på 2,8% ved 10°C, men dersom fiskens respirasjon reduserer pH til 7,9, reduseres NH_3 - andelen til 1,5%. I sjøvann vil konsentrasjon av total ammonium variere med årstiden, med de laveste verdier vår og sommer og med makimalverdier på 0,04 mg/l høst og vinter (Fig. 2-13). I et mæranlegg for laks er det målt verdier 2 - 3 ganger dette nivået (Fig. 2-14). Figur 2-15 viser årsvariasjon av ammonium i et matfiskanlegg for laks.



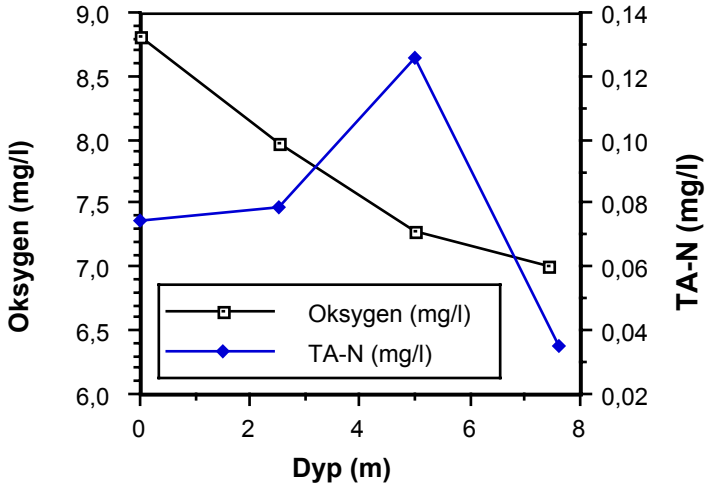
Figur 2-11. Forandringer i forholdet mellom [NH_3-N] og [TA-N] (*f*) ved forandringer i temperatur og pH ved 30 ‰ (Tabell fra Skarheim (1973) i Knoph, 1989).



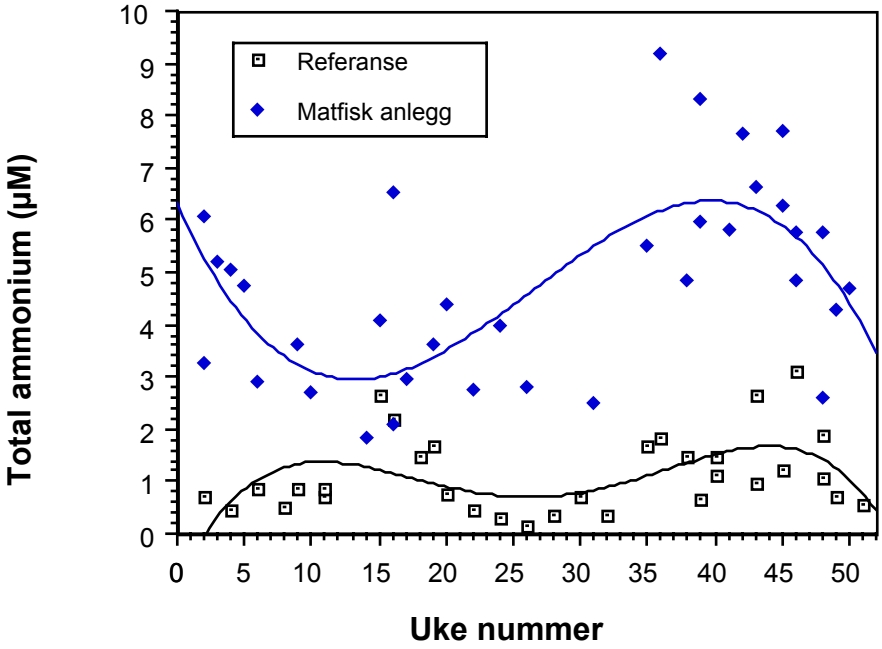
Figur 2-12. Tilveksten hos tunge uttrykket som prosent av normal tilvekst i forhold til total ammonium konsentrasjon ved tre pH nivåer (Alderson, 1979).



Figur 2-13. Ammoniumsverdier (mg/l) gjennom året i vann fra 75 m dyp (FS Flødevigen).



Figur 2-14. Verdier for total ammonium (mg/l) og oksygen (mg/l) målt i et mæranlegg for laks (Ervik, 1989).



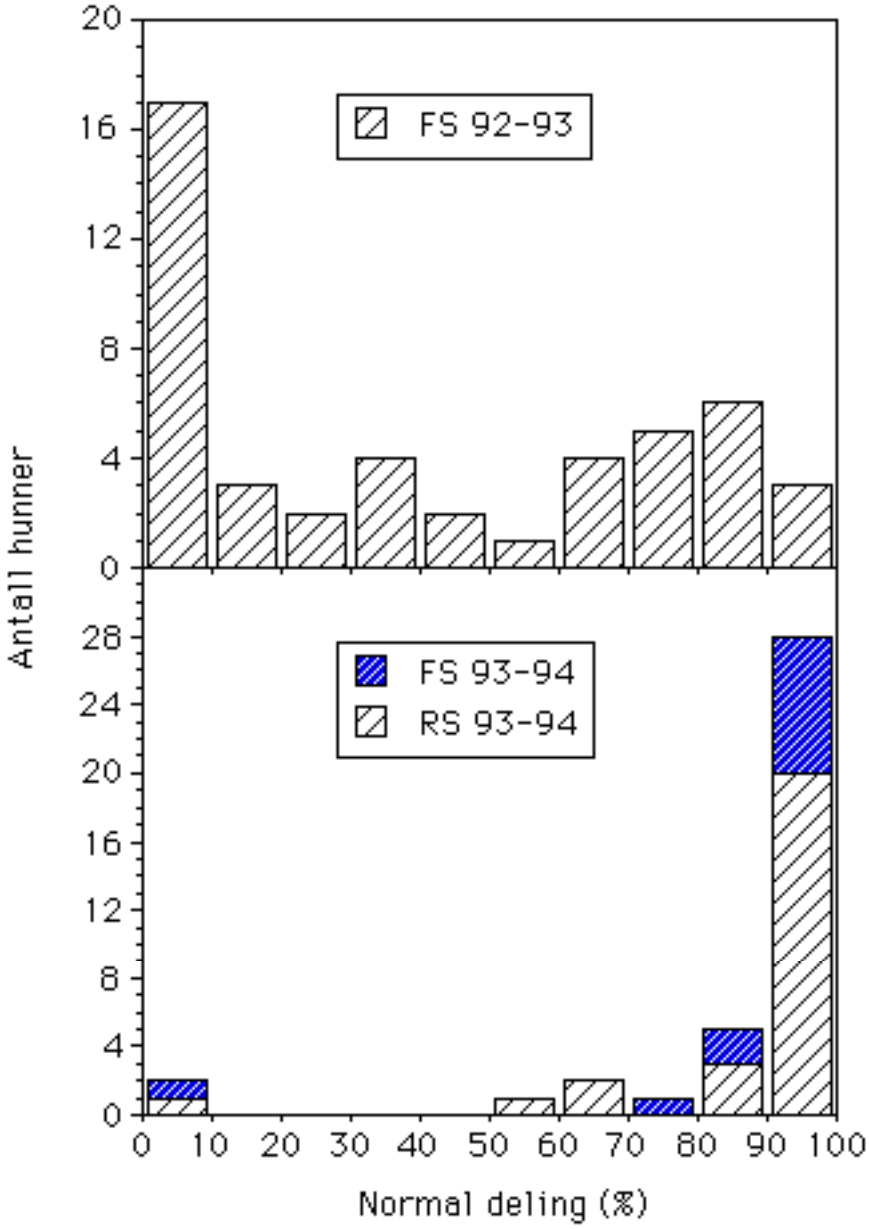
Figur 2-15. Variasjoner gjennom året av total ammonium (µM) fra et referanse område og målt i et matfisk anlegg for laks (Ervik *et al.*, 1990).

2.3. Temperatur

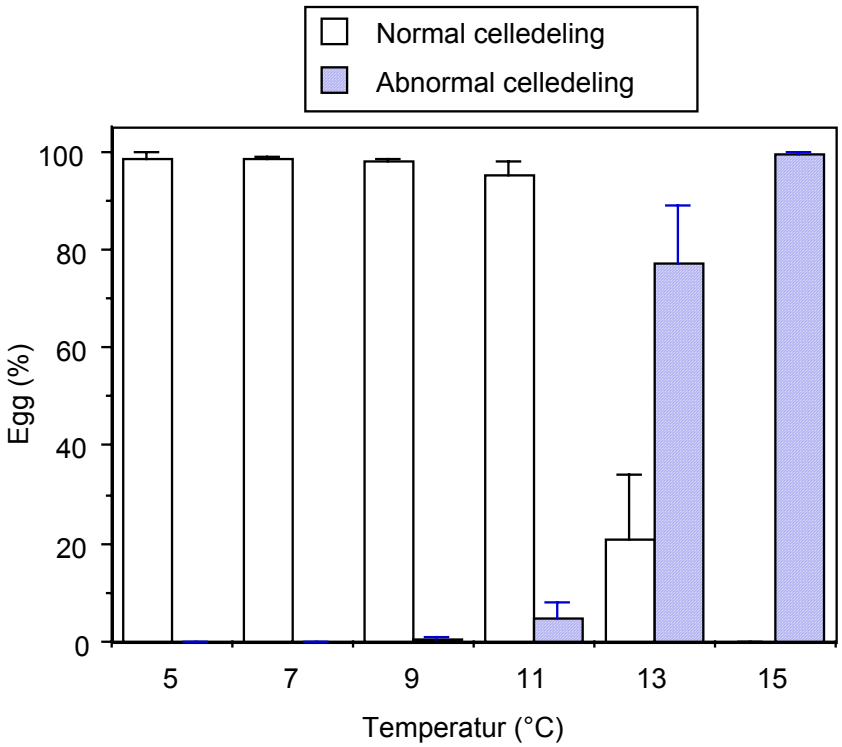
Sjøtemperaturen rundt oppdrettsfisken er av den største betydning for tilveksten, men har også innvirkning på fiskens helse. Store og raske sprang i temperatur og saltholdighet kan føre til fiskedød. Når temperaturen synker under 4°C, må en stoppe fóringen av laksefisk selvom en ved bruk av våt- eller mykfór kan fortsette ned til 2°C. Ved så lave eller lavere temperaturer bør fisken få være uforstyrret. Regnbueørret er meget følsom for lave temperaturer og dødeligheten begynner å inntreffe ved +1°C, mens laks begynner å dø i anleggene ved omlag -0.5°C.

Temperaturen har innvirkning på eggkvalitet, som vist for steinbit (fig. 2-16), hvor temperaturer over 11°C de siste månedene før gyting medfører en større andel av befruktede egg med unormal celledelig (gytesesongen 1992-93; fig. 2-16). Videre viser forsøk med steinbit at temperaturer over 11°C de første døgnene etter befruktning medfører forhøyet andel egg med unormale celledeling (fig. 2-17). dersom temperaturen kommer over 11°C i løpet av inkubasjonsperioden, kan dette medføre unormal utvikling av avkommet, som at enkelte finner ikke utvikles (fig. 2-18 og 2-19).

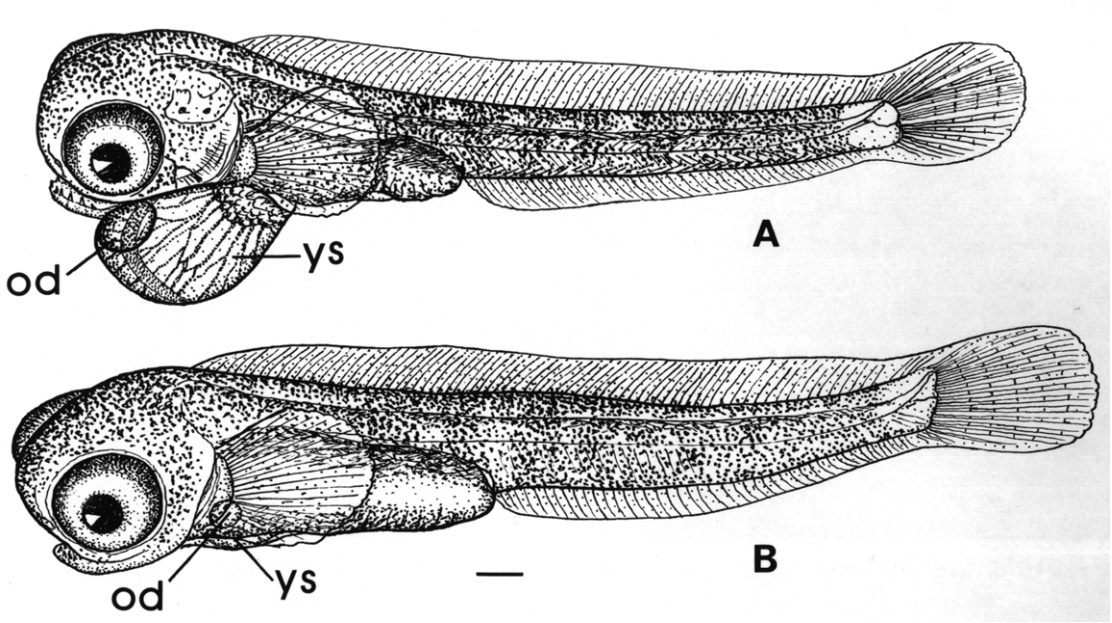
Inkubasjonsperioden, perioden fra befruktning og frem til klekking (Fig. 2-20) og størrelse ved klekking (Fig. 2-21) avtar, mens rutin metabolismen (Fig. 2-22) til marine fiskelarver i våre farvann øker, med økende temperatur. Svømmehastigheten til marine fiskelarver øker med økende temperatur (Fig. 2-23). Temperatur påvirker fiskens matopptak (Fig. 2-24), fordøyelseshastighet av fóret og fiskens vekstrate (Fig. 2-25). Det er derfor viktig å velge den optimale temperatur for den art en har i kultur.



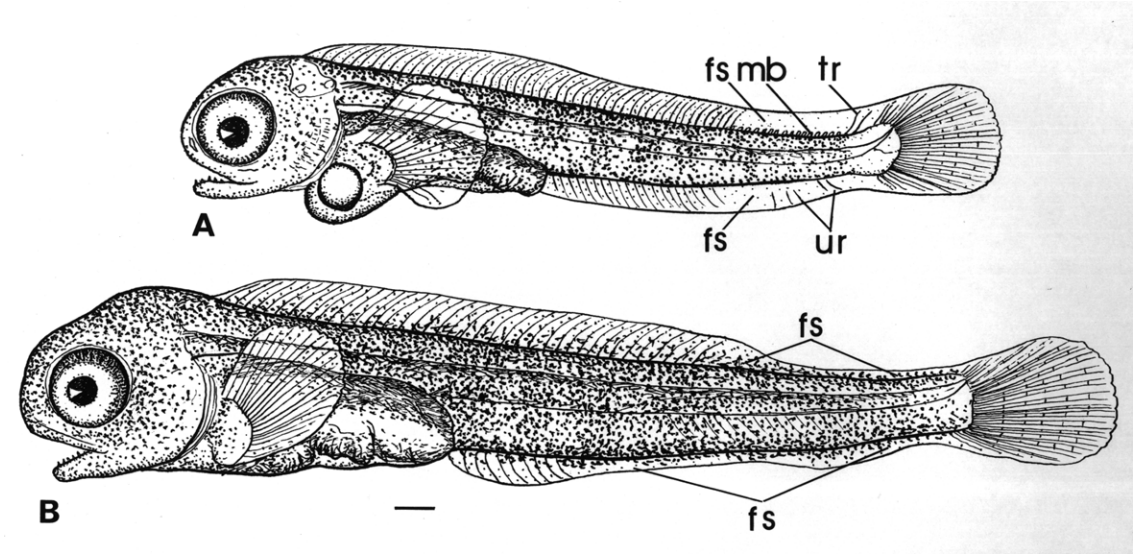
Figur 2-16. Fordeling av eggkvalitet (angitt som prosent normal celledeling) hos steinbit hunner som gjøt iløpet av gytesesongene 1992-93 og 1993-94. FS 92-93 = førstegangsgytere i gytesesongen 1992-93; FS 93-94 = førstegangsgytere i gytesesongen 1993-94; RS 93-94 = andregangsgytere i gytesesongen 1993-94 (Pavlov and Moksness, 1996).



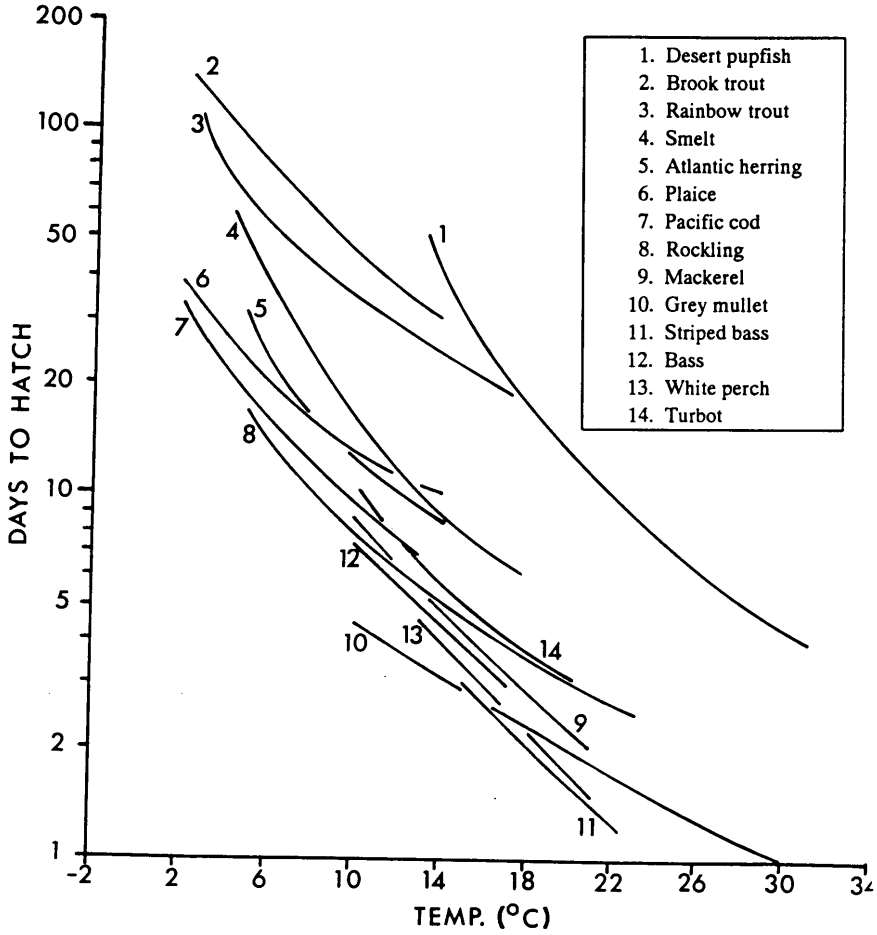
Figur 2-17. Effekten av temperaturen i de første dagene etter befruktning på celledeling hos steinbit egg (Pavlov and Moksness, 1994b).



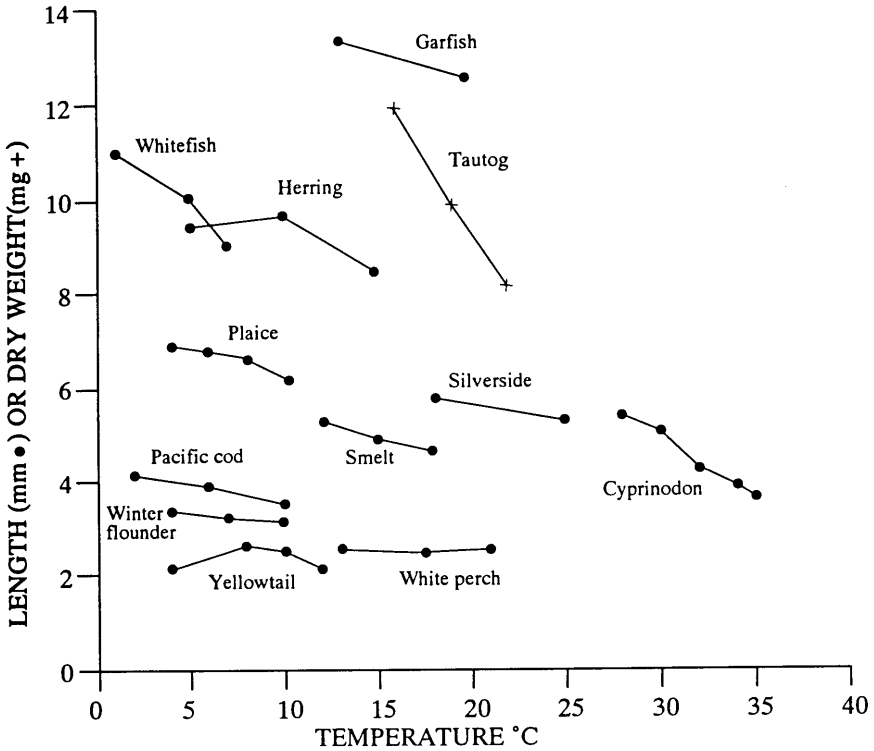
Figur 2-18. Normale steinbit larver ved klekking. (A) larver klekket for tidelig, TL = 20.5 mm og (B) normalt klekket larve, TL = 22 mm (Pavlov and Moksness, 1995).



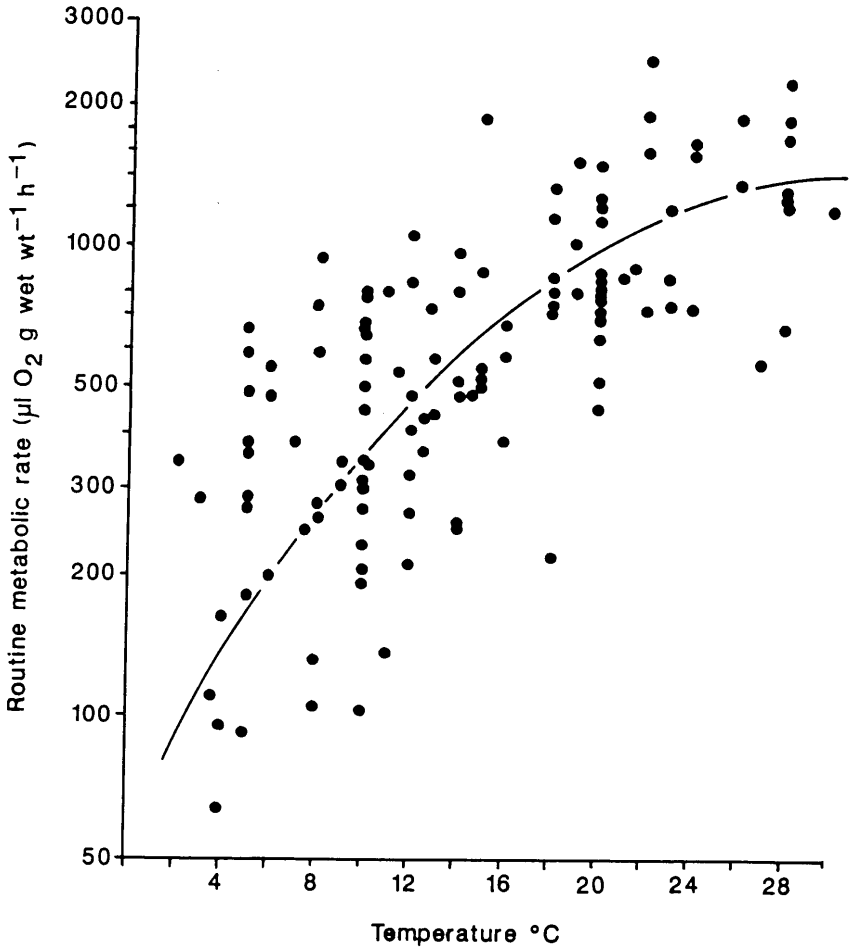
Figur 2-19. Utseende hos steinbit larver som er klekket fra egg inkubert ved 11°C. (A) larve ved klekking, TL = 20 mm. (B) yngel 30 dager etter klekking, TL = 26 mm. ts = finnestråle i dorsale finne; fs = område mangler finne; mb = muskelbasis; ur = uutviklet finnestråler (Pavlov and Moksness, 1995).



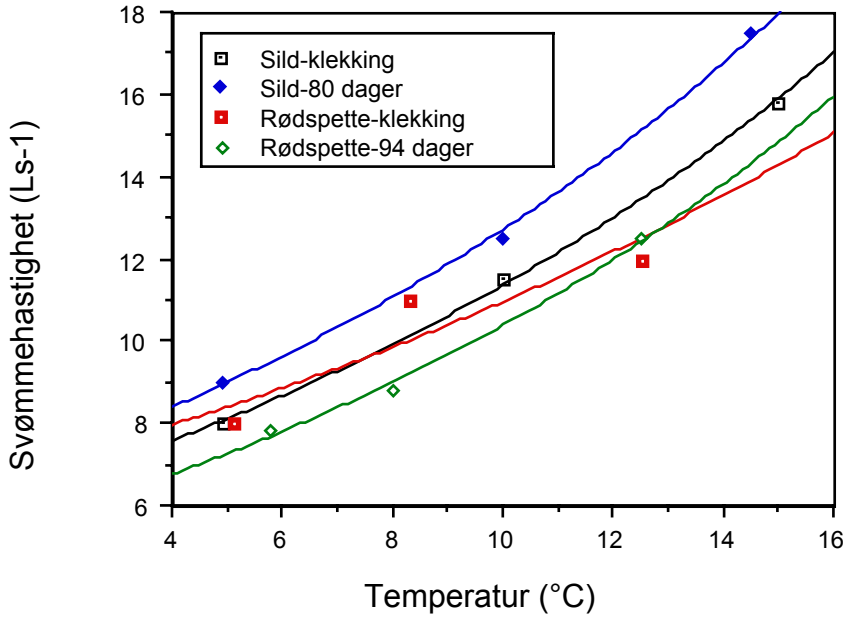
Figur 2-20. Effekten av inkubasjons temperaturen på tiden fra befruktning av egget til klekking av larven (Blaxter, 1992).



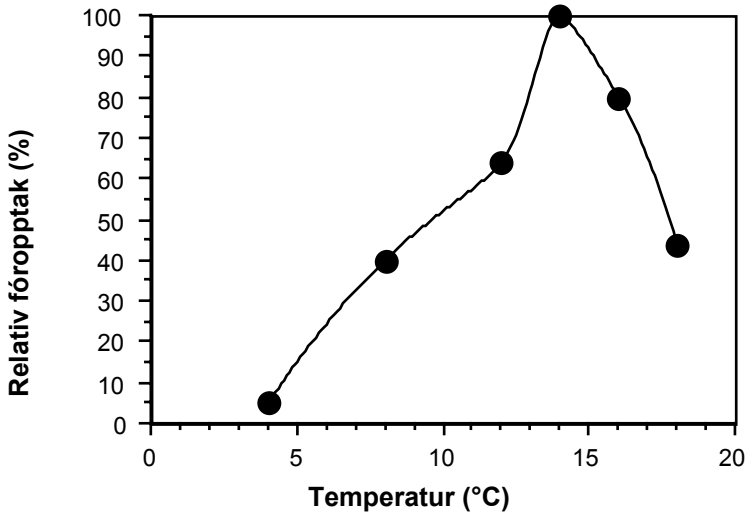
Figur 2-21. Effekten av inkubasjons temperaturen på størrelsen av larven ved klekking (Blaxter, 1992).



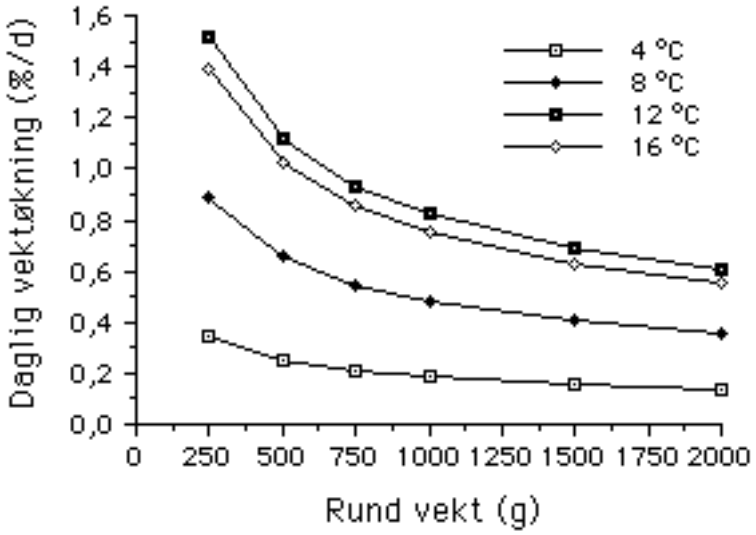
Figur 2-22. Effekten av temperatur på rutin metabolismen (definert som QO_2 eller μgO_2 g våt vekt^{-1}time^{-1}) hos fiske foster og larver (Blaxter, 1992).



Figur 2-23. Effekten av temperatur på svømmehastighet hos marine fiskelarver (Batty and Blaxter, 1992).

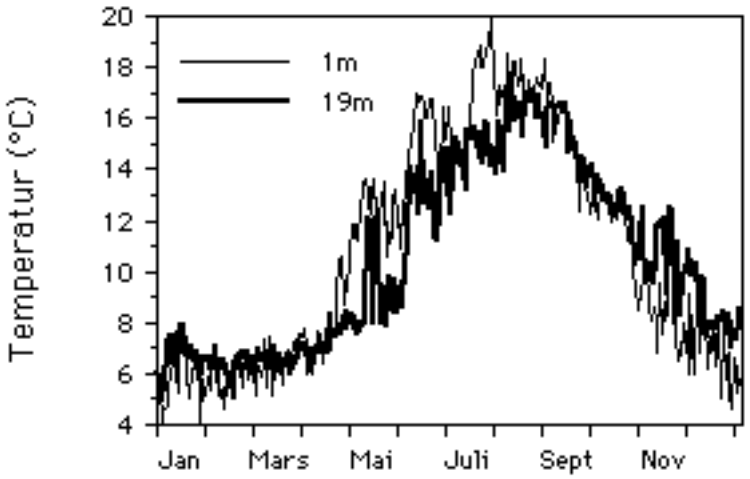


Figur 2-24. Effekt av temperatur på appetitt til torsk. Appetitten er uttrykket som relativ appetitt og beregnet i forhold til maksimal appetitt. (Jobling, 1986). Maksimal appetitt hos torsk ligger i temperaturområdet 14-15 °C.

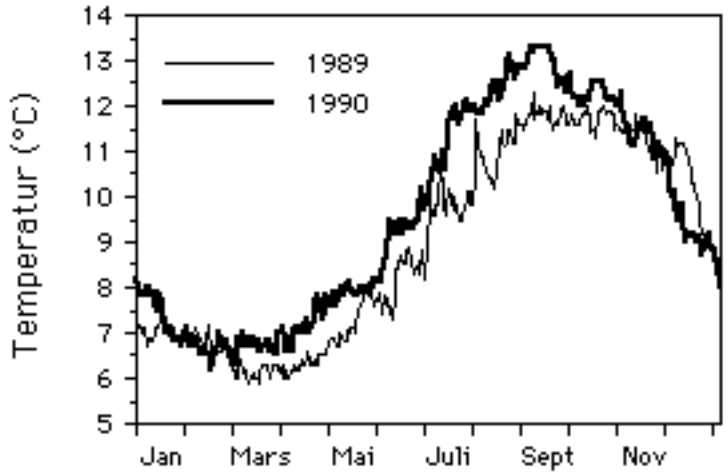


Figur 2-25. Endring i daglig vekstrate (%/d) hos torskeyngel som en funksjon av økende kroppsvekt ved fire temperaturer.

Sjøtemperaturen kan være et virkemiddel til å starte, utsette eller forskyve gyteperioder. Hos villtorsk har en forskjeller på omlag 6 uker i tidspunktet for hovedgyting mellom Nord-Norge og Vestlandet. Forskjellen er en kombinert effekt av lys og temperatur. På Sørlandet varierer temperaturen mellom minimum 5 °C og maksimum 20 °C i de øvre 20 metre av vannsøylen (Fig. 2-26) og mellom 6 °C og 14 °C på 75 meters dyp (Fig. 2-27). Variasjonen vil være anderledes andre steder langs den norske kyst (se Fig. 1-7).



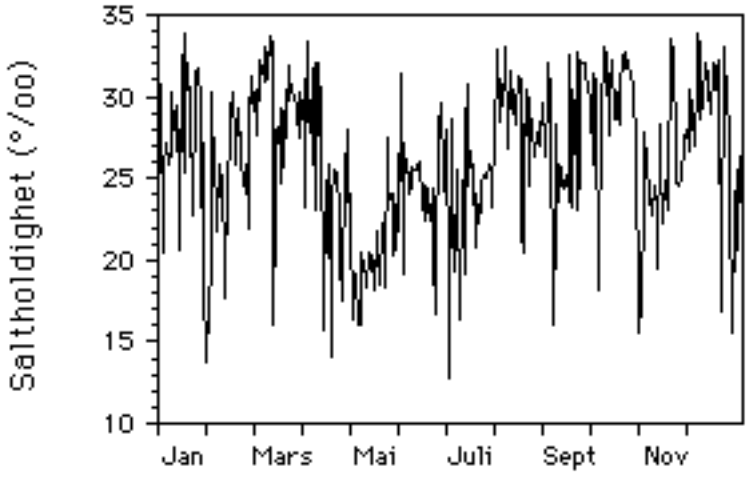
Figur 2-26. Svingninger i temperatur i 1 og 19 m´s dyp utenfor Forskningsstasjonen Flødevigen, Arendal (data fra 1990). Gjennomsnittstemperaturene var 10,7 °C i 1 m og 10,0 °C i 19 m´s dyp i 1990.



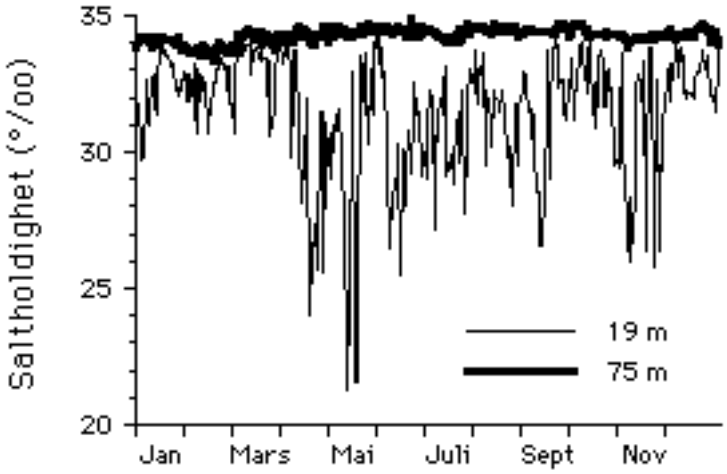
Figur 2-27. Eksempel på temperaturvariasjoner i inntaksvannet fra 75 m dyp ved Forskningsstasjonen Flødevigen gjennom to hele år. Gjennomsnittstemperaturen var henholdsvis 8,9 °C og 9,2 °C i 1989 og 1990.

2.4. Saltholdighet

Saltholdigheten i norske kystfarvann avhenger av hvor en befinner seg (Fig. 1-7) og på hvilket dyp. I Figurene 2-28 og 2-29 vises variasjonen i saltholdigheten i tre dyp på Sørlandet og viser at ned til 19 m dyp er det relativt store variasjoner i saltholdighet, mens i 75 m dyp er saltholdigheten relativt stabil. Ifra 30-40 m dyp vil en på Sørlandet ha en ganske stabil saltholdighet. På ytre strøk av Vestlandet vil en få salt, atlantisk vann på mellom 10 - 30 m dyp. Innholdet av de viktigste saltene i sjøvann vist i tabell 2-1.



Figur 2-28. Svingninger i saltholdighet i 1 m´s dyp utenfor Forskningsstasjonen Flødevigen (data fra 1990). Gjennomsnitt saltholdighet var 24,4 ‰ i 0 m og 26,1 ‰ i 1 m´s dyp i 1990.



Figur 2-29. Svingninger i saltholdighet i 19 og 75 m´s dyp utenfor Forskningsstasjonen Flødevigen (data fra 1990). Gjennomsnittlig saltholdighet var 31,3 ‰ i 19 m og 33,3 ‰ i 75 m´s dyp i 1990.

Tabell 2-1. Innholdet av salter i sjøvann.

Salt	g/kg (‰)	% av salter
Natriumklorid (NaCl)	27.213	77.76
Magnesium klorid ($MgCl_2$)	3.807	10.88
Magnesiumsulfat ($MgSO_4$)	1.658	4.74
Kalsiumsulfat ($CaSO_4$)	1.260	3.60
Kaliumsulfat (K_2SO_4)	0.863	2.46
Kalsiumkarbonat ($CaCO_3$)	0.123	0.34
Magnesiumbromid ($MgBr_2$)	0.076	0.22
Sum	35.000	100.00

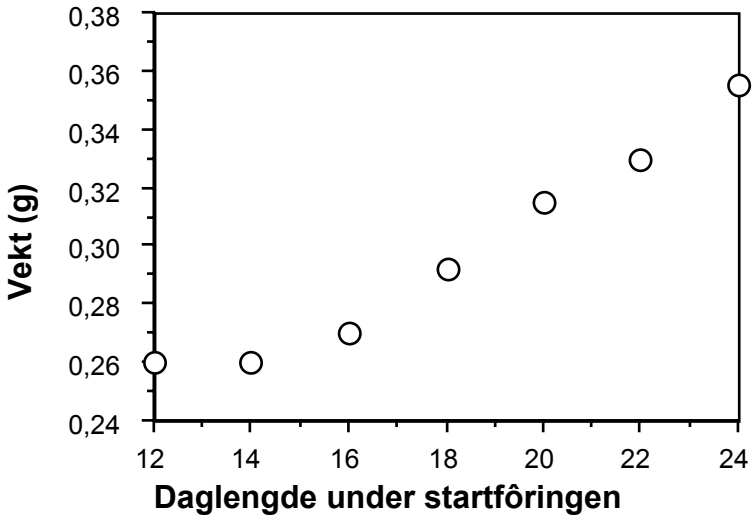
2.5. Hydrogensulfid

Hydrogensulfid (H_2S) er meget giftig og kan medføre plutselig dødelighet hos fisk i oppdrettsanlegg ved at H_2S-holdig vann kommer til overflaten. Det H_2S-holdige vannet kan i noen tilfeller føres tilbake til naturlige forhold, men vanligvis vil forurensning i form av fórspill og avføring fra anlegget forsterke kraftig de naturlige prosessene i bunnsedimenetet. H_2S-holdig bunnvann kan samles bak terskler for så å bli presset til overflaten ved at tyngre vann strømmer inn utenfra og løfter bunnvannet. Slike innstrømninger er nært knyttet til hydrografiske forhold i vannmassene utenfor fjorden eller terskelen og mange steder skjer det årlig en utskifting av bunnvann og da gjerne om høsten eller vinteren.

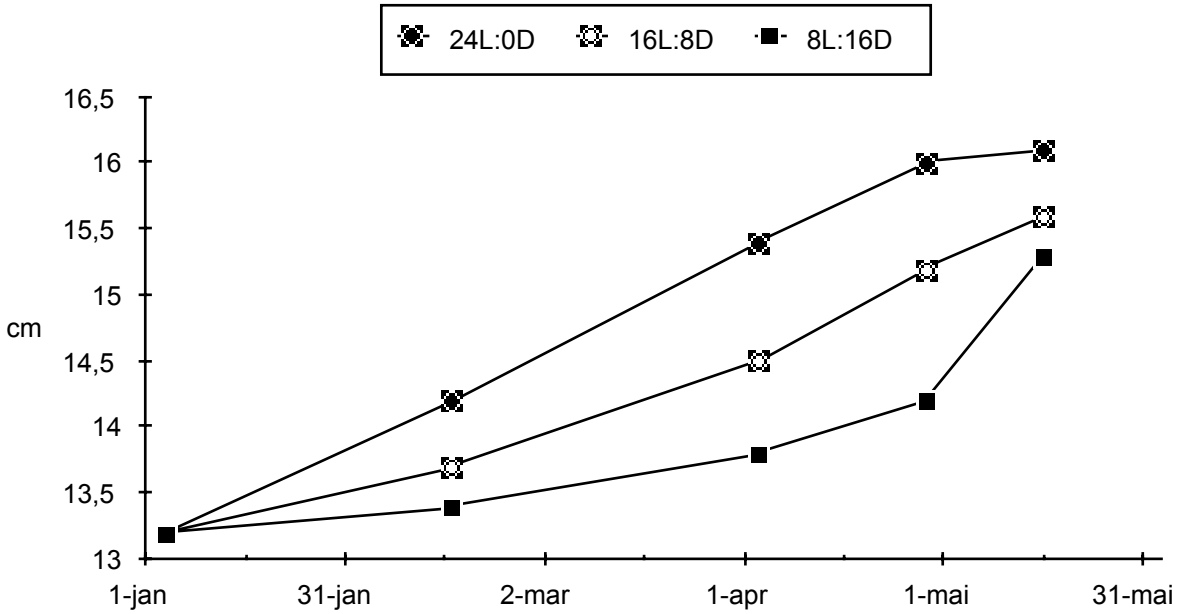
Hydrogensulfid kan også opptre i så store mengder at det bobler ut av bunnsedimentene og i form av gassbobler passerer gjennom vannmassene og gjennom oppdrettsanlegget med mulige følger for fisken. Subletale effekter er sannsynligvis ved lav eksponering over tid.

2.6. Lys

Lys kan ha en både positiv og negativ innvirkning på fisk i oppdrett. Ved å øke daglengden, kan en øke tilveksten på fisken (se Fig. 2-30 og 2-31), mens en derimot hos laksesmolt vil få problemer med smoltifiseringen dersom fisken ikke utsettes for en "naturlig" årstidsbetinget døgnrytme i belysningen. For alle arter gjelder det at de lett blir nervøse dersom lyset kommer raskt på eller slukkes brått. Ved å bruke dimming vil en dempe dette problemet.



Figur 2-30. Tilvekst hos laks i startfôringsperioden (de tre første ukene etter første fødeopptak) hvor økende daglengde gir økt tilvekst. 12 = 12 t lys og 12 t mørke; 24 = 24 t lys og 0 t mørke (T. Hansen, Havforskningsinstituttet Matre Havbruksstasjon, 1993).



Figur 2-31. Tilvekst i lengde hos laksesmolt ved tre ulike lysperioder (Hansen *et al*. 1989).

Lys er en nøkkelfaktor for å få fisk til å gyte på andre tider av året enn det som er normalt. I slike tilfeller kan en forskyve gytetidspunktet innenfor en årssyklus eller en kan korte inn på eller forlenger året alt avhengig av på hvilken måte en manipulerer lysperiodene. Hos piggvar er en istand til å utvide gytesesongen fra normalt april - august til januar - oktober. Dette gjør det mulig å skaffe egg av piggvar nesten hele året.

Kontinuerlig lys utsetter kjønnsmodning hos torsk flere sesonger. I forsøk de siste årene ble ingen torsk av samme årsklasse kjønnsmoden den sesongen de normalt skulle bli kjønnsmoden første gang (i naturlig lys). De fleste av de samme fiskene ble heller ikke kjønnsmoden den andre «normale» gyteseongen. Dette medfører høyere vinter tilvekst og kan bli en viktig faktor for å få torsk inn i oppdrett.

Et annet eksempel på lysets effekt er klekking av kveite-egg. Dersom kveite-egg inkuberes med bruk av lys, vil klekkeprosenten reduseres med omlag 80%. I dette tilfellet synes det som om lyset reduserer produksjonen av det enzymet som er nødvendig for at eggeskallet skal løses opp og larven slippe fri av egget. Dersom *klekkeklare* kveite-egg som har gått i mørke, utsettes for lys, vil ny overføring til mørke resultere i spontan klekking i løpet av 30-50 minutter. Mørket synes nå å ha en signaleffekt.

Resultater fra startfóringsforsøk med marine fiskelarver indikerer at plasseringen av lyskilden kanskje kan ha betydning for beitesuksess, men ennå er for lite data skaffet til veie for underbygging av en slik påstand.

Tabell 2-2. Verdier for lysintensitet innendørs og utendørs[1]. Typiske lysverdier over kar i innendørs anlegg er ~300 Lux.

Type lysintensitet	Lumens/m^2 (Lux)
Sollys & klar himmel (maksimum)	100000
Sollys & klar himmel (disigt)	1000
60 W Lysstoffrør 20 cm over kar	1000
Innendørs - dagslys	200
Innendørs -kunstlys	100
Fullt månelys	0.20

3. Produksjonslinje for marine fisk

3.1. Stamfisk og gyting av egg

Marine fiskearter har likhetstrekk, men også store forskjeller i forplantnings-strategi. Torsk, piggvar, tunge, rødspette og kveite har ytre befruktning, mens steinbit (både gråsteinbit og flekksteinbit) har indre befruktning. Gyteperioden for kveite er i perioden januar - mars, fulgt av torsk i mars - april, flekksteinbit i september - oktober og til sist gråsteinbit i oktober - januar. Gyteperioden vil variere noe avhengig av i hvilket geografisk område fisken gyter. Piggvar kan idag manipuleres til å gyte hele året. Kveiten gyter med fra 2 til 8 dagers mellomrom, mens torsk gyter med fra 2 - 3 dagers mellomrom (6-8°C). I 1993 var det totalt 312 stamfisk kveiter i Norge, som gav totalt 1500 l befruktede egg.

Parametre som styrer modning, gyting og eggmengde hos fisk i oppdrett er mange og omfatter bl.a. lyssyklus, temperaturmønster, tetthet av fisk, fiskens størrelse, vekst i det foregående året, oksygennivå, fóringsregime i året før gyting etc. I tabell 8-1 er det skjematisk satt opp viktige biologiske karakteristika for de aktuelle marine fisk foruten laks og ørret.

Tabell 3-1. Oversikt over parametre hos gytefisk av noen arter. A : Hunnfisk = 90 cm; B : Eggdiameter = 1.4 mm; (dem = demersale; pel = pelagiske).

Art	Befruktning	Type	Antall gytinger	Antall egg	Antall egg/l
Laks	ytre	dem	1	1200/kg	3500-7000
Ørret	ytre	dem	1	2000/kg	6000-9000
Gråsteinbit	indre	dem	1	2 - 20000	6000-9000
Flekksteinbit	indre	dem	1	10 - 50000	6000-9000
Kyst-torsk	ytre	pel	15 - 20	7.67 mill (A)	0.49 mill (B)
NA-torsk	ytre	pel	15 - 20	2.76 mill (A)	0.49 mill (B)
Kveite	ytre	pel	15 - 20	800000	40000
Tunge	ytre	pel	15 - 20	100-150000	0.6 - 1.0 mill

[1] Verdier i footcandels (Lumens/ft^2) beregnes ved å multiplisere lux-verdiene med 10.

Piggvar	ytre	pel	15 - 20	10-15 mill	1.2 mill.
Rødspett	ytre	pel	15 - 20	510000	350000

For å beregne fekunditeten (F) hos torsk, er det oppgitt to formler (Kjesbu 1988), én for kysttorsk (KT) og én for norsk-arktisk torsk (NAT):

$F_{NAT} = 1{,}25 * 10^{-2} * L^{4{,}27}$; eksempel: 90 cm torsk (6,7 kg)= 2.76 mill. egg

$F_{KT} = 1{,}38 * 10^{-5} * L^{6{,}01}$; eksempel: 90 cm torsk (6,7 kg)= 7.67 mill. egg

For å beregne antall egg (N) pr liter hos torsk ut fra eggdiameteren (D) brukes følgende formel:

$N = 1222000 * D^{-2{,}71}$; eksempel: eggdiameter 1,4 mm = 491000 egg.

3.2. Naturlig gyting hos fisk

Den enkleste metoden for å skaffe seg befruktete egg er å la stamfisken gyte naturlig. Dette har flere fordeler. Eggene gytes til riktig tidspunkt i ovulasjonen utfra enkeltfiskens indre rytme. Fisken vil bli langt mindre stresset og hudskader som lett oppstår under stryking, unngås. Dette er særlig viktig for kveite som er vanskelig å håndtere og der det ligger særlig store verdier i hver stamfisk. Et problem vil være at eggene i større grad utsettes for bakterier og av partikler i uttaket fra karet. Det kan derfor være behov for profylaktisk behandling av eggene for å unngå senere overgroing av eggene av sopp og bakterier.

Så godt som alle av egg av *torsk* skaffes på denne måte. En kan enten benytte kar innendørs eller store plastposer i sjøen. I begge tilfeller benytter en et oppsamlingssystem for egg montert på vannstrømmen som kommer fra posen og en kan således ta vare på alle eggene. Stamfisk torsk gir normalt 1 liter egg pr. kg kroppsvekt.

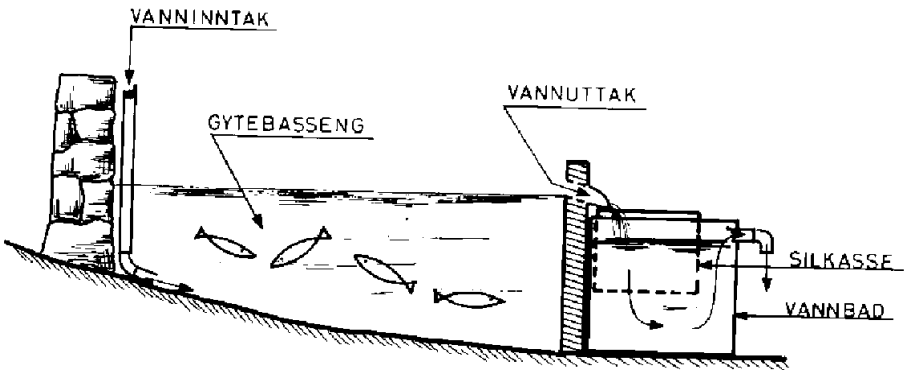
Et tilsvarende system benyttes for *kveite*. Foreløpig er det bare bygget ett slikt anlegg i Norge og det hadde en produksjon på 2-300 liter egg i 1990 og 1991. Kveitehunnene ligger i ro på bunnen i forsenkninger fyllt med sand og hannfisken kurtiserer dem der og de gyter sammen. Befruktningsprosenten kan bli opp mot 100% i dette systemet.

Befruktete egg av *tunge* kan kun skaffes ved naturlig gyting. Dette henger sammen med at hannfisken har svært små gonader og en kan ikke skaffe seg melke fra dem.

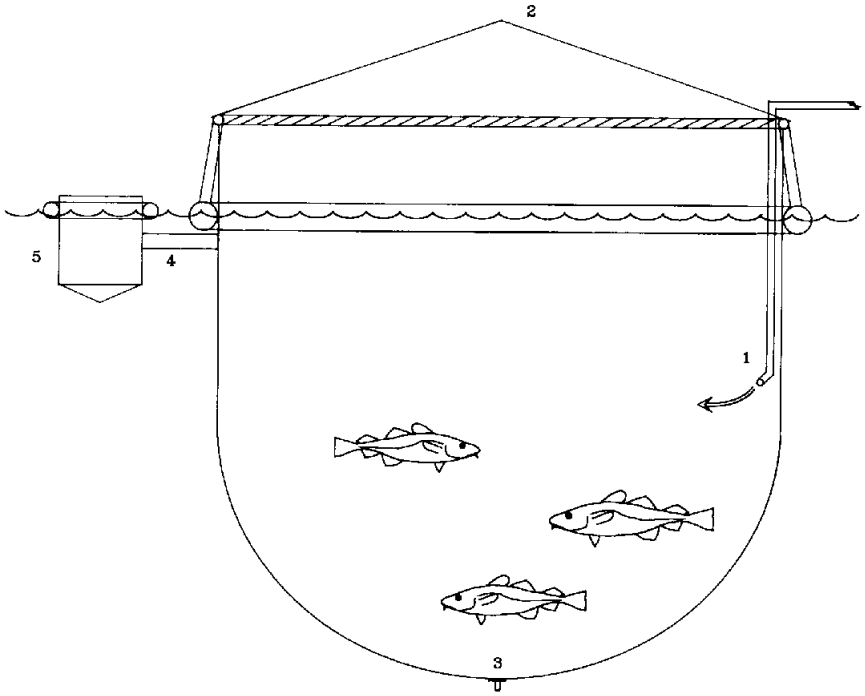
Naturlig gyting hos *piggvar* forekommer hyppig og er beskrevet for fisk i fangenskap allerede ved århundreskiftet, men de fleste stamfiskbestander blir likevel strøket under hensynstagen til enkeltfiskens eggmodningsrytme.

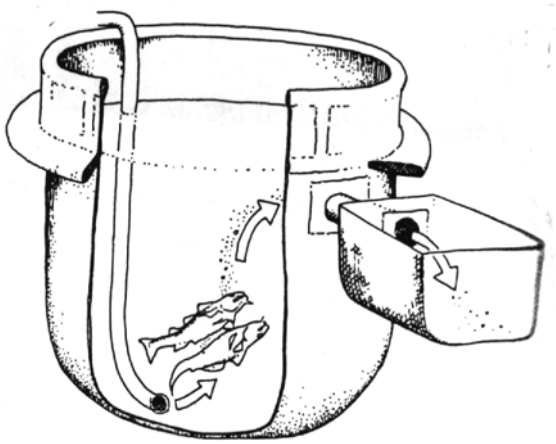
Med unntak av steinbit (og laksefiskene) har de artene som omtales her alle pelagiske egg. Naturlig gyting kan en ha hos alle artene, men kunstig befruktning spiller fortsatt en stor rolle hos kveite, steinbit og piggvar. Ved naturlig gyting vil et system som vist i Fig. 3-1

fungere greit for alle artene, mens gyteposen i Fig. 3-2 bare vil fungere for frittsvømmende fisk som torsk.



Figur 3-1. Skisse av et gytebasseng (Tegnet av Aa. Sollie, Forskningsstasjon Flødevigen).



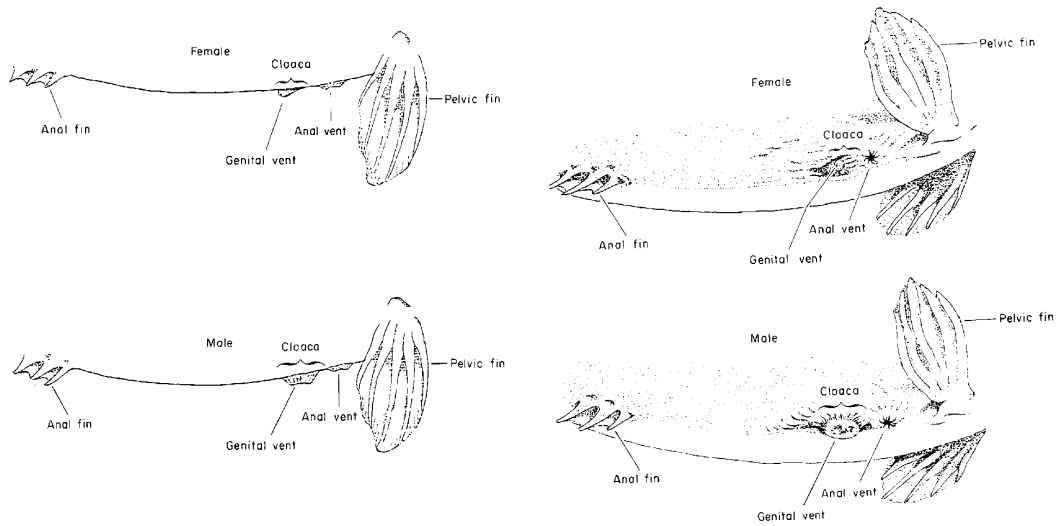


Figur 3-2. Gytesystem for torsk. 1) vanninntak, 2) tak, 3) bunn drenering, 4) overflate uttak, og 5) egg innsamling (Huse, 1991; øvre figur); (Torrisen *et al.*, 1993; nedre figur).

3.3. Kunstig befruktning og inkubering av egg

3.3.1. Fisk med ytre befruktning

En vanlig fremgangsmåte er først å stryke hannen og oppbevare melken (sædcellene) i f.eks. en kopp eller skål. Deretter strykes hunnen og eggene samles opp i f.eks. en skål og melken blandes inn og det røres forsiktig om. Egg og melke kan nå overføres til en bøtte med sjøvann. Sjøvannet aktiviserer melken (sædcellene) og befruktning av eggene skjer. Normalt vil det oppnåes mellom 90 og 100 % befruktning av eggene. Egg og melke står i ro omlag 5 minutter før eggene vaskes skånsomt flere ganger i sjøvann for deretter å overføres til inkubasjonskarene.

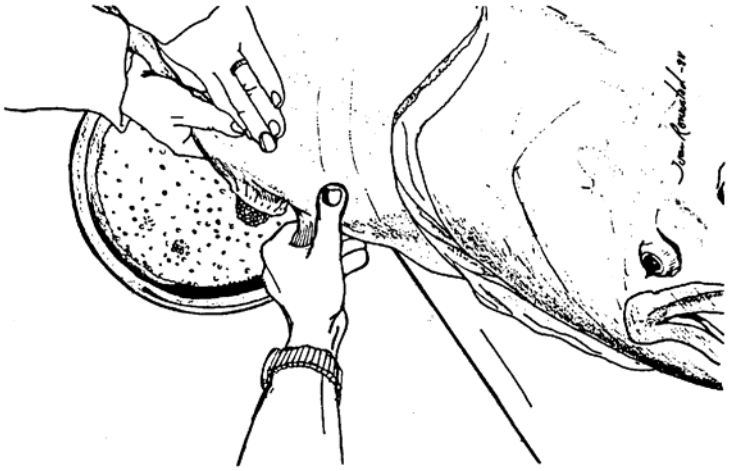


Figur 3-3. Forskjeller i kroppsform mellom hann og hunn kveite (St-Pierre, 1992).

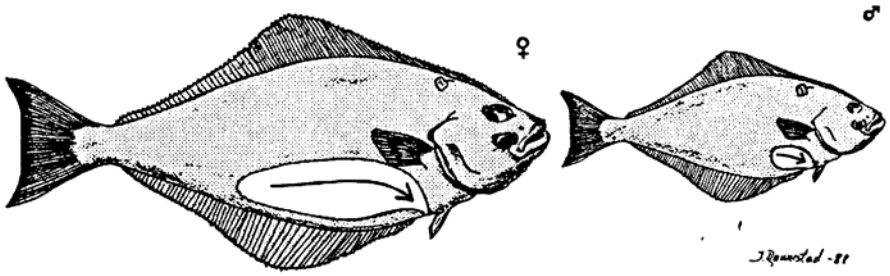
3.3.2. Fisk med indre befruktning

Steinbit er den av de marine arter aktuell for oppdrett som har indre befruktning av eggene. Ved befruktning av eggene kan enten melken (sædcellene) føres inn i hunnen før selve gytingen finner sted, eller ved at hunnen strykes og eggene befruktes utenfor hunnen. Temperatur-utviklingen i perioden før gytesesongen er meget viktig for å oppnå god kvalitet på eggene og for at eggene ikke tilbakedannes. Anbefalt temperatur for gråsteinbit ligger på 8 - 9 °C, og noe lavere temperatur forventes for flekksteinbit. Befruktning av eggene kan ikke finne sted før eggene har ovulert, d.v.s. de er slippet fri inne i gonaden. Hos steinbit har ovulasjon funnet sted når gonadeåpningen har utvidet seg og har en åpning på omlag 0,5 cm og eggene kan sees inne i gonaden. Steinbiten har også en karakteristisk adferd i forbindelse med gytingen som også vil antyde at ovulasjonen av eggene nærmer seg (Fig. 3-6). Dette vil skje omlag 9 timer før selve gytingen normalt finner sted. Når ovulasjonen har funnet sted er eggene klare til å bli befruktet og hunnen kan nå f.eks. strykes. Ved forsøk er det oppnådd høy befruktningsprosent ved først å stryke 2-3 hanner (hver 1-5 ml melke). Melken overføres til en høy sylinder (Fig. 3-7). Hunnen strykes med en gang og eggene overføres til den

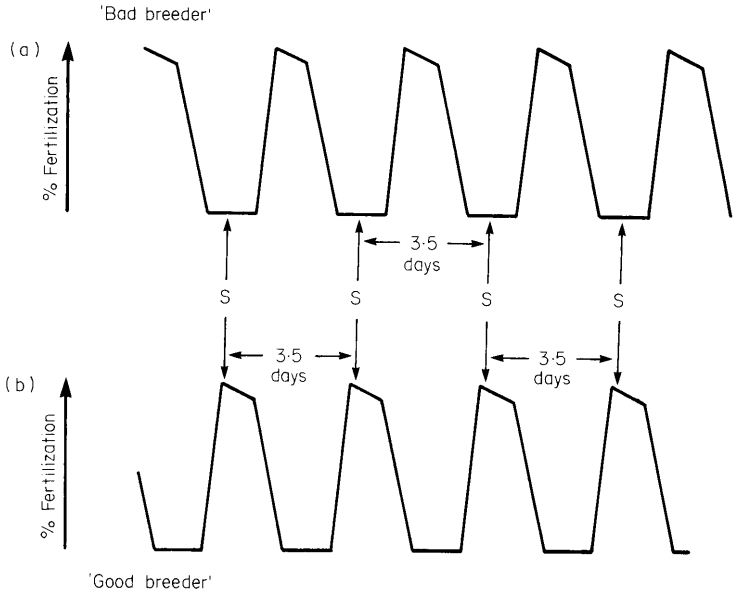
samme sylinderen. Høy befruktningsprosent oppnås ved 1) høy kvalitet og tetthet av melken (Fig. 3-8), 2) kort tid fra hannen strykes til melken blandes med eggene (Fig. 3-9) og 3) lang kontakttid mellom melke og egg (3-10).



Figur 11. Stryking av hunnfisk.

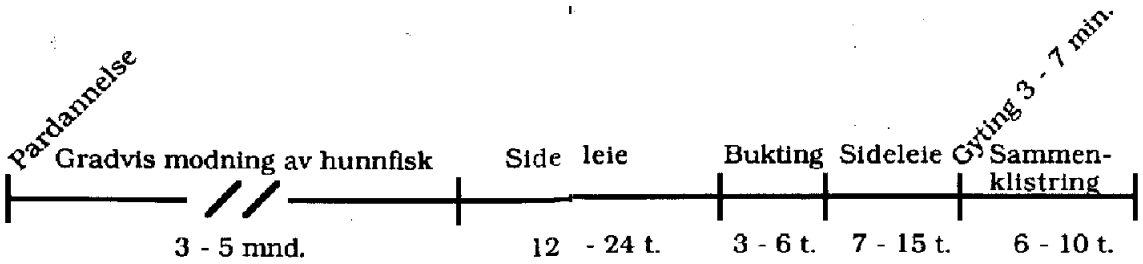


Figur 3-4. Stryking av kveite (Tegning av I. Rønnestad, Havforskningsinstituttet; Rønnestad og Rødseth, 1989)

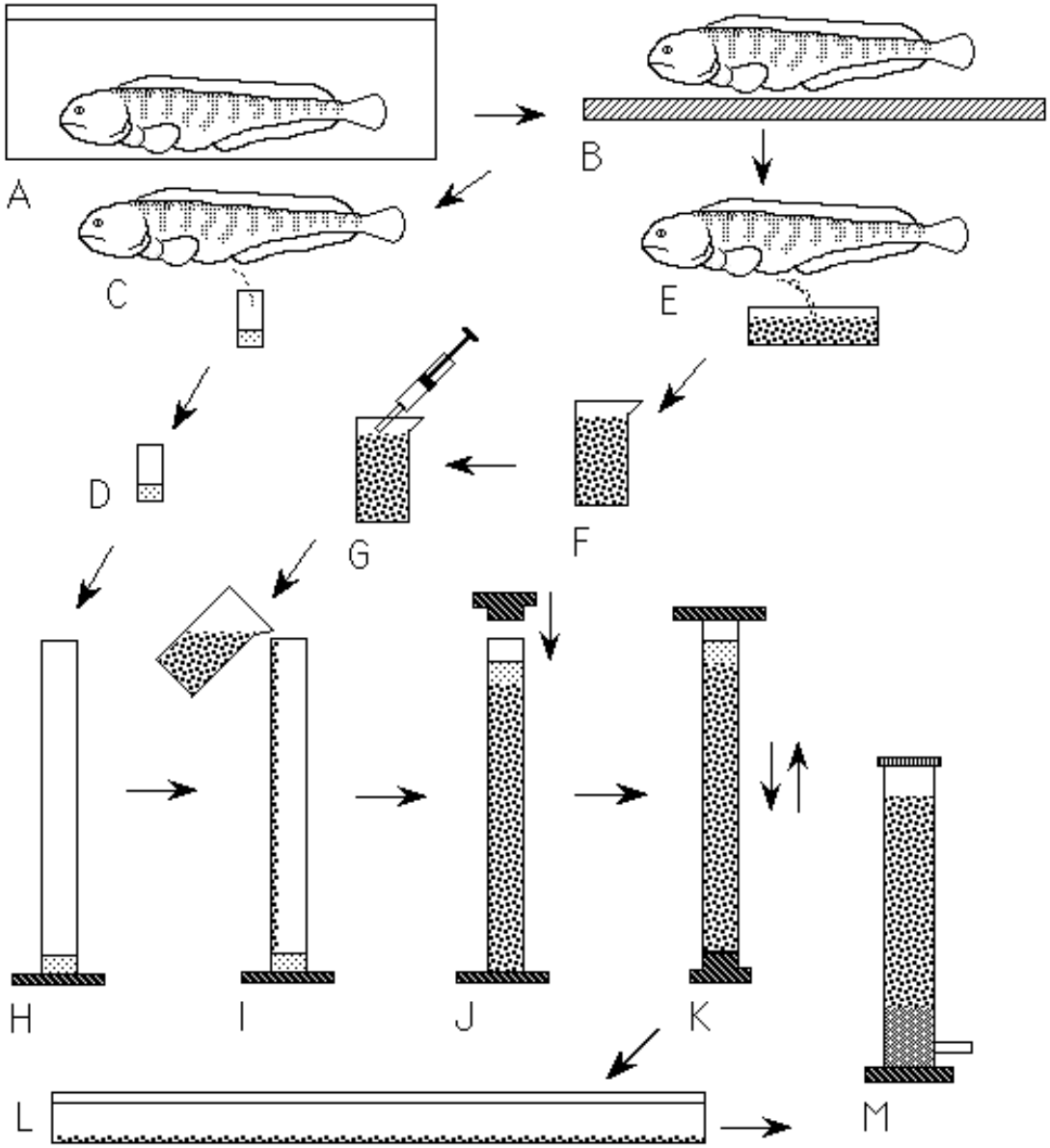


Figur 3-5. Siden de fleste piggvar ovulerer eggene omtrent hver 3,5 dag, strykning av fisken to ganger i uken (S i figuren) kan gi et falskt inntrykk av eggkvaliteten ved at fisken

hele tiden strykes i utakt med ovuleringen (som vist i figur 3-11) (McEvoy and McEvoy, 1992).

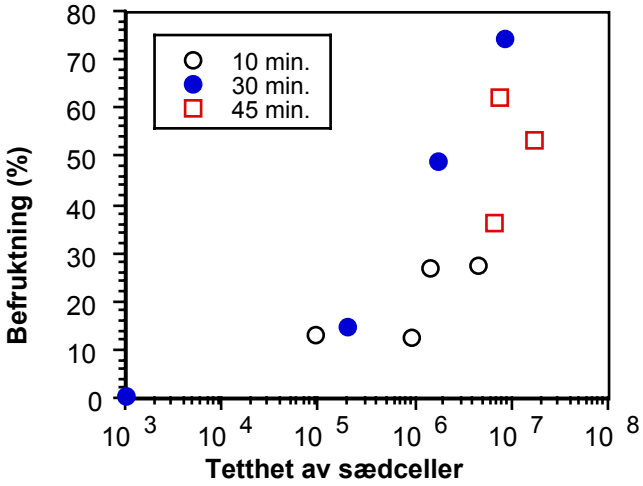


Figur 3-6. Kjønnsmodning og gyteforløp hos gråsteinbit - hunnfisk (Johannessen et al., 1993).



Figur 3-7. Skisse av fremgangsmåten for å fremskaffe befruktete egg av steinbit. (A) Bedøvelse av fisken (MS-222, 130 - 200 mg l^{-1}). (B) Fisken legges tørt. (C) Hannen strykes. (D) Melke lagres (< 10 h at 4 °C). (E) Hunnen strykes. (F) Eggene lagres (< 12 h at 4 °C). (G) Fjerning av noe ovarie veske for å øke melke (sperm) konsentrasjon i det etterfølgende. (H) Overføre melke til en sylinder. (I) Overføre eggene til sylinderen (minimum egg/sperm forhold 1 : 200 000). (J) Tildekke øvre del av sylinderen. (K) Gjentatte miksinger av egg og melke ved vending av sylinder. Egg og melke holdes i sylinderen 4 -

6 t ved 2 - 7 °C (merk: ovarie vesken med melke beveger seg mot den øvre del av sylinderen, mens eggene synker til bunnen). (L) Fordeling av eggene på bunnen av større kar (bakker) med stagnerende sjøvann, for å forhindre kontakt mellom eggene for (minst 6 t). (M) Overføre eggene til upwelling inkubatorer. (Moksness and Pavlov, 1996).



Figur 3-8. Forholdet mellom befruktningsprosent av steinbitegg og konsentrasjon av sædceller (antall/ml) i hannens melke (Pavlov, 1994).

3.3.3. Eggkvalitet

Eggkvalitet defineres som "eggets potensiale for å produsere levedyktig yngel" (En oversiktartikkel om emnet er skrevet at Kjørsvik *et al.* (1990)). En ønsker tidlig å få informasjon om eggkvaliteten og følgende parametere er ofte brukt:

1) Kortigal reaksjon, forsinket reaksjon blir brukt som indikasjon av "dårlig eggkvalitet)
2) befruktningsprosent
3) fysiske og fysiologiske egenskaper hos egget
   - herding av eggskallet
   - eggets utseende og form. Egg med avvikende kuleform og skrukket overflate er karakteristisk for egg av "dårlig kvalitet" (bedre substrat for mikroorganismer) (Fig. 3-11).
4) morfologi
   - blastodermene er fine, eggene transparente, perfekt kuleform og symetrisk tidlig furing (Fig. 3-12).
5) eggstørrelse
   - stor variasjon i eggstørrelse indikerer lav kvalitet
6) eggets kjemiske innhold
7) kromosomavvik
   - forsinket anafase
   - fragmenter
   - anafase broer, begge de to siste er indikasjoner på alvorlige kromosomal skade.

Faktorer som har betydning for eggkvalitet er:

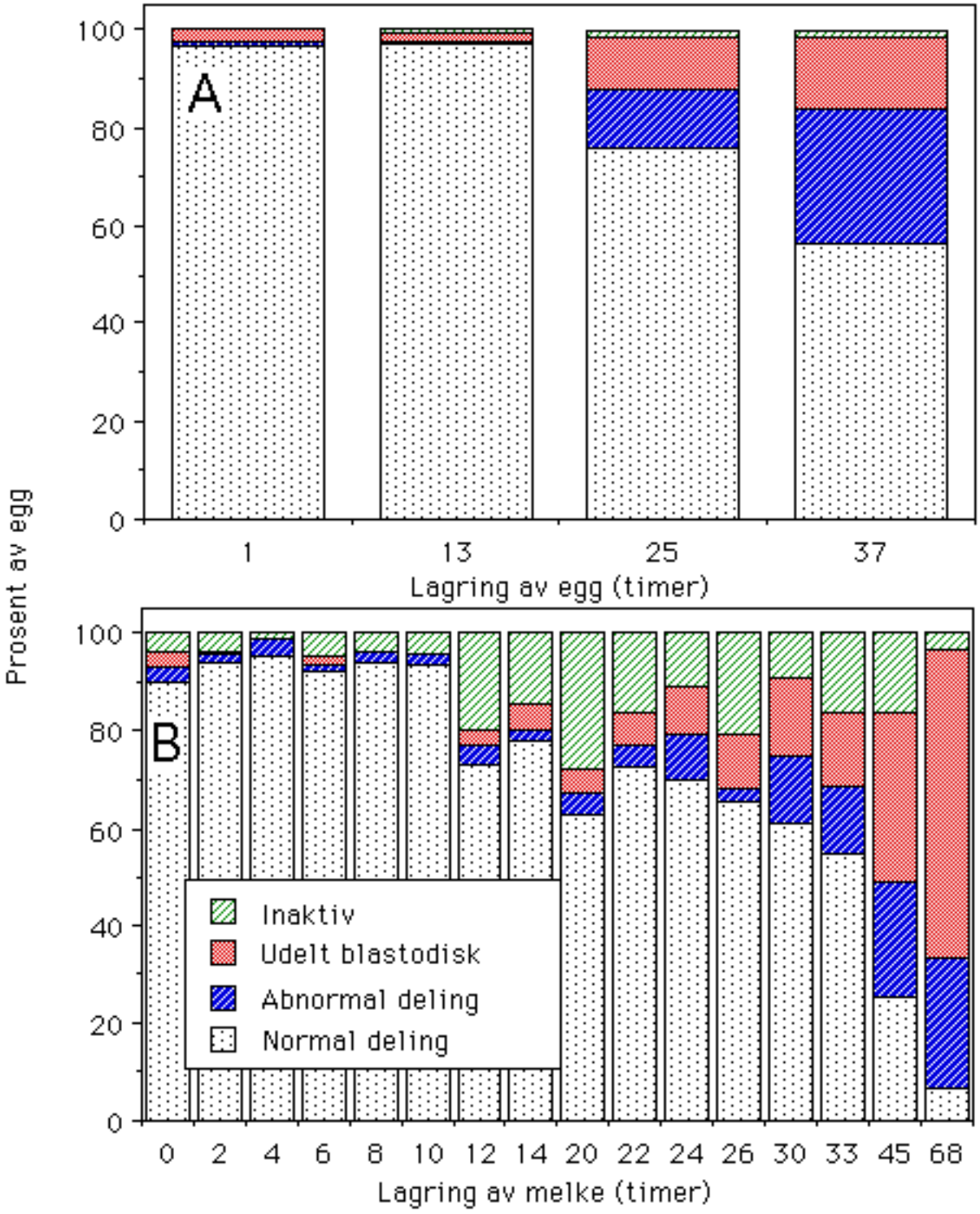
1) overmodning og lagring
   - eggene må befruktes på riktig tidspunkt etter ovulasjon. Sild som gyter alle eggene på engang har levedyktige (viable) egg i opptil 2 uker etter modning. Piggvar

(Fig. 3-13) og kveite som er porsjonsgytere produserer levedyktige egg (god utvikling og klekking), kun om eggene befruktes innen 10-12 timer etter modning (ovulasjon). Det forutsettes at eggene forblir i ovariet inntil befruktning. Hos torsk kan eggene befruktes inntil 9-10 timer etter modning.

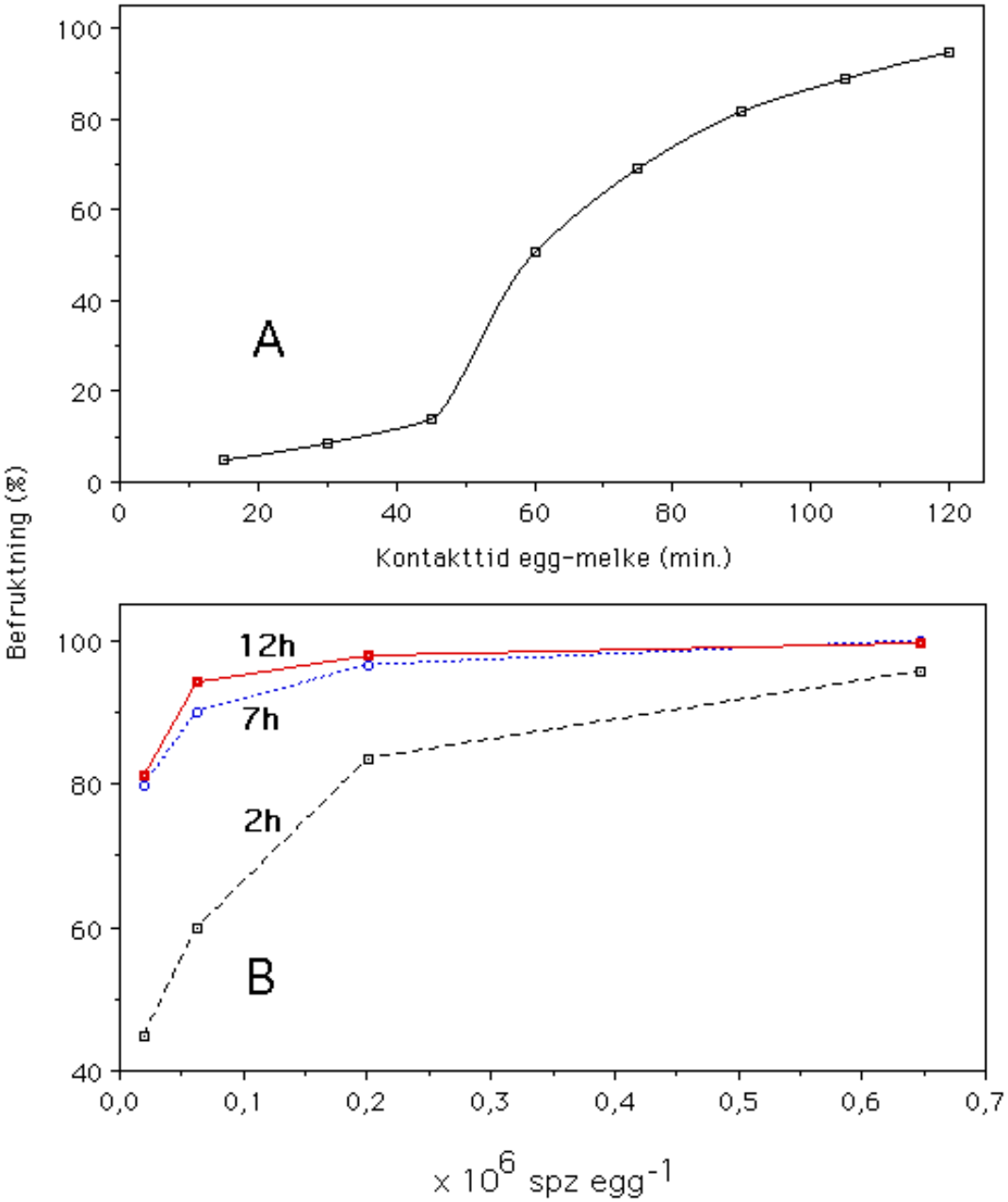
2) ernæring

- det synes klart å være en sammenheng mellom stamfisk ernæring og eggkvalitet (se Kap. 4.1. for mer informasjon).

