

SULDALSLÅGEN – MILJØRAPPORT NR. 21

TITTEL: Laks, ørret og vanntemperatur i Suldalslågen

FORFATTERE:
Jensen, C.S. & Tvede, A.M.

UTFØRENDE INSTITUSJON:
Statkraft Grøner AS

SAMMENDRAG:

Denne rapporten har hatt som mål å vurdere og gi innspill til hvordan temperaturrelaterte forskjeller mellom ulike manøvreringsreglement påvirker enkelte sentrale aspekter ved lakse- og aurebestanden i Suldalslågen. En fast vekstperiode for laks og aureunger i Suldalslågen fra 1. mai til 31. oktober gir en positiv og god korrelasjon mellom antall døgngrader i vekstsesongen og registrert 0+ lengde. Nyklekket lakseyngel observeres nesten årlig i driv fra slutten av mai / begynnelsen av juni. Teoretiske utregninger av klekke- og swim-up tidspunktene viser at lakseyngel kommer opp av grusen i juli måned de fleste år ved en antatt gyting den 1. januar. Det kan dermed se ut som om det er et avvik mellom teori og det som observeres i elva. Det er foreslått at høyere temperatur i elvegrusen på grunn av grunnvannspåvirkning kan medføre tidligere klekketidspunkt enn teoretisk beregnet. Dette virker ikke sannsynlig ut i fra våre beregninger og generell kunnskap om grunnvannsforhold og utvekslingsprosesser mellom elvevann og grunnvann. Vannføringsdiagrammer i tørre vinterperioder viser at vannføringsøkningen mellom Suldalsosen og Tjelmane kan være svært liten ($<0,5 \text{ m}^3/\text{s}$). Det kan ikke utelukkes at det kan foregå en mer konsentrert utstrømming av grunnvann i visse soner. Hovedgytetidspunktet for laksen i Suldalslågen har vært antatt til begynnelsen av januar. Data fra gytefiskregistreringer og stamfiske tyder på at det gyter laks i Suldalslågen i perioden oktober til februar. Derfor kan sannsynligvis også swim-up perioden strekke seg over en relativt lang periode, fra slutten av mai til ut i juli. Det kan derfor tenkes at det ikke er noe motsetningsforhold mellom teori og observasjon når det gjelder swim-up tidspunktet i Lågen, men at de bare reflekterer ulikt gytetidspunkt. Det er beregnet hvordan temperaturforholdene i Suldalslågen har endret seg fra uregulerte forhold og fram til i dag. Periodene som temperaturen ble beregnet for var 1931-60, 1962-1966, RSK-perioden (1973-1977), Ulla-Førre (1980-1997), 1998-2000 (prøvereglement 1) og 2001. På dette grunnlag har vi estimert teoretiske klekke- og swim-up tidspunkter for lakseyngel i de ulike periodene. Så lenge antatt gytetidspunkt den 1. januar ikke har forandret seg nevneverdig, ga ikke de ulike periodene særlig store forskjeller i teoretisk beregnede klekke- og swim-up tidspunkter.

ABSTRACT:

A defined growth period for Atlantic salmon and brown trout fry in River Suldalslågen from 1 May to 31 October provides a positive and strong correlation between the number of degree days of the growth period and length of 0+. Alevins are observed every year in the end of May, beginning of June. Theoretical estimates indicate that the alevins emerge from the gravel in July, providing the spawning took place in January. It looks as if there is a deviance between observed an estimated swim-up. It has been suggested that occurrence of ground water could cause an earlier swim-up than estimated. This does not seem likely judging from our calculations and present knowledge of the temperature difference between surface water and ground water. There is often little difference in waterflow from Suldalsosen to Tjelmane in dry winter conditions, indicating that the occurrence of ground water is negligible. The main spawning period in Suldalslågen has been thought to be in January. However, the spawning may commence as early as October-November and last until February. This could cause an extended swim-up period from May to July and explain some of the difference between the observed and estimated swim-up times. We have estimated how the temperature conditions in Suldalslågen have changed from before regulation and onwards. We have also estimated the hatching and swim-up times in these periods. Providing that the main spawning time has remained constant (1 January), there are relatively small differences in estimated hatching and swim-up times between the different periods (1931-60, 1962-66, 1973-77, 1980-97, 1998-00 and 2001).

EMNEORD: Suldalslågen, laks, aure, vanntemperatur, regulering, klekking, swim-up, gytetidspunkt, smolt

OPPDRAUGSGIVER: Statkraft SF

ÅR: 2003

ISBN 82-554-0604-2
ISSN 1502-1890

 INNHOLD

FORORD	3
SAMMENDRAG	4
1 INNLEDNING	6
2 YNGELVEKST	7
2.1 BAKGRUNN OG DATAGRUNNLAG.....	7
2.2 0+ VEKST OG DØGNGRADSSUM.....	7
2.2.1 PERIODEN 1. MAI TIL 31. OKTOBER	7
2.2.2 0+ LENGDE KORRELERT MOT TEMPERATURGRENSER FOR VEKST	8
2.2.3 0+ LENGDE KORRELERT MOT ULIKE DEFINISJONER PÅ VEKSTSESONGENS LENGDE	9
2.2.4 KONKLUSJON	11
2.3 VEKST AV ELDRE FISK OG DØGNGRADSSUM.....	12
3 KLEKKE- OG SWIM-UP TIDSPUNKT I FORHOLD TIL PÅVIRKNING AV GRUNNVANN	13
3.1 BAKGRUNN OG DATAGRUNNLAG.....	13
3.2 BEREGNINGER I FORHOLD TIL STABILT HØYERE GRUNNVANNSTEMPERATUR.....	15
3.2.1 EKSEMPELÅR 1980 / 1981	15
3.2.2 EKSEMPELÅR 1996	15
3.2.3 EKSEMPELÅR 2001	15
3.2.4 KONKLUSJON	15
3.3 BEREGNINGER I FORHOLD TIL EN FORANDERLIG TEMPERATURFORSKJELL MELLOM GRUNNVANN OG ELVEVANN	16
3.4 GRUNNVANN OG VANNFØRING	16
3.5 DISKUSJON VEDRØRENDE LAKSENS GYTETIDSPUNKT I SULDALSLÅGEN.....	17
4 VANNTEMPERATUR I SULDALSLÅGEN VED ULIKE REGLEMENT OG I UREGULERT TILSTAND	19
4.1 ESTIMERTE KLEKKE- OG SWIM-UP TIDSPUNKTER I REGULERTE OG UREGULERTE TIDSPERIODER I SULDALSLÅGEN.....	19
4.1.1 BAKGRUNN OG DATAGRUNNLAG.....	19
4.1.2 RESULTATER.....	19
4.1.3 KONKLUSJON	21
5 YNGELOVERLEVELSE	22
6 SMOLTALDER OG SMOLTUTVANDRINGSTIDSPUNKT	23
7 LITTERATUR	24

FORORD

Vanntemperaturens påvirkning på de ulike livshistoriestadiene til fisk i Suldalslågen er ett av mange temaer som blir vurdert i prosessen fram mot et manøvreringsreglement som skal ivareta Suldalsvassdragets naturlige funksjoner og prosesser. Forskjeller mellom og effekter av de ulike manøvreringsreglementenes temperaturforhold blir således også viktig å belyse. En rekke aktiviteter har blitt igangsatt for å bidra til økt klarhet knyttet til temperatur og fisk i Suldalslågen. To arbeidsmøter med dette temaet har blitt gjennomført i mai 2001 og mars 2003.

Denne rapporten, som hovedsakelig ble utarbeidet før det siste arbeidsmøtet i 2003, hadde som mål å vurdere og gi innspill til hvordan temperaturrelaterte forskjeller mellom ulike manøvreringsreglement påvirker sentrale aspekter ved fiskebestanden i Suldalslågen. Rapporten kan forhåpentligvis danne en bakgrunn, og gi konstruktive innspill til de konkluderende rapportene på dette feltet som skal utarbeides av LFI og Rådgivende Biologer i fellesskap.

Vi vil takke Harald Sægrov fra Rådgivende Biologer og Svein Jakob Saltveit fra LFI som har gitt verdifulle kommentarer og innspill til rapporten.

Carsten S. Jensen

Arve M. Tvede

SAMMENDRAG

En definert vekstperiode for laks- og aureunger i Suldalslågen fra 1. mai til 31. oktober gir en positiv og god korrelasjon mellom antall døgngrader i vekstsesongen og registrert 0+ lengde. I dette notatet har vi vurdert flere andre definisjoner på vekstsesongen, men ingen av disse ga nevneverdig bedre korrelasjoner. Vi mener derfor at bruk av perioden 1.mai – 31.oktober fortsatt er dekkende selv om den har visse svakheter. Temperaturserien fra Tjelmane (døgngradssummen) forklarer konsekvent en høyere andel av variasjonen i yngelvekst enn temperaturserien fra Suldalsosen. Dette kan komme av at temperaturserien fra Tjelmane i høyere grad er påvirket av variasjonene i værforhold fra sesong til sesong (solinnstråling). Temperaturen ved Suldalsosen er i større grad påvirket av forholdene i Suldalsvatn. Per i dag er det ikke tilgjengelige data for mange nok år til at det kan settes opp en korrelasjon mellom vekst hos ettåringer og døgngradssum.

