

## Tokat İlin'deki Uzun Yıllar Yağış Parametrelerinin CLIGEN Yağış Modeli ile Değerlendirilmesi

Saniye DEMİR<sup>1</sup>, İrfan OĞUZ<sup>2</sup>, Ömer Faruk CİBA<sup>3</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, Tokat meteoroloji istasyonundan 2005-2015 yıllarına ait günlük yağış verileri, CLIGEN yağış modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Gözlenen ve tahmin edilen günlük, aylık ve yıllık yağışların istatistiksel analizleri (ortalama, standart sapma, ve çarpıklık) karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, gözlenen ve tahmin edilen yağış verileri arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür. CLIGEN özellikle ilkbahar ve kış aylarında günlük yağış verilerini gözlenen değerlerin hafif altında tahmin etme eğilimindedir. Yıllık toplam ortalama ve aylık ortalama yağışları ise tahmin etmede oldukça yüksek bir performans göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** CLIGEN, İklimsel değişiklikler, Tokat yağış

## Long Years Precipitation Parameters by CLIGEN Precipitation Model in Tokat Province

**ABSTRACT:** In this study, by using CLIGEN, between 2005-2015 long years historical daily precipitation records were simulated from Tokat weather stations. The basic statistics of daily, monthly and annual precipitations (mean, standart deviation, skewness) were compared with those derived from the observed and generated by CLIGEN weather series. The results showed no significant difference between observed and simulated values for rainfall parameters. Especially, CLIGEN estimations tend to underestimate the observed data in spring and winter months. CLIGEN exhibited higher performance in simulation of monthly and annual rainfall.

**Keywords:** CLIGEN, Climate variability, Tokat precipitations

<sup>1</sup> Saniye DEMİR (0000-0003-3908-7070), Gazi Osman Paşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak bilimi ve Bitki besleme, Tokat, Turkey  
<sup>2</sup> İrfan OĞUZ (0000-0002-1576-333X), Gazi Osman Paşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Tokat, Turkey  
<sup>3</sup> Ömer Faruk CİBA (0000-0001-8297-2855), 11. Bölge Müdürlüğü, Meteoroloji, Meteoroloji, Trabzon, Turkey  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Saniye DEMİR, saniye.demir@gop.edu.tr

## GİRİŞ

Hidrolojik, tarımsal ve ekolojik pek çok model uzun süreli günlük yağış verilerini kullanmak suretiyle toprak kayıplarını ve yüzey akışı tahmin etmektedir. Ancak, bu modellerin çalışması için gerekli gözlenen yağış veri setlerini oluşturmak çoğu zaman büyük bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü, birçok bölgede yağış istasyonu bulunmamaktadır (Jones et al., 2003). Bundan dolayı, bu veriler ya eksik ya da hatalı olmaktadır. Yetersiz ya da hatalı verilerin bulunduğu bölgelerde yağış simülasyonu yapmak için, gözlenen verilerin istatistiksel değerleri göz önünde tutulmaktadır (Zhang, 2007). Günümüzde simülasyon yapan modeller kullanmak suretiyle, benzer iklim koşullarına sahip alanlarda yağış verilerinin simülasyonu yapılabilmektedir. (Fan et al., 2013).

The Water Erosion Prediction Project (WEPP) modelinin bir ara yüzü olarak geliştirilen CLIGEN, yağış karakteristiklerinin simülasyonunda oldukça yaygın olarak kullanılan bir iklim modelidir (Nearing et al., 1989). CLIGEN ile hazırlanan iklim ara yüz dosyası ile yüzey akış ve toprak kayıpları tahmin edilmektedir. Özellikle CLIGEN’de simüle edilen yağış şiddetinin pik değeri, WEPP modelde yüzey akışın ve toprak kayıplarının hesaplanmasında çok önemli yer tutmaktadır (Elliot and Arnold, 2001).

CLIGEN ile iki grup yağış parametresi simüle edilmektedir. İlk grupta yağışın olup veya olmaması dikkate alınmadan günlük yağış miktarı, sıcaklık ve solar radyasyon yer alırken; ikinci grupta ise yağışlı günlere ait parametreler bulunmaktadır. Bu parametreler yağış, maksimum ve minimum sıcaklık, solar radyasyon, rüzgarın şiddeti ve yönü ile çiğlenme noktasıdır.

