

## Biyotelemetri ve balıkçılıkta kullanımı

### Biotelemetry and usage in fishing

Mustafa Akkuş\* • Mustafa Sarı

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Zeve Kampüsü, Van, 65080, Türkiye  
\*Corresponding author: [makkus@yyu.edu.tr](mailto:makkus@yyu.edu.tr)

#### How to cite this paper:

Biotelemetry and usage in fishing. *Ege J Fish Aqua Sci* 32(1): 37-44. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.1.06

**Abstract:** Development in electronics field led to emergence of "telemetry technique", which is based on wireless transfer of information. Monitoring with telemetry techniques of organisms living in terrestrial and aquatic ecosystems has been named "Biotelemetry". Telemetry, which is classified into radio and acoustic subfields, can be used to determine fish stock distributions, mortality rates of fishes, migration behavior and paths. The use of telemetry technique that provides better results than traditional ones for fish population research is increasing day by day. In this study, historical development of biotelemetry, the working principles, the usage in fishing, used brands and the tagging techniques have been explained.

**Keywords:** Biotelemetry, telemetry, acoustic telemetry, fish tagging, fish tags

**Özet:** Elektronik alanda yaşanan gelişmeler bilginin kablolu olarak aktarılmasına imkan tanıyan "telemetri tekniğinin" ortaya çıkmasını sağlamıştır. Telemetri tekniğinin karasal ve sucul ekosistemlerde yaşayan canlıların izlenmesinde kullanılması "biyotelemetri" olarak isimlendirilmiştir. Temel olarak radyo ve akustik telemetri olarak iki alt bölüme ayrılan telemetri tekniği, özellikle balık stoklarının dağılımlarının belirlenmesi, hayatta kalma oranlarının tespiti, göç davranışlarının ve yollarının ortaya çıkarılmasında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Klasik yöntemlere göre balık popülasyonlarının araştırılmasında çok daha etkili sonuçların elde edildiği telemetri tekniğinin balıkçılık araştırmalarında kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada telemetri tekniğinin tarihsel gelişimi, çalışma prensibi, balıkçılıkta kullanım alanları, kullanılan markalar ve markalama teknikleri üzerinde durulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Biyotelemetri, telemetri, akustik telemetri, balıklarda markalama, balık markaları.

## GİRİŞ

Telemetri kelimesi Yunanca kökenli bir kelime olup uzak anlamına gelen "tele" kelimesiyle ölçmek anlamına gelen "metron" kelimesinin birleşmesiyle meydana gelmiştir (Adams vd., 2012). Telemetri tanım olarak, arada fiziki bağlantı olmaksızın bilginin bir yerden başka bir yere aktarılması teknolojisidir (Geers vd., 1997). İlk zamanlar yalnızca iletişim ve haberleşme alanlarında kullanılan telemetri tekniği, zamanla farklı alanlarda kullanılan güçlü bir araç haline dönüşmüştür. Telemetri tekniğinden yararlanarak farklı çalışmaların yapıldığı ve bazı sorulara cevap arandığı alanlardan birisi de balıkçılıktır. Telemetri tekniğinin balıkçılık ve doğal yaşamla ilgili çalışmalarda ilk kullanımı 1950'li yıllarda başlamıştır. Salmonların göçünün izlenmesi (Trefethen, 1956), penguin yumurtalarının inkübasyon sıcaklığının belirlenmesi (Eklund ve Charlain, 1959) ve dağ farelerinin göçünün izlenmesi (LeMunyan vd., 1959) telemetri tekniğinin kullanıldığı ilk çalışmalardır. Bu tarihten sonra telemetri tekniği balıkların doğal ortamlardaki davranışlarını ve dağılımlarını belirlemede sıkça kullanılan bir teknik haline gelmiştir. Telemetri tekniğinin hem sucul hem de karasal hayvanların izlenmesinde kullanılması, herkesçe kabul gören "Biyotelemetri" kavramı olarak isimlendirilmiş ve bir bilim dalı haline dönüşmüştür.

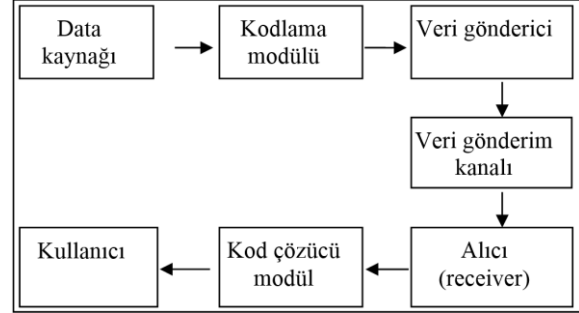
Telemetri tekniğinde canlıya ait bilgi iletimi, canlıya yerleştirilen markanın gönderdiği sinyallerin bir alıcı tarafından alınması ile gerçekleşmektedir. Telemetri tekniği prensip olarak radyo veya ses sinyallerini kullanarak markalanmış olan hayvanların yerlerini tespit eder. Balıkçılıkla ilgili araştırma yapan araştırmacılar balıklarda habitat kullanımı, göçler ve balıkların dağılım alanlarının belirlenmesi gibi konularda bilgi sahibi olmak için balıkların konum bilgisini kullanırlar. Telemetri tekniğinin balıkçılık çalışmalarında kullanılması, balıkların bireysel olarak tanımlanması, yeniden yakalama ve doğrudan gözlemler yapmadan bireysel olarak balıkların konumlarının belirlenmesi gibi birçok avantajı beraberinde getirmiştir. Bu avantajlar sayesinde balıklar üzerinde yapılan davranış ve göç hareketlerinin izlenmesi çalışmaları daha kolay olmuştur. Bu teknik ile yapılan çalışmalar sonucu elde edilen veriler, hem miktar hem de içerdiği detay yönünden, doğrudan gözlemler veya markalayıp yeniden yakalama yolu ile yapılan çalışmalardan elde edilen verilere göre çok daha detaylı ve güvenilirdir. Telemetri tekniğinin balıkçılık alanında kullanılmaya başlanmasından önceki dönemlerde, balık davranışlarının araştırılması ve habitat kullanımlarının belirlenmesi gibi konularda elde edilen bilgi balıkların markalanıp yeniden yakalanması veya

