



Alınış tarihi (Received): 29.08.2022

Kabul tarihi (Accepted): 16.11.2022

Tokat Yöresi Farklı Yağış Desenlerinin Kontrollü Koşullarda Oluşturulmuş Parsellerde Yüzeysel Akış ve Toprak Kayıplarına Etkisinin Araştırılması

Mehmet YILMAZ¹, İrfan OĞUZ^{1*}

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, mehmet.yilmaz6018@gmail.com

*Sorumlu yazar: irfan.oguz@gmail.com

ÖZET: Bu çalışmada, Tokat yöresi doğal yağışlarının yağış desen dağılımları ve bazı özellikleri belirlenmiştir. Gruplandırılmış yağış desenlerine ait yağış süresi, miktarı, şiddeti, enerjisi, 10, 15 ve 30 dakikalık maksimum intensite değerleri, toprak kayıpları ve yüzeysel akış ilişkileri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, Tokat iline ait, 1978 - 1995 yılları arasında kaydedilmiş erosiv nitelikte toplam 361 adet bireysel yağış değerlendirilmiştir. Bu yağışların 9 adedi üniform, 96 adedi ilerlemiş, 159 adedi orta, 41 adedi gecikmiş ve 56 adedi sınıflamaya uyum göstermeyen karışık yağış deseni olarak nitelendirilen yağışlardan oluşmuştur. Üniform desen yağış süresi diğer yağış desenlerinden ayrılarak istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir. En düşük yağış miktarına sahip gecikmiş desen yağışları, Üniform desen yağış miktarı ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almakla birlikte diğer yağış desenlerinden anlamlı farklılık göstermiştir. Yağış intensiteleri sırasıyla Karışık, Gecikmiş, Orta, İlerlemiş ve Üniform desen olacak şekilde artmıştır. Yağışların 10 ve 15 dakikalık maksimum intensite değerleri Üniform ile Orta, Üniform ile Gecikmiş, Üniform ile Karışık, İlerlemiş ile Orta, İlerlemiş ile Gecikmiş ve İlerlemiş ile Karışık desen yağışları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmuştur. Yağışların 30 dakikalık maksimum intensite değeri dikkate alındığında, Üniform ile Orta, Üniform ve Karışık, Gecikmiş ve Karışık desen arasındaki farklılık önemli bulunmuştur. Farklı yağış desenlerine sahip yağışlar ile model parselde meydana gelen yüzeysel akış ve toprak kayıpları arasında istatistiksel bir ilişki bulunamamıştır.

Anahtar Kelimeler – Doğal Yağış, Erosiv Yağış, Tokat, Toprak Kaybı, Yağış Deseni, Yüzeysel Akış

Investigation of the Effect of Different Rainfall Patterns on Runoff and Soil Loss in Tokat Region

ABSTRACT: In this research, rainfall pattern distributions and some characteristics of natural rainfall of Tokat region are identified. Rainfall duration, amount, intensity, energy, 10, 15 and 30 minutes maximum intensity values, soil losses and runoff relationships of the grouped rainfall patterns are compared. For this purpose, a total of 361 erosive individual rainfalls recorded between 1978 and 1995 in Tokat province are evaluated. Nine of these rainfalls were uniform, 96 of them advanced, 159 of them intermediate, 41 of them delayed and 56 of them were of mixed rainfall patterns that did not comply with the classification. Uniform pattern rainfall duration differentiated from other rainfall patterns and showed a statistically significant difference. The Delayed pattern which has the lowest rainfall amount was in the same group with the Uniform rainfall pattern, statistically, however showed a significant difference from other rainfall patterns. Precipitation intensities increased as Mixed, Delayed, Moderate, Advanced and Uniform rainfall pattern, respectively. The maximum intensity values of 10 and 15 minutes rainfalls were statistically significant between Uniform and Moderate, Uniform and Delayed, Uniform and Mixed, Advanced and Medium, Advanced and Delayed, and Advanced and Mixed pattern rains. Considering the 30-minutes maximum intensity of precipitation, the difference between Uniform and Medium, Uniform and Mixed, Delayed and Mixed patterns were found to be significant. No statistical relationship was found between the rainfall with different rainfall patterns and the runoff and soil losses occurring in the model plot.

Keywords – Erosive Rainfall, Natural Rainfall, Rainfall Pattern, Runoff, Soil Loss, Tokat

1. Giriş

Toprak erozyonu karmaşık bir doğal süreç olup, toprak ve su kaynaklarını tehdit eden küresel bir sorundur (Panagos ve ark., 2017). Su kaynaklı toprak erozyonu, toprak parçacıklarının aşındırıcı kuvvetler olan yağış ve yüzey akış tarafından aşındırma, taşınma ve çökeltme süreçlerini içerir (Nearing ve ark., 2017).

Bir yörenin yağış karakteristikleri, yağışa bağlı oluşacak yüzey akış ve toprak kayıplarına doğrudan etki etmektedir. Örneğin yağış yoğunluğu ile toprak kayıpları arasında doğrudan ilişki varken, yağış miktarı ile toprak kaybı ve yüzey akış arasındaki ilişkinin zayıf olduğu bildirilmiştir (Oğuz, 1997). Yağış yoğunluğu yanısıra yağış süresi, yağış zamanı, yağış deseni gibi birçok yağış özelliği, oluşacak toprak kayıpları üzerinde çeşitli düzeylerde etkiye sahiptir.

An ve ark., (2014), tarafından Çin’de yürütülen çalışmada, beş farklı yapay yağmur fırtına deseninin (Dengeli, Artan, Azalan, Artıp-Azalan, Azalıp-Artan) yüzey akış ve sediment verimine etkileri araştırılmıştır. Çalışma bulgusu olarak toplam yüzey akış miktarı ile yağış desenleri arasında ilişki bulunamamış, ancak en fazla toprak kaybı artan yağış deseni ile ilişkilendirilmiştir.

Wang ve ark., (2016), tarafından Pekin’de yürütülen çalışmada, yağış deseninin erozyon süreçlerine etkileri yapay ve doğal yağış koşullarında araştırılmıştır. Fırtınalar, üniform, ilerlemiş, orta ve gecikmiş olmak üzere dört yağış desenine ayrılmıştır. Sonuçta Pekin’deki baskın fırtına deseninin ilerlemiş desen olduğu (%43) ve bu yağış deseninin çok fazla toprak kaybına neden olduğu belirlenmiştir (yaklaşık % 55-68).

Alivinia ve ark., (2019), tarafından Tahran’da yürütülen araştırmada, aynı kinetik enerjiye sahip dört farklı yağmur deseni (Sabit, Artan, Azalan ve Artan-Azalan) iki ayrı toprak tipinde (kumlu ve kumlu-tın) ve (15 x 30 cm) uzunluklarında erozyon tavaları kullanılarak yapay yağış koşullarında araştırılmıştır. Sonuç olarak iki toprak tipi arasında istatistiksel bir farklılığın olmadığı, ancak yağış desenleri ve toprak kayıpları açısından önemli farklılıkların var olduğu tespit edilmiştir. Kumlu toprakta en fazla Artan-Azalan desende, kumlu-tınlı toprakta ise en fazla Azalan desende yüzey akış gerçekleştiği görülmüştür. Ayrıca toprak kaybı verileri incelendiğinde kumlu ve kumlu-tınlı toprakların her ikisi için de Artan-Azalan desende toprak kaybı en fazla olmuştur.

Oğuz, (2019), tarafından Tokat yöresinde, 1978-1995 yılları arası ölçülmüş yağış, yüzey akış ve toprak kayıpları veri setinden yararlanarak değerlendirildiği çalışmada yağışları zamansal olarak üç gruba ayırmıştır. Gündüz vakti (06:00-18:00), gece (18:00-06:00) ve karma yağış koşullarında ortalama aşındırıcı yağış süresi sırasıyla 223.1 ve 191.6, 450.2 dk olmuştur. En fazla maksimum yağış miktarı, olay yoğunluğu, yağış erozivitesi, 10 dakikalık maksimum yağış yoğunluğu, maksimum 15 dakikalık yağış yoğunluğu ve maksimum 30 dakikalık yağış yoğunluğu değerleri gündüz aşındırıcı yağışlarında meydana gelmiştir. Ancak azami toprak kaybı ve yüzey akış, gece eroziv yağışlarından kaynaklanmıştır. Bu durum, yağış erozivitesinin yüksek olduğu ilkbaharda gündüz ve gece sıcaklık farklarının toprak aşınırılığı üzerindeki kısa vadeli etkisine bağlanmıştır.

