

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**YAĞMURLAMA DENEMELERİ İLE SIÇRAMA VE YÜZEY EROZYONU
SEDİMENTLERİNDE AGREGAT BÜYÜKLÜK DAĞILIMI VE ORGANİK
KARBON DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ**

Selen DEVİREN SAYGIN

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ANKARA
2013**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

YAĞMURLAMA DENEMELERİ İLE SIÇRAMA VE YÜZEY EROZYONU SEDİMENTLERİNDE AGREGAT BÜYÜKLÜK DAĞILIMI VE ORGANİK KARBON DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

Selen DEVİREN SAYGIN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Günay ERPUL

Toprakların erozyonun parçalanma ve taşınma süreçlerine olan duyarlılığı genel itibariyle agregat parçalanma mekanizmaları tarafından kontrol edilmektedir. Bu çalışma ile Ankara ilindeki yarı kurak bir havzadan üç farklı kullanım türünü (işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı) temsilen alınan topraklarda agregat parçalanması ve toprak organik karbon (OK) kapsamı arasındaki ilişkilerin laboratuvar koşullarında araştırılması amaçlanmıştır. İki farklı yağış şiddeti (80 ve 120 mm saat⁻¹) koşulunda ve üç farklı eğim dikliği (% 9, 15 ve 20) için yağmurlama denemeleri gerçekleştirilmiştir. Sıçrayan ve yüzey akış ile taşınan sedimentler 60 dk'lık yağmurlama esnasında her 5 dakikada bir toplanmıştır. Toplanan 1143 adet sediment örneğinin agregat büyüklük dağılımları (ABD) çıkarılmış ve dağılımlardan ortalama ağırlık çapı (OAC, mm) değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen OAC (mm) değerlerine karşılık gelen agregat büyüklüklerinin OK kapsamı belirlenerek, OAC ve OK arasındaki detaylı ilişkiler çeşitli istatistiksel yaklaşımlar ile modellenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yağış şiddeti, eğim dikliği ve arazi kullanımının agregat parçalanma mekanizmaları üzerine istatistiksel olarak önemli düzeylerde (P < 0,05) etki ettiğini işaret etmektedir. İlâveten, sıçrayan ve yüzey akışlar ile taşınan sedimentlerin ABD'ları Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımlar ile modellenerek karşılaştırılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında, ıslak eleme koşulları altında 5 farklı agregat dayanım yöntemi karşılaştırılmış ve toprak sistemi içerisinde agregat parçalanmasına sebep olan fiziksel süreçleri yansıtabilme yeteneklerine göre değerlendirilmiştir.

Ocak 2013, 175 sayfa

Anahtar Kelimeler: Agregat parçalanması, toprak organik karbonu (OK), yağmurlama denemesi, ortalama ağırlık çapı (OAC)

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

INVESTIGATION OF VARIATIONS IN AGGREGATE SIZE DISTRIBUTION AND ORGANIC CARBON OF SEDIMENTS TRANSPORTED BY SPLASH AND SHEET EROSION PROCESSES WITH RAINFALL SIMULATIONS

Selen DEVİREN SAYGIN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof.Dr. Günay ERPUL

Soil susceptibility to detachment and transport sub-processes of erosion is generally controlled by aggregate breakdown mechanism. In this study we aimed to investigate to relationships between aggregate disintegration and soil organic carbon content (OC) in laboratory conditions using the soils of three different land uses (cultivated agricultural land, grassland and plantation area), taken from a semi arid catchment, located in Ankara. The rainfall simulations were conducted with the three slope degrees (%9, 15 and 20) under two rainfall intensities (80 and 120 mm h⁻¹). Splashed and transported sediments were collected every 5 min during 60 min rainfall simulations. And Aggregate Size Distributions (ASD) of the collected 1143 samples were measured and Mean Weigth Diameter (MWD, mm) values derived from ASD values were calculated. According to obtained MWD values, OC of sediments were measured and detailed relationships between these variables were performed to model with different statistical approaches. Results clearly indicated that rainfall intensity, slope degree and land use have had statistically significant ($P < 0,05$) effects on aggregate breakdown mechanisms. Additionally, ASD of the splashed and transported soil sediments were modelled and compared by means of Log-normal, Fractal and Weibull distribution. In this study, we have also compared five different breakdown mechanisms or methods of measuring aggregate stability under wet sieving conditions and evaluated them in terms of their ability to simulate physical processes that cause aggregate instability in the soil system.

January 2013, 175 pages

Key Words : Aggregate breakdown, soil organic carbon (OC), rainfall simulation, mean weigth diameter (MWD)

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar beşeri ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişme ve gelişmeye katkıda bulunan danışman hocam sayın Prof. Dr. Günay ERPUL'a (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı), çalışmalarım süresince desteklerini ve ilgilerini esirgemeyen değerli tez izleme komitesi üyelerim Prof. Dr. Gökhan ÇAYCI (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı) ve Prof. Dr. Fazlı ÖZTÜRK'e (Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı), katkılarıyla tezin daha da geliştirilmesini sağlayan değerli jüri üyelerim Prof. Dr. Ayten NAMLI ve Prof. Dr. İsmail ÇELİK'e, (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı), çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Yard. Doç. Dr. Ali Uğur ÖZCAN'a, Dr. Sevinç MADENOĞLU'na ve Dr. Feras YOUSSEF'e sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde benden yardımlarını ve ilgilerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Ensar BAŞPINAR, Prof. Dr. Muhip ÖZKAN ve Araş. Gör. Rabia ALBAYRAK'a, denemelerin yürütülmesi ve sonlandırılmasında benimle birlikte çalışan değerli arkadaşlarım ve kurtarıcı meleklerim Ziraat Yüksek Mühendisi Merve BEHDİOĞLU ve Kimya Mühendisi Tüzün Efe ÇAM'a, toprak örneklerimin alınmasından yağmurlama ünitesinin bakımına kadar kahrımı çeken sevgili eşim Ziraat Mühendisi Mustafa SAYGIN'a ve bana güzel ve yaşanılabilir bir hayat veren ailem Selma – Yusuf ve Ceren DEVİREN'e ve hayatımı daha da anlamlı, güzel ve değerli kılan küçük kızım Aylin Bilge'ye sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunuyorum.

Bu tez çalışması, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon biriminde yürütülen (A.Ü.BAP 10B4347001) 'Toprak erozyon duyarlılığının sıçrama ve yüzey erozyonu süreçleri boyunca zamansal değişiminin belirlenmesi' konulu proje tarafından desteklenmiştir.

Selen DEVİREN SAYGIN
Ankara, Ocak 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZE	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1 Yapısal Dayanımı Etkileyen Başlıca Faktörler	6
2.2 Yapısal Dayanımın Değerlendirilmesi ve Agregat Büyüklük Dağılımlarının Modellenmesi	7
2.3 Yapısal Dayanım ve OK Arasındaki İlişkiler	12
2.4 Yapısal Dayanım, OK ve Farklı Yönetim Uygulamaları Arasındaki İlişkiler	22
2.5 Yapay Yağmurlamalar ile Toprak Kayıplarının ve Yapısal Dayanımın Değerlendirilmesi	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
3.1 Materyal	34
3.1.1 Çalışma alanı	34
3.1.2 Yağmurlama ünitesi ve yağış parametrelerinin elde edilmesi	38
3.2 Yöntem	45
3.2.1 Toprak örneklerinin alınması	45
3.2.2 Doğal agregat dağılımının (DAD) belirlenmesi	46
3.2.3 Agregat dayanımı ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması.....	47
3.2.4 Fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin belirlenmesi.....	55
3.2.5 Yağmurlama denemelerinin gerçekleştirilmesi.....	55
3.2.6 Sıçrama ve yüzey akış ile taşınan sedimentlerinin agregat dağılımlarının ve OK kapsamalarının belirlenmesi	57
3.2.7 Agregat büyüklük dağılımlarının modellenmesi.....	58
3.2.8 Sıçrama ve yüzey akış duyarlılıklarının belirlenmesi.....	60
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	63
4.1 Toprak Özellikleri.....	63
4.2 DAD Değerlerinin Modellenmesi.....	65
4.2.1 DAD'ın log-normal, fraktal ve weibull modellerine göre değerlendirilmesi	67
4.3 Agregat Dayanımı Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması	70
4.4 Agregat Büyüklüklerine Göre OK (%) Kapsamalarının Karşılaştırılması	74

4.5 Yağmurlama Denemelerinin Gerçekleştirilmesi.....	78
4.6 Agregat Büyüklük Dağılımları, OAC (mm) ve OK (%)	
Kapsamlarının Belirlenmesi.....	84
4.7 Ortalama Ağırlık Çapı (OAC) ve OK Kapsamları Arasındaki	
İlişkilerin Değerlendirilmesi.....	88
4.8 Agregat Büyüklük Dağılımlarının Modellenmesi.....	101
4.9 Sıçrama ve Yüzey Akış Duyarlılıklarının Değerlendirilmesi.....	104
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	108
KAYNAKLAR	111
EKLER.....	130
EK 1 80 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve işlemeli tarım	
alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri	
için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	132
EK 2 80 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve işlemeli tarım	
alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri	
için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler.....	133
EK 3 80 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve işlemeli tarım	
alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri	
için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler.....	134
EK 4 80 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve mera alanı arazi	
kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC	
(mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	135
EK 5 80 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve mera alanı	
arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için	
OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	136
EK 6 80 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve mera alanı	
arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için	
OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	137
EK 7 80 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve ağaçlandırma	
alanı arazi kullanımında sıçrayan sedimentler için OAC (mm)	
ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	138
EK 8 80 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve ağaçlandırma	
alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri	
için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	139
EK 9 80 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve ağaçlandırma	
alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri	
için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	140
EK 10 120 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve işlemeli tarım	
alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri	
için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	141

EK 11	120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	142
EK 12	120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	143
EK 13	120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	144
EK 14	120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	145
EK 15	120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	146
EK 16	120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	147
EK 17	120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	148
EK 18	120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler	149
EK 19	Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi.....	150
EK 20	Sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin erozyon duyarlılıklarının zamana göre modellenmesi	168
ÖZGEÇMİŞ	173

KISALTMALAR DİZİNİ

AD	Agregat Dayanımı
AK	Arazi Kullanımı
cPOM	Kaba Fraksiyonlu Partiküler Organik Madde
fPOM	İnce Fraksiyonlu Partiküler Organik Madde
DAD	Doğal Agregat Dağılımı
D ₅₀	Orta Agregat Çapı
E	Eğim Dikliği
ESP	Değişebilir Sodyum Yüzdesi
ETKE	Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği
GOÇ	Geometrik Orta Çap
GY	Gözlem Yok
I	Yağış Şiddeti (İntensite)
OAÇ	Ortalama Ağırlık Çapı
OK	Organik Karbon
OM	Organik Madde
OSH	Ortalama Standart Hata
PAD	Sıçrayan Taneciklerin Agregat Dağılımları
SAR	Sodyum Adsorbsiyon Oranı
SOM	Toprak Organik Maddesi
TBD	Tane Büyüklük Dağılımı
W _T	Kaybolan Toprak Miktarı
Y _{1..5}	Agregat Dayanımı Ölçüm Yöntemleri
YAAD	Yüzey Akışa Geçen Sedimentlerin Agregat Dağılımı
YETKE	Yenileştirilmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Asartepe baraj havsazına ait yükseklik haritası	37
Şekil 3.2 Yapay yağmurlama ünitesi	39
Şekil 3.3 Uygulama tankında damla oluşturucular ve yerleştirme planı	41
Şekil 3.4 Farklı düşü yükseklikleri için damla çapı ve düşme hızı arasındaki ilişki (Laws 1941)	42
Şekil 3.5 Durgun hava koşullarında bir yağmur damlası üzerine etki eden kuvvetler	43
Şekil 3.6 Çalışma alanından görünüm	46
Şekil 3.7 Doğal agregat dağılımlarının belirlenmesinden bir görünüm	47
Şekil 3.8 Tek elek yönteminden görünüm	49
Şekil 3.9 Hızlı ıslanma yönteminden görünüm	50
Şekil 3.10 Yavaş ıslanma yönteminden görünüm	51
Şekil 3.11 Mekaniksel parçalanma yönteminden görünüm	52
Şekil 3.12 Çoklu elek yönteminden görünüm	53
Şekil 3.13 Yağmurlama denemesinden görünüm	56
Şekil 3.14 Agregat büyüklük dağılımı ve OK kapsamlarının belirlenmesi	58
Şekil 4.1 Arazi kullanımlarına göre tane büyüklük dağılımları (Bouyoucos 1951)	65
Şekil 4.2 Farklı arazi kullanımlarının nem karakteristikleri	65
Şekil 4.3 Farklı arazi kullanımlarının doğal agregat dağılımları (DAD)	67
Şekil 4.4 İşlemeli tarım alanı topraklarının Log-normal (a), Fraktal (b) ve Weibull (c) dağılıma göre modellenmesi	68
Şekil 4.5 Mera alanı topraklarının topraklarının Log-normal (a), Fraktal (b) ve Weibull (c) dağılıma göre modellenmesi	69
Şekil 4.6 Ağaçlandırma alanı topraklarının Log-normal (a), Fraktal (b) ve Weibull (c) dağılıma göre modellenmesi	70

Şekil 4.7 Yöntemlere göre arazi kullanımlarının karşılaştırılması (P < 0,05).	72
Şekil 4.8 Arazi kullanımlarına göre yöntemlerin karşılaştırılması (P < 0,05).	72
Şekil 4.9 Farklı kullanımlar için seçilen agregat büyüklüklerinin OK (%) kapsamlarının karşılaştırılması (P < 0,05).	76
Şekil 4.10 İşlemeli tarım alanı topraklarında agregat büyüklüğü ve OK(%) kapsamı arasındaki ilişkiler (P < 0,05).	76
Şekil 4.11 Mera alanı topraklarında agregat büyüklüğü ve OK(%) kapsamı arasındaki ilişkiler (P < 0,05).	77
Şekil 4.12 Ağaçlandırma alanı topraklarında agregat büyüklüğü ve OK(%) kapsamı arasındaki ilişkiler (P < 0,05).	77
Şekil 4.13 Sıçrama ve yüzey akış sedimenti arasındaki ilişkiler	79
Şekil 4.14 Yüzey akış miktarları ile taşınan sediment miktarları arasındaki ilişkiler	79
Şekil 4.15 Mera ve ağaçlandırma alanı toprakları için sıçrayan sedimentleri OK (%) ve OAC (mm) arasındaki ilişki.....	92
Şekil 4.16 Bozulmamış alanlar için %9 eğim dikliği ve 120 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde gelen yüzey akış sedimentlerinde OK (%) ve OAC (mm) arasındaki ilişkiler	93
Şekil 4.17 Bozulmamış alanlar için %15 eğim dikliği ve 120 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde gelen yüzey akış sedimentlerinde OK (%) ve OAC (mm) arasındaki ilişkiler	94
Şekil 4.18 Bozulmamış alanlar için %20 eğim dikliği ve 120 mm saat ⁻¹ yağış şiddetinde gelen yüzey akış sedimentlerinde OK (%) ve OAC (mm) arasındaki ilişkiler	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Eşitliklerde kullanılan simge ve birimler	44
Çizelge 3.2 Uygulanan ıslak eleme yöntemlerin temel özellikleri	54
Çizelge 4.1 Çalışma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	63
Çizelge 4.2 Toprakların doğal agregat dağılımları (DAD) (%)	66
Çizelge 4.3 Uygulanan ıslak eleme yöntemlerine ait tanımlayıcı istatistikler	71
Çizelge 4.4 Toprak özellikleri ve yöntemler arasında elde edilen pearson korelasyonlar	73
Çizelge 4.5 OK (%) kapsamalarına ait tanımlayıcı istatistikler.....	75
Çizelge 4.6 Sıçrayan ve yüzey akış ile taşınan sediment miktarları ve yüzey akışlar.....	81
Çizelge 4.7 Sıçrayan ve yüzey akış ile taşınan OAÇ (mm) değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	85
Çizelge 4.8 Sıçrayan ve yüzey akış ile taşınan OK (%) kapsamalarına ait tanımlayıcı istatistikler	87
Çizelge 4.9 OAÇ (mm) ve OK (%) değerleri arasındaki ilişkileri belirlemek için kullanılan eşitlikler.....	90
Çizelge 4.10 Alt gruplar seviyesinde OAÇ (mm) ve OK (%) değerleri arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi	91
Çizelge 4.11 Sıçrayan sedimentlerin OAÇ (mm) değerlerinin farklı arazi kullanımı, eğim koşulları ve yağış şiddeti değerlerine göre karşılaştırılması	95
Çizelge 4.12 Sıçrayan sedimentlerin OK (%) değerlerinin farklı arazi kullanımı, eğim koşulları ve yağış şiddeti değerlerine göre karşılaştırılması	96

Çizelge 4.13 Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OAÇ (mm) değerlerinin farklı yağış şiddeti ve arazi kullanımlarına göre karşılaştırılması	97
Çizelge 4.14 Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OAÇ (mm) değerlerinin farklı yağış şiddeti ve eğim dikliklerine göre karşılaştırılması	98
Çizelge 4.15 Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OAÇ (mm) değerlerinin farklı arazi kullanımı ve eğim dikliklerine göre karşılaştırılması	99
Çizelge 4.16 Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OK (%) değerlerinin farklı yağış şiddeti ve arazi kullanımlarına göre karşılaştırılması	100
Çizelge 4.17 Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OK (%) değerlerinin farklı yağış şiddeti ve eğim dikliklerine göre karşılaştırılması	100
Çizelge 4.18 Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OK (%) değerlerinin farklı arazi kullanımı ve eğim dikliklerine göre karşılaştırılması	101
Çizelge 4.19 Log-normal, Fraktal ve Weibull modelleri ile elde edilen D_{50} (mm) değerleri	102
Çizelge 4.20 Normal, üstel, lojistik ve loglojistik modeller için elde edilen OSH değerleri.....	103
Çizelge 4.21 Erozyon duyarlılık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	105

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun geleceği için doğal bir kaynak olan toprağın mutlaka sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Toprak kaynaklarının sürdürülebilir olması ya da uzun süreli olarak korunması öncelikli bir zorunluluktur. Toprağın sürdürülebilir kullanımı genellikle küresel bir konu olan ve çeşitli sivil toplum örgütleri, politika yapıcılar ve tarım birliklerinin de özel olarak önem gösterdiği “sürdürülebilir tarım” kavramını da kapsamaktadır. Uluslararası Tarım Araştırmaları Danışma Grubundaki Teknik Danışma Komitesi (The Technical Advisory Committee to the Consultative Group on International Agricultural Research)’ne göre, sürdürülebilir tarım değişen insan gereksinimlerini, doğal kaynakları ve çevre kalitesini koruyarak ya da artırarak karşılamak için kaynakların uygun bir biçimde yönetilmesini gerektirmektedir (Lal ve Pierce 1991).

Doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesinde, şüphesiz toprak erozyonu ve bunun çevreye olan olumsuz etkileri, ilk olarak akla gelen konulardan birisidir. İklim, toprak, topografya ve bitki örtüsünün devingen bir biçimde işleyişi ve karşılıklı etkileşimlerinin bir sonucu olan toprak erozyonu, ülkemizde oldukça tehlikeli boyutlardadır. Uygun koruma önlemleri alınmadığı takdirde ise tehlike boyutlarının giderek artacağı ve özellikle toprak, topografya, su ve bitki örtüsü açısından geri-dönüşümsüz evrelere gelinebileceği açık bir şekilde bilinmektedir (Erpul ve Saygın 2012).

Birleşmiş Milletler Çevre Programına göre erozyon ve erozyonun neden olduğu toprak bozulması ile her yıl 20 milyon ha arazinin verimliliği oldukça önemli düzeylerde azalmaktadır (Anonim 1991). Dünya ölçeğindeki meskûn arazi varlığının % 24’ü insan kaynaklı arazi bozulmalarından etkilenmektedir. Su ve rüzgâr erozyonunun dünya ölçeğindeki dağılımlarına bakıldığında, su erozyonunun 1094 milyon ha, rüzgâr erozyonunun ise özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yer alan 548 milyon ha arazide başlıca arazi bozulması sebebi olduğu görülmektedir (Oldeman 1991).

Resmi verilere göre, ülkemizin % 90’ını kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahiptir. Toplam arazi varlığımızın % 47,98’inde eğim dikliği % 20’den daha fazla ve %

62,15’inde eğim %12’den fazladır. % 2-20 eğime sahip arazilerimizin miktarı ise ancak 29,7 milyon ha’dır. Bununla birlikte, topraklarımızın sadece % 14’ünde organik madde kapsamı % 2’den fazladır; buna karşılık % 64’lük bir kısmında bu düzey %1’den daha azdır. Etkili toprak derinliklerine bakıldığında, arazilerimizin % 37,2’sinin işlemeli tarıma uygun olmayan 0-20 cm derinlikte olduğu belirlenmiştir (Anonim 1978; Anonim 1982; Çanga ve Erpul 1994). Diğer bir değerlendirmeye göre, ülkemizde sorunsuz arazilerin yüzdesi 13,86 olmasına karşın, şiddetli ve çok şiddetli erozyonun etkisinin görüldüğü arazilerin oranı %58,74 dür. Türkiye’de 57,15 milyon ha arazinin su erozyonuna maruz kalmasına karşılık, rüzgâr erozyonu çok yaygın değildir ve toplam 506.309 ha alanda farklı düzeylerde rüzgâr erozyonu görülmektedir. Sadece işlemeli tarım yapılan 27,7 milyon ha arazi incelendiğinde, toplam 16,4 milyon ha arazide ana sorun olarak erozyon vardır (Anonim 1987 a ve 1998). Elektrik İşleri Etüt İdaresi’nin (Anonim 2006), 1999 ve 2005 yıllarını kapsayan sediment gözlemleri, Türkiye geneli için alansal ağırlıklı ortalama bir değer olarak hesaplanan askıdaki sediment veriminin 155 ton yıl⁻¹ km⁻² veya 119 m³ yıl⁻¹ km⁻² olduğunu göstermektedir. Erpul ve Saygın (2012), güncel verilere göre yapmış oldukları değerlendirmede toprak kayıpları hızının, toprak oluşum hızının yaklaşık 48 katı olduğunu belirtmişlerdir.

Özet olarak, ülkemizdeki erozyonun kapsamı oldukça geniş olup, gerçekte doğal bir süreç olan toprak erozyonu, bugün farklı nedenler ile yapılan arazi bozmaları sonucu, ülkemizde tehlikeli boyutlara ulaşmıştır. Buna ilave olarak, iklim değişikliğinin olası etkileri üzerine yapılan değerlendirmelerde, Türkiye’nin çok daha kurak bir döneme gireceğini öngörülmektedir (Kömüşçü vd. 2003, Karaca vd. 2008). Bu tahminlerin gerçekleşmesi durumunda ise, Türkiye’de rüzgâr erozyonu şiddetinin ve etkilediği alan miktarının artması muhtemeldir. Bunun yanında, iklim değişikliği ile yağış enerjisi ve şiddetlerinde önemli değişimlerin oluşacağı ve yağışların konumsal ve zamansal dağılımlarında da farklılıklar olabileceği beklenmektedir (Anonim 2002). Özellikle, iklim değişikliğine bağlı olarak, bitkisel örtü değişimleri ile karşılıklı etkileşimi ile toprak erozyon oranlarının artacağı tahmin edilmektedir (Nearing vd. 2004). Yüksek yağış miktarlarının kısa zaman aralıklarında düşmesi ile yüksek enerjili ve şiddetli kasırgalar ve bununla birlikte seller ve taşkınların şiddeti ve sıklığının artması düşünülmektedir (Karaca vd. 2008). Bu beklentiler doğrultusunda, “iklimsel erozyon

tehlikesi”nin de, iklim değişikliği ile birlikte değişime uğrayacağı açıktır. Öyle ki, son zamanlarda yapılan çalışmalar, yağış miktarlarında azalmalar olduğuna, fakat yağış şiddetlerinin arttığını göstermektedir (Saygın vd. 2009).

Bu bağlamda, çevre kalitesini kabul edilebilir bir standartta tutarak toprak kaynaklarının tarımsal üretim için kullanılmasında toprak yapısı anahtar kelime olup sürdürülebilir tarım kavramında karşılaşılan sorunların çözümü için oldukça önemlidir. Katı taneciklerin ve boşlukların karmaşık bir düzen içerisinde kazandığı biçim olarak da tanımlanan toprak yapısı, farklı kuvvetlerin etkisi altında dayanım kazanmaktadır (Kay vd. 1988, Angers ve Carter 1996). Güçlü yapısal dayanım sürdürülebilir tarım ve çevre kalitesinin korunmasında son derece önemli olan ve istenilen bir toprak karakteristiğidir. Bu özellik ise sadece dayanımlı agregatların varlığına bağlı olmaktadır.

Agregatların dayanımı ve agregatlar arasındaki boşluklar suyun depolanması ve hareketi, havalanma, erozyon, biyolojik aktivite ve bitki gelişimini etkilemektedir. Yani toprakların yapısal dayanımı, doğal ve tarımsal çevrelerdeki fiziksel ve biyojeokimyasal süreçler üzerine son derece önemli bir rol oynamaktadır. Bu sebeple, yapısal dayanımın sağlanması, toprak kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için öncelikli bir konudur.

Topraklardaki mevcut yapısal dayanımın tek bir sayısal değer ile ifade edilerek değerlendirilmesi ile ilgili pek çok çalışma bulunmakla birlikte, genel itibariyle toprakların yapısal dayanımlarını değerlendirmek amacıyla doğru ve geçerli bir yöntem henüz geliştirilememiştir. Uygulanan dayanım ölçüm yöntemlerinin başlıca amacı farklı su, rüzgâr ve yönetim uygulamalarının etkisi altındaki toprakların davranışlarını güvenli bir şekilde tanımlamaktadır. Son dönemlerde yapılan çalışmalar, yapısal dayanımın ifade edilmesinde toprakların agregat büyüklük dağılımlarının dikkate alındığı yöntemlerin daha başarılı sonuçlar doğurduğu ifade etmektedir (Saygın vd. 2012). Agregat büyüklük dağılımlarından elde edilen çeşitli çap parametrelerine (geometrik orta çap (GOÇ), D_{50} , ortalama ağırlık çapı (OAÇ) gibi) göre toprakların yapısal dayanımları değerlendirilmektedir.

Toprakların farklı yönetim uygulamalarına karşılık olarak gösterdikleri dayanım dereceleri birbirinden farklı olmaktadır. Yapısal dayanımı ve erozyonu etkileyen toprak özellikleri üzerine geçmişten günümüze pek çok çalışma yapılmıştır. Değerlendirilen değişkenlerden özellikle üç tanesinin yapısal dayanımın sağlanması ve sürdürülmesinde son derece önemli olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Tisdall ve Oades 1982, Emerson ve Greenland 1990, Amezketa 1999). Bunlar; değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), demir alüminyum oksitler ve hidroksitler ve organik karbondur (OK).

Bu özellikler içerisinde çevre şartlarındaki değişimlere en duyarlı olanı toprakların OK (%) içerikleridir. Özellikle uygun şartlar altında gerçekleşen mineralizasyon süreci, yapısal dayanımın önemli düzeylerde azalmasına yol açmaktadır.

Bu çalışmada çok sayıda amaca ulaşılması hedeflenmiş olup, bunların başında yapısal dayanımın farklı arazi kullanımları için farklı yöntemlerle değerlendirilmesi ve uygun yöntemin belirlenmesi gelmektedir. Farklı agregat büyüklük sınıfları için organik karbon (OK, %) kapsamlarındaki değişimlerin incelenmesi, sıçrayan ve yüzey akışlarla taşınan agregatların büyüklük dağılımlarının elde edilmesi, elde edilen ortalama ağırlık çapı (OAÇ, mm) değerlerine karşılık gelen OK (%) kapsamlarının belirlenmesi, OAÇ ve OK arasındaki ilişkilerin ayrıntılı olarak incelenmesi, gerek doğal gerekse sıçrama ve yüzey akışlarla taşınan agregatların farklı dağılım modelleri ile modellenmesi ve uygun modelin belirlenmesi konuları da, çalışmanın başlıca amaçları arasındadır.

Ayrıca, araştırmada, gerek bünye özellikleri gerekse OK kapsamı açısından birbirinden farklı arazi kullanım türleri altında gelişen toprakların, farklı eğim dikliği ve yağış şiddeti koşulları altında, erozyon duyarlılıklarının zamana göre gösterdiği değişimlerin incelenmesi de hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Toprak Erozyon Duyarlılığı, yıl içerisinde zaman ve arazi örtüsüne göre değişiklik gösteren devingen bir etmen olup, birim toprak yüzey alanına olan yağış enerji akışına karşılık gelen toprak kaybı miktarı ($\text{ton ha}^{-1} \times \text{ha MJ}^{-1} \times \text{saat mm}^{-1}$) olarak tanımlanmaktadır. Toprakların erozyon süreçlerine karşı gösterdiği duyarlılığın değerlendirilmesinde yapısal ya da agregat dayanımının tanımlanması oldukça önemlidir.

Martin vd. (1955), toprak taneciklerinin bazı kuvvetler ile doğal olarak bir araya gelmesiyle agregatların oluştuğunu belirtmektedir. Agregatlar başlangıçta fiziksel kuvvetlerin etkisiyle oluşmakta, kimyasal ve biyolojik bir takım etmenler ile dayanım kazanmaktadır (Allison 1968; Lynch ve Bragg 1985). Oluşum için gerekli koşullar; ıslanma ve kuruma, donma ve çözülme, diğer sıcaklık değişimleri, toprak işleme, bitki gelişimi ve solucan faaliyetleridir. Dayanım ise inorganik ve organik maddelerin çimentolayıcı etkileri ile gerçekleşmektedir. Bunlar; silikat killeri, kalsiyum karbonat, seksioksitler ve humusdur (Tisdall ve Oades 1982, Koorevar vd. 1983).

Oades (1984), organik materyalin çimentolayıcı etkisini üç grup altında değerlendirmektedir. Bunlar; birkaç hafta içerisinde mikroorganizmalar tarafından parçalanabilen bileşikler özellikle polisakkaritler; birkaç ay içerisinde parçalanabilen kökler ve miseller, özellikle vesicular-arbuscular mycorrhizal hyphae (misel) ve kalıcılar. Daimi olarak da adlandırılan bu grup, ayrılmış humik maddelerin amorf demir, alüminyum ve alüminosilikatlar ile birleşmelerinden oluşmaktadır. Bu daimi maddeler C-P-OM komplekslerinden oluşmakta ve özellikle mikro agregat olarak adlandırılan ve son derece dayanıklı olan 0,25 mm'den küçük agregatların oluşumunda oldukça önemli rol oynamaktadırlar (Edwards ve Bremner 1967).

Tisdall ve Oades (1982), çeşitli çimentolayıcıların etkisi altında farklı agregat boyutlarına bağlı olarak bir agregasyon (kümeleşme) modeli önermişlerdir. Bu modele göre, organik madde miktarının %2'den fazla olduğu topraklarda 2 mm'den küçük agregatlar kökler ve miseller ile bir arada tutulmaktadır. 0,02 ve 0,25 mm arasındaki agregatlar, 0,002 ve 0,02 mm çapındaki taneciklerin kalıcı organik madde, oksit

kristalleri ve yüksek derecede düzensiz alüminosilikatlar ile agregatlaşmaları ile oluşurken, suya dayanıklı olan 0,002 ile 0,02 mm arasındaki agregatlar ise 0,002 mm'den daha küçük agregatların kalıcı organik maddeler ile bağlanmasıyla oluşmaktadır. Ayrıca 0,002 ile 0,02 mm arasındaki agregatlar canlı bakteri hücreleri ve kil parçacıklarının birbirine bağlanmasında köprü görevi görmektedir.

Toprak taneciklerinin büyüklüklerinin azalmasına yol açan agregat parçalanması, kabuk oluşumu ve erozyon arasında ise çok yakın ilişkiler bulunmaktadır (De Ploey ve Poesen 1985, Le Bissonnais ve Singer 1993, Hairsine ve Hook 1995). Bu konu ile ilgili olarak yapılan çalışmaların daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla aşağıda belirtilen başlıklar altında verilmektedir.

2.1 Yapısal Dayanımı Etkileyen Başlıca Etmenler

Yapısal dayanımı ve erozyonu etkileyen başlıca toprak özellikleri, Yoder (1936), Henin (1938), Kemper ve Koch (1966), Wischmeier ve Mannering (1969) gibi araştırmacıların yaptığı bazı eski çalışmalardan beri bilinmektedir (Amezket vd. 1996). Çoğunlukla telafuz edilen bazı toprak özellikleri; toprak bünyesi (Bradford vd. 1987), demir ve alüminyum yüzdesi (Le Bissonnais ve Singer 1993), değişebilir kalsiyum ya da değişebilir bazların toplamı (Meyer ve Harmon 1984), değişebilir sodyum (Emerson 1967) ve organik madde (Tisdall ve Oades 1982) dir. Emerson ve Greenland (1990) bu etkilere bütüncül bir bakış açısı getirmiş ve bunlardan özellikle üç tanesinin toprakların yapısal dayanımlılığında başlıca etken olduğunu bildirmişlerdir.

Bunlar;

- Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) (Emerson 1967, Frenkel vd. 1978, Kazman vd. 1983, Shainberg 1992),
- Özellikle tropikal ve lateritik (Oxisols) topraklar için agregatların çimentolanmasında; demir ve alüminyum oksitler ve oksihidroksitler (Römken vd. 1977, Le Bissonnais ve Singer 1993),
- Organik madde (Monnier 1965, Tisdall ve Oades 1982, Churchman ve Tate 1987, Haynes ve Swift 1990, Chenu ve Guerif 1991)'dir.

Bütün bu parametreler bazen toprak erozyonu ile istatistiksel olarak önemli ilişkiler gösterebilirler. Fakat toprak aşınabilirliğinin istatistiksel olarak modellenmesi, çok sayıda parametrenin bulunmasından ve bunlar arasındaki karşılıklı etkileşimlerden dolayı oldukça zordur. Bunun yanısıra, bu özelliklerin bir veya bir kaç erozyon duyarlılığının değerlendirilmesi için pek çok modelde parametre olarak değerlendirilmektedir. Dünya genelinde en yaygın olarak kullanılan toprak erozyon modellerinden olan 'Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği' (ETKE) ve Yenileştirilmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (YETKE)'nde, toprak erozyon duyarlılığı 'K' faktörü olarak adlandırılmaktadır. Bu model bundan başka topografik faktör (LS), bitki örtüsü faktörü (C), yağış-yüzey akış faktörü (R) ve toprak koruma önlemleri faktöründen (P) oluşmaktadır ve bu faktörler toprak erozyon duyarlılığı faktörü ile karşılıklı etkileşim halinde değerlendirilmektedir. K faktörünün değerlendirilmesi için modelde dikkate alınan özellikler, toprak yapısı, organik madde kapsamı, hidrolik geçirgenlik ve tane büyüklük dağılımıdır (Wishmeier ve Smith 1978).

2.2 Yapısal Dayanımın Değerlendirilmesi ve Agregat Büyüklük Dağılımlarının Modellenmesi

Toprakların fiziksel davranışlarını açıklayabilmek için yapısal dayanımlarının değerlendirilmesi ve yorumlanması son derece önemlidir. Dünya genelinde 1930'ların sonlarından itibaren, toprakların yapısal dayanımlarını belirlemek amacıyla pek çok yöntem kullanılmıştır. Hali hazırda ise yeni yöntem ve yaklaşımlar geliştirilmeye devam edilmektedir (Yoder 1936, Henin vd. 1958, De Leenheer ve De Boodt 1959, Kemper ve Rosenau 1986, Churchman ve Tate 1987, Pojasok ve Kay 1990, Jastrow ve Miller 1991, Le Bissonnais 1996, Saygın vd. 2012).

Bu durum, bu özellik üzerine olan ilginin uzun süreden beri devam ettiğini (diğer toprak parametreleriyle olan ilişkilerin ortaya konması, modelleme çalışmalarında parametre olarak değerlendirilmesinin etkinliğinin tanımlanması vb.) ve doğru ve geçerli bir yöntemin hala eksik olduğunu ortaya koymaktadır veya henüz geliştirilemediğini işaret etmektedir.

Amezketta (1999), bu durumun sebeplerini aşağıdaki şekilde özetlemektedir.

- Yapısal dayanımı bozan farklı parçalanma mekanizmalarının olması,
- Dayanımın farklı ölçeklerde değerlendirilmesi,
- Yöntemlerin geniş ölçülerde birbirinden farklı olması.

Hem agregat parçalanmasını ölçmek amacıyla örneğe uygulanacak yöntemin seçimi hem de sonuçların yorumlanması büyük oranda ölçüm amacına bağlıdır. Bazı araştırmacılar, dayanımı değerlendirmek için ıslak eleme yöntemlerini kullanırken (Yoder 1936, Henin vd. 1958, De Leenheer ve De Boodt 1959, Kemper ve Rosenau 1986, Churchman ve Tate 1987, Pojasok ve Kay 1990, Le Bissonnais 1996, Diaz-Zorita vd. 2006) bazıları ultrasonic dağılma (Edwards ve Bremner 1967, Grieve 1980); suya daldırma (Emerson 1967); kuru eleme tekniklerini (Kemper ve Chepil 1965); görüntü analiz teknikleri (Dexter 1988) ve arazide morfolojik özelliklerinin tanımlanması (Manichon 1987) gibi yöntemleri tercih etmiştir. Örneğin Low (1967), Young (1984), Farres (1987) ve Loch (1994) yağmur damlalarının ve yağışın toprak yapısı üzerine olan fiziksel etkilerinden yararlanarak yapısal dayanımı değerlendirmişlerdir.

Aslında, dayanım ölçüm yöntemlerinin başlıca amacı farklı su, rüzgâr ve yönetim uygulamalarının etkisi altındaki toprakların davranışlarını güvenli bir şekilde tanımlayarak sınıflandırmaktır. Yani seçilecek yöntem çeşitli etken ve etmenler altında değişen toprak yapısındaki farklılığı güvenilebilir bir şekilde ortaya koyabilmelidir (Saygın vd. 2012).

Örneğin, OK içeriğinde doğrudan oransal bir değişim olmamasına karşın, agregat dayanımındaki azalmanın ölçümünde kullanılan yöntemlerin farklı oluşları yapılacak değerlendirmelerin de birbirinden farklı olmasına yol açabilmektedir (Grive 1980, Haynes 1993).

Yapısal dayanımı tanımlamak amacıyla değişen başarı oranlarında pek çok yöntem kullanılmakla birlikte, elde edilen sonuçların çok azı karşılaştırılabilir niteliktedir (Amezketta 1999). Bu yöntemlerin her birisi sadece ıslanma koşullarındaki ya da uygulanan parçalanma enerjisinin oranının farklılaşması ile değil, aynı zamanda seçilen

yöntemdeki parçalanma mekanizmaları ve başlangıçtaki agregat boyutu açısından da ciddi düzeyde farklılaşmaktadır.

Le Bissonnais (1996), yapısal dayanımı bozan dört farklı mekanizmayı aşağıdaki şekilde gruplandırmıştır. Bunlar;

- Sıkışan havanın etkisiyle parçalanma,
- Killerin ıslanma ve kuruma dönemlerinde gösterdikleri farklı şişme ve büzölmeler ile parçalanma,
- Yağmur damlasının etkisiyle mekaniksel parçalanma ve
- Fiziko-kimyasal dağılımadır.

Özetle, seçilecek yöntemin başarısı seçilen toprak tipindeki baskın parçalanma mekanizması ile yakından ilişkilidir. Ancak, içsel ya da dışsal parçalayıcı kuvvetler arasındaki karmaşık etkileşimler toprakların yapısal dayanımını yansıtacak belirgin bir mekanizmanın tanımlanmasına izin vermemektedir (Le Bissonnais 1996, Saygın vd. 2012).

Cerda (1998), İspanya Peninsula'daki yarı kurak bir alanda, 10 farklı vejetasyon türünün toprak aşınabilirliği üzerine olan etkisini üç farklı agregat dayanımı yöntemi ile değerlendirdiği çalışmasında farklı vejetasyon türlerinin ve bakımın, agregat dayanımı üzerine etkilerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yüksek dayanımlı ve kireç taşı üzerinde gelişen Akdeniz bölgesine özgü bu toprakların agregat dayanımlarının Imeson ve Vis (1987) tarafından önerilen yöntemin (damla testi) kullanımlar arasındaki farklılıkları diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek başarı ile yansıttığını bildirmiştir.

Bird vd. (2007), kurak ekosistemleri temel alan çalışmalarında Chihuahuan çölündeki mera alanlarının yapısal dayanımlarını hem Kemper ve Rosenau (1986) tarafından önerilen ve laboratuvar ortamında gerçekleştirilen hem de Herrick vd. (2001) tarafından önerilen ve arazide ölçülen yöntemler ile belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre yoğun bir bitkisel örtünün bulunduğu mera alanındaki topraklar için arazi koşullarında belirlenen yöntemin farklılıkları yansıtmada daha duyarlı olarak sonuç verdiğini

bildirmişlerdir.

Saygın vd. (2012), Belçika'da farklı doz ve türlerde kompost uygulanmış kumlu tın bünyeli topraklarda 6 farklı agregat dayanımı yöntemini karşılaştırmış ve sonuç olarak farklılıkları yansıtmada De Leenheer ve De Boodt (1959) tarafından önerilen ve örneklerin agregat büyüklük dağılımlarını dikkate alan yöntemin daha başarılı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Toprakların agregat dayanımlarının ifadesi uygulanan dayanım yöntemine bağlıdır. Eğer yöntemde örneklerin agregat ya da tanecik büyüklük dağılımları ölçülüyorsa ya ortalama ağırlık çapı (OAC, mm) (Kemper ve Rosenau 1986) ya da orta agregat çapı (D_{50} , mm) (Truman vd. 1990) ile ifade edilmektedir.

Tane büyüklük dağılımlarının tek bir parametre ile ifadesi modelleme çalışmalarında oldukça önemlidir. Sediment ve agregatların büyüklük dağılımlarının tanımlanmasında pek çok istatistiksel yaklaşım önerilmiştir (Cooke vd. 1993). Bu dağılımlar geleneksel Gaussian ya da normal, Log-normal (Shirazi ve Boersma 1984, Buncan 1989), yenileştirilmiş Log-normal (Wagner ve Ding 1994), log-hiperbolik (Hartman ve Christiansen 1988), ikili ya da çoklu parametrelili model (Pinnick vd. 1985), Rosin-Rammler (Kittleman 1964), Weibull (Wohletz vd. 1989) ve diğerleridir.

Diaz-Zorita vd. (2002), toprak yapısının değerlendirilmesinde kullanılan indislerle ilgili yapmış oldukları kapsamlı kaynak çalışmalarında, agregat dağılımlarının bir model yardımıyla ifade edilmesinin daha uygun olduğunu ve bu konuda Log-normal ve Fraktal dağılımların oldukça başarılı olduğunu bildirmişlerdir.

Fraktal geometrisi toprak fiziksel sistemini de kapsayan karmaşık pek çok doğal sürecin tanımlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Mandelbrott 1999). Benzer şekilde, öklidyen geometrisini temel alan geleneksel yöntemlerle tanımlanamayan toprak yapısının ve süreçlerin tanımlanmasında da artan bir şekilde kullanılmaktadır (Sokolowska vd. 2001).

Perfect ve Kay (1991) toprakların yapısal dayanımları üzerine toprak işlemenin etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında Fraktal dağılımlardan yararlanmışlardır. Perfect vd. (1992) Fraktal yaklaşımını kullanarak agregat büyüklük dağılımları karakterize etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, 0,5 ile 23 mm arasındaki agregat büyüklükleri için Fraktal yaklaşımının uygun olduğunu vurgulamışlardır. Benzer şekilde Perfect ve Blevins (1997) toprak işleme ile toprak agregasyonunda meydana gelen değişimleri Fraktal yaklaşımını kullanarak değerlendirmiştir. Tyler ve Wheatcraft (1989, 1992), Fraktal çapları ile toprakta su tutulması arasında önemli düzeyde bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Erşahin vd. (2006) Fraktal çap değerlerini kullanarak toprakların katyon değişim kapasitelerini ve özel yüzey alanlarını tahmin etmişlerdir.

Yapılan pek çok çalışma tane büyüklük dağılımlarından elde edilen Fraktal çaplarının toprak bünyesi ve ilişkili özellikleri açıklamada oldukça etkili olduğunu (Arya ve Paris 1981; Hwang vd. 2002) vurgulamaktadır. Yine benzer şekilde, toprakta suyun tutulması gibi toprak özelliklerinin (Tyler ve Wheatcraft 1990, Pachepsky vd. 1995, Kravchenko ve Zhang 1997, Huang ve Zhang 2005), doygun (Rawls vd. 1993, Gimenez vd. 1997, Timlin vd. 1999) ve doygun olmayan (Toledo vd. 1990, Rieu ve Sposito 1991, Xu 2004) koşullarda su akışının tahmin edilmesinde de başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca toprakların çölleşme derecelerinin ve OK kapsamalarının belirlenmesinde de Fraktal çapları ile önemli düzeyde ilişkiler kurulmuştur (Su vd. 2004). Özetle, Fraktal geometrisinin toprak bozulması ve dinamiklerinin tanımlanması için uygulanması, toprak sisteminin daha iyi anlaşılabilmesi için oldukça önemli bir vasıta olduğu söylenebilir (Jin vd. 2011).

Gardner (1956), incelediği 200'den fazla toprağın agregat büyüklük dağılımlarının büyük bir kısmının Log-normal bir dağılım gösterdiğini belirlemiştir. Ayrıca bu dağılımları karakterize etmek amacıyla geometrik orta çap değerleri ile standart sapmalarından yararlanmıştır.

Hagen vd. (1987), 10 farklı toprakta ortalama geometrik çap ve standart sapmayı belirlemek amacıyla, Log-normal dağılımı kullanmışlardır.

Wagner ve Ding (1994) standart Log-normal dağılım ile 3 ve 4 parametrelili yenileştirilmiş Log-normal dağılımı karşılaştırdığı çalışmasında, yenileştirilmiş olanın agregat büyüklük dağılımlarının modellenmesinde daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir.

Perrier ve Bird (2002) toprak strüktürünün ifadesinde topraktaki boşluklu yapıyı da dikkate alan üssel (powerlaw) dağılımlardan yararlanarak “boşluk-katı fraktal (pore solid fractal)” adlı bir yaklaşımı önermişlerdir.

Günel vd. (2011) Fraktal dağılımlardan yararlanarak, toprak bünyesinin tayininde yapılan çeşitli ön muamelelerin toprakların Fraktal çapları üzerine olan etkilerini değerlendirmişlerdir.

Dağılımların ifade edilmesinde son dönemde sıklıkla kullanılmaya başlanan modellerden bir tanesi de Weibull dağılımıdır. Örneğin toprak direncinin (Perfect ve Kay 1995) ve uçan tozların dağılımlarının (Zobeck vd. 1999) ifade edilmesi gibi.

Zobeck vd. (2003), doğal agregat büyüklük dağılımı en doğru şekilde modellemek amacıyla 5400'den daha fazla yüzey örneğinde Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımlarını karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre en düşük hata oranını Weibull modelinde elde etmişlerdir.

Munkholm ve Perfect (2005), iki parametrelili Weibull dağılımı yerine 3 parametrelili Weibull dağılımının kullanılmasının agregat büyüklük dağılımlarının modellenmesinde karşılaşılan fazla ve düşük tahminlerin önlenmesinde daha uygun olduğunu ve bu parametreleri doğrusal olmayan regresyon denklemleriyle daha başarılı bir şekilde tahmin edilebileceğini raporlamışlardır.

2.3 Yapısal Dayanım ve OK Arasındaki İlişkiler

Bu başlık altında hem OK kapsamının hem de organik madde kapsamının yapısal dayanım üzerine olan etkilerinin araştırıldığı çalışmalara yer verilmiştir. Laboratuvar

koşullarında gerçekleştirilen organik madde analizlerinde toprak organik maddesinin %58 oranında OK kapsadığı kabulüne dayanılarak değerlendirilmeler yapılmaktadır (Nelson ve Sommers 1982).

Toprakta OK miktarındaki artışın toprakların fiziksel gelişmeleri ve üretkenliği üzerine olan etkileri yapılan pek çok araştırmacı tarafından detaylı olarak gözlemlenmiştir (Agassi 1996, Morgan 1995, Barthes vd. 1999, Zebarth vd. 1999, Edwards vd. 2000, Franzluebbbers 2002, Auerswald vd. 2003, Celik vd. 2004, Tejada ve Gonzales 2007). Elde edilen sonuçlara göre, agregatların suya dayanımları ve OK kapsamı arasında pek çok pozitif ilişki elde edilmiştir (Chaney ve Swift 1984, Metzger vd. 1987, Weill vd. 1988, Fortun vd. 1989, Benito Rueda ve Díaz-Fierros Viqueira 1989, Mbagwu vd. 1991, Lax ve Garcia-Orenes 1993).

Farklı ve değişen miktarlarda OK kapsamına sahip toprakların fiziksel davranışlarını tahmin edebilmek ya da kritik sınırları belirleyebilmek için değişkenler arasında kurulacak niceliksel ilişkilere gereksinim duyulmaktadır. Toprakların fiziksel davranışları ve OK arasındaki niceliksel ilişkileri araştıran çalışmaların oldukça önemli bir kısmını ise yapısal dayanımı ve OK arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalar oluşturmaktadır.

Eski kaynaklarda toprakların agregat dayanımları ile toplam toprak organik maddesi arasındaki ilişki, ayrışmamış organik madde ile agregat dayanımı arasındaki ilişkiye göre daha zayıf olduğu yönündedir. Örneğin Sideri (1938), mikroskop ve seçici ekstraksiyon yöntemi ile ayrışmamış humatların varlığının toprak taneciklerini bir arada tuttuğunu göstermiştir. Ackerman ve Myers (1943) %2'den daha fazla OK kapsamına sahip mera kullanımını altındaki toprakların su içerisindeki agregat dayanımlarının ($d > 0,106$ mm) toprakları OK kapsamı ve azot içerikleriyle oldukça önemli ve yüksek bir ilişki gösterdiğini ($r > 0,95$; $P < 0,001$), fakat %1,9'dan daha düşük OK kapsamına sahip işlemeli tarım alanı toprakları için bu ilişkinin daha düşük olduğunu ($r < 0,3$; $P < 0,05$) bildirmiştir. Sonuç olarak, ayrışmamış organik materyalin bol bulunduğu toprakların daha yüksek agregat dayanımına sahip olduğunu raporlamışlardır.

Humusun bu etkin bileşenlerinin ya da ayrışmamış organik bileşenlerin toprakların agregat dayanımları üzerine olan etkilerini Swaby (1950)'de eski kimyasal çalışmaları derlediği kaynak çalışmasında vurgulamıştır. Organik maddenin bu aktif fraksiyonunun doğası pek çok araştırmacı tarafından çalışılmış olup, genel kabul bunların çeşitli proteinler/amino asitler ve yağları da kapsadığı ancak en önemli grubu polisakkaritlerin oluşturduğudur.

Chesters vd. (1957), orta Amerika'daki 4 farklı siltli topraktan aldıkları 75 adet örnekte, toprakların agregat dayanımlarını etkileyen en önemli faktörün 'mikrobiyal zannk (microbial gum)' (0,5M'lık NaOH ile ekstrakte edildikten sonra aseton ile çöktürme yöntemiyle) olduğunu ($r > 0,70$) bulmuşlardır. Toprakların toplam organik madde kapsamı ile agregat dayanımları arasındaki ilişkinin oldukça düşük olduğunu, sadece OK kapsamı %2'den daha fazla olan topraklarda ilişkinin önemli olarak bulunduğunu ($r=0,345$) bildirmişlerdir.

Greenland vd. (1962) toprak organik maddesinin az ayrışmış ya da ayrışmamış bileşenleri üzerine yaptığı çalışmasında, Avusturalya'daki %19 kil kapsamına sahip Kırmızı Kahverengi topraklarda OK kapsamının %1,2'den %2'ye çıkmasının geçirgenlik oranında önemli bir artışa yol açtığını ve polisakkaritlerin bu topraklarda agregat dayanımlarının sürdürülebilmesinde başlıca faktör olduğunu bildirmişlerdir.

Griffiths ve Jones (1965) ve Griffiths ve Burns (1972), polisakkaritlerin agregat oluşum mekanizmasında oldukça önemli olduğunu, fakat toprakların başlangıçtaki OK kapsamlarının her hangi bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Reid ve Goss (1980), agregat dayanımı üzerine organik maddenin doğası üzerine çok yıllık çim bitkisi bulunan topraklarda yaptıkları çalışmalarında, köklerin de dayanım üzerine oldukça önemli etkilere sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Tisdall ve Oades (1982) toprak OK ve agregat arasındaki ilişkilerini araştırdıkları kapsamlı kaynak çalışmalarında (derleme) birkaç noktaya dikkat çekmişlerdir. Bunlar:

- Organik madde'nin sadece bir kısmı agregatları dayanımlı kılıyor bunlar da, polisakkaritler, kökler ve mantar misellerinden görece daha fazla bulunan ayrışmamış organik materyallerdir.
- Belirli bir miktarın üzerindeki organik madde dayanımı arttırmıyor.
- Organik madde başlıca çimentolayıcı etken değildir.
- Organik maddenin yapısı miktarından daha önemlidir.
- Agregat dayanımı üzerine taneciklerin düzeni bazı topraklarda organik madde miktarından daha önemlidir.

Aynı zamanda bu araştırmacılar, farklı boyuttaki agregatlar arasındaki organik materyalin miktarı ve çeşidindeki geniş değişimleri de değerlendirmişler ve aynı toprakta agregat dayanımının, organik materyalin ilave edilme şekli ve zamanına, örneğin alınma zamanına bağlı olarak çok geniş farklılıklar gösterebildiğini belirtmişlerdir. Bu sebeplerden ötürü agregat dayanımı üzerine organik maddenin etkisinin niceliksel olarak değerlendirilmesi oldukça zordur. Genel anlamda Tisdall ve Oades (1982), organik materyalin zaman ölçeğinde agregat dayanımı üzerine olan etkilerini aşağıdaki şekilde değerlendirmişlerdir.

- Glikoz benzeri bileşiklerin agregat dayanımı üzerine etkileri ilk 2-3 hafta içerisinde oldukça güçlü fakat 4 ile 6 ay sonrasında hızla azalma gösteriyor.
- Agregat dayanımı üzerine selulozun etkisi 6 ile 9 hafta sonrasında görülüyor fakat polisakkaritler kadar güçlü bir etkisi bulunmamaktadır.
- Çim döküntülerinin dayanım üzerine etkisi ilk 3 ay, sonrasında etkisi azalıyor.

Organik materyali oluşturan önemli bileşenlerin maksimum etkisi 1 yıldan fazla olmamakla birlikte, bu etki işlemeli tarım yapılan koşullarda oldukça hızlı bir şekilde sona ermektedir. Fakat Tisdall ve Oades (1982) bu konuyla ilgili olarak organik madde kapsamı için her hangi bir kritik değer belirtmemişlerdir.

Strickling (1950), Amerika Birleşik Devletlerinin batı bölgelerinden aldığı 46 adet siltli tın toprakta ıslak agregat dayanımı (AD) değerlendirmiş ve eşitlik (2.1)'de gösterilen doğrusal ilişkiyi elde etmiştir.

$$\%AD = 16,9(OM) - 13 \quad (R^2 = 0.87) \quad (2.1)$$

Boekel (1963), toprak strüktürünü toprağın kil içeriği, organik madde miktarı ve plastiklik limitlerini kullanarak görsel puanlama sistemi ile değerlendirmiştir. Sonuç olarak, %10'dan daha fazla kil içeren ve organik madde kapsamı %2'den daha fazla olan toprakların iyi strüktürlü olduğu, kil içeriğinin her %10'luk artışında organik madde kapsamı %1 oranında artıyorsa, yani %20 oranında kil içeren bir toprağın %3 oranında organik madde kapsamı var ise strüktürünün iyi olduğunu vurgulanmaktadır.

Kemper ve Koch (1966) agregat dayanımı ve toprak özellikleri arasındaki ilişkileri araştırmak amacıyla Amerika Birleşik Devletlerini kapsayan 519 noktada araştırma yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, OK kapsamının %2'nin üzerinde olduğu yerlerde agregat dayanımında düşük seviyelerde bir artışın olduğunu, fakat bu oranın düşmesiyle agregat dayanımında oldukça önemli ve keskin bir azalmanın olduğunu bildirmişlerdir. Yine bu çalışmalarında oldukça düşük miktarlardaki demir oksitlerin agregat dayanımını arttırdığını, değişebilir sodyum yüzdesinin artmasının ise dayanımı azalttığını belirtmişlerdir.

Williams (1971), İngiltere'den alınan 189 toprak örneği için, toprakların fiziksel özellikleri ile OK ve toplam azot içeriklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, 6 mm ile 0,02 mm arasındaki toprak agregatlarının sıkışan havanın etkisiyle parçalanma üzerine oldukça önemli etkilere sahip olduğunu bildirmiştir.

Greenland vd. (1975), İngiltere ve Galler bölgelerinden alınan 180 adet örneği, Emerson (1967) tarafından geliştirilen agregat dayanımı yöntemi ile test etmişler ve toprakların agregat dayanımları ve OK miktarları arasında aşağıdaki şekilde bir sınıflandırma önermişlerdir.

- <% 2 organik karbon: dayanımsız topraklar
- % 2 – 2,5 organik karbon: orta derecede dayanımlı topraklar
- >% 2,5 organik karbon: oldukça dayanımlı topraklar

Stengel vd. (1984) İngiltere ve Fransa'daki toplam 15 farklı alandan aldıkları toprak örneklerinde organik karbon (OK) ve agregat dayanımı (AD) arasındaki ilişkileri inceledikleri çalışmalarında kurdukları eşitlik (2.2) ile aradaki ilişkinin ancak %61'ini açıklayabilmişlerdir.

$$\%AD = 11,57(OK) + 12,75 \quad (R^2 = 0,61; P < 0,001) \quad (2.2)$$

Chaney ve Swift (1984) yapmış oldukları çalışmada topraktaki karbonhidrat miktarının toplam organik madde kapsamına göre ortalama ağırlık çapı (OAÇ) değeri ile daha güçlü bir ilişki gösterdiğini bildirmişlerdir (sırayla, $r = 0,711$ ve $r = 0.663$; $P < 0,001$).

King ve Evans (1989), İngiltere'nin kuzey bölgelerinde yürüttükleri çalışmalarında agregat dayanımı ve organik madde kapsamı arasında doğrusal bir ilişki gözlemlemişler ve arazi kullanımlarındaki farklılıktan bağımsız olarak organik madde kapsamındaki her %1'lik artışın, suya dayanıklı agregat yüzdesini %8 oranında arttırdığını bildirmişlerdir.

Yapılan bu çalışmalara karşılık Perfect ve Kay (1990), Kanada'daki siltli tın bünyeli topraklarda agregat dayanımı ve OK kapsamı arasında herhangi bir ilişki bulamamışlardır.

Ekwue (1990), mera kullanımındaki kumlu topraklarda OK ve AD arasındaki ilişkinin %87'sini aşağıda kurdukları model ile açıklamışlardır (2.3).

$$(n = 14; R^2 = 0,873; P < 0,001) \quad (2.3)$$

Yeni Zelanda'daki siltli ve siltli kil topraklarda, arazi kullanımı ve toprağın su içeriğinin toprakların agregat dayanımları üzerine toplam OK ya da polisakkarit içeriğinden daha etkili olduğu bildirilmiştir (Haynes ve Swift 1990, Swift 1990). Ancak Haynes vd. (1991) çalışmalarının devamında, Yeni Zelanda'daki kumlu tın, siltli tın ve killi tın bünyeli topraklarda yaptıkları çalışmalarında toprakta agregatın en iyi tanımı olarak ifade ettiği ortalama ağırlık çapı (OAC, mm) değerinin tahmininde mera olarak kullanımın süresi (özellikle 4 yıldan uzun süre mera olarak kullanılmış ise) ve sıcak suda çözünebilir polisakkarit miktarı ile ilişkili olduğunu belirtmiş ve farklı toprak bünyeleri için aşağıdaki ilişkileri belirlemişlerdir ((2.4), (2.5), (2.6)).

$$OAC_{KURLU_TIN} = 0,60(OK) + 0,65 \quad (2.4)$$

$$OAC_{SILTLI_TIN} = 1,09(OK) - 0,86 \quad (2.5)$$

$$OAC_{KILLI_TIN} = 0,62(OK) + 0,27 \quad (2.6)$$

Canbolat (1992), Iğdır ovası'nda toprağa değişen oranlarda organik materyal (ahır gübresi ve buğday samanı) ilave edilmesinin toprakların agregat dayanımı ve geçirgenlik kapasitelerini arttırdığını ve değerlendirilen özellikler arasında pozitif ilişkilerin bulunduğunu belirtmiştir.

Carter vd. (1992), Kanada'da, işlemeli tarım yapılan bir alandan 0-5 cm derinlikten aldıkları suya dayanıklı agregatların ortalama ağırlık çapı (OAC, mm) ve organik karbon (OK) kapsamaları arasında doğrusal bir ilişkiyi elde etmişlerdir (2.7). Ayrıca Unger (1995), toprakta agregat dayanımını ve organik madde miktarları arasındaki ilişkileri incelendiği çalışmasında, özellikle toprağın ilk 4 cm'si içerisinde yapılan örneklemelerin daha belirgin bir sonuç verdiğini ve daha büyük derinliklerde yapılan çalışmaların ilişkilerin tanımlanmasında belirsizliğe yol açabileceğini belirtmiştir.

$$OAC = 127(OK) - 63,4 \quad (R^2 = 0,942; P < 0,001) \quad (2.7)$$

Baran vd. (1996), peat karıştırılan ve karıştırılmayan killi tınlı bir toprakta bakteri (*Rhizobium meliloti*) ve mantar (*Aspergillus niger*) aşılmasının yapısal dayanım

üzerine etkileri araştırmışlardır. Bakteri ve mantar aşılammış ve aşılammamış, peat karıştırılan ve karıştırılmayan toprak örneklerinde, 30. gün sonunda en yüksek yapısal dayanım değerleri elde edilmiş, meydana gelen artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Örneklerin, 30. günden sonraki inkübasyon süreleri sonunda yapısal dayanımında azalma görülmüştür. Mantar, bakteriye göre, bütün örneklerin yapısal dayanımında daha fazla artışa neden olmuştur. Peat karıştırılan toprakların yapısal dayanımları, peat karıştırılmayan topraklara göre daha düşük bulunmuştur.

Öztaş vd. (1999), bireysel toprak agregatlarının kırılmaya karşı olan dayanıklılıkları üzerine etki eden toprak özelliklerini belirledikleri çalışmalarında, agregatları düz bir zemin üzerinde buna paralel konumda ve cep penetrometresine sabitleştirilmiş bir plaka arasına yerleştirerek basınç altında kırmışlardır. Toprakların kuru-agregat dayanımları ile kum içeriği, kil içeriği, KDK ve değişebilir Na yüzdesi (ESP) arasında önemli ilişkiler bulunmuştur. Ayrıca, toprakların kuru-agregat dayanımları ile ıslak eleme yoluyla belirlenen dayanımları arasında önemli pozitif bir ilişki kaydedilmiştir ($r=0,94$, $P < 0,01$). Kuru-agregat stabilitesi ile toprakların silt içeriği, organik madde içeriği, $CaCO_3$ içeriği ve pH arasında önemli ilişkiler belirlenememiştir. Elde edilen sonuçlara göre, toprakların kuru-agregat stabilitelelerindeki değişimin yaklaşık %90-96'sının sözkonusu toprakların kil içeriği ve ESP değerlerinin kullanılmasıyla açıklanabileceğini bildirmişlerdir.

Qiang vd. (2007), Çin'de yapmış oldukları çalışmalarında suya dayanıklı agregat yüzdesi ve OK, toplam azot, toplam fosfor ve kation değişim kapasitesi arasında oldukça yakın ilişkiler bulmuşlardır (sırasıyla $r= 0,76$; $0,68$; $0,61$ ve $0,81$ ($P < 0,01$)).