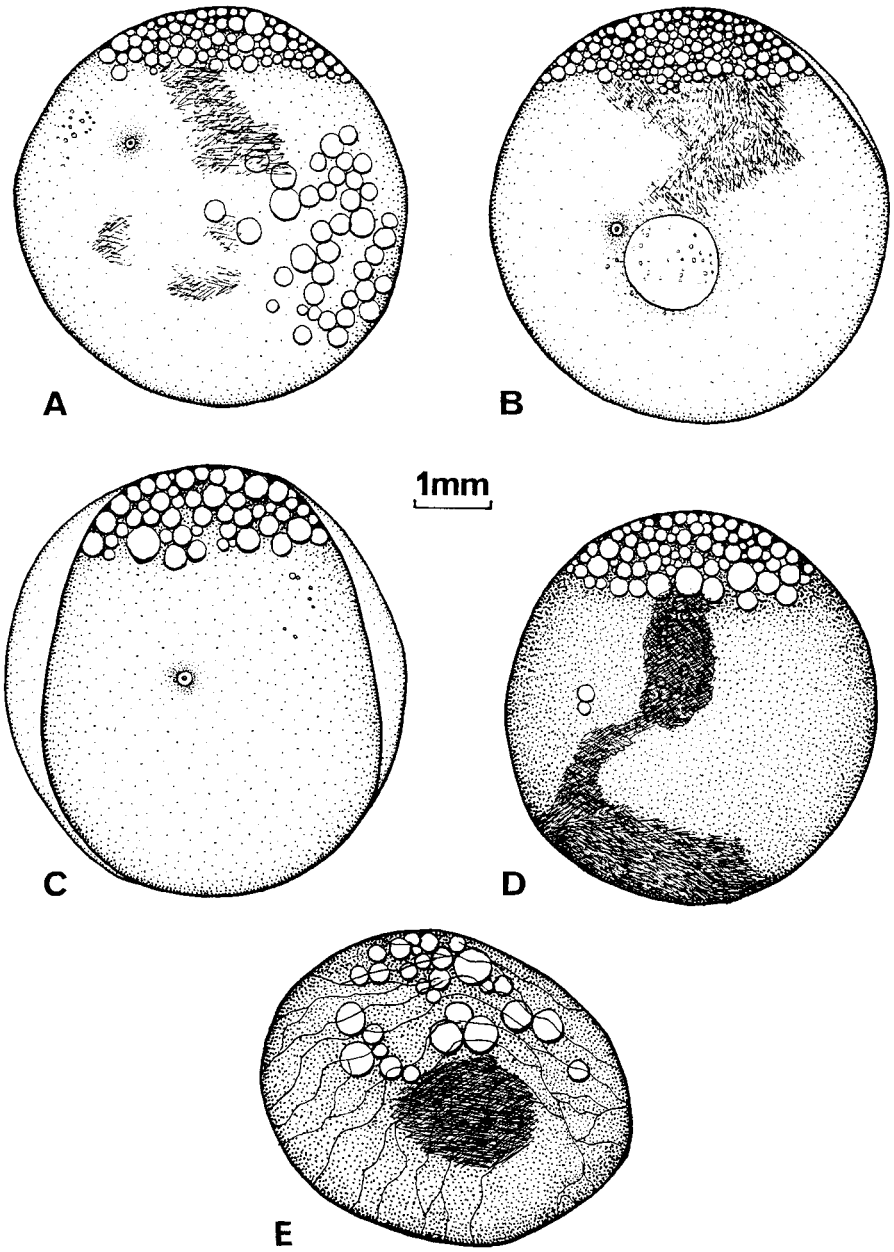
Som vist for piggvar, kan en ved måling av pH i gonadevæsken hos hunnfisken få indikajson om eggkvalitet (fig. 3-14).



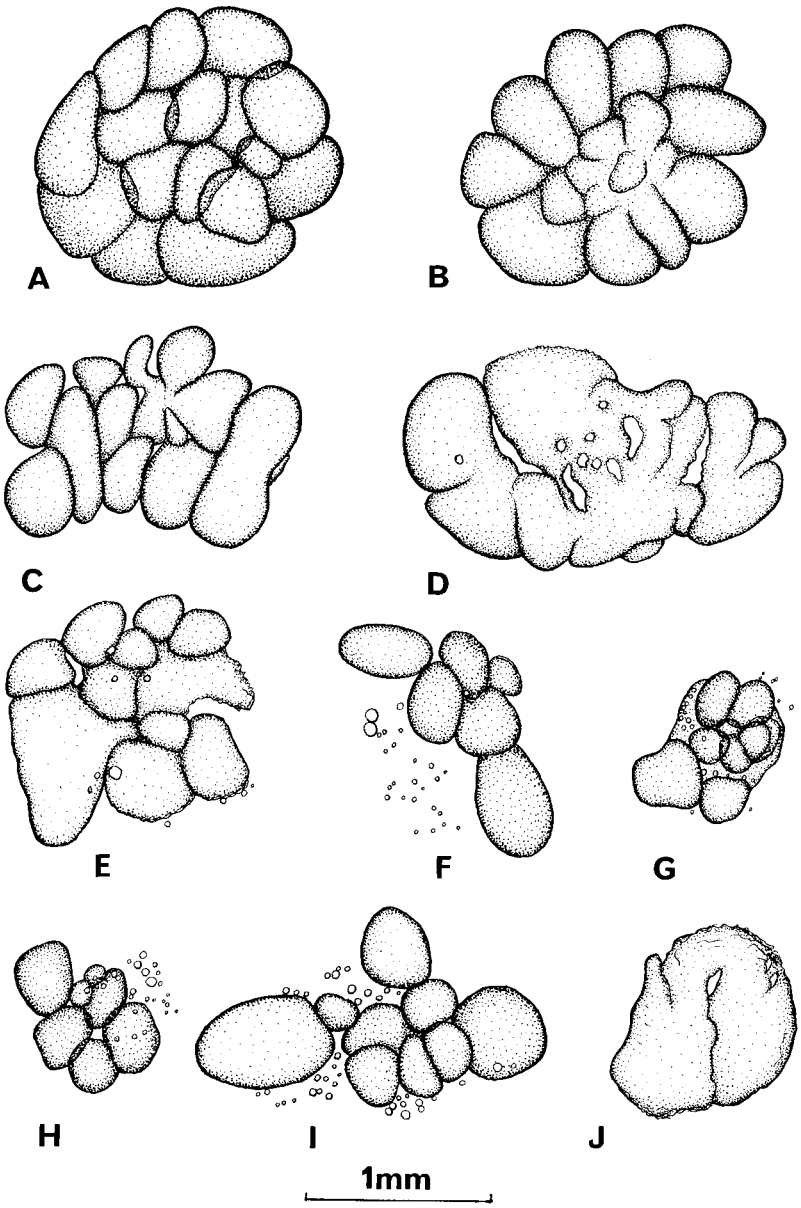
Figur 3-9. Befruktning av steinbit egg etter lagring av egg (A) og melke (B) etter stryking ved 4°C. Gjenntagende befruktning av egg fra en hunn med fersk melke strøket fra flere hanner (A), og fra melke fra en hann lagret i kjøleskap over tid (B) (Moksness and Pavlov, 1996)



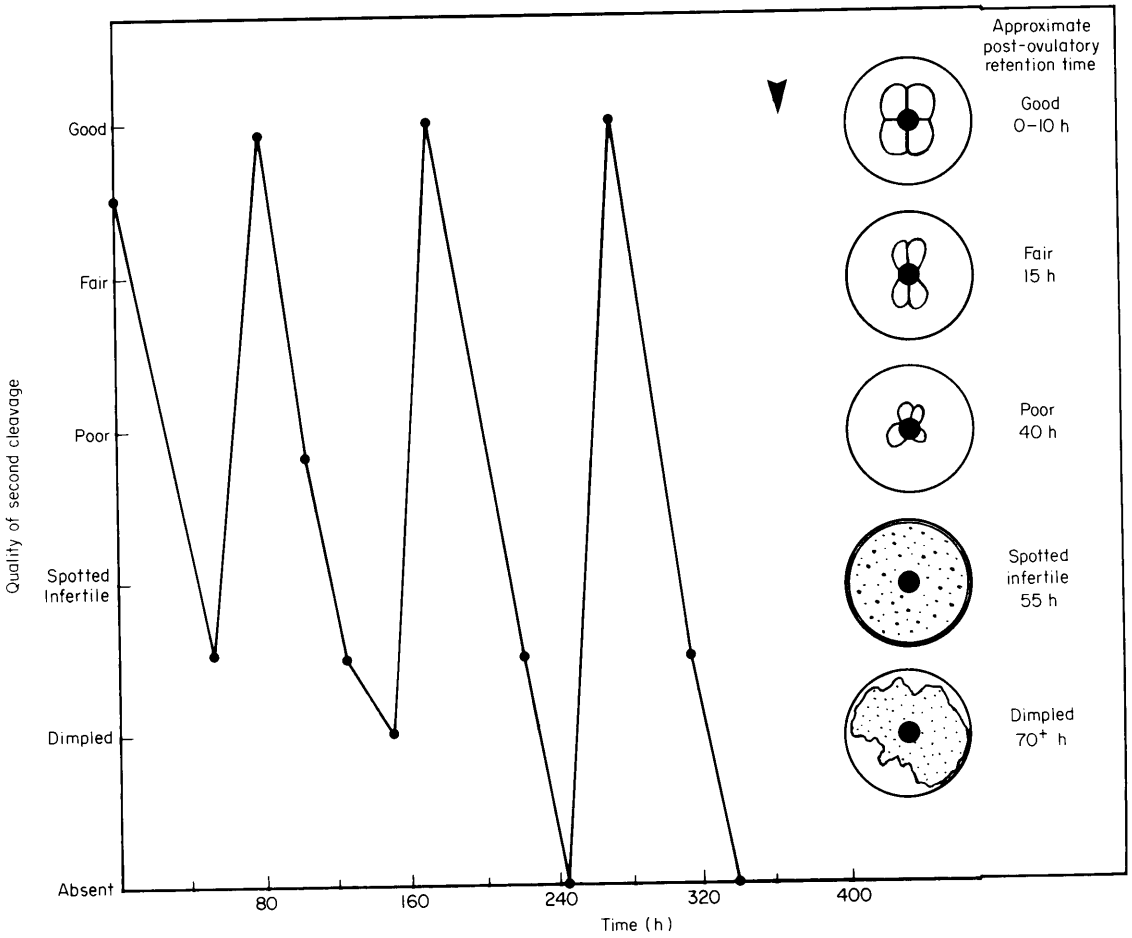
Figur 3-10. Forholdet mellom befruktningsprosent og (A) kontakttid mellom egg og melke og (B) konsentrasjon av sædceller (spz egg^{-1}; antall sædceller per egg) (Moksness and Pavlov, 1996).



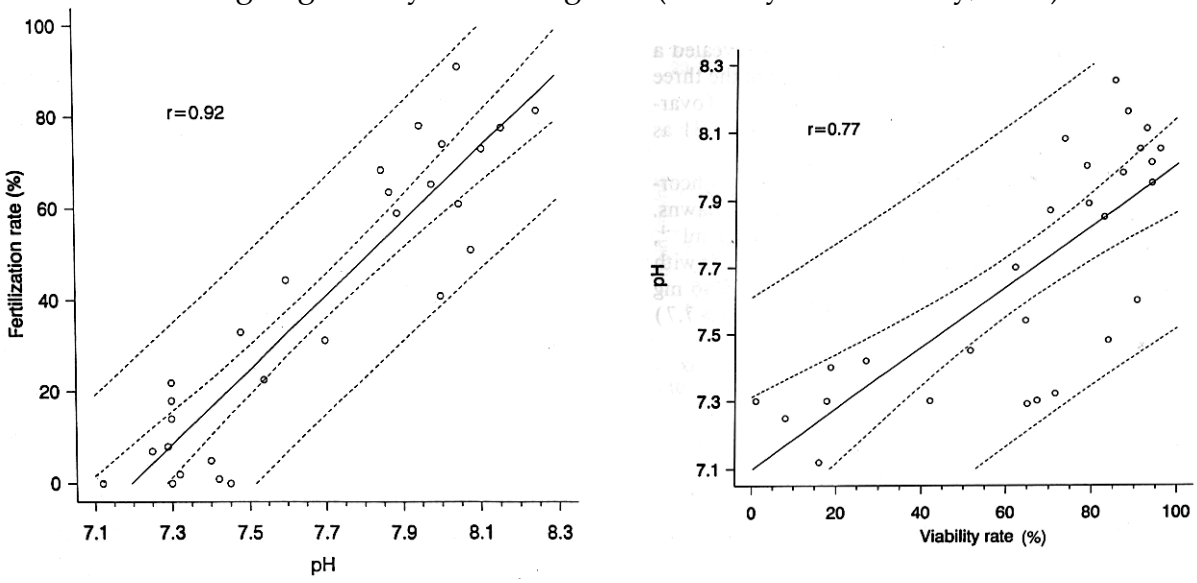
Figur 3-11. Steinbit egg av ulik kvalitet. A = normalt egg; B = Kortikal reaksjon og dannelse av blastodisk; C = start av koagulering av plommemassen; D & E = reabsorbering av egg (Pavlov and Moksness, 1994a).



Figur 3-12. Normal (A) og abnormale (B-J) celledelinger hos steinbit egg (Tegnet av D. Pavlov, Universitet i Moskva, 1993).



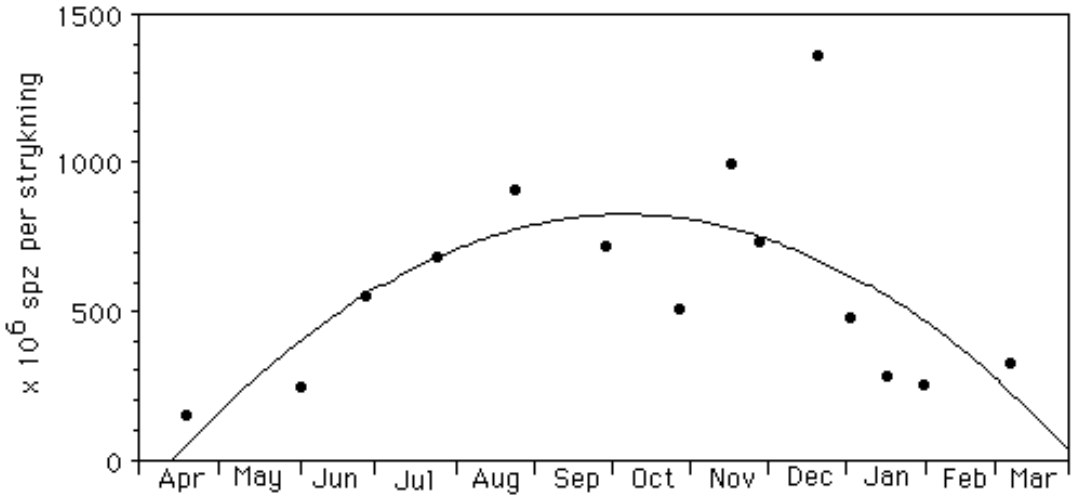
Figur 3-13. Figuren viser hvordan ovuleringen kan identifiseres ved å bruke utseende av eggene iløpet av flere strykninger etter hverandre for å beregne lengde i ovulerings syklusen. ("Good" kvalitet indikerer nylig ovulert egg. Dette gir den tid når neste ovulering forventes (se pil). Tilstedeværelsen av de ulike klasser av egg kvalitet (3-4 timer etter at melke og sjøvann er sammenblandet med eggene ved 14,5 °C) og deres respektive tid etter ovulering er gitt i høyre side i figuren (McEvoy and McEvoy, 1992).



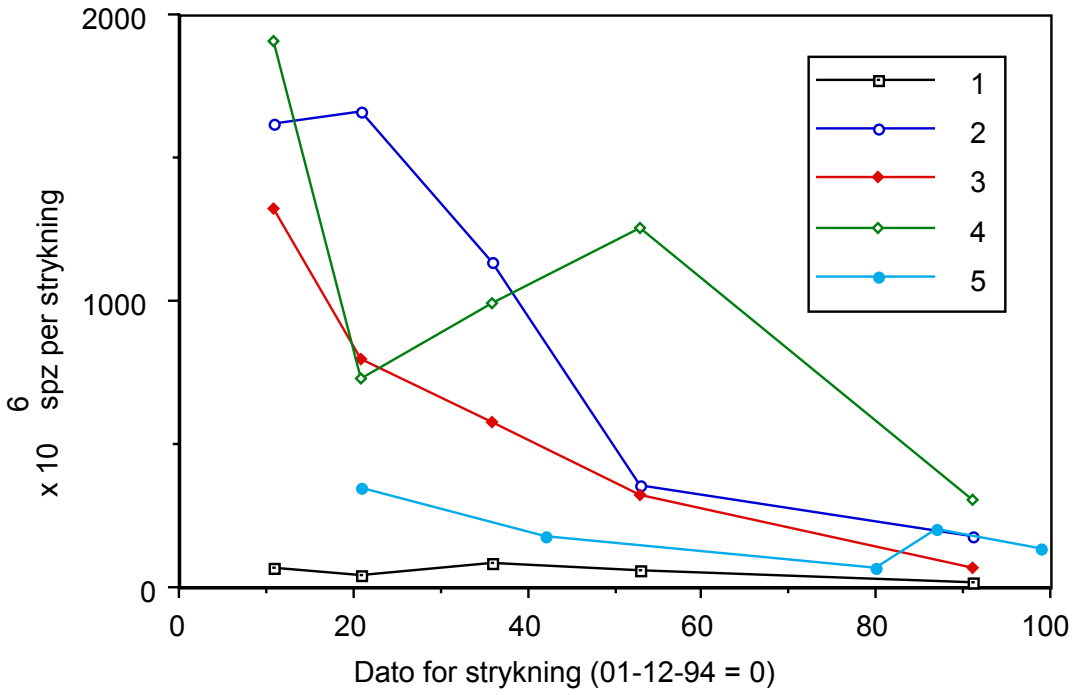
Figur 3-14. Hos piggvar kan pH måles i hunnens gonade for å få indikasjon om eggenes kvalitet. Ved en pH lik 7.1 er befruktningsprosenten og eggets overelevelse evne lav, mens ved pH 8.1 er befruktningprosenten og eggets overlevelses evne høy (Fauvel, 1993).

3.3.3. Spermkvalitet

Betydning av sperm (melke) kvalitet og kriterier for sperm kvalitet er lite belyst. Imidlertid er det indikasjoner om at sperm kvalitet varierer gjennom året, som vist for steinbit i figurene 3-15 og 3-16.



Figur 3-15. Variasjon i antall sædceller (spz) per. strykning gjennom året.



Figur 3-16. Antall sædceller i melke for hver strykning hos 5 hanner (Moksness and Pavlov 1996).

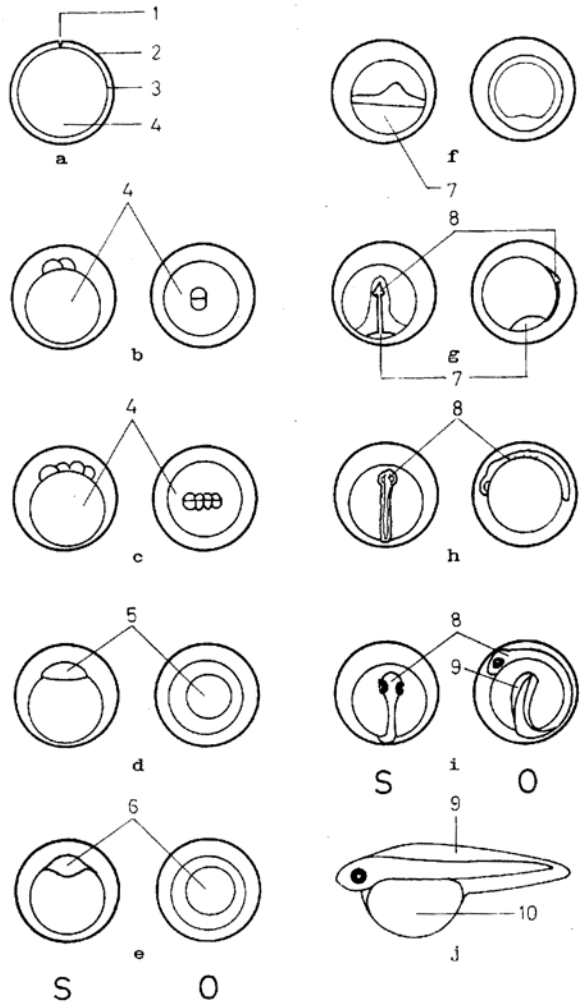
3.3.4. Inkubering

Eggutviklingen med stadieangivelse er vist på Fig. 3-17. Systemer for inkubering av eggene for alle artene med unntak av steinbit, er vist i Fig. 3-18, 3-19 og 3-20 Selv om

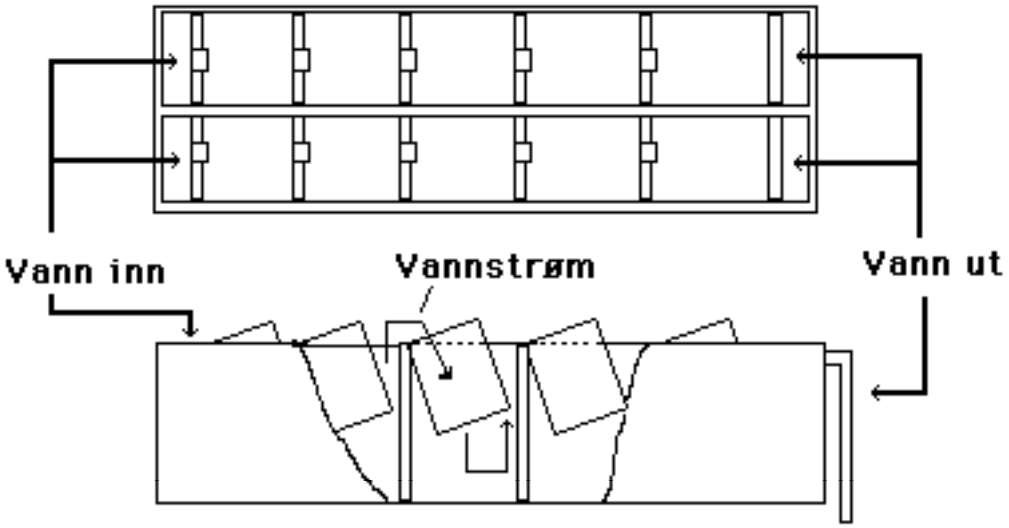
mange systemer har blitt testet gjennom årenes løp, ser det mere og mere ut for at en går tilbake til prinsippet i det prisbelønte systemet som ble utviklet av kaptein G.M. Dannevig i slutten av 1880-årene og som er vist i Fig. 3-18. Dette systemet består av en rekke trekasser med sil i bunnen, kassene har en kontinuerlig opp- og nedbevegelse, noe som medfører at eggene er i stadig bevegelse. Systemet gir høy klekkeprosent.

Inkubering av steinbitegg kan trolig foregå på samme måte som for laks og regnbuørret, men eggene tåler ikke håndtering og er lett utsatt for overgroing av bakterier. I slimet fra steinbithunnen som omgir "eggballen", er det trolig et naturlig antibiotika som beskytter mot angrep. Skader på dette slimet som stivner i sjøvann, må unngåes under inkubering.

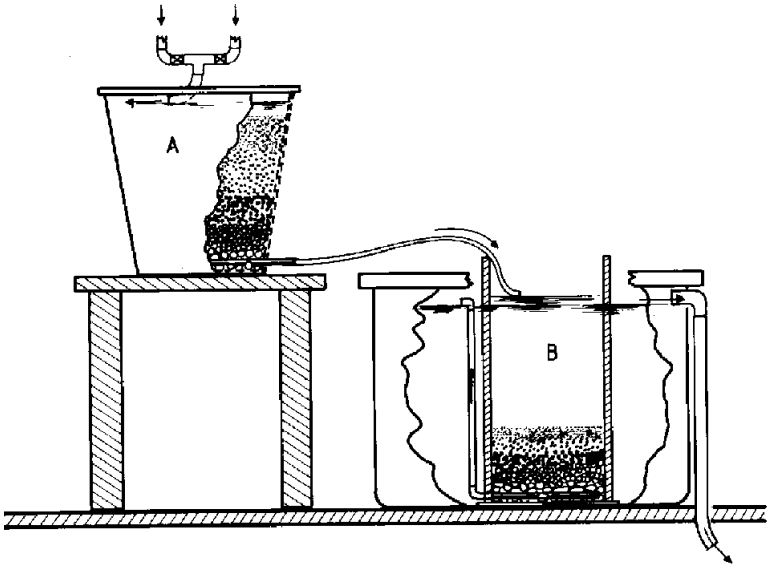
Bakteriell infeksjon på pelagiske (Fig. 3-21) og demersale fiskegg (Fig. 10-2-18) har medført stor dødlighet iløpet av (steinbit) og på slutten av eggstadiet (kveite), under klekking og iløpet av plommesekkstadiet. Bakterieangrep resulterer i hull i eggskallet, som vist for steinbitegg i Fig. 10-2-19.



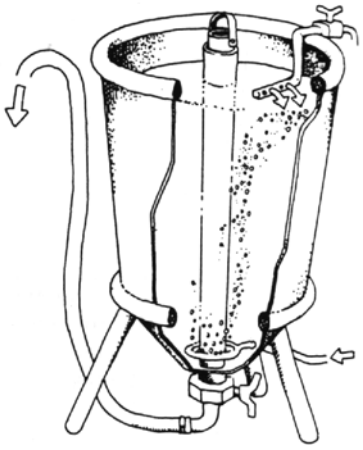
Figur 3-17. Utvikling av fiskeegget frem til klekking. S (fra siden) O (ovenfra). e: morula; f: gastrulasjon; g: organogenesis; 1: mikropylen; 2: eggskallet (chorion); 3: vittelinmembranen; 4: plommemassen; 5: kimskive-kallott; 6: kimskive-linse; 7: blastoporus; 8: embryo; 9: primordialfinne (Danielssen og Iversen, 1974a).



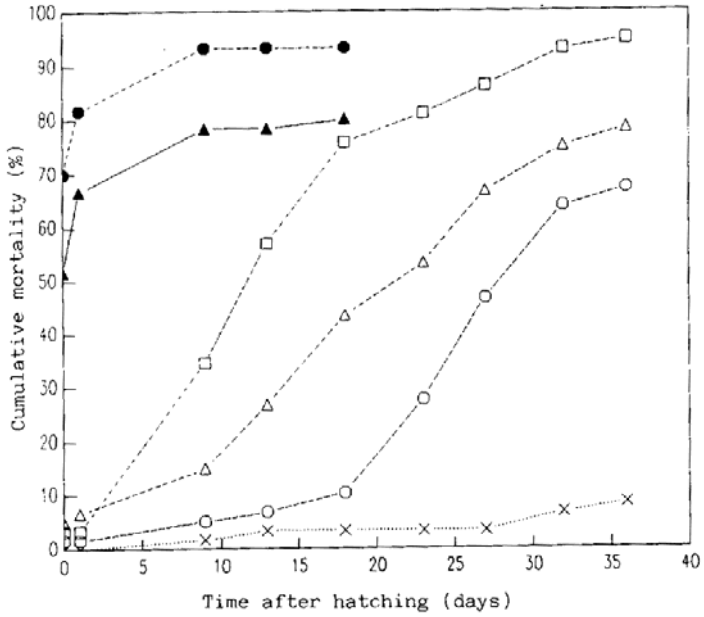
Figur 3-18. Dannevigs prisbelønte klekkeapparat fra 1880-årene. Det automatiske omrøringsanlegget er ikke tegnet inn.



Figur 3-19. Inkuberingskar med sandfilter i bunnen og sandfiltrert vanninntak (Tegnet av Aa. Sollie, Forskningsstasjon Flødevigen).



Figur 3-20. Et inkubasjonssystem for pelagiske fiskeegg (Volum ~280 l; Torrisen *et al.*, 1993).



Figur 3-21. Dødlighet i seks grupper av kveiteegg i et infeksjons eksperiment. Larverene har vært utsatt for 1 & 2) Flexibacter, 3) Vibrio anguillarum, 4) Vibro fischeri, 5) Vibrio HI-10448 og 6) kontroll gruppe (Bergh *et al.*, 1992).

3.4. Yngelproduksjon

3.4.1. Generelt

Som det ble påpekt i innledningen så er hovedutfordringen ved oppdrett av marin fisk, at en foreløpig ikke har vært i stand til å oppnå en stabil og tilstrekkelig yngelproduksjon hvert år. Dette retter fingeren mot nøkkel problemet, Vår kunnskap om egnete fullskala produksjonsmetoder fra inkubering av egg til ferdig tørrfór tilvendt yngel er fortsatt under utvikling. Betydelig framgang har vært oppnådd de siste årene, og det foreligger nå flere måter å fremskaffe marin yngel på:

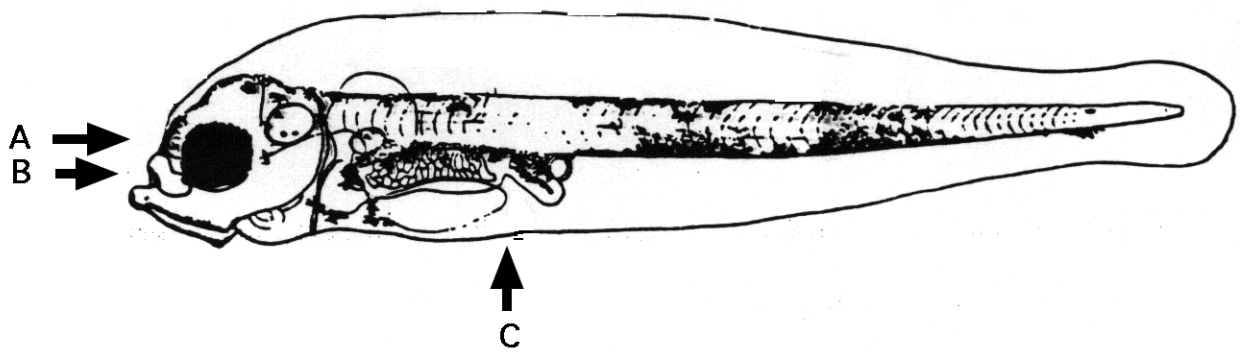
1) startfóring i laboratoriet med tørrfór;
2) startfóring i laboratoriet med levende fór;
3) startfóring i mesokosmos[1] på naturlig dyreplankton;
4) startfóring i makrokosmos[2] på naturlig dyreplankton;
5) innfanging av villyngel

Videre er det to hovedmåter ved videre produksjon av fisken:

1) intensivt i mærer eller i kar
2) ekstensivt ved utsetting fritt i sjøen; havbeite eller fjordbeite.

Ved startfóring vil fiskelarven ha utviklet (Fig. 3-22):

1) pigmenterte øyne
2) funksjonell munn
3) funksjonell (åpen) tarm



Figur 3-22. En fiskelarve i startfóringsfasen med pigmenterte øyne (A), funksjonell munn (B) og åpen tarm (C), organer som må være utviklet før larven kan starte første næringsopptak.

Ved startfóring vil også følgende være typisk for larven:

1) den har nådd sin maksimale lengde på plommesekknæringen
2) den har et maksimum i oksygenforbruk
3) den har en topp i svømmeaktivitet
4) muskelhøyden (myotom) har nådd sitt maksimum
5) fordøyelsesenzymene har sitt maksimum

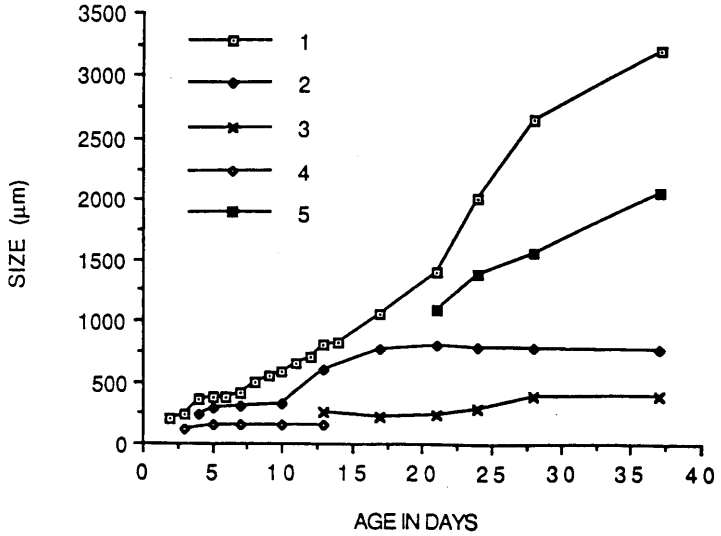
---

[1] Mesokosmos: volum mellom 1 m^3 og 10.000 m^3

[2] Makrokosmos: Volum større enn 10.000 m^3 eller overflate større enn 1.000 m^2

De nyklekkete larvene taes ut av inkubasjonssystemet og overføres i de fleste tilfellene til spesielle startfóringsenheter. I laboratoriet benytter en levende startfór i form av hjuldyr (rotatorier) og saltkreps (*Artemia salina*) og i noen tilfeller produserte eller innsamlete kopepoder. En må da også produsere planteplankton eller fóre dyreplanktonet med spesielle næringsblandinger. I tillegg gir en dem en spesialdiett før utfóring (anriking) for å gi dem høyere næringsverdi for fiskelarvene. Ved produksjon i meso- og makrokosmos utnyttes i prinsippet det systemet som er vist i Fig. 3-31, hvor en naturlig oppblomstring av planteplankton etterfølges av en produksjon av dyreplankton. Startfóringsklare fiskelarver beiter på nauplier, på hjuldyr og delvis på planteplankton ("grønn tarm"). For hele tiden å ha tilstrekkelig dyreplankton tilstede, filtreres dyreplankton ut av sjøvann utenfor og tilføres pollen. Dette er særlig viktig når torsk passerer metamorfose for dermed å redusere kannibalsimen. Larver som går i plastposer eller kar, får dyreplankton som filtreres fra poller eller sjøvannsbasseng. Mengden og størrelsen av dyreplanktonet som tilføres, bestemmes utfra behovene til larvene.

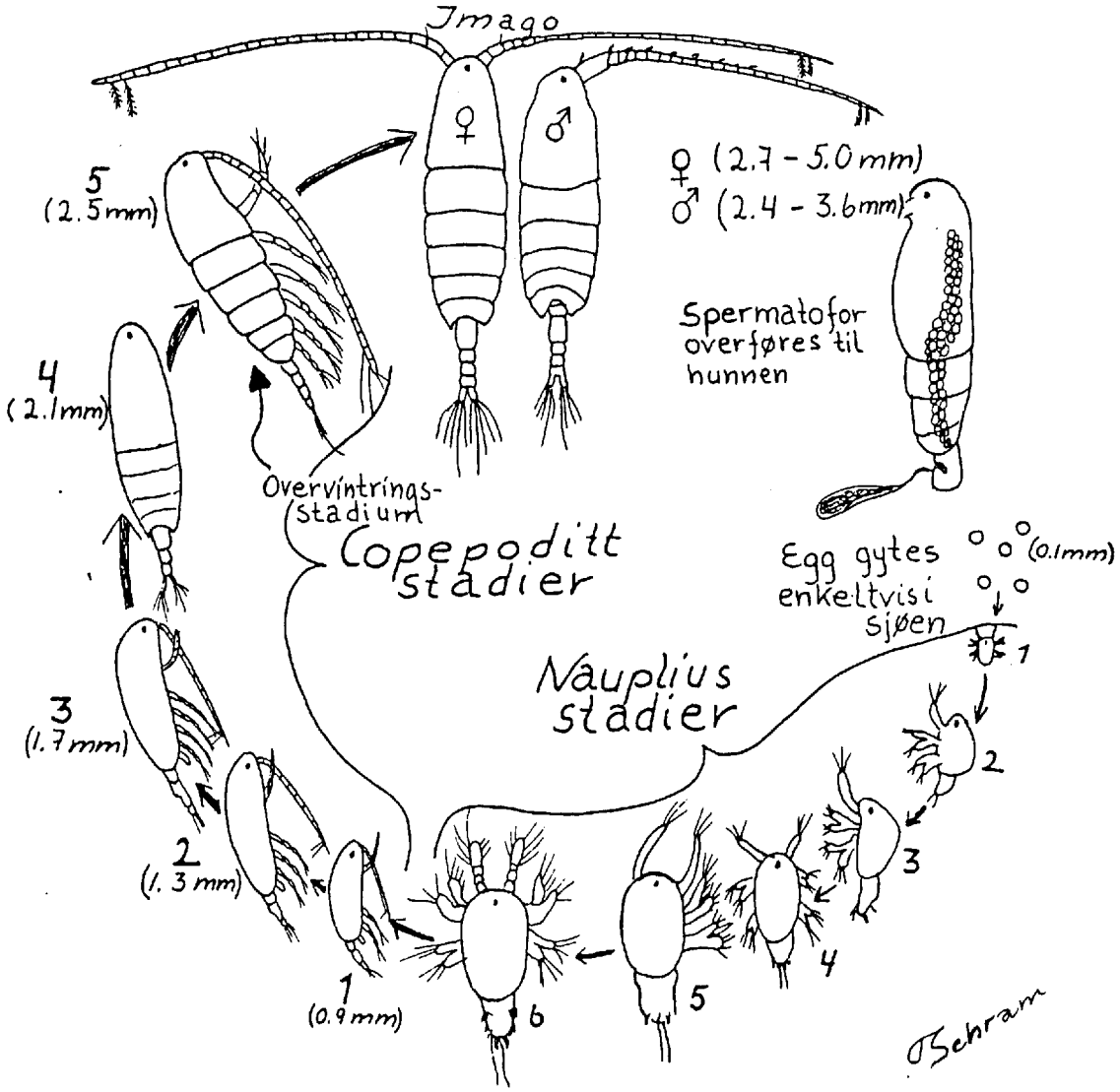
I Fig. 3-23 og 3-24 er det vist rotatoria, *Brachionus plicatilis*, en copepodnauplie og nauplie stadier av *Artemia salina*. Dette er de viktigste byttedyrene som benyttes som startfór for fiskelarver over hele verden.



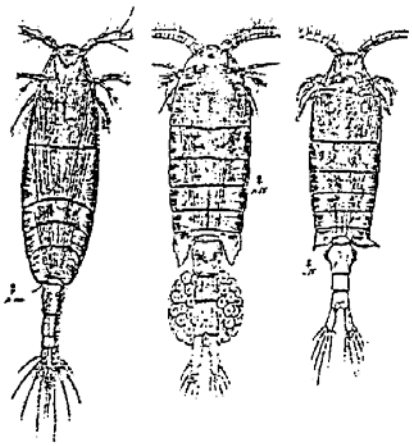
Figur 3-23. Forholdet mellom munnåpning hos piggvarlarver og byttedyr størrelse. 1: munnstørrelse; 2: calanoid copepoder; 3: harpacticoid og cyclopoid copepoder; 4: nauplier av calanoide copepoder; 5: amfipoder (Danielssen *et al.*, 1990).

Figur 3-24. Skisse av en rotatoria, *Brachionus* sp. (~ 0,3 mm) til venstre og copepode nauplius (hoppekrepslarve; 0,1-0,4 mm) til høyre.

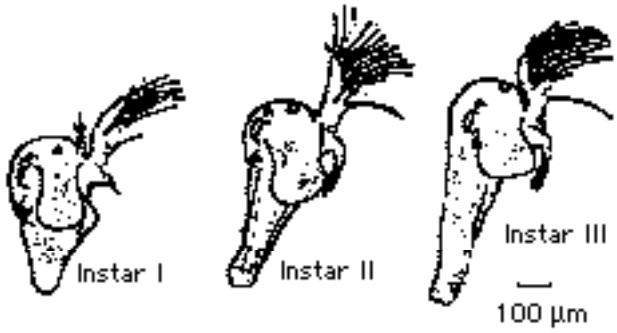
En rekke dyreplanktonarter kan være aktuelle som startfór for marine fiskelarver som torsk. Det viktig å ha kunnskap om artenes livssyklus, som skissert for *Calanus finmarchicus* i Fig. 3-25. Det forgår forsøk som produskjon av hvileegg hos den varmekjære arten *Acartia* (Fig. 3-26) til fremskaffelse av store mengder nauplier. Eggene kan lagres i inntil tre måneder ved lav temperatur og masseklekking av nauplier fra eggene kan sammens med alger nyttes som startfór. Noe lignende er tenkt for *Eurytemora*. Denne arten forkommer i store mengder i grunnområder i nord-norske fjorder om våren og forsommeren og inngår som viktig bestanddel i dietten til torskelarver. I tillegg er både *Artemia* (Fig. 3-27, 3-28 og Tab. 3-1) og rotatorier viktige for startfóring av en rekke fiskearter, men har ikke foreløpig vært gunstig for startfóring av bl.a. torskelarver i laboratoriet.



Figur 3-25. Skisse av livssyklus til rødåta (*Calanus finmarchicus*) (tegnet av T. Schram, Universitetet i Oslo).



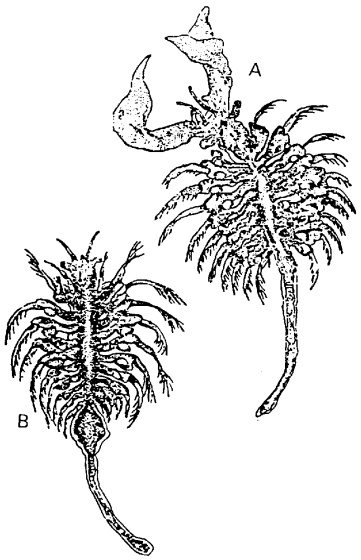
Figur 3-26. Hoppekrepsartene (voksne copepoder; fra venstre) *Acartia clausi*, *Eurytemora affinis* (med egg), *Centropages hamatus*.



Figur 3-27. Naupliestadiene I, II og III av *Artemia salina* (Benijts *et al.*, 1975) der stadie III kan spise alger.

Tabell 3-1. Størrelse og næringsinnhold av *Artemia*-nauplier. Verdier merket $ er fra Person-Le Ruyet *et al*. (1978), de øvrige verdiene er fra Benijts *et al*. (1975).

	Naupliestadie I (Ufórete)	Naupliestadie II + III (Ufórete)	Metanauplier (Ufórete)
Omtrentlig lengde (µm)	520	700	1000 $
Individuell tørrvekt (µg)	1,85	1,48	3 $
Askeinnhold (%)	6,03	11,28	22 $
Kalori-innhold (µ cal)	10,06	7,3	
Lipidinnhold (% av tørrvekt)	ca. 20	ca. 15	17 $
Proteininnhold (%) av tørrvekt	55 $		63 $

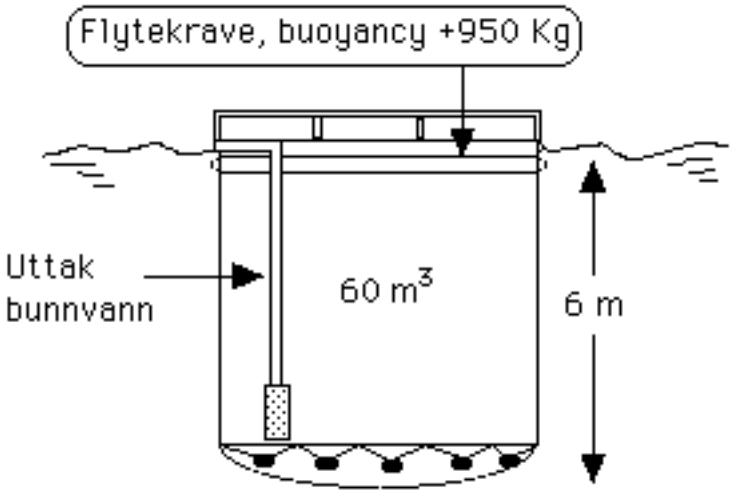


Figur 3-28. Hann og hunn av voksne Artemia (Verishele et al., 1990).

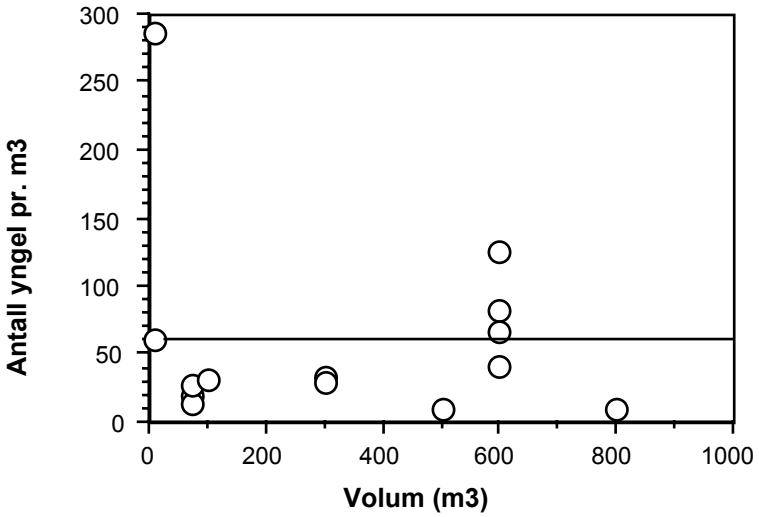
3.4.2. Nedsenkete plastposer

Startfóring av aktuelle marine fiskarter som torsk, kveite, piggvar og tunge har ikke vært gjennomført med like stor suksess i laboratoriet. Størst suksess har det vært ved bruk av mesocosms. Imidlertid klekkes eggene i laboratoriet og de startfóringsklare larvene overføres til startfórings systemene. I kapittel 3.4.2 og 3.4.3 gies det en enkel innføring i slike startfórings systemer.

Fiskelarver overføres til posen (Fig. 3-29) når de er klare til startfóring. Byttedyrene består av dyreplankton som har blitt tilført som filtrat fra det sjøområdet posen ligger eller er tilført fra et produksjonsanlegg på land slik tilfellet vil være med saltkreps. Vannet som tilføres posene, presses ut igjen via en sil av overtrykket som oppstår i posen (se skisse i Fig. 3-26). Maskevidden i silfilteret velges slik at de byttedyrene som larvene lever av, ikke vaskes ut. En kan fritt velge det dypet der en vil ha silen. I slike posesystemer kan det produseres er relativt høyt antall yngel som kan overføres til kar for videre fóring. For torsk (Fig. 3-30) er det frem til 1992 oppnådd et gjennomsnitt på omlag 60 yngel pr. m^3 posevolum. Se forøvrig avsnittet om torsk for mer detaljert informasjon.



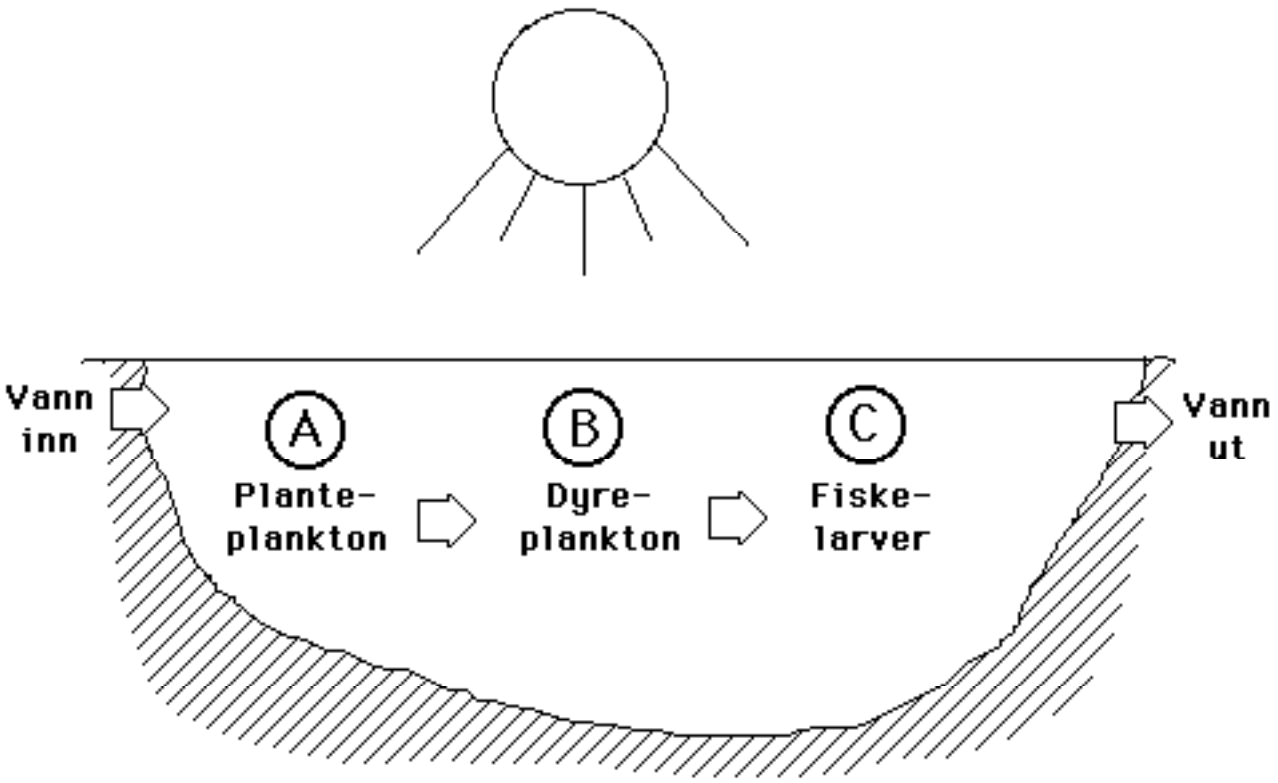
Figur 3-29. Skisse av en startfóringspose.



Figur 3-30. Antall torske-yngel produsert pr. m^3 vannvolum i poser. Gjennomsnittlig produsereres 60 yngel/m^3 fram til en størrelse av 3-5 cm.

3.4.3. Saltvannsbasseng på land og avstengte poller

I mesokosmos og makrokosmos produseres phytoplankton ut fra den mengde næringssalter som er tilstede i systemene. Dyreplanktonsamfunnet (byttedyrene til fiskelarvene) lever av planteplanktonsamfunnet (Fig. 3-31). Systemene kan bare delvis manipuleres og som en tommelfingerregel vil slike systemer produsere mellom 1-2 yngel pr. m^3 (Fig. 3-32). Se forøvrig avsnittet om torsk for mer detaljert informasjon. På grunn av at fiskelarvenes energi-behov øker med størrelsen av fisken, beiter arter som f.eks. torsk, raskt ned dyreplankton-samfunnet i basseng og poller. Dette må sees i sammenheng med at torsken ved en størrelse av f.eks. 15 mm har en daglig vektøkning på nesten 20 %. Dersom det ikke tilføres bassengene/pollene energi i form av f.eks. levende dyreplankton vil kannibalisme forårsake stor dødlighet hos yngelen. Innsamling av dyreplankton ved hjelp av hjulfilter og overføring av planktonet til basseng/poll synes å være en grei løsning. Imidlertid kan metoden føre til letale parasitt infeksjoner fordi dyreplankton er vanlige mellomverter for flere endoparasitter.

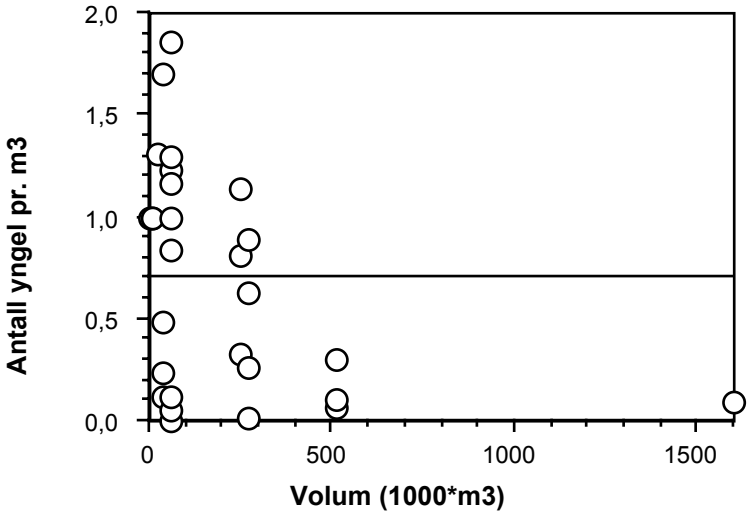


Figur 3-31. Prinsippskisse av et saltvannsbasseng eller en lukket poll. Pilene mellom dyregruppene angir energistrømmen fra A til C.

I god tid før oppstart av et basseng eller en poll tilsettes *rotenon* (0,5 - 1,0 ppm) for å fjerne særlig fiskepredatorer i systemet. Ofte behandles pollen med rotenon i slutten av året (desember; 1,0 ppm) og med en etterfølgende behandlig i februar (0,5 ppm). Undersøkelser har vist at rotenon brytes ned i løpet av 4 uker (11°C) i poll, men normalt vasker en den ut ved opprettholde en viss vannutskifting. Vi vet at både plante- og dyreplankton er meget sårbart overfor rotenon. Det er derfor viktig å velge et tidspunkt for behandling etterat hvileeggproduksjonen er avsluttet. Behandling i oktober-november kan være et riktig valg. Hvileegg av copepoder tåler korttidseksponering opp til 0,5 ppm. *Acartia* sp. og mange andre kopepoder har 100% dødelighet i løpet av kort tid på konsentrasjoner ned i 0,05 ppm, noe som er langt under de konsentrasjoner en bruker i basseng eller poller. Tabell 3-2 viser resultater fra en undersøkelse på den tiden det tar for å ta livet av enkelte organismer og hvilken styrke av rotenon som er nødvendig. Imidlertid bør en være oppmerksom på av ved bruk av *rotenon* taes det liv av et stort antall organismer som faller ned til bunnen av bassenget/pollen og dermed danner god grobunn for en rekke bakterier og andre mikroorganismer (inkl. ciliater) og dermed kan danne problemer ved startfôringen av marine fiskelarver.

Tabell 3-2. Oversikt over konsentrasjoner av rotenon og tid til 100 % dødelighet for kutling, taskereke og strandreke.

	16 timer	48 timer
Kutling	0,5 ppm	0,2 ppm
Taskereke		5,0 ppm
Strandreke		10,5 ppm



Figur 3-32. Antall torskeyngel produsert pr. m^3 vannvolum i basseng og poll. Gjennomsnittlig produseres 0,7 yngel/m^3 fram til en størrelse av 5-15 cm.

3.5. Matfiskproduksjon

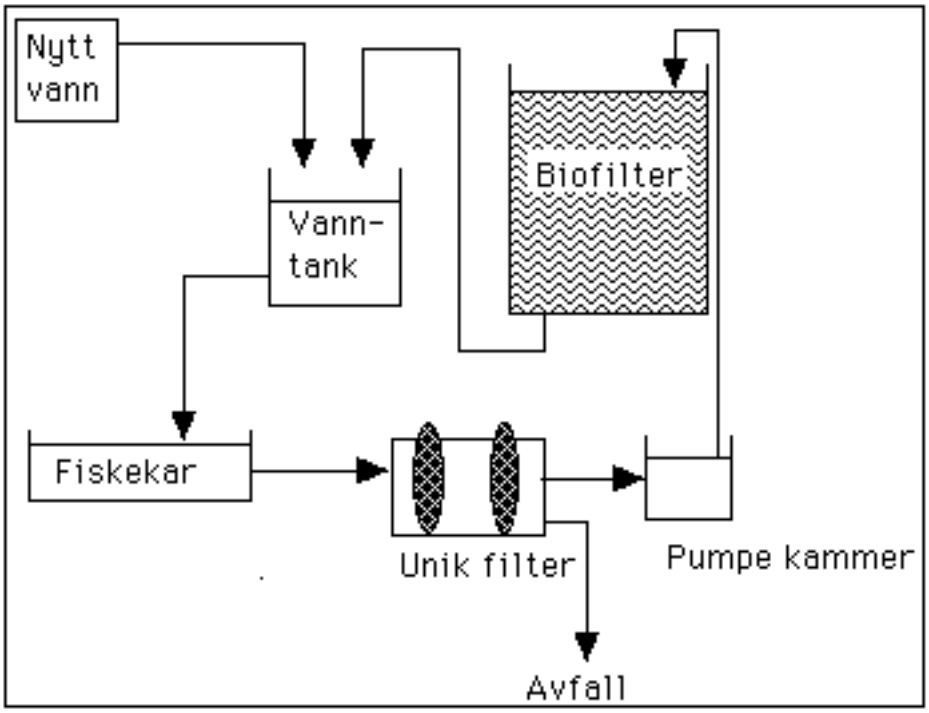
3.5.1. Lukkede anlegg

Fóret er den største enkeltkostnaden i fiskeoppdrett og utgjør 1/3 av de totale kostnader ved produksjon av laks. Med dagens tørrfór til laks bør fórfaktoren[1] idéelt sett være ned mot 0,8. For de marine artene som torsk, kveite og steinbit vil det være av avgjørende betydning å redusere fórutgiftsposten. Dette har sin årsak i at både torsk (2 år ~ 2 kg) og flekksteinbit (2 år ~ 5 kg) betales lavt i forhold til laks, mens kveite fortsatt har en noe høyere pris, men bruker lengre tid på å nå salgsstørrelse. Fra de ville bestandene har en beregnet at det vil ta 7 - 8 år før hunnkveita blir omlag 10 kg, men hunnfisken forventes å nå denne vekten på 4 år i oppdrett.

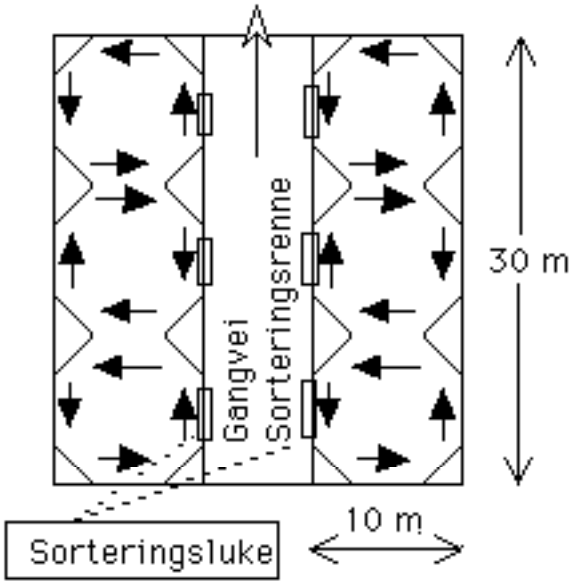
Lukkede anlegg sees på av mange som framtiden innen oppdrett. Dette gjelder såvel laks og regnbuørret som marine arter. En rekke marine arter, som piggvar, tunge, rødspette, kveite og steinbit, vil en være nødt til å ha i lukkede karanlegg. Ulempen ved slike anlegg er at investeringene med dagens teknologi vil være opp mot to til tre ganger (~15 mill NKr.) høyere enn det en har for mæranlegg (3-5 mill NKr.) for tilsvarende biomasse fisk. For laks forventer en ut fra de beregninger som er gjort at en vil kunne redusere fórkostnadene betraktelig, en vil kunne manipulere med vanntemperaturen på en slik måte at en til enhver tid tar inn det vann i anlegget som gir den mest optimale tilveksten hos fisken, en vil kunne redusere faren for angrep av lakselus og bakterielle angrep som kaldtvannsvibriose. Det er beregnet at med en produksjon på 340 tonn/år vil kostnadene være kr. 30,15 pr. kg produsert rund laks i trandisjonelle anlegg, mot kr. 28,90 og kr. 35,60 ved bruk av henholdsvis store mærder og land-basert anlegg. Forskjellen er ikke stor, men kan alikevel være avgjørende. I lukkede anlegg vil en i tillegg kunne rense og

[1] Fórfaktor = vekt av fóret (tørrvekt)/vektøkning av fisken.

resirkulere vannet i anlegget og dermed redusere utslippene fra anlegget. I forsøk med piggvar i resirkuleringsanlegg har det vært benyttet ned til 2 % fornying av vann (nytt vann inn). Generelt medfører resirkuleringsanlegg noe lavere tilvekst hos fisken, men dette må sees i forhold til total økonomien ved ulike driftsformer.



Figur 3-33. Experimentelt resirkuleringsanlegg for piggvar. Fisketank = 2x2 m (1600 l) (Sanni *et al.*, 1993).



Figur 3-34. Anleggstype for kveite i bruk ved Møre Marin Fisk. De fylte pilene angir vannretning i karene. Fisk kan flyttes fra en enhet til en annen via sorteringslukene og sorteringsrennen. Fisk kan selv flytte seg fra celle til celle (Nortvedt, 1992).

3.5.2. Tilvekst i lengde og vekt

Trivsel, temperatur, tetthet, oksygeninnhold og fór er alle viktige parametere for å oppnå høy tilvekst hos fisk som holdes i kultur. I figur 3-35 er det vist hvordan tilveksten påvirkes av *tettheten* av fisk i kar-forsøk med piggvar. For piggvar var det en forskjell på 400 g i gjennomsnittlig våtvekt mellom to grupper der den med best tilvekst hadde gått ved en tetthet på 10-15 kg/m^3, mens den andre gruppen hadde hatt en tetthet på 20 - 80 kg/m^3. Imidlertid kan forhold som lave oksygenverdier i bunnvannet der en hadde høyest fisketetthet være årsaken til forskjellen mer enn selve tettheten ettersom piggvar trives med å ligge tett.

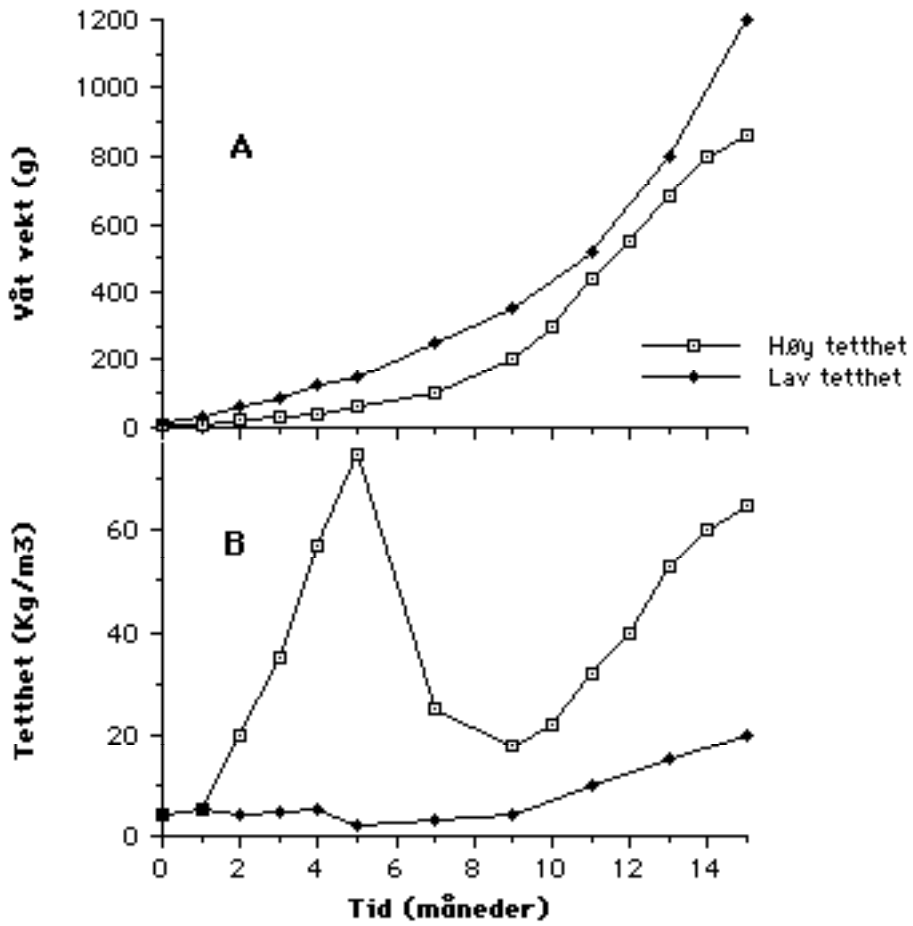
All fisk har sin høyeste daglige vektsrate[1] i forbindelse med startfóring og i yngelfasen. Det er viktig å utnytte vekstpotensialet nettopp i denne perioden. Få grams forskjeller i denne perioden gir mange gram ved slakting. Som vist for to grupper av piggvar (Fig. 3-36) ble en forskjell på 4 gram til omlag 800 g etter 17 måneder. Vi vet imidlertid ikke om de opprinnelige forskjellene hadde sitt utspring i genetiske vekstforskjeller. Var det tilfelle, forteller forsøket egentlig mer om betydningen av arv for rask tilvekst. I Figur 3-37 er det vist hvordan tettheten av fisk anbefales å reguleres ut fra størrelsen av fisken i et anlegg (laks). Fiskens tilvekst er avhengig av den energi mengde fisken får i seg og den energi-mengde fisken bruker til f.eks. fordøyelse og svømming. Som vist i Fig. 3-38a øker energiforbruket til fisken med økende temperatur, mens fisken har et optimum i matinntak ved en bestemt temperatur. Forskjellen i avstanden mellom de to kurvene forteller hvor mye energi fisken har tilgjengelig for tilvekst og maksimum i denne forskjellen (fiskens optimal temperatur; Fig. 3-38b) vil ligge noe lavere enn maksimum i fórinntaket. Fisk som har sultet og kjønnsmoden fisk etter gyting (torsk reduserer sin vekt med omlag 30% i.f.m. gyting) har lavere kondisjonsfaktor[2] (lav vekt i forhold til lengden) enn fisk som spiser normalt. Som vist i Fig. 3-39 vil en gruppe som sultes ikke få samme økning i vekt over tid som fisk som fóres normalt. Dersom den sultete fisken igjen får fór (B i Fig. 3-39) vil den iløpet av relativt kort tid ta igjen den normalt fórete fisken i vekt. Dette er også indikert i Fig. 3-40, hvor det vises en klar sammenheng mellom fiskens kondisjonsfaktor og daglig tilvekst. Fisk med lav kondisjonsfaktor oppnår en signifikant høyere daglig tilvekst enn fisk med en normal kondisjonsfaktor[3]. Dette fenomenet kalles for kompensasjonstilvekst.

---

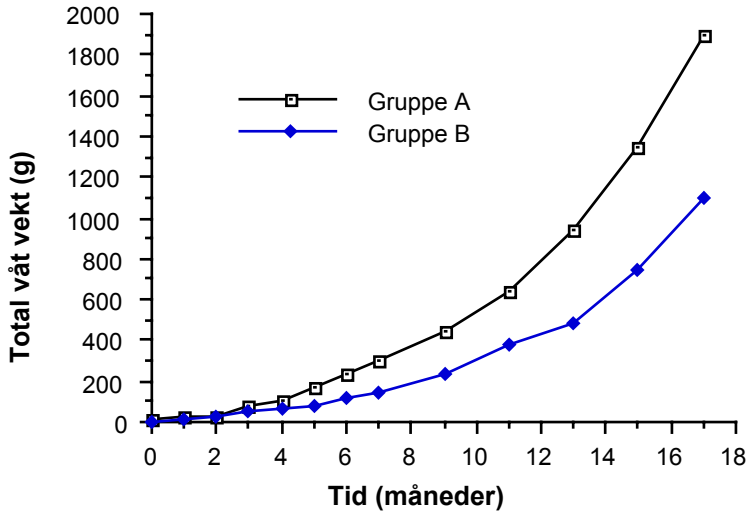
[1] Daglig vekstrate = daglig vektøkning i %.

[2] Kondisjonsfaktor (KF) = (vekt * lengde^{-3}) * 100.

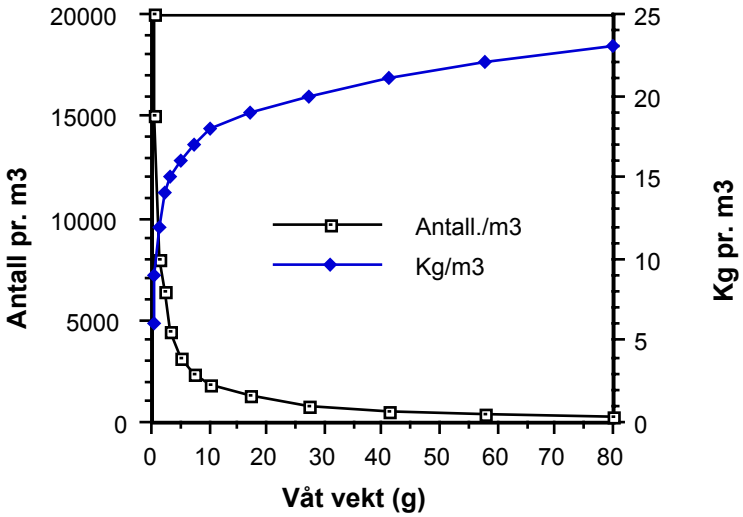
[3] Normal verdi for kondisjonsfaktor er 1.



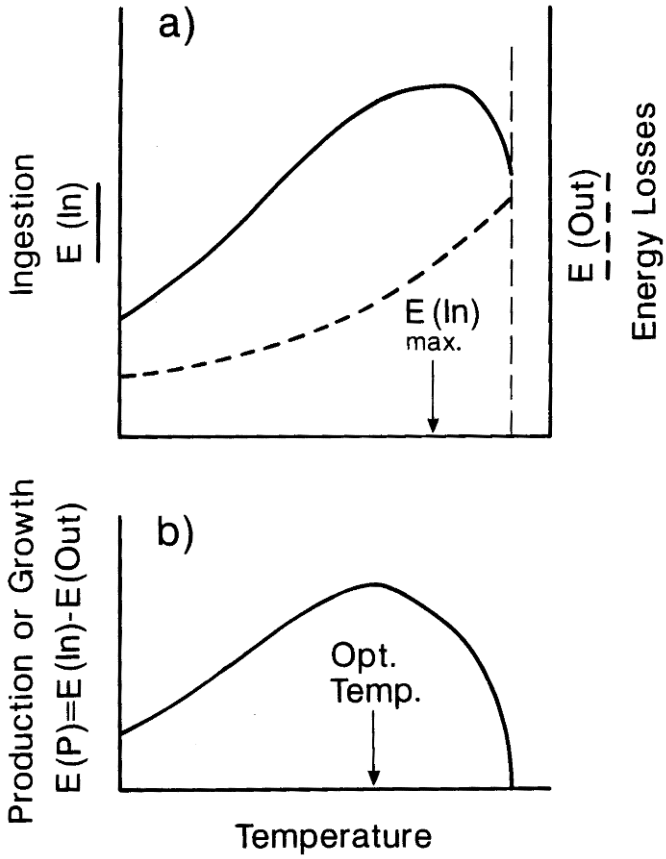
Figur 3-35. Forholdet mellom tetthet av piggvar og tilvekst hos fisken. A) tilveksten hos gruppene og B) tettheten av fisk i gruppene (Iglesias *et al.*, 1985).



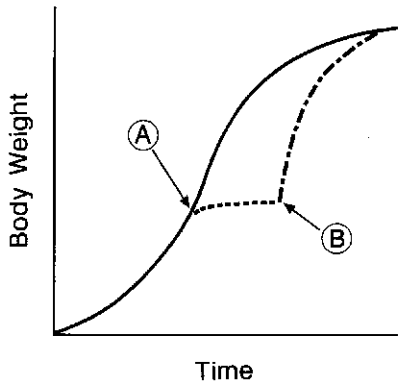
Figur 3-36. Tilvekst i våtvekt hos piggvar over en 17 måneders periode. Fisken i gruppe A hadde en middel startvekt på 9 g, mens gruppe B hadde en middel startvekt på 5 g (Iglesias *et al.*, 1985).



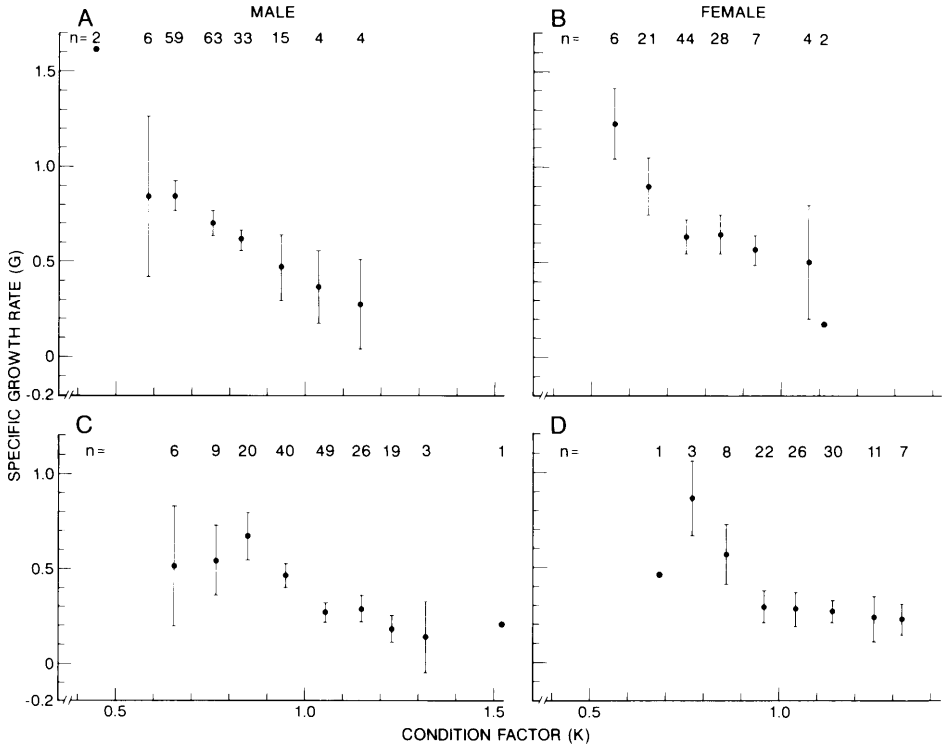
Figur 3-37. Anbefalt sammenheng mellom individvekt og tettheten/m^3 og individvekt og biomasse/m^3 av laksesmolt i anlegg.



Figur 3-38. Sammenhengen mellom temperatur og tilvekst hos fisk (Jobling, 1992).



Figur 3-39. Kompensasjonstilvekst hos torsk hvor fisk er fóret i overmetning frem til A. Fra A deles fisken inn i to grupper hvor gruppe 1 fóres fremdeles i overmetning, mens gruppe 2 sultes frem til punkt B, for så å fóres i overmetning. Fisk i gruppe 2 oppnår en meget høy vekstrate inntil den har tatt igjen gruppe 1 i vekt (Jobling, 1992) og tilveksten fra B og frem kalles for kompensasjonstilvekst.



Figur 3-40. Sammenhengen mellom torskens kondisjonsfaktor og daglig vektøkning (SGR; specific growth rate). Fisk med lav kondisjonsfaktor vil ha høyere vekstrate enn de med høy kondisjonsfaktor (Pedersen and Jobling, 1989).

4. Fóring og problemer utfra fiskens behov og markedets ønsker

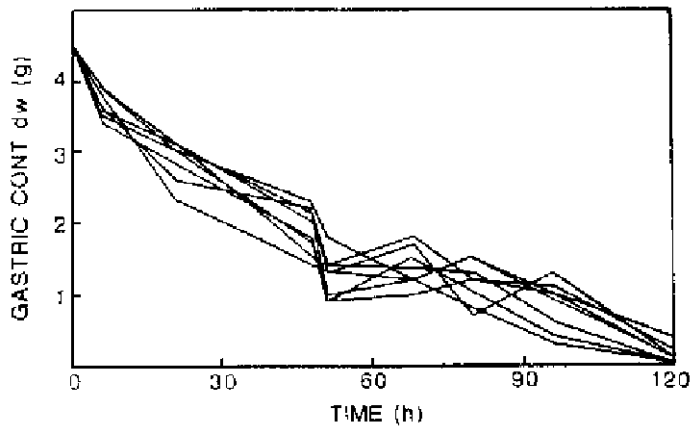
Fiskens behov og markedets ønsker kan være to forskjellige ting. Det er her viktig at en holder de ulike fiskeartene fra hverandre. Markedets ønsker vil aldri være det samme til enhver tid. Hvorvidt det ønskes en mager eller fet fisk, om farven skal være hvit, rød eller grå, om innholdet av omega-3 fettsyrer skal være lavt eller høy og om fisken skal være stor eller liten vil være forskjelling fra en marked til et annet. Trender i tiden kan forandre

sammensetning og utformingen av produktene. I de siste årene har det vært fokusert en del på betydningen av omega-3 fettsyrer i kosten til mennesker. Disse synes å ha stor betydning for forebygging av bl.a. hjerte/kar-sykdommer. De tre marine fiskene aktuelle for oppdrett skiller seg fra laks ved å ha et langt lavere fettinnhold i kjøttet (Tab. 4-1). Mens torsk går under betegnelsen mager fisk er kveite og steinbit gruppert som halvfet fisk. Torsk lagrer fettet i leveren, mens steinbit og kveite lagrer fettreserver i filét og bl.a. ved finnebasis. Dette medfører at fettet ikke er jevnt fordelt over hele fiskekroppen. Fordi disse tre marine artene ikke er av den helt fete typen, blir det av de fleste anbefalt at forholdet PE:TE (protein energi: total energi) i fóret bør ligge i overkant av 0,45 - 0,50. Dersom forholdet er lavere enn 0,45, har leveren en tendens til å bli stor og fettrik, spesielt hos torsk.

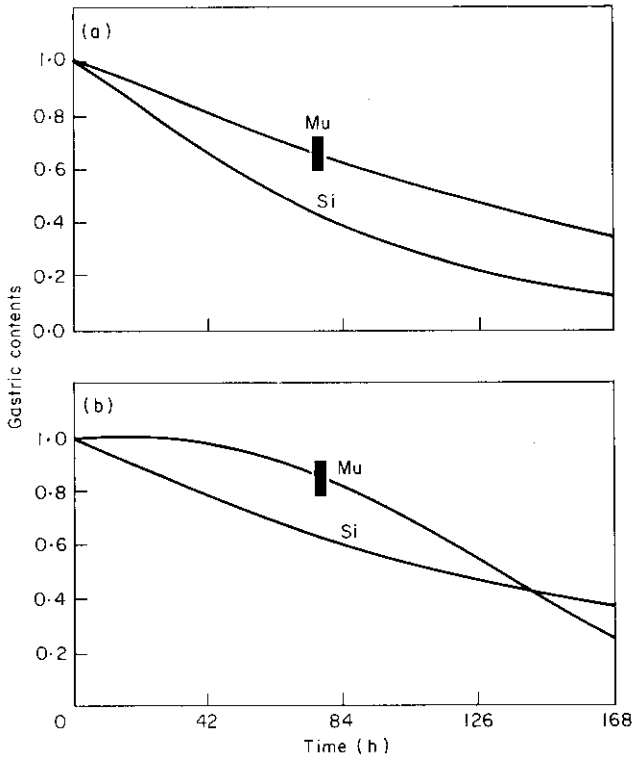
Fiskens behov kommer jeg nærmere inn på senere, men generellt for de aktuelle marine artene er at proteinandelen i fóret skal være høyt og karbohydratandelen skal være lav. Selve fóringen har betydning både for fóropptaket og fordøyelsen hos fisken (Fig. 4-1), men også for innsatsen som må legges inn i.f.m. med fóring i anlegg. Størrelsen av fóringspartikklene og antall fóringer har vist seg å være av betydning for fordøyelsen hos torsk (Fig. 4-2). Forsøkene indikerer at det er en fordel å bruke fór som består av store partikkler som gradvis brytes ned i magen. Videre har forsøk vist at fóringsintensiteten har betydning for fiskens beiteatferd, men liten eller ingen betydning for vekst, fórfaktor og størrelsesfordelingen av fisken. Steinbit bruker omlag en uke på å fordøye matpartikkler og i forsøk er det vist at dersom antall fóringer iløpet av uken reduseres, har dette liten eller ingen betydning for fiskens tilvekst eller det totale fóropptaket, men derimot spiser fisken større måltider dersom fóringsfrekvensen reduseres (Fig. 4-3).

Tabell 4-1. Oversikt over tørrstoff, protein, fett og aske i filét og lever til steinbit, kveite, torsk og laks (tallene gitt i %). Tabellen innholder tall både fra vill og oppdrett fisk og tallene er gitt for sammenligning mellom artene.

