

545

OPPDRAKSMELDING

Vandring hos laks og sjørret
ved Rygene kraftverk i Nidelva,
Aust-Agder
- telemetriundersøkelser 1997

Eva B. Thorstad
Finn Økland
Frode Kroglund



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Vandring hos laks og sjøørret
ved Rygene kraftverk i Nidelva,
Aust-Agder
- telemetriundersøkelser 1997

Eva B. Thorstad
Finn Økland
Frode Kroglund

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

Dette 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 befæringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

NINA•NIKU Project Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttenes prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

Opplaget varierer avhengig av behov og målgrupper.

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, fylkesmennesenes 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.

Thorstad, E.B., Økland, F. & Kroglund, F. 1998. Vandring hos laks og sjøørret ved Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder - telemetriundersøkelser 1997. - NINA Oppdragsmelding 545: 1-25.

Trondheim, juni 1995

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0946-2

Forvaltningsområde:

Naturinngrep

Impact assessment

Rettighetshaver ©:

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning
NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Ann Kristin Schartau

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:

Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 170

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Tungasletta 2

7005 Trondheim

Tel: 73 80 14 00

Fax: 73 80 14 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13165 Gassovermetning, Rygene

Ansvarlig signatur:

Ann Kristin Schartau

Oppdragsgiver:

Aust-Agder Kraftverk

Referat

Thorstad, E.B., Økland, F. & Kroglund, F. 1998. Vandring hos laks og sjørret ved Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder - telemetriundersøkelser 1997. - NINA Oppdragsmelding 545: 1-25.

I forbindelse med drift av Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder, ble undersøkelser av oppvandring hos laks og sjørret gjennomført ved kraftverksutløpet ved Helle og i minstevannføringsløpet Helle-Rygene. Minstevannføringen var 3 m³/s og vannføringen i kraftverket 57-176 m³/s. Oppvandrede laks (n = 7) og sjørret (n = 1) ble fanget i nøter nederst i Nidelva, radiomerket og satt ut igjen på samme sted. I tillegg ble laks (n = 10) hentet fra dammen ved Rygene, transportert nedover i elva, radiomerket og satt ut på samme sted som de øvrige. Etter utsetting i perioden 11. september - 2. oktober 1997, ble fisken registrert av en datalogger ved kraftverksutløpet ved Helle, samt peilet manuelt hver 4. dag til 26. november og hver 16. dag til 28. desember. Ingen fisk forlot elva etter merking, og alle vandret oppstrøms. Fisken vandret relativt raskt opp til tunnelutløpet ved Helle. Etter at de første gang ankom Helle, oppholdt de seg ved Helle i lang tid; median for notfanget laks var 20 dager og tilsvarende for laks transportert fra Rygene var 17 dager. Åtte fisk vendte tilbake til Helle én eller flere ganger senere i sesongen. Fisken oppholdt seg hovedsakelig inne kraftverkstunnelen når de ble registrert ved Helle. I løpet av tiden de oppholdt seg ved Helle var notfanget laks utenfor tunnelåpningen median 16 ganger. Varighet på oppholdene utenfor tunnelen var median 42 minutter. Laks transportert fra Rygene ble var utenfor tunnelåpningen median 5 ganger. Varighet på oppholdene utenfor tunnelen var median 6 minutter. Tiltrekningen til kraftverkstunnelen skjedde til tross for at vannkvaliteten var dårligere enn i minstevannføringsløpet. pH målt i minstevannføringsløpet ($6,1 \pm 0,2$) var normalt 0,3 til 0,5 pH-enheter høyere enn pH målt i tunnelvannet ($5,8 \pm 0,2$). Konsentrasjonen av uorganisk monomert aluminium (UM-Al) som kan være giftig for fisk var $8 \pm 3 \mu\text{g Al/L}$ i minstevannføringsløpet og $19 \pm 8 \mu\text{g Al/L}$ i tunnelvannet. Ti laks passerte aldri kraftverksutløpet ved Helle. Ingen fisk passerte hele minstevannføringsløpet. De åtte fiskene som vandret opp i minstevannføringsløpet, spredte seg på hele strekningen Helle-Rygene. Ingen steder i minstevannføringsløpet utmerket seg som hovedhindre for oppvandring. Resultatene tyder på manglende motivasjon til å vandre ved lav vannføring og/eller motivasjonssvikt på grunn av summen av flere vandringshindre i minstevannføringsløpet. Det var ingen signifikante forskjeller mellom laks transportert fra Rygene og notfanget laks i tid fra utsetting til ankomst Helle, oppholdstid ved Helle, andel som vandret opp i minstevannføringsløpet eller hvor langt opp i minstevannføringsløpet de vandret.

Emneord: Laks, sjørret, telemetri, vandring, kraftverksutløp, minstevannføring.

Eva B. Thorstad & Finn Økland, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7005 Trondheim.

Frode Kroglund, Norsk institutt for vannforskning, Televn. 1, 4891 Grimstad

Abstract

Thorstad, E.B., Økland, F. & Kroglund, F. 1998. Migration of Atlantic salmon and sea trout at Rygene power station in the River Nidelva, Aust-Agder county - telemetry studies in 1997. - NINA Oppdragsmelding 545: 1-25.

Upstream migration of Atlantic salmon and sea trout was studied at the tunnel outlet of Rygene power station on the River Nidelva, Aust-Agder county and in the regulated river stretch between the tunnel outlet at Helle and the dam at Rygene. Residual flow in this river stretch was 3 m³/s and water discharge from the power station tunnel was 57-176 m³/s. Upstream migrating salmon (n = 7) and sea trout (n = 1) were caught in bag nets in the River Nidelva below Helle, radio tagged and released at the same place. In addition, salmon (n = 10) were collected at the dam at Rygene, transported downstream, radio tagged and released at the same place as the fish caught in bag nets. Subsequent to release during the period 11 September- 2 October in 1997, the fish were recorded by a data logger at the tunnel outlet. In addition, the fish were manually tracked in the river every fourth day until 26 November and every sixteenth day until 28 December. No fish left the river after tagging and all fish migrated upstream. The fish migrated relatively quickly up to Helle. When arriving for the first time at Helle, salmon caught in bag nets stayed a median of 20 days, whereas salmon collected at Rygene remained for a median of 17 days. Eight fish returned to Helle one or more times later in the season. The fish stayed mainly inside the power station tunnel when they were recorded at Helle. The salmon caught in bag nets were recorded outside the tunnel a median of 16 times. The duration of stay outside the tunnel was a median of 42 minutes. Salmon collected from Rygene were recorded outside the tunnel a median of 5 times. The duration of stay outside the tunnel was a median of 6 minutes. The fish were attracted to the tunnel outlet despite the fact that water quality in the tunnel was poorer than in the river. The pH measured in the river (6.1 ± 0.2) was usually 0.3 to 0.5 pH-units higher than the pH measured in the tunnel water (5.8 ± 0.2). The concentration of inorganic monomeric aluminium (UM-Al) was $8 \pm 3 \mu\text{g Al/L}$ in the river and $19 \pm 8 \mu\text{g Al/L}$ in the tunnel water. Ten salmon did not migrate upstream from the tunnel outlet at Helle. No fish passed the dam at Rygene. The fish passing Helle distributed themselves along the length of the regulated river stretch between Helle and Rygene, and no major migration barriers could be identified. The results indicated lack of motivation among the salmon to migrate due to either low water discharge or several minor migration barriers along the river stretch. There were no significant differences between salmon collected at Rygene and salmon caught in bag nets in their migratory speed to Helle, their length of stay at Helle, proportion passing Helle and their distribution along the Helle-Rygene river stretch.

Key words: Atlantic salmon, sea trout, telemetry, upstream migration, power station, tunnel outlet, residual flow.

Eva B. Thorstad & Finn Økland, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim.
Frode Kroglund, Norwegian Institute for Water Research, Televn. 1, N-4891 Grimstad

Forord

For å imøtekomme konsesjonskrav og få godkjent manøvreringsreglement for minstevannføring og fiskeoppgang ved Rygene kraftverk i Nidelva, tok Aust-Agder kraftverk (AAK) sammen med Fylkesmannen i Aust-Agder, miljøvern-avdelingen, initiativ til undersøkelser av forholdene for laks og sjørret i Nidelva nedstrøms Rygene. Etter et forprosjekt (Thorstad et al. 1997) ble det bestemt at undersøkelser av oppvandring hos radiomerket laks og sjørret ved Rygene kraftverk skulle gjennomføres. Undersøkelsene ble satt i gang i 1997, og resultater fra 1997 er analysert i denne rapporten. AAK var oppdragsgiver og finansierte prosjektet. Norsk institutt for naturforskning (NINA) gjennomførte prosjektet i samarbeid med Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Fylkesmannen i Aust-Agder, miljøvern-avdelingen, v/Dag Matzow hadde kvalitetskontroll av prosjektet.

Karl Kristensen var prosjektleder ved AAK og Arne Høyen var ansvarlig overfor kraftverkets styre. Jacob Gjøsaeter og Aadne Solli ved Havforskningsinstituttet (HFF), Flødevigen, hadde ansvar for å arrangere fangsten av fisk for merking. Andreas og Svein Andersen skaffet til veie, satte ut og røktet kilenøter. Olaf Olsen og Bjørn Jørgensen utførte alt peilearbeidet og deltok også i fangst og transport av fisk. Morten Kraabøl radiomerket fisk. Harald Husefest hadde ettersyn med dataloggeren som registrerte fisk ved Helle. Edgar Ommundsen (Arendals Vasdrags Brugseierforening, AVB) installerte en datalogger i minstevannføringsløpet som registrerte vanntemperatur og vannstand. Odd Hauge og de øvrige ansatte ved Rygene kraftverk bistod med hjelp under alle faser av det praktiske arbeidet og hadde ansvar for innsamling av vannprøver. Vannprøver ble analysert ved NINA analyselaboratorium ved Syverin Lierhagen. Gunnel Østborg (NINA) analyserte skjellprøver fra radiomerket fisk. Kari Sivertsen (NINA) laget figur 1 i rapporten. Lorraine Fleming var språkkonsulent for den engelskspråklige delen av teksten.

Vi vil benytte anledningen til å takke alle disse for god hjelp og et godt samarbeid.

Trondheim 1998

Eva Thorstad
prosjektleder

Innhold

Referat.....	3
Abstract	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Områdebeskrivelse	6
2.1 Nidelva og Arendalsvassdraget.....	6
2.2 Fiskebestander.....	6
2.3 Rygene kraftverk	7
3 Materiale og metoder	8
3.1 Fangst og radiomerking av fisk	8
3.2 Registrering av fisk etter merking og utsetting	9
3.3 Registrering av vannkvalitet, vanntemperatur og vannføring	9
3.4 Statistiske metoder	12
4 Resultater.....	13
4.1 Registrering av fisk etter merking og utsetting	14
4.2 Registrering av fisk ved Helle	14
4.3 Registrering av fisk i minstevannføringsløpet.....	14
4.4 Vannkvalitet i kraftverkstunnelen og i minstevannføringsløpet	16
5 Diskusjon	20
6 Konklusjon	22
7 Litteratur.....	23
Vedlegg 1 Resultater fra analyser av vannprøver.....	22

1 Innledning

Aust-Agder kraftverk (AAK) tok initiativ til undersøkelser av forholdene for oppvandrende laks (*Salmo salar*) og sjørørret (*Salmo trutta*) i Nidelva i forbindelse med drift av Rygene kraftverk. Målsettingen var å imøtekomme konsesjonskrav og få godkjent manøvreringsreglement for minstevannføring og fiskeoppgang ved kraftverket. Forholdene ble utredet i et forprosjekt, hvor det ble anbefalt å kartlegge problemer og finne løsninger i forhold til laksens vandring forbi kraftverksutløpet ved Helle og videre oppover minstevannføringsløpet til Rygene (Thorstad et al. 1997).

Minstevannføringen i elvas hovedløp mellom Rygene og Helle er i gjennomsnitt 5 m³/s i sommerhalvåret. Avløpstunnelen fra kraftverket tilfører elva ytterligere 50-170 m³/s ved Helle. Det er observert at en del oppvandrende laks står lang tid i kulpen ved tunnelutløpet, og at noen også vandrer inn i tunnelen (Matzow 1995). Det har imidlertid ikke vært kjent hvor stor andel av oppvandrende laks og sjørørret som vandrer inn i tunnelen, hvor lenge de eventuelt oppholder seg der og om de kommer ut av tunnelen igjen. Det har også vært ukjent hvorvidt den store vannmengden fra tunnelen hindrer eller forsinker laksen i å passere tunnelåpningen ved Helle og vandre videre opp i minstevannføringsløpet.

I denne undersøkelsen ble oppvandring hos radiomerket laks og sjørørret forbi tunnelutløpet ved Helle og videre oppover minstevannføringsløpet registrert. Vandring ved tunnelutløpet ble kartlagt ved å benytte en datalogger som registrerte signaler fra eventuelle radiomerkede fisk i området automatisk og kontinuerlig. I tillegg ble posisjoner for radiomerket fisk bestemt ved manuelle peilinger. Etter ønske fra oppdragsgiver, ble undersøkelsene foretatt ved minstevannføring 3 m³/s i minstevannføringsløpet Helle-Rygene. Resultatene fra sesongen 1997 er oppsummert i denne rapporten.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Nidelva og Arendalsvassdraget

Nidelva (figur 1) (Arendalsvassdraget) er mer enn 200 km lang og dermed Norges 8. lengste (Simonsen 1995). Nedbørfeltet for vassdraget er 4 025 m² (Simonsen 1995). Nidelva har utspring i Telemark og øvre deler av Aust-Agder og munner ut ved Arendal. Middelvannføringen er 123 m³/s, og minstevannføring ut av innsjøen Nelaug er 40 m³/s (Matzow 1995).

