



**ÇORUH NEHRİ HAVZASINA BAĞLI TORTUM KUZEY MİKRO
HAVZASINDA KANAL VE OYUNTU EROZYONUyla GERÇEKLEŞEN
TOPRAK KAYBININ BELİRLENMESİ**

Ayşe ACAR

**Yüksek Lisans Tezi
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TÜFEKÇİOĞLU**

2019

Artvin

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇORUH NEHRİ HAVZASINA BAĞLI TORTUM KUZEY MİKRO HAVZASINDA
KANAL VE OYUNTU EROZYONUyla GERÇEKLEŞEN TOPRAK KAYBININ
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe ACAR

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TÜFEKÇİOĞLU**

Artvin 2019

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ÇORUH NEHRİ HAVZASINA BAğLI TORTUM KUZHEY MİKRO HAVZASINDA KANAL VE OYUNTU EROZYONUUYLA GERÇEKLEŞEN TOPRAK KAYBININ BELİRLENMESİ” başlıklı bu çalışmayı baŐtan sona kadar danıŐmanım Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TÜFEKçİOğLU‘ nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 29/05/2019

Ayşe ACAR

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇORUH NEHRİ HAVZASINA BAĞLI TORTUM KUZEY MİKRO
HAVZASINDA KANAL VE OYUNTU EROZYONUyla GERÇEKLEŞEN
TOPRAK KAYBININ BELİRLENMESİ**

Ayşe ACAR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31/05/2019

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 04/07/2019

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TÜFEKÇİOĞLU

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Mehmet ÖZALP

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ömer KARA

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../2019 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../2019 tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../2019

Doç. Dr. Hilal TURGUT
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

"ÇORUH NEHRİ HAVZASINA BAĞLI TORTUM KUZEY MİKRO HAVZASINDA KANAL VE OYUNTU EROZYONUyla GERÇEKLEŞEN TOPRAK KAYBININ BELİRLENMESİ" başlıklı bu çalışma Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle tez konusunun belirlenmesinde, arazi çalışmalarında, kaynak taramasında, tezin hazırlanmasının her aşamasında değerli görüşlerini benden esirgemeyen sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TÜFEKÇİOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezin hazırlanmasında değerli görüşlerini aldığım Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KÜÇÜK, Dr. Öğr. Üyesi Esin ERDOĞAN YÜKSEL' e ayrıca arazi çalışmalarında katkısı olan Dr. Öğr. Üyesi Musa DİNÇ' e ayrı ayrı teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışma Orman Genel Müdürlüğü (OGM) ve Japonya Uluslararası İş Birliği Ajansı (JICA) tarafından koordineli bir şekilde desteklenen ve uygulanan "Çoruh Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi" kapsamında gerçekleştirilmiştir. Projenin bütün planlayıcı, uygulayıcı ve izleyici kurum personellerine sağlanmış oldukları bu imkândan dolayı teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmamın gerek arazi aşaması ve gerekse hazırlanması dâhil her aşamasında büyük katkı ve özverilerinden dolayı sevgili eşim Arş. Gör. Mustafa ACAR' a ve ailemizin mutluluğu Hiranur ACAR' a tüm kalbi duygularıyla sevgilerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem ve rahmetli babam başta olmak üzere üzerimde emeği olan herkese minnettarım. Çalışmamın ilgililere faydalı olmasını temenni ederim.

Ayşe ACAR

Artvin 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ.....	I
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
TABLolar DİZİNİ	VI
ŞEKİL DİZİNİ	VII
KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
1 GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Kapsamı	3
1.2. Erozyon	3
1.3. Erozyon Çeşitleri ve Sınıflandırılması	5
1.3.1. Jeolojik (Doğal) Erozyon	5
1.3.2. Hızlandırılmış Erozyon	6
1.3.2.1. Su Erozyonu	6
1.3.2.2. Yüzey (Tabaka-Damla) Erozyonu	9
1.3.2.3. Oluk (Çizgi-Parmak) Erozyonu	10
1.3.2.4. Oyuntu (Sel Yarıntısı-Derinliğine) Erozyon.....	11
1.3.2.5. Kanal (Mecra/Yatak) Erozyonu	13
1.3.2.6. Oyuntu/Kanal ve Yüzey Erozyonu Islah Yöntemleri	17
1.3.3. Rüzgar Erozyonu	20
1.3.4. Kıyı Erozyonu	20
1.3.5. Çığ ve Buzul Erozyonu	20
1.4. Erozyona Etki Eden Faktörler.....	21
1.4.1. İklim	21
1.4.2. Bitki Örtüsü.....	22
1.4.3. Topoğrafya	22
1.4.4. Toprak Özellikleri	23
1.4.5. İnsan	24

1.5.	Türkiye’ de ve Dünya’ da Erozyonla Kaybolan Topraklar.....	24
1.6.	Erozyon Tahmininde Kullanılan Modeller	26
2	LİTERATÜR ÖZETİ	28
2.1.	Kanal ve oyuntu erozyonu	28
2.2.	Yüzey (Tabaka) Erozyonu	29
3	MATERYAL VE YÖNTEM.....	33
3.1.	Materyal	33
3.1.1.	Çalışma Alanı.....	33
3.1.2.	İklim	34
3.1.3.	Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü	35
3.2.	Deneme Deseni	35
3.2.1.	Erozyon Çubuk Yöntemi (Erosion Pin Method)	35
3.2.2.	Şev Topraklarının Hacim Ağırlıklarının Belirlenmesi	38
3.2.3.	Kanal ve Oyuntu Şevlerinin Uzunluk, Yükseklik ve Alan Bilgileri.....	39
3.2.4.	Kanal ve Oyuntu Erozyonuyla Gerçekleşen Toprak Kaybı.....	39
4	BULGULAR VE TARTIŞMA	41
4.1.	Kanal ve Oyuntu Erozyonu Miktarları.....	41
4.2.	Şev Toprak Hacim Ağırlıkları.....	43
4.3.	Şev Yükseklik, Uzunluk ve Alan Bilgileri	44
5	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	49
	EKLER.....	51
	KAYNAKLAR.....	66
	ÖZGEÇMİŞ.....	80

ÖZET

ÇORUH NEHRİ HAVZASINA BAĞLI TORTUM KUZEY MİKRO HAVZASINDA KANAL VE OYUNTU EROZYONU İLE GERÇEKLEŞEN TOPRAK KAYBININ BELİRLENMESİ

Toprak oluşumu, tarihsel gelişimine bakıldığında çok uzun süreçler sonucu gerçekleşmektedir. Toprak oluşum süresinin aksine toprakların bulunduğu yerden aşınması ya da taşınması gerekli önlemler alınmadığında oldukça kolay ve hızlıdır. Erozyonla kaybedilen verimli toprakların yerinde korunması gerek tarım alanlarının sürdürülebilir kullanımı gerekse orman alanlarının hayatiyeti açısından önemlidir. Toprak kaybını ve beraberinde sedimentasyonu artıran en önemli erozyon çeşitlerinden birisi de kanal ve oyuntu erozyonudur. Bu çalışmanın amacı Çoruh Nehri Havzası içinde yer alan Tortum-Kuzey mikro havzasından kanal (1.sınıf ve 2.sınıf derelerden) ve oyuntu erozyonuyla gerçekleşen toplam toprak kayıplarının “erozyon çubuk yöntemiyle” belirlenmesidir. Toprak kaybı hesabının yapılabilmesi için şev (dere kenarı) toprak hacim ağırlığı, şev yükseklik ve alanı ve toplam dere uzunlukları da ayrıca ölçülmüştür.

