

## Fırat Havzası'ndaki Eksik Akım Verilerinin Debi Süreklilik Çizgileri ve Regresyon Modelleri ile Tahmin Edilmesi

Fatih TOSUNOĞLU<sup>1</sup>, Muhammed Nuri İSPİRLİ<sup>2</sup>, Faruk GÜRBÜZ<sup>1</sup>, Selim ŞENGÜL<sup>2</sup>

**ÖZET:** Herhangi bir bölgedeki su yapılarının tasarımı, planlanması ve işletilmesinde akım verileri oldukça önemli rol oynamaktadır. Bu akım verilerinin amaca ulaşmada etkin bir biçimde kullanılabilmesi için istatistiksel açıdan yeterli uzunlukta olması ve gözlem süresinde eksik verisinin bulunmaması gerekmektedir. Fakat, akım ölçümlerinde genellikle eksik kısımlar bulunmakta ve bu eksik verilerin güvenilirliği ispatlanmış yöntemler ile tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Fırat Havzası'nın Yukarı ve Orta Fırat kısımlarında bulunan 2119, 2151, 2149, 2158 ve 2122 nolu akım gözlem istasyonlarındaki (AGİ) eksik akım verileri Debi Süreklilik Çizgileri ve Regresyon Modelleri ile tahmin edilmiştir. Her bir istasyon için kurulan alternatif modeller içerisinde en iyi modelin belirlenmesi aşamasında modelin determinasyon ( $R^2$ ) ve hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE) katsayıları kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre her iki yöntemde de yüksek  $R^2$ 'ye sahip oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Buna ek olarak, 2151, 2119, 2122 ve 2158 nolu istasyonlar için Regresyon modelleri, 2149 nolu istasyon için ise Debi Süreklilik Çizgileri yöntemi ile yapılan tahminlerin tarihi serilerin temel istatistiksel özelliklerini (ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı vb.) korumada daha başarılı olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Fırat Havzası, debi süreklilik çizgileri, eksik akım verileri, regresyon modelleri

## Estimation of Missing Streamflow Records in the Euphrates Basin using Flow Duration Curves and Regression Models

**ABSTRACT:** Streamflow records play important role for design, planning and management of water structures in any region. In order to use the streamflow efficiently for these purposes, the length of data records must be statistically sufficient and complete. But, there are usually some gaps at the streamflow records and these gaps must be infilled by means of reliable methods. In this study, the missing streamflow records in the gauge stations 2119, 2151, 2149, 2158 and 2122, which are located in the upper and middle parts of the Euphrates Basin, were estimated using Flow Duration Curves and Regression Models. To define the best model among alternatives, determination coefficient ( $R^2$ ) and Root Mean Square Error (RMSE) were used. According to the results, both of the models produced successful results with a high value of  $R^2$ . Moreover, the results showed that the Regression Models for the stations 2151, 2119, 2122 and 2158 and Flow Duration Curves for the station 2149 were more capable to preserve the main statistical properties of the historical data.

**Keywords:** Euphrates Basin, flow duration curves, missing streamflows, regression models

<sup>1</sup> Fatih TOSUNOĞLU(0000-0002-8423-1089), Faruk GÜRBÜZ(0000-0002-7485-1110), Erzurum Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye  
<sup>2</sup> Muhammed Nuri İSPİRLİ(0000-0001-6621-7868), Selim ŞENGÜL(0000-0002-0041-1454), Atatürk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Fatih TOSUNOĞLU, ftosunoglu@erzurum.edu.tr

## GİRİŞ

İnsan hayatında suyun iki önemli yeri vardır. Bunlardan ilki, su kaynaklarının evsel, endüstriyel, tarımsal ve rekreasyonel amaçlı kullanımını içeren su yapılarına olan taleptir. Bu talepler hem nitelik hem de nicelik bakımından ne kadar tatmin edici olursa yeryüzündeki yaşam kalitesi de o kadar iyi olur. Ancak bununla ilgili sorun, suyun istenilen miktarda ve kalitede her zaman mevcut olmadığıdır. İkincisi ise, istenmeyen su miktarı yani taşkınlardır. Bununla ilgili sorun ise özellikle kısa süreli olarak suyun kontrol edilemeyecek miktarda olması durumunda, insan hayatının kaybedilmesine ve mülkiyette büyük hasarlara neden olmasıdır. Karşımıza çıkan bu sorunları aşabilmek için su kaynaklarının etkili bir biçimde yönetilmesine ve bu kaynaklar üzerine inşa edilecek su yapılarının doğru planlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmalarda meteorolojik ve hidrolojik verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu verilerin eksiksiz olması planlanan çalışmalar açısından oldukça önemlidir. Ancak veriler temin edilirken geçmiş yıllara ait kayıtlarda çeşitli nedenlerle eksiklikler ortaya çıkabilmektedir. Bu veri eksiklikleri insan kaynaklı olabileceği gibi çevresel etkilerden de kaynaklanabilir. Özellikle ülkemizdeki kayıt altına alınan hidrolojik verilerde bahsi geçen nedenlerden ötürü önemli miktarda veri eksiklikleri gözlenmektedir (Usul, 2005). Bu eksiklikler nedeni ile ortaya çıkabilecek sorunların önüne geçebilmek için mevcut veri setlerindeki eksikliklerin aslımı en iyi temsil edebilecek bir şekilde tahmin edilmesi gereklidir. Bunun için literatürde çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Bu metotlara enterpolasyon, tekli ve çoklu regresyon analizi (Tencaliec et al., 2015), yapay sinir ağları (Keskin ve Taylan, 2009; Dastorani et al., 2010; Gümüş ve Kavşut, 2013) ve zaman serisi analizi (Elshorbagy et al., 2000) gibi metotlar öncülük etmektedir. Ayrıca bir havzadaki mevcut Akarsu akım gözlem istasyonu (AGİ) verilerindeki eksikliklerin giderilebilmesi için debi süreklilik çizgilerinden de (DSC) faydalanılabilir (ör. Hughes and Smakhtin, 1996; Mohamoud, 2008). Kullanılan yöntemlerden bağımsız olarak öncelikle istasyonlar arasında yüksek

