

Temperaturøkning nedstrøms kraftverk:  
Virkning på utviklingstid av sikrogn.  
Eksperimentelle studier.

Åge Brabrand og Svein Jakob Saltveit

Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI),  
Zoologisk Museum, Universitetet i Oslo,  
Sarsgate 1,  
0562 Oslo 5.

Forside: Rogn av sik. Tegning og montering ved Pål Sundhell.

## FORORD

I forbindelse med Oppland energiverks konsesjonssøknad om regulering av Etna/Dokka-vassdraget, har Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI) ved Zoologisk Museum i Oslo foretatt de fiskeribiologiske forundersøkelser. Dette gjelder undersøkelser både i høyfjellsmagasinerne med tilløpselver i nedslagsområdet både for Etna og Dokka (LFI-rapp.nr. 44) og for elvestrekningen etter samløp Etna og Dokka og Randsfjorden (LFI-rapp.nr. 46).

Den foreliggende rapport vil omhandle resultater fra eksperimenter utført på utviklingstid av sikrogn under ulike temperaturforhold og feltundersøkelser på sik i nedre deler av Etna/Dokka.

De eksperimentelle studier er utført av LFI-laboratoriet ved Zoologisk Museum i Oslo i perioden oktober 1982 til april 1984.

Vi takker spesielt Nils Rønningen, Dokka og Hans Monsebakken, Nordsinni, for henholdsvis levering av gytemoden sik og temperaturmålinger. Jan Olav Styrvold takkes for hjelp til den statistiske behandlingen av materialet, og Per Pethon, Jan Emil Raastad og Albert Lillehammer takkes for kommentarer til rapporten.

Oslo, mai 1986

Age Brabrand Svein Jakob Saltveit

## INNHOOLD

INNLEDNING .....	4
LIVSSYKLUS, STRØMSIK OG RANDSFJORDØRRET .....	5
METODIKK .....	7
Temperaturmålinger .....	7
Befruktning .....	11
Forsøksoppsetting .....	11
RESULTATER .....	15
Rognutvikling i laboratoriet .....	15
Klekketidspunkt i Etna/Dokka .....	22
KOMMENTARER .....	22
LITTERATUR .....	25

### INNLEDNING

Oppland energiverk har søkt og fått konsesjon på utbygging av Dokka-vassdraget. Utbyggingen innebærer etablering av Dokkfløymagasinet i Dokkavassdraget, se Fig. 1. Herfra tappes driftsvannføringen til Torpa kraftverk som har sitt utløp til Kjøljuadammen. Fra Kjøljuadammen tas driftsvann til Dokka kraftverk med utløp i Randsfjorden ved Land sag. Minstevannføring til nedenforliggende deler av Dokka tappes fra Kjøljuadammen. På strekningen fra Kjøljuadammen til samtløp med Etna vil vannføringen derfor være bestemt av det som kommer fra Kjøljuadammen og små uregulerte restfelt nedstrøms dammen.

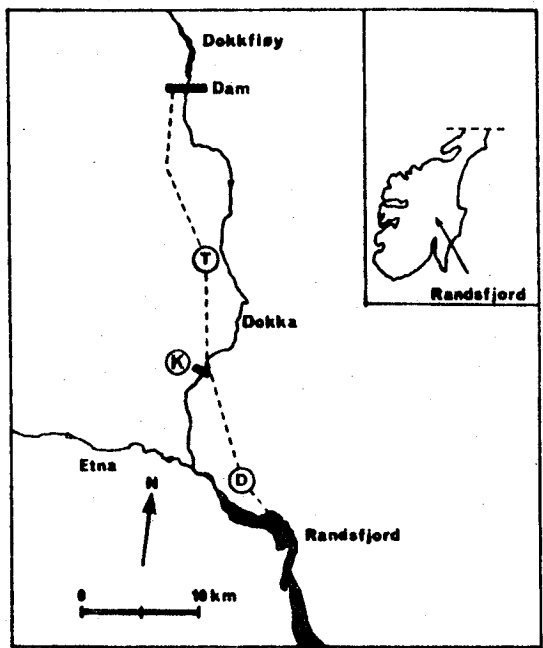


Fig. 1. Oversiktskart over nordlige del av Randsfjorden med elvene Etna og Dokka. Torpa (T), Dokka (D) kraftverk og Kjøljuadammen (K) er avmerket, der Torpa kraftverk vil gi temperaturøkning i en mindre periode seinhøstes.

Et av hovedproblemene i forbindelse med vurdering av minstevannføringen som blir sluppet fra Kjøljuadammen er mulighetene for heving av vanntemperaturen. Driftsvannet fra Torpa kraftverk er bunnvann fra Dokkfløymagasinet. Dette har en temperatur på ca. 4 °C, en temperatur som ligger vesentlig over naturlig elvetemperatur senhøstes og vinter (0 °C). Avhengig av strømningsbildet og blandingsforholdene i Kjøljuadammen mellom

driftsvann fra Torpa kraftverk og naturlig tilsig fra uregulert restfelt gjennom naturlig elveleie i Dokka, vil minstevannføringen sluppet fra Kjøljuadammen i perioder ha temperatur som ligger høyere enn ved uregulert tilstand.

Minstevannføringen som er vurdert fra Kjøljuadammen er fra fiskeribiologisk hold foreslått for å tilfredsstille en rimelig vannføring for og randsfjordørret og strømsik, som har sine gyteområder der det kan forekomme temperaturendringene, henholdsvis i Dokka før samløp med Etna og nedstrøms samløp mellom Etna og Dokka. Temperaturendringene er vurdert av SINTEF (1982), og danner basis for de biologiske undersøkesler og forsøk som her er beskrevet.

#### LIVSSYKLUS HOS STRØMSIK OG RANDSFJORDØRRET

Den forliggende rapport behandler bare strekningen som nyttes til gyting og/eller oppvekst av fisk fra Randsfjorden, dvs. randsfjordørret og strømsik. Begge beskattes både i Randsfjorden og i Etna/Dokka. For ørret er aktuell strekning fra Randsfjorden til Høljerast i Etna, og opp til Helvetesfossen i Dokka (Brabrand, Styrvold og Saltveit 1981). For sik er gyteområdet i de nedre deler av Etna/Dokka etter samløp. Ørret gyter august/september, sik i september/oktober. For begge foregår rognutviklingen gjennom vinteren med klekking på våren.

Utbyggingen vil helt avgjort berøre reproduksjonsområder for disse to fiskeartene. Det er derfor nødvendig med en kortfattet beskrivelse av livssyklus hos sik og ørret, spesielt de deler som har direkte relevans til reguleringen, før presentasjonen av våre vurderinger om virkning av vannføring- og temperaturendringer.

For sik finnes det i Randsfjorden følgende fire adskilte gytepopulasjoner (Enge 1959), hvorav alle med unntak av strømsiken gyter i selve Randsfjorden: Grunnsik, vintersik, djupvannssik og strømsik.

