

## SEYHAN HAVZASI ETRAFINDA DÜŞÜK AKIM FREKANS ANALİZİ VE KURAK DÖNEM ANALİZİ

Selahattin Utku Yılmaz<sup>1</sup>, Efe Çiltaş<sup>1</sup>, Yasemin Eldayih Kanber<sup>1,2</sup>, Hamza Bakar<sup>1</sup>, Müberra Öz<sup>1</sup>,  
Furkan Sencer Kaçar<sup>1,3</sup>, Bihrat Önöz<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>*Istanbul Teknik Üniversitesi, [yilmazselaha@itu.edu.tr](mailto:yilmazselaha@itu.edu.tr), [ciltas17@itu.edu.tr](mailto:ciltas17@itu.edu.tr), [bakar22@itu.edu.tr](mailto:bakar22@itu.edu.tr),  
[ozm15@itu.edu.tr](mailto:ozm15@itu.edu.tr), [kacarf15@itu.edu.tr](mailto:kacarf15@itu.edu.tr), [onoz@itu.edu.tr](mailto:onoz@itu.edu.tr)*

<sup>2</sup>*Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, [yasemin.e@dsi.gov.tr](mailto:yasemin.e@dsi.gov.tr)*

<sup>3</sup>*Türk-Alman Üniversitesi, [furkan.kacar@tau.edu.tr](mailto:furkan.kacar@tau.edu.tr)*

<sup>4</sup>*Işık Üniversitesi, [bihrat.onoz@isikun.edu.tr](mailto:bihrat.onoz@isikun.edu.tr)*

### ÖZET

Günümüzde küresel iklim değişikliği nedeniyle dünyada artan sıcaklık ve buna bağlı olarak; bir bölgede yağışlarda, nem oranında, akarsu seviyelerinde görülen belirgin değişiklikler, söz konusu bölgede ekolojik, ekonomik gibi pek çok yönden büyük zararlara neden olmaktadır. Aynı zamanda, iklimdeki bu belirgin değişiklikler ve buna bağlı olarak söz konusu bölgedeki toplam su miktarındaki değişiklikler taşkın, kuraklık gibi felaketlere neden olabilmektedir. Özellikle, artan nüfus ile birlikte hızlı ve plansız yapılaşma, yanlış uygulanan nehir düzenleme çalışmaları, yanlış uygulanan tarımsal faaliyetler gibi uygulamalar nedeniyle bir bölgede su miktarının uzun süre boyunca normal seviyenin altında kalması sonucu kuraklığa (kıtlığa) rastlanılmaktadır. Kuraklık genel tanımı itibari ile bir bölgede, bir süre boyunca su miktarında normal düzeye göre belli bir miktarın üzerinde görülen eksiklik (Da Cunha vd., 1983) olmasına rağmen çeşitli disiplinler açısından incelendiğinde farklı büyüklükler bu noktada dikkate alınabilir (Bayazit ve Önöz 2008). Bu çalışmada, kuraklık hidrolojik yönden incelenmiş ve akım verileri esas alınmış olup Seyhan Havzası etrafında, DSİ Genel Müdürlüğü "Akım Gözlem Yıllıları"dan alınmış geçmiş yıllara ait akarsu debi verilerine göre sırasıyla; Düşük Akım Frekans Analizi ve Runs (Gidişler) Analizi yapılmıştır. Yapılan bu analizlere çeşitli istatistiksel yöntemler uygulanarak bir dönüş periyoduna bağlı debi değerlerinin tahmin edilmesi ve böylece akım verisi olmayan alanlarda dahi tasarım debisi değerlerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Buna bağlı olarak da Runs (Gidişler) analizleri yapılarak havzanın kurak döneminin (kuraklık durumunun) ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre E18A026 istasyonu hariç diğer tüm istasyonlarda akım tahminleri 2, 5 ve 20 yıllık dönüş aralığına sahip akımlar oldukça küçük tahmin edilmiş ve Run Analizi sonuçları doğrultusunda bu istasyonlarda ciddi bir kuraklık tehlikesi ile karşı karşıya olunduğuna ulaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Düşük Akım Frekans Analizi, Tasarım Debisi, Runs (Gidişler) Analizi, Kurak Dönem.

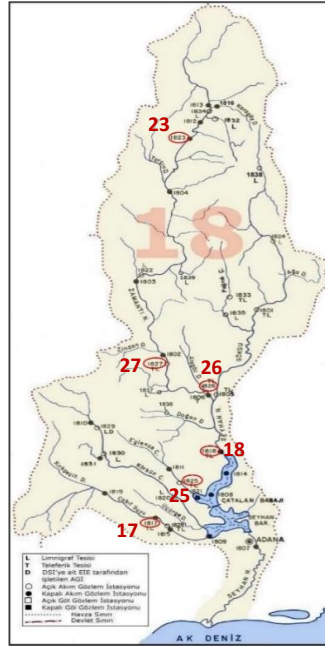
### GİRİŞ

21. yüzyılda küresel iklim değişikliği ile birlikte tüm dünyada artan sıcaklık ve buna bağlı olarak yağış toplamında veya nemde görülen uzun süreli kıtlık olarak ifade edilen kuraklık (Türkeş vd., 2009), ekonomik, ekolojik ve çevresel açıdan büyük zararlara neden olmaktadır. Diğer bir deyişle, kuraklık; orman ekosistemi, tarımsal faaliyetler, gıda arzı gibi pek çok konuda toplumları çevresel, ekonomik ve sosyal yönden büyük zararlara uğratmaktadır (Özüpekçe 2020). Kuraklığın akarsular üzerindeki etkisi iki farklı yaklaşım ile incelenmektedir (Bayazit ve Önöz 2008). Bunlardan ilki, düşük akım yaklaşımı olarak tanımlanan yani bir akarsuyun olması gerekenden az su taşıdığı dönem olan, ancak kuraklıktan farklı olarak bir yıldan az görülebilen, dönemi ifade eder. Bu durumda akarsuda debi, hız ve derinliğin azalması; akarsudan su sağlamak, su kalitesi, canlıların yaşamı ve akarsuda ulaşım gibi konularda olumsuz sonuçlar ortaya çıkarır (Bayazit ve Önöz 2008). Bu dönemde suyun nasıl kullanılacağına karar