bir korelasyonun varlığına bakılmalıdır (Burgess and Webster, 1980). Böylece gözlemi olmayan bir istasyon için tek bir istasyon yerine birden çok istasyon arasında karşılaştırma yapma olanağı sağlanmış olur (Bakış ve Gönçü, 2015). Bu çalışmada Fırat Havzası'ndaki akım gözlem istasyonlarından (AGİ) alınan günlük akım verilerindeki eksikliklerin tahmini için literatürde güvenilirliği ispatlanmış olan debi süreklilik çizgileri ve regresyon modelleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında Fırat Havzanın seçilme sebebi ülke geneli su potansiyelinin büyük bir bölümünü kapsamasıdır. Bu nedenle çalışma kapsamında Fırat Havzası'nda bulunan eksik akım verilerinin sağlıklı bir şekilde tahmin edilmesiyle gözlem süresi uzun ve kesintisiz akım veri setleri elde edilecektir. Bu veri setleri sayesinde havzada gelecekte planlanması muhtemel su yapılarının tasarımında optimum çözümlere ulaşılabilecektir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Tek ve çok değişkenli regresyon yöntemi

İki veya daha fazla sayıda rastgele değişkenin aynı gözlem sırasında aldıkları değerler arasındaki bağıntıların belirlenmesi hidrolojik olayların analizinde oldukça önemli rol oynamaktadır. Söz konusu değişkenler arasında anlamlı bir bağıntının varlığı saptanır ve bu bağıntının biçimi belirlenirse değişkenlerden birinin herhangi bir gözlem sırasındaki değerini diğer değişkenin bulunduğu kabul edilen değerlerine göre tahmin etmek mümkün olabilir (Bayazit, 1981). Bu amaçla kullanılan yöntemlerden literatürde yaygın olarak kullanılanlardan biri Regresyon analizidir. Regresyon analizi ile bir rastgele değişken ile bir veya birden fazla rastgele değişken arasındaki istatistiksel ilişkinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Söz konusu rastgele değişkenin varyansının olabildiğince büyük bir kısmını açıklayacak şekilde kurulan regresyon denklemi ile ilgili değişkenin bir olayda alacağı değerler, alınan değerleri bilinen rastgele değişkenlere bağlı olarak tahmin edilip, güven aralıkları belirlenecektir. Y bağımlı değişkeni ile  $X_j$  ( $j=1,2,\dots,k$ ) bağımsız değişkenleri arasındaki doğrusal ilişki

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + e$$

(1)

denklemler ile ifade edilir. Bu denklemde  $b_j$  ( $j=0,1,2,\dots,k$ ) regresyon katsayıları,  $e$  kalıntı (hata) terimidir. Denklemde parametre sayısı (regresyon katsayılarının sayısı)  $p=k+1$ 'dir. Gözlemlerin sayısı  $n$  ise serbestlik derecesi  $s.d=n-p$  olur. Tek ve çok değişkenli regresyon analizinde değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu kabul edilmektedir. İyi bir regresyon modelinde tahmin edilen değerler ile bilinmeyen gerçek değerler arasındaki farklar olan kalıntı terimlerinin bağımsız,

varyansı sabit (homosedastik) ve normal dağılmış olmaları gerekmektedir (Bayazıt ve Önöz, 2008). Alternatif tek ve çok değişkenli regresyon modelleri arasından en iyi regresyon modelinin belirlenmesinde çeşitli kriterler kullanılmaktadır. Bu kriterlerden en önemli iki tanesi regresyon modelinin açıkladığı varyans oranını ifade eden  $R^2$  determinasyon katsayısı ve RMSE (root mean square error- hata karelerinin ortalamasının karekökü)'dir.

$$R^2=1-\frac{SSE}{SS_Y} \quad SSE=\sum_{i=1}^n e_i^2 \quad \text{ve} \quad SS_Y=\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (2)$$

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3)$$

Burada regresyon modeliyle tahmin edilen değerleri,  $e$  ise hata (kalıntı) terimleridir. Bu iki katsayıdan (kriterlerden)  $R^2$  si en büyük (0 ile 1 arasında) ve RMSE'si en küçük olan model en iyi model olarak değerlendirilir.