doğrudan gözlemler ile yapılmıştır (Nielsen ve Johnson, 1983). Balıkçılık alanında markalayıp yeniden yakalama çalışmalarından elde edilen veriler sürekli veriler değildir. Markalayıp yeniden yakalama yoluyla elde edilen veriler, balığın yalnızca markalanıp salındığı nokta ile tekrar yakalandığı noktanın konum bilgisini içermektedir. Balıkların davranışlarının anlaşılması için başvurulan diğer bir geleneksel yöntem ise doğrudan gözlemler veya su altı kamera sistemleridir (Sutterlin vd., 1979). Doğrudan gözlemler ve su altı kamera sistemleri genelde kültür ortamında bulunan balıkların izlenmesinde kullanılan yöntemler olup doğal ortamda yaşayan balıkların izlenmesinde kullanışlı değildir. Balıkların yaşadıkları sucul ekosistemler oldukça büyük ve çalışma koşulları zordur. Ayrıca doğal ortamda bulunan balık stoklarının hem günlük hem de mevsimsel olarak sürekli hareket halinde olmaları izlenmelerini zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla yukarıda belirtilen geleneksel yöntemler balıkların davranışları, dağılım alanları ve göçlerinin takip edilmesi gibi konularda, araştırmacıların genel bir fikir sahibi olmalarını sağlasa da derinlemesine bilgi elde edilmesinde yetersiz kalmaktadır (Bridger ve Booth, 2003). Telemetri tekniğinin geleneksel yöntemlere göre en büyük avantajı, telemetri çalışmalarında kullanılan elektronik vericilerdir. Elektronik verici (marka) ile veri akışı sürekli olup herhangi bir kesinti söz konusu değildir. Ayrıca günümüzde elektronik alandaki ilerlemeler akustik canlıların davranışlarını, mevcut yerlerini ve fizyolojilerini izlemede bilim adamlarının sofistike telemetri metodları geliştirmelerine imkan sağlamıştır. Telemetri tekniği, akustik ve radyo telemetri olmak üzere iki temel kısma ayrılmıştır. Bu iki teknik arasındaki temel farklılık bilginin gönderilmesinde, akustik telemetride ses, radyo telemetride ise radyo sinyallerinin kullanılmasıdır. Akustik telemetri 30 ile 300 kHz arasındaki düşük frekanslı vericileri kullanmaktadır. Radyo telemetride ise 30 ile 300 MHz yüksek frekanslı vericiler kullanılmaktadır (Sisak ve Lotimer, 1998).

### AKUSTİK TELEMETRİ

Su altında sinyal iletiminin mümkün olduğunun anlaşılmasından sonra öncelikli olarak su altında bulunan araç veya sensörler ile iletişimin sağlanması hedeflenmiştir. Geçmişte su altı iletişimine olan ihtiyaç genellikle denizaltıların navigasyon ihtiyaçları nedeniyle (Baggeroer, 1984). Fakat günümüzde hem ticari ihtiyaçlar hem de bilimsel araştırmalar için akustik telemetriye olan ihtiyaç artmıştır. Akustik telemetri, ses sinyallerinin veya ultrasonik enerjinin suda iletilmesidir. Bu iletim işlemi genellikle bizim duyma aralığımızın üzerindeki 20-500 kHz (20,000-500,000 döngü/saniye) frekansında gerçekleşir. Su altında verinin gönderilme işlemi genellikle akustik telemetriden yararlanılmaktadır. Çünkü akustik frekanslar radyo frekanslarına (100-200 MHz-milyon döngü/saniye) göre su ortamında çok daha az absorbe edilirler (Webber, 2009). Akustik telemetri metodunun çalışma prensibi Birinci Dünya Savaşı sırasında denizaltıların tespit edilmesi için geliştirilen sonarların çalışma prensibine dayanmaktadır. Akustik sistemlerin yüksek iletkenliğe sahip, bulanık sularda kullanılabilmesi bu sistemleri gözde sistemler

haline getirmiştir (Winter, 1996). Bu amaç ile geliştirilmiş olan akustik markalar ses sinyalleri yayarak balıkların uzaktan izlenmesine imkan tanıyan aletlerdir. Akustik markalar, denizde veya derin sularda, verici takılan binlerce bireyin eş zamanlı olarak izlenmesine imkân tanımaktadır.



Şekil 1. Akustik telemetri çalışma prensibi (Baggeroer, 1984)  
Figure 1. Acoustic telemetry working principle (Baggeroer, 1984)

Günümüzdeki modern akustik telemetri sistemlerinde kullanılan markalar uzun batarya ömrü (3 yıl kadar) ve balığın bulunduğu ortamın sıcaklığı, derinliği ve tuzluluğunu ölçerek kullanıcılara iletebilme kabiliyetine sahiptirler. Şekil 1'de akustik bir sistemde bilginin data kaynağından kullanıcıya ulaşmasındaki aşamalar gösterilmiştir. Akustik telemetri sistemlerinin çalışma prensibinin gösterildiği Şekil 1'de bilginin kullanıcıya ulaşmasını sağlayan iki temel eleman vardır. Bu elemanlar data kaynağından ses sinyalleri şeklinde bilgi gönderimini sağlayan akustik marka ve akustik markadan gelen ses sinyallerini tespit ederek kullanıcının yararlanabileceği forma dönüştüren alıcıdır. Akustik sistemlerde bilginin iletimini sağlayan birinci eleman akustik markadır. Akustik marka batarya, transducer ve elektronik olarak isimlendirilen üç kısımdan oluşur (Pincok ve Johnston, 2012). Batarya, markanın çalışması için gerekli olan enerjiyi sağlar. Batarya kısmının büyük olması markanın daha uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Fakat büyük bataryalar marka ağırlığını artırdığı için çalışma süresince yetecek büyüklükteki bataryaların seçilmesi önemlidir. Akustik markalarda yaklaşık on yıldır yalnızca gümüş oksitten yapılan bataryalar kullanılmaktadır (Pincok vd., 2010). Markanın içerisinde bulunan ikinci bölüm elektronik bölümdür. Elektronik bölüm, ses sinyallerinin üretim sıklığı, sinyal dönüştürücüye gidecek elektriğin kontrolü ve her markayı diğer markalardan ayıran kod numarasının (ID) gönderim sıklığını düzenler. Marka içerisinde yer alan son eleman transducerdir. Transducer bataryadan gelen elektrik enerjisinin, elektronik kısım tarafından gönderilen komutlar doğrultusunda, mekanik ses enerjisine dönüşümünü sağlar (Bhatnagar, 2012). Bilginin transducer tarafından kodlanması elektronik kısımdan gelen komutlar ile gerçekleşmektedir. Kodlama işlemi elektrik enerjisinin transducer tarafından farklı aralıklar içeren ses dalgalarına dönüştürülmesi ile gerçekleşmektedir.

### RADYO TELEMETRİ

Radyo telemetri, canlılar üzerine yerleştirilen vericilerden gelen radyo sinyalleri yolu ile hayvanlar hakkında bilgi elde

edilmesi işlemidir. Radyo telemetrinin ilk kullanımı (Lonsdale ve Baxter, 1968) akustik telemetrinin kullanılmaya başlanmasından sonra gerçekleştirilmiştir. Radyo telemetrinin akustik telemetriden sonra kullanılmaya başlanmasındaki en önemli unsur, radyo sinyallerinin su tarafından tamamen zayıflatılacağına olan inançtır. Özellikle denizaltılar ile olan iletişimin sağlanmasında radyo dalgalarının kullanımında karşılaşılan zorluklar bu inancın kuvvetlenmesine yol açmıştır. (Kuechle ve Kuechle, 2012). Radyo telemetride bilginin iletimi, markalanmış canlıların üzerindeki marka tarafından radyo sinyalleri yolu ile gönderilen bilginin, anten taşıyan bir alıcı tarafından alınmasına dayanmaktadır. Radyo markaları elektromanyetik enerjiyi, 30 ve 300 MHz band genişliğinde ve genellikle yüksek radyo frekansı formunda (VHF) gönderirler. Radyo markaları bilgiyi göndermek için bir antene ihtiyaç duymakta olup bilginin gönderildiği frekansı kontrol etmek için genellikle kuartz kristaller kullanır. Radyo frekanslarının, tuzlu sularda geniş ölçüde engellenmesi nedeniyle, radyo telemetri genellikle tatlı sularda kullanılmaktadır (Kvingedal ve Solvang, 2005). Telemetri tekniğinin balıkçılık alanında kullanımı ile ilgili yapılan çalışmaların bir kısmı aşağıda belirtilmiştir.

