

337

# OPPDRAKSMELDING

Vandring hos radiomerket ørret i  
Aurlandsvassdraget  
-Vandrer sjøørret inn i Vangen kraftverk?

Finn Økland  
Arne J. Jensen  
Bjørn Ove Johnsen



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Vandring hos radiomerket ørret i  
Aurlandsvassdraget  
-Vandrer sjøørret inn i Vangen kraftverk?

Finn Økland  
Arne J. Jensen  
Bjørn Ove Johnsen

## NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

### NINA Fagrapport NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

### NINA Oppdragsmelding NIKU Oppdragsmelding

Det er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

### Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

### Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800.

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Økland, F., Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. 1995. Vandring hos radiomerket ørret i Aurlandsvassdraget. - Vandrer sjørørret inn i Vangen kraftverk? - NINA Oppdragsmelding 337: 1-19.

Trondheim, mars 1995

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0556-4

Forvaltningsområde:  
Norsk: Naturinngrep - vassdrag  
Engelsk: Impact on aquatic ecosystems

Rettighetshaver ©:  
NINA•NIKU Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon: Tor G. Heggberget

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout: Siri Aftret

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:  
NINA•NIKU  
Tungasletta 2  
7005 Trondheim  
Tel: 73 58 05 00  
Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13515

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Oslo Energi etter pålegg fra Direktoratet for naturforvaltning

## Referat

Økland, F., Jensen A.J. & Johnsen, B.O. 1995. Vandring hos radiomerket ørret i Aurlandsvassdraget. - Vandrør sjøørret inn i Vangen kraftverk? - NINA Oppdragsmelding 337: 1-19.

Bestanden av laks og sjøørret har avtatt kraftig etter at Aurlandsvassdraget ble utbygget til kraftproduksjon. På denne bakgrunn ble det i 1989 satt igang fiskeribiologiske undersøkelser i dette vassdraget. Et av delprosjektene i undersøkelsesprogrammet er det foreliggende prosjektet. En teori om hvorfor fisket har gått så kraftig tilbake er at nedvandrende fisk fra Vassbygdvatnet går ut i sjøen gjennom Vangen kraftverk og blir drept i turbinene. Om vinteren er vannføringen konstant lik  $3\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  i Aurlandselva, mens opptil  $70\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  passerer gjennom Vangen kraftverk. Hovedmålet med dette delprosjektet var å undersøke om sjøørret vandrer inn i Vangen kraftverk.

Den 22. og 23. oktober 1993 ble 39 ørret merket med radiosendere og satt ut igjen øverst i Vassbygdvatnet. Ved å analysere skjellprøver av fisken ble tolv ørret klassifisert til å være stasjonær, mens 27 ble klassifisert som anadrom (sjøørret).

Sjøørret i Vassbygdvatnet kan vandre ut til sjøen gjennom Vangen kraftverk eller ut via Aurlandselva. Begge utvandringsrutene ble overvåket automatisk av en datalogger. I tillegg ble fisken lokalisert manuelt hver uke fra sju faste peilepunkt med en nøyaktighet på 100 m.

Overlevelsen til den merkede fisken var høy. Åtte måneder etter merkingen var fremdeles 25 av 27 sjøørret og åtte av 12 stasjonære ørret i live. Like etter merking vandret omkring 50% av fisken opp i Vassbygdelva, men i løpet av november gikk de fleste ned i Vassbygdvatnet igjen. Fram til 29. mars 1994 stod de fleste fiskene i øvre del av vatnet. En signifikant høyere andel sjøørret oppholdt seg nær overflata av innsjøen enn stasjonær ørret. Dette vedvarte hele vinteren.

I slutten av april begynte sjøørretene å vandre nedover vassdraget. Nedvandringen foregikk i to etapper. Først vandret de fra øvre til nedre del av Vassbygdvatnet. Etter en stopp der vandret de videre ned Aurlandselva og ut i sjøen. Totalt vandret 22 ørret ned i Aurlandselva, tre ble stående i elva mens 19 vandret ut i sjøen. Hovedforflytningen av sjøørret fra Vassbygdvatnet til sjøen skjedde i perioden 20. mai til 10. juni.

Av de åtte stasjonære ørretene som vi fortsatt hadde kontakt med ved slutten av forsøket, ble sju stående i Vassbygdvatnet mens en vandret ut i sjøen.

Ingen radiomerket ørret ble registrert i tunnelen til Vangen kraftverk.

## Abstract

Økland, F., Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. 1995. Migration of resident and anadromous brown trout (*Salmo trutta* L.) in River Aurlandselva recorded with coded radio tags. - Does brown trout enter a hydropower tunnel? - NINA Oppdragsmelding 337: 1-19.

A significant decline in brown trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) populations was observed in the river Aurlandselva during the period when this watershed was developed extensively for hydropower production. One hypothesis for this decline is that fish descending from lake Vassbygdvatnet to the sea may be using the tunnel of the Vangen power plant. During winter, the water discharge is  $3\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  in the river Aurlandselva and may reach  $70\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  through the Vangen power plant. Our main objective was to record whether descending brown trout enter the hydropower tunnel or migrate to the sea using the river.

Thirty nine brown trout were caught with gill nets in the lake close to the mouth of the river Vassbygdelva. They were tagged with external coded radio tags on 22-23 October and liberated in the same area. Twelve brown trout were classified as stationary and 27 as anadromous based on scale analyses. Both the lake outlet to the river Aurlandselva and the hydropower tunnel were monitored automatically using a LOTEK SRX\_400 remote datalogging receiver from 2 December 1993 to 1 July 1994. In addition, the tagged fish were located manually every week, with a precision of about 100 m.

Survival of tagged fish was high. Twenty five of the 27 anadromous trout and 8 of the 12 stationary trout were still alive eight months after tagging. Soon after tagging, about 50% of the fish ascended the river Vassbygdelva, but during November most of them descended again. From 26 November 1993 until 29 March 1994 brown trout classified as anadromous were mainly located in the upper part of the lake. A significant higher proportion of trout classified as resident held position in deeper areas of the lake. During April anadromous trout migrated to the lower part of the lake near the outlet to the river Aurlandselva, and during May 22 descended into the river. Nineteen of them migrated to the sea while 3 remained in the river. Seven stationary trout remained in the lake, while one migrated to the sea. No radio tagged fish were detected inside the hydropower tunnel.

## Forord

Direktoratet for naturforvaltning påla i 1989 Oslo Lysverker (nå Oslo Energi) med hjemmel i konsesjonsbetingelsene å bekoste fiskeribiologiske undersøkelser i Aurlandsvassdraget. Arbeidet med undersøkelsene startet i 1989 og pågår fortsatt. Et delprosjekt har vært å studere vandringsruter hos sjøørret for å se om fisk vandrer ut gjennom tunnelen til Vangen kraftverk. For første gang i Europa er kodete radiosendere benyttet i denne type undersøkelser. Innkjøringsproblemer oppstår når nytt utstyr skal benyttes. Disse ble løst raskt slik at prosjektet kunne gjennomføres som planlagt. Vi vil i den anledning takke Svein Skjerdal som fant kortslutninger og skiftet signalforsterkere, Sølvi K. Høydal som organiserte arbeidet lokalt, Oddvar Veum og Rune Tønnessen som peilet fisken manuelt, Inga Winjum og Knut Perum som leste av data fra dataloggeren og Dag H. Karlsen som merket fisken og installerte dataloggeren sammen med Camerone Grant (LOTEK Engineering Inc.).

Trondheim, mars 1995.

