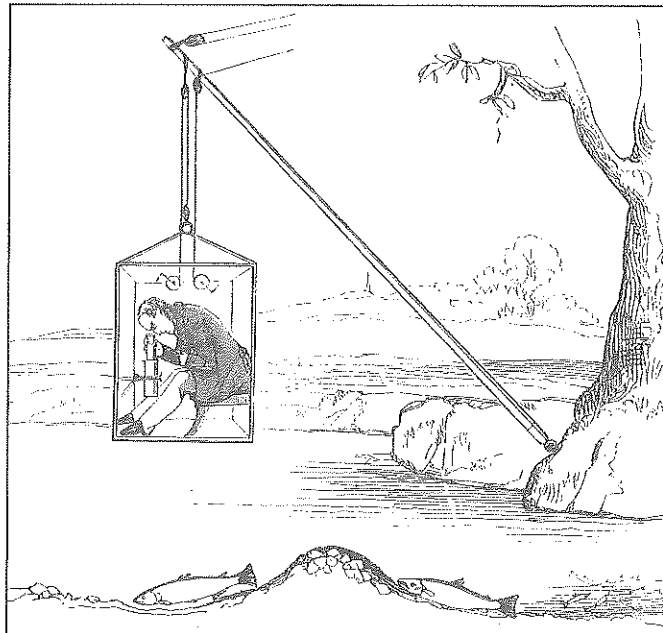


FISKENÄMNDEN
I VÄSTMANLANDS LÄN
1984 -11- 21
Dnr

Information från

SÖTVATTENS- LABORATORIET

Drottningholm



ADAM P GÖNCZI

Erfarenheter av radiotelemetri för
beteendestudier av fisk i kraft-
verksmagasin

ERFARENHETER AV RADIOTELEMETRI FÖR BETEENDESTUDIER AV FISK I KRAFTVERKSMAGASIN

Adam P. Gönczi

INLEDNING	1
<u>Val av telemetrisystem</u>	1
UTRUSTNING	3
<u>Mottagare</u>	3
<u>Mottagarantenn</u>	4
<u>Radiosändare</u>	7
<u>Utformning av gäddsändare</u>	9
PEJLING - POSITIONSBESTÄMNING	10
MÄRKNING	14
<u>Utsättning av fisk</u>	15
SAMMANFATTNING	16
ERKÄNNANDEN	17
LITTERATUR	17
ENGLISH SUMMARY: THE RADIO TELEMETRY EQUIPMENT USED BY THE RESEARCH GROUP FÅK	21

INLEDNING

Den snabba tekniska utvecklingen av biotelemetri som forskningsmetod har medfört något som kan betecknas som en revolution i beteendestudier av vilda djur och inte minst av i vatten levande djur. Tidigare utförda beteendestudier av fiskar gjordes av nöd och tvång i konstgjorda miljöer - akvarier - där omgivningsfaktorer och dess inverkan på beteendet kraftigt förenklats. Akvariestudier av fiskar har i vissa fall medfört uppenbara fel slutsatser och/eller förenklingar av fiskars beteende (Fabricius och Gustafson 1954, Gönczi 1971). Förutom fältstudier (dykobsevationer, elfisken, ekolodning o dyl) har endast traditionell märkning stått till förfogande för beteendestudier. Fiskmärkningen är i detta sammanhang en tämligen trubbig metod då den endast visar förflyttning från utsättningsplatsen till återfångstplats och den tillväxt som skett under den tiden. När fisken har lämnat utsättningsplatsen höljs ofta i dunkel. När och hur vandringen sker är mycket viktigt för att möjliggöra en realistisk bedömning av varför denna vandring sker. Undersökningar inom ramen för FAK är en god illustration av denna frågeställning; om en i kraftverksmagasin utsatt öring återfångas nedanför utsättningsmagasinet är det viktigt att veta varför och när denna vandrat ut (Gönczi 1978, 1980, 1982).

Genom ingående analys av återfångster av Carlin-märkta fiskar kan man efter i flera år upprepade försök dra vissa slutsatser. Metoden är dock mycket tidskrävande och fordrar rätt stort antal återfångade fiskar.

Telemetri ger ett säkrare och framför allt mycket snabbare resultat.

Val av telemetrisystem

Vid beteendestudier som FAK bedrivit har såväl ultraljud- som radioteknik använts (Gönczi 1982, 1983a, b, Westerberg 1977, 1978). Övergången till radiotelemetri 1981 föranleddes av behovet av lägre sändarvikt och längre sändningstid än vad vid denna tidpunkt tillgängliga ultraljudsändare kunde erbjuda. Vi har

dessutom god nytta av de spaningstekniska fördelarna som radiotekniken erbjuder.

För att avgöra vilket system som är lämpligt för en undersökning i sötvatten måste vissa bakgrundsfakta noggrant analyseras. När det gäller havsvatten (även bräckvatten) är radiotelemetri utesluten på grund av den mycket starka dämpningen av radiosignalerna. Genom att radiovågor inom de frekvensområden, som i dessa sammanhang är brukbara, mycket snabbt förlorar sin styrka i vatten, är det i första hand vattendjupet som begränsar radiosändarnas användning. Härvid har vattnets ledningsförmåga (närsalthalten) också betydelse då hög ledningsförmåga dämpar radiovågornas utbredning. Ultraljud alstras genom att en resonanskropp sätts i vibration. Vibrationer överförs till vattnet och uppfångas av en hydrofon. De alstrade vågorna dämpas ej i samma utsträckning som radiovågor av närsalthalten. Signalerna kan uppfattas likvärdigt vid samma avstånd, oaktat om det sker i horisontell eller vertikal led (Priede 1980).

Följaktligen måste ultraljudsändare användas på fiskar som förväntas gå på större vattendjup (säg 15-20 m). I större sjöar med vattendjup över 15-20 m kan även användning av ultraljud medföra svårigheter om spaning ej kan upprätthållas dygnet runt. Spaning efter flera fiskar, som ej kan förväntas upprätthålla sig inom samma område, medför också stora svårigheter och/eller är omöjlig. I Lake Ontario (muntliga uppgifter av bl a Peter G Sly) har telemetristudier av kanadaröding prövats med båda metoderna. Trots att kanadarödingen under långa perioder vistas på större djup än 20 m var man tvungen att nyttja radiosändare, då dessa fiskar under vistelse på grundare vatten relativt lätt kunde återfinnas, bl a från flygplan. Ultraljudsändarmärkt fisk, som tappas bort under spaning, är ytterst svår att återfinna i större sjöar.