İki yıllık çalışma sonucunda yıllık ortalama erozyon miktarı 1.6 cm/yıl (birinci yıl: 0.7 cm yıl⁻¹, ikinci yıl: 2.5 cm yıl⁻¹) olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama toprak kaybı 29.6 t km⁻¹ yıl⁻¹ (birinci yıl: 20.5 t km⁻¹ yıl⁻¹, ikinci yıl: 38.8 t km⁻¹ yıl⁻¹) olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Birinci ve ikinci sınıf derelere kıyasla en fazla toprak kaybı 8818 t yıl⁻¹ (%73) ile oyuntu derelerinde gerçekleşmiştir. Bütün dere sistemlerinden gerçekleşen toplam toprak kaybı ise 12014 t yıl⁻¹ dır. Sonuç olarak, iki yıllık çalışma süresi açısından değerlendirildiğinde elde edilen erozyon verilerinin düşük seviyede tespit edildiği bunun da bu süre içinde çok az miktarda gerçekleşen yağışlarla açıklanabileceği tespitine varılmaktadır. Bu bağlamda bu tür çalışmaların daha uzun süreli yapılarak yağışlı dönemlerin ya da yılların erozyona olan etkisinin daha kapsamlı bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Erozyon Çubuk Yöntemi, Toprak Kaybı, Kanal Erozyonu, Oyuntu Erozyonu, Tortum-Kuzey Mikro Havzası

SUMMARY

DETERMINING SOIL LOSS VIA STREAMBANK AND GULLY EROSIONS IN THE TORTUM-NORTH SUB-WATERSHED WITHIN THE CORUH RIVER BASIN

When look at the historical development of soil, the soil formation is the result of very long processes. Although the formation of soil takes very long time, it is very easy and fast to erode or transport under the absence of necessary protection. In situ conservation of fertile soils lost by erosion is important both for the sustainable use of agricultural land and for the survival of forest areas. Streambank and gully erosion is one of the most important types of erosion increases soil loss and accompanying sedimentation. The aim of this study was to measure streambank and gully erosion soil loss from 1st, 2nd order streams and gully channel using “erosion pin method” in Tortum-North watershed within the Coruh River Basin. In order to calculate total soil losses, bank soil bulk density, height and the area of the bank and the total stream length were measured during the two-year study period.

In the end of the study period, the measured average erosion rate was 1.6 cm/yr (first year rate: 0.7 cm/yr, second year: 2.5 cm/yr). The average soil loss rate was 29.6 t km⁻¹ yr⁻¹ (first year rate: 20.5 t km⁻¹ yr⁻¹, second year: 38.8 t km⁻¹ yr⁻¹). The highest soil loss was 8818 t yr⁻¹ (%73) contributed by the gully channels compared to first and second order streams. The total soil loss by all the gully and streambanks was 12014 t yr⁻¹. In conclusion, considering the two-year study period the measured erosion rates were low and that can be explained by the low rates of the precipitation amounts. Thus such studies should be carried out for a longer period so that the wet periods or rainy years can be accounted on the effects of bank erosion in holistic way.

Key Words: Erosion Pin Method, Soil Loss, Streambank Erosion, Gully Erosion, North-Tortum Sub-watershed

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Su Erozyonu Çeşitlerinin Etkinlikleri (Çanga, 2005).....	8
Tablo 2. Erozyon Şiddet Sınıflamasında Tabaka ve Oyuntu Erozyonu (Uzunsoy ve Görçelioğlu, 1985).....	12
Tablo 3. Eğim Derecesinin Toprak Kaybına Olan Etkisi (Doğan ve Güçer, 1976).	22
Tablo 4. Eğim Uzunluğu ile Toprak Kaybı İlişkisi (Doğan ve Güçer, 1976).....	23
Tablo 5. Türkiye' de arazilerin eğim dağılımı (Anonim, 1987).....	23
Tablo 6. Tortum Kuzey Havzasındaki Deneme Alanlarının Bulunmuş Olduğu Köyler, Koordinat Bilgileri, Dere Sınıfı ve Yükseklik Bilgileri	34
Tablo 7. Çalışma Alanı Arazi Kullanımının Alansal Dağılımı (Vatandaşlar, 2015).....	35
Tablo 8. Deneme alanlarında Haziran 2015 – Mayıs 2017 tarihleri arası (2 yıl) yapılan erozyon çubuk ölçümlerinin ortalama altı aylık erozyon/birikim (cm) değerleri.	41
Tablo 9. Periyotlara Göre Yağış ve Erozyon Miktarları.....	42
Tablo 10. Dere şevlerine ait yükseklik, uzunluk ve alan bilgileri (200 m dere uzunluğu için) ve bu bilgilere ait ortalama değerler.....	45
Tablo 11. Kanal ve oyuntu erozyonu neticesinde oluşan toprak kayıplarının çalışmanın 1. yılı, 2. yılı ve bu yıllar ortalaması için hesaplanan değerleri	46
Tablo 12. Dere sınıfı şev uzunluklarına bağlı olarak hesaplan birim/toplam toprak kayıpları miktarı ve yüzdeleri.....	46