Mu ve ark., (2020), Vietnam’ın Hue şehrinde geçici olarak değişen taşkın-su derinliğini ve sel alanını R1 (beşinci saatte en yoğun olan), R2 (yirminci saatte en yoğun olan), R3 (ilk saatte en yoğun olan) ve R4 (on üçüncü saatte en yoğun olan) olacak şekilde 4 adet planlı yağmur deseni ile simüle etmişlerdir. Toplam sürenin ortasında en yoğun yağış ile geçici yağış deseni

olan R4 simülasyonu 1.88 m'lik maksimum su derinliği vermiştir. İlk saatte yoğun olan yağış ile R3 en sığ maksimum su derinliği ve en geniş sel boyutu göstermiştir. R3 için su derinliği 0.1-0.2 m olduğunda, R3'ün neden olduğu su altında kalan alan diğer üç modelin 3-4 katı olmuştur.

Farklı yağış desenlerinin toprak kayıplarına olası etkisi genellikle yapay yağış koşullarında yürütülen çalışmalarla belirlenmeye çalışılmıştır. Doğal erozyon parsellerinde yağış desenlerinin toprak ve su kayıplarına olan etkisi küresel ölçekte sınırlı olarak çalışılmıştır. Doğal erozyon parsellerinin sınırlı sayıda oluşu ve yeterince uzun yılları kapsamaması nedeniyle bu konuda yeterince çalışmalar yapılamamıştır. Tokat yöresinin sahip olduğu baskın yağış deseni ve bu desenin toprak kayıpları ve yüzey akışlar üzerine etkileri daha önce çalışılmamıştır. Bu yönüyle çalışmanın yöre yağışlarının karakteristiklerinin daha iyi bilinmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Tokat Yöresi Yağış, Yüzey Akış ve Toprak Kaybı Verileri

Çalışmada kullanılan yağış, yüzey akış ve toprak kaybı verileri, 1978-1995 yılları arasında Üniwersal Denklem yerel koşullarda deneysel faktör değerlerini elde edebilmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmalara ait tarihsel verilerden elde edilmiştir. Çalışma doğal yağış koşullarda kurulu bulunan standart parsellerde (22 m eğim uzunluğu, 3 m eğim genişliği ve %9 homojen eğim) içeren model parselde yürütülmüştü. Model parsel üç taraftan 20 cm yüksekliğinde galvanize sac levhayla çevrilmiş ve yüzey akış çıkışını sağlamak üzere beton önlük ve bir boru vasıtasıyla süspanse sediment örneklerinin toplandığı bir dizi su depolama tankı sistemine sahipti.

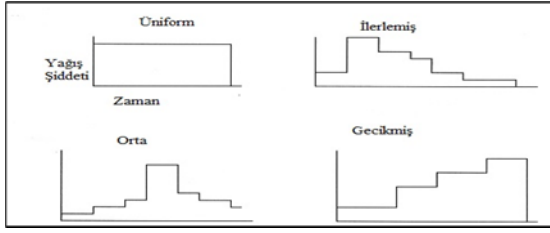
Çalışma yeri toprakları Akış Toprak Serisi, Typic Ustorthent, orta-iyi drenajlıdır (Oğuz, 1997). Tarihsel çalışma kapsamında model parselden bireysel yağışlara bağlı olarak ölçülmüş bireysel yağış, yüzey akış ve toprak kayıpları verileri ele alınmış ve yeniden değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmede, toplam 361 adet bireysel yağışa ait bazı yağış özellikleri ile bireysel yağışlara bağlı olarak oluşan yüzey akış ve toprak kayıp verileri araştırma materyali olarak kullanılmıştır.

2.2. Yağış Desenlerinin Belirlenmesi

Yağmurun yağış şiddetinin zaman içerisinde takip ettiği seyre o yağışın şiddet deseni denir. Desenler üzerinde bölgenin topografik karakteristikleri ve yağış fırtınalarının orografik, konvektif, soğuk veya ılık cephe oluşu, geliş yönü gibi özellikler etkili olur.

Hidrolojide genel kabul görmüş dört adet yağış desenine ait histogramlar Şekil 1'de verilmiştir. Üniwersal yağış deseninde, yağış belli bir şiddette başlayıp o şiddette bitmektedir. İlerlemiş desende, şiddetli başlayan yağış ilerleyen zamanda şiddetini giderek kaybeder. Orta desende yağış düşük şiddette başlar ancak ilerleyen zamanda yağışın şiddeti artar ve sonra tekrar hafifler. Gecikmiş desende ise yağış hafif başlar ve sonra en şiddetli noktaya çıkar ve takip eden sürede aniden durur.

Tokat yöresinde meydana gelmiş bulunan tarihsel 361 adet yağış olayından ait şiddet ve zaman değerleri Şekil 1'de verilen genel desenleri belirleyebilmek amacıyla grafik hale getirilmiştir. Böylelikle her bir müstakil yağışa ait yağış deseni ayrı ayrı belirlenmiştir.



Şekil 1. Çeşitli yağış desenleri
Figure 1. Various rainfall pattern

2.3. Yağış Deseni ile Bazı Yağış Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Her bir yağışa ait bireysel yağış deseni dikkate alınarak, ortalama şiddeti, toplam yağış süresi, olay zamanı (gece, gündüz veya her iki süreyi de kapsayan karışık yağışlar), toprak kaybı ve yüzey akış miktarı belirlenmiştir.

Yağış desenlerine ait özellikler arasındaki istatistiksel ilişkiler Mann-Whitney parametrik olmayan test ile karşılaştırılmıştır (SPSS, 2011).

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırma yeri yağışlarının şiddet-süre-tekerrür analizine göre yağışların 3 adedi 100 yıllık, 2 adedi 50 yıllık, 6 adedi 10 yıllık, 5 adedi 5 yıllık ve 8 adedi iki yıllık düşme ihtimali olan yağışları içerdiği bildirilmiştir (Oğuz,1997).

Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan her bir bireysel yağış (toplam 361 adet), öncelikli olarak yağış süresi-yağış miktarı olacak şekilde grafik olarak gösterilmiştir. Her yağışı oluşturan grafiklerin ayrı ayrı incelenmesi suretiyle her bir müstakil yağış, üniform, ilerlemiş, orta ve gecikmiş desen olarak gruplandırılmıştır. Yağış deseni yukarıda bildirilen gruplamaya uyum göstermeyen yağışlar ise karışık yağış olarak nitelendirilerek ayrı bir yağış deseni grubu oluşturulmuştur. Böylelikle incelemeye konu olan 361 adet yağış toplam 5 gruba ayrılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeye alınan Tokat yöresinde kaydedilmiş 26.10.1978-30.09.1995 yılları arasında meydana gelene erosiv nitelikteki toplam 361 bireysel yağış olayının 9 adedi üniform, 96 adedi ilerlemiş, 159 adedi orta, 41 adedi gecikmiş ve 56 adedi sınıflamaya uyum göstermeyen karışık yağış deseni olarak nitelendirilen yağışlardan oluşmuştur. Yerel olarak baskın yağış desenleri kendine özgü karakter göstermektedir. Nitekim Brezilya Lavras bölgesinde yürütülen bir çalışma bulgusuna göre yöre yağışları sırasıyla ilerlemiş ve gecikmiş yağış desenlerinde dağılım gösterdiği bildirilmiştir (Aquino ve ark., 2013). Araştırma yeri yağışları sırasıyla orta, ilerlemiş, karışık, gecikmiş ve üniform desen yağışlardan oluşmuştur.

