

## SAMSUN, SİNOP, ORDU ve TOKAT İLLERİ GÜNLÜK ENYÜKSEK YAĞIŞLARI İÇİN EN UYGUN DAĞILIMLARIN BELİRLENMESİ

Tekin ÖZTEKİN

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Tokat  
e-mail: toztek@top.edu.tr

Geliş Tarihi: 16.09.2010

Kabul Tarihi: 15.06.2011

**ÖZET:** Emniyetli su yapılarının inşa edilmesi için proje taşkınlarının, dolayısıyla yağış değerlerinin doğru bir şekilde tahminlerinin yapılması gerekmektedir. Bu da noktasal yağış dizilerine en uygun olasılık dağılım fonksiyonu ile gerçekleştirilebilir. Bu çalışmanın amacı, son 80 yılda Devlet Su İşleri (DSİ) VII. Bölge il merkezlerindeki (Samsun, Sinop, Ordu ve Tokat) meteoroloji istasyonlarında ölçülen günlük en yüksek yağış verilerinin 32 adet sürekli olasılık dağılımlarından hangilerine daha uygun olduklarının belirlenmesidir. Bu amaçla FRANMOD modeli kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, ortalama sapma, yeterlilik katsayısı, Kolmogorov-Smirnov, 1-1 doğrusundan olan ortalama sapma ve Anderson-Darling istatistiklerinin, istasyondan istasyona farklı dağılımları ön plana çıkarttığı bulunmuştur. İstatistiklerin çoğunda öne çıkan dağılım dikkate alındığında ise, Samsun ve Sinop illeri günlük en yüksek yağışlarının Wakeby, Ordu ili verilerinin beta-P, Tokat ili verilerinin ise Wakeby ve beta-P dağılımlarıyla daha iyi temsil edilebileceği bulunmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** FRANMOD, Günlük Maksimum Yağış, En Uygun Dağılım, Wakeby dağılımı

### DETERMINATION OF THE BEST FIT DISTRIBUTIONS FOR DAILY MAXIMUM PRECIPITATIONS MEASURED AT THE CITY CENTERS OF SAMSUN, SİNOP, ORDU AND TOKAT

**ABSTRACT:** To built safe water structures, forecasts of the values of project floods, thereby the values of precipitation are needed to be estimated properly. This can be made with the function of best fit distribution to the series of spot precipitation. The aim of this study is to determine the best fit distributions among 32 continuous probable distributions for the daily maximum precipitation values measured at the meteorological stations of DSI Region VII located in the city center of Samsun, Sinop, Ordu and Tokat during the last 80 years. For this purpose, the FRANMOD model was also employed. In the result; the statistics of average deviation, coefficient of efficiency, Kolmogorov-Smirnov, average deviation from 1-1 line and Anderson-Darling gave different distributions prominence from station to station. When the distribution which became prominent mostly in the statistical analyses were considered, it was found that the daily maximum precipitations of Samsun and Sinop could be represented much better by the Wakeby distribution, the data of Ordu province by beta-P, and the data of Tokat province by both Wakeby and beta-P.

**Key Words:** FRANMOD, Daily Maximum Precipitation, Best Fit Distribution, Wakeby distribution

#### 1. GİRİŞ

Sel ve taşkınlar, yurdumuzda en yaygın görülen doğal afetlerin başında gelmekte olup, meydana geldiği alanlarda, meteorolojik koşullara, arazi kullanımına ve alınan ön tedbirlere bağlı olarak can ve mal kaybına neden olmaktadır. Bu tip taşkınlardan korunma, sulama, drenaj ve altyapıyla ilgili çalışmalarda en yüksek yağışların doğru olarak değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Dolayısıyla günümüz ekonomik koşulları, gereğinden büyük ve gereğinden emniyetli su yapılarının yapılmasına elvermediğinden, proje sahasında muhtemel taşkınlarının doğru tahmini büyük öneme sahiptir. Su yapılarının boyutlandırılmasında kullanılan proje taşkın değerlerinin teorik yöntemlerle tahmininde, yılda günlük maksimum yağış değerleri kullanılmaktadır. Buda yağış değerlerinin en doğru şekilde tahmin edilmesi gereği anlamını taşımaktadır.

Meteorolojik istasyonlarda gözlenen yıl içindeki en büyük günlük yağış, en büyük günlük taşkın gibi uç hidrolojik olaylar, rasgele karakterleri nedeniyle sadece uygun olasılık dağılımı belirlenerek modellenebilirler. Ayrıca yağışların çeşitli büyüklükleri ile bunların frekansları arasındaki ilişkiyi

veren noktasal yağış frekans değerleri diziye en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonu ile gerçekleştirilebilir. Dolayısıyla kısa verilere dayanan olasılık (frekans) dağılım modellerinden, büyük tekerrür aralıkları için olay değeri tahminleri de, veriye uygun dağılım fonksiyonunun seçimi ile yakından ilgilidir.

Kömüscü ve Ceylan (2007), maksimum ortalama şiddetli yağış verilerinin Türkiye’de taşkın risk alanlarının belirlenmesine yönelik çalışmalarında, günlük maksimum yağışların bu çalışmada dikkate alınan birkaç ili de kapsayan bir kuşakta yeni etki alanlarının ortaya çıktığını vurgulamışlardır. Anonim (1990)’da en az 10 yıl güvenilir yağış gözlemi olan 202 Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) yağış istasyonu ve 1575 DMİ/DSİ yağış istasyonunda yıllık olarak ölçülmüş günlük maksimum yağışların frekans analizi yapılmıştır. Bu maksimum yağışların noktasal frekans analizinde, dizilere en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonu Kolmogorov-Smirnov uygunluk testi ile belirlenmiştir. Bu çalışmada DSİ Etüt ve Plan Dairesi Taşkınlar Hidrolojisi servisinde geliştirilip DSİ VII. Bölge Müdürlüğü (Samsun) hidrolojistlerince revize edilen bir bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu programın kapsamında yer alan normal, log-normal II,

log-normal III, gama II, log-Pearson III ve Gumbel olasılık dağılım fonksiyonları serilere uygulanarak, Türkiye maksimum yağışlarının en çok log-Pearson III ile log-normal (II ve III) dağılım fonksiyonlarına uygunluğu ifade edilmiştir. Ayrıca, Yunanistan günlük maksimum yağışları Gumbel (uç değer I) (Loukas et al., 2001), Güney Kore günlük maksimum yağışları Wakeby (Park et al., 2001), Slovakya günlük maksimum yağışları üç parametrelili genelleştirilmiş uç değer dağılımları kullanılarak analiz edilmiştir.

