

**T.C.  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**HİDROELEKTRİK SANTRALLER İÇİN  
UYGUN ÇEVRESEL AKIŞ  
METODOLOJİLERİNİN BELİRLENMESİ –  
ÇORUH HAVZASI ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AYŞE ECE AKARCA**

**İSTANBUL, 2013**



**T.C.  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENERJİ VE ÇEVRE YÖNETİMİ**

**HİDROELEKTRİK SANTRALLER İÇİN  
UYGUN ÇEVRESEL AKIŞ  
METODOLOJİLERİNİN BELİRLENMESİ –  
ÇORUH HAVZASI ÖRNEĞİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**AYŞE ECE AKARCA**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Hatice Eser ÖKTEN**

**İSTANBUL, 2013**

**T.C.**  
**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ENERJİ VE ÇEVRE YÖNETİMİ**

Tezin Adı: Hidroelektrik Santraller İçin Uygun Çevresel Akış Metodolojilerinin Belirlenmesi – Çoruh Havzası Örneği  
Öğrencinin Adı Soyadı: Ayşe Ece Akarca  
Tez Savunma Tarihi: 06/06/2013

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. Tunç Bozbura  
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Doç.Dr. Göksel Demir  
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri  
Tez Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Hatice Eser ÖKTEN

Üye  
Doç.Dr. Göksel Demir

Üye  
Yrd. Doç. Dr. Emine Elmaslar Özbaş

İmzalar  
-----  
-----  
-----

Doyamadığım yeri doldurulamaz varlığa,  
Babama.

## ÖZET

### HİDROELEKTRİK SANTRALLER İÇİN UYGUN ÇEVRESEL AKIŞ METODOLOJİLERİNİN BELİRLENMESİ – ÇORUH HAVZASI ÖRNEĞİ

Ayşe Ece Akarca

Enerji ve Çevre Yönetimi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Hatice Eser Ökten

Haziran 2013, 53

Dünyada ve Türkiye’de, artan nüfus ve doğal kaynaklara artan talep, enerji tüketimi hızla arttırmıştır. Ancak artan enerji tüketimi beraberinde enerji tedarikinde ciddi sorunlar getirmiş ve tüketim-üretim dengesindeki açık ülkemizi enerji ithalatına bağımlı hale getirmiştir. Türkiye en kısa sürede enerji ithalatına bağımlılığı azaltmak amacıyla birincil enerji üretiminde yerel kaynakların kullanımına önem vermelidir. Bu bağlamda hidroelektrik kaynakların verimli kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Hidroelektrik Santraller (HES), tamamıyla yenilenebilir enerji üreterek iklim değişikliğinin önüne geçtiklerinden ve karbondioksit emisyonunu azalttıklarından, çevreye olumlu etkisi olan tesisler olarak görülmektedir. Fakat yine de ekosistem üzerinde bazı olumsuz etkileri bulunabilir. Önemli olan, söz konusu etkilerin ne derecede olacağı ve bunların ne oranda azaltılabileceğidir. Proje sahibinin optimum kâr elde etme hedefi ile doğal kaynakların korunması, zaman zaman birbirleriyle çelişen kavramlar olabilir.

Bu çalışma kapsamında, temel olarak genel literatür taraması ile birlikte, HES’lerin işletme süresi boyunca bölgedeki su yaşamı üzerindeki etkileri ele alınmakta ve ayrıca dünya çapında kabul görmüş çevresel akış metodolojileri incelenmektedir. HES projeleri konusunda oldukça gündemde olan Çoruh Havzası bir inceleme örneği olarak ele alınmış ve bölgede baskın tür olan alabalıkların korunması amacıyla çevresel akış ihtiyacı bakımından uygulamalar değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** hidroelektrik, can suyu, çevresel akış, alabalık

## ABSTRACT

### IDENTIFICATION OF THE ENVIRONMENTAL FLOW METHODOLOGIES FOR HYDROELECTRIC POWER PLANTS – CASE STUDY, ÇORUH BASIN

Ayşe Ece Akarca

Energy and Environment Management

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Hatice Eser Ökten

June 2013, 53

The energy consumption has grown rapidly due to the increasing population and demand in natural resources both in Turkey and in the world. This rapid increase in the energy consumption brought up problems in the energy supply which caused Turkey to become dependent on energy import due to the unbalanced energy demand-supply chain. Turkey needs to boost use of natural resources in primary energy generation. In this regard, efficient use of hydroelectric resources should be underlined.

Hydroelectric power plants (HEPPs) are considered environmentally positive because they generate entirely renewable energy thus prevent further climate change and help reducing carbon dioxide emissions. However they may also have some adverse impacts on the ecosystem. The critical issue is to what extent the impact will be on the ecosystem or how these impacts can be mitigated. Profit optimization of the project owner and protecting the sustainability of the natural resources may sometimes conflict.

Within the scope of this study impacts of HEPPs on the aquatic life are evaluated by mentioning globally accepted environmental flow methodologies. The ecological requirements of the aquatic habitat - mostly the important trout species in the Çoruh region - are evaluated as a case study and environmental flow requirements are investigated.

**Keywords:** hydroelectricity, minimum flow, environmental flow, trout

## İÇİNDEKİLER

TABLolar	vii
ŞEKİLLER	viii
KISALTMALAR	ix
1 GİRİŞ	1-10
2 DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE HİDROELEKTRİK ENERJİ	4
3 HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ	6
4 HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE ÇEVRESEL AKIŞ MİKTARININ BELİRLENMESİ	8
4.1 TERMİNOLOJİ	9
4.2 YASAL ÇERÇEVE	10
5 DÜNYADA KULLANILAN ÇEVRESEL AKIŞ YÖNTEMLERİ	12
5.1 HİDROLOJİK GEÇMİŞE/İSTATİSTİKLERE DAYALI METOTLAR	14
5.1.1 Yıllık Ortalama Düşük Akışa (YODA) Dayanan Metotlar	15
5.1.2 $Q_{347}$ ’ na Dayanan Metotlar	15
5.1.3 Tennant Metodu, Yıllık Ortalama Akım (YOA) bazlı Metotlar	16
5.1.4 “7Q10” Metodu	17
5.2 MORFOLOJİ / HİDROLİK BAZLI METOTLAR	18
5.3 HABİTAT MODELLEME METOTLARI	18
5.4 BÜTÜNSEL METOTLAR	20
5.5 DİĞER METOTLAR	21
5.6 METOTLARIN KIYASLANMASI	22
6 ÇORUH HAVZASININ ÇEVRESEL AKIŞ GEREKSİNİMİ BAKIMINDAN İRDELENMESİ	25
6.1 BÖLGEDEKİ YILLIK ORTALAMA AKIŞ (YOA) MİKTARI	26
6.2 ÇORUH HAVZASI BÖLGESİ FAUNA ÖZELLİKLERİ	27



<b>6.3</b>	<b>BÖLGEDEKİ HEDEF BALIK TÜRLERİ.....</b>	<b>28</b>
6.3.1	<i>Salmo trutta labrax</i> (Karadeniz Alabalığı) .....	28
6.3.2	<i>Salmo trutta fario</i> (Dere Alabalığı).....	29
6.3.3	<i>Salmo trutta macrostigma</i> (Anadolu ya da Dağ Alabalığı).....	29
<b>6.4</b>	<b>HEDEF BALIK TÜRLERİNİN EKOLOJİK GEREKSİNİMLERİ .....</b>	<b>30</b>
6.4.1	Suyun Sıcaklığı ve Çözünmüş Oksijen Miktarı .....	30
6.4.2	Mevsimsel ve Uzun Dönemli Hareketler .....	31
6.4.3	Yumurtlama Alanı .....	32
6.4.4	Sediment Türü.....	33
6.4.5	Su Derinliği, Hızı ve Çakıl Türü .....	34
6.4.6	Çukurcukların Sedimentasyonu ve Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonu .....	35
6.4.7	Derenin Kanal Morfolojisi ve Balıkların Beslenme Alışkanlıkları.....	36
6.4.8	Özet.....	37
<b>6.5</b>	<b>UYGUN ÇEVRESEL AKIŞ METODOLOJİLERİ.....</b>	<b>41</b>
6.5.1	Hidrolojik Geçmişe Dayalı Metotlara Göre Değerlendirme .....	41
6.5.2	Morfoloji/ Hidrolik Bazlı Metotlara Göre Değerlendirme.....	42
6.5.3	Habitat Modelleme Metodlarına Göre Değerlendirme .....	44
6.5.4	Bütünsel Metotlara Göre Değerlendirme .....	46
<b>7</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>48</b>
	<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>51</b>

## **TABLULAR**

Tablo 5.1: Tennant Yöntemi Çevresel Akış Rejimleri.....	16
Tablo 5.2: Farklı çevresel akış metotlarının karşılaştırılması .....	24
Tablo 6.2: Aksu Deresindeki Salmonidlerin biometrik ve ekolojik gereksinimleri .....	40

## ŞEKİLLER

Şekil 5.1: Kategorilerine göre dünyada kullanılan çevresel akış metodoloji sayısı ve kullanım oranları .....	13
Şekil 5.2: Farklı dünya bölgeleri için altı tür çevresel akış yönteminin oranı .....	14
Şekil 5.3: Akış hızı ile ilgili değişik tercihleri olan balık türleri.....	19
Şekil 6.1: Çoruh Havzası Haritası.....	25
Şekil 6.2: Karadeniz alabalığı .....	29
Şekil 6.4: Dağ alabalığı.....	30
Şekil 6.5: Manning-Strickler formülünün parametreleri ve düşük akış kanalının çapraz kesiti .....	43

## KISALTMALAR

BBM	:	Bina Blok Modeli
CI	:	Koruma Cemiyeti
ÇED	:	Çevresel Etki Değerlendirmesi
ÇŞB	:	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DRIFT	:	Zorlanan Akış Değişiminin Akış Yönü Tepkisi
DSİ	:	Devlet Su İşleri
DSS	:	Digital Signature Standard
EİE	:	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
GEF	:	Küresel Çevre Fonu
HES	:	Hidroelektrik Santral
IHA	:	Uluslararası Hidroelektrik Derneği
WB	:	Dünya Bankası
YOA	:	Yıllık Ortalama Akış
YODA	:	Yıllık Ortalama Düşük Akış

# 1 GİRİŞ

Dünyada ve Türkiye’de, artan nüfus ve doğal kaynaklara artan talep, enerji tüketimi hızla arttırmıştır. Ancak artan enerji tüketimi beraberinde enerji tedarikinde ciddi sorunlar getirmiş ve tüketim-üretim dengesindeki açık ülkemizi enerji ithalatına bağımlı hale getirmiştir. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesinin 2012 yılında yayınladığı rapora göre; 1990-2011 yılları arasındaki yirmi bir yılda toplam birincil enerji üretimi yüzde 26 oranında artmış, bu dönemdeki toplam birincil enerji arzı ise yüzde 115 lik bir artış göstermiştir. Üretimin toplam birincil enerji arzını karşılama oranı 1990 yılında yüzde 48 iken, geçen yirmi bir yılda bu oran yüzde 28’e inmiştir. Buna bağlı olarak bahsedilen 21 sene içinde enerjide dışa bağımlılık birincil enerji arzında yüzde 52’den yüzde 72’lere yükselmiştir(Enerji Raporu, 2012). Bu sebeple Türkiye en kısa sürede enerji ithalatına bağımlılığı azaltmak amacıyla birincil enerji üretiminde yerel kaynakların kullanımına önem vermelidir. Bu bağlamda hidroelektrik kaynakların verimli kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Hidroelektrik Santraller (HES), tamamıyla yenilenebilir enerji üreterek iklim değişikiminin önüne geçtiklerinden ve karbondioksit emisyonunu azalttıklarından, çevreye olumlu etkisi olan tesisler olarak görülmektedir. Fakat yine de ekosistem üzerinde bazı olumsuz etkileri bulunabilir. Önemli olan, söz konusu etkilerin ne derecede olacağı ve bunların ne oranda azaltılabileceğidir. Proje sahibinin optimum kâr elde etme hedefi ile doğal kaynakların korunması, zaman zaman birbirleriyle çelişen kavramlar olabilir. HES’in inşası ve işletilmesinin, bölgeye özgü balık nüfuslarını tehdit etmesi olasıdır. Akarsu kolunun çevrildiği noktadaki can suyunun dikkatli bir şekilde yönetilmemesi halinde bu kol üzerindeki yerel balık türlerin yok olma riski hayli yüksektir. Halihazırda Türkiye’deki bir çok HES projesinin muhtemel etkilerine ilişkin tartışmalar sürmektedir.

Bu çalışma kapsamında, temel olarak genel literatür taraması ile birlikte, HES'lerin işletme süresi boyunca bölgedeki su yaşamı üzerindeki etkileri ele alınmakta ve ayrıca dünya çapında kabul görmüş çevresel akış metodolojileri incelenmektedir. HES projeleri konusunda oldukça gündemde olan Çoruh Hazası bir inceleme örneği olarak ele alınmış ve bölgede baskın tür olan alabalıkların korunması amacıyla çevresel akış ihtiyacı bakımından uygulamalar değerlendirilmiştir.

Bu çalışma, özel sektörde edinilen tecrübeler ve yerli ve yabancı uzmanlar tarafından hazırlanan bilimsel verilere dayanarak, çeşitli ülkelerden farklı yaklaşımların değerlendirilmesi ve Türkiye'deki mevcut durumun da göz önüne alınması ile hazırlanmış bir tez çalışmasıdır.

Bu çalışmanın amacı Türkiye'de hem balık popülasyonunun korunmasını sağlayacak bir can suyu düzenlemesinin geliştirilmesine, hem de HES'lerden mümkün olduğunca fazla enerji elde edilmesine imkan sağlayacak bir metodun uygulanmasını vurgulamaktır.

Dünya çapında bugüne kadar çevresel akışı tanımlayabilmek için bir takım metodolojiler geliştirilip uygulanmıştır. Temel olarak bu metodolojiler hidrolojik geçmişe/istatistiklere dayalı metotlar, hidrolik bazlı metotlar, habitat modellemesine dayanan metotları, bütünsel metotlar, birleşik metotlar ve diğer yaklaşımlar olmak üzere altı kategoride toplanmaktadır.

Genel olarak hidrolojik metotlar farklı iklim, hidrolojik ve ekolojik jeo-bölgelere kolayca uygulanmaktadır. Hidrolik/morfolojik yaklaşımlar da hidrolik ve ekoloji arasında yakın bir ilişki olduğu varsayımını baz almaktadırlar ancak bu tür bir yaklaşımın uygulanması ancak hidrolik ve ekolojik cevaplar arasındaki ilişkisinin ikinci bir araştırmasından sonra uygun olabilir. Habitat modelleri ekolojik gereksinimlerini göz önünde bulundurur ve bir nehir kolundaki spesifik şartlara uyarlanabilir. Bütünsel metotlar bir nehir sistemi için bütün ilgili

etmenleri göz önünde bulundurur. Bu sadece fiziksel süreçlerle ekolojik fonksiyonları dahil etmekle kalmaz ama aynı zamanda sulama ihtiyaçları ya da tarımsal alanların taşkın ile sulanması gibi insan kullanımını da kapsamaktadır.

