

**ARAŞTIRMA MAKALESİ /RESEARCH ARTICLE**

**DFLOW PROGRAMI İLE PORSUK HAVZASINDAKİ AKARSULARDA DEBİ  
ANALİZİ**

**Serdar GÖNCÜ<sup>1</sup>**

**ÖZ**

En önemli tatlı su rezervlerinden biri olan akarsuların sürdürülebilir şekilde kullanılabilmesi ve yönetilebilmesi amacıyla düşük debi miktarlarının ve periyotlarının belirlenmesi büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, Porsuk havzasında bulunan akarsu ve kollarındaki akım değerlerinin analizleri için ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından geliştirilmiş DFLOW yazılımı kullanılmıştır. Eskişehir'in de içinde bulunduğu Porsuk Havzası içerisinde belirlenen istasyonlara ait debi verileri Devlet Su İşleri'nden temin edilmiştir. DFLOW yazılımı sayesinde 7Q10, 4B3 gibi hidrolojik ve biyolojik yapı esaslı düşük debi değerlerini dikkate alan hidrolojik veriler hesaplanarak son 45 yıllık süreçte akarsuların nasıl etkilendiği anlaşılmaya çalışılmıştır. Ayrıca düşük akım periyotlarının zamansal artış ve azalış eğilimleri belirlenmiş ve iklim değişikliğine bağlı olarak 7 günlük minimum (7Q1) akım değerleri incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda 7Q1 değerlerinde, sulama amaçlı olarak kullanılmakta olan akarsu kollarında barajlar sonrasında sulama suyu ihtiyaçlarının artması ve bırakılan su miktarlarının artması nedeniyle artış eğilimi görülürken, doğal koşullardaki ve havzadan beslenen ana ve yan akarsu kollarındaki akım verilerinde ise yıllara bağlı olarak önemli azalmalar görülmektedir. İklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışları ve yağış rejimindeki değişimler bu durumun daha duyarlı şekilde göz önüne alınması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca Hidroelektrik Santral (HES) gibi su kontrol yapılarının planlanmasında benzer çalışmalar ile ülkemizdeki sınırlı yüzeysel su kaynaklarının daha etkin kullanımı ve sürdürülebilirliği için önemli bilgiler elde edilmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** DFLOW, 7Q10, 4B3, Porsuk havzası, Hidroelektrik santral.

**FLOW ANALYSIS AT THE PORSUK WATERSHED STREAMS WITH USING  
DFLOW**

**ABSTRACT**

Determining low-flows and their periodicities is very important for sustainably using and managing streams which are one of the most important water resources. In this study, EPA's DFLOW software has been used for the analysis of the main stream and tributaries of the Porsuk watershed. Flow data sets from selected stream flow gauge stations located in the Porsuk Watershed have been provided by the General Directorate of State Hydraulic Works. Hydrologically and biologically based low-flow criteria like 7Q10, 4B3 have been calculated by using the DFLOW software and how these stream tributaries have been affected over the last 45 years has been determined. Also temporal trends of low-flow periods and 7-day average low flows whose return period is a year (7Q1) have been examined. As a result of this study, increasing trends have been determined on some tributaries used for irrigation purposes and after reservoir construction. Undisturbed tributaries have decreasing low-flow patterns. Increases in temperature and precipitation changes due to climate change should be considered with more care. In addition, in the planning and use of water control structures, such as hydroelectrical power plant dams, such studies are important for the more efficient use and sustainability of the limited surface water resources in our country.

**Keywords:** DFLOW, 7Q10, 4B3, Porsuk watershed, Hydroelectric power plant.

<sup>1</sup> Anadolu Üniversitesi Müh.Mim.Fak. Çevre Müh.Böl. 26555, Eskişehir, Türkiye.  
E-mail:sgoncu@anadolu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Akarsular insanoğlu için en önemli tatlı su kaynaklarından birisidir. Geçmişte ve günümüzde sosyal, ekonomik ve politik gelişmeler başlıca tatlı su kaynaklarına erişebilecek ve bunların dağıtımına olanak sağlayacak nehir sistemleriyle ilişkilidir. Akarsular pek çok insani amaçlı kullanımının yanı sıra birçok canlı için de bir yaşam alanı olmaları açısından önemli bir habitat olma özelliği taşımaktadır. Akarsuların karakteristik özelliklerini daha iyi anlamak, bunları yapılacak çalışmalarda kullanabilmek ve gelecekteki durumları hakkında tahminde bulunabilmek için debi ölçüm çalışmaları yapılmaktadır.

Akarsuları karakterize etmek ve yıllık değişimleri sınıflandırmak için kullanılan belirli spesifik debi değerleri vardır. Bu sınıflandırma ortalama pik debi, aylık ya da yıllık ortalama debi ve ortalama düşük debi değerlerini içerir. Bu değerler, özellikle akarsu üzerine yapılacak bir su yapısının tasarlanması için oldukça önemlidir. Bu tasarım parametrelerinin içerisinde mevcut ekolojik yapının korunabilmesi için düşük debi değerlerinin iyi bir şekilde belirlenebilmesi gerekmektedir. Kurulacak su yapısının tasarımı ve kurulum sonrası işletilmesinde bu değerlerin gözönüne alınmaması durumunda doğal yapısının değişmesi ve mevcut biyolojik yaşama zarar verebilme ihtimali oldukça yüksektir (Anonim 2010).

Son yıllarda iklim değişikliğine yönelik çalışmalarda sıcaklıkların artacağı ve yağış rejimlerinde önemli değişikliklerin olacağı tahmin edilmektedir. Bu konuda tamamlanma aşamasında olan bir TÜBİTAK projesinde, aşağı Porsuk havzasında 21. yüzyılın ilk yarısında belirli öngörülere dayanan senaryolar bazında iklim koşullarının belirlenmesi ve söz konusu havzada hidrolojik çevrimin ve su kalitesinin havza bazında modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Kanada İklim Araştırma Merkezi ve Hadley İklim Araştırma Merkezi gibi iklim araştırma merkezlerinin oluşturduğu Küresel Çevrim Model sonuçları kullanılarak bölgenin gelecekteki iklimsel davranışı irdelenmiştir. Bu model sonuçlarının bölge koşullarına uygunluğunu sağlamak üzere istatistiksel ölçek küçültme yaklaşımı (statistical downscaling) kullanılarak lokal iklim özelliklerine uygun iklim senaryoları oluşturulmuştur (Albek ve ark. 2011). Bu araştırma projesi ile elde edilen yağış ve sıcaklık verilerinin uzun dönem ortalamaları Çizelge 1’de verilmiştir.

Bu verilere göre geleceğe yönelik pek çok iklim senaryosunda yıllık yağışlarda azalma

eğilimi ve tüm iklim senaryolarında artan sıcaklıklar öngörülmektedir. Bu durum mevcut su kaynaklarının daha iyi bir şekilde işletilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Akarsu sistemlerindeki iklim değişikliğine bağlı oluşan baskının yanısıra aynı zamanda akarsu su yapılarının yapımı ve işletilmesi sonucu oluşan baskılar da akarsu ekosistemini ciddi ölçüde etkileyebilecektir.

