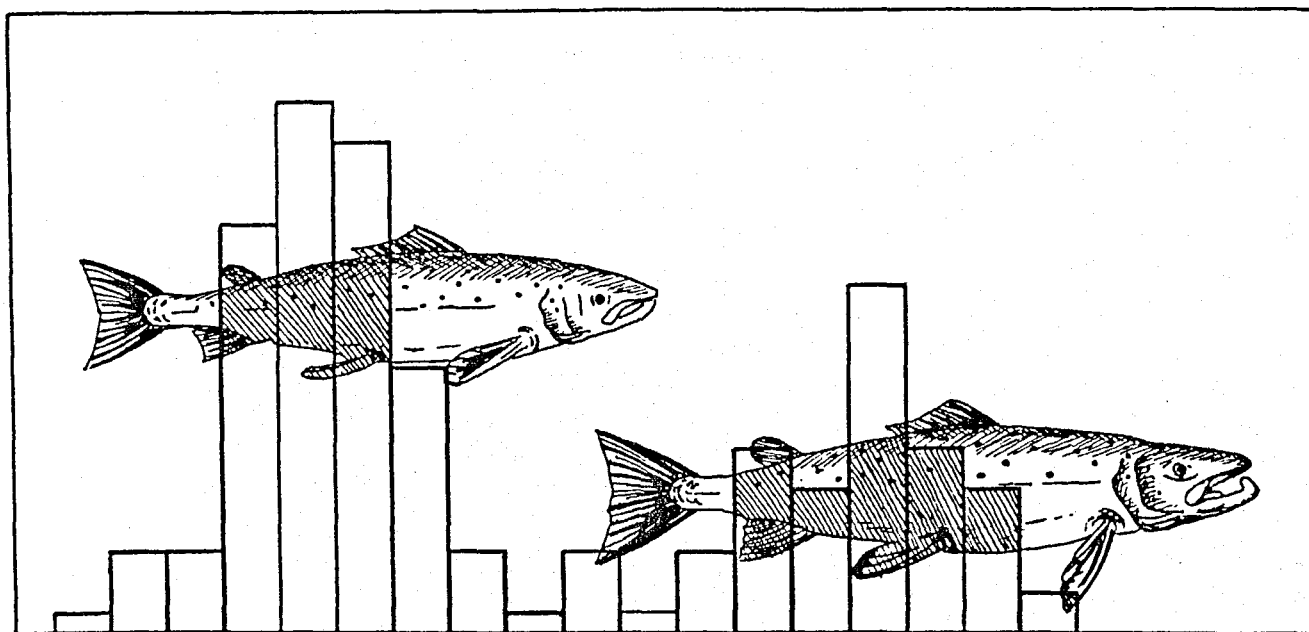


Fiskeridirektoratet  
Biblioteket

VEKSTMØNSTER HOS LAKS (SALMO SALAR)  
I FERSKVANNS- OG SJØFASEN.

HOVEDFAGSOPPGAVE (CAND. REAL.) I FISKERIBIOLOGI  
AV  
OVE SKILBREI



INSTITUTT FOR FISKERIBIOLOGI  
UNIVERSITETET I BERGEN  
HØSTEN 1985

Forsiden symboliserer sammenhenger mellom laksens utvikling i ferskvanns- og sjøfasen. Delvis etter emblemet til Uib-konferansen 'Akvakultur- forskning og undervisning', 1985.

## 1. F O R O R D

### Fiskeridirektoratet Biblioteket

Denne oppgaven tar for seg egenskaper ved laks i oppdrett. Materialet er forholdsvis omfattende og hadde ikke vært mulig uten det gode samarbeidet mellom Institutt for Fiskeribiologi (Universitetet i Bergen) og Avdeling for akvakultur (Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt).

Jeg vil rette en spesiell takk til veileder, forsker Gunnar Nævdal, som gav avkall på et større antall fisk fra egne forsøk ved Akvakulturstasjonen Matre, og dermed la grunnlaget for denne oppgaven. Dessuten har Gunnar vært imøtekommende og han har alltid hatt tid til å diskutere oppgaven og komme med verdifulle råd helt fra den spede begynnelsen av arbeidet.

avd.  
gav  
avkall  
på!

Jeg vil videre takke prof. Dag Møller fordi han, midt i en meget travel periode, likevel tok seg tid til å komme med en nyttig vurdering av oppgaven.

Vit. ass. Jens Christian Holm skal takkes særskilt fordi han gjorde en helhjertet innsats under gjennomlesningen av diverse utkast. Jens Christian har kommet med utallige praktiske/for-melle råd under skrivingen av oppgaven.

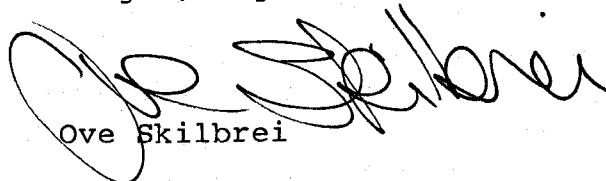
Cand. real. Karl Olaf Jørgensen har kommet med gode råd og gitt interessant 'feedback' på resultatene.

Jeg er personalet på Akvakulturstasjonen Matre og Akvakulturstasjonen Austevoll stor takk skyldig for daglig stell og kontroll av fisken i forsøkene. Målingene var spesielt arbeidskrevende på Austevoll, derfor vil jeg takke Erik Boge for å ha organisert målingene og personalet på stasjonen for å ha hjulpet

til uavhengig av om målingene strakk seg langt utover arbeidstiden.

Studenter og ansatte ved Institutt for Fiskeribiologi og ansatte ved Avdeling for akvakultur har på forskjellige måter bidratt med hjelp til denne oppgaven.

Bergen, august 1985.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ove Skilbrei', written in a cursive style.

Ove Skilbrei

Gjennomgåelse Skilbrei's hvd. oppg.  
27.09.85

---

Gunnar. Anders, Akland, Trøyan, underteget.

Problemmstillingen uklart i begynnelsen  
Stor dødelighet

Gunnars dårlige samvittighet. -

✓ Oppfølging 1. år dårlig - kan belastes  
kanidaten.

Unødvendig med tre forskjellige systemer:  
ABC 80, Digital, ~~Med~~ Univac.

Småklig uklareheter. - mangler på struktur

Mangler på referanser

E. problemstillingen skrevet før eller etter  
resultatene

Fig. 4 er kommet til under undersøkelsen

Subsampling er en veduskyggelighet

---

Muntlig

Fisleribiologi - dit over, middels

Populasjonsdynamikk - Dårlig

Arvakkultur - Dårlig

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is extremely faint and illegible due to low contrast and blurring. It appears to be a list or series of entries, possibly related to a technical or scientific report.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. F O R O R D

2. I N N L E D N I N G . . . . . 1

3. M A T E R I A L E O G M E T O D E R . . . . . 5

3.1.A FORSØK A, VEKST AV 11 FAMILIER LAKSEUNGER  
I FERSKVANN . . . . . 6

3.1.A1 STAMFISKEN . . . . . 6

3.1.A2 FORSØKSFISKEN . . . . . 7

3.1.A3 FORSØKSOPPSETT A . . . . . 9

3.1.A4 ARBEIDSPROSEDYRE . . . . . 11

3.1.B FORSØK B, VEKST AV LAKSEUNGER VED TO  
TEMPERATURER . . . . . 13

3.1.B1 FORSØKSOPPSETT B . . . . . 13

3.1.B2 ARBEIDSPROSEDYRE . . . . . 15

3.1.C FORSØK C, VEKST I SJØ . . . . . 17

3.1.C1 FORSØKSFISKEN . . . . . 17

3.1.C2 ARBEIDSPROSEDYRE . . . . . 18

3.2 KLASSIFISERING AV SMOLTIFISERINGSSTADIER . . . . . 21

3.3 MATEMATISKE OG STATISTISKE METODER . . . . . 24

3.3.1 BRUK AV FRAKTILER . . . . . 24

3.3.2 MULTIPPEL REGRESJONSMODELL . . . . . 27

3.3.3 ANDRE FORMLER OG METODER . . . . . 29

3.4 ANVENDT EDB-UTSTYR . . . . . 31

4. R E S U L T A T E R . . . . .	33
4.1 <u>VEKSTMØNSTER FRAM MOT SMOLTIFISERING</u> . . . . .	33
4.1.1 ENDRINGER I LENGDEFORDELINGENE . . . . .	33
4.1.2 SAMMENLIGNING MELLOM FREKVENSFORDELINGENE . . . . .	50
4.1.3 OPPSPLITTING AV LENGDEFORDELINGENE TIL TO NORMALFORDELINGER . . . . .	52
4.1.4 LENGDEAVHENGIG VEKST . . . . .	55
4.2 <u>DØDELIGHETEN I FERSKVANN</u> . . . . .	66
4.3 <u>KJØNNSMODNING I FERSKVANN</u> . . . . .	70
4.4 <u>VEKST OG KJØNNSMODNING I SJØEN</u> . . . . .	72
4.4.1 GENERELLE VEKSTRATER I SJØEN . . . . .	75
4.4.2 BRUK AV MULTIPPEL REGRESJONSMODELL . . . . .	80
4.4.2.1 STØRRELSE I SJØ SOM AVHENGIG VARIABEL . . . . .	80
4.4.2.1.1 ABSOLUTTE SMOLTLENGDER SOM UAVHENGIG VARIABEL . . . . .	81
4.4.2.1.2 STANDARDISERTE SMOLTLENGDER SOM UAVHENGIG VARIABEL . . . . .	86
4.4.2.2 OPPSUMMERING AV REGRESJONENE . . . . .	90
4.4.2.3 FAMILIENES RANGNUMMER I REGRESJONENE . . . . .	91
4.4.2.4 SAMMENLIGNING AV RESPONSNIVÅER FRA EN REGRESJON MED SNITTLENGDER . . . . .	92
4.4.3 KJØNNSFORDELINGEN BLANT ETTÅRSSMOLT . . . . .	93
4.5 <u>TAP AV FISK I SJØEN</u> . . . . .	94
4.6 <u>SAMMENLIGNING AV FAMILIENES KVANTITATIVE EGENSKAPER I FERSKVANNS- OG SJØFASEN</u> . . . . .	96



5. D I S K U S J O N . . . . .	98
5.1 <u>DISKUSJON AV METODE</u> . . . . .	98
5.1.1 METODER FOR FERSKVANNSFASEN . . . . .	98
5.1.1.1 OPPSPLITTING AV LENGDEFORDE- LINGER OG LINEÆRE REGRESJONER . . . . .	98
5.1.1.2 VURDERING AV FRAKTILMETODEN . . . . .	99
5.1.2 METODER FOR SJØFASEN . . . . .	103
5.1.2.1 ERFARINGER MED CARLIN-MERKENE . . . . .	103
5.1.2.2 VURDERING AV DEN MULTIPLE REGRESJONSMODELLEN . . . . .	105
5.2 <u>DISKUSJON AV RESULTATENE</u> . . . . .	107
5.2.1 FERSKVANNSFASEN . . . . .	107
5.2.1.1 VEKST FRAM TIL ETTÅRSSMOLT . . . . .	107
5.2.1.2 DVERGHANNER I FERSKVANN . . . . .	115
5.2.2 FAKTORER SOM PÅVIRKER STØRRELSEN ANDRE HØSTEN I SJØEN . . . . .	117
5.2.3 SAMMENHENGER MELLOM VEKST OG KJØNNS- MODNING I FERSKVANN OG SJØ . . . . .	121
6. S A M M E N D R A G . . . . .	125
7. R E F E R A N S E R . . . . .	126

## 2. INNLEDNING

Oppdrett av Atlantisk laks (Salmo salar) er blitt en viktig del av norsk fiskerinæring. Førstehåndsverdien av oppdrettet fisk kom i 1984 opp i rundt én milliard kroner. Variasjoner i laksens biologiske egenskaper har derfor direkte økonomisk relevans. I oppdrett forekommer disse variasjonene blant annet i sykdomsresistens, fóropptak, fórutnyttelse, vekstrate, alder ved kjønnsmodning, slaktekvalitet og overleving.

Vekstrate og alder ved kjønnsmodning er vesentlige faktorer som påvirker det enkelte anleggs driftsresultat. De fleste arbeidene som omhandler dette fokuserer på eventuelle sammenhenger mellom de to egenskapene. Hubbs (1926) hevdet at vekstrate og alder ved kjønnsmodning begge var forskjellige uttrykk for en overordnet utviklingsrate. Alm (1959) går videre og postulerer en årsakssammenheng mellom dem. Han summerer opp 20 års damforsøk med forskjellige ferskvannsarter (blant annet ulike laksefisk) og viser at de hurtigvoksende individene generelt modner først. Dessuten fant han at både fiskens stammetilhørighet og tettheten i dammene påvirket de to karakterene.

*Selvagt<sup>2</sup>  
annen  
litr.* Alm's tidlige forsøk indikerer at vekst og kjønnsmodning er et resultat av arv-miljø samvirkning. Arvens betydning er senere blitt understreket bl.a. av Gjerde (1981) og Nævdal (1983). Mellom søskengrupper finner Nævdal klare forskjeller i alder ved modning. Men samtidig påpeker han at alder ved modning og vekst blir modifisert av miljøet gjennom faktorer som sannsynligvis påvirker vekstrate og vekstmønster. Dette samsvarer med Saunders et al. (1983) som observerer mindre innslag av kjønnsmodning ved lavere vintertemperaturer.

Samvirkning mellom arv og miljø setter spesielle krav til forsøksoppsettet. Forsøkene i denne oppgaven forsøker å eliminere/minske miljøeffekter ved at miljøforholdene innen og mellom søskengrupper holdes mest mulig like. Søskengrupper er vanligvis

avkom etter et foreldrepar. I denne oppgaven blir søskengrupper også kalt familier. Dersom to familier deler en av foreldrene, blir de kalt halvsøskengrupper.

Den observerte vekst og kjønnsmodning under like miljøforhold vil da hovedsakelig være en følge av:

- a) individuell variasjon.
- b) familiespesifikke genetiske egenskaper.
- c) artsspesifikke vekstmønster.

Studier av de tre aspektene blir vanskeliggjort ved at laksen har en anadrom livssyklus som kan inndeles i tre skarpt adskilte faser. Den første, som omfatter klekking og vekst fram til sjøtilpasset smolt, faller sammen med produksjonen i settefiskanleggene. I den andre fasen, i sjøen, øker fisken veksten kraftig i forhold til tiden i ferskvann og blir vanligvis kjønnsmoden i løpet av ett, to eller tre år i sjøen. Det har store økonomiske konsekvenser for matfiskanleggene at endel fisk fullfører denne fasen i anlegget og modner allerede andre høsten i sjøen. Slaktingen starter vanligvis seint andre sommeren og strekker seg fram til neste sommer. Den kjønnsmodne fisken er ikke salgsvare, i tillegg spiser den ikke i flere måneder og er utsatt for høy dødelighet. I denne oppgaven blir denne fisken kalt tert.

Den tredje fasen karakteriseres av den modnende villfiskens leten etter og oppgang i 'barndomselven' og har ikke noen direkte analog i oppdrett.

For å nøste opp det innfløkte bildet er det av interesse å lete etter begivenheter eller forhold mellom og innen familiene som induserer eller samvarierer med kjønnsmodning. For å inkludere både ett- og toårssmolten av de samme familiene i en undersøkelse, samt foreta datainnsamlingen til denne oppgaven innen en

rimelig tidsramme, blir det fokusert på veksten fram til andre høsten i sjøen.

Det er av økonomiske årsaker en fordel å lete etter begivenheter som har en forbindelse med senere vekst og modning som inntreffer **så tidlig som mulig** i produksjonssyklusen. Denne oppgaven vil derfor følge fisken fra og med ferskvannsfasen.

Selv om det hadde vært ideelt å følge familiene helt fra klekking er det ikke uten relevans at forsøket startet når fisken var fra 5-7 måneder gamle. På omtrent dette tidspunktet har Thorpe (1977) og Bailey, Saunders og Buzeta (1980) funnet begynnende bimodale (totoppete) lengdefordelinger på henholdsvis skotsk og kanadisk laks. I denne oppgaven vil de to toppene i en slik lengdefordeling bli kalt nedre modal (minste fisken) og øvre modal (største fisken). I disse refererte tilfellene utgjorde øvre modal ettårssmolten.

Selv om forfatterne ikke gjorde noe poeng av det, viste Knutsson og Grav (1976) lengdefordelinger fra norsk laks som gav inntrykk av bimodalitet. Bimodaliteten var på langt nær så klar som i de tidligere nevnte arbeidene, men den antydte øvre modal falt i stor grad sammen med utviklingen av fiskens sjøtoleranse.

**Med utgangspunkt i familier av lakseunger i slutten av september, første leveåret, blir hovedformålet med denne oppgaven å søke etter sammenhenger mellom vekst og modning innen og mellom familiene fram til andre høsten i sjøen. Videre er det av interesse om laksen i løpet av denne perioden følger vekstmønstre som er uavhengig av familietilhørighet.**

I tillegg til laksens generelle livssyklus, er det økende interesse for forekomsten av dverghanner i oppdrett. Dverghanner er lakseunger som blir kjønnsmodne allerede i ferskvannsfasen. I oppdrett i Norge observeres de helst andre vinteren, dvs. blant den potensielle toårssmolten. Innslaget av dverghanner i forskjellige familier varierer og fenomenet synes å være lite rela-

Sette 2,  
vil bud.  
problem-  
stilling!

tert til andre egenskaper ved familiene (Glebe, Eddy og Saunders, 1980 og Gjerde 1981).

Nævdal (1984) foreslår at både varierende innhold av dverghanner og muligheten for at de lett blir oversett kan være skyld i motstridende resultater for sammenhenger mellom vekst og kjønnsmodning i sjøen.

De praktiske forsøkene må nødvendigvis følge den tidligere nevnte faseinndelingen og den grunnleggende problemstillingen ble derfor slik:

*Dette er ikke tilknyttede  
problemstillinger. —  
2 & 4 = undergruppe av 3!*

(1) Er det mulig å reprodusere resultatene til Thorpe (1977) og Bailey et al. (1980) og få en tilsvarende klar bimodalitet i løpet av første året i ferskvann? I så fall, kan bimodaliteten settes i forbindelse med et spesifikt vekstmønster?

(2) Hvis man tar utgangspunkt i en gitt smoltstørrelse, gir den noen forventning med hensyn til vekst og modning fram til andre høsten i sjøen? I så fall, eksisterer sammenhengen hovedsaklig **innen** eller **mellom** familiene? Følger tertten et generelt vekstmønster før modning?

(3) Er eventuelle sammenhenger mellom vekst og modning av en slik karakter at det eksisterer årsakssammenhenger mellom ferskvannsfasen og sjøfasen innen og/eller mellom familiene? Dvs., er det forbindelse mellom punkt (1) og (2)?

(4) Dersom det eksisterer en sammenheng mellom smoltstørrelse og senere skjebne i sjøen (punkt (2)), følger dverghannene det generelle mønster? Hvis ikke, hvilket vekstmønster har dverghannene i sjøen? Er det noen trekk i familienes egenskaper i ferskvann og sjø som synes relatert til andel dverghanner i familiene?

### 3. M A T E R I A L E   O G   M E T O D E R

Hovedforsøket i denne oppgaven startet med 11 870 5-7 måneder gamle lakseunger (Salmo salar) ved Akvakulturstasjonen Matre i september 1981. Representative prøver ble lengdemålt gjentatte ganger fram til både ett- og toårssmolt. Et tilfeldig utvalg av begge årsklasser ble satt i sjøen ved Akvakulturstasjonen Austevoll og fulgt videre. Ettårssmolten ble målt fram til slakting etter to år i sjøen i juli 1984. Toårssmolten ble fulgt til september samme året og hadde da vært ett og et halvt år i sjøen. Datagrunnlaget ble videre utvidet med et uavhengig forsøk med lakseunger ved Havforskningsinstituttet.

Følgende forsøk ble gjennomført:

#### FORSØK A

Vekst av 11 familier av lakseunger ved Akvakulturstasjonen Matre fram til ett- og toårssmolt.

#### FORSØK B

Vekst av tre halvsøskengrupper av lakseunger ved to forskjellige temperaturregimer ved Havforskningsinstituttet.

#### FORSØK C

Individuell vekst av den overførte fisken fra forsøk A i sjøanlegget ved Akvakulturstasjonen Austevoll.

Generell forsøksbeskrivelse for de tre forsøkene gis under kapittel 3.1.A, 3.1.B og 3.1.C.

### 3.1.A FORSØK A, VEKST AV 11 FAMILIER LAKSEUNGER I FERSKVANN

#### 3.1.A1 STAMFISKEN

Forsøksfisken er avkom etter stamfisk ved tre sjøanlegg;

A=Akvakulturstasjonen Austevoll.

S=Akvakulturstasjonen Matre (sjøanlegget på Solheim).

B=Bolaks A/S. (Anlegget ligger ved Eikelandssosen.)

Tab. 3.1 gir oversikt over kjente data for stamfisken. Under 'krysning' gis en kode for familienes foreldrepar. Hele årsklasser ved Akvakulturstasjonen Matre betegnes ved å gi den enkelte hunn ett nummer og den enkelte hann en bokstav. For letthets skyld blir det innført en ny familiekode. Hver helsøskengruppe gis et heltall som kode, mens halvsøskengrupper blir skilt på desimalen. I dette tilfellet er det tre halvsøskengrupper med samme far.

Tab. 3.1: Oversikt over stamfisk og familier i forsøk A.

KRYSNING X ↓	ANLEGG	L E N G D E		NY FAMILIE KODE
		hunn	hann	
33+I	A	64	84	1
5+B	A	66	89	2.1
7+B	A	59	89	2.2
5+C	S	-	-	3.1
4+C	S	-	-	3.2
15+E	A	62	82	4
29+H	A	65	85	5
26+G	A	57	90	6
11+C	A	64	85	7.1
10+C	A	67	85	7.2
4+B	B	(+)	95	8

(+) Rogn fra 6 forskjellige hunner ble i dette tilfellet først blandet og deretter delt i to. Hunnene hadde vært ett og et halvt år i sjøen og var ca 60 cm. lange.

Alle fiskene med anført lengde var førstegangsgytere og hadde to overvintringer i sjøen.

### 3.1.A2 FORSØKSFISKEN

Rognen ble lagt inn på klekkeriet i Matre høsten 1980, og den klekket vinteren 1981. Tab. 3.2 viser en del data om gruppene før forsøksstart.

Tab. 3.2: Data for gruppene brukt i forsøket. Dataene er hentet fra journaler ved Akvakulturstasjonen Matre.

FAM.	INNLAGT 1980	KLEKKET 1981	STARTFORING 1981	SNITTVEKT aug.	ANTALL sept.
1	13.nov	19.feb	4.apr	1.22g	1000
2.1	6.nov	9.feb	4.apr	2.15g	2269
2.2	6.nov	5.feb	4.apr	2.91g	1946
3.1	6.nov	5.feb	20.apr	1.00g	1125
3.2	6.nov	16.feb	20.apr	0.98g	1050
4	6.nov	22.jan	3.mars	-	1000
5	13.nov	30.jan	11.mars	-	1000
6	13.nov	30.jan	11.mars	3.18g	1016
7.1	13.nov	30.jan	11.mars	-	1000
7.2	13.nov	30.jan	11.mars	1.60g	1000
8	7.des	16.mars	28.apr	0.98g	1350

*1) Forskjellene i snittvekt er stor - også i forhold til startforingsdato  
2) Fann. kan ikke være behandlet likt! Se s. 1.?*

Våren 1981 ble det nye resirkulasjonsanlegget på Matre tatt i bruk. Dette førte til gunstige temperaturer under startforingen utover våren.



### 3.1.A3 FORSØKSOPPSETT A

Oppsettet var ment å skulle gi relativt like forhold for familiene samtidig med at familiene kunne identifiseres. I slike tilfeller er det vanligvis mest hensiktsmessig å finneklippe gruppene og blande dem, men denne løsning ble ikke valgt her. Det vil ofte være problemer med nedsliting og regenerering av finner som kan skape problemer med identifisering av finneklippet fisk. Hver familie utgjorde således en gruppe og ble plassert i hvert sitt kar. For å ha sammenlignbare tettheter i karene og for å studere effekten av sortering ble de to mest tallrike familiene, fam. 2.1 og 2.2 delt opp i tre; minste- og størstesortering og en kontrollgruppe. Heretter vil disse seks grupperingene bli benevnt med bokstavene M(minste-), S(største-) eller K(kontroll) i tillegg til familiekoden, f.eks fam. 2.1M. Antallet i fam. 8 var relativt høyt, men liten størrelse på fisken gav ikke høy tetthet. Antallet i de enkelte gruppene gjennom hele forsøk A er gitt i tab. 3.3.

Tetthet er  
en  
vesentlig  
faktor. -  
Hva er  
tetthet  
def. - ?  
antall  
eller  
kg/l  
eller  
kg/dm<sup>3</sup>  
eller  
?  
Def. s. 102.

KAR. Karene var sirkelrunde med 1 meter diameter og senteravløp. Bare en mindre del av karet var tildekket.

PLASSERING OG LYS. De 15 karene lå på samme rekke i produksjons- hallen. Siden lyskilden var langsgående rekker av lysrør som løp parallelt med karrekken ble lys og skyggevirking lik i alle karene. Lyset ble slått automatisk av ca. 8 timer i døgnet. En rekke med gjennomsiktige plater i taket i hallen gav sannsynligvis fisken en føling med naturlig fotoperiode. Av mulig betydning er det at familiene nærmest inngangsdøren er mer utsatt for stress pga. flere forbipasseringer av personalet på stasjonen. Fam. 1 var nærmest døren, videre kom fam. 2.1K, 2.1M, 2.1S, 7.1, 4, 2.2K, 2.2M, 2.2S, 3.1, 3.2, 5, 6, 8 og til slutt fam. 7.2.

Tab. 3.3: Antall i familiegruppene gjennom forsøk A.

D A T O	F A M I L I E														
	1	2.1K	2.1M	2.1S	2.2K	2.2M	2.2S	3.1	3.2	4	5	6	7.1	7.2	8
29-30															
SEPT-81	1000	771	938	557	710	558	678	1000	1000	1000	1000	1016	710	1350	1050
6-7															
JUNI-82	789	572	464	535	589	388	617	832	909	905	836	703	454	626	599
1)	723	833	- 2)	-	608	- 3)	-	456	551	461	402	442	405	600	570
20-21															
AUG-82	536	384			487			448	539	400	369	414	393	430	398
19-20															
DES-82	311	239			441			402	457	311	340	344	363	336	258
21-25															
MARS-83	306	229			402			345	400	293	304	303	198	328	236

1) Antall igjen etter utsortering og merking.

2) Fisken fra S og M gruppene i fam. 2.1 ble slått sammen med K-gruppen.

3) Fisken fra S og M gruppene i fam. 2.2 ble slått sammen med K-gruppen.

VANN. Vannkilden var hovedsakelig ellevann fra Matreelven. Imidlertid har man på anlegget gode erfaringer med å tilsette sjøvann i små mengder (opptil ca. 5 promille) i perioder med lav pH. Dette var tilfelle i februar 1982. Sjøvann ble tilsatt fordi mildvær førte til snøsmelting og surt vann, noe som igjen gav økt dødelighet. Temperaturen på ellevannet er gitt i fig. 3.1. Temperaturene vil i perioder være litt for lave grunnet sjøvannstilsetningen. Når sjøvann ikke ble tilsatt varierte surheten (pH) mellom 5.0 og 5.5.

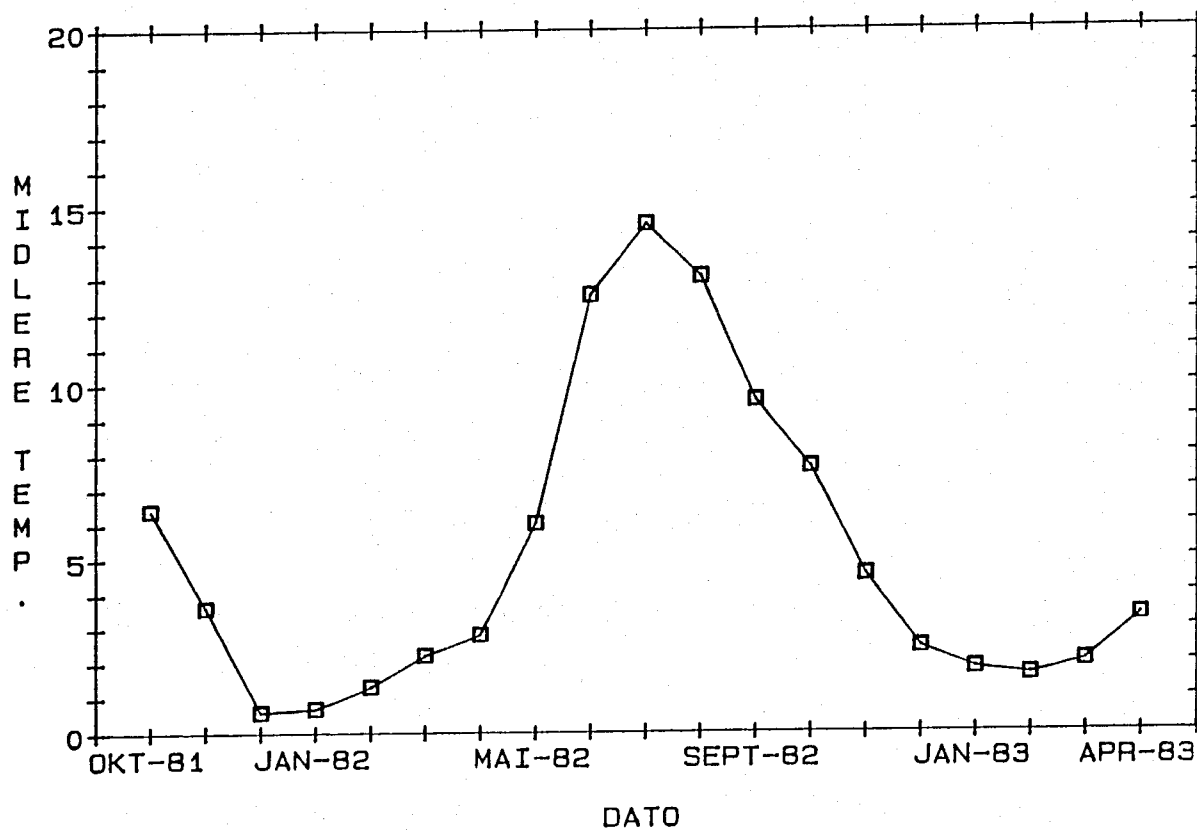


Fig. 3.1. Midlere månedstemperatur i forsøk A.

### 3.1.A4 ARBEIDSPROSEDYRE

Det praktiske arbeidet i forsøk A, oversikt i tab. 3.4, bestod i:

*Subjekt ?*

LENGDEMÅLING. Måler et tilfeldig utvalg av fisken i hvert kar.

Tappet mesteparten av vannet ut av karet for å presse fisken mest mulig sammen for at stor og liten fisk skulle ha samme mulighet til å bli fanget i håven. 91-160 fisk ble målt i hvert kar hver gang. Antallet er såpass varierende fordi man helst ikke vil avslutte målingen før all fisken i bedøvelseskaret er målt. Man har gjerne en tendens til å være selektiv når man plukker opp fisk fra bedøvelseskaret. Dessuten ble det valgt gradvis høyere antall utover i forsøket etterhvert som spredningen økte. Den totale lengden av lakseungen ble målt når den lå bedøvet på målebrettet uten å strekke ut halen.

MERKING. Fisk som var smoltifisert eller nær smoltifisering ble merket med Carlin merker (Carlin, 1955) og den enkelte fisks morfologiske smoltifiseringsgrad (definiert i kap. 3.2) ble notert.

OPPTELLING. Opptelling av all fisken.

SORTERING. Utsortering av helt eller delvis smoltifisert fisk. Denne fisken ble enten merket for overføring til forsøk C eller gikk ut av forsøksmaterialet.

VAKSINERING. Vaksinerings av fisk mot vibriose med den såkalte 'Tromsø-vaksinen'. Metode og vaksine er beskrevet av Egidius et al. (1982).

FINNEKLIPPING. I forsøk A innebærer dette klipping av fettfinnen for seinere identifisering av hanner som har vært kjønnsmodne i ferskvann. Bare fisk som det var mulig å presse melke av, ble regnet som sikker hann.

Tab. 3.4: Dato for målingene og arbeidsoperasjoner i forsøk A.

DATO	ARBEIDSOPERASJONER
29-30. september 1981	Lengdemåling, opptelling
30-31. oktober 1981	Lengdemåling
15-16. desember 1981	Lengdemåling
14-15. februar 1982	Lengdemåling
1-2. april 1982	Lengdemåling
9-10. mai 1982	Lengdemåling
2-14. juni 1982	Lengdemåling, opptelling, sortering, merking, Vaksin.
20-21. august 1982	Lengdemåling, opptelling
28-29. september 1982	Lengdemåling
1-4. november 1982	Lengdemåling, opptelling, (1) merking, sortering
19-20. desember 1982	Lengdemåling, opptelling, finneklipping.
21-25. mars 1983	Lengdemåling, opptelling, merking, sortering.

(1) fisken som ble sortert ut og merket her, blir ikke behandlet i denne oppgaven.

Behandling av  
Død Fiske!

### 3.1.B FORSØK B, VEKST AV LAKSEUNGER VED TO TEMPERATURER

#### 3.1.B1 FORSØKSOPPSETT B

Forsøksfisken bestod av tre familier (halvsøskengrupper) med tilsammen 3000 startforete fisk. Fisken ble transportert fra Matre til Havforskningsinstituttet i slutten av april 1983. Den hadde tidligere vært utsatt for vibrioseangrep pga. tilsetting av sjøvann og var i tilsynelatende dårlig form. Karene hadde på dette tidspunktet ikke forautomater. Fisken klumpet seg mye i karene, muligens fordi karene var lite egnet til liten fisk. I løpet av ett par måneder døde 30 prosent og forsøkstart ble utsatt til 4.juni 1983. Da ble hver av de tre familiene delt i to og satt i hver sitt kar med jevne temperaturer rundt 10 og 15°C. Lyset stod konstant på og intensjonen var å holde forholdene slik fram til neste vår. Bortsett fra en treukers periode stod undertegnede for det daglige stell av fisken.

*Ref.* Forsøket forløp så normalt fram til oktober. Tiltakende dødelighet i perioden fram til november slo ut fisken i de tre karene som gikk på høyest temperatur. Den døde fisken manglet nesten alltid øyene. Øyebiting oppstår gjerne i forbindelse med mye lys, høy temperatur og manglende foring. Lengdemålingene fra denne perioden blir derfor ikke brukt i oppgaven.

Fisken i de tre karene som hadde gått på rundt 10°C utgjorde materialet til et nytt forsøksoppsett. I perioden fra midten av november til årsskiftet sank temperaturen til ca. 8°C.

På grunn av enkelte sykdomstegn også i de tre kaldtvannsgruppene, ble ikke fisken omgruppert før alt virket normalt igjen. De første dagene i januar 1984 ble de to mest tallrike familiene hver delt i to og satt i to "varmtvannskar" og to "kaldtvannskar". Den tredje gruppen ble fordelt på alle fire karene. Det er resultatene fra denne delen av forsøket som vil bli omtalt som forsøk B. Forsøket varte fram til 10. okt. samme året.

KAR. Karene hadde et volum på ca. 200 liter. De var avlange med avrundete hjørner. Dybde og bredde ca. 50 cm. og lengde ca. 90 cm. Vanninntaket lå midt på langsiden og uttaket var sentrert i karene. *Hvilken type kar - ? Skisse.*

LYS. Lysmengden var konstant i hele forsøket uten noen form for naturlig fotoperiode. Lyset stod konstant på, men ble kraftig redusert åtte timer i døgnet. Fisken tok foret hele døgnet, men forspillet økte ved svakt lys. *Var dette en heldige lysforhold?*

FORING. Fisken ble automatforet hvert 25. de minutt 24 timer i døgnet. Hver utforing varte i 15 sek. Foret ble blandet av forskjellige forpartikkelstørrelser og fisken ble tildels overforet for om mulig å minske laksungenes spredning i størrelse. Det siste førte nok til litt stress pga. daglige opprensninger i karene.

TEMPERATUR. Temperaturen ble forsøkt holdt 4-5°C høyere i de to varmtvannskarene (fig. 3.2). Tekniske problemer førte til at temperaturforskjellene var mindre i begynnelsen av forsøket. For at kaldtvannsgruppene skulle oppnå smoltstørrelse i løpet av forsøket ble temperaturen her langsomt hevet etter 20 uker til all fisken gikk på samme temperatur. Betegnelsen 'kaldtvannsguppe' har her bare relativ mening. Antall uker fra finneklipping av fisken (tab. 3.5) er sammenfallende med ukenummer i 1984 (fig. 3.2).

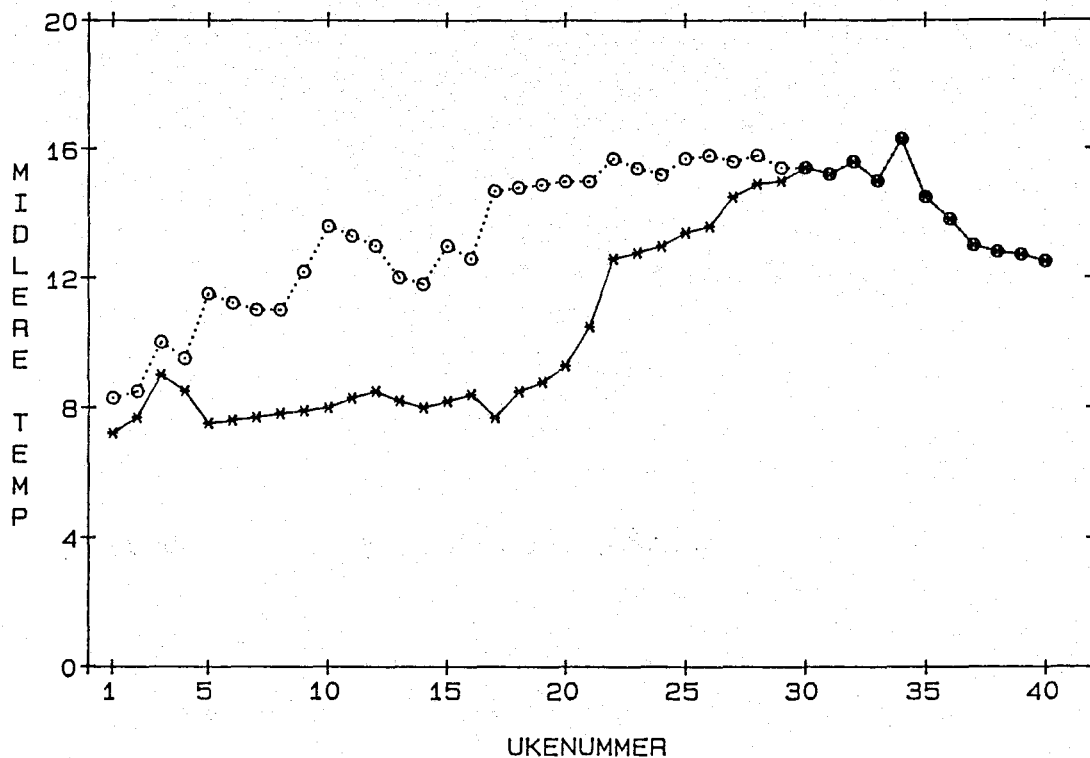


Fig. 3.2. Midlere uketemperatur i forsøk B fra 3. januar 1984 til 10. oktober 1984.