Under de allra senaste åren har man bl a genom effektivare batterier (litium) samt distinktare sändning inom snäva frekvensområden, kunnat framställa mycket små och lätta ultraljudsändare. Utvecklingen inom radiotekniken är likartad. För närvarande är

en radiosändare vid samma sändningskapacitet och vikt ca 30-50% billigare än ultraljudsändare.

Radiotelemetrin skiljer sig även spaningstekniskt från ultraljudstekniken. Den senare fordrar i vatten nedsänkt hydrofon, medan radiosignalerna kan mottas även från landbaserade stationer eller från flygplan.

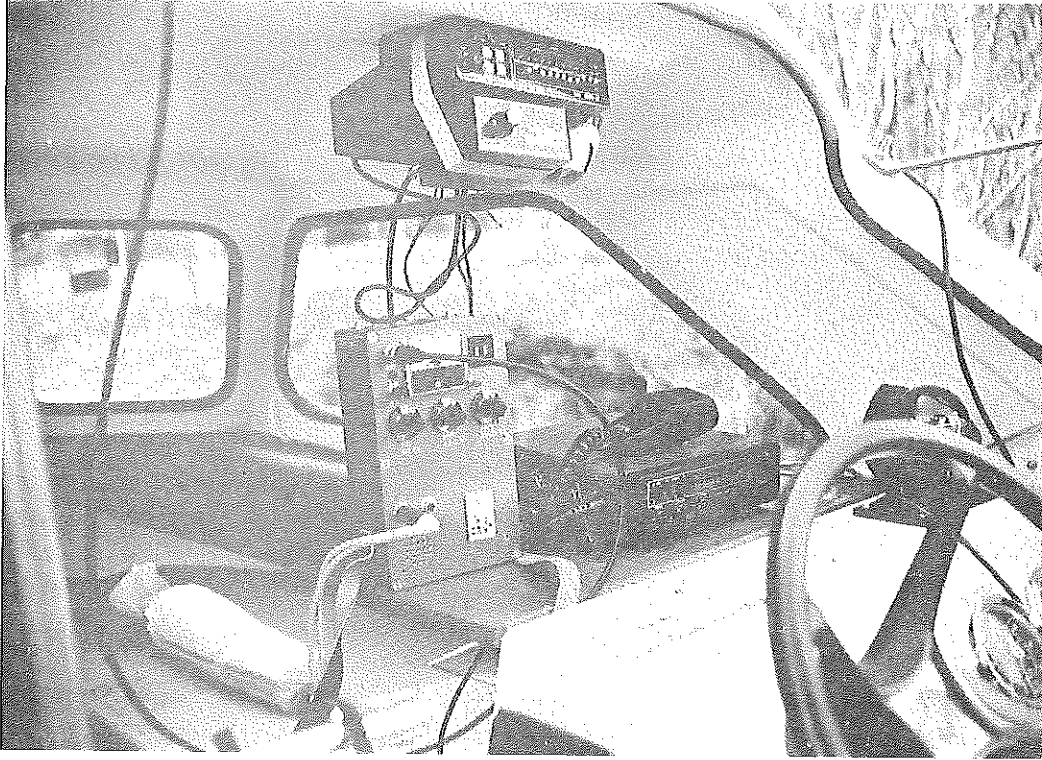
I följande kapitel kommer endast radiotelemetri att behandlas.

UTRUSTNING

Mottagare

Två olika typer av mottagare används inom FÅK; en individuell distansmottagare samt en 40-kanalig, programmerbar scanner. Den förstnämnda har utvecklats och levererats av Televilt AB, Storån. Mottagning sker inom frekvensområdet 151-152 MHz och kan justeras kontinuerligt med ca 1 kHz. Under normala betingelser kan mottagaren distinkt åtskilja sändare med ca 4-6 kHz frekvensskillnad. Mottagaren är försedd med uttag för hörlur och bandspelare, inbyggd högtalare samt VU-mätare. Det är i vissa fall möjligt att genom mätning av signalstyrkan från sändare få viss hjälp av VU-mätaren för bestämning av riktningen till sändaren. Oftast är dock uppfattningen av signalstyrkan genom hörsel säkrast. De inkommande signalerna förstärks till maximalt 100 mikro-Ampère.

En mottagarscanner av märket RANA-COMPU 20, programmerbar för 40 individuella frekvenser med 10 kHz mellanrum har anpassats till 150-152 MHz frekvensomfång. Varje kanal avlyssnas under ca 1.6 sekunder. Följaktligen, om samtliga kanaler avlyssnas, åtgår 64 sekunder per 40 kanaler. Pulsfrekvensen för sändarna ligger varierande mellan ca 1.0-1.3 sekunder. Detta möjliggör teoretiskt en lösning av scannern varje tillfälle radiosändaren är inom hörhåll från mottagaren. Detta förhållande gäller om både sändaren (fisken) och scannern (båten) står stilla. Scannerns stora användbarhet är spaning under en relativt snabb förflytt-



Spaningsbåten utrustad med scanner (överst), individuell mottagare (t v) samt kommunikationsradio (t h).

ning. Genom att scannern har ett i förhållande till den individuella mottagaren mindre räckvidd, kan ej alla kanaler avlyssnas under gång, då vid exempelvis 2 knops fart båten förflyttar sig något mer än 60 m per minut. Om en fisk står på 5 m djup kan den lätt passeras utan att scannern låses. Scannern kräver relativt stark signal för att låsa kanalen. Det betyder att om signalstyrkan genom bl a brytningsfenomenet vid vågig vattenyta, varierar, kan låsningen utebli även om sändaren är inom rimligt hörhåll.