#### TELEMETRİ TEKNİĞİNİN BALIKÇILIKTA KULLANIMI

Telemetri tekniği, bir bilim dalı olarak ortaya çıktığı 1950'li yıllardan günümüze kadar geçen sürede gerek karasal (Gerlier ve Roche, 1998) gerekse de sucul ekosistemlerde yaşayan canlıların izlenmesinde popüler bir yöntem haline gelmiştir (Deng vd., 2011). Telemetri tekniğinin kullanımı ile balıkçılık alanında başlıca balık göçlerinin izlenmesi, balıklarda habitat kullanımı, balıklar tarafından tercih edilen suyun bazı fiziksel özellikleri (sıcaklık, tuzluluk v.b), balığın kullandığı yaşam alanının büyüklüğü, barajlarda bulunan balık geçitlerinden balıkların geçişinin takibi gibi konularda çalışmalar yapılmıştır. Balıkların yaşadıkları habitatların fiziksel koşulları (sıcaklık, tuzluluk v.b) yaşamlarının tüm bölümlerini geçirmeleri için uygun olmayabilir. Bu nedenle balıklar, beslenme ve üreme gibi ihtiyaçları için yaşamlarının belli dönemlerinde uygun fiziksel özellikler taşıyan başka habitatlara göç etmek zorunda kalırlar (Binder vd., 2011). Bu göçlerin izlenmesinde telemetri tekniği ile yapılan çalışmalarda çok başarılı sonuçlar alınmıştır (Thorstad vd., 2003; Clare vd., 2007).

Balık stoklarının belli bir habitatı ne zaman kullandıkları ve habitatın içersinde nasıl dağılım gösterdiklerinin anlaşılması balıkçılık kaynaklarının korunması için önemli bir adımdır (Arendt vd., 2001). Telemetri tekniği balıklarda habitat kullanımının belirlenmesi için artan oranda kullanılan bir yöntem haline gelmiştir (Anras vd., 1999). Balıklar biyolojik özelliklerine göre farklı fiziksel özelliklere sahip suları tercih ederler. Yakın zamana kadar bu özellikler suyun dışından yapılan sıcaklık, tuzluluk gibi ölçümler ile belirlenmeye çalışılmıştır. Fakat günümüzde markalara takılabilen sensörler ile balıkların tercih ettikleri tuzluluk ve sıcaklık gibi fiziksel parametreler çok daha doğru bir şekilde tahmin edilebilmektedir. Marcinek vd. (2001) tarafından yapılan çalışmada Pasifik Okyanusu'nda sıcaklık ve basınç sensörleri

taşıyan markalar ile orkinos balığının tercih (*Thunnus thynnus*) ettiği derinlik ve sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Pop-up uydu markalar kullanılarak yapılan çalışmada, orkinosların zamanlarının % 80'lik kısmını su kolonunun 40 metreye kadar olan kesiminde geçirdiğini, nadiren derin ve sıcaklığı düşük soğuk sulara indiğini bildirmişlerdir. Telemetri tekniğinin balıkçılıkta kullanıldığı diğer bir alan ise baraj ve HES'lerde bulunan balık geçitlerinin verimliliklerinin tespitidir. Ransom vd. (2008) tarafından Orta Kolombiya Nehri'nde bulunan üç farklı salmón türünün balık geçitlerinden geçişleri izlenmiştir. Yapılan çalışmada 8000 adet juvenil salmón, cerrahi olarak markalanarak nehre geri bırakılmıştır. Markalanan salmónların % 95'lik kısmının başarıyla izlendiği bildirilmiştir.

Yukarıda özetlenen çalışmalarda, balıkların izlenmesi ve bilginin veri kaynağından alıcıya gönderimini sağlayan eleman, balığın üzerine yerleştirilen markadır. Bu nedenle telemetri çalışmalarında kullanılacak markanın seçimi ve çalışmada kullanılacak olan markalama yöntemi çalışmanın başarısını belirleyecek temel unsurdur. Balığa takılan marka ve markanın takılması sırasında yapılan işlemlerin balığı olumsuz etkileyeceği aşikar bir durumdur (Moser vd., 2007). Bu nedenle telemetri çalışmalarında öncelikli olarak karar verilecek nokta, balığın normal davranışlarını en az etkileyecek marka ve markalama yönteminin seçilmesidir. Telemetri tekniğinin kullanılmaya başlandığı 1950'li yıllardan günümüze kadar geçen sürede, çalışmanın amacı ve çalışılan balığın anatomisine göre, farklı tip marka ve markalama yöntemleri geliştirilmiştir.

#### BALIKÇILIK ARAŞTIRMALARINDA KULLANILAN MARKALAR

Balığa takılacak olan markanın balığın su içerisindeki davranışını mümkün olan en az düzeyde etkilemesi hedeflenmelidir. Balığa yerleştirilen marka balığın biyolojik sınırını aşmamalıdır. Şayet bu sınırlar aşırsa balığın hareketleri, büyümesi ve hayatta kalma şansı olumsuz yönde etkilenir (Welch vd., 2007; Chittenden vd., 2009). Telemetri çalışmalarının başarılı olabilmesi, verileri elde etmeye yarayan en küçük marka ve uygun markalama yönteminin kullanılmasına bağlıdır. Markalanması düşünülen balıkta kullanılacak olan markayla ilgili öncelikli sorulması gereken soru markanın büyüklüğünün ve ağırlığının ne olacağıdır. Markalama çalışmalarında kullanılacak olan markaların balıklar üzerinde olan etkilerinin belirlenmesi ve balık büyüklüğüne göre kullanılacak olan markanın boyutlarının tespiti için birçok çalışma yürütülmüştür (Rechisky ve Welch, 2010). Lacroix vd. (2004) tarafından Atlantik salmónu (*Salmo salar*) üzerinde yapılan markalama çalışmaları sonucunda, 14-15 cm boyundaki Atlantik salmónunda kullanılacak markaların, vücut ağırlığının %8'ini geçmemesi gerektiğini belirtmişlerdir. Başarılı bir akustik telemetri çalışması için kullanılan markanın balık türüne göre uygun büyüklük ve tipte olması gerekmektedir. Ayrıca balığın yaşam döngüsünde, bulunduğu dönem göz önüne alınmalıdır (Latour, 2005). Kullanılan markanın balığın davranışları ve yaşamı üzerinde oluşturduğu etkiyi en alt seviyeye indirmek için balık ağırlığıyla marka

ağırlığı arasında orana (marka ağırlığı/balık ağırlığı) dikkat edilmelidir. Markalama çalışmalarında genel bir kural olarak kullanılan markanın ağırlığı, balığın suyun dışındaki ağırlığının %2'sini veya balığın su içindeki ağırlığının %1.25'ini geçmemesi tavsiye edilmiştir. Yapılan farklı çalışmalarda markanın balık ağırlığının %2'sini geçmesi durumunda balık üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu bildirilmiştir (Lefrancois vd., 2001; Adams vd., 1998). Balıkçılıkla ilgili çalışmalarda kullanılan geleneksel markalar ve telemetri çalışmalarında kullanılan elektronik marka tipleri aşağıda genel hatları ile tanıtılmıştır.