### 3.1.B2 ARBEIDSPROSEDYRE

All fisken ble finneklippet avhengig av lengde slik som vist i tab. 3.5. I tillegg ble fettfinnen klippet på den familien som ble fordelt i alle karene.

MÅLINGER. Den totale lengden av fisken (uten å strekke ut halen) ble målt når den lå bedøvet på målebrettet. All fisken ble målt ved hvert måletidspunkt (tab. 3.6). Dødeligheten ble sjekket nesten hver dag, og finneklipping og lengde ble notert på den døde fisken. Målingene fortsatte helt fram til alle fiskene (bortsett fra de aller minste) var helt eller delvis smoltifisert (i følge tab. 3.11).



Tab. 3.5: Finneklipping for å identifisere størrelsesgrupper utført 3.januar 1984. (Antallet blir delt videre opp i de to temperaturgruppene i tab. 4.4).

STØRRELSE 3.JAN	FINNEKLIPPING	BETEGNELSE	ANTALL
4.8 til 6.0 cm.	Høyre brystfinne	femmere	131
6.0 til 6.9 cm.	Uklippet	seksere	426
7.0 til 7.9 cm.	Venstre bukfinne	syvere	257
8.0 til 8.6 cm.	Høyre bukfinne	åtttere	37

Tab. 3.6: Dato for lengdemålingene i forsøk B.

DATO	ARBEIDSOPERASJON
3.januar 1984	Oppdeling i to kaldt- og varmtvannskar. Finneklipping avhengig av lengde.
3.mars	Lengdemåling
28.april	Lengdemåling
28.mai	Lengdemåling
19.juli	Lengdemåling
13.september	Lengdemåling, smoltifiseringsgrad notert.
29.oktober 1984	Lengdemåling, smoltifiseringsgrad notert.

### 3.1.C FORSØK C, VEKST I SJØ

#### 3.1.C1 FORSØKSFISKEN

Forsøk C omfatter utelukkende fisk fra forsøk A. Fisken ble individmerket med Carlin-merker i to puljer.

1 200 ettårssmolt ble merket fra 7-14. juni 1982. Utbrudd av vibriose på Akvakulturstasjonen Matre førte til at fisken samtidig ble vaksinert (vaksine, se side 11).

Ettårssmolten ble deretter forflyttet midlertidig til stasjonens sjøanlegg på Solheim 1.2 mil lenger ute i Masfjorden 27. juli 1982. Saliniteten der ligger på rundt 17-25 promille, dermed fikk settefisken en forsiktig overgang til sjøvann før den ble kjørt i transportkar til Akvakulturstasjonen Austevoll 13. september 1982.

Den andre merkepuljen, som bestod av 1000 toårssmolt, ble merket 21-25. mars 1983 og kjørt i transportkar fra Matre til Austevoll 12. april 1983.

Begge merkepuljene ble satt i egne mærer da de ankom Austevoll. Ettårssmolten ble supplert med et mindre antall fisk i januar 1982. Tillegget bestod av 180 fisk fra Matre som ikke er behandlet i denne oppgaven. Toårssmolten fikk selskap av 140 fisk fra et annet forsøk de siste ni månedene av forsøket.

### 3.1.C2 ARBEIDSPROSEDYRE

Før målingene på Austevoll ble fisken trent sammen i ett hjørne av noten og håvet opp i stamper. Fisken ble så transportert opp i hallen på stasjonen. Der ble den først håvet opp i ett større kar med kontinuerlig vannforsyning og deretter opp i et bedøvelseskar med benzocain. Selv om tilbaketuren foregikk uten håving, medførte dette tre håvinger pr. fisk. Ved de tre siste målingene ble fisken håvet to ganger siden stasjonen hadde fått flytebrygge som var dimensjonert til truck. Metodene er standard ved stasjonen.

Lengde, vekt og merkenummer ble punchet direkte inn på en ABC-80 datamaskin av personell på stasjonen. Undertegnede og ytterligere en eller to ansatte sto for avlesningene.

Måletidspunktene for ett- og toårssmolt vises i tab. 3.7 og 3.10. Det lange avbrekket i målingene fra desember 1983 til juli 1984 skyldes at man ikke ville stresse fisken så lenge det var registrert Hitrasyke på anlegget. Av samme grunn ble fóringen redusert, og dette gjorde også målinger i denne perioden mindre aktuell. Antall målte fisk i hver familie i tab. 3.8 og 3.9.

Tab. 3.7: Målinger på ettårssmolt på Austevoll.

MÅNEDER I SJØEN	DATO	KOMMENTAR
5.0	15.des 1982	Mye sår
7.0	16.feb 1983	
9.5	5.mai 1983	Sårene helet
11.0	27.juni 1983	Begynnende kjønnsmodning
13.5	6.sept 1983	Kjønnsmodningen registrert
16.5	10.des 1983	
23.5	9-10.juli 1984	Utvelgelse av stamfisk, slakting av resten. Kjønn og kjønnsmodning ble notert

Tab. 3.8: Ettårssmoltens antall ved målingene gjennom forsøk C.

FAM.	M Å L E T I D S P U N K T						
	15.DES 1982	16.FEB 1983	5.MAI 1983	27.JUNI 1983	6.SEPT 1983	10.DES 1983	10.JULI 1984
1	38	31	30	28	26	26	16
2.1	50	44	42	41	38	38	28
2.2	64	64	48	48	45	44	35
3.1	46	45	32	32	28	28	24
3.2	56	45	45	44	40	40	34
4.0	58	53	51	48	46	46	30
5	36	34	24	24	21	20	12
6	80	70	70	70	70	69	43
7.1	7	5	4	4	4	4	2
7.2	23	16	16	13	13	11	10
8	4	4	3	3	3	3	3

Tab. 3.9: Toårssmoltens antall gjennom målingene i forsøk C.

F A M .	M Å L E T I D S P U N K T			
	22.SEPT. 1983	14.DES. 1983	4.JULI 1984	10.OKT. 1984
1	83	76	59	58
2.1	82	76	63	59
2.2	84	78	63	62
3.1	75	67	53	49
3.2	61	51	46	43
4	68	63	49	39
5	54	50	32	32
6	70	65	53	51
7.1	74	68	60	54
7.2	63	56	43	41
8	43	32	28	25

Tab. 3.10: Målinger av toårssmolt på Austevoll.

MÅNEDER I SJØEN	DATO	KOMMENTAR
5.5	22.sept 1983	
8.0	14.des 1983	
15.0	4.juli 1984	
18.0	10.okt 1984	Kjønnsmodningen registrert

### 3.2 KLASSIFISERING AV SMOLTIFISERINGSSTADIER

Både i forsøk A og B var det behov for å vurdere lakseungenes smoltstatus. Smoltstatus er her definert som en kode for hvor fisken befinner seg i utviklingen fra en ikke sjøvannstolerende lakseunge til en sjøtilpasset smolt.

Smolten skiller seg ut både i form og farge. Den er mer strømlinjeformet og har et sølvaktig utseende. Disse forskjellene faller sammen med kompliserte fysiologiske endringer (Hoar, 1976).

Johnston og Saunders (1981) deler prosessen inn i tre kategorier:

- (1) 'Parr'. Lakseunge med tydelige parrmerker (fingermerker) og lite sølvfarge.
- (2) 'Silvery parr'. Noe parrmerker og endel sølvfarge.
- (3) 'Smolt'. Fullstendig forsølving av kroppen, ingen fingermerker og mørke kanter på finnene.

Konklusjonen fra det samme forsøket (Johnston og Saunders, 1981) var at saltvannstoleransen ble utviklet før fisken hadde fått det typiske smoltutseendet. Dessuten har Knutsson og Grav (1976) vist at saltvannstoleransen i stor grad er lengdeavhengig.

z For sølvlaks (Oncorhynchus kisutch) fant Gorbman et al. (1982) det formålstjenlig å sette opp følgende skjema (litt forenklet her):

- (1) Parr. Lysebrun til gulaktig kroppsfarge, gul til brun-orange farge på finnene, tydelige mørke parrmerker, relativt robust utseende og få eller ingen blanke skjell.
- (2) Overgangsform. Parrmerkene svekkes pga. endel blanke skjell, farge på finnene er lys eller jevnt grå, relativt robust utseende.
- (3) Smolt No.1. Parrmerkene nesten utvisket pga. mange blanke skjell, finnene lyse med små innslag av svart pigment på kanten av ryggfinnen og halefinnen.
- (4) Smolt No.2. Parrmerkene er helt vekke, større innslag svart pigment på ryggfinnen og halefinnen, fisken er slank.
- (5) Smolt No.3. Som Smolt No.2, men intenst svart pigment på ryggfinnen og halenfinnen.

I mine forsøk har jeg ikke testet eksplisitt saltvannstoleransen til de observerte mellomstadiene eller den smoltifiserte fisken. Det er her antatt at fiskens morfologi gir et tilstrekkelig bilde av den fysiologiske tilpasning. Det kunne se ut som om smoltifiseringsprosessen ytret seg ulikt i forskjellige kar, men den generelle utviklingen var lik nok til å foreta en enkel klassifisering (tab. 3.11).

Tab. 3.11: Forenklet klassifisering av smoltifiseringsstadier tilpasset bruken i forsøkene. Kategori S-3 er den minst smoltifiserte osv.

KATEGORI	BESKRIVELSE
<i>Hva meses med det -?</i> S-3	- Lakseungen har kroppsform som en parr ( <u>relativt høy kondisjon</u> ), fingermerkene begynner å bli visket ut, noen blanke skjell. Lengden er minst 11 cm.
S-2	-Fisken har svake fingermerker og stort innslag av av blanke skjell, litt lavere <u>kondisjon</u> enn S-3. eller -Fisken har like farger til S-3, bare litt svakere fingermerker, nesten like slank som smolt.
S-1	-Fisken like slank som smolt, svakt gulaktig bånd ned på siden og gjerne gulbrune flekker på hodet. Det mørke ryggfeltet strekker seg lenger nedover siden enn på smolt.
S (Smolt)	-De mørke båndene på halefinnen og brystfinnene synes klart. Jevn blank farge på sidene uten matte felter. Med noen unntak svært slank. Farge på ryggen grønnlig, blåaktig eller svart.



### 3.3 MATEMATISKE OG STATISTISKE METODER

#### 3.3.1 BRUK AV FRAKTILER

*Fortsettelse vi at ....*

I forsøk A og B lengdemåles fisk fra samme gruppe ved flere tidspunkt. De resulterende lengdefordelingene blir da et resultat av fiskens vekst og gruppens dødelighet i den angjeldende perioden ((forutsatt at det målte utvalg er representativt)). For å avdekke en eventuell sammenheng mellom fiskens utgangslengde og lengdeøkningen i tiden mellom to målinger, ble lengdefordelingene delt inn i fem fraktiler. *Begrepet blir def. for det brukes!*

*En* En gitt lengdeverdi X gir en Y prosent fraktil når Y prosent av lengdeprøven er mindre enn X. Lengdefordelingene blir delt ved fem verdier gitt ved 13, 33, 53, 73 og 93 prosent fraktilene (se fig. 3.3). Disse er gitt i millimeter.

Det var i utgangspunktet meningen å dele lengdefordelingene i fem fraktiler som gikk fra 20 til 100 prosent, såkalte kvintiler. Når dette ikke ble gjort, skyldes det to forhold: *er dette riktig!*

Verdien av fraktilen på 100 prosent blir bestemt av den største enkeltfisken i måleprøven og gir dermed et dårlig mål på gruppens egenskaper.

Selv om fraktilverdiene ligger tett inn mot tyngdepunktet i fordelingen ville fraktilen på 20 prosent gripe om en forholdsvis stor del av fordelings lengdeutstrekning. En lavere verdi enn 20 prosent vil derfor nyansere bildet av endringene i fordelingen. Forøvrig er fratrukket på 7 prosent fra kvintilverdiene tilfeldig valgt.

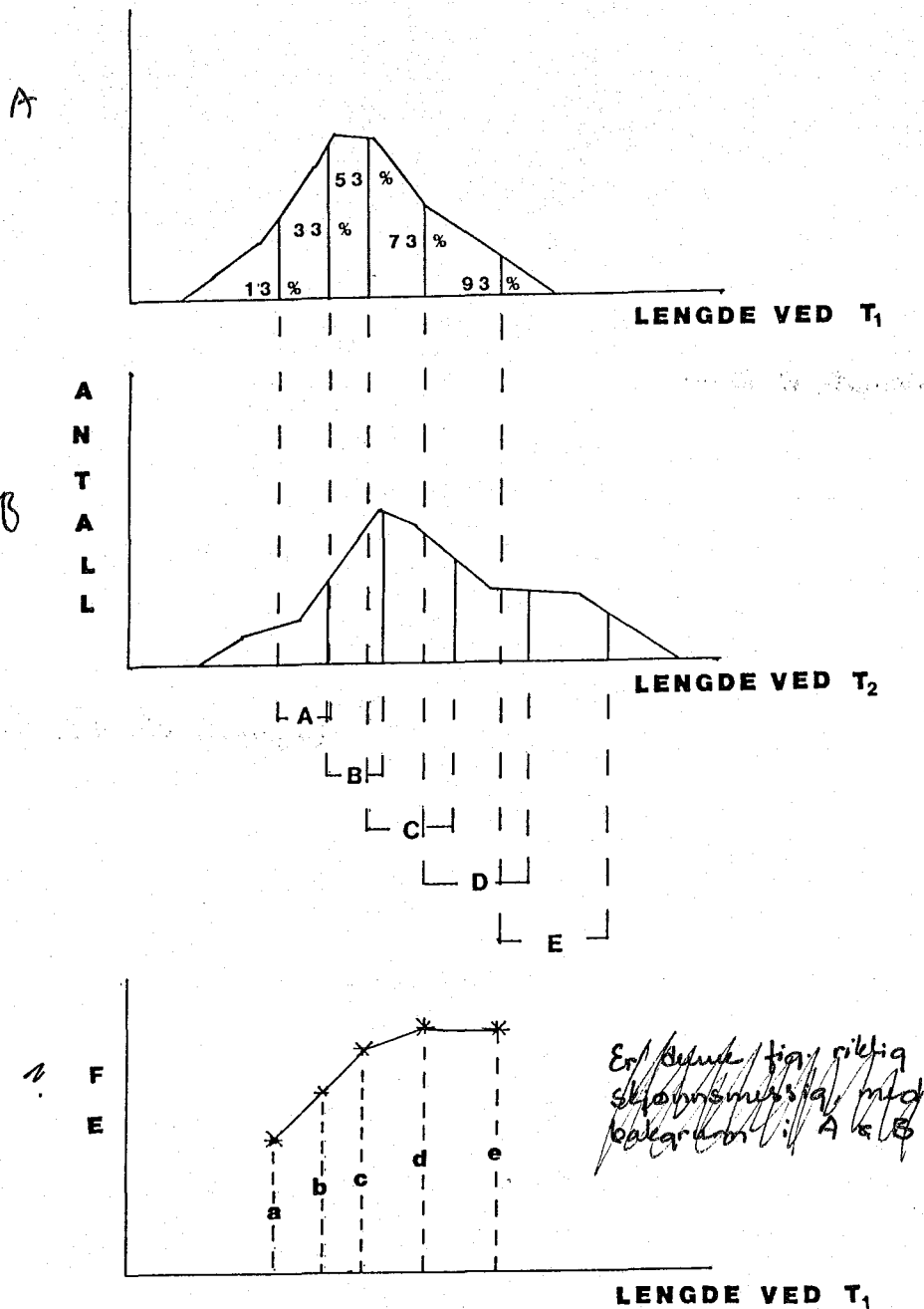


Fig. 3.3. Metode for framstilling av fraktilendring, heretter forkortet FE. A, B, C, D og E gir 'lengdeøkningen' for de fem fraktilene mellom to målinger. Disse målene blir dividert med døgngrader, derav framkommer a, b, c, d og e i den nederste delen av figuren.

Def. i  
 Tekest  
 Hvorfor gjøres dette?

Metoden vil gi ett bilde av endringene i lengdefordelingene mellom flere tidspunkt. Dersom resultatene skal kunne oppfattes som fiskens eventuelle lengdeavhengige vekstmønster må følgende forutsetninger være oppfylt:

- (1) Fisk med like lengder må ha lik vekst.
- (2) Dødeligheten må ikke være selektiv m.h.p. lengde i perioden.
- (3) Utvalget må være representativt.
- (4) Målingene må være foretatt hyppig nok til å gi god dekning av fiskens vekst. Hvis ikke kan det tenkes at fisken mellom to målinger har vokst gjennom et lengdeintervall hvor vekstraten har variert. I et slikt tilfelle blir oppløseligheten av metoden for dårlig.
- (5) Tettheten i karene må ikke være så stor at den kan forventes å virke vesentlig inn på veksten eller vekstmønsteret.

### 3.3.2 MULTIPPEL REGRESJONSMODELL

Det ble forsøkt å sette opp en modell som betraktet den enkelte fisks lengde eller vekt i sjøfasen som en avhengig variabel som ble påvirket av følgende uavhengige variable;

- fiskens størrelse ved utsetting i sjø
- fiskens familietilhørighet
- alder ved modning, i dette tilfelle om fisken modner etter ett år i sjøen.

For å oppnå dette benyttes en multippel regresjonsanalyse.

Smoltstørrelsen er hele tiden den egentlige uavhengige variabel, i tillegg ble familietilhørighet og modning/ikke modning brakt inn i modellen som 11 'dummy' variable (variable som har verdien 0 eller 1). Metoden som blant annet er beskrevet i Draper og Smith (1981) gir da en ligning på formen;

$$Y = b_0 + b_1X + a_1Z_1 + a_2Z_2 + a_3Z_3 + a_4Z_4 + \dots + F$$

*forkastningsledd. (uttrykker fordelingen - dette er normalfordeling)*

hvor  $Z$ 'ene står for 'dummy' variablene. Disse variablene vil heretter bli kalt **kildevariable**. Effekten av en familie fremkommer ved at dennes  $Z$ -variabel har verdien 1 for familien, 0 for andre fisk. Da vil leddet  $a_k Z_k$  ( $= a_k$  eller 0) bli en konstant som regnes sammen med konstantleddet ( $b_0$ ) i ligningen.

Familietilhørigheten vil da variere konstantleddet i hvert tilfelle. Situasjonen kan tenkes som at vi forsøker å samle ett knippe **parallele** regresjonslinjer. Dette er eksemplifisert i fig. 3.4. Dersom det er en funksjonell sammenheng mellom smoltstørrelse og senere størrelse i sjøen vil modellen slik den er brukt her anta samme stigningskoeffisient på de tenkte enkeltlinjene. De enkelte  $a$ -verdiene er i Draper og Smith (1981) kalt **responsnivået** til den enkelte kildevariabelen.

Responsnivået vil gi et uttrykk for om familien tenderer til å parallellforskyve den generelle regresjonslinjen opp eller ned (langs Y-aksen). Videre angir responsnivået den beregnede størrelsesforskjell mellom en familie og en tilfeldig valgt referansefamilie (fig. 3.4). Referansefamilien er definert ved at 'dummy' variablene til de andre familiene i dette tilfellet har verdien 0, og den får responsnivå lik 0.

Regresjonene ble utført trinnvis. Dette innebærer at variablene ble tilført en etter en for å se hvor stor del av variasjonen i den avhengige variabel som etterhvert ble forklart. Kvadrert korrelasjon anslår forklart varians.

Det må understrekes at selv om fig. 3.4 illustrerer bidraget fra hver familie som en egen tenkt lineær regresjonslinje, så gir modellen bare en regresjonslinje som er felles for hele materialet.

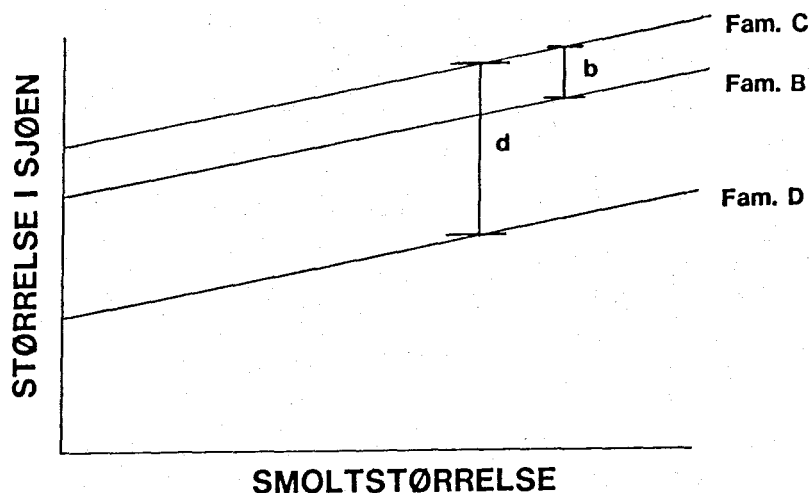


Fig. 3.4. Figurativ tolkning av multipl regressjon med 'dummy' variable (i dette tenkte tilfelle tre dummy variable). Tilsvarende eksempel i Draper og Smith (1981). Dersom responsnivåene er omregnet slik at den raskest voksende familien (her; fam. C) får responsverdi=0 blir b og d responsnivåene til fam. B og D (de blir negative).

### 3.3.3 ANDRE FORMLER OG METODER

#### Spesifikk vekstrate.

I forsøk C er spesifikk vekstrate (G) for individmerket fisk regnet ut mellom måletidspunktene etter formelen:

$$G = ( ( \text{Ln}(W_2) - \text{Ln}(W_1) ) \times 100 ) / ( t_2 - t_1 )$$

hvor -Ln er den naturlige logaritme.  
-W<sub>2</sub> og W<sub>1</sub> er vekten på tidspunktene t<sub>2</sub> og t<sub>1</sub> som er målt i dager.

Formelen er også brukt for vekst av laks av Thorpe, Talbot og Villarreal (1982), og der er enheten oppgitt til: G<sub>w</sub> % dag<sup>-1</sup>

#### Standardiserte lengder.

Smoltlengder blir standardisert etter formelen:

$$SS = ( SL - \text{SNITT} ) / \text{STANDARDVAVIK}$$

hvor -SS er standardisert smoltlengde.  
-SL er smoltens lengde.  
-SNITT er gjennomsnittlig smoltlengde i familien.  
-STANDARDVAVIK er beregnet for familien.

Innen familien vil de standardiserte smoltlengdene være normalfordelt rundt 0. Standardiseringen blir gjort for å eliminere effekten av forskjeller i smoltlengde mellom familiene når de slås sammen. De standardiserte smoltlengdene gir et mål for den relative størrelsen søsknene imellom.

### **Transformering av prosentverdier.**

TRANSFORMERT VERDI =  $\text{ARC.SINUS} (\text{PROSENT}/100)^{1/2}$

*Ta det med det det er*

Denne transformeringen er i følge Sokal og Rohlf (1981) nyttig ved bruk av prosentverdier for at dataene skal kunne forventes å være normalfordelte. Dette er en nødvendig betingelse fordi dataene skal brukes i lineære regresjoner. *bruke for det. -*

### **Oppsplitting av lengdefordelinger i flere modaler.**

Her er det brukt et program for oppsplitting av lengdefordelinger som er konstruert og beskrevet av Macdonald og Pitcher (1979). Programmet tar utgangspunkt i parameteranslag gitt av brukeren. Deretter utfører programmet iterasjoner for å tilfredsstille kriteriene i en metode som er sammensatt av 'maximum likelihood', minste kvadraters metode og et kji-kvadrat kriterium. Etter å ha valgt antall modaler og anslått forventning og varians til den enkelte modal, gir programmet bl.a. andel og gjennomsnittslengde med feilgrenser til hver modal.

### **'Kolmogorov-Smirnoff two sampel test'**

Dette er en ikkeparametrisk test som er brukt for å sammenligne to og to kumulative frekvensfordelinger. Nullhypotesen er alltid at fordelingene er lik hverandre. Metoden er beskrevet av Sokal og Rohlf (1981).

## **T-tester.**

Snittverdier er testet mot hverandre med t-test. T-testen som er brukt er en del av programpakken RS/1 (utviklet av Bolt Beranek og Newman Inc., 1983). Ved bruk av denne programpakken ble dataene først sjekket for normalitet, deretter ble variansen i de to utvalgene testet med en F-test. Dersom det da ikke var grunn til å anta ulike varianser, ble det brukt ordinær (i RS/1) t-test. Men hvis F-testen gav forkastning på 5 prosent nivå ble det istedenfor brukt t-test for ulike varianser. Dette er en litt svakere test og det blir bemerket når den har vært brukt.

### **3.4 ANVENDT EDB-UTSTYR**

#### **ABC-80**

Dataene fra Austevoll ble punchet inn på denne maskinen for midlertidig lagring.

#### **UNIVAC-1100**

Målingene fra Matre ble sortert og fraktilverdiene ble utregnet ved hjelp av egne programmer i Fortran, utført på UiB's UNIVAC 1100.

#### **NORD-500**

Lengdefordelingene fra forsøk A ble splittet opp i delkurver ved hjelp av Macdonald og Pitcher's oppsplittingsprogram (nærmere beskrivelse av programmet i kap. 3.3.3). Programmet befinner seg på Havforskningsinstituttets NORD-500 og er modifisert av Kjell Randa.



## DIGITAL PROFESSIONAL 350

Data fra alle forsøkene ble behandlet videre her med programpakken RS/1. Egne programmer i pakkens programspråk RPL er benyttet for blant annet:

- Sortering av dataene, sjekk av manglende eller feile merkenummer.
- 'Kolmogorov-Smirnoff two sampel test' for likhet mellom frekvensfordelinger.
- Standardisering av den enkelte smoltlengde.
- Generering av datafiler for grafisk presentasjon og videre bearbeidelse av figurenes design.

Videre ble RS/1 nyttet til t-tester og regresjoner. <sup>2</sup>

Kurver og histogrammer er plottet på pennplotter LVPl6 som styres av den nevnte programpakken.

Oppgaven (med tabeller) er skrevet på tekstbehandlingsprogrammet Dectext.

Den benyttede Digital Professional 350 maskinen befinner seg i lokalet til Havforskningsinstituttets Avdeling for Akvakultur i C. Sundts gt. 37.

*Hvilke programpakker og hvilke maskiner - ?*

## 4. R E S U L T A T E R

### 4.1 VEKSTMØNSTER FRAM MOT SMOLTIFISERING

#### 4.1.1 ENDRINGER I LENGDEFORDELINGENE

Fig. 4.1 til 4.15 viser lengdefrekvensfordelingene for forsøk A ved fem tidspunkt, fra og med forsøksstart til og med utsortering av ettårssmolt. Målingene 30-31. oktober 1981 og 9-10. mai 1982 skilte seg ikke vesentlig ut fra målingene like før og etter. De gav således ikke vesentlig informasjon og er ikke tatt med her.

Grunnlaget for fordelingene er prosent målte fisk innen hvert halvcentimeter intervall. For å lette sammenligningen er aksene like for 12 av gruppene. De tre gruppene med den minste fisken, fam. 7.1, 7.2 og 8, kunne ikke tilpasses samme oppsett og har andre, felles akseverdier.

Generelt har familiene ved forsøksstart 29-30. september 1981 en tilnærmet symmetrisk, men likevel 'skjev mot høyre fordeling'. Den strekker seg ytterligere mot høyre og manifesterer seg som en bimodalfordeling i tidsrommet desember-februar. Bimodaliteten forsterker seg ytterligere utover våren.

**Spesielt** er det forskjell på hvor langt denne utviklingen er kommet i familiene ved forsøksstart og hvor stor del av fisken som vokser opp i øvre modal.

Familiene 7.1, 7.2, og 8 kan betegnes som symmetriske ved forsøksstart og produserer svært lite ettårssmolt. Det er verd å merke seg at disse få fiskene synes å oppnå tilsvarende størrelse som resten av ettårssmolten. Dessuten utvikler disse familier seg i god overrensstemmelse med nedre modal i de andre gruppene.

Fam. 2.2(K), 4 og 3.1 har allerede ved forsøksstart oppnådd en synlig bimodalitet. Fam. 3.2 og 6 ikke er kommet like langt, men de utvikler seg likevel fram til en tilsvarende klar bimodalitet i juni.

En skal spesielt legge merke til de fire sorterte gruppene (fam. 2.1M,S og 2.2M,S). Sorteringen bryter opp den begynnende bimodaliteten en ser i kontrollgruppene (2.1K og 2.2K). Selv om varierende dødelighet i gruppene gjør det vanskelig å sammenligne (tab. 4.5), ser det ut som om fisken i de sorterte gruppene utvikler seg parallelt med like store søsken i kontrollgruppene.

All fisken som klart befant seg i øvre modal, fra 10.5-11.0 cm. og oppover, kunne klassifiseres etter smoltifiseringsstadiene i tab. 3.11. For å sjekke om denne fisken virkelig smoltifiserte ble et mindre antall fisk fra øvre modal ikke sortert ut i de fleste familiene. Ved neste måling (20-21. august 1982) var alle disse fiskene fullstendig smoltifisert. Begynnende smoltifisering ble ikke observert i nedre modal.

FAM 1

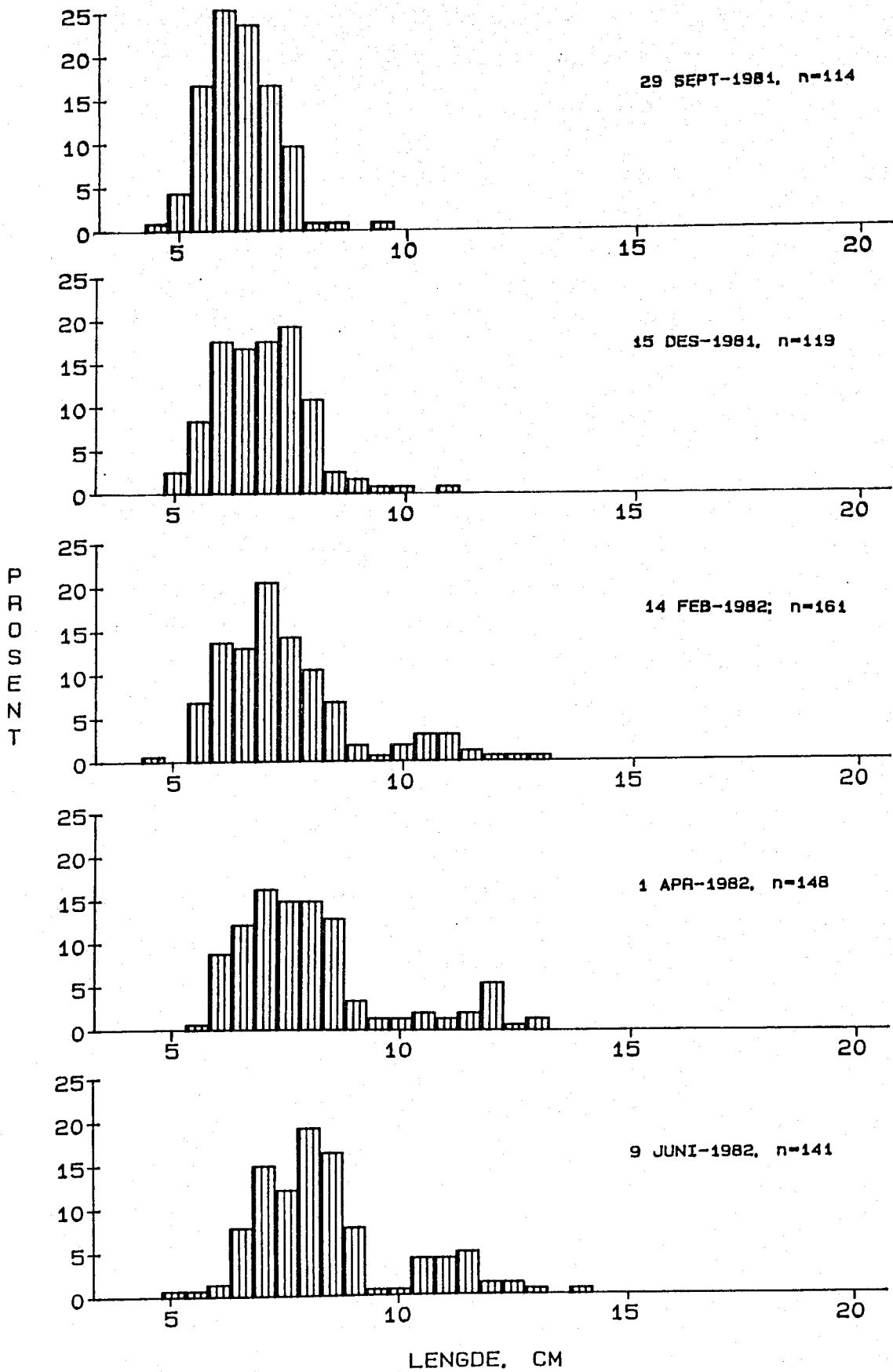


Fig. 4.1. Frekvensfordeling for fam. 1 ved fem tidspunkt.

FAM 2.1K

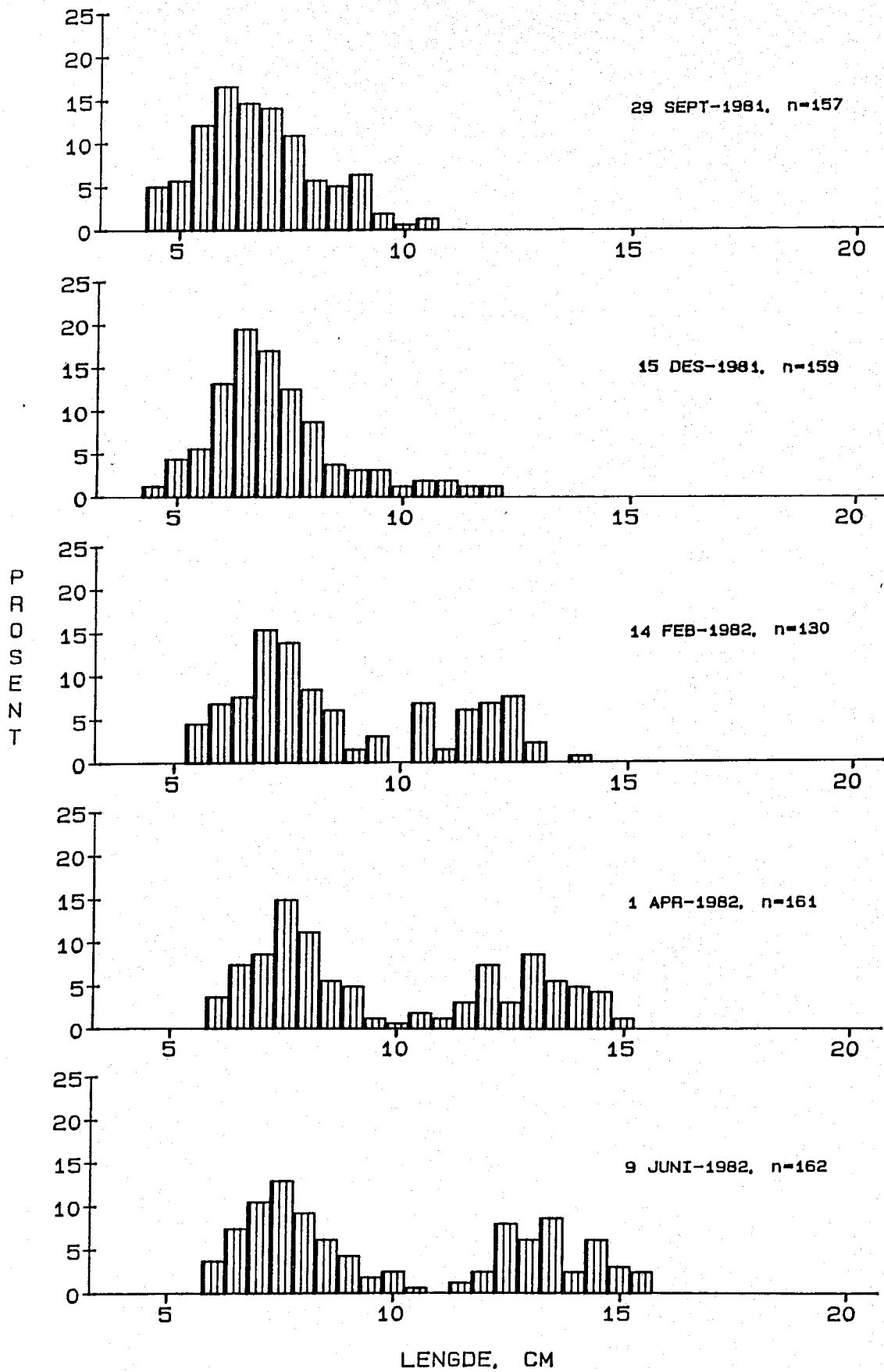


Fig. 4.2. Frekvensfordeling for fam. 2.1K ved fem tidspunkt.

