

**YAMAÇ ŞEKİLLERİNİN TOPRAK EROZYONUNA ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Hüseyin ŞENSOY

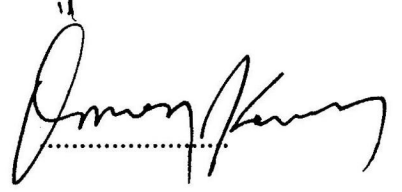
**Bartın Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalında
Doktora Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**BARTIN
Şubat 2010**

KABUL:

Hüseyin ŞENSOY tarafından hazırlanan “YAMAÇ ŞEKİLLERİNİN TOPRAK EROZYONUNA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 02/02/2010

Başkan: Doç. Dr. Ömer KARA (BÜ)



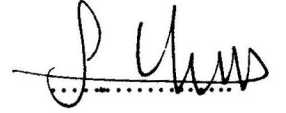
Üye : Prof. Dr. Ahmet HIZAL (İÜ)



Üye : Prof. Dr. Metin TUNAY (BÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Selma YAŞAR KORKANÇ (NÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Alaaddin YÜKSEL (BÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım./...../.....

Doç. Dr. Ali Naci TANKUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Hüseyin ŞENSOY

ÖZET

Doktora Tezi

YAMAÇ ŞEKİLLERİNİN TOPRAK EROZYONUNA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Hüseyin ŞENSOY

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ömer KARA

Şubat 2010, 163 sayfa

Bu çalışmada doğal yamaç şekillerinin erozyona etkisi iki yıl süreyle yüzeysel akış parselleri kullanılarak doğal yağış koşullarında araştırılmıştır. Düz, içbükey ve dışbükey yamaç şekilleri üzerine her yamaç şekli için 6 tane, toplamda ise 18 tane yüzeysel akış parseli tesis edilmiştir. Parsellerin dokuz tanesi 5,50; diğer dokuzu tanesi 11,05 metre uzunluğunda olup tamamı 1,87 metre genişliğindedir.

Düz, içbükey ve dışbükey yamaç şekilleri üzerine tesis edilen yüzeysel akış parsellerine düşen yıllık ortalama yağış miktarı 1194,80 mm, yağışın yüzeysel akışa geçme oranı % 23,27 ve yüzeysel akış parsellerinden gerçekleşen yıllık ortalama toprak kaybı 2399,95 g m⁻² olmuştur.

Düz parsellerde yıllık ortalama yüzeysel akış miktarı 291,04 mm; gerçekleşen yıllık toprak kaybı 3903,12 g m⁻² olmuştur. İçbükey ve dışbükey parsellerde ortalama yüzeysel akış miktarları sırasıyla 272,47 mm ve 270,79 mm; gerçekleşen yıllık toprak kaybı 1325,61 g m⁻² ve 1971,13 g m⁻² olarak belirlenmiştir. Yamaç şekilleri oluşan yüzeysel akış miktarı ve toprak

ÖZET (devam ediyor)

kaybı üzerinde etkilidir. Düz yamaç şekillerinde en yüksek yüzeysel akış ve toprak kaybı meydana gelmiştir. En düşük yüzeysel akış dışbükey yamaç şekillerinde, en düşük toprak kaybı içbükey yamaç şekillerinde meydana gelmiştir. Aynı yamaç şekilleri üzerinde, yamaç uzunluklarının değişmesiyle meydana gelen toprak kaybı arasındaki fark istatistiksel anlamda önemli düzeyde değildir. İçbükey ve dışbükey yamaç şekillerinde, yamaç uzunluğunun değişmesi birim alandan oluşan yüzeysel akış miktarını etkilememiştir. Düz yamaçlarda yamaç uzunluğunun kısalması birim alandan oluşan yüzeysel akış miktarını artırmıştır. Parsel içinde toprak yüzeyinde taşınma ve depolanma şeklinde meydana gelen değişimler, seviye tespit çubukları kullanılarak belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Erozyon, Yağış, Yamaç şekilleri, Yüzeysel akış, Yüzeysel akış parseli

Bilim Kodu: 502.14.01

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

THE EFFECTS OF SLOPE SHAPES ON SOIL EROSION

Hüseyin ŞENSOY

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Forest Engineering

Thesis Advisor : Assoc. Prof. Dr. Ömer KARA

Şubat 2010, 163 pages

In this study, the effect of slope shapes on erosion has been studied for two years by using runoff plots under natural rainfall events. A sum of 18 runoff plots were set up on uniform, concave and convex hillslopes, 6 for each type of slope. Half of the plots had a size of 5.50 by 1.87 and other half had a size of 11.05 by 1.87 metres.

The average annual rainfall was 1194.80 mm, overall runoff ratio averaging over slope shapes was 23.27 % and overall mean annual soil loss averaging over slope shapes was 2399.95 g m².

The average annual runoff and average annual soil loss were 291.04 mm and 3903.12 g m⁻² for uniform runoff plots, respectively. The average runoff were 272.47 mm and 270.79 mm and average annual soil loss values were 1325.61 g m⁻² and 1971.13 g m⁻² on concave and convex runoff plots respectively. Slope shapes affect the amount of runoff and soil loss. The highest runoff and soil loss occurred from uniform plots. The lowest runoff was from

ABSTRACT (continued)

convex slopes and the lowest soil loss occurred from concave slopes. The size of the plot did not have a significant effect on the soil loss from the plots with the same slope. In concave and convex slope shapes, the change in the length of the slope did not affect the amount of runoff in per unit area. Smaller plot size caused greater runoff in uniform slopes. On the other hand, plot level sticks were used to determine changes on the soil surface due to soil loss and deposition.

Keywords: Erosion, Rainfall, Slope shape, Runoff, Runoff plot

Science code: 502.14.01

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmasının her aşamasında yardım ve desteğini eksik etmeyen, değerli bilgi ve bilimsel birikimlerinden ve kişiliğinden her zaman faydalandığım sayın hocam Doç. Dr. Ömer KARA'ya içtenlikle teşekkür ederim.

Araştırma konusunun seçiminde önerilerini esirgemeyen, bizzat çalışma alanına gelip bilgi ve birikimlerini paylaşma nezaketi gösteren; akademik çalışmalarımın her aşamasında öneri, yardım ve desteklerini gördüğüm değerli hocalarım sayın Prof. Dr. Ahmet HIZAL'a ve sayın Yrd. Doç. Dr. Selma YAŞAR KORKANÇ'a çok teşekkür ederim.

Deneme parsellerinin kurulduğu arazinin sahibi sayın Muzaffer SOYTÜRK'e çalışma süresince gösterdiği anlayışından dolayı şükranlarımı sunarım. Parsel düzeneklerinin hazırlanmasında ve araziye tesisinde yardımlarını esirgemeyen sayın Nihat KIZILDAĞ'a ve arazi yerinin seçimi aşamasında öneri ve yardımlarından dolayı sayın Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER'e ayrıca teşekkür ederim.

Tez çalışmasının her aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Araş. Gör. İlyas BOLAT'a, Araş. Gör. Şahin PALTA'ya, Araş. Gör. Kamil ÇAKIROĞLU'na ve Araş. Gör. Dr. Ercan GÖKYER'e çok teşekkür ederim. Arazi çalışmalarında yardım ve desteklerinden dolayı Araş. Gör. Yafes YILDIZ ve öğretim görevlisi Emrullah YILMAZ'a; başta orman mühendisi Şükrü UZUN olmak üzere, parsellerin kurulumunda çok emek sarf eden orman mühendisleri Özgür SÖKÜLMEZ'e, Mücahit ÇAĞLAR'a, Tuna EMİR'e ve burada isimlerini zikredemediğim değerli orman mühendisi ve orman endüstri mühendisi meslektaşlarıma ve tüm öğrenci arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Arazi çalışmalarım sırasında gösterdiği gerçek sabırdan ve çalışmalarımın her aşamasında verdiği destekten dolayı değerli eşime şükranlarımı sunarım. Çalışmalarım sırasında desteklerini her zaman hissettiren aileme, tüm arkadaşlarıma, değerli hocalarıma, Dalıca köyü sakinlerine ve bu çalışmaya maddi destek veren Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Araştırma Fonu'na ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
TABLolar DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
 BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	 1
 1.1 LİTERATÜR ÖZETİ.....	 4
1.1.1 Yüzeysel Akış ve Erozyonun Belirlenmesinde Yüzeysel Akış Parsellerinin Kullanılması Konusundaki Çalışmalar.....	 4
1.1.2 Doğal Yağmur Koşullarında Yüzeysel Akış Parsellerinde Gerçekleştirilen Çalışmalar.....	 12
1.1.3 Yapay Yağmurlayıcı Kullanılarak Yüzeysel Akış Parsellerinde Gerçekleştirilen Çalışmalar.....	 21
1.1.4 Yamaç Özelliklerinin (Eğim, Uzunluk ve Şekil) Yüzeysel Akış ve Erozyona Etkileri.....	 26
1.1.4.1 Yamaç Eğiminin Etkisi.....	27
1.1.4.2. Yamaç Uzunluğunun Etkisi.....	29
1.1.4.3 Yamaç Şekillerinin Etkisi.....	32

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 2 MATERYAL VE YÖNTEM.....	39
2.1 MATERYAL.....	39
2.1.1 Araştırma Alanının Yeri (Mevkii).....	39
2.1.2 İklim Özellikleri.....	39
2.1.3 Anakaya ve Toprak Özellikleri.....	41
2.1.4 Bitki Örtüsü.....	42
2.1.5 Yüzeysel Akış Parsellerinin Tesis Edildiği Arazinin Belirlenmesi.....	42
2.2 ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....	43
2.2.1 Arazi Yöntemleri.....	43
2.2.1.1 Yüzeysel Akış Parsellerinin Tesis.....	44
2.2.1.2 Sediment Ölçülmesi.....	49
2.2.1.3 Yağışın Ölçülmesi.....	52
2.2.2 Parsel Bakımları.....	53
2.2.3 Laboratuvar Yöntemleri.....	53
2.2.3.1 Toprak Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri.....	53
2.2.4 Büro Yöntemleri.....	56
2.2.4.1 Erozyonun Belirlenmesi.....	56
2.2.4.2 Verilerin Değerlendirilmesi.....	56
BÖLÜM 3 BULGULAR.....	59
3.1 ÜST TOPRAKLARIN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ İLE BU ÖZELLİKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	59
3.1.1 Toprak Özellikleri.....	59
3.1.1.1 Düz Parsellerin Toprak Özellikleri.....	59
3.1.1.2 İçbükey Parsellerin Toprak Özellikleri.....	60
3.1.1.3 Dışbükey Parsellerin Toprak Özellikleri.....	62

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.1.2 Toprak Özelliklerinin Karşılaştırılması	63
3.2 YAĞIŞLAR.....	66
3.3 YÜZEYSEL AKIŞLAR	68
3.3.1. Yüzeysel Akış Miktarları.....	68
3.3.1.1 Düz Yamaçların Yüzeysel Akışları	68
3.3.1.2 İçbükey Yamaçların Yüzeysel Akışları	70
3.3.1.3 Dışbükey Yamaçların Yüzeysel Akışları	72
3.3.2 Yüzeysel Akışların Karşılaştırılması	74
3.3.2.1 Farklı Yamaç Şekillerinin Yüzeysel Akış Miktarları	74
3.3.2.2 Farklı Uzunluktaki Parsellerin Yüzeysel Akış Miktarları	75
3.4 TOPLAM EROZYON	75
3.4.1 Sürüntü Materyali.....	75
3.4.1.1 Düz Yamaçlar	75
3.4.1.2 İçbükey Yamaçlar	78
3.4.1.3 Dışbükey Yamaçlar	81
3.4.2 Sürüntü Materyalinin Karşılaştırılması.....	84
3.4.2.1 Farklı Yamaç Şekillerinin Karşılaştırılması	84
3.4.2.2 Farklı Uzunluktaki Parsellerin Karşılaştırılması	85
3.4.3 Askıda Sediment	87
3.4.3.1 Düz Yamaçlar	87
3.4.3.2 İçbükey Yamaçlar	89
3.4.3.3 Dışbükey Yamaçlar	90
3.4.4 Askıda Sediment Miktarının Karşılaştırılması	92
3.4.4.1 Farklı Yamaç Şekillerinin Karşılaştırılması	92
3.4.4.2 Farklı Uzunluktaki Parsellerin Karşılaştırılması	93
3.4.5 Toplam Erozyonun (Sürüntü Materyali ve Askıda Sediment)	
Belirlenmesi.....	93
3.4.5.1 Düz Yamaçlar	93

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.4.5.2 İçbükey Yamaçlar	95
3.4.5.3 Dışbükey Yamaçlar	96
3.4.6 Toplam Erozyonun (Sürüntü Materyali ve Askıda Sediment)	
Karşılaştırılması	98
3.4.6.1 Farklı Yamaç Şekillerinin Karşılaştırılması	98
3.4.6.2 Farklı Uzunluktaki Parsellerin Karşılaştırılması	98
3.4.7 Yamaç Topraklarının Taşınma ve Depolanma Değişimleri	99
3.4.7.1 Düz Yamaçlar	99
3.4.7.2 İçbükey Yamaçlar	100
3.4.7.3 Dışbükey Yamaçlar	102
3.5 TOPRAK ÖZELLİKLERİ, YÜZEYSEL AKIŞ VE EROZYON İLİŞKİLERİ	103
BÖLÜM 4 TARTIŞMA.....	107
4.1 TOPRAK ÖZELLİKLERİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRME	107
4.2 YÜZEYSEL AKIŞLARA İLİŞKİN DEĞERLENDİRME	111
4.3 TOPLAM EROZYONA İLİŞKİN DEĞERLENDİRME	116
BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	125
KAYNAKLAR.....	131
EK AÇIKLAMALAR A. ARAŞTIRMA ALANINDA KAYDEDİLEN YAĞIŞLAR, ÖLÇÜM ZAMANLARI VE MİKTARLARI.....	149
EK AÇIKLAMALAR B. YÜZEYSEL AKIŞ ÖLÇÜMLERİ.....	153
ÖZGEÇMİŞ.....	163

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
1.1	Yamaç şekillerinin (düz, içbükey, dışbükey ve karma) görünümü	33
1.2	Bilgisayar modellemesi kullanılarak oluşturulan % 5 ve % 10 eğimli dört farklı yamaç şekli.	34
1.3	Dört farklı yamaç şekli üzerinde meydana gelen toplam erozyon	35
1.4	Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda toprak kaybı değişiminin şematik gösterimi	37
1.5	Doğal bir yamacın boyuna kesit profili	37
1.6	Yamaç bölümlerinin şematik gösterimi	38
2.1	Thorntwaite yöntemine göre Bartın'ın su bilançosu	40
2.2	Çalışma alanının genel görünümü	43
2.3	Yüzeysel akış parsellerinin arazi üzerindeki konumu	44
2.4	Çalışma alanına yerleştirilen yüzeysel akış parsel düzeneği	44
2.5	Arazi üzerine tesis edilmiş yüzeysel akış parseli, sediment ve yüzeysel akış toplama alanı	45
2.6	Yüzeysel akış parseli bağlantı düzeneği	46
2.7	Yüzeysel akış parseli bağlantı düzeneği ve sürüntü materyali toplama tankı	46
2.8	Sürüntü materyali toplama tankı	47
2.9	Yüzeysel akış ve askıda sediment toplama tankı	48
2.10	Dışbükey parseller üzerinde yer alan seviye ölçüm çubukları	49
2.11	Bir yağmur sonrasında taşınan sürüntü materyalinin poşetlenmesi	50
2.12	Toplama tankında biriken yağmur suyu	51
2.13	Yüzeysel akış toplama alanında şiddetli yağmur sırasında oluşan yüzeysel akış	51
2.14	Araştırma alanına tesis edilmiş yağışölçer	52
3.1	Araştırma alanındaki toprakların dispersiyon oranının farklı yamaç şekillerine göre değişimi	65

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
3.2	Araştırma alanındaki toprakların elektriksel iletkenliklerinin farklı yamaç şekillerine göre değişimi.....	65
3.3	Araştırma alanındaki toprakların kireç içeriklerinin farklı yamaç şekillerine göre değişimi.	66
3.4	Araştırma alanındaki toprakların taşlılık miktarlarının farklı yamaç şekillerine göre değişimi.	66
3.5	Yüzeysel akış miktarının farklı yamaç şekillerine göre değişimi	74
3.6	Taşınan topraklara ait kum, toz, kil ve iskelet değerlerinin farklı yamaç şekillerine göre değişimi..	85
3.7	Taşınan askıda sediment miktarının yamaç şekillerine göre değişimi.	92
3.8	Yamaç şekillerine göre toplam erozyonun değişimi	98
3.9	Düz yamaçlar üzerine tesis edilen uzun parsellerde taşınma ve depolanma durumu.....	99
3.10	Düz yamaçlar üzerine tesis edilen kısa parsellerde taşınma ve depolanma durumu.....	100
3.11	İçbükey yamaçlar üzerinde tesis edilen uzun parsellerde taşınma ve depolanma durumu.	101
3.12	İçbükey yamaçlar üzerinde tesis edilen kısa parsellerde taşınma ve depolanma durumu.....	101
3.13	Dışbükey yamaçlar üzerinde tesis edilen uzun parsellerde taşınma ve depolanma durumu	102
3.14	Dışbükey yamaçlar üzerinde tesis edilen kısa parsellerde taşınma ve depolanma durumu	103
3.15	Farklı yamaç şekillerinde erozyon ve dispersiyon oranı arasındaki ilişki.....	104
3.16	Farklı parsel uzunluklarında erozyon ve dispersiyon oranı arasındaki ilişki.	104
3.17	Farklı yamaç şekillerinde erozyon ve toprak taşlılığı arasındaki ilişki.	105
3.18	Farklı parsel uzunluklarında erozyon ve toprak taşlılığı arasındaki ilişki.....	105

TABLÖLER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
1.1	Genel kullanıma sahip alanlarda yamaç eğimine bağlı olarak toprak kaybı tahmininde kullanılan eğim faktörü eşitlikleri	29
2.1	Bartın Meteoroloji İstasyonunda ölçülen meteorolojik verilerin uzun yıllık ortalamaları (1953-2008).	40
2.2	Thorntwaite yöntemine göre Bartın'ın su bilançosu (1953-2008)	41
3.1	Düz yamaçlara ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	60
3.2	İçbükey yamaçlara ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri... ..	61
3.3	Dışbükey yamaçlara ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	62
3.4	Farklı yamaç şekillerindeki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları	64
3.5	Araştırma alanına düşen toplam yağış miktarının aylara göre dağılımı.....	67
3.6	Düz yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) ölçülen yüzeysel akış miktarı ...	68
3.7	Düz yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) ölçülen yüzeysel akış miktarı.....	69
3.8	İçbükey yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) ölçülen yüzeysel akış miktarı.....	70
3.9	İçbükey yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) ölçülen yüzeysel akış miktarı	71
3.10	Dışbükey yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) ölçülen yüzeysel akış miktarı.....	72
3.11	Dışbükey yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) ölçülen yüzeysel akış miktarı.....	73
3.12	Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlardaki yüzeysel akış miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	74
3.13	Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerin yüzeysel akış miktarına ilişkin t testi sonuçları	75
3.14	Düz yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) taşınan sürüntü materyali	76
3.15	Düz yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) taşınan sürüntü materyali.	77
3.16	İçbükey yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) taşınan sürüntü materyali...	79
3.17	İçbükey yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) taşınan sürüntü materyali.....	80

TABLÖLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.18 Dışbükey yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) taşınan sürüntü materyali.	82
3.19 Dışbükey yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) taşınan sürüntü materyali	83
3.20 Farklı yamaç şekillerinden taşınan sürüntü materyalinin tane boyutu içeriklerine ilişkin varyans analizi sonuçları	84
3.21 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerden taşınan iskelet miktarına ilişkin t testi sonuçları	85
3.22 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerden taşınan kum miktarına ilişkin t testi sonuçları	86
3.23 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerden taşınan toz miktarına ilişkin t testi sonuçları	86
3.24 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerden taşınan kil miktarına ilişkin t testi sonuçları	86
3.25 Düz yamaçlarda uzun parsellerden (11,05x1,87 m) taşınan askıda sediment miktarı.....	88
3.26 Düz yamaçlarda kısa parsellerden (5,50x1,87 m) taşınan askıda sediment miktarı.	88
3.27 İçbükey yamaçlarda uzun parsellerden (11,05x1,87 m) taşınan askıda sediment miktarı.....	89
3.28 İçbükey yamaçlarda kısa parsellerden (5,50x1,87 m) taşınan askıda sediment miktarı.....	90
3.29 Dışbükey yamaçlarda uzun parsellerden (11,05x1,87 m) taşınan askıda sediment miktarı.....	91
3.30 Dışbükey yamaçlarda kısa parsellerden (5,50x1,87 m) taşınan askıda sediment miktarı.....	91
3.31 Farklı yamaç şekillerinden taşınan askıda sediment miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları.	92
3.32 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerden taşınan askıda sediment miktarına ilişkin t testi sonuçları.....	93
3.33 Düz yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) gerçekleşen erozyon miktarı.....	94
3.34 Düz yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) gerçekleşen erozyon miktarı	94
3.35 İçbükey yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) gerçekleşen erozyon miktarı.....	95
3.36 İçbükey yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) gerçekleşen erozyon miktarı..	96

TABLÖLAR DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
3.37	Dışbükey yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) gerçekleşen erozyon miktarı.....	97
3.38	Dışbükey yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87) gerçekleşen erozyon miktarı ...	97
3.39	Farklı yamaç şekillerinde gerçekleşen toplam erozyona ilişkin varyans analizi sonuçları	98
3.40	Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerde meydana gelen toplam erozyona ilişkin t testi sonuçları	99
3.41	Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlara ait erozyon, yüzeysel akış, bazı toprak özellikleri ve aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon matrisi	103

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

L	:	Yamaç uzunluğu
LS	:	Yamaç faktörü
m	:	Yamaç eğim sabitesi
s	:	Eğim yüzdesi
S	:	Yamaç eğim derecesi
α	:	alfa
β	:	beta
θ	:	teta
λ	:	lambda

KISALTMALAR

ANOVA	:	Analysis of Variance
EF	:	Eğim Faktörü
EYU	:	Efektif Yamaç Uzunluğu
LISEM	:	Limburg Soil Erosion Model
MUSLE	:	Modified Universal Soil Loss Equation
PAM	:	Polyacrylamide
RUSLE	:	Revised Universal Soil Loss Equation
SPSS	:	Statistical Package for Social Sciences
USLE	:	Universal Soil Loss Equation
WEPP	:	Water Erosion Prediction Project

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Toprak erozyonu, insanların özellikle beslenme ve barınma gibi ihtiyaçlarının karşılanması için arazi ile uğraşmalarının başlamasıyla birlikte ortaya çıkan ve süregelen doğal kaynak kayıplarının başında yer almaktadır. İnsanların doğal bitki örtüsünü kaldırıp tarım yapmak amacı ile toprağı işlemeye başlamasından bu tarafa, hızlanmış erozyon denen toprak taşınması ve kaybı artan bir şekilde devam etmiştir (Balcı 1996). İnsanların çoğaldığı yerlerde ve çevrelerinde, büyük insan topluluklarının bir yerden başka bir yere göçlerinde toprak erozyonunun da hızlandığı görülmektedir (Renard 1985; Özyuvacı vd. 1997; Hudson ve Alcantara-Ayala 2006; Casana 2008). Devam eden süreçte toprağın insanlar için önemi artmış ve bunun paralelinde toprak kaybını ve erozyonunu önleyici çalışmalar hızlanmıştır. Zamanın teknolojik birikimi ve uygarlık düzeyine göre toprak erozyonunu önleyici değişik yöntemler geliştirilmiştir (Balcı 1996). Geleneksel yöntemler olarak da adlandırılan bu koruyucu yöntemlerden bazıları Çin, Yemen, Peru, Filipinler ve bazı Akdeniz ülkelerinde uygulamada halen kullanılmaktadır (Sanders 2004).

Ancak 19. yüzyılın sonuna kadar erozyon sorununun ciddiyeti, önemi ve kontrol yöntemleri konusunda sistematik, bilimsel ve rasyonel yaklaşım biçiminin geliştirildiğini söylemek zordur (Balcı 1996). Bu eksikliğin teknolojinin ilerlemesi ve bilimsel araştırma yöntemlerinin geliştirilmesiyle zamanla giderilmesine başlanılmıştır. Toprak erozyonunda en etkili eroziv gücün su olması, gerçekleştirilen çalışmaları da çoğunlukla bu noktada yoğunlaştırmıştır. Zamanla suyun etkisi ile gerçekleşen erozyon, toprak erozyonu anlamında bile değerlendirilmiştir.

Modern anlamda toprak koruma çalışmaları ve toprak erozyonunun bilimsel anlamda ölçülmesi 20. yüzyılın ilk çeyreğinde arazi üzerinden elde edilen verilerle gerçekleştirilmiştir (Sanders 2004). İlk olarak 1915'te Birleşik Amerika' nın Utah eyaletinde yüzeysel akış ve erozyon ölçümlerine başlanılmış; 1917 yılında ise yüzeysel akış parselleri kullanılarak arazi üzerinde yüzeysel akış ve erozyon ölçümü gerçekleştirilmiştir (Smith 1958; Hayward 1967;

Chisci 1981; Presbitero 2003; Sanders 2004). 1928-33 yılları arasında Birleşik Amerika'nın on eyaletinde arazi üzerine deneme parselleri kurulmuş, toprak erozyonu ve etkileri araştırılmıştır (Smith 1958). Sonraki dönemlerde yüzeysel akış parseli kullanılan çalışmaların sayısı giderek artmış, yüzeysel akış ve toprak erozyonu ile ilgili birçok veri elde edilmiştir (Chisci 1981; Hagen ve Foster 1990). Bu verilerden yola çıkarak, toprak kaybı ile ilgili ilk matematiksel eşitlikler de 1940'lı yıllarda gerçekleştirilmiştir (Wischmeier ve Smith 1978; Hagen ve Foster 1990). Yapılan bu öncü çalışmalar genellikle toprak erozyonuna etki eden etmenler, su-toprak ilişkileri, toprağın erozyondan korunması, toprak erozyonunun ölçülmesi ve sınıflandırılması gibi başlıklar altında yoğunlaşmıştır.

İlk çalışmalardan elde edilen veriler yardımıyla erozyon, yüzeysel akış ve bunları etkileyen etmenler hakkında genel değerlendirmelere ulaşıldıktan sonra, bu değerlendirmeler laboratuvar çalışmalarıyla birleştirilmeye başlanmıştır. Yapay yağmurlama sistemlerinin geliştirilmesi sonrası, bu sistemler arazi üzerinde uygulanarak (Mirtschkoulava 1981; Wilcox ve Wood 1989; Greene ve Sawtell 1992; Boix-Fayos vd. 1998; Chaplot ve Le Bissonnais 2003) ya da kontrollü laboratuvar testleri gerçekleştirilerek (Karakaplan 1978; Römkens vd. 2001; Stomph vd. 2001; Gomez ve Nearing 2005; Rieke-Zapp ve Nearing 2005; Asadi vd. 2007) toprak erozyonu ve yüzeysel akışla ilgili daha hızlı ve detaya inen sonuçlara ulaşılmıştır.

1965'lerden sonra özellikle Birleşik Amerika'da toprak erozyonuyla ilgili laboratuvar çalışmaları ve deneme parsellerinden elde edilen bulgular kullanılarak çeşitli erozyon tahmin modelleri geliştirilmiştir. Arazi kullanımı, iklim özellikleri, amenajman uygulamaları gibi erozyon oluşumunda etkin faktörlerin dikkate alındığı bu modeller üzerinden, toprak kayıpları tahmin edilmeye çalışılmıştır (Wischmeier ve Smith 1978). Toprak erozyonunun en iyi ortaya koyulduğu modeller; Universal Soil Loss Equation (USLE), Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) ve Water Erosion Prediction Project (WEPP) olarak adlandırılabilir (Römkens vd. 2001). Arazi üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda erozyon ve yüzeysel akışın toprak duyarlılığı açısından değerlendirilmesinin masraflı ve uzun zaman gerektirdiği (Barthes ve Roose 2002) göz önünde tutulursa, erozyon tahmin eşitliklerinin sağladığı fayda daha kolay anlaşılabilir. Geliştirilen erozyon tahmin modellerinin başlangıçta oldukça kabul görmesi ve geniş uygulama alanı bulması bu şekilde açıklanabilir. Ancak son dönemde eleştiriler yoğunlaşmış (Nearing 2000), hatta modellere dayanarak gerçekleştirilen erozyon ölçümlerinin sağlıklı olmadığı iddia edilmiştir (Stroosnijder 2005). Yine erozyon tahmin modellerinin depolama alanlarına uygulanamadığı (Robinson 1977; Hagen ve Foster 1990),

modellerle ortaya konulan sonucun arazi çalışmalarıyla desteklenme (Nearing 2000; Stroosnijder 2005) ve modellerin belirli aralıklarla güncellenme gereksinimi, bu sakıncalar arasında gösterilmektedir (Stroosnijder 2005). Modellerin bölgesel kullanımlarla sınırlı olduğu, evrensel standartta yeterli veri olmadığından, uygulamada geniş sahalara yayılmasının zor olduğu ifade edilmektedir (Liu vd. 2002). Yine matematiksel modellerin uygulama anlamında adaptasyon zorlukları içerdiği (Boli vd. 1994; Zhang vd. 2008) ve farklı bitki türlerinin uygulandığı tarım sistemlerinde, toprak kaybı hesaplamalarında, türden kaynaklanan büyük farklılıkları modellerin ortaya koyamadığı belirtilmektedir (Boli vd. 1994). Erozyon tahmin modellerinin yalnızca toplam toprak kaybını ortaya koyduğu fakat erozyonun nerede ve ne zaman gerçekleşeceğini ortaya koyamadığı da eleştiriler arasındadır (Hagen ve Foster 1990). Erozyon ölçümlerinde aynı tekniklerin kullanılmamasından dolayı oluşan farklılığın, havza düzeyinde bir erozyon modeli oluşturmaya engel olduğu bir başka eleştirel bakıştır (Beven 2001). Eleştirilerin yoğunlaştığı bir diğer nokta ise, birçok modelin veri tabanını oluşturan arazi ölçümlerinin Birleşik Amerika'dan temin edildiği ve bu durumun, modelin dünyanın diğer bölgelerinde sağlıklı bir şekilde uygulanmasına engel olduğu şeklindedir (Römkens vd. 2001). Daha da ileri giderek USLE erozyon tahmin modelinin, Birleşik Amerika'nın batı bölümünün ancak yarısını temsil edebileceği savunulmaktadır (Hudson 1993). Konu ile ilgili yapılan son çalışmalardan birinde, erozyon ve sediment kaybı terimlerinin ayrıntılı tanımlamaları yapılmış ve USLE ya da RUSLE'nin sediment kaybı tahmininde kullanıldığı, "sediment kaybı" terim anlamının ise erozyon olmadığı belirtilmiştir (Kinnell 2008). Yine WEPP ve Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) erozyon tahmin eşitliklerinde yüzeysel pik akım oranı, toprak kaybı üzerinden tahmin edilerek kullanılmaktadır. Bu tür tercihler, mühendislik çalışmalarında geniş bir kullanım alanına sahip olsa da uygulamada güçlükler oluşturmaktadır (Fentie vd. 2002). Yeni geliştirilen bir erozyon tahmin eşitliği olan Limburg Soil Erosion Model (LISEM) ise erozyonun dağılımını yersel olarak belirtmede ve ekili alanlarda bitki türlerinin erozyona etkisini ortaya koymada başarısız olarak gösterilmektedir (Polyakov vd. 2004). Ancak teknolojinin ilerlemesiyle birlikte erozyon tahmin eşitlikleri, sayısal arazi modelleri ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Konu ile ilgili gerçekleştirilen son çalışmalarda, yukarıda belirtilen bazı erozyon tahmin eşitliklerinin erozyonun nerede ve ne zaman gerçekleşeceğini ortaya koyamama gibi bazı belirsizlikleri ortadan kaldırdığı görülmektedir (Yüksel vd. 2008).

Toprak erozyonunun belirlenmesi ve ölçülebilmesi yöntemleri, çeşitli değerlendirmeler ya da başlıklar altında sınıflandırılmıştır. Cheing (1997) erozyonun belirlenmesini doğrudan,

dolaylı ve tahmini ölçüm yöntemleri şeklinde sınıflandırmıştır. Su erozyonunun arazide ve laboratuvar koşullarında doğrudan ölçülmesi ve tahmini yöntemler kullanılarak belirlenmesi şeklinde yapılan sınıflandırmalar da bulunmaktadır (Balcı 1996; Stroosnijder 2005). Su ile taşınan sedimentin ölçülmesi ya da toprak seviyesindeki alçalmanın ölçülmesi şeklinde, bir yamaç üzerinde oluşan erozyonun değerlendirilebileceği de belirtilmektedir (Chisci 1981).

Doğrudan ya da arazide toplam erozyonun ölçülmesi, çeşitli yöntemler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Yüzeysel akış parseli tesis edilerek erozyon, toprak kaybı ve yüzeysel akış ölçülmesi bu yöntemlerden biridir. Parsel kullanarak erozyon ve yüzeysel akışın ölçümü arazi koşullarında doğal yağmur altında veya yapay yağmur uygulanarak ya da kontrollü laboratuvar ortamında gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada doğal yağış koşulları altında yüzeysel akış parselleri kullanılarak düz, içbükey ve dışbükey yamaçlar üzerinde meydana gelen yüzeysel akış ve erozyonun ölçülmesi; yamaç şekilleri, toprak özellikleri, yağış, yüzeysel akış ve erozyon arasındaki etkileşimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Diğer bir amaç düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda parsel uzunluklarının yüzeysel akış ve erozyona etkilerinin belirlenmesidir.

1.1 LİTERATÜR ÖZETİ

1.1.1 Yüzeysel Akış ve Erozyonun Belirlenmesinde Yüzeysel Akış Parsellerinin Kullanılması Konusundaki Çalışmalar

Arazi üzerinde doğal şartlar altında yapılan erozyon ve yüzeysel akış ölçümlerinde kullanılan parseller genel anlamda yüzeysel akış parselleri olarak adlandırılmaktadır. Erozyon, yüzeysel akış ve infiltrasyonun ölçülmesinde, farklı arazi kullanımlarının ve bitki örtüsünün toprak erozyonu, yüzeysel akış ve infiltrasyona etkilerinin araştırılmasında kullanılan yöntemlerin en önemlilerinden birisi yüzeysel akış parselleridir. Son dönemlerde toprak erozyonu araştırmalarında yüzeysel akış parsellerinin kullanımında genel anlamda artış bulunmaktadır (Zobisch vd. 1996).

Genellikle uygulamaya yönelik bazı bulgu ve sonuçlar elde etmek veya erozyon olayındaki bazı temel ilişkileri ortaya koymak için, belli amaçları ve belli soruları cevaplamaya yönelik

olan yüzeysel akış parselleri (Balcı 1996), başlıca üç farklı hedefin araştırılması için uygulanmaktadır. Bunlardan ilki, bitki örtüsü ile kaplı toprak yüzeyinde gerçekleşen erozyon, çıplak toprak yüzeyinden gerçekleşenden daha azdır gibi genel bir kabulü ispatlamak amaçlıdır (Hudson 1993). İkincisi karşılaştırmalı arazi çalışmalarında kullanımıdır (Hudson 1993; Boix-Fayos vd. 2006). Üçüncüsü ise bir eşitliğin, modelin ya da toprak kaybı ve yüzeysel akışla ilgili bir tahminin gözlemlenmesi amaçlı yüzeysel akış parseli tesisidir (Hudson 1993). Yüzeysel akış parsellerinin kullanılmasında dikkat edilmesi gereken ilk husus, çalışma amacını sağlayabilmesidir. Toprak, eğim, bakı gibi değişkenlerin yalnızca bir tanesinin farklı olması ve bu değişkenin etkisinin ortaya konulması amaçlanmalıdır (Hayward 1967).

Yüzeysel akış parsellerinin, uygulamaya yönelik erozyon ölçüm çalışmalarında en rasyonel yöntem olduğu (Stroosnijder 2005); tabaka ve oluk erozyonlarından meydana gelen toprak kaybı ölçümlerinde genellikle tercih edildiği savunulmaktadır (Bagarello ve Ferro 1998) . Bu değerlendirmede parsel kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen erozyon ve yüzeysel akış verilerinin, model içerikli yöntemlerden elde edilen veriler gibi tahmini olmaması önemli rol oynamaktadır. Arazi üzerine doğru tesis edilmiş yüzeysel akış parsellerinden, yüzeysel akış ve toprak kaybı ile ilgili en güvenilir uygulama verileri alınmaktadır (Chisci 1981). Bunların yanında kurulumunun ucuz ve kontrolünün kolay olması da avantajlı yönleridir (Jackson vd. 1985). Parsellerin kurulum aşamasında toprak yüzeyinin bozulması da en düşük düzeyde olmaktadır (Greene ve Sawtell 1992).

Yüzeysel akış parselleri ile gerçekleştirilen çalışmalarda en büyük olumsuzluk havza koşullarını bütün yönleriyle yansıtamamasıdır (Striffler 1965; Chaplot ve Le Bissonnais 2000). Bir havzanın ya da alt havzanın arazi yapısı bakımından heterojenliği, bir yüzeysel akış parselinden her zaman yüksektir (Chaplot ve Le Bissonnais 2000). Yüzeysel akış parselleri çoğunlukla tarım toprakları üzerine kurulduğundan elde edilen veriler; makroporların yok olduğu, çeşitli işleme tekniklerinden arta kalan etkilerin görüldüğü homojen bir toprak yapısının özelliklerini yansıtmaktadır (Bryan 2000). Hava koşullarından, uygulama eksikliklerinden oluşabilecek hatalar ile (Stroosnijder 2005) yapay yağmurlama çalışmalarında, yağmurlama sistemlerinin bir standardizasyonu olmamasından kaynaklanan hatalar da görülebilmektedir (Agassi ve Bradford 1999). Hudson (1993) ise Jackson vd. (1985)'in tersine, yüzeysel akış parsel kurulumunun pahalı olduğunu ve kurulumun her aşamasında çok miktarda işgücü gerektiğini belirtmektedir. Yağışlı periyodun uzun veya sık

olduğu ya da tropikal bölgelerde gerçekleştirilen çalışmalarda veri almanın bıkırtıcı olduğu, bu bakımdan bu tür çalışmalarda bol personel gerektiği belirtilmektedir (Sheng 1990). Parsel tesisi; uygun mekan, iyi eğitilmiş personel ve maliyet gerektirmektedir (Smith 1958; Zobisch vd. 1996). Uygulayıcı için yüzeysel akış parsellerinde toprak ve bitki türü seçiminin çok zor olmadığı; esas tartışmanın parsel boyutları, yamaç seçimi, tekrar sayısı gibi tesis problemlerinden kaynaklandığı vurgulanmaktadır (Sheng 1990). Bu durumu destekleyici mahiyette parsellerin boyut, yüzeysel akış ve sediment toplama sistemi, sediment yoğunluğunun gözlemlenmesi ve benzer yönler kastedilerek bir standardının olmadığı ve sonuçların sıklıkla uygulanan tekniği yansıttığı ifade edilmektedir (Lal 2001).

Yüzeysel akış parselleriyle gerçekleştirilen çalışmalarda, ana hatlarıyla en fazla karşılaşılan problemler; kenarlıkların düzgün tesis edilememesi, bağlantı noktalarından yüzeysel akış kaybı ve yamaç uzunluğunun hatalı sınırlandırılması şeklindedir (Soons 1970). Aynı koşullar altındaki yüzeysel akış parsellerinden elde edilen verilerin açıklanamayan farklılıklar içerdiği (Wendt vd. 1986; Gomez vd. 2001), ilave olarak veri toplama yönteminin bölgeden bölgeye büyük farklar gösterdiği (Sheng 1990) belirtilmektedir. Toplam erozyon ölçümünün, sediment ölçümünden daha problemli olduğu (Parsons vd. 2006b) da değerlendirilmesi gereken noktalar arasındadır. Benzer çalışmalardan elde edilen ve erozyon tahmin modellerinin arka planını oluşturan verilerin, açıklanamayan farklılıklar içermesine rağmen bu haliyle birçok erozyon tahmin modelinde geçerli veri olarak kullanılmış olduğu belirtilmektedir (Nearing vd. 1999). Metodoloji problemi olarak adlandırılan bu farklılıklar, temelde üç sınıfta değerlendirilmiştir. Bunlar materyal ve yöntem, sonuçların sunumu ve toprak ve suyun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanlış yansıtılmasından kaynaklanan farklılıklardır (Agassi ve Bradford 1999).

Yüzeysel akış parsellerinde gerçekleştirilecek ölçümlerin ne kadar süreyle devam ettirilmesi gerektiği de önemlidir. Doğal yağış koşullarında, toprak kaybı ölçümlerinin ancak uzun soluklu çalışmalarda pratik olacağı ifade edilmektedir (Chisci 1981). Ölçüm süresi taşınmayı etkilediğinden, söz konusu durum elde edilen ölçüm sonuçlarına yansımaktadır (Agassi ve Bradford 1999). Yüzeysel akış parsellerinin altı yıllık periyottan sonra, arazi üzerinde oluşan gerçek erozyon değerinden daha düşük değerler verdiği belirtilmektedir (Ollesch ve Vacca 2002). Bunun en önemli nedeni olarak parsellerin üzerinde taşınacak materyalin azalması gösterilmektedir. Öte yandan aynı araştırmacılar parsel denemelerinden elde edilen ölçüm verilerinin güvenilir olabilmesi için, parsellerin en az üç yıl arazi üzerinde kalması gerektiğini

de belirtmektedir. Uzun gözlemlere gerektiren çalışmalarda, üst kısmı kapalı yüzeysel akış parselleri yerine, üst kısmı kapatılmamış parsellerin tercih edilmesinin daha uygun olacağı gündeme gelmiştir (Romero-Diaz vd. 1999; Boix-Fayos vd. 2006). Ancak üst kısmı açık parsellerden toplanan yüzeysel akış ve sedimentin kaynağının; hedef parsel olup olmadığının belirlenmesi mümkün olamamaktadır (Stroosnijder 2005).

Erozyon ve yüzeysel akış ölçümlerinde kullanılacak yüzeysel akış parsellerinin boyutları değişiklikler gösterebilmektedir. Birçok araştırmacı değişik boyutlarda parseller kullanarak, meydana gelen toprak kaybını ve yüzeysel akışı araştırmıştır. Birleşik Amerika’da ilk olarak kullanılan yüzeysel akış parselleri 1,8 ile 6,7 m arasında değişen genişlikte ve 21,3 ile 30,5 m arasında değişen uzunlukta tesis edilmiştir (Smith 1958). Mevcut çalışmalarda kullanılan parsel boyutları üzerinden bir genelleme yapılırsa, parsellerin genişliği genellikle 2 ile 7 m arasında, uzunluğu ise 10 ile 200 m arasında değişebilmektedir (Presbitero 2003). Genel değerlendirmeler erozyon ölçümünde kullanılacak parsellerin, amaca göre belirlenen boyutlarda seçilmesi gerektiği şeklindedir (Hudson 1993; Stroosnijder 2005). Toprak kaybı, yüzeysel akış ve erozyon ölçümü ile ilgili birçok çalışmada USLE erozyon tahmin modelinde kullanılan (22,13x1,87 m) parsel boyutları tercih edilmiştir (Basic vd. 2000; Chmelova ve Sarapatka 2002). Ancak bazı çalışmalarda USLE parselinin uzunluğu aynen alınırken, parsel genişliği farklı değerlerde alınmıştır (Zhang vd. 1996; Nearing vd. 1999; Romero-Diaz vd. 1999; Abrisqueta vd. 2007). Yine de özellikle Akdeniz kesiminde, USLE yüzeysel akış parsel boyutlarının, benzer toprak kaybı tahmini çalışmalarında kullanılabilir olduğu belirtilmektedir (Bagarello ve Ferro 2004).

Bazı araştırmalarda USLE erozyon tahmin modelinde kullanılan farklı boyutlara sahip parseller de kullanılmıştır (Devaurs ve Gifford 1984; Aydın vd. 2001; Navar ve Synnott 2000; Shi ve Yu 2001; Sutherland ve Ziegler 2006; Carmi ve Berliner 2008). Çeşitli araştırmalarda ise çalışma amacı doğrultusunda farklı boyutlara sahip birden çok parsel birlikte kullanılmıştır (Duan vd. 2002; Calvo-Cases vd. 2003; Bagarello ve Ferro 2004; Boix-Fayos vd. 2005; Colson vd. 2005). Genel olarak laboratuvar ortamında ya da yapay yağmurlama yöntemi uygulanan çalışmalarda (Greene ve Sawtell 1992; Rieke-Zapp ve Nearing 2005; Boix-Fayos vd. 2005), arazi üzerinde doğal yağmur altında gerçekleştirilen çalışmalara oranla (Carter vd. 1968; Gifford 1973; Rochelle vd. 1986; Liu vd. 2001a; Carmi ve Berliner 2008) daha küçük boyutlu parseller kullanılmaktadır. Bir kriter olarak doğal koşulların heterojenliğini öne çıkaran çalışmalarda genelde boyutları (alanı) büyük parseller, oluk erozyonu üzerine yapılan

Çalışmalarda boyu uzun parseller, kenar bordürlerin etkisinin en aza indirilmesinin gözetildiği çalışmalarda ise genişliği fazla olan parsellerin tercih edildiği belirtilmektedir (Boix-Fayos vd. 2006). Uygulamalı arazi çalışmalarında farklı ölçeklerde elde edilen verilerin, erozyon sürecinde kullanılabilmesi için, bir ölçekten diğerine doğru bir şekilde dönüştürülebilmesinin de ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Poesen vd. 1996).

Araştırmalar parsel boyutuna bağlı olarak meydana gelen erozyon tipinin de farklılaştığını göstermektedir (Bagarello ve Ferro 2004). Özellikle geniş boyuta ($>100 \text{ m}^2$) sahip yüzeysel akış parselleri oluk ve tabaka erozyonu için önerilirken (Bagarello ve Ferro 2004; Stroosnijder 2005), daha küçük boyutlu parseller yalnız tabaka erozyonu için önerilmektedir (Bagarello ve Ferro 2004). Belirli bir uzunluğa sahip yüzeysel akış parsellerinde, uzunluğa bağlı olarak parsel alt kısmında belirgin bir depolama alanı görülebilmektedir (Rejman ve Brodowski 2005). Yamaç uzunluğunun damla erozyonuna etkisi olmamakla birlikte, oluk erozyonunu etkilediği ifade edilmektedir (Chisci 1981). Yüzeysel akış parsel uzunluğunun, parsel içindeki oluk miktarına ve birim alandaki oluk enine kesitinin alanına etki etmediği, ancak oluk genişliğini ve azami oluk derinliğini artırdığı ifade edilmektedir (Rejman ve Brodowski 2005). Bochet vd. (2006) bir metrekareden küçük alana sahip (mikro) parsellerde, doğal yağmur altında gerçekleşen erozyon miktarı üzerinde; parsel ebatlarının büyük bir etkisinin olup olmadığını sorgulamaktadır. Bunun aksine bir metrekareden küçük parsellerde, parsel kenarlıklarının, parselin iç kesimine düşmesi muhtemel yağmur damlasını engelleyebileceği ve bu engellenmenin kenarlık yüksekliğine göre tüm parselin % 20'sine kadar ulaşabileceği belirtilmektedir (Wainwright vd. 2000). Çok dar parsellerde kenarlık etkisinin göz ardı edilemeyeceği ifade edilmektedir (Sheng 1990). Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, küçük parsellerde yüzeysel akışın etkin sediment taşınımı için yeterli enerjiden yoksun olacağı söylenebilir (Sheng 1990; Chaplot ve Le Bissonnais 2000; Boix-Fayos vd. 2006). Hatta Wischmeier ve Smith (1978) tarafından kullanılan ve standart USLE yüzeysel akış parseli olarak tanımlanan parsel boyutlarının, bitki örtüsü altında tabaka erozyonu oluşumu için gerekli yüzeysel akış enerjisini üretemediği bildirilmektedir (Boli vd. 1994).

Doğal yağmur altında gerçekleştirilen çalışmalar, yağmurlama simülatörlerine oranla uzun zaman dilimine yayılmakta ve doğal olarak uzun vadeli (dönem) ölçümler gerektirmektedir. Doğal koşullar altında tesis edilen yüzeysel akış parsellerinde, yüzeysel akış ve sediment ölçümleri günlük (Castillo vd. 1997), haftalık (Balcı 1958; Zorn ve Petan 2008), aylık (Soons 1970; Ollesch ve Vacca 2002) ya da her yağış sonrası (Uslu 1971; Le Bissonnais vd. 1998;

Duan vd. 2002; Martinez vd. 2006; Abrisqueta vd. 2007) yapılabilmektedir. Yağışlar arasında kısa aralıklar olması durumunda, belli bir yağış serisi sonrasında da ölçüm gerçekleştirilmektedir (Bagarello ve Ferro 2004).

Arazi üzerinde kurulacak yüzeysel akış parsel sayısının çalışmanın hedefi ya da araştırmacının amacı doğrultusunda iyi tespit edilmesi önemlidir (Balcı 1996). İyi bitki örtüsü ile kaplı bir araziden gerçekleşen erozyonla aynı arazi üzerinde çıplak alandan gerçekleşen erozyon arasındaki farkı ortaya koymayı hedefleyen çalışmalarda, tekrar parseli kullanmaya ihtiyaç olmadığı belirtilmekte; ancak karşılaştırmalı çalışmalarda en az üç tekrarlı parsel uygulanması önerilmektedir (Hudson 1993).

Yüzeysel akış, toprak kaybı ve benzer ölçüm çalışmalarında yüzeysel akış parseli kullanılırken dikkat edilmesi gereken noktalardan bir tanesi de parsellerin kurulumudur. Parsel kurulumunda parseli oluşturan donanım, kullanılacak malzeme, parselin arazi üzerine tesisi, bağlantıların uygunluğu gibi birçok önemli nokta vardır. Genel olarak yüzeysel akış parselleri; yüzeysel akış toplama alanı, bağlantı sistemi ve depolama biriminden oluşan bir düzendir (Williams ve Buckhouse 1991; Hudson 1993; Chmelova ve Sarapatka 2002; Ollesch ve Vacca 2002).

Yüzeysel akışın ve erozyonun gerçekleşeceği arazi parçasının, çalışma amacına uygun bir şekilde sınırlandırılmış kesimi, yüzeysel akış toplama alanıdır. Yüzeysel akış toplama alanından gelen yüzeysel akış ve sedimentin, depolama birimine iletiildiği kısım bağlantı sistemidir. Bazı çalışmalarda bağlantı sistemine yerleştirilen elek, filtre ya da sediment tutucu diğer maddeler, akım toplama alanından gelen kaba materyali ve mümkün olduğunca sedimenti tutarak, yalnızca yüzeysel akış suyunu depolama sistemine göndermektedir (Dunjo vd. 2004; Hayes vd. 2005). Yüzeysel akış toplama alanından gelen suyun ve sedimentin depolandığı kısım ise depolama birimi olarak adlandırılır.

Yüzeysel akış toplama alanı, parsel dışından yüzeysel akış ve sediment gelmeyecek şekilde izole edilmelidir. Aynı şekilde iç kesimde oluşan yüzeysel akış ve sediment de belirlenen noktanın haricinde dışarıya çıkmamalıdır (Mirtskhoulouva 1981; Dillaha vd. 1986). Yüzeysel akış toplama alanının sınırlandırılmasında sac ya da ince metal (Dillaha vd. 1986; Peugeot vd. 1997; Basic vd. 2000; Parsons vd. 2006a), galvaniz-çinko (Balcı 1958; Navar ve Synnott 2000; Dunjo vd. 2004; Martinez vd. 2006), tahta (Soons 1970; Uslu 1971; Jackson vd. 1985;

Sutherland ve Ziegler 2006) ve plastik madde (Hayes vd. 2005; Rejman ve Brodowski 2005) kullanılabildiği gibi; bunun dışında beton, çimento, tuğla gibi farklı birçok maddenin de kullanılabileceği ifade edilmektedir (Hudson 1993). Arazinin uygun olması halinde doğal su ayırım hattı da bir parsel sınırı olarak kullanılabilmekte olup (Rochelle vd. 1986), bu durumun çok daha yüksek temsil yeteneği gösterdiği belirtilmektedir (Mou 1981). Çelik bordürlerin de sık kullanıldığı ancak diğer malzemelere göre hem pahalı hem de kurulumunun zor olduğu belirtilmektedir (Blanco-Canqui vd. 2004). Akımın toplanacağı alan sınırlandırılırken kenar bordürleri ile toprak arasında boşluk kalmamalıdır. Uygulamada bunu sağlamak için bordürler toprağa gömülürler (Balcı 1958; Uslu 1971; Gifford 1973; Williams ve Buckhouse 1991; Albaladejo vd. 2000). Gömülme oranı çalışmanın durumuna göre 5 cm (Williams ve Buckhouse 1991; Joel vd. 2002; Sharpley ve Kleinman 2003), 10 cm (Castillo vd. 1997; Bagarello ve Ferro 2004; Sutherland ve Ziegler 2006; Zorn ve Petan 2008), 15 cm (Balcı 1958; Navar ve Synnott 2000) ölçütlerinde olabilmektedir. Toprak üstünde kalan bordür kenarı da parsel içinde oluşacak yüzeysel akışın taşmasına izin vermeyecek oranda yüksek olmalıdır. Bu yükseklik arazinin ve çalışmanın durumuna göre 5 cm (Balcı 1958; Williams ve Buckhouse 1991; Sharpley ve Kleinman 2003), 10 cm (Castillo vd. 1997; Bagarello ve Ferro 2004; Sutherland ve Ziegler 2006), 15 cm (Navar ve Synnott 2000) veya daha farklı boyutta (Krenitsky vd. 1998) olabilmektedir. Yüzeysel akış toplama alanı genellikle dikdörtgen şeklinde kurulur. Bu şekliyle, yüzeysel akış ile sediment oluşumu ve ölçümlerin gerçekleştirilmesi araştırmacı için daha kolay olmaktadır. Kare şeklinde tesis edilenler de olabilmektedir (Carmi ve Berliner 2008). Bazı çalışmalarda toplama alanının alt kısmına üçgen şekil verilerek, toplanan yüzeysel akış ve sedimentin daha hızlı bir şekilde bağlantı sistemine ya da depolama birimine ulaşması sağlanmaktadır (Gascuel-Odoux vd. 1996; Parsons vd. 2006a).

Bağlantı sistemi, gelen su ve sedimenti dışarıya kaçırmayacak şekilde tesis edilir (Dillaha vd. 1986; Rejman ve Brodowski 2005). Dikkat edilmesi gereken bağlantı noktalarının sağlamlığı ve uygun monte edilmiş olmasıdır. Eğer bağlantı sistemi toprak seviyesinin çok üzerine monte edilirse, yüzeysel akışla gelen sediment burada yığılacaktır. Aksi durumda, yani bağlantı sistemi toprak seviyesinin çok altında monte edilirse bu kez de lokal bir toprak erozyonu görülebilecek belki de küçük bir oluk oluşabilecektir (Hudson 1993). Yüzeysel akış toplama alanından gelen materyalleri depolama sistemine iletmek için uygun çapta çinko, hortum, PVC gibi maddeler kullanılmaktadır (Uslu 1971; Jackson vd. 1985; Williams ve Buckhouse 1991; Navar ve Synnott 2000; Abrisqueta vd. 2007). Bağlantı sisteminde

kullanılan boru ya da hortumlar, gelen su ve sedimenti sağlıklı şekilde depolama birimine iletebilecek kalınlıkta olmalıdır. Bazı çalışmalarda toplama alanından gelecek yüzeysel akış ve sedimenti tutmak amacıyla, parsel alt ucuna paralel olacak şekilde oluklar da tesis edilmektedir (Wilcox 1994). Bu olukların da bir ya da iki ucu depolama birimine bağlı olmaktadır. Bağlantı sisteminin uzunluğu arazi eğimine bağlı olarak değişebilir (Jackson vd. 1985). Ancak çok uzun olması durumunda içinde tortu, toprak ve sediment birikerek tıkanma ihtimali bulunmaktadır. Kış döneminde bağlantı sisteminin donması nedeniyle ölçümlerin gerçekleştirilememesi de karşılaşılan problemler arasındadır (Wilcox 1994). Bazı çalışmalarda bağlantı sistemi tercih edilmemektedir. Yüzeysel akış toplama alanının sonlandığı noktada, gelen materyaller doğrudan depolama birimine ulaşmaktadır (Balcı 1958).

Depolama birimi oluşan yüzeysel akışı ve yüzeysel akışla birlikte taşınan sedimenti depolayacağından, yeterli kapasiteye sahip olmalıdır (Hudson 1993). Bir yağmurun oluşturabileceği en yüksek yüzeysel akış miktarını depolayabilmelidir. Depolama kapasitesinin belirlenmesinde çalışmanın gerçekleştirildiği alana düşen yağış miktarı (Sheng 1990; Hudson 1993) ve yüzeysel akış parselinin alanı dikkate alınmalıdır (Hudson 1993). Buna rağmen bazı olağan dışı durumlar da oluşabilmektedir. Yüz yıllık en yüksek yağış miktarı ve oluşabilecek azami yüzeysel akış göz önüne alınarak tesis edilen depolama biriminin bile kapasitesini aşan yüzeysel akışlar gerçekleşebilmektedir (Lal 2001). Depolama için tek bir (Castillo vd. 1997; Lundekvam ve Skoien 1998) depolama tankı kullanılabileceği gibi birden çok (Wilcox 1994; Peugeot vd. 1997; Albaladejo vd. 2000; Navar ve Synnott 2000; Vacca vd. 2000; Duan vd. 2002; Ollesch ve Vacca 2002; Parsons vd. 2006a) depolama tankı da kullanılabilir. Depolama birimi, yüzeysel akış parselinin eğim yönünde en alt kısmında toprak üstüne (Rochelle vd. 1986) ya da toprağın içine (Balcı 1958; Jackson vd. 1985; Romero-Diaz vd. 1999; Vacca vd. 2000; Parsons vd. 2006a) uygun bir şekilde yerleştirilir. Depolama için kullanılacak tank sağlam ve sızdırmaz bir maddeden yapılmış olmalıdır. Çalışmalarda plastik (Uslu 1971; Zorn ve Petan 2008) ya da metal depolayıcılar (Liu vd. 2001a) tercih edilebilmektedir. İçinde toplanan yüzeysel akış miktarının kolay ve hızlı ölçülebilir olması önemlidir (Bagarello ve Ferro 1998). Bunun için mekanik sayaçlar ve seviye ölçüm cihazları (Dillaha vd. 1986; Castillo vd. 1997; Lundekvam ve Skoien 1998) veya taksimatlı depolama tankları kullanılabilmektedir (Zobisch vd. 1996; Fang vd. 2008). Bunun yanı sıra ölçekli kova yardımıyla manuel ölçüm de gerçekleştirilebilmektedir (Zobisch vd. 1996; Albaladejo vd. 2000). Bazı çalışmalarda yağmurdan sonra oluşan yüzeysel akış ve

sediment miktarı ölçümleri, sınır değerler belirlenerek bu değerlere göre gruplandırılabilir (Huang vd. 2001). Depolama birimlerinden gerçekleştirilen ölçümlerde, özellikle sıcak dönemlerde buharlaşmayla veya ulaşım zorluğundan meydana gelebilecek kayıpların, hatalı sonuçlar doğurmamasına dikkat edilmelidir. Bu sakıncayı gidermek için mekanik kaydedici seviye ölçerler kullanılabilir (Jackson vd. 1985; Joel vd. 2002); bazı çalışmalarda ise üzeri uygun bir maddeyle örtülebilmektedir (Wilcox 1994). Ancak su seviyesini ölçmek için kullanılan donanımlı cihazların arazi koşullarında bozulabileceği, hızlı bir şekilde tamiratının ya da yenilenmesinin mümkün olmaması halinde ölçümlerde hata ve veri kaybı oluşacağı, dolayısıyla çalışma öncesinde bu duruma dikkat edilmesi gerektiği belirtilmektedir (Sheng 1990). Depolama biriminde su ve taşınan katı materyal aynı tankta toplanabildiği gibi, (Jackson vd. 1985; Castillo vd. 1997) ayrı tanklarda da toplanabilmektedir (Sheng 1990, Barthes ve Roose 2002). Su ve taşınan katı materyalin bir tankta toplanması durumunda, sediment örneği almak için tank iyice karıştırılmaktadır (Uslu 1971; Zobisch vd. 1996; Albaladejo vd. 2000; Bagarello ve Ferro 2004). Burada amaç tek tankta toplanan kaba ve ince toprak materyalden alınan örneğin, taşınan toplam miktarın temsil yeteneğini sağlamasıdır. Yüzeysel akışla taşınan ve tek toplama tankında biriken toprağın kaba kısmı dibe çökecek, ince kısmı askıda kalabilecektir. Bu durum ise taşınan toprağın miktarını ve tane çapını belirlemek için gerçekleştirilen örnek alımında temsil yeteneğine sahip örnekleme yapmayı gerektirmektedir. Sediment örneği, depolama tankının dikey bir hattından ve farklı derinlik seviyelerinden alınmaktadır (Mou 1981; Bagarello ve Ferro 2004). Beş eşit parçaya bölünmüş bir litrelik sediment örneğinin, dört eşit kısmının farklı derinliklerden, beşincisinin ise tank boşaltılırken alınması önerilmektedir (Castillo vd. 1997). Bazı çalışmalarda sediment örneği almak için filtre kağıtları da kullanılmaktadır (Krenitsky vd. 1998).

1.1.2 Doğal Yağmur Koşullarında Yüzeysel Akış Parsellerinde Gerçekleştirilen Çalışmalar

Albaladejo vd. (2000) organik katı atıkların yüzeysel akış ve erozyona etkilerini % 10 eğime sahip yarı kurak arazi üzerinde, beş yıl süren bir çalışmayla araştırmıştır. Araştırmada 15x5 m ebatlarında beş adet yüzeysel akış parseli kullanılmıştır. Yüzeysel akış parsellerinin dördüne farklı oranlarda katı organik madde uygulanmış, beşincisi kontrol parseli olarak kullanılmıştır. Araştırma sonuçları toprağın yüzey tabakasına (0-20 cm) eklenen organik katı şehir

atıklarının, yüzeysel akış ve toprak erozyonunun kontrolünde çok etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Türkiye'nin güneyinde % 30 eğimli alanda, yüzeysel akış parselleri kullanılarak, üç yıl süreyle erozyon kontrol çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada iki mera bitkisinin erozyon ve yüzeysel akışa etkileri, 7x3 m ebatlarında parseller kullanılarak araştırılmıştır. Sonuçta denenen türlerin ikisinin de toprak erozyonunu önleme çalışmalarında kullanılabileceği belirlenmiştir (Aydın vd. 2001).