EPA tarafından “Bir akarsuda 10 yıllık frekansta 7 ardışık gün için meydana gelecek en düşük akım” olarak tanımlanan 7Q10 kavramı, noktasal kaynak kirliliği vb. durumlarla ilgili modelleme amaçlarına yönelik olarak da kullanılan bir istatistiktir (EPA 1986, Chapra 1997). Çünkü 7Q10 değeri, kirleticinin akarsu içerisinde seyrebilmesi ve belirli bir zaman periyodunda bozunması açısından en kötü senaryo olarak dikkate alınır. Kuraklık koşullarında habitatın korunması ve sucul yaşamla ilgili olarak bir kriter niteliğini taşır. Ayrıca bir akarsuyun alıcı ortam özümleme kapasitesine bağlı olarak günlük toplam maksimum yük miktarının (TMDL-Total Maximum Daily Load) belirlenmesi ve alıcı ortam standartlarının oluşturulması için son derece önem taşımaktadır. Caisse ve El-jabi (1995) 7Q10’da akarsu giriş akımının önemli ölçüde göz ardı edildiği uyarısını yapmıştır. Massachusetts Eyaleti 2004 yılında sağlıklı bir ekosistemin sürdürülebilmesi için 7Q10’un yeterli olduğunu kabul etse de Pyrcce (2004) bunun için debi miktarının daha büyük olması gerektiğini ortaya koymuştur. Kroll ve Vogel (2002) sürekli akış halindeki akarsularda 3 parametrelili Log-normal dağılımın kullanılmasını önermiştir. Log-Pearson Tip 3 dağılım yöntemi ise, ilk olarak 1967 yılında Birleşik Devletler Su Kaynakları Konseyi (U.S. Water Resources Council-USWRC) tarafından kullanılmak üzere önerilmesinden sonra, sırasıyla 1975, 1977 ve 1981 yıllarında güncellenerek Amerika Birleşik Devletlerinde akarsu akımlarını değerlendirmek üzere yağın bir şekilde kullanılmaya devam etmiştir (Arora ve Singha 1989). Amerikan İnşaat Mühendisleri Topluluğu (ASCE-American Society of Civil Engineers) bünyesinde sürdürülen çeşitli çalışmalarda da bu metodun oldukça etkin bir şekilde kullanılabilceği çeşitli yayınlarda ifade edilmiştir (Rao, 1980-a,b). Havzaların büyüklüğü ve jeolojik yapısı akarsu akış rejimini de etkiler. Debi miktarı ve yıllık, uzun dönemli dalgalanmalar drenaj havzasının karakteristiklerinden önemli ölçüde etkilenir. İklimsel, meteorolojik, topoğrafik ve hidrolojik faktörler akış miktarında belirgin etkiye sahiptir.

Çizelge 1. Çeşitli senaryolara göre uzun dönem yıllık yağış ve sıcaklık değişimleri

	Uzun dönem yıllık yağış ort. (mm)				Uzun dönem yıllık sıcaklık ort. (°C)			
	c3 a1b	c3 a2	h3 a2	h3 b2	c3 a1b	c3 a2	h3 a2	h3 b2
1961-1990	340	340	361	355	10.4	10.4	10.3	10.2
2021-2050	339	304	374	354	11.8	12.2	12.5	12.7
2071-2100	280	235	360	371	13.2	14.1	16.0	14.2

Flynn (2003) ve Hortness (2006) tarafından yapılan çalışmalarda 7Q10 değerinin belirlenmesinde drenaj alanı, yıllık ortalama sıcaklık miktarı ve yaz aylarında meydana gelen yağış miktarlarını kullanmışlardır.

Sucul yaşamın korunmasına dair EPA tarafından ortaya koyulan diğer bir kriter Biyolojik derişim kriterleridir. 7Q10'un bu konudaki ihtiyaca yeterince karşılık veremediği ortaya çıkınca ani kirlenici yüklemelerini ve sürekli hale gelmiş kirlenici yükünü göz önüne alabilen yeni kriterler olarak ortaya çıkarılmıştır. Göz önüne aldığı iki kriterden birisi maksimum derişim kriteri (CMC-Criteria Maximum Concentration), sucul yaşamın korunmasını sağlamak için 3 yılın debi değerleri ortalamasında 1 saat boyunca akut kirlenici konsantrasyonunun artmaması gerektiği eşik tasarım debisini "1B3" olarak ifade ederken sürekli derişim kriteri (CCC-Continuous Criteria Concentration) ise kirlenici konsantrasyonunun 3 yılın debi değerleri ortalamasında 4 gün boyunca artmaması gerektiği eşik tasarım debisini "4B3" olarak ifade etmektedir (Anonim, 1986). Literatür çalışmaları incelendiğinde, Jonaitis (2002) tarafından yapılan çalışmada, 7Q10 ve 4B3 arasındaki ilişkinin incelenmesi yapılmıştır. Ülke genelinde Amerikan Yerbilimsel Araştırma Kurumu (USGS)'na ait en az 20 yıllık veriye sahip olan 74 akım gözlem istasyonundan toplanan veriler DFLOW yazılımı ile analiz edilmiştir. Akarsulardaki nitrifikasyon sürecini göz önüne alabilmek için de 4B3'e benzer olarak 30B3 kriteri de program aracılığıyla kullanılabilir. Biyolojik dizayn kriterleri ile hidrolojik dizayn kriterleri karşılıklı olarak eşleşmektedir ve birinin hesaplanmadığı durumlarda diğeri tasarım kriteri olarak seçilebilir. 1B3-1Q10, 4B3-7Q10 ve 30B3-30Q10 değerleri eşlenik olarak kullanılabilir. Ülkemizde bu konu ile ilgili çalışmalardan, Yıldız ve Saraç (2008) tarafından Elektrik İşleri Etüt İdaresi adına yapılan çalışmada Türkiye genelindeki 23 havzada 104 istasyona ait 39 yıllık günlük ortalama, maksimum ve minimum akım değerleri kullanılarak ülke genelinde trend incelemesi

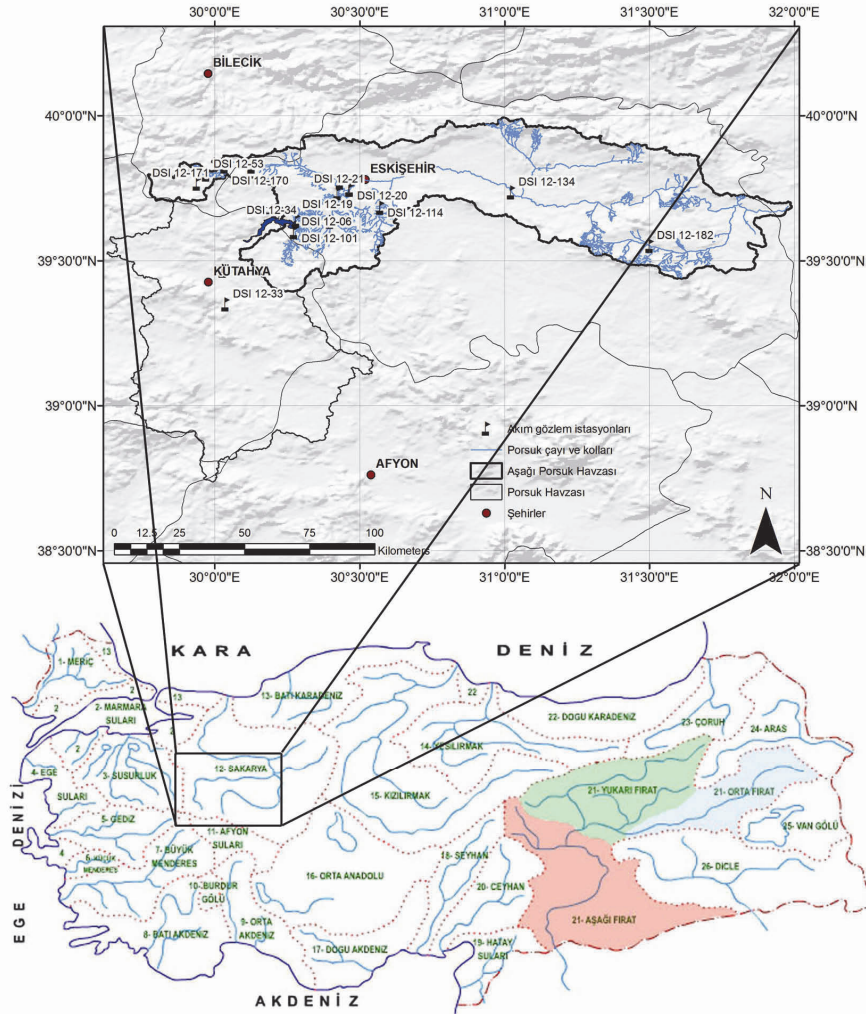
yapılmıştır. Yapılan çalışmaya göre yurdumuzdaki pek çok akarsuda düşük debilerde azalma eğilimi olduğu belirtilmiştir. Özdemir ve ark. (2007) yapmış oldukları çalışmada ise hidroelektrik santrallerden bırakılan su miktarlarının sucul yaşamın kalitesini etkilememesi için gerekli olan minimum debinin hesaplanmasına yönelik çeşitli yöntemleri literatürden belirleyerek Türkiye'deki çeşitli akarsular üzerinde bulunan akım gözlem istasyonlarına ait akarsu debi verilerini incelemişlerdir.