Nyklekket lakseyngel observeres nesten årlig i driv fra slutten av mai / begynnelsen av juni. Teoretiske utregninger av klekke- og swim-up tidspunktene viser at lakseyngel kommer opp av grusen i juli måned de fleste år ved en antatt gyting den 1. januar. Det kan dermed se ut som om det er et avvik mellom teori og det som observeres i elva. Det er foreslått at høyere temperatur i elvegrusen på grunn av grunnvannspåvirkning kan medføre tidligere klekketidspunkt enn beregnet ut fra teoretiske modeller. Hvis vi antar at modellen predikerer eggutviklingen korrekt, så lenge temperaturmålingene er nøyaktige, så går det an å beregne hvor mye høyere temperaturen i elvegrusen måtte ha vært for å fremskynde klekketidspunktet med ca én måned (fra juli til juni). Antatt en statisk temperaturforskjell gjennom vinteren og våren mellom elvevann og grunnvann, så må vanntemperaturen i grusen (substrattemperaturen) grovt sett være 2-3°C høyere enn i elvevannet for at laksungenes swim-up tidspunkt skal forskyves til den første uka i juni. En slik temperaturforskjell mellom substratvann og elvevann virker ikke sannsynlig med den generelle kunnskapen vi har i dag om grunnvannsforhold og utvekslingsprosesser mellom elvevann og grunnvann. Vi forsøkte også å sette opp en teoretisk utvikling i temperaturforskjellen mellom grunnvannet som ligger i utvekslingsnivå med elvevannet i perioden januar til august. Dette er en grov tilnærming da vi, som nevnt ovenfor, ikke har noen spesifikke opplysninger om hvordan utvekslingen mellom grunnvann og elvevann skjer i Suldalslågen, eller om temperaturforskjeller mellom elvevann og grunnvann. Temperaturforskjellen mellom grunnvann og elvevann vil sannsynligvis være relativt stabil om vinteren og tidlig vår. Deretter vil temperaturen i grunnvannet og elvevannet nærme seg hverandre til forskjellen er tilnærmet 0°C i slutten av juli. Den teoretiske temperaturforskjellen mellom grunnvann og elvevann som vi satte opp medførte heller ikke en forskyvning av swim-up tidspunktet til første uke av juni.

Dersom det foregår en betydelig innstrømning av grunnvann til elvebunnen i Suldalslågen, så må en vente at dette viser seg som en økning i vannføringen mellom Suldalsosen og Tjelmane. En visuell analyse av vannføringsdiagrammer i tørre vinterperioder viser imidlertid at vannføringsøkningen kan bli svært liten, ofte under 0,5 m³/s. Det kan likevel ikke utelukkes at det kan foregå en mer konsentrert utstrømning av grunnvann i visse soner/kilder.

Den rådende oppfatning har vært at hovedgytetidspunktet for laksen i Suldalslågen har vært i begynnelsen av januar. Data fra gytefiskregistreringer og stamfiske tyder imidlertid på at det gyter laks i Suldalslågen i perioden oktober-november til februar. Gyteperioden synes dermed å være atskillig lenger enn tidligere antatt. Laks som gyter i begynnelsen eller midten av november skal teoretisk komme opp av grusen i slutten av mai / begynnelsen av juni. Dette er i omtrent samme periode som det observeres laksyngel i drivprøver i Suldalslågen.

Laksunger som har kommet opp av grusen fanges imidlertid også i drivet i slutten av juni. Dette korresponderer med et gytetidspunkt i desember. Det har imidlertid ikke blitt utført drivregistreringer senere enn juni, så vi vet ikke om laksungene kommer opp av grusen i juli også. Hvis så er tilfelle stemmer det godt overens med et gytetidspunkt i januar.

Hvis det foregår gyting av laks i Suldalslågen fra oktober-november til februar så kan også swim-up perioden strekke seg over en relativt lang periode, fra slutten av mai til ut i juli. Det kan derfor tenkes at det egentlig ikke er noe motsetningsforhold mellom teori og observasjon når det gjelder swim-up tidspunktet i Lågen, men at de bare reflekterer ulikt gytetidspunkt.

Informasjon om tidlig gytende laks i oktober og november stammer fra gytefiskregistreringer og fra fangst av utgytt laks under stamfisket. Data fra stamfisket i perioden 1989-2002 viste at det flere år ble fanget utgytte laksehunner i oktober, november og desember.

Det er beregnet hvordan temperaturforholdene i Suldalslågen har endret seg fra uregulerte forhold og fram til i dag. Periodene som temperaturen ble beregnet for var 1931-60, 1962-1966, RSK-perioden (1973-1977), Ulla-Førre (1980-1997), 1998-2000 (prøvereglement 1) og 2001. På dette grunnlag har vi estimert teoretiske klekke- og swim-up tidspunkter for lakseyngel i de ulike periodene. Det beregnede klekkesidspunktet med temperaturer fra Tjelmane varierte med 16 dager mellom de ulike reglementene, mens swim-up tidspunktet varierte med 9 dager. RSK reglementet (1973-1977) ga tidligst klekking (8. mai) pga høyest vintertemperatur. Perioden rett før regulering (1962-1966) ga senest klekking (24. mai). Yngelen kom også opp av grusen tidligst under RSK-reguleringen, mens UF-perioden (1980-1997) ga senest swim-up (9. juli). Så lenge antatt gytetidspunkt den 1. januar ikke har forandret seg nevneverdig gir ikke de ulike periodene særlig store forskjeller i teoretisk beregnede klekke- og swim-up tidspunkter. Både for Suldalsosen og Tjelmane ligger det teoretiske klekkesidspunktet grovt sett i midten av mai, mens teoretisk swim-up tidspunkt er i begynnelsen av juli.

1 INNLEDNING

Vanntemperaturens påvirkning på laks (*Salmo salar* L.) og aure (*Salmo trutta* L.) er et av mange temaer som blir vurdert i prosessen fram mot et manøvreringsreglement som skal ivareta vassdragets naturlige funksjoner og prosesser. Jensen et al. (2002) har gjennomført en sammenstilling av kunnskapen om vanntemperaturens effekt på ulike stadier av laksens livssyklus. I denne rapporten vurderes noen av de temperaturrelaterte problemstillingene som er mest aktuelle i Suldalslågen.

En sentral del i dette arbeidet er å vurdere og skille de temperaturrelaterte effektene på laksebestanden av de to ulike prøvereglementene som er og har vært gjennomført i perioden 1998-2000 og 2001-2003. Sammenligninger av temperaturforhold med de tidligere manøvreringsreglementene fra Ulla-Førre (UF) og Røldal-Suldal-Kraft (RSK) perioden er også sentralt. I tillegg vurderes den kunnskap som foreligger om Suldalslågen i uregulert tilstand.

Målet med denne rapporten er å vurdere og gi innspill til hvordan temperaturrelaterte forskjeller mellom ulike manøvreringsreglement påvirker enkelte sentrale aspekter ved lakse- og aurebestanden i Suldalslågen.

2 YNGELVEKST

2.1 Bakgrunn og datagrunnlag

Det er rapportert data på lengden til laks- og aureunger i Suldalslågen siden 1976 og fram til 2001 (Saltveit 2000a; Saltveit & Bremnes 2002). Disse dataene er sammenholdt med døgngardssummen i vekstsesongen. Metodene for å registrere vanntemperatur ved Tjelmane bru og ved Suldalsosen har imidlertid forandret seg i løpet av denne perioden. Før 1979 ved Suldalsosen og før 1980 ved Tjelmane ble temperaturene registrert ved manuelle målinger (Tvede 1987). Etter 1979/80 ble det benyttet automatiske loggere med målinger 6 ganger i døgnet. Vi har derfor valgt å ikke benytte temperaturdata fra før 1979/80. I tillegg er årene 1979, 1984 og 1991 ikke benyttet for Suldalsosen på grunn av lengre hull i dataserien i vekstsesongen. Det samme gjelder 1983 for Tjelmane. For Suldalsosen er dermed temperaturserier fra årene 1976, 77, 78, 79, 84 og 91 ikke benyttet. For Tjelmane bru er temperaturserier fra årene 1976, 77, 78, 79 og 83 ikke benyttet. Det finnes ikke data på fiskevekst fra 1985.