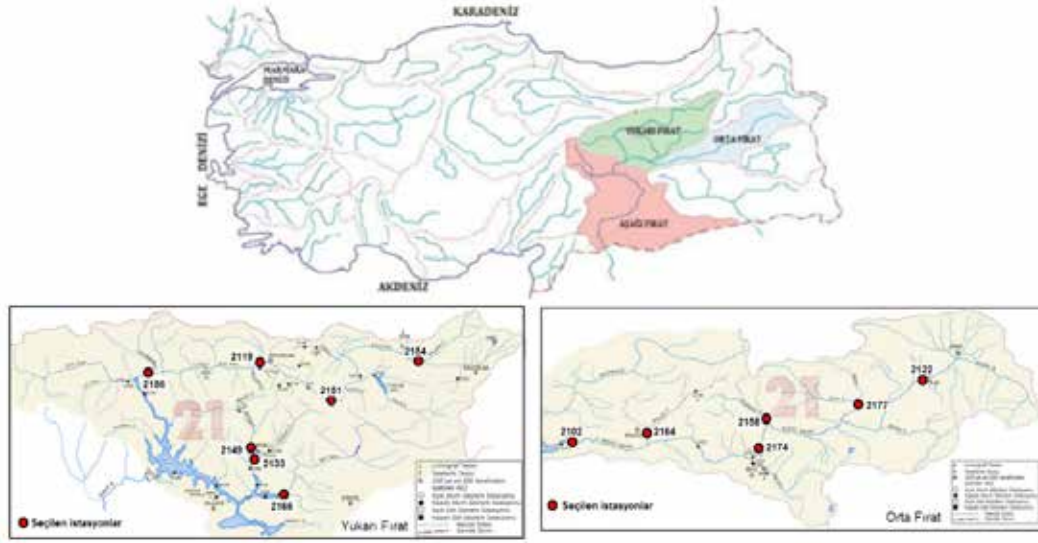
### Debi Süreklilik Çizgileri

Debi süreklilik çizgisi gözlenmiş verilere göre akarsuda belli bir debinin aşıldığı zaman yüzdesini gösterir. Akarsuyun düşük akım karakteristiklerini iyi ifade eden bu çizgi genellikle düşey eksende debi, yatay eksende aşılma yüzdesi olacak şekilde çizilir. Debi süreklilik çizgisi istatistiki açıdan yeterli uzunluğa sahip (minimum 25-30 yıl) günlük akım verileri kullanarak çizilmelidir. Verilerin sayısı çok olduğundan veriler uygun sayıda sınıf aralığına ayrılarak her bir aralık için gözlenen debilerin frekansları hesaplanır. Bu frekanslar en büyük debiden başlayarak toplanıp aşılma yüzdeleri elde edilir. Bu yüzdeleri sınıf aralıklarının alt sınırına karşı gelecek şekilde noktalarla süreklilik çizgisi çizilir. Günlük akımlar yerine aylık akımlar kullanılırsa ayların içinde debinin değişimi göz önüne alınmamış olur, bu büyük havzalarda önemli bir fark yaratmaz. Debi süreklilik çizgisinden %50 aşılma yüzdesine karşı okunan debi yılın bir gününde aşılma olasılığı %50 olan debi değil, yılın %50'sinde aşılması beklenen debidir. Debi süreklilik çizgisi belirlendikten sonra bu çizgiden zamanın belli bir yüzdesinde akarsuda mevcut olan debi okunabilir. Bu bilgiler biriktirmesiz hidroelektrik

tesislerinde, su alma yapılarında, su kalitesi ile ilgili çalışmalarda proje debisinin seçilmesinde kullanılır. Çeşitli akarsuların debi süreklilik çizgilerini birbirleriyle karşılaştırarak bölgesel analizde kullanabilmek için debiler birim havza alanından gelen özgül debi olarak ( $m^3 s^{-1} km^2$  cinsinden) ifade edilir ya da debiler yıllık ortalama (veya medyan) debiye bölünerek boyutsuz hale getirilir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

### ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olan Fırat nehri başlangıcını Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki Murat ve Karasu nehirlerinden alarak önce batıya sonra güneye doğru akıp ülke sınırlarını terk ederek Basra Körfezi'nden denize dökülür. Havza  $127\,304 km^2$ 'lik yüzölçümü,  $1009.87 m$  ortalama yüksekliği ile Türkiye'nin en büyük su havzasıdır. Fırat Havzası'na düşen ortalama yağış  $540,1 mm yıl^{-1}$  ve ortalama yıllık akış ise  $31.61 km^3$  olup, ülkemizin ortalama yıllık akış miktarı yönünden en büyük havzasıdır (Turan, 2005). Havzada 19 adet büyük baraj bulunmaktadır. Bu barajlar içerisinde topladığı su hacmi yönünden Atatürk Barajı, gövde yüksekliği yönünden ise Keban ve Karakaya Barajları dikkat çekmektedir. Fırat havzası kendi içerisinde Aşağı Fırat, Orta Fırat ve Yukarı Fırat olarak üçe ayrılmıştır. Çalışmada havza üzerinde işletmesi Devlet Su İşleri'ne (DSİ) ait olan ve havzanın Yukarı ve Orta kısımlarında bulunan 13 adet AGİ ele alınmıştır. Bu AGİ'lerin havzadaki konumları Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Fırat Havzası'nın Yukarı ve Orta bölümleri ve çalışmada kullanılan AGİ'ler

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında kullanılan istasyonların geneli hakkındaki bilgiler Çizelge 1'de sunulmuştur. Çizelge 1'den görüldüğü üzere Yukarı Fırat Havzasındaki 2151, 2119 ve 2149 nolu AGİ'lerin verilerinde, Orta Fırat Havzasında bulunan 2122, 2158 ve 2174 nolu AGİ'lerin verilerinde eksik yıllar bulunmaktadır. Bu eksik verilerin tahmini için öncelikle boyutsuz Debi Süreklilik Çizgileri (DSC) kullanılmıştır. Bayazit ve Önöz (2007) tarafından çeşitli akarsuların debi süreklilik çizgilerini birbiriyle

karşılaştırmak için debilerin boyutsuzlaştırılmasının uygun olacağı ifade edilmektedir. Bu çalışmada, debilerin boyutsuzlaştırılması işlemi debilerden ortalamanın çıkarılarak standart sapmaya bölünmesi suretiyle yapılmıştır. Ayrıca veriler tahmin edilmeden önce ve sonra ilgili AGİ verilerinin homojenlik kontrolleri Pettitt, Buishand testleri ve Çift Toplam Eğrisi yöntemleri kullanılarak yapılmıştır (testler için detaylı bilgi Sahin ve Cigizoglu, 2010; Tosunoglu, 2014 çalışmalarında mevcuttur).