Çalışmanın amaçlarından birisi de akarsulardaki biyolojik yaşamın korunması için akarsuda olması gereken minimum tasarım debisini yazılım aracılığıyla hesaplamaktır. Debi miktarının akarsudaki biyolojik yaşam üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri bulunmaktadır. Organizmaların taşınmasını sağlar, akarsu yatağının fiziksel yapısını etkiler ve özellikle yüzey kısmında dikkate değer derecede gazların değişimine etki eder. Akarsulardaki debi miktarındaki mevsimsel değişiklikler komünitelerde de etkisini gösterir.

Bu çalışmada debi analizleri, ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından geliştirilmiş DFLOW yazılımı ile yapılmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle Porsuk havzasındaki akım gözlem istasyonu verileri temin edilerek, eksik veriler tamamlanmıştır. İstatistiksel açıdan ve su akımı karakteristiklerinin değişip değişmediğinin kontrolü yapıldıktan sonra DFLOW programı kullanılarak düşük tasarım debi değerleri belirlenmiştir. Ayrıca 7 günlük minimum debi değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi incelenerek akım gözlem noktalarına göre değerlendirilmeler yapılmıştır.

## Yöntem

Çalışma kapsamında Türkiye'de bulunan 26 ana akarsu havzalarında bir tanesi olan Sakarya havzasının bir alt havzası olan Porsuk havzasındaki akarsu akım değerleri ele alınmıştır. Şekil 1.'de Havzanın konumu görülmektedir.



Şekil 1. Türkiye Akarsu Havzaları, Porsuk havzası ve incelenen akım gözlem istasyonları

Porsuk havzası, Sakarya havzasının bir alt havzası olup, kuzeybatı Anadolu'da 11325 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır. Havza, 29° 38'-31° 59' doğu boylamları ile 38° 44'-39° 99' kuzey enlemleri arasında yer alıp havzanın %60'ından fazlası dağlık (900-1650m) yapıdadır (Şekil 1). Porsuk havzasının yüzey suları, Porsuk çayı ve yan kolları tarafından toplanır ve havza içinde 435,8 km yol katettikten sonra, Sazlılar mevkiinde, 660 m kotunda, Sakarya nehrine dökülür. Porsuk havzasının uzun süreli yıllık ortalama yağış yüksekliği 450 mm'dir. Dolayısıyla, su potansiyeli Türkiye'nin uzun dönem (1970-2009) ortalama yağış miktarına (643,9 mm) göre azdır. Havzanın toplam yıllık su potansiyeli 481 hm<sup>3</sup>'tür (DSİ 2001, Bakış ve ark. 2008).

Gerekli debi verileri DSİ'ye ait akım gözlem istasyonlarından sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan istasyonlarla ilgili bilgiler Çizelge 2'de verilmiştir.

### Akarsu Debi Ölçümlerinde Eksik Verilerin Tamamlanması

Su kaynaklarının planlanması ve yönetimine yönelik çalışmalarda, düzenli ve eksiksiz akım verileri gibi hidrolojik verilere ihtiyaç vardır. Fakat pek çok arazi çalışmasında farklı kurum/kuruluşlardan temin edilen akım gözlem değerlerinde, geçmiş tarihlere ait verilerde çeşitli nedenlerle eksik veriler olmaktadır. Benzer durum, spesifik olarak çalışmaya yönelik sürveyans gözlem çalışmalarında bile ortaya çıkabilmektedir (iklimsel zorluklar, ulaşım zorlukları, ölçüm cihazındaki sorunlar ve benzeri sebeplerle). Literatür incelendiğinde genel olarak hidrolojik veri setlerinde akış verilerinde %5-10 civarında, hatta bazı durumlarda %25'e varan oranlarda eksik veriler ile karşılaşılmaktadır (Elshorbagy ve ark. 2000, Panu ve ark. 2000). Özellikle ülkemizdeki hidrolojik verilerde önemli miktarda eksiklikler vardır.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan istasyonlar, ham veri sayısı ve veri içeren yıl aralığı

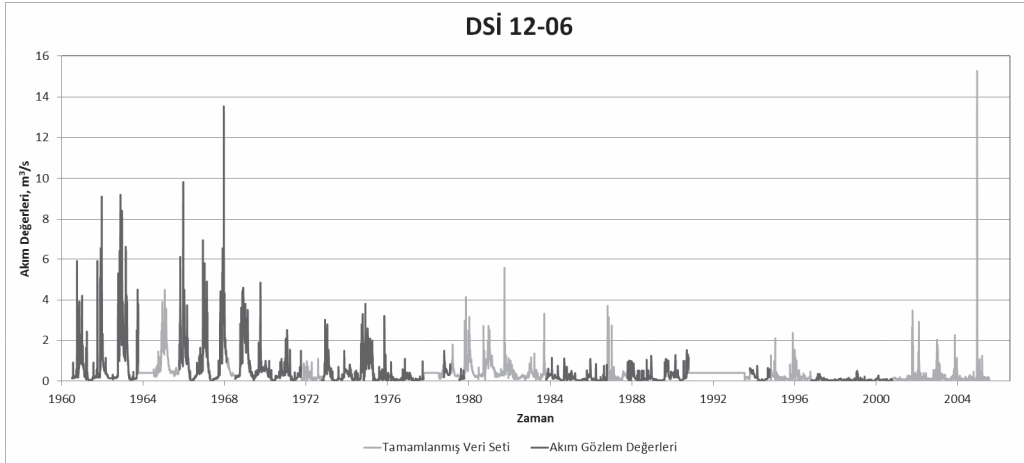
İstasyon No	İstasyon Adı	Koordinatlar	Ham Veri Sayısı*	Yıl Aralığı
12-02	Sarısu-Sazova	39°46'K-30°26'D	3834	1960-1971
12-06	Kargın D.-Porsuk DDY Durağı	39°36'K-30°16'D	9281	1960-2000
12-19	Porsuk Ç.-Reg. Çıkış	39°44'K-30°28'D	365	1961-1962
12-20	Porsuk Ç.-Sağ Sah.Sul.Kan.	39°44'K-30°28'D	365	1961-1962
12-21	Porsuk Ç.-Sol Sah.Sul.Kan.	39°44'K-30°28'D	365	1961-1962
12-33	Porsuk Ç.-Porsuk Çiftliği	39°21'K-30°02'D	12720	1961-2005
12-34	Porsuk Ç. - Porsuk	39°38'K - 30°17'D	15913	1963-2001
12-53	Sarısu - Darıdere	39°48'K-29°58'D	4747	1964-1977
12-54	Porsuk Ç.- Esenkara	39°44'K-30°25'D	15925	1964-2005
12-63	Uludere-Uluçayır	39°38'K-30°24'D	14609	1964-2005
12-101	Kargın D.-Reg. Derivasyon. Kan.	39°36'K-30°16'D	8767	1971-2005
12-114	Sarısungur D. - Gürpınar	39°41'K-30°34'D	3195	1972-1982
12-134	Porsuk Ç.- Yeşildon	39°44'K-31°01'D	6210	1977-1998
12-170	Sarısu - Kandilli	39°49'K-30°02'D	6516	1983-2005
12-171	Sarısu-Yenidodurga	39°46'K-29°55'D	5051	1983-2005
12-172	Sarısu - İnönü	39°49'K-30°08'D	5933	1983-2005
12-181	Porsuk Ç.-Çalça (Yenibosna)	39°28'K-30°02'D	5478	1985-2005
12-182	Pürtek Ç.-Pürtek	39°33'K-31°30'D	5479	1985-2005

\* Ham veri sayısı: DSİ ve EİEİ verilerinde belirtilen zaman aralıklarının tümüne ait ölçüm verisi bulunmamaktadır. Bu nedenle bahsi geçen zaman aralıklarında kaç adet gerçek ölçüm versisinin bulunduğu belirtilmiştir.

Hidrolojik verilerdeki eksiklikler özellikle hidrolojik modelleme çalışmalarında ve su kaynaklarının yönetimine yönelik çalışmalarda önemli engeller oluşturmaktadır. Bu verilerin tamamlanması için, interpolasyon, regresyon analizi, zaman serisi analizi, yapay sinir ağları, ve hidrolojik modeller (Elshorbagy ve ark. 2000, Keskin M.E. ve Taylan D. 2009) gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra bir havzadaki mevcut ölçüm istasyonu verileri kullanılarak, havzadaki akarsuyun başka bir noktasındaki debi değerlerinin tahmin edilmesi için alan oranı metodu yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. İstatistiksel olarak da eksik verilerin tamamlanması için çeşitli istatistiksel analiz programlarının eksik veri analiz modülleri son yıllarda etkin bir şekilde kullanılmaya başlamıştır.