### GELENEKSEL MARKALAR

Geleneksel markalar, üzerlerinde taşıdıkları numaralar ile balıkları tanımlayan etiketlerdir. Genellikle plastik parçalardan oluşan bu markaların farklı tipleri bulunmaktadır. Balığın üzerine paslanmaz çelik bir tel ile tutturulan bu markalar, üzerinde taşıdığı numara ile balığın tanımlanmasını sağlar. Bu markalar balığın markalanıp salındığı yer ve zaman bilgisi ile tekrardan yakalandığı yer ve zaman bilgisini kullanarak balığın hareketi hakkında bilgi sahibi olmayı amaçlar.

### Petersen Disk Markalar

Bu markalar, balık popülasyonu çalışmalarında kullanılan ilk markalardandır. Petersen disk markalar, zaman içerisinde bazı modifikasyonlara uğrasalar da temelde disk şeklinde iki plastik kısımdan oluşmaktadır. Balıkların dorsal yüzgecine takılan bu markalar balığın dorsal yüzgecinin altından geçirilen paslanmaz bir tel ile birbirlerine bağlanırlar. Petersen disk markalar ilk olarak köpek balıklarının hareketlerinin izlenmesi çalışmalarında kullanılmıştır (Kato ve Carvallo, 1967). Petersen disk markaların kullanılmasında karşılaşılan en önemli sorun, plastik disk şeklindeki markaların bağlanmasında kullanılan telin bozulmaya yatkın olması ve balıklardaki büyümenin dramatik olarak yavaşlamasıdır. (Kohler ve Turner, 2001).

### İnternal Çapa Markalar

İnternal çapa markalar, disk markaların olumsuz etkisini ortadan kaldırmak için geliştirilmiş markalardır. Çapa markaların iki tipi bulunmaktadır. Birinci tip, dikdörtgen şekilli olup balığın vücut boşluğuna yerleştirilmektedir. İkinci tip, buton marka olarak adlandırılan, etrafı bir vinil ile kaplı, markalardır. Çapa markalar, balıkların vücut boşluklarına bir enjeksiyon yardımıyla enjekte edilerek kullanılır.

### Dart Markalar

Dart markalar, pelajik deniz balıklarının markalanmasında sıklıkla kullanılan marka tipidir. Dart markaların geliştirilmesinde temel hedef, markalama işlemleri sırasında balık üzerinde meydana gelen olumsuz etkilerin en aza indirilmesidir. Dart markalar, içine çelik tel yerleştirilmiş monofilament veya naylondan oluşan bir flama şeklindedir.

### Rototag Markalar

Rototag markalar, Petersen disk markalarda olduğu gibi iki adet plastik parçadan oluşmaktadır. Rototag markaların balıklara takılması, bir tabanca ile gerçekleştirilip kısa sürede birçok balığın markalanması mümkün olmaktadır. Rototag markaların balığa takılmasında genellikle herhangi bir anestezi uygulaması gerekmemektedir. Bu markalar ilk başta kültür havuzlarında yaşayan balıkların markalanması amacı ile geliştirilmiştir. Fakat ilerleyen yıllarda bu markalarda modifikasyon yapılarak doğal ortamda kullanılmaya başlanmıştır.

### POP-UP UYDU MARKALAR

Pop-up uydu markalar, arşiv markalar olarak da bilinmektedir. Bu markalar deniz balıklarının izlenmesinde kullanılmakta olup balığın izlediği yolu kayıt altına alan elektronik markalardır. Balıkların habitat tercihlerinin doğru bir biçimde belirlenmesinde, hareketlerinin günlük veya mevsimsel izlenmesinde kullanılmaktadır (Musyl vd., 2011). Pop-up uydu markalar sıcaklık, derinlik ve ışık yoğunluğu gibi bilgileri depolayarak uydu vasıtasıyla kullanıcıya ulaştırmaktadır. Genellikle köpek balığı gibi büyük balıkların, dorsal yüzgeçlerine takılarak kullanılan pop-up uydu markalar, önceden belirlenmiş bir zaman aralığında balığın üzerinde takılı kalır ve belirlenen zaman aralığının sona ermesiyle balıkla olan bağı koparak su yüzeyinde serbest yüzüğe geçer. Marka yüzeye çıktığı zaman depolamış olduğu veriyi uyduya aktarır. Uyduya aktarılan bilgi kullanıcılar tarafından alınarak izleme işlemi tamamlanmış olur. Pop-up markaların geleneksel markalara göre en büyük avantajı, balığın yeniden yakalanmasına gerek olmamasıdır.

### SPOT MARKALAR

Spot markalar, balığın bulunduğu konumu, bulunduğu konumdaki sıcaklık ve derinlik bilgilerini tespit edebilen markalardır. Genellikle köpek balıklarının izlenmesi çalışmalarında kullanılmaktadır (Hsu vd., 2007). Balık vücudunun dışına takılan bu markalar, balık su yüzeyine çıktığı zaman kurumaya başlar. Markanın üzerinde bulunan hassas bir sensör, marka üzerindeki kuruluğu hemen tespit ederek balığın yüzeye çıktığına karar verir ve markada kayıtlı olan verilerin uyduya aktarımını sağlar. Spot markaların pop-up markalara göre en büyük avantajı, gerçek zamanlı bilgi elde edilebilmesine olanak sağlamasıdır. Bu markaların kullanımında karşılaşılan en büyük sorun, balığın uzun süreli su altında kaldığı zamanlarda veri aktarımının kesilmesidir.

### AKUSTİK MARKALAR

Akustik markalar ses sinyalleri yayan küçük elektronik aletlerdir. Balıkların üç boyutlu olarak izlenmesine imkan tanıyan bu markalar, birçok sucul ekosistemde etkili şekilde çalışmaktadır (Steig, 1999). Akustik markalar ile balık stoklarına ilişkin çok detaylı bilgilerin elde edilmesi mümkün olmaktadır. İlk akustik markanın geliştirildiği 1956 yılından günümüze kadar geçen sürede akustik markalar, boyut olarak küçülmüş, ağırlık olarak da daha hafif hale gelmişlerdir.

Akustik markalar; balıkların yüzmeye hızı, vücut sıcaklığı ve buldukları derinliği verebilmektedirler.