vermek için söz konusu akarsudaki akımların yani düşük akımların araştırılması ve dolayısıyla düşük akım frekans analizi yapılması gerekir (Bayazıt ve Önöz 2008). Bu düşük akımları belirleyen etkenler ise doğal (klimatolojik, hidrojeolojik, morfolojik ve morfometrik) ve insan etkisi nedeniyle oluşan etkenler olmak üzere iki şekilde tanımlanır (McMahon ve Diaz Arenas 1982). Bu inceleme metotlarından ikincisi, bir bölgede akarsuda bu düşük akımların uzun süre boyunca (2, 5, 10, 20 yıl gibi) etkili olması durumunda kurak dönem (kuraklık) incelemesi olarak Runs (Gidişler) analizi kullanılmaktadır (Bayazıt ve Önöz 2008). Bu çalışmada, Seyhan Havzası çevresindeki akarsuların akım verilerine ilişkin Düşük Akım Frekans Analizi ve çeşitli istatistiksel analizler yapılarak bir dönüş periyoduna bağlı debi değerleri elde edilmiş ve böylece akım verisi olmayan istasyonlarda dahi tasarım debisi değerleri bulunmuştur. Bayazıt ve Önöz (2008)'de de bahsedildiği gibi, bir istasyonda belirli bir dönüş periyoduna (2, 5, 10 veya 20 yıl gibi) karşılık gelen düşük akımlar tahmin edilmiştir. Buna bağlı olarak da kurak dönem analizleri yapılarak havzanın kuraklık durumu ortaya çıkarılmıştır.

### ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

Bu çalışmada, Seyhan havzasındaki 6 akım gözlem istasyonundan (D18A017, D18A018, D18A023, E18A025, E18A026 ve E18A027) günlük olarak alınan debi verileri, düşük akım frekans analizinde ve kurak dönem analizinde kullanılmıştır. Şekil 1'de istasyonların konumu kırmızı dairelerle gösterilmiştir. Ayrıca, istasyonlara ait bilgiler ve alınan verilere ilişkin ayrıntılara Tablo 1'de yer verilmiştir.



Şekil 1. Seyhan Havzası Haritası (D. S. İ. G. Müdürlüğü, 2019)

Tablo 1. İstasyonlara Ait Veriler

İstasyon No	İstasyon Adı	Yükseklik (m)	Alan (km <sup>2</sup> )	Akım Verileri Gözlenen Yıllar
D18A017	Sarız S. (Dardere)	1548	202.7	2000 – 2015, 16 yıl
D18A018	İnderesi (Hasan Çavuşlar)	1400	136	2000 – 2015, 16 yıl
D18A023	Yağdeğleme Ç. (Yeniköy)	870	23.5	2005 – 2015, 11 yıl
E18A025	Eğlence D. (EğriBük)	222	544.5	1995 – 2015, 21 yıl
E18A026	Zamanti N. (Ergenuşağı)	360	8698.1	2000 – 2011, 12 yıl
E18A027	Zamanti N. (Değirmenocağı)	740	7718	1999 – 2015, 17 yıl

## MATERYAL VE METOT

Daha önce de belirtildiği gibi, Seyhan havzasındaki 6 akım gözlem istasyonuna (Tablo 1'deki gibi) çeşitli istatistiksel yöntemler uygulanmıştır. Burada, her bir istasyon için düşük akım ve kurak dönem analizi için ilgili istatistiksel analizler yapılmıştır. Bu akım verilerinde, öncelikle alınan yıllara göre 1 günlük ve 7 günlük minimum akımlar her istasyon için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu 7 günlük minimum akımlar hesaplanırken 1 su yılı başlangıcından diğer su yılı başlangıcına doğru takip eden yıllar içindeki 7 günler ayrı ayrı alınıp son veriye kadar 7 günlük akım setleri oluşturulmuştur. Sonrasında bu 7 günlük akım setlerinin ortalamaları sırasıyla hesaplanmıştır. En sonunda bu akım setlerine göre Tablo 2'de verildiği gibi yıllık 7 günlük ortalama minimum akımlar hesaplanmıştır. Sonrasında 7 günlük akımlara bağlı olarak debi frekans eğrileri oluşturulmuş ve bu eğrilere bağlı olarak da söz konusu istasyonlarda çeşitli istatistiksel dağılımlar kullanılarak düşük akım tahminleri yapılmıştır. Tablo 3'te örnek bir istasyon (D18A017) için yapılan analizlerde kullanılan istatistiksel parametreler gösterilmiştir. Aynı işlemler, tüm istasyonlar için 1 günlük akım durumları esas alınarak da tekrarlanmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçların ilgili istatistiksel dağılımlarla uygunluğu Ki-Kare, Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling testleri ile kontrol edilmiştir.

**Tablo 2.** D18A017 İstasyonuna Ait 7 günlük Ortalama Minimum Akımlar

Yıllar	7 günlük ortalama minimum akımlar (m <sup>3</sup> /s)
2015	0.42
2014	0.20
2013	0.48
2012	0.69
2011	0.70
2010	0.51
2009	0.54
2007	0.07
2006	0.35
2005	0.54
2004	0.54
2003	0.17
2002	0.03
2001	0.13
2000	0.59
1999	0.84

**Tablo 3.** D18A017 İstasyonuna Ait İstatistik Bilgiler

Veri Sayısı (N)	16
1 günlük Minimum Debi (m <sup>3</sup> /s)	0
7 günlük Minimum Debi (m <sup>3</sup> /s)	0.03
7 günlük Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /s)	0.42
7 günlük Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	0.24
7 günlük Çarpıklık Katsayısı	-0.21