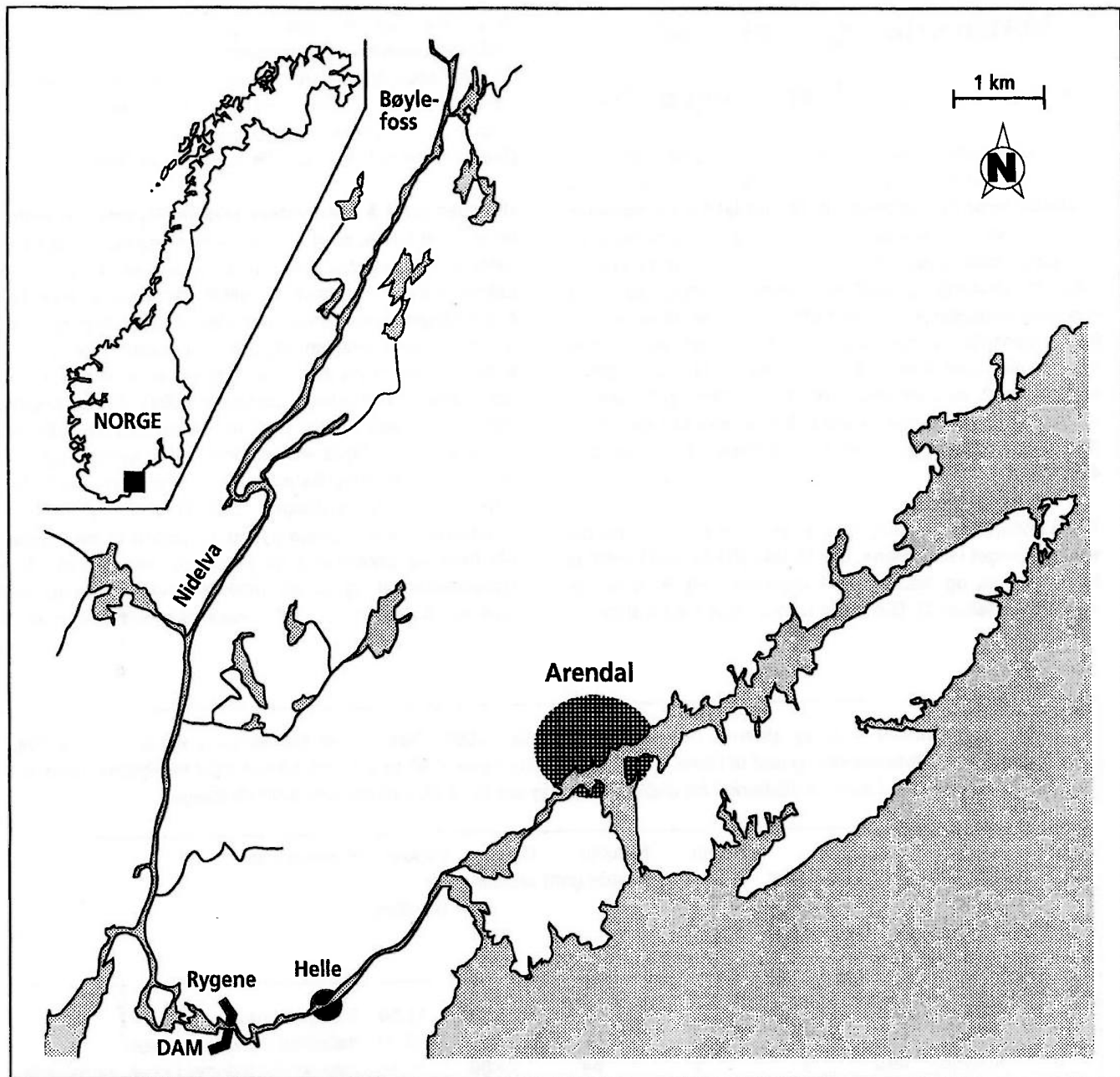
Deler av vassdraget ligger i maksimumssonen for sur nedbør (Muniz et al. 1979). Nedbørfeltet ligger i et grunnfjellsområde, hvor bergartene er fattige på kalsium og har liten evne til å nøytralisere syre. Vannkvaliteten er derfor ionefattig og sur. Ved Rygene dam har pH variert mellom 4,8 og 5,6, med årsgjennomsnitt mellom 5,1 og 5,5 (Matzow 1995). Innslag av mer kalsiumrike bergarter gir lokalt bedre forhold, særlig i sidevassdrag på østsiden av Nidelva (Simonsen 1995). Under den marine grense (ca 60 m o.h. ved utløpet av elva) fører løsmasseavsetninger med høyt innhold av kalsium til bedre vannkvalitet i de nederste sidebakkene av vassdraget (Simonsen 1995).

2.2 Fiskebestander

Nidelva var fra gammelt av ei god lakseelv. Allerede fra slutten av 1800-tallet avtok laksefangstene, og på slutten av 1960-tallet var laksen nesten helt borte. Den negative utviklingen skyldes hovedsakelig sur nedbør, men også kraftutbygginger (Matzow 1995). På 1980- og 1990-tallet har det vært oppvandring av laks av ukjent opprinnelse i Nidelva, men på grunn av sur vannkvalitet er det lite sannsynlig at elva har en egen selvreproduserende stamme (Sættem & Boman 1985, Matzow 1995, Simonsen 1995).

Lakseførende strekning var fra gammelt av opp til Bøylefoss, ca 40 km fra sjøen (figur 1). De viktigste gyteområdene lå nedenfor Rygenefossen, og fossen ble bare enkelte år forsert av laks; på meget høy og meget lav vannføring (Landmark 1876). I forbindelse med kraftutbygging ble det bygd laksetrapp i Rygenefossen (Matzow 1995). I årene 1992-97 passerte i gjennomsnitt 133 laks (variasjonsbredde 85-178) og 34 sjørørret (variasjonsbredde 14-49) fiskeslusa i Rygenefossen (data fra Dag Matzow).

I tillegg til laks er det bestander av sjørørret, stasjonær ørret, sik (*Coregonus lavaretus*), abbor (*Perca fluviatilis*), suter (*Tinca tinca*) og gjedde (*Esox lucius*) i Nidelva. Ål (*Anguilla anguilla*) og niøye (*Petromyzonidae*) vandrer også opp i elva. Elva er tidevannspåvirket opp til Helle, og saltvannsfisk kan periodevis vandre opp dit.



Figur 1. Nidelva med utløp ved Arendal, Aust-Agder. Rygene kraftverk har inntak ved Rygene dam og utløp ved Helle. Elvestrekningen mellom Helle og Rygene har minstevannføring.

2.3 Rygene kraftverk

Rygene kraftverk ligger ved Nidelva, ca 14 km fra Arendal sentrum (figur 1). Det nåværende kraftverket ble tatt i bruk i 1979. Kraftverket utnytter et fall på ca 38 m fra inntaket ved Rygene dam og til utløpet ved Helle (figur 1), som ligger på tilnærmet havnivå. Kraftverket har én kaplanturbin med en kapasitet på 170 m³/s. Den midlere produksjonen ved kraftverket er 275 mill kWh per år.

I Rygenefossen ble det bygd laksetrapp i forbindelse med kraftutbygging i 1909 og ny trapp i 1914 (Matzow 1995). Trappa ble bygd om i forbindelse med bygging av nye Rygene kraftverk i 1979. I forbindelse med bygging av ny dam ble det åpnet ei ny laksetrapp igjen i 1991, med ei fiskesluse inne i dammen (Simonsen 1993).

Minstevannføring i elvas hovedløp mellom Rygene og Helle er i gjennomsnitt 5 m³/s fra 1. mai til 30. september og 1 m³/s resten av året. Gjennomsnittlig vannføring på 5 m³/s er oppnådd ved å slippe 3 m³/s i tillegg til lokkeflommer 4 dager per uke (Matzow 1995).

Minstevannføringsløpet mellom Rygene og Helle får tilført vann fra flere sidebekker med bedre vannkvalitet enn hovedelva (Simonsen 1995). I perioder med nedbør og økt avrenning til bekkene, vil bidraget fra sidebekker mellom Rygenefossen og Helle øke i relativ betydning til minstevannføringsløpet. Dette betyr at vannkvaliteten i minstevannføringsløpet kan være vesentlig forskjellig fra vannkvaliteten i tunnelvannet fra kraftverket.

3 Materiale og metoder

3.1 Fangst og radiomerking av fisk

Laks og sjøørret ble fanget i to kilenøter som var spesialtilpasset for fangst i elv. Kilenøtene ble satt ut på lokaliteter hvor det tidligere ble fanget laks med spesielle ruser, henholdsvis 0,9 og 1,7 km nedstrøms tunnelutløpet ved Helle. Etter fangst ble fisken oppbevart i mær inntil 5 dager før merking og utsetting (tabell 1). Mæra sto i elva nær den nederste nota. Fra nøtene og over til mæra ble fisken transportert med båt i en kum med vann. Etter merking ble fisken satt ut i elva like ved mæra. I perioden 8. september- 2. oktober ble 7 laks (63-70 cm) og 1 sjøørret (45 cm) fanget i nøtene, radiomerket og satt ut i elva igjen (tabell 1). Nøtene sto i elva i perioden 3. september-4. oktober.

For å undersøke vandring hos et større antall fisk enn det som ble fanget i kilenøtene, ble 10 laks (55-91 cm) hentet ut fra fiskeslusa og fisketrappa i dammen ved Rygene 29. september (tabell 1). Disse ble transportert med lastebil og

båt i et kar med vann ned til mæra ved kilenøtene. For ikke å påføre fisken for stor belastning med stress i løpet av kort tid, ble fisken oppbevart i mæra i 3 dager før radiomerking og utsetting 2. oktober. Det var ingen forskjell i kroppslengde på notfanget laks og laks transportert fra Rygene (Mann-Whitney U test, $U = 54,5$, $P = 0,42$) (tabell 1).

Ulempen med å transportere laks fra Rygene og sette ut lengre ned i elva, er at vi registrerer vandring hos laks som nettopp har vandret den ruten vi ønsker å undersøke. Laksens evne til å lære av slike erfaringer er ikke kjent. Forflytningseksperimenter har vist at kunnskap om vandringsrute som smolten tilegner seg under utvandringen, trolig blir fiksert og ikke overskygges av senere erfaringer som voksne (Hansen & Jonsson 1994). Eksperimentene det her henvises til, gikk ut på at voksen laks ble flyttet til en fremmed elv i løpet av vinteren etter gyting, og at de dermed fikk erfaring fra en annen utvandningsrute til havet enn ved smoltutvandringen. Det viste seg at laks som overlevde til andre gangs gyting, returnerte til sin barndoms elv hvor de utvandret som smolt, og ikke til elva de ble transplantert til og hadde ferskest utvandringserfaring fra (Hansen & Jonsson 1994). Disse eksperimentene er ikke

Tabell 1. Radiomerket laks og sjøørret i Nidelva, Aust-Agder, 1997. Fisk nr 1-8 ble fanget i kilenøter i Nidelva, oppbevart i mær, radiomerket og satt ut i elva 1,7 km nedstrøms Helle. Fisk nr 9-18 ble transportert fra Rygene dam 29. september, oppbevart i mær, radiomerket tre dager senere og satt ut i elva samme sted som de øvrige.

Løpe nr	Frekvens (kHz)/ Pulsrate (pulser per min)	Art	Type 1 = villaks 2 = oppdrett 3 = usikker	Kjønn 1 = hann 2 = hunn	Naturlig lengde (cm)	Dato, utsetting	Klokke- slett, utsetting	Anmerkninger
1	489/45	ørret		2	45	11.09.	11.50	3 dager i mær,
2	371/60	laks	1*	2	66	19.09.	15.20	maksimum 2 dager i mær
3	459/60	laks	1	2	64	19.09.	15.40	maksimum 2 dager i mær, garnskade
4	430/60	laks	1*	2	68	19.09.	15.00	maksimum 2 dager i mær
5	421/60	laks	1*	2	63	19.09.	15.10	maksimum 2 dager i mær
6	390/60	laks	1*	2	66	19.09.	15.50	maksimum 2 dager i mær
7	360/60	laks	1*	2	70	19.09.	15.30	maksimum 2 dager i mær
8	429/45	laks	3	1	65	02.10.	12.20	5 dager i mær
9	449/60	laks	2	1	71	02.10.	11.16	hentet fra slusekammer
10	409/60	laks	1	2	56	02.10.	11.32	hentet fra slusekammer
11	380/60	laks	2	2	75	02.10.	12.04	hentet fra slusekammer
12	400/60	laks	1	2	83	02.10.	11.00	hentet fra slusekammer
13	490/60	laks	2	1	55	02.10.	11.08	hentet fra slusekammer
14	481/60	laks	1*	2	60	02.10.	11.56	hentet fra slusekammer
15	440/60	laks	2	1	64	02.10.	11.24	hentet fra slusekammer
16	470/60	laks	1*	2	80	02.10.	11.40	hentet fra slusekammer
17	499/60	laks	1	2	90	02.10.	11.48	hentet fra slusekammer
18	390/45	laks	3	2	91	02.10.	12.12	hentet fra fisketrapp

*Klassifisert som villaks ut fra skjellanalyse, men hadde rotete vekstmønster i elvevekst. Dette indikerer at de kan ha oppdrettsbakgrunn, men at de ble satt ut eller rømte før smoltstadiet.

direkte overførbare til undersøkelsen i Nidelva. Det er imidlertid sannsynlig at hvis laks som transporteres fra Rygene og settes ut lengre nedstrøms i elva har en annen atferd ved Helle og i minstevannføringsløpet enn laks som ikke har vandret denne strekningen tidligere, vil laksen fra Rygene enklere og raskere finne veien forbi Helle og opp minstevannføringsløpet.