### ARŞİV MARKALAR

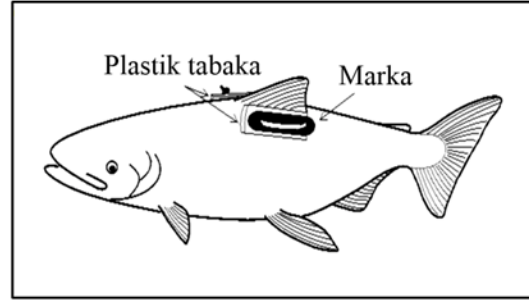
Arşiv markalar adından da anlaşılacağı gibi, Spot ve pop-up markalarda olduğu gibi, verileri depo etme özelliğine sahip markalardır. Bu markaların Spot ve pop-up markalara göre farkı, markanın kayıt ettiği bilgilerin alınabilmesi için balığın tekrardan yakalanması gerekmektedir. Arşiv markalar, mikro işlemciler tarafından yönetilmekte olup, buldukları ortamın sıcaklığını, derinliğini, koordinatlarını ve ışık yoğunluğunu tespit etme kapasitesine sahiptirler.

### BALIKLARDA MARKALAMA YÖNTEMLERİ

İdeal bir markalama yöntemi, herkesin tanımlayabilmesi için, organizmaları sürekli ve şüpheye düşürmeden tanımlanabilir yapılmalıdır. Arazi şartlarında kullanımı kolay ve ucuz olmalıdır (Akyol ve Ceyhan, 2003). Markalamada kullanılacak olan tekniğin seçimi, araştırmacı tarafından çalışmanın amacı, balığın yaşam dönemi ve çalışılacak tür dikkate alınarak yapılmalıdır. Balıkların markalanmasında kullanılan üç yöntem vardır. Bu yöntemler, markanın balık vücudunun dışına (eksternal) takılması, mideye yerleştirilmesi ve markanın cerrahi olarak balık vücut boşluğuna yerleştirilmesi olarak sıralanmaktadır.

#### Markanın Balık Dış Yüzeyine Takılması

Markanın balık dış yüzeyine takılması, ilk olarak Stasko ve Pinckok (1977) tarafından salmon balıklarının dorsal yüzgeçlerine akustik markaların takılması ile yapılmıştır. Bu markalama yöntemi, kısa dönemli çalışmalar için uygun bir yöntemdir. Markalama işleminin kolay olması nedeniyle, balık ile kısa süreli uğraşılması büyük avantaj sağlamaktadır. Markanın balığın vücut dış yüzeyine takılması, vücudunda uygun boşluk olmayan ya da markalama işlemi için midesi yeterli büyüklükte olmayan balıklar için uygulanmaktadır (Tanaka vd., 2001). Bu yöntem, doğal ortamlarında yakalandıktan sonra kıyıya getirilmeleri zor olan, köpek balığı, ton balığı ve kılıç balığı gibi büyük balıklar için oldukça pratik bir yöntemdir. Markalar genellikle lateral olarak dorsal yüzgecin hemen yanına, önüne ve arkasına takılmaktadır. Bazı araştırmacılar markalamada kuyruk yüzgecini kullansalar da balığın yüzmeye performansını etkilediği için bu yöntem çok tercih edilen bir yöntem değildir. Bu markalama yöntemi genellikle, dorsal yüzgecin kenarına lateral olarak yatırılan markanın, paslanmaz bir çelik tel ile simetrik olarak hemen karşı tarafında bulunan plastik tabakaya bağlanması yapılmaktadır. Bağlama işlemi dorsal yüzgeç altındaki kas dokudan uygun bir alet ile açılan delikler ile olmaktadır (Şekil 2).

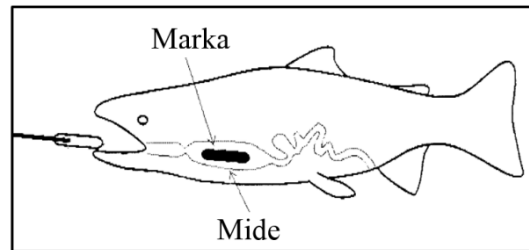


Şekil 2. Markanın balık dış yüzeyine takılması (Thorsteinsson, 2002)  
Figure 2. Attaching the telemetry device to the fish (Thorsteinsson, 2002)

#### Markanın Mideye Yerleştirilmesi

Markanın mideye yerleştirilmesi işlemi, markanın balık dış yüzeyine takılmasında olduğu gibi hızlı ve kolay bir yöntemdir. Bu yöntemde anestetik madde ya hiç kullanılmamakta ya da az miktarlarda kullanılmaktadır (Dunning ve Ross, 2010). Markanın midede olması, marka ile dış ortam arasındaki fiziksel bağlantıyı keser. Böylelikle, markanın bir yerlere takılması gibi problemler ortadan kalkmış olur (Bridger ve Booth, 2003). Markanın mideye yerleştirilme işleminde cam baget kullanılır. Markalama işleminden önce markanın kolaylıkla yerleştirilmesi için marka ve cam baget gliserin gibi bir madde ile iyice yağlanmalıdır. Marka balığın ağız boşluğuna yerleştirilerek cam baget yardımı ile yutağa doğru yavaşça itelenir. Ağız boşluğundan yavaşça itilen marka yutaktan geçerek balığın midesine yerleştirilir (Ramstad ve Woody, 2003).

Markanın mideye yerleştirilmesi işleminde, hem işlem esnasında hem de işlemden sonra balık için bazı olumsuz sonuçlar söz konusudur. Markanın mideye yerleştirilmesi esnasında balığın yemek borusu veya midesi parçalanabilir. Özellikle marka, balığın midesine göre çok büyük olursa mide tamamen parçalanır (Martinelli vd., 1998). Balığın midesinde markanın bulunması mideye besin girişini ve buna bağlı olarak da balığın beslenmesini azaltarak balığı olumsuz yönde etkiler (Jepsen vd., 2001).

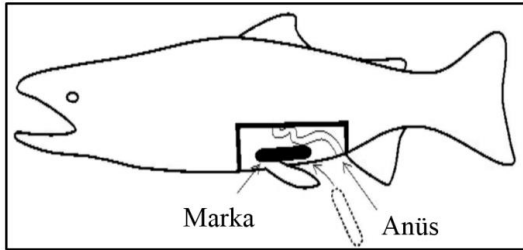


Şekil 3. Markanın mideye yerleştirilmesi (Thorsteinsson, 2002)  
Figure 3. Inserting the telemetry device in stomach (Thorsteinsson, 2002)

### Cerrahi Markalama Yöntemi

Cerrahi yöntem, uzun süreli çalışmalarda balıkların markalanmasında kullanılan en iyi yöntem olarak tanımlanmıştır (Cooke ve Bunt, 2001). Balık iyileştikçe markalamanın etkisi azalır. Mideye yerleştirilen markalamaya benzer şekilde, marka balığın içerisine, vücut boşluğuna yerleştirilmiştir. Cerrahi markalamada markanın balığın içine yerleştirilmesi, markanın dış ortamda bulunan nesnelere takılması ve ortamdaki su akıntılarının marka üzerinde oluşturduğu itme kuvvetini elimine edilmiş olur. Balıklarda cerrahi yöntemin genel uygulaması aşağıda belirtildiği gibi olmaktadır.