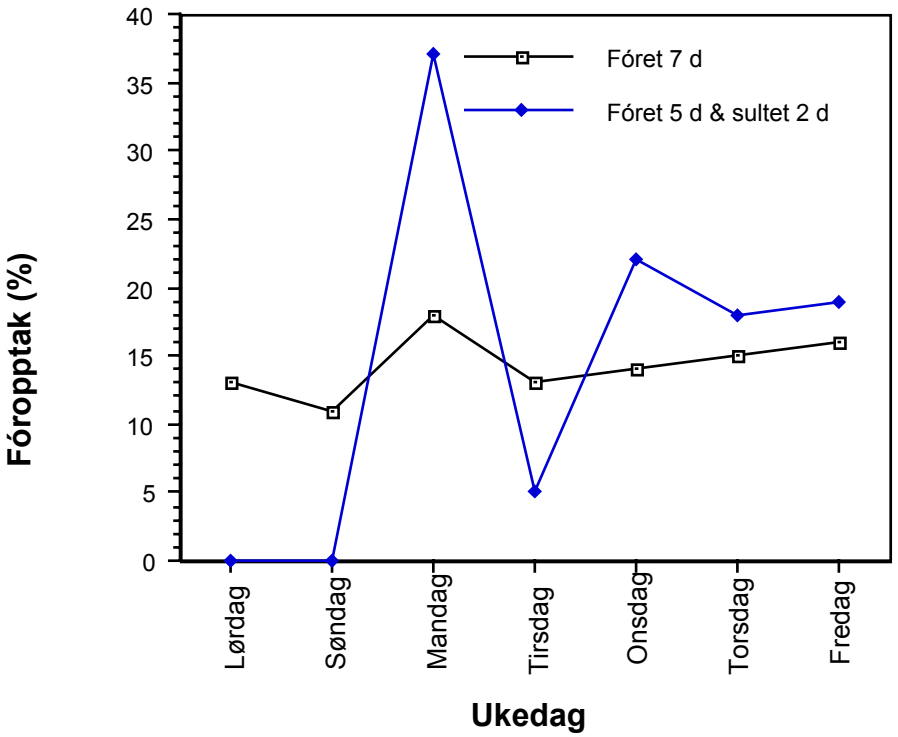
	Torsk	Steinbit	Kveite	Laks
Filet				
tørrstoff		19-23	21-24	34
protein	20	15-16	18-19	18
fett	1	1,5-4,0	2-5,5	13
aske	1	1,1	1	1,2
Lever				
tørrstoff	70-81	29-43	39-57	27
protein	4,7-5,3	7-14	8-11	16
fett	62-71	10-20	24-42	6
aske	0,3	0,8-1,2	0,7	1,2
Lever index	3-10	1-4,5		



Figur 4-1. Individuell tømming av tarm hos 8 torsk fóret med samme rasjoner av hele sild (Dos Santos and Jobling, 1991b).



Figur 4-2. Utviklingen av tarm tømming hos torsk fóret med formulert fór. Sammenligning av tømming forløp av (a) små (0,20-0,70 mm) og (b) middels (2 mm) partikkler hos torsk fóret med enkle (Si) eller flere (Mu) måltider. Varighet av siste måltid indikert med vertikal boks (Dos Santos and Jobling, 1991a).

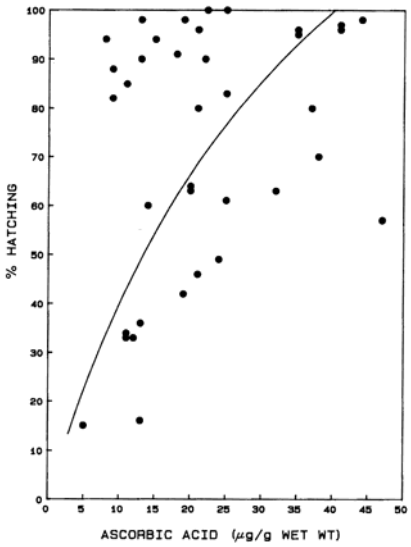


Figur 4-3. Daglig opptak av tørrfór hos gråsteinbit, uttrykket som prosent av ukentlig opptak. Gruppene ble enten fóret hver dag i uken (Fóret 7 d) eller fóret 5 dager og sultet 2 dager (Fóret 5 d & sultet 2 d). (Moksness, upubl. data)

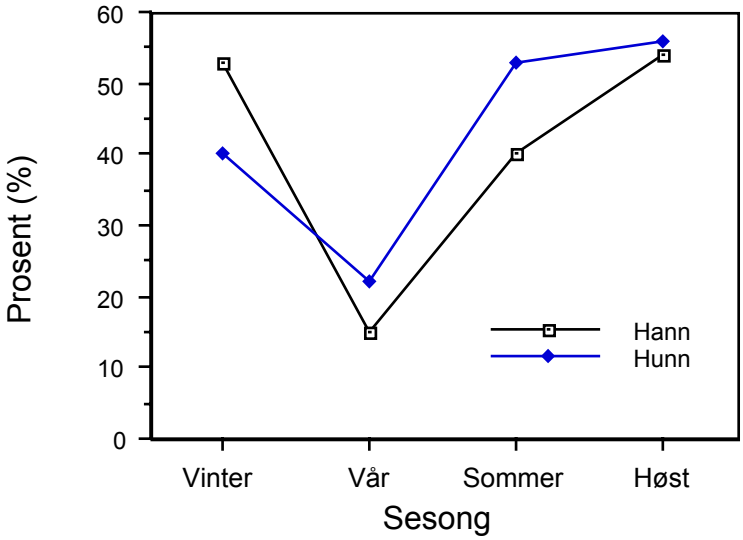
4.1. Stamfisk og eggkvalitet

Stamfisken er en særlig vital brikke i fiskeoppdrett og må derfor ta ekstra hensyn til fórkvalitet, fisketetthet, omgivelser generelt, oksygennivået i sjøvannet og sørge for lave ammoniakkverdier og gunstig lysnivå etc.. For å få frem stamfisk av meget god kvalitet må det tidlig startes med riktig ernæring, med friskt fór av høy kvalitet, riktig vitamintilsetning, med særlig oppmerksomhet mot vitamin C (Fig. 4-4) og E. Det synes også å være en sammenheng mellom ω-3 flerumettede fettsyrer i fôret til morfisken og eggkvalitet målt som larveoverlevelse hos red sea bream og hos andre arter resulterer lavt innhold av fettsyrer i fôret til lavere befruktningsprosent av eggene og abnormaliteter i celledelingen. Videre fører mineralmangel til "dårlig eggkvalitet". Riktig stell av stamfisken er en forutsetning for god kvalitet på egg og senere på de startfóringsklare larvene. For de fleste arter vil fóropptaket hos stamfisken reduseres i forbindelse med gytingen (Fig. 4-5). Fóropptaket i perioden mellom gytinger er av stor betydning ikke bare for eggkvalitet, men også for fiskens fekunditet[1], er fórmengden liten avtar antall egg som hunnen gyter.

[1] Fekunditet = antall egg pr. vektenhet av hunnfisken.

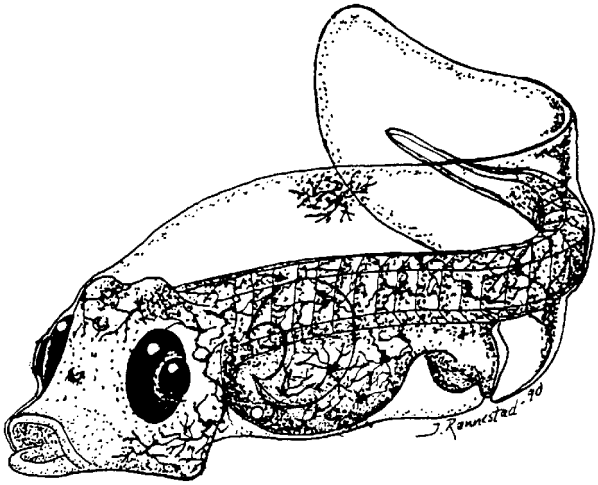


Figur 4-4. Fordelingen av vitamin C (ascorbin syre) i egg fra inviduelle hunner av regnbuørret relatert til klekking av eggene (Sandnes *et al.* (1984) omtegnet i Kjørvik *et al.*, 1990). Legg merke til den større variasjon i klekking ved vitamin verdier under 20 µg/g våt vekt.



Figur 4-5. Prosent (%) tomme mager observert hos hann og hunn tunge gjennom året (Molinero and Flos, 1992).

4.2. Startfóring, utfordring på mikronivå



Figur 4-6. Piggvar-larve klar til å spise en nauplii (hoppe-kreps larve). (Tegnet av I. Rønnestad, Havforsknings-instituttet; NFFR-nytt 4-91).

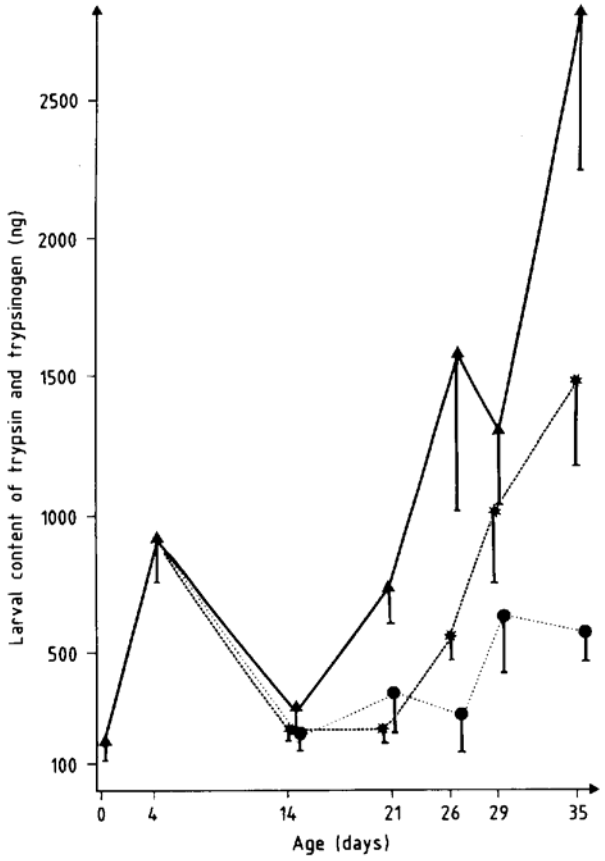
Vellykket startfóring av kveite, piggvar og torsk i kommersiell skala har vært den klart største utfordringen for dem som har ivret for å komme i gang med produksjon av disse artene. En har ønsket å virkeliggjøre to målsetninger:

(1) utvikle reproduserbare metoder for yngelproduksjon som ligger til rette for kommersiell oppskalering
(2) utvikle metoder som gir høy yngelkvalitet til konkurransedyktig pris

Internasjonalt har en rekke forskergrupper jobbet utfra disse målsetningene og betydelig framgang er oppnådd på en rekke arter, særlig i Asia. Men etterhvert har også en rekke arter i europeiske farvann begynt å komme i produksjon. Lengst har en kommet i arbeidet med havabbor og havbrasme.

Det er ikke noe problem å få marine fiskelarver til å ta til seg formulert fór, men hittil har en ikke lyktes med å få dem til å vokse og overleve på slikt fór. Dette henger sammen med tarmen ikke har utviklet et batteri av enzymer som kan ta hånd om næringsemnene. Fordøyelsen skjer i stor grad inne i cellene i bakre tarm og bare enkle næringsemner kan taes hånd om.

I tarmen er utskillelsen av trypsin (proteinfordøying) viktig i forbindelse med fordøyelsen. I Fig. 4-7 er produksjonen av trypsin skissert for sildelarver, men mønsteret er det samme for andre marine larver. Undersøkelsen har vist at fiskelarven økonomiserer med trypsin ved det at bare 1 % av tarmens enzym tapes i faeces. Larven kan holde på enzymet i 1,5 - 2 døgn etter at det er skilt ut i tarmen. Fordøyelse av store fórpartikler tar omlag 30 min. (observert hos sild). Etter 6-8 døgn etterat plommesekken er oppbrukt vil en sultende larve ikke være i stand til å fordøye matpartikler.

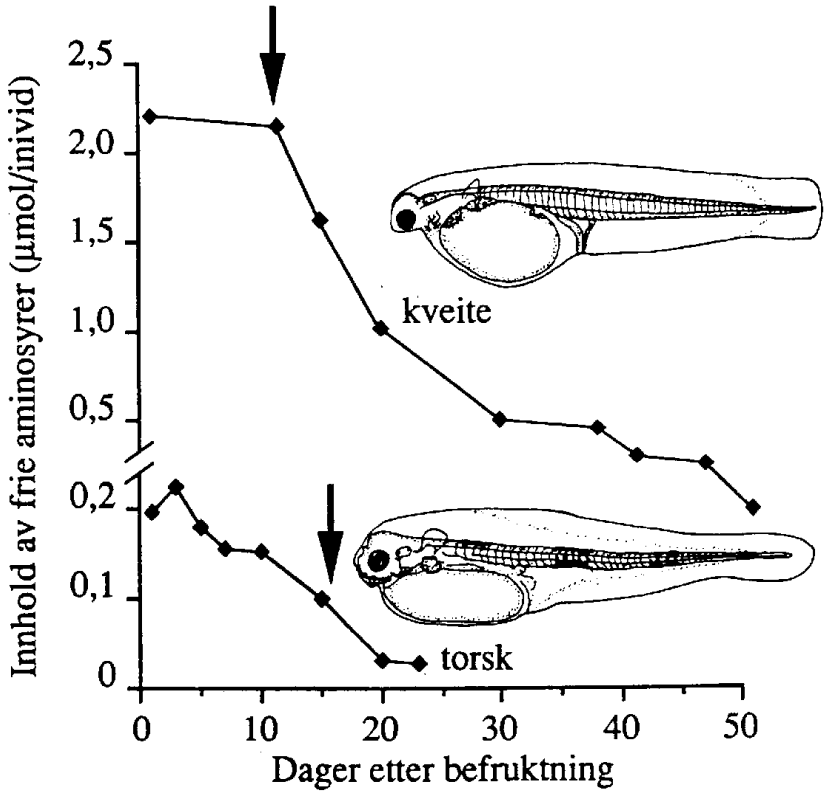


Figur 4-7. Summen av trypsin og trypsinogen i tarmen gitt mot alderen til sildelarver fóret med høy (◊), middel (*) og lav (•) byttedyr tettheter. (Pedersen *et al.*, 1990).

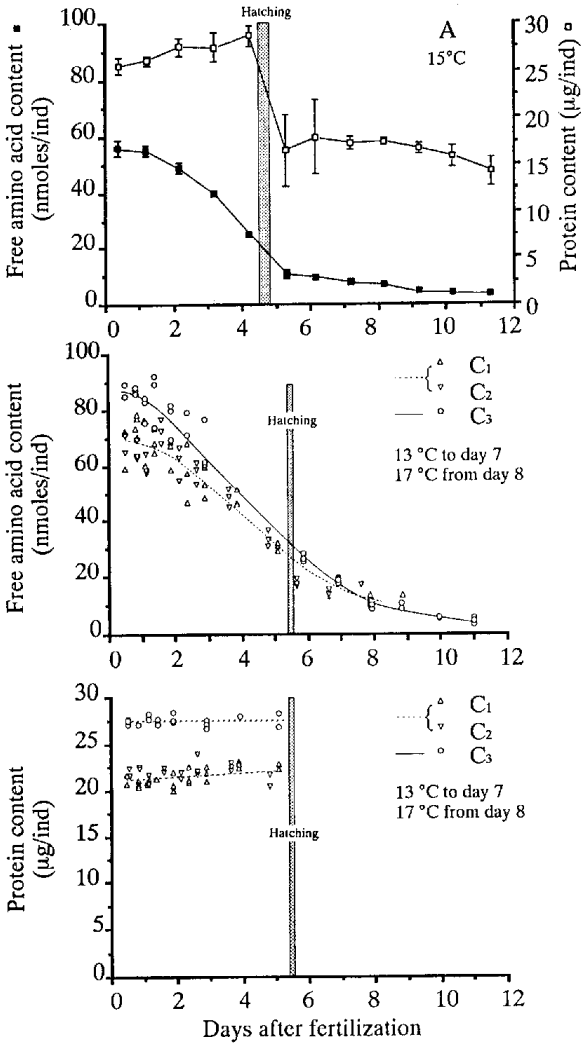
De langkjedete flerumettede fettsyrene 20:5 Ω3 og 22:6 Ω3 har vist seg å være essensielle i startfóringsfasen. De marine artene er ikke i stand til å produsere disse (HUFA[1]) og må få disse fra planteplankton gjennom fóret. Marine larver av f.eks. torsk, hyse og lodde, har ofte mye plantemateriale i tarmen. Planteplanktonet har de fått i seg enten ved aktiv beiting (bare store planteplanktonarter), filtrering av vannet (vha cilier i munnhulen), drikking av vann (lite trolig) eller ved at planteplanktonet og fecalpellets har vært spist av dyreplankton larvene har fått i seg. Størrelsen av planteplanktonet varierer mellom 3-80 µm og er ofte vanskelig å identifisere.

Betydningen av de frie aminosyrene (FAA) i forbindelse med startfóring er ennå lite undersøkt. Imidlertid vet en at egg inneholder relativt store mengder av disse: kveite ~ 2500 nM/egg; torsk ~ 250 nM/egg, rødspette ~ 600 nM/egg; sild ~ 50 nM/egg; makrell ~ 30 nM/egg; piggvar ~ 50 nM/egg Det synes som om fiskeegg med oljedråper har et mindre innhold av FAA enn fiskeegg uten oljedråper. Forbruket av FAA i eggstadiet er stort og dette kan indikere at FAA er av stor betydning for overleving og vekst av marine fiskelarver i startfóringsfasen. Marine invertebrater har stort innhold av FAA (300-500 mM). En kan dyrke alger på sjøvann anriket med ammoniakk og få stort innhold av FAA i alger. De data en har i dag indikerer at innholdet av FAA i *Brachionus* og *Artemia* er lite.

[1] HUFA = high unsaturated fatty acids

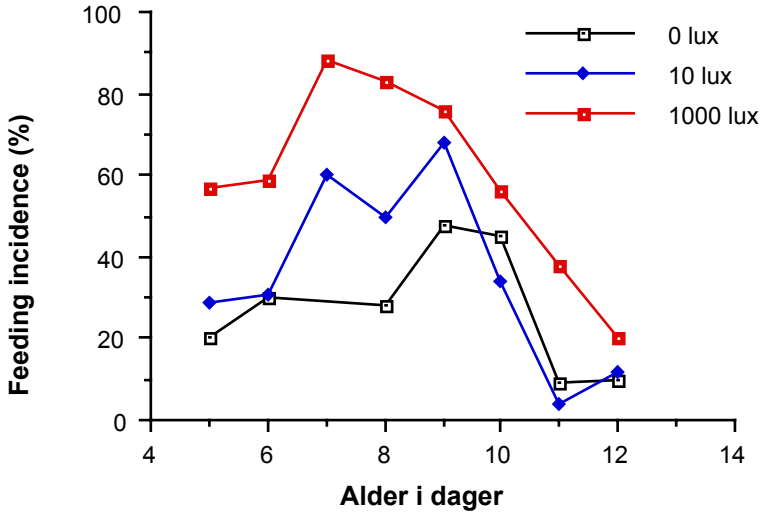


Figur 4-8. Innholdet av frie aminosyrer hos kveite og torsk. Pilene indikerer klekketidspunkt (Fyhn og Rønnestad, 1990).

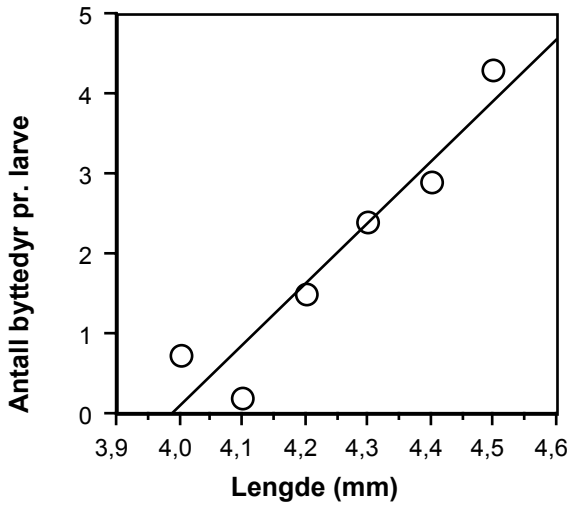


Figur 4-9. Forholdet mellom frie aminosyrer og protein innhold hos piggvaregg og -larver (Rønnestad *et al.*, 1992).

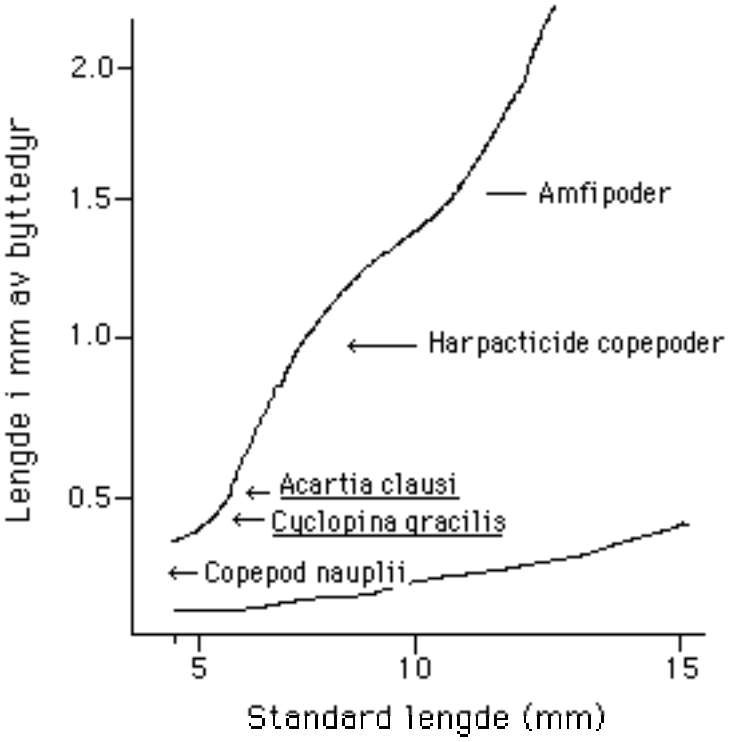
Flere faktorer i tillegg til kvaliteten på byttedyrene påvirker vekst og overleving av fiskelarvene i startfóringsfasen. Blant annet er lysintensitet i tilknytning til startfóringskarene (Fig. 4-10) og størrelsen av fiskelarvene ved startfóring av betydning for opptak av byttedyr (Fig. 4-11). Normalt avtar kvaliteten og størrelsen av larvene iløpet av gyteperioden. Av denne grunn anbefales det ikke å bruke egg fra de siste gytingene fra en hunn. Ettersom larvene vokser øker kravet om energi, ofte i form av at de spiser byttedyr av økende størrelse (Fig. 4-12). Størrelsen av byttedyrene indikerer innholdet av energi og det at en larve spiser store byttedyr isteden for små, betyr at de ikke behøver å bruke for meget energi til a få i seg energi og dermed ha et godt overskudd av energi til vekst.



Figur 4-10. Fødeopptak (feeding incidence = prosent larver med mat i tarm) hos torskelarver ved ulike lysintensiteter (Ellertsen *et al.*, 1980).



Figur 4-11. Sammenhengen mellom antall byttedyr spist av en torskelarve og størrelsen av torskelarven (Moksness, upubl. data).



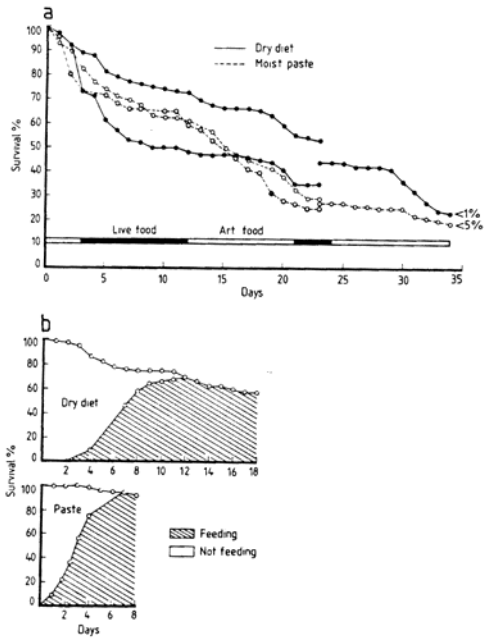
Figur 4-12. Største og minste byttedyr påvist spist av torskelarver i et bassengforsøk (Moksness, upubl. data).

4.3. Fra larve til tørrfórtilvendt yngel

Arter som torsk, kveite, piggvar, tunge og rødspette må alle startfóres med levende byttedyr, mens steinbit kan startfóres med tørrfór. På et eller annet tidspunkt må de fisk som er blitt startfóret med levende plankton, vennes til dødt fór, som våt-, mjuk- eller tørr-fór. Bruk av slikt fór har ved siden av mange praktiske fordeles, også store økonomiske fordeler. For fiske-larven/yngelen å måtte skifte over fra et levende byttedyr til et dødt fór er en vanskelig prosess og ofte lett mottagelig for sykdom. Det er derfor viktig både å velge riktig størrelse av fisken og riktig fórtype. Forsøk med piggvar har vist at kvaliteten på det levende fóret larvene har fått er av stor betydning for hvordan yngelen klarer weanings-prosessen. Byttedyr av høy næringsverdi medfører en kortere weanings-prosess og lavere dødlighet. Hos piggvar er det vist at det tar fra 1 til 11 dager før 50% av yngelen har startet å spise (Fig. 4-13) og at type dødt fór (mjuk eller tørrfór) ikke hadde noen betydning hverken for overlevning eller fóropptak i weanings-prosessen. Hos torsk og steinbit derimot indikerer forsøk at type fór er av betydning både for vekst og overleving. For begge artene har bruk av mjukfór gitt det beste resultat. Kannibalisme synes ikke å være noe problem ved weaning av steinbit-yngel som har blitt startfóret i laboratoriet, men derimot har det blitt registrert noe kannibalisme i.f.m. weaning hos steinbit yngel samlet inn i sjøen. Kannibalismen har imidlertid ikke vært noe problem når yngelen har blitt større enn 8 g. Kannibalisme er et langt større problem ved weaning av torskeyngel. For å redusere dødligheten p.g.a. kannibalisme bør torskeyngelen høstes inn fra poll/basseng/poser ved en størrelse på omlag 0,5 g og grupper av lik størrelse bør weanes sammen, samt at bruk av mjuk pellet er å fortrekke. I forsøk med mjukfór er det registrert overlevelse på 39%, 64% og 90% i grupper med torsk av størrelser på

henholdsvis 13 mg, 50 mg og 0,5 g. Forsøkene med torsk har også indikert at der er ingen sammenheng mellom kannibalisme og diett.

Etter at yngelen er blitt tørrfórtilvendt er de i prinsippet klar for overføring til anlegg for videreféring til salgbar størrelse. Imidlertid er det fremdeles problemer knyttet til perioden etter tørrfórtilvenning hvor det er beregnet at av den totale dødlighet kan 40-60% skyldes smittsomme sykdommer (Tabell 4-2 og Kap. 6)



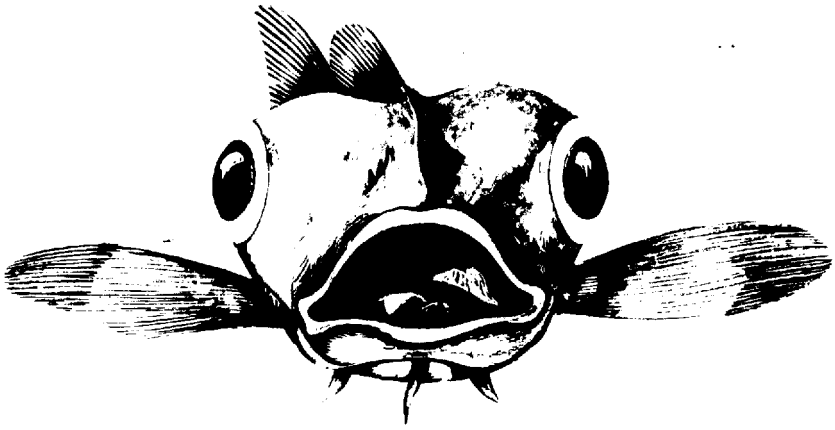
Figur 4-13. Fóropptak og overlevelse hos piggvar larver som weanes[1] fra levende fór til en diett av tørr (A) og våt (B) fór (Bromley and Howell, 1983).

Tabell 4-2. Beregnet produksjonstall frem til tørrfórtilvenning og ferdig salgbar yngel i 1989 og 1990 (Rødseth *et al.*, 1991).

Fiskeart	År	Yngel tilvendt tørrfór	Produksjon yngel	Tap i %
Torsk	1989	740.000	470.000	37
	1990	650.000	450.000	31
Piggvar	1989	1100.000	400.000	64
	1990	860.000	600.000	30
Kveite	1989	13.000	5.000	61
	1990	65.000	12.000	82

[1] Weaning = periode med overgang fra en fórtype til en annen .

4.4. Fra yngel til markedsstørrelse



Steinbit, kveite og torsk er relativt magre fisker og forholdet i fóret mellom protein, fett og karbohydrater bør være forskjøvet i retning av protein, i motsetning til for en art som laks, hvor både fett- og karbohydratandelen i fóret er høyere. Størrelsen av fisken avgjør hvilken størrelse av pellets som skal benyttes og både størrelsen av fisken og temperaturen indikerer hvilken daglig vekstrate og fórmengde som kan forventes (Fig. 4-14). Overfóring av fisk har miljømessige konsekvenser i tillegg til å øke produksjonskostnadene. Fórmengden er betinget av at fóret har en riktig sammensetning og bl.a. vitamin er tilsettning i fóret viktig. Hos kveite er fórutnyttingen beregnet til 80-90% for fett, 80-85% for protein og 6-7% for karbohydrater. Torsk til sammenligning fordøyer torsk 90% av både protein og fett. Fettandelen i fóret har klar betydning for fisken. I forsøk med steinbit er det vist at fettandelen øker både i filet og lever ved økende fett i fóret (Fig. 4-15), men økende verdier av fett i fóret (7-18%) ikke påvirker fisken vekst i betydelig grad. Hos steinbit øker også lever indeksen[1] med fettinnholdet i fóret, men ikke i samme forhold som hos torsk. Hos torsk resulterer høy andel av fett i fóret i en meget høy lever indeks (Fig. 4-16) og det er også vist at leverindeksen øker med fiskens veksthastighet, men med klart høyere verdier for torsk fóret med kunstig fór i forhold til naturlige byttedyr (Fig. 4-17). Fettsyresammensetningen i fóret påvirker i stor grad fettsyresammensetningen i filet, som vist for steinbit i Fig. 4-18. Dette har også vist seg for torsk. Dette indikerer at det er mulig å få frem ulike produkter fra samme fiskeart med henblikk på fettsyre sammensetning i filét og som kan tilfredstille ulike ønsker og behov i markedene.

Som tidligere nevnt er protein viktig for å oppnå tilfredstillende vekst hos marine fisk. Hos piggvar indikerer fóringsforsøk at protein bør være mellom 46-56% for å oppnå den beste tilveksten og lignende tall gjelder for de andre marine artene. Men kvaliteten av proteinet er også av betydning for tilveksten. I et forsøk med steinbit gav Norse LT-mel alltid en klart bedre tilvekst og en lavere fórfaktor sammenlignet med den andre protein kilden (Fig. 4-19). I forsøk med steinbit gav bruk av tørrfór lik eller bedre tilvekst, fórfaktor (Fig. 4-20), PER[2] og PPV[3]-verdier enn våt og mjuk fór. Hos de nevnte artene antaes en at kjemiske luktstoff forsterker matsøkadferden. To av disse er *glycin* og *alanin* (aminosyre) - stoffer en finner i akkar, lodde og reke. Steinbit ser, i likhet med andre oppdrettsarter, ut til å ha en begrenset evne til å utnytte kompekse karbohydrater som

---

[1] Lever indeks = lever vekt i forhold til fiskens totalvekt gitt i %.

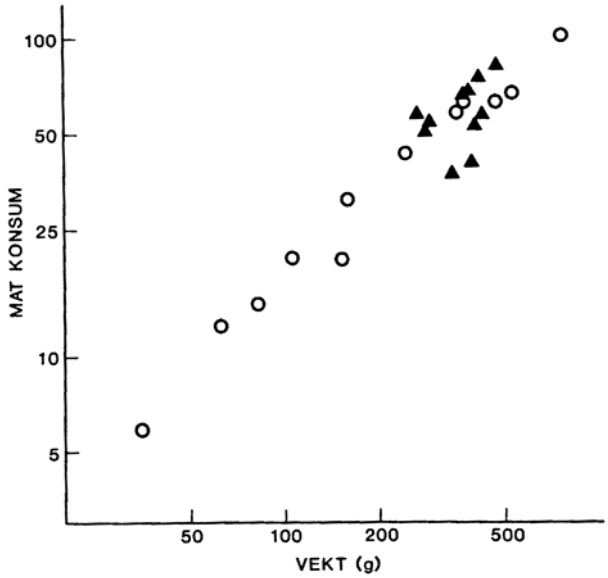
[2] PER = Total vektøkning hos fisken (g)/totalt protein inntak (g) i samme periode.

[3] PPV = Total protein økning (g)/total protein inntak (g) i samme periode.

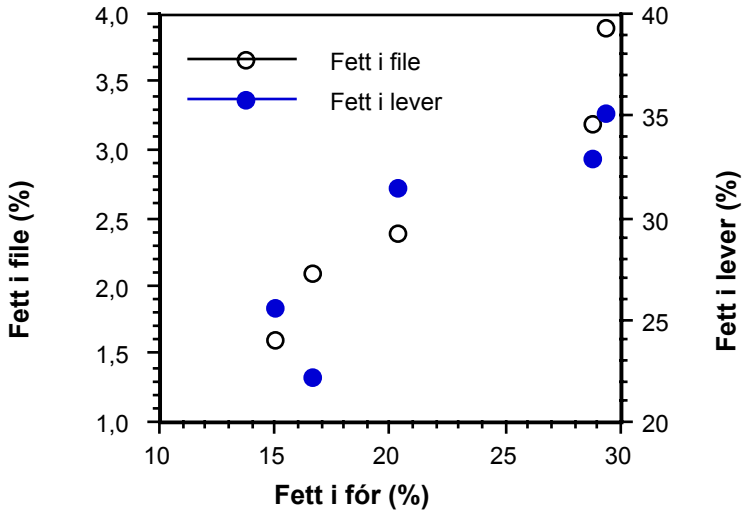
f.eks. stivelse. Økende nivå av karbohydrat i fôret resulterte i lavere tilvekst og høyere fôrfaktor. Det ble også funnet lavere innhold av fett i filet og glykogen i lever som funksjon av fôrets karbohydratnivå (Fig. 4-21).

Generelt utnytter de marine fisk karbohydrat dårlig og andel av protein i fôret bør være høyt (Tab. 4-3). For høyt karbohydrat reduserer fiskens tilvekst og kan påvirke fiskens allmene helsetilstand. For høy andel av fett i fôret synes ikke å påvirke fiskens tilvekst av betydning, men derimot kan utvikling av for stor og fettrik lever bli resultatet, som bl.a. vist for torsk. På grunn av den høye andel av protein i fór til marine fisk, vil fórkostnadene bli høye og dette krever en god pris på det ferdige produktet.

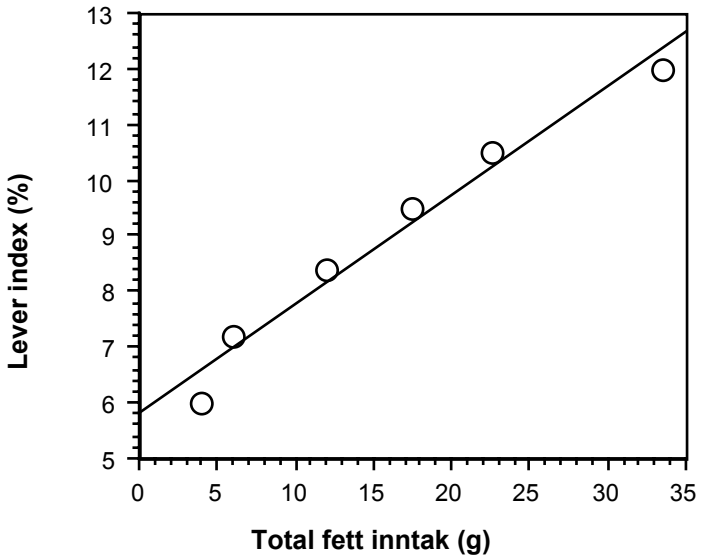
Ennå gjenstår meget før en har tilstrekkelig kunnskap om fór til marine fisk.



Figur 4-14. Matinntak (KJ pr. dag) hos torsk av ulik størrelse fóret til metning ved 7-9 °C (Jobling, 1988a).

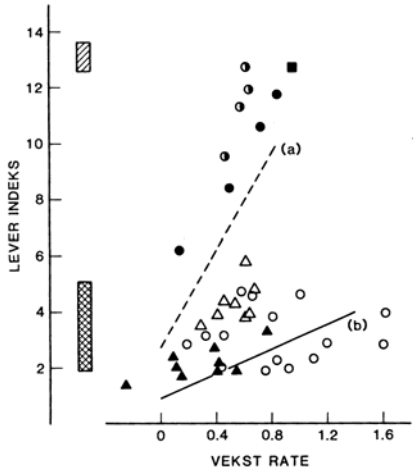


Figur 4-15. Sammenhengen mellom fettandel i fór og retensjon av fett i file og lever til steinbit (Stefanussen *et al.*, 1993).

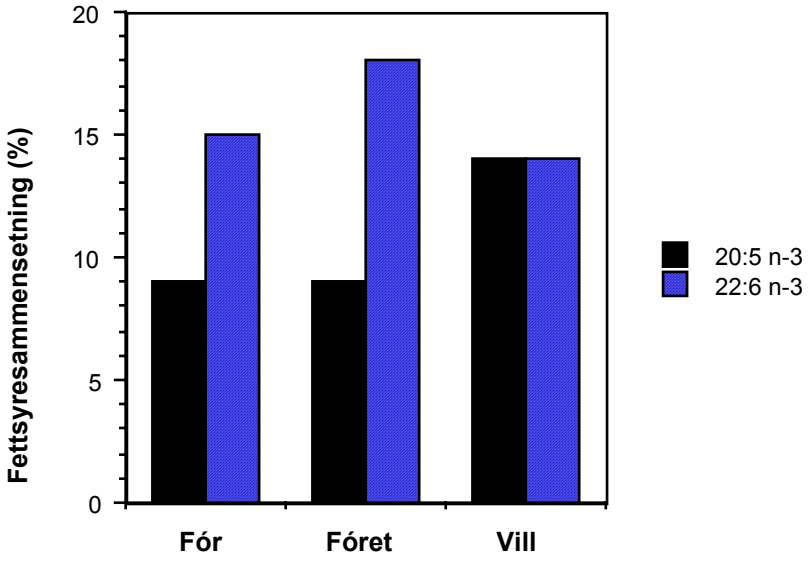


Figur 4-16. Sammenhengen mellom fett i fór og leverindex (% av kroppsvekt) hos torsk (Lie *et al.*, 1988).

Figur 4-17. Forholdet mellom vekstrate[1] og lever indeks hos torsk fóret med kunstig fór (a) og naturlige byttedyr (b) (Jobling, 1988a).

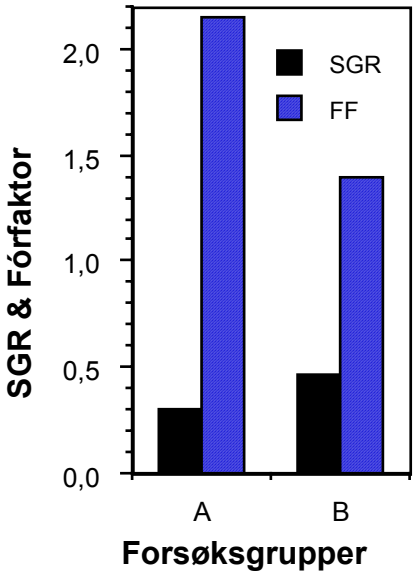


[1] Vekstrate = daglig vektøkning = specific growth rate (SGR).



Figur 4-18. Fettsyresammensetning av fóret påvirker i stor grad sammensetningen av filet, her illustrert ved 22:5 n-3 (EPA) og 22:6 n-3 (DHA) i fór og filet av fóret og villfanget steinbit (Lambertsen og Lie, 1990).

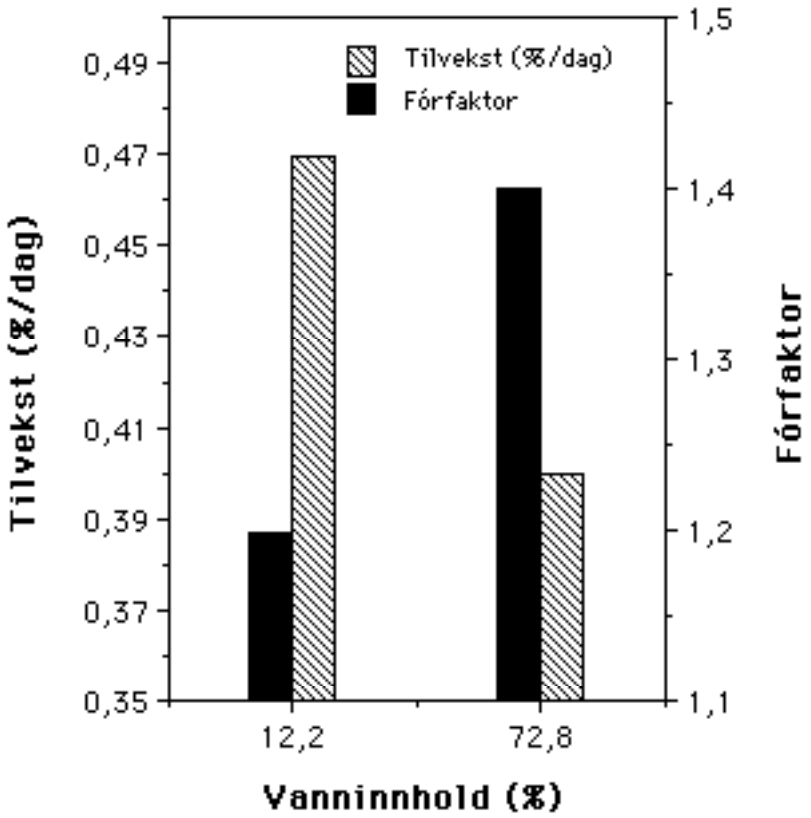
Figur 4-19. Gjennomsnittlig daglig vektøkning i % (SGR) og gjennomsnittlig fórfaktor i forsøksgrupper med gråsteinbit fóret med to ulike proteinkilder, NorSeaMink (A) og Norse LT (B) (Moksness, upubl. data).



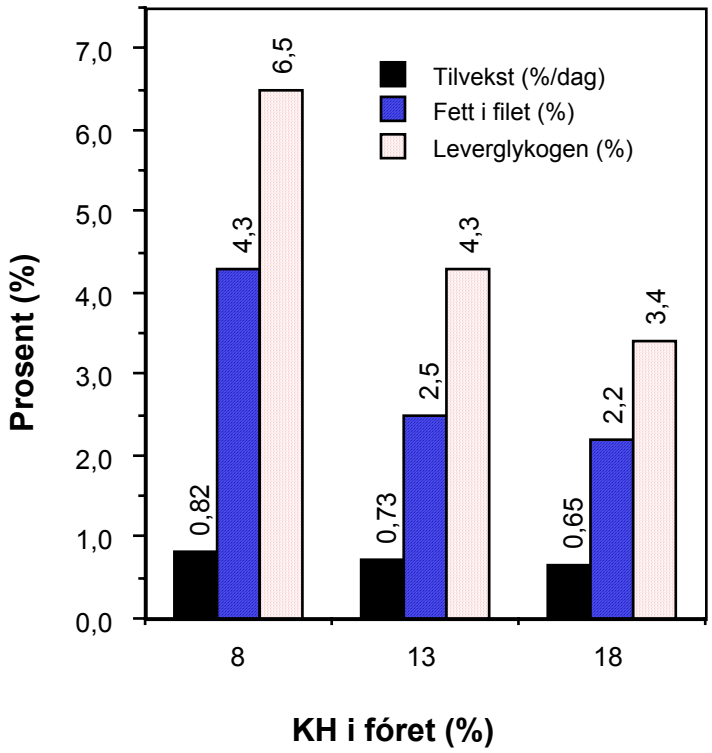
Tabell 4-3. Gunstig sammensetning av hovedkomponentene i fóret (gitt i %) til marine fisk. I tillegg vil fóret ha tilsetning av vitaminer, mineraler o.l.

	Torsk	Steinbit	Piggvar	Kveite
Protein	50-60	45-55	50-55	60
Fett	10-15	14-18	18-22	20-22
Karbohydrater	max 15*	10-15	6-10	< 5

*: så lav som mulig



Figur 4-20. Sammenhengen mellom vanninnhold i fóret og steinbitens tilvekst (%/dag) og fórfaktor (Moksness *et al.*, 1995).



Figur 4-21. Tilvekst (SGR; %/dag), andel fett i filet (%) og andel glykogen i lever (%) som funksjon av stivelse i fôret (%) (Moksness *et al.*, 1995).

Tabell 4-4. Eksempel på fôrtype i tilvekstfasen for piggvar. Dataene kommer fra en undersøkelse i Spania i 1992. Hovedmengden av fisken ble fôret mjukfôr.

Diet	Antall anlegg	Produksjon (t)	%	Fôrfaktor
Skitfisk	6	660	32,1	2,3 - 5,8
Mjukfôr	8	1315	64,1	1,7 - 2,5
Tørrfôr	2	75	3,6	0,9 - 1,9

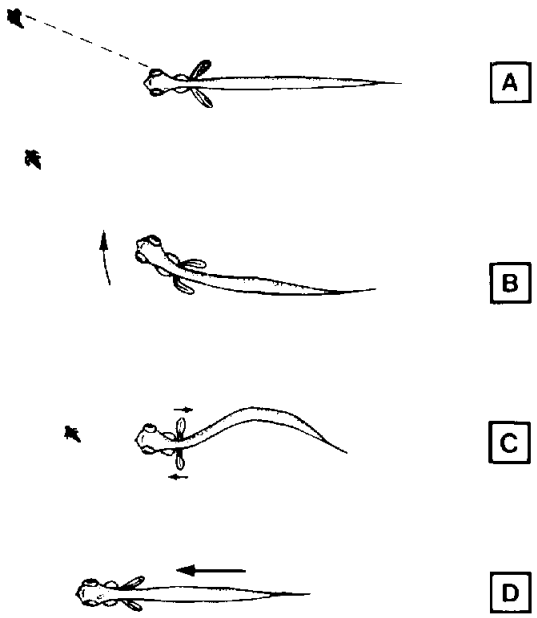
Tabell 4-5. I produksjon av piggvar er kostnader til fôret 30-40% av de total kostnadene. Det er derfor viktig å oppnå høy daglig tilvekst og lav fôrfaktor (lavt fôrforbruk). Datane i denne tabellen angir daglig tilvekst (SGR) og beregnet fôrfaktor (FC) for ulike størrelsesgrupper av piggvar i tilvekstanlegg i Spania.

Fiskestørrelse (g)	SGR	FC
1-50	8	1,04
50-250	1,79	1,65
250-500	0,83	1,92
500-1000	0,62	> 2
1000-2000	0,34	> 2

5. Atferd

Fiskenes adferd er av betydning for hvilke type anlegg som skal tilpasses den enkelte art, hvor fisken hovedsakelig tar fóret, om fisken har aggressive tendenser og om fisken har særegen adferd i forbindelse med gyting. I oppdretts-sammenheng er det av interesse om mulig å kombinere flere arter i ett oppdrettsanlegg. Torsk og steinbit i felles kar kan kanskje være av interesse. Begge skal ikke ha for fett fór, torsk vil benytte rommet i karet, mens steinbit vil benytte flaten (bunnen). Dermed får en utnyttet både rom og flate i et kar. Torsken vil hovedsakelig ta fóret enten i overflaten eller i vannsøylen, mens steinbit vil ta fóret på bunnen. Dette har enda ikke vært testet ut slik at en ikke kan si at dette vil fungere. Et forsøk med å bruke rødspette som "støvsuger" i et strandavstengt lakseanlegg resulterte ikke i et positivt resultat. Rødspetten gikk opp til overflaten for å spise ved fóring og spiste lite og ingenting av det fóret og de fórrester som ble liggende på bunnen.

Stamfiskens adferd i forbindelse med gyting kan gi viktig informasjon når f.eks. tidspunktet for stryking er det beste. Torsk og hyse vet vi gir både lyd fra seg og oppfører seg helt særegent like før gyting (hos torsk bruker en naturlig gyting, stryking er ikke nødvendig) og mellom hann- og hunn- steinbit (disse må strykes) oppstår det et spesielt spill timene før hunnen gyter. Ved å kjenne adferden vil en kunne "time" strykingen meget godt og kunne få ut modne egg.

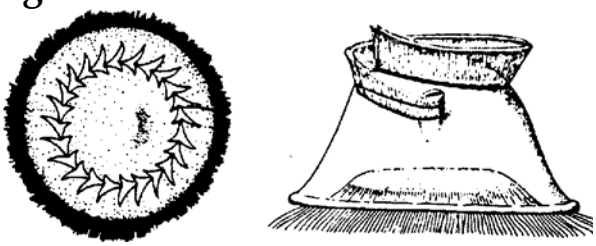


Figur 5-1. Jaktatferd hos fiskelarver. (A) byttedyrets posisjon i forhold til fiskelarvenes synsfelt, (B) fiskelarven orienterer seg i forhold til byttedyret, (C) og gjør seg klar til angrep ved å innstille seg i den typiske S-posisjonen, og (D) byttedyret fanges (Barnabé, 1990).

6. Helsespørsmål, profylakse, diagnosen og behandling

Årsakene til sykdom ligger hovedsakelig i svekket motstandskraft hos fisken. En svekking kan være forårsaket av uegnet fór, for høy fisketetthet, for intensiv fóring, rask tilvekst, opphopning av organisk materiale og oppkonsentrering av ulike smittestoff. Den fisken vi får inn utenfra vil i de fleste tilfeller ha med seg parasitter. De indre forventer man ikke vil bli overført mellom fiskene, noe som kan skje for de ytre parasittene.

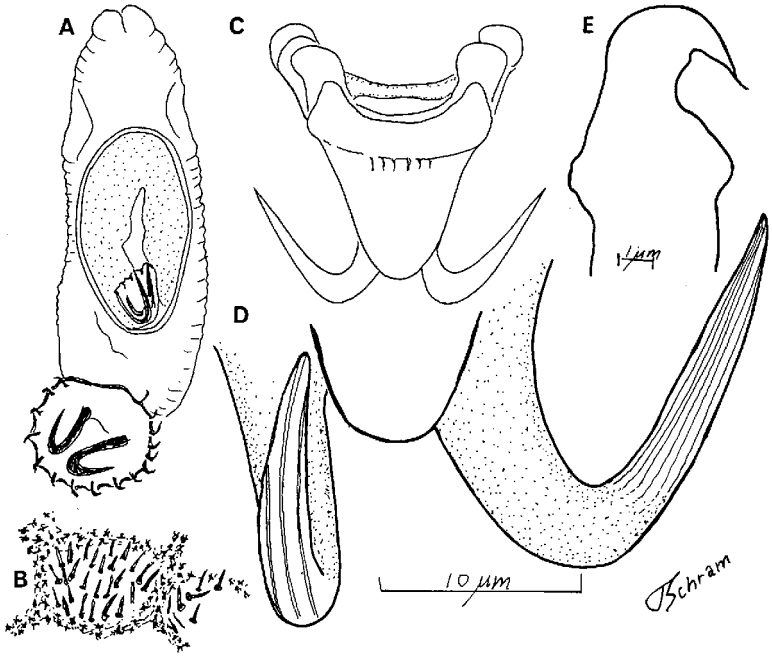
6.1. Parasitter, innvendige og utvendige



Figur 6-1. *Trichodina* sp. til venstre sett overfra og til høyre sett fra siden.

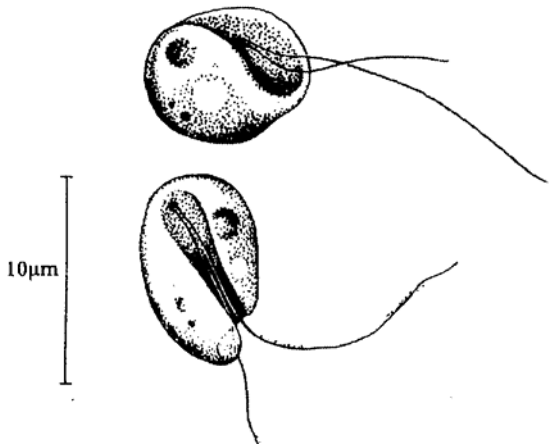
Trichodina er en hudparasitt (encellet ciliat) på 30-100 µm (0.03-0.1 mm). Infeksjonen kjennetegnes ved at fisken får: - Hvite uregelmessige flekker på hode og oversiden av kroppen - Finnene virker slitt - Langsomme (trege) bevegelser på fisken - Delvis eller fullstendig tap av appetitt

- Fisk dørStore mengder av *Trichodina* kan også ødelegge fiskenes gjeller fullstendig. I tillegg kan *Gyrodactylus* sp. (Fig. 6-2), som er en monogen, (finnes mange arter) lage store problemer hos marine arter. *Gyrodactylus* forekommer ofte sammens med *Trichodina*. Ved hjelp av festeorganet (opisthaptoren) forårsaker den sår på finner, hud og gjeller. Hos gråsteinbit løsnet store deler av huden "over natten" og fisken døde. Behandling: Formalin tilsettes karet slik at fortynningen blir 1:4000. Karet står så uten vanngjennomstrømning i omlag én time. Oksygentilsetning må vurderes. Behandlingen gjentaes 2 - 3 ganger med 4 dagers mellomrom. Ved forebyggende tiltak nyttes 1:6000.



Figur 6-2. Skisser av *Gyrodactylus* sp. A = hele snylteren med karakteristisk sugskål. B = bit av hud med parasittene samlet i forsenkning. C = de harde deler av haptoren. D =

forstørret illustrasjon av tungespissen på ventralbrua og de terminale deler av ankerne. E = marginalhake (Tegnet av T. Schram, Universitet i Oslo).



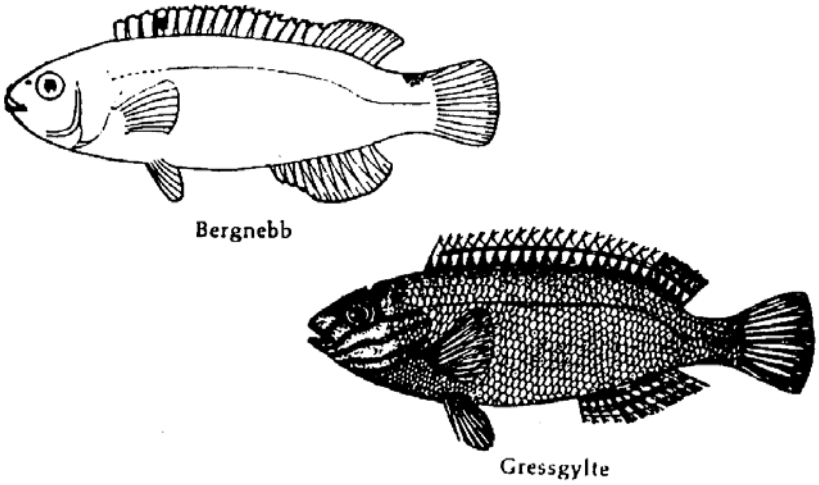
Figur 6-3. Skisse av Ichthyobodo (tidligere kallt Costia).

Costia (*Ichtyobodo necator*) (Fig. 6-3) er som *Trichodina* en plagsom parasitt. Den finnes i tre former: 1) fastsittende, festet til epidermale celler på hud og gjeller. Den kan observeres i histologiske preparat som en pæreformet struktur, ca 8-12 µm lang. 2) som en frittsvømmende form, oval eller bønneformet med to flageller. Kan observeres ved mikroskopering av gjelle-hudavskrap. Dette stadiet er trolig ansvarlig for smitteoverføring (horisontal smitte) og 3) som en cysteform; ved ugunstige miljøforhold (for parasitten) kan den danne cyster i hud og på gjelle. Dette stadiet er noe omdiskutert, men stadig flere rapporter konkluderer med at det finnes et slikt cystestadium. Vanntemperaturer mellom 10-20°C favoriserer er hurtig reproduksjon av parasitten. Ved slike forhold kan en i anlegg observere akutt dødelighet, som er forårsaket av ødeleggelse av gjellevevet. Temperaturer under 8°C reduserer aktiviteten betraktelig.

Andre parasitter gir Kvitprikksyke/Fiskedreperen. Sykdommen skyldes ciliaten *Ichthyophthirius multitilis*, og den karakteriseres ved markerte hvite prikker på hud og finner; *Chilodonella*, er en svært vanlig ektoparasitt hos laksefisk. Denne protozoen ødelegger hudepitel og gjellelameller. Dreiesyke skyldes sporozoen *Myxobolus cerebralis*. Infeksjon medfører deformasjoner i skjellet og forstyrrelser av det sympatiske nervesystemet; PKD (Proliferativ Kidney Disease), en sykdom som skyldes en uklassifisert protozo (sannsynligvis sporozoen *Sphaerospora renicola*), karakteriseres ved utstående øyne og utspilt buk. Sortprikksyke skyldes den digene ikten *Cryotocotyle lingua* (Fig. 10-1-18) der strandsnegel er én av mellomvertene. Bendelorm, cestoder, med en rekke arter. Fiskelus med bl.a. artene *Argulus* sp. og *Ergasilus* sp. forårsaker skader ved å suge blod og lymfevæske; lakselus, *Lepeophthteirus salmonis*, er et problem i laksoppdrett; torskens gjellemakk (gjellelus), *Lernaeocera branchialis* (Fig. 10-1-19).

Formalin og malakittgrønt i blanding kan brukes som forebyggende behandling mot sopp og ytre parasitter. Konsentrasjoner som skal brukes er for malakittgrønt 1 ppm eller 2 ppm (1:1000000 eller 1:500000) og for formalin 83 ppm og 167 ppm (1:12000 eller 1:6000). Fremgangsmåte: Lag en stamløsning av 12 g sinkfri malakittgrønt i 1 liter formalin (NB! uten paraformaldehyd - dvs lyst bunnfall). Tilfør stamløsningen i karene etter ovenfor gitte konsentrasjon. Før tilføringen senkes vannstanden til ca 1/2 dybde. Sett i stigerøret. Fortynn utmålt behandlingsmiddel i vann fra karet som skal behandles i et forhold helst 1:100 før blandingen helles i karet. Rør godt om. La innløpet renne. Følg med fisken.

(Kilde: Tore Håstein, Veterinærinstituttet, Oslo).Ved behandling av larver og små yngel utføres formalinbehandlingen på følgende måte: Vannstanden senkes til 4 - 5 cm og utynnet formalin helles uti karet slik at konsentrasjonen blir 1:2000. Karet fylles opp på normal måte. Denne behandlingen foretaes hver 14. dag de 16 første ukene fra startfóring, siden én gang pr måned.

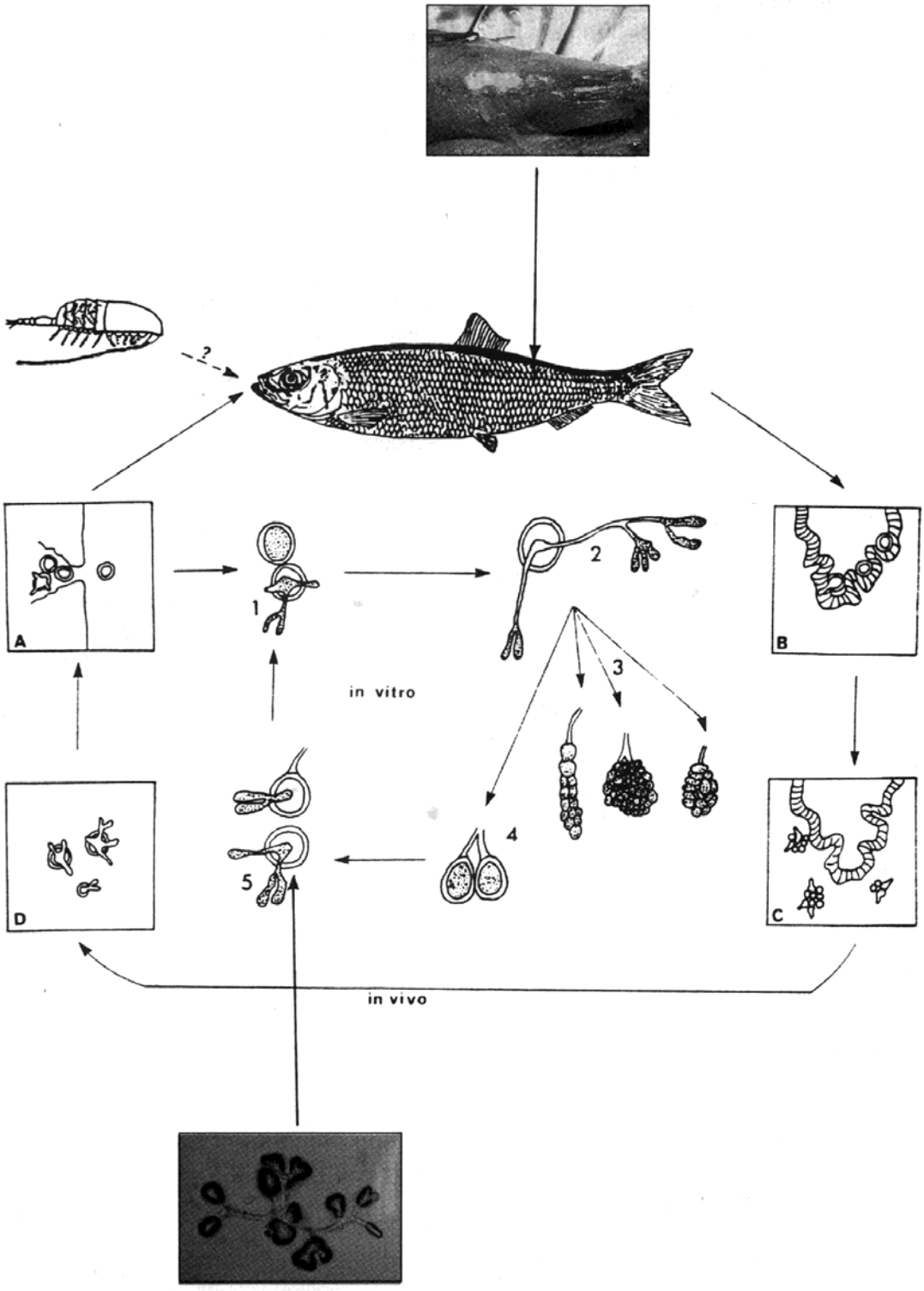


Figur 6-4. Gressgylte og berggylte som brukes i.f.m. avlusing av laks (Fiskets Gang nr. 11, 1991).

6.2. Sopp

Sopp skaper også problemer innen oppdrett av fisk og de mest kjente av disse er *Saprolegnia*, *Exophiala* og *Ichthyophonus*. På settefisk av laks kan *Saprolegnia* være plagsom. Soppen kjennes ved sitt bomullsaktige mycel på rogn og fisk. En sopp, som lett blir forvekslet med BKD, er *Exophiala* eller nyresopp. Denne kan i tilfeller gi høy dødelighet hos laksesmolt. *Ichthyophonus* forårsaker ukontrollerte svømmebevegelser om lengde-aksen og blir kalt tummelsyken. Ennå finnes det ikke noe bekjempelsesmiddel mot denne soppen. I 1991 ble det påvist angrep av *Ichthyophonus hoferi* på sild av nordsjø høstgytere og norsk vårgytende. Hvor stor andel av bestandene som har vært identifisert har det vært vanskelig å få mål for, men det forventes at dødligheten er lavere enn 5% hvert år. Hos sild angripes hjerte spesiellt, mens hos rødspette, hvor soppen også har vært påvist, angripes nyrene. Soppangrep (*I. hoferi*) på sild har vært registrert i USA tilbake til 1893. I følge Rosnes og Langvad (1993) er "soppen nå påvist i hele 80 arter av marine og ferskvannsfisk, bl.a. sild, brisling, makrell, flyndrefisker, torsk, hyse, brosme, laks og er også utbredt hos akvariefisk..... Det kan være vanskelig å sortere ut syk fisk, ytre tegn er rue mørke flekker i huden under bakre del av buken. Langt komne tilfeller har makroskoposke cyster under huden. Tidlige stadier av infisert fisk kan være svært vanskelig å påvise uten histologiske undersøkeelse..... Soppen har oral smittevei og aktiviseres i fiskens mavesyre (Fig. 6-5; Livssyklus av soppen med bilder). Herifra går den gjennom tarmveggen, følger blodbaner og etablerer seg i fiskens organer og i fiskekjøttet, hvor den også sporulerer. Enkelte fiskearter, f.eks. torsk, har større evne til å kapsle inn soppsporene slik at fisken ikke blir syk. Andre fiskearter gjør det i mindre grad og er derfor mere eksponert. Spesielt utsatt er stimfisk som sild og makrell. *I. hoferi* blir sannsynligvis overført fra fisk til fisk i form av de tykkveggete sporene. En kjenner ikke til at det foreligger noen mellomvert, selv om det spekuleres på om infisert copepoder kan overføre soppsykdommen. Sporene kan overleve i sjøvannskulturer i over 6 måneder uten tap av spiringsevnen. Man antar soppen kun har et aktivt liv i selve fisken og at den fører til fiskedød (obligat fiskepatogen), idet den aldri har vært påvist fritt i naturen utenom infisert fisk. Det er ingen indikasjon på at soppen kan gi sykdom hos mennesker, men utviklingen av soppen i fiskemuskulaturen gjør fisken uegnet til konsumvare".

Sopp på egg behandles med malakitt-grønt. Anbefalt oppløsning er 1:200000. Til et inkuberingskar (kombikarene) tilføres ca 10 ml stamløsning 2 - 3 ganger i uken. Stamløsningen blandes ut med 100 g malakittgrønt til 10 l vann.



Figur 6-5. Livssyklus til soppen *Ichtyophonus hoferi* (tummelsyke) (Rosnes og Langvad, 1993; etter Sindermann and Scattergood, 1954).

6.3. Bakterier Normalt er det under 2 million bakterier i hver ml sjøvann. Bare en liten andel av disse er sykdomsfremkallende. Noen velkjente bakterielle sykdommer hos laksefisk er: furunkulose, forårsaket av bakterien *Aeromonas salmonicida*, kaldtvannsvibriose (Hitrasyke), forårsaket av bakterien *Vibrio salmonicida*, Bakteriell nyresyke (BKD), forårsaket av bakterien *Renibacterium salmoninarum*, og yeriniose (rødmunnsyken), forårsaket av bakterien *Yersinia ruckeri*. Det er påvist at furunkulose kan overføres fra laks til kveite, torsk og leppefisk. Bakterien kan fremkalle sykdom hos disse artene, men de er langt mere motstandsdyktige mot furunkulose enn laks.Vibriose viser seg ofte med sårdannelser forskjellige steder på kroppen. Sårene kan være meget dype. Ved fangst og transport er fisken utsatt for stress og derfor lettere mottagelig for bakterieangrep. Også i forsøk kan bakterieangrep forekomme. For å få bukt med bakteriene brukes antibiotika. Antibiotikaen gis fortrinnsvis blandet i fóret etter følgende oppskrift: 20 g (antibiotika/sulfapreparater) per 100 kg fisk blandes i fóret. Gis daglig i 3 dager, opphold i 1-2 dager og samme behandling igjen i 2 dager. Da infisert fisk skjelden spiser vil bading av fisken i 1 time i løsning av antibiotika kunne hjelpe. Behandlingen gjentas med 24 - 48 timers mellomrom.
Klassisk vibriose eller Rødsyke hos ål (*Vibrio anguillarum*) bryter bare ut når temperaturen i vannet er høyere enn 11-12°C, mens andre vil være aktive ved andre temperatur områder. Syk fisk slutter å spise og antibiotika i fóret hjelper bare de som spiser. Flere vaksiner er på markedet og kan gi relativ beskyttelse opp til 90% av tilfellene. Ettersom fisk ikke danner antistoff før etter en viss alder (110 dager hos torsk), kan vaksinen først være effektiv hos minst 12 uker gammel fisk (ørret og torsk). Fisken blir da dyppet i 1/2 min i sterk vaksineoppløsning eller badet i 1 time i tynnere løsning ved temperaturer over 8-10°C. For finneråte hos torsk anbefales følgende behandling : 6 g **Iméquil** / m^3 vann i karet. To behandlinger à ca. 40 min., med 24-48 timer mellom hver behandling. Det anbefales å bedøve fisken. Når fisken er rolig, smøres såret/sårene med salven **Ecomytrin**. Behandlingen gjentaes med 2 dagers mellomrom til såret er helet.

Tabell 6-1. Påvist og potensielle fremtidige bakterie- og soppinfeksjoner i marine oppdretts populasjoner. (On: Påvist i norsk oppdrettsanlegg; Ou: Påvist i utenlandske oppdrettsanlegg; Au: Påvist i utenlandske akvarium; V: Påvist i ville fiskebestander i Nordsjøen; E: Eksperimentelt industri). (Rødseth *et al.*, 1991).

Agens	Torsk	Piggvar	Kveite	Kommentar
Aeromonas salmonicida subsp. *achromogenes*	Au	On	Au	Har forårsaket dødlighet på torsk og kveite i akvarium i USA. Er isolert i forbindelse med dødlighet på stor piggvar i oppdrett. Flere ganger isolert fra steinbit og leppefisk i forbindelse med dødlighet
Aeromonas salmonicida subsp. *salmonicida*				Er isolert fra gjeller og tarm fra torsk og sei i nærheten av furunkuloseinfisert lakseopdrett. Det ble ikke registrert klinisk sykdom.
Motile Aeromonas spp.	V	On		Isolert ofte i forbindelse med hudsår
Flexibacter spp.	V, On	V, On, Ou	On	"Problembakterie" i egg/larve-fasen, spesiellt på kveite. Forårsaker finneråte på yngel. Spiller trolig en vesentlig rolle i utvikling av sår i forbindelse med stryking av stamfisk
Mycobacterium spp.	V		V	Forårsaker fisketuberkulose. Lite vertsspesifikk. Vanlig på marine villfisk bestander.
Vibrio anguillarum	V, On	On, Ou	On	Den bakteriesykdom med størst utbredelse og forårsaker de største tapene. Størst tap først 6-8 mnd. etter klekking.
Vibrio salmonicida	On		On	Forårsaket høy dødlighet på innfanget torskeyngel i Finnmark i 1988. Er isolert fra en kveite.
Vibrio pelagicus		On, Ou		Flere påvisninger både i Norge og Spania. Lavere patogenitet enn *V. anguillarum*.
Vibrio splendidus		On, Ou		Flere påvisninger både i Norge og Spania. Lavere patogenitet enn *V. anguillarum*.
Ichthyophonus hoferi	V			Liten vertspesifisitet. har forårsaket utbrudd med høy dødlighet i ville bestander.
Exophiala sp.		Ou		Påvist ved ett piggvar anlegg i Frankrike

6.4. Virus Virus er små fragment (1/10 000 mm) av arvestoff omgitt av en proteinkappe og de formerer seg bare i levende celler. Til nå er omlag 30 forskjellige arter av fiskevirus kjent, og det er størst dødelighet på liten og ung fisk. En fisk kan være smittet uten å bli syk og kan være bærer for resten av livet. Forskjellige former for "stress" kan redusere fiskens motstandskraft, viruset oppnår gode betingelser og fisken blir syk. Den kan da dø eller friskne til, fortsette som bærer eller bli helt frisk. Antistoff mot viruset i blodet vil være bevis for at fisken har vært smittet.

Kjente virussykdommer er: IPN (Infektiøs pankreas nekrose) som er forårsaket av et birna-virus, i kombinasjon med stress. Smitten kan skje fra moren via egget (vertikal overføring). Sykdommen forekommer spesielt i yngelstadiet og kjennetegnes ved at fisken har korketrekkeraktige svømmebevegelser og vridninger som om den har smerter i buken. Den er påvist hos piggvar- og kveiteyngel i oppdrett og har forårsaket høy dødlighet. ILA (Infeksiøs lakseanemi) er en virussykdom og kan overfølres ved blodsmitte.

Tabell 6-2. Påvist og potensielle fremtidige virusinfeksjoner i marine oppdretts populasjoner. (On: Påvist i norsk oppdrettsanlegg; Ou: Påvist i utenlandske oppdrettsanlegg; Au: Påvist i utenlandske akvarium; V: Påvist i ville fiskebestander i Nordsjøen; E: Eksperimentelt industri). (Rødseth *et al.*, 1991).

Agens	Torsk	Piggvar	Kveite	Kommentar
Piggvar Herpesvirus		Ou, V		Påvist i villfisk og oppdrettsfisk i Skottland og Wales
Lymfocystis virus	V	Ou, V		Liten vertsspesifitet. Stor utbredelse i marine villfiskbestander i Nordsjøen. Spesiellt problem i oppdrett av Seabream/seabass i Sør-Europa
Viral erythrocytisk nekrose virus	V			Liten vertsspesifitet. Stor utbredelse i marine villfiskbestander i Nordsjøen.
Atlantisk torsk iridovirus	V			Assosiert med sårdannelse hos torsk (ulcussyndromet)
Atlantisk torsk adenovirus	V			Assosiert med sårdannelse hos torsk (ulcussyndromet)
Atlantisk torsk rhabdovirus	V			Assosiert med sårdannelse hos torsk (ulcussyndromet)
Inveksiøs pankreas nekrose virus		On, Ou	On	Isolert første gang på marin yngel i forbindelse med massedød på piggvar og kveite i 1989. Samme serovaranter som er isolert fra laks.
Reovirus		Ou		Nytt virus assosiert med lav kronisk dødlighet i spansk piggvaroppdrett.
Viral hemoragisk septikemisk virus		E		Primært assosiert med Egtvedtsyke hos regnbuørret. Smitteforsøk har vist at piggvar er mottagelig.

"Gassblæresyken" hos fisk er karakterisert ved små luftblærer under huden, særlig på tynnhudete partier som f.eks. kjeveregionen, øynene og finnene. Blærene kan også sees i

ganen og i deler av blodkarsystemet. Sykdommen kan medføre meget høy dødelighet på yngel, men også hos større fisk. Normalt er det hos fisk likevekt mellom de ulike gassers trykk i vann og de tilsvarende gassers trykk i fiskens forskjellige vev. Hvis det opptrer plutselige forandringer i dette trykket, vil denne likevekten opphøre, og dette kan føre til at det i fisken opptrer frie gasser som samler seg i bobler og blærer i de forskjellige vev og i blodet. Sykdommen oppstår når metningsgraden for gasser, særlig nitrogen, som er løst i vann overstiger 105-110 %. Nitrogen-overmetning kan inntreffe ved rask oppvarming av vannet, ved trykkøkning eller ved innsugning av "falsk luft" i rør. Problemet lar seg løse ved god utlufting av vannet.

Begrepet avitaminoser dekker de mangelsykdommer, skader og forandringer som skyldes utilstrekkelig tilførsel av ett eller flere av de vannløselige vitaminer. Dette er hovedsakelig de som tilhører vitamin-B- komplekset og C-vitamin (askorbinsyre) eller av de fettløselige vitaminene A, D, E, K eller P.**Thiaminmangel (Vitamin B_1)**Enzymet thiaminase finnes i bl.a. sild, lodde og reker. Thiaminasen ødelegger vitaminet thiamin (vitamin B_1) og vitaminmangel kan oppstå. Ved bruk av våtfór kan dette være et problem. Sykdommen observeres hos laksefisk ved at fisken får balanse- og bevegelsesforstyrrelser, bl.a. med dreining om lengdeaksen. Fisken avmagres gradvis, men dødeligheten er skjelden drastisk. For å bøte på forholdet er det observert god effekt ved tilskudd av thiaminhydroklorid til våtfóret. Vitaminisert melfórblanding kan også brukes. Thiaminet tapes i vårfór ved lagring. Det er derfor viktig at våtfórblandingen brukes umiddelbart.

Symptomer: sterkt nedsatt appetitt, dårlig tilvekst, nervøse bevegelser, manglende balanseevne, krampetrekninger.

Riboflavinmangel (Vitamin B_2) Kan observeres ved blakking av øyne, blødninger i nesebor og på gjellelokk. Resulterer i høy dødelighet.**Pyridoxinmangel (Vitamin B_6)**Resulterer i nervøse forstyrrelser og raske respirasjonsbevegelser, noe som tyder på skader i sentrale og perifere nerver. Forårsaker redusert matopptak og økt dødelighet.**Folinsyremangel** Fører hos laksefisk til forstyrrelser av bloddannelsen og til anemi. Anemi er en situasjon der de røde blodlegemer er forstørret og blir abnorme av utseende.**Pantothensyremangel**Gjellebetennelse og opphovnete gjeller.**Cyanocobalaminmangel (vitamin B_{12})**Samme virkning som folinsyremangel. Dårlig appetitt, nedsatt hemoglobin og fragmentering av de røde blodlegemer.**C-vitaminmangel (askorbinsyremangel)**Deformasjon av ryggraden, lordose (krumning nedad, sval rygg) og skollose (sidekrumning). C-vitaminmangel resulterer også i dårlig sårheling. Gulbrun væske i kroppshulen og vassent muskelvev.**A-vitaminmangel (retinol)**Dårlig tilvekst, henfall av hornhinne, blindhet og blødninger ved finnebase.**E-vitaminmangel (tokoferolmangel)**Vitamin E er viktig bl.a. som antioksidant i det dette vitaminet medvirker til å forhindre harskning av umettet fett og hindrer degenerering av retinol (vitamin A). Vitamin E beskytter også fiskens eget fett. Spesielt celleveggene er utsatt for nedbrytning ved mangel av vitamin E. Nedbrytningen er en oksydasjon og vitamin E fungerer som en antioksydant. Mineralet selen vil sammen med vitamin E forsterke denne effekten.

Symptomer: Redusert tilvekst, økt dødelighet, gulbrun væske i kroppshulen og vassent muskelvev.**Sinkmangel**Fører i ekstreme tilfeller til stor dødelighet, slitte finner og "grå stær", dvs blakking av øynene.

Kalsium-, fosfor-, magnesium- og manganmangel Mangler av disse fire kan gi deformasjon av ryggraden og magnesium magel til endringer i muskel og gjeller. Fosfor- og magnesiummangel kan føre til redusert tilvekst, høyt fórforbruk og dårlig forbeining.

7. Forflytting av levende materiale

7.1. Kommersiell transport av egg, larver og yngel

Ved forflytting av levende fisk er det viktig å holde en stabil pH (pH ~ 7), god tilførsel av oksygen, lave konsentrasjon av CO_2 og lave verdier av NH_4. I sjøvann er dette ofte ikke noe problem å holde stabil pH, sammenlignet med transport av ferskvannsfisk. Sjøvann er svakt basisk (pH ~ 8.2) og har bufferegenskaper. Ved transport av ferskvannsfisk har det vist seg at bruk av luft istedenfor ren oksygen har redusert oppløst CO_2 i transportkarene. Økningen av oppløst totalt ammonium er avhengig at mengde fisk i hvert av transportkarene.

7.2. Småtransporter

Ved transport av yngel benyttes plastposer og isoporkasser. Yngelen bør helst være i god kondisjon og sultet i 2 - 3 døgn før transport. Forholdet mellom vann og oksygen i posene skal være 1 : 3. For transport opp til 2 timer kan 1 kg yngel transporteres i 3-4 l sjøvann og omlag 10 l ren oksygen ved 5°C. 1 kg yngel tilsvarer omlag 15000 nyklekte larver eller 200 yngel på 5 g. Ved lengre transporter som f.eks 10 timer, bør antall nyklekte larver reduseres til 1000 og 5 g yngel til 20.Ved transport av ung og voksen flatfisk og steinbit kan disse fraktes tørt. Dette skjer ved at fisken pakkes inn i fuktet striesekk og plasseres i en balje. Det haes i omlag 10 l vann i baljen. Fisken kan nå transporteres opp til 1 time. Ved lengre (opp til 2 timer) må en ha is i baljen for å kjøle ned fisken.