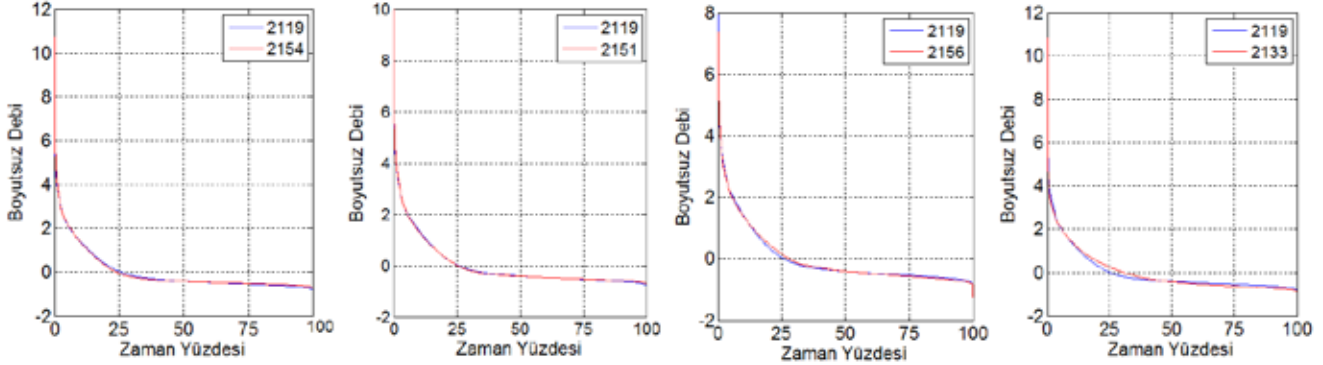
Çizelge 1. Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Özet Bilgi

| AGİ No.              | Yağış Alanı(km <sup>2</sup> ) | Yaklaşık Kot (m) | Gözlem Süresi                          |
|----------------------|-------------------------------|------------------|--|
| Yukarı Fırat Havzası |                               |                  |  |
| 2154                 | 2886                          | 1675             | 1969-2010                              |
| 2151                 | 8185.6                        | 1355             | 1964-2013 (1970, 2012 eksik)           |
| 2119                 | 10356                         | 1123             | 1961-2013 (1988-1994 eksik)            |
| 2156                 | 15562                         | 865              | 1969-2011                              |
| 2149                 | 1669                          | 900              | 1963-2011 (1989-1990, 1999-2000 eksik) |
| 2133                 | 3284.8                        | 875              | 1968-2009                              |
| 2166                 | 5385.8                        | 845              | 1970-2011                              |
| Orta Fırat Havzası   |                               |                  |  |
| 2122                 | 5882.4                        | 1552             | 1969-2011 (1974 eksik)                 |
| 2177                 | 2995.3                        | 1452             | 1986-2014                              |
| 2158                 | 1577.6                        | 1310             | 1969-2014 (1993 eksik)                 |
| 2174                 | 17435.1                       | 1285             | 1983-2011 (1989-1995 eksik)            |
| 2164                 | 2232                          | 990              | 1969-2011                              |
| 2102                 | 25515.6                       | 852              | 1968-2011                              |

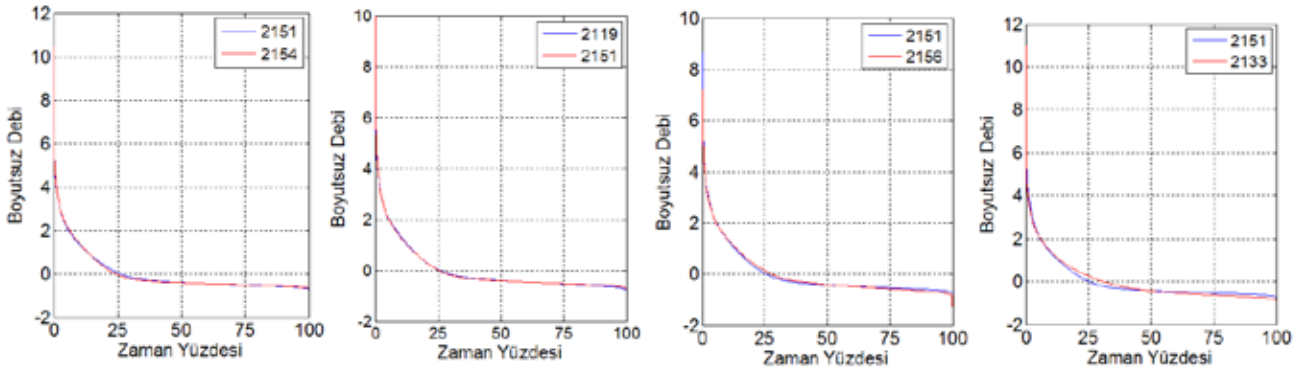
### Yukarı Fırat Havzasındaki AGİ'lerin Eksik Akımlarının Tahmini

Şekil 3,4 ve 5'de Yukarı Fırat Havzasında bulunan

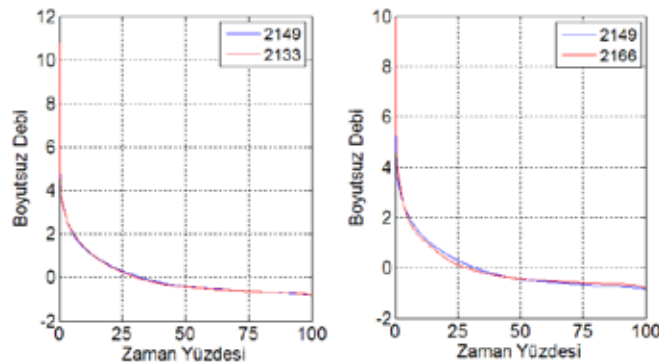
ve eksik verisi olan 2151, 2119 ve 2149 nolu AGİ'lerin civardaki diğer AGİ'lerin DSC'leri ile karşılaştırmaları verilmiştir.