Bagarello ve Ferro (2004) boyutları farklı yüzeysel akış parsellerinden meydana gelen yüzeysel akış ve erozyonun miktarını araştırmıştır. Üç farklı ebata sahip toplam 66 parsel kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, parsel boyutlarının birim alanda oluşan yüzeysel akışı ve toplam sediment miktarını etkilediği belirlenmiştir.

Balcı (1958), Elmalı Barajı'nın siltasyondan korunmasına yönelik çalışmasında, iki yıla yakın bir süre yüzeysel akış parselleri kullanarak erozyon ölçümü gerçekleştirmiştir. Çalışmada % 15 eğimli arazi üzerinde 3,5x1 m boyutlarında toplam üç parsel tesis edilmiştir. Parsellerden biri çayır vejetasyonu üzerine, diğeri üzerindeki çayır vejetasyonundan arındırılarak toprak işlemesi yapılan alana, üçüncüsü ise aynı eğim koşullarına sahip baltalık karakterindeki orman altına tesis edilmiştir. Yüzeysel akış ve taşınan toprak miktarı, çıplak toprak yüzeyi üzerine tesis edilen yüzeysel akış parselinde en yüksek olmuştur.

Agregat stabilitesi ile yüzeysel akış ve erozyon arasındaki ilişkiler Fransa, Benin, Kamerun, Meksika ve Suriye'de yüzeysel akış parselleri tesis edilerek araştırılmıştır. Fransa'da yapılan çalışmalar Aveyron ve Aude adlı iki ayrı bölgede gerçekleştirilmiştir. Aveyron bölgesinde bir metrekairelik mikro parsellerde yapay yağmurlama uygulanmıştır. Doğal yağmur koşulları altında Benin'de % 4 eğimde ve 30x8 m ebatlarda, Kamerun'da % 1 ile 2,5 arasında değişen eğim derecelerinde ve 20x5 m ebatlarda, Meksika'da % 2,5 ile 4,7 arasında değişen eğim derecelerinde ve 40x20 m ebatlarda, Suriye'de % 3 ile 19 arasında değişen eğim derecelerinde ve 21x1,8 m ebatlarda yüzeysel akış parselleri kullanılmıştır. Parsellerin Fransa Aude bölgesi haricinde kalanları farklı tarım bitkileri ekilen araziler üzerine tesis edilmiştir. Aude bölgesinde yer alan parsel üzüm bağı arazisi üzerinde konumlandırılmıştır. Tarım alanlarında tesis edilen ve doğal yağmur koşullarında ölçümlerin gerçekleştirildiği parsellerde, çalışmalar üç yıl sürdürülmüştür. Çalışma sonucunda yüzeysel akış parsellerinden elde edilen üç yıllık

yüzeysel akış ve toprak kaybı verileri ile üst toprağın agraset stabilitesi arasında negatif yönde ilişki bulunduğu belirlenmiştir (Barthes ve Roose 2002).

Avustralya’da tropikal yarı kurak meralarda yüzeysel akış ve erozyon oluşumlarına, farklı zaman ve konumlarda bitki örtüsünün etkileri araştırılmıştır. Üç yıllık süre ile birbirine çok yakın (400 m), morfolojik özellikleri aynı, bitki örtüsü yoğunluğu farklı üç yamaçta yüzeysel akış parselleri kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Parsel boyları 130 m ile 240 m arasında, eğim dereceleri ise %3,1 ile 3,9 arasında değişmektedir. Çalışmada küçük şeritler halinde bitki örtüsünden yoksun mera kesimlerinde, yüzeysel akışın 6-9 kat, sediment kaybının 60 kat yüksek olduğu belirlenmiştir (Bartley vd. 2006).

Basic vd. (2000) Hırvatistan’da doğal yağmur koşullarında USLE yüzeysel akış parselleri (22,1x1,87 m) kullanarak farklı tarım ürünlerinin ekili olduğu alanlar üzerinde dört yıl boyunca erozyon gözlemi ve ölçümü yapmıştır. Çalışmada altı yüzeysel akış parselinden elde edilen verilerle, aynı arazi işleme yöntemleri kullanılarak farklı tarım ürünlerinin erozyona eğilimi ortaya konmuştur. Bahar döneminde düşük ekim yoğunluklu tarım ürünleri (mısır ve soya fasulyesi) altında gerçekleşen erozyonun, kış döneminde yüksek ekim yoğunluğuna sahip ürünler (buğday ve kolza) altında gerçekleşen erozyondan yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bochet vd. (2006) bitki morfolojisinin yağış şiddeti, toprak kaybı ve yüzeysel akışa etkisini temsili üç tür kullanarak araştırmıştır. Bir metre kareden küçük 27 mikro parselin kullanıldığı çalışmada, yüzeysel akış ve toprak kaybı doğal yağmur koşullarında iki yılı aşkın süre ölçülmüştür. Sonuçlar mikro parsel ölçeğinde damla erozyonunun engellenmesinde tek bir bitkinin bile etkin olduğunu göstermiştir. Çıplak alana oranla bitki ile örtülü alanda toplam toprak kaybı % 30,2 ile % 94,3; toplam yüzeysel akış ise % 18,4 ile % 66,4 arasında azalmaktadır.

Kuzey Çin’de doğal yağmur koşullarında beş yıl süreyle üst yamaçlar ile alt yamaçların yüzeysel akış ve erozyona etkisi araştırılmıştır. Üç farklı bölgeye ayrılan tüm yamaç boyunca; uzunluğu, alanı ve eğimi farklı beş yüzeysel akış parseli tesis edilmiştir. Yüzeysel akış parsellerinin her biriyle farklı bölgelerden gelen toprak kaybı ve yüzeysel akış ölçülmüştür. Parseller arasında oluşan fark, o parselin temsil ettiği yamaç bölümünden gerçekleşen yüzeysel akış ve toprak kaybı olarak kabul edilmiştir. Bu şekilde yamacın hangi bölgesinde hangi miktarda toprak kaybı ve yüzeysel akış meydana geldiği belirlenmiştir. Sonuç olarak,

üst yamaçlarda oluşan yüzeysel akışın, alt yamaçlarda görülen yüzeysel akış ve sediment oluşumuna önemli etkisinin olduğu ortaya konmuştur (Cai 2001).

Carmi ve Berliner (2008) İsrail’de toprak yüzeyindeki kabuklaşmanın yüzeysel akışa etkisini kış döneminde ve doğal yağmur koşulları altında araştırmıştır. Araştırma % 2 eğime sahip kurak arazi üzerine tesis edilen 16x16 m ölçülerinde sekiz yüzeysel akış parseli ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma öncesinde beş parselin toprak işlemesi yapılarak kabuğu kırılmış, üç parsel ise dokunulmamıştır. Dönem içinde her yağış ertesinde yağış-yüzeysel akış ilişkileri araştırılmıştır. Başlangıç döneminde parsellerden gerçekleşen yüzeysel akışlar arasında fark olmasına rağmen, son dönemde farkın ortadan kalktığı görülmüştür. Bunda toprakların tuzluluk oranının etkili olduğu belirtilmiştir.

Yarı kurak bölgelerde bitki örtüsünün toprak korumadaki etkisini belirlemek için gerçekleştirilen bir çalışmada % 23 eğime sahip 15x5 m ebatlarında iki adet yüzeysel akış parseli kullanılmıştır. Parsellerden bir tanesi, üzerindeki bitki örtüsü çalışma başlamadan önce kaldırılarak deneme parseli; diğeri ise hiç müdahale edilmeden kontrol parseli olarak bırakılmıştır. Dört yıl boyunca yüzeysel akış ve toprak kaybı ölçümü doğal yağmur altında gerçekleştirilmiştir. Sonuçta deneme parselinden gerçekleşen yüzeysel akış ve toprak kaybı, kontrol parselinden önemli derecede yüksek çıkmıştır (Castillo vd. 1997).

Fransa’da yüzeysel akış parsel boyutlarının (1x1 ve 5x2 m) ve eğimin (% 2-8) tabaka erozyonuna etkilerinin araştırıldığı çalışmada, hem yapay yağmurlama yapılarak hem de doğal yağmur koşullarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Eğimin artması, her iki parselde de yüzeysel akışta % 20 ile 90 arasında değişen artışlar ortaya çıkarmıştır. Diğer taraftan eğimin artması yalnızca 10 m² alana sahip parseller üzerinden gerçekleşen sediment yoğunlaşmasında küçük bir artışa sebep olmuştur (Chaplot ve Le Bissonnais 2000).

Fransa’da yağış şiddeti, yamaç uzunluğu, yamaç eğimi, yüzeysel akış ve toprak kaybı ilişkilerinin araştırıldığı bir diğer çalışma hem yapay yağmurlama yapılarak hem de doğal yağmur koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada uzunluğu 1 ve 5 metre olan iki farklı yüzeysel akış parseli kullanılmış ve çalışma süresince altı doğal yağmur gerçekleşmiştir. Çalışma sonunda yağış şiddeti, yamaç uzunluğu ve yamaç eğiminin yüzeysel akışa etki ettiği belirlenmiştir. Ancak sediment konsantrasyonunu sadece yağış şiddeti ve yamaç uzunluğunun etkilediği ortaya konmuştur. 1 metre yamaç uzunluğuna sahip parsellerde yamaç eğiminin

sediment yoğunlaşmasına etkisi bulunmazken; 5 metrelik yamaç uzunluğuna sahip parsellerde yamaç eğimi etkili olmuştur (Chaplot ve Le Bissonnais 2003).

Doğal yağmur koşullarında arazi kullanımı ve arazi örtüsünün yüzeysel akış ve sediment kaybına etkisinin araştırıldığı bir çalışma, İspanya'nın kuzeydoğusunda gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği havzada 11 noktaya, farklı arazi kullanımlarını temsilen 1 m² alana sahip mikro parseller yerleştirilmiş ve bir yılı aşkın süre diliminde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çalışma yaz ve kış dönemi olarak iki kısımda incelendiğinde, yaz döneminde gerçekleşen yüzeysel akış ve sediment kaybı, kışa oranla daha fazla olmuştur. Yağışla yüzeysel akış arasında her iki sezonda da pozitif ilişki (korelasyon); bitki örtüsü ile yüzeysel akış ve toprak kaybı arasında sadece kışın negatif ilişki bulunmuştur (Dunjo vd. 2004).

Çin'de yağış rejimi ve eğimin yüzeysel akışa etkileri, farklı yamaçlar üzerine tesis edilen yedi parsel üzerinden dokuz yıl süren bir çalışma ile araştırılmıştır. Çalışma süresince 84 doğal yağmur gerçekleşmiş ve yağmurlar, yağış rejimi dikkate alınarak üç grupta toplanmıştır. A grubunu kısa süreli, şiddetli ve sık yağışlar, B grubunu orta süreli, orta şiddette ve düşük sıklıkta yağışlar ve C grubunu ise uzun süreli, düşük şiddetli ve seyrek sıklıkta yağışlar oluşturmuştur. Parsellerden elde edilen sonuçlar A grubu yağışların en fazla yüzeysel akışa, C grubu yağışların ise en az yüzeysel akışa neden olduğunu ortaya koymuştur (Fang vd. 2008).

Birleşik Amerika'da gerçekleştirilen çalışmada, meralarda yüzeysel akışla oluşan sediment miktarını belirlemek için yüzeysel akış parselleri kullanılmıştır. Parseller % 10, % 20 ve % 30 eğimli yamaçlar üzerine 21x2 m ebatlarında tesis edilmiştir. Çalışma sonucunda, meranın bulunduğu havzadaki akarsu yataklarına taşınan sedimentin, en önemli taşınma sebebi olarak, otlayan hayvanlar gösterilmiştir (George vd. 2002).

Birleşik Amerika'da arazi üzerinde oluşan erozyon ve yüzeysel akışın, bir çeşit kimyasal madde olan polyacrylamide (PAM) kullanılarak azaltılmasına yönelik çalışmada, 30 adet (6x1,5 m) yüzeysel akış parseli tesis edilmiştir. Yüzeysel akış ve oluşan sediment her yağışın ardından ölçülmüştür. % 50'nin üzerindeki eğimde PAM'ın tek başına yüzeysel akış ve sediment oluşumunun azaltılmasında etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Hayes vd. 2005).

Şili'de doğal otlak alanı olarak kullanılan dağ eteklerinde, farklı boyutlardaki yüzeysel akış parsellerinden gerçekleşen yüzeysel akış araştırılmıştır. Çalışmada 50 m² alana sahip (10x5)

geniş yüzeysel akış parselleri ile 0,25 m² alana sahip (0,5x0,5 m) küçük parsellerde oluşan yüzeysel akışlar karşılaştırılmıştır. Birim alandaki yüzeysel akışın ortalama miktarı, büyük parsellerde % 40 oranında daha düşük bulunmuştur. İçinde yamaç uzunluğunun da yer aldığı çeşitli faktörlerin bu sonuç üzerinde etkisinin olduğu ifade edilmiştir (Joel vd. 2002).

Nijerya’da gerçekleştirilen çalışmada yamaç uzunluğu, yamaç eğimi, ekim yöntemleri ve toprak işleminin; yüzeysel akış ve toprak erozyonuna etkileri araştırılmıştır. Araştırmada toplam 13 yüzeysel akış parseli kullanılmıştır. Yüzeysel akış parselleri % 7-9 arasında değişen yamaç eğimi üzerinde, 4 metre genişlikte ve 10 ile 60 metre arasında değişen boydadır. Parseller her 10 metrede bir olmak üzere toplam 6 farklı yamaç uzunluğunda ve her uzunluk kademesinde 2 tekrarlı olarak tesis edilmiştir. Parseller üzerinde hem toprak işlemesi yapılarak hem de yapılmadan ilk sezon mısır ve sonraki sezon yem börülcesi ekilmiştir. Toprak işlemesi yapılan yüzeysel akış parsellerinde, yamaç uzunluğunun birim alandan gerçekleşen yüzeysel akışa etkisi önemsiz seviyededir. Ancak yamaç uzunluğunun artması ile birim alandan meydana gelen erozyonun miktarı artmaktadır. (Lal 1988).

Fransa’da doğal yağmur koşulları altında üç farklı ebata sahip toplam yedi yüzeysel akış parseli ve bir havzacık kullanılarak yüzeysel akış ve erozyon ölçümü gerçekleştirilmiştir. 1, 20 ve 500 m²’lik yüzeysel akış parselleri ve bir havzacık üzerine yaz ve kış döneminde farklı tarım ürünleri ekilmiş ve meydana gelen yüzeysel akış ve erozyon ölçülmüştür. Yüzeysel akışın, ebatları farklı parsellerde büyük değişiklikler gösterdiği ve parsel ebatlarına oldukça bağlı olduğu ortaya konmuştur. Buna karşılık birim alandan oluşan sediment konsantrasyonunun yakın değerler içerdiği belirlenmiştir (Le Bissonnasis vd. 1998).

Çin’de yüzeysel akış parselleri kullanılarak çok dik yamaçlarda, yamaç eğiminin toprak kaybına etkileri araştırılmıştır. Eğimin % 9 ile % 55 arasında değiştiği parseller, üç farklı toprak tipi üzerinde, 20x5 m ebatlarında tesis edilmiştir. Parsellerden elde edilen veriler değerlendirilerek ortaya konan matematiksel eşitlik ($S = 21,91 \sin \theta - 0,96$); toprak kaybının, yamaç eğiminin sinüs değeri ile doğrusal bir ilişkisi olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan dik yamaçlardan meydana gelen toprak kaybı miktarı USLE ve RUSLE erozyon tahmin eşitlikleri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre çalışma ile belirlenen toprak kaybı miktarı, USLE kullanılarak elde edilen miktardan daha az, RUSLE kullanılarak elde edilen miktardan ise daha fazla bulunmuştur (Liu vd. 1994).

Erozyon tahmin modellerinde kullanılan yamaç faktörünün $L (\lambda/22,1)^m$, m üs katsayısının USLE ve RUSLE’de farklı olmasının, toplam erozyon tahmini sonucuna etkisinin boyutları Çin’de arazi çalışmasıyla araştırılmıştır. Bilindiği gibi USLE’de m, yamaç eğim derecesinin artması oranında 0,2- 0,3- 0,4 ve 0,5 gibi değerler alabilmektedir. Buna karşılık RUSLE m değerini, yamaç eğimi ile tabaka ve oluk erozyonunun fonksiyonu olarak değerlendirmektedir. RUSLE eşitliğine göre eğimin % 50 olduğu, tabaka ile oluk erozyonu arasındaki oranın ortalama bir değer içerdiği koşullarda m, 0,7 değerini almaktadır. Uygulamadaki bu durum yüzeysel akış parselleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışma doğal yağmur koşullarında, 15x5 m boyutlarında beş yüzeysel akış parseli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Parsellerin iki tanesi dikliği % 40 civarında, üç tanesi ise % 60 civarında olan yamaçlara tesis edilmiştir. Elde edilen sonuç USLE’de tercih edilen m 0,5 değerinin dik yamaçlarda kullanımının daha uygun olduğu şeklindedir (Liu vd. 2001a).

Norveç’in güneyinde tarım yapılan yedi farklı alanda, yüzeysel akış parselleri kullanılarak erozyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada esas olarak su erozyonunun toprak işleme yöntemleri ve toprak işleme zamanına etkisini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. 21 metreden 300 metreye kadar değişebilen boya ve 144 m² ile 2,7 hektara kadar değişebilen alanlara sahip parseller, yaklaşık % 13 eğimli arazi üzerine tesis edilmiştir. Çalışma sonunda toprak işleme yönteminin ve zamanının toprak kaybı üzerinde büyük etkisi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada baharda eriyen suların en fazla eroziv güce sahip olduğu ve erozyona neden olduğu, bunun yanında suyla doymun ve bitki örtüsünden yoksun topraklar üzerinde yağmur damlasının da ciddi bir eroziv kuvvet olarak erozyona yol açtığı ortaya konmuştur (Lundekvam ve Skoien 1998).

Güneydoğu İspanya’da yarı kurak alanlarda bitki örtüsünün erozyon ve yüzeysel akışa etkisi, dört yılı aşkın bir arazi çalışması ile araştırılmıştır. Çalışmada üzerinde farklı bitki türlerinin bulunduğu, % 35 eğime sahip yamaçlar üzerine, alanı 144 m² (24x6 m) olan üç adet yüzeysel akış parselli yerleştirilmiştir. Çalışma sonucu, parsel üzerinde bulunan türlerden kekiğin toprak kaybını % 97, yüzeysel akışı % 91 oranında azalttığını ve böylelikle, en etkili koruyucu tür olduğunu ortaya koymuştur (Martinez vd. 2006).

Kuzeydoğu Meksika’da gerçekleştirilen çalışmada hem arazi kullanımı değişiminin yüzeysel akış ve toprak erozyonuna etkileri, hem de sonuçların USLE erozyon tahmin modeline uygunluğu araştırılmıştır. Çalışma tarım, otlak, doğal orman ve ağaçlandırma alanı olmak

üzere dört arazi kullanımı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Doğal yağmur koşullarında, % 4 eğime sahip arazide, bir yıllık süreyi kapsayan çalışmada toplam 12 yüzeysel akış parseli kullanılmıştır. Elde edilen sonuç, tarım kullanımı altında gerçekleşen yüzeysel akış ve erozyonun, doğal orman altından gerçekleşenden 10 ile 40 kat yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Diğer taraftan çalışmada dört farklı arazi kullanımı altındaki parsellerden elde edilen sonuçlar, USLE eşitliği ile tahmin olunan değerle karşılaştırıldığında sapma göstermektedir (Navar ve Synnott 2000).

Yüzeysel akış parsellerinden elde edilen ölçümlere zamanın etkisinin araştırıldığı bir çalışma İtalya'nın Sardinya adasında gerçekleştirilmiştir. Doğal yağmur koşullarında altı yılı aşkın devam eden çalışmada, 18 adet (10x2 m) yüzeysel akış parseli kullanılmıştır. Üç farklı yamaç üzerinde, üç farklı arazi kullanımından elde edilen sonuçlar; tarım uygulamalarının yapılmadığı araziler üzerine tesis edilen yüzeysel akış parsellerinden elde edilen erozyon değerlerinin zamansal değişim yönünden belirsizlikler içerdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca yüzeysel akış parselleri ile gerçekleştirilen çalışmaların, üç yıldan daha fazla bir zaman periyoduna yayılması tavsiye edilmektedir (Ollesch ve Vacca 2002).

Filipinler'de tarım kullanımındaki dik yamaçlarda meydana gelen toprak kaybı üç yılın üzerinde bir zaman süresince, yüzeysel akış parselleri kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmada % 50 ile % 70 eğime sahip yamaçlara tesis edilen ve uzunluğu 12 m olan üç parsel kullanılmıştır. Sonuçlar geleneksel tarım uğraşları yapılan alanlarda, yılda gerçekleşen toprak kaybının hektarda 35 ton olduğunu, çıplak toprak yüzeyinde ise bu değer 63 ton olduğunu ortaya koymuştur (Presbitero vd. 2004).

Polonya'nın Lublin bölgesinde yamaç uzunluğunun, sediment taşınımı ve oluk karakteristiklerine etkisi araştırılmıştır. Düşen toplam yağmurun 84,6 mm olduğu ardışık üç yağışı içeren çalışma, oluk oluşumunun meydana geldiği üç günlük zaman diliminde yüzeysel akış parselleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 3 m eninde ve 2,5- 5- 10 ve 20 m uzunluklarında yüzeysel akış parselleri; kuzey bakılı, % 12 eğime sahip ve düz yamaçlar üzerine tesis edilmiştir. Çalışma sonunda parsel uzunluğunun oluk genişliğine ve derinliğine etki ettiği, ancak meydana gelen oluk sayısı ve enine kesit alanı üzerinde etkisinin olmadığı meydana çıkmıştır. Belli bir noktadan sonra (10 m) parsel uzunluğunun artması, oluklarda taşınan sedimentin parsel alt kısımlarında depolanmasına neden olmaktadır (Rejman ve Brodowski 2005).

Polonya’da Lublin bölgesindeki bir diğer çalışmada, toprağın erodobilitesindeki yıllık değişim on yıl süreyle yüzeysel akış parselleri kullanılarak araştırılmıştır. İki ayrı çalışma sahasında, toz balçığı tipindeki toprak üzerine % 8 ve % 12 eğime ve 20x3 m ebatlara sahip parseller tesis edilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek, USLE erozyon tahmin denkleminin, Polonya koşullarında erozyon tahmini amaçlı kullanılabileceği ortaya konulmuştur (Rejman vd. 2008).

Birleşik Amerika’nın Oklahoma eyaletinde ormanlık havzalarda üç aylık bir periyodu kapsayan yüzeysel akış ölçümü, parseller kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üç farklı havza üzerine 25 ve 250 m² alanlara sahip ikişer yüzeysel akış parseli yerleştirilmiş ve oluşan yüzeysel akış ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar yüzeysel akış üzerinde mikrotopografik faktörlerin etkisinin olduğunu, dolayısıyla parsel ebatlarının yüzeysel akışı etkilediğini ortaya koymuştur. Bunun yanında yüzeysel akış parsellerinin yamaç üzerindeki konumlarının da oluşan yüzeysel akışa etki ettiği belirlenmiştir (Rochelle vd. 1986).

İtalya, İspanya ve Yunanistan gibi Akdeniz’e komşu üç ülkede toprak erozyonu, yüzeysel akış ve erozyon miktarını etkileyen süreçler, yüzeysel akış parsellerinin kullanıldığı arazi denemeleri ile araştırılmıştır. Farklı eğim ve arazi kullanımları üzerine 8x2 m ve 10x2 m boyutlarında parseller tesis edilmiştir. Toplam parsel sayısı İtalya’da 18, Yunanistan’da 12 ve İspanya’da 17’dir. Çalışma İtalya’da iki yıl, Yunanistan’da üç yılı aşkın ve İspanya’da üç buçuk yıldan fazla sürdürülmüştür. Erozyon oluşumunun her üç bölgede de düşük olduğu, çalışma bölgelerindeki bitki örtüsünün yüzeysel akışı ve erozyonu önlediği elde edilen sonuçlar ile ortaya konmuştur. (Romero-Diaz vd. 1999).

Türkiye’de gerçekleştirilen çalışmada farklı arazi kullanım şekillerinin yüzeysel akış ve erozyona etkileri yüzeysel akış parselleri kullanılarak araştırılmıştır. % 10 eğimli arazi üzerine 8x1 m ebatlarında 4 parsel tesis edilmiştir. Birinci parsel çalı ve diğer toprak florasından temizlenerek çıplak hale getirilmiş, ikinci parsel doğal haline bırakılmıştır. Üçüncü parsel çalı ve toprak florasından temizlenip, üzerine erozyon kontrolünde etkili olan üç buğdaygil türü tesviye eğrilerine dik olarak ekilmiştir. Dördüncü parselde aynı buğdaygil türleri tesviye eğrilerine paralel olacak şekilde ekilmiştir. En fazla yüzeysel akış ve erozyon oluşumu çıplak hale getirilen parselde ölçülmüş; doğal haline bırakılan çalıyla kaplı parselde ise yüzeysel akış ve erozyon en düşük seviyede gerçekleşmiştir (Uslu 1971).

Yunanistan’da toprak işleme yapılan arazi üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada yüzeysel akış parselleri kullanılmıştır ve çalışma toplam 31 yağmurun olduğu 39 ay süresince devam ettirilmiştir. % 7-21 arasında değişen eğime sahip yamaçlar üzerine, toplam 14 adet 0,75x0,55 m ebatlarında parseller tesis edilmiştir. Çalışmada toprak agregat stabilitesi, yamaç eğimi ve yağış şiddeti arasındaki ilişkilerin damla erozyonuna etkileri araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar kullanılarak damla erozyonu oranı (E_i);

$$E_i = 0,628\beta S_t^{1,3} e^{0,0967 I/30} \quad (R^2=0,939; P < 0,001) \quad (1.1)$$

formülü (Eşitlik 1.1) ile tanımlanmıştır. Eşitlikte β toprak agregat stabilite değişim indeksini, S_t yamaç eğiminin tanjantını, $I/30$ otuz dakikada gerçekleşen en yüksek yağmur miktarını belirtmektedir (Valmis vd. 2005).

Birleşik Amerika’da yüzeysel akış parsellerinden oluşan yüzeysel akış ve toprak kaybındaki farklılıkların araştırıldığı çalışmada 27,4x3,2 m boyutlarına sahip kırk parsel kullanılmıştır. Çalışma süresince parseller üzerinde eğime paralel olarak periyodik tarım yapılmıştır. Çalışma sonucu, yüzeysel akış parsellerinden elde edilen yüzeysel akış ve toprak kaybı verilerinin açıklanamayan farklılıklar içerdiğini ortaya koymuştur. Hatalı ölçümlerden kaynaklanmayan bu sonuçlar, anlaşılamayan bir süreç olarak değerlendirilmiştir. Araştırmacılar bu durumu dikkate alarak, yüzeysel akış ve toprak kaybı ölçümü içeren karşılaştırmalı çalışmalarda, güvenli bir sonuca ulaşabilmek için çok tekrarlı denemeler yapılmasını önermektedir (Wendt vd. 1986).

Slovenya’da farklı arazi kullanımlarından gerçekleşen tabaka erozyonu, iki yıl süre ile yüzeysel akış parselleri kullanılarak ölçülmüştür. Üç farklı arazi kullanımında (genç zeytin tarlası içinde çıplak alana 2 adet, yabanlaştırmış çayırılık üzerine 2 adet ve orman içine 4 adet olmak üzere) toplam sekiz adet bir metrekaarelik parsel tesis edilmiştir. Sonuçlar en yüksek tabaka erozyonunun çıplak alandan gerçekleştiğini ortaya koymuştur (Zorn ve Petan 2008).

1.1.3 Yapay Yağmurlayıcı Kullanılarak Yüzeysel Akış Parsellerinde Gerçekleştirilen Çalışmalar

Yapay yağmurlayıcılar, esas görevi doğal yağmuru tam ve doğru olarak taklit etmek olan araçlar (Blanquies vd. 2003) ya da doğal yağmura benzer formda su sağlayacak şekilde

tasarımlanan araştırma amaçlı araçlar (Chmelova ve Sarapatka 2002) şeklinde tanımlanmaktadır. Toprak erozyonu çalışmalarında 1930'lu yıllardan bu yana kullanılmakta olan (Clarke ve Walsh 2007) yapay yağmurlayıcılar; çalışma amaçları, kurulum maliyetleri gibi ölçütlere göre farklı tiplerde değerlendirilmektedir (Agassi ve Bradford 1999). Ancak genel olarak yapay yağmurlayıcıları, damla esaslı ve basınç başlıklı yapay yağmurlayıcılar şeklinde iki geniş grupta toplamak mümkündür (Blanquies vd. 2003). Yapay yağmurlayıcılar Clarke ve Walsh (2007) tarafından da basınçlı ve basınçlı olmayan tipler olarak iki genel grupta değerlendirilmiştir.

Yapay yağmurlayıcılarla gerçekleştirilen erozyon ve yüzeysel akış ölçümleriyle doğal yağmur altında gerçekleştirilenler karşılaştırıldığında; yapay yağmurlayıcıların fiyat/fayda oranının yüksek olması, daha az işgücü gerektirmesi, kontrolünün daha kolay ve güvenli olması, çalışmada harcanan zamanın çok daha az olması avantajlı taraflarıdır. Maliyetinin yüksek olması, kurulumunun işgücü gerektirmesi, yapay yağmurlayıcının özellikleri ve kapasitesine uygun olmayan çalışmalarda arazi üzerinde uygulanamaması, uygulama yapılan alanın genel alanı temsil kabiliyetinin çok düşük olması, bazı yapay yağmurlayıcıların doğal yağmurun bir ya da birkaç karakteristiğini (yoğunluk, damla büyüklüğü, damla düşme hızı, kinetik enerji vb. gibi) temsil edememesi dezavantajlı yönleridir (Renard 1985).

Damla çapının doğal yağmura yakın olması, damla düşme hızının yağmurun yere vurduğu andaki hıza yakın olması, düzenli yağış şiddeti ve rasgele damla dağılımının olması, dikey bir çarpma hızının olması ve yağış biçiminin belirli bir süre ve şiddette sürdürülebilmesi usulüne uygun bir yapay yağmurlama gerçekleştirebilmek için sağlanması gereken bazı koşullar olarak değerlendirilmektedir (Blanquies vd. 2003).

Birleşik Amerika'nın Mississippi eyaletinde yedi yıl süreyle üzerinde soya fasulyesi ekili ve geleneksel olarak işlenen arazide gerçekleşen erozyonla, üzerinde yedi yıl boyunca toprak işlemesi yapılmadan soya fasulyesi ekilen araziden gerçekleşen erozyon ölçülmüştür. Yağmurlama öncesi her iki alan üzerinde hafif toprak işlemesi yapıp, tırmıklanarak benzer yüzey pürüzlülüğü sağlanmış ve artıklar temizlenmiştir. Ardından alan üzerinde 10,67x 3,66 m ebatlara sahip, % 3-4 eğimli 12 parsel tesis edilmiştir. Ortalama damla çapının 2,4 mm ve yağış şiddetinin 66 mm sa⁻¹ olduğu yapay yağmurlama üç parça halinde uygulanmıştır. Öncelikli 1 saatlik yağışın ardından 4 saatlik bir ara verilmiştir. Yarım saatlik ikinci yağıştan sonra yine yarım saatlik bir ara verilmiş ve üçüncü yağmurlama da yarım saat sürmüştür.

Araştırma sonunda geleneksel olarak işlenen parsellerden gerçekleşen toprak kaybının % 30 oranında yüksek olduğu bulgusuna ulaşılmıştır (Auerswald vd. 1994).

Güney Fransa'da farklı toprak işleme yöntemlerinin toprak erodibilitesi, makro agregat stabilitesi ve üst toprağın (0-10 cm) karbon içeriğine etkileri araştırılmıştır. Araştırma sahasına yulaf ekilmiş; toprak örneklerinin alımı ve yapay yağmurlamanın uygulanması tohumların ekiminden on hafta sonra gerçekleştirilmiştir. Uygulama öncesinde yulaflar kökünden sökülmüş ve çalışma çıplak toprak üzerinde gerçekleştirilmiştir. 1x1 m mikro parseller, % 5-12 arasında değişen eğime sahip tepe üst kısmına yerleştirilmiştir. Yapay yağmurlama 4 m yüksekten 60 mm sa⁻¹ şiddetinde uygulanmıştır. Çalışma sonunda toprak erodibilitesinin üst toprağın agregatlaşma ve karbon içeriği ile yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir (Barthes vd. 1999).

Çin'de gerçekleştirilen bir çalışmada 5x1 m ebatlarında toplam on yüzeysel akış parseli kullanılarak toprak kabukluluğu ve yamaç eğiminin toprak kaybı ve yüzeysel akış oluşumuna etkileri araştırılmıştır. Eğim derecesi 5°, 10°, 15°, 20° ve 25° olan parsellere yapay yağmurlama uygulanmıştır. Yapay yağmurlamada damla büyüklüğü 0,35 ile 6,35 mm arasında (ortalama 2,40 mm), toplam kinetik enerji 0,57 J m⁻², damla düşüş yüksekliği 4,57 m olarak uygulanmıştır. Yüzeysel akış ve sediment kaybı ölçümleri 5'er dakikalık aralarla gerçekleştirilmiştir. Yapay yağmurlama gerçekleştirilirken parsel kenarlarına yerleştirilen dört yağışölçer ile yağış şiddeti izlenmiştir. Elde edilen bulgular hem toprak kabuğunun hem de eğim derecesinin, yüzeysel akış oluşumuna ve toprak kaybına etki etmede önemli rol oynadığını ortaya koymuştur (Cheng vd. 2008).

Birleşik Amerika'da on yıllık bir koruma/dönüşüm programı çerçevesinde ekili tarım alanlarında yüzeysel akış, erozyon ve toprak kalitesi karakteristikleri araştırılmıştır. Araştırmada dönüşüm programının birinci yılında, sarı sakalotu (*Bothriochlora ischaemum* L.) ve buğday (*Triticum aestivum* L.) örtüsü kaplı alan üzerinde meydana gelen yüzeysel akış ve erozyon miktarı; yüzeysel akış parselleri kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmada toprak işlemesiz buğday örtüsü, korumalı toprak işlemesi yapılan buyday örtüsü, sarı sakalotu örtüsü ve koruma programı öncesi mevcut kullanım (kısa ve orta boylu ot) örtüsü üzerine 10,7x3,7 m ebatlarında parseller tesis edilmiştir. Düz yamaç üzerine, her örtü için iki tane tesis edilen parsellere, yapay yağmurlama uygulanmıştır. 64 mm sa⁻¹ şiddetinde ve bir gün arayla birer saatlik iki ayrı uygulama şeklinde gerçekleştirilen yağmurlama sırasında beş dakikalık

aralıklarla yüzeysel akış örnekleri alınmıştır. Farklı deneme örtülerinden oluşan yüzeysel akış miktarında önemli farklılık bulunamamıştır (Gilley vd. 1997).

Birleşik Amerika'nın Nebraska eyaletinde gerçekleştirilen bir çalışmada yüzeysel akış miktarının bitki besin maddesi taşınımına etkisi 2x0,75 m ebatlarında toplam 48 adet yüzeysel akış parseli kullanarak araştırılmıştır. Çalışmada parseller üzerine 24 saat arayla yarım saat süreli ve yaklaşık 70 mm sa⁻¹ şiddetinde üç yapay yağmurlama uygulanmıştır. Yüzeysel akış oranının sediment bünyesinde taşınan fosforu etkilediği belirlenmiştir. Toprak kaybı da yüzeysel akış oranından önemli ölçüde etkilenmektedir (Gilley vd. 2008).

İspanya Huelva'da yükseltisi 100-600 m arasında değişen bir çalışma alanında, taşlılığın toprak yüzeyinde oluşturduğu tıkanma oranı ve erozyona karşı koruyucu etkisi araştırılmıştır. 625 cm²'lik beş parsel üzerinde dört farklı düzeyde taşlılık oluşturulmuş (seyrek % 2-5, orta % 15-30, yüksek % 40-60 ve çok yüksek % 60-80) ve her parsele üç farklı şiddette (50, 100 ve 150 mm sa⁻¹) yağış uygulanmıştır. Bu şekilde (5 parsel x 4 farklı taşlılık sınıfı x 3 farklı yağış şiddeti) toplam 60 farklı örnekte çalışılmıştır. Taşlılık arttıkça yüzeysel akışın geç başladığı, sediment kaybının düşük olduğu ve infiltrasyonun da arttığı belirlenmiştir. Parmak erozyonu oluşumu yağış şiddetine bağlı olarak artış gösterirken, taşlılık arttıkça azalmıştır. Taşlılık oranı % 75 ve daha yüksek seviyede olduğunda toprak kaybının hektarda 0,02-1,0 mg h⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir (Martinez-Zavala ve Jordan 2008).

Swaziland'da mera üzerinde gerçekleştirilen çalışmada 1x1 m ebatlarında dört parsel kullanarak bitki örtüsü oranının yüzeysel akış ve toprak kaybına etkileri araştırılmıştır. Çalışmada yüzde 0, 15, 50 ve 90 oranlarında ot ile kaplı parsellere 75 mm sa⁻¹ şiddetinde ve 15 dakika süren yapay yağmurlama uygulanmıştır. Ortalama damla büyüklük çapı 1,99 mm ve kinetik enerji 17,25 J m⁻² mm⁻¹ olarak uygulanmıştır. Yapay yağmurlama başlangıcıyla beraber üçer dakikalık aralarla sediment ve yüzeysel akış ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma bulguları, bitki ile kaplı alan oranının artmasıyla, toprak kaybı miktarının azalması arasındaki ilişkinin katlamalı bir şekilde olduğunu ortaya koymuştur. Ancak bitki örtüsünün toprağın korunması ve erozyona dayanıklılığının sağlanması noktasında beklenen etkiyi ortaya koyamadığı da belirtilmektedir (Morgan vd. 1997).

Kanada Alberta'da ayırık (*Agropyron*), buğday (*Triticum*) sarkaçotu (*Bouteloua*) ve sorguçotu (*Stipa*) türlerinin ağırlığını oluşturduğu doğal bir meraya, yem üretimi amaçlı otlak ayrığı

(*Agropyron cristatum* L.) ve yabani otlakarpası (*Elymus junceus* Fisch.) ekilmiş ve tüm türlerin erozyon oluşumu ve bitki besin maddesi taşınımına etkileri araştırılmıştır. Çalışmada 1x1 m ebatlarda parseller kullanılmıştır. Yapay yağmurlama 0,8 m yüksekten 105 mm sa⁻¹ şiddetinde ve yarım saat süreyle uygulanmıştır. Sediment kaybı bakımından türler arasında fark bulunmamıştır. Yüzeysel akışla kaybedilen toplam N ve P düşük değerlerde (<2 mg N l⁻¹, <1 mg P l⁻¹) bulunmuştur (Murphy vd. 2008).

Farklı iki yapay yağmurlayıcının, yüzeysel akış karakteristiklerine (başlangıç zamanı, miktar, pik akım değeri, boşaltma oranı), fosfor yoğunlaşmasına (çözünmüş ve toplam) ve parsel boyutlarına bağlı olarak sediment oluşumuna etkisinin karşılaştırıldığı bir çalışmada; % 4-5 eğimli arazi üzerine tesis edilen 2x1 (2 m²) ve 10,7x3,05 (32,6 m²) m ebatlarında parseller kullanılmıştır. Toplam dört parselin tesis edildiği çalışmada yüzeysel akışın 2x1 m boyutlarındaki parsellerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Parsel uzunluğunun, yüzeysel akış miktarını ve yüzeysel akışta bulunan fosfor yoğunluğunu etkilediği belirlenmiştir (Sharpely ve Kleinman 2003).

İran’da gerçekleştirilen bir çalışmada yamaç dikliği, bitki örtüsü, kil, kum, toz miktarları ve toprağın nem içeriğinin yüzeysel akışa etkileri, arazi üzerinde 1,2x0,89 m ebatlarında 145 parsel üzerinden ölçülmüştür. Çalışmada 24,5 ve 32 mm sa⁻¹ şiddetinde iki ayrı yapay yağmurlama uygulanmıştır. Çalışma sonuçları bitki örtüsünün ve toprağın nem içeriğinin etkili faktörler olduğunu ortaya çıkarmıştır (Vahabi ve Mahdian 2008).

Birleşik Amerika New Mexico’da, yarı kurak yamaçlar üzerinde oluşan parmak erozyonuna; yamaç, bitki örtüsü, taşlılık ve toprak özelliklerinin etkisi yaklaşık bir metrekare yüzey alanına sahip 88 küçük parselde yapay yağmurlama uygulanarak araştırılmıştır. Parmak erozyonunun en fazla yamaç eğiminden etkilendiği belirlenmiştir. Bitki örtüsünün parmak erozyonunu büyük ölçüde azalttığı elde edilen sonuçlar arasındadır. Taşlılığın artması, her ne kadar bitki örtüsü azalsa da, parmak erozyonuna karşı ilave bir koruma sağlamaktadır. Özellikle dik yamaçlarda toprak tekstürü ve derinliği erozyona etki eden en önemli toprak özellikleri olarak belirlenmiştir (Wilcox ve Wood 1989).

Birleşik Amerika’nın Minnesota eyaletinde iki yıl süreyle düz, içbükey ve dışbükey yamaç şekilleri üzerinde yüzeysel akış parselleri kullanarak erozyon ve yüzeysel akış ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Mısır, yulaf ve nadas kullanımı olan ortalama % 8,5 eğime sahip

yamaçlara, yaklaşık 22,8x4 m ebatlarında parseller tesis edilmiştir. Yapay yağmurlama 24 saat arayla, bir saatlik iki ayrı uygulama şeklinde ve saatte yaklaşık 63,5 mm şiddetinde gerçekleştirilmiştir. Toprak kaybı düz ve dışbükey yamaçlarda büyük bir fark oluşturmazken, içbükey yamaçlarda düz yamaçlara oranla hektarda yaklaşık 20 ton, dışbükey yamaçlara oranla hektarda yaklaşık 22 ton daha az gerçekleşmiştir (Young ve Mutchler 1969a).

Birleşik Amerika'nın Güney Dakota eyaletinde arazi koşullarında yaklaşık 22,8x4 m ebatlarında yüzeysel akış parselleri kullanılarak düz, içbükey ve dışbükey yamaçlar üzerinde oluşan toprak kaybı ve yüzeysel akış miktarları ölçülmüştür. İçbükey yamaçlardan gerçekleşen toprak kaybı, düz ve dışbükey yamaçlara göre oldukça düşüktür (Young ve Mutchler 1969b).

1.1.4 Yamaç Özelliklerinin (Eğim, Uzunluk ve Şekil) Yüzeysel Akış ve Erozyona Etkileri

Yamaçlar eğim dereceleri, uzunlukları, eğim şekilleri ve diğer bazı morfolojik özellikleri ile toprak erozyonu, yüzeysel akış ve sediment oluşumunu etkilemekte ve arazide gerçekleşecek toplam erozyon ve yüzeysel akış miktarı üzerinde rol oynamaktadır. Erozyonun şiddeti bakımından özellikle yamacın eğim derecesi, yamaç uzunluğuna oranla daha etkilidir (Balcı 1978). Birleşik Amerika'da toprak erozyonunun hesaplanması ve oluşabilecek toprak erozyonunun tahmin edilmesine yönelik öncül çalışmalarda (1940–1956), uygulamalı yamaç denemelerinden elde edilen sonuçlardan da yamaç eğim derecesi ve uzunluğunun erozyon, yüzeysel akış ve toprak kaybında etkili oldukları belirlenmiştir (Wischmeier ve Smith 1978). Çalışmalar, yamaçların çeşitli karakteristikleriyle erozyon, toprak kaybı ve yüzeysel akış oluşumunu etkilediğini ortaya koymuştur. Bu dönem içinde Zingg, Musgrave gibi araştırmacılar tarafından geliştirilen erozyon tahmin eşitliklerinin tamamı yamaç faktörünü dikkate almıştır (Hayward 1967; Wischmeier ve Smith 1978; Renard 1985). Yamaç uzunluğunun ve yamaç eğim derecesinin, yüzeysel akış ve erozyona en fazla etki eden karakteristikler olduğu konuyla ilgili birçok çalışmada da belirtilmiştir (Smith 1958; Young ve Mutchler 1969a; Young ve Mutchler 1969b). Erozyona neden olan topoğrafik unsurlar, makro ve mikro olmak üzere iki ölçekte sınıflandırılmış; yamaç uzunluğu, dikliği ve şekli makro unsurlar içinde değerlendirilmiştir (Renard ve Foster 1983). USLE ve RUSLE eşitliklerinde de yamaç faktörünün erozyona etkisi ortaya konmuştur. USLE ve RUSLE'de yamaç faktörü (LS) olarak nitelenen uzunluk (L) ve eğim derecesi (S) faktörleri; erozyon tahmin hesaplamalarında en

fazla karışıklık oluşturan faktörler olarak değerlendirilmektedir (Wilson 1986; Moore ve Wilson 1992). Bu noktada yüzeysel akış ve toprak kaybının, yamaç özelliklerinin haricindeki bazı yüzey özelliklerinden de etkilendiği unutulmamalıdır. Özellikle yüzeysel akışın oluşumunda toprağın kabukluluğu, yüzeyin taşlılığı, bitki örtüsü, jeomorfolojik yapı gibi faktörler etkili olmaktadır (Peugeot vd. 1997).

1.1.4.1 Yamaç Eğiminin Etkisi

Arazinin ya da yamacın eğimi genellikle iki ayrı şekilde ifade edilmektedir. Bunlardan ilki arazinin eğim derecesi olup, arazi yüzeyinin yatay düzlemle yaptığı açının derece ya da grad cinsinden değeridir. Diğer yüzde olarak eğim değeridir ki arazinin belirli bir yatay mesafede yükseliş ya da alçalış miktarının bir uzunluk birimi üzerinden yüzde (%) olarak ifadesidir (Çepel 1995).

Yamaç eğiminin erozyon ve yüzeysel akışa etkisi birçok araştırma ile ortaya konulmuştur (De Ploey ve Savat 1976; Wischmeier ve Smith 1978; Wilcox ve Wood 1989; Phillips 1990; Nearing 1997; Liu vd. 2001b; Özhan vd. 2005). Bu araştırmalarda genel olarak yamaç eğiminin ya da dikliğin artmasıyla; yüzeysel akış, toprak kaybı, sediment yoğunluğu ve erozyon oluşumunda da pozitif yönde bir artış olduğu belirtilmiştir (Wischmeier ve Smith 1978; Bryan 1979; Chisci 1981; Wilcox and Wood 1989; Gabriels 1999; Liu vd. 2001b; Chaplot ve Le Bissonnais 2003; Özhan vd. 2005; Assouline ve Ben-Hur 2006). Toprak erozyonu tahmininde kullanılan birçok matematiksel eşitlikte de yamaç eğimi en önemli parametre olarak değerlendirilmiştir (Valmis vd. 2005).

Genel olarak dik eğimli yamaçlarda yüzeysel akışın gücünün yüksek olmasından dolayı, toprak kaybı daha fazla olmaktadır (Valentin 1989; Gabriels 1999). Yamaç eğimiyle birlikte eroziv kuvvetlerin enerjisi de artmaktadır (Renard ve Foster 1983). Yamaç eğimi (dikliği), hem damla hem de oluk erozyonunda etkili faktörlerden olup (Chisci 1981), sediment konsantrasyonunu artırarak, oluk erozyonunda pozitif yönde büyük bir etki yapmaktadır (Wilcox ve Wood 1989; Desmet ve Govers 1997; Römken vd. 2001; Assouline ve Ben-Hur 2006). Az eğimli (% 5-9) yamaçlarda sediment konsantrasyonu stabil iken, orta eğimli (% 15) yamaçlarda sediment konsantrasyonu yavaşça artmakta ve taşıma sınırına yaklaşmaktadır. Dik yamaçlarda (% 20-25) sediment konsantrasyonu üst seviyeye ulaşarak taşıma sınırından ayrılma sınırına geçmektedir (Assouline ve Ben-Hur 2006). Renard vd. (1997) yamaç

eğiminin artmasıyla meydana gelen toprak kaybı artışının, yamaç uzunluğunun artmasıyla oluşan etkiden çok daha hızlı olduğunu belirtmektedir. Yamaç eğimi (dikliği) yüzeysel akışı önemli derecede etkilemektedir (Chaplot ve Le Bissonnais 2000). Cheng vd. (2008) de yamaç eğiminin, yüzeysel akışı % 60 oranında artırabildiğini belirtmektedir.

Yamaç eğimi yüzeysel akış ilişkilerinin araştırıldığı çalışmalardan elde edilen sonuçların; yamaç eğiminin etkisi noktasında farklı değerlendirmeler içerdiği göze çarpmaktadır (Liu vd. 2001b; Fang vd. 2008). Bu durum çoğunlukla problemin karmaşıklığından ve uygulayıcıların bakış açısının farklılığından kaynaklanmaktadır (Liu vd. 2001b).

Aynı yağmur koşullarında yamaç dikliğinin artmasıyla toplam toprak kaybında artış olurken, yüzeysel akıştaki artış; toprak kaybına göre daha düşük oranda olmaktadır (Assouline ve Ben-Hur 2006). Bazı topraklarda yamaç dikliğinin artması ile meydana gelen oluk erozyonu miktarı, yamaç dikliğinin azalması ile meydana gelen miktardan daha düşük belirlenmiştir (Fan ve Wu 2001). Sediment taşınımı ile eğim derecesi arasında önemli bir ilişki olmadığı Bracken ve Kirkby (2005) tarafından ifade edilmiştir. Fox ve Bryan (1999) ise yamaç eğiminin parmak ve oluk erozyonu koşullarında farklı etki derecesine sahip olduğunu belirtmektedir. Toprak erozyonu ile kritik yamaç eğim derecesi ilişkilerinin araştırıldığı birçok çalışmada; birbirinden farklı eğim dereceleri, kritik değer olarak belirtilmiştir (Liu vd. 2001b). Yamaç eğiminin toprak erozyonuna etkisini ortaya koymak için kullanılabilecek mevcut verilerin sınırlı olduğu görüşü, dik yamaçlarda bu yönde ortaya çıkan tezatlıkları destekler niteliktedir (Liu vd. 1994).

Yamaç eğimi toprak kaybı ilişkisi değişik veri kaynakları kullanılarak, matematiksel olarak da birçok şekilde ortaya konmuştur. Bunlardan en fazla kullanılanları Tablo 1.1’de özetlenmiştir (Liu vd. 1994). Tabloda RUSLE için belirlenen her iki eşitlik, yaklaşık 4,5 m den kısa yamaçlarda uygulanabilir değildir. Bu gibi yamaçlarda

$$s = 3,0 (\sin \theta)^{0,8} + 0,56 \quad (1.2)$$

formülü (Eşitlik 1.2) önerilmektedir (Renard vd. 1997). USLE ve RUSLE eşitliklerinde, yamaç eğiminin % 20’den az olduğu hesaplamalar genellikle yakın toprak kaybı değerleri vermektedir (Lane vd. 1992).

Tablo 1.1 Genel kullanıma sahip alanlarda yamaç eğimine bağlı olarak toprak kaybı tahmininde kullanılan eğim faktörü eşitlikleri* (Liu vd. 1994'ten değiştirilerek).

Veri Kaynağı	Yazar	Eğim Faktörü Eşitliği
Yapay Yağmurlama Eğim: < %20	Zingg (1940)	$EF=(s/9)^{1,4}$
Yapay Yağmurlama Eğim: < % 16	Smith ve Whitt (1947)	$EF=0,025 + 0,052 s^{4/3}$
Mevcut Verilerin Birleştirilmesi	Musgrove (1947)	$EF= (s/9)^{1,35}$
Doğal Yüzeysel Akış Parselleri Eğim: %3-18	Smith ve Wischmeier (1957)	$EF=0,0065s^2 + 0,0453s + 0,065$
Doğal Yüzeysel Akış Parselleri Eğim: %3-18	Wischmeier ve Smith (1978) (USLE)	$EF= 65,4 \sin^2\theta + 4,56 \sin \theta + 0,0654$
Yapay Yağmurlama Eğim: %0,1-3	McCool vd. (1987) (RUSLE)	$EF=10,8 \sin \theta + 0,03 s < \%9$
Doğal Yüzeysel Akış Parselleri Eğim: %8-18	McCool vd. (1987) (RUSLE)	$EF=16,8 \sin \theta - 0,5 s \geq \%9$

* Toprak kaybının belirlenmesinde kullanılan eğim faktörü eşitliğinde standart yamaç eğimi %9 olup; EF eğim faktörünü, s eğim yüzdesini, θ eğim derecesini ifade etmektedir.

1.1.4.2 Yamaç Uzunluğunun Etkisi

Yamaç uzunluğu, bir yamaç üzerinde yüzeysel akışın başladığı nokta ile yamaç eğiminin, depolama oluşturacak kadar azaldığı ya da yüzeysel akışın doğal ya da yapay bir drenaj ağına ulaştığı nokta arasında kalan yatay uzunluk olarak tanımlanmaktadır (Wischmeier ve Smith 1978; Lal 1988).

Wischmeier ve Smith (1978) tarafından son şekli verilen USLE erozyon tahmin eşitliğinde, yamaç uzunluğu faktörü, diğer bütün koşullar aynı iken 22,13 m uzunluğundaki yamaçtan meydana gelen toprak kaybı şeklinde tanımlanmıştır. Erozyon ve toprak kaybı oluşumunda ya da ilgili çalışmalarda ise yamaç uzunluğundan kaynaklanan etki, yamaç uzunluğu faktörü olarak belirtilmektedir (Liu vd. 2001a).

USLE ve RUSLE eşitliklerinde yamaç uzunluğu faktörü, yamaç uzunluğunun (λ) değişimine bağlı olarak;

$$L = (\lambda / 22,13)^m \quad (1.3)$$

formülü (Eşitlik 1.3) ile ifade edilmektedir. Burada “22,13” USLE parsel boyu uzunluğu, m yamaç eğimine bağlı olarak 0,2 ile 0,5 arasında değişebilen bir katsayıdır (Wishmeier ve Smith 1978). USLE eşitliğinde eğimin % 5’ten sonraki artışlarında m katsayısı sabit kalmaktadır. Bunun diğer anlamı % 6, % 15 veya % 30 eğime sahip yamaçlarda m değerinin değişmediğidir. RUSLE eşitliğinde ise yamaç eğiminin (dikliğin) artmasına orantılı olarak m katsayısı da artmaktadır. Matematiksel olarak ifadesi;

$$m = \beta / (1 + \beta) \quad (1.4)$$

$$\beta = (\sin \theta / 0,0896) / 3,0 \sin^{0,8} + 0,56 \quad (1.5)$$

şeklinde (Eşitlik 1.4 ve 1.5). Burada β oluk erozyonu ile parmak erozyonu oranı, θ ise eğim derecesidir. Yamacın eğimi % 9’dan % 60’a çıktığında m katsayısı 0,5’ten 0,71’e yükselmektedir. Eşitlik 1.4 ve 1.5’e göre yamaç uzunluğu katsayısı m; % 50 eğim derecesinde, 60 metre uzunlukta ve orta derecede oluk/parmak erozyon oranında 0,7 olarak alınmaktadır. Bu durum USLE eşitliği ile karşılaştırıldığında ($m = 0,5$), tahmini toprak kaybı % 22 daha fazla olmaktadır (Liu vd. 2001a). Depolanmanın olması durumunda, meydana gelen toprak kaybı, yamaç uzunluğuna bağlı olmayacağından, m değeri sıfır alınır (Renard vd. 1997). WEPP eşitliğinde de yamaç uzunluğu faktörü RUSLE eşitliğinde olduğu gibi yamaç dikliği arttıkça, eğimin bir fonksiyonu şeklinde artmaktadır. Ancak RUSLE’den farklı olarak WEPP eşitliğinde, parmak ve oluk erozyon tahmin değerleri yüksek oranlar oluşturmamaktadır (Nearing vd. 1990).

Yamaç uzunluğunun yüzeysel akışın miktarı (Lal 1988; Bryan ve Poesen 1989; Chaplot ve Le Bissonnais 2003; Kinnell 2007; Fang vd. 2008), sediment yoğunluğu, toprak kaybı ve erozyona çeşitli şekillerde etkileri olduğu gerçekleştirilen araştırmalarla ortaya konmuştur (Wischmeier ve Smith 1978; Lal 1982; Lal 1988; Phillips 1990; Kinnell 2000; Rejman ve Brodowski 2005).

Yamaç uzunluğunun birim alandan oluşan yüzeysel akış miktarına etkisinin negatif yönde olduğu belirtilmektedir (Wischmeier ve Smith 1978; Lal 1997a; Van de Giesen vd. 2000; Stomph vd. 2001). Bu durum yamaç uzunluğunun artması ile infiltrasyonla toprağa giren su

miktarının artması ve buna bağılı olarak yüzeysel akışın azalması ile açıklanmaktadır (Lal 1982; 1997a; 1997b; Van de Giesen vd. 2000). Kısa yamaçlarda birim alandan oluşan yüzeysel akışın, uzun yamaçlara oranla daha fazla olmasında, yamaç uzunluğu arttıkça toplanma süresinin uzaması ve toprak yüzeyinde depolanmanın artması da bir neden olarak gösterilmektedir (Lal 1982). Kısa yamaçlarda, yamaç uzunluğu ve taşınan agregat çapı arasında ilişki olduğu da belirtilmektedir. Kumlu balçık ve balçıklı kum topraklarında aynı yamaç uzunluğunda gerçekleşen toprak kaybı karşılaştırılmıştır. Yamaç uzunluğu arttıkça birim alandan gerçekleşen kayıp, kumlu balçık toprağında artarken; balçıklı kum toprağında azalmıştır. Bu durum yamaç uzunluğu arttıkça, çapı 0,05 mm'den küçük agregatlara sahip topraklardan daha fazla kayıp gerçekleştiği şeklinde değerlendirilmiştir (Gabriels 1999). Yamaç uzunluğunun havza düzeyinde de yıllık toprak kaybı miktarını etkilediği ortaya konulmuştur (Özhan vd. 2005). Küçük havzalarda sediment taşınımına çeşitli karakteristikler değişik şekillerde etki edebilirken; yalnızca yamaç uzunluğu arttıkça sediment dağılımı/taşınımı azalan bir fonksiyon göstermektedir (Parsons vd. 2006b).

Diğer taraftan yamaç uzunluğunun yüzeysel akış ve toprak erozyonuna etkisini ortaya koymak amacıyla laboratuvar denemeleriyle elde edilen sonuçların, arazi koşullarını temsil ettiğini ifade etmenin zor olduğu belirtilmektedir (Lal 1988; Barthes ve Roose 2002).

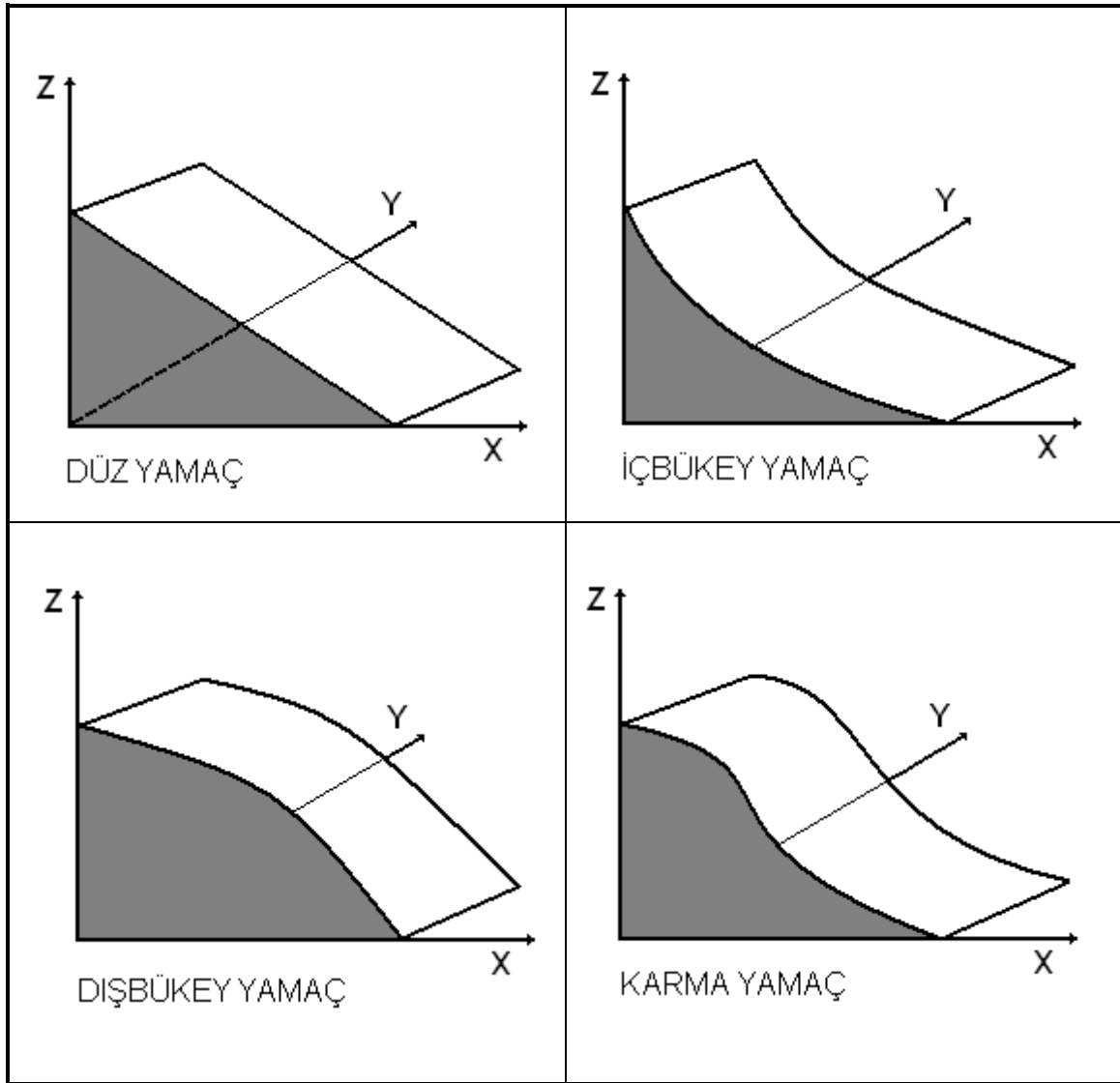
Yamaç uzunluğunun erozyon oluşumuna etkisini ortaya koyan çalışmalar, yamaç eğiminin etkisini ortaya koyan çalışmalara oranla çok azdır (Bryan ve Poesen 1989; El-Swaify 1997). Mevcut çalışmaların çoğu da ya ekili alanlara tesis edilen parseller üzerinden ya da % 20'den daha düşük eğime sahip laboratuvar düzeneklerinden elde edilen verilere dayanmaktadır (El-Swaify 1997). Yine yamaç uzunluğunun oluk erozyonu oluşumunda en etkili faktörlerden biri olmasına rağmen, damla erozyonuna etkisinin olmadığı belirtilmektedir (Chisci 1981). Bir başka görüş arazi koşullarında yamacın eğimi, şekli, bakısı ile toprağın fiziksel ve hidrolojik özellikleri arasında yamaç boyunca meydana gelen etkileşim; yamaç uzunluğunun yüzeysel akış ve erozyona etkisinin tek başına ayırt edilememesine sebep olduğu şeklindedir (Lal 1988). El-Swaify (1997) doğal yağış koşullarında % 16'nın üzerindeki eğimlerde; yamaç uzunluğu ve dikliği ile ilgili verilerin çok nadir olduğunu belirtmektedir. Özellikle USLE uygulamalarında yamaç uzunluğu hakkında, diğer faktörlerden çok daha fazla soru geldiği belirtilmektedir. Bu durumun bir nedeninin uygulamada, benzer yamaç koşullarında uygulayıcılar tarafından farklı yamaç uzunluğunun seçilmesi gösterilmektedir (Renard ve Simanton 1990).