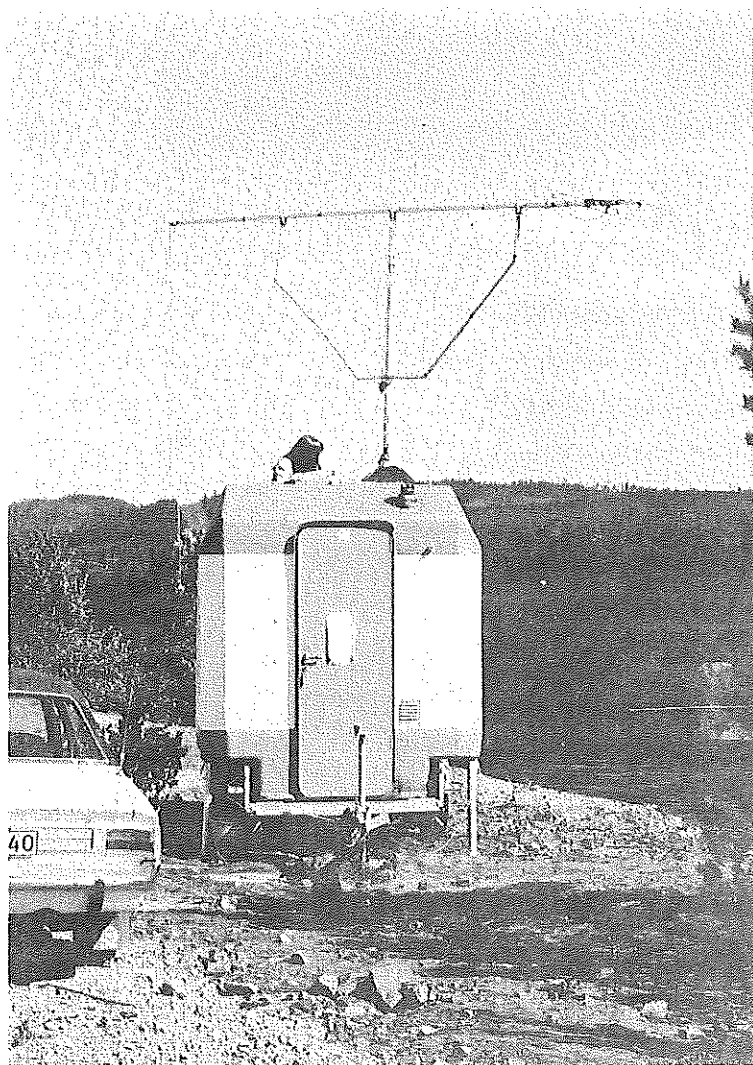
För att öka mottagningskapaciteten har en antennförstärkare anslutits till scannern. Förstärkningen är 16 db (± 2) inom VHS 147-174 MHz. Därigenom ökades mottagningskapaciteten med åtminstone 50% (1 m djup 300 till 500 m).

Mottagarantenn

Spaning efter radiomärkta fiskar företas i första hand från båt men även från landbaserad mottagarstation och biltransporterad

utrustning. Under vintern bedrevs spaning från is. Tre olika mottagarantenner har anskaffats till FAK.

Till den landbaserade spaningsstationen konstruerades en stor, 440 cm lång Yagi-antenn med 1 st drivet- och 9 st förstärkningselement samt en reflektor. Elementlängder och distansen mellan elementen har avpassats för det aktuella mottagningsfrekvensområdet (Amlaner 1980). Antennen var inkopplad på ovan beskrivna individuella mottagare. Från ett vattendjup på ca 1 m mottogs signalerna på ca 2.5 km avstånd. Med lämplig placering av basstationen kunde i stort hela Gammelängemagasinet med dess totala längd av ca 3.4 km täckas. Landbaserad spaning används endast för zonbestämning (se nedan).



Basstationen.

För spaning från såväl båt som för mobil spaning från land har en mindre Yagi-antenn anskaffats. Antennen är 1 m och innehåller 1 st drivet- och 2 st förstärkningselement samt en reflektor. Mot bakgrund av att spaningsarbetet bedrivs inom ett rätt begränsat vattendrag har denna antenn visat sig vara fullt tillräcklig för att med säkerhet och relativt snabbt återfinna fiskarna såväl med den individuella mottagaren som med scannern. Problematiken med positionsbestämning av fisk återkommer vi till i senare avsnitt.



Spaningsbåten "Älvan" försedd med Yagi-antenn.

En enkel dipolantenn för närspaning har anskaffats. Antennen har inga förstärkande egenskaper. Eftersom antennen saknar reflektor är dess riktgivande egenskaper underlägsna Yagi-antennens. Antennen, monterad vertikalt i båten, har med god nytta kunnat användas tillsammans med scannern, då i detta läge antennen ges en icke riktad avlyssning. I senare avsnitt beskrivs den s k dipolmetoden för exakt positionsbestämning av fisk.

Radiosändare

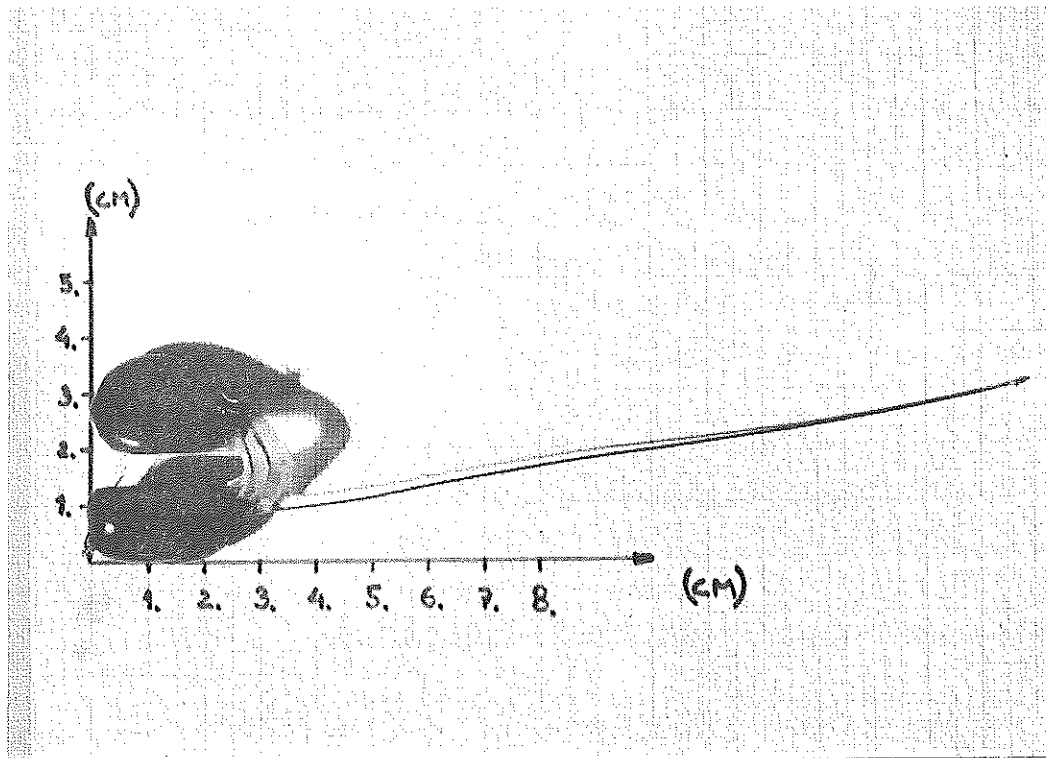
Radiosändarna har konstruerats och tillverkats av Televilt AB. FAK-gruppen stod för design och applikation. Två typer av öring-sändare (design) och en gäddsändare har utvecklats. Inför 1984-års försök pågår utvecklingen av en öringsändare som vid onormal lägesförändring (avtappning, i gäddmage eller om fisken dör) förändrar sändningspulsen.