Vandring fra Randsfjorden til gyteområdene for strømsik er dokumentert av Lindem (1980) med ekkoloddregistreringer og av Styrvold et al. (1981) ved merking/gjenfangst. For en generell oversikt over livssyklus hos strømsik, se Fig. 2.

Oppgang i elva skjer i september - oktober, med gyting fra midten av oktober på strekningen fra Randsfjorden til samløpet mellom Etna og Dokka elv. Noe gyting foregår sannsynligvis også i Etna. Rogna spres vilkårlig utover bunnen og graves ikke ned. Utviklingen av rogn skjer over vinteren med start i klekkingen fra 15.-20. april, etter ca. 180 døgngrader. Siklarvene driver umiddelbart etter klekking passivt med strømmen mot Randsfjorden.

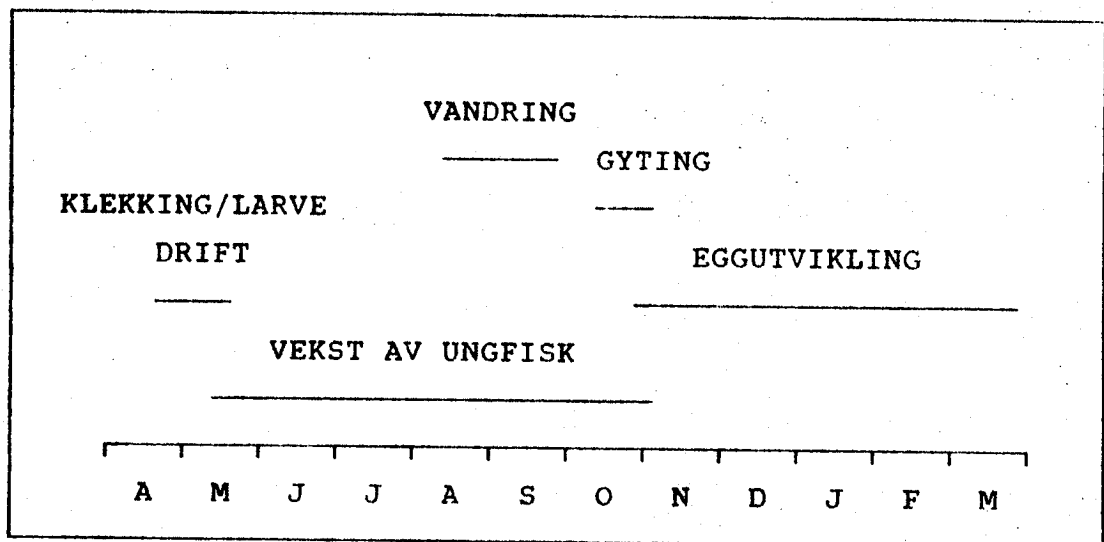


Fig. 2. Generell oversikt over livssyklus hos strømsik i Randsfjorden. Gyting skjer først og fremst nedenfor samløp mellom Etna og Dokka.

For Randsfjordørret starter oppvandring i elva i august, med gyting i september. Viktigste observerte gyte- og oppvekstområde er i Dokka elv nedstrøms Helvetesfossen (Styrvold et al. 1981). Det tas imidlertid også Randsfjordørret på gytevandring i Etna elv, og noe gyting antas å foregå her opp til fossen ved Høljerast. I motsetning til sik, står ørretungene på elva i 2-4 år før de vandrer ut i Randsfjorden.

Et av målene for de foreslåtte minstevannføringer og manøvreringer er å sikre bestandene av sik og ørret (se Styrvold et al. 1981).

Den foreliggende rapport omhandler resultater av studier i perioden høst 1980 - vår 1982 på tidspunkt for oppgang, gyting og klekking hos strømsik. Videre vil spredning av rogn i elveprofilen bli presentert, samt resultatet av klekkeeksperimenter med simulerte temperaturbudsjetter før og etter regulering.

## **METODIKK**

### **Temperaturmålinger**

Det generelle temperaturregime under utviklingen av sikrogn er karakterisert ved fallende temperatur under gyting (fase I), en stabil vinterperiode med temperatur svært nær  $0^{\circ}\text{C}$  (fase II) og en temperaturøkning i siste halvdel av april (fase III), se Tabell 1. Formen på det tilførte døgngradantall reflekterer disse tre fasene (se f.eks. Fig.10 og Fig.11).

Temperaturforholdene i Etna-Dokka i uregulert og regulert tilstand er vurdert av SINTEF (1982), Vassdrags- og Havnelaboratoriet (Trondheim). Vurderingene er gjort spesielt med henblikk på den forventete økning av vanntemperaturen som vil kunne inntreffe etter en regulering av spesielt Dokka. Tapping av dypvann med en viss overtemperatur fra Dokkfløymagasinet, der driftsvannet fra Torpa kraftverk som

slippes som minstevannføring fra Kjøljuadammen vil kunne gi en viss "overtemperatur" på strekningen Kjøljuadammen-utløp Randsfjorden. Omfanget av overtemperaturen (antall grader og varighet) vil her avhenge av minstevannføringen fra Kjøljuadammen, avkjølingsstrekning og lufttemperaturen. Fra disse vurderingene er det hentet simulert temperaturforhold i Dokka like før samløp med Etna basert på to ulike vannføringer (Fig. 3), samt det samme ved utløpet av Etna-Dokka i Randsfjorden, der samløp med Etna har gitt en vesenlig avkjølingseffekt (Fig. 4). Videre er gitt simulert overtemperatur (forhøyet antall grader) ved Kolbjørnshus etter regulering etter overføringsalternativet. Overføringsalternativet vil gi nær de samme temperaturforhold i Dokka som en separat utbygging eller kun regulering av Dokka.

