



## Sıçrama Erozyonunun Farklı Kinetik Enerji Akışı ve Farklı Toprak Bünyesi Etkileşimleriyle Araştırılması

Mehmet PARLAK<sup>1</sup>

Geliş Tarihi: 23.10.2008

Kabul Tarihi: 29.12.2009

**Öz:** Yağışın etkisiyle toprak parçalanması, toprak kaybına neden olan süreçte önemli aşamalardan birisidir. Bu şekilde toprağın parçalanması, yağış ile toprak özelliklerine bağlıdır. Bu araştırmanın amacı farklı kinetik enerji akışı ve farklı toprak bünyelerinin sıçrama erozyonuna etkisini belirlemektir. Laboratuvar koşullarında, beş farklı toprak bünyesinde (kil, siltli kil, killi tın, tın ve kumlu killi tın), iki farklı kinetik enerjili yağışta [ $547.66 \text{ J m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  ve  $2223.52 \text{ J m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ] ve üç tekerrürlü olarak toplam otuz adet yapay yağmurlama gerçekleştirilmiştir. Yapay yağmurlama aletinin su yükü ve damla oluşturuç etkinliği artırılarak iki farklı kinetik enerjili yağış oluşturulmuştur. İstatistiksel analizler kinetik enerji, bünye ve iki faktör arasındaki etkileşimin sıçrama ile toprak parçalanmalarını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Sıçrama erozyonu, kinetik enerjinin artmasıyla artmıştır. Düşük kinetik enerjili yağışta sıçrama parçalanmasının farklı bünyeli topraklara etkisi aynı olmuştur. Yüksek kinetik enerjili yağışta toprak bünyesine bağlı olarak sıçrama parçalanma miktarları ise farklılık göstermiştir. Yüksek kinetik enerjili yağışta sıçrama parçalanması en fazla kumlu killi tında olurken bunları killi tın, tın, siltli kil ve kil takip etmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sıçrama erozyonu, kinetik enerji akışı, toprak bünyesi, toprak parçalanması, yapay yağmurlama

## Study on Splash Erosion with Interaction of Different Kinetic Energy Flux and Soil Texture

**Abstract:** Soil detachment due to rainfall is one of the most important phases that cause soil loss, which depends on rainfall and soil characteristics. The aim of this research was to determine the effects of different kinetic energy flux and different soil textures on splash erosion. Five different soil textures (clay, silt loam, clay loam, loam and sandy clay loam), and two kinetic energy flux ( $547.66 \text{ J m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  and  $2223.52 \text{ J m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) were used to form 30 rainfall simulations with three replications under laboratory conditions. Kinetic energy fluxes were arranged by increasing the water head and drop former efficiency of rainfall simulator. Statistical analyses showed that kinetic energy, texture and their interactions significantly affected the splash detachment. Splash erosion increased with increasing kinetic energy. Effect of low kinetic energy on splash detachment was the same on different textured soils. However, the amount of splash detachment varied depending on the texture under high kinetic energy rainfall. The highest splash detachment under high kinetic energy rainfall was obtained in sandy clay loam soils followed by clay loam, loam, silty clay and clay.

**Key Words:** Splash erosion, kinetic energy flux, soil texture, soil detachment, rainfall simulation

### Giriş

Yağışın toprak parçacıklarını parçalama ve taşıma etkisi bilinmektedir. Düşen yağmur damlaları toprak yüzeyine çarptığında, toprak taneciklerini kopararak havaya sıçratırlar. Parçalanma süreci, bu toprak sıçramalarının oluşması olayıdır. Bu yüzden, toprak erozyonu, yağmur damlası vuruşu tarafından toprak kümelerinin parçalanması süreci ile başlar. Toprak yüzeyine düşen yağmur damlaları, toprak kümelerini parçalar ve yüzey akışı ile taşınım elverişli hale getirir. Young ve Wiersma (1973) erozyon sürecinin oluşumunda yağmur damlası ve akan suyun etkilerini yapay yağmurlayıcı kullanarak saptamışlardır.