Araştırılan ve yukarıda verilen literatür çalışmasından günlük maksimum yağışların (yılda günlük en büyük yağış) frekans analizinde farklı dağılımlar kullanılmaktadır. Kullanılacak uygun dağılımın seçiminde de farklı değerlendirme ilkeleri göz önüne alınabilmektedir. Türkiye günlük maksimum yağışlarının frekans analizinde kullanılacak uygun dağılımın belirlenmesi konusunda da fazla sayıda çalışmanın yapıldığını söylemek zordur. Yapılan çalışmaların da güncel verileri içermemesi, az sayıda dağılımı dikkate alması, serilere uyan en iyi dağılımın belirlenmesinde sadece Kolmogorov-Smirnov istatistiğine yer vermesi, çalışmaların diğer eksik yönleri olarak sıralanabilir. Ele alınan bu çalışmanın amacı, Türkiye DSİ VII. Bölge il merkezleri (Samsun, Sinop, Ordu ve Tokat) meteoroloji istasyonlarında ölçülen son 80 yıla ait günlük maksimum yağış dizilerinin, standart normal dağılıma uygunluklarının test edilmesi (normalite testi) ve 32 adet sürekli olasılık dağılımdan hangilerine daha iyi uyduklarının belirlenmesidir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada DMİ Genel Müdürlüğü tarafından işletilen DSİ VII. Bölge il merkezlerinde yer alan meteoroloji istasyonlarında son 80 yılda (1929-2009 yıllarında) ölçülen günlük maksimum yağış değerleri kullanılmıştır. Yağış değerleri, Anonim (1990) adlı kaynaktan ve DMİ Genel Müdürlüğünden derlenmiş ve temin edilmiştir.

Veri serilerinin standart normal dağılıma uygunlukları (normalite testi) veya serinin normal dağılımlı bir popülasyondan gelip gelmediği, % 5 önemlilik seviyesinde ( $P = 0.05$ ), bir istatistik programının Kolmogorov-Smirnov normalite testi uygulanarak belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan FRANMOD modeli, 36 adet sürekli dağılımlı bir frekans analizi için gerekli temel unsurları içeren algoritmaların Fortran dilinde yazılmış bir bilgisayar programıdır. Model, kullanıcıya farklı biçimlerde veri girme ve girilen verilerin farklı biçimlerde sınıflandırılma seçeneklerini sunmaktadır. Modelde, girdi verilerine Wald ve Wolfowitz'in bağımsızlık testi; Kolmogorov-Smirnov, Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, ve Terry'nin homojenlik testleri; Grubbs ve Beck'in dizi dışı (outliers) testi uygulanabilmektedir. Dağılımlarla tahmin edilen ve gözlenen veriler arasındaki uyumluluk, Khi-kare, psi, Kolmogorov-Smirnov,

Cramer-von Mises, Anderson-Darling uygunluk testlerinin yanı sıra; ortalama sapma, ortalama artık hata, ortalama kısmi yüzde hata, yeterlilik katsayısı gibi istatistiklerle de ölçülebilir. Ayrıca girdi verisinin aritmetik ortalaması, geometrik ortalaması, harmonik ortalaması, varyansı, standart sapması, basıklık, çarpıklık ve değişkenlik katsayıları ile sıfır ve ortalama etrafındaki momentleri de hesaplanır. FRANMOD modelinde varolan momentler (MM), en iyi benzerlik (ML), olasılık ağırlıklı momentler (PWM), L-momentler (LM), dolaylı momentler (IMM), direk momentler (DMM), karma momentler (MMM), Sundry ortalama momentler (SAM), en küçük kareler (LS), sayısal en küçük kareler (NLS), ve en iyi entropi (POME) parametre tahmin yöntemleri, 32 adet dağılıma: 2P (Parametre) standart normal (MM, ML, PWM-LM), 2P log-normal (MM, ML, PWM-LM), 3P log-normal (MM, ML, PWM, LM), 2P gama (MM, ML, PWM-LM), 3P Pearson tip 3 (MM, ML, PWM, LM), 3P log-Pearson tip 3 (IMM, DMM, MMM, SAM, ML, PWM, LM), 3P ABD Su Kaynaklar İdaresi, 2P Pearson tip V (MM, ML, PWM, LM), 3P genelleştirilmiş gama (DMM, MMM, SAM, ML), 1P üssel (MM, ML), 2P üssel (MM, ML, PWM-LM), 2P Gumbel (en büyük) (MM, ML, PWM-LM), 2P Frechet (en büyük) (MM, ML), 3P Frechet (en büyük) (ML), 3P Weibull (en büyük) (ML), 3P genelleştirilmiş uç değer (MM, ML, PWM-LM), 4P iki-unsurlu uç değer (ML, PWM), 2P log-Gumbel (MM, ML, PWM), 3P log-Gumbel (MM, ML, PWM), 2P lojistik (MM, ML, PWM-LM), 3P genelleştirilmiş lojistik (MM, ML, PWM-LM), 2P log-lojistik (MM, ML, PWM), 2P standart beta (MM, ML), 4P genelleştirilmiş beta (MM, ML), 2P Pareto (MM, ML, PWM), 2P genelleştirilmiş Pareto (MM, ML, PWM), 3P genelleştirilmiş Pareto (MM, ML, PWM, LM, LS, POME), 5P Wakeby (LM, NLS), 3P beta-kappa (ML), 3P beta-P (ML), 2P kappa (MM, ML), ve 4P kappa (LM) dağılımlarına uygulanmıştır. Dağılımların parametrelerini tahmin etmek için kullanılan prensipler ve algoritmalar Öztekin (2006)'da detaylı olarak verilmiştir.

Çalışmada yer verilen 32 adet sürekli dağılım ve bu dağılımların parametre tahmin yöntemleriyle oluşturdukları kombinasyonlardan hangilerinin, gözlenmiş günlük maksimum yağış serilerini en iyi temsil ettiğini belirlemek için altı adet sonuç değerlendirme istatistiği kullanılmıştır. Bunlardan birincisi Anderson-Darling istatistiği olup, bu istatistik değerleri küçükten büyüğe sıralanmış veri serisinin ölçülen yağış değerlerine ( $x_i$ ) karşılık kombinasyonlar tarafından tahmin edilen aşılıma olasılıkları ( $F(x_i)$ ) kullanılarak belirlenmiştir:

$$A_n^2 = - \sum_{i=1}^n \frac{2i-1}{n} \{ \ln[F(x_i)] + \ln[1 - F(x_{(n+1-i)})] \} - n \quad (1)$$

burada  $A_n^2$  Anderson-Darling test istatistiği,  $n$  serideki gözlem sayısı ve  $F(x_i)$   $i$ . gözlem için dağılım-parametre tahmin yöntemi kombinasyonu tarafından tahmin edilen aşılıma olasılığıdır. Bu testin küçük

değerleri, gözlenen ve tahmin edilen aşılmama olasılık değerleri arasındaki uygunluğun derecesini gösterir. Bu istatistik histogramın her iki tarafına da eşit ağırlıkta önem verir. Bu istatistiğe ek olarak, genellikle projelendirme mühendislerinin ilgi konuları olduğu örneğin 50 yıldan daha fazla tekerrürlü yağışlar için, küçükten büyüğe doğru dizilmiş gözlem serisinin üst kuyruk kısmına daha fazla önem veren  $A_n^2$  istatistiğinin bir uyarlaması olan değiştirilmiş Anderson-Darling test istatistiği de (Eşitlik 2) ikinci dağılım-parametre tahmin yöntemi değerlendirme istatistiği olarak kullanılmıştır:

$$AU_n^2 = \frac{n}{2} - 2 \sum_{i=1}^n F(x_i) - \sum_{i=1}^n \left(2 - \frac{2i-1}{n}\right) \ln[1 - F(x_i)] \quad (2)$$