FAM 2.1M

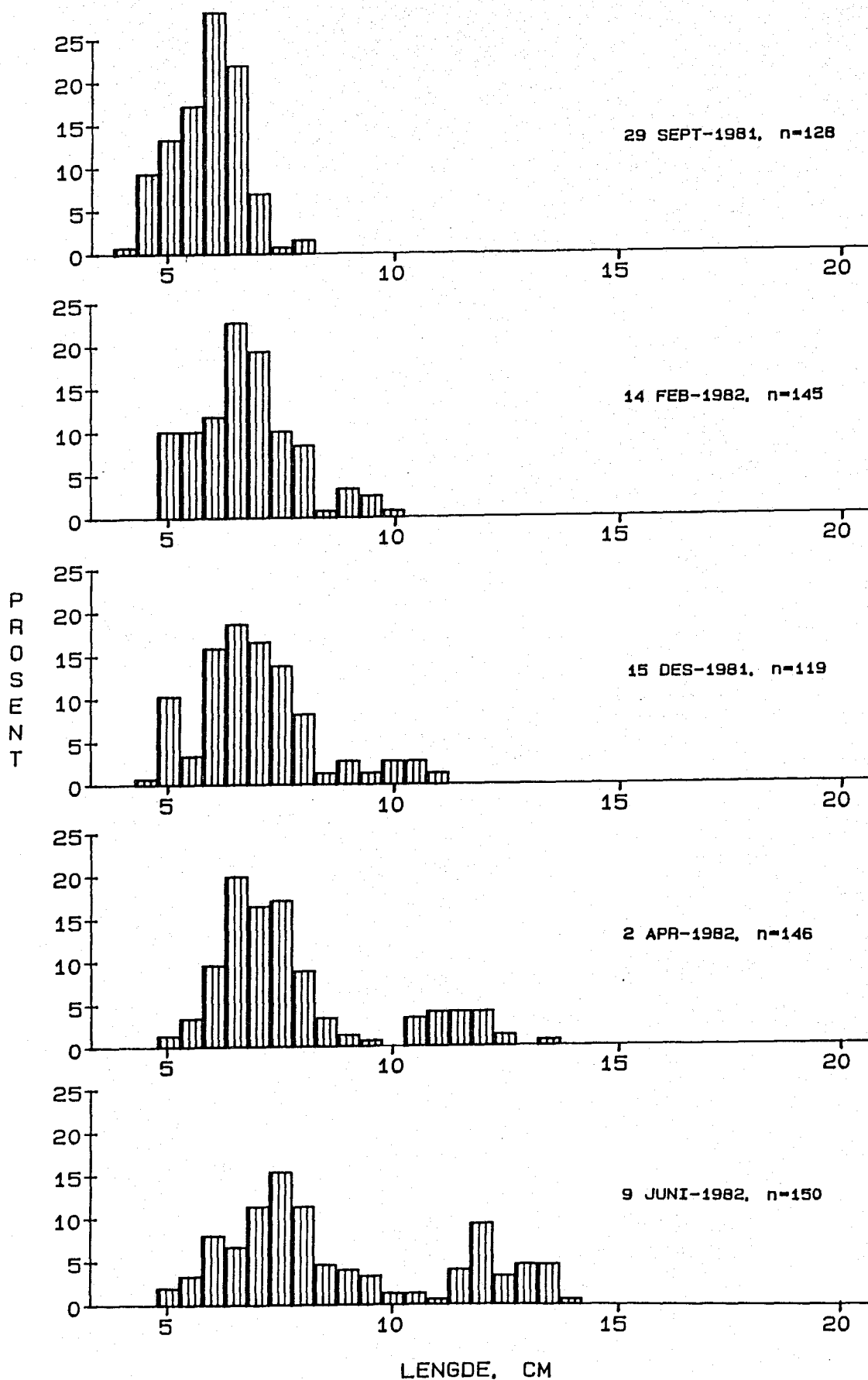


Fig. 4.3. Frekvensfordeling for fam. 2.1M ved fem tidspunkt.

FAM 2.1S

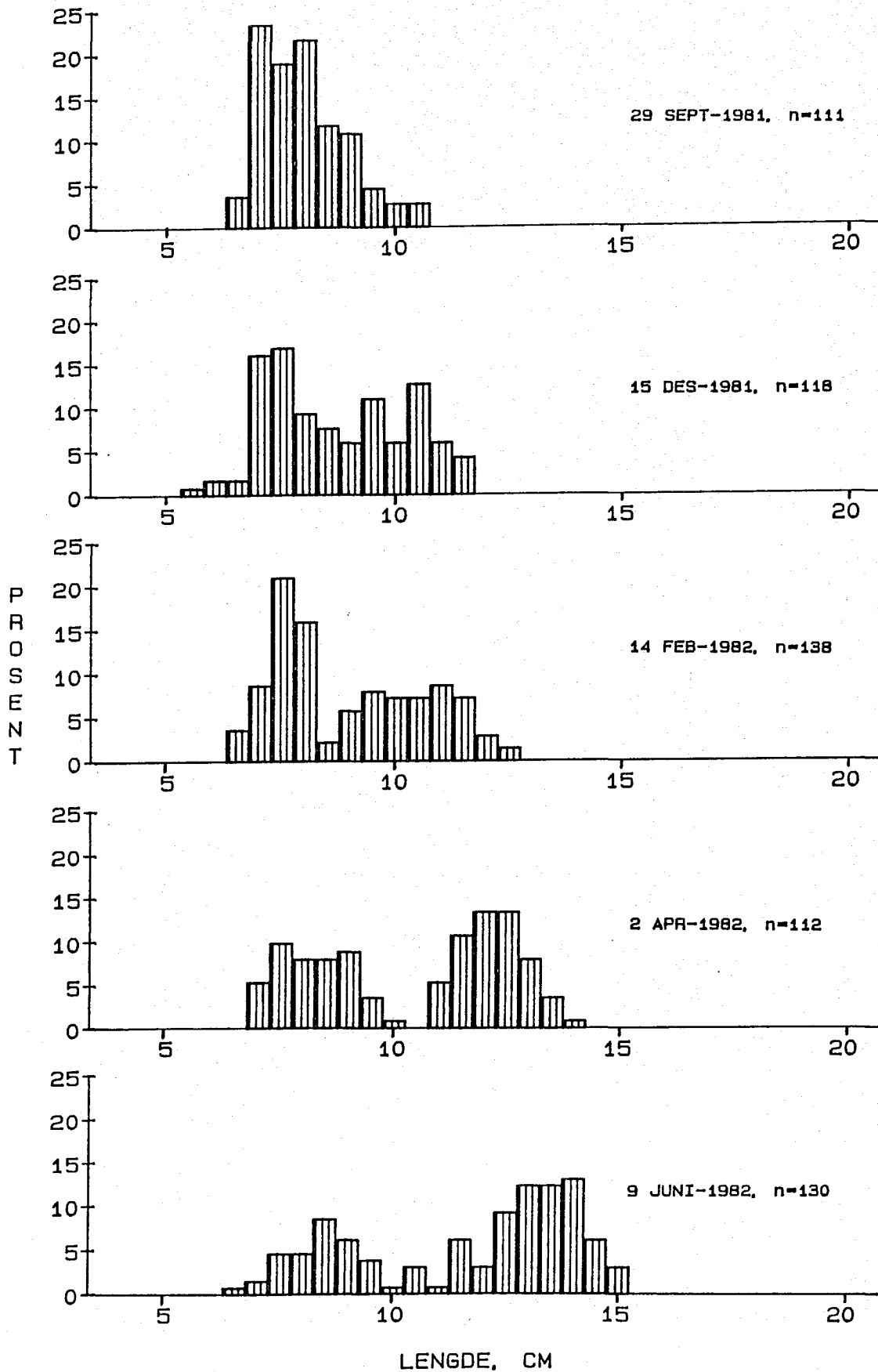


Fig. 4.4. Frekvensfordeling for fam. 2.1S ved fem tidspunkt.

FAM 2.2K

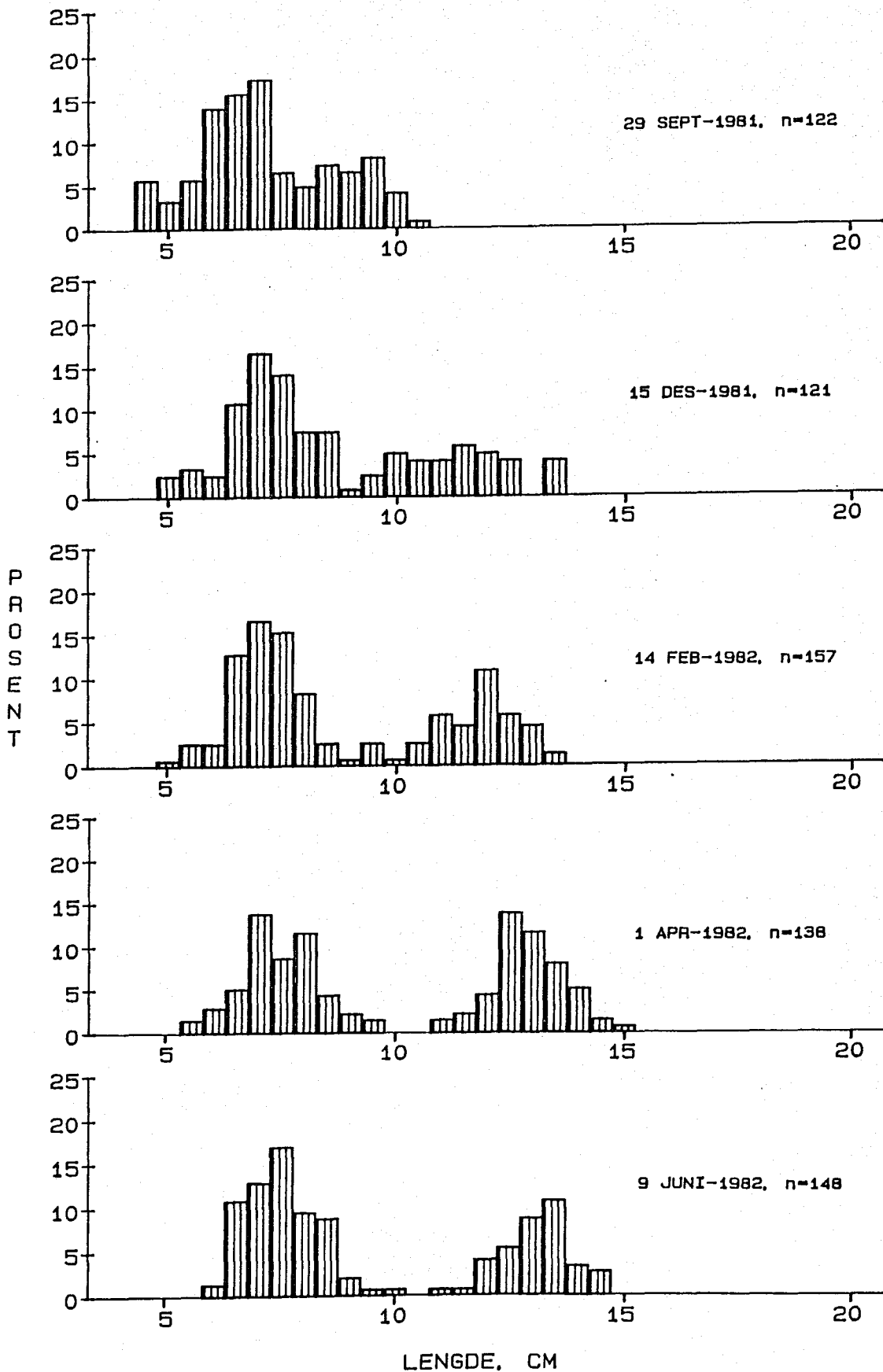


Fig. 4.5. Frekvensfordeling for fam. 2.2K ved fem tidspunkt.



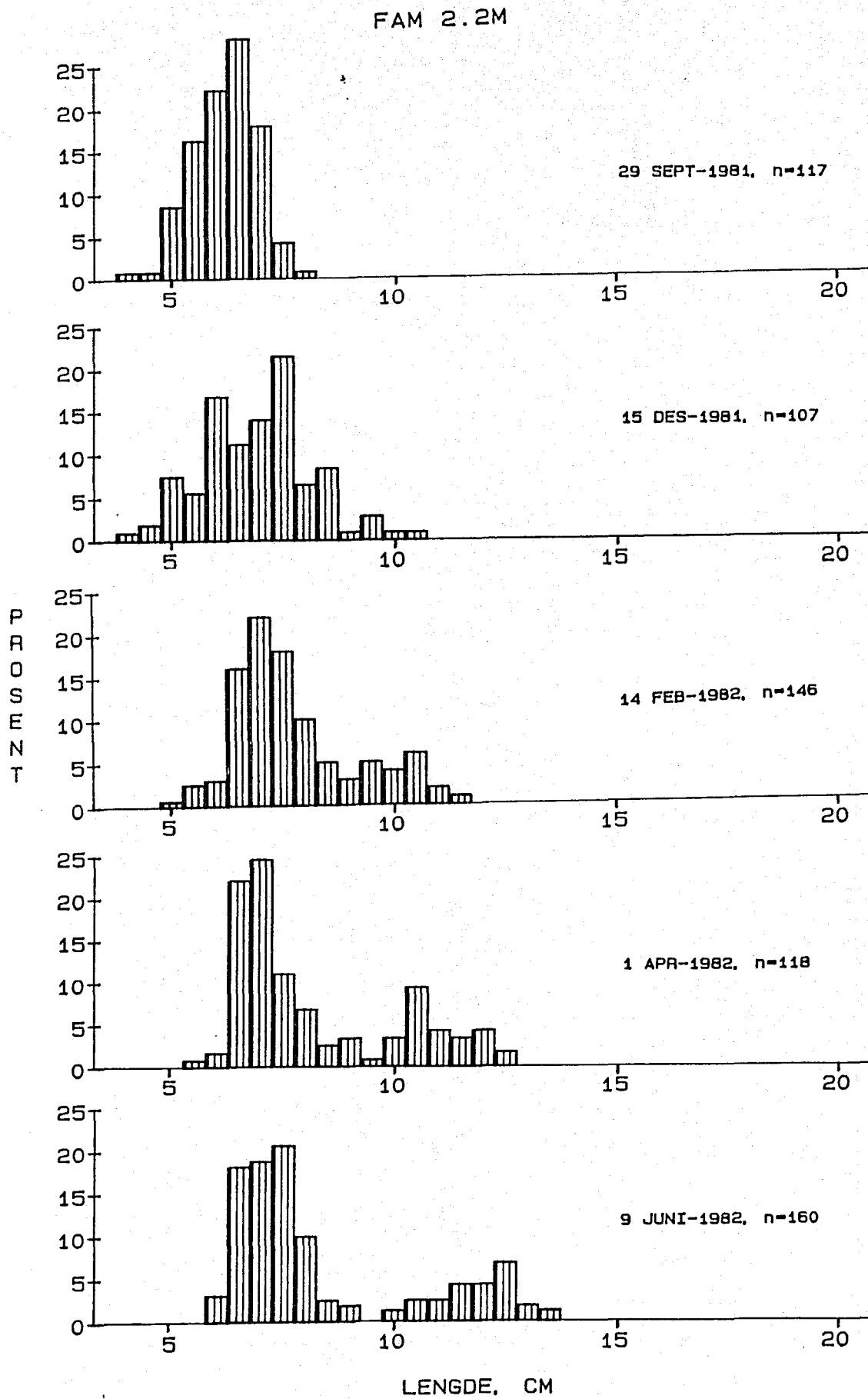


Fig. 4.6. Frekvensfordeling for fam. 2.2M ved fem tidspunkt.

FAM 2.2S

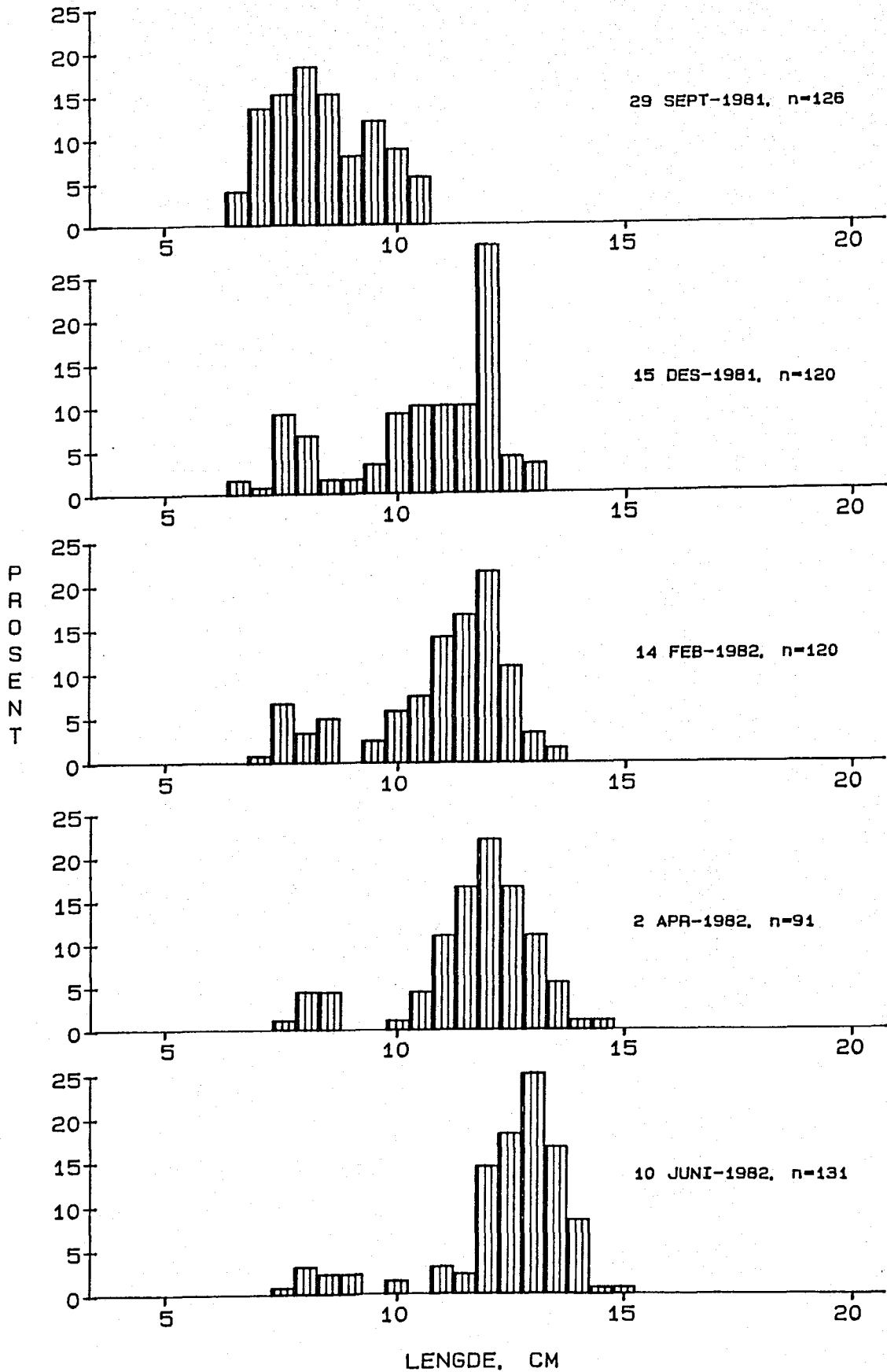


Fig. 4.7. Frekvensfordeling for fam. 2.2S ved fem tidspunkt.

FAM 3.1

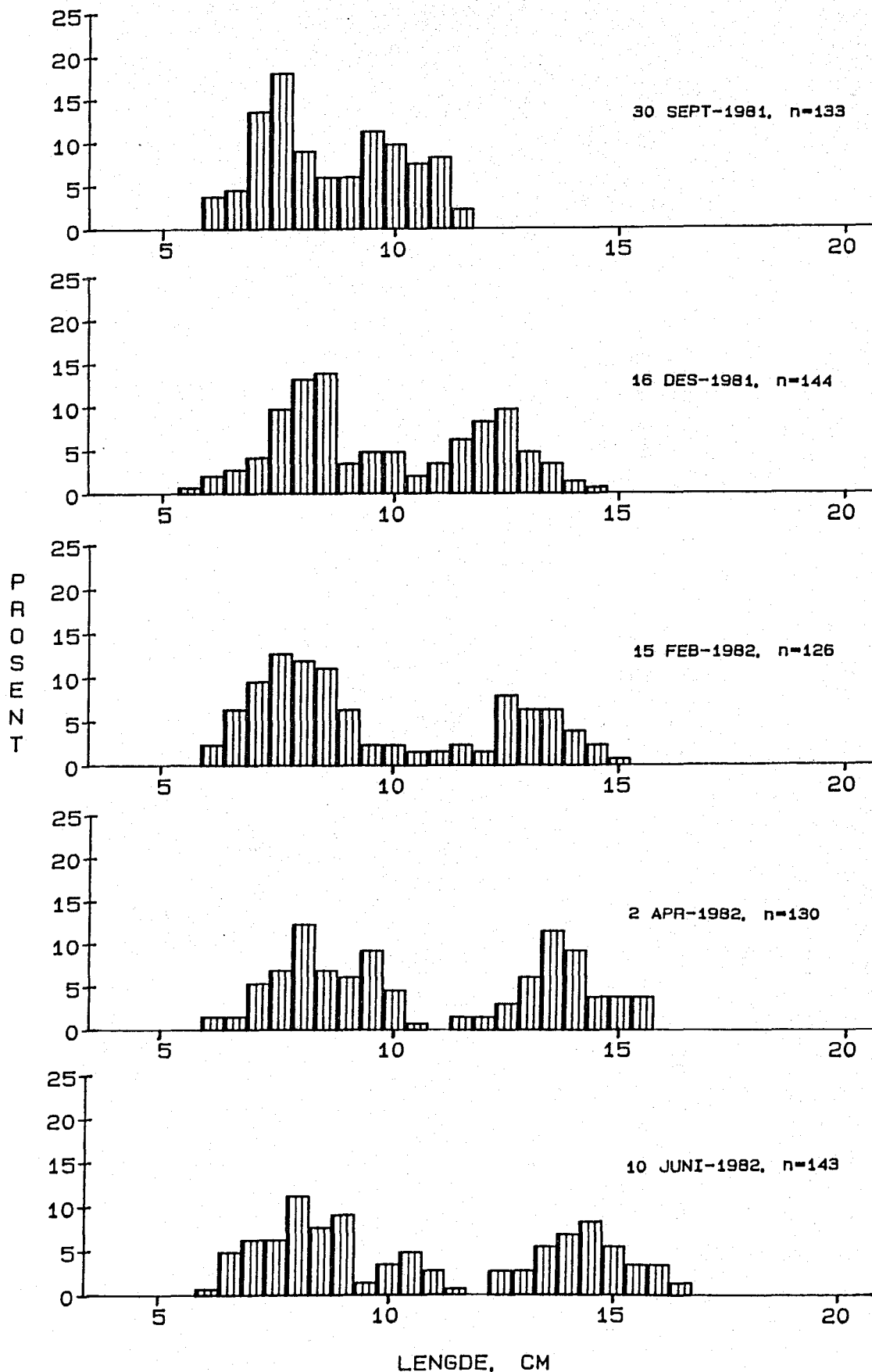


Fig. 4.8. Frekvensfordeling for fam. 3.1 ved fem tidspunkt.

FAM 3.2

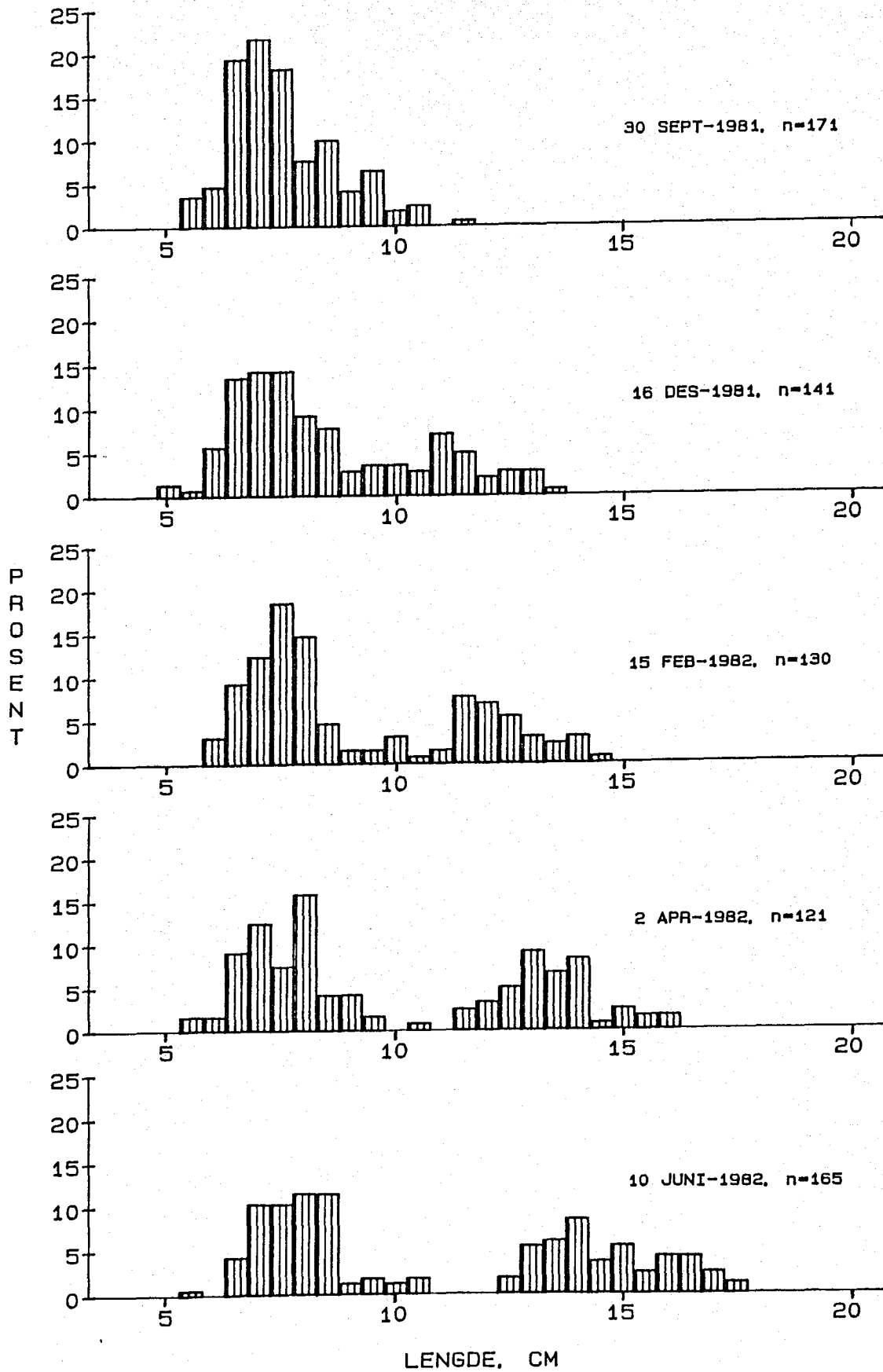


Fig. 4.9. Frekvensfordeling for fam. 3.2 ved fem tidspunkt.

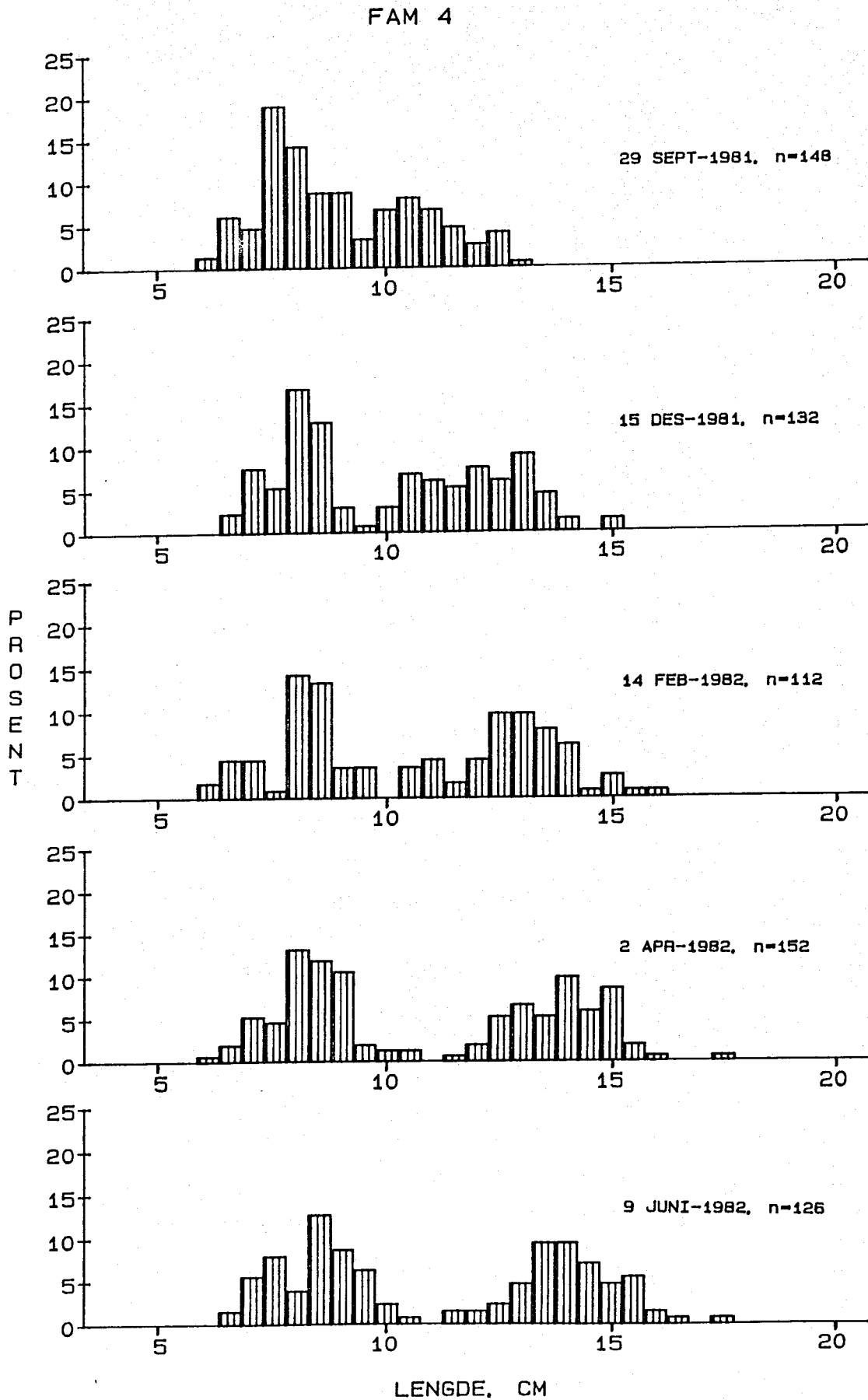


Fig. 4.10. Frekvensfordeling for fam. 4 ved fem tidspunkt.

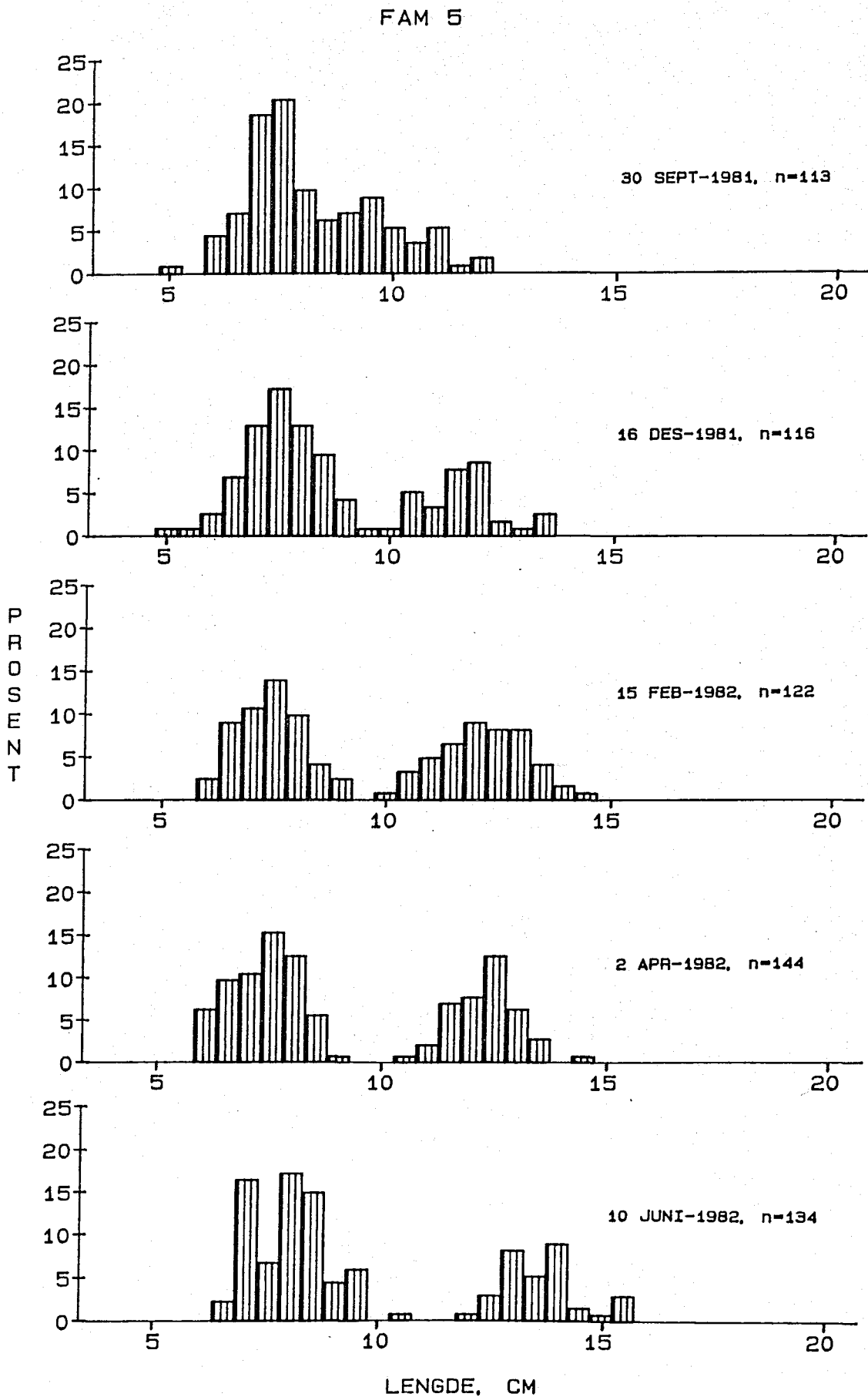


Fig. 4.11. Frekvensfordeling for fam. 5 ved fem tidspunkt.

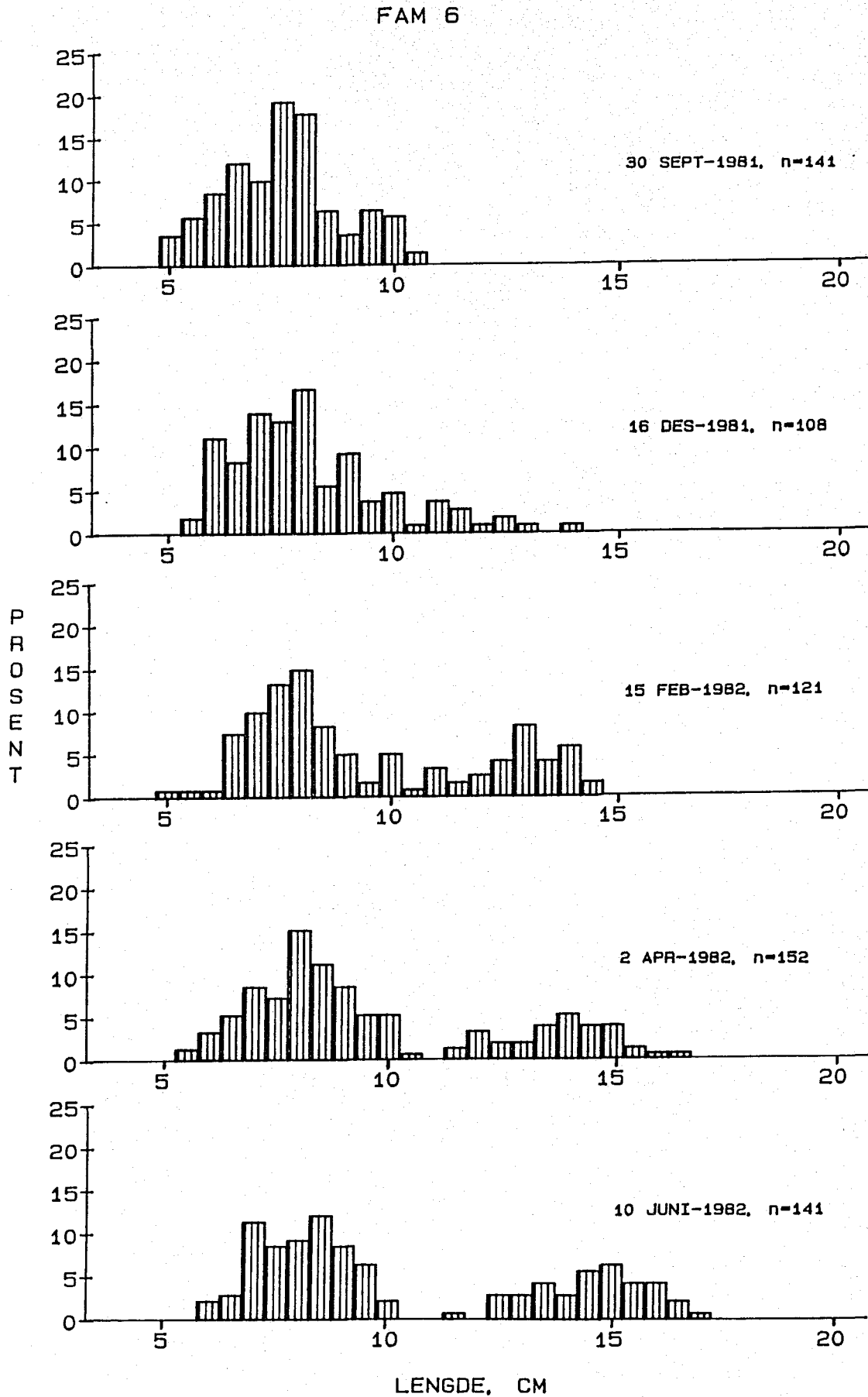


Fig. 4.12. Frekvensfordeling for fam. 6 ved fem tidspunkt.

