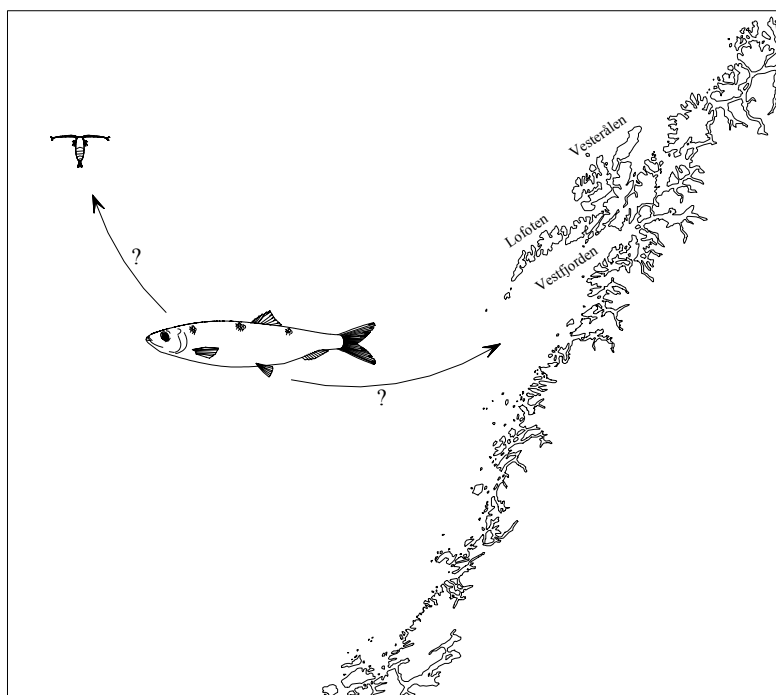


MULTISKALA SONARSTUDIUM AV  
NORSK VÅRGYTENDE SILD (*Clupea harengus* L.):  
VANDRINGSMØNSTER I SLUTTEN AV BEITEPERIODEN



Hovedfagsoppgave i fiskeribiologi  
til graden *Candidata scientiarum*

av

**Cecilie Kvamme**



Institutt for fiskeri- og marinbiologi  
Universitetet i Bergen  
Mars 1999



Ei sild, og ei til,  
stemnde inn mot land ein hustren vinterdag,  
fann så ut dei skulle symja dit i lag,  
ei sild, og ei til.

To sild, og to til,  
syntes endå ikkje dei var trygge nok,  
la seg buk ved buk og gjekk i samla flokk,  
to sild, og to til.

Fire sild, og fire til,  
slo med åtte spordar trutt i same takt,  
stima stolt mot landet, trygge på si makt,  
fire sild, og fire til.

Mange sild, og mange til,  
sat i garnet fast og kjende blodet fraus,  
rykte, sleit og reiv, men kom seg ikkje laus,  
mange sild, og mange til.

Ei sild, og ei til,  
visste no dei hadde gjort sitt siste sprell.  
“Kanskje vi sku’ sumt åleine likevel,  
ei sild, og ei til?”

*Hartvig Kiran*



## FORORD

Denne oppgåva er ein del av Cand. scient. studiet, og blei gjennomført ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi (IFM), Universitetet i Bergen, og Fangstseksjonen, Havforskningsinstituttet (HI).

Eg vil takka følgjande:

Mine rettleiarar;

Hovudrettleiar Anders Fernö for verdifulle råd og konstruktiv rettleiing gjennom heile skrivefasen.

Ole Arve Misund for god hjelp med databehandling, akustikk og gjennomlesing av oppgåva.

Leif Nøttestad for samarbeidet under toktet i 1996, gjennomlesing av mangfaldige utkast av oppgåva, nyttige tips og motiverande kommentarar.

Are Dommasnes for kommentarar i den avsluttande skrivefasen.

HI for at eg fekk vere med på tokt med F/F "Johan Hjort". Øyvind Tangen, Arne Hassel og Karen Gjertsen for innsamling og måling av biologiske prøver av sild på toktet i 1996.

Tilsette ved Fangstseksjonen for å ha teke godt imot meg. Særleg takk til alle som lånte meg kontoret sitt under databehandlinga, og til Anne-Britt S. Tyssealand for teikning av figurar.

Mona Kristin Kvist og Linda Simensen for konstruktiv kritikk av oppgåva, og lærerike og koselege hovedfagskollokvium.

Medstudentar, spesielt kull '96, for å ha skapt eit triveleg og sosialt miljø på IFM desse åra.

Familie og venner for oppmuntring og støtte.

Til sist vil eg takke John Arthur for godt humør, tolmod og oppmuntring, samt hjelp med korrekturlesing av datamaterialet og oppgåva.

Cecilie Kvamme  
Bergen, 7. mars 1999



<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>1</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>2</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>3</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER</b> .....	<b>11</b>
2.1 TOKTENE .....	11
2.2 INNSAMLING AV DATA .....	11
2.2.1 Fartøyet .....	11
2.2.2 Sonaren .....	13
2.2.3 Registreringsrutiner .....	13
2.3 NORSKEHAVET .....	18
2.3.1 Områdeinndeling.....	19
2.4 DATABEHANDLING .....	22
2.4.1 Datasortering og kriterier .....	22
2.4.2 Atferdsanalyse .....	25
2.4.3 Svømmehastighet .....	27
2.4.4 Vandringshastighet og -retning .....	33
2.4.5 Stimareal .....	35
2.4.6 Dyp .....	37
2.4.7 Relativ tetthet .....	37
2.5 STATISTISK BEHANDLING .....	37
<b>3 RESULTATER</b> .....	<b>39</b>
3.1 METODER .....	39
3.1.1 Svømme- og vandringshastighet .....	39
3.1.2 Stimareal .....	43
3.1.3 Dyp .....	44
3.1.4 Relativ tetthet .....	45
3.2 SILDAS ATFERD I SLUTTEN AV BEITEPERIODEN .....	46
3.2.1 Fordeling av sildestimer .....	46
3.2.2 Stimkategorier .....	46
3.2.3 Vandringsretning .....	47
3.2.4 Svømme- og vandringshastighet .....	52
3.2.5 Stimareal .....	52
3.2.6 Dyp .....	52
3.2.7 Sammenligning av områder .....	53
3.2.8 Sammenligning av stimkategorier .....	56
3.2.9 Sammenligning av år .....	58
3.2.10 Fiskeprøver .....	58
<b>4 DISKUSJON</b> .....	<b>61</b>
4.1 METODER .....	61
4.1.1 Sonar .....	61
4.1.2 Datainnsamling .....	62
4.1.3 Atferdsanalyse .....	63
4.1.4 Stimparametre .....	66
4.1.5 Måleskala .....	71
4.2 SILDAS ATFERD I SLUTTEN AV BEITESESONGEN .....	72
4.2.1 Beiteaktivitet og beiteforhold innen undersøkelsesområdet .....	72
4.2.2 Sildas vandringsmønster, fordeling og alder .....	75
4.2.3 Svømme- og vandringshastighet .....	79
4.2.4 Stimstørrelse .....	81
4.2.5 Sildas strategi i slutten av beitesesongen .....	81
<b>5 REFERANSELISTE</b> .....	<b>85</b>
<b>6 VEDLEGG</b> .....	<b>95</b>





## SAMMENDRAG

Det har vært gjort få studier av atferd hos norsk vårgytende sild (*Clupea harengus* L.) i slutten av beitesesongen. Målet med denne hovedoppgaven var å studere sildas vandringsmønster i denne perioden. Sildebestanden samles vanligvis i området vest for Lofoten og Vesterålen i august, og det var derfor forventet at silda ville svømme mot kysten i juli.

I løpet av to tokt i Norskehavet i juli 1995 og 1996 ble det samlet inn data på nesten 700 sildestimer med en flerstrålesonar. Hver enkelt stim ble klassifisert som vandrende, unnvikende eller ubestemt. Undersøkellesområdet ble delt i tre områder basert på fiskens lengde i trålfangstene, avstand til overvintringsområdet og habitat (kontinentalsokkel, -skråning og åpent hav). Sildas atferd ble sammenlignet mellom områder, stimkategorier og år.

Vandrende stimer hadde en gjennomsnittlig svømme- og vandringshastighet på henholdsvis 0.89 og 0.60 m/s. Stimene var generelt små, og beitet høyt i vannsøylen hele døgnet. Det var 64 % ubestemte, 29 % vandrende og 7 % unnvikende stimer. Det er mulig at dominansen av ubestemte stimer kan forklares ved at mye av silda beitet. En vestlig vandringsretning dominerte begge år. I 1995 svømte vandrende stimer vest- eller sørover i kystområdene, mens det var stor spredning i vandringsretning nær kontinentalskråningen. I 1996 viste vandrende stimer liten variasjon i vandringsretning innen områdene. Det ble brukt ulik metode for å logge ned data fra sonaren på toktene. Metoden hadde stor innvirkning på enkelte stimparametre, og toktene var derfor ikke sammenlignbare for disse parametrene.

Silda svømte sannsynligvis ut fra kystområdene på grunn av dårlige beiteforhold. Andre studier indikerer at beiteforholdene var bedre nær kontinentalskråningen, og ved å vandre mot disse områdene kunne silda bedre beiteforholdene og forlenge beiteperioden. Dette studiet kvantifiserer sildas vandringsmønster i slutten av beiteperioden, og viser at beiteforholdene sannsynligvis var den viktigste faktoren for vandringsmønsteret. Resultatene indikerer også at silda generelt vandrer vestover i juli ved dårlige beiteforhold i kystområdene.

---

## SUMMARY

There have been few studies of the behaviour of Norwegian spring spawning herring (*Clupea harengus* L.) at the end of the feeding period. The aim of this thesis was to study the herring's migration pattern in this period. Usually, the herring stock concentrates in the area west of Lofoten and Vesterålen in August, and it was therefore expected that the herring would swim towards the coast in July.

During two surveys in the Norwegian Sea in July 1995 and 1996 data on nearly 700 herring schools were collected by a multi-beam sonar. Each individual school was classified as migrating, avoiding or undetermined. The survey area was divided in three areas based on fish length in the trawl catches, distance from the wintering area and habitat (continental shelf, slope and off shore). The herring's behaviour was compared between areas, school categories and years.

Migrating schools had a mean swimming and migration speed of respectively 0.89 and 0.60 m/s. The schools were generally small, and were feeding high in the water column all day and night. There were 64 % undecided, 29 % migrating and 7 % avoiding schools. It is possible that the dominance of undetermined schools can be explained by feeding of a large proportion of the herring. A westerly migration direction dominated both years. In 1995 migrating schools swam west- or southwards in the coastal areas, whereas the migration direction showed high variation near the continental slope. In 1996, migrating schools showed low variation in migration direction within the areas. The method of logging data from the sonar differed between the surveys. The method seriously influenced some school parameters, and therefore the surveys were not comparable for these parameters.

The herring probably swam out of the coastal areas because of suboptimal feeding conditions. Other studies indicate that the feeding conditions were better near the continental slope, and by migrating towards these areas the herring could improve the feeding conditions and extend the feeding period. This study quantifies the migration pattern of herring in the end of the feeding period, and shows that the feeding conditions probably were the most important factor for the migration pattern. The results also indicate that the herring generally migrates westwards in July when the feeding conditions in the coastal areas are suboptimal.

## 1 INNLEDNING

Betegnelsen atlanto-skandisk sild (*Clupea harengus* L.) ble introdusert av JOHANSEN (1919), og brukes ofte som en fellesbetegnelse på norsk vårgytende, islandsk vårgytende og islandsk sommergytende sild (DRAGESUND & al. 1980). Norsk vårgytende sild er den potensielt største av disse bestandene, og både økologisk og økonomisk en av verdens viktigste sildebestander (VANNUCCINI 1995; DRAGESUND & al. 1997; ANON. 1998). Vinterfisket på gytefeltene langs norskekysten har i følge norsk historie funnet sted i mer enn tusen år (DEVOLD 1969). På 1950-tallet økte fangstene av sild kraftig, og bestanden ble overbeskattet (DRAGESUND & al. 1980). Utover 60-tallet ble også miljøbetingelsene dårligere (JAKOBSSON 1980). På slutten av 60-tallet kollapset bestanden (DRAGESUND & al. 1980), og i perioden 1969-76 var gytebestanden på mindre enn 250 000 tonn (TORESEN & al. 1998). Den sterke 1983-årsklassen (RØTTINGEN 1990b; DRAGESUND & al. 1997) ga opphav til sterke årsklasser i 1991 og 1992 (DRAGESUND & al. 1997), som la grunnlaget for en økning i gytebestanden til dagens nivå, estimert til omtrent 9 millioner tonn i 1997 (TORESEN & al. 1998).

Silda er en nøkkelart i økosystemet i Barentshavet og Norskehavet (HAMRE 1990, 1994; RØTTINGEN 1990a; SKJOLDAL & al. 1993). Den vokser opp i Barentshavet eller norske fjorder (DRAGESUND & al. 1980), men lever store deler av sitt voksne liv i Norskehavet (RØTTINGEN 1992; DRAGESUND & al. 1997). Silda spiser dyreplankton, og de viktigste byttedyrene for voksen sild er calanoide copepoder, krill og amfipoder (DALPADADO & al. 1996). Den kan også spise blant annet halesekkedyr (Larvacea), pilormer (Chaetognatha), fisk, sildelarver og fiske-egg (HOLST 1992; DALPADADO 1993; DALPADADO & al. 1996). Stor sild utnytter planktonproduksjonen i sentrale deler av Norskehavet, for så å vandre mot kysten igjen i slutten av beitesesongen (PAVSHTIKS 1959; RØTTINGEN 1992; MELLE & al. 1994). Sild er et viktig byttedyr for mennesker, sjøpattedyr, sjøfugl og fisk (DRAGESUND & al. 1980; SKJOLDAL & al. 1993; FERNÖ & al. 1998), og predasjonspresset er sannsynligvis høyere i kystområdene enn i Norskehavet (FERNÖ & al. 1998). Sildas beitevandring er således et viktig bindeledd mellom planktonproduksjonen i Norskehavet og fiskespisende predatorer i kystområdene (DRAGESUND & al. 1980, 1997; HAMRE 1990).

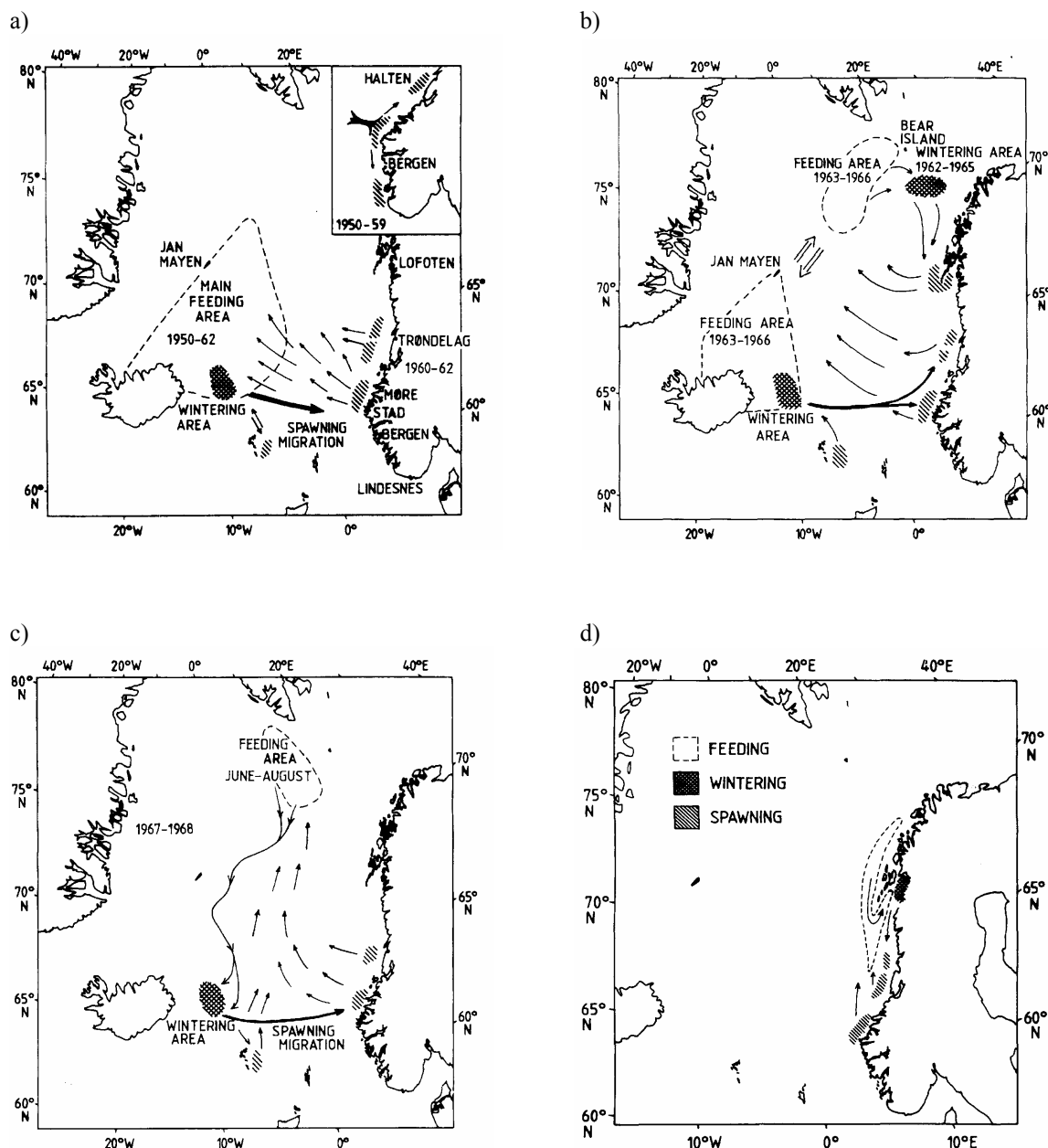
---

Sild har ulike områder for reproduksjon, beiting og overvintring (figur 1.1; RØTTINGEN 1992; DRAGESUND & al. 1997). På 50- og 60-tallet, før bestanden kollapset, gytte silda langs Norskekysten fra Lindesnes til Lofoten, beitet i området mellom Island og Jan Mayen langs Polarfronten<sup>1</sup> og overvintret øst for Island (figur 1.1a; DEVOLD 1963; JAKOBSSON 1968; DRAGESUND & al. 1980). I perioden 1963-66 var det i tillegg en bestandskomponent som beitet og overvintret rett sør for Bjørnøya (figur 1.1b). Høsten 1966 samlet bestanden seg igjen, og i perioden 1967-68 beitet nesten hele bestanden nær Bjørnøya og overvintret øst for Island (figur 1.1c; DEVOLD 1968; JAKOBSSON 1968; DRAGESUND & al. 1980). De store endringene i vandringsmønster på 60-tallet kan skyldes en kombinasjon av høy beskatning og store endringer i bestandsstørrelse, -struktur og miljøforhold (JAKOBSSON 1969, 1980; DRAGESUND & al. 1980, 1997). I perioden 1970-86 var bestanden svært liten. Silda gytte langs kysten fra Møre til Trøndelag, var i kystområdene hele beiteperioden, og overvintret i fjordene i Lofoten-området (figur 1.1d; DRAGESUND & al. 1980, 1997). I 1987 begynte bestanden å øke raskt, og silda gjenopptok etterhvert mange trekk fra vandringsmønsteret før bestandskollapset. I 1989 ble det rapportert gyting vest for Karmøy, og i løpet av 90-årene ble også sentrale deler av Norskehavet benyttet som beiteområde. Overvintringsområdene i Vestfjorden ble imidlertid beholdt, og det har ikke blitt observert at silda krysser Polarfronten under beitevandringen (RØTTINGEN 1989, 1990b, 1992; DRAGESUND & al. 1997; MISUND & al. 1997b; VILHJÁLMSOSON & al. 1997). Forandringene i sildas vandringsmønster kan tyde på at sildas utbredelse, både i gyte- og beiteområdene, er avhengig av bestandsstørrelsen (HOLST & IVERSEN 1992; RØTTINGEN 1992; FERNÖ & al. 1998).

Silda gyter på bunnen på kystbankene langs Norskekysten i perioden februar til april (DRAGESUND & al. 1980; BAKKEN 1983; RØTTINGEN 1992; JOHANNESSEN & al. 1995). Etter klekking stiger sildelarvene mot de øvre vannlagene og driver med strømmen nordover mot oppvekstområdene (DRAGESUND & al. 1980). I en alder av 2 til 4 år rekrutterer silda til den voksne bestanden under overvintrings- eller beiteperioden (DRAGESUND & al. 1980, 1997; ANON. 1995, 1996b). Voksen sild vandrer ut i Norskehavet etter gyting, og følger planktonoppblomstringen nordvestover for å beite på gyteansamlinger av zooplankton (PAVSHTIKS 1959; ØSTVEDT 1965; MELLE & al. 1994).

---

<sup>1</sup> fronten mellom arktisk og atlantisk vann



**Figur 1.1** Vandringsmønstre hos norsk vårgytende sild. a) 1950-62. b) 1963-66. Doble piler indikerer en splitting av silda i to separate områder. c) 1967-68. Komponentene ble gjenforent, og vandringsmønstret var en kombinasjon av de to tidligere vandringsmønstrene. d) 1974-86. (a, b og c er fra DRAGESUND & al. 1980, og d fra DRAGESUND & al. 1997).

Tettheten av byttedyr er en viktig faktor under sildas beitevandring (PAVSHTIKS 1959; ØSTVEDT 1965; JAKOBSSON & ØSTVEDT 1996; DRAGESUND & al. 1997; NØTTESTAD & al. in press). I august samles silda vest for Lofoten (RØTTINGEN 1992), men silda ankommer vanligvis ikke overvintringsområdene før i september/oktober (RØTTINGEN 1988, 1990b, 1992; DOMMASNES & al. 1994; RØTTINGEN & al. 1994; HUSE & ONA 1996). Silda tar til seg lite føde under overvintring og gytevandring (NØTTESTAD & al. 1996; AXELSEN & al. 1998; SLOTTE 1999). I begynnelsen av januar starter vandringen mot gyteområdene

---

(RØTTINGEN 1992). Den lange perioden uten mat og den energikrevende gytevandringen (SLOTTE 1999) gjør det viktig å lagre størst mulig energireserver i beiteperioden.

Tidspunkt for avslutning av beitesesongen kan variere fra år til år, trolig avhengig av beiteforholdene. RØTTINGEN (1992) har observert at innvandringen vanligvis starter i september, mens silda i følge HUSE & ONA (1996) først begynner å vandre inn i fjordene i oktober når raudåta (*Calanus finmarchicus*), sildas viktigste byttedyr, forsvinner fra overflatelagene. Utenfor Troms har det blitt observert beitende sildestimer i september (MISUND 1993b). I 1954 stoppet sild i de nordlige regionene å beite i august, mens beitingen fortsatte til slutten av september i 1955 (PAVSHTIKS 1959). Forskjellen skyldes trolig at planktonoppblomstringen startet 30 dager senere i 1955 enn i 1954. Det er viktig å ha tilstrekkelige energireserver, og hos kjønnsmoden sild må energireservene dekke overvintring, oppbygging av gonader og gytevandring (SLOTTE 1999).

Voksen sild vandrer flere tusen km hvert år, og hovedtrekkene i vandringsmønsteret har de siste årene variert relativt lite (RØTTINGEN 1992; DRAGESUND & al. 1997). I åpent hav kan fisk blant annet orientere seg etter solen, polarisert lys, geomagnetiske og -elektriske felt, temperatur, havfronter og strømmer (LEGGET 1977). En vet imidlertid lite om hvordan sild orienterer seg. Sild kan bruke prediktive (genetiske faktorer eller læring) eller reaktive orienteringsmekanismer (kinesis<sup>2</sup>, nærfelts orientering eller sammenligning av habitatkvalitet) under vandring (FERNÖ & al. 1998). Silda bruker prediktive orienteringsmekanismer dersom den, uten bruk av informasjon fra nærfeltet, orienterer mot områder der habitatkvaliteten antas å være høyere. En kombinasjon av prediktive og reaktive orienteringsmekanismer kan gi silda et mer fleksibelt vandringsmønster, tilpasset både forutsigbare forhold og variasjon (FERNÖ & al. 1998). Læring kan også være en viktig faktor i sildas vandringsmønster (BLAXTER & HUNTER 1982; CORTEN 1993; MCQUINN 1997).

Sildebestandens fordeling og vandringsmønster påvirkes av hver enkelt stims vandringsrute. En stim er en polarisert (parallelt orientert) gruppe fisk som raskt justerer

---

<sup>2</sup> variasjon i generalisert, ikke-rettet, tilfeldig bevegelsesaktivitet forårsaket av variasjon i stimuleringsintensitet (GUNN & al. 1937)

hastighet og retning i forhold til naboindividene (PITCHER 1983), og dermed på mange måter kan opptre som en enhet. Stimers fordeling, svømmeatferd og dynamikk kan påvirkes av indre (sultnivå, modningstilstand, erfaring) og ytre faktorer, der ytre faktorer videre kan deles opp i biologiske (predatorer, konkurrenter og byttedyr) og fysiske faktorer (temperatur, strøm, lys) (f.eks. KEENLEYSIDE 1955; BLAXTER 1975; BREDER 1959; PAVSHTIKS 1959; DEVOLD 1969; RADA KOV 1973; DRAGESUND & al. 1980; HOLST & IVERSEN 1992; PITCHER & PARRISH 1993; SKJOLDAL & al. 1993; FUIMAN & MAGURRAN 1994; JAKOBSSON & ØSTVEDT 1996; NØTTESTAD & al. 1996; AXELSEN & al. 1998). I sildas beiteperiode vil atferd og vandringsmønster kunne påvirkes av faktorer som sildas lengde og kondisjon, beiteforhold, konkurransen, predasjonspress, temperatur, lys og strøm (FERNÖ & al. 1998; NØTTESTAD & al. in press).

Mange undersøkelser av stimatferd og svømmehastighet har foregått i laboratorier (f.eks. BLAXTER & al. 1981; BLAXTER & BATTY 1985, 1987; HE & WARDLE 1988; ROBINSON & PITCHER 1989a, b), men ikke alle sider ved atferd, for eksempel vandring, kan undersøkes her. Vandring kan undersøkes ved hjelp av blant annet merkeforsøk, studier av variasjon i morfologiske karakterer, fangststatistikk, direkte observasjoner og akustiske instrumenter (HARDEN JONES 1968). Med akustiske metoder (MISUND 1997: akustiske merker, ekkolodd, sonar) kan vandring studeres i detalj. Sild er en pelagisk stimfisk med svømmeblære (BLAXTER 1985), og i Norskehavet befinner stimene seg hovedsakelig i øvre del av vannsøylen i juli (HARDEN JONES 1968; RØTTINGEN 1988). Flerstrålesonar er et egnet redskap for atferdsstudier av slike stimer (BODHOLT & OLSEN 1977), og gir en enestående mulighet til å studere sildestimer i sitt naturlige miljø, der kun fartøy og fangstredskaper kan påvirke den naturlige atferden.

Et problem ved sonarundersøkelser av sild er fartøyunnvikelse. Sild har god hørsel og hører spesielt godt lave frekvenser (0.05-1 kHz, ENGER 1967), som dominerer i fartøygenerert støy (MITSON 1993). Lavfrekvent støy, hovedsakelig fra propellen, er antatt å være det dominerende stimulus ved unnvikelse (OLSEN & al. 1983a). I følge unnvikelsesmodellen til OLSEN & al. (1983a) øker svømmehastigheten og stimen begynner å dykke når fartøyet nærmer seg. Fartøyunnvikelse er observert hos blant annet sild, lodde og makrell (f.eks. MISUND 1993a; HAFSTEINSSON & MISUND 1995; VABØ & al. ms.), og graden av unnvikelse kan variere med blant annet sesong (MOHR 1969; OLSEN 1971;

---

MISUND 1994) og sonarforhold (MISUND & AGLÉN 1992; MISUND 1994). For å skille fartøygenerert atferd fra naturlig atferd, noe som er viktig ved studier av vandringsretning, klassifiserte HAFSTEINSSON & MISUND (1995) sildestimer som vandrende, unnvikende eller ubestemte etter stimens bevegelser i forhold til fartøyet.

Sildas atferd i slutten av beiteperioden er svært lite undersøkt, på tross av at kunnskap om vandring er sentralt for blant annet surveydesign for akustisk mengdemåling (MACLENNAN & SIMMONDS 1992; GUNDERSON 1993), bestandsmodeller (HERMOD - DOMMASNES & HAUGE 1994; MULTSPEC - BOGSTAD & al. 1997) og forvaltning (ARNOLD 1995). Under mengdemålingstokt kan bestandsforflytning være en betydelig feilkilde (MACLENNAN & SIMMONDS 1992; GUNDERSON 1993). Kunnskap om sildas atferd i denne perioden kan også bidra til å øke forståelsen av hvordan silda orienterer seg, og hvilke faktorer som er viktige under sildas beitevandring.

Formålet med denne oppgaven er å undersøke sildas vandringsmønster i slutten av beiteperioden, og deretter diskutere hvilke faktorer som kan påvirke silda i denne perioden. I løpet av to tokt i Norskehavet i juli 1995 og 1996 ble det ved hjelp av sonar samlet inn data på nesten 700 stimer over et stort område. Sildas vandringsretning, svømme- og vandringshastighet, stimareal, dyp og avstand til båten ble undersøkt. Det ble brukt forskjellig metode (halv- og helautomatisk) for logging av data fra sonaren på toktene, og til denne undersøkelsen måtte det utvikles en ny metode for å beregne svømmehastighet fra data registrert av et automatisk loggeprogram (TOTLAND & MISUND 1993). For å skille naturlig atferd fra fartøypåvirket atferd ble det tatt utgangspunkt i HAFSTEINSSON & MISUND (1995) sine kriterier for stimklassifisering. Undersøkelsesområdet ble delt i tre områder, basert på sildas lengde fra trålfangster i 1995, avstand til overvintringsområdet og habitat (kontinentalsokkel, -skråning og åpent hav).

Denne oppgaven består av en atferdsdel, som tar for seg sildas vandringsmønster i juli, samt en metodisk del. I den metodiske delen vurderes det om toktene er sammenlignbare, om registreringsforholdene påvirker stimparametrene og om kvaliteten på stimklassifiseringen er tilfredsstillende. Følgende problemstillinger ble undersøkt:



*Er det atferdsforskjeller mellom sild i de ulike områdene?*

Skyldes i så fall forskjellene indre (f.eks. sultnivå, individstørrelse) eller ytre (f.eks. beiteforhold, strømmer, avstand til overvintringsområdet) faktorer? Slike faktorer kan påvirke vandringsretning, svømme- og vandringshastighet og stimareal.

*Er det atferdsforskjeller mellom stimkategoriene?*

Ved å undersøke om det, i tillegg til forskjeller i sildas bevegelse i forhold til båten, er forskjeller i vandringsretning, svømme- og vandringshastighet, dyp eller stimareal kan en bedre vurdere kvaliteten på klassifiseringskriteriene. Dette vil vise om stimklassifiseringen sorterer ut unnvikende stimer. Vurderingen kan også gi kunnskap om sildas atferdsmønster ved vandring og fartøyunnvikelse, samt gi en indikasjon på hva som kjennetegner ubestemte stimer.

*Er det atferdsforskjeller mellom årene, og er i så fall forskjellene metodiske eller atferdsrelaterte?*

Med et datamateriale fra to etterfølgende år innenfor samme tidsrom og område, kan en undersøke om sildas vandringsmønster endres fra år til år. Dersom hovedtrekkene er de samme begge år, sannsynliggjør dette at det observerte vandringsmønsteret er generelt. Med kunnskap om faktorer som sildas bestandsstruktur, vandringsmønster tidligere i beiteperioden, beiteforhold, utstrekning av fronter og temperatur kan årsaker til eventuelle forskjeller mellom årene vurderes. Bruk av ulike loggemetoder på toktene gir imidlertid metodiske tolkningsproblemer og dermed en relativt stor metodisk del. Denne delen kan imidlertid belyse hvilke faktorer som påvirker de registrerte stimparametrene, og fordeler og ulemper ved metodene.

RØTTINGEN (1992) har tidligere observert at sildebestanden samles i området vest for Lofoten i august. Forut for denne undersøkelsen var derfor utgangspunktet den enkleste antagelsen; at vandrende sildestimer svømmer direkte mot området vest for Lofoten i juli.

---

## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Toktene

Ved hjelp av sonar ble det samlet inn data på stimatferd hos norsk vårgytende sild på to tokt i Norskehavet med forskningsfartøyet F/F “Johan Hjort”.

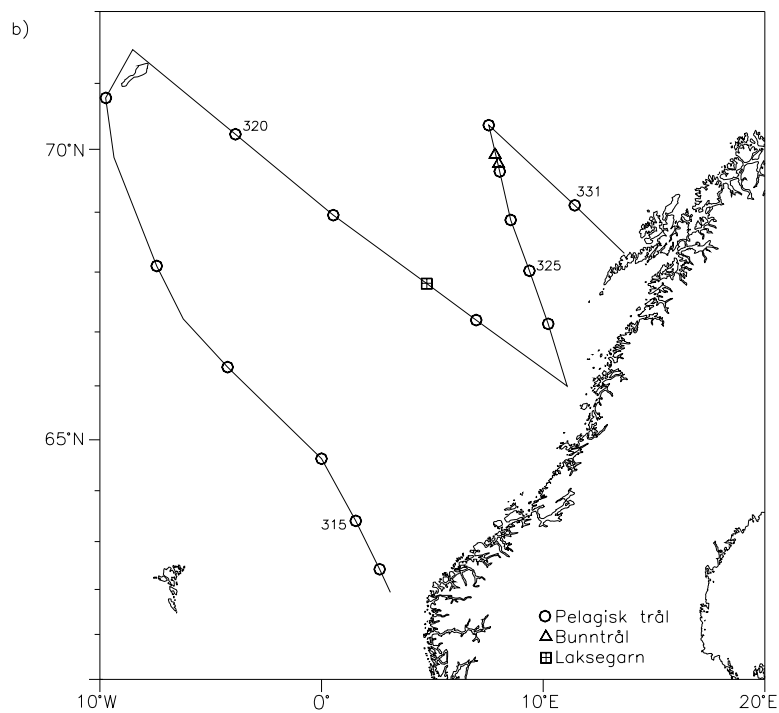
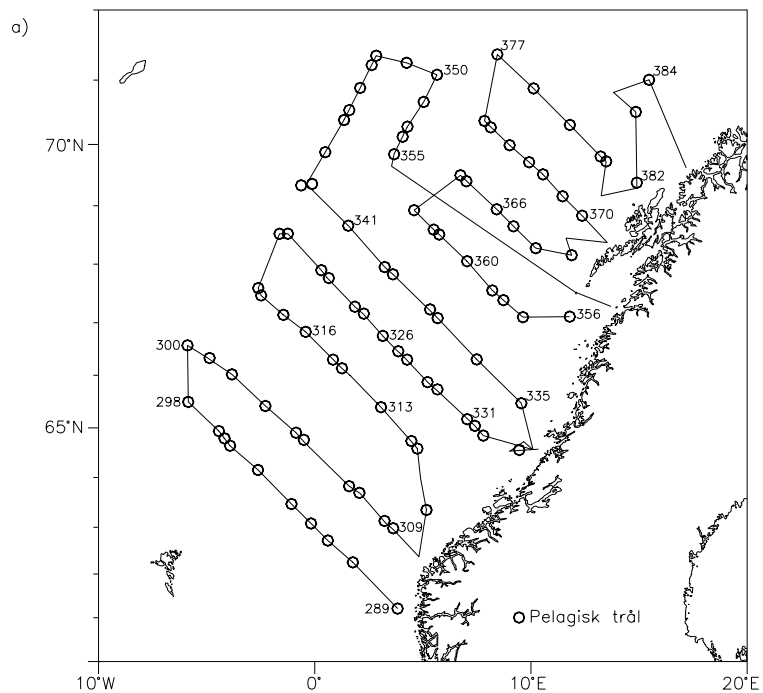
Toktet i 1995 fant sted i perioden 7. juli-2. august i den østlige delen av Norskehavet (figur 2.1a), og var en del av Mare Cognitum, Havforskningsinstituttets (HIS) Norskehavsprogram. Formålet med toktet var å studere utbredelse, vandring og bestandssammensetning hos norsk vårgytende sild, og samle inn planktonprøver og miljødata. Sonarregistreringer av fiskestimer ble utført av Leif Nøttestad og Bjørn Erik Axelsen.

Toktet i 1996 ble utført i den nordlige delen av Norskehavet (figur 2.1b), i perioden 9.-19. juli, og det ble samlet materiale til både TASC (Trans Atlantic Studies of *Calanus finmarchicus*) og Mare Cognitum. Formålet med toktet var hovedsakelig planktonundersøkelser. I tillegg ble det fisket etter laks og registrert stimer ved hjelp av sonar og ekkolodd. Sonarregistreringene ble utført av Leif Nøttestad og undertegnede.

### 2.2 Innsamling av data

#### 2.2.1 Fartøyet

F/F “Johan Hjort” er 64.4 m lang med en brutto tonnasje på 910 tonn. Hovedmotoren er en Wärtsilä Wichmann dieselmotor, type 8V28B, med en effekt på 3 264 hk. Maksimalfart er 15 knop.



**Figur 2.1** a) Kursnett og trålstasjoner, F/F "Johan Hjort" 7/7-2/8 1995 (etter ANON. (1996a)). b) Kursnett og fiskestasjoner, F/F "Johan Hjort" 9-19/7 1996.

### *Instrumentering og utstyr*

Båten er utstyrt med avanserte akustiske instrumenter for observasjon og mengdemåling av fiskebestander; en flerstrålesonar av type SIMRAD SR 240 og to ekkolodd av type SIMRAD EK 500, med frekvenser på 18, 38, 120 og 200 kHz. Fartøyet kan operere ulike typer tråler, planktonredskaper, CTD og vannhentere. Av navigasjonsutstyr finnes blant annet GPS (Global Positioning System) og navigasjonsgyro. Det finnes også en automatisk meteorologisk stasjon ombord som måler vindstyrke (knop), luft- og vanntemperatur (°C).

#### **2.2.2 Sonaren**

Sonaren SIMRAD SR 240 er en flerstrålesonar med en sendereffekt på 24 kHz. Rekkevidden er lang, 200 til 6 400 m (JOHANNESSEN 1992). Denne sonaren ble benyttet under begge toktene.

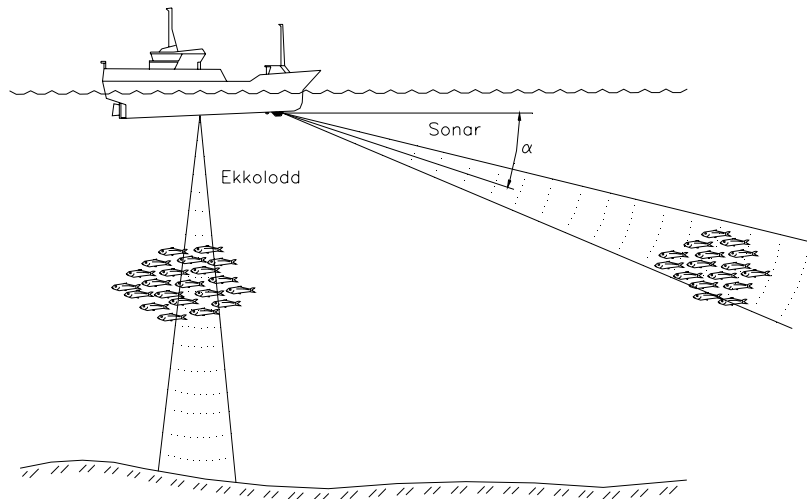
Strålebredden hos SR 240 er 12° både horisontalt og vertikalt, og sonaren kan dekke sektorer på 90°, 180° eller 360°. Forstyrrende sidelover er redusert til et minimum, noe som gir bedre deteksjon av fisk som står spredt og stimer nær bunnen. Sonarstrålen kan tiltes ubegrenset (elektronisk tilting fra +10° til -90°; figur 2.2). Dette gir en bedre oversikt, siden objektene kan følges både horisontalt og vertikalt. Sonaren har en automatisk målfølgingsfunksjon (target tracking), og gir også informasjon om stimens hastighet og svømmeretning. Sonarbildet presenteres i 32 farger på en 20" skjerm med høy oppløsning (JOHANNESSEN 1992).

#### **2.2.3 Registreringsrutiner**

##### *Sonarens innstillinger*

Det ble registrert stimer kontinuerlig med sonar mens fartøyet fulgte kursnettet. Mellom stasjonene gikk fartøyet med en fart på 10-12 knop. Sonaren var vendt sideveis 45°, vanligvis til styrbord side av fartøyet. Dersom bølgene kom inn mot denne siden av båten, ble imidlertid sonaren vendt mot babord. Kun stimer med en avstand på 50-400 m til båten ble registrert under toktene. Tabell 2.1 viser sonarens innstillinger. Tiltvinkelen var -5° til -12° (for det meste -7°) avhengig av hvor dypt fisken stod. På stasjoner uten registreringer ble tiltvinkelen satt til -60° til -70° for å unngå å registrere støy som stimer. I søkefasen,

før det ble registrert sild, ble forsterkning og tiltvinkel justert etter værforhold og hvilket dyp det ble antatt at silda stod i.



**Figur 2.2** Sonar og ekkolodd.  $\alpha$ : sonarens tiltvinkel (etter MISUND (1993b)).

**Tabell 2.1** Sonarens innstillinger

Område	400 m ved stimregistrering (800 m ved søk etter sild)
Peiling	ved stimregistrering ble stimen forsøkt fulgt med sentrum av sonarviften (45° ved søk etter sild)
Forsterkning	6-8 (4 på fiskestasjoner uten registreringer for å unngå å registrere støy som stimer)
Modus	baug opp
Sending	mono
Pulsform	FM (Frequency Modulated) Auto
Sendereffekt	full (lav på fiskestasjoner uten stimregistreringer)
Pingsektor	90°
TVG	20 log R
AGC	middels
RCG	middels
PP filter	svakt

### Stimfølging

Stimfølging ble utført på så mange stimer som mulig. Når en stim kom inn på sonaren, ble det forsøkt å følge den horisontalt med sentrum av sonarstrålen (vha. målfølgingsfunksjonen), og vertikalt ved eventuelt å endre tiltvinkelen.

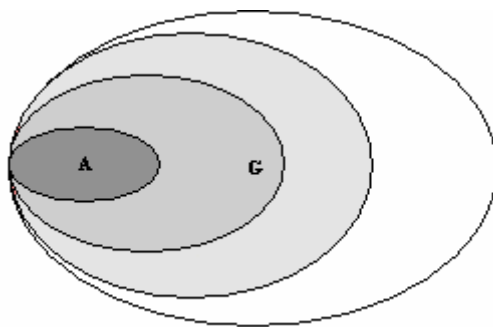
Under toktet i 1996 ble det brukt et nytt loggesystem, SA 950 loggeprogram (TOTLAND & MISUND 1993; MISUND & al. 1994). Alle stimer (dvs. returekko som oppfyller visse kriterier, tabell 2.2) innen sonarstrålen blir detektert automatisk, og slik kan flere stimer registreres samtidig. På begge toktene ble stimenes svømmehastighet, svømmeretning, dyp og avstand til båten beregnet med utgangspunkt i stimenes midtpunkt. Loggeprogrammet bruker stimens *geometriske* midtpunkt (figur 2.3), som ikke påvirkes av tetthetsendringer, men kan forflyttes ved at stimen forflytter seg eller endrer form. I 1995 ble imidlertid det *akustiske* midtpunktet brukt (figur 2.3). Dette påvirkes ikke av formendringer, men kan forflyttes ved at stimen beveger seg eller tettheten endres.

**Tabell 2.2** Stimdeteksjonsstatus i SA950 loggeprogram

Deteksjonsrekkevidde <sup>1</sup>	50-400 m
Deteksjonsterskel <sup>2</sup>	10
Minste utstrekning av ekkolinje <sup>3</sup>	8 m
Minste stimdiameter	10 m
Minste avstand mellom stimene	5 m
Stimvindu radius <sup>4</sup>	30 m
Minste antall gjentakelser <sup>5</sup>	4 ping

1: Horisontal avstand fra svingeren. 2: Laveste fargekode for deteksjon av ekko. 3: Horisontal utstrekning av stim langs sonarstrålen. 4: Vindu som stimen må være innenfor i etterfølgende ping. 5: Antall ganger ekkoblokken må detekteres for å få status som stim.