ŞEKİL DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Erozyon ve Erozyon Gelişim Safhaları (Bahtiyar, 2000).	4
Şekil 2. Toprak Erozyon Tipleri <i>a.</i> Damla erozyonu <i>b.</i> Yüzey erozyonu <i>c.</i> Oluk erozyonu <i>d.</i> ve <i>e.</i> Oyuntu erozyonu <i>f.</i> Kanal erozyonu (URL-1).....	8
Şekil 3. Oyuntu Şekilleri (Çelebi, 1971).	13
Şekil 4. Lane' in Dinamik Dengesi; sediment boyutu, sediment miktarı, kanal eğimi ve debideki değişimlerin akarsu kanalında aşınmamı yoksa birikmemi olacağını göstermektedir. (Rosgen, 1996).	15
Şekil 5. Kanal Gelişim/Evrım Modelinin Beş Evresi (Schultz ve ark., 2000).	17
Şekil 6. Tortum-Kuzey havzasındaki kanal ve oyuntu erozyonu ölçüm noktaları (14 adet deneme alanı) ve dere sınıfları (2. sınıf, 1. sınıf ve oyuntu dereleri; Strahler, 1957).....	33
Şekil 7. Deneme Alanı/Oyuntu Deresi Üzerindeki Transekt Noktaları ve Erozyon Çubuklarının Sağ ve Sol Şevler Üzerindeki Konumu.	37
Şekil 8. Şev üzerinde yüzeye dik bir şekilde çakılmış erozyon çubukları	37
Şekil 9. Şev toprak hacim ağırlıklarının belirlenmesi için dere kenarlarında yapılan toprak örnekleme.	38
Şekil 10. Dere şev yüksekliklerinin mira kullanılarak ölçümü; bu ölçümler her transekt noktasında sağ ve sol dere şevleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. ...	39
Şekil 11. Tortum Kuzey MH' sı için elde edilen dere kenarı (şev) toprak hacim ağırlığı değerleri.....	44

KISALTMALAR DİZİNİ

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇNH	Çoruh Nehri Havzası
DSİ	Devlet Su İşleri
HES	Hidro Elektrik Santrali
MH	Mikro Havza
TTK	Toplam Toprak Kaybı



1. GİRİŞ

Yeryüzündeki yaşamın devamlılığı açısından toprak oldukça önem arz etmektedir. Dünyanın oluşumundan günümüze kadar toprak gelişimi devam ettiği gibi özellikle su erozyonla taşınan toprak miktarı da artarak devam etmektedir. Günümüzde Türkiye mevcut toprak ve su varlığı açısından “fakir” bir ülke konumunda olmamakla birlikte, bu kaynakların akılcı kullanılmaması durumunda gelecekte bu kaynaklar giderek azalacak ve ihtiyacı karşılamayacak duruma gelecektir. Nitekim, bu durum sadece ülkemiz için değil, diğer dünya ülkeleri içinde geçerli bir olgudur ve gerekli tedbirlerin alınmadığı yerlerde bu kaynaklar yok olmaya yüz tutmuştur (Vrieling ve ark., 2008). Günümüzde sınırlı doğal kaynaklardan olan toprak ve suyun sonu olmayan kaynak gibi hesapsızca kullanılması ulusal ve uluslararası düzeyde ciddi sorun teşkil etmektedir (Öztürk, 2002). Biz insanlara toprakları korumak, onları daha etkin, yerinde ve sürdürülebilir kullanmak gibi birçok görev ve sorumluluklar düşmektedir.

Toprak oluşumunun uzun bir hikâyesi vardır; ana materyal, iklim, bitki örtüsü, toprakta yaşayan canlılar ve topografyanın zamanla harmanlanarak uzun yıllar alan bir oluşum sürecinden geçmektedir. Üst toprak ve toprağın oluşum hızı, 200-400 yılda sadece 1 mm’dir (Anthoni, 2000). Bilindiği üzere toprak oluşumunda ana materyal önemli bir kavramdır. Nitekim ülkemiz koşullarında iklim elemanlarının yetersiz ve topoğrafik yapının elverişsiz (yüksek eğim ve dik yamaçlar) olduğu bölgelerde veya havzalarda gerçekleşen aşınma türü genellikle ana materyal aşınmasıdır (Atalay, 2011).

Hızlı nüfus artışı, sanayi, kentleşme ve kirlilik derken hem su kaynaklarımız hem de topraklarımız günden güne yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Giderek artan nüfus miktarı ve bunun doğal sonucu olarak besin ihtiyacındaki artış, yanlış arazi kullanımını tetikleyerek erozyona zemin hazırlamaktadır. Özellikle hızla gelişen ülkemizde endüstrileşme oranının ve buna bağlı kentleşme oranının artması, yanlış arazi kullanılması, tahrip edilen ormanlar ve bilinçsiz otlatma erozyonu artırıcı yönde etki etmektedir (Tağıl, 2007). Dere/Su kirliliğinin sebeplerinden olan otlatma aynı zamanda ormanlık alanlarda sürgünlerin ve ölü örtünün zarar görmesine, toprağın sı-

kışarak zamanla yüzeysel akıyla birlikte erozyona dönüşmesine neden olmaktadır (Brown, 1944). Petter'e (1992) göre nüfus artışı ve otlatmaya ek olarak, düzensiz ve aşırı yağışın da büyük alanlarda erozyona duyarlılığı artırdığını belirtmiştir. Erozyon sadece toprağı verimsizleştirmekle kalmaz, aynı zamanda taşınan topraklar gölet ve barajları daha erken doldurarak hem akarsu kalitesini bozmakta hem de rezervuar kapasitesini azaltmaktadır (Özsoy, 2007).

Erozyon, toprak taneciklerinin bulunduğu yerden başka bir yere taşınması hareketidir. Sediment oluşumu (birikimi) olarak adlandırılan süreçte; su, rüzgâr ve yer çekimi gibi faktörlerin etkisiyle toprak yerinden aşınarak (erozyon) harekete başlar daha sonra taşınarak bir yere yığılır ve orada sıkışır (Ağırlioğlu, 2004). 168 milyon ton toprak ülkemizde her yıl akarsular aracılığıyla (sedimentasyon) taşınmakta olup, birçok sektöre fayda sağlayan barajların verimliliğini ve sürdürülebilirliğini (ekonomik ömürlerini) tehdit etmektedir (OGM, 2016).

Topraklarımızın gerek erozyonla gerekse erozyonun sebep olduğu bilinen çölleşme nedeniyle duyarlı hale gelmesi ülkemizin, iklimi, dağlık arazisi ve topraklarının yapısıyla yakından ilişkilidir (İDEP, 2012; Saygın, 2013). Ülkemiz alanının yaklaşık yarısı engebeli araziyle kaplıdır. Engebeli, eğimli alanlar ve bu alanlardaki iklim, bitki örtüsü, insan faktörü gibi etkenler de göz önünde bulundurulduğunda erozyon kaçınılmaz bir hal almaktadır. Türkiye de yüzölçümün %45.9' u dağlık araziye sahip olup yüksekliği 1000-2000 m arasında değişmektedir. Ayrıca eğimin %15' ten fazla olduğu alan miktarı ülkemiz yüz ölçümünün %80.2' sine tekabül etmektedir (Korucu ve ark., 1998). Yağış miktarının düzensiz (250-2500 mm arasında) seyrettiği ve en fazla 5165 m rakıma kadar çıkabilen bir topografyaya sahip olan Türkiye toprakları ileri derece erozyona (%73) maruz kalmaktadır (Doğan, 1995). Tüm bu araştırmalar gösteriyor ki yükseltinin fazla olmasının yanı sıra dağlık ve eğimli bir arazinin varlığına, düzensiz ve aşırı yağışlarda eklenince erozyon kaçınılmaz hale gelmektedir. Böylece erozyonun sebep olduğu çölleşmede giderek artmaktadır. Bu kapsamda toprağı korumak ve devamlılığını sağlamak için önce insanın sebep olduğu erozyon oluşumuna engel olmak gerekmektedir. Daha sonra ise var olan erozyonu azaltmaya ve hatta durdurmaya yönelik önlemler alınmalıdır.