Boix-Fayos vd. (2001), İspanya'nın güneydoğusunda iklimsel olarak yarı kurak ile yarı-nemli bölgeler arasındaki bir geçit alanında oluşan toprakların agregatlaşma ve toprak özellikleri arasındaki ilişkileri inceledikleri çalışmalarında, alanın çok kurak kısımlarında baskın olarak büyük agregatların bulunduğunu fakat yüksek hacimsel yoğunluk ve düşük su tutma kapasiteleri sebebiyle kalıcı bir yapısal gelişiminin olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, 1-0,105 mm arasındaki agregatların orta, ince, çok ince kum ve silt fraksiyonları ve organik madde ile pozitif ilişki gösterdiğini, 0,105 mm'den küçük agregatların ise yine organik madde ve kil içeriğiyle pozitif bir ilişki

gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca 1 mm'den küçük agregatların toprakta su tutulmasında pozitif bir etki yapmasından dolayı, toprak bozulmasında iyi bir belirteç olabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, organik madde kapsamının %5 ya da 6'dan daha fazla olduğu koşullarda makroagregat dayanımının organik madde kapsamıyla pozitif ilişki gösterdiğini, mikroagregatların ise kil kapsamıyla pozitif bir ilişki gösterdiğini; toprakların karbonat içeriği ve agregat dayanımı arasında da çok güçlü ilişkilerin olduğunu belirtmişlerdir. Bunlara ilave olarak, arazi kullanımının ve iklimsel özelliklerin yapılacak değerlendirmelerde mutlaka göz önüne alınmasının gerekliliğini vurguladıkları çalışmalarında, agregat büyüklük dağılımı ve dayanımının toprak bozulmasının değerlendirilmesinde bir belirteç olarak kullanılabileceğini, fakat tek başına yeterli olamayacağını bildirmişlerdir.

Kavdır vd. (2004), toprakların strüktürel kalitelerinin belirlenmesinde, agregatların gerilim direnci ve dayanımlarının değişken olarak kullanılacaklarını önerdikleri çalışmalarında, Çanakkale-Kumkale ovasında 51 farklı lokasyonda toprak örnekleme yapmışlardır. Örneklerin gerilim direnci, agregat stabilitesi, kil ve OK kapsamı, arazi kullanımı gibi özellikleri arasındaki ilişkileri incelemişler ve gerilim direnci ve kil kapsamı arasında oldukça yüksek pozitif doğrusal ilişkiler bulmakla birlikte ($r = 0,89 \sim 0,92$), bu ilişkinin kuvvetinin artan OK kapsamıyla önemli düzeyde artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Toprakların agregat dayanımlarının, toprak organik karbonu ile birlikte arttığını, toprak agregatlarının gerilme dirençlerinin ise daha çok kil içeriği tarafından etkilendiğini, bununla birlikte, kil içeriğinin agregatların gerilim direnci üzerine olan etkisinin, toprak organik maddesine bağlı olarak artış gösterdiğini belirtmektedirler.

Bronick ve Lal (2005), toprak yapısı ve yönetimiyle ilgili yapmış oldukları kapsamlı kaynak çalışmalarında; toprak yapısının çevre üzerine oldukça önemli etkilerinin bulunduğunu, agregatlaşmanın taneciklerin yeniden birleşmesi, kümeleşmesi ve çimentolaşması sonucunda gerçekleştiğini ve toprak organik karbonunun, coğrafik koşulların, iyon köprülerinin, killerin ve karbonatların bu oluşumda aracı bir rol üstlendiğini bildirmişlerdir. Bu agregatlaştırıcı mekanizmaların karmaşık etkileşimleri agregat oluşumunu pozitif ya da negatif yönde etkileyebilmektedir. Kil boyutundaki tanecikler, killerin şişerek agregatları dağıtabilmelerine karşın, kümeleşmeyi teşvik ederek agregatlaşmaya sebep olmaktadır. Organo-metal bileşikler ve kanyonlar

tanecikler arasında köprü görevi görmektedirler. Toprak organik maddesi, bitkilerden, hayvanlardan, mikroorganizmalardan ve onların çeşitli ayrışma ürünlerinden oluşarak biçim kazanmaktadırlar. Agregatların dayanımlı olmalarında toprak organik maddesinin etkinliği onun çürüme oranıyla ilişkilidir. Topraktaki inorganik karbon miktarı kurak ve yarı kurak bölgelerde agregasyonu arttırmaktadır. Sonuç olarak, üretkenliği arttıran ve toprak bozulmasını azaltan uygulamalar agregasyonu ve yapısal gelişimi teşvik etmektedir.

Alagöz vd. (2006), sera koşullarında saksı denemeleri ile 3 farklı tür ve dozda organik materyal ilavesinin (işlenmiş tavuk gübresi, çöp kompostu ve leonardit) toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkilerini değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, değişik kökene sahip organik materyallerin düzenli ve etkin bir biçimde kullanılması ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin (Organik madde, KDK, pH, EC, toplam azot ve agregat dayanımı gibi) iyileştirilebilmesinin mümkün olduğunu belirtmişlerdir.

İç ve Gülser (2008), tütün atığının kil, tın ve kum bünyeli toprakların bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerine olan etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, organik materyal ilavesinin özellikle kil bünyeli toprakların OAÇ (mm) ve agregat dayanımı değerlerini önemli düzeylerde arttırdığını belirlemişlerdir.

Abiven vd. (2009), agregat oluşum mekanizması üzerine organik madde ilavesinin zaman içerisindeki değişen etkilerini değerlendirdikleri kapsamlı kaynak çalışmalarında, Monnier tarafından 1965 yılında önerilen kavramsal modelin geçerliliğini doğrulamışlardır. Ayrıca modeldeki bir takım eksiklikler ortaya konmuş ve modelin geliştirilebilmesi için şu konularda yoğunlaşılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bunlar; bazı organik bileşiklerin uygulamadan hemen sonraki doğrudan abiyotik etkilerinin incelenmesi; organik ürünlerin başlangıçtaki biyokimyasal özelliklerinin ortaya konulması ve agregat parçalanma mekanizmaları üzerine organik ürünlerin etkilerinin incelenmesidir. Yapılan çalışmalarda organik ürünün miktarının etkisi ya da özellikle karbon ve kil içerikleri gibi bazı toprak özelliklerinin etkisi ile ilgili her hangi bir eğilimin bulunmadığını ve ilişkilerin son derece karmaşık olduğunu bildirmişlerdir.

Turgut ve Aksakal (2010), toprağa farklı dozlarda ilave edilen iki farklı organik materyalin (fig samanı ve ahır gübresi), toprakların yapısal dayanımları ve erozyon

duyarlılığı üzerine yaptığı etkileri araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, toprağa karıştırılan fiğ samanı'nın yapısal dayanımı geliştirmede, ahır gübresine oranla daha etkili olduğunu ve her iki organik artığın da toprağı erozyona karşı belirli bir ölçüde dirençli kıldığını belirlemişlerdir.

Bazı ölçümlerin zaman zaman yüzey akış ve erozyon ölçümleriyle uyuşmamasına karşın, OK içeriği ve agregat dayanımlarının ölçülmesi yapısal bozulma tehdidinin değerlendirilmesi için oldukça önemlidir (Wishmeier vd. 1971, Trott ve Singer 1983, Boiffin 1984, Ekwue 1990, Loch ve Foley 1994). Bunun sebebi, yapısal dayanımlığı etkileyen tek özelliğin OK içeriği olmamasıdır (Le Bissonnais ve Arrouays 1997). Buna ilaveten, organik maddenin özel bir büyüklüğü başlıca çimentolayıcı etmen olabilir ve toplam OK içeriğinin ölçülmesi yeterli bir belirteç olamayabilir (Capriel vd. 1990, Roberson vd. 1991, Albrecht vd. 1992, Janzen vd. 1992).

2.4 Yapısal Dayanım, OK ve Farklı Yönetim Uygulamaları Arasındaki İlişkiler

Genel olarak, toprak agregat dayanımı çoğunlukla işlenen koşullar altında azalan OK içeriği ile ilişkilendirilir (Tisdall ve Oades 1982, Haynes ve Swift 1990, Perfect vd. 1990). İşlenen topraklarda organik karbonun azalmasıyla ilişki olarak azalan agregat dayanımı, kabuk, yüzey akış ve erozyon gibi etkiler ile toprakların bozulmasına yol açmaktadır (Monnier 1965, Tisdall ve Oades 1982, Eliot 1986, Sullivan 1990, Guerra 1994).

Römkens vd. (1977), Boiffin (1984), Moore ve Singer (1990), Loch ve Foley (1994) ve Le Bissonnais (1996)'e göre, iyi yapısal dayanıma sahip topraklar yağışı etkili bir biçimde alt katmanlara geçirdiği için, göllenme ve sonrasında kabuk oluşumunu engellemektedir.

Toprak organik karbonu toprakların fiziksel davranışlarını etkilemek suretiyle toprak erozyonu ile yakın bir ilişki içerisindedir. Toprak erozyonu, toprak içerisindeki organik karbonun dağılımı üzerine, özellikle toprak işlemeli tarım sistemlerinin yoğun bir şekilde uygulandığı bölgelerde, oldukça önemli etkilere sahiptir.

Toprak işlemenin artışı, toprak organik maddesinin hızla mineralize olmasına ve agregasyonun azalmasına yol açmaktadır. Toprak işleme yoğunluğu, toprak dayanımı ve toprak organik maddesi arasındaki ilişkiler son dönemlerde pek çok araştırmacının ilgisini çekmiş ve bu konuda pek çok çalışma yapılmaya başlanmıştır (Beare vd. 1994, Golchin vd. 1994, Jastrow 1996). Yapılan çalışmalar toprak agregatlarının organik maddenin mineralizasyonunu büyük ölçüde yavaşlattığını işaret etmektedir (Adu ve Oades 1978). Fakat toprak agregatları toprak yönetim uygulamalarına karşı oldukça hassas olduğundan, toprak işleme organik maddenin mineralizasyonunu arttırmaktadır. Ayrıca toprak işlemez koşullarda mikro agregat gelişimi uygun düzeylerde olduğundan makro agregatlaşma üzerine oldukça etkili olmaktadır (Six vd. 2000).

Douglas ve Goss (1982), İngiltere’de 4 farklı toprakta, 5 yıl boyunca farklı toprak işleme yöntemlerinin toprakların fiziksel özellikleri üzerine olan etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında agregat dayanımı ve OK kapsamı arasındaki ilişkinin genellikle önemli olduğunu ($P < 0,001$) bildirmiştir. Fakat ilişkinin çok güçlü olmadığını ($r \sim 0,6$ ile $0,7$) belirterek, verilerin birlikte değerlendirilmesiyle bu ilişkinin derecesinin arttığını da ayrıca vurgulanmaktadır. En yüksek agregat dayanımı, mera kullanımında azaltılmış toprak işleme uygulamaları neticesinde elde edilmiştir. Ancak, 5 yıl boyunca uygulanan farklı toprak işleme yöntemleri sonucunda ölçülen agregat dayanımları arasındaki değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Benito ve Diza-Fierros (1992), İspanya’da işlemeli tarım ve mera kullanımının olduğu iki farklı alanda yürüttükleri çalışmalarında OK’nun etkisinin tarım yapılan alana kıyasla mera alanında daha açık bir şekilde tanımlanabildiğini ve toprakların OK kapsamının %3’den %4’e çıktığında, toprak kayıplarının önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir.

Malinda (1995), Avusturalya koşullarında 10 yıl boyunca buğday tarımı yapılan bir alanda toprak kayıplarının büyük ölçüde toprakların organik karbon içerikleriyle kontrol edildiğini ve OK kapsamının %1,6’dan daha düşük olduğunda, toprak kayıplarının önemli düzeyde artış gösterdiğini belirtmiş ve eşitlik (2.8)’deki ilişkiyi kurmuştur.

$$A = 31 + 16(OK) - 45(\sqrt{OK}) \quad (2.8)$$

Burada, A: Toprak kaybı (ton ha⁻¹ yıl⁻¹)'dir.

Eynard vd. (2005) Güney Dakota'daki işlemeli, işlemez ve mera yönetiminin uygulandığı 6 tane Ustolls ve 2 tane Usterts toprakta makro agregat dayanımı ve OK kapsamının dağılımlarını değerlendirdikleri çalışmalarında, işlemeli tarım yapılan toprakların agregat dayanımlarındaki azalmayı organik karbon kapsamındaki azalma ile ilişkilendirmişlerdir. Ayrıca rüzgâr erozyonu ile taşınan sedimentlerin (<1 mm) mineralizasyon'dan sonra topraktan kaybolan OK kapsamı üzerine oldukça önemli düzeyde etki ettiğini, işlemeli sistemlere nazaran mera alanlarında en yüksek karbon tutulumunun gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Green vd. (2005), 3 farklı toprak işleme koşullarında erozyon risk değerlendirmesi yapmışlardır. Çalışma kapsamında, 5 farklı agregat büyüklük sınıfı için sediment yüklü besin elementi (C, N ve P) taşınması ölçülmüş ve en yüksek C, N ve P içeriği 2,00 mm'den büyük agregatlarda en düşük ise 0,21 mm'den küçük agregatlarda ölçülmüştür. Toprak işlemez koşulların makroagregat oluşumunu teşvik ettiği belirtilen çalışmada, sediment taşınması en fazla mikroagregatları etkilediğinden, sıcak ve nemli bölgelerde toprak işlemez koşulların erozyonun önlenmesinde son derece önemli olduğu vurgulanmıştır.

Canton vd. (2009), İspanya'daki yarı kurak bir bölgede agregat dayanımının konumsal dağılımının yüzey akış ve toprak erozyonuyla olan ilişkilerini ve agregat dayanımındaki değişim ile toprak özellikleri ve topografya arasındaki etkileşimlerini incelemişlerdir. Genel itibariyle, toprakların 2 mm'den küçük agregat oranlarının yüksek olmasına karşın son derece dayanımsız olduklarını ve agregat parçalanmasında uyguladıkları damla çarpma testinde düşen damla sayısı, yüzey akış ve erozyon oranları arasında oldukça önemli ilişkiler bulmuşlardır. Ancak kuru agregat dağılımlarından elde edilen ortalama agregat çapı (mm) ile yüzey akış ve erozyon oranları arasında herhangi bir ilişki bulamadıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca, agregat dayanımının eğim şekli ve bitki

örtüsüne yakınlık gibi özellikler ile olan ilişkileri de çalışma kapsamında analiz edilmiştir. Çalışmadaki en önemli ilişki agregatların parçalanması için gerekli damla vuruş sayısı ve toprak organik maddesi arasında gözlenmiştir. Ayrıca araştırmacılar, üst topraktaki agregat dayanımının değerlendirilmesinin yarı kurak bölgelerdeki kumlu tın topraklarda parmaklar arası erozyon ve yüzey akış değerlendirmesinde önemli bir parametre olduğunu vurgulamışlardır.

Avustralya'da farklı ekim uygulamalarındaki dönemsel değişimlerin agregat dayanımı üzerine olan etkilerini inceleyen Chan vd. (1993), sıfır toprak işleme ve geleneksel toprak işleme koşullarında, buğday ve buğday-bakla üretim desenleri için yaptıkları çalışmalarında, baklanın geleneksel toprak işleme koşullarında agregat dayanımını arttırdığını, fakat toprak işlemesiz koşullarda her hangi bir farklılık yaratmadığını bildirmişlerdir.

Pikul vd. (2007), ürün rotasyonu ve toprak yönetiminin toprak organik maddesi (SOM), ince ve kaba fraksiyonlu partiküler organik madde (fPOM ve cPOM) ve suya dayanıklı agregat yüzdesi (AD), ortalama ağırlık çapı (OAC) (mm) üzerine olan etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, toprak organik maddesinin agregat büyüklük sınıflarına göre tekdüze bir şekilde dağılım göstermediğini, alternatif yönetim biçimleriyle yönetilen alanların geleneksel yöntemlere kıyasla daha fazla toprak karbonu içerdiğini, toprak işlemesiz yönetim uygulamalarının fPOM/SOM oranını işlemeli yönetim biçimlerine kıyasla arttırdığını, ayrıca AD ve fPOM/SOM arasında önemli ilişkilerin bulunduğunu belirtmişlerdir.

Beare vd. (1994), bütün toprağın organik madde içeriğinden ziyade agregatların organik madde kapsamının agregat dayanımı ile toprak işleme yöntemlerinden bağımsız olarak daha iyi bir ilişki içerisinde olduğunu belirtmiştir. Bu durum Carter vd. (1994) sonuçlarıyla karşılaştırıldığında farklılık yaratmaktadır. Carter vd. (1994) Kanada da ki uzun süredir soğuk koşullar altında gelişen Fercue adlı mera alanından aldıkları örneklerde, ne bütün toprağın ne de belirli bir büyüklüğün içerdiği organik madde miktarı ile agregat dayanımı arasında her hangi bir ilişki bulamamışlardır.

Avusturalya’da uzun süreli (1925’den 1993’e kadar) olarak toprakta buğday tarımı yapılmasının, toprağın ortalama OK kapsamını %2,75’den %1,56’ya düşmesine sebep olduğu belirtilmiştir. Ancak, süre zarfında 0-10 cm derinlikte ölçülen agregat dayanımı ve yarayışlı su içeriklerinin arttığı ve verimin 1,53 t ha⁻¹’den 1,87 t ha⁻¹’a yükseldiği belirlenmiştir. Bu artıştan toprağa dâhil olan ayrışmamış organik materyalin etkili olduğu bildirilmiştir (Grace vd. 1995).

Franzluebbers ve Arshad (1996), Kanada’da Gri Luvisol topraklarda (kil içeriği %18) yaptıkları çalışmada, toprak işlemez koşullarda 0,25 mm’den büyük agregatlardaki OK kapsamının 16 yıl içerisinde 125 mm’lik üst toprak katmanında geleneksel toprak işleme yöntemleriyle karşılaştırmışlardır. Çalışmada OK kapsamının 0.16 kg m⁻²’den 0.34 kg m⁻²’ye arttığını belirtmişlerdir. Alanların uzun süre mera olarak kullanılması agregatların OK kapsamını ciddi oranda arttırmaktadır (Jastrow 1996).

Whalen vd. (2003), silt tın bünyeli topraklarda, geleneksel ve sıfır toprak işleme yöntemleri ile ürün rotasyonları ve çeşitli dozlarda kompost uygulamalarının suya dayanıklı agregatlar üzerine olan kısa süreli etkilerini değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, kompost uygulanan topraklar daha fazla suya dayanıklı agregat içeriğine ve daha yüksek ortalama ağırlık çapı değerlerine sahip olmuştur. Agregatların ortalama çaplarındaki bu artış, toprak işlemez koşullarda toprakların karbon içeriğiyle ilişkili olup işlenen topraklarda daha çok fiziksel koşulların etkisiyle gerçekleşmektedir.

Çelik (2005), Türkiye’de Akdeniz Platosundaki arazi kullanımındaki değişimlerin bazı toprak özellikleri üzerine olan etkilerini değerlendirdiği çalışmasında, mera’dan işlemeli tarıma doğru olan dönüşümler sonucunda toprakların organik madde kapsamının ortalama %49 oranında azaldığını; ayrıca toprakların erozyon duyarlılıklarının (ETKE-K) önemli düzeylerde arttığını, ortalama ağırlık çapı ve suya dayanıklı agregat yüzdeleri açısından yapılan bir değerlendirmede işlenen alanlara kıyasla mera ve orman alanında daha dayanıklı ve daha büyük agregatların bulunduğunu belirtmektedir. Ayrıca aynı çalışmada, toprak derinliklerine bakılmaksızın değerlendirilen en düşük hidrolik iletkenlik yine işlenen alanlarda ve en yüksek değer ise orman alanlarında elde edilmiştir. Özetle, meraların tarımsal kullanımlara açılması ile toprakların fiziksel

özellikleri ciddi düzeylerde olumsuz etkilemekte ve topraklar erozyona daha duyarlı hale gelmektedir.

Tejada ve Gonzales (2007), İspanya'da kurak koşullar altında 4 farklı organik gübre uygulamalarının 140 mm h-1'lik yapay yağmurlama koşullarında toprak kayıpları ve toprak özellikleri üzerine olan etkilerini değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, organik gübre uygulamaların istatistiksel olarak önemli düzeylerde toprakların hacim ağırlıklarını azalttığı, agregat dayanımları arttırdığı ve toprak kayıplarını azalttığını belirlemiştir.

Bayramin vd. (2008) yarı kurak iklim özelliklerinin hakim olduğu Çankırı'da 5 farklı arazi kullanım türü üzerinde gelişen toprakların bazı toprak özellikleri ve erozyon duyarlılıkları üzerine olan etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, duyarlılığın her bir alan kullanımı için istatistiksel olarak farklılaştığını ($P < 0,05$) ve bu farklılaşmaya büyük oranda toprak organik maddesi ve hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişimlerin etki ettiğini vurgulamışlardır.

Bayramin vd. (2009), yine Çankırı'da 40 yıl önce gerçekleşen arazi dönüşümünün (ormandan meraya) toprak organik maddesi ve toprak duyarlılığı üzerine olan etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, değişimin etkisinin toprak organik maddesi üzerine olan etkisinin istatistiksel olarak önemsiz, duyarlılığın ise önemli olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında toprakta derinlikle birlikte organik madde miktarının önemli düzeyde değiştiğini ($P < 0,05$) ve birikmenin en fazla 0-10 cm derinlikte gerçekleştiğini, toprakta organik maddenin dağılımında yön ve eğimin önemli düzeylerde etki ettiğini vurgulamışlardır.

Bouajila ve Gallali (2010), Tunus'ta kumlu ve kireçsiz topraklarda, partiküler organik madde, toprak organik maddesi ve agregat dayanımı üzerine arazi kullanımlarının etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, ormandan meraya ve tarım alanına dönüştürülen toprakların hem partiküler hem de toprak organik maddesinde önemli derecede azalmalara yol açtığını bildirmişlerdir. Bu kayıp, ormandan meraya dönüştüğünde %83, ormandan tarım alanına dönüştüğünde %74 olarak ölçülmüştür. Ayrıca ormandan

meraya olan arazi dönüşümü sonucunda ortalama toprakların agregat çapı 2,79 mm'den 2,10 mm'ye, ormandan tarım alanına dönüşümünde ise 1,70 mm'ye düşmüştür. Ayrıca OK kapsamı ve agregat dayanımı arasında önemli pozitif ilişkiler bulunmakla birlikte, en yüksek ilişki partiküler organik madde ve agregat dayanımı arasında bulunmuştur.

2.5 Yapay Yağmurlamalar ile Toprak Kayıplarının ve Yapısal Dayanımın Değerlendirilmesi

Su erozyonu yeryüzü dinamikleri üzerine etkileri bulunan doğal bir olgu olmakla birlikte, ekosistem değerlendirmesinde oldukça büyük öneme sahiptir. Su erozyonunu etkileyen faktörlerin anlaşılabilmesi, özellikle su ve toprak kaynakların yoğun bir şekilde kullanılarak bozulduğu alanlarda, etkili koruma planlamalarının yapılabilmesi için oldukça önemli ve gereklidir.

Su erozyonu, toprak agregatlarının yağmur damlaları ve yüzey akışlar ile parçalanarak taşınmasında birleşik ve eş zamanlı bir etkiye sahiptir (Meyer 1981, Römkens vd.1997). Yüzey akışın karakteristiğini etkileyen her hangi bir faktör aynı zamanda su erozyonunu da etkilemektedir.

Yüzey akış ve bununla ilişkili olarak farklı yüzey koşullarında sediment taşınımı üzerine yağışın konumsal ve zamansal dağılımlarının etkisi uzun süredir çeşitli araştırmacılar tarafından araştırılmaktadır. Fakat bu konuda pek çok zorluklar ile karşılaşmaktadır. Bunun sebebi, yüzey akışı etkileyen parametrelerin duyarlı ve kontrollü bir şekilde karakterize edilememesidir. Ancak kontrollü yapay yağmurlama uygulamaları ile bu zorlukların üstesinden gelinebilmektedir. Yüzey akışı karakterize etmek amacıyla yağmurlama uygulamalarının faydaları; Meyer (1965), Bryan ve Poesen (1989), Cerda vd. (1997) ve diğer araştırmacılar tarafından kapsamlı bir şekilde tartışılmıştır.

İnfiltrasyon, yüzey akış ve su erozyonu gibi erozyon süreçleri yapay yağmurlayıcılar kullanılarak yoğun bir şekilde çalışılmakla birlikte, bu çalışmaların büyük çoğunluğu zamana ve konuma bağlı olarak yüksek derecede değişime sahip doğal yağışlardan farklı olarak sabit yağış şiddeti koşulları altında gerçekleştirilmiştir (Huff 1967, Eagleson 1978, Sharon 1980, Williams 2001).

Bugüne kadar, gerek yüzey akış gerekse sıçrama erozyonu ölçümleri için laboratuvar ya da arazi koşullarında pek çok yapay yağmurlama denemeleri gerçekleştirilmiştir. Bu denemelerde kullanılan yöntem ve yaklaşımlar birbirinden önemli derecede farklılaşmaktadır. Bu durum ölçülen bir parametre için oldukça farklı sonuçlar elde edilmesine yol açmaktadır (Bryan ve De Ploey 1983, Lal 1988, Boardman vd. 1990).

Agassi ve Bradford (1999), su erozyonu çalışmalarında kullanılan yöntem ve yaklaşımları inceledikleri çalışmalarında bu sorunları aşağıdaki şekilde özetlemişlerdir.

- Materyal ve yöntemden ileri gelen farklılıklar; örneğin kullanılan yapay yağmurlama aletinin tipi, toprak ön hazırlığı, yağış karakteristikleri farklılaşmaktadır.
- Toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yetersiz olarak temsil edilmektedir.
- Yağmurlamalarda kullanılan suyun kimyasal özelliği
- Sonuçların ifade edilmesinden ileri gelen farklılıklar, örneğin benzer özellikleri için farklı parametreler kullanılmaktadır.

Sığ yüzey akışla toprak taşınımı, su kalite yönetimi, çevresel risk değerlendirmesi, şehir yönetimleri ve ekosistemin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında oldukça önemlidir. Mermut vd (1997) Kanada'daki tınlı ve siltli tınlı iki farklı toprak örneğinde yapay yağmurlama koşullarında sıçrayan ve sığ yüzey akış ile kaybolan toprak miktarlarını değerlendirdikleri çalışmalarında, yağış şiddetindeki artışın toprak kayıplarını yaklaşık 10 kat kadar arttırdığını ve smektit grubu killere sahip bu toprakların çok daha düşük agregat dayanımlarına sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Barthes vd. (1999), su erozyonunun ciddi bir şekilde problem teşkil ettiği Güney Fransa'da erozyon duyarlılığı, makro agregat dayanımı ve yüzey toprağının OK kapsamı arasındaki ilişkileri inceledikleri bir çalışmada, toprakların erozyon duyarlılıklarını arazi tipi bir yapay yağmurlama aleti ile 60 mm saat⁻¹'lik yağış şiddeti koşulları altında çeşitli sürüm teknikleri için değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, makro agregat dayanımı ve yüzey toprağının OK kapsamı arasında

yüksek bir ilişki bulunmakla birlikte, ilk 30 dakikalık yağmurlamalar esnasında ölçülen toprak kayıpları ve yüzey akış miktarları makro agregat dayanımı ile yüksek ilişki göstermiştir. Fakat OK kapsamaları ile gelen sediment ve yüzey akış miktarları arasında böyle önemli bir ilişki bulunamamıştır. Ancak, yağmurlamaların sonucunda ölçülen toprak kayıpları, OK kapsamaları ve makro agregat dayanımları arasında önemli ilişkiler gözlenmiştir. Bu neticelerden sonra, toprakların makroagregat dayanımı ve OK kapsamalarının farklı toprak yönetim şekillerinin erozyon duyarlılıklarının değerlendirilmesinde oldukça önemli değişkenler olduğunu belirtilmiştir.

Yağışın zamansal ve konumsal değişimi eğimli alanlarda yüzey akışı etkileyen başlıca faktörlerden birisidir. Young ve Onstad (1978) yapay yağmurlama koşullarında 3 farklı toprakta yüzey akış ve toprak kayıplarını değerlendirdikleri çalışmalarında, toprak kayıplarının, toprakların agregat dayanımları, organik madde kapsamaları ve agregat büyüklük dağılımlarıyla oldukça yakın bir ilişki içerisinde olduğunu, agregat dayanımları ve organik madde kapsamaları yüksek toprakların daha az erozyona uğradığını, buna ilave olarak artan eğim dikliğinin yüzey akış ile taşınan toprak miktarını arttırdığını bildirmişlerdir.

Parmaklar arası erozyonda başlıca süreçler; yağmur damlasının çarpma etkisiyle parçalanması ve parçalanmış agregatların sığ yüzey akış ile taşınmasıdır. Yüzey akış ile agregatların taşınabilme potansiyeli ise büyük ölçüde agregat büyüklük dağılımına bağlıdır (Meyer vd. 1980).

Fox ve Bryan (1999), kumlu tın bünyeli topraklarda, yapay yağmurlama koşulları altında eğim dikliğinin parmak ve parmaklar arası erozyonla kaybolan toprak miktarları ve yüzey akış miktarları üzerine olan etkilerini değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, eğim dikliğinin artmasıyla parmak erozyonunda taşınan sediment miktarlarının parmaklar arası erozyondan daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Elde ettikleri veri setlerini birleştirerek oluşturdukları regresyon eşitlikleri ile taşınan sediment miktarlarını tahmin etmişler ve düşük eğim dikliklerinde tahminlerin gerçek değerlerden oldukça yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, eğim aşağı yöndeki sıçrama erozyonunun toplam erozyonun %20'sinden daha fazla olmadığını belirttikleri çalışmalarında, yüzey akış ve toprak kaybı arasındaki ilişkinin oldukça yüksek

olduğunu bulmuşlardır ($r=0,81$). Kabaca bir değerlendirme ile sabit yüzey akış koşullarında, yağmur destekli yüzey erozyonu eğim dikliğinin kare kökü şeklinde artış göstermektedir.

Erpul vd. (2003), Belçika'daki rüzgar tüneline yağmur destekli rüzgar erozyonu ölçüm çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Araştırma kapsamında, 3 farklı tarım toprağında %7, 15 ve 20 eğim dikliği koşullarında ve 6, 10 ve 14 m s⁻¹'lik rüzgâr hızlarında 5'er dakika aralıklarla sıçrama ve yüzey akış oranları ölçülmüş ve istatistiksel olarak değerlendirilerek "rüzgâr destekli sığ yüzey akış ve sıçrama" modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Valmis vd. (2005), Yunanistan'da işlemeli tarım yapılan 7 farklı deneme alanında agregat dayanımı, yağış şiddeti ve eğim dikliğinin parmaklar arası erozyona olan etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu değişkenlerden yararlanarak, parmaklar arası erozyon oranını eşitlik (2.9)'da gösterildiği şekilde modellemişlerdir ($R^2 = 0,939$; $P < 0,001$). Aynı zamanda kurmuş oldukları bu modeli bağımsız veri setleri ile ayarlamışlar (validasyon) ve parmaklar arası erozyon oranını tahmin etmede oldukça başarılı olduğunu bildirmişlerdir ($R^2 = 0,766$, $P < 0,001$).

$$E_i = 0,628 \times \beta \times S_i^{1,3} \times e^{0,0967 \cdot I_{30}} \quad (2.9)$$

Burada:

E_i : Parmaklar arası erozyon oranı; β : Agregat dayanımsızlık indeksi; S_i : Eğim dikliğinin tanjantı; I_{30} : 30 dakikalık maksimum yağmur şiddeti

De Lima vd. (2008) yapay yağmurlama koşullarında %2, %7 ve %14'lük eğim dikliklerinde yağışın ve rüzgârın eğimin aşağı ve yukarı kısımlarındaki dağılımını ve gelen yüzey akışların zamana göre tane büyüklük dağılımlarını değerlendirmişlerdir. Fırtınalı yağışın sedimentin alan içerisindeki konumsal ve zamansal dağılımını önemli düzeyde etkilediğini ve aynı şekilde sığ yüzey akışlarla taşınan sedimentlerin agregat büyüklük dağılımlarında değişimlere yol açtığını bildirmişlerdir.

Schiettecatte vd. (2008), siltli tın bünyeli topraklarda yapay yağmurlama koşulları altında parmak ve parmaklar arası erozyonla taşınan sedimentlerin OK kapsamlarındaki artışı değerlendirdikleri çalışmalarında, parmak erozyonuna nazaran parmaklar arası erozyonun daha etkin olduğunu bildirmişlerdir.

Legout vd. (2005), killi tın ve siltli tın bünyeli iki toprakta 4 farklı agregat boyutunda (<3 mm, 3–5 mm, 5–10 mm ve 10–20 mm) hem 3 farklı yöntemle (Le Bissonnais 1996) agregat dayanımını hem de yapay yağmurlama koşulları altında agregat parçalanma mekanizmalarını değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre agregat büyüklüklerine bağlı olarak yöntemler ve parçalanma mekanizmaları arasında oldukça yüksek düzeyde ilişki elde etmiştir ($r = 0,87$ (siltli tın) ve $0,91$ (killi tın)).

Toprakların kohezyonu, agregat özellikleri ve hidrolik akış karakteristikleri toprak taneciklerinin sığ yüzey akışlar ile parçalanması üzerine etkilidir. Nearing vd. (1991), toprakların parçalanma oranları, agregat büyüklüğü, toprak gerilme direnci, akış kesme gerilimi ve akış gücü arasındaki ilişkileri değerlendirmişlerdir. Kurdukları çoklu regresyon denkleminde parçalanma oranını, akış derinliği, eğim, ortalama agregat çapı ve gerilme direnci ile çok yüksek düzeyde tahmin etmişlerdir ($R^2=0,94$). Kesme gerilimi ve akış gücünün ise parçalanma oranını tahmin etmede çok etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, büyük agregatların daha hızlı bir şekilde parçalandıklarını vurgulamışlardır.

Reichert ve Norton (1994), iki farklı nem kapsamına sahip (hava kuru ve doymuş halde) killi topraklarda (6 tane Oxisol, 1 tane Ultisol, 3 tane Vertisol, 1 tane Alfisol ve 1 tane Aridisol) 110 mm saat⁻¹lik yağış şiddeti koşulları altında agregat dayanımı ve erozyon oranlarından yararlanarak çoklu regresyon denklemleri geliştirmeye çalışmışlardır.

Jingi vd. (2011), Nijerya'daki tarım yapılan yarı kurak bir bölgeden aldıkları toprak örneklerinde belirlenen üç farklı agregat büyüklüğü için (2,36 – 3,35 – 6,70 mm) yapay yağmurlama koşullarında (3 mm damla çapı ve 228,6 mm saat⁻¹ yağış şiddeti koşulunda) agregat dayanımı ve sıçrama erozyonu arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildiği şekildedir;

- Toprakların agregat boyutları ve yağış süresi agregat dayanımı ve sıçrama üzerine etkilidir.
- Sıçrayan sediment miktarı yağış süresi arttıkça artıyor ve sonuç olarak dayanım azalıyor.
- Büyük agregatların ıslanma süreleri daha uzun olduğundan, yüzey akış ve toplam erozyon nispeten daha az gerçekleşiyor.
- Sıçrayan agregat miktarı ve agregat dayanımı arasındaki ilişki ($r > 0,90$) doğrusal regresyon denklemi ile açıklanabilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma alanı

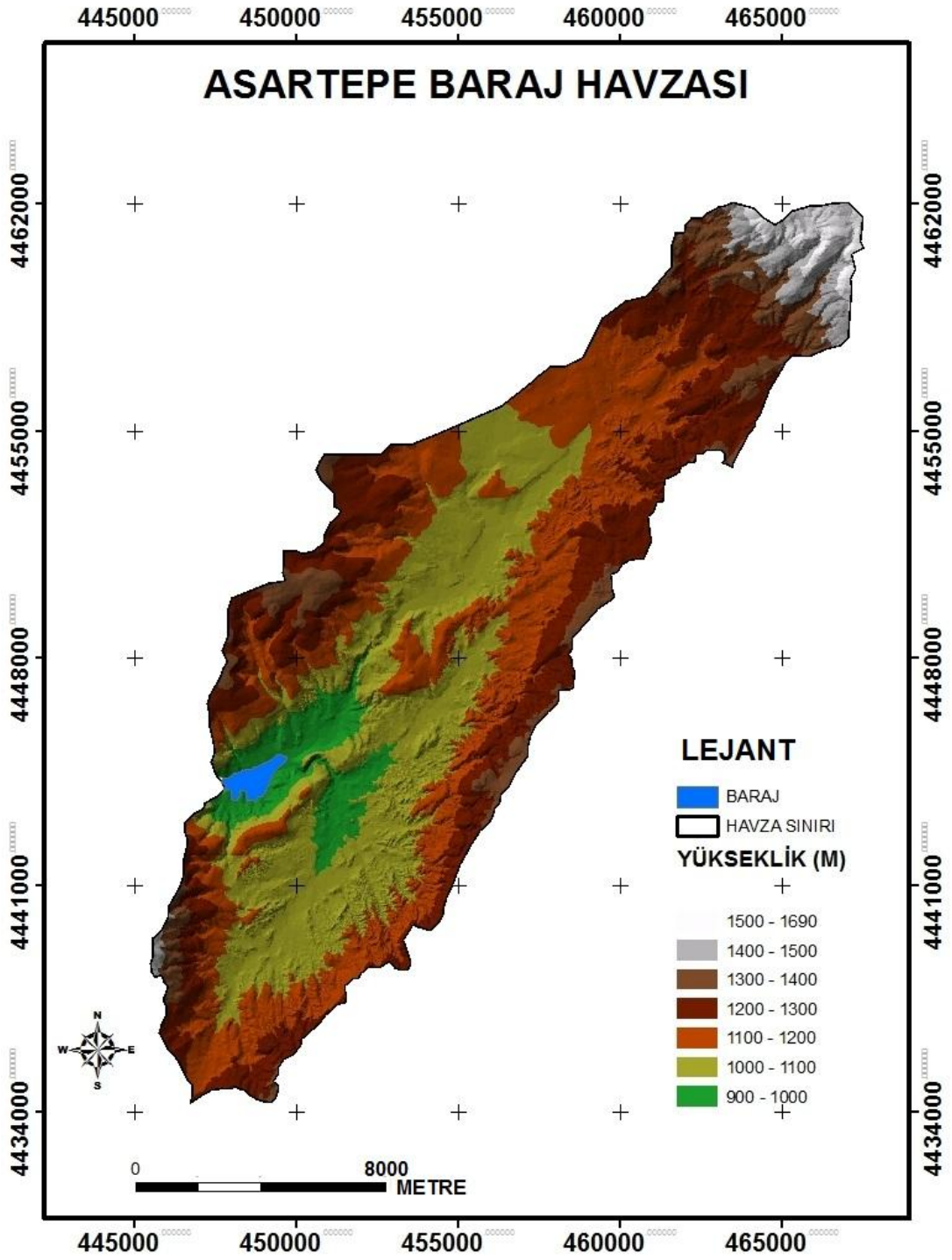
Çalışmada kullanılan toprak örnekleri Sakarya Havzasına dâhil olan İlhan Çayı alt havzasında yer alan Asartepe Baraj Havzasından alınmıştır (Şekil 3.1). Havza Ankara ili Ayaş ilçesi sınırları içerisinde olup, Ankara iline 47 km uzaklıktadır. Havza büyüklüğü 22.894 ha ve alan içerisindeki maksimum eğim dikliği %47,87 olup, ortalama havza eğimi %8,47 dir. Havza yüksekliği 880 ile 1652 m arasında değişmekte ve ortalama 1163 m'dir. Havzanın en alçak kesiminde yer alan Asartepe barajı, 1984 yılında hizmete açılmış olup, yapılma amacı sulama olmakla beraber, kısmen taşkın koruma da düşünülmüştür (Anonim 2009).

Bölge Ankara Kentinin iklim özelliklerine sahiptir. Ankara Kenti Kuzey Anadolu bölgesinin bol yağışlı iklimiyle, İç Anadolu bölgesinin orta kısmının çok kurak iklim bölgesi arasında kurulmuştur. Ankara da yağmuru güneybatı ve kuzeybatı ile bu iki yön arasında esen rüzgarlar getirir. Kuzeyden soğuk ve kuru, güneyden ise kuru rüzgarlar eser. Yıllık toplam ortalama yağış miktarı 400 mm olup, en fazla yağış 50,3 mm ile Mayıs ayı, en az yağış ise 12 mm ile Ağustos ayında düşmüştür. En sıcak ay 23,6 °C ile Temmuz, en soğuk ay ise Ocak olup ortalama değeri 0,3 °C' dir.

Asartepe Baraj Havzası, P. H. Davis'in Grid sistemine göre A4 karesi içerisinde yer almaktadır (Davis 1988). Buradaki orman kuşağında, Orta Anadolu steplerinin çevresinde yaygın halde görülen Meşe taksonları (*Quercus petraea* subsp. *iberica* (Steven ex Bieb.) Krassiln, *Quercus pubescens* Willd.), Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder) ormanlarıyla birlikte bulunmaktadır. Çalışma alanının içerisinde Asartepe baraj havzasının kuzeyine gidilmesiyle beraber ormanlarda yapraklı orman (meşe), karışık orman (Meşe-karaçam) ve ibrelili ormanlar (Karaçam-sarıçam) görülmektedir. Araştırma alanın'da ormanı oluşturan ağaç katını *Quercus petraea* subsp. *iberica* (Steven ex Bieb.) Krassiln, *Quercus pubescens* Willd., *Juniperus communis* L. var. *saxatilis* Pall., *J. oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* L., *Salix*

alba L., *Crataegus orientalis* Pallas ex Bieb. var. *orientalis* Pallas ex Bieb., *C. tanacetifolia* (Lam.) Pers., *Populus nigra* L. subsp. *nigra* L., *Pyrus elaeagnifolia* Palas., *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Juglans regia* L. oluşturmaktadır. Ayrıca alan içerisinde tahribata rağmen tek tek kalıntı halde *Pinus nigra* Arn. subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder (karaçam) bulunmaktadır. Araştırma alanı içerisinde yer alan meralarda *Anthyllis vulneraria* L. subsp. *boissieri* (Sag.) Bornm. , *Astragalus angustifolius* Lam. subsp. *pungens* (Willd.) Hayek, *Colutea cilicica* Boiss. & Bal., *Coronilla orientalis* Miller var. *orientalis* Miller , *Dorycnium graecum* (L.) Ser., *Genista lydia* Boiss. var. *lydia* Griseb., *Lathyrus czeczottianus* Basler, *Lotus aegaeus* (Gris.) Boiss., *Medicago falcata* L., *Melilotus alba* Desr, *Trifolium caudatum* Boiss., *Vicia cracca* L. subsp. *cracca* L., *Bifora radians* Bieb. , *Achillea biebersteinii* Afan., *Acroptilon repens* (L.) DC., *Anthemis tinctoria* L. var. *pallida* DC., *Carduus nutans* sensu lato, *Centaurea depressa* Bieb., *Cichorium intybus* L., *Cirsium arvense* subsp. *vestitum* (Wimmer & Grab.) Petrak, *Doronicum orientale* Hoffmann, *Inula montbretiana* DC., *Lactuca intricata* Boiss., *Pilosella piloselloides* subsp. *piloselloides* (Vill.) Sojakotlak, *Scorzonera cana* (C. A. Meyer) Hoffm. var. *alpina* (C. A. Meyer) Hoffm. *Senecio vernalis* Waldst. & Kit, *Tanacetum vulgare* L., *Taraxacum macrolepium* Schischkin, *Verbascum cheiranthifolium* var. *asperulum* (Boiss.) Murb., *V. cheiranthifolium* Boiss. var. *cheiranthifolium* Boiss., *V. lasianthum* Boiss. ex Bentham, *Phlomis armeniaca* Willd., *Salvia candidissima* Vahl subsp. *candidissima* Vahl, *Scutellaria orientalis* L. subsp. *pinnatifida* Edmondson, *Sideritis montana* L. subsp. *montana* L., *Stachys annua* subsp. *annua* var. *lycaonica* Bhattacharjee, *Teucrium chamaedrys* L. subsp. *chamaedrys* L., *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis* var. *longicaulis* C. Presl, *Aegilops umbellulata* subsp. *umbellulata* Zhukovsky, *Bromus danthoniae* Trin., *B. japonicus* Thunb. subsp. *japonicus* Thunb., *B. squarrosus* L, *B. tectorum* L. subsp. *tectorum* L., *Dactylis glomerata* L. subsp. *hispanica* (Roth) Nyman , *Hordeum bulbosum* L., *Poa bulbosa* L. yoğun olarak bulunmaktadır. Ayrıca, Asartepe Baraj gölünün çevresinde kökleriyle su içinde tutunmuş, gövdenin tamamı ya da bir kısmı su üstünde olan *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Carex* spp., gibi bitkilerin dominant olduğu makrofit vejetasyon bulunmaktadır.

Çalışma alanında yer alan büyük toprak grupları; Kahverengi topraklar, Kireçsiz Kahverengi topraklar ile Alüvyal topraklardır (Anonim 1987 b). Topraklar Soil Survey Staff (1999)'a göre "Lithic Xerorthents" olarak sınıflandırılmıştır. Alan içerisinde yer alan farklı arazi kullanım türleri; işlemeli tarım alanı, bozuk meşelik alan ve mera olup, tepelik kısımlarda meşelik alanlar ve doğal mera alanları, alçak kesimlere doğru alüvyal taban araziler yer almaktadır. Çalışmada kullanılan toprak örnekleri alanın Güneydoğusunda yer alan işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanlarındaki üst toprak katmanından (0-10 cm) tesadüfî olarak alınmış ve paçal hazırlanmıştır.

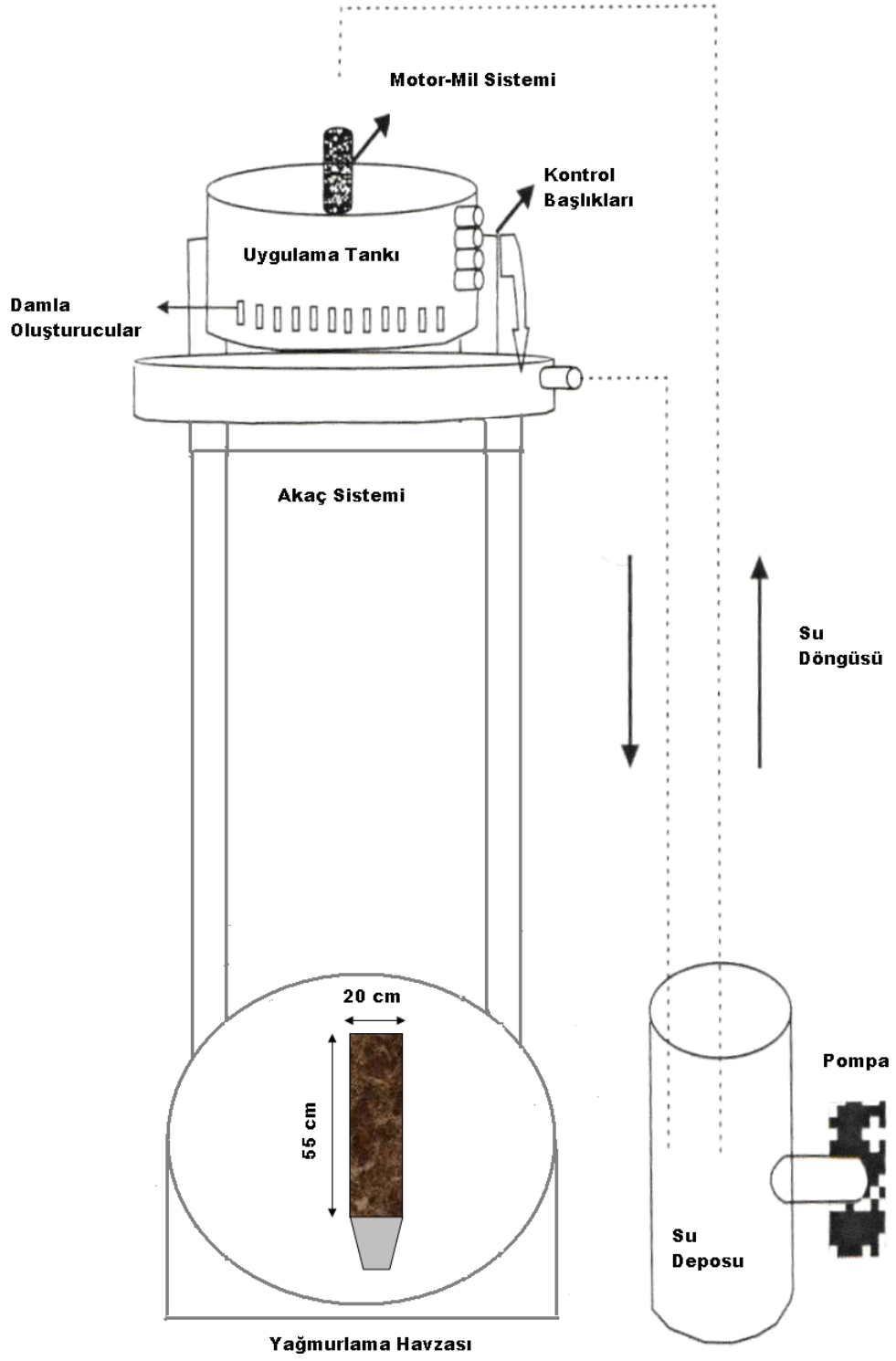


Şekil 3.1 Asartepe baraj havzasına ait yükseklik haritası

3.1.2 Yağmurlama ünitesi ve yağış parametrelerinin elde edilmesi

Sıçrayan ve taşınan sedimentlerin agregat büyüklük dağılımlarını belirlemek amacıyla yapay yağmurların oluşturulmasında, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümündeki yapay yağmurlama aleti kullanılmıştır. Bu aletin tasarım prensipleri ve yağmurlama karakteristikleri, Erpul ve Çanga (2001) tarafından verilmiş olup yağmurlama aleti üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar bireysel damla oluşturucuları içeren ve su yüksekliğinin ayarlanabildiği uygulama tankı; sıçrama kaplarının yerleştirildiği yağmurlama havzası ve su deposudur. Yağışların havzada uygun ve yeknesak dağılımını sağlamak amacıyla iki adet hava üfleyici (vantilatör) yardımcı ünite olarak kullanılmıştır (Erpul ve Çanga 2001).

Uygulama tankı, 1 m çapında ve 15 cm yüksekliğinde üstü açık, dairesel bir kaptır ve yerden 3 m yükseklikte bulunmaktadır. Bir motor / mil sistemi ile 1 devir dakika⁻¹ hızla dönmektedir. Böylelikle, yağmur damlalarının istenilen konumsal dağılıma erişmesi amaçlanmıştır (Gabriels ve De Boodt 1975). Uygulama tankının yan yüzeyinde farklı yüksekliklere yerleştirilen kontrol başlıkları ile 2,5, 4,5, 6,5 ve 8,5 cm'lik su yükseklikleri elde edilebilmektedir. Su yükü ayarlamalarına bağlı olarak, gelen fazla su bir akış sistemi yardımıyla yeniden su deposuna alınmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Yapay yağmurlama ünitesi

Yağış, damla oluşturuçular ile elde edilmektedir. Damla oluşturuçucu, 18 mm uzunluğundaki mantar tıpanın içerisinde bulunan, 40 mm uzunluğunda ve 5 mm çapında bir cam borudan oluşmaktadır. Uygulama tankının tabanına 5 mm damla çaplı, 96 adet damla oluşturuçucu merkezden dışarıya doğru açılan (radyal) bir dağılım oluşturuçacak şekilde yerleştirilmiştir (Mutchler ve Moldenhauer 1963, Gabriels ve De Boodt 1975).

Uygulama tankında damla oluşturuçuların yerleşim planı şekil 3.3'de gösterilmektedir. Tankın dairesel yüzeyi 8 eşit parçaya bölünmüş ve her parçaya $96 / 8 = 12$ adet damla oluşturuçucu düşmüştür.

Yağmurlama havzası 1680 cm çapında ve 33,5 cm yüksekliğinde üstü açık dairesel bir kaptır. Yağmurlama havzasının içersine yerleştirilen, toprak tavaları 20 cm genişliğinde ve 55 cm uzunluğunda olup istenilen derinlik ve eğim derecesine göre ayarlanabilmektedir. Tavaların uç kısımları, gelen yüzey akış sularını toplamak için öne doğru daralacak şekilde uzatılmıştır (Şekil 3.2).

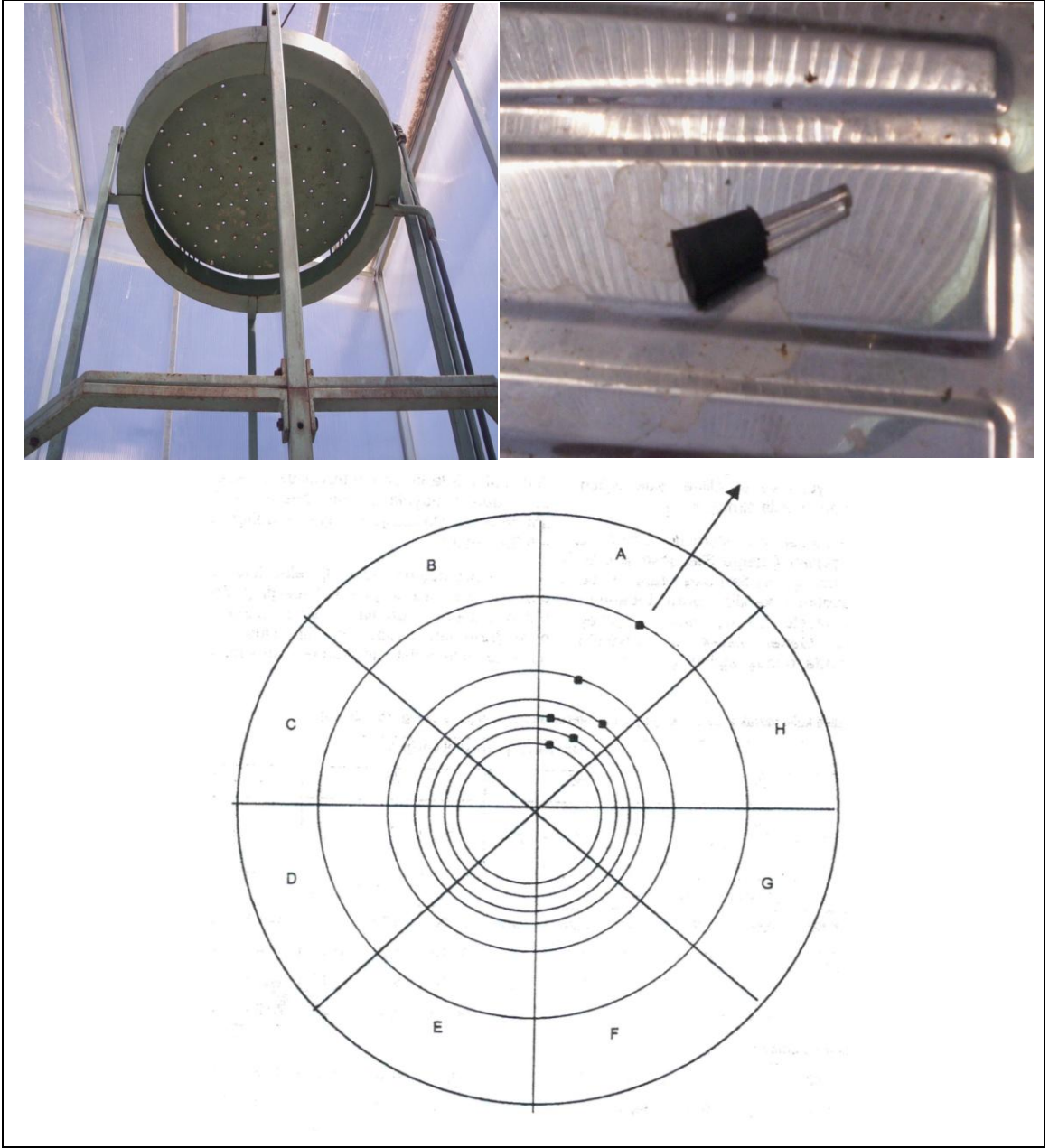
Bilinen damla çapı (d , mm) ile damla hacmi (V , m^3), kütlesi (m , kg) ve yüzey alanı (A , m^2) sırasıyla eşitlik (3.1), (3.2) ve (3.3) ile hesaplanmıştır. Bu çalışma için $d = 5$ mm'dir.

$$V = \frac{\pi}{6} d^3 \quad (3.1)$$

$$m = \rho_w V \quad (3.2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (3.3)$$

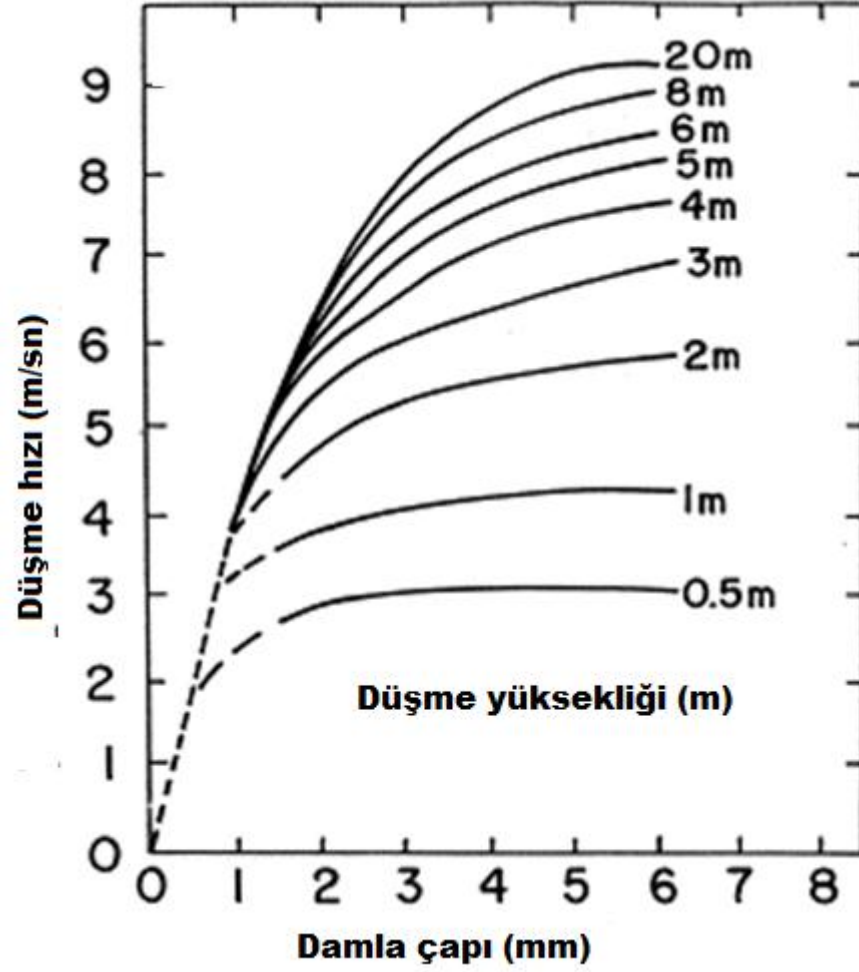
Bu durumda çalışmada kullanılan bir yağmur damlasının hacmi, kütlesi ve yüzey alanı sırasıyla $6,54 \times 10^{-8} m^3$, $6,54 \times 10^{-5} kg$ ve $1,963 \times 10^{-5} m^2$ olarak bulunmuştur.



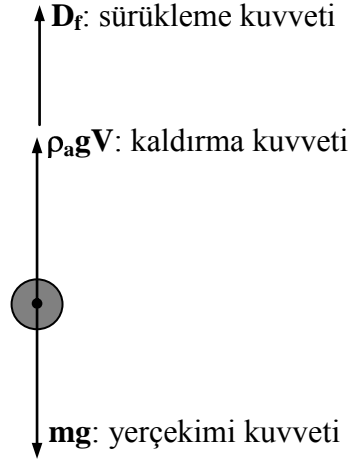
Şekil 3.3 Uygulama tankında damla oluşturmalar ve yerleştirme planı

Damla oluşturmalar ile yağmurlama havzası arasındaki düşey mesafe 3 m'dir. Damla düşme hızı, damla çapı ve düşme yüksekliklerinden yararlanılarak şekil 3.4'de gösterilen grafik yardımıyla hesaplanmıştır (Laws 1941). Doğal koşullar altında bir damlanın düşme hızı (veya damla terminal hızı, v , $m s^{-1}$), o damlanın üzerine etki eden sürüklenme kuvveti (D_f), kaldırma kuvveti ($\rho_a g V$) ve yer çekimi kuvveti (mg) göz önünde bulundurularak Newton'un 2. hareket yasası ile belirlenmiştir (Şekil 3.5). Damla

karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılan eşitlikler (3.4)'den (3.11)'e kadar verilmiş olup bu eşitliklerde kullanılan simge ve birimler çizelge 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Farklı düşü yükseklikleri için damla çapı ve düşme hızı arasındaki ilişki (Laws 1941)



Şekil 3.5 Durgun hava koşullarında bir yağmur damlası üzerine etki eden kuvvetler

Newton'un Hareketin 2.Yasası ile

$$\sum F = ma = 0 \quad (3.4)$$

$$D_f = \frac{1}{2} C_d \rho_a v^2 A \quad (3.5)$$

$$mg - \rho_a g V - \frac{1}{2} C_d \rho_a v^2 A = 0 \quad (3.6)$$

$$\rho_w g \frac{\pi d^3}{6} - \rho_a g \frac{\pi d^3}{6} - \frac{1}{2} C_d \rho_a v^2 \frac{\pi d^2}{4} = 0 \quad (3.7)$$

$$v = \left[\frac{4}{3} \frac{gd}{C_d} \left(\frac{\rho_w}{\rho_a} - 1 \right) \right]^{1/2} \quad (3.8)$$

Çizelge 3.1 Eşitliklerde kullanılan simge ve birimler

Simge	Açıklama	Birim
ΣF	kuvvetler toplamı	$\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2} = \text{N}$ (Newton)
D_f	sürüklenme kuvveti	$\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2} = \text{N}$ (Newton)
V	damla hacmi	m^3
m	damla kütlesi	kg
A	damla yüzey alanı	m^2
v	damla terminal hızı	ms^{-1}
d	damla çapı	m
ρ_a	havanın yoğunluğu	kg m^{-3} (25 °C’de $\rho_a = 1,177 \text{ kg m}^{-3}$)
ρ_w	suyun yoğunluğu	kg m^{-3} (25 °C’de $\rho_w = 1000 \text{ kg m}^{-3}$)
C_d	sürtünme katsayısı	birimsiz ($C_d = 0,4$)
g	yerçekimi ivmesi	m s^{-2} ($g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$)

Bu durumda, eğer 5 mm çapındaki bir yağmur damlası belirli bir yükseklikten terminal hızda düşmüş olsaydı, eşitlik (3.8) kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda terminal hızının $11,8 \text{ m s}^{-1}$ olması gerekirdi, fakat yapılan araştırmada damlalar 3 m yükseklikten düştüğü için damla hızları Laws (1941)’a göre şekil 3.4 yardımıyla $6,75 \text{ m s}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Bu durumda yapay yağmurlama ünitesinde 5 mm çapında damla oluşturucuları kullanılarak yapılan çalışmada, olması gereken damla terminal hızının ancak % 58’ine ulaşıldığı görülmektedir.

Damla düşme hızı ($v_d, \text{m s}^{-1}$) ve kütlesinden (m, kg) yararlanılarak 3 m yükseklikten düşen 5 mm çapındaki bir damlanın kinetik enerjisi eşitlik (3.9)’de gösterildiği şekilde hesaplanılmış ve $1,491 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$ veya “jul” olarak belirlenmiştir.

$$KE_d = \frac{1}{2} m v_d^2 = \text{kg}(\text{ms}^{-1})^2 = \text{jul} \quad (3.9)$$

Buna ilaveten, yağışların toplam kinetik enerji akışlarını belirlemek amacıyla yağış şiddetinden yararlanarak (I , $m s^{-1}$ veya $m^3 m^{-2} s^{-1}$), birim alana birim zamanda düşen damla sayısı belirlenmiştir (Ξ , $\# m^{-2} s^{-1}$). “ I ” ile “ Ξ ” arasındaki matematiksel bağıntı eşitlik (3.10)’de verilmiştir.

$$\Xi = \frac{I}{V} = \frac{I}{\left(\frac{\pi d^3}{6}\right)} = \frac{6 I}{\pi d^3} = \left[\frac{m^3 m^{-2} s^{-1}}{m^3}\right] = \# m^{-2} s^{-1} \quad (3.10)$$

Yağmurlamalar 80 ve 120 mm saat⁻¹’lik ($2,22 \times 10^{-5}$ ve $3,33 \times 10^{-5} m s^{-1}$) iki farklı yağış şiddeti koşulunda gerçekleştirilmiştir.