I 1995 ble stimens lengde langs sonarstrålen ( $lw$ ) målt direkte på sonarskjermen med linjal og rundet ned til nærmeste 0.5 cm. I 1996 ble stimareal og en summert ekkointensitet (fargesum) beregnet automatisk av loggeprogrammet. I 1995 ble geografisk posisjon notert for hånd i starten av hver stimfølging, mens i 1996 ble GPS-måleren (Global Positioning System) koblet opp mot loggeprogrammet, slik at båtens geografiske posisjon og logg ble registrert automatisk for hvert ping.



**Figur 2.3** En stim der tettheten varierer. Jo mørkere farge, desto høyere tetthet. Det akustiske midtpunktet er markert med A, og det geometriske med G.

Et problem under toktet i 1996 var at det i områder med mye sild ofte kom flere stimer inn i sonarstrålen samtidig. Det var bare mulig å følge en av stimene med målfølgingsfunksjonen, slik at andre registrerte stimer i sonarviften ikke ble fulgt like godt (tidshoppene mellom returekkoene ble lengre og hyppigere). I 1995 ble kun stimer fulgt med målfølgingsfunksjonen registrert, og kvaliteten på registreringene ble derfor jevnere.

Pingdataene fra stimregistreringene ble overført til en Hewlett Packard arbeidsstasjon montert ved siden av sonarskjermen, lagret på harddisk og overført til tape etterhvert som harddisken ble fylt opp. Parametre registrert i forbindelse med stimfølgningen finnes i tabell 2.3. Etter toktene ble dataene overført fra tape til nettet på Fangstseksjonen (HI), og analysert i SAS 6.03 (SAS INSTITUTE INC. 1988).

### *Fiskeprøver*

Det er i utgangspunktet ikke kjent hvilke fiskearter som registreres av sonar eller ekkolodd. En pelagisk trål (Åkratrål) med 30 m vertikal åpning ved en tauehastighet på 3.5-4 knop (VALDEMARSSEN & MISUND 1995) ble brukt til identifisering av registreringene, samt innsamling av biologiske prøver. I 1995 dominerte sild innen sildas utbredelsesområde (figur 3, 5 og 8 i ANON. 1996a). I den sørligste delen (område A, avsnitt 2.3.1) ble det imidlertid også registrert kolmule (ANON. 1996a) og, i den vestlige delen av område A, makrell (ANON. 1996a). Det var ikke mulig å ta fiskeprøver av alle registrerte stimer. Det er imidlertid til en viss grad mulig å skille sild og makrell på sonarskjermen, siden makrell mangler svømmeblære og dermed gir et svakere ekko enn sild (MACLENNAN & SIMMONDS 1992; GUNDERSON 1993). Kolmule står som regel dypere enn sild i beiteperioden (DAAN 1980; BLINDHEIM 1989; ANON. 1996a; O. BJELLAND pers. med.). For hver



registrering ble det vurdert om stimen bestod av sild, kolmule eller makrell. Stimene som ble inkludert i datamaterialet var derfor mest sannsynlig sildestimer. I 1996 dominerte sild i fangstene (vedlegg 1a), så de registrerte stimene var sannsynligvis i hovedsak sild.

**Tabell 2.3** Parametre registrert i forbindelse med stimfølgningen

	dato
	tid (GMT, Greenwich Middle Time)
Stim:	stimnummer
	ekkblokknummer <sup>1</sup>
	antall deteksjoner av hver enkelt stim
	svømmehastighet (knop) <sup>2</sup>
	dyp (m) <sup>2</sup>
	svømmeretning (°) <sup>3</sup>
	avstand til båten (m)
	stimens lengde langs sonarstrålen, lw (cm) <sup>2</sup>
	stimareal (m <sup>2</sup> ) <sup>4</sup>
	summert ekkointensitet (fargesum, brukes til å beregne en relativ tetthet) <sup>1</sup>
	deteksjonskode for om sonarviften dekker hele stimen <sup>1</sup>
Båt:	logg (n.m.) <sup>1</sup>
	geografisk posisjon (grader og minutter, fra GPS) <sup>5</sup>
	kurs (° i forhold til nord)
	hastighet (knop)
Sonar:	pingnummer <sup>1</sup>
	tiltvinkel (°) <sup>1</sup>
	valgt fargeterskel for stimdeteksjon <sup>1</sup>

**1:** Kun for 1996. **2:** Kun for 1995. **3:** 1995; svømmeretning i forhold til nord. 1996; svømmeretning i forhold til båtens kurs. **4:** 1995; stimens lengde langs sonarstrålen (lw) ble målt, og fra dette ble det beregnet et stimareal. 1996; registrert automatisk. **5:** 1995; notert for hånd i starten av hver stimfølgning. 1996; registrert automatisk for hvert ping.

I 1995 ble det gjort trålhal med jevne intervaller, stort sett med 60 n.m. avstand. I 1996 ble trålhalene hovedsakelig gjort ved registreringer av fisk, men også på noen gitte posisjoner. På begge tokt varte halene vanligvis i 30 minutter. Det ble imidlertid også utført kortere hal, og ved fangst stoppet trålingen noen ganger etter 5-10 minutter. Det ble målt lengde og bestemt alder (fra fiskeskjell) på sild fra fangstene (vedlegg 1b-c; ANON. 1996a) etter standard HI prosedyrer (FOTLAND & al. 1993), og i 1996 ble en del sildemager raskt undersøkt (vedlegg 1d).

### *Ekkoloddregistreringer*

Ekkoloddregistreringer av fisk og plankton ble utført med et EK 500 ekkolodd med en frekvens på 38 kHz, tilkoblet BEI-systemet (KNUDSEN 1990).

---

### *Værforhold*

Værforholdene ble registrert hver hele time, og vinden var sterkere i 1995 enn i 1996. I starten av 1995-toktet (13.-26.7) var vinden de fleste døgn oppe i kuling styrke, og vindstyrken varierte mye i løpet av et døgn. Det var i denne perioden registreringene i område A (avsnitt 2.3.1) ble gjort. I slutten av toktet løyet vinden, og det var aldri mer enn frisk bris.

I 1996 var det svært rolige vindforhold under stimregistreringene (17.-18.7); lett til laber bris.

## **2.3 Norskehavet**

Norskehavet er havområdet som avgrenses av Norge, Shetlandsøyene, Færøyene, Island, Grønland, Spitsbergen og Bjørnøya. Overflatearealet er på  $2.58 \times 10^6$  km<sup>2</sup>, volumet på  $4.12 \times 10^6$  km<sup>3</sup> og gjennomsnittsdypet rundt 1 600 m. Omlag 30 % av området har dyp på mindre enn 600 m, og hører til kontinentalsokkelen. 75 % av området utenfor kontinentalsokkelen har dyp på 1 000 til 3 000 m (HELLAND-HANSEN & NANSEN 1909).

Strømforholdene i Norskehavet bestemmes i stor grad av bunntopografien. I den østlige delen av Norskehavet dominerer Atlanterhavsstrømmen og Den norske kyststrømmen. Sistnevnte starter ved utløpet av Østersjøen, og følger Norskekysten nordover. Langs kontinentalskråningen, parallelt med Den norske kyststrømmen, går Atlanterhavsstrømmen. Denne strømmen deler seg i to hovedgrener utenfor Troms, der Nordkappstrømmen går inn i Barentshavet og Vest-Spitsbergenstrømmen fortsetter langs vestkysten av Spitsbergen (SÆTRE & LJØEN 1972; BLINDHEIM 1989; LOENG & al. 1992; POULAIN & al. 1996). Om sommeren er imidlertid strømmønsteret mer diffust og vil i større grad enn om vinteren være dirigert av vind (SÆTRE 1983).

### 2.3.1 Områdeinndeling

Området som ble undersøkt i 1995 ble delt i 3 områder (figur 2.4, tabell 2.4) på grunnlag av fiskens lengde i fangstene fra 1995 (figur 2.5), avstand til overvintringsområdene og habitat (kontinentalsokkel, kontinentalskråning og åpent hav). 11 stimer ble registrert utenfor de definerte områdene, og ble derfor utelatt.

I 1996 ble majoriteten av registreringene gjort innenfor område B og C, fordi toktet knapt var innom område A. Det ble tatt to utvalg på omtrent 100 stimer hver, et i område B og et i område C (figur 2.6), fordi det totalt ble registrert flere tusen stimer på toktet, og det ville blitt for arbeidskrevende å analysere hele materialet. Tidsrom for registreringer i de ulike områdene finnes i tabell 2.5.

**Tabell 2.4** Grenser for områdene i figur 2.4 (se også tekst).

Område	Sør	Vest	Nord	Øst
A	61.5° N	4.0° Ø	67.5° N	norskekysten
B	67.5° N	8.5° Ø / linje <sup>1</sup>	72.0° N	norskekysten
C	67.5° N	2.0° Ø	72.0° N	8.5° Ø / linje <sup>1</sup>

1:linje gjennom posisjonene 70°N 10.5°Ø og 72°N 16.2°Ø ( $^{\circ}\text{N} = 0.35 \times ^{\circ}\text{Ø} + 66.32$ )

**Tabell 2.5** Dato og klokkeslett for registrering av sildestimer.

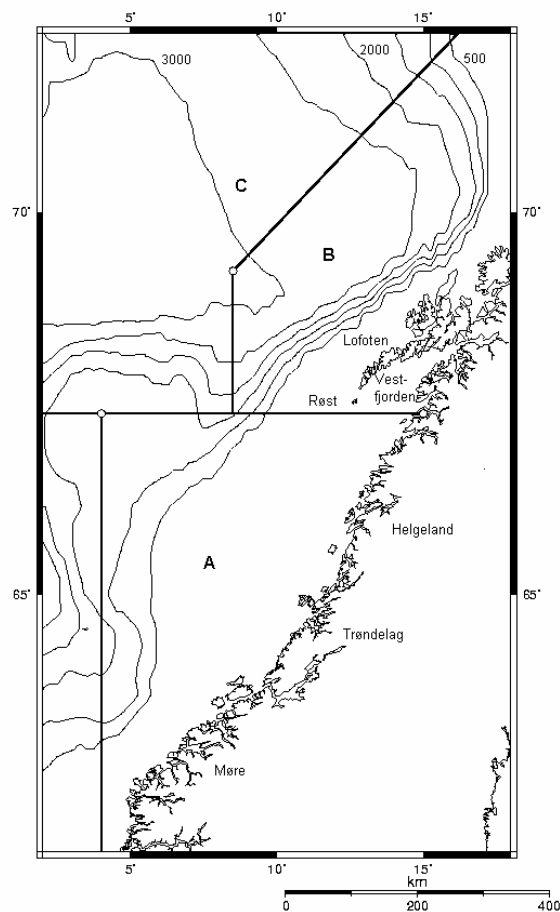
Tokt	Fartøy	Område	Dato	Klokkeslett (GMT)
1995	F/F "Johan Hjorth"	A	13. - 21.7, 26.7	hele døgnet
		B	25.7 - 2.8	hele døgnet
		C	24.7 - 31.7	hele døgnet
1996	F/F "Johan Hjorth"	B	18.7	kl. 05 - 07
		C	17.7	kl. 12 - 15

Område A ligger over kontinentalsokkel eller -skråning (figur 2.4). 3 år gammel fisk dominerte i dette området, og median lengde var 24 cm (1995, figur 2.5). Den sørligste delen ligger utenfor Møre der sokkelen er omtrent 30 n.m. brei, mindre enn 200 m dyp og

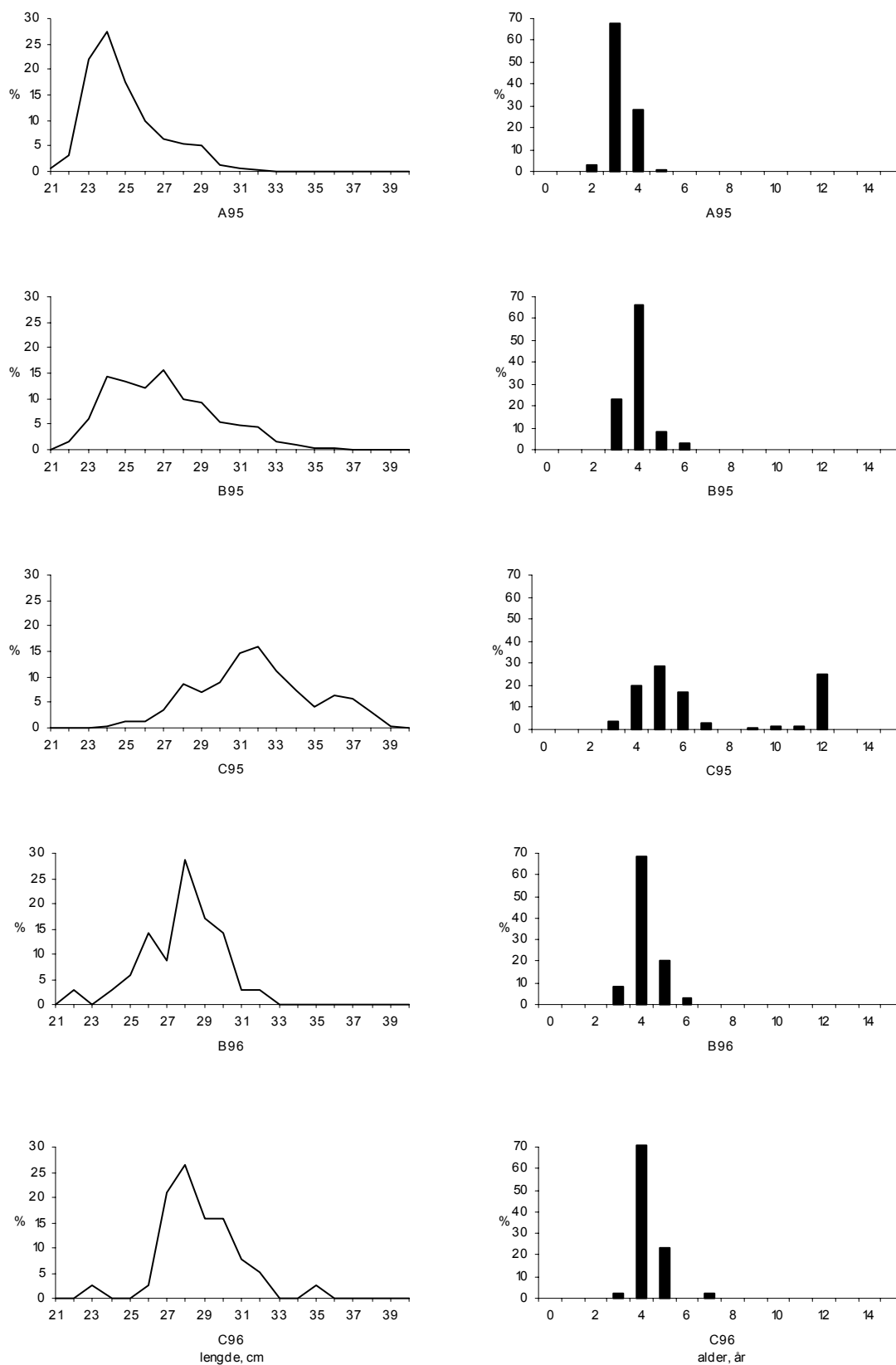
avsluttes i en relativt skarp kant mot kontinentalskråningen. Lenger nord, utenfor Trøndelag og Helgeland, er sokkelen 60-100 n.m. brei og 250-300 m dyp (MELLE & al. 1993).

Den østlige delen av område B ligger over kontinentalsokkelen (figur 2.4), som kun er 15-30 n.m. brei, mindre enn 200 m dyp, og avsluttes i en skarp kant (MELLE & al. 1993). Den nordvestlige delen ligger utenfor sokkelen, og utvalget fra 1996 er herfra (figur 2.6). 4 år gammel fisk dominerte begge år, og median lengde var 27 og 28 cm i henholdsvis 1995 og 1996 (figur 2.5).

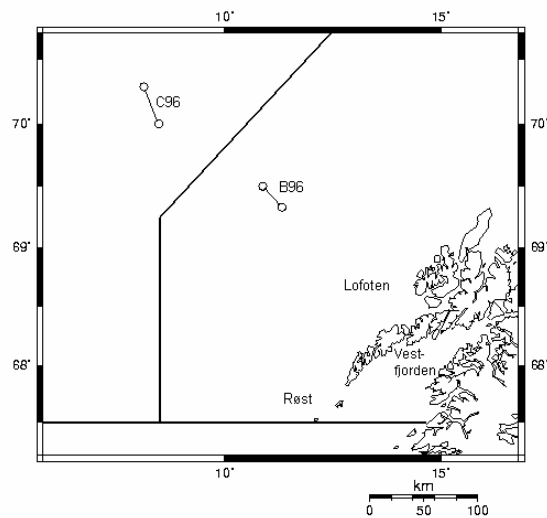
Område C ligger utenfor sokkelen (figur 2.4). I 1995 dominerte 5 og 12 år gammel sild, og median lengde var 32 cm (figur 2.5). I 1996 ble kun den østlige delen av område C dekket (figur 2.1b, 2.6). Det var en overvekt av 4 år gammel fisk, og median lengde var 28 cm, som i område B samme år (figur 2.5).



**Figur 2.4** Områdeinndeling etter sildas lengde i trålfangster fra 1995 (figur 2.5), avstand til overvintringsområdet og habitat (kontinentalsokkel, -skråning og åpent hav. Dypet (m) er skissert.



**Figur 2.5** Prosentvis lengde- og aldersfordeling hos sild i område A, B og C. Trålstasjoner: A95: 329, 331, 333, 336; B95: 368-370, 372; C95: 350-352, 377; B96: 325, 331 og C96: 327, 330. Dataene fra 1995 er hentet fra toktrapporten (ANON. 1996a).  $n_{A95} = 400$ ,  $n_{B95} = 400$ ,  $n_{C95} = 257$ ,  $n_{B96} = 35$  og  $n_{C96} = 38$ .



**Figur 2.6** Utvalgene fra område B og C i 1996.

## 2.4 Databehandling

Det ble brukt ulike loggemetoder på toktene, og dermed var det forskjeller i hvilke parametre som ble beregnet direkte, og hvilke som måtte måles manuelt eller beregnes i etterkant. De to datamaterialene måtte derfor behandles noe forskjellig.

### 2.4.1 Datasortering og kriterier

*1995*

Pingdata fra hver enkelt stim ble lagret på en egen fil, og filene ble hentet fram enkeltvis i SAS 6.03 (SAS INSTITUTE INC. 1988) ved hjelp av et program (vedlegg 2a) som ga figurer over:

1. stimens bevegelse i forhold til båten (figur 2.7)
2. svømmehastighet mot pingnummer
3. stimens x-koordinat (fra figur i pkt. 1) mot pingnummer
4. stimens y-koordinat (fra figur i pkt. 1) mot pingnummer

Pingdata fra to eller flere stimer ble noen ganger registrert på samme fil, fordi loggeprogrammet ikke hadde blitt startet opp igjen før markøren for målfølgingsfunksjonen ble satt på neste stim. Datasettet ble da delt opp manuelt, og dataene fra første stim ble beholdt dersom disse var brukelige (dvs. oppfylte kriteriene for svømmehastighet, antall ping, maksimal kursendring og maksimalt tidshopp mellom ping, se under). Andre stimer ble utelatt ved å sette en øvre grense for pingnummer. Dersom ikke den første stimen var brukbar, ble stim nummer to benyttet og så videre. Overgangen fra en stim til en annen ble vanligvis lokalisert ved å se på forflytning fra ping til ping, og ved en forflytning på mer enn 30 m mellom to etterfølgende ping ble det satt et skille. Overgangene kunne observeres som lange, helt rette streker på figuren over stimens og båtens bevegelse (pkt. 1). For å kontrollere om forflytningen skjedde mellom to etterfølgende ping, ble figurene over stimens koordinater mot pingnummer (pkt. 3 og 4) undersøkt. Overganger til en ny stim kunne også lokaliseres ved å søke etter tidshopp (ofte flere minutter) eller store forandringer i stimens dyp eller avstand til båten.

Noen figurer over stimbevegelse hadde lange rette streker ( $> 30$  m forflytning mellom to etterfølgende ping) helt i starten eller slutten av stimfølgningen, selv om det kun var én stim på filen. Sonaren hadde sannsynligvis mistet stimen en periode, og pingene som forårsaket strekene ble derfor utelatt.

Det ble som regel registrert mange ping (opptil 12) på det første registrerte klokkeslettet i en stimfølgning, sannsynligvis fordi en slags buffer i sonaren logget alle tidligere registrerte ping, som hadde hopet seg opp, på det første klokkeslettet. På figurene over stimenes bevegelse (pkt. 1) så det dermed ut som om stimene hadde beveget seg svært langt på ett sekund, noe som ville hatt store konsekvenser for atferdsanalysen (avsnitt 2.4.2). Alle ping, bortsett fra det sist registrerte, på første klokkeslett ble derfor utelatt. Det samme ble gjort dersom det var registrert mer enn to ping på neste klokkeslett. Fra ping til ping ble det maksimalt tillatt et tidshopp på to sekunder. Dette filtrerte ut de få stimene som i perioder forsvant fra sonarviften.

---

Stimer med en gjennomsnittlig svømmehastighet<sup>3</sup> høyere enn 2.0 m/s (n = 43), 20 eller færre ping (n = 76), eller stimregistreringer der båten hadde endret kursen mer enn 20° (n = 26) ble ikke brukt i den videre analysen fordi:

- En vedvarende svømmehastighet<sup>4</sup> på over 2.0 m/s ikke er vanlig hos sild på denne størrelsen (HE & WARDLE 1988).
- Stimparametrene fra en kort stimfølging (< 20 ping) er mindre presise enn for lengre stimfølginger (HAFSTEINSSON og MISUND 1995).
- Dersom båten endrer kursen mye, vil det ha stor innflytelse på hvordan stimens bevegelse i figuren i punkt 1 ser ut (fordi båten kurs antas å være konstant), og dermed på atferdsanalysen (avsnitt 2.4.2). Det er svært vanskelig å kompensere for kursendringer i dataprogrammet.

1996

Hver enkelt fil inneholdt pingdata fra mange stimer, og datasettet ble delt opp i enkeltstimer under innlesing av filen (program i vedlegg 2b). Det ble kun brukt data fra én fil, da denne inneholdt nesten alle de registrerte sildestimene.

Under innlesing av datafilen ble ping der sonarviften ikke dekket hele stimen og ekko som ikke kom fra stimer fjernet. Stimene ble undersøkt enkeltvis ved å utelate alle andre stimnumre.

For noen ping ble det registrert flere ekko fra samme stim, noe som sannsynligvis skyldtes at stimen i perioder var litt løs og dermed ble registrert som to stimer. Et gjennomsnitt av ekkoene fra samme ping ble brukt for alle parametre bortsett fra fargesum og stimareal, der summen ble brukt.

---

<sup>3</sup> Svømmehastighet: forflytningsrate når alle stimens bevegelser inkluderes (m/s eller kroppslengder/s)

<sup>4</sup> Vedvarende svømmehastighet: svømmehastighet som kan opprettholdes i mer enn 200 min (HE & WARDLE 1988)



Dataprogrammene (vedlegg 2bi-iii) laget figurer av:

1. stimens bevegelse i forhold til båten (båtens bevegelse langs y-aksen, vedlegg 2i, 3a)
2. stimens x-koordinat (pkt. 1) mot pingnummer (vedlegg 2i)
3. stimens y-koordinat (pkt. 1) mot pingnummer (vedlegg 2i)
4. som punkt 1, men med stimbevegelse som gjennomsnitt av 5 ping (vedlegg 2ii, 3b)
5. bevegelse av stim og båt i geografiske posisjoner (nord på y-aksen og øst på x-aksen). Figuren viser båtens virkelige bevegelse også ved kursendring (kun brukt for stimer der båtens kursendring var  $> 20^\circ$ , vedlegg 2iii).

Det ble kun brukt stimer som var fulgt i minst 21 ping, samtidig som tidshoppene mellom etterfølgende ping var på maksimalt 5 sekunder, slik at stimfølgingene skulle være mest mulig kontinuerlige.

### *Felles*

Programmene beregnet enkle statistiske variabler (gjennomsnitt, standardavvik, maksimum og minimum) for alle parametre. Gjennomsnittsverdiene for hver enkelt stim ble ført inn i regneark i Excel 7.0 for Windows.

## **2.4.2 Atferdsanalyse**

Stimens atferd ble analysert og klassifisert som vandrende, unnvikende eller ubestemt fra figurer over stimens bevegelse i forhold til båten (avsnitt 2.4.1), med utgangspunkt i en metode utviklet av HAFSTEINSSON og MISUND (1995). Eksempler på stimkategoriene finnes i figur 2.7.

### VANDRENDE

Stimer som beveget seg i rette linjer med en definert retning.

Ved lange stimfølginger ( $> 2$  min) ble det akseptert retningsendringer større enn  $45^\circ$  (se unnvikende), så lenge stimen totalt hadde en definert retning (vedlegg 3c).

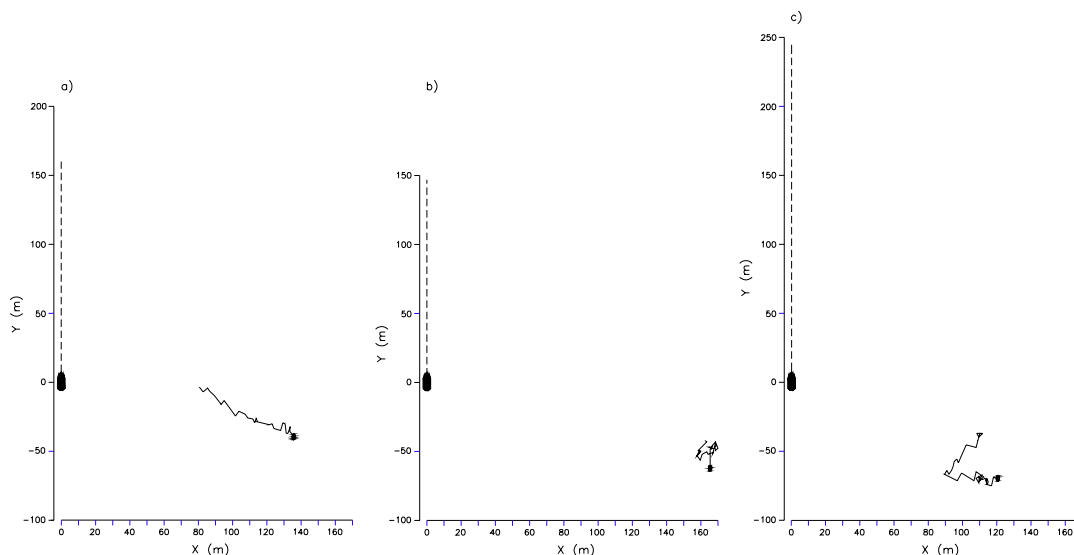
## UNNVIKENDE

1) Stimer som forandret vedvarende svømmeretning (oppretholdt i min. 10 s) med mer enn  $45^\circ$ , og beveget seg vekk fra båten. Deretter forandret ikke stimen svømmeretning med mer enn  $45^\circ$ . Stimens nye svømmeretning ble oppretholdt til båten hadde passert, eller stimen hadde forsvunnet ut av sonarviften.

2) Stimer som forandret vedvarende svømmeretning med mer enn  $45^\circ$ , mot båten kurs. Deretter kunne stimen forandre svømmeretning med mer enn  $45^\circ$  i hvilken som helst retning. Stimen kan tenkes å ha blitt "fanget" mellom feltene med høyere lydintensitet ut fra båten sider, og deretter å ha prøvd å bli i feltet med lavere lydintensitet i front av fartøyet (MISUND & AGLÉN 1992; HAFSTEINSSON & MISUND 1995).

## UBESTEMT

Stimer som hyppig forandret svømmeretning og kun gjorde irregulære eller små bevegelser i observasjonsperioden.



**Figur 2.7** Eksempler på stimkategoriene. Båten beveger seg langs y-aksen. Startpunkt for stim og båt er markert. a) Vandrende stim. b) Ubestemt stim. c) Unnvikende stim.

I 1996 var det vanskeligere å analysere atferden enn i 1995, på grunn av større hopp i bevegelse. Forskjellene ble sannsynligvis forårsaket av ulik loggemetode. For datamaterialet fra 1996 ble figurene i punkt 4 og 5 (avsnitt 2.4.1, 1996) brukt som et supplement til figuren i punkt 1 når det var vanskelig å analysere atferden utfra denne figuren.

Figurene med stimens koordinater mot pingnummer ble brukt i tvilstilfeller for å avgjøre om atferden skulle klassifiseres som vandrende eller ubestemt, og var også nyttige når det var vanskelig å se hvordan stimen hadde beveget seg. De ble også brukt for å undersøke om stimen hadde hatt en vedvarende svømmeretning (opprettholdt i min. 10 s) ved retningsendring, for å vurdere om stimen skulle klassifiseres som unnvikende. I 1995 og 1996 ble henholdsvis 47 og 22 stimer utelatt fra materialet fordi de var svært vanskelige å klassifisere.

### **2.4.3 Svømmehastighet**

Svømmehastigheten ble målt som forflytningen av stimens tyngdepunkt i forhold til jordoverflaten. Dersom en måler strømhastighet og -retning, kan en også beregne forflytning i forhold til vannmassene. Dette ble imidlertid ikke gjort i dette studiet.

#### *Tokt 1995*

Stimenes svømmehastighet (knop) ble beregnet av sonaren. Svømmehastigheten ble omgjort til m/s ved å multiplisere med 0.5144 ( $1 \text{ knop} = 1 \text{ n.m./t} = 1 \frac{1852}{3600} \text{ m/s} = 0.5144 \text{ m/s}$ ). Svømmehastigheten i kroppslengder/s ble beregnet fra forholdet mellom hver enkelt stims gjennomsnittlige svømmehastighet (m/s) og sildas median lengde (m) fra fangster i området stimen ble registrert (A: 0.24 m, B: 0.27 m, C: 0.32 m, figur 2.5).

---

## Tokt 1996

Loggeprogrammet registrerte ikke svømmehastighet beregnet av sonaren, og en svømmehastighet måtte derfor beregnes fra båtens geografiske posisjon, stimens avstand og svømmeretning i forhold til båten, og de registrerte klokkeslettene. Svømmehastigheten for et tidsintervall  $\Delta t$  ble beregnet ved å finne stimens totalforflytning over tidsintervallet og deretter dele på  $\Delta t$ . Dersom alle sonarens registreringer ble brukt direkte ble svømmehastigheten kunstig høy. Ulike måter å midle svømmehastighet på måtte derfor prøves ut. De ulike metodene ble prøvd ut på 23 tilfeldig valgte stimer.

- $d_{ij}$ : stim  $j$ 's avstand til båten ved observasjon  $i$  (m)
- $i$ : pingnummer
- $j$ : stimnummer
- $k$ : antall ping det midles over for å beregne forflytning
- $N_{bij}$ : båtens breddegrad ved observasjon  $i$  for stim  $j$  ( $^{\circ}$ )
- $N_{sj}$ : stim  $j$ 's breddegrad ved observasjon  $i$  ( $^{\circ}$ )
- $S_{ij}$ : stim  $j$ 's svømmehastighet ved observasjon  $i$  (m/s)
- $t_{ij}$ : klokkeslett  $i$  ved observasjon  $i$  for stim  $j$  (t)
- $x_{ij}$ : stim  $j$ 's x-koordinat i figur (pkt. 1, avsnitt 2.4.1, 1996) ved obs.  $i$  (m)
- $y_{ij}$ : stim  $j$ 's y-koordinat i figur (pkt. 1, avsnitt 2.4.1, 1996) ved obs.  $i$  (m)
- $\emptyset_{bij}$ : båtens lengdegrad ved observasjon  $i$  for stim  $j$  ( $^{\circ}$ )
- $\emptyset_{sj}$ : stim  $j$ 's lengdegrad ved observasjon  $i$  ( $^{\circ}$ )
- $\alpha_{ij}$ : båtens kursretning i forhold til nord ved observasjon  $i$  for stim  $j$  ( $^{\circ}$ )
- $\beta_{ij}$ : stim  $j$ 's svømmeretning i forhold til båtens kurs ved observasjon  $i$  ( $^{\circ}$ )
- $\Delta M_{ij}$ : stim  $j$ 's forflytning midlet for observasjon  $i$  (m)
- $\Delta n_{ij}$ : stim  $j$ 's forflytning nord-sør midlet for observasjon  $i$  (m)
- $\Delta n_{ij\text{ gm}}$ : glidende gjennomsnitt av stim  $j$ 's forflytning nord-sør midlet for obs.  $i$  (m)
- $\Delta t_{ij}$ : tidsintervallet det midles over for observasjon  $i$ , stim  $j$  (s)
- $\Delta t_{ij\text{ gm}}$ : glidende gjennomsnitt av tidsintervallet det midles over for obs.  $i$ , stim  $j$  (s)
- $\Delta \emptyset_{ij}$ : stim  $j$ 's forflytning øst-vest midlet for observasjon  $i$  (m)
- $\Delta \emptyset_{ij\text{ gm}}$ : glidende gjennomsnitt av stim  $j$ 's forflytning øst-vest midlet for obs.  $i$  (m)

- Metode 1 & 2: lag-metoden (program i vedlegg 2bi)

I lag-metoden midles svømmehastigheten over  $(k+1)$  ping ved å bruke stimens totale forflytning mellom ping  $i$  og ping  $(i-k)$  i beregningene.

Stim  $j$ 's kartesiske koordinater (m) ved pingnummer  $i$  når båten er plassert i origo:

$$y_{ij} = (\cos(\alpha_{ij} + \beta_{ij})) \times d_{ij} \quad (2.1)$$

$$x_{ij} = (\sin(\alpha_{ij} + \beta_{ij})) \times d_{ij} \quad (2.2)$$

Stim  $j$ 's geografiske posisjon ( $^{\circ}$ ) beregnet fra båtens geografiske posisjon ( $^{\circ}$ ):

$$N_{sij} = N_{bij} + (y_{ij} / (1852 \times 60)) \quad (2.3)$$

$$\emptyset_{sij} = \emptyset_{bij} + (x_{ij} / (\cos(N_{bij}) \times 1852 \times 60)) \quad (2.4)$$

Stim  $j$ 's forflytning (m) over et visst tidsintervall i nordlig og østlig retning:

$$\Delta n_{ij} = (N_{sij} - N_{s(i-k)j}) \times 1852 \times 60 \quad (2.5)$$

$$\Delta \emptyset_{ij} = (\emptyset_{sij} - \emptyset_{s(i-k)j}) \times \cos(N_{bij}) \times 1852 \times 60 \quad (2.6)$$

Tidsintervallet (s) det midles over:

$$\Delta t_{ij} = (t_{ij} - t_{(i-k)j}) \times 3600 \quad (2.7)$$

Det ble prøvd med  $k = 1, 2, 5, 8, 10, 15, 20$  og  $25$ .

Stim  $j$ 's totalforflytning (m):

$$\Delta M_{ij} = \sqrt{\Delta n_{ij}^2 + \Delta \emptyset_{ij}^2} \quad (2.8)$$

---

Et filter ble brukt på  $\Delta M_{ij}$  før svømmehastigheten ble beregnet:

#### Metode 1

$\Delta M_{ij}$  ble utelatt dersom verdien var større enn en konstant (5, 5, 10, 16, 20, 30, 40, 50 for henholdsvis  $k = 1, 2, 5, 8, 10, 15, 20$  og 25).

#### Metode 2

$\Delta M_{ij}$  ble utelatt dersom verdien var større enn  $2 \times \Delta t_{ij}$  (bortsett fra for  $k = 1$  eller 2, der grensen ble satt til 5).

Når  $\Delta M_{ij}$  ble utelatt, ble også stimens avstand til båten, fargesum, overflateareal, svømmeretning i forhold til båten og dyp utelatt, fordi observasjonene kunne stamme fra en annen stim.

Svømmehastighet (m/s):

$$S_{ij} = \Delta M_{ij} / \Delta t_{ij} \quad (2.9)$$

En svømmehastighet i kroppslengder/s ble beregnet som forholdet mellom stimens gjennomsnittlige svømmehastighet (m/s) og fiskens median lengde (m) i området der stimen ble registrert (B & C: 0.28 m, figur 2.5).

- Metode 3: glidende gjennomsnitt (program i vedlegg 2biv)

Et glidende gjennomsnitt er et gjennomsnitt av forflytningen over  $(2a + 1)$  ping. For ping nummer  $i$  blir det brukt  $a$  ping før og  $a$  ping etter ping  $i$ , samt observasjon  $i$ , altså  $(2a + 1)$  ping. Beregningene ble gjort som for lag-metoden til og med formel 2.7, og i formlene 2.5-7 ble det brukt  $k = 1$ .

Det ble deretter beregnet glidende gjennomsnitt av  $\Delta n_{ij}$ ,  $\Delta \theta_{ij}$  og  $\Delta t_{ij}$ , som deretter ble brukt til å beregne  $\Delta M_{ij}$  (2.8), og deretter  $S_{ij}$  (2.9).  $\Delta M_{ij}$  ble utelatt dersom verdien var større enn 5 (fordi  $k = 1$ ).

Glidende gjennomsnitt av  $(2a+1)$  ping for observasjon  $i$ , stim  $j$ :

$$\Delta n_{ij_{gm}} = \frac{\sum_{i=i-a}^{i+a} \Delta n_{ij}}{2a+1} \quad (2.10)$$

$$\Delta \theta_{ij_{gm}} = \frac{\sum_{i=i-a}^{i+a} \Delta \theta_{ij}}{2a+1} \quad (2.11)$$

$$\Delta t_{ij_{gm}} = \frac{\sum_{i=i-a}^{i+a} \Delta t_{ij}}{2a+1} \quad (2.12)$$

Det ble forsøkt med  $a = 1-9, 12$  og  $15$ . Ved  $a = 1$  midles det over 3 verdier, ved  $a = 8$  over 17 verdier osv.

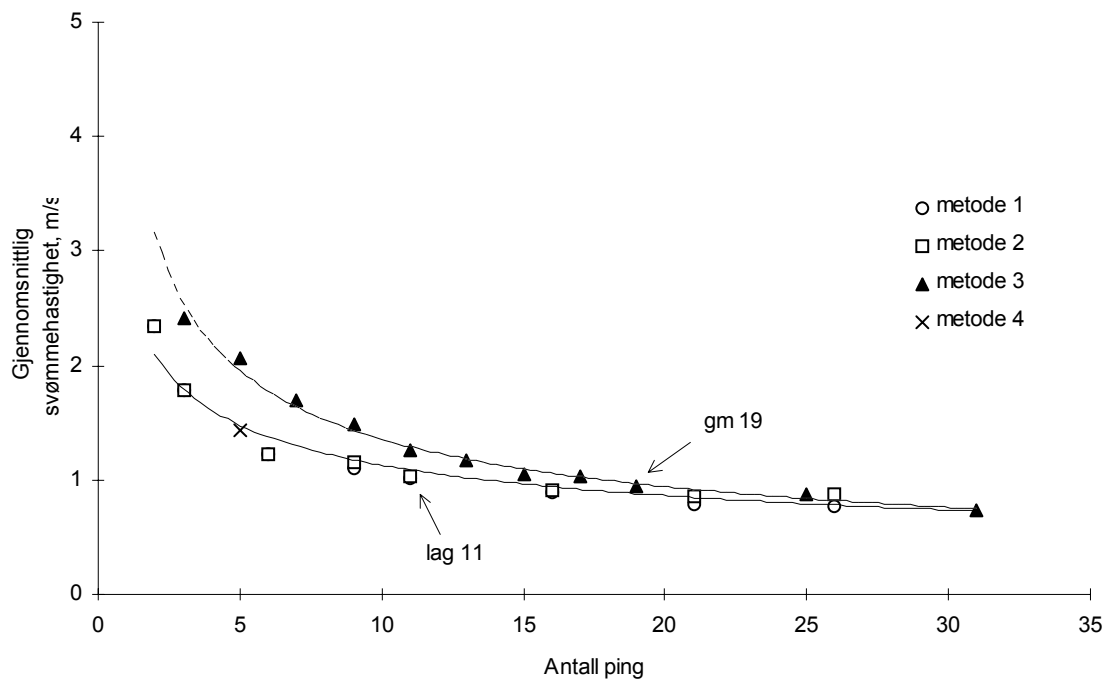
- Metode 4: gjennomsnitt av 5 ping (program i vedlegg 2bii)

Et gjennomsnitt av fem og fem ping ble beregnet for alle registrerte parametre. Disse gjennomsnittene ble så brukt videre i beregninger av svømmehastighet som for lag-metoden med  $k = 1$ .

- Vurdering av metodene

De ulike metodene ble brukt til å beregne svømmehastighet, vandringshastighet og  $\Delta t$ , og deretter sammenlignet med hensyn på hvor mange ping det ble midlet over.

Svømmehastigheten sank mot en asymptote, som sannsynligvis lå nær stimens virkelige svømmehastighet, når antall ping det ble midlet over økte (figur 2.8). Ideelt sett burde det derfor midles over så mange ping som mulig. For lag-funksjonen måtte det finnes  $k$  ping før observasjon  $i$  ( $\#$  obs. av svømmehastighet =  $\#$  ping -  $k$ ), og for metoden med glidende gjennomsnitt  $a$  ping både før og etter observasjon  $i$  ( $\#$  obs. av svømmehastighet =  $\#$  ping -  $2a$ ), for at en svømmehastighet skulle kunne beregnes. I tillegg ble noen observasjoner av svømmehastighet filtrert vekk (se over). Dermed ble valg av metode et kompromiss mellom midling over mange ping for å få svømmehastigheten så reell som mulig, og midling over få ping for å få flest mulig observasjoner av svømmehastighet.



**Figur 2.8** De ulike metodenes gjennomsnittlige svømmehastighet (m/s) mot antall ping det midles over. Lag-funksjon og filter  $\leq$  konstant (metode 1), lag-funksjon og filter  $\leq 2 \times \Delta t$  (heltrukket linje, metode 2), glidende gjennomsnitt (stiplet linje, metode 3) og snitt fem ping (metode 4),  $n = 23$ . lag 11: metode 2, midlet over 11 ping; gm 19: metode 3, midlet over 19 ping. Se tekst for forklaring av metodene.

Sistnevnte var svært viktig, da mange stimer kun ble fulgt i 21-30 ping. For lag-funksjonen midlet over 11 ping (# obs. av svømmehastighet = # ping - 10) og et glidende gjennomsnitt over 19 ping (# obs. av svømmehastighet = # ping - 18) var gjennomsnittlig svømmehastighet nokså nær asymptoten (hhv. lag 11 og gm 19 i figur 2.8), samtidig som flest mulig observasjoner ble benyttet for å beregne svømmehastigheten.

Lag-funksjonen ble foretrukket fremfor et glidende gjennomsnitt fordi gjennomsnittlig svømmehastighet sank raskere for lag-funksjonen enn for det glidende gjennomsnittet når antall ping det ble midlet over økte (figur 2.8). Gjennomsnittlig antall observasjoner av svømmehastighet var også høyere for lag-funksjonen ( $\bar{x} = 34$ ) enn for et glidende gjennomsnitt ( $\bar{x} = 30$ ).

Av de to lag-metodene ble metoden med filteret  $2 \times \Delta t$  (en tillatt gjennomsnittlig forflytningrate på maksimalt 2 m/s i  $\Delta t$ , intervallet det midles over) brukt fordi  $\Delta t$  varierte en god del. Det ble derfor mer riktig å bruke en grense for hvor mange meter stimen skulle



kunne bevege seg per sekund, enn kun hvor mange meter den skulle kunne bevege seg i intervallet. Stimer med færre enn 5 beregninger av svømmehastighet ( $n = 10$ ) ble utelatt fra materialet.

#### 2.4.4 Vandringshastighet<sup>5</sup> og -retning<sup>6</sup>

Vandringshastighet ble beregnet fra stimens svømmehastighet og -retning (HAFSTEINSSON og MISUND 1995).