Bu tezin amacı, Tortum-Kuzey Mikro Havzası (MH)' nda kanal ve oyuntu erozyonuyla meydana gelen toprak kaybının “erozyon çubuk yöntemiyle” belirlenmesidir.

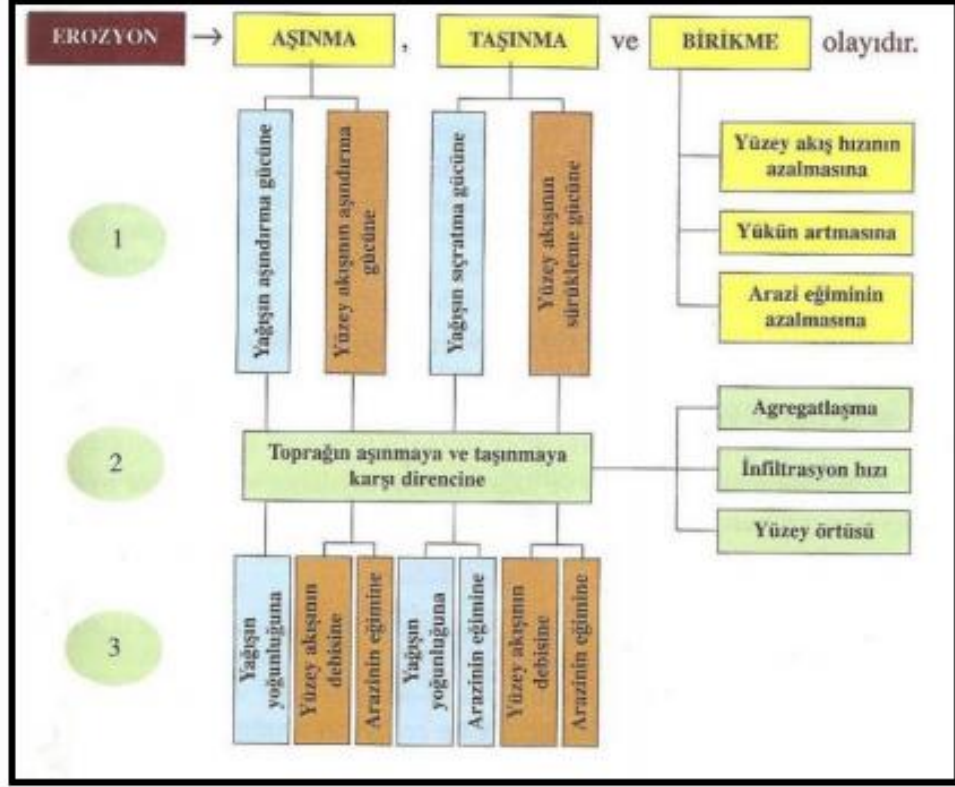
1.1. Çalışmanın Kapsamı

Çalışma kapsamında erozyon konusu hakkında genel bilgilerin (erozyon türleri ve erozyona etki eden faktörler) anlatıldığı giriş bölümünden sonra, literatürde yer alan erozyon çalışmalar hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Devamında çalışma alanı hakkında bilgilendirici açıklamalar yapılarak uygulanan materyal ve yöntem açıklanmıştır. Arazide yapılan çalışmalara dâhil olarak ofis çalışmaları sonucunda elde edilen bulgular değerlendirilmiş ve literatürdeki çalışmalarda elde edilen bulgularla ilgili tartışma yapılmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise belirlenen yöntemle elde edilen bulgulara ilişkin sonuçlar anlatılmış ve bu sonuçlara göre daha sonra yapılacak bilimsel çalışmalara altlık olması açısından öneriler geliştirilmiştir.

1.2. Erozyon

Meydana gelmesi oldukça uzun yıllar alan toprağın tuzlanma, kimyasal kirlilik ve asitlenme gibi sorunları yanı sıra en temel sorunlarından birisi de erozyondur. Erozyon tabiatın canlılara sunduğu en önemli kaynaklar olan toprağın ve suyun kaybolmasına ve kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Latince “erode” den gelen erozyon, Türkçe’ de “kemirmek” anlamına gelmektedir (Özşahin, 2014).

Birçok benzer tanıma sahip erozyonu Görçelioğlu (2003) “ana kayanın ayrışması ile oluşan materyalin en fazla su ile olmak üzere rüzgârın da etkisi ile mevcut bulunduğu alandan alınarak başka yerlere taşınmasıyla meydana gelen dış dinamik olay” şeklinde tanımlamıştır. Sarı (2000) ise, erozyonu ana kaya üzerindeki çeşitli maddelerin eğimin de etkisiyle dağlık alanlardan doğal etkenlerle taşınması olarak tanımlamıştır. Yapılan tanımlamalardan yola çıkacak olursak erozyon; var olan materyalin çeşitli dış ve iç etkenlerin etkisiyle bulunduğu yerden alınarak (aşınarak) başka bir yere taşınması ve orada birikmesi olayıdır (Şekil 1).



Şekil 1. Erozyon ve Erozyon Gelişim Safhaları (Bahtiyar, 2000).