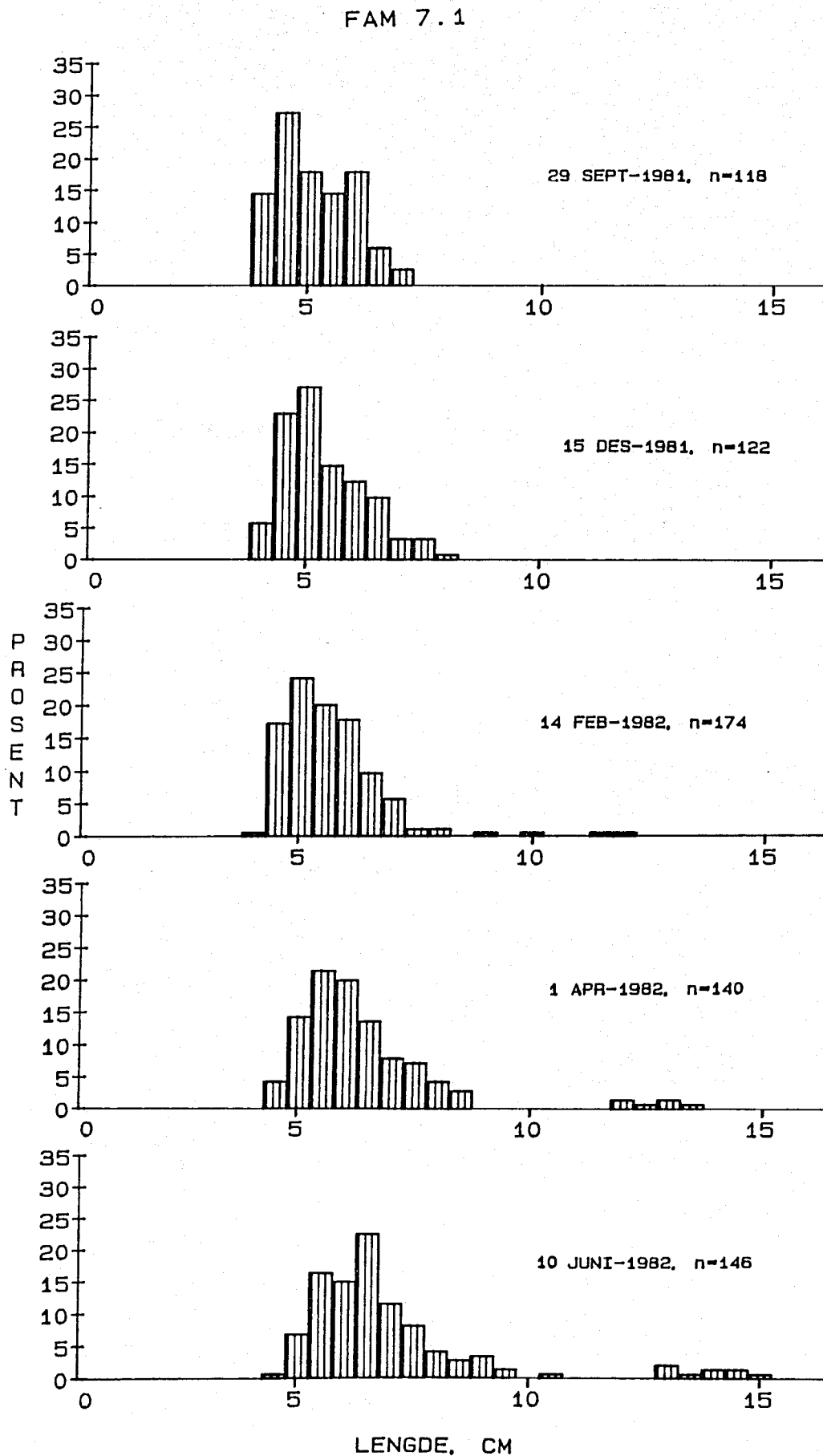


Fig. 4.13. Frekvensfordeling for fam. 7.1 ved fem tidspunkt.



FAM 7.2

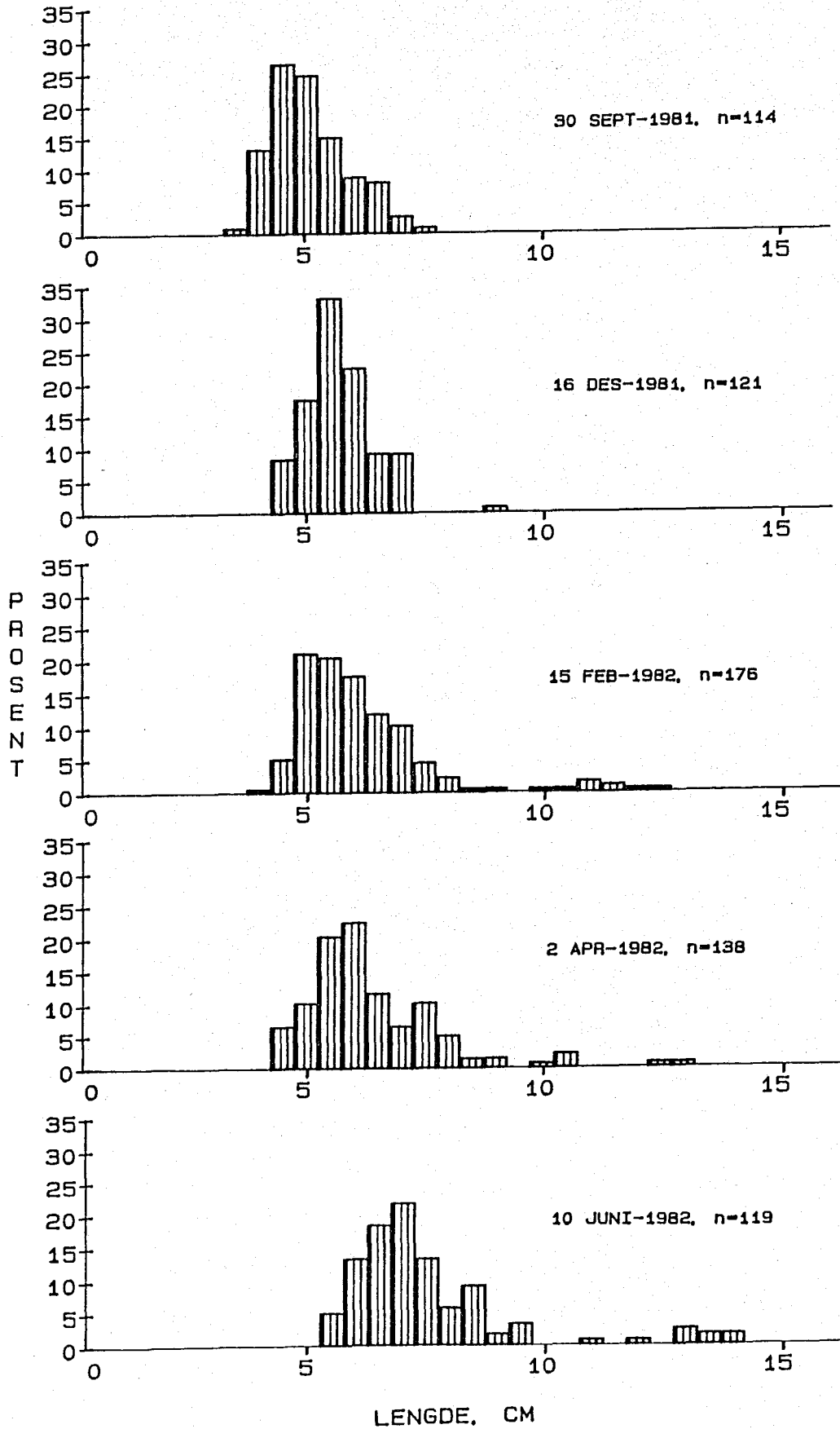


Fig. 4.14. Frekvensfordeling for fam. 7.2 ved fem tidspunkt.

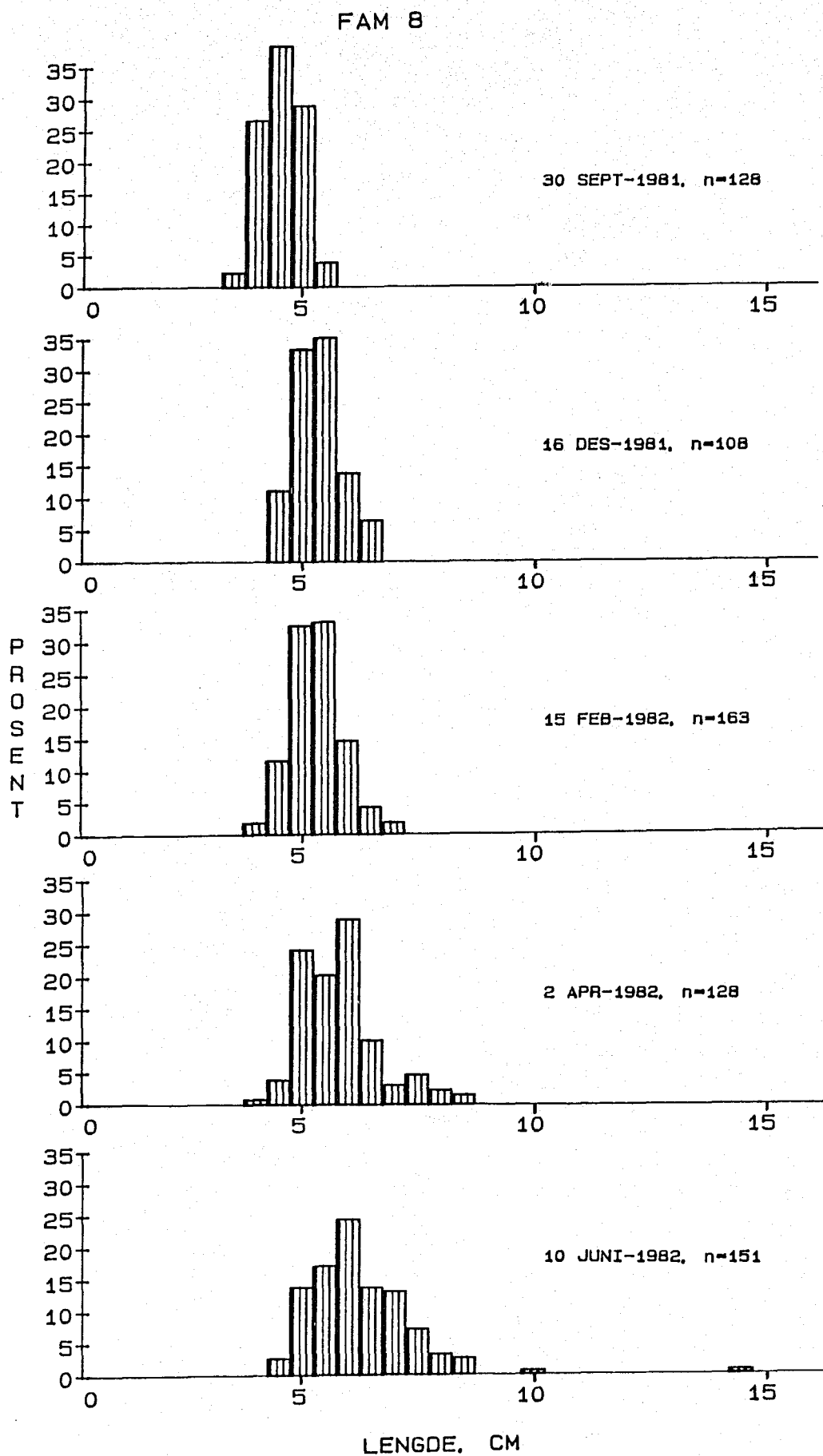


Fig. 4.15. Frekvensfordeling for fam. 8 ved fem tidspunkt.

#### 4.1.2 SAMMENLIGNING MELLOM FREKVENSFORDELINGENE.

Alle frekvensfordelingene fra forsøk A er testet mot hverandre ('Kolmogorov Smirnoff two sampel test', se kap. 3.3.3) ved to tidspunkt, ved forsøksstart (29-30.sept 1981) og før sortering av ettårssmolt (2-14.juni 1982). Signifikanssannsynlighetene som gav forkastning er satt opp i tab. 4.1.

Testen gir i de fleste tilfeller samme resultat når gruppene blir testet mot hverandre, enten ikke forkastning eller forkastning på begge tidspunktene. Unntaket er fam. 1, 2.1 og 2.2 som kan sies å være gjennomsnittsgrupper i dette materialet siden alle forandringer i testresultat fra september til juni er skjedd mellom disse tre familiene kontra de andre. Dette gjelder spesielt fam. 1 og det har sammenheng med at øvre modal i denne gruppen har tyngdepunktet langt til venstre i juni (fig. 4.1).

Forutsetningen for å bruke tabellen på denne måten er at det eksisterer en sammenheng mellom årsaken til forskjellene i lengdefordelingen på de to tidspunktene.

Tab. 4.1: Tabell for 'Kolmogorov-Smirnoff two sampel test' for familienes frekvensfordelinger. Bare signifikanssannsynligheter som er mindre eller lik 0.1 er tatt med. Understrekninger i juni- delen av skjemaet viser når testen har forandret resultat, dvs. om nullhypotesen i motsetning til tidligere (sept.) blir akseptert eller forkastet.

	FAM.	1	2.1	2.2	3.1	3.2	4	5	6	7.1	7.2	8	
	1		0.05		0.025		0.001	0.025			0.1	0.05	
	2.1	—			0.1		0.025				0.1	0.05	
F	2.2						0.05			0.05	0.025	0.025	
A	3.1	—	—							<b>29-30 SEPT.</b>	0.001	0.001	0.01
M	3.2	<u>0.05</u>								0.005	0.005	0.01	
I	4	0.05	—	—						0.001	0.001	0.05	
L	5	—								0.001	0.001	0.005	
I	6									0.01	0.025	0.025	
E	7.1	<u>0.025</u>	<u>0.01</u>	0.05	0.001	0.005	0.01	0.025	0.005				
	7.2	—	—	—	0.025	0.1	0.001	0.1	0.05				
	8	0.01	0.05	0.01	0.001	0.001	0.001	0.005	0.005				

#### 4.1.3 OPPSPLITTING AV LENGDEFORDELINGENE TIL TO NORMALFORDELINGER

Oppsplittingsprogram (Macdonald og Pitcher, beskrevet i kap. 3.3.3) ble brukt på gruppene lengdefordelinger fra tre tidspunkt. Resultatene er samlet i tab. 4.2 og 4.3. Tab. 4.2 viser andelen i øvre modal for alle gruppene i forsøk A. Det var ikke mulig å skille ut to modaler i mer enn tre av familiene ved forsøksstart (29-30. september 1981). Foruten fam. 4 og 5 er fam 3.2 splittet i to modaler selv om standardfeilen er uakseptabelt høy. Dette er gjort fordi anslagene for snittstørrelse og andel synes rimelige og for å illustrere problemet med å dele så skjeve fordelinger i to modaler. 2

Målingene 14-15. februar 1982 er den første måling hvor metoden kan detektere de to toppene i fordelingene.

Tab. 4.2 viser en svak tendens til økning av andel fisk i øvre modal fra februar til juni. Andelen øker i ni grupper og synker i fire. Når standardavvikene på de samme to anslagene ikke overlapper er forholdet at fem øker mens to blir redusert.

Anslagene for snittlengdene til lakseungene innen øvre og nedre modal er vist i tab. 4.3. Estimaten har små standardfeil. (Kontroll med de andre måletidspunktene gir snittverdier som øker jevnt fra måling til måling fram til juni-verdiene.)

Tab. 4.2: Andel i øvre modal for familiene i forsøk A ved tre tidspunkt.  
Tallene i parentes er standardavvik.

D A T O	F A M I L I E														
	1	2.1K	2.1M	2.1S	2.2K	2.2M	2.2S	3.1	3.2	4	5	6	7.1	7.2	8
29-30 SEPT.	-	-	-	-	-	-	-	-	41.4	39.9	36.6	-	-	-	-
									(72.6)	(7.0)	(12.6)				
14-15 FEB.	12.1	32.0	8.9	50.3	38.7	36.8	84.4	33.1	34.0	53.0	47.6	31.2	-	-	-
	(3.0)	(4.3)	(2.7)	(5.0)	(4.0)	(6.0)	(3.4)	(4.3)	(4.0)	(5.0)	(4.6)	(4.4)			
6-7 JUNI	15.9	43.0	28.2	66.8	36.5	25.5	90.0	40.7	46.6	49.2	31.4	36.6	6.0	-	-
	(3.0)	(4.0)	(4.0)	(4.3)	(3.9)	(3.5)	(2.7)	(4.2)	(4.0)	(4.5)	(4.0)	(4.1)	(2.0)		

Tab. 4.3: Snitt i øvre (Ø) og nedre (N) modal i forsøk A ved tre tidspunkt. Standardavvik (SD) inkludert.

DATO	PARAMETER	F A M I L I E														
		1	2.1K	2.1M	2.1S	2.2K	2.2M	2.2S	3.1	3.2	4	5	6	7.1	7.2	8
29- 30 S E P T	n	114	157	128	111	122	117	126	133	171	148	113	141	118	114	128
	Ø snitt	-	-	-	-	-	-	-	8.34	-	9.96	9.29	-	-	-	-
	SD								2.43		0.07	0.63				
	N snitt	6.05	6.45	5.55	7.66	6.88	5.91	8.10	8.28	6.83	7.01	7.00	7.17	4.81	4.77	4.26
	SD	0.07	0.10	0.07	0.93	0.14	0.06	0.10	0.13	0.27	0.15	0.10	0.12	0.07	0.08	0.05
14- 15 F E B	n	161	130	119	138	157	146	120	126	130	112	122	121	174	176	163
	Ø snitt	10.64	11.39	9.87	10.11	11.51	9.30	11.24	12.77	12.00	12.63	11.94	12.64	-	-	-
	SD	0.31	0.16	0.26	0.16	0.13	0.25	0.09	0.16	0.15	0.19	0.14	0.20			
	N snitt	6.80	6.80	6.41	7.29	6.86	6.52	7.64	7.64	7.32	7.83	7.14	7.59	5.31	5.63	5.08
	SD	0.09	0.04	0.09	0.07	0.08	0.09	0.12	0.07	0.07	0.16	0.10	0.13	0.12	0.10	0.05
6- 7 J U N I	n	141	162	150	130	148	160	131	143	165	126	134	141	146	119	151
	Ø snitt	11.37	12.66	12.13	12.97	12.86	11.09	12.60	14.13	14.30	13.86	13.41	14.28	13.60	-	-
	SD	0.22	0.15	0.14	0.12	0.11	0.15	0.07	0.25	0.18	0.16	0.14	0.18	0.15		
	N snitt	7.55	7.89	7.13	8.32	7.25	6.44	8.36	8.20	7.57	8.14	7.74	7.84	6.31	6.82	5.93
	SD	0.09	0.11	0.12	0.16	0.08	0.06	0.23	0.10	0.10	0.13	0.09	0.11	0.15	0.10	0.10

#### 4.1.4 LENGDEAVHENGIG VEKST

Fig. 4.16 og 4.17 viser fraktilendringene (FE) i forsøk B (metode er beskrevet i kap. 3.3.1). På begge figurene er fraktilendringene høyest fra ca. 8.0 til ca. 11.0 cm. Verdiene over 12-13 cm. er såvidt høyere enn verdiene under 8.0 cm. Fraktilendringene er korrigeret for dødelighet (motivert av punkt 2 i forutsetningene for fraktilmetoden, side 26). Fisk som døde under eller opptil tre dager etter måling ble trukket direkte fra lengdefordelingen før FE-kurven ble regnet ut. Ved to tilfeller førte tekniske uhell til dødelighet åtte og ni dager etter måling. Disse fiskene ble miskreditert én millimeter før de ble trukket fra. Dermed stod det igjen 30 prosent av dødeligheten, som tilsvarer ca. 10 prosent av antallet ved forsøksstart. Den virket jevnt over forsøkets 10 måneder og FE-kurvene er ikke justert for den.

*Var det jevnt fordelt*

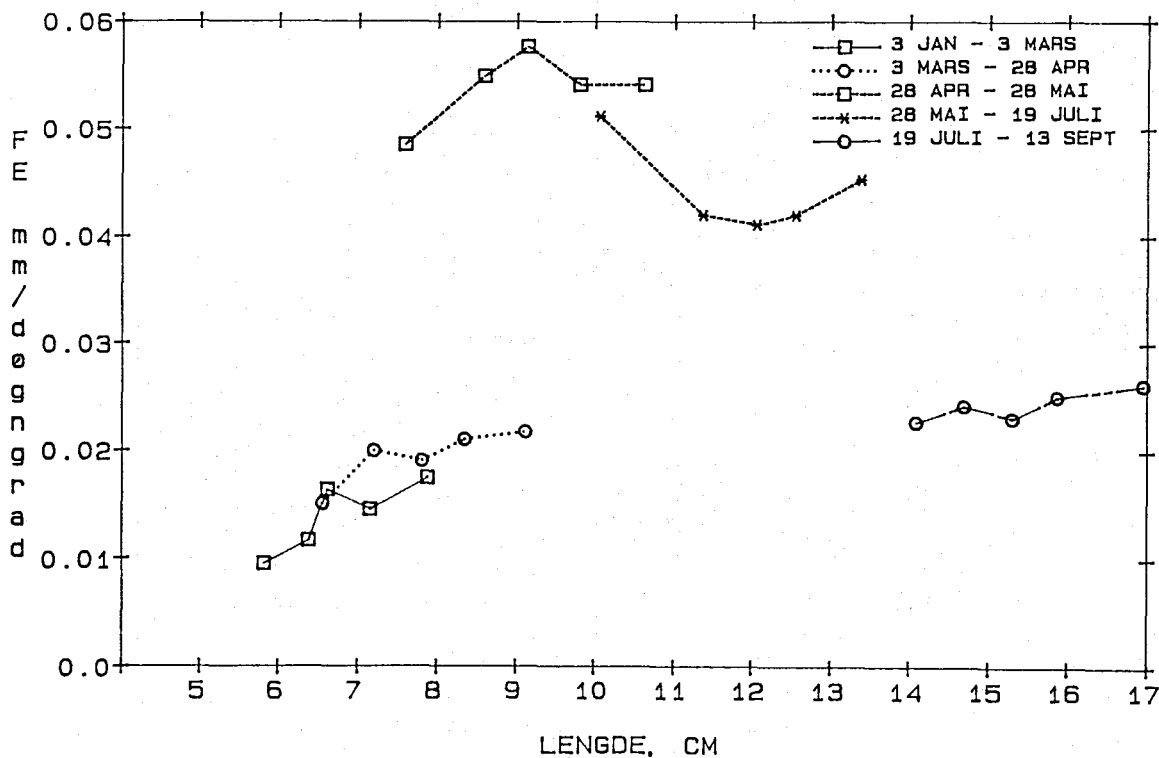


Fig. 4.16. FE-kurver for varmtvannsgruppen i forsøk B.



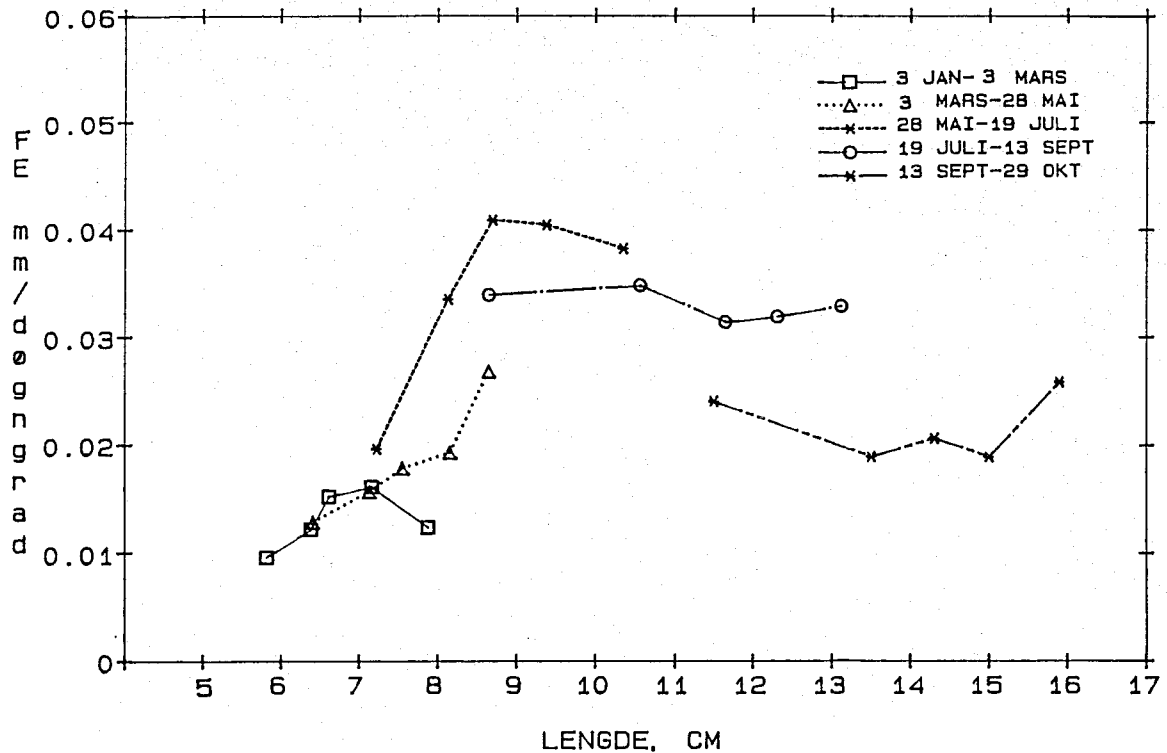


Fig. 4.17. FE-kurver for kaldtvannsgruppen i forsøk B.

Lengdefordelingen av gruppene i forsøk B vises for alle måletidspunktene i fig. 4.18a,b og 4.19a,b. Fisken som var finneklippet avhengig av lengde er atskilt og de tre halvøskengrupperne er slått sammen for å øke antallet. (Begrunnes med at rådataene ikke avdekket noen iøynefallende forskjeller mellom lengdefordelingene til familiene, som halvøskene i forsøk A.)

De tre største finneklippede gruppene overlapper i større og større grad utover i forsøket. 'Femmerne' vokser dårlig og blir i tillegg dårligere representert i karene etterhvert (bl.a. pga. dødelighet, se kap. 4.2). Overlappingen blir utpreget når fisken kommer opp i ca. 15 cm. (Selv om varmtvannsgruppen vokser best er fordelingen av den finneklippede fisken i denne gruppen 19. juli 1984 lik fordelingen i kaldtvannsgruppen 29. oktober 1984).

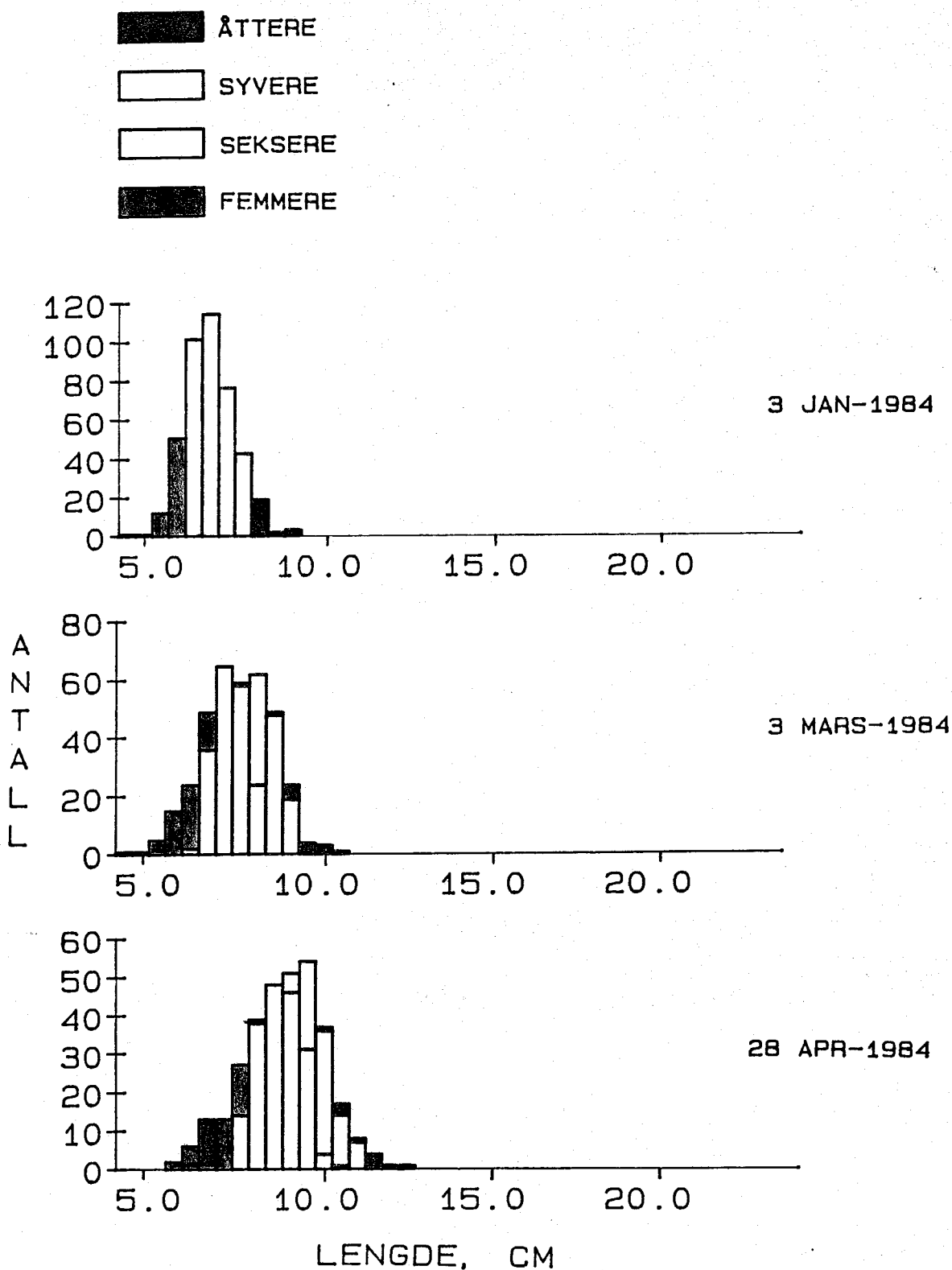


Fig. 4.18a. Lengdefordelingen av de finneklippede gruppene i varmtvannskarene i forsøk B ved flere tidspunkt.

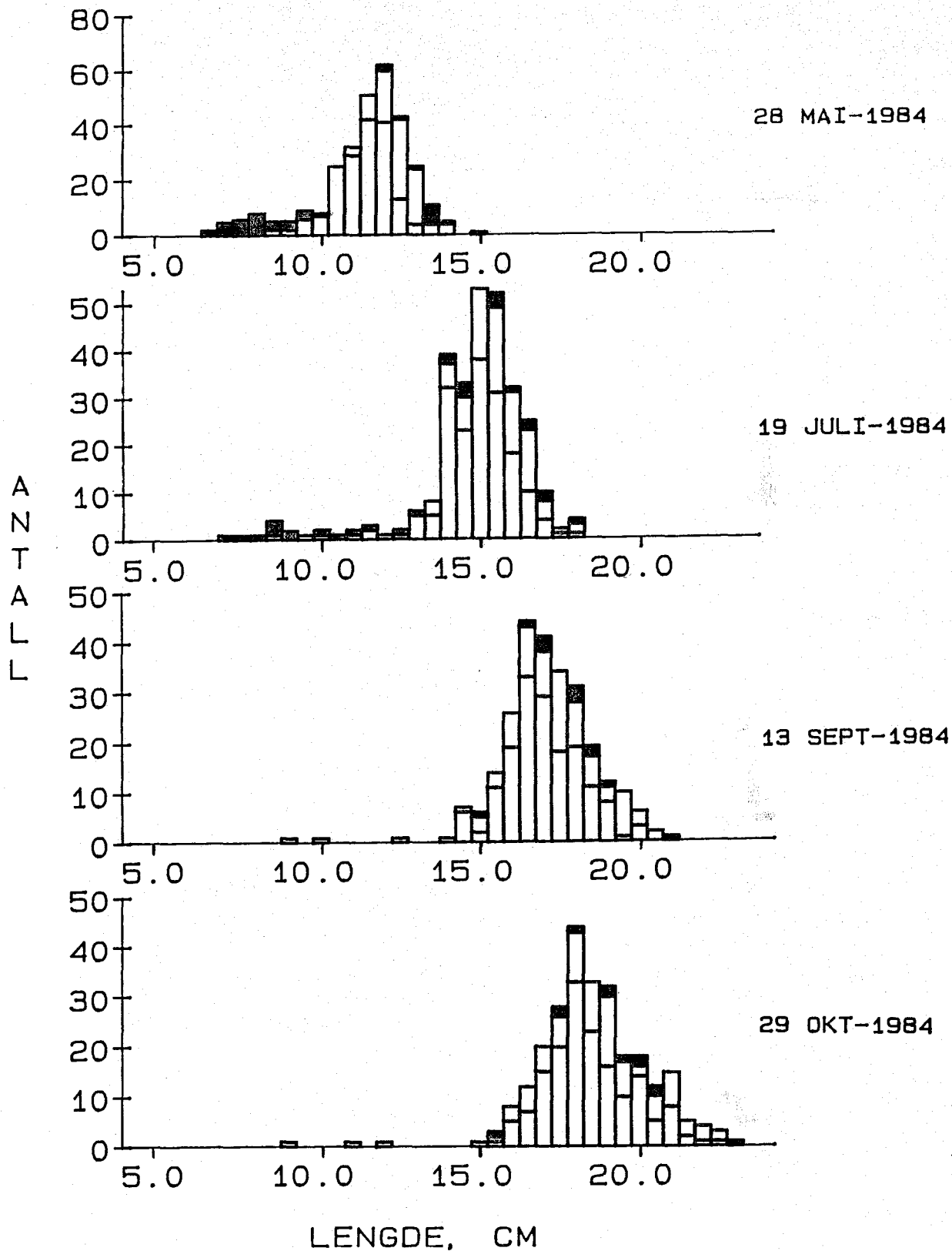


Fig. 4.18b. Lengdefordelingen av de finneklippete gruppene i varmtvannskarene i forsøk B ved flere tidspunkt.

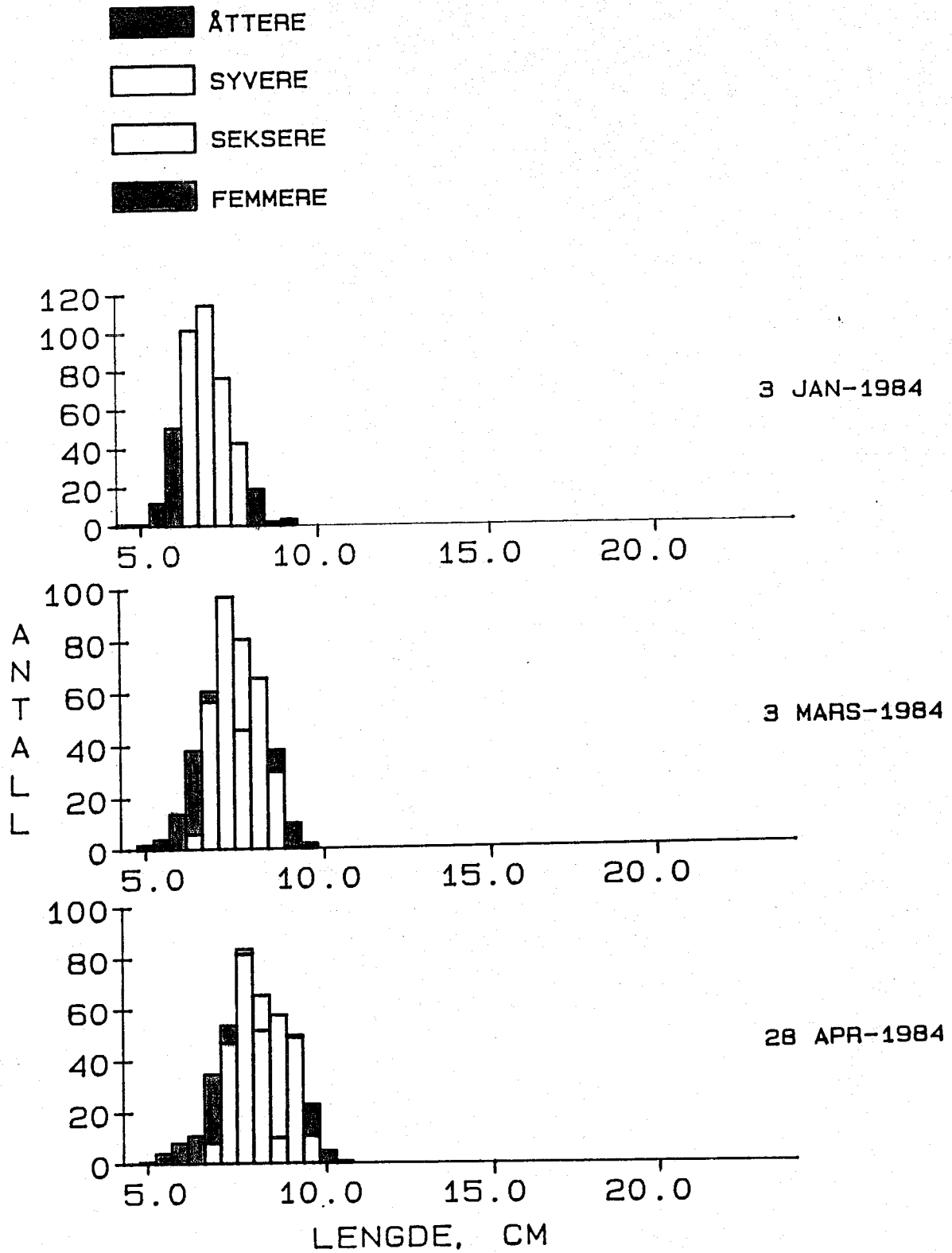


Fig. 4.19a. Lengdefordelingen av de finneklippede gruppene i kaldtvannskarene i forsøk B ved flere tidspunkt.

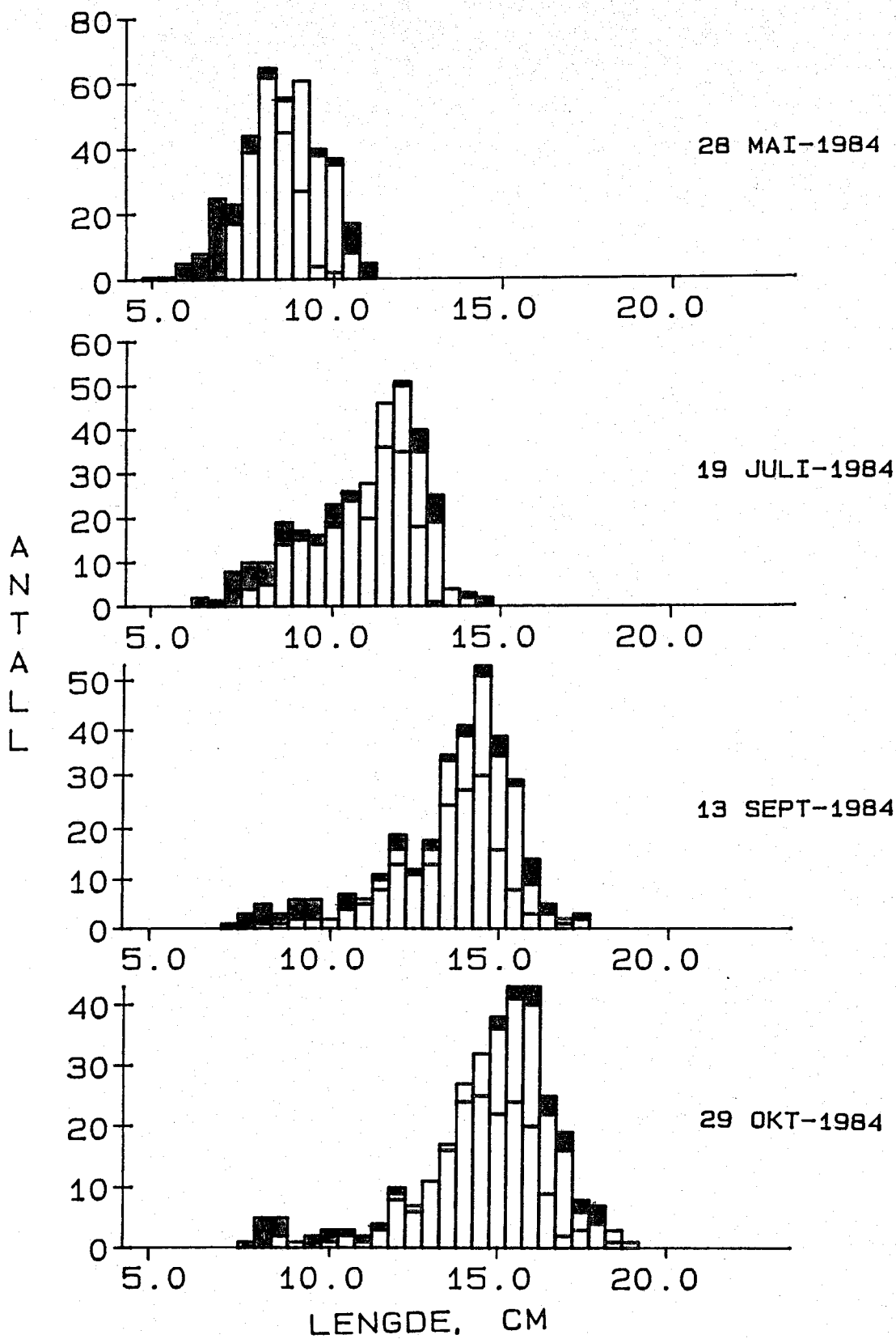


Fig. 4.19b. Lengdefordelingen av de finneklippede gruppene i kaldtvannskarene i forsøk B ved flere tidspunkt.