Büyükten küçüğe sıralanmış gözlem dizisine ait  $i/n$  olasılıkları ile bu olasılıklara karşılık dağılım-parametre tahmin yöntemi kombinasyonu tarafından tahmin edilen aşılmama olasılıkları ( $F(x_i)$ ) aralarındaki maksimum sapmayı dikkate alan Kolmogorov-Smirnov test istatistiği (Eşitlik 3), bu çalışmada üçüncü dağılım-parametre tahmin yöntemi değerlendirme istatistiği olarak kullanılmıştır. Bu istatistiğe göre bulunan maksimum farkın en küçüğünü üreten dağılım-parametre tahmin yöntemi kombinasyonu, veri setini en iyi temsil eden dağılım-parametre tahmin yöntemi kombinasyonu olarak nitelendirilir:

$$K - S = \max \left[ \left| \frac{i}{n} - F(x) \right| \right] \quad (3)$$

Günlük maksimum yağış serilerini en iyi temsil etmede dikkate alınan dağılım-parametre tahmin yöntemlerini değerlendirmede kullanılan dördüncü değerlendirme istatistiği olarak, yine küçükten büyüğe doğru dizilmiş veri setinin ( $x_i$ ) üst çeyreği için gözlenen verilere karşılık aşılmama olasılıkları ( $i/n$ ) ile bu veriler için dağılım-parametre tahmin yöntemi kombinasyonu tarafından tahmin edilen aşılmama olasılıklarının ( $F(x_i)$ ) karşılıklı olarak bir grafikte işaretlenmesi sonucu oluşan noktaların 1-1 doğrusundan olan ortalama sapma miktarı, Eşitlik 4 ile hesaplanmıştır:

$$OS_{i-1} = \left( \sum_{i=n-n/4}^n \left| \frac{i}{n} - F(x_i) \right| \right) / (n - n/4) \quad (4)$$

Yukarıda sıralanan istatistiklere ek olarak, dağılım-parametre tahmin yöntemi kombinasyonlarının performanslarını belirlemek amacıyla, ortalama sapma ( $AD$ ) (Eşitlik 5) ve yeterlilik katsayısı ( $CE$ ) (Eşitlik 6) gibi istatistiklere de yer verilmiştir:

$$AD = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - o_i|}{n} \quad (5)$$

$$CE = \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2 - \sum_{i=1}^n (x_i - o_i)^2}{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2} \quad (6)$$

burada,  $x_i$  küçükten büyüğe dizilmiş  $n$  sayıdan oluşan serideki  $i$ 'inci elemanın birikimli aşılmama olasılığı Landwehr çizim pozisyon (plotting position) formülü,  $(i-0.35)/n$ , ile belirlenen olasılığına karşılık kombinasyon tarafından tahmin edilen günlük maksimum yağışı (mm);  $\bar{o}_i$  gözlenen günlük maksimum yağışı (mm);  $\bar{o}$  ise gözlenen günlük maksimum yağış ortalamasını gösterir. İstatistiklere ilişkin formüllerin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi  $K-S$ ,  $OS_{i-1}$  ve Anderson-Darling istatistikleri, dağılım-parametre tahmin yöntemleri kullanılarak aşılmama olasılıkları tahmin edildiğinde kullanılmaktadır. Diğer istatistikler ise serinin önceden belirlenmiş  $i$ 'inci elemanın birikimli aşılmama olasılığına karşılık, dağılım-parametre tahmin yöntemi kombinasyonu tarafından bu olasılığa karşılık günlük maksimum yağışlar tahmin edildiğinde kullanılmaktadırlar. İstatistiklerden  $A_n^2$  her iki uca eşit ağırlık vermesine rağmen, veri setinin daha çok orta bölümüne hassastır.  $AD$  istatistiği ise daha çok veri setindeki büyük değerlere hassastır.  $AD$  istatistiği için küçük değerler,  $CE$  için ise bire yakın değerler daha iyi temsili gösterir. Bu istatistiklerden  $AD$ , gözlenen ve tahmin edilen değerler arasındaki farkın nicel bir göstergesi iken,  $CE$  hatayı gözlenen verilerdeki doğal değişkenliğe oran olarak değerlendirir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada dikkate alınan istasyonlarda ölçülen günlük maksimum yağış serilerine ilişkin bazı karakteristik özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge'deki değerler göz önüne alındığında bu dört istasyon içerisinde en yüksek günlük maksimum yağış ortalaması Ordu, en düşük günlük maksimum yağış ortalaması ise Tokat iline aittir. Ordu'yu sırasıyla Samsun ve Sinop takip etmiştir. Samsun, Sinop ve Ordu için ortalama standart sapmalar birbirine çok yakınken, Tokat için bu istasyonlara ait değerlerin ancak üçte biri oranında küçük bir standart sapma değeri hesaplanmıştır. Serilere uygun dağılımın belirlenmesinde bir ön kriter olarak değerlendirilebilecek çarpıklık katsayısı dikkate alındığında, istasyonlara ait serilerin dördü de pozitif yönde çarpıktır. En fazla çarpıklık Samsun iline ait seri için hesaplanmış, Samsun'u sırasıyla Sinop, Ordu ve Tokat serileri takip etmiştir. Basıklık katsayısı dikkate alındığında ise tüm illerin günlük maksimum yağış serilerine ait histogramlar normal dağılımından daha diktir. Normal dağılımın histogramına en yakın histogram Tokat serisinin histogramıdır. Bu histogramlardan en dik olanı Samsun'a ait olan olup, Samsun'u sırasıyla Sinop ve Ordu illerine ait olan histogramlar takip etmiştir. Verilerin değişkenliğini ifade eden değişkenlik katsayısı göz önüne alındığında ise, en fazla değişkenlik Sinop iline ait günlük maksimum

**Çizelge 1.** 1929-2009 yıllarında DSİ VII. Bölge il merkezlerindeki meteoroloji istasyonlarında ölçülen günlük maksimum yağış serilerine ilişkin bazı istatistiksel sonuçlar

İl	n <sup>#</sup>	x <sub>min</sub> (mm)	x <sub>max</sub> (mm)	$\bar{X}$ (mm)	S (mm)	C <sub>s</sub>	C <sub>k</sub>	C <sub>v</sub>
Samsun	80	21.0	244.2	55.64	28.85	3.85	22.41	0.52
Sinop	78	19.0	203.2	50.86	27.71	2.69	11.42	0.55
Ordu	76	33.2	171.3	71.03	28.82	1.69	2.56	0.41
Tokat	77	15.5	62.5	30.37	9.25	1.23	1.95	0.31

#: n-veri adedi, x<sub>min</sub>-en küçük gözlem verisi, x<sub>max</sub>-en büyük gözlem verisi,  $\bar{X}$ -ortalama, S-standart sapma, C<sub>s</sub>-çarpıklık (skewness) katsayısı, C<sub>k</sub>-basıklık (kurtosis) katsayısı, C<sub>v</sub>-değişkenlik (variation) katsayısı

yağışlarında gözlemlenmiş ve Sinop'u sırasıyla Samsun, Ordu ve Tokat takip etmiştir.