$i$ :	pingnummer
$j$ :	stimnummer
$M$ :	antall stimer
$N$ :	antall ping for stim $j$
$S_{Eij}$ :	østlig svømmekomponent ved observasjon $i$ for stim $j$ (m/s)
$S_{Ej}$ :	gjennomsnittlig østlig svømmekomponent for stim $j$ (m/s)
$S_{ij}$ :	svømmehastighet ved observasjon $i$ for stim $j$ (m/s)
$S_j$ :	gjennomsnittlig svømmehastighet for stim $j$ (m/s)
$S_M$ :	gjennomsnittlig vandringshastighet for en gruppe stimer (m/s)
$S_{Mj}$ :	vandringshastighet for stim $j$ (m/s)
$S_{Nij}$ :	nordlig svømmekomponent ved observasjon $i$ for stim $j$ (m/s)
$S_{Nj}$ :	gjennomsnittlig nordlig svømmekomponent for stim $j$ (m/s)
$V_j$ :	vandringsindeks for stim $j$
$\alpha_{ij}$ :	stimens svømmeretning $i$ forhold til nord ved observasjon $i$ for stim $j$ ( $^\circ$ )
$\beta_M$ :	gjennomsnittlig vandringsretning for en gruppe vandrende stimer ( $^\circ$ )
$\beta_{Mj}$ :	vandringsretning for stim $j$ ( $^\circ$ )

Vandringshastighet for hver enkelt stim ble beregnet ved å finne forflytningsrate  $i$  nordlig ( $0^\circ$ ) og østlig ( $90^\circ$ ) retning for hvert ping:

$$S_{Nij} = S_{ij} \times \cos(\alpha_{ij}) \quad (2.13)$$

$$S_{Eij} = S_{ij} \times \sin(\alpha_{ij}) \quad (2.14)$$

<sup>5</sup> Vandringshastighet: forflytningsraten  $i$  vandringsretningen (m/s eller kroppslengder/s)

<sup>6</sup> Vandringsretning: retningen stimen har forflyttet seg under stimfølgingen ( $^\circ$ )

---

Vandringshastighet:

$$S_{Mj} = \sqrt{\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_{Nij}\right)^2 + \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_{Eij}\right)^2} \quad (2.15)$$

En vandringshastighet i kroppslengder/s ble beregnet som forholdet mellom stimens vandringshastighet (m/s) og sildas median lengde (m, figur 2.5) fra fangster i området sildestimen ble registrert.

Det ble også beregnet en vandringsindeks, som viser hvor rettlinjet stimene beveget seg, fra forholdet mellom vandringshastighet og svømmehastighet:

$$V_j = S_{Mj}/S_j \quad (2.16)$$

Vandringsretning:

$$\beta_{Mj} = \arccos \left( \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_{Nij}}{S_{Mj}} \right) = \arccos \left( \frac{S_{Nj}}{S_{Mj}} \right), \text{ og} \quad (2.17)$$

$$\beta_{Mj} = \arcsin \left( \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_{Eij}}{S_{Mj}} \right) = \arcsin \left( \frac{S_{Ej}}{S_{Mj}} \right) \quad (2.18)$$

Hver av ligningene gir to vinkler, og vandringsretningen er vinkelen de to ligningene har felles.

For områder og stimkategorier ble en gjennomsnittlig vandringshastighet:

$$S_M = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M S_{Mj} \quad (2.19)$$

og en gjennomsnittlig vandringsretning beregnet:

$$\beta_M = \arccos \left( \frac{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M S_{Nj}}{S_M} \right), \text{ og} \quad (2.20)$$

$$\beta_M = \arcsin \left( \frac{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M S_{Ej}}{S_M} \right) \quad (2.21)$$

Ligningene gir to vinkler hver, og vandringsretningen er vinkelen de to ligningene har felles.

#### 2.4.5 Stimareal

*Tokt 1995*

Stimenes lengde langs sonarstrålen ( $lw$ , figur 2.9) ble målt direkte på skjermen med en linjal, og omregnet til stimareal (MISUND 1990; NØTTESTAD 1994).

- A: stimens areal ( $m^2$ )
- c: lydhastighet ( $c \approx 1500$  m/s)
- CW: stimens virkelige bredde på tvers av sonarstrålen (m)
- $lw$ : stimens lengde langs sonarstrålen på sonarskjermen (cm)
- LW: stimens virkelige lengde langs sonarstrålen (m)
- s: sonar skaleringsfaktor, forholdet avstand stim-båt i virkeligheten : avstand stim-båt på sonarskjermen (rekkevidde på 400 m ga  $s \approx 30$  m/cm)
- $t_s$ : pulslengde ( $t_s \approx 2 \times 10^{-3}$  s)

---

$\alpha$ : tiltvinkel ( $\alpha \approx -7^\circ$ )

Det ble ikke tid til å måle både  $cw^7$  og  $lw$  under toktet, og det ble derfor antatt at forholdet CW:LW var 3:2 (MISUND 1990).

Stimens virkelige lengde langs sonarstrålen:

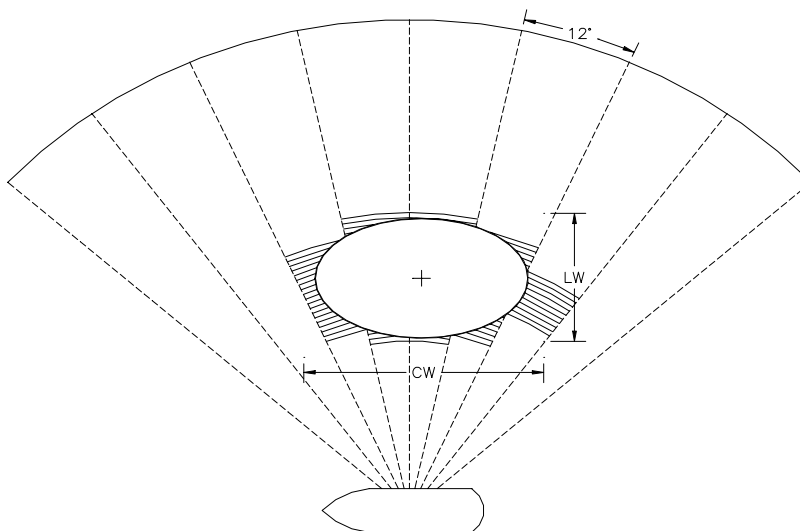
$$LW = (lw \times s \times \cos\alpha) - (c \times t_s/2) \quad (2.22)$$

Stimens areal:

$$A = \frac{\pi(CW \times LW)}{4} = \frac{3\pi(LW)^2}{8} \quad (2.23)$$

*Tokt 1996*

Stimenes areal ble beregnet av loggeprogrammet.



**Figur 2.9** Sonarens forvrenging av en elliptisk stim. CW: bredde på tvers av sonarstrålen, LW: lengde langs sonarstrålen (etter MISUND 1990).

---

<sup>7</sup> cw: stimens bredde på tvers av sonarstrålen på sonarskjermen

### 2.4.6 Dyp

*Tokt 1995*

Stimens dyp ble beregnet av sonaren.

*Tokt 1996*

Dypet ( $D_{ij}$ , m) ble beregnet fra formelen:

$$D_{ij} = |(\tan(\alpha_{ij})) \times d_{ij}| \quad (2.24)$$

der  $\alpha_{ij}$  er tiltvinkelen ( $^{\circ}$ ) og  $d_{ij}$  stimens avstand til båten (m) ved observasjon  $i$  for stim  $j$ . Ekkogrammer fra ekkolodd var et viktig supplement for finne dypet stimene stod i.

### 2.4.7 Relativ tetthet

I 1996 ble stimenes fargesum registrert av loggeprogrammet. Forholdet mellom fargesum og stimens areal ga en tetthetsindeks.

## 2.5 Statistisk behandling

Det ble beregnet gjennomsnitt, standardavvik, maksimum og minimum for alle parametre. I tester ble et signifikansnivå på  $\alpha = 0.05$  brukt dersom ikke annet er nevnt.

Det ble undersøkt om de ulike parametrene var normalfordelte med Kolmogorov-Smirnov testen (ZAR 1996) når datamaterialet var delt opp etter område, stimkategori og år. Det viste seg at ikke alle gruppene var normalfordelte, og noen av gruppene (unntatt stimer) hadde veldig få stimer (vedlegg 4). Ikke-parametriske tester ble derfor brukt i den videre analysen.

---

Det ble undersøkt om det var korrelasjon mellom parametre ved hjelp av spredningsplott og Spearmans rang korrelasjonskoeffisient (ZAR 1996).

Det ble undersøkt om det var forskjeller i fordelingen av stimkategorier mellom områdene og årene med en chi-square test (ZAR 1996).

Vandringsretning ble sammenlignet mellom områder, stimkategorier og år ved å sammenligne rosedigrammer (Excel 7.0, radar).

Sammenligning av områder, stimkategorier og tokt ble gjort ved hjelp av en Kruskal-Wallis rang test eller en Mann-Whitney U test (ZAR 1996). Der det ble funnet signifikante forskjeller mellom gruppene, og det var flere enn to grupper, ble en Mann-Whitney U test brukt som en post-hoc sammenligningstest for å sammenligne to og to grupper. Signifikansnivået ble satt til  $\alpha^* = 0.05/c$  (Bonferonis metode, HOWELL 1987), der c er antall sammenligningstester i post-hoc sammenligningen (for eksempel 3 tester for å sammenligne to og to av tre grupper).

## 3 RESULTATER

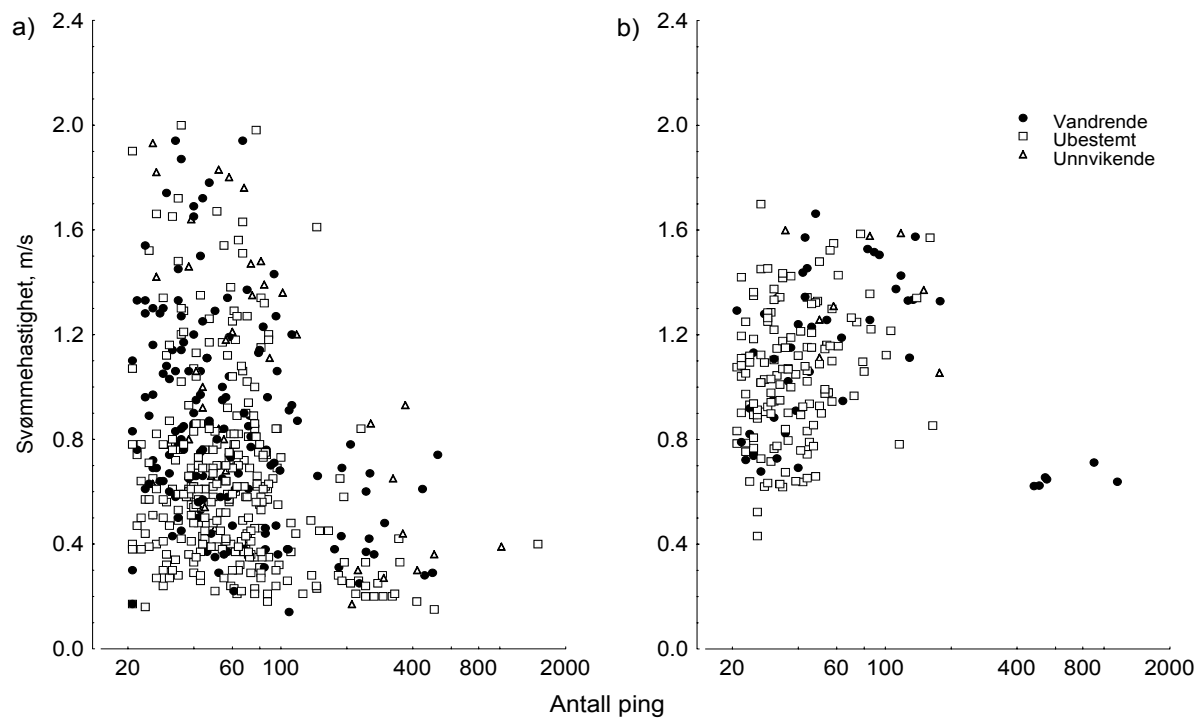
Deskriptiv statistikk for datamaterialet finnes i vedlegg 5, og korrelasjonskoeffisienter (Spearman's,  $R_{sp}$ ) i vedlegg 6. De ulike gruppene, delt opp etter år, område og stimkategori, ble sammenlignet (Kruskal-Wallis rang test og Mann-Whitney U test, vedlegg 7). Signifikante forskjeller er i teksten markert som \* ved p-verdier mindre enn 0.05 ( $[0.05/3] = 0.0167$  ved tre post hoc tester, som for sammenligning av områder i 1995 og stimkategorier), \*\* ved p-verdier mindre enn 0.01 (0.0033) og \*\*\* ved p-verdier mindre enn 0.001 (0.0003). Ikke signifikant er markert som i.s. Gruppen unnvikende stimer i område B i 1996 inneholdt kun én observasjon, og kunne dermed ikke sammenlignes med andre grupper.

### 3.1 Metoder

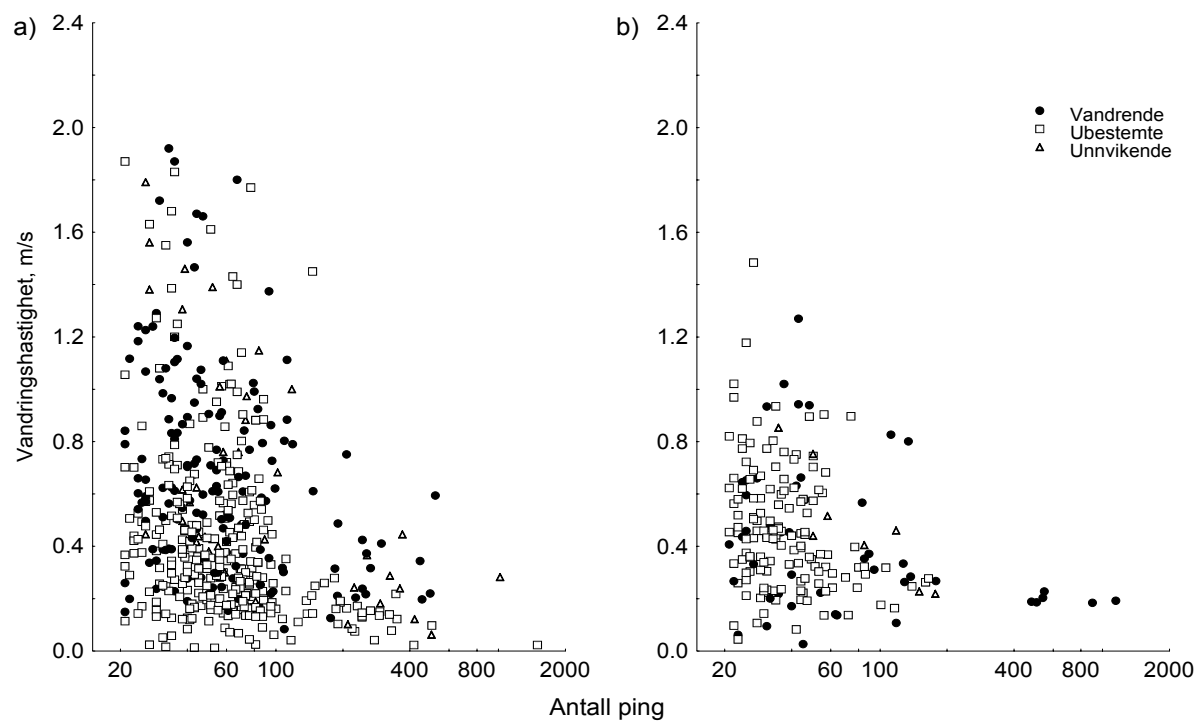
Denne delen viser hvordan faktorer som stimens avstand til båten og varighet av stimpfølgingene kan påvirke de registrerte stimpparametrene.

#### 3.1.1 Svømme- og vandringshastighet

Svømmehastigheten var avhengig av antall ping på begge tokt (figur 3.1). I 1995 var det en negativ sammenheng ( $r_{sp} = -0.263$ , \*\*\*), mens sammenhengen var positiv i 1996 ( $r_{sp} = 0.252$ , \*\*\*). Vandringshastigheten var negativt korrelert med antall ping begge år (figur 3.2; 1995:  $r_{sp} = -0.321$ , \*\*\*; 1996:  $r_{sp} = -0.279$ , \*\*\*). Det var også en negativ sammenheng mellom hvor lenge stimene hadde blitt fulgt (s) og svømme- (1995:  $r_{sp} = -0.240$ , \*\*\*; 1996:  $r_{sp} = 0.027$ , i.s.) og vandringshastighet (1995:  $r_{sp} = -0.299$ , \*\*\*; 1996:  $r_{sp} = -0.354$ , \*\*\*). I 1996 var vandringshastigheten negativt korrelert med antall observasjoner av svømmehastighet ( $r_{sp} = -0.164$ , \*). Datamaterialet var mindre i 1996 enn 1995, og kun 6 stimer ble observert i mer enn 200 ping, mot 40 stimer i 1995.



**Figur 3.1** Svømmehastighet (m/s) mot antall ping i stimfølgningen. Logaritmisk skala på x-akse. a) 1995,  $r_{sp} = -0.263$ , \*\*\*,  $n = 502$ . b) 1996,  $r_{sp} = 0.252$ , \*\*\*,  $n = 193$ .



**Figur 3.2** Vandringshastighet (m/s) mot antall ping i stimfølgningen. Logaritmisk skala på x-akse. a) 1995,  $r_{sp} = -0.321$ , \*\*\*,  $n = 502$ . b) 1996,  $r_{sp} = -0.279$ , \*\*\*,  $n = 193$ .

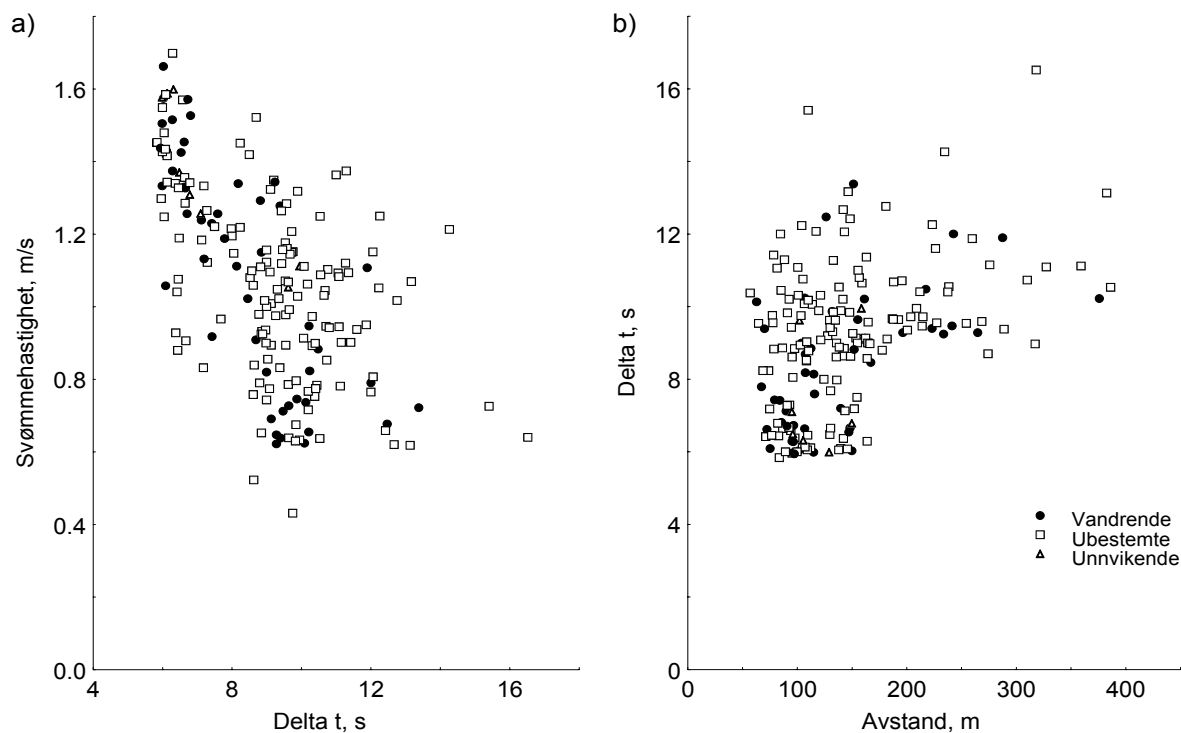


Gjennomsnittlig lengde på stimfølgingene var 78 ping (21 til 1 496 ping) eller 61 s (11 s-20 min). Forskjeller i antall ping, sekunder eller observasjoner av svømmehastighet mellom gruppene (delt inn etter år, område og stimkategori) kan ha forårsaket forskjeller i svømme- og vandringshastighet (tabell 3.1). I 1995 var det ingen forskjeller hverken mellom områdene eller stimkategoriene. I 1996 ble ubestemte stimer fulgt over lengre tid i område B enn i C (\*), og i område C ble det registrert færre ping for ubestemte enn unnvikende stimer (\*). Det ble registrert flere ping for ubestemte stimer i 1995 enn 1996 i både område B (\*\*\*) og C (\*\*). I område C var det også en forskjell i hvor lenge stimene hadde blitt fulgt (\*\*).

**Tabell 3.1** Forskjeller i antall ping, antall s,  $\Delta t$  (antall s det midles over ved beregning av svømmehastighet i 1996) og avstand stim-båt (m) mellom gruppene (klassifisert etter område, stimkategori og år). Sammenligningstester: Kruskal-Wallis rang test og Mann-Whitney U test. \*: p-verdi < 0.05 (0.0167 ved mer enn en sammenligning), \*\*: < 0.01 (0.0033) og \*\*\*: < 0.001 (0.0003). -: negativ korrelasjon; +: positiv korrelasjon, i.s.: ikke signifikant.

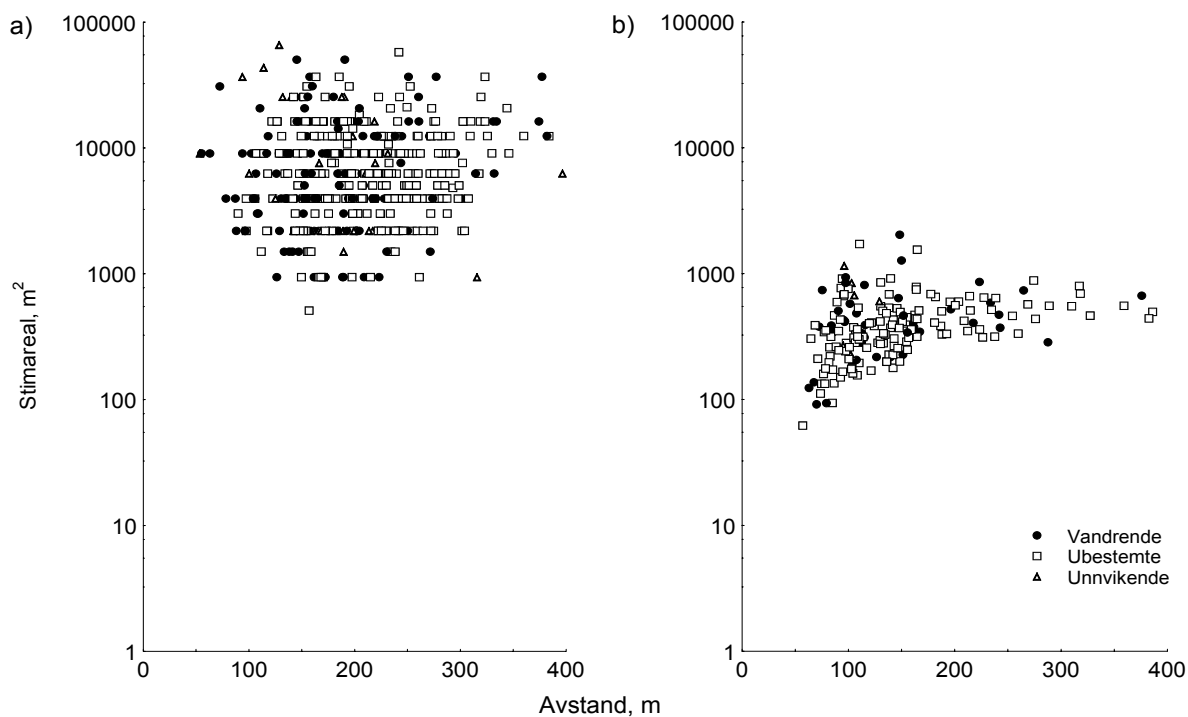
Parameter	Korrelert med	Forskjeller i parameter			
		År	Område	Atferd	
Antall ping	svømmehastighet, m/s: 1995 (-), 1996(+) vandringshastighet, m/s (-)	1996	C	unnvikende > ubestemte	**
		1995 > 1996	B	ubestemte	***
			C	ubestemte	**
Antall sekunder	svømmehastighet, m/s: 1995 (-), 1996 (i.s.) vandringshastighet, m/s (-)	1996	B > C	ubestemte	*
		1995 > 1996	C	ubestemte	**
$\Delta t^1$	svømmehastighet (-) vandringshastighet (-)	1996	B > C	vandrende ubestemte	*** ***
Avstand	svømmehastighet, m/s: 1995 (i.s.), 1996 (-) stimareal, m <sup>2</sup> : 1995 (i.s.), 1996 (+) dyp, m (+) $\Delta t^1$ (+) fargesum <sup>1</sup> (-) tetthetsindeks <sup>1</sup> (-)	1995	B > A	ubestemte	*
		1996	B > C	vandrende	***
				ubestemte	***
		1995	A	ubestemte > vandrende	**
			C	ubestemte > unnvikende ubestemte > vandrende	* **
		1995 > 1996	B	ubestemte	***
C	vandrende ubestemte unnvikende	*** *** *			

1: Kun for toktet i 1996



**Figur 3.3** 1996,  $n = 193$ . a) svømmehastighet (m/s) mot antall sekunder det midles over ( $\Delta t$ , s),  $r_{sp} = -0.594$ , \*\*\*. b)  $\Delta t$  (s) mot stimens avstand til båten (m),  $r_{sp} = 0.407$ , \*\*\*.

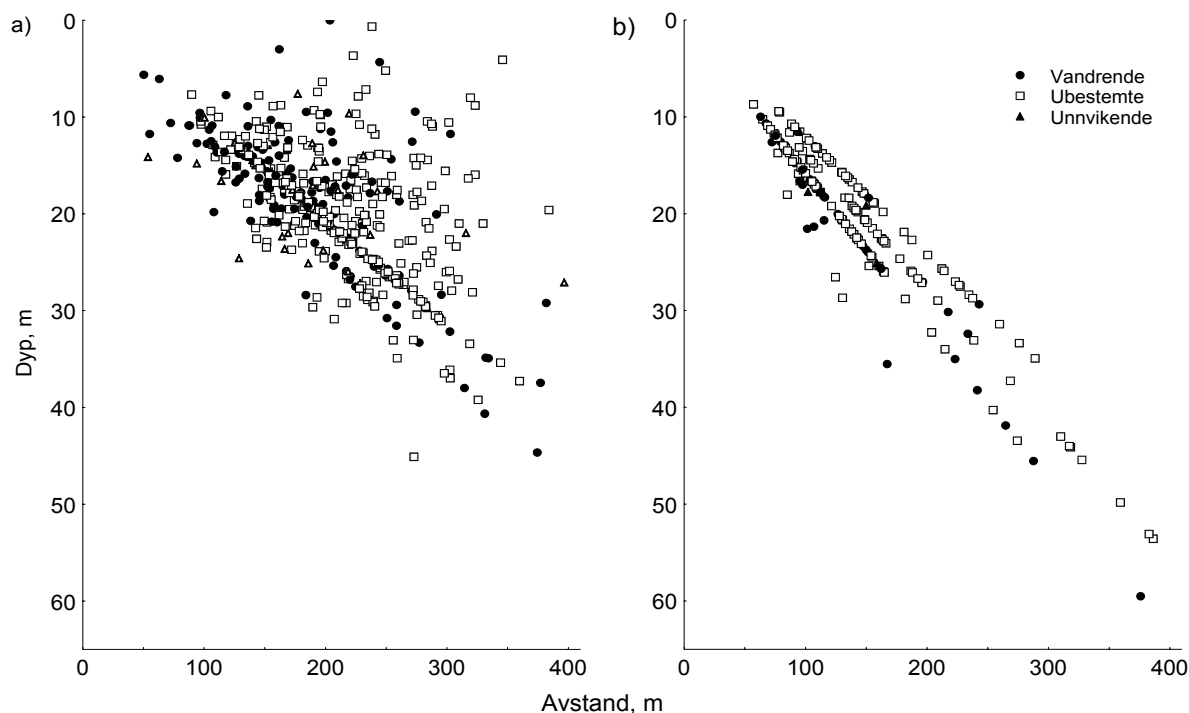
I 1996 ble svømmehastigheten beregnet ved å midle stimens bevegelse (m) over 11 ping, og dele på antall sekunder det ble midlet over ( $\Delta t$ ). Hvor mange sekunder 11 ping tilsvarte varierte med hvor stor andel av pingene som ble returnert, slik at  $\Delta t$  varierte mellom 5.8 og 16.5 s ( $\bar{x} = 9.0$  s). På grunn av stor variasjon i antall sekunder mellom pingene, var det ikke mulig å standardisere  $\Delta t$  (midle over et fast tidsintervall istdf. 11 ping). Svømmehastigheten sank med økende  $\Delta t$  (figur 3.3a;  $r_{sp} = -0.594$ , \*\*\*).  $\Delta t$  var positivt korrelert med avstanden stim-båt (figur 3.3b;  $r_{sp} = 0.407$ , \*\*\*), noe som kan forklare den negative sammenhengen mellom svømmehastighet og avstand ( $r_{sp} = -0.261$ , \*\*\*). Vandringshastigheten var negativt korrelert med  $\Delta t$  ( $r_{sp} = -0.164$ , \*), men ikke med avstand. I område B var det større avstand mellom stim og båt (tabell 3.1, \*\*\*), og dermed høyere  $\Delta t$  (\*\*\*), enn i område C. Dette kan forklare at område B hadde lavere svømmehastighet enn område C (figur 3.15, \*\*\*). I 1995 ble hverken svømme- eller vandringshastighet påvirket av avstand (vedlegg 6).



**Figur 3.4** Stimareal (m<sup>2</sup>) mot stimens avstand til båten (m). Logaritmisk skala på y-akse. a) 1995,  $r_{sp} = 0.087$ , i.s.,  $n = 471$ . b) 1996,  $r_{sp} = 0.431$ , \*\*\*,  $n = 193$ .

### 3.1.2 Stimareal

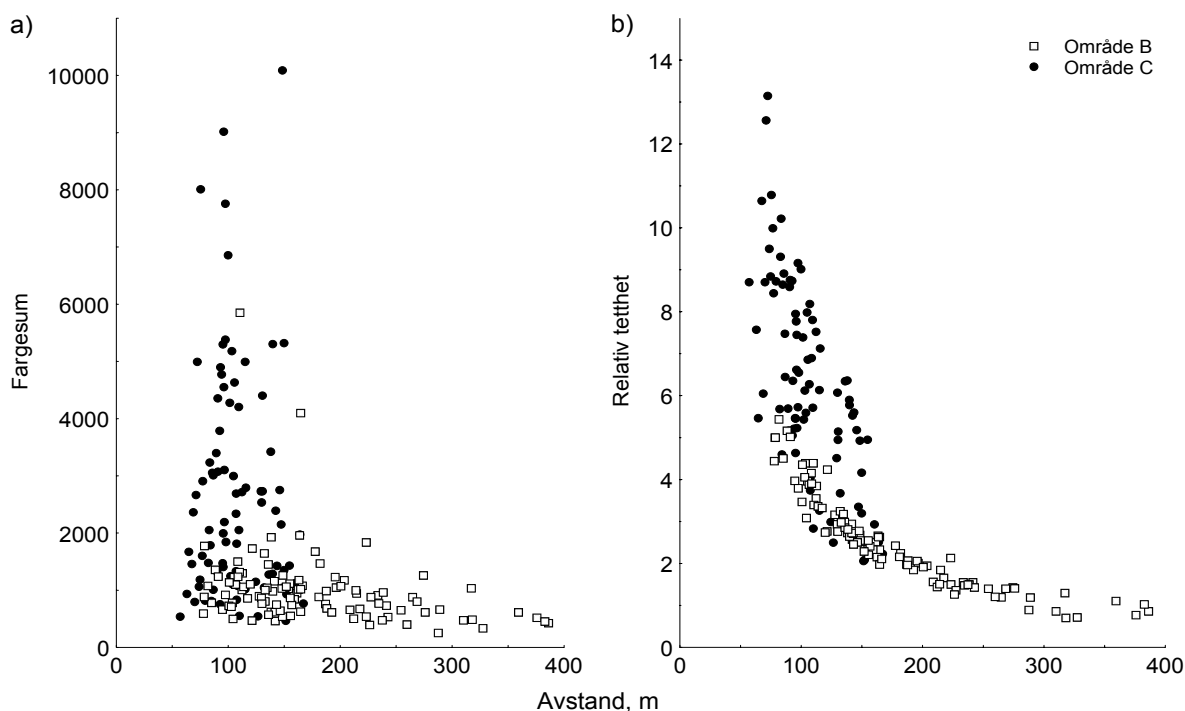
Stimareal var ikke korrelert med avstand i 1995, mens i 1996 var det en positiv sammenheng (figur 3.4; 1995:  $r_{sp} = 0.087$ , i.s.; 1996:  $r_{sp} = 0.431$ , \*\*\*). Det var større spredning i stimareal i 1995 (standardavvik [s] = 8 548) enn 1996 ( $s = 269$ ).



**Figur 3.5** Stimens dyp (m) mot stimens avstand til båten (m). a) 1995,  $r_{sp} = 0.573$ , \*\*\*,  $n = 502$ . b) 1996,  $r_{sp} = 0.929$ , \*\*\*,  $n = 193$ .

### 3.1.3 Dyp

Det var en negativ sammenheng mellom stimens avstand til båten og dypet stimen ble registrert på (figur 3.5). Korrelasjonen var sterkere i 1996 ( $r_{sp} = 0.929$ , \*\*\*) enn i 1995 ( $r_{sp} = 0.573$ , \*\*\*), sannsynligvis fordi det var større variasjon i tiltvinkel i 1995. Gjennomsnittlig avstand mellom stim og fartøy var totalt 189 m (50-397 m). I 1995 hadde ubestemte stimer mindre avstand til fartøyet i område A enn i B (tabell 3.1, \*). I område A hadde ubestemte stimer større avstand til fartøyet enn både vandrende (\*\*\*) og unnvikende stimer (\*), og i område C var avstanden større for ubestemte enn vandrende stimer (\*\*\*). I 1996 var avstanden større i område B enn C (\*\*\*). Avstanden var større i 1995 enn 1996 i område C (vandrende, ubestemte: \*\*\*, unnvikende: \*), samt for ubestemte stimer i område B (\*\*\*). Dyp registrert av sonar indikerte hvilken del av vannsøylen stimene stod i, men var for avhengig av tiltvinkel og avstanden stim-båt til å gi et godt estimat.



**Figur 3.6** 1996,  $n_B = 108$ ,  $n_C = 85$ . a) Fargesum mot stimens avstand til fartøyet (m),  $r_{sp} = -0.477$ , \*\*\*. b) Relativ tetthet mot stimens avstand til fartøyet (m),  $r_{sp} = -0.896$ , \*\*\*.

### 3.1.4 Relativ tetthet

I 1996 ble stimens fargesum registrert. Det relative tetthetsmålet, forholdet mellom stimens fargesum og areal, var sterkt korrelert med stimens avstand til båten (figur 3.6b;  $r_{sp} = -0.896$ , \*\*\*), og ble derfor ikke brukt i den videre analysen. Den sterke sammenhengen kan delvis være forårsaket av den positive sammenhengen mellom stimareal og avstand, siden fargesum var svakere korrelert med avstand (figur 3.6a;  $r_{sp} = -0.477$ , \*\*\*) enn relativ tetthet.

---

## 3.2 Sildas atferd i slutten av beiteperioden

### 3.2.1 Fordeling av sildestimer

Sildestimene var klumpvis fordelt innen undersøkelsesområdet begge år (vedlegg 8). I 1995 ble det sør for 67.5°N nesten utelukkende registrert stimer i område A (vestlig grense: 4°Ø), selv om toktet dekket området vest til 2°V. Innen område A ble stimene hovedsakelig registrert nord for 64°N. Nord for 67.5°N ble området vest til 4°V dekket. Det ble imidlertid kun registrert sildestimer øst for 5.5°Ø, i østlige deler av område C og i område B. Det ble registrert flest stimer i område A, og færrest i område C (tabell 3.2). I 1996 ble det gjort to utvalg fra det innsamlede materialet, og innen utvalgene var stimene klumpvis fordelt (vedlegg 8).

Største avstand i luftlinje til indre deler av overvintringsområdet (Ofotfjorden), observert i område A i midten av juli 1995, var omtrent 500 n.m. I slutten av juli var maksimal observert avstand omtrent 300 n.m., og i 1996 var avstanden enda mindre.

### 3.2.2 Stimkategorier

Det var signifikante forskjeller i fordeling av stimkategorier mellom områder og år ( $\chi^2 = 39.10$ , \*\*\*). Område A (1995) og B (1996) skilte seg mest ut (vedlegg 9b). Område A (1995) hadde en stor andel vandrende, relativt få ubestemte og ganske mange unnvikende stimer (tabell 3.2). I område B (1996) var det relativt få vandrende, svært mange ubestemte og få unnvikende stimer.

Det var størst andel vandrende stimer i område A (1995) og C (tabell 3.2). Kategorien ubestemte stimer dominerte imidlertid i alle grupper, og totalt ble 63.7 % av alle registrerte stimer klassifisert som ubestemte. Dominansen var spesielt stor i område B begge år. Det var generelt få unnvikende stimer, men i 1995 var det en større andel i område A og B enn område C. I 1996 var det flere unnvikende stimer i område B enn C.

**Tabell 3.2** Prosentvis fordeling (antall i parentes) av stimekategorier i ulike områder og år.

Tøkt	Område	Stimekategori			Totalt
		Vandrende	Ubestemte	Unnvikende	
1995	A	35.6% (94)	54.9% (145)	9.5% (25)	38.0% (264)
	B	24.1% (40)	68.1% (113)	7.8% (13)	23.9% (166)
	C	31.9% (23)	65.3% (47)	2.8% (2)	10.4% (72)
1996	B	13.9% (15)	85.2% (92)	0.9% (1)	15.5% (108)
	C	37.6% (32)	54.1% (46)	8.2% (7)	12.2% (85)
Totalt		29.4% (204)	63.7% (443)	6.9% (48)	100.0% (695)

### 3.2.3 Vandringsretning

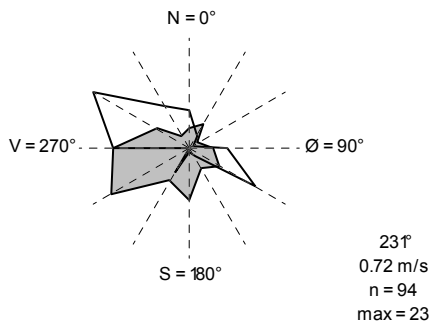
Hos vandrende stimer dominerte en vestlig vandringsretning (figur 3.7-8). I 1995 vandret stimerne i sørvestlig retning i område A ( $\bar{x} = 231^\circ$ ) og B ( $\bar{x} = 229^\circ$ ), mens i område C var det stor spredning i vandringsretning ( $\bar{x} = 62^\circ$ ). Stimerne svømte hovedsakelig vestover også i 1996, mot sørvest ( $\bar{x} = 214^\circ$ ) i område B og mot nordvest i område C ( $\bar{x} = 318^\circ$ ). Stimerne svømte altså ikke mot kysten, som det i utgangspunktet ble antatt.

I 1995 viste en finere oppdeling av områdene at en vestlig eller sørlig vandringsretning dominerte nær kysten i område A og B (figur 3.9). I den vestlige delen av område A (vest for  $8^\circ\text{Ø}$ ) dominerte imidlertid en østlig vandringsretning. I den vestlige delen av område B (vest for  $12.5^\circ\text{Ø}$ ) var det, som i område C, stor spredning i vandringsretning. I 1996 var det ingen slike forskjeller innen utvalgene.

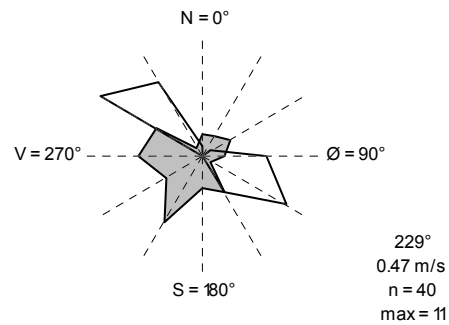
Ubestemte stimer hadde omtrent samme vandringsretning som vandrende stimer både i 1995 og 1996, selv om spredningen var større (figur 3.10-11).

Den dominerende vandringsretningen hos unnvikende stimer var hovedsakelig omtrent lik båtens kursretning (figur 3.12-13), og skilte seg klart ut fra vandringsretningen hos vandrende og ubestemte stimer.