Çalışma kapsamında SPSS istatistiksel yazılım programının kayıp veri analiz modülü kullanılmıştır. Bu modülde eksik verinin türüne

göre kullanılacak çeşitli istatistiksel tekniklere göre eksik verilerin tamamlanması (atanması) gerçekleştirilmektedir. Bu modüldeki yöntemlerden EM (Expectation-Maximization) Yöntemi çalışma kapsamında kullanılmıştır. EM algoritması eksik verilere sahip birimlerin tahmininde kullanılan maksimum benzerlik tahminlerini içeren bir yöntemdir. EM yöntemi, yinelemeli (iterative) ve iki aşamalı bir yöntem olup E aşaması eksik veri için en iyi olası kestirimleri, M aşaması ise eksik veri atandığında ortalama, standart sapma ya da korelasyona ilişkin kestirimleri verir. Bu süreç, kestirilen değerlerdeki değişimin önemsenmeyecek derecede azalmasına kadar devam eder (Anonim, 2009, Bal C. ve Özdamar K., 2004). Çalışma kapsamında kullanılan bu yöntem ile günlük akım zaman serilerindeki eksik veriler tamamlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. DSİ 12-06 Akım gözlem istasyonuna ait mevcut günlük akım verileri ve tamamlanmış veri setleri

Tamamlanan akım zaman serileri hem istatistiksel olarak ortalama, maksimum, minimum, ortanca, varyans, standart sapma değerleri açısından karşılaştırılarak mevcut akım verilerinin istatistiksel yapısında büyük sapmaların olup olmadığının kontrolü yapılmıştır (Şekil 3). Ayrıca hem orijinal ölçüm verilerinin hem de tamamlanmış akım gözlem değerlerinin debi süreklilik eğrileri çizilerek veri setindeki değişimler gözlemlenmiştir (Şekil 4).

Debi süreklilik eğrileri incelendiğinde 12-02, 12-06, 12-33, 12-53, 12-54, 12-63, 12-134, 12-171, 12-172 ve 12-181 nolu akım gözlem istasyonlarına ait verilerin doldurulmasında istatistiksel açıdan ve debi süreklilik eğirleri açısından oldukça iyi sonuçlar alınmıştır. 12-34, 12-101, 12-114 ve 12-182 nolu akım gözlem istasyonlarına ait verilerin tamamlanmasında ise yeteri kadar veri alınmamıştır. Özellikle 12-19, 12-20, 12-21 ve 12-170 numaralı istasyonların veri tamamlama süreçleri ise yeterince doğru sonuçlar vermemektedir. Bu durumun en önemli sebebi bahsi geçen istasyonların akım gözlem veri sayısının oldukça yetersiz olması nedeniyle SPSS programının EM eksik veri tamamlama modülünün yeterince etkin şekilde sonuç verememesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle bu istasyonlardan elde edilen düşük debi analiz sonuçları üzerinde yeterince durulmamıştır.

### Bulgular ve Değerlendirme/Tartışma

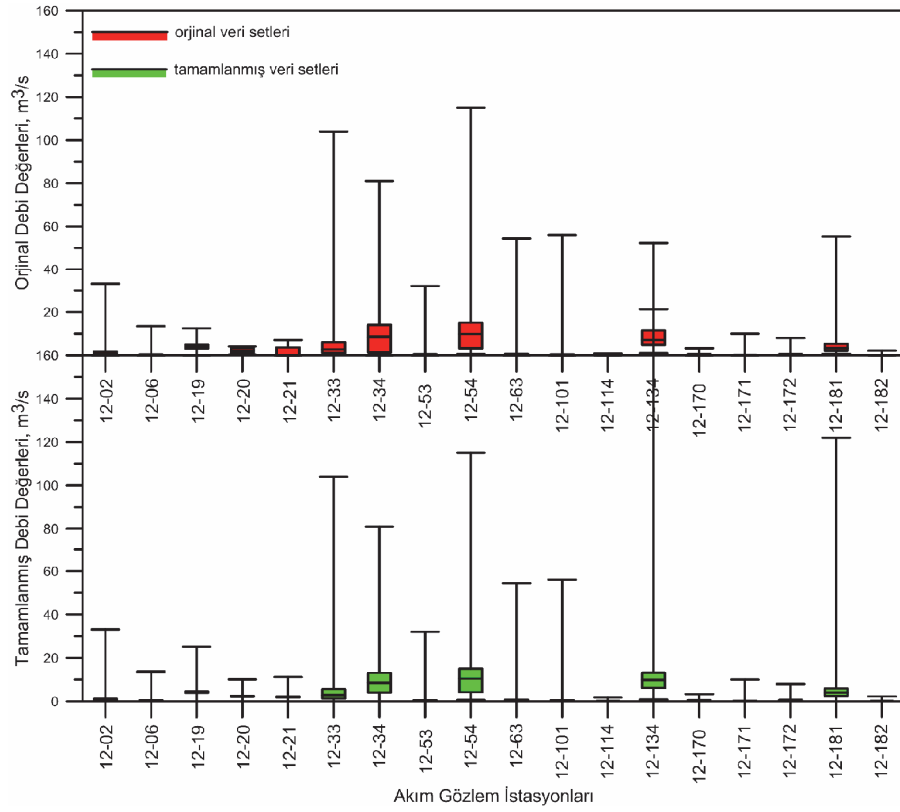
Tüm istasyonlar için program tarafından ortaya çıkarılan 1B3, 1Q10, 4B3, 7Q10, 30B3 ve 30Q10 değerleri Çizelge 2'deki gibidir. Bu parametrelerin su yapılarının tasarımı ve işletilmesi esnasında genellikle en yüksek debi değerini veren sonuç kullanılır. Bu nedenle elde edilen tasarım düşük debi değerleri bahsi geçen

tabloda koyu renkte belirtilmiştir. Ayrıca 7Q1 değerlerinin zamansal eğilimleri incelenerek yıllık değişim miktarları ve anlamlılık seviyeleri de Çizelge 3'de belirtilmiştir.

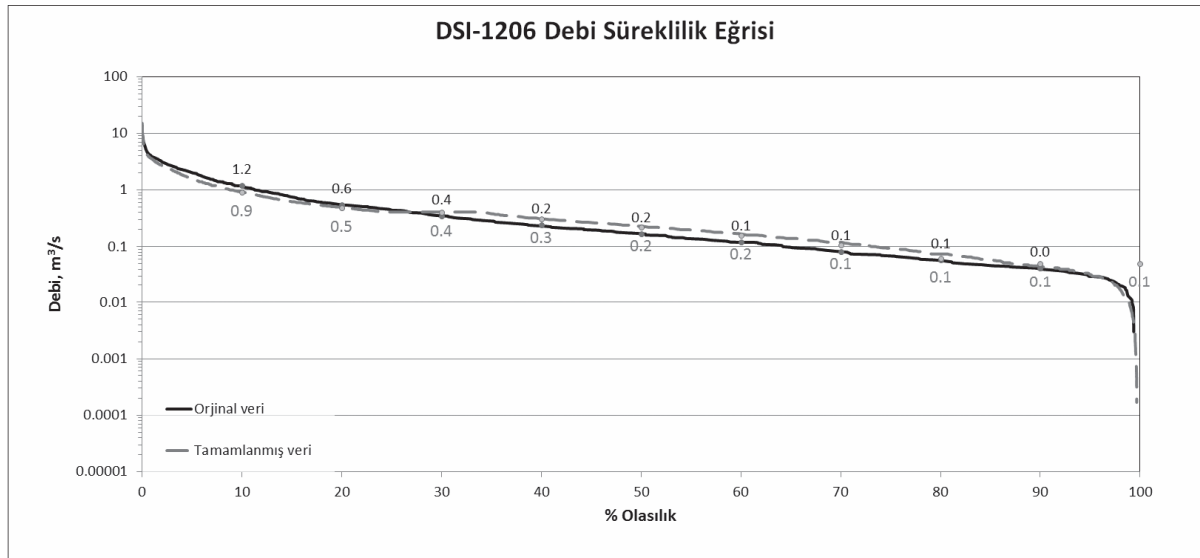
İncelenen akım gözlem değerlerinin 7 günlük minimum debi (7Q1) değerlerinin tarihsel durumu incelendiğinde yıllarla bağlı olarak bazı istasyonlarda azaldığı bazılarında ise arttığı görülmektedir. (Şekil5)