Kravet på utformningen av öringsändare dikteras av fiskens storlek och utsättningsmiljön. Sändarens utformning och fastsättning på fisk samt inverkan på fisk är föremål för ett mycket stort antal undersökningar. Westerberg har sammanställt aktuell litteratur i ämnet 1983 (Westerberg 1983, Gönczi 1982, m fl).

Öringar i storlekklassen 27-35 cm (250-400 g) kan ej förses med invärtes placerade sändare. Försök med placering i magsäcken gjordes med negativt utfall i FAK:s regi (Gönczi 1982). Erfarenheterna med montering av ultraljudsändare på en sida av fisken var ej positiva. Fisken blir snedbelastad och måste arbeta hårt för att hålla balansen (Mackay och Craig 1983, Young och Wie-wiorka 1975, Church och Pincock 1983, m fl). Efter en modell, beskriven av Prepejchal et al. (1980) har det 1981 tillverkats en sändare med sadelmontering där själva sändarkroppen hålls centralt ovanför fiskens rygg. Även denna metod medförde svårigheter med balanshållning.

Inför försöket 1982 har sändaren fått nytt utförande genom att sändardelen och batteriet delats upp på två enheter varigenom dessa delar hamnar på var sin sida av kroppen. Delarna, som är linsformade, är ca 18 mm i diameter och största tjockleken ca 4 mm. Antennens längd är ca 150 mm.

Utformningen ger sändaren låg tyngdpunkt och den kan ges en strömlinjeprofil. Sändaren fastsätts genom endast en 0.8 mm plastöverdragen stålwire som förs genom kroppen. Sändaren i övrigt vilar mot fiskens rygg genom en mjuk plastbygel som innehåller elektriska ledningar och genomföringspunkterna avlastas av mjuka plastbrickor.



Radiosändare för öring.

Flertalet uppsatser i Westerbergs sammanställning av metodproblemen vid telemetristudier av fisk (Westerberg 1983) behandlar frågor om relationen sändarens vikt och fiskens kroppsvikt. Redan en sändarvikt av 1.5% av fiskens kroppsvikt, oberoende av om sändaren är placerad i eller utanpå fisken, kan medföra dämpning av fiskens aktivitet. Holliday et al. (1974) visar dock en tillfällig ökning av öringens aktivitet efter märkningen.

De av FAK använda radiosändarna för öring har en vikt under vatten av ca 3.4-3.6 g. Sändarnas livslängd med litiumbatterier var kalkylerad till ca 50 dagar vid +5°C eller högre vattentemperatur. Försöksfiskarnas vikt varierar mellan ca 250-400 g, följaktligen utgör sändarna ca 1.4-0.8% av fiskarnas kroppsvikt. Sändarnas vikt har större betydelse för fiskar som ofta ändrar vistelsedjup, då en mycket viktig störning av sändarna är förändringen av fiskens möjligheter att avbalansera kroppen. Laxartade fiskar, som hör till s k fysostoma fiskar vars simblåsa har förbindelse med svalget, i motsats till fysoclista fiskar

(bl a gädda), kan kompensera viktförändringen genom att snappa efter luft vid vattenytan. Öringar som ingick i FAK:s försök har ej visat tendenser till att gå upp till ytan och snappa luft i direkt anslutning till utsättningen, vilket kan tyda på att sändarens vikt ej behövde avbalanseras för stånds djupet. Däremot observerades ofta att fisk snappar efter luft vid vanliga utsättningar.

Utformning av gäddsändare

Syftet med undersökningar av gäddornas beteende är att studera när och i vilken omfattning gäddor och nyutsatta öringar vistas inom samma område. Eftersom frågeställningens kärnpunkt är predationstryckets nivå från gäddor gentemot öringar, har vi valt att endast märka gäddor som är av sådan storlek att de kan utgöra fara för öringarna. Därmed har en del av de negativa effekterna av sändarmärkning blivit inaktuella i detta fall. Exempelvis fiskens viktrelation till sändarvikterna då den minsta gädda i vårt försök hade en vikt av ca 1 200 g (600 mm total längd) och sändarens vikt är ca 8 g under vatten. Inte heller medför en sändare problem med avvägning i vatten vid byte av vistelsedjup.

Sändarna är cylinderformade, dock är den framåtriktade delen något avfasad för att åstadkomma bättre strömlinjeform. Längden är ca 50 mm och största diametern ca 20 mm. Antennens längd är ca 150 mm. Sändningstidens längd med litiumbatteri var kalkylerad till 10 månader.

Fastsättningen sker parallellt med ryggen, på ena sidan sändaren och på andra sidan finns plastbrickor för att fördela belastningen vid övergången av den ca 0.8 mm tjocka plastöverdragna stålwiren som skydd mot skavning. Även på sändarsidan används plastbrickor. I början användes ståltråd av kvalitét och dimension som används för s k Carlin-märken, men dessa trådar har ej hållit längden varför fiskarna tappade sina sändare.

Mackay och Craig, m fl andra, har med framgång inopererat sändare i gäddors kroppshåla (Mackay och Craig 1983), Bidgood (1980)

har i detalj beskrivit fältmässig operativ applikation av telemetrisändare i fiskars bukhåla.

Ultraljudsändare som saknar antenn är lämpligare för insättning i fiskars magsäck eller i bukhålan. Antennen på radiosändare kan exempelvis placeras genom svalget och sedan bakåt ut genom gälbågen (magplacerade), medan man använder antingen någon form av spiralvriden antenn i kroppshålan eller låter antennen sticka ut genom operationshållet. I flera fall har man observerat klar irritation hos fisk till följd av antennapplikation.

Inom FAK-projektet har vi ej ansett oss behöva använda den mer komplicerade invärtes applikationen.

PEJLING - POSITIONSBESTÄMNING

Metoder för inpejling av såväl terrestra som akvatiska djur är ett viktigt problemkomplex inom telemetrin. Speciella svårigheter föreligger för områdesbestämning av terrestra djur (Hupp och Ratti 1983, Lemnell 1980, Colin et al. 1983, Lemnell et al. 1983, Mackay och Craig 1983, Gustafson och Fox 1983). I mer begränsade vattenmiljöer ökar möjligheten till exaktare områdesbeskrivning bl a med hjälp av strandlinjens begränsande faktorer. Härvid bidrar båtpejlingens större rörlighet i förhållande till landpejling eller pejling från fixa punkter. I detta problemkomplex är naturligtvis skillnaden mellan manuell och automatisk pejling inblandad.