Şekil 3. 2119 Nolu akım gözlem istasyonu ile diğer akım gözlem istasyonlarının boyutsuz debi süreklilik çizgilerinin karşılaştırılması



Şekil 4. 2151 Nolu akım gözlem istasyonu ile diğer akım gözlem istasyonlarının boyutsuz debi süreklilik çizgilerinin karşılaştırılması

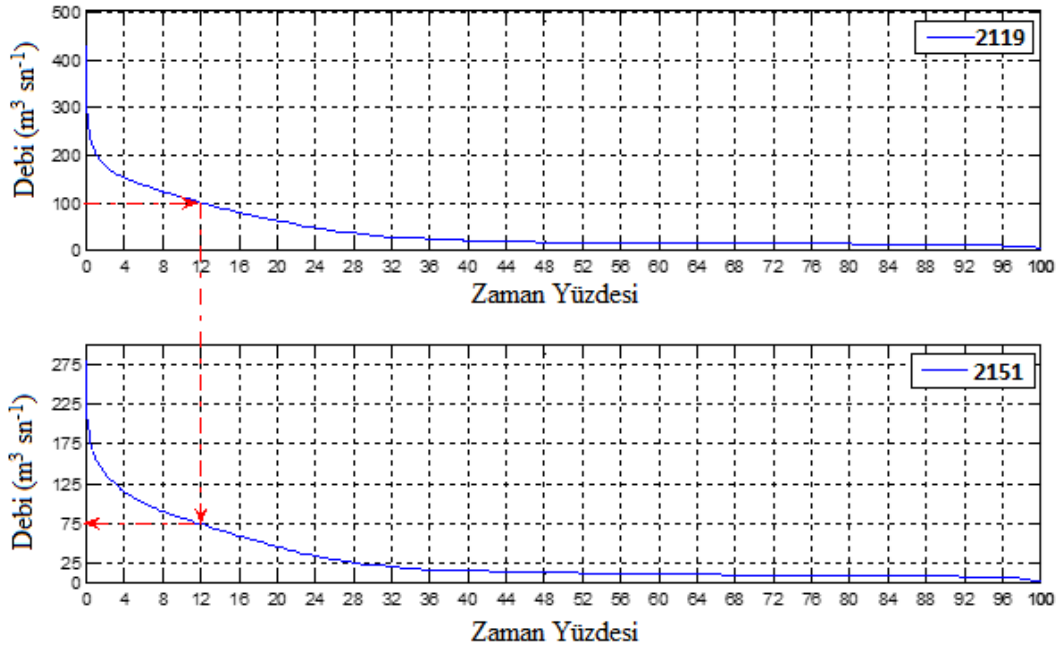


Şekil 5. 2149 Nolu akım gözlem istasyonu ile diğer akım gözlem istasyonlarının boyutsuz debi süreklilik çizgilerinin karşılaştırılması

Şekil 3,4 ve 5 incelendiğinde, sırasıyla 2119 nolu AGİ'nin DSC'si ile 2151 nolu AGİ'nin DSC'nin ve 2149 nolu AGİ'nin DSC'si ile 2133 nolu AGİ'nin DSC'nin hemen hemen üst üste çakıştığı görülmektedir. Bu nedenle, 2119 nolu AGİ'deki eksik akım verileri 2151 nolu AGİ'nin

DSC'si, benzer şekilde 2151 nolu AGİ'deki eksik akım verileri 2119 nolu AGİ'nin DSC'si ve 2149 nolu AGİ'deki eksik akım verileri 2133 nolu AGİ'nin DSC'si kullanılarak tahmin edilmiştir. Şekil 6'da, kullanılan DSC yöntemi ile eksik akım verilerinin nasıl tahmin edildiği gösterilmiştir.





Şekil 6. Debi Süreklilik Çizgisi ile eksik akım verisi tahmini

Örneğin 2151 nolu AGİ de ölçüm yapılmadığı bir günde 2119 nolu AGİ de debi  $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  olsun. 2119 nolu AGİ'nin DSC'sine bakıldığında bu debinin zamanın %12 sinde mevcut olduğu görülmektedir. Buradan hareketle 2151 nolu AGİ'nin eksik olan debisi, yani DSC'inden zamanın %12 sinde mevcut olan debi  $75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  olarak okunur. Eksik olan bütün veriler MATLAB programı altında bir bilgisayar kodu yardımı ile yukarıda anlatıldığı şekilde tahmin edilmiştir. Eksik akım verilerinin tahmininden sonraki istatistikler öncekilerle birlikte Çizelge 2'de görülmektedir. Debi Süreklilik Çizgisi yöntemine ek olarak Regresyon modelleri kullanarak eksik akım verileri tahmin edilmiştir. Bilindiği üzere, Regresyon modellerinin uygulanmasında en önemli şartlardan birisi verilerin normal dağılıma uygun olması ve verilerde içsel bağımlılığın olmamasıdır. Bu nedenle, eldeki akım veri serilerinin çarpıklıklarının fazla olması ve mevsimsellik özelliği taşımalarından dolayı modelleme işlemlerine geçmeden önce ilk olarak her bir verinin logaritması alınmış daha sonra da serilerin periyodikliği giderilip stasyoner hale getirilerek standart normal seriler elde edilmiştir. Daha sonra, normal dağılıma sahip standart veriler elde edilerek eksik verisi olan istasyonların günlük verilerinin tahmini işlemine geçilmiştir. Herhangi bir istasyona ait günlük verilerin tahmininde eksik veriye sahip istasyona yakın ve arasındaki korelasyonu yüksek

olan istasyonlar kullanılmıştır. Her bir istasyon için kurulan alternatif tekli ve çoklu regresyon modelleri arasında  $R^2$  değeri en büyük ve RMSE değeri en küçük olan model en uygun regresyon modeli olarak seçilmiştir. Ayrıca en uygun regresyon modelinin kontrolü aşamasında hata terimlerinin içsel bağımlılık (otokorelasyon) ve normal dağılım kontrolleri de yapılmıştır. Kurulan en iyi Regresyon modelinin hata terimlerinin içsel bağımlılığı olmayan normal dağılım gösteren rastgele sayılar olduğu sonucuna varılmıştır. Son olarak, Debi Süreklilik Çizgisi ve Regresyon modeli (REG) ile yapılan tahminlerin karşılaştırılması yapılmış ve sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde, hem DSC hem de Regresyon yöntemi ile eksik akım verilerinin tahmini için kurulan modellerin  $R^2$  sonuçlarının oldukça yüksek olması her iki modelinde bu amaç için başarı ile kullanılabileceğini göstermektedir. Buna ek olarak, kurulan modellerin performansları AGİ'lere ait eksik akım verilerinin tahmininden sonra temel istatistiklerinin korunup korunmadığı kontrolü ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kurulan modeller ile eksik akım verilerinin tahmininden sonra temel istatistiklerin korunduğu görülmektedir. Fakat tahmin edilen debileri detaylı bir şekilde incelediğimizde, debideki değişimlerin 2151 ve 2119 nolu istasyonlar için Regresyon yöntemi ile 2149 nolu istasyon için ise DSC yöntemi ile daha iyi tahmin edildiği görülmüştür.