8. Algeoppblomstringer, et problem også for marin fisk

Visse typer planteplankton kan skape store problemer for fisk i sjøvannsanlegg. Dette viste seg klart bl.a. i mai og juni 1988 på Sørlandet og i Rogaland, da fisk for omlag 15 mill NOK døde og i august 1989 i Rogaland, da fisk for omlag 30 mill. NOK døde. Giftige alger har skapt problemer for oppdrett av østers og blåskjell fordi giftstoffene har forårsaket lidelser hos skjellspisere. Hos fisk vet vi at dødelig virkning er avhengig av art og tetthet av alger. Algene kan være direkte giftige eller de kan klogge gjellene og forårsake kveling av fisken. Det etterfølgende er en oversikt over noen alger og deres virkinger på fisken:

Gyrodinium aureolum:
forårsaket fiskedød i Norge siden 1966.
<u>Effekter på oppdrettfisk:</u>
få alger (mindre enn 1 mill./l)
- ingen påvisbare akutte symptomer, men lang tids-eksponering kan gi effekt ?.

Moderate algemengder (1-10 mill/l)
- redusert appetitt
- noe skade på gjellene
- svømmer ved overflaten

Store mengder, brunt vann (mer enn 10 mill/l)
- fisken spiser ikke
- svømmer unormalt, uregelmessig
- "oksygenproblemer"
- store gjelleskader, svelling av primærlamellene, respiratoriske epitel løsner fra sekundærlameller
- saltbalansen forstyrres

Gymnodinium galatheanum:
Vanlig langs kysten, men har ikke forårsaket fiskedød i Norge. En nær slektning av *G. aureolum*. Har vist seg giftig i forsøk.

Alexandrium excavatum:

Klassisk årsak til giftige blåskjell, paralytiske gifter. Forårsaket fiskedød på Færøyene i 1984 og forårsaket fiskedød for første gang i Norge våren 1992 i Trøndelag. Har vært årsak til dødlighet hos sild, makrell og hval på østkysten av nord-Amerika. To mennesker død i Norge 1901 og 11 mennesker i Chile i 1991/92 etter konsum av skjell, hvor giften fra denne algen var den direkte årsaken. Den tar stadig menneskeliv i ulike land.

Store mengder alger gir rødbrunt vann, også mindre mengder (0.5 mill celler pr. liter) kan gi akutt fiskedød.

- fisken spiser ikke
- svømmer ved overflaten, "apatisk"
- nedbrytning og løsning av gjellevev
- lammelser (?)

forårsaket massedødlighet hos torskelarver i poll (Parisvatn, utenfor Bergen) 20 april - 6 mai 1992.

***Colacium* sp. (grønn flagellat)**

Har ikke forårsaket fiskedød i Norge, <u>forkommer primært i ferskvann</u>

Fester seg på huden av smolt under saltvannstilvenning, danner ansamling av celler og fører til punktblødninger. Forsvinner når sjøvannstilsetningen økes.

Giftige alger (*Alexandrium*, *Dinophysis*, *Prorocentrum*)

Fare for opphopning av algegift i dyreplankton og forgiftning av smolt som spiser dyreplankton etter utsetting. Mulige symptomer:

- avmagring etter diarre
- lammelser, fisken apatisk

Phaeocystis pouchettii

har ikke forårsaket fiskedød i Norge.

Udefinert "miljøbetinget" dødlighet.

***Chateoceros* spp.**

har ikke forårsaket fiskedød i Norge, men har skapt problemer for oppdrettsnæringen på østkysten av Canada siden 1985.

Sårskader og blødninger i gjellene

Chrysochromulina leadbeateri

Forårsaket fiskedød i Vestfjorden i mai 1991.

- membranskader.

Chrysochromulina polylepis

forårsaket fiskedød i Norge i mai-juni 1988, fra Svenskegrensen til Karmøy.

- Virksom ved høy saltholdighet.
- membranskader

***Chrysochromulina* spp.**

Fiskedød i Belt områdene, Danmark i april 1992.

Prymnesium parvum

forårsaket fiskedød lokalt i Ryfylket i 1989, 90 og 91.

-Virksom i brakkvann i små konsentrasjoner, 200-300.000 alger/l.

- membranskader

Dictyocha speculum

En masseoppblomstring av den nakne formen av silikoflagellaten (opptil 25 mill. pr. liter) ble i mai 1983 satt i sammenheng med fiskedød i beltområdene i danske farvann.

Heterosigma akashiwo

Er en av de alvorligste problemalger for japansk fiskeoppdrett. I Norge kjent fra en stor oppblomstring i Oslofjorden i 1964, men har til nå ikke gitt fiskedød i Norge. På Færøyene døde store mengde laks under en oppblomstring i august-september 1988. Også utenfor Island og Storbritania har den forårsaket fiskedød.

Pseudonitzschia f. pungens

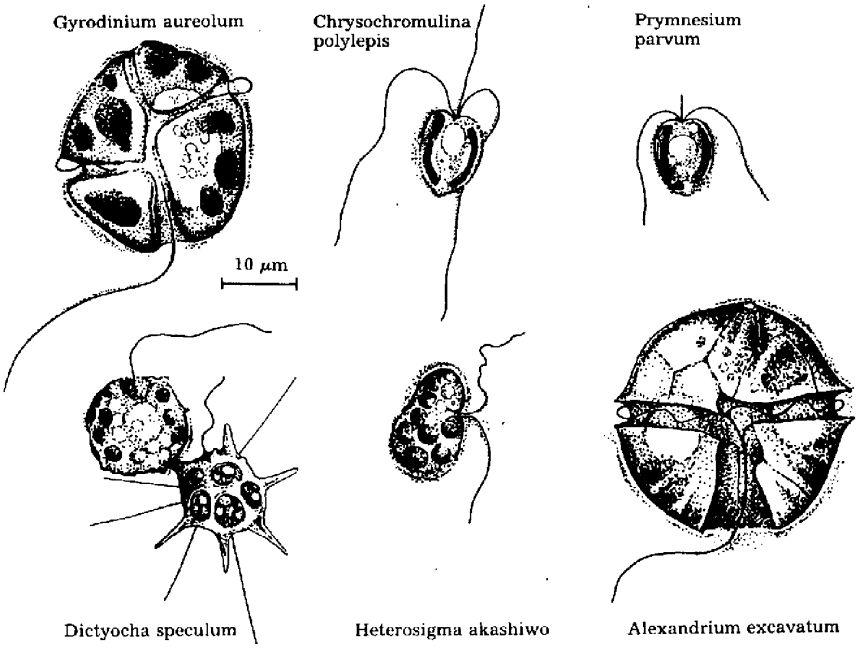
Forårsaket "domoic-acid" i blåskjell på østkysten av Canada i 1987.

***Pseudonitzschia* spp**

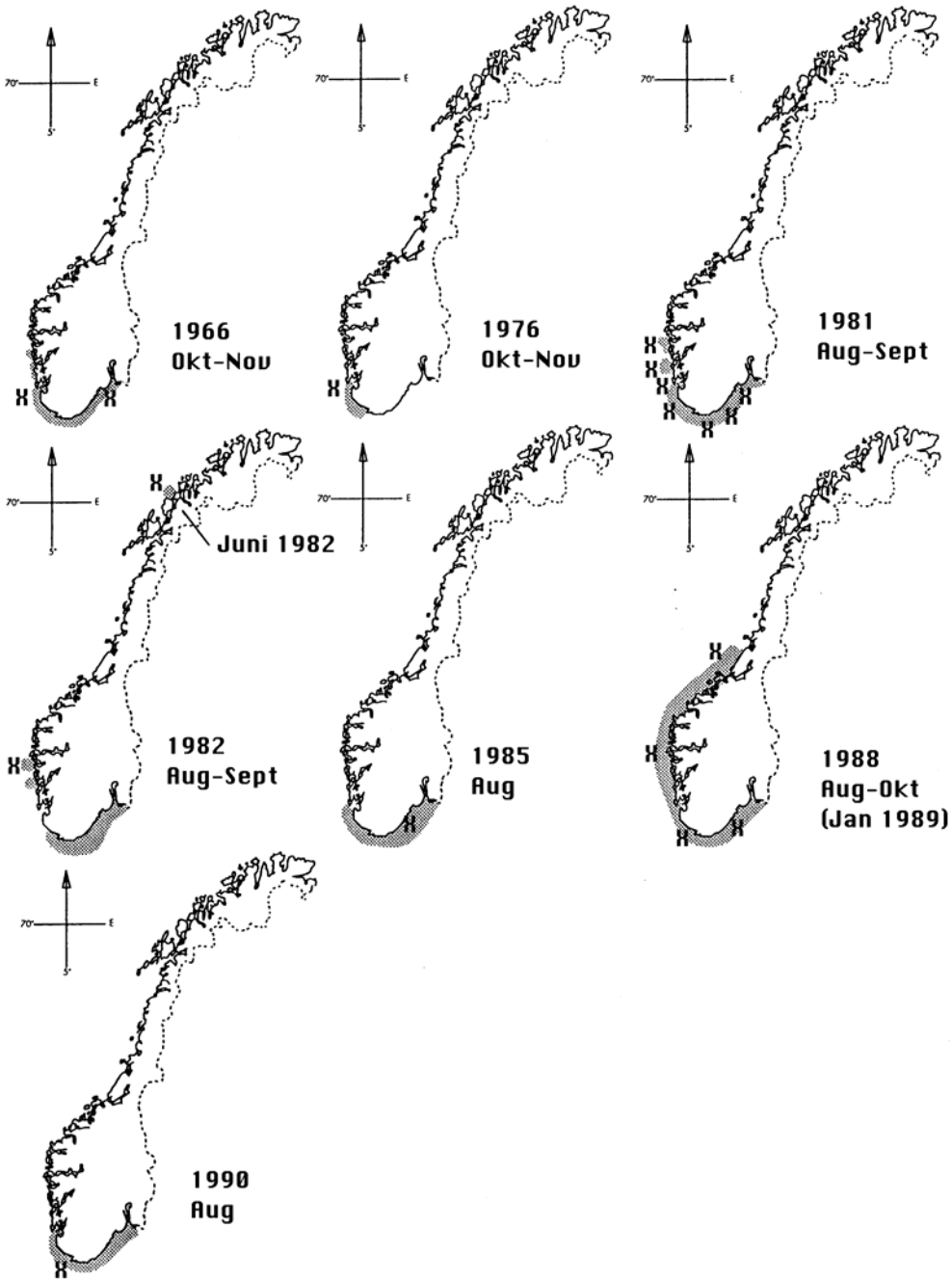
Fare for "domoic-acid" i skjell.

Diverse alger

Alle oppblomstringer av alger i høye konsentrasjoner fører til dårlig appetitt og unormal oppførsel hos oppdrettsfisken.



Figur 8-1. Skisser av alger (*Gyrodinium aureolum, Chrysochromulina polylepis, Prymnesium parvum, Dictyocha speculum, Heterosigma akashiwo, Alexandrium excavatum*) som kan være giftfremkallende (fra Fiskehelseboken, 1990).



Figur 8-2. Skjematisk fremstilling av den geografiske fordelingen av *Gyrodinium aureolum* langs kysten av Norge. Skraveringer indikerer områder med mer enn 106 celler/liter (høyeste tettheter vanligvis i 10 - 30 m´s dyp). Betydelig fiskedødlighet er indikert med kryss. En oppblomstring i september 1991 dekket det samme området som i 1990 uten at noe fiskedødlighet ble rapportert (Dahl and Tangen, 1993).

Tabell 8-1. Potensielt toksinproduserende planktonalger i Norge. PSP = paralytic shellfish poison (lammende skjellforgiftning); DSP = diarrhetic shellfish poison (diarégivende skjellforgiftning); ASP = amnesic shellfish poison (skjellforgiftning med hukommelsestap). (Revidert av Karl Tangen, OCEANOR, 1992; NFFR-nytt, 5-92)

Art	Toksin
Alexandrium excavatum	PSP
Alexandrium minutum	PSP
Alexandrium ostenfeldii	PSP
Alexandrium tamarense	PSP
Amphidinium carterae	Udefinerte toksiner
Chrysochromulina polylepis	Lipidløslige toksiner
Chrysochromulina leadbeateri	Lipidløslige toksiner
Chrysochromulina spp.	Lipidløslige toksiner
Dictyocha speculum	Udef. toksiner (Lipidløslige ?)
Dictyocha fibula	Toksiner ikke påvist hittil
Dinophysis acuminata	DSP
Dinophysis acuta	DSP
Dinophysis dens	DSP
Dinophysis norvegica	DSP
Dinophysis odiosa	DSP
Dinophysis rotundata	DSP
Dinophysis skagii	DSP
Goniodima pseudogoniaulax	Goniodomin (thymus-toksin)
Gymnodinium galatheanum	Lipidløslige toksiner
Gyrodinium aureolum	Lipidløslige toksiner
Heterosigma akashiwo	Lipidløslige toksiner
Pseudonitzschia f.-pungens	ASP
Pseudonitzschia spp.	ASP ?
Noctiluca scintillans	Udefinert toksiner
Phaeocystis pouchettii	Lipidløslige toksiner ?
Prorocentrum balticum	Venerupin eller DSP ?
Prorocentrum lima	DSP
Prorocentrum micans	DSP ?
Prorocentrum minimum	Venerupin ?
Prymnesium parvum	Prymnesin

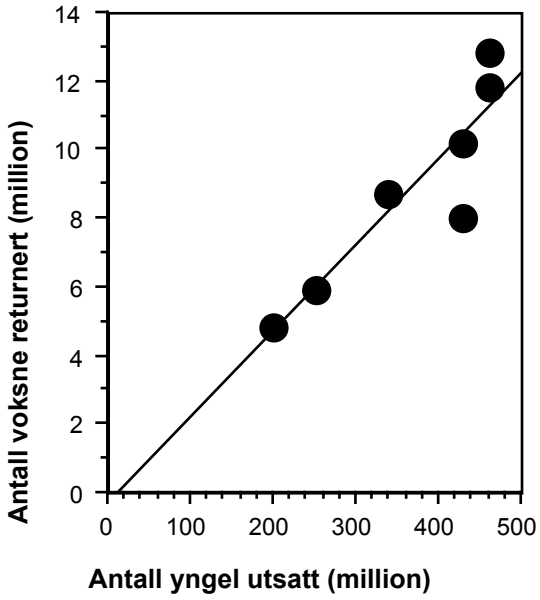
9. Havbeite

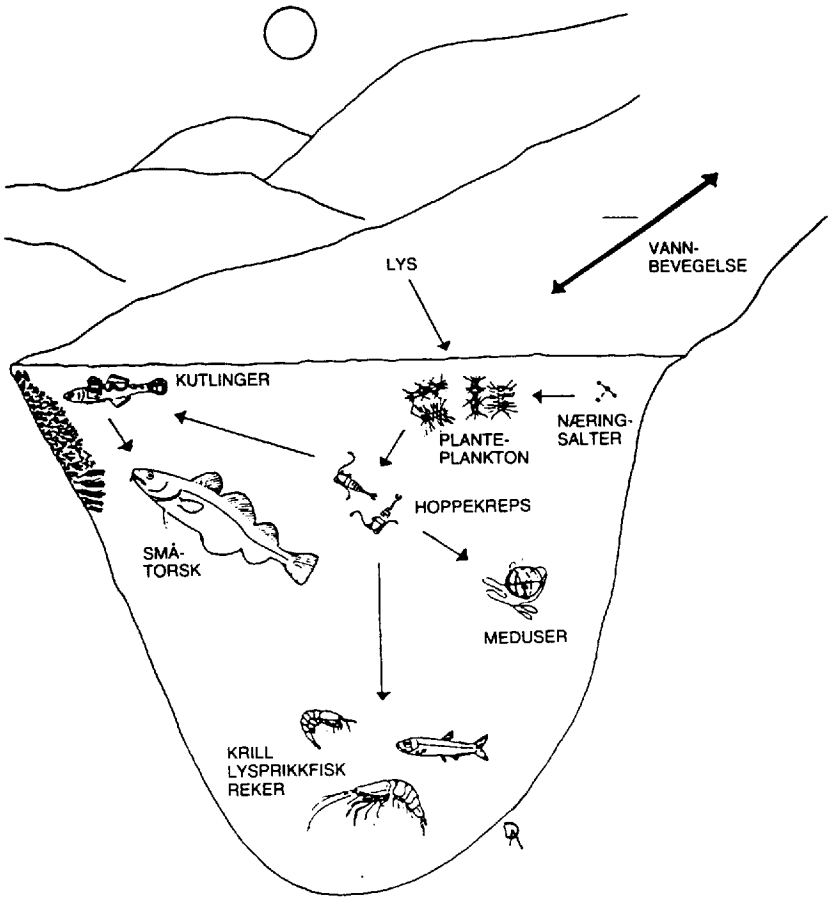
Figur 9-1. Plakaten som ble brukt i forbindelse med den første utsetting av torsk i 1976 og 1977 (Moksness and Øiestad, 1984).

Forholdet mellom utsetting og tilbakevenning av laks har vært undersøkt i en årrekke i Japan, som vist i Fig. 9-2. Imidlertid viser resultater fra utsetting av laks på vestkysten av USA at tilbakevenningen er meget variabel. Ideen bakom utsetting av torskeyngel er at torsken er meget stasjonær og er en av topp predatorene i lokale fjordområder, som indikert for Masfjorden (Vestlandet) i Fig. 9-3. Utsetting av torskeyngel i fjordsystemer foregår idag både i Nord-Norge, på Vestlandet og på Sørlandet. De første utsettingsforsøkene med kultiverte torskeyngel skjedde i 1976 og 1977 ved Forskningsstasjonen Flødevigen. Resultatene fra disse forsøk viste at torsken var meget stasjonær og hadde en tilvekst lik den en observerte for vill torsken. Resultater fra utsettingene viser også at gjenfangsten for hver utsetting kan komme opp i 50%, avhengig av fiskens størrelse ved utsetting.

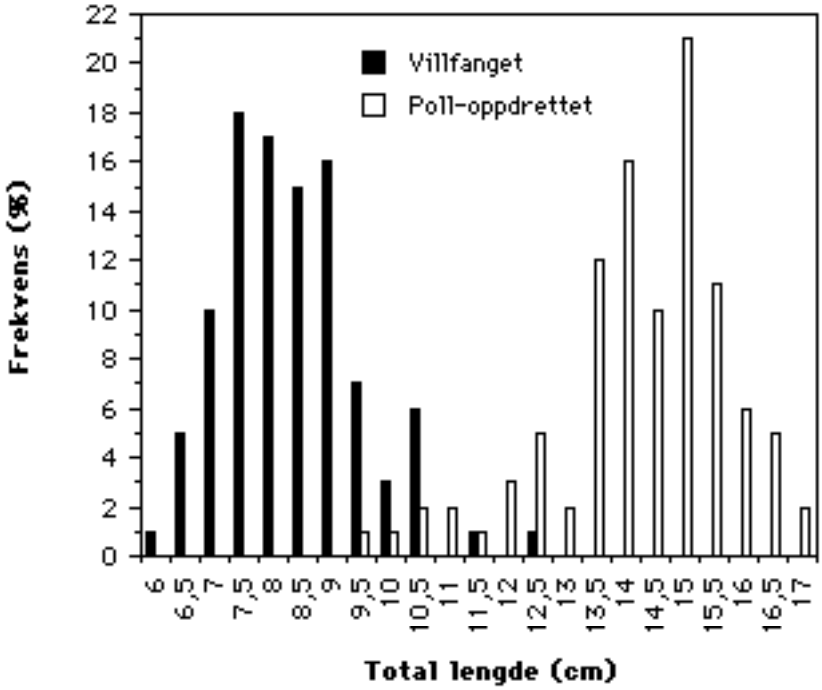
Den torske-yngel som blir produsert i poller har vist seg å ha en større gjennomsnittsstørrelse enn vill yngel av samme årsklasse (Fig. 9-4). Denne observasjon er viktig sett i forhold til havbeite. Naturlig dødelighet hos fisk i tidlige stadier i naturen har to årsaker, sult og predasjon. Denne form for dødelighet avtar etter som fisken blir eldre. Den utsatte fisken vil derfor ha større sjanse til å overleve enn f.eks. villtorsk.

Figur 9-2. Utsetting og tilbakevenning av laks (chum laks) i Japan i årene 1966-1972 (Kabayaski, 1980).



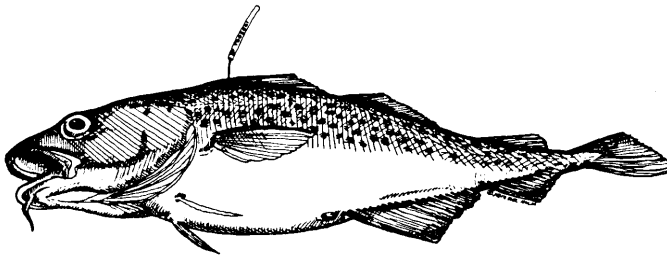


Figur 9-3. Skisse av økosystemet i Masfjorden (Smedstad og Nordeide, 1991).



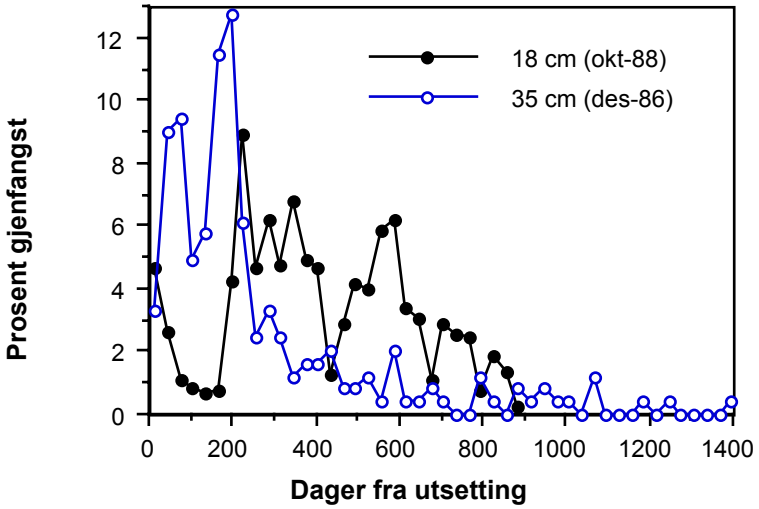
Figur 9-4. Lengde-frekvens fordelingen av 6-måneders torsk. Fra forsøk i Nord-Norge (Pedersen, 1988)

Figur 9-5. Torsk merket med ytre merke (Svåsand *et al.*, 1990).



Effekt av utsetting

Det er regionale forskjeller både i gjenfangst og tilvekst. Tilveksten hos torsk på Sørlandet og på Vestlandet er tilnærmelsesvis lik, mens det i Nord-Norge vil være noe lavere tilvekst. Innrapportering av merker er høy i perioden like etter utsetting, et typisk trekk ved alle utsettinger (Fig. 9-6). Imidlertid indikerer de foreløpige resultater på at det kan være noe høyere gjenfangster på Sørlandet i denne perioden, enn på Vestlandet. Stor fisk (35 cm) ved utsetting vil ha klart større gjenfangst i denne perioden enn små fisk (15 cm). Ser en på forholdet mellom Sørlandet og Vestlandet, viser de foreløpige resultatene høyere gjenfangst på Vestlandet (Fig. 9-7). Jeg tror årsaken til dette ligger i lavere tilbakemelding fra utsettingene på Sørlandet, begrunnet i utstrakt turisme i området som heller samler eller ikke rapporterer funn av merker. Resultatene viser også at størrelse ved utsetting er av stor betydning (Fig. 9-8 og 9-9). Imidlertid indikerer de foreløpige resultatene at gjenfangsten flater ut når fisken er større enn 25 cm ved utsetting (Fig. 9-7).



Figur 9-6. Tid fra utsetting til gjenfangst for to størrelsesgrupper ved utsetting på Sørlandet. Utsetting i oktober 1988 hvor fisken hadde en gjennomsnittlig lengde av 17,6 ± 2,1 cm og utsettingen i desember 1986 hvor fisken hadde en gjennomsnittlig lengde av 35,1 ± 3,4 cm (Kilde: D.S. Danielssen og J. Gjøsæter, HF Flødevigen, 1991).

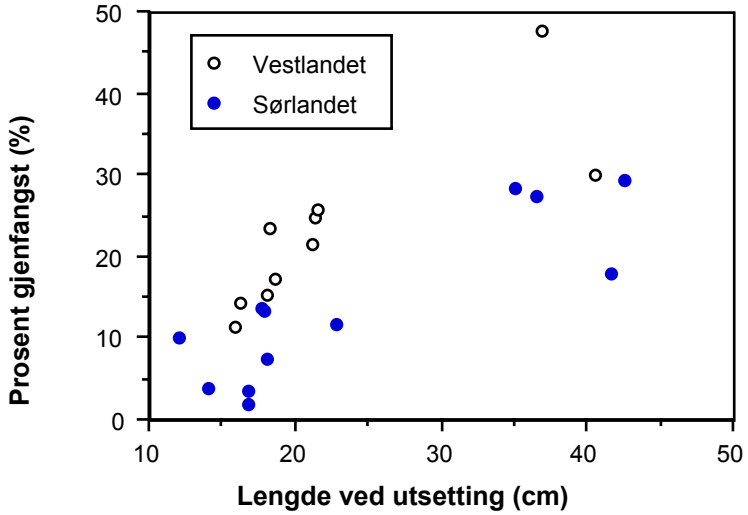
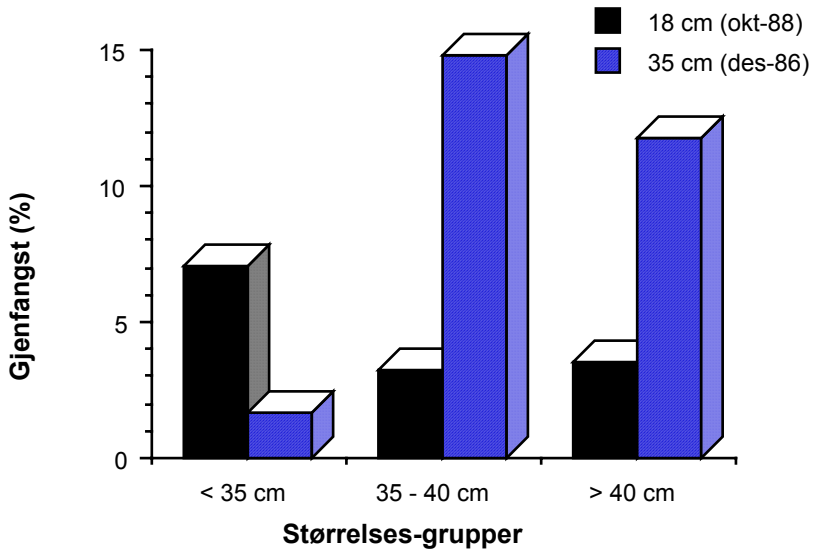
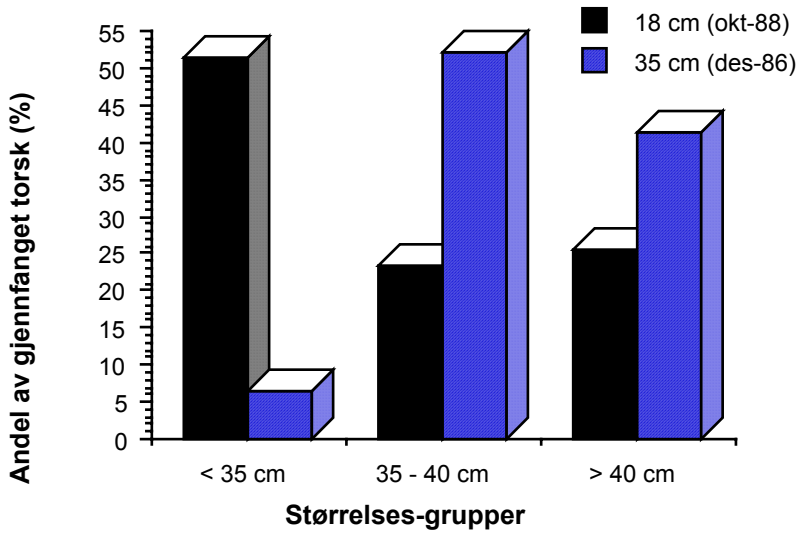


Figure 9-7. Total gjenfangst av torsk i forhold til størrelse ved utsetting. Data fra Vestlandet (Svåsand and Kristansen,1990) og fra sørlandet (Kilde: D.S. Danielssen og J. Gjøsæter, HF Flødevigen, 1991), Moksness (1990b) og Moksness and Øiestad (1984).



Figur 9-8. Gjenfangst iløpet av 3 år fra utsetting av torsk sortert i 3 størrelsesgrupper, beregnet av antall torsk utsatt. Fra forsøk på Sørlandet. Utsetting i oktober 1988 hvor fisken hadde en gjennomsnittlig lengde av 17,6 ± 2,1 cm og utsettingen i desember 1986 hvor fisken hadde en gjennomsnittlig lengde av 35,1 ± 3,4 cm (Kilde: D.S. Danielssen og J. Gjøsæter, HF Flødevigen, 1991).



Figur 9-9. Gjenfangst iløpet av 3 år fra utsetting av torsk sortert i 3 størrelsesgrupper, beregnet av antall torsk gjenfanget Fra forsøk på Sørlandet. Utsetting i oktober 1988 hvor fisken hadde en gjennomsnittlig lengde av 17,6 ± 2,1 cm og utsettingen i desember 1986 hvor fisken hadde en gjennomsnittlig lengde av 35,1 ± 3,4 cm (Kilde: D.S. Danielssen og J. Gjøsæter, HF Flødevigen, 1991).

Økonomiske betraktninger

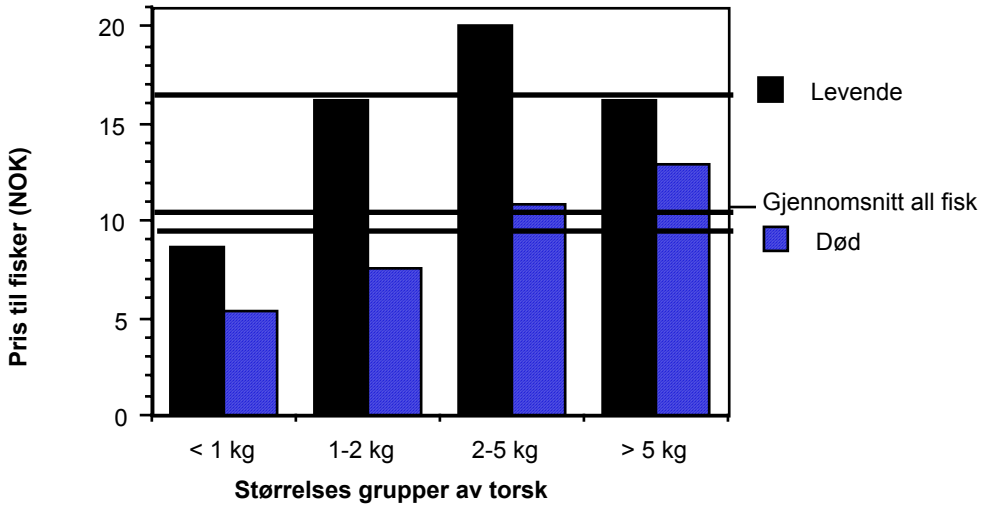
Når de økonomiske aspekter ved havbeite av torsk skal vurderes, er dette en meget komplisert problemstilling hvor flere økonomiske analyser må gjennomføres. Jeg akter her å gi en enkel fremstilling og resultatene må vurderes deretter.

I Perspektivskisse for norsk havbruk (Det nasjonale utvalg for havbruksforskning 1990) legges det vekt på betydning av rekreasjon og turisme, sitat: "*Tiltak for å integrere rekreasjon og turisme i en norsk kystnæring må utvikles av interesser knyttet til havbruk, fiske, landbruk og turisme i nært samarbeid med miljø- og naturverninteresser. Dette er viktig for å unngå interessekonflikter og for å få til en utvikling som tar hensyn til ulike brukere av kystområdene*". En aktuell løsning vil være at skal det betales en fiskeavgift også for fiske i saltvann. Dette er praksis i en rekke land vi kan sammenligne oss med. En aktuell størrelse ved utsetting vil være fisk på 15 cm og da kan en forvente at omlag 50 % av den fisken som gjenfanges, taes av fritidsfiskere og turister. Ved en utsetting av f.eks. 320.000 torskeyngel på Sørlandskysten vil dette utgjøre en kostnad på NOK 865.000 - 1300.000/år som burde kunne dekkes gjennom fiskekort. Ved en fiskekortavgift på NOK 50,- på Sørlandet (vil variere for dag, weekend, uke, sesong), hvor omlag 50.000 personer kjøper slike kort, vil det gi en inntekt på 2.5 mill NOK. Til sammenligning selges det i Oppland fylke 45.000 kort årlig til en gjennomsnittspris på NOK 50,-. Omlag 75 % av kjøperne er tilreisende (Kilde: Fiskeforvalter J. Skurdal, Oppland fylke, 1991). Sørlandet, definert som området Jomfruland - Kristiandsand, har et innbyggertall langs kysten på omlag 148.000 mennesker. Området besøkes av et stort antall feriegjester i løpet av ett år, men noe tall som angir størrelsen eksisterer ikke. Imidlertid har en nylig undersøkelse for Risørområdet konkludert med at dette området har omlag 500.000 gjestedøgn i løpet av ett år (Kilde: Reiselivskonsulent G. Knutsen, Aust-Agder Fylkeskommune, 1991). En grov beregning basert på tallet fra Risør gir at hele området, fra Jomfruland til Kristiandsand, sannsynligvis har mer enn 5 mill gjestedøgn i året, noe som indikerer at et salg av 50.000 fiskekort (1 % av antall gjestedøgn) vil være mulig. Salg av fiskekort av denne størrelse vil dekke 100 % av produksjonskostnadene for produksjon av minst 720.000 torskeyngel. Både den større sannsynlighet for å kunne få fisk, samt økte gjenfangster av torsk over salgbar størrelse, vil kunne gi en økt verdiskapning i området.

I Råfiskeloven står det at: "*det er forbudt å fiske eller beholde ombord.....torsk under 42 cm nord for 64°N og 30 cm sør for 64°N*". Denne loven er laget for å redusere neddrepingen av småfisk og derav bedre ressursgrunnlaget for det kommersielle fisket. På Sørlandet er grensen til vanlig 35 cm. Den pris som betales for fisken vil variere med størrelse og om fisken er levende eller død. Imidlertid viser beregninger (Fig. 9-10) at innslaget av levende fisk i ferskfiskomsetningen er lite i forhold til død fisk og ikke vil påvirke gjennomsnittspris i noen nevneverdig grad. For Sørlandet var gjennomsnittsprisen i 1990 NOK 10,80. Som nevnt tidligere er gjenfangstprosenten avhengig av størrelse ved utsetting, noe som også kommer til uttrykk i Tabell 9-1, hvor det er gitt en rekke nøkkeltall fra to utsettinger på Sørlandet. Størrelsen av fisken ved utsetting og kostnader forbundet med produksjon av yngelen er to viktige faktorer ved en lønnsomhetsanalyse for havbeite. I Tabell 9-2 er det gitt to enkle alternative framstillinger ved utsetting av torsk av to ulike størrelsesgrupper. Dette er en meget enkel framstilling, som ikke tar hensyn til f.eks. kostnader forbundet ved utsetting og gjenfangst. Alternativ 1 indikerer at med de tall som er gitt, er minimum beregnet gjenfangst langt høyere enn det som hittil er registrert. En økning av gjennomsnittlig vekt til f.eks. 2 Kg for all fisk fanget som er > 35 cm, vil

fremdeles minimum akseptabel gjenfangstprosent være høyere enn det som hittil er registrert. Alternativ 2, som indikerer produksjonskostnadene forbundet med hver gjenfanget fisk, viser at disse er meget høye og ikke vil medføre noen verdiskapning. På Sørlandet kan en forvente at alle gjenfangster ikke er blitt innmeldt. Selv med en økning i gjenfangsten på 5 %, her må en fordele gjenfangstene etter allerede observert fordeling på størrelse, vil denne økningen ikke påvirke resultatet så mye at det kan snakkes om en reell verdiskapning.

I dette bildet vil sterke og svake årsklasser i de naturlige bestander virke inn på gjenfangsten, negativt og positivt. Det som i dag er av stor interesse å få utprøvet, er hvilke gjenfangster en vil kunne oppnå ved utsetting av torsk på størrelse 12 til 15 mm. Produksjonskostnadene er langt lavere og ut fra teorien om at de vil være større enn den ville torskeyngelen, skal disse individene ha store overlevnings-muligheter.



Figur 9-10. Gjennomsnittlig pris til fisker for levende og død torsk (rund vekt). Gjennomsnittlig priser for året 1990 angitt både for levende og død torsk. Gruppen > 5 kg gjelder for levende torsk, for død torsk er dette div. sløyd torsk u/hode. (Kilde: Skagerrakfisk, Kristiansand; 1991)

Tabell 9-1. Data for gjenfanget torsk på Sørlandet. Kondisjonsfaktor på 1,2 ved beregning av vekt. (Kilde: D.S. Danielssen og J. Gjøsæter, HF Flødevigen, 1991).

Gruppe	okt - 88	des - 86
Lengde ved utsetting	17,6 cm	35,1 cm
Vekt ved utsetting	65 g	520 g
Antall utsatt	11408	5842
Gjenfangst av utsatt fisk	13,8 %	28,3 %
Gjennomsnittlig lengde	34,2 cm	41,1 cm
Gjennomsnittlig vekt	480 g	833 g
Lengde for fisk < 35 cm	26,7 cm	31,7 cm
35-40 cm	37,4 cm	38,1 cm
> 40 cm	46,5 cm	46,3 cm
> 35 cm	42,1 cm	41,7 cm
Vekt for fisk < 35 cm	228 g	383 g
35-40 cm	626 g	663 g
> 40 cm	1206 g	1190 g
> 35 cm	900 g	870 g
% gjenfanget$ < 35 cm	7,1 %	1,7 %
35-40 cm	3,2 %	14,8 %
> 40 cm	3,5 %	11,8 %
Beregnet av gjenfanget fisk		
% gjenfanget < 35 cm	51,3 %	6,3 %
35-40 cm	23,2 %	52,2 %
> 40 cm	25,5 %	41,5 %

$: gjenfangst av torsk, 25 cm ved utsetting, vil gi noe annet gjenfangstmønster enn for torsk på 35 cm ved utsetting.

Tabell 9-2. To alternative beregningsmåter for å estimere minimum akseptabel gjenfangstprosent (alternativ 1) og minimum produksjons-kostnader av gjenfanget, utsatt torsk (alternativ 2). Kostnader ved utsetting og gjenfangst er ikke inkludert i beregningene.

Størrelse ved utsetting	(15 cm)	(25 cm)
(A) Produksjonskostnad/torsk	4,20 NOK	6,40 NOK
(B) Pris til fisker/kg (gjennomsnittsverdi)	10,80 NOK	10,80 NOK
Alternativ 1:		
(C) Produksjonskostnad/100 torsk (C=A*100)	420 NOK	640 NOK
(D) "Break even" i kg (D=C/B)	39 kg	59 kg
(E) Minimum % gjenfangst; torsk > 35 cm (E=(100*(D/X$))/100)	44 %	68 %
Alternativ 2:		
Gjenfangst som > 35 cm (fra Fig. 9-8)	~7%	~ 26 %
(F) Antall torsk utsatt/torsk gjenfanget	14	4
(G) Produksjonskostnader/torsk gjenfanget (G=F*A)	59 NOK	25 NOK

$: gjennomsnittlig vekt > 35 cm fra Tabell 9-1.

Tabell 9-3. Oversikt over noen merkeforsøk både av vill (w) og oppdrettet (r) torsk, som viser total gjennfangst og gjennfangst senere enn henholdsvis ett og 2,5 år fra utsetting av henholdsvis 0-gruppe fisk (7-22 cm) og eldre enn 0-gruppe (større enn 25 cm).

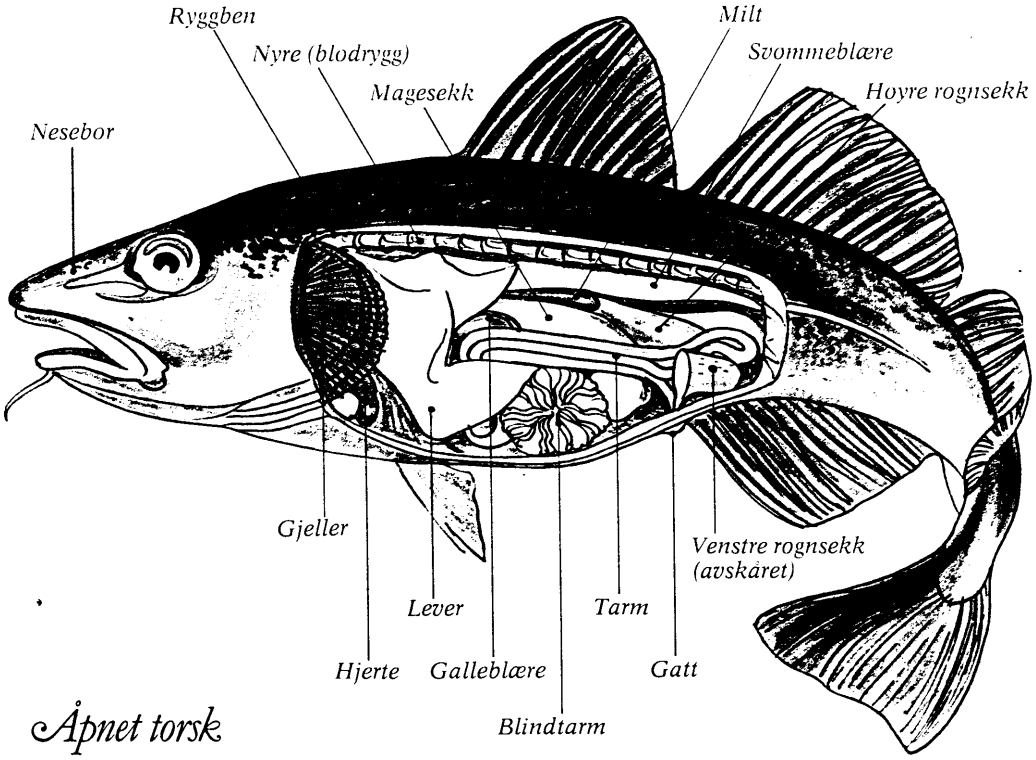
Størrelse ved utsetting	r/w	Total gjennfangst (%)	Gj.fangst senere enn ett år (%)	Gj.fangst senere enn 2,5 år (%)	Referanser
0-group	r	15,0		3,3	Svåsand and Godø (1987)
7 - 17 cm	r	3,8 - 10,2		0,0	Moksness and Øiestad (1984)
10 - 22 cm	r	7,6 - 11,7		< 1,0	Svåsand *et al*. (1990)
15 - 20 cm	r	0,8 - 17,5		-	Svåsand (1985)
25 - 45 cm	r/w	40 - 47,9	4,9		Svåsand (1990)
25 - 49 cm	r	32,0	5,0		Godø *et al*. (1986)
30 - 80 cm	r	40,0	5,0		Godø *et al*. (1986)
33 - 52 cm	r	29,4	4,4		Moksness (1990)
15 - 84 cm	w	10,9 - 34,0	-		Otterlind (1985)
< 40 cm	w	3,0			Otterlind ock Norberg (1988)
> 40 cm	w	12,6			-
22 - 110 cm	w	24,9 - 35,6	11,1		Danielssen (1969)

10. Omtale av de enkelte arter

10.1. Torsk (*Gadus morhua*)

Generell biologi, fiske og priser

Utbredelse: Størsteparten av det nordlige Atlanterhavet. Viktige gytegrupper: Norsk-arktisk torsk (skrei), Islandsk torsk, Grønlands-torsk, Nordsjøtorsk, Færøytorsk.



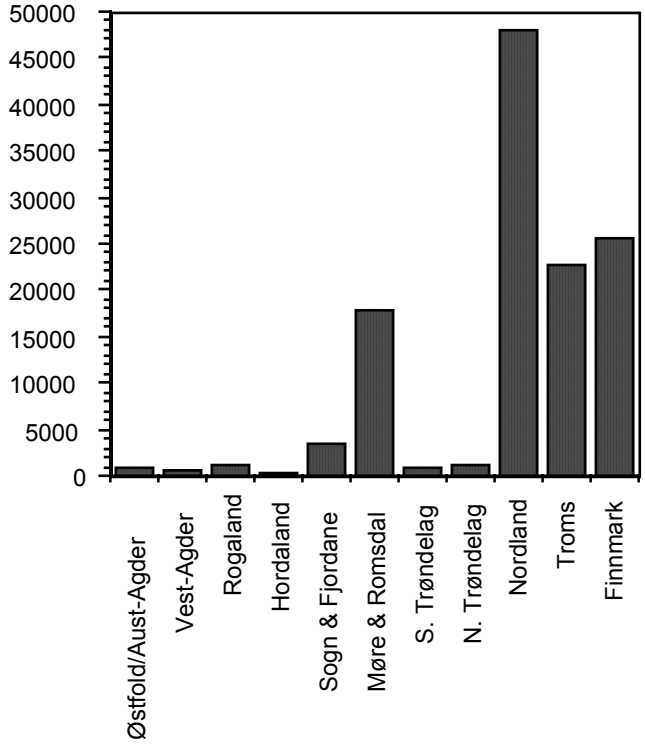
Figur 10-1-1. Torsk med angivelse av en rekke indre organer (Opplysningsutvalget for fisk).

Nordgrensen for norsk-arktisk torsk faller sammen med kaldtvannsfronten i Barenthavet. Kjønnsmodning: 6-12 år, de fleste ved 8 år. Skreien vandrer hvert år mellom gytefeltene (Lofoten, Møre) og beiteområdene (Barentshavet). Hovedgyting i Lofoten i slutten av mars. I Lofoten gyter skreien i overgangslaget mellom kystvann og atlanterhavsvann (temperatur: 4-6°C, dybde: 50-200 meter avhengig av styrken til den norske kyststrømmen). Larvenes hovedføde er nauplier av rauåte (*Calanus finmarchicus*). Larvene driver nordover med den norske kyststrømmen og omlag 40-50 dager etter klekkingen er

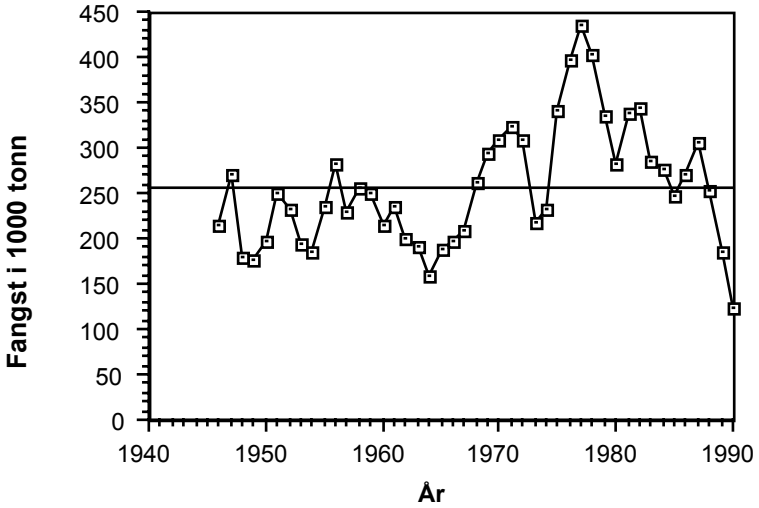
larven metamorfosert. Den er blitt sterkere pigmentert, finnene har begynt å utvikle seg og den har ett utseende som den voksne fisken. Yngelen er nå 12-15 mm. Utpå senhøsten begynner den ca 8 cm lange torskeyngelen å søke ned mot bunnen i Barentshavets oppvekstområder. Det pelagiske stadium har da vart i 3-5 måneder. I de 2-3 første årene er torsken stasjonær. Fra 3-4 års alderen danner torsken større stimer, og fra 4 års alderen følger de etter lodda på sin gytevandring inn mot Finnmarkskysten. Denne torsken kalles loddetorsk og gir opphav til det rike vårtorskefisket. For småtorsk i Barenthavet er reker, krill (euphausider) og amphipoder den viktigste næringen. For større torsk kan føden variere meget. Lodde, sild, sil, reke og krill er viktige grupper i dietten. Kannibalisme er meget utbredt hos torsk.

Torsk (*Gadus morhua*) fiskes overalt i norsk sone, men ilandføres hovedsakelig i de tre nordligste fylker, samt Møre og Romsdal (Fig. 10-1-2). Gjennomsnittlig har det vært levert 256.000 tonn/år av torsk i perioden 1946 - 1990 (Fig. 10-1-3), tilsvarende 512 oppdrettsanlegg, hver 500 t. I de områder hvor fisken også leveres levende, utgjør dette høyden 10% (Tabell 10-1-1), med 140 t i Hordaland og Sogn og Fjordane og 190 t i de distrikter som hører inn under Skagerrakfisk A/L. Fisket etter torsk skjer konsentrert over de første månedene i året (Fig. 10-1-4), mens i den resterende del av året (38 uker) leveres det gjennomsnittlig 1000 t/uke.

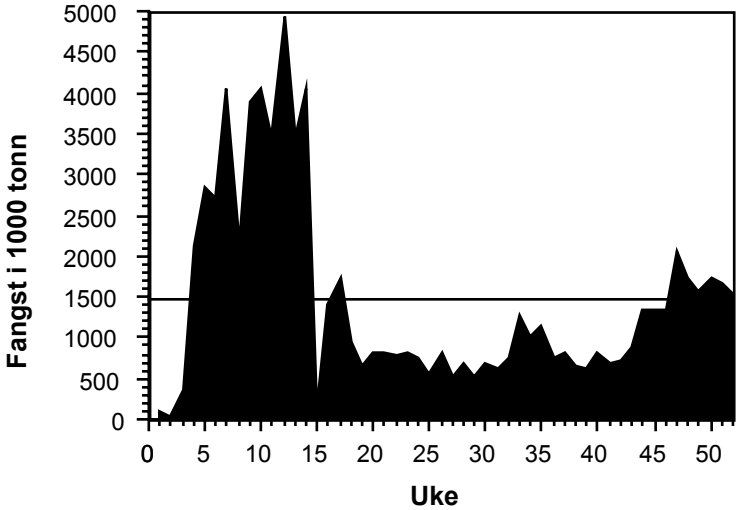
Prisen på torsk styreres, som for andre arter, av leveransene på markedet. Jeg har valgt en fiskeauksjon i Danmark som eksempel på de priser som kan oppnåes til fisker, og det er fisk av høy kvalitet for levering på det europeiske markedet. Prisen varierer mellom DKr. 11,50 og 16,00/Kg, med et gjennomsnitt for 1990 på DKr. 13,20/Kg rund fisk (Fig. 10-1-5). I Norge betales død torsk i gjennomsnitt med omlag NOK 10,00/Kg til fisker, mens levende torsk har et gjennomsnitt på omlag NOK 16,70/Kg (Tabell 10-1-2).



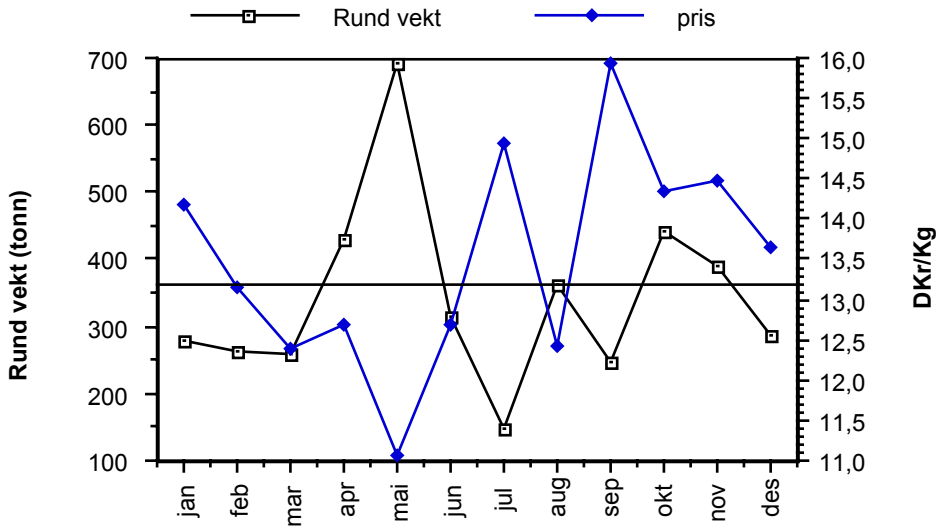
Figur 10-1-2. Fangstene av torsk (tonn) fordelt på fylker i 1990 (Kilde: Fiskeridirektoratet, 1991).



Figur 10-1-3. Fangstene av torsk i perioden 1946 - 1990. Stiplet linje angir årsgjennomsnittet (255.976 tonn) (Kilde: Fiskeridirektoratet, 1991).



Figur 10-1-4. Ukefangster av torsk nord for Møre i 1990. Stiplet linje angir gjennomsnitt for hver uke (1.459 tonn) (Kilde: Norges Råfiskelag, Tromsø, 1991)



Figur 10-1-5. Salg av torsk (blank - fersk, høy kvalitet) ved Hirtshals Fiskeauktion, Danmark i 1990. Totalt ble det levert 4115 tonn (rund fisk) til en gjennomsnittlig pris av DKr. 13,19 (horisontal linje) til en total verdi av 54.3 Mill DKr. (Kilde: Hirtshals Fiskeauktion, Danmark, 1991).

Tabell 10-1-1. Andel torsk levert som levende og død. Alt omregnet til rund vekt. (Kilde: Skagerrakfisk, Kristiansand og Vest Norges Fiskesalgslag, Måløy; 1991).

	Skagerrakfisk	Vest Norges Fiskesalgslag
Levende	13,8 %	6,7 %
Død	86,2 %	93,3 %

Tabell 10-1-2. Gjennomsnittlig pris til fisker (NOK) for torsk levert som levende og død. Alt beregnet av rund vekt. (Kilde: Skagerrakfisk, Kristiansand og Vest Norges Fiskesalgslag, Måløy; 1991).

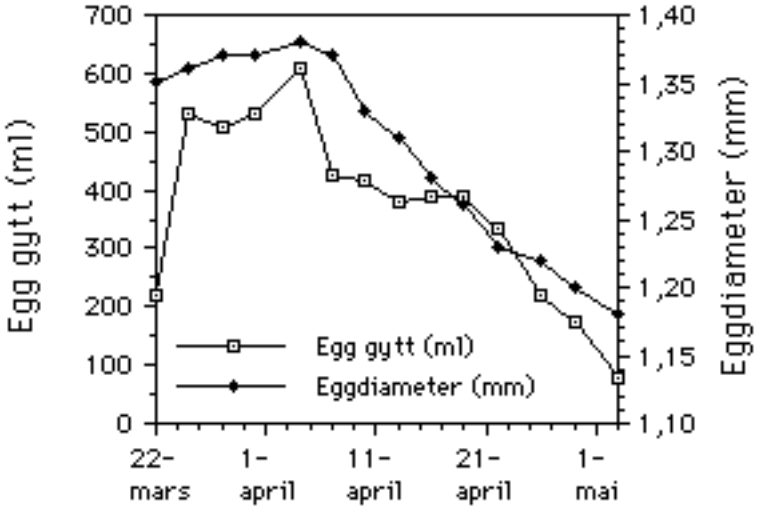
	Skagerrakfisk	Vest-Norges Fiskesalgslag
Levende	16,66	16,41
Død	9,57	10,42
Totalt	10,55	10,82

Oppdrett av torsk har fått stor interesse, til tross for moderat tilvekst og pris. Imidlertid er det gode priser til spesielle tider av året på det innenlandske markedet. Det trekker også i positiv retning at det er en enkel fisk å ha i kultur. Torsk oppnår en vekt på 2 kg etter 22 måneder og 3,5 kg etter 34 måneder. En forventet anleggstørrelse for torskeoppdrett er 500 t i årlig produksjon. Torsk henter omlag 50 % av energien i fóret fra proteiner. For høy andel av fett i fóret medfører forstørret lever (fettlever). Torsk lagrer fett for en stor del i lever, i motsetning til andre arter som kveite og steinbit, som lagrer fett under hud og ved finnebasis. Yngelproduksjon av torsk er basert på levende byttedyr fra startfóring og

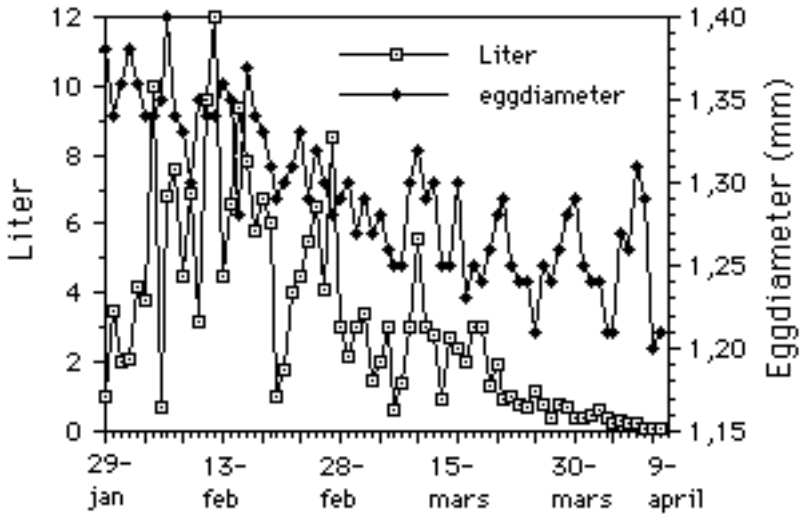
frem til en størrelse på 3 - 5 cm. Ved denne størrelse kan fisken fóres med mjuk- eller tørrfór. Torsk metamorfoserer (blir lik torsk slik vi kjenner den) ved en størrelse av omlag 12 mm (50 dager). Fisken har meget høy veksthastighet (~ 18 %/d) i tiden etter metamorfose og har derfor behov for et meget stort energiinntak. Det som ofte skjer ved pollproduksjon er at fisken ikke kan få dekket sitt energi-behov ved inntak av den type byttedyr den til da har levd på fordi de er spist opp og torskene begynner derfor å spise hverandre (kannibalisme). Generelt kan en si at antall yngel ved metamorfose er 4 - 5 ganger høyere enn det antall som til vanlig høstes ut av produksjonssystemene. En del av produksjon foregår i dag i poser. Intensiv startfóring av torsk har ikke kommet i gang og vil neppe være en realitet på enda noen år.

Stamfisk, gonadeutvikling, eggbefruktning og egginkubering

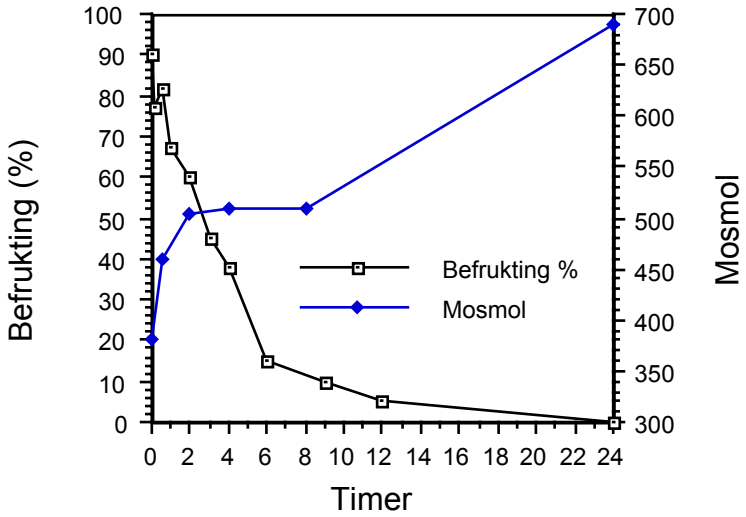
Torsken er en flerporsjonsgyter og Fig. 10-1-6 viser et typisk eksempel på gyting hos én hunn gjennom en gytesesong. Maksimal eggmengde fra denne hunnen var 600 ml pr. porsjon (ca. 500.000 egg pr. liter), hvor gyteperioden strakte seg fra slutten av mars til begynnelsen av mai. Eggdiameteren sank i samme periode fra 1,4 mm til 1,2 mm. Det samme bildet får en ved å se på gyteperioden for en hel gytegruppe (Fig. 10-1-7), hvor gyteperioden strakte seg fra slutten av januar til midten av april. Temperaturen kan brukes til å styre gyteperioden til torsken. Befruktningsevnen til torskeeggene avtar hurtig etter at de er sluppet ut av hunnfisken (Fig. 10-1-8); etter 3 timer vil under 50% av eggene la seg befrukte, og bare 5% etter 12 timer. Dersom egg ikke er befruktet, vil de synke etter omlag 24 timer, pga osmotiske forandringer som skjer i ubefrukta egg (Fig. 10-1-7). Gyteprosessen tar hardt på stamfisken, som vist i Fig. 10-1-9 og Tabell 10-1-3. Vekttapet kan være opp til 30%, og først mot slutten av juni måned vil torsken ha nådd samme vekt som den hadde før gytesesongen. Inkubasjonstiden for eggene varierer med temperaturen, ved 6°C vil inkubasjonen ta omlag 15 døgn, mens ved 12°C vil det ta omlag 8 døgn. Utviklingen av torskeegg og larver er vist i Kap. 12-9 (Appendix).



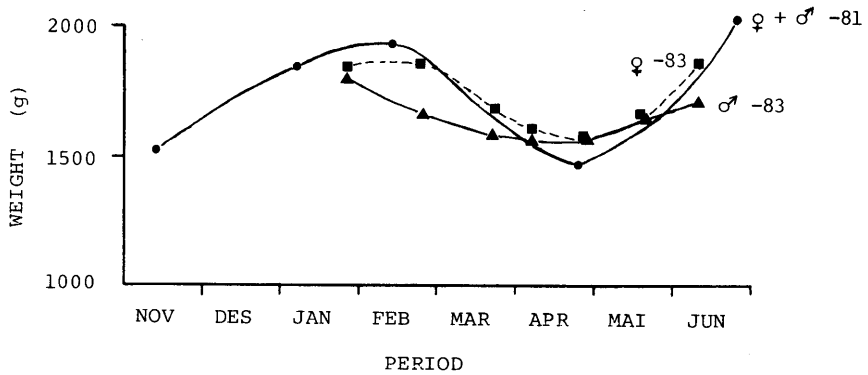
Figur 10-1-6. Gytt eggmengde og eggdiameter for én hunn torsk over totalt 14 gytinger iløpet av én gytesesong (Moksness, upubl. data).



Figur 10-1-7. Forandring i gytt eggmengde (liter) og eggdiameter (mm) hos en stamfiskgruppe av torsk.



Figur 10-1-8. Befruktningsprosent av egg fra torsk og osmotiske (mosmol) forandringer i ubefruktete torskeegg etter antall timer siden eggene ble presset ut av hunnfisken.



Figur 10-1-9. Forandringer i total våtvekt hos førstegangsgytere av torsk (Braaten, 1984).

Tabell 10-1-3. Vekttap hos torsk i oppdrett i løpet av gyteperioden (Pedersen og Jobling, 1988).

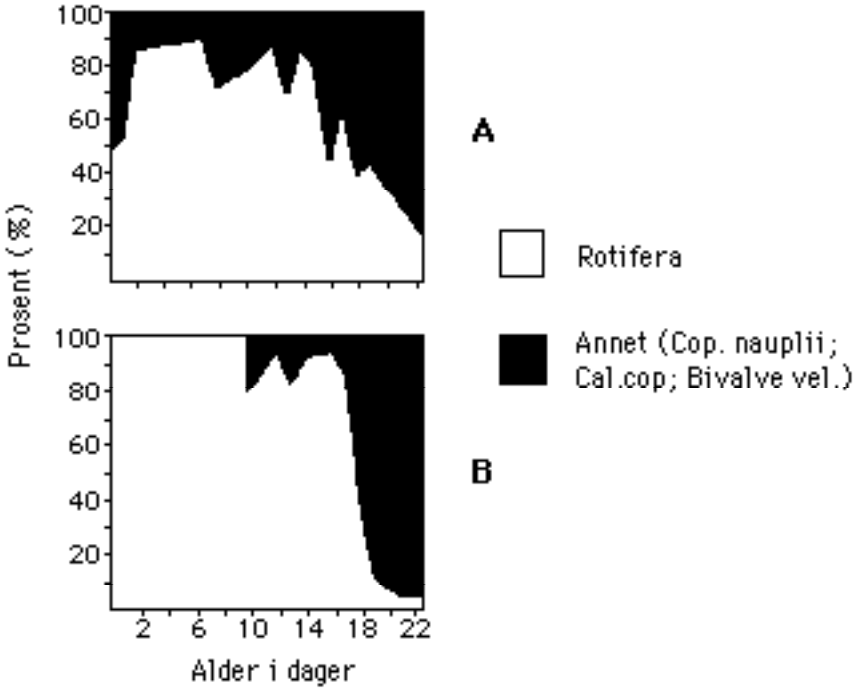
Referanse	Settfisk opprinnelse	Kjønn	Vekttap i % av kroppsvekt i gyteperioden
Braaten (1984)	Oppdrettet	Hann	15,9
"	"	Hunn	26,9
"	Villfisk fra Vestlandet	Hann	10,0
"	"	Hunn	14,8
Pedersen and Jobling (upubl.)	Villfisk fra Malangen	Hann	6,1
"	"	Hunn	10,2

Larver og startfóring

Larvene blir også påvirket av temperatur. Ved 6 og 18°C vil det ta henholdsvis 16 og 6 dager fra klekking til alle sultede larver har dødd. Torskelarvenes aktivitet øker fra klekking og har et maksimum i perioden rundt første næringsopptak. Opptak av fórpartikler i forhold til lysintensitet er vist i Fig. 4-10 (Kap. 4). Generellt sett sier en at lysintensiteten bør ligge mellom 0,1 og 2000 lux. Størrelsen av larvene ved første næringsopptak er viktig fordi store larver svømmer lengre og har større søkvolum enn små larver. Antall byttedyr som larvene spiser, vil ofte øke med lengde av fisken (Fig. 4-11; Kap. 4)) og størrelsen av byttedyrene (og derav økt energi-inntak) øker også med størrelsen av larven (Fig. 4-12; Kap. 4). Ofte snakker vi om "aksepteringstrekanten" til fiskelarven, som forteller oss om det minste og største byttedyr en fiskelarve kan spise, målt i forhold til fiskens lengde (Fig. 4-12). Begrepet "feeding incidence"[1] forteller oss hvor stor andel av larvene som har spist, mens begrepet feeding ratio[2] viser hvor meget de har spist. Torskelarvene vil i et basseng/poll/plastpose spise det som den finner, om det nå er dødt eller levende bytte. Fig. 10-1-10 viser hva torskelarver fikk tilbudt i et basseng og hva de spiste. Mageinnholdet gjenspeilte i hovedsak det byttedyrbilde som var tilstede i bassenget. Da byttedyrbildet forandret seg drastisk med nedgang i tettheten av rotatorier, gikk det bare et par dager før de fleste torskelarvene klarte å omstille seg til andre byttedyr.

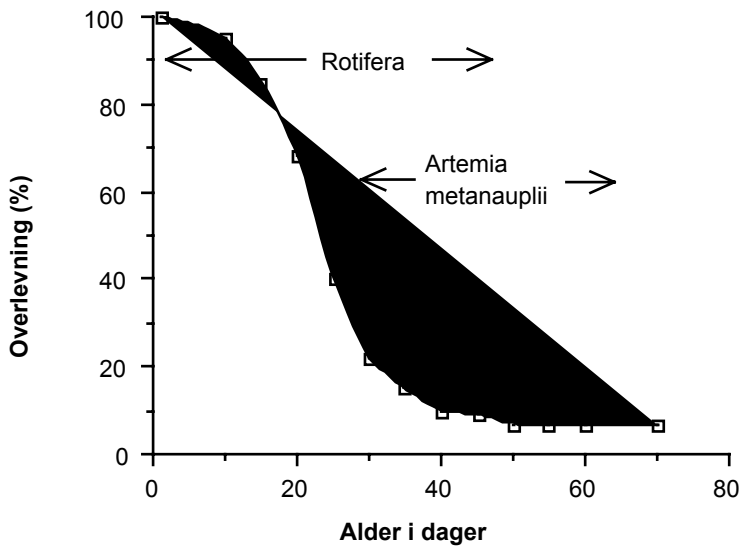
[1] Feeding incidence = % larver med mat i tarm.

[2] Feeding ratio = antall byttedyr pr. larve som har spist.

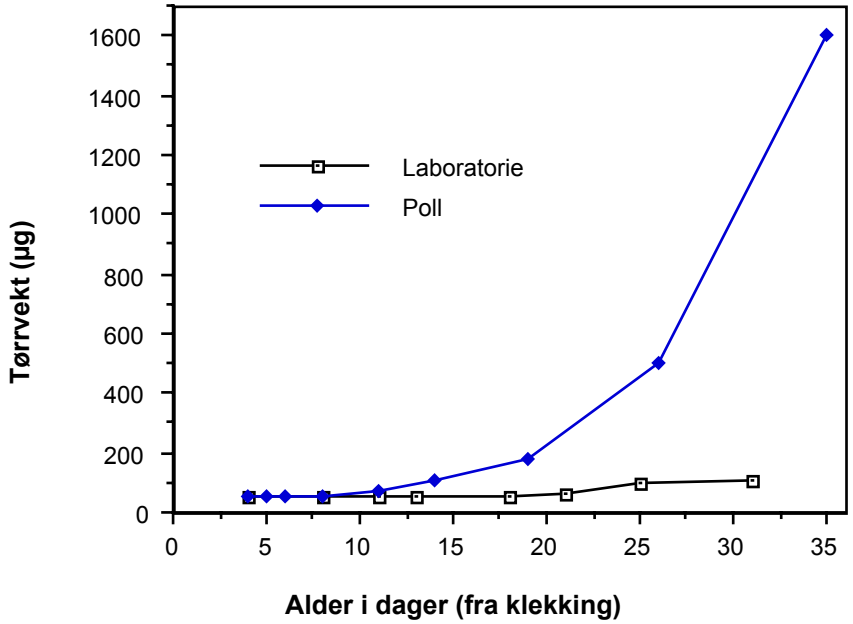


Figur 10-1-10. Et eksempel på byttedyrsammensetningen i planktonet (A) og i tarmen til torskelarver (B) (Moksness, upubl. data).

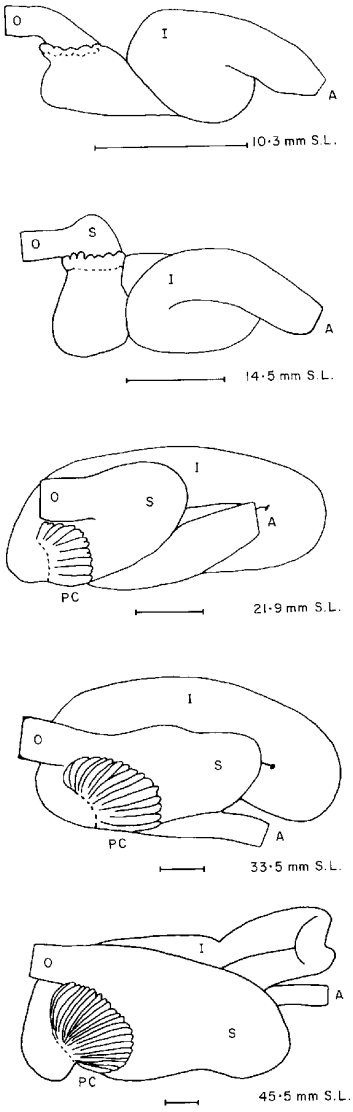
Det har vært drømmen til de fleste forskere som har holdt på med torsk, å kunne være istand til startfóre og få høy overlevelse hos torskelarver i laboratoriet. Dette har vist seg å være vanskelig. I Fig. 10-1-11 vises resultater fra engelske forsøk med startfóring av torsk i laboratoriet, hvor overlevelser mellom 5 og 10% ble oppnådd gjennom den første kritiske fasen. Byttedyrene som ble brukt i dette forsøket var rotatorier og *Artemia*. Målet er å kunne fremstille et formulert fór, men på grunn av partikkelstørrelsen (100-350 µm) lekker viktige deler av partikkelen til omgivelsene. Torskelarvene spiser fóret, men ingen overlever gjennom den første kritiske fasen. Størst suksess med startfóring av torskelarver har en hatt i basseng, poller og plastposer (Fig. 10-1-12).



Figur 10-1-11. Overlevelse av torskelarver i to startfóringsforsøk i laboratoriet (Howell, 1984).



Figur 10-1-12. Tilvekst hos torskelarver fra forsøk i Hyltropollen (Austevoll) og i laboratoriet (T. van der Meeren, Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjon Austevoll).

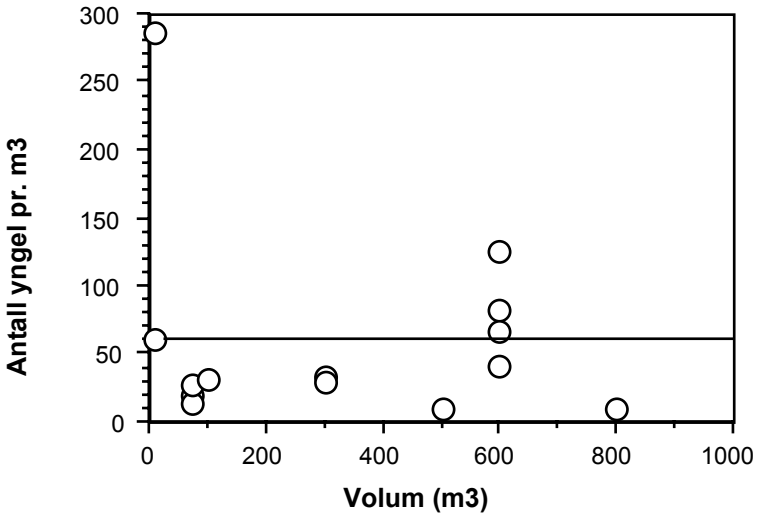


Figur 10-1-13. Utvikling av mage-tarm systemet hos torskelarver og-yngel. O = oesophagus; S = mage; PC = pyloric caeca; I = tarm; A = anus. Fiskestørrelse er standard lengde og horisontal linje angir 1 mm (Pedersen and Falk-Petersen, 1992).

Produksjon i poser

Det knytter seg økende interesse til bruk av plastposer i yngelproduksjonen. Poser på 7 m^3 har gitt 2000 metamorfoserte torskeyngel på 2-3 cm og dette tilsvarer en tetthet på ~ 285 yngel/m^3. Posene kan nå enkelt tømmes og larvene overføres til kar for videre oppfóring på tørrfór. Dette er samme idéen som idag benyttes for kommersiell produksjon av piggvaryngel i Norge. Gjennomsnittlig ble det produsert 60 yngel/m^3 (3 - 5 cm) i poser til og med sesongen 1990 (Fig. 10-1-14).

En mer intensiv driftsform og redusert kannibalisme er klare fordeler med poser. Kostnadene ved produksjon av 320.000 torskeyngel til 3-5 cm i poser er forventet å være omlag NOK 2,70/stk. Det forutsetter investeringer på 2.5 mill. NOK og driftsutgifter på NOK 865.000/år (inkl. lønn, renter og nedbetaling av gjeld i løpet av 10 år, innkjøp av egg, produksjon av 100 yngel/m^3, posevolum = 100 m^3; se Tabell 10-1-3). Dersom yngel produksjon begrenses frem til 12 - 15 mm stadiet (etter metamorfose) reduseres produksjonskostnadene til omlag 1/5, tilsvarende NOK 0,54/stk.



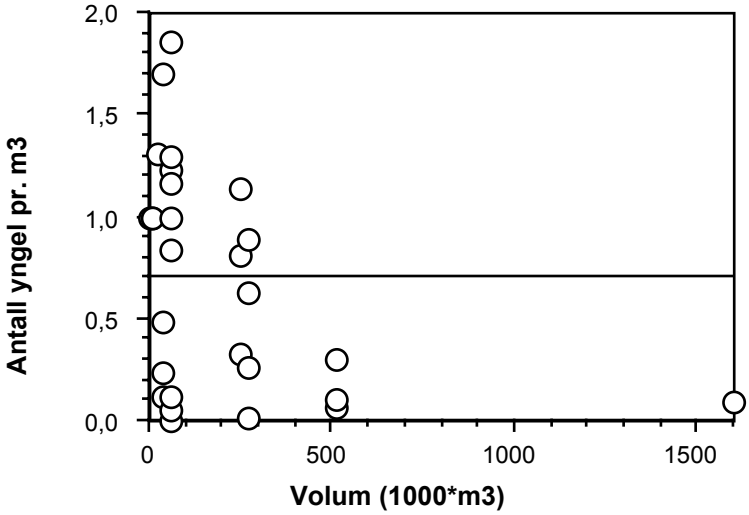
Figur 10-1-14. Antall torske-yngel produsert pr. m^3 vannvolum i poser. Gjennomsnittlig produsereres 60 yngel/m^3 på en størrelse av 3-5 cm.

Produksjonen i basseng/poller

Produksjon i basseng eller poller karaktriseres ved et høyt antall individer ved metamorfose (12 mm), fulgt av en dødlighet på nesten 90 % frem til uttak av yngel ved 10 - 15 cm. Gjennomsnittlig har det blitt produsert 0,7 yngel/m^3 vannmasse i slike systemer, men som det går frem av Fig. 10-1-15 er det en relativt stor variasjon fra år til år. Maksimalt antall yngel produsert har vært 2 yngel/m^3. Årsaken til de mange lave produksjonstallene har ofte vært sammenbruddet i byttedyrbestandene i perioden etter metamorfose, en periode hvor torskelarvene normalt vil ha daglige vektøkninger i underkant av 20%, så kravet til fór er stort. På grunn av mangel på byttedyr, har som nevnt kannibalismen tatt overhånd i disse systemene. Utskiftning av vann, som kan

tilføre nye byttedyr, har relativt sett vært større i små poller enn i store poller, slik at et større antall yngel/m^3 ofte har vært produsert i små pollene. Kontinuerlig tilførsel av byttedyr til basseng/poller ved å foreta innsamling av byttedyr fra sjøen, er nå under utprøvning og det kan føre til at en i framtiden kan oppnå en stabil produksjon på 2 yngel/m^3. Men produksjon av torsk i poll kan bryte sammen av naturlige årsaker. I en poll utenfor Bergen i 1992 døde hovedmengden av torskelarvene på grunn oppblomstringen av den giftige algen *Alexandrium excavatum*.

I et kommersielt anlegg vil produksjonskostnadene for 320.000 torskeyngel (10 - 15 cm) forventes å være NOK 4,20/stk, forutsatt investeringer begrenset oppad til 5.0 mill. NOK og driftsutgifter på NOK 1.4 mill/år (lønn, renter 14% p.a., nedbetaling av gjeld over 10 år, innkjøp av egg, produksjon av 2 yngel/m^3; se Tabell 10-1-3 for mer opplysninger).



Figur 10-1-15. Antall torske-yngel produsert pr. m^3 vannvolum i basseng og poll. Gjennomsnittlig produseres 0,7 yngel/m^3 på en størrelse av 5-15 cm.

Tabell 10-1-3. Forventet kostnader (NOK) ved produksjon av 320.000 torske yngel pr. år, henholdsvis i poser og poll (1991 kroner).