CLIGEN iklim modeli dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Johnson et al. (1996) Amerika Birleşik Devletlerinde altı farklı iklim koşullarında modeli değerlendirirken; Headrick and Wilson (1997) ise Minnesota eyaletinde beş farklı noktada benzer bir çalışma yapmıştır. Yapılan her iki çalışmada günlük yağışlara göre, maksimum ve minimum sıcaklık ile solar radyasyon değerlerinin standart sapmalarının ayarlanması için bir yağış olma ihtimali faktörünün kullanılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu kalibrasyon ayarı ile sıcaklık ve solar radyasyon değerindeki değişimin azalacağı kabul edilmiştir. Türkiye’de, yağış verilerinin değerlendirilmesinde CLIGEN

yaygın olarak kullanılmamaktadır. Türkiye’nin her bir bölgesinde görülen iklim karakteristikleri birbirinden farklıdır ve bu bölgelerin birçoğu coğrafik özellikleri bakımından erozyona oldukça sık maruz kalmaktadır. Toprak-su koruma açısından her bir bölgenin iklim özelliklerinin değerlendirilip, toprak ve yüzey akış ile ilişkilendirilmesi gelecekte yapılacak çalışmalar için önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Tokat iline ait 2005-2015 yılları arasındaki iklim verilerinin CLIGEN ile simülasyonu yapılmak suretiyle, elde edilen ve gözlenen günlük, aylık ve yıllık yağış verileri karşılaştırılarak modelin Tokat iklim koşulları altında performansının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Çalışma Alanı

CLIGEN’in performansının değerlendirildiği Tokat ili, Orta Karadeniz bölümünün iç kısımlarında yer almakta olup, Karadeniz iklim özellikleriyle İç Anadolu’daki step (kara) iklimin etkisi altındadır. 2005-2015 yılları arasındaki Tokat Meteoroloji istasyonu kayıtları esas alındığında yıllık ortalama sıcaklık 14 °C, yıllık yağışlar 479 mm ile 241.50 mm arasında değişmekte olup, en fazla yağış ilkbahar ve en az yağış ise yaz mevsiminde görülmektedir (DMİ, 2015). Bu değerlere göre toprak sıcaklık rejimi Mesic ve nem rejimi ise Ustic olarak sınıflandırılmaktadır (Soil Survey Staff, 2009).

### Yöntem

Tokat iline ait 2005-2015 yılları arasındaki günlük, aylık ve yıllık yağış verilerinin simülasyonu için CLIGEN iklim modeli kullanılmıştır. Günlük veriler 11 yıllık zaman dilimindeki bireysel yağış olaylarından; aylık veriler, bu zaman dilimine ait her bir ay içindeki yağış verilerinden ve yıllık veriler ise bir yıl içinde görülen yağış olaylarından oluşturulmuştur.

### CLIGEN iklim modeli

The Water Erosion Prediction Project (WEPP) modelinin ara yüzünü oluşturan CLIGEN erozyon, hidroloji, günlük su dengesi, bitki büyümesi ve atıkların ayrışması gibi pek çok parametreyi hesaplamak için yağış karakteristiklerini simüle etmektedir (Nicks et al., 1995). Bu yağış karakteristikleri günlük yağış, maksimum ve minimum sıcaklık, çiğlenme noktası, solar radyasyon, rüzgar şiddeti ve hızıdır.

Bu çalışmada verilerin simülasyonunun ilk basamağını iki durumlu Markov Zinciri oluşturmaktadır. Bu yöntem ile ıslak ve kuru günlerin tayini yapılmaktadır. Yağışlı bir günü yağışlı bir günün izleme

ihtimali P(W/W) ve yağışlı bir günü kuru günün izleme ihtimali ise P(W/D) olarak ifade edilmektedir. Bu her iki olay **dönüşüm ihtimali** olarak isimlendirilmektedir. Dönüşüm ihtimallerinin belirlenmesinde;

$$P(W/W) = \frac{N_{ww}}{N_{dw}+N_{ww}} \quad \text{ve} \quad P(W/D) = \frac{N_{dw}}{N_{dw}+N_{dd}} \quad (1).$$

Formülleri kullanılmaktadır. Burada;

N<sub>ww</sub>: Islak bir günden sonra ıslak olma ihtimali

N<sub>wd</sub>: Islak bir günden sonra kuru olma ihtimali

N<sub>dw</sub>: Kuru bir günden sonra ıslak olma ihtimali

N<sub>dd</sub>: Kuru bir günden sonra kuru olma ihtimali

Ekstrem yağış olaylarını tanımlamak için, bireysel yağışlara ait eşik değer kullanmak suretiyle yüksek ve

düşük yağışlar hesaplanmıştır. Yüksek yağışlar için %75 ve düşük yağışlar için ise %25 değeri alınmıştır. CLIGEN yağış verilerinin simülasyonunda, her aya ait günlük yağış verilerinin ortalama, standart sapma ve çarpıklık değerlerini kullanmaktadır. Bir günün yağışlı ya da kuru olduğu Markov Zincirine göre belirlendikten sonra random değişkenler belirlenmektedir. Bir ıslak güne ait yağış miktarı ise normal (çarpık) dağılıma dönüştürülerek, Eşitlik 2. ile yağış hesaplaması yapılmaktadır.