Ting ve ark. (2008) toprak parçalanmasının başlatılmasındaki esas gücün düşen yağmur damlalarının etkisinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Yağmur damlasının etkisiyle toprak parçacıklarının parçalanması yağış ile toprak özelliklerine bağlıdır (Ghadiri 2004) ve bununla ilgili olarak deneysel modeller geliştirilmiştir (Al-Durrah ve Bradford 1982, Parsons ve Gadian 2000). Moldenhauer ve Long (1964) yüksek ve düşük şiddetli yağışların toprak kaybına etkisini yapay yağmurlayıcı kullanarak araştırmışlardır. Aynı araştırmacılar yüksek şiddetli

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lapseki Meslek Yüksekokulu, Lapseki, Çanakkale, Türkiye

yağışlarda toprak kaybının çoktan aza doğru siltli kil, siltli killi tın, silt, tın, ince kum sırasında olduğunu, düşük şiddetli yağışlarda bu sıralamanın değiştiğini belirtmişlerdir.

Çeşitli araştırmacılar (Wischmeier ve Smith, 1978, Renard ve ark.1997) evrensel toprak kayıpları eşitliği (USLE) ve yenileştirilmiş toprak kayıpları eşitliğini (RUSLE) geliştirerek bu eşitlikten K faktörünü aşağıdaki şekilde saptamışlardır:

$$K = \frac{\partial A}{\partial (EI)_{30}} \quad [1]$$

Bu eşitlikte:

K = Toprağın erozyona duyarlılığı [ t ha (MJ mm)<sup>-1</sup>]

A = Toprak kaybı (t ha<sup>-1</sup>)

EI<sub>30</sub> = Yağışın erozivite indeksi (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>)

Park ve ark. (1983) toprak parçalanmasının yağış şiddetiyle değiştiğini belirlemişler ve aşağıdaki eşitliği kullanmışlardır:

$$D = aI^b \quad [2]$$

Bu eşitlikte:

D = Toprak parçalanması (g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>)

I = Yağış şiddeti (mm h<sup>-1</sup>)

a ve b = Üssel sabiteler

Salles ve ark. (2000) yapay yağış özelliklerinin toprak parçalanması üzerine etkisini belirlemek için laboratuvar denemesi yapmışlardır. Parçalanmış sediment ile damla büyüklüğü ve damla hızı arasında doğrusal ilişki bulmuşlar ve aşağıdaki eşitliği geliştirmişlerdir:

$$D_s = 8.3MD + 0.09 \quad [3]$$

Bu eşitlikte:

D<sub>s</sub> = Toprak parçalanması (g m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)

MD = Damlanın momentumuyla çapının çarpımı [kg m s<sup>-1</sup> mm (m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>)]

Amorim ve ark. (2001) yapay yağmurlayıcıyla yaptıkları araştırmada toprak kaybının eğim ve kinetik enerjinin artışıyla arttığını fakat kinetik enerjiye göre eğimin toprak kaybına daha az etkili olduğunu belirtmişler ve aşağıdaki eşitliği bulmuşlardır:

$$SL = 0.00006(S)^{0.68071} (E_{k/a})^{2.07745} \quad [4]$$

Bu eşitlikte:

SL = Toprak kaybı (g m<sup>-2</sup>)

S = Eğim (%)

E<sub>k/a</sub> = Kinetik enerji (J m<sup>-2</sup>)

Van Dijk ve ark. (2002) topraktan sıçrama parçalanmasını ölçmede deneysel hata olduğunu ve ölçülen toprak sıçrama parçalanmasının gerçek değer altında olduğunu saptamışlardır. Aşağıdaki eşitliği geliştirmişlerdir:

$$m_{R=} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{\pi R}{2 \Lambda}\right) \right] \frac{2 \Lambda}{\pi R} \mu \quad [5]$$

Bu eşitlikte m<sub>R</sub>: alettteki toprak sıçraması (g m<sup>-2</sup>), R: kabın çapı (m),  $\Lambda$ : toprak sıçrama uzunluğu (m),  $\mu$ : mevcut parçalanma (g m<sup>-2</sup>)

Bu çalışmanın amacı laboratuvarda sıçrama kabı yöntemini kullanarak farklı kinetik enerji akışı ve farklı toprak bünyesi etkileşimlerinin sıçrama parçalanmasına etkisini belirlemektir.

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü laboratuvarında bulunan yapay yağmurlama aletinde yürütülmüştür (Şekil 1).