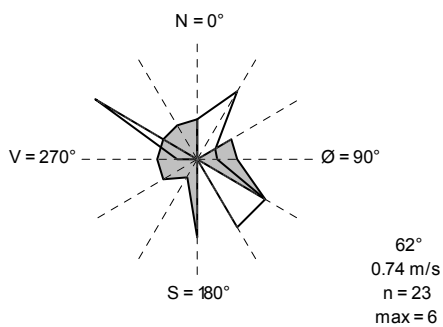
a) Område A 1995



b) Område B 1995

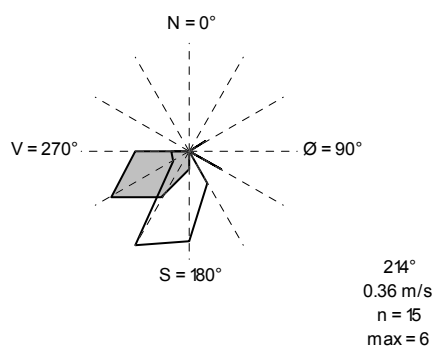


c) Område C 1995

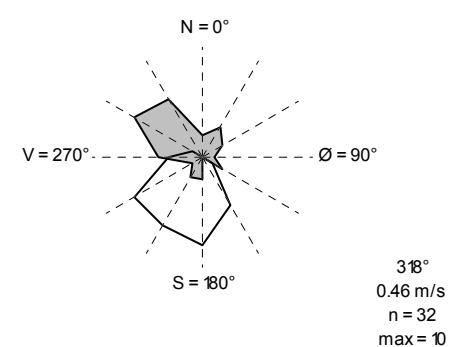


**Figur 3.7** Frekvens av ulike vandringsretninger hos vandrede stimer (grå) i 1995, samt båtens kurs (hvit). Klassene er på 30°. Gjennomsnittlig vandringsretning, vandringshastighet, antall observasjoner og aksenes maksimalverdi er gitt.

a) Område B 1996

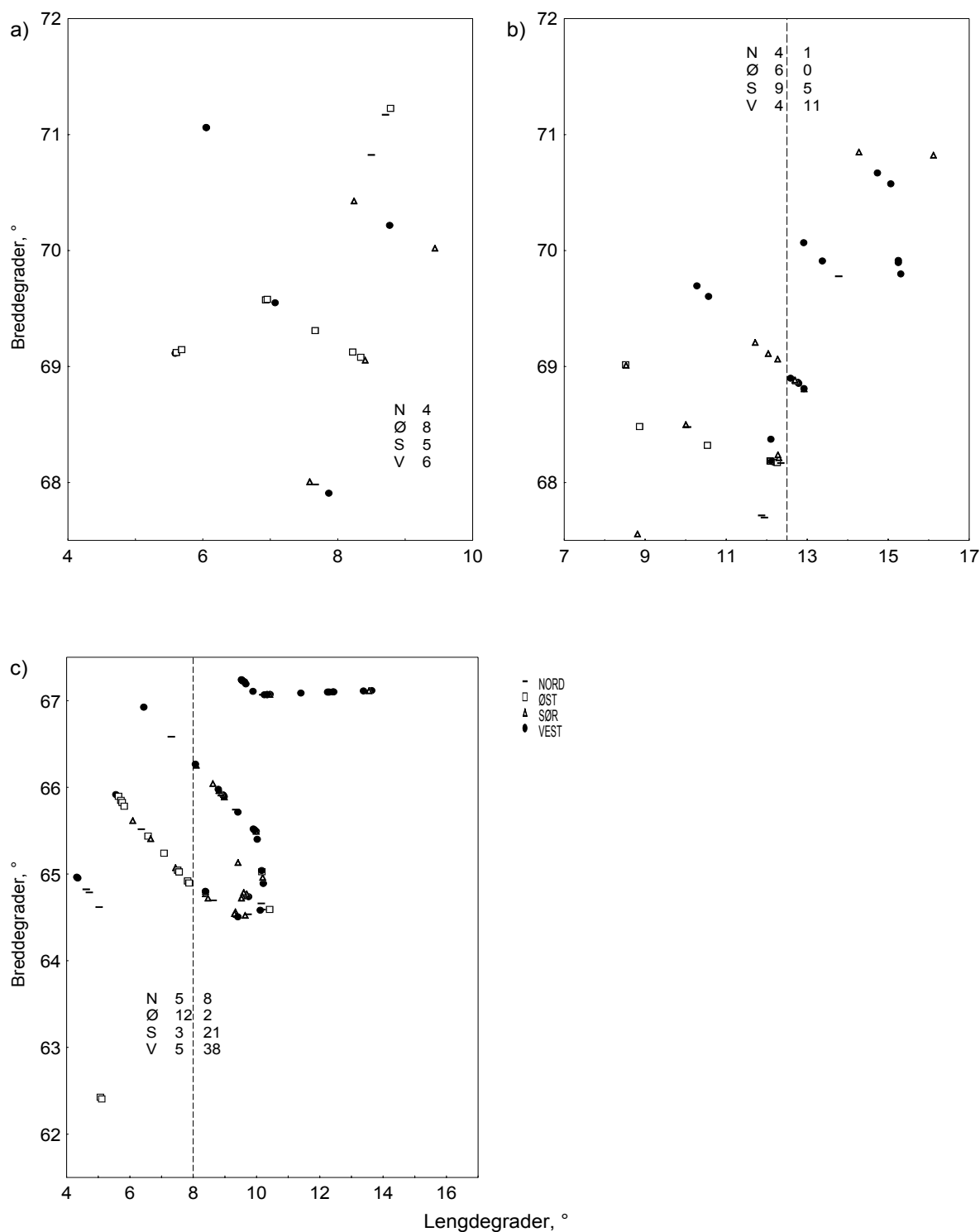


b) Område C 1996



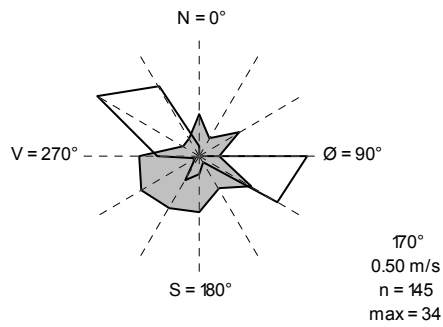
**Figur 3.8** Frekvens av ulike vandringsretninger hos vandrede stimer (grå) i 1996, samt båtens kurs (hvit). Klassene er på 30°. Gjennomsnittlig vandringsretning, vandringshastighet, antall observasjoner og aksenes maksimalverdi er gitt.



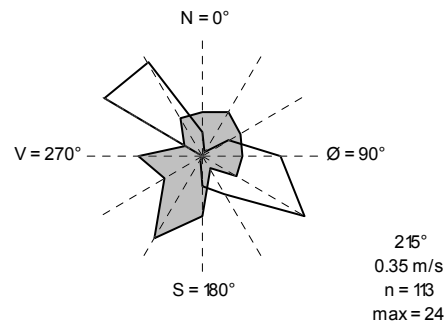


**Figur 3.9** Vandringsretning (°) i forhold til geografisk posisjon (°) hos vandrede stimer i 1995. Nord : [315°, 360°) eller [0°, 45°), øst: [45°, 135°), sør: [135°, 225°) og vest: [225°, 315°). Antall stimer innen hver retningskategori er indikert. a) Område C, n = 23. b) Område B, n = 40. Området er delt i en vestlig og en østlig del med hhv. stor spredning i vandringsretning og dominans av vestlig vandringsretning. c) Område A, n = 94. Området er delt i en vestlig og en østlig del med dominans av hhv. østlig og vestlig/sørlig vandringsretning.

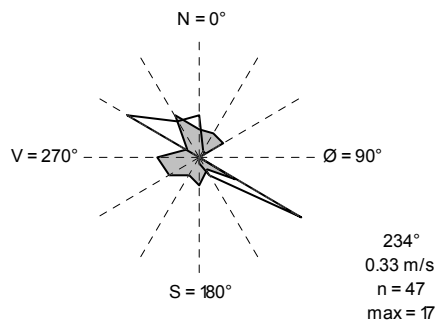
a) Område A 1995



b) Område B 1995

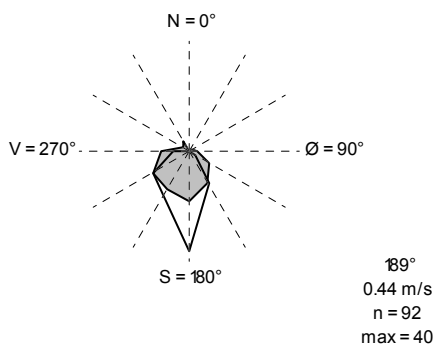


c) Område C 1995

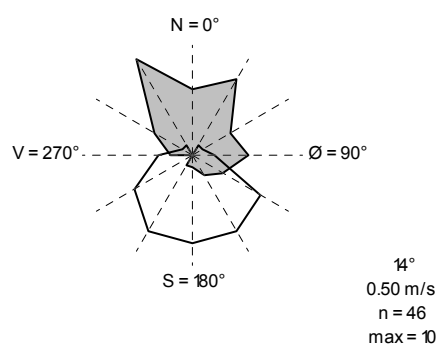


**Figur 3.10** Frekvens av ulike vandringsretninger hos ubestemte stimer (grå) i 1995, samt båtens kurs (hvit). Klassene er på 30°. Gjennomsnittlig vandringsretning, vandringshastighet, antall observasjoner og aksenes maksimalverdi er gitt.

a) Område B 1996

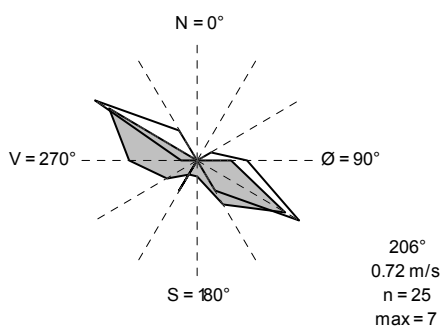


b) Område C 1996

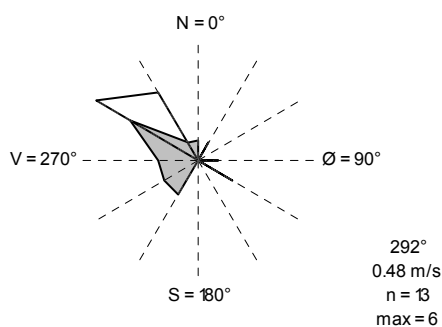


**Figur 3.11** Frekvens av ulike vandringsretninger hos ubestemte stimer (grå) i 1996, samt båtens kurs (hvit). Klassene er på 30°. Gjennomsnittlig vandringsretning, vandringshastighet, antall observasjoner og aksenes maksimalverdi er gitt.

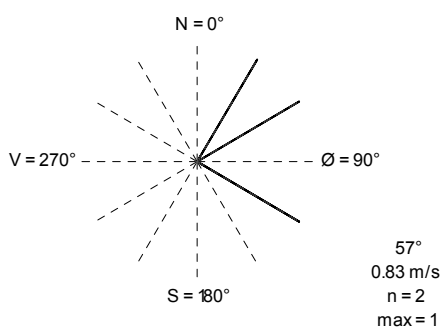
a) Område A 1995



b) Område B 1995

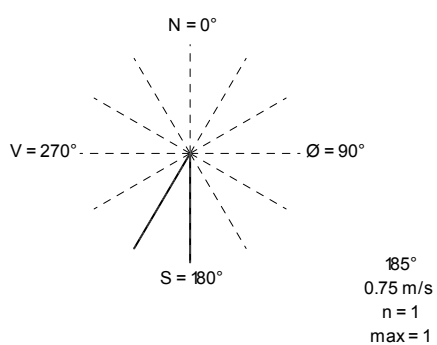


c) Område C 1995

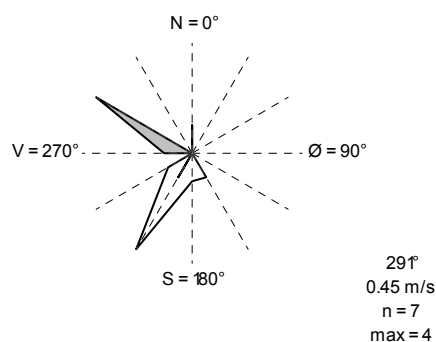


**Figur 3.12** Frekvens av ulike vandringsretninger hos unnvikende stimer (grå) i 1995, samt båtens kurs (hvit). Klassene er på 30°. Gjennomsnittlig vandringsretning, vandringshastighet, antall observasjoner og aksenes maksimalverdi er gitt.

a) Område B 1996



b) Område C 1996



**Figur 3.13** Frekvens av ulike vandringsretninger hos unnvikende stimer (grå) i 1996, samt båtens kurs (hvit). Klassene er på 30°. Gjennomsnittlig vandringsretning, vandringshastighet, antall observasjoner og aksenes maksimalverdi er gitt.

---

### 3.2.4 Svømme- og vandringshastighet

Svømmehastigheten var totalt gjennomsnittlig 0.83 m/s ( $s = 0.40$  m/s), eller 3.12 kroppslengder/s ( $s = 1.54$  kroppslengder/s)<sup>8</sup>, og gjennomsnittlig vandringshastighet 0.50 m/s ( $s = 0.35$  m/s) eller 1.89 kroppslengder/s ( $s = 1.41$  kroppslengder/s). Vandrende stimer hadde en gjennomsnittlig svømme- og vandringshastighet på henholdsvis 0.89 m/s (3.40 kroppslengder/s) og 0.60 m/s (2.33 kroppslengder/s) totalt, henholdsvis 0.83 m/s ( $s = 0.39$  m/s) og 0.66 m/s ( $s = 0.39$  m/s) i 1995, og henholdsvis 1.09 m/s ( $s = 0.32$  m/s) og 0.43 m/s ( $s = 0.29$  m/s) i 1996. Vandringsindeksen var gjennomsnittlig 0.68 for vandrende stimer ( $s = 0.25$ ).

### 3.2.5 Stimareal

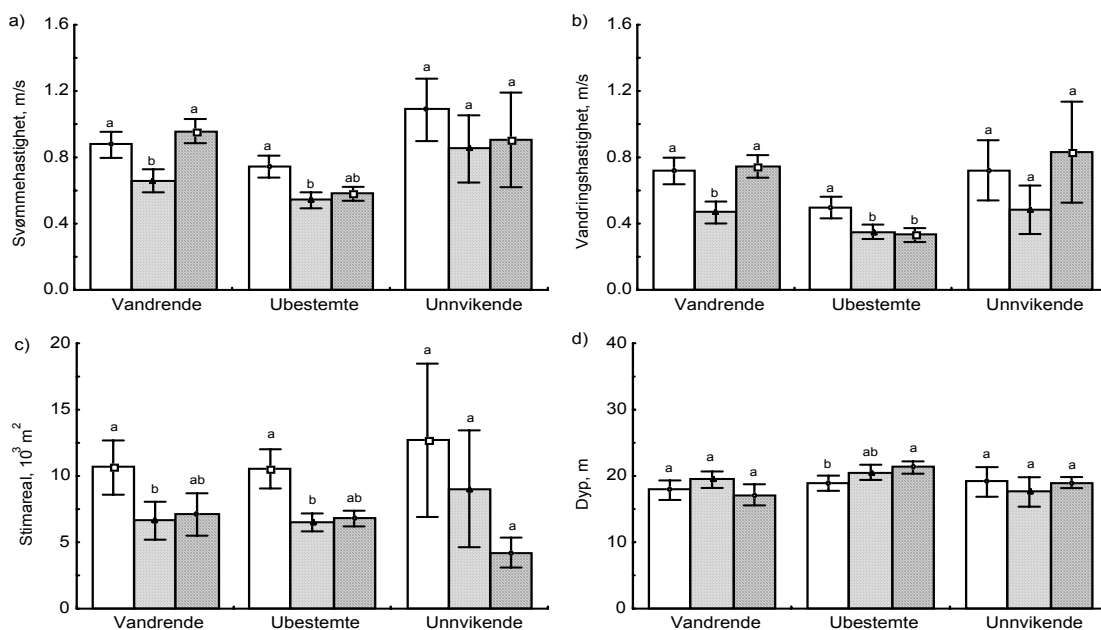
I 1996 var stimene små, i gjennomsnitt  $434 \text{ m}^2$  ( $s = 269 \text{ m}^2$ ), mens i 1995 var gjennomsnittlig beregnet stimareal  $8\,890 \text{ m}^2$  ( $s = 8\,548 \text{ m}^2$ ). Disse forskjellene kan skyldes ulik bruk av metode (avsnitt 2.2.3, 2.4.5). De minste stimene manglet i 1995, mens det i 1996 kun ble registrert relativt små stimer (vedlegg 10).

### 3.2.6 Dyp

Alle de registrerte stimene stod i de øvre vannlag, fra overflaten til omtrent 60 m. Utskrifter fra ekkolodd bekreftet dette. Gjennomsnittlig dyp, registrert med sonar, var omtrent 20 m.

---

<sup>8</sup> basert på sildas median lengde innen områdene



**Figur 3.14** Sammenligning av områder innen stimkategoriene, 1995. a) svømmehastighet, m/s, b) vandringshastighet, m/s, c) stimareal,  $10^3 \text{ m}^2$ , d) dyp, m. Hvite søyler: område A, lys grå: område B, mørk grå: område C. Med  $1.96 \times$  standardfeil. Ulike bokstaver<sup>9</sup> indikerer forskjeller mellom områdene ved et signifikansnivå på 0.05 (Kruskal-Wallis rang tester og post hoc tester: Mann-Whitney U tester). Vandrende:  $n_A = 94$  (stimareal: 89),  $n_B = 40$  (37),  $n_C = 23$  (21); ubestemte:  $n_A = 145$  (135),  $n_B = 113$  (106),  $n_C = 47$  (43); unnvikende:  $n_A = 25$  (24),  $n_B = 13$ ,  $n_C = 2$ .

### 3.2.7 Sammenligning av områder

Innen stimkategorier og år ble områdene sammenlignet (figur 3.14-15, vedlegg 5, 7a-b).

1995

Vandrende stimer hadde høyere svømmehastighet i område A (\*\*) og C (\*\*), enn i område B (figur 3.14). Ubestemte stimer hadde høyere svømmehastighet i område A enn i B (\*\*\*), mens svømmehastigheten i område C ikke var forskjellig fra hverken område A eller B. For unnvikende stimer var det ingen forskjeller i svømmehastighet mellom områdene.

<sup>9</sup> Den høyeste verdien får bokstavkoden a, og neste verdi bokstavkoden b, dersom denne verdien er signifikant lavere enn den høyeste verdien osv. Verdier som ikke er signifikant forskjellige får samme bokstavkode. Dersom en har tre verdier, og høyeste og laveste verdi er signifikant forskjellige, mens den midterste ikke er signifikant forskjellig fra hverken høyeste eller laveste verdi, får den midterste verdien bokstavkoden ab.

---

Tendensen for vandringshastighet var som for svømmehastighet, med en høyere vandringshastighet for vandrende stimer i område A og C enn område B (A: \*\*\*, C: \*\*). Vandrende stimer i område A hadde høyere vandringshastighet i kroppslengder/s enn både område B (\*\*\*) og C (\*; vedlegg 5, 7a). Ubestemte stimer hadde høyere vandringshastighet i område A enn i område B (\*) og C (\*). For unnvikende stimer var det ingen forskjeller mellom områdene.

Vandrende stimer beveget seg mer rettlinjet (hadde høyere vandringsindeks) i område A enn i B (\*\*), mens område C ikke skilte seg ut fra hverken område A eller B (vedlegg 5, 7a).

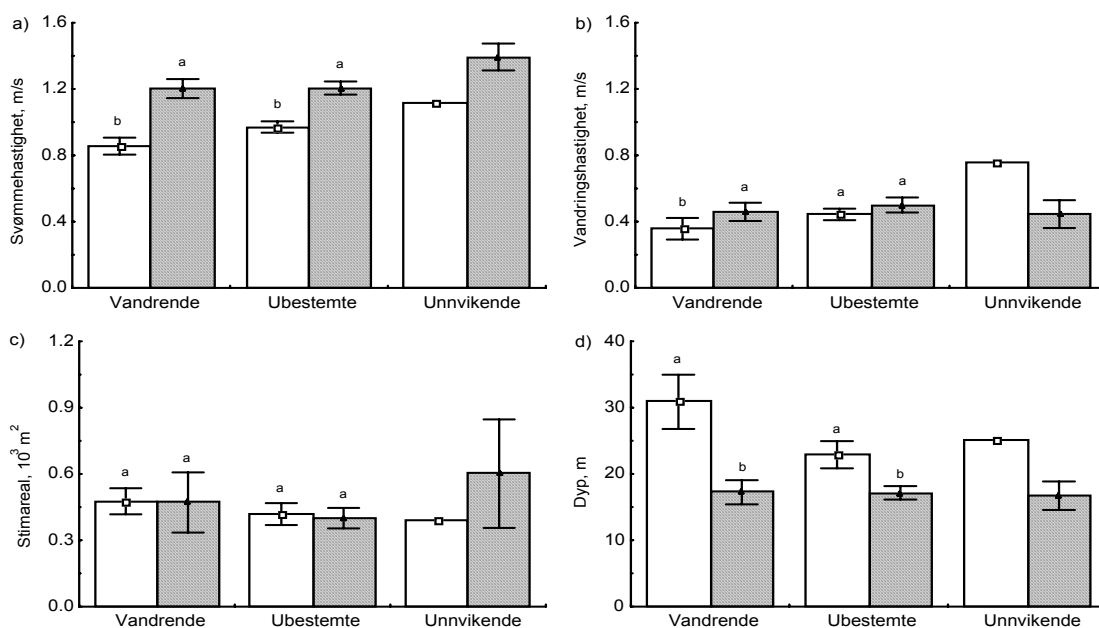
Det var en tendens til at stimene var større i område A enn i de to andre områdene. Vandrende stimer hadde større areal i område A enn i område B (\*), mens stimarealet i område C ikke var signifikant forskjellig fra de andre områdene. Tendensen var den samme for ubestemte stimer (A, B: \*\*). For unnvikende stimer var det ingen signifikante forskjeller, selv om tendensen også her var den samme. Variasjonen i stimareal var stor innen alle områdene (vedlegg 5).

Det var generelt små forskjeller i dyp mellom områdene. Ubestemte stimer i område C befant seg dypere enn ubestemte stimer i område A (\*), men forskjellen var liten (vedlegg 5).

*1996*

Det var en tendens til høyere svømmehastighet i område C enn i B (figur 3.15) for både vandrende (\*\*\*) og ubestemte (\*\*\*) stimer. For vandringshastighet var forskjellen mellom områdene mindre, med signifikant forskjell for vandrende stimer (\*). Forskjellen mellom områdene kan forklares av større avstand mellom stim og båt, og dermed høyere  $\Delta t$ , i område B enn i C (tabell 3.1, figur 3.3).

Det var ingen forskjell i hverken vandringsindeks (vedlegg 5, 7b) eller stimareal mellom områdene.



**Figur 3.15** Sammenligning av områder innen stimkategoriene, 1996. a) svømmehastighet, m/s, b) vandringshastighet, m/s, c) stimareal,  $10^3 \text{ m}^2$ , d) dyp, m. Hvite søyler: område B, mørk grå: område C. Med  $1.96 \times$  standardfeil. Ulike bokstaver indikerer forskjeller mellom områdene ved et signifikansnivå på 0.05 (Mann-Whitney U tester). Vandrende:  $n_B = 15$ ,  $n_C = 32$ ; ubestemte:  $n_B = 92$ ,  $n_C = 46$ ; unnvikende:  $n_B = 1$ ,  $n_C = 7$ .

Beregnet dyp var større i område B enn i C, med signifikante forskjeller for både vandrende (\*\*\*) og ubestemte (\*\*\*) stimer. Forskjellen mellom områdene skyldes imidlertid sannsynligvis større avstand mellom stim og båt i område B enn i C (tabell 3.1, figur 3.5), siden ekkogrammer fra ekkolodd ikke viste noen forskjell i dyp mellom områdene.

---

### 3.2.8 Sammenligning av stimkategorier

Innen områder og år ble stimkategoriene sammenlignet (figur 3.16-17, vedlegg 5, 7c).

For svømmehastighet var tendensen at unnvikende stimer hadde høyest, og ubestemte stimer lavest, svømmehastighet. I område A i 1995 (figur 3.16) hadde ubestemte stimer lavere svømmehastighet enn både vandrende (\*\*\*) og unnvikende (\*\*) stimer. I område B var det ingen signifikante forskjeller. I område C hadde ubestemte stimer lavere svømmehastighet enn vandrende (\*\*\*), mens det ikke var noen forskjell mellom ubestemte og unnvikende stimer. I 1996 (figur 3.17) var det liten forskjell mellom stimkategoriene. Unnvikende stimer hadde generelt en høyere gjennomsnittlig svømmehastighet enn vandrende og ubestemte stimer, men forskjellene var ikke signifikante.

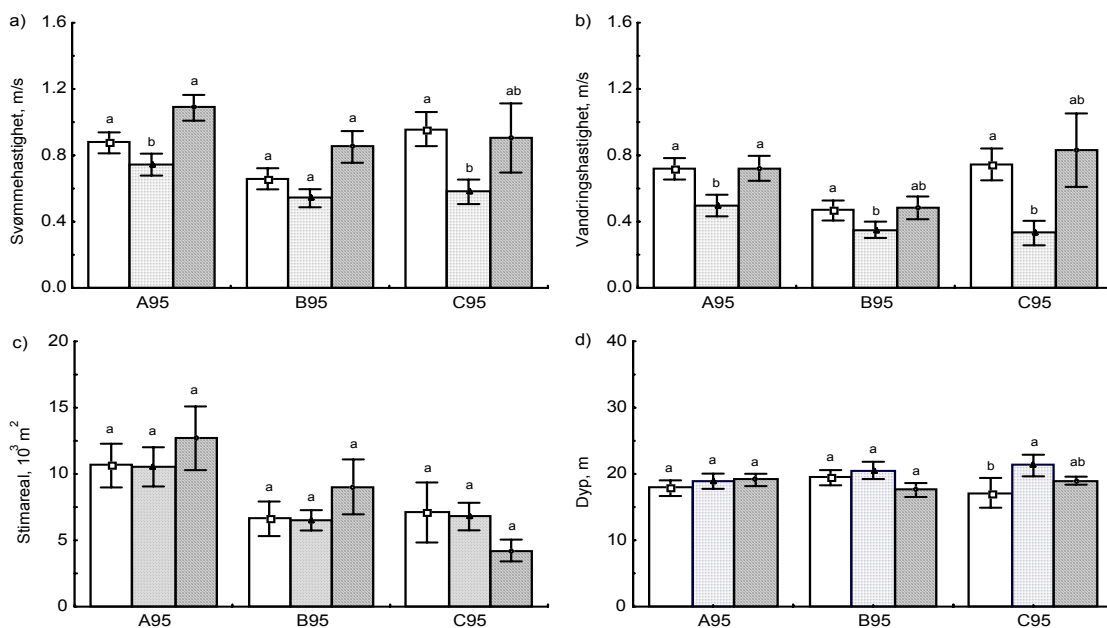
Ubestemte stimer hadde en lavere vandringshastighet enn vandrende og unnvikende stimer. I område A i 1995 hadde ubestemte stimer lavere vandringshastighet enn både vandrende (\*\*\*\*) og unnvikende (\*) stimer. I område B og C var vandringshastigheten lavere hos ubestemte stimer enn hos vandrende stimer (B: \*, C: \*\*\*). I område B i 1996 hadde ubestemte stimer høyere vandringshastighet enn vandrende stimer (\*).

Vandrende stimer hadde høyere vandringsindeks enn ubestemte stimer (vedlegg 5, 7c) i alle områder, bortsett fra område C i 1996 (A95, C95: \*\*\*; B95, B96: \*). I område A hadde også unnvikende stimer høyere vandringsindeks enn ubestemte stimer (\*).

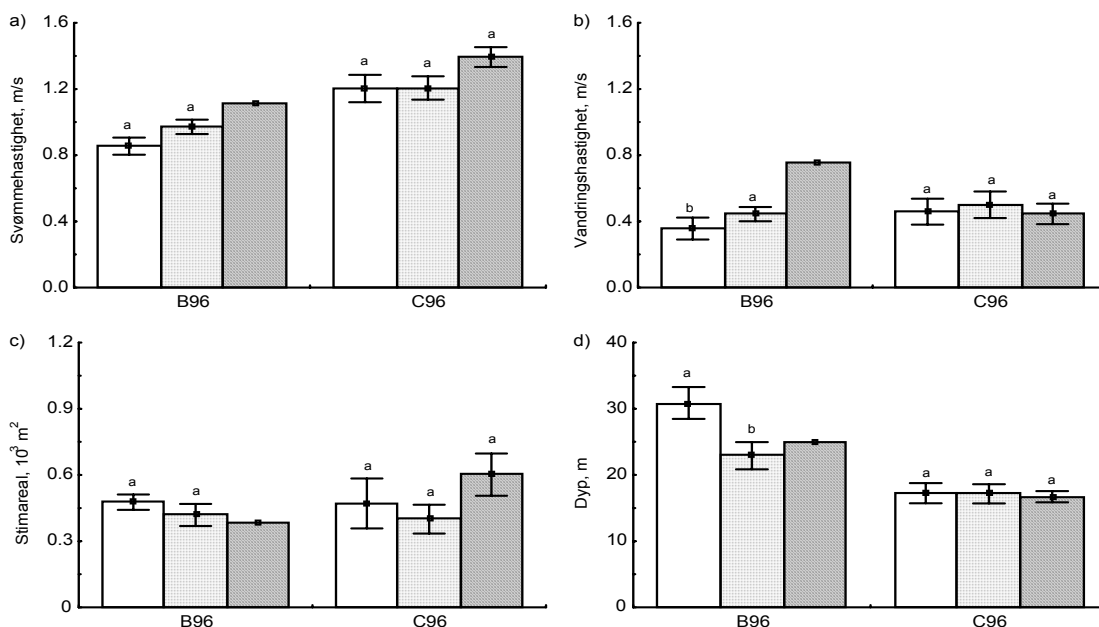
Det var ingen forskjeller i stimareal mellom stimkategoriene.

For dyp var det liten forskjell mellom stimkategoriene. I område C i 1995 var beregnet dyp mindre for vandrende enn ubestemte stimer (\*\*). Forskjellen kan skyldes at ubestemte stimer ble registrert i en større avstand fra båten (tabell 3.1, figur 3.5). I område B i 1996 hadde vandrende stimer et større beregnet dyp enn ubestemte stimer (\*).





**Figur 3.16** Sammenligning av stimkategorier innen områdene, 1995. a) svømmehastighet, m/s, b) vandringshastighet, m/s, c) stimareal, 10<sup>3</sup> m<sup>2</sup>, d) dyp, m. Hvite søyler: vandrende stimer, lys grå: ubestemte, mørk grå: unnvikende. Med 1.96 × standardfeil. Ulike bokstaver indikerer forskjeller mellom stimkategoriene ved et signifikansnivå på 0.05 (Kruskal-Wallis rang tester og post hoc tester: Mann-Whitney U tester). Vandrende: n<sub>A</sub> = 94 (stimareal: 89), n<sub>B</sub> = 40 (37), n<sub>C</sub> = 23 (21); ubestemte: n<sub>A</sub> = 145 (135), n<sub>B</sub> = 113 (106), n<sub>C</sub> = 47 (43); unnvikende: n<sub>A</sub> = 25, n<sub>B</sub> = 13, n<sub>C</sub> = 2.



**Figur 3.17** Sammenligning av stimkategorier innen områdene, 1996. a) svømmehastighet, m/s, b) vandringshastighet, m/s, c) størrelse, 10<sup>3</sup> m<sup>2</sup>, d) dyp, m. Hvite søyler: vandrende stimer, lys grå: ubestemte, mørk grå: unnvikende. Med 1.96 × standardfeil. Ulike bokstaver indikerer forskjeller ved et signifikansnivå på 0.05 (Kruskal-Wallis rang tester og post hoc tester: Mann-Whitney U tester). Vandrende: n<sub>B</sub> = 15, n<sub>C</sub> = 32; ubestemte: n<sub>B</sub> = 92, n<sub>C</sub> = 46; unnvikende: n<sub>B</sub> = 1, n<sub>C</sub> = 7.

---

### 3.2.9 Sammenligning av år

Innen stimkategori og område ble årene sammenlignet (figur 3.18-19, vedlegg 5, 7d). Det ble brukt ulike metoder for å logge ned stimregistreringene fra sonaren på toktene, og dette kan ha forårsaket ikke-reelle forskjeller i stimparametrene.

Svømmehastigheten var signifikant høyere i 1996 for både vandrende og ubestemte stimer (vandrende: \* [B], \*\* [C]; ubestemte: \*\*\*). Forskjellene i vandringshastighet var betraktelig mindre, og dette kan indikere at forskjellene i svømmehastighet skyldes metode. Vandrende stimer hadde høyere vandringshastighet i 1995 enn i 1996 (B: \*, C: \*\*), mens det for ubestemte stimer var omvendt (\*\*\*).

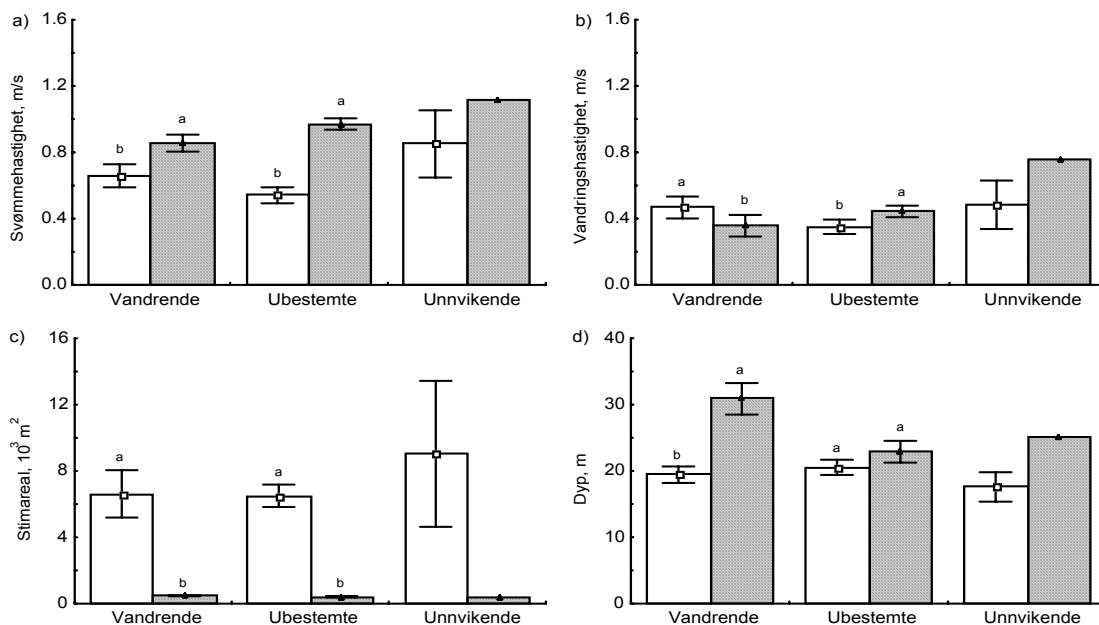
Vandringsindeksen var høyere i 1995 enn i 1996 (vandrende: \*\*\*; ubestemte: \*\*\* [B], \* [C]; unnvikende: \* [C]).

Stimarealet var betraktelig større i 1995 enn i 1996 (vandrende: \*\*\*; ubestemte: \*\*\*; unnvikende: \* [C]).

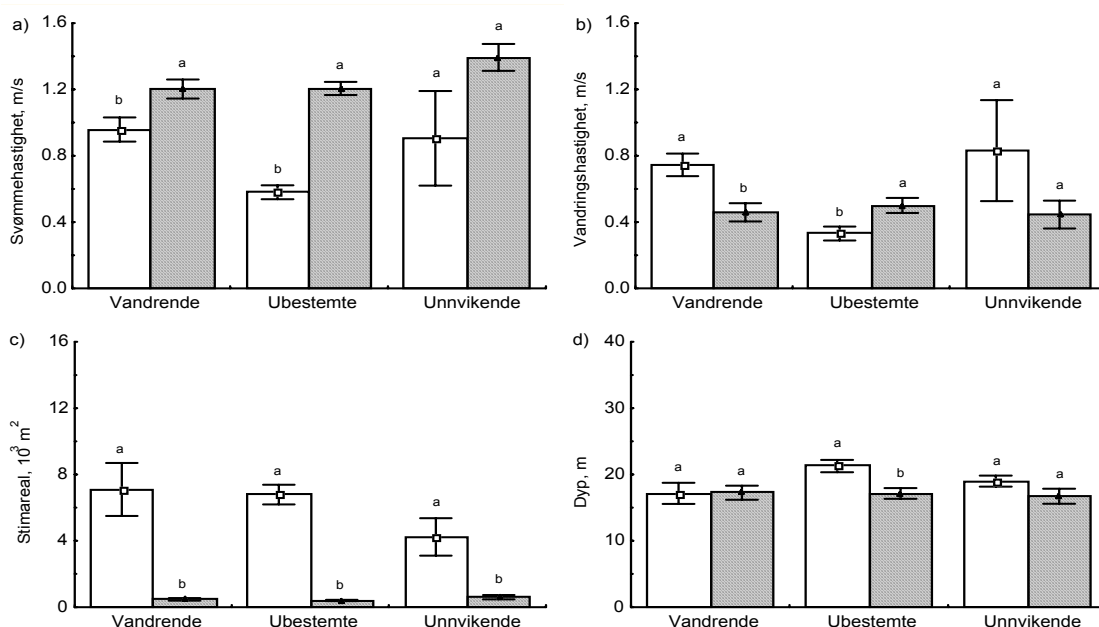
Vandrende stimer i område B stod dypere i 1996 enn i 1995 (\*\*\*), mens i område C stod ubestemte stimer dypere i 1995 enn i 1996 (\*\*\*). Forskjellen mellom årene i område C kan forklares av en større avstand mellom stim og båt i 1995 enn i 1996.

### 3.2.10 Fiskeprøver

Lengde og alder fra fiskeprøver i 1995 finnes i ANON. (1996b). I 1996 ble det målt lengde og bestemt alder på 17-96 individer av sild fra 7 fiskestasjoner (figur 2.5, vedlegg 1b-c). Median lengde var 28 cm i både område B og C, og 1992-årsklassen dominerte. I tillegg ble fra 14 til 31 sildemager fra 4 fiskestasjoner raskt undersøkt (vedlegg 1d). Copepoder dominerte på to, og sildelarver på en, stasjon. Mellom stasjonene var det stor variasjon i hva silda hadde spist. Det var imidlertid liten variasjonen innen stasjonene.



**Figur 3.18** Sammenligning av årene innen stimkategoriene, område B. a) svømmehastighet, m/s, b) vandringshastighet, m/s, c) størrelse,  $10^3 \text{ m}^2$ , d) dyp, m. Hvite søyler: 1995, mørk grå: 1996. Med  $1.96 \times$  standardfeil. Ulike bokstaver indikerer forskjeller ved et signifikansnivå på 0.05 (Mann-Whitney U tester). Vandrende:  $n_{1995} = 40$  (stimareal: 37),  $n_{1996} = 15$ ; Ubestemte:  $n_{1995} = 113$  (106),  $n_{1996} = 92$ ; Unnvikende:  $n_{1995} = 13$ ,  $n_{1996} = 1$ .



**Figur 3.19** Sammenligning av årene innen stimkategoriene, område C. a) svømmehastighet, m/s, b) vandringshastighet, m/s, c) størrelse,  $10^3 \text{ m}^2$ , d) dyp, m. Hvite søyler: 1995, mørk grå: 1996. Med  $1.96 \times$  standardfeil. Ulike bokstaver indikerer forskjeller ved et signifikansnivå på 0.05 (Mann-Whitney U tester). Vandrende:  $n_{1995} = 23$  (stimareal: 21),  $n_{1996} = 32$ ; Ubestemte:  $n_{1995} = 47$  (43),  $n_{1996} = 46$ ; Unnvikende:  $n_{1995} = 2$ ,  $n_{1996} = 7$ .

---

## 4 DISKUSJON

### 4.1 Metoder

Det ble brukt ulik loggemetode på toktene, og det måtte derfor vurderes om stimparametrene fra toktene var sammenlignbare. Denne vurderingen belyste også hvordan registreringsforhold og -metoder påvirket beregnet svømme- og vandringshastighet, stimareal, dyp og relativ tetthet.

#### 4.1.1 Sonar

Flerstrålesonar er et svært nyttig redskap for atferdsstudier av stimer (BODHOLT & OLSEN 1977; MISUND 1997). All akustisk metodikk er imidlertid beheftet med feilkilder og usikkerhet (MACLENNAN & SIMMONDS 1992). Bevegelse av svingeren kan være et problem, men dette problemet er størst hos sonarer med smalere strålebredde enn SIMRAD SR 240 (MACLENNAN & SIMMONDS 1992). Vind, bølger og båtens bevegelse skaper luftbobler som svekker sonarstrålens akustiske energi slik at rekkevidden reduseres. Støy fra fartøy, vind og bølger kan også vanskeliggjøre registreringen (MACLENNAN & SIMMONDS 1992). På SR 240 er det imidlertid mulig å bruke frekvensmodulert pulsutsending (FM). FM signalets natur og FM detektorens egenskaper kombineres til et system som reagerer på sitt eget signal, men gir relativt liten respons på vanlige former for forstyrrende energi (HORTON 1959). Pulsutsendingen på SR 240 består av to til åtte frekvenser, og returekko vises kun dersom frekvenskoden stemmer. Dette reduserer støyproblemene betraktelig og øker deteksjonsrekkevidden for svake mål (MISUND 1997). Frekvensmodulert pulsutsending ble brukt på begge tokt, og støy vurderes derfor å ha hatt liten effekt på stimregistreringene.

Deteksjonsforholdene varierer både på langs og på tvers av sonarviften. Strålens akustiske energi svekkes med økende avstand til svingeren, blant annet på grunn av absorpsjon og spredning, slik at stimer, særlig i dårlig vær, kan kamufleres av støy når avstanden blir stor (MACLENNAN & SIMMONDS 1992; GUNDERSON 1993). SIMRAD SR 240 sender imidlertid relativt lavfrekvent (24 kHz), og absorpsjonen er derfor mindre enn hos mange andre sonarer. Avbøyning av sonarstrålen på grunn av temperatur- og saltholdighetsgradienter

---

(MACLENNAN & SIMMONDS 1992; GUNDERSON 1993) kan skape “skyggesoner” i øvre del av vannsøylen, og dermed redusere sonarens rekkevidde. Den akustiske energien varierer også på tvers av sonarviften, og registreringsforholdene er best på den akustiske aksene der energien er størst (MACLENNAN & SIMMONDS 1992; GUNDERSON 1993). Variasjon i deteksjonsforholdene innen sonarviften har betydning ved at en kan få ulik kvalitet på stimregistreringene avhengig av stimens avstand til svingeren og den akustiske aksene.

#### **4.1.2 Datainnsamling**

Man kan registrere stimer med sonar på minst to måter: stimene kan følges over lengre tid (f.eks. MISUND 1992; NØTTESTAD & al. 1996; AXELSEN & MISUND 1997; MISUND & al. 1997a, b, 1998a), eller stimene kan registreres mens båten passerer (f.eks. MISUND & al. 1993, 1996; HAFSTEINSSON & MISUND 1995). I dette studiet ble datainnsamlingen hovedsakelig gjort mens fartøyet passerte stimene med en marsjfart på omtrent 11 knop, og hver enkelt stim ble fulgt fra 11 s til omtrent 1.5 min. Ved opphold på stasjoner og under trålhal ble stimer observert over lengre tid, opptil 20 min. Registreringene ga som regel informasjon om hver enkelt stims atferd over et kort tidsintervall. Det var imidlertid mulig å dekke et stort område på relativt kort tid. Denne metoden ga en beskrivelse av enkeltstimenes bevegelse på en romlig mikroskala (~1 m, FERNÖ & al. 1998) og registrering av stimenes vandringsretning, gjennomsnittlige hastighet og dyp på mesoskala (~100 m, FERNÖ & al. 1998). Ved å studere gjennomsnittsverdier innenfor et større område og finne tendensene som beskrev den dominerende atferden, kunne sildas atferd projiseres til makroskala (> 1 000 m, FERNÖ & al. 1998). Fordelingen av sildestimer kunne også undersøkes. I undersøkelser der stimene følges over lang tid beskrives vanligvis atferden kun på mikro- og mesoskala, men atferden blir mer nøyaktig beskrevet på disse nivåene av skalaen. Fordelen med å registrere stimer mens båten passerte var primært at et stort stim-materiale kunne samles inn over relativt kort tid, slik at en også kunne beskrive atferd på makroskala og sammenligne områder. I tillegg kunne registreringene utføres parallelt med andre arbeidsoppgaver på toktene.

Metoden for å logge ned data fra sonaren var ulik på toktene på grunn av forskjellig tilgjengelighet av utstyr. Loggemetodene brukte ulikt midtpunkt for stimen (avsnitt 2.2.3, stimfølging). I beregninger av stimens svømmehastighet, retning, dyp og avstand til båten tas det utgangspunkt i stimens midtpunkt, og bruk av ulike midtpunkt kan ha forårsaket forskjeller i disse parametrene. Materialet fra 1995 ble samlet inn manuelt ved å plassere den automatiske målfølgingsfunksjonen midt i den detekterte stimen. Hver enkelt stim ble fulgt med sentrum av sonarviften (vha. målfølgingsfunksjonen) for å få optimal kvalitet på registreringene, og kun enkeltstimer som målfølgingsfunksjonen fulgte ble registrert. Kvaliteten på registreringene ble dermed relativt jevn siden registrerte stimer hele tiden var på den akustiske aksen og kun avstanden til svingeren varierte. I 1996 var det installert et nytt loggeprogram som automatisk registrerte alle stimer som var innenfor sonarviften horisontalt (TOTLAND & MISUND 1993). Svært ofte var det flere stimer i sonarviften samtidig. Kun én av stimene kunne følges med målfølgingsfunksjonen, og kvaliteten på de andre registreringene ble dermed lavere, med blant annet færre returekko. Stimer registrert i stor avstand fra båten kunne være vanskelige å følge kontinuerlig, slik at tidshoppene mellom pingene ble større enn for andre stimer (figur 3.3b). Det ble begge år satt krav til kontinuiteten i registreringene ved at stimer med store tidshopp mellom pingene ble utelatt begge år. Avstanden til den akustiske aksen var altså konstant i 1995, men varierte i 1996, og kvaliteten på registreringene ble derfor bedre i 1995 enn i 1996. Fordelen med loggeprogrammet var at det kunne registrere svært mange stimer på kort tid, og at det automatisk registrerte båtens posisjon og beregnet stimareal og fargesum. Automatisk beregning av stimareal var svært arbeidsbesparende og mer nøyaktig enn måling av stimareal direkte på skjermen (avsnitt 4.1.4, stimareal). Manuell følging ga imidlertid generelt en bedre kvalitet på stimregistreringene.