### Sıfır Debili Düşük Akımların İstatistik Analizi

Kurak bölgelerde akarsular zaman zaman kuruyabilmektedir. Dolayısıyla, düşük akımların istatistik analizinde sıfır akımlı değerlerin dikkate alınması gerekir. Uygulanan yöntemlerden bir tanesi, bütün verilere ortalama değerin yüzde 1'i mertebesinde bir sayı ilave etmektir. Kilmartin ve Peterson (1972) bu yöntemi logaritmik dönüşümle yağış-akış regresyon denklemini geliştirmek için kullanmıştır. Uygulanan bir yöntem de sıfır değerleri ihmal ederek, sıfır olmayan değerleri analiz ederek, sonuçları bütün gözlenme süresine uygulamaktır. Ancak, bu sonuçların tarafı olacağı aşıkardır. Daha teorik olarak, üçüncü bir yöntem ise toplam olasılık teorisini uygulamaktır (Kilmartin ve Peterson 1972).

$$P(X \geq x) = P(X \geq |X = 0)P(X = 0) + P(X \geq x|x \neq 0)P(X \neq 0) \quad (1)$$

$P(X \geq |X = 0)P(X = 0)$  bu ifade sifira eşit olduğundan, denklem aşağıdaki duruma indirgenir.

$$P(X \geq x) = P(X \geq x|x \neq 0)P(X \neq 0) \quad (2)$$

Yukarıda denklem (2)'de verilen denklemdeki,  $P(X \neq 0)$  terimi sıfır olmayan değerlerin tüm değerlere oranı olup ( $k$ ),  $P(X \geq x|x \neq 0)$  terimi ise sıfır olmayan değerlerin sayısına karşılık gelen olasılıktır. Bu ifade kümülatif (eklenik) olasılık dağılımı cinsinden yazılırsa aşağıda denklem (3) elde edilir. Bu ifadelerde  $F(x)$  bütün  $X$  değerleri için eklenik dağılım fonksiyonu [ $p(X \leq x|X \geq 0)$ ],  $x$ 'in sıfır olmama olasılığı ve  $F^*(x)$  ise  $x$ 'in sıfır olmayan değerlerinin eklenik dağılım fonksiyonudur. Bu fonksiyon  $X = 0$  için sonlu bir olasılık kütleli olan ve  $x > 0$  için sürekli bir olasılık dağılımı olan bir birleşik dağılımdır. Jennings ve Benson (1969) bu yaklaşımı sıfır akımları olan taşkın debilerinin frekans analizlerine uygulamıştır. Bulu ve diğerleri (1995) bu yöntemi düşük akımların frekans analizine uygulamıştır.

$$F^*(x) = \frac{F(x)-1+k}{k} \quad (3)$$

Burada, düşük akımların dönüş aralığı ( $T$ ) için ifade denklem (4)'teki gibi olur.

$$T = \frac{1}{F(x)} \text{ için, } F^*(x) = \frac{\frac{1}{T}-1+k}{k} \quad (4)$$

(3) denkleminin kullanımı için  $F^*(x)$  olasılığının pozitif olması gereklidir. Dolayısıyla, sıfır akımlı düşük akımlara toplam olasılık yasasının uygulanabilmesi  $T$  ve  $k$  arasındaki ilişkiye bağlıdır. Çok kullanılan dönüş aralıkları için sıfır akımların büyük olması gereken  $k$  oranı aşağıdaki Tablo 4'te verilmiştir (Bayazit ve Önöz 2008).

**Tablo 4.** Dönüş Aralıklarına ( $T$ ) Göre  $k$  Değerleri

$T$ (yıl)	2	5	10	20	50	100
$k \geq 0$	0.50	0.80	0.90	0.95	0.98	0.99

Ayrıca bu yöntemin uygulanması, aşağıdaki denklem (5)'i sağlamalıdır.

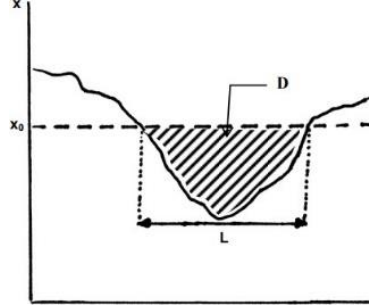
$$k \geq \frac{T-1}{T} \quad (5)$$

Denklem 4'e göre herhangi bir  $T$  dönüş aralığı ve  $k$  oranı için negatif  $F^*(x)$  elde edersek, düşünülen akarsuda o debinin görülme olasılığı sıfırdır. Denklem (4) ile  $F^*(x)$  olasılığı dağılımdan bağımsız olduğundan,  $F^*(x)$  olasılıkları  $T$  ve  $k$  değerlerine bağlı olarak denklem (4)'ten elde edilebilir (Bayazit ve Önöz 2008).

### Run (Gidişler) Analizi

Run analizi kurak dönemler için Yevjevich (1967) tarafından önerilen objektif bir yöntemdir. Seçilen bir  $\Delta t$  zaman aralığında, kesim düzeyi (eşik düzeyi)  $X$  değişkeninin  $q$  aşılması olasılığına karşı gelen  $x_0$  değeri olsun  $P(X \leq x_0) = q$ .  $x(t)$ 'nin sürekli olarak  $x_0$ 'ın üstünde kaldığı süreye pozitif run (gidiş), altında kaldığı süreye negatif run (gidiş) denir. Negatif run kurak bir döneme karşı gelir.  $L$  negatif run uzunluğu kurak dönemin süresini, bu süre boyunca  $x_0$  ile  $x(t)$  arasında kalan su hacmi,  $D$  negatif run

toplamı kurak dönemdeki su eksikliğini gösterir. Negatif run toplamını negatif run uzunluğuna bölerek run şiddeti yani kuraklığın (ortalama) şiddeti bulunur (Yevjevich, 1967). Ayrıca  $q$  aşılma olasılığına ilişkin kesim düzeyi ve bu değerlerin hangi kriterlere göre alınacağı (Örneğin  $q=0.5$  kesim düzeyi; hesaplanan minimum ortalama akımların medyan değeri olarak alınır.) Bayazit ve Önöz (2008) kitabında detaylı olarak anlatılmıştır. Burada sayfa sınırı nedeniyle tekrardan değinilmeyecektir.