Yağış şiddetindeki olası değişimler 10’ar dakika aralıklar ile yağmurlama havzası içine yerleştirilen bir yağış ölçer (intesite ölçer) yardımıyla kontrol edilmiştir. Bazı ölçümler dışında bir saat’lik yağmurlamalar esnasında yağış şiddetlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Birim zamanda birim alana aktarılan toplam yağış enerjisi (KE_T , $jul m^{-2} s^{-1}$) ise eşitlik (3.11)’de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

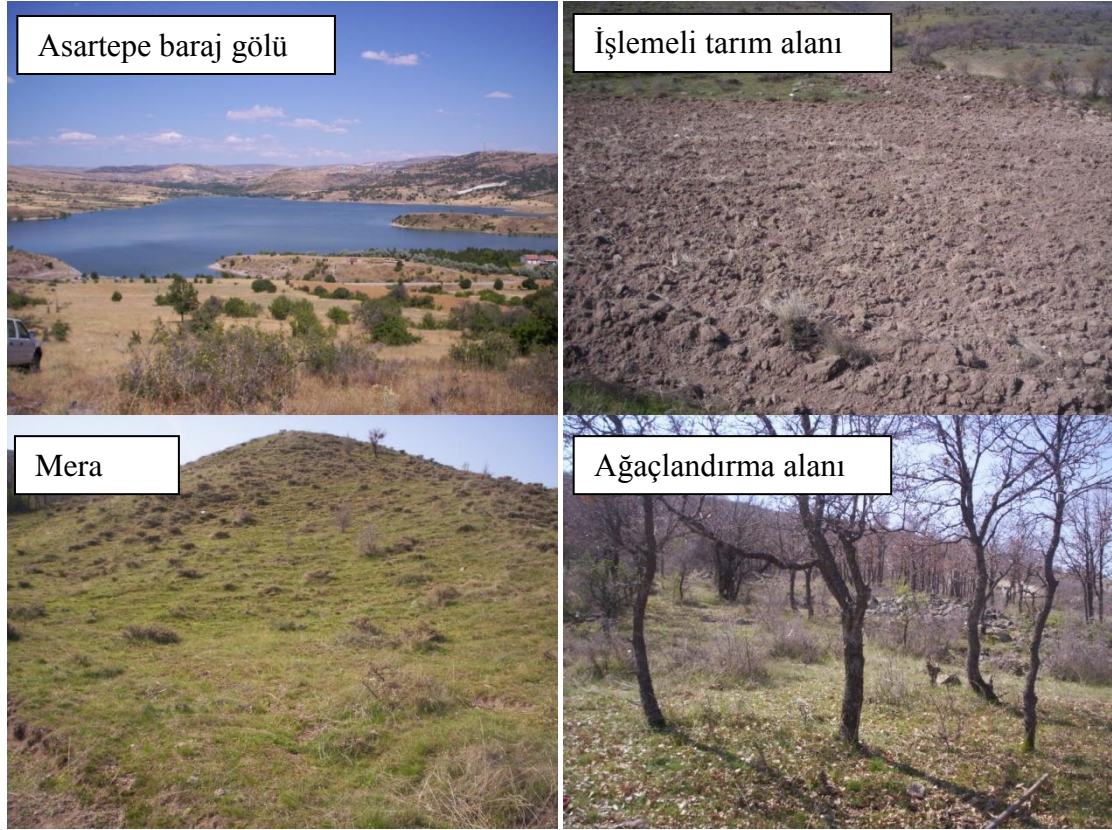
$$KE_T = E_d \Xi = jul \frac{\#}{m^2 s} = j.m^{-2} s^{-1} \quad (3.11)$$

3.2 Yöntem

3.2.1 Toprak örneklerinin alınması

Denemede kullanılan toprak örnekleri, çalışma alanında yer alan 3 farklı arazi kullanımından (işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanları) paçallar oluşturmak suretiyle alınmıştır. Yağmur damlasının çarpma etkisi doğrudan yüzey toprağı üzerine etki ettiği için, örnek alma derinliği 0-10 cm olarak belirlenmiş ve örnekleme esnasında

meydana gelebilecek ilaveten parçalanmaları önlemek amacıyla, toprağın tavda olduğu dönem seçilmiştir. Her bir kullanım türü için 150 ile 200 kg arasında değişen miktarlarda örnekleme yapılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Çalışma alanından görünüm

3.2.2 Doğal agregat dağılımının (DAD) belirlenmesi

Toprak örneklerinin yağmurlama öncesindeki doğal durumlarının ortaya konması ve bir anlamda kontrol noktası olması amacıyla laboratuara getirilen örnekler ezilmeden hava kuru duruma getirilerek, doğal durumdaki kuru toprak örneklerinde agregat dağılımları [DAD, Doğal agregat dağılımı] “Endecotts, octagon digital” model kuru eleme aleti yardımıyla belirlenmiştir (Eşitlik 3.12) (Şekil 3.7). Örneklerin doğal agregat dağılımlarını belirlemek amacıyla kullanılan elek çapları; 8, 5, 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125 ve 0,063 mm dir.

$$\sum_1^i DAD_i = \frac{m_i}{A} \times 100 \quad (3.12)$$

Burada, DAD_i : i. elek çapı için hesaplanan tane büyüklüğü (%), m_i : i. elek üzerinde kalan örnek miktarı (gr), A: deney örneğinin toplam ağırlığı (gr)'dır.



Şekil 3.7 Doğal agregat dağılımlarının belirlenmesinden bir görünüm

3.2.3 Agregat dayanımı ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması

Bir toprağın agregat dayanımının başka bir toprağın agregat dayanımı ile karşılaştırılabilir olması için bir değer ile temsil ediliyor olması gerekmektedir. Bu amaç için geliştirilmiş pek çok yöntem ve bu yöntemlerden elde edilen sonuçların yorumlanmasında kullanılan pek çok indis konu ile ilgili kaynaklarda yer almaktadır. Bu tez kapsamında, akademik çevrelerce son dönemlerde sıklıkla kullanılan 4 farklı yöntem ve bu yöntemlerin kısmen değiştirilmesiyle elde edilen yeni bir yaklaşım denenmiştir.

Kemper ve Rosenau (1986), tarafından önerilen yönteme göre agregat dayanımı, toprakların su ve dağıtıcı/çözücü bir madde içerisinde tek elek çapı kullanılarak elenmesi sonucunda elde edilecek dayanımlılık indis değerine göre yorumlanmaktadır.

Agregat dayanımının değerlendirilmesinde kullanılacak bir diğer yöntem de Le Bissonnais (1996) tarafından önerilmiş olup, 3 farklı parçalanma mekanizmasına (hızlı ıslanma, yavaş ıslanma ve mekaniksel çalkalama) göre ortalama ağırlık çapı (OAC, mm) değerinin elde edildiği ıslak ve kuru eleme süreçlerinden oluşmaktadır. Aşağıda bu yöntemlere ilişkin eşitlikler verilmektedir.

Yağmurlama öncesinde yapılan agregat dayanımı ve dağılımı testleri;

(Y_I) Kemper ve Rosenau (1986) tarafından önerilen ve tek elek çapı ile değerlendirme yapan ve eşitlik (3.13)'de gösterildiği şekilde topraklar için bir dayanımlılık indis değeri veren yöntem kullanılarak agregat dayanımı değerlendirilmiştir.

$$AD = \frac{m_b}{m_a + m_b} \quad (3.13)$$

Burada, AD: agregat dayanımlılık indisi, m_a: suda çözünen toprak miktarı, m_b: dağıtıcı çözültide (Toprak pH sına bağlı olarak; sodium heksametaphosphate (pH>7) ya da NaOH (pH<7)'da çözünen toprak miktarı.

Y_I: Tek elek çapı ile dayanımı değerlendiren yöntem için işlevler ardılığı;

- 1 ile 2 mm elek çapları arasında elenmiş hava kuru topraktan 2-4 gr tartılarak şekil 3.8'de gösterilen 6'lı ve 0,25 mm çaplı bir elek takımından oluşan deney düzeneğine yerleştirilmiştir.
- Islak eleme öncesinde bir sprey yardımıyla ıslatılan agregatlar, su içerisinde ve dakikada 34 kez ve 1,3 cm darbe mesafesinde, dikey yönde salınım yapan düzende 3 dakika süreyle elenmiştir.
- Eleme sona erdiğinde, alta yerleştirilen su dolu hazneye gelen toprak materyali alınarak fazla su buharlaştırılarak ortamdan uzaklaştırılarak, örnekler hava kuru duruma getirilmektedir.
- Sonrasında, toprak örnekleri Na-Hekza-Meta-P ya da NaOH ile işleme tutulmaktadır. Bu noktada belirli bir süre bulunmamakla birlikte, elek üstünde dayanıklı kum tanecikleri ve bitki kökleri kalana kadar elemeye devam

edilmektedir. Burada amaç, dayanıklı toprak agregatlar'ının dağılmasının sağlanmasıdır.

- Kümeleşme tamamen ortadan kalktığında ve kum taneleri ve bitki kökleri açığa çıktığında deney düzeneği durdurularak, metal kaplara toplanan toprak materyalinin hava kuru duruma getirilmektedir. Sonrasında, eşitlik (3.13) yardımıyla agregat dayanımlılık indis değeri belirlenmektedir.



Şekil 3.8 Tek elek yönteminden görünüm

(**Y_{II}**, **Y_{III}** ve **Y_{IV}**) Diğer yöntemler ise, Le Bissonais (1996) tarafından önerilen, hızlı ıslanma, yavaş ıslanma ve mekaniksel parçalanma süreçleri altında ölçülen ortalama ağırlık çap (OAÇ) (3.14) değerine göre agregat dayanımını belirten yöntemdir.

$$OAÇ = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} m_i \times d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} m_i} \quad (3.14)$$

Burada, i: elek çap sınıfları, n: deneyde kullanılan toplam elek sayısı, m: i. elek üzerinde kalan örnek miktarı, d: i. elek çapı (mm).

Y_{II}: Hızlı ıslanma yöntemi için işlevler ardılığı;

- 5 gr tane boyutları derecelendirilmiş agregat, yavaşca 50 cm³ saf su ile doldurulmuş 250 cm³'lük behere 10 dakika süreyle daldırılmaktadır (Şekil 3.9).
- Daha sonra fazla su pipet yardımıyla uzaklaştırılmıştır.
- Sonrasında, toprak materyali tane büyüklük dağılımını belirlemek için önceden etanol ile doldurulmuş bir kabin içerisindeki 50 µm çaplı eleğe aktarılmıştır.



Şekil 3.9 Hızlı ıslanma yönteminden görünüm

Y_{III}: Yavaş ıslanma yöntemi için işlevler ardılığı;

- 5 gr tane boyutları derecelendirilmiş agregat bir basınç tablasında filtre kâğıdının üzerinde, -0,3 kPa'lık toprak su tutma koşulunda 30 dakika boyunca bekletilmektedir (Şekil 3.10).
- Daha sonra örnekler etanol'e daldırılmış 50 µm çaplı eleğe agregat büyüklük dağılımını ölçmek için yerleştirilmiştir.



Şekil 3.10 Yavaş ıslanma yönteminden görünüm

Y_{IV}: Mekaniksel parçalanma için işlevler ardıllığı;

- 5 gr tane boyutları derecelendirilmiş agregat, yavaşça 50 cm³ etanol ile doldurulan 250 cm³ lük behere 10 dakika süreyle daldırılmıştır.
- Etanol daha sonra pipet yardımıyla ortamdan uzaklaştırılmıştır.
- Toprak materyali 50 cm³ saf su ile doldurulmuş 250 cm³ lük erlenmayer'e aktarılarak, su içeriği 200 cm³ e yükseltilmiştir.
- Daha sonra erlenmayer şişesi 20 kez el ile aşağı yukarı olacak şekilde çalkalanarak, 30 dakika boyunca kaba taneciklerin çökmesi için beklenilmiştir (Şekil 3.11). Sonrasında fazla su pipet yardımıyla uzaklaştırılmış ve kalan toprak ve su karışımı önceden etanol ile doldurulmuş 50 µm çaplı eleğe agregat büyüklük dağılımını ölçmek için yerleştirilmiştir.



Şekil 3.11 Mekaniksel parçalanma yönteminden görünüm

Uygulamalar sonucunda, iki aşamada ölçüm yapılmıştır. İlk kısım etanol'ün içerisinde 50 μm lik elek ile yapılan ıslak eleme ve ikinci kısımda da kuru eleme ile 6 farklı tane büyüklük sınıfına ayırma işlemidir.

Uygulamalar sonrasındaki işlevler ardılığı;

- İşlemler sonucunda elde edilen toprak materyalinin, önceden etanol ile doldurulmuş bir kabın içersine yerleştirilen 50 μm çaplı yavaşça 5 kez batırılıp çıkarılarak elekte elemiştir.
- Sonrasında elek üstünde kalan materyal hava kuru duruma getirilmiştir.

Islak eleme için etanol kullanılmasındaki amaç, meydana gelecek ilave parçalanmanın önlenmesidir. İkinci aşamada, hava kuru hale getirilen 50 μm den büyük tanecikler, elekten toplandıktan sonra, yavaşça el yardımıyla 6 adet farklı elek çapında elendi (2000, 1000, 500, 200, 100 ve 50 μm). Bu durumda mekanik elemanın denetimi daha zor olduğundan ve ilave parçalanmaya yol açacağından, örneklerin elde yavaşça elenmesi tercih edilmiştir.

Sonrasında her bir büyüklük sınıfının kütlece yüzdesi hesaplanmıştır. 50 μm den küçük taneciklerin miktarı; başlangıçtaki agregat miktarı ile 6 adet elekte kalan toplam agregat miktarı arasındaki farktan hesaplanmaktadır. Her bir parçalanma mekanizması için

agregat dayanıklılığı, ortalama ağırlıklı çap değeri yardımıyla eşitlik (3.14)'de gösterildiği şekilde belirlenmiştir.

(**Y_v**) Yukarıda önerilen yöntemler dışında ayrıca Yoder (1936); De Leenheer ve De Boodt (1959) ve Kemper ve Rosenau (1986)'nın yöntemlerinin hem yöntemsel hem de sistematik olarak yeniden yorumlanması ile tasarlanan ıslak eleme aleti (8-0,063 mm arasında değişen elek açıklılıkları ile) yardımıyla toprak örneklerin OAC değeri eşitlik (3.14) yardımıyla belirlenmiştir (Şekil 3.12).

Y_v: Çoklu elek yöntemi için işlevler ardıllığı;

- Kuru eleme ile 8 mm'den küçük 5 mm'den büyük agregatlar kuru eleme yardımıyla elde edilmişlerdir. Bu sınıf aralığındaki agregatlardan 4 gr tartılarak, 5 mm çapındaki elek üzerine yerleştirilmiş ve bir sprey yardımıyla yavaşça ıslatılmışlardır. Sonrasında 5 dk boyunca ıslak eleme gerçekleştirilmiştir.
- Eleme sonrasında her bir eleğin üzerinde kalan agregatlar kurutulmuş ve eşitlik (3.14) yardımıyla OAC (mm) değeri hesaplanmıştır.



Şekil 3.12 Çoklu elek yönteminden görünüm

Çizelge 3.2'de çalışmada kullanılan agregat dayanımını yöntemleri ve ıslak elemeler öncesinde yöntemlere göre dikkate alınan başlangıç agregat büyüklüğü değerleri, örneğe

uygulanan işlemler, ıslak elemeler sonrasında OAÇ (mm)'nin ya da agregat dayanımının belirlenmesinde kullanılan elek açıklıkları gibi temel bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 3.2 Uygulanan ıslak eleme yöntemlerin temel özellikleri

Yöntem	Islak eleme öncesi kullanılan agregat çapı (mm)	Islak eleme öncesindeki işlemler	Ortalama ağırlık çapını (OAÇ) belirlemede kullanılan elek çapları (mm)
Tek elek ile ıslak eleme (Y _I)	1 - 2 mm	Sıkışan havanın etkisiyle parçalanmayı önlemek için bir sprey yardımıyla agregatların eleme öncesinde ıslatılması	0,25 mm
Hızlı ıslatma (Y _{II})	3 - 5 mm	Agregatların doğrudan suya daldırılması ile ıslatılması	2, 1, 0,5, 0,2, 0,1 ve 0,05 mm
Yavaş ıslatma (Y _{III})	3 - 5 mm	Agregatların matrik potansiyele ulaşana kadar önceden ıslatılması	2, 1, 0,5, 0,2, 0,1 ve 0,05 mm
Mekaniksel Parçalanma (Y _{IV})	3 - 5 mm	Agregatların mekaniksel kohezyonunu ölçmek amacıyla ethanol içerisinde çalkalanarak ıslatılması	2, 1, 0,5, 0,2, 0,1 ve 0,05 mm
Modifiye edilmiş çoklu elek ile eleme (Y _V)	5 - 8 mm	Sıkışan havanın etkisiyle parçalanmayı önlemek için bir sprey yardımıyla agregatların eleme öncesinde ıslatılması	5, 4, 2, 1, 0,50, 0,25, 0,125 ve 0,063 mm.

3.2.4 Fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin belirlenmesi

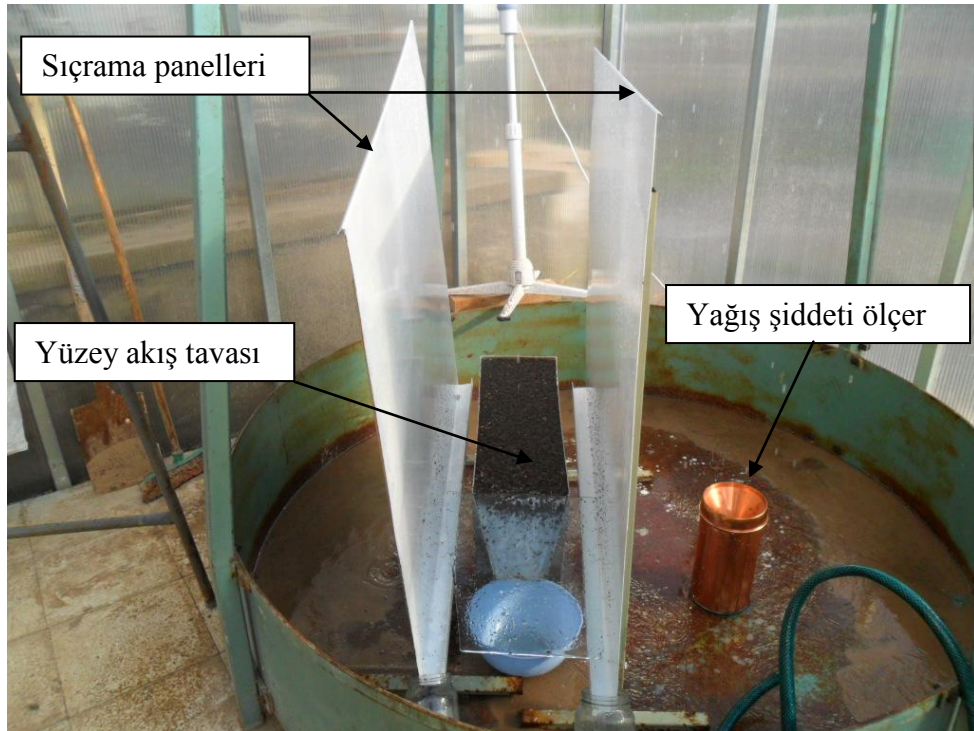
Yamurlama denemeleri öncesinde laboratuvar koşullarında belirlenen fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri aşağıda belirtilmiştir. Bu özellikler arasında özellikle organik madde analizleri önem arz etmektedir. Islak eleme de kullanılacak olan elek çaplarına karşılık gelen her bir agregat sınıfı için organik madde analizi yapılmıştır.

- Toprak pH sı ve Elektriksel İletkenliği (Anonim 1954)
- Tanımlanan her bir agregat büyüklüğü için OK kapsamı (Nelson ve Sommers 1982)
- Kireç yüzdesi (% CaCO₃) (Çağlar 1958)
- Toprakların katyon değişim kapasitesi, değişebilir sodyum yüzdesi ve sodyum adsorpsiyon oranı (Rhoades 1986; Thomas 1986)
- Toprakların elverişli su içerikleri (Tarla kapasitesi ve Solma noktası değerlerinin tespiti ile) (Anonim 1954)
- Toprakların tane büyüklük dağılımlarının (TBD) belirlenmesi (Sheldrick ve Wang 1993)
- Hidrolik iletkenlik (Tüzüner 1990), hacim ağırlığı (Richards 1954), tane yoğunluğu (Blake ve Hartge 1986) ve bünye (Bouyoucos 1951) analizleri gerçekleştirildi.

3.2.5 Yağmurlama denemelerinin gerçekleştirilmesi

Yağmurlama ünitesinde oluşturulan yağışlarda parçalanma ve taşınma süreçleri 2 farklı yağış şiddeti (80 ve 120 mm saat⁻¹), 3 farklı eğim (% 9, 15 ve 20) ve 3 farklı arazi kullanımı (işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı) için 3 tekerrülü olacak şekilde değerlendirilmiş ve toplamda 54 adet yağmurlama denemesi gerçekleştirilmiştir. Toprak tavalarına örnekler makro agregat sınırları kapsayacak şekilde elenerek yerleştirilmiştir (8 ile 0,25 mm arasında). Tavalara 5 cm derinliğinde yerleştirilen örnekler sprey yardımıyla saturasyon derecelerine ulaşana kadar ıslatılmışlardır. Önceden ıslatma ile hem sıkışan havanın etkisiyle agregatların parçalanmasının nispeten

önlenmesi hem de damla oluşturuçularından elde edilen damlalar basınçlı bir şekilde yağmurlama havzasına dağılmadığı için örneklerin yüzey akışa geçmesini hızlandırmak amaçlanmıştır. Çalışma serbest drenaj koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Her bir yağmurlamada 60 dakikalık gözlem süresi içerisinde 5 er dakika aralıklar ile sıçrayan ve yüzey akışa geçen sedimentler toplanmış ve yüzey akış miktarları ölçülmüştür. Şekil 3.13’de yağmurlama denemelerinden bir görünüm yer almaktadır. Sıçrayan sedimentler şekilden’de görüldüğü üzere sıçrama panelleri yardımıyla, yüzey akışlar ise tavaların uç kısımlarına yerleştirilen toplama kapları ile 5 er dakikalık aralar ile toplanmıştır. Yağış şiddetinde görülmeleri olası değişimler ünitenin içerisine yerleştirilen bir yağışölçer yardımıyla 10 ar dakika aralıklar ile kontrol edilmiştir. Uygulama tankındaki su yükü seviyelerinin ayarlanması ile istenilen yağış şiddeti değerleri elde edilmektedir. Bu sebeple, su yükü seviyesinde gözlenecek her hangi bir değişim doğrudan yağış şiddeti değerlerini etkileyecektir.



Şekil 3.13 Yağmurlama denemesinden görünüm

3.2.6 Sıçrama ve yüzey akış ile taşınan sedimentlerinin agregat dağılımlarının ve OK kapsamalarının belirlenmesi

Tanımlanan yağış şiddeti ve eğim koşulları altında seçilen arazi kullanımı için oluşturulan yağmurlar neticesinde, parçalanarak sıçrayan ve yüzey akışa geçen sedimentler üniteye yerleştirilen paneller ve toplayıcı kaplar yardımıyla zamanın bir fonksiyonu olacak şekilde elde edilmiştir. Her bir yağmurlamada 12 adet sıçrama ve ortalama 10 adet yüzey akış sedimenti elde edilecek şekilde gerçekleştirilen denemelerde toplamda 1143 adet sediment örneği toplanmıştır. Sonrasında, yağış süresince ölçülen her bir zaman dilimi için toplanan bu sedimentler kurutulularak agregat dağılımları belirlenmiş ve OAC değerinde meydana gelen zamansal değişim ortaya konulmuştur ((3.15) ve (3.16)) Elde edilen OAC'ye sahip agregatların OK kapsamaları da ölçülerek OAC ve OK arasındaki ilişkiler ve değişimler araştırılmıştır (Şekil 3.14).

$$OAC_{\mathcal{S} \text{ sıçram}} = \sum_{j:5}^t OAC_{\mathcal{S} j} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} m_i \times d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} m_i} \quad (3.15)$$

Burada, j: sıçrama ölçüm zamanı (dk), t: yağmurlama süresi (dk), i: elek çap sınıfları, n: deneyde kullanılan toplam elek sayısı, m: i. elek üzerinde kalan örnek miktarı (gr), d: i. elek çapıdır (mm).

$$OAC_{\mathcal{S} \text{ yüzeyaks}} = \sum_{k:5}^t OAC_{\mathcal{S} k} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} m_i \times d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} m_i} \quad (3.16)$$

Burada, k: yüzey akış ölçüm zamanı (dk), t: yağmurlama süresi (dk), i: elek çap sınıfları, n: deneyde kullanılan toplam elek sayısı, m: i. elek üzerinde kalan örnek miktarı (gr), d: i. elek çapıdır. (mm)

Yağmurlama sonrasında toplanan sıçrama [PAD, yağmurlama sonrası parçalanarak sıçrayan agregat dağılımı] ve yüzey akış sedimentlerinin [YAAD, yağmurlama sonrasında yüzey akış ile taşınan agregat dağılımı] agregat dağılımını belirlemek amacıyla kullanılan elek çapları; 8, 5, 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, 0,063 mm dir.



Şekil 3.14 Agregat büyüklük dağılımı ve OK kapsamalarının belirlenmesi

3.2.7 Agregat büyüklük dağılımlarının modellenmesi

Agregat büyüklük dağılımlarının belirli bir bağıntısal eğri ile ifade edilmesinde ve karakteristik parametrenin elde edilmesinde [D₅₀ (eklemeli toplam agregat ağırlığının %50'sinin geçtiği çap değeri)] Log-normal, Weibull ve Fraktal dağılımlar kullanılmıştır.

Yağmurlamalar öncesinde alınan toprak örneklerinin doğal agregat dağılımları (DAD) ve yağmurlamalar sonrasında toplanan sıçrayan ve yüzey akışa geçen sedimentlerin agregat dağılımları (PAD ve YAAD) literatürde kapsamlı bir şekilde tanımlanan bu üç model ile modellenmiştir.

Gardner (1956) tarafından tanımlanan iki parametrelilik eklemeli Log-normal dağılım eşitlik (3.17) deki şekildedir. Bu çalışmada, Log-normal dağılımın elde edilmesinde elek çaplarının logaritmaları ile eklemeli sıklık dağılımı “cumulative quantile” değerleri arasında doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Eklemeli sıklık dağılımının hesaplanmasında kullanılan çapa karşılık gelen eklemeli kütlelerin, dağılımın ortalama

değerinden olan farkının, dağılımın standart sapmasına oranlanmasıyla hesaplanmaktadır.

$$y = 1 / (a\sqrt{2\pi} \times \exp \left[- \frac{[\lg(x) - b]^2}{2a^2} \right]) \quad (3.17)$$

Burada; y değeri belirli bir agregat ya da tane büyüklüğünden daha küçük tahmini eklemeli toprak kütlesi, a ve b; deneysel parametreler; x, geometrik orta çap

Geometrik orta çap değeri, agregatların %50 sinin geçtiği elek çap büyüklüğü aynı zamanda ortalama agregat çapı (D_{50} , mm) olarak da ifade edilmektedir.

Son çalışmalarda kuru toprakta agregat büyüklük dağılımını tanımlanmasında kullanılan (Zobeck vd. 2003) Weibull dağılımı, eşitlik (3.18)'de belirtildiği şekilde gösterilmektedir.

$$\frac{M(x < X)}{M_T} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x}{b} \right)^c \right] \quad (3.18)$$

Burada: $M(x < X)$: X'den daha küçük x'in eklemeli kütlesi, M_T : toplam örnek kütlesi, b: ölçek faktörü, c: model faktörü.

Fraktal dağılımı ise eşitlik (3.19) de gösterildiği şekilde elde edilmiştir (Zobeck vd. 2003).

$$\frac{M(x < X_L)}{M_T} = \left(\frac{x}{X_L} \right)^{3-D} \quad (3.19)$$

Burada; $M(x < X_L)$, x çapından daha küçük tanelerin eklemeli kütlesi, X_L , en büyük tanecik çapı, ve M_T ise toplam örnek kütesidir. Bu yaklaşımda elde edilen Fraktal çapı “ $0 < D < 3$ ” arasında bir değer almaktadır. Burada D değeri, Fraktal çapı olarak

bilinmektedir. Ancak, kurulan modellerin karşılaştırılabilir olmaları amacıyla yukarıda tanımlana orta agregat çapı ya da geometrik orta çap olarak adlandırılan D_{50} değerleri hesaplanılmıştır.

3.2.8 Sıçrama ve yüzey akış duyarlılıklarının belirlenmesi

Toprakların sıçrama ve yüzey akış süreçlerine olan duyarlılığı (YETKE-K), zamanın bir fonksiyonu olacak şekilde birim zamanda birim yüzey akış tava alanından sıçrayarak ve yüzey akış ile kaybolan toprak miktarlarından yararlanılarak (D , $\text{gr m}^{-2} \text{s}^{-1}$) eşitlik (3.20.a), (3.20.b) ve (3.20.c) yardımıyla hesaplanmıştır. Duyarlılık değerlerinde zaman göre gözlemlenen değişimler ise çeşitli istatistiksel yaklaşımlar kullanılarak modellenmiştir.

$$D = \frac{W_s}{A \times T} \quad (3.20.a)$$

$$D = \frac{W_y}{A \times T} \quad (3.20.b)$$

Burada, W_s : yağmurlamalar esnasında sıçrayarak kaybolan toprak miktarı (gr), W_y : yağmurlamalar esnasında yüzey akışlar ile kaybolan toprak miktarı (gr), A : yüzey akış tavaasının yüzey alanı (m^2), T : yağmurlama süresidir (s).

$$YETKE - K = \frac{D}{E \times I} = \frac{(gm^{-2})}{(Jm^{-2}) \times (mmsaat^{-1})} \quad (3.20.c)$$

Burada, E : yağış enerjisi (E , J m^{-2}), I : yağış şiddetidir (I , mm saat^{-1}).

Bu çalışmada sıçrama ve yüzey erozyonu ile olan toprak kayıpları, Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği- YETKE (Revised Universal Soil Loss Equation - RUSLE)

(Renard vd. 1997) “toprak erozyon duyarlılığı etmeni” (YETKE-K)’nın biriminde hesaplanmıştır. Gerekli birim çevirmeler yapılmak suretiyle YETKE-K’nın birimi “t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹”e çevrilmiştir.

Laboratuar ortamında elde edilen gerçek duyarlılık ölçümlerine ilaveten, çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen 3 farklı eşitlikten yararlanılarak toprakların erozyon duyarlılıkları değerlendirilmiş olup, gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır.

Değerlendirilen bu eşitliklerden ilki YETKE – K nomograf eşitliği (Wischmeier vd. 1971) (Eşitlik (3.21), diğeri Römken vd. (1986) tarafından elde edilen ve toprak bünyesi ve YETKE – K arasındaki ilişkiyi veren eşitlik (3.22) ve (3.23) ve kullanılacak olan en son eşitlik ise tane büyüklük dağılımı ve organik madde içeriğini değerlendiren Torri vd. (2002) tarafından geliştirilen eşitlik (3.24) ve (3.25)’dir.

$$K_1 = 2,1 \cdot 10^{-4} \left(2 - OM \right) M^{1,14} + 3,25 \left(-2 \right) \left[2,5 \left(-3 \right) \right] 100 \quad (3.21)$$

Nomograf beş adet toprak ve toprak profil parametresini içermektedir:

- Modifiye edilmiş silt %’si (0.002-0.1 mm)
- Modifiye edilmiş kum %’si (0.1-2 mm)
- Organik madde %’si (OM)
- Toprak yapı sınıfları (s)
- Toprak geçirgenlik sınıfları (p)
- M = temel toprak tanecik fraksiyonlarının çarpımı (% modifiye edilmiş silt) x (% silt + % kum)

$$K_2 = 0,0034 + 0,0405 * \exp \left[-0,5 \left(\frac{\log D_g + 1,659}{0,7101} \right)^2 \right] \quad (3.22)$$

Burada, K: YETKE toprak erozyon duyarlılığı (ton ha⁻¹ × ha MJ⁻¹ × saat mm⁻¹) ve D_g: birincil toprak taneciklerinin geometrik ortalama çapıdır (mm) ve aşağıdaki eşitlik (3.23) ile elde edilmektedir.

$$D_g = \exp \left[\sum f_i * \ln \left(\frac{d_i + d_{i-1}}{2} \right) \right] \quad (3.23)$$

Burada, d_i ve d_{i-1} sırasıyla tanecik çapının üst ve alt sınırını göstermektedir (mm). Eşitliklerde, kum, silt ve kil için d_i ve d_{i-1} değerleri sırasıyla 0,05 – 2 mm; 0,002 – 0,05 mm ve < 0,002 mm olarak kullanılacaktır. f_i : her bir tanecik sınıfının ağırlık %'sidir.

Toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesinde kullanılan son matematiksel eşitlik Torri vd. (1997, 2002) tarafından geliştirilmiştir.

$$K_3 = 0.0293 \left(65 - D_G + 0.24 D_G^2 \right) \exp \left\{ -0.0021 \frac{OM}{C} - 0.00037 \left(\frac{OM}{C} \right)^2 - 4.02C + 1.72C^2 \right\} \quad (3.24)$$

$$D_G = \sum f_i \log_{10} \left(\sqrt{d_i d_{i-1}} \right) \quad (3.25)$$

Burada; D_G , ortalama geometrik tanecik çapının Napierian logaritması, d_i ve d_{i-1} , sırasıyla ilgili sınıfın çapının üst ve alt sınırını (mm), f_i , temel tanecik büyüklük fraksiyonları %'si, OM, organik madde içeriği, C ise kil yüzdesini göstermektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Toprak Özellikleri

Yağmurlama denemeleri öncesinde, agregat dayanımlarına etki eden toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bazı fiziksel ve kimyasal toprak analiz sonuçları çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Çalışma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Analizler	İşlemeli tarım alanı	Mera	Ağaçlandırma alanı	
pH	7,48	7,44	7,60	
EC (dS m ⁻¹)	0,85	0,79	0,90	
% CaCO ₃	3,90	2,03	1,40	
% Organik karbon	0,90	3,95	5,75	
% Kil	58	28	27	
% Silt	35	16	31	
% Kum	7	56	42	
Tekstür sınıfı	Kil	Kumlu killi tın	Killi tın	
Hacim Ağırlığı (gr cm ⁻³)	1,08	1,20	0,93	
Hidrolik İletkenlik (cm saat ⁻¹)	2,66	7,80	6,23	
Suda çözünebilir katyon ve anyonlar (me lt ⁻¹)	Ca ⁺²	5,00	4,00	6,00
	Mg ⁺²	3,00	3,00	2,00
	Na ⁺	0,34	0,46	0,77
	K ⁺	0,27	0,34	0,19
	CO ₃ ⁻²	eseri	eseri	eseri
	HCO ₃ ⁻	4,00	5,00	7,00
	Cl ⁻	1,50	1,30	1,30
	SO ₄ ⁻²	3,09	1,47	0,61
	B	0,02	0,03	0,05
Değişebilir katyonlar (me 100 gr ⁻¹)	Ca ⁺² + Mg ⁺²	37,88	18,89	47,11
	Na ⁺	0,34	0,27	0,28
	K ⁺	2,13	1,16	2,22
KDK (me 100 gr ⁻¹)	40,35	20,32	49,61	
SAR	0,17	0,26	0,40	
ESP	0,63	0,93	0,55	

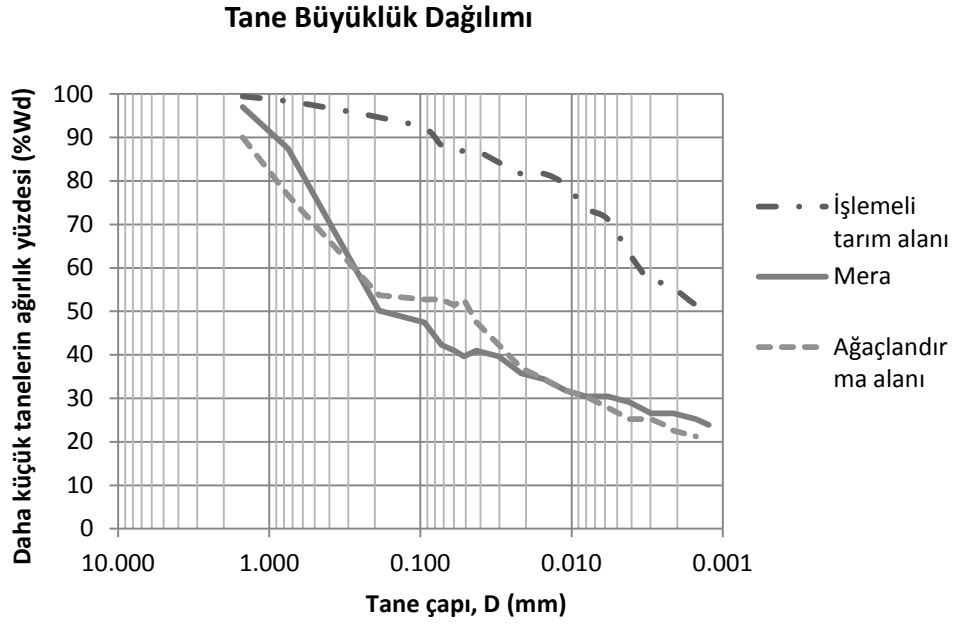
Çalışma alanı toprakları hafif alkalin karakterli olup, alanda tuzluluk ve alkalilik problemi bulunmamaktadır. Toprakların sodyum adsorbsiyon oranları (SAR) ve değişebilir sodyum yüzdeleri (ESP) agregat dağılmasına yol açmayacak kadar düşük düzeydedir (Emerson 1967, Frenkel vd. 1978, Kazman vd. 1983, Shainberg 1992).

En düşük OK kapsamı (% 0,90) ve hidrolik iletkenlik değeri (2,6 cm saat⁻¹) en yüksek kil kapsamına (% 58) sahip olan işlemeli tarım alanı toprakları için ölçülmüştür. Toprak işlemenin toprakların kimyasal ve fiziksel gelişimleri üzerine olan olumsuz etkileri; en çok toprak organik maddesinin hızla mineralize olması ve bunun yanısıra toprakların geçirgenlik kapasitelerini düşmesi üzerine olmaktadır. Topraklar bu şekilde erozyona daha kolay bir şekilde uğramaktadır (Monnier 1965, Tisdall ve Oades 1982, Eliot 1986, Sullivan 1990, Haynes ve Swift 1990, Perfect vd. 1990, Guerra 1994, Çelik 2005).

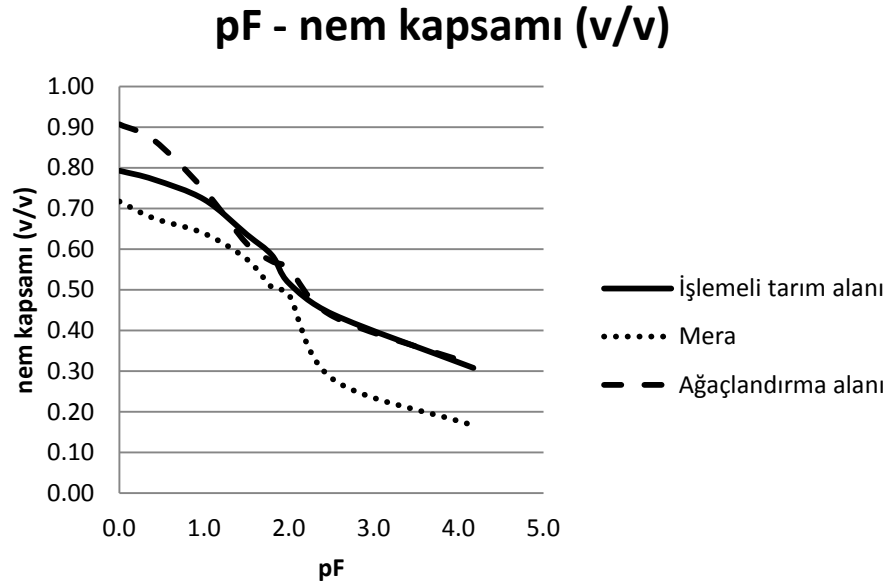
Toprakların tane büyüklük dağılımları 2 mm den küçük taneler için süspansiyon içerisinde gerçekleştirilen hidrometre okumaları ve elek analizleri ile belirlenmiştir (Şekil 4.1). Ayrıca toprakların nem karakteristikleri de şekil 4.2’de gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Çizelge 4.1’de verilen toprakların bünye özellikleri arasındaki farklılaşma şekil 4.2 de belirgin bir şekilde görülmektedir. 1 pF’den daha düşük basınçlarda ağaçlandırma alanı toprakları en yüksek su tutma kapasitesine sahipken, bu noktadan sonra işlemeli tarım alanı topraklarıyla benzer nem karakteristiği göstermektedir. En düşük su tutma kapasitesi, en yüksek kum içeriğine sahip mera alanı (% 56) topraklarında görülmektedir. En yüksek kil içeriği işlemeli tarım alanında (% 58), en yüksek OK kapsamı ise beklenildiği üzere ağaçlandırma alanı (% 5,75) topraklarında ölçülmüştür. Bu durum bu toprakların mera alanı topraklarından daha yüksek su tutma kapasitelerine sahip olmalarını açıklamaktadır.

Çalışma alanı içerisinde yer alan toprakların kil tipleri yapılan XRD analizleri ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre smektit başat kil minerali olup bunu illit ve kaolinit izlemektedir.



Şekil 4.1 Arazi kullanımına göre tane büyüklük dağılımları (Bouyoucos 1951)



Şekil 4.2 Farklı arazi kullanımının nem karakteristikleri

4.2 DAD Değerlerinin Modellenmesi

Toprakların doğal agregat dağılımları “Endecotts, octagon digital” marka eleme cihazı ve standart elekler ile gerçekleştirilmiş olup, çizelge 4.2 ve şekil 4.3’da verilmiştir.

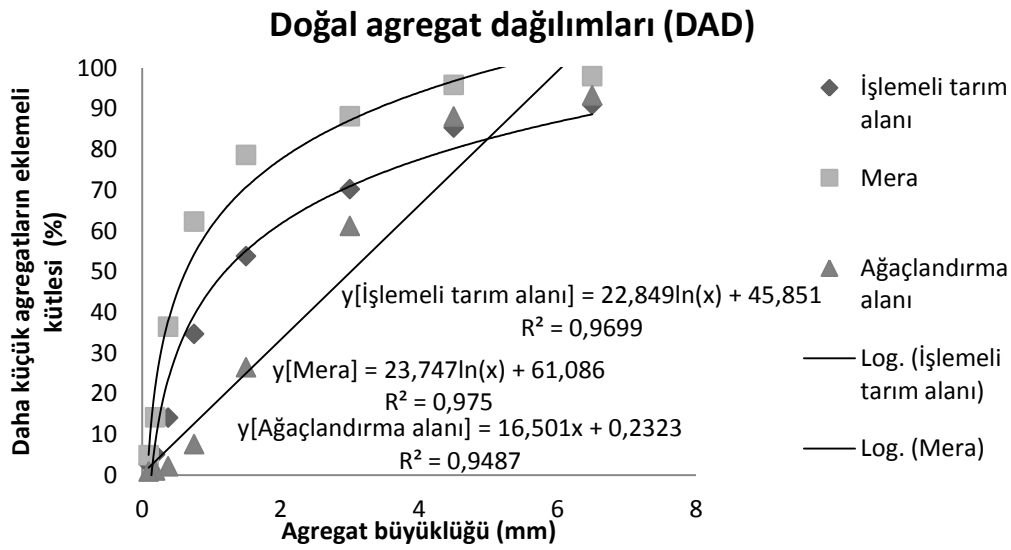
Çizelge 4.2 Toprakların doğal agregat dağılımları (DAD) (%)

Arazi kullanım tiplerine göre Doğal Agregat Dağılımları (DAD) %*			
Elek aralıkları (mm)	İşlemeli tarım alanı	Mera	Ağaçlandırma alanı
8 – 5 mm	91,04	98,02	93,31
5-4 mm	85,39	95,88	88,12
4-2 mm	70,26	88,18	61,22
2-1 mm	53,8	78,67	26,49
1-0,5 mm	34,68	62,29	7,59
0,5-0,25 mm	14,11	36,45	2,15
0,25-0,125 mm	5,06	14,19	1,11
0,125-0,063 mm	2,71	4,87	0,85
OAC¹ (mm)	1,82	0,88	2,2
D₅₀² (mm)	1,37	0,62	2,31

*Değerlendirilen çap sınıfından daha küçük çaplı agregatların eklemeli % agregat dağılımı; ¹: Agregatların ortalama ağırlık çapı (mm); ²: agregatların %50 sinin geçtiği elek çap büyüklüğü aynı zamanda ortalama ya da geometrik agregat çapı, mm.

Arazi kullanım türlerine göre, toprakların doğal agregat büyüklük dağılımları oldukça önemli düzeylerde farklılıklar göstermektedir. Özellikle, 2 mm'den küçük agregatlar için bir karşılaştırma yapacak olursak; bu oranın, işlemeli tarım alanı için %53,8; mera için %78,67 ve ağaçlandırma alanı için %26,49 olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2). Bu sonuçlar Green vd. (2005) ve Çelik (2005)'in sonuçları ile uyumludur. Toprakların OAC ve D₅₀ değerleri de arazi kullanımları arasındaki farklılığı yansıtmaktadır. En düşük çap parametreleri mera alanı kullanımı için elde edilirken en yüksek değerler ağaçlandırma alanı toprakları için ölçülmüştür. Bu durum en yüksek OK kapsamının ağaçlandırma alanı için, en yüksek kum içeriğinin ise mera alanı için elde edilmesiyle açıklanabilmektedir. Organik materyalce zengin olan topraklar daha büyük ve dayanımlı agregat yapısına sahip iken kum içeriğinin yüksek olduğu topraklarda kümeleşme yeteri kadar sağlanamamakta ve sonuç olarak daha küçük çaplı agregatların dağılımda baskın olmasına yol açmaktadır. Ayrıca arazi kullanımlarına göre toprakların eklemeli % doğal agregat büyüklük dağılımları ve en uygun regresyon denklemleri şekil 4,3'de gösterilmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre, işlemeli tarım alanı topraklarının DAD değerleri en uygun logaritmik dağılım ile temsil edilmiş olup, regresyon denklemi " $y = 22.849 \ln(x) + 45,851$ " şeklindedir ($R^2=0,97$). Mera alanı toprakları içinde logaritmik dağılım en uygun dağılım olmaktadır, regresyon denklemi ise " $y = 23.747 \ln(x) + 61.86$ " dır ($R^2=0,98$). Ağaçlandırma alanı topraklarının agregat dağılımları, doğrusal regresyon ile en yüksek uyumu göstermiştir, regresyon denklemi ise " $y = 16.501x + 0.2323$ " ($R^2=0,95$) dır.

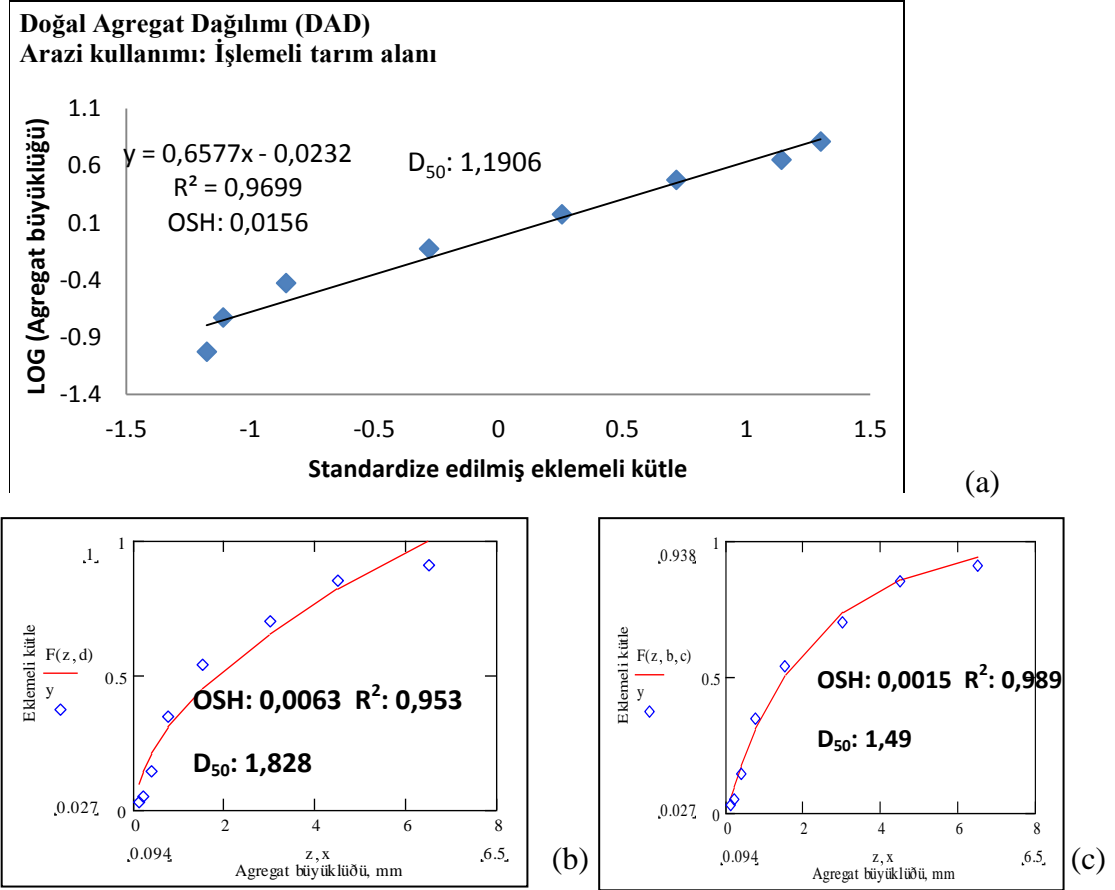


Şekil 4.3 Farklı arazi kullanımlarının doğal agregat dağılımları (DAD)

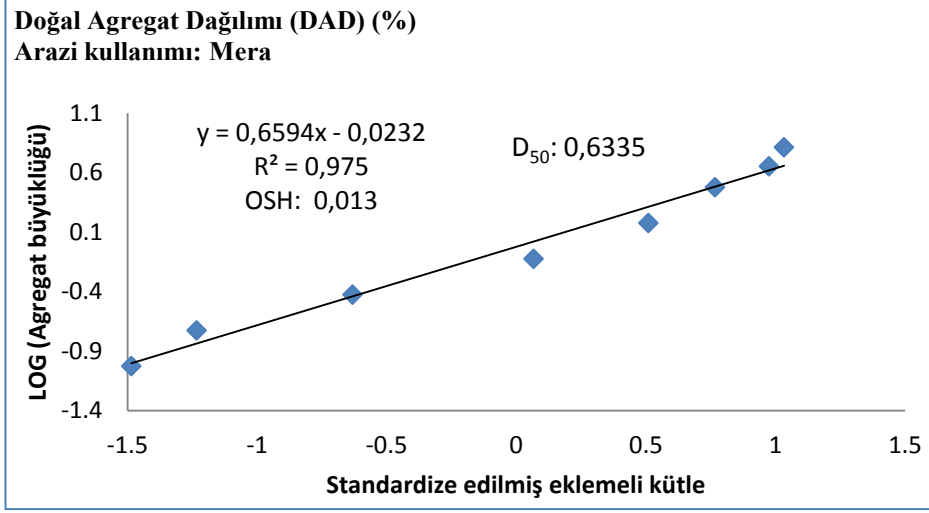
4.2.1 DAD'ın Log-normal, Fraktal ve Weibull modellerine göre değerlendirilmesi

Yöntem kısmında belirtildiği üzere toprakların hem doğal hem de parçalanmalar sonucu oluşan agregat dağılımları literatürde sıklıkla kullanılan 3 farklı dağılım modeline göre değerlendirilmiştir. Şekil 4.4 – 4.6'da DAD için denenen bu modellerin dağılımları, ortalama standart hataları (OSH), başarı dereceleri (R^2) ve D_{50} değerleri verilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda toprakların DAD değerleri ile bütün modeller oldukça yüksek uyum göstermekle birlikte bütün kullanımlar için en yüksek uyum ve en düşük hata değeri Weibull modeli için elde edilmiştir. Özellikle ağaçlandırma alanı topraklarının modellenmesinde en düşük ortalama standart hata (0,00014) ve en yüksek

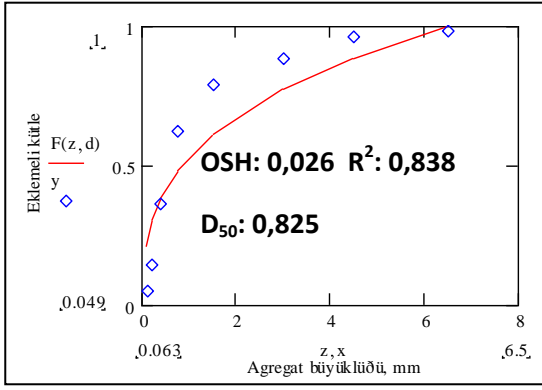
R^2 değeri (0,999) Weibull dağılımı için elde edilmiştir. Bulgular Zobeck vd. (1999)'in bulgularıyla yüksek uyum içerisindedir.



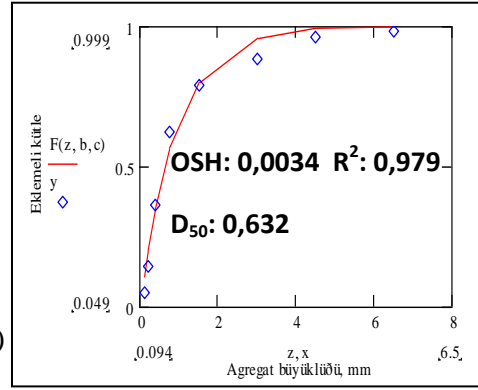
Şekil 4.4 İşlemeli tarım alanı topraklarının: a. Log-normal, b. Fraktal, c. Weibull dağılıma göre modellenmesi



(a)

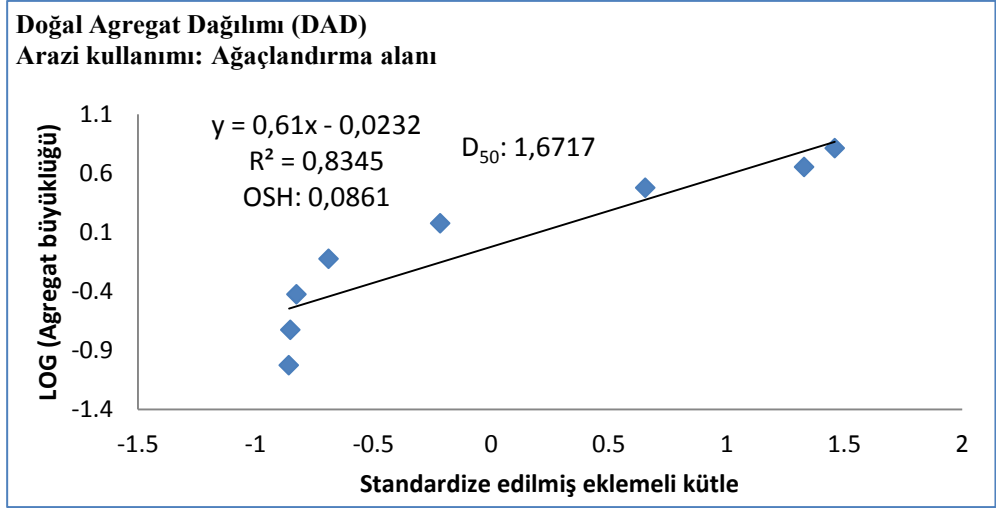


(b)

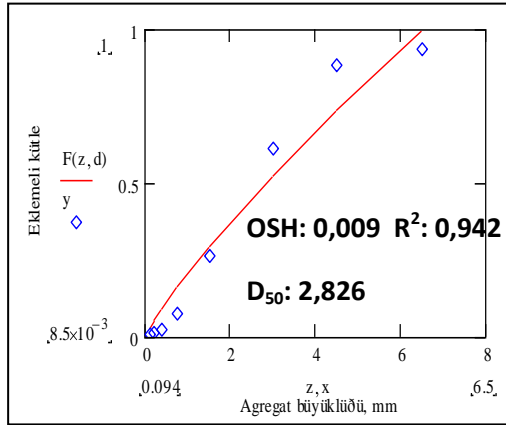


(c)

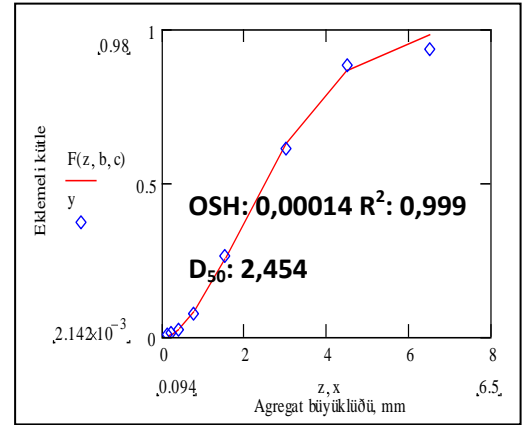
Şekil 4.5 Mera alanı topraklarının: a. Log-normal, b. Fraktal, c. Weibull dağılıma göre modellenmesi



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.6 Ağaçlandırma alanı topraklarının: a. Log-normal, b. Fraktal, c. Weibull dağılıma göre modellenmesi

4.3 Agregat Dayanımı Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

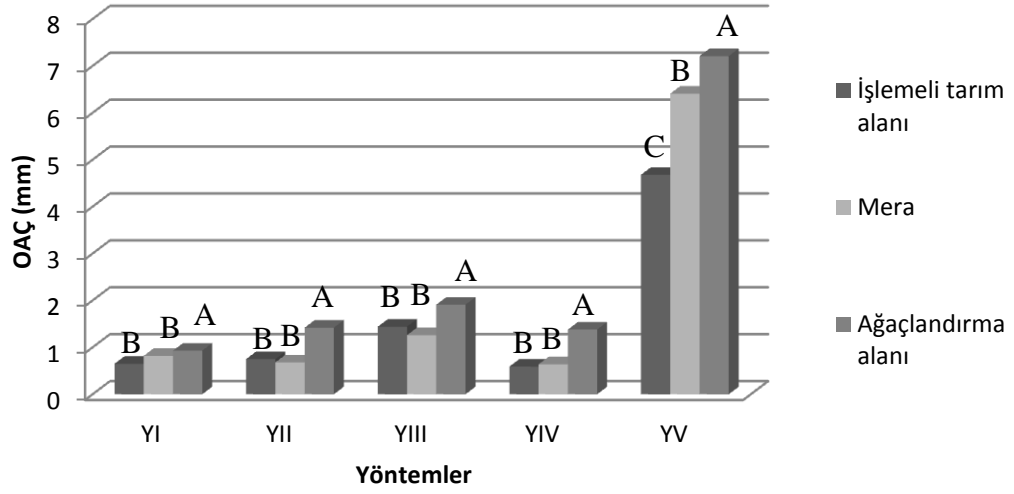
Toprakların agregat dayanımlarını belirlemek amacıyla 5 farklı yöntem uygulanmıştır. Yöntemlere ait tanımlayıcı bilgiler ve sonuçlara ilişkin istatistikler çizelge 4,3'de verilmektedir. Arazi kullanımlarına ait en yüksek OAC değerleri, Y_V ile elde edilmiştir (sırasıyla, 4,68, 6,41 ve 7,21 mm). En düşük OAC değerleri ise, Y_{IV} ile yapılan denemeler neticesinde gözlenmiştir (sırasıyla, 0,59, 0,64 ve 1,38 mm). Yapılan değerlendirmeler neticesinde, işlemeli tarım alanı ve mera kullanımı için en yüksek standart hata, varyans ve varyasyon katsayısı değerleri Y_V için ölçülmesine karşın, diğer kullanımlara kıyasla daha yüksek OK kapsamına sahip ağaçlandırma alanı toprakları için en yüksek standart hata, varyans ve varyasyon katsayısı Y_{II} için belirlenmiştir.

Çizelge 4.3 Uygulanan ıslak eleme yöntemlerine ait tanımlayıcı istatistikler

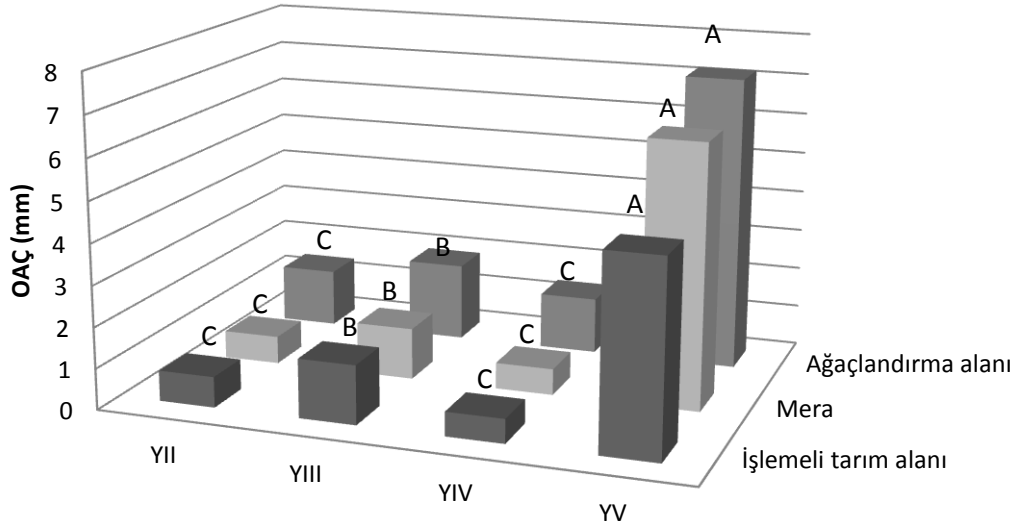
Arazi Kullanımı	Yöntem	Ortalama \pm SS**	Standart hata	Varyans	Varyasyon katsayısı	Minumum	Maksimum
İşlemeli tarım alanı	Y _I *	0,65 \pm 0,02	0,06	0,00	8,73	0,59	0,72
	Y _{II}	0,75 \pm 0,07	0,12	0,02	15,93	0,66	0,93
	Y _{III}	1,44 \pm 0,07	0,11	0,01	7,80	1,26	1,54
	Y _{IV}	0,59 \pm 0,04	0,08	0,01	14,52	0,44	0,63
	Y _V	4,68 \pm 0,37	1,35	1,82	38,02	2,25	5,05
Mera	Y _I *	0,82 \pm 0,01	0,04	0,00	4,29	0,78	0,88
	Y _{II}	0,68 \pm 0,08	0,13	0,02	20,30	0,49	0,83
	Y _{III}	1,26 \pm 0,03	0,19	0,04	16,50	0,78	1,31
	Y _{IV}	0,64 \pm 0,09	0,12	0,02	19,91	0,46	0,81
	Y _V	6,41 \pm 0,19	1,34	1,81	25,53	3,92	6,60
Ağaçlandırma alanı	Y _I *	0,93 \pm 0,01	0,02	0,00	2,60	0,89	0,96
	Y _{II}	1,42 \pm 0,06	0,11	0,01	8,12	1,25	1,55
	Y _{III}	1,91 \pm 0,00	0,02	0,00	1,07	1,89	1,93
	Y _{IV}	1,38 \pm 0,04	0,08	0,01	6,05	1,24	1,45
	Y _V	7,21 \pm 0,06	0,05	0,00	0,69	7,15	7,27

*, 1. Yöntemde sonuçlar agregat dayanımı indeksi, diğerlerinde ise OAÇ (mm) olarak belirtilmektedir.**, Ortalamanın standart sapma değeridir.

Aynı birim ile ifade edilen (OAÇ, mm) Y_{II}, Y_{III}, Y_{IV} ve Y_V için varyans analizi (two-way ANOVA) gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar şekil 4.7 - 4.8 de görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre yöntemler ve arazi kullanımları arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Çalışma kapsamında kullanılan yöntemler, arazi kullanımlarındaki farklılığının agregat dayanımı üzerine olan etkisini değerlendirme de benzer sonuçlar göstermemektedir. Örneğin, Y_{II}, Y_{III} ve Y_{IV}, ağaçlandırma alanı ile mera arasındaki ve ağaçlandırma alanı ile işlemeli tarım alanı arasındaki farklılığı yansıtabilmesine rağmen ($P < 0,05$), mera ve işlemeli tarım alanı arasındaki farklılığı istatistiksel olarak ortaya koyamamıştır ($P > 0,05$). Halbu ki, Y_V, her bir kullanım türünün agregat dayanımları arasındaki farklılığı ortaya koyarak değişimi yansıtmada daha etkin olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.7 Yöntemlere göre arazi kullanımlarının karşılaştırılması ($P < 0,05$).



Şekil 4.8 Arazi kullanımlarına göre yöntemlerin karşılaştırılması ($P < 0,05$).