#### 4.1.3 Atferdsanalyse

Stimene ble klassifisert som vandrende, ubestemte eller unnvikende. Unnvikende stimer hadde omtrent samme vandringsretning som båtens kurs. Vandringsretning hos vandrende og ubestemte stimer tyder på at disse stimene ikke ble påvirket av båten. Vandrende og ubestemte stimer hadde en lignende fordeling av vandringsretning, men det var størst spredning hos ubestemte stimer. Vandringsretning hos unnvikende stimer er i overensstemmelse med MISUND & AGLÉN (1992) sine observasjoner på nordsjøsild. I dette tilfellet skyldes imidlertid ikke samsvaret mellom båtens kurs og unnvikende stimers

---

vandringsretning kun at stimen ble “fanget” mellom lydfeltene på båtens sider og drevet fremover. Totalt 48 stimer ble klassifisert som unnvikende, derav åtte etter kriterium 2 (avsnitt 2.4.2), det vil si at stimen ble drevet fremover av båten. Unnvikende stimer beveget seg ofte skrått mot båtens kurs før stimene unnvek ved å endre retning med omtrent 90°, bort fra båtens kurs. I slike tilfeller ble vandringsretningen omtrent lik båtens kurs.

Noen stimer klassifisert som vandrede hadde svært lav vandringshastighet, og det er mulig at også vandringshastighet burde vært brukt som et kriterium ved stimklassifisering. Den store variasjonen i vandringshastighet kan imidlertid være forårsaket av varierende strømforhold. Det var dessuten tydelige tendenser i forskjellene mellom stimkategoriene med hensyn til vandringsretning, svømme- og vandringshastighet, selv om det var stort overlapp. Dette tyder på at kriteriene som ble benyttet for å skille ut stimer som reagerte på båten ved retningsendring var tilfredsstillende.

Noen få stimer kan ha reagert på båten før de kom inn i sonarviften, uten å bli klassifisert som unnvikende. Mulig unnvikelse har tidligere blitt observert på opptil 1 000 m avstand (MISUND & al. 1996). Innen sonarens rekkevidde, 50-400 m, var det imidlertid svært få unnvikende stimer (6.9 %), og unnvikelsen i forhold til pelagisk trål var sannsynligvis også lav i undersøkelsesperioden. Det er derfor lite sannsynlig at stimer reagerte på båten i en avstand større enn 400 m. Til sammenligning ble det observert unnvikelse hos omtrent 20 % av sildestimene registrert i Nordsjøen i juli 1991 og 1992 (HAFSTEINSSON & MISUND 1995). OLSEN & al. (1983b) observerte unnvikelse i form av retningsendring i en avstand på omtrent 75-100 m til fartøyet hos juvenil sild. Stimer som kom inn i sonarviften rett foran båten kan ha hatt relativt liten avstand (60-100 m) til båten før de ble registrert, men slike stimer ville mest sannsynlig utelates fra materialet på grunn av for kort registreringsperiode. Den lave unnvikelsen i dette studiet kan forklares ved at silda hovedsakelig var i en situasjon der den prioriterte beiting framfor flukt ved deteksjon av fartøystøy.



Sildas terskel for unnvikelse kan påvirkes av livsstadium<sup>10</sup> (MISUND 1994), i tillegg til mange andre faktorer, som for eksempel beiteforhold, potensielle predatorer og støynivå (OLSEN 1971; ENGÅS & al. 1995; MISUND & al. 1996). MOHR (1969) observerte at sild reagerte sterkt på fartøy og redskap under gytevandring. Vandrende stimer er ofte mer sensitive, og dermed vanskeligere å fange med pelagisk trål, enn beitende og gytende stimer (MISUND 1994). Det har imidlertid også blitt observert høy unnvikelse hos sild i beiteperioden (OLSEN 1971). På tross av få unnvikende stimer, var det forskjeller mellom områdene i denne oppgaven. Dette kan skyldes forskjeller i stimenes avstand til båten (pga. forskjeller i tetthet av stimer), værforhold eller livsstadium. Forskjellen mellom område B (0.9%) og C (8.2%) i 1996 indikerer at avstanden mellom stim og båt, som var mye større i område B enn i C, hadde stor betydning. I 1995 var det dårligst vær i område A (avsnitt 2.2.3), der andelen unnvikende stimer var størst. I dårlig vær er det mye støy, og stimen vil da sannsynligvis detektere båten på en kortere avstand. Hos sild er det observert lavere reaksjon på fartøyet ved gode enn ved dårlige sonarforhold, sannsynligvis fordi lyden ikke kommer så brått på stimene (MISUND & AGLÉN 1992). En annen mulig forklaring på forskjellene mellom områdene er at unnvikelsen var høyere i område A fordi silda var mer i en vandringsfase her enn i område B og C (avsnitt 4.2.5).

Ubestemte stimer kan ha vært beitende stimer på fødesøk. Det har tidligere blitt observert større variasjon i svømmeretning i forbindelse med matsøk enn ved vandring (NØTTESTAD & al. 1996). Stimer kan også ha blitt klassifisert som ubestemte på grunn av dårligere registreringsforhold utover i sonarviften (MACLENNAN & SIMMONDS 1992), noe som kan ha medført at registreringen av stimens posisjon ble mindre nøyaktig. En tredje mulighet kunne ha vært at stimene viste en tidlig reaksjon på båten, men relativt stor gjennomsnittlig avstand fra båten hos ubestemte i forhold til vandrende stimer tyder på at kategorien ikke ble forårsaket av unnvikelse. Forskjellen i avstand kan indikere at en del ubestemte stimer kan ha vært et produkt av dårlige deteksjonsforhold. Innen undersøkelsesområdet dominerte imidlertid kategorien ubestemte stimer samtidig som beiteaktiviteten var stor, noe som indikerer at en stor del av de ubestemte stimene bestod av beitende sild.

---

<sup>10</sup> om silda beiter, vandrer, gyter e.l.

---

#### 4.1.4 Stimparametre

##### *Vandringsretning*

Dersom fartøyet forflytter seg sakte i forhold til stimene, kan sannsynligheten for at sonaren detekterer en stim påvirkes av stimens vandringsretning, siden noen ruter gjennom sonarviften er lenger enn andre. I dette studiet gikk imidlertid båten hovedsakelig med en marsjfart på 5-6 m/s (10-12 knop), mens stimene hadde en maksimal gjennomsnittlig svømmehastighet på 2 m/s. Båten beveget seg altså omtrent tre ganger raskere enn stimen, og passerte stimene ganske raskt. Sannsynligheten for at en stim skulle registreres var derfor ikke avhengig av stimens vandringsretning.

##### *Svømme- og vandringshastighet*

Svømmehastigheten ble beregnet på ulike måter de to årene. I 1995 beregnet sonaren svømmehastigheten direkte ut fra ping-til-ping forflytning av stimens akustiske tyngdepunkt (O.A. MISUND pers. med.). I 1996 ble svømmehastigheten beregnet ut fra stimens avstand til båten, båtens geografiske posisjon fra GPS-måler og båtens kurs. GPS-målingene var beheftet med tilfeldige feil ( $\pm 50$  m) som tidvis kan ha forårsaket unøyaktigheter i stimens beregnede posisjon. Det ble derfor nødvendig å midle stimens bevegelse, samt å filtrere ut store forflytningsrater. Å midle over omtrent 20 ping ville vært optimalt (figur 2.8). Dette var imidlertid ikke mulig, fordi mange stimer kun var fulgt over kort tid, og et kompromiss på 11 ping ble derfor brukt. Den beregnede svømmehastigheten ble dermed sannsynligvis noe overestimert i 1996, noe som kan forklare forskjellen i svømmehastighet mellom årene. Feilkildene forplantet seg delvis videre til vandringshastigheten, som ble beregnet ut fra stimens svømmehastighet og retning. Forskjellen mellom årene var imidlertid betraktelig mindre for vandringshastighet, noe som tyder på at den reelle svømmehastigheten i 1996 lå et sted mellom beregnet svømmehastighet og vandringshastighet. Ved bruk av differensiell GPS, med en feilkilde på mindre enn 5 m (MISUND & al. 1998a), ville beregnet svømmehastighet vært nærmere reell svømmehastighet.

I 1996 ble svømmehastigheten beregnet ved å midle stimens bevegelse over 11 ping. På grunn av tidvis store hopp (opptil 5 s) mellom observasjonene, varierte tidsrommet det ble midlet over ( $\Delta t$ ) for stimene fra 5.8 til 16.5 s ( $\bar{x} = 9.0$  s). Både svømme- og

vandringshastigheten var negativt korrelert med  $\Delta t$ , fordi feilkildene fra sonar og GPS ble redusert når det ble midlet over et lengre tidsrom, slik at stimens bevegelse ble mer konsistent. På grunn av varierende tidshopp mellom pingene var det ikke mulig å standardisere  $\Delta t$ .  $\Delta t$  var positivt korrelert med stimens avstand til båten, noe som sannsynligvis forårsaket den negative sammenhengen mellom svømmehastighet og avstand. Det var altså større tidshopp mellom observasjonene, det vil si færre returekko, desto større avstanden til båten var. Forskjellene i svømmehastighet mellom område B og C i 1996 ble sannsynligvis i stor grad forårsaket av forskjeller i  $\Delta t$  og avstand fra båten, og det var derfor ikke mulig å undersøke om det var reelle forskjeller i svømmehastighet mellom områdene.

Svømmehastighet beregnet direkte av sonaren ble ikke registrert i 1996 fordi loggeprogrammet opprinnelig ble utviklet for sonaren SIMRAD SA 950 (MISUND & al. 1994). Svømmehastighet beregnet direkte av denne sonaren oppgis uten desimaler (HAFSTEINSSON & MISUND 1995), og for en svømmehastighet som varierer mellom 0 og 2 m/s er ikke heltallige verdier tilfredsstillende. Å beregne svømmehastighet ut fra stimens avstand til båten og båtens posisjon og kurs er da et bedre alternativ. Ved bruk av SIMRAD SR 240 bør loggeprogrammet endres slik at svømmehastighet beregnet av sonaren registreres, da denne sannsynligvis er nærmere virkelig svømmehastighet enn svømmehastigheten beregnet ved lag-metoden (avsnitt 2.4.3, 1996). I tillegg sparer en mye tid på at svømmehastigheten beregnes under toktet. Ulempen er at man kun kan registrere svømmehastigheten til en stim av gangen (stimen må følges med sonarens målfølgingsfunksjon).

Svømme- og vandringshastighet ble beregnet i kroppslengder/s i tillegg til m/s. Etersom en ikke kjente fiskens lengde i hver enkelt stim, ble median lengde i de ulike områdene (A-C) brukt. Dette er et relativt grovt estimat, siden det kunne være ganske stor variasjon i lengde innen områdene (figur 2.5). Hastigheten ble underestimert for stimer med fisk mindre enn median lengde, og overestimert for større fisk. Kroppslengder/s var et mindre nøyaktig mål på hastighet enn m/s, men indikerte at forskjellene i hastighet mellom områdene i 1995 ble endret dersom en tok hensyn til fiskens lengde.

---

I 1996 ble svømmehastigheten noe overestimert. Registrert vandringshastighet var imidlertid sannsynligvis nær reell vandringshastighet, siden kun forflytning i vandringsretningen ble tatt med i beregningene og bevegelser forårsaket av sonar eller GPS dermed i stor grad ble utelatt. Svømme- og vandringshastighet var korrelert med observasjonsvarighet, men forskjellene i observasjonsvarighet mellom områder og stimkategorier var få og så marginale at dette sannsynligvis var uten betydning. Forskjellene i hastighet mellom område B og C i 1996 skyldtes trolig ulik avstand mellom båt og stim, og forskjellene mellom årene var sannsynligvis forårsaket av metode. Mellom stimkategorier begge år og mellom områder i 1995 betraktes imidlertid forskjellene i svømme- og vandringshastighet som reelle.

### *Stimareal*

Horisontalt stimareal ble målt på ulike måter på toktene. I 1995 ble  $lw^{11}$  målt manuelt, direkte på sonarskjermen, og et stimareal beregnet i etterkant av toktet. I 1996 ble stimareal beregnet automatisk av loggeprogrammet. Stimarealet varierte betraktelig mer i 1995 enn i 1996. Dette kan skyldes at stimareal kun ble målt én gang for hver stim i 1995, mot én beregning for hvert ping året etter. I 1996 varierte målingene av stimareal svært mye innen hver stim (pers. obs.), slik at et gjennomsnitt var mye mer nøyaktig enn kun én måling ville vært. MISUND & al. (1998a) fant også stor variasjon i estimert stimareal innen stimene. En kontinuerlig beregning av stimareal, som i 1996, er klart å foretrekke.

Stimareal var positivt korrelert med avstanden stim-båt i 1996, mens det i 1995 ikke var noen sammenheng. Strålebredden er ganske stor hos lavfrekvente sonarer, og oppløsningen blir dermed relativt dårlig (MISUND 1997). Som en følge av strålegeometrien strekkes stimen mer og mer utover på tvers av sonarstrålene ( $CW^{12}$ ) desto større avstanden fra båten er (figur 2.9; MISUND 1990; MISUND & al. 1998a), noe som kan forklare den positive korrelasjonen mellom stimareal og avstand i 1996. Langs sonarstrålen ( $LW^{13}$ ) kan pulslengden og tiltvinkelen påvirke skjermbildet, men dette kompenseres det for i beregningene av stimareal (MISUND 1990; NØTTESTAD 1994). I 1995 ble stimarealet beregnet fra LW alene, og dermed fikk en ingen positiv sammenheng med avstanden fra båten.

---

<sup>11</sup> stimens lengde på sonarskjermen - langs sonarstrålen

<sup>12</sup> stimens virkelige bredde - på tvers av sonarstrålen

<sup>13</sup> stimens virkelige lengde - langs sonarstrålen

Stimarealet var gjennomsnittlig så mye større i 1995 (8 890 m<sup>2</sup>) enn i 1996 (434 m<sup>2</sup>) at forskjellen neppe skyldes naturlig variasjon. I 1995 ble stimarealet sannsynligvis overestimert, mens stimarealet fra 1996 sannsynligvis gir et godt estimat på sildestimers areal i juli. Den store forskjellen mellom årene er derfor ikke reell. Stimarealene fra 1995 kunne imidlertid brukes kvalitativt for å sammenligne områder og stimkategorier, siden feilkildene mest sannsynlig var tilfeldig fordelt i materialet. Det finnes flere mulige forklaringer på den store forskjellen i beregnet stimareal. I 1995 ble det bevisst valgt ut store stimer for registrering dersom det var flere stimer innen sonarviften samtidig (L. NØTTESTAD pers. med.), fordi vandrende stimer, som en i utgangspunktet ønsket å registrere, ofte er store (NØTTESTAD & al. 1996). Store stimer er også lettere både å oppdage og følge. I datamaterialet fikk en dermed en bias mot store stimer i områder med høy tetthet av sild. I 1996 ble alle stimene innen sonarviften registrert, og beregnet stimareal var derfor i større grad representativt for undersøkelsesområdet.

I 1995 befant registrerte stimer seg på den akustiske aksene under hele stimfølgningen, og stimarealet ble målt når stimen var nær båten, samtidig som stimarealet var størst mulig (stimen pulserer på sonarskjermen). Den minste mulige verdien for stimareal var 211 m<sup>2</sup> (for  $lw = 0.5$  cm), og den neste 942 m<sup>2</sup> (for  $lw = 1.0$  cm). Den nest minste verdien for stimareal i 1995 var altså større enn gjennomsnittlig stimareal i 1996. I beregninger av stimareal i 1995 ble det brukt en skaleringsfaktor<sup>14</sup>. Sonarens rekkevidde ble ikke notert ved måling av  $lw$  fordi denne skulle være 400 m ved alle slike målinger, noe som dermed ble antatt ved beregning av stimareal. For noen få stimer kan imidlertid rekkevidden ha vært 200 m, og skaleringsfaktoren ble da dobbelt så stor som den skulle vært, noe som ga en firedobling av arealet. For å beregne stimareal ble det i tillegg antatt at forholdet  $CW:LW$  var 3:2 (MISUND 1990). Det er kjent at stimform kan variere mye (PARTRIDGE & al. 1980; NØTTESTAD & al. 1996; AXELSEN & MISUND 1997; AXELSEN & al. 1998), så denne tilnærmingen var høyst sannsynlig for grov. I 1996 kan deler av stimen som ville blitt målt manuelt, ha blitt utelatt av loggeprogrammet på grunn av dets kriterier (TOTLAND & MISUND 1993; MISUND & al. 1994). Alle disse faktorene kan ha bidratt til en underrepresentasjon av små stimer i 1995 (vedlegg 10), og til at forskjellen mellom årene ble svært stor på tross av at sonar- og ekkoloddutskrifter viste relativt små stimer begge år (L. NØTTESTAD pers. med.).

---

<sup>14</sup> forholdet avstand stim - båt i virkeligheten : avstand stim-båt på sonarskjermen

---

### *Tetthet*

I 1996 ble stimenes fargesum registrert, og en relativ tetthet beregnet fra forholdet mellom fargesum og horisontalt stimareal. Tetthetsindeksen var imidlertid sterkt negativt korrelert med stimens avstand fra båten. MISUND & al. (1998a) observerte en tilsvarende sammenheng mellom tetthet (fargesum) og avstand ved bruk av sonaren SIMRAD SA 950, og mente at dette kunne skyldes absorpsjon utover i strålen, eller at TVG<sup>15</sup>-funksjonen ikke kompenserte fullstendig for absorpsjon og spredning. De konkluderte med at sammenhengen sannsynligvis skyldtes absorpsjon, på grunn av den relativt høye frekvensen hos SA 950 (95 kHz). Absorpsjonen minker raskt med minkende frekvens (MACLENNAN & SIMMONDS 1992; GUNDERSON 1993), og SR 240 er en lavfrekvent sonar (24 kHz) der absorpsjonen er mye mindre enn hos SA 950. I dette studiet ble det brukt en TVG-funksjon på 20 log R, en enveis korreksjon for spredning (GUNDERSON 1993), på begge tokt. Siden absorpsjonen var relativt liten, var det mest sannsynlig TVG-funksjonen som forårsaket korrelasjonen mellom tetthet og avstand.

Sammenhengen mellom tetthetsindeksen og stimens avstand til båten kunne vært kompensert for ved en regresjonanalyse. Det kan imidlertid ikke utelukkes at også andre faktorer enn feil TVG-funksjon kan ha påvirket tetthetsindeksen. Det er tidligere påvist tetthetsøkning hos stimer ved reaksjon på fartøystøy (ENGÅS & al. 1995), og under ellers like forhold øker vanligvis fiskens reaksjon med minkende avstand til båten fordi lydintensiteten øker (BLAXTER & al. 1981). Det er altså mulig at noe av sammenhengen mellom tetthetsindeksen og stimens avstand til båten ikke var metodisk, men kunne forklares med naturlig atferd, og det var derfor ikke grunnlag for å fjerne sammenhengen. Tetthetsindeksen ble ikke brukt i den videre analysen av stimatferd.

---

<sup>15</sup> Time Varied Gain

### *Dyp*

Ekkolodd registrerer stimers dyp relativt nøyaktig. Det er imidlertid vanskelig å estimere dyp ved hjelp av sonar (HARDEN JONES & MCCARTNEY 1962), blant annet fordi bare deler av vannsøylen dekkes. I denne undersøkelsen var det en positiv sammenheng mellom dyp registrert av sonar og stimens avstand til båten, noe som kan være forårsaket både av strålegeometri og avbøyning av sonarstrålen (MISUND 1990; MACLENNAN & SIMMONDS 1992; GUNDERSON 1993; AXELSEN & MISUND 1997). Tiltvinkelen har også stor betydning for hvilket dyp stimene registreres på, fordi stimen ofte ikke dekkes fullstendig vertikalt av sonarviften. I 100 m avstand fra båten har sonaren SR 240 (strålebredde: 12°) en vertikal rekkevidde på 21 m, mens en stim kan dekke et større dybdeintervall. Dyp registrert av sonar kan imidlertid brukes som en indikasjon på hvilken del av vannsøylen stimen befinner seg i.

#### **4.1.5 Måleskala**

Måleskala har stor innvirkning på hvilke resultater en får (ROSE & LEGGET 1990). Forskjellene mellom årene viser tydelig at jo mindre område en studerer, desto mindre variasjon i vandringsretning finner en. I 1996 ble det kun tatt et lite utvalg fra hvert område, noe som ga en homogen vandringsretning innen utvalgene. I 1995 ble større områder (A-C) undersøkt over lengre tidsrom, og spredningen i vandringsretning ble dermed større. Ved å dele område A og B i en vestlig og en østlig del minket variasjonen i vandringsretning. Spredningen i vandringsretning var altså avhengig av hvor fin oppdeling, og hvilken oppdeling, av undersøkelsesområdet som ble benyttet. Ved studier av vandringsdynamikk er det imidlertid en grense for hvor fin oppdelingen kan være, fordi en ønsker å undersøke om det er tendenser innenfor større områder. Dersom hele materialet fra 1995 hadde blitt studert under ett, ville det ikke vært mulig å studere forskjellene mellom ung og voksen sild, eller å oppdage at silda kun vandret ut fra deler av undersøkelsesområdet; kystområdene. Dette viser at den romlige oppdelingen som benyttes i stor grad påvirker resultater og fortolkninger.

---

## 4.2 Sildas atferd i slutten av beitesesongen

### 4.2.1 Beiteaktivitet og beiteforhold innen undersøkelsesområdet

I beiteperioden kan mattilbudet ha stor innvirkning på sildas vandring og fordeling (PAVSHTIKS 1959; ØSTVEDT 1965; JAKOBSSON & ØSTVEDT 1996; DRAGESUND & al. 1997; NØTTESTAD & al. in press). Det er tidligere påvist at beiteforholdene i Norskehavet kan være gode i juli måned (PAVSHTIKS 1959; WIBORG 1978), og i perioden 1994-1996 fant DALPADADO & al. (1996, in press) en topp i sildas beiteperiode i mai-juli. I undersøkelsesområdet hadde trolig deler av den nye generasjonen av raudåte i juli vokst til kopepodittstadium 4 eller større (MELLE & al. 1994), en passende størrelse for voksen sild (PAVSHTIKS 1959; ØSTVEDT 1965; MELLE & al. 1994). Selv så sent som i september er det blitt observert små, beitende sildestimer utenfor Troms (MISUND 1993b).

Både sildas mageinnhold, dyp og stimstørrelse på toktene tyder på at sildas beiteaktivitet var stor. Det ble observert få tomme mager i juli 1995 (16.6%), noe som indikerer at silda var i en intensiv fase av beiteperioden, og raudåte, kopepodittstadium IV-VI, var det dominerende byttedyret på de fleste stasjoner (DALPADADO & al. 1996). I juli 1996 hadde silda spist på tre av fire stasjoner. Dette viser at silda beitet intensivt begge år.

Alle stimene stod i de øverste 60 m av vannsøylen, og vertikal døgnvandring ble ikke observert. Om sommeren er det liten forskjell mellom natt og dag i undersøkelsesområdet, og vertikal døgnvandring er ikke vanlig hos sild under slike forhold (ZUSSER 1958 i BLAXTER 1975; HARDEN JONES 1968; RØTTINGEN 1988). Sild er en visuell predator og må derfor oppholde seg relativt høyt i vannsøylen ved beiting. Dersom silda ikke beitet burde den stå dypt for å unngå predasjon (CLARK & LEVY 1988; GISKE & SALVANES 1995).

I 1996 var stimene små, i gjennomsnitt 434 m<sup>2</sup>. Stimene var sannsynligvis hovedsakelig små også i 1995 (ANON. 1996a), på tross av at beregnet stimareal var stort, siden ekkogrammene viste små stimer i overflaten begge år (L. NØTTESTAD pers. med.). Maksimal stimstørrelse begrenses gjerne av tilgjengeligheten på mat (EGGERS 1976; PITCHER & PARRISH 1993), så beitende stimer er ofte små. Også stimstørrelsen støtter



derfor at silda fremdeles beitet i juli, og beiteforholdene kan dermed forventes å ha vært en viktig faktor for sildas atferd.

I 1995 varierte beiteforholdene innen undersøkelsesområdet. Område A (kontinentalsokkel, sør for 67.5° N) og B (kontinentalsokkel og -skråning, nord for 67.5° N) er relativt nær kysten, mens hele område C ligger utenfor kontinentalsokkelen (figur 2.4). Planktonprøver tatt med MOCNESS<sup>16</sup> plankton nett på toktet viste at zooplanktonbiomassen var størst i vestlige og minst i østlige deler (over kontinentalsokkelen), og at raudåte dominerte i hele det undersøkte området (DALPADADO & al. 1996). Akustiske integratorverdier ( $S_A$ -verdier) fra samme tokt indikerer også at planktonforekomstene økte vestover, spesielt i område A (figur 14 i ANON. 1996a).

De dårlige beiteforholdene på sokkelen kan skyldes at raudåta begynte å vandre mot dypere vannlag for å overvintre (ØSTVEDT 1955; PAVSHTIKS 1959; WIBORG 1978; MELLE & al. 1993, 1994; SKJOLDAL & al. 1993), og stort beitepress fra ungsild (3-4 år), som i 1995 trolig beitet i kystområdene hele sommeren (ANON. 1995, 1996b). Bestanden av sild har vokst seg stor utover 90-tallet, og gytebestanden var omtrent 5.5 millioner tonn både i 1995 og 1996 (TORESEN & al. 1998). I kystområdene kan tettheten av stimer ha økt utover sommeren på grunn av rekruttering (RØTTINGEN 1990b; DRAGESUND & al. 1997), og at silda begynte å samle seg vest for Lofoten (RØTTINGEN 1992). I undersøkelsesperioden var det relativt høy tetthet av sild innen utbredelsesområdet (figur 3 i ANON. 1996a). En stor bestand av sild samlet på et relativt lite område kan utøve et sterkt predasjonspress på zooplanktonet, og delvis beite det ned (MANTEUFEL 1941; MELLE & al. 1994; ARRHENIUS 1995; MISUND & al. 1998b). I juli 1995 sammenfalt de høyeste konsentrasjonene av sild med de laveste konsentrasjonene av zooplankton (DALPADADO & al. 1996). Stor intraspesifikk konkurranse kan ha påvirket sildas utbredelse (HOLST & IVERSEN 1992; RØTTINGEN 1992; FERNÖ & al. 1998). Innen område A har det tidligere blitt observert at zooplanktonbiomassen i juni stod dypere på en stasjon inne på kontinentalsokkelen enn nær kontinentalskråningen (MELLE & al. 1994), noe som kan indikere at raudåta begynner å vandre mot dypere vannlag tidligere i kystområdene enn nær kontinentalskråningen. Stort beitepress, mindre tilgjengelighet av byttedyr nær kysten og økte forekomster av plankton langs fronten mellom kystvann og atlantisk vann (se under) var sannsynligvis

---

<sup>16</sup> Multiple Opening Closing Net and Environmental Sensing System

---

årsakene til forskjellene i zooplanktonbiomasse mellom den østlige og vestlige delen av undersøkelsesområdet.

Sildas beiteforhold kan også påvirkes av interspesifikk konkurranse. I beitesesongen kan sildas vandringsmønster påvirkes av beiteinteraksjoner med makrell (*Scomber scombrus*) og kolmule (*Micromesistius poutassou*) (DAAN 1980; FERNÖ & al. 1998). I 1995 ble det hovedsakelig registrert makrell vest for sildas utbredelse, samt i den vestlige delen av område A (ANON. 1996a). I område A var det også en del kolmule, men denne stod hovedsakelig dypere enn silda (ANON. 1996a). I juli 1995 hadde ung sild (< 8 år) høy diettoverlapping med makrell og lav med kolmule, mens eldre sild (8+ år) hadde lav diettoverlapping med begge arter (O. BJELLAND pers. med.). Det er imidlertid uklart om disse artene faktisk er næringskonkurrenter til sild i beiteperioden. I kystområdene er silda et viktig byttedyr for både fisk, fugl og sjøpattedyr, og predasjonspresset er sannsynligvis høyere her enn i åpent hav (FERNÖ & al. 1998). Kystområdene hadde sannsynligvis dårlige beiteforhold, samtidig som konkurransen og predasjonspresset kan ha vært høyt.

Det finnes ikke data tilgjengelig på planktonforekomster i juli 1996, men forekomstene av zooplankton økte sannsynligvis vestover også dette året. Planktonoppblomstringen starter i sørøstlige deler av Norskehavet om våren og forflytter seg nordvestover i løpet av sommeren, og oppblomstringen avsluttes derfor tidligst i de sørøstlige delene (PAVSHTIKS 1959). Langs kontinentalskråningen er det en front mellom atlantisk vann og kystvann (figur 11 i JOHANNESSEN 1986; MELLE & al. 1993; ANON. 1995), og i frontområder er det generelt økte forekomster av plante- og dyreplankton, samt dyr som beiter på disse (WIBORG 1955; MANN & LAZIER 1991; MELLE & al. 1993, 1994; SKJOLDAL & al. 1993). Begge disse faktorene sannsynliggjør en økning i zooplanktonforekomster vestover også i 1996.

#### 4.2.2 Sildas vandringsmønster, fordeling og alder

I utgangspunktet ble det antatt at silda i juli ville vandre mot overvintringsområdene. I juli 1995 hadde silda samlet seg vest for Lofoten. I 1996 var det ikke mulig å studere sildas fordeling, siden kun deler av sildas utbredelsesområde ble dekket. Silda vandret imidlertid hovedsakelig vestover både i 1995 og 1996.

I 1995 dominerte ung sild, 1991- og 1992-årsklassen, i område A og B. I område A ble det hovedsakelig gjort registreringer av sild i de nordlige delene, mens det var sild i hele område B. I undersøkelsesperioden svømte vandrende sildestimer i disse områdene sørvestover. Dette er i overensstemmelse med akustiske integratorverdier for sild fra begynnelsen av august (figur 4.6-7 i ANON. 1995), som viser at silda hadde trukket vestover i forhold til utbredelsen i juli. Akustiske integratorverdier ( $S_A$ -verdier) indikerer at silda i disse områdene ikke vandret ut i sentrale deler av Norskehavet i beitesesongen (ANON. 1995, 1996b), sannsynligvis fordi kostnadene ved vandring er større for liten enn for stor sild (NØTTESTAD & al. in press). Forflytningen vestover i juli ble mest sannsynlig utløst av dårlige beiteforhold nær kysten. Ved å vandre vestover kunne sild i område A og B forbedre beiteforholdene og forlenge beitesesongen.

Hos vandrende stimer i område A og B var det en sammenheng mellom vandringsretning og avstand fra kysten. I begge områdene var det en klar tendens til at stimer nær kysten vandret vest- eller sørover. I den vestlige delen av område B var det stor spredning i vandringsretning (som i område C, se under). Dette indikerer at silda vandret vestover til den nådde områder med gode beiteforhold. Den store variasjonen i vandringsretning ble sannsynligvis forårsaket av generelt gode beiteforhold. I den vestlige delen av område A dominerte en østlig vandringsretning, noe som kan forklares på minst to måter:

- 1) Sild i område A vandret generelt mot kysten for å beite nær overvintringsområdene. I den østlige delen av område A var imidlertid beiteforholdene så dårlige at stimer i dette området kan ha vandret vest- eller sørover for å finne områder med tilfredsstillende beiteforhold.

---

2) I den vestlige delen av område A ble det registrert makrell (ANON. 1996a). Det var stort diettoverlapp mellom makrell og ung sild i juli 1995 (O. BJELLAND pers. med.), og dersom makrell faktisk er en næringskonkurrent til sild i beitesesongen, kan silda ha vandret østover for å unngå interspesifikk konkurranse.

Forklaringene over utelukker ikke hverandre, og det er vanskelig å vurdere hvorfor silda i den vestlige delen av område A vandret østover.

Mageprøver fra august 1995 viser at silda gjennomsnittlig hadde minst i magen i kystvann og mest i atlantisk vann. Andelen tomme mager var dessuten størst i kystvann (DALPADADO & al. in press). Dette indikerer at silda faktisk bedret beiteforholdene ved å vandre vestover i juli.

I område C (åpent hav) ble det registrert sildestimer i den østlige delen, og årsklassene fra 1990, 1983, 1991 og 1989 dominerte i denne rekkefølgen. Det ble imidlertid også registrert noe ung sild fra 1992-årsklassen. Det var stor spredning i vandringsretning hos vandrende stimer i hele området, noe som kan indikere gode beiteforhold. Årsklassene fra 1990, 1983 og 1989 beitet i store deler av Norskehavet før silda returnerte til områdene vest for Nord-Norge i juli (ANON. 1995). Det var store likheter mellom aldersfordelingen i område C og den delen av bestanden som tok en lang runde i Norskehavet i beitesesongen, bortsett fra innslagene av 1991- og 1992-årsklassen (figur 2.5; ANON. 1995). Deler av 1991-årsklassen beitet i sentrale deler av Norskehavet i slutten av april 1995, men returnerte sannsynligvis til kysten allerede i løpet av mai og juni (figur 4.2-4 i ANON. 1995). Det meste av 1991- og 1992-årsklassen i område C holdt seg trolig nær kysten hele beitesesongen (ANON. 1995; 1996b), og kan enten ha vært i område C hele beitesesongen eller vandret fra kysten til område C i slutten av beitesesongen.

At den eldste silda ( $\geq 5$  år) befant seg i område C kan forklares på minst to måter:

1) Silda vandret mot kystområdene utenfor Lofoten i juni/juli, og stanset nær frontområdet mellom atlantisk vann og kystvann i område C. Beiteforholdene var sannsynligvis bedre her enn over kontinentalsokkelen, samtidig som avstanden til overvintringsområdene er relativt liten. Silda kan ha hatt erfaring med dårlige beiteforhold over kontinentalsokkelen

fra tidligere år, og kan derfor ha stoppet opp for å beite nær frontområdet. En mulig parallell til dette er observert hos trekkfugl. Under høsttrekket stopper mange fugler opp for å beite rett før kryssing av havområder (ALERSTAM 1978, 1990). I kystområdene kan det være dårlige beiteforhold, stor konkurranse og høyt predasjonspress, og fugl som beiter her kan etterhvert tvinges innover i landet igjen for å beite. Dominans av ungfugl blant fugl som flyr motsatt vei i forhold til høsttrekket (revers vandring) nær kysten kan indikere at eldre fugl stopper opp for å beite før kystområdene nås, muligens på grunn av tidligere erfaring med dårlige beiteforhold i kystområdene.

2) En annen mulighet er at silda vandret inn på kontinentalsokkelen i juni/juli, men snudde på grunn av dårlige beiteforhold og vandret vestover igjen til områder med gode beiteforhold. I beitesesongen vandrer stor sild lenger enn liten sild, og terskelverdien i tetthet av zooplankton for å forlate et beiteområde kan være lavere hos stor enn hos liten fisk (NØTTESTAD & al. in press). Dette kan forklare at eldre sild befant seg lenger vest enn ung sild. Revers vandring hos ungfugl (ALERSTAM 1978, 1990) kan være en mulig parallell til denne forklaringen. Ungfuglene har trolig vært innom kystområdene, men kan etterhvert ha måttet trekke innover i landet for å beite på grunn av stor konkurranse og dårlige beiteforhold i kystområdene.

Fraværet av sild eldre enn 6 år i område A og B (figur 2.5) støtter den første forklaringen. Beiteforholdene varierte sannsynligvis innen kystområdene, og dersom den eldste silda hadde vært innom sokkelen ville sannsynligvis deler av den hatt gode beiteforhold og blitt værende.

I 1996 dominerte 1991- og 1992-årsklassen i både område B og C. I juli dominerte 1990-, 1989- og 1983-årsklassen nord for 70°N, og 1993-, 1992- og 1991-årsklassen vest for Lofoten (ANON. 1996b). Det ble sannsynligvis ikke registrert stimer fra den eldste delen av bestanden, siden toktet kun dekket den sørlige delen av sildas utbredelsesområde (nord til 70.5°N, figur 2.1). Vandrende stimer svømte sørvest- og nordvestover i henholdsvis område B og C, og vandringsretningen var relativt homogen innen utvalgene. Det var imidlertid forskjeller mellom områdene. Utvalgene dekket en begrenset del av områdene (omtrent 30 n.m.) over et kort tidsrom (2-3 t), og innen utvalgene var det dermed relativt liten variasjon i miljøforhold (f.eks. beiteforhold, temperatur og strømmer). Siden

---

zooplankton vanligvis forekommer klumpvis (LALLI & PARSONS 1993; VALIELA 1995), er det lite trolig at den homogene vandringsretningen innen utvalgene kan forklares ved en jevn økning i planktonforekomster i denne retningen. Langdistansevandrere kan spare betydelig energi ved å svømme i samme retning som tidevannstransporten (WEIHS 1978; CASTONGUAY & GILBERT 1995) eller utnytte gunstige kyst- (NØTTESTAD & al. 1996) eller havstrømmer, dersom denne transportmåten bringer dem i riktig retning (NØTTESTAD & al. in press). Den dominerende overflatestrømmen i disse områdene har en nordøstlig retning (POULAIN & al. 1996), men om sommeren er strømmønsteret mer diffust og vil i større grad enn om vinteren være dirigert av vind (SÆTRE 1983). I Lofoten-bassenget er det kraftige virvelfelt, og det finnes indikasjoner på at disse virvlene har en tendens til å forflytte seg vestover (POULAIN & al. 1996). Forskjellene i vandringsretning kan altså skyldes ulike strømforhold.

Det finnes ikke informasjon om sildas beiteforhold i 1996. Silda vandret imidlertid vestover både i område B og C, noe som indikerer at beiteforholdene i kystområdene lignet forholdene i 1995. I 1996 beitet også ung sild (dominert av 1991- og 1992-årsklassen) i sentrale deler av Norskehavet i mai (figur 4.5 i ANON. 1996b; MISUND & al. 1998b), men denne delen av bestanden hadde sannsynligvis allerede i juni samlet seg i områdene utenfor Nord-Norge (MISUND & al. 1998b). Beitepresset kan dermed ha vært høyt i kystområdene store deler av sommeren også i 1996. Dette året dominerte en vestlig vandringsretning selv i områder der det var stor spredning i vandringsretning i 1995 (område C og vestlige deler av område B), noe som kan indikere at silda som vandret ut fra kysten i slutten av beitesesongen fortsatte lenger vest i 1996 enn i 1995. Dette kan skyldes variasjoner i frontens utstrekning. Sildas størrelse og erfaring kan også ha hatt betydning. Blant ung sild dominerte 1991- og 1992-årsklassen begge år, og silda var dermed gjennomsnittlig større og mer erfaren i 1996. Hovedtendensene i vandringsmønsteret var de samme begge år. Dette kan indikere at silda generelt vandrer vestover ved dårlige beiteforhold i kystområdene i juli, for å bedre beiteforholdene og dermed forlenge beitesesongen.

### 4.2.3 Svømme- og vandringshastighet

Gjennomsnittlig svømme- og vandringshastighet for vandrede stimer var henholdsvis 0.89 m/s (3.4 kroppslengder/s)<sup>17</sup> og 0.60 m/s (2.3 kroppslengder/s). Dette er i overensstemmelse med tidligere observert svømme- og vandringshastighet hos sild både i felt- (MISUND & AGLÉN 1992; HAFSTEINSSON & MISUND 1995; MISUND & al. 1996, 1997b, 1998a; NØTTESTAD & al. 1996) og laboratoriestudier (HE & WARDLE 1988). HE & WARDLE (1988) har funnet en maksimal vedvarende svømmehastighet på 4.06 kroppslengder/s for sild (25.3 cm, 13.5° C). I område A-C var temperaturen 8-12° C i overflaten (ANON. 1996a). Sildas gjennomsnittlige svømmehastighet i denne oppgaven så altså ut til å være innenfor grensene for vedvarende svømmehastighet. I dette studiet ble svømmehastigheten målt i forhold til jordoverflaten, og gjenspeiler derfor ikke sildas forflytning i forhold til vannmassene. Strømhastighet og -retning kan påvirke svømmehastigheten (TRUMP & LEGGET 1980; NØTTESTAD & al. in press), og den store variasjonen i svømme- og vandringshastighet innen stimkategorier og områder kan blant annet være forårsaket av varierende strømforhold.

I 1995 hadde område A og C høyere svømme- og vandringshastighet enn område B. Stimene i område A hadde størst gjennomsnittlig svømme- og vandringshastighet målt i kroppslengder/s, og beveget seg også mer rettlinjet enn i de andre områdene. Disse forskjellene kan skyldes forskjeller i strømmønster (TRUMP & LEGGET 1980; NØTTESTAD & al. in press), temperatur (HE 1993; VIDELER & WARDLE 1991; VIDELER 1993), sildas størrelse (HE 1993) eller miljøforhold (JAKOBSSON 1969; JAKOBSSON & ØSTVEDT 1996). Strømhastighet ble ikke målt, så det er vanskelig å si noe om strømmenes betydning. Temperaturen i overflaten var omtrent 2° C høyere i område A enn i C, mens det kun var små forskjeller mellom områdene på 50 m dyp (figur 15-16 i ANON. 1996a). Både område A (høyest temperatur) og område C (lavest temperatur) hadde høyere svømme- og vandringshastighet enn område B (middels temperatur), så temperatur kan ikke alene forklare forskjellene mellom områdene. Silda var minst i område A og størst i område C, så heller ikke sildas størrelse kan forklare forskjellene. Det har tidligere blitt observert at sild på beitevandring unngår områder med ugunstige forhold, som svært lav temperatur og

---

<sup>17</sup> basert på sildas median lengde i de ulike områdene

---

kanskje dårlige beiteforhold, ved å vandre raskt ut fra slike områder (JAKOBSSON 1969; JAKOBSSON & ØSTVEDT 1996).  $S_A$ -verdier indikerer at det var lavere planktonforekomster nær kysten i område A enn i område B og C (figur 14 i ANON. 1996a), og dårlige beiteforhold nær kysten kan ha utløst en relativt rask vandring sørvestover i område A. Dette forklarer imidlertid ikke at stimene i område C hadde omtrent like høy hastighet. I område B var svømme- og vandringshastigheten lav, på tross av at silda vandret vestover nær kysten. Det er nærliggende å tro at alle de nevnte faktorene påvirker svømme- og vandringshastigheten. I område A var sannsynligvis den viktigste årsaken til høy svømmehastighet dårlige beiteforhold. I område C kan sildas størrelse ha vært en viktig faktor, og i område B kan sannsynligvis den lave hastigheten forklares ved at silda var liten og i en beitefase. Strømforholdene kan også ha hatt stor betydning i alle områder.

Forskjellene i svømmehastighet mellom område B og C i 1996, og forskjellene mellom årene, var mest sannsynlig metodiske, og vil derfor ikke bli diskutert her (se avsnitt 4.1.4). Forskjellene i vandringshastighet kan imidlertid ha vært reelle. I 1996 var vandringshastigheten større i område C enn i B. Dette kan skyldes reelle forskjeller i svømmehastighet eller forskjeller i strømforhold. Det er uklart hva som forårsaket forskjellene i vandringshastighet mellom årene. Vandrende stimer hadde større vandringshastighet i 1995 enn i 1996, mens ubestemte stimer hadde størst vandringshastighet i 1996.

Sild har stor vandringskapasitet, og burde ikke ha problemer med å nå overvintringsområdene i Vestfjorden på tross av at den vandret vestover i juli. Største avstand i luftlinje til indre deler av Ofotfjorden, observert i område A i midten av juli 1995, var omtrent 500 n.m. I slutten av juli var maksimal observert avstand omtrent 300 n.m., og i 1996 var avstanden enda mindre. I denne undersøkelsen var gjennomsnittlig vandringshastighet for vandrende stimer 0.60 m/s, det vil si 28 n.m./døgn. Med en slik vandringshastighet ville silda brukt omtrent 18 døgn på å vandre 500 n.m. I 1968 startet vandringsen fra beiteområdene i Spitsbergen-Bjørnøya området til overvintringsområdene øst for Island i begynnelsen av september, og i løpet av 20 dager var strekningen Bjørnøya-Jan Mayen, omtrent 400 n.m., tilbakelagt (JAKOBSSON 1969). RØTTINGEN & RØTTINGEN (1991) har estimert at sild under gytevandringen vandret opptil 450 n.m. på 2-3 uker. Silda ankommer vanligvis ikke overvintringsområdene i Vestfjorden før i september/oktober



(RØTTINGEN 1988, 1992; DOMMASNES & al. 1994; RØTTINGEN & al. 1994; HUSE & ONA 1996). Den kan trolig beite i en avstand på opptil 500 n.m. fra overvintringsområdene i hele august, og likevel nå fram til overvintringsområdene i månedsskiftet september-oktober.