Radiosenderne (modell 7PN fra Advanced Telemetry Systems, ATS) ble festet eksternt til fisken med ståltråd gjennom ryggmuskulaturen. Senderne var 3,8 cm lange, 2,0 cm brede, 1,0 cm tykke, veide 3,4 g i vann og 14,0 g i luft. Garantert levetid var 170 dager. Signalene var i frekvensområdet 142.360-142.500 MHz. Individuelle fisk kunne gjenkjennes ved at hver sender hadde en unik kombinasjon av frekvens og pulsrate.

Skjellprøver ble tatt fra laksen ved merking. Ut fra skjellanalyser ble laksen klassifisert som villaks, oppdrettslaks eller av usikker opprinnelse. Ved skjellanalyser identifiseres omlag 97 % av oppdrettslaksen, 55 % av oppdrettsmolten og 98 % av villaksen korrekt (Lund et al. 1989). For å skåne fisk som skulle settes ut i elva igjen ble bare 3-5 skjell tatt fra hver laks, noe som medførte at identifiseringen ble vanskeligere enn normalt ved skjellanalyser. Av den merkede laksen ble 65 % (n = 11) klassifisert som villaks, 25 % (n = 4) som oppdrettslaks og 12 % (n = 2) som av usikker opprinnelse (tabell 1). Imidlertid hadde 7 individer som ble klassifisert som villaks, rotete vekstmønstre i elveveksten (tabell 1). Dette indikerer at de hadde oppdrettsbakgrunn, men at de ble satt ut eller rømte før de nådde smoltstadiet (Gunnel Østborg, NINA, pers. medd.). Dermed var det bare 25 % (n = 4) av laksen som var "sikre" villaks.

3.2 Registrering av fisk etter merking og utsetting

Radiomerket fisk ble peilet manuelt (mottaker modell R2100, ATS) hver 4. dag i perioden 15. september- 26. november og hver 16. dag i perioden 26. november- 28. desember. Ved peiling ble fisken posisjonert til ± 250 m. Posisjoner ble plottet på et kart med målestokk 1: 50 000. Posisjoner ble senere beregnet som avstand (langs midt i elva) fra Hammeren bru, som er brua over elva mellom Asdal og Rød. Posisjoner nedstrøms brua fikk negativt fortegn og posisjoner oppstrøms brua positivt fortegn.

En datalogger (DCC II fra ATS med multiplexer) ble installert ved Helle for detaljert å registrere vandring hos merket fisk ved kraftverksutløpet ved Helle. Fire antenner med ulike dekningsområder ble benyttet: antenne 1 som registrerte fisk i elva nedenfor tunnelåpningen, antenne 2 som registrerte fisk i området rundt tunnelåpningen, antenne 3 som registrerte fisk like utenfor tunnelåpningen (undervannsantenne med mindre dekningsområde enn antenne 2) og antenne 4 som registrerte fisk i elva ovenfor tunnelåpningen (figur 2).

Dekningsområdet for de ulike antennene ble kartlagt ved hjelp av en testsender 2. og 3. juli. Kraftverket var ute av drift, og alt vannet ble ført i minstevannføringsløpet. Testsenderen ble senket ned i vannet på 23 stasjoner i området (figur 2), og antall signaler og signalstyrke på hver antenne ble registrert i 2 x 10 sekunder på henholdsvis 1,0, 2,0 og 3,0 meters dyp. Hvis stasjonen var grunnere enn tre meter, ble registreringer foretatt så dypt som mulig. I tillegg ble det foretatt tre driv i elva forbi Helle med båt og testsender hengende i tau etter båten; to driv på én meters dyp og ett driv på to meters dyp. Registreringer fra ett av drivene er vist i figur 3.

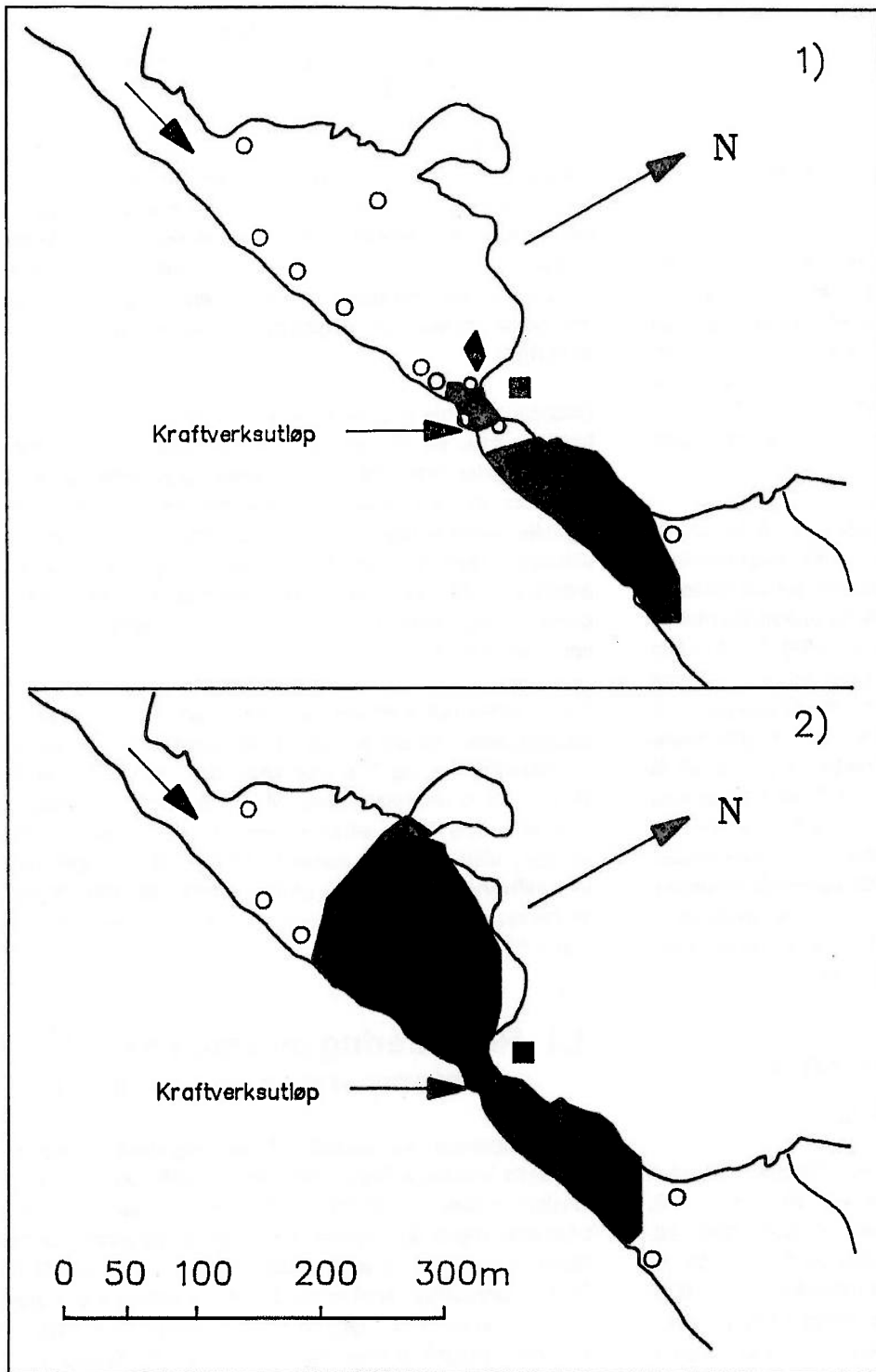
Dataloggeren ble programmert slik at det ble lyttet på hver frekvens etter tur, til sammen 15 frekvenser. På hver frekvens ble det lyttet på de fire antennene etter tur i 10 sekunder på hver antenne. Hvis det ikke ble registrert signaler innen 4 sekunder, ble imidlertid lyttingen på den aktuelle antennen avbrutt til fordel for lytting på neste antenne. Tidspunkt, frekvens, antenne nummer, antall pulser og signalstyrke ble lagret når antall registrerte pulser var mellom 5 og 22.

Radiomerket fisk som passerte Helle, ble ikke registrert av dataloggeren ved alle tilfeller. Ut fra resultatene ved testing av rekkevidde 2. og 3. juli og kontroller i løpet av høsten, skulle ikke dette være mulig. Mulige årsaker kan være at frekvenser på noen sendere endret seg i løpet av sesongen, eller at fisken passerte Helle under forhold med mer saltvann i området. På grunn av høyt elektrolyttinnhold vil rekkevidde på radiosignaler i saltvann bli redusert ned mot null.

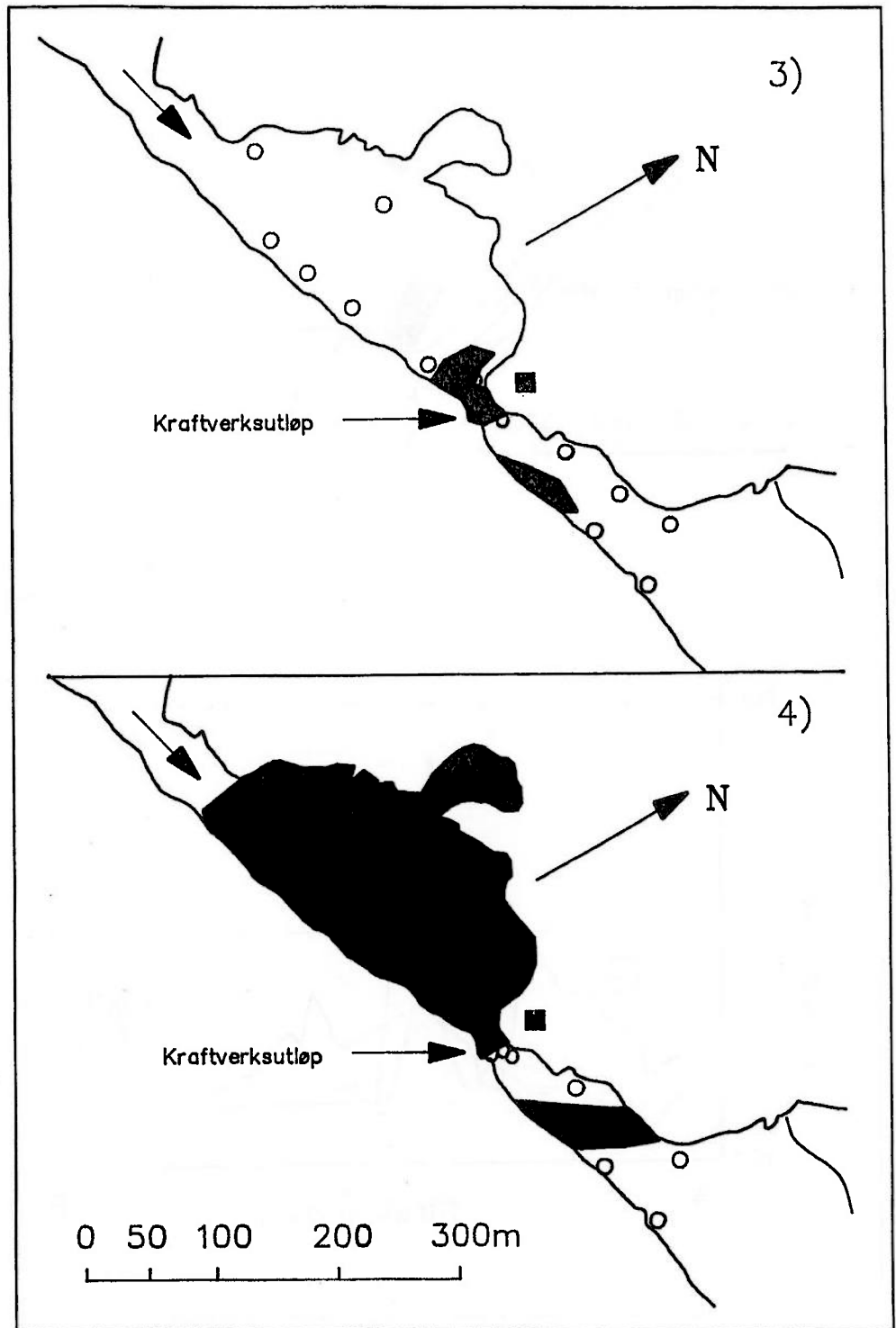
3.3 Registrering av vannkvalitet, vanntemperatur og vannføring