1.1.4.3 Yamaç Şekillerinin Etkisi

Yamaçlar düz, içbükey, dışbükey ya da karma şekillere sahip olup (Smith 1958; Schor ve Gray 2007), doğal koşullarda genellikle belirgin bir sıralama içinde olmayıp, karma (düzensiz) bir yapı oluşturlar (Smith 1958; Schor ve Gray 1995; Agnese vd. 2007). Yamaç şekli olarak adlandırılan bu yapının (Şekil 1.1) yüzeysel akış ve erozyon oluşumuna etkisi bulunmaktadır (Smith 1958; Meyer ve Kramer 1969; Gascuel-Oudou vd. 1996; Rieke-Zapp ve Nearing 2005; Schor ve Gray 2007). Yamacın şekli, o yamacın farklı noktalarında gerçekleşen erozyon miktarı (oranı) üzerinde tek başına belirleyici olmasa da, bir yamaç boyunca yamaç şeklinin değişmesi farklı erozyon oranları oluşturabilmektedir (Meyer ve Kramer 1969). Karma (düzensiz) yamaçlarda yamaç dikliği, düz yamaçlarla karşılaştırıldığında hem noktasal hem de yamaç genelinde oldukça değişken olduğundan; karma yamaçlardan meydana gelen sediment kaybı da düz yamaçlardan farklıdır (Young ve Mutchler 1969b). Havzalarda ya da açık arazilerde olduğu gibi üç boyutlu yamaç profili boyunca gerçekleşen değişim, birleşme ya da ayrılma şeklinde topoğrafik öge üretmektedir. Bu topoğrafik farklılıklar yüzeysel akışın derinliğini etkileyerek ve yüzeyaltı porlar üzerinde baskı oluşturarak hem yüzeysel hem de yüzeyaltı akış desenine önemli derecede etki etmektedir. Bu hidrolojik sonuçlar ise erozyon ve kütle stabilitesini etkilemektedir (Schor ve Gray 2007).

Bugüne kadar yamaç ölçeğinde gerçekleştirilen toprak erozyonu çalışmaları, genellikle düz yamaç şekilleri ile sınırlı kalmıştır (Rieke-Zapp ve Nearing 2005; Kinnell 2008). USLE erozyon tahmin eşitliğinde bile yamaç uzunluğu ve yamaç eğiminin erozyon oluşumuna olan kombine etkisi dikkate alınırken; yamaç şeklinin etkisi açıkça göz önünde bulundurulmamıştır (Schor ve Gray 2007; Kinnell 2008). Karma yamaçlardan gerçekleşen erozyon miktarının, düz yamaçlar kullanılarak hesaplanması; karma yamaçların toprak kaybına ve erozyona etkisinin tam olarak ortaya konulamaması belirsizliğini doğurmaktadır (Zhao vd. 2002). Çünkü düz yamaçlarla karma yamaçlardan gerçekleşen toprak kaybı miktarları arasında farklılık olduğu (Young ve Mutchler 1969a) ve karma yamaçlarda erozyon tahmini yapılırken, düz yamaç özellikleri üzerinden sonuç çıkarmanın bir hata olacağı belirtilmektedir (Lane vd. 1995; El-Swaify 1997). Yamaçların düz varsayılıp, bu varsayıma göre oluşan erozyonun ve sediment depolama oranının ve bağlantılı olarak sediment kaybının hesaplanması elde edilen sonuçta önemli çarpıklıklar doğurabilmektedir (Lane vd. 1995). Hatta yağış havzalarında düzensiz yamaçlar üzerinde, yamaç uzunluğu ve yamaç dikliği

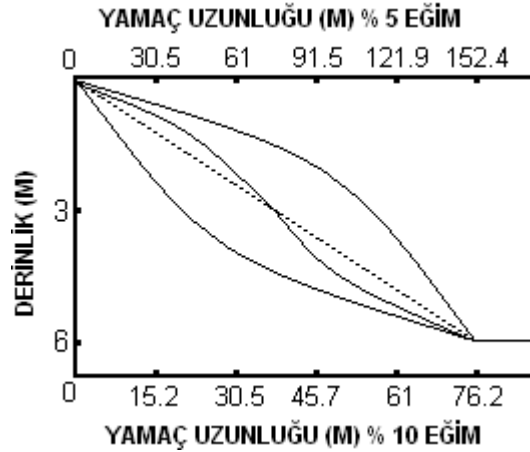
faktörlerinin düzensizliğinden dolayı ortalama havza uzunluğu ve eğiminin bulunması mümkün olmamaktadır (Wilson 1986).



Şekil 1.1 Yamaç şekillerinin (düz, içbükey, dışbükey ve karma) görünümü (Schor and Gray 2007'den değiştirilerek).

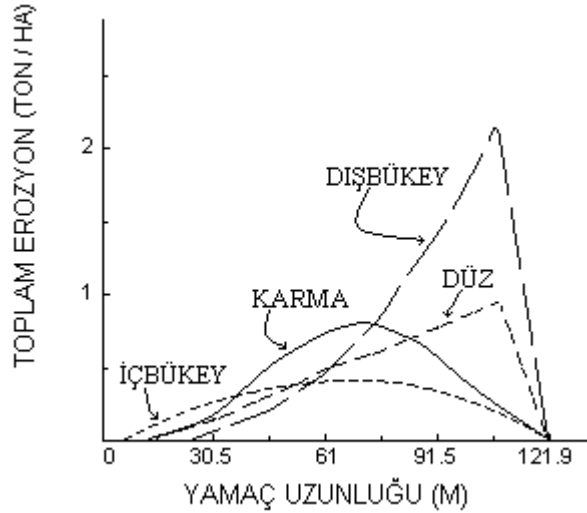
Yamaçların farklı şekillerde olması, beraberinde o yamaçlarda oluşan toprak kaybı, erozyon ve yüzeysel akış oluşumunda da farklılıklar meydana getirmektedir. Sovyetler Birliği döneminde gerçekleştirilen bir çalışmada yamaç şekilleriyle erozyon oluşumu arasında Tregubov (1982) tarafından genel bir değerlendirme yapılmıştır. Dışbükey yamaçlarda erozyon aktivitesi ve toprak kaybı en yüksek belirlenmiştir. İçbükey (profil boyunca dengeli bir içbükeylik formuna sahip) yamaçlarda erozyon aktivitesi en düşük olup, taşınan toprağın yamaç alt kısımlarında kümelenmesi sözkonusudur. Düz yamaçların, dışbükey yamaçlarla benzer karakteristikler gösterdiği belirtilmektedir.

Dışbükey yamaçlarda eğimin düşük olduğu yamaç üst kısmında sediment oluşumu da düşüktür. Ancak yamaç eğiminin ve yamaç uzunluğunun artmasıyla, sediment oluşumu da hızla artmaktadır. İçbükey yamaçlarda ise tam tersine bir oluşum söz konusudur. Yamacın en dik olduğu üst kısımda, yüzeysel akış en azdır. Yüzeysel akışın arttığı yamaç orta ve alt kısımlarında ise eğim azaldığından, içbükey yamaçlarda sediment oluşumu düşük olmaktadır (Schor ve Gray 2007).



Şekil 1.2 Bilgisayar modellemesi kullanılarak oluşturulan % 5 ve % 10 eğimli dört farklı yamaç şekli. (Düşey eksen genişletilmiştir. Yamaç bitiminde düz bir alan olduğu varsayılmıştır). (Meyer ve Kramer 1969'dan değiştirilerek).

Ortalama eğimi % 5 ve % 10 kabul edilen düz, içbükey, dışbükey ve karma (üst tarafı içbükey, alt tarafı dışbükey) şekillerden oluşan temsili arazi parçalarından gerçekleştirilecek toprak kaybı, bilgisayar ortamında hesaplanmıştır. Üst noktaları ile alt noktaları arasındaki yükselti farkı yaklaşık 6 metre tasarlanan yamaç şekilleri, yaklaşık üç metrelik bölümlere ayrılmış (Şekil 1.2) ve bu bölümlere sonucunda oluşabilecek toplam erozyon ya da sediment yükü; dikliğe (ortalama yamaç eğimine) ve uzunluğa bağlı olarak ortaya konulmuştur. Hesaplama yamaç bölümleri uygun katsayılar seçilerek yaklaşık 120 metre uzunluğunda, % 5 eğimde, bir hektar alandan yaklaşık 100 ton toprak kaybı elde edilinceye kadar tekrarlatılmıştır. Toprak kaybı hesaplamasında üç ayrı tahmin eşitliği kullanılmıştır. Yamaç şekillerinde, her 3 metrelik bölüm sonunda oluşan toprak kaybı, sediment yükü ya da net erozyon olarak hesaplanmıştır. Herhangi bir noktadaki erozyon derinliği, iki komşu bölümde hesaplanan toplam net erozyonun aynı bölümlerin toplam uzunluğuna bölünmesiyle belirlenmiştir. Farklı şekiller üzerinde gelişen erozyon miktarlarında da farklılıklar olduğu hesaplamada görülmüştür.



Şekil 1.3 Dört farklı yamaç şekli üzerinde meydana gelen toplam erozyon (Meyer ve Kramer 1969'dan değiştirilerek).

Düz, içbükey, dışbükey ve karma temsili yamaç şekillerinde, birinci bölüme ait hesaplanmış tahmini sediment yükü değerleri Şekil 1.3'te görülmektedir. Temsili yamaç şekillerinde yamaç eğriliğinin pozitif olduğu noktalarda erozyon meydana gelirken, negatif olduğu noktalarda ise depolanma meydana gelmektedir (Meyer ve Kramer 1969).

Yamaç şekillerinin yüzeysel akış ve erozyona etkileri ekili alanların bulunduğu parseller üzerinde araştırılmıştır. Mısır, yulaf ve nadas kullanımlarındaki düz, içbükey ve dışbükey şekilli yamaçlara, yapay yağmurlama uygulanarak meydana gelen yüzeysel akış ve toprak kaybı ölçülmüştür. İçbükey yamaçlarda, düz yamaçlara oranla hektarda ortalama 20 ton daha az toprak kaybı ölçülmüştür. Yüzeysel akış ise dışbükey yamaçlarda en fazladır. 63,5 mm sa⁻¹ lik bir yapay yağışın ardından oluşan ortalama yüzeysel akış miktarı içbükey, düz ve dışbükey parsellerde sırasıyla 29,7; 31,75 ve 36,3 mm sa⁻¹ olarak kaydedilmiştir. Tüm yamaç şekillerinde yüzeysel akış hızı ile taşınan materyal arasında doğrusal bir orantı belirlenmiştir (Eşitlik 1.6).

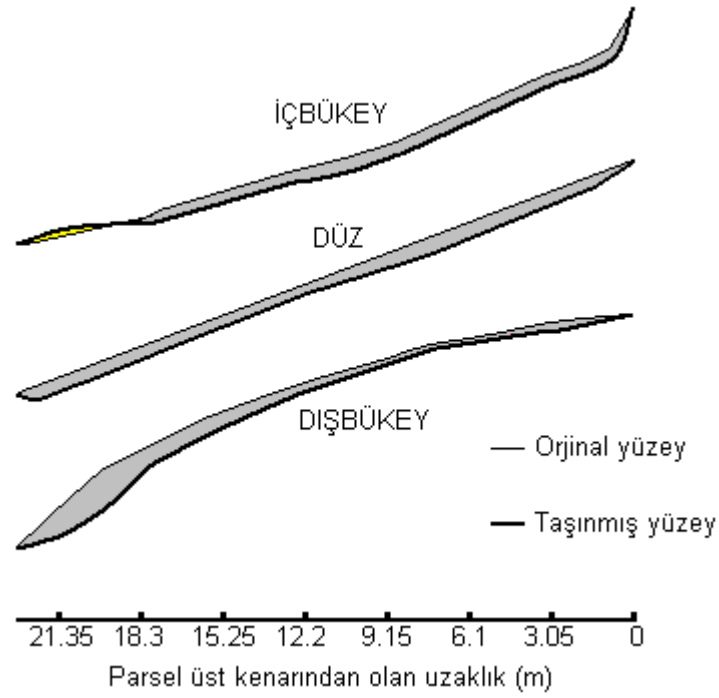
$$G = K v^x \quad (1.6)$$

Burada G taşınan materyal miktarını, v ise yüzeysel akış hızını temsil etmektedir. Dışbükey yamaçlarda eğim arttıkça, yüzeysel akışın hızı da artma eğilimi göstermekte ve daha az infiltrasyon gerçekleşmektedir. Bu ise yüzeysel akışın miktarını ve beraberinde toprak kaybı miktarını artırmaktadır. İçbükey yamaçlarda düzleşme başladığında yüzeysel akışın hızı

yavaşlamaktadır. Bunun sonucunda taşıyıcı etmen olan suyun taşıma kapasitesi de azalmaktadır (Young ve Mutchler 1969a).

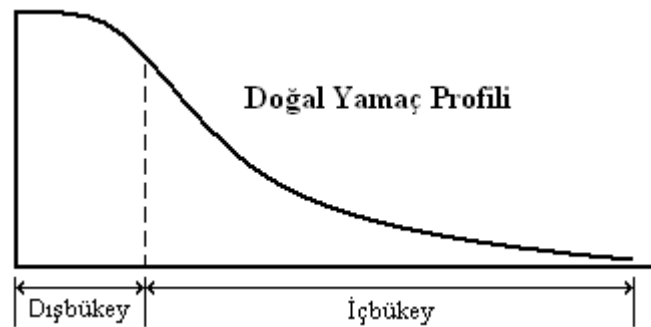
Young ve Mutchler düz, içbükey ve dışbükey yamaçlar üzerine yapay yağmurlama sistemi kurarak, oluşan yüzeysel akış ve toprak kaybını ölçmüştür. Eğimin eşit olduğu ve en az 150 cm toprak derinliğine sahip yamaçlar, mekanik olarak düz, içbükey ve dışbükey olarak şekillendirilmiştir. Parseller yaklaşık olarak 22,8x4 m boyutlarında tesis edilmişlerdir. İçbükey yamaçlarda oluşan toplam sediment kaybı, düz ve dışbükey yamaçlara oranla çok düşük bulunmuştur. Parsellerde oluşan mikro topoğrafya ya da yükselti farklılıkları Şekil 1.4'te görülmektedir. Düz parsellerde yüzeyde oluşan toprak kaybı derinliği parselin üst taraflarında 1,5 cm'den daha az olmasına rağmen; yamacın alt taraflarına doğru (parsel üst noktasına yaklaşık 19 m uzaklıkta) toprak kaybı derinliği 2,5 cm yi aşmıştır. İçbükey parsellerin üst kesiminde meydana gelen toprak kaybı, dışbükey parsellerin aynı kesimi ile karşılaştırıldığında, iki kat daha fazladır. İçbükey parsellerin yamaç alt tarafında toprak kaybının durduğu ve depolanmanın gerçekleştiği; dışbükey parsellerde ise toprak kaybının belirgin şekilde arttığı görülmektedir (Şekil 1.4) (Young ve Mutchler 1969b).

Yamaç şekilleri ile yüzeysel akış ve toprak kaybı ilişkilerinin araştırıldığı diğer bir çalışmada düz yamaçların, içbükey ve dışbükey yamaçlardan, istatistiksel anlamda daha yüksek yüzeysel akış ürettiği belirlenmiştir. Düz yamaçlardan yüksek yüzeysel akış oluşmasında, en düşük toprak yüzeyine sahip olması, kısmen bir neden olarak gösterilmiştir. Toplam sediment kaybında içbükey yamaçlar diğer yamaç şekillerine oranla düşük bir değer göstermiştir. Araştırmacılar bu sonuca iki önemli neden göstermişlerdir. Birincisi, içbükey yamaçlarda yamaç dip kısmının hemen bitişiğine, taşınan toprağın yığılması ve özellikle parsel çıkış noktasına ulaşamamasıdır. Parsel dip kısmının oluşturduğu bu etki, parsel sonu faktörü olarak adlandırılmıştır. Parsel sonu faktörünün düz yamaçlarda en az olduğu belirtilmiştir. Diğer neden ise çalışmanın 4 m uzunluğa sahip yamaçlar üzerinde yapılması olarak gösterilmiştir. Bu mesafenin yeterli ölçüde uzun olmadığı belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar genel anlamda değerlendirildiğinde sediment kaybı, yüzeysel akış üretimi ve toprak yüzeyinde meydana gelen oluk deseni oluşumunda yamaç şekillerinin etkili olduğu belirtilmektedir (Rieke-Zapp ve Nearing 2005).



Şekil 1.4 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda toprak kaybı değişiminin şematik gösterimi (Young ve Mutchler'den değiştirilerek, 1969b).

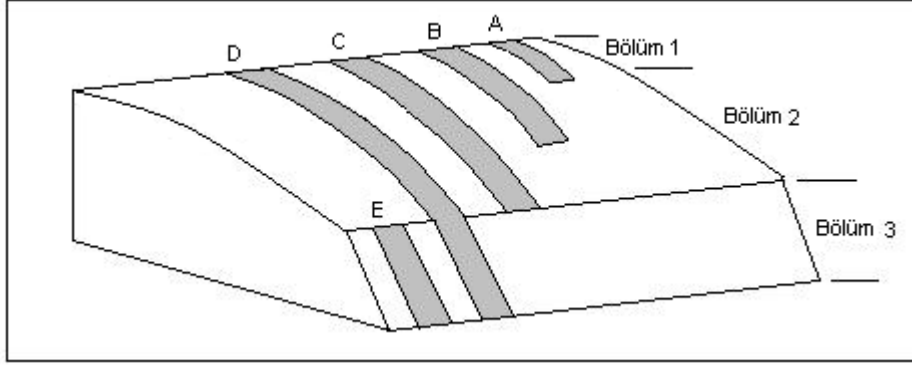
Yamaç şekilleri, rehabilitasyon alanlarının (özellikle maden ocakları açılan arazilerde) yeniden yapılandırılmasında da erozyon oranını etkilemektedir. Sayısal arazi modeli üzerinden gerçekleştirilen bir çalışmada içbükey yamaçların, erozyon oranını oldukça azalttığı ortaya konulmuştur. Doğal bir yamaçta, yamaç üst kısmı dışbükey, yamaç alt kısmı ise içbükey profile sahip (Şekil 1.5) olduğundan; arazi yapısına da içbükey yamaçların daha uyumlu olduğu belirtilmektedir. (Hancock vd. 2003).



Şekil 1.5 Doğal bir yamaç boyuna kesit profili (Hancock vd. 2003'ten değiştirilerek).

Bir yamaç üzerinde, topoğrafik özellikler dikkate alınıp yamaç bölümleri belirlenerek, erozyona ve yüzeysel akışa etkilerinin değerlendirilmesi, bir bakımdan yamaç şekillerinin de

etkisini ortaya koyma anlamı taşımaktadır. Yapılan bir çalışmada tepe noktasından en dip noktasına kadar tüm yamaç beş topoğrafik bölüme (tepe, omuz, orta, alt ve dip) ayrılmıştır (Şekil 1.6). En yüksek yıllık ortalama yüzeysel akış ve toprak kaybı parsel E'den gerçekleşmiştir. Parsel E, % 36 eğimli, 90 m uzunlukta, 1655 m² alana ve düz şekle sahip yamacı temsil etmektedir (Cai 2001).



Şekil 1.6 Yamaç bölümlerinin şematik gösterimi (Cai 2001).

BÖLÜM 2

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 MATERYAL

2.1.1 Araştırma Alanının Yeri (Mevkii)

Araştırma alanı Bartın ili, merkez ilçe Dalıca köyü sınırları içinde, Bartın il merkezinin 4 km kuzeyinde yer almaktadır. Bakışı güneydoğu olup, ortalama yükseltisi 146 metredir. Araştırma alanının koordinatları 46°12'94" ile 46°12'95" kuzey enlemleri ve 44°38'53" ile 44°38'17" doğu boylamları şeklindedir.

2.1.2 İklim Özellikleri

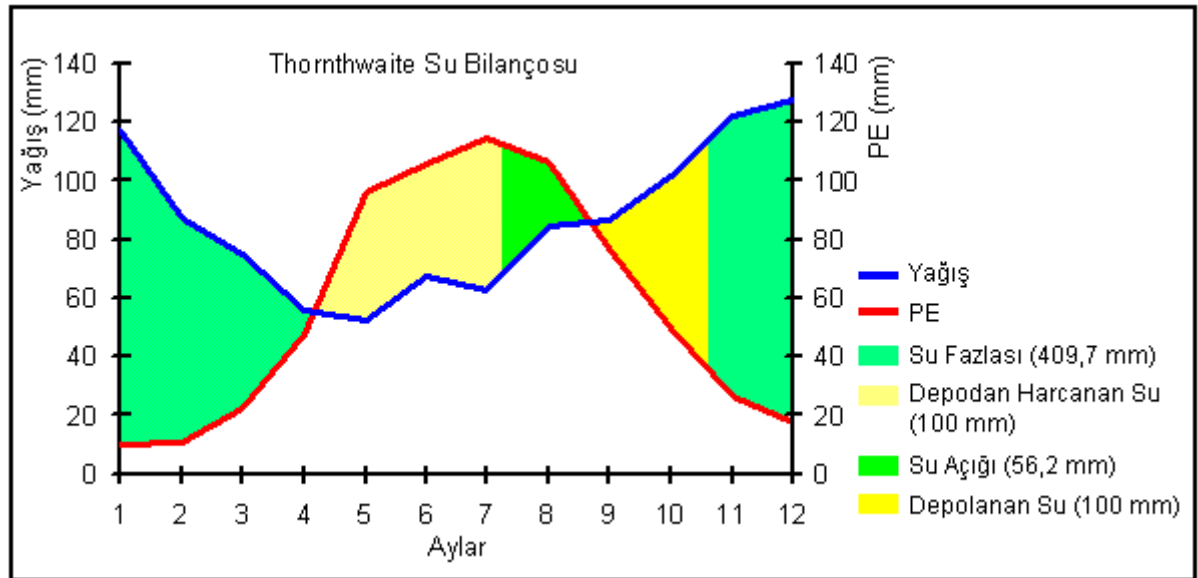
Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Bartın'da tipik deniz iklimi hakimdir. Yazlar serin, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Hemen her mevsimde yağış alan Bartın, özellikle sonbahar ve kış mevsimlerinde daha fazla yağış alır. Yağışlar yazları yağmur, kışları yağmur ve kar şeklindedir (Anon. 2008).

Bartın Meteoroloji İstasyonundan elde edilen meteorolojik verilere göre (1953-2008) yıllık ortalama sıcaklık 12,9 °C olup, yılın en sıcak ayı temmuz, en soğuk ayı ise ocak ayıdır. Bartın 1038,2 mm yıllık ortalama yağış almaktadır. Aylık ortalama yağışın en fazla olduğu ay aralık, en düşük olduğu ay ise mayıs ayıdır. Yağışların mevsimlere göre dağılımı ilkbahar % 17,59 yaz % 20,62 sonbahar % 29,85 ve kış % 31,94 şeklindedir. Yıllık ortalama bağıl nem % 76,5 olup, bağıl nemin en yüksek olduğu ay ocak, en düşük olduğu ay ise haziran ayıdır. Bartın Meteoroloji İstasyonu'ndan elde edilen ölçüm değerlerine göre yıllık ortalama rüzgar hızı 1,4 m/sn, egemen rüzgar yönü batı-kuzeybatıdır. Yılın 50,3 günü donlu; 18,9 günü ise karla örtülüdür. Ortalama sisli gün sayısı ise 48,3'tür (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Bartın Meteoroloji İstasyonunda ölçülen meteorolojik verilerin uzun yıllık ortalamaları (1953-2008).

METEOROLOJİK ELEMENLER	GÖZLEM YILI	AYLAR												YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama Sıcaklık (°C)	46 (1963-2008)	4,1	4,6	7,0	11,3	17,8	19,6	21,6	21,5	17,6	13,6	9,1	7,0	12,9
Ortalama Yüksek Sıcaklık (°C)	44 (1965-2008)	8,8	10,1	13,0	17,7	22,0	25,8	27,8	27,8	24,7	20,3	15,5	10,8	18,6
Ortalama Düşük Sıcaklık (°C)	44 (1965-2008)	0,3	0,3	2,3	6,0	9,8	13,1	15,3	15,4	11,9	8,7	4,4	2,0	7,4
Ortalama Yağış Miktarı (mm)	56 (1953-2008)	117,1	87,3	74,7	55,9	52,0	67,0	62,7	84,4	86,5	101,4	122,0	127,2	1038,2
Günlük En Çok Yağış Miktarı (mm)	56 (1953-2008)	53,5	56,6	51,8	40,0	93,2	107,2	120,4	181,1	91,8	98,8	96,7	60,3	181,1
Ortalama Bağıl Nem (%)	44 (1965-2008)	81,2	78,4	75,6	74,8	74,8	70,7	71,6	73,5	77,4	79,5	79,6	80,8	76,5
Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn)	32 (1975-2006)	1,0	1,3	1,6	1,7	1,6	1,6	1,7	1,6	1,4	1,2	1,0	1,0	1,4
En Hızlı Rüzgar Hızı ve Yönü (m/sn)	35 (1974-2008)	22,3 ESE	21,2 SSW	25,1 WNW	21,0 WNW	18,3 WSW	16,3 WNW	28,8 N	20,3 WNW	16,9 SSE	24,0 S	23,2 WNW	23,6 SSW	28,8 N
Ortalama Donlu Gün Sayısı	44 (1965-2008)	14,3	12,7	8	1,2	0,1	-	-	-	-	0,3	3,9	9,8	50,3
Ortalama Karla Örtülü Gün Sayısı	56 (1953-2008)	6,9	6,2	1,7	-	-	-	-	-	-	-	1,2	2,9	18,9
Ortalama Sisli Gün Sayısı	56 (1953-2008)	4,0	3,2	3,5	3,8	3,2	1,5	1,7	2,9	5,3	7,9	6,6	4,7	48,3

Thornthwaite yöntemine göre sıcaklık ve yağış elemanları değerlendirilerek Bartın'ın su bilançosu çıkarılmıştır (Şekil 2.1 ve Tablo 2.2).



Şekil 2.1 Thornthwaite yöntemine göre Bartın'ın su bilançosu (1953-2008).

B2B1'ral' iklim tipi içinde olduğu belirlenen Bartın; nemli (B2), orta sıcaklıkta (B1'), su açığı olmayan veya pek az olan (r), okyanusal iklim koşulları altında (a') bulunmaktadır.

Tablo 2.2 Thornthwaite yöntemine göre Bartın'ın su bilançosu (1953-2008).

BİLANÇO ELEMENLARI	AYLAR												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık (°C)	4,1	4,6	7,0	11,3	17,8	19,6	21,6	21,5	17,6	13,6	9,1	7,0	12,9
Sıcaklık İndisi	0,74	0,88	1,66	3,44	6,84	7,91	9,17	9,10	6,72	4,55	2,48	1,66	55,15
Düzeltilmemiş PE (mm)	12,5	13,4	22,0	43,0	77,0	84,0	90,0	89,0	74,0	52,0	32,0	22,0	
Düzeltilmiş PE (mm)	10,3	11,1	22,6	47,7	96,3	105,8	114,3	105,9	77,0	49,9	26,2	17,6	684,7
Yağış (mm)	117,1	87,3	74,7	55,9	52,0	67,0	62,7	84,4	86,5	101,4	122,0	127,2	1038,2
Depo Edilen Su Değişimi (mm)	0	0	0	0	44,3	38,8	16,9	0	9,5	51,5	39,0	0	
Depo Edilen Su (mm)	100	100	100	100	55,7	16,9	0	0	9,5	61	100	100	
Gerçek Evapotranspirasyon (mm)	10,3	11,1	22,6	47,7	96,3	105,8	79,6	84,4	77,0	49,9	26,2	17,6	628,5
Su Açığı (mm)	0	0	0	0	0	0	34,7	21,5	0	0	0	0	56,2
Su Fazlası (mm)	106,8	76,2	52,1	8,2	0	0	0	0	0	0	56,8	109,6	409,7
Yüzeysel Akış (mm)	87,9	82,1	67,1	37,6	18,8	9,4	4,7	2,4	1,2	0,6	28,4	69	409,2
Nemlilik Oranı	10,4	6,9	2,3	0,2	-0,5	-0,4	-0,5	-0,2	0,1	1	3,7	6,2	

2.1.3 Anakaya ve Toprak Özellikleri

Bartın ili ve çevresini kaplayan alanın tabanını orta ordovisiyen-alt devoniyen yaşlı şeyl, kumtaşı ve kireçtaşıdan oluşan Ereğli formasyonu oluşturmaktadır. Üzerine geçişli olarak orta devoniyen-alt karbonifer yaşlı kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit içeren Yılanlı formasyonu gelmektedir (Anon. 2008).

Araştırma alanının yer aldığı Bartın'ın kuzeyinde paleozoyik (ordovisiyen-devoniyen-karbonifer-permiyen) yaşlı birimler yüzlek verir. Bu bölgede kretase kaynaklı salt volkanikler çoğunluktadır. Tektonik etki yüzünden yüzey taşları çok çatlaklı ve kırıklıdır. Araştırma alanı, sedimenter birimlerin volkanik birimlere olan kalınlıkları göz önüne alındığında koniasien-kampaniyen oluşumlarından muhtelif tip içerisinde yer almaktadır. Araştırma alanının da içinde yer aldığı Süzek deresi Amasra güneyi arasında, muhtelif tipte, turoniyene ait sedimanter tabakalar üzerinde andezit, anglomera ve tüfler yer almaktadır (Anon. 2008).

Araştırma alanında kireç taşı anakayasından oluşan topraklar yer almaktadır. Bileşiminde genellikle kil çok olduğundan kireç taşlarından meydana gelen topraklar genellikle ince tekstürlü ağır topraklardır. Saf ve sert kireç taşları sıg ve iskelet bakımından zengin toprakları meydana getirirler. Yumuşak kalkerler derin, killi balçık ve kil tekstüründe topraklar verirler. (Çepel 1996).

2.1.4 Bitki Örtüsü

Araştırma alanında yayılış gösteren ağaç ve çalı formundaki bitkiler *Juniperus oxycedrus* L., *Quercus robur* L., *Arbutus unedo* L., *Laurus nobilis* L., *Ligustrum vulgare* L., *Phillyrea latifolia* L. ve *Pyracantha coccinea* L. olarak belirlenmiştir.

Otsu türler ise *Ajuga chamaepitys* L., *Bellis perennis* L., *Cichorium intybus* L., *Cistus creticus* L., *Convolvulus arvensis* L., *Dactylis glomerata* L. subsp. *hispanica* (Roth.) Nyman, *Globularia aphyllanthes* Crantz., *Helleborus orientalis* Lam., *Hypericum perforatum* L., *Lamium purpureum* L., *Lolium perenne* L., *Medicago lupulina* L., *Melilotus officinalis* L., *Prunella vulgaris* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (Bracken), *Salvia forskahlei* L., *Scabiosa columbaria* L. subsp. *columbaria*, *Sedum album* Gmelin., *Sedum stoloniferum* L., *Senecio vulgaris* L., *Taraxacum officinale* Weber., *Teucrium polium* L., *Teucrium chamaedrys* L. var. *chamaedrys*, *Trifolium pratense* L. var. *pratense*, *Trifolium repens* L. subsp. *repens*, *Euphorbia* sp., *Geranium* sp., *Plantago* sp., *Potentilla* sp., *Rubus* sp., *Verbascum* sp., *Veronica* sp. olarak belirlenmiştir.

2.1.5 Yüzeysel Akış Parsellerinin Tesis Edildiği Arazinin Belirlenmesi

Araştırmanın amacı yamaç şekillerinin toprak erozyonuna etkilerini ortaya koymaktır. Bu amaçla, çalışma öncesinde düz, içbükey ve dışbükey eğime sahip mümkün olduğunca her üç eğim şeklini bir arada barındıran sahalara gezilerek değerlendirilmiştir. Çalışma öncesinde farklı eğim şekillerinin bir arada olduğu; bakı, yükselti, toprak özellikleri, bitki örtüsü ve topoğrafik yapı gibi çalışma sonucuna doğrudan etki edebilecek karakteristikler bakımından benzer sahalara değerlendirilmiştir. Bu nedenle her üç eğim şeklinin de bir arada olması, arazi üzerinde gerçekleştirilecek çalışmalarda ölçme, kontrol, ulaşım ve tesis bakımından kolaylık sağlamaktadır.

Diğer taraftan yamaç şekillerine düşecek yağmur dağılımının aynı olması açısından da yamaç şekillerinin birbirine yakın olması gereklidir. Arazi belirlenirken ulaşımının kolay olması da dikkate alınmıştır. Araştırma parsellerinin kurulacağı arazinin yanı başına kadar motorlu araç ulaşımının olabilmesi aranan özelliklerden bir diğeridir. Bu şekilde gerek yüzeysel akış parsellerinin kurulumu için gerekli malzemelerin arazi üzerine taşınması, gerekse çalışma süresince yapılacak ölçümlerde araziye ulaşım kolay ve hızlı olabilecektir. Arazi belirlenirken mülkiyet probleminin olmaması ve parsellerin koruma altında tutulabilmesi gibi özellikler de

göz önüne alınmıştır. Bütün bu ölçütler dikkate alınarak, Bartın il merkezi çevresinde çalışma konusuna uygun sahalara araştırılmış ve gezilmiştir. Sonuçta yukarıda belirtilen gerekçeler çerçevesinde Durnuk mevkiinde, şehir merkezine 4 km uzaklıkta, mülkiyet, ulaşım ve koruma problemi olmayan, üzerinde farklı yeryüzü şekline sahip yamaç barındıran arazi, çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Çalışma alanının genel görünümü (Fotoğraf: Hüseyin Şensoy 2006).

2.2 ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

2.2.1 Arazi Yöntemleri

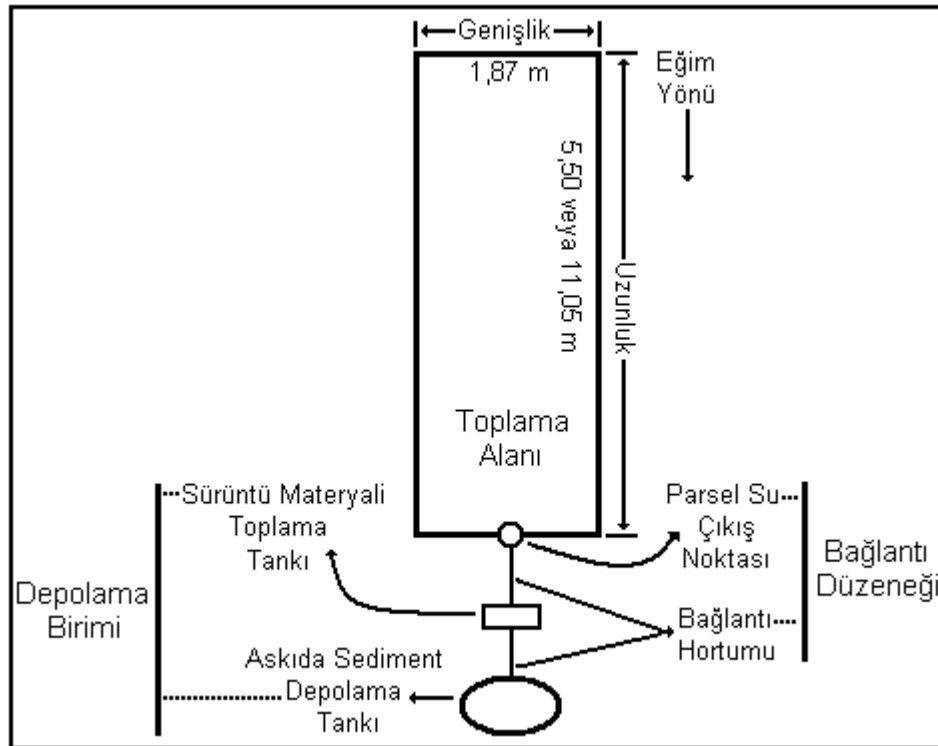
Çalışmada esas hedeflenen, yamaç şeklinin yüzeysel akışa ve toprak erozyonuna etkisinin ortaya konmasıdır. Bu amaçla üç farklı yamaç şekli üzerine (düz, içbükey ve dışbükey) üç tekrarlı toplam 9 adet yüzeysel akış parseli (11,05x1,87 m) tesis edilmiştir. Yamaç (parsel) uzunluğunun değişmesi durumunda, yamaç şekillerinden meydana gelecek yüzeysel akışın ve toprak erozyonunun nasıl bir farklılık göstereceğinin ortaya konulması çalışmanın diğer bir amacını oluşturmaktadır. Bunun için düz, içbükey ve dışbükey yamaç şekilleri üzerine 5,50x1,87 m boyutlarında, üç tekrarlı toplam 9 adet yüzeysel akış parseli tesis edilmiştir. Bu şekilde araştırma alanı üzerine her yamaç şekli için 6, toplamda ise 18 adet yüzeysel akış parseli tesis edilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Yüzeysel akış parsellerinin arazi üzerindeki konumu (Fotoğraf: Hüseyin Şensoy 2006).

2.2.1.1 Yüzeysel Akış Parsellerinin Tesisi

Her yamaç şekli için üç tanesi 5,50x1,87 m ve üç tanesi de 11,05x1,87 m boyutlarında toplam 6 adet yüzeysel akış parseli tesis edilmiştir. Çalışmada 5,50x1,87 m boyutlarındaki parseller kısa, 11,05x1,87 m boyutlarındaki parseller ise uzun olarak adlandırılmıştır.



Şekil 2.4 Çalışma alanına yerleştirilen yüzeysel akış parsel düzeneği.

Her üç yamaç şekli üzerine tesis edilen parsellerin tamamı, dikdörtgen şeklinde ve % 25-30 eğim aralığındadır. Parsel uzunluğu belirlenirken arazi yüzeyinin uzunluğu esas alınmıştır. Yüzeysel akış parsel düzeneği yüzeysel akış ve sediment toplama alanı, bağlantı düzeneği ve depolama birimi olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Toplama alanı, parsel dışından yüzeysel akış ve sediment gelmeyecek şekilde tecrit edilmiştir. Aynı şekilde parsel içinde oluşan yüzeysel akış ve sediment de çıkış noktasının haricinde toplama alanı dışına çıkamamaktadır (Şekil 2.4).

Toplama alanı galvaniz-sac levha kullanılarak sınırlandırılmıştır. 3 m boyunda 30 cm eninde galvaniz-sac levhalar, derinliği en az 10 cm olacak şekilde toprağa gömülmüştür. Galvaniz levhaların ek noktaları üst üste bindirilmiş, metal çivilerle puntolanmış ve bu şekilde bütün parsel çevrelenmiştir. Böylelikle toplama alanı hem daha dayanıklı olmuş hem de muhtemel su kaçağı engellenmiştir (Şekil 2.5).



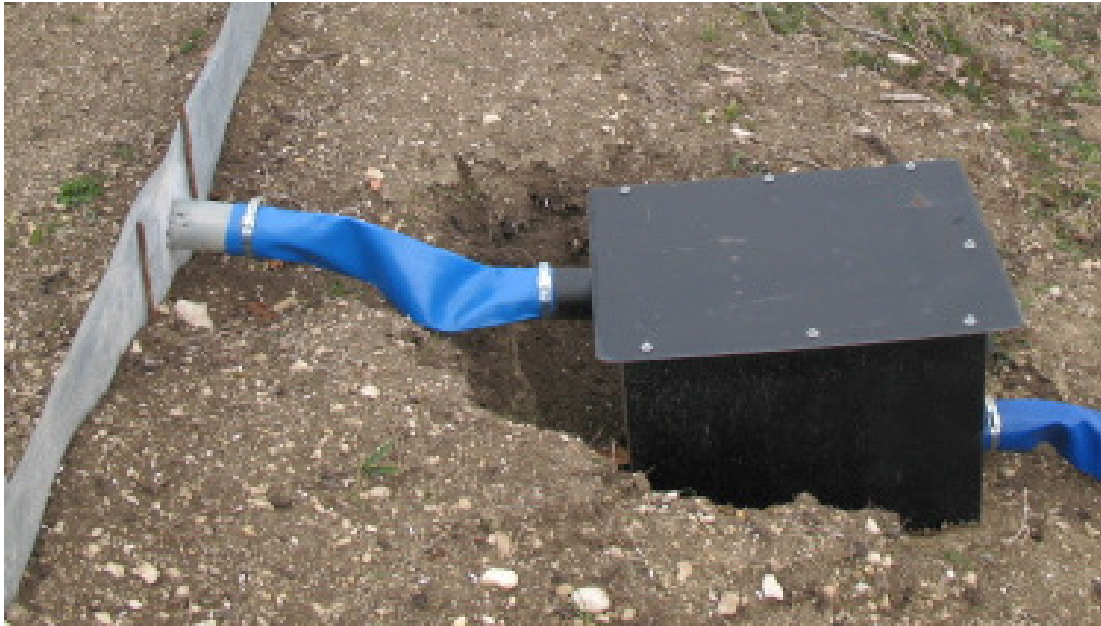
Şekil 2.5 Arazi üzerine tesis edilmiş yüzeysel akış parseli, sediment ve yüzeysel akış toplama alanı (Fotoğraf: Hüseyin Şensoy 2006).

Bağlantı düzeneği iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci bağlantı, toplama alanı çıkış noktasından gelen yüzeysel akış ve sedimenti sürüntü materyali toplama tankına ileten kısımdır. İkinci bağlantı ise yüzeysel akış suyunu sürüntü materyali toplama tankından yüzeysel akış depolama tankına ileten kısımdır (Şekil 2.6 ve Şekil 2.7).



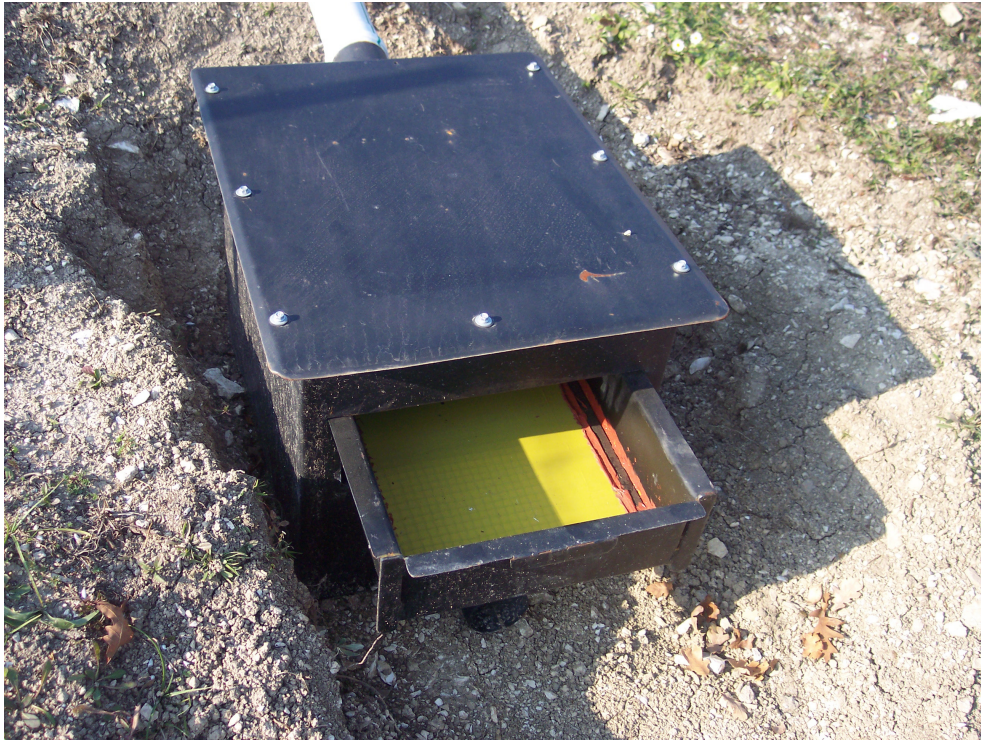
Şekil 2.6 Yüzeysel akış parseli bağlantı düzeneği (Fotoğraf: Hüseyin Şensoy 2007).

Bağlantı düzeneği, gelen su ve sedimenti dışarıya kaçırmayacak şekilde tesis edilmiştir. Toplama alanı çıkış noktasından gelen su ve sediment önce sürüntü materyali toplama tankına iletilmektedir. Bunun için 7,5 cm çapında plastik hortum kullanılmıştır. Hortum hem toplama alanı çıkış noktası, hem de sürüntü materyali toplama tankına giriş noktasında metal kelepçelerle sabitlenmiştir. Bu şekilde herhangi bir sarsıntıda ya da zaman içinde çeşitli nedenlerle hortumun çıkarak bağlantının kopması engellenmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Yüzeysel akış parseli bağlantı düzeneği ve sürüntü materyali toplama tankı (Fotoğraf: Hüseyin Şensoy 2007).

Bağlantı düzeneği, toplama alanı çıkış noktasından başlayıp, yüzeysel akış depolama tankında son bulmaktadır. Toplama alanı çıkış noktası, parsel içi toprak yüzeyi ile eşit seviyededir. Böylelikle yüzeysel akış suyu ve onun getirdiği toprak ve sediment, kolaylıkla hortum içinden geçerek sürüntü materyali toplama tankına iletilmiştir. Toplama alanı çıkış noktası ile sürüntü materyali toplama tankı arasındaki bağlantı hortumunun uzunluğu, toprak ve sedimentin tıkamaması için 40-60 cm arasındadır. Sürüntü materyali toplama tankı ile yüzeysel akış depolama tankı arasındaki hortum uzunlukları ise 120 cm yi geçmeyecek şekilde tesis edilmiştir.



Şekil 2.8 Sürüntü materyali toplama tankı (Fotoğraf: Hüseyin Şensoy 2006).

Depolama birimi de bağlantı düzeneği gibi iki kısımdan meydana gelmektedir. Bunlardan ilki sürüntü materyalinin tutulduğu tank, diğeri ise yüzeysel akış suyunun depolandığı tanktır. Sürüntü materyali toplama tankı her parsel için birer tane olmak üzere toplam 18 adet olup, metalden yapılmış ve dayanıklılığının yüksek olması için boyanmıştır. Sürüntü materyali toplama tanklarının içinde, üzerinde elek bulunan ızgara tertibatı bulunmaktadır. Izgara üzerine 0,001 mm delik çapı olan elek bezleri kopmayacak şekilde sabitlenmiştir. Bu şekilde toplama alanından gelen sürüntü materyali bu elek üzerinde kalmakta, yüzeysel akış suyu ise elekten geçerek yüzeysel akış depolama tankına ulaşmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.9 Yüzeysel akış ve askıda sediment toplama tankı (Fotoğraf: Hüseyin Şensoy 2007).

Yüzeysel akış toplama tankı 300 litre kapasiteli plastik depolayıcılardır. Yüzeysel akışı depolamak için her parselde bir adet olmak üzere toplam 18 adet tank kullanılmıştır. Tanklar toprak yüzeyi düzeltilerek düz bir zemin üzerine oturtulmuştur. Sürüntü materyali toplama tankından geçen yüzeysel akış suyu, bağlantı hortumu vasıtasıyla yüzeysel akış depolama tanklarına ulaşmaktadır. Bu tankların üst kısmı kapaklı olup, yağış anında içine yağmur suyu ulaşamamaktadır. Tankların boyun kısmında, bağlantı hortumlarının girebileceği kadar bir delik açılmış ve hortum bu delikten tank içine sarkıtılmıştır (Şekil 2.9).

Yüzeysel akış depolama tankları, yüzeysel akış parsellerinin eğim yönünde en alt kesimine yerleştirilmiştir. Bazı yüzeysel akış toplama tankları yerleştirildiğinde, sürüntü materyali toplama tankları ile aynı seviyeye denk geldiğinden; toprak kazılarak seviye alçaltılmıştır. Bu şekilde iki tank arasında eğim farkı meydana getirilmiş ve yüzeysel akışın rahat bir şekilde yüzeysel akış depolama tankına girebilmesi sağlanmıştır. Diğer taraftan bu durum, yüzeysel akış depolama tankının devrilmesi veya yerinden oynayarak bağlantı hortumunun çıkması gibi sakıncaları da engellemiştir. Sürüntü materyali toplama tankı ile yüzeysel akış depolama tankı arasındaki bağlantı hortumunun alt tarafına, yüzeysel akış suyunun ağırlığı ile yüzeysel akış depolama tankından çıkmaması için destek konulmuş ve sabitlenmıştır. Hortumun genişliğinden birkaç cm daha geniş tahta altlıklar bu amaçla kullanılmıştır.

Parseller üzerine çalışma öncesinde uzunlukları belirlenmiş metal çubuklar yerleştirilmiş, toprak yüzeyinden seviyeleri ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Metal seviye ölçüm çubukları parsel içine 1 m arayla birer adet dikilmiştir. Çalışma bitiminde de çubuklarda seviye ölçümleri

yapılmış ve bu şekilde parsel içinde, yamacın hangi bölgesinden toprak taşındığı ve toprağın hangi bölgede depolandığı belirlenmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Dışbükey parseller üzerinde yer alan seviye ölçüm çubukları (Fotoğraf: Hüseyin Şensoy 2008).

Bütün parsellerin yukarıda açıklanan şekilde, arazi üzerindeki tesis işlemleri 6 aylık süre içinde tamamlanmıştır. Son olarak parsellerinin çevresi kafes tel ve dikenli tel kullanılarak çevrilmiş ve koruma altına alınmıştır.

2.2.1.2 Sediment Ölçülmesi

Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlar üzerine tesis edilen uzun ve kısa yüzeysel akış parsellerinde, Eylül 2007 ile Eylül 2009 tarihleri arasında iki yıl süreyle sürüntü materyali, askıda sediment, yağış ve yüzeysel akış ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Yüzeysel akış parsellerinde ölçümlere Eylül 2007 tarihinde başlanmıştır. Taşınan sürüntü materyalinin belirlenmesi, her yağmurdan sonra sürüntü materyali toplama tankı içinde biriken miktarın ölçülmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Yağışın uzun süreli ve şiddetli olmadığı zamanlarda, sürüntü materyali birikmesi az olduğundan; ölçme işlemi haftalık ya da daha uzun süreler halinde de gerçekleştirilmiştir. Yüzeysel akışın sürüntü materyali taşıdığı

her yağımurdan sonra araziye gidilerek taşınan miktar torbalarla alınmıştır. Sürüntü materyali toplama tankının dolması ihtimali bulunan şiddetli yağmurlarda, yağış anında da torba örnekleri alınmıştır. Alınan torbalar numaralandırılmış ve üzerine hangi parselden ve ne zaman alındığını gösteren etiketler yapıştırılmıştır (Şekil 2.11).

Bir aylık periyotta taşınan bütün sürüntü materyali poşetlenmiş ve laboratuara getirilerek, hava kurusu hale gelene kadar beklenmiş ve porselen havanlarda öğütülmüştür. Bu şekilde iskelet kısmı ve 2 mm den küçük boyutlu toprak kısmı birbirinden ayrılmıştır. İskelet kısmı tartılarak tüm parsellerden taşınan aylık miktar belirlenmiştir. 2 mm den küçük boyutlu topraklar, fırın kurusu hale getirildikten sonra tartılmış ve yamaç üzerindeki parsellerden gerçekleşen taşınma belirlenmiştir. Bouyoucous'un hidrometre yöntemi kullanılarak taşınan örneklerinin 2 mm den küçük kısmının tane boyutları her ay için saptanmıştır. Eylül 2007 ile Eylül 2009 arasında yüzeysel akış oluşun ve yüzeysel akışın da toprak taşıyabildiğı her yağmur sonrasında yukarıda belirtilen işlemler tekrarlanmış ve aylık dönemler halinde taşınan sürüntü materyali belirlenmiştir.



Şekil 2.11 Bir yağmur sonrasında taşınan sürüntü materyalinin poşetlenmesi (Fotoğraf: Hüseyin Şensoy 2008).

Yüzeysel akışla gelen ve tank içinde depolanan yağmur suyu, sürüntü materyali ölçümlelerinde olduğu gibi her yağmurdan sonra araziye gidilerek ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Ölçüm, ölçekli silindirler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma süresince gerçekleşen tüm

yüzeysel akış olayları sonrasında (Şekil 2.12 ve Şekil 2.13), belirtildiği şekilde ölçümler tekrarlanmış ve aylık dönemler halinde kaydedilmiştir. Ölçüm ve kayıt işlemi tamamlandıktan sonra depolama tanklarının içinde bulunan yüzeysel akış suyu tamamen boşaltılmıştır.



Şekil 2.12 Yüzeysel akış ve askıda sediment depolama tankında biriken yağmur suyu (Fotoğraf: Hüseyin Şensoy 2008).



Şekil 2.13 Yüzeysel akış toplama alanında şiddetli yağmur sırasında oluşan yüzeysel akış (Fotoğraf: Hüseyin Şensoy 2009).

Çalışma döneminde uzun süren ve şiddetli yağmurun toprağın infiltrasyon kapasitesini aşması nedeniyle, yüzeysel akış depolama tanklarının kapasitelerinin aşıldığı bazı istisnalarla karşılaşmıştır. Bu gibi durumlarda yüzeysel akışın belirlenmesinde, yağışölçer verilerinden

faaydalanılmıştır. Depolama tankının kapasitesinin aşıldığı anda, yađıřólçer toplama kabındaki miktar kaydedilerek boşaltılmıştır. Yüzeysel akışın sona erdiği an, düşen toplam yağış miktarı yađıřólçerden ölçölmüştür. Ölçölen değer yüzeysel akış depolama tankının kapasitesinin aşıldığı andan, yüzeysel akışın sona erdiği ana kadar olan yağış miktarıdır. Bu yağışın yüzeysel akışa geçtiği varsayılararak yađıřólçerden elde edilen yağış miktarı, yüzeysel akış miktarı olarak kabul edilmiştir.

Yüzeysel akış depolama tankına yüzeysel akışla birlikte gelen ince toprak tanecikleri (askıda sediment) çalışma sürecinde belirlenmiştir. Bu amaçla her parsel için yüzeysel akış ve askıda sediment depolama tankından alınan su örnekleri laboratuara getirilmiştir. Laboratuarda 10 ml lik örnekler halinde kül fırınına konulmuş ve yüzeysel akışla gelen su buharlaştırıldıktan sonra, kalan askıda sediment hassas terazide tartılmıştır. Daralar çıkıldıktan sonra 10 ml de taşınan toplam askıda sediment miktarı belirlenmiştir. Belirlenen değer, yüzeysel akış depolama tankında biriken yüzeysel akış toplamına oranlanmış ve aylık dönemler halinde taşınan toplam askıda sediment hesaplanmıştır.

2.2.1.3 Yağışın Ölçölmesi

Çalışma süresince araziye düşen yağmur, çalışma alanı üzerine tesis edilen standart yađıřólçer kullanılarak belirlenmiştir (şekil 2.14).



şekil 2.14 Araştırma alanına tesis edilmiş yađıřólçer (Fotoğraf: Hüseyin şensoy 2008).

Yağışölçer, yüzeysel akış parsellerinin bulunduğu araştırma alanı içine esasına uygun şekilde yerleştirilmiştir (Özyuvacı 1999). Yağışölçerde toplanan yağmur miktarı her yağış sonrasında ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

2.2.2 Parsel Bakımları

Çalışma başlangıcında ve 2008 yılı içinde ilkbahar ve yaz mevsimlerinde parsel üzerine gelen otlar temizlenmiştir. Otların temizlenmesi elle yapılmış, toprak yüzeyinin bozulmaması için herhangi bir alet kullanılmamıştır. Parsel bağlantı hortumlarının içi taş ya da toprakla tıkanma ihtimaline karşı belirli aralıklarla kontrol edilmiştir. Bağlantı noktalarındaki kelepçelerin sıkılığının kontrolü, yağışölçerin toplama kabına giden hortumun belli aralıklarla değiştirilmesi, seviye tespit çubuklarının kontrolü ve belirli aralıklarla çubuk yüksekliklerinin ölçülmesi, şiddetli rüzgârlarda yüzeysel akış toplama alanını sınırlandıran galvaniz-sac levhaların sağlamlığının kontrolü; araştırma alanında dönem içinde gerçekleştirilen diğer çalışmalardır.

2.2.3 Laboratuvar Yöntemleri

Yüzeysel akış parsellerinin tesis edildiği araştırma alanının bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin belirlenmesi ile çalışma süresi boyunca taşınan toprak örneklerinin boyutlandırılması laboratuvarda gerçekleştirilmiştir.

2.2.3.1 Toprak Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri

Araştırma alanında yüzeysel akış ve erozyon ölçümlerine başlamadan önce, farklı yamaçlar üzerinden üst toprak örnekleri alınmış ve bu örneklerin bazı fiziksel ve kimyasal analizleri laboratuvarda gerçekleştirilmiştir.

Tane Çapı (Tekstür)

Toprak örneklerinin tane çapı boyutlandırması, Bouyoucous'un hidrometre yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Toprak türünün belirlenmesinde uluslararası tane çapı sınıflaması esas alınmıştır (İrmak 1954; Bouyoucous 1962; Gülçur 1974).

Tane Yoğunluğu (g cm^{-3})

Tane yoğunluğunun belirlenmesi için darası alınan balon jojeler, işaret çizgisine kadar saf su ile doldurularak tartılmış ve ağırlıkları tespit edilmiştir. 2 mm lik elekten geçirilmiş 20 g fırın kurusu toprak balon jojeye konup, vakumla havası alınmış ve işaret çizgisine kadar saf su ile doldurularak tartılmıştır. Saf su doldurularak tartılmış balon-joje ağırlığı ile toprak konulmuş haldeki joje ağırlığı arasındaki farktan, toprak hacmi bulunmuştur. Ağırlık hacim bağıntısından tane yoğunluğu hesaplanmıştır (Blake 1965; Gülçur 1974; Brady 1990).

Hacim Ağırlığı (g cm^{-3})

Hacim ağırlığı silindiri kullanılarak alınan doğal strüktürü bozulmamış toprak örnekleri 105 °C de kurutularak fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir. Örneklerin fırın kurusu ağırlıkları, silindir hacimlerine oranlanarak hacim ağırlıkları belirlenmiştir (Irmak 1954; Gülçur 1974; Rowell 1994).

Gözenek Hacmi (%)

Gözenek hacmi, tane yoğunluğu ve hacim ağırlığı ilişkisi kullanılarak formül (Eşitlik 2.1) yardımıyla hesaplanmıştır (Brady 1990; Rowell 1994; Kantarcı 2000; Özhan 2004).

$$\text{Gözenek Hacmi (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Hacim Ağ.}}{\text{Tane Yoğ.}} \right) \times 100 \quad (2.1)$$

Dispersiyon Oranı (%)

Tane çapının belirlenmesinde olduğu gibi 2 mm lik elekten geçirilen toprak örnekleri, hiçbir kimyasal dispersleşmeye tabi tutulmadan saf su ile ıslatılıp bir gün bekletilmiştir. Örnekler hidrometre silindirine aktarılarak, aynen tane çapı analizinde olduğu şekilde okumalar yapılmış ve % (toz+kil) içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen değerler, tane çapı analizi ile belirlenen gerçek toz+kil fraksiyonları toplamına oranlanarak (Eşitlik 2.2) dispersiyon oranı saptanmıştır (Balcı 1996).

$$\text{Dispersiyon Oranı (\%)} = \frac{\%(Toz + Kil)Dispersleştirilmemiş}{\%(Toz + Kil)Dispersleştirilmiş} \times 100 \quad (2.2)$$

İnce Toprak Ağırlığı ve Taşlılık Miktarı (%)

2 mm lik elekten geçirilen toprak örnekleri fırın kurusu hale getirilerek ağırlıkları belirlenmiştir. Bulunan değerin silindir örneğinde bulunan toplam toprak ağırlığına oranı, ince toprak ağırlığı olarak belirlenmiştir. 2 mm lik elek üzerinde kalan kısım tartılmış ve bu değer, toplam silindir ağırlığına oranlanarak taşlılık miktarı belirlenmiştir (Çepel 1995).

Organik Madde (%)

Toprak örneklerinin organik karbon miktarı Walkley-Black ıslak yakma yöntemine göre 0,25 mm lik elekten geçirilmiş 0,5 g toprak kullanılarak belirlenmiştir (Walkley-Black 1934; Gülçur 1974; Kaçar 1995). Organik madde belirlenirken öncelikle organik C miktarı saptanmıştır. Saptanan organik C miktarı 1,724 (Van Bemmelen faktörü) ile çarpılmış ve organik madde miktarı belirlenmiştir (Kaçar 1995).

Toprak Reaksiyonu (pH)

Toprak örnekleri 1/ 2,5 oranında saf su ile ıslatılıp 24 saat bekletildikten sonra cam elektrotlu pH metre kullanılarak reaksiyonları ölçülmüştür (Gülçur 1974; Kaçar 1995).

Elektriksel İletkenlik (dS m⁻¹)

Elektriksel iletkenliğin belirlenmesi için toprak örnekleri 1/5 oranında saf su ile ıslatılıp bir gün bekletilmiş ve elektriksel iletkenliği belirlenmiştir (Gülçur 1974; Eruz 1979).

Karbonat Miktarı (Kireç) (%)

Havanda iyice öğütülen 0,5 g ince toprak örneği tartıldıktan sonra Scheibler kalsimetre yöntemi kullanılarak, kireç içeriği bulunmuştur (Gülçur 1974; Kaçar 1995).

Hidrolik Geçirgenlik (Permeabilite) (mm sa⁻¹)

Hidrolik geçirgenlik araziden getirilen silindir örnekleri üzerinde permeabilite ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Hesaplamada aşağıda belirtilen formül (Eşitlik 2.3) kullanılmıştır (Eijkelkamp 2003).

$$K = \frac{a.L}{A(t_2 - t_1)} x \frac{h_1}{h_2} + \frac{x.a.L}{A.\sqrt{h_1.h_2}} \quad (2.3)$$

K Permeabilite (cm/gün)

a Örnek silindirinin konduğu permeabilite aparatı yüzey alanı (cm²)

A Örnek silindirinin yüzey alanı (cm²)

L Toprak sütunu yüksekliği (cm)

t₁-t₂ Ölçüme başlama ve bitiş zaman aralıkları (gün)

h₁-h₂ t₁ ve t₂ zamanlarında ölçüm silindirlerinin dışındaki ve içindeki su seviyeleri arasındaki fark (cm)

x Buharlaşma katsayısı (cm/gün için 0,0864)

2.2.4 Büro Yöntemleri

2.2.4.1 Erozyonun Belirlenmesi

Taşınan sürüntü materyali ve askıda sediment miktarları ayrı ayrı belirlendikten sonra, toplanarak öncelikle her parselden gerçekleşen erozyon miktarı bulunmuştur. Her bir yamaç şeklinde oluşan erozyon, o yamaçlar üzerine tesis edilen parsellerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Ayrıca seviye ölçüm çubuklarında çalışma başlangıcı ve bitimi arasındaki değişimlerden, her yamaç şekli için taşınma ve depolanmanın ne şekilde ve yamaç üzerinde nerede gerçekleştiği de belirlenmiştir.