	Poser	Poll
Investeringer	2500.000	5000.000
Drift		
Lønn; 1,0 årsverk	200.000	-
Lønn; 1,5 årsverk	-	300.000
Renter (14 %)	175.000	350.000
Avdrag (10 år)	250.000	500.000
Strøm	60.000	100.000
Div. utgifter	180.000$	100.000
Sum drift	865.000	1350.000
Kostnader/yngel	2,70	4,20

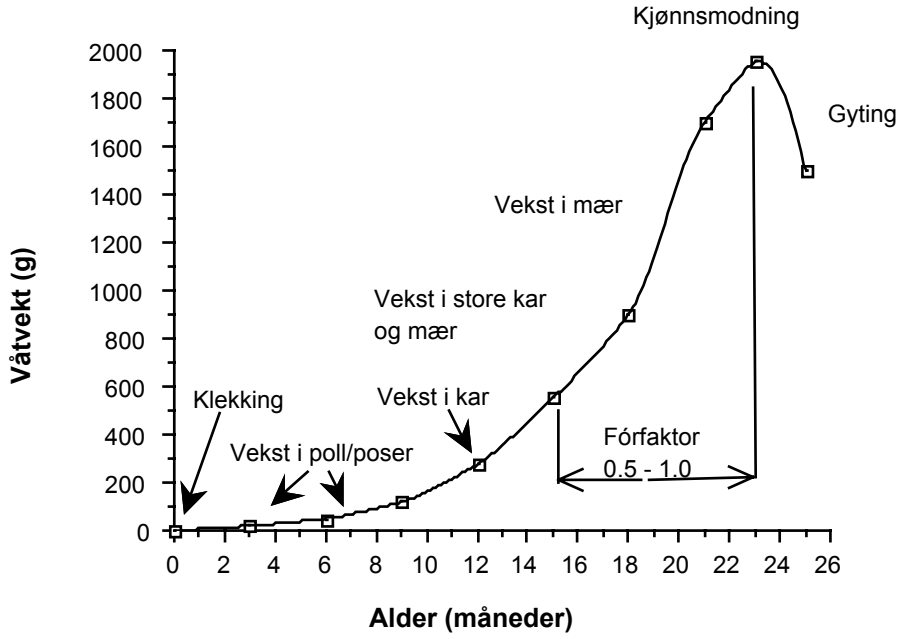
$: Inkl. kjøp av poser

Tilvekst i kultur

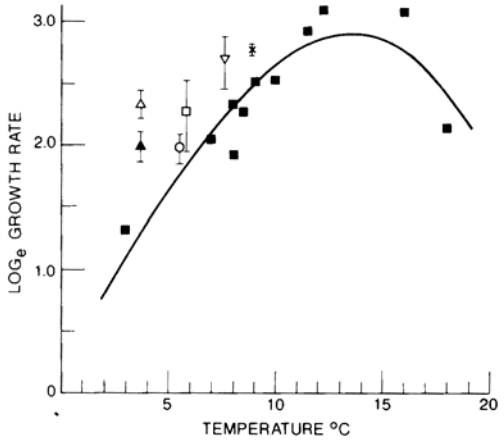
Den beste tilveksten hos yngelen får en i temperaturområdet 10-13°C, men veksthastigheten vil variere med størrelsen av fisken. Et typisk vekstmønster for torsk er vist i Fig. 10-1-16. Etter at fisken når gytestørrelse (ca. 2 kg), avtar vekten i løpet av gyteperioden for så å øke igjen. Hurtigvoksende torsk ved Austevoll havbruksstasjon har økt sin vekt fra 2 kg etter 22 måneder til 3,5 kg etter 34 måneder, noe som gir en daglig vektøkning på 0,15% (den største fisken i gruppen hadde hatt en daglig vektøkning på 0,17% i samme periode). Kannibalismen har vært mindre i mærer enn det en hadde forventet. I forsøk har det vist seg at i løpet av ett driftsår har 5% av fisken dødd, mens 6,5% kan regnes som svinn av totalt 6700 fisk. En anbefalt anleggsstørrelse for torskeoppdrettsanlegg vil være 500 t i årlig produksjon.

Matfiskproduksjon av torsk foregår i dag i mærder. Yngelen til anleggene har i noen grad vært produsert i poller, men hovedtyngden av anleggene som i dag er i drift baserer seg på innsamlet vill torsk og fóres med tørrfór eller avskjær fra annen produksjon. Beregnete produksjons-kostnader fram til slaktevekt på 2 - 5 kg er omlag NOK 27,-/kg, men vil variere noe alt avhengig av prisen på anlegg og type fór (se "Torsk som opprettsfisk"). Produksjonskostnadene vil bli betydelig redusert dersom oppdrettet baserer seg på innfanget villfisk. Forskjellen mellom produksjonskostnader og hva som i dag betales på markedet, er likevel stor, et sted mellom NOK 5,- til 10,-/kg.

Torsk henter omlag 50% av energien fra protein i fóret. For stor andel fett i fóret medfører forstørret lever (fettlever). I enkelte tilfeller har leveren utgjort opp til 40% av totalvekten til fisken. Tilsvarende tall fra naturen angir at leveren utgjør 2-6% av totalvekten. Torsken utnytter fóret godt og forsøk indikerer at det er mulig å produsere 1 kg torsk med 1,5 -2 kg mykfór. Fóringshyppigheten for større torsk ligger på annen hver dag. Optimal temperatur for torsk vil avta med størrelsen av fisken. Hos voksen fisk ligger den mellom 10 - 15 °C (Fig. 10-1-17).



Figur 10-1-16. Tilveksten hos kysttorsk fra klekking til gyting.



Figur 10-1-17. Tilvekst i forhold til temperatur hos torsk (Pedersen and Jobling, 1989).

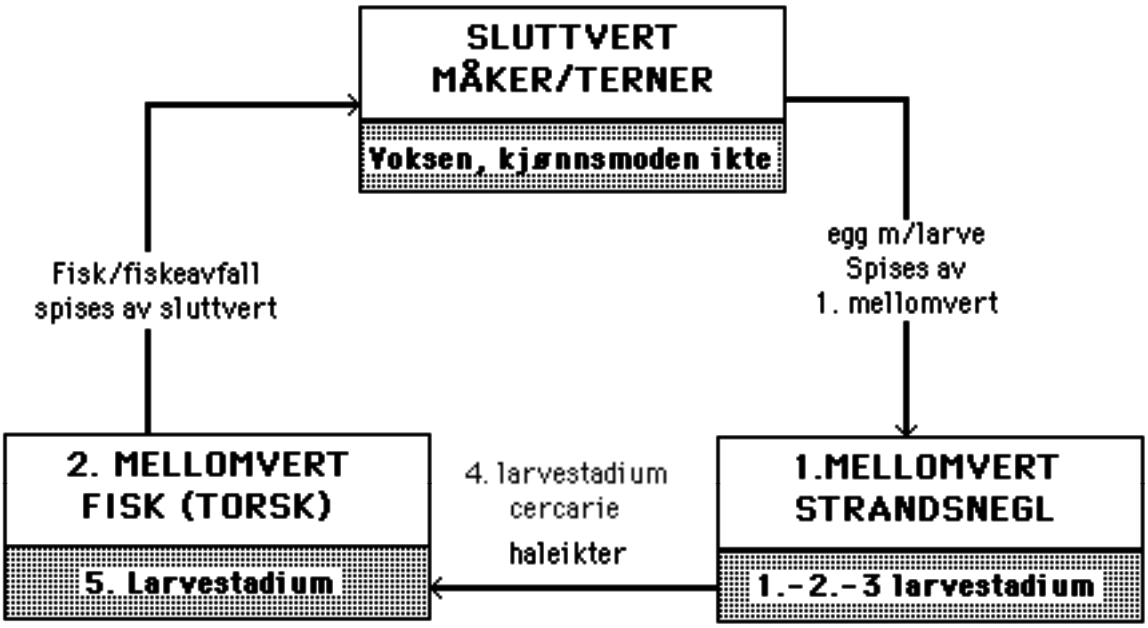
Generell atferd

Torsk svømmer i de frie vannmasser og holdes enkelt i mærdeanlegg.

Sykdom og parasitter

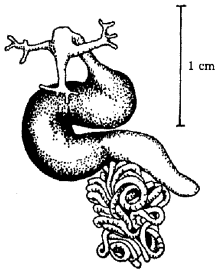
Sykdomsproblemene har meldt seg etter hvert som torsk har blitt mer vanlig i mær. Eksempler er *Trichodina* sp. (encellet ciliat som sitter utenpå huden, ektoparasitt) og sortprikksyken (ikte og endoparasitt;*Crytocotyle lingua*) (Fig. 10-1-18) som begge er hudparasitter, og som skaper problemer for fisken. Ved sortprikksyken blir torsken sortprikket i huden ved at parasitten borer seg inn i huden på torsken når vanntemperaturen overstiger 10°C. Parasitten forårsaker et alvorlig kvalitetsproblem når fisken skal selges. Det er imidlertid ikke påvist sykdom hos oppdrettstorsk pga denne parasitten. Både *Gyrodactylus callariatis* og *G. marinus* (ektoparasitter) forårsaker langt alvorligere sykdomsproblemer for oppdrettstorsk. I tillegg kan nevnes *Caligus curtus*, som ligner mye på lakselusa. En annen typisk parasitt hos torsk er gjellemark (Fig. 10-1-19). Fra gjellemarken vokser en "rot" inn i blodåren og til hjerte hos den angrepne fisken. Her ligger så parasitten og suger blod som næring mens den produserer egg. Eggsekkene ligger som bunter av kvite tråder under den blodfylte parasitten. Gjellemark har skrubbe som mellomvert. Det aller største problemet er imidlertid vibriose som skaper store vansker under yngelproduksjon om sommeren. Enkelte år har omlag 50 % av yngelen gått tapt. I 1988 ble 15 anlegg med torsk i Nord-Norge angrepet av kaldtvanns vibriose (Hitra-syken) med laks som smittekilde.

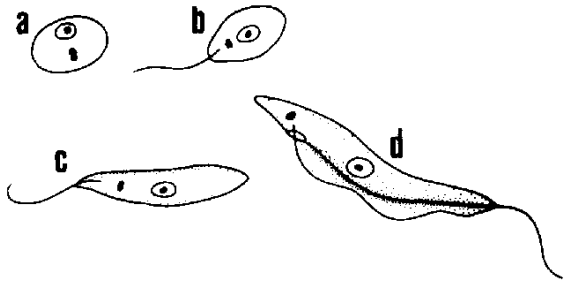
I arbeidet til Hemmingsen and Mackenzie (1993) er det listet opp en rekke protozoen og metazoan parasitter rapportert for torsk.

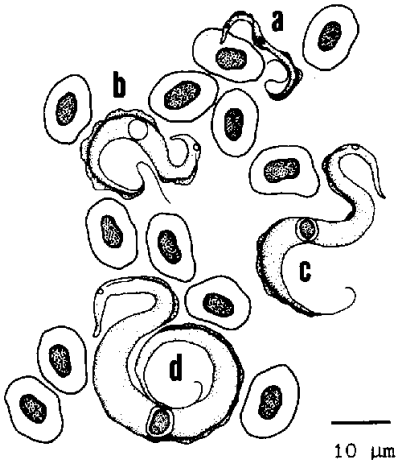


Figur 10-1-18. Livssyklus hos *Cryptocotyle lingua* (Hartvigsen, 1988) (Se også Fig. 12-6-7).

Figur 10-1-19. Skisse av gjellmark (*Lernaeocera branchialis*) hos torsk med festeorgan ("rot") på toppen, kropp i midten og eggsekker i bunnen.







Figur 10-1-20. Størrelses økning av parasitten trypanosome i blod til torsk. A = etter 10 dager, B = 18 dager, C = 23 dager og D etter 55 dager (Møller and Anders, 1986).

10.2. Steinbit (*Anarhichas* spp.)

Generell biologi, fiske og priser

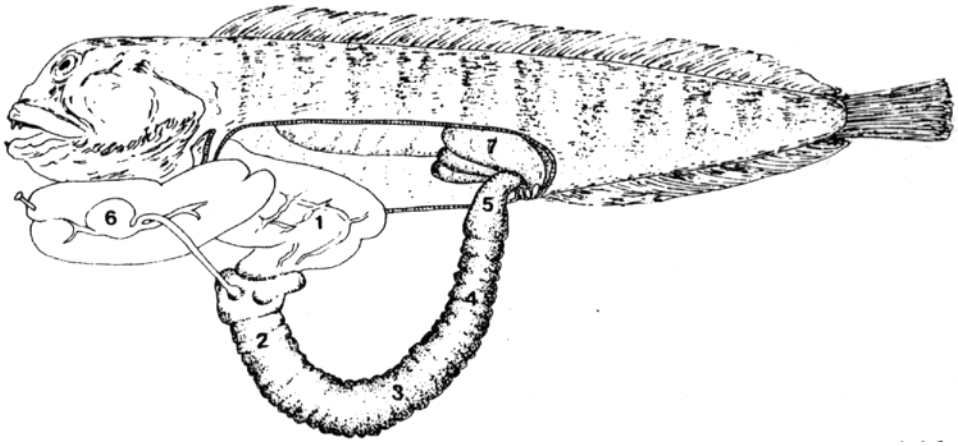
Utbredelse av flekksteinbit:

Utbredelse av gråsteinbit:

Familien Anarhichadidae (steinbit) tilhører gruppen Blennioidea av orden Persiformes. I våre farvann har vi tre arter som tilhører familien: gråsteinbit (*Anarhichas lupus*), flekksteinbit (*A. minor*) og blåsteinbit (*A. denticulatus*). I Hvitsjøen lever en noe mindre art, hvitsjøsteinbit (*A. lupus marisalbi*). Av de tre artene i norske farvann brukes ikke blåsteinbit på grunn av sitt geléaktige kjøtt, mens flekksteinbit og gråsteinbit begge har fått en økende popularitet de siste årene som matfisk. I England kalles steinbit for catfish, mens den i USA vanligvis går under navnet wolffish eller sea catfish. Begrepet catfish brukes i USA om en gruppe maller, som det bl.a. drives oppdrett av i ferskvann.

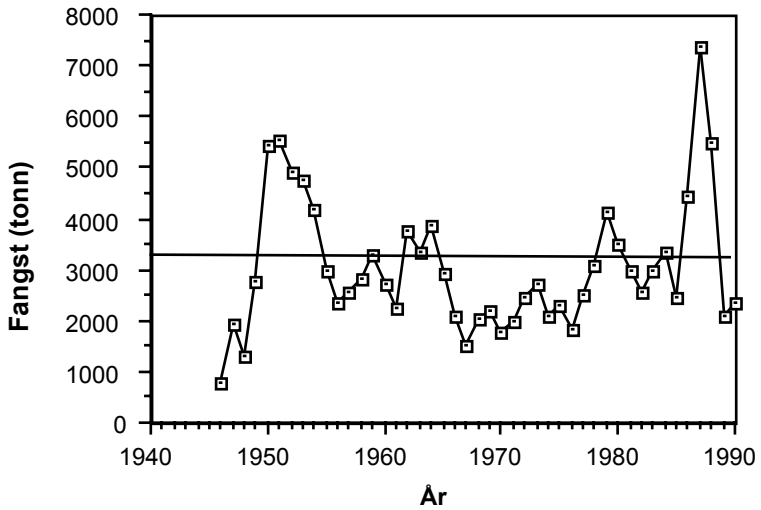
Gråsteinbiten finnes langs hele norskekysten, ned til omlag 300 m dyp. Den kjennes lett på sine tverrgående striper, fra rygg til buk. I lengde blir den litt over 1 m, men fangstes vanligvis i størrelsen fra 40 til 70 cm, tilsvarende en vekt på 0,5 til 4 kg. Gråsteinbiten antaes å være svært stasjonær, men den søker dypere ned i forbindelse med gyting i oktober til februar. Eggene, som er omlag 5,5 mm i diameter, legges i klumper på bunnen og voktes antageligvis av begge kjønn. I april 1988 ble to eggballer observert av en dykker i Varangerfjorden på omlag 25 m dyp. Larvene antaes å leve pelagisk den første tiden. Gråsteinbiten er observert ved -1°C til 7,5°C i Barentshavet. På Grønland i juni-september er den observert fra 2 til 7 °C, utenfor Skottland fra 6 til 10°C og i Gulf of Maine fra -1 til 11°C.

Den arten det fangstes mest av i Norge er flekksteinbit eller leopardfisk som den også kalles på grunn av sitt utseende. Fiskens brune bunnfarge er oversådd med større og mindre svarte flekker. Arten har som blåsteinbiten, arktisk utbredelse, men forekommer på Vestlandet. Bestanden i Barentshavet er kjent for gytevandringer vestover mot bankene utenfor Finnmark i juni-juli. Flekksteinbiten er observert i Barentshavet i temperaturområdet -1,3°C til +5,0°C. De høyeste tettheter er registrert mellom -1 og 0°C. På Grønland er flekksteinbit registrert fra 2 - 4°C om vår-sommer og fra 1 - 6°C i juni-september. En skisse av steinbitens indre organger er gitt i Fig. 10-2-1).

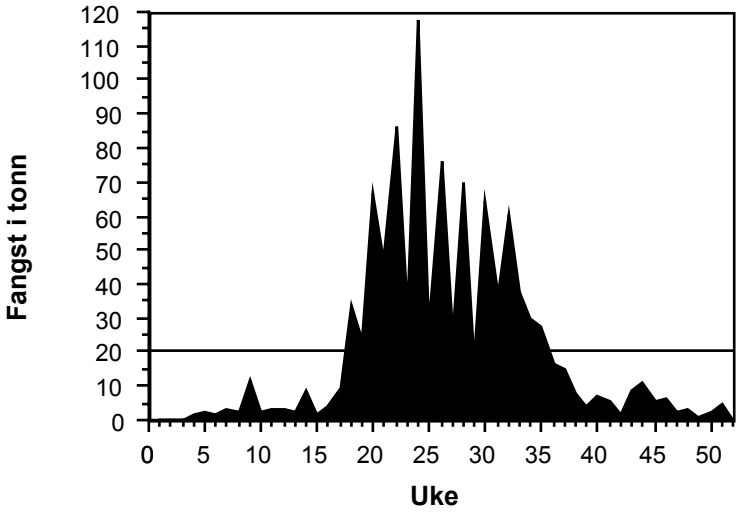


Figur 10-2-1. Skisse av mage - tarm systemet hos steinbit. 1 = mage; 2 - 5 = tarmsystemet; 6 = lever og galleblære; 7 = gonader (Bray, 1987).

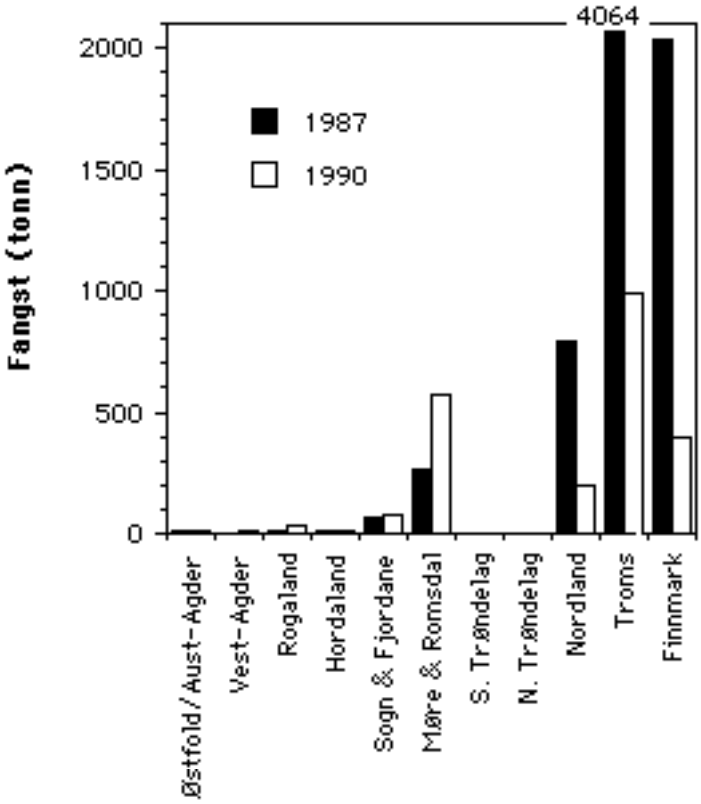
Fisket etter steinbit domineres av flekksteinbit i norske farvann. Gjennomsnittlig fiskes det 3200 tonn i året (Fig. 10-2-2), tilsvarende omlag 6 oppdrettsanlegg, hver 500 t. Fisket foregår hovedsakelig i perioden mai til september (Fig. 10-2-3) og hovedtyngden leveres i de tre nordligste fylker, samt Møre og Romsdal (Fig. 10-2-4). Priser for steinbit som leveres på fiskeauksjoner i Danmark er valgt ut som eksempel på priser som oppnås i dag. Dette er fersk fisk av høy kvalitet og for levering til det europeiske markedet. Prisen til fisker varierer i takt med det kvantum som leveres på fiskeauksjoner (Fig. 10-2-5) og en oppnådde et gjennomsnitt i 1990 på nesten DKr. 16,-/Kg rund fisk. Imidlertid er det interessant å merke seg at til visse tider av året, i perioder med lav tilgang av fisk, betales det DKr. 35,-/Kg. Dette indikerer at markedet er villig å betale en relativt høy pris for steinbit. Så vidt jeg kjenner til finnes det ingen markedetsundersøkelse for steinbit, som viser noe om det markedspotensial arten har. En kan forvente seg en høyere pris enn gjennomsnittet for 1990 ved en aktiv markedsføring og produktutvikling. I 1993 har utsalgsprisen av steinbit i Arendal ligget mellom 90 og 100 NKr. pr. kg filet, omlag samme pris som for laks i skiver.



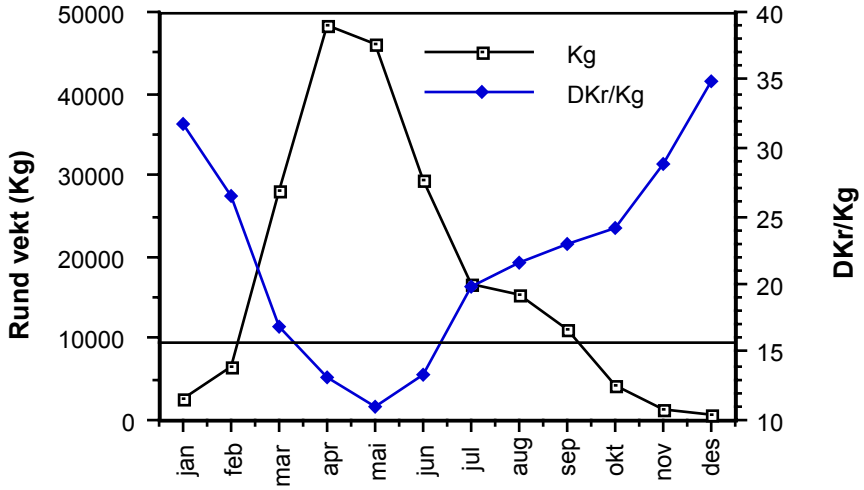
Figur 10-2-2. Fangstene av gråsteinbit og flekksteinbit slått sammen (tonn) i perioden 1946 - 1990. Stiplet linje angir gjennomsnittet (3214 tonn) (Kilde: Fiskeridirektoratet, 1991).



Figur 10-2-3. Fangster av steinbit nord for Møre summert ukesvis i 1990. Stiplet linje angir gjennomsnittet (20 tonn) (Kilde: Norges Råfiskelag, Tromsø, 1991).



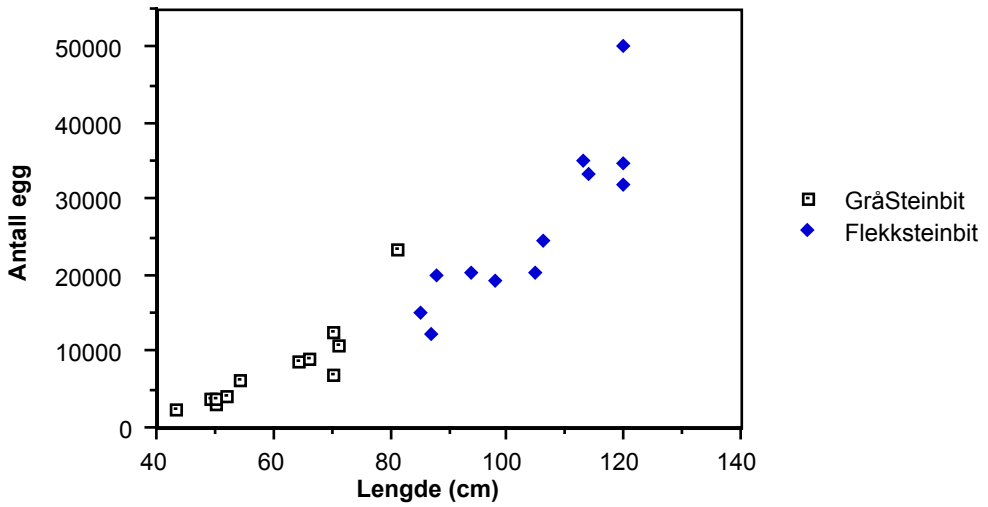
Figur 10-2-4. Fangstene av steinbit (tonn) fordelt på fylker i 1987 og 1990 (Kilde: Fiskeridirektoratet, 1991).



Figur 10-2-5. Salg av gråsteinbit (blank - fersk, høy kvalitet) ved Hirtshals Fiskeauktion, Danmark i 1990. Totalt ble det levert 211 tonn til en gjennomsnittlig Kg pris av DKr. 15,88 (prikket horisontal linje) til en total verdi av 3.35 Mill DKr. (Kilde: Hirtshals Fiskeauktion, Danmark, 1991).

Stamfisk, gonadeutvikling, eggbefruktning og egginkubering

Gråsteinbit kan ha fra omlag 2.000 til omlag 20.000 egg alt etter størrelse på fisken (Fig. 10-2-6), mens flekksteinbiten har den klart høyeste fekunditeten av de to artene med fra omlag 10.000 til omlag 50.000 egg. Hanngonaden er liten med en vekt på 2 g utenom gytesesongen og 12-25 g i gytesesongen. På grunn av gonadens størrelse er det noe usikkert hvor hyppig en hann kan strykes for å kunne få tilstrekkelig melke ved hver strykning. Hunngonaden øker sin vekt (og volum) fra mai måned og frem til gytesesongen, noe som også gjenspeiles i økningen av eggstørrelsen i samme periode. To typer egg finnes i gonaden i løpet av denne perioden, de store eggene som vil bli gytt den kommende gytesesongen og de med en eggdiameter mellom 0,5 til 1,0 mm og som omtales som hvileegg. Dette er egg som utvikles ved den påfølgende gytesesongen.



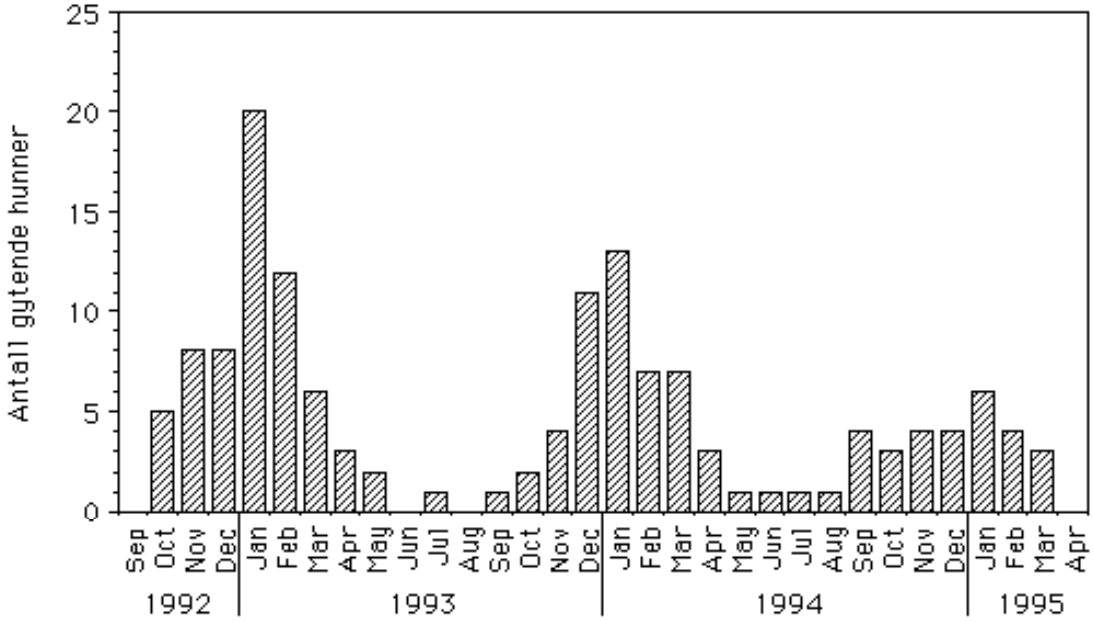
Figur 10-2-6. Forventet antall egg hos de to artene, flekksteinbit og gråsteinbit, mot lengden av fisken (Barsukov, 1972).

På grunn av utseende er det relativt enkelt å skille hunn- og hannsteinbit fra hverandre de omlag to siste månedene før gyting. Hunnen blir rund, mens hannen forblir slank. Hannene er gytemodne over en lang periode, og ved å trykke på buken ved gattåpningen, får en ut den melkegrå melken (sæd). Ved undersøkelse under mikroskop vil en se stor aktivitet av spermier fra en hann av god kvalitet. Utenom gytesesongen kan en skille mellom en hann- og en hunnsteinbit ved å sjekke om en finner en åpning i kloakken som er forbindelsen til hunngonaden. Dersom denne ikke finnes, er det stor sannsynlighet for at individet er en hann. På fisk under gytestørrelse vil det være vanskelig å skille hann fra hunn.

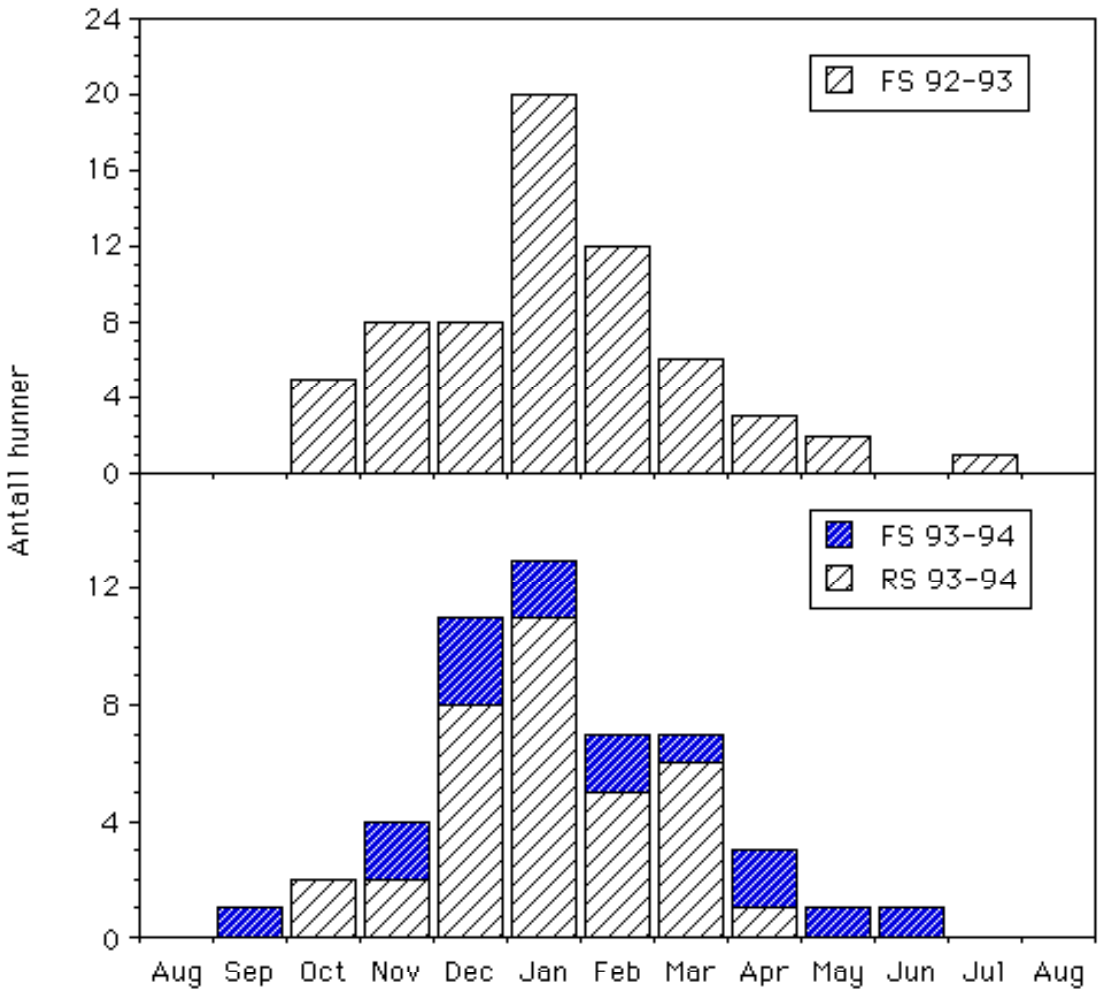
I tiden før gyting vil hunnen bli aktiv, og søke etter en hann. En kan også observere hanner som bukter seg alene. I de nærmeste timene før gyting vil hunnen foreta bølgebevegelser av kroppen mens hun ligger på siden på bunnen (se Fig. 3-6). Hannen vil dersom den er interessert, bukte seg rundt hunnen. Det er i denne fasen eventuell befruktning finner sted ved at hannen fører sperm inn i hunnen vedhjelp av en 1 cm lang papill. Steinbit har indre befruktning og skiller seg således fra de andre oppdrettsartene vi arbeider med i Norge. Ved selve gytingen er det observert at hannen ruller sammen eggene og senere passer eggene. Dersom ingen hann er tilstede ved gyting vil hunnen ta seg av eggene, selv om disse er ubefruktete. Kunstig befruktning av steinbitegg ble først beskrevet av russiske forskere for 8 år siden. I Norge har Møre Marin Fisk AS befruktet egg av gråsteinbit siden 1990 og fikk klekket omlag 300 larver i mai 1991 (Kilde: R. Kvalsund, Møre Marin Fisk, 1991.

Gråsteinbit ved Forskningsstasjon Flødevigen hadde topp i gytingen i perioden november-mars måned (fig. 2-10-7). Med stor sannsynlighet vil en kunne få steinbit til å gyte hele året ved hjelp av lysmanipulering. Steinbit hunnene gjøt normalt hvert år (fig. 10-2-8). Eggdiamteren varierte gjennom gytesesongen, som vist i fig. 10-2-9. Befruktning av eggene kan bekreftes ved at den kortigale reaksjon har funnet sted (fig. 10-2-10 og 10-2-11). Inkubasjonstiden til steinbit egg vil variere med temperaturen under inkubasjonen (fig. 10-2-12 og 10-2-13). ved klekking kan eggeskallet undersøkes for å få en indikasjon om klekkingen foregår normalt (fig. 10-2-14). Inkubering ved for høye temperaturer kan

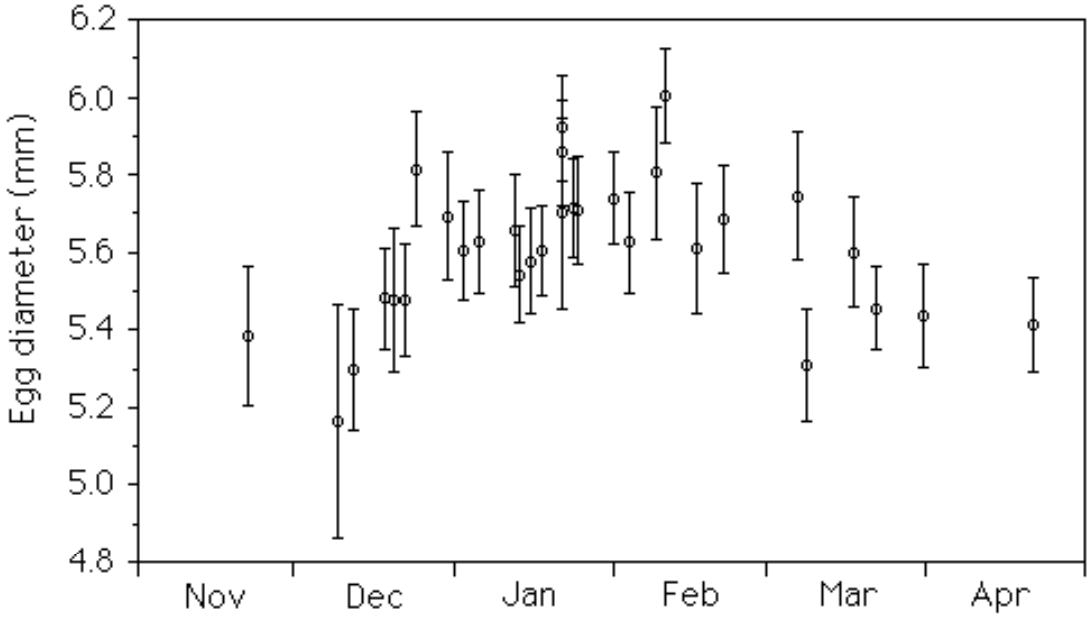
medføre at celledelingen blir unormal (fig. 10-2-15; e også fig. 2-16 og 2-17). Utviklingen av steinbitegg er beskrevet av russiske (Fig. 10-2-16, 10-2-17) og norske forskere. Utviklingstiden er beregnet til omlag 1000 døgngrader og utviklingen kan foregå over et stort temperaturspekter, noe som vil medføre at selve tiden fra befruktning til klekking kan styres relativt godt og en kan dermed produsere startfóringsklar yngel store deler av året. Det er rapportert om problemer i.f.m. bakterie angrep (*Leucotrix mucor* og *Flexibacter*) på egg under inkubasjon og som har forårsaket høy dødlighet blant eggene. I 1992 døde alle eggene ved Møre Marine fisk p.g.a. angrep fra *Leucotrix mucor*. Ved angrep av *Flexibacter* på eggene våren 1993 ved Forskningsstasjon Flødevigen, ble grupper av egg behandlet med glutaraldehyd (600 ppm i 5 min, hver femte dag; Fig. 10-2-18, 10-2-19, 10-2-20). Dette resulterte i at alle eggene overlevde.



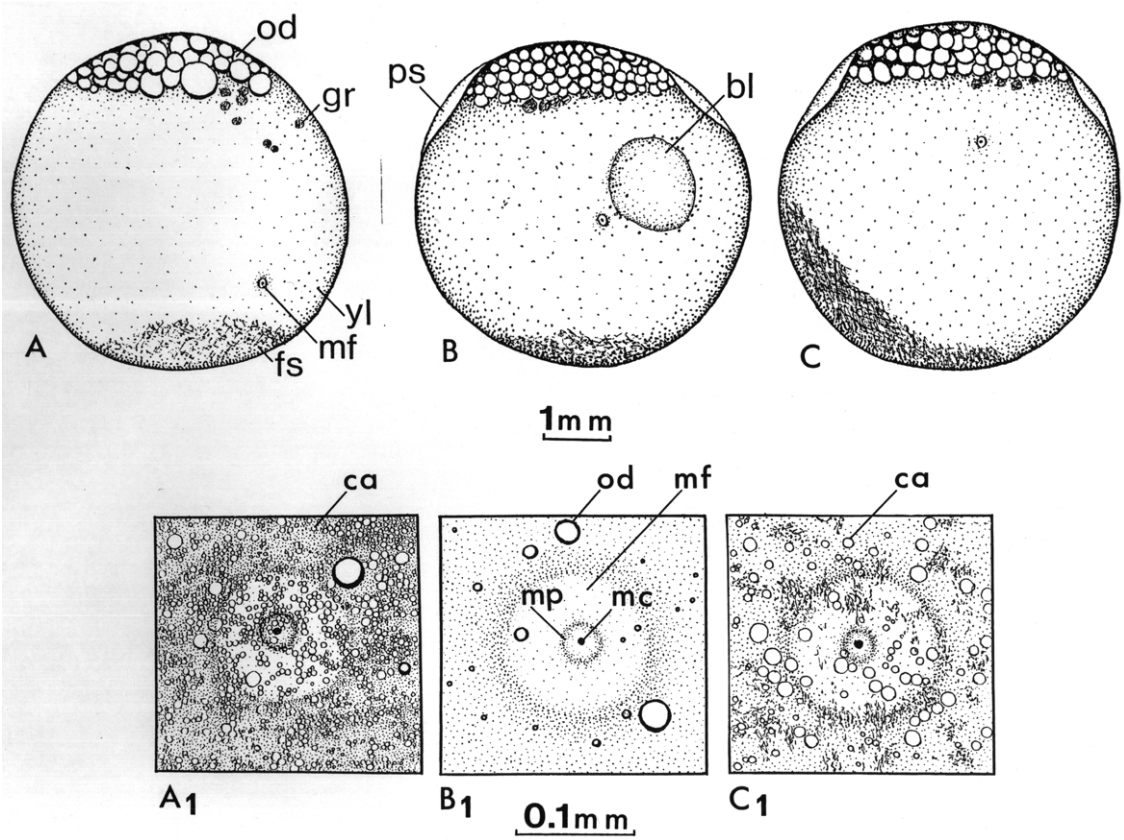
Figur 10-2-7. Gyting hos stamfisk av gråsteinbit ved Forskningsstasjon Flødevigen i perioden september 1992 - april 1995 (Moksness and Pavlov, 1996).



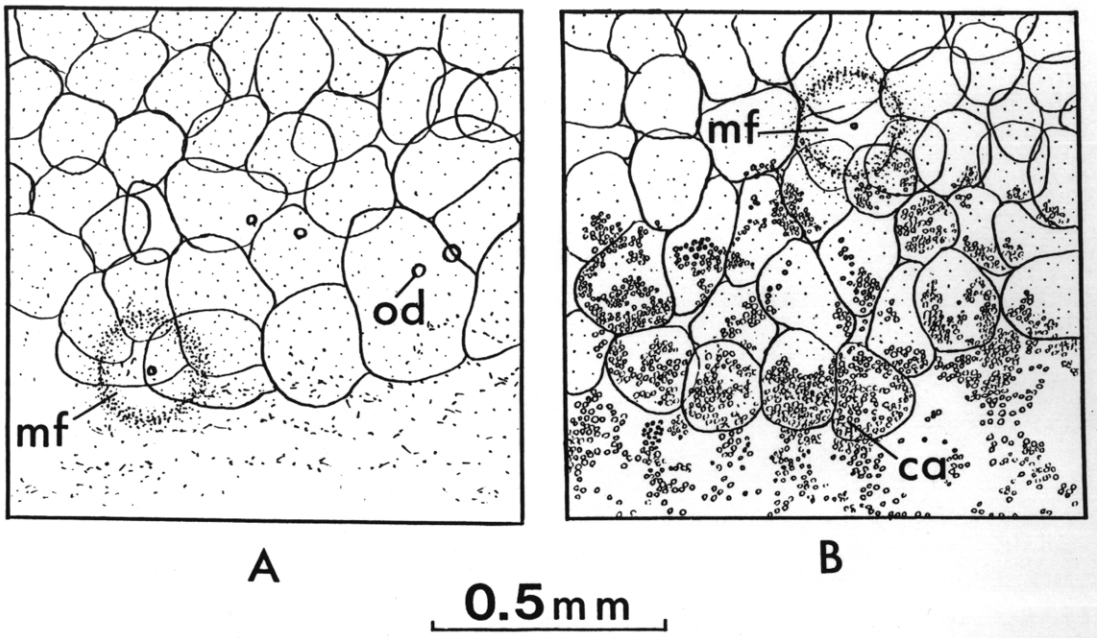
Figur 10-2-8. Antall steinbit hunner som gjøt iløpet av gytesesongene 1992-93 og 1993-94. FS 92-93 = førstegangsgytere i gytesesongen 1992-93; FS 93-94 = førstegangsgytere i gytesesongen 1993-94; RS 93-94 = andregangsgytere i gytesesongen 1993-94 (Pavlov and Moksness, 1996).



Figur 10-2-9. Forandring i eggdiameter hos steinbit iløpet av gytesesongen (Pavlov and Moksness, 1996).

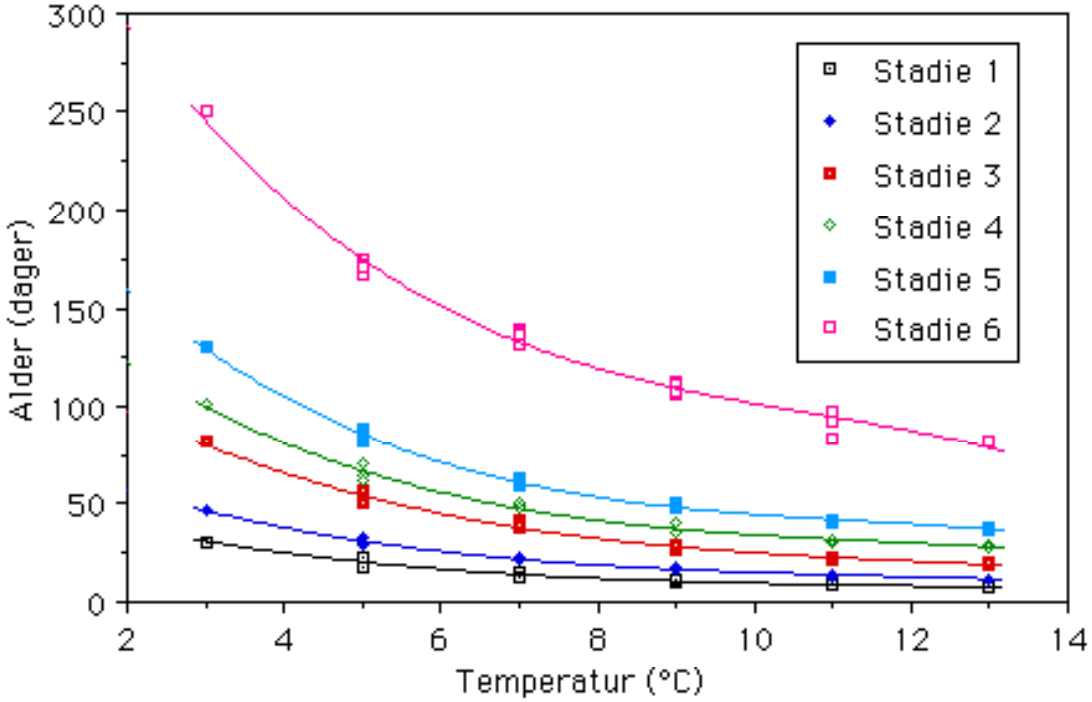


Figur 10-2-10. Morfologien hos steinbit egg før og etter befruktning. AA_1 = før befruktning; BB_1 = befruktet egg, 3 dager gammelt; CC_1 = ubefruktet egg, 24 t etter tilsetting av sjøvann. bl = blastodisk; ca = cortcal aveoli; fs = fiber struktur; gr = granule; mc = mikropyl kanal; mp = mikropyl åpning; od = oljedråpe; ps = perivitteline rom; yl = plommemasse (Pavlov and Moksness, 1996),

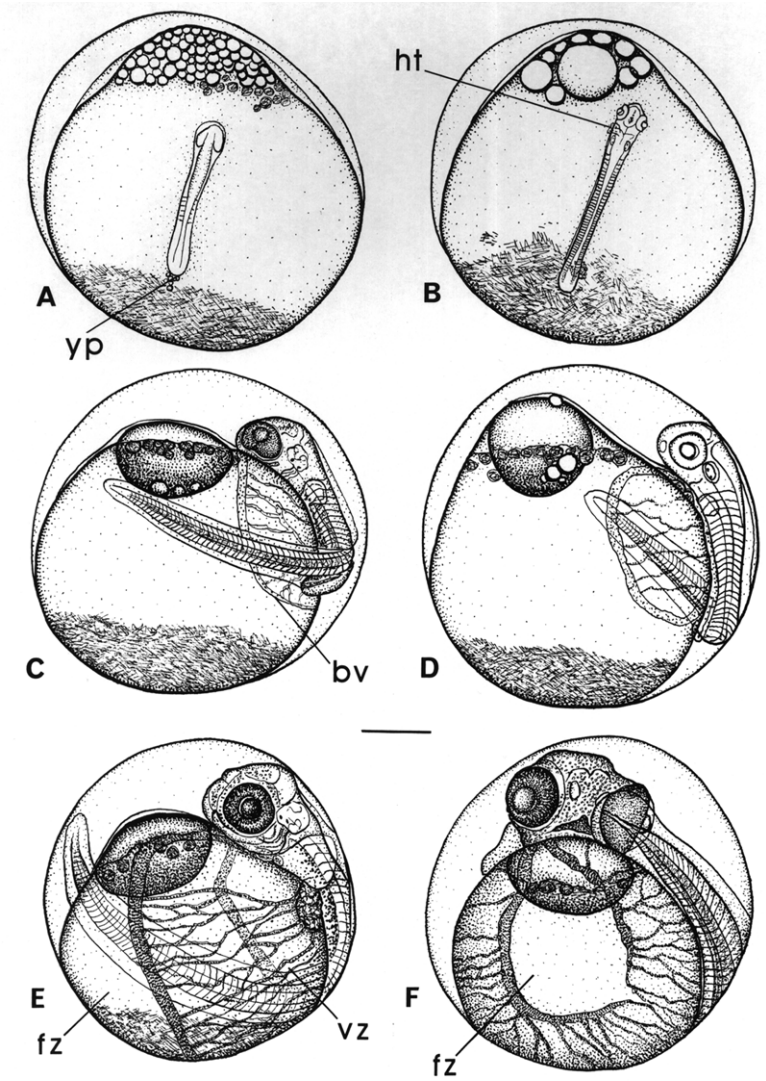


Figur 10-2-11. Kanten av blastodermen i ett normalt egg (A) og hos ett egg hvor den kortigale reaksjon ikke har blitt avsluttet (B) innen 2 døgn etter befruktning. Kvaliteten på

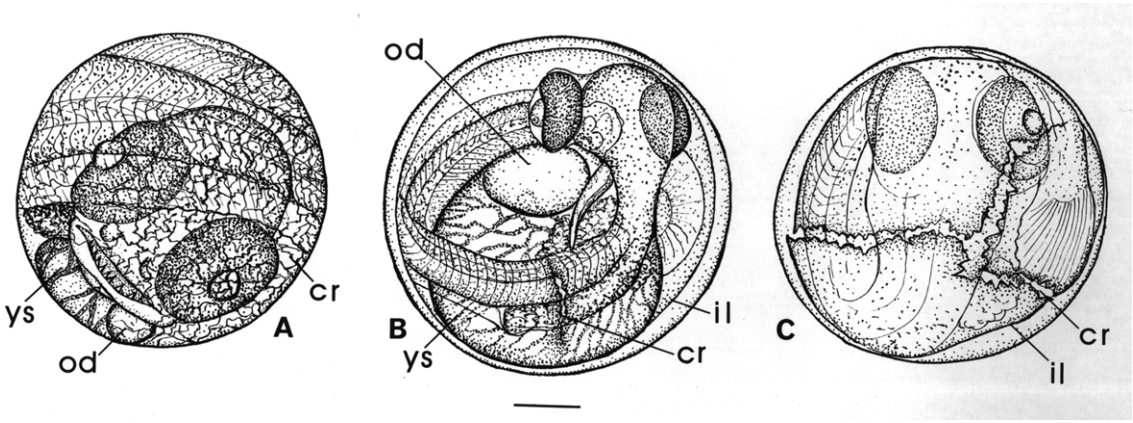
de siste eggene (B) er normalt dårlig. ca = cortigal aveoli; mf = mikropyle åpning; od = olje dråpe (Pavlov and Moksness, 1996).



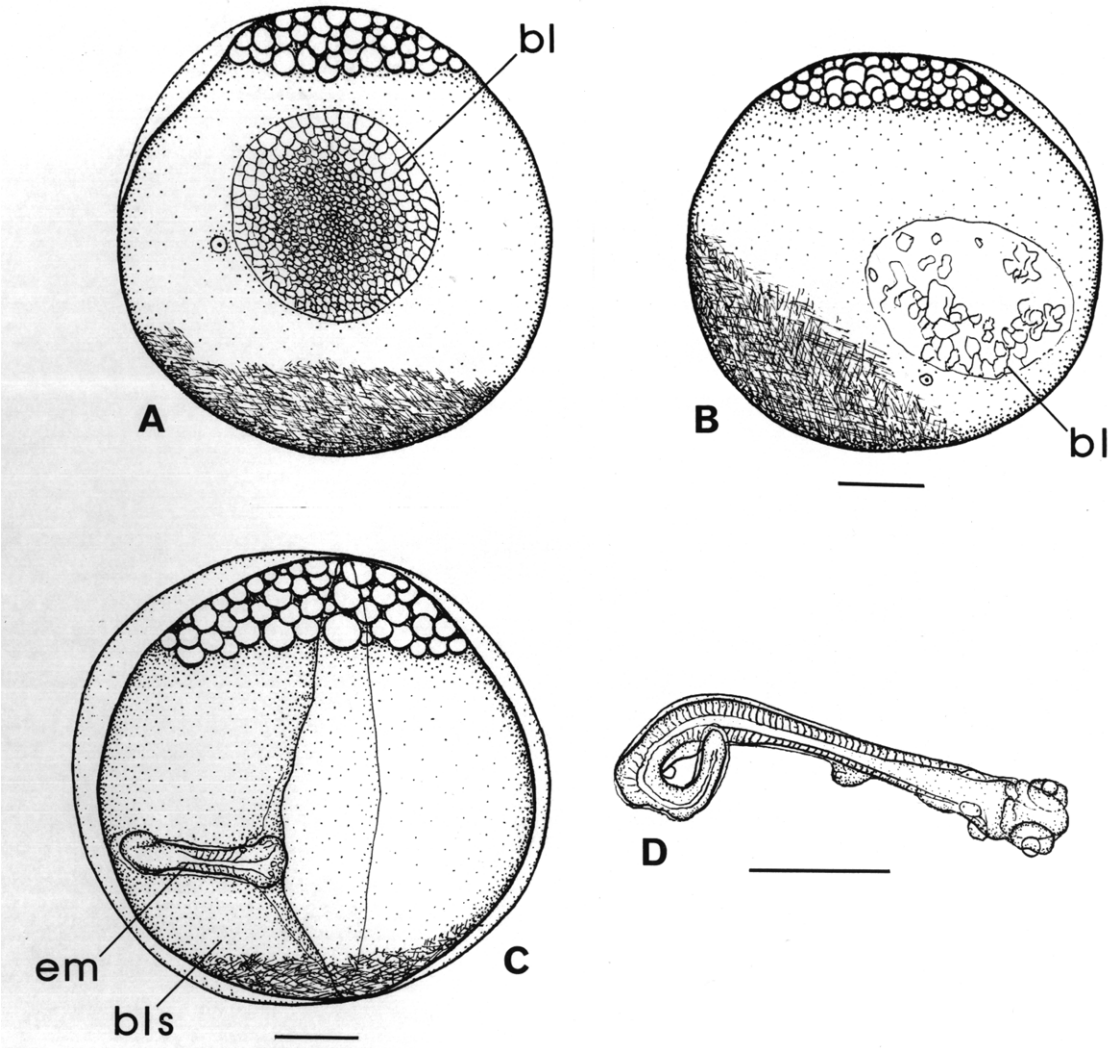
Figur 10-2-12 (over). Utviklingstiden til gråsteinbit egg fra befruktning og frem til 6 stadier (se fig. 10-2-13) ved forskjellige konstante temperaturer (Pavlov and Moksness, 1995).



Figur 10-2-13 (til høyre). Utviklingsstadier for steinbit egg med referanse til figur 10-2-12. (A) stadie 1: omsluttning av plommemassen. (B) stadie 2: start av hjerte slag. (C) stadie 3: sirkulasjon av blodceller starter ved 5°C. (D) stadie 3: sirkulasjon av blodceller strater ved 11 °C. (E) stadie 4: 50% forbrukt av plommemassen. (F) stadie 5: Kjever og bakpart har startet bevegelser. Stadie 6: klekking (se fig. 2-18 og 10-2-17).

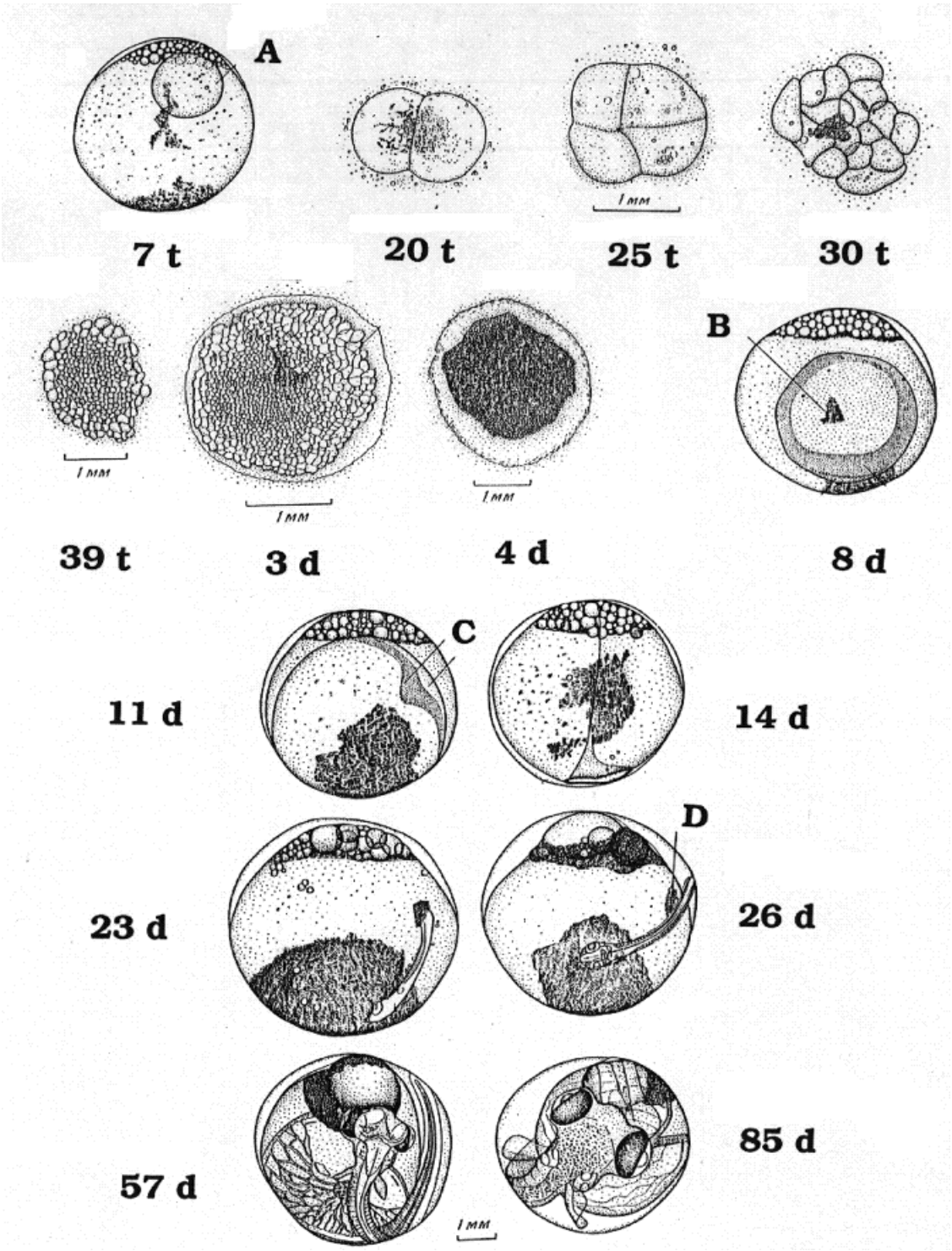


Figur 10-2-14. Steinbit egg ved klekking. (A) brytning av egg skallet før normal klekking. (B, C) splitting av de to lag i egg skallet og brytning av det indre skallet før premature klekking. cr = brytning; ir = indre lag; od = olje dråpe; ys = plommesekk; målestokk = 1 mm (Pavlov and Moksness, 1995).

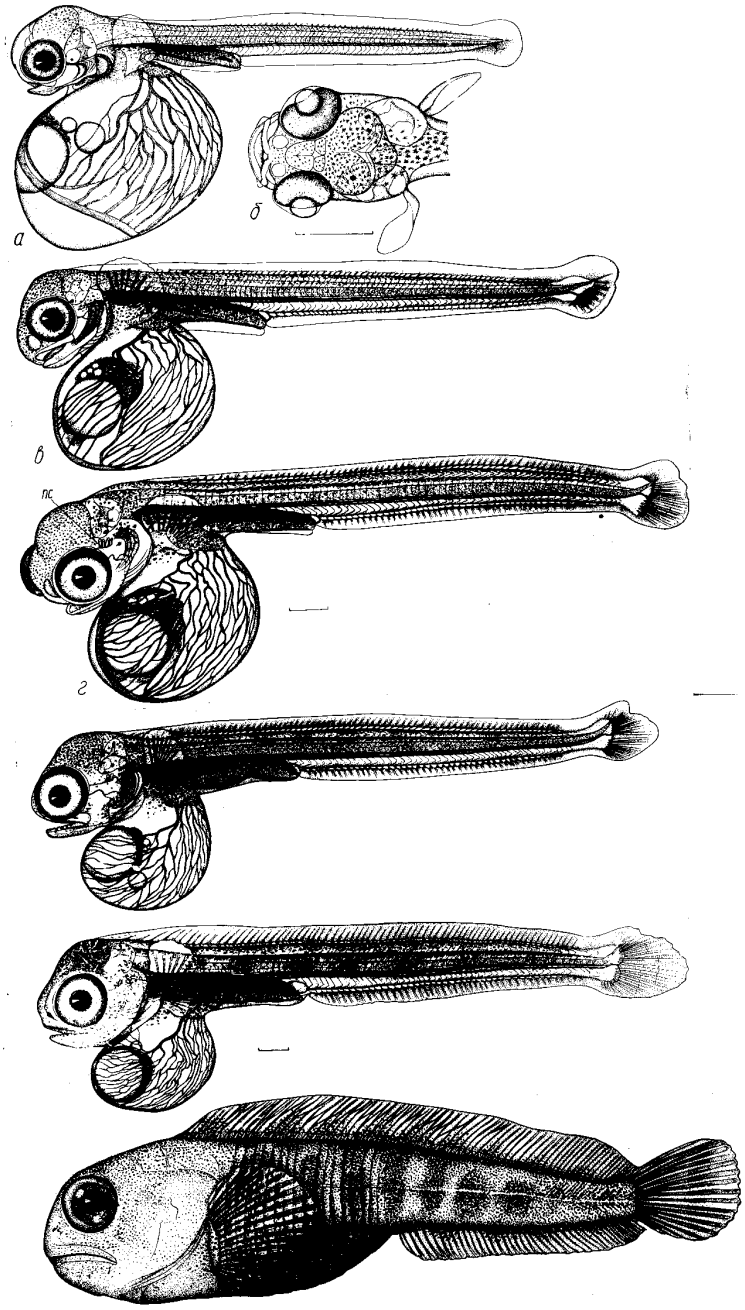


Figur 10-2-15. Unormal utvikling av steinbit egg ved høy inkubasjonstemperatur. (A) nomal utvikling ved 7 °C. (B) blastodisken blir ødelagt ved 13 °C. © stopp i utviklingen aed 15 °C. (D) foster med bøyd hale (stadiet før start av blodsirkualasjon). bl =

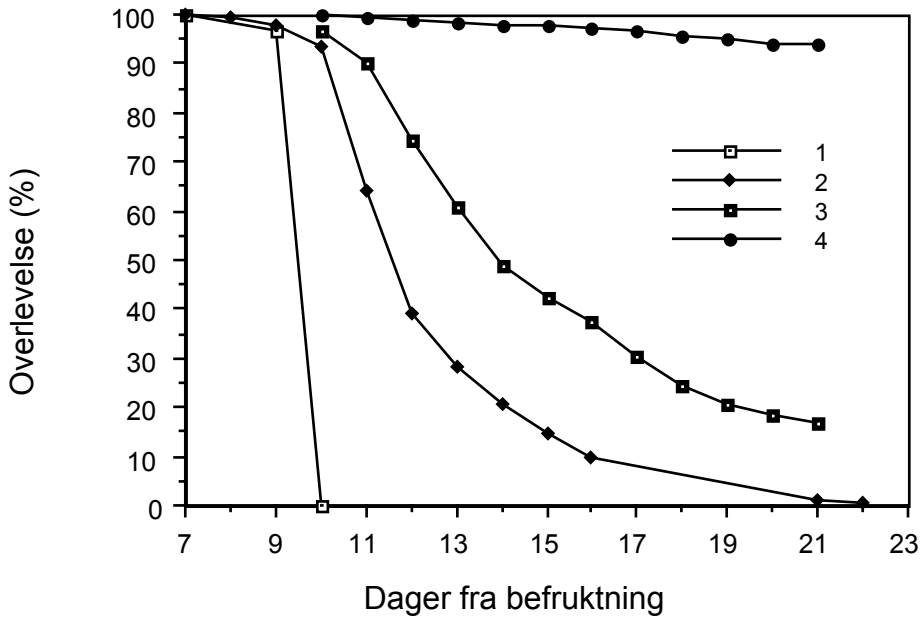
blastodisken; bls = blastodermen; em = foster; målestokk = 1 mm (Pavlov and Moksness, 1995).



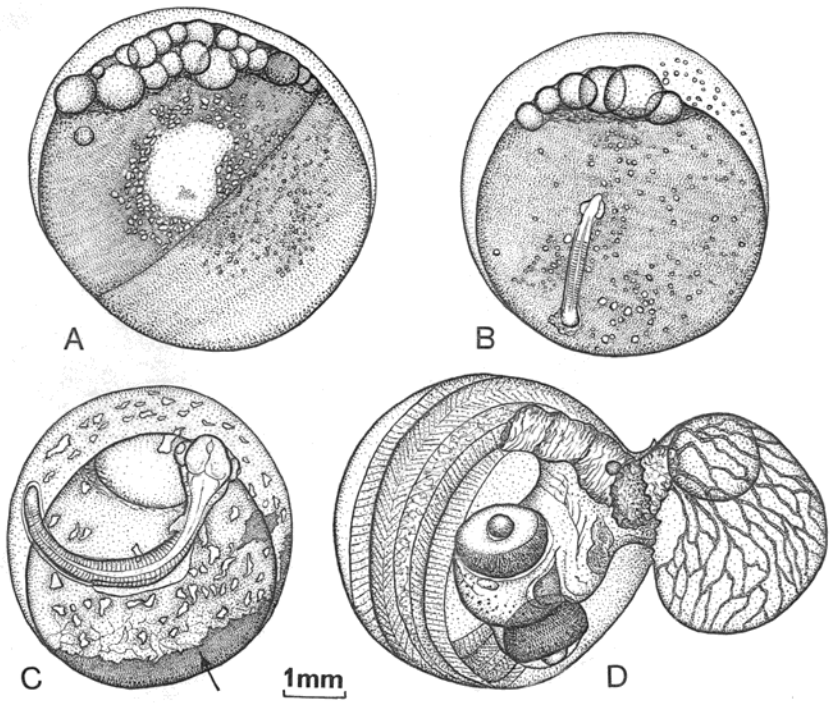
Figur 10-2-16. Utvikling av steinbit egg fra befruktning frem til fosteret er 11 mm lang. Gastrulasjon starter etter omlag 4 dager. Etter 26, 57 og 85 dager er fosteret henholdsvis 4, 9 og 11 mm. Larvene klekker naturlig ved en størrelse av omlag 20 mm (Pavlov, 1986). For ulike utviklingstrinn, se Fig. 3-17.



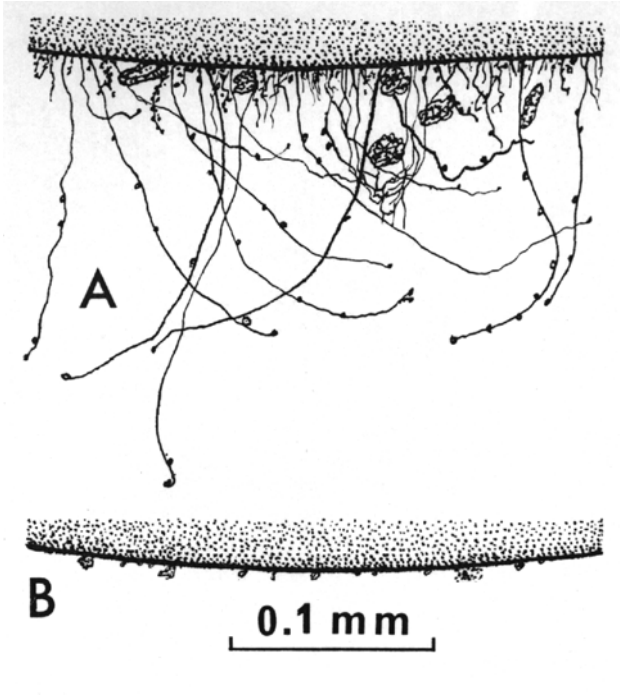
Figur 10-2-17. Utvikling av steinbit fosteret fra dag 84 og til dag 196 etter befruktning. Temperatur dag 0 - dag 83, 4,9±0,1 °C og dag 83 - dag 196, 7,8±0,7 °C. A: 11,3 mm, 84 d; C: 14,3 mm, 93 d; D: 16,7 mm, 100 d; E: 17,8 mm, 107 d; F: 18,3 mm, 113d (nær klekking, men dersom klekking ved denne størrelse ansees dette som tidelig klekking, vil kunne overleve); G: 45 mm, 196 d (lengde i mm og antall dager etter befruktning) (Pavlov, 1986).



Figur 10-2-18. Overlevelse av steinbitegg som ikke behandles (1, 2, og 3) og egg som er blitt behandlet med glutaraldehyd (4). Eggene i gruppene 3 og 4 kom fra samme hunn (Pavlov and Moksness, 1993).



Figur 10-2-19. Ødeleggelse av eggskallet hos gråsteinbit p.g.a angrep fra *flexibacter*. A = 50% av plommemassen dekket av blastoderm; dannelse av en stor ulcerende sone. B = separate angrep på eggskallet. C = Hull i eggeskallet. D = starten av for tidlig klekking forårsaket av nedbrytelse av eggskallet (Pavlov and Moksness, 1993).

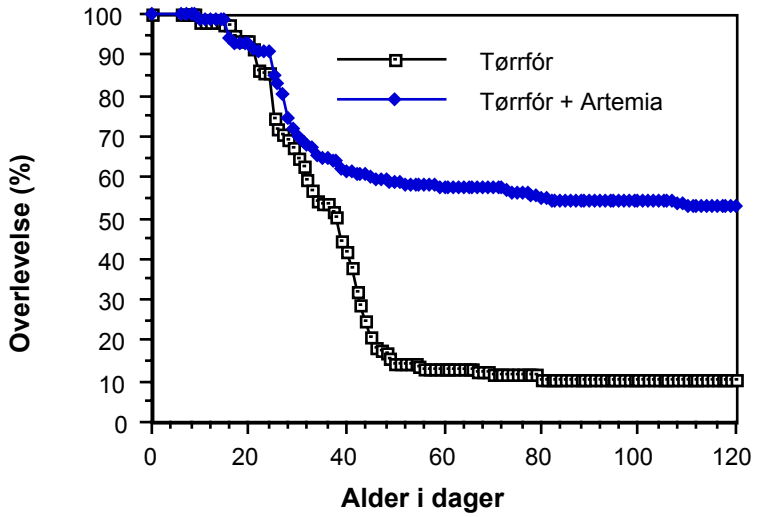


Figur 10-2-20. Overflaten hos steinbit egg ubehandlet (A) og behandlet (B) med glutaraldehyd (Moksness and Pavlov, 1996),

Larver og startfóring

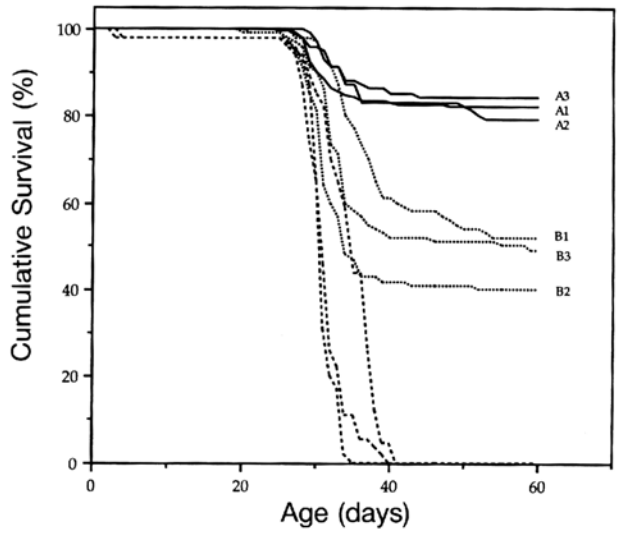
Startfóring av gråsteinbitlarver ved bruk av tørrfór ble gjennomført våren 1987 ved Forskningsstasjonen Flødevigen og ved Havforskningsinstituttet på Færøyene. Omlag 12 % av larvene overlevde startfóringsperioden ved bruk av bare tørrfór, mens over 50 % av larvene overlevde i gruppen hvor en benyttet en kombinasjon av tørrfór og *Artemia salina* (Fig. 10-2-21). Den daglige tilveksten i de tre gruppene varierte mellom 2 og 3 %. I forsøk hvor bare levende fór er brukt som startfór er det oppnådd over 95 % overlevelse i samme periode og med omtrent samme tilvekst. Nyere forsøk viser bedre overelevelse ved bruk av formulert fór (fig. 10-2-22) og hvor lengdestrømsrenner er blitt benyttet i.f.m. startfóring og tilvekst av steinbit (fig. 10-2-23). Steinbitlarvene etter klekking (med bare en liten rest av plommesekk) er hardføre og tåler mer behandlig enn de andre artene som omtales. De har vel utviklete øyne, munn og tarm ved klekking (Fig. 10-2-24) og etter kort tid velutviklete finner.

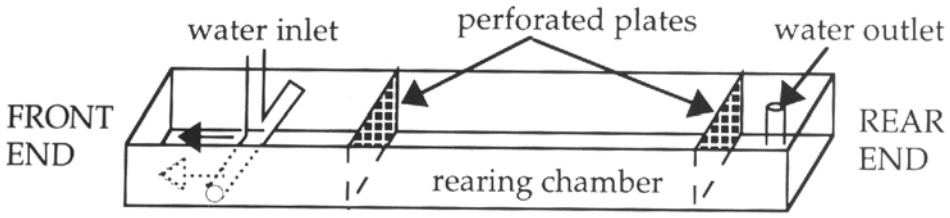
Kostnadene ved produksjon av steinbityngel forventes å være tilsvarende de kostnader som er forbundet med produksjon av lakseyngel, fra befruktning av eggene til omlag 4 måneder (10 g) etter klekking. Det vil si omlag NOK 3,00 - 4,00/stk.



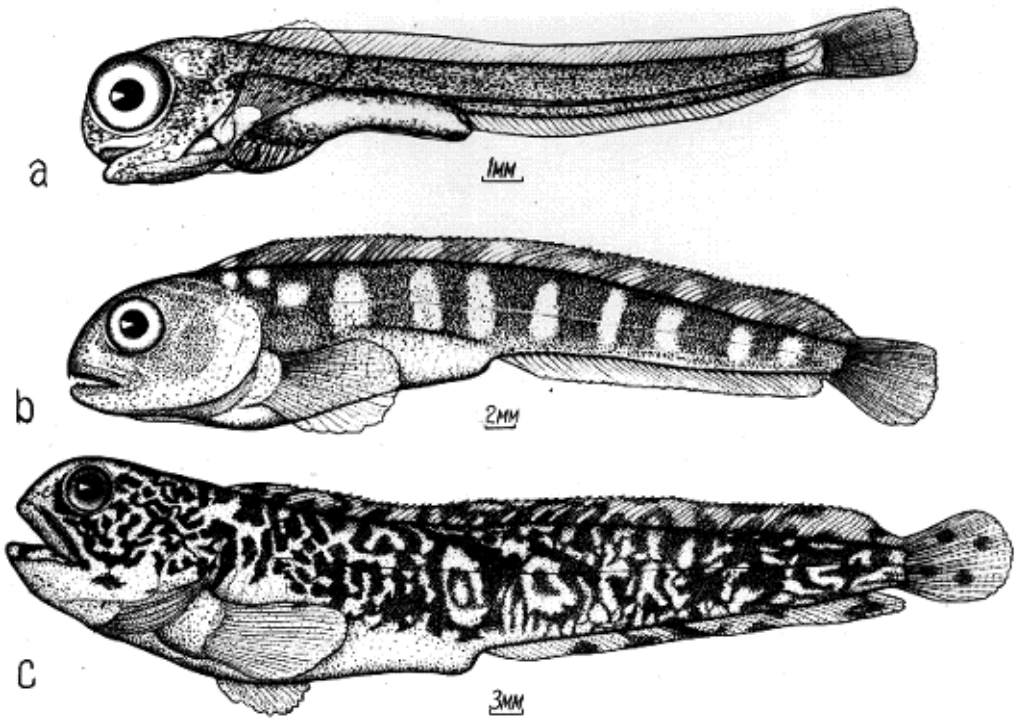
Figur 10-2-21. Prosent overlevelse i de første 120 dagene etter klekking i to startfóringsgrupper med gråsteinbit (Moksness *et al.*, 1987).

Figur 10-2-22. Overlevelse av steinbit larver i.f.m. stratfóring. A1-3 og B1-3 er to fóringsregimer, mens de tre kurvene uten kode er sultgrupper (Strand *et al.*, 1995)





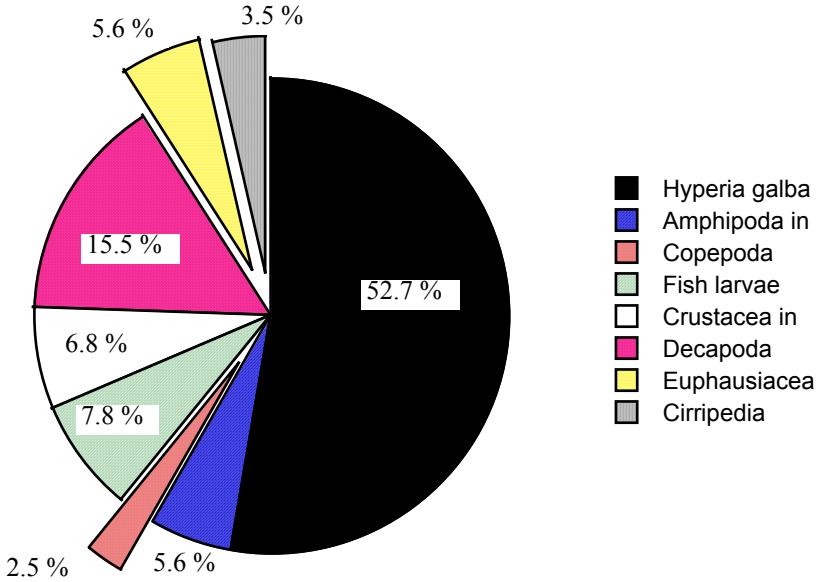
Figur 10-2-23. Lengde strøms renne, alternativ metode for startfóring og tilvekst av bl.a. steinbit (Strand *et al.*, 1995).



Figur 10-2-24. Steinbitlarver/yngel ved en størrelse av henholdsvis 21 mm (A), 58 mm (B) og 95 mm (C) (Moksness and Pavlov, 1996).