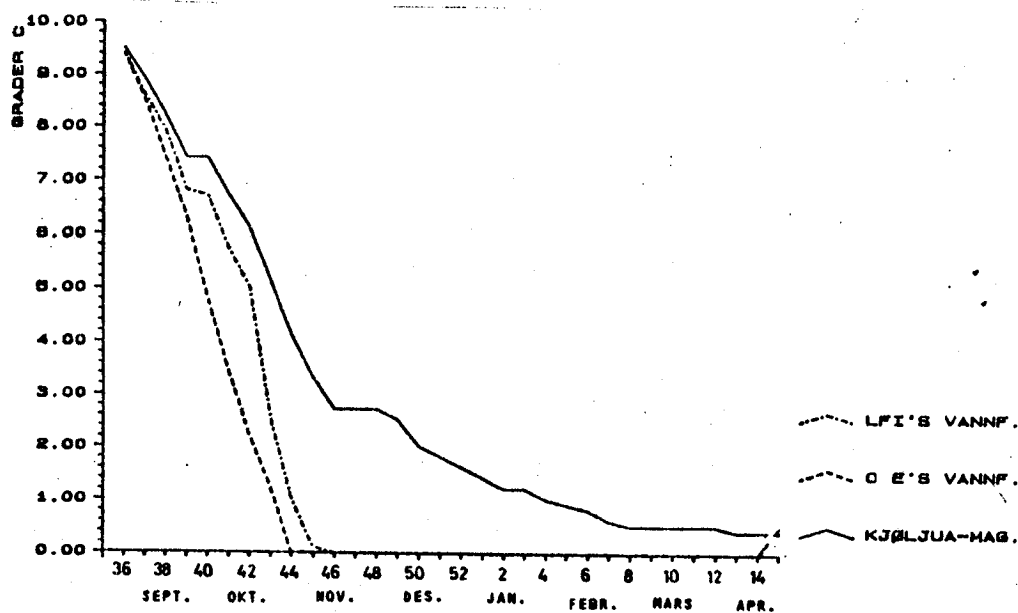


Fig. 3. Temperatur i Kjøljuadammen (heltrukken strek) og i Dokka umiddelbart før samløp med Etna med to minstevannføringer fra Kjøljuadammen etter separat utbygging av Etna-Dokka vassdraget. -----:  $1.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i sept. og  $0.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i okt./nov. - - - - - : Minstevannføring  $3.0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i sept./okt. og  $1.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i nov./des.



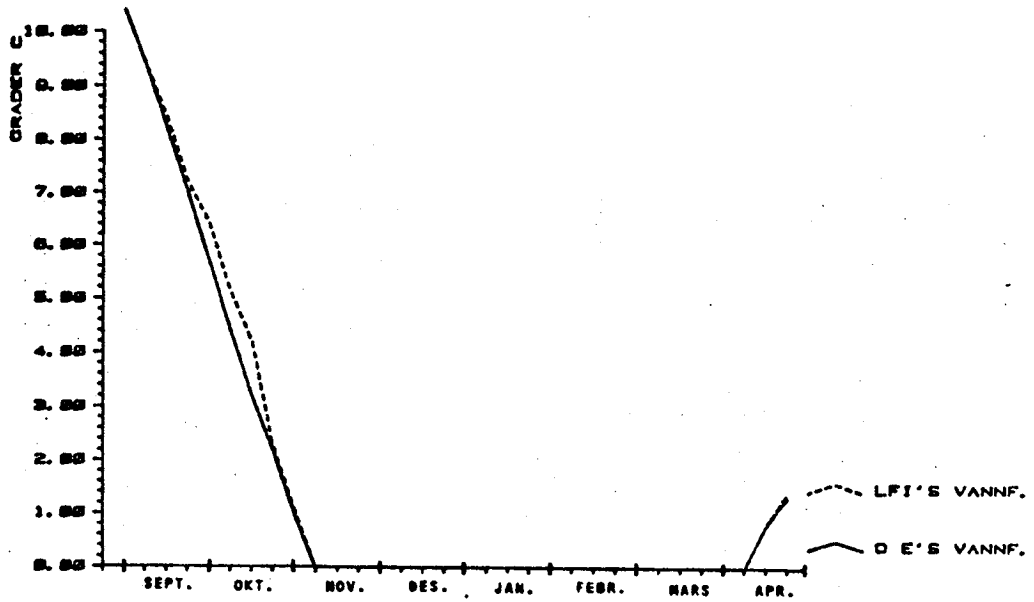


Fig. 4. Temperatur i Etna ved utløpet i Randsfjorden basert på to minstevannføringer fra Kjøljudammen etter separat utbygging av Etna-Dokka vassdraget. -----:  $1.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i sept. og  $0.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i okt./nov. - - - - - : Minstevannføring  $3.0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i sept./okt. og  $1.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i nov./des.

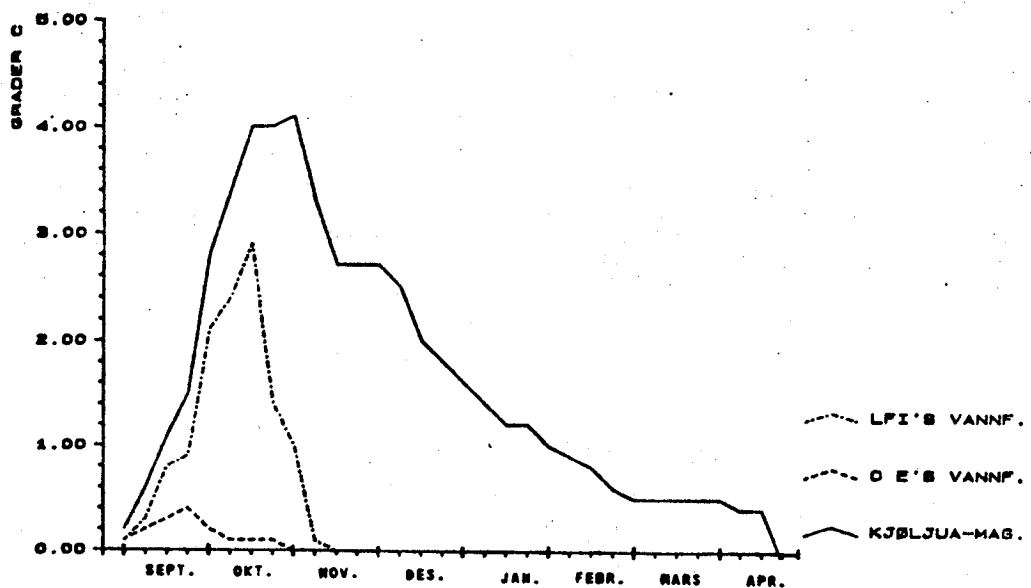


Fig. 5. Overtemperatur i Dokka før samløp med Etna basert på to minstevannføringer fra Kjøljudammen etter separat utbygging av Etna-Dokka vassdraget. -----:  $1.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i sept. og  $0.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i okt./nov. - - - - - : Minstevannføring  $3.0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i sept./okt. og  $1.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i nov./des.

Det temperaturbudsjettet som ble benyttet under laboratorieforsøkene er hovedsakelig basert på simulerte temperaturer før og etter regulering (SINTEF 1982), men også på temperaturmålinger som ble tatt i elva i den aktuelle tidsperiode forsøkene foregikk. Temperatursimuleringene er basert på en planlagt minstevannføring om vinteren på  $1.5 \text{ m}^3/\text{sek}$ . Temperaturforskjellen mellom før og etter regulering er beregnet til bare  $0.7 \text{ }^\circ\text{C}$  under den mest intense gyteaktiviteten (15-20 oktober). Imidlertid er overtemperaturen etter regulering bare en uke seinere  $1.5 - 2.0 \text{ }^\circ\text{C}$ . I begynnelsen av november er temperaturen i elva i uregulert tilstand nådd  $+0.1 \text{ }^\circ\text{C}$ , mens den etter regulering når denne temperaturen først 1 måned seinere. I vinterperioden vil temperaturen være lik før og etter regulering.

Tabell 1. Temperaturregimer som ble benyttet under eksperimentell klekking av sikegg under forsøk 1983/84.