Kolmogorov-Smirnov'un % 5'lik önem dereceli normalite testine göre, dört il merkezinde de 1929-2009 yıllarında ölçülen günlük maksimum yağışların meydana getirdiği serilerin normal dağılımlı popülasyonlardan gelmedikleri, dolayısıyla normal dağılıma uymadıkları bulunmuştur. Tokat il merkezinde ölçülen günlük maksimum sıcaklıklar için test sonucu üretilen standart normal dağılıma ait olasılık grafiği Şekil 1'de verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi, Tokat ili günlük maksimum yağış değerleri, grafikteki doğrudan gerek uçlar, gerekse orta kısımlarda büyük sapmalar göstermiştir. Çalışmada dikkate alınan diğer illere ait olasılık grafikleri dikkate alındığında, yine de normal dağılıma en yakın sonuç Şekil 1'de verilen Tokat ili için gerçekleşmiştir. Diğer illere ait günlük maksimum yağışlar, grafiklerindeki normal dağılım doğrularından Tokat grafiğine göre çok daha büyük sapmalar göstermişlerdir.

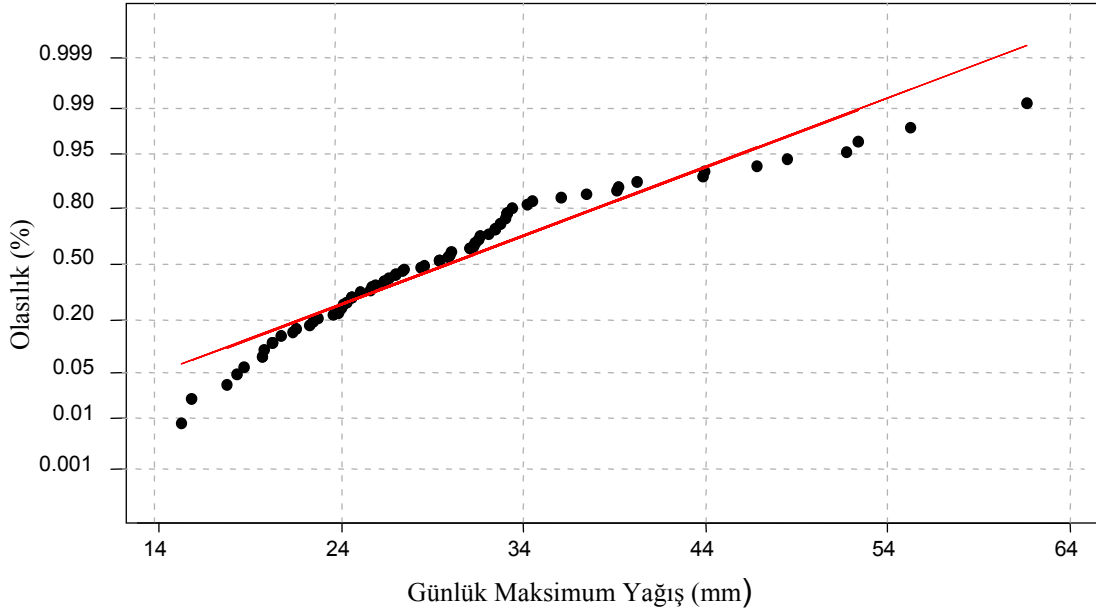
FRANMOD modeli kullanılarak, girdi verilerine Wald ve Wolfowitz'in bağımsızlık testi; Kolmogorov-Smirnov, Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, ve Terry'nin homojenlik testleri; ve Grubbs ve Beck'in dizi dışı (outliers) testi uygulanmıştır. Bu testler sonucu veri serilerinin bağımsız ve homojen oldukları bulunmuştur. Grubbs ve Beck'in % 10 önemlilik seviyesindeki dizi dışı testine göre ise, Samsun ve Sinop illerine ait verilerde birer adet dizi dışı elemana rastlanmıştır. Analizler bu dizi dışı elemanlar seri içinde muhafaza edilerek gerçekleşmiştir.

DSİ VII. Bölge il merkezlerinde (Samsun, Sinop, Ordu, Tokat) 1929 yılından 2009 yılına kadar her yıla ait günlük maksimum yağışların oluşturmuş olduğu serileri, bu çalışmada dikkate alınan 32 adet sürekli olasılık dağılımdan veriyi en iyi temsil eden ilk üç dağılım-parametre tahmin yöntemi kombinasyonları, yine bu çalışmada dikkate alınan ortalama sapma, yeterlilik katsayısı, Kolmogorov-Smirnov, 1-1 doğrusundan olan ortalama sapma ve Anderson-Darling gibi istatistiklerde en iyi ilk üç istatistik değerini alırlarına göre Çizelge 2'de sıralanmıştır.

Kısmi olarak ta olsa, Çizelge 2'de sunulan sonuçlar dikkate alınan ile ve istatistiğe göre değişme göstermiştir. Samsun ili için dikkate alınan dört istatistikte Wakeby dağılımı ilk sıraya çıkarken, bu dağılım diğer iki istatistikte de ilk üç sıraya