Fraktilmetoden er brukt på seks av gruppene i forsøk A (fig. 4.20 til 4.26). Her er utgangspunktet fire målinger fra forsøksstart til merking av ettårssmolten. FE-kurvene for fire grupper fam. 1, 2.1S, 2.2S og 3.2, viser en kraftig økning i fraktilverdiene ved 7-8 cm. Over ca. 11 cm. er verdiene bare litt høyere enn under 8.0 cm (fig. 4.20 til 4.24)

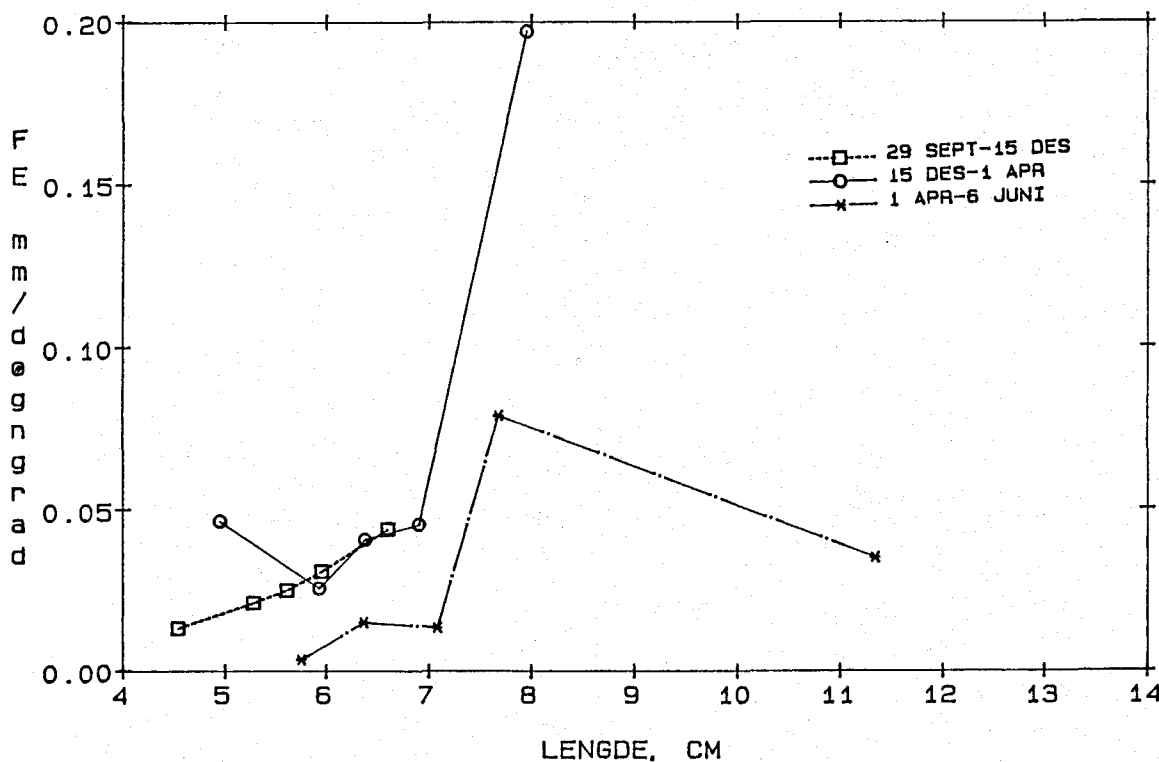


Fig. 4.20. FE-kurver for fam. 1, utregnet fra fire målinger.

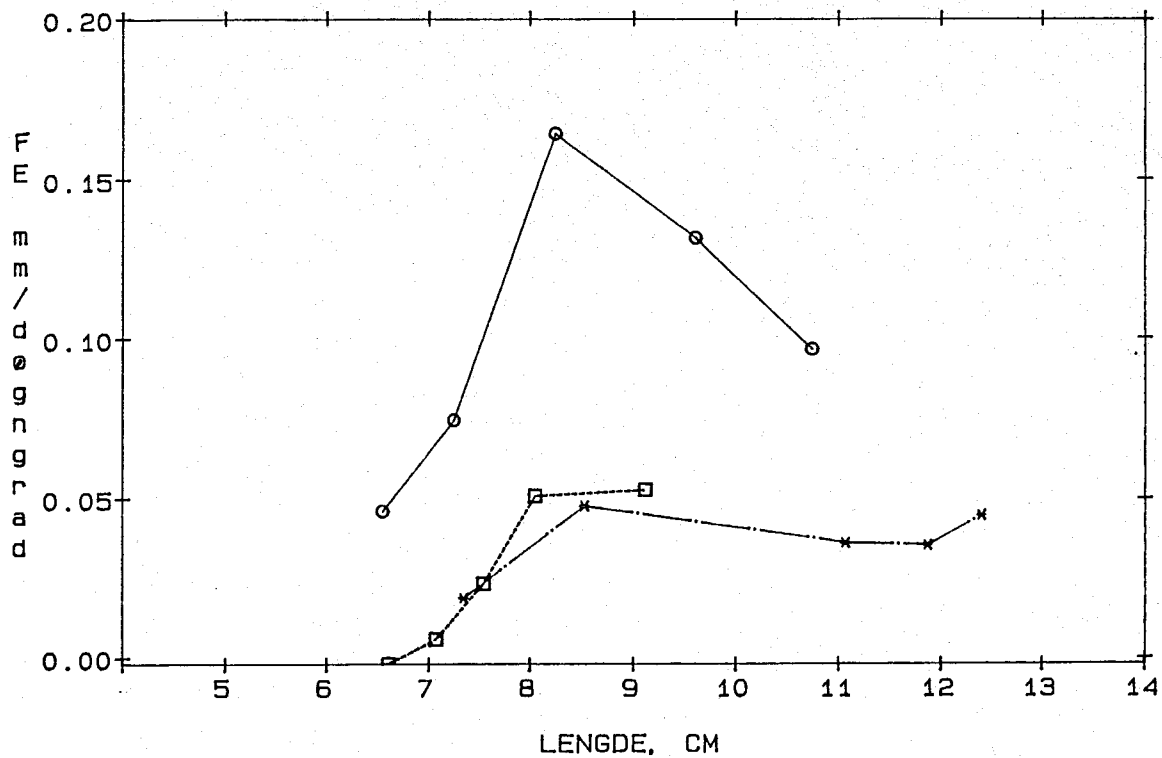


Fig. 4.21. FE-kurver for fam. 2.1S. Tegnforklaring, se fig. 4.20.

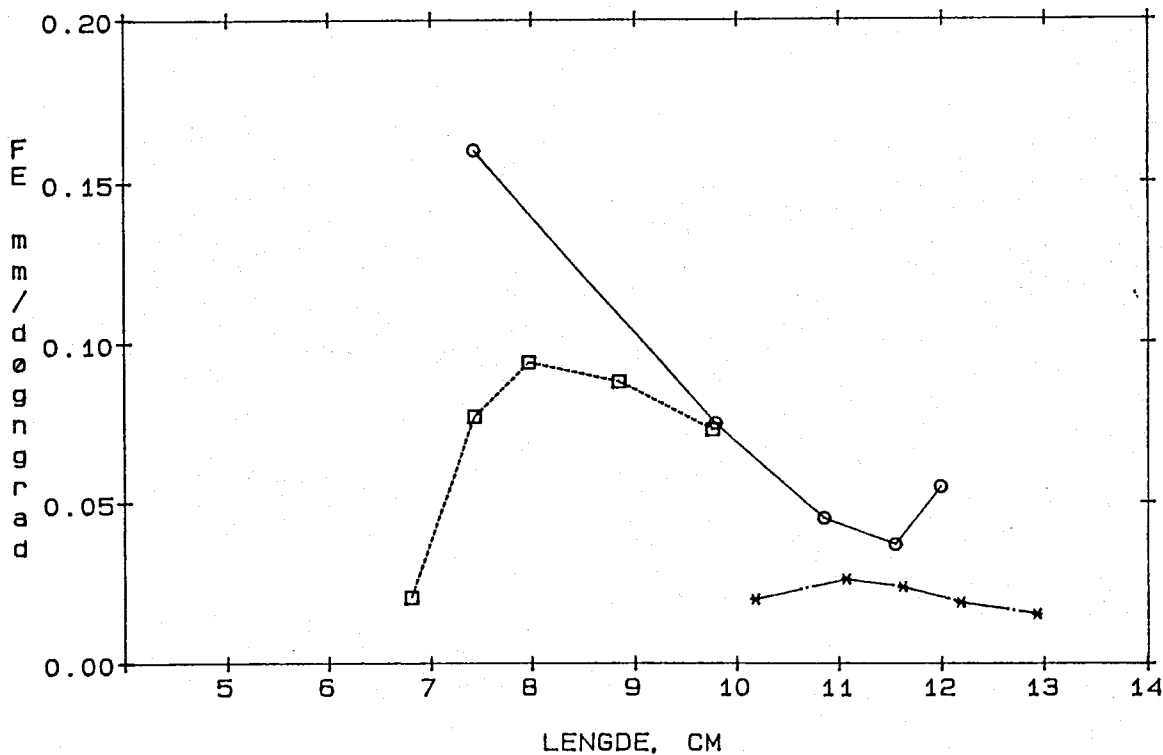


Fig. 4.22. FE-kurver for fam. 2.2S. Tegnforklaring, se fig. 4.20.

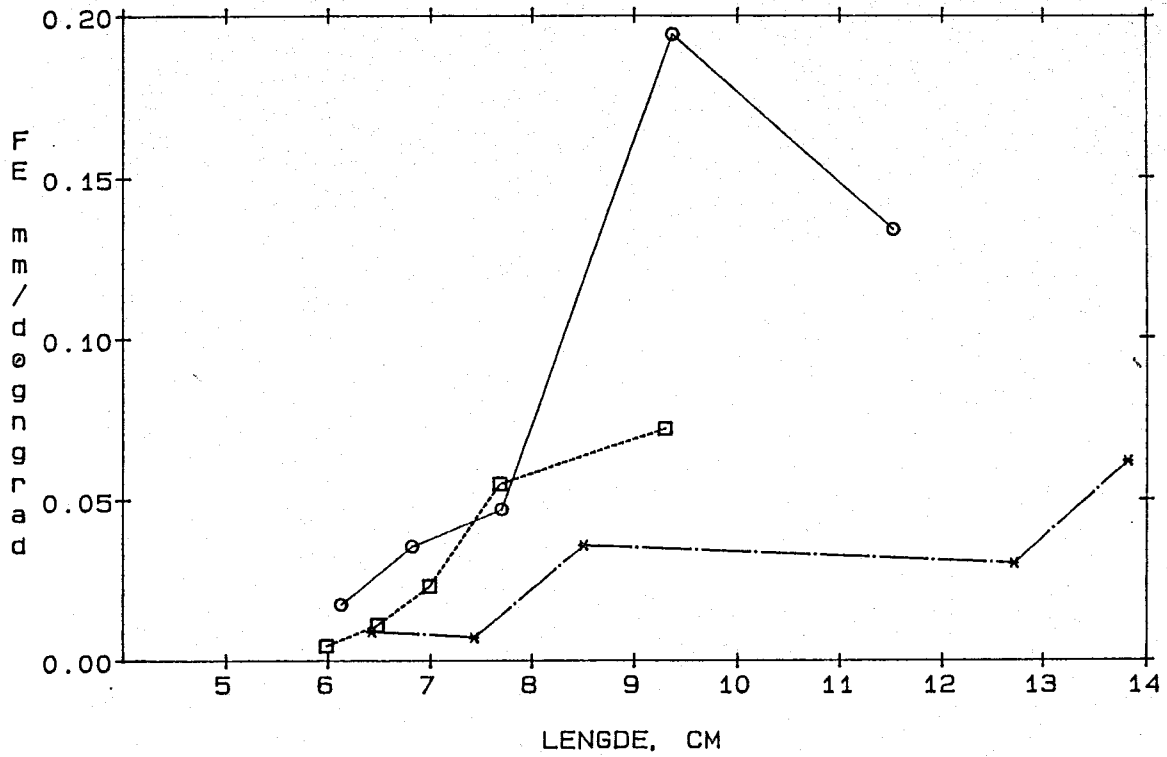


Fig. 4.23. FE-kurver for fam. 3.2. Tegnforklaring, se fig. 4.20.

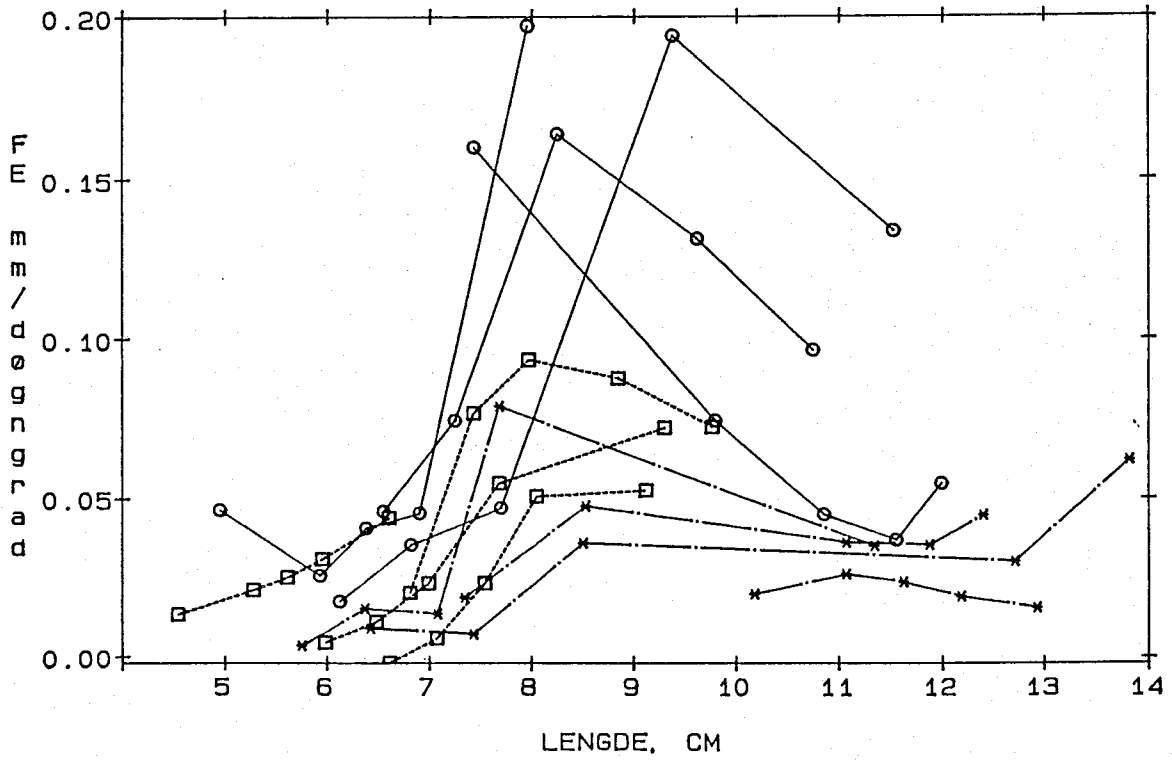


Fig. 4.24. Samlete FE-kurver for fire grupper fra forsøk A. (fig. 4.20, fig. 4.21, fig. 4.22 og fig. 4.23). Tegnforklaring, se fig. 4.20.



Fig. 4.20 til 4.23 er slått sammen i fig. 4.24. Da fremgår det at den største forskjellen i Y-akse verdiene mellom forsøk A og B skyldes måleperioden fra 15. des. 1981 til 1. apr. 1982. Ellers er formen på kurvene sammenlignbar.

Fam. 3.1 og 4 hadde allerede ved forsøksstart utviklet en relativt tydelig grad av bimodalitet (fig. 4.8 og 4.10). FE-kurvene fra disse familiene (fig. 4.25 og 4.26) ser ikke ut til å følge det mønsteret som allerede er antydnet hos de andre familiene. For å se på veksten innen modalene er nedre og øvre modal innsirklet. En av fraktilverdiene på fig. 4.26 falt mellom modalene og er ikke innsirklet. Den viktigste forskjellen fra de andre gruppene er at fisken i nedre modal ikke økte veksten rundt 7-8 cm. Veksten i begge modalene har vært svært lav i siste måleperiode, dvs. i tiden før smoltifisering.

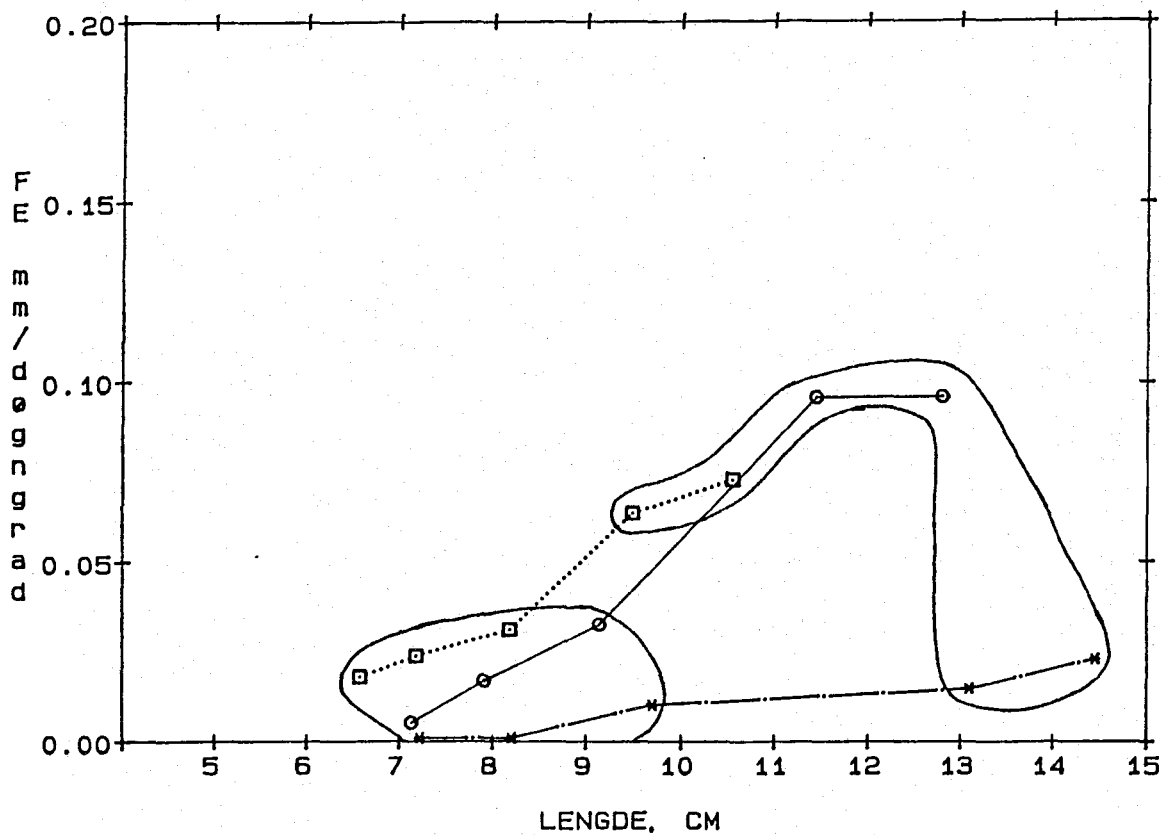


Fig. 4.25. FE-kurver for fam. 3.1. Punkter som kan tilbakeføres til øvre og nedre modal er innsirklet. Tegnforklaring, se fig. 4.20.

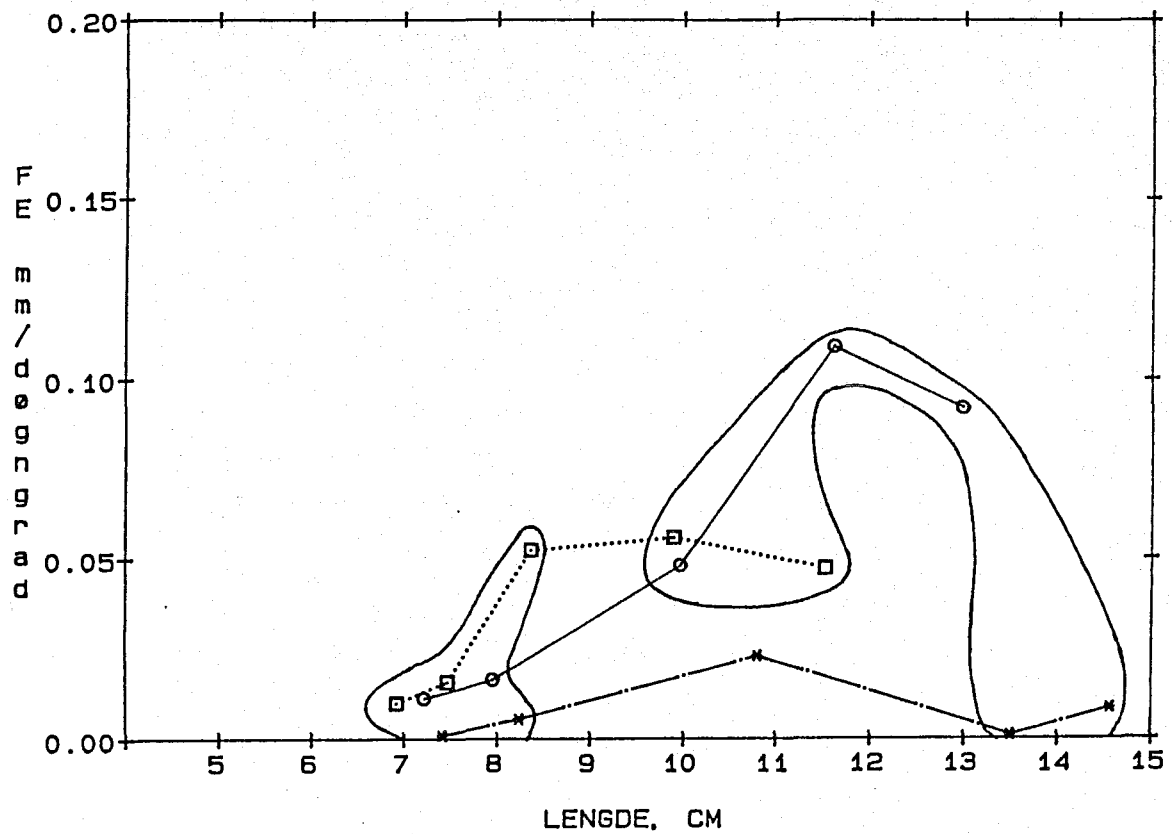


Fig. 4.26. FE-kurver for fam. 4. Punkter som kan tilbakeføres til øvre og nedre modal er innsirklet. Tegnforklaring, se fig. 4.20.

#### 4.2 DØDELIGHETEN I FERSKVANN

Antallet av de finneklippete størrelsesgruppene i begynnelsen og slutten av forsøk B er vist i tab. 4.4. Dødeligheten er størst for den minste fisken, 'femmerne', i både kaldt- og varmtvannsgruppen.

Tab. 4.4: Tap av fisk i forsøk B, den registrerte dødeligheten og differansen mellom forventet og aktuelt antall ved forsøksslutt er lagt inn. Positiv differanse betyr at den registrerte dødeligheten er for lav.

	KALDTVANNSGRUPPEN					VARMTVANNSGRUPPEN				
	FEMM- ERE	SEKS- ERE	SYV- ERE	ÅTT- ERE	SUM	FEMM- ERE	SEKS- ERE	SYV- ERE	ÅTT- ERE	SUM
ANTALL START	69	235	139	22	465	62	191	118	15	386
REG. DØD.	40	60	19	12	131	48	53	35	5	141
ANTALL SLUTT	18	186	105	15	324	0	150	81	12	243
DIFF.	+11	-11	+15	-5	+10	+14	-12	+2	-2	+2
PROSENT DØD.	82	21	24	32	30	100	21	31	20	35

Differansene mellom forventet og aktuelt antall i tab. 4.4 tyder på noen feil avleste finneklippinger.

Prosent dødelighet i familiene i forsøk A fra forsøksstart til utsortering av ettårsmolt er gitt i tab. 4.5.

Tab. 4.5: Familienes prosentvise dødelighet fra forsøksstart (29-30.sept 1981) til utsortering av ettårsmolt (12-14. juni 1982) i forsøk A.

FAMILIE	PROSENT DØDELIGHET
1	21.1
2.1K	25.8
2.1M	48.3
2.1S	4.0
2.2K	17.0
2.2M	31.0
2.2S	9.0
3.1	16.8
3.2	9.1
4	9.5
5	16.4
6	30.8
7.1	46.3
7.2	53.6
8	43.3

Dødeligheten i forsøk A er behandlet ved to regresjoner. I begge tilfellene brukes prosentandeler, både som mål for overleving og andel i øvre modal. Prosentverdiene er transformert (formel er gitt i kap. 3.3.3).

Snittlengdene for nedre modal 14-15. februar er testet mot overlevingen fram til utsortering av ettårssmolt (regresjonslinje i fig. 4.27) Som tidligere nevnt var det først i februar mulig å skille øvre og nedre modal i familiene. Overlevingen er regnet ut etter tab. 4.5.

-regresjonslinje:  $Y = 9.6 X - 4.5$

-regresjonen er signifikant på 1 % nivå.

-stigningstallet er signifikant forskjellig fra 0 på en prosent nivå. Skjæringspunktet med Y-aksen er ikke signifikant forskjellig fra 0.

-kvadrert korrelasjon = 0.57

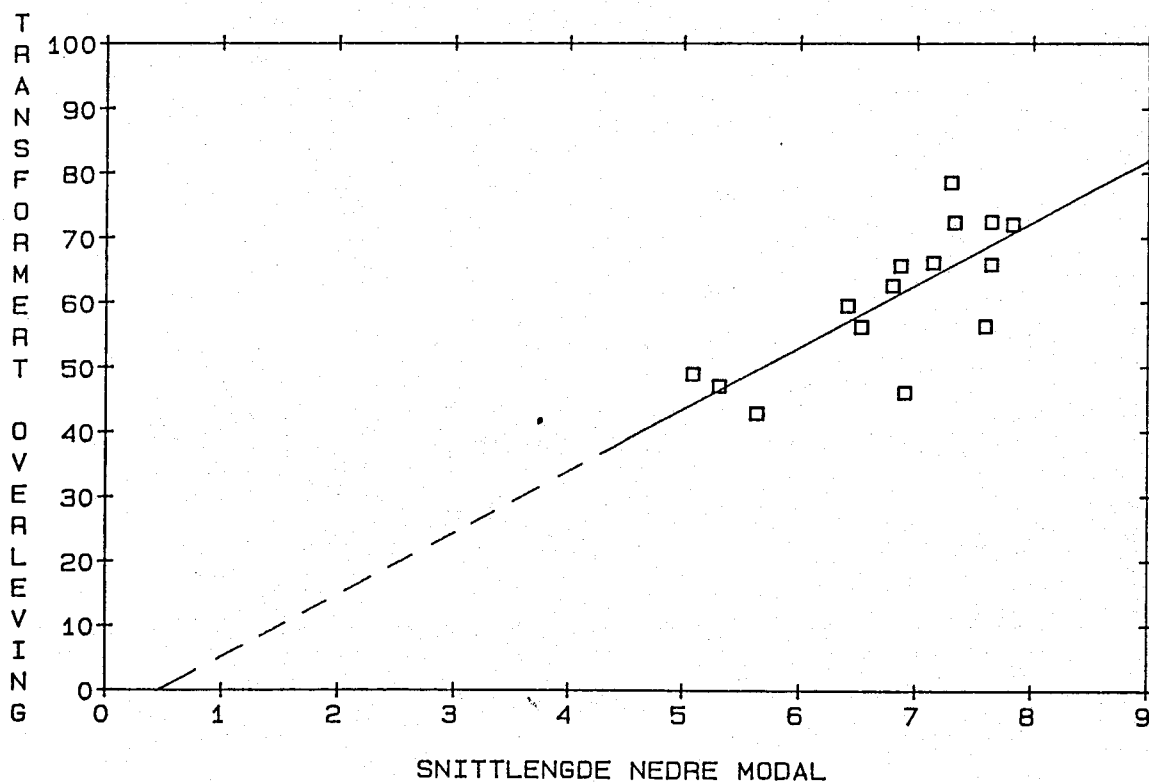


Fig. 4.27. Regresjon for snittlengdene (cm) for fisken i nedre modal i februar i forsøk A mot overlevingen (transformert) fra sept. 1981 til juni 1982.

I det andre tilfellet (fig. 4.28) er prosent i øvre modal (transformert) brukt som uavhengig variabel mot overlevingen i det samme tidsrom. Målingen i juni ligger til grunn for prosentene i øvre modal.

- regresjonslinje:  $Y = 0.5 X + 43.5$
- regresjonen er signifikant på 1 % nivå.
- både stigningstallet og skjæringspunktet med Y-aksen er signifikant forskjellig fra 0.
- kvadrert korrelasjon = 0.57

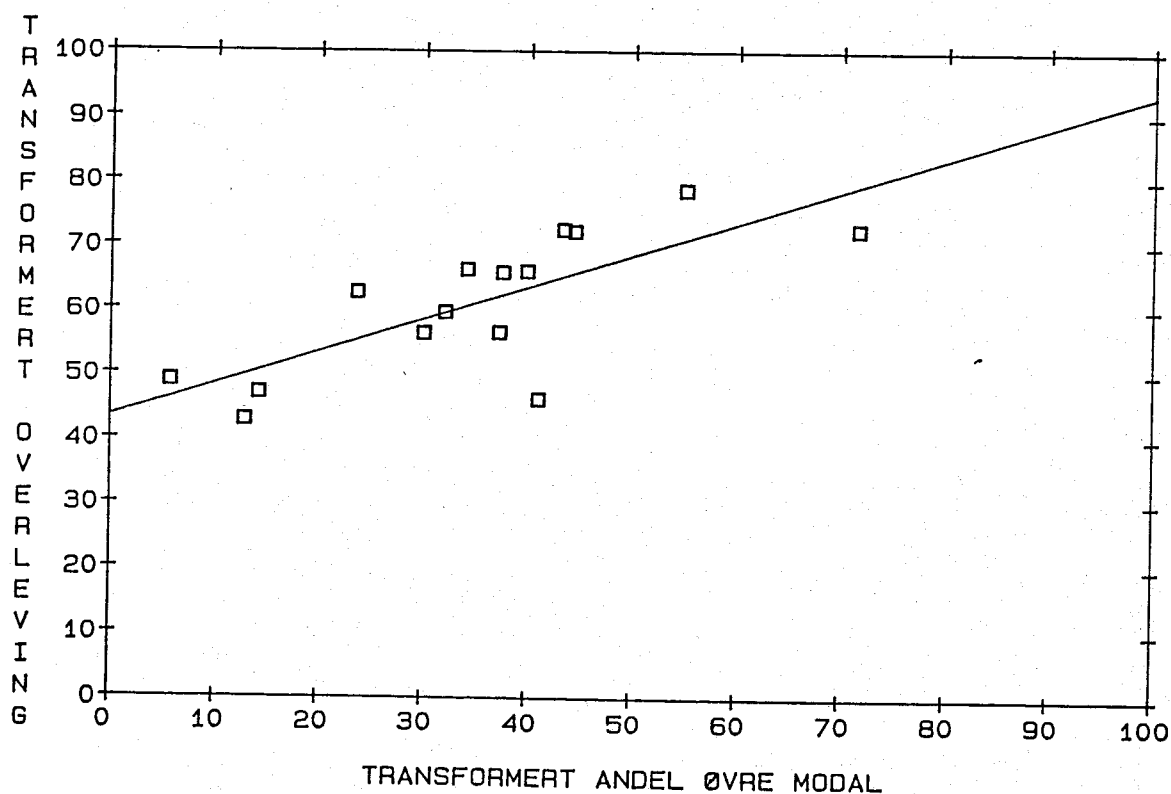


Fig. 4.28. Regresjon for prosent i øvre modal i familiene i forsøk A mot overlevingen fra sept. 1981 til juni 1982. Begge målene er transformert.

De to regresjonene indikerer at dødeligheten i forsøk A var negativt korrelert med fiskens lengde.

#### 4.3 KJØNNSMODNING I FERSKVANN

Den andre vinteren i ferskvann ble det registrert dverghanner i 9 av de 11 familiene i forsøk A (19-20. desember 1982). Fem familier skilte seg klart ut fordi de hadde mest dverghanner (tab. 4.15). De andre seks familiene hadde fra 0-6 prosent dverghanner. Disse få dverghannene er trukket ut under sammenligninger med 'dverghannfamiliene' (fig. 4.29 og 4.30).

Dverghannene hadde klart mindre lengde enn søsknene da de ble registrert og senere merket 21. mars 1983 (fig. 4.29 og 4.30). Tab. 4.6 viser prosent dverghanner i de fem 'dverghannfamiliene' og den totale dødeligheten i familiene fra registrering til merking. Tabellen indikerer at dverghannene ikke har hatt høyere dødelighet enn søsknene.

Tab. 4.6: Prosent dverghanner i fem familier 19-20. desember 1982 og 21. mars 1983 og total dødelighet mellom målingene. Antall i parentes. Verdiene for mars er anslått på grunnlag av et utvalg på fra 25-50 % av fisken i de enkelte familiene. Snittverdiene for øvrige familier lagt til.

	F A M I L I E					ØVRIGE
	1	2.1	2.2	4	6	FAMILIER
PROSENT						
DVERGH.	14	24	20	24	43	2
DESEMBER	(50)	(57)	(76)	(90)	(149)	(31)
PROSENT						
DVERGH.	14	28	21	27	39	2
MARS						
(TOTALT)						
PROSENT	10	4	9	6	12	12
DØDE						

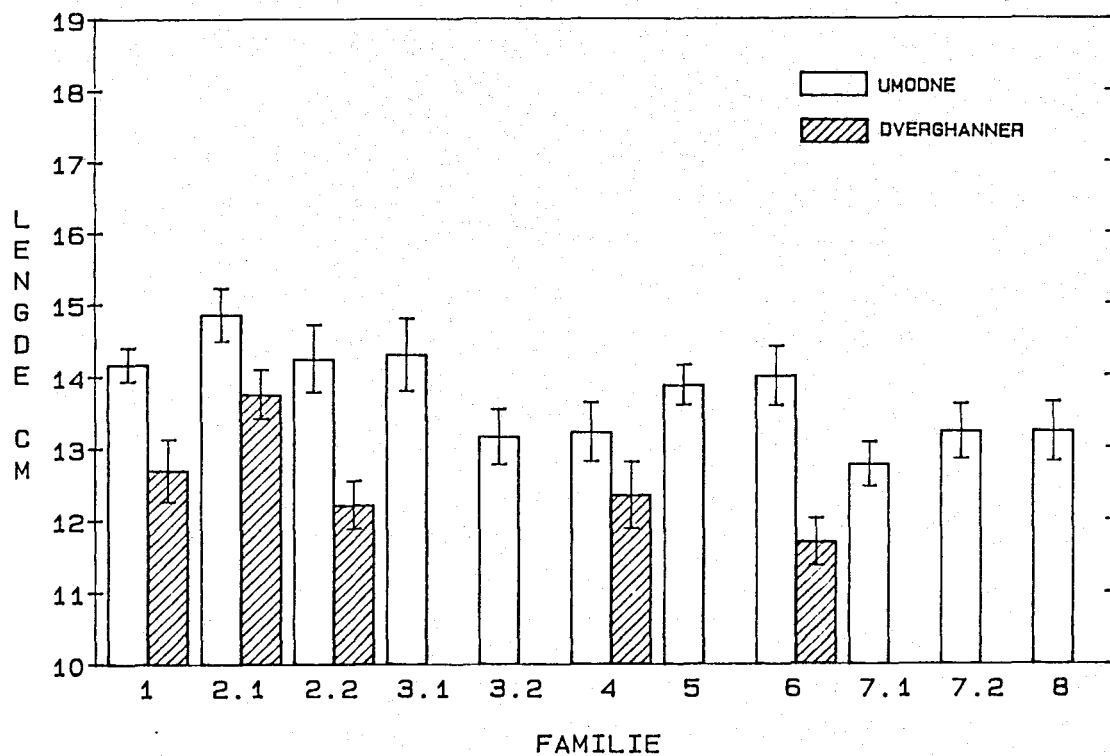


Fig. 4.29. Snittlengder for familiene i forsøk A desember 1982. Dverghanner er adskilt og skravert. 95 % konfidensintervall er inntegnet.