FORSØK NR.	HØST (FASE I)	VINTER(FASE II)	VAR (FASE III)
	Fallende temp.	Konstant temp.	Økende temp.
A	Før regulering	Konstant $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$	Økning i april til $5.5 \text{ }^\circ\text{C}$
B	Etter regulering	Konstant $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$	Økning i april til $5.5 \text{ }^\circ\text{C}$
C	Før regulering	Konstant $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$	Gradvis økning til $5.0 \text{ }^\circ\text{C}$
D	Etter regulering	Konstant $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$	Gradvis økning til $5.0 \text{ }^\circ\text{C}$

## Befruktning

Gytemoden sik i Etna-Dokka ble tatt på gyteområdet med not ved Berg gård i siste halvdel av oktober 1982 og 1983. 20 eksemplarer av hvert kjønn ble strøket for rogn og melke. Befruktning foregikk i plastkar med vann slik at rogn såvidt var dekket. Etter stryking ble rogn liggende i ca. 30 min. under forsiktig omrøring. Deretter ble overskudd av melke og slim skyllet vekk og rogn tappet på glass med lokk. Transport til laboratoriet foregikk i isoporkasse fylt med is.

## Forsøksoppsetting

Under naturlige forhold legger strømsik sin rogn vilkårlig på elvebunnen, og de noe klebrige rognkornene fester seg til bunnssubstratet. Rogn blir ikke gravd ned i bunnssubstratet. Forsøksoppsettet tok sikte på å gi sikrogn kontakt med rennende vann i hele utviklingsperioden.

Nybefruktet rogn ble eksponert både for konstante temperaturer og for simulerte elvetemperaturer. Ved simulerte elvetemperaturer ble det brukt to oppsatser som vist i Fig. 6. Den ene ble kjørt ved simulerte temperaturer før regulering, den andre etter regulering.

Hver oppsats består av et vannreservoar på ca. 15 L i en termostat (Hetofrig) for regulering av vanntemperatur til nærmeste  $0.1^{\circ}\text{C}$ , en pumpe og tre skilletrakter plassert i et trestativ. Rogn til forsøket ble plassert i skilletraktene. Vannet ble pumpet fra reservoaret, fordelt med T-rør på hver av de tre skilletraktene med rogn. Vannet ble pumpet opp gjennom skilletraktene nedenfra, slik at vannet rant med overløp ned langs skilletraktens ytterside, ned i en oppsamlingskasse og videre tilbake til reservoaret. Forsøksoppsettingen muliggjør eksakt temperaturregulering samtidig med at rogn ble eksponert for rennende vann. Strømhastigheten kunne reguleres ved hjelp av slangeklemmer. Oppsettingen ble plassert i kjølerom med

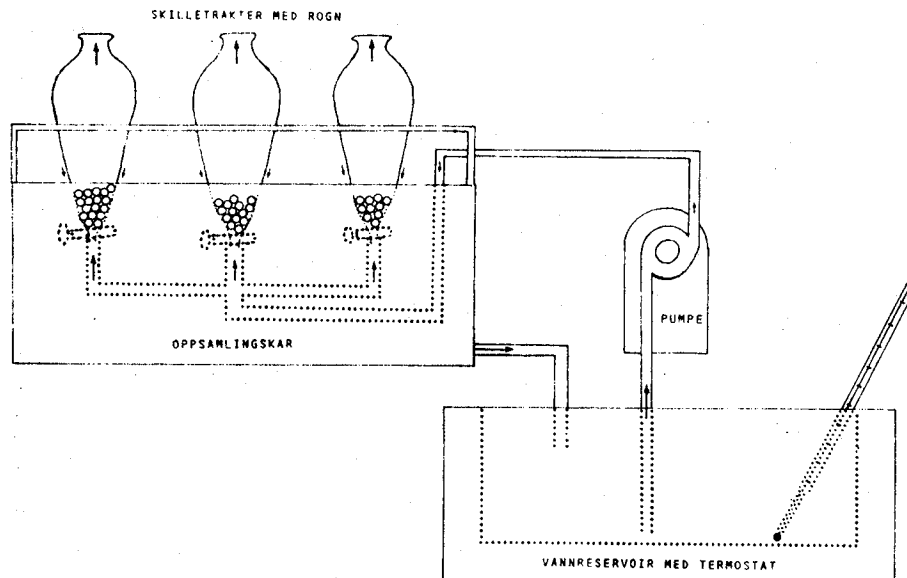


Fig. 6. Skisse for forsøksoppsetting for eksperimentell klekking av rogn i termostat med rennende vann.

temperatur ca.  $-0.1^{\circ}\text{C} \pm 0.1$ . Oppsettingen fungerte bra ved vanntemperaturer over ca.  $+0.3^{\circ}\text{C}$ . Ved kontinuerlig vanntemperatur  $0.1-0.0^{\circ}\text{C}$  oppsto problemer med isdannelse og begynnende frysing. Problemet skyldes først og fremst isdannelse på innsiden av reservoiret, fordi temperaturen på termostaten måtte stilles under null for å kompensere for varme avgitt fra pumpe og rom. Dette problemet ble løst ved å senke romtemperaturen noe, slik at dette kompenserte for varme fra pumpa istedet for fra termostaten.

Et annet hovedproblem var dødeligheten forårsaket av sopp. Problemet var størst under utvikling fram til øyestadiet. Døde rognkorn ble plukket ut ukentlig og de gjenværende levende behandlet i ca. 1 min. med 0.5% metylenblåttoksalat.

Forsøk ble utført med rogn befruktet oktober 1982, oktober 1983 og oktober 1984, med klekking påfølgende vår i henholdsvis 1983, 1984 og 1985. Av disse forsøkene var de utført med rogn befruktet i oktober 1983 mest vellykket. Det er derfor lagt mest vekt på resultatene fra dette året. Ved referanse til forsøkene er det gitt betegnelsen 1982/83, 1983/84 og 1984/85.

Temperaturen i de to forsøksoppsettingene ble valgt på grunnlag av simulerte elvetemperaturer før og etter regulering, og temperaturen før regulering kontrollert med de manuelle målinger. De benyttete temperaturregimer er vist i Fig. 7 og Fig. 8.

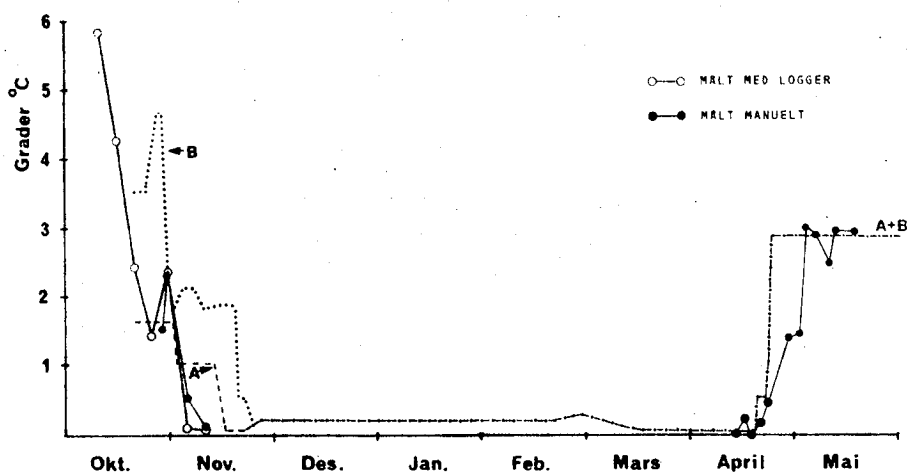


Fig. 7. Temperatur i Etna-Dokka elv og eksperimentelt benyttete (A og B) temperaturregimer for studium av eggutviklingstid hos strømsik i Etna-Dokka. Regimene bygger på naturlige (A: før regulering) og simulerte temperaturforhold (B: etter regulering). Forsøkene er utført i perioden oktober 1982 til mai 1983.