girebilmiştir. Bu il için öne çıkan diğer dağılımlar ise beta-P, beta-kappa ve log-Gumbel dağılımları olmuştur. Sinop ilinin maksimum günlük yağışlarını, dikkate alınan altı istatistikten beşinde en iyi temsil eden dağılım olarak ta Wakeby dağılımı bulunmuştur. Wakeby dağılımı sadece K-S istatistiği dikkate alındığında bu il verileri için ilk üç sıraya girememiştir. Bu il verileri için öne çıkan diğer dağılımlar ise log-Pearson tip 3, genelleştirilmiş lojistik, log-normal ve Pearson tip 3 dağılımları olmuştur. Bu çalışmada dikkate alınan istatistiklere göre Ordu ili maksimum günlük yağış verilerini en iyi temsil eden dağılım olarak ise beta-P dağılımı ön plana çıkmaktadır. Bu dağılım sadece AD istatistiğinde ilk üç sıralamaya girememiş diğer istatistiklerin üçünde ilk, ikisinde de ikinci sırada yer almıştır. Bu il verileri için öne çıkan diğer dağılımlar ise beta-kappa, Wakeby, genelleştirilmiş gama ve iki parametrelili log-Gumbel dağılımları olmuştur. Tokat ili günlük maksimum yağışlarını en iyi temsil eden dağılımlar olarak ise Wakeby, beta-P ve genelleştirilmiş lojistik dağılımları biraz öne çıkmaktadır. Bu il verileri için öne çıkan diğer dağılımlar ise iki parametrelili log-lojistik ve beta-kappa dağılımları olmuştur. Dört ile ait öne çıkan dağılımlara bakıldığında, Wakeby dağılımının hepsinde de yer aldığı dikkati çekmektedir. Bu sonuçta AD ve CE istatistiklerini etkileyen tahmini günlük maksimum yağışın, Landwehr çizim pozisyon formülü kullanılarak belirlenmesinin etkisi de olabilir. Çünkü yazar tarafından yapılan ve henüz yayınlanmayan bir çalışmada, Wakeby dağılımında diğer çizim pozisyon formülleri yerine Landwehr çizim pozisyon formülü kullanıldığında dağılımın performansının arttığı bulunmuştur.

Türkiye Maksimum Yağışları Frekans Atlası adlı kitapta (Anonim, 1990), K-S istatistiği kullanılarak Samsun, Sinop ve Ordu illeri maksimum günlük yağış serilerini en iyi temsil eden dağılım olarak Log-Pearson tip 3 dağılımı, Tokat yağışları için ise 2 parametrelili Gama dağılımı bulunmuştur. Yapılan bu çalışma ile bulunan serileri en iyi temsil eden ilk üç dağılım arasında (Çizelge 2), Log-Pearson 3 dağılımı Samsun ili verileri için K-S istatistiği dikkate alındığında sıralamaya ancak 3. sıradan, Sinop ili verileri için K-S istatistiği dikkate alındığında sıralamaya 1. sıradan,  $A_n^2$  ve  $AU_n^2$  istatistikleri



**Şekil 1.** Tokat il merkezinde ölçülen günlük maksimum yağışların normal dağılıma uymadıklarını gösteren normalite testi grafiği

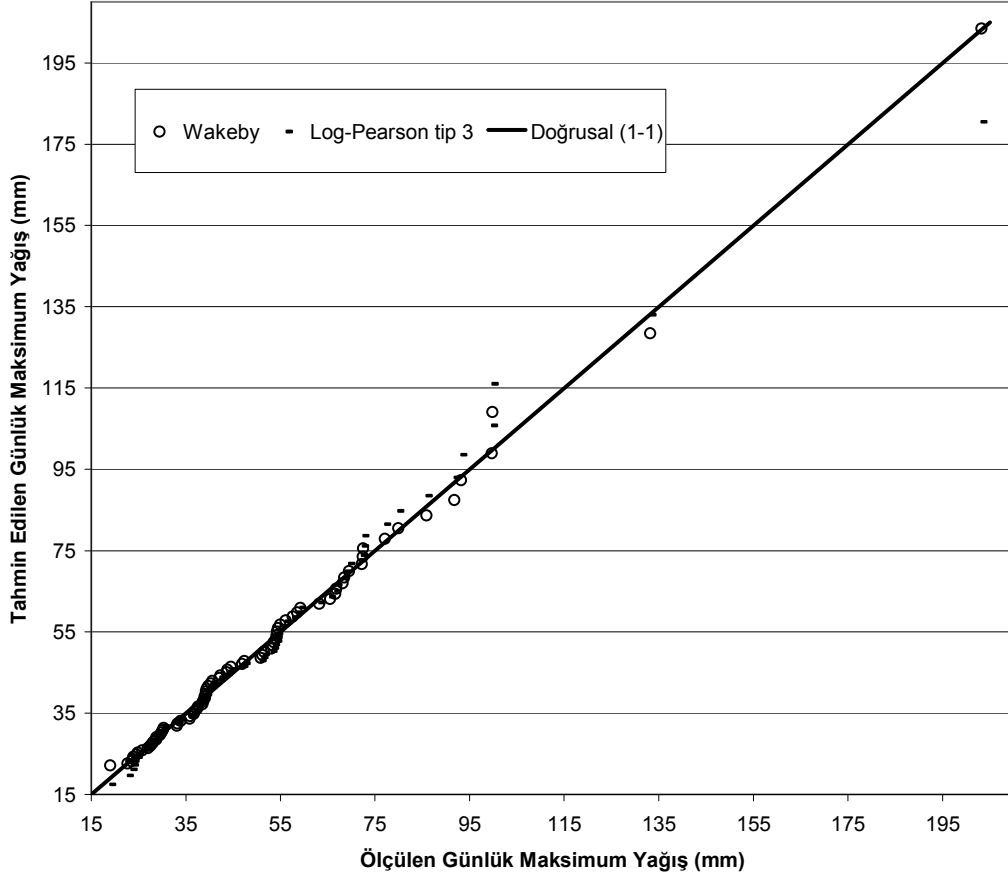
dikkate alındığında ise her iki istatistik için de 3. sıradan sıralamaya girebilmiştir. Ordu ili günlük maksimum yağışları için ise, Log-Pearson dağılımı ilk üç sıraya girememiştir. Tokat ili verileri için ise 2 parametrelili gama dağılımı sıralamaya hiç girememiştir. Netice olarak, bu çalışma ile DSİ VII. Bölge il merkezlerinde (Samsun, Sinop, Ordu ve Tokat) ölçülen günlük maksimum yağışları temsil eden en iyi üç dağılımın, genellikle Anonim (1990)'da yer alan dağılımlardan farklı olduğu bulunmuştur.

*K-S* istatistiği gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki en büyük farkı yani sadece bir veriyi dikkate alırken, bu çalışmada kullanılan  $A_n^2$ ,  $AD$  ve  $CE$  istatistikleri değerlendirmelerini tüm veri seti üzerinden,  $OS_{1-1}$  istatistiği değerlendirmesini küçükten büyüğe doğru sıralanmış veri setinin üst çeyreğindeki verileri kullanarak ve  $AU_n^2$  istatistiği ise değerlendirmesini yine küçükten büyüğe sıralanmış veri serilerinin üst çeyreğine ağırlık vererek yapmaktadır. Dağılımların tahmin yeterliliklerini veya uyumluluklarını daha iyi gözlemleyebilmek için, her altı istatistiğe göre en iyi sonucu üreten dağılımlar tarafından tahmin edilen yağışlar ve aşılma olasılıkları her il verisi için 1-1 grafiğinde karşılaştırılmıştır. Az gözlem verili istasyonlarda büyük yıl tekrürlü veri tahmini yapmada  $OS_{1-1}$  istatistiği kullanırken dikkatli olmak gerekebilir. Bu dağılım verileri özellikle dağılımın sadece en üst çeyreğinde 1-1 doğrusuna uyum sağlamış, diğer kısımlarında 1-1 doğrusundan epey bir farklılık göstermiş olabilir. Dolayısıyla,  $OS_{1-1}$  istatistiği ile öne