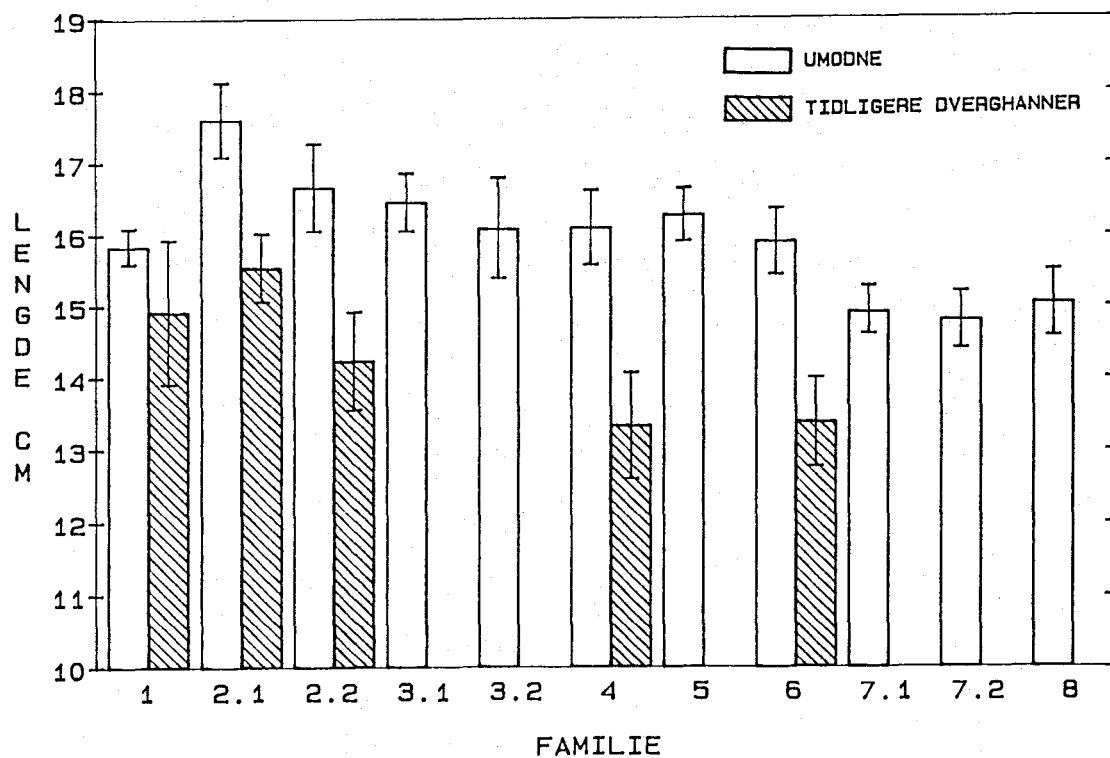


Fig. 4.30. Snittlengder for familiene i forsøk A mars 1983. Dverghanner er adskilt og skravert. 95 % konfidensintervall er inntegnet.



#### 4.4 VEKST OG KJØNNSMODNING I SJØEN

Snittvektene på begge årsklasser andre høsten i sjøen er gitt i tabellene 4.7 og 4.8. Fisken er sortert etter familie og smoltlengde i hele centimeter. I tillegg er antall tert og antall dverghanner spesifisert.

I tab. 4.7 er det en klar tendens til at vektene i sjøen er positivt korrelert med lengdene ved utsetting. Denne sammenhengen er svak for toårssmolten. Det er stor forskjell på hvilke vekter ettårssmolten oppnår senere, mens familieforskjellene blant fisken som ble satt ut som toårssmolt er mye mindre.

Økende smoltstørrelse innen familiene synes å gi større andel tert hos ettårssmoltgruppene. Denne sammenhengen er usikker blant toårssmolten fordi kjønnsmodningen her er meget beskjeden. Terten er ikke skilt på kjønn i de to tabellene fordi det var få modne hunnfisk. Blant fisken som var satt ut som ettårssmolt hadde fam. 1 og 2.2 en moden hunn hver. Hos toårssmolten ble det registrert to modne hunnfisk hos fam. 2.1 og 2.2 andre høsten i sjøen, mens fam. 4, 3.2 og 8 hadde en hver.

De tidligere dverghannene var relativt små toårssmolt (jamfør kap. 4.3). Det var ikke større kjønnsmodning blant dem i sjøen. To av 63 dverghanner, eller 3.2 prosent, modnet som tert. Kjønnsmodningsprosenten for resten av toårssmolten var 4.8, dvs. 21 av 436.

De følgende underkapitler skal se på hvilke vekstrater og vekstmønster fisken følger fra utsetting til andre høsten i sjøen og som resulterer i resultatene i de to tabellene (tab. 4.7 og 4.8).

Tab. 4.7: Vekt (kg) i sjøen 9.sept. 1983 for ettårssmolten. Standardavvik i parentes. Sortert etter smoltlengde i hele centimeter. Ruter med én fisk ikke tatt med. Antall fisk (n) og antall tert (t) lagt inn i hver rute.

FAM.	SMOLTLENGDE ( c m )						
	11	12	13	14	15	16	17
1	1.40 (0.34) n=9 t=1	1.35 (0.35) n=15 t=6	1.57 (0.04) n=2				
2.1		1.46 (0.44) n=6	1.66 (0.40) n=11 t=2	1.82 (0.36) n=13 t=5	1.82 (0.28) n=5		
2.2		1.33 (0.25) n=21 t=3	1.46 (0.29) n=19 t=5	1.66 (0.06) n=2 t=1			
3.1			1.47 (0.18) n=6	1.59 (0.28) n=11	1.92 (0.26) n=10 t=1		
3.2		1.68 (0.29) n=3	1.79 (0.23) n=6	1.93 (0.34) n=15	2.22 (0.32) n=6 t=1	2.34 (0.21) n=6	2.45 (0.04) n=3
4		1.17 (0.14) n=7 t=1	1.16 (0.21) n=13 t=2	1.49 (0.29) n=12 t=4	1.77 (0.27) n=7 t=3	1.82 (0.47) n=2	1.89 (0.21) n=2 t=2
5		1.44 (0.19) n=5 t=1	1.21 (0.09) n=6 t=2	1.38 (0.42) n=6 t=3	1.94 (0.39) n=2 t=1		
6		1.51 (0.17) n=7	1.78 (0.42) n=14 t=3	1.84 (0.50) n=27 t=7	1.99 (0.39) n=16 t=4	2.17 (0.55) n=3 t=2	
7.1		1.76 (0.04) n=2	1.59 (0.41) n=2				
7.2	1.53 (0.26) n=3 t=1	1.98 (0.13) n=3 t=1	2.05 (0.30) n=2		1.89 (0.01) n=2		

Tab. 4.8: Vekt (kg) i sjøen 10. okt. 1984 for toårssmolten. Standardavik i parentes. Sortert etter smoltlengde i hele centimeter. Ruter med én fisk ikke tatt med. Antall fisk (n), antall tert (t) og antall tidligere dverghanner (h) lagt inn i hver rute.

F A M .	S M O L T L E N G D E ( c m )							
	12	13	14	15	16	17	18	over 19
1			2.57 (0.50) n=12 h=2 t=1	2.23 (0.56) n=23 h=2	2.73 (0.49) n=15	2.78 (0.32) n=3	2.90 (0.6) n=2	
2.1				3.24 (0.67) n=11 h=6 t=1	2.78 (0.35) n=15 h=4 t=2	2.83 (0.87) n=21 h=2 t=3	3.80 (0.84) n=6 h=1	3.22 (0.37) n=3
2.2		1.47 (0.21) n=3 h=2	2.27 (0.48) n=11 h=6	2.58 (0.78) n=18 h=3	2.38 (0.75) n=14 h=3 t=2	2.45 (0.22) n=5	3.68 (0.64) n=3	3.34 (0.64) n=8 t=1
3.1			2.11 (0.18) n=7	2.25 (0.45) n=9	2.66 (0.82) n=9	2.40 (0.67) n=11	2.89 (0.48) n=6	2.80 (0.39) n=6
3.2		2.71 (0.60) n=6 h=1	2.27 (0.30) n=5	3.03 (0.80) n=9	2.73 (0.48) n=7 t=1		3.59 (0.63) n=4	3.52 (0.94) n=6
4	2.09 (0.16) n=5		1.57 (0.52) n=6	1.86 (0.30) n=9	1.88 (0.61) n=11		3.18 (0.40) n=3	2.26 (0.22) n=3
5			2.52 (0.32) n=3 h=1	1.46 (0.90) n=4	2.55 (0.61) n=12 h=1 t=1	2.37 (0.88) n=12 t=2		
6	1.60 (0.38) n=4 h=1	2.13 (0.52) n=7 h=5	2.39 (0.51) n=7 h=5	2.53 (0.66) n=10 h=3	2.50 (0.33) n=12 h=2	2.66 (0.54) n=8		
7.1	2.41 (0.86) n=3	2.25 (0.25) n=6	2.20 (0.75) n=16 t=1	2.56 (0.47) n=14	2.82 (0.45) n=8	2.83 (0.26) n=6		
7.2		1.68 (0.06) n=2	2.75 (0.53) n=7 t=1	2.89 (0.54) n=9 t=1	2.92 (0.33) n=10 t=2	2.90 (0.25) n=4 t=1	3.21 (1.39) n=2	
8			2.21 (0.06) n=3	2.00 (0.40) n=5	2.60 (0.39) n=6	2.89 (0.75) n=7	2.78 (0.47) n=3 t=1	

#### 4.4.1 GENERELLE VEKSTRATER I SJØEN

Fiskens vekstrate i sjøen er utregnet som gjennomsnittlig spesi-  
fikk vekstrate i perioden mellom to målinger (formel for spesi-  
fikk vekstrate, se kap. 3.3.3). Det er trukket linjer mellom  
vekstratene på de forskjellige tidspunktene for å øke lesbarhe-  
ten. Figurene er delt opp med vertikale streker. Hver strek  
møter X-aksen på en måledato. 'Boksene' som dannes viser lengden  
av hver måleperiode. Midlere vekstrate er plassert midt i perio-  
den. Det er brukt t-test for teste vekstrater mot hverandre.

Vekstraten til fisk blant ettårssmolten som modner andre høsten  
i sjøen (fig. 4.31) er signifikant større på 1 prosent nivå fra  
og med 16. februar 1982 til og med 29. juni 1983. Fra 29. juni  
til 6. september 1983 er den signifikant lavere på 5 prosent  
nivå i forhold til umoden fisk. Dermed viser fig. 4.31 at den  
modnende fisken i perioden mellom 16. februar og 27. juni har  
høyere midlere vekstrate enn umoden fisk. Derimot vokser umoden  
fisk bedre utover høsten. Vekstratene er ikke testet mot hve-  
randre seinere fordi mange tert døde i løpet av vinteren, men de  
gjenlevende vokste like gode som umoden fisk etter årsskiftet.  
Videre er det klart at også fisken som modner etter to år i  
sjøen har høyere vekstrate utover våren.

Fig. 4.32 gir et tilsvarende bilde for toårssmolten, vekstraten  
for tertene er signifikant høyere (1 prosent nivå) fra 14. desem-  
ber til 4. juli og signifikant mindre (samme nivå, men ulik va-  
rians) fra 4. juli til 10. oktober.

I tillegg til vekstraten for de tidlige dverghannene (fig.  
4.37), skal den relative størrelsen deres i begynnelsen og slut-  
ten av den viste vekstperioden presenteres. Lengdefordeling ved  
utsetting vises i fig. 4.33. Forskjellen i lengde for dverghan-  
nene og umodne er signifikant på 5 prosent nivå. Dataene er  
splittet opp i familier på fig. 4.34 og som i kap. 4.3 er dverg-  
hannene bare tatt med i de fem familiene som har mye dverghan-  
ner. (Denne figuren er ikke lik fig. 4.30 da fig. 4.34 bare  
inkluderer den merkede fisken).

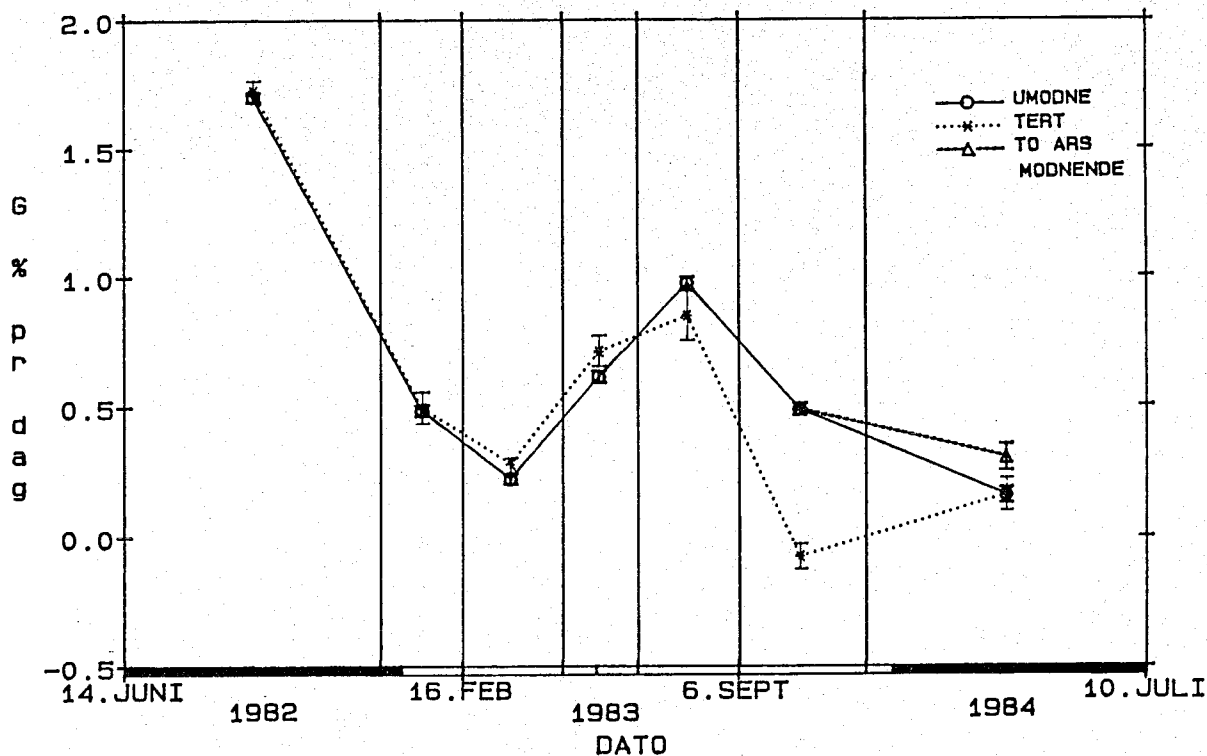


Fig. 4.31. Midlere spesifikk vekstrate (G) for tert/umodne fra ettårssmolt (utsetting) fram til tredje sommeren i sjøen. 95 % konfidensintervall er inntegnet. Toårsmodnende er vist for siste måleperiode.

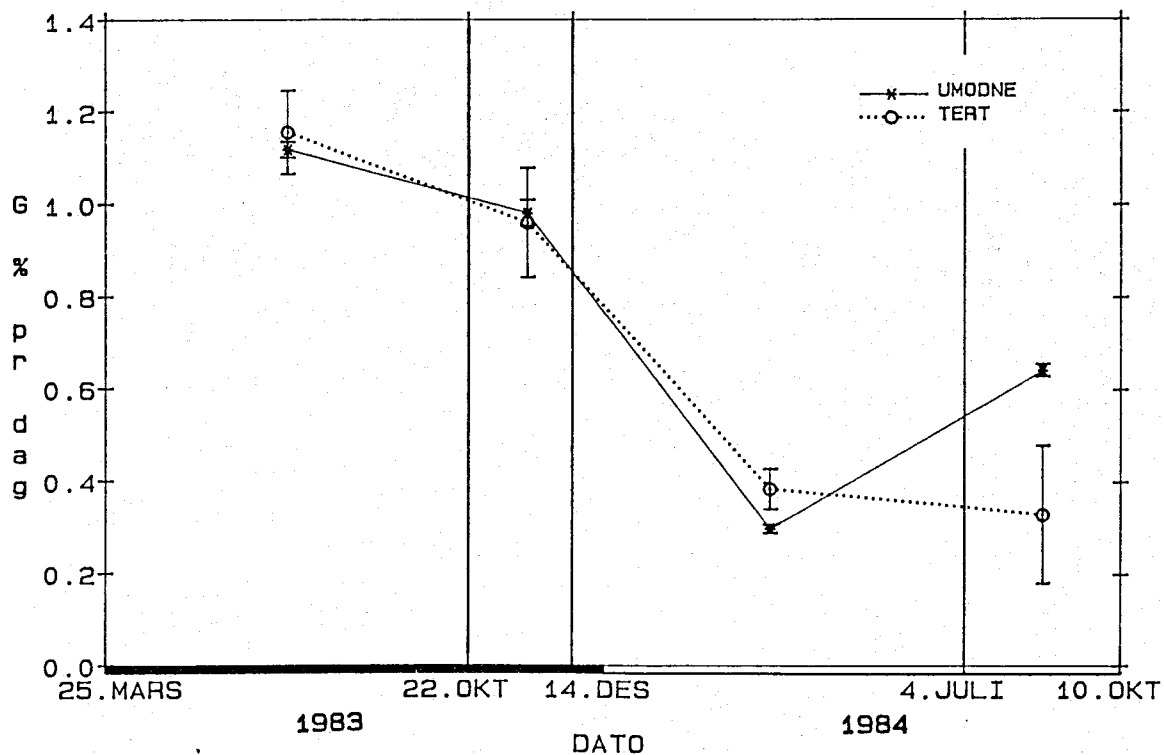


Fig. 4.32. Midlere spesifikk vekstrate (G) for tert/umodne fra toårssmolt (utsetting) fram til andre høsten i sjøen. 95 % konfidensintervall er inntegnet.

Etter 18 måneder i sjøen var det ikke forskjell i størrelse i totalmaterialet (fig. 4.35) og dverghannene hadde oppnådd lignende lengder som sine umodne søsken (fig. 4.36), derimot var de ikke tilnærmet normalfordelt (fig. 4.35). Fig. 4.37 viser at dverghannene har vokst bedre mellom merking 21-25. mars og første måling i sjøen 29. september 1983. Forskjellen mellom vekstratene er signifikant på 1 prosent nivå.

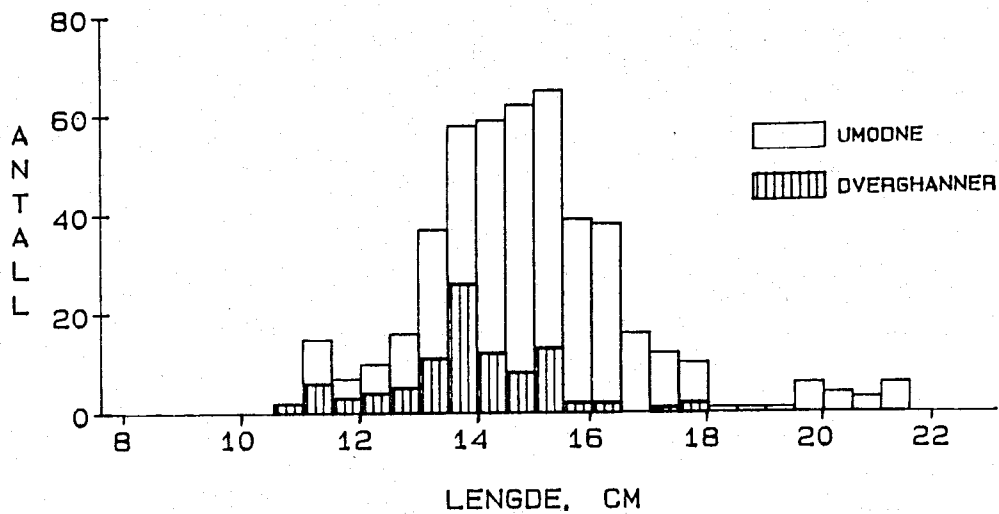


Fig. 4.33. Lengdefordeling for tidligere dverghanner/umodne i totalmaterialet etter merking 21-23 mars 1983. Tidligere dverghanner er adskilt og skravert.

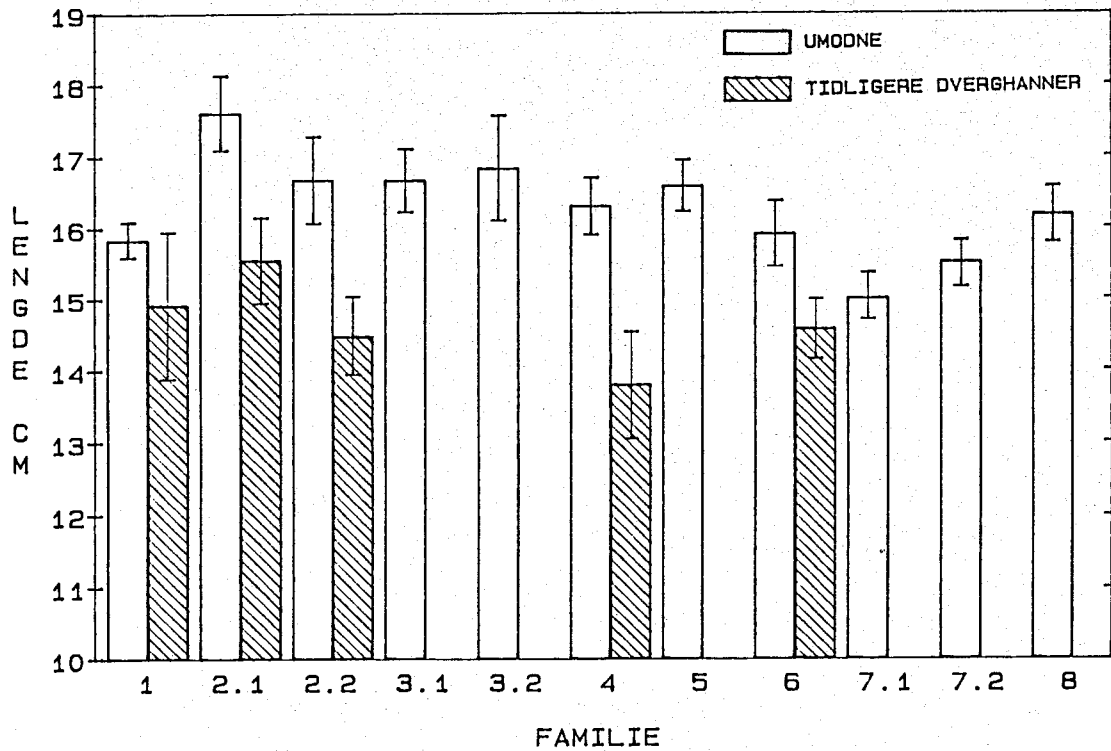


Fig. 4.34. Snittlengder for familiene som toårssmolt ved merking 21-23. mars 1983. Tidligere dverghanner er adskilt og skravert. 95 % konfidensintervall er inntegnet.

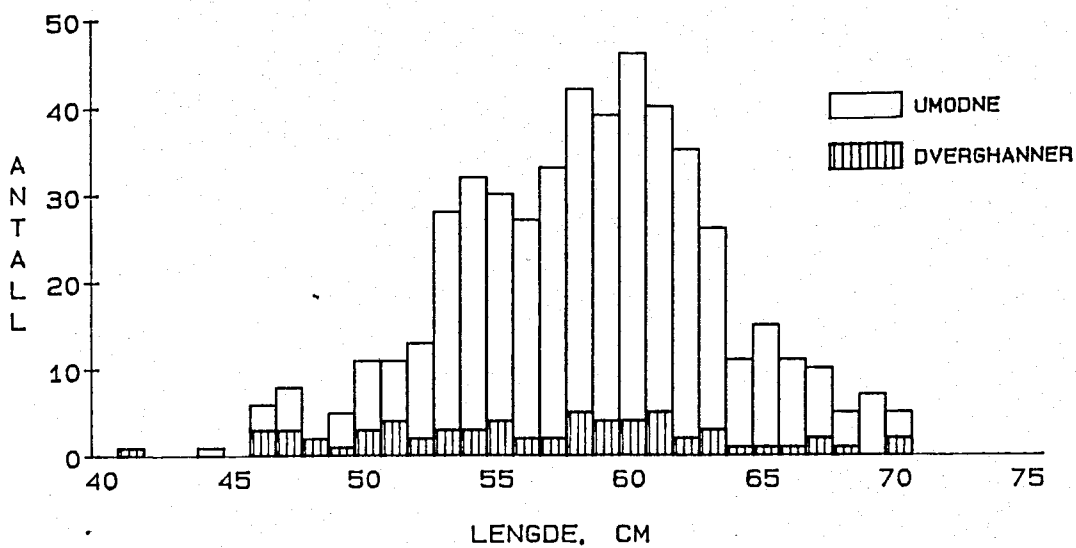


Fig. 4.35. Lengdefordeling for tidligere dverghanner/umodne søsken i totalmaterialet, 10. oktober 1984. Tidligere dverghanner er adskilt og skravert.

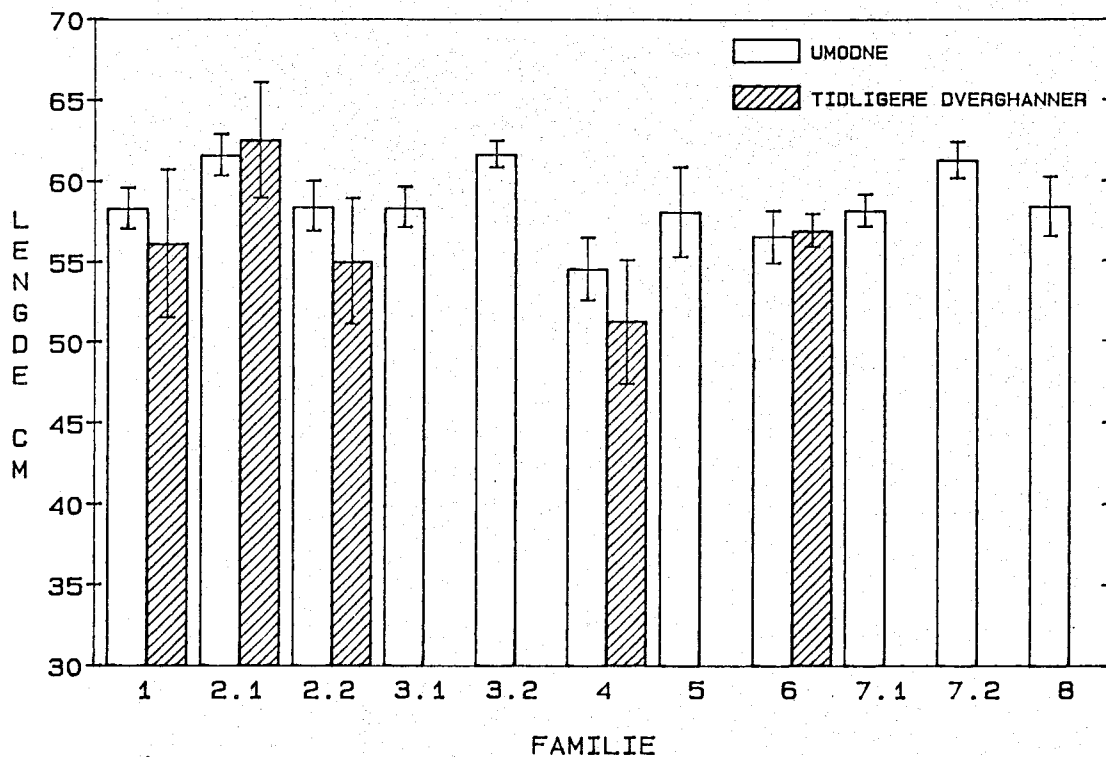


Fig. 4.36. Snittlengder for familiene som toårssmolt 10. oktober andre høsten i sjøen. Tidligere dverghanner er adskilt og skravert. 95 % konfidensintervall er inntegnet.

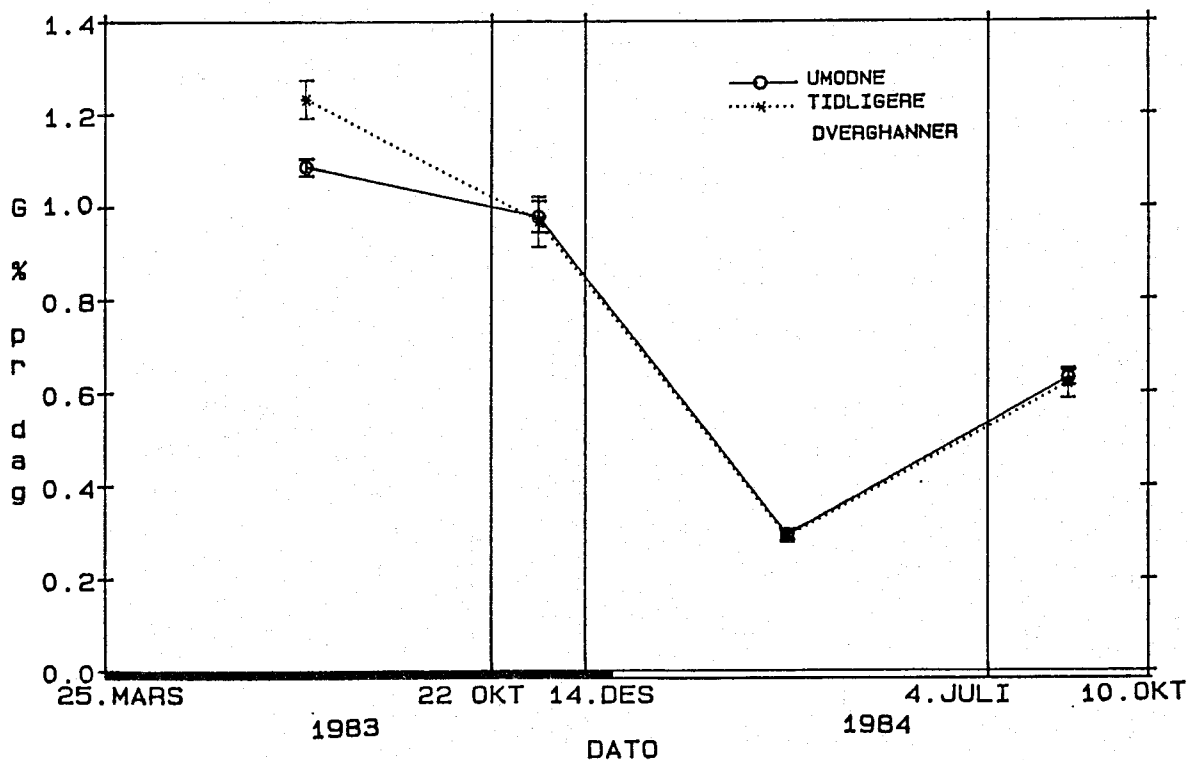


Fig. 4.37. Midlere spesifikk vekstrate (G) for tidligere dverghanner/umodne søsken fra utsetting til 10. oktober andre høsten i sjøen. 95 % konfidensintervall er inntegnet.



#### 4.4.2 BRUK AV MULTIPPEL REGRESJONSMODELL

##### 4.4.2.1 STØRRELSE I SJØ SOM AVHENGIG VARIABEL

Størrelsen på de to utsatte gruppene (ett- og toårssmolt) andre sommeren og høsten i sjøen ble brukt som avhengig variabel i multiple regresjoner (metoden nærmere beskrevet i kap. 3.3.2).

*Korn dette ut av "pakkeri". -*

Regresjonenes signifikanssannsynlighet er utregnet av F-verdien, dette blir ensbetydende med å teste nullhypotesen om at kvadrert korrelasjon (anslår forklart varians) er lik 0. Siden alle regresjonene var signifikante på 1 prosent nivå gis ikke signifikanssannsynlighetene for hver regresjon.

Signifikanssannsynlighetene til kildevariablene er utelatt fordi de i en slik modell bare er et uttrykk for om responsnivået til en kildevariabel er signifikant forskjellig fra responsnivået til den tilfeldig valgte referansegruppen.

Siden det allerede er vist (fig. 4.37) at dverghannene har høyere vekstrate første sommeren i sjøen er de trukket ut av regresjonene.

Tab. 4.7a til og med 4.12a viser responsnivået med standardavvik til de enkelte kildevariablene i gram eller millimeter. Responsnivåene for familiene er omregnet slik at det høyeste familienivået blir satt til 0. Fam. 7.1, 7.2 og 8 bidrar med få ettårssmolt. Derfor er fisken i disse tre familiene slått sammen og benyttet til referansegruppe. Fordi 10 av disse 15 fiskene tilhører fam. 7.2 er kildevariabelens responsnivå i tabellene bokført i parentes ved denne familien. Regresjonen gir ikke standardavvik på referansegruppen.

Blant toårssmolten er fam. 8 brukt som referansefamilie.

Tab. 4.7b til 4.12b gir vinkelkoeffisient, kvadrert korrelasjon og kjønnsmodningens bidrag til kvadrert korrelasjon for hver multippel regresjon. I tillegg vises kvadrert korrelasjon for den lineære modellen uten kildevariable.

#### 4.4.2.1.1 ABSOLUTTE SMOLTLENGDER SOM UAVHENGIG VARIABEL

Den enkelte smolts absolutte lengde ved merking går først inn i regresjonen som uavhengig variabel.

Tab. 4.7a: Regresjon smoltlengde-vekt 9. sept 1983, ettårssmolt.  
 Responsnivå for familiene med standardavvik (SD).

KILDEVAR.	RESPONSNIVÅ	SD
F		
1	-385	100
A		
2.1	-253	93
2.2	-428	89
M		
3.1	-306	98
3.2	0	94
I		
4	-607	90
5	-628	103
L		
6	-176	86
7.1		
I		
7.2	(-100)	-
8		
E		
MODNING	-305	46

Tab. 4.7b: Hovedparametrene i ovenstående regresjon. Vinkelkoeffisient (VK), standardavvik på VK (SD), kvadrert korrelasjon (KK) og kvadrert korrelasjon i regresjonen når kildevariablene ikke er med. KK-modning er kvadrert korrelasjon tilført pga. modning.

VK	SD	KK	KK uten kildevar.	KK-modning
12.0	1.6	0.45	0.24	0.02

I praksis innebærer vinkelkoeffisienten at en millimeter økning i ettårssmoltens lengde fører til forventet vektøkning i sjø på 12 gram. Modellen forklarer 45 % av variasjonen i sjøvekten, smoltlengden alene forklarer 24 %.

Tab. 4.8a: Regresjon smoltlengde-lengde 29. juni 1983, ettårssmolt.  
 Responsnivå for kildevariablene med standardavvik (SD).

KILDEVAR.	RESPONSNIVÅ	SD
F		
1	-45	10
A		
2.1	-37	10
2.2	-49	9
M		
3.1	-26	10
3.2	0	10
I		
4	-59	9
5	-56	10
L		
6	-28	9
7.1		
I		
7.2	(-12)	-
8		
E		
MODNING	+7	5

Tab. 4.8b: Hovedparametrene i ovenstående regresjon. Vinkelkoeffisient (VK), standardavvik på VK (SD), kvadrert korrelasjon (KK) og kvadrert korrelasjon i regresjonen når kildevariablene ikke er med. KK-modning er kvadrert korrelasjon tilført pga. modning.

VK	SD	KK	KK uten kildevar.	KK-modning
1.28	0.16	0.47	0.25	0.001

I praksis innebærer vinkelkoeffisienten at en millimeter økning i ettårssmoltens lengde fører til forventet lengdeøkning i sjø på 1.28 millimeter. Modellen forklarer 47 % av variasjonen i lengden i sjøen. Smoltlengden alene forklarer 25 %. Modningen påvirker fisken mer enn familietilhørigheten og gir fisken 3-4-5 cm. mer enn de umodne søsknene.

Tab. 4.9a: Regresjon smoltlengde-lengde 4. juli 1984, toårssmolt.  
 Responsnivå for familiene med standardavvik (SD).

KILDEVAR.	RESPONSNIVÅ	SD
F		
1	-31	9
A		
2.1	-15	11
2.2	-44	10
M		
3.1	-44	10
3.2	-10	10
I		
4	-79	9
5	-46	12
L		
6	-51	11
7.1	-29	10
I		
7.2	0	9
8	-36	-
E		
MODNING	-31	9

Tab. 4.9b: Hovedparametrene i ovenstående regresjon. Vinkelkoeffisient (VK), standardavvik på VK (SD), kvadrert korrelasjon (KK) og kvadrert korrelasjon i regresjonen når kildevariablene ikke er med. KK-modning er kvadrert korrelasjon tilført pga. modning.

VK	SD	KK	KK uten kildevar.	KK-modning
0.98	0.11	0.30	0.14	0.002

I praksis innebærer vinkelkoeffisienten at en millimeter økning i toårssmoltens lengde fører til forventet lengdeøkning i sjø på 0.98 millimeter. Modellen forklarer 30 % av variasjonen i sjølengden, smoltlengden alene forklarer 14 %.

Tab. 4.10a: Regresjon smoltlengde-vekt 10.okt 1984, toårssmolt.  
 Responsnivå for familiene med standardavvik (SD).

KILDEVAR.	RESPONSNIVÅ	SD
F		
1	-320	130
A		
2.1	-29	135
2.2	-355	132
M		
3.1	-513	131
3.2	-17	136
I		
4	-888	147
5	-495	147
L		
6	-495	143
7.1	-223	130
I		
7.2	0	141
8	-379	-
E		
MODNING	-554	126

Tab. 4.10b: Hovedparametrene i ovenstående regresjon. Vinkelkoeffisient (VK), standardavvik på VK (SD), kvadrert korrelasjon (KK) og kvadrert korrelasjon i regresjonen når kildevariablene ikke er med. KK-modning er kvadrert korrelasjon tilført pga. modning.

VK	SD	KK	KK uten kildevar.	KK-modning
12.9	1.5	0.28	0.13.	0.07

I praksis innebærer vinkelkoeffisienten at en millimeter økning i toårssmoltens lengde fører til forventet vektøkning i sjø på 12.9 gram. Modellen forklarer 28 % av variasjonen i sjøvekten, smoltlengden alene forklarer 13 %.

#### 4.4.2.1.2 STANDARDISERTE SMOLTLENGDER SOM UAVHENGIG VARIABEL

Standardiserte smoltlengder blir brukt som uavhengig variabel i de følgende regresjoner (formel for standardisering i kap. 3.3.3). Fig. 4.38 og 4.39 viser fordelingen av de standardiserte smoltlengdene i de to årsklassene. Det er inntegnet hvor mange prosent av fisken i de enkelte intervallene som senere modner som tert. En bør legge merke til at i fig. 4.38 øker denne prosenten med økende standardisert smoltlengde. De standardiserte smoltlengdene til fisken som modner eller ikke modner ble testet mot hverandre med t-test (Variansene var statistisk forskjellige). Testen viste signifikant forskjell på 1 prosent nivå.

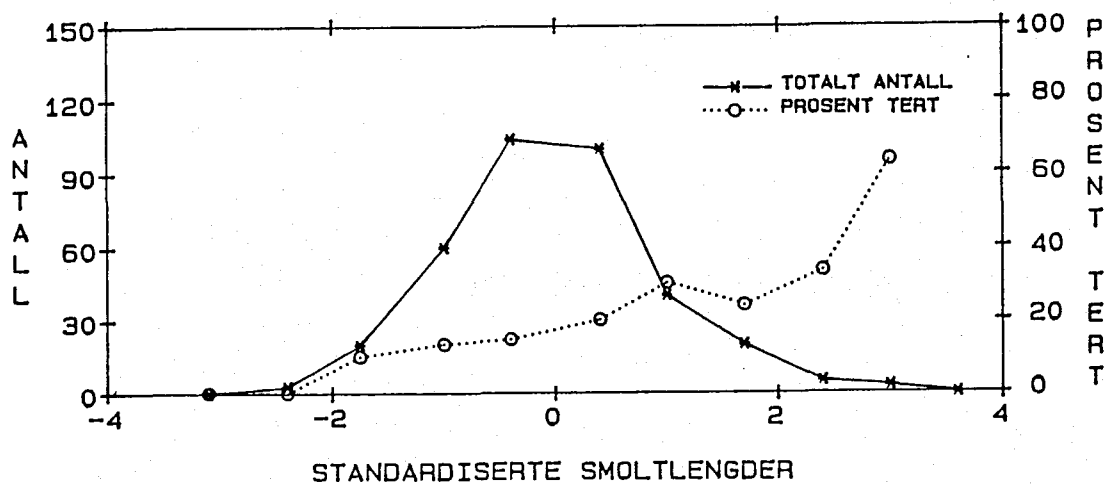


Fig. 4.38. Standardiserte smoltlengder for ettårssmolten. Prosent tert i hvert lengdeintervall er lagt til.