Kütahya ilinin membasında bulunan DSİ 12-33 numaralı akım gözlem istasyonu verileri incelendiğinde 7Q1 değerlerinin yıllara bağlı olarak istatistiksel açıdan anlamlı bir azalma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 5, Çizelge 2). Özellikle 1990'lardan sonra akarsu dizayn debisinin altındaki akımlar görülmeye başlanmıştır. Bu durum hem su miktarı hem de su kalitesi açısından ciddi sorunları da beraberinde getirmektedir. Öncelikle su miktarındaki azalma Kütahya ilinin ve çevresinde yürütülen tarımsal faaliyetlerin su kullanımlarında ciddi sorunlarla karşılaşabileceğinin bir göstergesidir. Diğer taraftan, 7Q1 değeri gibi düşük debi miktarının azalması nedeniyle, Kütahya ili'nin evsel ve endüstriyel atıksularına alıcı ortam oluşturan Porsuk nehri için ciddi bir tehlike söz konusudur. Özellikle kirliliğin akarsudaki sucül yaşam üzerindeki baskısının zaman içerisinde hızlı bir şekilde artış gösterdiği söylenebilir.

Buna karşın DSİ 12-181 numaralı akım gözlem istasyonuna ait veriler incelendiğinde ise 7Q1 değerlerinde önemli bir azalmanın olmadığı, hatta belirli miktarda bir artış eğiliminin yaşandığı görülmektedir. Bu istasyon Kütahya ilinin mansabında bulunmakta olup, evsel ve endüstriyel atıksular ve tarımsal bölgelerden gelen/geri dönen sulama sularından etkilenen bir bölgededir.



Şekil 3. Orjinal ve tamamlanmış veri setlerine ait box-whisker grafikleri



Şekil 4. DSİ 12-06 nolu istasyona ait orjinal ve tamamlanmış akım verilerinin debi süreklilik eğrileri

Çizelge 3. Tüm istasyonlar için DFLOW programı çıktı değerleri (m<sup>3</sup>/s)

İstasyon No	Periyot	1B3	1Q10	4B3	7Q10	30B3	30Q10	7Q1 eğilim (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> .yıl <sup>-1</sup> )	Anlamlılık düzeyi (p değeri)
12-172	1978-2005	0,13	0,11	0,14	0,18	0,20	<b>0,23</b>	<b>-7,4E-3</b>	<b>&lt;0,001</b>
12-171	1978-2005	0,01	0	0,01	0	<b>0,02</b>	0,01	3,7E-5	0,94
12-170	1978-2005	0,01	0	0,01	0,01	<b>0,02</b>	0,01	<b>-0,002</b>	<b>0,024</b>
12-114	1961-2005	0,03	0,02	0,04	0,03	<b>0,05</b>	0,03	<b>7E-4</b>	<b>&lt;0,001</b>
12-101	1961-2005	0	0	0	0	0	0	-4,4E-4	0,40
12-53	1978-2005	0	0	0,01	0,01	0,01	<b>0,02</b>	-8,7E-4	0,29
12-54	1961-2005	0,73	0,70	0,79	0,75	<b>1,02</b>	0,85	<b>-0,069</b>	<b>0,012</b>
12-63	1961-2005	0,02	-	0,03	0,01	<b>0,04</b>	0,02	<b>-4,1E-3</b>	<b>0,0014</b>
12-134	1961-2005	2,09	2,15	2,09	2,41	2,86	<b>2,92</b>	<b>-0,078</b>	<b>&lt;0,001</b>
12-34	1961-2005	0,02	0	0,02	0,01	<b>0,04</b>	0,02	-0,037	0,13
12-33	1961-2005	0,12	0,12	0,1	0,18	0,16	<b>0,22</b>	<b>-0,056</b>	<b>&lt;0,001</b>
12-21*	1961-2005	0,04	0	0	0,13	0	0,46	<b>0,015</b>	<b>0,006</b>
12-20*	1961-2005	0	0,01	0	0,46	0	0,96	<b>0,020</b>	<b>&lt;0,001</b>
12-19	1961-2005	-	-	2,52	2,71	<b>3,22</b>	3,11	<b>0,012</b>	<b>0,009</b>
12-06	1961-1980	0,02	0	0,02	0	<b>0,03</b>	0,02	-0,003	0,29
12-06	1981-2005	0	0	0,01	0	<b>0,02</b>	0,01	-1,9E-3	0,07
12-02	1961-2005	0,02	0	0,03	0,02	<b>0,07</b>	0,04	-9,0E-4	0,73
12-181	1961-2005	0	0,02	0	0,27	0	<b>0,67</b>	<b>0,017</b>	<b>0,052</b>
12-182	1961-1984	0,03	0,01	0,04	0,03	<b>0,06</b>	0,05	2,5E-4	0,7
12-182	1985-2005	0	0,01	0,01	0,01	<b>0,02</b>	0,01	2,7E-4	0,75

\*Bahsi geçen ölçüm istasyonları sulama kanalı üzerinde bulunduğu için düşük debi tasarım kriteri seçimi belirtilmemiştir.

- Koyu renk ile seçilen tasarım debileri ve 7Q1 değerlerinin istatistiksel açıdan anlamlı zamansal eğilimleri belirtilmiştir.

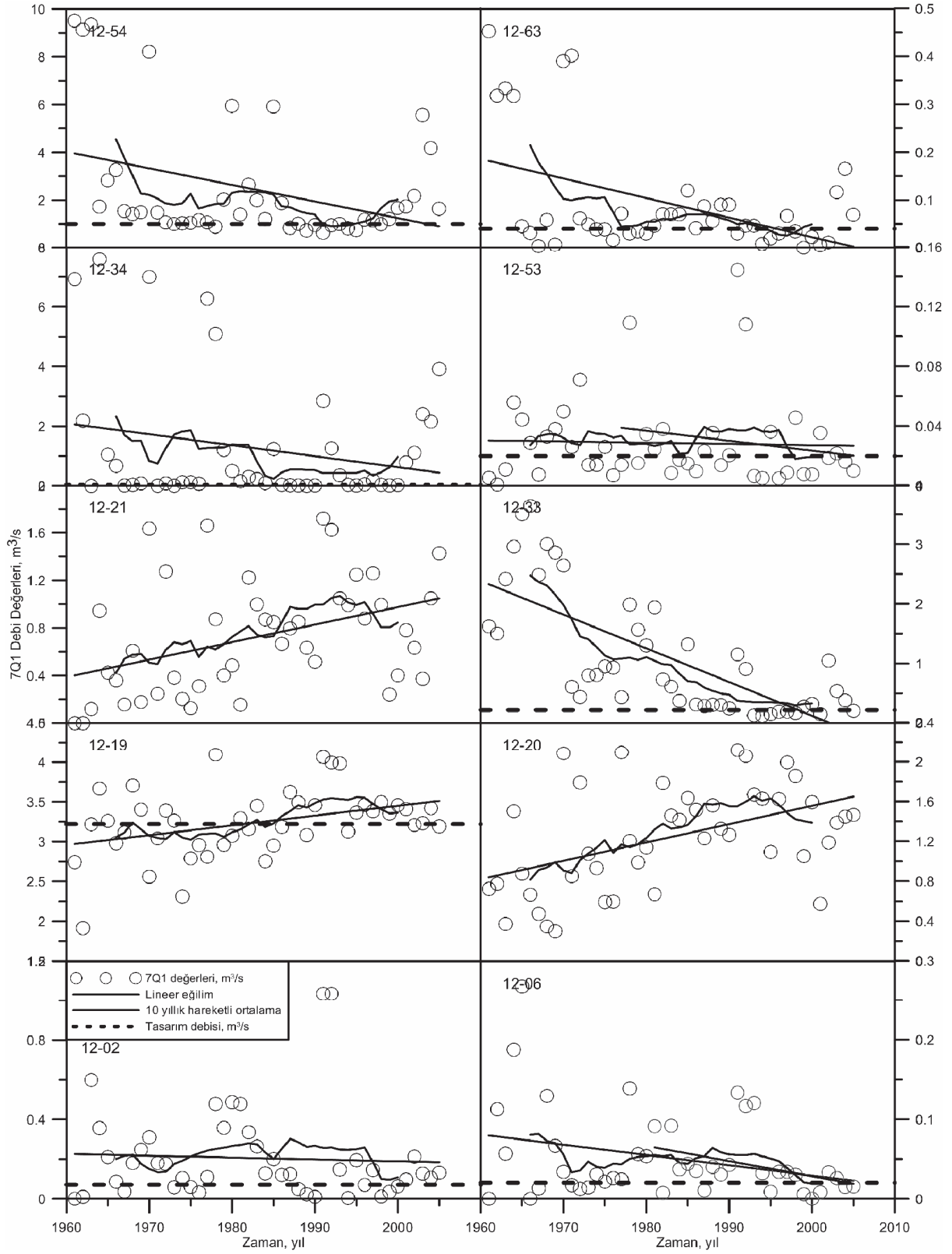
Ayrıca eşsu seviye eğrilerinden yer altı suyunun ovada yer yer Porsuk Çayını beslediği görülmektedir (Anonim, 2008). Ülkemizde pek çok bölgede olduğu gibi yeraltı suyu kullanımı Kütahya ilinde de oldukça yoğundur. Bu nedenle, evsel, endüstriyel ve tarımsal kullanımlara yönelik Porsuk nehrinin yanı sıra yeraltı sularının da kullanılması 7Q1 değerlerindeki bu değişime sebep olduğu tahmin edilmektedir.