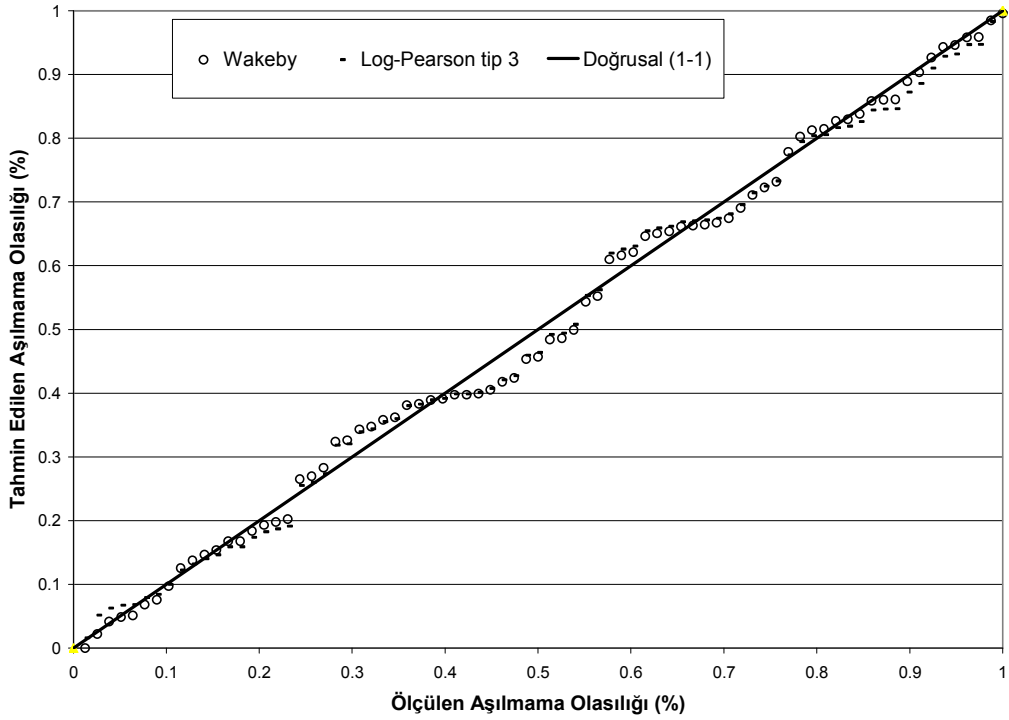
çıkın dağılım verilerinin, 1-1 doğrusu boyunca seyrinin de bu doğruya yakın seyretmiş olması gerekmektedir. Bu dört ile ait grafikleri temsil etmesi açısından Sinop ili günlük maksimum yağış sonuçları Şekil 2 ve 3 ile verilmiştir. Tahmin edilen yağış grafiğinden (Şekil 2), Wakeby dağılımının daha iyi uyum sağladığı açık iken; aşılma grafiğinde (Şekil 3) genellikle benzer, fakat özellikle yüksek olasılık değerlerinde tekrar Wakeby dağılımının daha iyi uyum sağladığı dikkati çekmektedir. Bu çalışma ile Anonim (1990)'a en yakın sonuçların Sinop ili verileri için bulunduğu hatırlanırsa, bu çalışmada bulunan diğer illerin günlük maksimum yağışlarını en iyi temsil eden dağılımların performansının bu iller için Anonim (1990)'da bulunan dağılımın performansından çok daha iyi olacağı beklenebilir. Neticede Sinop ili verileri için üretilen Şekil 2 ve 3'e benzer grafikler diğer illere ait veriler içinde geliştirilmiştir. Örneğin Samsun ili verilerine ait dağılımlar tarafından tahmin edilen ve gözlemlenen aşılma olasılıkları Şekil 4'te verilmiştir. Bu şekil incelendiğinde üst çeyrekteki verilerden (4. çeyrek, en büyük 20 veri, tekrür aralığı 5 ve üzeri olan yıllara karşılık aşılma olasılıkları bölgesi), genelde  $OS_{1-1}$  istatistiği ile öne çıkan beta-kappa dağılımı sonuçlarının diğer dağılım sonuçlarından 1-1 doğrusuna çoğu zaman daha yakın olduğu görülebilir. Verilerin 1-1 doğrusundan maksimum farklarının gerçekleştiği yaklaşık aşılma olasılığının 0.50 olduğu bölgede, *K-S* istatistiği ile öne çıkan log-Gumbel dağılımına ait sonuçların gerçekten 1-1 doğrusuna en yakın sonuçlar olduğu görülebilir.

**Çizelge 2.** Anderson-Darling ( $A_n^2$ ), değiştirilmiş Anderson-Darling ( $AU_n^2$ ), Kolmogorov-Smirnov ( $K-S$ ), ortalama sapma ( $AD$ ), yeterlilik katsayısı ( $CE$ ) ve üst çeyrek 1-1 doğrusundan ortalama sapma ( $OS_{1-1}$ ) istatistiklerine göre, DSI VII. Bölge il merkezleri (Samsun, Sinop, Ordu, Tokat) meteoroloji istasyonlarında 1929-2009 yıllarında ölçülmüş günlük maksimum yağışlarını en iyi temsil eden ilk üç dağılım-parametre tahmin yöntemi kombinasyonları