Özetle, toprakların agregat dayanımları, ıslak eleme süresince meydana gelen parçalanmalar neticesinde ölçülen agregat büyüklük dağılımlarının ortaya konulması ile daha etkin bir şekilde değerlendirilebilmektedir (Saygın vd. 2012). Kemper ve Rosenau (1986) tarafından önerilen yöntem ile daha hızlı ve kolay bir şekilde sonuç alınabilmesine karşın, birbirinden gerek bünye özellikleri gerekse organik karbon

içerikleri açısından oldukça farklı olan işlemeli tarım alanı ve mera alanı toprakları için benzer dayanım sonuçları vermiştir. Yöntemlerin kendi aralarında ve bazı toprak özellikleri ile olan ilişkilerini ortaya koymak amacıyla Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmış ve önem dereceleri ile birlikte çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Toprak özellikleri ve yöntemler arasında elde edilen Pearson korelasyon katsayıları

	OK	Kil	Silt	Kum	Hİ	Y _I	Y _{II}	Y _{III}	Y _{IV}
Kil	0,079								
	0,853								
Silt	-0,099	-0,247							
	0,816	0,556							
Kum	0,017	-0,586	-0,634						
	0,968	0,127	0,091						
Hİ	0,967	0,173	-0,263	0,080					
	0,000**	0,683	0,529	0,850					
Y _I	0,642	0,165	-0,072	-0,100	0,720				
	0,086	0,697	0,866	0,814	0,044*				
Y _{II}	0,855	-0,123	0,201	-0,056	0,750	0,368			
	0,007**	0,773	0,632	0,894	0,032*	0,370			
Y _{III}	0,850	0,025	0,319	-0,288	0,728	0,500	0,955		
	0,008**	0,952	0,442	0,489	0,041*	0,207	0,000**		
Y _{IV}	0,965	0,001	0,079	-0,073	0,896	0,805	0,844	0,884	
	0,000**	0,998	0,852	0,863	0,003**	0,016*	0,008**	0,004**	
Y _V	0,719	0,356	0,252	-0,518	0,672	0,882	0,506	0,699	0,816
	0,045*	0,386	0,547	0,189	0,068	0,004**	0,201	0,054	0,014**
Pearson korelasyonlar									
P değerleri (**P < 0,01, *P < 0,05 ve P < 0,10)									

Çizelge 4.5’de görüldüğü üzere, toprakların OK kapsamaları ile hidrolik iletkenlik (Hİ) değerleri arasında oldukça yüksek düzeyde bir ilişki bulunmaktadır. Yöntemlerin tamamı bu iki toprak özelliği ile yakın bir ilişki göstermiştir. Aynı ilişki toprakların bünyesel özelliklerini belirten parametreler için elde edilememiştir. Yine yöntemler kendi aralarında değişen değerlerde ilişkiler göstermektedir. Şekil 4.7 ve 4.8’de

gösterildiği üzere, Y_I - Y_{II} , Y_I - Y_{III} ve Y_{II} - Y_V arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P > 0,05$). En yüksek Pearson korelasyon katsayısı Y_{II} ile Y_{III} (0,955) arasında gözlemlenmiştir. Y_{II} agregatların sıkışan havanın etkisiyle parçalanmasını ölçmektedir ve bu şekildeki parçalanma toprakların kil içerikleri arttıkça azalmaktadır. Örneklerin yüksek kil içeriğine sahip olmalarından ötürü sıkışan havanın etkisi ile parçalanma nispeten kontrol altındadır ve bu durum iki yöntem arasındaki ilişkinin yüksek olmasını açıklamaktadır (Le Bissonnais, 1996). Ayrıca, Y_{II} , Y_{III} ve Y_{IV} için gözlemlenen yakın ilişkiler, ıslak eleme öncesindeki uygulamaları birbirinden farklı olsa bile örnekler kurutulduktan sonraki aşamaların aynı olması ile de açıklanabilir. Aslında, bu üç yöntem bazı özel toprak koşullarını yansıtmak için önerilmiş olup, seçilen toprak örneklerinin yüksek kil içerikleri sebebiyle örnekler arasındaki farklılık korelasyonlarda (Çizelge 4.4) ve yapılan varyans analiz sonuçlarında (Şekil 4.7 ve 4.8) belirgin bir şekilde gözlemlenememiştir. Uygulanan yöntemler arasında, Y_I ve Y_V daha genel bir yaklaşım ile toprakların agregat dayanımlarını değerlendirmektedir.

4.4 Agregat Büyüklüklerine Göre OK(%) Kapsamlarının Karşılaştırılması

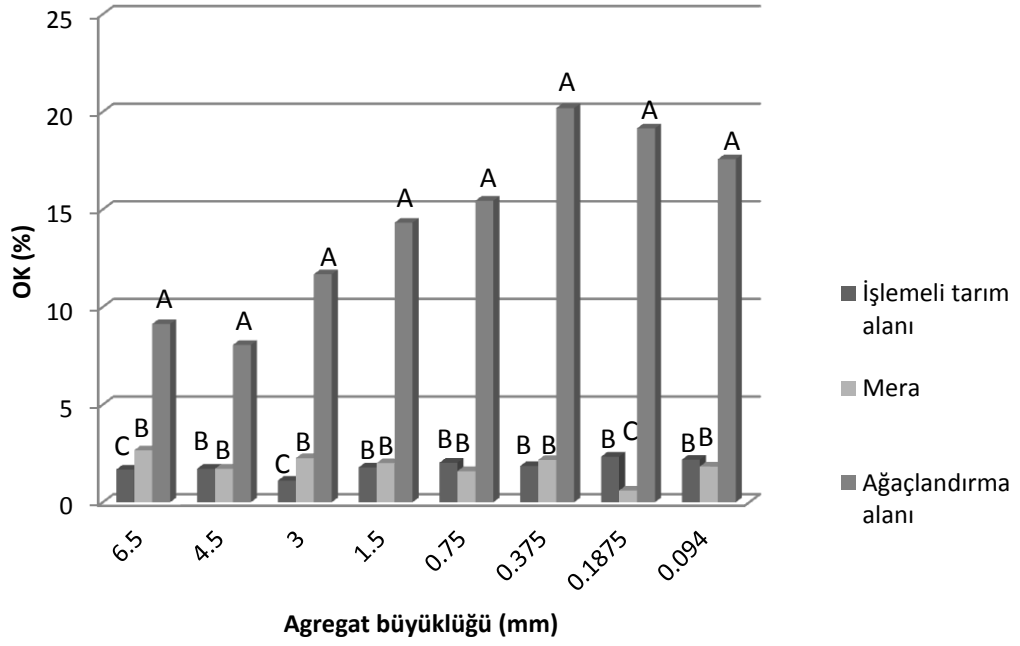
Farklı agregat büyüklüklerine göre toprakların içerdiği OK kapsamı belirlenerek varyans analizi (two-way ANOVA) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara ait tanımlayıcı istatistikler çizelge 4.5'de, OAÇ, OK kapsamı ve arazi kullanımları arasındaki ilişkiler şekil 4.9 – 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Organik karbon (%) kapsamlarına ait tanımlayıcı istatistikler

Arazi Kullanımı	Agregat çapı (mm)	Ortalama \pm SS*	Standart hata	Varyans	Varyasyon katsayısı	Min.	Mak.
İşlemli tarım alanı	8-5	1,68 \pm 0,06	0,08	0,01	4,64	1,62	1,73
	5-4	1,72 \pm 0,26	0,36	0,13	21,03	1,46	1,97
	4-2	1,11 \pm 0,03	1,04	0,00	3,82	1,08	1,14
	2-1	1,83 \pm 0,01	0,11	0,01	5,94	1,71	1,86
	1-0,5	2,03 \pm 0,01	0,01	0,00	0,35	2,02	2,03
	0,5-0,25	1,86 \pm 0,16	0,23	0,05	12,17	1,70	2,02
	0,25-0,125	2,33 \pm 0,29	0,40	0,16	17,26	2,05	2,62
	0,125-0,063	2,18 \pm 0,04	0,06	0,00	2,59	2,14	2,22
Mera	8-5	2,66 \pm 0,28	0,40	0,16	14,89	2,38	2,94
	5-4	1,72 \pm 0,21	0,29	0,08	16,90	1,51	1,92
	4-2	2,26 \pm 0,41	0,58	0,34	25,66	1,85	2,67
	2-1	2,01 \pm 0,17	0,24	0,06	11,96	1,84	2,18
	1-0,5	1,60 \pm 0,21	0,29	0,08	18,18	1,39	1,80
	0,5-0,25	2,17 \pm 0,44	0,62	0,39	28,68	1,73	2,61
	0,25-0,125	0,60 \pm 0,01	0,02	0,00	3,57	0,58	0,61
	0,125-0,063	1,83 \pm 0,11	0,16	0,02	8,50	1,72	1,94
Ağaçlandırma alanı	8-5	9,13 \pm 0,50	0,71	0,50	7,74	8,63	9,63
	5-4	8,06 \pm 0,83	1,17	1,38	14,56	7,23	8,89
	4-2	11,68 \pm 0,41	0,57	0,33	4,91	11,27	12,08
	2-1	14,32 \pm 0,30	0,42	0,18	2,96	14,02	14,62
	1-0,5	15,45 \pm 0,27	0,38	0,14	2,43	15,18	15,71
	0,5-0,25	20,19 \pm 0,74	1,05	1,10	5,18	19,45	20,93
	0,25-0,125	19,15 \pm 0,03	0,04	0,00	0,22	19,12	19,18
	0,125-0,063	17,57 \pm 0,14	0,20	0,04	1,13	17,43	17,71

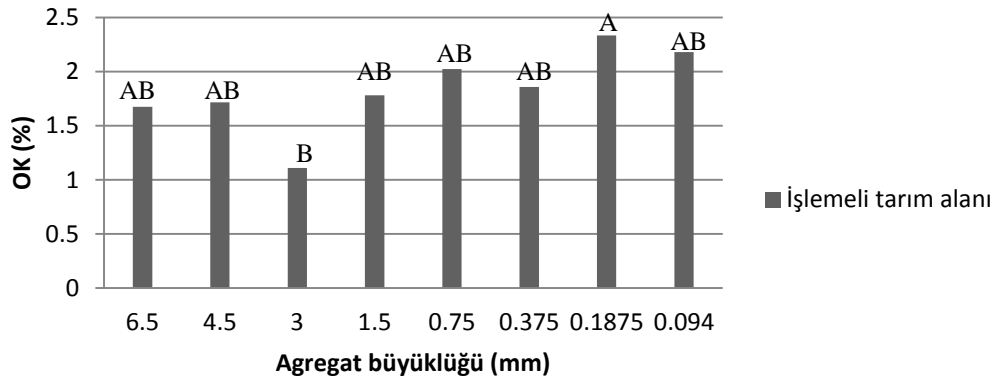
*, Ortalamanın standart sapma değeridir.

Belirli agregat büyüklükleri için OK (%) kapsamlarının karşılaştırılması



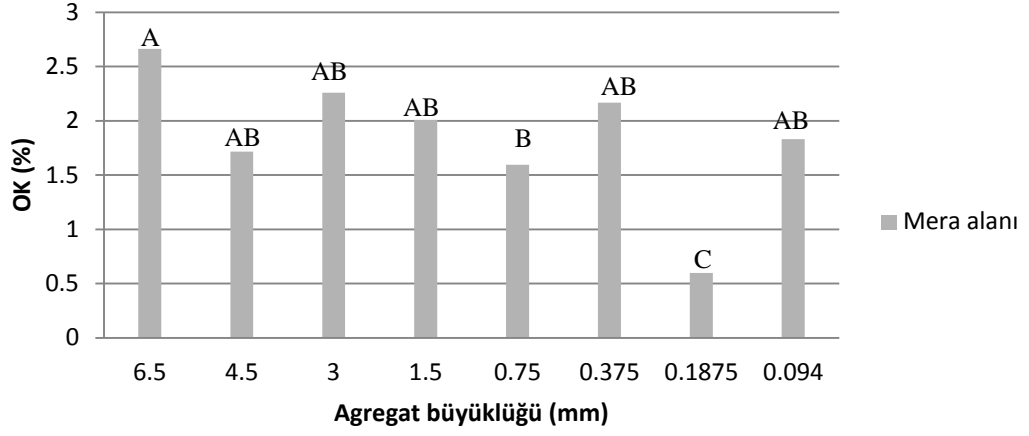
Şekil 4.9 Farklı kullanımlar için seçilen agregat büyüklüklerinin OK (%) kapsamlarının karşılaştırılması ($P < 0,05$)

İşlemeli tarım alanı için agregat büyüklüklerine göre OK (%) kapsamlarının karşılaştırılması



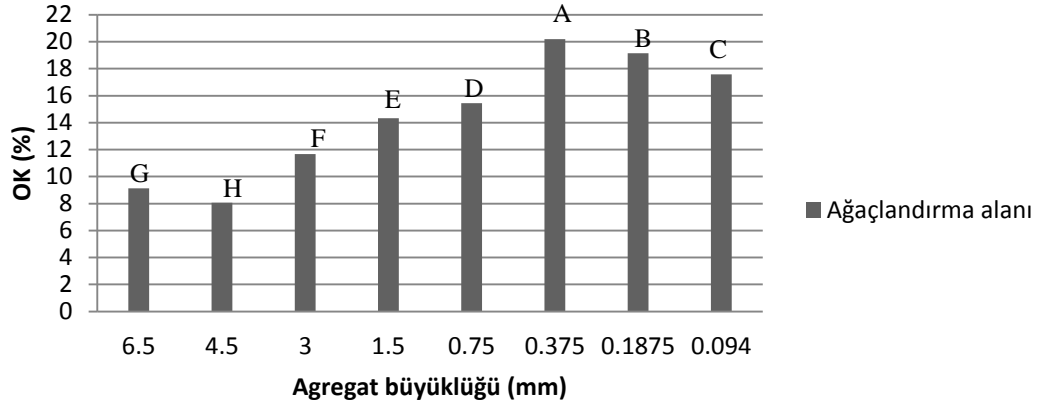
Şekil 4.10 İşlemeli tarım alanı topraklarında agregat büyüklüğü ve OK(%) kapsamı arasındaki ilişkiler ($P < 0,05$)

Mera alanı için agregat büyüklüklerine göre OK (%) kapsamlarının karşılaştırılması



Şekil 4.11 Mera alanı topraklarında agregat büyüklüğü ve OK (%) kapsamı arasındaki ilişkiler ($P < 0,05$)

Ağaçlandırma alanı için agregat büyüklüklerine göre OK (%) kapsamlarının karşılaştırılması



Şekil 4.12 Ağaçlandırma alanı topraklarında agregat büyüklüğü ve OK (%) kapsamı arasındaki ilişkiler ($P < 0,05$)

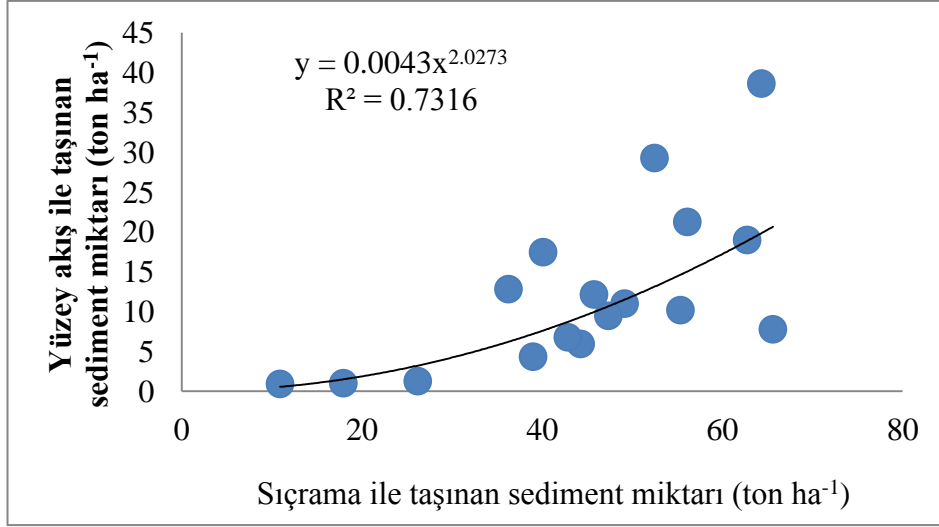
Şekil 4.12’de belirtildiği üzere, ağaçlandırma alanından alınan toprak örneklerinin agregat büyüklüklerine göre ölçülen OK kapsamı arasındaki farklılık, her bir çap sınıfı içinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Mera ve işlemeli tarım alanlarından alınan örnekler için farklılıklar her bir agregat sınıfı için önemli olmamasına rağmen ($P > 0,05$), mera alanından alınan örneklerde işlemeli tarım alanına nispeten daha fazla sınıf için önemli olarak değerlendirilmiştir ($P < 0,05$). Bu durum,

ağaçlandırma alanı ve mera kullanımları altındaki toprakların, toprak işlemenin toprak agregatlarını parçalayan ve organik materyalin mineralizasyonuna yol açan olumsuz etkilerine maruz kalmaması ile açıklanabilmektedir. Aynı çap sınıfları içerisinde örnekler arazi kullanımlarına göre OK içerikleri açısından değerlendirildiğinde, ağaçlandırma alanından alınan örneklerin karbon kapsamlarının diğer kullanımlardan istatistiksel olarak farklı olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Ayrıca 8-5, 4-2 ve 0,25-0,125 mm aralığındaki toprak agregatları için ölçülen OK kapsamaları her bir kullanım türü için istatistiksel olarak farklılaşmıştır ($P < 0,05$). Buna ilaveten, toprakta makro agregatın alt sınırı olan 0,25 mm ile 2 mm arasındaki agregat büyüklüklerinde, örneklerin OK kapsamalarına bakıldığında, işlemeli tarım alanı ve mera arazi kullanımında elde edilen sonuçlar arasındaki farklılığın önemli olmadığı görülmektedir.

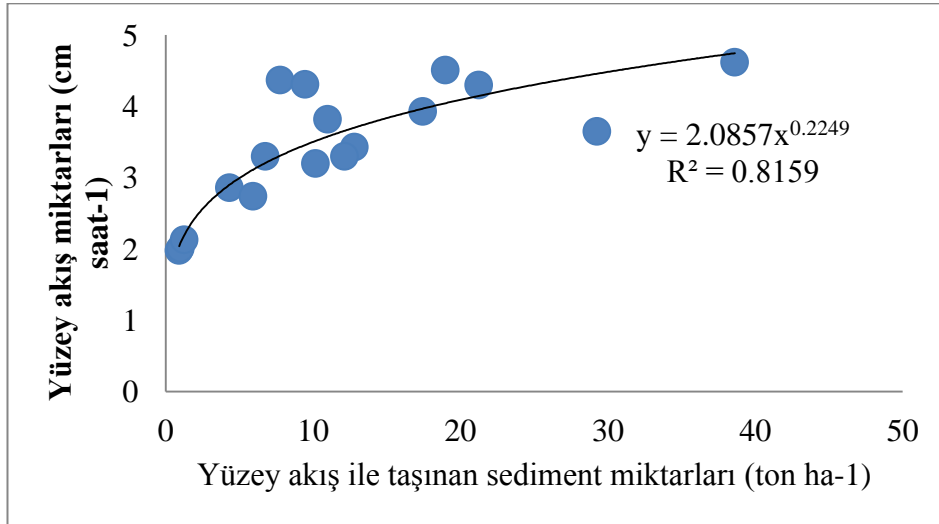
4.5 Yağmurlama Denemelerinin Gerçekleştirilmesi

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü bünyesindeki yağmurlama ünitesinde, 2 farklı yağış şiddeti (80 ve 120 mm saat⁻¹), 3 farklı eğim koşulu (% 9, 15 ve 20) ve 3 farklı arazi kullanım türü (işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı) için 3'er tekerrürlü olacak şekilde toplamda 54 adet yağmurlama denemesi gerçekleştirilmiştir. Her bir yağmurlama denemesi toplamda 60 dakika sürdürülmüş olup, her 5'er dakikalık aralarla sıçrama ve yüzey sedimentleri toplanmış ve yüzey akışlar ölçülmüştür.

Denemeler, bitki örtüsüz koşullar altında doymuş toprakta serbest drenaj koşulları altında gerçekleştirilmiş olup, yüzey akışlar başladıktan sonra da deneme süresince sıçrama ölçümleri alınmaya devam edilmiştir. Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de farklı bünye, geçirgenlik ve OK kapsamına sahip arazi kullanımları için yağmurlama denemeleri neticesinde ölçülen sıçrama ve yüzey akış sedimenti kapsamaları ile yüzey akış miktarları ve yüzey akışlarla taşınan sediment miktarları arasındaki ilişkiler verilmektedir. Değerlendirilen her iki ilişki, en yüksek başarı dereceleri ile üstel regresyon denklemleri yardımıyla açıklanabilmektedir ($R^2 = 0,7316$ ve $0,8159$).



Şekil 4.13 Sıçrama ve yüzey akış sedimenti arasındaki ilişkiler



Şekil 4.14 Yüzey akış miktarları ile taşınan sediment miktarları arasındaki ilişkiler

Denemeler sırasında ölçülen toplam yüzey akışlar, sıçrayan ve yüzey akış ile taşınan sediment konsantrasyonları çizelge 4,6'da verilmiştir. Değerlendirilen bütün alt gruplar içerisinde ölçülen en yüksek yüzey akış konsantrasyonu, diğer bir ifade ile toprak kayıpları, işlemeli tarım alanı toprakları için elde edilmiştir. Arazi kullanımları içerisinde en yüksek kil kapsamı ve en düşük hidrolik geçirgenlik değerlerine sahip bu topraklarda, tarımsal faaliyetlerin olumsuz etkileri doğal agregat yapılarının bozulmasına ve toprak organik maddesinin hızla mineralize olmasına yol açmaktadır. Yağmurlama denemeleri sırasında doğal agregat yapıları diğer kullanımlara kıyasla bozulmuş olan bu

toprakların düşük olan geçirgenlik kapasiteleri doymun koşullarda ve yüksek yağış şiddetleri altında tamamen geçirimsiz bir özellik kazanarak, toprak kayıplarının önemli düzeylerde artış göstermesine yol açmıştır.

Mera alanı toprakları için ölçülen toprak kayıpları, işlemeli tarım alanı topraklarına kıyasla daha az olmuştur. Yüksek kum içeriğine sahip bu topraklarda, kumların yüzey akışlar ile taşınmada diğer tanecik boyutlarına kıyasla daha ağır olmaları bu boyuttaki taneciklerin taşınma kapasitelerini sınırlandırmaktadır. Bun ilave olarak, yüksek kum kapsamının etkisiyle oldukça geçirgen olan bu topraklar, suyu alt katmanlara tarım alanı topraklarına kıyasla daha hızlı geçirmekte ve neticede daha düşük yüzey akış kapasitelerine sahip olmaktadırlar (Çizelge 4.6).

En düşük yüzey akış konsantrasyonu değerleri genel itibariyle ağaçlandırma alanı toprakları için elde edilmiştir. Diğer kullanımlara kıyasla daha yüksek organik karbon kapsamına ve büyük agregatlara sahip olan bu topraklarda, yapısal dayanım organik materyalin etkisiyle oldukça yüksektir. Bu durum, yüksek yağış şiddeti ve eğim koşulları altında toprakların parçalanma ve taşınma süreçlerine karşı daha dayanımlı olmasına yol açmaktadır. Her ne kadar doymun koşullar altında yağmurlamalar gerçekleştirilmiş olsa da, büyük agregatlara sahip bu toprakların yüzey akış potansiyeline ulaşma süreleri diğer kullanımlara kıyasla daha uzun olduğundan toplam yüzey akış miktarları daha az olmuştur. İlave olarak, bu topraklar da mera alanı toprakları gibi oldukça yüksek kum kapsamına ve geçirgenlik değerlerine (sırasıyla, % 42 ve 6,23 cm saat⁻¹) sahiptirler. Bu sebeplerden ötürü, yüzey akışlarla kaybolan toprak miktarları diğer kullanımlara kıyasla daha az olmuştur (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Sıçrayan ve yüzey akış ile taşınan sediment miktarları

	Özellik	Sıçrayan sediment miktarı (ton ha ⁻¹)	Yüzey akış ile taşınan sediment miktarı (ton ha ⁻¹)	Yüzey akış miktarları (cm saat ⁻¹)	Yüzey akış konsantrasyonu (kg lt ⁻¹)
İşlemeli tarım alanı	%9 - 80 mm saat ⁻¹	36,270	12,800	3,430	0,037
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	40,110	17,440	3,930	0,044
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	52,480	29,260	3,650	0,080
	%9- 120 mm saat ⁻¹	62,760	18,970	4,510	0,042
	%15- 120 mm saat ⁻¹	56,120	21,240	4,300	0,049
	%20- 12 mm saat ⁻¹	64,340	38,610	4,620	0,084
Mera	%9 - 80 mm saat ⁻¹	39,000	4,320	2,860	0,015
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	49,160	10,980	3,820	0,029
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	45,760	12,130	3,300	0,032
	%9- 120 mm saat ⁻¹	65,620	7,760	4,370	0,018
	%15- 120 mm saat ⁻¹	44,280	5,920	2,740	0,022
	%20- 120 mm saat ⁻¹	55,360	10,160	3,200	0,037
Ağaçlandırma alanı	%9 - 80 mm saat ⁻¹	8,890	*GY	*GY	*GY
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	10,910	0,900	1,980	0,004
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	17,940	0,990	2,010	0,005
	%9- 120 mm saat ⁻¹	26,200	1,250	2,130	0,006
	%15- 120 mm saat ⁻¹	42,860	6,750	3,300	0,020
	%20- 120 mm saat ⁻¹	47,360	9,450	4,310	0,022

*GY: Yüzey akış elde edilemedi.

Bitki örtüsüz koşullara altında, eğim dikliği ve yağış şiddetindeki değişimlerin sıçrama ve yüzey erozyonu süreçleri üzerine olan etkileri her bir arazi kullanımı için değerlendirilmiştir. Buna göre, işlemeli tarım alanında 80 mm saat⁻¹ yağış şiddeti koşulunda eğim dikliğinin % 9'dan % 15'e yükselmesi sıçrayan sediment miktarını % 10,59 oranında arttırırken yüzey akış konsantrasyonu % 18,92 oranında arttırmıştır. Eğimin % 15'den % 20'ye çıkmasıyla ise bu artış % 30,84 ve % 100 seviyesinde gerçekleşmiştir. 120 mm saat⁻¹ yağış şiddeti koşulunda ise eğim dikliğinin artması % 9'dan % 15'e yükselmesi sıçrayan sediment miktarını % 10,58 oranında arttırırken yüzey akış konsantrasyonu % 16,67 oranında arttırmıştır. Eğimin % 15'den % 20'ye çıkmasıyla ise bu artış % 30,84 ve % 71,43 seviyesinde gerçekleşmiştir. Yağış şiddetindeki değişimin etkisi ise, % 9 eğim dikliği koşulu için sıçrayan sediment miktarı ve yüzey akış konsantrasyonu'nu % 73,04 ve % 13,51 oranında arttırmıştır. % 15 eğim dikliği koşulunda bu artış, % 39,92 ve % 11,36 iken, % 20 eğim dikliği koşulunda % 22,60 ve % 5 seviyesinde gerçekleşmiştir. Elde edilen sonuçlar, oldukça yüksek kil içeriğine sahip bu topraklarda eğim dikliğinin %15'den % 20'ye çıkmasıyla yüzey akışlarla taşınan sediment miktarını oldukça önemli düzeylerde arttırmıştır. Yağış şiddetindeki değişimler ise daha ziyade sıçrayan sediment miktarlarında önemli düzeylerde artışa sebep olmuştur (Çizelge 4.6).

Mera alanı'nda 80 mm saat⁻¹ yağış şiddeti koşulunda eğim dikliğinin % 9'dan % 15'e yükselmesi sıçrayan sediment miktarını % 26,05 oranında arttırırken yüzey akış konsantrasyonu % 93,33 oranında arttırmıştır. Eğimin % 15'den % 20'ye çıkmasıyla ise bu artış % 6,9 ve % 27,59 seviyesinde gerçekleşmiştir. En düşük kil ve en yüksek kum içeriğine sahip bu topraklarda eğim dikliğinin % 9'dan % 15'e çıkmasıyla yüzey akışlarla taşınan sediment miktarını oldukça önemli düzeylerde arttırmıştır. 120 mm saat⁻¹ yağış şiddeti koşulunda ise eğim dikliğinin % 9'dan % 15'e yükselmesi sıçrayan sediment miktarını % 32,52 oranında arttırırken yüzey akış konsantrasyonu % 22,22 oranında arttırmıştır. Eğimin % 15 seviyesinden % 20'ye yükseldiği koşullarda sıçrayan sediment miktarındaki artış % 25,02 iken, yüzey akış konsantrasyonu % 68,18 oranında artmıştır. Yağış şiddetindeki değişimin etkisi ise, % 9 eğim dikliği koşulu için sıçrayan sediment miktarı ve yüzey akış konsantrasyonu'nu % 68,26 ve % 20 oranında arttırmıştır. % 15 eğim dikliği koşulunda sıçrayan sediment miktarı % 9,93 yüzey akış

konsantrasyonu ise % 24,13 oranında azalmıştır. Bu durum su yükü ayarlamalarına bağlı olarak yağış şiddetinin, uygulama esnasında kontrol edilemeyen sebeplerden ileri gelen ani düşmesi ile açıklanabilmektedir. % 20 eğim dikliği koşulunda yağış şiddetindeki artış, sıçrayan sediment miktarını % 20,99 oranında arttırırken, yüzey akışlarla taşınan sediment konsantrasyonu'nu % 15,63 seviyesinde arttırmıştır. Elde edilen sonuçlar, mera kullanımı altındaki bu arazide eğim dikliğindeki artışların işlemeli tarım alanında olduğu gibi özellikle yüzey akışlar ile taşınan sediment konsantrasyonları'nda önemli düzeylerde artışa yol açtığını yağış şiddetindeki değişimlerin ise daha ziyade sıçrayan sediment miktarlarında artışa sebep olduğunu işaret etmektedir (Çizelge 4.6).

Ağaçlandırma alanı'nda 80 mm saat⁻¹ yağış şiddeti koşulunda eğim dikliğinin % 9'dan % 15'e yükselmesi sıçrayan sediment miktarını % 22,72 oranında arttırmıştır. Eğimin % 15'den % 20'ye çıkmasıyla ise bu artış sıçrayan sediment miktarları için % 64,44 iken, yüzey akış konsantrasyonu'nu % 9,41 oranında artmıştır. 120 mm saat⁻¹ yağış şiddeti koşulunda ise eğim dikliğinin % 9'dan % 15'e yükselmesi sıçrayan sediment miktarını % 63,59 oranında arttırırken yüzey akış konsantrasyonu'nu % 249,27 oranında arttırmıştır. Eğimin % 15 seviyesinden % 20'ye yükseldiği koşullarda ise sıçrayan sediment miktarındaki artış % 10,50 iken, yüzey akış konsantrasyonu % 7,27 oranında artmıştır. Yağış şiddetindeki değişimin etkisi ise, % 9 eğim dikliği koşulu için sıçrayan sediment miktarı % 194,21 oranında arttırmıştır. % 15 eğim dikliği koşulunda sıçrayan sediment miktarı % 292,85 yüzey akış konsantrasyonu ise % 354,83 oranında artmıştır. % 20 eğim dikliği koşulunda yağış şiddetindeki artış, sıçrayan sediment miktarını % 164 oranında arttırırken, yüzey akışlarla taşınan sediment konsantrasyonu'nu % 345,97 seviyesinde arttırmıştır. Bu denemelerin bitki örtüsüz ve doymuş toprak koşulları altında gerçekleştirildiği düşünüldüğünde, elde edilen sonuçlar ağaçlandırma alanı topraklarının eğim dikliğindeki ve yağış şiddetindeki değişimlere son derece duyarlı olduğunu ve toprakların diğer kullanımlara kıyasla daha ciddi düzeylerde erozyonla kaybolabileceğini işaret etmektedir (Çizelge 4.6).

Elde edilen sonuçlar genel itibariyle literatür ile uyum göstermekle birlikte (Young ve Onstad 1978, Mermut 1997, Fox ve Bryan 1999, Erpul vd. 2003, Valmis vd. 2005, De Lima vd. 2008), yağmurlama ünitesinde denemeler esnasında yağış şiddeti

değerlerindeki kontrol edilemeyen farklılaşmalar ve örnekler arasında ön hazırlıklar sırasında oluşan farklılıklar (Meyer 1981, Römken vd. 1997, Agassi ve Bradford 1999) bazı ölçümlerin beklenenden az ya da fazla olmasına yol açmıştır.

4.6 Agregat Büyüklük Dağılımları, OAÇ (mm) ve OK (%) Kapsamlarının Belirlenmesi

Toplanan sıçrama ve yüzey akış sedimentleri kurutulduktan sonra toplamda 1143 adet örneğin agregat büyüklük dağılımları belirlenerek, OAÇ (mm) değerleri hesaplanmıştır. Sonrasında, hesaplanan OAÇ (mm) değerlerini kapsayan agregat aralıklarına göre gelen sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OK kapsamları analiz edilmiştir. Farklı yağış şiddeti, eğim ve arazi kullanımlarına göre elde edilen OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamlarına ait tanımlayıcı istatistikler çizelge 4.7 - 4.8'de belirtilmektedir.

Çizelge 4,7'den de açıkça görüleceği üzere işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı topraklarında sıçrayan sedimentlerin OAÇ (mm) değerleri sırasıyla; 0,34~0,53 mm, 0,37~0,51 mm ve 0,59~1,05 mm arasında değişmektedir. Yüzey akış sedimentleri için bu değerler sırasıyla şu şekildedir; 0,34~0,57 mm, 0,29~0,66 mm ve 0,59~1,07 mm dir. Bu toprakların DAD'a göre hesaplanan OAÇ (mm) değerleri ise çizelge 4.2'de belirtildiği üzere sırasıyla 1,82, 0,88 ve 2,2 mm idi. DAD değerlerinden elde edilen OAÇ (mm) ile yağmurlamalar sonucunda ölçülen OAÇ (mm) değerleri karşılaştırıldığında sıçrama ile OAÇ (mm) değerindeki azalma sırasıyla % 76,10, %50 ve % 62,72 seviyesindeyken yüzey akış ile bu azalma % 75, % 46,02 ve % 62,27 olmuştur. Açıkça görüleceği üzere sıçrama ve yüzey akış ile OAÇ (mm) değerlerindeki değişim oldukça benzerdir.

Çizelge 4.7 Sıçrayan ve yüzey akış ile taşınan OAÇ (mm) değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Özellik*		Ortalama± SS***	Standart hata	Varyans	Varyasyon katsayısı	Minumum	Maksimum	
İşlemeli tarım alanı	%9 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,37 ± 0,01	0,03	0,00	8,22	0,34	0,42
		Yüzey akış	0,45 ± 0,02	0,05	0,00	11,24	0,38	0,55
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,45 ± 0,01	0,03	0,00	6,40	0,41	0,49
		Yüzey akış	0,39 ± 0,01	0,03	0,00	6,94	0,34	0,42
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,41 ± 0,00	0,01	0,00	2,64	0,39	0,43
		Yüzey akış	0,52 ± 0,01	0,03	0,00	6,56	0,47	0,56
	%9- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,45 ± 0,01	0,04	0,00	9,07	0,40	0,53
		Yüzey akış	0,51 ± 0,04	0,12	0,01	22,71	0,39	0,57
	%15- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,49± 0,00	0,01	0,00	2,54	0,47	0,51
		Yüzey akış	0,45± 0,01	0,02	0,00	3,54	0,42	0,47
	%20- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,48 ± 0,01	0,03	0,00	6,50	0,43	0,52
		Yüzey akış	0,44 ± 0,01	0,02	0,00	4,55	0,39	0,46
Mera	%9 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,39 ± 0,01	0,02	0,00	4,24	0,37	0,42
		Yüzey akış	0,52 ± 0,02	0,07	0,01	14,03	0,40	0,66
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,40 ± 0,00	0,02	0,00	3,80	0,39	0,44
		Yüzey akış	0,37 ± 0,02	0,05	0,00	14,22	0,32	0,50
	%20 - 80mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,41 ± 0,00	0,02	0,00	3,71	0,40	0,44
		Yüzey akış	0,38 ± 0,01	0,05	0,00	12,07	0,29	0,45
	%9- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,46 ± 0,01	0,02	0,00	5,13	0,44	0,51
		Yüzey akış	0,46 ± 0,01	0,03	0,00	6,76	0,38	0,49
	%15- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,48± 0,00	0,01	0,00	2,22	0,46	0,50
		Yüzey akış	0,47 ± 0,01	0,02	0,00	3,51	0,44	0,50
	%20- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,48 ± 0,00	0,01	0,00	2,74	0,46	0,50
		Yüzey akış	0,41 ± 0,01	0,03	0,00	6,79	0,36	0,43
Ağaçlandırma alanı	%9 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,87 ± 0,01	0,02	0,00	2,57	0,84	0,90
		Yüzey akış	GY**					
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,89 ± 0,01	0,03	0,00	3,12	0,82	0,94
		Yüzey akış	0,85 ± 0,03	0,08	0,01	9,13	0,75	0,98
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,99 ± 0,01	0,06	0,00	5,57	0,82	1,05
		Yüzey akış	0,90 ± 0,04	0,09	0,01	10,32	0,80	1,07
	%9- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,93 ± 0,02	0,05	0,00	5,85	0,86	1,00
		Yüzey akış	0,67 ± 0,03	0,07	0,00	10,21	0,59	0,79
	%15- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,75 ± 0,01	0,03	0,00	3,57	0,70	0,80
		Yüzey akış	0,75 ± 0,03	0,11	0,01	14,33	0,62	0,96
	%20- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,63± 0,01	0,05	0,00	7,68	0,59	0,73
		Yüzey akış	0,65 ± 0,01	0,04	0,00	5,83	0,61	0,73

* Çizelge 4.7'de tanımlayıcı istatistikler verilirken hesaplanan OAÇ (mm) değerlerindeki zamana göre değişimler dikkate alınmayarak, yağış süresince elde edilen ölçümlerin ortalamaları üzerinden değerlendirme yapılmıştır. ** GY: Yüzey akış elde edilemedi. ***, Ortalamanın standart sapma değeridir.

Çizelge 4,8'de açıkça görüleceği üzere işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı topraklarında sıçrayan sedimentlerin OK (%) değerleri sırasıyla; % 0,18~1,21, % 0,60~2,06 ve % 1,69~2,89 arasında değişmektedir. Yüzey akış sedimentleri için bu değerler sırasıyla şu şekildedir; % 0,12~1,94, % 0,16~2,31 ve % 1,38~2,75 dir. Bu toprakların yağmurlamalar öncesindeki ortalama OK (%) kapsamaları ise çizelge 4.1'de belirtildiği üzere sırasıyla % 0,90, 3,95 ve 5,75 idi. Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan sedimentlerin OK kapsamaları parçalanma ve taşınma süreçlerinin öncesindeki OK (%) kapsamalarıyla gözlemlenen maksimum ve minimum değerlerin ortalamalarına göre karşılaştırıldığında, sırasıyla sıçrayan sedimentlerin % 22,77, % 66,33 ve % 58,96 daha az, yüzey akışlarla taşınan sedimentlerin ise işlemeli tarım alanında % 14,44 daha fazla, mera alanında % 68,73 daha az, ağaçlandırma alanında ise % 64,09 oranında daha az OK kapsadığını göstermektedir. Bu durum doğal haldeki topraklara nazaran işlenen topraklarda toprak organik maddesinin daha fazla oranlarda taşındığını işaret etmektedir.

Elde edilen bulgular, arazi dönüşümlerinin toprak kayıpları ve organik madde üzerine etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılan diğer çalışmaları doğrular niteliktedir (Malinda 1995, Eynard vd. 2005, Grace vd. 1995, Franzluebbbers ve Arshad 1996, Jastrow 1996, Çelik 2005, Green vd. 2005, Pikul vd. 2007, Bayramin vd. 2008, 2009, Bouajila ve Gallali 2010).

Çizelge 4.8 Sıçrayan ve yüzey akış ile taşınan OK (%) kapsamalarına ait tanımlayıcı istatistikler

	Özellik*	Ortalama ± SS***	Standart hata	Varyans	Varyasyon katsayısı	Min.	Mak.
İşlemeli tarım alanı	%9 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,96 ± 0,03	0,11	0,01	10,98	0,84 1,21
		Yüzey akış	1,37 ± 0,06	0,21	0,04	15,05	1,16 1,94
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,51 ± 0,08	0,28	0,08	54,79	0,25 1,06
		Yüzey akış	0,35 ± 0,03	0,11	0,01	32,10	0,12 0,53
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,49 ± 0,03	0,10	0,01	19,97	0,34 0,64
		Yüzey akış	0,48 ± 0,03	0,09	0,01	19,41	0,38 0,69
	%9- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,30 ± 0,02	0,07	0,00	22,86	0,18 0,38
		Yüzey akış	0,35 ± 0,02	0,08	0,01	21,64	0,21 0,50
	%15- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,28 ± 0,02	0,08	0,01	28,99	0,19 0,46
		Yüzey akış	0,33 ± 0,02	0,07	0,00	21,08	0,25 0,49
	%20- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,30 ± 0,02	0,06	0,00	18,68	0,22 0,42
		Yüzey akış	0,42 ± 0,04	0,14	0,02	34,21	0,23 0,80
Mera	%9 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	1,12 ± 0,11	0,37	0,14	33,36	0,74 2,06
		Yüzey akış	1,74 ± 0,19	0,62	0,38	35,64	0,16 2,31
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	1,13 ± 0,07	0,26	0,07	22,82	0,66 1,55
		Yüzey akış	1,57 ± 0,06	0,18	0,03	11,67	1,25 1,77
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	1,01 ± 0,06	0,20	0,04	19,79	0,79 1,54
		Yüzey akış	1,18 ± 0,05	0,17	0,03	14,82	0,83 1,46
	%9- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,81 ± 0,06	0,19	0,04	23,69	0,61 1,34
		Yüzey akış	1,18 ± 0,09	0,29	0,08	24,59	0,71 1,83
	%15- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,88 ± 0,04	0,13	0,02	14,49	0,60 1,07
		Yüzey akış	1,23 ± 0,05	0,16	0,03	13,07	1,01 1,49
	%20- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,94 ± 0,04	0,14	0,02	15,21	0,62 1,14
		Yüzey akış	1,11 ± 0,07	0,21	0,05	19,29	0,73 1,38
Ağaçlandırma alanı	%9 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	2,20 ± 0,07	0,24	0,06	11,05	1,84 2,62
		Yüzey akış	GY**				
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	2,30 ± 0,06	0,21	0,04	9,04	2,09 2,89
		Yüzey akış	1,81 ± 0,12	0,29	0,09	16,10	1,38 2,21
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	2,28 ± 0,06	0,22	0,05	9,45	1,83 2,57
		Yüzey akış	2,14 ± 0,17	0,42	0,18	19,74	1,58 2,75
	%9- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	2,47 ± 0,05	0,16	0,03	6,47	2,21 2,80
		Yüzey akış	2,07 ± 0,05	0,13	0,02	6,32	1,85 2,24
	%15- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	2,37 ± 0,06	0,19	0,04	8,10	2,04 2,70
		Yüzey akış	2,11 ± 0,08	0,26	0,07	12,16	1,69 2,62
	%20- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	2,18 ± 0,06	0,19	0,04	8,78	1,89 2,54
		Yüzey akış	1,81 ± 0,05	0,14	0,02	7,89	1,56 1,96

* Çizelge 4.8 da tanımlayıcı istatistikler verilirken hesaplanan OK (%) değerlerindeki zamana göre değişimler dikkate alınmayarak, yağış süresince elde edilen ölçümlerin ortalamaları üzerinden değerlendirme yapılmıştır. ** GY: Yüzey akış elde edilemedi. ***, Ortalamanın standart sapma değeridir.

4.7 Ortalama Ağırlık Çapı (OAC) ve OK Kapsamları Arasındaki İlişkilerin Değerlendirilmesi

Sıçrama ve yüzey akışlarla taşınan sedimentlerin, OAC (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler, Ek 1'den Ek 18'e kadar verilmiştir. Genel itibariyle sıçrayan sedimentlerin OAC (mm) değerleri, yağmurlamalar süresince azalan bir eğilim göstermekle birlikte, yüzey akış sedimentlerinde bu azalma çok belirgin olarak gözlemlenememiştir. Buna ilave olarak, zamanın bir fonksiyonu olacak şekilde sıçrayan ve yüzey akışlarla taşınan sedimentlerin OK (%) kapsamlarındaki değişimler, değerlendirilen hiçbir kullanım, eğim ve yağış şiddeti için kararlı bir eğilim göstermemektedir. Bu durum, parçalanmalar neticesinde OAC (mm)'da meydana gelen değişimler ve agregatların OK (%) kapsamı arasında her hangi bir önemli etkileşimin olmadığını işaret etmektedir. Özetle, parçalanmalar ve taşınmalar neticesinde yeniden boyut ve biçim kazanan agregatların OK (%) kapsamı zamana ve OAC (mm) değerlerine göre önemli düzeylerde değişim göstermemektedir.

OK (%) ve OAC (mm) değerleri arasındaki ilişkiler, her bir yağış şiddeti, eğim dikliği ve arazi kullanım türü için toplamda 18 adet sıçrama ve 17 adet de yüzey akış sedimenti için olmak üzere, 35 alt grup seviyesi'nde SigmaPlot 12 adlı Matematik/İstatistik paket programı yardımıyla detaylı olarak araştırılmıştır. Analizlerde, OK kapsamı bağımlı değişken (y), ortalama agregat çapı ise bağımsız değişken (x) olarak kabul edilmiş ve bağımlı değişkendeki her bir birimlik değişimin bağımsız değişkende meydana getirdiği değişimin önem derecesi araştırılmıştır. En uygun ilişkiyi gözlemlemek için toplam 105 adet eşitlik kullanılmış (Çizelge 4.9) ve en yüksek ilişkiyi (en yüksek R^2 değerini) veren eşitliğe göre sıralanmışlardır. Sonrasında kurulan ilişkiler neticesinde “ $y = a + b[(\ln x) / x^2]$ ” eşitliği ortak eşitlik olarak belirlenmiş ve alt gruplar eşitliklerinin eğimlerine göre karşılaştırılmıştır.

İşlemeli tarım alanında % 9 eğim ve 120 mm saat^{-1} yağış şiddeti koşulunda elde edilen sıçrama ölçümlerinde; yine aynı kullanım için %20 eğim ve 120 mm saat^{-1} yağış şiddeti koşulunda yüzey akış sedimenti ölçümlerinde elde edilen OK (%) ve OAC (mm) değerleri arasındaki ilişki önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

Mera alanı için % 9 ve %15 eğim ve 80 mm saat⁻¹ yağış şiddeti koşulunda elde edilen sıçrama ölçümlerinde OK (%) ve OAÇ (mm) değerleri arasındaki ilişki önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Ağaçlandırma alanı için % 15 eğim ve 80 mm saat⁻¹ yağış şiddeti koşulunda elde edilen sıçrama ölçümlerinde ve % 15 eğim ve 120 mm saat⁻¹ yağış şiddeti koşulunda elde edilen yüzey akış sedimenti ölçümlerinde OK (%) ve OAÇ (mm) değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05). Yani OAÇ (mm) deki bir birimlik değişim, örneklerin OK (%) kapsamalarında istatistiksel olarak önemli düzeyde değişime yol açmıştır (P < 0,05).

Sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için gruplanmış veri setlerine göre OAÇ (mm) ve OK (%) değerleri arasındaki ilişkiler eşitlik (4.1) ve (4.2) de verilmiş olup R² değerleri sırasıyla 0.1882 ve 0.1362 dir. Bu eşitlikler alt gruplar göz önüne alınmadan oluşturulmuşlardır.

$$y_{SICRAMA} = 1.4289 + 0.1332(\ln x) / x^2 \quad (4.1)$$

$$y_{YÜZEY_AKIŞ} = 1.1476 + 0.0453(\ln x) / x^2 \quad (4.2)$$

Burada: y: organik karbon kapsamı (OK, %), x: ortalama ağırlık çapı (OAÇ, mm)'ni belirtmektedir. En uygun ilişkiyi veren eşitliğe göre alt gruplar kendi içlerinde de değerlendirilmiş olup, kurulan ilişkiler ve tahminlerin doğruluk dereceleri (R²) çizelge 4.10 da verilmiştir.

Çizelge 4.9 OAÇ (mm) ve OK (%) değerleri arasındaki ilişkileri belirlemek için kullanılan eşitlikler

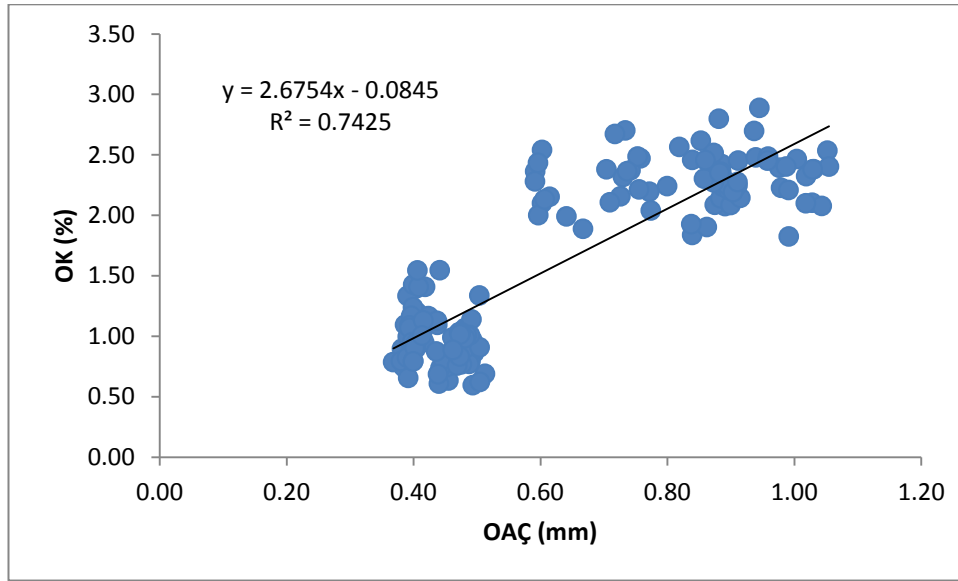
Eşitlik no	Eşitlik	Eşitlik no	Eşitlik	Eşitlik no	Eşitlik	Eşitlik no	Eşitlik
1	$y=a+bx$	28	$\ln y=a+bx^3$	55	$y^{-1}=a+b\ln x$	82	$y^{0.5}=a+b(\ln x/x^2)$
2	$y=a+bx\ln x$	29	$\ln y=a+be^x$	56	$y^{-1}=a+(b/\ln x)$	83	$y^{0.5}=a+(b/x^2)$
3	$y=a+bx^{1.5}$	30	$\ln y=a+bx^{0.5}\ln x$	57	$y^{-1}=a+(b/x^{0.5})$	84	$y^{0.5}=a+be^{-x}$
4	$y=a+bx^2$	31	$\ln y=a+b(\ln x)^2$	58	$y^{-1}=a+b(\ln x/x)$	85	$y^2=a+bx$
5	$y=a+bx^2\ln x$	32	$\ln y=a+b(x/\ln x)$	59	$y^{-1}=a+(b/x)$	86	$y^2=a+bx\ln x$
6	$y=a+bx^{2.5}$	33	$\ln y=a+bx^{0.5}$	60	$y^{-1}=a+(b/x^{1.5})$	87	$y^2=a+bx^{1.5}$
7	$y=a+bx^3$	34	$\ln y=a+b\ln x$	61	$y^{-1}=a+b(\ln x/x^2)$	88	$y^2=a+bx^2$
8	$y=a+be^x$	35	$\ln y=a+b/\ln x$	62	$y^{-1}=a+(b/x^2)$	89	$y^2=a+bx^2\ln x$
9	$y=a+bx^{0.5}\ln x$	36	$\ln y=a+(b/x^{0.5})$	63	$y^{-1}=a+be^{-x}$	90	$y^2=a+bx^{2.5}$
10	$y=a+b(\ln x)^2$	37	$\ln y=a+b(\ln x/x)$	64	$y^{0.5}=a+bx$	91	$y^2=a+bx^3$
11	$y=a+bx/\ln x$	38	$\ln y=a+(b/x)$	65	$y^{0.5}=a+bx\ln x$	92	$y^2=a+be^x$
12	$y=a+bx^{0.5}$	39	$\ln y=a+(b/x^{1.5})$	66	$y^{0.5}=a+bx^{1.5}$	93	$y^2=a+bx^{0.5}\ln x$
13	$y=a+b\ln x$	40	$\ln y=a+b(\ln x/x^2)$	67	$y^{0.5}=a+bx^2$	94	$y^2=a+b(\ln x)^2$
14	$y=a+(b/\ln x)$	41	$\ln y=a+(b/x^2)$	68	$y^{0.5}=a+bx^2\ln x$	95	$y^2=a+b(x/\ln x)$
15	$y=a+(b/x^{0.5})$	42	$\ln y=a+be^{-x}$	69	$y^{0.5}=a+bx^{2.5}$	96	$y^2=a+bx^{0.5}$
16	$y=a+b(\ln x/x)$	43	$y^{-1}=a+bx$	70	$y^{0.5}=a+bx^3$	97	$y^2=a+b\ln x$
17	$y=a+(b/x)$	44	$y^{-1}=a+bx\ln x$	71	$y^{0.5}=a+be^x$	98	$y^2=a+(b/\ln x)$
18	$y=a+(b/x^{1.5})$	45	$y^{-1}=a+bx^{1.5}$	72	$y^{0.5}=a+bx^{0.5}\ln x$	99	$y^2=a+(b/x^{0.5})$
19	$y=a+b(\ln x/x^2)$	46	$y^{-1}=a+bx^2$	73	$y^{0.5}=a+b(\ln x)^2$	100	$y^2=a+b(\ln x/x)$
20	$y=a+(b/x^2)$	47	$y^{-1}=a+bx^2\ln x$	74	$y^{0.5}=a+b(x/\ln x)$	101	$y^2=a+(b/x)$
21	$y=a+be^{-x}$	48	$y^{-1}=a+bx^{2.5}$	75	$y^{0.5}=a+bx^{0.5}$	102	$y^2=a+(b/x^{1.5})$
22	$\ln y=a+bx$	49	$y^{-1}=a+bx^3$	76	$y^{0.5}=a+b\ln x$	103	$y^2=a+b(\ln x/x^2)$
23	$\ln y=a+bx\ln x$	50	$y^{-1}=a+be^x$	77	$y^{0.5}=a+(b/\ln x)$	104	$y^2=a+(b/x^2)$
24	$\ln y=a+bx^{1.5}$	51	$y^{-1}=a+bx^{0.5}\ln x$	78	$y^{0.5}=a+(b/x^{0.5})$	105	$y^2=a+be^{-x}$
25	$\ln y=a+bx^2$	52	$y^{-1}=a+b(\ln x)^2$	79	$y^{0.5}=a+b(\ln x/x)$		
26	$\ln y=a+bx^2\ln x$	53	$y^{-1}=a+bx/\ln x$	80	$y^{0.5}=a+(b/x)$		
27	$\ln y=a+bx^{2.5}$	54	$y^{-1}=a+bx^{0.5}$	81	$y^{0.5}=a+(b/x^{1.5})$		

Çizelge 4.10 Alt gruplar seviyesinde OAÇ (mm) ve OK (%) değerleri arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi

	Özellik	Eşitlik no	Eşitlik	R ²	
İşlemeli tarım alanı	%9 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	2	y=a+bxlnx	0,0198313092
		Yüzey akış	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,0487298934
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,1938423505
		Yüzey akış	2	y=a+bxlnx	0,0561639082
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,0911434171
		Yüzey akış	5	y=a+bx2lnx	0,0120271665
	%9- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,4937955619**
		Yüzey akış	2	y=a+bxlnx	0,3769359663
	%15- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,0068540783
		Yüzey akış	2	y=a+bxlnx	0,0264939745
%20- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,1213653404	
	Yüzey akış	40	lny=a+b(lnx/ x ²)	0,6468528701 **	
Mera	%9 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,5648663986**
		Yüzey akış	2	y=a+bxlnx	0,1065151821
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,4835282581**
		Yüzey akış	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,1591506504
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,1351410631
		Yüzey akış	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,1806758263
	%9- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	5	y=a+bx ² lnx	0,2268041471
		Yüzey akış	2	y=a+bxlnx	0,2778852306
	%15- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	2	y=a+bxlnx	0,1029997901
		Yüzey akış	2	y=a+bxlnx	0,0079429321
%20- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	2	y=a+bxlnx	0,0342830020	
	Yüzey akış	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,0128963835	
Ağaçlandırma alanı	%9 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	10	y=a+b(lnx) ²	0,0432207022
		Yüzey akış		GY*	
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	53	y ⁻¹ =a+b(x/lnx)	0,5999526016 **
		Yüzey akış	10	y=a+b(lnx) ²	0,0069530149
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	10	y=a+b(lnx) ²	0,2101086911
		Yüzey akış	10	y=a+b(lnx) ²	0,2075350484
	%9- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	5	y=a+bx ² lnx	0,0507777207
		Yüzey akış	11	y=a+b(x/lnx)	0,0171070769
	%15- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	5	y=a+bx ² lnx	0,3399434576
		Yüzey akış	11	y=a+b(x/lnx)	0,5666323812 **
%20- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	82	y ^{0,5} =a+b(lnx/x ²)	0,2066550999	
	Yüzey akış	19	y=a+b(lnx/x ²)	0,2227656794	

* GY: Yüzey akış elde edilemedi. ** OAÇ (mm) değerleri ile buna karşılık gelen OK (%) değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

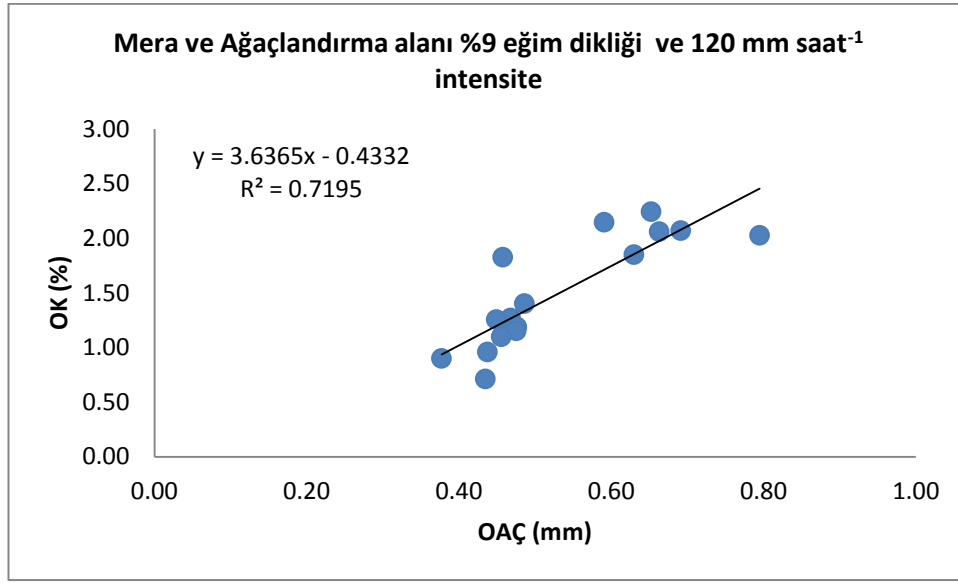
Arazi kullanımları açısından OAC (mm) ve OK (%) kapsamı arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde, doğal agregat yapısının korunduğu işlenmeyen yani mera ve ağaçlandırma alanı olarak değerlendirilen alanlarda verilerin gruplandırılarak değerlendirilmesi ile önemli düzeyde ilişkiler elde edilmiştir. Şekil 4.15’de mera ve ağaçlandırma alanı toprakları için sıçrama ölçümlerinden elde edilen OK (%) ve OAC (mm) değerleri arasındaki doğrusal ilişki ve derecesi görülmektedir. Genel itibariyle, bozulmamış alanlarda yüzey akışlarla taşınan agregatların OAC (mm) değerleri arttıkça, bu agregatların OK (%) kapsamı da artmaktadır. Bu durum, toprakların makroagregat oluşum mekanizmalarında OK’un etkin bir şekilde rol aldığı doğrulamaktadır. İşlemli tarım alanı topraklarında ise (Ek 1-18) genel itibariyle OAC ve OK arasında belirgin bir eğilim bulunmamakla birlikte, özellikle OAC (mm) değerlerinin OK (%) kapsamına kıyasla daha dar bir aralıkta değiştiği gözlemlenmiştir. Bu durum doğal agregat yapısının işlemli tarım uygulamaları ile bozulmasının bir sonucu olmaktadır.



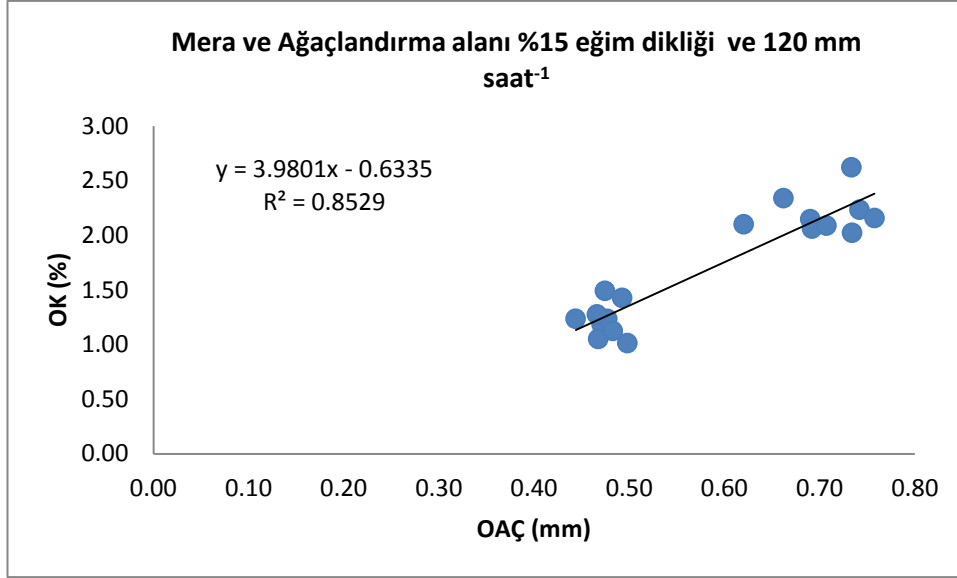
Şekil 4.15 Mera ve ağaçlandırma alanı toprakları için sıçrayan sedimentleri OK (%) ve OAC (mm) arasındaki ilişki

Yüzey akış ölçümleri için elde edilen sedimentleri OK (%) ve OAC (mm) değerlerindeki ilişkiler sıçrama ölçümlerindeki gibi gruplandırıldığında ilişkinin derecesi oldukça düşük olmaktadır ($R^2=0,216$). Bu durum taşınmada eğim dikliği ve yağış şiddetindeki değişime yüzey akış sedimentlerinin daha duyarlı olması ile

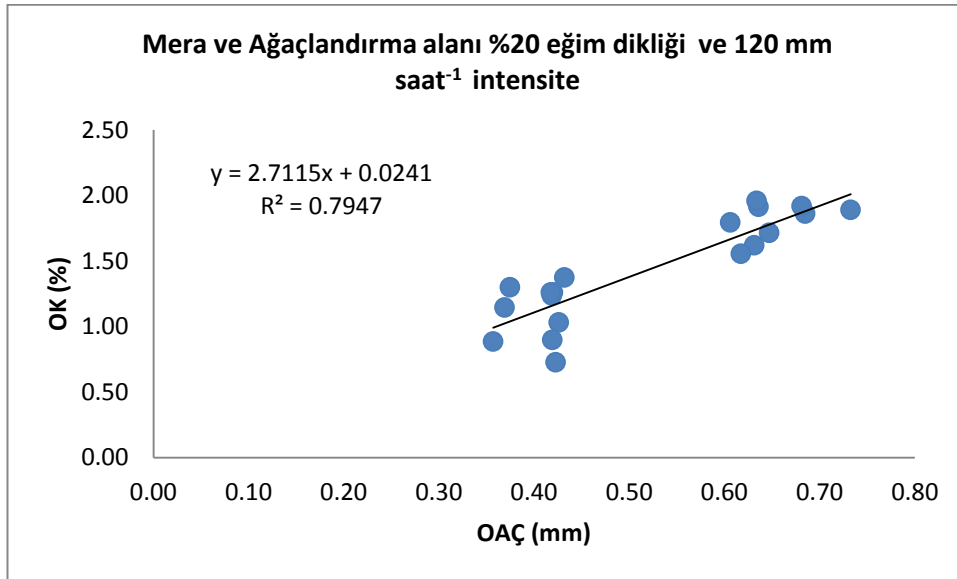
açıklanabilmektedir. Ancak bozulmamış alanlarda 120 mm saat⁻¹ yağış şiddeti koşulu için ölçülen yüzey akış sedimentlerinin eğim ve yağış şiddeti değerlerine göre gruplandırılmasıyla OK (%) ve OAÇ (mm) değerleri arasında oldukça önemli düzeylerde ilişkiler elde edilebilmiştir (Şekil 4.16 – 4.18). Ancak 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde değerlendirilen hiçbir eğim dikliği koşulu için önemli düzeylerde ilişkiler elde edilememiştir ($R^2 < 0,25$).