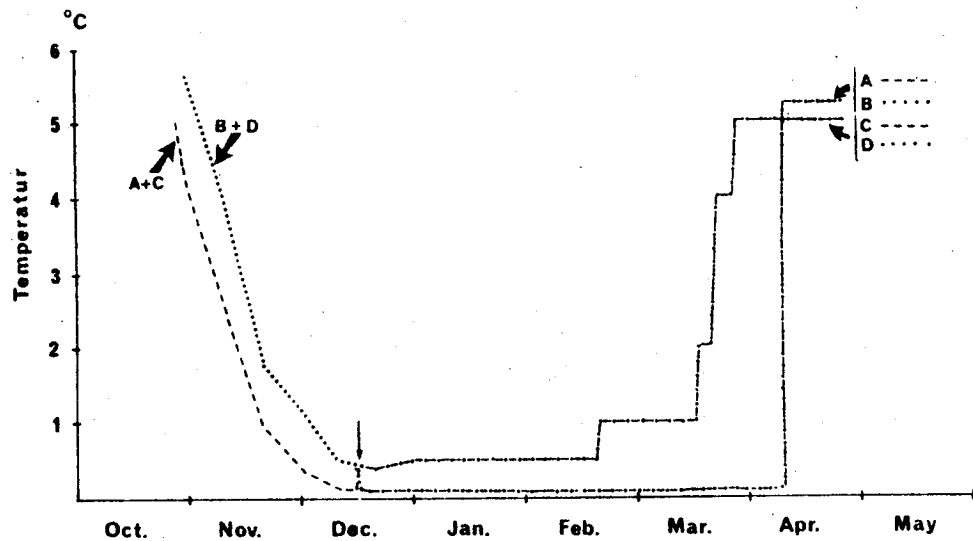


Fig. 8. Benyttete temperaturregimer for studium av eggutviklingstid hos strømsik i Etna-Dokka. Regimene bygger på naturlige (før regulering) og simulerte temperaturforhold (etter regulering). Forsøkene er utført i perioden oktober 1983 til mai 1984. I midten av desember ble egg utsatt for naturlig temperaturforhold (A og C) og for regulert elvetemperatur (B og D) delt og gitt to sett vintertemperaturer og forskjellig temperaturheving på våren.

Eksperimenter med konstante temperaturer ble forsøkt utført 1982/83, og hadde som målsetting å etablere en regresjon mellom utviklingstid og vanntemperatur. Rogn ble fordelt på petriskåler og plassert i termoskap ved 0.1, 2.0, 4.0, 6.5, 8.0 og 12.0 °C. Dette var imidlertid mislykket pga. økt soppangrep med eksperimenter uten rennende vann.

## RESULTATER

### Rognutvikling i laboratoriet

Det ble i 1982/83 utført ett eksperimentelt forsøk for temperatursimulering før og ett forsøk etter regulering. Vintertemperaturen ble da holdt på ca.  $0.2^{\circ}\text{C}$ . I 1983/84 ble det startet med ett forsøk før og ett forsøk etter regulering. 15. des. ble hver av de to forsøkene splittet i to grupper, som hver ble gitt forskjellig vinter- og vårtemperaturer. Forsøkene i 1983/84 ga derfor opphav til fire ulike temperaturregimer. Vintertemperaturen var enten  $0.1^{\circ}\text{C}$  eller  $0.5^{\circ}\text{C}$ . Egg holdt ved  $0.1^{\circ}\text{C}$  ble gitt en rask og naturlig temperaturheving fra 9 april. Egg holdt ved vintertemperatur  $0.5^{\circ}\text{C}$  ble gitt en heving til  $1.0^{\circ}\text{C}$  fra 18. februar til 15. mars, deretter gitt en naturlig temperaturheving.

Døgngradantallet som rogn ble eksponert for er vist for 1982/83 og 1983/84 i Fig. 9, Fig.10 og Fig.11.

Kurvenes generelle forløp er en relativ rask stigning tidlig på høsten, et jevnt forløp fra desember til mars/april, for deretter å stige igjen. Forløpet gjenspeiler temperaturforløpet i elva, og viser at ved vintertemperatur på  $0.1^{\circ}\text{C}$  er det tilførte daggradantallet svært lavt.

Etter regulering inntraff øyeflekker ca. 25.11.83, etter en eksponering på ca. 100 døgngrader. Før regulering kom øyeflekk ca. 3 uker senere (ca. 20.12.83) etter ca. 75 døgngrader. Det bør bemerkes at forskjell i døgngradantall ved dannelse av øyeflekk var påfallende stort, og ikke uten videre kan forklares. En årsak kan være at døgngradantallet ikke er konstant for de ulike temperaturer som rogn eksponeres for, spesielt når temperaturen er svært lav.

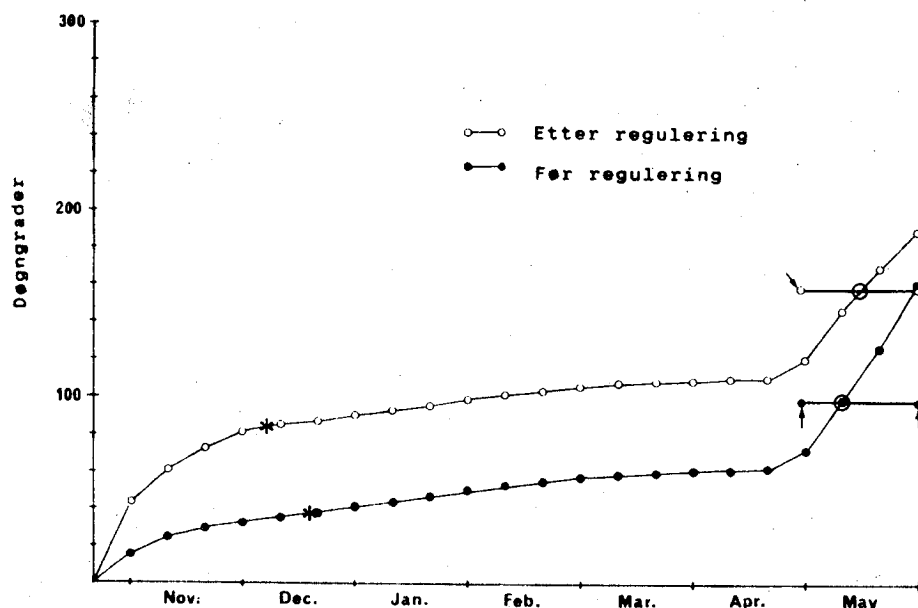


Fig. 9. Kummulativ døgngradantall gitt til rogn av sik ved temperaturregimer før og etter regulering, og ved konstant vintertemperatur  $0.2^{\circ}\text{C}$ . Forsøket er utført i 1982/83. Tidspunkt for øyeflekker er angitt ved stjerne. Klekkeperioden er angitt med pilene, 50% klekking er angitt med svart sirkel.