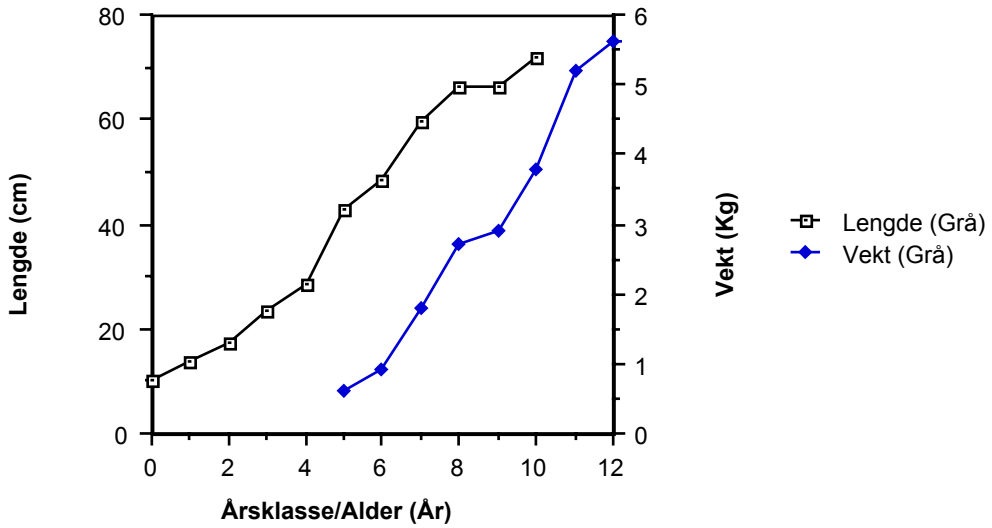
Tilvekst i kultur

Steinbitene i våre farvann lever av sjøpiggsvin, slangestjerner, muslinger og krabber. De skifter tenner om vinteren. Gråsteinbitlarver kan forekomme i høyt antall i de øvre 50 m langs Finnmarkskysten. Mageinnholdet til larvene viste at amfipoden *Hyperia galba* dominerte av byttedyrene (Fig. 10-2-25).

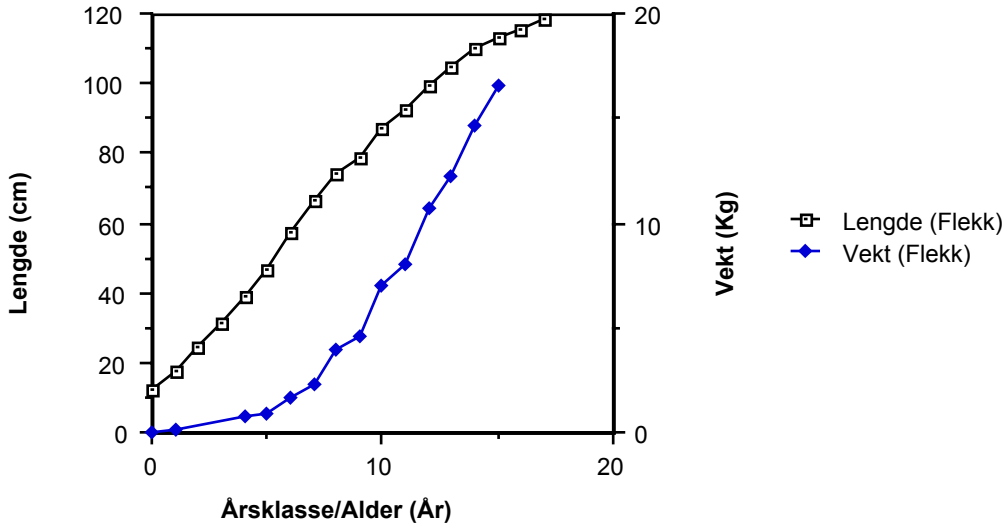


Figur 10-2-25. Sammensetningen av ulike byttedyr i magen hos gråsteinbitlarver (Falk-Petersen *et al.*, 1989).

Russiske undersøkelser av tilveksten til grå- og flekksteinbit i Barentshavet (Figs. 10-2-26 og 10-2-27) indikerer at disse to artene vokser langsomt og variasjonen i tilveksten synes å kunne være stor.



Figur 10-2-26. Størrelse av gråsteinbit ved ulike alderstrinn (Barsukov, 1972).

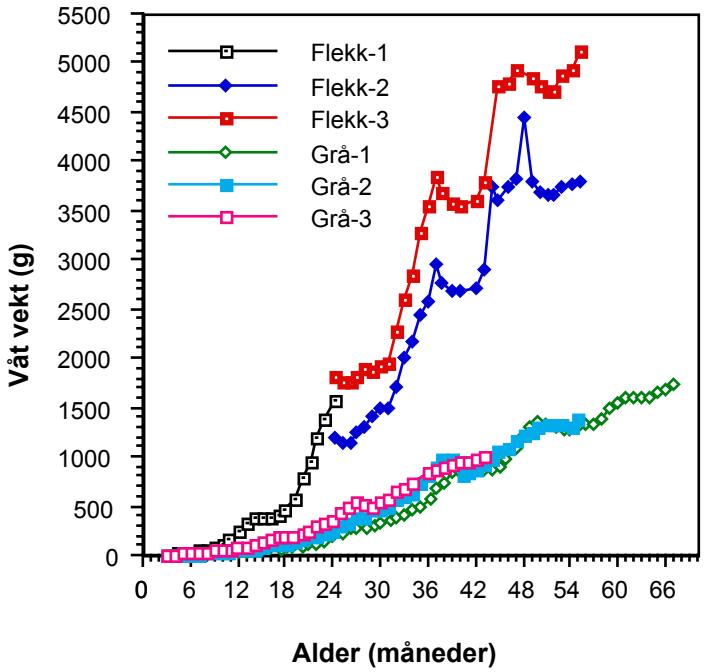


Figur 10-2-27. Lengde og vekt av flekksteinbit ved ulike aldersgrupper (Barsukov, 1972).
I tre gruppene med gråsteinbit som ble startfóret var tilveksten størst i perioden 100 til 150 døgn etter klekking for så å avta og stabilisere seg mellom 0,5 og 1,0 %/dag. Høy dødelighet ble bare observert i én gruppe og årsaken til denne dødeligheten var angrep av *Trichodina sp.* Gråsteinbiten har langt lavere vekst enn det som er observert for flekksteinbit (Fig. 10-2-28) ved bruk av samme fór og ellers like miljøbetingelser som temperaturen vist i Fig. 10-2-29. Flekksteinbiten vokser dobbelt så raskt første året og bare øker gjennomsnittsvekten det andre året i forhold til gråsteinbiten.

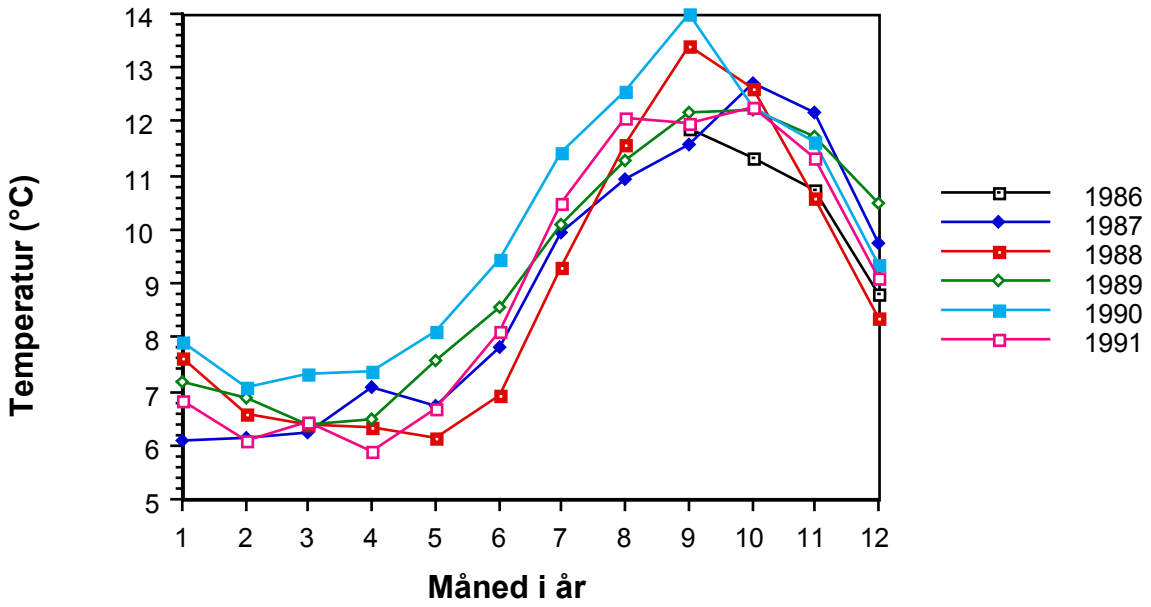
Både tørrfór og mjukfór har vært gitt til steinbitgrupper i forsøk. Det er ingen forskjell i tilvekst eller protein og fett retensjon hos fisken når de to fórtypene sammenlignes, forutsatt at innholdet (fordeling av protein, fett og karbohydrater) er den samme. Imidlertid har steinbiten en tendens til å forsøke å knuse fóret før det svelges, noe som medfører at fórspillet blir stort og dette gjelder spesiellt mjukfór. Om steinbit drettet opp i

laboratoriet vil oppføre seg på samme måte som innfanget steinbit er ennå for tidlig å si noe sikkert om.

Matfiskproduksjon av steinbit, hovedsakelig flekksteinbit, vil måtte foregå i landbaserte systemer eller tilsvarende anlegg i sjø. En undersøkelse i 1990 (se Norsk Fiskeoppdrett 10A, 1990, s. 35-36) beregnet kostnadene ved en slik produksjon til omlag NOK 25,-/Kg. Dette er nesten NOK 10,- høyere enn det som i dag oppnås i markedet. Sammenligner en gråsteinbit og flekksteinbit i oppdrett (Tab. 10-2-1) har flekksteinbit klare fordeler fremfor gråsteinbiten og dette gjelder spesielt veksthastighet, alder og størrelse ved kjønnsmodning og andel filet på fisken.



Figur 10-2-28. Observert tilvekst hos grå- og flekksteinbit (Moksness, 1994).



Figur 10-2-29. Gjennomsnitt-temperatur pr. måned i forsøk med grå- og flekksteinbit (Moksness, 1994).

Tabell 10-2-1. Sammenligning av noen parametere for gråsteinbit og flekksteinbit. Se også Appendix 12.6.

Parameter	Gråsteinbit	Flekksteinbit
Egg antall	2 - 20.000	10 - 50.000
Startfóring	Tørrfór	Tørrfór
Tilvekst	Tørrfór	Tørrfór
Optimal temperatur	7 - 9 °C	< 8 °C
Våt vekt - 2 år	~ 2,5 Kg	~ 5 Kg
1x gyting hunn	> 0,5 kg	> 2,5 Kg
1x gyting hann	> 1,0 kg	> 5,0 Kg
Filet andel	45 %	50 %

Generell atferd

Kannibalisme er i liten grad observert i de yngelgruppene som hittil har vært i forsøk. Den fisken som har blitt holdt i kultur fra larvestadiet, viser få og ingen tegn til aggressivitet i motsetning til hva som kan observeres på større steinbit som har blitt fanget inn for forsøk. Generelt kan store tettheter av steinbit holdes uten at dette synes å påvirke fiskens atferd. Både små og store steinbit klumper som oftest seg sammen på bunnen i karene og ligger hovedsakelig i ro.

Steinbit kan grovt klassifiseres i fire stadier etter sin atferd:

1. LARVESTADIET
Larvene lever mest pelagisk, men kan også ligge på bunnen, dels på siden og dels på buken. De har to svømmeformer. Den vanligste er buktning av kroppen fra gattet og bakover, oftest kombinert med bevegelser av brystfinnene. De kan også svømme bare med brystfinnene og da har de ofte krøllet halen opp. Dette er vanligst når de svømmer vertikalt. Ved horisontal svømming forekommer det også at bare brystfinnene benyttes, men kroppen holdes da vanligvis rett.

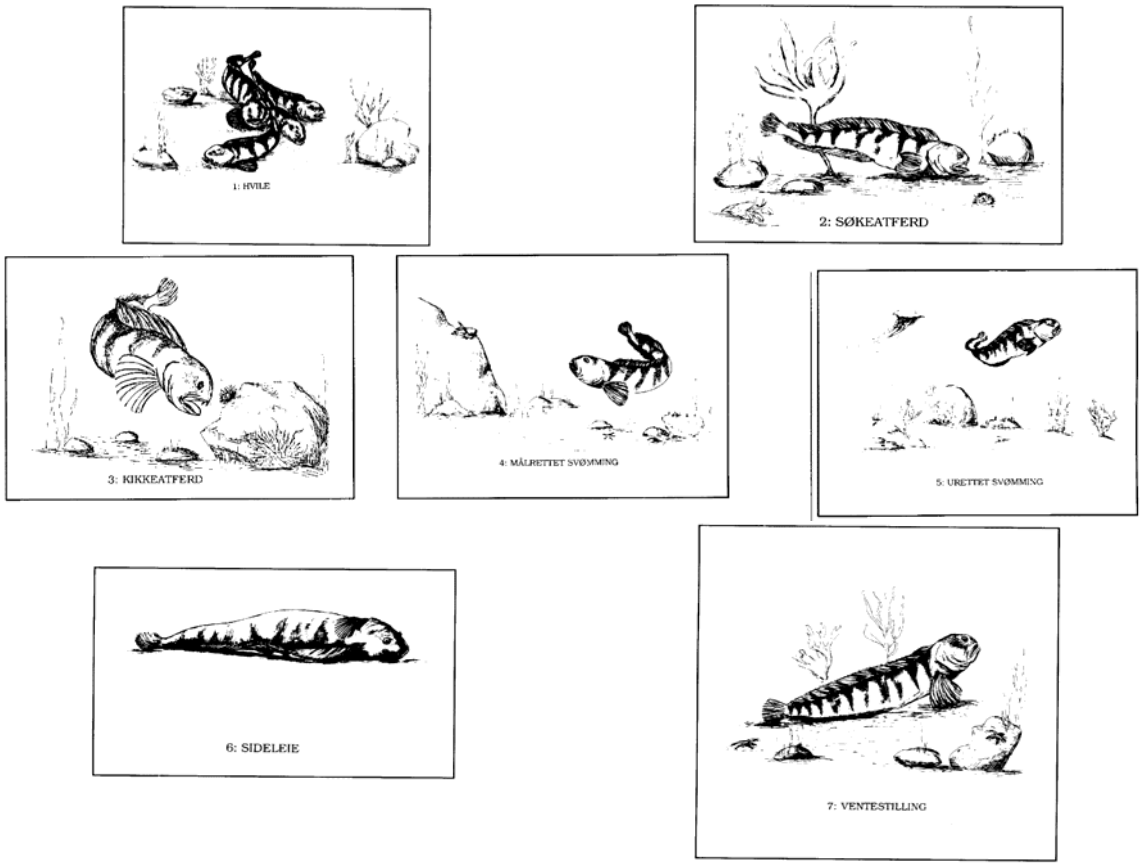
2. DET PELAGISKE STADIET
Dette stadiet karakteriseres ved at fisken tilbringer mesteparten av sin tid pelagisk. Den svømmer i kortere eller lengre perioder avbrutt av hvilepauser. I disse hvilepausene inntar den en stilling som også er karakteristisk for dette stadiet, selv om den også er observert hos larver: Den synker mot bunnen med hode opp og krøllet hale. Av og til kan den synke helt til bunnen og kan da bli stående på bunnen med halen.
Fisk i dette stadiet tar fóret mens det synker og synes ikke å være interessert i mat på bunnen.
Dette stadiet begynner før fisken er 40 mm lang og varer til den er omkring 50 mm.

3. FØRSTE BUNNFASE

Fisk i dette stadiet tilbringer mer tid på bunnen enn oppe i vannmassene. De svømmer likevel en god del, og mest når de er sultne. Stadiet karakteriseres med at fisken sprer seg mest mulig utover den tilgjengelige bunnplass, den ligger ikke tett sammen slik som eldre fisk. De viser ofte aggresivitet mot andre fisk som kommer for nær. Under fóring kommer de opp til overflaten og tar det første fóret som blir sluppet ned pelagisk, men når noe fôr har lagt seg på bunnen, foretrekker de å spise det. Dette stadiet synes å vare fra fisken er ca 5 til 10 cm.

4. ANDRE BUNNFASE

Fisk i dette stadiet tilbringer også mesteparten av sin tid på bunnen. De skiller seg fra foregående stadium ved å klumpe seg sammen på bunnen og ved å være mindre aggresive. De kan imidlertid fremdeles vise aggresjon, særlig under fóring. Fisk i dette stadiet synes å foretrekke å spise fra bunnen, men tar også føde pelagisk.Dette stadiet begynner vanligvis fra fisken er ca. 10 cm lang og det varer resten av livet.



Figur 10-2-30. Karakteristiske stillinger for voksen steinbit ved ulike situasjoner: 1 = hvile; 2 = søkeatferd; 3 = kikkeatferd; 4 = målrettet svømming; 5 = urettet svømming; 6 = sideleie; 7 = ventestilling (Tegnet av Aa. Sollie, Forskningsstasjon Flødevigen; Moksness og Gjøsæter, 1990).

Sykdom og parasitter

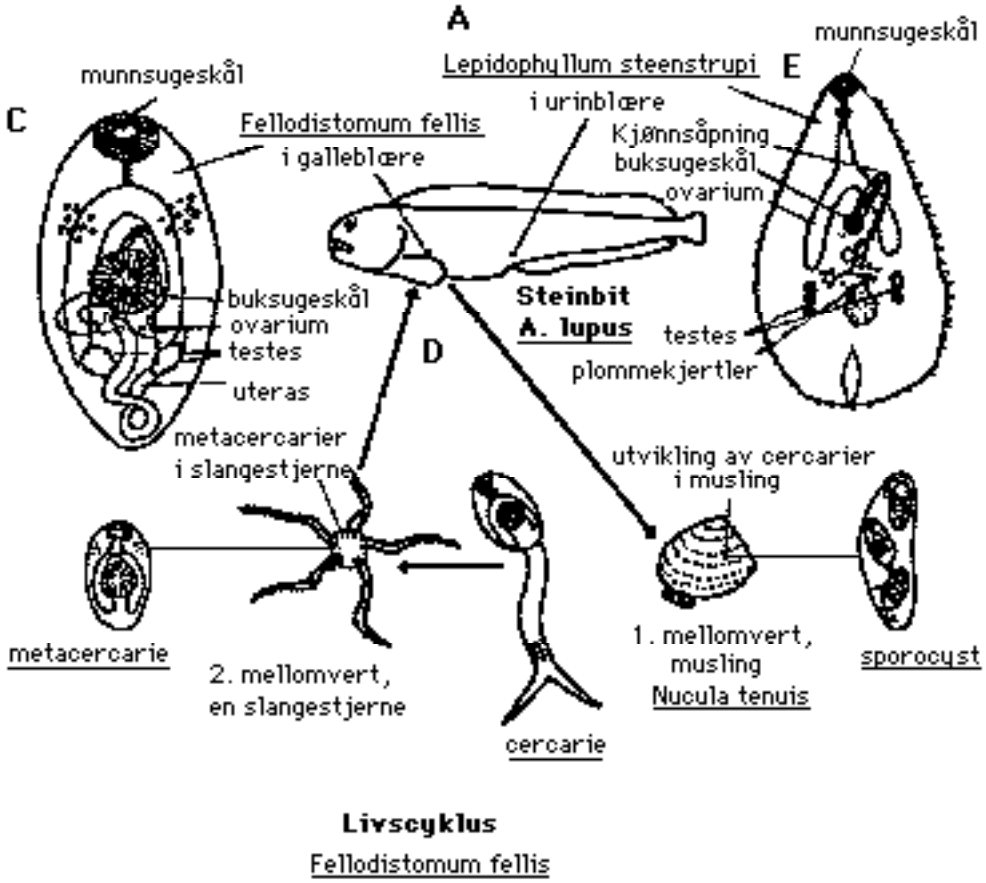
Sykdom forårsaket av bakterier eller parasitter forekommer også hos steinbit. Når det gjelder parasitter, har de fleste av disse mellomverter, slik som angitt i Fig. 10-2-31. Disse skal det være mulig å unngå ved å unngå å blande mulige mellomverter inn i fóret til

steinbit. En oversikt over parasitter som har blitt identifisert på både grå- og flekksteinbit, er gjengitt i Appendix 12.6.

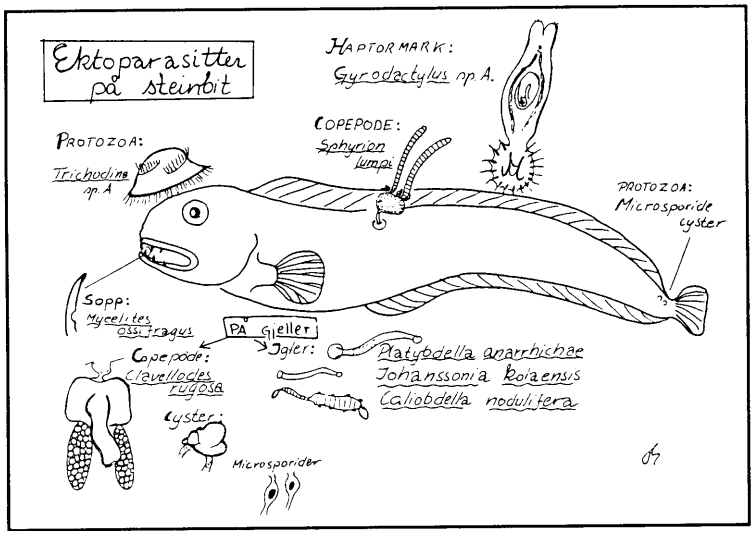
Bakterieangrep har steinbit i forsøk ved Forskningsstasjon Flødevigen vært utsatt for to ganger og begge gangene på innfanget fisk. Første gang, høsten 1987, døde mesteparten av stamfisken. Sykdommen uttrykket seg ved forstørret og klart infisert milt. Den samme sykdommen kom tilbake sommeren 1988, men denne gangen ble fisken behandlet individuellt med antibiotika, som stoppet dødeligheten raskt. Årsaken til bakterieangrepet er trolig å finne i for lav gjennomstrømning i karene og derav for lang oppholdstid av partikler og lave oksygenverdier.

Pleistophora ehrenbaumi (1), en microsporidi ("småsporedyr") som finnes i kjøttet til grånsteinbit. I Fig. 10-2-34 er det vist sporer av parasitten. Disse er mellom 3 og 5 µm lange og er ellipsoid konisk i form. En lignende parasitt er observert i flekksteinbit. Deres livssyklus er ikke kjent. Parasitten kan resultere i død hos infisert fisk. Den oppdages vanligvis som store knuter (cyster) i fiskekjøttet.

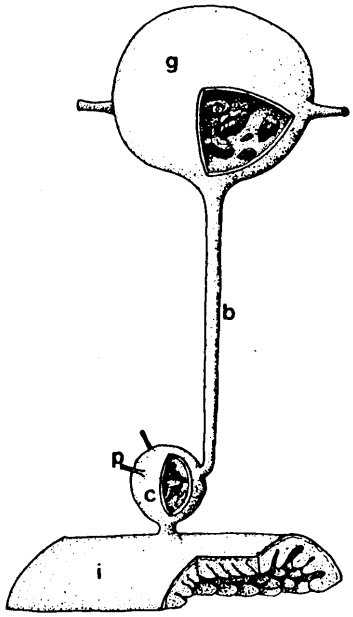
Angrep av *Ichthyobodo* (tidligere *Costia*) ble registrert på steinbityngel i forsøk høsten 1993.



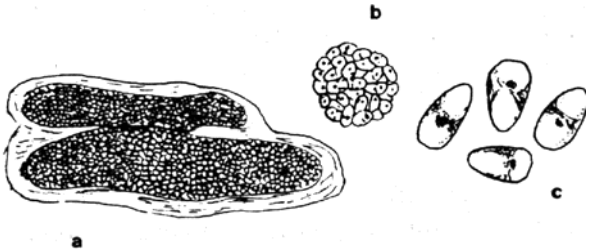
Figur 10-2-31. Iktene *Fellodistomum fellis* i galleblære og dens livssyklus og *Lepidophyllum steenstrupi* i urinblære hos steinbit (Tegnet av B. Berland, Zoologisk Laboratorium, Universitet i Bergen).



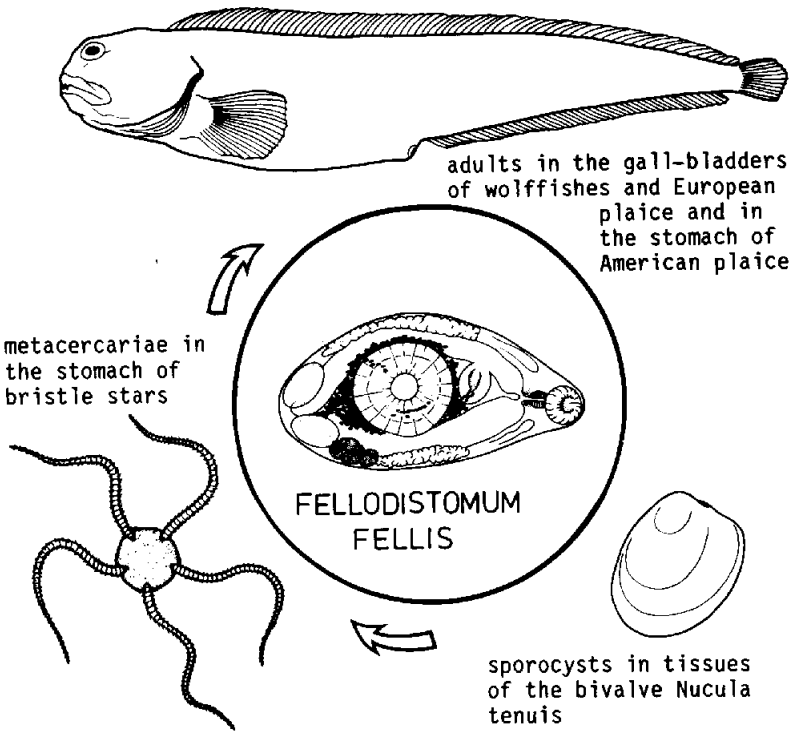
Figur 10-2-32. Ekto-parasitter hos steinbit (Schram, 1990).



Figur 10-2-33. Skisse av galleblære og galle-gang hos gråsteinbit med iktene *Fellodistomum fellis* i galleblære og *Steringophorus agnotus* i blæren fra galle-gangen. b = galle-gangt; c = blære ved basis av galle-gang; g = galleblære; i = bakre del av tarm. (Bray, 1987).



Figur 10-2-34. Sporer av parasitten *Pleistophora ehrenbaumi*. a) Innkapslet pansporoblast fyllt med sporocyster; b) Sporocyst og c) Sporer (Egidius and Soleim, 1986).



Figur 2-9-35. Skisse av syklusen til parasitten *Fellodistomum fellis* (s. 150 i Møller and Anders, 1986).

10.3. Kveite (*Hippoglossus hippoglossus* L.)

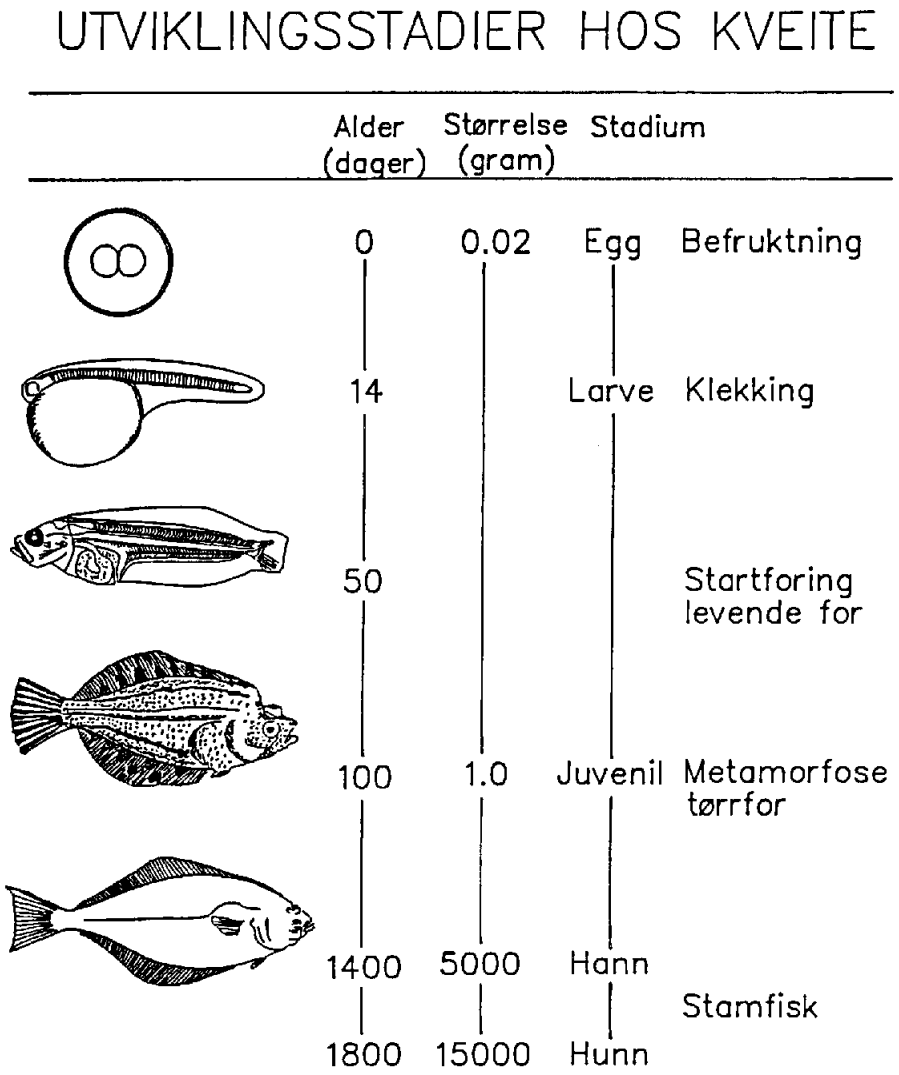
Generell biologi, fiske og priser

Utbredelse: Barentshavet, Norskekysten, Nordsjøen, Biscaya, Færøyene, Island, Sør-Grønland, Davisstredet, Cape Cod. Foretrekker 2-8°C og 200-1000 m dyp.

I færøyiske farvann blir kveite kjønnsmodne ved 4 - 10 års alderen (Fig. 10-3-3). Hannene er da 50 cm og 2 kg, mens hunnene er 110 cm og 18 kg, som vist i Fig. 10-3-4 og 10-3-5. Gytetid: jan/feb og temperatur krav ved gyting: 4-7°C. Gyteområde: 300-700 m dype groper (leirbunn) på havbanker eller i fjorder. Fekunditet: Opp til 3.500.000 egg. Eggene er 3-4 mm store og gytes på eller nær bunnen. Eggene stiger oppover i vannet til 100-250 m dyp. I dette spranglaget er temperaturen 5°C og saltholdigheten 34-34,5‰. Eggene klekkes her i løpet av 2 $^1/_2$ uke. Larvene er 6 mm, og plommesekken er stor (ca. 90% av tørrvekten) og sørger for næring 30-40 dager. Larvene stiger langsomt opp mot de øvre vannlag. Når plommesekken er oppbrukt er de 12 mm lange. Munn og øyne utvikles etter 4 uker, tarmen utvikles etter 5 uker. Larven metamorfosers etter 90 dager og lengde 25 mm. Kveiteyngelen bunnslår seg på ca. 50 m dyp når den er 4 måneder og måler 35 mm. Fra 1-2 års alderen finner vi kveita i 20-50 m dyp i kystnære områder. De er stasjonære til 4-6 års alderen og begynner så lange, usystematiske vandringer. Hjemvandring skjer ved kjønnsmodning. Etter gyting spres kveita over store områder på bankene eller kystnære farvann. Kveite-larver og -yngel tar nauplier og copepoditter av Calanoide copepoder og Cladocerer. Kveita blir så en utpreget rovfisk. De yngre har variert diett: krepsdyr (f.eks. krabbe), blekksprut og fisk (sild, hyse, sil). De voksne spiser nesten bare fisk som f.eks bunnfisk (brosme, hyse, ulke) og pelagisk fisk (sild, lodde, torsk, uer). I noen områder er uer like viktig for kveita som lodde og sild for torsk. Kveite er en mellomfet fisk.

Kveiten er den av de marine fiskeartene tilhørende våre farvann som en har størst forventninger til i oppdrett. Foreløpige tall viser at fisk på 3 kg skal kunne doble sin vekt innen 7 måneder og fisk på 5 kg kan doble sin vekt i løpet av ett år (SGR[1] = ~ 0,25) ved 6,5°C. Kveita er sterkt overbeskattet. Årlig ilandført kvantum kveite har gått nedover siden 1960 og dette gjelder alle landdistriktene. Prisen ligger på omlag 55 NKr. pr. Kg.

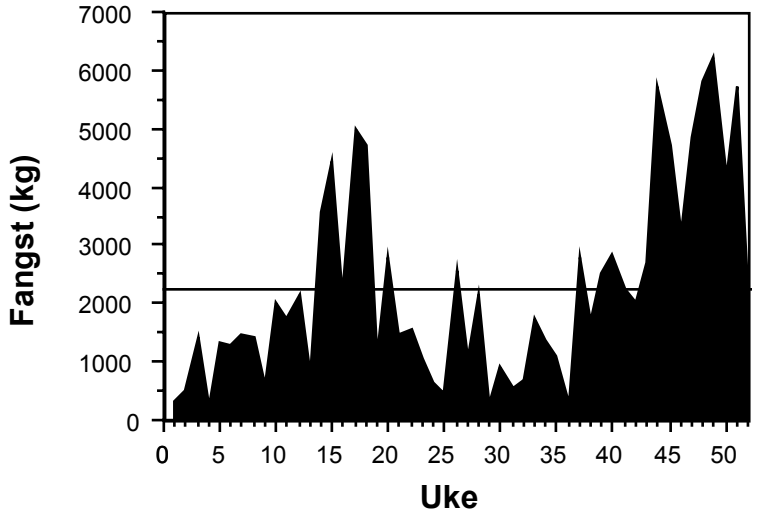
[1] SGR = specific vekstrate; daglig vektøkning i prosent.



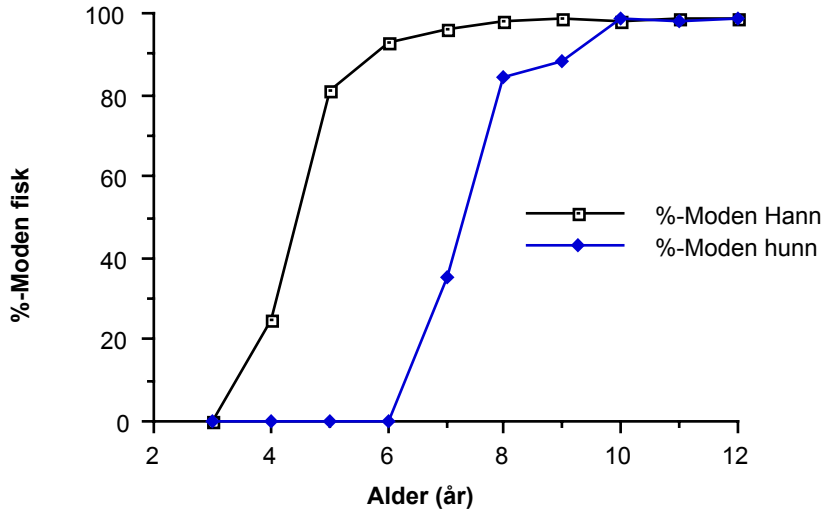
Figur 10-3-1. Skisse av utviklingsstadiene hos kveite (Refstie, 1992).

Stamfisk, gonadeutvikling, eggbefruktning og egginkubering

Gyteperioden til kveite er fra januar til mars, noe som vises i fra et feltarbeid i Nord-Norge hvor maksimal gyting forekom i overgangen januar/februar (Fig. 10-3-6), mens på Island foregår gytingen i perioden 15. april - 20. juni (1 - 4°C). Eggdiameteren varier fra 3,0 til 3,5 mm (Fig. 10-3-7) og i felten finnes de fleste eggene under spranglaget (spranglaget er fra 100-130 m; temperatur mellom 4 og 7°C; saltholdighet mellom 33,5 og 34,6‰; maksimal eggtetthet på 8 egg/1000 m^3) og nøytral oppdrift til eggene ligger mellom 34 og 35‰. Det er ikke enkelt å få kveiten til å gyte i fangeskap, det er derfor nødvendig å stryke fisken. Kveiten er porsjonsgyter med totalt fra 4 til 12 porsjoner og hver hunn har sin rytme i tidspunktet for hver gyting. En hunnfisk på 30 kg vil gi mellom 10 og 12 liter egg. Som regel er det omlag 4 dager mellom hver porsjon, men ved fluktuasjoner i temperatur vil dette kunne variere noe. Det vil derfor være nødvendig å prøvestryke kveiten med noen timers mellomrom for å finne det riktige



Figur 10-3-2. Fangster av kveite nord for Møre summert ukesvis i 1991. Stiplet linje angir gjennomsnittet (2234 Kg) (Kilde: Norges Råfiskelag, Tromsø, 1993).

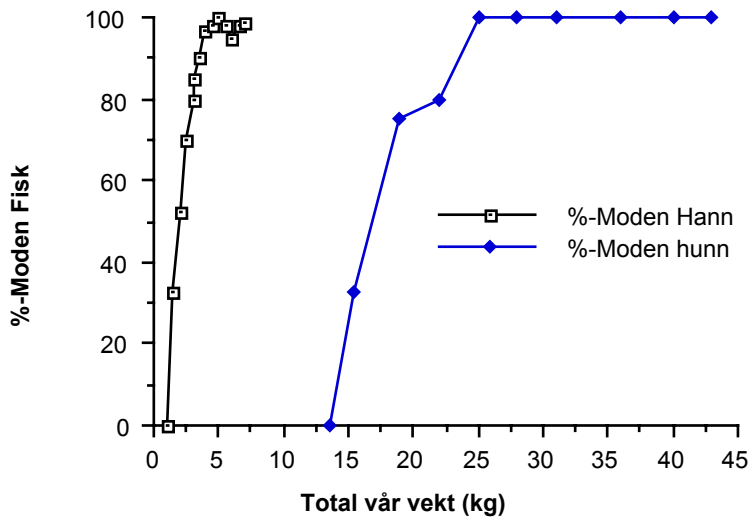


Figur 10-3-3. Prosent modne fisk i forhold til alderen av fisken. Data fra kveite i Færøyeske farvann (Haug, 1990).

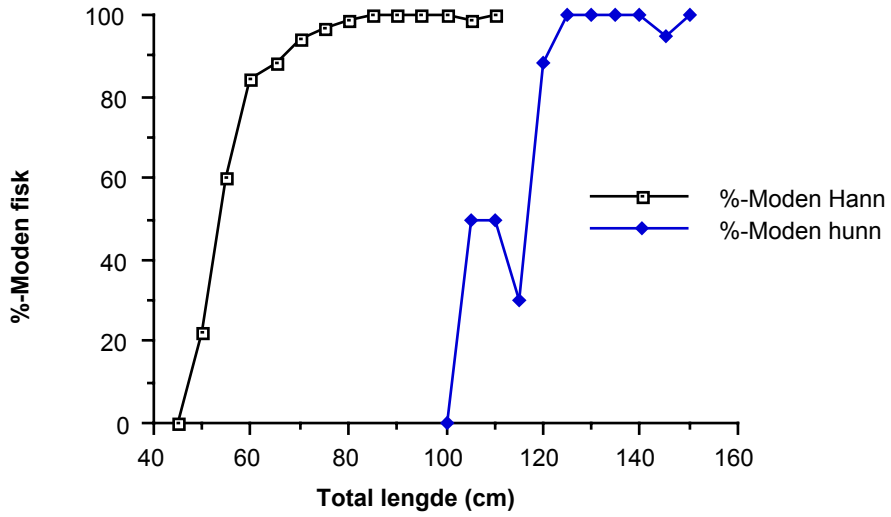
tidspunktet. Det å få strøket fisken til riktig tidspunkt resulterer i høy befruktningsprosent (> 90%) og høy klekkeprosent (> 75%). I løpet av gyteperioden gyter kveiten eggmengder tilsvarende 30-40% av sin egen kroppsvekt, men mister lite av sin egen kroppsvekt pga. gytingen. Kveita spiser også i gytesesongen, selv om matinntaket blir noe redusert. Målinger har vist at den relative leverindeksen avtar hos begge kjønn i tiden frem til gyting. Dette indikerer leverens viktige rolle som energireserve hos kveita. Etter gyteperioden har hunn-fisken særlig god appetitt. Det er 40.000 egg/liter rogn og rognantallet varierer med størrelsen på fisken. Våtbefruktning av eggene har gitt det beste befruktningsresultatet (> 90% befruktning). Dypfrysning (- 70°C) av melke er enkelt å gjennomføre og noen forringelse på melkekvaliteten er ikke registrert ved denne metoden.

Inkuberingen av eggene kan foregå i kjøleskap/-rom hvor en daglig må skifte vann eller i større karsystemer hvor eggene holdes svevende i vannmassene av forsiktige

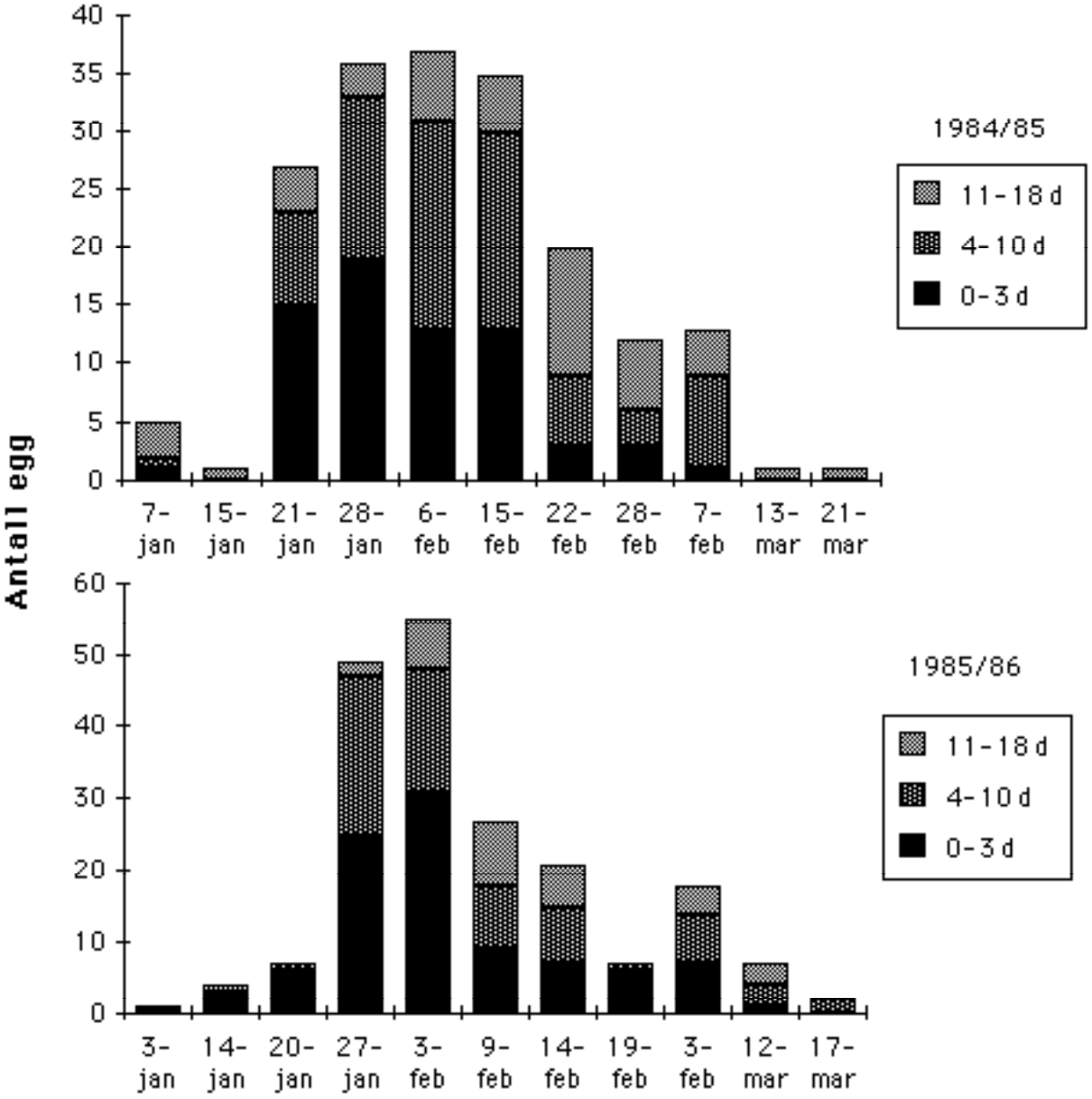
strømsystemer og hvor vannet skiftes kontinuerlig. I Fig. 10-3-8 er det vist en figur for overlevelse av kveite-egg ved inkubasjon i kjøleskap.



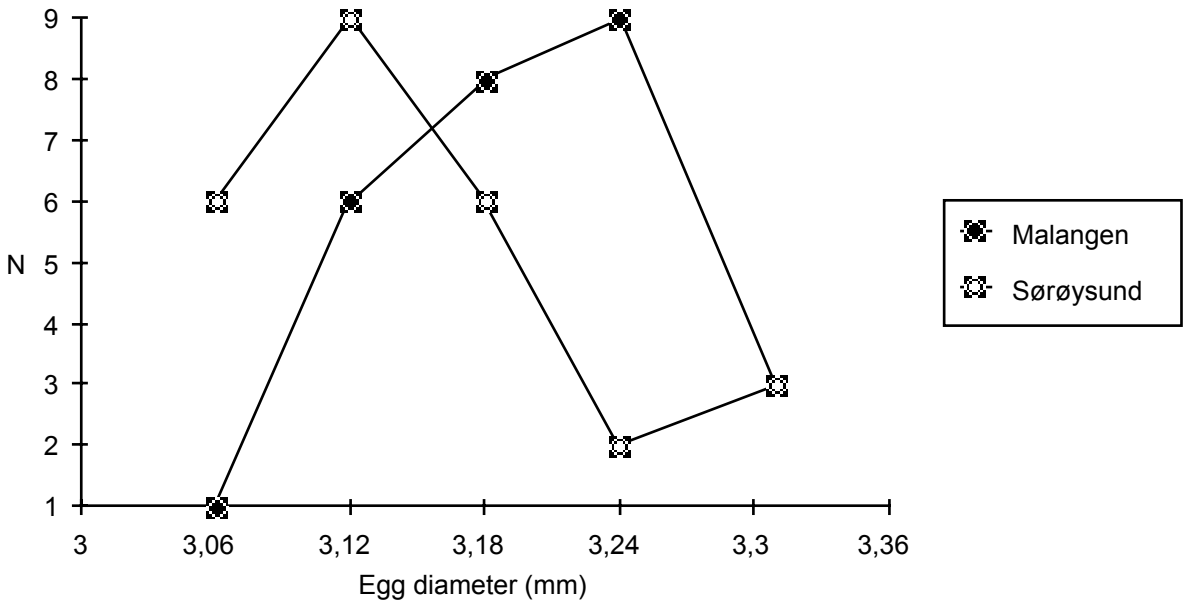
Figur 10-3-4. Prosent moden fisk i forhold til total våtvekt hos kveite i færøyiske farvann (Haug, 1990).



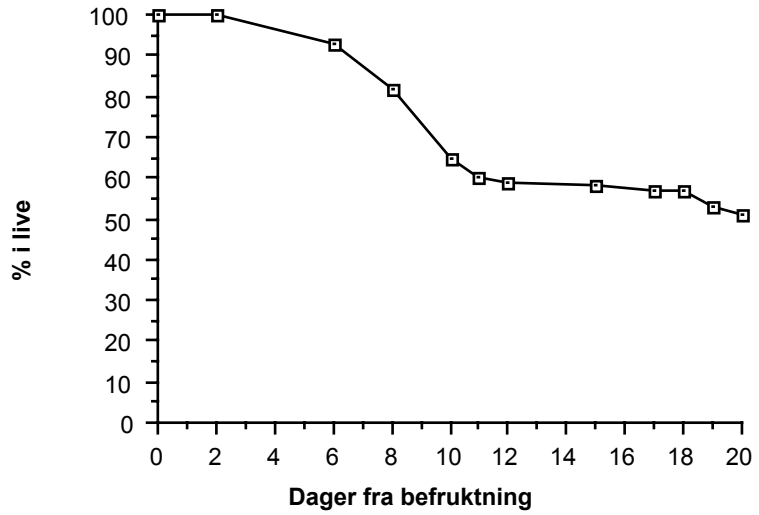
Figur 10-3-5. Prosent moden fisk i forhold til fiskens totale lengde. Data fra kveite i færøyiske farvann (Haug, 1990).



Figur 10-3-6. Frekvensen av ulike utviklingsstadier av kveite-egg funnet i Malangen i løpet av gytesesongene 1984/85 og 1985/84.; Blastula (0-3 d), gastrula inntil lukking av blastopor (4-10 d), og foster med lukket blastopor (11-18 d)(Kjørsvik *et al.*, 1987).



Figur 10-3-7. Eggdiametermålinger av kveiteegg fra Nord-Norge (T. Haug, Fiskeriforskningen, Tromsø, 1992).



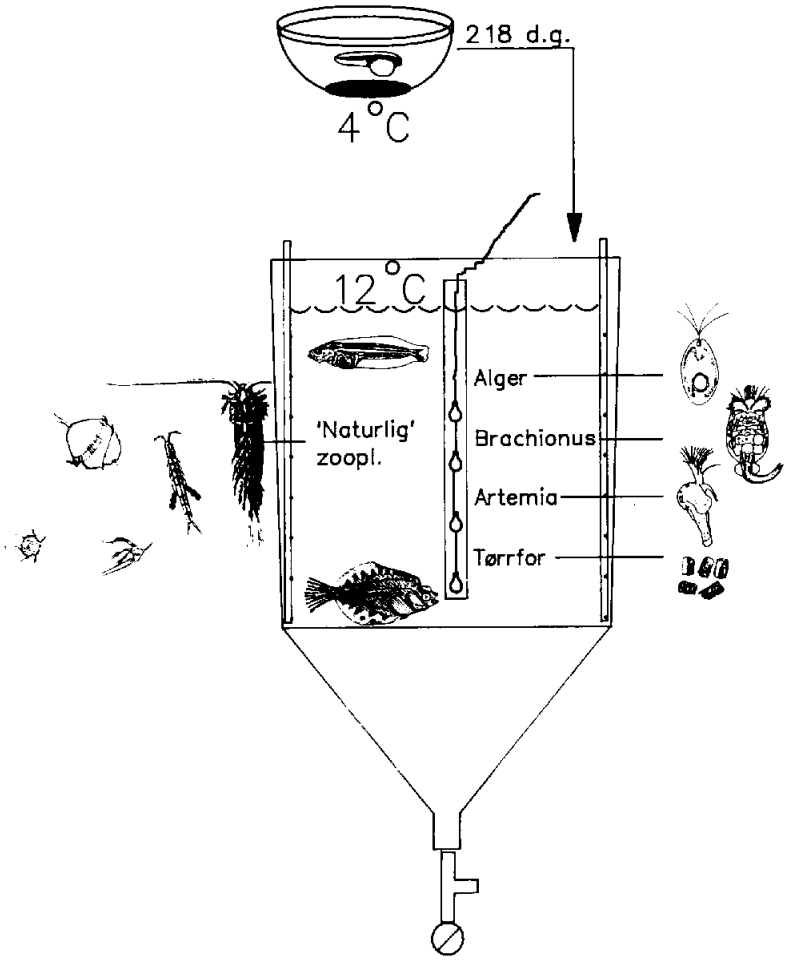
Figur 10-3-8. Dødelighet i en gruppe kveite-egg, som ble holdt i kjøleskap (Blaxter *et al.*, 1983).

Larver og startfóring

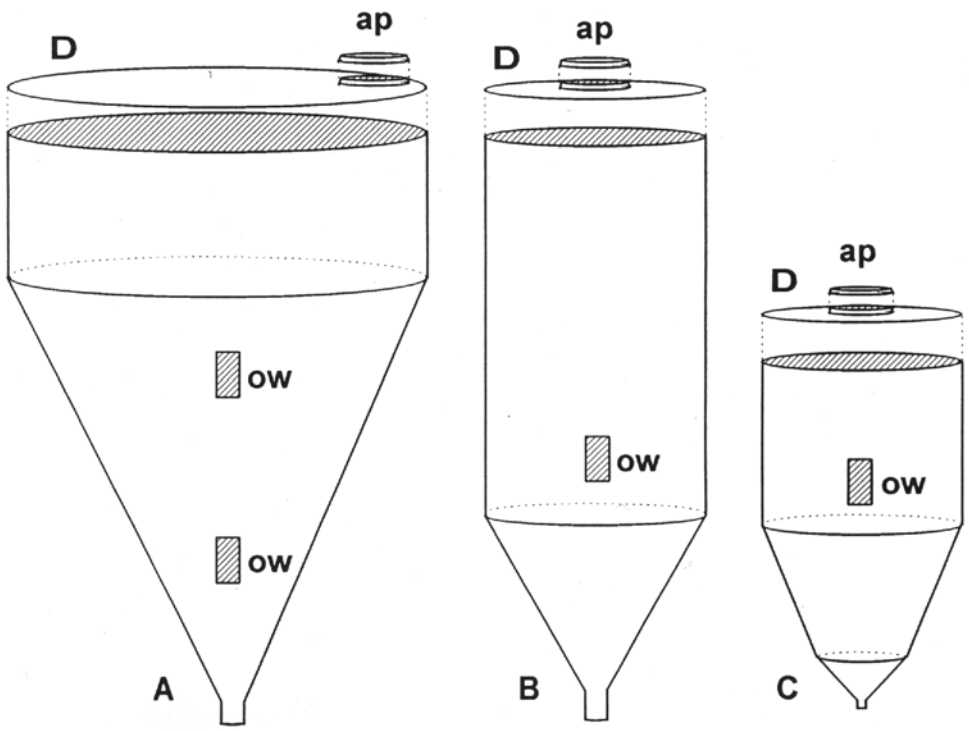
Hovedproblemet med kveiten har ikke vært inkuberingen av eggene, men derimot lagringen av larvene. Kveiten har et langt plommesekkstadium (omlag 30-50 døgn fra klekking, fig. 10-3-11) og i denne "lagringsfasen" frem til larven starter å spise og plommesekken er brukt opp, har en hatt høy dødelighet. I Fig. 10-3-9 vises en skisse av startfôrings- og tilvekstfasen til kveitelarver, hvor larvene etter omlag 218 døgngrader overføres til startfôringskar med alger og dyreplankton. I figur 10-3-10 indikeres utforming og størrelse av siloene som brukes til plommesekk larvene av kveite. Weaning til tørrfôr skjer ved en alder av omlag 100 døgn (1g) (se også Fig. 10-3-1). I Fig. 10-3-12 er

det vist en generell utviklingslinje for kveitelarvene. I Fig. 10-3-13 vises en typisk utvikling i dødelighet hos kveitelarver, her fra et forsøk i kjøleskap. I fig. 10-3-11 er forandringer i total tørrvekt, tørrvekten av plommesekken og tørrvekten av larven vist. Økningen i lengde av kveitelarven og reduksjon i plommesekkstørrelse angis for de første 60 døgn etter klekking. Utseende av larvene ved ulike utviklingstrinn er vist i Fig 10-3-14 til 10-3-16. Det vises til ekstra tegninger som dekker perioden fra eggstadier og frem til startfóret larve under Appendix 12.8.

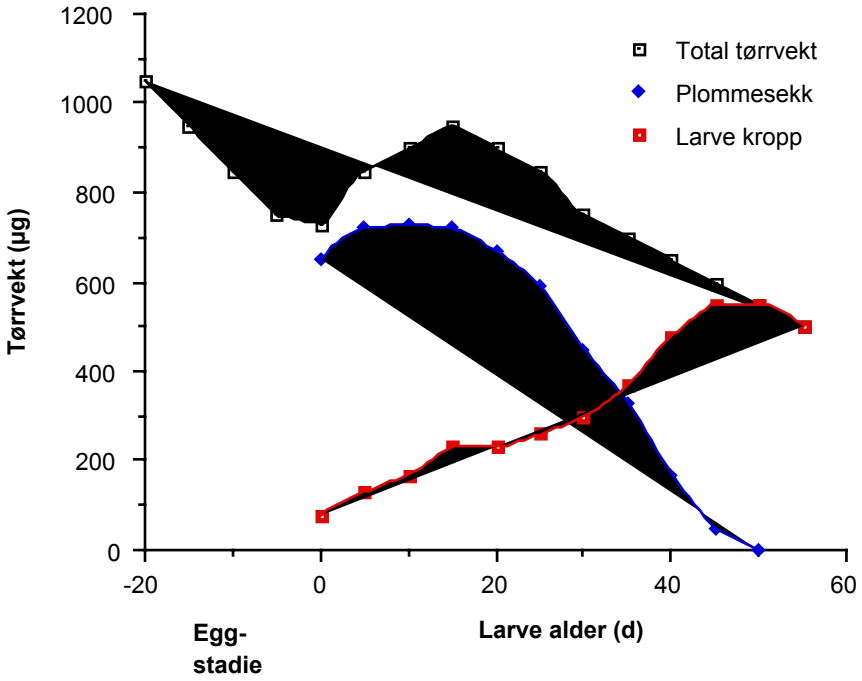
Kveitelarvene vil bunnslå seg ved en alder av omlag 90 dager og en lengde av mellom 35 og 40 mm.



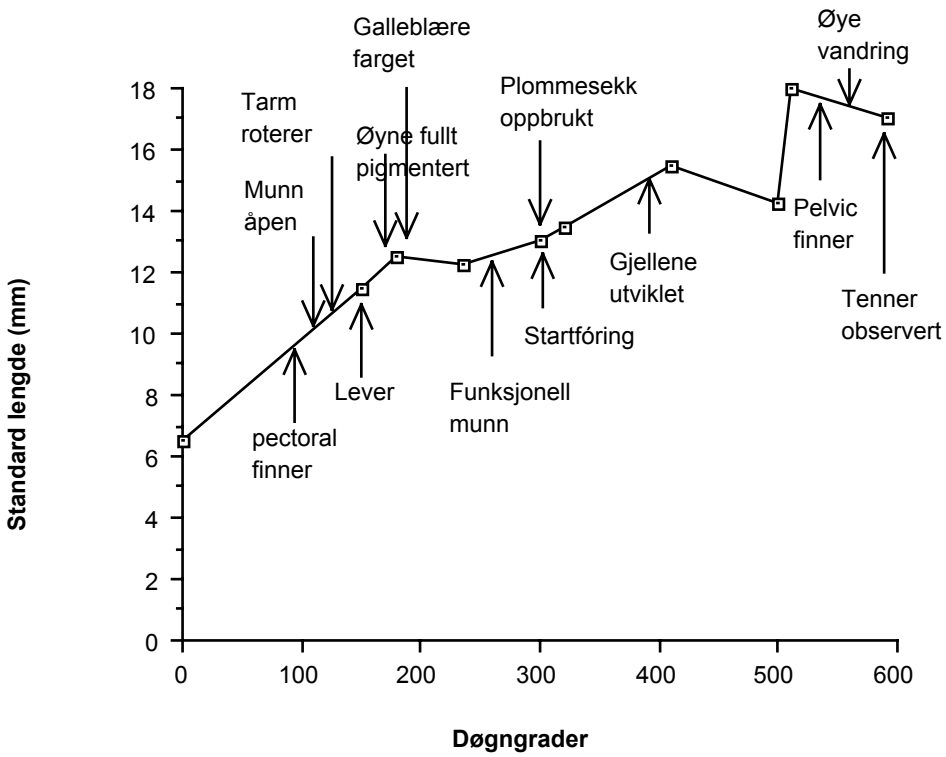
Figur 10-3-9. Skisse av startfóring- og tilvekstfasen hos kveite (Gulbrandsen, 1992).



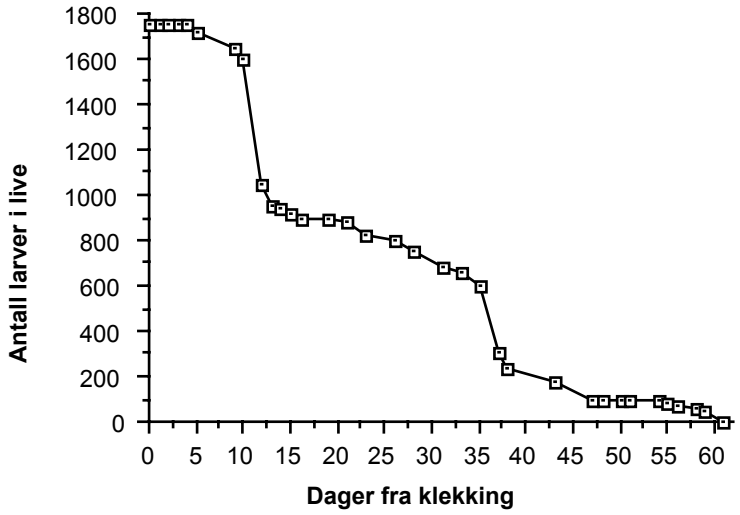
Figur 10-3-10. Tre typer siloer med konisk bunn som brukes til kveitelarver. Silo A er 13 m^3, 300 cm i diameter og 400 cm høy, Silo B er 4.7 m^3, 150 cm i diameter og 400 cm høy, Silo C er 2.8 m^3, 135 cm i diameter og 235 cm høy. Topp (D) har tilgangsluke (ap). Larvene kan observeres gjennom luke (OW) (Harboe *et al.*, 1994).



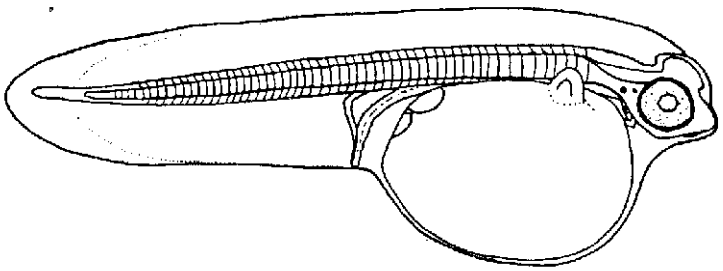
Figur 10-3-11. Total tørrvekt av kveite-egg (uten chorion) og kveite-larver; tørrvekt av plommesekk fra klekking og frem til denne er absorbert og kroppsvekten fra klekking og frem til dag 60 (Blaxter *et al.*, 1983).



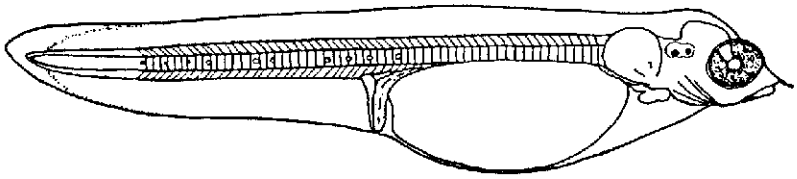
Figur 10-3-12. Tilvekst hos kveite i forsøk. Pilene angir viktige hendelser i larvens liv (Figur av K. Pittman; Haug, 1990).



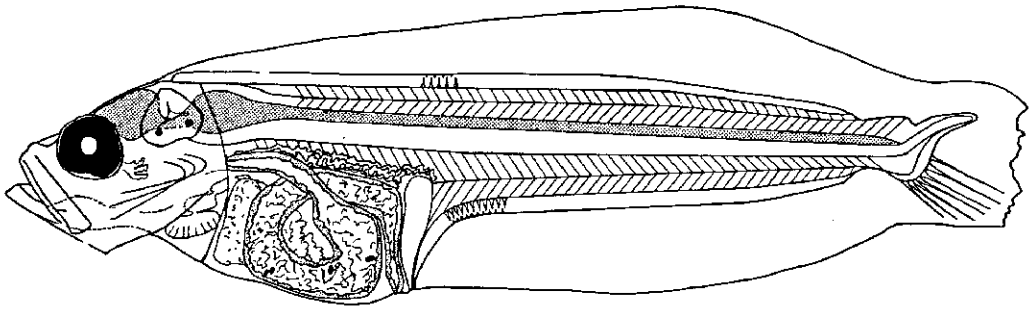
Figur 10-3-13. Dødelighet i en gruppe kveite larver, som ble holdt i kjøleskap (Blaxter *et al.*, 1983).



Figur 10-3-14. En kveitelarve omlag 86 døgngrader gammel. Pigmenteringen av øynene har begynnt (Tegninger av K. Pittman; Haug, 1990).



Figur 10-3-15. En kveitelarve omlag 250 døgngrader gammel og 12 mm lang (Tegninger av K. Pittman; Haug, 1990).

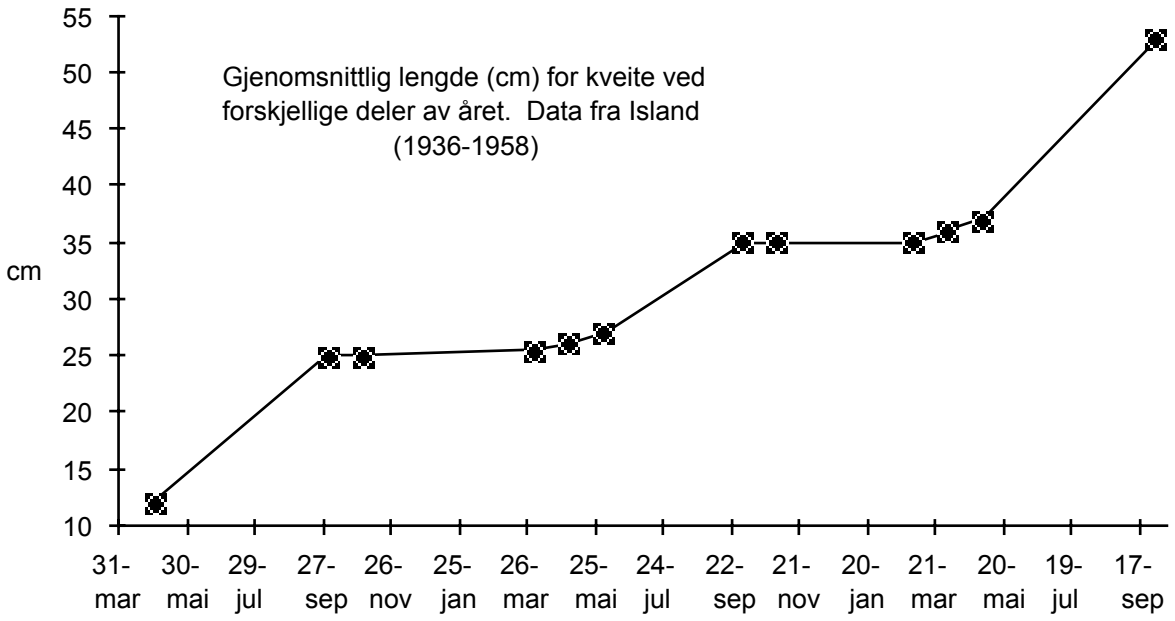


Figur 10-3-16. En kveitelarve omlag 400 døgngrader gammel og 16,8 mm lang og myotomhøyde på 2.4 mm (Tegninger av K. Pittman; Haug, 1990).

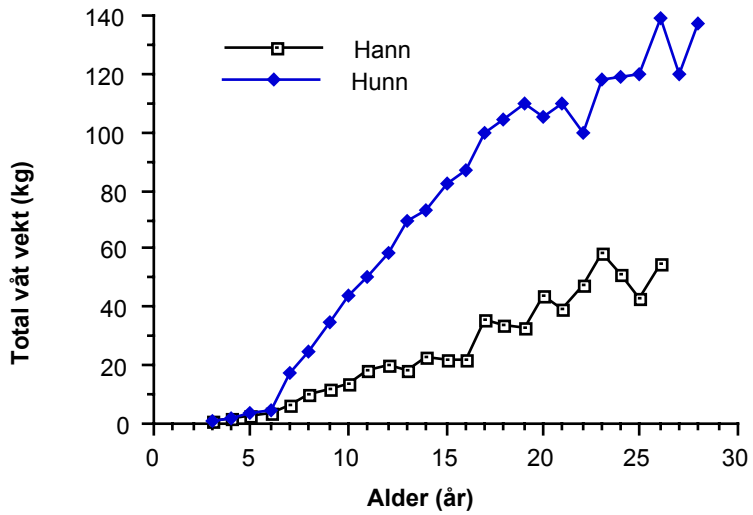
Tilvekst i kultur

I et fremtidig oppdrett av arten kan en tenke seg at kveitelarver mellom 35-40 mm vil være størrelsen for overføring til et matfiskanlegg. Ved en lengde av 12 mm har larven en våtvekt av 5 mg, etter ett år har yngelen en vekt av omlag 200 g og etter 2 år har fisken en vekt av 0,5 - 1 kg. Det er hunnene som oppnår den hurtigste veksten hos kveita. De blir ca. 10 kg etter 6-7 år i naturen (0,39%/dag), mens hannen bruker 8-9 år (0,30%/dag) for å oppnå den samme vekten. I naturlige bestander er det beregnet en daglig vektøkning hos hanner frem til kjønnsmodning på 0.45 % (1,7 kg) og hos hunner på 0,38% (18 kg). Et typisk vekstmønster hos kveite i islandske farvann er vist i Fig. 10-3-17. De vekstforsøk som har blitt utført på villfanget kveiter, viser at man er i stand til å doble tilveksten hos arten i fangenskap mot det som er vanlig i naturen. Likevel er tilvekstene lave med verdier mellom 0,3 og 0,4%/dag. Dette er fisk som har økt sin vekt fra 22 og 32,5 kg til henholdsvis 70 og 78,5 kg i løpet av 214 og 426 dager. En målsetting bør være å kunne få frem en fisk på 10 kg på 3 år, dette vil si en daglig vektøkning på 0,85%. Figurene 10-3-18 og -19 viser lengde og vekt mot alder til kveiter fanget ved Færøyene, mens Fig. 10-3-20 viser tilvekst av kveite i fangenskap. I Fig. 10-3-21 indikerer forandring i optimal temperatur for kroppstilvekst og fôrfaktor i forhold til kveitas størrelse. Optimal temperaturen for kveiteyngel ligger mellom 10-12 °C (Fig. 10-3-22) og optimal tetthet er indikert i fig. 10-3-23.

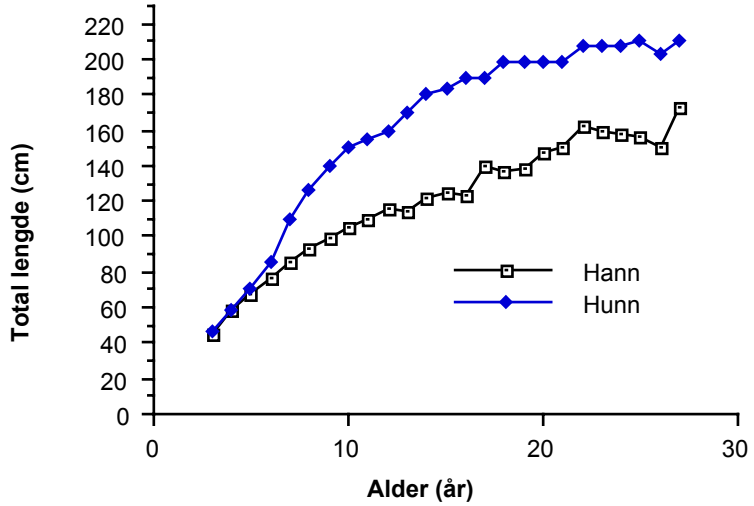
Antall kveiter i oppdrettsanlegg har økt jevnt fra 1986 og frem til 1993 (Fig. 10-3-24), og forventes å øke i årene fremover.



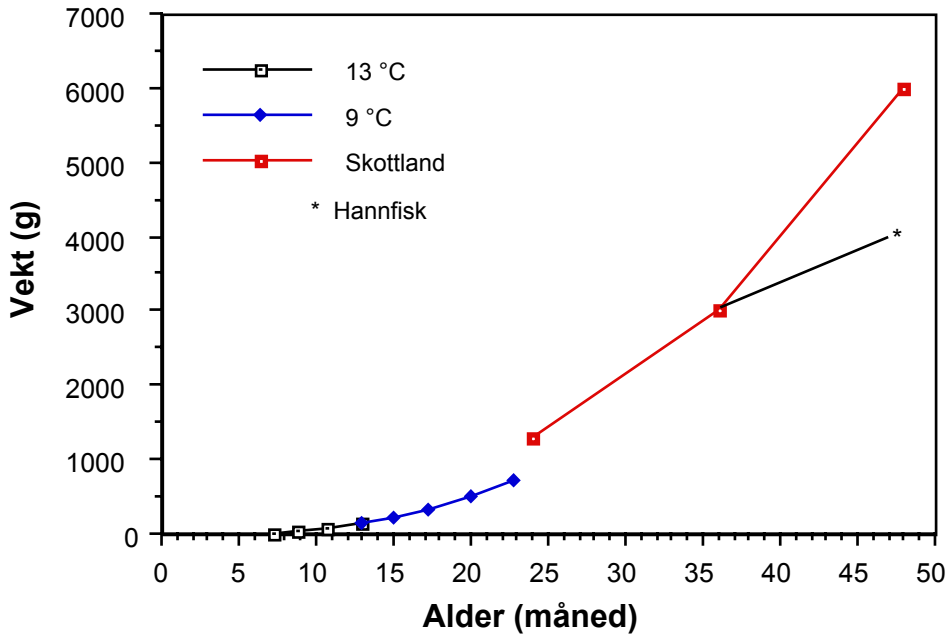
Figur 10-3-17. Typisk vekstmønster hos kveite i islandske farvann som 1, 2 og 3-år gammel fisk (Haug, 1990).



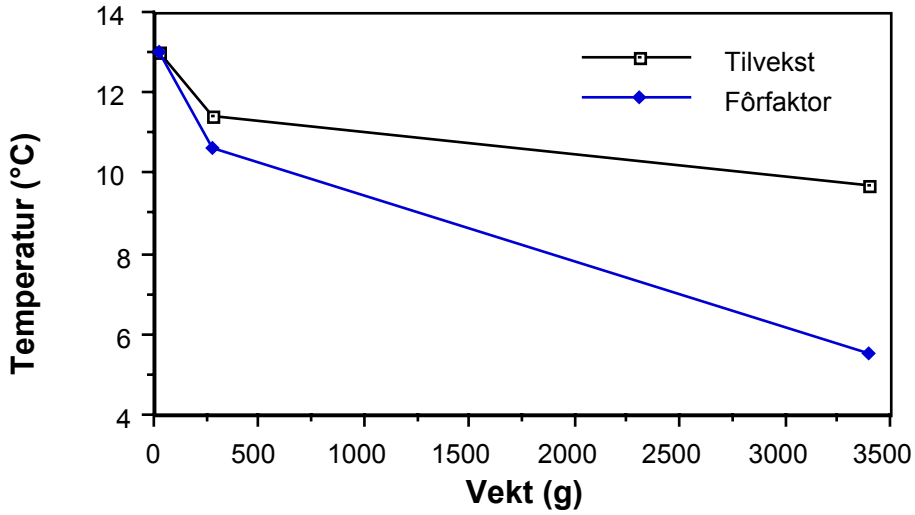
Figur 10-3-18. Observert total våtvekt på kveite fra færøyiske farvann (Haug, 1990).



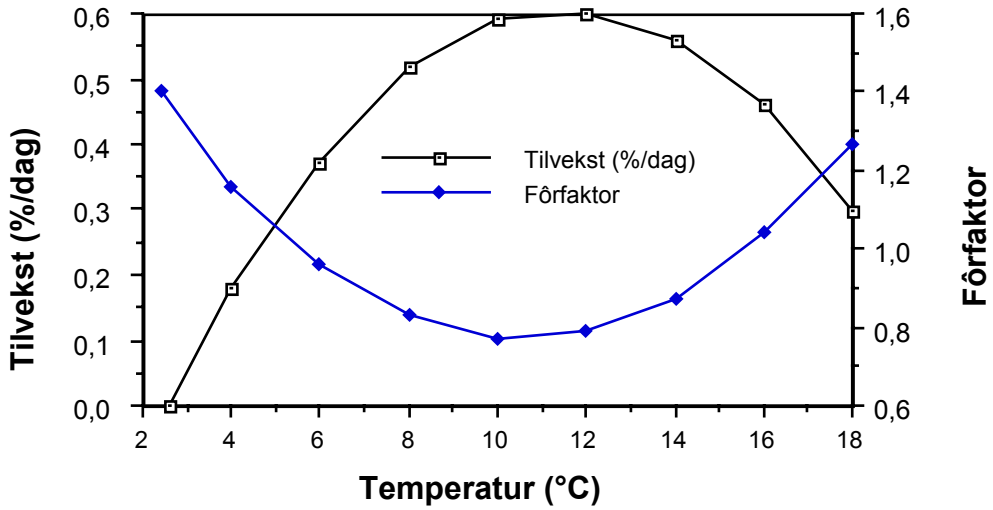
Figur 10-3-19. Observert totallengde hos kveite i færøyiske farvann (Haug, 1990).



Figur 10-3-20. Tilvekst observert hos kveite ved optimale temperaturer (13 og 9 °C) på Island (Björnsson, 1993) og Skottland.

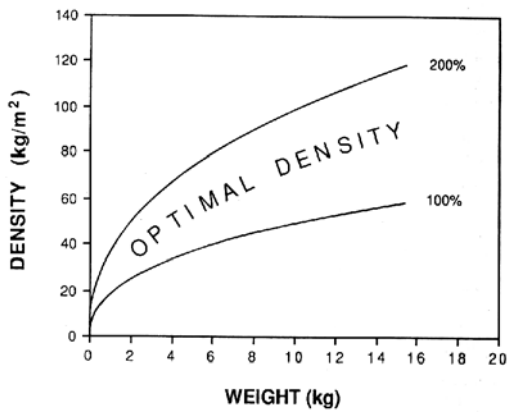


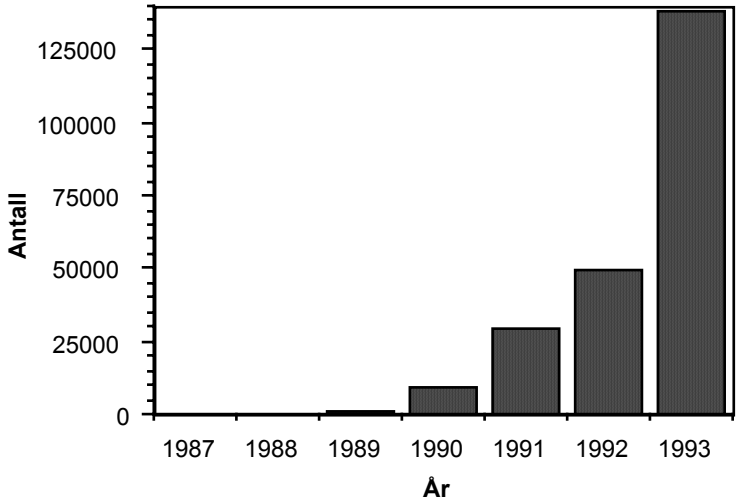
Figur 10-3-21. Optimal temperatur hos tre størrelsesgrupper av kveite (26 g, 280 g, 3400 g) i forhold til tilvekst og fôrfaktor (Björnsson, 1993).



Figur 10-3-22. Forholdet mellom temperatur og tilvekst og fôrfaktor (Björnsson, 1993).

Figur 10-3-23. Angivelse av forventet optimal tetthet for kveite (Bjørnsson, 1994)





Figur 10-3-24. Antall kveiter i anlegg har økt jevnt fra 1986/87 med 53 stk. frem til 1993 med 138.000 (Nortvedt, 1992).

Oppsummering vedrørende oksygenforbruk og fóromsetning er gjort av T. Haug (Fiskeriforskningen, Tromsø) og er som følgende:
- Sultne småkveiter vil i ett måltid kunne spise en fórmengde tilsvarende 10-15 % av egen kroppsvekt
- Det tar ca. 100-150 timer fra fórinntak til maten er fordøyd og magen fullstendig tømt for rester
- Gjennomsnittlig oksygenforbruk hos sulten fisk er 70 ml O_2 pr. kg levende fisk pr. time. Tilsvarende verdier for fisk som nettopp har spist er 100.
- Ammoniumutskillelsen hos sulten og mett fisk var henholdsvis 0,0231 og 0,0508 mg $N*10^{-2}$ pr kg levende fisk pr. time.