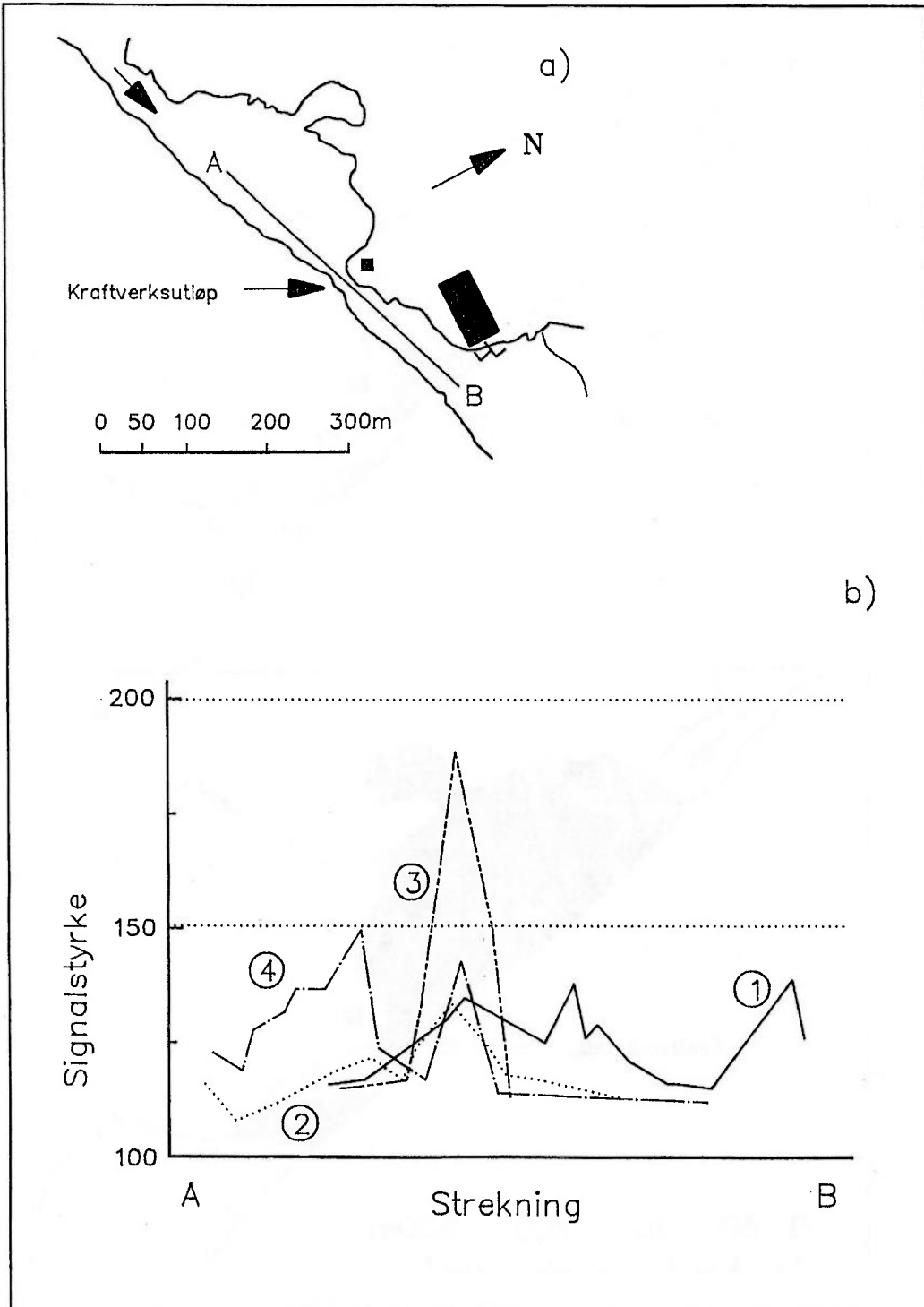
Vanntemperatur og vannstand ble registrert i regi av Arendals Vasdrags Brugseierforening (AVB) ved en loggestasjon nederst i minstevannføringsløpet ved Refsnestorskelen (figur 4). Verdier for hver av parametrene ble lagret 4 ganger i døgnet; klokka 06.00, 12.00, 18.00 og 24.00. Vannføring i kraftverksutløpet og vannføring sluppet over dammen ved Rygene ble registrert ved Rygene kraftverk (døgnmiddelverdier) (figur 4). Nedbørdata ble framskaffet for Landvik, Grimstad, fra Apelsvoll forsknings-senter (figur 4).

Vannprøver ble samlet inn hver mandag, onsdag og fredag i perioden 8. september- 26. november. Én vannprøve (250 ml) ble samlet inn nederst i minstevannføringsløpet ved Helle, og én vannprøve (250 ml) like ovenfor dammen ved Rygene ved kraftverksinntaket. Hensikten var å undersøke om vannet i kraftverksutløpet og vannet i minstevannføringsløpet ved Helle hadde ulik vannkvalitet. Det var ikke praktisk mulig å samle inn vannprøver fra kraftverksutløpet, og vannprøver for å representere vannkvaliteten i kraftverksutløpet ble derfor samlet inn ved kraftverksinntaket. Vi antar at vannkvaliteten ikke ble endret av betydning for



Figur 2. Dekningsområde (skravert område) for antenne nr 1-4 koblet til en dataloggestasjon (■) som registrerte radiomerket fisk ved Helle i Nidelva, Aust-Agder. Dekningsområdene ble kartlagt ved at en testsender ble senket 1,0 m ned i vannet på 23 stasjoner (○) i elva, og signaler for hver antenne ble registrert i 2 x 10 sekunder. Tunnelutløpet fra Rygene kraftverk ligger rett overfor dataloggeren.





Figur 3. a) Driv (A-B) i Nidelva, Aust-Agder, ved Helle med båt og test-sender hengende i tau etter båten på én meters dyp. Fyllt kvadrat symboliserer dataloggestasjon for registrering av radio-merket fisk. Tunnelutløpet fra Rygene kraftverk ligger rett overfor dataloggeren. b) Signalstyrke på signaler fra testsenderen registrert av dataloggestasjonen ved antenne 1-4 i løpet av drivet.

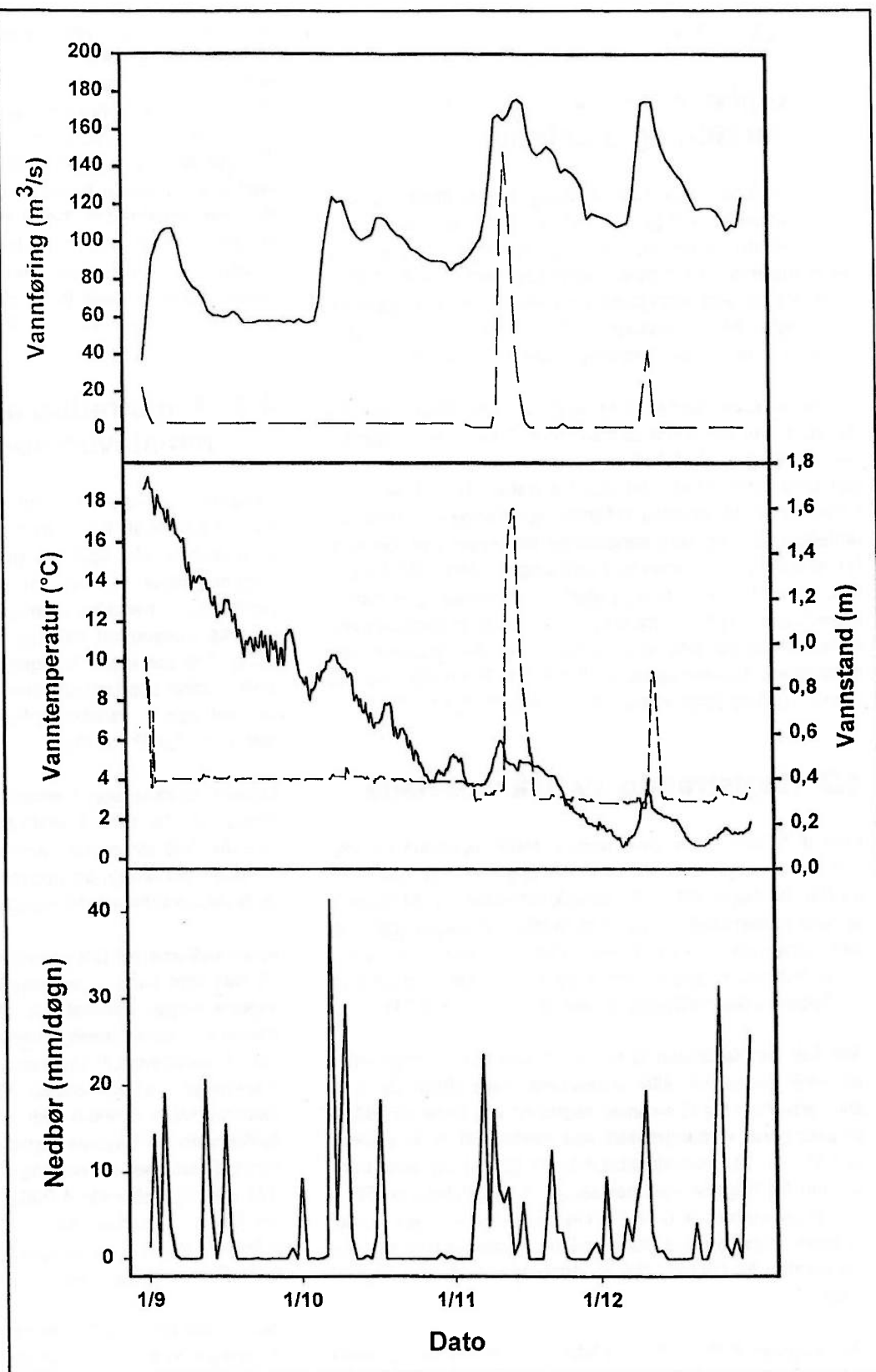
denne undersøkelsen gjennom kraftverksturbinen og tunnelen. Vannprøvene ble analysert ved NINAs analyselaboratorium i henhold til Norsk akkreditering P071. Benyttede analysemetoder er angitt i vedlegg 1.

3.4 Statistiske metoder

Statistiske analyser ble utført med SPSS 7.5 for Windows. Ikke-parametriske tester ble benyttet fordi forutsetningene om normalfordeling og lik varians i gruppene ikke var

oppfylt (Kolmogorov-Smirnov one-sample test og Levene's test for lik varians). Alle tester var to-halete. Nullhypotesene ble forkastet ved P-verdier lavere enn signifikansnivå 0,05. Median ble benyttet som "gjennomsnittsverdi". Medianen er en middelværdi som har like mange observasjoner med verdi større som med verdi mindre enn seg selv. Median benyttes ofte i stedet for gjennomsnittsverdi på ikke-symmetriske fordelinger.

Figur 4. Øverst: Vannføring (døgnmiddel) i kraftverksutløpet fra Rygene kraftverk ved Helle (heltrukket linje) og vannføring (døgnmiddel) sluppet over Rygene dam og ned i minstevannføringsløpet (stiplet linje) i Nidelva, Aust-Agder, i perioden 1. september- 31. desember 1997. Midten: Vanntemperatur (heltrukket linje) og vannstand (stiplet linje) registrert fire ganger i døgnet ved Refsnesterskelen nederst i minstevannføringsløpet mellom Helle og Rygene. Nederst: Nedbør målt ved Landvik i Grimstad.



4 Resultater

4.1 Registrering av fisk etter merking og utsetting

Ingen fisk forlot elva etter merking og utsetting, og alle vandret oppstrøms (**figur 5**). Det var stor individuell variasjon i vandringsmønster og oppvandringshastighet hos fisken (**figur 5**). Fem typer vandringsatferd kunne identifiseres, fra fisk som aldri passerte Helle til fisk som oppholdt seg lengre tid i minstevannføringsløpet. En grundigere beskrivelse av de ulike vandringstypene er gitt i **tabell 2**.

Fisken vandret relativt raskt opp til Helle etter utsetting (**tabell 3**). Av notfanget laks ble 5 av 7 laks først registrert ved datalogging. Av laks transportert fra Rygene ble 6 av 10 laks først registrert ved datalogging (**tabell 3**). Det var ingen forskjell i tid fra utsetting til første registrering ved Helle for notfanget laks og laks transportert fra Rygene av de som første gang ble registrert ved datalogging (Mann-Whitney U test, $U = 11,0$, $P = 0,54$) (**tabell 3**). Kroppslengde hadde ingen betydning for tid fra utsetting til første registrering ved Helle verken for laks som første gang ble registrert ved datalogging (lineær regresjon, $r^2 = 0,018$, $P = 0,70$) eller ved manuell peiling (lineær regresjon, $r^2 = 0,20$, $P = 0,37$).

4.2 Registrering av fisk ved Helle

Etter at fisken første gang ankom Helle, oppholdt de seg ved Helle i lang tid. Notfanget laks oppholdt seg ved Helle median 20 dager (SE = 8, variasjonsbredde 0,5-57 dager), og laks transportert fra Rygene median 17 dager (SE = 8, variasjonsbredde 0-71 dager). Det var ingen forskjell i oppholdstid ved Helle for notfanget laks og laks transportert fra Rygene (Mann-Whitney U test, $U = 86,0$, $P = 0,74$).

Åtte fisk vendte tilbake til Helle én eller flere ganger etter vandring nedstrøms eller oppstrøms Helle (**figur 5**). Den ene sjørreten ble til sammen registrert ved Helle ved 63 % av peilingene, notfanget laks ved median 58 % av peilingene (SE = 13, variasjonsbredde 10-92 %) og laks transportert fra Rygene ved median 39 % av peilingene (SE = 12, variasjonsbredde 0-88 %). Det var ingen forskjell i andel peilinger registrert ved Helle mellom notfanget laks og laks transportert fra Rygene (Mann-Whitney U test, $U = 25,0$, $P = 0,36$).