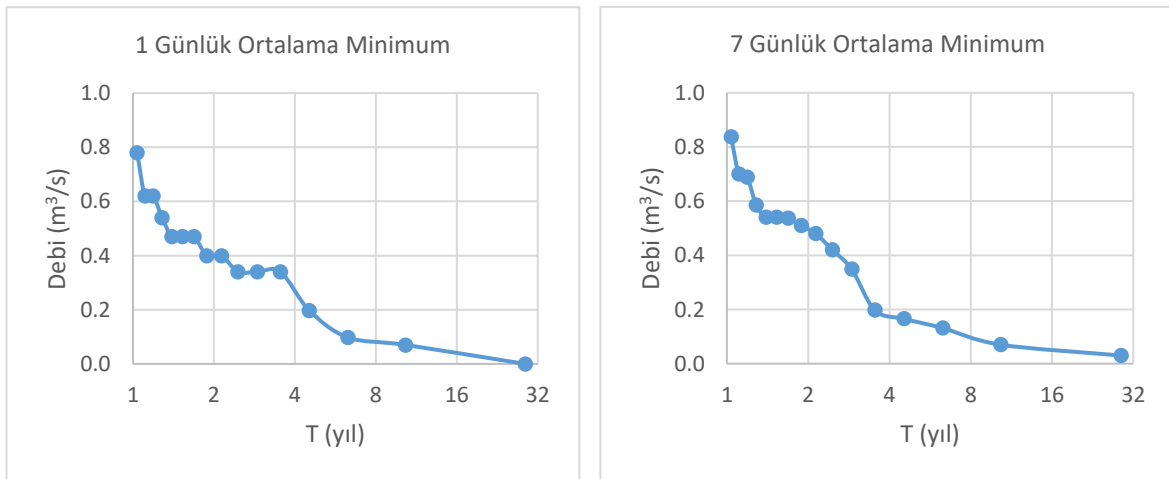


Şekil 2. Run Analizi

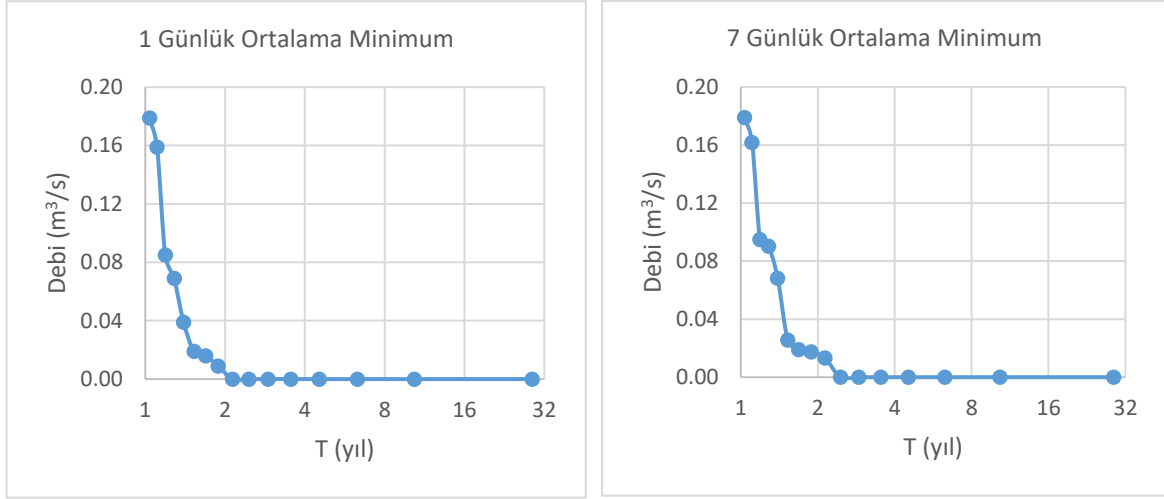
Bu çalışmada, elde edilmiş olan 1 günlük ve 7 günlük ortalama minimum akımlardan sonra yukarıda bahsedilen Sıfır Debili Düşük Akımların İstatistik Analizi'nin yapılmasının gerekli olup olmadığı tüm istasyonlar için ayrı ayrı incelenmiştir. Burada D18A018 İnderesi (Hasan Çavuşlar) ve D18A023 Yağdeğleme Ç. (Yeniköy) istasyonlarında sıfır akım analizine ihtiyaç duyulmuş olup, diğer istasyonlarda ihtiyaç duyulmamıştır. Bu nedeni bu iki istasyonda akım verileri incelendiğinde, sırasıyla D18A018 istasyonunda 16 yıla ilişkin günlük verilerin 7 yıllık kısmında çok fazla sıfır akım bulunması ve bu nedenle de bahsedilen istasyonda 1 günlük ve 7 günlük ortalama minimum akımlar hesaplandığında sıfır akımlar gelmesidir. Aynı şekilde, D18A023 istasyonunda da 11 yıla ait günlük verilerin 2 yılında 1 günlük ve 7 günlük ortalama minimum akımlar sıfır olarak hesaplanmıştır. Diğer istasyonlarda ise bu şekilde bir durum oluşmadığından söz konusu sıfır akım analizine ihtiyaç duyulmamıştır. Bu iki istasyona ait sıfır analiz sonuçları bir sonraki bölümde anlatılacaktır. Sonrasında, yukarıda bahsedildiği gibi tüm istasyonlar için her bir istasyonun kurak döneminin (kuraklık durumunun) tespit edilesi için Runs (Gidişler) analizi yapılmıştır.

### ANALİZ SONUÇLARINA GÖRE ELDE EDİLEN BULGULAR

Bir önceki bölümde de bahsedildiği üzere Seyhan Havzası'ndaki 6 istasyonun düşük akım frekans analizi ve Runs (Gidişler) analizi yapılmış olup, bu analizlerin sonuçları aşağıda verilmiştir. Burada önceden de bahsedildiği gibi, 1 günlük ve 7 günlük ortalama minimum akımların debi frekans grafiği oluşturulmuştur. Burada sayfa sınırı nedeniyle sadece 2 istasyonun debi frekans grafiği çizilmiştir. Ancak diğer 4 istasyonda aynı yaklaşımlar dikkate alınarak onlara ait debi frekans grafikleri de elde edilmiştir. Ayrıca Şekil 3'te ve Şekil 4'te verilmiş olan grafikler yarı-logaritmik olarak çizilmiştir.