**Çizelge 2.** Yukarı Fırat Havzası eksik akım verilerinin DSC ve Regresyon ile tahmininden sonraki ve önceki istatistikler

|   |        | 2151   | 2119  | 2149  |
|---|--------|--------|-------|-------|
| <b>Ortalama (m<sup>3</sup> sn<sup>-1</sup>)</b>       | DSC    | 59.59  | 81.55 | 52.94 |
|   | REG    | 59.63  | 81.97 | 52.62 |
|   | Önceki | 60.13  | 82.41 | 53.89 |
| <b>Standart Sapma (m<sup>3</sup> sn<sup>-1</sup>)</b> | DSC    | 76.67  | 90.15 | 46.61 |
|   | REG    | 76.69  | 90.21 | 46.48 |
|   | Önceki | 77.51  | 90.58 | 47.64 |
| <b>Çarpıklık Katsayısı</b>                            | DSC    | 3.012  | 2.912 | 2.249 |
|   | REG    | 3.008  | 2.918 | 2.285 |
|   | Önceki | 2.998  | 2.939 | 2.220 |
| <b>R<sup>2</sup></b>                                  | DSC    | 0.974  |       | 0.972 |
|   | REG    | 0.975  |       | 0.977 |
| <b>RMSE</b>   | DSC    | 12.556 |       | 7.859 |
|   | REG    | 12.179 |       | 7.028 |
| <b>Model Girdisi</b>                                  |        | 2119   | 2151  | 2133  |

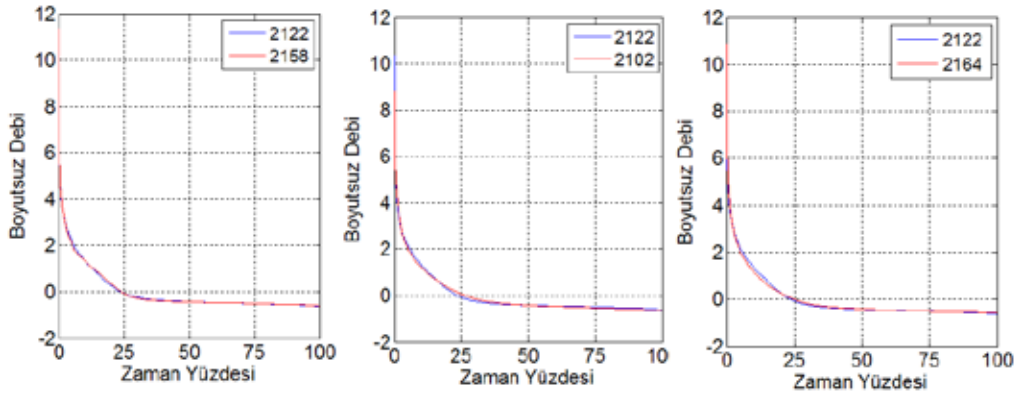
### Orta Fırat Havzasındaki AGİ'lerin Eksik Akımlarının Tahmini

Şekil 8 ve Şekil 9'da Orta Fırat Havzasında bulunan ve eksik verisi olan 2122 ve 2158 nolu AGİ'lerin civardaki diğer AGİ'lerin DSC'leri ile karşılaştırmaları verilmiştir. Şekil 8 ve 9 incelendiğinde, sırasıyla 2122 nolu AGİ'nin DSC'si ile 2158 nolu AGİ'nin DSC'nin hemen hemen üst üste çakıştığı görülmektedir. Bu da 2122 nolu AGİ'deki eksik akım verilerinin 2158 nolu AGİ'nin DSC'si ile benzer şekilde 2158 nolu AGİ'deki eksik akım verilerinin 2122 nolu AGİ'nin DSC'si ile tahmin edilebileceğini göstermektedir. Yine bir önceki bölümde olduğu gibi tahminlerin güvenilirliğini artırmak için Regresyon modelleri de kurulmuş olup elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te özetlenmiştir.

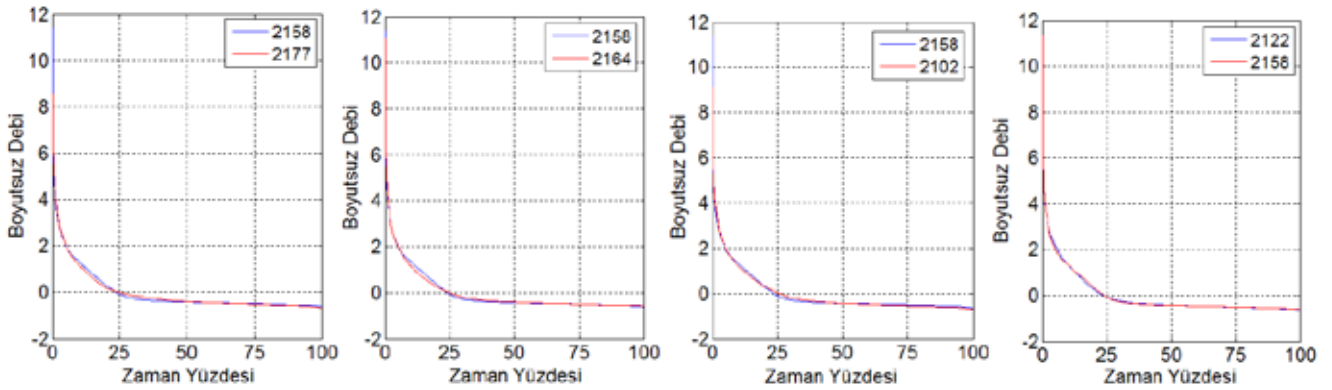
Çizelge'3 teki sonuçlara göre her iki yöntem de yüksek R<sup>2</sup> 'ye sahip oldukça başarılı sonuçlar