Dataloggerresultatene viste at laksen hovedsakelig oppholdt seg inne i kraftverkstunnelen i perioder hvor de ble registrert ved Helle. Dette stemmer overens med resultater fra de manuelle peilingene. Ved peilinger av fisk ved Helle var signalene svært svake, og kunne bare så vidt høres i retning fra kraftverksutløpet.

Notfanget laks ble registrert utenfor tunnelen ved datalogging median 16 ganger (SE = 3,8, variasjonsbredde 1-27 ganger) fordelt på median 9 dager (SE = 2,0, varia-

sjonsbredde 1-15 dager). Varighet på oppholdene utenfor tunnelen var median 42 minutter (SE = 216, variasjonsbredde 18-1572 minutter). Laks transportert fra Rygene ble registrert utenfor tunnelen ved datalogging median 5 ganger (SE = 1,4, variasjonsbredde 2-14 ganger) fordelt på median 4 dager (SE = 0,7, variasjonsbredde 1-6 dager). Varighet på oppholdene utenfor tunnelen var median 6 minutter (SE = 60, variasjonsbredde 1-486 minutter). Det var ingen forskjeller mellom notfanget laks og laks transportert fra Rygene i antall ganger, antall dager eller tid registrert utenfor tunnelen ved Helle (Mann-Whitney U tester, $U = 17,0$, $P = 0,23$; $U = 13,5$, $P = 0,94$; $U = 15,0$, $P = 0,15$).

4.3 Registrering av fisk i minstevannføringsløpet

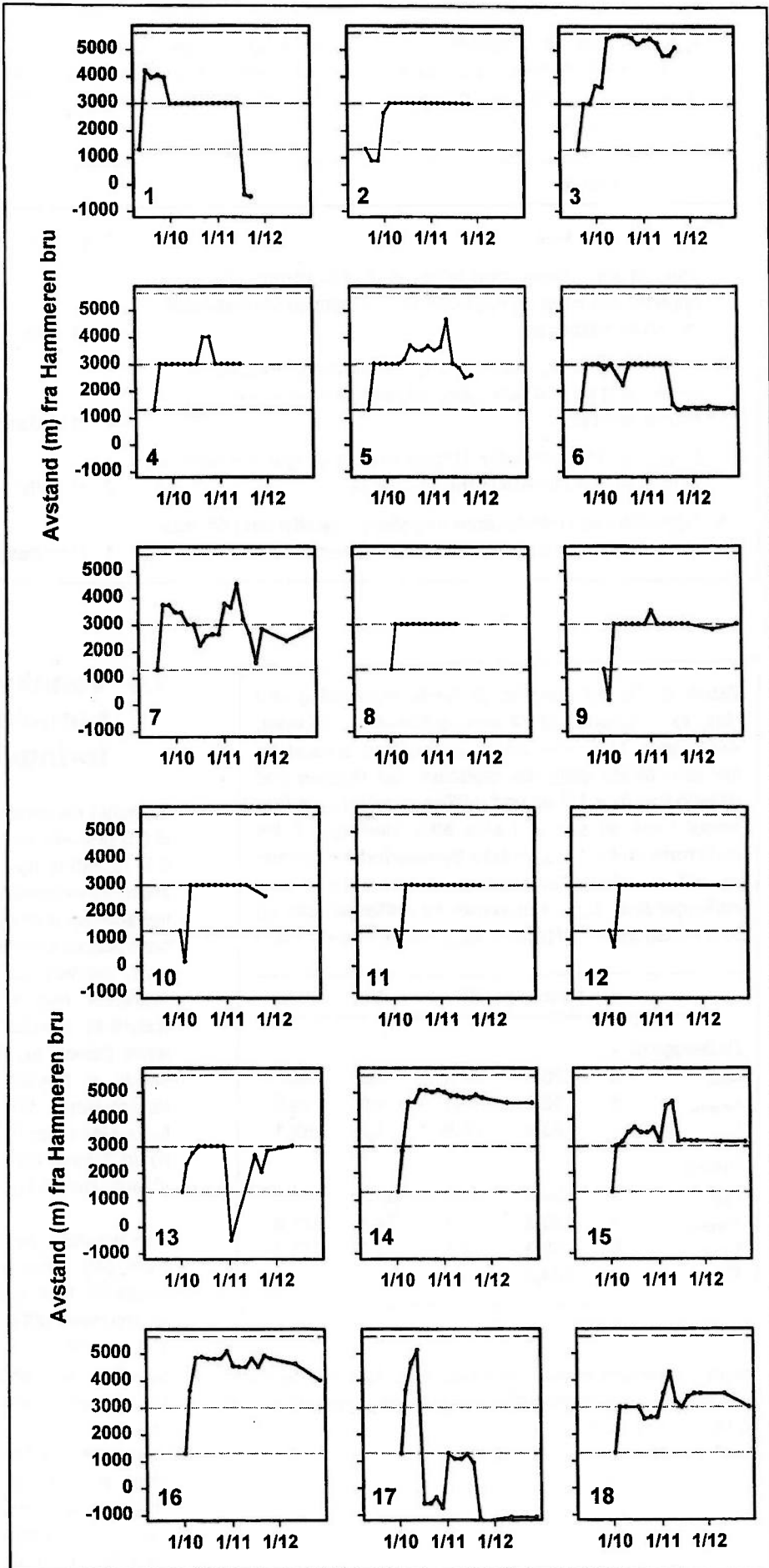
Til sammen vandret 11 av de merkede fiskene opp i minstevannføringsløpet; 100 % ($n = 1$) av sjørreten, 57 % ($n = 4$) av notfanget laks og 60 % ($n = 6$) av laks transportert fra Rygene (**figur 1**). Det var ingen forskjell i andel som vandret opp i minstevannføringsløpet mellom notfanget laks og laks transportert fra Rygene (Fisher's exact test $P = 0,65$). Det var ingen forskjell i kroppslengde mellom laks som vandret opp i minstevannføringsløpet og laks som ikke vandret opp i minstevannføringsløpet (Mann-Whitney U test, $U = 27,0$, $P = 0,48$).

Laksen vandret opp i minstevannføringsløpet ved vannføring 57-176 m³/s i kraftverksutløpet; 6 oppvandring skjedde ved synkende vannføring, to oppvandring ved økende vannføring, tre oppvandring ved jevn vannføring og to oppvandring ved variabel vannføring.

Ingen radiomerket fisk passerte dammen ved Rygene. Alle så nær som én laks passerte Refsnesfossen. Laksen som vandret lengst, vandret opp til "fabrikkulpen" under fiske-trappa i Rygenefossen. Høyeste posisjon for individuelle fisk i minstevannføringsløpet (angitt som avstand fra Hammeren bru) var median 4661 meter (SE = 177, variasjonsbredde = 3 500-5 535 m), Det var ingen forskjell på fordelingen av høyeste registrerte posisjon i minstevannføringsløpet mellom notfanget laks (median 4581, SE = 320, variasjonsbredde 4 000-5 535 m) og laks transportert fra Rygene (median 4871, SE = 261, variasjonsbredde 3 500-5 113 m) (Two-sample Kolmogorov-Smirnov test, $Z = 0,39$, $P = 1,00$) (**figur 6**).

Sjørreten ble til sammen posisjonert 4 ganger og laksen 89 ganger ved manuelle peilinger i minstevannføringsløpet. Fisken oppholdt seg hovedsakelig ved sju steder; Hellefoss, Vaderettet, Teina, Refsnes, Regevigga, Strubru og Lunde-hølen/Smutthullet (**tabell 4**). Fisken vandret ikke bare målrettet oppstrøms, men snudde og vandret nedstrøms én eller flere ganger (**tabell 5**). Til sammen ble det registrert at sjørreten snudde og vandret nedstrøms 2 ganger og laksen 25 ganger (median 3 ganger per individ, SE = 0,4, variasjonsbredde = 1-4 ganger). Sjørreten og seks laks forlot minstevannføringsløpet og vandret ned til Helle eller

Figur 5. Vandring hos radiomerket sjørørret (fisk nr 1) og laks (fisk nr 2-18) i Nidelva, Aust-Agder, 1997 fra utsetting til siste peiling 28. desember. Fisk nr 1-8 ble fanget i kilenøter i Nidelva, oppbevart i mære inntil 5 dager, radiomerket og satt ut i elva 1,7 km nedstrøms Helle. Fisk nr 9-18 ble hentet fra Rygene dam 29. desember, oppbevart i mære, radiomerket tre dager senere og satt ut i elva samme sted som de øvrige. Prikker angir posisjoner ved peiling. Nederste stiplede linje i figurene ved 1 300 m angir utsettingsstedet. Midterste stiplede linje ved 3 000 m angir kraftverksutløpet ved Helle. Øverste stiplede linje ved 5 630 m angir dammen ved Rygene kraftverk. Elvestrekningen mellom Helle og Rygene hadde minstevannføring 3 m³/s.



Tabell 2. Fem typer vandringsatferd hos radiomerket laks og sjøørret i Nidelva, Aust-Agder, 1997. Fisken ble fanget i kilenøter i Nidelva, oppbevart i mæ, radiomerket og satt ut i elva 1,7 km nedstrøms Helle ($n = 1$ sjøørret og 7 laks), eller transportert fra Rygene dam, oppbevart i mæ, radiomerket satt ut i elva samme sted som de øvrige ($n = 10$).

Vandringsatferd	n
1 Passerte aldri Helle.	7 (3 notfanget, 4 fra Rygene)
2 Vandret opp i minstevannføringsløpet etter kortere eller lengre opphold ved Helle og oppholdt seg i minstevannføringsløpet resten av sesongen.	4 (1 notfanget, 3 fra Rygene)
3 Passerte Helle og oppholdt seg i minstevannføringsløpet i relativt kort tid (1-4 peilinger). Vandret så tilbake til Helle, eller lengre ned i elva.	4 (1 notfanget, 2 fra Rygene, 1 ørret)
4 Urolig vandringsmønster. Registrert flere ganger ved Helle, og to ganger opp i minstevannføringsløpet	2 (1 notfanget, 1 fra Rygene)
5 Oppholdt seg i minstevannføringsløpet i relativt lang tid, men vandret nedstrøms forbi Helle midt i november.	1 (1 notfanget)

Tabell 3. Tid fra utsetting til første registrering ved Helle for 1 sjøørret og 17 laks radiomerket i Nidelva, Aust-Agder, 1997. Resultater er analysert separat for fisk som første gang ble registrert ved Rygene ved datalogging ($n = 11$) og ved peiling ($n = 7$). L_{Not} = laks fanget i not og satt ut i elva etter merking 1,7 km nedstrøms Helle. L_{Rygene} = laks transportert fra Rygene og satt ut i elva etter merking på samme sted som notfanget laks. L_{Total} = summen av notfanget laks og laks transportert fra Rygene. \emptyset_{Not} = ørret fanget i not.

	n	Median (t)	SE	Min	Max
Datalogging:					
L_{Not}	5	25,6	54,4	1,2	292,1
L_{Rygene}	6	15,2	11,1	4,0	68,0
L_{Total}	11	23,8	25,6	1,2	292,1
Peiling:					
L_{Not}	2	98,3	0,08	98,2	98,3
L_{Rygene}	4	123,2	28,1	74,2	171,9
L_{Total}	6	98,3	18,5	74,2	171,9
\emptyset_{Not}	1	484,2	-	-	-

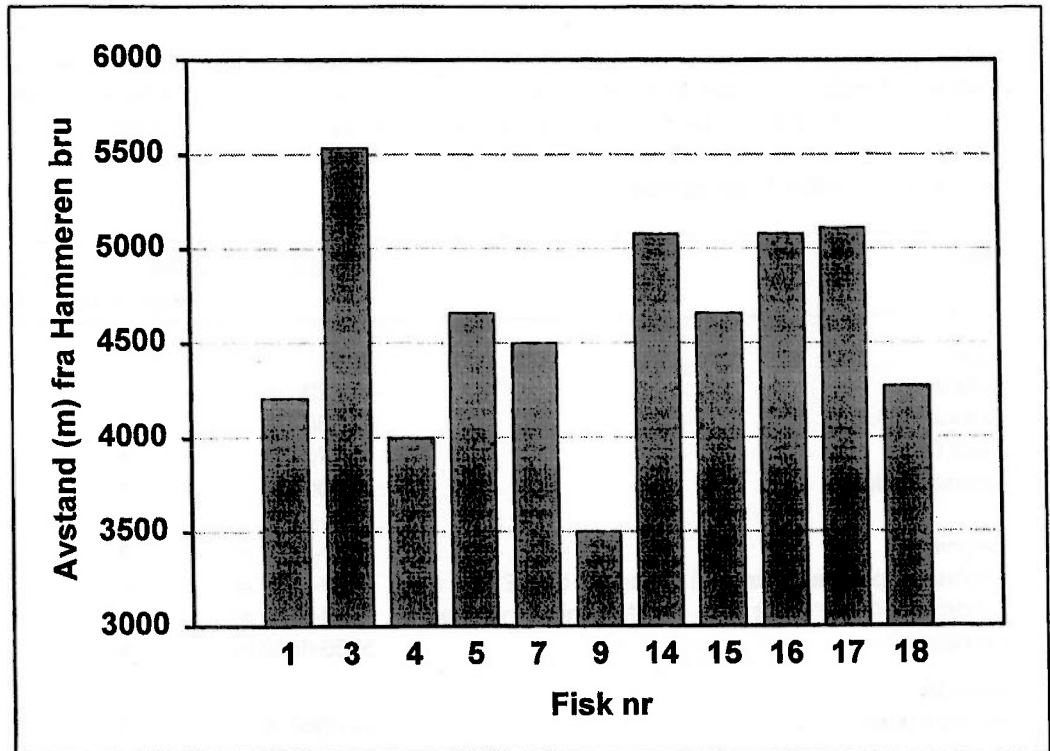
lengre nedstrøms senere i sesongen. Én laks ble rapportert gjenfanget i Lundehølen/Smuthullet like ovenfor Strubru (E18) 22. november.