Araştırma süresini kapsayan dönemde meydana gelen yağışların yalnızca 9 adedi üniform yağış desenine uygun bulunmuştur. Üniform yağış desenine uygun yağışların bazı tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Üniform yağışların yağış süreleri 20-460 dakika arasında değişim göstermiştir. Ortalama yağış süresi 111.56 dakikadır. Standart sapması 137.7, varyansı 18955.8 ve değişim katsayısı % 123.42 olmuştur. Bireysel yağış miktarı 3.80-20.90 mm arasında değişmiştir. Ortalama yağış miktarı 8.9 mm, standart sapma 5.4, varyans değeri 29.2 ve değişim katsayısı % 60.72 olmuştur. Yağış yoğunluğu (intensite) 1.32-57 mmh⁻¹ arasında değişmiş, ortalama 13.8 mm h⁻¹ olmuştur. Standart sapma 19.09, varyans 364.5 ve değişim katsayısı %138.31 olmuştur. Üniform desendeki bireysel

yağışların enerjileri 1.26-254.4 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ arasında değişmiş, ortalama enerji değeri 46.47 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Standart sapma değeri 80.96, varyansı 6554 ve değişim katsayısı % 174.21 olmuştur. Bireysel müstakil yağışların 10 dakika, 15 dakika ve 30 dakika maksimum intensite değerleri Çizelge 1.'de incelendiğinde IM10 minimum değeri 2.40 mm h⁻¹, maksimum değeri 82.79 mm h⁻¹; IM15 minimum değeri 2.00 mm h⁻¹, maksimum değeri 61.20 mm h⁻¹; IM30 minimum değeri 2.00 mm h⁻¹, maksimum değeri ise 41.80 mm h⁻¹ olarak gerçekleştiği görülmüştür. Ortalama 10 dakikalık maksimum intensite (IM10) 26.92 mm h⁻¹, ortalama 15 dakikalık maksimum intensite (IM15) 20.96 mm h⁻¹ ve ortalama 30 dakikalık maksimum intensite (IM30) 14.38 mm h⁻¹ olmuştur. Standart sapma değerleri 19.7-80.9 ve varyans değerleri 390.3-6554 ve değişim katsayıları ise % 86.60-101.14 arasında değişmiştir. Kısa süreli maksimum intensite süresi arttıkça varyasyonun arttığı görülmüştür. Değişkenlik yüzde varyasyon katsayısına göre üç grupta değerlendirilmiştir. Yüzde varyasyon katsayısı 15'den küçük olanlar düşük derecede değişken, 16 ile 35 arası olanlar orta derecede değişken ve 36'dan büyük olanlar yüksek derecede değişken olarak sınıflandırılmıştır (Upchurch ve ark., 1988; Wilding ve ark., 1994; Mulla and Mc Bratney, 2000). Bu sınıflamaya göre uniform yağışların ele alınan yağış özelliklerinin tamamı yüksek değişkenlik göstermiştir.

Üniform yağış deseninde meydana gelen 9 bireysel olaydan yalnızca 1 adedi yüzey akış ve toprak kaybına yol açtığı için yüzey akış ve toprak kayıp değerlerinin tanımlayıcı istatistik değerleri belirlenememiştir.

Çalışma yerine ait 96 adet yağış, ilerlemiş yağış deseniyle uyumlu olmuştur. İlerlemiş desene ait bazı tanımsal istatistik verileri Çizelge 2'de verilmiştir. İlerlemiş desen yağışların yağış süreleri 18 ile 2172 dakika arasında değişim göstermiştir. Ortalama yağış süreleri 342 dakikadır. Standart sapması 348.2, varyansı 121253 ve değişim katsayısı % 98.1 olmuştur. Bireysel yağış miktarı 0.55-44.3 mm, ortalama yağış miktarı 12.22 mm olmuştur. Standart sapma 8.88, varyansı 78.7 ve değişim katsayısı % 137.7 olmuştur. Yağış yoğunluğu (intensite) 0.15-60.51 mm h⁻¹, ortalama değeri 4.7 mm h⁻¹, standart sapması 8.9, varyansı 79.8 ve değişim katsayısı % 52.65 olmuştur. İlerlemiş desene ait yağış enerjilerine bakıldığında 0.49-768.36 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ arasında değişim göstermiş, ortalama değeri 38.49 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ olmuştur. Standart sapması 102.17, varyansı 10438.4 ve değişim katsayısı % 37.68 olmuştur. Bireysel müstakil yağışların 10 dakika, 15 dakika ve 30 dakika maksimum intensite değerleri Çizelge 2.'de incelendiğinde IM10 minimum değeri 1.20 mm h⁻¹, maksimum değeri 199.80 mm h⁻¹; IM15 minimum değeri 1.20 mm h⁻¹, maksimum değeri 134.00 mm h⁻¹; IM30 minimum değeri 1.00 mm h⁻¹, maksimum değeri ise 68.00 mm h⁻¹ olarak gerçekleştiği görülmüştür. Ortalama 10 dakikalık maksimum intensite (IM10) 199.80 mm h⁻¹, ortalama 15 dakikalık maksimum intensite (IM15) 134.00 mm h⁻¹ ve ortalama 30 dakikalık maksimum intensite (IM30) 68.00 mm h⁻¹ olmuştur. Standart sapma değerleri 11.17-27.19 ve varyans değerleri 124.83-739.67 ve değişim katsayıları ise %69.34-86.31 arasında değişmiştir. İlerlemiş desen yağışların yağış özelliklerinin tamamı yüksek değişkenlik göstermiştir.

Yağış verilerinin 159 adedi orta desene uygun dağılım göstermiştir. Orta desene ait bazı yağış istatistik verileri Çizelge 3'te verilmiştir. Bu veriler dikkate alındığında orta desen yağışların yağış süreleri 20 ile 1990 dakika arasında değişim göstermiştir. Ortalama yağış süreleri 389 dk, standart sapması 328.14, varyansı 107676 ve değişim katsayısı % 118.676 olmuştur. Bireysel yağış miktarı 2.5-38.57 mm, ortalama yağış miktarı 11.86 mm olmuştur. Standart sapma 7.20, varyansı 51.96 ve değişim katsayısı % 164.533 olmuştur. Yağış yoğunluğu 0.49-59.01 mm h⁻¹, ortalama değeri 3.47 mm h⁻¹, standart sapması 5.81, varyansı 33.75 ve değişim

katsayısı % 59.8 olmuştur. Orta desene ait yağış enerjileri 0.51-448.55 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ arasında değişim göstermiş, ortalama değeri 21.05 olmuştur. Standart sapması 48.60, varyansı 2362.55 ve değişim katsayısı % 43.30 olmuştur. Bireysel müstakil yağışların IM10 minimum değeri 0.42 mm h⁻¹, maksimum değeri 99.00 mm h⁻¹; IM15 minimum değeri 1.20 mm h⁻¹, maksimum değeri 71.20 mm h⁻¹; IM30 minimum değeri 1.20 mm h⁻¹, maksimum değeri ise 78.80 mm h⁻¹ olarak gerçekleştiği görülmüştür. Ortalama 10 dakikalık maksimum intensite (IM10) 12.10 mm h⁻¹, ortalama 15 dakikalık maksimum intensite (IM15) 9.91 mm h⁻¹ ve ortalama 30 dakikalık maksimum intensite (IM30) 7.12 mm h⁻¹ olmuştur. Standart sapma değerleri 8.35-14.86, varyans değerleri 69.832-220.96 ve değişim katsayıları ise % 81.34-91.69 arasında değişmiştir. Orta yağışların ele alınan yağış özelliklerinin tamamı yüksek değişkenlik göstermiştir.

Çizelge 1. Üniform desen yağışları tanımlayıcı istatistik değerleri

Table 1. Descriptive statistics for uniform rainfall pattern

Yağış	n	Min	Max	Ortalama	Standart Sapma	Varyans	Değişim Katsayısı (%)
Süre (dk)	9	20.00	460.00	111.56	137.6799	18955.78	123.42
Miktar (mm)	9	3.80	20.90	8.90	5.40370	29.200	60.72
İntensite (mm h ⁻¹)	9	1.32	57.00	13.80	19.09167	364.492	138.31
Enerji (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	9	1.26	254.40	46.47	80.96117	6554.712	174.21
IM10 (mm h ⁻¹)	9	2.40	82.79	26.92	27.22802	741.365	101.14
IM15 (mm h ⁻¹)	9	2.00	61.20	20.96	19.75662	390.324	94.25
IM30 (mm h ⁻¹)	9	2.00	41.80	14.38	12.45168	155.044	86.60

Çizelge 2. İlerlemiş desen yağışları tanımlayıcı istatistik değerleri

Table 2. Descriptive statistics for advanced rainfall pattern

Yağış	n	Min	Max	Ortalama	Standart Sapma	Varyans	Değişim Katsayısı (%)
Süre (dk)	96	18	2172	342	348.214	121253	98.07486
Miktar (mm)	96	0.55	44.3	12.2161	8.87212	78.714	137.6909
İntensite (mm h ⁻¹)	96	0.15	60.51	4.7	8.9283	79.715	52.6416
Enerji (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	96	0.49	768.36	38.4896	102.1685	10438.41	37.67265
IM10 (mm h ⁻¹)	96	1.2	199.8	18.8603	27.19677	739.664	69.34757
IM15 (mm h ⁻¹)	96	1.2	134	14.7272	19.02492	361.947	77.41005
IM30 (mm h ⁻¹)	96	1	68	9.6438	11.17286	124.833	86.31452
Yüzey Akış (mm)	29	0.3	15.35	2.6915	3.88898	15.124	69.20838
Toprak Kaybı (ton ha ⁻¹)	24	0	27.51	3.572	6.20962	38.559	57.52365

Çizelge 3. Orta desen yağışları tanımlayıcı istatistik değerleri
 Table 3. Descriptive statistics for intermediate rainfall pattern