Kısacası, her duruma ve şarta uyan tek bir çözüm belirlemek mümkün değildir. Dünya çapında bir çok ülke bu durumu göz önünde bulundurmakta ve nehir ekosistemlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak için gösterilen çabalar gün geçtikçe artmaktadır.

## 2 DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK ENERJİ

Uluslararası Hidroelektrik Derneği (IHA)' nin çalışmalarında, dünyanın teknik hidroelektrik kapasitesi 14,2 trilyon kWh/yıl olarak hesap edilmektedir. Ekonomik hidroelektrik kapasite ise 8,1 trilyon kWh/yıl dır. Dünyadaki teknik kapasitenin yüzde 57' sinin ekonomik kapasite olduğu ve en büyük kapasitenin Asya kıtasında olduğu, Asya kıtasını sırasıyla Güney Amerika, Afrika, Kuzey Amerika, Avrupa ve Okyanusya kıtalarının izlediği bilinmektedir(Arman F.).

Türkiye' nin, deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1300 metre civarındadır. Yurdumuza düşen yıllık ortalama yağış 501 milyar m<sup>3</sup> ve bunun akarsulara dönüşen kısmının 186 milyar m<sup>3</sup> olduğu bilinmektedir(Arman F.).

DSİ ve EİE tarafından, Türkiye' nin mevcut 26 havzasında yapılan çalışmalar ve stokastik hesaplamalar neticesinde Türkiye' nin teorik Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyeli brüt 433 milyar kWh/yıl, teknik potansiyel 250 milyar kWh/yıl, ekonomik elektrik enerji üretim potansiyeli 126 milyar kWh/yıl olarak belirlenmektedir. Bu rakamlarla, Türkiye, dünya hidroelektrik potansiyeli içinde yüzde 1 payı ile sekizinci sırada gelmektedir. Teknik yapılabilir potansiyel olan 250 milyar kWh/yıl ile Avrupa potansiyelinin yaklaşık yüzde 20' si mertebesinde hidroelektrik potansiyele sahip bulunmaktadır. Bir başka açıdan baktığımızda Türkiye Avrupa hidrolik potansiyelinde Rusya ve Norveç' ten sonra üçüncü sırada gelmektedir.

DSİ ve EİE, Türkiye' nin ekonomik olarak geliştirilebilir hidroelektrik kapasitenin yıllık 126 milyar kWh/yıl civarında olduğunu hesaplamaktadır. Burada anahtar kavram 'ekonomik olarak yapılabilirlik' kavramıdır.

Türkiye'de küçük hidroelektrik santraller hidroelektrik enerji üretiminde önemli bir potansiyele sahiptir. Türkiye'nin teorik olarak brüt küçük hidroelektrik potansiyeli 50000 GWh/yıl, teknik ve ekonomik yapılabilir küçük hidroelektrik potansiyelleri ise sırasıyla 30000 GWh/yıl ve 20000 GWh/yıl'dır (Akpınar ve diğ., 2009).



Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2023 yılına kadar; 126 milyar kWh/yıl (36000 MW) olan hidroelektrik potansiyelin tamamını kullanmayı hedeflemektedir.

### 3 HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Hidroelektrik enerji üretimi prensibi, suyun potansiyel enerjisini önce mekanik, sonra elektrik enerjisine çevirmektir. Belirli bir seviyedeki/ seviyeye getirilmiş su, daha düşük seviyedeki türbinlere iletilir. Kazandığı kinetik enerji ile büyük bir hızla türbinlere çarpan su, türbin milini döndürür ve jenaratörü çalıştırmasıyla elektrik enerjisi üretilmiş olur.

Hidroelektrik güç santralleri genel olarak çözümü kolay olmayan ikilemler yaratmaktadırlar. Bir yandan küresel düzeyde tamamen yenilenilebilir enerji ürettikleri, iklim değişimini önledikleri ve karbondioksit emisyonlarını azaltmaya yardımcı olduklarından dolayı çevresel anlamda pozitifler. Öte yandan ve yerel düzeyde, nehir ekosistemlerini ciddi anlamda etkileyebilirler.

Farklı tipteki hidroelektrik santrallerinin farklı tipte ekolojik etkileri vardır. Depolamasız HES'ler, depolamalı (barajlı) ve büyük ölçekli HES'lerin oluşturduğu (yerleşim birimleri ve tarihi eserlerin su altında kalması, ekolojik yapının bozulması vb.) olumsuz çevre etkilerine yol açmamaktadırlar. Derivasyon tipi olan depolamasız (nehir tipi) hidroelektrik santrallerinin etkileri genel olarak çok daha azdır ancak yine de bu santraller nehrin fiziksel ve biyolojik özelliklerinde çeşitli değişimler yaratabilirler.

Mevcut nehir tipi HES'lerde suyun hepsi ya da büyük çoğunluğu kullanıldığından regülatör ile santral arasında çok az su bulunmaktadır. Can suyu olarak adlandırılan bu su miktarı DSİ ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan bazı yönetmeliklerle belirlenmektedir. Türkiye geneline bakıldığında, can suyu miktarı hesaplarının, dünya çapındaki uygulamalarına göre oldukça zayıf olduğu düşünülmektedir.

Ancak çok yoğun akış olduğu ve proje debisi türbinlerin kapasitesini aştığı zaman bu tip projelerde yüksek miktarda su nehre bırakılmaktadır ki bu da çok sıklıkla karşılaşılan bir durum değildir. Bunun haricinde bazı durumlarda mevcut kolu besleyen

yan kollar ya da yüzey suyuna katılan yer altı akışı normal akışı olumlu etkileyen faktörlerdir.

## 4 HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE ÇEVRESEL AKIŞ MİKTARININ BELİRLENMESİ

Çimenci (2011) tarif ettiği gibi:

*Deredeki balıkların çoğu, eğer suyun derinliği, hızı, suyun sıcaklığı, sudaki çözülmüş oksijen miktarı ve suyun temizliği uygun ise yumurtalarını deredeki göllerin aşağısındaki pürüzlü dalgalı yerlerde depo ederler. Eğer dereden gerektiği kadar su akmazsa, toprak sedimentleri ırmağın tabanını doldurur. Çok ince toprak sedimatasyonu derenin yatağına düştükten sonra, balık yumurtlama alanlarını battaniye gibi kaplayıp balık yumurtalarını öldürür. Yumurtalar oksijen alamaz duruma gelir. Çok ince siltli kumlar oksijen üreten bitkileri örter, balık besini olan böcekleri ortadan kaldırır. Böylece balığın yumurtladığı, beslendiği habitatı yani yaşadığı yeri canlılar için yaşanmaz bir yer haline getirirler.*

....

*Suyun sıcaklığı, suda çözülmüş oksijen miktarı, dere tabanına yığılan ince kum tabakası ve diğer kimyasal maddeler dere havzasındaki canlı yaşama etkileri fazladır. Suda çözülen oksijen balıklar için hava gibidir. Deredeki az su, sıcaklığı yüksek olan su demektir. Aynı zamanda yumurtalar ve balıklar için çok önemli olan çözülmüş oksijeni az olan sudur. Alabalık cinsleri belli bir sıcaklık arasında yaşayabilirler. Bu sıcaklıkların dışında, balıklarda stres ve kısırlaşmalara neden olur ve suyun sıcaklığının yüksek olduğu yerlerde yaşamlarını devam ettirmeleri imkansız gibidir.*

HES'lerde regülatör ile santral arasındaki akışın azaltılmasının en belirgin fiziksel sonuçları aşağıdaki gibi olabilir:

Birinci dereceden etki:

- i. Azalan akış

İkinci dereceden etkiler:

- i. Azalan su hacmi
- ii. Azalan su derinlikleri
- iii. Azalan akış hızları
- iv. Azalan taban kayma gerilmesi ve sediment taşıma kapasitesi
- v. Azalan ıslak çevre
- vi. Yaz aylarında artan su sıcaklıkları
- vii. Kış aylarında azalan su sıcaklıkları, olası taban buzu oluşumu

- viii. Olası su kalite problemleri, atık su seyrelmesinin azalması, oksijenin giderek tükenmesi
- ix. Besin miktarı yüksek sularda alg çoğalmasının artması
- x. Nehirde ince materyallerin tortu oluşturması ve ara boşlukların tıkanması.

Bu fiziksel sonuçların da biyolojik fonksiyonlara üçüncü dereceden etkileri olur:

- i. Habitat kalitesinin mevcut akuatik türler için değişmesi
- ii. Tür çeşitliliğinin azalması
- iii. Farklı yaşam evreleri ve yaşam stratejileri için engel oluşumu

Dördüncü derece etkiler:

- i. İkinci derece süreçleri değiştiren biyolojik değişimlerin sonuçları, örn. nehrin bitişiğindeki bitki örtüsündeki olası değişim taşkın sırasındaki hidroliği de değiştirebilir

Nehir ekosistemlerindeki hidroelektrik santrallerin bahsedilen etkilerini kompanse etmek için, DSİ ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan bazı düzenlemelerle lisans sürecinde can suyu miktarı belirlenmektedir. Ancak bu tip düzenlemeler konuyu çok genel tanımlamakta ve çoğunlukla spesifik durum ile ilgili yetersiz bir değerlendirme olarak kalmaktadır. Kısaca belirtmek gerekirse, her duruma ve şarta uyan tek bir çözüm belirlemek mümkün değildir.

Dünya çapında bir çok ülke bu durumu göz önünde bulundurmakta ve nehir ekosistemlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak için gösterilen çabalar gün geçtikçe artmaktadır.

#### **4.1 TERMİNOLOJİ**

Genel olarak terimlerle ilgili büyük bir karmaşa söz konusudur. Bu sebeple bu çalışmada kullanılan terimlerin tam olarak ne anlama geldiğini açıklamak yardımcı olabilir.

“Çevresel akış artık yaygın olarak kabul edilen bir terim ve nehir ağzı, yakın sahil ekosistemleri ile civardaki insanların ihtiyaçları için gerekli olan miktar, zamanlama, süre ve sıklık ile suyun devamlılığını sağlayabilmesi için suyun akış kalitesini kapsamaktadır. Avrupa Birliğinin Su Çerçevesi Direktifi (Water Framework Directive) çevresel akış terimini açık bir şekilde kullanmıyor ama üye ülkelerden bütün su kütlelerin için yüksek ekolojik kalite elde etmelerini şart koşmaktadır, ki bu da akuatik biyolojiye dayanarak ölçülmektedir. Bununla birlikte, ekolojik olarak uygun olan hidrolojik rejimlerin bu statüye ulaşabilmek için gerekli olduğu kabul edilmiştir. Çevresel akışı uygulamak nehir ekosistemlerini iyileştirmek ve idare etmek için önemli bir ölçüt olacaktır” (Acreman & Ferguson, 2010).

Can Suyu ya da çevresel akış havza minimum su ihtiyacı ile kullanım ihtiyaçlarının (muhtelif aylarda veya sürekli) üzerine sadece canlı hayat için eklenmiş olan miktardır.

Bu çalışmada genel olarak Türkiye’deki ve dünyadaki can suyu yaklaşımlarından bahsedilip seçilen pilot bölgeye uygun metodoloji belirlenmesi için öneriler sunulacaktır.

## **4.2 YASAL ÇERÇEVE**

Ülkemizde can suyu kavramı ve hesaplanmasına yönelik çalışmalar, 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu sonrasında ilk kez bu boyutta gündeme gelmiştir. Bu kanuna istinaden 2003 yılında çıkarılan “Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Anlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik” ile tüzel kişiler tarafından hidroelektrik enerji üretim tesisleri kurulması ve işletilmesine ilişkin DSİ ve tüzel kişiler arasında düzenlenen Su Kullanım Hakkı Anlaşması çevrenin korunması için çeşitli hükümleri de içermektedir.

Hidroelektrik Santrallardan nehir yataklarının mansabına doğal hayatın devamı için bırakılması gereken su miktarına ilişkin düzenleme 18.08.2009 tarih ve 27323 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Elektrik Piyasasında Üretim

Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Anlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” Madde 7 ile en güncel halini almıştır. Bu maddede “ doğal hayatın devamı için mansaba bırakılacak su miktarı projeye esas alınan son on yıllık ortalama akımın en az yüzde 10’u olacaktır. Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) sürecinde ekolojik ihtiyaçlar göz önüne alındığında bu miktarın yeterli olmayacağının belirlenmesi durumunda miktar artırılabilir. Belirlenen bu miktara mansaptaki diğer teessüs etmiş su hakları ayrıca ilave edilecek ve kesin proje çalışmaları belirlenen toplam bu miktar dikkate alınarak yapılacaktır. Nehirde son on yıllık ortalama akımın yüzde 10’undan daha az akım olması halinde suyun tamamı doğal hayatın devamı için mansaba bırakılacaktır” denmektedir. Ayrıca, menba ve mansabında değişen ve gelişen şartlar çerçevesinde, havzada ihtiyaçların önceliği, havzanın gelişim durumu ve menba-mansap ilişkisi göz önünde bulundurularak, bu hidroelektrik santral projesi ile ilgili ilk Su Kullanım Hakkı Anlaşmasının imzalandığı tarihten itibaren yirmi yıllık periyotlar sonunda, havzadaki hidrolojik veriler, mevcut ve mutasavver projelerdeki değişiklikler ile ihtiyaçların güncelleştirilmesi gereği üzerinde durulmaktadır.

Bu madde ile üzerinde hidroelektrik santral planlanan her nehir havzasında “projeye esas alınan son on yıllık ortalama akımın en az yüzde 10’u” olarak belirtilen miktarda suyun can suyu ya da bir başka deyişle çevresel akış olarak mansaba bırakılması bir esasa bağlanmış olmaktadır.

4628 Sayılı Kanun sonrasında hidroelektrik santral projelerinin hayata geçirilmesinde atılan hızlı adımlar proje bazında havza ihtiyaçlarına göre çevresel akışın belirlenmesi için atılamamıştır. Ülkemizde halen bir çok akarsu havzası için ekolojik potansiyelin ihtiyaçlarını belirlemeyi hedefleyen çeşitli sektörler bazında alınması gereken önlemler konusunda yapılmış kapsamlı bir “Master Plan” çalışması olarak kabul edilecek bir çalışma yoktur. Bu nedenle, HES projeleri hayata geçirilirken mansap kadim su hakları haricinde canlı hayatın devamlılığını sağlamak amacıyla bırakılacak su miktarının hesaplanması için global yöntemler kullanılmaktadır.