#### **4.2.4 Stimstørrelse**

I 1995 indikerte målinger av stimareal at stimene var større i område A enn i B og C. Dette kan skyldes forskjeller i beiteforholdene. Det var imidlertid stor variasjon i størrelse innen alle områdene. I beitesesongen kan stimstørrelsen påvirkes av om stimen beiter eller vandrer, og av predasjonspresset (EGGERS 1976; PITCHER & PARRISH 1993; NØTTESTAD & al. 1996). I sildas gytesesong er det observert at beitende stimer er mindre enn vandrende stimer (NØTTESTAD & al. 1996). Område A hadde den høyeste andelen av vandrende stimer. Beiteforholdene var også sannsynligvis dårligere i område A enn i område B og C, så andelen beitende stimer var sannsynligvis lavest i område A. Dette kan forklare forskjellene i stimareal. Store stimer kan finne mat raskere (HERGENRADER & HASLER 1968; PITCHER & al. 1982), og i teorien vandre mer presist enn små stimer (LARKIN & WALTON 1969). Når silda vandrer for å søke etter områder med bedre beiteforhold, kan det derfor være en fordel å være i store stimer. Det er imidlertid lite sannsynlig at silda hele tiden befinner seg i stimer med optimal stimstørrelse (FERNÖ & al. 1998). Silda er sannsynligvis ikke allvitende, og det er derfor lite sannsynlig at stimstørrelsen justeres kontinuerlig ettersom miljøforholdene endrer seg. For å øke stimstørrelsen er stimene dessuten avhengig av at det er andre stimer tilgjengelig (FERNÖ & al. 1998). I 1996 var stimene små, noe som tyder på at silda beitet, og det var ingen forskjell i stimstørrelse mellom område B og C. På grunn av store metodiske forskjeller var ikke årene sammenlignbare med hensyn på stimstørrelse.

#### **4.2.5 Sildas strategi i slutten av beitesesongen**

I 1995 vandret stimene i område A raskt, og var sannsynligvis store. Område A hadde også størst andel vandrende stimer. Nær kysten dominerte en vestlig eller sørlig vandringsretning, og stimene vandret sannsynligvis raskt ut fra kysten på grunn av dårlige beiteforhold. Silda i område A var trolig i større grad i en vandringsfase enn silda i område B og C.

---

I område B var svømme- og vandringshastigheten relativt lav, stimene mindre enn i område A, og andelen ubestemte stimer høy. Dette kan tyde på at det var flere beitende stimer her enn i område A. Nær kysten vandret stimene vestover, mens det var stor variasjon i vandringsretning i den vestlige delen. Beiteforholdene var trolig bedre i område B enn i A, siden område B ligger nær kontinentalskråningen og dermed fronten. Planktontettheten økte sannsynligvis likevel vestover, noe som kan forklare at stimene nær kysten vandret vestover.

I område C var stimstørrelsen omtrent som i område B, og svømme- og vandringshastigheten omtrent som i område A (målt i m/s). Det var stor spredning i vandringsretning. Dette området hadde sannsynligvis de beste beiteforholdene, og det meste av silda var trolig i en beitesituasjon. Den høye svømme- og vandringshastigheten i dette området kan forklares ved at silda var større her enn i de andre områdene.

I 1996 var stimene små, og sannsynligvis i en beitefase. Både i område B og C var det en klar tendens til at stimene vandret vestover, noe som indikerer at beiteforholdene var bedre vestover også dette året.

Dette studiet har vist at juli, som blir karakterisert som “i slutten av sildas beiteperiode”, sannsynligvis er en viktig periode i sildas beitesesong. Det er foreslått at dårlige beiteforhold langs kysten kan utløse en storskala vestlig vandring etter gytingen, basert på en prediksjon om høye konsentrasjoner av mat (FERNÖ & al. 1998). Dette studiet indikerer at det var dette som skjedde nær kysten også i slutten av beitesesongen. Silda hadde trolig en generell tendens til å vandre vestover (prediktiv orienteringsmekanisme), men justerte samtidig vandringsretningen etter lokale miljøforhold (beiteforhold, strømforhold og predasjonspress) ved hjelp av reaktive orienteringsmekanismer. En kombinasjonen av prediktive og reaktive orienteringsmekanismer kan forklare dominansen av en vestlig vandringsretning, samt variasjonen i vandringsretning. Forskjellene i svømme- og vandringshastighet nær kysten i område A og B, kan indikere at silda vandret raskere ut desto dårligere beiteforholdene var.

I juli er det fremdeles omtrent to måneder til silda normalt vandrer inn til overvintringsområdene (RØTTINGEN 1988, 1992; DOMMASNES & al. 1994; RØTTINGEN & al. 1994; HUSE & ONA 1996), og silda bør utfra en energimessig vurdering fortsette beitingen så lenge det er en gevinst ved dette i forhold til å overvintre. Gevinsten kan være avhengig av faktorer som sildas lengde og kondisjon, tilgjengelighet av byttedyr og energi- og tidsmessige kostnader ved en eventuell vandring (NØTTESTAD & al. in press). Sild tar til seg lite føde i overvintringsområdet (DOMMASNES & al. 1994; HUSE & ONA 1996; SLOTTE 1999), og det er derfor sannsynligvis en fordel å beite så lenge det er passende byttedyr relativt nær overvintringsområdene. Ved å vandre fra kystområder med dårlige beiteforhold til frontområdene nær kontinentalskråningen kunne silda trolig bedre beiteforholdene og forlenge beitesesongen.

Norsk vårgytende sild er en svært viktig art både i norske fiskerier og globalt (VANNUCCINI 1995; DRAGESUND & al. 1997; ANON. 1998). For å utnytte denne ressursen best mulig, er det viktig å forvalte bestanden fornuftig. Til dette trengs kunnskap om bestandens størrelse, aldersfordeling, rekruttering, utbredelse og vandringsmønster. Ved planlegging av akustiske mengdemålingstokt er det viktig å vite om bestanden forflytter seg, og i tilfelle med hvilken retning og hastighet (MACLENNAN & SIMMONDS 1992; GUNDERSON 1993). Også i bestandsmodeller kan det være avgjørende å ha kunnskap om arters forflytning gjennom året (DOMMASNES & HAUGE 1995; BOGSTAD & al. 1997). Dette er så vidt jeg vet første gang vandringsmønsteret hos norsk vårgytende sild i slutten av beiteperioden er kvantifisert i både stor og liten skala. Denne undersøkelsen har vist at silda i 1995 og 1996 vandret vestover på en tid av året det tidligere ble antatt at den vandret østover, sannsynligvis for å optimalisere beiteforholdene og lagre mest mulig energi før overvintringen. Denne kunnskapen kan benyttes i bestandsmodeller og planlegging av mengdemålingstokt. Dette studiet bidrar også til å øke den grunnleggende kunnskapen om hva som styrer sildas vandringsmønster i beiteperioden. For å få en bedre forståelse av sildas atferd på denne tiden av året bør det, på samme skala i rom og tid, samles et stort materiale på faktorer som kan påvirke atferden (f.eks. alder, vekt og lengde hos sild, tetthet av byttedyr, konkurranse, predasjonspress, temperatur, strømmer, lys, saltholdighet). Ved fremtidige studier av svømme- og vandringshastighet bør dessuten strømhastighet og -retning registreres kontinuerlig. I fremtiden kan kanskje nye akustiske metoder og instrumenter gjøre det mulig å samle informasjon om de fleste av disse

---

faktorene kontinuerlig mens fartøyet følger et gitt kursnett. Dersom det blir mulig å bruke akustisk metodikk til å kartlegge beiteforhold og predasjonspress, samt å fastslå hvilken art akustiske stimregistreringer tilhører uten fiskeprøver, vil et omfattende materiale kunne samles inn på relativt kort tid, og en vil enda bedre kunne belyse faktorene som påvirker sildas vandringsmønster.

## 5 REFERANSELISTE

- Alerstam, T. (1978). Reoriented bird migration in coastal areas: dispersal to suitable resting grounds? - *Oikos*, 30: 405-408.
- Alerstam, T. (1990). *Bird migration*. Cambridge University Press, Cambridge. 420 s.
- Anon. (1995). Report on surveys of the distribution and migrations of the Norwegian spring spawning herring and the environment of the Norwegian Sea and adjacent waters during the spring and summer of 1995. Reykjavík 11-13 September 1995. 51 s.
- Anon. (1996a). Interne toktrapper nr.3-1996. Toktrapport, F/ F "Johan Hjort", 7.juli-2.august, tokt nr.7 1995. - *Interne Notat*, nr.7-1996. Havforskningsinstituttet, Bergen. 32 s (norsk) + 33 s. (engelsk).
- Anon. (1996b). Report on surveys of the distribution and migrations of the Norwegian spring spawning herring and the environment of the Norwegian Sea and adjacent waters in late winter, spring and summer of 1996. Reykjavík 24-26 September 1996. 51 s.
- Anon. (1998). *Norsk sjømateksport 1998*. Eksportutvalget for Fisk, Tromsø. 222 s.
- Arnold, G.P. (1995). Mini-symposium on fish migration. Introduction. - *ICES Journal of Marine Science*, 52: 887-888.
- Arrhenius, F. (1995). *Feeding ecology of Baltic Sea herring (Clupea harengus L.) - field and model studies of a dominant zooplanktivor*. - Dr. scient. thesis. Department of Systems Ecology, Stockholm University, Sweden. 27 s.
- Axelsen, B.E. & Misund, O.A. (1997). Schooling dynamics of spawning herring (*Clupea harengus* L.) in a bay in south-western Norway. - s. 65-76 i: Shleinik, V. & Zaferman, M. (red.). *Proceedings of the seventh IMR-PINRO Symposium: gear selection and sampling gears*. PINRO Press, Murmansk.
- Axelsen, B.E., Nøttestad, L., Fernö, A., Johannessen, A. & Misund, O.A. (1998). Await in the pelagic: herring compromising reproduction and survival within a vertically split school. - *ICES Council Meeting*, 1998/J:19. 21 s.
- Bakken, E. (1983). Recent history of Atlanto-Scandian herring stocks. - s. 521-536 i: Sharp, G.D. & Csirke, J. (red.). *Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources, San José, Costa Rica, 18-29 April 1983. A preparatory meeting for the FAO world conference on fisheries management and development*. - *FAO Fisheries Report*, 291(2). 523 s.
- Blaxter, J.H.S. (1975). The role of light in the vertical migration of fish - a review. - s. 189-210 i: Evans, G.C., Bainbridge, R. & Rackham, O. (red.). *Light as an ecological factor: II: the 16th Symposium of the British Ecological Society, 26-28 March 1974*. Blackwell, Oxford. 616 s.
- Blaxter, J.H.S. (1985). The herring: a successful species? - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42 (suppl. 1): 21-30.
- Blaxter, J.H.S. & Batty, R.S. (1985). Herring behaviour in the dark: responses to stationary and continuously vibrating obstacles. - *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 65: 1031-1049.
- Blaxter, J.H.S. & Batty, R.S. (1987). Comparisons of herring behaviour in the light and dark: changes in activity and responses to sound. - *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 67: 849-860.

- 
- Blaxter, J.H.S., Gray, J.A.B. & Denton, E.J. (1981). Sound and startle responses in herring shoals. - *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 61: 851-869.
- Blaxter, J.H.S. & Hunter, J.R. (1982). The biology of the Clupeoid fishes. - *Advances in Marine Biology*, 20: 1-223.
- Blindheim, J. (1989). Ecological features of the Norwegian Sea. - s. 366-401 i: Rey, L. & Alexander, V. (red). *Proceedings of the sixth conference of the Comité Arctique International, 13-15 May 1985*. Brill, Leiden, The Netherlands. 637 s.
- Bodholt, H. & Olsen, K. (1977). Computer-generated display of an underwater situation: applications in fish behaviour studies. - *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions (Conseil International pour l'Exploration de la Mer)*, 170: 31-35.
- Bogstad, B., Hauge, K.H. & Ulltang, Ø. (1997). MULTSPEC - A multi-species model for fish and marine mammals in the Barents Sea. - *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 22: 317-341.
- Breder, Jr., C.M. (1959). Studies on social groupings in fishes. - *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 117(6): 395-481.
- Castonguay, M. & Gilbert, D. (1995). Effects of tidal streams on migrating Atlantic mackerel, *Scomber scombrus* L. - *ICES Journal of Marine Science*, 52: 941-954.
- Clark, C.W. & Levy, D.A. (1988). Diel vertical migrations by juvenile sockeye salmon and the antipredation window. - *The American Naturalist*, 131(2): 271-290.
- Corten, A. (1993). Learning processes in herring migrations. - *ICES Council Meeting*, 1993/H:18. 8 s.
- Daan, N. (1980). A review of replacement of depleted stocks by other species and the mechanisms underlying such replacement. - *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions (Conseil International pour l'Exploration de la Mer)*, 177: 405-421.
- Dalpadado, P. (1993). Some observations on the feeding ecology of Norwegian spring spawning herring *Clupea harengus* along the coast of Norway. - *ICES Council Meeting*, 1993/L:47. 12 s.
- Dalpadado, P. & Ellertsen, B., Melle, W. & Dommasnes, A. (in press). Food, feeding conditions and prey selectivity of herring (*Clupea harengus*) through its feeding migrations from Coastal areas of Norway to the Atlantic and Arctic watermasses of the Nordic Seas. - *ICES Journal of Marine Science*.
- Dalpadado, P., Melle, W., Ellertsen, B. & Dommasnes, A. (1996). Food and feeding conditions of herring *Clupea harengus* in the Norwegian Sea. - *ICES Council Meeting*, 1996/L:20. 34 s.
- Devold, F. (1963). The life history of the Atlanto-Scandian herring. - *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions (Conseil International pour l'Exploration de la Mer)*, 154: 98-108.
- Devold, F. (1968). The formation and the disappearance of a stock unit of Norwegian herring. - *Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Havundersøkelser*, 15: 1-22.
- Devold, F. (1969). The behaviour of the Norwegian tribe of the Atlanto-Scandian herring. - *FAO Fisheries Report*, 62: 543-549.
- Dommasnes, A. & Hauge, K.H. (1994). HERMOD, a single species model for the Norwegian spring spawning herring stock. - *ICES Council Meeting*, 1994/H:11. 12 s.
- Dommasnes, A., Rey, F. & Røttingen, I. (1994). Reduced oxygen concentrations in herring wintering areas. - *ICES Journal of Marine Science*, 51: 63-69.

- Dragesund, O., Hamre, J. & Ulltang, Ø. (1980). Biology and population dynamics of the Norwegian spring-spawning herring. - *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions (Conseil International pour l'Exploration de la Mer)*, 177: 43-71.
- Dragesund, O., Johannessen, A. & Ulltang, Ø. (1997). Variation in migration and abundance of Norwegian spring spawning herring (*Clupea harengus* L.). - *Sarsia*, 82: 97-105.
- Eggers, D.M. (1976). Theoretical effect of schooling by planktivorous fish predators on rate of prey consumption. - *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 33: 1964-1971.
- Enger, P.S. (1967). Hearing in herring. - *Comparative Biochemistry and Physiology: an International Journal*, 22: 527-538.
- Engås, A., Misund, O.A., Soldal, A.V., Horvei, B. & Solstad, A. (1995). Reactions of penned herring and cod to playback of original, frequency-filtered and time-smoothed vessel sound. - *Fisheries Research*, 22: 243-254.
- Fernö, A., Pitcher, T.J., Melle, W., Nøttestad, L., Mackinson, S., Hollingworth, C. & Misund, O.A. (1998). The challenge of the herring in the Norwegian Sea: making optimal collective spatial decisions. - *Sarsia*, 83: 149-167.
- Fotland, Å., Borge, A., Gjøsæter, H., Mjanger, H., Senneset, H. & Smedstad, O.M. (1993). Håndbok for prøvetaking av fisk og koding og utfylling av skjema. Havforskningsinstituttet, Bergen.
- Fuiman, L.A. & Magurran A.E. (1994). Development of predator defences in fishes. - *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 4: 145-183.
- Giske, J. & Salvanes, A.G.V. (1995). Why pelagic planktivores should be unselective feeders. - *Journal of Theoretical Biology*, 173: 41-50.
- Gunderson, D.R. (1993). *Surveys of fisheries resources*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 248 s.
- Gunn, D.L., Kennedy, J.S. & Pielou, D.P. (1937). Classification of taxes and kinesis. - *Nature (London)*, 140: 1064.
- Hafsteinsson, M.T. & Misund, O.A. (1995). Recording the migration behaviour of fish schools by multi-beam sonar during conventional acoustic surveys. - *ICES Journal of Marine Science*, 52: 915-924.
- Hamre, J. (1990). Life history and exploitation of the Norwegian spring spawning herring. - s. 5-39 i: Monstad, T. (red.). *Biology and fisheries of the Norwegian spring spawning herring and blue whiting in the northeast Atlantic: proceedings of the fourth Soviet-Norwegian Symposium, Bergen, 12-16 June 1989*. Institute of Marine Research, Bergen.
- Hamre, J. (1994). Biodiversity and exploitation of the main fish stocks in the Norwegian-Barents Sea ecosystem. - *Biodiversity and Conservation*, 3: 473-492.
- Harden Jones, F.R. (1968). *Fish Migration*. Edward Arnold Ltd., London. 325 s.
- Harden Jones, F.R. & McCartney, B.S. (1962). The use of electronic sector-scanning sonar for following the movements of fish shoals: sea trials on R.R.S "Discovery II". - *Journal du Conseil. Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 27(2): 141-149.
- He, P. (1993). Swimming speeds of marine fish in relation to fishing gears. - *ICES Marine Science Symposia: Actes du Symposium*, 196: 183-189.

- 
- He, P. & Wardle, C.S. (1988). Endurance at intermediate swimming speeds of Atlantic mackerel, *Scomber scombrus* L., herring, *Clupea harengus* L., and saithe, *Pollachius virens* L. - *Journal of Fish Biology*, 33: 255-266.
- Helland-Hansen, B. & Nansen, F. (1909). The Norwegian Sea: its physical oceanography based upon the Norwegian researches 1900-1904. - *Report on Norwegian Fishery and Marine Investigations*, 2(2). 390 s.
- Hergenrader, G.L. & Hasler, A.D. (1968). Influence of changing seasons on schooling behavior of Yellow Perch. - *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 25(2): 711-716.
- Holst, J.C. (1992). Cannibalism as a factor regulating year class strength in the Norwegian spring-spawning herring stock. - *ICES Council Meeting*, 1992/H:14. 15 s.
- Holst, J.C. & Iversen, S.A. (1992). Distribution of Norwegian spring-spawning herring and mackerel in the Norwegian Sea in late summer, 1991. - *ICES Council Meeting*, 1992/H:13. 13 s.
- Horton, J.W. (1959). *Fundamentals of sonar*. United States Naval Institute, Annapolis, Maryland. 417 s.
- Howell, D.C. (1987). *Statistical methods for psychology*. Second edition. Duxbury Press, Boston. 636 s.
- Huse, I. & Ona, E. (1996). Tilt angle distribution and swimming speed of overwintering Norwegian spring spawning herring. - *ICES Journal of Marine Science*, 53: 863-873.
- Jakobsson, J. (1968). Appendix: Herring migrations east of Iceland during the summer and autumn 1966 and 1967. - *Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Havundersøkelser*, 15: 17-22.
- Jakobsson, J. (1969). On herring migrations in relation to changes in sea temperature. - *Jökull*, 19: 134-145.
- Jakobsson, J. (1980). The north Icelandic herring fishery and environmental conditions, 1960-68. - *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions (Conseil International pour l'Exploration de la Mer)*, 177: 460-465.
- Jakobsson, J. & Østvedt, O.J. (1996). A preliminary review of the joint investigations on the distribution of herring in the Norwegian and Icelandic seas 1950-1970. - *ICES Council Meeting*, 1996/H:14. 44 s.
- Johannessen, A., Slotte, A., Bergstad, O.A., Dragesund, O. & Røttingen, I. (1995). Reappearance of Norwegian spring spawning herring (*Clupea harengus* L.) at spawning grounds off southwestern Norway. - s. 347-363 i: Skjoldal, H.R., Hopkins, C., Erikstad, K.E. & Leinaas, H.P. (red.). *Ecology of fjords and coastal waters. Proceedings of the Mare Nor symposium on the ecology of fjords and coastal waters, Tromsø, Norway, 5-9 December, 1994*. Elsevier Science, Amsterdam. 623 s.
- Johannessen, O.M. (1986). Brief overview of the physical oceanography. - s. 103-127 i: Hurdle, B.G. (red.). *The Nordic Seas*. Springer Verlag, New York. 777 s.
- Johannessen, S.Ø. (1992). Operator manual SIMRAD SR 240 sonar (software version 5.0x). SIMRAD, Kongsberg.
- Johansen, A.C. (1919). On the large spring-spawning sea herring (*Clupea harengus*, L.) in the North-West European waters. - *Meddelelser fra Kommissionen for Havundersøgelser, Serie: Fiskeri*, 5(8). 56 s.
- Keenleyside, M.H.A. (1955). Some aspects of the schooling behaviour of fish. - *Behaviour: an International Journal of Behavioural Biology*, 8: 83-248.
- Knudsen, H.P. (1990). The Bergen Echo Integrator: an introduction. - *Journal du Conseil. Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 47: 167-174.



- Lalli, C.M. & Parsons, T.R. (1993). *Biological oceanography. An introduction*. First edition. Pergamon Press, Oxford. 301 s.
- Larkin, P.A. & Walton, A. (1969). Fish school size and migrations. - *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 26(5): 1372-1374.
- Legget, W.C. (1977). The ecology of fish migrations. - *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8: 285-308.
- Loeng, H., Mork, M. & Slagstad, D. (1992). 2 Fysisk oseanografi. - s. 23-42 i: Sakshaug, E., Bjørge, A., Gulliksen, B., Loeng, H. & Mehlum, F. (red.). *Økosystem Barentshavet*. Pro Mare. Norwegian Research Program for Marine Arctic Ecology, Trondheim. 304 s.
- MacLennan, D.N. & Simmonds, E.J. (1992). *Fisheries Acoustics*. First edition. Chapman & Hall, London. 325 s.
- Mann, K.H. & Lazier, J.R.N. (1991). *Dynamics of marine ecosystems. Biological-physical interactions in the oceans*. First edition. Blackwell Scientific Publications, Boston. 466 s.
- Manteufel, B.P. (1941). The plankton and the herring in the Barents Sea. - *Transactions of the Knipovich Polar Scientific Institute of Sea-Fisheries and Oceanography (Murmansk, USSR)*, 7: 125-218 (på russisk med engelsk sammendrag).
- McQuinn, I.H. (1997). Metapopulations and the Atlantic herring. - *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7: 297-329.
- Melle, W., Knutsen, T., Ellertsen, B., Kaartvedt, S. & Noji, T. (1993). Økosystemet i østlige Norskehavet; sokkel og dyphav. - *Havforskningsinstituttet, Rapport fra Senter for Marint Miljø*, 1993 nr. 4. Havforskningsinstituttet, Bergen. 108 s.
- Melle, W., Røttingen, I. & Skjoldal, H.R. (1994). Feeding and migration of Norwegian spring spawning herring in the Norwegian Sea. - *ICES Council Meeting*, 1994/R:9. 25 s.
- Misund, O.A. (1990). Sonar observations of schooling herring: school dimensions, swimming behaviour, and avoidance of vessel and purse seine. - *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions (Conseil International pour l'Exploration de la Mer)*, 189: 135-146.
- Misund, O.A. (1992). Predictable swimming behaviour of schools in purse seine capture situations. - *Fisheries Research: an International Journal on Fishing Technology, Fisheries Science and Fisheries Management*, 14(4): 319-328.
- Misund, O.A. (1993a). Avoidance behaviour of herring (*Clupea harengus*) and mackerel (*Scomber scombrus*) in purse seine capture situations. - *Fisheries Research: an International Journal on Fishing Technology, Fisheries Science and Fisheries Management*, 16: 179-194.
- Misund, O.A. (1993b). Dynamics of moving masses: variability in packing density, shape and size among herring, sprat and saithe schools. - *ICES Journal of Marine Science*, 50: 145-160.
- Misund, O.A. (1994). Swimming behaviour of fish schools in connection with capture by purse seine and pelagic trawl. - s. 84-106 i: Fernö, A. & Olsen, S. (red.). *Marine fish behaviour in capture and abundance estimation*. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd., Oxford. 221 s.
- Misund, O.A. (1997). Underwater acoustics in marine fisheries and fisheries research. - *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7: 1-34.
- Misund, O.A. & Aglen, A. (1992). Swimming behaviour of fish schools in the North Sea during acoustic surveying and pelagic trawl sampling. - *ICES Journal of Marine Science*, 49: 325-334.

- 
- Misund, O.A., Aglen, A., Johannessen, S.Ø., Skagen, D. & Totland, B. (1993). Assessing the reliability of fish density estimates by monitoring the swimming behaviour of fish schools during acoustic surveys. - *ICES Marine Science Symposia: Actes du Symposium*, 196: 202-206.
- Misund, O.A., Fernö, A., Guenette, S., Mackinson, S., Melle, W., Nøttestad, L. & Slotte, A. (1997a). Migration behaviour of herring along the cold front in the Norwegian Sea in April 1997. - *ICES Council Meeting*, 1997/EE:12. 14 s.
- Misund, O.A., Fernö, A., Pitcher, T. & Totland, B. (1998a). Tracking herring schools with a high resolution sonar. Variations in horizontal area and relative echo intensity. - *ICES Journal of Marine Science* 55(1): 58-66.
- Misund, O.A., Melle, W. & Fernö, A. (1997b). Migration behaviour of Norwegian spring spawning herring when entering the cold front in the Norwegian Sea. - *Sarsia*, 82: 107-112.
- Misund, O.A., Totland, B. & Floen, S. (1994). Algoritmer for databasert stimdeteksjon med SIMRAD SA 950. - *Interne Notat, Havforskningsinstituttet, Bergen*, nr.17 - 1994.
- Misund, O.A., Vilhjálmsson, H., Jákupsstovu, S.H., Røttingen, I., Belikov, S., Asthorsson, O., Blindheim, J., Jónsson, J., Krysov, A., Malmberg, S.A. & Sveinbjørnsson, S. (1998b). Distribution, migration and abundance of Norwegian spring spawning herring in relation to the temperature and zooplankton biomass in the Norwegian Sea as recorded by coordinated surveys in spring and summer 1996. - *Sarsia*, 83: 117-127.
- Misund, O.A., Øvredal, J.T. & Hafsteinsson, M.T. (1996). Reactions of herring schools to the sound field of a survey vessel. - *Aquatic Living Resources*, 9: 5-11.
- Mitson, R.B. (1993). Underwater noise radiated by research vessels. - *ICES Marine Science Symposia: Actes du Symposium*, 196: 147-152.
- Mohr, H. (1969). Observations on the Atlanto-Scandian herring with respect to schooling and reactions to fishing gear. - *FAO Fisheries Reports*, 62: 567-577.
- Nøttestad, L. (1994). *Stimodynamiske studier på norsk vårgytende sild (Clupea harengus L.) under gyteperioden ved Karmøy*. Hovedfagsoppgave i fiskeribiologi, Institutt for Fiskeri- og Marinbiologi, Universitetet i Bergen. 97 s.
- Nøttestad, L., Aksland, M., Beltestad, A., Fernö, A., Johannessen, A. & Misund, O.A. (1996). Schooling dynamics of Norwegian spring spawning herring (*Clupea harengus* L.) in a coastal spawning area. - *Sarsia*, 80: 277-284.
- Nøttestad, L., Giske, J., Holst, J.C. & Huse, G. (in press). A length based hypothesis to explain feeding migrations in pelagic fish. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.
- Olsen, K. (1971). Influence of vessel noise on behaviour of herring. - s. 291-294 i: Kristjonsson, H. (red.). *Modern fishing gear of the world: 3: Fish finding, purse seining, aimed trawling*. Fishing News Books, London. 537 s.
- Olsen, K., Angell, J. & Løvik, A. (1983a). Quantitative estimations of the influence of fish behaviour on acoustically determined fish abundance. - *FAO Fisheries Reports*, 300: 139-149.
- Olsen, K., Angell, J., Pettersen, F. & Løvik, A. (1983b). Observed fish reactions to a surveying vessel with special reference to herring, cod, capelin and polar cod. - *FAO Fisheries Reports*, 300: 131-138.
- Partridge, B.L., Pitcher, T., Cullen, J.M. & Wilson, J. (1980). The three-dimensional structure of fish schools. - *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 6: 277-288.

- Pavshstiks, E.A. (1959). Seasonal changes in plankton and feeding migrations of herring. - *Special Scientific Report. Fisheries (United States Fish and Wildlife Service)*, 327: 104-139.
- Pitcher, T.J. (1983). Heuristic definitions of shoaling behaviour. - *Animal Behaviour*, 31(2): 611-613.
- Pitcher, T.J., Magurran, A.E. & Winfield, I.J. (1982). Fish in larger shoals find food faster. - *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 10: 149-151.
- Pitcher, T.J. & Parrish, J.K. (1993). Functions of shoaling behaviour in teleosts. - s. 363-439 i: Pitcher, T.J. (red.). *Behaviour of teleost fishes*. Second edition. Chapman & Hall, London. 715 s.
- Poulain, P.-M., Warn-Varnas, A. & Niiler, P.P. (1996). Near-surface circulation of the Nordic seas as measured by Lagrangian drifters. - *Journal of Geophysical Research*, 101(C8): 18 237-18 258.
- Radakov, D.V. (1973). *Schooling in the ecology of fish*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 173 s.
- Robinson, C.J. & Pitcher, T.J. (1989a). Hunger motivation as a promoter of different behaviours within a shoal of herring: selection for homogeneity in fish shoal? - *Journal of Fish Biology*, 35: 459-460.
- Robinson, C.J. & Pitcher, T.J. (1989b). The influence of hunger and ration level on shoal density, polarization and swimming speed of herring, *Clupea harengus* L. - *Journal of Fish Biology*, 34: 631-633.
- Rose, G.A. & Legget, W.C. (1990). The importance of scale to predator-prey spatial correlations: an example of Atlantic fishes. - *Ecology*, 71(1): 33-43.
- Røttingen, I. (1988). Distribution and migration of the 1983 year class of Norwegian spring spawning herring in the period July 1987-August 1988. - *ICES Council Meeting*, 1988/H:41. 15 s.
- Røttingen, I. (1989). Reappearance of Norwegian spring spawning herring on spawning grounds south of 60°N. - *ICES Council Meeting*, 1989/H:22. 8 s.
- Røttingen, I. (1990a). A review of variability in the distribution and abundance of Norwegian spring spawning herring and Barents Sea capelin. - *Polar Research*, 8: 33-42.
- Røttingen, I. (1990b). The 1983 year class of Norwegian spring spawning herring as juveniles and recruit spawners. - s. 165-203 i: Monstad, T. (red.). *Biology and fisheries of the Norwegian spring spawning herring and blue whiting in the northeast Atlantic: proceedings of the fourth Soviet-Norwegian Symposium, 12-16 June 1989*. Institute of Marine Research, Bergen, Norway. 358 s.
- Røttingen, I. (1992). Recent migration routes of Norwegian spring spawning herring. - *ICES Council Meeting*, 1992/H:18. 10 s.
- Røttingen, I., Foote, K.G., Huse, I. & Ona, E. (1994). Acoustic abundance estimation of wintering Norwegian spring spawning herring, with emphasis on methodological aspects. - *ICES Council Meeting*, 1994/(B+D+G+H):1. 39 s.
- Røttingen, I. & Røttingen, J. (1991). Swimming speed of spent Norwegian spring spawning herring. - *ICES Council Meeting*, 1991/H:9. 7 s.
- SAS Institute Inc. (1988). *SAS/STAT®. User's guide, release 6.03 edition*. SAS Institute Inc., Cary, NC. 1028 s.
- Skjoldal, H.R., Noji, T.T., Giske, J., Fosså, J.H., Blindheim, J. & Sundby, S. (1993). *Mare Cognitum. Science plan for research on marine ecology of the Nordic Seas (Greenland, Norwegian, Iceland Seas) 1993-2000. A regional GLOBEC program with contributions also to WOCE and JGOFS*. Institute of Marine Research, Bergen, Norway. 162 s.

- 
- Slotte, A. (1999). Differential utilization of energy during wintering and spawning migration in Norwegian spring-spawning herring - *Journal of Fish Biology*, 54: 338-355.
- Sætre, R. (1983). Strømforholdene i øvre vannlag utenfor Norge. - *Rapport/Notat*, nr. FO8306. Havforskninginstituttet, Bergen. 34 s.
- Sætre, R. & Ljøen, R. (1972). The Norwegian coastal current. - s. 514-535 i: Stabell Wetteland, S. & Bruun, P. (red.). *Proceedings of the first international conference on port and ocean engineering under arctic conditions, the Technical University of Norway, Trondheim, Norway, Aug. 23-30, 1971. Vol.1.* The Technical University of Norway, Trondheim, Norway. 888 s.
- Toresen, R. & al. (1998). Havets ressurser 1998 (Ressursoversikten). - *Fisken og Havet*, særnummer 1. 152 s.
- Totland, B. & Misund, O.A. (1993). Computerbased detection of schools for counting, quantification of size and swimming behavior by the SIMRAD SA 950 sonar. - *ICES Council Meeting*, 1993/B:17. 11 s.
- Trump, C.L. & Legget, W.C. (1980). Optimum swimming speeds in fish: The problem of currents. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 1086-1092.
- Vabø, R., Olsen, K. & Huse, I. (ms.). Vessel avoidance of Norwegian spring spawning herring. 3 s.
- Valdemarsen, J.W. & Misund, O.A. (1995). Trawl designs and techniques used by Norwegian research vessels to sample fish in the pelagic zone. - s. 135-144 i: Hysten, A. (red.). *Precision and relevance of pre-recruit studies for fishery management related to fish stocks in the Barents Sea and adjacent waters: proceedings of the sixth IMR-PINRO symposium, Bergen, 14-17 June 1994.* Institute of Marine Research, Bergen, Norway. 323 s.
- Valiela, I. (1995). *Marine ecological processes*. Second edition. Springer, New York. 686 s.
- Vannuccini, S. (1995). World production and trade in small pelagics (1988-1995). - *Rome, FAO, GLOBEFISH Research Programme*, vol. 39. 94 s.
- Videler, J.J. (1993). *Fish Swimming*. Chapman & Hall, London. 260 s.
- Videler, J.J. & Wardle, C.S. (1991). Fish swimming stride by stride: speed limits and endurance. - *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1: 23-40.
- Vilhjálmsón, H., Misund, O.A., Arrhenius, F., Holst, J.C., Gislason, A., Gudmundsdóttir, A., Jacobsen, J.A., Krysov, A., Malmberg, S.A. & Reid, D. (1997). Report on surveys of the distribution, abundance and migrations of the Norwegian spring-spawning herring, other pelagic fish and the environment of the Norwegian Sea and adjacent waters in late winter, spring and summer of 1997. - *ICES Council Meeting*, 1997/Y:04. 49 s.
- Weihs, D. (1978). Tidal stream transport as an efficient method of migration. - *Journal du Conseil (International Council for the Exploration of the Sea)*, 38(1): 92-99.
- Wiborg, K.F. (1955). Zooplankton in relation to hydrography in the Norwegian Sea. - *Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Havundersøkelser*, 11(4). 66 s.
- Wiborg, K.F. (1978). Variations in zooplankton volumes at the permanent oceanographic stations along the Norwegian coast and at weather ship station M(ike) in the Norwegian Sea during the years 1949-1972. - *Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Havundersøkelser*, 16: 465-487.
- Zar, J.H. (1996). *Biostatistical analysis*. Third edition. Prentice Hall, New Jersey. 662 s.

- Zusser, S.G. (1958). A study of the causes of diurnal vertical migration in fishes. - *Akademija Nauk SSSR, Moskva. Ichtiologiceskaja Kommissija. Trudy Sovescanij*, 8: 115-120 (på russisk, sitert i Blaxter 1975).
- Østvedt, O.J. (1955). Zooplankton investigations from weathership M in the Norwegian Sea, 1948-49. - *Hvalrådets Skrifter*, 40: 1-93.
- Østvedt, O.J. (1965). The migration of Norwegian herring to Icelandic waters and the environmental conditions in May-June, 1961-1964. - *Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Havundersøkelser*, 13(8): 29-47.

## PERSONLIGE MEDDELELSER:

Bjelland, Otte  
Senter for Marine Ressurser, Seksjon Pelagisk Fisk, Havforskningsinstituttet, Bergen.

Misund, Ole Arve  
Senter for Marine Ressurser, Fangstseksjonen, Havforskningsinstituttet, Bergen.

Nøttestad, Leif  
Senter for Marine Ressurser, Fangstseksjonen, Havforskningsinstituttet, Bergen.

---

---

## 6 VEDLEGG

V1 TRÅLFANGSTER OG FISKEPRØVER .....	97
V2 DATAPROGRAM.....	99
V3 FIGURER OVER STIMBEVEGELSE.....	105
V4 NORMALTESTER .....	109
V5 DESKRIPTIV STATISTIKK.....	113
V6 SPEARMANS KORRELASJONSKOEFFISIENTER.....	119
V7 IKKE-PARAMETRISKE SAMMENLIGNINGSTESTER.....	121
V8 FORDELING AV STIMER .....	129
V9 FORDELING AV STIMKATEGORIER .....	131
V10 HISTOGRAM OVER STIMAREAL .....	133

---



## V1 Trålfangster og fiskeprøver

**Tabell V1 a)** Fangster på fiskestasjonene 323-27 og 330-31 i 1996. Stasjoner markert med fet skrift eller grått ligger innenfor henholdsvis område B og C.

Fiskestasjon	Dato	Fangst
323	15.7	sild, en steinbit, en makrell, en rognkjeks
324	16.7	mye 0-gr. sild, noe voksen sild, 2-3 sei, 2 rognkjeks
<b>325</b>	16.7	5 kurver sild, mye 0-gr.sild, maneter
326	17.7	sild, sildelarver, maneter, rognkjeks
327	17.7	sild, maneter
330	17.7	sild, hyselarver, maneter, rognkjeks
<b>331</b>	18.7	sild (500 kg - 1 tonn)

**Tabell V1 b)** Sildas lengde på fiskestasjonene 323-27 og 330-31 i 1996. Stasjoner markert med fet skrift eller grått ligger innenfor henholdsvis område B og C.

Lengde, cm	Fiskestasjon							Totalt	%
	323	324	<b>325</b>	326	327	330	<b>331</b>		
21	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
22	0	7	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	8	3.59
23	0	13	<b>0</b>	1	1	0	<b>0</b>	15	6.73
24	0	9	<b>1</b>	2	0	0	<b>0</b>	12	5.38
25	3	1	<b>1</b>	2	0	0	<b>1</b>	8	3.59
26	12	2	<b>3</b>	4	0	1	<b>2</b>	24	10.76
27	18	2	<b>0</b>	3	4	4	<b>3</b>	34	15.25
28	27	0	<b>4</b>	1	6	4	<b>6</b>	48	21.52
29	24	0	<b>2</b>	2	4	2	<b>4</b>	38	17.04
30	9	1	<b>4</b>	0	2	4	<b>1</b>	21	9.42
31	2	0	<b>1</b>	0	1	2	<b>0</b>	6	2.69
32	1	0	<b>1</b>	1	1	1	<b>0</b>	5	2.24
33	0	1	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	1	0.45
34	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
35	0	0	<b>0</b>	0	0	1	<b>0</b>	1	0.45
36	0	0	<b>0</b>	1	0	0	<b>0</b>	1	0.45
37	0	1	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	1	0.45
38	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
39	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
40	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
<b>Totalt</b>	96	37	<b>18</b>	17	19	19	<b>17</b>	223	100.00

**Tabell V1 c)** Sildas alder (lest fra fiskeskjell) på fiskestasjonene 323-27 og 330-31 i 1996. Stasjoner markert med fet skrift eller grått ligger innenfor henholdsvis område B og C.

Alder, år	Fiskestasjoner							Totalt	%
	323	324	<b>325</b>	326	327	330	<b>331</b>		
0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
1	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
2	0	2	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	2	0.90
3	3	28	<b>3</b>	3	1	0	<b>0</b>	38	17.04
4	77	4	<b>10</b>	11	12	15	<b>14</b>	143	64.13
5	16	1	<b>4</b>	1	6	3	<b>3</b>	34	15.25
6	0	1	<b>1</b>	1	0	0	<b>0</b>	3	1.35
7	0	0	<b>0</b>	0	0	1	<b>0</b>	1	0.45
8	0	0	<b>0</b>	1	0	0	<b>0</b>	1	0.45
9	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
10	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
11	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
12	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
13	0	1	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	1	0.45
14	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
15+	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0.00
<b>Totalt</b>	96	37	<b>18</b>	17	19	19	<b>17</b>	223	100.00

**Tabell V1 d)** Mageprøver fra fiskestasjonene 323-24 og 330-31. n = antall mager. Stasjoner markert med fet skrift eller grått ligger innenfor henholdsvis område B og C.

Fiskestasjon	n	Copepoder	Kruttåte	Amfipoder	Sildelarver	Kommentar
323	31	80-99 %	0-15 %	0-5 %		
324	14				~ 100 %	
<b>330</b>	20	80-100 %	0-20 %			Calanus
<b>331</b>	20					Kun tomme mager

## V2 Dataprogram

Tabell V2 a) Program for databehandling av data fra 1995.

Atferd95.sas	Kommentar
001 filename stim pipe "gzcat /home/triton/leif/hjort95/stim343.dat";	*stim 343's fil leses inn
002	
003 data test;	*lager datasettet test (formater o.l.)
004 infile stim;	
005 informat tid datetime.;	
006 format tid datetime. stimnr avstand 4. peiling dybde gyro 3.	
007 fart 4.1 retning 3. stimfart 4.1	
008 modus art storelse detek \$2.;	
009 input tid stimnr avstand peiling dybde gyro fart retning	
010 stimfart modus \$ art \$ storelse \$ detek \$;	
011 run;	
012	
013 proc fsprint data = test;	*skriver ut datasettet test på skjermen
014 run;	
015	
016 data test1;	*lager datasettet test1 for figur over stimens
017 set test;	bevegelse i forhold til båten, med båten
018 retain ybat;	bevegelse langs y-aksen
019 if _n_ = 1 then ybat = 0;	*båten y-koordinat = 0 for første ping
020 t = tid - lag1(tid);	
021 ping = _n_;	
022 if ping < 2 then delete;	*øvre og nedre grense for hvilke ping som skal
023 if ping > 61 then delete;	tas med
024 if t = . then t = 0;	
025 stimfart = stimfart * 0.5144;	*fra knop til m s <sup>-1</sup>
026 fart = fart * 0.5144;	
027 deltax = (fart * t);	
028 ybat = ybat + deltax;	
029 xstim = sin (peiling * 3.14/180) * avstand;	*stimens x-koordinat fra stimens retning og
030 ystim = (cos (peiling * 3.14/180) * avstand) + (ybat);	avstand i forhold til båten
031 xbat = 0;	*båten bevegelse langs y-aksen
032 if stimnr ne lag1(stimnr) then first = ystim;	*stimens startpunkt markeres
033 else first = .;	
034 xkomp = cos (retning * (3.14/180));	*brukes i beregning av vandringsretning
035 ykomp = sin (retning * (3.14/180));	
036 nkomp = stimfart * xkomp;	*brukes i beregning av vandringshastighet
037 ekomp = stimfart * ykomp;	
038 run;	
039	
040 proc fsprint data = test1;	
041 run;	
042	
043 title1;	
044 title2 "SCHOOL 343, Johan Hjort 1995";	*figur over stimens bevegelse i forhold til
045 goptions device = xcolor;	båten, med båten bevegelse langs y-aksen
046 symbol1 cv = red v = point i = join l = 1 ci = green;	
047 symbol2 c = green v = dot;	
048 symbol3 cv = red v = point i = join l = 2 ci = green;	
049 proc gplot data = test1;	
050 plot (ystim first)*xstim ybat*xbat / overlay;	
051 run;	
052	
053 proc gplot data = test1;	*plotter stimens koordinater i figuren over mot
054 plot (xstim ystim)*ping;	pingnummer
055 run;	
056	
057 proc means data = test1;	*beregner enkle statistiske variabler
058 var stimfart dybde avstand gyro fart xkomp ykomp retning nkomp ekomp;	
059 run;	

---

**Tabell V2 b)** Programmer for databehandling av data fra 1996.

i) Program for å lage figurer av stimens bevegelse i forhold til båten med båtens bevegelse langs y-aksen, og beregne enkle statistiske variable fra registrerte parametre.