4.4 Vannkvalitet i kraftverks-tunnelen og i minstevannføringsløpet

pH målt i minstevannføringsløpet ($6,1 \pm 0,2$) var normalt 0,3 til 0,5 pH-enheter høyere enn pH målt i tunnelvannet ($5,8 \pm 0,2$) (tabell 6, figur 7). Denne forskjellen var også tilstede i andre vannkjemiske parametre (tabell 6, figur 7). Partikkeltransporten definert som turbiditet var større i minstevannføringsløpet enn i tunnelen (tabell 6). Innholdet av organisk stoff, definert på bakgrunn av farge, var lavt og på tilsvarende nivå i minstevannføringsløpet og i tunnelen (tabell 6). Konduktiviteten var høyere i minstevannføringsløpet (tabell 6). Dette tyder på at denne vannkvaliteten hadde et høyere ioneinnhold enn vannkvaliteten målt i tunnelvannet. Denne forskjellen ble bekreftet ved målte forskjeller i alle hovedioner, både kationer (Ca, Mg, Na og K) og anioner (Cl og NO₃). Det var ingen forskjell i sulfat og silisium (tabell 6).

Den primære giftige komponenten i forsuret vann er aluminium (Al). Ulike former av aluminium ble analysert, men uorganisk monomert aluminium (UM-Al) er den formen som er potensielt giftig for fisk. Konsentrasjonen av UM-Al var $8 \pm 3 \mu\text{g Al/L}$ i minstevannføringsløpet og $19 \pm 8 \mu\text{g Al/L}$ i tunnelvannet (tabell 6, figur 8). Aluminium ble analysert for fem av vannprøvene fra hver stasjon. UM-Al samvarierte i stor grad med pH ($r^2 = 0,93$), slik at pH kan benyttes som en indikasjon på konsentrasjonen av UM-Al. Data fra NIVA viser at labilt aluminium (LAI) samvarierte med pH ($r^2 = 0,81$) og acid neutralizing capacity (ANC) ($r^2 = 0,63$) i et større antall vannprøver fra Nidelva (figur 9). (Labilt aluminium tilsvarer UM-Al, men analyseteknikken er forskjellig.)

Figur 6. Høyeste registrerte posisjon for individuelle radiomerkede sjøørret (nr 1) og laks (nr 3-18) i minstevannføringsløpet Helle-Rygene i Nidelva, Aust-Agder, 1997.



Tabell 4. Oppholdssteder for radiomerket laks (n = 10) og sjøørret (n = 1) ved manuelle peilinger i minstevannføringsløpet Helle-Rygene i Nidelva, Aust-Agder, 1997. Det ble foretatt til sammen 89 registreringer av laks og 4 registreringer av sjøørret ved peiling i minstevannføringsløpet. Tabellen viser på hvilke steder registreringene ble gjort, samt hvor mange individer som ble registrert på hvert sted. Posisjoner er gitt som avstand (langs midt i elva) fra bru over elva mellom Asdal og Rød.

Sted	Posisjon	Antall registreringer	Antall fisk
Laks:			
Hellefoss	ca 3200 m	11	4
Vaderettet (kulp)	ca 3500 m	14	5
Teina (kulp)	ca 3700 m	13	6
Refsnes (kulp)	ca 4000 m	3	2
	4275 m	1	1
Regeviga	4500-4750 m	14	6
Strubru (kulp nedenfor terskel m/trapp v/ bru, E18)	4750-5000 m	18	3
Lundehølen/Smuthullet (kulp ovenfor terskel med trapp)	5000-5100 m	6	4
Fabrikkulp	5250-5550 m	9	1
Sjøørret:			
Refsnes	ca 4000 m	3	1
	4210 m	1	1

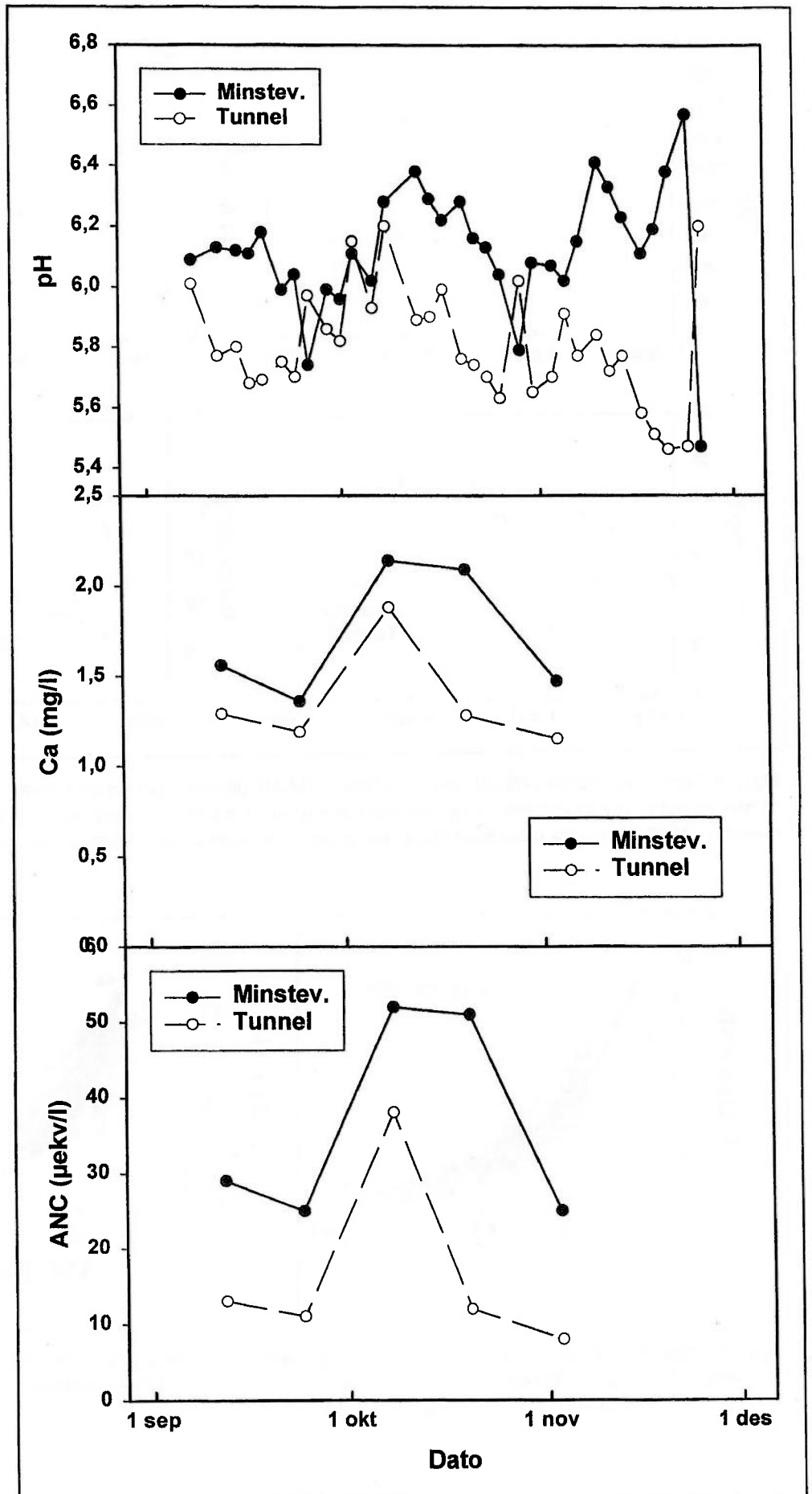
Tabell 5. Steder i minstevannføringsløpet Helle-Rygene i Nidelva, Aust-Agder, hvor det ble observert at radiomerket laks ($n = 10$) og sjøørret ($n = 1$) snudde og vandret nedover elva etter en periode med oppvandring. Tabellen viser antall ganger det ble registrert at fisk snudde på hvert sted, samt hvor mange individer dette gjaldt. Posisjoner er gitt som avstand (langs midt i elva) fra bru over elva mellom Asdal og Rød.

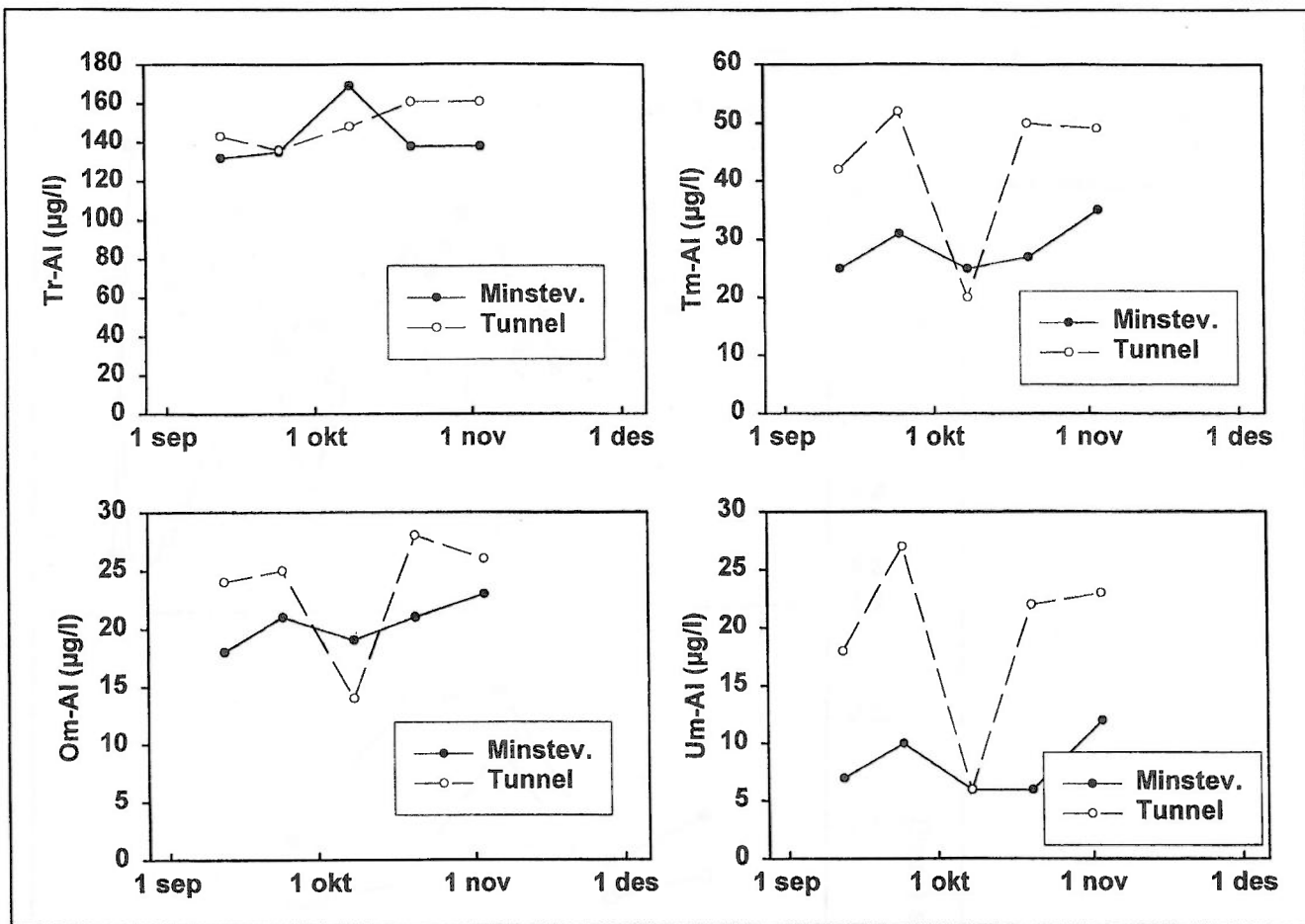
Sted	Posisjon	Antall ganger snudd	Antall fisk
Laks:			
Hellefoss	ca 3200 m	1	1
Vaderettet (kulp)	ca 3500 m	2	2
Teina (kulp)	ca 3700 m	7	4
Refsnes (kulp)	ca 4000 m	1	1
	4275 m	1	1
Regeviga	4500-4750 m	3	3
Strubru (kulp nedenfor terskel m/trapp v/ bru, E18)	4750-5000 m	4	2
Lundehølen/Smutthullet (kulp ovenfor terskel med trapp)	5000-5100 m	4	3
Fabrikkulp	5250-5550 m	2	1
Sjøørret:			
Refsnes (kulp)	ca 4000 m	1	1
	4210 m	1	1

Tabell 6. Gjennomsnittsverdier og standard avvik for utvalgte vannkjemiske parametre målt i minstevannsløpet og i inntaket til Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder, i perioden 8. september - 26. november 1997. For hver stasjon ble fem vannprøver analysert for alle parametre, mens 33 vannprøver ble analysert for pH. Gjennomsnitt for pH er ikke basert på H^+ -verdier.