## 5 DÜNYADA KULLANILAN ÇEVRESEL AKIŞ YÖNTEMLERİ

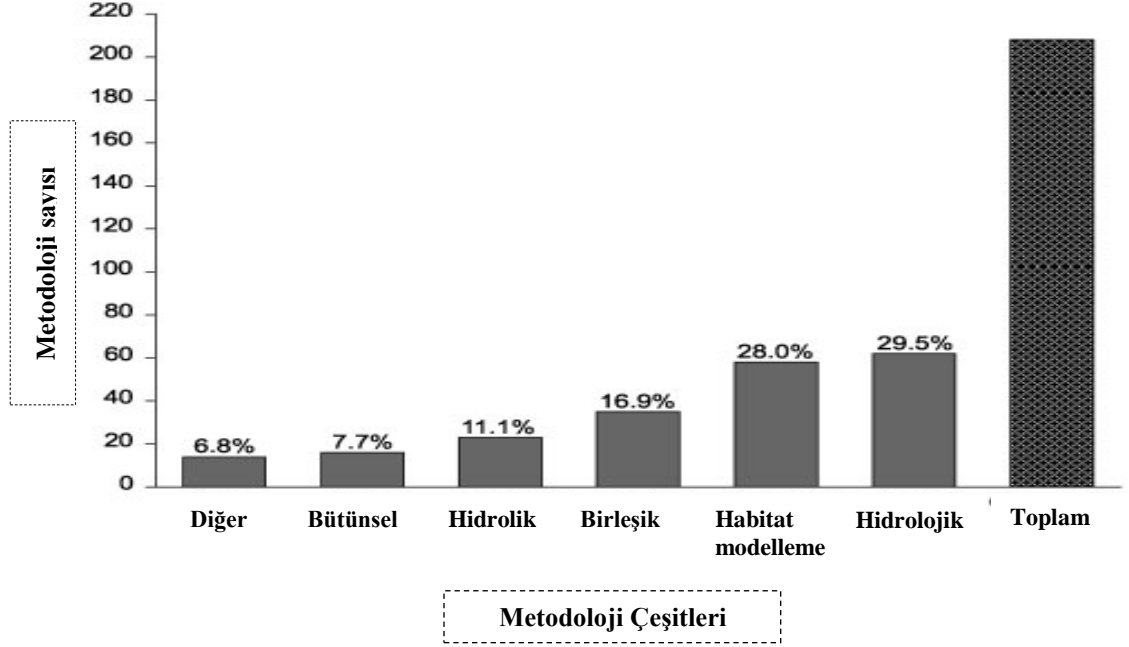
Dünya çapında bugüne kadar çevresel akışı tanımlayabilmek için bir takım metodolojiler geliştirilip uygulanmıştır. Bunlar prensipte altı kategoride toplanmaktadır:

1. Hidrolojik geçmişe/istatistiklere dayalı metotlar
2. Hidrolik bazlı metotlar
3. Habitat modellemesine dayanan metotları
4. Bütünsel metotlar
5. Birleşik metotlar
6. Diğer yaklaşımlar

Tharme (2003) dünya çapında 44 ülkenin çevresel akış çalışmalarını incelemiş ve aşağıda (**Şekil 5.1**) gösterildiği gibi dünyada kullanım oranlarını sınıflarına göre göstermiştir. Görüldüğü üzere hidrolojik bazlı modeller yüzde 29.5 ile en sık kullanılanlar olduğu ancak habitat simülasyon uygulamaları methodları da yüzde 28 ile onları yakından takip etmektedir. Bu analiz tam anlamıyla temsili olmayabilir ama bağlantılı ekosistemlerin gereksinimleri ile yakından ilişkili olan çevresel akış ile daha güvenilir araştırmalara doğru bir trend olduğunu da göstermektedir.



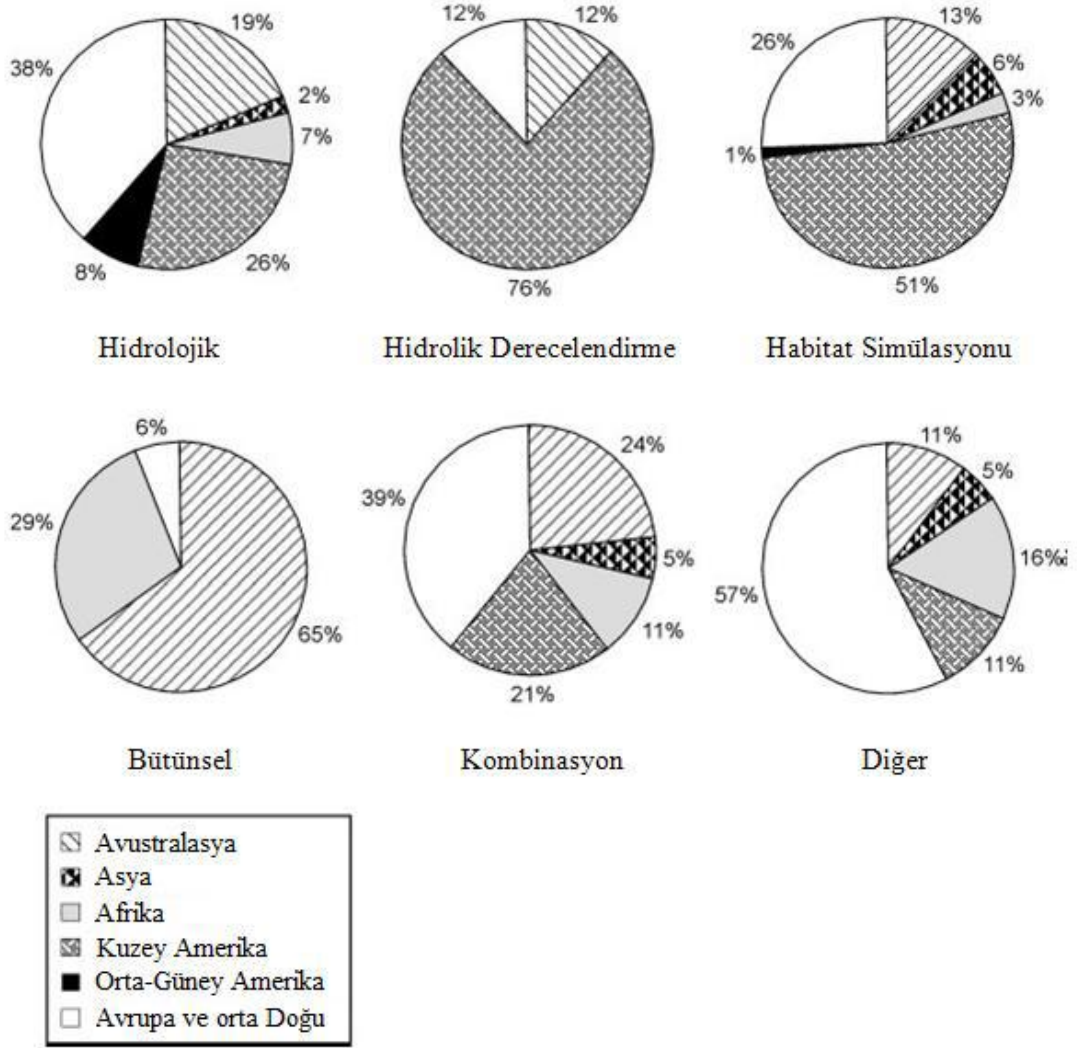
**Şekil 5.1: Kategorilerine göre dünyada kullanılan çevresel akış metodoloji sayısı ve kullanım oranları**



*Kaynak:* Tharme, 2003.

Ayrı ülkeler için önceden tanımlanan altı dünya bölgesinde uygulanan yöntem türlerindeki eğilimler, tür ve bölge bazında Error! Reference source not found.' de österilmiştir. Tüm bölgeler tarafından kullanılan sadece iki tür yani hidrolojik ve habitat simülasyon yöntemleri Orta ve Güney Amerika tarafından temsil edilirken, yöntem türlerinin tüm takımı sadece Avustralya ve Avrupa tarafından uygulanmıştır(Çimenci, 2011).

**Şekil 5.2: Farklı dünya bölgeleri için altı tür çevresel akış yönteminin oranı**



*Kaynak:* Tharme, 2003.

## 5.1 HİDROLOJİK GEÇMİŞE/İSTATİSTİKLERE DAYALI METOTLAR

Çevresel akış önerileri için en basit hidrolojik metodolojileri temelde genellikle doğallaştırılmış, aylık ya da günlük akış kayıtlarının kullanımı ile hidrolojik verilere dayanmaktadır. Bunlar sıklıkla sabit-yüzde ya da tablodan-bakılan değerlere dayalı metodolojiler olarak adlandırılır ve tatlı su balıkçılığını korumak için, sıklıkla minimum akış olarak adlandırılan ve çevresel akış düzenlemelerini genellikle yıllık, mevsimlik ya da aylık bazda temsil eden sabit bir akış oranıdır.

### 5.1.1 Yıllık Ortalama Düşük Akışa (YODA) Dayanan Metotlar

Almanya'nın bazı eyaletlerinde kamu kuruluşları minimum akış önerileri için çeşitli kılavuzlar tanımlamıştır. 1980'lere kadar bu yönergeler çoğunlukla uygulanmamıştır, özellikle düşük akış periyotlarında nehirde su kalmamıştır. Böylece nehir ekosistemi için minimum işlevleri tutabilmek için daha uygulanabilir bir limit koymaya ihtiyaç doğmuştur. Metodun basit ve uygulama bazlı olması gerektiğinden bu taban akış Yıllık Ortalama Düşük Akış (YODA) yüzdesi olarak tanımlanmıştır.

Baden-Württemberg'de bu taban akışı orijinalde 1/3 YODA olarak tanımlanmıştır, Bavaria'da en düşük limit 5/12 YODA olarak ayarlanmıştı ancak HES'in ekonomik operasyonu tehlikeye girdiğinde işleme konulmasına izin verilecekti. Saxonia'da 1/3 YODA da taban akış olarak tanımlanmakta ancak oryantasyon olarak yüzde 100 YODA kullanmaya meyillidir.

2001 yılında Alman Federal Çevre Dairesi hidrolojik eşikler belirlemek yerine ekolojik koşulların minimum akış ölçümlerine dahil edilmesi ve akış düzenlemelerinin de doğal akış dinamiklerine uyarlanması gerektiğini belirtmiştir. Örneğin, Baden-Württemberg'de bölgesel çevreyi koruma dairesi 1/3 YODA'nın sadece taban akışının ilk tahmini olarak kullanılması gerektiğini ortaya koymuştur ama aynı zamanda da su derinliğinin eşiği ile hidrolik özelliklerin göç periyotlarında ve habitat gereksinimlerinde çevresel akışın tanımı için kullanılmasını önermektedir. Kılavuzların ekinde farklı ekolojik balık bölgelerindeki belirleyici türler için gereksinimleri listelemiş bulunmaktadır(Fichtner, 2010).

### 5.1.2 $Q_{347}$ ' na Dayanan Metotlar

$Q_{347}$  İsviçre Yüzey Su Koruma Kanunu içinde kullanılan bir kısaltmadır ve yüzey sularının geçici ile normal akışları arasındaki farklılıkları ortaya koymaktadır.  $Q_{347}$  yılın 347 günü için aşılacak akış hızıdır.  $Q_{347} > 0$  olan sular kalıcı akış olarak tanımlanmaktadır ve geçici akışlara nazaran yüksek koruma seviyesi sağlanmaktadır.

Bu metot İsviçre'nin iç kısımlarında ve dağlarında bulunan, hidroelektrik üretimi için kullanılan bir takım ırmakların incelenmesini baz almıştır. Bu incelemeler sonucunda türetilen ampirik öneriler incelenen ırmaklarda bulunan alabalık popülasyonunu muhafaza etmek için gereken minimum akış olarak düşünülmüştür. Bu metodun başka ırmaklara ya da başka bölgelere aktarabilirliğinin pek verimli olacağı tahmin edilmemektedir.

### 5.1.3 Tennant Metodu, Yıllık Ortalama Akım (YOA) bazlı Metotlar

Tennant ya da Montana Metodu (Tennant, 1976) dünyada en sık uygulanan hidrolojik metodoloji haline gelmiştir. Geliştirilmesinde çok kapsamlı analiz edilen verilerin kullanılması nedeniyle diğer birçok hidrolojik metodolojiden farklıdır.

Değerlendirmenin sonucu, mevsimlik bazda ve önerilen minimum akışa göre, farklı yıllık ortalama akış (YOA) yüzdelerini farklı nehir koşulların kategorisine bağlayan bir tablodur. Farklı iki 6 aylık periyot için akış rejimi, yaban hayatı, rekreasyon ve benzer çevresel değerlerle ilgili akış şartlarını tanımlamak için yıllık ortalama akışın (YOA) bir yüzdesini kullanır. Tennant, bunlara Ekim-Mart ve Nisan-Eylül dönemi tavsiye edilen baz akım rejimleri adını vermiştir. Akışa bağlı durum kategorilerin “zayıf ya da minimum”dan (%10 YOA) “optimum oran” (%60-100 YOA) arasında değişmektedir.

**Tablo 5.1: Tennant Yöntemi Çevresel Akış Rejimleri**

Genel Akış Koşullarının Tanımı	Tavsiye Edilen Akış (YOA' ın yüzdesi olarak) Ekim- Mart	Tavsiye Edilen Akış (YOA' ın yüzdesi olarak) Nisan- Eylül
Taşkın veya maksimum	%200	%200
Optimum aralıkta	%60-100	%60-100
Mükemmel	%40	%60
Çok iyi	%30	%50
İyi	%20	%40
Orta	%10	%30
Zayıf	%10	%10
Çok az	<%10	<%10

Tennant yöntemi orijinal veya uyarlanmış şekilde en az 25 ülkede kullanılmaktadır. Bu yöntemin tercih edilmesinin en önemli nedeni basitliği ve kullanım kolaylığıdır. Temel yaklaşımın bazı formları Kuzey Amerika'da kullanılmaktadır. Alaska'da kullanılmak üzere balık ekolojisi için uzman bilgi, akış süre tahminleri ve aylık ortalama akış endeksi ekleyerek genişletilmiş Tennant yaklaşımı sunmuştur(Fichtner, 2010).

Türkiye'de ise can suyu hesabında çoğunlukla Tennant Methoduna başvurulmaktadır. Yönetmelikte önerilen bu yöntem, Yıllık Ortalama Akımın (YOA) belli yüzdeleri ve bu miktardaki suyun ABD'nin Montana eyaletinde bulunan nehir havzalarındaki sucul habitat üzerindeki etkilerinin zayıftan-güçlüye kadar nitel sınıflamasına dayanan "Montana" ya da diğer adıyla "Tennant" yönteminin ülkemize uyarlanmış bir versiyonudur. Ancak bir çok rapor Tennant metodunu baz aldığını belirtip, yüzde 10 akıştan fazla bir akış miktarı önermemektedir. Bu miktarın bir çok koşulda nehir ekosistemlerinin ihtiyaçlarını karşılamadığı tahmin edilmektedir.

#### **5.1.4 "7Q10" Metodu**

7Q10 indisi dünyada en yaygın kullanılan indistir. 7Q10 indisi, günlük akış verisini kullanarak 10 yıllık periyottaki 7 günlük düşük akış olarak ifade edilir. Çeşitli ülkelerde çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Bu yöntem, genel olarak, atık sular, kuraklık durumlarında yerleşim alanlarının korunması ve su ortamlarındaki hayatın sürdürülebilirliğini devam ettirebilmek için kullanılır. Genellikle, iyi sonuçlar vermesine karşılık bazı durumlarda daha fazla su bırakılması gereklidir(Çimenci, 2011).