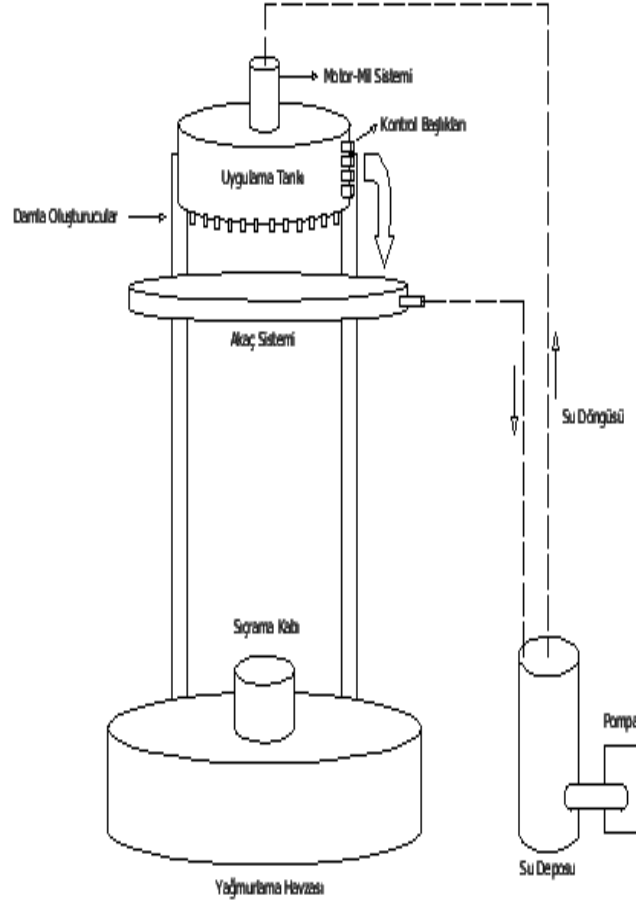
Araştırmada 5 toprak bünyesi x 2 farklı kinetik enerji x 3 tekerrür olmak üzere toplam 30 kere yapay yağmurlama yapılmıştır. Araştırmada Dengiz ve Bayramın (2003) tarafından sınıflandırılan 5 farklı bünyeli toprak kullanılmıştır. Ankara Gölbaşı yöresinden alınan Yağlıpınar, Gölet, Mogan, Beylikdüzü, Ahlatlıbel serisi toprakları sırasıyla Typic Calcixerept, Calcic Haploxerept, Typic Xeropsamment, Mollic Haploxeraf ve Lithic Xerorthent olarak sınıflandırılmıştır (Soil Survey Staff,1999). Erpul ve Çanga (2001) tarafından belirlenen esaslara göre 2 farklı kinetik enerjili (düşük ve yüksek) yapay yağış oluşturulmuştur. Yapay yağışların yağış şiddeti, ortalama damla çapları, damla düşme hızları ve kinetik enerjileri belirlenmiştir. Düşük kinetik enerjili yağışları elde etmek için; alette 2.5 cm su yükü, % 50 damla oluşturucu etkinliği ve 5 mm uç çapı kullanılmıştır. Yüksek kinetik enerjili yağışları elde etmek için ise; alette 8.5 cm su yükü, % 100 damla oluşturucu etkinliği ve 5 mm uç çapı kullanılmıştır. Yağış şiddeti ölçümleri EL 502- 02 tipi yağmur ölçer ile yapılmıştır. 96 damla oluşturucudan rastgele 5 tanesi seçilmiş ve her birinden 100 damla toplanmıştır. Damlaların toplam hacminden damla çapları hesaplanmıştır:

$$m = \rho V_i \quad [6]$$

m: damla kütlesi (mg),  $\rho$ : damla yoğunluğu (mg mm<sup>-3</sup>) ve V<sub>i</sub>: damla hacmi (mm<sup>3</sup>)

$$V_i = 1/6 \pi d^3 \quad [7]$$

d: eşdeğer damla çapı (mm)