Sedimentasyon (sediment) diye adlandırılan yığılma olayı erozyonla birlikte anılması gereken bir konudur (Akalan, 1983). Çünkü yığılma erozyonun son aşamasıdır. Akarsuların erozyonla taşıdığı sediment miktarı birbirlerinden farklıdır. Bu farklılıkta, içinde bulunulan havzanın jeomorfolojik yapısının yanı sıra iklimiyle de yakından ilişkisi vardır. Bir arazide erozyon olduğunun kanıtı sayılan birçok özellik bulunmaktadır. Toprağın hareketi, yüzeydeki materyallerin yer değiştirmesi, bitki köklerinin açığa çıkması ve ana kayanın görünürlüğünün yanı sıra yüzeysel akışın da meydana gelmesi bunlardan başlıcalarıdır. Uygunsuz tarımsal faaliyetler, kontrolsüz ve aşırı otlatma, ormansızlaşma, orman yangınları ve terk edilmiş boş araziler toprak erozyonunu artırmaktadır. Tarımsal arazi kullanımında erozyon riski oldukça fazladır (Nunes ve ark., 2011). Eğimin ve yamaç uzunluklarının (Gabriels, 1999) fazla olması da erozyonu tetikleyerek fazla miktarda rusubat oluşumuna ve denizlere taşınmasına neden olmaktadır. Atalay'a (1986) göre Türkiye akarsuları tarafından denizlere taşınan sediment miktarı yılda 380 milyon ton olarak ifade edilmektedir.

Erozyonla kaybolup giden toprak miktarı günden güne artmakta ve ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Şöyle ki; her sene dünya genelinde 75 milyar ton toprak erozyona uğramakta ve kaybolmaktadır (Pandey ve ark., 2009). Erozyon kıtalar baz alınarak

ifade edilecek olursa, 30-40 ton/ha/yıl ile en fazla toprak kaybı Asya kıtasındadır (Bashir ve ark., 2013). Alansal açıdan değerlendirildiğinde, Avrupa kıtasının %9,2'si yüksek, %64,7'sinin orta ve %18,9'unun ise düşük derecede toprak kaybettiği bilinmektedir (Grimm ve ark., 2001).

1.3. Erozyon Çeşitleri ve Sınıflandırılması

Erozyon olayı toprak zeminin üst kısmında başlayıp devam ettiği için erozyon kavramının adı aslında toprak erozyonudur. Toprağın en verimli ve organik maddece zengin olan üst kısmı (A horizonu) toprak erozyonu ile taşındığı zaman topraktaki verim % 50- 80 oranında düşerek B horizonunu açığa çıkarır (Cebel ve Akgül, 2011). Böylece toprağı tutan bitki ve verimli üst kısım olmadığında erozyon daha da artmaktadır.

Oluşumlarına göre erozyon çeşitleri şunlardır (Mater, 2004).

- Jeolojik (doğal) Erozyon
- Hızlandırılmış Erozyon

1.3.1. Jeolojik (Doğal) Erozyon

Var olan düzene uyarak (yapay dış etkiye maruz kalmadan) meydana gelen, insan etkisinden uzak olarak oluşan erozyon jeolojik erozyon (doğal erozyon) olarak adlandırılır. Jeolojik erozyonun oluşumunda anakaya, sıcaklık, yağış, bitki örtüsü, eğim ve bakı gibi birçok faktör etkilidir. Isınan havayla birlikte eriyen kar suları ve yağmur sularının donma ve çözülme faaliyetleri sonucu mevcut yerlerinden ayrılarak aşağılara taşınması olayıdır (Gitas ve ark., 2009; Fernandez ve Nunez, 2011). Başka bir ifadeyle doğal erozyon, kayaların çeşitli ayrışma olayları sonucunda parçalanıp ufalanarak hem toprak oluşumunu gerçekleştirmesi hem de oluşan toprağın taşınmasına yardımcı olur (Uzunsoy ve Görçelioğlu, 1985).

Uzun yıllar alan toprağın oluşumu ve dış kuvvetlerin etkisiyle kendiliğinden taşınması doğal bir döngü içerisindedir. Erozyonla taşınan üst toprağı yeni oluşan toprak karşılayabiliyorsa işte burada olması gereken veya beklenen normal erozyondan bahsedilebilir. Doğal erozyon ayrıca verimli araziler meydana getirme açısından da faydalı ve istenen bir erozyondur.

1.3.2. Hızlandırılmış Erozyon

Son zamanlarda kurak ve yarı kurak alanlarda meydana gelen erozyonun çoğunluğu “hızlandırılmış erozyon” olarak bilinen ve insanın doğaya olan baskısı sonucu gelişen erozyon şeklidir (Lal, 2001). Toprak oluşum hızından daha hızlı sürede meydana gelen bir erozyondur. Her türlü doğal afetin etkilediği ve bunun üzerine insanın müdahalesiyle birlikte erozyon bir kere başlarsa, sadece üst toprak değil onu takiben alt toprakta süratle taşınmaktadır. Böyle erozyona hızlandırılmış ve hatta insan erozyonu adı verilmektedir (Çelebi, 1981).

Orman tahribatı, meraların çeşitli nedenlerle yok edilmesi, bilgi ve ilgisizlikle meydana gelen yanlış arazi uygulamaları gibi birçok sorun hızlandırılmış erozyonun oluşmasına ve ilerlemesine neden olmaktadır (Bahtiyar, 2003). Tarım ve hayvancılığın yoğun yapıldığı dönemlerden önce oluşan jeolojik erozyon ile yılda 10 milyar ton toprak taşınırken, hızlandırılmış (anormal) erozyon ile bu miktar 25-50 milyar ton arasında tespit edilmiştir (Judson, 1981).

Aşındırıcı etkisi göz önüne alındığında hızlandırılmış erozyon su ve rüzgâr erozyonu olarak iki grupta değerlendirilmektedir (Anonim, 1996). Ancak Çepel (1997) doğal etkenlere göre erozyon çeşitlerini 4 grupta incelemektedir. Bunlar;

- Su Erozyonu
- Rüzgâr Erozyonu
- Kıyı Erozyonu
- Çığ ve Buzul Erozyonu

1.3.2.1. Su Erozyonu

Su erozyonu; ‘toprağın, yağmur ve yağmur sonrası arazinin yüzeylerinde oluşan yüzeysel akış ve akarsu yataklarında akmakta olan dere akışlarının etkisi ile aşınması ve taşınması olarak tanımlanmıştır (Günay, 2008). Başka bir tanımlamaya göre ise; eğimli ve bitki örtüsünün olmadığı bir arazide yağmurla ve karların erimesiyle meydana gelen aşınarak taşınma olayıdır (Çelebi, 1971).

Ülkemiz başta olmak üzere tüm dünyada su erozyonu yaygın bir şekilde görülebilmektedir. Topraklarımızın sadece % 1'i rüzgâr erozyonunun etkisi altında iken % 99'u ise su erozyonuna maruz kalmaktadır (Dinçsoy, 2008). Bu oranlardan da anlaşılacağı üzere ülkemiz için su erozyonu ciddi tehdit oluşturmaktadır. Bu sebeptendir ki diğer erozyon tiplerinden daha önemli kabul edilir (Aşk, 1977).