Ancak bu yöntemin asıl kullanım alanı kirlilik kontrolü için su kalitesi standartlarının belirlenmesine katkıda bulunmaktır. Amerikan Balıkçılık ve Yaban Hayatı Servisi 1981 yılında, geçmişte bu yöntemin su ekosisteminin korunması için gerekli minimum akışın saptanmasında kullanımının hatalı olduğunu ifade etmiştir(Çimenci, 2011).

## 5.2 MORFOLOJİ / HİDROLİK BAZLI METOTLAR

Hidrolik metotlar dere kanallarındaki hidrolik geometrik parametrelerin birçoğunu akışla ilişkilendirmektedir. İncelenmiş en kesitleri baz alan hidrolik genişlik, derinlik, hız ve ıslak çeper gibi parametreler kullanılarak bulunmaktadır. Genellikle bu metotlar kumluk alan gibi biyotoplar için sınırlayıcı en kesit verilerini kastetmektedir. Hidrolik, bağlantılı akışın fonksiyonu olarak (ıslak çeper, derinlik, hız) hedef biyota'nın kullanılabilir habitat ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir – dahası hidrolikler biyota için taşıyıcılık görevi görmektedir.

En yaygın hidrolik metodu ise ıslak çeper metodudur. Hidrolik metotları kullanarak minimum akış gereksinimlerini belirtmek için iki kriter ortaya atılmıştır. artan akışla birlikte ıslak çeper artmaktadır. Bu tür bükülme noktası kriteri Tennant'ın yüzde 10'luk bir eşiği tanımlayabilmesi için örn. motivasyon olmuştur, sonuçta çalışma yaptığı nehirlerde derinliğin ve genişliğin ortalamanın yüzde 10'undan az olan akışlarda hızla azaldığını bulmuştur. Başka yazarlar da habitat korunmasının nehrin ortalama akıştaki genişliğini ya da ıslak çeperini bir yüzdeyle ilişkilendirmektedirler.

Dünya çapında hidrolik derecelendirme yöntemlerinde başlı başına çok nadir ilerlemeler olduğunu göstermektedir. Daha ziyade bütünsel yöntemler içinde araçlar olarak ve habitat simülasyonu çevresel akış yönteminin daha ileri bir grubunun geliştirilmesini özendirmedi kilit roller oynamış gibi görünmektedirler. İlaveten, gelecekte hidrolik derecelendirme çevresel akış yönteminin uygulanmaya devam etmesi mümkün olmasına rağmen, diğer yöntemlere göre belirgin bir şekilde daha az rol oynamaları muhtemeldir(Çimenci, 2011).

## 5.3 HABİTAT MODELLEME METOTLARI

Bu yöntemler farklı akış durumlarında akışın fiziksel yaşam için uygunluğunun detaylı olarak analiz yapılarak çevresel akış gereksinimlerinin tayin edilmesinde kullanılır. Yapılan çalışmalarda akış, su derinliği, eğim, kesitin şekli vs gibi değişkenler kullanılarak modellenmektedir. Sonuçlar genellikle habitat-debi eğrileri şeklinde gösterilir ve optimum akımlar bu eğrilerden tahmin edilir(Çimenci, 2011).

Bu yaşam koşulları fiziksel parametrelerle tanımlanmıştır çünkü birçok organizmalar spesifik fiziksel şartlara (hidrolik, morfoloji, su kalitesi) adapte olmaktadır. Error! eference source not found. 'te balık türlerin beden şekillerinden (morfoloji) farklı hidrolik tercihleri olduğu anlaşılmaktadır. Yüksek akış direnci olan Sazan balığı durgun suya adapte olmuştur, yayın balığı kompakt beden şekliyle dip balığı olarak ve Dağ Alabalığı da hızlı akıntılara karşı koyabilen aerodinamik beden yapısına sahiptir.

Habitat araştırmaları son derece uygulamaya yöneliktirler. Bunun nedeni de su kalitesi, kanal morfolojisi veya akışın mekan ve zamansal dağılımı (akış düzenlemesi) gibi fiziksel koşullara dayanmaktadır ve ilk etapta ölçümün etkileri de bu fiziksel koşullarla sınırlandırılmıştır.

### Şekil 5.3: Akış hızı ile ilgili değişik tercihleri olan balık türleri



Habitat modelleme metodlarının bir avantajı ise adım adım prosedürleri anlatan net bir kılavuzu bulunmasıdır. Bu da farklı araştırmacılar tarafından sonuçların tekrar edilmesine izin vermektedir. Bu metodun dezavantajı deneyim gerektirmesidir çünkü aksi halde uygulama kalitesi düşük olmaktadır. En iyi sonuçlar hidrolik mühendisleri, hidrologlar ve ekoloji uzmanlarından oluşan ekiplerin birlikte çalışarak habitat modellemesini baz alan nehir-özel çalışmalarını yapmaları ile elde edilebilmektedir.

Habitat simülasyon modelleri kullanmanın bazı avantajları şöyledir:

- Su ekosisteminin ekolojik durumu doğrudan tipik yerli türün yaşama koşulları ile ilgilidir.
- Habitat modellerinin kullanılması değişen akış oranları ile yapısal özelliklerin etkilerini de hesaba katmaya izin vermektedir ve bir yere kadar da etkilerini tahmin etmek için kullanılabilirler.
- Habitat uygunluğunu belirleyen temel etmenler, suyun derinliğini, akış hızını ve sübatrat koşulları, akış oranındaki değişikliklerden öncelikli olarak etkilemekte ve doğrudan nümerik modellerle değerlendirilebilmektedir.
- Habitat koşulları ile akış oranı arasındaki doğrudan ilişki nedeniyle, habitatın toplam ekolojik gereksinim ölçümleri kantitatif bir temel oluşturularak yapılabilmektedir.

#### **5.4 BÜTÜNSEL METOTLAR**

Bütünsel metotlar bir nehir sistemi için bütün ilgili etmenleri göz önünde bulundurur. Bu sadece fiziksel süreçlerle ekolojik fonksiyonları dahil etmekle kalmaz ama aynı zamanda sulama ihtiyaçları ya da tarımsal alanların taşkın ile sulanması gibi insan kullanımını da kapsamaktadır. Bütünsel metotlar yukarıdan aşağı yöntemi temsil eder, oysa ki burada tanımlanan diğer metotlar sıklıkla tek tür korumayı hedef almakta ve dolayısıyla da aşağıdan yukarı yöntemlerini temsil etmektedir.

En yaygın bütünsel metot Güney Afrika'da geliştirilen Bina Blok Modeli'dir (BBM). Bütünsel metot ve Karşılaştırılma Metodu olarak bilinen benzeri bir metot da Avustralya'da kullanılmaktadır. BBM'den ortaya çıkartılan Zorlanan Akış Değişiminin Akış Yönü Tepkisi (DRIFT) de daha yeni bir metodudur.

Biyofizik, sosyal, ekonomik ve senaryo geliştirme gibi dört modülden oluşan interaktif BBM ve DRIFT yöntemleri diğer çevresel akış metodolojilerine kıyasla yenilikçi değerlendirmeler sunmaktadır.

BBM özellikleri aşağıda listelenmektedir:

- Sınırlı verilerin olduğu durumlar için geliştirilmiştir



- Çeşitli disiplinlerden uzman gerektirmektedir
- Önceden belirlenmiş ve nehrin istenen gelecekteki durumu göstermektedir
- Kimi bazılarında daha önemli olan akışların zamanlama, süre ve şiddet olarak tanımlanmasını sağlamaktadır.

Özetle, iç akış düzenlemesi için kullanılan bütünsel yaklaşımlara dahil edilmesi gereken komponentler; insan tarafından yapılan faydalar (hidroelektrik üretimi, ekin üretimi, su güvenliği, ulusal ekonomi, akuakültür, vb. ) ve ekosistem özellikleri (yaban balık çiftlikleri , su kalitesi, taşkın yatağı fonksiyonları, kültürel ve dini değerler vb.) olarak belirtilebilir.

## 5.5 DİĞER METOTLAR

*Uyarlamalı Yönetim* ABD'nin Pasifik Kuzeybatısında Kolombiya havzasındaki zorlu somon balığı sorunları ile baş edebilmek için geliştirilen bir stratejidir. Kolombiya havzasındaki durum son derece karmaşık durumdadır, eski senelerle kıyaslandığında bir çok somon balığı stoklarının çok düşük seviyelerde olduğu, hatta bazılarının da yüzde 5'in altında olduğu ve bu sebepten dolayı da "Tehdit Altındaki Türleri Koruma Kanunu" tarafından korunmakta olduğu bilinmektedir. Aslında bu durumun tam olarak nedenini ve nasıl etkileşim içerisinde olduklarını anlaşılmamaktadır. Bölgede bir çok büyük baraj ve hidroelektrik santral projesi bulunmaktadır. Bu ise bölgedeki ekosistem üzerinde balıkların göç etmelerinin engellenmesi, hidrolojik rejimlerde değişim, sedimentlerin tutulması, su kalitesinde değişim, besinlerin hapsolmesi ve sıcaklık değişimi gibi olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Aynı zamanda hidroelektrik santraller dışında da ticari balıkçılık endüstrisi, toprak kullanımındaki değişimler (nehir taşıma seti, taşkın yatağı kayıpları) ve bir çok faktör nedeniyle su koşullarında değişim söz konusudur. Bu sistemlerin altında yatan mekanizmaları anlamak çok zor olduğundan dolayı, bazı havzalarda *Uyarlamalı Yönetim* geliştirilmiştir. Bu yöntem son derece sistematik bir yaklaşım olup sadece deneme ve yanılma metodu değildir.

Temel olarak, bir sorun belirlenip tanımlanır sonra bu sorunu çözmek için ya da durumu daha da iyileştirmek için bir strateji geliştirilir (bu uzman görüşü ile ya da kabul edilen metotlar yolu ile de olabilir) ve elde edilecek olan hedefler de tam olarak tanımlanır. Örneğin, bir balık popülasyonu söz konusu ise, hedefin belirli bir popülasyon boyu (biyokütle, nehir uzunluğu bazındaki bireyler), yaş sınıf dağılımı, vücut ağırlığı, sağlık ya da üreme başarısı olabilir. Başarıyı ölçmek için parametreler tanımlanır ve ölçümden önce ve sonrasında aynı tip veriler toplanır. Eğer hedefe ulaşılmış ise, strateji başarılı; eğer değil ise, *yönetim stratejisi uyarlanır* ve her şey baştan başlar. Uyarlamalı Yönetim özellikle sistemi gerçekten anlamaya fırsat olmadan ve yeterince verinin toplanamadığı ve karar verilmesi gereken karmaşık durumlar için elverişlidir.

Uzun vadede uyarlamalı yönetimin toplam sonuçları büyük olasılıkla en çok gelecek vaat edendir ama durumu bir önceki noktaya getirebilmek için de sürekli çaba (ve maliyet) gerekmektedir. Daha önce anlatılan metotlar (modelleme vs.) uyarlamalı yönetim yaklaşımına entegre edilebilir.

## 5.6 METOTLARIN KIYASLANMASI

Genel olarak hidrolojik metotlar farklı iklim, hidrolojik ve ekolojik jeo-bölgelere kolayca uygulanmaktadır. İç akıntının akış metodolojisine mükemmel uyum sağlayan bir istatistiksel parametre başka bir hidrolojik rejimde ekolojik olarak anlamsız olabilir ve başka rejime doğrudan uygulanamayabilir. Bundan dolayı, bir hidrolojik metodun belirli bir bölgede ve belli tip nehirler için geliştirilip başka yerlere uygulanmadan evvel gerçekten savunabilir olup olmadığı dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir.

Hidrolik/morfolojik yaklaşımlar da hidrolik ve ekoloji arasında yakın bir ilişki olduğu varsayımını baz almaktadırlar. Bu ancak ıslatılmış çeperin büküm noktasının gerçekten bir büküm noktası ya da ekolojik fonksiyonları sorgulanabilir derecede daha düşük bir eşik yansıtıyorsa geçerlidir. Dahası, bir nehir uzantısının ekolojik özellikleri son derece morfolojik statüsüne bağlıdır. Örn. uniform bir kanalı eni boyunca ıslak kalabilmesi için sadece az bir su miktarı gerekmektedir, ancak bu durumda bu şartlar birçok tür için

uygun olmayabilir. Bu tür bir yaklaşımın uygulanması ancak bahsi geçen hidrolik “giriş” ve ekolojik cevaplar arasındaki ilişkinin ikinci bir araştırmasından sonra uygun olabilir.

Habitat modelleri ekolojik gereksinimlerini göz önünde bulundurur ve bir nehir kolundaki spesifik şartlara uyarlanabilir. Ancak habitat modellerinin uygulanmasıyla birlikte daha az deneyimli kullanıcılar tarafından bazı yanlış yorumlar da oluşmaktadır. Sonuçların sorulara cevap verecek bir alet yerine “gerçek” olarak algılandığı da sıklıkla gözlemlenmiştir. Habitat akış ilişkisi tayin edildiği anda (örn. Kullanılabilir Alan Ağırlığı) başka soru sorulmamakta ve büküm de ırmak akışı ile ilgili nihaiyi öneriler için kullanılmaktadır. Bazı durumlar için bu uygun olabilir ama birçok durumlar için geçerli değildir. Daha fazla sorunun sorulması gerekmektedir, örneğin;

- Habitat gerçekten kısıtlayıcı yoksa başka dar boğazlar da söz konusu mu, örneğin yiyecek azlığı gibi?
- İlgili sıcaklık sorunları, su kalitesi sorunları var mı?
- Habitat modelleri tarafından kapsanmayan ve üremeyi engelleyen etmenler var mı?
- Yaşam döngüsü içerisinde önemli darboğazlar tanımlanıp göz önünde bulunduruldu mu (örn. kış habitat, taşkın sırasında refüj, avcı baskısı)?
- Popülasyonların direnci ve katastrofik olaylardan olası iyileştirme mevcut mu (akarsulara, sekonder kanallara ve diğer nehirlere bağlantı)?

Bunlar habitat modelin sonuçlarının tek bilgi kaynağı olarak kullanılmasından evvel sorulması ve cevaplanması gereken sorulardan sadece birkaçıdır. Sıklıkla bu etmenler tamamen göz ardı edilmiştir. Bir nedeni de bu tür soruları cevaplayabilmek için nehir sistemleri hakkında detaylı bilginin olması gerekmektedir, oysa ki habitat modeli için giriş verisi toplama ve simülasyonları çalıştırmak oldukça basittir.

Farklı çevresel akış metodlarının karşılaştırılması Tablo 5.2’de görülebilir.