$$x = \frac{6}{g} \left( \left( \left( \frac{g}{2} * \frac{x-u}{s} \right) + 1 \right)^{1/3} - 1 \right) * \frac{g}{6} \quad (2).$$

x: Random değişken

u: Aylık ortalama yağış değeri

s: Aylık yağışların standart sapma değeri

g: Aylık yağışların çarpıklık değeri

X: Simüle edilen yağış

### İstatistiksel analizler

Çalışmada, CLIGEN'e girilen 11 yıllık her bir iklim veri setinin basit istatistiksel analizleri yapılmıştır. Ortalama, standart sapma ve çarpıklık katsayıları belirlenmiştir. Ancak, Zhang et al. (2008) yapmış olduğu

çalışmada belirttiği gibi, yağış parametreleri normal dağılım göstermemektedir. Bundan dolayı aralarındaki ilişkiyi belirlemek için Kolmogorov-Smirnov (K-S testi) ve Mann-Whitney (M-W testi) (Mann, 1945) nonparametrik istatistiksel analizler yapılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

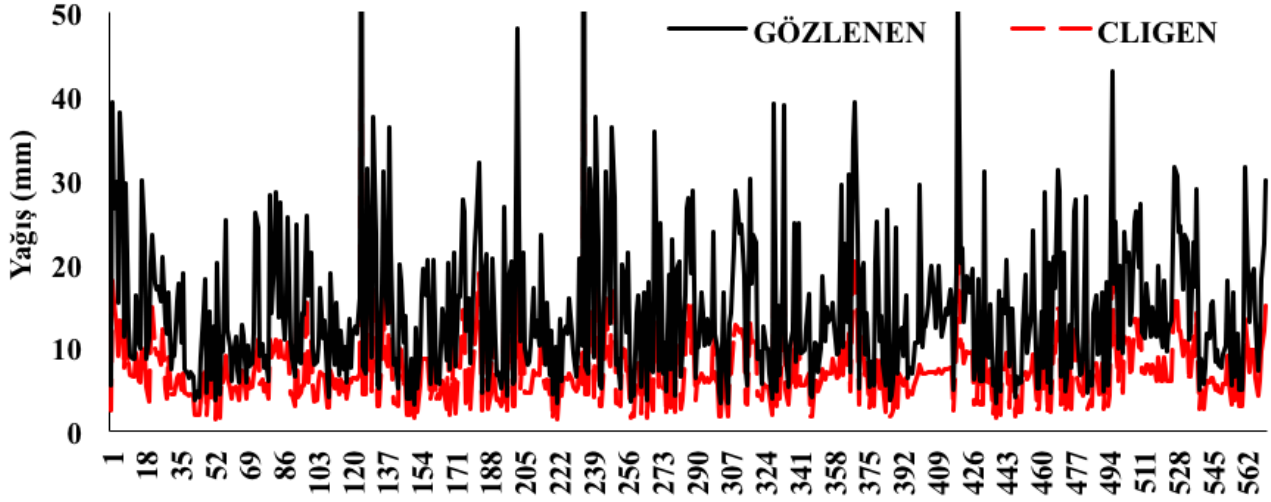
### Günlük Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi

Tokat iline ait 11 yıllık gözlenen ve simüle edilen bireysel yağış olayları karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir. CLIGEN iklim modeline 2005-2015 yılları arasında 561 bireysel yağış olayı girilmiştir. Gözlenen ve simüle edilen bireysel yağış olayları arasındaki ilişkiyi gösteren

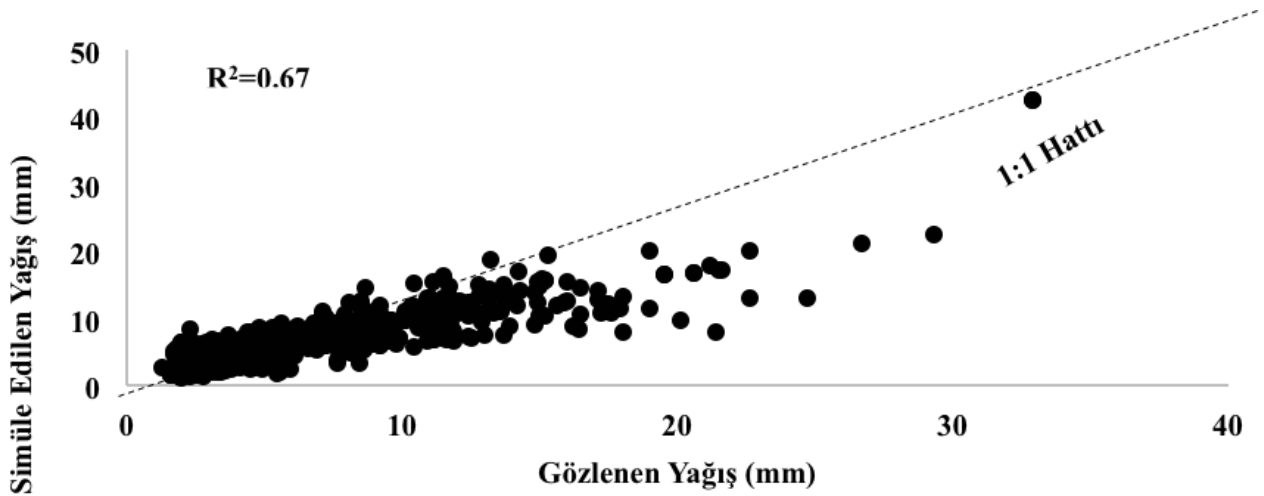
grafik incelendiğinde (Şekil 2), aralarında yüksek bir ilişkinin bulunmadığı ve verilerin büyük bir kısmının 1:1 hattına yakın ve altında dağılım gösterdiği görülmektedir (R<sup>2</sup>:0.67). CLIGEN, özellikle yüksek değerli bireysel yağış olaylarını gözlenen değerine altında tahmin etmiştir. Çalışma yöresine ait CLIGEN ile bulunan bu sonuçlar, yüksek yağış miktarlarına bağlı bireysel toprak kayıplarını hesaplamada göz önünde bulundurulması bölgede yapılacak toprak-su