Şekil 3. D18A017 İstasyonu için 1 Günlük ve 7 Günlük Ortalama Debi – Frekans Grafikleri

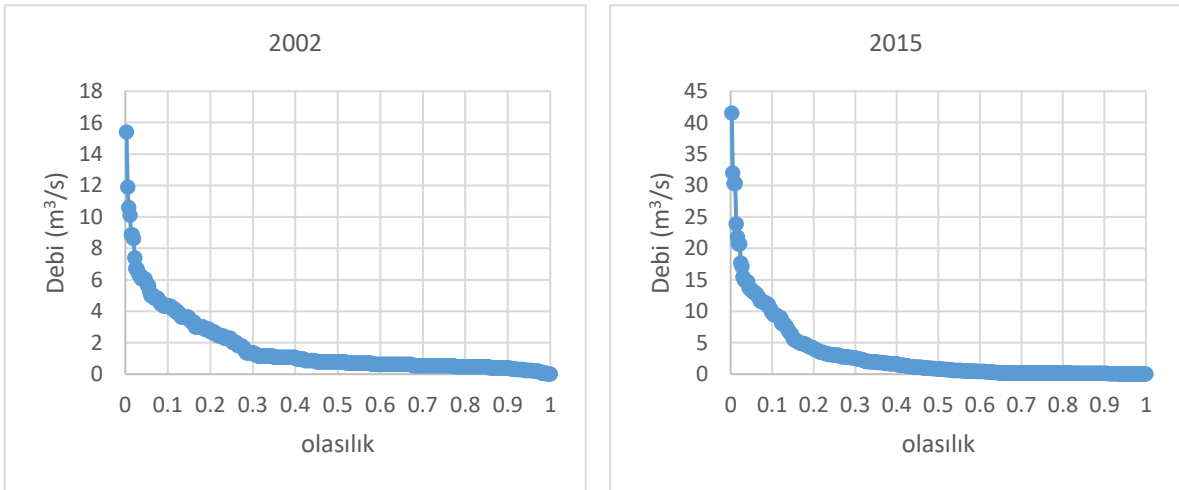


Şekil 4. D18A018 İstasyonu için 1 Günlük ve 7 Günlük Ortalama Debi – Frekans Grafikleri

Yukarıda verilen debi-frekans grafiklerinde dönüş aralıkları, Gringorten (1963) çalışmasındaki yaklaşımına göre  $a=0.44$  için aşağıdaki Denklem 6 ile dönüş aralıkları ( $T$ ) hesaplanmıştır. Bu denklemde  $m= 1,2, 3, \dots, 16$  olacak şekilde değişerek 16 yıllık veriye ( $N$ ) sahip her bir istasyon için ayrı ayrı ( $T$ ) dönüş aralıkları hesaplanmıştır.

$$T = \frac{N+1-2a}{m-a} \quad (6)$$

Sonrasında, hesaplanan 1 ve 7 günlük ortalama minimum akımlar (Tablo 2'deki gibi) ve "Akım Gözlem Yıllıkları"ndaki (D. S. İ. G. Müdürlüğü, 2019) veriler incelendiğinde en kurak yılın D18A017 İstasyonu için 2002 yılı, D18A018 İstasyon için ise 2015 yılı olduğuna varılmıştır. Buna göre her iki istasyon için bu iki yıla ait debi süreklilik çizgileri çizilmiştir ve aşağıda Şekil 5'te verilmiştir. Ayrıca her iki istasyon için %10 ve %5 önem düzeyindeki olasılıklara göre debi-süreklilik çizgilerindeki debi değerleri aşağıdaki tablodaki gibi bulunmuştur. Burada D18A017 İstasyonu için %10 önem düzeyinde aşılma olasılığı ( $q_{90}$ ), %5 önem düzeyinde aşılma olasılığı ( $q_{95}$ ) sırasıyla  $0.34 \text{ m}^3/\text{s}$  ve  $0.24 \text{ m}^3/\text{s}$ , D18A018 İstasyonu için ise  $0.101 \text{ m}^3/\text{s}$  ve  $0.002 \text{ m}^3/\text{s}$  olarak bulunmuştur. Burada verilen tüm işlem diğer 4 istasyon için de aynı şekilde yapılmıştır ve sayfa sınırı nedeniyle sadece bu iki istasyona yer verilmiştir.



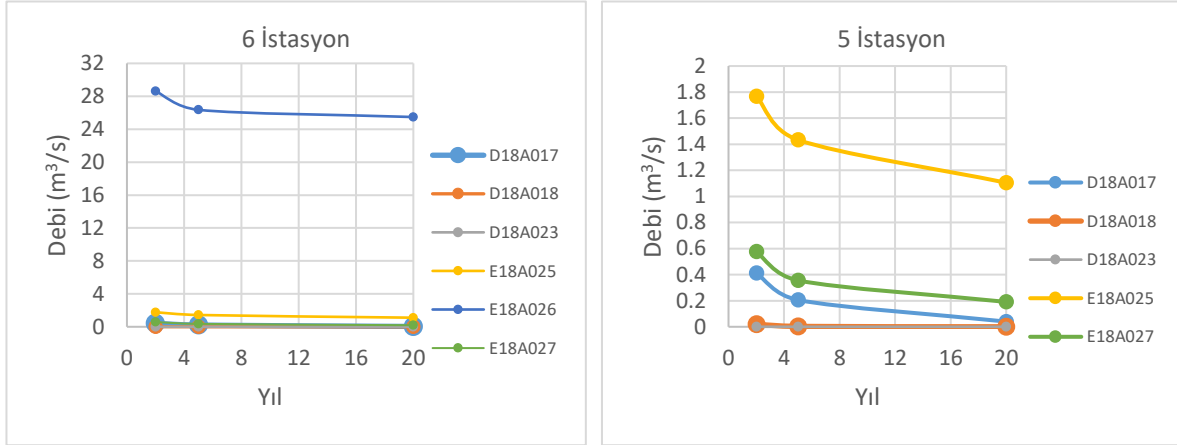
Şekil 5. Sırasıyla D18A017 İstasyonu için En Kurak Yıla ait (2002 yılı) ve D18A018 İstasyonu (2015 yılı) için En Kurak Yıla ait Debi Süreklilik Çizgileri

Sonrasında, tüm istasyonların 1 günlük ve 7 günlük ortalama minimum akım verilerinin istatistikler parametreleri (ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı, L momentleri ve diğer) hesaplanmıştır.