Tarım arazilerine verdiği zararlarla topraktaki verim düşüklüğüne neden olan su erozyonu aynı zamanda sediment oluşumunu da hızlandırmaktadır. Oldukça tehlikeli sonuçlar doğuran ve en fazla arazi tahribatı yapan bu erozyon türünü azaltmak için, akışa geçen su miktarını ve akış hızını azaltacak yönde çeşitli önlemler alınmalıdır (Görçelioğlu, 2003).

Genel olarak erozyon oluşumuna neden olan veya su erozyonu oluşuma neden olan iki faktör vardır (Günay, 1997).

- Yağmurun erozyon yapabilme gücü olarak ifade edilen erozivitedir. Bu güç suyun hareketi sonucu oluşarak kinetik enerji ile hesaplanır.
- Erozyon oluşturan kuvvetlere direnç gösteren ve toprağın erozyona uğrayabilme eğilimi olan erodibilitedir.

Erozyon bu iki faktörün çarpımı (etkileşimi) sonucu oluşur.

$$E=f[(Erozivite)*(Erodibilite)]$$

Su erozyonunda hareket halindeki suyun kinetik enerjisi artacağından daha zararlı sonuçları olmaktadır. Enerjinin erozyondaki önemi ise, suyun toprağa ulaşırken ve ulaştıktan hemen sonra aldığı yolun önemini arttırmaktadır (Yurtcan, 2009). Tablo 1' de bazı erozyon türleri ve bunların kinetik enerjileriyle birlikte taşınan sediment miktarı belirtilmiştir.

Tablo 1. Su Erozyonu Çeşitlerinin Etkinlikleri (Çanga, 2005).

Erozyon Şekli	Kütle ⁽¹⁾	Tipik Hız (m/s)	Kinetik Enerji (1/2mV ²)	Erozyon İçin Enerji ⁽²⁾	Gözlenen Sediman Miktarı ⁽³⁾ (g/cm)
Yağmur Damlası	R	9	40,5 R	0,081 R	20
Yüzey Akışı	0,5 R	0,01	2,5x10 ⁻⁵ R	7,5x10 ⁻⁷ R	400
Parmak Erozyonu	0,5 R	4 ⁽⁴⁾	4R	0,12 R	19000

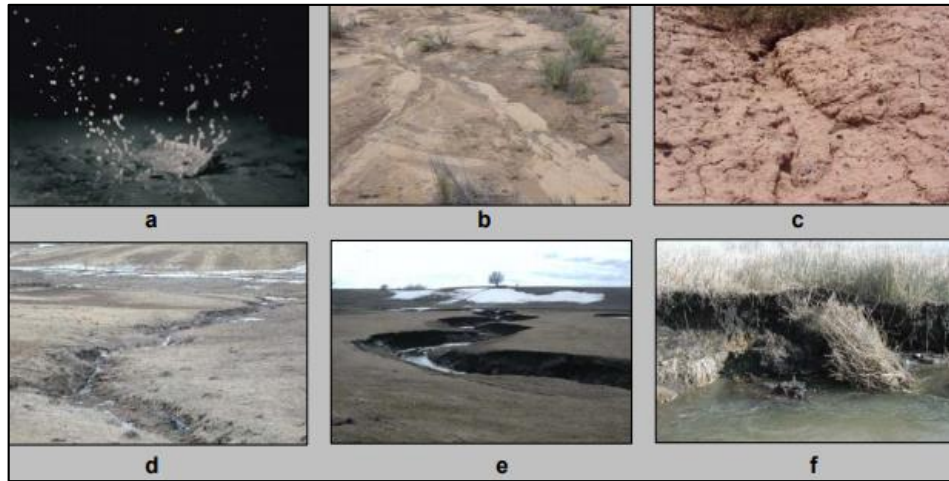
Tablo 1' deki ifadelerden;

- (1) Yağışın %50' sinin yüzeysel akışa geçtiği kabul edilmektedir.
- (2) Yağmur damlalarının kinetik enerjisinin %0,2' si ve yüzeysel akışın kinetik enerjisinin %3' ünün erozyonda kullanıldığı kabul edilmektedir.
- (3) Mix-Bedfordshire' da 11⁰ eğimli ve kumlu topraklarda 900 gün boyunca gözlemlenmiştir. Yağmur damlaları taşımada çok parçalama işlemi yapmıştır.
- (4) 0,3 m genişlik ve 0,2 m derinlikte erozyonun neden olduğu bir oyuntuda 11⁰ eğim ve 0,02 pürüzlülük katsayısı için Manning formülü ile tahmin edilmiştir.

Yukardaki tablodan da anlaşılacağı üzere parmak erozyonunda taşınan sediment miktarı yağmur damlası ve yüzey erozyonuna göre daha fazladır.

Balcı, (1996) su erozyonunu 4 alt başlık altında toplamıştır (Şekil 2). Bunlar;

- Yüzey (Tabaka/ Damla) Erozyonu
- Oluk (Çizgi/ Parmak) Erozyonu
- Oyuntu (Derinliğine/ Sel Yarıntısı) Erozyonu
- Kanal (Mecra/ Yatak) Erozyonu' dur.



Şekil 2. Toprak Erozyon Tipleri a. Damla erozyonu b. Yüzey erozyonu c. Oluk erozyonu d. ve e. Oyuntu erozyonu f. Kanal erozyonu (URL-1).

1.3.2.2. Yüzey (Tabaka-Damla) Erozyonu

Organik maddece zengin, koyu renkli toprağın üst kısmının eğim boyunca ince bir tabaka halinde taşınması olayıdır. Çanga (1985) bu erozyonu, yağın yağmur damlalarıyla sıçrayan toprak taneleri ve yüzeysel akışla birlikte meydana gelen toprak hareketi olarak tanımlamıştır. Başka bir ifadeyle düşen yağmur damlalarının meydana getirdiği çarpma ve darbe etkisiyle ayrılan parçaların asılı halde farklı yerlere taşınmasıyla oluşur (Govers ve ark., 2004). Yağmur damlaları yere düşene kadar yer çekiminin de etkisiyle hız kazanarak yere çarptıklarında toprak agregatlarını birbirinden ayırmaktadır. Yere düşen bu yağmur damlaları birleşerek yüzey sularını oluşturur. Yüzey suları yerlerinden söktüğü toprak tanelerini önce sıçratarak sonra kaydırarak ve yahut da askıda katı madde (süspanse) olarak taşımaktadır.

Erozyonla kaybolan toprağın yağışla yakından ilgili olmasının nedeni, toprak yüzeyine çarpan yağmur damlalarının birleşerek yüzeysel akışı oluşturmasıdır (Mkhonta, 2000). Toz balçığı veya toz gibi ince bir yapıda olan ve organik maddece fakir olan topraklar yüzey erozyonu daha fazla görülmektedir (Ergene, 1987). Tabaka erozyonu ile rüzgâr ve suyun etkisindeki toprak yer değiştirir, sonrasında bitki kökleriyle birlikte taşlık ve kayalık zeminle de açığa çıkar (Anonim, 1985).