---

<b>Atferd96.sas</b>	<b>Kommentar</b>
001 filename stim pipe "zcat /home/triton/leif/cecilie/SA950-N000-S000-S0000000-D19960717-T044245.school";	
002	
003 data test;	
004 infile stim;	
005 input ping mile date \$ timea 31-32 a \$ 33 timeb 34-35 b \$ 36 timec	
006 37-38 na 40-41 c \$ 42 nb 43-47 n \$ ea 52-54 d \$ 55 eb 56-60 e \$	
007 head speed tilt area csum range bear thresh cat echno scno cnt;	
008 if cat > 0 then delete;	
009 if mile = . then delete;	
010 if ping < 10 then delete;	
011 if scno = . then delete;	
012 if scno = 0 then delete;	
013 fart = speed * 0.5144;	<i>*fra knop til m s<sup>-1</sup></i>
014 time = timea + (timeb/60) + (timec/3600);	<i>*fra timer, min og sek til hele timer</i>
015 north = na + (nb/60);	<i>*fra grader og min til hele grader</i>
016 east = ea + (eb/60);	
017 if bear > 180 then bear = bear - 360;	
018 keep ping mile head speed tilt range bear scno timea timeb timec	
019 fart area csum time north east cnt;	
020 run;	
021	
022 proc sort data = test;	<i>*sorterer datafil etter stimnummer</i>
023 by scno;	
024 run;	
025	
026 proc fsprint data = test;	
027 run;	
028	
029 data test1;	
030 set test;	
031 if scno < 3817 then delete;	<i>*plukker ut én stim, og pingene som skal brukes</i>
032 if scno > 3817 then delete;	
033 if cnt < 1 then delete;	
034 if cnt > 36 then delete;	
035 run;	
036	
037 proc summary data = test1;	
038 class ping;	<i>*behandler ping som har flere returekko</i>
039 var mile head speed tilt range bear scno timea timeb timec	
040 fart time north east cnt area csum;	
041 output out = test 2 mean = gmile ghead gspeed gtilt grange gbear	
042 gscno gtimea gtimeb gtimec gfart gtime	
043 gnorth geast gcnt	
044 sum(area) = sarea sum(csum) = scsum;	
045 run;	
046	
047 proc print data = test2;	
048 var ping gtimea gtimeb gtimec gnorth geast gcnt sarea scsum;	
049 by gscno;	
050 pageby gscno;	
051 run;	
052	
053 data graf;	
054 set test2;	<i>*lager datasett for figur over stimens bevegelse</i>
055 retain ybat;	<i>i forhold til båten, med båtens bevegelse langs</i>
056 if ping = . then delete;	<i>y-aksen (for forklaring, se tabell V2a)</i>
057 t = (gtime - lag1(gtime)) * 3600;	
058 if t = . then t = 0;	
059 xbat = 0;	
060 if gcnt = 1 then ybat = 0;	
061 deltax = (gfart * t);	
062 ybat = ybat + deltax;	
063 xstim = sin (gbear * (3.14/180))*grange;	
064 ystim = (cos (gbear * (3.14/180)) * grange) + ybat;	
065 if gscno ne lag1(gscno) then first = ystim;	

---

```

066     else first = .;
067 run;
068
069 proc fsprint data = graf;
070 run;
071
072 goptions device = hplj3sim gaccess = "sasgastd>ljet4";           *spesifiserer hvilken printer som skal brukes
073 run;
074
075 proc gplot data = graf;
076   by gscno;                                                     *figur over stimens bevegelse i forhold til båten
077   plot (ystim first)*xstim ybat*xbat / overlay;
078   title1;
079   title2 "School 3817, Johan Hjort 1996";
080   goptions device = hplj3sim;                                   *figuren printes ut
081   symbol1 cv = red v = point i = join l = 1 ci = green;
082   symbol2 c = green v = dot;
083   symbol3 cv = red v = point i = join l = 2 ci = green;
084 run;
085
086 proc gplot data = graf;
087   by gscno;
088   plot (xstim ystim)*ping;                                     *figur over stimens koordinater (i figuren over)
089 run;                                                            mot pingnummer
090
091 data test3;
092   set test2;
093   depth = abs(tan(gtilt * (3.14/180)) * grange);               *beregning av dyp fra tiltvinkel og avstand
094   y = cos((ghead + gbear) * (3.14/180)) * grange;             *beregning av svømmehastighet ved lag10-
095   x = sin((ghead + gbear) * (3.14/180)) * grange;             metoden (svømmehastighet fås i linje 114)
096   nord = gnorth + (y/(1852*60));
097   aust = geast + (x / (cos (gnorth * (3.14/180)) * 1852 * 60));
098   if gscno = lag1(gscno) then do;
099     n = (nord - lag10(nord)) * 1852 * 60;
100    e = (aust - lag10(aust)) * (cos (gnorth * 3.14/180)) * 1852 * 60;
101    deltat = (gtime - lag10(gtime)) * 3600;
102    M = sqrt((n**2) + (e**2));
103    if M > 2 (2*deltat) then M = .;
104    if M = . then grange = .;
105    if M = . then scsum = .;
106    if M = . then sarea = .;
107    if M = . then gbear = .;
108    if M = . then depth = .;
109    kurs = acos(n/M) * (180/3.14);
110  end;
111  else delete;
112  if e < 0 then kurs = 360 - kurs;
113  if kurs < 0 then kurs = .;
114  stimfart = M/deltat;
115  if gscno = . then delete;
116  if ping = . then delete;
117  xkomp = cos (kurs * (3.14/180));                               *for beregning av vandringsretning
118  ykomp = sin (kurs * (3.14/180));
119  nkomp = stimfart * xkomp;                                     *for beregning av vandringshastighet
120  ekomp = stimfart * ykomp;
121 run;
122
123 proc fsprint data = test3;
124 run;
125
126 proc means data = test 3;                                       *beregning av enkelte statistiske parametre
127   class gscno;
128   var stimfart depth grange ghead sarea scsum gbear
129     nkomp ekomp kurs M gfart deltat xkomp ykomp gtilt;
130   output out = result mean = mstimfar mdepth mrange mhead marea mcsun mbear
131     mnkomp mekomp mkurs mM mfart mdeltat mxkomp mykomp mgtilt;
132 run;
133
134 proc fsprint data = result;
135 run;
136
137 data tabell;
138   set result;
139   if gscno = . then delete;

```

---

```

140      vfart = sqrt ((mnkomp**2) + (mekomp**2));
141      vlengde = sqrt ((mxkomp**2) + (mykomp**2));
142      keep gscno _freq_ mstimfar vfart vlengde;
143      run;
144
145      proc fsprint data = tabell;
146      run;

```

*\*beregning av vandringshastighet  
\*for bruk i beregning av vandringsretning*

---

ii) Program som lager figurer med stimens bevegelse som et snitt av omtrent 5 ping.

---

## Asn5pl96.sas

## Kommentar

T.o.m. linje 052 tilsvarende som atferd96.sas (tabell V2bi), deretter

```

053      data test3;
054          set test2;
055          vping = (int(ping/5) * 5);
056      run;
057
058      proc fsprint data = test3;
059      run;
060
061      proc summary data = test3;
062          class vping;
063          var ping gmile ghead gspeed gtilt grange gbear gscno gtimea
064              gtimeb gtimec gfart gtime gnorth geast gcnt sarea scsum;
065          output out = test4 mean = mping mmile mhead mspeed mtilt
066              mrange mbear mscno mtimea
067              mtimeb mtimec mfart mtime mnorth
068              meast mcnt marea mcsum;
069      run;
070
071      proc fsprint data = test4;
072      run;
073
074      data graf;
075          set test4;
076          retain ybat;
077          if vping = . then delete;
078          t = (mtime - lag1(mtime)) * 3600;
079          if t = . then t = 0;
080          xbat = 0;
081          if mcnt = 1.5 then ybat = 0;
082          deltay = (mfart * t);
083          ybat = ybat + deltay;
084          xstim = sin(mbear * (3.14/180)) * mrange;
085          ystim = (cos(mbear * (3.14/180)) * mrange) + ybat;
086          if mscno ne lag1(mscno) then first = ystim;
087          else first = .;
088      run;

```

*\*lager parameteren vping som har samme verdi  
for omtrent fem og fem etterfølgende ping*

*\*finner et gjennomsnitt for alle parametre for  
hver verdi av vping*

*\*bruker gjennomsnittsverdiene i figur over  
stimens bevegelse i forhold til båten*

*\*finner 1. verdi av mcnt fra utskrift på skjerm  
av datasett test4 og bruker denne verdien*

Deretter som i linje 069-089 i atferd96.sas (tabell V2bi), bortsett fra at gscno byttes ut med mscno og ping byttes ut med vping.

---

iii) Program som lager figurer over båtens og stimens bevegelse i geografiske posisjoner, brukt ved kursendring  $> 20^\circ$ .

---

**Apospl96.sas**


---

**Kommentar**


---

T.o.m. linje 052 som atferd96.sas (tabell V2bi), deretter

```

053 data test3;
054 set test2;
055 y = cos ((ghead + gbear) * (3.14/180)) * grange;
056 x = sin ((ghead + gbear) * (3.14/180)) * grange;
057 nord = gnorth + (y/(1852*60));
058 aust = geast + (x/(cos(gnorth * (3.14/180)) * 1852 * 60));
059 depth = abs (tan (gtilt * (3.14/180)) * grange);
060 if gscno = lag1(gscno) then do;
061 n = (nord - lag10(nord)) * 1852 * 60;
062 e = (aust - lag10(aust)) * (cos(gnorth * (3.14/180)) * 1852 * 60);
063 M = sqrt((n**2) + (e**2));
064 deltat = (gtime - lag10(gtime)) * 3600;
065 if M > (2 * deltat) then M = .;
066 kurs = acos (n/M) * (180/3.14);
067 end;
068 else delete;
069 if e < 0 then then kurs = 360 - kurs;
070 if kurs < 0 then kurs = .;
071 speed = M/deltat;
072 if gscno = . then delete;
073 if ping = . then delete;
074 run;
075
076 proc fsprint data = test3;
077 run;
078
079 goptions device = hplj3sim gaccess = "sasgastd>ljet4";
080 run;
081
082 data vessel;
083 set test3;
084 type = 'boat';
085 keep ping gnorth geast type gscno;
086 run;
087
088 data school;
089 set test3;
090 type = 'school';
091 gnorth = nord;
092 geast = aust;
093 keep ping gnorth geast type gscno;
094 run;
095
096 data interact;
097 set school vessel;
098 run;
099
100 title1;
101 title2 "Norwegian Sea, July 1996";
102 symbol1 c = green v = none i = sm50 l = 1;
103 symbol2 c = red v = none i = sm50 l = 2;
104 axis1 label = (a = 90 r = 0 "NORTH ( )");
105 axis2 label = ("EAST ( )");
106 proc gplot data = interact;
107 by gscno;
108 plot gnorth*geast = type /vaxis = axis1 haxis = axis2;
109 goptions device = hplj3sim;
110 run;

```

*\*beregner stimens geografiske posisjon*

*\*lager datasett for figur over båtens og stimens bevegelse i geografiske posisjoner*

*\*lager figur over båtens og stimens bevegelse*

---

iv) Program som lager et glidende middel av stimens bevegelse for bruk i beregning av svømmehastighet.

---

## Gm5\_96.sas (glidende middel av fem observasjoner)

## Kommentar

---

Som apospl96.sas (tabell V2biii) t.o.m. linje 059, deretter

```
060   if gscno = lag1(gscno) then do;
061     n = (nord - lag1(nord)) * 1852 * 60;
062     e = (aust - lag1(aust)) * ((cos(gnorth * (3.14/180))) * 1852 * 60);
063     if abs(n) > 30 then n = .;
064     if abs(e) > 30 then e = .;
065     end;
066     else delete;
067     deltat = (gtime - lag1(gtime)) * 3600;
068     if gscno = . then delete;
069     if ping = . then delete;
070   run;
071
072   proc fsprint data = test3;
073   run;
074
075   data test4;
076     set test3 (firstobs = 2);
077     n1 = n;
078     set test3 (firstobs = 2);
079     e1 = e;
080     set test3 (firstobs = 2);
081     dt1 = deltat;
082     set test3 (firstobs = 3);
083     n2 = n;
084     set test3 (firstobs = 3);
085     e2 = e;
086     set test3 (firstobs = 3);
087     dt2 = deltat;
088     set test3;
089     smn = (lag2(n) + lag1(n) + n + n1 + n2)/5;
090     sme = (lag2(e) + lag1(e) + e + e1 + e2)/5;
091     smdt = (lag2(deltat) + lag1(deltat) + deltat + dt1 + dt2)/5;
092   run;
093
094   proc print data = test4;
095   run;
096
097   data test5;
098     set test4;
099     M = sqrt ((smn**2) + (sme**2));
100     if M > 5 then M = .;
101     kurs = arcos (smn/M) * (180/3.14);
102     if sme < 0 then kurs = 360 - kurs;
103     if kurs < 0 then kurs = .;
104     stimfart = M/smdt;
105     xkomp = cos (kurs * (3.14/180));
106     ykomp = sin (kurs * (3.14/180));
107     nkomp = stimfart * xkomp;
108     ekomp = stimfart * ykomp;
109     if gscno = . then delete;
110     if ping = . then delete;
111   run;
```

*\*tar ut veldig store bevegelser*

*\*lager datasett for bruk i beregning av et glidende middel*

*\*lager nye variable ved å forskyve kolonnene n, e og deltat slik at obs. ett og to ping etter havner i samme rekke*

*\*beregner et glidende middel av n, e og deltat ved å bruke snittet av de to foregående verdiene, verdien for dette pinget og de to etterfølgende verdiene*

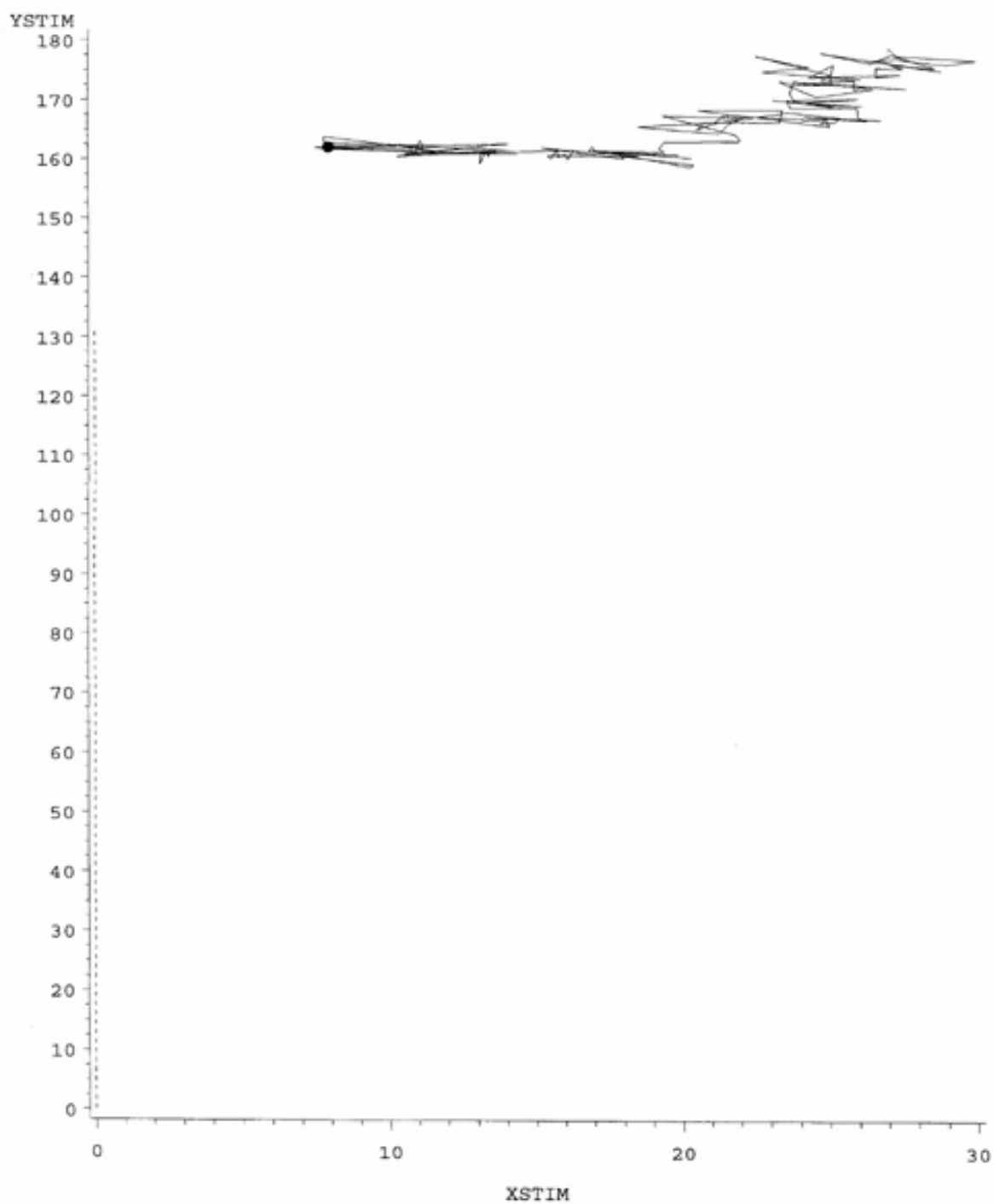
*\*glidende middel av n, e og deltat brukes til å beregne svømmehastighet*

Deretter som atferd96.sas (tabell V2bi) linje 123-146 bortsett fra i linje 123 og 126 der det skal være test 5 istedenfor test3

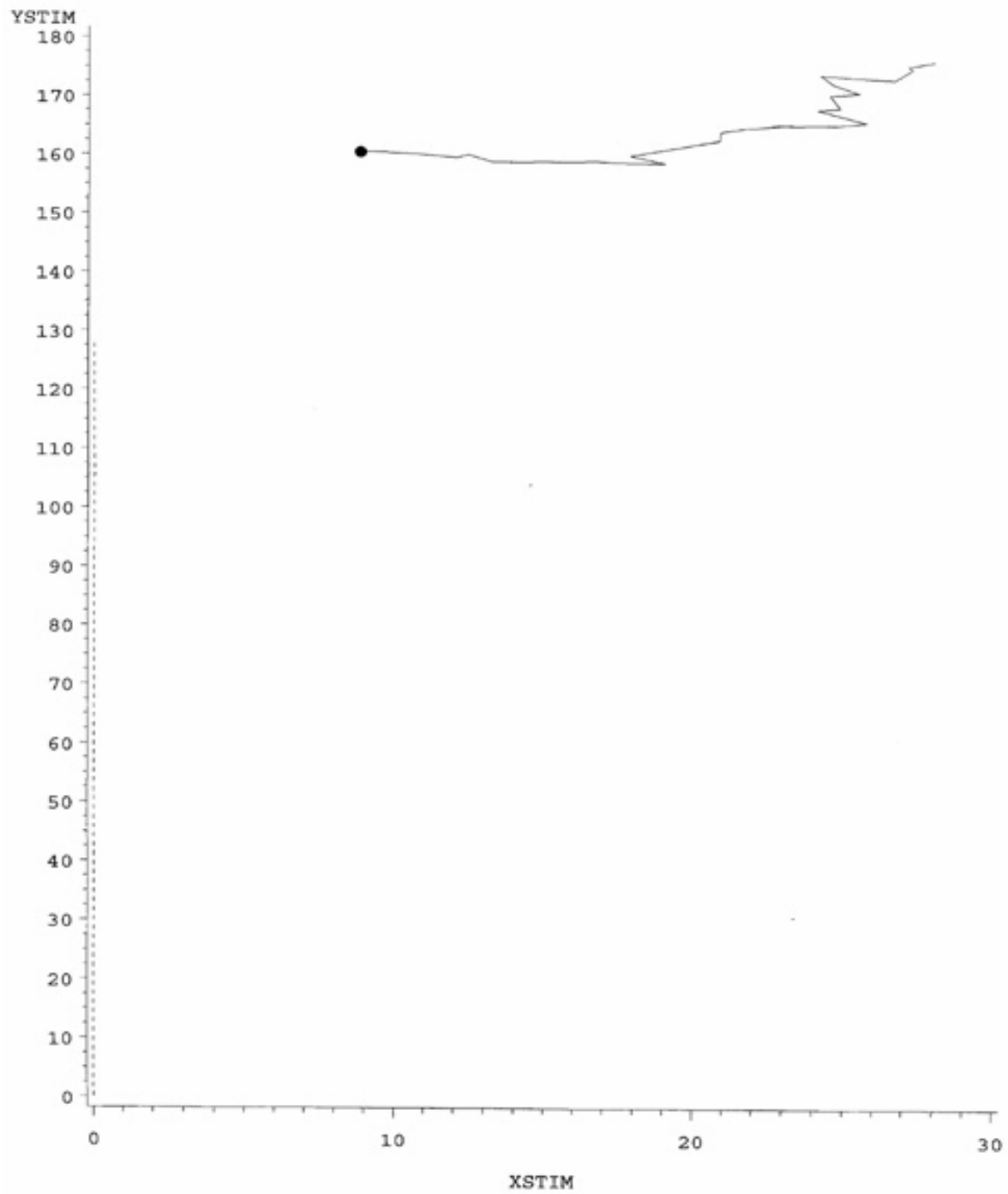
---



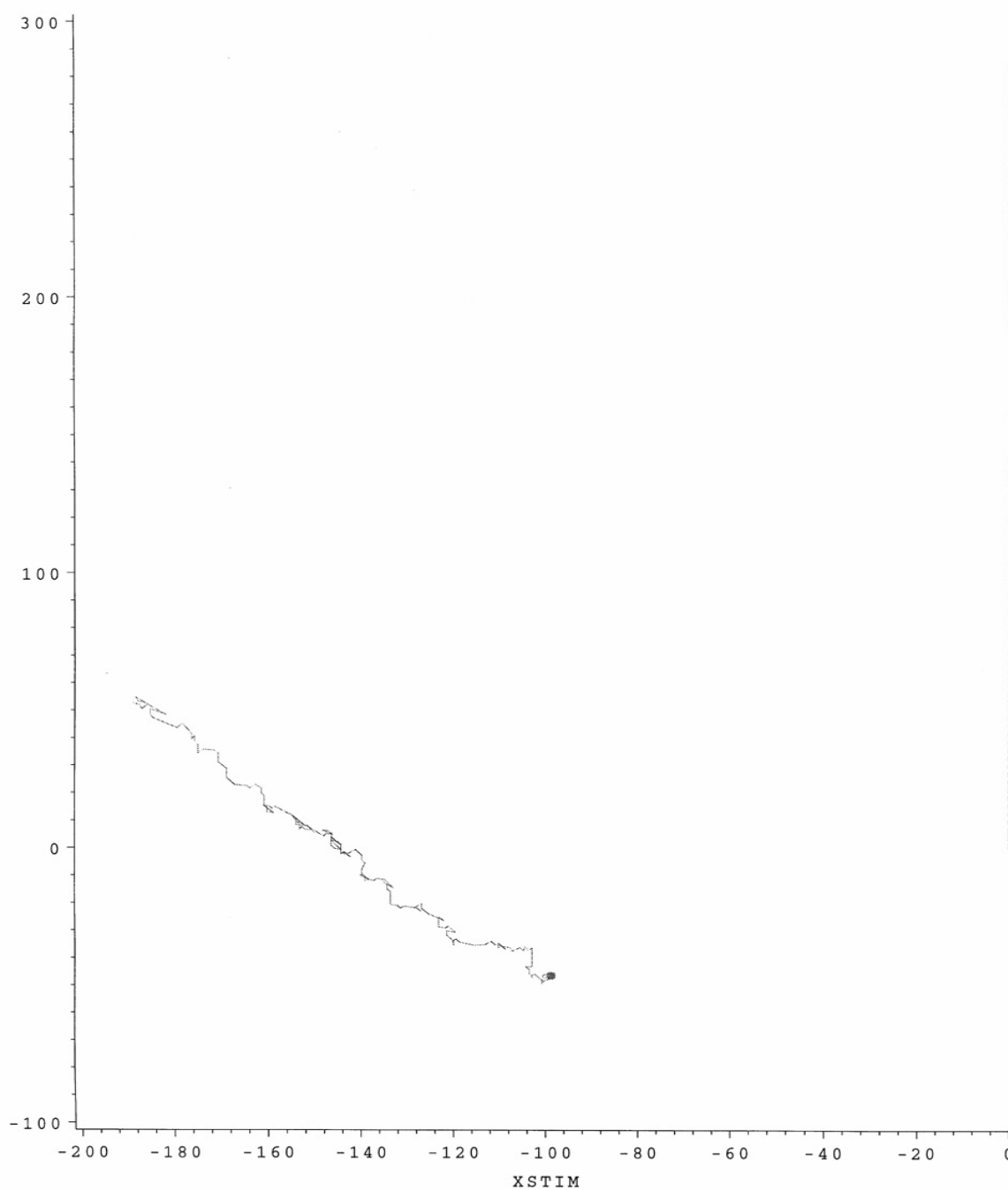
### V3 Figurer over stimbevegelse



**Figur V3 a)** 1996. Figur over en vandrende stims atferd der alle stimens bevegelser er inkludert. Båtens bevegelse langs y-aksen. Startpunkt for stimen er markert.



**Figur V3 b)** 1996. Figur over en vandrende stims atferd der stimens bevægelse er midlet over 5 ping. Båstens bevægelse langs y-aksen. Startpunkt for stimen er markert.



**Figur V3 c)** 1995. Figur over bevegelse hos en vandrende stim fulgt i mer enn 2 min. Båtens bevegelse langs y-aksen. Startpunkt for stimen er markert.

---

## V4 Normaltester

**Tabell V4** Normaltester (Kolmogorov-Smirnov) for de ulike gruppene. n: antall stimer, d: testobservatoren. Signifikante p-verdier er markert med fet skrift.

Parameter	Tokt	Område	Atferd	n	d	p-verdi
Svømmehastighet, m/s	1995	A	Vandrende	94	0.101	> 0.20
			Ubestemte	145	0.140	< <b>0.01</b>
			Unnvikende	25	0.148	> 0.20
		B	Vandrende	40	0.139	> 0.20
			Ubestemte	113	0.121	< 0.10
			Unnvikende	13	0.127	> 0.20
		C	Vandrende	23	0.133	> 0.20
			Ubestemte	47	0.129	> 0.20
			Unnvikende	2	0.260	> 0.20
	1996	B	Vandrende	15	0.227	> 0.20
			Ubestemte	92	0.063	> 0.20
			Unnvikende	1	-	-
C		Vandrende	32	0.132	> 0.20	
		Ubestemte	46	0.083	> 0.20	
		Unnvikende	7	0.242	> 0.20	
Svømmehastighet, kl/s	1995	A	Vandrende	94	0.101	> 0.20
			Ubestemte	145	0.140	< <b>0.01</b>
			Unnvikende	25	0.148	> 0.20
		B	Vandrende	40	0.139	> 0.20
			Ubestemte	113	0.121	< 0.10
			Unnvikende	13	0.127	> 0.20
		C	Vandrende	23	0.133	> 0.20
			Ubestemte	47	0.129	> 0.20
			Unnvikende	2	0.260	> 0.20
	1996	B	Vandrende	15	0.227	> 0.20
			Ubestemte	92	0.063	> 0.20
			Unnvikende	1	-	-
C		Vandrende	32	0.132	> 0.20	
		Ubestemte	46	0.083	> 0.20	
		Unnvikende	7	0.242	> 0.20	
Vandringshastighet, m/s	1995	A	Vandrende	94	0.119	< 0.15
			Ubestemte	145	0.146	< <b>0.01</b>
			Unnvikende	25	0.205	< 0.20
		B	Vandrende	40	0.170	< 0.20
			Ubestemte	113	0.134	< <b>0.05</b>
			Unnvikende	13	0.179	> 0.20
		C	Vandrende	23	0.139	> 0.20
			Ubestemte	47	0.170	< 0.15
			Unnvikende	2	0.260	> 0.20
	1996	B	Vandrende	15	0.344	< <b>0.05</b>
			Ubestemte	92	0.071	> 0.20
			Unnvikende	1	-	-
C		Vandrende	32	0.100	> 0.20	
		Ubestemte	46	0.175	< 0.15	
		Unnvikende	7	0.227	> 0.20	

**Forts. tabell V4**

Parameter	Tokt	Område	Atferd	n	d	p-verdi
Vandringshastighet, kl/s	1995	A	Vandrende	94	0.119	< 0.15
			Ubestemte	145	0.146	< <b>0.01</b>
			Unnvikende	25	0.205	> 0.20
		B	Vandrende	40	0.170	< 0.20
			Ubestemte	113	0.134	< <b>0.05</b>
			Unnvikende	13	0.179	> 0.20
		C	Vandrende	23	0.139	> 0.20
			Ubestemte	47	0.170	< 0.15
			Unnvikende	2	0.260	> 0.20
	1996	B	Vandrende	15	0.344	< <b>0.05</b>
			Ubestemte	92	0.071	> 0.20
			Unnvikende	1	-	-
		C	Vandrende	32	0.100	> 0.20
			Ubestemte	46	0.175	< 0.15
			Unnvikende	7	0.227	> 0.20
Vandringsindeks	1995	A	Vandrende	94	0.120	< 0.15
			Ubestemte	145	0.075	> 0.20
			Unnvikende	25	0.154	> 0.20
		B	Vandrende	40	0.146	> 0.20
			Ubestemte	113	0.067	> 0.20
			Unnvikende	13	0.111	> 0.20
		C	Vandrende	23	0.162	> 0.20
			Ubestemte	47	0.063	> 0.20
			Unnvikende	2	0.260	> 0.20
	1996	B	Vandrende	15	0.347	< <b>0.05</b>
			Ubestemte	92	0.093	> 0.20
			Unnvikende	1	--	--
		C	Vandrende	32	0.129	> 0.20
			Ubestemte	46	0.189	< 0.10
			Unnvikende	7	0.148	> 0.20
Stimareal, m <sup>2</sup>	1995	A	Vandrende	91	0.224	< <b>0.01</b>
			Ubestemte	136	0.200	< <b>0.01</b>
			Unnvikende	25	0.277	< <b>0.05</b>
		B	Vandrende	37	0.250	< <b>0.05</b>
			Ubestemte	106	0.174	< <b>0.01</b>
			Unnvikende	13	0.267	> 0.20
		C	Vandrende	21	0.258	< 0.10
			Ubestemte	43	0.209	< <b>0.05</b>
			Unnvikende	2	0.260	> 0.20
	1996	B	Vandrende	15	0.174	> 0.20
			Ubestemte	92	0.136	< 0.10
			Unnvikende	1	-	-
		C	Vandrende	32	0.229	< 0.10
			Ubestemte	46	0.125	> 0.20
			Unnvikende	7	0.132	> 0.20

Forts. tabell V4

Parameter	Tokt	Område	Atferd	n	d	p-verdi
Dyp, m	1995	A	Vandrende	94	0.125	< 0.15
			Ubestemte	145	0.052	> 0.20
			Unnvikende	25	0.158	> 0.20
		B	Vandrende	40	0.124	> 0.20
			Ubestemte	113	0.053	> 0.20
			Unnvikende	13	0.187	> 0.20
		C	Vandrende	23	0.258	< 0.10
			Ubestemte	47	0.094	> 0.20
			Unnvikende	2	0.260	> 0.20
	1996	B	Vandrende	15	0.133	> 0.20
			Ubestemte	92	0.135	< 0.10
			Unnvikende	1	-	-
C		Vandrende	32	0.112	> 0.20	
		Ubestemte	46	0.131	> 0.20	
		Unnvikende	7	0.169	> 0.20	
Relativ tetthet	1996	B	Vandrende	15	0.140	> 0.20
			Ubestemte	92	0.093	> 0.20
			Unnvikende	1	-	-
		C	Vandrende	32	0.100	> 0.20
			Ubestemte	46	0.110	> 0.20
			Unnvikende	7	0.164	> 0.20
Avstand, m	1995	A	Vandrende	94	0.105	> 0.20
			Ubestemte	145	0.053	> 0.20
			Unnvikende	25	0.129	> 0.20
		B	Vandrende	40	0.089	> 0.20
			Ubestemte	113	0.049	> 0.20
			Unnvikende	13	0.238	> 0.20
		C	Vandrende	23	0.183	> 0.20
			Ubestemte	47	0.099	> 0.20
			Unnvikende	2	0.260	> 0.20
	1996	B	Vandrende	15	0.148	> 0.20
			Ubestemte	92	0.164	< <b>0.05</b>
			Unnvikende	1	-	-
C		Vandrende	32	0.138	> 0.20	
		Ubestemte	46	0.135	< 0.20	
		Unnvikende	7	0.330	> 0.20	
Antall ping	1995	A	Vandrende	94	0.257	< <b>0.01</b>
			Ubestemte	145	0.288	< <b>0.01</b>
			Unnvikende	25	0.338	< <b>0.01</b>
		B	Vandrende	40	0.298	< <b>0.01</b>
			Ubestemte	113	0.345	< <b>0.01</b>
			Unnvikende	13	0.291	< 0.20
		C	Vandrende	23	0.237	< 0.15
			Ubestemte	47	0.192	< 0.10
			Unnvikende	2	0.260	> 0.20

**Forts. tabell V4**

Parameter	Tokt	Område	Atferd	n	d	p-verdi		
Antall ping (forts.)	1996	B	Vandrende	15	0.335	< 0.10		
			Ubestemte	92	0.185	< <b>0.01</b>		
			Unnvikende	1	-	-		
		C	Vandrende	32	0.240	< <b>0.05</b>		
			Ubestemte	46	0.218	< <b>0.05</b>		
			Unnvikende	7	0.189	> 0.20		
Antall sekunder	1995	A	Vandrende	94	0.257	< <b>0.01</b>		
			Ubestemte	145	0.273	< <b>0.01</b>		
			Unnvikende	25	0.305	< <b>0.05</b>		
		B	Vandrende	40	0.271	< <b>0.01</b>		
			Ubestemte	113	0.352	< <b>0.01</b>		
			Unnvikende	13	0.331	< 0.10		
		C	Vandrende	23	0.272	< <b>0.05</b>		
			Ubestemte	47	0.211	< <b>0.05</b>		
			Unnvikende	2	0.260	> 0.20		
		Antall observasjoner av svømmehastighet	1996	B	Vandrende	15	0.335	< 0.10
					Ubestemte	92	0.182	< <b>0.01</b>
					Unnvikende	1	-	-
C	Vandrende			32	0.198	< 0.15		
	Ubestemte			46	0.191	< 0.10		
	Unnvikende			7	0.232	> 0.20		
$\Delta t, s$	1996	B	Vandrende	15	0.342	< <b>0.05</b>		
			Ubestemte	92	0.177	< <b>0.01</b>		
			Unnvikende	1	-	-		
		C	Vandrende	32	0.233	< <b>0.05</b>		
			Ubestemte	46	0.214	< <b>0.05</b>		
			Unnvikende	7	0.218	> 0.20		



## V5 Deskriptiv statistikk

**Tabell V5** Deskriptiv statistikk for stimparametrene. kl: kroppslengder, n: antall observasjoner.

Parameter	Atferd	Tokt	Område	n	Gjennomsnitt	Minimum	Maksimum	Std.avvik		
Svømmehastighet, m/s	Totalt			695	0.83	0.14	2.00	0.40		
		1995		502	0.73	0.14	2.00	0.40		
		1996		193	1.07	0.43	1.70	0.27		
	Vandrende	Totalt			204	0.89	0.14	1.94	0.39	
			1995	Totalt	157	0.83	0.14	1.94	0.39	
				A	94	0.88	0.17	1.94	0.39	
				B	40	0.66	0.14	1.94	0.34	
				C	23	0.96	0.37	1.65	0.36	
		1996	Totalt		47	1.09	0.62	1.66	0.32	
				B	15	0.86	0.62	1.34	0.25	
				C	32	1.20	0.68	1.66	0.28	
		Ubestemte	Totalt			443	0.77	0.15	2.00	0.38
				1995	Totalt	305	0.64	0.15	2.00	0.36
					A	145	0.74	0.15	2.00	0.40
					B	113	0.54	0.16	1.65	0.30
				C	47	0.58	0.21	1.35	0.26	
	1996		Totalt		138	1.05	0.43	1.70	0.25	
				B	92	0.97	0.43	1.52	0.21	
				C	46	1.21	0.73	1.70	0.24	
	Unnvikende		Totalt			48	1.06	0.17	1.93	0.48
				1995	Totalt	40	1.00	0.17	1.93	0.50
					A	25	1.09	0.30	1.93	0.48
					B	13	0.85	0.17	1.83	0.52
			C	2	0.91	0.39	1.42	0.73		
1996		Totalt		8	1.36	1.05	1.60	0.22		
			B	1	1.11	1.11	1.11	--		
			C	7	1.39	1.05	1.60	0.21		
Svømmehastighet, kl/s		Totalt			695	3.12	0.52	8.33	1.54	
			1995		502	2.85	0.52	8.33	1.63	
			1996		193	3.83	1.54	6.06	0.97	
		Vandrende	Totalt			204	3.40	0.52	8.08	1.49
	1995			Totalt	157	3.24	0.52	8.08	1.56	
				A	94	3.65	0.71	8.08	1.62	
				B	40	2.44	0.52	7.19	1.28	
				C	23	2.99	1.16	5.16	1.13	
	1996		Totalt		47	3.90	2.22	5.94	1.13	
				B	15	3.05	2.22	4.80	0.90	
				C	32	4.30	2.42	5.94	1.02	
	Ubestemte		Totalt			443	2.89	0.59	8.33	1.45
				1995	Totalt	305	2.50	0.59	8.33	1.49
					A	145	3.10	0.63	8.33	1.69
					B	113	2.00	0.59	6.11	1.10
				C	47	1.81	0.66	4.22	0.80	
		1996	Totalt		138	3.75	1.54	6.06	0.89	
				B	92	3.47	1.54	5.44	0.76	
				C	46	4.31	2.59	6.06	0.87	
		Unnvikende	Totalt			48	4.14	0.63	8.04	1.92
				1995	Totalt	40	3.99	0.63	8.04	2.05
					A	25	4.53	1.25	8.04	2.00
					B	13	3.15	0.63	6.78	1.92
			C	2	2.83	1.22	4.44	2.28		
1996	Totalt			8	4.85	3.76	5.71	0.77		
			B	1	3.97	3.97	3.97	--		
			C	7	4.98	3.76	5.71	0.74		

**Forts. tabell V5**

Parameter	Atferd	Tokt	Område	n	Gjennomsnitt	Minimum	Maksimum	Std.avvik	
Vandringshastighet, m/s	Totalt			695	0.50	0.01	1.92	0.35	
		1995		502	0.51	0.01	1.92	0.38	
		1996		193	0.45	0.03	1.48	0.25	
	Vandrende	Totalt			204	0.60	0.03	1.92	0.38
			1995	Totalt	157	0.66	0.08	1.92	0.39
				A	94	0.72	0.13	1.92	0.40
				B	40	0.47	0.08	1.80	0.33
				C	23	0.74	0.19	1.24	0.34
		1996	Totalt	47	0.43	0.03	1.27	0.29	
				B	15	0.36	0.10	1.02	0.32
				C	32	0.46	0.03	1.27	0.27
		Ubestemte	Totalt			443	0.43	0.01	1.87
	1995			Totalt	305	0.42	0.01	1.87	0.34
				A	145	0.50	0.02	1.87	0.40
				B	113	0.35	0.01	1.55	0.27
				C	47	0.33	0.02	1.27	0.26
	1996		Totalt	138	0.46	0.04	1.48	0.24	
				B	92	0.44	0.04	1.18	0.21
				C	46	0.50	0.14	1.48	0.28
	Unnvikende		Totalt			48	0.62	0.06	1.79
1995		Totalt		40	0.65	0.06	1.79	0.45	
			A	25	0.72	0.06	1.79	0.46	
			B	13	0.48	0.10	1.39	0.37	
			C	2	0.83	0.28	1.38	0.78	
1996		Totalt	8	0.48	0.22	0.85	0.23		
			B	1	0.75	0.75	0.75	--	
			C	7	0.45	0.22	0.85	0.21	
Vandringshastighet, kl/s		Totalt			695	1.89	0.04	8.00	1.41
	1995			502	2.00	0.04	8.00	1.56	
	1996			193	1.62	0.10	5.30	0.89	
	Vandrende	Totalt			204	2.33	0.10	8.00	1.52
			1995	Totalt	157	2.57	0.31	8.00	1.56
				A	94	2.99	0.52	8.00	1.65
				B	40	1.73	0.31	6.67	1.21
				C	23	2.33	0.59	3.88	1.05
		1996	Totalt	47	1.52	0.10	4.54	1.03	
				B	15	1.27	0.34	3.64	1.15
				C	32	1.64	0.10	4.54	0.96
		Ubestemte	Totalt			443	1.63	0.04	7.79
	1995			Totalt	305	1.62	0.04	7.79	1.40
				A	145	2.07	0.10	7.79	1.67
				B	113	1.30	0.04	5.74	0.99
				C	47	1.03	0.05	3.98	0.81
	1996		Totalt	138	1.65	0.16	5.30	0.84	
				B	92	1.58	0.16	4.21	0.75
				C	46	1.79	0.49	5.30	1.00
	Unnvikende		Totalt			48	2.45	0.26	7.46
1995		Totalt		40	2.59	0.26	7.46	1.83	
			A	25	3.01	0.26	7.46	1.93	
			B	13	1.79	0.38	5.15	1.38	
			C	2	2.60	0.88	4.31	2.43	
1996		Totalt	8	1.73	0.78	3.05	0.80		
			B	1	2.69	2.69	2.69	--	
			C	7	1.59	0.78	3.05	0.76	

Forts. tabell V5

Parameter	Afferd	Tokt	Område	n	Gjennomsnitt	Minimum	Maksimum	Std.avvik		
Vandringsindeks	Totalt			695	0.60	0.02	1.00	0.25		
		1995		502	0.66	0.02	1.00	0.23		
		1996		193	0.43	0.03	0.99	0.22		
	Vandrende	Totalt			204	0.68	0.03	1.00	0.25	
			1995	Totalt	157	0.77	0.12	1.00	0.18	
				A	94	0.80	0.33	1.00	0.16	
				B	40	0.70	0.26	0.98	0.20	
				C	23	0.78	0.12	0.97	0.19	
			1996	Totalt	47	0.39	0.03	0.89	0.22	
				B	15	0.38	0.11	0.89	0.24	
				C	32	0.39	0.03	0.81	0.22	
		Ubestemte	Totalt			443	0.56	0.02	1.00	0.24
	1995			Totalt	305	0.61	0.02	1.00	0.24	
				A	145	0.62	0.06	1.00	0.24	
				B	113	0.63	0.02	1.00	0.23	
				C	47	0.54	0.02	0.99	0.25	
			1996	Totalt	138	0.45	0.06	0.99	0.22	
				B	92	0.46	0.06	0.87	0.19	
				C	46	0.44	0.14	0.99	0.26	
	Unnvikende		Totalt			48	0.58	0.13	0.97	0.23
1995		Totalt		40	0.63	0.13	0.97	0.21		
			A	25	0.63	0.17	0.93	0.22		
			B	13	0.58	0.13	0.86	0.20		
			C	2	0.85	0.72	0.97	0.18		
		1996	Totalt	8	0.36	0.17	0.68	0.17		
			B	1	0.68	0.68	0.68	--		
			C	7	0.31	0.17	0.53	0.12		
Stimareal, m <sup>2</sup>		Totalt			664	6432	62	66011	8160	
	1995			471	8890	511	66011	8548		
	1996			193	434	62	2 046	269		
	Vandrende	Totalt			194	7 024	92	50 448	8 898	
			1995	Totalt	147	9 119	942	50 448	9 295	
				A	89	10 633	942	50 448	10 136	
				B	37	6 624	942	31 021	7 069	
				C	21	7 099	942	36 975	7 917	
			1996	Totalt	47	473	92	2 046	335	
				B	15	477	283	861	171	
				C	32	471	92	2 046	392	
		Ubestemte	Totalt			422	5 830	62	57 969	6 987
				1995	Totalt	284	8 463	511	57 969	7 165
					A	135	10 532	942	57 969	9 082
					B	106	6 505	511	20 681	4 156
				C	43	6 794	942	16 294	3 642	
			1996	Totalt	138	412	62	1 723	238	
				B	92	419	134	1 723	244	
				C	46	400	62	919	227	
	Unnvikende		Totalt			48	9 330	230	66 011	12 790
		1995		Totalt	40	11 081	942	66 011	13 351	
				A	25	12 693	942	66 011	14 743	
				B	13	9 034	1 503	43 450	11 234	
				C	2	4 231	2 195	6 268	2 880	
			1996	Totalt	8	575	230	1 160	316	
				B	1	387	387	387	--	
				C	7	601	230	1 160	331	