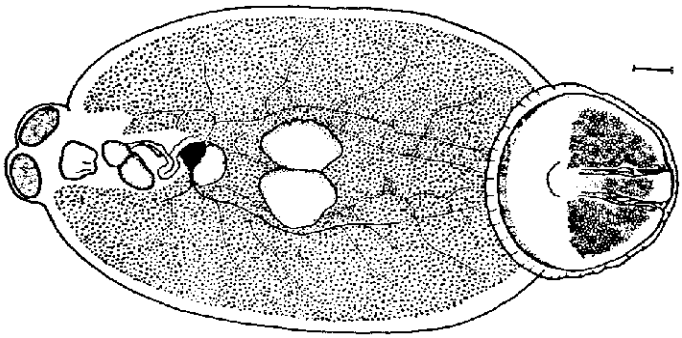
Generell atferd

Kveite har vært holdt i fangenskap siden begynnelsen av 1980-årene og selv om alle stadier (fra larver til voksen fisk) frem til idag har vært inkludert er det lite informasjon som foreligger om erfaringene. Kveite er en art som vil bruke bunnen av kar og vil etter en hvis størrelse kreve relativt stor areal. Det jobbes med løsninger for å redusere anleggskostnadene. Generelt er inntrykket at kveita er en enkel fisk å holde i kultur.

Sykdom og parasitter

Foreløpig er lite kjent om sykdommer som kveita kan bli utsatt for. Parasitter kjenner vi til og disse har en tendens til kraftige oppblomstringer når fisken holdes i fangenskap. Fra feltundersøkelser viser resultatene at først etter at fisken blir kjønnsmoden infiseres den i noen særlig grad, infiseringen muligens skjer på gyteplassene. De to ektoparasittene som foreløpig har skapt problemer for kveiten i fangenskap, er kveitas haptormark (*Entobdella hippoglossi*), se Fig. 10-3-25, og kveitelusa (*Lepeophtheirus hippoglossi*). Sand og grus i bunnen av karene som kveita holdes i hjelper på å holde mengden parasitter nede, og lett

formalinbehandling (1:2000/1:4000) er også en metode for å kvitte seg med parasittene. Dersom antall parasitter på kveita blir for stort, vil fisken begynne å sture, miste matlysten og til slutt dør den.



Figur 10-3-25. Kveitas haptormark (Monogenea) (17.6 mm lang) (Schram and Haug, 1988). (Også kalt kveiteikta).

10.4. Piggvar (*Scophthalmus maximus* L.)

Generell biologi, fiske og priser

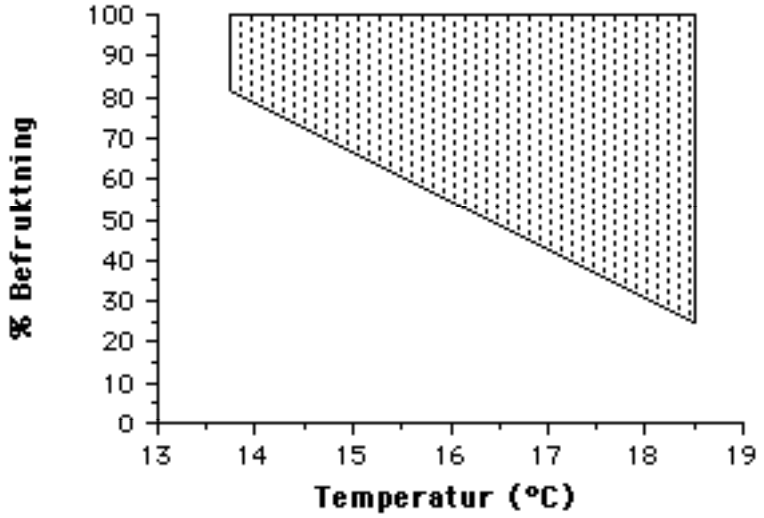
Utbredelse: Fra Marokko, Middelhavet, Nordsjøen, Østersjøen, Norskekysten til Lofoten. Sjelden dypere enn 40 meter.

Piggvar blir kjønnsmodne som hanner etter 3 år og hunner etter 4 år. Forholdet mellom hanner og hunner: Nordsjøen 2:1, Østersjøen 10:1. Gytetid: mai-juli. 1.5 mill egg med diameter 1 mm. Pelagiske, glassklare egg med en oljedråpe. Klekketid er 10 dager ved 10°C og 5 dager ved 15°C. Ved klekking er larvene gjennomsiktige og 2-3 mm lange. Etter 2 dager har de funksjonell kjeve, tarm og øyne, og matopptaket starter. Plommesekken varer ca 4 døgn. Metamorfose etter 6-9 uker ved lengden 20 mm. Yngelen bunnslår seg ved lengden 30 mm, mange på 1 meters dyp. Om høsten er yngelen blitt 8-10 cm og de trekker ned på dypere vann. Piggvarlarver har meget variert diett: bløtdyr og krepsdyr (ostracoder, cladocerer, copepoder, cirripeder, amfipoder) og noe polychaeter. I de tre første årene er krepsdyr viktigst. I 3-4 års alderen er kutlingfisk viktigst. Eldre dyr spiser nesten bare fisk, særlig sild, brisling, hvitting og sil og tar også flyndrefisk. Piggvar er den av de fem marine artene som det idag kan "gjøres penger på" idet den oppfyller flere krav for en god matfisk. Den har en jevn og høy pris (varierer etter kvalitet og størrelse; 60-100 NKr pr. kg), den har meget god tilvekst og utnytter fóret godt. Piggvaren kan oppnå en maksimal vekt på 25 kg (100 cm). Det totale markedet i Europa er beregnet til 10.000 t.

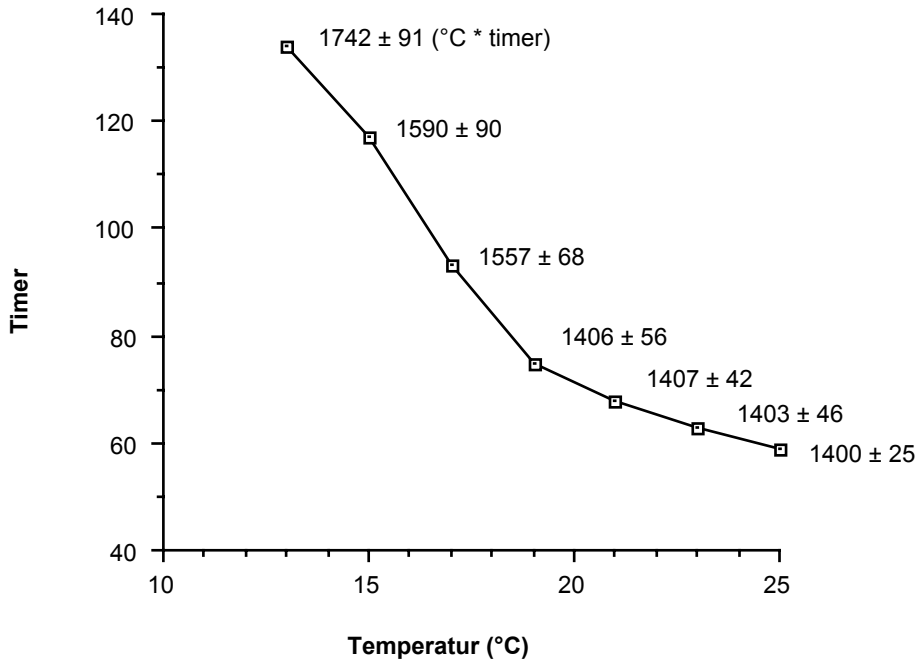
Stamfisk, gonadeutvikling, eggbefruktning og egginkubering

Stamfisk av piggvar er enkel å holde i kar eller bassenger med ren bunn. Piggvarens gyteperiode kan styres ved injeksjon av hormoner eller ved bruk av fotoperiode. Typisk er at fóropptaket reduseres i forbindelse med gytingen (Fig. 4-5). En kan få piggvaren til å gyte naturlig, men da bør en benytte tanker på 40 - 50 m^3 og dybder på mer enn 2 m. Den mest vanlige metoden er stryking. Piggvaren er porsjonsgyter og modne egg kan strykes over en periode av 3 til 6 uker avhengig av størrelsen på fisken. Eggene i en porsjon modnes over 4 - 6 timer og dette skjer regelmessig hver 70-90 time. Dersom strykingen skjer mer enn 10 timer etter ovulasjon blir resultatet lav befruktnings- og klekkeprosent (Fig. 10-4-1). For å bestemme ovulasjonssyklusen, kreves det individuell merking av stamfisken og med prøvestryking f.eks. én gang per dag. Befruktete egg fra ovulasjons-tidspunktet er glassklare med en oljedråpe og perfekt kuleformede med symmetriske celler fra første og andre celledeling. Befruktete overmodne egg derimot viser forringet kvalitet av cellene fra de første celledelingene og overmodne egg som ikke har latt seg befrukte vil være misfargete og innsunkne. 1 liter rogn inneholder omlag 1.200.000 egg,

hvert med en diameter på omlag 1,0 mm. Den vanligste måte å befrukte eggene på er ved våtbefruktning. Forholdet mellom inkubasjonstid og temperatur er gitt i Fig. 15-6-2, som også viser at antall timegrader[1] avtar med økende temperatur. Gjennomsnittlig ligger inkubasjonstiden på omlag 1500 "timegrader", eller omlag 6 dager ved 12°C (se av Fig. 10-4-2).



Figur 10-4-1. Sammenhengen mellom temperatur og befruktnings prosent av piggvaregg innen første døgnet etter ovulasjon. De høyeste verdier oppnåes rett etter ovulasjon og de laveste 24 timer etter ovulasjon (Howell and Scott, 1989).



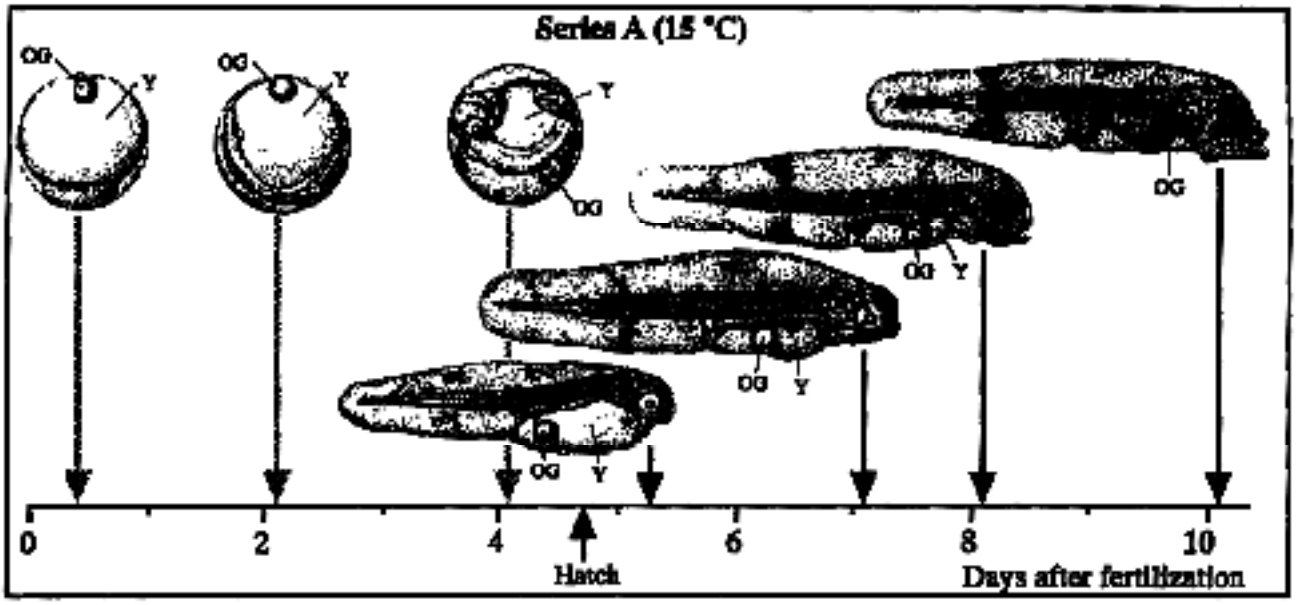
Figur 10-4-2. Forholdet mellom temperatur og tiden til 50 % klekking hos piggvar egg (Devauchelle *et al.*, 1986b).

[1] Timegrader = antall timer * temperaturen (°C).

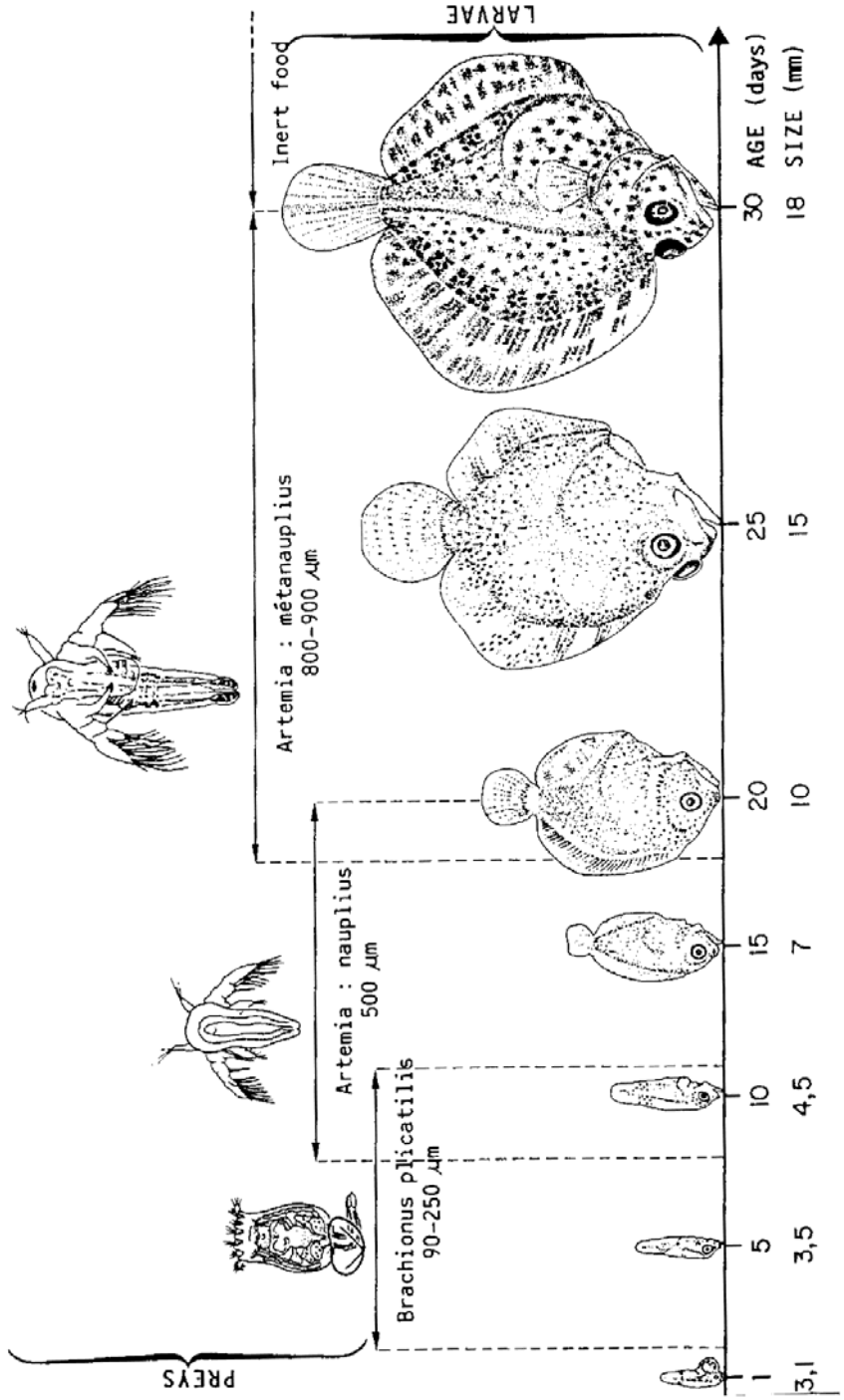
Larver og startfóring

Ved klekking er larven gjennomsiktig og plommesekken inneholder en stor oljedråpe. Etter omlag 2 døgn har larven funksjonell kjeve, tarm og øyne og kan dermed starte matopptaket. Plommesekken varer ikke mer enn omlag 3 døgn. På dette stadiet er det også vanlig å foreta forsendelse av larvene. Selve utviklingen av larvene er vist i Fig. 10-4-5 med stadie–inndeling. Plommesekkstadiet er fra A til C, mens larvestadiet går frem til G når larvene er omlag 8 mm lang. Metamorfoserende larver er vist fra H til K og mens larvene hittil har svømt som andre fiskelarver, vil de nå svømme på skrå og øynene inntar en horisontal posisjon. I løpet av perioden (H-K) vil øyevandringen være ferdig, svømmeblære og hodepigger tilbakedannes. En sier at larven har metamorfosert og er nå i yngelstadiet. Piggvaren er nå omlag 20 mm, men vil forbli pelagisk til en størrelse mellom 30 og 40 mm før den bunnslår seg. I Fig. 10-4-6 er det gitt en oversikt over tarmutviklingen hos de samme larvene. Utviklingen til en funksjonell og effektiv tarm er viktig for at larven skal oppnå en rask tilvekst. Størrelsen av fóret som piggvar larvene kan spise øker med størrelsen av selve larvene, som vist i Fig. 10-4-7, hvor det er vist til størrelsen av piggvarens munnåpning og størrelsen av byttedyr.

Startfôringen av piggvar (Fig. 10-4-4) foregår vanligvis ved lys på 200-4000 lux, temperatur på 18-19 °C, saltholdighet mellom 20-40 ‰, og fotoperiode 16 t lys - 8 t mørke eller 24 t lys (Fig. 3-21; 12-4-1; 12-4-2). Piggvarlarvene fôres med rotatorier i perioden 2 - 12 dager fra klekking, Artemia nauplii dag 8 - 25 (Fig. 3-24) og Artemia metanauplii (Fig. 3-25) frem til weaning.

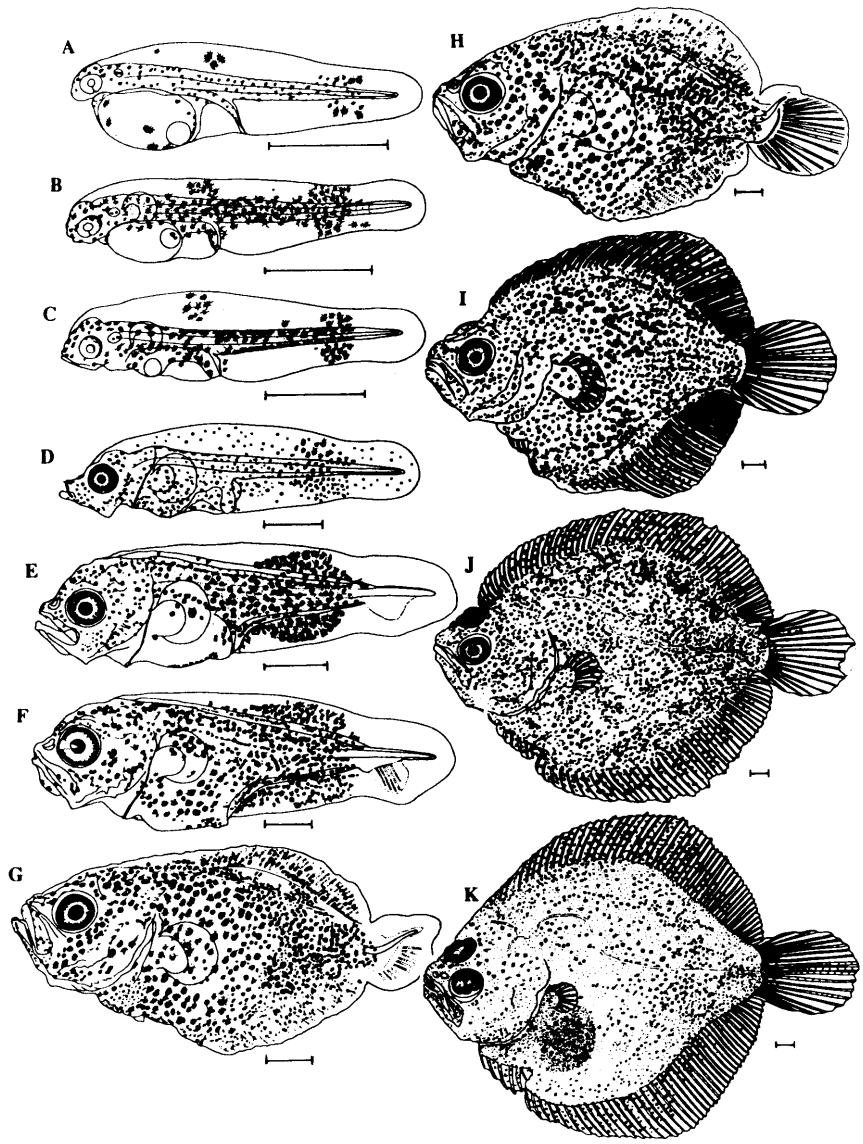


Figur 10-4-3. Reduksjon i plommesekken hos piggvarlarver fra befruktning av eggene til slutten av plommesekkstadiet. OG = olje dråpe; Y = plommesekk (Rønnestad *et al.*, 1992).

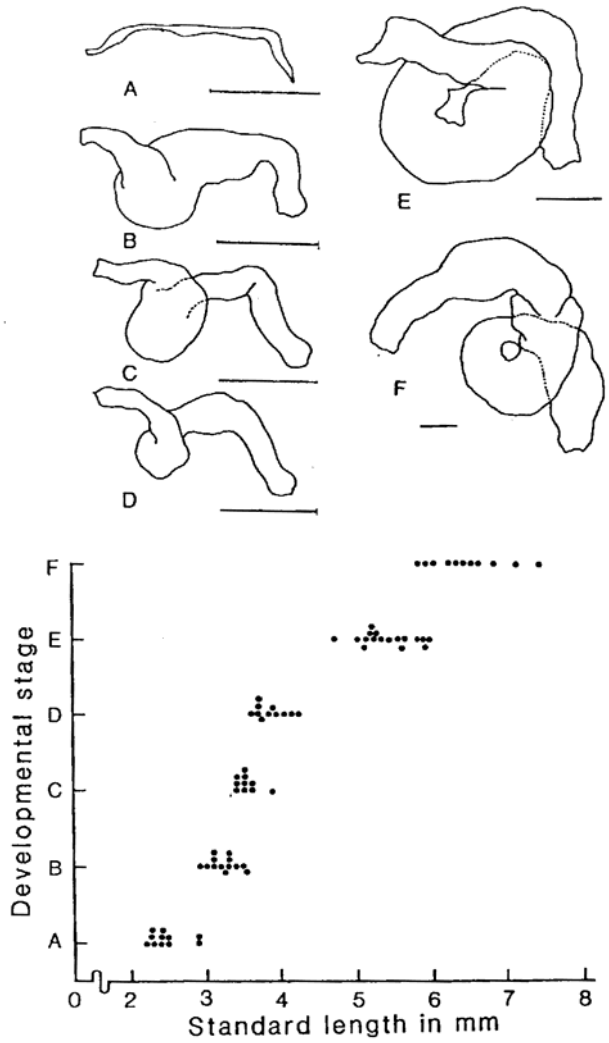


Figur 10-4-4. Utvikling av piggvar fra klekking og frem 1 måned. Temperatur = 19 ± 1 °C (Person-Le Ruyet, 1990).

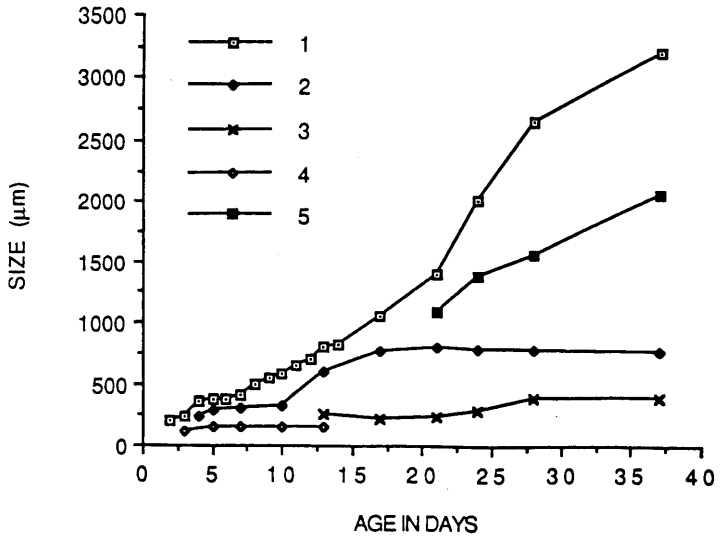
12



Figur 10-4-5. Larveutvikling hos piggvar fra plommesekklarve til metamorfosert larve. A-G = larve; H-J = metamorfoserende larve; K = yngel. Standard lengde/total lengde (mm): A = 2,59/2,75; B = 3,12/3,36; C = 3,44/3,62; D = 5,66/5,93; E = 5,9/6,3; F = 6,2/6,6; G = 8,2/8,8; H = 7,8/9,3; I = 14,7/19,2; J = 17,0/21,7; K = 18,5/24,0 (Fukuhara *et al.*, 1990).



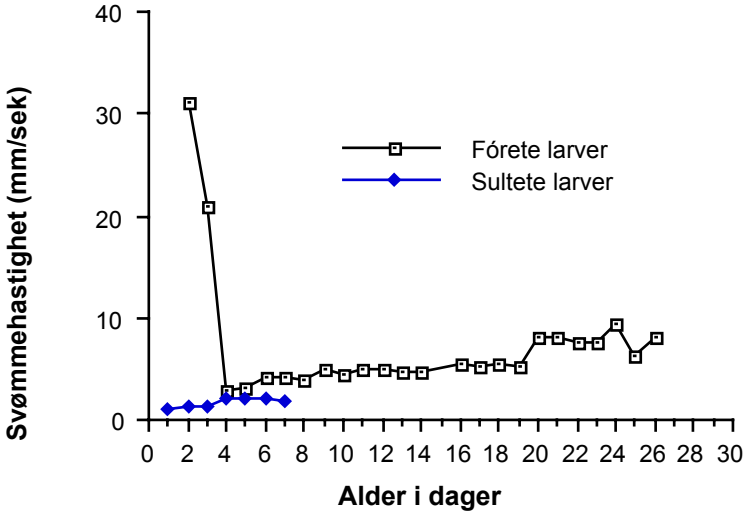
Figur 10-4-6. Øvre del av figuren viser utviklingen av tarmkanal systemet hos piggvar i stadiene A til E (se forgående figur). Strekene indikerer 1 mm skala. Den nedre delen av figuren viser forholdet mellom utviklingsstadiene og lengden av fisken (Fukuhara *et al.*, 1990).



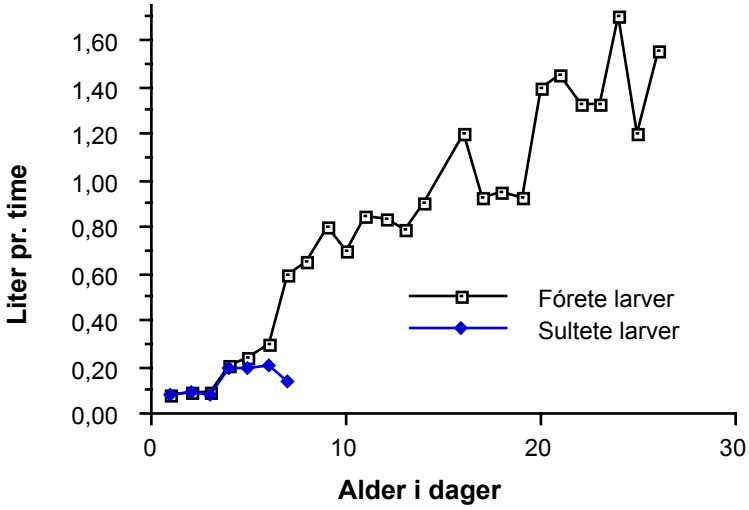
Figur 10-4-7. Forholdet mellom størrelsen av munnåpningen hos piggvarlarver og størrelsen av viktige byttedyr funnet i tarmen til larvene. 1: munnstørrelse; 2: calanoid copepoder; 3: harpacticoid og cyclopoid copepoder; 4: nauplier av calanoide copepoder; 5: amfipoder (Danielssen *et al.*, 1990).

I Fig. 10-4-8 vises den høye svømmehastigheten hos piggvarlarver ved første næringsopptak og i Fig. 10-4-9 den økning i vannvolum som blir gjennomsøkt i leting etter

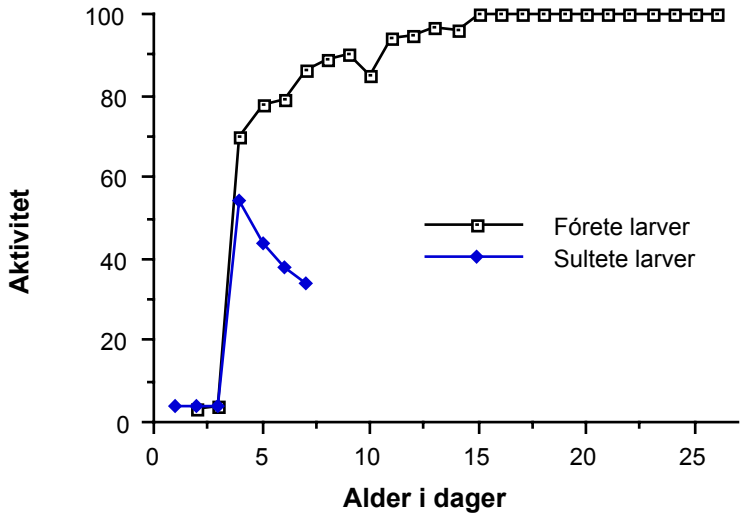
mat og Fig. 10-4-10 økningen i aktivitet med alderen. Den maksimale tilveksten vil larvene ha mellom dag 7 og dag 30 med daglig vektøkning omkring 40% (Fig. 10-4-11) og et daglig matopptak som tilsvarer 2-3 ganger deres egen kroppsvekt. Størst dødelighet i startfórings fasen vil finne sted mellom dag 5 og dag 10 etter klekking (Fig. 10-4-12). I Fig. 10-4-13 vises lengde mot alder for piggvarlarver som har blitt startfóret i henholdsvis laboratoriet og i et mesokosmos (2000 m^3). Den viser at en langt bedre tilvekst oppnåes innledningsvis i mesokosmos enn i laboratoriet. Betydningen av en innledningsvis høy tilvekst vises i Fig. 3-32 (Kap. 3) hvor 2 grupper av piggvar er blitt fóret med samme fór, men den gruppen som ved starten hadde den største gjennomsnittsvekten (9 g mot 5 g) veide etter 17 måneder 500 g mer enn den andre gruppen.



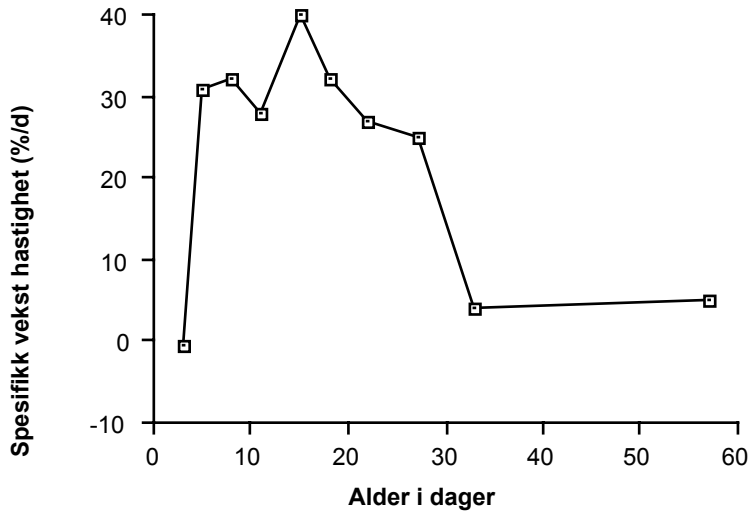
Figur 10-4-8. Gjennomsnittlig svømmehastighet hos fórete og sultete piggvarlarver (Skiftevik, 1992).



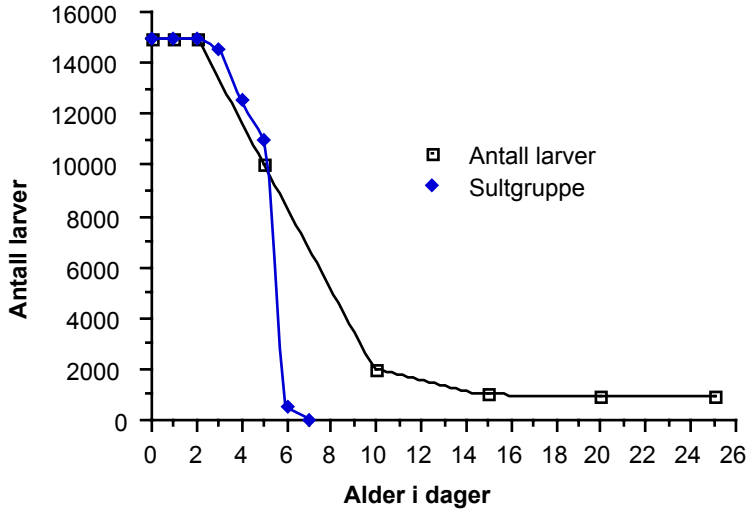
Figur 10-4-9. Gjennomsnittlig søkevolum for fórete og sultete piggvarlarver (Skiftevik, 1992).



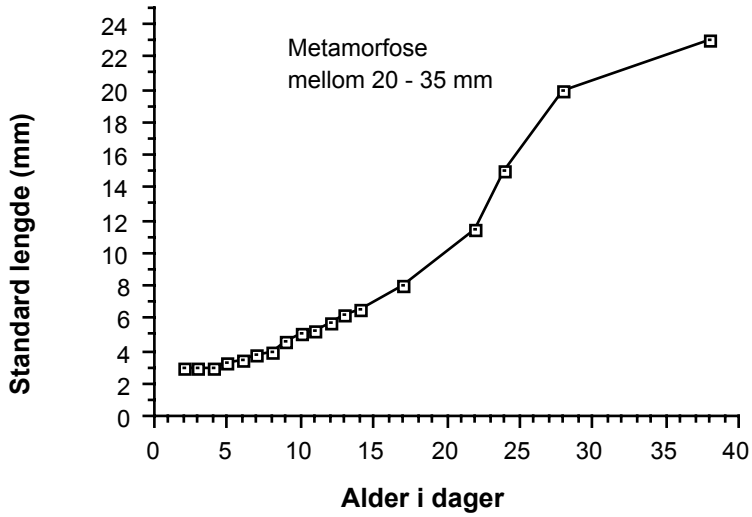
Figur 10-4-10. Gjennomsnittlig aktivitet for fórete og sultete piggvarlarver (Skiftevik, 1992).



Figur 10-4-11. Daglig vektøkning (%) hos en gruppe piggvarlarver (Danielssen *et al.*, 1990).



Figur 10-4-12. Dødelighet i en piggvargruppe i et bassengforsøk. Dødeligheten i en sultgruppe er vist i samme figur (Danielssen *et al.*, 1990).

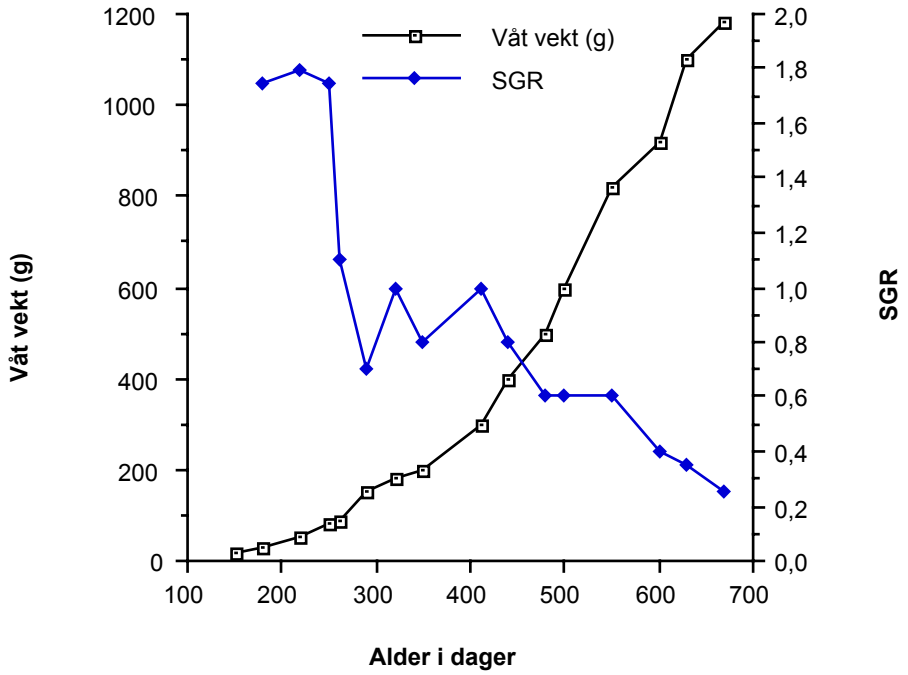


Figur 10-4-13. Tilvekst hos piggvarlarver i et bassengforsøk (Danielssen *et al.*, 1990).

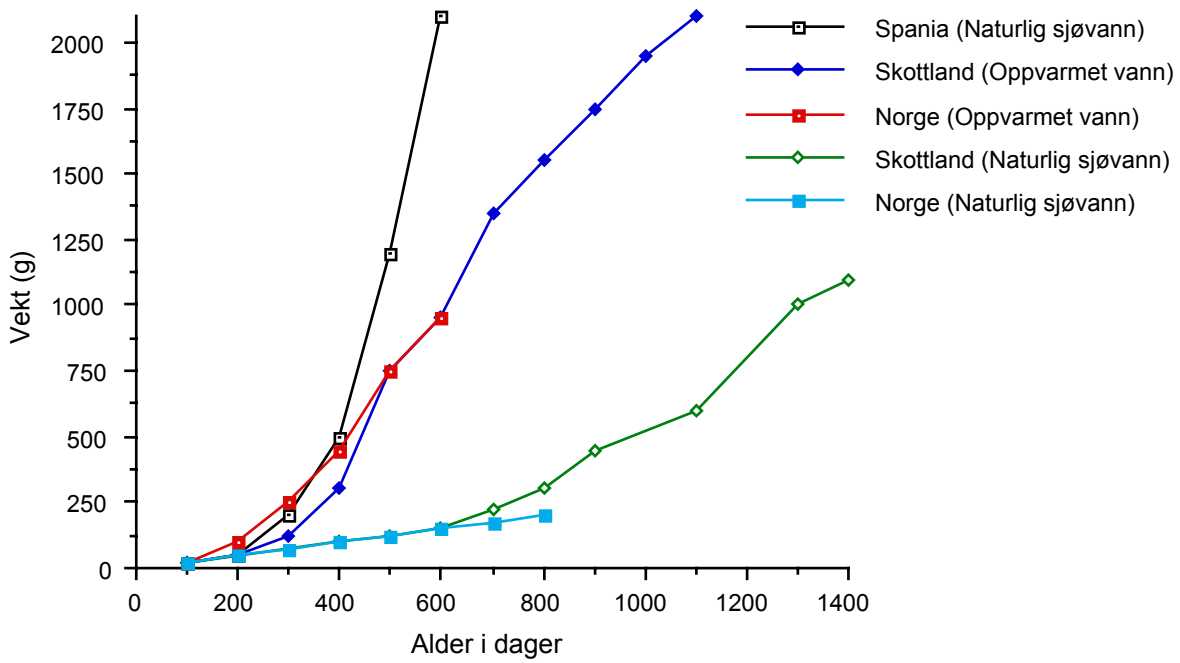
Tilvekst i kultur

Fóringsforsøk utført ved Forskningsstasjon Flødevigen viser at piggvar kan oppnå en vekt av omlag 1200 g i løpet av 700 dager, med en maksimal daglig vektøkning på omlag 2% etter 200 døgn (Fig. 10-4-14), men at denne vektøkningen avtar ned mot 0,3% etter 600 døgn. Sammenligner en tilvekster i ulike områder, ser en at den beste tilveksten hos piggvar oppnåes i anlegg i Spania (Fig. 10-4-15) hvor naturlig sjøvann brukes, mens vi her hjemme ikke klarer å komme opp i denne tilveksten med oppvarmet sjøvann. Tettheten (kg/m^3) betyr også noe for tilveksten, som indikert i Fig. 3-32 (Kap. 3), der lave tettheter gir den beste tilveksten. Tilvekst hos piggvar i flere ulike grupper ved Forskningsstasjon Flødevigen viser at en kan få fisk opp mot 1600 g i løpet av 700 dager (1.06%/dag) dersom "riktig" sammensetning av fóret brukes. Tettheten i disse gruppene har vært 27 - 31 kg/m^2 eller 98 - 118 kg/m^3. Gjennomstrømningen var på 15 l/kg/t og dødeligheten på

rundt 6% i forsøksperioden. Størst oksygenforbruk vil piggvaryngelen ha rundt omlag 20°C, slik at ved disse temperaturer bør en passe på å ha de største vanngjennomstrømningene.



Figur 10-4-14. Tilvekst og daglig vekstrate hos piggvar i oppdrett (kilde: D.S. Danielssen, Forskningsstasjon Flødevigen).



Figur 10-4-15. Tilvekst hos piggvar i oppdrett i noen aktuelle land i Europa.

Generell atferd

Som metamorfosert larve og klar til weaning (overgang fra f.eks. levende fôr til mjuk-/tørrfôr), bør fisken utsettes for minimalt stress. Overføring av larver til kar i kombinasjon med weaning kan lett påføre fisken sykdom. Fisken er enkel å holde i kar, men har tendens til å være noe "nervøs" og tåler lite støy. Fisken bruker bunnen av karet og krevet liten vannstand i karene.

Sykdom og parasitter

Piggvaranleggenes størrelse er anbefalt til å være fra 200 til 500 t produsert piggvar i året. Sykdom er også et problem hos piggvar. Her kan nevnes bakterielle sykdommer som vibriose, som har forårsaket stor dødelighet på yngelen, men også ytre parasitter som *Trichodina* sp. og *Ichthyobodo* (tidligere *Costia* sp.) er vanlige i piggvaranlegg. Disse sistnevnte behandles lett med formalin.

10.5. Tunge (*Solea solea*)

Generell biologi, fiske og priser

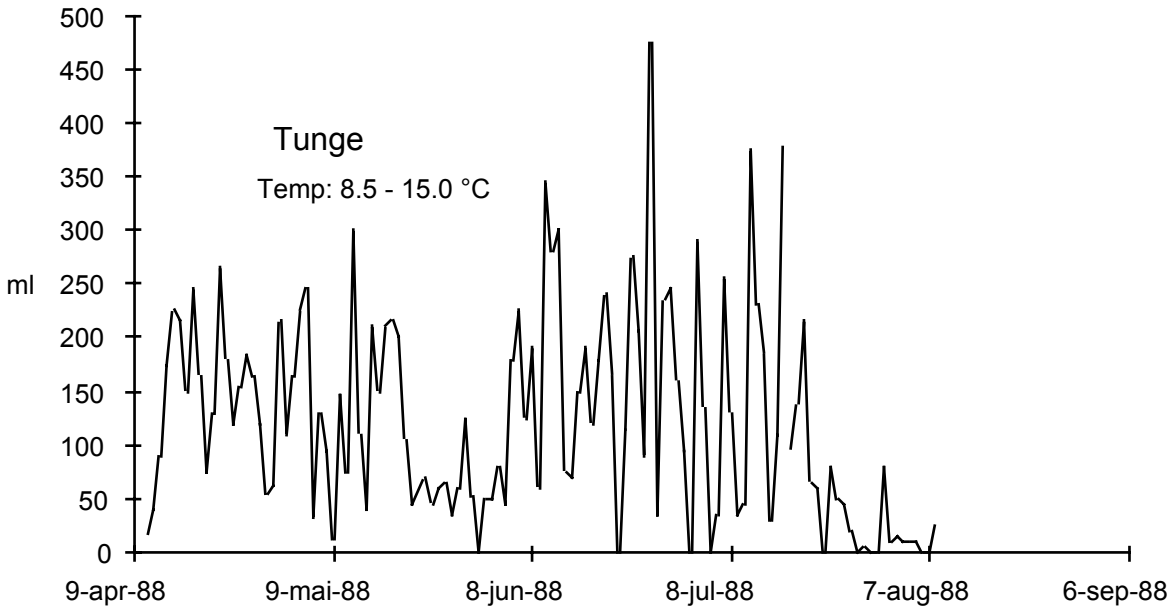
Utbredelse: Kystnære områder fra Makokko, Middelhavet, Nordsjøen, Vestlige Østersjø, Sør-Norge. Sand- og leirbunn 0-150 m dyp. 0-gruppen kan være meget tallrik på sandstrender.

Tunge blir kjønnsmodning ved 4 års alderen. Gytetid: april-mai. (Oslofjorden juni). Gyteområde: Belgia-Jylland. Innsig ved 6-9°C, ofte bare noen få 100 m fra strendene. Fekunditet: 200.000 (30 cm, 200 g) - 1.100.000 (45 cm, 1 kg). Eggidameter 1,3 - 1,5 mm. Pelagiske egg som klekkes på 4 døgn ved 12°C. Larven er ca 3 mm. Plommesekken har mange små oljedråper. Plommesekken er oppbrukt på 3-4 dager og første matinntak skjer etter 2 døgn. Metamorfose etter 3-4 uker ved lengden 10 mm. Yngelen bunnslår seg i grunnere områder. Tunge ernærer seg hovedsaklig av polychaeter, mollusker og krepsdyr, dessuten tar de også noe slangestjerner. Store voksne kan ta småfisk som kutlinger og silyngel. Aldergruppene viser dog stort sett liten differensiering i næringsvalg. Tunge er vesentlig aktiv om natten og bruker luktesansen mer enn synet.

Interessen for tunge som oppdrettsfisk har vært liten og dette forklares ut fra liten markedsstørrelse (250 - 300g) og en pris som kan variere meget (Nkr. 15,- til 50,-) alt etter størrelse og kvalitet. Selv om tungen har en maksimal vekt på 3 kg (60 cm) stagnerer veksten mellom 300 og 600 g i oppdrett.

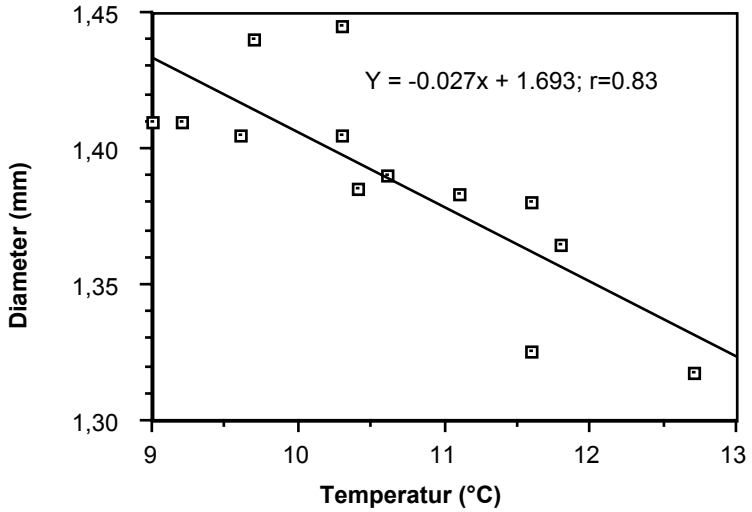
Stamfisk, gonadeutvikling, eggbefruktning og egginkubering

Tunge gyter kun naturlig, og det anbefales å ha dobbelt så mange hanner som hunner i stamfiskgruppen. Modningen av stamfisken kan styres v.h.a. hormoner eller med lysregime (fotoperiode - hvor daglengde er den dominerende faktor). I Fig. 10-5-1 er det vist gyteperioden for en gruppe tunge ved Forskningsstasjon Flødevigen i 1988, med befruktete egg fra begynnelsen av april til begynnelsen av august.

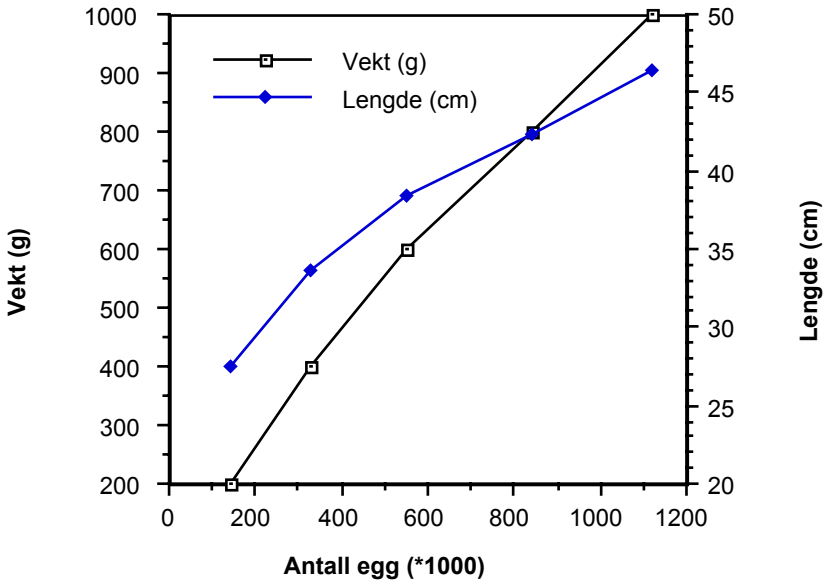


Figur 10-5-1. Naturlig gyting hos tunger ved HFF i 1988. (D.S. Danielssen, Forskningsstasjon Flødevigen, upubl. data)

Totalt går det fra 600.000 til 1.000.000 tungeegg på 1 liter rogn. Undersøkelser har vist at eggdiameteren avtar med økende temperatur (Fig. 10-5-2) og at eggantallet er avhengig av lengden eller vekten hos hunnfisken (Fig. 10-5-3). Den vanligste metoden for inkubering av eggene er klekkesylindre og eggene vil klekke etter omlag 4 dager (12°C). Det anbefales å bruke filtrert (patronfilter) og UV-bestrålt sjøvann med mer enn 30‰ saltholdighet. Opptil 1000 egg/liter sjøvann kan brukes under inkuberingen. Det vil alltid være problem med sopp og bakterieangrep, slik at redskaper alltid må holdes rene.



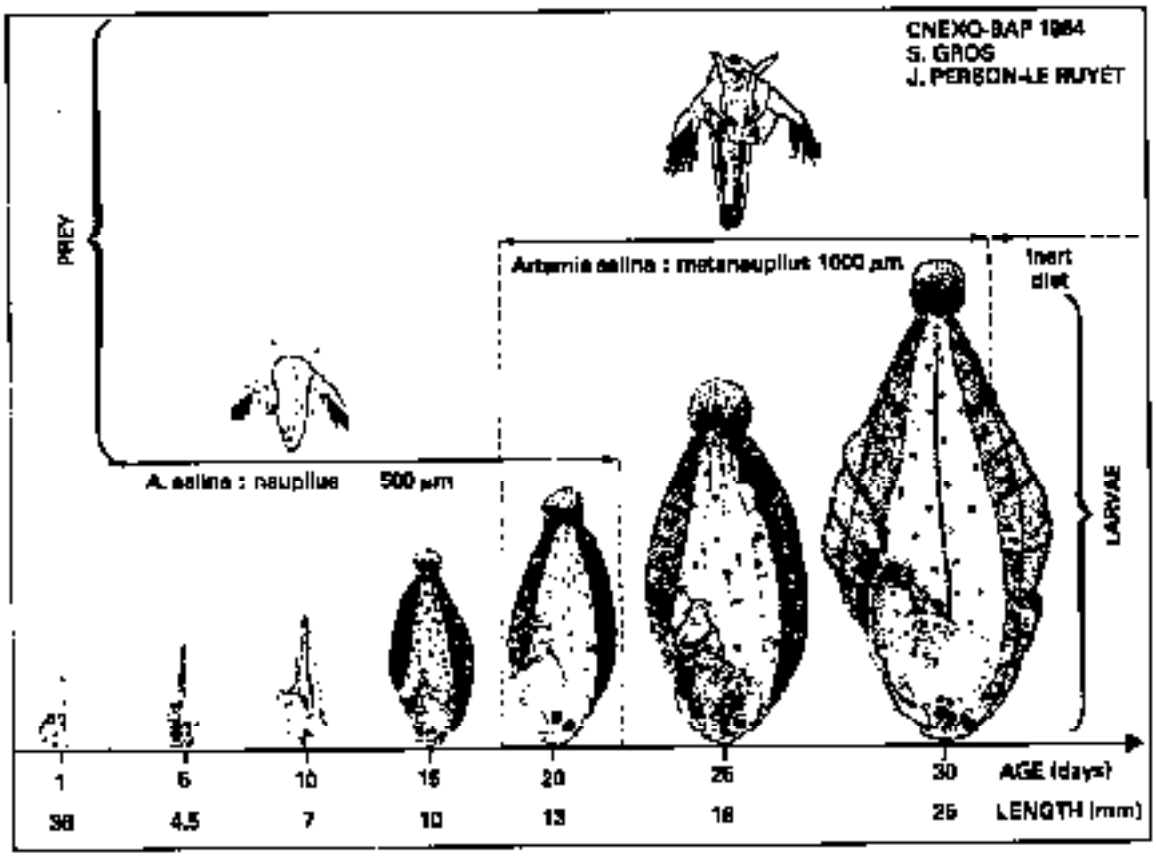
Figur 10-5-2. Forholdet mellom eggdiameter til tunge og temperatur som gytefisken av tunge holdes under.



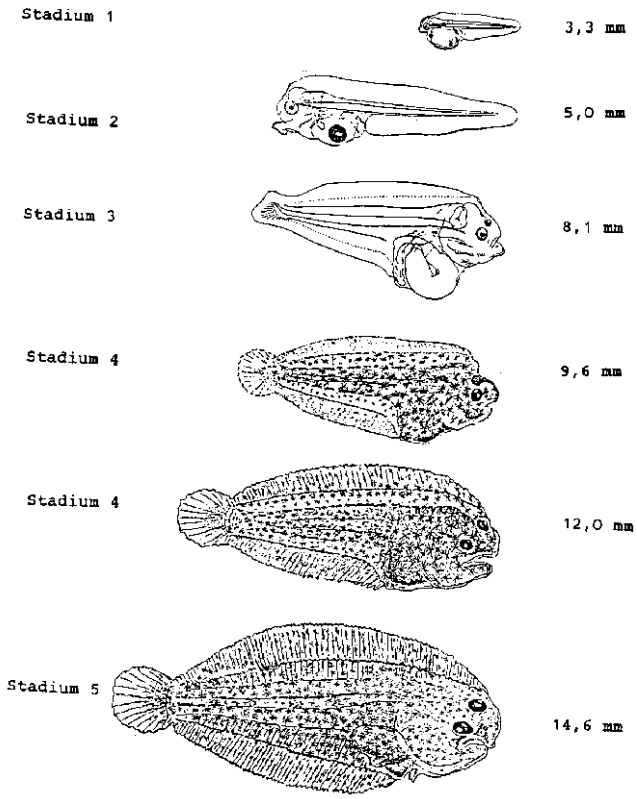
Figur 10-5-3. Fekunditet hos tunge ved ulike lengder og våtvekter.

Larver og startfóring

Tungelarvene måler omlag 3 mm ved klekking og har med seg en plommesekk inneholdene mange små oljedråper. Plommesekken vil være bruk opp i løpet av 3 døgn, og etter allerede 2 døgn er larven klar til sitt første fødeopptak idet den har funksjonell munn og tarm og pigmenterte øyne. Vanligvis startfôres (Fig. 10-5-4) med Artemia nauplier (dag 2 -> 24) og Artemia metanauplier fra dag 18 og frem til weaning (omlag dag 30). Stadieutviklingen hos tunge er vist i Fig. 10-5-5. Tungene er omlag 10 mm når de metamorfoserer og larver vil da være 2 - 3 uker gamle. Tungelarvene bunnslår seg ved denne størrelsen. Tungene ansees som enkle å startfóre i laboratoriet og en oppnår relativt høy overlevelse og god tilvekst. Posemetoden er også forsøkt for tunge og gir god tilvekst og høy overlevelse. Overgangen fra levende til dødt fór (weaning) kan være et problem, men synes for tunge å gå greit.



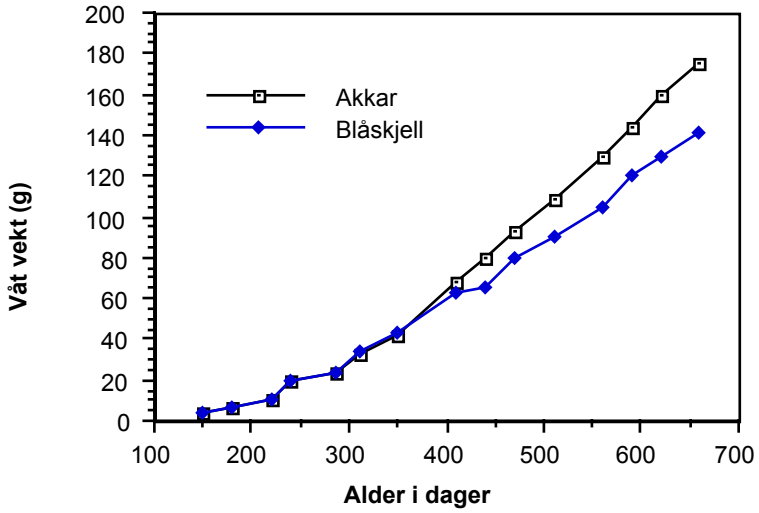
Figur 10-5-4. Utvikling av tunge fra klekking og frem 1 måned. Temperatur = 19 ± 1 °C (Person-Le Ruyet, 1990).



Figur 10-5-5. Larveutviklingen hos tunge (Fabre-Domergue og Bietrix, 1905).

Tilvekst i kultur

Fóringsforsøk i laboratoriet ved Forskningsstasjon Flødevigen har vist at oppnår markedsstørrelse i løpet av omlag 600-700 døgn avhengig av fóret (Fig. 10-5-6) (0,8%/dag). I det omtalte forsøket gav akkar en bedre tilvekst enn blåskjell. Fremskaffelse av et rimelig fór som gir en god tilvekst for tunge, er fremdeles uløst. Den beste daglige tilveksten hos tunge oppnåes i siste halvdel av det første leveåret med en maksimal daglig vektøkning på 1,7%. I slutten av produksjonsperioden ligger den daglige vektøkningen nede på 0,2%. Sammenligner en fórfaktor mellom piggvar og tunge, ser en at en må fóre tungene med dobbel fórmengde mot det en fórer piggvaren for å oppnå den samme vekt-økningen.



Figur 10-5-6. Tilvekst hos tunge ved bruk av to typer fór (Danielssen and Gulbrandsen, 1989).

Generell atferd

Tunge må holdes i kar og bruker bunnen av karene. Arten er enkel å holde i kultur og synes ikke å bli så lett stresset som piggvar.

Sykdom og parasitter

Stamfisk av tunge bør holdes i tanker/systemer hvor hvor det er sand på bunnen, da dette reduserer utbruddene av sykommen "Black patch necrosis" (BPN). Sykdommen regnes ikke som noe stor problem. I Oslofjorden er det vanlig å finne opptil 1000 larver av *Lernaeocera lusci* (en nær slektning av torskens gjellemark) festet til innsiden av gjellelokkene. Dette kan forårsake betydelige blødninger, men det er ukjent om det gir en sykelig tilstand hos tungen (mellomvert). *L. lusci* bruker bl.a. torskefisk som sluttvert.

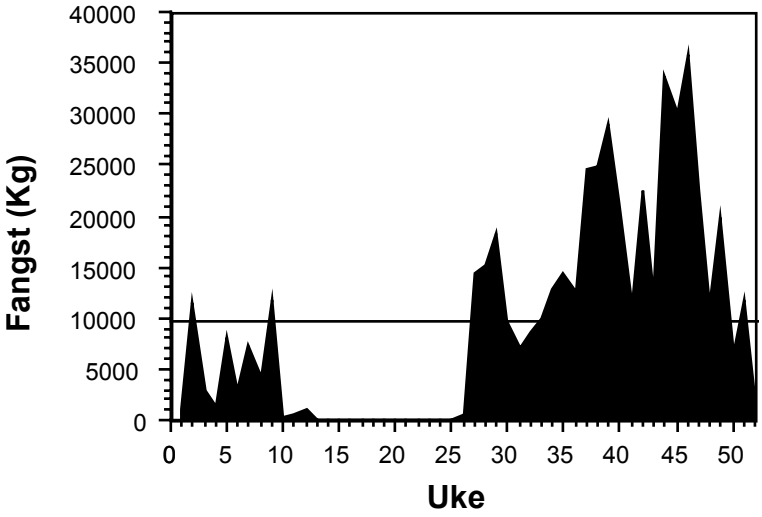
10.6. Rødspette (*Pleuronectes platessa* L.)

Generell biologi, fiske og priser

Utbredelse: Vestlige Middelhav, Nordsjøen, Østersjøen, Norskekysten, Kvitsjøen, Færøyene, Skotland, Island. Foretrekker sandbunn - grusbun og dybder fra strandkanten til 200 meter. Oppdelt i mange stammer. Bare i Nordsjøen finnes 4 hovedstammer.

Rødspette blir kjønnsmoden etter 3-7 år, de fleste etter 4-5 år. Hannene er da 30 cm, hunnene 35 cm. Gytetid: jan-mars, ved 4-10°C i groper med bløt bunn på 50-200 m dyp. Eggene gytes i porsjoner og hunnen bruker ca 3 uker på gytingen. Fekunditet: 100.00-500.000. Pelagiske egg med 2 mm diam. Klekketiden er 2 uker ved 8°C. Plommesekken varer 8-10 dager. Første sommer tilbringes i vann grunnere enn 5 meter. Trekker så litt lengre ut om vinteren. Andre sommer er fisken ca 10 cm lang. Den sprer seg utover i vann grunnere enn 20 meter. Tredje sommer er årsklassen ca 15 cm og de sprer seg utover i samvariasjon med økende lengde. Ved kjønnsmodning slutter de seg til sin egen gytebestand. Rødspetten bruker synet og spiser derfor ikke om natten. Typisk bløtdyr- og polychaetspiser. Eldre kan ta en del sil. Max størrelse er 1 meter og 7 kg. Den vanlige størrelsen er imidlertid under 50 cm og under 1 kg. Rødspette vokser og blir ofte over 15-20 år. De største hunnene er 50-70 cm og de største hannene 40-50 cm. Optimal vekst ved 10-12°C. I naturen tar det 4 år å nå 600-700 gram (markedsstørrelse). Dersom rødspetta oppnår vekten 1-2 kg øker kjøttandelen mer i forhold til lengde og langt bedre pris oppnås. Tilvekst i vekt viser at piggvar oppnår 10 ganger vekten av rødspette ved samme alder når artene har optimale betingelser.

Rødspette har et vidt utbredelsesområde i norske og tilgrensende farvann. Fisk merket ved Island vandrer til Nordsjøen, til områder langs den norske kysten og helt inn i Hvitsjøen. Rødspetten kan bli opptil 7 kg og har da en fenomenal fin kvalitet, og også en høyere pris enn det som vanligvis betales for arten.



Figur 10-6-1. Fangster av rødspette nord for Møre summert ukesvis i 1991. Stiplet linje angir gjennomsnittet (9727 Kg) (Kilde: Norges Råfiskelag, Tromsø, 1993).

Stamfisk, gonadeutvikling, eggbefruktning og egginkubering

En er idag i stand til å forlenge rødspettens gyteperiode til å foregå mellom januar og august måned, dette ved hjelp av sesongvariasjon i daglengden. Ved hormonbehandling av rødspette vil en kunne få fisk behandlet i februar til å bli kjønnsmoden én måned tidligere enn fisk som ikke har blitt behandlet. Dette betyr at en kan produsere yngel over en større periode.

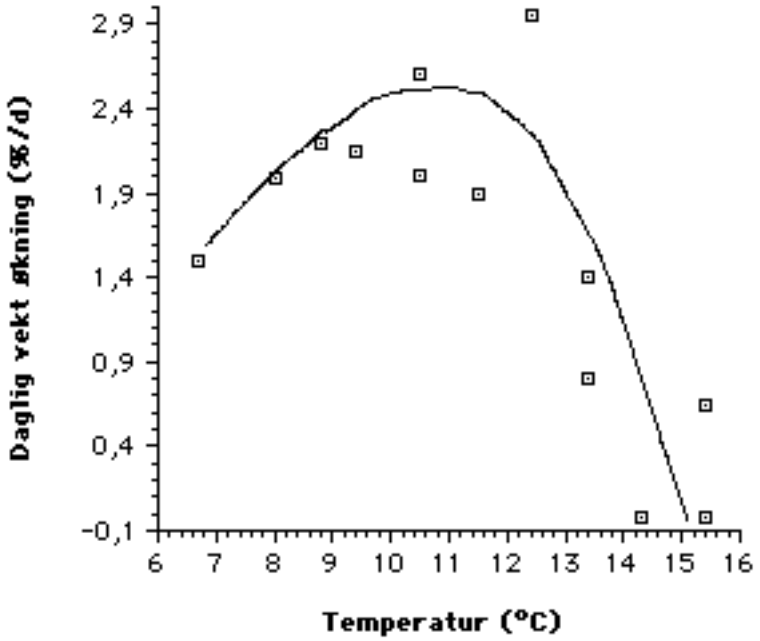
Larver og startfóring

Larvene til rødspetten klekker etter omlag 20 døgn ved 5,0°C og måler da ~ 6,5 mm. Larvene er lette å startfóre med bl.a. *Artemia* sp. I startfóringsforsøk med rødspette har det blitt brukt omlag 2000 Rotatorier pr. liter, lys: 0,2-80 Lux, vannutskifting på 2/døgn og temperatur på 10°C.

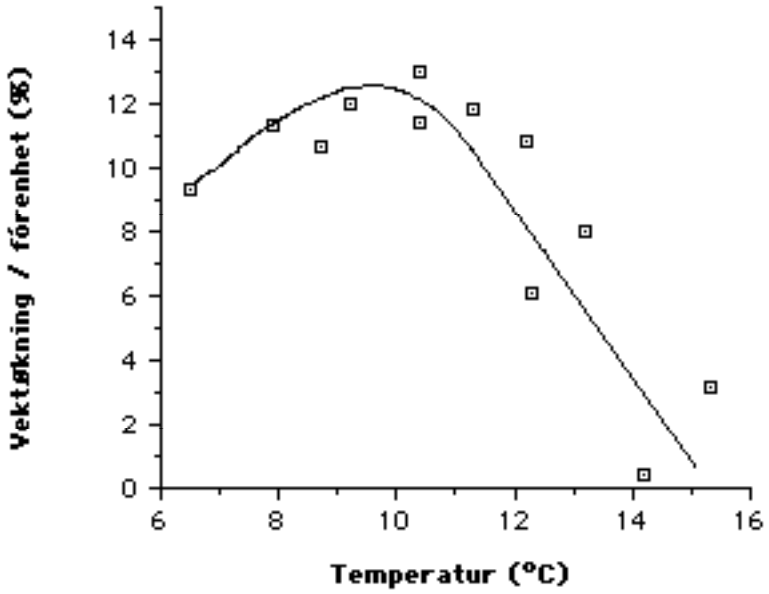
Tilvekst i kultur

Den maximale tilveksten hos arten er målt i temperaturområdet 10-12°C (Fig. 10-6-2 og 10-6-3), mens den optimale temperaturen for rødspette i sørlige Europa blir oppgitt til 16-18°C. Fórinntaket har sitt maksimum mellom 14-18 °C (Fig. 10-6-4). Ved like betingelser vil lengdetilveksten hos rødspette være lik lengdetilveksten til piggvar, men tilveksten i vekt viser at piggvaren oppnår 10 ganger vekten av rødspette ved samme alder (Fig. 10-6-5). Dette er et typisk trekk ved rødspette ved at arten har liten vektøkning de første årene etter klekking. Dersom rødspetten oppnår en vekt på mellom 1- 2 kg, øker kjøttandelen på fisken mer i forhold til lengde og en langt bedre pris på produktet kan oppnås. Lyspunkter i oppdrett finnes for rødspette, bl.a. ved at fóring av villfanget rødspetteyngel med tørrfór har gitt tilvekster på 4,1%/dag (~ 240%/måned) over korte tidsintervaller. I

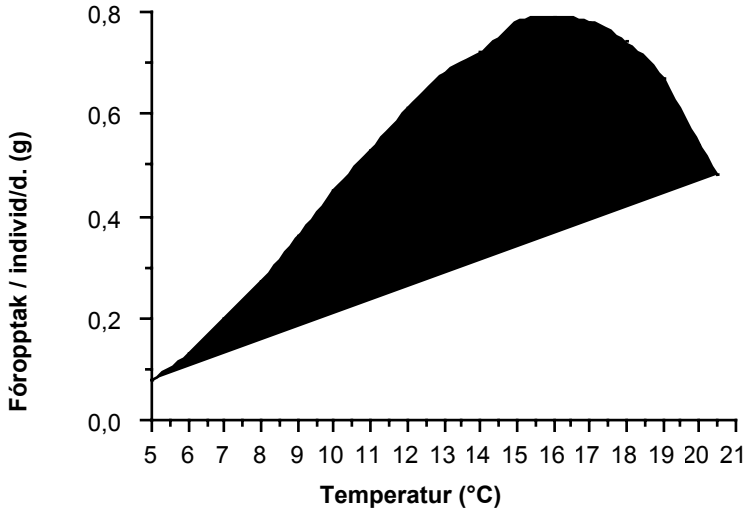
sjøen frem til en størrelse på omlag 700 g (markedstørrelse >600 g) tar det omlag 4 år og da med en gjennomsnittlig daglig vektøkning mellom 0,15 - 0,30 %/dag.



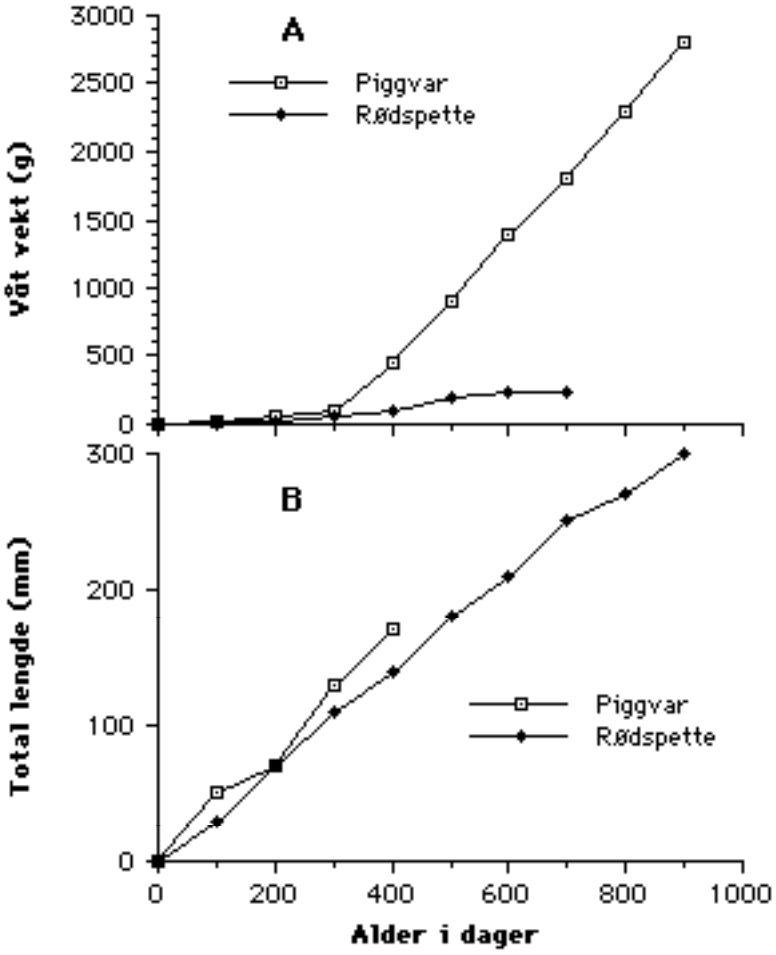
Figur 10-6-2. Daglig vektøkning observert hos rødspette i temperaturområdet 6 til 16 °C (Danielssen og Iversen, 1976).



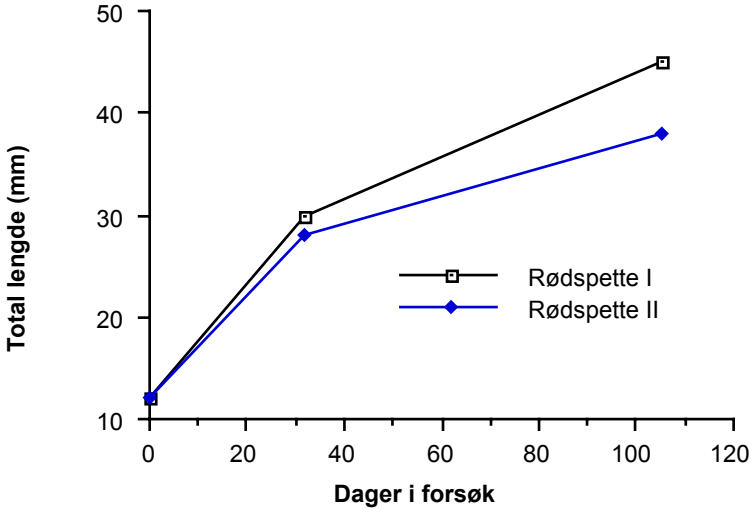
Figur 10-6-3. Vektøkning pr. fórenhet hos rødspette ved ulike temperaturer (Danielssen og Iversen, 1976).



Figur 10-6-4. Fóropptak pr. individ pr. dag (i gram) ved ulike temperaturer (Danielssen og Iversen, 1976).



Figur 10-6-5. Tilvekstforskjeller i vekt (A) og lengde (B) mellom piggvar og rødspette ved like forsøksbetingelser.



Figur 10-6-6. Tilvekst hos rødspettelarver i bassengforsøk (Danielssen *et al.,* 1981).

11. Litteraturliste

11.1. Referanser i tekst

Alderson, R. 1979. The effect of ammonia on the growth of juvenile dover sole, *Solea solea* (L.) and turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). Aquaculture, 17: 291-309.

Anon 1995. Havbruksrapport 1995. (Red: Naas, K.) Fisken og Have t, særnummer 3 - 1995: 3-54. ISSN 0802 0620.

Anderson, D.W. and N. Smith 1989. The culture of larval foods at the Oceanic Institute, Waimanalo, Hawaii. In: McVey, J.P (Ed.) CRC Handbook of Mariculture. Vol I Crustacean Aquaculture: 97-101.

Barasukov, V.V. 1972. The wolffish (Anarhichadidae). Fauna SSSR Moscow N.S.73 (Trans. by Smithson. Inst.1972. Available from : NTIS, Springfield, VA., II 67-59074).

Barnabé, G. 1990. Rearing bass and gilthead bream. In: Barnabé, G. (Ed.) Aquaculture. 647-686.

Batty, R.S. and J.H.S. Blaxter 1992. The effect of temperature on the burst swimming performance of fish larvae. J. exp. biol., 170: 187-201.

Benijts, F., E. Van Voorden and P. Sorgeloos 1975. Changes in the biochemical composition of the early stages of the brine shrimps, (*Artemia salina* L.). 10th European Symp. on Marine Biology, Ostend, Belgium, Sept. 17-23, 1975, 1: 1-9.

Bergh, Ø., G.H. Hansen and R.E. Taxt. Experimental infection of eggs and yolk sac larvae of halibut, Hippoglossus hippoglossus L. J. Fish. Diseases, 15: 379-391.

Bjørnsson, B. 1994. Effects of stocking density on growth rate of halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) reared in large circular tanks for three years. Aquaculture, 123: 259-270.

Blaxter, J.H.S. 1992. The effect of temperature on larval fishes. Netherlands Journal of Zoology, 42: 336-357.

Blaxter, J.H.S., D.S. Danielssen, E. Moksness and V. Øiestad 1983. Description of the early development of the halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) and attempts to rear the larvae past first feeding. Mar. Biol., 73: 99-107.

Bray, R.A. 1987. A study of the helminth parasites of *Anarhichas lupus* (Perciformes: Anarhichadidae) in the north Atlantic. J. Fish Biol., 37: 237-264.

Bromley, P.J. 1978. The weaning of hatchery reared turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) on a dry diet. Aquaculture, 13: 339-345.

Bromley, P.J. and B.R. Howell 1983. Factors influencing the survival and growth of turbot larvae, *Scophthalmus maximus* L., during the change from live to compound feeds. Aquaculture, 31: 31-40.

Brownell, C.L. 1980. Water quality requirements for first-feeding in marine fish larvae. I. Ammonia, nitrite, and nitrate. J. exp. mar. Biol. Ecol., 44: 269-283.

Braaten, B. 1984. Growth of cod in relation to fish size and ration level. I: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness and P. Solemdal (Editors), The Propagation of Cod *Gadus morhua* L. Flødevigen rapportser., 1: 677-710.

Cobb, J.L.S., N.C. Fox and R.M. Santer 1973. A specific Ringer solution for the plaice (*Pleuronectes platessa* L.). J. Fish. Biol., 5: 587-591.

Dahl, E. and Tangen, K. 1993. 25 years experience with Gyrodinium aureolum in Norwegians waters. I: Smayda T.J. and Shimizu, Y. (Red.) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea: 15-21.

Danielssen, D.S. 1969. On the migrations of the cod in the Skagerrak shown by tagging experiments in the period 1954-1965. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 15: 331-338.

Danielssen, D.S. og S.A. Iversen 1974a. Egg- og larveutvikling hos rødspette (*Pleuronectes platessa* L.), torsk (*Gadus morhua* L.) og vårgytende sild (*Clupea harengus* L.) ved konstante temperaturer. Fisken og Havet Ser. B, 1974 (22): 1-31.

Danielssen, D.S. og S.A. Iversen 1976. Innvirkning av små overtemperaturer på dødelighet og vekst hos 1- gruppe rødspette (*Pleuronectes platessa* L.). Fisken og Havet. Serie B, 1976/4.

Danielssen, D.S. and K.E. Gulbrandsen 1989. Growth rate of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) and sole (*Solea solea* L.) based on dry pellets. Aquaculture - A biotechnology in progress (N. De Pauw, E. Jaspers, H. Ackefors and N. Wilkins (Eds.), European Aquaculture Society, Bredene, Belgium : 631-636.

Danielssen, D.S., A. Haugen and V. Øiestad 1990. Survival and growth rate of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) in a land-situated mesocosm. Flødevigen rapportser. 2: 11-45.

Danielssen, D.S., E. Moksness and V. Øiestad 1981. Duoculture of plaice (*Pleuronectes platessa*) and lobster (*Homarus gammarus* L.) fry in two concrete enclosures based on natural production. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 178: 511-513.

Devauchelle, N., J.C. Alexandre, N. Le Corre and Y. Letty, Y. 1986b. Spawning of turbot (*Scophthalmus maximus*), in captivity. ICES/C.M.1986/F:9 Maricult. Comm. 1-9 +tab.,fig.

Dos Santos, J. and M. Jobling 1991a. Gastric emptying in cod, *Gadus morhua* L.: emtying and retention of indigestible solids. J. Fish. Biol., 38: 187-197.

Dos Santos, J. and M. Jobling 1991b. Factors affecting gastric evacuation in cod, *Gadus morhua* L., fed single-meals of natural prey. J. Fish. Biol., 38: 697-713.

Egidus, E. and Ø. Soleim 1986. *Pleistophora ehrenbaumi*, a microsporidian parasite in wolffish; *Anarhichas lupu*s. Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. 6 (1), 13-15.