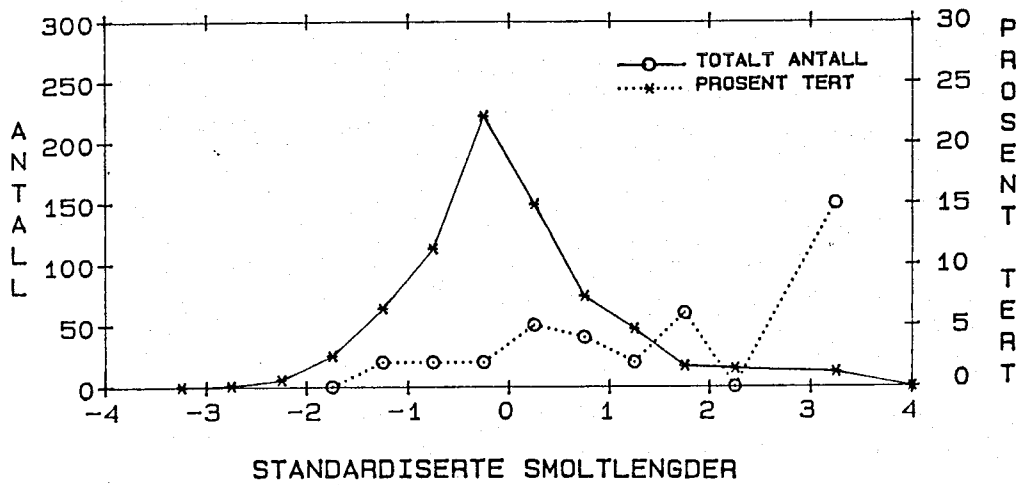


Fig. 4.39. Standardiserte smoltlengder for toårssmolten.  
Prosent tert i hvert lengdeintervall er lagt til.

Spesielt fig. 4.38 (ettårssmolten) viser at sjansen for modning øker med økende smoltstørrelse innen familiene.



Tab. 4.11a: Regresjon standardiserte smoltlengder-vekt 9.sept 1983, ettårssmolt. Responsnivå for familiene med standardavvik (SD).

KILDEVAR.	RESPONSNIVÅ	SD
F		
1	-700	98
A		
2.1	-361	93
2.2	-657	89
M		
3.1	-341	97
3.2	0	91
I		
4	-689	90
5	-723	103
L		
6	-231	85
7.1		
I		
7. 2	(-276)	-
8		
E		
MODNING	-79	46

Tab. 4.11b: Hovedparametrene i ovenstående regresjon. Vinkelkoeffisient (VK), standardavvik på VK (SD), kvadrert korrelasjon (KK) og kvadrert korrelasjon i regresjonen når kildevariablene ikke er med. KK-modning er kvadrert korrelasjon tilført pga. modning.

VK	SD	KK	KK uten kildevar.	KK-modning
134	18	0.45	0.12	0.02

I praksis innebærer vinkelkoeffisienten at en enhet økning i standardisert smoltlengde (ettårssmolt) fører til forventet vektøkning på 134 gram. Modellen forklarer 45 % av variasjonen i sjøvekten, standardiserte smoltlengder alene forklarer 12 %. Responsnivået på modning har øket i forhold til regresjonen med absolutt lengde.

Tab. 4.12a: Regresjon standardiserte smoltlengde-vekt 10.okt 1984, toårssmolt. Responsnivå for familiene med standardavvik (SD).

KILDEVAR.	RESPONSNIVÅ	SD
F		
	1	-472
A	2.1	0
	2.2	-355
M	3.1	-530
	3.2	-64
I	4	-948
	5	-546
L	6	-665
	7.1	-489
I	7.2	-172
	8	-485
E		
	MODNING	-640

Tab. 4.12b: Hovedparametrene i ovenstående regresjon. Vinkelkoeffisient (VK), standardavvik på VK (SD), kvadrert korrelasjon (KK) og kvadrert korrelasjon i regresjonen når kildevariablene ikke er med. KK-modning er kvadrert korrelasjon tilført pga. modning.

VK	SD	KK	KK uten kildevar.	KK-modning
235	27	0.28	0.13	0.08

I praksis innebærer vinkelkoeffisienten at en enhet økning i standardisert smoltlengde (toårssmolt) fører til forventet vektøkning på 235 gram. Modellen forklarer 28 % av variasjonen i sjøvekten, standardiserte smoltlengder alene forklarer 13 %, dette er sammenlignbart med absolutte smoltlengder.

#### 4.4.2.2 OPPSUMMERING AV REGRESJONENE

Smoltlengden alene forklarer rundt 24 prosent av variasjonen i sjøvekten til ettårssmolten og rundt 14 prosent hos toårssmolten.

For at smoltlengden skal ha noen vesentlig forklaringsverdi må familietilhørigheten tas hensyn til. P.g.a. stor variasjon i familienes midlere tilvekst i sjøen dobles kvadrert korrelasjon og dermed forklaringsverdien til modellene.

Både for ett- og toårssmolten fører én millimeter økning i smoltlengden til en forventet økning i vekten i sjø på 12-13 gram, mens lengden i sjø øker med rundt en millimeter (1.28 og 0.98 mm. for henholdsvis ett- og toårssmolt).

Blant ettårssmolten skiller modnende fisk seg ut som de relativt største 29. juni. De standardiserte smoltlengdene viser at den modnende ettårssmolten også er klart tyngre enn sine umodne søsken 9. sept. Da er bare responsnivået til fam. 3.2 høyere, men her er det ubetydelig modning (1 stk.). Terten var også generelt stor som smolt (fig. 4.38). Egenskapen modning som tert bidrar ikke til modellens forklaringsverdi (tilført KK på under 0.1).

Standardiserte smoltlengder forklarte 12-13 prosent av variasjonen før familietilhørigheten ble brakt inn i modellen. Da var forklaringsverdien omtrent på høyde med modellen som brukte absolute smoltlengder (28 og 45 prosent mot 30 og 46 prosent).

4.4.2.3 FAMILIENES RANGNUMMER I REGRESJONENE

For å sammenligne den relative veksten av familiene innen og mellom begge årsklassene er rangnumrene til responsnivåene satt opp i tab. 4.13. Rangnummeret er plassiffer for de enkelte responsnivåene. (Familien med den største responsverdien (0) får rangnummer 1 osv.) Familienes rangnummer innen de to årsklassene endrer seg svært lite når avhengig variabel er enten vekt eller lengde. Endringene er litt større når standardiserte smoltlengder er uavhengig variabel.

Det generelle inntrykket av tab. 4.13 er at de fleste familiene vokser forholdsvis likt i begge årsklassene (relativt til de andre familiene).

Tab. 4.13: Rangnummer for responsnivåene til familiene i de forskjellige regresjonene. Smoltlengde = S, standardisert smoltlengde = SS, lengde i sjøen = L og vekt i sjøen = V. Verdiene ved fam. 7.2 satt i parentes, begrunnelse, se kap. 4.4.2.1.

REGRE- SJON	E T T Å R S S M O L T			T O Å R S S M O L T		
	S-L	S-V	SS-V	S-L	S-V	SS-V
F						
1	6	6	8	5	5	5
A 2.1	5	4	5	3	3	1
2.2	7	7	6	7	6	4
M 3.1	3	5	4	7	10	8
3.2	1	1	1	2	2	2
I 4	9	8	7	11	11	11
5	8	9	9	9	8	9
L 6	4	3	2	10	8	10
7.1				4	4	7
I 7.2	(2)	(2)	(3)	1	1	3
8				6	7	6
E						

4.4.2.4 SAMMENLIGNING AV RESPONSNIVÅER FRA EN REGRESJON  
MED SNITTLENGDER

Snittlengdene av toårssmolten 10. oktober 1984 ble sammenlignet med responsnivåene i en regresjonanalyse som ble kjørt mot de samme lengdene. (Snittlengdene er identisk med de søylene i fig. 4.35 hvor dverghanner ikke er med.) Smoltlengdene er standardisert for å eliminere forskjellene i smoltstørrelse mellom familiene.

Tab. 4.14: Sammenligning av resultater fra regresjon med toårssmolten snittlengder (mm) 10. oktober 1984. De to familiene som i kolonnen for forskjell i snittlengde har verdien 0, hadde snittlengde på 616 millimeter.

		(reg.) SD	RESPONS- NIVÅ (mm)	FORSKJELL I SNITTLENGDE (mm)	(snitt) SD
F					
	1	10	-36	-33	4.6
A	2.1	10	0	0	4.0
	2.1	10	-33	-31	5.3
M	3.1	10	-33	-32	4.5
	3.2	10	-0.8	0	5.1
I	4	11	-70	-71	5.2
	5	11	-37	-36	4.1
L	6	11	-52	-51	4.6
	7.1	10	-37	-35	3.7
I	7.2	9	-0.4	-0.4	4.4
	8	-	-31	-33	4.4
E					

Responsnivåene og snittlengdene gir like verdier, forskjellen er maksimalt tre millimeter.

#### 4.4.3 KJØNNSFORDELINGEN BLANT ETTÅRSMOLT.

FORSØK A. Blant ettårssmolten hadde fam. 1, 2.1, 2.2, 4, 5 og 6 mest tert (tab. 4.15). Smoltlengdene til disse familiene er standardisert og slått sammen i fig. 4.40. For å se om hannfisken var større enn hunnfisken ble fisken skilt på kjønn. Det er ikke tatt hensyn til alder ved modning i sjøen.

Fig. 4.40 antyder ingen størrelsesforskjell mellom kjønnene, dette bekreftes ved at en t-test gav signifikanssannsynlighet på 0.36. Det inngår totalt 111 hannfisk og 88 hunnfisk i figuren. (For at figuren skal gi et korrekt bilde av kjønnsfordelingen da fisken var smolt må det forutsettes at dødeligheten i sjøen ikke har påvirket kjønnene ulikt.)

FORSØK B. Ved forsøksslutt ble kjønnnet registrert på 84 tilfeldige fisk fra kaldtvannsgruppen. Det viste seg at hannfisken var overrepresentert. Fire av syv 'femmere', 30 av 50 'seksere' og 16 av 27 'syvere' var hannfisk.

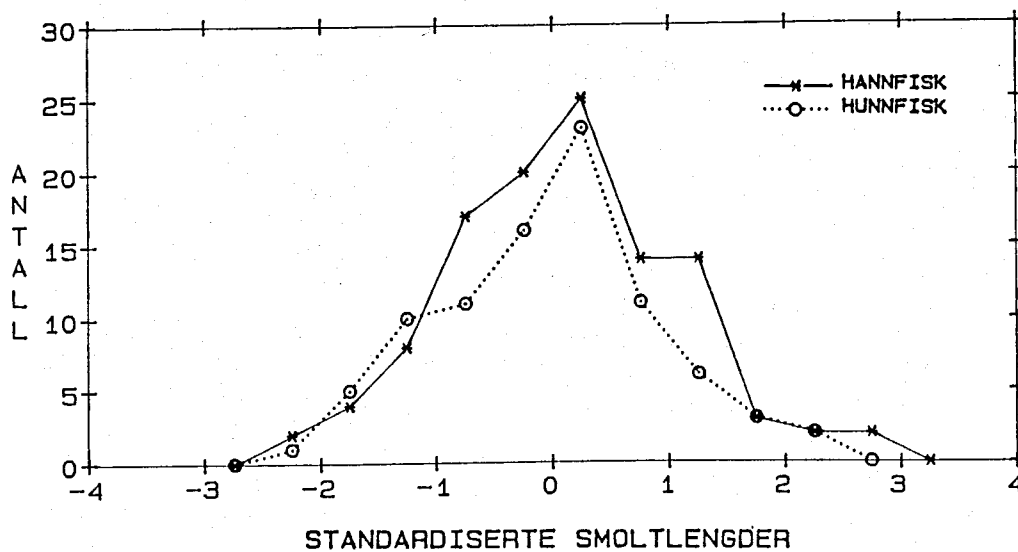


Fig. 4.40. Samlet fordeling av standardiserte smoltlengder for begge kjønnene i fam. 1, 2.1, 2.2, 4, 5 og 6. Hunnfisken er vist med stiplet linje.

#### 4.5 TAP AV FISK I SJØEN

Tap av fisk fra forsøket bestod av både dødelighet og merketap, Carlin-merkene var skyld i mesteparten av dødeligheten. For å se om tapet var lengdeavhengig, ble smoltlengdene til de gjenværende sammenlignet med smoltlengdene til den fisken som var gått tapt i tiden fra merking til første måling og i tiden fra første måling til andre høsten i sjøen (Dvs. tap i perioden fra 14. juni 1982 til 15. des. 1982 og fra 15. des. 1982 til 6. sept. 1983 for fisken som ble satt ut som ettårssmolt. For toårssmolten blir de tilsvarende periodene fra 25. mars 1983 til 22. sept. 1983, og fra 22.sept. 1983 til 10. okt. 1984.)

##### **Ettårssmolten**

Fra merking til første måling i sjøen (15. desember 1982) ble materialet redusert med 690 fisk. Det var igjen 480. Den tapte fisken hadde ved merking en midlere smoltstørrelse på 13.85 cm. mot 13.88 for fisken som var igjen etter den første tiden i sjøen. Disse verdiene gav ingen signifikant forskjell (t-test). En del av tapet skyldtes at fisken var stresset etter transporten fra Solheim, anslagsvis 200 fisk døde umiddelbart etter ankomst Austevoll. (De var vanskelig å skille fra fisk som døde fordi de satt merket fast i noten, se punkt (2), side 103.)

Fra 15. desember til andre høsten i sjøen, 6. sept. 1983, gikk det ut ytterligere 147 fisk, da var det ca. 330 stk. igjen. Dessuten var det 23 fisk uten merke i mæren, dette utgjorde et anslått merketap på 6.9 prosent. Den tapte fisken hadde som smolt en midlere lengde på 13.78 cm. De gjenværende hadde i snitt vært 13.92 cm. Heller ikke i dette tilfellet var det grunnlag for noen statistisk forskjeller (t-test).

Tapet av fisk i sjøen for ettårssmolten var dermed ikke tydelig påvirket av størrelsen på molten.

## Toårssmolten

Fra merking (23-25. mars 1983) til første målingen av toårssmolten (22. september 1983) falt det fra 241 fisk. Midlere smoltstørrelse på disse var 15.59 cm. Den gjenværende fisken hadde hatt et snitt på 16.10 cm. og talte ca. 750 fisk. Mindre varians på smoltlengdene til den tapte fisken førte til at t-testen for ulik varians måtte benyttes. Forskjellen i smoltlengde på de to gruppene var signifikant på 1 prosent nivå.

Fra den første målingen i sjøen til andre høsten i sjøen, 10. oktober 1984, ble datagrunnlaget redusert med 251 fisk og det var ca. 500 fisk igjen (litt usikkerhet i tallene pga. noen feile merkenummer). Det viste seg at toårssmolten hadde hatt stort merketap ved at det i tillegg fantes 141 fisk uten merke. Merketapet var da på 28 prosent. Den bortfallene fisken hadde tidligere et smoltsnitt på 16.01 cm., den som var igjen hadde vært 16.15 cm. Den gjenværende hadde også nå størst varians, men smoltlengdene var ikke signifikant forskjellige.

Fra merking til andre høsten i sjøen forsvant 24 av 87 tidligere dverghanner, eller 28 prosent. Til sammenligning gikk 52 prosent av resten av fisken tapt for forsøket.

Konklusjonen blir derfor at tapet av toårssmolt var delvis lengdeavhengig første sommeren i sjøen og at de tidligere dverghannene ikke var mer utsatt for dødelighet i sjøen.



4.6 SAMMENLIGNING AV FAMILIENES KVANTITATIVE EGENSKAPER  
I FERSKVANNS- OG SJØFASEN

Tab. 4.15 er en oppsummering av en del av familienes egenskaper både i ferskvann og sjø.

Tab. 4.15: Familienes kvantitative egenskaper i ferskvanns og sjøfasen. Antall tert er gitt i parentes. Midlere rangnummer er snittet av familienes rangnummer slik de er vist i kap. 4.4.2.3 når uavhengig variabel er absolutte smoltlengder. Ettårssmolt er forkortet til ETTÅRSS og toårssmolten til TOÅRSS. Midlere rangnummer for ettårssmolten til fam. 7.2 i parentes, begrunnelse, se kap. 4.4.2.1.

FAM.	% ETTÅRS SMOLT	% T E R T		%DVERG HANNER	MIDLERE RANGNUMMER	
		ETTÅRSS.	TOÅRSS.		ETTÅRSS.	TOÅRSS.
1	16	35 (9)	2 (1)	14	6	5
2.1	35	20 (7)	14 (6)	24	4.5	3
2.2	30	21 (9)	6 (3)	20	7	6.5
3.1	40	4 (1)	0	2	4	8.5
3.2	45	3 (1)	3 (1)	0	1	2
4	50	28 (12)	0	24	8.5	11
5	40	37 (7)	10 (3)	5	8.5	8.5
6	45	23 (16)	0	43	3.5	9
7.1	6		2 (1)	1		4
7.2	5	20 (2)	15 (5)	2	(2)	1
8	1		4 (1)	0		6.5

Hovedpunkter i tab. 4.15:

Fam. 3.1 og 3.2 gir høy andel ettårssmolt. Modningen er bortimot neglisjerbar både i ferskvann og i sjøen som ett- og toårssmolt. Fam. 3.1 vokser bra som ettårssmolt, litt etter de fleste familiene som toårssmolt. Fam. 3.2 vokser svært bra i sjøen.

Foruten fam. 3.1 og 3.2 er det bare fam. 7.1, 7.2 og 8 som gir like lite/ingen dverghanner. Disse familiene vokser dårlig i ferskvann fordi de bare produserer et fåtall ettårssmolt, dessuten viser fig 4.34 at de tre familiene også har den minste toårssmolten. Veksten i sjøen er derimot relativt god, med fam. 7.2 som den totalt beste familien blant toårssmolten.

Fam. 4 og 5 vokser godt i ferskvann og gir høye andeler ettårssmolt. I sjøen gir de relativt mye tert som ettårssmolt, men de vokser dårlig. De ligger lavest blant ettårssmolten og blir bare splittet som de dårligste i sjøen blant toårssmolten av fam. 6.

Når man tar hensyn til at toårssmolten har flere tellende familier forandrer familiene i liten grad midlere rangnummer mellom årsklassene.

## 5. DISKUSJON

### 5.1 DISKUSJON AV METODE

#### 5.1.1 METODER FOR FERSKVANNSFASEN

##### 5.1.1.1 OPPSPLITTING AV LENGDEFORDELINGER OG LINEÆRE REGRESJONER

#### **Oppsplitting av bimodalfordelinger**

Programmet for oppsplitting av lengdefordelinger (beskrevet i kap. 3.3.3) gav rimelige resultater først når øvre og nedre modal var tydelig adskilt. Dette kan skyldes at programmet var dårlig egnet. Det må likevel stilles et spørsmålstegn ved om de fleste lengdefordelingene virkelig var bimodale i begynnelsen av forsøket. Når fordelingene var strukket ut mot høyre (før tydelig bimodalitet) ble øvre modal kraftig overestimert. Den ble gitt stor varians og en dominerende andel av fisken. Metoden antyder derfor at det er vanskelig å beskrive utviklingen av bimodalitet som to modaler som langsomt skiller lag.

#### **Lineære regresjoner.**

Transformert prosent overleving fra 29-30. september 1981 til 6-10. juni 1982 er avhengig variabel i de to lineære regresjonene i kap. 4.2. De uavhengige variablene burde vært målt ved forsøksstart fordi de vil bli påvirket av dødeligheten i perioden.

I den første regresjonen ble overlevingen plottet mot snittlengden i nedre modal 14-15 februar 1982 siden modalene ikke kunne deles tidligere.

I den andre regresjonen ble overlevingen plottet mot andel i øvre modal 6-10. juni 1982. Disse andelene vil øke i løpet av forsøket som følge av større dødelighet i nedre modal (kap. 4.2). Verdiene fra juni ble valgt fordi det er vanskelig å vite

når fisk fra nedre modal sluttet å éntre øvre modal. (Økt dødelighet i nedre modal vil forøvrig føre til at andel i øvre modal blir overestimert.)

#### 5.1.1.2 VURDERING AV FRAKTILMETODEN

Det har ikke lyktes å finne eksempler fra litteraturen på at fraktiler har vært brukt på en tilsvarende måte.

Det er nødvendig å se på de fem forutsetningene som er satt opp i kap. 3.3.1 for å vurdere om fraktilmetoden gir resultater som kan tolkes som lakseungenes lengdeavhengige vekst. Forsøk B ble delvis satt opp for å teste metoden under mer kontrollerte forhold før den ble brukt i forsøk A, derfor vurderes forsøk B før forsøk A under hver forutsetning.

##### (1) Fisk med lik lengde vokser likt

FORSØK B. Størrelsen til den enkelte lakseunge forutsa i liten grad størrelsen ni måneder senere, især i varmtvannsgruppen. Siden overlappingen økte gradvis fra måling til måling blir det en subjektiv vurdering å si om forutsetning (1) er oppfylt innen hver periode. Med fare for ringslutning må det presiseres at FE-kurvene (fig. 4.16 og 4.17) beskriver et vekstforløp som fører til overlapping over 13-14 cm. Fisk som er kommet over 12-13 cm. vokser relativt dårlig og blir delvis innhentet av tidligere mindre fisk.

FORSØK A. Det er strengt tatt ikke mulig å uttale seg om forutsetning (1) når fisken ikke kan identifiseres på noen måte. Det er et svakt holdepunkt at lengdefordelingene endrer seg gradvis fra måling til måling (fig. 4.1 til 4.15). Dette indikerer en kontinuitet i lakseungenes vekst. Sortering i to familier fører, som tidligere nevnt (kap. 4.1), til fordelinger i juni som ser ut til å samsvare godt med størrelsen til tilsvarende søsken i

kontrollgruppene. Disse observasjonene understøtter forutsetning (1) til en viss grad, men de er for upresise til å evaluere den.

**(2) Dødeligheten må ikke være selektiv i perioden.**

FORSØK B. Forutsetningen er ikke oppfylt for hele forsøksperioden fordi 'femmerne' har høyest dødelighet (kap. 4.2). Dette kan delvis skyldes klippingen av høyre brystfinne. Men til sammenligning har Fernø og Holm (1976) tidligere observert i lignende kar at den minste fisken har størst dødelighet. Holm og Fernø (1978) fant at finneklipping påvirket veksten, men det var ikke mulig å unngå denne feilkilden i mitt forsøk. Når en av brystfinnene ble valgt, skyldtes det at fettfinnen allerede var brukt for å skille halvsøskengruppene og at eventuell klipping av begge bukfinnene kunne gitt vanskeligere identifisering hvis bukfinnene ble mye slitt (Høyre og venstre bukfinne var allerede brukt). Inntrykket av 'femmernes' dødelighet er overdrevet på lengdefordelingene (fig. 3.16b og 3.17b). Det burde vært avmerket litt over 10 'femmere' ekstra på begge figurene mot slutten av forsøket (i følge tab. 4.4). 'Femmerne' var da vanskelig å identifisere pga. regenerering av brystfinnene og slitasje av 'seksernes' brystfinner.

Forutsetning (2) regnes likevel for tilfredsstillende oppfylt fordi FE-verdiene ble delvis korrigert for dødelighet (kap. 4.1.4).

FORSØK A. FE-kurvene ble i utgangspunktet satt opp for familiene som hadde lavest dødelighet fram til smoltifisering (tab. 4.5). Det var under 10 prosent dødelighet i fam. 2.1S, 2.2S, 3.2 og 4.

Det ble gjort unntak for to familier. Fam. 3.1 hadde 16.8 prosent dødelighet, den ble likevel benyttet fordi den var en av de to familiene som hadde utviklet forholdsvis tydelig bimodal lengdefordeling allerede ved forsøksstart. Fam. 1 hadde en dødelighet på 21.1 prosent. Rundt 12 prosent av denne kom som en følge av at fisken var svekket etter to målinger. En del av den

minste fisken i karet satte seg fast i silen og døde. Dette gav selektiv dødelighet fordi større fisk ikke kunne sette seg fast. Begge uhellene falt inn under perioden for den første FE-kurven (på fig. 4.20). Den første fraktilverdien (for 13 %) vil bli kraftigst overestimert, deretter svekkes virkningen. FE-kurven ser ikke atypisk ut på fig. 4.20., men den uthever seg i forhold til de andre FE-kurvene fra samme periode (fig 4.24). En økning av fraktilverdiene på 20-30 prosent fører likevel til små forandringer i slike tilfeller fordi verdiene er så lave for liten fisk.

Det er ikke grunn til å anta konsentrert dødelighet mellom målingene for de andre familiene. Forutsetning (2) regnes for delvis oppfylt.

### **(3) Representativt utvalg.**

FORSØK B. Forutsetningen er oppfylt fordi alle fiskene ble lengdemålt hver gang.

FORSØK A. Det er vanskelig å si om den er oppfylt pga. metodens ukonvensjonelle karakter.

### **(4) Tilstrekkelig antall målinger.**

Forutsetningen regnes for oppfylt når de enkelte FE-kurvene overlapper tydelig og muliggjør en underliggende kontinuerlig vekstfunksjon.

FORSØK B. Den er da tilfredsstillende oppfylt for kaldtvannsgruppen (fig. 4.17), bare delvis oppfylt for varmtvannsgruppen (fig. 4.16).

FORSØK A. Det antas at forutsetningen er oppfylt fordi FE-kurvene overlapper på alle figurene.

(5) Rimelige tettheter i karene.

FORSØK B. Dette kravet førte til at FE-kurven fra siste måleperiode ble utelatt for varmtvannsgruppen. Ved nest siste måling var tettheten i et av karene kommet opp i bortimot 30 kg/kubikkmeter. Dette er nesten 10 kg/kubikkmeter mer enn hva Ingebrigtsen (1982) anslår som rimelige tettheter. På den annen side finnes det eksempler på at kommersielle anlegg opererer med tettheter på 30-40 kg/kubikkmeter (K.O. Jørgensen, Sea Farm A/S, pers. med.). Forholdet ble forsøkt kompensert med høyere vanngjennomstrømming etterhvert som fisken vokste. Fisken fordelte seg godt i vannsøylen og så ut til å være i god form. Det så ut som om nedsliting av brystfinnene skyldtes at fisken til tider sto langs karveggen. Tettheten i andre perioder oversteg ikke Ingebrigtsen's anslag. I lignende kar har Fernø og Holm (1976) vist at tettheten påvirker både aggressiv atferd og vekst i karene. For å minske slike forskjeller var det flere fisk i kaldtvannsgruppen ved forsøksstart, varmtvannsgruppene oppnådde likevel høyere tetthet seinere.

Jeg regner ikke med at tettheten i karene har redusert veksten i nevneverdig grad, men eventuelle forskjeller i atferd kan jeg ikke ta stilling til.

FORSØK A. Tettheten i karene lå langt under maksimumsbelegg. Den var oppe i 10 kg/kubikkmeter for fam. 4. Selv om det er mulig at 'lave' tettheter fører til økt territorialhevdelse, er det ikke mulig å vurdere dette her. Derimot sier Refstie og Steine (1978) at såkalte kareffekter påvirker veksten (i lignende kar). Kareffekter er ukjente miljøfaktorer som fører til ulik vekst i en karrekke. Forfatterne fant at kareffekter forklarte 4.1 prosent av variasjonen i lengde.

Med utgangspunkt i at atferds- og kareffekter er uvisse i dette forsøket og at tettheten ikke var høy, regnes forutsetning (5) for oppfylt.

## 5.1.2 METODER FOR SJØFASEN

### 5.1.2.1 ERFARINGER MED CARLIN-MERKER

Det finns få gode metoder som identifiserer den enkelte fisk ved gjentatte målinger. Alternativet til ytre merker kan være kombinasjoner av finneklipping og frysemerking. Denne metoden medfører problemer med 'utvisking' av frysemerkene og regenerering/slitasje av finnene og man kan ikke atskille 1000 fisk.

Carlin-merkene medfører også ulemper. I dette forsøket kan de inndeles i fem kategorier:

(1) Fisken blir skadd under merkingen. Det er rimelig å anta at dette senker veksten og øker dødeligheten over tid.

(2) Settefisken som ble satt ut i nær for første gang 'sjokket' rundt i mæren en liten stund før den søkte mot notveggen. Noen fisk satt fast merket og døde. Da toårssmolten ble satt i sjøen måtte forsøkene på å løsne slike oppgis fordi nye fisk ble skremt inn mot notveggen. Det ble også observert fisk som hang sammen etter merkene. Disse effektene syntes å stå for mesteparten av dødeligheten i sjøen.

(3) Begroing på merkene. Merkene ble skrappt frie ved hver måling, men mange fisk hadde mer eller mindre stygge sår på ryggen fra ryggfinnen bakover til fettfinnen som følge av alger, blåskjell o.a. på merkene. Disse problemene syntest mest i løpet av ettårssmoltens første vinter i sjøen. Ved målingen 5. mai samme vår var sårene så godt som gjengrodd både på små og store fisk.



(4) Merkene faller av. Toårssmolten ble merket mer skånsomt ved at merkene ble satt høyere på ryggen, men dette slo tilbake som større merketap (kap. 4.5).

(5) Skjelltap under behandling. Det virker sannsynlig at det store skjelltapet som ble observert under målingene kan skyldes at merkene skrapte mye skjell av omliggende fisk i håven. Det er ikke mulig å si om skjelltapet var så stort at enkelte fisk ble påført osmotiske problemer i tiden etter en måling.

Merkene var hovedårsaken til at materialet ble kraftig redusert i antall. Ettårssmolten ble redusert uten at dette gikk ut over spesielle smoltstørrelser (kap. 4.5). Tapet av toårssmolt virket til en viss grad selektivt på mindre fisk den første sommeren i sjøen. Det er uvisst om dette skyldes dårligere smoltifisering, større problemer med merkene eller en kombinasjon av de to.

#### 5.1.2.2 VURDERING AV DEN MULTIPLE REGRESJONSMODELLEN

Den multiple regresjonsmodellen forutsetter at bidraget fra hver familie kommer fra en tenkt linje som er parallell med felleslinjen (nærmere beskrevet i kap. 3.3.2). Dette er en forenklet problemstilling da det kan tenkes at vinkelkoeffisienten varierer mellom familiene.

En regresjonsmodell hvor familietilhørigheten påvirket både konstantleddet og stigningskoeffisienten ville her ha inneholdt 22 variable. Datamengden ble vurdert til ikke å være stor nok til en slik modell. Uten å si at det ville vært tilfellet hér, er det generelt en fare ved å innføre for mange variable i en regresjon. De kan fange opp for stor del av den naturlige variasjonen i materialet. Kvadrert korrelasjon blir da kraftig overestimert (kan i enkelte tilfeller komme opp i 1 ved å innføre mange virkelige eller fiktive variable) (Draper og Smith, 1981). Forenklingen med parallelle linjer yter ikke full rettferdighet til alle familiene (tab. 4.7 og 4.8). For noen familier synes det ikke som det er en almann sammenheng mellom økende smoltlengde og vekt i sjøen. Dette gjelder spesielt toårssmolten, men noe av dette blir forklart av den gode veksten til dverghannene, som var små smolt (de er trukket ut av regresjonene). Dessuten var det ikke formålet å undersøke om en enhet økning i smoltlengden førte til varierende økning i familienes størrelse i sjøen, men derimot å se etter en generell trend i hele materialet.

Modellen er også forenklet ved at tertene ikke er skilt med hensyn på kjønn eller familietilhørighet. Antall modne hunnfisk er svært lavt (se kap.4.4) og de ble slått sammen med hannene framfor å utelukke dem fra materialet selv om Nævdal (1983) har vist at hunnfisken generelt er litt mindre enn hannfisken. Dersom hver familie skulle blitt spaltet med to variable for modne og umodne ville antall observasjoner i endel variable blitt lavt

(det medfører at 'dummy' variabelen sjelden får verdien 1). Effekten av modningen ville blitt delt opp på mange variable som hver for seg sannsynligvis ikke ville gitt nevneverdige utslag i modellen. Metoden ville i alle fall ha vært uaktuell for toårssmolten pga. få tert.

Ulempen med å unnlate å skille ut tertene i familiene er at tertene kunne tenkes å vokse ulikt i forskjellige familier.

En egenskap ved modellen er at responsnivåene ikke er en sammenligning mellom familienes vekter i sjøen, men mellom størrelsen til tidligere like store smolt. Det medfører f.eks. at en familie med liten smolt og middels vekst i sjøen likevel kan få høy responsverdi. Det kan være et problem at familier med spesielt små eller store smolt kan påvirke resultatet av regresjonen uforholdsviss mye dersom de har en atypisk tilvekst. Dette er ikke noen fare for toårssmolten siden smoltlengdene er forholdsvis homogent fordelt. Muligheten er eliminert når smoltlengdene er standardisert, hvilket bekreftes av at snittlengdene i sjøen og responsnivåene da samsvarer meget godt (kap. 4.4.2.4).

En eventuell smoltlengdeavhengig dødelighet i sjøen representerer en 'liten' feilkilde. Snittstørrelser etter en tid i sjøen blir selvfølgelig sterkt påvirket av selektiv dødelighet. Dersom det først er en sammenheng mellom smoltstørrelse og størrelse i sjøen vil responsnivået til en familie ideelt sett ikke bli påvirket av smoltlengdeavhengig dødelighet så lenge det er en del representanter for den utsatte smoltstørrelsen igjen i datagrunnlaget. Konsekvensen er derimot at en del av den tenkte regresjonslinjen blir omgitt av færre punkter og usikkerheten på anslaget øker.

## 5.2 DISKUSJON AV RESULTATENE

### 5.2.1 FERSKVANNSFASEN

#### 5.2.1.1 VEKST FRAM TIL ETTÅRSSMOLT

Tidligere arbeider på bimodalitet hos atlantisk laks er hovedsakelig foretatt av Thorpe (Simpson og Thorpe, 1976; Thorpe, 1977; Thorpe og Wankowski, 1979 og Thorpe et al., 1980). Thorpe har arbeidet med skotsk laks, men det foreligger også et arbeid av Bailey et al. (1980) som viser bimodal lengdefordeling på kanadisk laks. I det følgende vil resultatene primært bli sammenlignet med de ovenfor nevnte arbeidene.

Utvikling av en bimodal lengdefordeling fram til ettårssmolt er altså funnet på to andre bestander av atlantisk laks. Det synes derfor som om bimodalitet inngår i et artsspesifikt vekstmønster. På grunnlag av resultater fra naturlige bestander mener Thorpe (1977) at bimodalfordeling eksisterer også der. Det kunne vært en alternativ forklaring at bimodaliteten er en konsekvens av sosiale interaksjoner i oppdrett. Thorpe (1977) tar opp denne muligheten og forkaster den etter å ha delt en bimodalfamilie i to og ikke observert ny deling av modalene. Dette resultatet kan sammenlignes med veksten i de to sorterte familiene (2.1 og 2.2). Største og minste sortering gir inntrykk av tilsvarende modaltilhørighet ved smoltifisering som tidligere like store fisk i kontrollgruppene. I tillegg virket det som om sorteringen skilte modalene best når bimodaliteten var kommet lengst ved forsøksstart (fam. 2.2, fig. 4.5 til 4.7).

Både Thorpe et al. (1980) og Bailey et al. (1980) finner klar bimodalitet allerede i november-desember. Dette gjelder nok også for fam. 3.1, 3.2, 4 og 5, men de andre familiene blir ikke tilsvarende splittet før i februar. Den skotske fisken

smoltifiserer på 9-13 cm og delingspunktet mellom modalene ligger rundt 8 cm. i desember mens den kanadiske allerede i begynnelsen av november har skilt seg i to modaler rundt en akse på 12-14 cm. Når så fig. 4.1-15 viser en klar tendens til at modalene til slutt skilles på rundt 10-11 cm, noe som er i god overensstemmelse med forventet minstestørrelse på norsk smolt, kan den 'forsenkete' delingen ikke skyldes størrelsesforskjell. Det virker derimot klart at mekanismen bak bimodalitet gir ulike smoltstørrelser hos kanadisk, skotsk og norsk laks.

Thorpe (1977) fant familieforskjeller i andel i øvre modal. Dette blir delvis forklart som en genetisk effekt (Thorpe og et al., 1980), hvor spesielt farens livshistorie spiller en rolle. Bailey et al. (1980) støtter dette og presiserer at begge foreldrenes oppholdstid i ferskvann og sjø påvirker størrelse og andel i øvre modal.

I dette forsøket er opplysningene om stamfisken (kap. 3.1.A1) for mangelfulle til slike vurderinger, men fisken er klekket og startforet ved litt forskjellige tidspunkter. Fam. 4 er både klekket og startforet først og produserer mest ettårssmolt, mens fam. 8 er klekket 55 dager seinere og startforet 56 dager seinere og gir bare et par smolt.

De ni andre familiene er klekket innen 19 dager og startforings-tidspunktet varierer med 40 dager. Fam. 7.1 som viste seg å ha svært dårlig vekst, er klekket samtidig med én og fem dager etter fire familier med god vekst. Det er vanskelig å tenke seg at klekketidspunktet skal ha avgjørende betydning for andel ettårssmolt i dette tilfellet. Halvsøskengruppen (fam. 7.2) vokser like dårlig og de to familiene er startforet relativt tidlig. Dette peker i retning av at forskjellene i andel i øvre modal er tydelig påvirket av fiskens arvede egenskaper (eller rettere sagt et resultat av arv-miljø samvirkning).

Man må imidlertid være oppmerksom på at de nevnte forskjellene, som må være relevante for fam. 8, muligens forplanter seg utover

i forsøket, både i ferskvann og sjø. På den annen side er det blitt observert på anleggene til Sea Farm A/S at startforing fra en gitt dato har gitt svært variable andeler ettårssmolt i forskjellige avstamminger (K.O. Jørgensen, pers. med.).

Både Thorpe et al. (1980) og Bailey et al. (1980) fant andel i øvre modal konstant etter at modalene var klart atskilt. De brukte normalfordelingspapir for å beregne snittlengde og andel i øvre modal. Denne metoden ble i denne oppgaven forlatt til fordel for oppsplittingsprogrammet beskrevet i kap. 3.3.3. Denne metoden gir statistisk sett objektive anslag med feilgrenser. Selv om metoden ikke gav adskillelse før februar var det en tendens til at andel i øvre modal økte fra februar til juni. Fordi dette kan være et resultat av at det var større dødelighet i nedre modal er det ikke mulig å konkludere med hverken økt eller konstant andel i øvre modal fram til juni.