Şekil 1. Yapay yağmurlama aleti

Ortalama damla çapı ve 2.75 m' lik damla düşme yüksekliği göz önünde bulundurularak her bir damlanın serbest düşme hızı hesaplanmıştır (Laws 1941). Yağışların kinetik enerjisi ( $KE$ ,  $J m^{-2} h^{-1}$ ), ortalama yağış şiddeti değerleri ( $I$ ,  $mm h^{-1}$ ) ve damla düşme hızlarından ( $V$ ,  $m s^{-1}$ ) hesaplanmıştır.

$$KE = \frac{1}{2} IV^2$$

[8]

Çizelge 1' de çalışmada kullanılan yağış karakteristikleri olarak damla çapı, yağış şiddeti, damla düşme hızı ve kinetik enerjileri verilmiştir. Damla çapları ve damla düşme hızları çok fazla değişim göstermediği için, yağışların kinetik enerjisi esas olarak yağış şiddeti tarafından belirlenmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan yapay yağışların özellikleri

Ortalama damla çapı (mm) $\pm$ $S_{\bar{X}}$	Yağış şiddeti (mm h <sup>-1</sup> ) $\pm$ $S_{\bar{X}}$	Damla düşme hızı (m s <sup>-1</sup> )	Kinetik Enerji (J m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
5.20 $\pm$ 0.03	24.40 $\pm$ 0.83	6.70	547.66
4.88 $\pm$ 0.01	102.40 $\pm$ 1.86	6.59	2223.52

Tüm toprak örnekleri havada kurutulmuş, ufalanmış ve 2 mm'lik elekten elenmiştir. Yapay yağmurlama aletinin altına Morgan (1995) tarafından geliştirilen sıçrama kabı (Şekil 2) yerleştirilmiştir. Sıçrama kabı 10 cm çapında 2.5 cm yüksekliğinde içi boş metal bir silindirden oluşmuştur. Silindirin içerisine belli miktarda toprak konulmuştur. Toprak yüzeyi alanından sıçrayan parçalar 30 cm çapında, 10 cm yüksekliğinde koruma duvarı olan yuvarlak bir yakalama bölgesinde tutulmuştur. Yakalama bölgesi aşağı ve yukarı kısımlarından oluşmuştur. Yakalama bölgesi net aşağı taşınmayı ölçmek için tasarlanmıştır, fakat bu araştırmada kullanılmamıştır. Sadece sıçrama parçalanması belirlenmiştir. Sıçrama erozyonuyla kaybolan toprak miktarı aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunmuştur.

$$D = \frac{M}{A \cdot T} \quad [9]$$

Bu eşitlikte:

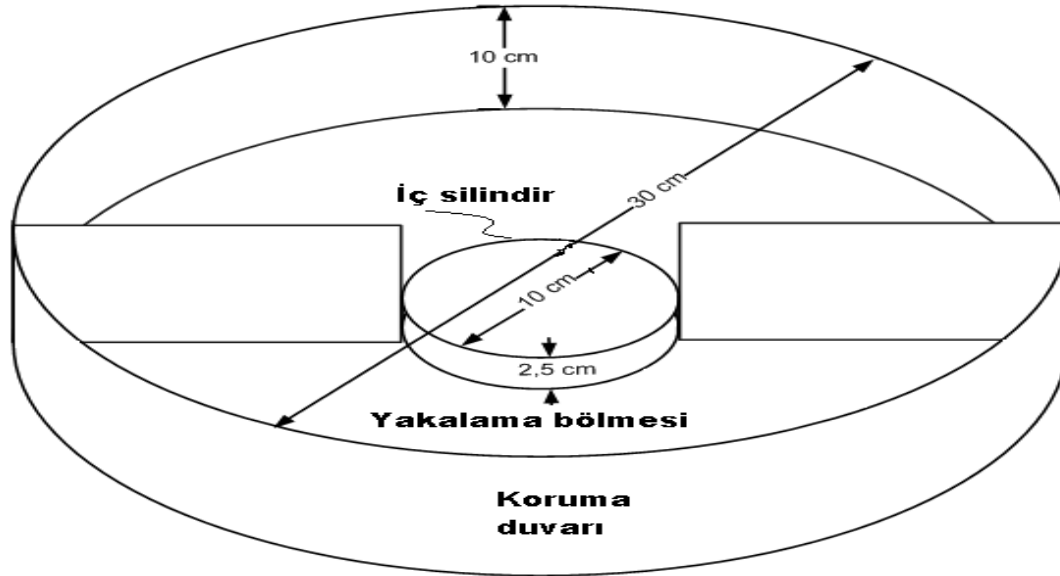
D = Birim zamanda birim toprak yüzeyi alanından sıçrayarak kaybolan toprak miktarı (g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>)