koruma açısından yararlı olacağı düşünülmektedir. Min et al. (2011), Kore’de 8 farklı eyalette 55 yıllık iklim verilerinin CLIGEN ile simülasyonunu yapmışlardır. Eyaletlerin dördünde modelin bireysel yağışları tahmin etmede çok başarılı olmadığı ve gözlenen değerlerin altında tahminlerde bulunduğu

gözlenmiştir. Zhang and Garbrecht (2003) bireysel yağış olaylarını gözlenen değerlerin altında tahmin etmişlerdir. Wilk’s (1999), yağış verilerinin oldukça yüksek değişkenlik göstermesinden dolayı, modelin altında tahminlerde bulunabileceğini yapmış olduğu çalışmada ifade etmiştir



Şekil 1. Bireysel Yağış Olaylarının Grafikselsel Olarak Karşılaştırılması



Şekil 2. Bireysel Yağış Olayları Arasındaki İlişki

Günlük bireysel yağış olaylarının tanımlayıcı istatistikleri yapılmış ve bulunan sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir. Gözlenen ve simüle edilen bireysel yağış olaylarını aritmetik ortalaması sırasıyla 7.45 ve 7.22 mm olarak belirlenmiştir. Aritmetik ortalamaların aynı olmasına rağmen veriler, aynı yaygınlıkta dağılım göstermemektedir. Bu durum verilerin ortalamaya yakın ya da uzak dağılım göstermeleri ile ilişkilidir. Çalışma döneminde CLIGEN’e girilen

131 günlük bireysel yağış olayı 11-33 mm arasında değişmekte olup; bu değerler ortalamadan uzak bir dağılım göstermektedir. Gözlenen ve simüle edilen bireysel yağış verilerinin standart sapma değerleri ise 4.94 ve 4.29’dur (Çizelge 1). Genel olarak standart sapma değeri, verilerin aritmetik ortalama etrafındaki dağılımın göstergesidir. Küçük değerler ortalamalardan sapmaların ve riskin az olduğunu, büyük değerler ise ortalamalardan sapmaların ve riskin yüksek olduğunu

ifade etmektedir. Bulunan standart sapma değerleri yüksek olup, ortalamalardan sapma ve risk yüksektir. Gerek gözlenen ve gerekse simüle edilen günlük

yağış değerlerine ait ortalama yağış ve standart sapma değerleri dikkate alındığında günlük yağışlar için yüksek varyasyon söz konusudur.

**Çizelge 1.** Gözlenen ve simüle edilen bireysel yağışlara ait tanımlayıcı istatistiksel analizler

İstatistiksel Analizler	Ortalama Yağış (mm)	Yağış Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Yağış Çarpıklık	M-W	K-S
Gözlenen Yağışlar	7.45	4.94	66,30	1.57	0.073	0.139
Simüle Edilen Yağışlar	7.22	4.29	59.42	2.54		