Şekil 4.16 Bozulmamış alanlar için %9 eğim dikliği ve 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde gelen yüzey akış sedimentlerinde OK (%) ve OAÇ (mm) arasındaki ilişkiler



Şekil 4.17 Bozulmamış alanlar için %15 eğim dikliği ve 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde gelen yüzey akış sedimentlerinde OK (%) ve OAC (mm) arasındaki ilişkiler



Şekil 4.18 Bozulmamış alanlar için %20 eğim dikliği ve 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde gelen yüzey akış sedimentlerinde OK (%) ve OAC (mm) arasındaki ilişkiler

Gruplar arasındaki değişimleri incelemek amacıyla üzerinde durulan özellikler bakımından elde edilen gözlemler, faktöriyel düzende varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Denemede yağış şiddeti faktörünün 1 ve 2 olmak üzere iki seviyesi, arazi kullanımı faktörünün 1, 2 ve 3 olmak üzere üç seviyesi ve eğim faktörünün de 1, 2 ve 3 olmak üzere üç seviyesi mevcuttur. Farklı grupların saptanmasında DUNCAN testi

kullanılmıştır. Varyans analizleri MINITAB 15.1.1 paket programında, çoklu karşılaştırmalar ise MSTATC paket programında yapılmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre, sıçrama ölçümlerinden elde edilen OAC (mm) ve OK (%) değerlerindeki değişimler bakımından, Yağış şiddeti x Arazi Kullanımı x Eğim interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,01$) (Çizelge 4.11 ve 4.12). Bu durum, sıçrayan sedimentlerin OAC (mm) değerleri üzerine bahsedilen bu özelliklerin karşılıklı etkileşimlerinin bulunduğunu işaret etmektedir.

Çizelge 4.11 Sıçrayan sedimentlerin OAC (mm) değerlerinin farklı arazi kullanımı, eğim koşulları ve yağış şiddeti değerlerine göre karşılaştırılması

Eğim (E) (%)	Yağış Şiddeti (I) (mm saat ⁻¹)	Arazi Kullanımı (AK)		
		AK ¹	AK ²	AK ³
E ¹	I ¹	0,36435 ± 0,00852 C b ^B	0,39369 ± 0,00480 A b ^B	0,86966 ± 0,0064 3 B b ^A
	I ²	0,4465 ± 0,0117 B a ^B	0,45983 ± 0,00716 A a ^B	0,9274 ± 0,0156 A a ^A
E ²	I ¹	0,44663 ± 0,00757 B b ^B	0,40181 ± 0,00448 A b ^C	0,90160 ± 0,00571 B a ^A
	I ²	0,49046 ± 0,00355 A a ^B	0,48307 ± 0,00313 A a ^B	0,74792 ± 0,00761 B b ^A
E ³	I ¹	0,40571 ± 0,00306 A b ^B	0,41102 ± 0,00397 A b ^B	1,0034 ± 0,0184 A a ^A
	I ²	0,48397 ± 0,00909 AB a ^B	0,48142 ± 0,00394 A a ^B	0,6288 ± 0,0136 C b ^A

E^{1,2,3}, sırasıyla %9, 15 ve 20 eğim dikliğini; I^{1,2}, sırasıyla 80 ve 120 mm saat⁻¹'lik yağış şiddeti; AK^{1,2,3}, ise sırasıyla işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımlarını belirtmektedir. Eğimlerin karşılaştırılmasında büyük harfler; yağış şiddetlerinin karşılaştırılmasında kalın küçük harfler ve arazi kullanımlarının karşılaştırılmasında ise üst simgeler kullanılmıştır.

Çizelge 4.11'de belirtildiği üzere, 80 mm saat⁻¹ yağış şiddeti işlemeli tarım alanından alınan toprak örneklerinde yapılan sıçrama ölçümlerinde; eğim dikliğinin değişmesi, OAC (mm) değerlerinde önemli bir değişime yol açmasına karşın, mera alanını temsil eden örneklerdeki değişim önemli bulunmamıştır. Ağaçlandırma alanından alınan örneklerde ise 120 mm saat⁻¹'lik yağış şiddetinde eğim dikliklerinin etkisi önemli olmaktadır. Yağış şiddetindeki değişimler, bütün eğim dikliklerinde ve arazi kullanım türlerinde önemli bulunmasına karşın, arazi kullanımlarında sadece ağaçlandırma alanı

toprakları ile diğer kullanımlar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur. İşlemeli tarım alanı ve mera kullanımları arasındaki farklılıklar 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde %15 eğim dikliği koşulu için önemli olup, diğer alt grup seviyelerinde önemsiz olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12 Sıçrayan sedimentlerin OK (%) değerlerinin farklı arazi kullanımı, eğim koşulları ve yağış şiddeti değerlerine göre karşılaştırılması

Eğim (E) (%)	Yağış şiddeti (I) (mm saat ⁻¹)	Arazi Kullanımı (AK)		
		AK ¹	AK ²	AK ³
E ¹	I ¹	0,9616 ± 0,0306 A a ^B	1,0596 ± 0,0718 A a ^B	2,1971 ± 0,0702 A b ^A
	I ²	0,2938 ± 0,0195 A b ^C	0,8068 ± 0,0551 A b ^B	2,4685 ± 0,0458 A a ^A
E ²	I ¹	0,5062 ± 0,0800 B a ^C	1,1286 ± 0,0743 A a ^B	2,3037 ± 0,0601 A a ^A
	I ²	0,2735 ± 0,0227 A b ^C	0,8723 ± 0,0365 A b ^B	2,3718 ± 0,0557 A a ^A
E ³	I ¹	0,4859 ± 0,0277 B a ^C	1,0119 ± 0,0583 A a ^B	2,2767 ± 0,0622 A a ^A
	I ²	0,2993 ± 0,0161 A a ^C	0,9361 ± 0,0412 A a ^B	2,1795 ± 0,0555 B a ^A

E^{1,2,3}, sırasıyla %9, 15 ve 20 eğim dikliğini; I^{1,2}, sırasıyla 80 ve 120 mm saat⁻¹ yağış şiddeti; AK^{1,2,3}, ise sırasıyla işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımlarını belirtmektedir. Eğimlerin karşılaştırılmasında büyük harfler; yağış şiddetlerinin karşılaştırılmasında kalın küçük harfler ve arazi kullanımlarının karşılaştırılmasında ise üst simgeler kullanılmıştır.

Sıçrayan sedimentler OK kapsamına göre değerlendirildiğinde; OAC (mm) değerlerindeki değişimle benzer sonuçlar göstermekle birlikte bazı farklılıklarda mevcuttur. Örneğin arazi kullanımları arasındaki farklılıklar, 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde % 9 eğimde işlemeli tarım alanı ve mera kullanımları arasındaki farklılığın önemsiz olması dışında diğer bütün alt gruplarda önemli bulunmuştur. Yağış şiddetindeki değişimler ise işlemeli tarım alanı ve mera kullanımlarında % 9 ve 15 eğim dikliklerinde önemli olmasına karşın, ağaçlandırma alanı topraklarında sadece % 9 eğimde önemli bulunmuştur. Eğimin farklılaşması, mera arazi kullanımında her iki yağış şiddeti koşulunda da önemli bulunmamasına karşın, işlemeli tarım alanı arazi kullanımında % 9 eğim dikliğinde elde edilen OK (%) değerleri, % 15 ve 20 eğim dikliklerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (Çizelge 4.12). Mera alanı topraklarının yüksek kum içeriklerine sahip olması ve dayanımlı agregat yapısının

bulunmaması farklı eğim dikliklerinde sıçrayan agregatların benzer OAÇ (mm) değerleri göstermesine yol açmıştır.

Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OAÇ (mm) değerlerindeki değişimler bakımından üçlü Yağış şiddeti x Arazi Kullanımı x Eğim interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). Fakat Yağış şiddeti x Arazi kullanımı (Çizelge 4.13), Yağış şiddeti x Eğim (Çizelge 4.14) ve Arazi kullanımı x Eğim (Çizelge 4.15) arasındaki ikili interaksiyonlar önemli olarak değerlendirilmiştir ($P < 0,01$). İlaveeten, % 9 eğim koşulunda, ağaçlandırma alanı arazi kullanımında yüzey akış sedimenti elde edilemediğinden eğim faktörünün 1. seviyesi (% 9) denemelerde değerlendirilmemiştir.

Çizelge 4.13 Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OAÇ (mm) değerlerinin farklı yağış şiddeti ve arazi kullanımlarına göre karşılaştırılması

Yağış şiddeti (I) (mm saat ⁻¹)	Arazi Kullanımı (AK)		
	AK ¹	AK ²	AK ³
I ¹	0,4587 ± 0,0153 B a	0,3778 ± 0,0104 C b	0,8597 ± 0,0192 A a
I ²	0,4460 ± 0,00394 B a	0,43828 ± 0,00959 B a	0,7053 ± 0,0213 A b

I^{1,2}, sırasıyla 80 ve 120 mm saat⁻¹lik yağış şiddeti; AK^{1,2,3}, ise sırasıyla işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımlarını belirtmektedir. Arazi kullanımlarının karşılaştırılmasında büyük harfler, yağış şiddetlerinin karşılaştırılmasında ise kalın küçük harfler kullanılmıştır.

Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OAÇ (mm) değerlerindeki değişimler değerlendirildiğinde; 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde OAÇ (mm) değerleri, arazi kullanımlarına göre istatistiksel olarak önemli değişimler göstermektedir. Yağış şiddetindeki farklılaşma mera ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımlarında OAÇ (mm) değerlerinde önemli değişimlere yol açarken, işlemeli tarım alanı topraklarında bu değişim önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.13). Buradan hareketle, doygun koşullar altında doğal agregat yapısı hali hazırda bozulmuş olan toprakların, yağış şiddetinde gözlemlenen farklılıklara karşın, sıçrama erozyonunda benzer boyutlarda agregatlar oluşturduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Çizelge 4.14’de bütün arazi kullanımlarının birlikte değerlendirilmesi sonucunda, yüzey akışlarla taşınan sedimentlerin OAÇ (mm) değerleri üzerine, eğim diklikleri ve yağış şiddetlerinin istatistiksel olarak önemli düzeylerde etki ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.14 Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OAÇ (mm) değerlerinin farklı yağış şiddeti ve eğim dikliklerine göre karşılaştırılması

İntensite (I) (mm/saat)	Eğim dikliği (E)	
	E ²	E ³
I ¹	0,4842 ± 0,0382 B b	0,5297 ± 0,0349 A a
I ²	0,5642 ± 0,0275 A a	0,4919 ± 0,0203 B b

E^{2,3}, sırasıyla %15 ve 20 eğim dikliğini; I^{1,2}, sırasıyla 80 ve 120 mm saat⁻¹’lik yağış yağış şiddetini belirtmektedir. Eğimlerin karşılaştırılmasında büyük harfler, yağış şiddetlerinin karşılaştırılmasında kalın küçük harfler kullanılmıştır.

Çizelge 4.15’de mera kullanımı hariç, diğer arazi kullanımlarında eğim dikliklerinde değişimlerin yüzey akışlar ile taşınan sedimentlerin OAÇ (mm) değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeylerde etki ettiği görülmektedir. Mera kullanımında toprakların yüksek kum içeriklerine sahip olması hem yüzey akışlarla bu agregatların taşınma kapasitelerini önemli ölçülerde düşürmekte hem de oldukça geçirgen olmaları yüzey akonsantrasyonlarını önemli ölçülerde azaltmaktadır. Bu durumun eğimin etkisiyle OAÇ (mm) değerlerinde olması beklenen değişimin gözlenememesine yol açmaktadır. Farklı arazi kullanımları altında % 20 eğim dikliği koşulunda yüzey akışlarla taşınan sedimentlerin OAÇ (mm) değeri birbirinden istatistiksel olarak farklılaşmaktadır. Özellikle % 15 eğim dikliğinde işlemeli tarım alanı ve mera kullanımı arasındaki gözlemlenemeyen farklılık, % 20 eğim koşulunda belirgin bir şekilde gözlemlenebilmiştir. Bu durum toprakların doğal agregat dağılımları ile de oldukça uyumludur (Çizelge 4.2 ve 4.15).

Çizelge 4.15 Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OAC (mm) değerlerinin farklı arazi kullanımı ve eğim dikliklerine göre karşılaştırılması

Eğim (E) (%)	Arazi Kullanımı (AK)		
	AK ¹	AK ²	AK ³
E ²	0,4239 ± 0,00792 B b	0,4186 ± 0,0147 A b	0,7853 ± 0,0262 A a
E ³	0,4808 ± 0,0107 A b	0,3936 ± 0,00858 A c	0,7296 ± 0,0308 B a

E^{2,3}, sırasıyla %15 ve 20 eğim dikliğini; AK^{1,2,3}, ise sırasıyla işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımlarını belirtmektedir. Eğimlerin karşılaştırılmasında büyük harfler; arazi kullanımlarının karşılaştırılmasında kalın küçük harfler kullanılmıştır.

Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OK (%) değerlerindeki değişimler bakımından üçlü Yağış şiddeti x Arazi Kullanımı x Eğim interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (P > 0,05). Fakat Yağış şiddeti x Arazi kullanımı (P < 0,01) (Çizelge 4.16), Yağış şiddeti x Eğim (P < 0,05) (Çizelge 4.17) ve Arazi kullanımı x Eğim (P < 0,01) (Çizelge 4.18) arasındaki ikili interaksyonlar önemli olarak değerlendirilmiştir. Yukarıda da belirtildiği üzere, %9 eğim koşulunda, ağaçlandırma alanı arazi kullanımında yüzey akış sedimenti elde edilemediğinden, eğim faktörünün 1. seviyesi (% 9) denemelerde değerlendirilmemiştir.

Ağaçlandırma alanı arazi kullanımından alınan toprak örneklerinden elde edilen yüzey akış sedimentlerinin OK (%) kapsamaları, 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde işlemeli tarım alanı ve mera kullanımından farklılaşırken, 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde OK (%) kapsamaları açısından bütün kullanım türleri arasındaki farklılık önemli bulunmuştur. Bu durum artan yağış enerjisinin toprakların makroagregat yapılarını 80 mm saat⁻¹'ye kıyasla daha fazla parçalamasıyla mera alanı topraklarında agregatların iç kısımlarında bulunan OK (%)'un daha fazla açığa çıkmasıyla açıklanabilmektedir. Yağış şiddetindeki değişimin OK (%) kapsamı üzerine olan etkisi, işlemeli tarım alanı topraklarından elde edilen yüzey akış sedimentleri hariç diğer kullanımlar için önemli bulunmuştur (Çizelge 4.16). İşlemeli tarım alanlarında doğal agregat yapılarının hali hazırda bozulmuş olması yüzey akışlarla gelen sedimentlerin OK (%) kapsamaları arasındaki farklılığın belirgin olmamasına yol açmaktadır.

Çizelge 4.16 Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OK (%) değerlerinin farklı yağış şiddeti ve arazi kullanımlarına göre karşılaştırılması

Yağış şiddeti (I) (mm saat ⁻¹)	Arazi Kullanımı (AK)		
	AK ¹	AK ²	AK ³
I ¹	0,4150 ± 0,0256 B a	1,3752 ± 0,0571 B a	1,545 ± 0,159 A b
I ²	0,3741 ± 0,0259 C a	1,1668 ± 0,0446 B b	1,9724 ± 0,0583 A a

I^{1,2}, sırasıyla 80 ve 120 mm/saat'lik yağış şiddeti; AK^{1,2,3} ise sırasıyla işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımlarını belirtmektedir. Arazi kullanımlarının karşılaştırılmasında büyük harfler, yağış şiddetlerinin karşılaştırılmasında ise kalın küçük harfler kullanılmıştır.

Çizelge 4.17'de, genel itibariyle değerlendirilen bütün arazi kullanımlarında, yüzey akışlara taşınan sedimentlerin OAÇ (mm) değerlerine göre ölçülen OK (%) kapsamaları, her bir yağış şiddeti koşulu için eğim dikliklerindeki değişimlerden istatistiksel olarak önemli düzeylerde etkilenirken, %15 eğim dikliğinde yağış şiddetindeki değişim gelen sedimentlerin OK (%) kapsamalarında önemli bir değişime yol açmamıştır.

Çizelge 4.17 Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OK (%) değerlerinin farklı yağış şiddeti ve eğim dikliklerine göre karşılaştırılması

Yağış şiddeti (I) (mm saat ⁻¹)	Eğim dikliği (E)	
	E ²	E ³
I ¹	1,144 ± 0,129 A a	0,9017 ± 0,0853 B b
I ²	1,220 ± 0,141 A a	1,067 ± 0,109 B a

E^{2,3}, sırasıyla %15 ve 20 eğim dikliğini; I^{1,2}, sırasıyla 80 ve 120 mm saat⁻¹lik yağış yağış şiddetini belirtmektedir. Eğimlerin karşılaştırılmasında büyük harfler; yağış şiddetlerinin karşılaştırılmasında kalın küçük harfler kullanılmıştır.

İşlemeli tarım alanı kullanımı için eğim dikliğinin değişmesinin, yüzey akışlarla taşınan sedimentlerin OK (%) kapsamaları üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde bir etkisi bulunmamaktadır. Buna karşın, mera ve ağaçlandırma alanı kullanımlarında eğim dikliğinin değişmesiyle, gelen sedimentlerin OK (%) kapsamaları istatistiksel olarak birbirinden önemli düzeylerde farklılaşmaktadır. Buna ilaveten, çizelge 4.13 ve çizelge 4.18 karşılaştırıldığında, işlemeli tarım alanı ve mera kullanımlarında % 15 eğim dikliği koşulunda gözlenen OAÇ (mm) değerleri arasındaki farklılık önemli bulunmamasına karşın, bu agregatların OK (%) kapsamaları birbirinden önemli düzeyde

farklılaşmaktadır. % 20 eğim dikliği koşulunda ise işlemeli tarım alanına kıyasla mera kullanımında daha küçük OAÇ (mm) değerleri elde edilmesine karşın, bu agregatların OK (%) kapsamaları işlemeli tarım alanı topraklarından daha yüksek olarak değerlendirilmiştir. Doğal agregat dağılımlarına göre de en düşük OAÇ (mm) değerlerine sahip olan bu kullanım türü altındaki topraklar, işlemeli tarım alanı topraklarına kıyasla daha yüksek OK (%) kapsamalarına sahiptirler.

Çizelge 4.18 Yüzey akış sedimentlerinden elde edilen OK (%) değerlerinin farklı arazi kullanımı ve eğim dikliklerine göre karşılaştırılması

Eğim (E) (%)	Arazi Kullanımı (AK)		
	AK ¹	AK ²	AK ³
E ²	0,3380 ± 0,0196 A c	1,4167 ± 0,0547 A b	2,0059 ± 0,0725 A a
E ³	0,4511 ± 0,0261 A c	1,1471 ± 0,0421 B b	1,596 ± 0,121 B a

E^{2,3}, sırasıyla %15 ve 20 eğim dikliğini; AK^{1,2,3}, ise sırasıyla işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımlarını belirtmektedir. Eğimlerin karşılaştırılmasında büyük harfler; arazi kullanımlarının karşılaştırılmasında kalın küçük harfler kullanılmıştır.

4.8 Agregat Büyüklük Dağılımlarının Modellenmesi

Fraktal ve Weibull dağılımlarında agregat çapı ve eklemeli kütle arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde doğrusal olmayan regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Modeller ile elde edilen orta agregat çapı (D₅₀, mm) değerleri çizelge 4.20’de verilmiş olup, ayrıntılı grafikler Ek 19’da yer almaktadır. Grafiklerde OSH olarak belirtilen ifade kurulan modelin “ortalama standart hatasını” vermektedir.

Elde edilen çap parametrelerinin karşılaştırılması, modellerin R² ve ortalama standart hata (OSH) değerleri göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.19 ve Ek 19’da belirtildiği üzere, kurulan bütün modeller oldukça yüksek R² değerleri ve oldukça düşük OSH değerleri vermekle birlikte, değerlendirilen modeller içinde sıçrayan ve yüzey akışa geçerek taşınan agregatlar için en uygun modelin Weibull olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.19 Log-normal, Fraktal ve Weibull modelleri ile elde edilen D_{50} (mm) değerleri

Özellik	Sıçrama			Yüzey Akış			
	Log-normal	Fraktal	Weibull	Log-normal	Fraktal	Weibull	
İşlemeli tarım	%9 - 80 mm saat ⁻¹	0,37	0,56	0,43	0,45	0,55	0,44
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	0,43	0,66	0,54	0,37	0,53	0,41
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	0,40	0,60	0,47	0,46	0,61	0,37
	%9- 120 mm saat ⁻¹	0,42	0,63	0,51	0,45	0,62	0,54
	%15- 120 mm saat ⁻¹	0,46	0,67	0,56	0,40	0,56	0,46
	%20- 12 mm saat ⁻¹	0,46	0,66	0,56	0,41	0,58	0,48
Mera	%9 - 80 mm saat ⁻¹	0,38	0,55	0,43	0,47	0,62	0,55
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	0,39	0,57	0,44	0,34	0,47	0,36
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	0,39	0,58	0,46	0,35	0,49	0,37
	%9- 120 mm saat ⁻¹	0,43	0,63	0,52	0,42	0,58	0,49
	%15- 120 mm saat ⁻¹	0,45	0,66	0,55	0,42	0,59	0,49
	%20- 120 mm saat ⁻¹	0,45	0,66	0,55	0,38	0,55	0,43
Ağaçlandırma alanı	%9 - 80 mm saat ⁻¹	0,97	1,05	1	GY*		
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	1,01	1,05	1,17	0,93	1,05	1,16
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	0,78	1,20	1,08	1,17	1,46	1,25
	%9- 120 mm saat ⁻¹	0,98	1,567	1,41	0,65	0,79	0,77
	%15- 120 mm saat ⁻¹	0,75	0,90	0,91	0,77	0,79	0,89
	%20- 120 mm saat ⁻¹	0,60	0,81	0,76	0,61	0,71	0,70

Ayrıca elde edilen agregat büyüklük dağılımları, Normal, Üstel, Lojistik ve Loglojistik yaklaşımlar (genel itibariyle $R^2 > 0,7$) ile de değerlendirilmiş olup, bu yaklaşımlar ile elde edilen OSH değerleri çizelge 4.20'de verilmektedir. Çalışma kapsamında değerlendirilen dağılımlara kıyasla bu yaklaşımlar oldukça yüksek OSH değerlerine sahiptir. Bu sebeple, sıçrama ve yüzey akışlar ile taşınan sedimentlerin büyüklük dağılımlarının elde edilmesinde uygun olarak değerlendirilmemiştir.

Çizelge 4.20 Normal, üstel, lojistik ve loglojistik modeller için elde edilen OSH değerleri

	Özellik	Normal	Üstel	Lojistik	Loglojistik	
İşlemeli tarım alanı	%9 - 80 mm/saat	Sıçrama	0,0714	0,1623	0,0734	0,0786
		Yüzey akış	0,1787	0,2128	0,1896	0,8161
	%15 - 80 mm/saat	Sıçrama	0,1386	0,3261	0,1422	0,1484
		Yüzey akış	0,1082	0,1779	0,1089	0,1699
	%20 - 80 mm/saat	Sıçrama	0,0490	0,1592	0,0499	0,0518
		Yüzey akış	0,3039	0,8274	0,3046	0,3171
	%9- 120 mm/saat	Sıçrama	0,1454	0,3256	0,1495	0,0861
		Yüzey akış	0,4007	0,6259	0,4050	0,1602
	%15- 120 mm/saat	Sıçrama	0,1439	0,3960	0,1435	0,0630
		Yüzey akış	0,1190	0,3861	0,1199	0,0568
	%20- 120 mm/saat	Sıçrama	0,2474	0,4503	0,2558	0,1246
		Yüzey akış	0,1382	0,5105	0,1367	0,0462
Mera	%9 - 80 mm/saat	Sıçrama	0,2037	0,4345	0,2117	0,2081
		Yüzey akış	0,2463	0,3180	0,2648	0,4868
	%15 - 80 mm/saat	Sıçrama	0,1524	0,2785	0,1649	0,1724
		Yüzey akış	0,4108	0,5096	0,4504	0,8712
	%20 - 80 mm/saat	Sıçrama	0,1023	0,2460	0,1024	0,1076
		Yüzey akış	0,1141	0,1828	0,1146	0,1508
	%9- 120 mm/saat	Sıçrama	0,2335	0,4721	0,2340	0,0980
		Yüzey akış	0,0561	0,1568	0,0568	0,0700
	%15- 120 mm/saat	Sıçrama	0,1309	0,3430	0,1348	0,0712
		Yüzey akış	0,0487	0,1603	0,0507	0,0672
	%20- 120 mm/saat	Sıçrama	0,1427	0,3665	0,1425	0,0711
		Yüzey akış	0,0784	0,1641	0,0799	0,1055
Ağaçlandırma alanı	%9 - 80 mm/saat	Sıçrama	0,1683	0,3303	0,1718	0,1930
		Yüzey akış		GY*		
	%15 - 80 mm/saat	Sıçrama	0,2047	0,2439	0,2489	0,3023
		Yüzey akış	0,0831	0,1632	0,0845	0,1004
	%20 - 80 mm/saat	Sıçrama	0,1095	0,1344	0,1144	0,1467
		Yüzey akış	0,0349	0,1739	0,0353	0,0361
	%9- 120 mm/saat	Sıçrama	0,1899	0,2334	0,2125	0,1101
		Yüzey akış	0,0350	0,1286	0,0368	0,0750
	%15- 120 mm/saat	Sıçrama	0,4430	0,8916	0,4453	0,0976
		Yüzey akış	0,1935	0,4211	0,1922	0,0925
	%20- 120 mm/saat	Sıçrama	0,2391	0,5774	0,2535	0,0749
		Yüzey akış	0,1329	0,5357	0,1353	0,0497

* GY: Yüzey akış elde edilemedi.

Genel itibariyle, Log-normal dağılımla elde edilen karakteristik çap parametrisi ölçülen gerçek değerlerin altında bir tahminde bulunurken, Fraktal dağılımlar ile gerçek değerlerin daha üstünde çap değerleri tahmin edilmiştir. Arazi kullanımları açısından modeller yardımıyla tahmin edilen çap değerleri karşılaştırıldığında, ağaçlandırma alanı toprakları diğer kullanımlardan istatistiksel olarak farklılaşırken ($P < 0,05$), işlemeli tarım alanı ve mera kullanımı arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamaktadır ($P > 0,05$).

Sıçrama ve yüzey akışlarla taşınan sedimentlerde agregat büyüklük dağılımlarına göre tahmin edilen en yüksek çap değerleri yine ağaçlandırma alanı toprakları için değerlendirilmiş olup, modellerin ortalaması 0,96 mm'dir. İşlemeli tarım alanı için bu değer 0,50 mm, mera kullanımı için ise 0,49 mm'dir. Yüksek organik karbon kapsamına sahip bu arazi kullanımı için makroagregat gelişimi diğer kullanımlara göre daha yüksek olup, bu durum gerek elde edilen gerçek değerleri ile gerekse modeller yardımıyla tahmin edilen OAC (mm) ve D_{50} değerlerinden açıkça görülmektedir (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.19).

4.9 Sıçrama ve Yüzey Akış Duyarlılıklarının Değerlendirilmesi

Elde edilen gözlemler ve ölçümler neticesinde zamanın bir fonksiyonu olacak şekilde toprakların sıçrama ve yüzey erozyonuna karşı olan duyarlılıkları, farklı arazi kullanımlarına, eğim dikliklerine ve yağış şiddeti koşullarına göre değerlendirilmiştir. Elde edilen gözlemlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Erozyon duyarlılık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	Özellik*		Ortalama± SS**	Standart hata	Varyans	Varyasyon katsayısı	Minumum	Maksimum
İşlemeli tarım alanı	%9 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0251± 0,0033	0,0010	0,00001	13,15	0,0182	0,0301
		Yüzey akış	0,0097± 0,0022	0,0007	0,00001	22,61	0,0049	0,0124
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0278 ± 0,0046	0,0013	0,00002	16,45	0,0208	0,0371
		Yüzey akış	0,0131± 0,0018	0,0006	0,00001	13,95	0,0093	0,0156
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0355 ± 0,0045	0,0013	0,00002	12,51	0,0288	0,0439
		Yüzey akış	0,0221± 0,0048	0,0006	0,00001	21,91	0,0152	0,0287
	%9- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0191 ± 0,0016	0,0005	0,00000	8,64	0,0161	0,0210
		Yüzey akış	0,0064 ± 0,0009	0,0002	0,00000	14,04	0,0046	0,0077
	%15- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0123 ± 0,0038	0,0011	0,00000	22,08	0,0127	0,0240
		Yüzey akış	0,0071 ± 0,0010	0,0003	0,00000	13,98	0,0061	0,0098
	%20- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0198 ± 0,0051	0,0015	0,00000	25,99	0,0129	0,0308
		Yüzey akış	0,0130 ± 0,0011	0,0003	0,00000	8,69	0,0120	0,0157
Mera	%9 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0270 ± 0,0031	0,0009	0,00001	11,74	0,0214	0,0319
		Yüzey akış	0,0036 ± 0,0008	0,0003	0,00001	22,11	0,0023	0,0048
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0340 ± 0,0087	0,0025	0,00007	25,51	0,0237	0,0499
		Yüzey akış	0,0099 ± 0,0022	0,0007	0,00001	22,27	0,0068	0,0142
	%20 - 80mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0325 ± 0,0075	0,0022	0,00006	23,12	0,0217	0,0452
		Yüzey akış	0,0078 ± 0,0018	0,0005	0,00001	22,58	0,0046	0,0103
	%9- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0202 ± 0,0045	0,0013	0,00000	22,11	0,0131	0,0287
		Yüzey akış	0,0026 ± 0,0003	0,0001	0,00000	12,08	0,0022	0,0031
	%15- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0136 ± 0,0016	0,0005	0,00000	12,00	0,0110	0,0160
		Yüzey akış	0,0024 ± 0,0050	0,0002	0,00000	19,50	0,0018	0,0032
	%20- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0170 ± 0,0033	0,0010	0,00000	19,47	0,0111	0,0216
		Yüzey akış	0,0038 ± 0,0008	0,0002	0,00000	20,57	0,0028	0,0049
Ağaçlandırma alanı	%9 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0055 ± 0,0009	0,0003	0,00000	17,46	0,0004	0,0072
		Yüzey akış			GY*			
	%15 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0151 ± 0,0059	0,0017	0,00000	25,51	0,0007	0,0069
		Yüzey akış	0,0012 ± 0,0002	0,0001	0,00000	19,33	0,0010	0,0016
	%20 - 80 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0122 ± 0,0024	0,0007	0,00000	19,36	0,0070	0,0015
		Yüzey akış	0,0014 ± 0,0002	0,0001	0,00000	14,46	0,0010	0,0016
	%9- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0081 ± 0,0016	0,0005	0,00000	20,17	0,0055	0,0104
		Yüzey akış	0,0023 ± 0,0001	0,0001	0,00000	13,49	0,0006	0,0009
	%15- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0132 ± 0,0032	0,0009	0,00000	24,25	0,0086	0,0196
		Yüzey akış	0,0023 ± 0,0004	0,0001	0,00000	14,94	0,0018	0,0028
	%20- 120 mm saat ⁻¹	Sıçrama	0,0146 ± 0,0018	0,0005	0,00000	12,63	0,0109	0,0169
		Yüzey akış	0,0039 ± 0,0007	0,0002	0,00000	17,18	0,0031	0,0050

*, Yüzey akış elde edilemedi. **, Ortalamanın standart sapma değeridir.

Toprakların sıçramaya karşı gösterdiği duyarlılığın zamana göre değişimleri her bir alt grup seviyesi için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P <0,05). Bu durum

zamanın bir fonksiyonu olarak sıçrayan tanecikler için duyarlılığın değiştiğini açıkça göstermektedir. 80 mm saat⁻¹ yağış şiddeti koşulunda işlemeli tarım alanı ve mera topraklarının erozyona karşı gösterdiği duyarlılık değeri azalan bir eğilim göstermesine karşın ağaçlandırma alanı topraklarında artmaktadır. Bu bölgeye ait toprakların 120 mm saat⁻¹ yağış şiddeti ve % 9 eğim koşulunda da duyarlılık değerinde artma eğilimi olmasına karşın % 15 ve 20 eğim dikliği koşullarında azalmaktadır.

Toprakların yüzey akış duyarlılıkları sıçrama duyarlılıklarının zamana göre değişimindeki kadar belirgin bir eğilim göstermemekle birlikte ağaçlandırma alanına ait toprak örneklerinin yüzey akış duyarlılıkları zaman içerisinde diğerlerine kıyasla artma eğilimi göstermiştir.

Toprakların erozyona olan duyarlılıkları yöntem kısmında detaylı olarak belirtilen 3 farklı model ile tahmin edilmiştir. Eşitlik (3.21) ile tanımlanan nomograf eşitliği'nden tahmin edilen YETKE-K değerleri; işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı için sırasıyla, 0,0159 0,0210 ve 0,0088 t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ olarak hesaplanılmıştır.

Eşitlik (3.22) ve (3.23) ile gösterilen (Römkens vd. 1986) ve toprak bünye parametreleri ile YETKE-K değişkeninin hesaplandığı modelde, toprakların erozyon duyarlılıkları; işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı için sırasıyla, 0,0267, 0,0364 ve 0,0406 t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ olarak tahmin edilmiştir. Bu modelde en yüksek duyarlılık değeri ölçülen gerçek değer aksine, ağaçlandırma alanı topraklarında görülmüştür. Bu durum değerlendirmede özellikle yüksek organik madde kapsamına sahip topraklarda sadece toprak bünyesinin göz önüne alınmasının yeterli olmadığını göstermektedir (Saygın vd. 2011).

Toprakların tane büyüklük dağılımı, kil kapsamı ve organik madde içeriğini birlikte değerlendiren ve eşitlik (3.24) ve (3.25) ile gösterilen model ile yapılan değerlendirmede toprakların erozyon duyarlılıkları; işlemeli tarım alanı, mera ve ağaçlandırma alanı için sırasıyla, 0,0267, 0,0260 ve 0,0234 t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ olarak tahmin edilmiştir. Değerlendirilen bu model, agregat oluşum

mekanizmasında en önemli değişkenlerden olan kil ve organik maddeyi dikkate almasına karşın, kil ve organik karbon kapsamları açısından birbirinden oldukça farklı özelliklere sahip arazi kullanımları için oldukça benzer duyarlılık değerleri vermektedir.

Sıçrama ve yüzey akış sedimenlerinden elde edilen gerçek ölçüm değerleri ile modeller yardımıyla elde edilen tahmin değerleri kıyaslandığında YETKE – K nomograf eşitliğinin (Wischmeier vd. 1971) toprakların erozyon duyarlılıkları arasındaki farklılığı en iyi şekilde yansıtan model olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Çizelge 4.21). Bu modelde, toprakların yapısal dayanımları ve geçirgenlik özelliklerinin de dikkate alınmıyor olması, tahmin edilen değerlerin gerçeğe daha yakın sonuçlar vermesini sağlamıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde, yapısal dayanımın toprakların erozyon duyarlılıklarını tahmin etmede oldukça önemli bir değişken olduğu bu çalışma ile açık bir şekilde ortaya konulabilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen bu çalışma ile agregat oluşum ve parçalanma mekanizmaları üzerine oldukça kapsamlı ve önemli bulgulara ulaşılmıştır. Bu bulgular kısaca değerlendirilecek olursa; toprakların erozyon duyarlılıklarının belirlenmesinde kullanılan yaklaşımlardan biri olan agregat dayanımı testleri için yapılan yöntem karşılaştırmalarında önerilen çoklu elek yönteminin arazi kullanımları arasındaki farklılığı daha iyi yansıttığı sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle çalışma alanı topraklarının genel olarak farklı bünye ve OK (%) kapsamına sahip olması çalışmaların başarı oranını arttırmış ve farklılıkların daha açık bir şekilde ortaya çıkmasını sağlamıştır. Önerilen yöntemlerin belirli veri setleri dâhilinde başarılı oldukları düşünüldüğünde, değişen düzeylerde kil ve OK (%) kapsamına sahip topraklar için çeşitli yöntemlerin modifikasyonu ile tasarlanan ıslak eleme aletinde uygulanan çoklu elek yönteminin agregat dayanımı testleri için daha uygun olduğu söylenebilmektedir.

Mera ve ağaçlandırma alanı gibi, çeşitli yönetim uygulamalarına maruz kalmayan toprakların yoğun tarımsal üretim yapılanlara kıyasla organik karbon kapsamı, agregat büyüklüklerine göre istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklılaşmaktadır. Mekanizasyon, toprakların hem makroagregat yapıları önemli düzeylerde bozmakta hem de toprak organik maddesi hızlı bir şekilde mineralize olmasına yol açmaktadır. Sonuç olarak, yapısal dayanım önemli ölçüde bozulmakta ve toprakların erozyon duyarlılıklarını arttırmaktadır. Elde edilen bulgular yapılan önceki çalışmaları doğrular nitelikte olup, özellikle % 1'den daha düşük OK kapsamına sahip işlemeli tarım alanı topraklarının yüksek kil kapsamına karşın, yağışın parçalayıcı ve taşıyıcı etkisine karşı dayanımsız olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışma kapsamında elde edilen bir diğer bulgu ise, parçalanarak sıçrayan ve yüzey akışlar ile taşınan agregatların OAÇ (mm) değerlerinde zamana ve çeşitli uygulamalara göre beklenen farklılıklar gözlemlenmesine karşın, yani farklı süreçler karşında benzer boyutlarda yeni agregatlar biçim kazanmakla birlikte, bu agregatların OK (%) kapsamı birbirinden istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklılaşabilmektedir. Bu durum, OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamı arasında belirgin bir ilişki kurulmasını engellemektedir. Ancak, makroagregat yapısının bozulmadığı mera ve ağaçlandırma

alanı topraklarının birlikte değerlendirilmesiyle, sıçrayan ve yüzey akışlar ile taşınan agregatların OAC (mm) ve OK (%) kapsamı arasında önemli ve belirgin düzeylerde ilişkiler elde edilebilmiştir. İncelenen özellikler açısından genel bir değerlendirme yapılacak olur ise, sıçrama ve yüzey akışlar ile gelen sedimentlerin OAC (mm) değerleri arttıkça OK (%) kapsamının da arttığı söylenebilir. Özetle, bozulmamış alanlarda, ne kadar büyük OAC (mm) değerine sahip agregat taşınıyorsa, o kadar çok OK (%) alandan uzaklaşmaktadır.

Sıçrayarak ve yüzey akışlar ile taşınan agregatların büyüklük dağılımlarının modellenmesinde kullanılan yaklaşımlar (Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımı), genel itibariyle kuru agregat dağılımlarını modellemek amacıyla geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar, erozyon çalışmalarında ağırlıklı olarak rüzgâr erozyonu ile taşınan sedimentlerin dağılımlarının modellenmesinde kullanılmakla birlikte, gerçekleştirilen bu çalışma ile hem doğal agregat dağılımlarının hem de su erozyonu neticesinde gerçekleşen parçalanma ve taşınma süreçleriyle taşınan agregatların modellenmesinde oldukça başarılı oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle oldukça düşük hata oranı ve yüksek tahmin değerleri ile Weibull dağılım ile elde edilen çap değerleri ölçülen gerçek değerlere son derece yakın sonuçlar vermektedir. Genel itibariyle, Fraktal dağılım ile kurulan modellerde gerçek değer üzerinde, Log-normal ile gerçek değer daha aşağısında tahminler yapılmıştır.

Toprakların erozyon duyarlılıklarının da değerlendirildiği çalışmada, en yüksek duyarlılık değerleri işlemeli tarım alanı toprakları için ölçülürken en düşük ağaçlandırma alanı toprakları için elde edilmiştir. Yüksek yapısal dayanıma sahip ağaçlandırma alanı topraklarında, bitki örtüsüz koşullar altında gerçekleştirilen denemelerde, özellikle yüksek eğim dikliği ve yağış şiddeti koşullarında duyarlılık değerlerinin zaman içerisinde artan bir eğilim göstermektedir. Bu durum, özellikle yüksek eğim dikliklerinde, mevcut bitki örtüsünün ortamdaki uzaklaşması ve zaman içerisinde toprağa ilave olan yağışlar ile doygunluk derecelerinin artması sonucu yüzey akışlar ile taşınma kapasitelerinin önemli düzeylerde artış gösterebileceğini işaret etmektedir. Özellikle yüksek eğim dikliklerine sahip bu alanların, bilinçsiz hayvan otlatma ya da işlemeli tarım alanlarına dönüştürülmesiyle bitki örtüsünün koruyucu etkisinin ortadan kalkmasıyla oldukça önemli düzeylerde toprak kayıplarının

yaşanılması kaçınılmaz olacaktır. Ayrıca, çalışma alanındaki gibi, çeşitli amaçlarla yapılan barajların ekonomik ömürleri gerekli önlemler alınmadığı takdirde hesaplanandan oldukça az olacaktır. Bu da şüphesiz, çevreye olduğu kadar milli ekonomiye de oldukça önemli zararlar verecektir.

Toprakların parçalanma ve taşınma süreçlerine olan duyarlılıklarını, toprağa organik madde ilavesi ile yapısal dayanımlarının artırılması sonucunda, önemli düzeylerde azaltılabilir. Buna ilave olarak, dünya genelinde giderek yaygınlaşan toprak işlemsiz (sıfır toprak işleme) yönetim uygulamalarının, özellikle OK (%) kapsamı açısından zayıf ve toprak erozyonunun ciddi bir şekilde problem teşkil ettiği kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde özendirilmesi ve teşvik edilmesi ile toprakları erozyon gibi yaygın bir bozulma sürecinden korumak mümkün olabilecektir. Bu konuda yapılacak ayrıntılı araştırmalar ve teşvikler, toprak kaynaklarının sürdürülebilir bir biçimde kullanılmasının sağlanması açısından son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

- Abiven, S., Menasseri, S. and Chenu, C. 2009. The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability – A literature analysis. *Soil Biology & Biochemistry*, Vol 41; pp. 1-12.
- Ackerman, F.G. and Myers, H.E. 1943. Some factors influencing aggregation in clay pan soils. *Soil Science*, Vol 55; pp. 405-413.
- Adu, J.K. and Oades, J.M. 1978. Physical factors influencing decomposition of organic materials in soil aggregates. *Soil Biol. Biochem.*, Vol 10, pp. 109-115.
- Agassi M. 1996. *Soil Erosion, Conservation, and Rehabilitation*, Marcel Dekker, New York, p. 414.
- Agassi, M. and Bradford, J.M. 1999. Methodologies for interrill soil erosion studies. *Soil Tillage Res.* Vol. 49, pp. 277– 287.
- Alagöz, Z., Yılmaz, E. ve Öktüren F. 2006. Organik materyal ilavesinin bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Vol. 19(2), pp. 245-254.
- Albrecht, A., Rangon, L. and Barre, P. 1992. Effets de la matiere organique sur la stabilite structurale et la detachabilite d'un vertisol et d'un ferrisol (Martinique). *Chaiers ORSTOM, Serie Pedologie*, Vol. 27; pp. 121-133.
- Allison, F.E. 1968. Soil aggregation - Some facts and fallacies as seen by a microbiologist. *Soil Science*, Vol. 106; pp. 136-143.
- Amézketa, E., Singer, M.J. and Le Bissonnais, Y. 1996. Testing a procedure for measuring water-stable aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 60; pp. 888-894.
- Amézketa, E. 1999. 'Soil Aggregate Stability: A Review. *Journal of Sustainable Agriculture*, Vol. 14 (2); pp. 83-151.
- Angers, D.A. and Carter, M.R. 1996. Aggregation and organic matter storage in cool, humid agricultural soils. pp. 193-211. In Carter M.R. & B.A. Stewart (eds.). *Structure and organic matter storage in agricultural soils. Advances in Soil Science*. Lewis Publishers, CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.
- Anonim. 1954. (US Salinity Laboratory Staff) *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Agri. Handbook. No:60, USDA.
- Anonim. 1978. *Türkiye Arazi Varlığı*. Toprak-Su Genel Müdürlüğü. Ankara.

- Anonim. 1982. Türkiye Genel Toprak Haritası Sayısal Toprak Veritabanı. Türkiye Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi (UBM) Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim. 1987 a. Türkiye Genel Toprak Amenajman Planlaması. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Anonim. 1987 b. Ankara ili verimlilik envanteri ve gübre ihtiyaç raporu. Tarım, Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, yayın no:50.
- Anonim. 1991. Status of Desertification and Implementation of the UN Plan of Action to Combat Desertification. UNEP, Nairobi, Kenya. United Nations Environmental Program.
- Anonim. 1998. Tarım ve Mera Arazilerinin Yönetimi. Ulusal Çevre Eylem Planı. DPT, Ankara.
- Anonim. 2002. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, McCarthy J, Canziani O, Leary N, Dokken D, White K (eds). Cambridge University Press: Cambridge.
- Anonim. 2006. Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü. Türkiye Akarsularında Süspansediment Gözlemleri Yıllığı (1999-2005), Ankara.
- Anonim. 2009. DSİ web sayfası: <http://www.dsi.gov.tr/bolge/dsi5/ankara.htm> Erişim Tarihi: 08.06.2009.
- Arya, L. and Paris, J. 1981. A physico-empirical model to predict soil moisture characteristic from particle-size distribution and bulk density data. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 45, pp. 1023–1030.
- Auerswald, K., Kainz, M. and Fiener, P. 2003. Soil erosion potential of organic versus conventional farming evaluated by USLE modelling of cropping statistics for agricultural districts in Bavaria. Soil Use Management, Vol. 19, pp. 305–311.
- Baran, A. Karaca, A. ve Haktanır, K. 1996. Bakteri (*Rhizobium meliloti*) ve mantarın (*Aspergillus niger*) peat karıştırılan ve karıştırılmayan killi tınlı bir toprağın agregat stabilitesi üzerine etkileri. Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Vol. 2(2), pp. 143-146.
- Barthe`s, B., Albrecht, A., Asseline, J., De Noni, G. and Roose, E., 1999. Relationships between soil erodibility and topsoil aggregate stability on carbon content in a cultivated Mediterranean highland (Aveyron, France). Commun. Soil Sci. Plant Anal. Vol. 30, pp. 1929– 1938.
- Bayramın, İ., Basaran, M., Erpul, G. and Çanga, M.R. 2008. Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 140; pp. 249-265.

- Bayramin, I., Basaran, M., Erpul, G., Dolarslan, M. and Canga, MR. 2009. Comparison of soil organic carbon content, hydraulic conductivity, and particle size fractions between a grassland and nearby black pine plantation of 40 years in two surface depths, *Environmental Geology*, Vol. 56, pp. 1563-1575.
- Beare, M.H., Hendrix, P.F. and Coleman, D.C. 1994. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional- and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 58, pp. 777-786.
- Benito-Rueda, E. and Diaz-Fierros Viqueira F. 1989. Estudio de los principales factores que intervienen en la estabilidad estructural de los suelos de Galicia. *An. Edafol. Agrobiol.*, Vol. 48, pp. 229-253.
- Benito, E. and Diaz-Fierros, F. 1992. Effects of cropping on the structural stability of soils rich in organic matter. *Soil and Tillage Research*, Vol. 23; pp. 153-161.
- Bird, S.B., Herrick, J.E., Wander, M.M. and Murray, L. 2007. Multi-scale variability in soil aggregate stability: Implications for understanding and predicting semi-arid grassland degradation. *Geoderma*, Vol. 140; pp.106–118.
- Blake, G.R. and Hartge, K.H. 1986. Bulk Density and Particle Density. In: *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*. Pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9(2nd ed), Madison.
- Boardman, J., Foster, I.D.L. and Dearing, J.A. 1990. *Soil Erosion of Agricultural Land*. Wiley, Chichester.
- Boekel, P. 1963. The effect of organic matter on the structure of clay soils. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, Vol. 11; pp. 250-263.
- Boiffin, J. 1984. La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse de Docteur-Ingénieur. Institut National Agronomique-Paris Grignon.
- Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Imeson, A.C. and Soriano-Soto, M.D. 2001. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena*, Vol. 44, pp. 47–67.
- Bouajila, A. and Gallali, T. 2010. Land use effect on soil and particulate organic carbon, and aggregate stability in some soils in Tunisia. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 5(8), pp. 764-774.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, Vol. 43; pp. 435-438.

- Bradford, J.M., Ferris, J.E. and Remley, P.A. 1987. Interrill soil erosion processes: II. Relationship of splash detachment to soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 51; pp. 1571-1575.
- Bronick, B.J. and Lal, R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, Vol. 124; pp. 3-22.
- Bryan, R.B. and Poesen, J.W.A. 1989. Laboratory experiments on the influence of slope length on runoff, percolation and rill development. *Earth Surface Processes Landforms*, Vol. 14; pp. 211-231.
- Bryan, R.B. and De Ploey, J. 1983. Comparability of soil erosion measurements with different laboratory rainfall simulators. *Catena*, Vol. 4; pp. 33-57.
- Buchan, G.D. 1989. Applicability of the simple Log-normal model to particle size distribution in soils. *Soil Sci.*, Vol. 147; pp. 155-161.
- Canbolat, M. 1992. Toprağa organik materyal ilavesinin toprağın organik maddesi, agregat stabilitesi ve geçirgenliği üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Vol. 23 (2), pp. 113-123.
- Canton, Y., Sole-Benet, A., Asensio, C., Chamizo, S. and Puigdefabregas, J. 2009. Aggregate stability in range sandy loam soils Relationships with runoff and erosion. *Catena*, Vol. 77, pp. 192-199.
- Capriel, P., Beck, T., Borchert, H. and Harter, P. 1990. Relationship between soil aliphatic fraction extracted with supercritical hexane, soil microbial biomass and soil aggregate stability. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 54, pp. 415-420.
- Carter, M.R. 1992. Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of a surface soil in a humid climate. *Soil & Till. Res.* Vol. 23; pp. 361-372.
- Carter, M.R., Angers, D.A. and Kunelius, H.T. 1994. Soil structural form and stability, and organic matter under cool-season perennial grasses. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 58; pp. 1194-1199.
- Cerda, A., Ibanez, S. and Calvo, A. 1997. Design and operation of a small and portable rainfall simulator for rugged terrain. *Soil Technol.*, Vol. 11; pp. 163-170.
- Cerda, A. 1998. Soil aggregate stability under different Mediterranean vegetation types. *Catena*, Vol. 32; pp. 73-86.
- Chan, K.Y., Heenan, D.P. and Ashley, R. 1993. Seasonal changes in surface aggregate stability under different tillage and crops. *Soil and Tillage Research*, Vol. 28; pp. 301-314.

- Celik, I., Ortas, I. and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil Till. Res.* Vol. 78, pp. 59–67.
- Celik, I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil & Tillage Research*, Vol. 83, pp. 270-277.
- Chan, K.Y., Heenan, D.P. and Ashley, R. 1993. Seasonal changes in surface aggregate stability under different tillage and crops. *Soil and Tillage Research*, Vol 28; pp. 301-314.
- Chaney, K. and Swift, R.S. 1984. The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. *Journal of Soil Science*, Vol 35, pp. 223-230.
- Chenu, C. and Guérif, J. 1991. Mechanical strength of clay minerals as influenced by an adsorbed polysaccharide. *Soil Science Society of America Journal*, 55 1076–1080.
- Chesters, G., Attoe, O.J. and Allen, O.N. 1957. Soil aggregation in relation to various soil constituents. *Soil Science Society of America Proceedings*, Vol. 21; pp. 272-277.
- Churchman, G.J. and Tate, K.R. 1987. Stability of aggregates of different size grades in allophonic soils from volcanic ash in New Zeland. *Journal of Soil Science*, Vol. 38, pp. 19-27.
- Cooke, R.U., Warren, A. and Goudie, A.S. 1993. *Desert Geomorphology*. Univ. College London Press, London.
- Çağlar, K.Ö. 1958. *Toprak İlimi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:10, Ankara.
- Çanga, M. and Erpul, G. 1994. Toprak İşlemeli Tarım Alanlarında Erozyon ve Kontrolü. *Topraksu*, Vol. 3(2); pp. 14-16.
- Davis, P.H. 1988. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol.1-9, Edinb. Un. Press, Edinburgh, pp. 1965-1985.
- De Leenheer, L. and De Boodt, M. 1959. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. *Mededelingen van de Landbouwhogeschool Gent*, Vol. 24; pp. 290-300.
- De Lima, J.L.M.P., Souza, C.S. and Singh, V.P. 2008. Granulometric characterization of sediments transported by surface runoff generated by moving storms, *Nonlin. Processes Geophys.*, Vol. 15, pp. 999–1011.

- De Ploey, J. and Poesen, J. 1985. Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion. In: *Geomorphology and Soils*, pp. 99-120. Allen and Unwin, London.
- Dexter, A.R. 1988. Advances in characterization of soil structure. *Soil & Till. Res.*, Vol. 11, pp. 199-238.
- Diaz-Zorita, M., Perfect, E. and Grove, J.H. 2002. Destructive methods for assessing soil structure. *Soil & Tillage Research*, Vol. 64, pp. 3-22.
- Diaz-Zorita, M., Grove, J.H. and Perfect E. 2006. Aggregation, fragmentation, and structural stability measurement. pp. 56-59. IN: R. Lal, ed. *Encyclopedia of Soil Science*, 2nd Edition. Taylor and Francis, New York.
- Douglas, J.T. and Goss, M.J. 1982. Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland. *Soil Tillage Res.*, Vol. 2, pp. 155 - 175.
- Eagleson, P.S. 1978. Climate, soil, and vegetation. 1. Introduction to water balance dynamics, *Water Resour. Res.*, Vol. 14, pp. 705-712.
- Edwards, A.P. and Bremner, J.M. 1967. Microaggregates in soils. *J. Soil Sci.*, Vol. 18, pp. 64-73.
- Edwards, L., Burney, J.R., Richter, G. and MacRae, A.H. 2000. Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edward Island, Canada. *Agric. Ecosyst. Environ.*, Vol. 81; pp. 217-222.
- Ekwe, E.I. 1990. Effect of organic matter on splash detachment and the process involved. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 15; pp. 175-181.
- Elliott, E.T. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 50; pp. 627-633.
- Emerson, W.W. 1967. A classification of soil aggregates based on their coherence in water. *Australian Journal of Soil Research*, Vol. 5; pp. 47-57.
- Emerson, W.W. and Greenland, D.J. 1990. Soil aggregates-formation and stability. In: *Soil colloids and their associations in aggregates* (eds M. De Boodt, M. Hayes and A. Herbillon), pp. 485-511. Plenum press, New York.
- Erpul, G. ve Çanga, M.R. 2001. Toprak erozyonu çalışmaları için bir yapay yağmurlama aletinin tasarım prensipleri ve yapay yağış karakteristikleri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, Vol. 7(1), pp. 75-83.
- Erpul, G., Norton, L.D. and Gabriels, D. 2003. Sediment transport from interrill areas under wind-driven rain, *Journal of Hydrology*, Vol. 276 (1-4); pp. 184-197.

- Erpul, G. ve Saygın D.S. 2012. Ülkemizde Toprak Erozyonu Sorunu Üzerine: Ne Yapılmalı?. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*. Türkiye Toprak Bilimi Derneği, Cilt 1, Sayı 1, 26-32.
- Ersahin, S., Gunal, H., Yetgin, B., Kutlu, T. and Coban, S. 2006. Estimating specific surface area and cation exchange capacity in soils with fractal dimension of particle-size distribution. *Geoderma*, Vol. 136(3,4); pp. 588-597.
- Eynard A., Schumacher, T.E., Lindstrom M.J. and Malo, D.D. 2005. Effects of agricultural management systems on soil organic carbon in aggregates of Ustolls and Usterts. *Soil & Tillage Research*, Vol. 81; pp. 253-263.
- Farres, P.J. 1987. The dynamics of rain splash erosion and the role of soil aggregate stability. *Catena*, Vol. 14; pp. 119-130.
- Fortun, A., C. Fortun, and C. Ortega. 1989. Effect of farmyard manure and its humic fractions on the aggregate stability of a sandy loam soil. *J. Soil Sci.* Vol. 40; pp. 293–298.
- Franzluebbers, A.J. and Arshad, M.A. 1996. Soil organic matter pools during early adoption of conservation tillage in northwestern Canada. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 60; pp. 1422-1427.
- Franzluebbers, A.J. 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil Tillage Res.*, Vol. 66; pp. 197– 205.
- Frenkel, H., Goertzen, J.O. and Rhoades, J.D. 1978. Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage and electrolyte concentration on clay distribution and soil hydraulic conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 42; pp. 32-39.
- Fox, D.M., Bryan, R.B., 1999. The relationship of soil loss to slope angle for interrill erosion. *Catena*, Vol. 38; pp. 211–222.
- Hartmann, D., and C. Christiansen. 1988. Settling-velocity distribution and sorting processes on a longitudinal dune. *Earth Surf. Proc. Landforms*, Vol. 13; pp. 649-656.
- Huff, F.A. 1967. “Time distribution of rainfall in heavy storms,” *Water Resources Research*, Vol. 3(4), pp. 1007-1019.
- Gabriels, D. and De Boodt, M. 1975. A rainfall simulator for soil erosion studies in the laboratory. *Pedologie*, Vol. 2; pp. 80-86.
- Gardner, W.R. 1956. Representation of soil aggregate-size distribution by a logarithmic–normal distribution. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Vol 20; pp. 151–153.

- Giménez, D., Perfect, E., Rawls, J.W. and Pachepsky, Y. 1997. Fractal models for predicting soil hydraulic properties: a review. *Eng. Geol.*, Vol 48; pp. 161–183.
- Golchin, A., Oades, J.M., Skjemstad, J.O. and Clarke, P. 1994. Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid state ¹³C CP/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. *Australian Journal of Soil Research*, Vol 32; pp. 285-309.
- Grace, J., Lloyd, J., McIntyre, J., Miranda, A.C., Meir, P., Miranda, H.S., Nobre, C., Moncrieff, J., Massheder, J., Malhi, Y., Wriqth, I. and Gash, J. 1995. Carbon dioxide uptake by an undisturbed tropical rain forest in southwest Amazonia, *Science*, Vol. 270; pp. 778–780.
- Green, V.S., Cavigelli, M.A., Dao, T.H. and Flanagan, D.C. 2005. Soil physical properties and aggregate-associated C, N, and P distributions in organic and conventional cropping systems. *Soil Sci.*, Vol. 170; pp. 822–831.
- Greenland, D.J., Lindstrom, G.R. and Quirk, J.P. 1962. Organic materials which stabilize natural soil aggregates. *Soil Science Society of America Proceedings*, Vol. 26; pp. 366-371.
- Greenland, D.J., Rimmer, D. and Payne, D. 1975. Determination of the structural stability class of English and Welsh soils, using a water coherence test. *Journal of Soil Science*, Vol. 26 (3); pp. 294-303.
- Grieve, I.C. 1980. The magnitude and significance of soil structural stability declines under cereal cropping. *Catena*, Vol. 7; pp. 79–85.
- Griffiths, E. and Burns, R.G. 1972. Interaction between phenolic substances and microbial polysaccharides in soil aggregation. *Plant & Soil*, Vol. 36; pp. 599-612.
- Griffiths, E. and Jones, D. 1965. Microbial aspects of soil structure 1. Relationships between organic amendments, microbial colonisation, and changes in aggregate stability. *Plant & Soil*, Vol. 23; pp. 17-33.
- Guerra, A. 1994. The effect of organic matter content on soil erosion in simulated rainfall experiments in W. Sussex, UK. *Soil Use and Management*, Vol. 10, pp. 60-64.
- Günel, H., Erşahin, S., Uz, B.Y., Budak, M. and Acır, N. 2011. Soil Particle Size Distribution and Solid Fractal Dimension as Influenced by Pretreatments. *Journal of Agricultural Sciences*, Vol. 17; pp. 217-229.
- Hagen, L. J., Skidmore, E. L. and Fryrear, D. W. 1987. Using two sieves to characterize dry soil aggregate size distribution. *Transactions of the ASAE*, Vol. 30(1); pp. 162-165.

- Hairsine, P. B. and Hook, R. A. 1995. Relating soil erosion by water to the nature of the soil surface. In: *Sealing, Crusting and Hardsetting Soils: Productivity and conservation*, pp.77-91. Australian Society of soil Science, Brisbane.
- Haynes, R.J. and Swift, R.S. 1990. Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. *Journal of Soil Science*, Vol. 41, pp. 73–83.
- Haynes, R.J., Swift, R.S. and Stephen, R.C. 1991. Influence of mixed cropping rotations (pasture-arable) on organic matter content, water-stable aggregation and clod porosity in a group of soils. *Soil and Tillage Research*, Vol. 19; pp. 77-87.
- Haynes, R.J. 1993. Effect of sample pretreatment on aggregate stability measured by wet sieving or turbidimetry on soils of different cropping history. *Journal of Soil Science*, Vol. 44; pp. 261–270.
- Henin, S. 1938. Etude physico-chimique de la stabilite structurale des terres. These de doctorat, Universite de Paris.
- Herrick, J. E., Whitford, W. G., De Soyza, A. G., Van Zee, J. W., Havstad, K. M., Seybold, C. A. and Walton, M. 2001. Soil aggregate stability kit for field-based soil quality and rangeland health evaluations. *Catena*, Vol. 44, pp. 27–35.
- Huang, G. and Zhang, R. 2005. Evaluation of soil water retention curve with the pore–solid fractal model. *Geoderma*, Vol. 127, pp. 52–61.
- Hwang, S.I., Lee, K.P., Lee, D.S., Powers, S.E., 2002. Models for estimating soil particle-size distributions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 66; pp. 1143–1150.
- Imeson, A.C. and Vis, M. 1984. Assessing soil aggregate stability by water-drop impact and ultrasonic dispersion. *Geoderma*, Vol. 34, pp. 185–200.
- İç, S. ve Gülser, C. 2008. Tütün atığının farklı bünyeli toprakların bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, Vol. 23(2), pp. 104-109.
- Janzen, H.H., Campbell, C.A., Brandt, S.A., Lafond, G.P. and Townley-Smith, L. 1992. Ligth fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 56; pp. 1799-1806.
- Jastrow, J.D. and Miller, R.M. 1991. Methods for assessing the effects of biota on soil structure. *Agric., Ecosystems & Environm.*, Vol. 34; pp. 279-303.
- Jastrow, J.D. 1996. Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 28; pp. 665-676.
- Jin, V.L., Johnson, M.V.V., Haney, R.L. and Arnold, J.G. 2011. Potential carbon and nitrogen mineralization in soils from a perennial forage production system amended with class B biosolids. *Agric. Ecosyst. Environ.*, Vol. 141; pp. 461–465.

- Jingi, B.B., Danladi, U.D., Ahmed, A.S. and Abubakar, Y. 2011. The Effect of Rainfall on Aggregate Stability and Splash Erosion on Some Agricultural Soils of Borno State, Nigeria. AU J.T., Vol. 15(1); pp. 45-48.
- Karaca, A., Öztürk, H. S., Bayramin, İ., Erpul, G. ve Suiçmez, B.K. 2008. Küresel ısınma ve ülkemiz tarımına etkileri. Türktarım, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi, 179. pp. 24-29.
- Kavdır, Y., Ozcan, H., Ekinçi, H. and Yiğini, Y. 2004. The influence of clay content, organic carbon and land use types on soil aggregate stability and tensile strength. Turk J Agric For., Vol. 28: pp. 155-162.
- Kay, B.D., Angers, D.A., Groenevelt, P.H. and Baldock, J.A. 1988. Quantifying the influence of cropping history on soil structure. Can. J. Soil Sci. Vol. 68, pp. 359-368.
- Kazman Z, Shainberg I, Gal M. 1983. Effect of low levels of exchangeable Na and applied phosphogypsum on the infiltration rates of various soils. Soil Science, Vol. 135; pp. 184–192.
- Kemper, W.D. and Chepil, W.S. 1965. Size distribution of aggregates. In: Methods of soil analysis, Part 1 (Ed. C.A. Black), pp. 499-510. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Kemper, W.D. and Koch, E. 1966. Aggregate stability of soils from western United States and Canada. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin, no 1355.
- Kemper, W. D. and Rosenau, R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Methods of Soil Analysis, part 1. Agronomy Monographs, 9 (ed. A. Klute). American Society of Agronomy, Madison, WI.
- King, J.A. and Evans, E.J. 1989. The growth of spring barley related to soil tillage produced on restored opencast and unmined land. Soil and Tillage Research, Vol. 14, pp. 115-130.
- Kittleman, L.R. 1964. Application of Rosin's distribution in size frequency analysis of clastic rocks. J. Sediment. Petrol., Vol. 34; pp. 483-502.
- Koorevaar, P., Menelik, G. and Dirksen, C. 1983. Elements of Soil Physics. Elsevier Science Publishers, The Netherlands.
- Kömüşçü, A. Ü., Dorum, A. ve Ceylan, A. 2003 Yağış Şiddeti ve Tekerrür Sürelerine Göre Sel ve Taşkın Riski Analizi. III. Atmosfer Bilimi Sempozyumu.
- Kravchenko, A.N. and Zhang, R., 1997. Estimation of soil water retention function from texture and structure data: fractal approach. In: Novak, M.M., Dewey, T.G. (Eds.), Fractal Frontiers. World Scientific, Singapore, pp. 329–338.