vermişlerdir. Kurulan modellerin performansları bir önceki bölümde olduğu gibi AGİ'lerin eksik akım verilerinin tahmininden sonra temel istatistiklerinin korunup korunmadığı kontrolü ile gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre kurulan modeller ile eksik akım verilerinin tahmininden sonra temel istatistiklerin korunduğu görülmektedir. Bu istatistiksel analizler sonucunda hem R<sup>2</sup> değeri daha yüksek olması hem de tahminden sonraki istatistik değerleri tahminden önceki değerlere daha yakın sonuç vermesinden dolayı Regresyon yöntemi ile yapılan tahminlerin daha doğru olacağı sonucuna varılmıştır. Bu istasyonlara ek olarak, Orta Fırat Havzasında bulunan 2174 nolu istasyonun eksik verilerinin tahmin edilmesine yönelik bir çalışma yapılmamış ve çalışma dışında tutulmuştur. Bunun sebebi, gözlem süresinin istatistiksel açıdan yeterli olmaması ve eksik olan yıl sayısının çok fazla (ard arda 7 yıl) olmasıdır.



**Şekil 8.** 2122 Nolu akım gözlem istasyonu ile diğer akım gözlem istasyonlarının boyutsuz debi süreklilik çizgilerinin karşılaştırılması



**Şekil 9.** 2158 Nolu akım gözlem istasyonu ile diğer akım gözlem istasyonlarının boyutsuz debi süreklilik çizgilerinin karşılaştırılması

**Çizelge 3.** Orta Fırat Havzası eksik akım verilerinin DŞÇ ve Regresyon ile tahmininden sonraki ve önceki istatistikler

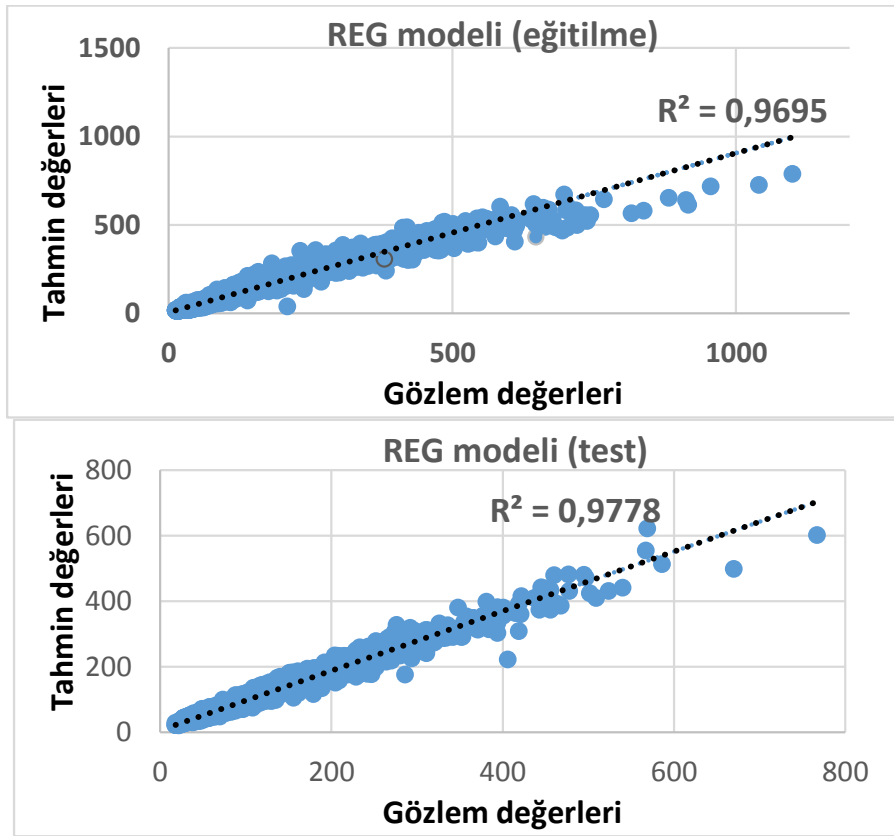
|                                  |        | 2158   | 2122  |
|----------------------------------|--------|--------|-------|
| Ortalama ( $m^3 sn^{-1}$ )       | DŞÇ    | 18.41  | 48.72 |
|                                  | REG    | 18.34  | 48.74 |
|                                  | Önceki | 18.31  | 48.89 |
| Standart Sapma ( $m^3 sn^{-1}$ ) | DŞÇ    | 28.24  | 74.21 |
|                                  | REG    | 28.11  | 74.31 |
|                                  | Önceki | 28.13  | 74.48 |
| Çarpıklık Katsayısı              | DŞÇ    | 3.076  | 2.983 |
|                                  | REG    | 3.071  | 2.987 |
|                                  | Önceki | 3.094  | 2.989 |
| R <sup>2</sup>                   | DŞÇ    | 0.822  |       |
|                                  | REG    | 0.845  |       |
| RMSE                             | DŞÇ    | 30.757 |       |
|                                  | REG    | 28.596 |       |
| Model Girdisi                    |        | 2122   | 2158  |

Kurulan DŞÇ ve REG modellerinin güvenilirliğinin test edilmesi için her bir istasyona ait verilerin %70'lik



kısmı modelin eğitilmesinde ve %30'luk kısmı da modelin test edilmesinde kullanılmıştır. Her bir DŞÇ ve REG modeli için model eğitilme (model training) ve test edilme (model testing) kısımlarına ait  $R^2$ ler hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hesaplanan  $R^2$  değerleri oldukça yüksek değerlerdir. Buna örnek olarak 2151 ile 2119 istasyonları verilerine ait

kurulan REG modelinin eğitilme ve test kısımlarına ait sonuçlar Şekil 10'da verilmiştir. Bu noktada şunu vurgulamak gerekir ki REG modelleri (eğitme ve test) özellikle ekstrem akım değerlerinin tahmininde gözlem değerlerinin altında sonuç vermektedir.