Balık anestezi madde uygulanmış bir havuzun içerisine yerleştirilir. Balığın operkulum hareketlerinin yavaşlaması (2 ile 4 dakika arası) beklenir. Balığın operkulum hareketleri yavaşladığı ve balık baygın hale geçtiği zaman balık müdahalenin yapılacağı "V" şeklindeki masaya alınır. İki karın yüzgecinin orta noktasından biraz daha geri bir mesafeden marka büyüklüğü göz önüne alınarak uygun büyüklükte bir kesi açılır. Marka bu kesiden içeri konularak kesinin her iki tarafına atılan dikişler ile dikilir. Bu operasyonun süresi yaklaşık 4-6 dakika sürmektedir (Jepsen vd., 2002). Cerrahi markalama işleminde, balığın vücudunda kesi oluşması ve anestezi istemesi diğer yöntemlere göre en büyük dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle, yumurtlama döneminde bulunan balıklarda yüksek ölüm oranlarının görülmesi, yumurtaların zarar görmesi nedeniyle yumurtlama döneminde olan balıklarda cerrahi markalama metodu tercih edilmemektedir (Marty ve Summerfelt, 1986).



Şekil 4. Cerrahi yöntem (Thorsteinsson, 2002)  
Figure 4. Surgical method (Thorsteinsson, 2002)

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Telemetri tekniği, klasik markalama çalışmalarından farklı olarak, kullanımı gittikçe yaygınlaşan bir teknik olarak ön plana çıkmaktadır. Bu tekniğin kullanımı ile balık popülasyonlarına ait birçok yeni bilginin elde edileceği aşikardır. Günümüzde telemetri tekniğinin kullanımı ile dünyada yapılmış (özellikle salmon balıkları üzerine) onlarca çalışma olmasına rağmen yapılan literatür taramalarında ülkemizde markalama çalışmaları üzerine yapılan çalışma sayısının yeterli düzeyde olmadığı görülmektedir (Thorstad vd., 2013; Demirel ve Ferhat, 2012; Akyol ve Ceyhan, 2003). Balık stoklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, stoklara ilişkin verilerin doğru ve hızlı bir şekilde elde edilmesine bağlıdır. Böylece ileriye yönelik öngörülerle etkin bir yönetim

sağlanabilir. Ülkemizdeki gerek iç sular gerekse denizlerde bulunan balık stoklarının yönetimi geleneksel metotlar ile yapılan çalışmalardan elde edilen verilere dayanmaktadır. Balıkçılık alanında yapılan çalışmalarda, telemetri tekniğinin kullanımı ile elde edilecek bilgiler çok daha detaylı ve güvenilir olacağından bu bilgilere dayanan stok yönetimi daha başarılı olacaktır.

Balık popülasyonları üzerinde geliştirilen modellerle bu modellerin uygulanması sonucu elde edilen kararlar birim stok üzerine uygulanmaktadır. Bu yüzden, balık popülasyonları üzerinde yapılan çalışmalarında öncelikli olarak cevaplanması gereken soru, çalışılan alanda birim stok oluşup oluşmadığıdır. Birim stok, aynı tür ya da bu türün ırklarından birine ait bireylerden meydana gelen, kendi kendini yenileyebilme yeteneğine sahip üyelerden oluşan, diğer balık gruplarından bağımsız olarak sömürülebilir ve yılın belirli bir döneminde belirli bir alana yumurtlayan bireylerin oluşturduğu topluluktur (Avşar, 2005). Birim stokların kendilerine özgü bir dağılım ve yumurtlama alanları bulunmaktadır. Bu özellikleri sayesinde birim stokların belirlenmesi mümkün olmaktadır. Özellikle balıkların yıl boyunca dağılım alanlarının incelemesine imkân veren elektronik veya arşiv markalar sayesinde, çalışma alanında, birim stokun oluşup oluşmadığı sorusunu kolaylıkla cevaplamak mümkündür. Bu sebepten ülkemizde balık stokları üzerinde yapılan çalışmalarda telemetri tekniğinin kullanımının yaygınlaşmasında büyük yarar vardır. Balık stokları üzerinde, diğer bir önemli konu da küresel ısınmanın balık stoklarını nasıl etkileyeceğidir. Günümüzde çeşitli öngörüler mevcut olsa da küresel ısınmanın ülkemiz sularında bulunan balıkların tür kompozisyonunu ne yönde değiştireceği, stoklarının dağılımları ve göçleri üzerinde nasıl etkiler oluşturacağını yakından takip edilmesi, özellikle okyanus ve denizlerde, geleneksel yöntemler ile oldukça zordur. Bu yüzden, özellikle ülkemiz denizlerinde bulunan stokların izlenmesinde telemetri tekniğinin kullanımı artırılmalıdır. Şayet küresel ısınmanın stoklar üzerinde oluşturacağı değişimler önceden tahmin edilerek doğru kararlar verilmezse ülkemizde balıkçılık alanında ciddi sorunların çıkması kaçınılmazdır.

Ülkemizde akarsularda yaşayan balık popülasyonları üzerindeki en önemli sorunlardan birisi de, akarsular üzerine inşa edilen hidroelektrik santralleri (HES) ve barajlardır. Williams vd. (2012) tarafından akarsular üzerine inşa edilen bu yapıların akarsuda yaşayan balıkların yukarı ve aşağı yöndeki hareketlerini engellediği bildirilmiştir. Ortaya çıkan bu olumsuz durumun engellenmesi için baraj ve HES'ler üzerinde balık geçitleri yapılmaktadır. Yapılan bu balık geçitleri, balıkların geçitlere karşı sergiledikleri davranışlar dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Balıkların davranışları dikkate alınarak yapılan balık geçitlerinden balık geçişlerinin takip edilmesi, bu geçitlerin ne ölçüde verimli çalıştıklarının belirlenmesi açısından önemlidir. Telemetri tekniği ile, balıkların balık geçitlerine karşı sergiledikleri davranışlar ve balık geçitlerinin ne ölçüde verimli çalıştıkları

belirlenebilmektedir (Skalski vd., 2009; Larinier vd., 2005; Lucas, 1999).