**Tablo 5.2: Farklı çevresel akış metotlarının karşılaştırılması**

<b>Metot</b>	<b>Hidrolojik/İstatistiksel</b>	<b>Hidrolik/Morfolojjik</b>	<b>Habitat Modelleme</b>
<b>Gerek Duyulan Bilgi</b>	Akış istatistikleri	En kesit araştırması	En kesit araştırması, habitat uygunlukları
<b>Ekolojik Varsayım</b>	Doğal akışlarla mevcut ekolojik durum arasında bağlantı	Biyolojik üretkenliğin ıslak alanla ilişkisi	Habitat ve ekoloji arasında bağlantı
<b>Avantajlar</b>	Belirli bir akış oranının olması	Akış oranı belli değil, duruma göre uyarlama gerektirir	Akış oranı belirli değil, ekolojik ihtiyaçlar göz önünde tutulur
<b>Dezavantajlar</b>	Ekolojik açıdan bir geçerliliği yok  Her zaman doğal akıştan daha az, ancak on göre bir oranla yapılmış hesaplama	Akış miktarı nehir yatağı/kanalın şekline bağlı  Ekolojik gereksinimler bakımından koruma çalışmaları zor, başarısız	İhtiyaç duyulan bilgiye ulaşmak/toparlamak çok zor.  Hedef türlerin belirlenmesine ve bulunduğu habitatın ihtiyaçlarına bağlı

## 6 ÇORUH HAVZASININ ÇEVRESEL AKIŞ GEREKSİNİMİ BAKIMINDAN İRDELENMESİ

Kafkasya bölgesi, zengin biyolojik çeşitliliği nedeniyle dünyada bulunan yirmi beş “Ekolojik Bölge”den bir tanesi olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda da Uluslararası Koruma Cemiyeti (CI), Dünya Bankası (WB) ve Küresel Çevre Fonu (GEF) tarafından “tehdit altında” olarak tanınmaktadır. Bu bölge aynı zamanda Çoruh Havza’sının büyük bir çoğunluğunu da kapsamaktadır. Çoruh Havzası Türkiye’deki 26 ana su toplama havzalarından biridir.

Çoruh nehri, Erzurum Platosu’nun kuzeyinde Mescit dağlarında yer alan Çivilikaya Tepesi’nden doğmakta ve Türkiye’nin Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerine doğru akarak sonuçta Gürcistan’ın Batum Şehri yakınlarından Karadeniz’e ulaşmaktadır (bknz. Şekil 6.1).

Şekil 6.1: Çoruh Havzası Haritası



Havza içerisinde çok sayıda hidroelektrik santral projesi mevcuttur. Türkiye'nin geleceği için çok önemli projeler demetini oluşturan Çoruh vadisinin ana kolu üzerinde 10 adet, yan kollar üzerinde 5 adet olmak üzere toplamda 15 adet büyük ölçekli HES ve 22 adet nehir tipi HES tesisleri inşaatı planlanmış olup, bu toplam 37 projeden yılda yaklaşık 10.545 TWh'lik enerji üretimi gerçekleştirilecektir. Bu kapasite, Türkiye'nin yıllık hidroelektrik enerji üretiminin (2007 yılında 35.85 TWh) yüzde 29.4'üne karşılık gelmektedir. Bunun yanında özel sektörün de planladığı projeler de hesaba katıldıklarında Çoruh Havzası'nın toplam hidroelektrik enerji potansiyelinin yaklaşık olarak 14.4 TWh/yıl olacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda Çoruh havzası'nın hidroelektrik enerji kapasitesi, Türkiye'nin yıllık hidroelektrik enerji üretiminin (2007 yılında 35.85 TWh) yüzde 40.2'sini kapsamaktadır (Akpınar ve diğ., 2009).

## 6.1 BÖLGEDEKİ YILLIK ORTALAMA AKIŞ (YOA) MİKTARI

Örnek bir hesaplama değerlendirmesi yapabilmek için, bu çalışma kapsamında Çoruh Havzası üzerinde bulunan bir ana koldaki yıllık akış değerleri baz alınmıştır. Kullanılan akım gözlem verileri 1942-2008 yılları arasında gözlenen uzun yıllar akım değerleri olup özet veriler aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

**Tablo 6.1: Seçilen ana koldaki özet uzun yıllar akım değerleri**

<b>Ay</b>	<b>En Düşük Akım (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>En Yüksek Akım (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Ortalama Akım (m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>Ocak</b>	7.542	30.279	15.588
<b>Şubat</b>	9.669	55.924	16.976
<b>Mart</b>	14.486	100.767	37.019
<b>Nisan</b>	43.094	266.590	117.646
<b>Mayıs</b>	58.878	296.558	161.050
<b>Haziran</b>	40.548	229.900	104.168
<b>Temmuz</b>	13.628	115.255	41.585
<b>Ağustos</b>	7.766	42.115	19.421
<b>Eylül</b>	7.562	31.674	15.747

<b>Ekim</b>	8.513	35.021	18.521
<b>Kasım</b>	8.912	64.506	21.425
<b>Aralık</b>	9.259	44.392	18.245
<b>Yıllık Ortalama Akım (YOA) (m3/s)</b>			48.949

## 6.2 ÇORUH HAVZASI BÖLGESİ FAUNA ÖZELLİKLERİ

Çoruh Vadisi, sadece akbabaların Kafkasya'dan Anadolu'ya göç ettikleri hat üzerinde olmasının dışında aynı zamanda da vadide üreyen Sakallı Akbaba (*Gypaetus barbatus*), Kızıl Akbaba (*Gyps fulvus*), Kara Akbaba (*Aegyptius monachus*), Dağ Horozu (*Tetrao mlokosiewiczzi*) ve Ürkeklik (*Tetraogallus caspius*) gibi kuşlara ev sahipliği yaptığı için de Önemli Kuş Bölgesi statüsü taşımaktadır. 2005 yazında yapılan çalışmalar sonucunda 188 türün varlığını ortaya çıkartmıştır. Bu türlerden 81'i Vadi'de yaşayıp üremektedir, 55 göçmen tür de vadiyi üreme için kullandıktan sonra güneye doğru yaptıkları göçlerine devam etmektedir ve 52 tür üremeden Vadi'yi geçmektedir (URL 1).

Bu nedenle, bölge kuş gözlemciliği için idealdir; Yarımband Sinekkapan (*Ficedula semitorquata*)'ı izlemek için en iyi yer İspir'dir. Dağ Horozu (*Tetrao mlokosiewiczzi*), Kafkas Çıvgını (*Phylloscopus sindianus*), Sürmeli Dağ bülbülü (*Prunella ocularis*), Duvar Tırnaşık Kuşu (*Tichodroma muraria*), Ürkeklik (*Tetraogallus caspius*), Pembe Kanatlı İspinoz (*Rhodopechys sanguinea*), Kara İskete (*Serinus pusillus*), Sakallı Akbaba (*Gypaetus barbatus*) ve Kızıl Akbaba (*Gyps fulvus*)'yı Çoruh Vadisinde ve çevresinde kolaylıkla görülebilmektedir (URL 1).

Avrupa'da bulunan kuşların neredeyse yüzde 70'inden fazlasını Türkiye'de görmek mümkündür, ki burada da 462 tür tespit edilmiştir. Dahası, Avrupa'da görülmeyen Orta-Doğu ile Kafkas türleri Çoruh Vadisinde görülebilmektedir (URL 1).

Çoruh Vadisi aynı zamanda, kelebek çeşitliliği, yoğunluğu ve Avrupa'da tehdit altında olan türlere ev sahipliği yapması nedeniyle de Türkiye'nin en önemli Kelebek

Bölgesidir. Bununla birlikte, Vadi aynı zamanda da Boz Ayı (*Ursus arctos*), Dağ Keçisi (*Rupicapra rupicapra*), Bezoar Keçisi (*Capra aegagrus*), Kurt (*Canis lupus*), Yaban Kedisi (*Felis silvestris*) ve Vaşak (*Lynx lynx*) gibi popülasyonlarla Önemli Memeli Bölgesi statüsü taşımaktadır. (URL 1).

### 6.3 BÖLGEDEKİ HEDEF BALIK TÜRLERİ

Demirsoy'a (1999) göre Çoruh Nehri ve Aksu deresinde bulunan balık türleri *Acipenseridae*: *Acipenser gueldenstaedti*, *A. Stellatus*, *Cyprinidae*: *Albunoides bipunctatus*, *Barbus capito capito*, *B. Psesbejus escherichi*, *C. Capoeta sieboldi*, *C. Tinca*, *C. Carassius*, *Cyprinus carpio*, *L. Cephalus* ve *Salmonidae*: *S.t. labrax*, *S.t. macrostigma*, *S.t.f.fario*. olarak belirtilmektedir.

Çoruh Nehri bölgesinde dominant balık türleri alabalık çeşitleridir. Bunlar; *Salmo trutta labrax* (Karadeniz Alabalığı), *Salmo trutta fario* (Dere Alabalığı) ve *Salmo trutta macrostigma* (Anadolu ya da Dağ Alabalığı) dir.

#### 6.3.1 *Salmo trutta labrax* (Karadeniz Alabalığı)

Karadeniz Alabalığı (*Salmo trutta labrax*) (Şekil 6.2) hayatının büyük çoğunluğunu denizde geçirir ve ağırlıklı olarak Karadeniz de yetişir. Bu ekotip karasal sulara üremek için göç eder ve burada yumurtladıktan sonra da beslenmek için denize geri döner. Boyları 100 cm'ye ağırlıkları 26 kg'ya kadar ulaşabilmektedir. Yetişkin Deniz Alabalığı yumurtalarını bıraktıktan sonra denize geri döner. Yumurtalar suyun 20-50 cm derinliğinde uygun bir yere bırakılır. Yaklaşık olarak iki aydan biraz fazla bir süreden sonra alabalıklar yüzen yavru aşamasına gelebilecektir (Kocabaş, 2009).



**Şekil 6.2: Karadeniz alabalığı**



### **6.3.2 *Salmo trutta fario* (Dere Alabalığı)**

Nehir Alabalığı dağ yamaçlarından hızlı akan küçük nehirlerde ve dağların alt kısımlarında yaşarlar. Büyüdüklerinde 2.3-3.2 kg arasında olabilirler. Ortalama boyu diğer anadrom türlerine göre daha küçüktür. Nehir alabalıklarının gövde renkleri bölgeden bölgeye değişebilir ancak balık büyüdükçe, kırmızı noktaların boyları her zaman aynı kalır (Şekil 6.3).

**Şekil 6.3: Dere alabalığı**



### **6.3.3 *Salmo trutta macrostigma* (Anadolu ya da Dağ Alabalığı)**

Anadolu Alabalığı Türkiye içerisinde geniş bir coğrafik dağılıma sahiptir. Bu alt tür gerçek alabalık olarak bilinir ve diğerlerine göre ırmağın daha yukarısında yaşar. 150-2300 rakımları arasında suyun 20 °C'lik sıcaklığını tolere edebilir. Çakıl dipli, soğuk (12-19 °C) ve hızlı akan nehirleri tercih eder. Yaklaşık olarak 35-40cm'ye kadar büyür ve en fazla 3kg ağırlığında olurlar (Şekil 6.4) (Geldiay ve Balık, 1996).

**Şekil 6.4: Dağ alabalığı**



## **6.4 HEDEF BALIK TÜRLERİNİN EKOLOJİK GEREKSİNİMLERİ**

Alabalık türlerinin yaşayacakları su, balığın biyolojik yönden değişik evrelerindeki isteklerine cevap verecek niteliklere sahip olmalıdır. İdeal özelliklere sahip bir su kaynağı yaz aylarında kuruyorsa veya su kaynağı üzerinde kurulu olan bir HES sebebiyle kurutuluyorsa, balık türlerinin devamlılığı açısından önemli riskleri beraberinde taşır. Bu nedenle alabalık türlerinin yaşayacağı sular; kaynakları, miktarı (debisi), fiziksel ve kimyasal özellikleri yönünden iyice incelenmelidir.

### **6.4.1 Suyun Sıcaklığı ve Çözünmüş Oksijen Miktarı**

Suyun sıcaklığı nehrin akışından birkaç şekilde etkilenir: (1) akış sıcaklığı gereken suyun hacmini belirler, (2) dere genişliği ısı kaynaklarına maruz kalmayı etkiler ve (3) hız sıcaklığa maruz kalma zamanını etkiler.

Diğer salmonidler gibi, Dağ Alabalıklarının diğer balık türlerine nazaran sudaki oksijen içeriğinin daha yüksek olmasına gereksinimleri vardır. Serbest yüzen Dağ Alabalıkları minimum oksijen yoğunluğu 5.0'dan 5.5 mg/l'ye kadar tolere edebilir ancak doygunluk oranının yüzde 80 olması ideal olarak nitelendirilir (Elliott, 1994). Yumurtalar üzerinden yeterli su akışının olduğunu varsayarsak, Dağ Alabalığının yumurtaları için minimum su oksijen yoğunluğu gereksinimi benzer türlerin gereksinimleri ile yakın olduğu düşünülmüştür, bu da yaklaşık olarak 5.5 °C'de 1 mg/l ile 10-17 °C'de 7-10 mg/l'dir (Elliott, 1994). Ancak, minimum oksijen gereksinimleri su ısısı, balık metabolizması ve embriyo gelişim aşaması gibi etmenlerle dolaylı olarak ilgilidir ve

aynı zamanda da oksijen mevcudiyeti de sediment ya da su bitkilerinin ihtiyaçları gibi çevresel değişkenlerden etkilenmektedir.

Yetersiz su akışı sonucunda oluşan ötrofikasyon, alabalıkların oksijen, soğuk ve temiz su ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için nehrin yukarısına doğru hareket etmesini zorunlu kılmaktadır (Ak ve ark., 2008).

#### **6.4.2 Mevsimsel ve Uzun Dönemli Hareketler**

Dağ Alabalığının büyük çoğunluğu yıl boyunca aynı nehir yatağındaki habitatnda bulunur. Bununla beraber, Michigan'da bulunan bir nehirde Clapp ve ark. (1990) sekiz adet büyük boy Dağ Alabalığını neredeyse bir sene boyunca izlediler ve bu balıkların 370 m'den 33,420 m'ye uzanan mesafeler boyunca hareket ettiklerini tespit ettiler. Dağ Alabalığının farklı yaz ve kış menzilleri kullandıklarını, 6'dan 5 tanesini sonbahar-kış periyodu boyunca nehrin yukarısında 10 km giderek, önceden yazın yüksek sıcaklık nedeniyle verimsiz alabalık yaşam alanları olarak nitelendirdikleri fakat alabalıkların daha yavaş ve derin nehir yaşam bölgelerine doğru hareket ettiklerini tespit ettiler. Araştırmacılar, Dağ Alabalığının en uzun menzilli hareketlerinin suyun yüksek olduğu periyotlarda gerçekleştiğini gözlemlədiler (Clapp ve ark., 1990).

Young (1994), Dağ Alabalığının yaz sonu ile sonbahar'ın başlarında nehrin yukarısına doğru göç ettiklerini gözlemediğini belirtmiştir. Ancak, balıkların farklı zamanlarda teker teker nehrin yukarısına göç etmesi alabalık hareket şekillerinin istatistiksel olarak anlamlılığını bozmuş ve Dağ Alabalığının kışın nehrin aşığısına doğru hareket ettikleri ve sonbaharda radyo vericisi yerleştirilmiş olan hiçbir balığın akarsudan kış boyunca göç etmediğini belirtilmiştir. Dağ Alabalığının hareketleri var olan su sıcaklığı ölçümleri veya akışı ile anlamlı bir korelasyon sağlayamamıştır fakat akarsu kollarını terk ederek nehre göç eden balıkların bu hareketinin ilkbaharda eriyen kar suyunun nehrin yüzey suyuna karışması ile ilişkilendirmek mümkündür. Dağ Alabalığının hareket gözlemleri sonucunda, çalışmadaki büyük Dağ Alabalıklarının nehir göçmenleri oldukları, yani yaz boyunca daha sıcak ve üretken olan nehirde yaşayarak kış aylarında akarsulara göç edip

yumurtladıkları ve baharda yine yüksek akışı olan nehre geri döndükleri, öte yandan daha küçük olan yetişkin Dağ Alabalıklarının da yıl boyunca nehirde yaşadıkları saptanmıştır.