Automatiska pejlingsstationer - det måste nödvändigtvis finnas minst tre stationer - kan genom olika metoder krympa ned det inpejlade områdets storlek. Även i den kanske mest avancerade metoden som Lemnell använder vid pejling av älgar, finns en felmarginal som är större än vad som vid fiskekologiska arbeten kan tolereras. För närvarande finns inga automatiska system för akvatiskt bruk som ger tillfredsställande exakthet vid områdespejling.

Positionsbestämning är telemetrins svaga punkt, inte enbart därför att den är tekniskt besvärlig, utan att en alltför exakt bestämning där närpejling måste användas, står djuret-fisken i alltför hög grad. Därför är det mycket viktigt att anpassa spanningsarbetet efter försökets målsättning, att inte i onödan tillgripa metoder som skrämmar försöksobjektet. I FAK:s arbete har vi försökt belysa i första hand större omflyttningar - eventuella nedåtvandringar av öring och ej exempelvis dygnsrytmik, varför mer exakt platsbestämning sällan behövdes.

Gäddundersökningarna har inriktats på att belysa om och i så fall i vilken omfattning gäddorna vandrar upp till strömbiotopen (öringbiotopen). Båda dessa undersökningar utförs med förhållandevis stort antal fiskar för att öka statistiska säkerheten i försöken. Därmed är det icke heller möjligt att i tillfredsställande utsträckning övervaka samtliga fiskar för eventuella närstudier (Garsheils 1983). I allra flesta fall kan en mer grovskalig platsbestämning vara tillfredsställande.

Positionsbestämningar kan förenklat indelas i tre huvudgrupper: Zonbestämning, områdesbestämning och platsbestämning.

Zonbestämning ger en översiktlig bild av var fisken befinner sig; exempelvis övre strömområdet ± 100 m när. I vissa fall kan frågan ställas: Är fisken uppströms eller nedströms pejlingspunkten? När man arbetar samtidigt med ett större antal fiskar nödgas man tillgripa zonbestämningsmetoden. Det är viktigt att snabbt upptäcka och följa fisk som lämnar exempelvis utsättningszonen.

Pejlingstekniskt finns inga direkta svårigheter med metoden. Genom tillgång till kommunikationsradio och basstation och båt fanns möjlighet till att från basstationen vid behov begära områdesbestämning från båt.

Områdesbestämning fordrar helt annan exakthet i pejlingen än zonbestämning. Här strävar man efter att helst på högst ± 5 m när kunna ange fiskens position. Avvikelse med 5 m kan medföra avgörande felbedömning av kvalitén av fiskens uppehållsplats vilket

är lätt att inse vare sig det handlar om exempelvis öring eller gädda. Står öringen intill stenarna eller 5 m därifrån över sandbotten? Står gäddan i eller utanför vegetationsbältet?

Med platsbestämning menas här en sådan exakthet av fiskens position att inga tveksamheter kan råda över vad det är för bottenstrukt, skydd el dyl fisken har valt. Detta innebär i klartext en maximal avvikelse av högst 1 m.

En pejling med sådan exakthet är endast möjlig med vissa manuella metoder. I FAK:s försök används mindre Yagi-antenn, vissa typer av loopantennor kan i vissa speciella situationer medge exakt pejling. Detta sker oftast om fisken står direkt intill stranden eller mot vissa speciella föremål (Gönczi 1982, 1983b, Mackay och Craig 1983, Gueneau 1983, m fl). Platsbestämning av fisk upp till denna noggrannhet har vissa klara nackdelar om det sker med "inexakta" metoder i första hand, men även med den nedan beskrivna dipolmetoden, eftersom den tvingas till att komma mer eller mindre rakt ovanför fisken. Westerberg (1983) beskriver sina egna och andras observation över fiskens reaktioner på annalkande motordrivna båtar. Dessa iakttagelser hänförs sig mest till eventuella undanflyktsreaktioner p g a skrämmande ljud. Stressframkallande reaktioner i detta sammanhang är ej beskrivna men säkerligen förekommande. I våra egna försök har vi i några fall observerat att såväl öring som gädda reagerar på annalkande båt med kortare omflyttning. För att mäta denna omflyttning måste man förfoga över relativt exakt pejlingsmetod.

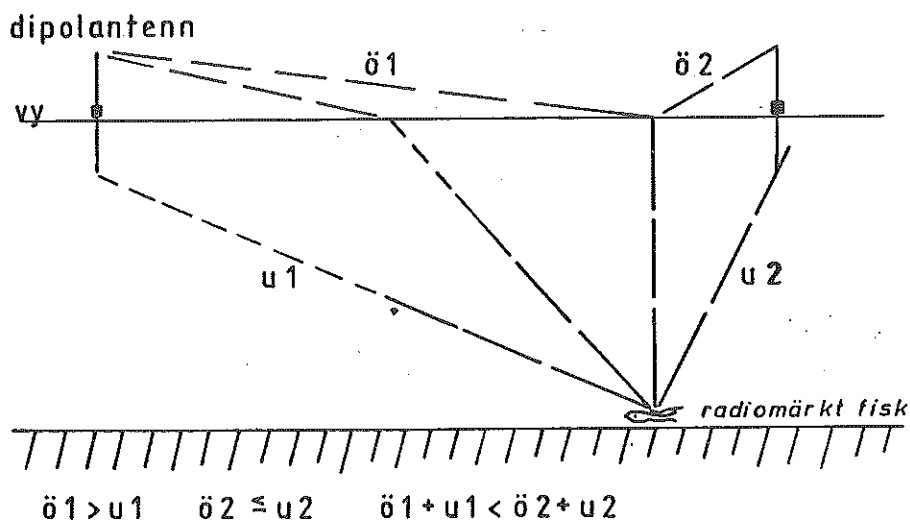
Studier av, åtminstone under relativt långa tider, stationära fiskar fordrar mycket exakt platsbestämning. I gäddbeteendestudier med radiotelemetri som FAK startade 1982 inträffade att 8 av 11 radiosändare lossnade från fisken.

En fisk återfanns död med sändaren i behåll. För att icke störa gäddorna som ofta står på grunt vatten har vi till en början nöjt oss med att områdesbestämma fiskarnas position (± 5 m). Detta medförde att det i vissa fall tog några veckor innan det blev uppenbart att sändarna låg lösa på botten. För att vid dykning kunna återfinna sändarna fordrades mycket större noggrann-

het vid inpejling av sändarnas läge än vad vi kunde åstadkomma med hjälp av Yagi-antenn. Flera sändare låg på 5-12 m vattendjup.

Genom utarbetande av den s k dipolmetoden för platsbestämning har vi kunnat med mycket stor exakthet inpejla sändarna. Metoden visade sig vara mycket användbar vid bl a öringstudier.

Följande skiss illustrerar dipolmetoden.