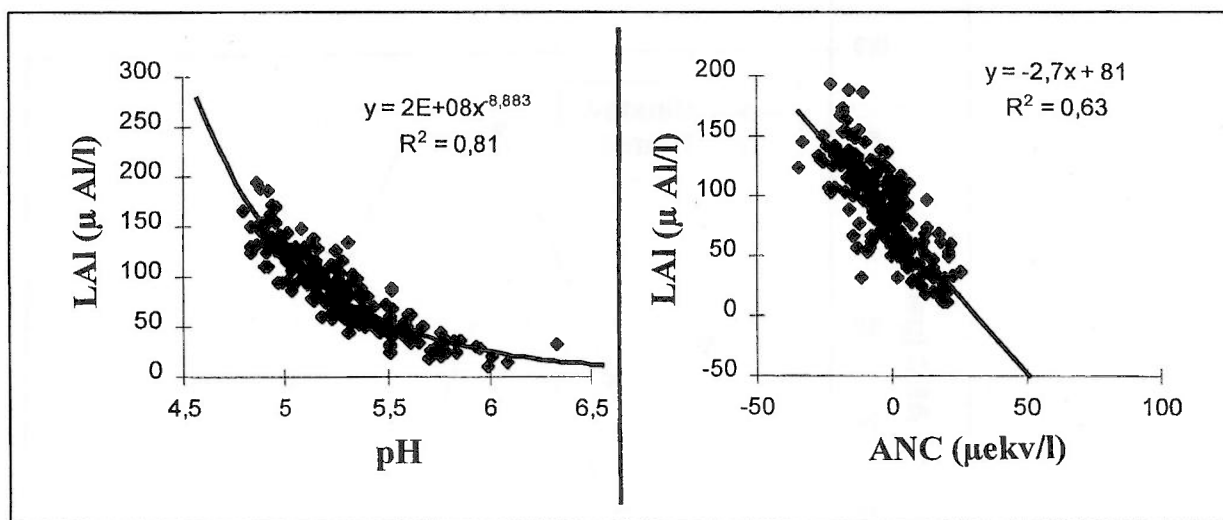
	Turb. FTU	Farge mg Pt/l	Kond-25 $\mu S/cm$	pH pH	Alk $\mu ekv/l$	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Sulfat mg SO ₄ /l	Klorid mg/l	Nitrat NO ₃ -N/l	μg mg Si/l	Tr-Al $\mu g/l$	Tm-Al $\mu g/l$	Om-Al $\mu g/l$	Um-Al $\mu g/l$	Pk-Al $\mu g/l$	$\mu ekv/l$ ANC
Minste vf.	2,6	12,4	27,2	6,1	44,5	1,7	0,4	2,0	0,5	3,6	3,1	242	1,2	143	29	20	8	114	36
	2,9	3,1	5,7	0,2	14,5	0,4	0,1	0,4	0,2	0,7	0,7	108	0,1	15	4	2	3	17	14
Tunnel	0,6	13,6	19,2	5,8	24,9	1,4	0,3	1,2	0,3	3,2	1,9	153	1,0	148	43	23	19	106	16
	0,2	1,1	2,0	0,2	17,5	0,3	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	29,4	0,1	10	14	5	8	16	12

Figur 7. pH, kalsium (Ca) og acid neutralizing capacity (ANC) målt i minstevannsløpet og i inntaket til Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder, i perioden 8. september- 26. november 1997.





Figur 8. Total syre-reaktivt (TR-AI), total monomert (TM-AI), organisk monomert (OM-AI) og uorganisk monomert (UM-AI) aluminium målt i minstevannsløpet og i inntaket til Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder, i perioden 12. september-3. november 1997. Uorganisk monomert aluminium er den potensielt giftige formen av aluminium for fisk.



Figur 9. Forhold mellom labilt aluminium (LAI) og henholdsvis pH og acid neutralizing capacity (ANC) i vannprøver fra Rygene i Nidelva, Aust-Agder. Data er hentet fra SFT sin overvåkingsserie (ved NIVA) i perioden fra 1980 (ANC) og 1984 (LAI) til januar 1998.

5 Diskusjon

Problemet med å få oppvandrende laks til å passere store vannføringer fra kraftverksutløp og vandre opp et relativt lite minste vannføringsløp er kjent fra flere norske og utenlandske elver (Thorstad et al. 1997). Imidlertid er det få undersøkelser som har kartlagt omfanget av problemet og undersøkt ved hvilke forhold laksen vandrer forbi og ved hvilke forhold laksen forsinkes eller vandrer inn i kraftverksutløp (Thorstad et al. 1997). Denne undersøkelsen i Nidelva ble foretatt ved minste vannføring 3 m³/s i minste vannføringsløpet Helle-Rygene og 57-176 m³/s i tunnelutløpet fra Rygene kraftverk. Resultatene viste at radiomerket fisk relativt raskt etter merking vandret opp til kraftverksutløpet ved Helle, men at videre oppvandring ble forsinket eller stanset ved tunnelutløpet. Notfanget laks oppholdt seg ved Helle i 20 dager (medianverdi) og laks transportert fra Rygene i 17 dager (medianverdi) etter at de første gang ankom Helle. Åtte fisk vendte dessuten tilbake til Helle én eller flere ganger i løpet av sesongen. Sju av 17 laks passerte aldri kraftverksutløpet.

Resultater fra dataloggingen viste at fisken oppholdt seg inne i kraftverkstunnelen det meste av tiden de ble observert ved Helle, men at de hadde korte opphold like utenfor tunnelen. Notfanget laks ble registrert 16 ganger (medianverdi) utenfor tunnelen i løpet av tiden de oppholdt seg ved Helle. Varighet på oppholdene utenfor tunnelen var 0,7 timer (medianverdi). Laks transportert fra Rygene ble registrert 5 ganger (medianverdi) utenfor tunnelen. Varighet på oppholdene var 0,1 timer (medianverdi). Resultatene fra dataloggingen stemmer godt overens med resultater fra de manuelle peilingene. Ved manuelle peilinger av fisk ved Helle var signalene svake og kunne så vidt høres i retning fra kraftverkstunnelen. Det er vanskelig å plassere radiosendere inne i tunnelen for å teste rekkevidde på signaler fra ulike steder i tunnelen. Hvor langt inn i tunnelen fisken var i løpet av undersøkelsen er derfor ikke kjent.

Fisk som oppholder seg inne i kraftverkstunnelen vil ikke registrere eventuelle lokkeflommer som slippes ned i minste vannføringsløpet. Den radiomerkede fisken oppholdt seg så lang tid sammenhengende inne i tunnelen at selv lokkeflommer av 1-2 døgn varighet ikke nødvendigvis ville blitt registrert av fisken. Det er derfor usikkert om lokkeflommer i minste vannføringsløpet vil ha en ønsket effekt når det gjelder å få fisken til å passere Helle.

Vannkvaliteten i kraftverkstunnelen var dårligere enn i minste vannføringsløpet; pH i minste vannføringsløpet (6,1 ± 0,2) var normalt 0,3 til 0,5 pH-enheter høyere enn i tunnelvannet (5,8 ± 0,2). Dette skyldes trolig tilførsel av vann til minste vannføringsløpet fra flere sidebekker med bedre vannkvalitet. Den primære giftige komponenten i forsuret vann i Skandinavia er aluminium (Gunn & Belzile 1994). Aluminium fester seg på gjelleoverflaten hos fisk og medfører respirasjonssvikt (Witters et al. 1996). Uorganisk monomert aluminium inkluderer de potensielt giftige formene av aluminium for fisk. Ved fem vannprøvetakinger i

løpet av sesongen var konsentrasjonen av uorganisk monomert aluminium 8 ± 3 µg/l i minste vannføringsløpet og 19 ± 8 µg/l i tunnelvannet. pH samvarierte med innholdet av giftig aluminium, slik at forskjeller i pH mellom tunnelvannet og vannet i minste vannføringsløpet gjennom sesongen forøvrig trolig reflekterte forskjeller i konsentrasjon av giftig aluminium.

Vannkvaliteten både i minste vannføringsløpet og kraftverkstunnelen tilsvarte konsentrasjoner av giftig aluminium som har medført fysiologiske og histologiske tilstandsendringer på lakseparr og -smolt i forsøk (f.eks. Kroglund et al. 1998). Vannet i minste vannføringsløpet kunne karakteriseres som betydelig bedre enn i tunnelen. Det er ikke utført undersøkelser av unnvikelsesatferd for oppvandrende laks innenfor pH- og aluminiumintervallet som ble målt i denne undersøkelsen, men de eksperimenter som er utført hos flere arter fisk har ikke vist unnvikelsesatferd før pH er mellom 4,0 og 5,0 eller lavere (se Åtland 1996). At laksen ble tiltrukket av vannet fra kraftverkstunnelen til tross for en dårligere vannkvalitet er dermed forenlig med resultater fra undersøkelser av unnvikelsesatferd i forbindelse med dårlig vannkvalitet.

Resultater fra vandring i minste vannføringsløpet viste at laksen hovedsakelig oppholdt seg ved sju steder; Hellefoss, Vaderettet, Teina, Refsnes, Regevigga, Strubru og Lundehølen/Smuttullet. I minste vannføringsløpet er det flere terskler og potensielle vandringshindre for oppvandrende laksefisk. Fisken spredte seg i hele minste vannføringsløpet og ingen steder utmerket seg som hovedhindre for oppvandring. Imidlertid var det ingen fisk som passerte hele minste vannføringsløpet og vandret forbi dammen ved Rygene. Resultatene tyder på at laksen hadde problemer med å passere minste vannføringsløpet ved minste vannføring 3 m³/s, men at de ikke ble fysisk hindret på bestemte steder. Problemet kan være manglende motivasjon til å vandre ved lav vannføring og/eller motivasjonssvikt på grunn av summen av flere vandringshindre. Lignende konklusjon er trukket i undersøkelser av vandring hos radiomerket laks i Mandalselva i et minste vannføringsløp med terskler og minste vannføring 3 m³/s (Thorstad & Heggberget 1997). Vanntemperaturen i minste vannføringsløpet var synkende i hele forsøksperioden; fra 14 °C da første fisk ble merket og satt ut. Temperaturen var ikke så høy at oppvandringen i minste vannføringsløpet skulle bli negativt påvirket. Vannkvaliteten i minste vannføringsløpet tilsa heller ikke at store negative effekter på oppvandringen skulle forventes. Imidlertid kan målinger av vannkvaliteten tre ganger i uken ikke utelukke at episoder med dårlig vannkvalitet har forekommet.

Fisken skulle i utgangspunktet fanges i to spesialtilpassede kilenøter nederst i Nidelva. På grunn av en varm og tørr sommer kunne ikke forsøket startes før i september, fordi det ikke var mulig å kjøre tilstrekkelig med vann gjennom kraftverket. Etter 1. september var lakseoppgangen liten, og bare 6 laks og 1 sjørørret ble fanget i nøtene. Imidlertid syntes fangstmåten og notplassene å fungere godt, da seks laks ble fanget i løpet av en todagersperiode. Dette tyder på

at nøtene fungerte når det først var en viss oppvandring av laks i elva.

For å undersøke vandring hos et større antall laks, ble ti laks hentet fra Rygene dam, merket med radiosendere, transportert nedover i elva og satt ut på samme sted som de øvrige. Selv om disse nettopp hadde vandret den samme strekningen som ble undersøkt, var det ingen signifikante forskjeller mellom laks transportert fra Rygene og notfanget laks i tid fra utsetting til ankomst Helle, oppholdstid ved Helle, andel som vandret opp i minstevannføringsløpet eller hvor langt opp i minstevannføringsløpet de vandret. Resultatene viser at denne metoden kan benyttes når det ikke er mulig å fange et tilstrekkelig antall laks lengre ned i elva.

Laksen i denne undersøkelsen var ikke stedegen for Nidelva, og de fleste hadde oppdrettsbakgrunn. Villaks har en tendens til å returnere til sin egen oppvekstplass i elva (f.eks. Heggberget et al. 1986, 1988, Hovey et al. 1989), mens rømt oppdrettslaks ser ut til å fordele seg lengre opp i elvene enn villaksen (Økland et al. 1995, Heggberget et al. 1996, Thorstad et al. 1998). At oppdrettslaksen fordeler seg lengre opp i elvene kan skyldes at mangel på elvepreging resulterer i mangel på et "stopp-signal" på et bestemt sted i elva. Det er derfor ikke grunn til å anta at laksen i denne undersøkelsen var mindre motivert for oppvandring enn laks fra en eventuell framtidig stedegen stamme i elva. Imidlertid er det mulig at laks som er oppvokst ovenfor kraftverksutløpet ved Helle vil ha en viss evne til å lære oppvandringsruten forbi kraftverksutløpet og opp i minstevannføringsløpet under smoltutvandringen. Tilstrekkelig kunnskap til å forutsi i hvilken grad dette vil skje, eksisterer ikke.