Yağış	n	Min	Max	Ortalama	Standart Sapma	Varyans	Değişim Katsayısı (%)
Süre (dk)	159	20	1990	389	328.1407	107676.3	118.677
Miktar (mm)	159	2.5	38.7	11.8597	7.2081	51.957	164.533
İntensite (mm h ⁻¹)	159	0.49	59.1	3.4752	5.80982	33.754	59.81597
Enerji (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	159	0.51	448.55	21.0502	48.60612	2362.555	43.30772
IM10 (mm h ⁻¹)	159	0.42	99	12.0918	14.86471	220.96	81.34568
IM15 (mm h ⁻¹)	159	1.2	71.2	9.9182	10.8167	117.001	91.6934
IM30 (mm h ⁻¹)	159	1.2	78.8	7.1214	8.35656	69.832	85.21928
Yüzey Akış (mm)	36	0.1	15.92	1.9249	3.92365	15.395	49.05891
Toprak Kaybı (ton ha ⁻¹)	20	0	19.32	1.7912	4.58487	21.021	39.06763

Değerlendirmeye alınan yağış verilerinin 41 adedinin gecikmiş desen karakterinde olduğu tespit edilmiştir. Gecikmiş desene ait bazı yağış istatistik verileri Çizelge 4'te verilmiştir. Gecikmiş desen yağışların yağış süreleri 18 ile 730 dakika arasında değişim göstermiştir. Ortalama yağış süreleri 254 dakikadır. Standart sapması 183.5, varyansı 33677.16 ve değişim katsayısı 138.25 olmuştur. Bireysel yağış miktarı 0.2-15.4 mm, ortalama yağış miktarı 7.54 mm olmuştur. Standart sapma 2.90, varyansı 8.44 ve değişim katsayısı % 259.76 olmuştur. Yağış yoğunluğu (intensite) 0.07-20.67 mmh⁻¹, ortalama değeri 3.46 mmh⁻¹, standart sapması 12.69, varyansı 16.59 ve değişim katsayısı % 85.02 olmuştur. Gecikmiş desene ait yağış enerjilerine bakıldığında 0.53-64.04 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ arasında değişim göstermiş, ortalama değeri 10.51 olmuştur. Standart sapması 12.69, varyansı 161.234 ve değişim katsayısı % 82.84 olmuştur. Bireysel müstakil yağışların IM10 minimum değeri 1.20 mm h⁻¹, maksimum değeri 33.60 mm h⁻¹; IM15 minimum değeri 0.30 mm h⁻¹, maksimum değeri 22.40 mm h⁻¹; IM30 minimum değeri 1.40 mm h⁻¹, maksimum değeri ise 18.60 mm h⁻¹ olarak gerçekleştiği görülmüştür. Ortalama 10 dakikalık maksimum intensite (IM10) 9.52 mm h⁻¹, ortalama 15 dakikalık maksimum intensite (IM15) 7.38 mm h⁻¹ ve ortalama 30 dakikalık maksimum intensite (IM30) 6.01 mm h⁻¹ olmuştur. Standart sapma değerleri 3.77-7.50 ve varyans değerleri 14.25-56.26 ve değişim katsayıları ise % 126.99-159.30 arasında değişmiş, ele alınan yağış özelliklerinin tamamı yüksek değişkenlik göstermiştir.

Çalışmada kullanılan bir diğer desen ise karışık desen olmuştur. Verilerin 56 adedinin karışık desen olduğu belirlenmiştir. Karışık desene ait bazı yağış istatistik verileri Çizelge 5'te verilmiştir. Bu veriler dikkate alındığında Karışık yağışların yağış süreleri 90 ile 1625 dk arasında değişim göstermiştir. Ortalama yağış süreleri 386 dakikadır. Standart sapması 284.34, varyansı 80853.55 olmuştur ve değişim katsayısı 135.65 olmuştur. Bireysel yağış miktarı 2.17-36.3 mm, ortalama yağış miktarı 10.95 mm olmuştur. Standart sapma 6.01, varyansı 36.17 ve değişim katsayısı % 182.10 olmuştur. Yağış yoğunluğu 0.11-8.67 mm h⁻¹, ortalama değeri 2.86 mm h⁻¹, standart sapması 1.62, varyansı 2.62 ve değişim katsayısı % 176.78 olmuştur. Karışık desene ait yağış enerjilerine bakıldığında 0.9-49.12 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ arasında değişim göstermiş, ortalama değeri 9.87 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ olmuştur. Standart sapması 9.85, varyansı 97.112 ve değişim katsayısı %100.242 olmuştur. IM10 minimum değeri 1.20

mm h⁻¹, maksimum değeri 19.09 mm h⁻¹; IM15 minimum değeri 1.20 mm h⁻¹, maksimum değeri 14.95 mm h⁻¹; IM30 minimum değeri 1.00 mm h⁻¹, maksimum değeri ise 10.40 mm h⁻¹ olmuştur. Ortalama 10 dakikalık maksimum intensite (IM10) 7.10 mm h⁻¹, ortalama 15 dakikalık maksimum intensite (IM15) 6.19 mm h⁻¹ ve ortalama 30 dakikalık maksimum intensite (IM30) 4.79 mm h⁻¹ olmuştur. Standart sapma değerleri 2.38-4.45 ve varyans değerleri 5.69-19,86 ve değişim katsayıları ise %159.49-200.87 arasında değişmiştir. Karışık yağışların ele alınan yağış özelliklerinin tamamı yüksek değişkenlik göstermiştir.

Üniform, ilerlemiş, orta, gecikmiş ve karışık yağışların ele alınan yağış özelliklerinin tamamı yüksek değişkenlik göstermiştir.

Çizelge 4. Gecikmiş desen yağışları tanımlayıcı istatistik değerleri

Table 4. Descriptive statistics for delayed rainfall pattern

Yağış	n	Min	Max	Ortalama	Standart Sapma	Varyans	Değişim Katsayısı (%)
Süre (dk)	41	18	730	254	183.5134	33677.160	138.25
Miktar (mm)	41	0.2	15.4	7.5488	2.90604	8.445	259.7624
İntensite (mm h ⁻¹)	41	0.07	20.67	3.4649	4.07386	16.596	85.05201
Enerji (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	41	0.53	64.04	10.5191	12.6978	161.234	82.84191
IM10 (mm h ⁻¹)	41	1.2	33.6	9.5256	7.50066	56.26	126.9968
IM15 (mm h ⁻¹)	41	0.3	22.4	7.3824	4.94833	24.486	149.1897
IM30 (mm h ⁻¹)	41	1.4	18.6	6.0146	3.77548	14.254	159.3069
Yüzey Akış (mm)	7	0.03	2.6	0.5486	0.9237	0.853	59.39158
Toprak Kaybı (ton ha ⁻¹)	6	0	0.6	0.1542	0.22629	0.051	68.14265

Araştırma kapsamında belirlenmiş yağış desenleri ile çeşitli yağış özellikleri (yağış süresi, yağış miktarı, şiddeti, toplam yağış enerjisi, 10, 15 ve 30 dakikalık maksimum yağış intensitesi) ve bireysel yağışa bağlı olarak oluşan yüzey akış ve toprak kayıpları arasındaki istatistikler ilişkiler Mann-Whitney parametrik olmayan test ile araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6'da verilmiştir.

Araştırma süresince, yağış süresi azdan çoğa doğru olacak şekilde sırasıyla üniform, gecikmiş, ilerlemiş, karışık ve orta desende gerçekleşmiştir. İlerlemiş ve orta desen ile ilerlemiş gecikmiş desen gösteren yağışların yağış süreleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmayıp aynı grupta yer almışlardır. Üniform desen yağış süresi diğer yağış desenlerinden ayrılarak istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir. Orta ve karışık desen yağış süreleri arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. Aynı şekilde yağış süresi bakımından ilerlemiş ve orta yağış desenleri aynı grupta yer alarak önemli farklılık göstermemiştir. Yağış süreleri dikkate alındığında üniform desen yağışları daha kısa yağış süresine sahip yağışlar olmuşlar ve diğer yağış desenlerinden yağış süresi olarak anlamlı farklılık oluşturmuştur.