2.2.4.2 Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16,0 paket programı kullanılmıştır. Araştırma alanında toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yamaç

şekillerine göre değişimi tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ile ortaya konulmuştur. Oluşan yüzeysel akış; taşınan sürüntü materyali, askıda sediment ve toplam erozyonun yamaç şekillerine göre farklılık durumu da yine varyans analizi ile ortaya konmuştur. Farklı grupların belirlenmesi için Duncan testi uygulanmıştır. Yüzeysel akış, sürüntü materyali, askıda sediment ve erozyonun yamaç uzunluğuna bağlı farklılık durumu t testi ile belirlenmiştir. Meydana gelen erozyon ve yüzeysel akış ile düz, içbükey ve dışbükey yamaçlara ait bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizi yapılarak ortaya konmuştur (Özdamar 1999; Altunışık vd. 2002).

BÖLÜM 3

BULGULAR

3.1 ÜST TOPRAKLARIN BAZI FİZİKSEL ve KİMYASAL ÖZELLİKLERİ İLE BU ÖZELLİKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

3.1.1 Toprak Özellikleri

Düz, içbükey ve dışbükey şekle sahip yamaçlardan alınan üst topraklara ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 3.1-3.3'te görülmektedir.

3.1.1.1 Düz Parsellerin Toprak Özellikleri

Tablo 3.1'de görüldüğü gibi, düz yamaçlarda toprakların hacim ağırlıkları 1,30 ile 1,46 g cm⁻³ arasında değişmekte olup, ortalama hacim ağırlığı 1,39 g cm⁻³'tür. Tane yoğunluğu 2,55 ile 2,83 g cm⁻³ arasında değişim göstermekte olup, ortalama tane yoğunluğu 2,69 g cm⁻³'tür. Ortalama gözenek hacmi % 48,11 olup, gözenek hacmi değerleri % 46,02 ile % 49,95 arasında değişim göstermektedir. Düz yamaçlar tane çapı dağılımı bakımından ele alındığında kum içeriği % 29,46 ile % 38,50 arasında, toz içeriği % 14,60 ile % 22,11 arasında ve kil içeriği ise % 43,70 ile % 50,65 arasında değişen değerlerdedir. Ortalama kum içeriğinin % 33,10; toz içeriğinin % 19,32 ve kil içeriğinin % 47,58 olduğu görülmektedir. Bu değerler parsel tesis edilen düz yamaçların killi toprak türüne sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Dispersiyon oranı % 42,97 ile % 70,61 arasında değişmekte olup, ortalama değer % 55,36 olarak belirlenmiştir. Dispersiyon oranının >15 olması düz yamaçların erozyona duyarlı olduğunu göstermektedir. Hidrolik geçirgenlik 14,19 ile 113,49 mm sa⁻¹ arasında değişmekte olup, ortalama 43,58 mm sa⁻¹'dir. Bu değer toprakların ortalama hidrolik geçirgenliğinin orta sınıf içinde olduğunu göstermektedir. Düz yamaçların pH değerleri 8,02 ile 8,11 arasında değişmekte olup, ortalama pH 8,06'dır. Bu değer düz yamaçların orta derecede alkali sınıfta yer aldığını göstermektedir. Elektriksel iletkenlik 0,19 ile 0,21 dS m⁻¹ arasında değişmekte

olup, ortalama değer 0,20 dS m⁻¹'dir. Parsel kurulan düz yamaçların ortalama kireç içeriği % 40,61 olup, kireç içeriği % 39,60 ile % 41,48 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre düz yamaçlar çok kireçli sınıfta yer almaktadır. Toprakların organik madde miktarları % 4,25 ile % 6,20 arasında değişmekte olup, ortalama organik madde içeriği % 5,18 olarak belirlenmiştir. Düz yamaç toprakları % 20,66 ile % 40,21 arasında iskelet içermektedir. Ortalama iskelet miktarı % 28,65 olup, orta derecede taşlı sınıf içinde yer almaktadır.

Düz yamaçlardaki toprakların orta düzeyde geçirgen, orta derecede alkale reaksiyonda, elektriksel iletkenliği düşük, çok kireçli, kil içeriği yüksek, organik maddece zengin, orta derecede taşlı bir karakter taşıdığı saptanmıştır.

Tablo 3.1 Düz yamaçlara ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Yamaç Şekli	Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri	PARSEL									
		Uzun Parsel			Kısa Parsel			Min. Değer	Maks. Değer	Ort. Değer	Standart Sapma
		1	2	3	1	2	3				
DÜZ	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	1,30	1,38	1,39	1,42	1,42	1,46	1,30	1,46	1,39	0,05
	Tane Yoğunluğu (g cm ⁻³)	2,60	2,55	2,71	2,83	2,72	2,72	2,55	2,83	2,69	0,09
	Gözenek hacmi (%)	49,95	46,02	48,89	49,76	47,80	46,22	46,02	49,95	48,11	0,08
	Kum (%)	38,50	36,77	32,68	30,27	30,90	29,46	29,46	38,5	33,10	3,71
	Toz (%)	14,60	19,53	22,11	20,31	18,45	20,92	14,60	22,11	19,32	2,62
	Kil (%)	46,90	43,70	45,21	49,42	50,65	49,62	43,70	50,65	47,58	2,76
	Dispersiyon Oranı (%)	55,65	42,97	70,61	55,33	59,26	48,31	42,97	70,61	55,36	9,49
	H.Geçirgenlik (mm sa ⁻¹)	113,49	25,83	22,20	71,48	14,19	14,32	14,19	113,49	43,58	40,39
	pH (H ₂ O)(1/2,5)	8,04	8,02	8,04	8,11	8,07	8,11	8,02	8,11	8,06	0,04
	E.İletkenlik (dS m ⁻¹)(1/5)	0,20	0,21	0,21	0,19	0,20	0,20	0,19	0,21	0,20	0,01
	Kireç (CaCO ₃) (%)	39,63	40,26	39,60	41,32	41,48	41,4	39,60	41,48	40,61	0,89
	Organik Madde (%)	6,20	5,96	5,89	4,48	4,25	4,32	4,25	6,20	5,18	0,92
	Taşlılık (%)	25,72	20,66	25,13	40,21	28,20	31,97	20,66	40,21	28,65	6,78

3.1.1.2 İçbükey Parsellerin Toprak Özellikleri

Yüzeysel akış parsellerinin kurulduğu içbükey yamaçların toprak özelliklerine ait veriler Tablo 3.2'de görülmektedir. Hacim ağırlıkları 1,34 g cm⁻³ ile 1,56 g cm⁻³ arasında değişmektedir. Ortalama hacim ağırlığı 1,44 g cm⁻³ olarak belirlenmiştir. Tane yoğunlukları

2,62 g cm⁻³ ile 2,69 g cm⁻³ arasında olup, ortalama tane yoğunluğu 2,65 g cm⁻³'tür. Gözenek hacmi % 41,75 ile % 48,78 arasında değişirken, ortalama değer % 45,77'dir. Tane çapı dağılımı bakımından değerlendirildiğinde ortalama % 36,39 kum, % 19,85 toz ve % 43,76 kil içermektedir. Bu değerler içbükey yamaçların killi türde topraklara sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Dispersiyon oranı % 35,93 ile % 48,0 arasında değişmekte olup; ortalama değer % 42,09 olarak belirlenmiştir. Dispersiyon oranının >15 olması içbükey yamaçların erozyona duyarlı olduğunu göstermektedir. Hidrolik geçirgenliği 7,35 mm sa⁻¹ ile 59,57 mm sa⁻¹ arasında değişmektedir. İçbükey şekle sahip yamaçlarda yer alan toprakların ortalama hidrolik geçirgenliği 25,07 mm sa⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu değere göre toprakların ortalama geçirgenliği orta sınıf içinde bulunmaktadır. İçbükey yamaçların pH değerleri 8,04 ile 8,11 arasında değişmekte olup, ortalama pH 8,07'dir. Bu sonuç içbükey yamaç topraklarının orta derecede alkali sınıfına dahil olduğunu göstermektedir. Elektriksel iletkenlik 0,17 dS m⁻¹ ile 0,21 dS m⁻¹ arasında olup, ortalama elektriksel iletkenlik 0,18'dir. Toprakların kireç (CaCO₃)

Tablo 3.2 İçbükey yamaçlara ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Yamaç Şekli	Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri	PARSEL									
		Uzun Parsel			Kısa Parsel			Min. Değer	Maks. Değer	Ort. Değer	Standart Sapma
		1	2	3	1	2	3				
İÇBÜKEY	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	1,53	1,56	1,45	1,39	1,36	1,34	1,34	1,56	1,44	0,09
	Tane Yoğunluğu (g cm ⁻³)	2,69	2,68	2,62	2,67	2,63	2,62	2,62	2,69	2,65	0,03
	Gözenek hacmi (%)	43,07	41,75	44,58	47,97	48,46	48,78	41,75	48,78	45,77	3,03
	Kum (%)	32,96	30,85	37,54	39,46	40,51	37,03	30,85	40,51	36,39	3,76
	Toz (%)	18,35	21,34	20,09	17,95	20,57	20,78	17,95	21,34	19,85	1,38
	Kil (%)	48,69	47,81	42,37	42,59	38,92	42,19	38,92	48,69	43,76	3,74
	Dispersiyon Oranı (%)	48,00	45,40	35,93	39,66	46,61	36,92	35,93	48,00	42,09	5,23
	H.Geçirgenlik (mm sa ⁻¹)	25,56	59,57	26,45	16,33	15,16	7,35	7,35	59,57	25,07	18,33
	pH (H ₂ O) (1/2,5)	8,11	8,09	8,06	8,06	8,07	8,04	8,04	8,11	8,07	0,02
	E.İletkenlik (dS m ⁻¹)(1/5)	0,17	0,17	0,19	0,19	0,17	0,21	0,17	0,21	0,18	0,02
	Kireç (CaCO ₃) (%)	36,62	40,82	39,29	36,02	35,56	32,66	32,66	40,82	36,83	2,89
	Organik Madde (%)	4,56	4,15	6,36	6,94	7,09	6,85	4,15	7,09	5,99	1,30
	Taşlılık (%)	43,08	35,51	45,04	52,58	42,98	32,05	32,05	52,58	41,87	7,27

içeriği % 32,66 ile % 40,82 arasında değişmektedir. Ortalama kireç içeriği % 36,83 olup, bu sonuç içbükey yamaç topraklarının çok kireçli sınıf içinde yer aldığını göstermektedir.

Toprakların organik madde miktarı % 4,15 ile % 7,09 arasında değişmekte olup, ortalama organik madde içeriği % 5,99 olarak belirlenmiştir. İçbükey yamaç toprakları % 32,05 ile % 52,58 arasında değişen iskelet içermektedir. Ortalama iskelet oranı % 41,87'dir. Bu değerler orta derecede taşlı sınıf içinde yer aldığını göstermektedir.

İçbükey yamaçlardaki topraklar orta düzeyde geçirgen, orta derecede alkalin, elektriksel iletkenliği düşük, çok kireçli, kil içeriği yüksek, orta derecede taşlı, organik maddece zengin karakter taşımaktadır.

3.1.1.3 Dışbükey Parsellerin Toprak Özellikleri

Tablo 3.3'e göre dışbükey şekle sahip yamaçlar üzerinde yer alan toprakların hacim ağırlıkları $1,26 \text{ g cm}^{-3}$ ile $1,46 \text{ g cm}^{-3}$ arasında değişmekte olup, ortalama hacim ağırlığı $1,38 \text{ g cm}^{-3}$ 'tür. Tane yoğunluğu $2,58 \text{ g cm}^{-3}$ ile $2,73 \text{ g cm}^{-3}$ arasında değişmektedir. Ortalama tane yoğunluğu $2,64 \text{ g cm}^{-3}$ olarak belirlenmiştir. Gözenek hacmi % 44,47 ile % 53,91 arasında değişim göstermektedir. Ortalama gözenek hacmi % 47,83'tür. Ortalama kum, toz ve kil oranları

Tablo 3.3 Dışbükey yamaçlara ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Yamaç Şekli	Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri	PARSEL									
		Uzun Parsel			Kısa Parsel			Min. Değer	Maks. Değer	Ort. Değer	Standart Sapma
		1	2	3	1	2	3				
D I Ş B Ü K E Y	Hacim Ağırlığı (g cm^{-3})	1,40	1,42	1,42	1,26	1,30	1,46	1,26	1,46	1,38	0,08
	Tane Yoğunluğu (g cm^{-3})	2,58	2,61	2,58	2,73	2,71	2,63	2,58	2,73	2,64	0,06
	Gözenek hacmi (%)	45,69	45,58	45,16	53,91	52,17	44,47	44,47	53,91	47,83	4,09
	Kum (%)	29,66	31,7	32,8	30,56	24,78	35,22	24,78	35,22	30,79	3,52
	Toz (%)	19,08	22,08	19,89	20,82	25,79	23,38	19,08	25,79	21,84	2,47
	Kil (%)	51,26	46,22	47,31	48,62	49,43	41,4	41,4	51,26	47,37	3,40
	Dispersiyon Oranı (%)	47,10	58,24	45,14	42,38	42,38	44,57	42,38	58,24	46,64	5,96
	H.Geçirgenlik (mm sa^{-1})	100,04	71,48	14,19	54,69	49,88	14,32	14,19	100,04	50,77	33,28
	pH (H_2O) (1/2,5)	8,12	8,12	8,06	8,03	8,03	8,03	8,03	8,12	8,06	0,04
	E.İletkenlik (dS m^{-1})(1/5)	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,18	0,19	0,18	0,01
	Kireç (CaCO_3) (%)	38,6	39,49	39,54	40,6	41,29	39,16	38,6	41,29	39,78	0,99
	Organik Madde (%)	6,27	5,30	7,04	4,46	4,70	6,90	4,70	7,04	5,78	1,11
	Taşlılık (%)	25,49	42,91	33,14	25,6	28,18	47,88	25,49	47,88	33,87	9,48

sırasıyla % 30,79; % 21,84 ve % 47,37 olarak belirlenmiştir. Bu değerler dışbükey şekle sahip yamaçlarda killi türde topraklar bulunduğunu göstermektedir. Dışbükey yamaçların dispersiyon oranı değerleri % 42,38 ile % 58,24 arasında değişmektedir. Ortalama dispersiyon oranı % 46,64 olarak belirlenmiştir. Dispersiyon oranının >15 olması dışbükey yamaçların erozyona duyarlı olduğunu göstermektedir. Hidrolik geçirgenlik 14,19 mm sa⁻¹ ile 100,04 mm sa⁻¹ arasında değişmektedir. Ortalama hidrolik geçirgenlik 50,77 mm sa⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre değerlendirme yapıldığında ortalama geçirgenlik orta hızlı sınıf içinde yer almaktadır. Dışbükey yamaçların pH değerleri 8,03 ile 8,12 arasında değişmektedir. Ortalama pH 8,06'dır. Elektriksel iletkenlik 0,18 dS m⁻¹ ile 0,19 dS m⁻¹ değerlerine sahiptir. Toprakların kireç (CaCO₃) içeriği % 38,60 ile % 41,29 arasında değişmekte olup, ortalama kireç oranı % 39,78 olarak belirlenmiştir. Bu sonuca göre dışbükey şekle sahip yamaç toprakları çok kireçli sınıf içinde yer almaktadır. Organik madde miktarı % 4,70 ile % 7,04 arasında değişen değerlere sahiptir. Ortalama organik madde miktarı % 5,78'dir. Dışbükey yamaç toprakları % 25,49 ile % 47,88 arasında değişen taşlılık oranına sahiptir. Ortalama taşlılık % 33,87 olarak saptanmış olup, bu değer orta derecede taşlı sınıf içinde yer aldığını göstermektedir.

Dışbükey şekle sahip yamaçlar orta hızlı düzeyde geçirgen, orta derecede alkalen, elektriksel iletkenliği düşük, çok kireçli, ağır bünyeli (kil içeriği yüksek), orta derecede taşlı ve organik madde içeriği zengin karaktere sahiptir.

3.1.2 Toprak Özelliklerinin Karşılaştırılması

Düz, içbükey ve dışbükey şekle sahip yamaçlardan alınan toprak örneklerinin hacim ağırlığı, tane yoğunluğu, gözenek hacmi, kum, toz ve kil miktarları, taşlılığı, geçirgenliği, toprak asitliği (pH), elektriksel iletkenliği, kireç (CaCO₃) miktarı, organik madde miktarı arasındaki farklılıklar varyans analizi (One-Way ANOVA) ile ortaya konmuştur. Aralarında fark bulunan gruplar Duncan testi kullanılarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda farklı yamaç şekline sahip topraklarda hacim ağırlığı, tane yoğunluğu, gözenek hacmi, kum, toz ve kil miktarları, hidrolik geçirgenlik, pH ve organik madde miktarları arasında istatistiksel anlamda önemli fark bulunmamıştır (P>0,05).

Yamaç şekilleri arasında farklılık gösteren toprak özellikleri dispersiyon oranı, elektriksel iletkenlik, kireç ve taşlılık olarak belirlenmiştir (P<0,05) (Tablo 3.4). Farklı olan grupları

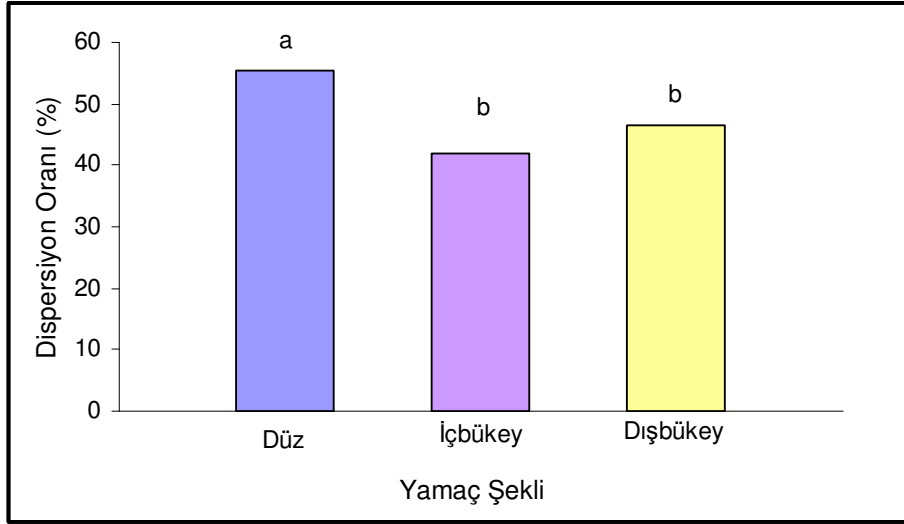
tespit etmek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçlarına göre; dispersiyon oranının içbükey ve dışbükey yamaç şekillerine ait topraklarda farklı olmadığı, düz şekle sahip yamaç topraklarında diğer iki yamaç şekline göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.1).

Tablo 3.4 Farklı yamaç şekillerindeki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	Gruplar Arası	0,012	2	0,006	1,038	0,378 ^{NS}
	Gruplar İçi	0,087	15	0,006		
	Toplam	0,099	17			
Tane Yoğunluğu (g cm ⁻³)	Gruplar Arası	0,08	2	0,04	0,756	0,487 ^{NS}
	Gruplar İçi	0,76	15	0,05		
	Toplam	0,83	17			
Gözenek Hacmi (%)	Gruplar Arası	19,883	2	9,841	1,027	0,382 ^{NS}
	Gruplar İçi	143,695	15	9,580		
	Toplam	163,377	17			
Kum (%)	Gruplar Arası	95,218	2	47,609	3,545	0,055 ^{NS}
	Gruplar İçi	201,435	15	13,429		
	Toplam	296,653	17			
Toz (%)	Gruplar Arası	21,202	2	10,601	2,137	0,153 ^{NS}
	Gruplar İçi	74,417	15	4,961		
	Toplam	95,619	17			
Kil (%)	Gruplar Arası	55,387	2	27,693	2,504	0,115 ^{NS}
	Gruplar İçi	165,910	15	11,061		
	Toplam	221,296	17			
Dispersiyon Oranı (%)	Gruplar Arası	555,549	2	272,774	5,345	0,018*
	Gruplar İçi	765,567	15	51,038		
	Toplam	1311,116	17			
Hidrolik Geçirgenlik (mm sa ⁻¹)	Gruplar Arası	2109,400	2	1054,700	1,029	0,381 ^{NS}
	Gruplar İçi	15378,187	15	1025,212		
	Toplam	17487,588	17			
pH (1/2,5 H ₂ O)	Gruplar Arası	0,000	2	0,000	0,066	0,936 ^{NS}
	Gruplar İçi	0,020	15	0,001		
	Toplam	0,020	17			
Elektriksel İletkenlik (dS m ⁻¹)	Gruplar Arası	0,001	2	0,001	5,236	0,019*
	Gruplar İçi	0,002	15	0,000		
	Toplam	0,003	17			
Kireç (CaCO ₃) (%)	Gruplar Arası	47,497	2	23,748	7,049	0,007*
	Gruplar İçi	50,533	15	3,369		
	Toplam	98,029	17			
Organik Madde (%)	Gruplar Arası	2,106	2	1,053	0,836	0,453 ^{NS}
	Gruplar İçi	18,888	15	1,259		
	Toplam	20,994	17			
Taşlılık (%)	Gruplar Arası	532,477	2	266,238	4,233	0,035*
	Gruplar İçi	943,533	15	62,902		
	Toplam	1476,010	17			

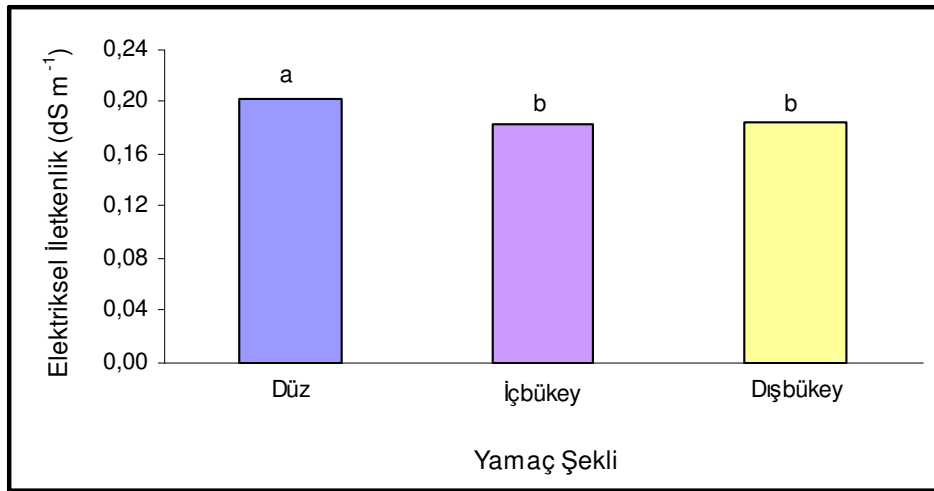
* : Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark (P<0,05) bulunmaktadır.

^{NS} : Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark (P>0,05) yoktur.



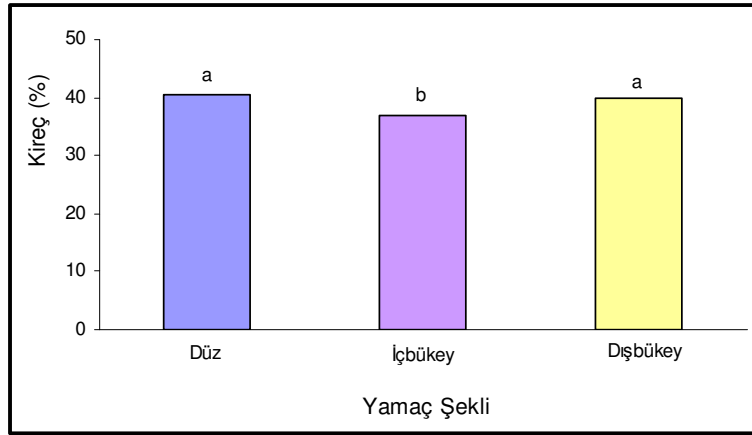
Şekil 3.1 Araştırma alanındaki toprakların dispersiyon oranının farklı yamaç şekillerine göre değişimi. Farklı harfler ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) olduğunu göstermektedir.

Elektriksel iletkenlik bakımından farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan Duncan testi sonucuna göre içbükey ve dışbükey yamaç şekillerine ait topraklarda elektriksel iletkenliğin farklı olmadığı, düz şekle sahip yamaç topraklarında diğer iki yamaç şekline göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.2).



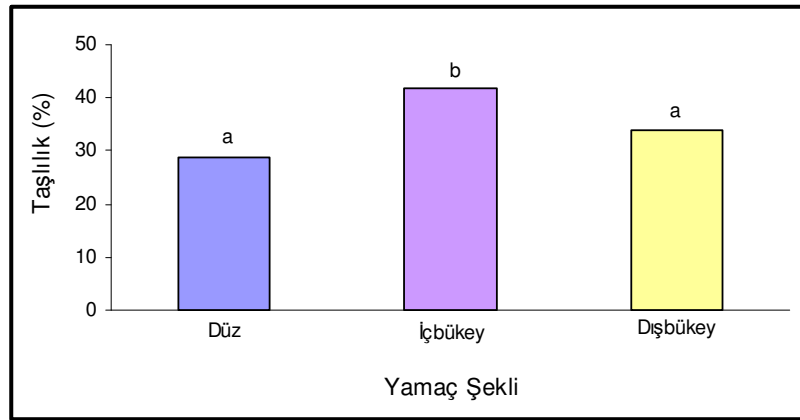
Şekil 3.2 Araştırma alanındaki toprakların elektriksel iletkenliklerinin farklı yamaç şekillerine göre değişimi. Farklı harfler ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) olduğunu göstermektedir.

Kireç içerikleri bakımından farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan Duncan testi sonucuna göre; düz ve dışbükey yamaç topraklarının kireç içeriklerinin farklı olmadığı, buna karşılık içbükey yamaç topraklarının daha düşük kireç içerdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Araştırma alanındaki toprakların kireç içeriklerinin farklı yamaç şekillerine göre değişimi. Farklı harfler ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) olduğunu göstermektedir.

Toprak taşlılığı bakımından farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan Duncan testi sonucuna göre; taşlılığın düz ve dışbükey yamaç şekillerine ait topraklarda farklı olmadığı, içbükey şekle sahip yamaç topraklarında diğer iki yamaç şekline göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Araştırma alanındaki toprakların taşlılık miktarlarının farklı yamaç şekillerine göre değişimi. Farklı harfler ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) olduğunu göstermektedir.

3.2 YAĞIŞLAR

Farklı yamaç şekillerinin bulunduğu araştırma alanına, çalışma süresince düşen toplam yağış miktarı, yağışın aylara göre dağılımı, aylık ve yıllık toplam yağışlı gün sayısı Tablo 3.5'te verilmiştir. Araştırma alanı üzerine tesis edilen standart yağış ölçer verilerine göre; çalışma süresince (Eylül 2007-Eylül 2009) düşen toplam yağış miktarı 2389,6 mm dir. Bu miktarın

666,90 mm lik kısmı 2007 yılı içinde dört aylık sürede (1 Eylül 2007- 31 Aralık 2007 arasında), 948,35 mm si 2008 yılı içinde ve 774,35 mm si 2009 yılının ilk sekiz ayında (1 Ocak 2009- 31 Ağustos 2009) düşmüştür. Çalışma süresi içinde düşen yıllık ortalama yağış miktarı 1194,8 mm olarak tespit edilmiştir. En fazla yağışın düştüğü ay ortalama 206,65 mm ile temmuz olmuştur. Ağustos ayı hiç yağmur yağmadığından, yağış olmayan tek aydır.

Tablo 3.5 Araştırma alanına düşen toplam yağış miktarının aylara göre dağılımı.

AYLAR		YIL			TOPLAM	ORTALAMA
		2007	2008	2009		
Ocak	Yağışlı Gün Sayısı		5	13	18	9
	Yağış Miktarı (mm)		43,40	162,35	205,75	102,875
Şubat	Yağışlı Gün Sayısı		1	13	14	7
	Yağış Miktarı (mm)			137,50	137,5	68,75
Mart	Yağışlı Gün Sayısı		9	14	23	11,5
	Yağış Miktarı (mm)		133,55	150,20	283,75	141,875
Nisan	Yağışlı Gün Sayısı		2	5	7	3,5
	Yağış Miktarı (mm)		27,10	69,45	96,55	48,275
Mayıs	Yağışlı Gün Sayısı		6	3	9	4,5
	Yağış Miktarı (mm)		35,25	9,55	44,80	22,40
Haziran	Yağışlı Gün Sayısı		3	1	4	2
	Yağış Miktarı (mm)		37,30	7,10	44,40	22,20
Temmuz	Yağışlı Gün Sayısı		8	8	16	8
	Yağış Miktarı (mm)		175,10	238,20	413,30	206,65
Ağustos	Yağışlı Gün Sayısı					
	Yağış Miktarı (mm)					
Eylül	Yağışlı Gün Sayısı	3	13		16	8
	Yağış Miktarı (mm)	68,25	202,70		270,95	135,475
Ekim	Yağışlı Gün Sayısı	6	6		12	6
	Yağış Miktarı (mm)	183,50	44,20		227,70	113,85
Kasım	Yağışlı Gün Sayısı	13	7		20	10
	Yağış Miktarı (mm)	243,55	75,85		319,40	159,70
Aralık	Yağışlı Gün Sayısı	12	7		19	9,5
	Yağış Miktarı (mm)	171,60	173,90		345,50	172,75
Toplam Yağışlı Gün Sayısı		34	67	57	158	79
Toplam Yağış Miktarı (mm)		666,90	948,35	774,35	2389,60	1194,80

Toplam yağış miktarı mevsimlere göre değerlendirildiğinde, sonbaharın en yağışlı (% 34,23) mevsim olduğu görülmektedir. Kış aylarında düşen yağışın, yıllık yağış miktarına oranı % 28,82; yaz aylarında düşen yağışın oranı ise % 19,15'tir. Mevsimsel olarak en az yağışın kaydedildiği ay ilkbahar olmuştur. İlkbahar mevsiminde araştırma alanına düşen ortalama yağış miktarının yıllık ortalama yağış miktarına oranı % 17,80'dir. Toplam 158 gün yağışlı olup, bunun 34 günü 2007 yılı Eylül-Aralık döneminde gerçekleşmiştir. 2008 yılı içinde 67 yağışlı gün olmuştur. 2009 yılının Eylül ayına kadar olan ilk sekiz aylık dönemde ise 57 yağışlı gün kaydedilmiştir. Çalışma süresi içinde kaydedilen yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 79 olmuştur. Aylık en fazla yağış, ortalama 11,5 gün ile mart ayında gerçekleşmiştir. Ağustos

ayında her iki yılda da hiç yağmur yağmadığından, yağış olmayan ay olarak kaydedilmiştir. Günlük en yüksek yağış metrekareye 167,7 mm ile 15 Temmuz 2009'da kaydedilmiştir (Ek Tablo A1).

3.3 YÜZEYSEL AKIŞLAR

3.3.1 Yüzeysel Akış Miktarları

Araştırma alanında çalışma süresince gerçekleşen yüzeysel akış miktarları ve tarihleri ölçülmüş ve aylık dönemler şeklinde kaydedilmiştir (Ek Tablo B1-B16).

3.3.1.1 Düz Yamaçların Yüzeysel Akışları

Düz yamaçlar üzerine tesis edilen 11,05 m uzunluğa sahip 3 yüzeysel akış parselinden yıllık ortalama 270,81 mm m⁻² yüzeysel akış gerçekleşmiştir. Bu değer yağışın ortalama % 22,63 oranında yüzeysel akışa geçtiğini ortaya koymaktadır (Tablo 3.5, Tablo 3.6).

Tablo 3.6 Düz yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) ölçülen yüzeysel akış miktarı (mm).

Parsel No	Ölçme Dönemi	Ölçülen Birim	Yüzeysel Akış (mm)												
			Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Toplam
1	Eylül 2007 Ağustos 2008	Parsel m ²	32,11 1,55	354,70 17,17	639,90 30,97	775,30 37,52	- -	- -	764,30 36,99	- -	29,10 1,41	22,25 1,08	926,00 44,81	- -	3543,66 171,49
	Eylül 2008 Ağustos 2009	Parsel m ²	591,00 28,60	62,00 3,00	276,00 13,36	1073,50 51,95	657,00 31,80	611,00 29,57	963,00 46,60	- -	- -	- -	3502,30 169,49	- -	7735,80 374,37
	Ortalama	Parsel m ²	311,56 15,08	208,35 10,08	457,95 22,16	924,40 44,74	328,50 15,90	305,50 14,78	863,65 41,80	- -	14,55 0,70	11,13 0,54	2214,15 107,15	- -	5639,73 272,93
2	Eylül 2007 Ağustos 2008	Parsel m ²	27,20 1,32	345,60 16,73	575,00 27,83	786,20 38,05	- -	- -	774,20 37,47	- -	25,50 1,23	23,85 1,15	968,00 46,85	- -	3525,55 170,62
	Eylül 2008 Ağustos 2009	Parsel m ²	574,00 27,78	63,50 3,07	275,50 13,33	868,50 42,03	657,00 31,80	613,00 29,67	985,00 47,67	- -	- -	- -	3500,80 169,42	- -	7537,30 364,76
	Ortalama	Parsel m ²	300,60 14,55	204,55 9,90	425,25 20,58	827,35 40,04	328,50 15,90	306,50 14,83	879,60 42,57	- -	12,75 0,62	11,93 0,58	2234,40 108,13	- -	5531,43 267,69
3	Eylül 2007 Ağustos 2008	Parsel m ²	28,20 1,36	332,90 16,11	640,80 31,01	758,75 36,72	- -	- -	776,05 37,56	- -	22,50 1,09	21,30 1,03	881,00 42,64	- -	3461,50 167,52
	Eylül 2008 Ağustos 2009	Parsel m ²	733,50 35,50	61,00 2,95	268,00 12,97	954,00 46,17	660,00 31,94	616,00 29,81	976,50 47,26	- -	- -	- -	3502,30 169,49	- -	7771,30 376,09
	Ortalama	Parsel m ²	380,85 18,43	196,95 9,53	454,40 21,99	856,38 41,44	330,00 15,97	308,00 14,91	876,28 42,41	- -	11,25 0,54	10,65 0,52	2191,65 106,06	- -	5616,40 271,80
YILLIK ORTALAMA		Parsel m ²	331,00 16,02	203,28 9,84	445,87 21,58	869,38 42,07	329,00 15,92	306,67 14,84	873,18 42,26	- -	12,85 0,62	11,23 0,54	2213,40 107,12	- -	5595,85 270,81

İlk ölçüm dönemi (yılı) olan Eylül 2007-Ağustos 2008 aralığında; ocak, şubat, nisan ve ağustos aylarında yüzeysel akış görülmemiştir. İkinci ölçüm dönemi olan Eylül 2008-Ağustos 2009 aralığında ise nisan, mayıs, haziran ve ağustos aylarında yüzeysel akış gerçekleşmemiştir. Yağış miktarı ve oluşan yüzeysel akış oranlandığında en fazla yüzeysel akış temmuz ayında meydana gelmiştir. Temmuz ayında gerçekleşen toplam yüzeysel akış oranı, temmuz ayında yağın toplam yağışın % 51,84'ü olarak saptanmıştır. Yağışın % 2,43'ünün akışa geçtiği haziran ayı, yüzeysel akışın gerçekleştiği aylar arasında en düşük ortalama akış oranına sahiptir (Tablo 3.5, Tablo 3.6).

Tablo 3.7 Düz yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) ölçülen yüzeysel akış miktarı (mm).

Parsel No	Ölçme Dönemi	Ölçülen Birim	Yüzeysel Akış (mm)												
			Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Toplam
1	Eylül 2007 Ağustos 2008	Parsel m ²	58,19	189,80	458,60	429,95	-	-	404,55	-	23,70	31,90	579,00	-	2175,69
			5,66	18,45	44,59	41,80	-	-	39,33	-	2,30	3,10	56,30	-	211,54
	Eylül 2008 Ağustos 2009	Parsel m ²	509,50	34,50	136,50	712,00	333,00	291,00	512,00	-	-	-	1787,80	-	4316,30
			49,54	3,35	13,27	69,23	32,38	28,29	49,78	-	-	-	173,83	-	419,67
	Ortalama	Parsel m ²	283,85	112,15	297,55	570,98	166,50	145,50	458,28	-	11,85	15,95	1183,40	-	3246,00
			27,60	10,90	28,93	55,52	16,19	14,15	44,56	-	1,15	1,55	115,06	-	315,60
2	Eylül 2007 Ağustos 2008	Parsel m ²	33,30	184,35	483,90	449,20	-	-	395,20	-	19,20	19,10	511,00	-	2095,25
			3,24	17,92	47,05	43,68	-	-	38,42	-	1,87	1,86	49,68	-	203,72
	Eylül 2008 Ağustos 2009	Parsel m ²	541,00	34,50	136,00	426,50	332,50	297,00	521,50	-	-	-	1780,30	-	4069,30
			52,60	3,35	13,22	41,47	32,33	28,88	50,70	-	-	-	173,10	-	395,65
	Ortalama	Parsel m ²	287,15	109,43	309,95	437,85	166,25	148,50	458,35	-	9,60	9,55	1145,65	-	3082,28
			27,92	10,64	30,14	42,57	16,16	14,44	44,56	-	0,93	0,93	111,39	-	299,69
3	Eylül 2007 Ağustos 2008	Parsel m ²	44,70	177,25	435,05	435,70	-	-	406,50	-	33,60	42,40	553,40	-	2128,60
			4,35	17,23	42,30	42,36	-	-	39,52	-	3,27	4,12	53,81	-	206,96
	Eylül 2008 Ağustos 2009	Parsel m ²	530,30	37,00	176,50	740,50	336,00	292,00	505,00	-	-	-	1805,80	-	4423,10
			51,56	3,60	17,16	72,00	32,67	28,39	49,10	-	-	-	175,58	-	430,05
	Ortalama	Parsel m ²	287,50	107,13	305,78	588,10	168,00	146,00	455,75	-	16,80	21,20	1179,60	-	3275,85
			27,95	10,42	29,73	57,18	16,33	14,20	44,31	-	1,63	2,06	114,69	-	318,51
YILLIK ORTALAMA		Parsel	286,17	109,57	304,43	532,31	166,92	146,67	457,46	-	12,75	15,57	1169,55	-	3201,37
		m ²	27,82	10,65	29,60	51,76	16,23	14,26	44,48	-	1,24	1,51	113,71	-	311,27

Düz yamaçlar üzerine tesis edilen 5,50 m uzunluğa sahip 3 yüzeysel akış parselinden yıllık ortalama 311,27 mm m⁻² yüzeysel akış gerçekleşmiştir. Bütün parselden ölçülen yüzeysel akış

miktarı ortalama 3201,37 mm dir. Meydana gelen yüzeysel akış miktarının yıllık yağış miktarına oranı ortalama % 26,05 olmuştur. Eylül 2007-Ağustos 2008 arasında ocak, şubat, nisan ve ağustos aylarında yüzeysel akış oluşmamıştır. Düz yamaç şekli üzerine kurulan kısa parsellerde Eylül 2008-Ağustos 2009 döneminde ise nisan, mayıs, haziran ve ağustos aylarında yüzeysel akış oluşmamıştır. Aylara göre değerlendirildiğinde, yağışın ortalama % 5,53'lük kısmının akışa geçtiği mayıs ayı, en düşük yüzeysel akışın gerçekleştiği ay olmuştur. En yüksek yüzeysel akışın olduğu ay, yağışın ortalama % 55,02 oranında akışa geçtiği temmuz olarak görülmektedir (Tablo 3.5, Tablo 3.7).

3.3.1.2 İçbükey Yamaçların Yüzeysel Akışları

İçbükey yamaçlar üzerine tesis edilen 11,05 m uzunluğa sahip 3 yüzeysel akış parselinden yıllık ortalama 271,11 mm m⁻² yüzeysel akış gerçekleşmiştir. Oluşan yüzeysel akış miktarının yıllık yağış miktarına oranı ortalama % 22,69 olmuştur (Tablo 3.5, Tablo 3.8).

Tablo 3.8 İçbükey yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) ölçülen yüzeysel akış miktarı (mm).

Parsel No	Ölçme Dönemi	Ölçülen Birim	Yüzeysel Akış (mm)												
			Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Toplam
1	Eylül 2007	Parsel	23,40	348,20	728,25	751,35	-	-	762,40	-	19,50	21,25	926,60	-	3580,95
	Ağustos 2008	m ²	1,13	16,85	35,24	36,36	-	-	36,90	-	0,94	1,03	44,84	-	173,30
	Eylül 2008	Parsel	870,50	62,00	266,00	861,00	657,50	606,00	960,00	-	-	-	3584,30	-	7867,30
	Ağustos 2009	m ²	42,13	3,00	12,87	41,67	31,82	29,33	46,46	-	-	-	173,46	-	380,73
2	Ortalama	Parsel	446,95	205,10	497,13	806,18	328,75	303,00	861,20	-	9,75	10,63	2255,45	-	5724,13
		m ²	21,63	9,93	24,06	39,01	15,91	14,66	41,68	-	0,47	0,51	109,15	-	277,02
	Eylül 2007	Parsel	29,05	346,75	639,00	735,00	-	-	767,05	-	21,30	22,40	857,00	-	3417,55
	Ağustos 2008	m ²	1,41	16,78	30,92	35,57	-	-	37,12	-	1,03	1,08	41,47	-	165,39
3	Eylül 2008	Parsel	658,50	62,50	264,50	903,50	659,50	613,00	963,00	-	-	-	3633,30	-	7757,80
	Ağustos 2009	m ²	31,87	3,02	12,80	43,72	31,92	29,67	46,60	-	-	-	175,83	-	375,43
	Ortalama	Parsel	343,78	204,63	451,75	819,25	329,75	306,50	865,03	-	10,65	11,20	2245,15	-	5587,68
		m ²	16,64	9,90	21,86	39,65	15,96	14,83	41,86	-	0,52	0,54	108,65	-	270,41
3	Eylül 2007	Parsel	32,95	353,30	716,50	727,30	-	-	761,50	-	18,60	20,40	887,60	-	3518,15
	Ağustos 2008	m ²	1,59	17,10	34,67	35,20	-	-	36,85	-	0,90	0,99	42,95	-	170,26
	Eylül 2008	Parsel	588,50	62,00	266,00	771,00	652,50	606,50	957,00	-	-	-	3566,80	-	7470,30
	Ağustos 2009	m ²	28,48	3,00	12,87	37,31	31,58	29,35	46,31	-	-	-	172,61	-	361,52
YILLIK ORTALAMA	Ortalama	Parsel	310,73	207,65	491,25	749,15	326,25	303,25	859,25	-	9,30	10,20	2227,20	-	5494,23
		m ²	15,04	10,05	23,77	36,25	15,79	14,68	41,58	-	0,45	0,49	107,78	-	265,89
YILLIK ORTALAMA	Parsel	367,15	205,79	480,04	791,53	328,25	304,25	861,83	-	9,90	10,68	2242,60	-	5602,01	
	m ²	17,77	9,96	23,23	38,31	15,89	14,72	41,71	-	0,48	0,52	108,53	-	271,11	

Düz yamaçlarda olduğu gibi içbükey yamaçlarda da Eylül 2007-Ağustos 2008 döneminde ocak, şubat, nisan ve ağustos aylarında yüzeysel akış oluşmamıştır. Yine benzer şekilde Eylül 2008-Ağustos 2009 döneminde de nisan, mayıs, haziran ve ağustos aylarında yüzeysel akış meydana gelmemiştir. Aylara göre değerlendirildiğinde, düşen yağışın ortalama % 2,14 oranındaki kısmının akışa geçtiği mayıs ayı ortalama yüzeysel akışın en düşük gerçekleştiği ay olmuştur. Ortalama yüzeysel akışın en yüksek olduğu ay, toplam yağışın % 52,52 oranında akışa geçtiği temmuz olarak görülmektedir (Tablo 3.5, Tablo 3.8).

Tablo 3.9 İçbükey yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) ölçülen yüzeysel akış miktarı (mm).

Parsel No	Ölçme Dönemi	Ölçülen Birim	Yüzeysel Akış (mm)												
			Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Toplam
1	Eylül 2007 Ağustos 2008	Parsel m ²	16,72	172,95	318,10	345,10	-	-	382,05	-	11,00	10,50	457,00	-	1713,42
			1,63	16,82	30,93	33,55	-	-	37,15	-	1,07	1,02	44,43	-	166,59
	Eylül 2008 Ağustos 2009	Parsel m ²	413,00	32,00	125,50	373,00	328,00	295,00	482,00	-	-	-	1773,80	-	3822,30
			40,16	3,11	12,20	36,27	31,89	28,68	46,86	-	-	-	172,46	-	371,64
	Ortalama	Parsel m ²	214,86	102,48	221,80	359,05	164,00	147,50	432,03	-	5,50	5,25	1115,40	-	2767,86
			20,89	9,96	21,57	34,91	15,95	14,34	42,01	-	0,53	0,51	108,45	-	269,12
2	Eylül 2007 Ağustos 2008	Parsel m ²	19,45	168,00	393,65	347,30	-	-	387,00	-	13,00	12,30	476,00	-	1816,70
			1,89	16,33	38,27	33,77	-	-	37,63	-	1,26	1,20	46,28	-	176,64
	Eylül 2008 Ağustos 2009	Parsel m ²	545,00	33,00	130,50	413,50	329,00	296,00	482,00	-	-	-	1795,80	-	4024,80
			52,99	3,21	12,69	40,20	31,99	28,78	46,86	-	-	-	174,60	-	391,33
	Ortalama	Parsel m ²	282,23	100,50	262,08	380,40	164,50	148,00	434,50	-	6,50	6,15	1135,90	-	2920,75
			27,44	9,77	25,48	36,99	15,99	14,39	42,25	-	0,63	0,60	110,44	-	283,98
3	Eylül 2007 Ağustos 2008	Parsel m ²	14,45	156,25	270,90	343,45	-	-	382,10	-	10,20	9,00	433,00	-	1619,35
			1,40	15,19	26,34	33,39	-	-	37,15	-	0,99	0,88	42,10	-	157,45
	Eylül 2008 Ağustos 2009	Parsel m ²	480,00	33,00	131,50	399,00	333,00	302,00	486,50	-	-	-	1735,80	-	3900,80
			46,67	3,21	12,79	38,79	32,38	29,36	47,30	-	-	-	168,77	-	379,27
	Ortalama	Parsel m ²	247,23	94,63	201,20	371,23	166,50	151,00	434,30	-	5,10	4,50	1084,40	-	2760,08
			24,04	9,20	19,56	36,09	16,19	14,68	42,23	-	0,50	0,44	105,44	-	268,36
YILLIK ORTALAMA		Parsel m ²	248,10	99,20	228,36	370,23	165,00	148,83	433,61	-	5,70	5,30	1111,90	-	2816,23
			24,12	9,65	22,20	36,00	16,04	14,47	42,16	-	0,55	0,52	108,11	-	273,82

İçbükey yamaçlar üzerine tesis edilen 5,50 m uzunluğa sahip 3 yüzeysel akış parselinden yıllık ortalama 273,82 mm m⁻² yüzeysel akış gerçekleşmiştir. Parselden oluşan yıllık yüzeysel akış miktarı ortalama 2816,23 mm dir. Meydana gelen yüzeysel akış miktarının yıllık yağış miktarına oranı ortalama % 22,92 olmuştur. Eylül 2007-Ağustos 2008 arasında ocak, şubat,

nisan ve ağustos aylarında yüzeysel akış oluşmamıştır. Eylül 2008-Ağustos 2009 döneminde ise nisan, mayıs, haziran ve ağustos aylarında yüzeysel akış oluşmamıştır. Aylara göre değerlendirildiğinde, yağışın % 2,32 oranındaki miktarının akışa geçtiği haziran ayı en düşük ortalama yüzeysel akış gerçekleşen ay olmuştur. Ortalama yüzeysel akışın en yüksek olduğu ay, düşen yağışın % 52,31 oranında akışa geçtiği temmuz olarak görülmektedir (Tablo 3.5, Tablo 3.9).

3.3.1.3 Dışbükey Yamaçların Yüzeysel Akışları

Dışbükey yamaçlar üzerine tesis edilen 11,05 m uzunluğa sahip 3 yüzeysel akış parselinden yıllık ortalama 265,46 mm m⁻² yüzeysel akış gerçekleşmiştir. Oluşan yüzeysel akış miktarının yıllık yağış miktarına oranı ortalama % 22,22 olmuştur (Tablo 3.5, Tablo 3.10).

Tablo 3.10 Dışbükey yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) ölçülen yüzeysel akış miktarı (mm).

Parsel No	Ölçme Dönemi	Ölçülen Birim	Yüzeysel Akış (mm)												
			Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Toplam
1	Eylül 2007	Parsel m ²	24,30	333,35	632,30	741,70	-	-	765,85	-	21,20	22,00	900,00	-	3440,70
	Ağustos 2008		1,18	16,13	30,60	35,89	-	-	37,06	-	1,03	1,06	43,56	-	166,51
	Eylül 2008	Parsel m ²	468,00	60,00	261,50	789,00	650,00	602,00	957,00	-	-	-	3473,30	-	7260,80
	Ağustos 2009		22,65	2,90	12,66	38,18	31,46	29,13	46,31	-	-	-	168,09	-	351,38
	Ortalama	Parsel m ²	246,15	196,68	446,90	765,35	325,00	301,00	861,43	-	10,60	11,00	2186,65	-	5350,75
			11,91	9,52	21,63	37,04	15,73	14,57	41,69	-	0,51	0,53	105,82	-	258,95
2	Eylül 2007	Parsel m ²	20,90	332,00	619,95	727,90	-	-	779,40	-	20,00	21,70	870,00	-	3391,85
	Ağustos 2008		1,01	16,07	30,00	35,23	-	-	37,72	-	0,97	1,05	42,10	-	164,15
	Eylül 2008	Parsel m ²	600,00	60,50	262,00	870,50	650,00	602,00	956,00	-	-	-	3478,30	-	7479,30
	Ağustos 2009		29,04	2,93	12,68	42,13	31,46	29,13	46,27	-	-	-	168,33	-	361,96
	Ortalama	Parsel m ²	310,45	196,25	440,98	799,20	325,00	301,00	867,70	-	10,00	10,85	2174,15	-	5435,58
			15,02	9,50	21,34	38,68	15,73	14,57	41,99	-	0,48	0,53	105,22	-	263,05
3	Eylül 2007	Parsel m ²	24,00	340,60	795,95	773,75	-	-	765,90	-	23,00	24,50	868,00	-	3615,70
	Ağustos 2008		1,16	16,48	38,52	37,45	-	-	37,07	-	1,11	1,19	42,01	-	174,98
	Eylül 2008	Parsel m ²	568,00	64,00	281,50	1071,00	652,00	606,00	982,00	-	-	-	3498,80	-	7723,30
	Ağustos 2009		27,49	3,10	13,62	51,83	31,55	29,33	47,52	-	-	-	169,32	-	373,77
	Ortalama	Parsel m ²	296,00	202,30	538,73	922,38	326,00	303,00	873,95	-	11,50	12,25	2183,40	-	5669,50
			14,32	9,79	26,07	44,64	15,78	14,66	42,29	-	0,56	0,59	105,66	-	274,37
YILLIK ORTALAMA		Parsel m ²	284,20	198,41	475,53	828,98	325,33	301,67	867,69	-	10,70	11,37	2181,40	-	5485,28
			13,75	9,60	23,01	40,12	15,74	14,60	41,99	-	0,52	0,55	105,57	-	265,46

Mayıs ayında düşen yağışın ortalama % 2,31'i yüzeysel akışa geçmiştir. Bu değer aylar arasında en düşük ortalama yüzeysel akış miktarıdır. Ortalama yüzeysel akışın en yüksek olduğu ay, düşen yağışın % 51,09 oranında akışa geçtiği temmuz olarak görülmektedir (Tablo 3.5, Tablo 3.10).

Tablo 3.11 Dışbükey yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) ölçülen yüzeysel akış miktarı (mm).

Parsel No	Ölçme Dönemi	Ölçülen Birim	Yüzeysel Akış (mm)												
			Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Toplam
1	Eylül 2007 Ağustos 2008	Parsel m ²	11,75	165,40	313,25	375,45	-	-	385,10	-	12,00	11,85	471,00	-	1745,80
			1,14	16,08	30,46	36,50	-	-	37,44	-	1,17	1,15	45,79	-	169,74
	Eylül 2008 Ağustos 2009	Parsel m ²	472,00	33,50	135,00	404,50	335,00	294,00	500,00	-	-	-	1729,30	-	3903,30
			45,89	3,26	13,13	39,33	32,57	28,59	48,61	-	-	-	168,14	-	379,51
	Ortalama	Parsel m ²	241,88	99,45	224,13	389,98	167,50	147,00	442,55	-	6,00	5,93	1100,15	-	2824,55
			23,52	9,67	21,79	37,92	16,29	14,29	43,03	-	0,58	0,58	106,97	-	274,63
2	Eylül 2007 Ağustos 2008	Parsel m ²	12,67	158,45	292,80	356,90	-	-	391,30	-	13,40	11,50	449,40	-	1686,42
			1,23	15,41	28,47	34,70	-	-	38,05	-	1,30	1,12	43,69	-	163,97
	Eylül 2008 Ağustos 2009	Parsel m ²	408,50	31,50	126,00	452,00	329,50	296,00	511,00	-	-	-	1741,80	-	3896,30
			39,72	3,06	12,25	43,95	32,04	28,78	49,68	-	-	-	169,35	-	378,83
	Ortalama	Parsel m ²	210,59	94,98	209,40	404,45	164,75	148,00	451,15	-	6,70	5,75	1095,60	-	2791,36
			20,47	9,23	20,36	39,32	16,02	14,39	43,86	-	0,65	0,56	106,52	-	271,40
3	Eylül 2007 Ağustos 2008	Parsel m ²	22,10	196,60	384,65	356,90	-	-	388,70	-	16,00	13,35	459,00	-	1837,30
			2,15	19,12	37,40	34,70	-	-	37,79	-	1,56	1,30	44,63	-	178,64
	Eylül 2008 Ağustos 2009	Parsel m ²	471,50	33,50	134,50	458,00	331,50	305,00	504,50	-	-	-	1731,80	-	3970,30
			45,84	3,26	13,08	44,53	32,23	29,65	49,05	-	-	-	168,38	-	386,03
	Ortalama	Parsel m ²	246,80	115,05	259,58	407,45	165,75	152,50	446,60	-	8,00	6,68	1095,40	-	2903,80
			24,00	11,19	25,24	39,62	16,12	14,83	43,42	-	0,78	0,65	106,50	-	282,33
YILLIK ORTALAMA		Parsel m ²	233,09	103,16	231,03	400,63	166,00	149,17	446,77	-	6,90	6,12	1097,05	-	2839,90
			22,66	10,03	22,46	38,95	16,14	14,50	43,44	-	0,67	0,59	106,67	-	276,12

Dışbükey yamaçlar üzerine tesis edilen 5,50 m uzunluğa sahip 3 yüzeysel akış parselinden yıllık ortalama 276,12 mm m⁻² yüzeysel akış gerçekleşmiştir. Yıllık yüzeysel akış miktarı ortalama 2839,90 mm dir. Meydana gelen yüzeysel akış miktarının, yıllık yağış miktarına oranı ortalama % 23,11 olmuştur. İlk ölçüm döneminde ocak, şubat, nisan ve ağustos aylarında, ikinci dönemde ise nisan, mayıs, haziran ve ağustos aylarında yüzeysel akış oluşmamıştır. Düşen yağışın % 2,66 oranındaki miktarının akışa geçtiği haziran ayı ortalama

yüzeysel akışın en düşük gerçekleştiği ay olmuştur. Ortalama yüzeysel akışın en yüksek olduğu ay, düşen yağışın % 51,62 oranında akışa geçtiği temmuz olarak görülmektedir (Tablo 3.5, Tablo 3.11).

3.3.2 Yüzeysel Akışların Karşılaştırılması

3.3.2.1 Farklı Yamaç Şekillerinin Yüzeysel Akış Miktarları

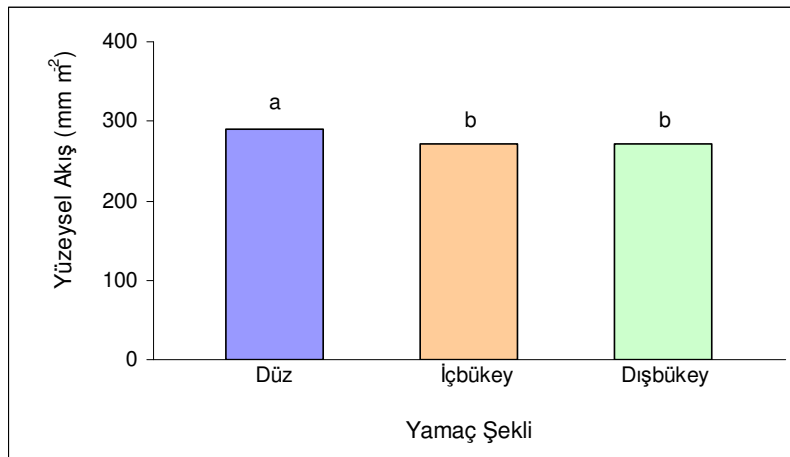
Çalışma parsellerinde gerçekleşen ortalama yüzeysel akış miktarı ile yamaç şekilleri arasında fark, varyans analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonucuna göre; % 95 güven düzeyinde düz, içbükey ve dışbükey yamaçlar arasında yüzeysel akış bakımından farklılık ($P<0,05$) ortaya çıkmıştır (Tablo 3.12).

Tablo 3.12 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlardaki yüzeysel akış miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

Ayrışma Özelliği	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Yüzeysel Akış	Gruplar Arası	1515,539	2	757,769	3,480	0,057*
	Gruplar İçi	3266,025	15	217,735		
	Toplam	4781,564	17			

* : Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) bulunmaktadır.

Farklı olan gruplar Duncan testi ile belirlenmiş; test sonucunda içbükey ve dışbükey yamaçların yüzeysel akış değerleri bakımından farklı olmadığı, düz yamaçların ise diğer iki yamaç şekline göre istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Yüzeysel akış miktarının farklı yamaç şekillerine göre değişimi. Farklı harfler ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) olduğunu göstermektedir.

3.3.2.2 Farklı Uzunluktaki Parsellerin Yüzeysel Akış Miktarları

Ortalama yüzeysel akış miktarı ile yamaç uzunlukları arasındaki farklılık grup sayısı üçten az olduğundan, t testi ile ortaya konulmuştur. Test sonucuna göre; % 95 güven düzeyinde düz yamaçlarda, parsel uzunlukları arasında yüzeysel akış miktarı bakımından farklılık ($P<0,05$) ortaya çıkmıştır. İçbükey ve dışbükey yamaçlarda ise yamaç uzunluğunun yüzeysel akış üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0,05$) belirlenmiştir (Tablo 3.13).

Tablo 3.13 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerin yüzeysel akış miktarına ilişkin t testi sonuçları.

Yamaç	Parsel	Ortalamalar Farkı	Standart Hata	Serbestlik Derecesi	t değeri	Önem Düzeyi (P)
Düz	Uzun-Kısa	-40,46000	6,06179	2,295	-6,675	0,015 *
İçbükey	Uzun-Kısa	-2,71333	6,02486	3,389	-0,450	0,680 ^{NS}
Dışbükey	Uzun-Kısa	-10,66333	5,63677	3,589	-1,892	0,140 ^{NS}

* : Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) bulunmaktadır.

^{NS} : Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P>0,05$) yoktur.

3.4 TOPLAM EROZYON

Kaba materyal toplama tankına depolanan sürüntü materyalinin ve yüzeysel akış toplama tankı içinde yüzeysel akış suyu ile depolanan askıda sediment miktarının aylık dönemler halinde ölçülmesi sonucunda; araştırma alanında 2 yıllık çalışma süresince oluşan toplam toprak erozyonu saptanmıştır.

3.4.1 Sürüntü Materyali

3.4.1.1 Düz Yamaçlar

Yüzeysel akış parsellerinden elde edilen aylık veriler toplanarak düz yamaçlar üzerine kurulan 11,05 m uzunluğa sahip parsellerden taşınan sürüntü materyali saptanmıştır. Parsel dışına sürüntü materyali taşınması 2007 yılında eylül, ekim ve kasım aylarında, 2008 yılında mart, mayıs, haziran, temmuz, eylül, kasım ve aralık aylarında, 2009 yılında ise yalnızca temmuz ayında meydana gelmiştir. Yüzeysel akışın olduğu diğer aylarda, parsel dışına sürüntü

Tablo 3.14 Düz yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) taşınan sürüntü materyali.