Sıçrama miktarı (M, g) = Yağıştan önce iç silindire konan toprak miktarı (g) - yağıştan sonra iç silindirde kalan toprak miktarı (g)

A= Dairenin alanı (m<sup>2</sup>) (R = 10 cm)

T= Zaman (h<sup>-1</sup>)

İçlerine belirli miktarda toprak konulan sıçrama kapları istenilen yağış şiddetinde 1 saat süreyle (T) yağışa maruz bırakılmıştır.



Şekil 2. Araştırmada kullanılan sıçrama kabı

Araştırma topraklarının pH (Mc Lean 1982), elektriksel iletkenlik (Rhoades,1982), kireç (Nelson,1982), organik madde (Nelson ve Sommers,1982), bünye (Gee ve Bauder,1986), agregat dayanıklılığı (Kemper ve Rosenau 1986),

fosfor (Olsen ve Sommers 1982) ve potasyum (Thomas,1982) miktarları standart yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. Araştırmada kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Seri Adı				
	Yağlıpınar	Gölet	Mogan	Beylikdüzü	Ahlatlıbel
pH	7.71	7.20	7.23	7.69	7.48
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0.68	0.79	0.41	1.15	0.84
CaCO <sub>3</sub> (%)	9.83	7.98	1.00	4.98	1.12
Organik Madde (%)	2.05	2.12	2.49	1.67	1.18
Kil (%)	43.16	50.12	25.12	35.16	28.60
Silt (%)	40.02	30.89	35.02	37.82	20.26
Kum (%)	16.82	18.99	39.86	27.02	51.14
Bünye Sınıfı	Siltli kil	Kil	Tın	Killi tın	Kumlu killi tın
Agregat Dayanıklılığı (%)	75.69	82.79	56.19	45.23	37.41
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg da <sup>-1</sup> )	1.93	2.21	2.89	1.98	1.75
K <sub>2</sub> O (kg da <sup>-1</sup> )	214.80	139.91	165.13	368.24	35.61

Araştırmada elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuştur ve bulunan ortalamalar arasındaki farkın önemlilik kontrolü Duncan testi ile belirlenmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

Yapılan araştırmada; kinetik enerji (P<0.001), bünye (P<0.001) ve kinetik enerji x bünye etkileşimi (P<0.001) istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Agregat dayanıklılığı toprağın fiziksel durumunu özellikle toprak erozyonunu etkilemektedir. Parçalanmayla toprak incelidkçe daha fazla parçacık taşınır ve erozyon sürecinde mikro agregatlar büyük önem kazanır (Leguedois ve Le Bissonais 2004). Kinetik enerji x bünye etkileşiminde düşük kinetik enerjili yağışta sıçrama parçalanmaları bütün bünyelerde aynı grupta yer almıştır. Yüksek kinetik enerjili yağışta ise en fazla sıçrama parçalanması kumlu killi tın bünyede (11677 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) ölçülmüştür. Kil miktarı ve agregat dayanıklılığı en az olan kumlu killi tın bünyeli toprakta yağışın etkisiyle parçalanmış toprak miktarı çoktur. Bunu 9401 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> ile tınlı bünyeli toprak (kil miktarı % 43.16 ve agregat dayanıklılığı %75.69) ve 8613 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> ile killi tın (kil miktarı % 35.16 ve agregat dayanıklılığı % 45.23) takip etmiştir. Kil miktarı % 50.12 ve agregat dayanıklılığı % 82.79 olan kil bünyeli toprakta sıçrama parçalanması 6473 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> en az miktardadır. Sıçrama parçalanması kil ve siltli kilde sırasıyla 6473 ve 6972 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> ile aynı istatistiki grupta yer almışlardır (Çizelge 3).