**Forts. tabell V5**

Parameter	Atferd	Tokt	Område	n	Gjennomsnitt	Minimum	Maksimum	Std.avvik		
Dyp, m	Totalt			695	19.7	0.0	59.5	7.6		
		1995		502	19.2	0.0	45.1	6.9		
		1996		193	21.0	8.7	59.5	9.2		
	Vandrende	Totalt			204	18.9	0.0	59.5	8.0	
			1995	Totalt	157	18.2	0.0	44.7	7.1	
				A	94	17.9	0.0	44.7	7.3	
				B	40	19.4	5.6	34.9	6.2	
				C	23	17.1	8.9	38.0	7.9	
			1996	Totalt	47	21.6	10.0	59.5	10.1	
				B	15	30.9	17.8	59.5	11.8	
				C	32	17.2	10.0	35.5	5.3	
		Ubestemte	Totalt			443	20.2	0.7	53.6	7.7
				1995	Totalt	305	19.9	0.7	45.1	6.9
				A	145	18.9	3.7	45.1	7.0	
				B	113	20.5	0.7	39.2	7.0	
				C	47	21.3	4.1	33.0	5.7	
			1996	Totalt	138	21.0	8.7	53.6	9.1	
				B	92	22.9	9.4	53.6	10.1	
				C	46	17.2	8.7	28.7	5.0	
	Unnvikende		Totalt			48	18.5	7.6	29.7	5.3
1995				Totalt	40	18.6	7.6	29.7	5.5	
			A	25	19.1	7.6	29.7	5.7		
			B	13	17.6	9.6	27.1	5.7		
			C	2	19.0	17.5	20.5	2.1		
		1996	Totalt	8	17.8	11.5	25.1	4.0		
			B	1	25.1	25.1	25.1	--		
			C	7	16.7	11.5	20.5	2.9		
Relativ tetthet		Totalt			193	4.23	0.70	13.15	2.60	
			1996	Totalt	47	4.80	0.77	13.15	2.98	
			B	15	2.02	0.77	3.85	0.88		
			C	32	6.10	2.06	13.15	2.71		
	Ubestemte	1996	Totalt	138	3.97	0.70	12.57	2.46		
			B	92	2.63	0.70	5.44	1.12		
		C	46	6.66	2.09	12.57	2.20			
	Unnvikende	1996	Totalt	8	5.22	2.38	7.78	1.81		
			B	1	2.38	2.38	2.38	--		
		C	7	5.62	3.19	7.78	1.51			
Avstand, m	Totalt			695	189	50	397	67		
		1995		502	205	50	397	60		
		1996		193	145	57	386	66		
	Vandrende	Totalt			204	175	50	382	67	
			1995	Totalt	157	186	50	382	63	
				A	94	182	63	374	59	
				B	40	205	50	382	66	
				C	23	173	55	377	71	
			1996	Totalt	47	139	63	376	66	
				B	15	209	112	376	71	
				C	32	106	63	167	27	

Forts. tabell V5

Parameter	Atferd	Tokt	Område	n	Gjennomsnitt	Minimum	Maksimum	Std.avvik	
Avstand, m (forts.)	Ubestemte	Totalt		443	196	57	386	67	
		1995	Totalt	305	217	90	384	56	
			A	145	208	97	384	57	
			B	113	227	90	360	55	
			C	47	225	117	346	49	
		1996	Totalt	138	149	57	386	67	
		B	92	170	78	386	71		
		C	46	106	57	164	28		
	Unnvikende	Totalt		48	177	54	397	63	
		1995	Totalt	40	188	54	397	61	
			A	25	177	54	316	56	
			B	13	208	100	397	71	
			C	2	206	201	210	7	
		1996	Totalt	8	117	95	159	25	
		B	1	159	159	159	--		
		C	7	112	95	150	20		
	Antall ping	Totalt			695	78.1	21	1496	113.3
			1995		502	82.1	21	1496	108.9
1996				193	67.4	21	1150	123.8	
Vandrende		Totalt		204	90.7	21	1150	136.2	
		1995	Totalt	157	76.5	21	521	84.6	
			A	94	73.4	21	521	79.9	
			B	40	79.0	22	493	100.0	
			C	23	84.6	24	298	76.4	
		1996	Totalt	47	138.2	21	1150	233.6	
		B	15	296.1	21	1150	368.8		
		C	32	64.2	23	178	43.0		
Ubestemte		Totalt		443	66.3	21	1496	88.7	
		1995	Totalt	305	77.3	21	1496	103.9	
			A	145	79.3	21	502	74.3	
			B	113	79.6	21	1496	146.6	
			C	47	65.6	21	291	39.4	
		1996	Totalt	138	42.0	21	165	24.4	
		B	92	38.2	21	165	18.9		
	C	46	49.5	21	160	31.8			
Unnvikende	Totalt		48	132.8	26	1017	174.3		
	1995	Totalt	40	141.3	26	1017	188.9		
		A	25	113.4	26	501	123.3		
		B	13	136.3	26	420	137.6		
		C	2	522.0	27	1017	700.0		
	1996	Totalt	8	90.4	35	177	52.4		
	B	1	50.0	50	50	--			
	C	7	96.1	35	177	53.8			
Antall sekunder	Totalt			695	61.1	11	1197	93.2	
		1995		502	61.2	11	1197	82.0	
		1996		193	60.7	14	1086	117.6	
	Vandrende	Totalt		204	72.0	11	1086	123.4	
		1995	Totalt	157	56.6	11	390	62.2	
			A	94	55.5	11	390	61.4	
			B	40	57.7	15	354	67.8	
			C	23	59.2	18	238	57.6	
		1996	Totalt	47	123.3	17	1086	224.9	
		B	15	285.7	18	1086	350.9		
		C	32	47.1	17	118	26.9		

**Forts. tabell V5**

Parameter	Atferd	Tokt	Område	n	Gjennomsnitt	Minimum	Maksimum	Std.avvik	
Antall sekunder (forts.)	Ubestemte	Totalt		443	52.3	13	1197	70.3	
			1995	Totalt	305	58.4	13	1197	82.8
				A	145	59.9	13	375	58.5
				B	113	60.5	16	1197	117.4
			C	47	48.5	14	232	31.5	
		1996	Totalt	138	38.9	14	179	21.3	
			B	92	39.7	21	179	20.7	
		C	46	37.2	14	105	22.7		
	Unnvikende	Totalt		48	96.0	20	673	115.9	
			1995	Totalt	40	101.2	20	673	125.0
				A	25	79.5	20	269	76.1
				B	13	105.2	20	290	101.9
			C	2	347.0	21	673	461.0	
		1996	Totalt	8	70.0	25	170	46.9	
		B	1	51.0	51	51	--		
	C	7	72.7	25	170	50.0			
Antall observasjoner av stimhastighet	Totalt			193	42.5	5	1038	109.6	
	Vandrende	1996	Totalt	47	103.7	5	1038	209.5	
			B	15	251.6	5	1038	329.0	
			C	32	34.4	6	100	26.5	
	Ubestemte	1996	Totalt	138	21.4	5	101	17.1	
			B	92	19.9	6	101	14.4	
			C	46	24.3	5	88	21.4	
	Unnvikende	1996	Totalt	8	48.4	5	115	33.6	
			B	1	34.0	34	34	--	
			C	7	50.4	5	115	35.7	
	$\Delta t, s$	Totalt			193	9.01	5.84	16.52	2.03
Vandrende		1996	Totalt	47	8.42	5.94	13.38	1.91	
			B	15	9.87	8.82	12.00	0.98	
			C	32	7.75	5.94	13.38	1.87	
Ubestemte		1996	Totalt	138	9.31	5.84	16.52	2.01	
			B	92	10.21	8.52	16.52	1.40	
			C	46	7.50	5.84	15.41	1.85	
Unnvikende		1996	Totalt	8	7.30	5.99	9.95	1.58	
			B	1	9.95	9.95	9.95	--	
			C	7	6.92	5.99	9.62	1.25	

## V6 Spearmans korrelasjonskoeffisienter

**Tabell V6** Spearmans korrelasjonskoeffisienter. n: antall stimer,  $R_{sp}$ : Spearmans korrelasjonskoeffisient,  $t_{(n-2)}$ : testobservator. \* < 0.05, \*\* < 0.01, \*\*\* < 0.001 og i.s.: ikke signifikant. Signifikante p-verdier er markert med fet skrift.

Parametre	Tokt	n	$R_{sp}$	$t_{(n-2)}$	p-verdi		
Svømmehastighet, m/s	ping	1995	-0.263	-6.084	<b>0.0000</b>	***	
		1996	0.252	3.605	<b>0.0004</b>	***	
	# sekunder	1995	502	-0.240	-5.536	<b>0.0000</b>	***
		1996	193	0.027	0.369	0.7127	i.s.
	# obs. sv.hast.	1996	193	0.067	0.930	0.3536	i.s.
	$\Delta t$ , s	1996	193	-0.594	-10.202	<b>0.0000</b>	***
avstand, m	1995	502	-0.049	-1.093	0.2748	i.s.	
	1996	193	-0.261	-3.735	<b>0.0002</b>	***	
Vandringshastighet, m/s	ping	1995	-0.321	-7.577	<b>0.0000</b>	***	
		1996	193	-0.279	-4.013	<b>0.0001</b>	***
	# sekunder	1995	502	-0.299	-7.013	<b>0.0000</b>	***
		1996	193	-0.354	-5.232	<b>0.0000</b>	***
	# obs. sv.hast.	1996	193	-0.315	-4.585	<b>0.0000</b>	***
	$\Delta t$ , s	1996	193	-0.164	-2.293	<b>0.0229</b>	*
avstand, m	1995	502	-0.084	-1.896	0.0586	i.s.	
	1996	193	-0.134	-1.873	0.0626	i.s.	
Stimareal, m <sup>2</sup>	avstand, m	1995	471	0.087	1.891	0.0592	i.s.
		1996	193	0.431	6.600	<b>0.0000</b>	***
Dyp, m	avstand, m	1995	502	0.573	15.652	<b>0.0000</b>	***
		1996	193	0.929	34.667	<b>0.0000</b>	***
Fargesum	avstand, m	1996	193	-0.477	-7.506	<b>0.0000</b>	***
Tetthetsindeks	avstand, m	1996	193	-0.896	-27.883	<b>0.0000</b>	***
$\Delta t$ , s	avstand, m	1996	193	0.407	6.155	<b>0.0000</b>	***

---



## V7 Ikke-parametriske sammenligningstester

**Tabell V7 a)** Kruskal-Wallis rang tester og post hoc tester (Mann-Whitney U tester) for sammenligning av områder innen stimkategoriene i 1995. H og Z: testobservatorene fra henholdsvis Kruskal-Wallis og Mann-Whitney, n: antall stimer som sammenlignes i Kruskal-Wallis,  $n_1$  &  $n_2$ : antall stimer i de to gruppene som sammenlignes i Mann-Whitney. \* < 0.05 (0.05/3 for Mann-Whitney), \*\* < 0.01 (0.0033), \*\*\* < 0.001 (0.0003) og i.s.: ikke signifikant. Signifikante p-verdier er markert med fet skrift.

Parameter	Atferd	Område	H	Z	n	$n_1$	$n_2$	df	p-verdi		
Svømmehastighet, m/s	Vandrende	A,B,C	14.79		157			2	<b>0.0006</b>	***	
		A,B		-3.33		94	40		<b>0.0009</b>	**	
		A,C		-1.28		94	23		0.2008	i.s.	
		B,C		-3.18		40	23		<b>0.0015</b>	**	
	Ubestemte	A,B,C	19.96		305			2	<b>0.0000</b>	***	
		A,B		-4.30		145	113		<b>0.0000</b>	***	
		A,C		-2.35		145	47		0.0190	i.s.	
		B,C		-1.33		113	47		0.1822	i.s.	
	Unnvikende	A,B,C	1.98		40			2	0.3712	i.s.	
	Svømmehastighet, kl/s	Vandrende	A,B,C	19.82		157			2	<b>0.0000</b>	***
			A,B		-4.37		94	40		<b>0.0000</b>	***
			A,C		-1.46		94	23		0.1450	i.s.
B,C				-2.18		40	23		0.0289	i.s.	
Ubestemte		A,B,C	46.96		305			2	<b>0.0000</b>	***	
		A,B		-5.87		145	113		<b>0.0000</b>	***	
		A,C		-5.27		145	47		<b>0.0000</b>	***	
		B,C		-0.76		113	47		0.4458	i.s.	
Unnvikende		A,B,C	4.13		40			2	0.1271	i.s.	
Vandringshastighet, m/s		Vandrende	A,B,C	18.23		157			2	<b>0.0001</b>	***
			A,B		-4.00		94	40		<b>0.0001</b>	***
			A,C		-0.78		94	23		0.4363	i.s.
	B,C			-3.21		40	23		<b>0.0014</b>	**	
	Ubestemte	A,B,C	10.93		305			2	<b>0.0042</b>	**	
		A,B		-2.81		145	113		<b>0.0049</b>	*	
		A,C		-2.55		145	47		<b>0.0108</b>	*	
		B,C		-0.52		113	47		0.6000	i.s.	
	Unnvikende	A,B,C	2.21		40			2	0.3309	i.s.	
	Vandringshastighet, kl/s	Vandrende	A,B,C	23.25		157			2	<b>0.0000</b>	***
			A,B		-4.77		94	40		<b>0.0000</b>	***
			A,C		-1.35		94	23		0.1756	i.s.
B,C				-2.44		40	23		<b>0.0146</b>	*	
Ubestemte		A,B,C	26.91		305			2	<b>0.0000</b>	***	
		A,B		-3.90		145	113		<b>0.0001</b>	***	
		A,C		-4.42		145	47		<b>0.0000</b>	***	
		B,C		-1.84		113	47		0.0664	i.s.	
Unnvikende		A,B,C	3.99		40			2	0.1358	i.s.	

**Forts. tabell V7 a)**

Parameter	Atferd	Område	H	Z	n	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	df	p-verdi			
Vandringsindeks	Vandrende	A,B,C	9.29		157			2	<b>0.0096</b>	**		
		A,B		-3.00		94	40		<b>0.0027</b>	**		
		A,C		-0.38		94	23		0.7060	i.s.		
		B,C		-1.91		40	23		0.0558	i.s.		
	Ubestemte	A,B,C	4.73		305			2	0.0940	i.s.		
	Unnvikende	A,B,C	2.84		40			2	0.2419	i.s.		
	Stimareal, m <sup>2</sup>	Vandrende	A,B,C	9.00		147			2	<b>0.0111</b>	*	
			A,B		-2.72		89	37		<b>0.0066</b>	*	
A,C				-1.87		89	21		0.0619	i.s.		
B,C				-0.34		37	21		0.7312	i.s.		
Ubestemte		A,B,C	11.90		284			2	<b>0.0026</b>	**		
		A,B		-3.31		135	106		<b>0.0009</b>	**		
		A,C		-1.91		135	43		0.0564	i.s.		
		B,C		-0.78		106	43		0.4346	i.s.		
Unnvikende		A,B,C	1.49		40			2	0.4745	i.s.		
Dyp, m		Vandrende	A,B,C	4.81		157			2	0.0904	i.s.	
			Ubestemte	A,B,C	8.11		305			2	<b>0.0174</b>	*
				A,B		-2.09		145	113		0.0367	i.s.
	A,C				-2.54		145	47		<b>0.0110</b>	*	
	B,C			-0.81		113	47		0.4195	i.s.		
	Unnvikende	A,B,C	0.60		40			2	0.7401	i.s.		
	Avstand, m	Vandrende	A,B,C	6.06		157			2	<b>0.0483</b>	*	
			A,B		-2.11		94	40		0.0349	i.s.	
A,C				-0.64		94	23		0.5236	i.s.		
B,C				-2.20		40	23		0.0279	i.s.		
Ubestemte		A,B,C	8.55		305			2	<b>0.0139</b>	*		
		A,B		-2.74		145	113		<b>0.0061</b>	*		
		A,C		-1.84		145	47		0.0661	i.s.		
		B,C		-0.32		113	47		0.7516	i.s.		
Unnvikende		A,B,C	4.18		40			2	0.1236	i.s.		
Antall ping		Vandrende	A,B,C	0.94		157			2	0.6248	i.s.	
		Ubestemte	A,B,C	3.65		305			2	0.1615	i.s.	
		Unnvikende	A,B,C	0.03		40			2	0.9873	i.s.	
Antall sekunder	Vandrende	A,B,C	0.06		157			2	0.9709	i.s.		
	Ubestemte	A,B,C	3.45		305			2	0.1782	i.s.		
	Unnvikende	A,B,C	0.24		40			2	0.8872	i.s.		

**Tabell V7 b)** Mann-Whitney U tester for sammenligning av områder innen stimkategoriene i 1996. Z: testobservatoren,  $n_b$  &  $n_c$ : antall stimer i gruppene fra de to områdene som sammenlignes. \* < 0.05, \*\* < 0.01, \*\*\* < 0.001 og i.s.: ikke signifikant. Signifikante p-verdier er markert med fet skrift.

Parameter	Atferd	Område	Z	$n_b$	$n_c$	p-verdi	
Svømmehastighet, m/s	Vandrende	B, C	-3.56	15	32	<b>0.0004</b>	***
	Ubestemte	B, C	-5.04	92	46	<b>0.0000</b>	***
	Unnvikende	B, C	--	1	7	--	--
Vandringshastighet, m/s	Vandrende	B, C	-1.99	15	32	<b>0.0471</b>	*
	Ubestemte	B, C	-0.63	92	46	0.5257	i.s.
	Unnvikende	B, C	--	1	7	--	--
Vandringsindeks	Vandrende	B, C	-0.14	15	32	0.8911	i.s.
	Ubestemte	B, C	-1.34	92	46	0.1813	i.s.
	Unnvikende	B, C	--	1	7	--	--
Stimareal, m <sup>2</sup>	Vandrende	B, C	-1.14	15	32	0.2538	i.s.
	Ubestemte	B, C	-0.51	92	46	0.6066	i.s.
	Unnvikende	B, C	--	1	7	--	--
Dyp, m	Vandrende	B, C	-4.27	15	32	<b>0.0000</b>	***
	Ubestemte	B, C	-3.37	92	46	<b>0.0007</b>	***
	Unnvikende	B, C	--	1	7	--	--
Relativ tetthet	Vandrende	B, C	-4.95	15	32	<b>0.0000</b>	***
	Ubestemte	B, C	-8.59	92	46	<b>0.0000</b>	***
	Unnvikende	B, C	--	1	7	--	--
Avstand, m	Vandrende	B, C	-4.88	15	32	<b>0.0000</b>	***
	Ubestemte	B, C	-6.09	92	46	<b>0.0000</b>	***
	Unnvikende	B, C	--	1	7	--	--
Antall ping	Vandrende	B, C	-0.81	15	32	0.4177	i.s.
	Ubestemte	B, C	-1.29	92	46	0.1970	i.s.
	Unnvikende	B, C	--	1	7	--	--
Antall sekunder	Vandrende	B, C	-1.87	15	32	0.0612	i.s.
	Ubestemte	B, C	-2.17	92	46	<b>0.0303</b>	*
	Unnvikende	B, C	--	1	7	--	--
Antall observasjoner av svømmehastighet	Vandrende	B, C	-0.78	15	32	0.4373	i.s.
	Ubestemte	B, C	-0.26	92	46	0.7966	i.s.
	Unnvikende	B, C	--	1	7	--	--
$\Delta t$ , s	Vandrende	B, C	-3.90	15	32	<b>0.0001</b>	***
	Ubestemte	B, C	-7.77	92	46	<b>0.0000</b>	***
	Unnvikende	B, C	--	1	7	--	--

**Tabell V7 c)** Kruskal-Wallis rang tester og post hoc tester (Mann-Whitney U tester) for sammenligning av stimkategorier innen områdene og toktene. Stimkategorier: vandrende = 1, ubestemte = 2 og unnvikende = 3. H og Z: testobservatorene fra henholdsvis Kruskal-Wallis og Mann-Whitney, n: antall stimer som sammenlignes i Kruskal-Wallis,  $n_1$  &  $n_2$ : antall stimer i gruppene som sammenlignes i Mann-Whitney. \* < 0.05 (0.05/3 for Mann-Whitney), \*\* < 0.01 (0.0033), \*\*\* < 0.001 (0.0003) og i.s.: ikke signifikant. Signifikante p-verdier er markert med fet skrift.

Parameter	Område	Atferd	H	Z	n	$n_1$	$n_2$	df	p-verdi		
Svømmehastighet, m/s	A95	1,2,3	18.42		264			2	<b>0.0001</b>	***	
		1,2		-3.07		94	145		<b>0.0022</b>	**	
		1,3		-2.00		94	25		0.0459	i.s.	
		2,3		-3.55		145	25		<b>0.0004</b>	**	
	B95	1,2,3	8.10		166			2	<b>0.0174</b>	*	
		1,2		-2.25		40	113		0.0241	i.s.	
		1,3		-1.03		40	13		0.3012	i.s.	
		2,3		-2.03		113	13		0.0428	i.s.	
	C95	1,2,3	15.10		72			2	<b>0.0005</b>	***	
		1,2		-3.92		23	47		<b>0.0001</b>	***	
		1,3		0.00		23	2		1.0000	i.s.	
		2,3		-0.63		47	2		0.5275	i.s.	
	B96	1,2,3	4.44		108			2	0.1087	i.s.	
	C96	1,2,3	3.57		85			2	0.1679	i.s.	
	Vandringshastighet, m/s	A95	1,2,3	27.80		264			2	<b>0.0000</b>	***
			1,2		-5.09		94	145		<b>0.0000</b>	***
1,3				-0.27		94	25		0.7866	i.s.	
2,3				-2.58		145	25		<b>0.0099</b>	*	
B95		1,2,3	7.05		166			2	<b>0.0295</b>	*	
		1,2		-2.53		40	113		<b>0.0113</b>	*	
		1,3		-0.14		40	13		0.8849	i.s.	
		2,3		-1.22		113	13		0.2243	i.s.	
C95		1,2,3	21.14		72			2	<b>0.0000</b>	***	
		1,2		-4.56		23	47		<b>0.0000</b>	***	
		1,3		-0.30		23	2		0.7638	i.s.	
		2,3		-1.21		47	2		0.2253	i.s.	
B96		1,2,3	8.18		108			2	<b>0.0168</b>	*	
		1,2		-2.52		15	92		<b>0.0118</b>	*	
		1,3		--		15	1		--	--	
		2,3		--		92	1		--	--	
C96	1,2,3	0.16		85			2	0.9231	i.s.		
Vandringsindeks	A95	1,2,3	35.52		264			2	<b>0.0000</b>	***	
		1,2		-5.72		94	145		<b>0.0000</b>	***	
		1,3		-3.63		94	25		<b>0.0003</b>	***	
		2,3		-0.07		145	25		0.9421	i.s.	
	B95	1,2,3	3.50		166			2	0.1734	i.s.	
	C95	1,2,3	16.74		72			2	<b>0.0002</b>	***	
		1,2		-3.91		23	47		<b>0.0001</b>	***	
		1,3		-0.60		23	2		0.5478	i.s.	
		2,3		-1.62		47	2		0.1059	i.s.	
	B96	1,2,3	4.36		108			2	0.1132	i.s.	
	C96	1,2,3	1.05		85			2	0.5912	i.s.	

Forts. tabell V7 c)

Parameter	Område	Afferd	H	Z	n	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	df	p-verdi		
Stimareal, m <sup>2</sup>	A95	1,2,3	0.16		249			2	0.9243	i.s.	
	B95	1,2,3	2.06		156			2	0.3576	i.s.	
	C95	1,2,3	1.92		66			2	0.3832	i.s.	
	B96	1,2,3	3.01		108			2	0.2223	i.s.	
	C96	1,2,3	2.56		85			2	0.2786	i.s.	
Dyp, m	A95	1,2,3	2.26		264			2	0.3225	i.s.	
	B95	1,2,3	3.08		166			2	0.2141	i.s.	
		1,2,3	11.28		72			2	<b>0.0036</b>	**	
			1,2		-3.28		23	47		<b>0.0010</b>	**
			1,3		-1.30		23	2		0.1927	i.s.
	2,3			-0.76		47	2		0.4485	i.s.	
		B96	1,2,3	7.43		108			2	<b>0.0244</b>	*
			1,2		-2.67		15	92		<b>0.0075</b>	*
			1,3		--		15	1		--	--
	2,3			--		92	1		--	--	
	C96	1,2,3	0.00		85			2	0.9998	i.s.	
	Relativ tetthet	B96	1,2,3	4.21		108			2	0.1221	i.s.
		C96	1,2,3	2.71		85			2	0.2585	i.s.
Avstand, m	A95	1,2,3	14.65		264			2	<b>0.0007</b>	***	
		1,2		-3.42		94	145		<b>0.0006</b>	**	
		1,3		-0.18		94	25		0.8602	i.s.	
		2,3		-2.50		145	25		<b>0.0124</b>	*	
	B95	1,2,3	5.77		166			2	0.0559	i.s.	
	C95	1,2,3	13.15		72			2	<b>0.0014</b>	**	
		1,2		-3.58		23	47		<b>0.0003</b>	***	
		1,3		-1.20		23	2		0.2294	i.s.	
		2,3		-0.56		47	2		0.5783	i.s.	
	B96	1,2,3	5.17		108			2	0.0754	i.s.	
	C96	1,2,3	0.61		85			2	0.7353	i.s.	
	Antall ping	A95	1,2,3	5.41		264			2	0.0670	i.s.
		B95	1,2,3	3.05		166			2	0.2175	i.s.
C95		1,2,3	0.04		72			2	0.9815	i.s.	
B96		1,2,3	6.17		108			2	<b>0.0457</b>	*	
		1,2		-2.23		15	92		0.0257	i.s.	
		1,3		--		15	1		--	--	
		2,3		--		92	1		--	--	
C96		1,2,3	7.93		85			2	<b>0.0189</b>	*	
		1,2		-1.54		32	46		0.1225	i.s.	
		1,3		-1.74		32	7		0.0820	i.s.	
	2,3		-2.63		46	7		<b>0.0086</b>	*		

**Forts. tabell V7 c)**

Parameter	Område	Atferd	H	Z	n	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	df	p-verdi		
Antall sekunder	A95	1,2,3	6.12		264			2	<b>0.0468</b>	*	
		1,2		-1.76		94	145		0.0778	i.s.	
		1,3		-2.28		94	25		0.0226	i.s.	
		2,3		-1.22		145	25		0.2237	i.s.	
	B95	1,2,3	4.07		166			2	0.1306	i.s.	
	C95	1,2,3	0.32		72			2	0.8515	i.s.	
	B96	1,2,3	6.07		108			2	<b>0.0480</b>	*	
		1,2		-2.21		15	92		0.0272	i.s.	
		1,3		--		15	1		--	--	
		2,3		--		92	1		--	--	
	C96	1,2,3	8.28		85			2	<b>0.0159</b>	*	
		1,2		-2.03		32	46		0.0426	i.s.	
		1,3		-1.41		32	7		0.1587	i.s.	
		2,3		-2.39		46	7		0.0168	i.s.	
	Antall observasjoner av svømmehastighet	B96	1,2,3	6.35		108			2	<b>0.0418</b>	*
			1,2		-2.11		15	92		0.0348	i.s.
1,3				--		15	1		--	--	
2,3				--		92	1		--	--	
C96		1,2,3	8.02		85			2	<b>0.0181</b>	*	
		1,2		-2.24		32	46		0.0249	i.s.	
		1,3		-1.39		32	7		0.1640	i.s.	
		2,3		-2.04		46	7		0.0415	i.s.	
$\Delta t, s$	B96	1,2,3	0.63		108			2	0.7295	i.s.	
	C96	1,2,3	1.41		85			2	0.4947	i.s.	

**Tabell V7 d)** Mann-Whitney U tester for sammenligning av toktene innen stimkategoriene og områdene. Z: testobservatoren,  $n_1$  &  $n_2$ : antall stimer i gruppene fra hhv. tokt 1995 (1) og tokt 1996 (2) som sammenlignes. \* < 0.05, \*\* < 0.01, \*\*\* < 0.001 og i.s.: ikke signifikant. Signifikante p-verdier er markert med fet skrift.

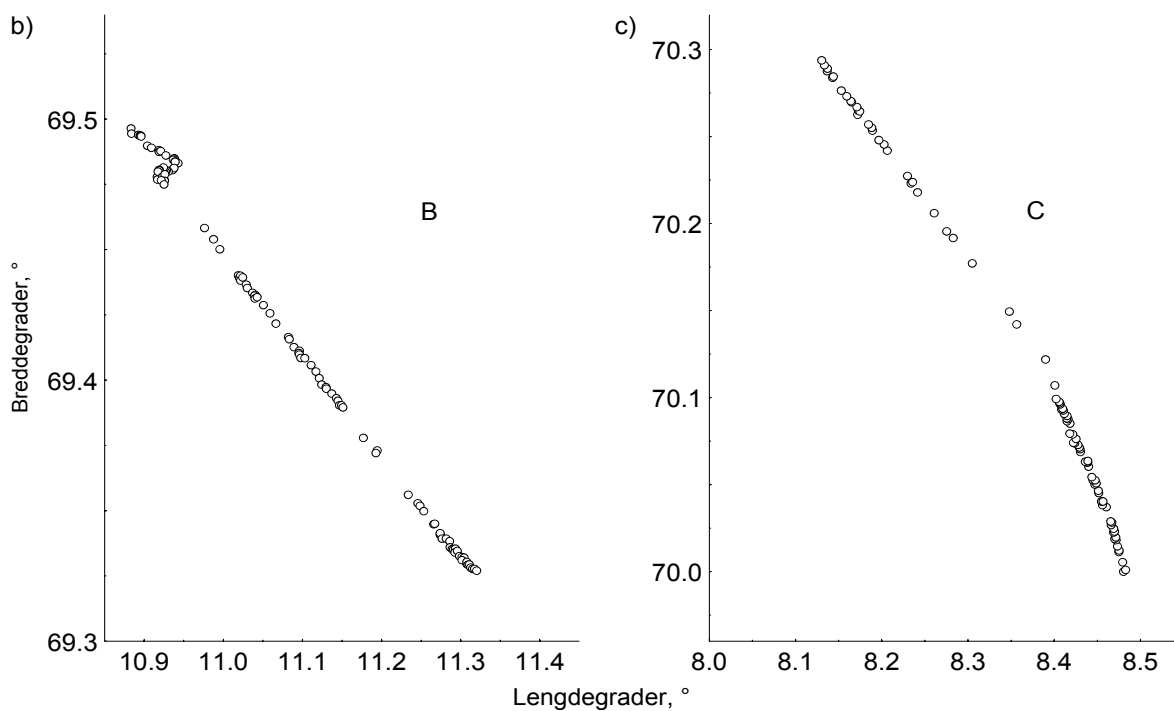
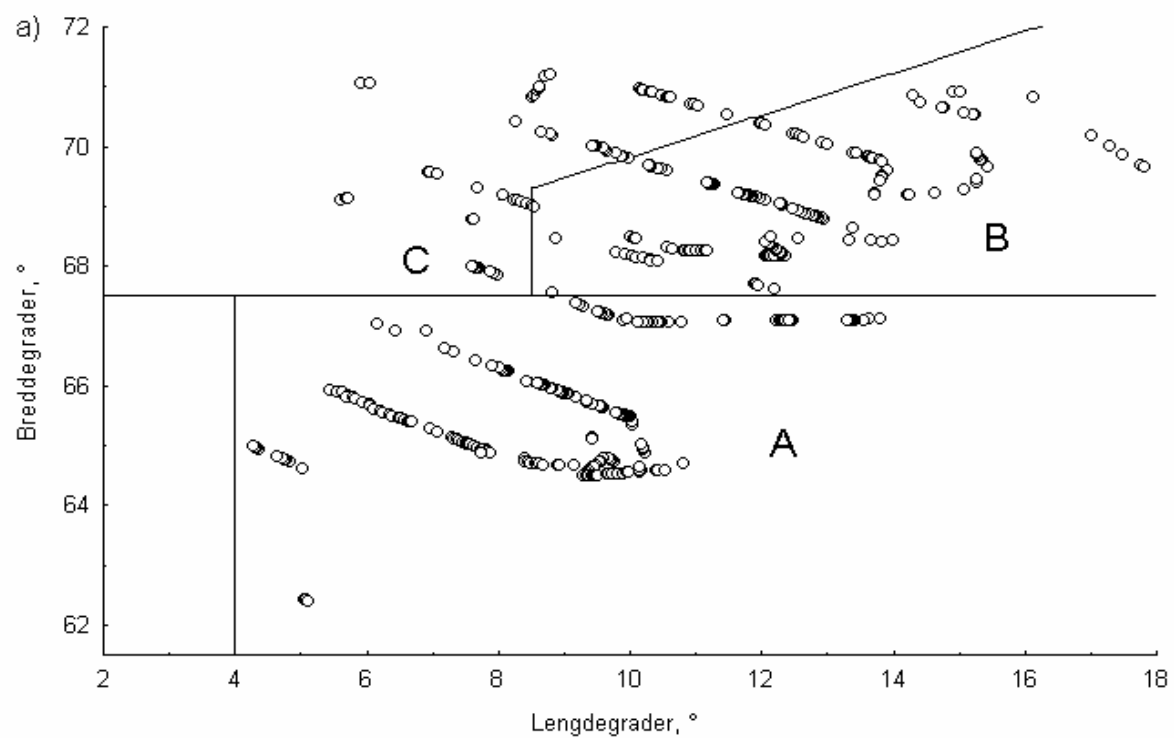
Parameter	Atferd	Område	tokt	Z	$n_1$	$n_2$	p-verdi	
Svømmehastighet, m/s	Vandrende	B	1,2	-2.57	40	15	<b>0.0102</b>	*
		C	1,2	-2.59	23	32	<b>0.0097</b>	**
	Ubestemte	B	1,2	-9.78	113	92	<b>0.0000</b>	***
		C	1,2	-7.47	47	46	<b>0.0000</b>	***
	Unnvikende	B	1,2	--	13	1	--	--
		C	1,2	-0.88	2	7	0.3798	i.s.
Svømmehastighet, kl/s	Vandrende	B	1,2	-2.29	40	15	<b>0.0222</b>	*
		C	1,2	-3.65	23	32	<b>0.0003</b>	***
	Ubestemte	B	1,2	-9.45	113	92	<b>0.0000</b>	***
		C	1,2	-7.88	47	46	<b>0.0000</b>	***
	Unnvikende	B	1,2	--	13	1	--	--
		C	1,2	-1.76	2	7	0.0790	i.s.
Vandringshastighet, m/s	Vandrende	B	1,2	-2.31	40	15	<b>0.0211</b>	*
		C	1,2	-2.97	23	32	<b>0.0030</b>	**
	Ubestemte	B	1,2	-3.87	113	92	<b>0.0001</b>	***
		C	1,2	-3.52	47	46	<b>0.0004</b>	***
	Unnvikende	B	1,2	--	13	1	--	--
		C	1,2	-0.59	2	7	0.5582	i.s.
Vandringshastighet, kl/s	Vandrende	B	1,2	-2.38	40	15	<b>0.0173</b>	*
		C	1,2	-2.45	23	32	<b>0.0143</b>	*
	Ubestemte	B	1,2	-3.46	113	92	<b>0.0005</b>	***
		C	1,2	-4.36	47	46	<b>0.0000</b>	***
	Unnvikende	B	1,2	--	13	1	--	--
		C	1,2	-0.59	2	7	0.5582	i.s.
Vandringsindeks	Vandrende	B	1,2	-3.97	40	15	<b>0.0001</b>	***
		C	1,2	-5.24	23	32	<b>0.0000</b>	***
	Ubestemte	B	1,2	-5.56	113	92	<b>0.0000</b>	***
		C	1,2	-2.21	47	46	<b>0.0269</b>	*
	Unnvikende	B	1,2	--	13	1	--	--
		C	1,2	-2.05	2	7	<b>0.0404</b>	*
Stimareal, m <sup>2</sup>	Vandrende	B	1,2	-5.62	37	15	<b>0.0000</b>	***
		C	1,2	-6.04	21	32	<b>0.0000</b>	***
	Ubestemte	B	1,2	-12.05	106	92	<b>0.0000</b>	***
		C	1,2	-8.13	43	46	<b>0.0000</b>	***
	Unnvikende	B	1,2	--	13	1	--	--
		C	1,2	-2.05	2	7	<b>0.0404</b>	*
Dyp, m	Vandrende	B	1,2	-3.42	40	15	<b>0.0006</b>	***
		C	1,2	-0.73	23	32	0.4631	i.s.
	Ubestemte	B	1,2	-0.83	113	92	0.4074	i.s.
		C	1,2	-3.63	47	46	<b>0.0003</b>	***
	Unnvikende	B	1,2	--	13	1	--	--
		C	1,2	-1.17	2	7	0.2416	i.s.

**Forts. tabell V7 d)**

Parameter	Atferd	Område	tokt	Z	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	p-verdi	
Avstand, m	Vandrende	B	1,2	-0.23	40	15	0.8206	i.s.
		C	1,2	-4.03	23	32	<b>0.0001</b>	***
	Ubestemte	B	1,2	-6.49	113	92	<b>0.0000</b>	***
		C	1,2	-8.11	47	46	<b>0.0000</b>	***
	Unnvikende	B	1,2	--	13	1	--	--
		C	1,2	-2.05	2	7	<b>0.0404</b>	*
Antall ping	Vandrende	B	1,2	-0.80	40	15	0.4218	i.s.
		C	1,2	-0.79	23	32	0.4323	i.s.
	Ubestemte	B	1,2	-5.54	113	92	<b>0.0000</b>	***
		C	1,2	-3.19	47	46	<b>0.0014</b>	**
	Unnvikende	B	1,2	--	13	1	--	--
		C	1,2	0.00	2	7	1.0000	i.s.
Antall sekunder	Vandrende	B	1,2	-1.93	40	15	0.0538	i.s.
		C	1,2	-0.25	23	32	0.8045	i.s.
	Ubestemte	B	1,2	-0.46	113	92	0.6468	i.s.
		C	1,2	-2.89	47	46	<b>0.0039</b>	**
	Unnvikende	B	1,2	--	13	1	--	--
		C	1,2	0.00	2	7	1.0000	i.s.



## V8 Fordeling av stimer



**Figur V8** Fordeling av stimer innen områdene. a) Område A-C i 1995,  $n_A = 264$ ,  $n_B = 166$  og  $n_C = 72$ . b) Område C i 1996,  $n_C = 85$ . c) Område B i 1996,  $n_B = 108$ . I 1996 ble det tatt et utvalg av stimer fra hvert av områdene B og C.

---

## V9 Fordeling av stimkategorier

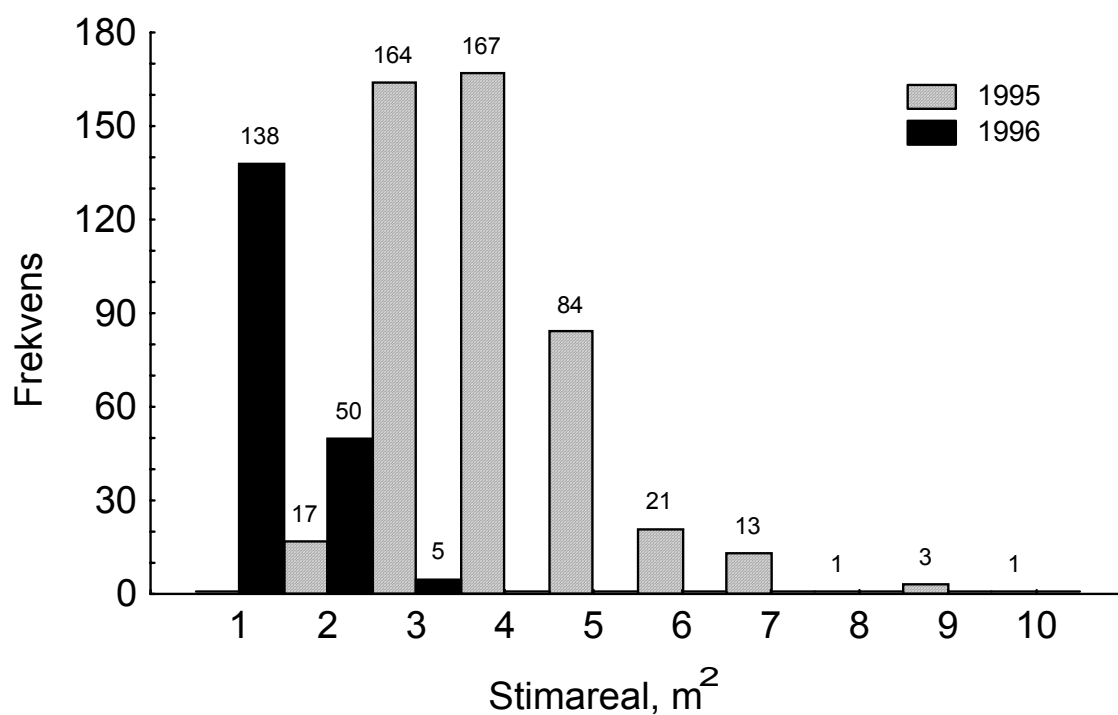
**Tabell V9 a)** Observerte - forventede frekvenser. Pearson chi-kvadrat:  $\chi^2 = 39.10$  (se totalen i tabell V9b),  $df = 8$ ,  $p < 0.001$ .

Tokt	Område	Vandrende	Ubestemte	Unnvikende	Rekketotal
1995	A	16.51	-23.28	6.77	0.00
	B	-8.73	7.19	1.54	0.00
	C	1.87	1.11	-2.97	0.00
1996	B	7.05	-8.18	1.13	0.00
	C	-16.70	23.16	-6.46	0.00
Kolonne total		0.00	0.00	0.00	0.00

**Tabell V9 b)**  $(\text{Observerte} - \text{forventede frekvenser})^2 / \text{forventede frekvenser}$ .

Tokt	Område	Vandrende	Ubestemte	Unnvikende	Rekketotal
1995	A	3.52	3.22	2.51	9.25
	B	1.56	0.49	0.21	2.26
	C	0.16	0.03	1.78	1.97
1996	B	1.99	1.23	0.22	3.44
	C	8.80	7.79	5.59	22.18
Kolonne total		16.04	12.76	10.30	39.10

---

**V10 Histogram over stimareal**

**Figur V10** Frekvens i de ulike kategoriene av stimareal (m<sup>2</sup>) i 1995 og 1996. Kategoriene: **1:** ≤€500, **2:** (500, 1 000], **3:** (1 000, 5 000], **4:** (5 000, 10 000], **5:** (10 000, 20 000], **6:** (20 000, 30 000], **7:** (30 000, 40 000], **8:** (40 000, 50 000], **9:** (50 000, 60 000], **10:** > 60 000. Frekvensene er gitt over søylene.