AYLAR	Parsel No	SÜRÜNTÜ MATERYALİ											
		> 2 mm (g)		Kum Toz Kıl						Toplam <2 mm (g)		Taşınan Toplam (g)	
		Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)
Eyl 2007	1	14,33	0,69	10,85	0,53	8,06	0,39	19,37	0,94	38,28	1,85	52,61	2,55
	2	18,96	0,92	17,71	0,86	15,81	0,77	33,42	1,62	66,94	3,24	85,9	4,16
	3	125,74	6,09	237,33	11,49	145,14	7,02	402,08	19,46	784,55	37,97	910,29	44,05
	Ort	53,01	2,57	88,63	4,29	56,34	2,73	151,62	7,34	296,59	14,35	349,6	16,92
Eki 2007	1	57,37	2,78	39,18	1,90	21,97	1,06	76,05	3,68	137,2	6,64	194,57	9,42
	2	22,49	1,09	21,43	1,04	17,23	0,83	36,43	1,76	75,09	3,63	97,58	4,72
	3	282,29	13,66	267,99	12,97	158,26	7,66	412	19,94	838,25	40,57	1120,54	54,23
	Ort	120,72	5,84	109,53	5,30	65,82	3,19	174,83	8,46	350,18	16,95	470,90	22,79
Kas 2007	1	4,52	0,22	7,24	0,35	10,18	0,49	19,94	0,96	37,36	1,81	41,88	2,03
	2	0,57	0,03	1,15	0,06	1,61	0,08	3,15	0,15	5,91	0,29	6,48	0,31
	3	15,24	0,74	16,77	0,81	23,58	1,14	46,16	2,23	86,51	4,19	101,75	4,92
	Ort	6,78	0,33	8,39	0,41	11,79	0,57	23,08	1,12	43,26	2,09	50,04	2,42
Mart 2008	1	-	-	1,66	0,08	1,22	0,06	2,96	0,14	5,84	0,28	5,84	0,28
	2	-	-	3,58	0,17	2,89	0,14	6,11	0,30	12,58	0,61	12,58	0,61
	3	5,25	0,25	4,26	0,21	2,96	0,14	6,88	0,33	14,1	0,68	19,35	0,94
	Ort	1,75	0,08	3,17	0,15	2,36	0,11	5,32	0,26	10,84	0,52	12,59	0,61
May 2008	1	13,1	0,63	14,21	0,69	11,99	0,58	33,15	1,60	59,35	2,87	72,45	3,51
	2	1,77	0,09	5,57	0,27	4,65	0,23	12,87	0,62	23,09	1,12	24,86	1,20
	3	2,66	0,13	9,21	0,45	7,69	0,37	21,26	1,03	38,16	1,85	40,82	1,98
	Ort	5,84	0,28	9,66	0,47	8,11	0,39	22,43	1,09	40,20	1,95	46,04	2,23
Haz 2008	1	0,23	0,01	0,62	0,03	0,45	0,02	1,09	0,05	2,16	0,10	2,39	0,12
	2	-	-	0,75	0,04	0,6	0,03	1,38	0,07	2,63	0,13	2,63	0,13
	3	0,34	0,02	3,75	0,18	2,6	0,13	6,05	0,29	12,4	0,60	12,74	0,62
	Ort	0,19	0,01	1,71	0,08	1,22	0,06	2,84	0,14	5,73	0,28	5,92	0,29
Tem 2008	1	269,07	13,02	188,25	9,11	39,38	1,91	287,83	13,93	515,46	24,95	784,53	37,97
	2	4647,55	224,92	4271,15	206,70	3437,9	166,38	7277,44	352,19	14986,49	725,26	19634,04	950,18
	3	239,61	11,60	248,03	12,00	172,17	8,33	400,82	19,40	821,02	39,73	1060,63	51,33
	Ort	1718,74	83,18	1569,14	75,94	1216,48	58,87	2655,36	128,51	5440,99	263,31	7159,73	346,49
Eyl 2008	1	3803,21	184,05	8158,7	394,84	5987,62	289,77	14420,55	697,88	28566,87	1382,48	32370,08	1566,53
	2	3710,22	179,55	7050,86	341,22	5481,96	265,30	13746,95	665,28	26279,77	1271,80	29989,99	1451,35
	3	2677,1	129,56	6244,31	302,19	4817,79	233,15	10817,05	523,49	21879,15	1058,83	24556,25	1188,39
	Ort	3396,84	164,39	7151,29	346,08	5429,12	262,74	12994,85	628,88	25575,26	1237,70	28972,11	1402,09
Kas 2008	1	-	-	28,13	1,36	28,17	1,36	67,91	3,29	124,21	6,01	124,21	6,01
	2	2,1	0,10	18,17	0,88	16,17	0,78	44,57	2,16	78,91	3,82	81,01	3,92
	3	11,98	0,58	39,75	1,92	44,98	2,18	93,98	4,55	178,71	8,65	190,69	9,23
	Ort	4,69	0,23	28,68	1,39	29,77	1,44	68,82	3,33	127,28	6,16	131,97	6,39
Ara 2008	1	30,19	1,46	120,43	5,83	122,65	5,94	297,71	14,41	540,79	26,17	570,98	27,63
	2	23,57	1,14	97,94	4,74	90,15	4,36	237,16	11,48	425,25	20,58	448,82	21,72
	3	28,76	1,39	88,31	4,27	93,15	4,51	222,33	10,76	403,79	19,54	432,55	20,93
	Ort	27,51	1,33	102,23	4,95	101,98	4,94	252,40	12,21	456,61	22,10	484,12	23,43
Tem 2009	1	8056,06	389,87	11868,88	574,39	9295,56	449,85	23981,54	1160,57	45145,98	2184,82	53202,04	2574,69
	2	24688,36	1194,78	32250,73	1560,76	29613,47	1433,13	69343,00	3355,82	131207,2	6349,71	155895,6	7544,49
	3	13291,72	643,25	17625,61	852,98	14527,43	703,05	30818,04	1491,42	62971,08	3047,45	76262,8	3690,70
	Ort	15345,38	742,63	20581,74	996,04	17812,15	862,01	41380,86	2002,61	79774,75	3860,66	95120,13	4603,29
TOP	1	12248,08	592,74	20438,15	989,09	15527,3	751,43	39208,1	1897,46	75173,5	3637,98	87421,58	4230,72
	2	33115,59	1602,61	43739,04	2116,73	38682,4	1872,02	90742,48	4391,44	173163,9	8380,18	206279,5	9982,79
	3	16680,69	807,25	24785,32	1199,47	19995,8	967,68	43246,65	2092,90	88027,72	4260,06	104708,4	5067,31
	Ort	20681,45	1000,87	29654,17	1435,10	24735,1	1197,05	57732,41	2793,93	112121,7	5426,07	132803,1	6426,94
	Yıllık Ort.	10340,73	500,43	14827,09	717,55	12367,6	598,52	28866,21	1396,97	56060,85	2713,04	66401,57	3213,47

Tablo 3.15 Düz yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) taşınan sürüntü materyali.

AYLAR	Parsel No	SÜRÜNTÜ MATERYALİ											
		> 2 mm (g)		Kum		Toz		Kil		Toplam <2 mm (g)		Taşınan Toplam (g)	
		Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)
Eyl 2007	1	730,52	71,03	1102,36	107,18	820,67	79,79	1660,70	161,47	3583,73	348,44	4314,25	419,47
	2	653,32	63,52	845,50	82,21	567,06	55,13	1299,33	126,33	2711,89	263,67	3365,21	327,20
	3	704,92	68,54	1184,49	115,17	619,34	60,22	1562,15	151,89	3365,98	327,27	4070,90	395,81
	Ort	696,25	67,70	1044,12	101,52	669,02	65,05	1507,39	146,56	3220,53	313,13	3916,79	380,83
Eki 2007	1	320,85	31,20	350,80	34,11	213,60	20,77	576,03	56,01	1140,43	110,88	1461,28	142,08
	2	495,09	48,14	440,39	42,82	277,09	26,94	815,92	79,33	1533,40	149,09	2028,49	197,23
	3	518,57	50,42	535,34	52,05	310,52	30,19	808,47	78,61	1654,33	160,85	2172,90	211,27
	Ort	444,84	43,25	442,18	42,99	267,07	25,97	733,47	71,31	1442,72	140,27	1887,56	183,53
Kas 2007	1	64,79	6,30	71,94	6,99	63,50	6,17	118,78	11,55	254,22	24,72	319,01	31,02
	2	105,34	10,24	139,97	13,61	135,75	13,20	265,11	25,78	540,83	52,58	646,17	62,83
	3	136,98	13,32	110,49	10,74	97,11	9,44	215,73	20,98	423,33	41,16	560,31	54,48
	Ort	102,37	9,95	107,47	10,45	98,79	9,60	199,87	19,43	406,13	39,49	508,50	49,44
Ara 2007	1	36,21	3,52	29,37	2,86	27,99	2,72	54,67	5,32	112,03	10,89	148,24	14,41
	2	64,64	6,28	40,88	3,97	33,63	3,27	71,64	6,97	146,15	14,21	210,79	20,49
	3	26,06	2,53	21,35	2,08	27,81	2,70	39,74	3,86	88,90	8,64	114,96	11,18
	Ort	42,30	4,11	30,53	2,97	29,81	2,90	55,35	5,38	115,69	11,25	158,00	15,36
Mar 2008	1	6,30	0,61	5,91	0,57	5,97	0,58	14,94	1,45	26,82	2,61	33,12	3,22
	2	9,30	0,90	18,53	1,80	18,71	1,82	46,87	4,56	84,11	8,18	93,41	9,08
	3	5,38	0,52	4,18	0,41	4,22	0,41	10,58	1,03	18,98	1,85	24,36	2,37
	Ort	6,99	0,68	9,54	0,93	9,63	0,94	24,13	2,35	43,30	4,21	50,30	4,89
May 2008	1	84,21	8,19	97,76	9,51	88,50	8,60	213,27	20,74	399,53	38,85	483,74	47,03
	2	96,92	9,42	132,10	12,84	103,91	10,10	230,77	22,44	466,78	45,38	563,70	54,81
	3	43,94	4,27	62,07	6,04	100,94	9,81	187,25	18,21	350,26	34,06	394,20	38,33
	Ort	75,02	7,29	97,31	9,46	97,78	9,51	210,43	20,46	405,52	39,43	480,55	46,72
Haz 2008	1	65,33	6,35	126,05	12,26	128,77	12,52	268,43	26,10	523,25	50,88	588,58	57,23
	2	94,73	9,21	137,34	13,35	142,28	13,83	323,28	31,43	602,90	58,62	697,63	67,83
	3	99,73	9,70	171,72	16,70	118,15	11,49	394,26	38,33	684,13	66,52	783,86	76,21
	Ort	86,60	8,42	145,04	14,10	129,73	12,61	328,66	31,95	603,43	58,67	690,02	67,09
Tem 2008	1	1033,98	100,53	860,08	83,62	1075,41	104,56	2150,42	209,08	4085,91	397,27	5119,89	497,80
	2	3890,66	378,28	3720,86	361,78	3144,02	305,69	6457,22	627,83	13322,10	1295,29	17212,76	1673,58
	3	407,51	39,62	469,11	45,61	375,95	36,55	821,40	79,86	1666,46	162,03	2073,97	201,65
	Ort	1777,38	172,81	1683,35	163,67	1531,79	148,93	3143,01	305,59	6358,16	618,20	8135,54	791,01
Eyl 2008	1	2553,03	248,23	3641,97	354,11	2349,42	228,43	6545,51	636,41	12536,90	1218,95	15089,93	1467,18
	2	3441,44	334,61	4572,46	444,58	2997,89	291,94	8350,47	811,91	15920,82	1547,96	19362,26	1882,57
	3	3405,61	331,12	8876,16	863,02	5800,12	563,48	13938,02	1355,18	28614,30	2782,14	32019,91	3113,26
	Ort	3133,36	304,65	5696,86	553,90	3715,81	361,28	9611,33	934,50	19024,01	1849,68	22157,37	2154,34
Kas 2008	1	3,94	0,38	28,98	2,82	40,90	3,98	79,60	7,74	149,48	14,53	153,42	14,92
	2	-	-	14,11	1,37	15,15	1,47	38,79	3,77	68,05	6,62	68,05	6,62
	3	1,12	0,11	26,19	2,55	26,49	2,58	62,81	6,11	115,49	11,23	116,61	11,34
	Ort	1,69	0,16	23,09	2,25	27,51	2,68	60,40	5,87	111,01	10,79	112,69	10,96
Ara 2008	1	42,24	4,11	142,16	13,82	127,50	12,40	353,83	34,40	623,49	60,62	665,73	64,73
	2	0,71	0,07	18,20	1,77	43,89	4,27	89,71	8,72	151,80	14,76	152,51	14,83
	3	40,88	3,97	117,18	11,39	201,43	19,58	498,53	48,47	817,14	79,45	858,02	83,42
	Ort	27,94	2,72	92,51	8,99	124,27	12,08	314,02	30,53	530,81	51,61	558,75	54,33
Tem 2009	1	4086,23	397,30	7413,21	720,78	3615,32	351,51	10200,58	991,79	21229,11	2064,08	25315,34	2461,38
	2	3512,02	341,47	6111,79	594,24	4007,14	389,61	11161,69	1085,24	21280,62	2069,09	24792,64	2410,56
	3	2944,18	286,26	4618,04	449,01	3587,79	348,84	8993,57	874,44	17199,40	1672,28	20143,58	1958,54
	Ort	3514,14	341,68	6047,68	588,01	3736,75	363,32	10118,61	983,82	19903,04	1935,15	23417,19	2276,83
TOP	1	8962,84	871,45	13798,65	1341,63	8494,05	825,87	22117,98	2150,51	44410,68	4318,00	53375,52	5189,65
	2	12258,83	1191,91	16052,16	1560,74	11350,77	1103,62	28885,69	2808,53	56288,62	5472,88	68550,45	6665,09
	3	8197,90	797,07	16085,83	1564,01	11172,76	1086,32	27316,78	2655,98	54575,37	5306,31	63333,58	6157,86
	Ort	9806,52	953,48	15312,21	1488,79	10339,19	1005,27	26306,69	2557,77	51758,22	5032,40	61564,75	5985,88
	Yıllık Ort	4903,26	476,74	7656,11	744,40	5169,60	502,63	13153,35	1278,89	25879,11	2516,20	30782,37	2992,94

materyali taşınmamıştır. İki yıl süren çalışma süresince parsellerden taşınan toplam sürüntü materyali ortalama 132803 g (132,8 kg) olarak belirlenmiştir. Bu değer, birim alandan taşınan sürüntü materyali şeklinde hesaplandığında ortalama 6426,94 g m⁻² olmaktadır. Birim alandan yıllık taşınan sürüntü materyali ise ortalama 3213,47 g m⁻² olarak görülmektedir. Taşınan sürüntü materyalinin tane çapı 2 mm den büyük kısmı 500,43 g m⁻² olup, tüm taşınan miktarın % 15,57'sini oluşturmaktadır. 2 mm den küçük tane çapına sahip sürüntü materyali % 84,43'lük oranla 2713,04 g m⁻² olmuştur. 2 mm den küçük tane çapına sahip sürüntü materyali kendi içinde kum, toz ve kil boyutunda sınıflandırılmıştır. Taşınan yıllık kum miktarı 717,55 g m⁻²; toz miktarı 598,52 g m⁻² ve kil miktarı da 1396,97 g m⁻² olarak saptanmıştır. Aylık dönemde en fazla sürüntü materyali taşınması Temmuz 2009'da gerçekleşmiştir. Bu ayda taşınan sürüntü materyali miktarı, düz yamaçlar üzerine kurulan uzun parsellerden taşınan toplam miktarın % 71,62'sini oluşturmaktadır (Tablo 3.14).

Yüzeysel akış parsellerinden elde edilen aylık veriler toplanarak düz yamaçlar üzerine kurulan 5,50 m uzunluğa sahip parsellerden taşınan sürüntü materyali miktarı saptanmıştır. Sürüntü materyali taşınması 2007 yılında eylül, ekim, kasım ve aralık aylarında, 2008 yılında mart, mayıs, haziran, temmuz, eylül, kasım ve aralık aylarında, 2009 yılında ise yalnızca temmuz ayında meydana gelmiştir. Yüzeysel akışın olduğu diğer aylarda, parsel dışına sürüntü materyali taşınmamıştır. İki yıl devam eden çalışma süresince parsel genelinden taşınan toplam sürüntü materyali miktarı ortalama 61564,75 g (61,6 kg) olarak belirlenmiştir. Bu değer, birim alandan taşınan toplam sürüntü materyali miktarı şeklinde hesaplandığında ortalama 5985,88 g olmaktadır. Yıllık taşınan sürüntü materyali miktarı ise ortalama 2992,94 g m⁻² olarak görülmektedir. Tane çapı 2 mm den büyük sürüntü materyali 476,74 g m⁻² olup, tüm taşınan miktarın % 15,93'ünü oluşturmaktadır. 2 mm den küçük tane çapına sahip sürüntü materyali miktarı % 84,07'lik oranla 2516,20 g m⁻² olmuştur. Taşınan yıllık kum miktarı 744,40 g m⁻², toz miktarı 502,63 g m⁻² ve kil miktarı da 1269,17 g m⁻² olarak saptanmıştır. Aylık dönemde en fazla sürüntü materyali taşınması Temmuz 2009'da gerçekleşmiştir. Bu ayda taşınan sürüntü materyali, düz yamaçlar üzerine kurulan kısa parsellerden taşınan toplam miktarın % 38,04'ünü oluşturmaktadır (Tablo 3.15).

3.4.1.2 İçbükey Yamaçlar

İçbükey yamaçlardan taşınan toplam sürüntü materyalinin belirlenmesinde, uzun ve kısa parsellerden ölçülen veriler kullanılmıştır. Taşınan toprak miktarı uzun ve kısa parseller

şeklinde belirlenmiş ve ortalama değerleri alınarak içbükey yamaçlarda taşınan toplam miktar belirlenmiştir (Tablo 3.16, Tablo 3.17).

Tablo 3.16 İçbükey yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) taşınan sürüntü materyali.

AYLAR	Parsel No	SÜRÜNTÜ MATERYALİ											
		> 2 mm (g)		Kum Toz Kil Toplam <2 mm (g)								Taşınan Toplam (g)	
		Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)
Eyl 2007	1	145,23	7,03	79,25	3,84	44,81	2,17	118,14	5,72	242,20	11,72	387,43	18,75
	2	2,05	0,10	2,79	0,14	1,59	0,08	4,15	0,20	8,53	0,41	10,58	0,51
	3	24,14	1,17	10,52	0,51	5,95	0,29	15,68	0,76	32,15	1,56	56,29	2,72
	Ort	57,14	2,77	30,85	1,49	17,45	0,84	45,99	2,23	94,29	4,56	151,43	7,33
Eki 2007	1	109,52	5,30	44,49	2,15	40,61	1,97	88,13	4,27	173,23	8,38	282,75	13,68
	2	4,14	0,20	4,87	0,24	3,87	0,19	11,8	0,57	20,54	0,99	24,68	1,19
	3	13,08	0,63	9,74	0,47	7,74	0,37	23,6	1,14	41,08	1,99	54,16	2,62
	Ort	42,25	2,04	19,70	0,95	17,41	0,84	41,18	1,99	78,28	3,79	120,53	5,83
Kas 2007	1	18,57	0,90	13,12	0,63	11,67	0,56	30,86	1,49	55,65	2,69	74,22	3,59
	2	1,00	0,05	3,39	0,16	3,02	0,15	7,97	0,39	14,38	0,70	15,38	0,74
	3	48,56	2,35	14,08	0,68	12,53	0,61	33,13	1,60	59,74	2,89	108,3	5,24
	Ort	22,71	1,10	10,20	0,49	9,07	0,44	23,99	1,16	43,26	2,09	65,97	3,19
Mar 2008	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	10,00	0,48	1,61	0,08	1,03	0,05	3,00	0,15	5,64	0,27	5,64	0,27
	Ort	3,33	0,16	0,54	0,03	0,34	0,02	1,00	0,05	1,88	0,09	1,88	0,09
Haz 2008	1	-	-	0,49	0,02	0,77	0,04	2,49	0,12	3,75	0,18	3,75	0,18
	2	-	-	0,15	0,01	0,23	0,01	0,4	0,02	0,78	0,04	0,78	0,04
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ort	-	-	0,21	0,01	0,33	0,02	0,96	0,05	1,51	0,07	1,51	0,07
Tem 2008	1	125,93	6,09	63,75	3,09	100,63	4,87	324,13	15,69	488,51	23,64	614,44	29,74
	2	40,04	1,94	15,63	0,76	22,97	1,11	40,92	1,98	79,52	3,85	119,56	5,79
	3	55,07	2,67	7,58	0,37	11,47	0,56	27,32	1,32	46,37	2,24	101,44	4,91
	Ort	73,68	3,57	28,99	1,40	45,02	2,18	130,79	6,33	204,80	9,91	278,48	13,48
Eyl 2008	1	114,37	5,53	57,18	2,77	103,25	5,00	198,32	9,60	358,75	17,36	473,12	22,90
	2	77,13	3,73	123,70	5,99	193,10	9,34	356,96	17,27	673,76	32,61	750,89	36,34
	3	85,02	4,11	115,07	5,57	73,82	3,57	214,71	10,39	403,60	19,53	488,62	23,65
	Ort	92,17	4,46	98,65	4,77	123,39	5,97	256,66	12,42	478,70	23,17	570,88	27,63
Kas 2008	1	-	-	10,59	0,51	7,61	0,37	16,37	0,79	34,57	1,67	34,57	1,67
	2	-	-	3,81	0,18	5,61	0,27	9,99	0,48	19,41	0,94	19,41	0,94
	3	1,81	0,09	8,13	0,39	5,22	0,25	15,17	0,73	28,52	1,38	30,33	1,47
	Ort	0,60	0,03	7,51	0,36	6,15	0,30	13,84	0,67	27,50	1,33	28,10	1,36
Ara 2008	1	2,78	0,13	2,17	0,11	20,10	0,97	42,37	2,05	64,64	3,13	67,42	3,26
	2	-	-	6,51	0,32	9,56	0,46	17,04	0,82	33,11	1,60	33,11	1,60
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ort	0,93	0,04	2,89	0,14	9,89	0,48	19,80	0,96	32,58	1,58	33,51	1,62
Tem 2009	1	19156,41	927,07	15614,68	755,66	11225,44	543,25	24138,27	1168,16	50978,39	2467,07	70134,80	3394,14
	2	12032,03	582,28	11591,96	560,99	7374,15	356,87	16182,35	783,14	35148,46	1700,99	47180,49	2283,28
	3	666,68	32,26	2079,07	100,62	1568,14	75,89	3147,14	152,30	6794,35	328,81	7461,03	361,07
	Ort	10618,37	513,87	9761,90	472,42	6722,58	325,34	14489,25	701,20	30973,73	1498,96	41592,11	2012,83
TOP	1	19672,81	952,06	15885,72	768,78	11554,89	559,19	24959,08	1207,88	52399,69	2535,86	72072,50	3487,91
	2	12156,39	588,30	11752,81	568,77	7614,10	368,48	16631,58	804,88	35998,49	1742,13	48154,88	2330,43
	3	904,36	43,77	2245,80	108,68	1685,90	81,59	3479,75	168,40	7411,45	358,67	8305,81	401,96
	Ort	10911,19	528,04	9961,44	482,08	6951,63	336,42	15023,47	727,05	31936,54	1545,55	42844,40	2073,43
	Yıllık Ort	5455,59	264,02	4980,72	241,04	3475,82	168,21	7511,74	363,53	15968,27	772,78	21422,20	1036,72

Tablo 3.17 İçbükey yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) taşınan sürüntü materyali.

AYLAR	Parsel No	SÜRÜNTÜ MATERYALİ											
		> 2 mm (g)		Toplam <2 mm (g)								Taşınan Toplam (g)	
		Kum		Toz		Kil							
		Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)		
Eyl 2007	1	30,67	2,98	21,62	2,10	15,07	1,47	35,05	3,41	71,74	6,98	102,41	9,96
	2	13,72	1,33	12,03	1,17	8,38	0,81	19,49	1,89	39,90	3,88	53,62	5,21
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ort	14,80	1,44	11,22	1,09	7,82	0,76	18,18	1,77	37,21	3,62	52,01	5,06
Ekim 2007	1	22,12	2,15	13,40	1,30	9,77	0,95	19,03	1,85	42,20	4,10	64,32	6,25
	2	10,07	0,98	11,50	1,12	8,38	0,81	16,34	1,59	36,22	3,52	46,29	4,50
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ort	10,73	1,04	8,30	0,81	6,05	0,59	11,79	1,15	26,14	2,54	36,87	3,58
Kas 2007	1	1,22	0,12	3,13	0,30	2,28	0,22	4,45	0,43	9,86	0,96	11,08	1,08
	2	7,85	0,76	10,12	0,98	7,37	0,72	14,38	1,40	31,87	3,10	39,72	3,86
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ort	3,02	0,29	4,42	0,43	3,22	0,31	6,28	0,61	13,91	1,35	16,93	1,65
Mar 2008	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	1,28	0,12	1,56	0,15	2,60	0,25	5,44	0,53	5,44	0,53
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ort	-	-	0,43	0,04	0,52	0,05	0,87	0,08	1,81	0,18	1,81	0,18
May 2008	1	-	-	0,56	0,05	0,60	0,06	0,87	0,08	2,03	0,20	2,03	0,20
	2	1,96	0,19	3,41	0,33	4,17	0,41	6,92	0,67	14,50	1,41	16,46	1,60
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ort	0,65	0,06	1,32	0,13	1,59	0,15	2,60	0,25	5,51	0,54	6,16	0,60
Tem 2008	1	36,51	3,55	22,99	2,24	24,80	2,41	36,57	3,56	84,36	8,20	120,87	11,75
	2	476,91	46,37	29,53	2,87	36,06	3,51	59,85	5,82	125,44	12,20	602,35	58,57
	3	20,02	1,95	8,36	0,81	9,61	0,93	15,07	1,47	33,04	3,21	53,06	5,16
	Ort	177,81	17,29	20,29	1,97	23,49	2,28	37,16	3,61	80,95	7,87	258,76	25,16
Eyl 2008	1	29,32	2,85	37,08	3,61	25,60	2,49	50,98	4,96	113,66	11,05	142,98	13,90
	2	25,79	2,51	86,45	8,41	36,34	3,53	100,55	9,78	223,34	21,72	249,13	24,22
	3	80,18	7,80	121,97	11,86	114,93	11,17	296,43	28,82	533,33	51,86	613,51	59,65
	Ort	45,10	4,38	81,83	7,96	58,96	5,73	149,32	14,52	290,11	28,21	335,21	32,59
Kas 2008	1	-	-	7,08	0,69	7,64	0,74	11,27	1,10	25,99	2,53	25,99	2,53
	2	2,53	0,25	6,20	0,60	7,57	0,74	12,55	1,22	26,32	2,56	28,85	2,81
	3	-	-	6,52	0,63	4,60	0,45	10,70	1,04	21,82	2,12	21,82	2,12
	Ort	0,84	0,08	6,60	0,64	6,60	0,64	11,51	1,12	24,71	2,40	25,55	2,48
Ara 2008	1	4,76	0,46	3,46	0,34	3,73	0,36	5,51	0,54	12,70	1,23	17,46	1,70
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ort	1,59	0,15	1,15	0,11	1,24	0,12	1,84	0,18	4,23	0,41	5,82	0,57
Tem 2009	1	-	-	43,08	4,19	56,54	5,50	95,15	9,25	194,77	18,94	194,77	18,94
	2	5071,46	493,09	8162,08	793,59	6012,57	584,60	11024,73	1071,92	25199,38	2450,11	30270,84	2943,20
	3	2930,75	284,95	4695,79	456,57	3315,51	322,36	7709,45	749,58	15720,75	1528,51	18651,50	1813,47
	Ort	2667,40	259,35	4300,32	418,12	3128,21	304,15	6276,44	610,25	13704,97	1332,52	16372,37	1591,87
TOP	1	124,60	12,11	152,40	14,82	146,03	14,20	258,88	25,17	557,31	54,19	681,91	66,30
	2	5610,29	545,48	8322,60	809,20	6122,40	595,27	11257,41	1094,55	25702,41	2499,02	31312,70	3044,50
	3	3030,95	294,70	4832,64	469,87	3444,65	334,92	8031,65	780,91	16308,94	1585,70	19339,89	1880,40
	Ort	2921,95	284,10	4435,88	431,30	3237,69	314,80	6515,98	633,54	14189,55	1379,64	17111,50	1663,73
	Yıllık Ort	1460,97	142,05	2217,94	215,65	1618,85	157,40	3257,99	316,77	7094,78	689,82	8555,75	831,87

İçbükey yamaçlar üzerine tesis edilen 11,05 m uzunluğundaki parsellerden taşınan sürüntü materyali miktarını gösteren tablo incelendiğinde, taşınan yıllık sürüntü materyali ortalama 1036,72 g m⁻² olarak görülmektedir (Tablo 3.16). İki yıllık gözlem süresi içinde parselden

taşınan toplam sürüntü materyali 42844,4 g (42,8 kg) olmuştur. Yüzeysel akışın olduğu ve toprak taşınmasının gerçekleştiği aylar içinde, taşınma miktarı ve oranı en yüksek ay Temmuz 2009 olmuştur. Toplam miktarın % 97,08'i bu ayda parsel dışına taşınmıştır.

Taşınan sürüntü materyali tane çapı bakımından sınıflandırıldığında, 2 mm den büyük taneler toplam miktarın % 25,47'sini meydana getirmektedir. 772,78 g m⁻² olarak saptanan 2 mm den küçük çaplı taneler, taşınan toplam miktarın % 74,54'ünü oluşturmaktadır. Taşınan kum, toz ve kil miktarları sırasıyla 241,04 g m⁻²; 168,21 g m⁻² ve 363,53 g m⁻² olarak saptanmıştır. Kum, toz ve kil fraksiyonlarının toplam taşınan materyale oranı sırasıyla % 23,25; % 16,23 ve % 35,07 olmuştur (Tablo 3.16).

İçbükey yamaçlar üzerine tesis edilen 5,50 m uzunluğundaki parsellerden taşınan sürüntü materyali miktarını gösteren tablo incelendiğinde, taşınan yıllık sürüntü materyali, ortalama 831,87 g m⁻² olarak görülmektedir. İki yıllık gözlem süresi içinde parselden taşınan toplam sürüntü materyali 17111,5 g (17,1 kg) olmuştur. Yüzeysel akışın olduğu ve taşınmanın gerçekleştiği aylar içinde, taşınma miktarı ve oranı en yüksek ay Temmuz 2009 olmuştur. Toplam miktarın % 95,7'si bu ayda taşınmıştır. Taşınan sürüntü materyali, tane çapı bakımından sınıflandırıldığında, 2 mm den büyük taneler toplam taşınan miktarın % 17,1'ini meydana getirmektedir. 689,82 g m⁻² olarak saptanan 2 mm den küçük çaplı taneler, taşınan toplamın % 82,9'unu oluşturmaktadır. Taşınan kum, toz ve kil miktarları sırasıyla 215,65 g m⁻²; 157,4 g m⁻² ve 316,77 g m⁻² olarak saptanmıştır. Kum, toz ve kil fraksiyonlarının toplam taşınan materyale oranı sırasıyla % 25,9; % 18,9 ve % 38,1 olmuştur (Tablo 3.17).

3.4.1.3 Dışbükey Yamaçlar

Dışbükey yamaçlar üzerine tesis edilen uzun parsellerden (11,05 m) taşınan yıllık sürüntü materyali miktarı ortalama 2117,83 g m⁻² olarak saptanmıştır. İki yıllık gözlem süresi içinde parselden taşınan toplam sürüntü materyali 87523,61 g (87,5 kg) olmuştur. Yüzeysel akışın olduğu ve taşınmanın gerçekleştiği aylar içinde, taşınma miktarı ve oranı en yüksek olan ay Temmuz 2009 olarak görülmektedir. Toplam taşınan miktarın % 80,16'sı bu ayda taşınmıştır. Dışbükey yamaçlar üzerinde yer alan uzun parsellerden taşınan sürüntü materyali, tane çapı bakımından sınıflandırıldığında; 2 mm den büyük taneler 431,66 g m⁻² olup, toplam taşınan miktarın % 20,38'ini meydana getirmektedir. 1686,18 g m⁻² olarak saptanan 2 mm den küçük taneler, toplam miktarın % 79,62'sini oluşturmaktadır. Taşınan kum, toz ve kil miktarları

Tablo 3.18 Dışbükey yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) taşınan sürüntü materyali.

AYLAR	Parsel No	SÜRÜNTÜ MATERYALİ											
		> 2 mm (g)		Kum Toz Kil Toplam <2 mm (g)								Taşınan Toplam (g)	
		Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)
Eyl 2007	1	32,17	1,56	37,53	1,82	17,81	0,86	41,26	2,00	96,6	4,67	128,77	6,23
	2	5,96	0,29	17,97	0,87	11,12	0,54	24,49	1,19	53,58	2,59	59,54	2,88
	3	641,76	31,06	464,98	22,50	379,93	18,39	803,36	38,88	1648,27	79,77	2290,03	110,82
	Ort	226,63	10,97	173,49	8,40	136,29	6,60	289,70	14,02	599,48	29,01	826,11	39,98
Eki 2007	1	3,31	0,16	7,62	0,37	6,41	0,31	16,35	0,79	30,38	1,47	33,69	1,63
	2	71,35	3,45	75,46	3,65	43,74	2,12	147,83	7,15	267,03	12,92	338,38	16,38
	3	364,82	17,66	211,87	10,25	249,57	12,08	505,12	24,45	966,56	46,78	1331,38	64,43
	Ort	146,49	7,09	98,32	4,76	99,91	4,83	223,10	10,80	421,32	20,39	567,82	27,48
Kas 2007	1	9,07	0,44	17,71	0,86	15,69	0,76	34,86	1,69	68,26	3,30	77,33	3,74
	2	3,16	0,15	4,32	0,21	4,57	0,22	9,3	0,45	18,19	0,88	21,35	1,03
	3	14,41	0,70	28,8	1,39	36,4	1,76	68,44	3,31	133,64	6,47	148,05	7,16
	Ort	8,88	0,43	16,94	0,82	18,89	0,91	37,53	1,82	73,36	3,55	82,24	3,98
Ara 2007	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	2,85	0,14	3,53	0,17	4,46	0,22	8,38	0,41	16,37	0,79	19,22	0,93
	Ort	0,95	0,05	1,18	0,06	1,49	0,07	2,79	0,14	5,46	0,26	6,41	0,31
Mar 2008	1	-	-	1,32	0,06	1,71	0,08	3,8	0,18	6,83	0,33	6,83	0,33
	2	5,21	0,25	1,15	0,06	1,32	0,06	2,87	0,14	5,34	0,26	10,55	0,51
	3	-	-	1,06	0,05	1,11	0,05	2,74	0,13	4,91	0,24	4,91	0,24
	Ort	1,74	0,08	1,18	0,06	1,38	0,07	3,14	0,15	5,69	0,28	7,43	0,36
May 2008	1	-	-	0,91	0,04	1,03	0,05	3,16	0,15	5,1	0,25	5,1	0,25
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	4,01	0,19	8,39	0,41	9,51	0,46	29,23	1,41	47,13	2,28	51,14	2,47
	Ort	1,34	0,06	3,10	0,15	3,51	0,17	10,80	0,52	17,41	0,84	18,75	0,91
Haz 2008	1	-	-	0,41	0,02	0,46	0,02	1,2	0,06	2,07	0,10	2,07	0,10
	2	-	-	0,76	0,04	0,86	0,04	2,22	0,11	3,84	0,19	3,84	0,19
	3	9,09	0,44	26,91	1,30	30,31	1,47	78,76	3,81	136	6,58	145,07	7,02
	Ort	3,03	0,15	9,36	0,45	10,54	0,51	27,39	1,33	47,30	2,29	50,33	2,44
Tem 2008	1	964,94	46,70	700,6	33,91	912,78	44,17	2026,09	98,05	3639,47	176,13	4604,41	222,83
	2	157,55	7,62	58,28	2,82	66,9	3,24	145,13	7,02	270,31	13,08	427,86	20,71
	3	375,27	18,16	214,89	10,40	226,48	10,96	557,67	26,99	999,04	48,35	1374,31	66,51
	Ort	499,25	24,16	324,59	15,71	402,05	19,46	909,63	44,02	1636,27	79,19	2135,53	103,35
Eyl 2008	1	1164,91	56,38	3340,26	161,65	4189,45	202,75	10693,21	517,49	18222,92	881,89	19387,83	938,26
	2	142,86	6,91	508,18	24,59	727,83	35,22	1924,33	93,13	3160,34	152,94	3303,2	159,86
	3	2302,64	111,44	3139,19	151,92	3580,32	173,27	8813,34	426,52	15532,85	751,70	17835,49	863,14
	Ort	1203,47	58,24	2329,21	112,72	2832,53	137,08	7143,63	345,71	12305,37	595,51	13508,84	653,75
Kas 2008	1	2,28	0,11	12,75	0,62	13,38	0,65	34,08	1,65	60,21	2,91	62,49	3,02
	2	-	-	7,77	0,38	10,56	0,51	25,04	1,21	43,37	2,10	43,37	2,10
	3	1,12	0,05	8,17	0,40	14,75	0,71	32,76	1,59	55,68	2,69	56,8	2,75
	Ort	1,13	0,05	9,56	0,46	12,90	0,62	30,63	1,48	53,09	2,57	54,22	2,62
Ara 2008	1	3,52	0,17	17,76	0,86	17,84	0,86	43,29	2,09	78,89	3,82	82,41	3,99
	2	1,29	0,06	8,99	0,44	10,03	0,49	25,26	1,22	44,28	2,14	45,57	2,21
	3	6,75	0,33	33,7	1,63	42,18	2,04	110,19	5,33	186,07	9,00	192,82	9,33
	Ort	3,85	0,19	20,15	0,98	23,35	1,13	59,58	2,88	103,08	4,99	106,93	5,17
Tem 2009	1	5682,22	274,99	5067,57	245,24	3748,7	181,42	10437,43	505,11	19253,7	931,77	24935,92	1206,76
	2	20779,6	1005,62	21744,9	1052,33	14504,3	701,93	40696,67	1969,50	76945,87	3723,76	97725,43	4729,37
	3	20765,1	1004,92	18914,97	915,38	13799,01	667,80	34336,6	1661,70	67050,58	3244,88	87815,67	4249,80
	Ort	15742,29	761,84	15242,48	737,65	10684,00	517,05	28490,23	1378,77	54416,72	2633,47	70159,01	3395,31
TOP	1	7862,42	380,50	9204,44	445,44	8925,26	431,93	23334,73	1129,27	41464,43	2006,65	49326,85	2387,15
	2	21166,94	1024,36	22427,78	1085,38	15381,23	744,37	43003,14	2081,12	80812,15	3910,86	101979,09	4935,23
	3	24487,81	1185,08	23056,46	1115,81	18374,03	889,20	45346,59	2194,53	86777,10	4199,54	111264,89	5384,61
	Ort	17839,06	863,31	18229,56	882,21	14226,84	688,50	37228,15	1801,64	69684,56	3372,35	87523,61	4235,66
	Yıllık Ort	8919,53	431,66	9114,78	441,11	7113,42	344,25	18614,08	900,82	34842,28	1686,18	43761,81	2117,83

sırasıyla 441,11g m⁻²; 344,25 g m⁻² ve 900,82 g m⁻² olarak saptanmıştır. Kum, toz ve kil fraksiyonlarının, taşınan toplam sürüntü materyaline oranı sırasıyla % 20,83, % 16,25 ve % 42,54 olmuştur (Tablo 3.18).

Tablo 3.19 Dışbükey yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) taşınan sürüntü materyali.

AYLAR	Parsel No	SÜRÜNTÜ MATERYALİ													
		> 2 mm (g)		Kum				Toz		Kil		Toplam <2 mm (g)		Taşınan Toplam (g)	
		Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)	Parsel	Birim Alan (m ²)
Eyl 2007	1	3,43	0,33	1,47	0,14	0,66	0,06	1,44	0,14	3,57	0,35	7,00	0,68		
	2	5,48	0,53	7,45	0,72	3,36	0,33	7,34	0,71	18,15	1,76	23,63	2,30		
	3	88,56	8,61	234,82	22,83	105,83	10,29	231,11	22,47	571,76	55,59	660,32	64,20		
	Ort	32,49	3,16	81,25	7,90	36,62	3,56	79,96	7,77	197,83	19,23	230,32	22,39		
Eki 2007	1	9,41	0,91	6,44	0,63	4,86	0,47	11,24	1,09	22,54	2,19	31,95	3,11		
	2	29,12	2,83	23,71	2,31	21,15	2,06	50,54	4,91	95,40	9,28	124,52	12,11		
	3	184,00	17,89	150,69	14,65	97,88	9,52	217,97	21,19	466,54	45,36	650,54	63,25		
	Ort	74,18	7,21	60,28	5,86	41,30	4,02	93,25	9,07	194,83	18,94	269,00	26,15		
Kas 2007	1	-	-	0,91	0,09	0,97	0,09	1,97	0,19	3,85	0,37	3,85	0,37		
	2	3,25	0,32	1,38	0,13	1,49	0,14	3,00	0,29	5,87	0,57	9,12	0,89		
	3	13,20	1,28	18,55	1,80	19,86	1,93	40,45	3,93	78,86	7,67	92,06	8,95		
	Ort	5,48	0,53	6,95	0,68	7,44	0,72	15,14	1,47	29,53	2,87	35,01	3,40		
Mar 2008	1	-	-	1,14	0,11	0,99	0,10	3,17	0,31	5,30	0,52	5,30	0,52		
	2	-	-	1,19	0,12	1,35	0,13	3,43	0,33	5,97	0,58	5,97	0,58		
	3	-	-	1,39	0,14	1,14	0,11	2,50	0,24	5,03	0,49	5,03	0,49		
	Ort	-	-	1,24	0,12	1,16	0,11	3,03	0,29	5,43	0,53	5,43	0,53		
Mayı 2008	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	2	2,65	0,26	4,73	0,46	5,36	0,52	13,69	1,33	23,78	2,31	26,43	2,57		
	3	0,90	0,09	3,45	0,34	2,83	0,28	6,20	0,60	12,48	1,21	13,38	1,30		
	Ort	1,18	0,12	2,73	0,27	2,73	0,27	6,63	0,64	12,09	1,18	13,27	1,29		
Haz 2008	1	-	-	0,68	0,07	0,59	0,06	1,87	0,18	3,14	0,31	3,14	0,31		
	2	-	-	0,53	0,05	0,60	0,06	1,52	0,15	2,65	0,26	2,65	0,26		
	3	-	-	0,84	0,08	0,69	0,07	1,50	0,15	3,03	0,29	3,03	0,29		
	Ort	-	-	0,68	0,07	0,63	0,06	1,63	0,16	2,94	0,29	2,94	0,29		
Tem 2008	1	269,15	26,17	169,96	16,53	147,53	14,34	469,36	45,64	786,85	76,50	1056,00	102,67		
	2	274,60	26,70	213,50	20,76	241,71	23,50	617,63	60,05	1072,84	104,31	1347,44	131,01		
	3	67,83	6,60	75,39	7,33	61,86	6,01	135,13	13,14	272,38	26,48	340,21	33,08		
	Ort	203,86	19,82	152,95	14,87	150,37	14,62	407,37	39,61	710,69	69,10	914,55	88,92		
Eyl 2008	1	552,20	53,69	902,59	87,76	1183,89	115,11	2763,53	268,70	4850,01	471,56	5402,21	525,25		
	2	277,50	26,98	829,03	80,61	1020,59	99,23	2605,16	253,30	4454,78	433,13	4732,28	460,11		
	3	390,94	38,01	1754,86	170,62	1317,38	128,09	3089,50	300,39	6161,74	599,10	6552,68	637,11		
	Ort	406,88	39,56	1162,16	113,00	1173,95	114,14	2819,40	274,13	5155,51	501,26	5562,39	540,83		
Kas 2008	1	-	-	10,03	0,98	8,70	0,85	27,69	2,69	46,42	4,51	46,42	4,51		
	2	-	-	9,30	0,90	10,53	1,02	26,90	2,62	46,73	4,54	46,73	4,54		
	3	-	-	15,22	1,48	12,49	1,21	27,29	2,65	55,00	5,35	55,00	5,35		
	Ort	-	-	11,52	1,12	10,57	1,03	27,29	2,65	49,38	4,80	49,38	4,80		
Ara 2008	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	2	-	-	9,38	0,91	17,34	1,69	38,21	3,72	64,93	6,31	64,93	6,31		
	3	2,19	0,21	3,54	0,34	6,54	0,64	14,41	1,40	24,49	2,38	26,68	2,59		
	Ort	0,73	0,07	4,31	0,42	7,96	0,77	17,54	1,71	29,81	2,90	30,54	2,97		
Tem 2009	1	2912,12	283,14	4158,04	404,28	2818,48	274,04	6554,36	637,27	13530,88	1315,59	16443,00	1598,74		
	2	3854,57	374,78	5338,82	519,09	4459,92	433,63	12010,16	1167,74	21808,90	2120,46	25663,47	2495,23		
	3	135,01	13,13	166,80	16,22	141,19	13,73	324,29	31,53	632,28	61,48	767,29	74,60		
	Ort	2300,57	223,68	3221,22	313,20	2473,20	240,47	6296,27	612,18	11990,69	1165,84	14291,25	1389,52		
TOP	1	3746,31	364,25	5251,26	510,57	4166,67	405,12	9834,63	956,21	19252,56	1871,91	22998,87	2236,16		
	2	4447,17	432,39	6439,02	626,06	5783,40	562,31	15377,58	1495,15	27600,0	2683,52	32047,17	3115,91		
	3	882,63	85,82	2425,55	235,83	1767,69	171,87	4090,35	397,70	8283,59	805,40	9166,22	891,22		
	Ort	3025,37	294,15	4705,28	457,49	3905,92	379,77	9767,52	949,69	18378,72	1786,94	21404,09	2081,10		
	Yıllık Ort	1512,69	147,08	2352,64	228,74	1952,96	189,88	4883,76	474,84	9189,36	893,47	10702,04	1040,55		

Dışbükey yamaçlar üzerine tesis edilen 5,50 m uzunluğundaki parsellerden taşınan yıllık sürüntü materyali miktarı ortalama 1040,55 g m⁻² olarak saptanmıştır. İki yıllık gözlem süresi içinde parselden taşınan toplam sürüntü materyali 21404,09 g (21,4 kg) olmuştur. Yüzeysel akışın olduğu ve taşınmanın gerçekleştiği aylar içinde, taşınma miktarı ve oranı en yüksek olan ay Temmuz 2009 olarak görülmektedir. Toplam miktarın % 66,77'si bu ayda taşınmıştır. Dışbükey yamaçlar üzerinde yer alan kısa parsellerden taşınan sürüntü materyali, tane çapı bakımından sınıflandırıldığında; 2 mm den büyük taneler, toplam taşınan miktarın % 14,13'ünü meydana getirmektedir. 893,47 g m⁻² olarak saptanan 2 mm den küçük çaplı taneler, taşınan toplamın % 85,87'sini oluşturmaktadır. Taşınan kum, toz ve kil miktarları sırasıyla 228,74 g m⁻²; 189,88 g m⁻² ve 474,84 g m⁻² olarak saptanmıştır. Kum, toz ve kil fraksiyonlarının, taşınan toplam materyale oranı sırasıyla % 21,98; % 18,25 ve % 45,63 olmuştur (Tablo 3.19).

3.4.2 Sürüntü Materyalinin Karşılaştırılması

3.4.2.1 Farklı Yamaç Şekillerinin Karşılaştırılması

Farklı yamaç şekillerinden taşınan toprakların 2 mm den küçük taneli olanlar kum, toz ve kil; 2 mm den büyük olanlar ise toprağın iskelet kısmı olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre farklı yamaç şekline sahip parsellerden taşınan sürüntü materyali miktarları arasındaki fark ortaya konmuştur.

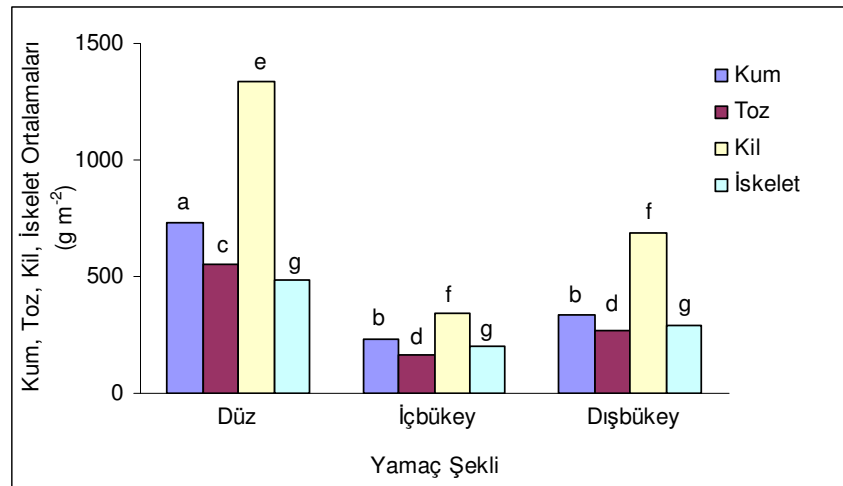
Tablo 3.20 Farklı yamaç şekillerinden taşınan sürüntü materyalinin tane boyutu içeriklerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Taşınan Boyut	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Kum	Gruplar Arası	841266,333	2	420633,167	12,978	0,001*
	Gruplar İçi	486181,256	15	32412,084		
	Toplam	1327447,590	17			
Toz	Gruplar Arası	482974,316	2	241487,158	10,163	0,002*
	Gruplar İçi	356410,098	15	23760,673		
	Toplam	839384,414	17			
Kil	Gruplar Arası	3044428,530	2	1522214,265	11,821	0,001*
	Gruplar İçi	1931551,148	15	128770,077		
	Toplam	4975979,678	17			
İskelet	Gruplar Arası	257224,091	2	128612,046	3,470	0,058 ^{NS}
	Gruplar İçi	555880,970	15	37058,731		
	Toplam	813105,062	17			

* : Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark (P<0,05) bulunmaktadır.

^{NS}: Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark (P>0,05) yoktur.

Varyans analizi sonuçlarına göre düz, içbükey ve dışbükey yamaçlardan taşınan kum, toz ve kil miktarları arasında istatistiki olarak anlamlı fark ($P<0,05$) bulunmuştur. 2 mm den büyük iskelet miktarı arasında ise fark ($P>0,05$) bulunmamıştır (Tablo 3.20). Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlardan taşınan kum, toz ve kil taneciklerinin miktarları karşılaştırıldığında; içbükey ve dışbükey yamaçlar arasında fark olmadığı, buna karşılık düz yamaçlardan taşınan kum, toz ve kil taneciklerinin diğer iki yamaca göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Taşınan topraklara ait kum, toz, kil ve iskelet değerlerinin farklı yamaç şekillerine göre değişimi. Farklı harfler ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) olduğunu göstermektedir.

3.4.2.2 Farklı Uzunluktaki Parsellerin Karşılaştırılması

Taşınan sürüntü materyali tane boyutu bakımından iskelet, kum, toz ve kil olarak sınıflandırılmış ve parsel uzunluklarına göre aralarındaki fark durumu t testi ile değerlendirilmiştir. Taşınan ortalama iskelet miktarı düz, içbükey ve dışbükey eğimlerde, % 95 güven düzeyinde, parsel uzunlukları arasında farklılık ($P>0,05$) oluşturmamıştır (Tablo 3.21).

Tablo 3.21 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerden taşınan iskelet miktarına ilişkin t testi sonuçları.

Yamaç	Parsel	Ortalamalar Farkı	Standart Hata	Serbestlik Derecesi	t değeri	Önem Düzeyi (P)
Düz	Uzun-Kısa	23,55	165,15896	2,607	0,143	0,897 ^{NS}
İçbükey	Uzun-Kısa	121,97	152,80111	3,221	0,798	0,479 ^{NS}
Dışbükey	Uzun-Kısa	284,58	133,85402	2,719	2,126	0,133 ^{NS}

^{NS}: Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P>0,05$) yoktur.

Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerden taşınan ortalama kum miktarında % 95 güven düzeyinde, parsel uzunlukları arasında farklılık ($P>0,05$) bulunmamıştır (Tablo 3. 22).

Tablo 3.22 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerden taşınan kum miktarına ilişkin t testi sonuçları.

Yamaç	Parsel	Ortalamalar Farkı	Standart Hata	Serbestlik Derecesi	t değeri	Önem Düzeyi (P)
Düz	Uzun-Kısa	-27,08	177,01433	2,180	-0,153	0,891 ^{NS}
İçbükey	Uzun-Kısa	25,39	150,95443	3,898	0,168	0,875 ^{NS}
Dışbükey	Uzun-Kısa	212,35667	123,65501	3,040	1,717	0,183 ^{NS}

^{NS}: Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P>0,05$) yoktur.

Taşınan ortalama toz miktarı bakımından düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda, % 95 güven düzeyinde, parsel uzunlukları arasında farklılık ($P>0,05$) bulunmamıştır (Tablo 3.23).

Tablo 3.23 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerden taşınan toz miktarına ilişkin t testi sonuçları.

Yamaç	Parsel	Ortalamalar Farkı	Standart Hata	Serbestlik Derecesi	t değeri	Önem Düzeyi (P)
Düz	Uzun-Kısa	95,69667	177,43288	2,273	0,539	0,638 ^{NS}
İçbükey	Uzun-Kısa	10,81	108,97943	3,862	0,099	0,926 ^{NS}
Dışbükey	Uzun-Kısa	154,36333	88,13088	3,885	1,752	0,157 ^{NS}

^{NS}: Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P>0,05$) yoktur.

Taşınan ortalama kil miktarı bakımından düz, içbükey ve dışbükey yamaç şekillerinde, % 95 güven düzeyinde, parsel uzunlukları arasında farklılık ($P>0,05$) bulunmamıştır (Tablo 3.24).

Tablo 3.24 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerden taşınan kil miktarına ilişkin t testi sonuçları.

Yamaç	Parsel	Ortalamalar Farkı	Standart Hata	Serbestlik Derecesi	t değeri	Önem Düzeyi (P)
Düz	Uzun-Kısa	127,26	412,64969	2,246	0,308	0,784 ^{NS}
İçbükey	Uzun-Kısa	46,75667	219,24897	3,991	0,213	0,842 ^{NS}
Dışbükey	Uzun-Kısa	425,97667	231,5512	3,984	1,840	0,140 ^{NS}

^{NS}: Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P>0,05$) yoktur.

Yamaç şekilleri kendi içinde uzun ve kısa parsellerden taşınan sürüntü materyali miktarı açısından değerlendirildiğinde, yamaç uzunluğunun her üç yamaç şeklinde de taşınan sürüntü materyali miktarı üzerinde etkili olmadığı ($P>0,05$) görülmüştür.

3.4.3 Askıda Sediment

Yüzeysel akışla birlikte taşınan askıda sediment miktarının belirlenmesi, sürüntü materyali taşınmasında olduğu gibi üç farklı yamaç şekli üzerine tesis edilen iki farklı uzunluktaki yüzeysel akış parsellerinden elde edilen veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.4.3.1 Düz Yamaçlar

Araştırma alanından taşınan askıda sediment miktarı, yüzeysel akış parselleri kullanılarak aylık periyotlar halinde belirlenmiştir. Parsellerden taşınan toplam sediment miktarı (g) ile birim alandan taşınan sediment miktarı (g m^{-2}) Tablo 3.25'te görülmektedir. 24 ay sürdürülen arazi çalışmalarının tamamında yüzeysel akış gerçekleşmediğinden, Tablo 3.25'te yüzeysel akışın olduğu aylar yer almıştır. Tablodan da görüldüğü gibi toplam 16 ayda yüzeysel akış olmuş ve sediment taşınmıştır. Düz yamaçlar üzerinde oluşturulan 11,05 m uzunluğundaki yüzeysel akış parsellerinde birim alandan taşınan yıllık askıda sediment miktarı ortalama $809,68 \text{ g m}^{-2}$ olarak saptanmıştır. Aylık dönemler şeklinde değerlendirildiğinde, birim alandaki en yüksek sediment verimi Temmuz 2009'da meydana gelmiştir. Taşınan sediment miktarı $802,15 \text{ g m}^{-2}$ olmuştur. Bu değer toplam askıda sedimentin % 49,53'ünü oluşturmaktadır. $2,65 \text{ g m}^{-2}$ askıda sediment taşınan Haziran 2008 dönemi, toplam sedimentin % 0,16'sını oluşturmuştur. Aylık dönemlere göre değerlendirme yapıldığında, en az askıda sediment taşınan ayın Haziran 2008 olduğu görülmektedir.

Kısa parsellerden taşınan toplam askıda sediment miktarı (g) ile birim alandan taşınan askıda sediment miktarı (g m^{-2}) Tablo 3.26'da görülmektedir. Arazi çalışmaları süresince toplam 16 ayda yüzeysel akış olmuş, yüzeysel akış gerçekleşen aylar, Tablo 3.26'da yer almıştır. Düz yamaçlar üzerinde oluşturulan 5,50 m uzunluğundaki yüzeysel akış parsellerinde birim alandan taşınan yıllık askıda sediment miktarı ortalama $766,53 \text{ g m}^{-2}$ olarak saptanmıştır.

Aylık dönemler şeklinde değerlendirildiğinde, birim alandan en yüksek askıda sediment verimi Temmuz 2009'da meydana gelmiştir. Taşınan sediment miktarı $678,71 \text{ g m}^{-2}$ olmuştur. Bu miktar taşınan toplam askıda sedimentin % 44,26'sını oluşturmaktadır. $5,14 \text{ g m}^{-2}$ askıda sediment taşınan Mayıs 2008 dönemi, toplam sedimentin % 0,34'ünü oluşturmuştur. Aylık dönemler şeklinde değerlendirme yapıldığında, en az askıda sediment taşınan ay Mayıs 2008'dir.

Tablo 3.25 Düz yamaçlarda uzun parsellerden (11,05x1,87 m) taşınan askıda sediment miktarı.

AYLAR	Parsel						
	1		2		3		Ortalama Taşınan Sediment (g m ⁻²)
	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	
Eylül 2007	93,12	4,51	61,74	2,99	60,07	2,91	3,47
Ekim 2007	1028,63	49,78	784,51	37,97	709,08	34,32	40,69
Kasım 2007	1855,71	89,81	1305,25	63,17	1364,90	66,05	73,01
Aralık 2007	2248,37	108,81	1784,67	86,37	1616,14	78,21	91,13
Mart 2008	2216,47	107,26	1757,43	85,05	1652,99	80,00	90,77
Mayıs 2008	84,39	4,08	57,89	2,80	47,93	2,32	3,07
Haziran 2008	64,53	3,12	54,14	2,62	45,37	2,20	2,65
Temmuz 2008	2685,4	129,96	2197,36	106,34	1876,53	90,81	109,04
Eylül 2008	945,60	45,76	574,00	27,78	733,50	35,50	36,35
Ekim 2008	179,80	8,70	144,15	6,98	129,93	6,29	7,32
Kasım 2008	800,40	38,73	625,39	30,27	570,84	27,63	32,21
Aralık 2008	966,15	46,76	1042,20	50,44	1908,00	92,34	63,18
Ocak 2009	1905,30	92,21	1491,39	72,18	1405,80	68,03	77,47
Şubat 2009	1771,90	85,75	1391,51	67,34	1312,08	63,50	72,20
Mart 2009	2792,7	135,15	2235,95	108,21	2079,945	100,66	114,67
Temmuz 2009	21714,26	1050,85	16103,68	779,33	11907,82	576,27	802,15
TOPLAM	41352,72	2001,24	31611,26	1529,81	27420,91	1327,02	1619,36
YILLIK	20676,36	1000,62	15805,63	764,91	13710,46	663,51	809,68

Tablo 3.26 Düz yamaçlarda kısa parsellerden (5,50x1,87 m) taşınan askıda sediment miktarı.

AYLAR	Parsel						
	1		2		3		Ortalama Taşınan Sediment (g m ⁻²)
	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	
Eylül 2007	106,49	10,35	90,91	8,84	83,59	8,13	9,11
Ekim 2007	347,33	33,77	503,28	48,93	331,46	32,23	38,31
Kasım 2007	839,24	81,60	1251,98	121,73	813,54	79,10	94,14
Aralık 2007	786,81	76,50	1226,32	119,23	814,76	79,22	91,65
Mart 2008	740,33	71,98	1078,90	104,90	760,16	73,91	83,60
Mayıs 2008	43,37	4,22	52,42	5,10	62,83	6,11	5,14
Haziran 2008	58,38	5,68	52,14	5,07	79,29	7,71	6,15
Temmuz 2008	1059,57	103,02	1395,03	135,64	1034,86	100,62	113,09
Eylül 2008	815,20	79,26	703,30	68,38	318,18	30,94	59,53
Ekim 2008	63,14	6,14	94,19	9,16	69,19	6,73	7,34
Kasım 2008	249,80	24,29	371,28	36,10	330,06	32,09	30,83
Aralık 2008	356,00	34,61	853,00	82,94	1184,80	115,20	77,58
Ocak 2009	609,39	59,25	907,73	88,26	628,32	61,09	69,53
Şubat 2009	532,53	51,78	810,81	78,83	546,04	53,09	61,23
Mart 2009	936,96	91,10	1423,70	138,42	944,35	91,82	107,11
Temmuz 2009	6078,52	591,01	8723,47	848,17	6139,72	596,96	678,71
TOPLAM	13623,04	1324,55	19538,43	1899,70	14141,14	1374,93	1533,06
YILLIK	6811,52	662,28	9769,21	949,85	7070,57	687,46	766,53

3.4.3.2 İçbükey Yamaçlar

İçbükey yamaçlar üzerine tesis edilen 11,05 m uzunluğundaki yüzeysel akış parsellerinde, birim alandan taşınan askıda sediment miktarı ortalama $376,33 \text{ g m}^{-2}$ olarak saptanmıştır. Taşınan toplam askıda sedimentin % 41,66'sı, $313,53 \text{ g m}^{-2}$ ile Temmuz 2009'da gerçekleşmiştir. Bu miktar, aylık en yüksek sediment verimini göstermektedir. $1,21 \text{ g m}^{-2}$ sediment taşınan Mayıs 2008; % 0,16 oranla en düşük askıda sediment taşınmasının meydana geldiği ay olmuştur (Tablo 3.27).

Tablo 3.27 İçbükey yamaçlarda uzun parsellerden (11,05x1,87 m) taşınan askıda sediment miktarı.

AYLAR	Parsel						
	1		2		3		Ortalama Taşınan Sediment (g m^{-2})
	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m^{-2})	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m^{-2})	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m^{-2})	
Eylül 2007	39,78	1,93	39,80	1,93	22,08	1,07	1,64
Ekim 2007	591,94	28,65	475,05	22,99	236,71	11,46	21,03
Kasım 2007	1238,03	59,91	875,43	42,37	480,06	23,23	41,84
Aralık 2007	1277,30	61,81	1006,95	48,73	487,29	23,58	44,71
Mart 2008	1296,08	62,72	1050,86	50,86	510,21	24,69	46,09
Mayıs 2008	33,15	1,60	29,18	1,41	12,46	0,60	1,21
Haziran 2008	36,13	1,75	30,69	1,49	13,67	0,66	1,30
Temmuz 2008	1575,22	76,23	1174,09	56,82	594,69	28,78	53,94
Eylül 2008	696,40	33,70	790,20	38,24	529,65	25,63	32,53
Ekim 2008	105,40	5,10	85,63	4,14	41,54	2,01	3,75
Kasım 2008	452,20	21,88	362,37	17,54	178,22	8,62	16,02
Aralık 2008	1635,90	79,17	813,15	39,35	77,10	3,73	40,75
Ocak 2009	1117,75	54,09	903,52	43,73	437,18	21,16	39,66
Şubat 2009	1030,20	49,86	839,81	40,64	406,36	19,67	36,72
Mart 2009	1632	78,98	1319,31	63,85	641,19	31,03	57,95
Temmuz 2009	8602,32	416,31	7266,6	351,66	3566,8	172,61	313,53
TOPLAM	21359,79	1033,70	17062,62	825,74	8235,19	398,54	752,66
YILLIK	10679,89	516,85	8531,31	412,87	4117,60	199,27	376,33

İçbükey yamaçlar üzerine tesis edilen 5,50 m uzunluğundaki yüzeysel akış parsellerinde, birim alandan taşınan yıllık askıda sediment miktarı ortalama $406,30 \text{ g m}^{-2}$ olarak saptanmıştır. Aylık en yüksek sediment miktarı $332,96 \text{ g m}^{-2}$ ile taşınan toplam sedimentin % 40,97'sinin olduğu Temmuz 2009 döneminde gerçekleşmiştir. % 0,18 oranla $1,44 \text{ g m}^{-2}$ sediment taşınan Haziran 2008; içbükey yamaçlar üzerine tesis edilen kısa parsellerden en düşük askıda sediment veriminin gerçekleştiği ay olmuştur (Tablo 3.28).