Dağ Alabalığı uzun dönemli göç etme özelliğine sahip bir türdür. Birtakım çalışmalarda bazı popülasyonlarda çok az hareket bulunurken (Bachman 1984) diğerleri de mevsimsel değişimler nedeniyle gerekli olan habitat ihtiyaçları nedeniyle uzun dönemli hareketler gözlemlenmiştir (Clapp ve ark., 1990). Dağ Alabalığı popülasyonunun hareket şekilleri habitatın kalitesi ve mevcudiyeti, yaşam-tarih stratejileri ve yem arama gibi farklılıklarla değişken olduğu saptanmıştır. Bir takım çalışmalar Dağ Alabalığının yaz ve kış habitatları arasındaki hareketlerini, yumurtlama hareketlerini ve yazın sıcak sudan soğuk suya giderken ki hareketlerini belgelemiştir. Salmonoid'lerin kış, yaz ve yumurtlama yaşam gereksinimleri farklı olduğundan dolayı mevsimsel hareket genellikle şarttır (Cunjak, 1996).

Kar erimesi sonucunda bahar ve yazın yüksek akışı olan derelerde genç Dağ Alabalıklarının yüksek akıntı nedeniyle yer değiştirmeleri olası yayılmanın bir mekanizmasıdır. Bu yüksek akışın genç Dağ Alabalığının üzerindeki etkisi bir Norveç deresinde incelenmiştir ve normal şartlar altında ortalama en az 67 mm olan Dağ Alabalığının, örtü görevi gören substratlar ve düşük hızlı mikro yaşam alanlarının olması şartıyla, sürüklenmediğini veya 29 ani hızlı su akışı ile yayılmadıkları sonucuna vardılar (Belica, 2007).

### **6.4.3 Yumurtlama Alanı**

Derelerde, Dağ Alabalıkları hızlı akıntılarının ve çakıl substratların olduğu alanlara yumurta bırakmayı tercih ederler. Göl ya da büyük nehirlerde yaşayan Dağ Alabalıkları genellikle yumurtalarını bırakmak için akarsu nehirlerine giderler. Uygunsuz akarsu yaşam alanları olan göllerde, Dağ Alabalıkları “taşlı, dalga vuran sahil kesimlerinde” yumurtalarını bırakabilirler. Dağ Alabalığının yumurtlama alan seçimini etkileyen faktörlerin mikro habitat skalasında tam olarak bilinmemekte ancak bir takım değişkenler bir kaç çalışmada incelenmiştir. Suyun derinliği, akıntının hızı, oksijen

yoğunluğu ve taban suyunun akışı bazı sistemlerde Dağ Alabalığının yumurtlamak için çukurcuk saha seçimini etkilediği saptanmıştır (Elliott, 1994).

Ancak Dağ Alabalığının çukurcuk sahası ile bağlantılı olan suyun derinliği ve akıntının hızı kendi aralarında ve dışının boyutuna göre farklılık göstermektedir. Salmonidler, söylenilenlere göre, vücut derinliğinden daha sığ sularda yumurtalarını bırakmamaktadırlar.

Grost ve ark. (1990) Wyoming'in güneydoğu'sunda bulunan Medicine Bow Dağlarında bulunan 20-40cm'lik Dağ Alabalıkları tarafından oluşturulan çukurcuk sahaların fiziksel özelliklerini açıklamaktadır. Dağ Alabalıklarının kullanmış olduğu suyun derinliğinin 12 ile 18 cm arasında olduğunu, onların mevcudiyetlerine orantısız olarak, ve 6 cm'den daha sığ ya da 30.5 cm'den daha derine çukurcuk sahası oluşturmadıklarını tespit etmişlerdir.

#### **6.4.4 Sediment Türü**

Çukurcuk sahasının oluşumunda kullanılan çakıllar balık ve akıntı tarafından hareket ettirilebilecek büyüklükte olması gerekmektedir. Böylelikle suyun hızı ve çakılın maksimum boyutu da balığın boyu ile orantılıdır. Bowee (1988)'ye göre Colombia Nehri'ndeki Chinook çukurcuklarının yüzde 6 ince kum, yüzde 59- yüzde 86'nin ~15 cm çaplı çakıl, ve yüzde 8 ila yüzde 35'in >15 cm taş'tan oluştuğunu ve sonbahar Chinook çukurcuklarının da yüzde 3 ile yüzde 5'i ince kum, yüzde 56 ila yüzde 89'u ~15 cm çaplı çakıl ve yüzde 6 ile yüzde 41 >15 cm taş'tan oluşmaktadır.

Kaba dip materyalleri daha iyi su akışına ve çukurcuklardaki oksijen seviyelerini sağlarken, aynı zamanda da çakılardan daha küçük avcılar için yumurtalara ve yumurta keselerine daha kolay erişim sağlamaktadırlar. İdeal boyut aralığı 2 cm ila 10.6 cm olarak tahmin edilmektedir, tabii bu yumurtlayan balığın boyutuna göre değişmektedir.

#### 6.4.5 Su Derinliği, Hızı ve akıl Türü

Genç alabalıklar gündüz vakitleri oldukça sığ (20-30 cm) ve yavaş akan (0-10 cm/s) yaşam alanlarını seçerler. Günlük olarak birkaç ay boyunca da geceleri de sahil kenar sularına doğru hareket ederler. Sahil kenarında su genellikle sığ ve yavaş akmaktadır, orta kanal yaşam alanlarına nazaran ve gece sahil kenar sularına doğru olan hareketlerinin su derinliği ya da hızı ile alakalı bir seçim olup olmadığı da net değildir (Bardonnet ve ark., 2006).

Dağ Alabalığı çukurcuk inşalarını daha fazla oranla hızı 24 ile 37 cm/s olan alanlarda yapmıştır, mevcut olmasına rağmen akıntı hızının 0 ila 12 cm/s olduğu yerler daha az kullanılmıştır. İlgisizliğin en çok su derinliğinin 6 cm'dan az ve hızın 0 ila 12cm/s olan alanlarda görülmüştür. ukurcukların su derinliği de benzer şekildedir, derinlikleri 12.3 ila 18.3 cm arasında değişmektedir (Grost ve Hubert, 1990).

Suyun hızı ve minimal derinlik yumurtlama alan seçimi ile embriyoların yaşaması için etkin olan etmenler olduğu gözlemlenmektedir. Hız esas etmen olurken minimal derinlik de ikinci dereceden etmendir. Üretken derelerde yumurtlama ~0.2 - 0.7 m derinliklerde görülmüştür (Morrill ve ark., 2005). Yumurtalarını bırakan somonların yumurtla alanındaki dağılımı optimumken, 0.2 m'den daha sığ sularda yumurtlamanın olmadığı gözlemlenmiştir.

akıl geçirgenliği de düşük hızların uygunluğunu etkilemektedir fakat balık boyu, yüzme yeteneği ve ortalama süstrat boyutu da yüksek hız değerlerinin uygunluğunu da etkilemektedir. Kullanılabilir yumurtlama ve embriyo kulua için çakıl geçirgenliği, ortalama süstrat boyutu ve yumurtlayan yetişkinin ortalama boyuna bağlık olarak hız değerlerinin 0.2 ila 1.15 m/s olduğu ve ideal oranın da 0.30 ila 0.9 m/s olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte daha soğuk ve kuzey enlemlerde yumurtlayan Chinook sürülerinin yumurtlamak için daha düşük hızlı suları seçmeleri anlaşılabilir. Dahası, gelişen yumurtların yaşaması ve yumurta keselerinin çakıl arasında kalmasının temelinde dört değerşken bulunmaktadır: sıcaklık, çözünmüş oksijen, suyun hızı ve çakıl geçirgenliği. Yüksek akıl geçirgenliği olan düşük su hızları, düşük geçirgenliğe göre daha kabul edilebilirdir. Aynı zamanda da oksijen doygunluğu ile balık metabolizması

da sıcaklık ile değişkenlik gösterebilir. Ancak, sıcaklık arttıkça, oksijen için biyolojik talep de artmaktadır ama var olan oksijen kaynağı da azalmaktadır (Morrill ve ark., 2005).

Ortalama su sütun hızının <60 cm/s olduğu ve derinliğinin ~15 cm olduğu dere alanının yüzde~20'ne ihtiyaç vardır. Ortalama yoğunluğu olan bir Salmonoid popülasyonuna uygun habitat oluşturabilmek için (Morrill ve ark., 2005). Şu anki örtünü salmonidlerin yaşam döngü aşamasına göre değişim gösterebilir.

#### **6.4.6 Çukurcukların Sedimentasyonu ve Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonu**

Dişi alabalıklar uygun yumurtlama alanında kuyruk darbeleriyle kumda ya da çakılda çukurcuklar oluştururlar. Çukurcuklarda sedimentin bırakılması Dağ Alabalığı yumurtasının ve yavrularının yaşamasını kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirerek olumsuz etkilemektedir, örneğin çözünmüş oksijen yoğunluğu, çakıllar arası suyun hızı, doku içi gözenek alanı ve suyun ısısı gibi. Dağ Alabalığının sonbaharda yumurtlaması ve embriyoları da düşük su ısılarında yavaş gelişmeleri nedeniyle, aylar üzerinden oluşan sedimentasyon birikimine maruz kalabilirler, özellikle yüksek rakımlı bölgelerde uzun süreli kuluçka süresi olduğunda yumurtalar Ekim gibi bırakılır ve yeni doğan balıklar da bahar sonlarına kadar ortaya çıkmayabilir. Dağ Alabalığının ortaya çıkması ve yaşaması ile çukurcuk sübstratlarının ortalama partikül boy ölçümleri arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır; partikül boyu büyüdükçe, yeni doğan balığın ortaya çıkıp yaşaması da artmaktadır. Young ve arkadaşları (1990) çukurcuk sübstratının ortalama geometrik partikül boyu küçüldükçe, Dağ Alabalığının yeni doğanın ortaya çıkmasının daha erken olduğunu ve ortaya çıkma süresinin uzatıldığını bulmuşlar, bu da sübstrat kompozisyonunun Dağ Alabalığının ortaya çıkmasındaki etkili olan diğer etmenleri etkileyebilir (Grost ve ark., 1991).

#### 6.4.7 Derenin Kanal Morfolojisi ve Balıkların Beslenme Alışkanlıkları

Alabalıkların ideal yaşam ortamlarını; hızlı akış gösteren, bol oksijenli, taşlık ve kum zeminli, bulanık olmayan, su sıcaklığının 7-19°C arasında değişim gösterdiği özellikte olan akarsular oluşturmaktadır. Bu akarsular ‘*alabalık dereleri*’ veya ‘*dağ dereleri*’ olarak isimlendirilmektedir (Tabak vd, 2002). Derenin kanal morfolojisi yumurtlayan, beslenen, göç eden ve korunan balık ve diğer organizmalar için önemlidir. Dağ Alabalığı genellikle düşük ve orta eğimli alanların (~1%), uygun ama yüksek eğimli nehir sistemlerinin alt dallarda bulunurlar.

Küçük Dağ Alabalığı derelerinde gölgelik örtü önemlidir. Nehir kıyısındaki ağaç ve çalılar sıcak yaz aylarında su sıcaklığını düşük tutmaya, olası karasal avcı böcekler için de habitat sağlamaya ve nehir ekolojisinin primer üretim materyali olan allohton materyalleri üretmeye yaramaktadırlar. Dere boyu büyüdükçe gölgelik daha az önem taşımaktadır. Daha büyük derelerin fazla hacmi ile derinliği eksik olan gölgeyi kompanse etmektedir.

Salmonidler gibi, Dağ Alabalığı ağırlıklı olarak su omurgasızları, karasal böcekler ve küçük balıklarla beslenmektedir. Dağ Alabalığının diyeti “farklı” olarak tanımlanmıştır ve yiyecek alışkanlıkları da yaş ve boyut, mevcudiyetle ilgili mekansal ve zamansal farklılık, davranış ve habitat özelliklerine göre değişmektedir. Yaşamının ilk iki yılı boyunca Dağ Alabalığı temelde su omurgasızları ile çeşitli türden küçük balıklarla beslenmektedir. Ortaya çıkan yeni doğanlar zooplankton ve farklı küçük omurgasızlarla beslenmektedirler. Sıfır yaş Dağ Alabalıkları gelişip büyüdükçe, hızlı akıntılardaki pozisyonlarını daha iyi koruyabiliyorlar, daha derin ve hızlı sulara doğru hareket edebiliyorlar, ve karasal ve su böcekleri ile beslenmeye başlayabiliyorlar (Fichtner, 2010).

Diğer sistemlerde, farklı yiyecek maddelerinin Dağ Alabalığının diyeti için büyük önem taşımaktadır. Örneğin, su bitkileri çok olan derelerde isopod ve amphipod gibi kabukluların böcekler kadar hatta daha fazla önem taşımaktadırlar. Bazı sistemlerde, salyangoz ve yumuşakçaların Dağ Alabalıklarının diyetinin büyük bir bölümünü



oluşturduğu saptanmıştır. Sülük, kurbağa, salamander ve kemirgenler gibi başka hayvanların da Dağ Alabalığı'nı diyetini oluşturmaktadır (Fichtner, 2010).

Deneysel sonuçlara ve daha önceden elde edilen günlük kalori ihtiyacı ilişkisine göre, önerilen su ısısının 3.8 ve 18.4 °C olduğunda, Dağ Alabalığı metabolik ve günlük muhafaza ihtiyaçlarını tek bir öğünde doygunluğa ulaşıncaya kadar beslenerek karşılayabilir, ama 19 °C'den yüksek ısılarda, alabalık azalmış iştahla birlikte artan aktivite ve metabolik oranlar nedeniyle ağırlık kaybeder (Belica, 2007).

#### 6.4.8 Özet

Aksu Deresinde yaşayan alabalık alt türlerinin biyolojik ve ekolojik gereksinimleri çeşitli mevcut kaynaklardan türetilerek Tablo 6.2' de verilmiştir.

Dağ Alabalığı (*S. t. fario* ve *S. t. macrostigma*) için ortalama su derinliği 20 cm ve Deniz Alabalığı (*S. t. labrax*) için 40 cm olmalıdır. Salmonidler, vücut derinliğinden daha sığ sularda yumurtlamadıkları belirtilmektedir. 20-40 cm'lik Dağ Alabalığı'nın yumurtlamak için çukurcuk alan inşasına ait fiziksel özelliklerini tarif etmiştir.

Dere kanalı yukarı/aşağı nehir göçünde yumurtlama ve besleme, yumurta bırakma, yasak avcılıktan ve avcılardan korunabilmesi için yeterince geniş (~3-4 m) olmalı ve yiyecek ağı için uygun habitat yaratabilmelidir.