Arne J. Jensen  
Prosjektleder

## Innhold

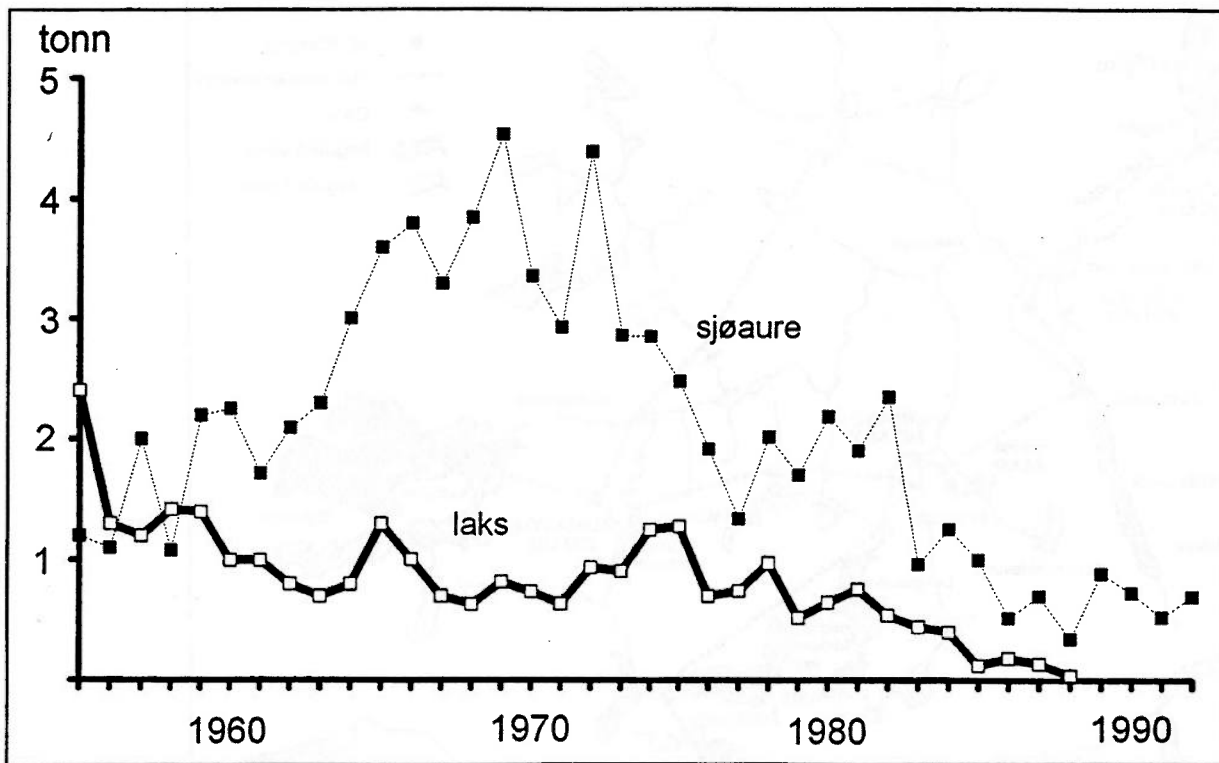
Referat.....	3
Abstract.....	3
Forord.....	4
Innhold.....	4
1 Innledning.....	5
2 Områdebeskrivelse.....	6
3 Materiale og metoder.....	7
3.1 Fangst og merking av ørret med radiosender....	7
3.2 Bruk av kodete radiosendere.....	7
3.3 Datalogger for kodete radiosendere.....	8
3.4 Registrering av radiomerket fisk.....	9
3.5 Vurdering av det tekniske utstyret.....	9
3.6 Radiosignaler fra merket fisk eller støy ?.....	10
3.7 Signalstyrke.....	10
4 Resultater.....	10
4.1 Lengdefordeling og kjønnsfordeling.....	11
4.2 Overlevelse av radiomerket fisk.....	11
4.3 Geografisk fordeling av stasjonær og anadrom ørret.....	13
4.4 Vandring ned Aurlandselva.....	13
5 Diskusjon.....	16
5.1 Overlevelse av radiomerket fisk.....	16
5.2 Geografisk fordeling av stasjonær og anadrom ørret.....	16
6 Litteratur.....	17
Vedlegg.....	18

# 1 Innledning

Aurlandsvassdraget har fra gammelt av vært kjent som en attraktiv elv for sportsfiske etter laks og sjørøret. Den årlige fangsten var oppe i 5 tonn. Spesielt var ørreten i dette vassdraget interessant på grunn av størrelsen. Oslo Lysverker (nå Oslo Energi) fikk ved kongelig resolusjon av 26. september 1969, med endringer i kgl. res. av 25. juli 1975, tillatelse til å regulere Aurlandsvassdraget for kraftproduksjon. Kraftutbyggingen i vassdraget ble fullført i 1989. Fylkesmannen i Sogn og Fjordane gjorde i brev av 24.03.87 Direktoratet for naturforvaltning (DN) oppmerksom på at fangstene av både laks og sjørøret ifølge Norges offisielle statistikk hadde gått kraftig tilbake i takt med at de ulike kraftstasjonene i vassdraget var satt i drift (**figur 1**). Fangsten av laks har gradvis blitt redusert fra ca 1 tonn i 1975 til laksen ble fredet i 1989. Utviklingen i sjørøretbestanden er

tilsvarende redusert fra 4 tonn i 1970 til mindre enn ett tonn etter 1985 (Jensen et al. 1993). Dette har skjedd til tross for at Oslo Energi har pålegg om årlig å sette ut 30 000 sjørøretsmolt og 10 000 laksesmolt i vassdraget for å kompensere for redusert naturlig smoltproduksjon.

Etter åpningen av Vangen kraftverk er det naturlige utløpet av Aurlandselva fra Vassbygdatnet stengt av en luke fra 14. september til 1. mai. I denne perioden kan fisk vandre ned i elva via en fisketrapp ved siden av luken. Vannføringen i elva er i denne perioden  $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Gjennom krafttunnelen som munner ut 300 m fra dammen går det i samme periode opp til  $70 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . 1. mai stenger Vangen kraftverk og luken legges ned slik at fisk kan vandre ned Aurlandselva som før reguleringen, (**figur 2**). Hensikten med denne undersøkelsen var å registrere om sjørøret vandrer ut gjennom tunnelen til Vangen kraftverk i den perioden kraftverket er i drift.



**Figur 1** Årlig fangst av sjørøret (stiplet linje) og laks (heltrukket linje) i Aurlandsvassdraget i perioden 1955-1992. (Fra Jensen et al. 1993).

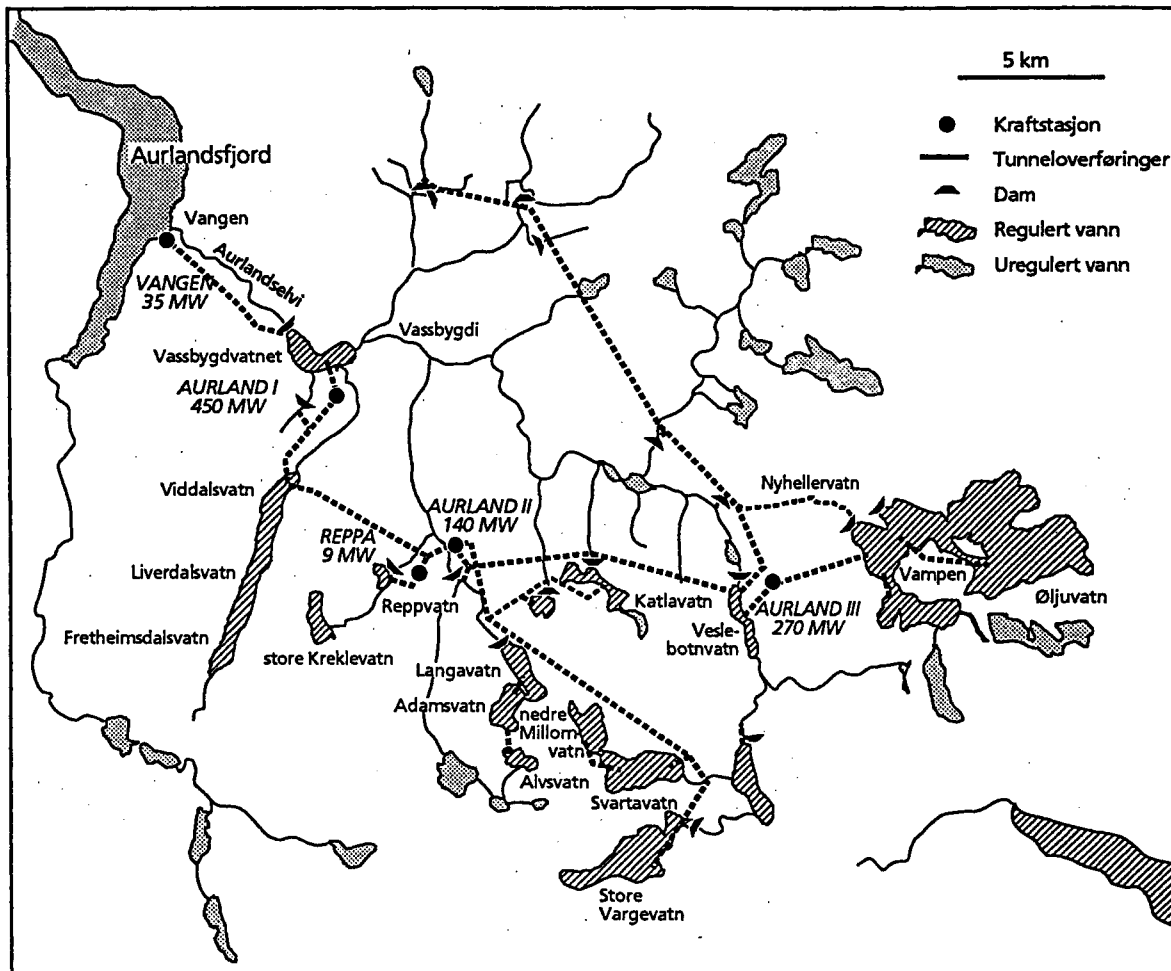
## 2 Områdebeskrivelse

Aurlandselva munner ut i Aurlandsfjorden, en sidegren av Sognefjorden i Sogn og Fjordane. Fra munningen opp til Vassbygdvatnet 6,5 km oppe i vassdraget er det ingen vandringshinder for oppvandrende laks og sjørret. Ovenfor det 3 km lange Vassbygdvatnet (54 m o.h.) kan laks og sjørret vandre ca 3 km videre oppover i Vassbygdelva.

Ved utbyggingen av Aurlandsvassdraget utnyttet fallhøyden fra en rekke magasiner på fjellet i flere trinn ned til Aurlandsfjorden (figur 2). Tre av kraftverkene, Aurland II, Aurland III og Reppa, ligger på fjellet og utnytter vann fra magasiner som ligger opp til 1450 m o.h. Avløpsvannet føres til Viddalsvatn (HRV 930 m o.h.) og videre inn i Aurland I, som har utløp i Vassbygdvatnet. Vangen kraftverk utnytter fallet fra Vassbygdvatnet og ned i fjorden.