2.2 0+ vekst og døgngardssum

Det er tidligere dokumentert at temperaturen i vekstsesongen i Suldalslågen er bestemmende for veksten til årsunger av laks og aure (Saltveit 2000a). Et økende antall døgngardser gir en bedret vekst. Defineres vekstsesongen til laks- og aureunger i Suldalslågen fra 1.mai til 31.oktober, er det for perioden 1976 til 1998 en korrelasjon mellom 0+ lengde og døgngardssum med en R^2 -verdi på 0,69 og 0,61 for henholdsvis laks og aure (Saltveit 2000a). Dette betyr at temperaturen forklarer 69 og 61% av variasjonen i veksten. Vårt utgangspunkt for å arbeide med dette var å vurdere om andre definisjoner på vekstsesong kunne forklare variasjonen i materialet bedre. Andre definisjoner på vekstsesong innebærer gitte nedre temperaturgrenser for vekst (f.eks et sted mellom 4 og 8 °C) eller andre tidsmessige definisjoner på en vekstsesong enn den som er benyttet til nå. En god korrelasjon mellom døgngardssummen i en gitt periode og vekst av yngel kan gi en indikasjon på effekten av et manøvreringsreglement som endrer temperaturen i vekstsesongen. Man kan altså få en antydning om hvor mye en gitt temperaturendring kan bety for fiskens vekst. Slike korrelasjoner kan i teorien også utarbeides for årsklasser eldre enn 0+ så lenge man kjenner gjennomsnittslengden til årsklassen om våren og om høsten etter endt vekstsesong.

2.2.1 Perioden 1. mai til 31. oktober

Den definerte vekstperioden som har vært brukt og presentert tidligere er 1. mai til 31. oktober (Saltveit 2000a). Det ble da benyttet et gjennomsnitt av døgngardssummene fra Tjelmane og Suldalsosen. Korrelasjonen mellom vekst og døgngardssum for årene 1976 til 1998 ga en forklaringsgrad på 0,69 for 0+ laks og 0,61 for 0+ aure. I Saltveit (2000a) fremgår det imidlertid ikke hvilke år som er utelatt fra analysen. Vi oppdaterte denne korrelasjonen med data fram til og med 2001, og benyttet både temperaturserier fra Tjelmane og Suldalsosen (Tabell 1). Forklaringsgraden (R^2) har økt fra 0,69 til 0,76 for laks og fra 0,61 til 0,67 for aure. Dette er når temperaturserien fra Tjelmane benyttes. Temperaturserien fra Suldalsosen gir konsekvent lavere forklaringsgrad. Dette kan komme av at temperaturserien fra Tjelmane i høyere grad er påvirket av variasjonene i værforhold fra sesong til sesong (solinnstråling). Temperaturen ved Suldalsosen er i større grad påvirket av forholdene i Suldalsvatn. Hvis det benyttes et gjennomsnitt av døgngardssummene fra Tjelmane og Suldalsosen i korrelasjonene vil forklaringsgraden (R^2) ligge ca midt imellom verdiene (R^2) som oppnås hvis det brukes døgngardssummer fra henholdsvis Suldalsosen og Tjelmane.

Tabell 1 Korrelasjon mellom årsvekst av 0+ laks- og aureunger i Suldalslågen og døgngradssummen i perioden 1. mai til 31. oktober. For utelatte år se punkt 2.1. Korrelasjonene er utarbeidet både for temperaturmålingene fra Suldalsosen og Tjelmane. En p-verdi under 0,05 regnes som signifikant.

Lokalitet	Art	R ²	P
Suldalsosen	Laks	0,59	<0,0001
Tjelmane	Laks	0,76	<0,0001
Suldalsosen	Aure	0,52	0,0005
Tjelmane	Aure	0,67	<0,0001

2.2.2 0+ lengde korrelert mot temperaturgrenser for vekst

Den etablerte korrelasjon relaterer vekst av årsunger til en definert vekstperiode fra 1. mai til 31. oktober (Saltveit 2000a). Veksten til fisk er imidlertid avhengig av nivået på vanntemperaturen. Når temperaturen er under eller over en viss temperatur er fiskens vekst minimal (Jensen et al. 2002). For laks ligger nedre temperaturgrense for vekst i området mellom 4 og 8°C (Jensen et al. 2002). For aure ligger nedre temperaturgrense for vekst noe lavere (Jensen et al. 2002). De øvre temperaturgrensene for vekst er lite aktuelle for Suldalslågen.

Tabell 2 og 3 viser ulike korrelasjoner mellom årsvekst av laks og aure og døgngradssummen over en gitt temperaturgrense på henholdsvis 4, 5, 6, 7, 8 og 10°C. Alle korrelasjonene både for laks og aure ga en signifikant sammenheng, men det var relativt store variasjoner i forklaringsgrad. Korrelasjonen mellom døgngradssummen for temperaturer over 8°C ved Tjelmane og vekst av 0+ hadde den høyeste forklaringsgraden både for laks og aure på henholdsvis 0,77 og 0,70 (Tabell 2 og 3).

Ved å benytte døgngradssommene over en viss temperaturgrense forbedres likevel ikke korrelasjonene nevneverdig i forhold til en antatt vekstperiode fra 1. mai til 31. oktober (Tabell 1, 2 og 3).

Tabell 2 Korrelasjoner mellom årsvekst av 0+ laksunger i Suldalslågen og døgngradssummen i en vekstsesong over en gitt temperaturgrense for vekst. I punkt 2.1 angis det hvilke år som er inkludert i analysen. Korrelasjonene er utarbeidet både for temperaturmålingene fra Suldalsosen og Tjelmane. En p-verdi under 0,05 regnes som signifikant.

Lokalitet	Temp. grense (°C)	R ²	P
Suldalsosen	4 °C	0,48	0,0010
Tjelmane	4 °C	0,54	0,0002
Suldalsosen	5 °C	0,60	<0,0001
Tjelmane	5 °C	0,50	0,0005
Suldalsosen	6 °C	0,52	0,0005
Tjelmane	6 °C	0,68	<0,0001
Suldalsosen	7 °C	0,59	<0,0001
Tjelmane	7 °C	0,71	<0,0001
Suldalsosen	8 °C	0,57	0,0002
Tjelmane	8 °C	0,77	<0,0001
Suldalsosen	10 °C	0,55	0,0003
Tjelmane	10 °C	0,72	<0,0001

Tabell 3 Korrelasjoner mellom årsvekst av 0+ aureunger i Suldalslågen og døgngradssummen i en vekstsesong over en gitt temperaturgrense for vekst. I punkt 2.1 angis det hvilke år som er inkludert i analysen. Korrelasjonene er utarbeidet både for temperaturmålingene fra Suldalsosen og Tjelmane. En p-verdi under 0,05 regnes som signifikant.

Lokalitet	Temp. grense (°C)	R ²	P
Suldalsosen	4 °C	0,54	0,0003
Tjelmane	4 °C	0,56	0,0002
Suldalsosen	5 °C	0,60	<0,0001
Tjelmane	5 °C	0,53	0,0003
Suldalsosen	6 °C	0,45	0,0018
Tjelmane	6 °C	0,65	<0,0001
Suldalsosen	7 °C	0,54	0,0004
Tjelmane	7 °C	0,65	<0,0001
Suldalsosen	8 °C	0,52	0,0005
Tjelmane	8 °C	0,70	<0,0001
Suldalsosen	10 °C	0,48	0,0010
Tjelmane	10 °C	0,58	<0,0001

2.2.3 0+ lengde korrelert mot ulike definisjoner på vekstsesongens lengde

Perioden 1. mai til 31. oktober er en tilnærming til yngelens vekstsesong i Suldalslågen. I begynnelsen av mai kan temperaturen imidlertid ligge under 6-7 °C og dette kan vedvare til langt ut i juni (Magnell 2002). Dette varierer imidlertid fra år til år, avhengig av klima og manøvreringsreglement. Veksten til laks er generelt dårlig ved temperaturer lavere enn 6-7 °C (Jensen et al. 2002). LFI gjennomfører som oftest sitt elektrofiske på de 16 overvåkingsstasjonene i slutten av september. I denne korrelasjonen inkluderes dermed døgngradssummen for ca én måned etter at fisket er utført. Dette kan påvirke resultatene.

Vi har vurdert ulike perioder for å se om andre tidsmessige definisjoner av vekstsesongen enn 1. mai til 31. oktober forklarer variasjonen i vekst bedre.

2.2.3.1 Enkeltmåneder fra mai til oktober

Korrelasjonen mellom døgngradssummen i enkeltmåneder fra mai til juni mot 0+ vekst av laks og aure er vist i tabell 4 og 5. For laksunger (0+) forklarer døgngradssummen i mai en svært liten del av variasjonen i vekst og sammenhengen er ikke signifikant (Tabell 4). Korrelasjonene mellom vekst og døgngradssum øker deretter gradvis til et maksimum i september ($R^2 = 0,76$ og $0,61$ for henholdsvis Tjelmane og Suldalsosen). Av disse enkeltmånedene er det altså døgngradssummen i september som forklarer størst andel av variasjonen i veksten til 0+ laks. Dette er litt overraskende da det er hevdet at yngelen vokser best tidlig i vekstsesongen (Metcalf et al. 1986; Næsje et al. 1998). En forklaring kan være at Suldalslågen har et meget seint årlig temperaturmaksimum, mange år kommer dette i september, mens maksimumstemperaturene i de fleste norske elver kommer tidlig i august. Særlig mai, men også juni forklarer en mindre andel av variasjonen enn de andre månedene. En av årsakene til at mai ikke gir en signifikant sammenheng kan være at lakseyngelen på dette tidspunkt fremdeles ligger nede i grusen, selv om den også her påvirkes av temperaturen. Dessuten er temperaturen i mai nesten alltid lavere enn 6 oC.