Ülkemizde bulunan balık geçitlerinin verimliliğinin

belirlenmesinde ve balık davranışlarını dikkate alan balık geçitlerinin tasarlanmasında telemetri tekniğinin kullanımı büyük yararlar sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Adams, N.S., Beeman, J.W., Eiler, H.J., 2012. *Telemetry Techniques. A User Guide for Fisheries Research. American Fisheries Society, USA.* 3.
- Adams, N.S., Rondorf, D.W., Evans, S.D., Kelly, J.E., Perry, R.W., 1998. Effects of Surgically and Gastrically Implanted Radio Transmitters on Swimming Performance and Predator Avoidance of Juvenile Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(4):781-787, 10.1139/f97-285.
- Akyol, O., Ceyhan, Tevfik., 2003. Balıkçılık Araştırmalarında Kullanılan Markalama-Etiketleme Materyalleri ve Yöntemleri. *Ege J Fish Aqua Sci*, (1-2): 273-285.
- Anras, M.L.B., Cooley, P.M., Bodaly, R.A., Anras, L., Fudge, R.J.P., 1999. Movement and Habitat Use by Lake Whitefish during Spawning in a Boreal Lake: Integrating Acoustic Telemetry and Geographic Information Systems. *Transactions of the American Fisheries Society*, 128:5, 939-952.
- Arendt, M.D., Lucy, J.A., Munroe, T.A., 2001. Seasonal Occurrence and Site-Utilization Patterns of Adult Tautog, *Tautoga onitis* (Labridae), at Man Made and Natural Structures in Lower Chesapeake Bay. *Fish Bull*, 99:519-527
- Avşar, D., 2005. *Balıkçılık Biyolojisi ve Popülasyon Dinamiği. Nobel Kitapevi. Adana*, 45.
- Baggeroer, A.B., 1984. Acoustic Telemetry-An Overview. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 9:4. doi:10.1109/JOE.1984.1145629.
- Bhatnagar, S.R., 2012. Converting Sound Energy to Electric Energy. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. ISSN 2250-2459, Volume 2, Issue 10.
- Binder, T.R., Cooke, S.J., Hinch, S.G., 2011. Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome In: *Environment The Biology of Fish Migration*. Farrell A.P., (Ed.), Academic Press, San Diego, pp.1921–1927.
- Bridger, C.J., Booth, R.K., 2003. The Effects of Biotelemetry Transmitter Presence and Attachment Procedures on Fish Physiology and Behavior. *Reviews in Fisheries Science*, 11(1): 13–34
- Chittenden, C.M., Butterworth, K.G., Cubitt, K.F., Jacobs, M.C., Ladouceur, A., Welch, D.W., McKinley, R.S., 2009. Maximum Tag to Body Size Ratios for an Endangered Coho Salmon (*O-kisutch*) Stock Based on Physiology and Performance. *Environmental Biology of Fishes*, vol. 84, No 1. doi: 10.1007/s10641-008-9396-9.
- Clare, L.N.G., Kenneth, W.A., Thomas, M.G., 2007. Habitat Use, Site Fidelity, and Movement of Adult Striped Bass in a Southern New Jersey Estuary Based on Mobile Acoustic Telemetry. *Transactions of the American Fisheries Society*, 136:1344–1355. doi: 10.1577/T06-250.1.
- Cooke, S.J., Bunt, C.M., 2001. Assessment of Internal and External Antenna Configurations of Radio Transmitters Implanted in Smallmouth Bass. *North American Journal of Fisheries Management*. 21: 236–241. doi: 10.1577/1548-8675(2001)021<0236:MBOIAE>2.0.CO;2.
- Demirel, F., Yüksel, F., 2012. Balık Stoklarının Tahmininde Kullanılan Markalama Yöntemleri. *e-Journal of New World Sciences Academy*, Volume:7, Number:3, Article Number: 5A0072.
- Deng, Z.D., Weiland, M.A., Fut., Seim, T.A., LaMarche, B.L., Choi, E.Y., Carlson, T. J., Eppard, M.B., 2011. A Cabled Acoustic Telemetry System for Detecting and Tracking Juvenile Salmon: Part 2. Three-Dimensional Tracking and Passage Outcomes. *Sensors*, 11, 5645-5660; doi:10.3390/s110605645.
- Dunning, D.J. Ross, Q.E., 2010. Effect of Radio-Tagging on Escape Reactions of Adult Blueback Herring to Ultrasound. *North American Journal of Fisheries Management*. 30:26–32, doi:10.1577/M09-093.1
- Eklund, C.R., Charlton, F.E., 1959. Measuring the Temperature of Incubating Penguin Eggs. *American Scientist*, Vol. 47, No.1.
- Geers, R., Puers, B., V, Goedseels., P, Wouters., 1997. *Electronic Identification, Monitoring and Tracking of Animals. Oxford University Press, United Kingdom*, 8.
- Gerlier, M., Roche, P., 1998. A Radiotelemetry study of the Migration of Atlantic Salmon (*Salmo salar L.*) and Sea Trout (*Salmo trutta trutta L.*) in the Upper Rhine. *Hydrobiologia*, 371/372: 283–293.
- Hsu, H.Hsun., Joung, S.J., Liao, Y.Y., Liu, K.M., 2007. Satellite Tracking of Juvenile Whale Sharks, *Rhincodon typus*, in the Northwestern Pacific. *Fisheries Research*, 84:25-31, doi:10.1016/j.fishres.2006.11.030.
- Jepsen, N., Davis, L.E., Schreck,C.B., Siddens, B., 2001. The Physiological Response of Chinook Salmon Smolts to Two Methods of Radio-Tagging. *Transactions of the American Fisheries Society*, 130:3, 495-500.
- Jepsen, N., Koed, A., Thorstad, E.B., Baras, E., 2002. Surgical Implanting of Telemetry Transmitters in Fish. How Much Have We Learned? *Hydrobiologia*, 483: 239-248.
- Kato, S., Carvallo, A.H., 1967. Shark Tagging in the Eastern Pacific Ocean. In: *Sharks, Skates, and Rays*, P.W. Gilbert, R.F., Mathewson, D.P., Rall (Eds.), Johns Hopkins Press, Baltimore, pp 93-109.
- Kohler, N.E., Turner, P.A., 2001. Shark Tagging: A Review of Conventional Methods and Studies. *Environmental Biology of Fishes*, 60:191-223.
- Kuechle, V.B., Kuechle, P.J., 2012. Radio Telemetry in Fresh Water: the Basic. In: *Telemetry. Techniques A User Guide for Fisheries Research*, Adams, N.A., Beeman, J.W., Eiler, J.H (Ed.), American Fisheries Society, Bethesda, pp. 91-139.
- Kvingedal, E., Solvang, T., 2005. Loggers and Transmitters on Animals. <http://www.nt.ntnu.no/users/clabec/pdf/LoggersOnAnimals.pdf> (14.04.2015).
- Lacroix, G.L., Knox, D., McCurdy, P., 2004. Effects of Implanted Dummy Acoustic Transmitters on Juvenile Atlantic Salmon: *Transactions of the American Fisheries Society*, 133:1, 211-220, doi:10.1577/T03-071.
- Larinier, M., Chanseau, M., Bau, F., Croze, O., 2005. The use of radio telemetry for optimizing fish pass design. In: *Aquatic telemetry: advances and applications. Proceedings of the Fifth Conference on Fish Telemetry held in Europe*. Ustica, Spedicato, M.T., Lembo, G., Marmulla, G. (Ed.). p 295.
- Latour, R.J., 2005. Tagging Methods and Associated Data Analysis. In: *Management Techniques for Elasmobranch Fisheries*, Musick, J.A.; Bonfil, R. (Ed.), FAO Fisheries Technical Paper. No. 474. Rome, pp 45-62.
- Lefrancois, C., Odion, M., Claireaux, G., 2001. An Experimental and Theoretical Analysis of the Effect of Added weight on the Energetics and Hydrostatic Function of the Swimbladder of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *Marine Biology*. 139:13-17. doi:10.1007/s002270100562.
- LeMunyan, C.D., White, W., Nybert, E., Christian, J.J., 1959. Desing of a Miniature Radio Transmitter for Use in Animal Studies. *Journal of Wildlife Management*, 23:107-110.Lonsdale, E.M., Baxter, G.T., 1968. Desing and Field Test of a Radio-Wave Transmitter for Fish Tagging. *The Progressive Fish-Culturist*, 30.1 (1968):47-52.