Büyük miktarlarda toprak taşınmasına sebep olan yüzey erozyonunu etkileyen faktörler vardır. Bu faktörlerden bazıları şunlardır;

- Hızı ve çarpma açısı
- İnfiltrasyon kapasitesi
- Arazinin eğimi
- Yağmur damlasının büyüklüğü
- Damlanın çarpma/ düşme hızı
- Zeminin durumu
- Toprak koruma önlemlerinin varlığı

Arazinin bitki örtüsüyle örtülü olması yarı kurak iklim bölgelerinde tabaka erozyonun durumunu etkilemektedir (Basic ve ark., 2000). Bitki örtüsünün varlığı toprağı yüzey erozyonuna karşı korumaktadır. Bitki örtüsünün yanı sıra eğim ve arazinin nasıl kul-

lanıldığı da bu erozyon üzerinde etkilidir (Sapountzis ve Stathis, 2014). Yanlış kullanılan arazi ve artan eğim derecesi erozyon riskini daha fazla artırmaktadır.

Yüzey erozyonunun oluşmasındaki en büyük etken ise yağışla meydana gelen yüzeysel akışın artmasıdır. Dünya genelinde her yıl yaklaşık olarak kaybolan üst toprak tabakası 24 milyar tondur (ÇMUSEP, 2015). Toprağı organik bakımdan zenginleştirmek, uygun toprak işleme ve eğimi azaltmak gibi tedbirlerle yüzey erozyonunu kontrol altına alınabilir.

1.3.2.3. Oluk (Çizgi-Parmak) Erozyonu

Toprağa sızamayan yağışın, yüzey akışa geçen kısmın bir bölümü yüzeydeki çukurlarda toplanır, bir kısmı da arazinin direnci düşük, gevşek yapıdaki kesimlerden akarak ince kanalcıklar oluşturur. Bu incecik kanalcıklar içerisinde eğim aşağı doğru akmaya başlayan yüzey akış suyu, akış yolu boyunca giderek artan bir oyma ve taşıma gücü kazanır. Bu su, akış yolu üzerindeki her alandaki toprak kütlelerini gevşetir, onları oyar ve toprak parçacıklarını yerlerinden koparır. İşte bu suyun aşağı doğru akarak ince kanalcıklar oluşturmasına, onları genişletip derinleştirmesini yani arazi üzerinde bir elin parmakları arasındaki gibi oluklar açmasına oluk (parmak) erozyonu denir (Aşk, 1993).

Farklı ifadelerle anılan parmak erozyonunu, Balcı (1996) “oluk” erozyonu olarak Görcelioğlu, (2003) ise “çizgi” veya “çığır” erozyonu şeklinde adlandırmışlardır. Bir başka ifadeyle 1-10 cm aralığındaki derinliğe sahip olukçuklara “parmak” denilmektedir (Akalan, 1987).

Yeterince suya doymuş hafif ve orta seviyedeki eğimli toprakların yüzeysel akışla birlikte ince toprak parçacıkları akarsu ve derelere taşınmaktadır. İnfiltrasyon kapasitesi düşük olan bu topraklarda oluk erozyonu yavaş yavaş gelişmektedir (Artun, 2014). Bu yavaş gelişim hemen fark edilememekle birlikte, oluklar özellikle sürülmüş (işlenmiş) tarlalarda kolay anlaşılabilir.

1.3.2.4. Oyuntu (Sel Yarıntısı-Derinliğine) Erozyon

Yüzeysel akışın eğim boyunca giderek hız kazanmasıyla beraber toprak derinlemesine oyulur ve oyuntu adı verilen oldukça geniş kanallar meydana gelir. Bu kanallar aracılığıyla biriken su hacminin fazla miktarda toprağı taşıması ve oyması ve neticesinde büyük kanallar oluşturmasına ise “oyuntu erozyonu” adı verilir.

Oyuntu erozyonu; su erozyonunun ilerlemesi ile toprağın derinlemesine oyularak oluk erozyonuna göre daha geniş kanallar oluşturması olup toprak ıslahı ile onarılamayacak kadar büyük boyutlardadır. Oyuntu erozyonu, 45-50 cm eninde ve 25-30 cm derinliğinde olmalıdır (Özhan, 2004).

Olukların birleşmesiyle oluşan derin yarıklardan meydana gelen oyuntu erozyonu ile parçalanmış topraklarda arazi bütünlüğü bozulmaktadır. Hatta kurak ve yarı kurak topraklarda eğimin de etkisiyle yaygın olan bu erozyon araziyi kullanılamaz duruma getirmektedir. Toprak kayıplarının en belirgin ve olumsuz şeklidir. Derinliğine erozyon sadece tarım alanlarına olmayıp yol ve yerleşim yerlerine de ciddi zararlar vermektedir (Anonim, 1985).

Diğer bir tanıma göre, kısaca oyuntu erozyonu; yüzeysel erozyondan derinlemesine erozyona geçişi gösteren çok sık olabilen erozyon türüdür (Görcelioğlu, 2003).

Bu erozyon türü üzerinde etkili olan faktörler;

- Yüzeysel akış miktarı
- Eğimin büyüklüğü ve şekli
- Toprak özelliği
- Bitki örtüsü şeklinde açıklanmaktadır (Zevenbergen, 1987).

Bunlara ek olarak Huggett (2015) sel yarıntısı ve kanal erozyonu şeklinde gerçekleşen erozyonların pek çoğunun insan faaliyetleri sonucu yamaçlardaki dengelerin bozulması ve toprak yüzeylerindeki tahribat nedeniyle ortaya çıktığını ifade etmiştir.

Yüzeysel akışın fazla olduğu bir arazide önce yüzey erozyonu oluşur. Daha sonra akış yoğunluğuna ve hızına göre ince kanallar halinde oluklar meydana gelir. Olukların birleşmesi sonucu açığa çıkan derinlikler ise oyuntuyu oluşturmaktadır. Artan yağış

miktarıyla sularla dolan oyuntular adeta bir kanal görevi görerek geri dönüşü olmayan açıklıklara ve oyuntu erozyona sebebiyet vermektedir. Böylece yüzeysel akışın nedeni önemli olduğu ve toprağa verdiği hasarlar dikkat çekmektedir. Eğimin erozyon oluşturma konusunda oldukça etkin bir rolü vardır. Eğim artışıyla erozyon artışı arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır.