Dipolmetoden grundar sig på att radiosignaler dämpas mycket kraftigare i vatten än i luft.

Genom att den ena polen hålls under vattenytan mottar den endast signaler som går genom vattenmassan. Eftersom vattnet dämpar radiosignalen mycket snabbare än luften, är det den signal som kortaste vägen lämnar vattnet som ger den starkaste signalen till dipolantennen (mottagen av ovan vatten befintliga delen). När dipolantennen kommer ovanför sändaren så mottar båda polerna stark signal och starkast undervattensdelen. I det ögonblicket blir signalstyrkan avsevärt starkare och utslaget i mottagaren, antingen som ljud eller utslag på VU-mätaren mycket kraftigt. Genom dykning kunde exaktheten bekräftas: ± 25 cm vid 2 m vattendjup och ± 75 cm vid 10 m djup.

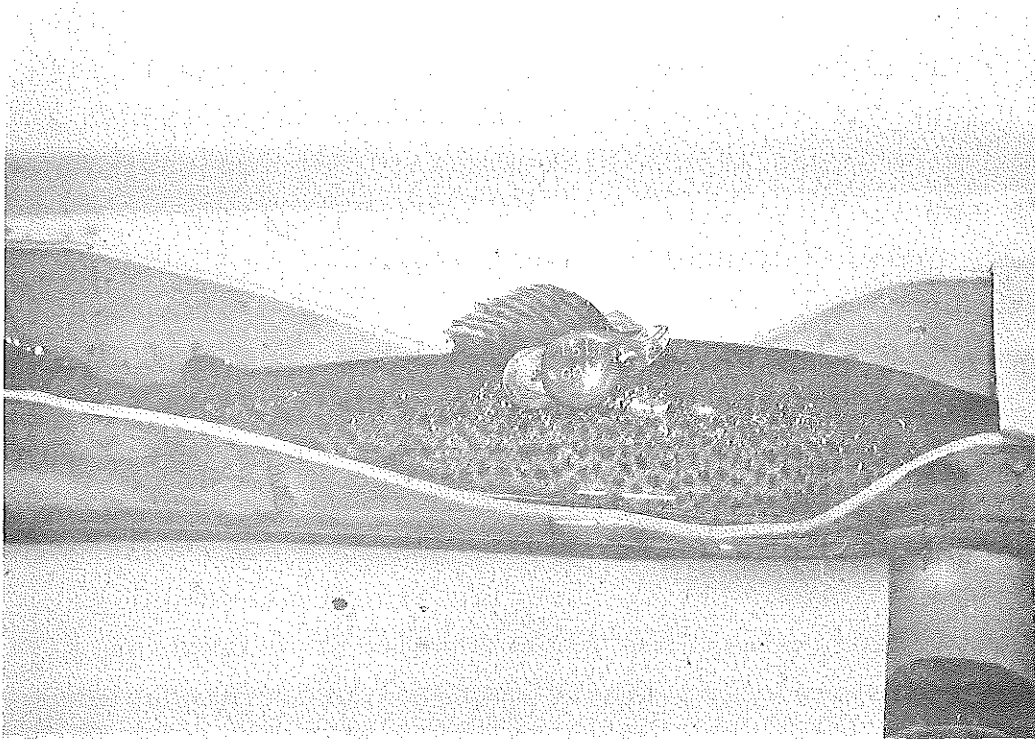
MÄRKNING

Alla öringar och de flesta gäddor i FÅK:s försök märktes genom att fiskarna bedövades i MS 222-lösning som buffrats mot pH-sänkning med två delar natriumbikarbonat mot 1 del MS 222. Det finns numera en omfattande litteratur som behandlar olika bedövningsmedel och deras eventuella negativa effekter. Det i Sverige i nuläget mest använda medlet MS 222 (ethyl m-aminobenzoate methasulfanate) har sedan mitten av 1960-talet varit föremål för undersökning och kritik (Black och Connor 1964, Wedemayer 1970, Houston et al. 1971, Soivio et al. 1977, Bidgood 1980, m fl). Wedemayer visade i sin undersökning att pH-sänkningen hade en avsevärt stressframkallande effekt som enkelt kunde motverkas genom tillsats av bikarbonat. Han fann korrelation mellan stress och vissa nivåförändringar av bl a plasma glukos, cortisol och kolesterol. Detta bekräftas av exempelvis Soivio et al. (1977). Det sura bedövningsbadet har negativ inverkan på det naturliga slemskiktet hos kanadaröding som reagerar på detta med resning av fjäll (Gönczi opubl., intern PM 1978).

I nuläget finns det skäl att övergå till bedövningsmedel som mycket snabbare söver ned fisken. Även återupplivningsprocessen och nedbrytningen av restprodukter bör förkortas. I detta sammanhang har Siwicki (1983) använt det humanmedicinska medlet Epontol[®]. Medlets fördel är att nedsövningen och uppvaknandet sker mycket snabbt. Medlet bryts ned inom ca 15 minuter.

Under märkningsarbetet hålls fisken i en märkningsvagg, nedsänkt i vatten.

Märkningsproceduren, genom att den plastöverdragna stålwire förses med en enkel ändstopp, sker mycket snabbt. Wiren förs genom kroppen med hjälp av en kanyl. Fastsättningen av märket tar sällan längre tid än 1 minut.



Öring i märkningsvagg.

Utsättning av fisk

Alla typer av hantering framkallar stress hos fisken. Även om de enskilda arbetsmomenten var och ett för sig inte framkallar skadliga stressnivåer kan summationen medföra dödlig stressnivå. När det gäller valet mellan att efter bedövning och märkning förvara fisken i sump för senare utsättning eller att relativt snabbt utsätta den, är det svårt att i ett fältförsök avgöra vilken metod som bör väljas. Jämförande försök med Carlin-märkta öringar som FAK utfört (Gönczi 1978) tydde snarare på en försämring genom sumpning än en förbättring.

Eftersom man vet att förutom den långa hanteringsprocessen (transport-märkning), som i sig själv är en påfrestande stresskedja (Wendt 1967, Ross och McCormick 1981, Pickering et al. 1982, Westerberg 1983, m fl), utgör själva radiosändaren en allvarlig stressfaktor, har vi bedömt att en direktutsättning är att föredra.

Pickering visar signifikanta stresseffekter av en sådan liten störning av fisk som att håvas ut från en tank (1 500 l) till en liten 20 l tank och återutsätts i den större efter endast 2 minuter. Förutom signifikanta biokemiska (blod) förändringar, som varade upp till två veckor har de hanterade fiskarna bl a ej intagit föda under 3 dygn efter hanteringen.