DSİ 12-34 numaralı akım gözlem istasyonu Porsuk barajının hemen mansabında kurulu bir istasyondur. Barajın işletilmesinde, kış aylarında su tutularak yaz aylarında sulama ve içme suyu amacı ile su bırakılmaktadır. Kış aylarında az miktarda su bırakılırken, bu suyun miktarının belirlenmesinde, mansabındaki Porsuk nehrine katılan yan kollardan gelebilecek debiler göz önüne alınarak hemen hemen hiç su bırakılmadığı dönemler olmuştur. Yaz aylarında ise Eskişehir ilinin su ihtiyacı ve sulama suyu ihtiyaçlarına bağlı olarak bırakılmaktadır. Eksik verilerin tamamlanmasında diğer akarsu akım gözlem istasyonu verilerinin kullanılması nedeniyle baraj işletiminden kaynaklanan etkiler

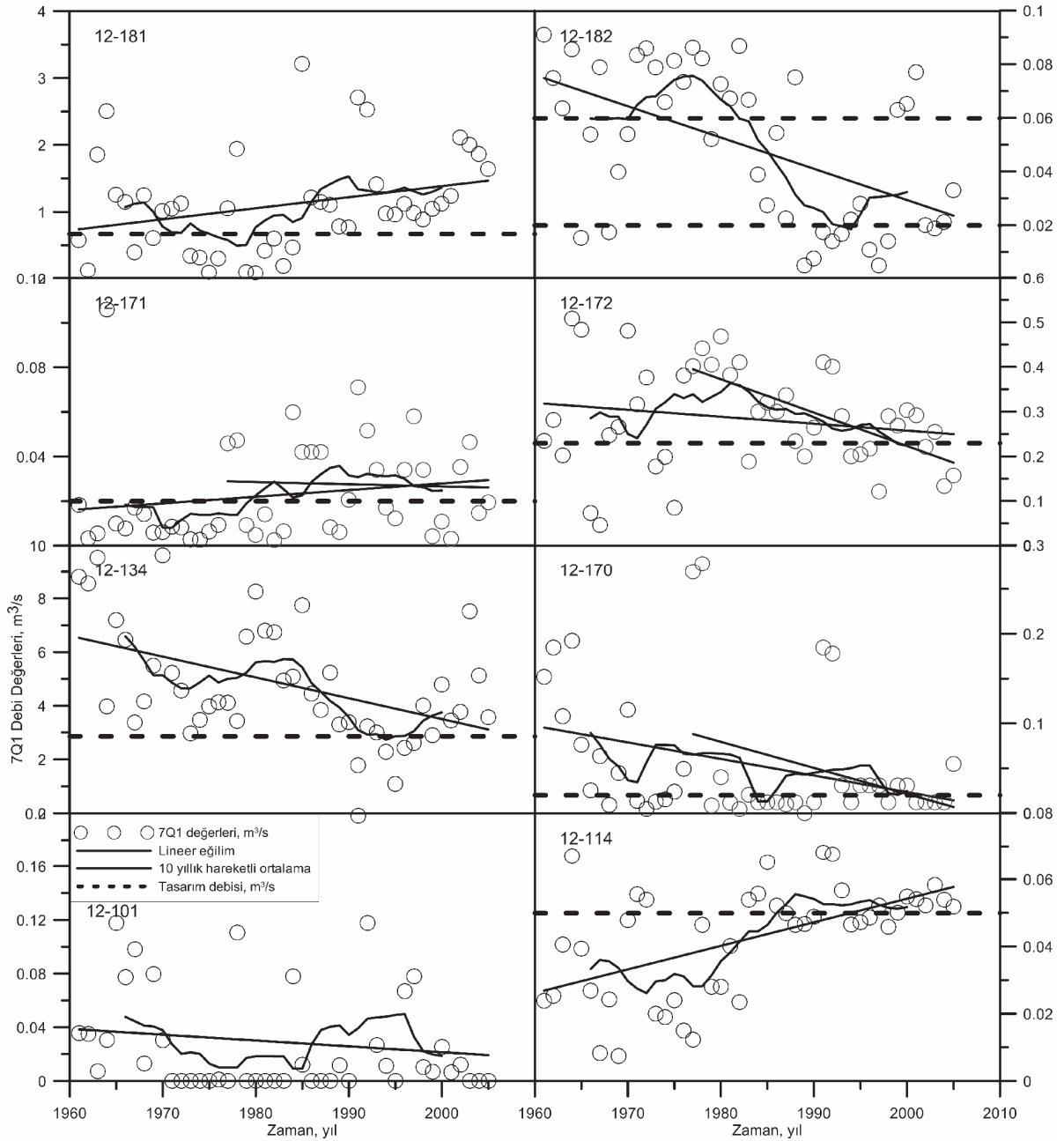
tamamlanmış veri setine tam olarak yansıtılmadığı için 7Q1 değerlerinin zamansal durumunu incelendiğinde az da olsa bir azalma eğilimi gözlemlense dahi kesin bir eğilimin varlığından bahsetmek mümkün olamamaktadır.

Program çıktı değerleri incelendiğinde akım gözlem istasyonuna ait düşük debi değerlerinin bazılarının veri yapısından dolayı hesaplanmadığı ve bir kısmının ise yıl boyunca kuruma periyodu yaşanmasından dolayı sıfır akım değerleri belirlenmiştir. 12-101 numaralı akım gözlem istasyonu Kargın deresi üzerinde bulunmakta olup derivasyon kanalı bulunmasından ötürü yılın büyük bir kısmında kuru bulunmaktadır. Bu nedenle de tüm düşük debi sonuçları sıfır akım değerindedir. Bu durum mevcut sucul ekolojik yaşamın devam etmesini engellemektedir. DSİ 12-101 numaralı istasyonun 7Q1 değerlerinde zamansal olarak önemli bir değişimin olmadığı görülmektedir. DSİ 12-101 numaralı istasyon derivasyon kanalı üzerine kurulu bir istasyon olması nedeniyle akım değerleri kanalın işletilmesi esnasındaki faaliyetlerden ciddi oranda etkilenmektedir.