Çizelge 5. Karışık desen yağışları tanımlayıcı istatistik değerleri
Table 5. Descriptive statistics for mixed rainfall pattern

Yağış	N	Min	Max	Ortalama	Standart Sapma	Varyans	Değişim Katsayısı (%)
Süre (dk)	56	90	1625	385.73	284.3476	80853.55	135.6551
Miktar (mm)	56	2.17	36.3	10.953	6.01481	36.178	182.1005
İntensite (mm h ⁻¹)	56	0.11	8.67	2.866	1.62122	2.628	176.7804
Enerji (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	56	0.9	49.12	9.8784	9.85455	97.112	100.242
IM10 (mm h ⁻¹)	56	1.2	19.09	7.1095	4.45742	19.869	159.4981
IM15 (mm h ⁻¹)	56	1.2	14.95	6.1963	3.44726	11.884	179.7457
IM30 (mm h ⁻¹)	56	1	10.4	4.7929	2.38601	5.693	200.8751
Yüzey Akış (mm)	9	0.08	2.53	1.0642	1.01262	1.025	105.0937
Toprak Kaybı (ton ha ⁻¹)	6	0.02	0.47	0.2917	0.17337	0.3	168.2529

Erosiv nitelikte olan Tokat ili yağışlarının sahip oldukları yağış deseni ile yağış miktarları arasındaki istatistiksel ilişki araştırılmıştır (Çizelge 6). Gecikmiş desen yağışlarına ait ortalama yağış miktarı 7.55 mm değeri ile en düşük bireysel yağış miktarını oluşturan yağış deseni olmuştur. Sırasıyla artacak şekilde üniform, orta ve ilerlemiş desen olarak dağılım göstermiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılan sınıflandırmaya göre yağışlar miktarlarına göre Hafif Yağış (1-5 mm), Orta Kuvvette Yağış (6-20 mm), Kuvvetli Yağış (21-50 mm), Çok Kuvvetli Yağış (51-75 mm), Şiddetli Yağış (76-100 mm) ve Aşırı Yağış (100 mm üzeri) olarak sınıflandırmaktadır (www.mgm.gov.tr., Erişim tarihi: 21 Şubat 2021). Çalışmada incelenen İlerlemiş, Orta, Gecikmiş ve Karışık yağış desenleri, yağış miktarları dikkate alındığında hafif yağış, karışık, orta ve ilerlemiş yağış desenleri ise orta kuvvette yağış karakteri taşımaktadır.

Üniform, ilerlemiş, orta ve karışık desen yağışların miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir. En düşük yağış miktarına sahip gecikmiş desen yağışları, üniform desen yağış miktarı ile aynı grupta yer almakla birlikte diğer yağış desenlerinden anlamlı farklılık göstermiştir. Yağış intensiteleri sırasıyla, karışık, gecikmiş, orta, ilerlemiş ve üniform desen olarak belirlenmiştir (Çizelge 6.). Karışık desen karakter gösteren yağışların şiddeti 2.29 mm h⁻¹ ile en az, üniform desen yağışların şiddeti ise 13.80 mm h⁻¹ intensite ile en fazla olmuştur. Yağış yoğunluğu hafif (> 6.2 mm h⁻¹), orta (6.2-12.5 mm h⁻¹), şiddetli (12.5-50 mm h⁻¹) ve çok şiddetli (>50 mm h⁻¹) olarak sınıflandırılmaktadır (Sönmez, 1994). Bu sınıflamaya göre Üniform yağış şiddetli, diğer yağış desenlerinin tamamı hafif şiddetli yağışlar olup toprak kayıpları oluşturma riski düşüktür. İstatistiksel olarak üniform ve karışık desen yağışlara ait şiddet değerleri arasındaki fark önemli olmuştur. İlerlemiş, orta ve gecikmiş yağış desenleri arasında şiddet değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp bu yağış desenleri aynı grup içerisinde yer almıştır. Ayrıca orta, gecikmiş ve karışık yağış desenlerine ait şiddet değerleri aynı grupta yer almıştır. Orta, gecikmiş ve karışık desenlerin şiddet değerleri arasındaki fark önemli olmamıştır.

Çizelge 6. Farklı yağış desenlerinin bazı yağış özellikleri ile yüzey akış ve toprak kayıplarına etkisi
Table 6. The effects of different rainfall patterns on some rainfall characteristics, runoff and soil loss

	Süre (dk)	Yağış Miktarı (mm)	İntensite (mm h ⁻¹)	Toplam Enerji (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	IM10 (mm h ⁻¹)	IM15 (mm h ⁻¹)	IM30 (mm h ⁻¹)	Yüzey Akış (mm)	Toprak Kaybı (ton ha ⁻¹)
Üniform	111.56 ^c	8.90 ^{ac}	13.80 ^a	46.474 ^{ab}	26.92 ^a	20.96 ^a	14.38 ^a	-	-
İlerlemiş	321.51 ^{ad}	12.22 ^a	4.70 ^b	38.490 ^a	18.86 ^{ac}	14.73 ^a	9.64 ^{ac}	2.69 ^a	3.57 ^a
Orta	389.43 ^{bd}	11.86 ^a	3.48 ^{bc}	21.050 ^{ac}	12.09 ^b	9.92 ^b	7.12 ^{bc}	1.92 ^a	1.79 ^a
Gecikmiş	253.71 ^a	7.55 ^{bc}	3.46 ^{bc}	10.519 ^{bc}	9.53 ^{bc}	7.38 ^b	6.01 ^{bc}	0.57 ^a	0.09 ^a
Karışık	385.73 ^b	10.95 ^a	2.29 ^c	9.88 ^{bc}	7.11 ^b	6.20 ^b	4.79 ^b	1.06 ^a	0.29 ^a

Yağış desenlerinin toplam enerjileri Çizelge 6'da karşılaştırılmıştır. Yağış desenleri içinde üniform yağış desenleri en yüksek toplam enerjiye sahip olmuştur. Üniform yağış deseni yağışların toplam miktarı az olmakla birlikte en yüksek yağış yoğunluğuna sahip olması bu yağış deseni yağışların daha yüksek toplam enerji değeri göstermesine neden olmuştur. Üniform yağış deseni aynı zamanda en yüksek maksimum yağış şiddet değerlerine sahiptir. Bu sonuç, yağışların toplam miktarıyla enerjisi arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığını göstermiştir. Ele alınan yağışlardan en yüksek toplam enerji değeri 46.474 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ile üniform yağış deseni, en düşük toplam enerji değeri ise 9.88 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ile karışık yağış deseni olduğu görülmüştür. Üniform ve karışık yağış desenlerine ait toplam enerji miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir. Üniform, ilerlemiş ve orta yağış desenleri aynı grupta yer almıştır. Çalışma yöresi yağışlarının toplam enerji değerleri tüm yağış desenlerinde oldukça düşük olmuştur. Yağışların toplam enerjileri arasındaki farklılıklar ilerlemiş ve gecikmiş ile İlerlemiş Karışık yağış desenleri hariç önemli farklılıklar göstermemiştir. Yöre yağışlarının aşındırıcı gücünün oldukça düşüktür.

10 dakikalık maksimum yağış intensitesi (IM10), bir yağışın en yoğun olduğu 10 dakikalık süre içerisindeki miktarıdır. Araştırma sonucunda elde edilen veriler (Çizelge 6) incelendiğinde en yüksek 10 dakikalık maksimum intensite değeri 26.92 mm h⁻¹ ile Üniform desen, en düşük değer ise 7.11 mm h⁻¹ ile Karışık desen yağışlarda meydana gelmiştir. Her iki yağış desen grubu arasındaki fark önemli bulunmuştur. Üniform ve ilerlemiş desen yağışları ile, orta, gecikmiş ve karışık yağış desenleri IM10 değerleri bakımından aynı grupta yer almıştır. Orta, gecikmiş ve karışık yağış desenlerinin IM10 değerleri arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. Üniform ile orta, üniform ile gecikmiş, üniform ile karışık, ilerlemiş ile orta, ilerlemiş ile gecikmiş ve ilerlemiş ile karışık desen yağışlarının IM10 değerleri arasındaki farklılık önemli bulunmuştur.

15 dakikalık maksimum yağış intensitesi (IM15), bir yağışın en yoğun olduğu 15 dakikalık süre içerisindeki miktarıdır. Elde edilen veriler (Çizelge 6) incelendiğinde en yüksek değerin 20.96 mm h⁻¹ ile üniform, en düşük değerin 6.20 mm h⁻¹ ile karışık desen yağışları grubunda olduğu görülmüştür. Üniform ve ilerlemiş desenler ile orta, gecikmiş ve karışık yağış desenleri arasında IM15 değerleri dikkate alındığında önemli bir fark olmamış ve aynı grupta yer almışlardır. Üniform ve orta desen, üniform ve gecikmiş desen, üniform ve karışık desen, ilerlemiş ve orta desen, ilerlemiş ve gecikmiş desen, ilerlemiş ve karışık desen yağışları aralarındaki farklılıkların önemli olduğu görülmüştür.