Försök med såväl öring som gädda i Gammelänge resp Laforsens kraftverksmagasin utfördes med direkt utsättning. Holliday et al. (1974) har observerat en aktivitetsstegring hos öring under upp till 48 timmar. De större omflyttningarna, som har registrerats i våra försök (Gönczi 1982, 1984, Gönczi et al. 1984), kan rimligtvis ej hänföras till en egentlig aktivitetsstegring. Strömfångade gäddor, som efter radiomärkning återutsattes i strömmen, lämnade mer eller mindre omgående utsättningsplatsen och gick ned till dämningssområdet. Detta är mer att uppfatta som aktivitetsminskning än ökning, då vi ser vistelsen i strömmen som ökad aktivitet. Liknande erfarenheter har vi av öringförsöken utom när det gäller den aktiva utvandringen som registrerats för s k typ A-öringar. Även i detta fall är det tveksamt om det är själva märkningen som utlöser aktiviteten.

SAMMANFATTNING

Sedan 1976 bedriver försöksgruppen FAK beteendestudier av fiskar med hjälp av telemetri. Fram till och med 1980 användes ultraljudtekniken och sedan dess radiotelemetri. Valet av radioteknik betingades av behovet av längre sändningstid och lägre vikt i förhållande till de ultraljudsändare som 1980 fanns tillgängliga. Även ekonomiskt var radiosändare fördelaktigare.

Två mottagare, en individuellt inställbar distansmottagare och en 40-kanalig scanner, har använts. För spaning användes två olika Yagi-antennar, en för landbaserad översiktsspaning och en, oftast båtmonterad, antenn för allmän övervakning. En dipolantenn har genom den s k dipolmetoden använts för exakt platsbestämning av fiskens position.

För bestämning av fiskens position har tre olika nivåer använts: Zonbestämning (± 100 m) från i första hand landstation, områdesbestämning (± 5 m) med Yagi-antenn samt platsbestämning (± 0.75 m) i första hand från båt.

Efter bedövning med buffrad MS 222 och uppvakning utsattes fiskarna omgående.

I nuvarande läge finns en mycket omfattande litteratur om telemetriteknik, applikation och stressfaktorer. Litteraturförteckningen är ett illustrationsurval av detta.

ERKÄNNANDEN

Försöksgruppen FAK finansieras i sin helhet genom VASO (Vattenkraftintressenternas samarbetsorganisation). Särskilt tack riktas till Håkan Westerberg och P.A. Lemnell för det goda tekniska samarbetet och till personalen vid Krångede och Gammelänge kraftverk för allt nödigt bistånd och medverkan i projektet.

LITTERATUR

Den i inledningen omtalade explosiva utvecklingen av telemetrin återspeglas i en numera mycket omfattande litteratur. Under den första internationella konferensen om biotelemetri 1979, presenterades över 100 föredrag. Redan 1983 hölls den 4:e internationella konferensen varvid man bröt ut den medicinska avdelningen. Vid denna konferens presenterades drygt 30 uppsatser i "Wildlife biotelemetry". Parallellt med telemetrins utveckling har stressstudierna utvecklats i snabb takt och därigenom även kopplingen till telemetrin. Nedanstående litteraturförteckning är ett litet urval, mer att beteckna som illustrationer av aktuella frågeställningar.

Amlaner, C.J. Jr. 1980. The design of antennas for use in radiotelemetry. p. 251-262. In A handbook on biotelemetry and radiotracking. Eds.: C.J. Amlaner Jr. & D.W. Macdonald. Pergamon Press. Oxford.

- Bidgood, B.F. 1980. Field surgical procedur for implantation of radio tags in fish. Alberta Fish Wildl.Div., Edmonton, Alberta. Fish.Res.Rep. 20. 9 p.
- Black, E.C. & A.R. Connor. 1964. Effects of MS 222 on glycogen and lactat levels in rainbow trout (Salmo gairdneri). J.Fish.Res.Bd.Canada 21:1539-1542.
- Church, D.W. & D.G. Pincock. 1983. An ultrasonic telemetry system for long term monitoring of electromyograms. Proc.fourth intern.conf. on wildlife and biotelemetry, Halifax, Nova Scotia 1983:104-111.
- Colin, R., J.F. Craig & W.C. Mackay. 1983. Some experiences with an automatic grid antenna radio system for tracking freshwater fish. Proc.fourth intern.conf. on wildlife and biotelemetry, Halifax, Nova Scotia 1983:135-149.
- Fabricius, E. & K.J. Gustafson. 1954. Further aquarium observations on the spawning behaviour of char, Salmo alpinus L. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 35:58-104.
- Garsheils, D.L. 1983. The role of sampling intensity in selection of a home range model. Proc.fourth intern.conf. on wildlife and biotelemetry, Halifax, Nova Scotia 1983: 270-275.
- Gueneau, P. 1983. Radio-telemetry on Atlantic salmon in France. Proc.fourth intern.conf. on wildlife and biotelemetry, Halifax, Nova Scotia 1983:267-269.
- Gustafson, K.A. & L.B. Fox. 1983. A comprehensive interactive computer program for calculating and plotting home ranges and distribution. Proc.fourth intern.conf. on wildlife and biotelemetry, Halifax, Nova Scotia 1983:299-317.
- Gönczi, A.P. 1971. Fält- och akvarieförsök med lekröding. (English summary: Field- and fish-tank experiments with spawning char.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (3). 13 p.
- 1978. Utvärdering av öringutsättningar 1975-77. FAK informerar 7. Fiskeriintendenten i nedre norra distriktet, Härnösand:1-12.
- 1980. Öringutsättningar i kraftverksmagasin. FAK informerar 8. Fiskeriintendenten i nedre norra distriktet, Härnösand: 2-15.