Thorpe et al. (1980) løste problemet med å dele skjeve fordelinger ved å fryse fast andel i øvre modal og tilbakeberegne til begynnelsen av forsøket (august) da fordelingene var entoppete. Denne framgangsmåten bygger på antagelsen om at fisken i en unimodal fordeling er forutbestemt under de aktuelle miljøforhold til å fordele seg i to modaler i et gitt forhold. Simpson og Thorpe (1976) tenker seg mekanismen slik:

-Begivenheter i slutten av den første sommeren mens fordelingen ennå er unimodal avgjør om den enkelte fisk skal bli ettårssmolt. Metabolske rater synker på grunn av fallende temperatur, men denne effekten blir delvis kompensert av at foto-perioden induserer økt utskillelse av TSH (Tyroid stimulerende hormon). Dette fører til en økning i plasmatyroxsin-nivået. Fisk som reagerer på lave tyroxsin-verdier (lav responsterskel for tyroxsin) vil fortsette veksten og etterhvert skille seg ut i øvre modal. Derimot vil fisk som krever høyere tyroxsin verdier (høy responsterskel for tyroxsin) bli understimulert og veksten deres stagnerer samtidig med at ACTH (Adrenocorticotropic hormone) og kortisol nivået øker. Forfatterne antar en

Ble ikke  
død fisk  
malt

negativ sammenheng mellom kortisol på den ene siden og tyroksin og veksthormon på den annen side. Derfor kan modellen forklare hvorfor andel i øvre modal varierer innen en familie under ulike miljøforhold. Thorpe og Wankovski (1979) fant at strømhastighet og ulik overdekning over karene endrer andelen og ser dette i sammenheng med at ulikt stress induserer ulike kortisolnivåer (som igjen påvirker tyroksin-nivået). Videre forklarer modellen også hvorfor høyere vintertemperaturer gir større andel ett-årssmolt ved at den økte metabolske raten trekker tyroksin nivået over responsterskelen for flere fisk.

Den beskrevne mekanismen medfører at synlige avvik fra unimodalfordelingen er en konsekvens av hormonelle forskjeller som allerede har eksistert en tid, derfor forsøkte Thorpe et al. (1980) å avdekke forskjeller i metabolsk aktivitet hos fisk i unimodalfordelingen. Metoden som baserte seg på inkorporering av radioaktivt merket glycin i skjellprøver, viste ingen forskjeller innen unimodalfordelingen.

Videre så Thorpe et al. (1982) på forskjeller i RNA/DNA forholdet i fisk tilhørende øvre/nedre modal. Konklusjonen er entydig at RNA/DNA forholdet gir ett godt bilde av forskjellige metabolske aktivitetsnivåer i de to modalene, men disse registreringene er gjort på splittede fordelinger fra november til mai og beskriver ikke mekanismen forut for oppsplittingen.

For å forsøke å få en annen angrepsvinkel til problematikken rundt dannelsen av bimodalitet vil følgende alternative hypotese i fire hovedpunkter bli lansert;

- (a) Lakseungene er ikke forutbestemt til å entre øvre modal.
- (b) Fisken når en terskellengde og aksellererer i vekst gjennom et hurtigvekstintervall før den kommer opp i øvre modal.
- (c) Årssyklus o.a. påvirker fiskens evne til å aksellerere i vekst ved terskellengden.
- (d) Terskellengden kan variere.

Denne foreløpige hypotesen om Lengde Avhengig vekst, heretter kalt LA-hypotesen, er primært basert på resultatene fra FE-kurvene (fig. 4.16-4.17 og fig. 4.20 til 4.26). Videre er den motivert av problemene med å dele lengdefordelingene i to modaler på tidlige stadier (kap. 5.1.1.1).

(a) Lakseungene er ikke forutbestemt til å entre øvre modal.

(b) Fisken når en terskellengde og aksellererer i vekst gjennom et hurtigvekstintervall før den kommer opp i øvre modal.

De forskjellige forutsetningene for fraktilmetoden er vekslende oppfylt, delvis oppfylt eller lite evaluerbare i forsøk A og B (kap. 5.1.1.2). De er oftest innfridd i forsøk B som er det best kontrollerte forsøket. Men man må være oppmerksom på at forutsetningene er formulert som spissformuleringer der total oppfyllelse ville gitt en eksakt deskriptiv vekstkurve for den enkelte fisk. Et slikt resultat er ikke sannsynlig fordi de fleste arbeider på laksefisk finner stor spredning i vekstegenskaper. Derfor kan man ikke forvente at forutsetning (1) om lik vekst for like store fisker blir oppfylt. En degradering av forutsetningen til en antakelse om 'lignende' vekst for 'omtrent like store' lakseunger vil derimot gjøre det mulig å tolke FE-kurvene som den mest sannsynlige vekst for en fisk ved en gitt lengde.

Resultatene kan derfor tolkes som at det eksisterer en generell sammenheng mellom vekst og fiskens lengde som er av en slik form at fisk som vokser over en mer eller mindre bestemt lengde (terskellengde) aksellererer i vekst gjennom et lengdeintervall og danner deretter øvre modal. Denne terskellengden tenkes å variere lite mellom familiene under gitte miljøforhold pga. vekstkurvens antatt generelle natur. (I tråd med en slik generalitet ble alle enkeltpunktene i KE-kurvene fra forsøk A slått sammen i fig. 4.24.)



For å sammenligne FE kurvene fra forsøk A og B må det tas hensyn til:

- Temperaturregimene var svært ulike i de to forsøkene. Temperaturene gjennom forsøk A kan betegnes som naturlig, mens forholdene i forsøk B var kunstige.
- De fysiske forholdene i karene, dvs. utforming, størrelse av karene og tetthet av fisken var svært ulike.
- Fotoperioden. Selv om lyset i forsøk A ble slått av og på til faste tider er det ikke urealistisk at lakseungene fikk føling med naturlig fotoperiode pga. de transparente platene i taket. Forholdene i forsøk B var kunstige.

De nevnte fysiske parametrene er fra før av velkjente vekstregulerende faktorer, og de varierte altså kraftig mellom forsøkene. I tillegg inngår summen av dem i et kvalitativt aspekt ved at forsøk A, i skarp kontrast til forsøk B, har foregått under en tilnærmet naturlig årssyklus. Likevel er det store likheter på formen av FE-kurvene. FE-verdiene stiger kraftig ved 7.5-9 cm. og synker over 11 cm. Så like tendenser i så ulike forsøk kan vanskelig forklares som tilfeldigheter.

Det er derimot store forskjeller på verdiene på Y-aksene. Det kan stilles spørsmål om det er mulig å sammenligne absolutt lengdevekst pr. døgngrad over temperaturintervallet i forsøkene. I den ene måleperioden i forsøk A lå temperaturene i to måneder under  $1^{\circ}\text{C}$ , mens temperaturen i varmtvannsgruppen i forsøk B lå mellom  $8$  og  $16^{\circ}\text{C}$ . Under så forskjellige forhold kan metabolismen i fisken være av ulik natur. Det er likevel et faktum som taler for LA-hypotesen at den beste veksten antydes i det samme lengdeintervallet.

(c) Årssyklus o.a. påvirker fiskens evne til å aksellerere i vekst ved terskellengden.

Det er her tenkt at lakseungen ikke nødvendigvis aksellererer i vekst når terskellengden nås. En slik vekst-lengde sammenheng kan f.eks. være 'timet' med årssyklusen. Den kan styres av endokrine hormon-sykluser, årlige temperatursvingninger, fotoperiode etc., slik at fisk som når terskellengden seint i løpet av det første leveåret holdes tilbake og ikke vokser opp i smoltlengde uten å få tid til de kompliserte fysiologiske forandringene som er forbundet med smoltifisering. I denne forbindelse er det interessant å merke seg at Bailey et al. (1980) observerte at snittet i nedre modal varierte lite i forskjellige familier. Snittet var ikke korrelert med foreldrenes egenskaper (i motsetning til øvre modal). Dette kan tenkes forklart som at terskellengden til en viss grad stopper opp og samler opp fisken på relativt like lengder. Et slikt eksempel finnes muligens hos fam. 4 og 3.1. Disse familiene utviklet bimodalitet tidlig, og FE-kurvene deres avviker fra mønsteret i de andre FE-kurvene. Dette kan skyldes at fisken som 'skulle' bli ettårssmolt allerede hadde vokst over hurtigvekstintervallet. Dessuten økte ikke fisken i nedre modal veksten når en del av den etterhvert kom over 7-8 cm., og fisken i begge modalene hadde svært liten vekst fra begynnelsen av april til juni. I disse tilfellene kan det virke som om andelene i øvre og nedre modal allerede var 'frosset' fast, muligens som en respons/'timing' med årssyklusen.

Videre vil en slik 'timing' kunne forklare hvorfor mellomrommet mellom modalene ikke fylles av nye hurtigvoksende fisk utpå våren. På den annen side ville det være vanskelig å observere disse under lengdemålingene fordi de ville vokse hurtig og være fåtallige i intervallet på et gitt tidspunkt.

Det er også rimelig å anta at fiskens genetiske bakgrunn vil påvirke dens mulighet til å nå den aktuelle terskellengden. Dette er indirekte vist av Simpson og Thorpe (1976) og Bailey et al. (1980) når de finner sammenhenger mellom andelen i øvre

modal og foreldrenes utviklingsrate. Den statistiske sammenligningen mellom lengdefordelingene fra forsøk A både ved forsøksstart og ved utsortering av ettårssmolten gav like resultater på de to tidspunktene. De fleste familiene hadde beholdt sin status i forhold til de andre. Dette kan forklares som arvelige forskjeller, men grunnen kan også være at de forskjeller som eksisterer mellom familiene på et gitt tidspunkt blir frosset fast av 'timingene' med årssyklusen.

**(d) Terskellengden kan variere.**

Det ligger utenfor denne oppgaven å verifisere denne påstanden. Den er tatt med for å vise hvordan LA-hypotesen i teorien kan gjelde for kanadisk og skotsk laks og gi andre smoltstørrelser ved at terskellengden varierer mellom bestandene. Dersom terskellengden også ble påvirket av miljøforholdene, kunne dette være én av grunnene til at ulike årsklasser og ulike lokaliteter gir ulike smoltstørrelser.

Det er umiddelbare praktiske konsekvenser av en eventuell vekstkurve som følger LA-hypotesen. Dersom man får bedre oversikt over verdiene på Y-aksen (tilvekst pr. døgngrad) kan man anslå det forventede energibehovet til vannoppvarmingen i ett settefiskanlegg. Hvis man kjenner fiskens lengdefordeling er det kanskje mulig å anslå den optimale varmemengden som bringer fisken inn i hurtigvekstintervallet. I intervallet ville fisken utnytte varmen/døgngradene mer effektivt slik at tilgjengelig energi i større grad kunne konsentreres om den minste fisken. Det har selvfølgelig bygget seg opp erfaring på de enkelte anlegg om hvordan man produserer mest ettårssmolt, men dersom det er en skarp vekstgrense på rundt 8 cm. så kan denne informasjonen effektivisere driften ytterligere.

Nytt forsøk - ?!

#### 5.2.1.2 DVERGHANNER I FERSKVANN

I dette forsøket var dverghannene mindre enn søsknene da de ble registrert 19-20. desember 1982. Denne fisken må ha vært blant de største på et tidligere tidspunkt dersom modning som dverghann er et eksempel på at god vekst fører til tidlig kjønnsmodning. Dette blir foreslått av Leyzerovich, 1973; Mitans, 1973; Glebe et al., 1978 og Lundquist, 1980.

Dverghanner er blitt observert både første og andre vinteren i ferskvann. Det ble ikke funnet dverghanner før andre vinteren i dette forsøket, men tidlig klekking og gode vekstforhold har ført til innslag av dverghanner første vinteren på settefiskanleggene til Sea Farm A/S (K.O. Jørgensen, pers. med.). Bailey et al. (1980) og Saunders et al. (1982) gir tilsvarende eksempler for kanadisk laks i oppdrett. I begge disse tilfellene er forsøksfisken bimodalfordelt, og dverghannene fordeler seg på begge modalene. Forfatterne er litt uenige om dverghannene skal oppfattes som store nedre modal eller små øvre modal fisk. Bailey et al. (1980) mener at det er mest rimelig å anta at dverghannene i utgangspunktet hadde en vekst som ville ført dem opp i øvre modal. Men ved en viss terskelstørrelse tas den fysiologiske avgjørelsen om modning og veksten stagnerer.

I mitt forsøk tilhørte dverghannene nedre modal, og modalene hadde vært adskilt i hele det inneværende året før modningen. Dverghannene kunne derfor seinest ha vært blant de største ett år før modning, men det er ikke grunnlag for å vurdere hvilken vekst de virkelig hadde i det første leveåret. En annen ting er at de fire familiene med mest dverghanner gav mye ettårsmolt, den 'neste' familien (fam. 1) gav moderat andel både av dverghanner og ettårsmolt (tab. 4.15), og det var det lite dverghanner i de tre familiene med minst ettårsmolt. Disse eksemplene peker i retning av en sammenheng mellom familienes vekst i løpet av det første leveåret og hvor stor del som modner som dverghann andre leveåret.

Tre av familiene gav riktignok lite dverghanner etter å ha hatt god vekst det første leveåret, men det er ikke nødvendigvis et motargument siden det genetiske grunnlaget for både vekst og alder ved modning varierer mye (Nævdal, 1983).

For å bekrefte en antatt positiv sammenheng mellom vekst og kjønnsmodning, er det muligens et bedre spørsmål om dverghannene på et tidspunkt var størst innen **modalen**. Denne muligheten løser det tilsynelatende problemet med at dverghannene i dette forsøket ikke kan ha vært blant de største fiskene innen familiene i bortimot et år før modning, samtidig med at Dalley et al. (1983) har funnet at dverghannenes gonader først begynte å utvikle seg i juli andre leveåret (naturlige elvestammer på New Foundland).

Mitt forsøk var ikke satt opp for å studere eventuelle vekstmekanismer i nedre modal etter at ettårssmolten var skilt ut. Fra utsorteringen 2-14. juni til neste måling 20-21. august (1982), hadde all den gjenværende fisken vokst så mye at det ikke var mulig å si om nedre modal følger en vekst i samsvar med LA-hypotesen gitt i forrige kapittel. Dersom det likevel var slik, kan det spekuleres på om det er hurtig vekst rundt 9-10-11 cm. som initierer modningen. Dette er selvfølgelig en hypotese som ikke kan begrunnes her, men den kunne forklart hvorfor de fleste dverghannene var under 13 cm. Dvs. at veksten har stagnert pga. modningen etter hurtigvekstintervallet. Den største fisken i nedre modal i juni lå oppunder 10 cm., dersom modningen hos dverghannene i dette forsøket startet i juli (som i Dalley et al.'s forsøk referert i forrige avsnitt), er muligheten til stede for at de kommende dverghannene da var blant de største i modalen.

### 5.2.2 FAKTORER SOM PÅVIRKER STØRRELSEN ANDRE HØSTEN I SJØEN

Med utgangspunkt i smoltstørrelsen var størrelsen av enkeltfisk andre høsten i sjøen i dette forsøket blant annet et resultat av effekter og samspilleffekter av følgende faktorer;

- (1) Den observerte spredning.
  - Den naturlige spredning.
  - Spredning som skyldes den eksperimentelle design.
  
- (2) Smoltstørrelse.
  - Absolutt smoltstørrelse.
  - Relativ størrelse til søsknene.
  
- (3) Vekstrate.
  - Vekstrate initiert av modning, enten tidligere modning som dverghann eller modning som tert.
  - Arvelig vekstpotensiale, kommer til uttrykk i familiens vekst.

#### (1) Den observerte spredning

Biologiske data har en høy grad av varians som ofte blir neglisjert for å formulere en generell sammenheng (Cushing, 1976, p. 83). Regresjonsanalysene viste at en stor del av variasjonen i materialet forblir uforklart. Selv om modellen forklarer bortimot 50 prosent av variasjonen for ettårssmolten antyder den relativt klare tendensen til økning av vektene for økte smoltlengder i tab. 4.7 at tallet 'burde' vært enda høyere. Grunnen er at en stor del av spredningen i materialet er gått tapt ved å sortere fisken i tabellen og regne ut snittet i hver rute.

Regresjonen er mye mer følsom for avvik siden den enkelte fisk bidrar med kvadratet av avstanden til den tilpassete linjen.

Stor spredning i vekstegenskaper for laks er en ventet observasjon, i dette forsøket kommer i tillegg merkingen inn som en ukontrollerbar faktor. I tillegg til at merkene fører til dødelighet, kan tre muligheter tenkes for merkeeffekter på den gjenværende fisken:

i) Merkene hemmer veksten mest på den minste fisken. Dette vil øke de opprinnelige forskjellene i størrelse og føre til en bedre sammenheng smoltstørrelse/størrelse i sjøen og den uforklarte variansen i regresjonene blir redusert.

ii) Merkene påvirker fisk av ulik størrelse. Spredningen i modellen vil da øke.

iii) Kombinert effekt av foregående. Punkt i) kan eksempelvis gjelde til fisken når en viss størrelse.

Under et tidligere forsøk på Akvakulturstasjonen Austevoll vokste individmerket regnbueørret dårligere enn umerkede søsken de første tre månedene i sjøen (Tofteberg, 1982). Merkeeffekten er en forstyrrende faktor i tolkningen av resultatene og slår sannsynligvis mest ut på spredningen av enkeltmålingene.

Videre er avlesningsfeil under målingene en sikker feilkilde. Feil på lengde og vekt var mulig å kontrollere til en viss grad, men feil merkenummer var nesten umulig å oppspore eller rette. Feil i noen av sifrene ville i de fleste tilfeller gi et annet eksisterende nummer. Resultatet blir da enten dobbel observasjon eller at en død fisk 'dukker opp' igjen. Selv om usikre merkenummer i de aller fleste tilfellene ble utelatt, må avlesningsfeil regnes som et bidrag til variansen i dataene.

## (2) Smoltstørrelse

Smoltstørrelsen hadde betydning for fiskens størrelse fram til andre høsten i sjøen. Veksten til familiene i sjøen var såpass varierende at smoltstørrelsen først får en god forklaringsverdi innen familiene. Smoltstørrelsens effekt på senere størrelse i sjøen blir todelt. Større smolt gir både høyere forventet vekt i sjøen og høyere sannsynlighet for modning som tert. Kjønnsmodningens minimale bidrag til den forklarte variansen i regresjonene kan tolkes som at det eksisterer indirekte sammenhenger mellom variablene. Det virker mest sannsynlig å oppfatte egenskapen modning som tert som en effekt av smoltstørrelse. I alle fall viskes effekten av kjønnsmodningen ut når regresjonen tar hensyn til de andre variablene.

## (3) Vekstrate

Den gode veksten av de tidligere dverghannene i løpet av de første fem månedene i sjøen kan sannsynligvis oppfattes som en kompensasjonsvekst. Den høye vekstraten må også sees på bakgrunn av at denne fisken som relativt små settefisk var dårligere smoltifisert og kunne være mer hemmet av merkene. Det var overraskende at mekanismen først gav betydelig aksellerert vekst og deretter ble slått av når de tidligere dverghannene hadde oppnådd lignende størrelse som søsknene. Fenomenet er kanskje et spesialtilfelle av at kjønnshormoner aksellererer somatisk vekst gjennom deler av kjønnsmodningssyklusen (Purdom, 1979).

Det har vært antydnet at dverghannene i stor grad gjennomgår hele livssyklusen i ferskvann. Dette er basert på studiet av naturlige bestander. Leyzerovich (1973) samt Lee og Power (1976) gir eksempler på at anadrome hanner er få eller fraværende i enkelte elvestammer. Mitans (1973) mener at dette skyldes at dverghannene har høy dødelighet i ferskvann. Saunders et al. (1982) viser til forsøk med oppdrettsfisk hvor dverghannene ikke hadde høyere



dødelighet i ferskvann, dessuten smoltifiserte dverghannene normalt. Han mener at selv om dverghannene i naturlige bestander skulle ha høy dødelighet etter kjønnsmodning så overlever de i oppdrett. Dette er ikke nødvendigvis en fullstendig forklaring da kompensasjonsvekst i sjøen tyder på at dverghannene både er tilpasset vekst i sjøen og har sjøfasen som en naturlig del av livssyklusen. Men dverghannenes rolle i forskjellige elvestammer vil sannsynligvis være ulik og mekanismen som er antydnet her kan være spesifikk for de elvestammer som for noen få generasjoner siden gav grunnlaget for forsøksfisken på Havforskningsinstituttets forsøkstasjoner.

Tertens økte vekstrate utover våren er mer i tråd med hvordan man tenker seg at kjønns hormoner øker den somatiske veksten (Purdom, 1979). Selv om de spesifikke vekstratene bygger på fiskens vekt og dermed blir påvirket av økt gonadevekt viser regresjonen mot ettårssmoltens lengde i slutten av juni at den modnende fisken også har hatt størst lengdevekst (side 83).

### 5.2.3 SAMMENHENGER MELLOM VEKST OG KJØNNSMODNING I FERSKVANN OG SJØ

Et sentralt spørsmål i problematikken rundt vekst og kjønnsmodning er når avgjørelsen om modning tas. Saunders (1984) antyder at avgjørelsen muligens tas allerede i ferskvann, men at miljøforholdene i sjøen effektuerer modningspotensialet i større eller mindre grad. Nævdal (1983) antydte at høyere vintertemperaturer i sjøen førte til høyere kjønnsmodning, men han observerte samtidig at avkom etter stamfisk fra typiske smålaks- eller storlaksstammer viste liten respons til de varierende forholdene. Chadwick (1984) finner at utviklingen av smoltens gonader, var negativt korrelert med midlere stamfiskalder i forskjellige elver. Gonadeutviklingen hadde således startet allerede i slutten av ferskvannfasen dersom foreldrene selv ble tidlig kjønnsmodne. Dette kan både være et indisium på at ferskvannsfasen styrer/påvirker modningen og at modningen er genetisk styrt, hvilket er vist av Gjerde (1981) og Nævdal (1983).

Eventuelle styringer/tydelige påvirkninger fra ferskvannsfasen ville muligens ytre seg som positive sammenhenger mellom familienes vekst og kjønnsmodning i de to fasene.

I dette forsøket var det muligens for få familier til å bekrefte/avkrefte sammenhenger mellom familienes vekst i ferskvann og sjø. Veksten i ferskvann og i sjøen som ett- og toårssmolt syntest lite relatert. Noen familier vokste bra i en av fasene mens andre vokste relativt godt i begge. God vekst i sjøen var ikke forbundet med mye tert.

Det blir derimot antydte en sammenheng mellom kjønnsmodningen i de to fasene. De familiene som gav mye dverghanner hadde tidligere vokst godt i løpet av det første leveåret og produsert mye ettårssmolt. Denne smolten modnet deretter i relativt høy grad etter et år i sjøen. Det er her interessant at de halvsøsken-gruppene, fam. 3.1 og 3.2, også vokste godt i ferskvann uten at fisken ble kjønnsmoden i nevneverdig grad i noen av fasene.

Litt.  
Nævdal 1983

Disse resultatene kan tyde på at det er en sammenheng mellom familienes kjønnsmodning i ferskvanns- og sjøfasen. Dersom en familie innehar egenskapen tidlig kjønnsmodning og veksten i ferskvann er god, så slår dette ut som høy modning i begge faser. I så fall står resultatene i kontrast til to andre arbeider. Glebe et al. (1980) fant ingen korrelasjon mellom andel dverghanner i familiene og alder ved modning i sjøen. Gjerde (1984) mente at andel dverghanner riktignok var genetisk influert, men at egenskapen ikke styres av de genene som kontrollerer modningen i sjøen.

Innen familiene er det stor forskjell på veksthastigheten i ferskvann. Den hurtigvoksende delen som utgjør øvre modal (ettårssmolt) modner i mye større grad i sjøen som tert enn nedre modal (toårssmolt). Det er vanskelig å si om miljøforskjeller har vesentlig betydning for denne forskjellen. Redusert foring av toårssmolten pga. Hitrasyken kan ha redusert kjønnsmodningen. På den annen side ble denne årsklassen satt i sjøen 3.5 måneder tidligere på året. Den fikk dermed lengre tid til å forberede modningen (dersom tidsaspektet har betydning) og var klart større enn ettårsmolten andre høsten i sjøen (selv om den ble målt en måned senere på høsten). Effekten av at ettårssmolten ikke fikk full saltholdighet den første tiden i sjøen på Solheim er uviss.

Med de store forskjellene i kjønnsmodning tatt i betraktning, er det likevel ikke urimelig å tro at ettårssmolten blir fortere kjønnsmoden. Resultatene kan i så fall være kontroversielle idet Nævdal (1984) også har registrert høyere modning blant ettårssmolt mens Ritter (1975) kom til den motsatte konklusjon.

Innen modalene gav økende størrelse mer tert. Det kan tenkes forklart på følgende måter:

- (1) Avgjørelsen om modning tas i sjøen.
- (2) Fisk med høy vekstrate allerede som lakseunge kjønnsmodner i større grad som tert enn mer langsomt voksende søsken.

**(1) Avgjørelsen om modning tas i sjøen.**

Større smolt gir lettere den størrelse/det energioverskudd som er nødvendig for at fisken under gitte miljøforhold (og med gitte genetiske egenskaper) skal velge modning.

Fisken hadde vært over et halvt år i sjøen før den modnende fisken økte vekstraten. Selv om regresjonene avdekket en trend i materialet tyder den uforklarte variansen på over 50 prosent (53-54 prosent hos ettårssmolten, 70 prosent hos toårssmolten) på at man ikke kan forutsi størrelsen av enkeltfisk. Punktene fra enkeltmålingene ligger med en slik uforklart varians svært spredd rundt regresjonslinjen. Representanter fra de forskjellige smoltlengdeintervallene finnes da både blant den største og minste fisken. Spørsmålet blir da om økt smoltlengde gir fisken en så sterk preferanse for modning et halvt år senere. En slik konklusjon ville også stå i kontrast til at Chadwick (1984) som nevnt fant at utviklingen av tertens gonader startet i ferskvann.

**(2) Fisk med høy vekstrate allerede som lakseunge kjønnsmodner i større grad som tert enn mer langsomtvoksende søsken.**

Denne effekten kunne skyldes kjønnsforskjeller. Hannfisken kunne vokse hurtigere, utgjøre den største fisken i øvre modal og kjønnsmodne fortere. Da kunne egenskapene veksthastighet og kjønnsmodning primært være knyttet til kjønnnet og ikke til hverandre. Hypotesen ble sjekket i de familiene som gav mest tert, men hannfisken var ikke større enn hunnfisken ved smoltifisering (kap. 4.4.3). Dette samsvarer med Thorpe (1976) som ikke fant kjønnsforskjeller i øvre modal. Selv om tertten hovedsakelig består av hanner, kan dette altså ikke forklares med at hannene vokser bedre i ferskvann.

Dette kan imidlertid være en feilslutning. Dersom lakseungene følger en vekstkurve i samsvar med LA-hypotesen vil den mest hurtigvoksende fisken bli bortimot tatt igjen i størrelse av

fisk som entrer øvre modal senere. Det kan da være vanskelig å få utslag på en statistisk test selv om hannene entret øvre modal tidligst. (For å se på dette ble ett tilfeldig utvalg på 84 fisk fra de finneklippete størrelsesgruppene i forsøk B avlivet ved forsøkets slutt, men her viste det seg merkelig nok at hannene var overrepresentert i alle størrelsesgruppene (side 93).)

På den annen side er overlappingen av størrelsesgruppene i forsøk B først noenlunde fullstendig når snittet er kommet opp i ca. 17-18 cm. Fisken smoltifiserte sent i dette tilfellet, sannsynligvis pga. atypiske lysforhold. Da fordelingene strakte seg over mer typiske smoltstørrelser (11-18 cm) var overlappingen på langt nær så stor.

Spørsmålet om sammenhengen mellom smoltstørrelse og tidlig kjønnsmodning i sjøen bare er virksom for hannfisken vil stå ubesvart her. Uten å ta hensyn til kjønnnet, antyder materialet en finjustert sammenheng mellom vekst og kjønnsmodning som påvirker selv de små størrelsesforskjellene innen modalen. Selv om betraktningene innebærer en viss usikkerhet med hensyn til sammenblanding i øvre modal, er det rimelig å anta:

(a) økende størrelse i øvre modal (eller i en unimodal-fordeling hvor all fisken blir ettårssmolt) er en indikasjon på større vekstrate på ett tidlig tidspunkt i ferskvannsfasen.

(b) økende størrelse i den samme fordelingen vil innebære at fisken har befunnet seg i en 'langsomt voksende' fase i lengre tid dersom LA-hypotesen er riktig.

Punkt (a) ville medføre at sammenhengen større smolt - mer tert er et eksempel på antakelsen om at høyere vekst gir høy modning og at den har gyldighet helt fra lakseungestadiet.

Hvilken effekt punkt (b) har på fisken, bortsett fra at den får bedre tid til å smoltifisere, ligger utenfor denne diskusjonen. Det skal likevel settes et spørsmåltegn ved om lengre 'forberedelsestid' før sjøfasen kan påvirke sjansen for modning.

## 6. S A M M E N D R A G

Lengdefordelingene til 11 familier lakseunger ble bimodale i løpet av det første leveåret i et forsøk ved Akvakulturstasjonen Matre. Øvre modal ble ettårssmolt. Med støtte fra et tilleggsforsøk ved Havforskningsinstituttet ble det mulig å anta at bimodaliteten dannes ved at ettårssmolten passerer et hurtigvekstintervall. Dette resultatet framkom ved å dele lengdefordelingene inn i fraktiler og studere endringene av disse.

Fisk fra forsøket i Matre ble individmerket med Carlin-merker og satt i sjøen på Akvakulturstasjonen Austevoll som ett- og toårssmolt. Multiple regresjoner viste at smoltlengden var positivt korrelert med størrelsen andre høsten i sjøen. Korrelasjonen ble doblet når det ble tatt hensyn til fiskens familietilhørighet. Smoltlengden var også positivt korrelert med sannsynligheten for kjønnsmodning andre høsten i sjøen. Det synes som om at god vekst i ferskvann fører til tidligere kjønnsmodning i sjøen. Dette inntrykket blir forsterket ved at toårssmolten gav lite tert.

Det så ikke ut som om familier som vokste godt i ferskvann nødvendigvis fortsatte den relativt gode veksten i sjøen, men det var samsvar mellom familienes vekst i sjøen som ett- og toårssmolt.

Fisk som modnet i sjøen økte vekstraten i perioden mellom årsskiftet og midtsommer. Deretter sank vekstraten i forhold til ikke modnende fisk.

De tidligere dverghannene avvek fra det generelle vekstmønsteret i sjøen fordi de hadde høyere vekstrate i løpet av de seks første månedene. Dette kan tolkes som en kompensasjonsveksten.

Høye andeler av dverghanner oppsto bare i familier som tidligere hadde gitt mye ettårssmolt som deretter ble tidlig kjønnsmodne i sjøen. Dermed antydes en sammenheng mellom familienes kjønnsmodning i de to fasene.

6.0 REFERANSELISTE

- ALM, G. 1959. Connection between maturity, size and age in fishes. Rep. Inst. Freshwater Res., Drottningholm, 40: 5-145.
- BAILEY, J.K., SAUNDERS, R.L. og BUZETA, M.I. 1980. Influence of parental smolt age and sea age on growth and smolting of hatchery-reared Atlantic salmon (**Salmo salar**). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37: 1379-1386.
- BOLT BERANEK og NEWMAN, Inc. 1983. RS/1. Integrated data analysis system for the professional 350. Cambridge.
- CARLIN, B. 1955. Tagging of salmon smolts in the river Lagan. Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm, 36: 57-74.
- CHADWICK, E.M., RANDALL, R.G. og LEGER, C. 1984. Ovarian development of Atlantic salmon (**Salmo salar**) and age at first maturity. Salmon age - at - maturity workshop, St. Andrews N.B. Canada, september 24-28. th, 1984: 25 s. (Mimeogr.)
- CUSHING, D.H. og WALSH, J.J. 1976. The ecology of the seas. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 467 s.
- DALLEY, E.L., ANDREWS, C.W. og GREEN, J.M. 1983. Precocious male Atlantic salmon parr (**Salmo salar**) in insular Newfoundland. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 647-652.

- DRAPER, N.R. og SMITH, H. 1981. Applied Regression Analysis.  
John Wiley and Sons, New York. 709 s.
- EGIDIUS, E. og ANDERSEN, K. 1982. Bath-vaccination against vibri-  
osis. Developmental and comparative immunology,  
Supplement 2: 193-196.
- FERNØ, A. og HOLM, M. 1976. Aggression and growth of Atlantic  
salmon at different stocking densities.  
Coun. Meet. Int. Coun. Explor. Sea 1976 (E:37):  
1-13. (Mimeogr.)
- GJERDE, B. 1981. Variasjon i og sammenheng mellom nokre produk-  
sjonseegenskaper hos laks og regnbueaure.  
Husdyrforsøksmøte på Norges Landbrukshøgskole,  
26.-28.januar 1982: 150-157.
- GJERDE, B. 1984. Response to individual selection for age at  
sexual maturity in Atlantic salmon.  
Aquaculture, 38: 229-240.
- GLEBE, B.D., SAUNDERS, R.L. og SHREEDHARAN, A. 1978. Genetic  
and environmental influence in expression of  
precocious sexual maturity of hatchery-reared  
Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr.  
Can. J. Genet. Cytol., 20: s. 444 (abstract)
- GLEBE, B.D., EDDY, W. og SAUNDERS, R.L. 1980. The influence  
of parental age at maturation and rearing prac-  
tice on precocious maturation of hatchery-reared  
Atlantic salmon parr. Coun. Meet. Int. Coun.  
Explor. Sea, 1980 (F:8): 1-8.
- GORBMAN, A., DICKHOFF, W.W., MIGHELL, J.L., PRENTICE, E.F. og  
WAKNITZ, F.W. 1982. Morphological indices of  
developmental progress in the parr-smolt coho  
salmon, *Onchorhynchus kisutch*. Aquaculture, 28:  
1-19.



HOAR, W.S. 1976. Smolt transformation: evolution, behaviour and physiology. J. Fish. Res. Board. Can. 33: 1234-1252.

HOLM, M. og FERNØ, A. 1978. Aggression and growth of different populations of Atlantic salmon parr. Coun. Meet. Int. Coun. Explor. Sea 1976 (M:24): 9 s. (Mimeogr.)

HUBBS, C.L. 1926. The structural consequences of modifications of the developmental rate in fishes, considered in reference to certain problems of evolution. Am. Nat., 60: 57-81.

INGEBRIGTSEN, O. 1982 (red.). Akvakultur - oppdrett av laksefisk. NKS forlaget, Oslo. 359 s.

JOHNSTON, C.E. og SAUNDERS, R.L. 1981. Parr-smolt transformation of yearling Atlantic salmon (*Salmo salar*) at several rearing temperatures. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 1184-1198.

KNUTSSON, S., og GRAV, T. 1976. Seawater adaption in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) at different experimental temperatures and photoperiods. Aquaculture, 8: 169-187.

LEE, R.L., og POWER G. 1976. Atlantic salmon (*Salmo salar*) of Leaf River, Ungava Bay. J. Fish. Res. Board Can., 33: 2616-2621.

LEYZEROVICH, K.A. 1973. Dwarf males in hatchery propagation of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). J. Ichthyol., 13: 382-391.

- LUNDQUIST, H. 1980. Influence of photoperiod on growth in Baltic salmon (*Salmo salar* L.) with special reference to the effect of precocious sexual maturation. Can. J. Zool., 58: 940-944.
- MACDONALD, P.D.M. og PITCHER, T.J. 1979. Age-groups from size-frequency data: A versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. J. Fish. Res. Board. Can., 36: 987-1001.
- MITANS, A.R. 1973. Dwarf males and the sex structure of a Baltic salmon (*Salmo salar* L.) population. J. Ichthyol., 2: 192-197.
- NÆVDAL, G. 1983. Genetic factors in connection with age at maturation. Aquaculture 33: 97-106.
- NÆVDAL, G. 1984. Effect of genetic and environmental factors on age at maturity in Norwegian salmon farming. Salmon age - at - maturity workshop, St. Andrews N. B. Canada, september 24-28. th, 1984: 25 s. (Mimeogr.)
- PURDOM, C.E. 1979. Genetics of growth and reproduction of teleosts. Symp. Zool. Soc. London, 44: 207-217.
- REFSTIE, T. og STEINE, T.A. 1978. Selection experiments with salmon III. Genetic and environmental sources of variation in length and weight of Atlantic salmon in the freshwater phase. Aquaculture, 14: 221-234.
- RITTER, J.A. 1975. Relationships of smoltsize and age with age at first maturity in Atlantic salmon. Tech. Rep. Ser. No. Mar/t-75-5. Res. Dev. Branch., Maririmes Reg., Environ. Can.: 7 s.

- SAUNDERS, R.L. 1984. The scientific and management implications of age and sexual maturity in Atlantic salmon. Salmon age - at - maturity workshop, St. Andrews N. B. Canada, september 24-28. th, 1984: 25 s. (Mimeogr.)
- SAUNDERS, R.L., HENDERSON, B.E. og GLEBE, B.D. 1982. Precocious sexual maturation and smoltification in male Atlantic salmon (**Salmo salar**). Aquaculture, 28: 211-219.
- SAUNDERS, R.L., HENDERSON, E.B., GLEBE, B.D. og LOUDENSLAGER, E.J. 1983. Evidence of a major environmental component in determination of the grilse : larger salmon ratio in Atlantic salmon (**Salmo salar**). Aquaculture, 33: 107-118.
- SIMPSON, T., og THORPE, J.E. 1976. Growth bimodality in the Atlantic salmon. Coun. Meet. Int. Coun. Explor. Sea, 1976 (M:22), 7s. (Mimeogr.)
- SOKAL, R.R. og ROHLF, F.J. 1981. Biometry. W.H. Freeman & Co, San Fransisco. 859 s.
- THORPE, J.E. 1977. Bimodal distribution of length of juvenile Atlantic salmon (**Salmo salar** L.) under artificial rearing conditions. J. Fish. Biol., 11: 175-184.
- THORPE, J.E. og WANKOVSKI, J.W.J. 1979. Feed presentation and food particle size for juvenile Atlantic salmon, **Salmo salar** L. Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 Juni, 1978. Schr. Bundesforschungsanst. Fish. Hamb., Band 14/15, Vol. 1, Berlin 1979: 501-503.

- THORPE, J.E., MORGAN, R.I.G., OTTAWAY, E.M. og MILES, M.S. 1980. Time of divergence of growth groups between potential 1+ and 2+ smolts among sibling Atlantic salmon. J. Fish. Biol., 17: 13-21.
- THORPE, J.E., TALBOT, C. og VILLARREAL, C. 1982. Bimodality of growth and smolting in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture, 28: 123-132.
- TOFTEBERG, P. 1982. Sammenheng mellom vekst og alder ved kjønnsmodning i oppdrett av regnbueørret (*Salmo gairdneri*). Hovedoppgave i fiskeribiologi, Universitetet i Bergen.