30 dakikalık maksimum yağış intensitesi (IM30), bir yağışın en yoğun olduğu 30 dakikalık süre içerisindeki miktarıdır. Elde edilen verilere (Çizelge 4) göre, en yüksek değerin 14.38 mm h^{-1} ile üniform desende, en düşük değerin ise 4.79 mm h^{-1} ile karışık yağış deseninde olduğu görülmüştür. Üniform desen ile ilerlemiş desen arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olmamıştır. Ancak üniform ile orta, gecikmiş ve karışık desen arasındaki farklılık önemlidir. Orta, gecikmiş ve karışık yağış desenleri arasında da önemli fark olmamıştır. Ayrıca ilerlemiş, orta ve gecikmiş desenler arasında da önemli fark görülmemiştir. Üniform ve karışık desenler arasındaki fark önemli olmuştur.

Wang ve ark. (2016) Çin-Pekin koşullarında yaptıkları çalışmada farklı yağış desenleri ile yağışın bazı özelliklerini karşılaştırmışlardır. Yağış desenleri ile yağış sürelerinin karşılaştırdıkları çalışma bulgularına göre, en uzun süreli yağışlar ortalama 677.3 dk. ile üniform desen yağışlarda belirlemiştir. Gecikmiş desen 539.2 dk. , orta yağış deseninde 461.2 dk. ve ilerlemiş yağış deseninde 279.6 dk. Pekin yağışlarının ortalama yağış sürelerine sahip olduğunu belirlemiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada ise Tokat yöresi üniform yağış deseni en düşük yağış sürelerine sahip yağışlar olmuştur. Pekin koşullarında yürütülen çalışmaya ait yağış desenleri ve yağış süreleri arasındaki ilişki Tokat yöresi yağış desen ve süreleri arasındaki ilişkilerle benzerlik göstermemiştir. Yağış miktarları bakımından her iki çalışma karşılaştırıldığında Pekin’de yürütülen çalışmada, ortalama yağış miktarı sırasıyla en fazla üniform desen yağışlarda (29.8 mm), ilerlemiş desen (23.9 mm), orta desen (20.3 mm) ve gecikmiş desen (19.4 mm) olduğu rapor edilmiştir. Tokat yöresi yağışlarının yağış desenlerine göre değerlendirildiği bu çalışmada ise en fazla yağış miktarı, ilerlemiş yağış desenine sahip yağışlarda belirlenmiştir. Pekin’de yürütülen çalışmada en fazla ortalama yağış miktarı üniform yağış deseninde meydana geldiği bildirilmiş olmakla Tokat ili yağışlarından farklılık göstermesine rağmen, diğer yağış partneleri ile ortalama yağış miktarları dağılım sıralaması her iki çalışmada da benzerlik göstermiştir. Her iki çalışmanın yağış yoğunlukları karşılaştırıldığında Pekin’de yağış şiddet değerleri Tokat yöresinden çok daha fazla olduğu ve erozyon oluşturma potansiyelinin daha fazla olduğu görülmüştür. Pekin’de yürütülen çalışmada, çoktan aza doğru ortalama yağış şiddeti, ilerlemiş desen yağışlarda 30 mm h^{-1} , orta desende 17.1 mm h^{-1} , gecikmiş desende 17 mm h^{-1} ve üniform yağış desende 84.7 mm h^{-1} olduğu rapor edilmiştir. Tokat yöresi ortalama yağış şiddetleri en fazla üniform yağış deseninde olmuş, sırasıyla ilerlemiş, orta ve gecikmiş desen yağışları olmuştur. Yağış yoğunlukları ile yağış desenleri üniform yağış deseni hariç tutulacak olursa sıralama olarak benzerlikler göstermiştir. Pekin’de yürütülen çalışmada farklı yağış desenlerinin yağış enerjileri değerlendirilmiş ve çoktan aza doğru olacak şekilde yağış enerjisi ilerlemiş desen ($236.7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$), gecikmiş desen ($105.1 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$), orta desen ($91.3 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) ve üniform desen ($84.7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) olarak rapor edilmiştir. Tokat ili yağışları üniform yağış deseninde en yüksek yağış enerjisi değeri göstermiştir. Üniform yağışlar frekansı oransal olarak oldukça düşük olduğu için erosivite bakımından önemli sorun oluşturmayacağı değerlendirilmiştir. Diğer yağış desenleri ilerlemiş yağış deseni için sıralama bakımından uyumlu olmuş, Pekin yağışlarında ortalama enerji bakımından önemli olan gecikmiş yağışlar ise Tokat ili için düşük enerji değeri göstermiştir.

Yağış desenlerinin yüzey akış ve toprak kayıpları ile ilişkileri istatistiksel olarak araştırılmış ve Çizelge 6’da verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre yağış desenleri ile model parselde meydana gelen yüzey akış ve toprak kayıplarıyla ilişki olmadığı belirlenmiştir. Yöresel yağışlara bağlı olarak model parselde meydana gelen yüzey akış miktarı $0.57-2.69 \text{ mm}$ arasında değişmiştir. Parselde meydana gelen yüzey akış kayıpları oldukça düşük olmuş ve farklı yağış desenlerinde anlamlı bir fark oluşturmamıştır. Yağışların erosiv potansiyelinin düşüklüğü ve model parselin infiltrasyon özelliğinin düşük

potansiyeldeki bu yağışları yeterince tolere etmesi bu sonucu oluşturmuştur. Benzer şekilde model parselde meydana gelen toprak kayıpları miktarı oldukça düşük olmuş ve 0.09 – 3.57 ton ha⁻¹ arasında değişmiştir. Tüm yağış desenlerinin oluşturduğu toprak kayıpları değeri tolere edilebilir toprak kayıpları içerisinde yer almakta olup, model parselin sürdürülebilirlik bakımından toprak kayıpları izin verilebilir sınırlar içerisinde yer almaktadır.

Yağış desenleri dikkate alındığında meydana gelen toprak kayıpları 3.57 ton ha⁻¹ ile ilerlemiş yağış deseninde meydana gelmiştir. Birçok farklı yerde yapılan çalışmalarda ilerlemiş yağış deseni yağışlarının daha fazla toprak kayıplarına yol açtığı rapor edilmiştir. Aquino ve ark. (2013), Haplic Cambisol ve Red Latosol topraklarda yapmış oldukları çalışmalarda Brezilya Minas Gerais eyaletinde yaptığı çalışmada ilerlemiş desen yağışlarının daha fazla toprak kaybına yol açtığını bildirmişlerdir. Wang ve ark. (2016), Pekin'de yaptıkları çalışmada toprak kayıplarının % 55-68' den ilerlemiş desen yağışlarının etkili olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Vieira ve ark., (2017), tarafından yürütülen çalışmada yöre yağışlarının çoğunluğunun ilerlemiş desende olduğu ve toprak kayıpları üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Farklı yağış desenlerine sahip yağışlardan 361 adedi meydana geliş zamanları dikkate alınarak ayrıca değerlendirilmiştir. Bu amaçla 24 saatlik süreçte 06:00-18:00 saatleri arasında meydana gelen yağışlar gündüz, 18:00-06:00 saatleri arasında meydana gelen yağışlar gece ve her iki süreyi kapsayacak şekilde gerçekleşen yağışlar ise karışık yağışlar olarak gruplandırılmıştır. Farklı yağış desenlerine ait gece, gündüz ve karışık olay zamanında meydana gelmiş yağışlar Çizelge 7'de verilmiştir.

Üniform yağış desenine sahip yağışların 6 adedi gündüz 3 adedi ise gece meydana gelmiştir. Her iki süreyi içerecek ve karışık olarak nitelendiren yağış olayı meydana gelmemiştir. Bu yağış deseninde gece yağışları ortalama 76.5 dakika ve gündüz yağışları 181.67 dakika süreli olmuştur. Üniform yağış deseninde gündüz yağışları daha uzun süreli yağışlar olmuştur. Gece yağışları ortalama 8.55 mm ve gündüz yağışları 9.6 mm yağış miktarına sahip olmuştur. Ortalama yağış şiddeti gündüz yağışlarında 13.66 ve gece yağışlarında 14.08 mm h⁻¹ olmuştur. Gece yağışlarının yağış yoğunluğu gündüz yağışlarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ortalama toplam enerji değeri gece yağışlarında 55.96 ve gündüz yağışlarında 27.5 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ olmuştur. Üniform desen gece yağışları daha fazla erosivite göstermiştir. Ortalama IM10, 15 ve 30 değerleri gece yağışlarında sırasıyla 27.65, 21.71, 15.93 ve gündüz yağışlarında 25.46, 19.44, 11.26 mm h⁻¹ olmuştur.