Şekil 10. 2119 nolu istasyonuna ait REG modeli grafikleri (girdi istasyon: 2151)

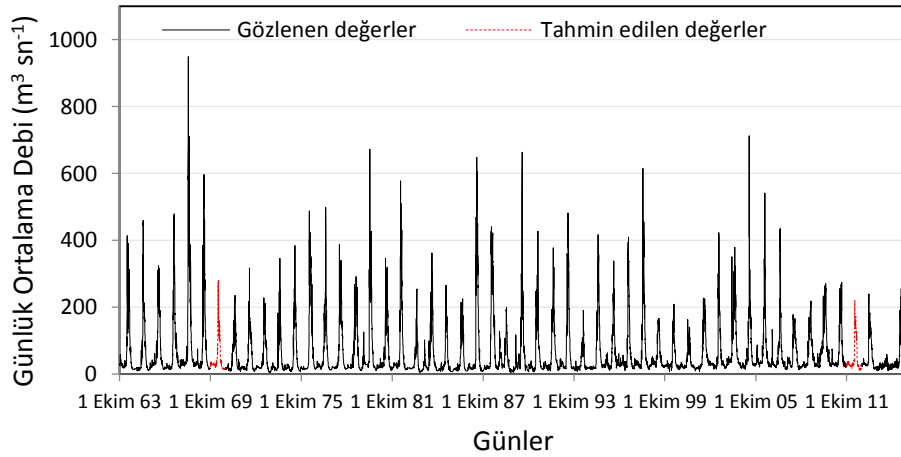
## SONUÇ

Bu çalışmada, Yukarı Fırat Havzası'nda bulunan 2151, 2119 ve 2149 nolu AGİ'lerde ve Orta Fırat Havzası'nda bulunan 2122 ve 2158 nolu AGİ'lerdeki eksik günlük akım verileri literatürde güvenilirliği ispatlanmış Regresyon Modelleri (REG) ile Debi Süreklilik Çizgisi (DŞÇ) yöntemleri kullanılarak tahmin edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda her iki yöntemde Fırat Havzası'ndaki eksik akımların tahmininde oldukça başarılı sonuçlar verdiği

gözlenmesine rağmen, Regresyon Modeli ile yapılan tahminlerin tarihi serinin temel istatistiksel özelliklerini (ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı vb.) çoğunlukla daha iyi koruduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, Fırat Havzası için söz konusu istasyonlardaki eksik akım verileri başarılı bir şekilde tahmin edilerek bölgedeki su yapılarının planlanma, tasarım ve işletimi için istatistiksel olarak yeterli uzunluğu sahip eksiksiz veri setleri oluşturulmuştur (Şekil 11).



Şekil 11. 2151 Nolu Akım Gözlem İstasyonuna Ait Tahmin Edilmiş Veriler

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın tamamı TÜBİTAK 115Y673 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiş olup, çalışmanın

yazarları olarak ilgili proje kapsamında tarafımıza sunulan maddi ve manevi destek için TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

- Bakış R, Göncü S, 2015. Akarsu Debi Ölçümlerinde Eksik Verilerin Tamamlanması: Zap Suyu Havzası Örneği, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik, 16(1):63-79
- Bayazıt M, Önöz B, 2008. Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Nobel Akademik yayıncılık.
- Bayazıt M, 1981. Hidrolojide İstatistik Yöntemler, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.
- Burgess TM, Webster R, 1980. Optimal Interpolation and Isarithmic Mapping of Soil Properties I, the Semivariogram and Punctual Kriging. Journal of Soil Science, 31(3):315-331.
- Dastorani MT, Moghadamnia A, Piri J, Rico-Ramirez M, 2010. Application of ANN and ANFIS models for reconstructing missing flow data, Environmental Monitoring and Assessment, 166(1-4):421-434.
- Elshorbagy AA, Panu US, Simonovic SP, 2000. Group-based estimation of missing hydrological data: I. Approach and general methodology, Hydrological Sciences Journal, 45(6):849-866.
- Gümüş V, Kavşut E, 2013. Zamanti Nehri- Ergenüşağı İstasyonu Eksik Aylık Akım Verilerinin Tahmini, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım Ve Teknoloji, 1(2):81-91.
- Hughes DA, Smakhtin V, 1996. Daily Flow Time Series Patching or Extension: A Spatial Interpolation Approach Based on Flow Duration Curves, Hydrological Sciences Journal, 41(6):851-871.
- Keskin ME, Taylan D, 2009. Artificial Models for inter basin flow prediction in southern Turkey, Journal of Hydrologic Engineering, 14(7):752-758.
- Mohamoud YM, 2008. Prediction of daily flow duration curves and streamflow for ungauged catchments using regional flow duration curves, Hydrological Sciences Journal, 53(4):706-724.
- Sahin S, Cigizoglu HK, 2010. Homogeneity analysis of Turkish meteorological data set, Hydrological Process, 24(8): 981-992.
- Tencaliec P, Favre AC, Prieur C, Mathevet T, 2015. Reconstruction of missing daily streamflow data using dynamic regression models, Water Resources Research, DOI: 10.1002/2015WR017399.
- Turan EN, 2005. Fırat Havzasındaki Barajların Sismik Tehlike ve Potansiyel Risk Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Osman Gazi Üniversitesi.
- Usul N, 2005. Engineering Hydrology, Book, 403, METU Press, Turkey.