Utbyggingen har foregått etappevis over mange år fra anleggsarbeidene startet høsten 1969 og første aggregat i Aurland I ble tatt i bruk i januar 1973 til tredje aggregat i samme stasjon ble startet opp høsten 1989. Aurland III ble satt i drift i 1979, Vangen kraftverk i september 1980, Aurland II i 1982-83 og Reppa kraftverk i oktober 1983.

Vannføringen i Vassbygdelva er redusert etter utbyggingen fordi vannet fra nedslagsområdene over 1000 m ledes i tunnel ned til Vassbygdvatnet. Om vinteren og i tørre perioder om sommeren og høsten er elva nærmest tørrlagt (Jensen et al. 1993). Etter at Vangen kraftverk sto ferdig i 1980 er vannføringen i Aurlandselva (fra Vassbygdvatnet til fjorden) om vinteren  $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  mens resten av vannet går i tunnel gjennom stasjonen og ut i fjorden.



Figur 2 Kartskisse av Aurlandsvassdraget etter kraftutbyggingen. (Fra Jensen et al. 1993.)

## 3 Materiale og metoder

Til kartlegging av vandringsruter hos fisk i ferskvann har NINA gjennomført en rekke forsøk med radioteleometri (Økland & Heggberget 1994). Ved å feste en radiosender på fisk kan vandringsruten studeres ved at radiosignalene fra senderen registreres med en mottaker. Ved å bestemme retning og styrke på signalene kan fisken lokaliseres.

### 3.1 Fangst og merking av ørret med radiosender

I perioden 12.-20. oktober ble ørret fanget med garn i utløpet av Vassbygdelva øverst i Vassbygdvatnet. Fisken ble oppbevart fram til merking i et stamfiskbasseng ved Vassbygdelva. Den 22. og 23. oktober ble 39 ørret merket med radiosender og sluppet tilbake på samme plass som de ble fanget. Fisken ble klassifisert som stasjonær eller anadrom (sjørret) på bakgrunn av to kriterier: a) Sjørret hadde en kraftigere økning i vekstraten enn stasjonær fisk. b) sklerittene hos anadrom ørret er oppstykket under vekstsesongen i sjøen.

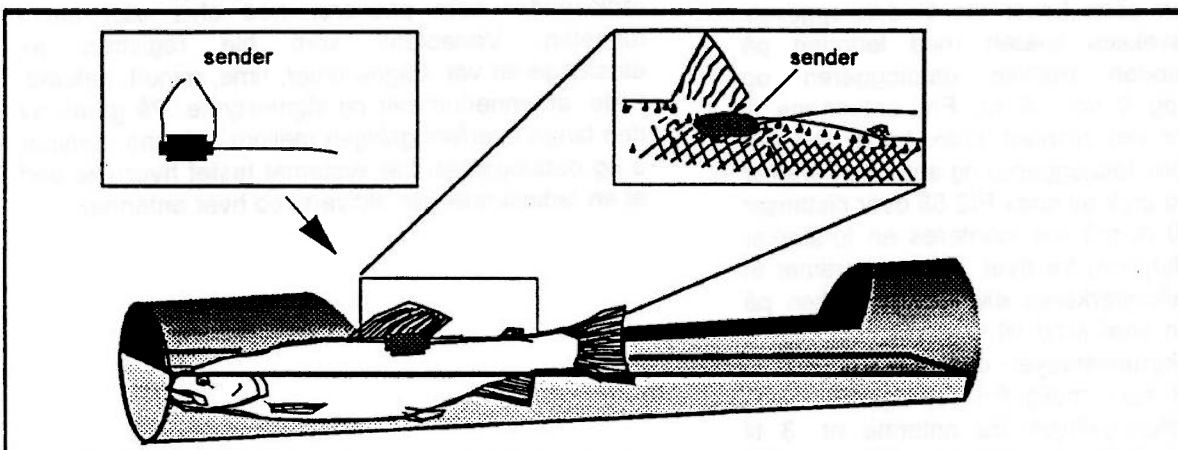
Før merking ble fisken bedøvet med klorbutanol. Etter at fisken var bedøvet ble den anbrakt i et plastrør med vann (**figur 3**). To kanyler ble stukket gjennom øvre del av ryggen under ryggfinnen. En metallstreng festet i fremre og bakre del av radiosenderen ble stukket gjennom kanylene som deretter ble fjernet. På motsatt side av radiosenderen ble en plastplate montert og wirene tvunnet sammen

slik at radiosenderen ble liggende helt inn til siden av fisken. Etter merking ble fisken anbrakt i et kar inntil bedøvelsen hadde sluttet å virke. Erfaringer med denne merkemethoden fra andre prosjekter har vist at merketapet er lite (cf. Heggberget et al. 1993, Økland et al. 1994). Samtidig som fisken ble merket ble følgende parametre registrert: kjønn, lengde, finneskader, andre skader, skjelltap på fisken og tilstand ved utsetting. I tillegg ble det tatt en skjellprøve på ca 5 skjell fra hver fisk.

### 3.2 Bruk av kodede radiosendere

Ved å merke ørret med radiosender i Vassbygdvatnet om høsten, kan vandringsruten og tidspunkt for utvandring kontrolleres. Styrken på radiosignalene avtar med økende dybde. I Vassbygdvatnet kan radiomerket ørret stå så dypt at vi ikke kan fange opp radiosignaler. Radiomerket ørret kan derfor svømme inn i krafttunnelen uten at vi kan registrere dette med manuell lokalisering av fisken i Vassbygdvatnet.

Metoden vi benyttet til å registrere utvandningsveier og tidspunkt for den radiomerkede ørreten i dette prosjektet var å installere utstyr som automatisk lagrer informasjon om når en fisk med radiosender passerer. Ved å installere denne type utstyr både i tunnelen og ved utløpet av Aurlandselva fra Vassbygdvatnet, kunne vi kontrollere hvor mange av de radiomerkede ørretene som overlevde vinteren og om de vandret ut til sjøen gjennom tunnelen eller gjennom Aurlandselva.



**Figur 3** Merking av fisk med radiosender. Etter at fisken var bedøvet ble den plassert i et merkerør med hodet under vann. Senderen syes fast på ryggen ved at to kanyler stikkes gjennom øvre del av ryggen, rett under ryggfinnen. Strengen på senderen tres gjennom kanylene som deretter fjernes. På motsatt side av senderen monteres en plastplate. Wirene tvannes slik at senderen sitter helt inntil siden av fisken. Etter merking ble fisken oppbevart i et basseng til bedøvelsen var ute, og satt tilbake i elva nær fangststedet.



Det eneste stedet i tunnelen hvor radiosignaler fra merket fisk kunne registreres var i et lukekammer (**figur 4**). Her var det mulig å registrere signaler over en strekning på ca 20 m. For å hindre at radiomerket fisk kan passere lukekammeret uten å bli registrert må hver fisk registreres hvert 6. sekund. Ved konvensjonell radiotelemetri må hver fisk identifiseres ved en unik kombinasjon av frekvens og pulsrate (Heggberget & Økland 1992; Økland & Heggberget 1994). Det er ikke mulig å registrere et tilstrekkelig antall fisk på denne korte tiden ved denne metoden. Vi benyttet derfor kodede radiosendere slik at alle radiosenderene virket på samme frekvens.

Kodede radiosendere fra LOTEK Engineering Inc. (Canada) sender ut fem fortløpende pulser hvert 5. sekund. Avstanden mellom pulsene registreres av en radiomottaker (SRX\_400) som regner ut hvilken fisk (kodennummer) som registreres. Vi benyttet 39 radiosendere (CFRT-3MB, external) med 7 måneders levetid. Senderen veier 3 g under vann.

### 3.3 Datalogger for kodede radiosendere

En LOTEK datalogger (SRX\_400, konfigurasjon 3, W16) med antenne «switch box» (heretter betegnet som «datalogger») ble montert inne i tunnelen i lukekammeret (**vedlegg 1**). Tre antenneutganger ble benyttet: antenne 1 dekket de øverste 10 m av lukekammeret, antenne 2 dekket de nederste 10 m lukekammer, mens antenne 3 dekket utløpet av Aurlandselva nedenfor dammen (**figur 4**).

Radiosignaler som registreres av en antenne overføres via en coax kabel inn til dataloggeren. Signalstyrken svekkes lineært med lengden på kablen. Avstanden mellom dataloggeren og antenne nr. 1 og 2 var 15 m. Fra antennene til dataloggeren ble det montert coax kabel RG 58. Avstanden mellom dataloggeren og antenne nummer 3 var 310 m. Ved bruk av coax RG 58 over distanser på mer enn 100 m må det monteres en forsterker som øker signalstyrken for hver 100 m (Lortimer et al. 1994). Signalforsterkeren øker også styrken på bakgrunnsstøyen som alltid vil være tilstede. For å minimalisere bakgrunnsstøyen og samtidig sikre et så sterkt signal som mulig fra radiosenderen på fisken, ble overføringslinjen fra antenne nr. 3 til dataloggeren montert som vist i **vedlegg 2**. En signalforsterker ble montert nær antennen, der signalene fra radiomerket ørret er sterkest. Denne hever signalstyrken maksimalt opp over bakgrunnsstøyen.