İlerlemiş yağış desenine sahip 96 adet yağışın 19 adedi gece, 18 adedi gündüz ve 59 adedi ise karışık süreli olarak meydana gelmiştir. İlerlemiş yağış deseninde gece, gündüz ve karışık süreli yağışların ortalama yağış süreleri sırasıyla 151.52 dk., 176.72 dk. ve 452.96 dk. olarak gerçekleşmiştir. İlerlemiş yağış desenine sahip yağışların en uzun süreli yağışa sahip olanının karışık yağış olduğu görülmüştür. Gece yağışları ortalama miktarı 9.6 mm, gündüz yağışları ortalama miktarı 11.13 mm ve karışık yağışların ortalama miktarı 13.38 mm olmuştur. Yağış miktarı karışık süreli yağışlarda daha fazla olmuştur. Ortalama yağış şiddetleri incelendiğinde gece, gündüz ve karışık yağışların şiddetleri sırasıyla 4.46 mmh⁻¹, 11.69 mmh⁻¹ ve 2.64 mmh⁻¹ olarak gerçekleştiği görülmüştür. Gündüz yağışları daha yüksek yağış şiddetine sahip olmuştur. Gece yağışlarının ortalama toplam enerjisi 42.8 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, gündüz yağışlarının ortalama toplam enerjisi 70.07 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ve karışık yağışların ortalama toplam enerjisi 27.45 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ olmuştur. Bu değerler ilerlemiş yağış deseninde gündüz yağışlarının daha fazla erosiv özellikte olduğunu göstermiştir. Gece yağışlarında ortalama IM10 değeri 24.25 mmh⁻¹, IM15 değeri 18.64 mmh⁻¹ ve IM30 değeri 12.22 mmh⁻¹ olmuştur. Gündüz yağışlarında ortalama IM10 değeri 30.63 mmh⁻¹, IM15

değeri 23.10 mmh^{-1} ve IM30 değeri 13.64 mmh^{-1} olmuştur. Karışık yağışlarda ortalama IM10 değeri 13.52 mmh^{-1} , IM15 değeri 10.90 mmh^{-1} ve IM30 değeri 7.59 mmh^{-1} olmuştur. İlerlemiş yağış deseni gece, gündüz ve karışık yağışlarının model parselde oluşturduğu toplam toprak kayıp değerleri sırasıyla $39.27 \text{ ton ha}^{-1}$, $34.57 \text{ ton ha}^{-1}$ ve $11.88 \text{ ton ha}^{-1}$ olmuştur. İlerlemiş yağış deseninde toplam toprak kayıpları gece meydana gelen ilerlemiş desen yağışlarından kaynaklanmıştır. Toplam yüzey akışı gece yağışlarında 19.83 mm , gündüz yağışlarında 24.1 mm ve karışık yağışlarda 34.12 mm olarak gerçekleşmiş, toplam yüzey akış karışık yağışlarda daha fazla olmuştur.

Orta yağış desenine sahip 157 adet yağışın 27 adedi gece, 33 adedi gündüz ve 97 adedi karışık süreli olarak meydana gelmiştir. Orta yağış deseninde gece, gündüz ve karışık yağışların ortalama yağış süreleri sırasıyla 237.55 dk. , 253.51 dk. ve 480.74 dk. olmuştur. Gece yağışlarının ortalama miktarı 9.21 mm , gündüz yağışlarının 10.66 mm ve karışık yağışların 13.02 mm olmuştur. Ortalama yağış şiddetleri gece, gündüz ve karışık yağışlarda sırasıyla 3.08 mmh^{-1} , 5.74 mmh^{-1} ve 2.76 mmh^{-1} olmuştur. Gündüz yağışlarının yoğunluğunun diğer yağışlara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ortalama toplam enerji değerleri gece, gündüz ve karışık yağışlarda sırasıyla $13.57 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, $31.94 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ve $19.19 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ olmuştur. Orta desen gündüz yağışları diğer yağışlara göre daha fazla erosivite göstermiştir. Gece yağışları ortalama IM10 değeri 10.70 mmh^{-1} , IM15 değeri 9.53 mmh^{-1} ve IM30 değeri 6.71 mmh^{-1} olmuştur. Gündüz yağışları ortalama IM10 değeri 15.54 mmh^{-1} , IM15 değeri 12.17 mmh^{-1} ve IM30 değeri 9.26 mmh^{-1} olmuştur. Karışık yağışlarda ortalama IM10 değeri 11.23 mmh^{-1} , IM15 değeri 9.21 mmh^{-1} ve IM30 değeri 6.46 mmh^{-1} olmuştur. Orta yağış deseni gece, gündüz ve karışık yağışlarının toplam toprak kayıp değerleri sırasıyla 0.44 tonha^{-1} , 19.85 tonha^{-1} ve 15.51 tonha^{-1} olmuştur. Orta yağış deseninde gündüz yağışlarının daha fazla toprak kaybı potansiyeline sahip olduğu görülmüştür. Toplam yüzey akışı gece yağışlarında 0.86 mm , gündüz yağışlarında 25.21 mm ve karışık yağışlarda 43.08 mm olarak gerçekleşmiştir. Orta yağış deseninde toplam yüzey akışının karışık yağışlarda daha fazla olmuştur.

Gecikmiş yağış desenine sahip 41 adet yağışın 12 adedi gece, 7 adedi gündüz ve 22 adedi karışık süreli olarak gerçekleşmiştir. Bu yağış deseninde gece yağışları ortalama süresi 183.58 dk. , gündüz yağışları 133.71 dk. ve karışık yağışlar 330.13 dk. olmuştur. Gecikmiş yağış deseninde karışık yağışlar daha uzun süreli yağışlar olmuştur. Gece yağışları ortalama miktarı 6.2 mm , gündüz yağışları ortalama miktarı 7.3 mm ve karışık yağışların ortalama miktarı 8.35 mm yağış miktarına sahip olmuştur. Gecikmiş yağış deseninde yağış miktarı en fazla karışık yağışlarda görülmüştür. Ortalama yağış şiddetleri gece, gündüz ve karışık yağışlarda sırasıyla 4.26 mm h^{-1} , 4.18 mm h^{-1} ve 2.80 mm h^{-1} olmuştur. Bu yağış deseninde gece yağışlarının daha fazla yağış yoğunluğuna sahip olduğu görülmüştür. Ortalama toplam enerji değerleri gece, gündüz ve karışık yağışlarda sırasıyla $10.56 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, $12.31 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ve $9.92 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ olmuştur. Gecikmiş desen gündüz yağışları daha fazla erosivite göstermiştir. Gece yağışlarında ortalama IM10 değeri 8.07 mmh^{-1} , IM15 değeri 6.91 mm h^{-1} ve IM30 değeri 5.35 mm h^{-1} olmuştur. Gündüz yağışlarının ortalama IM10 değeri 14.88 mm h^{-1} , IM15 değeri 11.85 mm h^{-1} ve IM30 değeri 8.15 mm h^{-1} olmuştur. Karışık yağışlarda ortalama IM10 değeri 8.61 mm h^{-1} , IM15 değeri 6.21 mm h^{-1} ve IM30 değeri 5.69 mm h^{-1} olmuştur. Gecikmiş yağış deseni gece yağışlarının toprak kaybı ve yüzey akış üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Gündüz yağışlarının toplam toprak kaybı değeri 0.06 ton ha^{-1} , toplam yüzey akışı değeri ise 0.13 mm olmuştur. Karışık yağışların toplam toprak kaybı 0.86 ton ha^{-1} , toplam yüzey akış değeri 3.75 mm olmuştur. Karışık yağış desenine sahip 56 adet yağışın 5 adedi gece, 10 adedi gündüz ve 41 adedi karışık süreli yağış olarak gerçekleşmiştir. Gece yağışlarının ortalama yağış süresi 230 dk. ,

gündüz yağışlarının 270 dk. ve karışık süreli yağışların 432.9 dk. olmuştur. En fazla yağış miktarı karışık yağışlarda görülmüştür. Gece yağışlarının ortalama yağış miktarı 8.9 mm, gündüz yağışlarının 8.88 mm ve karışık yağışların 11.7 mm olmuştur. Ortalama yağış şiddeti gece, gündüz ve karışık yağışlarda sırasıyla 2.35 mm h⁻¹, 2.72 mm h⁻¹ ve 2.17 mm h⁻¹ olmuştur. Yağış şiddetleri gece, gündüz ve karışık süreli yağışlar arasında önemli derecede farklılık göstermemiştir. Ortalama toplam enerji değerleri gece, gündüz ve karışık yağışlarda sırasıyla 8.67 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, 8.68 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ve 10.31 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ olmuştur. Karışık desen karışık süreli yağışları daha fazla erosivite göstermiştir. Gece yağışlarında ortalama IM10 değeri 8.26 mm h⁻¹, IM15 değeri 6.78 mm h⁻¹ ve IM30 değeri 4.92 mm h⁻¹ olmuştur. Gündüz yağışlarının ortalama IM10 değeri 6.82 mm h⁻¹, IM15 değeri 6.25 mm h⁻¹ ve IM30 değeri 4.94 mm h⁻¹ olmuştur. Karışık süreli yağışlarda ortalama IM10 değeri 7.03 mm h⁻¹, IM15 değeri 6.11 mm h⁻¹ ve IM30 değeri 4.74 mm h⁻¹ olmuştur. Karışık desen gündüz yağışlarının toplam toprak kaybı 0.93 ton ha⁻¹, toplam yüzey akış değeri 2.17 mm olmuştur. Karışık süreli yağışların toplam toprak kaybı 0.82 ton ha⁻¹ ve toplam yüzey akış değeri 6.86 mm olmuştur.