Şekil 5. Yıllık 7Q1 değerlerinin zamansal eğilim grafikleri



Şekil 5. (devam) Yıllık 7Q1 değerlerinin zamansal eğilim grafikleri

Bu nedenle zamansal bir değişim konusunda kesin yargıya varılamamaktadır. Buna karşın Kargın deresi üzerinde kurulu bulunan, bu istasyonun mansabındaki DSİ 1206 numaralı akım gözlem verileri incelendiğinde 80'li yıllara kadar nispeten yüksek 7Q1 debileri gözlemlenirken, sonrasında debilerde azalma olduğu görülmüştür. Bunun en önemli nedeni bahsi geçen tarihlerde Kargın deresi üzerine yapılan bir taşkın kapanı ile gelen yüksek debinin derivasyon kanalı ile Porsuk barajına iletilmesidir. Düşük debi dizayn değerleri karşılaştırıldığında,

1961-1980 arasında  $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik bir değer bulunurken, 1981-2005 yılları arasında  $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik dizayn debisi hesaplanmıştır. Ayrıca 7Q1 değerlerinin zamansal eğilimi incelendiğinde 1981-2005 arasındaki azalma eğiliminin istatistiksel açıdan daha anlamlı hale gelmeye başladığı görülmektedir. Bu husus göz önüne alınarak yapılan taşkın kapanı öncesi mevcut ekolojik yaşamın korunması için gerekli minimum dizayn debisine göre taşkın kapanının işletilmesinin yapılmadığı ve özellikle son 10 yıl

içerisinde bu dizayn debisinin altında minimum debilerin bulunduğu söylenebilir.

Porsuk nehrini besleyen kollardan birisi olan Uludere üzerinde kurulu bulunan DSİ 12-63 akım gözlem değerleri incelendiğinde 7Q1 değerlerinin zamana bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma eğilimi içerisinde olduğu belirlenmiştir. Bu akarsu kolu civarlarında gerçekleştirilen tarımsal faaliyetlerde akarsuyun yoğun şekilde kullanılmasının ve iklim değişikliğinin azalma eğiliminde etkili olduğu tahmin edilmektedir. Bu azalma eğilimi neticesinde son 10 yıl içerisinde düşük debi tasarım değerinin altında akımlar görülmeye başlanmıştır. Bu durum mevcut ekolojik yaşamı ve kirleticilerin akarsu üzerindeki etkisini olumsuz yönde etkilemektedir.

Eskişehir ili yakınlarındaki regülatörün membasında bulunan DSİ 12-54 Eşenkara istasyonu verileri incelendiğinde 7Q1 akım değerlerinde zamana bağlı olarak anlamlı bir azalma eğilimi görülmektedir. Bu istasyonun mansabındaki DSİ 12-20 ve DSİ 12-21 numaralı akım gözlem istasyonları, Eskişehir ili civarlarında bulunan tarım alanlarının sulanabilmesi amacıyla oluşturulmuş sulama kanalları üzerinde bulunan akım gözlem istasyonlarıdır. Yıllara bağlı olarak tarımsal üretim ihtiyaçlarının artması ve buna bağlı olarak sulama suyu ihtiyaçlarının artması nedeniyle bu akım gözlem istasyonlarındaki 7Q1 değerlerinin de yıllara bağlı artış gösterdiği görülmektedir. Bu istasyonlara ait gerçek akım verilerinin azlığı nedeniyle elde edilen verilerin sonuçlarına yine de ihtiyatlı şekilde yaklaşılması gerekmektedir. DSİ 12-19 numaralı akım gözlem istasyonu, sulama kanallarının mansabında bulunmakta olup regülatörden geçen akım miktarı hakkında bilgi vermektedir. Yine burada antropojenik etkenler neticesinde regülatörün işletimi dolayısıyla 7Q1 değerlerinin etkilenmesi hakkında bir yorum yapmak mümkün olamamaktadır. İşletmeye bağlı olarak 7Q1 değerlerinde az da olsa bir artış gözlemlenmektedir. Fakat bu istasyona ait gerçek akım verisi çok az olduğu için yeterince sağlıklı bir değerlendirme yapmak mümkün değildir. Yine de tüm bu verilerin ışığı altında, Porsuk nehrinde sulama amacı ile çekilen suyun zaman içerisinde azaldığı ve sulama ihtiyaçlarına bağlı olarak zamanla daha fazla su kullanımının oluştuğu söylenebilir.

DSİ 12-53, DSİ 12-170 ve DSİ 12-172 akım gözlem istasyonları, Dodurga barajının mansabında bulunurken DSİ 12-171 akım gözlem istasyonu ise barajın memba kısmında bulunmaktadır. Dodurga barajı 1977 tarihinde işletmeye

alınması nedeniyle bu tarihten sonraki debi değişimleri ele alınmıştır. 7 günlük minimum debi (7Q1) değerlerinin tarihsel durumu incelendiğinde barajın mansabındaki akım gözlem istasyonlarında yıllarla bağlı olarak 7Q1 değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Düşük debi tasarım debileri açısından değerlendirilecek olursa barajdan bırakılan su miktarının mevcut ekolojik denge için yeterli olmadığı zamanların olduğu ve azalma eğilimine bağlı olarak bu durum ile gelecekte daha sık karşı karşıya kalılabileceği tahmin edilmektedir. DSİ 12-02 numaralı akım gözlem istasyonu ise, Sarısu Çayı üzerinde olup Eskişehir ili içerisinde Porsuk nehri ile birleşim noktasının membasında bulunmaktadır. Bu istasyonda da 7Q1 değerlerinin yıllara bağlı olarak bir azalma eğilimi içerisinde olduğu belirlenmiştir. Fakat istasyona ait ölçüm verilerinin 1961-1970 arası kapsaması nedeniyle Dodurga barajının günümüzdeki etkisi konusunda net bir yorum yapmak mümkün olamamaktadır.

DSİ 12-114 numaralı istasyondaki akım verileri incelendiğinde ise bu istasyondaki 7Q1 akım değerlerinde anlamlı bir artış eğilimi gözlemlenmiştir. Fakat yakın tarihte işletmeye alınan Sarısu Çayı sulama barajının su tutmaya başlamasından sonra bu akarsuyun karakteristik yapısının tümüyle değişeceği açıktır. DFLOW programı ile hesaplanmış olan 0,05 m<sup>3</sup>/s'lik tasarım debisine uygun olarak barajdan bırakılan suyun planlanması gerekmektedir. Aksi takdirde mevcut ekolojik yaşam ciddi ölçüde tehlike altında olacaktır.

Eskişehir ilinin mansabında bulunan ve sulama kanal sisteminin sonunda bulunan DSİ 12-134 Yeşildon istasyonu verileri incelendiğinde zamana bağlı olarak 7Q1 değerlerinde ciddi oranlarda istatistiksel açıdan anlamlı bir azalma eğilimi görülmektedir. Hesaplanan düşük debi tasarım debisi 2,92 m<sup>3</sup>/s olup 1990'lardan sonra bu değer altında akım değerleri gözlemlenmiştir. Bu durum, Eskişehir gibi büyük bir şehrin evsel ve endüstriyel atıksularını bünyesine almış Porsuk nehri için ciddi riskler taşımaktadır. Mevcut sucul yaşamın yetersiz su miktarı ve artan kirlenici derişimleri ile baş etmek zorunda bırakılmaması için Porsuk nehrinin bu değere uygun olarak işletilmesi gerekmektedir.

Porsuk havzasının Sakarya nehrine dökülmesine yakın bir noktada, Porsuk nehri ile birleşen Pürtek çayı üzerinde kurulu bulunan DSİ 12-182 numaralı akım gözlem istasyonu verileri incelendiğinde ise 1961-1984 ve 1985-2005 tarihleri arasında farklı 7Q1 değerleri gözlemlenmiştir. Bölgedeki değişen su kullanımı uygu-

lamaları neticesinde oluşan bu durum akarsu kolundaki düşük debi değerlerinde ciddi oranda azalma meydana getirmiştir. Düşük debi tasarım debisi 1961-1984 arası için 0,06 m<sup>3</sup>/s iken 1985-2005 arası için 0,02 m<sup>3</sup>/s olarak belirlenmiştir. Bu durum mevcut ekolojik yaşamın ciddi oranda etkilenmesine sebep olabilmektedir. 7Q1 değerleri açısından incelendiğinde ise belirli zamanlarda bu düşük debi tasarım değerinin altında akım değerleri gözlemlenmektedir.