Vi skal imidlertid være forsiktige med å tyde forskjellene mellom korrelasjonene i altfor stor grad da en korrelasjon ikke sier noe som helst om årsaksforhold.

Også for 0+ aure har september måned høyest forklaringsgrad for Tjelmane ($R^2 = 0,60$). Mai måned forklarer også her en mindre del av variasjonen, men sammenhengen er signifikant. Auren har i motsetning til laksen kommet opp av grusen i mai måned.

Døgngradssummer for enkeltmåneder er ikke noe bedre egnet enn perioden 1. mai til 31. oktober til å forklare variasjoner i vekst for 0+ aure og laks.

Tabell 4 Korrelasjoner mellom årsvekst av 0+ lakseunger i Suldalslågen og døgngradssummen i enkeltmåneder fra mai til oktober. I punkt 2.1 angis det hvilke år som er inkludert i analysen. Korrelasjonene er utarbeidet både for temperaturmålingene fra Suldalsosen og Tjelmane. En p-verdi under 0,05 regnes som signifikant.

Lokalitet	Måned	R^2	P
Suldalsosen	Mai	0,08	0,23
Tjelmane	Mai	0,08	0,2173
Suldalsosen	Juni	0,38	0,0053
Tjelmane	Juni	0,38	0,0035
Suldalsosen	Juli	0,31	0,0128
Tjelmane	Juli	0,46	0,0010
Suldalsosen	August	0,41	0,0033
Tjelmane	August	0,49	0,0006
Suldalsosen	September	0,61	<0,0001
Tjelmane	September	0,76	<0,0001
Suldalsosen	Oktober	0,53	0,0004
Tjelmane	Oktober	0,41	0,0022

Tabell 5 Korrelasjoner mellom årsvekst av 0+ aureunger i Suldalslågen og døgngradssummen i enkeltmåneder fra mai til oktober. I punkt 2.1 angis det hvilke år som er inkludert i analysen. Korrelasjonene er utarbeidet både for temperaturmålingene fra Suldalsosen og Tjelmane. En p-verdi under 0,05 regnes som signifikant.

Lokalitet	Måned	R^2	P
Suldalsosen	Mai	0,23	0,0384
Tjelmane	Mai	0,20	0,0461
Suldalsosen	Juni	0,40	0,0035
Tjelmane	Juni	0,50	0,0005
Suldalsosen	Juli	0,31	0,0129
Tjelmane	Juli	0,40	0,0026
Suldalsosen	August	0,15	0,0967
Tjelmane	August	0,17	0,0738
Suldalsosen	September	0,53	0,0004
Tjelmane	September	0,60	<0,0001
Suldalsosen	Oktober	0,54	0,0004
Tjelmane	Oktober	0,49	0,0006

2.2.3.2 Perioden 1. juni til 30. september

Denne perioden er kanskje den mest naturlige å benytte med tanke på at laksungene som oftest ikke kommer opp av grusen før i juni. I tillegg er det ikke korrekt å benytte temperaturdata fra hele oktober måned når lengdemålingene som regel skjer i september.

Heller ikke denne tidsperioden gir noen forbedret forklaringsgrad (Tabell 6) enn perioden 1. mai til 31. oktober. Et generelt trekk for korrelasjonene er at temperaturserien fra Suldalsosen i langt mindre grad enn den fra Tjelmane forklarer variasjonen i vekst hos 0+.

Dette kan komme av at temperaturserien fra Tjelmane i høyere grad er påvirket av variasjonene i værforhold fra sesong til sesong (solinnstråling). Temperaturen ved Suldalsosen er i større grad påvirket av forholdene i Suldalsvatn.

Tabell 6 Korrelasjoner mellom årsvekst av 0+ laks- og aureunger i Suldalslågen og døgngardssummen i perioden fra 1.juni til 30. september. I punkt 2.1 angis det hvilke år som er inkludert i analysen. Korrelasjonene er utarbeidet både for temperaturmålingene fra Suldalsosen og Tjelmane. En p-verdi under 0,05 regnes som signifikant.

Lokalitet	Art	R ²	P
Suldalsosen	Laks	0,55	0,0003
Tjelmane	Laks	0,73	<0,0001
Suldalsosen	Aure	0,45	0,0017
Tjelmane	Aure	0,57	<0,0001

2.2.3.3 Perioden 1. mai til 31. oktober og døgngardssum over 6°C

En kombinasjon av en tids- og temperaturavgrenset vekstsesong ble også undersøkt. Det ble valgt en kombinasjon mellom den standard definerte vekstsesong fra mai til oktober og antall døgngard over 6°C i denne perioden (Tabell 7).

Denne definisjonen av vekstperiode ga en dårligere sammenheng enn standard tidsperioden fra 1. mai til 31. oktober. For Tjelmane forklarte korrelasjonen henholdsvis 66 og 68% av variasjonen i vekst for 0+ laks og aure (Tabell 7)

Tabell 7 Korrelasjoner mellom årsvekst av 0+ laks- og aureunger i Suldalslågen og døgngardssummen over 6°C i perioden fra 1. mai til 31. oktober. I punkt 2.1 angis det hvilke år som er inkludert i analysen. Korrelasjonene er utarbeidet både for temperaturmålingene fra Suldalsosen og Tjelmane. En p-verdi under 0,05 regnes som signifikant.

Lokalitet	Art	R ²	P
Suldalsosen	Laks	0,54	0,0004
Tjelmane	Laks	0,66	<0,0001
Suldalsosen	Aure	0,50	0,0007
Tjelmane	Aure	0,68	<0,0001

2.2.4 Konklusjon

En definert vekstperiode for laks og aureunger i Suldalslågen fra 1. mai til 31. oktober gir en positiv og god korrelasjon mellom antall døgngard i vekstsesongen og registrert 0+ lengde. Ingen av de andre undersøkte definisjonene på vekstsesongens lengde gir nevneverdig bedre korrelasjoner. Vi mener derfor at bruk av perioden 1.mai – 31.oktober fortsatt er dekkende selv om den har visse svakheter (jfr. pkt 2.2.3). Hvilke år som inkluderes i en slik korrelasjon bør komme fram i fremtidige rapporter, da de årene vi har benyttet sannsynligvis ikke er helt samsvarende med utvalget som LFI har benyttet (Saltveit 2000a). Dette har sammenheng med at temperaturdataene i vekstsesongen enkelte år er ufullstendige og etter vår mening bør utelukkes.

2.3 Vekst av eldre fisk og døgngardssum

Gjennomsnittslengdene for 1+ laks og aure om høsten er beregnet av Saltveit (2000a) for perioden 1976-2001. For å kunne beregne veksten som ettåring må vi imidlertid kjenne til gjennomsnittslengden for ettåringene på starten av vekstsesongen (april-data). Man kan da regne ut differansen i gjennomsnittslengde mellom ettåringer elfisket i april og i september. Denne differansen gir et uttrykk for veksten inneværende sesong. Per i dag er imidlertid ikke slike data tilgjengelige for mange nok år til at det kan settes opp en korrelasjon mellom vekst hos ettåringer og døgngardssum.

3 KLEKKE- OG SWIM-UP TIDSPUNKT I FORHOLD TIL PÅVIRKNING AV GRUNNVANN

3.1 Bakgrunn og datagrunnlag

I perioden 1991-1996, samt 1998-2002 er det utført drivundersøkelser av fiskeyngel og bunndyr i Suldalslågen (Saltveit et al. 1995; Saltveit 1997a; Saltveit 1999; Saltveit 2000b; Saltveit et al. 2001; Saltveit & Bremnes 2002). I de fleste årene registreres det laksunger i drivet fra slutten av mai / begynnelsen av juni. Det registreres imidlertid laksunger i drivet helt til slutten av juni da prøvetakingen opphører. Det er lakseyngel som akkurat har kommet opp av grusen som fanges i hele denne perioden (S.J. Saltveit, pers.medd.). Swim-up perioden i Suldalslågen strekker seg derfor over minimum én måned.

Beregninger av klekke- og swim-up tidspunktene viser at lakseyngel kommer opp av grusen i juli måned de fleste år ved en antatt gyting den 1. januar (Sægrov et al. 2002). Eggutviklingstiden til suldalslaksen ble også overvåket i klekkeriet våren 2001. Det var et svært godt samsvar mellom den teoretisk utregnede swim-up datoen og den reelle som ble observert i klekkeriet (Sægrov et al. 2002). Modellen estimerte altså swim-up tidspunktet svært nøyaktig. Det kan dermed se ut som om det er et avvik mellom teori og det som observeres i elva.