Ellertsen, B., E. Moksness, P. Solemdal, T. Strømme, S. Tilseth, T. Westgård and V. Øiestad 1980. Some biological aspects of cod larvae (*Gadus morhua* L.). FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 17: 29-47.

Ervik, A. 1989. Miljøforhold i oppdrettsanlegg. Norsk Veterinær Tidsskrift, 6: 469-475.

Ervik, A., K.E. Jørstad, E. Farestveit, V. Wennevik, A.G. Eriksen and R. Lerøy 1990. Studies on enviromental conditions and influence on salmon farm production. ICES CM 1990/F:35, 1-11 + 2 tabeller og 5 figurer.

Fabre-Domergue, P. and E. Bietrix 1905. Dévelopement de la Sole (*Sole vulgaris*). Travail du laboratoire de zoologie maritime de concarneau. Vuilbert et Mont, Paris, 243 pp.

Falk-Petersen, I-B., T. Haug and E. Moksness 1990. Observation on the occureance, size and feeding of ocean catfish, *Anarchicas lupus* , larvae in western Finnmark, North Norway. J. Cons. int. Explor. Mer. 46: 148-154.

Fauvel, C., M-H. Omnes, M. Suquet and Y. Normant 1993. Reliable assessment of overriping in turbot (*Scophthalmus maximus*) by simple pH measurement. Aquaculture, 117: 107-113.

Fridgeirsson, E. 1978. Embryonic development of five species of gadoid fishes in Icelandic waters. Rit. Fiskideildar, Vol. 5, 6.

Fukuhara, O., H. Rosenthal, U. Witt and G. Quantz 1990. Development and behaviour of larvae and juveniles of turbot, *Scophthalmus maximus* L., in hatchery tanks. ICES CM 1990/F:18, 1-21.

Fyhn, H.J. og I. Rønnestad 1990. Startfóring av marine fisk - har forskningen fulgt den rette strategi? Norsk Fiskeoppdrett, 4: 44-45.

Godø, O.R., Halland, T.I. and Ågotnes, P. 1986. Tagging experiment results on cod in western Norway fjord areas. ICES CM 1986/G:80, 13 pp [Mimeo].

Gulbrandsen, J. 1992. Startfóring av kveitelarver med dyrket levende fór. Norsk Fiskeoppdrett 11A: 66-67.

Hansen, T., S. Stefansson og G.L. Taranger 1989. Laks og lys. Fiskets Gang 7/8: 19-21.

Harboe, T., S. Tuene, A. Mangor-Jensen, H. Rabben and I. Huse 1994. Design and operation of an incubator for yolk-sac larvae of Atlantic halibut. The Progressive Fish-Culturist, 56: 188-193.

Hartvigsen, R. 1988. Parasittsykdommer hos torsk. I: Torsk som oppdrettsfisk, ISBN 82-7251-198-3 : 80-88.

Haug, T. 1990. Biology of the Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L., 1758). I: Blaxter, J.H.S and A.J. Southward (eds.) Advances in Marine Biology, 26: 1-70.

Hemmingsen, A. and K. Mackenzie 1993. A checklist pf the protozoan and metazoan parasites reported from the Atlantic cod, *Gadus morhua* L. Bulletin of The European Association of Fish Pathologists, 13: 134-137.

Houde, D.E. and R.C. Schekter 1981. Growth rates, rations and cohort consumption of marine fish larvae in relation to prey concentration. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer 178: 441-453.

Howell, B.R. 1984. The intensive rearing of juvenile cod, *Gadus morhua* L. I: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness and P. Solemdal (Editors), The Propagation of Cod *Gadus morhua* L. Flødevigen rapportser., 1: 657-675.

Howell, B.R. and A.P. Scott 1989. Ovulation cycles and post- ovulatory deterioration of eggs of the turbot (*Scophthalmus maximus* L.). Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 191: 21-26.

Huse, I. 1991. Culturing of cod (Gadus morhua L.). In: McVey, J.P (Ed.) CRC Handbook of Mariculture. Vol II Finfish Aquaculture (ISBN 0-8493-0219-6): 43-51.

Iglesias, J., M. Olmedo, J.J. Otero, J.B. Peleteiro and M.R. Solorzano 1985 Ongrowing of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). ICES/C.M. 1985/F: 36/Sess.Q Maricult. Comm. 1-22.

Jobling, M. 1986. Gastrointestinal overload - a problem with formulated feeds? Aquaculture, 51: 257-263.

Jobling, M. 1988a. Vekst hos torsk. I: Torsk som oppdrettsfisk, ISBN 82-7251-198-3, : 65-80.

Jobling, M. 1988b. A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus morhua* L., with particular reference to growth and farmed conditions. Aquaculture, 70: 1-19.

Jobling, M. 1992. Bioenergetics: Feed intake and energy partitioning. In: *Fish Ecophysiology* (Eds. J.C. Rankin and F.B. Jensen). Chapman and Hall.

Johannessen, T., J. Gjøsæter and E. Moksness 1993. Reproduction, spawning behaviour and captive breeding of the commen wolffish *Anarhichas lupus* L. Aquaculture, 115: 41-51.

Kobayashi, T. 1980. Salmon propagation in Japan. I: Thorpe, J. (Ed.) Salmon ranching. Academic press: 91-107.

Kjetsbu, O.S. 1988. Aspects of the reproduction in cod (*Gadus morhua* L.): oogenesis, fecundity, spawning in captivity and stage of spawning. Dr. scient. thesis Univ. of Bergen 1988. 147 pp.

Kjørsvik, E., T. Haug and S. Tjemsland, 1987. Spawning season of the Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) in northern Norway. J.Cons. int. Explor. Mer. 43: 285-293.

Kjørsvik, E., A. Mangor-Jensen and I. Holmefjord 1990. Egg quality in fishes. I: Blaxter, J.H.S and A.J. Southward (eds.) Advances in Marine Biology, 26: 71-113.

Knoph, M.B. 1989. Giftighet av ammoniakk på fisk. Norsk Fiskeoppdrett 9-89: 53-57.

Lambertsen, G. og Ø. Lie 1990. Ernæringsforsøk med steinbit. Norsk Fiskeoppdrett, 10A: 14-15.

Lie, Ø., E. Lied and G. Lambertsen 1988. Feed optimization in atlantic cod (*Gadus morhua*): Fat versus protein content in the feed. Aquaculture, 69: 333-341.

McEvoy, L.A. and J. McEvoy 1992. Multiple spawning in several commercial fish species and its consequences for fisheries management, cultivation and experimentation. J. Fish. Biol, 41: 125-136.

Moksness, E. 1990b. Tagging and release experiment of 2-group artificial reared coastal cod (*Gadus morhua*). Flødevigen Rapportserie 1: 34-41.

Moksness, E. 1994. Growth rates in cultured common wolffish (*Anarhichas lupus*) and spotted wolffish (*A. minor*). Aquaculture and Fishery Management 25: 363-372.

Moksness, E. og J. Gjøsæter 1990. Atferd hos steinbit i fangenskap. Norsk Fiskeoppdrett, 10A: 10-13.

Moksness, E., J. Gjøsæter, I.S. Fjallstein and A. Reinert 1989. Start-feeding and on-growing of ocean catfish (*Anarchicas lupus*) in the laboratory. Aquaculture, 77: 221-228.

Moksness, E., G. Rosenlund and Ø. Lie 1995. The effect of fish meal quality on growth of juvenile wolffish (*Anarhichas lupus*). Aquaculture Research, 26: 109-115.

Moksness, E. and D.A. Pavlov 1996. Management by life cycle of wolffish, a new species for cold water aquaculture: a review. Aquaculture Research.

Moksness, E. and Øiestad, V. 1984. Tagging and release experiments on 0-group coastal cod (*Gadus morhua* L.) reared in an outdoor basin. In: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness and P. Solemdal (Editors), The Propagation of Cod *Gadus morhua* L. Flødevigen rapportser., 1: 787-794.

Molinero, A. and R. Flos 1992. Influence of season on the feeding habits of the common sole *Solea solea*. Mar. Biol., 113: 499-507.

Møller, H. and K. Anders 1986. Diseases and parasites of marine fish. Kiel (ISBN 3-923890-04-4): 365 sider.

Nortvedt, R. 1992. Matfiskoppdrett av kveite. Utredning vedrørende ernæring, fôrsammensetning og driftsoptimalisering. Fisk. Dir. Ernæringsinstitutt 1992. 36 sider.

Otterlind, G. 1985. Cod migration and transplantation experiments in the Baltic. Z. angew. Ichytyol. 1 (1985): 3-16.

Otterlind, G. ock H. Norberg 1988. Om bottenhavstorskens vandringsvanor. Meddelande från Havfiskelaboratoriet, Lysekil. Fiskeristyrelsen Nr. 323: 1-16.

Pavlov, D.A. 1986. Developing the biotechnology of culturing White Sea wolffish, Anarhichas lupus marisalbi II. Ecomorphological pecularities of early ontogeny. Voprosy Ikhtiologii 23(5): 835-849.

Pavlov, D.A. 1994. Maturing in captivity and artificial fertilization of common wolffish (*Anarhichas lupus*) in the White Sea. Aquaculture and Fishery Management, 25: 891-902.

Pavlov, D.A. and E. Moksness 1993. Bacterial destruction of egg shell of common wolffish, *Anarhichas lupus* L., during incubation. Aquaculture International, 1: 178-186.

Pavlov, D.A. and E. Moksness 1994a. Production and quality of eggs obtained from wolffish, *Anarhichas lupus* L., reared in captivity. Aquaculture, 122: 295-312.

Pavlov, D. A. and E. Moksness 1994b. Reproductive biology, early ontogeny, and effect of temperature on development in wolffish: comparison with salmon. Aquaculture International, 2: 133-153.

Pavlov, D. A. and E. Moksness 1995. Development of wolffish eggs at different temperature regimes. Aquaculture International, 3: xxx-xxx.

Pavlov, D.A. and E. Moksness 1996. Repeat sexual maturation of wolffish (*Anarhichas lupus* L.) broodstock. Aquaculture (In press).

Person-Le Ruyet, J. 1990. Sole and turbot culture. In: Barnabé, G. (Ed.) Aquaculture. 687-734.

Person-Le Ruyet, T., J.C. Alexandre, A. Le Roux and G. Nedlec 1978. La generation 1977 de turbot (*Scophthalmus maximus* L.) au Centre Oceanologique de Bretagne - CNEXO - France. ICES CM/F 32: 1-17 [Mimeo].

Pedersen, T. 1988. Domestisering, tilpasning til oppdrett. I: Torsk som oppdrettsfisk, ISBN 82-7251-198-3, : 54-58.

Pedersen, T. and M. Jobling 1988. Biologiske tilpasninger og krav til miljøfaktorer. I: Torsk som oppdrettsfisk, ISBN 82-7251-198-3.

Pedersen, T. and M. Jobling 1989. Growth rates of large, sexually mature cod, *Gadus morhua*, in relation to condition and temperature during an annual cycle. Aquaculture, 81: 161-168.

Pedersen, T. and I.B. Falk-Petersen 1992. Morphological changes during metamorphosis in cod (Gadus morhua L.), with particular reference to the development of the stomach and pyloric caeca. J. Fish. Biol., 41: 449-461.

Pedersen, B.H., I. Ugelstad and K. Hjelmeland 1990. Effects of a transitory, low food supply in the early life of larval herring (*Clupea harengus*) on mortality, growth and digestive capacity. Mar. Biol., 107: 61-66.

Person-Le Ruyet, T., J.C. Alexandre, A. Le Roux and G. Nedlec 1978. La generation 1977 de turbot (*Scophthalmus maximus* L.) au Centre Oceanologique de Bretagne - CNEXO - France. ICES CM/F 32: 1-17 [Mimeo].

Pittman, K., A.B. Skiftesvik and L. Berg 1990. Morphological development of halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) larvae. J. Fish. Biol., 37: 455-472.

Pourroit, R 1990. Rotifers - biology. In: Barnabé, G. (Ed.) Aquaculture. 213-231.

Refstie, T. 1992. Når er kveita klar for oppdrett. Norsk Fiskeoppdrett 11A: 63-64.

Rosnes, J.T. og F. Langvad 1993. Soppinfisert sild (Tummelsyke). Fiskets Gang, 11: 28-30.

Rødseth, O.M., A.V. Mariussen, D. Knappskog og E.R. Nilsen 1991. Sykdoms-situasjonen for marine arter i oppdrett. Fiskets Gang 7/8: 36-42.

Rønnestad, I. og O.M. Rødseth 1989. Broodstock management of atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). Havforskningsinstituttet Rapp. AKVA 8908, 74 s.

Rønnestad, I, H.J. Fyhn and K. Gravningen 1992. The importance of free amino acids to the energy metabolism of eggs and larvae of turbot (Scophthalmus maximus). Mar. Biol., 114: 517-525.

Sandnes, K., Y. Ulgenes, O.R. Brækkan and F. Utne 1984. The effect of ascorbic acid supplementation in broodstock feed on reproduction of rainbow trout (*Salmon gairdneri*). Aquaculture 43: 167-177.

Sanni, S., E.A. Seymour and J. Stoss 1993. On-growing of turbot in a pilot scale marine recycling system. Poster World Aquaculture´93. Torremolinos, Spain, May 26-28, 1993.

Schram, T.A. 1990. Ektoparasitter på steinbit. Norsk Fiskeoppdrett, 10A: 22-24.

Schram, T.A. and T. Haug 1988. Ectoparasites on the Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*, from northern Norway - potential pests in halibut aquaculture. Sarsia 73: 213-227.

Sindermann, C.J. and L.W. Scattergood 1954. Diseases of fishes of the western North Atlantic. II. Ichtyosporidium disease of the sea herring (*Clupea harengus*). Res. Bull. Dep. Sea Shore Fish. Me 19: 1-40.

Skarheim 1973. Serl. report nr. 73/5. University of California, Burkely.

Skiftevik, A.B. 1992. Changes in behaviour at onset of exogenous feeding in marine fish larvae. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 1570-1572.

Smedstad, O. og J.T. Nordeide 1991. Torsk i fjord "Masfjordprosjektet". Havforskningsnytt 8-1991.

Solemdal, P., E. Dahl, D.S. Danielssen and E. Moksness, 1984. The cod hatchery in Flødevigen - background and realities. I: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness and P. Solemdal (Editors), The Propagation of Cod *Gadus morhua* L. Flødevigen rapportser., 1: 17-45.

Stefanussen. D, Ø. Lie, E. Moksness, and K.I. Ugland 1993. Growth of juvenile common wolffish (*Anarhichas lupus*) on practical feeds. Aquaculture, 114: 103-111.

St-Pierre, G. 1992. Visual determination of sex in live Pacific halibut. ICES J. mar. Sci., 49: 373-376.

Steinarsson, A. 1992. The oxygen consumption of common wolffish (*Anarhichas lupus* L., 1758) and spotted wolffish (*Anarhichas minor* Ólafsson, 1772) in landbased aquaculture. Hovedfagsoppgave Universitet i Oslo, 83 sider.

Strand, H.K., T.K. Hansen, A. Pedersen, I.B. Falk-Petersen and V. Øiestad 1995. First feeding of common wolffish on formulated dry feed diets i a low water-level raceway system. Aquaculture International, 3: 1-10.

Svåsand, T. 1985. Preliminary results from tagging and release of artificially reared 0-group coastal cod (*Gadus morhua* L.) in western Norway. ICES CM 1985/F:9, 1-7, 2 Tabs and 3 Figs [Mimeo].

Svåsand, T. 1990. Comparisons of migration patterns of reared and wild coastal cod (*Gadus morhua* L.) tagged in 1986-1988 in an area in western Norway. Aquaculture and Management, 21: 491-495.

Svåsand, T. and Godø, O.R. 1987. Results of investigations of migration pattern of artifically reared coastal cod (*Gadus morhua* L.) in western Norway. ICES CM 1987/F:26, 14 pp [Mimeo].

Svåsand, T. and Kristiansen, T.S. 1990. Enhancement studies on coastal cod in western Norway. IV. Mortality of reared cod after release. J. Cons. int. Explor. Mer. 47: 30-39.

Svåsand, T., K. Jørstad and T.S. Kristiansen 1990. Enhancement studies of coastal cod in western Norway. Part I. Recruitment of wild and reared cod (*Gadus morhua* L.) to a local spawning stock. J. Cons. int. Explor. Mer, 47: 5-12.

Sætre, R. 1973. Temperatur- og saltholdighetsnormaler for overflatelaget i norske kystfarvann. Fisken og Havet, 1: 20-26.

Torrissen, O., I. Opstad and O.M. Rødseth 1993. The Veterinary approach to cod. In: Brown, L. (Ed.) Aquaculture for veterinarians, Fish husbanadry and Medicine. Pergamon Press, Oxford: 345-356.

Verishele, D., P. Leger, P. Lavers and P. Sorgeloos 1990. The use of Artemia. In: Barnabé, G. (Ed.) Aquaculture. 246-263.

11.2. Håndbøker - temanummer

Akvakultur - oppdrett av laksefisk 1982. (O. Ingebrigtsen, red.) NKS-forlaget. ISBN 82-508-0979-3. 359 sider.

Andersen, S. 1993. Manual for produksjon av kamskjellyngel. Havforskningsinstituttet Austevoll Havbruksstasjon. 28 sider.

Aschehougs store fiskebok 1989. (P. Pethon, red.) Aschehoug. ISBN 82-03-16055-7. 447 sider.

Aquaculture. (Barnabé, G., Ed.). Ellis Horwood Vol I and II, 1990 (ISBN 0-13-044199-6): 1104 sider.

Crustacean Aquaculture (McVey, J.P, Ed.). CRC Press Vol I, 1989 (ISBN 0-8493-0220-x): 442 sider.

Finfish Aquaculture (McVey, J.P, Ed.). CRC Press Vol II, 1991 (ISBN 0-8493-0219-6): 256 sider.

Fiskehelse 1990. (T.T. Poppe, red.) John Grieg forlag. ISBN 82-533-0254-1. 422 sider.

Fiskeoppdrett med framtid 1989. (T. Gjedrem, red.) Landbruksforlaget. ISBN 82-529-1105-6. 328 sider.

Flatfisk - Tema nummer. Norsk Fiskeoppdrett nr. 2A 1992. 38 sider.

Håndbok i torskeoppdrett; stamfiskhold og yngelproduksjon. Havforskningsinstituttet Senter for Havbruk, 1991. ISBN 82-7461-025-3. 156 sider.

Kvenseth, P.G. 1985. Veiledning i torskeoppdrett. L.nr. 5/85. Avd. for akvakultur, Havforsk.inst. 1-69.

Kryvi, H. og G.K. Totland 1993. Fiskeanatomi. Zoologisk Institutt, Universitet i Bergen. 119 sider.

Lukkede produksjonsanlegg - Tema nummer. Norsk Fiskeoppdrett nr. 1A 1992. 38 sider.

Møller, H. and K. Anders 1986. Diseases and parasites of marine fish. Kiel (ISBN 3-923890-04-4): 365 sider.

Perspektivskisse for norsk havbruk. - Det nasjonale utvalg for havbruksforskning, 1990. ISBN 82-90565-12-7. 56 sider.

Physiological and biochemical aspects of fish development (Walther, B.T and Fyhn, H.J., Eds.). University of Bergen 1993 (ISBN 82-992402-0-4): 355 sider.

Sea ranching - Scientific experiences and challenges (Pedersen, T.N. and E. Kjørsvik, eds.) Proceedings from the Symposium and workshop 22-23 October 1990. Bergen, Norway. ISBN 82-7445-013-2. 116 s.

Steinbit - Tema nummer. Norsk Fiskeoppdrett nr. 10A 1990. 38 sider.

Sjørøye - Tema nummer. Norsk Fiskeoppdrett nr. 2A 1991. 38 sider.

Torsk som oppdrettsfisk. Det biologiske grunnlag, etablering og drift, økonomi og markedsføring. En rapport fra "Myreprosjektet". Tromsø 1988. ISBN 82-7251-198-3. 179 sider.

Våre saltvannsfisker 1988. NKS-forlaget. ISBN 82-508-0122-9. 244 sider.

11.3. Tidsskrifter

Bulletin of The European Association of Fish Pathologists (ISSN 0108-0288).

Fiskets Gang, utgitt av Fiskeridirektoratet.

Havbruk.

Norsk Fiskeoppdrett, Medlemsblad for Norske Fiskeoppdretteres Forening (NFF).

Nordisk Aquakultur.

12. Appendix

12.1. Formler

Lengdemåling hos nyklekte larver foretaes normalt som standard lengde (spiss snutespiss til ende av notochord), mens det på eldre fisk måles som total lengde. Formelen for lengdeøkning pr. døgn (L/d) er:

$L/d = (L_2-L_1)/(t_2-t_1)$; hvor L_1 og L_2 er lengde ved henholdsvis dag t_1 og dag t_2.

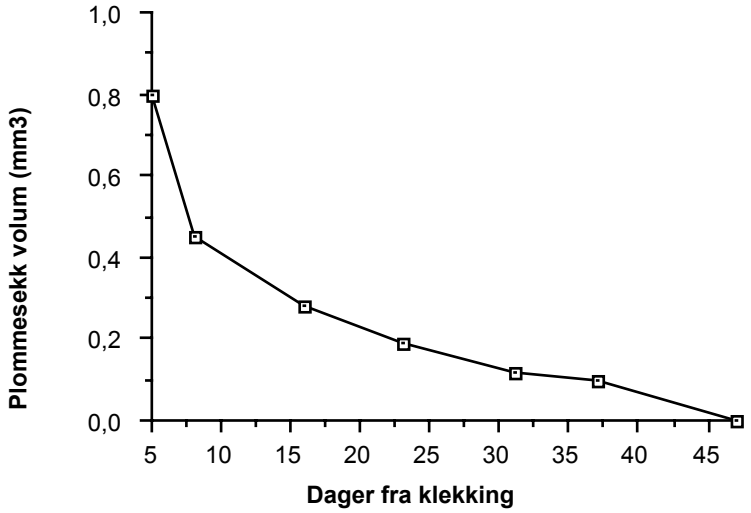
Daglig vektøkning (SGR) beregnes ut fra formelen (Houde and Schekter, 1981):

$SGR = (Exp*((Ln(W_2)-Ln(W_1))/(t_2-t_1))-1)*100$; hvor W_1 og W_2 er vektene ved tidene t_1 og t_2.

Kondisjonsfaktor (KF) = W/L^3; hvor W er lik total våtvekt (eller tørrvekt) og L er total lengde.

Volumet av plommesekken regnes ut etter følgende formel :
$V = 4/3 * \pi * L * H^2/6$, hvor L = Lengden av plommesekken og H = Høyden av plommesekken.

I Fig. 12-1-1 er det gitt et eksempel (fra kveitelarver) for forbruket av plommemassen uttrykt i plommesekkvolumet.



Figur 12-1-1. Volumet av plommesekken til kveitelarve ved bruk av den oppgitte formelen.

Timegrader = Antall timer * °C
Døgngrader = Antall døgn * °C

Lever Index = Prosent lever av totalvekten

Gonade Index = Prosent gonade av totalvekt

Fórfaktor (FF) = gram fóret/gram vektøkning (tørrvekt fór [g] / vektøkning fisk [g])

PER = Total vektøkning hos fisken (g)/totalt protein inntak (g) i samme periode.

PPV = Total protein økning (g)/total protein inntak (g) i samme periode.

Omregning mellom ml og mg oksygen er: 1 ml = 1,4 mg, og 1 mg = 0,7 ml.

Tabell 12-1-1. Sammensetningen av Ringer løsning (Cobb *et al.*, 1973).

Kjemisk stoff	Mengde (g)
NaCl	8,22
KCl	0,39
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	0,23
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	0,72
$NaHCO_3$	0,20
$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	0,28
Glukose	1,00
Vann	1 liter

12.2. Innhold i råstoffer til fór

Tabell 12-2-1. Tabellen viser innholdet av tørrstoff, næringsstoffer, aske og omsettelig energi per kg. fór som er aktuell til innblanding i våt- eller tørrfór (fra Austereng 1979, Utne 1976, 1977).

Fórmiddel	Tørrstoff	Protein	Fett	Karbohydrat	Aske			
	g	g	g	g	g	Kcal	MJ	
Mager fisk	Akkar	210	180	10	-	20	780	3,27
Blågunnar, usløyd	230	165	35	-	30	925	3,87	
Flyndrefileavfall	220	135	35	-	46	805	3,38	
Flyndrehoder	200	130	22	-	42	685	2,86	
Hvitting, usløyd	220	170	17	-	28	800	3,35	Hyse,
sløyd	220	195	2	-	22	775	3,25	
Kolmule, usløyd	240	180	32	-	28	960	4,01	
Kolmule, feb,	270	167	74	-	28		5,18	
Kolmule, april	240	172	35	-	32		3,97	
Kolmule, aug.	247	177	37	-	32		4,10	Lomre,
usløyd	180	145	17	-	12	700	2,94	Lysing,
sløyd	210	170	11	-	28	750	3,14	
Rekeavfall	240	105	10	-	85	490	2,05	Reker,
undermåls	225	150	13	-	45	690	2,88	
Sandflyndre, usløyd	260	179	57	-	33	1120	4,69	Sei,
sløyd	210	185	2	-	24	740	3,09	Sei,
usløyd	220	175	8	-	37	745	3,13	
Seifileavfall	225	165	6	-	50	690	2,90	
Sei, hel april	235	168	40	-	26		4,05	
Sei, hel juli	260	180	49	-	29		4,56	
Sei, hel okt.	256	172	56	-	27		4,64	
Silderogn	270	225	25	-	15	1080	4,51	Skate,
usløyd	180	135	27	-	17	745	3,11	Skolest,
usløyd	164	110	22	-	31	605	2,53	
Skrubbe, usløyd	180	145	17	-	12	700	2,94	
Småtorsk, usløyd	210	160	20	-	30	785	3,28	Sypike,
usløyd	230	160	30	-	37	865	3,62	Torsk,
sløyd	210	170	11	-	28	750	3,14	
Torskefilet	200	175	9	-	14	755	3,16	
Torskeavfall	uten hode	200	150	10	-	40	665	2,78
Torskehode	215	140	15	-	55	665	2,79	
Torskemelke	170	135	17	-	10	665	2,77	
Torskerogn	230	200	20	-	10	940	3,94	
Trålfiskbl, usløyd	230	150	44	-	35	940	3,92	Øyepål,
usløyd	270	165	75	-	30	1245	5,21	
Øyepål mars	228	168	22	-	38		3,47	
Øyepål aug.	314	164	21	-	29		6,69	
Øyepål nov.	291	163	100	-	28		5,98	
Pigghå, Hode/side								
Okt.	190	124	17	-	33		2,59	
Des.	212	141	28	-	25		3,22	
Jan.	230	141	47	-	28		3,85	**Feit**
fisk	Blåkveiteavfall	360	115	215	-	20	2170	9,08
Brisling, aug-sept	275	170	84	-	22	1335	5,59	
Brisling aug.	295	166	104	-	25		6,14	
Brisling Jan.	318	160	129	-	29		6,90	
Brisling Feb.	301	165	106	-	30		6,23	
Horngjel, apr-juni	240	185	32	-	22	980	4,09	
Horngjel, aug-okt	290	185	32	-	22	1395	5,83	Lodde,

jan-febr	295	170	103	-	22	1485	6,23	Lodde,
mars-mai	245	170	50	-	22	1065	4,45	
Lodde sept.	325	140	163	-	22		7,74	
Lodde feb.	265	140	103	-	22		5,73	
Lodde mars	215	140	50	-	25		3,95	
Makrell, stor	mars-juni	285	180	84	-	22	1375	5,75
Makrell, liten	mars-juni	245	180	42	-	22	1040	4,35
Sil, tobis	270	180	63	-	27	1205	5,05	Steinbit,
mars-mai	240	160	60	-	22	1105	4,62	
Småsild, mai	265	175	60	-	22	1165	4,87	Vårsild,
mars-april	280	175	80	-	22	1325	5,54	Uer
260	170	67	-	22	1200	5,02		
Laksesild okt.	299	141	128	-	30		6,56	
Laksesild nov.	353	136	186	-	24		8,40	
Laksesild mars	251	136	87	-	28		5,10	**Kjøtt**
og slakteavfall	Bladmage	170	120	35	-	10	750	3,13
Blod	200	190	1	-	10	725	3,04	
Hvalkjøtt, magert	280	230	30	-	10	1135	4,76	
Hvalkjøtt, midd.feit	310	230	60	-	10	1375	5,77	Jur
330	110	180	25/-	12	1910	7,99	Lever	290
190	40	35/-	21	1115	4,67	Lunge, mager		190
135	40	-	10	845	3,54	Lunge+strupe	middels feit	
260	135	110	-	10	1405	5,89	Milt	240
180	35	-	19	980	4,11	Slakteavfall, bl.		220
135	67	-	13	1065	4,45	Struper	300	135
155	-	10	1765	7,40	Svinemager	300	135	152
-	8	1745	7,30	Vom, middels feit		250	135	100
-	12	1325	5,55	Kasein	335	295	7	-
32	1205	5,04	**Fettkilder**	Soyaolje	1000	-	1000	-
-	8000	33,50	Tran	1000	-	1000	-	-
8000	33,50	Loddeolje	1000	-	1000	-	-	8000
33,50	**Kraftfór**	Blodmjøl	910	851	5	-	5	3360
14,06	Bomullsfrømel	910	425	69	258/89	76	2622	10,98
Byggrøpp	860	98	19	676/45	26	1616	6,77	Fórgjær
900	353	6	390/65	83	2049	8,58	Havregrøpp	
870	101	45	602/95	31	1717	7,19	Hvalkjøttmel	
920	835	34	-	78	3530	14,75	Hvetegrøpp	
880	114	19	709/19	20	1731	7,25	Hvetekli	
880	149	47	535/98	59	1813	7,59	Kjøttbeinmel	
910	539	100	-	360	2902	12,15	Maisgrøpp	
880	88	40	718/20	15	1812	7,59	Mysepulver	
930	120	6	722/-	88	1671	7,00	Sildemel	
910	703	69	-	108	3300	13,79	Soyamel, ekst.	
880	460	9	299/53	64	2344	9,82	Tørrmelk	
(skumma)	960	348	6	520/-	90	2237	9,37	
Tilskuddsfór	Bindemel -	våtfór (10 %)	880	110	38	616/90	26	2125
8,90	Bindemel - mykfór	(40-50 %)	900	420	70	320	70	2960
12,40								

12.3. Komposisjon av fór

Innledningsvis gies det en oversikt over viktige vitaminers betydning og hva mangel av disse vil medføre:

Tabell 12-3-1. Oversikt over vitaminer.

Vitamin	Oppgave i kroppen	mangelsykdom
fettløselige		
A	Vedlikehold av slimhinner	Nedsatt vekst, synsskader, lav fruktbarhet, mindre motstand
E	Hindre oksydering av fett,	Nedsatt vekst, svak rødfarge av blodlegemer,
K	Nødvendig for at åpne sår skal slutte å blø	Tilsett ekstra ved behandling av fettlever
Vannløselige		
B_1	Brukes av enzymene som styrer omsetningen av karbohydrater og protein	Utstående øyne, klubbede gjeller Muskelsvinn, kramper, nerveskader
B_2	Brukes av enzymene som styrer forbrenningen i cellene	Dårlig vekst, synsskader, betennelse, hudlidelser
C*	Nødvendig for vekst av ryggrad	Blodsykdom, knekking av ryggrad hos yngre fisk, blødninger i indre organer.

* Lever og hud er et viktig reservoir for vitamin C.

Behovet for fettsyrer/vitaminer/mineraler er ikke kjent for steinbit, men som en informasjon oppgis tabellerfor laksefisk hentet fra T. Storbakken (Nordisk Aquakultur 1(4) 1985.Tabell 12-3-2. Behov for essensielle aminosyrer (g/100 g protein) i fóret til regnbueørret og stillehavslaks (*Chinook alamon*).

Fettsyre	Regnbuørret	Lakseunger, Stillehavslaks
Leusin	4,4	3,9
Isoleusin	2,4	2,2
Valin	3,1	3,2
Treonin	3,4	2,2
Fenylalanin	3,1	5
Tyrosin	2,1	
Metionin	1,8	4
Cystein	0,9	
Trytofan	0,5	0,5
Arginin	3,5	6
Histidin	1,6	1,8
Lysin	5,3	5

Tabell 12-3-3. Vitaminbehovet (mg/kg tørt fór) hos laks og regnbueørret

Vitamin	Laks	Regnbuørret
Thiamin (B_1)	10-15	10-12
Riboflavin (B_2)	5-10	20-30
Pyridoxin (B_6)	10-15	10-15
Pantotensyre B*	40-50	
Niacin	B	120-150
Folsyre	5-10	6-10
B_{12}	B	B
Myo-Inositol	B	200-300
Kolin	B	B
Biotin	1-1.5	
Vitamin C	B	100-150
Vitamin A	2000-2500 IE	
Vitamin E**	B	
Vitamin K	B	

** Behovet er direkte påvirket av typen umettet fett i fóret * B = Påvist behov

Tabell 12-4-4. Mineralbehovet hos fisk

Mineral	Behov/kg tørt fór
Kalsium	5 g
Fosfor	7 g
Magnesium	500 mg
Natrium	1-3 g
Kalium	1-3 g
Svovel	3-5 g
Klor	1-5 g
Jern	50-100 mg
Kopper	1-4 mg
Mangan	20-50 mg
Kobolt	5-10 mg
Zink	30-100 mg
Jod	100-300 mg

Tabell 12-3-5. Anbefalt dosering av vitaminer i fór til fisk.

Vitamin-type	Dosering
Vitamin A	2000 - 3000 i.e./kg
Vitamin D_3	2000 - 3000 i.e./kg
Vitamin K_3	5 - 10 mg/kg
Vitamin E	20 - 40 mg/kg
Vitamin B_1	5 - 10 mg/kg
Vitamin B_2	5 - 15 mg/kg
Vitamin B_6	5 - 10 mg/kg
Pantotensyre	10 - 20 mg/kg
Niacin	100 - 150 mg/kg
Folinsyre	0,5 - 1,0 mg/kg
Vitamin B_{12}	0,01 - 0,02 mg/kg
Biotin	0,5 - 1,0 mg/kg
Vitamin C	100 - 800 mg/kg
Inositol	200 - 400 mg/kg

12.4. Anriking av byttedyr

Ved produksjon av fiskeyngel tilføres fiskelarvene HUFA[1] ved å startfóre disse i kar med "grønn vann" og med startfóringsorganismene som *Brachionus plicatilis* og *Artemia salina*. Fóring av disse forgår ved å blande sammen 1,2 g gjær og 0,04 g torskeleverolje/million *B.plicalilis*/dag. Denne "suppen" gis til hjuldyrene som hver daglig kan produsere 100 nye individer. Ved riktig fóring av saltkreps, øker denne sin daglige tilveksten med omlag 30%.

Produksjonen av hjuldyr er forbunder med problemer. Ciliater skaper ofte problemer, men disse kan en holde i sjakk ved å ha ciliatfrie stamdyr. Stamdyrene kan vaskes i ferskvann i 5 min. (eggene på rotatoriene ødelegges). Av et stamdyrantall på 3 mill. vil en kunne produsere 300 mill. *Brachionus*/dag. Det andre store problemet i produksjon av hjuldyr er bakterier. Bakteriene kan i siste omgang resultere i sykdom på fiskelarvene. Under 1000 bakterier/*Brachionus* vurderes som under faregrensen. Den eneste metoden som finnes idag for å holde bakteriene i sjakk er bruk av antibiotika (f.eks. furazolidone (0,2 - 0,6 ppm), chloroamphenicol (5 ppm) + vasking). Dette gir økt overlevning hos piggvarlarver. I tillegg bør anlegget legges tørt og desinfiseres med jevne mellomrom (hver tredje måned). Ved å holde tettheter av rotatorier på 50/ml istedenfor på 300/ml resulterer dette i en 70% økning i overlevingen mot vanligvis 10%. Ved anriking av fóret har en brukt følgende tall (gjelder for både *Artemia* og *Brachionus*) (tabell 12-4-1). Disse verdiene oppnåes etter 6 t. I forsøk med *M. rosenbergii* er det oppnådd økt overlevelse og økt tørrvekt, og tidligere metamorfose, ved å øke innholdet av HUFA i fóret.

---

[1] HUFA = High unsaturated fatty acids (Langkjedete flerumettede fettsyrer)

Det er obsertvert massedødlighet i produksjonsanlegg for rotatoria (*Brachionus plicatilis*; Fig. 12-4-1) p.g.a. massiv sopp infeksjon.□□Tabell 12-4-1. Effekten av middels og høy konsentrasjon av HUFA i fóret til Artemia på konsentrasjon av HUFA og Ω3-fettsyrer i Artemia.□□

	Middel	Høy	Kommentar
I fóret (mg/g)			
170			
300			
sum HUFA			
I Artemia (mg/g)			
40			
55			
sum HUFA			
I Artemia (mg/g)	20	30	20:5 Ω3
I Artemia (mg/g)	10	20	22:6 Ω3

□

Figur 12-4-1. Hunn (stor) og hann (liten) dyr av Brachionus plicatilis (Pourroit, 1990).

□

Figur 12-4-2. Typisk vekstkurve for rotatoria kultur (Anderson and Smith, 1989).

12.5. Eksempel på småtransport av steinbit□tc "12.5. Eksempel på småtransport av steinbit" \l 2□

Transport, et eksempel:

I September 1987 ble 55 voksen flekksteinbit fraktet fra Hammerfest til Forskningsstasjonen Flødevigen, Arendal. Totalt var det en distanse på 237 mil og turen tok 81 timer. Frakten ble foretatt med lastebil hvor 3 kar var plassert på lasteplanet. Tabell 12-5-1 viser antall liter vann og antall kilo fisk i hvert av karene, mens Fig. 12-5-1 og 12-5-2 viser henholdsvis temperatur og saltholdigheten i de 3 karene. Fig. 12-5-3 til 12-5-4. viser NH4 konsentrasjonen i de 3 karene. Oksygen ble tilført jevnt fra medbrakte oksygenflasker. Totalt ble det brukt omlag 7 gassflasker på turen.

Utstyr:

Oksygenflasker à 70 kg
3 Transportkar (Ewos) à (180 x 100 x 85) cm = 1,5 m3.

Tabell 12-5-1. Vekt av fisken og mengde saltvann i de 3 transportkarene. Mengde vann angis etter hvert vannskifte, totalt 4 vannskifter.

		Antall liter vann i karene etter hvert vannskifte			
Kar Nr.	Totale våtvekt (kg) av fisk	1ste	2dre	3dje	4de
Tank 1	140,0	728	675	653	690
Tank 2	91,45	570	593	585	570
Tank 3	68,13	488	518	525	510

□

Figur 12-5-1. Temperaturutviklingen (°C) i de 3 karene. 0:00 = Kl. 2400.

□

Figur 12-5-2. Saltholdighetsutviklingen (‰) i de 3 karene.

□

Figur 12-5-3. Registret NH4 konsentrasjon (µgat/l) i de 3 karene.

□

Figur 12-5-4. Utskillelsen av NH4 (µgat/l) beregnet fra hvert vannskifte og angitt etter tettheter av fisk (g/l).

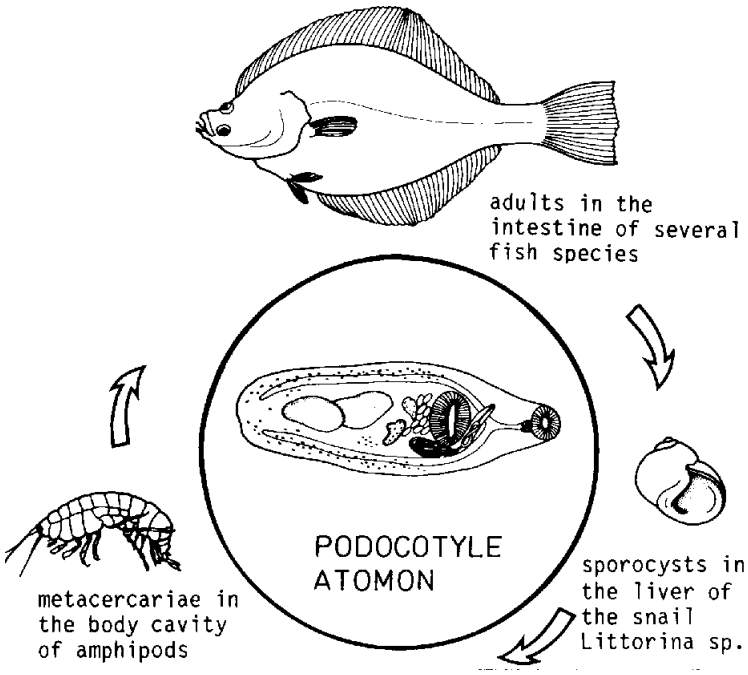
12.6. Parasitter tc "12.6. Parasitter " \l 2

Figur 12-6-1. Ektoparasitter hos marin fisk (Møller and Anders, 1986).

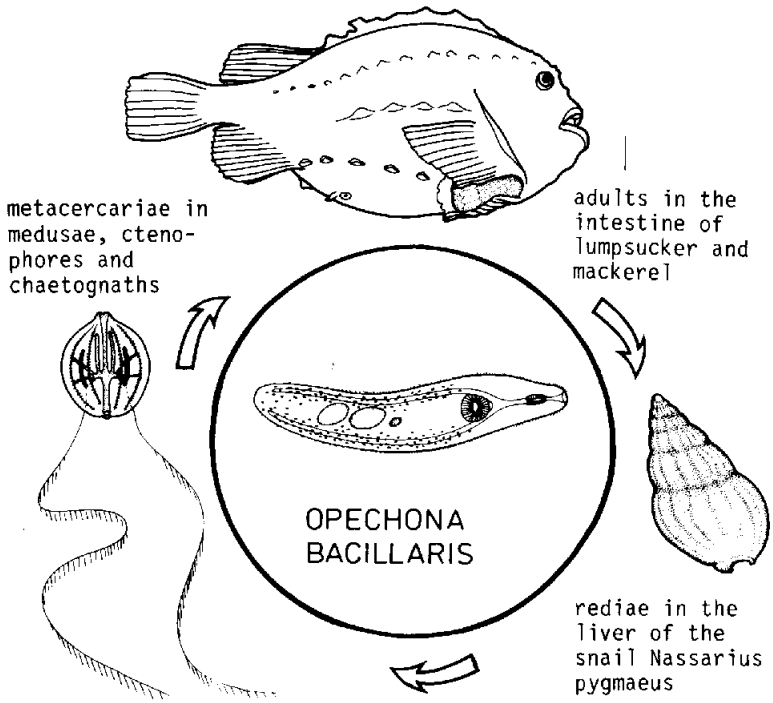
Figur 12-6-2. Gjelleparasitter hos marin fisk (Møller and Anders, 1986).

Figur 12-6-3. Syklus for parasitten Diphyllobothrium latum (s. 159 i Møller and Anders, 1986).

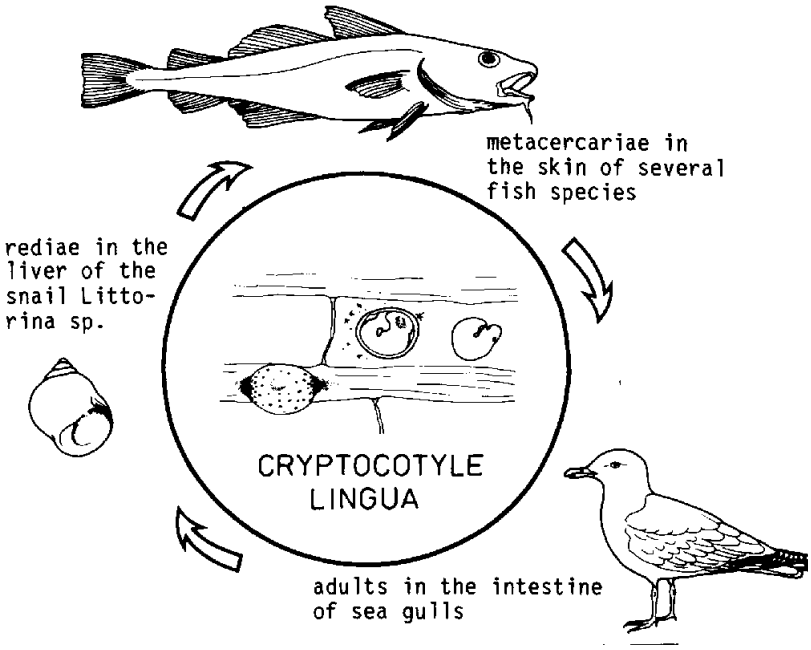
Figur 12-6-4. Syklus for parasitten Bothriocephalus scorpii (s. 159 i Møller and Anders, 1986).



Figur 12-6-5. Skisse av syklusen til parasitten Podocotyle atomon (s. 150 i Møller and Anders, 1986).



Figur 12-6-6. Skisse av syklusen til parasitten *Opechona bacillaris* (s. 150 i Møller and Anders, 1986).



Figur 12-6-7. Skisse av syklusen til parasitten *Cryptocotyle lingua* (s. 150 i Møller and Anders, 1986).

Parasitter hos steinbit

I det etterfølgende gies en oversikt over kjente ytre og indre parasitter observert hos steinbit.

Nummeret i parentes viser til referansene (1) Barsukov 1972, (2) Egidius and Soleim 1986.

Indre parasitter

I urinblære

Myxoproteus elongatus SHULMAN (1) er en myxosporidia som er observert hos gråsteinbit. Eventuelle virkninger og behandlingsmåte er ikke kjent.

Lepidophyllum steenstrupii (1) er en ikte som finnes i urinblæren (se Fig. 10-2-16). Konsekvenser og behandling av denne er ikke kjent. Hos grå- og flekksteinbit.

I galleblære

Fellodistomum fellis (1) og *Fellodistomum agnotum* (1) er ikter som finnes i galleblære til gråsteinbit og er omlag 2-3 mm i størrelse. I Fig. 10-2-16 angies også livssyklusen til denne ikten. Ikten vil ikke spres innen et anlegg.

I mage og tarm

y = finnes i mage
x = finnes i tarm

Art		Gråsteinbit	Flekksteinbit
Prosorhynchus squamatus (1)	x		
Plagioporus idonea (1)		x	
Podocotyle atomon (1)		x	
Podocytyle reflexa (1)			x
Neophasis lageniformis (1)	x	x y	
Steringophorus furciger (1)	x	x	
Fellodistomum agnotum (1)	x	x	
Zoogonoides viviparus (1)		x	
Diphterostomum microacetabulum (1)		x	x
Steganoderma spinosa (1)		x	
Bothriocephalus scorpii (1)	x		
Ascarophis sp. (1)		x	x y
Echinorhynchus gadi (1)		x	
Contracoecum aduncum (1)	x y		
Scolex polymorphus (1)			x
Derogenes varicus (1)			y

På lever og ellers i bukhule

Art	Gråsteinbit	Flekksteinbit
Anisakis sp.-larve (1)	x	

Anisakis sp.-larver finner en på overflaten av lever og ellers i bukhulen.

I blodet

Myparіodoma

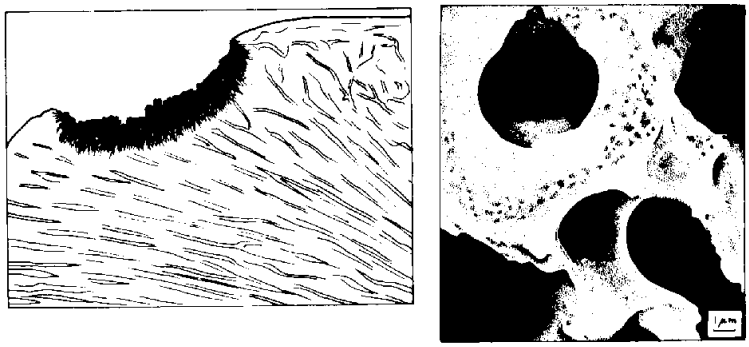
Ytre parasitter

På hud , gjeller og tenner

x = På hud
y = På gjeller
z = På tenner

Art	Type	Gråsteinbit	Flekksteinbit
Platybdella anarrhichae (1)	Igle	x	x y
Clavellodes rugosa (1)	Copepod	y	y
Mycelites ossifragus (1)	Microorganisme	z	
Trichodina sp. (1)		x y	x y
Sphyrion lumpi	Copepod		
Gyrodactylus spp		x	x

En hudparasitt, iglen *Platybdella anarrhichae*, kan forekomme på steinbit. Iglen resulterte i et redusert matopptak. Formalinbehandling i karene fjerner greit iglene. *Sphyrion lumpi* kalles uermedaljen på norsk.



Figur 12-6-8. Hull i tenner til gråsteinbit forårsaket av *Mycelites ossifragus* (Møller and Anders, 1986).

12.7. Sammenligning steinbit - torsk - laks

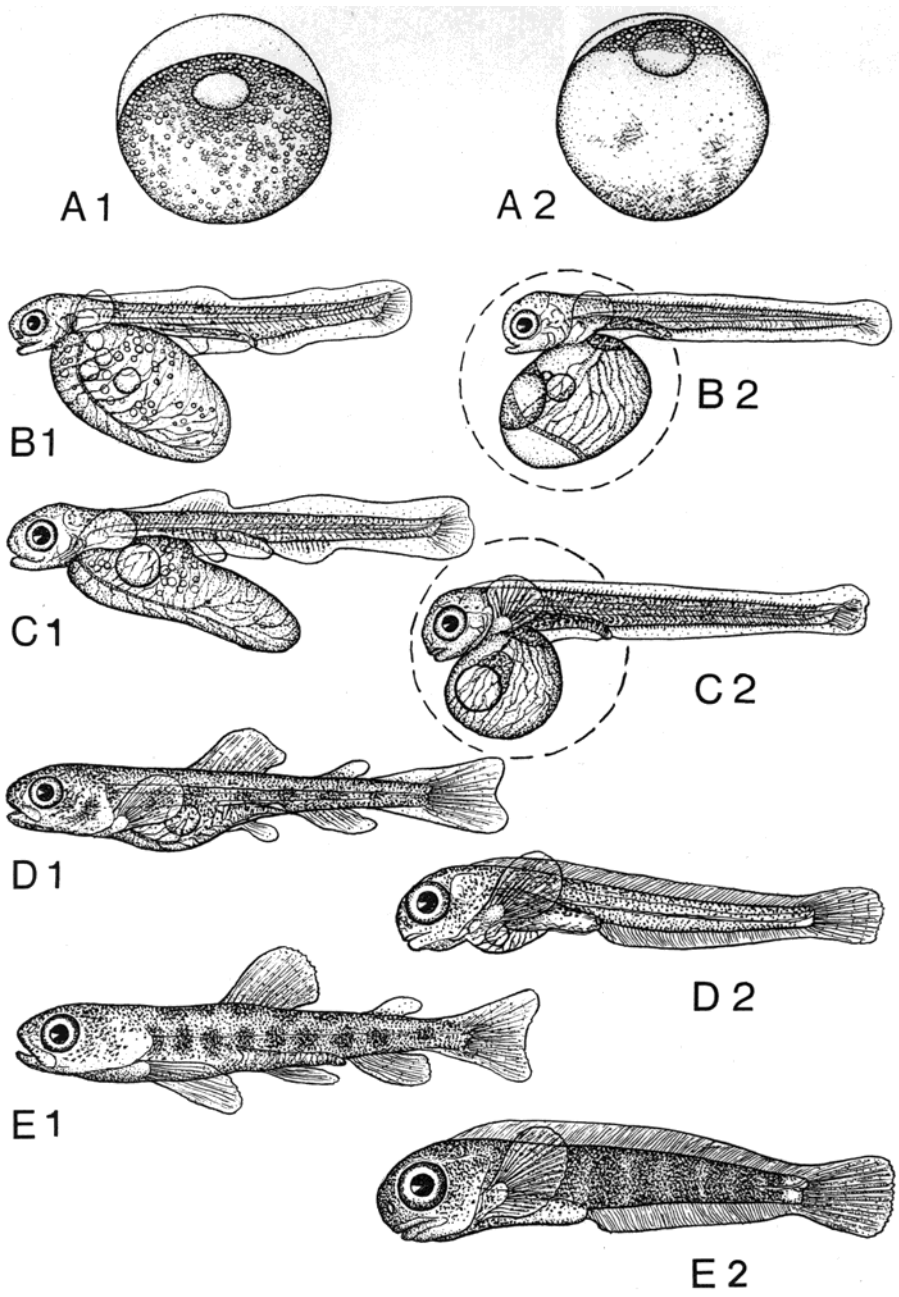
Torsk og steinbit skiller seg fra hverandre ved at mens steinbiten vil bruke bunnen av et kar, vil torsken bruke rommet. Mere fett vil være lagret i muskulatur hos steinbit i forhold til hos torsk. Mens en hunn hos torsk gyter omlag 15 ganger i løpet av gytesesongen, gyter steinbit alle eggene på en gang. Eggene hos steinbit er langt større enn hos torsk og det er stor forskjell i inkubasjonstid av eggene. Larvene ved startfóring er store hos steinbit og de lar seg startfóre på tørrfór, mens larvene hos torsk er små og må startfóres på levende fór. Av de to steinbitartene er det flekksteinbit som forløpig er av størst interesse, den blir kjønnsmoden ved en større størrelse enn gråsteinbit, den har langt større tilvekst i løpet av de to første årene og den har en større filé-andel.

Tabell 12-6-1. Sammenligning av noen parametere for gråsteinbit, flekksteinbit og torsk.

Parametre	Gråsteinbit	Flekksteinbit	Torsk
Type	Halv-fet	Halv-fet	Mager
Adferd	Rolig	Rolig	Svømmende
Anlegg	Kar	Kar	Mærde
1ste x gyting hunn	> 0,5 kg	> 2,5 Kg	2,0 Kg
1ste x gyting hann	> 1,0 kg	> 5,0 Kg	2,0 Kg
Antall gyting pr år	1	1	15
Egg antall	2 - 20.000	10 - 50.000	1 - 8 mill.
Egg-diameter (mm)	5,5-6,0	5,5-6,0	1,1-1,7
Inkubasjonstid (d)	200	200	14
Larve-lengde (mm)	20	20	4
Startfóring	tørr-fór	tørr-fór	levende fór
Max tilvekst temp.	7-9 °C	< 8 °C	12-14 °C
Beregnet vekt - 2 år	~ 2,5 Kg	~ 5 Kg	2-3 Kg
Filet andel	45 %	50 %	50 %
Yngelkostnader (NOK/stk)			
Poser; 15 mm	-	-	0,54
Poll; 15 mm	-	-	0,42
Poser; 3 - 4 cm	-	-	2,70
9 cm	4,00	3,00	-
Poll; ~15 cm	-	-	4,20(§)
Poll + kar; ~25 cm	-	-	6,40
Poll + kar; ~35 cm	-	-	11,20
Markedspris (NOK)/kg			
Gjennomsnitt 1990$	15,90	-	13,20
Sør- og Vestlandet	-	-	10,80

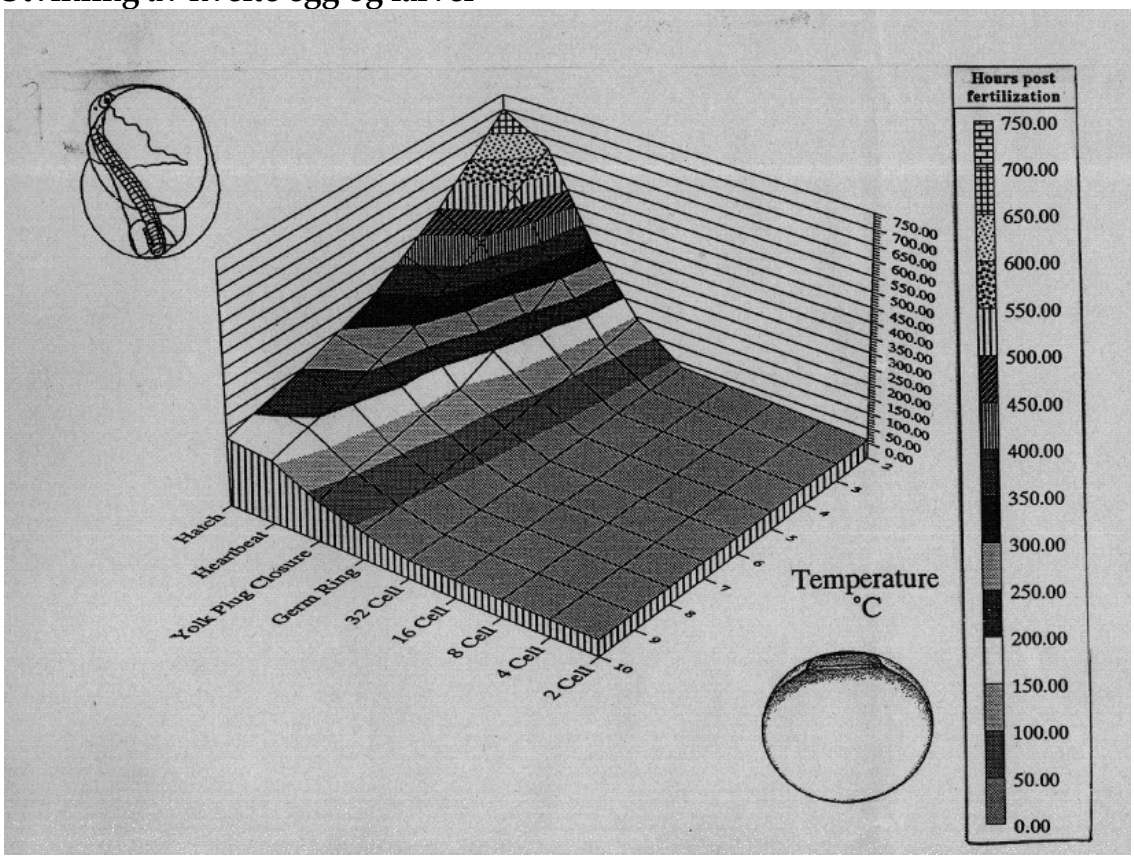
§) Det må bemerkes at det frem til i dag ikke har latt seg gjøre å produsere torskeyngel til en pris under NOK 10,00/stk (1990).

$) Data fra Danmark

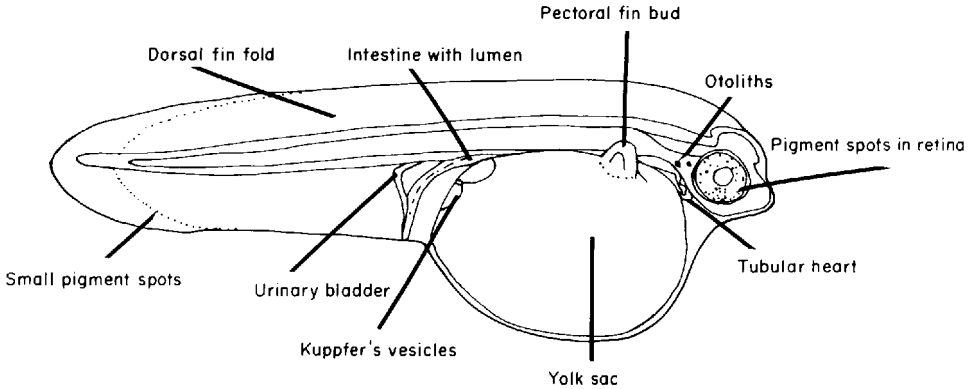


Figur 10-7-1. Sammenligning i egg og larveutviklingen mellom laks (*Salmo salar*) (1) og steinbit (*Anarhichas lupus*) (2) ved 10°C. A = dannelse av blastodisk, 1 - eggdiameter 6 mm og alder 1,5 dager, 2 - eggdiameter 6 mm og alder 1,5 dager; B = begynnelsen av dannelsen av finnefold, 1 - L 17 mm og alder 48 dager (stadie for klekking), 2 - L 11 mm og alder 40 dager; C = dannelse av rays i dorsal, anal og caudal finner, 1 - L 20 mm og alder 60 dager, 2 - L 15 mm og alder 50 dager; D = første fødeopptak, 1 - L 24 mm og alder 90 dager, 2 - L 21 mm og alder 100 dager (klekking); E = start av juvenile periode, 1 L 28 mm og alder 102 dager, 2 - L 25 mm og alder 110 dager (Pavlov and Moksness, In prep).

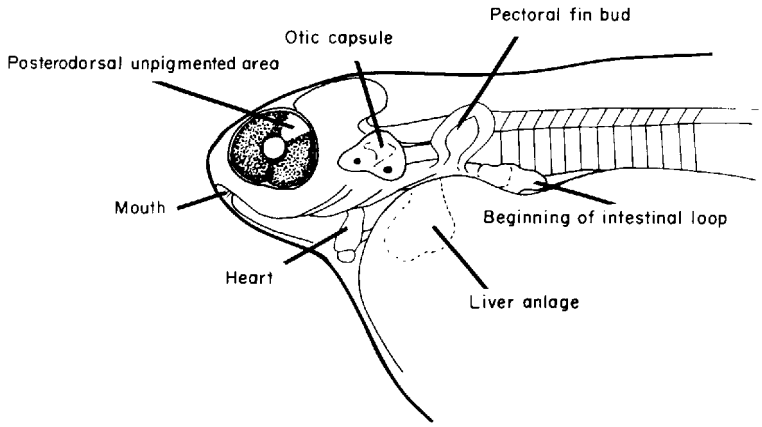
12.8. Utvikling av kveite egg og larver



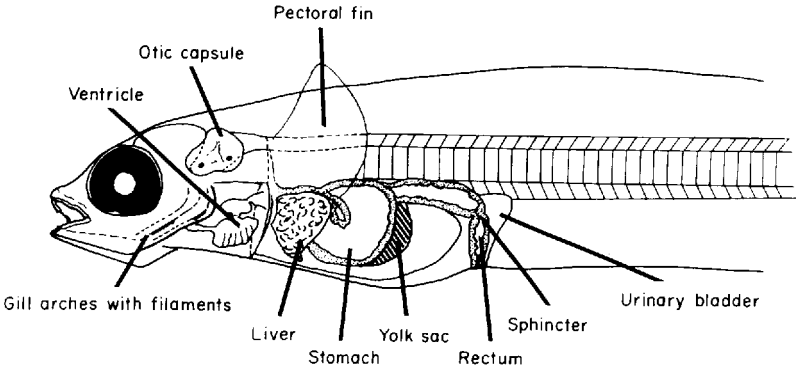
Figur 12-8-1. Forholdet mellom inkubasjonstemperatur og utviklingstadier av kveite egg (Tegnet av K. Pittman, Universitet i Bergen).



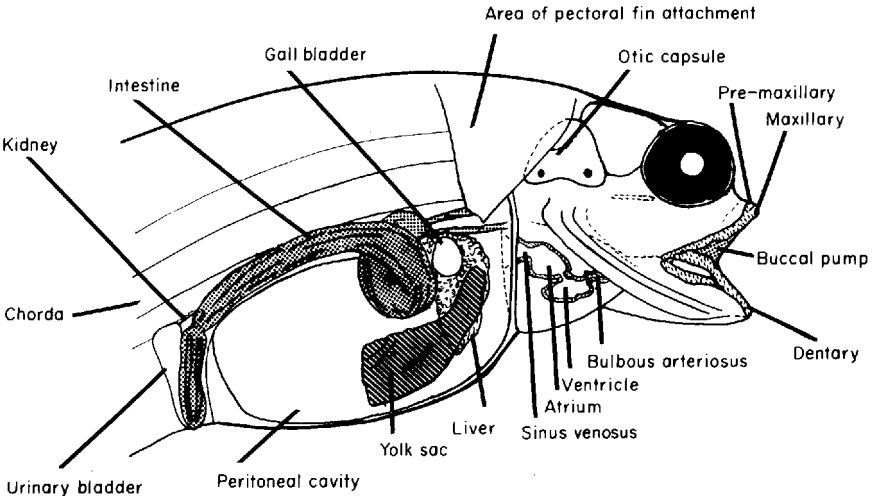
Figur 12-8-2. Kveitelarver omlag 13 dager etter klekking og 8 mm lang. Øye pigmenteringen har begynnt (Pittman *et al.*, 1990).



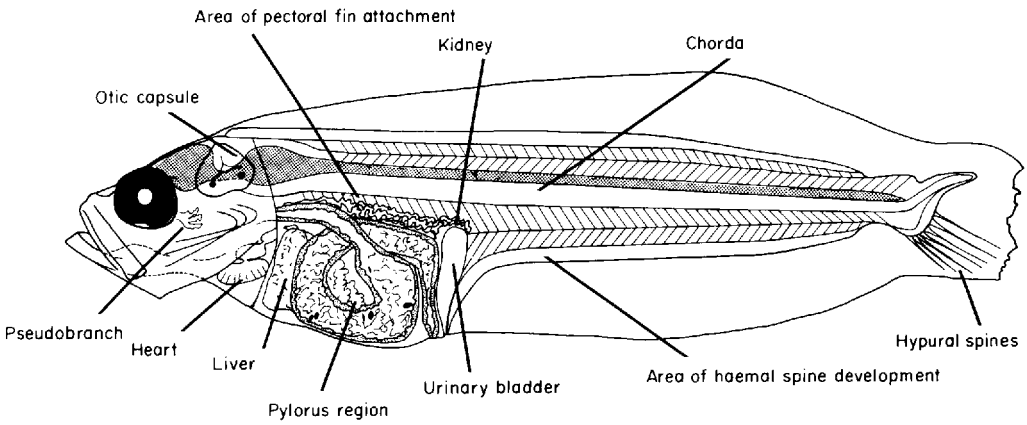
Figur 12-8-3. Kveitelarver omlag 18 dager etter klekking og 11,5 mm lang (Pittman *et al.*, 1990).



Figur 12-8-4. Kveitelarver omlag 44 dager etter klekking og 14,5 mm lang. Gjellefilamentene har begynnt å utvikle seg (Pittman *et al.*, 1990).



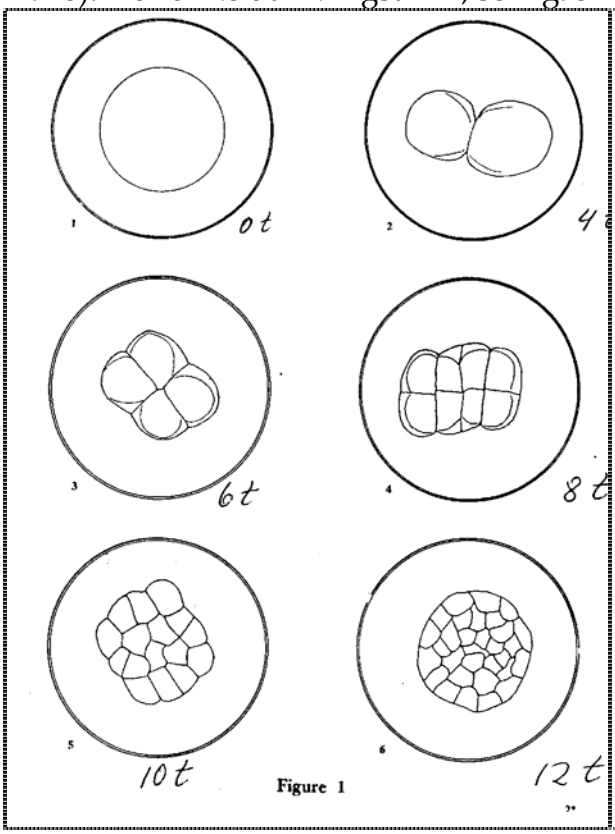
Figur 12-8-5. Kveitelarver omlag 45 dager etter klekking. Larven var 12,5 mm lang og plommesekken ganske liten (Pittman *et al.*, 1990).



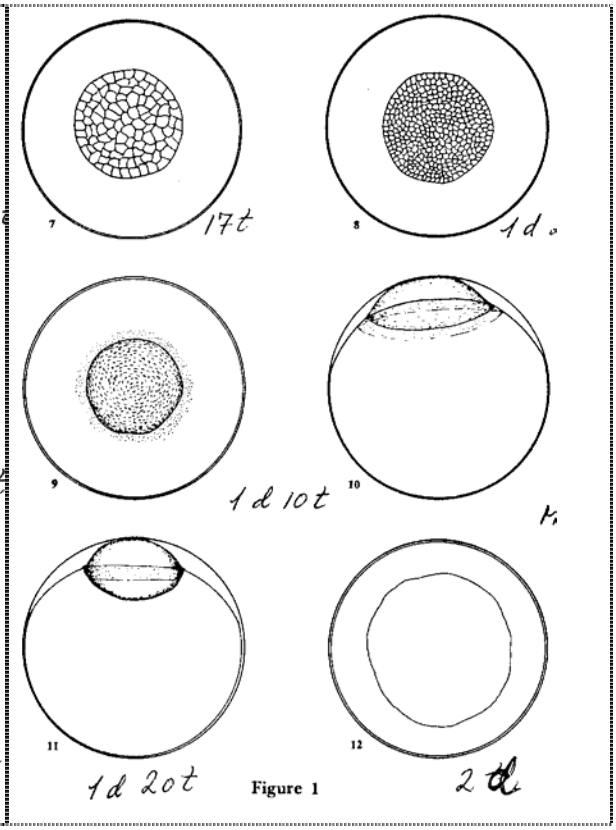
Figur 12-8-6. Kveitelarver omlag 60 dager etter klekking og 16,5 mm lang og med mat i tarmen (Pittman *et al.*, 1990).

12.9. Utvikling av torske egg og larver

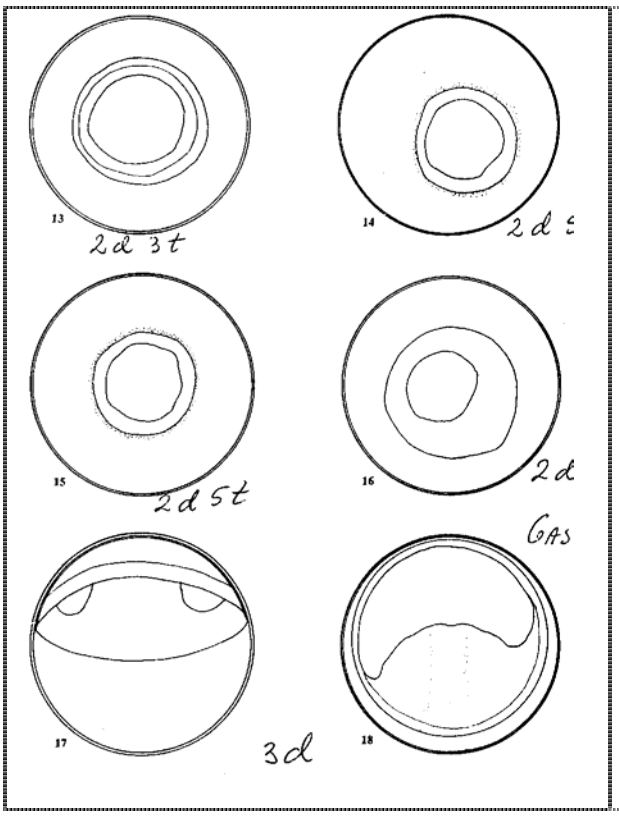
Figuerene viser utviklingen av torskeegg fra befruktning og frem til klekking og utviklingen av torskelarvene frem til slutten av plommesekken ved 7,2°C (Fridgeirsson, 1978). For ulike utviklingstrinn, se Fig. 3-14.



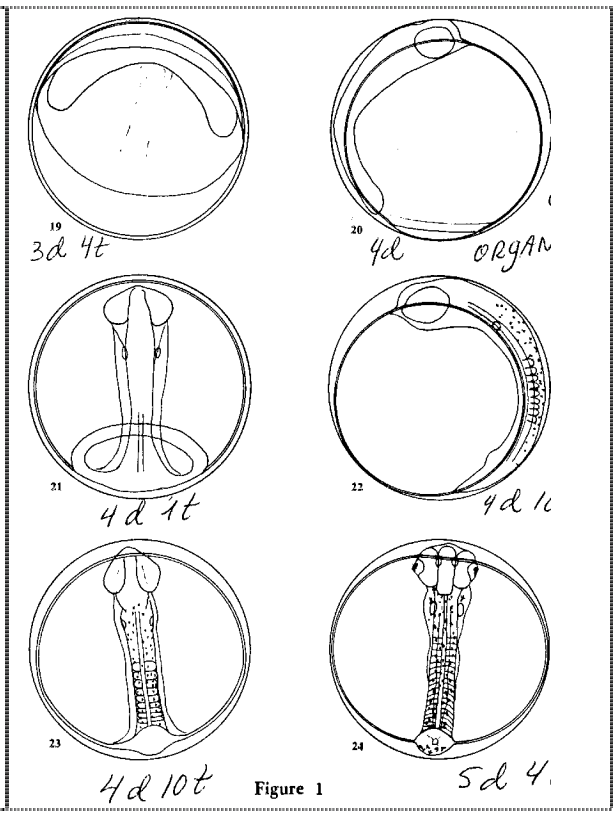
Figur 12-9-1. Utvikling fra befruktning (0t) til 12 t etter befruktning.



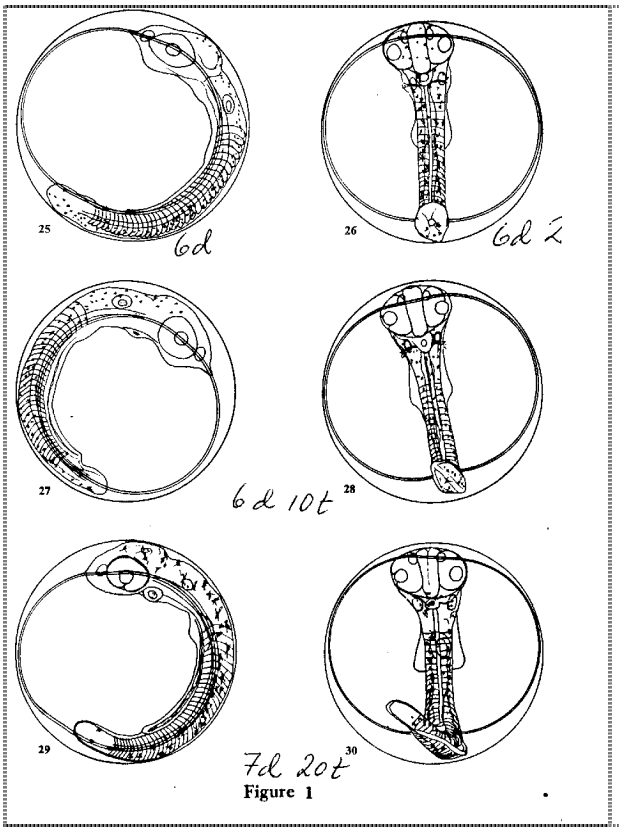
Figur 12-9-2. Utvikling fra 17 t til 2 d etter befruktning.



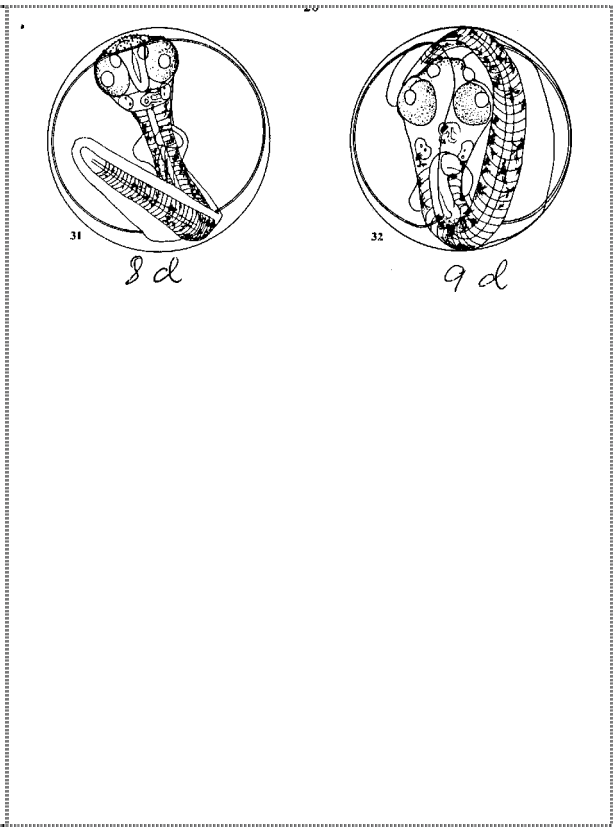
Figur 12-9-3. Utvikling fra 2 d og 3 t til 3 d etter befruktning.



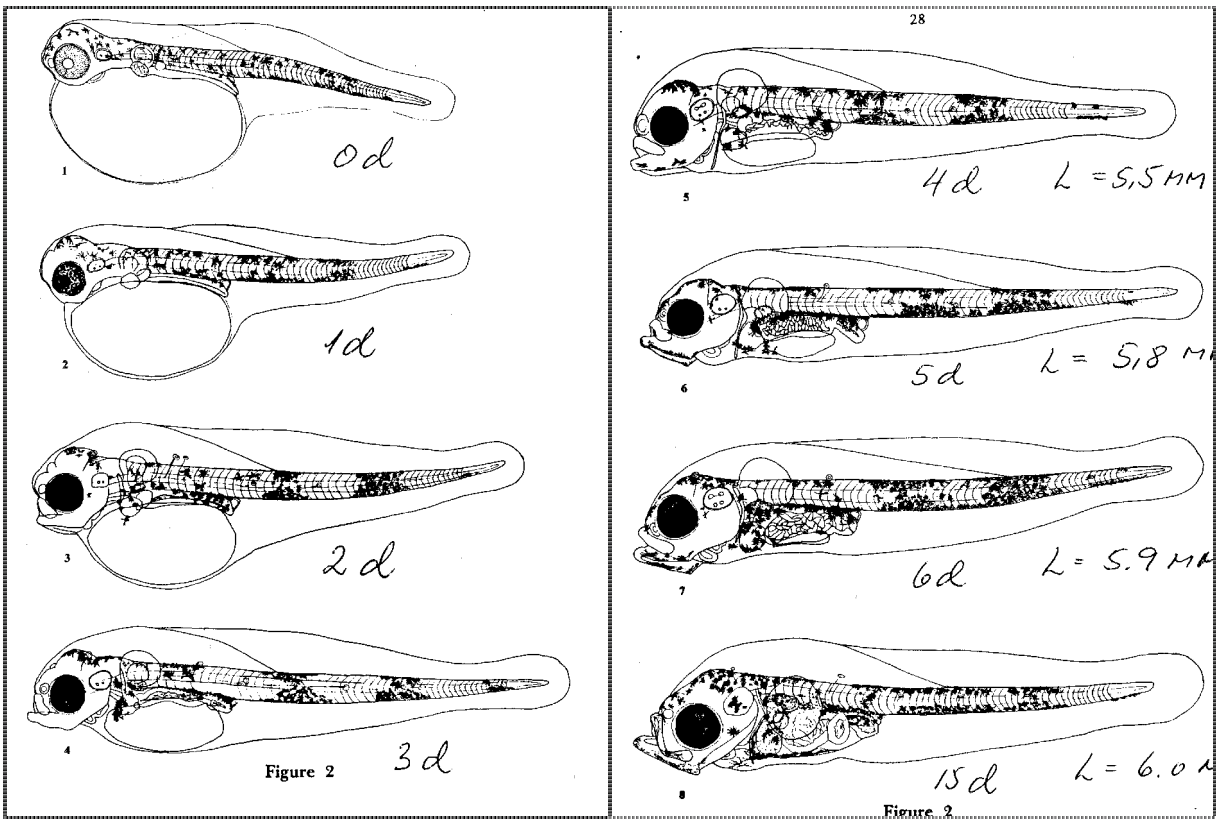
Figur 12-9-4. Utvikling fra 3 d og 4 t til 2 d og 4 t etter befruktning.



Figur 12-9-5. Utvikling fra 6 d til 7 d og 20 t etter befruktning.



Figur 12-9-6. Utvikling fra 8 d til 9 d etter befruktning.



Figur 12-9-7. Utvikling av torskelarver fra klekking (0 d) og 15 dager frem.