Tablo 3.28 İçbükey yamaçlarda kısa parsellerden (5,50x1,87 m) taşınan askıda sediment miktarı.

AYLAR	Parsel						
	1		2		3		Ortalama
	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)
Eylül 2007	25,08	2,44	25,29	2,46	19,80	1,92	2,27
Ekim 2007	259,43	25,22	218,40	21,23	214,06	20,81	22,42
Kasım 2007	477,15	46,39	511,75	49,76	371,13	36,08	44,08
Aralık 2007	517,65	50,33	451,49	43,90	470,53	45,75	46,66
Mart 2008	573,08	55,72	503,10	48,92	523,48	50,90	51,84
Mayıs 2008	16,50	1,60	16,90	1,64	13,97	1,36	1,54
Haziran 2008	15,75	1,53	15,99	1,55	12,60	1,23	1,44
Temmuz 2008	685,50	66,65	618,80	60,17	593,21	57,68	61,50
Eylül 2008	247,80	24,09	490,50	47,69	480,00	46,67	39,48
Ekim 2008	48,00	4,67	42,90	4,17	45,21	4,40	4,41
Kasım 2008	188,25	18,30	169,65	16,49	180,16	17,52	17,44
Aralık 2008	671,40	65,28	372,15	36,18	79,80	7,76	36,41
Ocak 2009	492,00	47,84	427,70	41,58	456,21	44,36	44,59
Şubat 2009	442,50	43,02	384,80	37,41	413,74	40,23	40,22
Mart 2009	723,00	70,30	626,60	60,92	666,51	64,80	65,34
Temmuz 2009	3724,98	362,18	3771,18	366,67	2777,28	270,03	332,96
TOPLAM	9108,06	885,57	8647,19	840,76	7317,68	711,49	812,61
YILLIK	4554,03	442,78	4323,60	420,38	3658,84	355,75	406,30

3.4.3.3 Dışbükey Yamaçlar

Dışbükey yamaçlar üzerine tesis edilen 11,05 m uzunluğundaki parsellerden taşınan toplam askıda sediment miktarı (g) ile birim alandan taşınan askıda sediment miktarı (g m⁻²) Tablo 3.29’da görülmektedir. Tabloda çalışma süresi boyunca yüzeysel akışın gerçekleştiği aylar yer almaktadır. Yüzeysel akış parsellerinde birim alandan taşınan yıllık sediment miktarı ortalama 493,72 g olarak saptanmıştır. Aylık dönemler şeklinde değerlendirildiğinde, Temmuz 2009’da birim alandan en yüksek miktarda sediment taşınmıştır. Bu ayda taşınan askıda sediment miktarı 370,61 g m⁻² olmuştur. Bu değer taşınan toplam askıda sedimentin % 37,53’ünü oluşturmaktadır. 1,83 g m⁻² sediment verimi gerçekleşen Mayıs 2008 dönemi, taşınan toplam sedimentin % 0,18’ini oluşturmuştur. Aylık dönemler şeklinde değerlendirme yapıldığında, en az askıda sediment taşınan ay Mayıs 2008 olarak görülmektedir.

Kısa parsellerden taşınan toplam askıda sediment miktarı (g) ve birim alandan taşınan askıda sediment miktarı (g m⁻²) Tablo 3.30’da görülmektedir. Arazi çalışmaları süresince yüzeysel akış gerçekleşen aylar Tablo 3.30’da yer almıştır.

Tablo 3.29 Dışbükey yamaçlarda uzun parsellerden (11,05x1,87 m) taşınan askıda sediment miktarı.

AYLAR	Parsel						
	1		2		3		Ortalama Taşınan Sediment (g m ⁻²)
	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	
Eylül 2007	46,17	2,23	44,52	2,15	31,92	1,54	1,98
Ekim 2007	633,37	30,65	707,16	34,22	453,00	21,92	28,93
Kasım 2007	1201,37	58,14	1320,49	63,90	1058,61	51,23	57,76
Aralık 2007	1409,23	68,20	1550,43	75,03	1029,09	49,80	64,34
Mart 2008	1455,12	70,42	1660,12	80,34	1018,65	49,30	66,69
Mayıs 2008	40,28	1,95	42,60	2,06	30,59	1,48	1,83
Haziran 2008	41,80	2,02	46,22	2,24	32,59	1,58	1,95
Temmuz 2008	1710	82,75	1853,10	89,68	1154,44	55,87	76,10
Eylül 2008	1029,60	49,83	1500,00	72,59	1249,60	60,47	60,96
Ekim 2008	114,00	5,52	128,87	6,24	85,12	4,12	5,29
Kasım 2008	496,85	24,04	558,06	27,01	374,40	18,12	23,06
Aralık 2008	710,10	34,36	1218,70	58,98	321,30	15,55	36,30
Ocak 2009	1235,00	59,77	1384,50	67,00	867,16	41,97	56,25
Şubat 2009	1143,80	55,35	1282,26	62,05	805,98	39,01	52,14
Mart 2009	1818,30	88,00	2036,28	98,54	1306,06	63,21	83,25
Temmuz 2009	9030,58	437,03	8695,75	420,83	5248,20	253,98	370,61
TOPLAM	22115,56	1070,27	24029,06	1162,87	15066,70	729,15	987,43
YILLIK	11057,78	535,14	12014,53	581,44	7533,348	364,57	493,72

Tablo 3.30 Dışbükey yamaçlarda kısa parsellerden (5,50x1,87 m) taşınan askıda sediment miktarı.

AYLAR	Parsel						
	1		2		3		Ortalama Taşınan Sediment (g m ⁻²)
	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	Toplam Sediment (g)	Taşınan Sediment (g m ⁻²)	
Eylül 2007	10,58	1,03	24,07	2,34	13,26	1,29	1,55
Ekim 2007	148,86	14,47	301,06	29,27	117,96	11,47	18,40
Kasım 2007	281,93	27,41	556,32	54,09	230,79	22,44	34,65
Aralık 2007	337,91	32,85	678,11	65,93	214,14	20,82	39,87
Mart 2008	346,59	33,70	743,47	72,29	233,22	22,68	42,89
Mayıs 2008	10,80	1,05	25,46	2,48	9,60	0,93	1,49
Haziran 2008	10,67	1,04	21,85	2,12	8,01	0,78	1,31
Temmuz 2008	423,90	41,22	853,86	83,02	275,4	26,78	50,34
Eylül 2008	849,60	82,61	1062,10	103,27	612,95	59,60	81,82
Ekim 2008	30,15	2,93	59,85	5,82	20,10	1,95	3,57
Kasım 2008	121,50	11,81	239,40	23,28	80,70	7,85	14,31
Aralık 2008	323,60	31,46	406,80	39,55	183,20	17,81	29,61
Ocak 2009	301,50	29,31	626,05	60,87	198,90	19,34	36,51
Şubat 2009	264,60	25,73	562,40	54,68	183,00	17,79	32,73
Mart 2009	450,00	43,75	970,90	94,40	302,70	29,43	55,86
Temmuz 2009	172,93	16,81	3831,96	372,58	173,18	16,84	135,41
TOPLAM	4085,10	397,19	10963,66	1065,99	2857,11	277,79	580,32
YILLIK	2042,55	198,60	5481,83	532,99	1428,56	138,90	290,16

Dışbükey yamaçlar üzerinde oluşturulan 5,50 m uzunluğundaki yüzeysel akış parsellerinde birim alandan taşınan askıda sediment miktarı ortalama $290,16 \text{ g m}^{-2}$ olarak saptanmıştır. Aylık dönemler şeklinde değerlendirildiğinde, birim alandan en yüksek sediment Temmuz 2009'da taşınmıştır. Bu ay içinde parsellerden taşınan ortalama sediment miktarı $135,41 \text{ g m}^{-2}$ olmuştur. Bu değer taşınan toplam askıda sedimentin % 23,33'ünü oluşturmaktadır. $1,31 \text{ g m}^{-2}$ sediment verimi gerçekleşen Haziran 2008 ayı, taşınan toplam sedimentin % 0,23'ünü oluşturmuştur.

3.4.4 Askıda Sediment Miktarının Karşılaştırılması

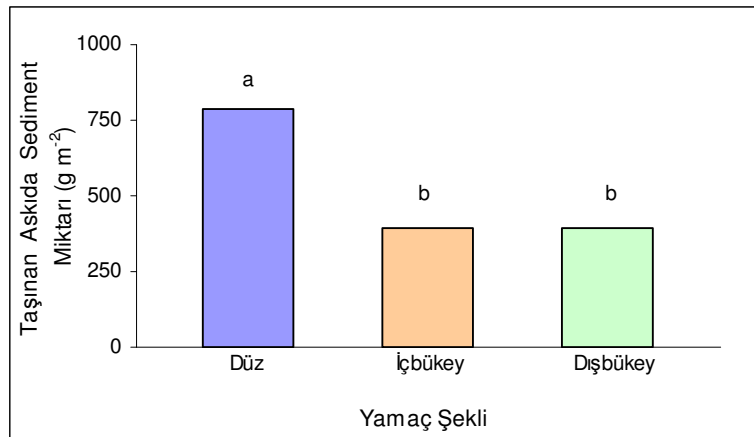
3.4.4.1 Farklı Yamaç Şekillerinin Karşılaştırılması

Farklı yamaçlardan taşınan yıllık ortalama askıda sediment miktarları arasındaki fark varyans analizi yapılarak karşılaştırılmıştır. Yapılan varyans analizine göre % 95 güven düzeyinde düz, içbükey ve dışbükey şekle sahip yamaçlar arasında, taşınan askıda sediment miktarında farklılık ($P < 0,05$) ortaya çıkmıştır (Tablo 3.31).

Tablo 3.31 Farklı yamaç şekillerinden taşınan askıda sediment miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Gruplar Arası	628776,154	2	314388,077	13,486	0,000*
Gruplar İçi	349680,871	15	23312,058		
Toplam	978457,026	17			

* : Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P < 0,05$) bulunmaktadır.



Şekil 3.7 Taşınan askıda sediment miktarının yamaç şekillerine göre değişimi. Farklı harfler ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P < 0,05$) olduğunu göstermektedir.

Farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçlarına göre içbükey ve dışbükey yamaçlar arasında taşınan askıda sediment miktarı bakımından istatistiksel anlamda fark bulunmazken, düz yamaçlardan taşınan askıda sediment miktarı farklılık göstermiştir (Şekil 3.7).

3.4.4.2 Farklı Uzunluktaki Parsellerin Karşılaştırılması

Taşınan askıda sediment miktarı ile yamaç uzunlukları arasındaki farklılık, t testi ile ortaya konulmuştur. Taşınan ortalama askıda sediment miktarı bakımından düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda, % 95 güven düzeyinde, parsel uzunlukları arasında farklılık ($P>0,05$) bulunmamıştır (Tablo 3. 32).

Tablo 3.32 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerden taşınan askıda sediment miktarına ilişkin t testi sonuçları.

Yamaç	Parsel	Ortalamalar Farkı	Standart Hata	Serbestlik Derecesi	t değeri	Önem Düzeyi (P)
Düz	Uzun-Kısa	43,15	135,74145	3,973	0,318	0,767 ^{NS}
İçbükey	Uzun-Kısa	-29,97333	97,05293	2,310	-0,309	0,783 ^{NS}
Dışbükey	Uzun-Kısa	203,55333	139,23563	3,067	1,462	0,238 ^{NS}

^{NS}: Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P>0,05$) yoktur.

3.4.5 Toplam Erozyonun (Sürüntü Materyali ve Askıda Sediment) Belirlenmesi

Araştırma konusu olan düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda gerçekleşen toplam erozyon miktarı, taşınan sürüntü materyali ve askıda sediment miktarının toplanmasıyla bulunmuştur. Erozyonun belirlenmesinde yamaç uzunluklarının etkisi de dikkate alınmış, bu amaçla aynı yamaç şekli üzerindeki uzun ve kısa parseller ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

3.4.5.1 Düz Yamaçlar

Düz yamaçlarda tesis edilen 11,05 m uzunluktaki parsellerde oluşan yıllık toprak erozyon miktarı ortalama 4022,04 g m⁻² olarak bulunmuştur. En fazla toprak erozyonu gerçekleşen ay Temmuz 2009, en az toprak erozyonu gerçekleşen ay ise Haziran 2008 olmuştur (Tablo 3.33).

Düz yamaçlarda tesis edilen 5,50 m uzunluğundaki parsellerde oluşan yıllık toprak erozyonu ortalama 3784,19 g m⁻² olarak bulunmuştur. En fazla toprak erozyonunun olduğu ay Temmuz 2009, en az toprak erozyonunun olduğu ay ise Ekim 2008 olmuştur (Tablo 3.34).

Tablo 3.33 Düz yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) gerçekleşen erozyon miktarı.

AYLAR	Parsel									Ortalama Erozyon (g m ⁻²)
	1			2			3			
	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	
Eylül 2007	2,55	4,51	7,06	4,16	2,99	7,15	44,05	2,91	46,96	20,39
Ekim 2007	9,42	49,78	59,20	4,72	37,97	42,69	54,23	34,32	88,55	63,48
Kasım 2007	2,03	89,81	91,84	0,31	63,17	63,48	4,92	66,05	70,97	75,43
Aralık 2007	-	108,81	108,81	-	86,37	86,37	-	78,21	78,21	91,13
Mart 2008	0,28	107,26	107,54	0,61	85,05	85,66	0,94	80,00	80,94	91,38
Mayıs 2008	-	4,08	4,08	-	2,80	2,80	-	2,32	2,32	3,07
Haziran 2008	0,12	3,12	3,24	0,13	2,62	2,75	0,62	2,20	2,82	2,93
Temmuz 2008	37,97	129,96	167,93	950,18	106,34	1056,52	51,33	90,81	142,14	455,53
Eylül 2008	1566,53	45,76	1612,29	1451,35	27,78	1479,13	1188,39	35,50	1223,89	1438,43
Ekim 2008	-	8,70	8,70	-	6,98	6,98	-	6,29	6,29	7,32
Kasım 2008	6,01	38,73	44,74	3,92	30,27	34,19	9,23	27,63	36,86	38,59
Aralık 2008	27,63	46,76	74,39	21,72	50,44	72,16	20,93	92,34	113,27	86,61
Ocak 2009	-	92,21	92,21	-	72,18	72,18	-	68,03	68,03	77,47
Şubat 2009	-	85,75	85,75	-	67,34	67,34	-	63,50	63,50	72,20
Mart 2009	-	135,15	135,15	-	108,21	108,21	-	100,66	100,66	114,67
Temmuz 2009	2574,69	1050,85	3625,54	7544,49	779,33	8323,82	3690,70	576,27	4266,97	5405,44
TOPLAM	4227,23	2001,24	6228,47	9981,59	1529,81	11511,40	5065,34	1327,02	6392,36	8044,08
YILLIK	2113,62	1000,62	3114,24	4990,80	764,91	5755,70	2532,67	663,51	3196,18	4022,04

Tablo 3.34 Düz yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) gerçekleşen erozyon miktarı.

AYLAR	Parsel									Ortalama Erozyon (g m ⁻²)
	1			2			3			
	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	
Eylül 2007	419,47	10,35	429,82	327,20	8,84	336,04	395,81	8,13	403,94	389,93
Ekim 2007	142,08	33,77	175,85	197,23	48,93	246,16	211,27	32,23	243,50	221,84
Kasım 2007	31,02	81,60	112,62	62,83	121,73	184,56	54,48	79,10	133,58	143,58
Aralık 2007	14,41	76,50	90,91	20,49	119,23	139,72	11,18	79,22	90,40	107,01
Mart 2008	3,22	71,98	75,20	9,08	104,90	113,98	2,37	73,91	76,28	88,49
Mayıs 2008	47,03	4,22	51,25	54,81	5,10	59,91	38,33	6,11	44,44	51,86
Haziran 2008	57,23	5,68	62,91	67,83	5,07	72,90	76,21	7,71	83,92	73,24
Temmuz 2008	497,80	103,02	600,82	1673,58	135,64	1809,22	201,65	100,62	302,27	904,10
Eylül 2008	1467,18	79,26	1546,44	1882,57	68,38	1950,95	3113,26	30,94	3144,20	2213,86
Ekim 2008	-	6,14	6,14	-	9,16	9,16	-	6,73	6,73	7,34
Kasım 2008	14,92	24,29	39,21	6,62	36,10	42,72	11,34	32,09	43,43	41,78
Aralık 2008	64,73	34,61	99,34	14,83	82,94	97,77	83,42	115,20	198,62	131,91
Ocak 2009	-	59,25	59,25	-	88,26	88,26	-	61,09	61,09	69,53
Şubat 2009	-	51,78	51,78	-	78,83	78,83	-	53,09	53,09	61,23
Mart 2009	-	91,10	91,10	-	138,42	138,42	-	91,82	91,82	107,11
Temmuz 2009	2461,38	591,01	3052,39	2410,56	848,17	3258,73	1958,54	596,96	2555,50	2955,54
TOPLAM	5220,48	1324,55	6545,03	6727,63	1899,70	8627,33	6157,86	1374,93	7532,79	7568,38
YILLIK	2610,24	662,28	3272,52	3363,81	949,85	4313,66	3078,93	687,46	3766,39	3784,19

3.4.5.2 İçbükey Yamaçlar

İçbükey yamaçlarda tesis edilen 11,05 m uzunluğundaki parsellerde oluşan yıllık toprak erozyonu ortalama 1413,04 g m⁻² olarak bulunmuştur. En fazla toprak erozyonunun meydana geldiği ay Temmuz 2009, en az toprak erozyonunun meydana geldiği ay ise Mayıs 2008 olarak görülmektedir (Tablo 3.35).

Tablo 3.35 İçbükey yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) gerçekleşen erozyon miktarı.

AYLAR	Parsel									Ortalama Erozyon (g m ⁻²)
	1			2			3			
	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	
Eylül 2007	18,75	1,93	20,68	0,51	1,93	2,44	2,72	1,07	3,79	8,97
Ekim 2007	13,68	28,65	42,33	1,19	22,99	24,18	2,62	11,46	14,08	26,86
Kasım 2007	3,59	59,91	63,50	0,74	42,37	43,11	5,24	23,23	28,47	45,03
Aralık 2007	-	61,81	61,81	-	48,73	48,73	-	23,58	23,58	44,71
Mart 2008	-	62,72	62,72	-	50,86	50,86	0,27	24,69	24,96	46,18
Mayıs 2008	-	1,60	1,60	-	1,41	1,41	-	0,60	0,60	1,21
Haziran 2008	0,18	1,75	1,93	0,04	1,49	1,53	-	0,66	0,66	1,37
Temmuz 2008	29,74	76,23	105,97	5,79	56,82	62,61	4,91	28,78	33,69	67,42
Eylül 2008	22,90	33,70	56,60	36,34	38,24	74,58	23,65	25,63	49,28	60,15
Ekim 2008	-	5,10	5,10	-	4,14	4,14	-	2,01	2,01	3,75
Kasım 2008	1,67	21,88	23,55	0,94	17,54	18,48	1,47	8,62	10,09	17,37
Aralık 2008	3,26	79,17	82,43	1,60	39,35	40,95	-	3,73	3,73	42,37
Ocak 2009	-	54,09	54,09	-	43,73	43,73	-	21,16	21,16	39,66
Şubat 2009	-	49,86	49,86	-	40,64	40,64	-	19,67	19,67	36,72
Mart 2009	-	78,98	78,98	-	63,85	63,85	-	31,03	31,03	57,95
Temmuz 2009	3394,14	416,31	3810,45	2283,28	351,66	2634,94	361,07	172,61	533,68	2326,36
TOPLAM	3487,91	1033,70	4521,61	2330,43	825,74	3156,17	401,95	398,54	800,49	2826,09
YILLIK	1743,95	516,85	2260,80	1165,22	412,87	1578,09	200,98	199,27	400,25	1413,05

İçbükey yamaçlarda tesis edilen 5,50 m uzunluğundaki parsellerde oluşan yıllık toprak erozyonu ortalama 1238,17 g m⁻² olarak bulunmuştur. En fazla toprak erozyonunun gerçekleştiği ay Temmuz 2009, en az toprak erozyonunun gerçekleştiği ay ise Haziran 2008 olmuştur (Tablo 3.36).

Tablo 3.36 İçbükey yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87 m) gerçekleşen erozyon miktarı.

AYLAR	Parsel									Ortalama Erozyon (g m ⁻²)
	1			2			3			
	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	
Eylül 2007	9,96	2,44	12,40	5,21	2,46	7,67	-	1,92	1,92	7,33
Ekim 2007	6,25	25,22	31,47	4,50	21,23	25,73	-	20,81	20,81	26,01
Kasım 2007	1,08	46,39	47,47	3,86	49,76	53,62	-	36,08	36,08	45,72
Aralık 2007	-	50,33	50,33	-	43,90	43,90	-	45,75	45,75	46,66
Mart 2008	-	55,72	55,72	0,53	48,92	49,45	-	50,90	50,90	52,02
Mayıs 2008	0,20	1,60	1,80	1,60	1,64	3,24	-	1,36	1,36	2,13
Haziran 2008	-	1,53	1,53	-	1,55	1,55	-	1,23	1,23	1,44
Temmuz 2008	11,75	66,65	78,40	58,57	60,17	118,74	5,16	57,68	62,84	86,66
Eylül 2008	13,90	24,09	37,99	24,22	47,69	71,91	59,65	46,67	106,32	72,08
Ekim 2008	-	4,67	4,67	-	4,17	4,17	-	4,40	4,40	4,41
Kasım 2008	2,53	18,30	20,83	2,81	16,49	19,30	2,12	17,52	19,64	19,92
Aralık 2008	1,70	65,28	66,98	-	36,18	36,18	-	7,76	7,76	36,97
Ocak 2009	-	47,84	47,84	-	41,58	41,58	-	44,36	44,36	44,59
Şubat 2009	-	43,02	43,02	-	37,41	37,41	-	40,23	40,23	40,22
Mart 2009	-	70,30	70,30	-	60,92	60,92	-	64,80	64,80	65,34
Temmuz 2009	18,94	362,18	381,12	2943,20	366,67	3309,87	1813,47	270,03	2083,50	1924,83
TOPLAM	66,30	885,57	951,87	3044,51	840,76	3885,27	1880,40	711,49	2591,89	2476,34
YILLIK	33,15	442,78	475,93	1522,25	420,38	1942,63	940,20	355,75	1295,94	1238,17

3.4.5.3 Dışbükey Yamaçlar

Dışbükey yamaçlarda tesis edilen 11,05 m uzunluğundaki parsellerde oluşan yıllık toprak erozyonu ortalama 2611,55 g m⁻² olarak bulunmuştur. En fazla toprak erozyonunun meydana geldiği ay Temmuz 2009, en az toprak erozyonunun meydana geldiği ay ise Mayıs 2008 olmuştur (Tablo 3.37).

Dışbükey yamaçlarda tesis edilen 5,50 m uzunluğundaki parsellerde oluşan yıllık toprak erozyonu ortalama 1330,71 g m⁻² olarak bulunmuştur. En fazla toprak erozyonunun olduğu ay Temmuz 2009, en az toprak erozyonunun olduğu ay ise Haziran 2008 olmuştur (Tablo 3.38).

Tablo 3.37 Dışbükey yamaçlarda uzun parsellerde (11,05x1,87 m) gerçekleşen erozyon miktarı.

AYLAR	Parsel									Ortalama Erozyon (g m ⁻²)
	1			2			3			
	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	
Eylül 2007	6,23	2,23	8,46	2,88	2,15	5,03	110,82	1,54	112,36	41,95
Ekim 2007	1,63	30,65	32,28	16,38	34,22	50,60	64,43	21,92	86,35	56,41
Kasım 2007	3,74	58,14	61,88	1,03	63,90	64,93	7,16	51,23	58,39	61,74
Aralık 2007	-	68,20	68,20	-	75,03	75,03	0,93	49,80	50,73	64,65
Mart 2008	0,33	70,42	70,75	0,51	80,34	80,85	0,24	49,30	49,54	67,05
Mayıs 2008	0,25	1,95	2,20	-	2,06	2,06	2,47	1,48	3,95	2,74
Haziran 2008	0,10	2,02	2,12	0,19	2,24	2,43	7,02	1,58	8,60	4,38
Temmuz 2008	222,83	82,75	305,58	20,71	89,68	110,39	66,51	55,87	122,38	179,45
Eylül 2008	938,26	49,83	988,09	159,86	72,59	232,45	863,14	60,47	923,61	714,72
Ekim 2008	-	5,52	5,52	-	6,24	6,24	-	4,12	4,12	5,29
Kasım 2008	3,02	24,04	27,06	2,10	27,01	29,11	2,75	18,12	20,87	25,68
Aralık 2008	3,99	34,36	38,35	2,21	58,98	61,19	9,33	15,55	24,88	41,47
Ocak 2009	-	59,77	59,77	-	67,00	67,00	-	41,97	41,97	56,25
Şubat 2009	-	55,35	55,35	-	62,05	62,05	-	39,01	39,01	52,14
Mart 2009	-	88,00	88,00	-	98,54	98,54	-	63,21	63,21	83,25
Temmuz 2009	1206,76	437,03	1643,79	4729,37	420,83	5150,20	4249,80	253,98	4503,78	3765,92
TOPLAM	2387,14	1070,27	3457,41	4935,23	1162,87	6098,10	5384,61	729,15	6113,76	5223,09
YILLIK	1193,57	535,14	1728,71	2467,62	581,44	3049,05	2692,30	364,57	3056,88	2611,55

Tablo 3.38 Dışbükey yamaçlarda kısa parsellerde (5,50x1,87) gerçekleşen erozyon miktarı.

AYLAR	Parsel									Ortalama Erozyon (g m ⁻²)
	1			2			3			
	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	Sürüntü Materyali (g m ⁻²)	Askıda Sediment (g m ⁻²)	Erozyon (g m ⁻²)	
Eylül 2007	0,68	1,03	1,71	2,30	2,34	4,64	64,20	1,29	65,49	23,95
Ekim 2007	3,11	14,47	17,58	12,11	29,27	41,38	63,25	11,47	74,72	44,56
Kasım 2007	0,37	27,41	27,78	0,89	54,09	54,98	8,95	22,44	31,39	38,05
Aralık 2007	-	32,85	32,85	-	65,93	65,93	-	20,82	20,82	39,87
Mart 2008	0,52	33,70	34,22	0,58	72,29	72,87	0,49	22,68	23,17	43,42
Mayıs 2008	-	1,05	1,05	2,57	2,48	5,05	1,30	0,93	2,23	2,78
Haziran 2008	0,31	1,04	1,35	0,26	2,12	2,38	0,29	0,78	1,07	1,60
Temmuz 2008	102,67	41,22	143,89	131,01	83,02	214,03	33,08	26,78	59,86	139,26
Eylül 2008	525,25	82,61	607,86	460,11	103,27	563,38	637,11	59,60	696,71	622,65
Ekim 2008	-	2,93	2,93	-	5,82	5,82	-	1,95	1,95	3,57
Kasım 2008	4,51	11,81	16,32	4,54	23,28	27,82	5,35	7,85	13,20	19,11
Aralık 2008	-	31,46	31,46	6,31	39,55	45,86	2,59	17,81	20,40	32,58
Ocak 2009	-	29,31	29,31	-	60,87	60,87	-	19,34	19,34	36,51
Şubat 2009	-	25,73	25,73	-	54,68	54,68	-	17,79	17,79	32,73
Mart 2009	-	43,75	43,75	-	94,40	94,40	-	29,43	29,43	55,86
Temmuz 2009	1598,74	16,81	1615,55	2495,23	372,58	2867,81	74,60	16,84	91,44	1524,93
TOPLAM	2236,16	397,19	2633,35	3115,91	1065,99	4181,90	891,22	277,79	1169,01	2661,42
YILLIK	1118,08	198,60	1316,68	1557,96	532,99	2090,95	445,61	138,90	584,51	1330,71

3.4.6 Toplam Erozyonun (Sürüntü Materyali ve Askıda Sediment) Karşılaştırılması

3.4.6.1 Farklı Yamaç Şekillerinin Karşılaştırılması

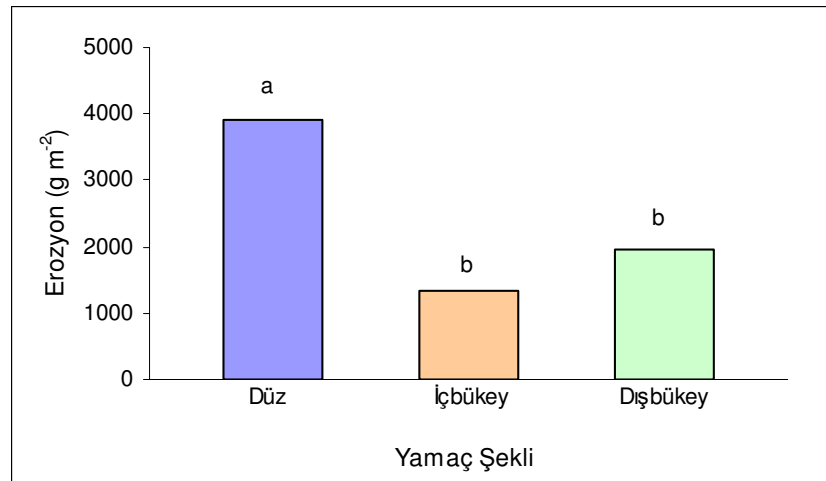
Yapılan varyans analizi sonucuna göre, % 95 güven düzeyinde düz, içbükey ve dışbükey yamaç şekilleri üzerinde gerçekleşen toplam erozyon miktarları arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.39).

Tablo 3.39 Farklı yamaç şekillerinde gerçekleşen toplam erozyona ilişkin varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Gruplar Arası	2,159E7	2	1,079E7	12,646	0,001*
Gruplar İçi	1,280E7	15	853477,057		
Toplam	3,439E7	17			

* : Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) bulunmaktadır.

Duncan testi sonuçlarına göre, içbükey ve dışbükey yamaçlar toplam erozyon bakımından farklılık göstermezken, düz yamaçlar istatistiksel anlamda farklı bulunmuştur (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Yamaç şekillerine göre toplam erozyonun değişimi. Farklı harfler ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) olduğunu göstermektedir.

3.4.6.2 Farklı Uzunluktaki Parsellerin Karşılaştırılması

Oluşan toprak erozyonu bakımından düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda, % 95 güven düzeyinde, parsel uzunlukları arasında farklılık ($P>0,05$) bulunmamıştır (Tablo 3. 40).

Tablo 3.40 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda farklı uzunluktaki parsellerde meydana gelen toplam erozyona ilişkin t testi sonuçları.

Yamaç	Parsel	Ortalamalar Farkı	Standart Hata	Serbestlik Derecesi	t değeri	Önem Düzeyi (P)
Düz	Uzun-Kısa	237,85	917,80649	2,474	0,259	0,816 ^{NS}
İçbükey	Uzun-Kısa	174,87667	689,47926	3,778	0,254	0,813 ^{NS}
Dışbükey	Uzun-Kısa	1280,83667	619,69185	3,999	2,067	0,108 ^{NS}

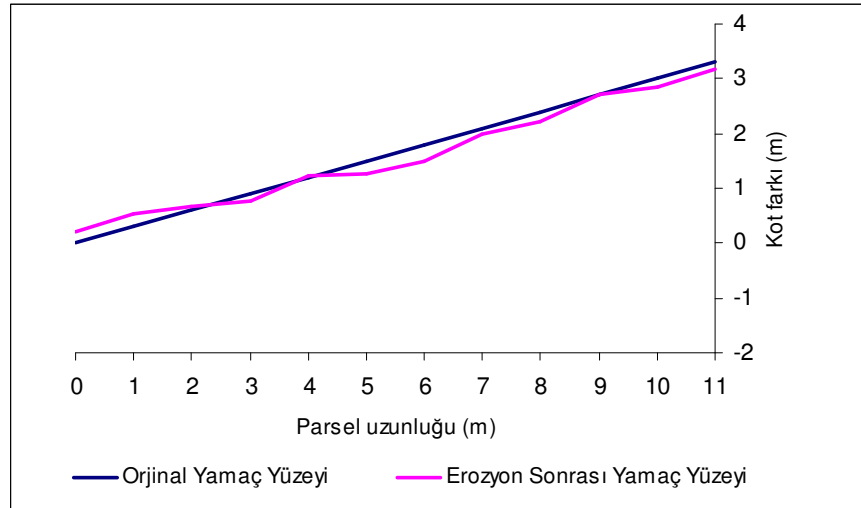
^{NS}: Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P>0,05$) yoktur.

3.4.7. Yamaç Topraklarının Taşınma ve Depolanma Değişimleri

Parsellerde çalışma öncesi ve çalışma sonrasında taşınma ve depolanmadan kaynaklanan toprak yüzeyindeki seviye değişimini belirlemek için ölçümler gerçekleştirilmiştir. Değişimlerin belirlenmesinde parsel içine birer metre aralıkla yerleştirilen seviye tespit çubukları kullanılmıştır. Bu şekilde hangi parselde ne kadar değişim olduğu, değişimlerin yamacın hangi bölgesinde gerçekleştiği belirlenmiştir.

3.4.7.1 Düz Yamaçlar

Düz yamaçlar üzerinde tesis edilen 11,05 m uzunluğundaki üç parselde, erozyonun parsel içinde oluşturduğu toprak yüzeyindeki değişimin ortalama değerleri Şekil 3.9’da görülmektedir.

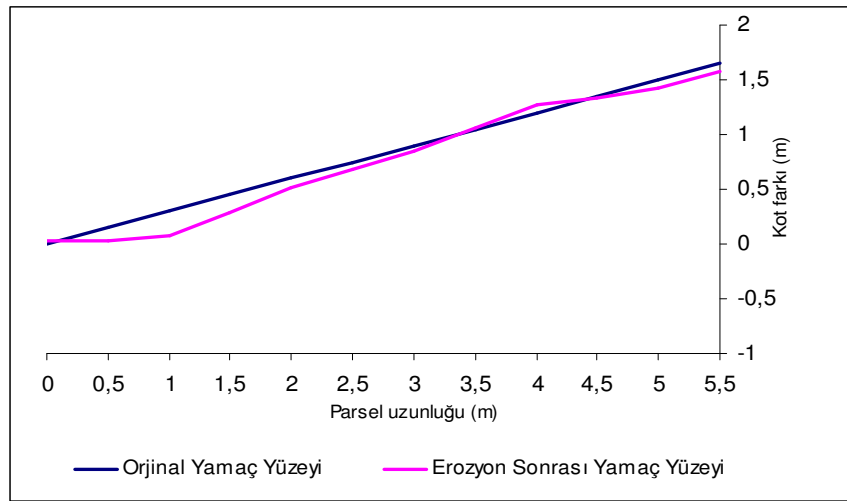


Şekil 3.9 Düz yamaçlar üzerine tesis edilen uzun parsellerde taşınma ve depolanma durumu.

Şekilde görülen “orijinal yamaç yüzeyi” yamaç uzunluğu olmayıp, yamaç boyuna profilinin yan cepheden gösterilmiş biçimidir. Grafikte “erozyon sonrası yamaç yüzeyi” eğrisi, taşınma ve depolanma değerlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için gerçek değerinin 10 katı büyütülerek

verilmiştir. Parsel, yüzeysel akış yönünde üst, orta ve alt olmak üzere üç bölümde değerlendirildiğinde; parselin üst ve orta kısmında taşınma olduğu görülmektedir. Parselin alt kısmında depolanma (birikme) olmuştur. Parselin 4,5-11. metreleri arasında (9. metrede 2 mm lik depolanma dikkate alınmazsa) kesintisiz taşınma olduğu söylenebilir. Taşınmanın 3 cm derinliğe ulaştığı parsel orta kesimi (5-7. metreler), en fazla taşınma olan bölge olarak göze çarpmaktadır. Parsel alt tarafında 2 m uzunluğundaki bölgede depolanma görülmektedir. Bu depolanma üzerinde parselin alt kısmını sınırlandıran bordürlerin de etkisi bulunmaktadır.

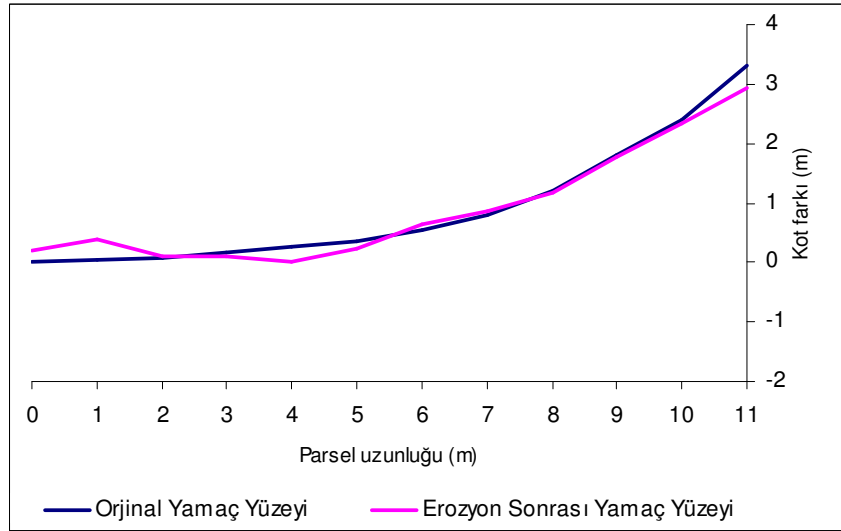
Düz yamaçlar üzerinde bulunan 5,50 m uzunluktaki parsellerde, erozyonun parsel içinde oluşturduğu toprak yüzeyi değişimi ortalama değerleri Şekil 3.10'da görülmektedir. Eğim yönünde en alt bölgede bulunan parsel çıkış noktasında, az miktarda toprak depolanması meydana gelmiştir. Yine parsel içinde orta bölüm ile üst bölüm arasında küçük bir bölgede toprak depolanması görülmektedir. Parselin diğer kesimlerinde belirgin bir taşınma söz konusudur. Parselin boyuna profilinden bakıldığında 0,3 ile 3,5 ve 4,5 ile 5,5 metreleri arasında kesintisiz taşınma olduğu görülmektedir. En fazla taşınmanın görüldüğü parsel bölgesi 2,3 cm taşınma derinliği ile 1. metre olmuştur.



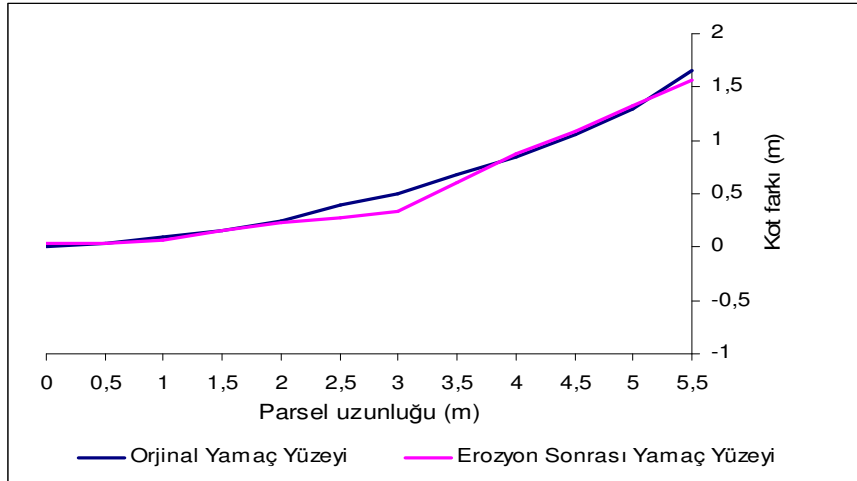
Şekil 3.10 Düz yamaçlar üzerinde tesis edilen kısa parsellerde taşınma ve depolanma durumu.

3.4.7.2 İçbükey Yamaçlar

İçbükey yamaçlar üzerinde tesis edilen 11,05 m uzunluğundaki parsellerde, erozyonun parsel içinde toprak yüzeyinde oluşturduğu ortalama seviye değişim miktarları Şekil 3.11'de görülmektedir.



Şekil 3.11 İçbükey yamaçlar üzerinde tesis edilen uzun parsellerde taşınma ve depolanma durumu.



Şekil 3.12 İçbükey yamaçlar üzerinde tesis edilen kısa parsellerde taşınma ve depolanma durumu.

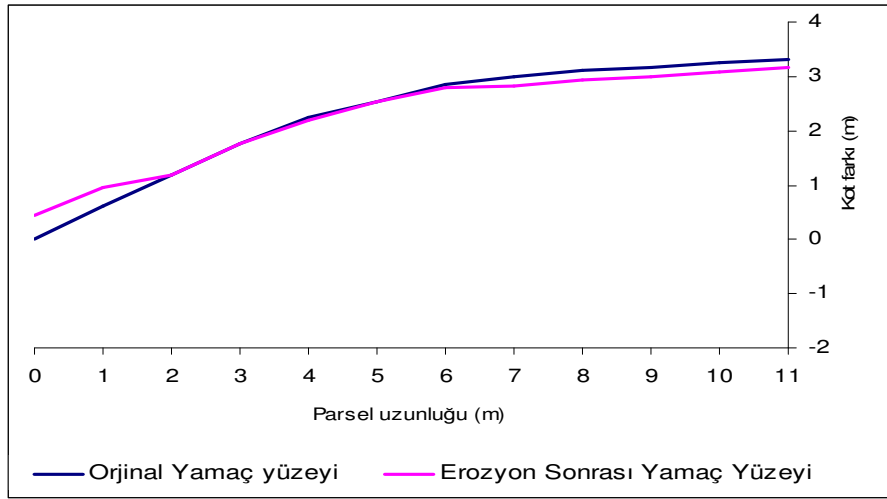
Uzun parsellerin yer aldığı içbükey yamaçlarda, eğimin fazla olduğu parselin üst kesiminden taşınan toprak, eğimin azalmaya başladığı parsel alt tarafında depolanmıştır. Parsel boyuna profili değerlendirildiğinde 0 ile 2. ve 6 ile 7. metreler arasında depolanma olduğu, 2 ile 6 ve 8 ile 11. metreler arasında ise taşınma olduğu görülmektedir. Parsel alt bölgesinde 3,5 cm değeri ile en yüksek depolanma meydana gelmiştir. Taşınan toprağın en yüksek değere ulaştığı noktalar parsel orta kesiminde (2 ile 6. metreler) 2,3 cm; parsel üst kesiminde ise (7-11. metreler) 3,7 cm olmuştur.

İçbükey yamaçlar üzerinde bulunan 5,50 m uzunluğundaki parsellerde, erozyonun parsel içinde oluşturduğu toprak yüzeyi değişimi Şekil 3.12’de görülmektedir. İlk bakışta parsel orta

kesiminde yüksek miktarda erozyon meydana geldiği göze çarpmaktadır. Parselin çıkış noktasında çok küçük bir kesimde ve 4 ile 5. metreler arasında bir depolanma meydana gelmiştir. 0,5 ile 4. metreler ve üst parselin son yarım metresinde taşınma gerçekleşmiştir. En yüksek depolanma değeri 4 ile 5. metreler arasında 0,2 cm olurken; en yüksek taşınma 0,5 ile 4. metreler arasında 1,7 cm; son yarım metrelik bölümde ise 0,8 cm şeklindedir.

3.4.7.3 Dışbükey Yamaçlar

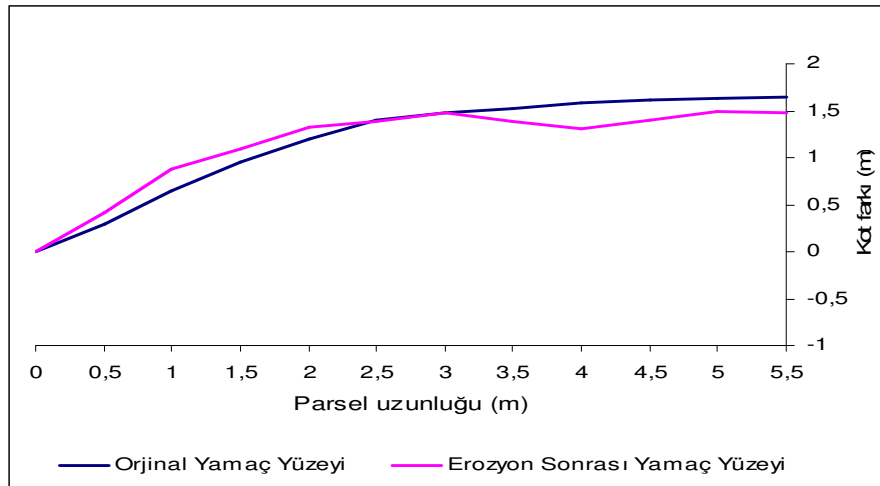
Dışbükey yamaçlar üzerinde tesis edilen 11,05 m uzunluğundaki parsellerde, erozyonun parsel içinde toprak yüzeyinde oluşturduğu değişim Şekil 3.13'te görülmektedir.



Şekil 3.13 Dışbükey yamaçlar üzerinde tesis edilen uzun parsellerde taşınma ve depolanma durumu.

Parsel üzerinde taşınma ve depolanma belirgin şekilde iki ana bölümde gerçekleşmiştir. Parsel çıkış noktasından itibaren ilk 3 metrede depolanma olurken, 3 ve 11. metreler arasında taşınma görülmektedir. En yüksek depolama değeri 3,5 cm ile 0-3. metreler arasında; en yüksek taşınma değeri ise 1,8 cm ile 3-11. metreler arasında gerçekleşmiştir.

Dışbükey yamaçlar üzerinde bulunan 5,50 m uzunluktaki parsellerde, erozyonun parsel içinde oluşturduğu toprak yüzeyindeki değişim Şekil 3.14'te görülmektedir. Şekilde de açıkça görüldüğü gibi 0-2,5 metreler arasında bir depolanma, 2,5 ile 5,5 metreler arasında da bir taşınma bölgesi oluşmuştur. En yüksek depolama değeri 2,2 cm ile 0-2,5 metreler arasında; en yüksek taşınma değeri ise 2,7 cm ile 2,5 ile 5,5 metreler arasında gerçekleşmiştir.



Şekil 3.14 Dışbükey yamaçlar üzerinde tesis edilen kısa parsellerde taşınma ve depolanma durumu.

3.5 TOPRAK ÖZELLİKLERİ YÜZEYSEL AKIŞ VE EROZYON İLİŞKİLERİ

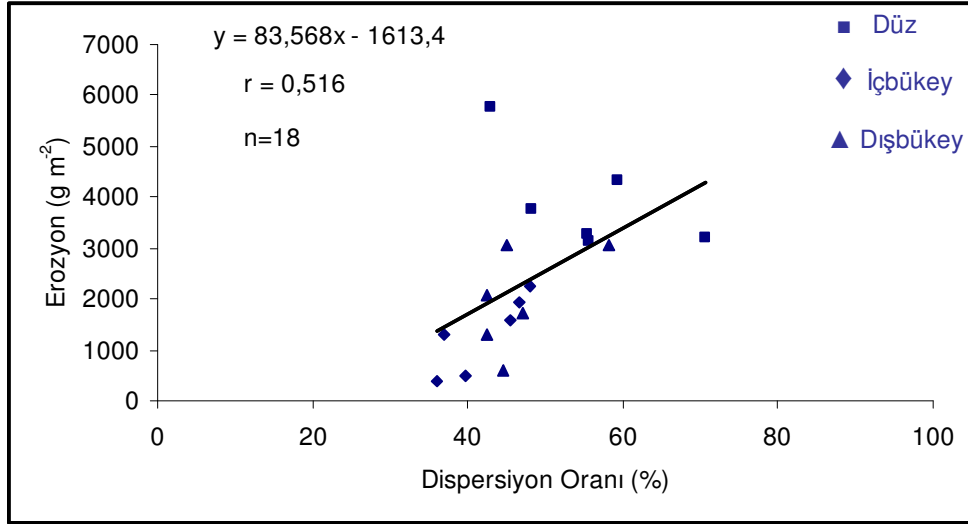
Meydana gelen toplam erozyon ve yüzeysel akışın düz, içbükey ve dışbükey yamaçlara ait bazı toprak özellikleri ile arasındaki ilişkiler, korelasyon analizi yapılarak ortaya konmuştur. Korelasyon analizi sonucunda elde edilen değerler Tablo 3.41’de görülmektedir.

Tablo 3.41 Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlara ait erozyon, yüzeysel akış, bazı toprak özellikleri ve aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon matrisi.

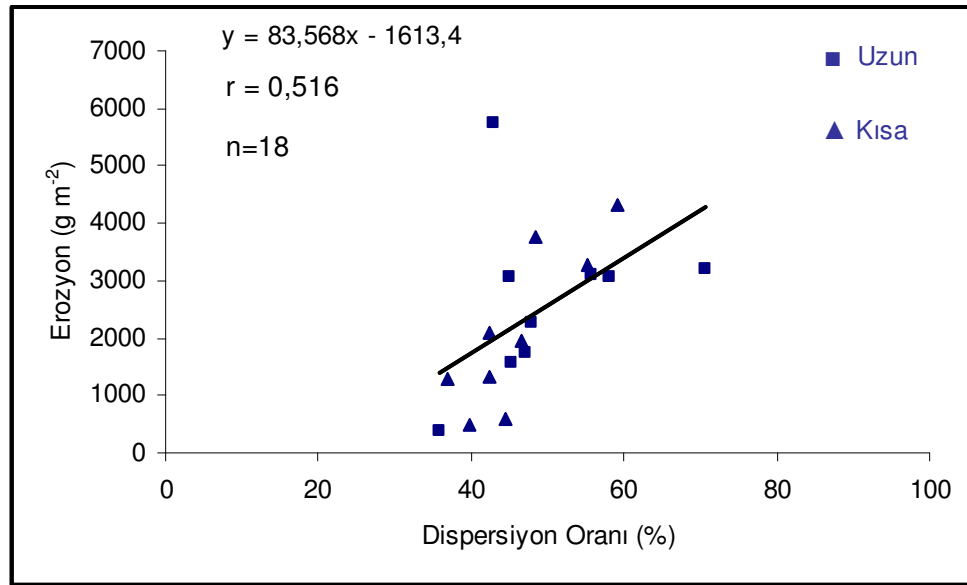
	Korelasyon	E	YA	GH	Kil	DO	HG	pH	Eİ	K	OM	T
Erozyon (g m^{-2})	Pearson	1	0,347	0,036	0,349	0,516*	0,039	0,057	0,383	0,447	-0,328	-0,585*
Yüzeysel Akış (mm m^{-2})	Pearson		1	0,128	0,284	0,263	-0,205	0,289	0,126	0,363	-0,449	0,064
Göz. Hacmi (%)	Pearson			1	0,100	0,098	0,175	-0,441	0,407	0,073	-0,082	-0,373
Kil (%)	Pearson				1	0,323	0,465	0,441	-0,077	0,608**	-0,737**	-0,470*
Dispersiyon Oranı (%)	Pearson					1	0,243	0,236	0,170	0,365	-0,288	-0,264
H. Geçirgenlik (mm sa^{-1})	Pearson						1	0,281	-0,184	0,316	-0,218	-0,287
pH (H_2O)	Pearson							1	-0,537*	0,062	-0,357	0,289
E.İletkenlik (dS m^{-1})	Pearson								1	0,072	0,078	-0,490*
Kireç (%)	Pearson									1	-0,626**	-0,368
Org. Madde (%)	Pearson										1	0,263
Taşlılık (%)	Pearson											1

E: Erozyon (g m^{-2}) YA: Yüzeysel Akış (mm m^{-2}) GH: Gözenek Hacmi (%) Kil (%) DO: Dispersiyon Oranı (%)
HG: Hidrolik Geçirgenlik (mm sa^{-1}) Eİ: Elektriksel İletkenlik (dS m^{-1}) K: Kireç (%) OM: Organik Madde (%)
T: Toprak Taşlılığı (%) * Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir. ** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir.

Yapılan korelasyon analizi sonucuna göre düz, içbükey ve dışbükey yamaçlardan meydana gelen toplam erozyon ile dispersiyon oranı arasında ($\alpha < 0,05$; $r = 0,516$) pozitif yönde ilişki bulunmaktadır (Şekil 3.15 ve Şekil 3.16).

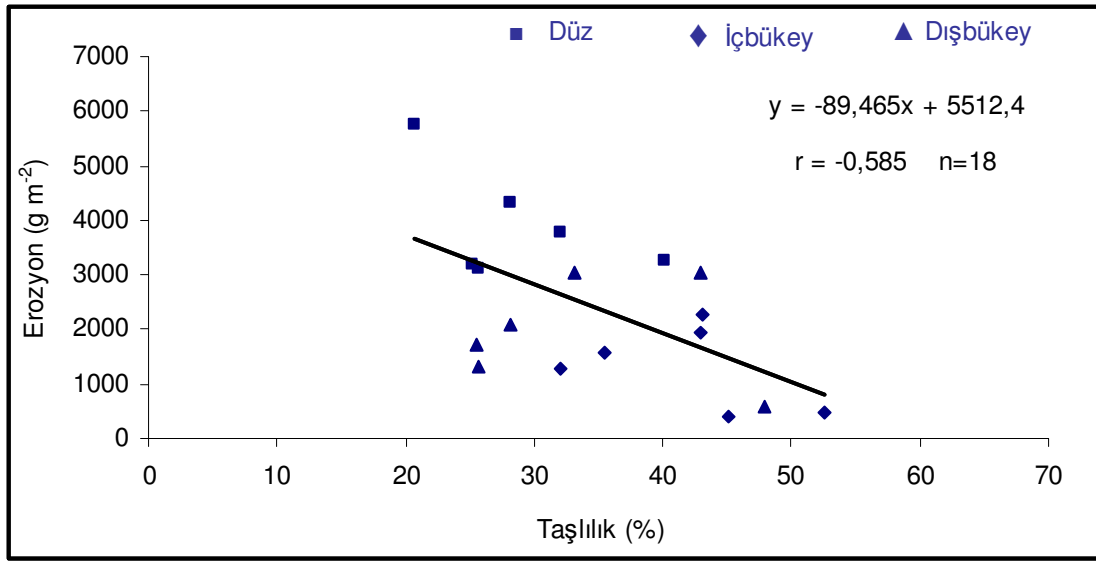


Şekil 3.15 Farklı yamaç şekillerinde erozyon ve dispersiyon oranı arasındaki ilişki.

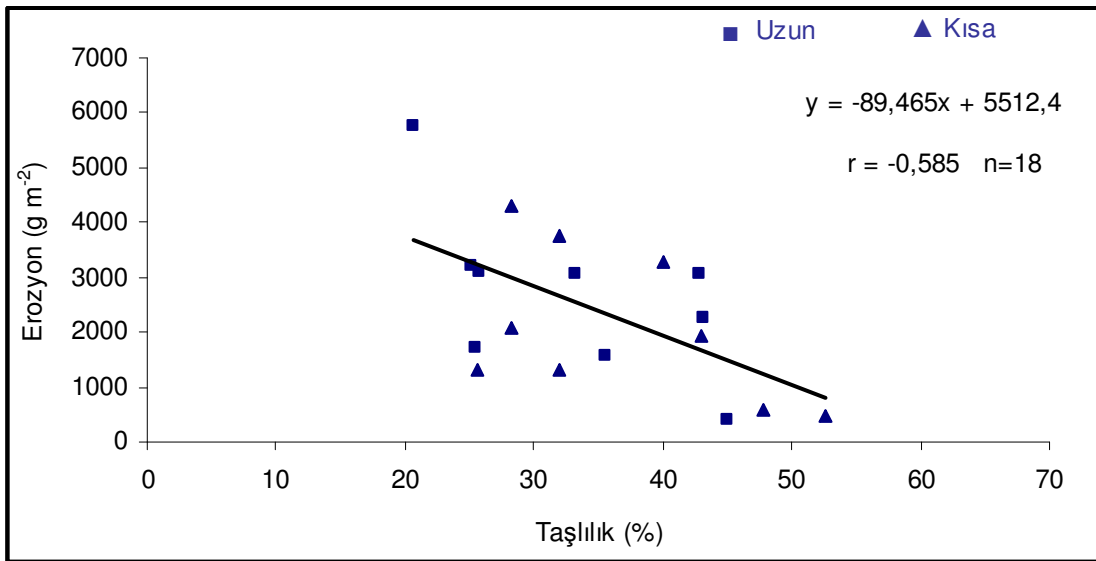


Şekil 3.16 Farklı parsel uzunluklarında erozyon ve dispersiyon oranı arasındaki ilişki.

Erozyon ile toprak taşlılığı arasında ($\alpha < 0,05$; $r = -0,585$) negatif yönde ilişki bulunmaktadır (Şekil 3.17 ve Şekil 3.18). Erozyon ile yüzeysel akış miktarı arasında ($\alpha > 0,05$; $r = 0,347$) anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Erozyonla gözenek hacmi, kil miktarı, hidrolik geçirgenlik, pH, elektriksel iletkenlik, kireç ve organik madde arasında ($\alpha > 0,05$) ilişki bulunmamıştır.



Şekil 3.17 Farklı yamaç şekillerinde erozyon ve toprak taşlılığı arasındaki ilişki.



Şekil 3.18 Farklı parsel uzunluklarında erozyon ve toprak taşlılığı arasındaki ilişki.

BÖLÜM 4

TARTIŞMA

4.1 TOPRAK ÖZELLİKLERİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRME

Erozyon ve yüzeysel akış üzerinde toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin doğrudan ya da dolaylı olarak artırıcı veya azaltıcı yönde etkileri bulunmaktadır. Düz, içbükey ve dışbükey yamaçların bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki farklılıklar bu açıdan değerlendirilmiştir.

Yapılan çalışmalar hacim ağırlığı ile toprak kaybı arasında yakın ilişki olduğunu ortaya koymaktadır (Commendaur 1992; Oyedele ve Aina 1998; Hartonto vd. 2003). Commendaur (1992) toplam hacim ağırlığındaki artışın infiltrasyon kapasitesini azalttığını, bunun da toprak kaybını artırdığını belirtmektedir. Özyuvacı (1976) da hacim ağırlığının büyük oluşunun toprakta tutulan su miktarını azalttığını bildirmektedir. Genel anlamda toprakların hacim ağırlığı yaklaşık $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ kabul edilmekle birlikte (Çepel 1996), bu değer toprağın derinliği, taşlılığı, türü, organik madde miktarı ve horizonların özelliklerine göre değişebilmektedir (Kantarcı 2000). Parsellerin tesis edildiği araştırma alanı mera-açık alan olarak kullanılmaktadır. Bartın yöresinde yapılan çalışmalarda toprakların ortalama hacim ağırlıkları açık alanda $1,60 \text{ g cm}^{-3}$ (Korkanç 2003), mera alanında $1,16 \text{ g cm}^{-3}$ (Bolat 2007) ve Uluyayla merasında $0,88 \text{ g cm}^{-3}$ (Palta 2008) bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen hacim ağırlığı değerlerinin, mera kullanımındaki arazilerden elde edilen değerlere oranla yüksek çıkması toprak taşlılığının yüksekliği ile ilgili olabilir. Hacim ağırlığının yamaç şekillerine göre istatistiksel olarak farklı olmaması yamaçların aynı yetiştirme ortamı (edafik, fizyografik ve iklimik faktörler) koşullarında bulunmasına bağlı olabilir.

Farklı yamaç şekli üzerinden alınan toprakların ortalama tane yoğunlukları düz, içbükey ve dışbükey düz yamaçlarda sırasıyla $2,69 \text{ g cm}^{-3}$; $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ ve $2,64 \text{ g cm}^{-3}$ gibi birbirine yakın değerler şeklinde bulunmuştur. Nitekim % 95 güven düzeyinde yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; düz, içbükey ve dışbükey yamaç şekillerinin toprakların tane yoğunlukları

üzerindeki etkisinin istatistiki anlamda önemli olmadığı ($P>0,05$) görülmüştür (Tablo 3.4). Hacim ağırlığında olduğu gibi, tane yoğunluğu da toprakların içerdiği organik madde miktarından etkilenmekte ve düşük organik madde içeren topraklarda yüksek çıkmaktadır. Bartın yöresinde yapılan çalışmalarda toprakların ortalama tane yoğunlukları açık alanda $2,69 \text{ g cm}^{-3}$ (Korkanç 2003), mera alanında $2,60 \text{ g cm}^{-3}$ (Bolat 2007) ve Uluyayla merasında $2,50 \text{ g cm}^{-3}$ (Palta 2008) bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen tane yoğunluğu değerleri yukarıda değinilen değerlerle benzerlik göstermektedir.

Farklı şekle sahip yamaçlardan alınan toprakların gözenek hacmi ortalamaları düz, içbükey, ve dışbükey yamaçlarda sırasıyla % 48,11; % 45,77 ve % 47,83 olarak bulunmuştur. Gerçekleştirilen varyans analizi sonucuna göre ortalama gözenek hacimleri arasında istatistiksel anlamda önemli ($P>0,05$) fark olmadığı görülmüştür (Tablo 3.4). Bu çalışmada bulunan gözenek hacmi değerleri, Bartın'da benzer arazi kullanımı üzerinde gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında normal olarak değerlendirilebilir. Korkanç (2003) açık alan toprakları için ortalama % 39,60; Bolat (2007) mera alanlarında ortalama % 53,39 gözenek hacmi değeri vermektedir. Palta (2008) mera üst topraklarında ortalama % 61,55 gözenek hacmi değeri bulmuştur. Bu çalışmada gözenek hacminin yamaç şekillerinde % 45,77 ile % 48,11 arasında olmasında toprak tekstürünün etkisi olduğu düşünülmektedir. Gözenek hacmi toprak kitlesinin birim hacmi içinde su ve hava ile işgal edilen hacim olup; toprak tekstürü, strüktürü, derinliği ve arazi kullanım şekli tarafından etkilenmektedir (Özhan 2004).

Araştırma alanı topraklarının ortalama kum miktarı sırasıyla düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda % 33,10; % 36,39 ve % 30,79 olarak bulunmuştur. Ortalama toz miktarı düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda sırasıyla % 19,32; % 19,85 ve % 21,84'tür. Ortalama kil miktarı düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda sırasıyla % 47,58; % 43,76 ve % 47,37 olarak bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre düz, içbükey ve dışbükey yamaç topraklarının kum, toz ve kil miktarları arasında istatistiksel anlamda önemli ($P>0,05$) fark olmadığı görülmüştür (Tablo 3.4). Bartın'da daha önce gerçekleştirilen çeşitli çalışmalarda açık alanlarda ortalama kum oranı % 38,95; ortalama toz oranı % 24,20 ve ortalama kil oranı % 36,85 bulunmuştur (Korkanç 2003). Mera alanlarında ortalama kum oranı % 22,64 ortalama toz oranı % 33,67 ve ortalama kil oranı % 43,68 (Bolat 2007); mera üst topraklarında ortalama kum oranı % 59,74 toz oranı % 22,85 ve kil oranı % 17,41 olarak bulunmuştur (Palta 2008).