6 Konklusjon

Resultatene i undersøkelsen viser at minstevannføring 3 m³/s og vannføring i kraftverkstunnelen 57-176 m³/s medfører at både kraftverksutløpet ved Helle og minstevannføringsløpet opp til Rygene dam vanskelig kan passeres av oppvandrende laks. Selv om det ved en slik manøvrering er fysisk mulig for fisk å vandre opp denne strekningen, vil den lange forsinkelsen ved Helle kombinert med den lave andelen som når Rygene dam vanskeliggjøre dannelse av en selvreproduserende laksestamme i vassdraget. For å bedre passeringen ved kraftverkstunnelen er det usikkert om lokkeflommer i minstevannføringsløpet vil ha en ønsket effekt, da fisken det meste av tiden står inne i selve kraftverkstunnelen.

7 Litteratur

- Gunn, J.M. & Belzile, N. 1994. Extrapolating from toxicological findings to regional estimations of acidification damage. I: Acidification of freshwater ecosystems: - S. 217-226 i Steinberg, C.E.W. & Wright, R.F., red. Implications for the future. John Wiley and Sons Ltd.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1994. Homing of Atlantic salmon: effects of juvenile learning on transplanted post-spawners. - *Anim. Behav.* 47: 220-222.
- Heggberget, T.G., Hansen, L.P. & Næsje, T.F. 1988. Within-river spawning migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1691-1698.
- Heggberget, T.G., Økland, F. & Ugedal, O. 1996. Pre-spawning migratory behaviour of wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a North Norwegian river. - *Aquacult. Res.* 27: 313-322.
- Heggberget, T.G., Lund, R.A., Ryman, N. & Ståhl, G. 1986. Growth and genetic variation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from different sections of the River Alta, North Norway. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 1828-1835.
- Hovey, S.J., King, D.P.F., Thompson, D. & Scott, A. 1989. Mitochondrial DNA and allozyme analysis of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in England and Wales. - *J. Fish Biol.* 35 (Suppl. A): 253-260.
- Kroglund, F., Teien, H.C., Håvardstun, J., Rosseland, B.O., Salbu, B. & Kvellestad, A. 1998. Varighet av ustabil og skadelig aluminiumskjemi på giftighet overfor laksepar; renneforsøk utført i Suldalslågen, høst 1996. - NIVA Rapport LNR 3815-98, 61 s.
- Landmark, A. 1876. Beskrivelse over Nisserelvens vasdrag. - Rapportkjema, fiskeriinspektøren, 3 s.
- Lund, R.A., Hansen, L.P. & Järvi, T. 1989. Identifisering av oppdrettslaks og vill-laks ved ytre morfologi, finnestørrelse og skjellkarakterer. - NINA Forskningsrapport 001: 1-54.
- Matzow, D. 1995. Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder. Vurdering av gassovermetning, minstevannføring og fisketrapp. - Fylkesmannen i Aust-Agder, Notat nr. 1-1995, 16 s.
- Muniz, I.P., Leivestad, H. & Bjerknes, V. 1979. Fiskedød i Nidelva (Arendalsvassdraget) våren 1979. - SNSF-prosjektet, TN 48/79.
- Simonsen, J.H. 1993. Fisketrapp og fiskesluse i Rygefossen. - Rapport, 19 s.
- Simonsen, J.H. 1995. Nidelva. Fiskebiologiske undersøkelser 1993-1994 og 1989-1990. - Rapport, 60 s.
- Sættem, L.M. & Boman, E. 1985. Tilslammingen av Nidelva og Rore på grunn av kanaliseringsarbeider ved utvidelse av Evenstad kraftstasjon 1983. Rapport nr. 3 Fiskeribiologiske studier i nedre del av Nidelvassdraget i tidsrommet 18. august 1983 til 11.mai 1984. Oppfølgende undersøkelser av fysiske, kjemiske og bakteriologiske forhold. - Fylkesmannen i Aust-Agder, rapp. nr. 3-1985, 74 s.
- Thorstad, E.B. & Heggberget, T.G. 1997. Oppvandring hos radiomerket laks og sjørret i Mandalsvassdraget i forhold til minstevannføring, lokkeflommer, terskler og kalking. - NINA Oppdragsmelding 470: 1-41.
- Thorstad, E.B., Heggberget, T.G. & Økland, F. 1998. Migratory behaviour of adult wild and escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., before, during and after spawning in a Norwegian river. - *Aquacult. Res.* (Til trykking).
- Thorstad, E.B., Kroglund, F., Økland, F. & Heggberget, T.G. 1997. Vurdering av luftovermetning, trefiberutslipp og oppvandring av laks ved Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder. - NINA Oppdragsmelding 494: 1-36.
- Witters, H.E., Van Puymbroeck, S., Stouthart, A.J.H.X. & Bonga, S.E.W. 1996. Physicochemical changes of aluminium in mixing zones: Mortality and physiological disturbances in brown trout (*Salmo trutta* L.). - *Environ. Toxicol. Chem.* 15: 986-996.
- Økland, F., Heggberget, T.G. & Jonsson, B. 1995. Migratory behaviour of wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) during spawning. - *J. Fish Biol.* 46: 1-7.
- Åtland, A. 1996. Low pH and elevated Al concentrations as behavioural modifiers in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) - laboratory and field studies. - Dr scient. thesis, Universitetet i Bergen.

Vedlegg 1

Resultater fra analyser av vannprøver (250 ml) samlet inn ved inntaket til Rygene kraftverk og nederst i minstevannføringsløpet mellom Rygene og Helle i Nidelva. Aust-Agder. Vannprøvene er analysert ved NINA analyselaboratorium i henhold til Norsk akkreditering P071. Følgende metoder er benyttet: turbiditet (NS 4723 utg. 2), fargetall (NS 4787 utg. 1), konduktivitet/ledningssevne (ISO 7888 utg. 1), pH (NS 4720 utg. 2), alkalinitet (NS 4754 utg. 1), kalsium (NS 4776 utg. 2), magnesium (NS 4776 utg. 2), natrium (NS 4775 utg. 2), kalium (NS 4775 utg. 2), klorid (NS 4769 utg. 1), summen av nitrat og nitritt (NS 4775 utg. 2), silisium (Alpkem - silica P/N 000293/000365), totalt syrereaktivt aluminium (NS 4799 utg. 1), totalt monomert, organisk monomert, uorganisk monomert og polymer/kolloidalt aluminium (Alpkem - silica P/N 000372/000373). ANC er beregnet etter formelen ((summen av basiske kationer (Ca, Mg, Na og K)) minus (SSS - sterke syrers salter (Cl, SO4, NO3))). For kalium, magnesium, natrium og kalium er type AAS-teknikk: AAS flamme. I tabellen er måleusikkerhet oppgitt under måleenhet som 1SD i % (RSD); unntatt pH som er oppgitt i pH-enhet. Deteksjonsgrenser er oppgitt under måleusikkerheten.

Lokalitet	Dato	Turb.	Farge	Kond-25	pH	Alk-3	Ca	Mg	Na	K	Sulfat	Klorid	Nitrat	Silisium	Tr-Al	Tm-Al	Om-Al	Um-Al	Pl-Al	l %	i %	µekv/l
	Prøvetaking	(FTU)	(mg Pt/l)	(µS/cm)	(pH)	(µekv/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg SO4/l)	(mg/l)	(µg/l NO3-N)	(mg/l Si)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(PDKAK)	(PDLMEM)	(ANC)
		8		4	0,05	7	4	4	4	8	io	io	10	7	10	10	10	10	10			
		0,05	2	0,48	ngen	0	0,10	0,02	0,05	0,03	0,40	0,20	5	0,05	10	6	6	6	10	KA-AN	KOND	
Minstevannføringsløp	08-Sep-97				6,09																	
Rygene	08-Sep-97				6,01																	
Minstevannføringsløp	12-Sep-97	2,06	10	24,2	6,13	39	1,56	0,34	1,75	0,46	2,85	2,71	411	1,28	132	25	18	7	107	-5,2	-5,5	29
Rygene	12-Sep-97	0,65	14	18,9	5,77	18	1,29	0,25	1,26	0,25	3,31	1,92	133	0,95	143	42	24	18	101	-2,1	-5,1	13
Minstevannføringsløp	15-Sep-97				6,12																	
Rygene	15-Sep-97				5,80																	
Minstevannføringsløp	17-Sep-97				6,11																	
Rygene	17-Sep-97				5,68																	
Minstevannføringsløp	19-Sep-97				6,18																	
Rygene	19-Sep-97				5,69																	
Minstevannføringsløp	22-Sep-97				5,99																	
Rygene	22-Sep-97				5,75																	
Minstevannføringsløp	24-Sep-97	1,40	9	21,8	6,04	31	1,36	0,27	1,68	0,4	3,24	2,53	132	0,99	135	31	21	10	104	-2,8	-5,0	25
Rygene	24-Sep-97	0,33	14	17,1	5,70	15	1,19	0,22	1,14	0,22	3,13	1,69	122	0,96	136	52	25	27	84	-1,9	-6,6	11
Minstevannføringsløp	26-Sep-97				5,74																	
Rygene	26-Sep-97				5,97																	
Minstevannføringsløp	29-Sep-97				5,99																	
Rygene	29-Sep-97				5,86																	
Minstevannføringsløp	01-Okt-97				5,96																	
Rygene	01-Okt-97				5,82																	
Minstevannføringsløp	03-Okt-97				6,11																	
Rygene	03-Okt-97				6,15																	
Minstevannføringsløp	06-Okt-97				6,02																	
Rygene	06-Okt-97				5,93																	
Minstevannføringsløp	08-Okt-97	7,74	13	32,7	6,28	63	2,14	0,5	2,28	0,87	4,66	3,62	260	1,15	169	25	19	6	144	-3,9	20,5	52
Rygene	08-Okt-97	0,46	12	22,1	6,20	56	1,88	0,28	1,16	0,57	3,33	2,14	197	1,01	148	20	14	6	128	-9,3	-10,2	38
Minstevannføringsløp	13-Okt-97				6,38																	
Rygene	13-Okt-97				5,89																	

Vedlegg 1 forts.

Lokalitet	Dato	Turb.	Farge	Kond-25	pH	Alk-3	Ca	Mg	Na	K	Sulfat	Klorid	Nitrat	Silisium	Tr-Al	Tm-Al	Om-Al	Um-Al	Pk-Al	l %	i %	µekv/l
	Prøvetaking	(FTU)	(mg Pt/l)	(µS/cm)	(pH)	(µekv/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg SO4/l)	(mg/l)	(µg/l NO3-N)	(mg/l Si)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(PDKAK)	(PDLMEM)	(ANC)
		8	8	4	0,05	7	4	4	4	8	io	io	10	7	10	10	10	10	10			
		0,05	2	0,48	ngen	0	0,10	0,02	0,05	0,03	0,40	0,20	5	0,05	10	6	6	6	10	KA-AN	KOND	
Minstevannføringsløp	15-Okt-97				6,29																	
Rygene	15-Okt-97				5,90																	
Minstevannføringsløp	17-Okt-97				6,22																	
Rygene	17-Okt-97				5,99																	
Minstevannføringsløp	20-Okt-97	1,16	17	34	6,28	57	2,09	0,54	2,51	0,55	4,08	4,2	241	1,36	138	27	21	6	111,02	-1,8	-2,6	51
Rygene	20-Okt-97	0,74	15	20,3	5,76	20	1,28	0,27	1,33	0,26	3,24	2,1	165	1,07	161	50	28	22	110,68	-3,9	-1,7	12
Minstevannføringsløp	22-Okt-97				6,16																	
Rygene	22-Okt-97				5,74																	
Minstevannføringsløp	24-Okt-97				6,13																	
Rygene	24-Okt-97				5,70																	
Minstevannføringsløp	26-Okt-97				6,04																	
Rygene	26-Okt-97				5,63																	
Minstevannføringsløp	29-Okt-97				5,79																	
Rygene	29-Okt-97				6,02																	
Minstevannføringsløp	31-Okt-97				6,08																	
Rygene	31-Okt-97				5,65																	
Minstevannføringsløp	03-Nov-97	0,61	13	23,2	6,07	32	1,47	0,33	1,64	0,34	3,35	2,61	166	1,17	141	35	23	12	106,11	-3,5	-2,8	25
Rygene	03-Nov-97	0,64	13	17,7	5,70	16	1,15	0,21	1,10	0,20	2,97	1,67	150	1,08	155	49	26	23	105,5	-4,4	-0,8	8
Minstevannføringsløp	05-Nov-97				6,02																	
Rygene	05-Nov-97				5,91																	
Minstevannføringsløp	07-Nov-97				6,15																	
Rygene	07-Nov-97				5,77																	
Minstevannføringsløp	10-Nov-97				6,41																	
Rygene	10-Nov-97				5,84																	
Minstevannføringsløp	12-Nov-97				6,33																	
Rygene	12-Nov-97				5,72																	
Minstevannføringsløp	14-Nov-97				6,23																	
Rygene	14-Nov-97				5,77																	
Minstevannføringsløp	17-Nov-97				6,11																	
Rygene	17-Nov-97				5,58																	
Minstevannføringsløp	19-Nov-97				6,19																	
Rygene	19-Nov-97				5,51																	
Minstevannføringsløp	21-Nov-97				6,38																	
Rygene	21-Nov-97				5,46																	
Minstevannføringsløp	24-Nov-97				6,57																	
Rygene	24-Nov-97				5,47																	
Minstevannføringsløp	26-Nov-97				5,47																	
Rygene	26-Nov-97				6,20																	

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0946-2

545

NINA
OPPDRAGS-
MELDING

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7005 TRONDHEIM
Telefon: 73 80 14 00
Telefax: 73 80 14 01

NINA
Norsk institutt
for naturforskning