For rogn som ble holdt ved vintertemperatur  $0.1^{\circ}\text{C}$  ble temperaturen øket i begynnelsen av april, og holdt konstant på  $3^{\circ}\text{C}$  frem til klekkingen var ferdig. Klekking i forsøk før regulering startet 9.4.84 og varte til 22.4.84, mens det etter regulering inntreffer klekking fra 5.4.84. Klekkeperiodene var imidlertid like lange. Statistisk behandling av klekkeforløpet viser at det var en signifikant tidligere klekking etter regulering ( $p < 0.01$ , ANOVA-test).

For rogn som i forsøket 1983/84 ble holdt ved vintertemperatur  $0.5^{\circ}\text{C}$  ble temperaturen økt i siste halvdel av mars, og her holdt konstant på  $3^{\circ}\text{C}$  fram til klekkingen var ferdig, se Fig.11. Klekking startet på samme tid både før og etter regulering, 18.3.84, og varte til 15.4.84 etter regulering, mens den var avsluttet noen dager tidligere før regulering, 9.4.84. Ingen signifikant forskjell i klekkeforløp og klekkesidspunkt ble funnet.



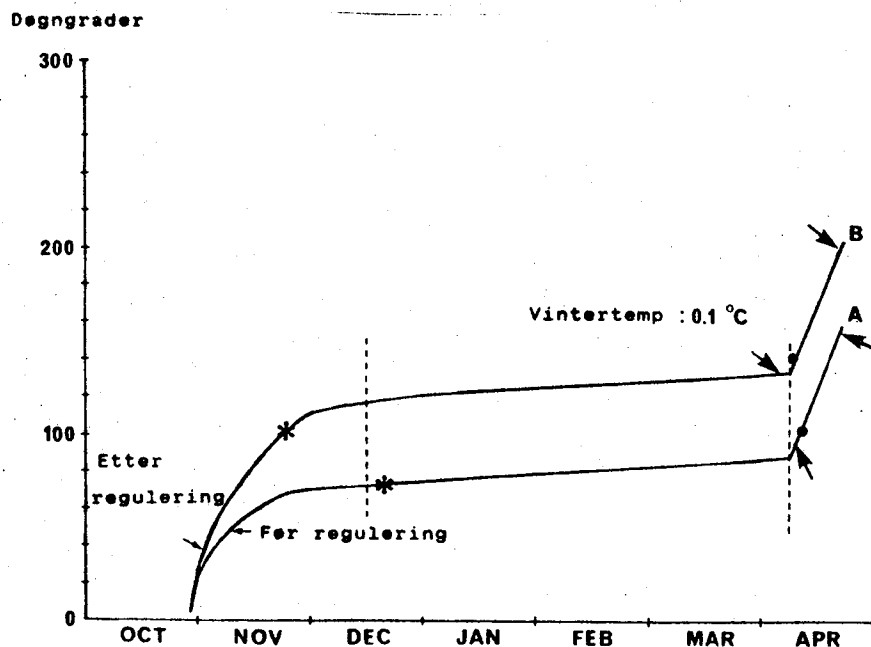


Fig. 10. Kummulativ døgnggradantall gitt til rogn av sik ved temperaturregimer før (A) og etter (B) regulering, og ved konstant vintertemperatur 0.1 °C. I april ble temperaturen øket direkte fra 0.1 °C til 5.5 °C. Forsøket er utført i 1983/84. Tidspunkt for øyeflekker er angitt ved stjerne. Klekkeperioden er angitt med pilene, 50% klekking er angitt med svart sirkel.

Temperaturforløpet for forsøket i 1982 som skulle simulere forholdet i uregulert tilstand (kontroll) ble holdt så nær målt elvetemperatur som mulig fram til 20.11.82. Fra denne dato er forhold før og etter regulering antatt å være identiske (SINTEF 1982), og rogn ble eksponert for det samme temperaturbudsjett fram til klekking. På våren ble forholdene eksperimentelt holdt så nær målt elvetemperatur som mulig. Øyeflekker ble observert 6.12.82 for rogn eksponert for temperaturer etter regulering ved tilført døgnggradantall på 83.5, mens dette for rogn eksponert for temperaturer før regulering inntraff 18.12.82 ved tilført døgnggradantall på 37.5. Også i dette forsøket var det derfor en betydelig forskjell i døgnggradantallet fram til øyeflekkstadiet. Det var imidlertid ingen signifikant forskjell i klekkeforløpet i de to forsøkene. For begge temperaturbudsjetter begynte klekkingen 29.4.83, og varte fram til 1.6.83.

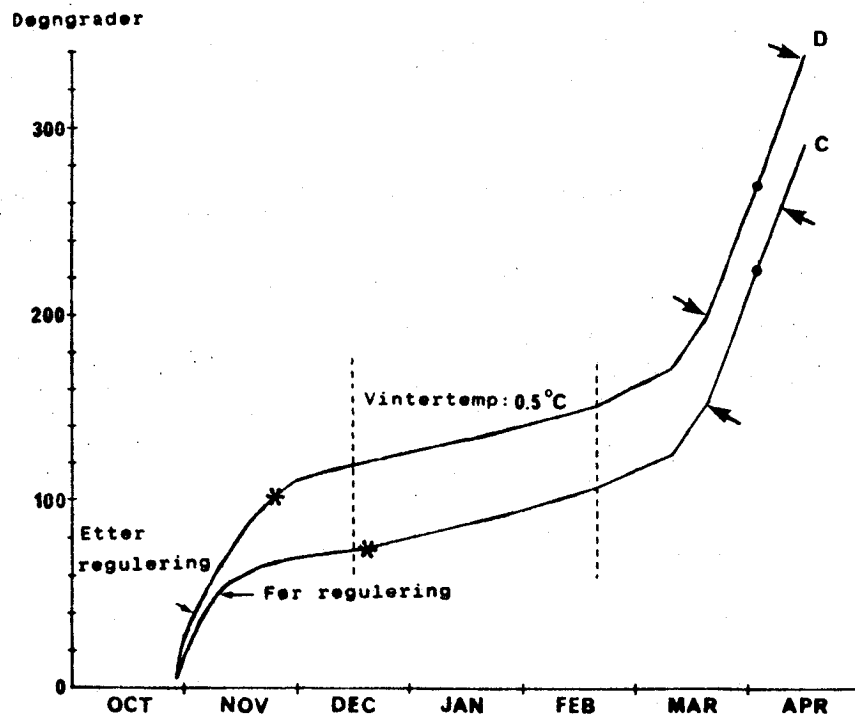


Fig. 11. Kummulativ døgngradantall gitt til rogn av sik ved temperaturregimer før (C) og etter (D) regulering, og holdt ved konstant vintertemperatur  $0.5^{\circ}\text{C}$ . I midten av februar ble temperaturen gradvis øket fra  $0.5^{\circ}\text{C}$  til  $5.0^{\circ}\text{C}$  i siste del av mars. Forsøket ble utført i 1983/84. Tidspunkt for øyeflekker er angitt med stjerne. Kløkkeperioden er angitt med piler, 50 % kløkking med svart sirkel.