Araştırma alanında farklı yamaç şekilleri üzerinde yer alan toprakların ortalama geçirgenliği düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda sırasıyla 43,58 mm sa⁻¹; 25,07 mm sa⁻¹ ve 50,77 mm sa⁻¹ olarak tespit edilmiştir. % 95 güven düzeyinde yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; düz, içbükey ve dışbükey yamaçların; toprakların hidrolik geçirgenliğine olan etkisinin istatistiki anlamda önemli olmadığı (P>0,05) görülmüştür (Tablo 3.4). Bu çalışmada düz ve içbükey yamaçlar orta (16-50 mm sa⁻¹), dışbükey yamaçlar ise orta hızlı (50-160 mm sa⁻¹) permeabilite sınıfındadır (Özhan 2004). Permeabilite toprakların makro boşluklarının fazlalığı, tane çapı, toprak strüktürü, toprakta hapsolmuş hava, toprak profilinin herhangi bir horizonunda bulunan ıslanmaz tabaka, organik madde içeriği, makro porların daralması (sıkışma) gibi birçok faktör tarafından etkilenebilmektedir (Özhan 2004). Gerçekleştirilen çalışmada toprak örneklerinin alındığı üst toprağın taşlılığının yüksek olmasının permeabilite değerleri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Bartın'da Korkanç (2003) tarafından gerçekleştirilen çalışmada açık alanlarda ortalama hidrolik geçirgenlik 2,14 cm sa⁻¹ (21,4 mm sa⁻¹) olarak belirlemiştir. Bu sonuç açık alan topraklarında permeabilite hızının orta olduğunu göstermektedir. Korkanç (2003) tarafından elde edilen değer, parsel denemeleri öncesinde açık alan-mera niteliğinde olan çalışma alanından elde edilen sonuçla benzerlik göstermektedir.

Araştırma alanı topraklarının ortalama pH değerleri düz yamaçlarda 8,06; içbükey yamaçlarda 8,07 ve dışbükey yamaçlarda 8,06 olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçları toprakların ortalama pH değerlerinin yamaç şekillerine göre istatistiki anlamda önemli olmadığını (P>0,05) ortaya koymaktadır (Tablo 3.4). Çalışmada yamaç şekillerine göre pH değerinin 8 civarında çıkmasında, toprakların kireç içeriğinin yüksek olması etkili olabilir. Çünkü toprakların kalsiyum katyonu arttıkça pH değerleri yükselmektedir. Bunun nedeni kireç içeriği yüksek topraklarda katyon değişim kapasitesinin yüksek oranda kalsiyum katyonu ile doyurulması ve toprak çözeltisine bol miktarda kalsiyum katyonu geçmesidir. Böylelikle kalsiyum katyonu çözeltideki hidrojen iyonlarını bağlayarak asitlik aktivitesini ortadan kaldırır (Çepel 1996, Kantarcı 2000). Nitekim Bartın'da kireç içeriği daha düşük olan araziler üzerinde yapılan çeşitli çalışmalarda ortalama pH; mera alanında 6,62 (Bolat 2007), mera üst topraklarında 5,84 (Palta 2008) olarak bulunmuştur.

Araştırma alanı topraklarının ortalama elektriksel iletkenlik miktarı içbükey ve dışbükey yamaçlarda 0,18 dS m⁻¹, düz yamaçlarda ise 0,20 dS m⁻¹ olarak bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre % 95 güven düzeyinde düz, içbükey ve dışbükey şekle sahip yamaç

toprakları arasında elektriksel iletkenlik bakımından farklılık ($P<0,05$) ortaya çıkmıştır (Tablo 3.4). Genel olarak 4 dS m^{-1} sınır değerinden daha yüksek elektriksel iletkenliğe sahip topraklar tuzlu olarak sınıflandırılır (Sumner 1995). Çalışma sonucunda bulunan değerler sınır değer (4 dS m^{-1}) ile karşılaştırıldığında araştırma alanına ait topraklar tuzlu toprak olarak kabul edilmemektedir. Nitekim Bartın'da yapılan önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Korkanç (2003) elektriksel iletkenliği açık alan topraklarında ortalama $0,06 \text{ dS m}^{-1}$ olarak bulmuştur. Bolat (2007) mera alanlarında $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ortalama elektriksel iletkenlik değeri elde etmiştir. Palta (2008) ise mera alanlarında ortalama elektriksel iletkenlik değerini $0,13 \text{ dS m}^{-1}$ olarak belirlemiştir.

Ortalama kireç miktarı düz yamaç topraklarında % 40,61; içbükey yamaç topraklarında % 36,83 ve dışbükey yamaç topraklarında % 39,78 olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre, farklı şekle sahip yamaç topraklarının kireç miktarlarında % 5 önem düzeyinde farklılık ($P<0,05$) olduğu görülmüştür (Tablo 3.4). Toprakların kireç içeriklerinin yüksek olmasının sebebi, çalışma alanının anakayasının kireçtaşı olması ile açıklanabilir. Zira toprağın oluşumu üzerinde etkili olan başlıca faktörler yeryüzü şekli, iklim, anakaya, canlılar ve zamandır. Bu beş ana faktör ve yerine göre diğer faktörler toprak oluşumunda ve toprak oluşuktan sonra toprağın gelişiminde devamlı ve dinamik etkiler yaparlar. Bunlardan toprağın oluştuğu anakayanın cinsi, minerolojik bileşimi, minerallerin iri ya da ince taneli oluşu, killi veya kumlu oluşu, katı veya gevşek oluşu topraklaşmayı önemle etkiler (Kantarcı 2000). Bartın'da yapılan çalışmalarda Bolat (2007) mera alanlarında ortalama kireç içeriğini % 2,44 olarak belirlemiştir. Palta (2008) ise mera alanında ortalama % 2 kireç içeriği belirlemiştir.

Farklı şekle sahip yamaçlardan alınan toprakların organik madde miktarı ortalamaları düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda sırasıyla % 5,18; % 5,99 ve % 5,78 olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçları, toprakların ortalama organik madde değerlerinin yamaç şekillerine göre istatistiki anlamda önemli değişim göstermediğini ($P>0,05$) ortaya koymaktadır (Tablo 3.4). Organik maddece zengin üst topraklarda, agregat stabilitesinin yüksek olması, düşen yağmuru bünyesinde daha fazla tutmasına ve daha az yağmurun yüzeysel akışa geçmesine neden olmaktadır. Le Bissonnais ve Arrouays (1997) yaptıkları bir çalışmada organik madde miktarının azalmasıyla agregat stabilitesinin azaldığını ve yüzeysel akışın arttığını belirlemiştir. Descroix vd. (2001) benzer şekilde organik madde içeriğinin yüzeysel akışla negatif korelasyon gösterdiğini belirlemiştir. Kushwaha vd. (2001) toprağın organik maddesi

ile toprak makro agregatları arasında çok güçlü ilişki olduğunu belirtmektedir. Bu sonuçlar organik maddece zengin makro agregatların daha dirençli olduğu ve daha fazla yağmuru bünyesinde tuttuğunun bir göstergesidir. Bunun diğer bir anlamı organik madde miktarı arttıkça yüzeysel akış miktarının azalacağıdır. Nitekim Martinez-Zavala vd. (2008) yaptıkları çalışmada yüzeysel akış ile organik madde miktarı arasında negatif yönde ilişki ($P<0,05$) belirlemiştir. Tarım topraklarında organik madde miktarı genellikle % 1-4, orman topraklarında ise % 1-12 arasında değişmektedir. Ülkemizin çeşitli orman yetiştirme ortamlarında yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre A_h horizonundaki organik madde miktarının genellikle % 3-15 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çepel 1996). Her ne kadar çalışma gerçekleştirilen parseller orman alanı olmasa da, çalışma sonucunda elde edilen organik madde miktarı %3-15 değerleri arasındadır. Bartın'da yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar da bu değerlerle paralellik göstermektedir. Organik madde miktarı Korkanç (2003) tarafından açık alanlarda ortalama % 1,92 olarak belirlenmiştir. Bolat (2007) ortalama organik madde miktarını, mera alanında % 4,64 olarak bulmuştur. Palta (2008) tarafından mera üst topraklarında bulunan değer ise % 10,31 şeklindedir.

Araştırma alanı topraklarının ortalama taşlılığı düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda sırasıyla % 28,65; % 41,87 ve % 33,87 olarak bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre % 95 güven düzeyinde düz, içbükey ve dışbükey şekle sahip yamaç toprakları arasında taşlılık bakımından farklılık ($P<0,05$) ortaya çıkmıştır (Tablo 3.4). Korkanç (2003) açık alanlarda ortalama >5 mm fraksiyon oranının % 14,99; 2-5 mm fraksiyon oranının ise % 3,95 olduğunu belirtmiştir. Toprağın >2 mm olan kısmı yani taşlılığı (iskelet kısmı) % 18,94'tür. Bu araştırmada taşlılığın yüksek olması, parsellerin kurulduğu arazinin yamaç olmasından kaynaklanabilir. Yamaçlarda erozyonun daha yüksek ve hızlı olması taşlılığı artırmaktadır. Fullen vd. (1998) erozyona uğrayan alanlarda taşlılığın daha yüksek olduğunu bildirmektedir. İçbükey yamaçlarda ortalama taşlılık miktarının istatistiksel anlamda farklı olması, yamaç şeklinden kaynaklanabilir. Eğimin azaldığı yamaç orta kesiminde >2 mm fraksiyon oranının daha fazla birikmesi ve daha yüksek taşlılık oluşturması mümkün olabilir.

4.2 YÜZEYSEL AKIŞLARA İLİŞKİN DEĞERLENDİRME

Düz yamaçlardaki uzun parsellerde düşen yağışın % 22,63'ü, kısa parsellerde ise % 26,05'i yüzeysel akışa geçmiştir. Akışa geçen ortalama yüzeysel akış değeri % 24,34 olarak gerçekleşmiştir. Bu sonuç, değişik amaçlar gözetilerek çıplak parsellerde doğal yağmur

altında gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen verilerle uygunluk göstermektedir. Kuron (1960) 1951-1958 yılları arasında düz eğim şekillerinde, bitki örtüsü olmayan 8 m uzunluğunda parsellerde ortalama % 19,60 yüzeysel akış belirlemiştir. Uslu (1971) Şeytandere’de beş yıl süreli bir araştırma kapsamında, düz yamaçlar üzerine tesis ettiği 8 m uzunluğunda, % 10 eğime sahip parsellerde; yüzeysel akışın toplam yağışın % 30,20’si oranında olduğunu ortaya koymuştur. Abrisqueta vd. (2007) 12x8 m boyutlara sahip yüzeysel akış parsellerini % 7 eğimli düz yamaç üzerine tesis etmiştir. Üç yıllık zaman dilimine yayılan çalışmada yüzeysel akışın toplam yağışın % 31,3’ü olduğu belirtilmektedir.

Doğal yağış koşullarında, bitki örtüsünden arındırılmış düz yamaçlarda yüzeysel akış parselleriyle gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen farklı sonuçlar da dikkati çekmektedir. Nitekim Balcı (1958) % 15 eğimli, 3,5 m uzunluğundaki parsellerden % 56 oranında yüzeysel akış belirlemiştir. Duran vd. (2006) 2 m uzunluğa ve % 13 eğime sahip parsellerde, yağışın % 58,63’ünün yüzeysel akışa geçtiğini belirtmektedir. Castillo vd. (1997) İspanya Murcia’da beş yıl süreyle 15 m uzunluğunda, % 23 eğimli parsel çalışmasında; yüzeysel akışın toplam yağışın % 2,75’i olduğunu ortaya koymuştur.

İçbükey yamaçlardan meydana gelen ortalama yüzeysel akış miktarı, yağışın % 22,81’ini oluşturmaktadır. Bu değer düz yamaçlardan gerçekleşen yüzeysel akış oranından daha düşüktür. İçbükey yamaçlarda doğal yağmur koşullarında, çıplak toprak yüzeyinde ve parsel denemeleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalar çok ender görülmektedir. Young ve Mutchler (1969a) farklı yamaç şekillerinden oluşan ortalama yüzeysel akış değerleri arasında fark ($P<0,05$) olduğunu belirlemiştir. Yapay yağmurlayıcılar kullanan Young ve Mutchler (1969a), düz yamaçlarda üzerinde mısır ekili olan parsellerden gerçekleşen yüzeysel akışın, içbükey yamaçlardan fazla olduğunu ortaya koymuştur. Aynı çalışmada yulaf ekili parsellerden gerçekleşen yüzeysel akış miktarı ise düz yamaçlara oranla içbükey yamaçlarda daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılıklar üzerinde yüzeysel akış hızının etkili olduğu tahmin edilmektedir. Çünkü çalışmada yüzeysel akışın hızı ölçülmediğinden kesin bir değerlendirme yapılamamıştır. Farklı yamaç şekilleri üzerinde gerçekleşen infiltrasyon ve yüzeysel akış miktarında toprak yüzeyinin ve bitki örtüsünün belirgin bir etkisinin olmadığı belirtilmektedir. Benzer bir diğer çalışmada ise içbükey yamaçlardan gerçekleşen yüzeysel akışın, düz yamaçlardan daha fazla olduğunu belirlemiştir. İçbükey yamaçlarda üst yamaç kesiminin diğer yamaçlardan dik olmasından dolayı, akım hızının diğer yamaç şekillerinden daha fazla olduğu belirtilmektedir (Young ve Mutchler 1969b). Rieke-Zapp ve Nearing (2005)

laboratuvar koşullarında gerçekleştirdikleri çalışmada düz eğim şekillerine oranla içbükey eğimlerde daha düşük yüzeysel akış gerçekleştiğini belirlemiştir. Bu sonuç, düz yamaçların toprak yüzey alanının içbükey yamaçlara göre daha az olmasıyla açıklanmıştır.

Dışbükey yamaçlardan gerçekleşen ortalama yüzeysel akış, ortalama toplam yağışın % 22,67'sini oluşturmaktadır. Bu değer düz ve içbükey yamaçlardan gerçekleşen yüzeysel akışa göre düşüktür. İçbükey yamaçlarda olduğu gibi dışbükey yamaçlarda da doğal koşullarda, çıplak toprak yüzeyinde ve parsel denemeleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalar çok azdır. Yapay yağmurlayıcılar kullanılarak Young ve Mutchler (1969a) tarafından gerçekleştirilen çalışmada dışbükey yamaçlarda oluşan yüzeysel akışın düz ve içbükey yamaçlardan yüksek olduğu görülmektedir. Young ve Mutchler (1969b) aynı yıl yaptıkları diğer bir çalışmada da benzer şekilde dışbükey yamaçlarda oluşan yüzeysel akışın, düz ve içbükey yamaçlardan yüksek olduğunu bulmuşlardır. Rieke-Zapp ve Nearing (2005) laboratuvar koşullarında gerçekleştirdiği çalışmada dışbükey yamaçların düz ve içbükey yamaçlardan daha az yüzeysel akış ürettiği sonucuna ulaşmışlardır. Huang vd. (2001) konumsal ve zamansal anlamda yamaç bölümleri (segmentleri) arasında yüzeysel akış üretiminin yüksek oranda değişiklik gösterebileceğini, düz yamaçlara oranla dışbükey yamaçlarda yaz aylarında oluşan yüzeysel akışların daha yüksek olduğunu belirtmektedir. Cai ise (2001) düz yamaç üzerindeki parselden oluşan yüzeysel akışın dışbükey şekle sahip yamaçtan fazla olduğunu belirtmiştir. Yapılan benzer çalışmalarda dışbükey yamaçlarda oluşan yüzeysel akış miktarının, içbükey yamaçlardan fazla olduğu sonucu görülmektedir. Ancak bu çalışmada düz yamaçlardan oluşan toplam yüzeysel akış miktarının dışbükey yamaçlardan fazla olması tartışılabilir. Young ve Mutchler (1969a) çalışmasında dışbükey yamaçların daha fazla yüzeysel akış ürettiğini belirtmiştir. Ancak söz konusu çalışmada parseller üzerinde bitki örtüsü olduğu unutulmamalıdır. Yamaç eğim derecelerinin ve parsel uzunluklarının farklı olmasının da dışbükey yamaçlardan oluşan yüzeysel akış miktarının düz yamaçlardan yüksek çıkmasında etkisi olabilir. Huang vd. (2001) yaz döneminde dışbükey yamaçların düz yamaçlardan daha yüksek yüzeysel akış ürettiğini belirtmiştir. Ancak çalışma gerçekleştirilen arazi ortalama % 5 oranında eğime sahiptir. Bu eğim derecesi yamaç şekillerinin etkisini çok net olarak ortaya çıkarmayabilir. Kış döneminde oluşan yüzeysel akış miktarında yamaç şekilleri arasında çok önemli fark olmaması bu görüşü destekler niteliktedir. Cai (2001) ve Rieke-Zapp ve Nearing (2005) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda yüzeysel akışla ilgili elde edilen sonuçlar, bu çalışmada arazi üzerinden elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Ancak iki çalışmanın birebir karşılaştırılması da

çok doğru olmayabilir. Çünkü Rieke-Zapp ve Nearing (2005) laboratuvar koşullarında, yapay yağmurlama altında ve yapay parsellerde çalışmıştır.

Fleskens ve Stroosnijder (2007) üzerinde zeytin örtüsü bulunan içbükey ve dışbükey yamaçlardan oluşan yüzeysel akış miktarlarını karşılaştırmış ve aralarında farklılık ($P>0,05$) olmadığını ortaya koymuştur. Düz, içbükey ve dışbükey yamaçların, birbirinden farklı yüzeysel akış karakteristikleri oluşturmada yamaç bölümlerinin etkisi bulunmaktadır (Young ve Mutchler 1969b). Schor ve Gray (2007) içbükey yamaçlarda dikliğin en fazla olduğu yamaç üst kesiminde yüzeysel akışın en az olduğunu belirtmektedir. Yamaç üzerindeki toprak özellikleri de yamaç şekillerinin belirli kesimlerinde farklı olabilmektedir. Bu iki faktörün yamaç şekillerinde oluşan yüzeysel akışın farklı olması üzerinde etkisi olabilir.

Farklı uzunluğuna sahip parsellerde yapılan değerlendirmeye göre düz yamaçlarda, yamaç uzunluğunun değişmesi meydana gelen yüzeysel akış miktarını ($P<0,05$) etkilemektedir (Tablo 3.13). Yamaç uzunluğu arttıkça birim alandan meydana gelen ortalama yüzeysel akış miktarı azalmaktadır. Bu durum yamaç uzunluğu-yüzeysel akış ilişkilerinin ortaya konduğu çalışmalardan elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Lal (1982) % 10 ve 15 eğimli, tropikal toprak özelliklerinin görüldüğü, bitki örtüsünden arındırılmış 5-10-12,5-15-20 ve 37,5 m uzunluğa sahip düz yamaçlarda, doğal yağmur altında birim alanda kısa parsellerde daha fazla yüzeysel akış oluştuğunu belirtmektedir. Lal (1988) diğer bir çalışmada yine 10 ile 60 m arasında 6 farklı uzunlukta yüzeysel akış parseli kullanarak yamaç uzunluğu yüzeysel akış ilişkisini incelemiştir. Bu araştırma sonuçları da yamaç uzunluğunun artmasıyla birim alandan oluşan yüzeysel akışın azaldığını belirlemiştir. 20 m uzunluğa sahip yamaçtan birim alanda oluşan toplam yüzeysel akış miktarı 44 mm iken 60 m uzunluğa sahip yamaçta bu değer 6 mm olarak gerçekleşmiştir. Parsons vd (2006a) düz yamaçlar üzerine boyları 2- 4,1- 14,5- 19 ve 27,8 m olan yüzeysel akış parselleri yerleştirmiştir. Doğal yağmur koşullarından sonra oluşan yüzeysel akış değerleri, yamaç uzunluğu ile birim alanda oluşan yüzeysel akış miktarı arasında negatif yönde ilişki ($P<0,05$) olduğunu ortaya çıkarmıştır. Laboratuvar koşullarında Stomph vd. (2001) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, düz parsellerde uzunluğun yüzeysel akışı etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Uzunluğun artmasıyla birim alandan oluşan yüzeysel akış miktarı azalmaktadır. Palis vd. (1997) doğal yağmur koşullarında bitki örtüsü ile kaplı düz yamaçlar üzerine 9, 15 ve 23 m uzunluğunda parseller yerleştirmiş ve yamaç uzunluğunun yüzeysel akışla ilişkisini araştırmıştır. Araştırma

sonucunda yamaç uzunluğunun yüzeysel akış üzerinde istatistiksel derecede önemli bir etkisinin olmadığı ortaya çıkmıştır.

Yamaç uzunluğunun yüzeysel akışı etkilemesinde toprak özelliklerinin ve eğim karakteristiklerinin etkisi bulunmaktadır (Lal 1982). Yamacın eğiminin, bakısının, şeklinin, toprakta yamaç boyunca meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişim gibi faktörlerin yamaç uzunluğunun değişmesiyle oluşan yüzeysel akış farklılıklarında etkisi olduğu belirtilmektedir (Lal 1988).

İçbükey ve dışbükey yamaç şekillerinde, yamaç uzunluğunun yüzeysel akış oluşumuna etkisi istatistiki olarak anlamlı ($P>0,05$) bulunmamıştır (Tablo 3.13). İçbükey ya da dışbükey yamaçlardan oluşan yüzeysel akışla ilgili, yamaç uzunluğunun etkisini ortaya koyan arazi çalışmaları yok denecek kadar azdır. Gascuel-Odoux vd. (1996) Fransa’da tarım arazileri üzerinde gerçekleştirdiği bir çalışmada içbükey, düz ve dışbükey yamaçlar üzerinde ve doğal yağmur koşullarında beş ay gözlem yapmış; yamaç uzunluğun artmasıyla yüzeysel akışın azaldığı ortaya konmuştur.

Yamaç uzunluğu yüzeysel akış etkileşimlerinde, modellemeler üzerinden sonuca giden çalışmalar yoğunlukla görülmektedir. Böyle bir modelleme gerçekleştiren Van de Giesen vd. (2005) yamaç uzunluğunun yüzeysel akışı etkilediğini belirlemiştir. Yamaç uzunluğunun artmasıyla birim uzunluktan oluşan yüzeysel akış miktarı azalmaktadır. Aryal vd. (2003) geliştirdiği modeli arazi üzerinde uygulamış ve farklı yamaç şekillerinde oluşan yüzeysel akışla “efektif yamaç uzunluğunun” (EYU) ilişkili olduğunu belirtmiştir. EYU basit anlamda bir yamaç ya da havzada yüzeysel akışın üretildiği etkin alan olarak tanımlanmıştır. İçbükey yamaçlarda, içbükeylik arttıkça EYU azalmakta ve buna paralel olarak yüzeysel akış hızı yavaşlamaktadır. Yüzeysel akış hızının yavaşlaması, akışın buharlaşmasına da olanak sağlamaktadır. Bu da yüzeysel akışın azalması anlamına gelmektedir. Aryal vd. (2003) dışbükey yamaçlarda dışbükeylik arttıkça EYU’nun yamacın alt yarısında artacağını fakat üst yarısında azalacağını belirtmektedir. Diğer taraftan bu durum yamaç üst kesiminin (EYU azalan kesim) düzleşmesine neden olacaktır. Bu da dışbükeyliğin daha az olması anlamını taşımaktadır. Genel anlamda dışbükey yamaç genelinde EYU azalmış olacaktır. Bu durum yüzeysel akışı azaltacaktır.

4.3 TOPLAM EROZYONA İLİŞKİN DEĞERLENDİRME

Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda, yamaç şekillerinin taşınan toprağın tane boyutu üzerinde etkili olduğu görülmektedir (Şekil 3.6). Düz yamaç şekillerinde taşınan kum, toz ve kil fraksiyonları, içbükey ve dışbükey yamaçlardan taşınan fraksiyonlardan farklı ($P<0,05$) bulunmuştur. Yamaç üzerinde eğim şeklinden kaynaklanan depolanma olanağının; düz yamaçlara oranla içbükey yamaçlarda daha fazla olması, bu sonucu meydana getirmiş olabilir. Dışbükey yamaçlarda, yüzeysel akışın yamaç içinde belli bir noktadan sonra hızını artırması (Young ve Mutchler 1969b) taşıma gücünü etkilemektedir. Bu durum düz ve dışbükey yamaçlar arasında oluşan farkın en önemli nedeni olarak görülmektedir. Diğer taraftan taşınan iskelet miktarı arasında yamaç şekillerine bağlı bir fark bulunmamıştır. Balcı (1996) arazide yapılan denemelerde kanallı olmamış yüzeysel akış içerisinde süspansiyon halde (askıda) sediment yükü bulunmakla birlikte, büyük ölçüde kaba materyalin ve agregatların da taban yükü veya sürüntü materyali halinde taşındığını belirtmektedir. Tane boyutu büyüdükçe erozyon üzerinde yamaçtan kaynaklanan çeşitli etkiler geri planda kalmış olabilir. Tane boyutu arttıkça her ne kadar taşınması zorlaşsa da, toplam taşınan materyale etkisi erozyon miktarını artırıcı yöndedir.

Farklı yamaç şekilleri üzerinde uzunlukları farklı parsellerden taşınan toprak fraksiyonları arasında fark ($P>0,05$) bulunmamıştır (Tablo 3.21-3.24). Ancak taşınan 2 mm den büyük ve küçük fraksiyon miktarlarına bakıldığında (Tablo 3.14-3.19) birim alandan taşınan miktar bakımından her üç yamaç şeklinde de uzun parseller daha yüksek değerlere sahiptir. Çeşitli çalışmalarda, düz yamaçlarda yamaç uzunluğunun artmasıyla birim alandan taşınan toprak miktarında da artış olduğu belirtilmektedir. (Lal 1982; Palis vd. 1997; Liu vd. 2001a). İçbükey ve dışbükey yamaçlarda, yamaç uzunluğunun taşınan toprak üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen parsel denemesi çok azdır. Daha çok modelleme üzerinden değerlendirmeler yapıldığı görülmektedir. Aryal vd. (2003) içbükey ve dışbükey yamaçlarda yamaç uzunluğunun artmasıyla yamaç eğiminin etkileneceğini ve bunun sonucunda taşınan toprak miktarının azalacağını belirtmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada taşınan toprak fraksiyonları arasında fark olmamasında, parsel boyları arasındaki farkın az olmasının etkisi olabilir.

Yüzeysel akış ile taşınan ince toprak miktarı arasında pozitif ilişki olduğu yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur (Bryan 1971; Le Bissonnais ve Arrouays 1997; Bartley vd.

2006). Ancak bu ilişki yüzeysel akışın miktarından çok kinetik enerjisinin etkisiyle, dolayısıyla taşıma gücü tarafından oluşturulmaktadır. Bu noktada parsel uzunluğunun artmasıyla yüzeysel akışın taşıma gücü artacaktır. Bu ise parsel veya yamaç uzunluğunun artmasıyla birim alandan taşınan ince materyal miktarının artacağını göstermektedir.

Araştırma sonuçları taşınan askıda sediment ortalamaları arasında fark ($P < 0,05$) olduğunu göstermektedir (Şekil 3.7). Düz parsellerden taşınan ortalama sediment miktarı içbükey ve dışbükey parsellerin iki katı civarındadır. Her ne kadar düz parsellerle içbükey ve dışbükey parseller arasında yüzeysel akış ortalamaları arasında istatistiksel fark (Şekil 3.5) olsa da; yüzeysel akış miktarları arasında sayısal anlamda büyük farklar bulunmamaktadır. Sürüntü materyali verilerine ilişkin tartışma bölümünde de belirtildiği gibi içbükey yamaçlarda depolanma olanağının daha fazla olması taşınan sediment miktarının azalmasına neden olmaktadır (Meyer ve Kramer 1969; Young ve Mutchler 1969b; Rieke-Zapp ve Nearing 2005). Benzer şekilde Hagen ve Foster (1990) içbükey yamaçlarda taşınan sedimentin % 80'inin yamaç üzerinde depolanabileceğini belirtmektedir. Dışbükey yamaçlarda yüzeysel akışın yamaç üst kesiminde hızının yavaş olması, yamacın alt kesiminde hız kazanması (Young ve Mutchler 1969b); düz yamaçlarla arasındaki farkın oluşmasında en önemli neden olabilir.

Tablo 3.32'de görüldüğü gibi; düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda parsel uzunluğunun değişmesi taşınan sediment miktarı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark ($P > 0,05$) oluşturmamıştır. Düz yamaçlarda yamaç uzunluğu ile birim alandan taşınan sediment miktarı, doğrusal orantı göstermektedir (Lal 1982; Lal 1988). İstatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmada da birim alandan taşınan miktar bakımından elde edilen sonuçlar benzer doğrultudadır. Kullanılan parsel boyunun artırılması, taşınan sediment miktarı üzerinde yamaç uzunluğunun etkilerini daha net ortaya çıkarabilir.

Yıllık ortalama erozyon miktarı düz yamaçlarda en fazla, içbükey yamaçlarda ise en az olarak bulunmuştur. Düz parsellerde $3903,12 \text{ g m}^{-2}$, içbükey parsellerde $1325,61 \text{ g m}^{-2}$ ve dışbükey parsellerde $1971,13 \text{ g m}^{-2}$ ortalama toprak taşınmıştır. Bu değerler $\text{t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ şeklinde değerlendirildiğinde düz, içbükey ve dışbükey parsellerden meydana gelen toprak kaybı sırasıyla 39,0, 13,3 ve 19,7 olmaktadır. Young ve Mutchler (1969b) üzerinde bitki olmayan tarım arazisinde gerçekleştirdiği parsel denemesinde düz yamaçlarda ortalama $78,99 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ toprak kaybı meydana geldiğini ifade etmektedir. İçbükey ve dışbükey yamaçlardan ise

sırasıyla 70,74 t ha⁻¹ y⁻¹ ve 105,55 t ha⁻¹ y⁻¹ toprak kaybı belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen veriler, Young ve Mutchler (1969b) tarafından ortaya konan toprak kaybı verilerine göre düşüktür. Ancak bu farklılıkta toprak ve parsel özellikleri ile topoğrafik yapının farklı olmasının etkisi olabilir. Diğer taraftan Young ve Mutchler (1969b) tarafından içbükey parsellerde belirlenen ortalama toprak kaybının en az olması, yapılan bu çalışma ile uygunluk göstermektedir. Ancak dışbükey ve düz parseller arasındaki mevcut fark ve bu farkın dışbükey parseller lehine olması tartışılabilir. Nitekim Young ve Mutchler (1969a) parsel verilerine dayanarak ortalama toprak erozyonunun belirlendiği diğer bir çalışmada; toprak kaybını düz parsellerde 31,6 t ha⁻¹ y⁻¹, içbükey parsellerde 11,85 t ha⁻¹ y⁻¹ ve dışbükey parsellerde 33,82 t ha⁻¹ y⁻¹ olarak belirlemiştir. Bir tanesi nadasa bırakılan diğerlerinde mısır ve yulaf bulunan parsellerden elde edilen ortalama toprak kaybı miktarına, yamaç şekillerinin istatistiki olarak anlamlı (P<0,01) etki ettiğini belirtilmiştir. Düz ve içbükey parsellerden meydana gelen toprak kaybı miktarı Young ve Mutchler (1969a) tarafından belirlenen değerlerle paralellik göstermektedir. Ancak bu çalışmada bitki örtüsünden yoksun yüzeysel akış parselleri kullanıldığından Young ve Mutchler (1969a) tarafından belirtilen toprak kaybindan daha yüksek değerler bulunmuştur. Dışbükey yamaçlar ele alındığında Young ve Mutchler (1969a) tarafından elde edilen erozyon değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. D'Souza ve Morgan (1976) laboratuvar koşullarında % 7 eğim derecesinde düz eğimlerden en fazla, içbükey eğimlerden en az toprak taşındığını belirlemiştir. Yamaç eğimi %14'e çıkarıldığında yine en az toprak kaybı içbükey eğimlerde olurken, dışbükey eğimlerden en fazla toprak kaybı olduğu görülmüştür. Yamaç şekli toprak kaybı ilişkilerini bir modelleme (SIBERIA) ile ortaya koyan Hancock vd. (2003), % 25 eğimde 170 m uzunluğundaki düz yamaçtan 34 t ha⁻¹ y⁻¹ sediment kaybı olduğunu, içbükey yamaçtan ise 6 t ha⁻¹ y⁻¹ olduğunu ifade etmektedir. Eğimin % 35 ve yamaç uzunluğunun 120 m olması halinde düz yamaçtan 69 t ha⁻¹ y⁻¹, içbükey yamaçtan 12 t ha⁻¹ y⁻¹ sediment kaybı olmaktadır. Meyer ve Kramer (1969) bilgisayar programı yardımıyla gerçekleştirdiği hesaplamada toplam toprak kaybının düz ve dışbükey yamaçlara oranla içbükey yamaçlarda çok daha düşük olduğunu belirlemiştir.

Parsel denemelerinden elde edilen değerlerin aktüel erozyondan genellikle az olduğu belirtilmesine rağmen (Sheng 1990), toplam erozyon miktarının belirlenmesinde parsellerden elde edilen veriler daha net fikir vermesi açısından t ha⁻¹ y⁻¹ birimine dönüştürülmüştür. Yıllık ortalama toprak kaybı, her üç eğim şekli üzerindeki parsellerden elde edilen değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Buna göre yıllık ortalama toprak kaybı 24,0 t ha⁻¹ y⁻¹ olarak

bulunmuştur. Bulunan bu sonuç toprak kaybı tolerans değerinin üzerindedir. Diğer bir ifadeyle araştırma alanında erozyon meydana gelmektedir. Toprak kaybı toleransı, yüksek düzeyde bir ürün veriminin ekonomik ölçüde ve sonsuza kadar sürdürülmesine engel olmayacak toprak erozyonunun maksimum şiddeti olarak tanımlanmaktadır (Görcelioğlu 1988). Toprak kaybı tolerans değeri, köklenme derinliğine bağlı olarak 2,5 ile 12,5 t ha⁻¹ y⁻¹ arasında değişmektedir (USDA-NRCS 1999).

Balcı (1958) düz eğimli çıplak parselden oluşan toprak kaybını 16,014 t ha⁻¹ y⁻¹ şeklinde hesaplamıştır. Kuron (1960) düz eğim şekline sahip ve bitki örtüsünden yoksun parsellerden 8 yıllık ortalama değer olarak 7,48 ton ha⁻¹ y⁻¹ erozyon belirlemiştir. Uslu (1971) gerçekleştirdiği bir parsel çalışmasında bitki örtüsünden yoksun düz parsellerde yıllık ortalama 4,94 t ha⁻¹ y⁻¹ toprak kaybı meydana geldiğini bildirmiştir. Çıplak toprak yüzeyinden Fullen (1998) 67,4 t ha⁻¹ y⁻¹, Bagarello vd. (2008) 47,5 t ha⁻¹ y⁻¹ gibi sonuçlar bulmuşlardır. Boix-Fayos vd. (2006) çeşitli araştırmacıların parsel alanına (15-320 m² aralığında) bağlı olarak ortalama 90 t ha⁻¹ y⁻¹ civarında erozyon hesapladıklarını bildirmektedir.

Bu çalışmada Temmuz 2009'da düz, içbükey ve dışbükey parsellerde oluşan ortalama erozyon miktarı (29,8 t ha⁻¹), iki yıllık çalışma boyunca belirlenen toplam erozyonun (48,0 t ha⁻¹) % 62,16'sını oluşturmaktadır. Bir ay içinde oluşan erozyon, miktar olarak normal değerlendirilebilir. Çünkü Kraayenhagen vd. (1981) 3 günlük (2-4 Eylül 1981) yağmur/yüzeysel akış sonrası 33 t ha⁻¹, Sheng (1990) 103 mm'lik yağışla bir günde (1 Haziran 1972) 30 t ha⁻¹ toprak kaybı olduğunu belirtmektedir. Ancak toplam erozyon miktarı içindeki oranı açısından Temmuz 2009 önem taşımaktadır. Birçok uzun süreli arazi çalışmasında, toplam erozyonun büyük miktarının sadece birkaç yağış sonrasında meydana geldiği bildirilmektedir. Bautista vd. (2007) 45 ay süren çalışmasında toplam 55 yüzeysel akış gerçekleşen yağmur meydana geldiğini; 55 yüzeysel akıştan yalnızca 2 tanesinde oluşan toprak kaybının, taşınan toplam sedimentin yarısından fazla olduğunu bildirmektedir. Benzer şekilde Porto vd. (2009) gerçekleştirdiği bir çalışmada 1,38 ha ve 1,65 ha büyüklüğündeki havzalarda toplam sediment kaybını ölçmüştür. 10 yağış olayının değerlendirildiği çalışma süresi içinde, 1,38 ha büyüklüğündeki havzada toplam sedimentin % 47,79'u 21-23 Aralık 2006 tarihinde tek bir yağış olayında meydana gelmiştir. Aynı yağış olayında 1,65 ha büyüklüğündeki havzada, çalışma süresince ölçülen toplam sedimentin % 72,16'sı gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar özellikle parsel denemelerine dayalı arazi çalışmalarında; yıllık ölçekte değerlendirme yapabilmek için, yılın belli bir dönemi üzerinden genelleme yapmanın

doğru olmayacağı sonucunu da ortaya koymaktadır. Yaz aylarında düşen ortalama yağışın, toplam yağışa oranının % 19,15 (Tablo 3.5) olduğu araştırma alanında, en fazla erozyon bir yaz ayında olabilmektedir.

Birçok araştırmacıya göre yamaçların uzunluğu erozyon üzerinde etkin faktörlerdendir (Wischmeier ve Smith 1978; Lal 1982; Lal 1988). Parsel çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre yamaç uzunluğu arttıkça birim alandan meydana gelen erozyon da artmaktadır (Agassi ve Ben-Hur 1991; Palis vd. 1997). Bu çalışmada da elde edilen sonuçlara benzer şekilde düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda parsel uzunluğu arttıkça, birim alandan oluşan erozyon artmıştır. Parsel uzunluğunun artmasına bağlı olarak yüzeysel akışın kinetik enerjisinin artmasının, bu sonuç üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Düz yamaçlarda uzun parsellerden birim alanda ortalama $4022,04 \text{ g m}^{-2}$ erozyon oluşurken (Tablo 3.33) kısa parsellerden $3784,19 \text{ g m}^{-2}$ (Tablo 3.34) erozyon meydana gelmiştir. İçbükey eğimli yamaçlarda uzun parsellerden ortalama $1413,05 \text{ g m}^{-2}$ (Tablo 3.35), kısa parsellerden $1238,17 \text{ g m}^{-2}$ (Tablo 3.36) erozyon meydana gelmiştir. Dışbükey eğimli yamaçlarda ise uzun parsellerden ortalama $2611,55 \text{ g m}^{-2}$ (Tablo 3.37), kısa parsellerden ise $1330,71 \text{ g m}^{-2}$ (Tablo 3.38) erozyon meydana gelmiştir. Ancak her üç yamaç şeklinde uzun parsellerle kısa parseller arasındaki erozyon farkı, istatistiksel düzeyde anlam taşımamaktadır (Tablo 3.39). Bu sonuç üzerinde iki faktörün etkisi olduğu düşünülmektedir. Bunlardan ilki parsel boyları arasındaki farkın istatistiksel fark oluşturacak derecede büyük olmamasıdır. İkincisi ise 5,50 m ve 11,05 m uzunluğundaki parsellere daha farklı uzunluktaki parsellerin eşlik etmemesidir. Örneğin 2 m uzunluğunda daha kısa bir parsel ve 20 m boyunda daha uzun bir parsel ilavesiyle toplam dört boy kademesinde elde edilecek sonuçlar daha değişik olabilecektir. Nitekim çoğu çalışmada üç ve üzeri boy kademesi tercih edilmiştir (Palis vd. 1997; Truman vd. 2001; Rejman ve Usowicz 2002; Yuan 2004; Parsons vd. 2006a). Konu ile ilgili yapılan son çalışmalardan bir tanesinde Smets vd. (2008), uzunluğu $<11 \text{ m}$ parsellerde toprak yüzeyinin ve ona bağlı diğer etkenlerin, yüzeysel akış ve erozyonun azaltılmasında daha az etkili olduğu vurgulanmaktadır. Bu sonuç bu çalışmada kullanılan $<11,05$ olan parsellerde, erozyon oluşumları arasında çok belirgin fark olmamasının bir diğer sebebi olabilir.

Erozyon miktarı ile dispersiyon oranı arasında pozitif yönde anlamlı ilişki bulunmaktadır (Tablo 3.41, Şekil 3.15, Şekil 3.16) İlk olarak Middleton tarafından geliştirilen dispersiyon oranı indeksi, topraktaki doğal agregatların su ile temasa geldiğinde çözülme (dispersleşme) derecesini göstermektedir. Dispersiyon oranı ne kadar büyükse toprağın erozyona duyarlılığı

(yatkınlığı) da o kadar fazla olmaktadır (Balcı 1996). Bu çalışmada düz yamaç şekillerinde ortalama dispersiyon oranı % 55,36 (Tablo 3.1), içbükey yamaçlarda % 42,09 (Tablo 3.2) ve dışbükey yamaçlarda % 46,64 (Tablo 3.3) olarak bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonucunda düz yamaçlar ile içbükey ve dışbükey yamaçlar arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) bulunmuştur (Şekil 3.1). Düz yamaçlardan gerçekleşen erozyon miktarı ile içbükey ve dışbükey yamaçlar arasında da istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) olduğu dikkate alındığında (Şekil 3.8); dispersiyon oranının, meydana gelen erozyon üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Erozyon ile toprak taşlılığı arasında negatif yönde anlamlı ilişki söz konusudur (Tablo 3.41, Şekil 3.17, Şekil 3.18). Araştırmanın gerçekleştirildiği parsellerin ortalama taşlılık değerleri (Tablo 3.1-3.3) yüksektir. Taşlılık-erozyon, taşlılık-toprak kaybı ilişkileri ile ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların ortak noktası, taşlılık arttıkça toprak kaybının azaldığı şeklindedir. Nyssen vd. (2001) erozyon ile toprak taşlılığı arasında negatif yönde anlamlı ilişki olduğunu bulmuştur. Collinet ve Valentin (1984) toprak yüzeyindeki çakıl ve taşlılığın erozyonu engellemede çok etkili olduğunu bildirmektedir. Martinez-Zavala ve Jordan (2008) % 3 ile % 85 arasında değişen taşlılık oranına sahip parsellerde, taşlılık arttığı ölçüde toprak kaybının azaldığını bildirmiştir. Rieke-Zapp vd. (2007) laboratuvar koşullarında elde ettiği sonuçlara dayanarak taşlılığın artmasıyla erozyon miktarının azaldığını bildirmektedir. Moustakas vd. (1995), Figueiredo ve Poesen (1998), Romero-Diaz vd. (1999), Rieke-Zapp vd. (2001), Descroix vd. (2001) tarafından gerçekleştirilen benzer çalışmalarda, toprak taşlılığı arttıkça erozyonun azalma eğiliminde olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Araştırma alanında içbükey eğim şekillerinde ortalama taşlılık % 41,87 (Tablo 3.2) olarak bulunmuştur. Düz yamaçlarda % 28,65 (Tablo 3.1), dışbükey yamaçlarda % 33,87 (Tablo 3.3) oranında taşlılık bulunmaktadır. Yapılan varyans analizi sonucunda içbükey yamaç şekli ile düz ve dışbükey yamaç şekilleri arasında fark ($P<0,05$) bulunmuştur (Şekil 3.4). Bu veriler çerçevesinde düz, içbükey ve dışbükey yamaç şekillerinde gerçekleşen erozyon miktarının içbükey yamaçlarda en az, düz yamaçlarda en fazla olmasında taşlılık değerlerinin etkisi olduğu söylenebilir.

Düz, içbükey ve dışbükey şekilli yamaçlarda uzunlukları farklı parsellerde, erozyon ile taşlılık arasındaki ilişki Şekil 3.16'da görülmektedir. Tablo 3.1-3.3 değerlerinden uzun ve kısa parseller için ortalama taşlılık miktarı sırasıyla % 32,96 ve % 36,63 olarak belirlenmiştir.

Taşlılığı daha düşük olan uzun parsellerden daha fazla erozyon meydana gelirken; ortalama taşlılığı daha yüksek olan kısa parsellerden daha düşük miktarda erozyon meydana gelmiştir.

Erozyon miktarı ile yüzeysel akış arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (Tablo 3.41). Bu sonuç ender olarak benzer çalışmalarda Bagarello ve Ferro (2004), Bartley vd. (2006) elde edilen bir sonuç olsa da; parsel/erozyon/yüzeysel akış araştırmalarında çoğunlukla erozyon oluşumu ile yüzeysel akış arasında ilişki bulunmuştur. Romero-Diaz vd. (1999) ($\alpha < 0,05$), Benito vd. (2003) ($\alpha < 0,05$), Hartanto vd. (2003) ($\alpha < 0,001$), Bautista vd. (2007) ($\alpha < 0,01$), Truman vd. (2007) ($\alpha < 0,05$). Bu çalışmada erozyon miktarı ile yüzeysel akış arasında ilişki bulunmamasında, yamaç şekilleri üzerinde gerçekleşen taşınma depolanma olaylarının yanıtıcı etkisi rol oynayabilir. Şiddetli yağmurlarda yüzeysel akış parsellerinin üst kısmından hareket eden toprak belli bir yol kat ederek parsel alt kısmına kadar gelmektedir. Ancak taşıma enerjisi azalan yüzeysel akış, özellikle uzun yamaçlarda ve bilhassa içbükey eğim şekillerinde, sedimenti alt kesimde bırakarak parseli terk etmektedir (Şekil 3.9, Şekil 3.11 ve Şekil 3.13). Ancak yağış şiddetinin az olduğu yağmurlarda daha az yüzeysel akış miktarı ve taşıma enerjisi, yağmur damlalarının çarpma etkisinin de yardımı ile bir süre önce parsel üst kesiminden gelen ve parsel çıkışına çok yaklaşmış olan istiflenmiş sedimenti çözerek parsel dışına çıkarabilmektedir. Diğer bir ifade ile şiddetli yağmur ve yüzeysel akışla birlikte daha az miktarda sediment parselden çıkarken; daha az şiddetli yağmur ve yüzeysel akışla daha fazla sediment parseli terk edebilmektedir. Parsel çalışmalarında erozyon yüzeysel akış etkileşimlerinde anlamlılık oluşmasında, yağın yağmur miktarından çok yağmurun şiddeti etkin olabilir. Navar ve Synnott (2000) 910 mm yağmurun düştüğü 1985 yılında 70 yağışlı gün kaydedildiğini, bunlardan 15 tanesinin 20 mm den yüksek miktarda olduğunu, bunların da 10 tanesinin 20 mm sa^{-1} şiddetinde olduğunu ve bunlardan sadece 9 tanesinin yüzeysel akış ve toprak kaybı meydana getirdiğini belirtmektedir. Nicolau vd. (1996) tarafından gerçekleştirilen çalışmada 15 ay süren arazi gözlemlerinde 400 mm toplam yağış düşmüştür. 18 mm sa^{-1} ve üzeri şiddete sahip toplam 19 yağmur kaydedilmiştir. Yalnızca 8 kez yüzeysel akışın görüldüğü çalışmada, toplam yüzeysel akış miktarı 20 mm olmuştur. Le Bissonnais vd. (1998) yaz döneminde çıplak parselden 4 dakika süreli $\text{Imax} > 50 \text{ mm sa}^{-1}$ şiddetinde yağmur sonucunda 100 g l^{-1} ; sonraki bir yağmurda 4 dakika süreli $\text{Imax} = 25 \text{ mm sa}^{-1}$ şiddetinde yağmurdan ise 14 g l^{-1} sediment oluştuğunu belirtmektedir. Bu örnekler şiddetli yağmurla birlikte meydana gelen yüzeysel akışın taşınan sediment miktarında daha etkili olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle yağmurun miktarından çok miktar/süre ilişkisinin toplam toprak kaybında daha fazla etkisi olmaktadır. Nitekim Bartley vd. (2006) birçok yağış

olayında yüzeysel akışla toplam sediment miktarı arasında zayıf korelasyon bulunduğunu belirtmektedir. Bu çalışmanın esas konusu yamaç eğim şekillerinin, erozyon üzerindeki etkisi olduğundan toplam yüzeysel akış miktarı üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Bunun en önemli nedeni çalışmanın bir zaman aralığını kapsaması ve bu süre içinde her yüzeysel akışı tanımlama olanağının mümkün olmayışıdır. Bartley vd. (2006) bir yüzeysel akışı, 12 saat öncesinden yüzeysel akışın olmadığı ve yüzeysel akış miktarının $>1 \text{ l sn}^{-1}$ olduğu akışlar olarak tanımlamaktadır. Yüzeysel akışın oluşturacağı enerjiyi belirlemeden önce, “bir yüzeysel akış olayı olarak” kendisini belirleme gerekliliği söz konusudur. Bu ise bir zaman sınırlamasına bağlı olmaksızın daha çok meteorolojik tahminlerden yola çıkarak şiddetli yağışların takip edildiği, yağış ve yüzeysel akışın süresini, miktarını, yağış başlangıcından ne kadar zaman sonra yüzeysel akışın başladığı vb. ayrıntıları ölçecek donanımların kullanıldığı çalışmalardır. Parsel çalışmalarında değerlendirilmesi gereken bir diğer nokta, bazı çalışmalarda aynı alanda, yan yana parsellerde ve aynı yağış altında yüzeysel akışla toprak kaybı arasında ilişki bulunurken bazılarında bulunamamasıdır. Bu durum parsellerde lokal karakteristiklerin toprak erozyonuna olan etkisinin, yüzeysel akışa olan etkisinden daha fazla olmasıyla açıklanmıştır (Bagarello ve Ferro 2004).

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada düz, içbükey ve dışbükey yamaçlar üzerine tesis edilen yüzeysel akış parselleri kullanılarak, yamaç şekillerinin yüzeysel akış ve toprak erozyonuna etkileri iki yıl boyunca doğal yağış altında ve arazi koşullarında araştırılmıştır. Aynı zamanda bu yamaç şekillerinde parsel uzunluğunun yüzeysel akış ve toprak erozyonuna etkisi incelenmiştir.

Eylül 2007-Eylül 2009 tarihleri arasında düz, içbükey ve dışbükey yamaç şekilleri üzerine tesis edilen yüzeysel akış parsellerine düşen yıllık ortalama yağış miktarı 1194,80 mm, ortalama yağışlı gün sayısı 79, yağışın yüzeysel akışa geçme oranı % 23,27 ve yüzeysel akış parsellerinden gerçekleşen yıllık ortalama erozyon miktarı 2399,95 g m⁻² olmuştur. Diğer bir ifade ile yıllık ortalama erozyon 24,0 ton ha⁻¹ ölçülmüştür. Bu miktar toprak kaybı tolerans değerleri ile karşılaştırıldığında, araştırma alanında erozyon olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Araştırma sonuçları, farklı yamaç şekillerinin oluşan yüzeysel akış miktarı ve erozyon üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Düz yamaç şekillerinde en yüksek yüzeysel akış ve toprak erozyonu meydana gelmiştir. Buna karşılık en düşük yüzeysel akış dışbükey yamaç şekillerinde, en düşük toprak erozyonu içbükey yamaç şekillerinde meydana gelmiştir. İçbükey ve dışbükey yamaçlar arasında yüzeysel akış üretimi açısından belirgin bir fark bulunmamaktadır. Erozyon oluşumuna duyarlılık bakımından, içbükey yamaçlara oranla dışbükey yamaçlar daha hassastır.

Yamaç şekilleri ile ilgili yapılan bütün bu değerlendirmeler, daha fazla sayıda benzer çalışma gerçekleştirilerek elde edilecek sonuçlarla karşılaştırılmalıdır. Bu şekilde yamaç şekilleri, parsel kurulumu, lokal karakteristikler, toprak kaybı, yüzeysel akış oluşumu ve toprak özellikleri arasındaki karşılıklı etkileşimler daha belirgin olarak ortaya konulabilir. Yangın

sahaları, bitki örtüsünden yoksun araziler, yol şevleri gibi ağaçlandırma çalışmaları planlanan yerlerde erozyonun daha fazla olduğu düz yamaçlara öncelik verilmelidir.

Yamaç şekilleri taşınan toprağın tane boyutu üzerinde de etkilidir. Taşınan toprak ince (<2 mm) ve kaba (>2 mm) kısım olarak sınıflandırıldığında, düz yamaçlarda en fazla ince materyal taşınması gerçekleşmiştir. İçbükey yamaçlarda en az ince materyal taşınmıştır. Dışbükey yamaçlar taşınan ince materyal miktarı bakımından değerlendirildiğinde düz yamaçlara daha yakın değerler göstermektedir. Taşınan kaba materyal miktarı bakımından büyükten küçüğe doğru sıralama düz, dışbükey ve içbükey yamaçlar şeklinde olsa da, yamaç şekilleri arasındaki fark istatistiki anlamda önemli düzeyde değildir.

Parsel denemelerinde yamaç şekilleri kendi içinde bölümler halinde birbirinden farklı taşınma-depolanma karakteristikleri göstermektedir. Özellikle içbükey ve dışbükey yamaç şekillerinde; yamaçlar üst, orta ve alt bölümlere ayrılarak yüzeysel akış ve erozyona olan etkileri değerlendirilebilir. Bu şekilde içbükey ve dışbükey yamaçlarda yamaç boyunca değişen eğim derecesinin erozyon ve yüzeysel akış üzerindeki etkisi daha net anlaşılabilir.

İçbükey yamaç şekillerinde, yamaç alt tarafında eğimin azalmasından dolayı, yüzeysel akışın taşıma gücü de azalmaktadır. Diğer faktörlerin eşit olduğu varsayıldığında, yamaç şekline kaynaklanan bu etkiden dolayı içbükey yamaçlarda birim alandan daha az toprak kaybı meydana gelmektedir.

Aynı yamaç şekilleri üzerinde yamaç uzunluklarının değişmesi, meydana gelen erozyon miktarında niceliksel anlamda fark oluşturmalarına rağmen, bu fark istatistiksel anlamda önemli düzeyde değildir. Düz, içbükey ve dışbükey yamaçlarda yamaç uzunluğunun değişmesi taşınan materyalin tane boyutunu etkilememektedir. Ancak bu durum çalışmanın özelliğine bağlı olarak parsel sayısının az olmasıyla ilgili olabilir. Diğer taraftan içbükey ve dışbükey yamaç şekillerinde, yamaç uzunluğunun değişmesi birim alandan oluşan yüzeysel akış miktarında etkili değildir. Düz yamaçlarda yamaç uzunluğunun kısalması birim alandan oluşan yüzeysel akış miktarını artırmaktadır.

Parsel denemelerinde yamaç uzunluğunun etkisini daha belirgin ortaya koymak için, farklı uzunluğa sahip parsel sayısı artırılmalıdır. İki uzunluk kademesinin kullanıldığı parsel denemelerinden elde edilen sonuçların; yamaç uzunluğunun erozyon, yüzeysel akış, toprağın

yamaç üzerinde taşınması ve depolanması gibi faktörlere olan etkisini tam olarak ortaya koyamadığı söylenebilir. Parsel uzunluğunun artmasıyla şiddetli yağışlardan sonra oluşan küçük oluklar daha belirgin, derin ve hızlı oluşmaktadır. Yamaç uzunluğu faktörünün etkisi birbirinden farklı uzunluğa sahip birkaç parsel kullanıldığında daha belirgin ortaya konulabilir.

Yağış miktarı erozyon oluşturma yeteneği bakımından yağış şiddeti kadar etkin değildir. İki yıl süren çalışma döneminde yağışlı gün sayısı ve düşen toplam yağış miktarı bakımından Temmuz 2009 ve Kasım 2007 ayları benzerlik göstermektedir. Hatta kasım ayında yağışlı gün sayısı ve düşen toplam yağış temmuz ayından daha fazladır. Ancak 15 Temmuz 2009'da 3-4 saat içinde gerçekleşen çok şiddetli bir yağmurun etkisiyle oluşan erozyon, çalışma süresince meydana gelen toplam erozyonun yarısından fazlasını oluşturmuştur. Bu sonuçta bir gün öncesinden yağan yağmurun toprağın nem içeriğini artırmasının da etkisi bulunmaktadır. Yine de bu durum yağış şiddetinin yüzeysel akış ve erozyon oluşumunda; yağışlı gün sayısı ve toplam yağış miktarından çok daha etkin olduğunun göstergesidir. Bu çalışmada yağışın süresi, şiddeti, damla çapı, düşme hızı; yüzeysel akışın derinliği, süresi ve hızı gibi karakteristikler belirlenemediğinden; yağmurun ve yüzeysel akışın erozyon oluşturma yeteneği ve yamaç şekilleriyle ilişkileri ayrıntılarıyla ortaya konamamıştır. Benzer çalışmalarda hem yağışın hem de yüzeysel akışın bu gibi karakteristiklerinin belirlenmesi daha detaylı değerlendirmelere olanak sağlayacaktır.

Yüzeysel akışın çalkantılı (türbülant) bir akım göstermesi ve akış derinliğinin artması, düz ve dışbükey yamaçların erozyona daha duyarlı olmasına ve daha çok toprak taşınmasına neden olmuştur. Yüzeysel akış sonrasında eğim yönünde oluşan çizgiler ve oluklar düz ve dışbükey parsellerde çok daha belirgin ve derindir. Derinliği az olan yüzeysel akışların her üç yamaç şekli üzerinde de tabakalı (laminar) şekilde olduğu görülmüştür.

Toprak taşlılığı erozyon üzerinde oldukça etkilidir. Taşlılığın artması meydana gelen erozyon miktarını azaltmaktadır. Araştırmada en az taşlılık içeren parseller düz yamaç şekilleri üzerinde bulunanlardır. Erozyonun en fazla olduğu parseller de söz konusu düz yamaçlarda yer alan parsellerdir. En fazla taş içeriğine sahip içbükey yamaçlar, en az erozyonun olduğu parsellerdir. Diğer taraftan taşlılığın fazla olduğu 5,50 m uzunluğundaki parsellerde gerçekleşen erozyon, taşlılığın daha düşük olduğu 11,05 m uzunluğundaki parsellerden daha azdır. Bu sonuçlar taşlılığın erozyonu azaltma yönündeki etkisini açık bir şekilde

göstermektedir. Araştırma sonunda elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, erozyona parsel düzeyinde en fazla etki eden toprak karakteristiğinin toprak taşlılığı olduğu söylenebilir.

Yüzeysel akış oluşumuna etki eden önemli faktörlerden bir tanesi toprağın infiltrasyon kapasitesinin dolması durumudur. Özellikle ardı ardına yağışın olduğu günlerde, yağış başladıktan çok kısa bir süre sonra parsel üzerinde yüzeysel akışın başladığı gözlemlenmiştir. Önceki yağışlardan dolayı toprağın infiltrasyon kapasitesinin dolması, yağışın çok daha hızlı bir şekilde yüzeysel akışa geçmesine neden olmaktadır. Bu noktada yamaç şekilleri ya da parsel uzunlukları arasında belirgin bir fark yoktur.

Yüzeysel akış parselinin tesis edildiği arazinin lokal karakteristikleri de yüzeysel akışı etkilemektedir. Parsel içinde yer alan taşlı ya da otlı bir bölge, küçük bir tümsek veya çukur; özellikle şiddetli yüzeysel akışların olmadığı hafif yağışlar sonrasında, yüzeysel akışla taşınan materyali tutmaktadır. Bu şekilde parsel dışına taşınamayan materyal, parsel içinde bir yerden bir yere taşınmaktadır. Arazi yüzeyinin de oldukça heterojen olması özellikle arazide birbirine çok yakın konumlandırılmış parsellerde, yüzeysel akış ve taşınan toprak miktarı arasında belirgin farklılıklar meydana getirebilmektedir. Bu nedenle parsel çalışmalarında lokal arazi karakteristiklerinden kaynaklanan bu tür farklılıkların sonuca doğrudan yansıma ihtimali, değerlendirmelerde gözden kaçırılmamalıdır. Sonuç olarak parseller üzerinden gerçekleşen yüzeysel akış ve erozyon miktarları arasındaki lokal karakteristiklerden kaynaklanan farkların en aza indirilebilmesi için, yüzeysel akış toplama alanlarının homojen bir yapıda olması gerekir.

Parsel denemelerinde elde edilen verilerin temsil yeteneğine sahip olabilmesi için uzun dönem ölçümler yapılmalıdır. Yılın bir bölümünde gerçekleştirilen arazi çalışması sonunda elde edilen veriler, yılın tamamını temsil etmeyebilir. Bu tarzda elde edilen veriler üzerinden yapılan genel bir değerlendirme, yüzeysel akış ve erozyon sonuçlarının gerçek temsil niteliğinden uzak olmasına neden olacaktır. Doğru ve güvenilir bir sonuç elde etmek için bundan kaçınılmalıdır. Bu bakımdan parsel denemelerinde uzun dönem ölçümler yapılması ve çalışmanın bütün yıla yayılması sağlanmalıdır.

İyi korunan parsellerde, toprak seviyesinin değişimini belirlemek için seviye tespit çubukları kullanılabilir. Bu şekilde parsel içinde veya yamaç üzerinde taşınma-depolanma durumu ortaya konulabilmektedir. Ancak parsel içinde taşınma veya birikmenin lokal faktörlerin

etkisiyle bir noktada yoğunlaşması seviye tespit çubuklarının temsil gücünü azaltabilir. Bu sakınca seviye tespit çubuklarının, birbirine paralel yerleştirilip; parsel yatay hattında sayısının artırılmasıyla giderilebilir. Birden çok sayıda seviye tespit çubuğunun ortalaması alınarak taşınma-depolanmaya ilişkin sonuçlar daha güvenilir hale getirilebilir.