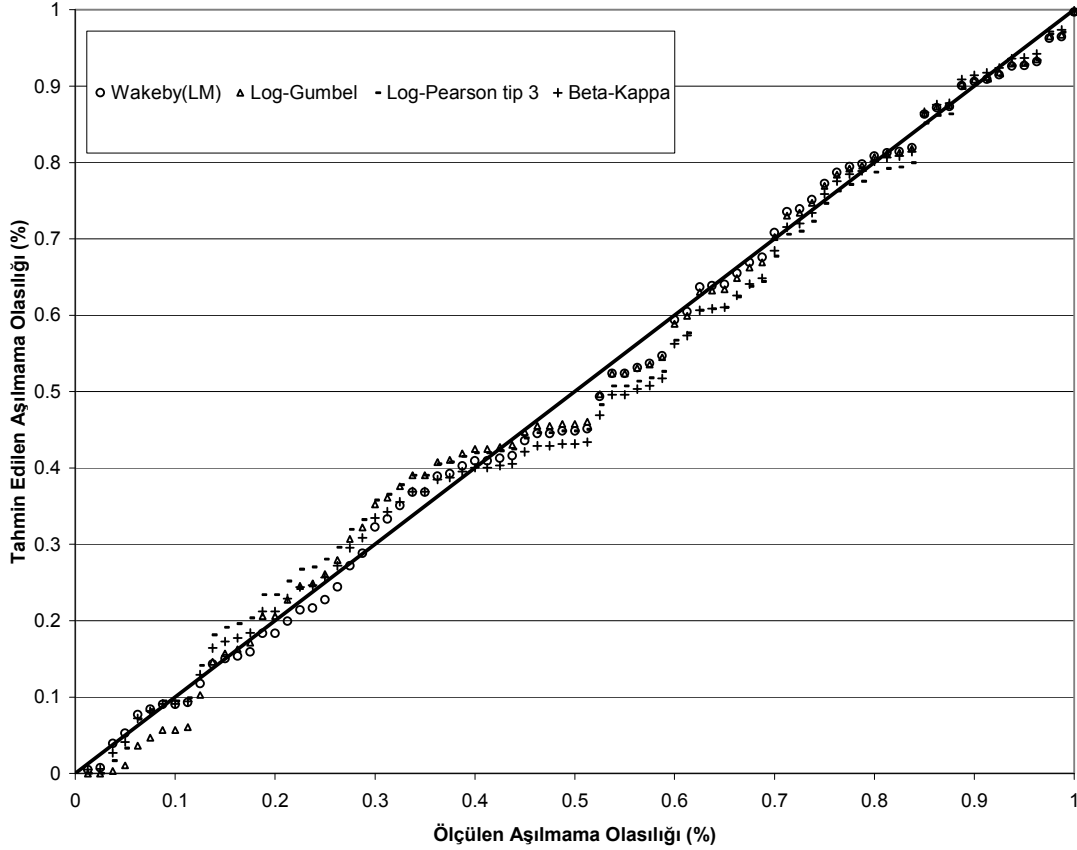
İl	Sıralama*	$A_n^2$	$AU_n^2$	K-S	AD	CE	$OS_{1-1}$
Samsun	1	5P Wakeby (LM)	5P Wakeby (LM)	2P Log-Gumbel (en büyük) (MM)	5P Wakeby (LM, NLS)	5P Wakeby (NLS)	3P Beta-Kappa (ML), 2P Pearson Tip 5 (PWM-LM)
	2	3P Beta-P (ML)	3P Beta-P (ML)	5P Wakeby (LM)	3P Beta-P (ML)	3P Beta-P (ML) ve 3P Genelleştirilmiş Lojistik (PWM-LM)	3P Genelleştirilmiş Lojistik (ML)
	3	3P Beta-Kappa (ML)	2P Log-Gumbel (en büyük) (MM)	3P Log-Pearson Tip 3 (LM)	3P Genelleştirilmiş Lojistik (PWM-LM)	2P Log-Gumbel (PWM)	5P Wakeby (NLS)
Sinop	1	5P Wakeby (NLS)	5P Wakeby (LM), NLS)	3P Log-Pearson Tip 3 (LM)	5P Wakeby (NLS, LM)	5P Wakeby (NLS, LM)	5P Wakeby (NLS)
	2	3P Log-Normal (PWM)	2P Pearson Tip 5 (PWM-LM)	3P Pearson Tip 3 (PWM)	3P Genelleştirilmiş Lojistik (PWM-LM)	3P Genelleştirilmiş Lojistik (PWM-LM)	4P İki Unsuru Uç Değer (ML), 3P Log-Gumbel (ML), 2P Gumbel (en büyük) (ML), 2P Log-Lojistik (MM)
	3	3P Log-Pearson Tip 3 (PWM-LM)	3P Log-Pearson Tip 3 (DMM)	3P Log-Normal (PWM-LM)	3P Genelleştirilmiş Uç Değer (PWM-LM)	3P Genelleştirilmiş Uç Değer (PWM-LM)	3P Beta-P (ML-NR)
Ordu	1	3P Beta-P (ML-LM)	3P Beta-P (ML-LM)	3P Beta-Kappa (ML)	5P Wakeby (NLS)	3P Beta-P (ML-NR)	3P Beta-P (ML)
	2	3P Genelleştirilmiş Gamma (ML)	3P Genelleştirilmiş Gamma (ML)	3P Beta-P (ML-LM)	2P Ussel (MM)	3P Genelleştirilmiş Lojistik (ML)	5P Wakeby (LM)
	3	2P Log-Gumbel ve Genelleştirilmiş Uç Değer	2P Log-Gumbel (en büyük) (PWM)	2P Log-Gumbel (en büyük) (PWM)	3P Genelleştirilmiş Pareto (LM)	2P Log-Gumbel ve Genelleştirilmiş Uç Değer	3P Beta-Kappa (ML)
Tokat	1	3P Genelleştirilmiş Lojistik (PWM-LM)	5P Wakeby (LM)	5P Wakeby (LM)	5P Wakeby (NLS)	2P Log-lojistik (ML)	3P Beta-Kappa (ML)
	2	3P Beta-P (ML-LM)	3P Beta-P (ML-LM)	3P Beta-P (ML-LM)	2P Gumbel (ML)	5P Wakeby (LM)	2P Log-Gumbel (en büyük) (MM)
	3	3P Genelleştirilmiş Uç Değer (ML)	3P Genelleştirilmiş Lojistik (ML)	2P Log-lojistik (ML)	4P İki Unsuru Uç Değer (PWM)	3P Genelleştirilmiş Lojistik (LM, PWM)	2P Frechet (en büyük) (MM)



Şekil 2. Sinop ili meteoroloji istasyonunda 1929-2009 yıllarında kaydedilen günlük maksimum yağışların Wakeby ve Log-Pearson tip 3 dağılımları tarafından tahmin edilen günlük maksimum yağışlara karşı 1-1 grafiğinde gösterimi.



Şekil 3. Sinop ili meteoroloji istasyonunda 1929-2009 yıllarında kaydedilen günlük maksimum yağışların aşılma olasılıklarına karşı Wakeby ve Log-Pearson tip 3 dağılımları tarafından tahmin edilen aşılma olasılıklarının 1-1 grafiğinde gösterimi.



**Şekil 4.** Samsun ili meteoroloji istasyonunda 1929-2009 yıllarında kaydedilen günlük maksimum yağışların aşılıma olasılıklarına karşı 5P Wakeby (LM), 2P Log-Gumbel (en büyük), 3P Beta-Kappa ve 3P Log-Pearson tip 3 (LM) dağılımları tarafından tahmin edilen aşılıma olasılıklarının 1-1 grafiğinde gösterimi.

Özellikle *AD* ve *CE* istatistikleriyle ön plana çıkan Wakeby dağılımı sonuçlarının, tüm veri seti birlikte değerlendirildiğinde diğer dağılım sonuçlarından daha fazla sayıda 1-1 doğrusuna daha yakın olduğu belirlenmiştir.