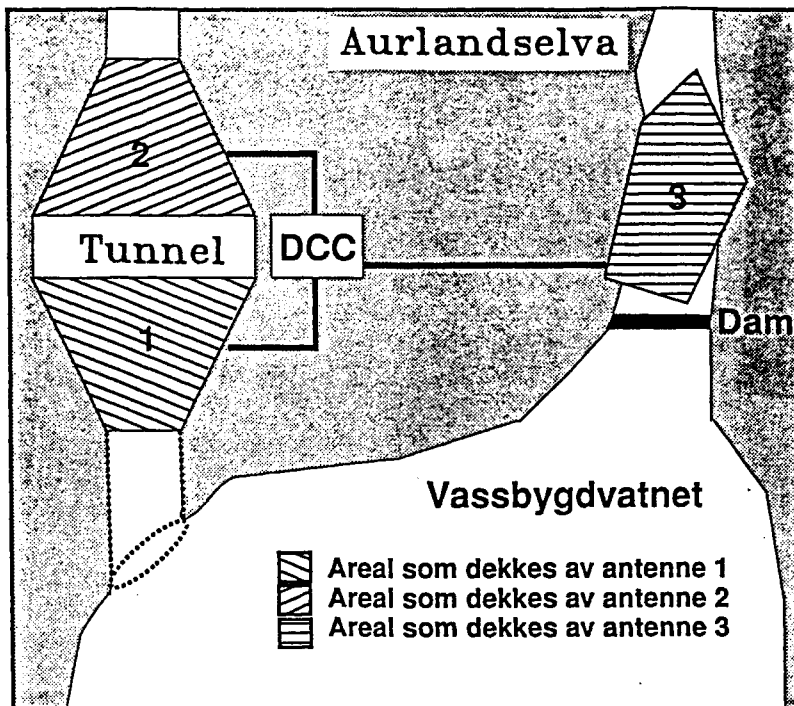
Siden alle radiosenderne opererte på samme frekvens, ble dataloggeren programmert til å søke

syklisk over de tre antennene. Lyttetiden på hver antenne var 6 sekunder og rekkefølgen var antenne nr 1, antenne nr 2 og antenne nr 3. Dette medførte at tunnelen ble overvåket i 12 sekunder (antenne nr. 1 og 2) med 6 sekunder pause mens antenne tre var i funksjon (**figur 4**).

Følsomheten på hver antenne ble justert separat. Antenne nr. 1 og 2 ble rettet 45 grader nedover mot overflaten på vannet. Antenne nr. 1 pekte oppover mot øvre del av lukekammeret. Følsomheten ble stilt slik at en radiosender på bunnen av tunnelen (ca 10 m dyp) ble registrert, mens sendere i den nedre delen av lukekammeret ikke ble oppfanget (gain = 30). Antenne nr. 2 ble kalibrert på tilsvarende måte til kun å registrere radiosendere fra de nederste 10 m av lukekammeret (gain 30). Årsaken til at to antenner ble montert i lukekammeret var at retningen til en radiomerket ørret dermed kunne bestemmes. Teoretisk kan fisken vandre inn til lukekammeret, snu og vandre tilbake til Vassbygdvatnet igjen. Ved å bruke to antenner kunne vi skille ut fisk som vandret gjennom kraftstasjonen fra fisk som vandret inn til lukekammeret og tilbake til Vassbygdvatnet igjen.

Antenne nr. 3 ble kalibrert til å dekke et område av Aurlandselva fra luken og 200 m nedover elva (gain 50). Antennen ble rettet nedover Aurlandselva med en helling på ca 15 grader. En slik montering vil kun unntaksvis registrere radiosignaler fra merket ørret i Vassbygdvatnet, mens antennen var følsom for radiosendere i elva (**figur 4**). Etter at luken ble lagt ned 1. mai, økte sensitiviteten i området av vannet nær munningen av elva siden luken ikke stengte ute signalene fra dette området lengre.

Området som hver av antennene dekket sammen med loggeprogrammet ville registrere all fisk med radiosender som passerer ned elva eller inn i tunnelen. Variablene som ble registrert av dataloggeren var: dagnummer, time, minutt, sekund, kode, antennennummer og signalstyrke. På grunn av den lange overføringslinjen mellom antenne nummer 3 og dataloggeren ble systemet testet hver uke ved at en radiosender ble aktivert ved hver antenne.



**Figur 4** Skjematiske kartskisse av nedre del av Vassbygdvatnet med tunnelen og lukekammeret. Fra 14. september til 1. mai er minstevannføringen i Aurlandselva  $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  mens opp til  $70 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  går gjennom tunnelen og ut i fjorden via Vangen kraftverk. De skraverte områdene viser hvilket område som ble dekket av de tre antennene. DCC = datalogger (SRX-400) fra LOTEK Engineering Inc. (Canada).

### 3.4 Registrering av radiomerket fisk

I perioden fra 2. desember 1993 til 1. juli 1994 var dataloggeren i drift i 162 dager, mens det i tre perioder var driftsstans (tilsammen 49 dager). Kontinuerlig drift var det fra 2. desember 1993 til 19. januar 1994, 15. februar 1994 til 9. mars 1994, 23. mars 1994 til 13. april 1994 og 20. april 1994 til 1. juli 1994. Den 23. mars koblet vi ut antenne nr. 2 og forandret loggeprogrammet til kun å lytte på antenne nr. 1 og antenne nr. 3. Dette forandret ikke sikkerheten i dataregistreringen, men vi kunne ikke registrere hvilken retning eventuell fisk i tunnelen vandret.

I tillegg til å registrere fisken med datalogger ble fisken lokalisert manuelt med en radiomottaker (SRX\_400 konfigurasjon 2) hver uke i Vassbygdvatnet og Vassbygdelva. Det ble peilet fra 7 faste peilepunkt, og fiskens posisjon bestemt med 100 m nøyaktighet. Fisk som ikke ble registrert ble antatt å stå dypere enn 15 m i Vassbygdvatnet. Etter 17. mai ble fisken i tillegg peilet hver 2. dag i Aurlandselva for å registrere eventuell utvandring til sjøen. Radiosignaler kan kun registreres fra ferskvann. Ørret som ble registrert i elva og plutselig forsvant ble derfor antatt å ha vandret ut i fjorden.

### 3.5 Vurdering av det tekniske utstyret

Utviklingen av teknologisk avansert utstyr til bruk i radiotelemetri går raskt. Dette øker nøyaktigheten på de data vi kan registrere. Samtidig er det mest avanserte utstyret teknisk krevende. Dette fører til at det alltid vil være en avveining mellom de fordelene dette utstyret har mot økte kostnader og økt krav til kompetanse. Det er derfor viktig at riktig utstyr velges til de ulike problemstillingene. I prosjekter hvor overvåking av fisken må være nøyaktig, som i lukekammeret hvor radiomerket fisk kan passere raskt, er det nødvendig med avansert utstyr. Bruken av kodede radiosendere medførte i tillegg at vi kunne gjenkjenne hver enkelt fisk og derfor samle informasjon om vandring av ørret i vassdraget. Til tross for problemer under oppstartingen av prosjektet er de data som er registrert i dette prosjektet godt egnet til å svare på de problemene vi ønsket belyst.

Manuell posisjonering av den merkede fisken fra faste peilestasjoner på land fungerte tilfredsstillende. Lokalisering av kodede radiosendere er imidlertid mer tidkrevende enn konvensjonell radiotelemetri når mange fisk oppholder seg innenfor et lite område.

Det var flere problemer med dataloggeren de første månedene av prosjektet. Spesielt var overføringslinjen fra antenne nr 3 til dataloggeren dårlig. Overspenning og kondens er trolig årsaken til at 4

signalforsterkere måtte byttes. Den strømførende kabelen til signalforsterkeren var heller ikke tilfredsstillende montert. Dette førte til to kortslutninger. Etter at overføringslinjen ble forbedret fra 9. til 23. mars 1994 fungerte utstyret teknisk meget tilfredsstillende.