Hesaplanan bu istatistiksel parametrelere (bazıları Tablo 3’de örnek olarak verildiği gibi) bağlı olarak her bir istasyona ait bu söz konusu akımların (1 günlük ve 7 günlük minimum) olasılık dağılımlarına uygunluğu test edilmiştir. Bu testler sırasıyla, Ki-Kare (Chi-Square), Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling testleridir ve bu testler her bir istasyon için ayrı ayrı uygulanmıştır. Tüm istasyonlara ait test sonuçları incelendiğinde, ilgili akım verilerinin ortak olarak üç dağılımla yüksek uygunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu üç dağılım sırasıyla Weibull Dağılımı, Üstel Dağılım ve Lognormal Dağılım’dır. Dolayısıyla bu üç dağılıma bağlı olarak her bir istasyonda Tablo 5’te verildiği gibi (2, 5 ve 20 yıllık) debi tahminleri yapılmıştır. Ayrıca Şekil 6’da verildiği gibi, yıllara ait Weibull Dağılımı’na göre tahmin debilerine ait grafikler çizilmiştir.

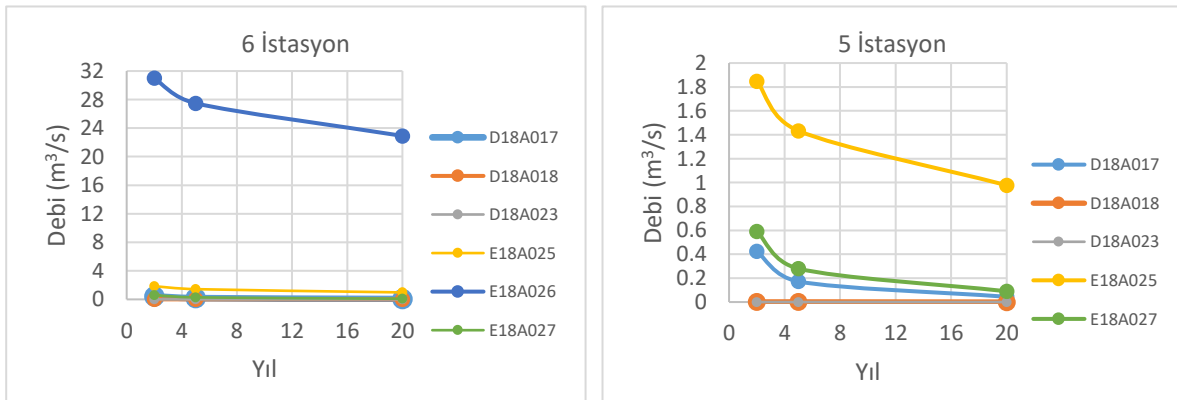
**Tablo 5.** Her Bir İstasyon için Debi Tahminleri Sonuçları (m<sup>3</sup>/s) (Önöz ve Bayazıt, 2008)

Dağılımlar	Weibull D.			Üstel D.			Lognormal D.		
	2 yıl	5 yıl	20 yıl	2 yıl	5 yıl	20 yıl	2 yıl	5 yıl	20 yıl
D18A017	0.41	0.21	0.04	0.43	0.17	0.04	0.37	0.24	0.15
D18A018	0.02	0.003	0	0.001	0.002	0	0.05	0.02	0.01
D18A023	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E18A025	1.77	1.43	1.11	1.85	1.43	0.98	1.64	1.42	1.29
E18A026	28.63	26.36	25.48	30.99	27.48	22.91	29.80	29.43	29.09
E18A027	0.58	0.36	0.19	0.59	0.28	0.09	0.46	0.28	0.18

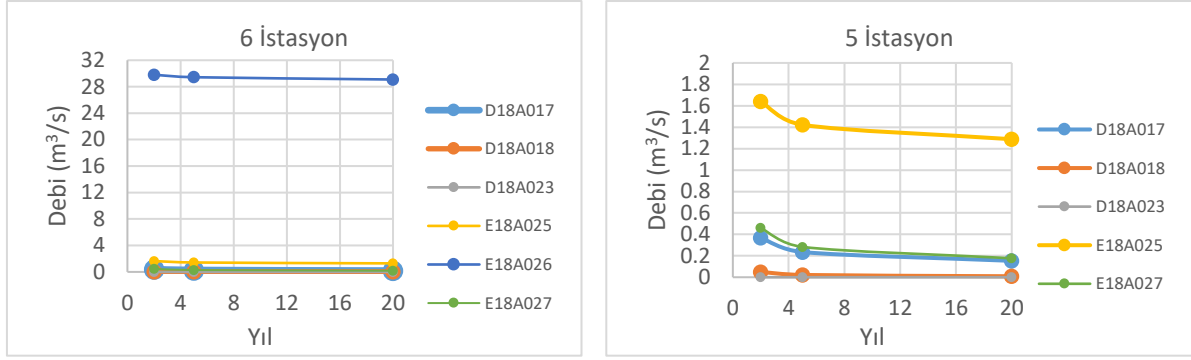


**Şekil 6.** 6 İstasyon ve 5 İstasyon için Weibull Dağılımına Göre Debi Tahminleri

Yukarıda Şekil 6’da görüldüğü gibi tüm istasyonlara ve 5 istasyona (E18A026 – Zamanti N. (Ergenuşağı) istasyonu hariç) ait Weibull Dağılımı’na göre hesaplanan debi tahminleri verilmiştir. Burada E18A026 istasyonu diğer tahminlere göre daha yüksek debi değerlerine sahip olduğundan o istasyon hariç tutularak da çizim yapılmaya ihtiyaç duyulmuştur. Aynı şekilde, aşağıdaki diğer grafiklerde (Şekil 7 ve Şekil 8’deki grafikler) de bu istasyon aynı nedenden ötürü hariç tutulmuştur.