Çizelge 7. Yağış desenlerinin bazı yağış özellikleri ile yüzey akış ve toprak kayıplarına etkisi

Table 7. The effects of rainfall patterns on some rainfall characteristics, runoff and soil losses

Yağış Deseni	Olay Zamanı	Yağış Sayısı	Ort Yağış Süresi (dk)	Ort Yağış Miktarı (mm)	Ort Yağış İntensitesi (mm/h)	Toplam Enerji Ortalaması (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	Ort IM10 (mm/h)	Ort IM15 (mm/h)	Ort IM30 (mm/h)	Toplam Toprak Kaybı (tonha ⁻¹)	Toplam Yüzey Akış (mm)
Üniform	Gece	6	76.5	8.55	13.66	55.96	27.65	21.71	15.93	-	-
	Gündüz	3	181.67	9.6	14.08	27.5	25.46	19.44	11.26	-	-
	Karışık	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İlerlemiş	Gece	19	151.52	9.6	4.46	42.8	24.25	18.64	12.22	39.27	19.83
	Gündüz	18	176.72	11.13	11.69	70.07	30.63	23.1	13.64	34.57	24.1
	Karışık	59	452.96	13.38	2.64	27.45	13.52	10.9	7.59	11.88	34.12
Orta	Gece	27	237.55	9.21	3.08	13.57	10.7	9.53	6.71	0.44	0.86
	Gündüz	33	253.51	10.66	5.74	31.94	15.54	12.17	9.26	19.85	25.21
	Karışık	97	480.74	13.02	2.76	19.19	11.23	9.21	6.46	15.51	43.08
Gecikmiş	Gece	12	183.58	6.2	4.26	10.56	8.07	6.91	5.35	-	-
	Gündüz	7	133.71	7.3	4.18	12.31	14.88	11.85	8.15	0.06	0.13
	Karışık	22	330.13	8.35	2.8	9.92	8.61	6.21	5.69	0.86	3.75
Karışık	Gece	5	230	8.9	2.35	8.67	8.26	6.78	4.92	-	-
	Gündüz	10	270	8.88	2.72	8.68	6.82	6.25	4.94	0.93	2.17
	Karışık	41	432.9	11.7	2.17	10.31	7.03	6.11	4.74	0.82	6.86

4. Sonuç

Bu çalışmada Tokat yöresinde 1978-1995 yılları arasında doğal koşullarda gerçekleşmiş olan 361 adet erosiv nitelikte bireysel yağış yağış desenleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında yağışlara bağlı olarak meydana gelen toprak ve yüzey akış kayıpları, bazı yağış özellikleri ve yağış desenleri incelenmiştir. Yöre yağışları üniform yağış deseni hariç diğer yağış desenleri olarak hafif şiddette yağışlardan oluştuğu ve sonuçta düşük erozyon oluşturma riski taşımaktadır. Farklı yağış desenleri ile model parselde belirlenmiş yüzey akış ve toprak kayıpları arasında istatistiksel ilişki bulunamamıştır. Bu durum, oluşan yüzey akış ve toprak kayıplarının düşük miktarlarda oluşu ve hemen hepsinin izin verilebilir toprak kayıpları sınırları dahilinde erozyona neden olmasından kaynaklanmaktadır. Toprak kayıpları ve yüzey akış değerlerinin farklı yağış desenleri için benzer olarak yeterince

varyasyon göstermemesi ve ölçülen miktarların sürdürülebilir tarımı zora sokacak düzeyde olmaması, yöre koşullarında toprak su koruma çalışmalarında ilave kültürel önlemlerle erozyon riskinin kontrol altına alınabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte en fazla toprak kayıpları 3.57 ton ha^{-1} ile ilerlemiş yağış deseni yağışlarında meydana gelmiştir.

Farklı yağış desenlerine sahip yağışların oluşum saati dikkate alınarak gece, gündüz ve karışık süreli yağışlar olarak gruplandırılmıştır. Karışık yağış deseninde karışık süreli yağışlar, gündüzün yağan yağışlara göre daha fazla toprak kaybı ve yüzey akış kaybına yol açmıştır.

Bu çalışma bulgularına göre erozyon çalışmalarında, enerji ve yoğunluk gibi önemli yağış karakteristikleri üzerinde yapılmakta olan çalışmalara, yağış desenlerinin önemli bir bileşen olarak ilavesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

5. Kaynaklar

- An. J., Zheng. F. L., Han. Y., 2014. Effects of Rainstorm Patterns on Runoff and Sediment Yield Processes. *Soil Science*. 179(6): 293-303.
- Alivinia. M., Saleh. F. N., Asadi. H., 2019. Effect of Rainfall Patterns on Runoff and Rainfall-Induced Erosion. *International Journal of Sediment Research*. 34(3):270-278.
- Aquino, R.F., Silva. M.L.N., Freitas. D.A.F., Curi. N., Avanzi. J.C., 2013. Soil Losses From Typic Cambisols and Red Latosol Within Three Different Erosive Rainfall Patterns. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 37(1):213-220.
- MGM, 2021. Meteorolojik Hadiselerin Şiddetlerine Ait Sınıflandırma. <https://www.mgm.gov.tr/site/yardim1.aspx?=HadSid>. Erişim tarihi 21Şubat2021].
- Mulla, D. J., Mc Bratney, A. B., 2000. Soil Spatial Variability, In: *Handbook of Soil Science*. Malcolm E. Sumner (Ed. In Chief), Crs Pres. pp. 321-351.
- Mu. D., Luo. P., Lyu. J., Zhou. M., Huo. A., Duan. W., Nover. D., He. B., Zhao. X., 2020. Impact of Temporal Rainfall Patterns on Flash Floods in Hue City, Vietnam. *Journal of Flood Risk Management*. 12668:1-15.
- Nearing, M.A., Xie, Y., Liu, B., Ye, Y., 2017. Natural and Anthropogenic Rates of Soil Erosion. *International Soil and Water Conservation Research*. 5:77-84.
- Oğuz, İ., 1997. Tokat Yöresinde Koluval Toprak Grubunda Üniversal Denklemin K. R. C ve P Faktörleri. *Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Tokat Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Tokat*.
- Oğuz. İ., 2019. Rainfall Erosivity in North Central Anatolia in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*. 17(2):2719-2731.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Yu, B., Klik, A., Lim, K.J., Ballabio, C., 2017. Global Rainfall Erosivity Assessment Based on High-Temporal Resolution Rainfall Records. *Scientific Reports*. 7:4175.
- Sönmez, K., 1994. *Toprak Koruma*. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No:169, Erzurum.
- SPSS, 2011. *IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Statistics 21.0 for Windows*. Armonk, NY.
- Upchurch, D. R., Wilding, L. P., Hatfield, J. L., 1988. Methods to evaluate spatial variability. In: Hossner, L. R. (Ed) *Reclamation of Surface-Minedlands*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Vieira G. D., Naves Silva, M. L., Alves, B. D. F., Martins, S. G., de Oliveira, M.N., Previdente, M.R., Curi, N., 2017. Water Erosion Associated with Rainfall Patterns in the Extreme South of Bahia in Eucalyptus Post-Planting Semina, *Ciencias Agrarias*. 38:2463-2478. Universidade Estadual de Londrina, Brasil.
- Wang, W., Yin. S., Xie. Y., Liu. B., Liu. Y., 2016. Effects of Four Storm Patterns on Soil Loss From Five Soils Under Natural Rainfall. *Catena* 141:56-65.
- Wilding, L.P., Bouma, J., Goss, D.V., 1994. Impact of Soil Spatial Variability on Interpretative Modelling. In: *Quantitative Modelling of Soil Forming Processes* R.B. Bryant and Arnold R.W. (Eds) Ssa special publication number 39, Sssa, Inc. Madison Wisconsin, USA.