### 3.6 Radiosignaler fra merket fisk eller støy ?

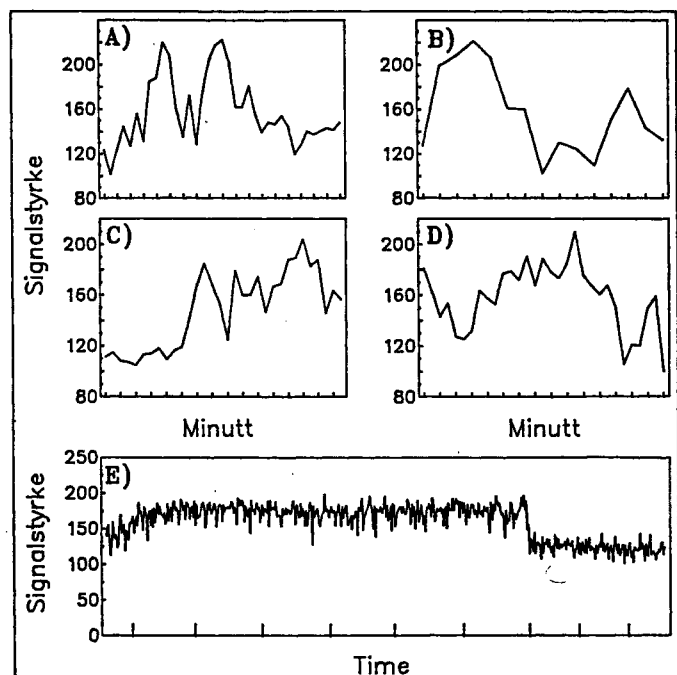
Det er flere forhold som gjør at vi med stor sikkerhet kan fastslå at de signalene vi registrerte på antenne nr 3 er signaler fra radiomerket fisk og ikke støy: 1) Variasjonen i signalstyrken til signalene tilsvarer et mønster som vi kan forvente fra radiomerket fisk som passerer antennen. 2) Sannsynligheten for at vi skal få forstyrrelser som tilsvarer en kodet radiosender er mikroskopisk. Årsaken til dette er at både frekvens og kode (som er en fortløpende serie av 5 signaler) må passe. Registrering av støy, som er et hovedproblem ved bruk av konvensjonelle radiosendere, er nærmest fjernet når kodete radiosendere benyttes. 3) Et annet forhold som viser at våre registreringer ikke er støy er at radiosignaler som enten er for svake eller ikke passer til en kode registreres på en egen støykode i dataloggeren (255). Antall rekker med kode 255 var lite. Dette tyder på at det generelle støynivået i området var lavt. Kode 255 ble kun registrert fra perioder med radiomerket ørret nær antenne 3. Det tyder på at de signalene vi har registrert på denne koden i det alt vesentlige er signaler fra radiomerket ørret som er for svake til å bli tolket til kode. 4) I tillegg til dataloggeren ble fisken peilet manuelt.

Registreringene fra dataloggeren stemmer overens med registreringene fra den manuelle peilingen.

### 3.7 Signalstyrke

Fisk som passerer en antenne blir vanligvis først registrert med svake signaler mens den befinner seg i ytterkant av rekkevidden på antennen. Etter som fisken nærmer seg antennen skal signalstyrken øke for siden å minke når fisken har passert og beveger seg videre vekk fra antennen. Fra fisk som blir stående i lengre tid innenfor rekkevidde av antennen vil vi forvente et mer uryddig mønster i signalstyrken. Årsaken til dette er at styrken på signalene også varierer med orientering, dyp og i elva kan store stein skjerme for antennen. Signalstyrken er sterkest i vinkel 90 grader ut fra antennen på radiosenderen. Hvis fisken dreier seg rundt vil derfor styrken variere selv om avstanden er den samme.

På **figur 5** har vi plottet signalstyrken til fire fisk som vandret raskt forbi antenne tre. A) viser en fisk som passerte antennen på 18 minutter. De første og siste signalene er henholdsvis økende og avtagende i styrke som forventet. Det samme mønsteret identifiseres på B) og C). D) har avtagende styrke på signalene de første to minutter før vi får tilsvarende mønster med økende og avtagende signalstyrke. E) viser passeringen til fisk kode 37 som brukte 9,5 timer på å passere antennen. Den første timen økte signalstyrken før fisken stoppet i 6 timer nær antennen. Så skiftet den til en posisjon lengre unna antennen i 3 timer før den vandret utenfor rekkevidde.



**Figur 5** Signalstyrken til 5 radiomerket ørret som passerte antenne nr. 3 øverst i Aurlandselva

## 4 Resultater

### 4.1 Lengdefordeling og kjønnsfordeling

Av de radiomerkede ørretene ble 14 hannfisk og 13 hunnfisk klassifisert som anadrom (sjøørret). Tolv ørret ble klassifisert som stasjonær, henholdsvis 5 hannfisk og 7 hunnfisk. Stasjonær ørret var mindre av størrelse enn den anadrome fisken (Mann Whitney U-test,  $p < 0,05$ , figur 6). Hos den anadrome ørreten varierte lengden på hannfisken fra 35 cm til 79 cm mens hunnfisken varierte fra 53 cm til 78 cm (tabell 1). Hos ørret klassifisert som stasjonær varierte lengden hos hannfisken fra 34 cm til 55 cm mens tilsvarende tall for hunnfisken var 34 cm til 70 cm (tabell 2).

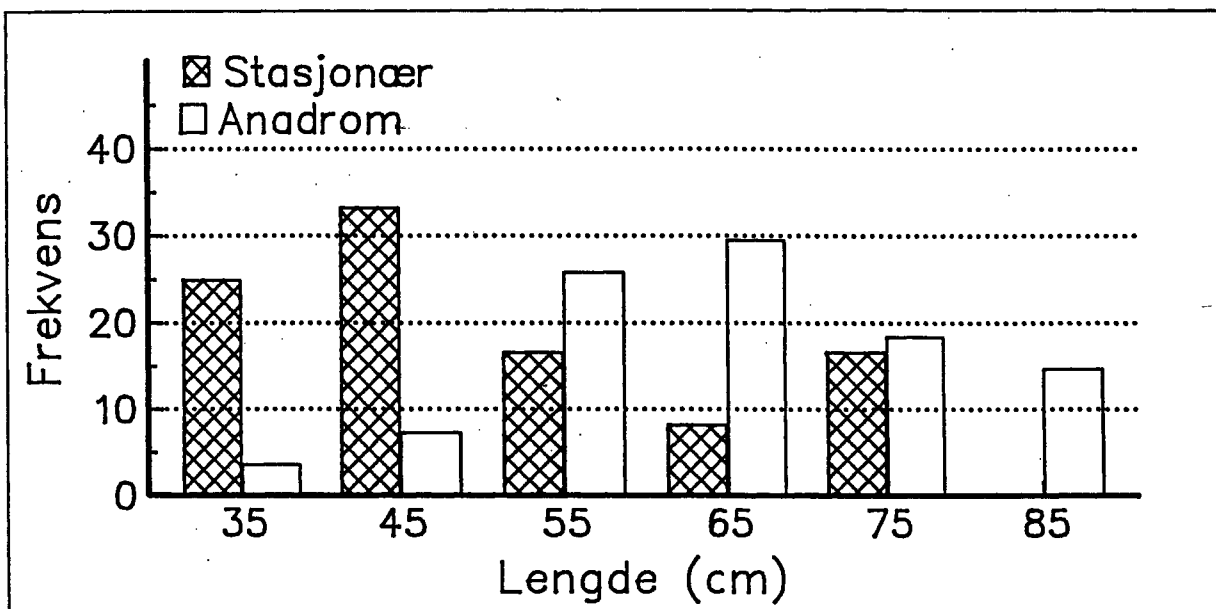
### 4.2 Overlevelse av radiomerket fisk

I Vassbygdvatnet kan radiomerket fisk stå så dypt at vi ikke kan registrere radiosignaler. Siden den radiomerkede fisken ikke kan vandre ut av Vassbygdvatnet uten å bli registrert på dataloggeren, definerte vi fisk som ikke ble registrert ved manuell peiling til å stå dypere enn 15 meter i

Vassbygdvatnet. Denne definisjonen ble kun benyttet på fisk som ble påvist å være i live på et senere tidspunkt.

Perioden vi hadde kontakt med radiomerkede ørret klassifisert som sjøørret er vist i tabell 1. Kun to av de 27 fiskene i denne gruppen mistet vi kontakten med (kode 33 og 39). Radiosenderen med kode 33 fungerte kun i 14 dager. Etter dette ble denne fisken lokalisert visuelt oppe i Vassbygdelva fram til 15. april. Fisken med kode 39 ble siste gang registrert 29. april. Av de 25 ørretene vi fulgte videre ble 22 registrert på dataloggerens antenne 3 øverst i Aurlandselva i tidsrommet fra 14. mai til 17. juni. 19 vandret ut i sjøen mens tre (kode 20, 30 og 40) ble stående i Aurlandselva. De tre siste (kode 9, 13 og 43) ble kun registrert i Vassbygdvatnet. (Kode 9 er registrert på dataloggeren, men med så få signaler at fisken trolig ikke har vært i elva).

Perioden vi hadde kontakt med radiomerket ørret klassifisert som stasjonær er vist i tabell 2. Kode 2 mistet vi kontakten med i november mens kode 7 forsvant i februar. Kode 4 forsvant i april og kode 21 i mai. Av totalt 12 fisk fulgte vi 8 fram til 1. juli. En ble registrert på dataloggeren 21. mai og vandret ut i sjøen (kode 35). De sju siste oppholdt seg i Vassbygdvatnet.



Figur 6 Lengdefordeling hos radiomerket stasjonær og anadrom ørret merket med radiosender i Aurlandsvassdraget i 1993.

**Tabell 1** Heltrukket linje viser tidsrommet vi kunne følge radiomerket sjøørret i Aurlandsvassdraget. Stiplet linje viser fisk i fjorden, mens ■ angir fisk som er registrert på datalogger øverst i Aurlandselva.