Kil kapsamı yüksek topraklar (ince bünyeli olanlar) düşük erodibilite değerine sahipken kumlu tın ve siltli tın gibi toprak bünyeleri (orta bünyeli olanlar) toprak parçacıkları arasındaki düşük kohezyon nedeniyle yüksek erodibilite gösterirler (Gumiere ve ark. 2009). Araştırmada; ince bünyeli olan topraklarda (kil ve siltli kil) sıçrama parçalanması 3639 ve 3825.5 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, orta bünyeli olan topraklarda (killi tın, tın ve

kuumlu killi tın) ise sıçrama parçalanması sırasıyla 4695.5, 5152 ve 6391.5 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Gumiere ve ark. (2009) sıçrama kapları kullanarak yaptıkları araştırmada; sıçrama parçalanmasının kumlu toprakta maksimum, killi toprakta minimum olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 3. Farklı kinetik enerji uygulanan değişik bünyeli topraklarda ortalama sıçrama parçalanmaları (g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>)

Kinetik Enerji (J m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	Toprak Bünyesi	Sıçrama Parçalanmaları (g m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Düşük E <sub>d</sub> (547.66)	Kil	805 ± 19 e
	Siltli kil	679 ± 19 e
	Killi tın	778 ± 31 e
	Tın	903 ± 45 e
	Kumlu killi tın	1106 ± 58 e
Yüksek E <sub>y</sub> (2223.52)	Kil	6473 ± 383 d
	Siltli kil	6972 ± 323 d
	Killi tın	8613 ± 385 c
	Tın	9401 ± 479 b
	Kumlu killi tın	11677 ± 1137 a
<b>Ana Etkiler</b>		
<b>Kinetik Enerji</b>		
Düşük		854 b
Yüksek		8627 a
<b>Toprak Bünyesi</b>		
	Kil	3639.0 c
	Siltli kil	3825.5 c
	Killi tın	4695.5 b
	Tın	5152.0 b
	Kumlu killi tın	6391.5 a
<b>P Değerleri</b>		
Kinetik Enerji		<0.001
Bünye		<0.001
Kinetik Enerji x Bünye		<0.001

a-e; Değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

## Sonuç

Sıçrama erozyonu yağmur damlasının etkisi ve toprağın taşınmasından oluşan karmaşık bir süreçtir. Hem yağış hem de toprağın özellikleri sıçrama erozyonunun etkilemektedir. Düşük kinetik enerjili yağışta beş farklı toprak bünyesinde sıçrama parçalanmaları aynı seviyede olmuştur. Yüksek kinetik enerjili yağışta ise farklı bünyelerde sıçrama parçalanmaları farklılık göstermiştir. En yüksek sıçrama parçalanması kumlu killi tın ( $11677 \text{ g m}^{-2}\text{h}^{-1}$ ) bünyede ölçülmüştür. Bunu tın ( $9401 \text{ g m}^{-2}\text{h}^{-1}$ ), killi tın ( $8613 \text{ g m}^{-2}\text{h}^{-1}$ ), siltli kil ( $6972 \text{ g m}^{-2}\text{h}^{-1}$ ) ve kil ( $6473 \text{ g m}^{-2}\text{h}^{-1}$ ) bünyeleri takip etmiştir.

## Teşekkür

Makaleyi okuyup gerekli önerilerde bulunan Prof.Dr. Günay ERPUL'a teşekkür ederim.