Salmonoid çukurcuklarının aynı zamanda derelerin kenar basamaklarında da buldukları dikkate alınmalıdır. Bundan dolayı da genişlik, derinlik ve akış hızı başarılı yumurta bırakma ve yumurtadan çıkma için yeterli olmalıdır.

Sedimentasyon yumurtlama ve habitatını korumak açısından önemli bir sorundur; çakıl ve kumlar ince materyaller (silt gibi) tarafından örtülmemektedir çünkü dip çakılları alabalık için yiyecek geliştirme çevresidir. Operasyon aşamasında, sediment birikim havuzu, dip çakıllarında siltasyon sorunu yaratmamak için, doğrudan havuza boşaltılmamalıdır.

İnşaat sonrasında, dere kanalının temizlenmesi (düşük su seviyesi, düşük hız, düşük akış ve yüksek sıcaklıklar nedeniyle dibi birikinti, kirlilik yaratan materyaller ve ince sedimentlerden temizlemek amacıyla) hedeflenen taşkın (~20 m<sup>3</sup>) gerçekleştirilmesi gerekmektedir (en az yılda bir gün). Dağ Alabalığı mevcut olan çukurcuklarını hızı ağırlıklı olarak 24 ile 37cm/s olan alanlarda inşa etmiştir. Akıntı hızları 0 ila 12 cm/s olan alanlar daha az kullanılmıştır (Grost ve Hubert, 1990). Üretken derelerde yumurtlama ~0.2 - 0.7 m'lik derinliklerde gözlemlenmiştir (Morrill ve ark., 2005). Yumurtlayan somonların yumurtlama alanları üzerindeki dağılımları en yüksekken, 0.2m'den daha sığ sularda yumurtlama olmamıştır. Kullanılabilir yumurtlama ve embriyo kuluçka hız oranının yaklaşık 0.2 – 1.15m/s olduğu ve optimal oranının çakıl geçirgenliği, ortalama sübat boyutu ve yumurtlayan yetişkinin ortalama boyuna bağlı olarak yaklaşık 0.30-0.9m/s olduğu sonucuna varılmıştır. Dere kanalında, düşük akışlar balıkları ve diğer su organizmaları bir yerde toplar ki bu da büyük balık ve dalıcı kuşlara fayda sağlar. Eğer düşük akışlar çok şiddetliyse ya da insan etkileri nedeniyle çok uzun zaman devam ederse, büyük sayıda bireyler yok olabilir ve bazı türlerin yerel popülasyonlarını tehlikeye atabilir (URL 2, 2009).

**Tablo 6.2: Aksu Deresindeki Salmonidlerin biometrik ve ekolojik gereksinimleri**

Alt tür	Max. Uzunluk	Ort. Uzunluk	Yumurtlama Rakım	Yumurtlama Sezon	Yumurtlama Alanı	Yumurtlama Su Derinliği	Yumurtlama Sıcaklığı	Min. Çözünmüş O <sub>2</sub> mg/l	Beslenme Alanı	Beslenme Rakım	Çözünmüş O <sub>2</sub> mg/l	Su Derinliği cm	Su Akışı m/s	Isı °C	Türbidite NTU
Karadeniz Alabalığı ( <i>Salmo trutta labrax</i> )	100	50-70	1000-1500	Kasım – Şubat	Hızlı akan sular, çakıl dip	20-50	7-10	5	Çakıl, kayalık dip, kumluk, küçük gölet	0-1500	8-13	>20	0.1-2	2-24	4-38
Dere Alabalığı ( <i>Salmo trutta fario</i> )	50	15-40	1000-2600	Ekim – Şubat	Hızlı akan nehir ve dereler, çakıl dip	>6-30, vücut derinliğinden fazla	7-10	5	Çakıl, kayalık dip, kumluk, küçük gölet	150-2300	8-13	>6-10	0.1-3	2-19	4-38
Anadolu Alabalığı ( <i>Salmo trutta macrostigma</i> )	30	15-20	1000-3000	Ekim – Şubat	Hızlı akan küçük dereler, çakıl dip	>6-30, vücut derinliğinden fazla	7-10	5	Çakıl, kayalık dip, kumluk, küçük gölet	150-2300	8-13	>6-10	0.1-3	2-19	4-38

## 6.5 UYGUN ÇEVRESEL AKIŞ METODOLOJİLERİ

### 6.5.1 Hidrolojik Geçmişe Dayalı Metodlara Göre Değerlendirme

Bu gruba dahil olan ve yukarıda açıklanan 7Q10 metodu tartışmaya oldukça açıktır. Çünkü su havzalarında ve özellikle küçük akarsularda uzun süreli gözlem yapılmaması, 7Q10 yöntemiyle hesaplanan can suyu miktarının oldukça düşük olmasına yol açabilmektedir.

Tennant metodunun uygulanması su türlerinin mevsimlik ihtiyaçları ve akış rejiminin özelliklerine bağlı olarak MAF'ın aylık oranlarının yüzde 10 ila yüzde 30 olmasına yol açmaktadır.

Ele alınan bölge ile ilgili akım değerleri dikkate alındığında, hidrolojik açıdan akımın yağışlı dönemi karakterize ettiği zaman dilimi Nisan, Mayıs ve Haziran ayları; akımın kurak dönemi karakterize ettiği aylar ise Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart arasındaki aylar olduğu gözlenmektedir(**Tablo 6.3**). Bu sebeple bölgenin özelliklerine bağlı olarak Tennant metodu ile belirtilen yağışlı ve kurak zaman dilimleri bölgenin özelliklerine göre uyarlanmıştır. Bu metodun Tablo YY de verildiği gibi orta kalite sınıfının hesaba katıldığı düşünüldüğünde, seçilen bölgede bırakılması gereken çevresel akış miktarı aşağıdaki gibi olmaktadır.

**Tablo 6.3: Seçilen bölgedeki aylık çevresel akış değerleri**

Ay	Çevresel Akış Oranı (%)	Çevresel Akış Miktarı (m <sup>3</sup> /s)
Ocak	10	4.895
Şubat	10	4.895
Mart	10	4.895
Nisan	30	14.685
Mayıs	30	14.685

<b>Haziran</b>	30	14.685
<b>Temmuz</b>	10	4.895
<b>Ağustos</b>	10	4.895
<b>Eylül</b>	10	4.895
<b>Ekim</b>	10	4.895
<b>Kasım</b>	10	4.895
<b>Aralık</b>	10	4.895
<b>Yıllık Ortalama Akım (YOA)</b>		<b>48.949</b>
<b>(m<sup>3</sup>/s)</b>		

### 6.5.2 Morfoloji/ Hidrolik Bazlı Metodlara Göre Değerlendirme

Hidrolik gereksinimleri karşılayabilmesi için gerekli olan akış hakkında kabaca bir tahmin verebilmek için aşağıdaki varsayımlar ele alınmıştır:

1. Nehrin ilgili genişliği, düşük akış durumları için 20 m'dir.
2. Hidrolik sertlik Manning değeri  $n = 0.06$ 'ya eşittir (Sırasıyla Strickler değeri de  $k_{St} = 17$ )
3. Boylamsal eğim yaklaşık %2'dir.

Bu varsayımları ele alarak, iyi bilinen Manning-Stricker formülü kullanılarak ideal dikdörtgen çapraz kesiti için su derinliği hesaplanabilir.

$$Q = 1/n \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

$n$  = Manning sertlik katsayısı

$Q$  = akış  $m^3/s$

$R_h$  = hidrolik çap m olarak

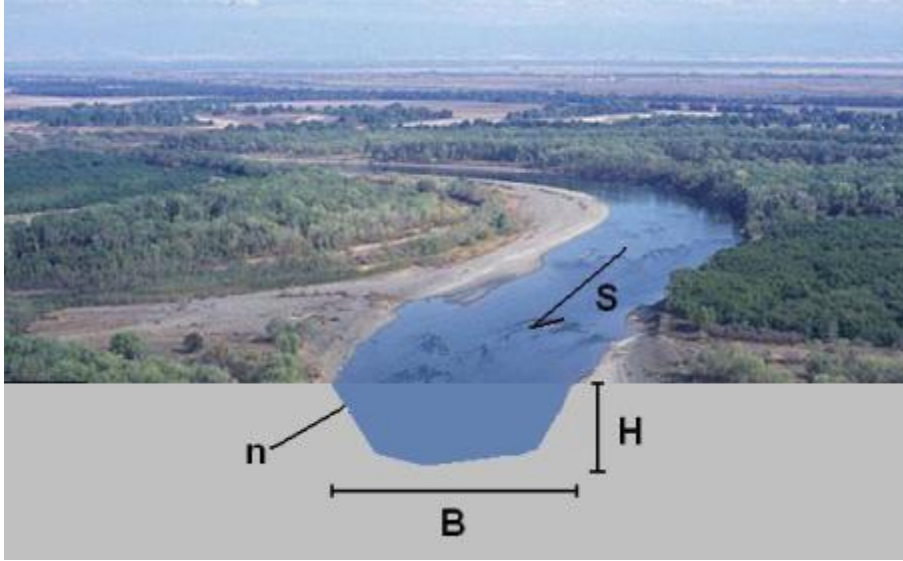
$S$  = eğim

$A$  = akış efektif alanı  $m^2$

Hidrolik çap'ın su derinliği  $H$  olarak varsayıldığında ve  $B$ 'nin varsayılan genişliği de 20 m ise, formül aşağıdaki gibi oluşturulabilir:

$$Q = 1/n \cdot H^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot (H \cdot B)$$

**Şekil 6.5: Manning-Strickler formülünün parametreleri ve düşük akış kanalının çapraz kesiti**



Gerekli akış düzenlemesinin türetilmesi için; Dağ Alabalığı ya da Deniz Alabalığının göç edebilmesi için yaklaşık 30 cm arasında olması gerektiği de varsayılmaktadır. Elde edilen sonuçlar **Tablo 6.4** Error! Reference source not found.'de gösterilmektedir.

**Tablo 6.4: Uygulanan Manning-Strickler formülünün sonuçları**

Su derinliği, H (m)	0,3
Eğim, S	0,02
Genişlik, B (m)	20
Manning katsayısı, n	0,06
<b>Gerekli debi, Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>6,30</b>

Seçilen kolun nehir yatağındaki düşük akış kanalının daha dikdörtgen bir kanal tarafından idealize edilebilmesi su derinliğinin 0.3m olabilmesi için 20m'lik en ve %2'lik eğim için 6,3 m<sup>3</sup>/s su gerekmektedir. Bu sonuç yaklaşık olarak YOA değerinin yüzde 12'sine denk gelmektedir.

*Not: Bu kabaca bir tahmindir. Güvenilebilir sonuçlar sadece çapraz kesitlerinden, eğim ve sertlikten elde edilen detaylı bilgilerle elde edilebilmektedir.*

### **6.5.3 Habitat Modelleme Metodlarına Göre Değerlendirme**

Seçilen bölgenin ekosistemi için açıklanan üç alabalık çeşidinin de indikatör olduğu açıkça ortaya konulmuştur. Bu türler üzerindeki akış azalmasının etkilerini habitat simülasyon araçları kullanılarak öğrenmek mümkündür. Ancak, habitat modelleme yaklaşımlarının seçilen bölgeye uygulayabilmek için iki çeşit veri girişine ihtiyaç vardır:

1. Bölgenin temsili kollarını kapsayan hidrodinamik modelin sonuçları
2. Önemli indikatör türlerin habitat gereksinimlerinin tanımlanması

Bu aşamada ve bu tür verinin olmayışından dolayı alabalık popülasyonları gibi su türlerinin iç akıntı akış gereksinimleri hakkında bir şey söylemek doğru değildir. Farklı yaşam aşamaları için yaşam alanları araştırmalarının haricinde, akış değişiminin Dağ Alabalığının ve aynı zamanda Çoruh nehrinden yukarıya göç eden Deniz Alabalığının üreme üzerindeki etkisi de göz önünde bulundurulması gereken önemli yönlerdendir. Deniz ve Dağ alabalığının yaşam alanları gereksinimleri ile ilgili ipuçları Ruhle ve ark. (2005)'e göre, Göl Alabalığının aşağıdaki gereksinim listesinde bulunabilir:

- Göç rejimleri farklı olabilir (erken yumurtlayanlar, geç yumurtlayanlar)
- Yumurtlama alanları:
  - Nehirlerin üst kısımlarında uygun çakıl süstratum [tanecik boyutu: 10-70mm, ince sediment kısımları (<1.0 mm) %6-10%] (Jungwirth ve ark., 2003)
  - Sıcaklık, O<sub>2</sub> ve türbidite bakımından uygun su kalitesi (Ingendahl 1999)
  - Yumurta gelişimi için optimum sıcaklığın 2-6 °C, tehlikeli koşullar da 0° C'nin altında ve 15° C -16° C'den yüksek sıcaklıklar (Haury et al. 1991)
  - O<sub>2</sub> < 6 mg/l yumurta gelişimini tehlikeye sokar
  - İnce sedimentlerin tanıştırılması ve bahsi geçen süstrat kompozisyonunun değişmesi gelişme için tehlikelidir (Schälchli ve ark. 2002)

- Haury ve ark. (1991)'dan sonra yumurtlama alanındaki su derinliğinin 25-84 cm arasında olması
  - Akış hızının 20 ila 80 cm/s arasında olması
  - Havuz-Kumluk geçişinde yumurtlamanın tercih edilmesi
- Önemli: kaba çakıl geçişinin olduğu derin ve sığ lokasyonlar, hızlı akan bölüm, çakıl banklarından geçiş yaparak hızlı akan derin kanallar

Habitat modelleme yaklaşımlarının sahalarınve türlerin spesifik yönlerinin başarıyla uygulanması ve spesifik tür yönlerinin dahil edilmesi gerekmektedir, örn. Çoruh Havzasında yaşayan mevcut alabalık popülasyonunun statüsü ve habitat gereksinimleri incelenmesi gerekmektedir.

Dağ Alabalığı ile ilgili yönlerin ve soruların balık uzmanları tarafından verilen cevapları:

- Habitat aralığı mekan ve zaman olarak nedir?
- Birbirleriyle karışan meta popülasyonlar var mı?
- Çoruh nehrine ulaşırken yan kolları kullanıyorlar mı?
- Yumurtlama lokasyonları nerede?
- Şu anki durumları nedir? Stabil mi, azalmakta ise bunun nedenleri nedir?

Ancak, Çoruh Havzasındaki su kalitesi ile sıcaklığı da göz ardı edilmemelidir, ne de olsa mükemmel hidrolik yaşam alanları olsa bile örneğin yaz aylarındaki su sıcaklığı bazı balık türleri için tolere edilen aralığının üzerindeyse bir fayda sağlamamaktadır..

Bu bilgilerin habitat modelleme yaklaşımları için sağlanabildiği varsayılırsa, bu da Çoruh havzasındaki uygulama için kesinlikle gelecek vaat etmektedir. Aynı zamanda da aşağıda bahsi geçen bütünsel yaklaşımlar da akış değişiminin nehir ekolojisindeki etkisi ile ilgili objektif bilgi sağlamakta önemli bir rol oynamaktadır.