- Lucas, M.C., Mercer, T., Armstrong, J.D., McGinty, S., Rycroft, P., 1999. Use of a Flat-bed Passive Integrated Transponder Antenna Array to Study the Migration and Behaviour of Lowland River Fishes at a Fish Pass. *Fisheries Research*, 44 (1999) 183-191.
- Marcinek, D.J., Dewar, S.B.B.H., Freund, V.F., Dau, C.F.D., Seitz, A.C., Block, B.A., 2001. Depth and Muscle Temperature of Pasific Bluefin Tuna Examined with Acoustic and Pop-Up Satellite Arcivhal Tag. *Marine Biology*, 138:869-885.
- Martinelli, T.L., Hansel, H.C., Shively, R.S., 1998. Growth and Physiological Responses to Surgical and Gastric Radio Transmitter Implantation Techniques in Subyearling Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Hydrobiologia*, 371/372:79–87. Marty, G.D., Summerfelt, R.C., 1986. Pathways and Mechanisms for Expulsion of Surgically Implanted Dummy Transmitters from Channel Catfish. *Transactions of the American Fisheries Society*, 115:577-589.
- Moser, M.L., Ogden, D.A., Sandford, B.P., 2007. Effects of Surgically Implanted Transmitters on Anguilliform Fishes: Lessons from Lamprey. *Journal of Fish Biology*, 71, 1847–1852. doi:10.1111/j.1095-8649.2007.01628.x.
- Musyl, M.K., Domeier, M.L., Nasby-Lucas, N., Brill, R.W., McNaughton, L.M., Swimme, J.Y., Lutcavage, M.S., Wilson, S.G., Galuardi, B., Liddle, J.B., 2011. Performance of Pop-up Satellite Archival Tags. *Marine Ecology Progress Series*, 433:1-28. doi:10.1111/j.1095-8649.2007.01628.x.
- Nielsen, L.A., Johnson, D.L., 1983. *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 468.
- Pincock, D., Welch D., McKinley, S., Jackson, G., 2010. Acoustic Telemetry for Studying Migration Movements of Small Fish in Rivers and the Ocean-Current Capabilities and Future Possibilities. In: *Special Publication: Tagging, Telemetry, and Marking Measures for Monitoring Fish Populations*. K. Wolf., O. Jeniffer. (Ed.). Pacific Northwest Aquatic Monitoring Partnership, *Special Publication 2010-002 Washington*, pp 105-118.
- Pincock, D.G., Johnston, S.V., 2012. Acoustic Telemetry Overview. In: *Telemetry Techniques. A User Guide for Fisheries Research*. Adams, N.A., Beeman, J.W., Eiler, J.H (Ed.). *American Fisheries Society*. USA. pp. 305-338.
- Ramstad, K.M., Woody, C.A., 2003. Radio Tag Retention and Tag-Related Mortality Among Adult Sockeye Salmon. *North American Journal of Fisheries Management*, 23:978–982. doi:10.1577/1548-8675(2003)023<0978:RTRATM>2.0.CO;2.
- Ransom, B.H., Steig, T.W., Timoko, M.A., Neelson, P.A., 2008. Basin-Wide Monitoring of Salmon Smolts at US Dam. *International Journal on Hydropower and Dams*, 15:3.
- Rechisky, L.R., Welch, D.W., 2010. Surgical Implantation of Acoustic Tags: Influence of Tag Loss and Tag-Induced Mortality on Free-Ranging and Hatchery-Held Spring Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) Smolts. In: *Tagging, Telemetry, and Marking Measures for Monitoring Fish Populations*, K. Wolf., O. Jeniffer., (Ed.). Pacific Northwest Aquatic Monitoring Partnership, *Special Publication 2010-002*, Washington, pp 69-94.
- Sisak, J.M., Lotimer, J.S., 1998. Frequency Choice for Radio Telemetry: The HF vs. VHF Conundrum. *Hydrobiologia*, 371/372: 53-59.
- Skalski, J.R., Buchanan, R.A., Townsend, R.L., Steig, T.W., Hemstrom, S., 2009. A Multiple-release Model to Estimate Route-specific and Dam Passage Survival at a Hydroelectric Project. *North American Journal of Fisheries Management*, 29: 670-679.
- Stasko, A.B., Pincock, D.G., 1977. Review of Underwater Biotelemetry with Emphasis on Ultrasonic Techniques. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34(9):1261-1285, 10.1139/f77-189.
- Steig, T.W., 1999. The Use Of Acoustics Tags to Monitor The Movement Of Juvenile Salmonids Approaching A Dam on The Columbia River. <<http://www.beamreach.org/research/acoustics/tags/steig99.pdf>> (14.04.2015).
- Sutterlin, A.M., Jokola, K.J., Holte, B., 1979. Swimming Behavior of Salmonid Fish in Ocean Pens. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1979, 36(8):948-954, 10.1139/f79-132.
- Tanaka, H., Takagi, Y., Naito, Y., 2001. Swimming Speeds and Buoyancy Compensation of Migrating Adult Chum Salmon *Oncorhynchus keta* Revealed by Speed/Depth/Acceleration Data Logger. *Journal of Experimental Biology*, 204:3895-3904. Thorstad, E.B., Økland, F., Kroglund, F., Jepsen, N., 2003. Upstream Migration of Atlantic Salmon at a Power Station in the River Nidelva, Southern Norway. *Fisheries Management and Ecology*, 10(3):139-146. doi:10.1046/j.1365-2400.2003.00335.x.
- Thorstad, E.B., Rikardsen, A.H., Alp, A., Økland, F., 2013. The Use of Electronic Tags in Fish Research-An Overview of Fish Telemetry Methods. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13: 881-896 (2013), doi:10.4194/1303-2712-v13\_5\_13.
- Thorsteinsson, V., 2002. Tag Atteachment Methods in: Tagging Methods for Stock Assessment and Research in Fisheries. *Report of Concerted Action*, FAIR CT.96.1394 (CATAG).
- Trefethen, P.S., 1956. Sonic Equipment for Tracking Individual Fish. *U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service*, 179:11.
- Webber, D., 2009. Acoustic Telemetry New User Guide. <<http://vemco.com/wp-content/uploads/2012/11/acoustic-telemetry.pdf>> (13.04.2015). Welch, D.W., Batten, S.D., Ward, B.R., 2007. Growth, Survival, and Tag Retention of Steelhead Trout (*O. mykiss*) Surgically Implanted with Dummy Acoustic Tags. *Hydrobiologia*, 582:289-299. doi: 10.1007/s10750-006-0553-x. Williams, J.G., Armstrong, G., Katapodis, C., Larinier, M., Travade, F., 2012. Thinking Like a Fish a Key Ingredient for Development of Effective Fish Passage Facilities at River Obstructions. *River Applic.* 28:407-417, doi:10.1002/rra.1551.
- Winter, J.D., 1996. Advances in Underwater Biotelemetry. In: *Fisheries Techniques*. Murphy, B.R. Willis, D.W. (Ed.), *American Fisheries Society*, Bethesda, Maryland, pp 555-590.