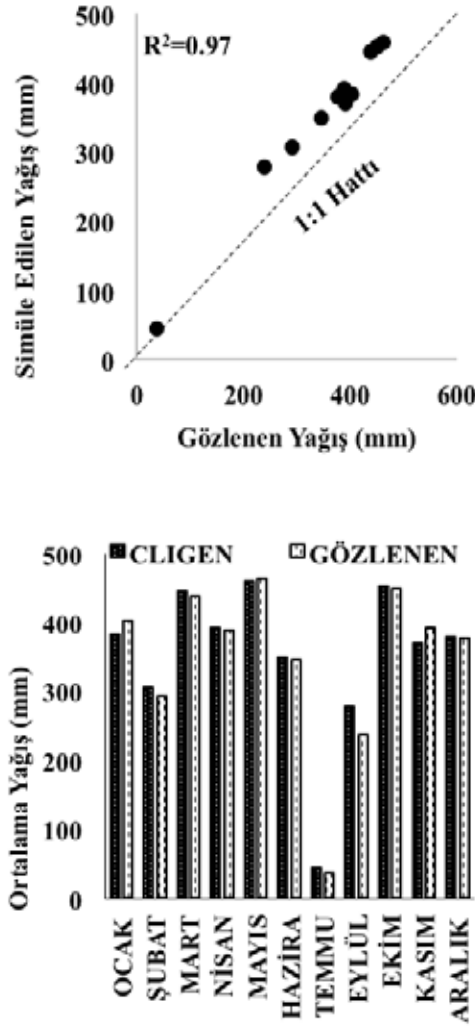
Çalışmada kullanılan veri setine ait çarpıklık değerleri sırasıyla 1.57 ve 2.54'dür (Çizelge 1). Veriler sağa çarpık bir dağılım göstermektedir ki bu değerler; modelin tahmin etmede ki performansının çok iyi olmadığını göstermektedir.

Aralarındaki farklılığı belirlemek için nonparametrik istatistiksel analizler yapılmıştır. Bu analizlerden Kolmogorov-Smirnov (K-S testi) ve Mann-Whitney (M-W testi) testine göre bulunan sonuçlar verilmiştir (Çizelge 1). K-S testinde 0.073 ve M-W testinde ise 0.139 olarak bulunmuş olup, gözlenen ve simüle edilen bireysel yağış verileri arasında  $p=0.05$  düzeyinde önemli bir fark olmadığı ve aynı popülasyondan geldiği görülmüştür (Çizelge 1).

#### Aylık Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi

Aylık yağış verilerinin değerlendirilmesinde, 2005-2015 yılları arasındaki 11 yılın her bir ayına ait gözlenen ve tahmin edilen yağış verileri kullanılmış ve sonuçlar Şekil 3'te grafiksel olarak gösterilmiştir. Çalışma alanında kullanılan zaman dilimi içinde ağustos ayında hiç yağış gözlenmemiştir. En fazla yağış ilkbahar mevsiminde (mart, nisan, mayıs) ve en az yağış ise yaz (haziran, temmuz, ağustos) aylarında gözlenmiştir (Şekil 3). En fazla yağışlar ekim ve mayıs ayında meydana gelmiştir. Tokat ili, Orta Karadeniz Geçit Kuşağında yer almaktadır. Özellikle, sonbahar aylarında Karadeniz'de görülen fırtınalardan oldukça etkilenmektedir. Mayıs ayı

ise, kış mevsiminden yaz mevsimine geçişin olduğu zaman aralığındadır. Bu ay içinde kar erimeleri, ekstrem yağışlar çok sık görülmektedir. Temmuz ayı yaz mevsiminde olmasından dolayı yağışların nadiren olduğu bir aydır. Bu ayda ekstrem yağışlar görülmektedir. Bu yağışlar, ay içerisinde meydana gelen yağışların şiddetini doğrudan etkilemektedir ve yağış olayların karşılaştırılmasında sapmalara yol açmaktadır. Min et al. (2011) yapmış olduğu çalışmada, yaz aylarıyla ilgili olarak benzer sonuçları bulmuştur. Ocak ve kasım ayındaki yağışları gözlenen değer altında tahmin ederken, eylül ayındaki yağışları yüksek tahmin etmiştir. Bu aylarda görülen eksterm yağışlardan dolayı, standart sapma yükselmekte ve modelin tahmin etme başarısı düşmektedir. Kou et al. (2007), Çin'de 30 yıllık iklim verilerini kullanarak yapmış olduğu çalışmada, modelin yaz ayına göre kış ve sonbahar aylarındaki performansının daha yüksek olduğunu, modelin aylık toplam yağış ve ıslak günleri, gözlenen değerlere çok yakın tahmin ettiğini ifade etmişlerdir. Diğer aylar için CLIGEN ile simüle edilen aylık yağışlar, gözlenen değerlere yakın bulunmuştur (Şekil 3). Yağış verilerinin dağılımı birbirine oldukça yakındır ve veriler ortalamaya yakın bir dağılım göstermektedir. Bundan dolayı, modelin aylık yağışları tahmin etme performansı daha yüksek olmaktadır.



Şekil 3. Aylık Toplam Yağışların Grafikselsel Olarak Karşılaştırılması

Gözlenen aylık yağış verileri X eksenine ve simüle edilen aylık yağışlar ise Y eksenine yerleştirilerek aralarındaki korelasyon ilişkisi belirlenmiştir (Şekil 3). Şekil 3 incelendiğinde, veriler 1:1 hattı boyunca dağılım göstermekte, model aylık toplam yağışları gözlenen değerlere yakın tahmin etmekte, aralarındaki ilişki ise oldukça yüksek ( $R^2:0.97$ ) olduğu görülmektedir.