- Lal, R. 1988. Effect of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.*, Vol. 24; pp. 101–116.
- Lal, R. and Pierce, F.J. 1991. The vanishing resource. pp. 1-5. In Lal, R. & F.J. Pierce (eds.). *Soil management for sustainability*. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa.
- Laws, J. O. 1941. Measurements of the fall velocity of waterdrops and raindrops. *Trans. Amer. Geophys. Union*, Vol. 24; pp. 452-460.
- Lax, A. and Garcia-Orenes, F. 1993. Carbonhydrates of municipal solid wastes as aggregation factor of soils. *Soil Technol.*, Vol 6; pp. 157-162.
- Le Bissonnais, Y. and Singer, M.J. 1993. Seal formation, runoff and interrill erosion from seventeen California soils. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 57, pp. 224–229.
- Le Bissonnais, Y. 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science*, Vol. 47, pp. 425-437.
- Le Bissonnais, Y. and Arrouays, D. 1997. Aggregate stability and assesment of soil crustability and erodibility: II. Aplication to humic loamy soils with various organic carbon contents. *European Journal of Soil Science*, Vol. 48; pp. 39-48.
- Legout, C., Leguedois, S. and Le Bissonnais, Y. 2005. Aggregate breakdown dynamics under rainfall compared with aggregate stability measurements. *Eur. J. Soil Sci.*, Vol. 56; pp. 225–237.
- Loch, R.J. 1994. A method for measuring aggregate water stability of dryland soils with relevance to surface seal development. *Aust. J. Soil Res.*, Vol. 32, pp. 687-700.
- Loch, R. J. and Foley, J.L. 1994. Measurement of aggregate breakdown under rain: comparison with tests of water stability and relationship with field measurements of infiltration. *Australian Journal of Soil Research*, 32, 701-720.
- Low, A.J. 1967. Measurement of stability of moist soil aggregates to falling waterdrops according to Low. In: *West-European Methods for Soil Structure Determination*, pp.51-78. State faculty of agricultural sciences, Gent.
- Lynch, J.M. and Bragg, E. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. *Adv. Soil Sci.* Vol. 2; pp. 133-171.
- Malinda, D.K. 1995. Factors in conservation farming that reduce erosion. *Aust. J. Exp. Agric.*, Vol. 35; pp. 969-78.
- Mandelbrott, B.B. 1999. *The Fractal Geometry of Nature*. W.H. Freeman and Company, New York.

- Manichon, H. 1987. Observation Morphologique De l'état Structural Et Mise En Evidence D'effets De Compactage Des Horizons Travailles. In *Soil Compaction and Regeneration*; Monnier, G., Goss, M.J., Eds.; Balkema: Rotterdam, pp. 39–52.
- Martin, J.P., Martin, W. P., Page, J.B., Ranev, W.A. and De Ment, J.D. 1955. Soil-aggregation. *Advances in Agronomy*, Vol. 7, pp. 1-37.
- Mbagwu, J.S.C., Piccolo, A. and Spallaci, P. 1991. Effects of field application of organic wastes from different sources on chemical rheological and structural properties of some Italian surface soils. *Bioresour. Technol.*, Vol. 37; pp. 71-78.
- Mermut, A.R., Luk, S.H., Römken, M.J.M. and Poesen, J.W.A. 1997. Soil loss by splash and wash during rainfall from two loess soils. *Geoderma*, Vol. 75, pp. 203–214.
- Metzger, L., Levanon, D. and Mingelgrin, U. 1987. The effect of sewage sludge on soil structural stability: Microbial aspects. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51, 346–351.
- Meyer, L.D. 1965. Simulation of rainfall for soil erosion research *Trans. ASAE*, Vol. 8, pp. 63–65.
- Meyer, L.D., Harmon, W.C. and McDowell, L.L. 1980. Sediment size eroded from crop row sideslopes. *Trans. ASAE*, Vol. 23, pp. 891–898.
- Meyer, L.D. 1981. How rain intensity affects interrill erosion. *Transactions of the ASAE*, Vol 24(6); pp.1472-1475.
- Meyer, L.D. and Harmon, W.C. 1984. Susceptibility of agricultural soils to interrill erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 48, pp. 1152-1157.
- Monnier, G. 1965. Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols. *Annales Agronomiques*, Vol. 16, pp. 327–400.
- Moore, D.C. and Singer, M.J. 1990. Crust formation effects on soil erosion processes. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 54, pp. 1117-1123.
- Morgan, R.P.C. 1995. *Soil erosion and conservation*. Malaysia. Longman.
- Munkholm, L. and Perfect, E. 2005. Brittle fracture of soil aggregates: Weibull models and method of parameter estimation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 69; pp. 1565–1571.
- Mutchler, C.K. and Moldenhauer, W.C. 1963. Applicator for laboratory rainfall simulator. *Trans. ASAE*, Vol. 6, pp. 220-222.

- Nearing, M.A., Bradford, J.M. and Parker, S.C. 1991. Soil detachment by shallow flow at low slopes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 55, pp. 339–344.
- Nearing, M.A, Pruski, F.F. and O'neal, M.R. 2004. Expected climate change impacts on soil erosion rates: A review, *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 59 (1); pp. 43-50.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis*. Page, A.L. (Ed) Part 2, 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA. And SSSA, Madison, WI, pp. 539-579.
- Oades, J.M. 1984. Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management. *Plant Soil*, Vol. 76; pp. 319-337.
- Oldeman, L.R. 1991. Global extent of soil degradation. Bi-annual Report. International Soil Reference and Information Center. Wageningen, The Netherlands: pp. 19-36.
- Oztaş, T., Canpolat, M.Y. and Sönmez, K. 1999. Strength of Individual Soil Aggregates Against Crushing Forces II. Influence of Selected Soil Properties. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, Vol. 23, pp. 573-577.
- Pachepsky, Y.A., Shcherbakov, R.A. and Kosunskaya, L.P. 1995. Scaling of soil water retention using a fractal model. *Soil Sci.*, Vol. 159, pp. 99–104.
- Perfect, E. and Kay, B.D. 1990. Relationship between aggregate stability and organic components for a silt loam. *Canadian Journal of Soil Science*, Vol. 70, pp. 731-735.
- Perfect, E., Kay, B.D. Van Loon, W.K.P., Sheard, R.W. and Pojasok, T. 1990. Factors influencing soil structural stability within a growing season. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 54, pp. 173-179.
- Perfect, E. and Kay, B.D. 1991. Fractal theory applied to soil aggregation. *Soil Science Society of American Journal*, Vol. 55, pp. 1552-1558.
- Perfect, E., Rasiyah, V. and Kay, B.D. 1992. Fractal dimensions of soil aggregate-size distributions calculated by number and mass. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 56; pp. 1407–1409.
- Perfect, E., and Kay, B.D. 1995. Brittle fracture of fractal cubic aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 59, pp. 969-974.
- Perfect, E. and Blevins, R.L. 1997. Fractal characterization of soil aggregation and fragmentation as influenced by tillage treatment. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 61, pp. 896–900.

- Perrier, E.M.A. and Bird, N.R.A. 2002. Modelling soil fragmentation: the pore solid fractal approach. *Soil & Tillage Research*, Vol. 64; pp. 91–99.
- Pikul, J.L., Osborne, S., Ellsbury, M. and Riedell, W. 2007. Particulate Organic Matter and Water-Stable Aggregation of Soil under Contrasting Management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 71; pp. 766–776.
- Pinnick, R.G., Fernandez, G., Hinds, B.D., Bruce, C.W., Schafer, R.W. and Pendleton, J.D. 1985. Dust generated by vehicular traffic on unpaved roadways: Sizes and infrared extinction characteristics. *Aerosol Sci. Technol.*, Vol. 4; pp. 99-121.
- Pojasok, T. and Kay, B.D. 1990. Assessment of a combination of wet sieving and turbidimetry to characterize the structural stability of moist aggregates. *Canadian Journal of Soil Science*, Vol. 70; pp. 33-42.
- Renard, K.G., Foster, G.A., Weesies, D.A., McCool, D.K. and Yoder, D.C. 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *Agriculture Handbook No. 703*. USDA, Washington, DC.
- Qiang, M., Wan-Tai, Y., Zhao, S.H. and Zhang, L. 2007. Relationship between water-stable aggregates and nutrients in black soils after reclamation. *Pedosphere*, Vol. 17(4), pp. 538–544.
- Rawls, W.J., Brakensiek, D.L., Logsdon, S.D., 1993. Predicting saturated hydraulic conductivity utilizing fractal principles. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 57; pp. 1193–1197.
- Reichert, J.M. & L.D. Norton. 1994. Aggregate stability and rain-impacted sheet erosion of air-dried and prewetted clayey surface soils under intense rain. *Soil Sci.* Vol. 158; pp. 159-169.
- Reid, J.B. and Goss, M.J. 1980. Changes in the aggregate stability of a sandy loam effected by growing roots of perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 31; pp. 325-328.
- Rhoades, J.D. 1986. Cation Exchange Capacity. *Chemical and Microbiological Properties*. In: *Methods of Soil Analysis, Part II*. Pp.149-157. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9(2nd ed), Madison.
- Richards, L. A. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils* U.S. Diph. of Agricultural Hand Book No. 60-USA.
- Rieu, M. and Sposito, G., 1991. Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties. II. Applications. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55, 1239–1244.

- Roberson, E.B., Sarig, S. and Firestone, M.K. 1991. Cover crop management of polyaccharides-mediated aggregation in an orchard soil. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 55; pp. 734-739.
- Römken, M.J.M., Roth, C.B. and Nelson, D.W. 1977. Erodibility of selected clay subsoils in relation to physical and chemical properties. *Soil Science Society of American Journal*, Vol. 56; pp. 1604-1609.
- Römken, M.J.M., Prasad, S.N. and Poesen, J.W.A. 1986. Soil erodibility and properties, Proceedings of the 13 th Congress of the International Soil Science Society, pp. 492-504.
- Römken, M.J.M., Prasad, S.N. and Helming, K. 1997. Effect of negative soil water pressures on sediment concentration in runoff. In: Wang, S.S.Y., Langendoen, E.H., Shields, F.D. (Eds.), *Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision*. The University of Mississippi, Oxford, pp. 1002–1007.
- Saygın, D.S., Topcu, P., Ozkan, M., Erpul, G. and Bayramin, I. 2009. Variations in Spatial and Temporal Distribution of Rainfall Erosivity Index of RUSLE Technology in the Mediterranean Part of Turkey. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11, EGU2009-4973, Geoscience General Assembly, Vienna, Austria.
- Saygın D.S., Basaran, M., Ozcan, A.U., Dolarslan, M. Timur, O.B., Yilman, F.E. and Erpul, G. 2011. Land degradation assessment by geo-spatially modeling different soil erodibility equations in a semi-arid catchment. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 180; pp. 201-215.
- Saygın D.S., Cornelis, W., Gabriels, D., Erpul, G. 2012. Comparison of different aggregate stability approaches for loamy sand soils. *Applied Soil Ecology*, Vol. 54, pp. 1-6.
- Schiettecatte, W., Gabriels, D., Cornelis, W.M., Hofman, G., 2008. Enrichment of organic carbon in sediment transport by interrill and rill erosion processes. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 72, pp. 50-55.
- Shainberg, I. 1992. Chemical and mineralogical components of crusting. In: *soil crusting: Physical and chemical processes*, pp. 33-54. Lewis, Boca Raton, Florida.
- Sharon, D. 1980. The distribution of hydrologically effective rainfall incident on sloping ground. *J. Hydrol. (Amsterdam)*, Vol. 46; pp. 165–188.
- Sheldrick, B.H. and Wang, C. 1993. Particle Size Distribution. In *Soil Sampling and Methods of Analysis*; Carter, M.R., Ed.; Canadian Society of Soil Science: Ottawa, Ontario, Canada, pp. 499–511.

- Shirazi, M.A. and Boersma, L. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 48; 142-147.
- Sideri, D.I. 1938. On the formation of structure in soil: IV. The structure of mixed clay-sand and clay-humus formations. *Soil Science*, Vol. 46; pp. 129-136.
- Six, J., Elliot, E.T. and Paustian, K. 2000. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology & Biochemistry* Vol. 32; pp. 2099–2103.
- Soil Survey Staff. 1996. *Soil Survey Laboratory methods manual*. Soil Survey Investigations Rep. 42, Version 2.0, National Soil Survey Center, Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, Lincoln, NE, pp. 693–1036.
- Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey*. U.S.D.A. Handbook No:436, Washington D.C.
- Sokolowska, Z., Hajnos, M., Hoffmann, C., Renger, M. and Sokolowski, S. 2001. Comparison of fractal dimensions of soils estimated from adsorption isotherms, mercury intrusion, and particle-size distribution. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* Vol. 164, pp. 591–599.
- Stengel, P., Douglas, J.T., Guérif, J., Goss, M.J., Monnier, G. and Cannell, R.Q. 1984. Factors influencing the variation of some properties of soils in relation to their suitability for direct drilling. *Soil and Tillage Research*, Vol. 4, pp. 35-53.
- Strickling, E. 1950. The effect of soy beans on volume weight and water stability of soil aggregates, soil organic matter content, and crop yield. *Soil Science Society of America Proceedings*, Vol. 15; pp. 30-34.
- Su, Y.Z., Zhao, H.L., Zhao, W.Z. and Zhang, T.H. 2004. Fractal features of soil particle size distribution and the implication for indicating desertification. *Geoderma*, Vol. 122, pp. 43–49.
- Sullivan, L.A. 1990. Soil organic matter, air encapsulation and water-stable aggregation. *Journal of Soil Science*, Vol. 41, pp. 529-534.
- Swaby, R.J. 1950. The influence of humus on soil aggregation. *Journal of Soil Science* Vol. 1; pp. 182-194.
- Swift, R.S. 1990. Effects of humic substances and polysaccharides on soil aggregation. Pp. 153-162. In: *Advances in Soil Organic Matter Research: the Impact on Agriculture and the Environment* (ed. W.S. Wilson). Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.
- Tejada M. and Gonzalez J.L. 2007. Influence of organic amendments on soil structure and soil loss under simulated rain. *Soil Tillage Resources*, Vol. 93; pp. 197–205.

- Thomas, G.W. 1986. Exchangeable Cations. In: *Methods of Soil Analysis, Part II, Chemical and Microbiological Properties*. pp:159-164. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9(2nded), Madison.
- Timlin, D.J., Ahuja, L.R., Pachepsky, Y.A., Williams, R.D., Giménez, D. and Rawls, D. 1999. Use of Brooks–Corey parameters to improve estimates of saturated conductivity from effective porosity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 63; pp. 1086–1092.
- Tisdall, J.M. and Oades, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, Vol. 33, pp. 141–163.
- Toledo, P.G., Novy, R.A., Davis, H.T. and Scriven, L.E., 1990. Hydraulic conductivity of porous media at low water content. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 54; pp. 673–679.
- Torri, D., Poesen, J. and Borselli, L. 1997. Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset. *Catena*, Vol. 31, pp. 1 – 22.
- Torri, D., Poesen, J. and Borselli, L. 2002. Corrigendum to “Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset”[*Catena* 31 (1997) 1–22] and to “Erratum to Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset. [*Catena* 32 (1998) 307–308]” *Catena* 46 (2002) 309–310.
- Trott, K.E. and Singer, M. J. 1983. Relative erodibility of 20 California range and forest soils. *Soil Science society of America Journal*, 47, 753-759.
- Truman, C.C., Bradford, J.M. and Ferris J.E. 1990. Antecedent water content and rainfall energy influence on soil aggregate breakdown. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 54, pp. 1385-1392.
- Turgut, B. ve Aksakal, E.L. 2010. Fiğ samanı ve ahır gübresi uygulamalarının toprak aşınım parametreleri üzerine etkileri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Vol. 11 (1), pp. 1-10.
- Tüzüner, A. 1990. *Toprak ve Su Analiz Laboratuarları El Kitabı*. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Tyler, S.W. and Wheatcraft, S.W. 1989. Application of fractal mathematics to soil water retention estimation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 53; pp. 987–996.
- Tyler, S.W. and Wheatcraft, S.W. 1990. Fractal processes in soil water retention. *Water Resour. Res.* Vol. 26; pp. 1047–1054.
- Tyler, S.W. and Wheatcraft, S.W. 1992. Fractal scaling of soil-particle size distributions: Analysis and Limitations. *Soil Science Society of American Journal*, Vol. 56; pp. 362-369.

- Unger, P.W. 1995. Organic matter and water-stable aggregate distribution in ridge-tilled surface soil. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 59; pp. 1141-1145.
- Valmis S, Dimoyiannis D, Danalatos NG (2005) Assessing interrill erosion rate from soil aggregate instability index, rainfall intensity and slope angle on cultivated soils in central Greece. *Soil and Tillage Res.* Vol. 80(1-2); pp. 139-147.
- Wagner, L.E. and Ding, D. 1994. Representing aggregate size distributions as modified Log-normal distributions. *Trans. ASAE*, Vol. 37; pp. 815-821.
- Whalen, J.K., Q. Hu, and A. Liu. 2003. Compost applications increase water stable aggregates in conventional and no-tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 67, pp. 1842-1847.
- Weill, A.N., Kimpe, C.R.D. and McKyes, E. 1988. Effect of tillage reduction and fertilizer on soil macro-and microaggregation. *Can. J. Soil Sci.*, Vol. 68, pp. 489-500.
- Williams, R.J.B. 1971. Relationships between the composition of soils and physical measurements made on them. Report of Rothamsted Experimental Station for 1970, Part 2, 5-35.
- Williams, P.C. 2001. Implementation of near-infrared technology. In: *Near infrared technology in the agricultural and food industries (second edition)*, Williams, P.C. & Norris, K. (eds). Chapter 8, 145-169.
- Wischmeier, W.H. and Mannering, L.V. 1969. Relation of soil properties to its erodibility. *Soil Science Society of America Proceedings*, Vol. 33; pp. 131-137.
- Wischmeier, W.H., Johnson, C.B. and Cross, B.W. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 26(5), pp. 189-193.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to erosion planning. *Agriculture Handbook*, vol. 537. United States Department of Agriculture, Washington, D.C., 58 pp.
- Wohletz, K.H., Sheridan, M.F. and Brown, W.K. 1989. Particle size distributions and the sequential fragmentation/transport theory applied to volcanic ash. *J. Geophys. Res.*, Vol. 94; 15703-15721.
- Xu, Y. 2004. Calculation of unsaturated hydraulic conductivity using a fractal model for the pore-size distribution. *Comput. Geotech.*, Vol. 31; pp. 549-557.
- Yoder, R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal of American Society of Agronomy*, Vol. 28, pp. 337-351.

- Young, R.A. 1984. A method of measuring aggregate stability under waterdrop impact. *Trans. ASAE*, Vol. 27, pp. 1351-1354.
- Young, R.A. & Onstad, C.A. 1978. Characterization of rill and interrill eroded soil. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, Vol. 21, pp. 1126–1130.
- Zebarth, B.J., Neilsen, J.H., Hogue, E. and Neilsen D. 1999. Influence of organic waste amendment on selected soil physical and chemical properties. *Can. J. Soil Sci.*, Vol. 79, pp. 501-504.
- Zobeck, T. M., Sterk, G., Funk, R., Rajot, J.-L., Stout, J.E. and Van Pelt, R.S. 2003. Measurement and data analysis methods for field-scale wind erosion studies and model validation. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 28(11), pp. 1163-118.

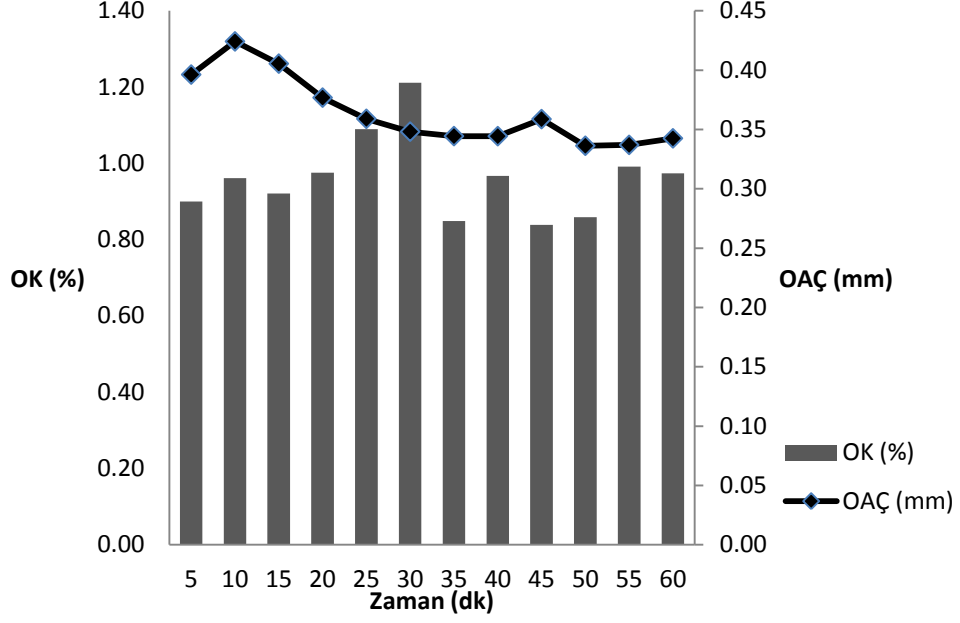
EKLER

- EK 1 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler
- EK 2 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler
- EK 3 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler
- EK 4 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler
- EK 5 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler
- EK 6 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler
- EK 7 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında sıçrayan sedimentler için OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler
- EK 8 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler
- EK 9 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler
- EK 10 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler
- EK 11 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamları arasındaki ilişkiler

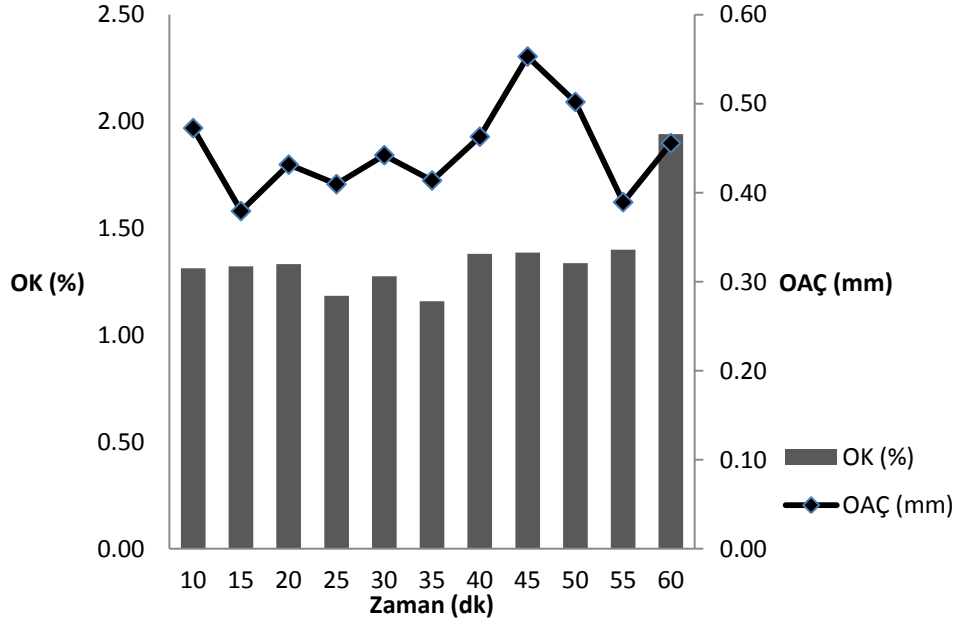
- EK 12 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamaları arasındaki ilişkiler
- EK 13 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamaları arasındaki ilişkiler
- EK 14 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamaları arasındaki ilişkiler
- EK 15 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamaları arasındaki ilişkiler
- EK 16 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamaları arasındaki ilişkiler
- EK 17 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamaları arasındaki ilişkiler
- EK 18 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında sıçrama ve yüzey akış sedimentleri için OAC (mm) ve OK (%) kapsamaları arasındaki ilişkiler
- EK 19 Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi
- EK 20 Sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin erozyon duyarlılıklarının zamana göre modellenmesi

EK 1 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

İşlemeli tarım alanı (Sıçrama - %9 - 80 mm/saat)

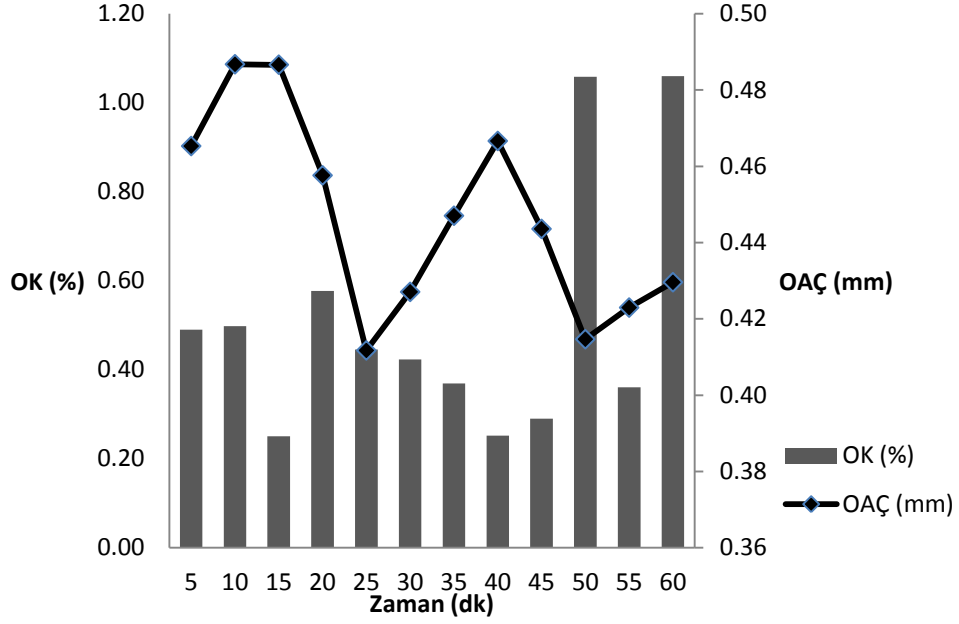


İşlemeli tarım alanı (Y. Akış - %9 - 80 mm/saat)

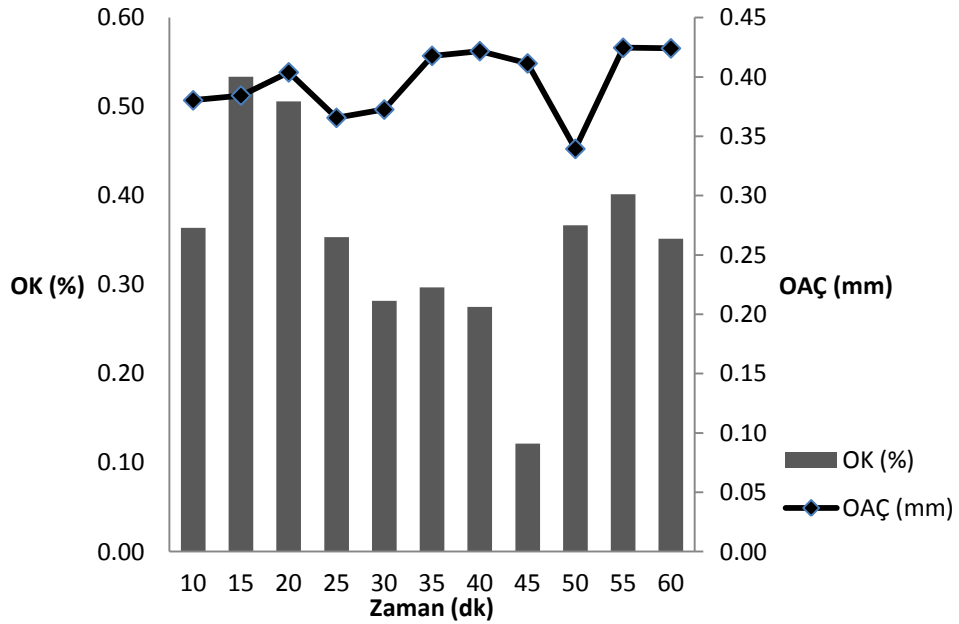


EK 2 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

İşlemeli tarım alanı (Sıçrama - %15 - 80 mm/saat)

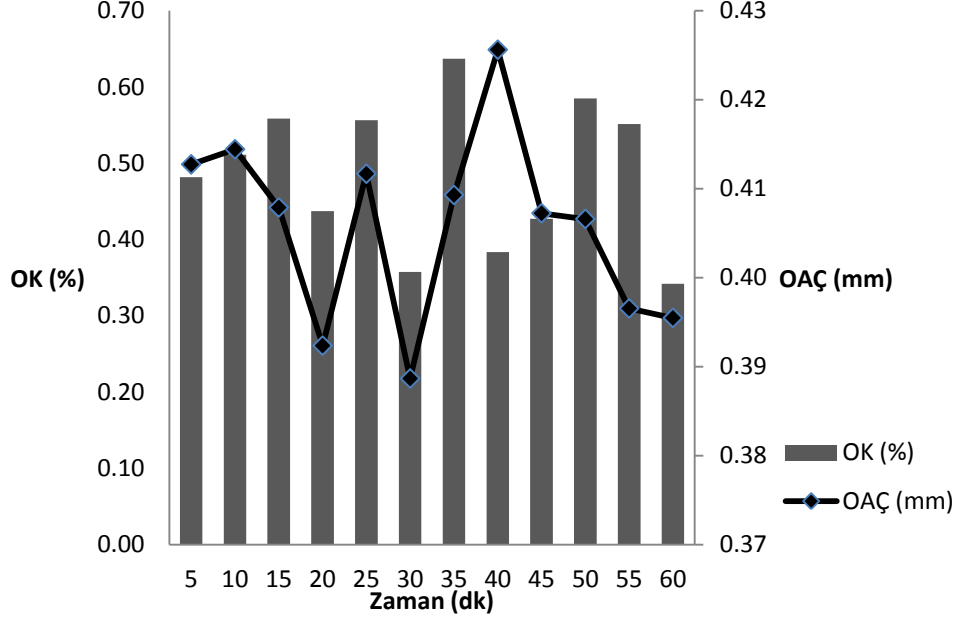


İşlemeli tarım alanı (Y. Akış - %15 - 80 mm/saat)

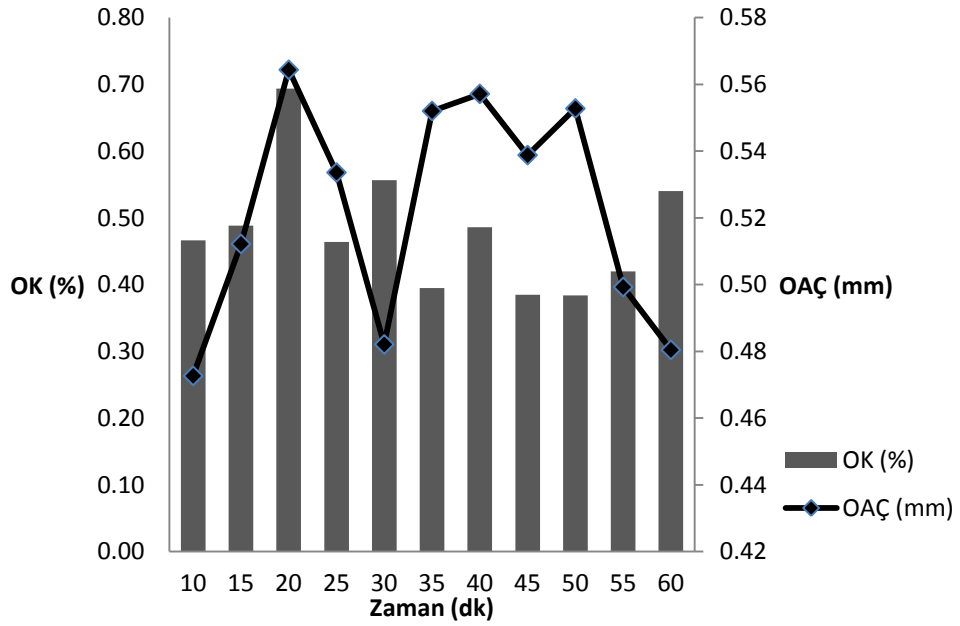


EK 3 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAC (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

İşlemeli tarım alanı (Sıçrama - %20 - 80 mm/saat)

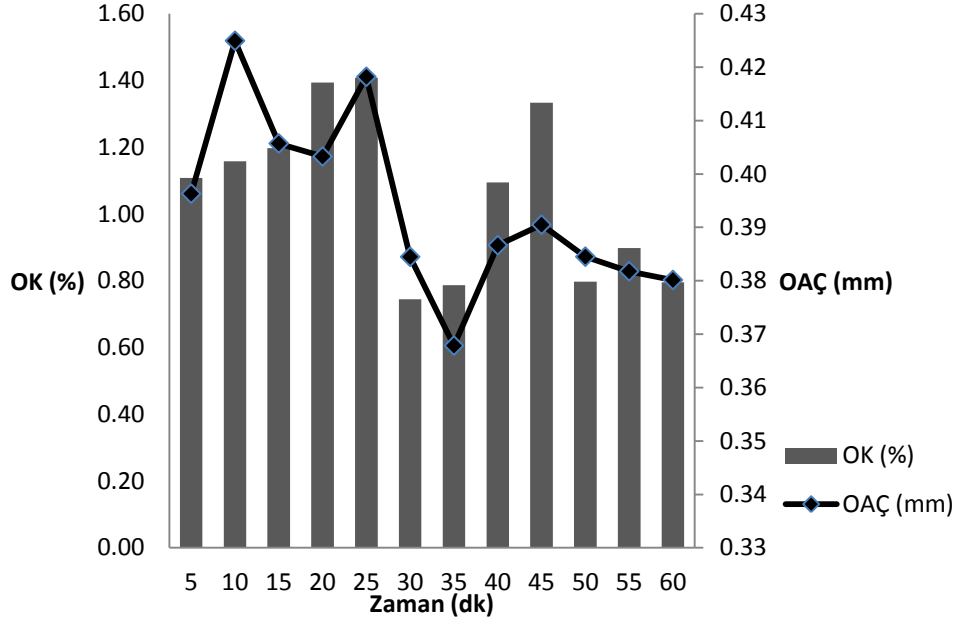


İşlemeli tarım alanı (Y. Akış - %20 - 80 mm/saat)

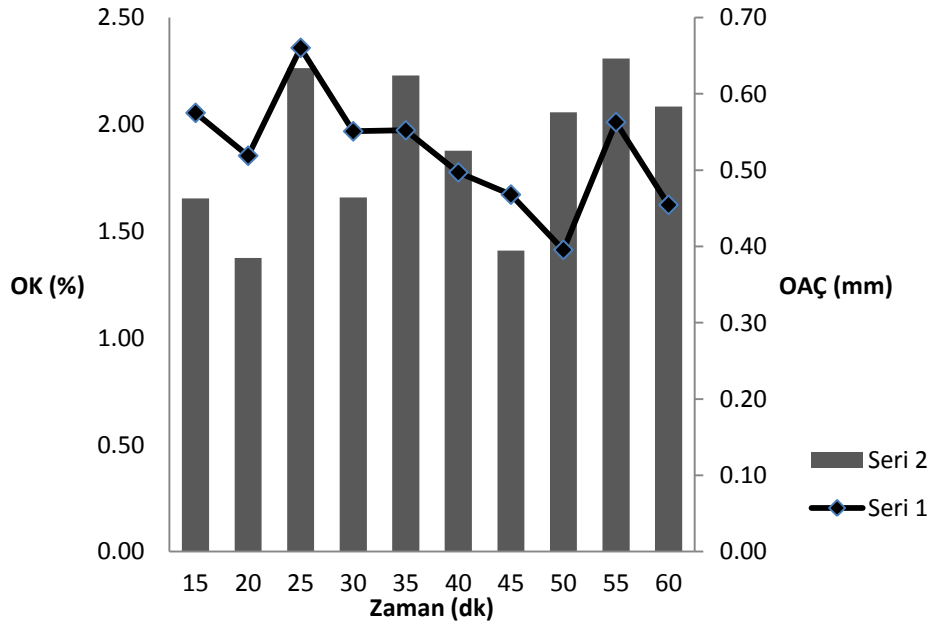


EK 4 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

Mera (Sıçrama - %9 - 80 mm/saat)

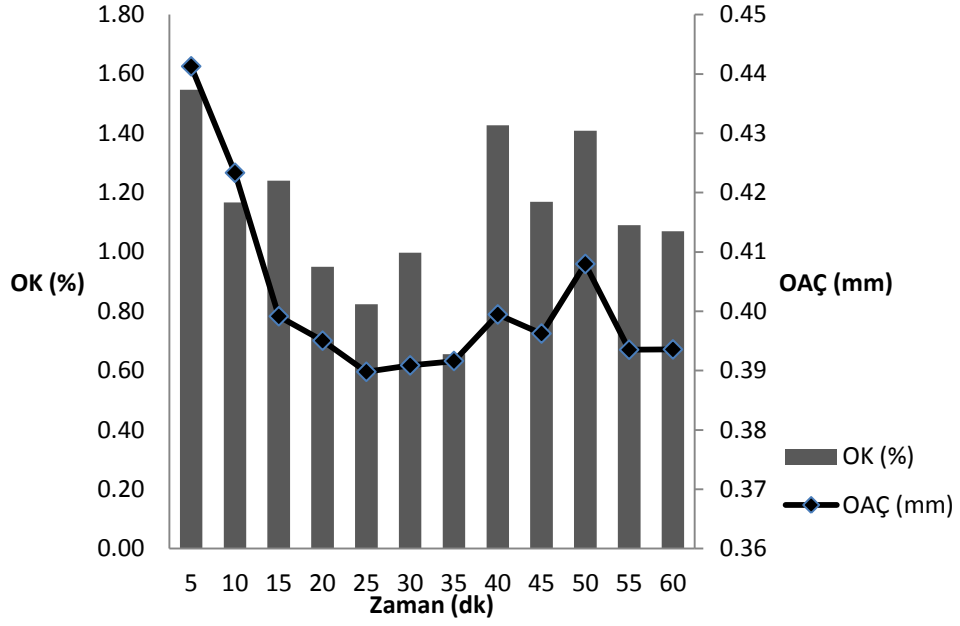


Mera (Y. Akış - %9 - 80 mm/saat)

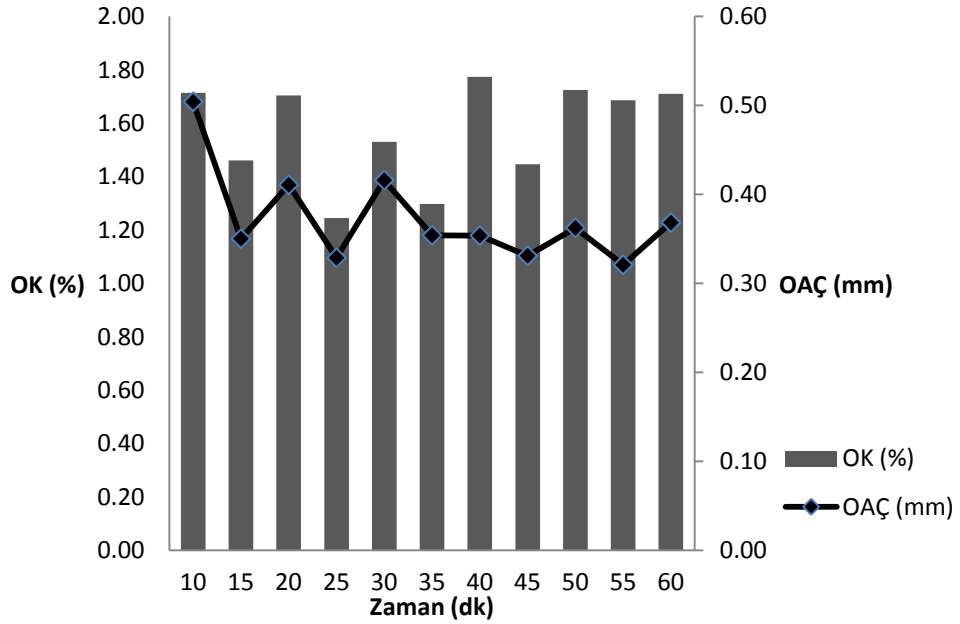


EK 5 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamlarında zamana göre gözlemlenen değişimler

Mera (Sıçrama - %15 - 80 mm/saat)

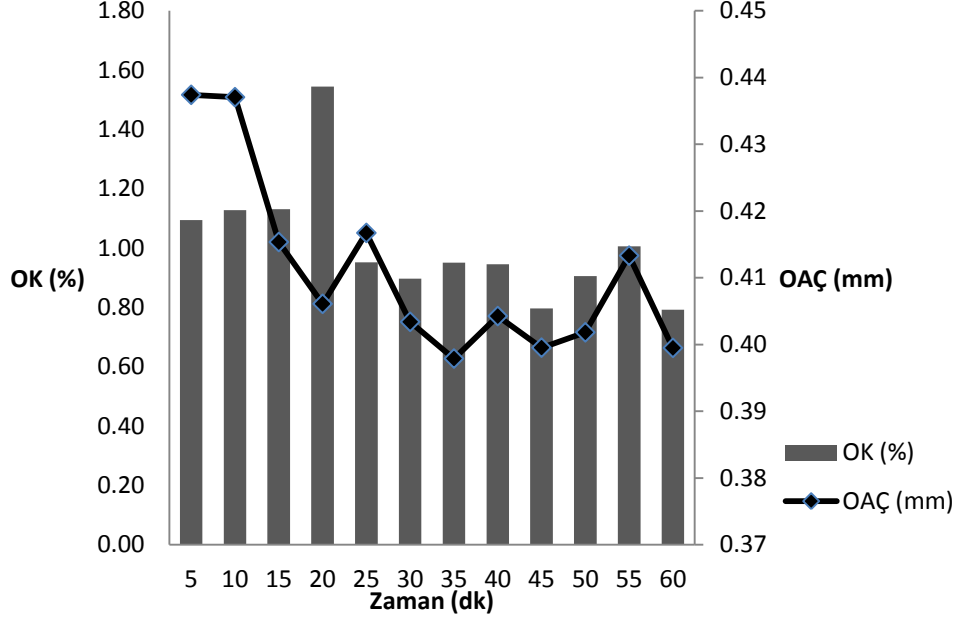


Mera (Y. Akış - %15 - 80 mm/saat)

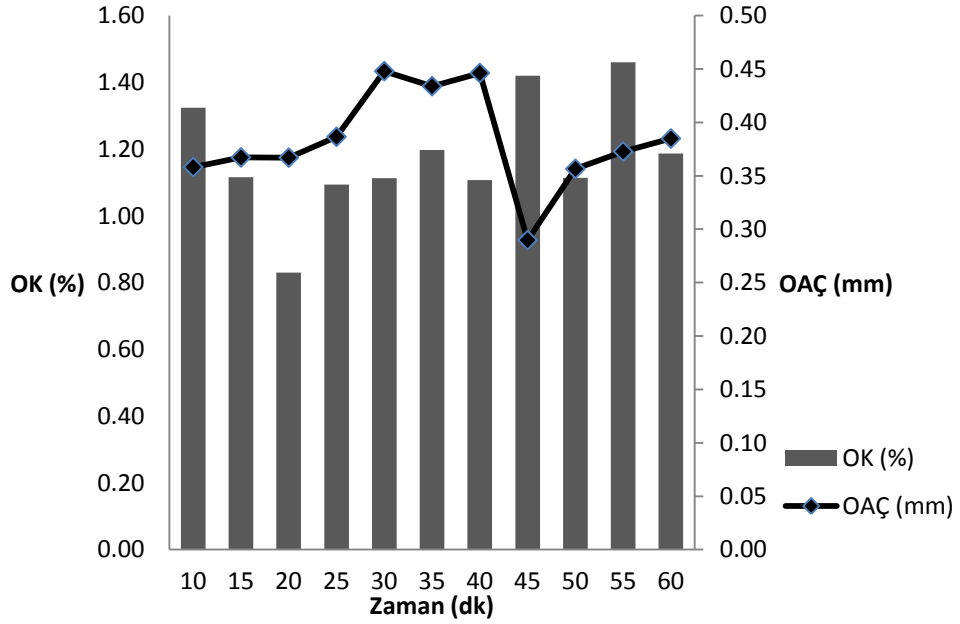


EK 6 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

Mera (Sıçrama - %20 - 80 mm/saat)

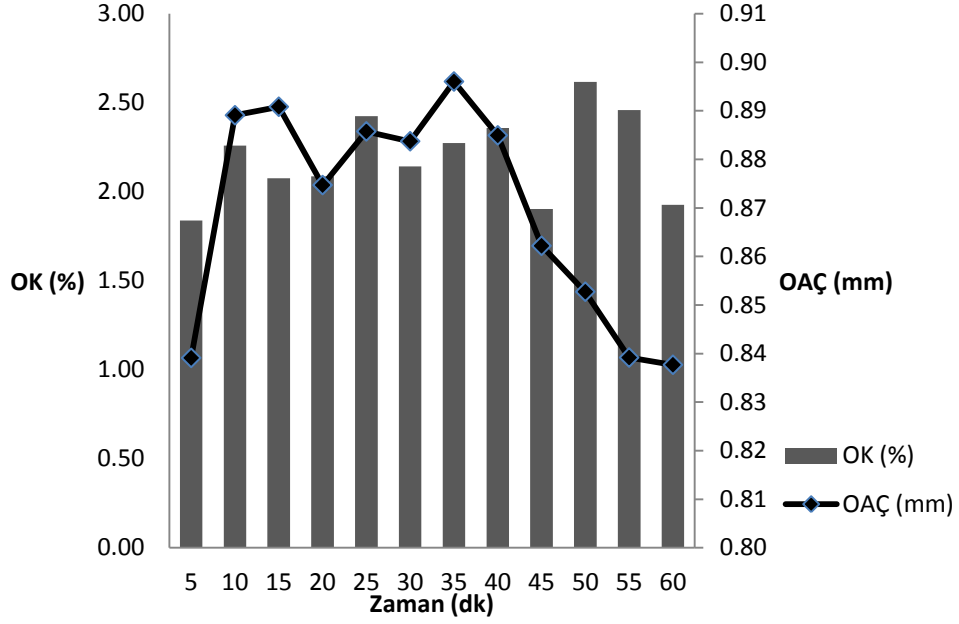


Mera (Y. Akış - %20 - 80 mm/saat)



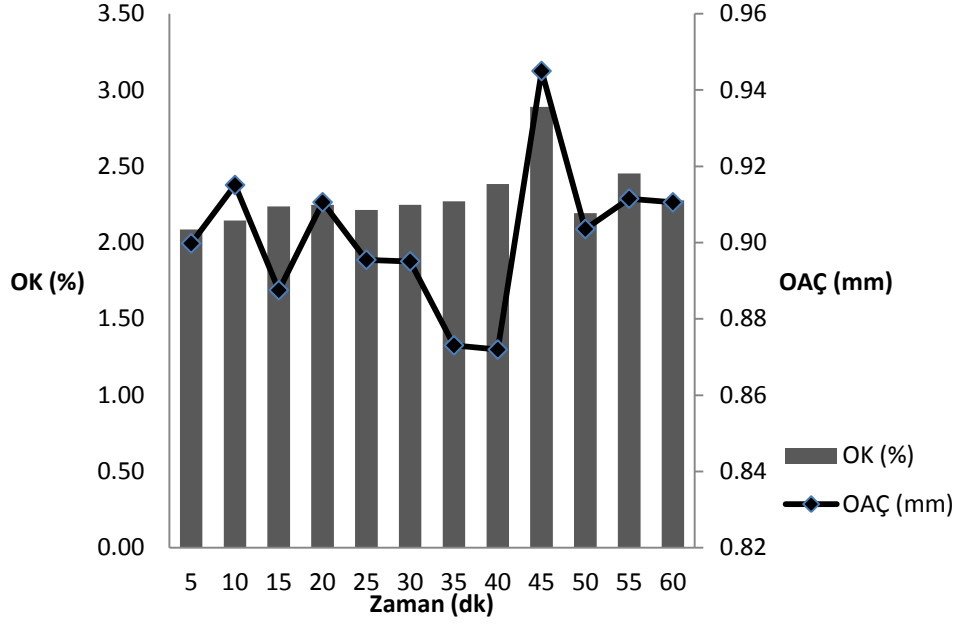
EK 7 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında, sıçrayan sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

Ağaçlandırma alanı (Sıçrama - %9 - 80 mm/saat)

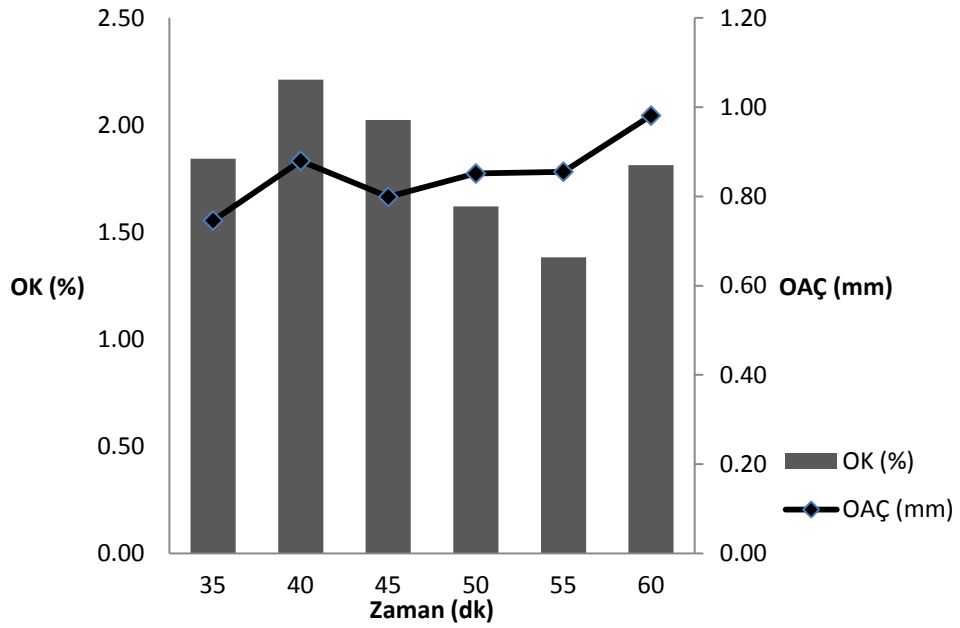


EK 8 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

Ağaçlandırma alanı (Sıçrama - %15 - 80 mm/saat)

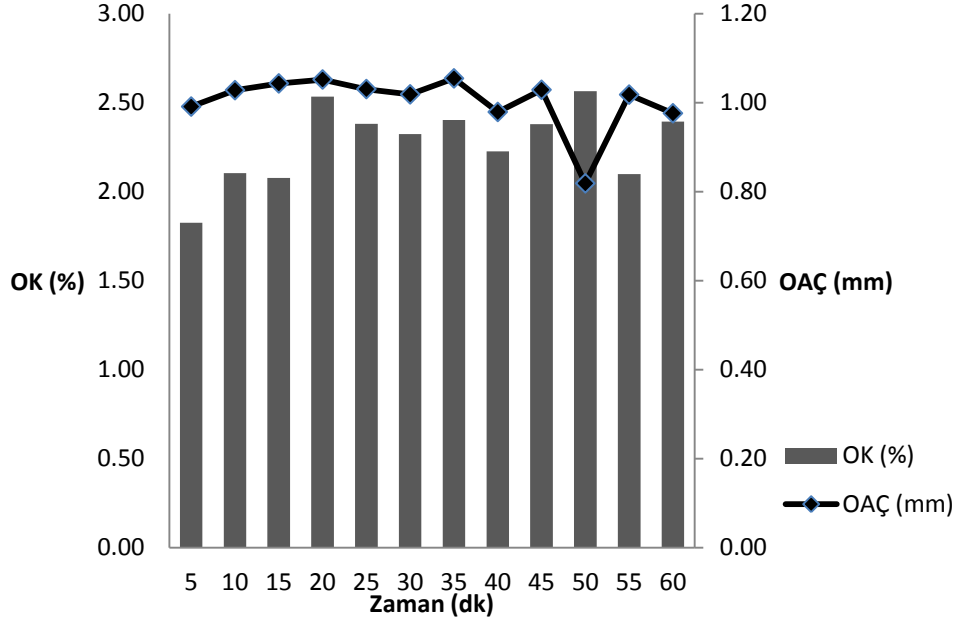


Ağaçlandırma alanı (Y. Akış - %15 - 80 mm/saat)

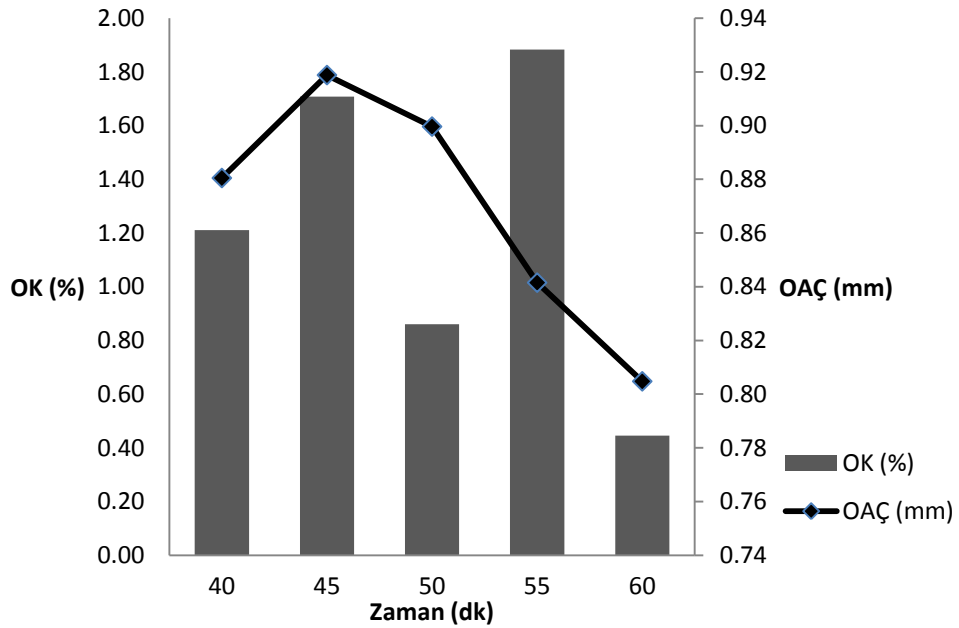


EK 9 80 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

Ağaçlandırma alanı (Sıçrama - %20 - 80 mm/saat)

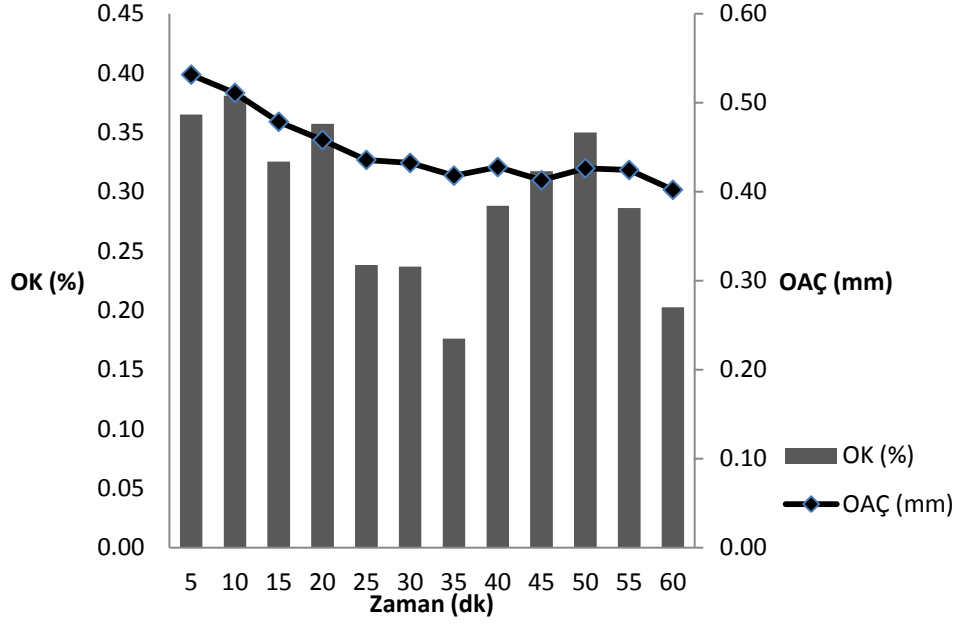


Ağaçlandırma alanı (Y. Akış - %20 - 80 mm/saat)

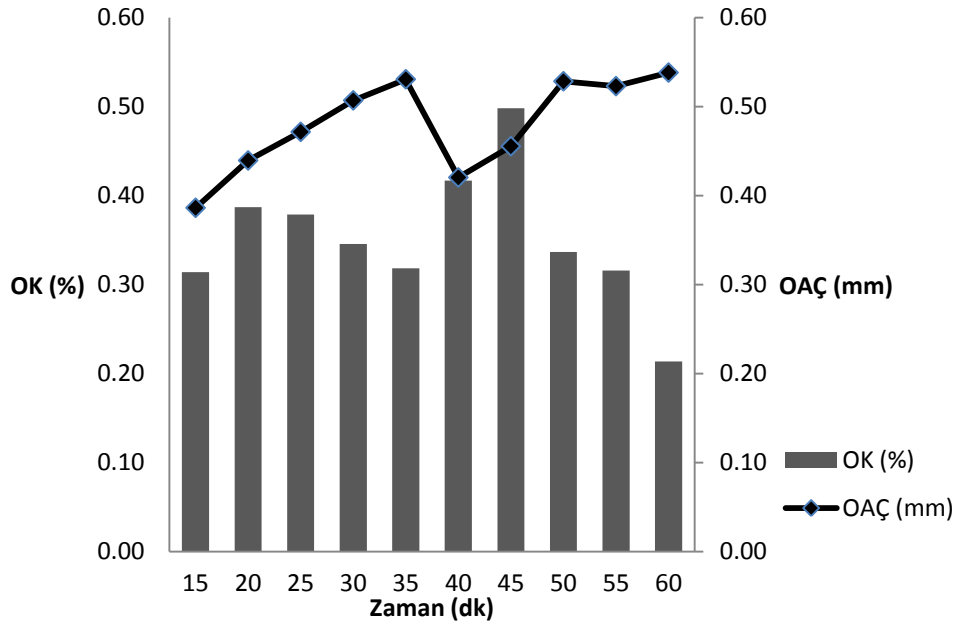


EK 10 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

İşlemeli tarım alanı (Sıçrama - %9 - 120 mm/saat)

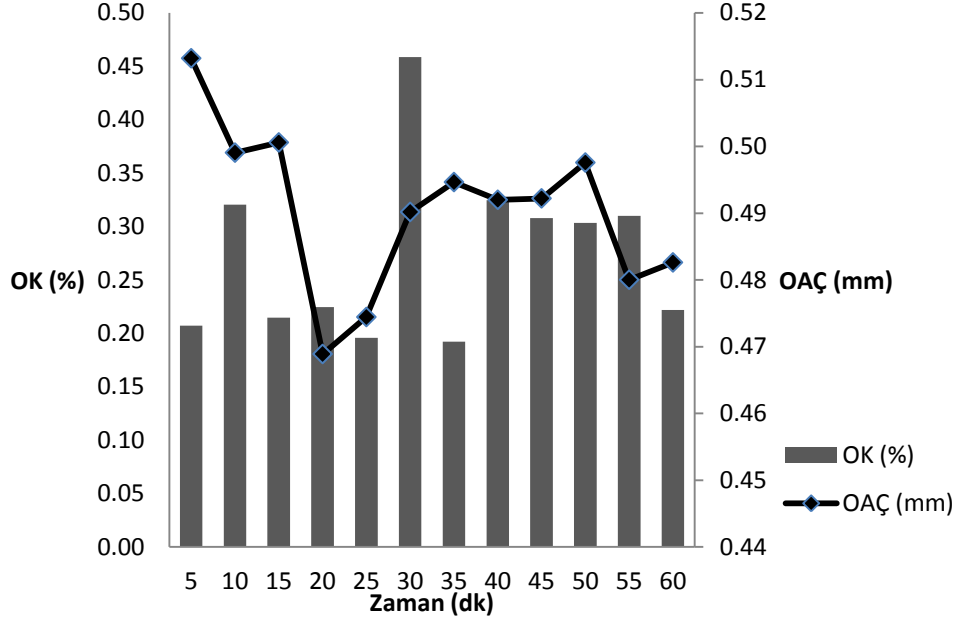


İşlemeli tarım alanı (Y. Akış - %9 - 120 mm/saat)

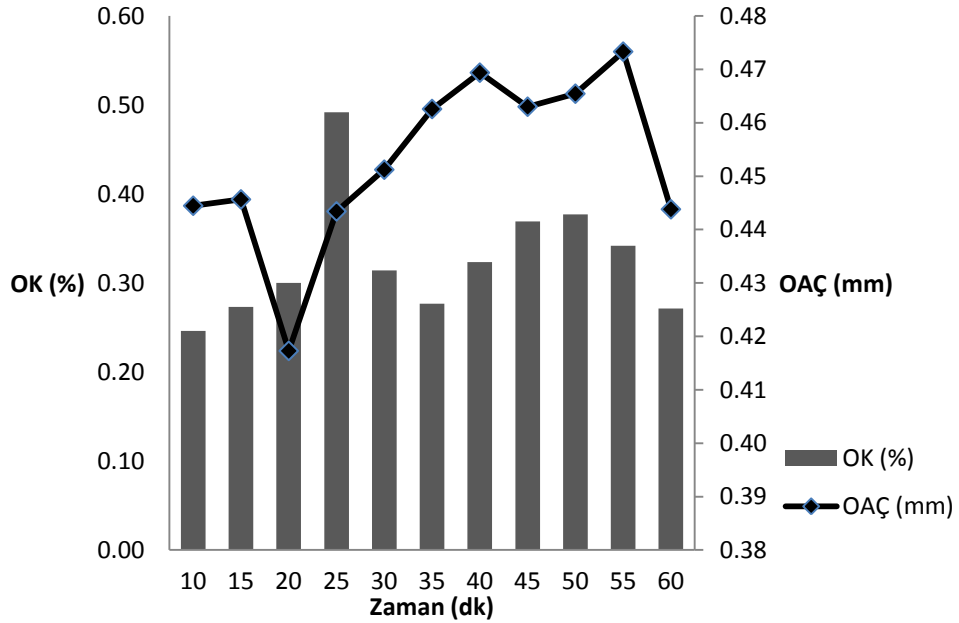


EK 11 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

İşlemeli tarım alanı (Sıçrama - %15 - 120 mm/saat)