Det er foreslått at høyere temperatur i elvegrusen på grunn av grunnvannspåvirkning kan medføre tidligere klekketidspunkt enn beregnet ut fra teoretiske modeller. Hvis vi antar at modellen predikerer eggutviklingen korrekt, så lenge temperaturene er nøyaktige, så går det an å beregne hvor mye høyere temperaturen i elvegrusen måtte ha vært for å fremskynde klekketidspunktet med ca én måned (fra juli til juni).

Vi vil videre benytte begrepene "elvevann", "substratvann" og "grunnvann". "Ellevann" er det synlige vannet i bevegelse i elveleiet, "substratvann" er vannet som befinner seg i substratet på det dypet hvor lakseeggene ligger og "grunnvann" er vannet dypere nede i substratet og i løsmasser på sidene av elveleiet. For en generell oversikt over grunnvannsforhold i tilknytning til vassdragsreguleringer, henvises til Bryn et al. (1986).

Beregningene er gjort for årene 1980, 1981, 1996 og 2001 og både temperaturserien for Suldalsosen og Tjelmane er benyttet. Utrekningene er foretatt etter samme modell som Sægrov et al. (2002) benyttet seg av i sine utregninger (Crisp 1981; Crisp 1988). Vi har tatt utgangspunkt i et gytetidspunkt for suldalslaksen den 1. januar. Ut i fra temperaturseriene fra Tjelmane og Suldalsosen (registrert i ellevannet) er klekke- og swim-up tidspunktene for laksungene beregnet. Deretter har vi "økt" den registrerte temperaturen med henholdsvis 1, 2 og 3°C, og sett på hvor mye dette fremskyndet de teoretiske klekke- og swim-up tidspunktene for lakseyngelen.

Det er så vidt vites ikke utført noen direkte målinger av temperaturen i elvebunnen under Suldalslågen eller i grunnvannsbrønner nær elva. I 1994-95 ble det målt grunnvannstand i 3 brønner ved Kvæstad. Dette ble gjort for å kunne si noe om samvariasjonen mellom ellevannstanden og grunnvannstanden. Målingene er presentert i LFS-rapport nr. 31 (Holmquist 1997). Ellers i Norge ble det på 1980-tallet målt temperatur i elvebunnen under elvene Alta, Surna og Rena. Dessverre er ikke måledataene lenger tilgjengelige, men i følge NVE (Randi Pytte Asvall, pers. medd.) så viste målingene at det var liten forskjell mellom temperaturen i "gytetroppdyp" og temperaturen i ellevannet i Alta og Surna. Det var en viss demping og tidsforsinkelse av døgnamplitydene, men forskjellene i middeltemperaturen over noen dager var meget liten, dvs. 0,1-0,3 °C. I disse to elvene lå temperaturfølerne i typisk gytesubstrat som bestod av sand, grus og stein med stor permeabilitet. I Rena var

elvebunnen preget av finkornete sedimenter, til dels var det leire med liten permeabilitet. Her ble det registrert noe større temperaturforskjeller mellom elvevann og substratvann. I Bjoreia er det målt substrattemperatur på 25 cm dyp i en gytegrep vinteren 2000/01 (Berger et. al., 2001). Også her var det bare små forskjeller (0-0,5°C) mellom elvevanntemperatur og substrattemperatur så lenge gytegropa var vanddekket. Overført til Suldalslågen som har gytesubstrat som bør likne på Alta, Surna og Bjoreia, så tilsier altså erfaringer at det ikke er særlig sannsynlig å finne temperaturforskjeller > 0,5 °C mellom elvevannet og vannet som befinner seg på 0,2 – 0,4 m dyp i gytegroper.

En statistisk forskjell mellom temperaturen i elvevannet og grunnvannet på 1, 2 eller 3°C i perioden januar til juli er ikke særlig sannsynlig ut fra kjent kunnskap om temperaturforholdet mellom grunnvann og elvevann. Vi har derfor satt opp en teoretisk utvikling i temperaturforskjellen mellom grunnvannet som ligger i utvekslingsnivå med elvevannet i perioden januar til august (Tabell 8). Dette er en grov tilnærming da vi, som nevnt ovenfor, ikke har noen spesifikke opplysninger om hvordan utvekslingen mellom grunnvann og elvevann skjer i Suldalslågen, eller om temperaturforskjeller mellom elvevann og grunnvann. Forskyvninger i klette- og swim-up tidspunktene for lakseyngel med en slik temperaturforskjell er deretter beregnet med utgangspunkt i temperaturserien fra Tjelmane. Temperaturforskjellen mellom grunnvann og elvevann vil sannsynligvis være relativt stabil om vinteren og tidlig vår. Deretter nærmer temperaturen i grunnvannet og elvevannet seg hverandre til forskjellen er tilnærmet 0 i slutten av juli.

Tabell 8 Antatt temperaturforskjell mellom den målte temperaturen i elvevann (T) og temperaturen i grunnvann (T+X) i perioden fra januar til slutten av juli.

Tidspunkt	Temperatur (T + X)
1. januar-1. mai	T+1,5
Uke 1 (mai)	T+1,3
Uke 2 (mai)	T+1,2
Uke 3 (mai)	T+1,1
Uke 4 (mai)	T+1,0
Uke 1 (juni)	T+0,9
Uke 2 (juni)	T+0,8
Uke 3 (juni)	T+0,7
Uke 4 (juni)	T+0,6
Uke 1 (juli)	T+0,5
Uke 2 (juli)	T+0,4
Uke 3 (juli)	T+0,3
Uke 4 (juli)	T+0,2
Uke 5 (juli/aug)	T+0,1

3.2 Beregninger i forhold til stabilt høyere grunnvannstemperatur

3.2.1 Eksempelår 1980 / 1981

I henhold til Crisps (1981, 1988) modeller estimeres klekketidspunktet ved Suldalsosen i 1980 til den 25. mai og swim-up den 14. juli (Sægrov et al. 2002). Ved Tjelmane finnes det ikke temperaturdata fra 1980 så her er 1981 brukt som eksempel. Klekking ved Tjelmane estimeres til den 29. mai og swim-up den 18. juli (Sægrov et al. 2002).

Med utgangspunkt i temperaturserien fra Suldalsosen i 1980 måtte vanntemperaturen nede i grusen (substratvann) ha vært mellom 2,5 og 3°C høyere enn i ellevannet for at swim-up tidspunktet skulle ha blitt framskyndt fra 14. juli til første uke av juni.

Med utgangspunkt i temperaturserien fra Tjelmane i 1981 måtte vanntemperaturen nede i grusen (substratvann) ha vært ca 3°C høyere enn i ellevannet for at swim-up tidspunktet skulle ha blitt framskyndet fra 18. juli til første uke av juni.

3.2.2 Eksempelår 1996

I henhold til Crisps modeller (1981, 1988) estimeres klekketidspunktet ved Suldalsosen til den 27. mai og swim-up den 1. august (Sægrov et al. 2002). Klekking ved Tjelmane estimeres til den 3. juni og swim-up den 29. juli (Sægrov et al. 2002).

Med utgangspunkt i temperaturserien fra Suldalsosen i 1996 måtte vanntemperaturen nede i grusen (substratvann) ha vært i underkant av 3°C høyere enn i ellevannet for at swim-up tidspunktet skulle ha blitt framskyndet fra 1. august til første uke av juni.

Med utgangspunkt i temperaturserien fra Tjelmane i 1996 måtte vanntemperaturen nede i grusen (substratvann) ha vært ca 3°C høyere enn i ellevannet for at swim-up tidspunktet skulle ha blitt framskyndet fra 29. juli til første uke av juni.

3.2.3 Eksempelår 2001

I henhold til Crisps modeller (1981, 1988) estimeres klekketidspunktet ved Suldalsosen til den 12. mai og swim-up til 6. juli (Sægrov et al. 2002). Klekking ved Tjelmane estimeres til den 15. mai og swim-up til 30. juni (Sægrov et al. 2002).

Ved Suldalsosen i 2001 måtte vanntemperaturen nede i grusen (substratvann) ha vært ca 2°C høyere enn i ellevannet for at swim-up tidspunktet skulle ha blitt framskyndet fra 6. juli til første uke av juni.

Ved Tjelmane i 2001 måtte vanntemperaturen nede i grusen (substratvann) ha vært ca 2°C høyere enn i ellevannet for at swim-up tidspunktet skulle ha blitt framskyndet fra 30. juni til første uke av juni.

2001 hadde den høyeste graddagssummen i perioden 1. mai til 31. oktober siden 1988. Dette er sannsynligvis en medvirkende årsak til at det i 2001 trengtes ca 1°C mindre for å forskyve klekketidspunktet til begynnelsen av juni enn for årene 1980/81 og 1996.