Aylık yağışlara ait veri setindeki yağışların ortalama, standart sapma ve çarpıklık katsayıları belirlenmiş ve bulunan sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. Gözlenen ve simüle edilen yağış verilerinin ortalaması 6 mm civarındadır. Ancak temmuz ayında bu değer 12.23-14.74 mm olarak belirlenmiştir. Eylül, ekim, kasım ve aralık ayı için ortalama değer yükselmiştir (Çizelge 2). Çünkü bu aylarda ekstrem yağışlar çok sık aralıklarla meydana gelmektedir. Yağış verilerinin standart sapması 3 ila

6 arasında değişmektedir. Veriler ortalamaya yakın bir yayılım göstermektedir. Özellikle tahmin edilen verilerin standart sapmaları gözlenen değerden daha düşüktür. Bunun nedeni, model simülasyonu yaparken normalleştirilmiş veri kullanmasıdır. Çarpıklık katsayıları ise 0 ile 1 yakın değerler arasında değişmektedir. Bulunan bu değerler, verilerin normal bir dağılım gösterdiğini ve modelin tahmin etmedeki başarısının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir (Çizelge 2).

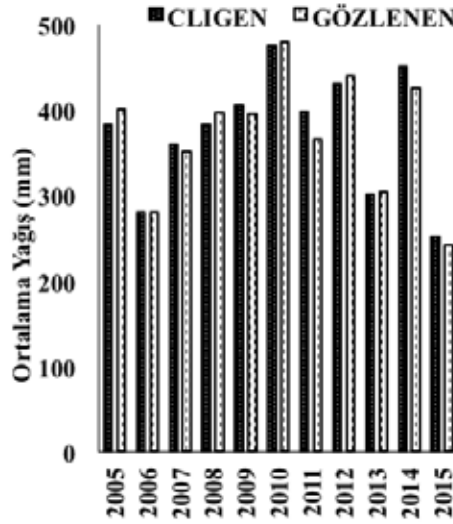
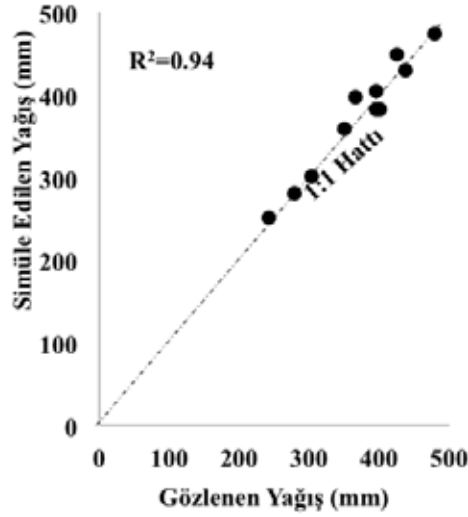
Aylık yağış veri setinin normal dağılım gösterip göstermedikleri Kolmogorov-Smirnov (K-S testi) ve aralarındaki farklılık olup olmadığı ise Mann-Whitney (M-W testi) istatistiksel analizler kullanılarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Çizelge 3’de görüldüğü üzere veriler normal dağılım göstermekte ve aralarındaki ilişki önemsizdir ( $p:0.005$  düzeyinde).

Çizelge 2. Gözlenen ve simüle edilen aylık yağışlara ait tanımlayıcı istatistiksel analizler

Aylar	Tanımlayıcı İstatistikler	Gözlenen Yağış (mm)	Simüle Edilen Yağış (mm)
OCAK	<i>Ortalama</i>	6.00	5.71
	<i>Standart Sapma</i>	4.11	3.18
	<i>Çarpıklık</i>	1.02	0.61
ŞUBAT	<i>Ortalama</i>	6.63	6.95
	<i>Standart Sapma</i>	5.40	4.33
	<i>Çarpıklık</i>	1.74	1.25
MART	<i>Ortalama</i>	6.54	6.63
	<i>Standart Sapma</i>	5.48	3.35
	<i>Çarpıklık</i>	1.61	1.14
NİSAN	<i>Ortalama</i>	6.46	6.52
	<i>Standart Sapma</i>	3.93	3.09
	<i>Çarpıklık</i>	1.21	1.14
MAYIS	<i>Ortalama</i>	6.91	6.85
	<i>Standart Sapma</i>	3.83	2.35
	<i>Çarpıklık</i>	1.40	0.47
HAZİRAN	<i>Ortalama</i>	6.95	6.98
	<i>Standart Sapma</i>	3.93	2.80
	<i>Çarpıklık</i>	1.08	0.36
TEMMUZ	<i>Ortalama</i>	12.23	14.74
	<i>Standart Sapma</i>	8.71	8.78
	<i>Çarpıklık</i>	-1.38	-1.72
EYLÜL	<i>Ortalama</i>	9.52	11.13
	<i>Standart Sapma</i>	9.54	12.64
	<i>Çarpıklık</i>	1.85	1.96
EKİM	<i>Ortalama</i>	8.99	9.05
	<i>Standart Sapma</i>	4.91	4.24
	<i>Çarpıklık</i>	0.03	-0.18
KASIM	<i>Ortalama</i>	7.86	7.40
	<i>Standart Sapma</i>	6.13	5.02
	<i>Çarpıklık</i>	1.46	1.05
ARALIK	<i>Ortalama</i>	7.39	7.44
	<i>Standart Sapma</i>	4.82	4.23
	<i>Çarpıklık</i>	1.41	0.78