## Kaynaklar

- Al- Durrah M. M. and J.M. Bradford. 1982. Parameters for describing detachment due to waterdrop impact. *Soil Science Society of America Journal* 46: 836-840.
- Amorim, R.S.S., D.D. Silva, F.F. Pruski and A.T. Matos. 2001. Influence of the soil slope and kinetic energy of simulated precipitation in the interrill erosion process. *Soil Erosion Research for the 21<sup>st</sup> Century. Proceedings of the International Symposium. January 3-5, 2001. Honolulu-Hawaii. Ed. James C. Ascough, Dennis C. Flanagan.*
- Dengiz, O. ve İ. Bayramın. 2003. Ankara Gölbaşı yöresi topraklarının farklı toprak sınıflandırma sistemlerine göre sınıflandırılması. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 7 (3-4): 61-68.
- Erpul, G. ve M. Çanga. 2001. Toprak erozyon çalışmaları için bir yapay yağmurlama aletinin tasarım prensipleri ve yapay yağış karakteristikleri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi* 7(1): 75-83.
- Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. In: Klute, A. (Ed), *Methods of Soil Analysis. Part 2, Second Ed., ASA Monograph No 9. Madison, WI. pp. 337-382.*
- Ghadiri, H. 2004. Crater formation in soils by raindrop impact. *Earth Surface Processes and Landforms* 29: 77-89.
- Gumiere, S. J., Y. Le Bissonnais and D. Raclot. 2009. Soil resistance to interrill erosion: Model parameterization and sensitivity. *Catena* 77: 274-284.
- Kemper, W.D. and R.C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute, A. (Ed), *Methods of Soil Analysis. Part 2, Second Ed., ASA Monograph No 9. Madison, WI. pp. 425-442.*
- Laws, J.O. 1941. Measurements of the fall velocity of waterdrops and raindrops. *Transactions American Geophysical Union* 22:709-721.
- Leguedois, S. and Y. Le Bissonnais. 2004. Size fractions resulting from an aggregate stability test, interrill detachment and transport. *Earth Surface Processes and Landforms* 29: 1117-1129.
- Mc Lean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. In: Page, A. L., R. H. Miller and Keeney, D. R. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2, Second Ed., ASA Monograph No 9. Madison, WI. pp. 199-223.*
- Moldenhauer, W.C. and D.C. Long. 1964. Influence of rainfall energy on soil loss and infiltration rates: I. Effect over a range of texture. *Soil Science Society of America Journal* 28: 813-817.
- Morgan, R. P.C. 1995. *Soil Erosion and Conservation.* Longman, Essex, England.
- Nelson, R. E. 1982. Carbonate and gypsum. In: Page, A. L., R. H. Miller and Keeney, D. R. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2, Second Ed., ASA Monograph No 9. Madison, WI. pp. 181-198.*
- Nelson, R. E. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A. L., R. H. Miller and Keeney, D. R. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2, Second Ed., ASA Monograph No 9. Madison, WI. pp. 539-579.*
- Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. In: Page, A. L., R. H. Miller and Keeney, D. R. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2, Second Ed., ASA Monograph No 9. Madison, WI. pp. 403-430.*
- Park S.W, J. K. Mitchell and G. D. Bubenzer. 1983. Rainfall characteristics and their relation to splash erosion. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering* 26: 795-804.
- Parsons, A. J. and A. M. Gadian. 2000. Uncertainty in modelling the detachment of soil by rainfall. *Earth Surface Processes and Landforms* 25: 723-728.
- Renard, K. G., G. R. Foster, G. A. Weesies and D.C. Yoder. 1997. *Predicting Soil Erosion by Water : Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).* Agricultural Handbook No: 703. United States Department of Agriculture, Washington, DC. 384 pp.
- Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. In: Page, A. L., R. H. Miller and Keeney, D. R. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2, Second Ed., ASA Monograph No 9. Madison, WI. pp. 167-179.*

Salles, C., J. Poesen and G. Govers. 2000. Statistical and physical analysis of soil detachment by raindrop impact: rain erosivity indices and threshold energy. *Water Resources Research* 36: 2721-2729.

Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey.* USDA Handbook No: 436, Washington D.C.

Thomas, G. W. 1982. Exchangeable cations. In: Page, A. L., R. H. Miller and Keeney, D. R. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2, Second Ed., ASA Monograph No 9.* Madison, WI. pp. 159-166.

Ting, M., C., Zhou, T. Zhu and Q. Cai. 2008. Modelling raindrop impact and splash erosion processes within a spatial cell: a stochastic approach. *Earth Surface Processes and Landforms* 33: 712-723.

Van Dijk, A.I.J.M., A.G.C.A. Meesters and L.A. Bruijnzeel. 2002. Exponential distribution theory and the interpretation of splash detachment and transport experiments. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1466-1474.

Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1978. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.* Agricultural Handbook No: 537. United States Department of Agricultural Science and Education Administration, Agricultural Research, Washington, DC. 58 pp.

Young, R. A. and J.L. Wiersma. 1973. The role of impact in soil detachment and transport. *Water Research* 9: 1629-1636.

---

**İletişim Adresi:**

Mehmet PARLAK  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi  
Lapseki Meslek Yüksekokulu  
Lapseki- Çanakkale , Türkiye  
Tel: 0 286 522 61 08  
E-posta: mehmetparlak06@hotmail.com