3.2.4 Konklusjon

Vanntemperaturen i grusen må grovt sett være 2-3°C høyere enn i ellevannet for at laksungenes swim-up tidspunkt skal forskyves til den første uka i juni. Den reelle temperaturen som grunnvannet må ha er sannsynligvis enda høyere med tanke på at

eggene ligger bare ca 0,2-0,4 meter nede i grusen. En slik temperaturforskjell mellom substratvann og ellevann virker ikke sannsynlig med den generelle kunnskapen vi har i dag om grunnvannsforhold og utvekslingsprosesser mellom ellevann og grunnvann.

3.3 Beregninger i forhold til en foranderlig temperaturforskjell mellom grunnvann og ellevann

Utregningene etter Crisp (1981, 1988) viste at når temperaturen ble økt i henhold til tabell 8 for Tjelmane i 2001, endret swim-up tidspunktet seg fra 30. juni til 12. juni. For Tjelmane i 1981 endret swim-up tidspunktet seg fra 18. juli til 27. juni. For Tjelmane i 1996 endret swim-up tidspunktet seg fra 29. juli til 7. juli.

Den teoretiske temperaturforskjellen mellom grunnvann og ellevann som vi har satt opp medførte ikke en forskyvning av swim-up tidspunktet til begynnelsen av juni. For 1981 og 1996 endret swim-up tidspunktet seg til slutten av juni og begynnelsen av juli. 2001 var et varmt år og hadde i utgangspunktet en "tidlig" estimert swim-up dato (30. juni). Med en temperaturøkning ble swim-up tidspunktet forskyvet til 12. juni. I "varme" år trengs det dermed en mindre temperaturøkning for å forskyve swim-up tidspunktet til den første uken av juni enn i "kalde" år.

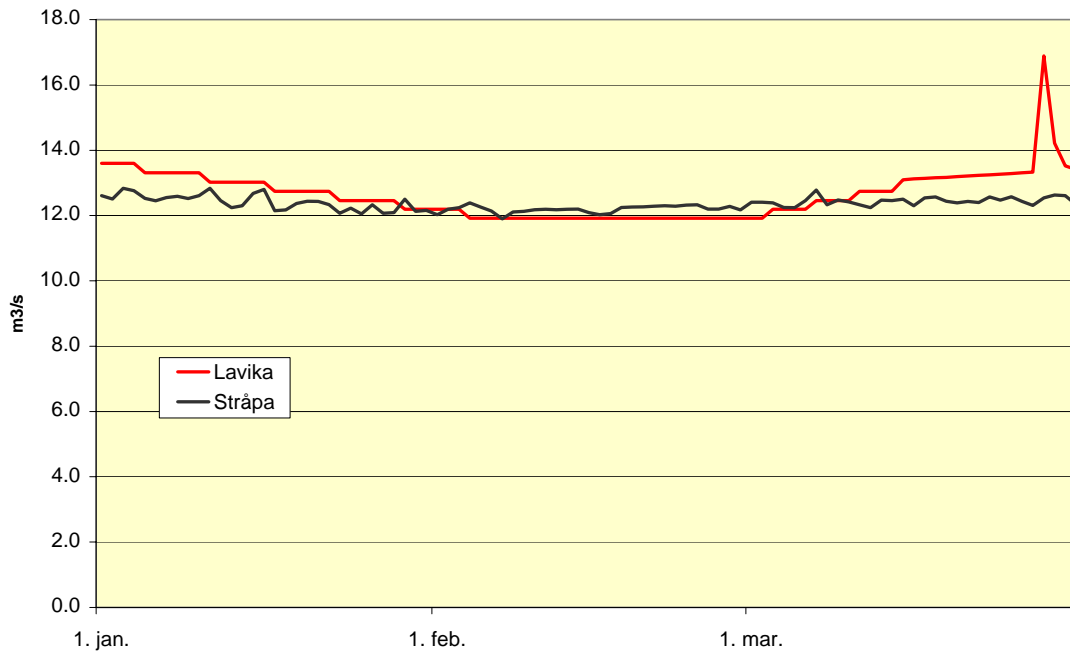
Heller ikke denne måten å estimere en temperaturforskjell mellom grunnvann og ellevann kunne forskyve swim-up tidspunktet til begynnelsen av juni, tidspunktet da laksyngelen som oftest observeres i Suldalslågen.

3.4 Grunnvann og vannføring

Dersom det foregår en betydelig innstrømning av grunnvann til elvebunnen i Suldalslågen, må en vente at dette også viser seg i form av en merkbar økning i vannføringen mellom Suldalsosen og Tjelmane. Dette burde være særlig synlig i tørre vinterperioder når sidebekkene gir lite overflatetilsig. En visuell analyse av vannføringsdiagrammer i slike vintrer viser imidlertid at vannføringsøkningen kan bli svært liten, ofte under $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. I figur 1 er vist diagrammet fra vinteren 1996 hvor det i en periode i februar og mars muligens var litt lavere vannføring nederst i elva. Grunnvannstilslaget må da ha vært meget lite.

Det kan likevel ikke utelukkes at det kan foregå en mer konsentrert utstrømming av grunnvann i visse soner/kilder. Dersom disse sonene/kildene sammenfaller med gytegropenes beliggenhet, så kan det ventes høyere substratvanntemperatur. Yngel fra slike gytegroper kan komme opp av grusen noe tidligere enn teoretisk forventet ut fra målte ellevanntemperaturer.

Vannføring Suldalslågen vinter 1996



Figur 1 Vannføringen øverst i Suldalslågen (målested Stråpa) og nederst (målested Lavika) vinteren 1996. Det slippes en konstant vannføring på 12 m³/s fra Suldalsvatnet. I perioder var det litt lavere vannføring nederst enn øverst. Dette kan skyldes bortfrysing av vann i elveleiet og/eller målefeil.

3.5 Diskusjon vedrørende laksens gytetidspunkt i Suldalslågen

Den rådende oppfatning har vært at hovedgytetidspunktet for laksen i Suldalslågen har vært i begynnelsen av januar (Heggberget 1988; Kaasa et al. 1998). Det er også dette som i hovedsak ligger til grunn for beregningene som er utført i dette notatet. Data fra gytefiskregistreringer og stamfiske tyder imidlertid på at det gyter laks i Suldalslågen i perioden november til februar (Sægrov et al. 2002). Gyteperioden synes dermed å være atskillig lenger enn tidligere antatt. I 2002 ble det også registrert utgytt laks i oktober. Laks som gyter i begynnelsen eller midten av november skal teoretisk komme opp av grusen i slutten av mai /begynnelsen av juni (Sægrov et al. 2002). Dette er i omtrent samme periode som det observeres laksungel i drivprøver i Suldalslågen (Saltveit & Bremnes 2002) (jfr. kap.3.4). Laksunger som har kommet opp av grusen fanges imidlertid også i drivet i slutten av juni (Saltveit 1997a). Dette korresponderer med et gytetidspunkt i desember (Sægrov et al. 2002). Det har imidlertid ikke blitt utført drivregistreringer senere enn juni så vi vet ikke om laksungene kommer opp av grusen et godt stykke ut i juli også. Hvis så er tilfelle stemmer det godt overens med et gytetidspunkt i januar.

Hvis det foregår gyting av laks i Suldalslågen fra oktober-november til januar så kan også swim-up perioden strekke seg over en relativt lang periode, fra slutten av mai til ut i juli, forutsatt at modellen til Crisp beskriver eggernes utviklingsforløp korrekt. Det kan derfor tenkes at det egentlig ikke er noe motsetningsforhold mellom teori og observasjon når det gjelder swim-up tidspunktet i Lågen, men at de bare reflekterer ulikt gytetidspunkt. Det mangler imidlertid observasjoner av laksunger som akkurat har kommet opp av grusen i juli måned, men det har da heller ikke blitt lett etter det.

Informasjon om tidlig gytende laks i oktober og november stammer fra gytedefiskregistreringer i november 2001 (Sægrov et al. 2002), og fra fangst av utgytt laks under stamfisket. Data fra stamfisket i perioden 1989-2002 viste at det flere år ble fanget utgytte laksehunner i oktober, november og desember (data fra Suldal Elveigarlag). Det har også blitt fanget utgytte oppdrettslaks (hunner) i november.

De utgytte laksehunnene har blitt klassifisert som villfisk. Det er en mulighet for at en del av disse laksene kan være feilvandrede villaks fra andre elver eller oppdrettslaks. Så langt vi kjenner til finnes det ikke informasjon om gyting eller fangst av utgytt laks i oktober-november fra 1960 eller 70-tallet, det vil si før oppdrettslaksen begynte å gjøre seg gjeldende i særlig grad. A. Lillehammer fanget imidlertid laksyngel som akkurat hadde kommet opp av grusen i slutten av mai / begynnelsen av juni i 1962 og 1964 (Lillehammer 1973). Hvis Crisps modeller gir et korrekt bilde av utviklingstiden, må yngelen observert i begynnelsen av juni 1964 stamme fra gyting i midten av november 1963.