Tabell 2. Dato og tilført døgnggradantall fram til øyeflekker i forsøk utført på strømsik fra Etna/Dokka utført i 1982/83.

Forsøk 1982/83	Øyeflekker	Døgngnader
Før regulering	18.12.1982	37.5
Etter regulering	6.12.1982	83.5

Tabell 3. Dato og tilført døgngadantall fram til øyeflekker i forsøk utført på strømsik fra Etna/Døkka i 1983/84. A: Vintertemperatur = 0.5 °C. B: Vintertemperatur = 0.1 °C. Fram til øyeflekkstadiet ble forsøk A og forsøk B eksponert for samme temperaturregime, og de to serier kan derfor betraktes som to paralleller fram til dette stadium.

Forsøk 1983/84	Øyeflekker
Før regulering	20.12.1983
Døgngader	75.4
Døgn	54
Etter regulering	24.11.1983
Døgngader	101.1
Døgn	28

Tabell 4. Dager og antall døgngader ved 50% klekking hos sikrogn holdt ved simulerte forhold før og etter regulering. Forsøk utført i 1983/84.

	50% KLEKKING			
	VINTERTEMPERATURER			
	0.1 °C		0.5 °C	
	DAGER	DØGN-GRADER	DAGER	DØGN-GRADER
Før regulering	162	97.9	155	223.5
Etter regulering	160	143.8	154	263.5

Rogn som ble holdt ved konstant vintertemperatur på 0.1 °C, med en økning til 4 °C i begynnelsen av april begynte klekkingen under uregulerte forhold 9. april og 5. april etter regulering. All rogn som ble holdt ved 0.5 °C og 1.0 °C gjennom vinteren, og som ble gitt en naturlig økning i temperaturen i mars, startet klekking 18 mars. Klekkeforløpet fra de eksperimentelle

studier i laboratoriet viser at det er små forskjeller i antall dager fram til klekking, se Fig.12 og Fig.13. Imidlertid er gjennomsnittlig antall døgn signifikant forskjellig (ANOVA-test), både med hensyn til vintertemperatur ( $p < 0.01$ ) og under regulert og uregulert forhold som ble gitt en vintertemperatur på  $0.1^{\circ}\text{C}$  ( $p < 0.01$ ), se Tabell 5. For egg som ble holdt ved høyere vintertemperaturer ble det ikke funnet signifikant forskjell i gjennomsnittlig utviklingstid mellom regulerte og uregulerte forhold.

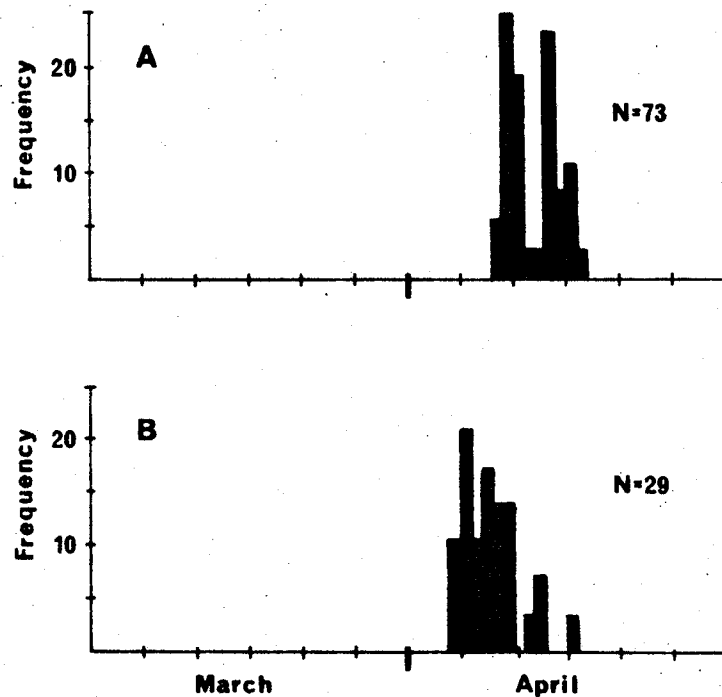


Fig. 12. Klekkefrekvens for sikrogn holdt i laboratoriet ved simulert temperaturregime før regulering (A) og etter regulering (B), og ved konstant vintertemperatur på  $0.1^{\circ}\text{C}$ . Forsøket er utført i 1983/84.

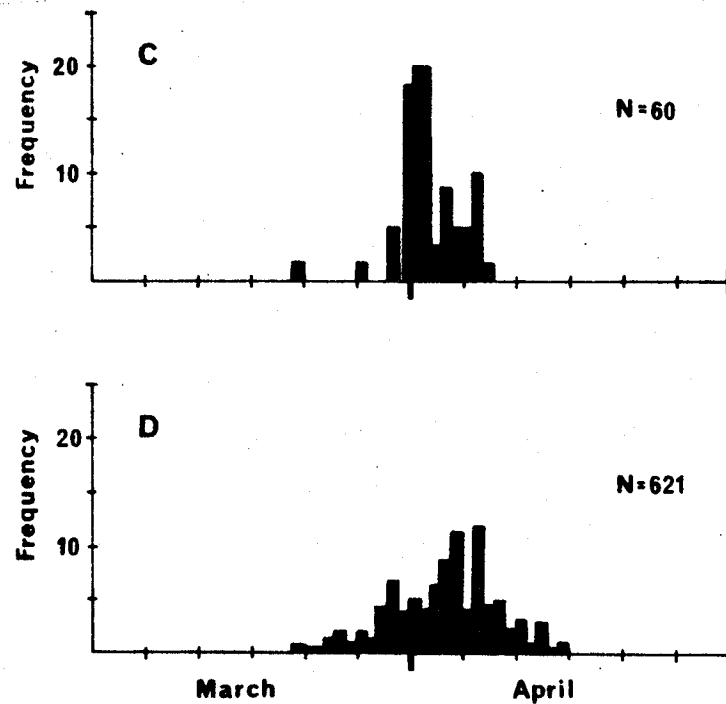


Fig. 13. Klekkefrekvens for sikrogn holdt i laboratoriet ved simulert temperaturregime før regulering (C) og etter regulering (D), og ved konstant vintertemperatur på 0.5 °C, og videre øket til 1.0 °C. Forsøket er utført i 1983/84.