**Şekil 7.** 6 İstasyon ve 5 İstasyon için Üstel Dağılıma Göre Debi Tahminleri



Şekil 8. 6 İstasyon ve 5 İstasyon için Lognormal Dağılıma Göre Debi Tahminleri

Yukarıda Şekil 6, 7 ve 8 incelendiğinde her üç dağılıma göre de yapılan debi tahminlerinde E18A026 istasyonu haricinde diğer 5 istasyonda çok düşük debiler hesaplanmıştır. Dolayısıyla, Tablo 5'teki 2, 5 ve 20 yıl dönüş aralıklı debi tahminlerinden de görüleceği üzere bu 5 istasyon etrafındaki yerlerin ciddi bir kuraklık tehlikesi altında olduğu söylenebilir. Özellikle D18A023 istasyonunda yapılan analizler sonucunda tüm akım tahminleri  $10^{-4}$  –  $10^{-5}$  mertebesinde gelmiştir ve bu değerler çok küçük olduğundan tahminler (Tablo 5'te) 0 olarak yazılmıştır. Bu da söz konusu istasyonun kuruma ihtimalinin olduğunu göstermektedir. Bu 5 istasyona rağmen, E18A026 istasyonu için yapılan tahminlere göre ise bu istasyon etrafında alanlarda herhangi bir kuraklık tehlikesi olmayacağı söylenebilir.

#### D18A018 ve D18A023 İstasyonları için Sıfır Debili Düşük Akımlar

Bir önceki bölümde de bahsedildiği gibi, bu çalışmada D18A018 İnderesi (Hasan Çavuşlar) ve D18A023 Yağdeğleme Ç. (Yeniköy) istasyonlarında, DSİ'nin *Akım Yıllıkları* incelendiğinde bazı yıllarda sıklıkla sıfır akıma rastlanılmıştır. D18A018 istasyonunda 16 yıllık verilere göre Tablo 6'da verildiği gibi, hesaplanan minimum ortalama akımlarda (1 günlük ve 7 günlük) 16 yılın 7 yılında sıfır akım hesaplanmıştır.

Tablo 6. D18A018 İstasyonuna Ait 7 günlük Ortalama Minimum Akımlar

Yıllar	7 günlük minimum akımlar (m³/s)
2015	0
2014	0
2013	0.07
2012	0.09
2011	0.16
2010	0.09
2008	0.02
2007	0.01
2006	0
2005	0
2004	0
2003	0.03
2002	0
2001	0
2000	0.02
1999	0.18



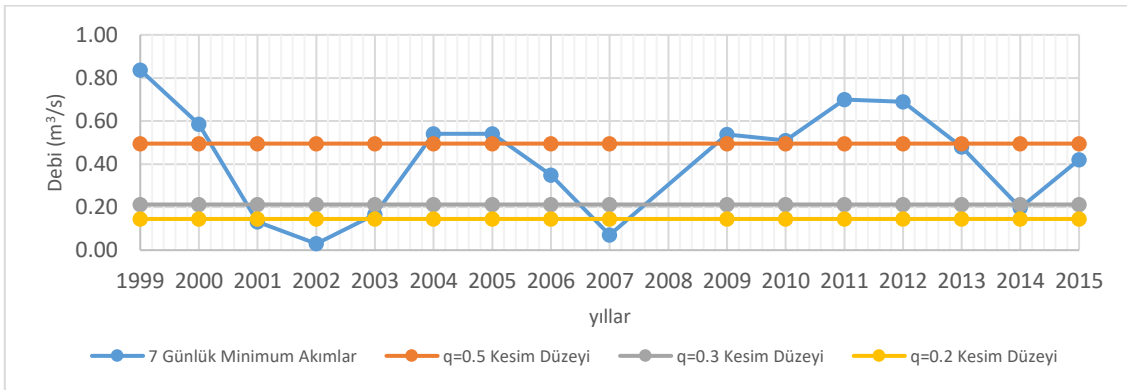
Bu nedenle, bir önceki bölümde verilen Denklem 4 ve 5 kullanılarak,  $F^*(x)$  olasılığı hesaplanmıştır ve buna göre bu istasyon için 2 yıllık dönüş aralığında bu değer 0.111 gelmiştir. Ancak bu  $F^*(x)$  olasılığı 5, 20 ve daha uzun yıl dönüş aralıklarında negatif gelmektedir. Ama bu değer pozitif olması gerekmektedir. Dolayısıyla tahmin sonuçlarında bu istasyon için sadece 2 yıl için yapılan tahmin esas alınmıştır. Benzer şekilde, D18A023 istasyonunda 11 minimum ortalama akımdan 2'si sıfır akım gelmiştir.  $F^*(x)$  olasılığı ise 2 yıl için 0.389, 5 yıl için ise 0.022 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu istasyon için de sadece 2 ve 5 yıl dönüş aralığına ait tahmin sonuçları esas alınmıştır. Ayrıca, her iki istasyon için bu analiz sonuçları aşağıda Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7.** Sıfır Akım Analiz Sonuçları

İstasyon No	N (Veri Sayısı)	Sıfır sayısı	k	T(yıl)	$F(x)$	$F^*(x)$
D18A018	16	7	0.563	2	0.5	0.111
D18A023	11	2	0.818	2 ve 5	0.5 ve 0.2	0.389 ve 0.022