Parsel çalışmalarında, eğim yönünde parselin alt kısmını sınırlandıran kenarlıklar yeterli tahliye yeteneğine sahip olmadıklarında, oluşacak toprak kaybını etkilemektedir. Bu husus parsel kurulumunda dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan biridir. Parsel alt kısmında köşe noktalarında birer tane ve orta noktada da bir tane olmak üzere en az üç tahliye noktası olmalıdır. Bu sayı daha da artırılabilir. Bu şekilde parsel alt kenarlığı gelen katı materyalin depolanmasında en az etki edecektir. Toplama alanından gelen yüzeysel akış ve sürüntü materyalinin, parsel eğim yönünde sınırlama yapılmadan doğrudan depolama birimine iletilme olanağı varsa bu değerlendirilmelidir. Böylelikle alt kenarlardan kaynaklanan depolanma tamamen ortadan kalkmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abrisqueta J M, Plana V, Mounzer O H, Mendez J ve Ruiz-Sanchez M C** (2007) Effects of soil tillage on runoff generation in a Mediterranean apricot orchard. *Agricultural Water Management*, 93: 11-18.
- Agassi M ve Ben-Hur M** (1991) Effect of slope length, aspect and phosphogypsum on runoff and erosion from steep slopes. *Australian Journal of Soil Research*, 29(2): 197-207.
- Agassi M ve Bradford J M** (1999) Methodologies for interrill soil erosion studies. *Soil Tillage Research*, 49: 277-287.
- Agnese C, Baiamonte G ve Corrao C** (2007) Overland flow generation on hillslopes of complex topography: analytical solutions. *Hydrological Processes*, 21: 1308-1317.
- Albaladejo J, Castillo V ve Diaz E** (2000) Soil loss and runoff on semiarid land as amended with urban solid refuse. *Land Degradation Development*, 11: 363-373.
- Altunışık, R., Coşkun, R. Yıldırım, E. ve Bayraktaroğlu, S.** (2002) *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri SPSS Uygulamalı*. Geliştirilmiş 2. Basım, Sakarya Kitapevi, Sakarya Üniversitesi, İ.İ.B.F., Sakarya, 281 s.
- Anon.** (2008) *Bartın İli Su Kaynakları Stratejisi Yönetimi*. T.C. Bartın Valiliği, Bartın, 64 s.
- Aryal S K, Mein R G ve O'Loughlin E M** (2003) The concept of effective length in hillslopes: assessing the influence of climate and topography on the contributing areas of catchments. *Hydrological Processes*, 17: 131-151.
- Asadi H, Ghadiri H, Rose C W ve Rouhipour H** (2007) Interrill soil erosion processes and their interaction on low slopes. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32: 711-724.
- Assouline S ve Ben-Hur M** (2006) Effects of rainfall intensity and slope gradient on the dynamics of interrill erosion during soil surface sealing. *Catena*, 66: 211-220.
- Auerswald K, Mutchler C K ve McGregor K C** (1994) The influence of tillage induced differences in surface moisture content on soil erosion. *Soil and Tillage Research*, 32: 41-50.
- Aydın M, Celik I ve Berkman A** (2001) Use of some natural plant species for erosion control in southern Turkey. In Stott DE, Mohtar RE, Steinhardt GC. (ed) Sustaining the global farm. *Selected papers from the 10th international soil conservation organization meeting held on May 24-29, 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory*: 452-458.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Bagarello V ve Ferro V** (1998) Calibrating storage tanks for soil erosion measurement from plots. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23: 1151-1170.
- Bagarello V ve Ferro V** (2004) Plot-scale measurement of soil erosion at the experimental area of Sparacia (southern Italy). *Hydrological Processes*, 18: 141-157.
- Bagarello V, Di Piazza G V, Ferro V ve Giordano G** (2008) Predicting unit plot soil loss in Sicily, south Italy. *Hydrological Processes*, 22: 586-595.
- Balcı A N** (1958) Elmalı Barajının Siltasyondan Korunması İmkanları ve Vejetasyon-Su Düzeni Münasebetleri Üzerinde Araştırmalar, Doktora Tezi, İstanbul, 105 s.
- Balcı A N** (1978) Toprak erozyonunu etkileyen faktörler ve havza amenajmanı. *I. Ulusal Erozyon ve Sedimentasyon Bildirileri* 25-27 Nisan 1978. DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları, 982: 91-106.
- Balcı A N** (1996) *Toprak Koruması*. İ.Ü. Yay. No. 3947, İstanbul, 490s.
- Barthes B, Albrecht A, Asseline J, De Noni G ve Roose E** (1999) Relationship between soil erodibility and topsoil aggregate stability or carbon content in a cultivated Mediterranean highland (Aveyron, France). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 30 (13-14): 1929-1938.
- Barthes B ve Roose E** (2002) Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels. *Catena*, 47: 133-149.
- Bartley R, Roth C H, Ludwig J, McJannet D, Liedloff A, Corfield J, Hawdon A ve Abbott B** (2006) Runoff and erosion from Australia's tropical semi-arid rangelands: influence of ground cover for differing space and time scales. *Hydrological Processes*, 20: 3317-3333.
- Basic F, Kisić I, Nestroy O, Butorac A ve Mesic M** (2000) Water erosion in different crop development stages and tillage practices on Luvic Stagnosol of Central Croatia. *Journal of Central European Agriculture*, 1(1): 26-40.
- Bautista S, Mayor A G, Bourakhouadar J ve Bellot J** (2007) Plant spatial pattern predicts hillslope runoff and erosion in a semiarid mediterranean landscape. *Ecosystems*, 10: 987-998.
- Benito E, Santiago J L, De Blas E ve Varela M E** (2003) Deforestation of water-repellent soils in Galicia (NW Spain): effects of surface runoff and erosion under simulated rainfall. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28: 145-155.
- Beven K** (2001) On modelling as collective intelligence. *Hydrological Processes*, 15: 2205-2207.
- Blake G R** (1965) Particle density. In: Klute A. (ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin USA: 371-373.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Blanco-Canqui H, Gantzer C J, Anderson S H ve Thompson A L** (2004) Soil berms as an alternative to steel plate borders for runoff plots. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 1689-1694.
- Blanquies J, Scharff M ve Hallock B** (2003) The design and construction of a rainfall simulator. *International Erosion Control Association (IECA), 34th Annual Conference and Expo.*, 24-28 February 2003, Las Vegas, Nevada, USA.
- Bochet E, Poesen J ve Rubio J L** (2006) Runoff and soil loss under individual plants of a semi-arid Mediterranean shrubland: influence of plant morphology and rainfall intensity. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31: 536-549.
- Boix-Fayos C, Calvo-Cases A, Imeson A C, Soriano-Soto M D ve Tiemessen I R** (1998) Spatial and short-term temporal variations in runoff, soil aggregation and other soil properties along a Mediterranean climatological gradient. *Catena*, 33: 123-138.
- Boix-Fayos C, Martinez-Mena M, Calvo-Cases A, Castillo V ve Albaladejo J** (2005) Concise review of interrill erosion studies in SE Spain (Alicante and Murcia): erosion rates and progress of knowledge from the 1980s. *Land Degradation Development*, 16: 517-528.
- Boix-Fayos C, Martinez-Mena M, Arnau-Rosalen E, Calvo-Cases A, Castillo V ve Albaladejo J** (2006) Measuring soil erosion by field plots: understanding the sources of variation. *Earth-Sciences Reviews*, 78: 267-285.
- Bolat İ** (2007) Farklı arazi kullanım biçimlerinin toprağın mikrobial biomas C (C_{mic}) ve N (N_{mic}) içeriğine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 104 s.
- Boli B Z, Aziem B B ve Roose E** (1994) Erosion impact on crop productivity on sandy soils of northern Cameroon. *8th ISCO Conference*, New Delhi, India, 80-89.
- Bouyoucos G J** (1962) Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54: 464-465.
- Bracken L J ve Kirkby M J** (2005) Differences in hillslope runoff and sediment transport rates within two semi-arid catchments in southeast Spain. *Geomorphology*, 68: 183-200.
- Brady N C** (1990) *The Nature and Properties of Soils*, 10th Edition New York: Macmillan, 621 s.
- Bryan R B** (1971) The efficiency of aggregation indices in the comparison of some English and Canadian soils. *Journal of Soil Science*, 22: 166-178.
- Bryan R B** (1979) The influence of slope angle on soil entrainment by sheetwash and rainsplash. *Earth Surface Processes*, 4: 43-58.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Bryan R B ve Poesen J** (1989) Laboratory experiments on the influence of slope length on runoff, percolation and rill development. *Earth Surface Processes and Landforms*, 14: 211-231.
- Bryan R B** (2000) Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. *Geomorphology*, 32: 385-415.
- Cai Q** (2001) Effect of runoff and sediment from hillslope on gully slope in the hilly loess region, North China. In Stott DE, Mohtar RE, Steinhardt GC. (ed) Sustaining the global farm. *Selected papers from the 10th international soil conservation organization meeting held on May 24-29, 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory*: 732-736.
- Calvo-Cases A, Boix-Fayos C ve Imeson A C** (2003) Runoff generation, sediment movement and soil water behaviour on calcareous (limestone) slopes of some Mediterranean environments in southeast Spain. *Geomorphology*, 50: 269-291.
- Carmi G ve Berliner P** (2008) The effect of soil crust on the generation of runoff on small plots in an arid environment. *Catena*, 74: 37-42.
- Carter C E, Doty C W ve Carroll B R** (1968) Runoff and erosion characteristics of the Brown loam soils. *Agricultural Engineering*, 49(5): 296.
- Casana J** (2008) Mediterranean valleys revisited: Linking soil erosion, land use and climate variability in the northern Levant. *Geomorphology*, 101: 429-442.
- Castillo V M, Martinez-Mena M ve Albaladejo J** (1997) Runoff and soil loss response to removal in a semiarid environment. *Soil Science Society of America Journal*, 61: 1116-1121.
- Chaplot V A M ve Le Bissonnais Y** (2000) Field measurements of interrill erosion under different slopes and plot sizes. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25: 145-153.
- Chaplot V A M ve Le Bissonnais Y** (2003) Runoff features for interrill erosion at different rainfall intensities, slope lengths, and gradients, in an agricultural loessial hillslope. *Soil Science Society of America Journal*, 67: 844-851.
- Cheing T L** (1997) Methods of soil erosion measurement. *Journal of Geographical Science*, 23: 89-106
- Cheng Q, Ma W ve Cai Q** (2008) The relative importance of soil crust and slope angle in runoff and soil loss: a case study in the hilly areas of the loess plateau, north China. *GeoJournal*, 71: 117-125.
- Chisci G** (1981) Upland erosion: evaluation and measurement. Erosion and sediment transport measurement. *Proceedings of the Florence Symposium*, June 1981. IAHS Publication Number, 133: 331-349.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Chmelova R ve Sarapatka B** (2002) Soil erosion by water: contemporary research methods and their use. *Geographica*, 37: 23-30.
- Clarke M A ve Walsh R P D** (2007) A portable rainfall simulator for field assessment of splash and slopewash in remote locations. *Earth Surface Process and Landforms*, 32: 2052-2069.
- Collinet J ve Valentin C** (1984) Evaluation of factors influencing water erosion in West Africa using rainfall similtion, *Challenges in African Hydrology and Water Resources (Proceedings of the Harare Symposium, July 1984)*, IHS Publ. No, 144: 451-461.
- Colson A, Brooks K, Wyse D, Johnson G ve Sheaffer C** (2005) Runoff and sediment from woody and herbaceous perennial crops and an annual crop. Moving Agroforestry into the Mainstream, *The Ninth North American Agroforestry Conference*, June 12-15, Rochester, MN., 1-10.
- Commendaaur P R** (1992) Soil erosion studies using rainfall simulation on forest harvested areas in British Columbia, *(Proceedings of the Chengdu Symposium, July 1992)*. IAHS Publ. No, 209: 21-28.
- Çepel N** (1995) *Orman Ekolojisi*. İ.Ü. Yayın No 3886, İstanbul, 536 s.
- Çepel N** (1996) *Toprak İlmi*, İ.Ü. Yay. No 3945, İstanbul, 288 s.
- De Ploey J ve Savat J** (1976) The differential impact of some soil loss factors on flow, runoff crepp and rainwash. *Earth Surface Process*, 1: 151-161.
- Descroix L, Viramontes D, Vauclin M, Gonzalez Barrios J L ve Esteves M** (2001) Influence of soil surface features and vegetation on runoff and erosion in the Western Sierra Madre (Durango, Northwest Mexico). *Catena*, 43(2): 115-135.
- Desmet P J J ve Govers G** (1997) Two dimensional modelling of the within-field variation in rill and gully geometry and location related to topography. *Catena*, 29: 283-306.
- Devaurs M ve Gifford G F** (1984) Variability of infiltration within large runoff plots on rangelands. *Journal of Range Management*, 37(6): 523-528.
- Dillaha T A, Sherrard J H, Lee D, Shanholtz V O, Mostaghimi S ve Magette W L** (1986) Use of Vegetative Filter Strips to Minimize Sediment and Phosphorus Losses from Feedlots: Phase I. Experimental Plot Studies. *Virginia Water Resources Research Center Bulletin 151*, Blacksburg, VA: Virginia Tech.
- D'Souza V P C ve Morgan R P C** (1976) A laboratory study of the effect of slope steepness and curvature on soil erosion. *Journal of Agricultural Engineering Resources*, 21(1): 21-31.
- Duan S, Zhou Y, Li W ve Li Y** (2002) Monitoring system for soil erosion in Shixia Pilot small watershed in Beijing. *12th ISCO Conference*, Beijing, 49-54.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Dunjo G, Pardini G ve Gispert M** (2004) The role of land use-land cover on runoff generation and sediment yield at a microplot scale, in a small Mediterranean catchment. *Journal of Arid Environments*, 57: 99-116.
- Duran Z V H, Martinez F J R, Pleguezuelo R C R, Martinez R A ve Rodriguez B C** (2006) Soil erosion and runoff prevention by plant covers in a mountainous area (SE Spain): Implications for sustainable agriculture. *Environmentalist*, 26: 309-319.
- Eijkelkamp** (2003) *Agriseach Equipment*, M1.09.02.E (Laboratory Permeameters), 14 s.
- El-Swaify S A** (1997) Factors affecting soil erosion hazards and conservation needs for tropical steeplands. *Soil Technology*, 11: 3-16.
- Eruz E** (1979) Toprak Tuzluluğu ve Bitkiler Üzerindeki Genel Etkileri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt 29, Sayı 2, 112-120 s.
- Fan J C ve Wu M F** (2001) Effects of soil strength, texture, slope steepness and rainfall intensity on interrill erosion of some soils in Taiwan. In Stott DE, Mohtar RE, Steinhardt GC. (ed) Sustaining the global farm. *Selected papers from the 10th international soil conservation organization meeting held on May 24-29, 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory*: 588-593.
- Fang H Y, Cai Q G, Chen H ve Li Q Y** (2008) Effect of rainfall regime and slope on runoff in a gullied loess region on the Loess Plateau in China. *Environmental Management*, 42: 402-411.
- Fentie B, Yu B, Silburn M D ve Ciesiolka C A A** (2002) Evaluation of eight different methods to predict hillslope runoff rates for a grazing catchment in Australia. *Journal of Hydrology*, 261: 102-114.
- Figueiredo T ve Poesen J** (1998) Effects of surface rock fragment characteristics on interrill runoff and erosion of a silty loam soil. *Soil and Tillage Research*, 46: 81-95
- Fleskens L ve Stroosnijder L** (2007) Is soil erosion in olive groves as bad as often claimed? *Geoderma*, 141: 260-271.
- Fox D M ve Bryan R B** (1999) The relationship of soil loss by interrill erosion to slope gradient. *Catena*, 38: 211-222.
- Fullen M A** (1998) Erosion rates on bare loamy sand soils in east Shropshire, UK. *Soil Use and Management*, 8: 157-162.
- Fullen M A, Zhi W B ve Brandsma R T** (1998) A comparison of the texture of grassland and eroded sandy soils from Shropshire, UK. *Soil and Tillage Research*, 46(3-4): 301-305.
- Gabriels D** (1999) The effect of slope length on the amount and size distribution of eroded silt loam soils: short slope laboratory experiments on interrill erosion. *Geomorphology*, 28: 169-172.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Gascuel Odoux C, Cros-Cayot S ve Durand P** (1996) Spatial variations of sheet flow and sediment transport on an agricultural field. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21: 843-851.
- George M R, McDougald N K, Tate K W ve Larsen R** (2002) Sediment dynamics and sources in a grazed hardwood rangeland watershed. *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.*, 184: 65-73.
- Gifford G F** (1973) Runoff and sediment yields from runoff plots on chained pinyon-juniper sites in Utah. *Journal of Range Management*, 26(6): 440-443.
- Gilley J E, Doran J W ve Dao T H** (1997) Runoff, erosion, and soil quality characteristics of a former Conservation Reserve Program site in Southwestern Oklahoma. *Applied Engineering in Agriculture American Society of Agricultural Engineers*, 13(5): 617-622.
- Gilley J E, Sabatka W F, Eghball B ve Marx DB** (2008) Nutrient transport as affected by rate of overland flow. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 51(4): 1287-1293.
- Gomez J A, Nearing M A, Giraldez J V ve Alberts E E** (2001) Analysis of sources of variability of runoff volume in a 40 plot experiment using a numerical model. *Journal of Hydrology*, 248: 183-197.
- Gomez J A ve Nearing M A** (2005) Runoff and sediment losses from rough and smooth soil surfaces in a laboratory experiment. *Catena*, 59: 253-266.
- Görcelioğlu E** (1988) Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği ve Bunun Yüzey ve Çizgi Erozyonuna Bağlı Toprak Kayıplarının Hesaplanmasında Kullanılması. *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 38(2): 31-53.
- Greene R S B ve Sawtell G R** (1992) A collection system for measuring runoff and soil erosion with a mobile rainfall Simulator on sealed and stoney red earth soils. *Australian Journal of Soil Research*, 30: 457-463.
- Gülçur F** (1974) *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*, İ.Ü. Yay. No 1970, İstanbul, 224 s.
- Hagen L J ve Foster G R** (1990) Soil erosion prediction technology. *Proc. March 1989 Soil Erosion and Productivity Workshop*, University of Minnesota: 117-135.
- Hancock G R, Loch R J ve Willgoose G R** (2003) The design of post-mining landscapes using geomorphic principles. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28: 1097-1110.
- Hartanto H, Prabhu R, Widayat A S E ve Asdak C** (2003) Factors affecting runoff and soil erosion: plot-level soil loss monitoring for assessing sustainability of forest management. *Forest Ecology and Management*, 180(1-3): 361-374.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Hayes S A, McLaughlin R A ve Osmond D L** (2005) Polyacrylamide use for erosion and turbidity control on construction sites. *Soil and Water Conservation Society*, 60(4): 193-199.
- Hayward J A** (1967) Plots for evaluating the catchment characteristics affecting soil loss, 2-review of plot studies. *Journal of Hydrology New Zealand*, 6: 120-137.
- Huang C, Gascuel-Oudoux C ve Cros-Cayot S** (2001) Hillslope topographic and hydrologic effects on overland flow and erosion. *Catena*, 46: 177-188.
- Hudson N W** (1993) Field measurements of soil erosion and runoff. *FAO Soil Bulletins*, 68, 139 s.
- Hudson P F ve Alcantara-Ayala I** (2006) Ancient and modern perspectives on land degradation. *Catena*, 65: 102-106.
- Irmak, A.** (1954) *Arazide ve Laboratuvarında Toprağın Araştırılması Metodları*, İ.Ü. Yayın No. 559, Orman Fakültesi Yayın No. 27, İstanbul, 150 s.
- Jackson W L, Knoop K, Szalona J J ve Hudson S** (1985) A runoff and soil-loss monitoring technique using paired plots. *Technical Note 368*. USDI Bureau of Land Management, Denver, Colorado USA.
- Joel A, Messing I, Seguel O ve Casanova M** (2002) Measurement of surface water runoff from plots of two different sizes. *Hydrological Processes*, 16: 1467-1478.
- Kaçar B** (1995) *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III Toprak Analizleri*. A.Ü. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yay. No:3, Ankara, 705 s.
- Kantarcı M D** (2000) *Toprak İlmi*, İ.Ü. Yay. No 4261, İstanbul, 420 s.
- Karakaplan S** (1978) Sediment taşınımının yağış, yüzey akış, eğim ve sedimentle ilişkileri. *I. Ulusal Erozyon ve Sedimentasyon Bildirileri 25-27 Nisan 1978*. DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları 982: 269-284.
- Kinnell P I A** (2000) The effect of slope length on sediment concentrations associated with side-slope erosion. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 1004-1008.
- Kinnell P I A** (2007) Runoff dependent erosivity and slope length factors suitable for modelling annual erosion using the universal soil loss equation. *Hydrological Processes*, 21: 2681-2689.
- Kinnell P I A** (2008) Sediment delivery from hillslopes and the universal soil loss equation: some perceptions and misconceptions. *Hydrological Processes*, 22: 3168-3175.
- Korkanç Yaşar S** (2003) Bartın yöresinde arazi kullanım sorunları ve çözüm önerileri (Iskalan Deresi Yağış Havzası Örneği), Doktora tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 190 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kraayenhagen J, Watnaprateep P ve Nakasthien N** (1981) *The effects of different structures on erosion and runoff for the year 1981*. UNDP/FAO Mae Sa Watershed Project Technical Note, 48.
- Krenitsky E C, Carroll M J, Hill R L ve Krouse J M** (1998) Runoff and sediment losses from natural and man-made erosion control materials. *Crop Sciences*, 38: 1042-1046.
- Kuron H** (1960) Long-term measurements of runoff and soil loss on three typical soils of Germany. *Publication IAHS*, 53: 135-142.
- Kushwaha C P, Tripathi S K ve Singh K P** (2001) Soil organic matter and water-stable aggregates under different tillage and residue conditions in a tropical dryland agroecosystem. *Applied Soil Ecology*, 16(3): 229-241.
- Lal R** (1982) Effects of slope length and terracing on runoff and erosion on a tropical soil. *Recent Developments in the Explanation and Prediction of Erosion and Sediment Yield (Proceedings of the Exeter Symposium, July 1982)* IAHS Publication Number, 137: 23-31.
- Lal R** (1988) Effects of slope length, slope gradient, tillage methods and cropping systems on runoff and soil erosion on a tropical alfisols: preliminary results. *Sediment Budgets (Proceedings of the Porto Alegre Symposium, December 1988)*, IAHS Publication Number, 174: 79-88.
- Lal R** (1997a) Soil degradative effects of slope length and tillage methods on alfisols in western Nigeria I. Runoff, erosion and crop response. *Land Degradation and Development*, 8: 201-219.
- Lal R** (1997b) Soil degradative effects of slope length and tillage methods on alfisols in western Nigeria III. Soil physical properties. *Land Degradation and Development*, 8: 325-342.
- Lal R** (2001) Soil degradation by erosion. *Land Degradation and Development*, 12: 519-539.
- Lane L J, Renard K G, Foster G R ve Laflen J M** (1992) Development and application of modern soil erosion prediction technology-the USDA experience. *Australian Journal of Soil Research*, 30: 893-912.
- Lane L J Nichols M H ve Simanton J R** (1995) Spatial variability of cover affecting erosion and sediment yield in overland flow. *Effects of Scale on Interpretation and Management of Sediment and Water Quality (Proceedings of a Boulder Symposium, July 1995)*, IAHS Publication Number, 226: 147-152.
- Le Bissonnais Y ve Arrouays D** (1997) Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: II Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. *European Journal of Soil Sciences*, 48: 39-48.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Le Bissonnais Y, Benkhadra H, Chaplot V, Fox D, King D ve Daroussin J** (1998) Crusting, runoff and sheet erosion on silty loamy soils at various scales and upscaling from m² to small catchments. *Soil Tillage Research*, 46: 69-80.
- Liu B Y, Nearing M A ve Risse L M** (1994) Slope gradient effects on soil loss for step slopes. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 37: 1835-1840.
- Liu B Y, Nearing M A, Shi P J ve Jia Z W** (2001a) Slope length effect on soil loss for step slopes. In Stott DE, Mohtar RE, Steinhardt GC. (ed) *Sustaining the global farm. Selected papers from the 10th international soil conservation organization meeting held on May 24-29, 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory*: 784-788.
- Liu Q, Chen L ve Li J** (2001b) Influences of slope gradient on soil erosion. *Applied Mathematics and Mechanics*, 22(5): 510-519.
- Liu B, Zhang K ve Xie Y** (2002) An empirical soil loss equation. *12th ISCO Conference*, Beijing, 21-25.
- Lundekvam H ve Skoien S** (1998) Soil erosion in Norway. An overview of measurements from soil loss plots. *Soil Use and Management*, 14: 84-89.
- Martinez R A, Duran Z V H ve Francia J R** (2006) Soil erosion and runoff response to plant cover strips on semiarid slopes (SE Spain). *Land Degradation Development*, 17: 1-11.
- Martinez-Zavala L ve Jordan A** (2008) Effect of rock fragment cover on interrill soil erosion from bare soils in Western Andalusia, Spain. *Soil Use and Management*, 24: 108-117.
- Martinez-Zavala L, Jordan L A ve Bellinfante N** (2008) Seasonal variability of runoff and soil loss on forest road backslopes under simulated rainfall. *Catena*, 74(1): 73-79.
- Meyer D L ve Kramer A L** (1969) Erosion equations predict land slope development. *Agricultural Engineering*, 50: 522-523.
- Mirtskhoulava T E** (1981) Land erosion, research equipment, forecasting methods and prospects for their improvement. *Proceedings of the Florence Symposium, June 1981*. IAHS Publ. No. 133: 521-527.
- Moore I D ve Wilson J P** (1992) Length-slope factors for the revised universal soil loss equation: simplified method of estimation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 47(5): 423-428.
- Morgan R P C, McIntyre K, Vickers A V, Quinton J N ve Rickson R J** (1997) A rainfall simulation study of soil erosion on rangeland in Swaziland. *Soil Technology*, 11: 291-299.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Mou J** (1981) The establishment of experimental plots for studying runoff and soil loss in the rolling loess regions of China. *Erosion and sediment transport measurement. Proceedings of the Florence Symposium*, June 1981. IAHS Publ. No. 133: 467-477.
- Moustakas N C, Kosmas C S, Danalatos N G ve Yassoglou N** (1995) Rock fragments I: Their effect on runoff, erosion and soil properties under field conditions. *Soil Use and Management*, 11: 115-120.
- Murphy S R, Larney F J, Willms W D, DeMaere P R ve Harden S** (2008) Surface runoff response of native and introduced grasses under simulated rainfall in southern Alberta. *Canadian Journal of Soil Science*, 88: 337-348.
- Navar J ve Synnott T J** (2000) Surface runoff, soil erosion, and land use in northeastern Mexico. *Terra Volumen*, 18(3): 247-253.
- Nearing M A, Deer-Ascough L ve Laflen J M** (1990) Sensitivity analysis of the WEPP hillslope profile erosion model. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 33(3): 839-849.
- Nearing M A** (1997) A single continuous function for slope steepness influence of soil loss. *Soil Science Society of America Journal*, 61: 917-919.
- Nearing M A, Govers G ve Norton L D** (1999) Variability in soil erosion data from replicated plots. *Soil Science Society of America Journal*, 63: 1829-1835.
- Nearing M A** (2000) Evaluating soil erosion models using measured plot data: accounting for variability in the data. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25: 1035-1043.
- Nicolau J M, Sole-Benet A, Puigdefabregas J ve Gutierrez L** (1996) Effects of soil and vegetation on runoff along a catena in semi-arid Spain. *Geomorphology*, 14(4): 297-309.
- Nyssen J, Haile M, Poesen J, Deckers J ve Moeyersons J** (2001) Removal of rock fragments and its effect on soil loss and crop yield, Tigray, Ethiopia. *Soil Use and Management*, 17: 179-187.
- Ollesch G ve Vacca A** (2002) Influence of time on measurement results of erosion plot studies. *Soil Tillage Research*, 67: 23-39.
- Oyedele D J ve Aina P O** (1998) A study of soil factors in relation to erosion and yield of maize on a Nigerian soil. *Soil Tillage Research*, 48: 115-125.
- Özdamar K** (1999) *Paket Programları ile İstatistiksel Veri Analizi SPSS MINITAP*, İkinci Baskı, Kaan Kitapevi, Eskişehir, 689 s.
- Özhan S** (2004) *Havza Amenajmanı*, İ.Ü. Yay. No 4510, İstanbul, 384 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Özhan S, Balcı A N, Özyuvacı N, Hızal A, Gökbülak F ve Serengil Y** (2005) Cover and management factors for the Universal Soil-loss Equation for forest ecosystems in the Marmara region, Turkey. *Forest Ecology and the Management*, 214: 118-123.
- Özyuvacı N** (1976) Arnavutköy deresi yağış havzasında hidrolojik durumu etkileyen bazı bitki toprak su ilişkileri. İ.Ü. Yay. No 2082, İstanbul, 247 s.
- Özyuvacı N, Özhan S ve Görçelioğlu E** (1997) Integrated watershed management for sustainable development of renewable natural resources. *Proceedings of the XI. World Forest Congress*, Antalya, Turkey, 2: 257-263
- Özyuvacı N** (1999) *Meteoroloji ve Klimatoloji*, İ.Ü. Yay. No 4196, İstanbul, 369 s.
- Palis R G, Rose C W ve Saffigna P G** (1997) Soil erosion and nutrient loss IV. *Australian Journal of Soil Research*, 35(4): 907-924.
- Palta Ş** (2008) Bartın Uluyayla meralarında mera vejetasyonunun bazı kantitatif özelliklerinin saptanması ve mera ıslahına yönelik ekolojik yapının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 65 s.
- Parsons A J, Brazier R E, Wainwright J ve Powell D M** (2006a) Scale relationships in hillslope runoff and erosion, *Earth Surface Processes and Landforms*, 31: 1384-1393.
- Parsons A J, Wainwright J, Brazier R E ve Powell D M** (2006b) Is sediment delivery a fallacy? *Earth Surface Processes and Landforms*, 31: 1325-1328.
- Peugeot C, Esteves M, Gale S, Rajot J L ve Vandervaere J P** (1997) Runoff generation process: results and analysis of field data at the east central supersite of the HAPEX-Sahel experiment. *Journal of Hydrology*, 188-189: 179-202
- Phillips J D** (1990) Relative importance of factors influencing fluvial soil loss at the global scale. *American Journal of Science*, 290: 547-568.
- Poesen J W, Boardman J, Wilcox B ve Valentin C** (1996) Water erosion monitoring and experimentation for global change studies. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51(5): 386-390.
- Polyakov V O, Nearing MA ve Shipitalo M J** (2004) Tracking sediment redistribution in a small watershed: implications for agro-landscape evolution. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29: 1275-1291.
- Porto P, Walling D E ve Callegari G** (2009) Investigating the effects of afforestation on soil erosion and sediment mobilisation in two small catchments in Southern Italy. *Catena*, 79(3): 181-188.
- Presbitero A L** (2003) Soil erosion studies on step slopes of humid-tropic Philippines. Unpublished PhD Thesis logged with Griffith University, Queensland, Australia.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Presbitero A L, Rose C W, Ciesiolka C A A, Yu B, Coughlan K J ve Fentie B** (2004) Results and interpretation of soil loss measurements from step slopes in the Philippines. *13th International Soil Conservation Organization Conference*, July 2004, Brisbane.
- Rejman J ve Usowicz B** (2002) Evaluation of soil-loss contribution areas on loess soils in Southeast Poland. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(13): 1415-1423.
- Rejman J ve Brodowski R** (2005) Rill characteristics and sediment transport as a function of slope length during a storm event on loess soil. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30: 231-239.
- Rejman J, Brodowski R ve Iglík I** (2008) Annual variations of soil erodibility of silt loam developed from loess based on 10 years runoff plot studies. *Land Reclamation*, 39: 79-83.
- Renard K G ve Foster G R** (1983) Soil conservation: principles of erosion by water. *Dryland Agriculture-Agronomy Monograph*, 23: 155-176.
- Renard K G** (1985) Rainfall simulators and USDA erosion research: history, perspective, and future. *Proceedings of the Rainfall Simulator Workshop*, edited by Lane, L.J., January 14-15, Tucson, Arizona: 3-6.
- Renard K G ve Simanton J R** (1990) Application of RUSLE to rangelands. *Watershed Planning and Analysis in Action Symposium Proceedings of IR Conference*, ASCE, Durango, Colorado, USA. 9-11 July 1990: 164-173.
- Renard K G, Foster G R, Weesies G A, McCool D K ve Yoder D C** (1997) Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). US Dept. of Agriculture, *Agriculture Handbook* No, 703: 404 s.
- Rieke-Zapp D H, Nearing M A ve Poesen J** (2001) Rocks and rills: The impact of rock fragments on soil loss by concentrated flow erosion in laboratory experiments. In Stott DE, Mohtar RE, Steinhardt GC. (ed) Sustaining the global farm. *Selected papers from the 10th international soil conservation organization meeting held on May 24-29, 1999* at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory: 796-802.
- Rieke-Zapp D H ve Nearing M A** (2005) Slope shape effects on erosion: a laboratory study. *Soil Science Society of America Journal*, 69: 1463-1471.
- Rieke-Zapp D H, Poesen J ve Nearing M A** (2007) Effects of rock fragments incorporated in the soil matrix on concentrated flow hydraulics and erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32: 1063-1076.
- Robinson A R** (1977) Relationship between soil erosion and sediment delivery. *International Association of Hydrological Sciences Publication*, 122: 159-167.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Rochelle B P, Parker J ve Wigington Jr** (1986) Surface runoff from Southeastern Oklahoma forested watersheds. *Proceedings of Oklahoma Academy of Science*, 66: 7-13.
- Romero-Diaz A, Cammeraat L H, Vacca A ve Kosmas C** (1999) Soil erosion at three experimental sites in the Mediterranean. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24: 1243-1256.
- Rowell D. L.** (1994) *Soil science methods and applications*. Longman Scientific and Technical, Singapore, 350 pp.
- Römkens M J M, Helming K ve Prasad S N** (2001) Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. *Catena*, 46: 103-123.
- Sanders D** (2004) Soil conservation. Land Use, Land Cover and Soil Sciences. (Ed. W.H. Verheye) in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK.
- Schor H J ve Gray D H** (1995) Landform grading and slope evolution. *Journal of Geotechnical Engineering (ASCE)* 121(GT10): 729-734.
- Schor H J ve Gray D H** (2007) *Landforming: An environmental approach to hillside development, mine reclamation and watershed restoration*. John Wiley and Sons, Inc. 368 s.
- Sharpley A ve Kleinman P** (2003) Effect of rainfall simulator and plot scale on overland flow and phosphorus transport. *Journal of Environmental Quality*, 32: 2172-2179.
- Sheng T C** (1990) Runoff plots and erosion phenomena on tropical steeplands. Research Needs and Applications to Reduce Erosion and Sedimentation in Tropical Steeplands, Proceedings of the Fiji Symposium, IAHS-AISH Publ. No.192: 154-161.
- Shi X ve Yu D** (2001) Measurement of erodibility for soils in subtropical China by simulated and natural rainfall. In Stott DE, Mohtar RE, Steinhardt GC. (ed) Sustaining the global farm. *Selected papers from the 10th international soil conservation organization meeting held on May 24-29, 1999* at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory: 803-806.
- Smets T, Poesen J ve Bochet E** (2008) Impact of plot length on the effectiveness of different soil-surface covers in reducing runoff and soil loss by water. *Progress in Physical Geography*, 32(6): 654-677.
- Smith D D** (1958) Factors affecting rainfall erosion and their evaluation. Int. Assoc. Sci. Hydrol. Pub., 43: 97-107.
- Soons J M** (1970) Rainfall/runoff relationship at Cass, in the South Island high country. *Journal of Hydrology (New Zealand)*, 9(2): 192-201.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Stomph T J, De Ridder N ve Van de Giesen N C** (2001) A flume design for the study of slope length effects on runoff. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26: 647-655.
- Striffler W D** (1965) The selection of experimental watersheds and methods in disturbed forest areas. *Symposium of Budapest International Association of Surface Hydrologists*, Budapest, Hungary: 464-473.
- Stroosnijder L** (2005) Measurement of erosion: Is it possible. *Catena*, 64: 162-173.
- Sumner M E** (1995) Sodic soils: new perspectives. In Naidu R, Sumner M E, Rengasamy P (Eds), *Australian sodic soils: Distribution, Properties and Management*, CSIRO, Melbourne, 1-34.
- Sutherland R A ve Ziegler A D** (2006) Hillslope runoff and erosion as affected by rolled erosion control systems: a field study. *Hydrological Processes*, 20: 2839-2855.
- Tregubov P S** (1982) The development of sheet erosion on intensively used soils. *Recent Developments in Explanation and Prediction of Erosion and Sediment Yield (Proceedings of the Exeter Symposium, July 1982)*. IAHS Publication Number, 137: 81-87.
- Truman C C, Wauchope R D, Sumner H R, Davis J G, Gascho G J, Hook J E, Chandler L D ve Johnson A W** (2001) Slope length effects on runoff and sediment delivery. *Journal of Soil and Water Conservation*, 56(3): 249-256.
- Truman C C, Strickland T C, Potter T L, Franklin D H ve Bosch D D** (2007) Variable rainfall intensity and tillage effects on runoff, sediment, and carbon losses from a loamy sand under simulated rainfall, *Journal of Environmental Quality*, 36(5): 1495-1502.
- USDA-NRCS** (1999) *National Soil Survey Handbook*. Title 430-VI, United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Uslu S** (1971) *Muhtelif arazi kullanma şekillerinin yüzeysel akış ve erozyon üzerine tesiri*. İstanbul Üniversitesi Yayın No, 1643, İstanbul, 54 s.
- Vacca A, Loddo S, Ollesch G, Puddu R, Serra G, Tomasi D ve Aru A** (2000) Measurement of runoff and soil erosion in three areas under different land use in Sardinia (Italy). *Catena*, 40: 69-92.
- Vahabi J ve Mahdian M H** (2008) Rainfall simulation for the study of the effects of efficient factors on run-off rate. *Current Science*, 95(10): 1439-1445.
- Valentin C** (1989) Surface crusting, runoff and erosion on steep lands and coarse material. *IBSRAM Tech. Notes 3*, Bangkok: 285-312.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Valmis S, Dimoyiannis D ve Danalatos N G** (2005) Assessing interrill erosion rate from soil aggregate instability index, rainfall intensity and slope angle on cultivated soils in central Greece. *Soil and Tillage Research*, 80: 139-147.
- Van de Giesen N, Stomph T J ve De Ridder N** (2000) Scale effects of Hortonian overland flow and rainfall-runoff dynamics in a West African catena landscape. *Hydrological Processes*, 14: 165-175.
- Van de Giesen N, Stomph T J ve De Ridder N** (2005) Surface runoff scale effects in West African watersheds: modeling and management options. *Agricultural Water Management*, 72: 109-130.
- Wainwright J, Parsons A J ve Abrahams A D** (2000) Plot-scale studies of vegetation, overland flow and erosion interactions: case studies from Arizona and New Mexico. *Hydrological Processes*, 14: 2921-2943.
- Walkley A ve Black A I** (1934) An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sciences*, 37: 29-38.
- Wendt R C, Alberts E E ve Hjelmfelt A T Jr.** (1986) Variability of runoff and soil loss from fallow experimental plots. *Soil Science Society of America Journal*, 50: 730-736.
- Wilcox B P ve Wood M K** (1989) Factors influencing interrill erosion from semiarid slopes in New Mexico. *Journal of Range Management*, 42(1): 66-70.
- Wilcox B P** (1994) Runoff and erosion in intercanopy zones of pinyon-juniper woodlands. *Journal of Range Management*, 47(4): 285-295.
- Williams J D ve Buckhouse J C** (1991) Surface runoff plot design for use in watershed research. *Journal of Range Management*, 44(4): 411-412.
- Wilson J P** (1986) Estimating the topographic factor in the universal soil loss equation for watersheds. *Journal of Soil and Water Conservation*, 41: 179-184.
- Wischmeier W H ve Smith D D** (1978) Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. *USDA Agricultural Handbook 537*, U.S. Department of Agriculture. Washington DC, 58 s.
- Young R A ve Mutchler C K** (1969a) Effect of slope shape on erosion and runoff. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 12: 231-233 and 239.
- Young R A ve Mutchler C K** (1969b) Soil movement on irregular slopes. *Water Resources Research*, 5: 1084-1089.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Yuan Y** (2004) Analysis of soil erosion factors in Shanxi province, China. ISCO 2004, 13th *International Soil Conservation Organisation Conference*, Brisbane July 2004, 703: 1-3
- Yüksel A, Akay A E, Gündoğan R, Reis M ve Çetiner M** (2008) Application of Geowepp for determining sediment yield and runoff in the Orcan Creek watershed in Kahramanmaraş, Turkey, *Sensors*, 8: 1222-1236.
- Zhang X C, Nearing M A, Risse L M ve McGregor K C** (1996) Evaluation of runoff and soil loss productions using natural runoff plot data. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 39(3): 855-863.
- Zhang Z, Zhang G, Zuo C ve Pi X** (2008) Hillslope soil erosion and runoff model for natural rainfall events. *Acta Mechanica Sinica*, 24: 277-283.
- Zhao X, Li K ve Shi H** (2002) Inquiry for a calculated method of soil loss amount from irregular slopes. *12th ISCO Conference*, Beijing, 179-184.
- Zobisch M A, Klingspor P ve Odour A R** (1996) The accuracy of manual runoff and sediment sampling from erosion plots. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51: 231-233.
- Zorn M ve Petan S** (2008) Interrill soil erosion on flysch soil under different land use in Slovene Istria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 4: 9s.

EK AÇIKLAMALAR A

**ARAŞTIRMA ALANINDA KAYDEDİLEN YAĞIŞLAR, ÖLÇÜM ZAMANLARI VE
MİKTARLARI**

Tablo A.1 Araştırma alanında kaydedilen yağışlar, ölçüm zamanları ve miktarları.

Yağış Tarihi	Ölçüm Tarihi	Ölçülen Miktar (mm)	Yağış Tarihi	Ölçüm Tarihi	Ölçülen Miktar (mm)
8 Eylül 2007			3 Mart 2008	4 Mart 2008	8,0
9 Eylül 2007	9 Eylül 2007	40,50	14 Mart 2008	15 Mart 2008	60,0
26 Eylül 2007	26 Eylül 2007	27,75	18 Mart 2008		
13 Ekim 2007			19 Mart 2008	20 Mart 2008	36,90
14 Ekim 2007			20 Mart 2008	23 Mart 2008	17,85
15 Ekim 2007			25 Mart 2008		
16 Ekim 2007	18 Ekim 2007	143,50	26 Mart 2008		
29 Ekim 2007			29 Mart 2008		
30 Ekim 2007	31 Ekim 2007	40,0	30 Mart 2008	1 Nisan 2008	10,80
2 Kasım 2007			6 Nisan 2008	7 Nisan 2008	16,0
3 Kasım 2007	4 Kasım 2007	50,85	11 Nisan 2008	13 Nisan 2008	11,10
5 Kasım 2007			3 Mayıs 2008		
6 Kasım 2007			5 Mayıs 2008		
7 Kasım 2007			6 Mayıs 2008	7 Mayıs 2008	28,0
8 Kasım 2007			10 Mayıs 2008		
9 Kasım 2007	10 Kasım 2007	90,55	11 Mayıs 2008	11 Mayıs 2008	7,25
10 Kasım 2007			29 Mayıs 2008	Ölçüm alınmadı.	
11 Kasım 2007	12 Kasım 2007	59,65	10 Haziran 2008		
26 Kasım 2007			11 Haziran 2008	11 Haziran 2008	19,80
27 Kasım 2007			16 Haziran 2008	16 Haziran 2008	17,50
28 Kasım 2007			6 Temmuz 2008	6 Temmuz 2008	4,35
30 Kasım 2007	30 Kasım 2007	42,50	16 Temmuz 2008		
1 Aralık 2007	2 Aralık 2007	35,95	17 Temmuz 2008		
6 Aralık 2007			18 Temmuz 2008		
7 Aralık 2007	8 Aralık 2007	34,75	19 Temmuz 2008	19 Temmuz 2008	119,10
11 Aralık 2007			20 Temmuz 2008		
12 Aralık 2007			21 Temmuz 2008	21 Temmuz 2008	43,35
13 Aralık 2007			27 Temmuz 2008	27 Temmuz 2008	8,30
14 Aralık 2007	16 Aralık 2007	35,40	10 Eylül 2008		
17 Aralık 2007			11 Eylül 2008	11 Eylül 2008	6,85
18 Aralık 2007			16 Eylül 2008		
19 Aralık 2007			17 Eylül 2008		
20 Aralık 2007			18 Eylül 2008		
21 Aralık 2007	23 Aralık 2007	65,50	19 Eylül 2008	19 Eylül 2008	89,0
3 Ocak 2008	4 Ocak 2008	15,95	20 Eylül 2008		
8 Ocak 2008			21 Eylül 2008		
9 Ocak 2008*			24 Eylül 2008	25 Eylül 2008	32,60
10 Ocak 2008*			27 Eylül 2008		
23 Ocak 2008			28 Eylül 2008		
24 Ocak 2008	24 Ocak 2008	11,50	29 Eylül 2008	29 Eylül 2008	36,25
27 Ocak 2008	28 Ocak 2008	15,95	30 Eylül 2008	30 Eylül 2008	38,00
16 Şubat 2008			5 Ekim 2008	6 Ekim 2008	4,50
17 Şubat 2008*			15 Ekim 2008		
18 Şubat 2008*			16 Ekim 2008	16 Ekim 2008	26,85
* Kar yağışı (Ölçüm alınmamıştır).					

Tablo A.1 (devam ediyor).

Yağış Tarihi	Ölçüm Tarihi	Ölçülen Miktar (mm)	Yağış Tarihi	Ölçüm Tarihi	Ölçülen Miktar (mm)
23 Ekim 2008	24 Ekim 2008	4,60	16 Şubat 2009		
25 Ekim 2008	26 Ekim 2008	0,50	17 Şubat 2009	18 Şubat 2009	72,50
28 Ekim 2008	29 Ekim 2008	7,75	24 Şubat 2009		
19 Kasım 2008			25 Şubat 2009		
20 Kasım 2008	21 Kasım 2008	20,50	27 Şubat 2009		
22 Kasım 2008	23 Kasım 2008	20,0	28 Şubat 2009	28 Şubat 2009	65,0
24 Kasım 2008			1 Mart 2009		
26 Kasım 2008	26 Kasım 2008	24,35	2 Mart 2009	4 Mart 2009	20,95
27 Kasım 2008			10 Mart 2009		
28 Kasım 2008	30 Kasım 2008	11,0	11 Mart 2009		
8 Aralık 2008			12 Mart 2009		
9 Aralık 2008	9 Aralık 2008	16,75	13 Mart 2009		
14 Aralık 2008	14 Aralık 2008	22,20	14 Mart 2009	14 Mart 2009	38,50
20 Aralık 2008			15 Mart 2009		
21 Aralık 2008	21 Aralık 2008	26,25	16 Mart 2009		
23 Aralık 2008			17 Mart 2009		
24 Aralık 2008	24 Aralık 2008	91,85	18 Mart 2009		
27 Aralık 2008	27 Aralık 2008	16,85	19 Mart 2009	20 Mart 2009	80,15
3 Ocak 2009			22 Mart 2009		
4 Ocak 2009	4 Ocak 2009	46,5	23 Mart 2009	25 Mart 2009	10,60
5 Ocak 2009			15 Nisan 2009	16 Nisan 2009	30,0
6 Ocak 2009			22 Nisan 2009		
8 Ocak 2009	8 Ocak 2009	28,2	23 Nisan 2009	24 Nisan 2009	19,0
10 Ocak 2009			27 Nisan 2009		
14 Ocak 2009			30 Nisan 2009	1 Mayıs 2009	20,45
17 Ocak 2009	19 Ocak 2009	56,0	1 Mayıs 2009		
25 Ocak 2009			2 Mayıs 2009		
26 Ocak 2009			3 Mayıs 2009	3 Mayıs 2009	9,55
29 Ocak 2009			3 Haziran 2009	5 Haziran 2009	7,10
30 Ocak 2009			12 Temmuz 2009		
31 Ocak 2009	1 Şubat 2009	31,65	13 Temmuz 2009		
6 Şubat 2009			14 Temmuz 2009	14 Temmuz 2009	65,85
9 Şubat 2009			15 Temmuz 2009	15 Temmuz 2009	167,70
10 Şubat 2009			20 Temmuz 2009		
12 Şubat 2009			21 Temmuz 2009	21 Temmuz 2009	2,50
13 Şubat 2009			27 Temmuz 2009	27 Temmuz 2009	1,15
14 Şubat 2009			31 Temmuz 2009	31 Temmuz 2009	1,0
15 Şubat 2009					

EK AÇIKLAMALAR B
YÜZEYSEL AKIŞ ÖLÇÜMLERİ

Tablo B.1 2007 Eylül ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi		Toplam
		9 Eylül	26 Eylül	
Düz	1	25,36	6,75	32,11
	2	19,00	8,20	27,20
	3	22,70	5,50	28,20
	4	50,49	7,70	58,19
	5	26,10	7,20	33,30
	6	39,00	5,70	44,70
İçbükey	1	18,20	5,20	23,40
	2	22,35	6,70	29,05
	3	26,65	6,30	32,95
	4	11,52	5,20	16,72
	5	13,55	5,90	19,45
	6	8,45	6,00	14,45
Dışbükey	1	17,40	6,90	24,30
	2	15,00	5,90	20,90
	3	16,80	7,20	24,00
	4	6,15	5,60	11,75
	5	6,47	6,20	12,67
	6	15,10	7,00	22,10
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.				

Tablo B.2 2007 Ekim ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi		Toplam
		18 Ekim	31 Ekim	
Düz	1	287,60	67,10	354,70
	2	280,40	65,20	345,60
	3	267,40	65,50	332,90
	4	152,50	37,30	189,80
	5	148,00	36,35	184,35
	6	137,10	40,15	177,25
İçbükey	1	274,00	74,20	348,20
	2	277,00	69,75	346,75
	3	276,50	76,80	353,30
	4	141,20	31,75	172,95
	5	132,00	36,00	168,00
	6	126,00	30,25	156,25
Dışbükey	1	268,50	64,85	333,35
	2	267,00	65,00	332,00
	3	273,00	67,60	340,60
	4	131,80	33,60	165,40
	5	127,00	31,45	158,45
	6	158,50	38,10	196,60
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.				

Tablo B.3 2007 Kasım ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi				Toplam
		4 Kasım	10 Kasım	12 Kasım	30 Kasım	
Düz	1	157,45	246,10	119,10	117,25	639,90
	2	157,35	236,70	59,10	121,85	575,00
	3	157,90	235,10	127,50	120,30	640,80
	4	48,30	138,55	238,65	33,10	458,60
	5	55,05	166,70	226,30	35,85	483,90
	6	60,00	120,50	220,10	34,45	435,05
İçbükey	1	167,65	250,10	191,50	119,00	728,25
	2	167,55	246,50	106,60	118,35	639,00
	3	172,75	272,55	155,80	115,40	716,50
	4	40,90	103,40	146,50	27,30	318,10
	5	52,85	121,95	190,05	28,80	393,65
	6	41,55	91,65	111,50	26,20	270,90
Dışbükey	1	160,30	248,90	105,00	118,10	632,30
	2	160,00	231,80	111,50	116,65	619,95
	3	173,10	263,30	235,45	124,10	795,95
	4	44,75	103,95	133,40	31,15	313,25
	5	39,80	94,80	129,00	29,20	292,80
	6	46,00	117,50	191,35	29,80	384,65
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.						

Tablo B.4 2007 Aralık ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi				Toplam
		2 Aralık	8 Aralık	16 Aralık	23 Aralık	
Düz	1	149,70	143,40	154,70	327,50	775,30
	2	148,85	144,30	156,00	337,05	786,20
	3	152,30	143,00	153,75	309,70	758,75
	4	100,75	71,60	86,90	170,70	429,95
	5	102,60	74,05	84,70	187,85	449,20
	6	98,40	73,20	90,90	173,20	435,70
İçbükey	1	156,35	140,55	154,20	300,25	751,35
	2	147,40	142,60	151,00	294,00	735,00
	3	145,90	140,15	150,85	290,40	727,30
	4	70,85	68,35	68,30	137,60	345,10
	5	70,90	69,05	69,20	138,15	347,30
	6	69,60	68,10	68,65	137,10	343,45
Dışbükey	1	146,20	141,40	150,00	304,10	741,70
	2	146,20	140,25	148,50	292,95	727,90
	3	162,00	143,75	156,00	312,00	773,75
	4	72,05	69,20	70,20	164,00	375,45
	5	71,75	70,75	71,40	143,00	356,90
	6	73,50	71,80	70,05	141,55	356,90
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.						

Tablo B.5 2008 Mart ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi				Toplam
		15 Mart	20 Mart	23 Mart	1 Nisan	
Düz	1	361,65	199,95	114,25	88,45	764,30
	2	372,85	191,85	115,10	94,40	774,20
	3	369,25	188,75	122,15	95,90	776,05
	4	192,05	104,40	61,60	46,50	404,55
	5	177,50	116,30	58,30	43,10	395,20
	6	184,85	103,20	71,05	47,40	406,50
İçbükey	1	370,90	197,85	110,55	83,10	762,40
	2	366,70	197,55	114,40	88,40	767,05
	3	369,20	194,30	111,80	86,20	761,50
	4	186,30	101,15	56,75	37,85	382,05
	5	193,75	95,65	58,10	39,50	387,00
	6	183,70	103,35	53,80	41,25	382,10
Dışbükey	1	364,20	196,10	115,15	90,40	765,85
	2	380,50	197,50	112,60	88,80	779,40
	3	364,10	195,90	116,20	89,70	765,90
	4	189,10	93,50	57,25	45,25	385,10
	5	191,60	93,00	61,30	45,40	391,30
	6	188,90	94,90	59,20	45,70	388,70
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.						

Tablo B.6 2008 Mayıs ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi 7 Mayıs	Toplam
Düz	1	29,10	29,10
	2	25,50	25,50
	3	22,50	22,50
	4	23,70	23,70
	5	19,20	19,20
	6	33,60	33,60
İçbükey	1	19,50	19,50
	2	21,30	21,30
	3	18,60	18,60
	4	11,00	11,00
	5	13,00	13,00
	6	10,20	10,20
Dışbükey	1	21,20	21,20
	2	20,00	20,00
	3	23,00	23,00
	4	12,00	12,00
	5	13,40	13,40
	6	16,00	16,00
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.			

Tablo B.7 2008 Haziran ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi		Toplam
		11 Haziran	16 Haziran	
Düz	1	8,40	13,85	22,25
	2	10,00	13,85	23,85
	3	8,00	13,30	21,30
	4	10,30	21,60	31,90
	5	6,60	12,50	19,10
	6	16,00	26,40	42,40
İçbükey	1	8,00	13,25	21,25
	2	9,15	13,25	22,40
	3	8,40	12,00	20,40
	4	4,00	6,50	10,50
	5	5,00	7,30	12,30
	6	4,00	5,00	9,00
Dışbükey	1	8,50	13,50	22,00
	2	8,40	13,30	21,70
	3	10,65	13,85	24,50
	4	4,60	7,25	11,85
	5	5,00	6,50	11,50
	6	5,20	8,15	13,35
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.				

Tablo B.8 2008 Temmuz ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi		Toplam
		19 Temmuz	21 Temmuz	
Düz	1	517,00	409,00	926,00
	2	550,00	418,00	968,00
	3	469,00	412,00	881,00
	4	340,00	239,00	579,00
	5	285,00	226,00	511,00
	6	311,00	242,40	553,40
İçbükey	1	508,00	418,60	926,60
	2	449,00	408,00	857,00
	3	490,00	397,60	887,60
	4	238,00	219,00	457,00
	5	258,00	218,00	476,00
	6	217,00	216,00	433,00
Dışbükey	1	498,00	402,00	900,00
	2	477,00	393,00	870,00
	3	470,00	398,00	868,00
	4	271,00	200,00	471,00
	5	269,00	180,40	449,40
	6	273,00	186,00	459,00
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.				

Tablo B.9 2008 Eylül ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi				Toplam
		19 Eylül	25 Eylül	29 Eylül	30 Eylül	
Düz	1	286,50	92,00	57,00	155,50	591,00
	2	239,00	95,00	71,00	169,00	574,00
	3	305,20	145,00	87,00	196,30	733,50
	4	274,00	77,00	61,50	97,00	509,50
	5	274,00	90,00	66,00	111,00	541,00
	6	228,80	87,00	66,50	148,00	530,30
İçbükey	1	353,00	165,00	97,50	255,00	870,50
	2	293,00	105,00	74,50	186,00	658,50
	3	254,00	104,00	63,00	167,50	588,50
	4	203,00	38,50	61,00	110,50	413,00
	5	238,00	78,00	65,00	164,00	545,00
	6	209,00	80,50	65,50	125,00	480,00
Dışbükey	1	212,00	91,00	54,00	111,00	468,00
	2	265,00	106,00	61,00	168,00	600,00
	3	247,00	94,00	65,00	162,00	568,00
	4	210,00	68,00	69,00	125,00	472,00
	5	161,00	78,50	62,00	107,00	408,50
	6	245,00	70,50	64,50	91,50	471,50
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.						

Tablo B.10 2008 Ekim ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi 16 Ekim	Toplam
Düz	1	62,00	62,00
	2	63,50	63,50
	3	61,00	61,00
	4	34,50	34,50
	5	34,50	34,50
	6	37,00	37,00
İçbükey	1	62,00	62,00
	2	62,50	62,50
	3	62,00	62,00
	4	32,00	32,00
	5	33,00	33,00
	6	33,00	33,00
Dışbükey	1	60,00	60,00
	2	60,50	60,50
	3	64,00	64,00
	4	33,50	33,50
	5	31,50	31,50
	6	33,50	33,50
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.			

Tablo B.11 2008 Kasım ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi		Toplam
		23 Kasım	26 Kasım	
Düz	1	156,00	120,00	276,00
	2	157,50	118,00	275,50
	3	155,00	113,00	268,00
	4	101,00	35,50	136,50
	5	104,00	32,00	136,00
	6	115,00	61,50	176,50
İçbükey	1	155,00	111,00	266,00
	2	153,50	111,00	264,50
	3	153,00	113,00	266,00
	4	96,50	29,00	125,50
	5	102,00	28,50	130,50
	6	103,00	28,50	131,50
Dışbükey	1	151,00	110,50	261,50
	2	148,00	114,00	262,00
	3	161,50	120,00	281,50
	4	104,50	30,50	135,00
	5	97,00	29,00	126,00
	6	103,50	31,00	134,50
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.				

Tablo B.12 2008 Aralık ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi				Toplam
		9 Aralık	14 Aralık	21 Aralık	24 Aralık	
Düz	1	85,50	179,00	279,00	530,00	1073,50
	2	61,50	172,00	224,00	411,00	868,50
	3	69,00	176,00	231,00	478,00	954,00
	4	55,00	118,00	173,00	366,00	712,00
	5	16,50	68,00	108,00	234,00	426,50
	6	57,50	122,00	176,00	385,00	740,50
İçbükey	1	62,00	119,00	203,00	477,00	861,00
	2	64,50	133,00	214,00	492,00	903,50
	3	61,00	105,00	195,00	410,00	771,00
	4	23,00	67,00	86,00	197,00	373,00
	5	25,50	71,00	90,00	227,00	413,50
	6	27,00	68,00	84,00	220,00	399,00
Dışbükey	1	61,00	91,00	209,00	428,00	789,00
	2	61,50	130,00	213,00	466,00	870,50
	3	79,00	189,00	276,00	527,00	1071,00
	4	23,50	66,00	89,00	226,00	404,50
	5	26,00	75,00	94,00	257,00	452,00
	6	25,00	79,00	94,00	260,00	458,00
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.						

Tablo B.13 2009 Ocak ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi			Toplam
		4 Ocak	19 Ocak	1 Şubat	
Düz	1	285,00	226,00	146,00	657,00
	2	280,00	228,00	149,00	657,00
	3	285,00	231,00	144,00	660,00
	4	151,00	112,00	70,00	333,00
	5	149,00	115,00	68,50	332,50
	6	152,00	112,00	72,00	336,00
İçbükey	1	288,00	225,00	144,50	657,50
	2	279,00	233,00	147,50	659,50
	3	284,00	222,00	146,50	652,50
	4	147,00	113,00	68,00	328,00
	5	150,00	113,00	66,00	329,00
	6	151,00	113,00	69,00	333,00
Dışbükey	1	278,00	226,00	146,00	650,00
	2	284,00	223,00	143,00	650,00
	3	283,00	226,00	143,00	652,00
	4	153,00	113,00	69,00	335,00
	5	144,00	114,00	71,50	329,50
	6	150,00	111,00	70,50	331,50
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.					

Tablo B.14 2009 Şubat ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi		Toplam
		18 Şubat	28 Şubat	
Düz	1	351,00	260,00	611,00
	2	345,00	268,00	613,00
	3	356,00	260,00	616,00
	4	172,00	119,00	291,00
	5	174,00	123,00	297,00
	6	174,00	118,00	292,00
İçbükey	1	346,00	260,00	606,00
	2	349,00	264,00	613,00
	3	353,00	253,50	606,50
	4	173,00	122,00	295,00
	5	174,00	122,00	296,00
	6	176,00	126,00	302,00
Dışbükey	1	339,00	263,00	602,00
	2	337,00	265,00	602,00
	3	330,00	276,00	606,00
	4	169,00	125,00	294,00
	5	173,00	123,00	296,00
	6	181,00	124,00	305,00
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.				

Tablo B.15 2009 Mart ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi				Toplam
		4 Mart	14 Mart	20 Mart	25 Mart	
Düz	1	84,40	264,00	582,00	32,60	963,00
	2	89,00	271,00	589,00	36,00	985,00
	3	97,00	266,00	587,00	26,50	976,50
	4	44,00	136,00	295,00	37,00	512,00
	5	41,00	143,00	291,00	46,50	521,50
	6	36,00	134,00	294,00	41,00	505,00
İçbükey	1	82,00	272,00	596,00	10,00	960,00
	2	85,00	277,00	588,00	13,00	963,00
	3	86,00	271,00	593,00	7,00	957,00
	4	36,00	144,00	289,00	13,00	482,00
	5	40,00	141,00	294,00	7,00	482,00
	6	39,00	145,00	290,00	12,50	486,50
Dışbükey	1	91,00	269,00	580,00	17,00	957,00
	2	83,00	275,00	592,00	6,00	956,00
	3	84,00	274,00	592,00	32,00	982,00
	4	47,00	138,00	290,00	25,00	500,00
	5	42,00	143,00	293,00	33,00	511,00
	6	41,00	139,00	285,00	39,50	504,50
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.						

Tablo B.16 2009 Temmuz ayı yüzeysel akış ölçümleri (mm).

2009 Temmuz Ayı Yüzeysel Akış Ölçüm Değerleri (mm)			
Yamaç Şekli	Parsel No	Ölçüm Tarihi 15 Temmuz	Toplam
Düz	1	3502,30	3502,30
	2	3500,80	3500,80
	3	3502,30	3502,30
	4	1787,80	1787,80
	5	1780,30	1780,30
	6	1805,80	1805,80
İçbükey	1	3584,30	3584,30
	2	3633,30	3633,30
	3	3566,80	3566,80
	4	1773,80	1773,80
	5	1795,80	1795,80
	6	1735,80	1735,80
Dışbükey	1	3473,30	3473,30
	2	3478,30	3478,30
	3	3498,80	3498,80
	4	1729,30	1729,30
	5	1741,80	1741,80
	6	1731,80	1731,80
Koyu renkli değerler uzun (11,05 m) parsel verileridir.			

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin ŞENSOY 1976 yılında Trabzon'un Vakfıkebir ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 1999 yılında KTÜ Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu ve aynı yıl ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü Havza Amenajmanı Anabilim Dalı'na araştırma görevlisi olarak atandı. Yüksek lisans öğrenimini ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 2002 yılında tamamladı. 2008 yılından itibaren Bartın Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak görevini devam ettirmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi
74100 BARTIN

Tel : (378) 223 5152

E-posta : huseyinsensoy61@hotmail.com