Tabell 5. Analyse av variansen i gjennomsnittlig antall dager fra befruktning og fram til klekking hos sik. T : Temperatur.

	FORSØK	D.F.	F-VERDI	SIGNIFIKANT-NIVA
HØST T.	VINTER T.			
Regulert	0.1/0.5	1	36.1	p<0.01
Uregulert	0.1/0.5	1	359.7	p<0.01
VINTER T.	HØST T.			
0.1°C	Reg./Ureg.	1	33.2	p<0.01
0.5°C	Reg./Ureg.	1	0.4	Ikke signifikant

### Klekketidspunkt i Etna/Dokka

Klekkestart var svært konstant i de undersøkte år, og varierer bare i størrelsesorden dager rundt 20 april. Som i undersøkelsen fra 1978-80 startet klekkingen umiddelbart før vårflommen, og det videre klekkeforløp synes i stor grad å være influert av forholdene under selve snøsmeltingen. En sein vår kan gi klekking fra ca. 20 april til midten eller siste halvdel av mai, mens under en varm vår kan klekkingen være over i løpet av en uke.

### KOMMENTARER

Sikrogn eksponert for temperaturforhold etter regulering utviklet seg raskere fram til øyeflekkstadiet, og var ca. 1 måned tidligere ved dette stadium enn de utsatt for temperaturforhold før regulering. Ut fra dette var det forventet en tidligere klekking på våren. Dette skjedde for egg som ble holdt ved konstant vintertemperatur ved  $0.1^{\circ}\text{C}$ , men forskjellen var ikke så stor som forventet, selvom den var signifikant forskjellig. For egg som ble holdt ved høyere vintertemperatur, ble det ikke funnet signifikant forskjell i gjennomsnittlig klekkesidspunkt.

Ved å øke vintertemperaturen fra  $0.1^{\circ}\text{C}$  til  $0.5^{\circ}\text{C}$  og videre til  $1.0^{\circ}\text{C}$  gjennom vinteren, og ved en ytterligere økning i temperaturen på vårparten, ble det funnet en liten (ca. 6 dager), men signifikant ( $p < 0.01$ ) seinere klekking etter regulering. Selv om forskjellene i gjennomsnittlig klekkesidspunkt var signifikante, synes forskjellene innenfor den spredning en må forvente når det gjelder genetisk variasjon, og det faktum at selve gytingen skjer over en tidsperiode. Den mulige temperaturøkning forårsaket av reguleringen i gytetiden og den første perioden av sikeggenes utvikling antas derfor ikke å influere på klekkesidspunkt for strømsiken.

I tillegg til forandringer i temperaturforhold, vil den planlagte regulering føre til en reduksjon i vannføringen hele året. Dette vil påvirke både gytevandring og tilgjengelig gyteareal. Redusert vannføring om vinteren kan øke dødelighet på rogn, ved at gyting vil foregå på høyere vannføringer om høsten. Vi har derfor tidligere konkludert med at vannføringen var den mest betydelige faktor for mulige forandringer for strømsik (Styrvold et al. 1981), og den tidligere anbefalte vannføringen for å redusere skadevirkningene på strømsiken er gitt ut fra disse vurderinger. Etter de utførte studier på sikrogn er reguleringsplanene forandret, noe som vil gi enda mindre forskjeller i elvetemperatur før og etter regulering.

I elver som Etna/Dokka, med vintertemperatur svært nær  $0^{\circ}\text{C}$ , vil størstedelen av utviklingen foregå ved de noe høyere temperaturer som foreligger høst og vår. Hensikten med de utførte eksperimenter på sikrogn var imidlertid ikke å lage en sammenheng mellom eggutviklingstid og gradantall. De konklusjoner en allikevel kan trekke stemmer imidlertid overens med det funnet av Heggberget & Wallace (1984); at det trengs et mindre døgnggradantall for å gjennomføre utvikling ved lavere temperaturer. Rogn fra laks som ble gitt henholdsvis 280 og 240 døgnggrader klekket her ved samme tid. Dette i motsetning til forventet utviklingstid beregnet ut fra modeller av Crisp (1981). Hos sik var forskjellen i døgnggradantall enda større, og sammenhengen mellom temperatur og utviklingstid gitt av Baum (1964) passer sannsynligvis dårlig ved svært lave temperaturer.

Cray (1928) antok to uavhengige prosesser i forbindelse med eggutvikling og klekking. Etter en utvikling ved lav temperatur, var det nødvendig med en temperaturheving for å indusere klekkingen, og at det var selve hevingen mer enn det tilførte døgnggradantall som her var av betydning. En regulering som resulterer i høyere vintertemperatur og en tidligere temperaturheving om våren vil derfor sannsynligvis ha en større effekt på eggutviklingstiden enn en økt temperatur umiddelbart etter befruktingen om høsten som tilfelle er i Etna/Dokka. Innledende forsøk indikerer at klekkingen også kan induseres av

mekanisk påvirkning fra materiale som elva transporterer, noe som gir tidligere klekking i forhold til rogn som ikke blir utsatt for slik påvirkning. Dette synes å ha størst betydning når klekkingen foregår ved lave temperaturer ( $< 5^{\circ}\text{C}$ ).

#### LITTERATUR

- Braum, E. 1964. Experimentelle Untersuchungen zur ersten Nahrungsaufnahme und Biologie an Jungfischen von Blaufelchen (Coregonus wartmanni Bloch), Weissfelchen (C. fera Jurine) und Hechten (Esox lucius L.). Arch. Hydrobiol. 28, suppl. 5, 183-266
- Crisp, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for the eggs of five species of salmonid fishes. Freshwater Biology, 11, 361-368
- Enge, K. 1959. Om siken i Randsfjorden. Fauna 12, 123-135
- Gray, J. 1928. The growth of fish. III. The effects of temperature on the development of eggs of Salmo fario. Br. Exp. Biol. 6, 110-124
- Heggberget, T.G. & Wallace, J.C. 1984. Incubation of the eggs of Atlantic Salmon, Salmo salar, at low temperatures. Can. J. Fish. Aquatic. Sci., 41, 389-391
- Lindem, T. 1980a. The application of hydroacoustical methods in monitoring the spawning migration of whitefish (Coregonus lavaretus) in Lake Randsfjorden, Norway. Contr. Joint USA-USSR Meet. Hydroacoust. Methods Estim. Mar. Fish Populat. Cambr., M, 25-29 June 1979



Lindem, T. 1980b. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med reguleringsplanene for vassdragene Etna og Dokka, oppland. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, 45, 1-9

SINTEF, 1982. Temperaturvurderinger og utslippsberegninger for reguleringsplanene i Etna-Dokka-vassdragene. NHI 2-83025, 1-72

Styrvold, J.O., Brabrand, A. og Saltveit, S.J. 1981. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med reguleringsplanene for vassdragene Etna og Dokka, oppland. III. Studier på ørret og sik i Randsfjorden og elvene Etna og Dokka. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 46, 1-103