Kjønn Lengde Kode	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN
Hann 73 cm 1								■	.....
Hann 37 cm 13									
Hann 64 cm 15								■ ■	■ ..... .....
Hann 55 cm 16								■	.....
Hann 73 cm 17								■	.....
Hann 61 cm 29								■ ■	.....
Hann 64 cm 32								■	.....
Hann 35 cm 33									.....
Hann 68 cm 36								■	.....
Hann 54 cm 37									■ ..... .....
Hann 79 cm 38								■ ■	.....
Hann 78 cm 40								■ ■ ■	■ ..... .....
Hann 64 cm 41								■	.....
Hann 40 cm 42								■	.....
Hunn 60 cm 5									.....
Hunn 76 cm 6								■	.....
Hunn 69 cm 9									■ ..... .....
Hunn 61 cm 10								■	.....
Hunn 60 cm 11								■	.....
Hunn 78 cm 19								■	.....
Hunn 54 cm 20								■	.....
Hunn 53 cm 25								■	.....
Hunn 55 cm 26								■	.....
Hunn 75 cm 27			■						■ ..... .....
Hunn 55 cm 30									■ ..... .....
Hunn 59 cm 39									.....
Hunn 54 cm 43									.....

**Tabell 2** Heltrukket linje viser tidsrommet vi kunne følge radiomerket stasjonær ørret i Aurlandsvassdraget. Stiplet linje viser fisk i fjorden, mens ■ angir fisk som er registrert på datalogger øverst i Aurlandselva.

Kjønn Lengde Kode	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN
Hann 34 cm 3									
Hann 41 cm 7									
Hann 36 cm 24									
Hann 37 cm 31									
Hann 55 cm 35								■	
Hunn 41 cm 2									
Hunn 70 cm 4									
Hunn 54 cm 12									
Hunn 34 cm 21									
Hunn 35 cm 22									
Hunn 63 cm 28									
Hunn 68 cm 44									

### 4.3 Geografisk fordeling av stasjonær og anadrom ørret

Seks dager etter merking (29. oktober 1993) var fordelingen av ørret klassifisert som anadrom og stasjonær lik ( $X^2$ -test,  $p > 0,05$ , figur 7). Av sjøørret sto 26% av fisken grunt i Vassbygdvatnet, 30% sto dypt, mens 44 % vandret opp i Vassbygdelva. Tilsvarende tall for den stasjonære ørreten var 17 % grunt og 33 % dypt og 50 % i Vassbygdelva.

Allerede den 21. november 1993 registrerte vi en segregering av anadrom og stasjonær ørret i Vassbygdvatnet. 44% av den anadrome ørreten ble registrert nær overflaten i Vassbygdvatnet mens 19% sto dypt. Tilsvarende tall for den stasjonære ørreten var nå 17% nær overflaten og 33% sto dypt (figur 7). De øvrige fiskene sto fortsatt i Vassbygdelva.

I perioden fra 26. november 1993 til 29. mars 1994 var det, med to unntak, signifikant forskjell i fordeling av de to typene ørret i Vassbygdvatnet. Ørret klassifisert som sjøørret sto grunt, mens stasjonær ørret sto dypt (Fisher's Exact Test,  $p < 0,05$ ). Samme fordeling ble observert 30. desember og 14. januar, men forskjellene var ikke signifikant forskjellige (Fisher's Exact Test,  $p > 0,05$ ).

I perioden fra 15. april 1994 til 20. mai 1994 ble frekvensen av stasjonær ørret som stod dypt i

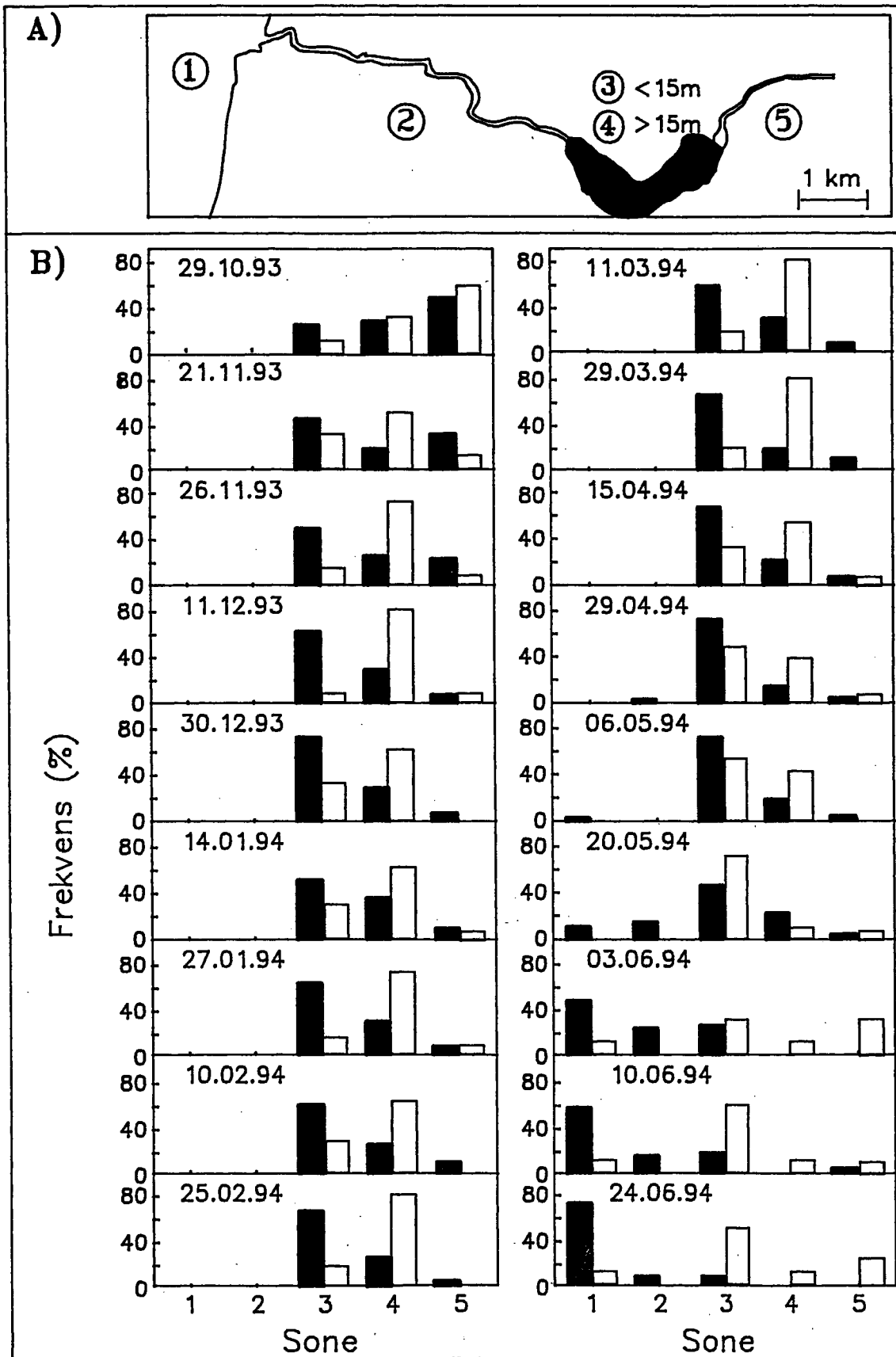
Vassbygdvatnet redusert. Etter 20. mai vandret en fisk i denne gruppen til sjøen mens 75 % ble registrert grunt i Vassbygdvatnet.

Fordeling av ørret klassifisert som sjøørret er vist mer detaljert på figur 8. Her er Vassbygdvatnet delt inn i 6 soner. I perioden fra 29. oktober 1993 til 15. april 1994 ble flest ørret lokalisert nær elvemunningen av Vassbygdelva øverst i Vassbygdvatnet. Kun sporadisk ble fisk lokalisert i de andre deler av vatnet. Den 29. april 1994 ble 35 % av fisken lokalisert nærmere enn 500 m fra utløpet til Aurlandselva. I denne sonen sto 24% til 32% av fisken fram til 20. mai 1994.