Çizelge 3. Aylık yağış verilerinin normalite analizleri

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
M-W	0.693	0.620	0.271	0.123	0.767	0.465	0.564	0.863	0.976	0.398	0.497
K-S	0.275	0.081	0.394	0.052	0.574	0.624	0.540	0.171	0.418	0.811	0.063



Şekil 4. Yıllık Toplam Yağışların Grafiksel Olarak Karşılaştırılması

### Yıllık Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi

Gözlenen ve simüle edilen yıllık toplam yağışlara ait ilişki Şekil 4’de verilmiştir. Model, aylık yağışlarda olduğu üzere yıllık toplam yağışları simüle etmede oldukça başarılıdır. 2005-2015 yılları arasındaki zaman

diliminde, model 2005 yılındaki yağışları düşük, 2014 yılındaki yağışları ise gözlenen değerden yüksek tahmin ederken; diğer yıllar için hemen hemen gözlenen değere yakın veya çok az üzerinde tahminde bulunmuştur. En fazla toplam yağış 2010 yılında meydana gelirken, en düşük yağış ise 2015 yılında görülmüştür. Tokat



ilinde, 2007-2009 yılları arasında gözlenen ve tahmin edilen yağışların 400 mm'ye yakın olduğu gözlenirken, 2010-2012 ve 2014 yıllarında bu değer 400 mm'nin üzerine çıkmıştır (Şekil 4). Gözlenen ve simüle edilen yıllık toplam yağış verileri arasındaki ilişki Şekil 4'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde verilerin 1:1 hattının biraz üzerinde ve 1:1 hattına yakın dağıldığı, aralarındaki ilişkinin yüksek olduğu ( $R^2:0.94$ ) olduğu görülmektedir. Gözlenen ve simüle edilen yıllık toplam yağışlara ait tanımlayıcı istatistiksel analizler Çizelge 4'de verilmiştir. Yıllık toplam yağışların ortalaması, aylık yağışlarda olduğu gibi 6-7 mm civarında bir dağılım göstermektedir. Ancak, yıllık yağış verilerinin standart sapma ve çarpıklık katsayısı aylık yağış verilerinden daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4). Bu duruma, yıl içerisinde özellikle ilkbahar aylarında görülen ekstrem yağışlar neden olmaktadır. Verilerin standart sapma ve çarpıklık katsayısının

yüksek olmasından dolayı, log transformasyon yapılmak suretiyle yağış verileri normale yakın bir yayılım aralığında dağılım göstermiştir (Çizelge 4).

2009 yılı hariç, model diğer 10 yılın standart sapmalarını gözlenen değerlerin altında tahmin ederken; bu yıla ait standart sapma değerini yüksek tahmin etmiştir. Kou et al. (2007) Çin'in beş farklı eyaletinde, CLIGEN modelinin validasyonu için çalışma yapmıştır. Çalışmada kullanılan yağış verilerinin standart sapma değerinin yüksek olmasından dolayı log transformasyon yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, beş eyaletinde dördünde model yağış verilerinin standart sapma değerini gözlenen değerlerin altında tahmin ettiği görülmüştür. Yağış verileri arasındaki ilişkinin önemli olup olmadığı M-W testiyle istatistiksel olarak değerlendirilmiş (Çizelge 5) ve aralarındaki ilişkinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

**Çizelge 4.** Gözlenen ve simüle edilen yıllık yağışlara ait tanımlayıcı istatistiksel analizler

Yıllar	Tanımlayıcı İstatistikler	Gözlenen Yağış (mm)	Simüle Edilen Yağış (mm)
2005	Ortalama	7.77	8.21
	Standart Sapma	4.32	3.72
	Çarpıklık	0.95	0.80
2006	Ortalama	7.77	8.21
	Standart Sapma	4.32	3.72
	Çarpıklık	0.95	0.80
2007	Ortalama	7.52	7.80
	Standart Sapma	5.90	6
	Çarpıklık	2.00	3.66
2008	Ortalama	7.00	6.45
	Standart Sapma	3.71	3.98
	Çarpıklık	0.29	1
2009	Ortalama	7.45	7.64
	Standart Sapma	5.84	6.18
	Çarpıklık	2.10	3.72
2010	Ortalama	6.82	6.81
	Standart Sapma	4.46	3.77
	Çarpıklık	1.13	0.42
2011	Ortalama	6.77	7.35
	Standart Sapma	5.32	4.19
	Çarpıklık	1.48	1.41
2013	Ortalama	7.42	7.27
	Standart Sapma	5.33	3.77
	Çarpıklık	5.01	1.99
2014	Ortalama	7.77	8.21
	Standart Sapma	4.32	3.72
	Çarpıklık	0.95	0.80
2015	Ortalama	6.53	6.79
	Standart Sapma	3.95	3.23
	Çarpıklık	1.07	0.93