4 VANNTEMPERATUR I SULDALSLÅGEN VED ULIKE REGLEMENT OG I UREGULERT TILSTAND

4.1 Estimerte klekke- og swim-up tidspunkter i regulerte og uregulerte tidsperioder i Suldalslågen

4.1.1 Bakgrunn og datagrunnlag

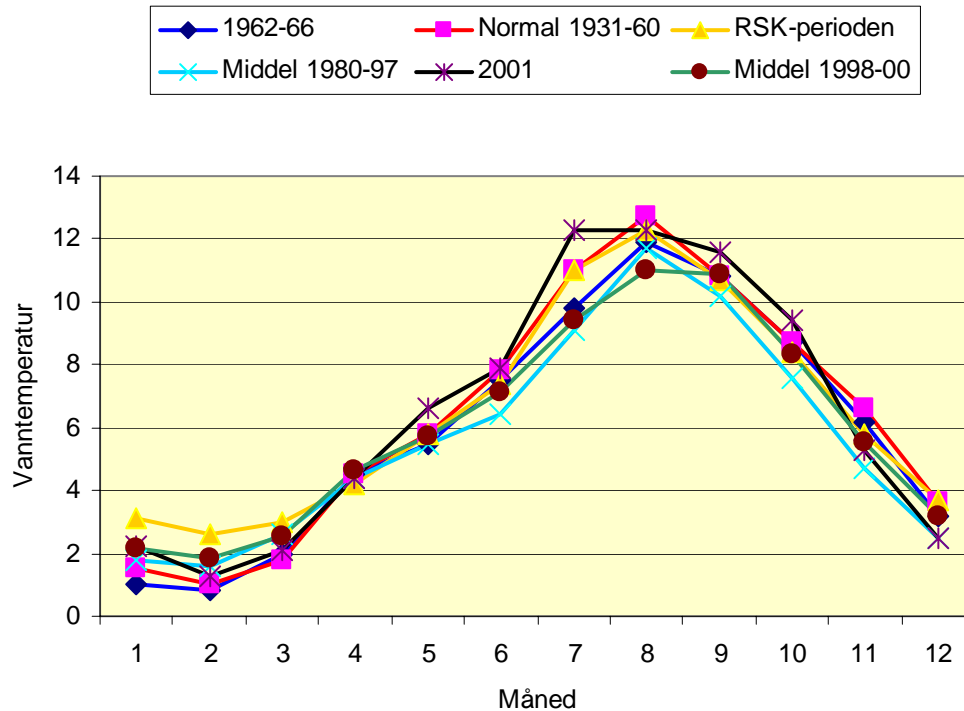
Tvede (2002) har beregnet hvordan temperaturforholdene i Suldalslågen har endret seg fra uregulerte forhold og fram til i dag. Periodene som temperaturen ble beregnet for var 1931-60, 1962-1966, RSK-perioden (1973-1977), Ulla-Førre (1980-1997), 1998-2000 (prøvereglement 1) og 2001. På dette grunnlag har vi estimert teoretiske klekke- og swim-up tidspunkter for lakseyngel i de ulike periodene (Tabell 9 og 10). Dette er gjort både for temperaturseriene fra Suldalsosen og Tjelmane. Vi har antatt et gytetidspunkt den 1. januar. Tvedes beregninger er månedsmiddelverdier. I modellberegningene (Crisp 1981, 1988) er månedsmiddelverdiene benyttet som døgnmidler.

4.1.2 Resultater

Det beregnede klekkesidspunktet med temperaturer fra Tjelmane varierte med 16 dager mellom de ulike reglementene, mens swim-up tidspunktet varierte med 9 dager (Tabell 9, Figur 2). RSK reglementet (1973-1977) ga tidligst klekking (8. mai) på grunn av høyest vintertemperatur. Perioden uten regulering (1962-1966) ga senest klekking (24. mai). Yngelen kom også opp av grusen tidligst under RSK-reguleringen, mens UF-perioden (1980-1997) ga senest swim-up (9. juli).

Tabell 9 Beregnede klekke- og swim-up tidspunkter (Crisp 1981, 1988) for laksyngel i Suldalslågen (Tjelmane) i ulike perioder. Antatt gytetidspunkt er 1. januar. For metodikk rundt temperaturberegningene, se Tvede (2002).

Periode	Klekking	Swim-up
Normal 1931-1960	21.mai	05.jul
Målt 1962-1966	24.mai	08.jul
RSK (1973-1977)	08.mai	30.jun
UF (1980-1997)	17.mai	09.jul
Prøvereglement 1 (1998-2000)	14.mai	04.jul
2001	16.mai	01.jul

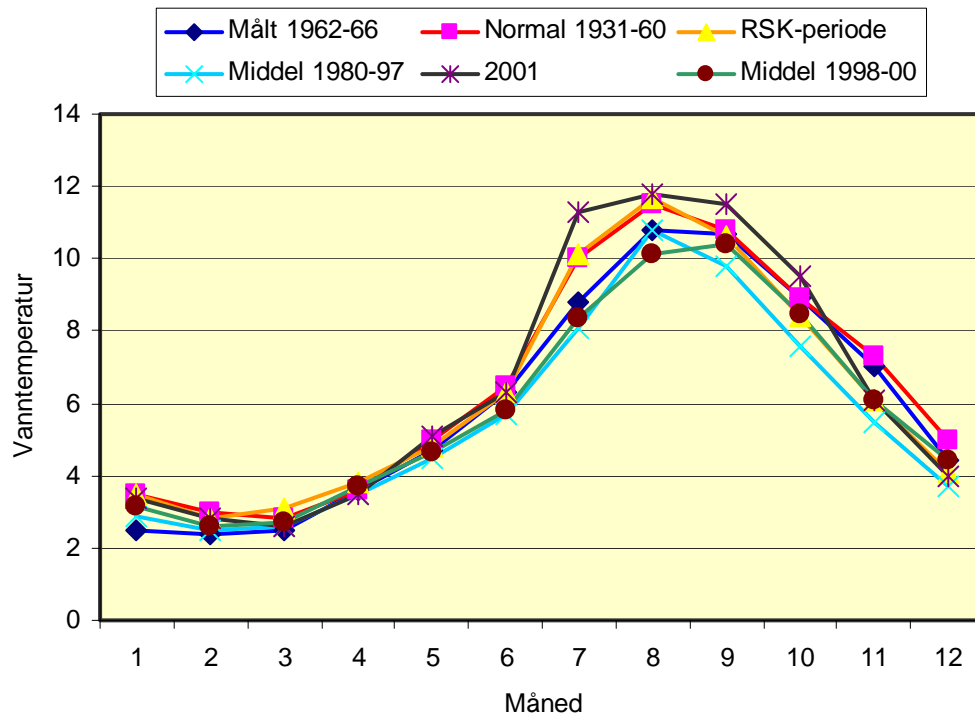


Figur 2 Vanntemperaturen (månedsmiddel) ved Tjelmane i ulike perioder.

Ved Suldalsosen varierte klekketidspunktet med 9 dager (RSK tidligst 9. mai, og 1962-66 senest med 18. mai) (Tabell 10 og Figur 3). Swim-up tidspunktet varierte også med 9 dager. Periodene 1931-1960, RSK-perioden og 2001 hadde alle beregnet swim-up den 5. juli, 1962-66 perioden den 11. juli og UF-perioden den 14. juli.

Tabell 10 Beregnede klekke- og swim-up tidspunkter (Crisp 1981, 1988) for laksyngel i Suldalslågen (Suldalsosen) i ulike perioder. Antatt gytetidspunkt er 1. januar. For metodikk rundt temperaturberegningene se Tvede (2002).

Periode	Klekking	Swim-up
Normal 1931-1960	10.mai	05.jul
Målt 1962-1966	18.mai	11.jul
RSK (1973-1977)	09.mai	05.jul
UF (1980-1997)	17.mai	14.jul
Prøvereglement 1 (1998-2000)	14.mai	11.jul
2001	12.mai	05.jul



Figur 3 Vanntemperaturen (månedsmiddel) ved Suldalsosen i ulike perioder.

De tidligste observasjonene vi kjenner til fra Suldalslågen vedrørende laksyngelens swim-up tidspunkt er gjort av A. Lillehammer i 1962 og 1964 (Lillehammer 1973). Han fant laksyngel med plommesekkrester den 1. juni 1964 og i slutten av mai i 1962. Han fant også laksyngel uten plommesekk som hadde ekstern føde i magesekken. Vi har beregnet det teoretiske klekke- og swim-up tidspunktet for 1964 med temperaturdata (døgndata) fra Suldalsosen (som var de eneste tilgjengelige så langt tilbake). En antatt gyting den 1. januar 1964 gir et teoretisk klekkesidspunkt den 14. mai og swim-up den 16. juli basert på døgndata. Swim-up tidspunktet fra Tjelmane og Suldalsosen er også beregnet på grunnlag av månedsmidler i perioden 1962-1964, og var henholdsvis 8. juli og 11. juli (Tabell 9 og 10). Hvis modellen gir et korrekt bilde av utviklingstiden, må yngelen observert i begynnelsen av juni 1964 stamme fra gyting i midten av november 1963.