#### 6.5.4 Bütünsel Metodlara Göre Değerlendirme

İlk adımda, bazı basit hidrolojik model ya da daha uygun olarak, habitat simülasyon modelinin sonuçları seçilen bölge için eşit nehir akış düzenlemesi hakkında bazı belirtiler verebilir. İlk analiz sonuçları ve uzmanlarla yapılan çalışmalar herhangi bir model ya da metodun sonuçlarının daha geniş bir analizde birleştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca Çoruh havzasındaki derive edilmiş nehir kollarının yönetiminin ek düzenlemelerle desteklenmesinin gerektiği sonucuna varılmıştır.

İnce sedimentlerin bulunması yerleşik ve göçebe alabalıkların yumurtlama başarısı için son derece kritiktir. Eğer yumurtlanan çakıllar ince sedimentler tarafından örtülü ya da ince sediment miktarı normal değerlerin üzerindeyse, o zaman sadece hidrolik koşulların sağlanması hiçbir başarı sağlamaz. İnşaat ve daha sonra da işletme sırasında ince sedimentlerin girişlerini en aza indirmeye çaba sarfetmek gerekmektedir.

Kum tutucuların kullanımı da uygun yönetilmelidir. Büyük miktardaki ince sedimentleri bütün farklı yönlendirilmiş olan nehir kollarından taşıyabilmesi için nehrin taşıma kapasitesinin yeterince uzun olduğu zamanlarda nehre bırakılmalıdır.

Çakılları temizleyen ve yıllık bazda nehir yatağını hareketlendiren karların erimesi sebebiyle oluşan taşkınlarının (yaklaşık taşma debisi akışı olarak var sayılmakta, ya da 1-2 senelik taşkın olayı) yumurtlama çakılının yeterince bir süre zarfında temizlenmesi için devamlılığı sağlanmalıdır. Üç ila beş günlük bir sürenin yeterli bir zaman periyodu olduğu varsayılmaktadır. Ancak bu varsayımın duruma göre tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir.

Farklı yönlendirilmiş nehir bölümünün uzunluğu, seçilen bölgedeki kolun toplam uzunluğu ile kıyaslandığında daha fazladır. Bundan dolayı farklı yönlendirilmiş nehir bölümündeki akışlar nehir ekosisteminin işlevselliğini sağlayabilmesi için bütün kriterleri yerine getirmelidir. Bu, sadece kısa bölümün ya da fonksiyonel nehrin yönlendirilmesinden farklı bir durumdur. Bu durumda boylamsal bağlantılılığın göç için yeterince bir kriter olduğu tartışılabilir. Ancak alabalığın nehrinden ne kadar yukarıya göç edip yumurtladıkları çok net değildir. Aynı zamanda da Çoruh Nehrinden aşağıya

doğru göç edip etmedikleri, türler arası üreyip remedikler ve oruh'un diğer akarsularında yaşayan meta popülasyonlarla karışıp karışmadıkları de tam net olarak tanımlanmamıştır. Bu katastrofik olaylar (olası bir popülasyonunu yok edebilecek) sonrasında popülasyonların direnç değerlendirmesi de önemli bir etkidir.

Farklı yönlendirilmiş nehir kolundaki su sıcaklığı kritik bir meseledir. Su sıcaklığını modellemek son derece karmaşıktır. Modellemeyi geliştirmek için en az iki yıl boyunca veri toplanmasını gerektirmektedir. Günlük hava sıcaklıklarını içeren basit bir korelasyon kullanmak yardımcı olmamaktadır nkn bu şekilde azaltılmış akışın etkileri göz önünde bulundurmamaktadır.

Genel olarak farklı yönlendirilmiş nehir kollarında suyun sıcaklığı yazın artar (ok ılık) ve kışın azalır (ok soğuk). Akışta bir artış bu etkileri azaltmaya yardımcı olabilir. Eğer kritik sıcaklık eşiklerine ulaşılırsa, bu ancak doğrudan ölçümler olarak tespit edilebilir. Bundan dolayı da farklı yönlendirilmiş koldaki kritik limit aşıldığı zaman akışı arttırması için hidroelektrik g santralinin otomatik olarak alarm gönderilebilmesi için de sıcaklık ölçerlerin ya da sensörlerin kurulması önerilmektedir.

Nehir kenarı boyunca bulunan bahçe ve diğer tarımsal aktiviteler nedeniyle tarlalardan gelebilecek gübrelerin yüzeysel akışına karışması olasıdır. Artan besin girişi ile birlikte küçük çapta akışlarla yüksek sıcaklıklar yaz aylarında büyük ölçüde yosunun oluşmasına sebep olabilir. Bu da gündüzleri ařırđ oksijen doygunluğuna ve geceleri de oksijenin azalmasına yol açabilir ki bu etkiler de balıklar için ölümcül olabilir. Başka kritik darboğazların olup olmadığı sorusu da dikkatli bir şekilde tartışılmalıdır, yasak avlanma gibi durumlar da ayrıca incelenmelidir

Yukarıda bahsi geçen bütün etkenleri göz önünde bulundurmak i akıntı miktarında akış gereksinimlerine yol açacak diye bir şey söz konusu değildir. Ancak bu etkenler göz ardđ edilirse, makul bir i akıntı akış düzenlemesi olmasına rağmen ekosistemin işlevselliğini tamamen kaybetmesi söz konusudur.

Yukarıda bahsi geçen soruların ek araştırma olmadan kolayca cevaplanamayacağı var sayılmaktadır. Bundan dolayı da Uyarlamalı Yönetim yaklaşım oruh nehri üzerinde farklı yönlendirilmiş nehir kollarının yönetimi için önerilmektedir.

## 7 SONUÇ VE ÖNERİLER

4628 Sayılı Kanun sonrasında hidroelektrik santral projelerinin hayata geçirilmesinde atılan hızlı adımlar proje bazında havza ihtiyaçlarına göre çevresel akışın belirlenmesi için atılamamıştır. Ülkemizde halen bir çok akarsu havzası için ekolojik potansiyelin ihtiyaçlarını belirlemeyi hedefleyen çeşitli sektörler bazında alınması gereken önlemler konusunda yapılmış kapsamlı bir “Master Plan” çalışması olarak kabul edilecek bir çalışma yoktur. Bu nedenle, HES projeleri hayata geçirilirken mansap kadim su hakları haricinde canlı hayatın devamlılığını sağlamak amacıyla bırakılacak su miktarının hesaplanması için global yöntemler kullanılmalıdır.

Bahsedilen bulguların ışığında, Çoruh Havzasında bulunan farklı yönlendirilmiş nehir kolunun yönetimi için Uyarlamalı Yönetim yaklaşımının benimsenmesi tavsiye edilmektedir. İlk adım olarak, basit bir hidrolojik metot ya da çok daha uygun, habitat simülasyon modelinin sonuçları ırmak akış düzenlemesi ile ilgili bir ön tahmin sağlamaktadır.

Hidrolik değişimi, su sıcaklığı gibi fiziksel parametreler ve ilgili tür üzerindeki etkileri hakkında sağlam bilgi olmadan Çoruh havzası için kısa dönemli çevresel akış düzenlemesiyle ilgili bir stratejinin geliştirilmesi önerilmemektedir. Ancak, ilk etapta geçici düzenlemeler oluşturup uygulamak ve detaylı çalışmaları sonuçlandırdıktan sonra bu düzenlemeleri uyarlamak daha mantıklıdır. Uzun vadede uyarlamalı yönetim toplam sonuç açısından en gelecek vaat edendir ama mevcut durumu önceden belirtilen noktaya getirebilmek için sürmekte olan çabalar (ve harcamalar) gerekmektedir.

HES projeleri geliştirenlerin hedefi balık popülasyonunu korumaya yardımcı olacak çevresel akış düzenlemesi geliştirmek için uygun metot tanımlamak ve aynı zamanda da HES’lerde mümkün olduğu kadar enerji üretimini desteklemek olmalıdır. Böyle bir yaklaşım, sıklıkla uygulanan ve basit hidrolojik ölçüm bazlı metotların ötesine geçerek yerel balık popülasyonu ve HES için en uygun çözümlere izin verebilmelidir.

Ayrıca sözünü ettiğimiz çevresel akış düzenleme önerilerine ek olarak, ileri çevresel ve sosyal konular da göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlardan en önemlilerinden biri kimyasal kirlilik seviyesinin tespitidir. Balıkların yumurtlama alanlarının su kalitesi ve kirlenme seviyesi hakkındaki veriler incelenmelidir. Balıkların nehirde yumurtlayabilmesi için balık biyokimyasında toksik etkileri olabilecek çeşitli tip kirliliklerden korunmaları gerekmektedir. Yasak avlanma ise doğal balık popülasyonlarının tehdit eden bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Şu anda Dağ Alabalığı popülasyonu yasak avlanma nedeniyle tehdit altındadır. Bu durum yetkililer tarafından kontrol altına alınmalıdır.

Öte yandan Salmonoid türlerin doğal yeri dışında koruma çabaları, yani stok arttırma ve kriptojenik koruma çabaları ana balık türü için alınmıştır. Salmonoid balıklar ergen periyotlarında, geriye kalan hayatlarına nazaran, taşkın, siltasyon ve hastalığa çok daha duyarlıdır. Balık stokları ya da popülasyon sayısı düşerse, stok attırıcı programların hazırlanması gerekmektedir. İdeal olarak stok ölçüm çalışması HES operasyonu başlamadan yapılmalıdır. Kriptojenik koruma da balık spermalarının özel koşullarda saklanmasını mümkün kılmaktadır, örn. likit nitrojen ve diğer yöntemler gibi. Bu metot bazı nesli tükenmekte olan ya da IUCN Tür Yaşam Komisyonu tarafından belirlenen kritik tehlikeli türler için önerilmektedir.

Genellikle Türkiye'deki HES'lerde balık geçiş yapılarının mevcut dizaynı spesifik DSİ yönergelerine göre tasarlanan ve sağlanan ve çoğu birbirinden kopyalanan klasik havuz geçitleridir. Ancak olması gereken, bölgedeki hedef balık türlerini göz önünde tutarak projenin ve bölgenin özelliklerine uygun bir balık geçidi tasarlanmasıdır.

Balık geçiş yapılarının tasarımını sınırlı çabalarla, yani zaman ve maliyet açısından, değiştirmek olası gibi görünmektedir. Bunun sonucunda da iyi işleyen bir yapı Çoruh nehrinde etkilenen bütün kısım için balıkların nehir yukarısına düzenli bir göç yapabilmesini sağlayabileceklerdir. Tekrardan düzgün ve profesyonel bir tasarımın inşaat maliyetlerini önemli oranda arttırması beklenmemektedir.

Sosyo-ekonomik etkiler ve alınacak olan önlemlerin projeden etkilenen yerel halk için göz önünde bulundurulmalıdır. Şirket ve yerel halk arasında güven oluşturmak da şart. Yerel halk arasında şirketin su çaldığı ya da bölgede su kısıtlanacağı gibi dedikodular dönebilir. Yerel halk ile iyi bir iletişim sağlanmalıdır. Bu şekilde, her iki taraf açısından yanlış anlaşılmalara sebebiyet verilmemesi için bu tür spekülasyonlardan da sakınılmalı ve net açıklamalar yapılmalıdır. Yerel halk şirketin su çalmadığını ya da ne şimdi ne de gelecekte bütün suyu projeye yönlendirmediğine ikna edilmelidir. Aslında, geleneksel olarak su şirkete değil yerel halka aittir. Bırakılacak olan su miktarının kararı şirket uzmanları tarafından bölgede yaşayan insanlara net olarak açıklanmalıdır.

Yerel halk ile orta noktada buluşabilmek şimdi ve gelecekte yaşanabilecek çatışmayı ya da yasal sorunları yatıştırabilmenin tek yoludur. Neticede, bütün bu aktiviteler proje alanında sadece çevresel ve sosyal şartları düzeltmenin haricinde proje sahibinin itibarı üzerinde olumlu etkisi olacaktır.

Çoruh Havzasında, bir takım hidro elektrik projeleri bulunmaktadır ve kamu katılımının az oluşu, çevresel bilinç, ve su ile yüzey ekosistemleri hakkında bilimsel bilgiyle birlikte çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır. Çevresel koruma ve kuş izlemesi gibi ekoturizmi teşvik etmek için yerel sivil toplum kuruluşlarıyla işbirliği oluşturmak ve Salmonoid ile diğer balık türlerini korumak yerel toplumla uzun vadede yaşabilecek çatışmaları önlemek için faydalı olabilir. Aynı zamanda proje alanındaki balık çiftliği şirketleri ile bir konsensüse ulaşılması da son derece önemlidir. Salmonoid türlerin korunması açısından bu şirketlerle işbirliği her iki tarafın uzun vadeli çıkarları için yararlı olabilir.

## KAYNAKÇA

### *Kitaplar*

Creman, M. C. and Ferguson, A. J. D. 2010, *Environmental flows and the European Water Framework Directive. Freshwater Biology*

Clapp, D.F., R.D. Clark Jr., and J.S. Diana, 1990: *Range, activity, and habitat of large, free-ranging Brown Trout in a Michigan stream*. Transactions of the American Fisheries Society 119:1022-1034.

Demirsoy A., 1999. *Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası "Hayvan Zoocoğrafyası"*.

Geldiay, R and Balık, S. *Türkiye Tatlısu Balıkları* Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Bornova, İzmir, 519 s. 1996.

Tharme, R. E., 2003. *A Global Perspective on Environmental Flow Assessment: Emerging Trends in the Development and Application of Environmental Flow Methodologies for Rivers*. River Research and Applications, 19(5-6), 397-441.

### ***Sürelî Yayınlar***

Akpınar A., Kömürcü M., Kankal M. ve Filiz M., 2009, Çoruh Havzası'ndaki Küçük Hidroelektrik Santrallerin Durumu, *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, 2009, Diyarbakır.

Cunjak, R.A. (1996): Winter habitat of selected stream fishes and potential impacts from land-use activity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53 (Supplement 1):267-282.

Elliott, J.M. (1994): Quantitative ecology and the Brown Trout. Oxford University Press, Inc. New York, NY. 286 pp.

## ***Diğer Yayınlar***

Arman F., Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli ve Sorunları,

[http://www.hesiad.org.tr/hid\\_pot.htm](http://www.hesiad.org.tr/hid_pot.htm). [erişim tarihi 18.03.2013]

Belica, L. (2007): Brown Trout (*Salmo trutta*): A technical conservation assessment.

USDA Forest Service, Rocky Mountain Region,

<http://www.fs.fed.us/r2/projects/scp/assessments/browntROUT.pdf>. [erişim tarihi 22.04.2013]

Çimenci V. ,(2011). Küçük Hidroelektrik Santraller Ve Dere Yatağında Bırakılması

Gereken Can Suyu Miktarı. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik

Üniversitesi FBE.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (2012). Enerji Raporu 2012

Fichtner. 2010. *Expertise on an Optimum Environmental Flow Regulation by Using Existing International Approaches and Considerations of Conditions in Turkey*

Kocabas, M. (2009): ,Türkiye Doğal Alabalık (*Salmo trutta*) Ekotiplerinin Kültür

Şartlarında Büyüme Performansı ve Morfolojik Özelliklerinin karşılaştırılması, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi.

URL 1, <http://www.choruh.com/tr/doga>. [erişim tarihi 18.03.2013]