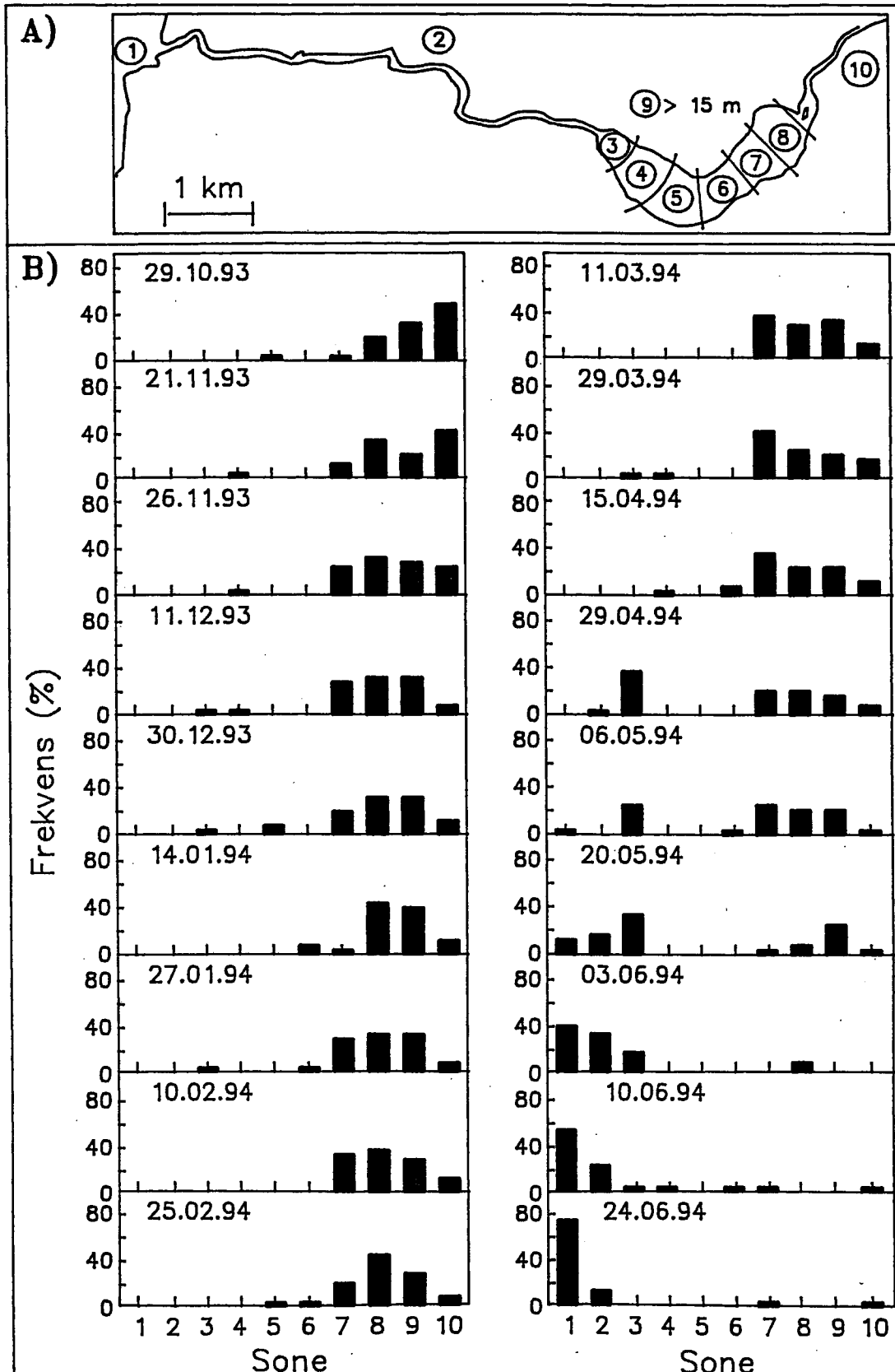
Den 14. mai 1994 ble 6 ørret registrert av dataloggeren ved utløpet til Aurlandselva. Hovedforflytningen av anadrom ørret fra Vassbygdvatnet til fjorden skjedde i perioden fra 20. mai 1994 til 10. juni 1994.

### 4.4 Vandring ned Aurlandselva

Vandringshastighet fra Vassbygdvatnet til fjorden ble registrert av dataloggeren oppe i elva kombinert med manuell peiling under utvandringsperioden. Hos 13 fisk kunne vi beregne tid fra passering av dataloggeren til fisken vandret ut i sjøen (6.5 km). Gjennomsnittlig brukte ørreten 8,7 dager. Lengst tid brukte to ørret med 17 dager, mens kortest tid var to dager.



**Figur 7** Fordeling av radiomerket ørret klassifisert som stasjonær (åpne stolper) eller anadrom (svarte stolper). Vassdraget er delt inn i 5 soner som vist på A). Sone 1 er Aurlandsfjorden, sone 2 er Aurlandselva fra munningen opp til Vassbygdatnet, sone 3 er Vassbygdatnet grunnere enn 15 m, sone 4 er Vassbygdatnet dypere enn 15 m og sone 5 er Vassbygdelva. Antall fisk benyttet i analysen kan hentes fra tabell 1 og tabell 2.



**Figur 8** Fordeling av ørret klassifisert som anadrom etter skjellanalyse. Vassdraget er delt inn i 10 soner som vist på A). Sone 1 er Aurlandsfjorden, sone 2 er Aurlandselva fra munningen opp til Vassbygdvatnet, sone 3 til sone 8 er Vassbygdvatnet inndelt i soner av 500 m, sone 9 er dypere enn 15 m i Vassbygdvatnet, og sone 10 er Vassbygdelva. Antall fisk benyttet i analysen kan hentes fra tabell 1.



## 5 Diskusjon

### 5.1 Overlevelse av radiomerket fisk

Det primære målet ved prosjekter hvor radiotelemetri benyttes er at den fisken vi merker skal ha en atferd etter merking tilsvarende umerket fisk. Det er derfor viktig at fisken fanges og håndteres skånsomt og at størrelsen på radiosenderen tilpasses størrelsen på fisken. Eksterne radiosendere er rapportert til å øke predasjon, senke toleranse for stress og senke næringsinntaket hos Yellow Perch (*Perca flavescens*) og stormunnet bass (*Micropterus salmoides*), (Ross 1981). Videre er eksterne radiosendere påvist å senke svømmehastigheten hos regnbueørret (*Salmo gairdneri*), (Mellas og Haynes 1985). Ross konkluderer med at radiosenderens vekt under vann ikke må overskride 1,5 % av fiskens vekt på land. I langtidsstudier av fisk må det derfor forventes en høyere dødelighet på radiomerket fisk enn for umerket fisk. Dødeligheten av merket fisk i et forsøk gir derfor et bilde av om fangst, merking og størrelsen på radiosenderen har vært tilfredsstillende.

Det er flere årsaker til at fisk forsvinner i denne type forsøk. I tillegg til dødelighet kan sendere falle av fisken og radiosendere stoppe på grunn av funksjonsfeil. Av 12 ørret klassifisert som stasjonær kunne bevegelsene hos 10 fisk følges fram til slutten av april, 6 måneder etter merking. I juni (8 måneder etter merking), hadde en fisk vandret ut i sjøen mens 7 fisk fortsatt sto i Vassbygdvatnet. For ørret klassifisert som sjøørret ble bevegelsene hos alle 27 fortsatt fulgt seks måneder etter merking. Samlet kunne vi studere bevegelsene hos 93 % av den radiomerkede ørreten fram til 20. april og 78 % kunne følges fram til 24. juli eller til de utvandret til sjøen. Dette resultatet tyder på at den metoden som ble benyttet ved fangst, oppbevaring og merking ikke har påført fisken stress eller skader som har økt dødeligheten vesentlig etter merking. Videre kan vi anta at de data som er registrert i liten grad er påvirket av atypisk atferd på grunn av fangst og merking med radiosendere.

### 5.2 Geografisk fordeling av stasjonær og anadrom ørret

Etter at ørreten ble merket med radiosender vandret ca 50 % opp i Vassbygdelva. Resten sto nær munningen av elva. Fram til 15. april sto ørreten i de øvre deler av Vassbygdvatnet. Kun sporadisk ble fisk lokalisert i de midtre og nedre delene av vannet. Den

29. april var fordelingen av sjøørret forandret. Fisk ble lokalisert i begge ender av Vassbygdvatnet, også nær utløpet til Aurlandselva. Dette tyder på at vandringen gjennom vannet gikk raskt. Vandring hos sjøørret i dette vassdraget ser derfor ut til å foregå i to etapper. Først vandrer ørreten fra munningen av Vassbygdelva til utløpet til Aurlandselva. Neste etappe er ned Aurlandselva og ut i sjøen. Den merkede fisken var mest utsatt for å vandre inn i krafttunnelen etter at den første fasen av vandringen var avsluttet da de sto nær innløpet til krafttunnelen.

Ingen radiomerket ørret ble registrert av dataloggeren inne i tunnelen til Vangen kraftverk. Teoretisk kan tre ørret som forsvant ha passert tunnelen mens dataloggeren var ute av drift. Periodene med driftsstans forekom imidlertid før 20. april. Det er derfor mer sannsynlig at denne fisken forsvant av andre årsaker som at senderen kan ha stoppet eller fisken kan ha dødd og blitt liggende dypt i Vassbygdvatnet.

Senkningen av luken som stenger for naturlig nedvandring i Aurlandselva falt sammen med tidspunktet den radiomerkede ørreten startet nedvandringen fra den øvre delen av Vassbygdvatnet. Vi fikk derfor ingen opphoping av fisk nær inntaket til Vangen kraftverk. Samtidig med at luken ble senket ble Vangen kraftverk stengt. Etter 1. mai var det derfor ikke fare for at fisk kunne bli drept i kraftverket. Dette kan være en årsak til at radiomerket fisk ikke vandret inn i Vangen kraftverk i 1994. Basert på resultatene fra dette året kan det derfor synes som om tidspunktet for senkningen av luken nederst i Vassbygdvatnet er godt tilpasset vandringstidspunktet for gytefisk fra Vassbygdelva. Marginene var imidlertid små. Fire ørret ble lokalisert nær utløpet til Aurlandselva dagen før luken ble senket. I år med tidligere vandring fra øvre til nedre del av Vassbygdvatnet kan vi forvente at sjøørret er mer utsatt for å vandre inn i tunnelen. Det samme vil være tilfelle hvis luken senkes senere på året.