4.1.3 Konklusjon

Så lenge antatt gytingstidspunkt den 1. januar ikke har forandret seg nevneverdig gir ikke de ulike periodene særlig store forskjeller i teoretisk beregnede klekke- og swim-up tidspunkter. Både for Suldalsosen og Tjelmane ligger klekkesidspunktet grovt sett i midten av mai, mens swim-up tidspunktet er i begynnelsen av juli.

5 YNGELOVERLEVELSE

Hvis 2001 - 2003 prøvereglementet medfører høyere vårtemperaturer enn tidligere og bedret vekst av yngel, kan dette ha konsekvenser for yngelens overlevelse (Saltveit & Bremnes 2002). Overlevelsen til de ulike årsklassene av lakseyngel rapporteres av LFI under aktiviteten "Overvåking av ungfiskbestand" i henhold til LFIs arbeidsprogram for 2002. Det beregnes dødelighet fra 0+ til 1+ og eventuelle endringer i denne som følge av endringer i manøvreringsreglement.

6 SMOLTALDER OG SMOLTUTVANDRINGSTIDSPUNKT

Den første årsklassen som i sin helhet vokste opp under prøvereglementet fra 1998 til 2000 vandret hovedsakelig ut våren 2001 som 3-årig smolt (Saltveit & Bremnes 2002). Utviklingen i smoltalder som følge av ulike temperatur- og vekstforhold rapporteres av LFI i forbindelse med materiale samlet inn fra smoltfella.

Hvilke faktorer som styrer smoltutvandringen i Suldalslågen bør være delvis besvart allerede ut i fra smoltundersøkelser gjennomført siden 1993 (Saltveit 1998; Saltveit et al. 2001; Saltveit & Bremnes 2002). Det var et relativt godt samsvar mellom smoltutvandring og økning i vannføring målt ved Tjelmane (Saltveit 1998). Det trengs imidlertid bare relativt beskjedne vannføringsøkninger for å initiere selve smoltutvandringen. Vannføringsøkningen bør imidlertid ikke komme før i siste halvdel av april (Saltveit & Bremnes 2002). Utvandringen kunne i enkelte år være initiert av en økning i temperatur (april 1995 og i 1997) (Saltveit 1998). Det var forventet at lavere vårvannføring i 2001 skulle medføre at temperaturen i større grad var en styrende faktor for utvandringen. Det kan være tilfelle (Saltveit & Bremnes 2002).

Faktorer som styrer smoltutvandringen i Suldalslågen blir vurdert av NINA og LFI.

7 LITTERATUR

- Berger, H.M, Nøst T., Sægrov H., Hellen B. A. og Jensen A.J. 2001. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget, Hordaland fylke 2000-2001. Oppdragsmelding 692. fra NINA. s 1-40.
- Blakar, I & Haaland, S. 2001. Vannkvaliteten i Suldalsvassdraget 2000. Årsrapport 2000 – Fysiske og kjemiske forhold. Suldalslågen Miljørapport nr. 9.
- Blakar, I & Haaland, S. 2001. Vannkvaliteten i Suldalsvassdraget 2001. Årsrapport 2001 – Fysiske og kjemiske forhold. Suldalslågen Miljørapport nr. 15.
- Bryn, K.Ø., Rognerud, B. & Aars, Ø. 1986. Vassdragsregulerings virkning på naturmiljøet. Grunnvann. Norsk Hydrologisk Komité (NHK). 27 s.
- 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.
- Crisp, D.T. 1988. Prediction, from temperature, of eyeing, hatching and "swim-up" times for salmonid embryos. *Freshwater Biology*. 19, 41-48.
- Heggberget, T.G. 1988. Timing of spawning in Norwegian Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 45, 845-849.
- Holmquist, E. 1997. Hydrologiske forhold i Suldalsvassdraget, med hovedvekt på forholdene etter Ulla-Førre utbyggingen. Rapport Lakseforsterkingsprosjektet i Suldalslågen, nr. 31. s. 3-48.
- Jensen, C.S., F.R. Gravem, & A.B.S. Poléo. 2002. Laks og temperatur - en litteraturgjennomgang. Suldalslågen - Miljørapport nr. 13. s. 1-109.
- Kaasa, H., J.A. Eie, A.H. Erlandsen, P.E. Faugli, J.H. L' Abée-Lund, S. Sandøy, & B. Moe. 1998. Sluttrapport 1990-1997. Resultater og konklusjoner. Rapport Lakseforsterkingsprosjektet i Suldalslågen, nr. 49. s. 1-82 + vedlegg.
- Lillehammer, A. 1973. An Investigation of the Food of One- to Four-Month-Old Salmon Fry (*Salmo salar* L.) in the River Suldalslågen, West Norway. *Norwegian Journal of Zoology*. 21, 17-24.
- Magnell, J.P. 2001. Hydrologiske forhold i Suldalsvassdraget i perioden 1998-2000. Suldalslågen - Miljørapport nr. 9. s. 1-48.
- Magnell, J.P. 2002. Hydrologiske forhold i Suldalsvassdraget. Årsrapport for 2001. Suldalslågen - Miljørapport nr. 15. s. 1-35.
- Metcalfe, N.B., F.A. Huntingford, & J.E. Thorpe. 1986. Seasonal changes in feeding motivation of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Zoology*. 64, 2439-2446.
- Næsje, T.F., B. Finstad, A.J. Jensen, J.I. Koksvik, H. Reinertsen, L. Saksgård, M. Aursand, T. Forseth, T.G. Heggberget, & N.A. Hvidsten. 1998. Fiskeribiologiske undersøkelser i Altaelva 1981 - 1998. Altaelva – Rapport, nr. 9. s. 3-159.

- Saltveit, S.J. 1997a. Effekt av vannføringsøkning på fisk. Rapport Lakseforsterkingsprosjektet i Suldalslågen, nr. 41. s. 3-17.
- Saltveit, S.J. 1997b. Tetthet og vekst av ungfisk i Suldalslågen i 1995, 1996 og 1997. Rapport Lakseforsterkingsprosjektet i Suldalslågen, nr. 40. s. 4-25.
- Saltveit, S.J. 1998. Smoltutvandring hos laks i Suldalslågen. Rapport Lakseforsterkingsprosjektet i Suldalslågen, nr. 44. s. 3-26.
- Saltveit, S.J. 1999. Suldalslågen. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med nytt prøvereglement. Årsrapport for 1998. Suldalslågen - Miljørapport nr. 2. s. 1-37.
- Saltveit, S.J. 2000a. Alderssammensetning, tetthet og vekst av ungfisk av laks og ørret i Suldalslågen i perioden 1976 til 1999. Suldalslågen - Miljørapport nr. 7. s. 1-29 + vedlegg.
- Saltveit, S.J. 2000b. Suldalslågen. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med nytt prøvereglement. Årsrapport for 1999. Suldalslågen - Miljørapport nr. 4. s. 1-48.
- Saltveit, S.J. & T. Bremnes. 2002. Suldalslågen. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med nytt prøvereglement. Årsrapport for 2001. Suldalslågen - Miljørapport nr. 16. s. 1-42.
- Saltveit, S.J., T. Bremnes, & J. Heggenes. 2001. Suldalslågen. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med nytt prøvereglement. Årsrapport for 2000. Suldalslågen - Miljørapport nr. 10. s. 1-55.
- Saltveit, S.J., T. Bremnes, & O.R. Lindås. 1995. Effekt av økning i vannføring på fisk og bunndyr. Rapport Lakseforsterkingsprosjektet i Suldalslågen, nr. 17. s. 3-40.
- Sægvog, H., B.A. Hellen, & S. Kålås. 2002. Gytebestand av laks i Suldalslågen 2001/2002. Suldalslågen Miljørapport nr. 16. s. 1-29.
- Tvede, A.M. 1987. Vanntemperatur og isforhold i Suldalsvatn og Suldalslågen 1973-1985. NVE. Oppdragsrapport nr. 13-87.
- Tvede, A. M. 1992. Vanntemperaturforhold i Suldalslågen og Blåsjø 1986-1991. Rapport 04-1992 fra NVE, Hydrologisk avdeling.
- Tvede, A.M. 1994. Vanntemperatur i Suldalslågen. Forholdet mellom vanntemperatur, vannføring og værforhold i perioden 15. april - 15. juni. Rapport Lakseforsterkingsprosjektet i Suldalslågen, nr. 6. s. 3-16.
- Tvede, A. M. 1996. Vanntemperaturen i Suldalsvassdraget 1962 – 95. Rapport Lakseforsterkingsprosjektet i Suldalslågen, nr. 23. 40 s. + vedlegg.
- Tvede, A. M. & Kvambekk Å. 1997. Vanntemperaturen i Suldalsvassdraget 1996. Rapport Lakseforsterkingsprosjektet i Suldalslågen, nr. 33. 23 s. + vedlegg.
- Tvede, A. M. 2002. Hvordan har temperaturforholdene i Suldalslågen endret seg fra uregulerte forhold og fram til i dag. Notat fra Statkraft Grøner 17.10.02