Porsuk havzasında yürütülen bu çalışma ile havzadaki önemli akarsu kollarındaki akım gözlem verileri kullanılarak 7Q10 ve 4B3 değerleri gibi düşük debi tasarım değerleri belirlenmiş ve 7Q1 değerlerinin yıllara bağlı olarak değişimleri incelenmiştir. Yapılan değerlendirme çalışması sonucunda, baraj yapısı gibi antopojenik etkenlerle akım karakteristikleri değişmiş akarsu kollarında, azalan 7Q1 değerleri görülürken, tarımsal sulama amaçlı kanallar ve tarımsal sulama sularından etkilenen akarsularda, artan sulama suyu ihtiyaçları nedeniyle artan 7Q1 değerleri gözlemlenmektedir. Doğal koşullardaki ve havzadan beslenen ana ve yan akarsu kollarındaki akım verilerinde ise yıllara bağlı olarak 7Q1 değerlerinde önemli azalmalar görülmektedir. Bu durum sadece Sarısu deresi için farklı olup, artan 7Q1 değerleri gözlemlenmiştir. Fakat bu akarsu kolu üzerine yapılan sulama amaçlı baraj sonrası mevcut akım karakteristikleri etkilenecektir.

Bu durum özellikle sucul yaşamın gereksinim duyduğu minimum debi miktarında önemli azalmalar olduğunun bir göstergesidir. Pek çok durumda 7Q10 değeri, akarsularda yapılacak su yapılarının işletilmesinde önemli bir tasarım kriteri olarak karşımıza çıkarken, son yıllarda biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi amacı ile 1B3, 4B3, 30B3 gibi biyolojik tasarım kriterleri de önem kazanmaya başlamış ve pek çok su yapısının inşası ve işletilmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Biyolojik süreçleri gözönüne alan 4B3 gibi bir tasarım debi değeri ile hidrolojik süreçleri gözönüne alan 7Q10 tasarım debi değerlerinin bir birlerine göre olan durumları incelendiğinde bazı istasyonlarda 7Q10 değeri yüksek değerler verirken bazı istasyonlarda ise 4B3 değeri yüksek olabilmektedir. Böylesi durumlarda yüksek değerli olarak tasarım debi değeri seçilerek mevcut akarsu yapısının hem ekolojik hem de hidrolojik açıdan güvenli düşük akımlarda olması sağlanmaktadır. Özellikle iklim değişikliğine bağlı olarak yağış rejiminin değişmesi neticesinde bu durumun daha etkili hale geleceği düşünülmektedir. Bu durum sadece Porsuk havzasına ait bir sonuç olmayıp Türkiye'nin pek

çok akarsu akım verilerinde karşılaşılabilecek bir problem olarak ortaya çıkacaktır. Bu nedenle akım gözlem verilerinin değerlendirilerek, akarsudaki sucul yaşamın minimum düzeyde etkilenmesini sağlamak üzere 7Q10 ve 4B3 değerlerini sağlayacak şekilde akarsu su yapılarının işletilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde 1700'ü aşkın irili ufaklı HES projesinin hayata geçirilmek istendiği alanlara bakıldığında, ülkemizin en kaliteli su kaynaklarının bulunduğu bölgeler olduğu görülmektedir. Bu projelerin, kurulması istenen alanların doğal yapısını değiştirmesi ve endemik türlere zarar verebilme ihtimali oldukça yüksektir. Bu etkilerin minimum düzeyde tutulabilmesi için su yapılarının yapımı ve işletilmesinde düşük debi tasarım değerlerine uygun projelerin oluşturulması gerekmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma kapsamında kullanılan akarsu akım gözlem değerlerini sağlayan Devlet Su İşleri Eskişehir 3. Bölge Müdürlüğü'ne ve lisans tezi çalışması kapsamında bu çalışmanın bir kısmını gerçekleştiren öğrencim Buğra TATLI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada kullanılan verilerin temin edilebilmesi için Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü bünyesinde yürütülmekte olan 108Y091 nolu projesi ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

## KAYNAKLAR

Albek, E., (yürütücü), Albek, M. ve (araştırmacı), Göncü, S. (araştırmacı) (2011). Aşağı Porsuk Çayı Havzasında İklim Değişikliğinin Hidrolojik Çevre ve Su Kalitesine Etkilerinin HSPF Modeli Kullanılarak İncelenmesi ve En İyi Su Yönetimi Stratejilerinin Belirlenmesi, TÜBİTAK Projesi, Proje No:108Y091.

Anonim (1986). Technical Guidance Manual for Performing Wasteload Allocations Book VI: Design Conditions, Doküman No: EPA440/4/86-014.

Anonim (2008). Kütahya İl Çevre Durum Raporu, T.C. Kütahya Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Kütahya, Sh.72.

- Anonim (2009). "SPSS Missing Values™ 17 Users Guide", SPSS Inc., Chicago, IL, USA., 15.
- Anonim (2010). *Nehir Tipi Hidroelektrik Santraller (HES) ve su Havzalarının Ticarileştirilmesi*, TMMOB Çevre Müh. Odası Yayınları, ÇMO Kitaplığı:010-04, Ankara.
- Arora, K. and Singha, V.P. (1989). A comparative evaluation of the estimators of the log Pearson type (LP) 3 distribution, *Journal of Hydrology* 105(1-2), 19-37.
- Bakış, R., Bilgin, M., Tuncan, A., Altan, M. ve Önsoy, H. (2008). Porsuk Havzasında, Elektrik Üretmeyen Çok Amaçlı Barajlardan Elektrik Üretiminin Araştırılması, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildirisi*, İstanbul (Türkiye), 17 Aralık 2008, 479-492.
- Bal, C. ve Özdamar, K. (2004). Eksik gözlem sorununun türetilmiş veri setleri yardımıyla çözümlenmesi, *OGÜ Tıp Fakültesi Dergisi* 26(2), 67-76.
- Caissie, D. and El-Jabi, N. (1995). Comparison and regionalization of hydrologically based instream flow techniques in Atlantic Canada, *Can. J. Civ. Eng.* 22(2), 235-246.
- Chapra, S.C. (1997). *Surface Water Quality Modeling*, The McGraw-Hill Companies, 482.
- DSİ (2001). Porsuk Havzası Su Yönetim Planı Projesi, Hidroloji Raporu, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) III. Bölge Müdürlüğü (Hazırlayan: SU YAPI Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş.), Eskişehir.
- Elshorbagy, A.A., Panu, U.S. and Simonovic, S.P. (2000). Group-based estimation of missing hydrological data: I. Approach and general methodology, *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques* 45(6), 849-866.
- EPA (1986). *Technical Guidance Manual for Performing Wasteload Allocations*, Book VI: Design Conditions-Chapter 1: Stream Design Flow for Steady-State Modeling, EPA document number: EPA440/4/86-014.
- Flynn, R.H. (2003). *A Stream-gaging Network Analysis for the 7-Day, 10-year Annual Low Flow in New Hampshire Streams*, USGS Water-Resources Investigations Report 03-4023, New Hampshire - ABD.
- Hortness, J.E. (2006). Estimating low-flow frequency statistics for unregulated streams in Idaho: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006-5035, 31.
- Jonaitis, G. (2002). *Design Flow Analysis Project Phase One: Low-Flow Analysis Case Study*, EPA.
- Keskin, M.E. and Taylan, D. (2009). Artificial Models for Interbasin Flow Prediction in Southern Turkey, *J. Hydrologic Engrg.* 14(7), 752-758.
- Kroll, C.N. and Vogel, R.M. (2002). Probability distribution of low streamflow series in the United States, *J. Hydrol. Eng.* 7(2), 137-146.
- Özdemir, A.D., Karaca, Ö. and Erkuş, M.K. (2007). Low flow calculation to maintain ecological balance in streams, *International congress on river basin management*, 22-24.03.2007, Chapter II, 32, 402-412.
- Panu, U.S., Khalil, M. and Elshorbagy, A. (2000). *Artificial Neural Networks in Hydrology* (ed. by Govindraju, R.S.), Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 12, 235-258.
- Pyrce, R. (2004). *Hydrological Low Flow Indices and Their Uses*, Watershed Science Centre, Trent University, Canada.
- Rao, V.D. (1980-a). Log Pearson Type 3 Distribution: A Generalized Evaluation, *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, 106(HY5), 853-872.
- Rao, V.D. (1980-b). Log Pearson Type 3 Distribution: Method of Mixed Moments, *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, 106(HY6), 999-1019.
- Yıldız, M. ve Saraç, M. (2008). Türkiye Akarsularındaki Akımların Trendleri ve Bu Trendlerin Hidroelektrik Enerji Üretimine Etkileri, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildirisi*, İstanbul (Türkiye), 17 Aralık 2008, 503-516.