Yukarıda bulunan sonuçlara ek olarak, dağılımların performansları, bu dağılımlar ile tahmin edilen 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yılda bir gelecek (sırasıyla 0.5, 0.8, 0.9, 0.96, 0.98 ve 0.99 aşılıma olasılıklarına karşılık) maksimum günlük yağışlar, Anonim (1990) ile verilen bu yıllar tekerrürlü maksimum günlük yağış değerleriyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3). Çizelgedeki değerler incelendiğinde genellikle Anonim (1990)'da verilen değerlerin bu çalışma ile bulunan değerlerden yüksek olduğu dikkati çekmektedir. Bulunan değerlerden sadece Ordu ili 50 ve 100 yıl tekerrürlü maksimum yağış değerleri için beta-P, Tokat ili için ise beta-kappa dağılım tahminleri, aynı iller ve tekerrür yılları için Anonim (1990) değerlerinden daha yüksektir. Wakeby dağılımının tahminlerini karşılaştırdığımızda da genellikle NLS tahminlerinin LM tahminlerinden özellikle 50 ve 100 yıl tekerrürler için daha düşük değerler tahmin ettiği dikkati çekmektedir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar genel olarak aşağıdaki gibi değerlendirilebilir: 1) DSİ VII. Bölge il merkezlerinde (Samsun, Sinop, Ordu ve Tokat) son 80 yılda kaydedilen yıllık maksimum günlük yağışların frekans analizinde bu verilerin normal dağıldıklarını kabul ederek işlemlere devam etmek hatalı olabilir; 2) yapılan çalışmaya göre değişecek yağış histogramını kullanma amacımıza göre, histogramın hangi kısmının veya kısımlarının kullanılmasının amacımıza daha uygun olacağı göz önünde bulundurularak, günlük maksimum yağışların, histogramın o kısmında veya kısımlarında en iyi temsil eden olasılık dağılımının bulunmasında *K-S* istatistiğinin yanı sıra, bu çalışmada kullanılan Anderson-Darling, Ortalama Sapma, Yeterlilik Katsayısı, verinin üst çeyreği için 1-1 doğrusundan olan ortalama sapma gibi istatistiklerinde kullanılabileceği düşünülebilir; 3) genelde Anonim (1990) Türkiye Maksimum Yağışları Frekans Atlası adlı yayında belirli yıl tekerrürlere karşılık verilen maksimum günlük yağış değerleri, bu çalışma ile bulunan değerlerden daha yüksektir; 4) güncellenen veri seti ve güncel olasılık dağılım fonksiyonları ve istatistiklerle Türkiye maksimum yağışları frekans atlası yenilenebilir



**Çizelge 3.** DSİ tarafından basılan Türkiye Maksimum Yağışları Frekans Atlası adlı kaynakta (Anonim, 1990) DSİ VII. Bölge il merkezleri günlük maksimum yağışları için önerilen dağılımlar ile belirlenerek bu kaynakta verilen 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıl tekerrürlü günlük maksimum yağışlar (mm) ile bu çalışma ile bulunan en uygun dağılımlar tarafından aynı tekerrür yılları için tahmin edilen günlük maksimum yağışlar

İstasyon	İstatistik	Dağılım	Tekerrür Yılı					
			2	5	10	25	50	100
Samsun	$K-S^*$	Log-Pearson tip 3*	50.73*	72.69*	90.75*	118.13*	142.24*	169.85*
	$A_n^2, AU_n^2,$ $AD$	5P Wakeby (LM)	48.53	66.70	83.58	111.02	136.51	166.96
	$AD, CE$	5P Wakeby (NLS)	49.06	68.53	80.93	99.11	119.83	155.71
	$K-S$	2P Log-Gumbel (en büyük)	48.83	66.93	82.91	108.67	132.83	162.12
	$OS_{1-1}$	3P Beta-Kappa (ML)	49.56	67.54	81.82	103.69	123.39	146.55
Sinop	$K-S^*$	Log-Pearson tip 3*	41.58*	64.14*	84.02*	115.93*	145.58*	181.02*
	$A_n^2, AU_n^2,$ $AD, CE, OS_{1-1}$	5P Wakeby (NLS)	44.54	65.28	79.26	100.88	122.91	153.14
	$K-S$	3P Log-Pearson tip 3 (LM)	43.99	65.59	82.66	107.65	128.94	152.67
	$OS_{1-1}$	3P Beta-Kappa (ML)	62.37	85.05	104.40	135.27	163.92	198.36
Ordu	$K-S^*$	Log-Pearson tip 3*	66.28*	92.08*	112.65*	143.02*	169.12*	198.43*
	$A_n^2, AU_n^2,$ $OS_{1-1}$	3P Beta-P (ML-LM)	62.41	84.12	104.52	139.17	172.82	214.61
	$K-S$	3P Beta-Kappa (ML)	62.37	85.05	104.40	135.27	163.92	198.36
	$AD$	5P Wakeby (NLS)	62.67	89.30	108.54	132.84	150.40	167.28
	$CE$	3P Beta-P (ML-NR)	62.35	84.10	104.63	139.55	173.51	215.73
Tokat	$K-S^*$	2P Gama*	28.98*	38.21*	44.21*	51.58*	56.90*	62.09*
	$A_n^2$	3P Genelleştirilmiş Lojistik (PWM-LM)	28.79	36.17	41.52	49.25	55.89	63.43
	$AU_n^2, K-S$	5P Wakeby (LM)	28.94	35.95	41.54	49.71	56.54	63.99
	$AD$	5P Wakeby (NLS)	28.58	36.56	42.27	49.43	54.57	59.49
	$CE$	2P Log-lojistik (ML)	28.91	36.03	40.98	47.89	53.65	59.99
	$OS_{1-1}$	3P Beta-Kappa (ML)	26.74	35.15	41.91	52.24	61.47	72.23

\*: Anonim (1990)'dan

## 5. KAYNAKLAR

- Anonim, "Türkiye Maksimum Yağışları Frekans Atlası, Cilt I. Noktasal Yağışların Frekans Analizi", 1. baskı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 1990.
- Kömüçcü AÜ, Ceylan A, "1950-2005 Maksimum ortalama şiddetli yağış verilerinin Türkiye'de taşkın risk alanlarının belirlenmesine yönelik yorumlanması", V. Ulusal Hidroloji Kongresi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 163-171, 2007.
- Loukas A, Vasiliades L, Dalezios NR, Domenikiotis C, "Rainfall-frequency mapping for Greece", Phys. Chem. Earth, Part B, 26(9): 669-674, 2001.

- Öztekın T, "A Model for Estimating the Parameters of Continuous Distributions", 1. baskı, Ümit Ofset Matbaacılık, Ankara, Türkiye, 2006.
- Park JS, Jung HS, Kim RS, Oh JH, "Modelling summer extreme rainfall over the Korean peninsula using Wakeby distribution", Int. J. Climatol., 21(11): 1371-1384, 2001.
- Szolgay J, Parajka J, Kohnova S, Hlavcova K, "Comparison of mapping approaches of design annual maximum daily precipitation", Atmospheric Research 92(2009): 289-307, 2009.