- Gönczi, A.P. 1982. Telemetri- och märkningsförsök i kraftverksmagasin med öring av olika härstamning. (English summary: Telemetry and stocking experiments in river reservoirs with different stocks of brown trout.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (8). 27 p.
- 1983a. Beteendestudier av olika öringstammar i Gammelänge kraftverksmagasin med telemetri (1982). FAK informerar 14. Fiskeriintendenten i nedre norra distriktet, Härnösand: 21-29.
 - 1983b. Telemetry experiments with newly stocked brown trout (Salmo trutta L.) in river reservoirs in northern Sweden. Proc.fourth intern.conf. on wildlife and biotelemetry, Halifax, Nova Scotia 1983:212-217.
 - 1984. Beteendestudier av nyutsatta öringar med hjälp av telemetri i Laforsens kraftverksmagasin, Ljusnan, med tillåten O-tappning 1983. FAK informerar 17. Fiskeriintendenten i nedre norra distriktet, Härnösand:13-34.
 - G. Sjöberg & M. Sjölund. 1984. Telemetrastudier av gäddans (Esox lucius L.) förflyttningar i kraftverksmagasin. (English summary: Movement of northern pike (Esox lucius L.) in Swedish river reservoirs as determined by radio-telemetry.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm. (Under tryckning.)
- Holliday, F.G.T., P. Tytler & A.H. Young. 1974. Activity level of trout (Salmo trutta) in Airthrey Loch, Stirling and Loch Leven, Kinross. Proc.Roy.Soc.Edinb. (B) 74:315-331.
- Houston, A.H., J.A. Madden, R.J. Woods & H.M. Milles. 1971. Variations in blood and tissue chemistry of brook trout, Salvelinus fontinalis, subsequent to handling, anesthesia and surgery. J.Fish.Res.Bd.Canada 28:635-642.
- Hupp, J.W. & J.T. Ratti. 1983. A test of radiotelemetry triangulation accuracy in heterogeneous environments. Proc.fourth intern.conf. on wildlife and biotelemetry, Halifax, Nova Scotia 1983:31-46.
- Lemnell, P.A. 1980. An automatic telemetry system for tracking and physiology. p. 453-456. In A handbook on biotelemetry and radiotracking. Eds.: C.J. Amlaner Jr. & D.W. Macdonald. Pergamon Press, Oxford.

- Lemnell, P.A., G. Johnsson, H. Helmersson, O. Holmstrand & L. Norling. 1983. An automatic radio-telemetry system for position determination and data acquisition. Proc.fourth intern.conf. on wildlife and biotelemetry, Halifax, Nova Scotia 1983:76-93.
- Mackay, W.C. & J.F. Craig. 1983. A comparison of four system for studying the activity of pike, Esox lucius L. and perch Perca fluviatilis L. and P. flevescens (Mitchill). Proc.fourth intern.conf. on wildlife and biotelemetry, Halifax, Nova Scotia 1983:22-30.
- Pickering, A.D., T.G. Pottinger & P. Christie. 1982. Recovery of the brown trout, Salmo trutta L., from acute handling stress: a time-course study. J.Fish.Biol. 20:229-244.
- Prepejchal, W., M.M. Thommas, S.A. Spigarelli, J.R. Hauman & P.E. Hess. 1980. An automatic underwater radiotelemetry system to monitor temperature responses of fish in a freshwater environment. Argonne Nat.Lab., Argonne, Ill., USA. 70 p.
- Priede, I.G. 1980. An analysis of objectives in telemetry studies of fish in the natural environment. p. 105-118. In A handbook on biotelemetry and radiotracking. Eds.: C.J. Amlaner Jr. & D.W. Macdonald. Pergamon Press, Oxford.
- Ross, M.J. & J.H. McCormick. 1981. Effects of external radio transmitters on fish. Progr.Fish-Cult. 43:67-72.
- Siwicki, A. 1983. Results of testing of new anastetic for salmonids. Int.Counc.Explor.Sea. C.M. 1983/M:16. 8 p. (Stencil.)
- Soivio, A., K. Nyholm & M. Huhti. 1977. Effects of anesthesia with MS 222 on the blood constituents of rainbow trout, Salmo gairdneri. J.Fish.Biol. 10:91-101.
- Wedemeyer, G. 1970. Stress of anesthesia with MS 222 and benzocaine in rainbow trout (Salmo gairdneri). J.Fish.Res.Bd. Canada 27:909-914.
- Wendt, C. 1967. Mortality in hatchery-reared Salmo salar L. after exercise. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 47:98-112.
- Westerberg, H. 1977. Telemetriundersökningar vid utsättning av öring i kraftverksmagasin. FAK informerar 5. Fiskeriintendenten i nedre norra distriktet, Härnösand. 12 p.

- Westerberg, H. 1978. Telemetriundersökningar vid utsättning av öring i Gammelänge kraftverksmagasin. FÅK informerar 7. Fiskerintendenten i nedre norra distriktet, Härnösand. 7 p.
- 1983. Metodproblem vid telemetristudier av fisk. (English summary: Methodologic problems in fish tracking.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (5). 18 p.
- Young, A.H., P. Tytler, F.G.T. Holliday & A. McFarlane. 1972. A small sonic tag for measurement of locomotor behaviour in fish. J.Fish.Biol. 4:57-65.
- & J. Wiewiorka. 1975. Ultrasonic tracking and telemetring system for use on small fish. Underwater Telemetry Newsletter 5.

ENGLISH SUMMARY: THE RADIO TELEMETRY EQUIPMENT USED BY THE RESEARCH GROUP FÅK

Since 1977 the Research Group FÅK has been carrying out telemetry investigations on the behaviour of newly stocked brown trout and northern pike caught in reservoirs. During the first four years ultrasonic technique was used. The change from sonic to radio technique in 1981 was made because the radio transmitter had bigger capacity and longer transmission time for the same weight compared to sonic tags. There is also a methodological advantage to use radiotracking in shallow waters.

Two kinds of radio receivers are used by FÅK: An individual long distance receiver made by Televilt AB, Storån, and a 40 channel radio scanner, RANA-COMPU 20, rebuilt for receiving on 150-152 kHz, equipped with a scanner-booster.

The radio-tag, produced by Televilt, is transmitting on 151-152 kHz. The transmitter used for brown trout weighs 3.4-4.0 g in water and is equipped with a lithium battery with a transmitting time on 55-60 days. The transmitter for pike weighs about 8-9 g with a transmitting time of 10-11 months.

A 9 element Yagi antenna with a total length of 4.4 m was placed at a landbased tracking station. Another Yagi antenna, total length 1.0 m with two elements, was used from boat or as a hand-held antenna from land or ice.

A dipole antenna was used primarily to determine an exact position with a special method developed by FAK. Half of the dipole antenna is submerged under the water surface in vertical position. As the radio waves attenuate very fast in freshwater compared to air, the strongest signal to the antenna is that going the shortest way through the water. The signal going through the water is strongest when the antenna is right above the transmitter. In this very position both halves of the antenna receive equally strong signals and the total signal level is very high. The precision is 25 cm at a depth of 2 m and 75 cm at 12 m depth.

The reliability of a position determination was classified in one of three categories according to the method used: 1) bearing from the landbased tracking station with a precision of 100 m upstream or downstream from the station, 2) bearing from the small Yagi antenna to determine a "home-range", precision 5 m, and 3) an exact position determination with the dipole antenna.

The fish were tagged just behind the dorsal fin (trout) or beside the dorsal fin (pike). The fish were anaesthetized in neutralized MS 222. All fish were released about 30 minutes after tagging.

The reference list is only a restricted selection because in the last 15 years the literature on telemetry technique, its application and stress phenomena has grown very fast.