**Çizelge 5.** Yıllık yağış verilerinin normalite analizleri

Yıllar	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>M-W</b>	0.900	0.086	0.994	0.737	0.952	0.491	0.720	0.136	0.600	0.123	0.381
<b>K-S</b>	0.876	0.884	0.476	0.535	0.189	0.400	0.151	0.053	0.396	0.160	0.734

## SONUÇ

Tokat ili 2005-2016 yılları arasındaki yağış verilerinin CLIGEN iklim modeli ile simüle edildiği çalışmada modelin performansı değerlendirilmiştir. Bunun için yağışlar günlük, aylık ve yıllık olarak gruplandırılmıştır.

Model günlük yağışları, aylık ve yıllık yağışlara göre daha düşük bir performans ile tahmin etmiştir. Çalışma performansı mükemmel olmamakla beraber kabul edilebilir düzeydedir.

Aylık toplam yağışları tahmin etmedeki başarısı, günlük ve yıllık yağışlara göre çok yüksektir. Yağış değerleri birbirine çok yakındır ve aralarında önemli bir fark yoktur. Yıllık toplam yağışları tahmin etmede de oldukça yüksek bir performans göstermiştir. Yıllık toplam yağış verileri birbirine yakındır. Gerek aylık gerekse yıllık yağışlarda ekstrem değerler daha normal seviyeye yaklaştığından, modelin bu yağışları simüle etme başarısı artmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Anonim. 2015. Tokat iklim verileri. Metereoloji Genel Müdürlüğü. 2015.
- Elliot WJ, Arnold, CD, 2001. Validation of the weather generator CLIGEN with precipitation data from Uganda. *Trans. ASAE* 44 (1):53-58.
- Fan JC, Yang CH, Li, CH, Huang, HY, 2013. Assessment and validation of CLIGEN-simulated rainfall data for Northern Taiwan. *Paddy Water Environ* 11:161-173.
- Headrick MG, Wilson B N, 1997. An evaluation of stochastic weather parameters for Minnesota and their impact on WEPP. *ASAE paper no. 972230*. St. Joseph, Mich: ASAE.
- Johnson GL, CL, Hanson SP, Ballard BE, 1996. Stochastic weather simulation: Overview and analysis of two commonly used models. *J. Appl. Meteorol.*, 35(1), 1878-1896.
- Jones JW, Hoogenboom G, Porter CH, Boote KH and 6 others, 2003. The DSSAT cropping system model. *Eur. J. Agron.*, 18, 235-265.
- Kou XG, Jianping Y, Wang CZ, 2007. Validation of the weather generator CLIGEN with daily precipitation data from the Loess Plateau. *J. Hydrol.* 347(3-4), 347-357.
- Mann HB, 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13:245-259.
- Min YM, Kryjov VN, An KH, Hameed, SN Sohn SJ, Lee WJ, Oh JH, 2011. Evaluation Of the weather generator CLIGEN with daily precipitation characteristics in Korea. *The Korean Meteorological Society And Springer*, 47(3), Pp.255-263.
- Nearing MA, Foster GR, Lane LJ and Finkner SC, 1989. A process-based soil erosion model for USDA-Water Erosion Prediction Project technology. (in press) *Transactions of the ASAE*.
- Nicks AD, Lane LJ, Gander GA, 1995. USDA-Water Erosion Prediction Project: Hillslope profile and watershed model documentation. 2.1-2.22. NSERL report no. 10. Flanagan, D.C., Nearing, M.A (ed) West Lafayette Ind: USDA-ARS National Soil Erosion Reserach Laboratory.
- Soil Survey Staff, 2009. R. Burt (ed.). Soil survey field and laboratory methods manual. Ver. 1.0. USDA/NRCS, Soil Survey Investigations Report No. 51. Available online at <http://www.soils.usda.gov/technical/> (verified January 24, 2011).
- Wilks DS, 1999. Multisite downscaling of daily precipitation with a stochastic weather models. *Prog. Phys. Geog.* 23, 329-357.
- Zhang XC, Garbrecht JD, 2003. Evaluation of CLIGEN precipitation parameters and their implication on WEPP runoff and erosion prediction. *Trans. ASAE*, 46, 311-320.
- Zhang XC, Garbrecht JD, 2007. A comparison of explicit and implicit spatial downscaling of GCM output for soil erosion and crop production assaessments. *Climatic Change*, 84, 337-363.