Det er imidlertid viktig å understreke at det i denne undersøkelsen kun er merket voksen ørret fanget i munningen til Vassbygdelva. Fisken ble fanget umiddelbart før gyteperioden startet så vi kan anta at vi kun merket fisk som gyter i Vassbygdelva. Vi har derfor ingen informasjon om den delen av populasjonen som gyter og oppholder seg i andre deler av vassdraget. Vi har heller ingen informasjon om yngre fisk i dette vassdraget. Førstegangsvandrende sjøørret (smolt) vandrer vanligvis senere ut i sjøen enn ørret som har vært i sjøen tidligere (veteranvandrere). Dette er observert i Vardneselva i Troms (Berg & Berg 1989) og i Halselva i Finnmark (upublisert). I Vardneselva er forskjellen i gjennomsnitt ca. 10 dager. Et tilsvarende forhold er også funnet for sjørøye i de to vassdragene (Berg &

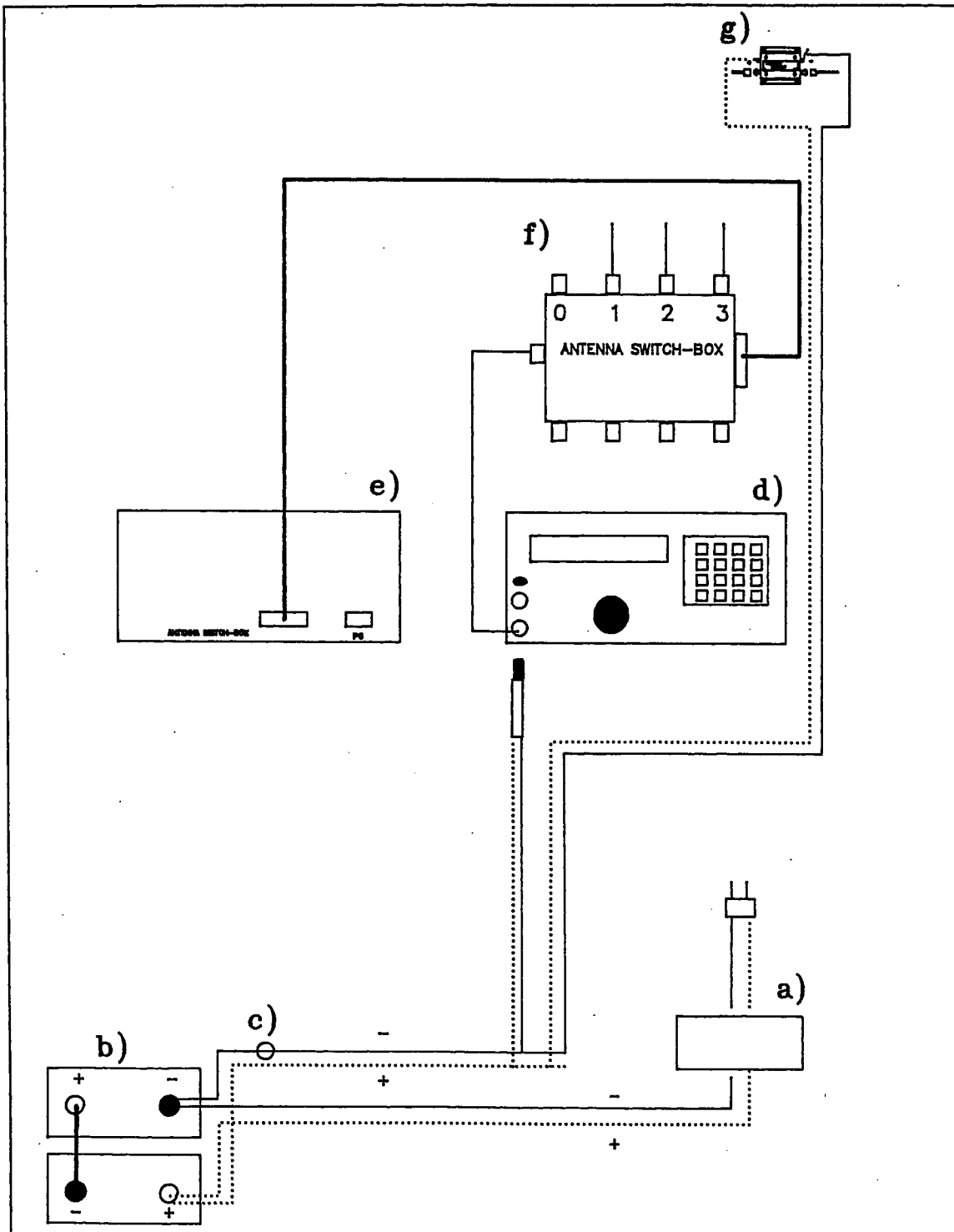
Berg 1989, Finstad & Heggberget 1993). Hvis forskjellene i utvandringstidspunkt mellom veteranvandrere og smolt er tilsvarende i Aurlandsvassdraget, kommer utvandringsperioden for smolt etter at Vangen kraftverk er stengt og luken som stenger for naturlig nedvandring i Aurlandselva er lagt ned.

## 6 Litteratur

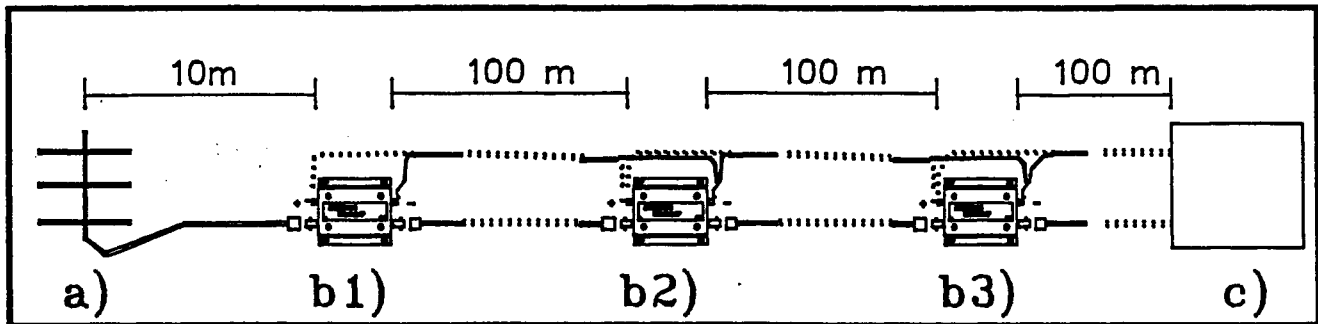
- Berg, O.K. & Berg, M. 1989. Sea growth and time of migration of anadromous Arctic char (*Salvelinus alpinus*) from the Vardnes River, in Northern Norway. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 955-960.
- Finstad, B. & Heggberget, T.G. 1993. Migration, growth and survival of wild and hatchery-reared anadromous Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in Finnmark, northern Norway. *J. Fish Biol.* 43: 303-312.
- Heggberget, T.G. & Økland, F. 1992. Telemetri i fiskeundersøkelser. - Muligheter og begrensinger. - NINA Oppdragsmelding 128: 1-15.
- Heggberget, T.G., Økland, F. & Ugedal, O. 1993. Distribution and migratory behaviour of adult wild and farmed Atlantic salmon during return migration. *Aquaculture* 118: 73-83.
- Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Møkkelgjerd, P.I. 1993. Sjøaure og laks i Aurlandsvassdraget 1911-92. - NINA Forskningsrapport 48: 1-31.
- Lortimer, J., Grant, C., McKinley, R.S. & Taylor B. 1994. Advanced radio telemetry techniques for fisheries and wildlife applications. Manual Workshop 19-21 January, Trondheim. LOTEC Engineering Inc. Canada.
- Mellas, E.J. & Haynes, J.M. 1985. Swimming performance and behaviour of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and white perch (*Morone americana*): Effect of attaching telemetry transmitters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 488-493.
- Ross, M.J. 1981. Effects of external radio transmitters on fish. *Progressive Fish-Culturist* 43: 67-72.
- Økland, F. & Heggberget, T.G. 1994. Utviklingstrekk innenfor radiotelemetri på laksefisk. Energiforsyningens Fellesorganisasjon, Fiske-symposiet 1994, Publikasjon nr 26: 73-87.
- Økland, F., Heggberget, T.G. & Jonsson, B. 1994. Migratory behaviour of wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) during spawning. *J. Fish Biol.* In press.

## Vedlegg

**Vedlegg 1** Installering av SRX\_400 (datalogger) med antenne switch box. Strømforsyningen til dataloggeren og forsterkere leveres fra to seriekoblede 6 V batterier (b). Batteriene lades automatisk av en batterilader (a) når spenningen synker under 10 volt. Sikring mot overspenning fra ledningsnettet skjer i laderen (a), batteriene (b) og en ekstra sikring (c). Fra batteriene går det strøm til lading av batteriene i dataloggeren (d) og signalforsterkere langs overføringslinjen til antenne nr. 3 (g). Dataloggerens bakside (e) er koblet til en antenne switch box (f) som gir mulighet til å koble opp 8 antenner.



**Vedlegg 2** Kobling av overføringslinjer fra antenne nr. 3 (a) til SRX\_400 (c). En signalforsterker monteres nær antennen (b1) slik at signalstyrken økes optimalt i forhold til støynivået. Videre kobles en signalforsterker for hver 100 m overføringslinje (b2 og b3). Total lengde på overføringslinjen er 310 m.



ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0556-4

337

**NINA  
OPPDRAGS-  
MELDING**

NINA Hovedkontor  
Tungasletta 2  
7005 TRONDHEIM  
Telefon: 73 58 05 00  
Telefax: 73 91 54 33

**NINA  
Norsk institutt  
for naturforskning**