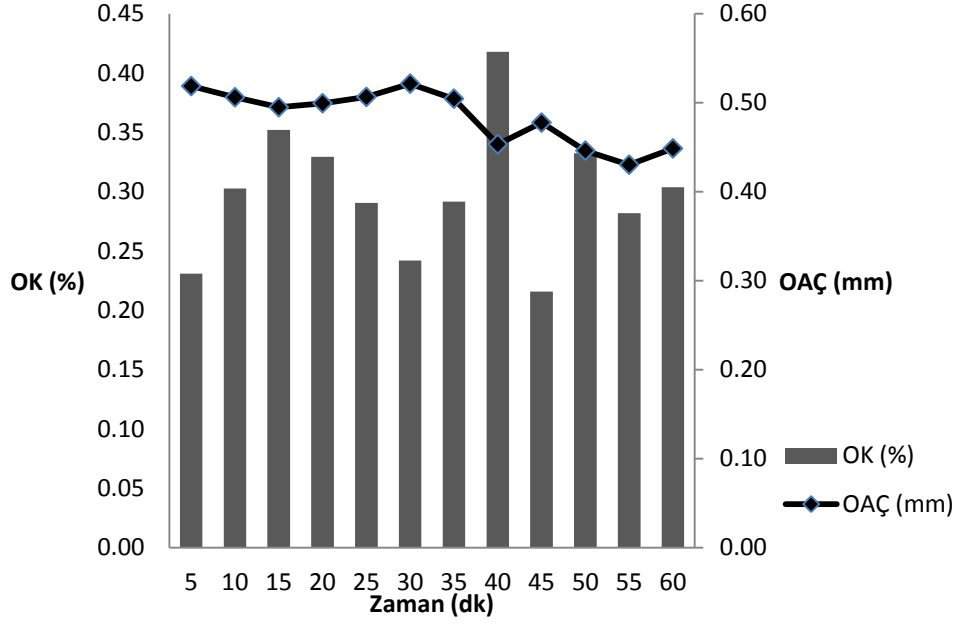


İşlemeli tarım alanı (Y. Akış - %15 - 120 mm/saat)

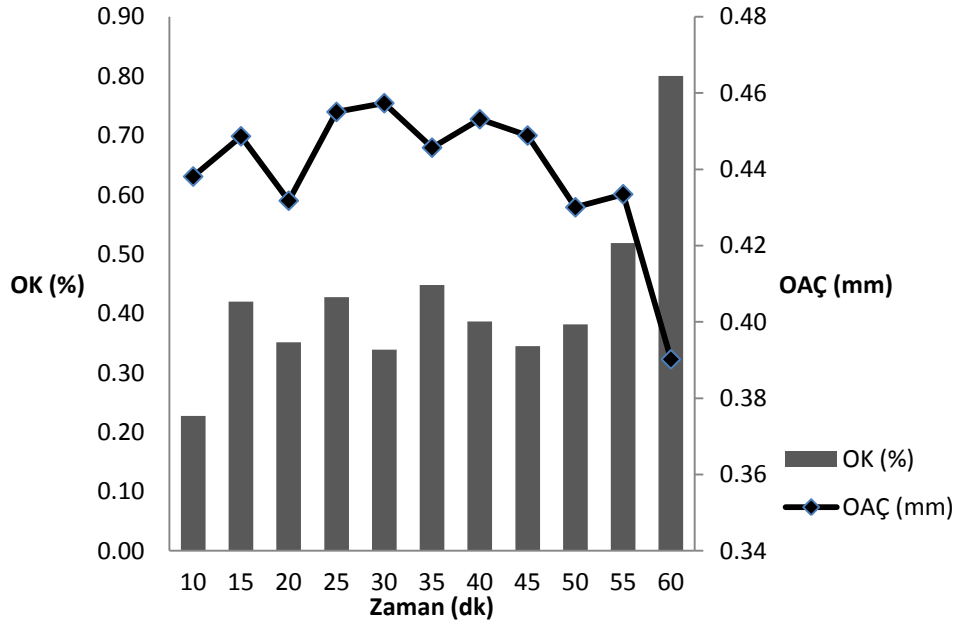


EK 12 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve işlemeli tarım alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

İşlemeli tarım alanı (Sıçrama - %20 - 120 mm/saat)

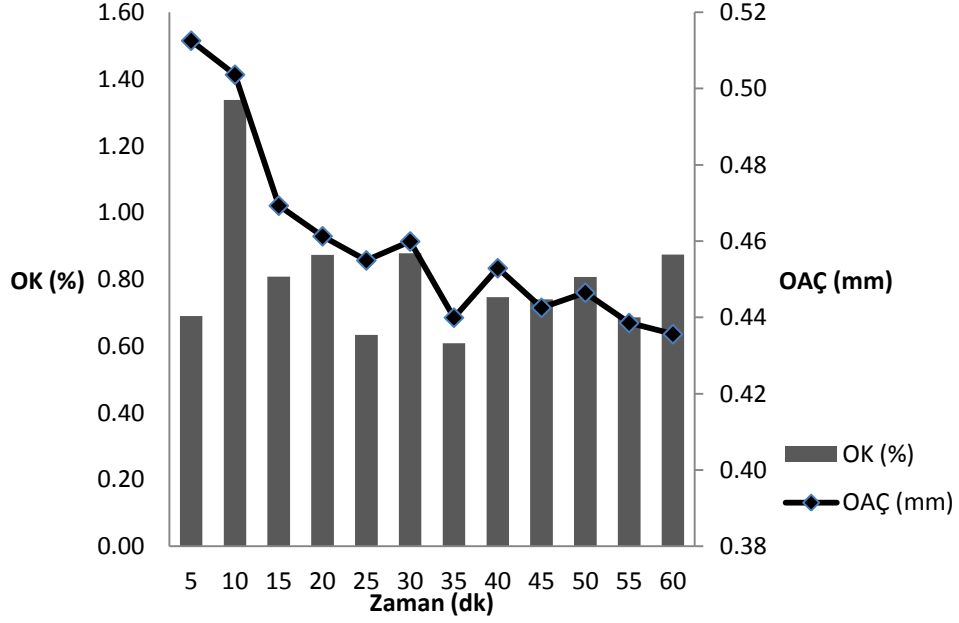


İşlemeli tarım alanı (Y. Akış - %20 - 120 mm/saat)

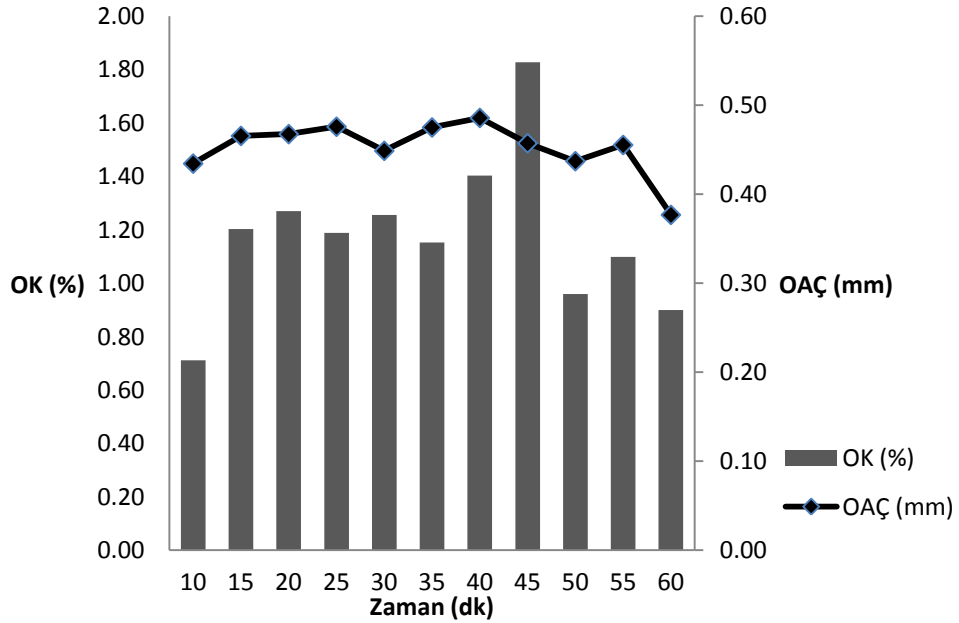


EK 13 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamlarında zamana göre gözlemlenen değişimler

Mera (Sıçrama - %9 - 120 mm/saat)

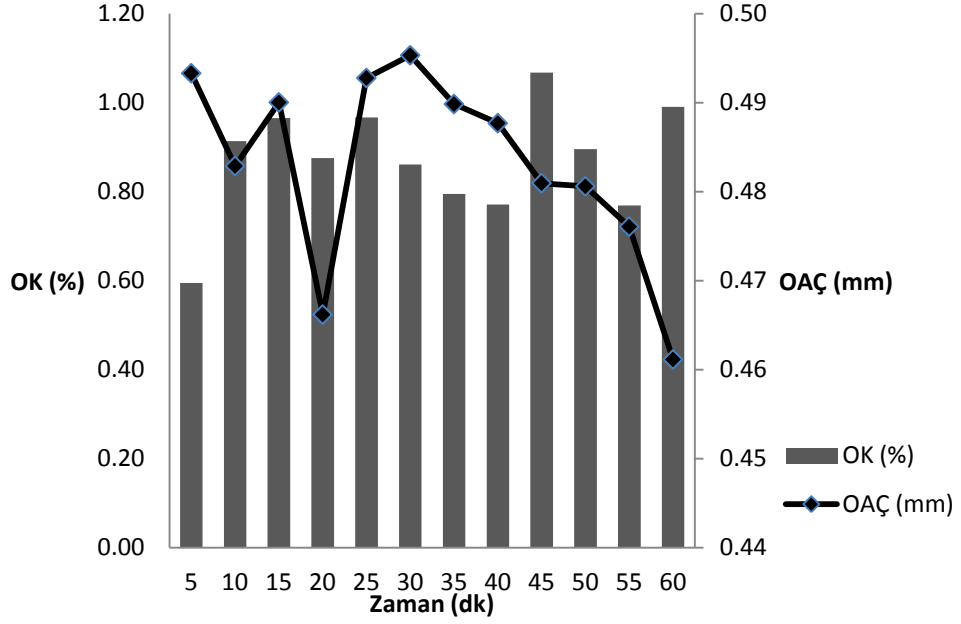


Mera (Y. Akış - %9 - 120 mm/saat)

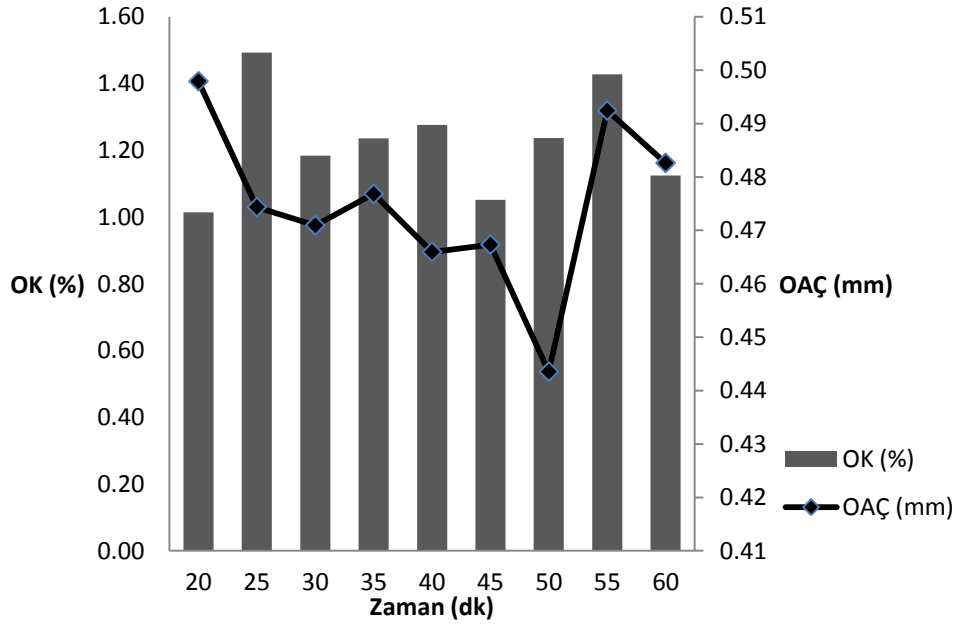


EK 14 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamlarında zamana göre gözlemlenen değişimler

Mera (Sıçrama - %15 - 120 mm/saat)

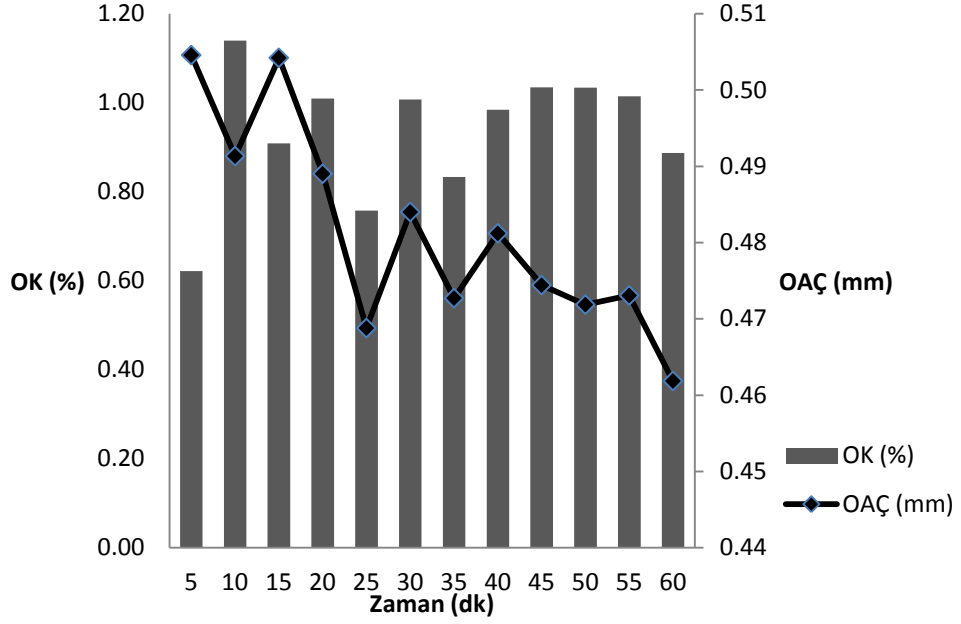


Mera (Y. Akış - %15 - 120 mm/saat)

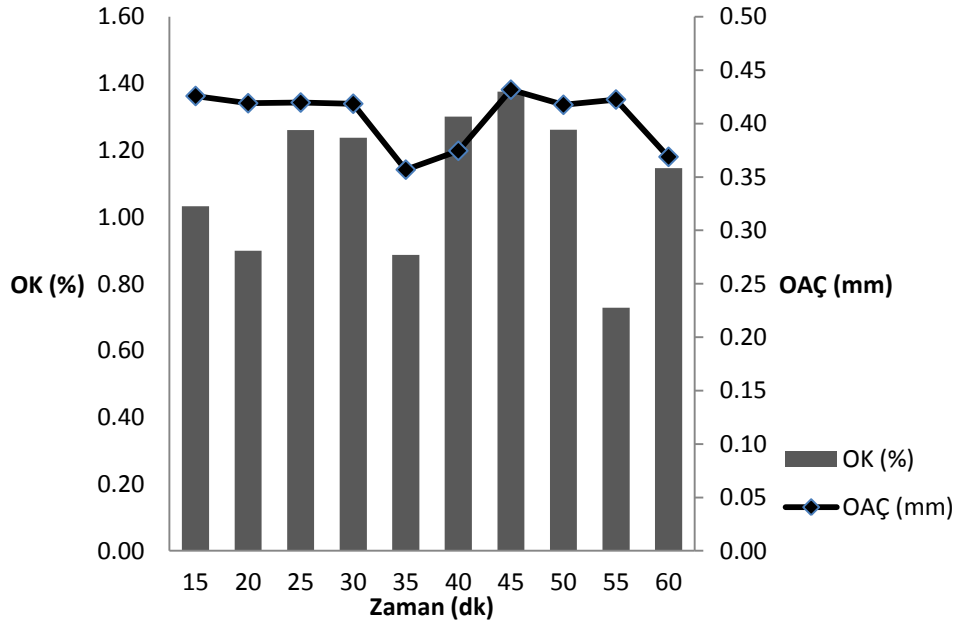


EK 15 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve mera alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamlarında zamana göre gözlemlenen değişimler

Mera (Sıçrama - %20 - 120 mm/saat)

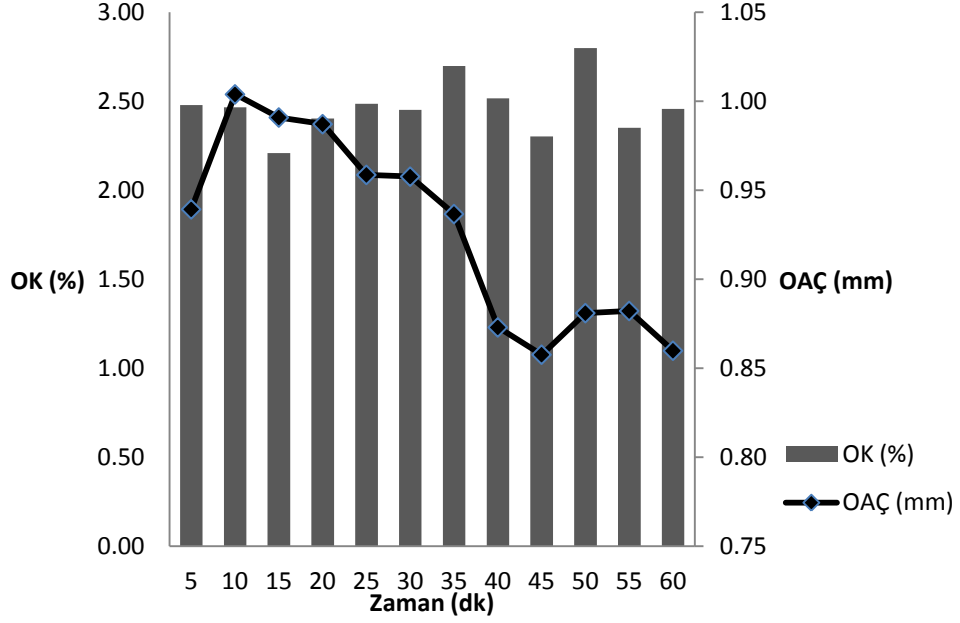


Mera (Y. Akış - %20 - 120 mm/saat)

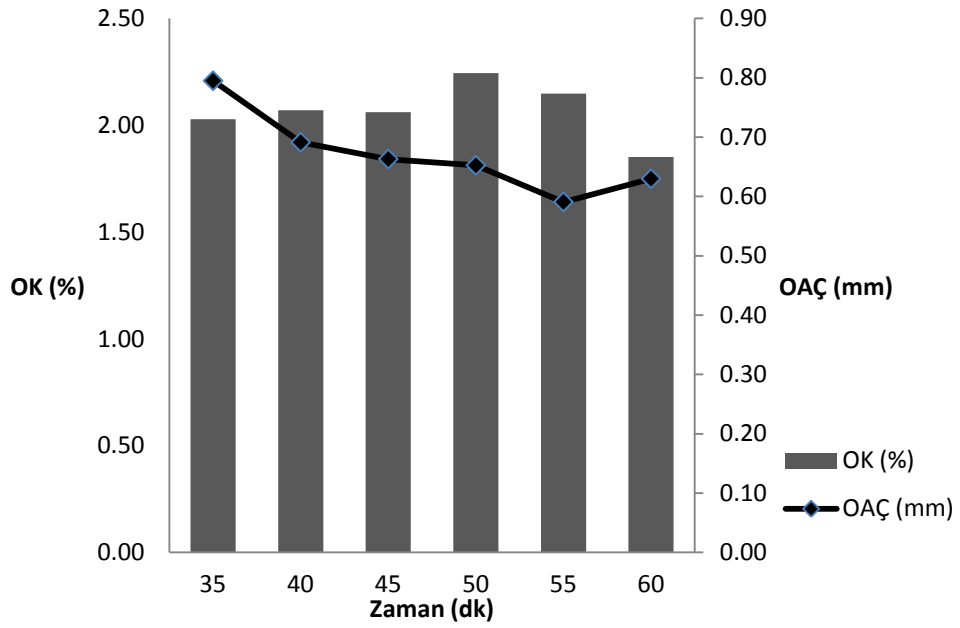


EK 16 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 9 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

Ağaçlandırma alanı (Sıçrama - %9- 120 mm/saat)

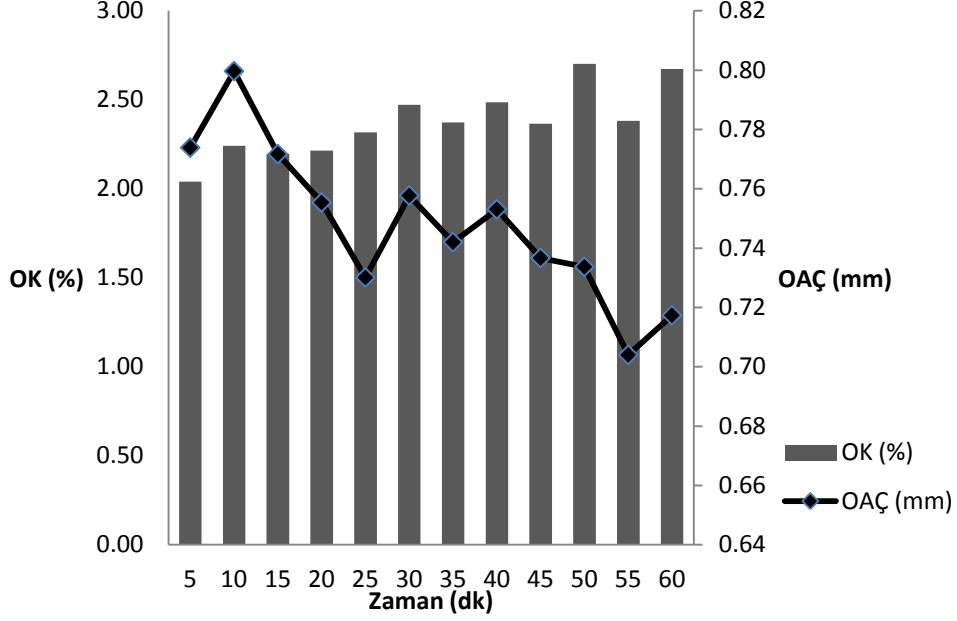


Ağaçlandırma alanı (Y. Akış - %9 - 120 mm/saat)

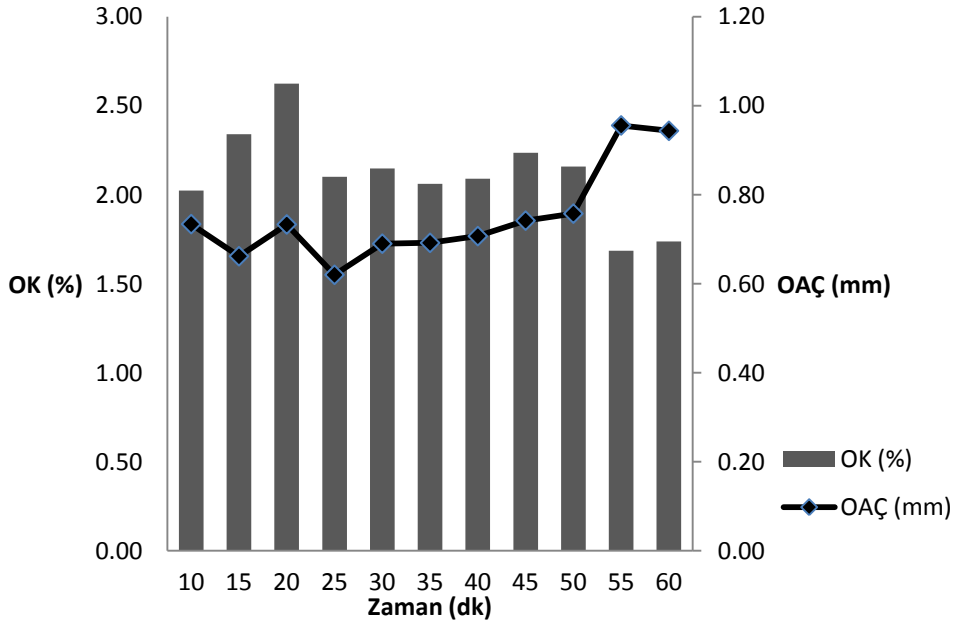


EK 17 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 15 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

Ağaçlandırma alanı (Sıçrama - %15- 120 mm/saat)

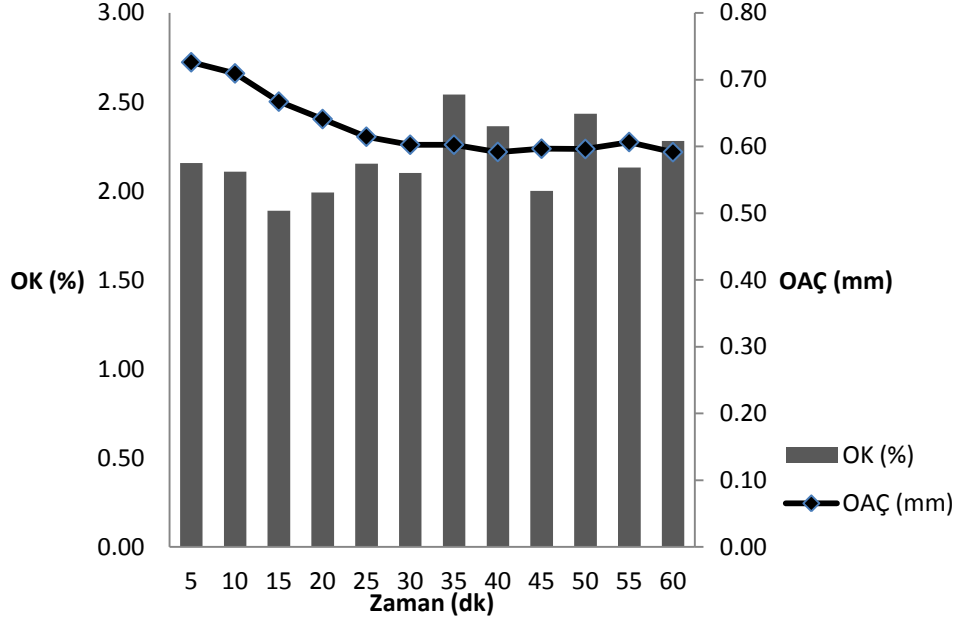


Ağaçlandırma alanı (Y. Akış - %15 - 120 mm/saat)

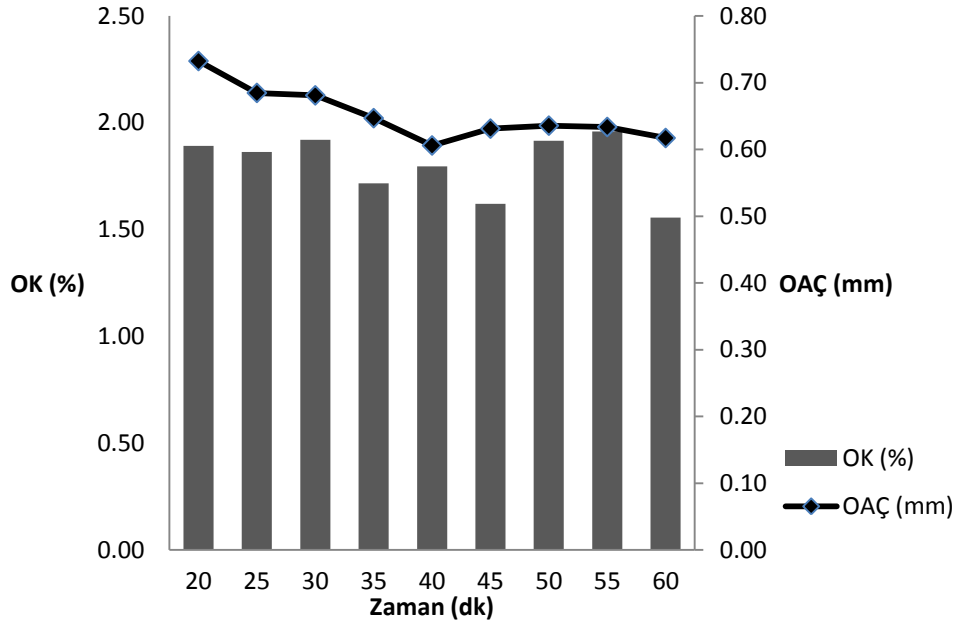


EK 18 120 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, % 20 eğimde ve ağaçlandırma alanı arazi kullanımında, sıçrama ve yüzey akış sedimentlerinin OAÇ (mm) ve OK (%) kapsamalarında zamana göre gözlemlenen değişimler

Ağaçlandırma alanı (Sıçrama - %20- 120 mm/saat)

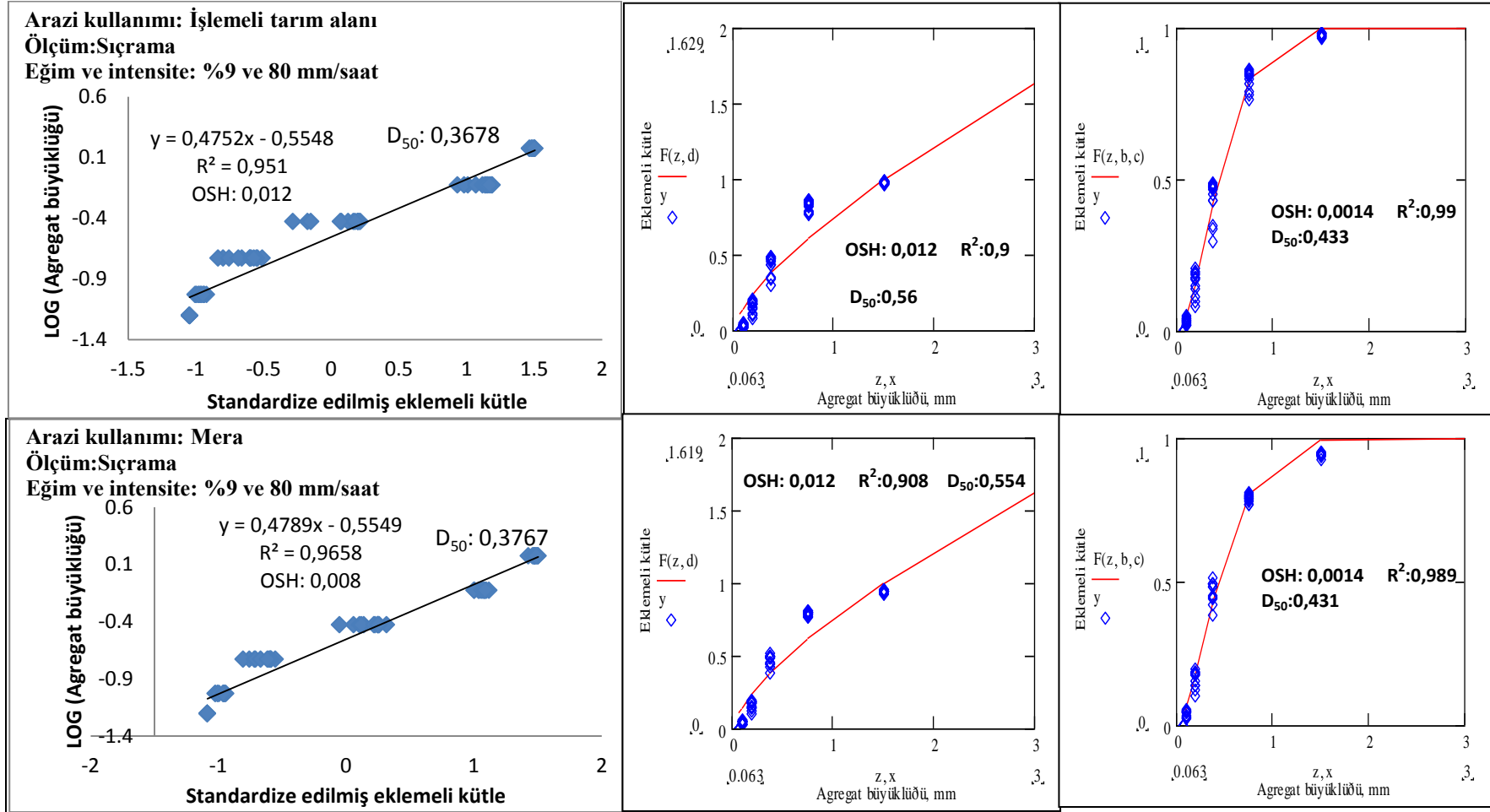


Ağaçlandırma alanı (Y. Akış - %20 - 120 mm/saat)



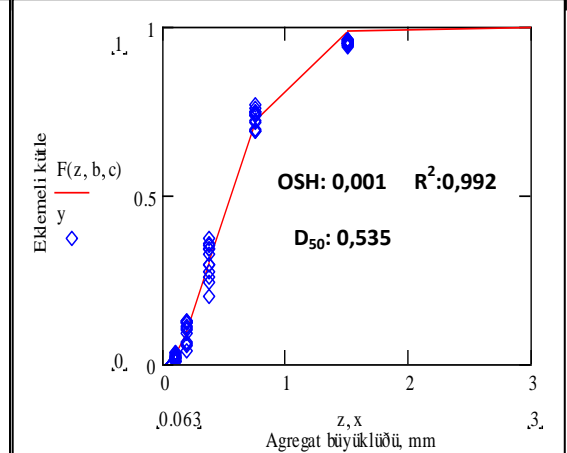
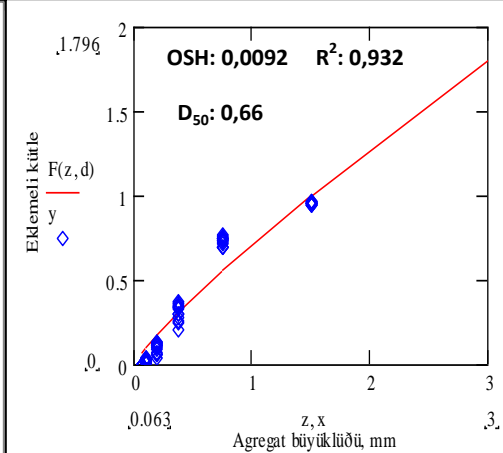
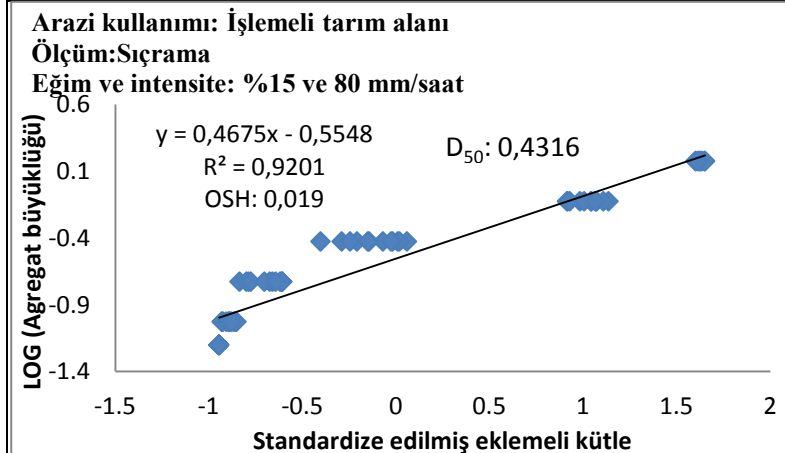
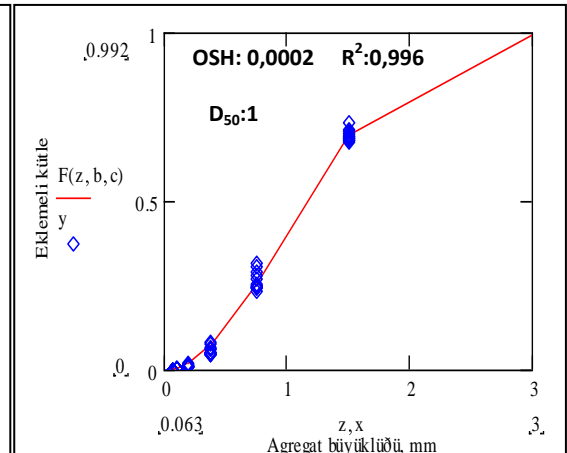
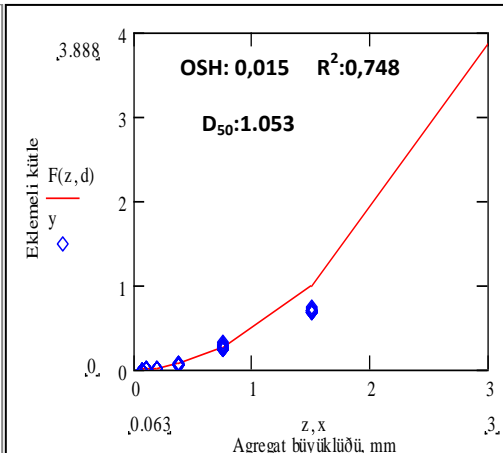
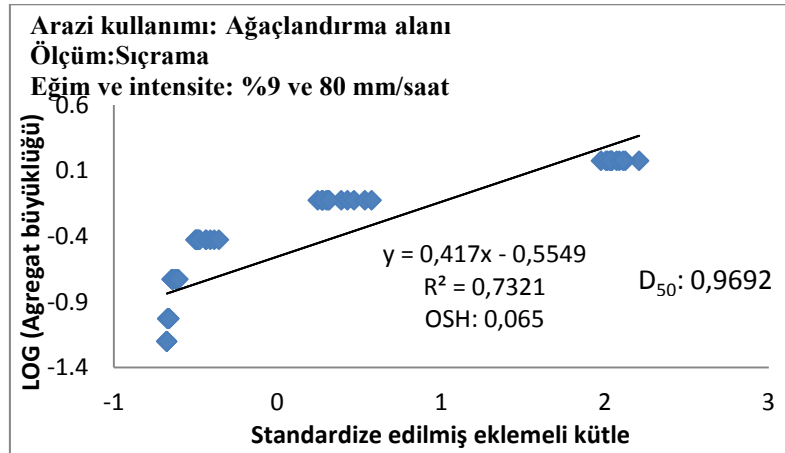
EK 19 Sıçrayarak ve yüzey akışı ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

150



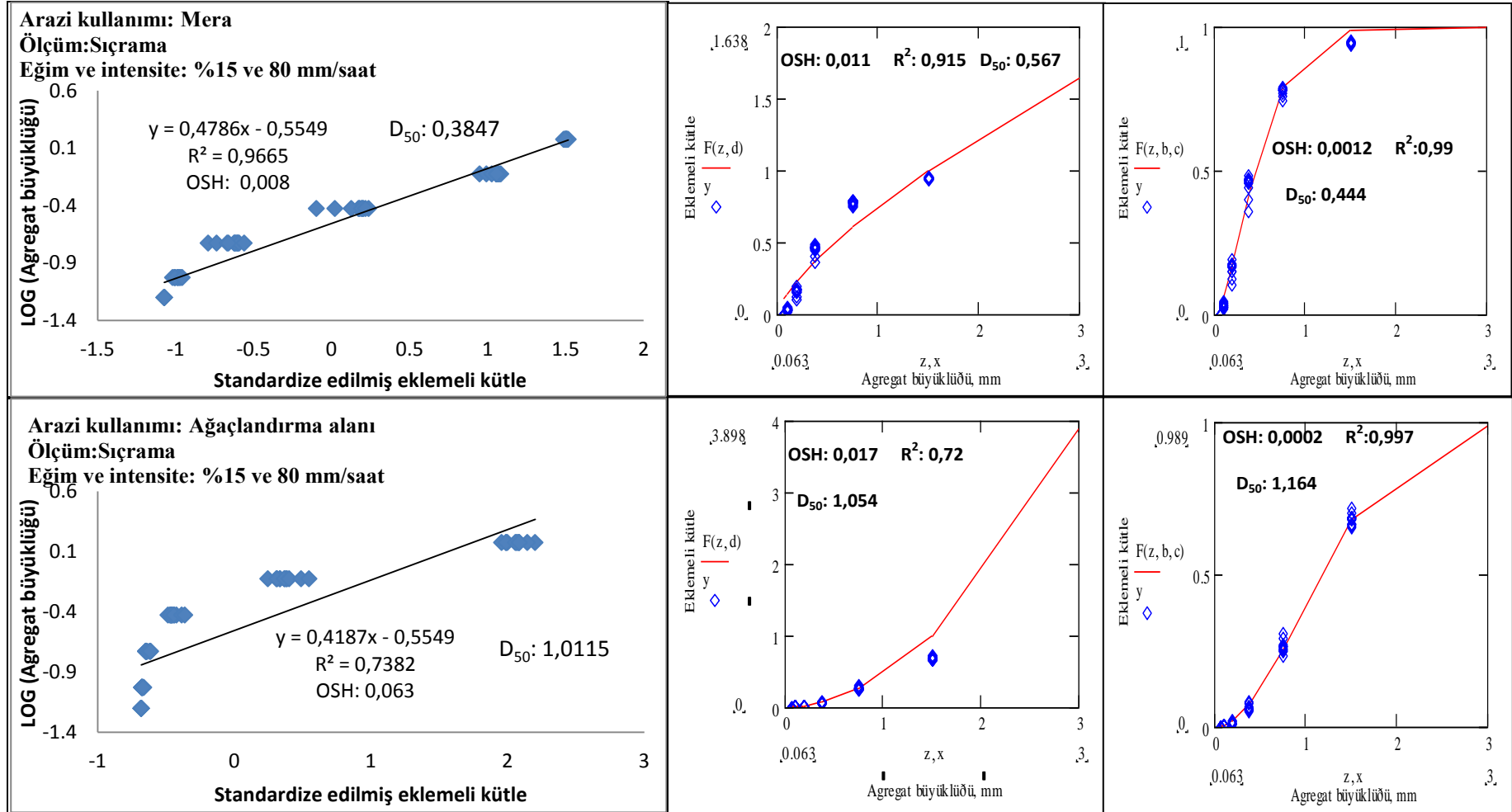
EK19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

151



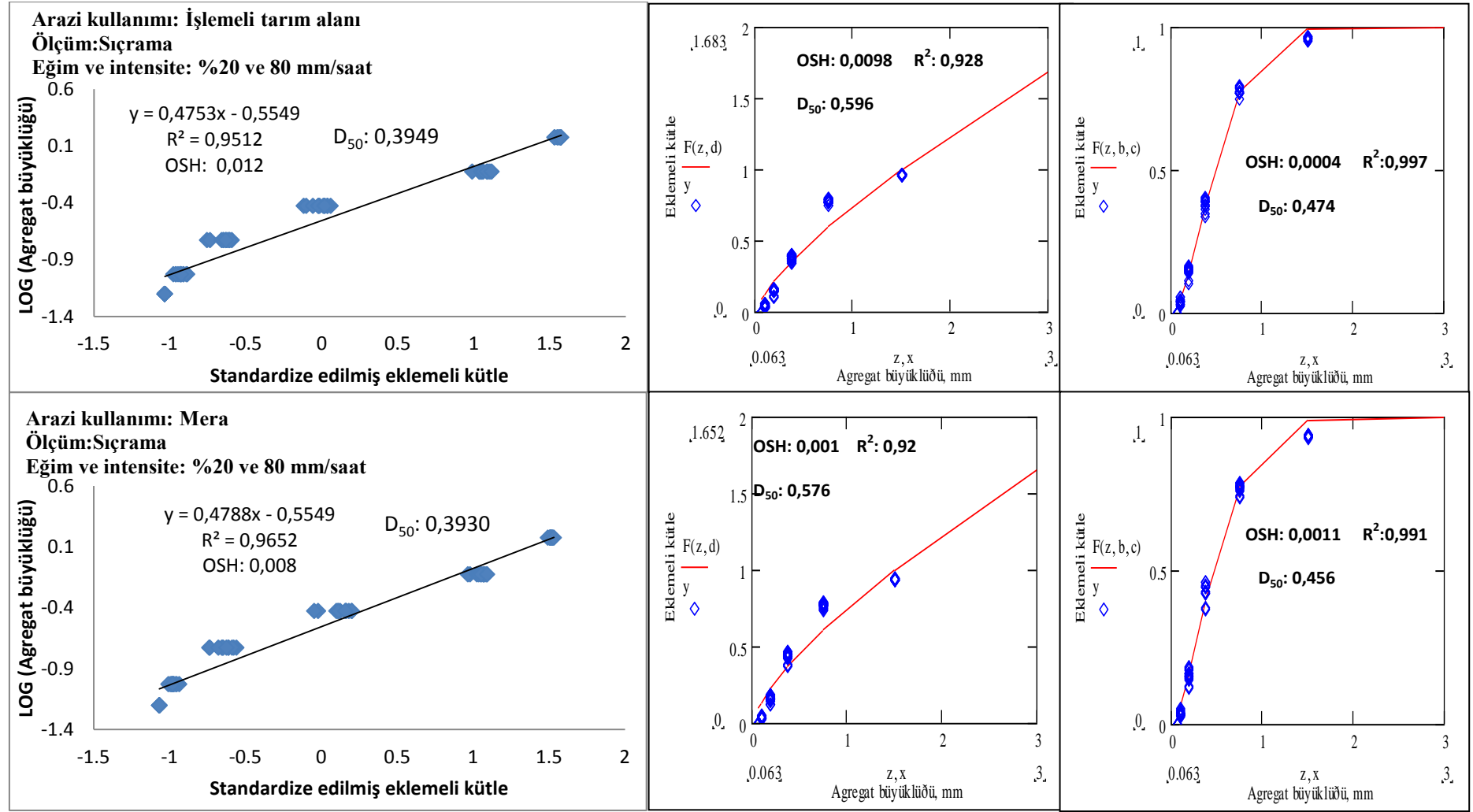
EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

152



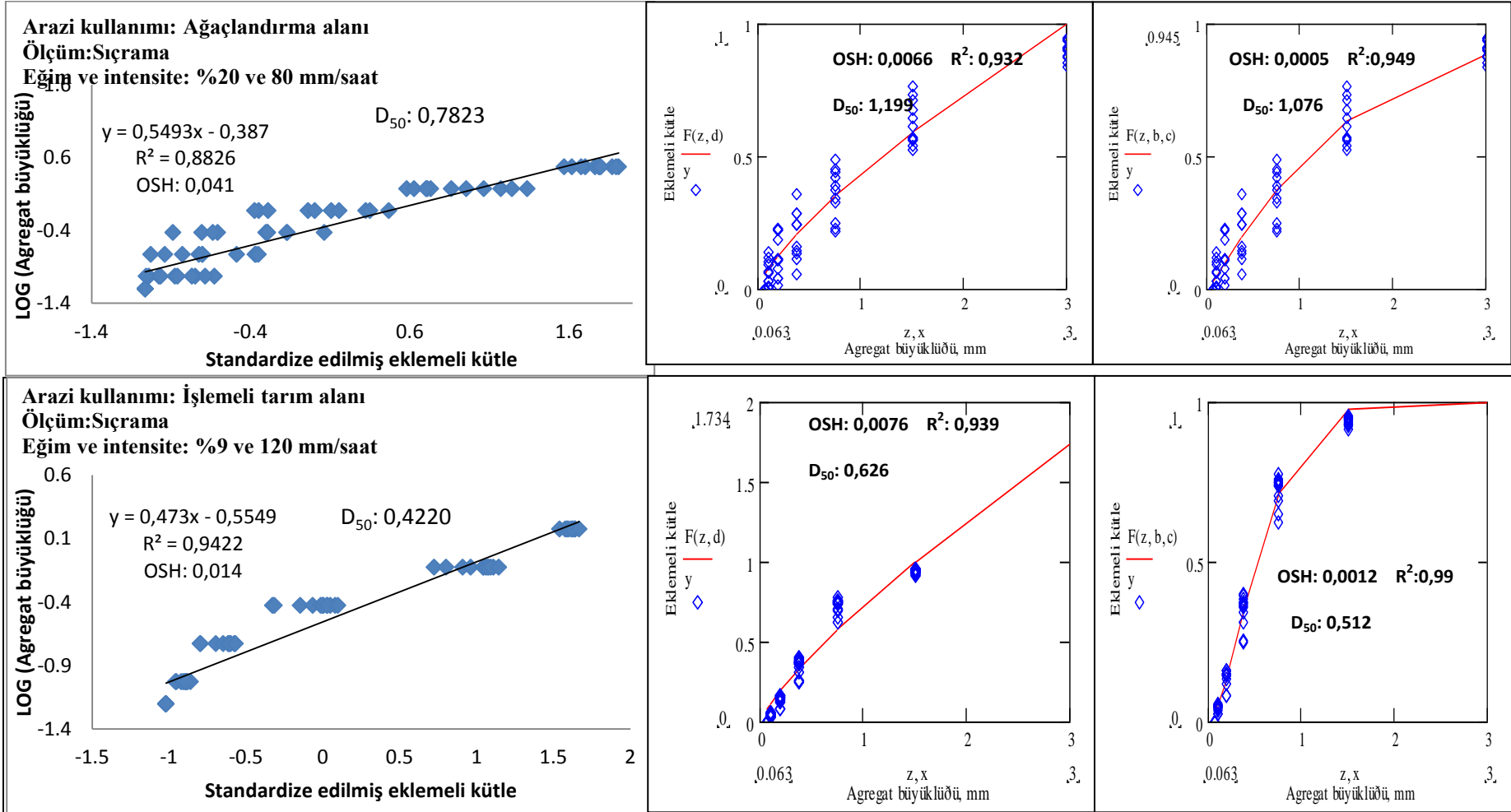
EK19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

153



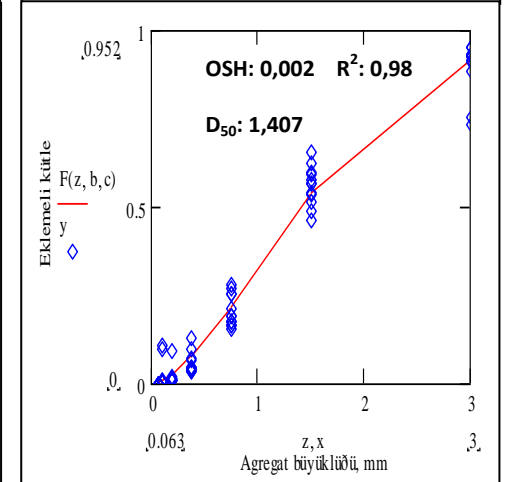
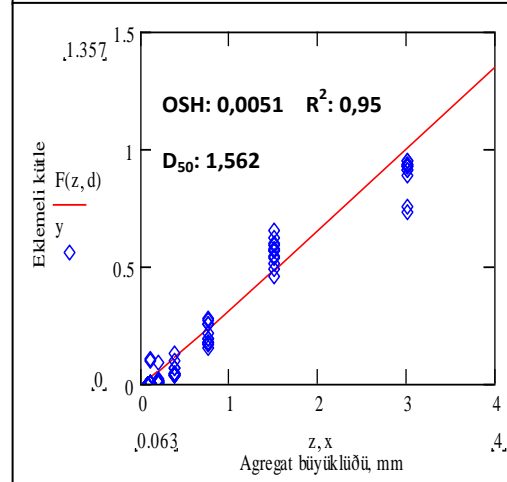
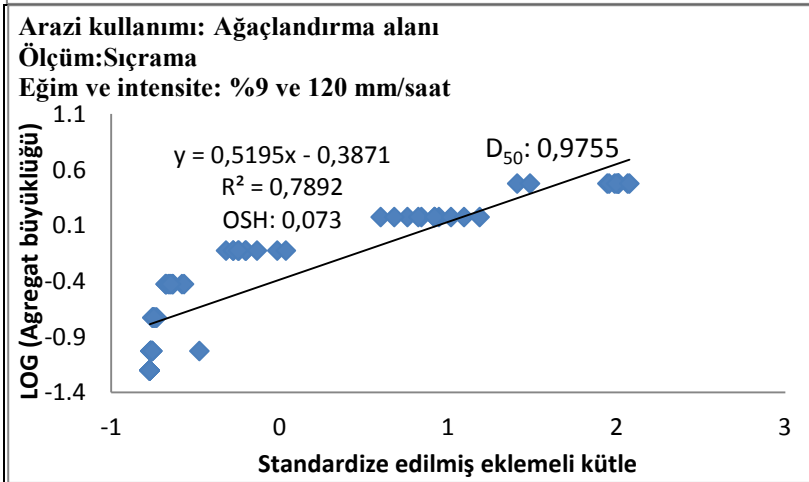
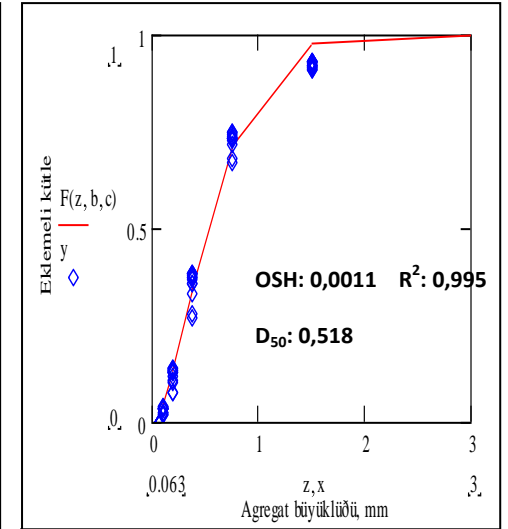
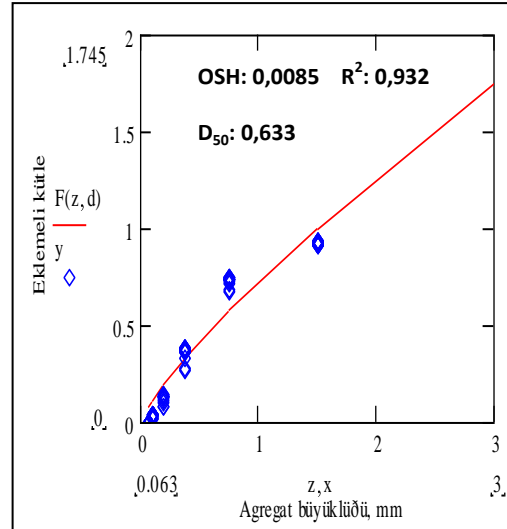
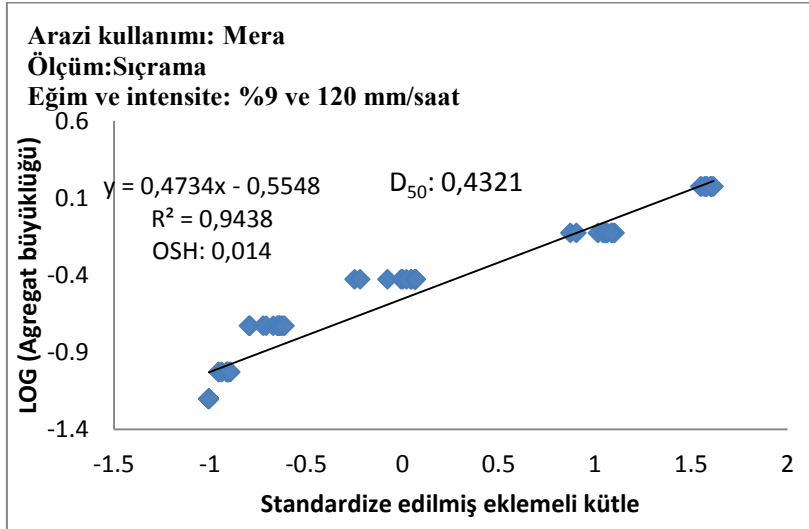
EK19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

154

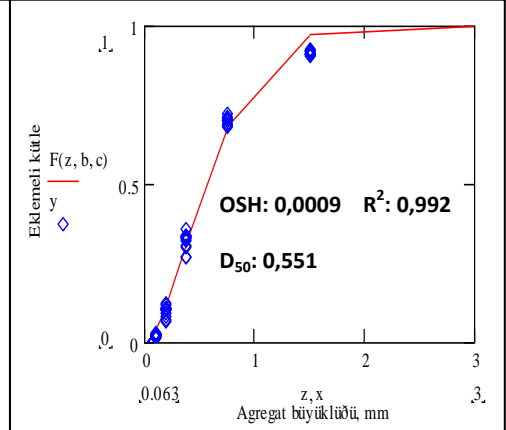
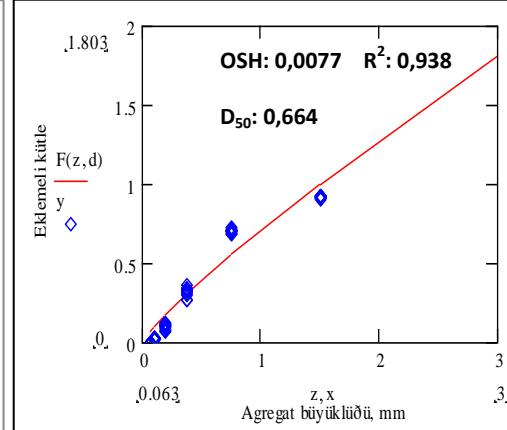
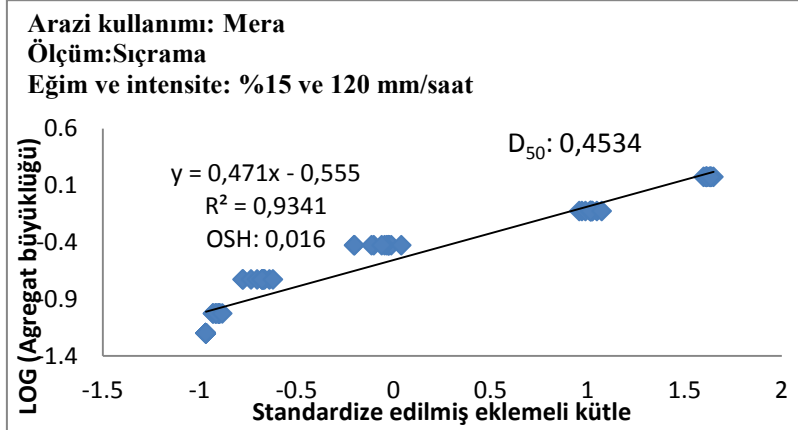
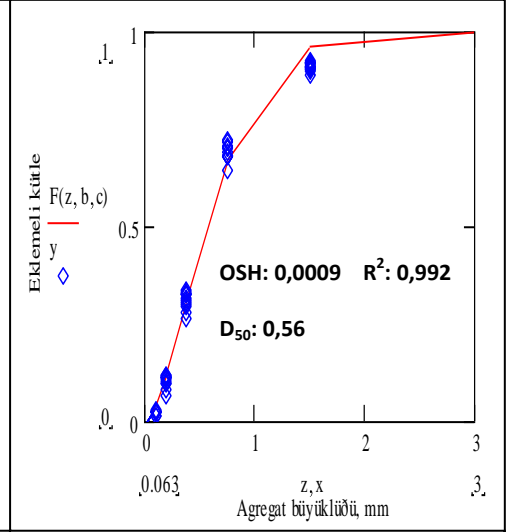
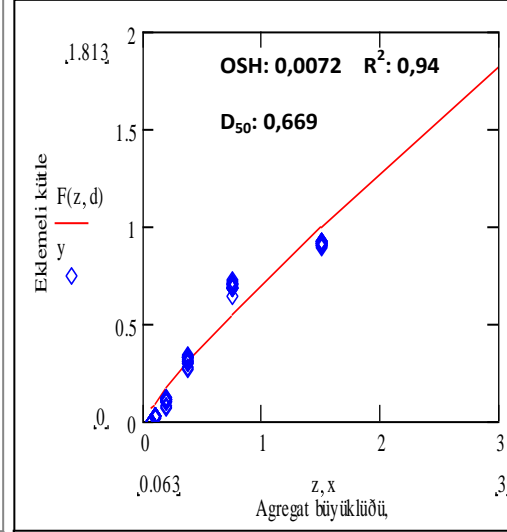
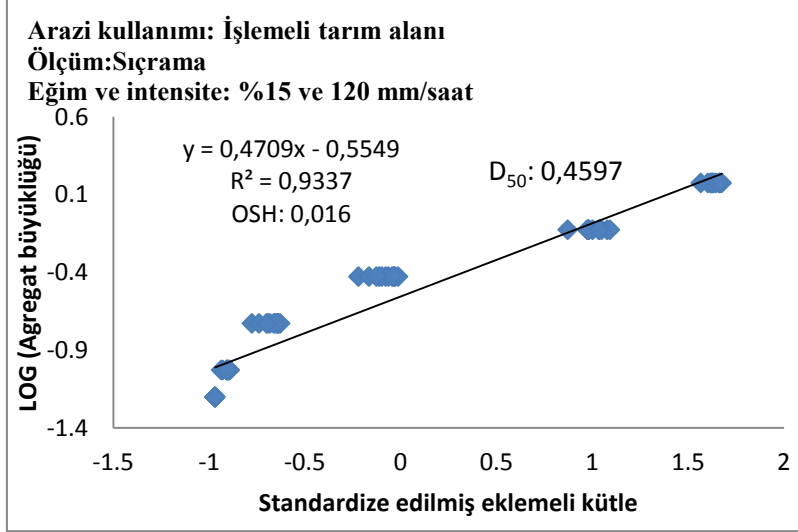


EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

155

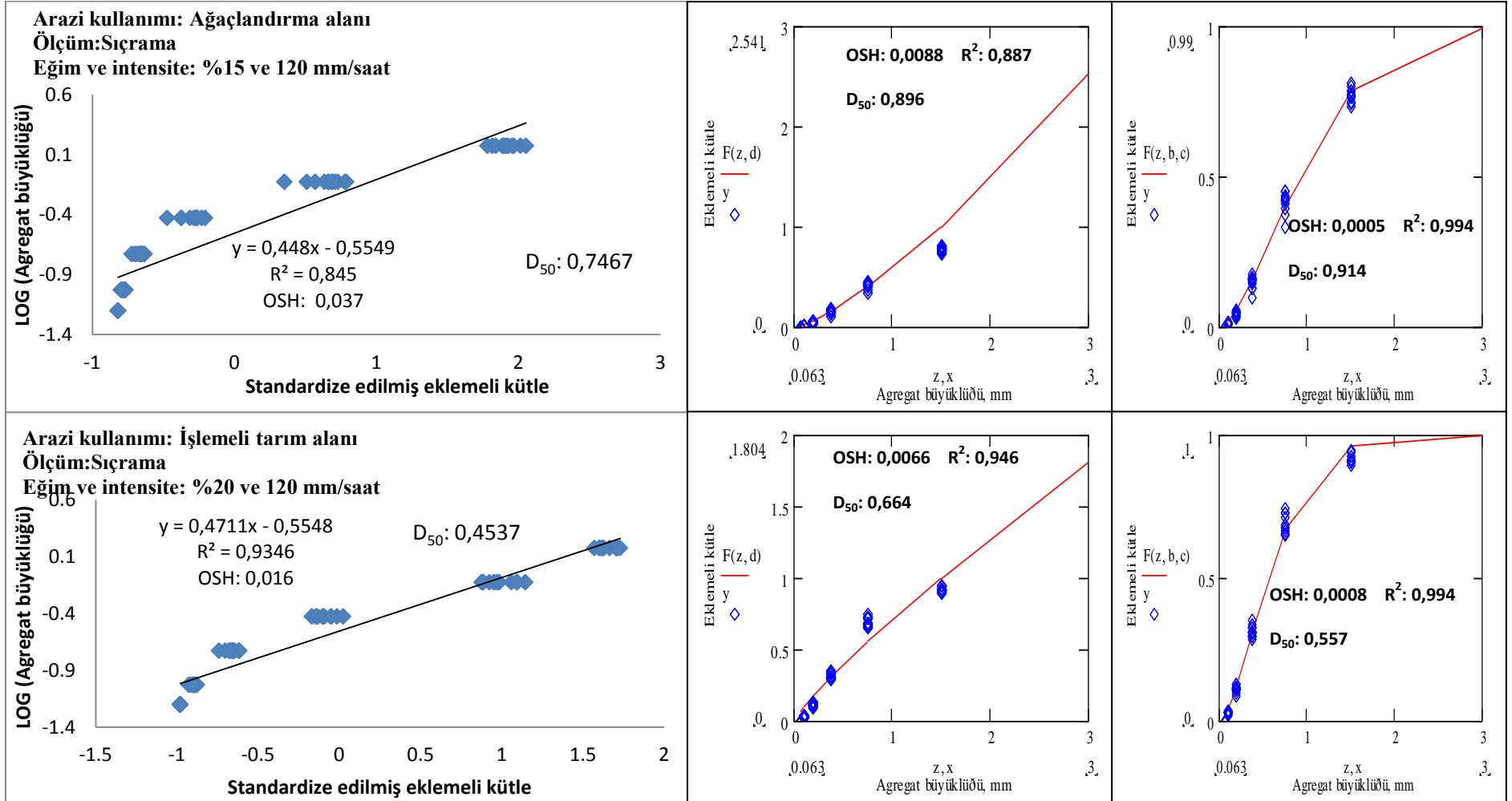


EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

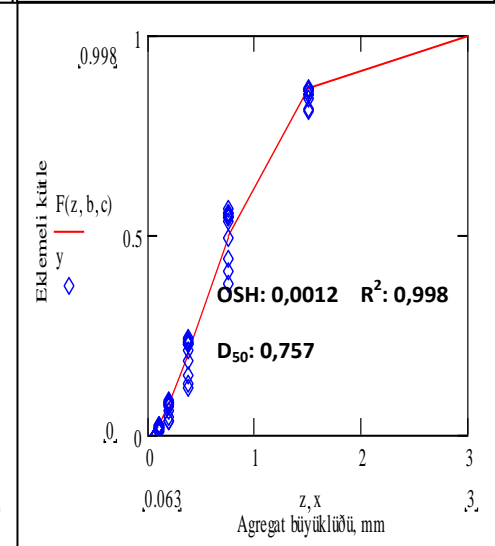
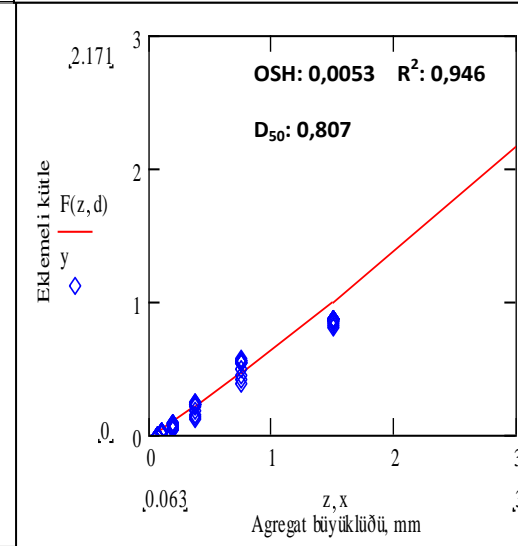
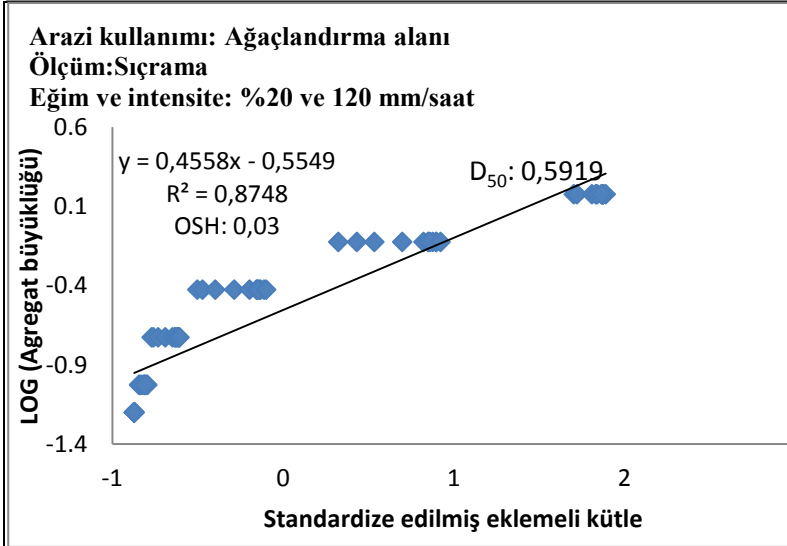
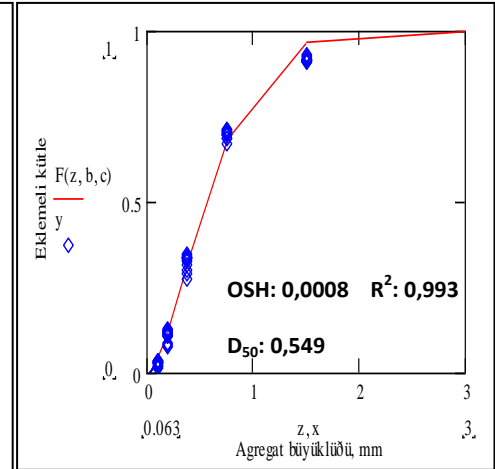
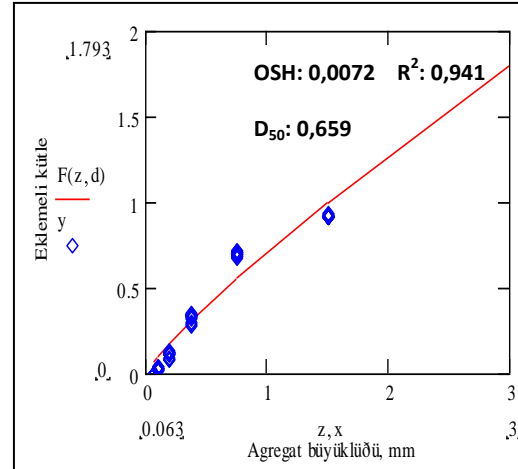
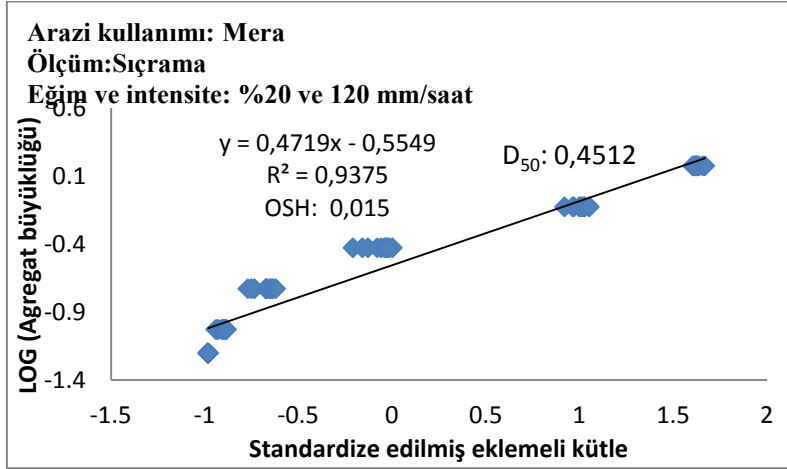


EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

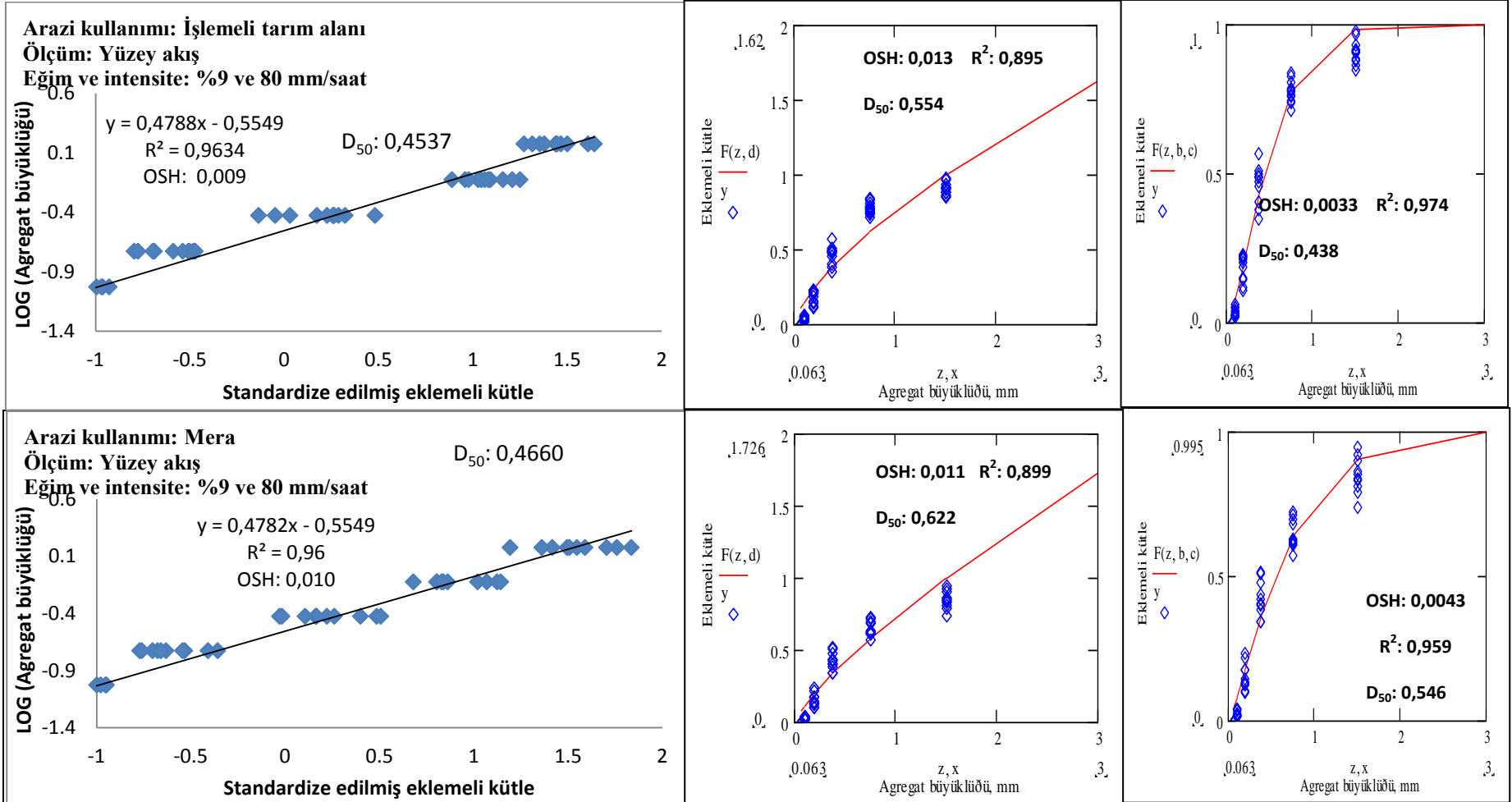
157



EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

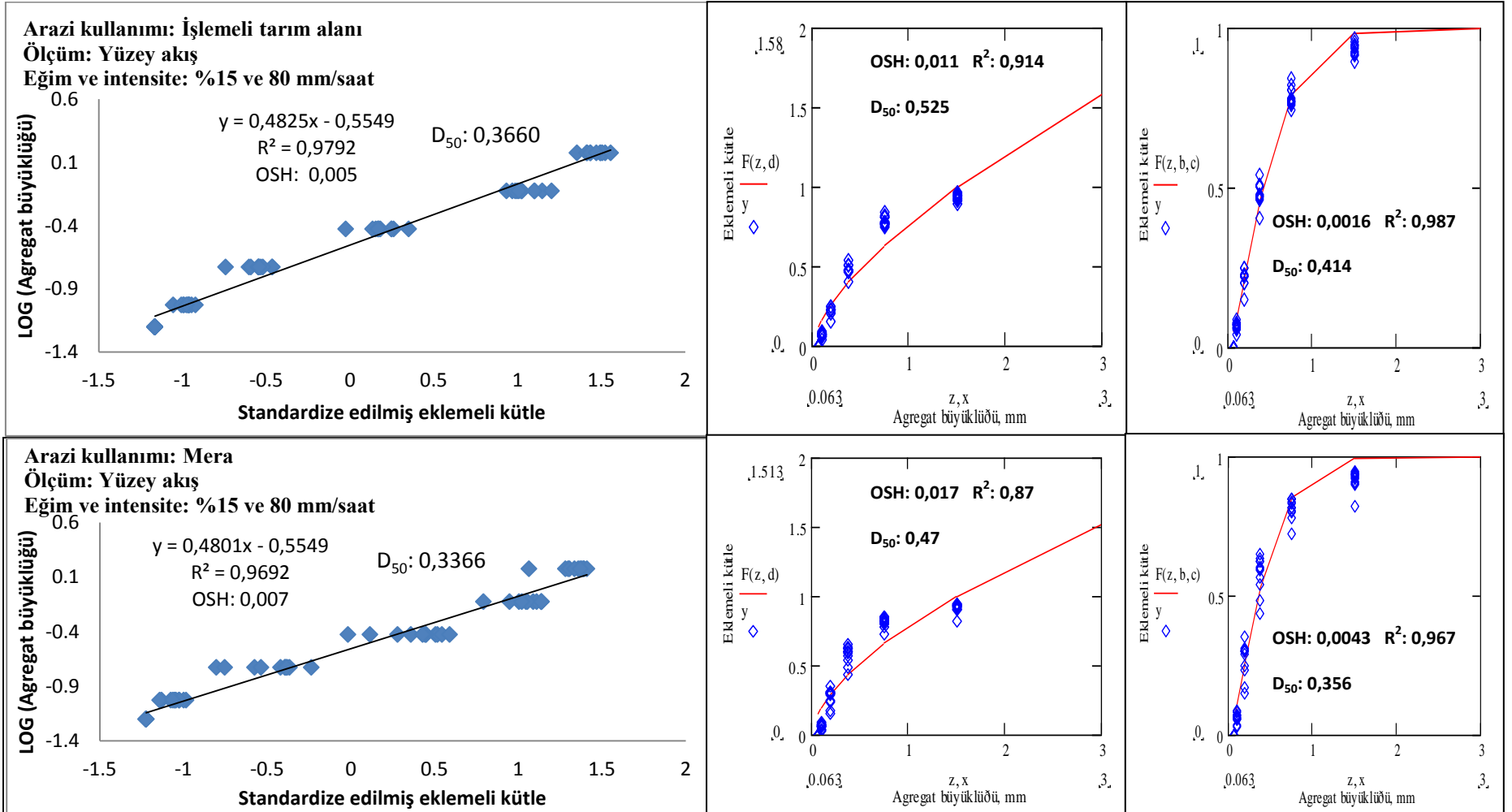


EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi



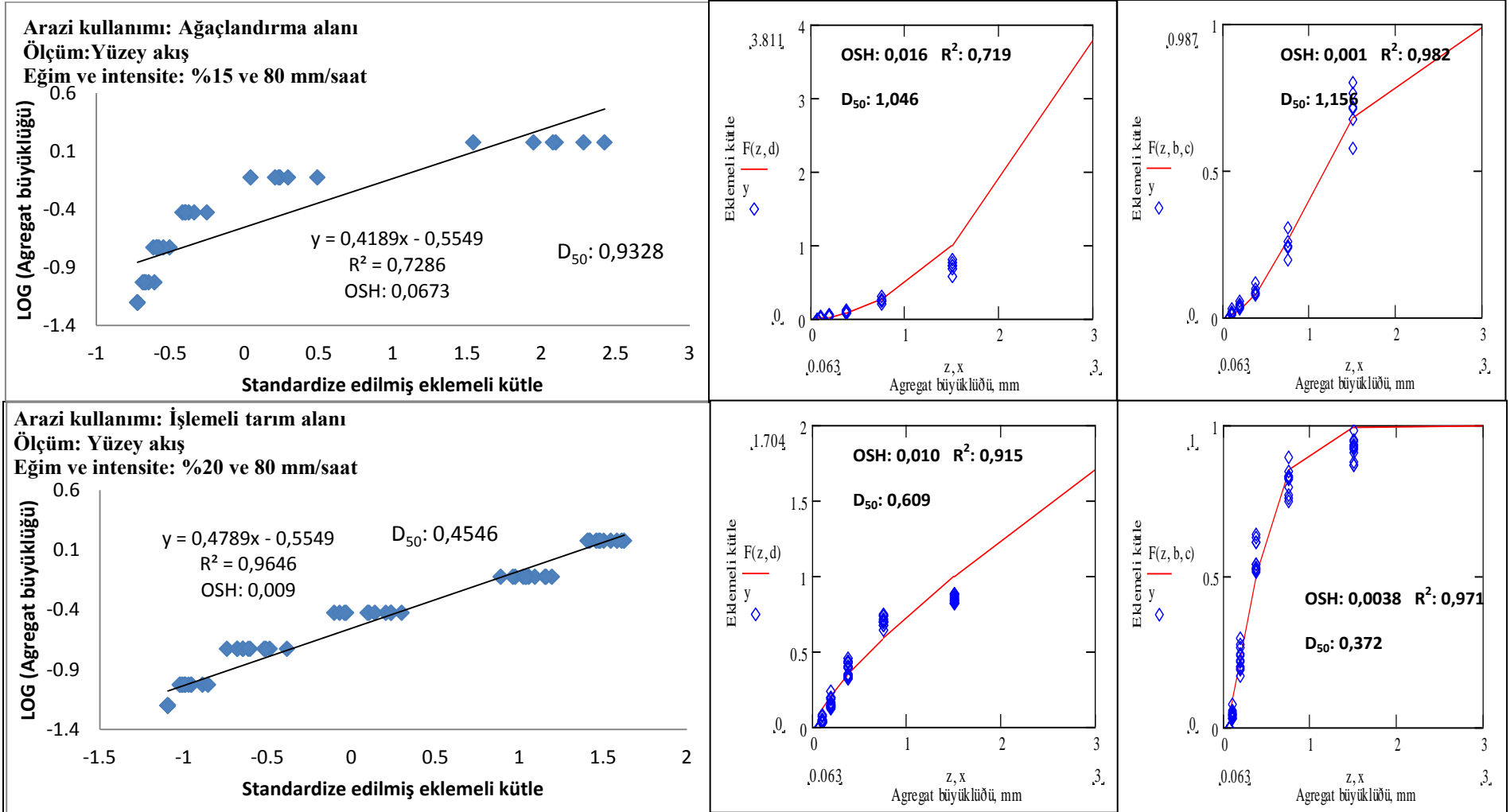
EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

160

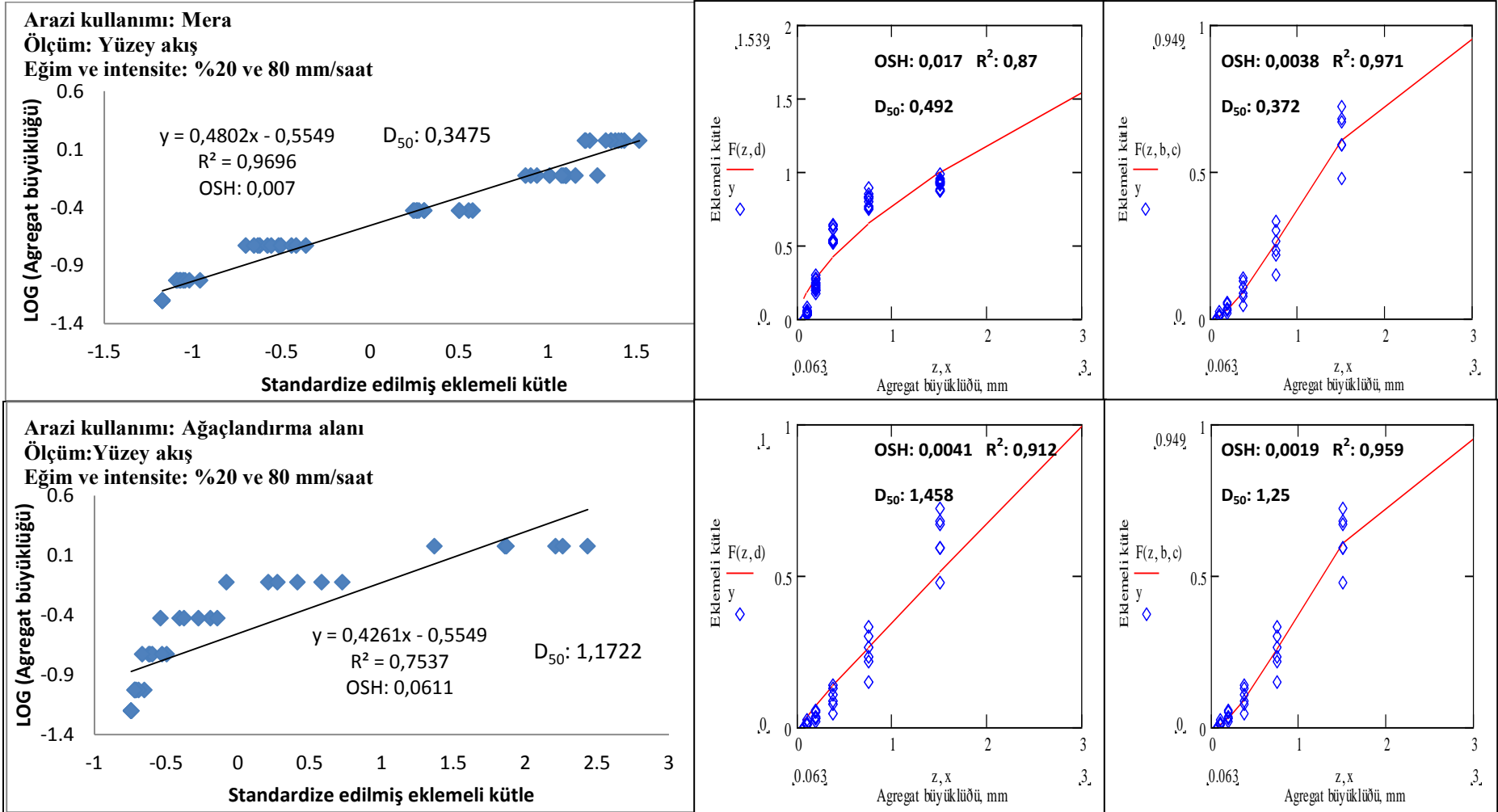


EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

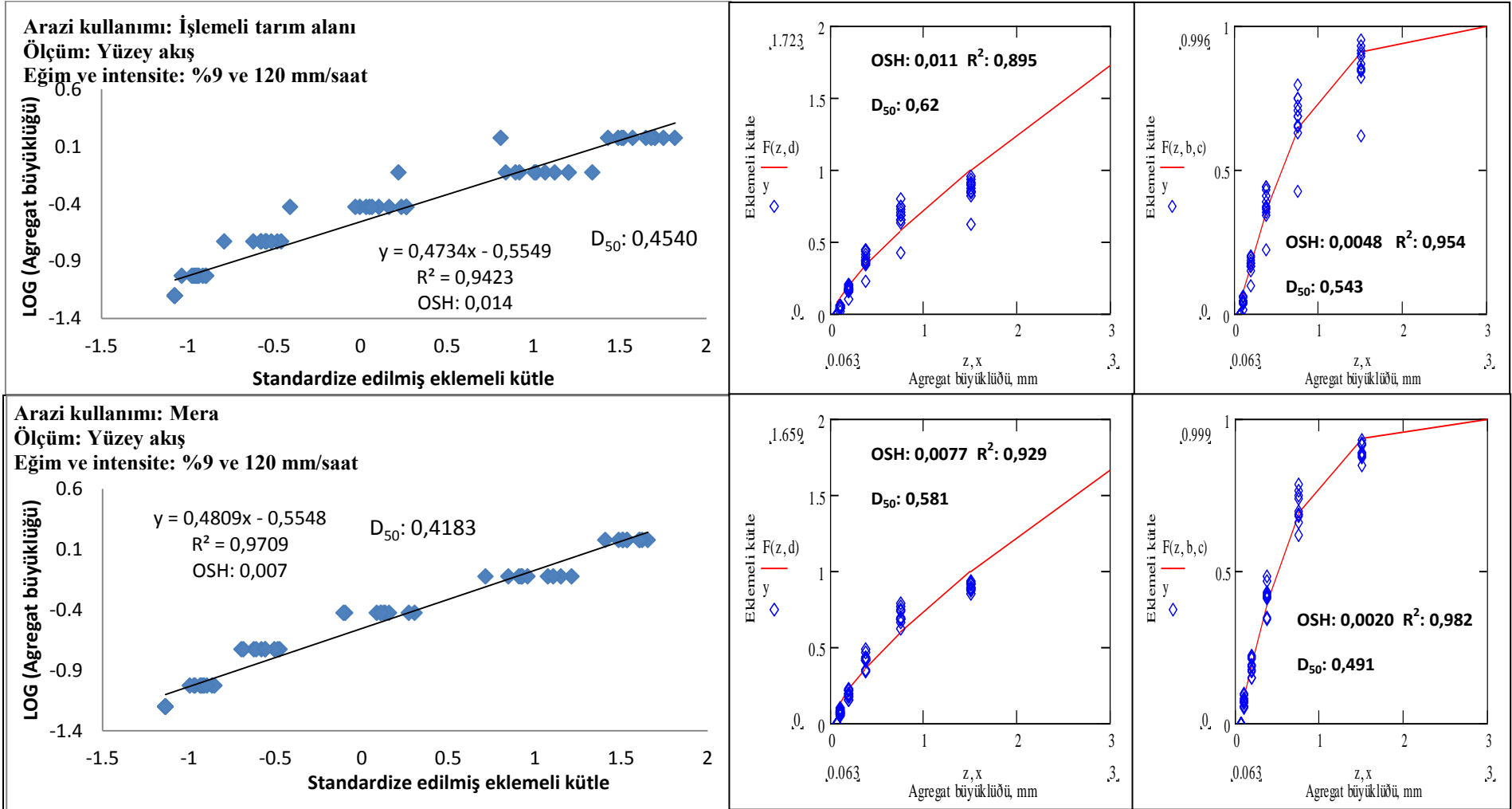
191



EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

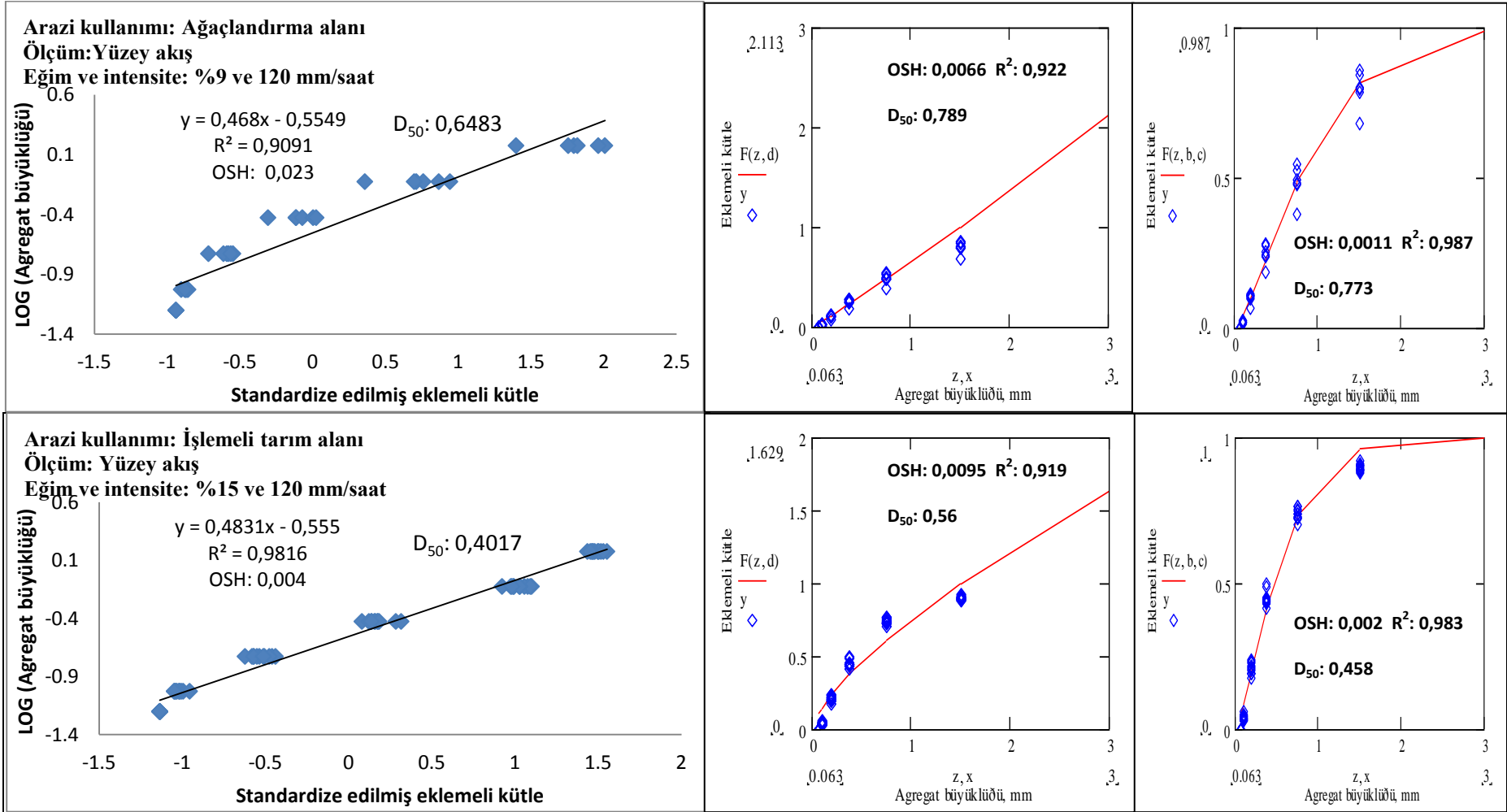


EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

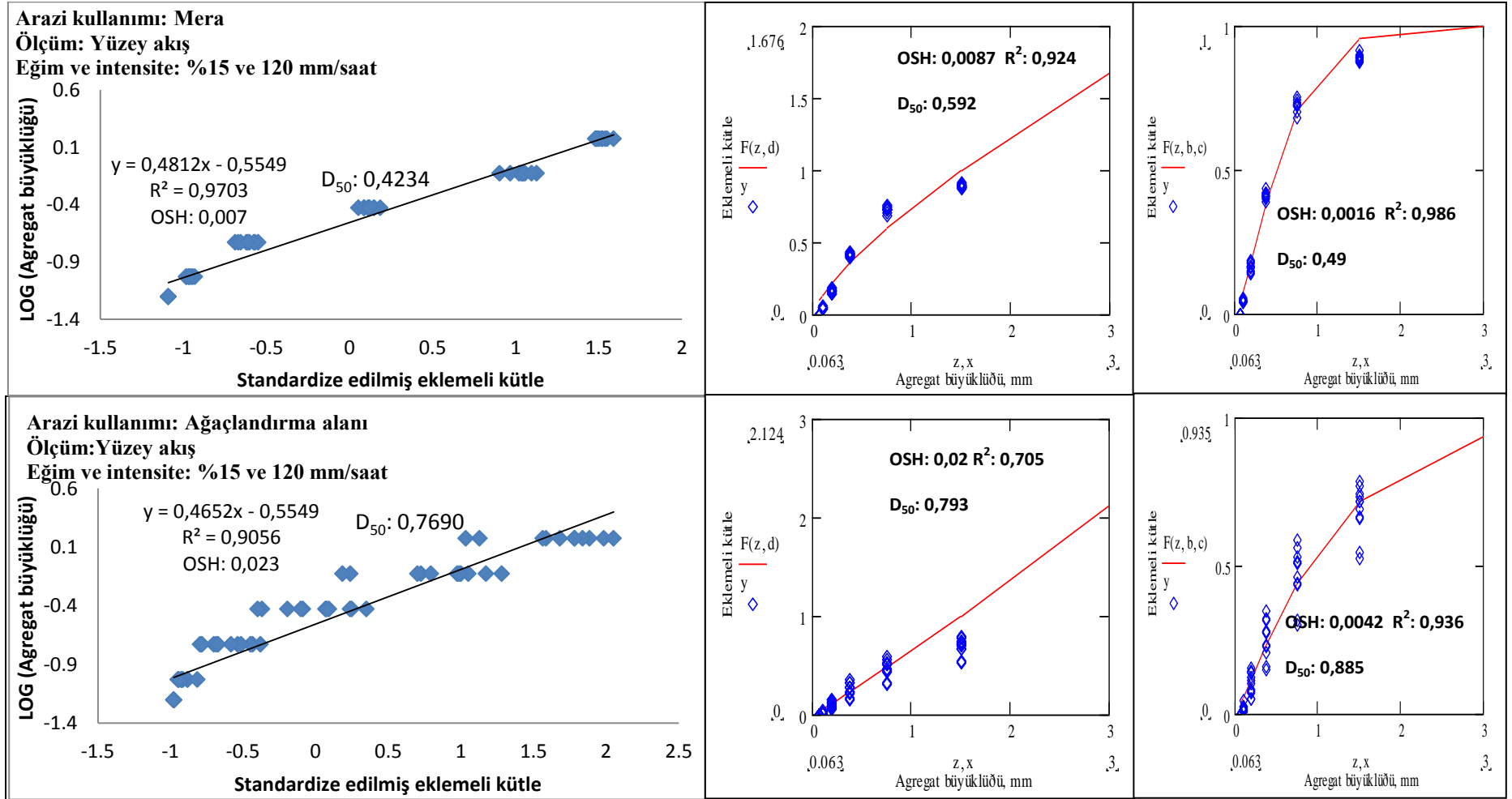


EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

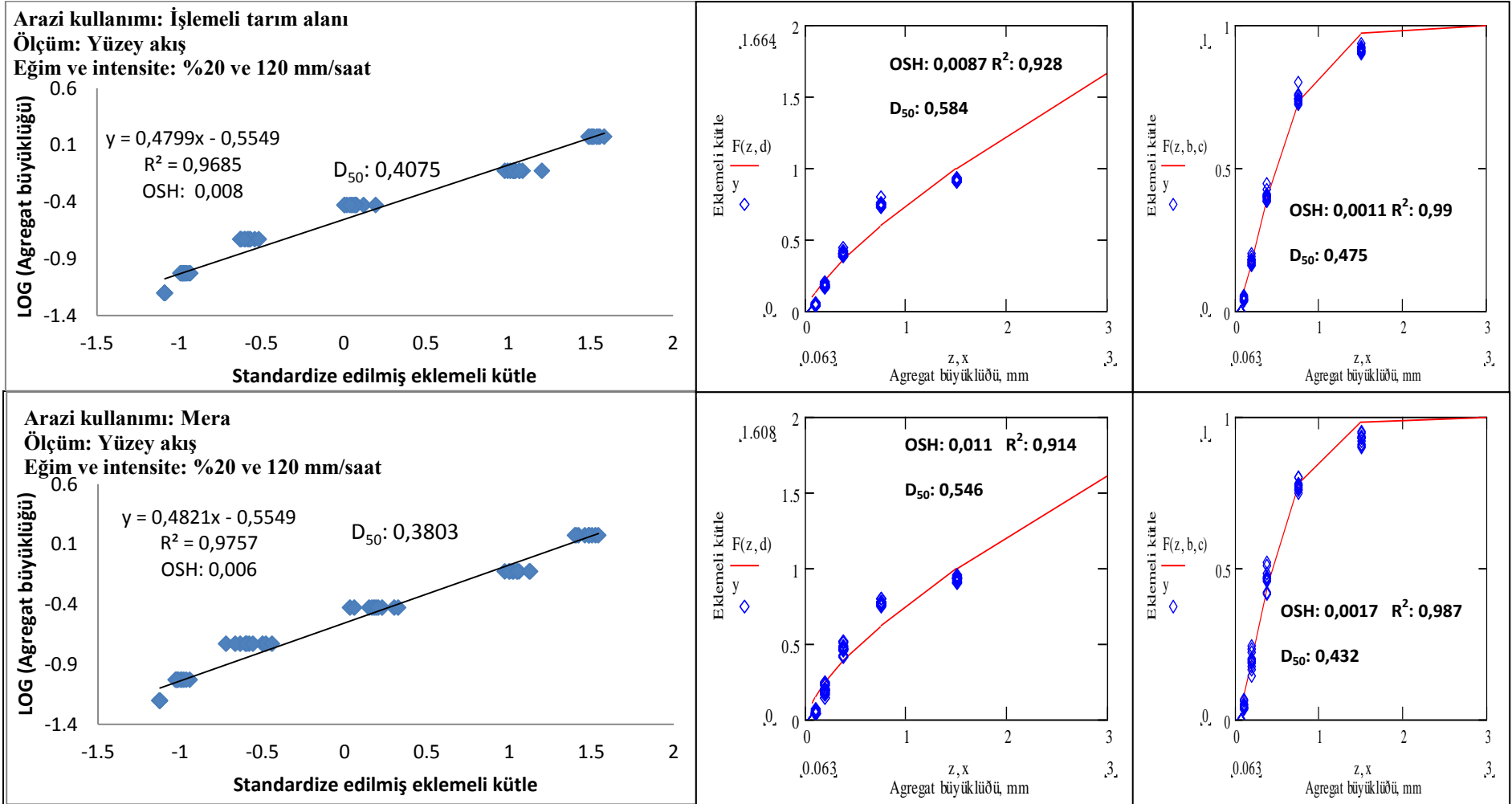
164



EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akışı ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

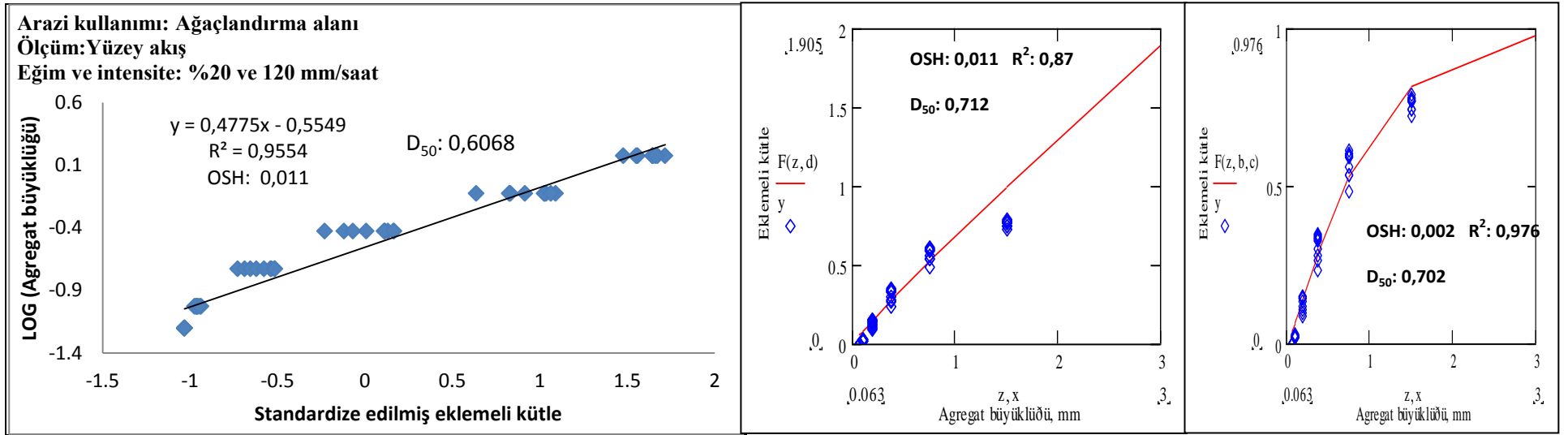


EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akış ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

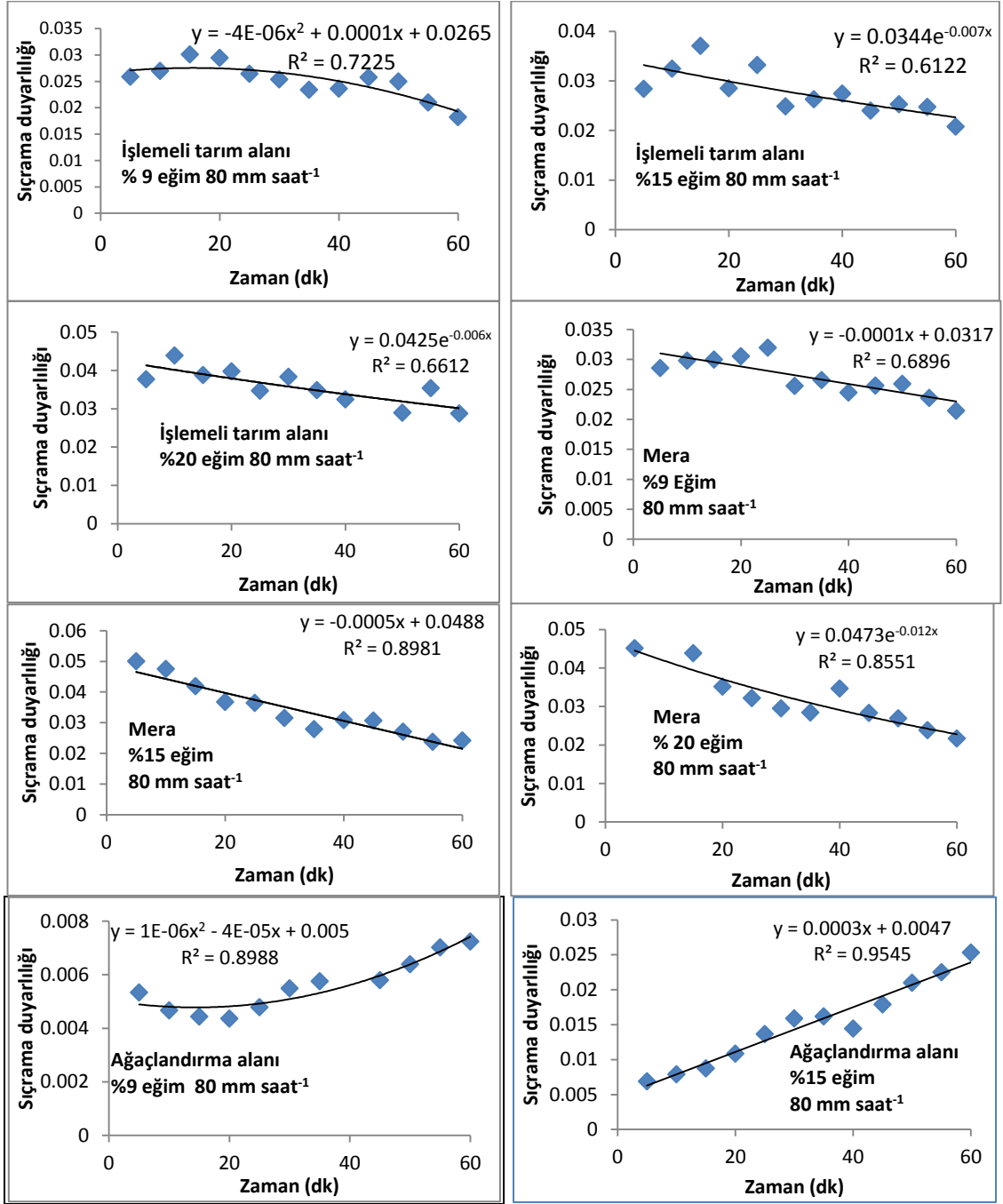


EK 19 (devam) Sıçrayarak ve yüzey akışı ile taşınan agregatların Log-normal, Fraktal ve Weibull dağılımları ile modellenmesi

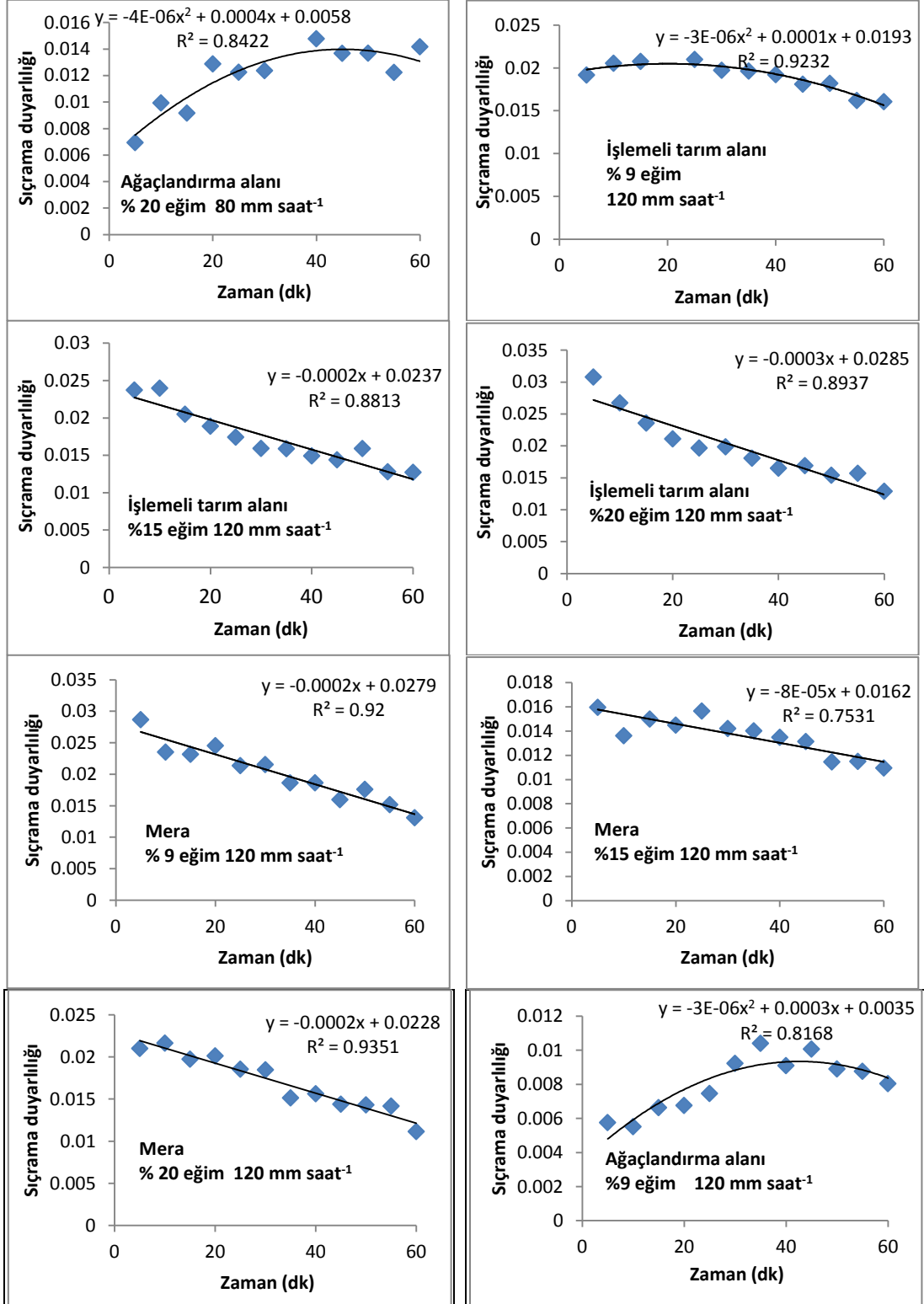
167



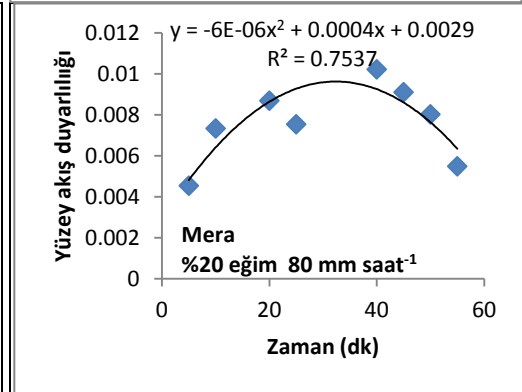
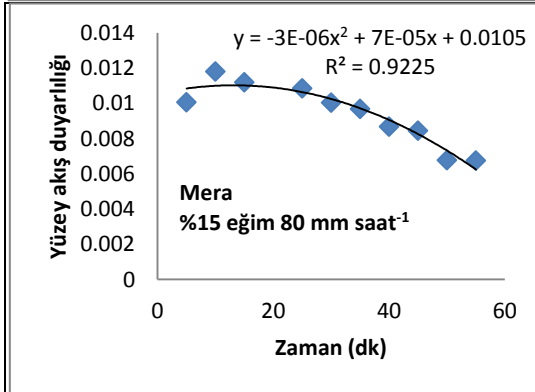
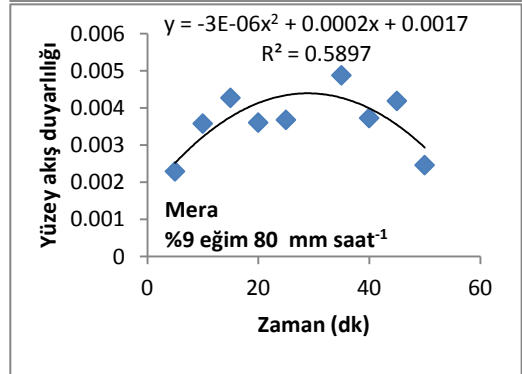
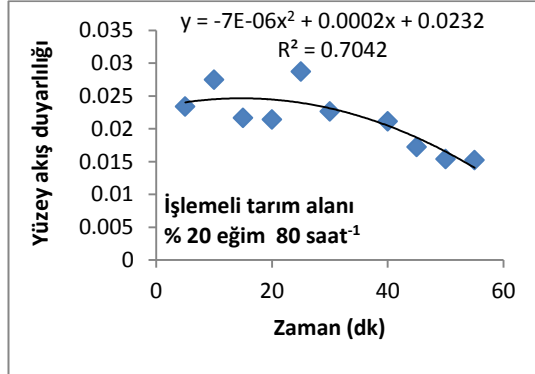
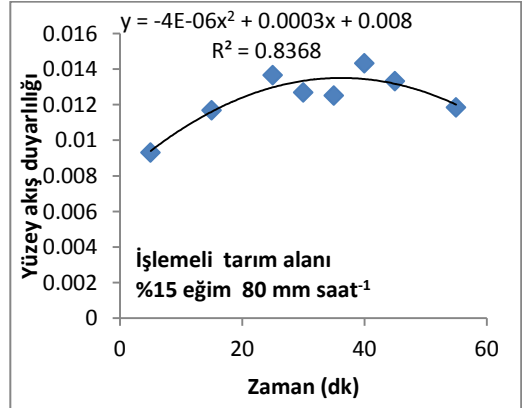
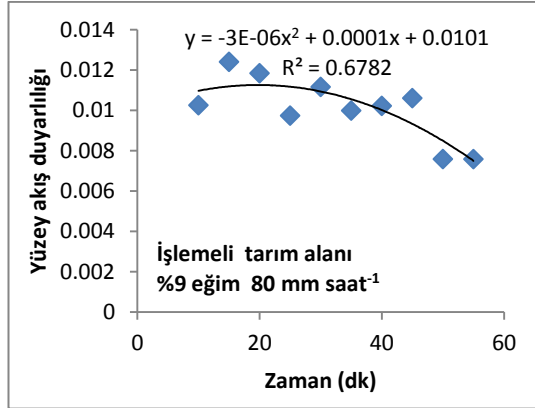
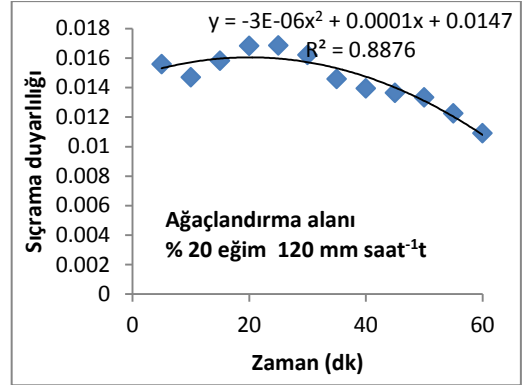
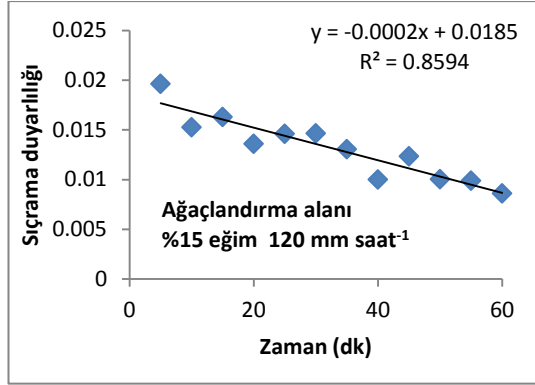
EK 20 Sıçrama ve yüzey akış duyarlılıkların zamana göre değişimi



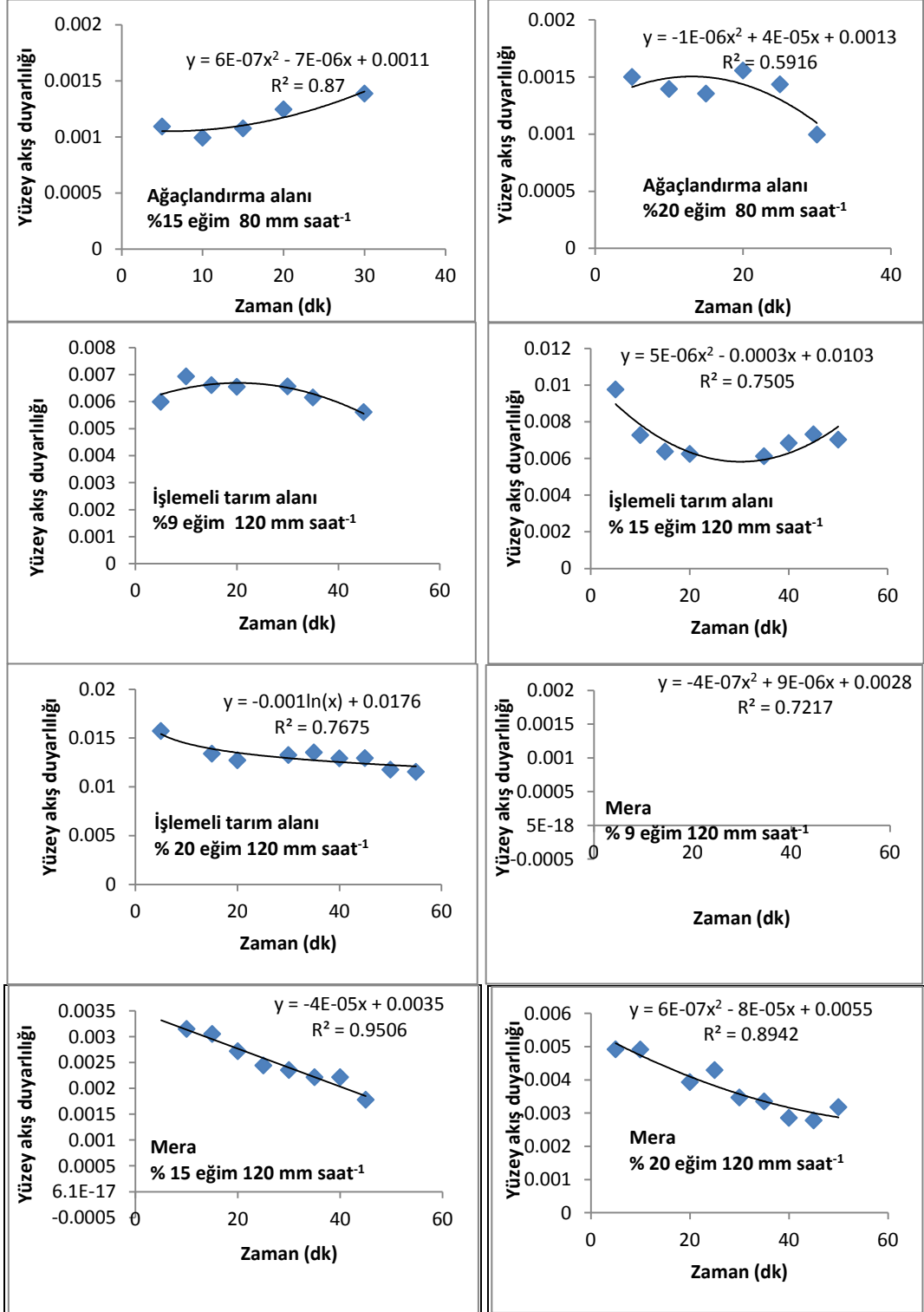
EK 20 Sıçrama ve yüzey akış duyarlılıkların zamana göre değişimi



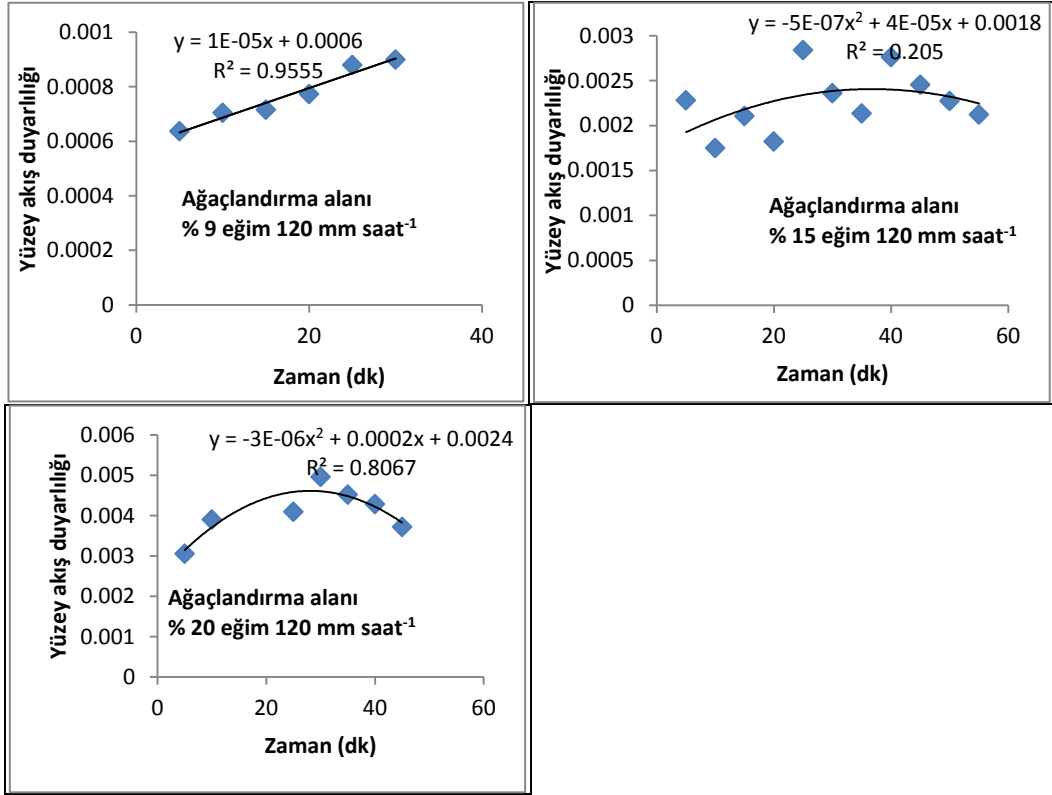
EK 20 Sıçrama ve yüzey akış duyarlılıkların zamana göre değişimi



EK 20 Sıçrama ve yüzey akış duyarlılıkların zamana göre değişimi



Ek 20. Sıçrama ve yüzey akış duyarlılıkların zamana göre değişimi



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Selen DEVİREN SAYGIN

Doğum Yeri: Ankara

Doğum Tarihi: 07.06.1982

Medeni Hali: Evli

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Mobil Lisesi, Ankara (1998)

Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü (2003)

Yüksek Lisans: A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı (2006)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Oyak İnşaat (Ziraat Mühendisi) 2005 (6 ay)

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü (2005 - Devam)

Yayımları (SCI ve diğer)

Saygın Deviren, S., Cornelis, W., Gabriels, D., Erpul, G. 2012. Comparison of different aggregate stability approaches for loamy sand soils. **Applied Soil Ecology**. 54: page:1-6

Erpul, G. **Saygın Deviren, S. 2012.** Ülkemizde Toprak Erozyonu Sorunu Üzerine: Ne Yapılmalı?. **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi**. Türkiye Toprak Bilimi Derneği, Cilt 1, Sayı 1, 26-32.

Saygın Deviren, S., Basaran, M., Ozcan, A.U., Dolarslan, M. Timur, O.B., Yilman, F.E., Erpul, G. 2011. Land degradation assessment by geo-spatially modeling different soil erodibility equations in a semi-arid catchment. **Environmental Monitoring and Assessment**, 180:201-215.

Basaran, M., Erpul, G., Ozcan, A.U., **Saygın, S.D.**, Kibar, M., Bayramin, I., Yilman, F.E., **2011.** Spatial information of soil hydraulic conductivity and performance of cokriging over kriging in a semi-arid basin scale. **Environmental Earth Sciences**, 63: 827-838.

Ozcan, A.U.,Uzun, O., **Saygın Deviren, S.**, Gharahassanlou, A.N., Youssef, F., Basaran, M., Erpul, G. **2012.** Assessing the effects of the vegetation pattern and

topography on the wind-driven sediment flux by GIS and Geostatistics. Geophysical Research Abstracts Vol. 14, EGU2012-13024, 2012 **EGU General Assembly 2012.**

Saygin Deviren, S., Erpul, G. 2012. Interactive assessment of the splash erosion and aggregate breakdown mechanism for the soils of different semi-arid land uses. Geophysical Research Abstracts Vol. 14, EGU2012-7865, 2012 **EGU General Assembly 2012.**

Başaran, M., Özcan, A.U. Uzun, O., Erpul, G., **Saygin Deviren, S.,** Youssef, F. **2012.** In-situ wind erosion measurement and soil loss estimation: Karapınar case study. VIII. International Soil Science Congress "Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management, Çeşme, İzmir.

Saygin Deviren, S., Erpul, G. **2012.** Detailed Investigation of Relationships between Aggregate Breakdown Mechanisms and Soil Organic Carbon Contents under Rainfall Simulation Conditions During Certain Time Periods. VIII. International Soil Science Congress "Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management, Çeşme, İzmir.

Youssef, F., Gharahassanlou, A.N., Uzun, O. **Saygin Deviren, S.,** Ozcan, A.U., Basaran, M., Erpul, G. **2012.** Approach toward assessing wind erosion vulnerability at a regional scale in semi-arid environment in Turkey. **Fourth Conference on Desertification and Land Degradation, Ghent, Belgium.**

Saygin Deviren, S., Cornelis, W.M., Erpul, G., Gabriels, D. **2011.** Comparison of different wet sieving approaches for a loamy sand soil treated with different compost applications in Belgium. **6th international congress of ESSC,** Thessaloniki, ISBN: 978-960-88296-9-5, page:19, Greece.

Saygin Deviren, S., Erpul, G., Basaran, M. **2011.** Evaluation of different aggregate stability methodologies for clay soils of semi arid landuses. Geophysical Research Abstracts Vol. 13, EGU2011-5556, **EGU General Assembly,** Vienna, Austria.

Ozcan, A.U., Basaran, M., **Saygin Deviren, S.,** Timur, O.B., Dolarslan, M., Erpul, G. 2011. Yarı kurak ve kurak bölgelerde orman ve orman içi-üstü mera kullanımlarının erozyona karşı koyma gücünün belirlenmesi, **Kurak ve yarı kurak alan yönetimi çalıştayı,** 5-8 Aralık, 2011, Ürgüp, Nevşehir.

Saygin Deviren, S., Erpul, G. **2010.** A new wet sieving approach for various land uses under a semi-arid climate. **College on soil physics.** <http://agenda.ictp.trieste.it/smr.php?2163> Trieste, Italy.

Saygin Deviren, S., Erpul, G. **2010.** Relationship between organic carbon content and fraction size class under different land uses in a semi arid catchment. **International Soil Science Congress on Management of Natural resources to sustain soil health and quality,** Samsun.

Madenoglu, S. **Saygin, D.S.**, Pinar, M.Ö., Tercan, E.A., Erpul, G. Bayramin, İ. **2010.** Değişik Yetke - K Yaklaşımlarının Konumsal Dağılımlarının Ve Sıçrama Erozyonu İle Bağlantılarının Belirlenmesi. **I. Toprak ve Su Kaynakları Kongresi**, Eskişehir.

Saygin Deviren, S., Topcu, P., Ozkan, M., Erpul, G. and Bayramin, I. **2009.** Variations in Spatial and Temporal Distribution of Rainfall Erosivity Index of RUSLE Technology in the Mediterranean Part of Turkey. **Geoscience General Assembly**, 19-24 April 2009, Vienna, Austria.

Topcu, P., **Saygin Deviren, S.** Erpul, G. and Bayramin, I. **2009.** Updating Rainfall Erosivity Map of the Mediterranean Region in Turkey by RUSLE-R and GIS. **Geoscience General Assembly**, 19-24 April 2009, Vienna, Austria.

Başaran, M., Özcan, A.U., **Saygin, D.S.**, Yılman, F.E., Dölarıslan, M., Timur, Ö.B, Erpul, G., Bayramin, İ. ve Kibar, M. **2009.** Çankırı Eldivan Sarayköy II Göleti Su Toplama Havzasında GIS ve Jeostatistiksel yöntemlerle YETKE-C değişkeninin hesaplanması. **I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu**, Konya.

Saygin Deviren, S., Kaya, P., Ozkan, M., Erpul, G. and Bayramin, I. **2008.** Spatial and Temporal Analysis of Annual Precipitation Variations in Turkey. **International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology**, Kuşadası, Turkey.

Saygin, D.S., M.Yüksel **2008.** Ankara İmrahor Vadisi ve Yakın Çevresinin Tarımsal Kullanıma Uygunluk Sınıflarının Belirlenerek Haritalanması, **Tarım Bilimleri Dergisi** 2008, 14 (2) 108-115 Ankara.

Saygin Deviren, S., Ozkaya, M., Erpul, G. **2008.** Soil and water conservation techniques generally used in olive orchards in Mediterranean Turkey, **Geoscience General Assembly**, 13-18 April 2008, Vienna, Austria.

Saygin Deviren, S. and S. Arora, **2008.** Soil and water conservation techniques for improvement of rainfed agriculture: prospects in Turkey and India. Natural resources conservation, use and sustainability: **Proceedings of the 6th International symposium Agro Environ**, April 24th - May 1st 2008, Page no:545-551, ISBN no:978-975-482-772-9 , Agro Environ, Antalya.