### Kurak Dönem için Runs (Gidişler) Analizi Sonuçları

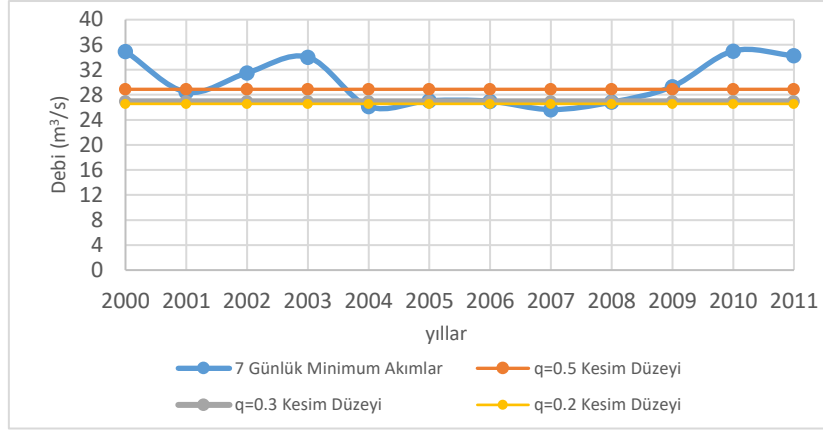
Önceki bölümde bahsedildiği gibi, tüm istasyonlarda kurak dönemlerin belirlenmesi için aşılma olasılığına ( $q$ ) karşı gelen kesim düzeylerinde Runs (Gidişler) Analizi yapılmıştır ve Tablo 8'de verildiği gibi bu analiz sonucunda ilgili run uzunluklarına göre dönüş aralıkları hesaplanmıştır. Burada sayfa sınırı nedeniyle, sadece D18A017 ve E18A026 istasyonları için Şekil 9 da ve Şekil 10'da verildiği gibi farklı kesim düzeylerinde run analizi sonuçları verilmiş olup aynı şekilde diğer 4 istasyon için de Şekil 9'a benzer grafikler oluşturulmuştur. Buradan da görüleceği üzere Şekil 9'da ilgili istasyonda her 3 kesim düzeyi için de çok sık negatif run ortaya çıkması ve bu negatif run toplamının ( $D$ ) run uzunluğuna ( $L$ ) oranının, Şekil 10'daki istasyona kıyasla daha fazla olması nedeniyle D18A017 istasyonu etrafında kuraklık riskinin yüksek olduğu söylenebilir. Ancak Şekil 10'da verilen sonuçlarda ise tersine run şiddetleri ( $D/L$ ) daha düşük olduğu için diğer istasyonlara nazaran kuraklık riski daha düşüktür.



**Şekil 9.** D18A017 İstasyonu için  $q = 0.5$ ,  $q = 0.3$  ve  $q = 0.2$  Kesim Düzeylerinde Run Analizi

**Tablo 8.** Run Analizine Göre Hesaplanan Dönüş Aralıkları ( $T$ )

İstasyon No	$L_{max}$			$T$ (yıl)		
	(q) Kesim Düzeyleri					
	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2
D18A017	4	2	2	18.29	10.43	18.40
D18A018	4	0	0	16.82	0	0
D18A023	3	1	1	14	3.33	5
E18A025	6	4	4	18.02	19.26	31.93
E18A026	5	1	1	13.79	3.33	5
E18A027	5	3	2	37.95	30.87	20.94



Şekil 10. E18A026 istasyonu için  $q = 0.5$ ,  $q = 0.3$  ve  $q = 0.2$  Kesim Düzeylerinde Run Analizi

## SONUÇ

Yukarıda anlatılan tüm analiz sonuçlarına ait elde edilen bulgulardan yola çıkılarak özetle, yapılan çalışmalar doğrultusunda E18A026 istasyonu hariç diğer tüm istasyonlar için 2, 5 ve 20 yıllık dönüş aralıklarında çok düşük akımlar tahmin edilmesi ile birlikte; diğer 5 istasyon için "Akım Yıllıkları"ndan alınan gözlem verilerine ait süreler (Tablo 1'de verilen yıllar) Tablo 8'de verilen run analizinden elde edilen dönüş aralıklarına çok yakın gelmiştir. Ayrıca, Şekil 9'da görüldüğü gibi bu 5 istasyon için çok sık negatif run gözlenmesi ve bu runların uzunluklarının ( $L$ ), toplamalarının ( $D$ ) ve şiddetlerinin ( $D/L$ ) fazla olması nedeniyle bu 5 istasyonda ciddi bir kuraklık tehlikesi ile karşılaşılacağı sonucuna ulaşılmıştır.

## TEŞEKKÜR

Çalışma kapsamında Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü'ne sağladığı Akım Gözlem Yıllıkları için teşekkür ederiz.

## REFERANSLAR

- Bayazıt, M., & Önöz, B. (2008). Taşkın ve kuraklık hidrolojisi. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Bulu, A., Cigizoglu, H. K., & Cokgor, S. (1995). Statistical analysis of low flows on Thrace Region. In Friend-AMY Annual International Seminar, Greece.
- Da Cunha, L.V., Vlachos, E., & Yevjevich, V. (1983). *Drought, Environment and Society, Coping with Droughts* (Ed. V. Yevjevich, L. Da Cunha, E. Vlachos), Water Res. Pub.
- Gringorten, I. I. (1963). A plotting rule for extreme probability paper. *Journal of Geophysical Research*, 68(3), 813-814.
- Jennings, M. E., & Benson, M. A. (1969). Frequency curves for annual flood series with some zero events or incomplete data. *Water Resources Research*, 5(1), 276-280.
- Kilmartin, R. F., & Peterson, J. R. (1972). Rainfall-runoff regression with logarithmic transforms and zeros in the data. *Water resources research*, 8(4), 1096-1099.
- McMahon, T. A., & Diaz Arenas, A. (1982). Methods of computation of low streamflow.
- Müdürlüğü, D. S. İ. G. (2019). DSİ Akım gözlem yıllıkları.
- Özüpekçe, S. (2020) Türkiye'de Artan Kuraklık ve Olası Sonuçları: Susuzluk, Kıtılık ve Ekonomik Problemler, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 71(13), 278-285
- Storch, V.H. (1995) Misuses of Statistical Analysis in Climate Research. In: Storch, H.V. and Navarra, A., Eds., *Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques*, Springer, Berlin, 11-26. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-03167-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-03167-4_2)
- Türkeş, M., Akgündüz, S. & Demirörs, Z. (2009). Palmer Kuraklık İndisi'ne göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(2), 129-144.
- Yevjevich, V. M. (1967). An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts (Vol. 23, p. 25). Fort Collins, CO, USA: Colorado State University.