Bir kanalın oyuntu olabilmesi için genişliği 45-50 cm ve derinliği en az 25-30 cm olması gerekir (Ergene, 1987; Balcı, 1996; Çepel, 1997). Ayrıca oyuntunun oluşması ve gelişiminde önemli bazı kıstaslar vardır. Bunlar (Balcı, 1996);

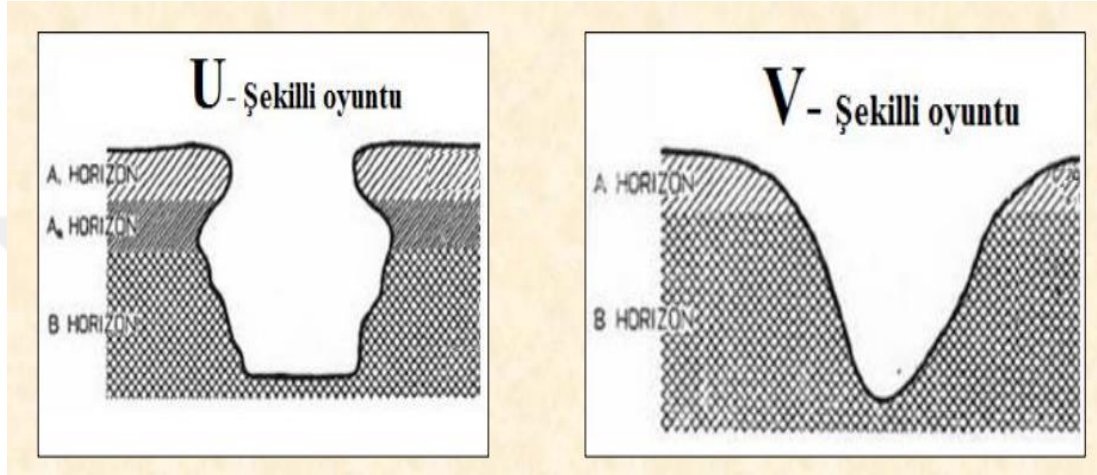
- Oyuntunun gelişim şekli ve büyüklüğü,
- Toprağın erodibilite özelliği,
- Kanalın eğimi
- Havzanın yüzeysel akış oluşturacak özellikte olmasıdır.

Oyuntu gelişimi üç basamakta gerçekleşmektedir. Başlama ve büyüme aşaması, oyuntu gelişiminin durması ve sonra gelişimin sabit durma (stabilizasyon) aşamasıdır (Görcelioğlu, 2003). Oyuntu erozyonunu önlemek için oyuntuyu tanımak ve hangi safhada olduğunu teyit etmek gerekmektedir. Zira oyuntu ıslahı oldukça zor ve maliyetli olmaktadır. Bu sebeple oyuntuyu oluşmadan önlemek daha makul ve mantıklıdır (Hudson, 1973). Şiddetlerine göre erozyonun sınıflandırılması için birçok çalışma yapılmış ve bunlara göre 0-9 arasında numaralandırma yapılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Erozyon Şiddet Sınıflamasında Tabaka ve Oyuntu Erozyonu (Uzunsoy ve Görcelioğlu, 1985).

SINIF	İSİMLENDİRME	KRİTER
TABAKA EROZYONU		
0	Erozyon yok	Erozyon yok ya da az
1	Hafif erozyon	Üst toprağın %0-25' i taşınmış
2	Orta şiddette erozyon	Üst toprağın %25-75' i taşınmış
3	Şiddetli erozyon	Üst toprağın %75-100' i taşınmış
4	Çok şiddetli erozyon	Üst toprağın tamamı, alt toprağın %25-75'
5	Son derece şiddetli	Üst toprağın tamamı, alt toprağın %75' ten
OYUNTU EROZYONU		
6	Arazi kayması	Yer yer kayma ve göçmeler, kıyı erozyonu
7	Seyrek oyuntulanma	30 m ve daha fazla aralıklı oyuntular
8	Sık oyuntulanma	30 m' den az aralıklı oyuntular oluşmuş
9	Çok sık oyuntulanma	Oyuntular çok sık ve alanın %75-100' ü

Oyuntu şekillerine bakılacak olursa enine kesitleri V- şeklinde olan oyuntular ve enine kesitleri U- şeklinde olan oyuntular diye ikiye ayrılmaktadır. Oyuntu meydana getiren kanalların şekli ve derinliği toprak karakterine bağlıdır. Toprak tabanındaki materyal eğer yumuşaksa ve buna bağlı kolayca aşınabiliyor ise bunlar U şeklindeki oyuntular olarak adlandırılırken, kolay aşınamayan kil tabakasından oluşan oyuntu ise V şekilli oyuntu olarak adlandırılır (Çelebi, 1971; Şekil 3).



Şekil 3. Oyuntu Şekilleri (Çelebi, 1971).

Dik eğimli arazilerde genellikle derinlemesine (taban) oyuntu oluşurken, eğimin az olduğu arazilerde bu oyuntuların boyutları geniş olmaktadır. Oyuntuyu kontrol altında tutmak için yağış ve yüzeysel akışla ilgili yapılması gerekenler vardır (Bennett, 1939). Bunlar; havzaya düşen yağışın tutulması, yüzey akışının yönü değiştirilerek oyuntudan uzaklaştırılması ve oyuntu içindeki yüzeysel akışın kontrollü taşınımı şeklinde sıralanabilir.

1.3.2.5. Kanal (Mecra/Yatak) Erozyonu

Daimî eğimli bir oluk içinde sürekli ya da periyodik olarak akan akarsular sel oluşumunun en büyük kaynağını oluşturur (Erinç, 2000). Yatak eğimi ve debiye bağlı olarak akan sel sularının derenin kenar kısımları ve dere yatağını (tabanını) aşındırarak taşınmasına mecra (kanal) erozyonu denilmektedir (Bahtiyar, 2000). Başka bir tanımlamaya göre; yılın belli dönemlerinde ya da tamamında akan dere yataklarındaki sular hem tabanı hem de dere kenarlarını aşındırarak erozyona neden olmaktadır. Bu erozyona kanal (mecra) erozyonu denilmektedir (Balcı, 1996). Kanal erozyonuna bazı kaynaklarda akarsu erozyonu olarak da rastlanmaktadır (Jansson, 1982; Mater, 2004).

Dere kenarları (şevler) yüzeysel akışla aşındıkları gibi yatak içindeki su ile de aşınabilmektedir. Yatak aşınımında suyun akış yönü, yüksekliği ve hızı oldukça önemlidir. Kanalin derinliği, genişliği ve taşıdığı materyalin türü de ayrıca önem taşımaktadır (Çanga, 1995).

Eğimin azaldığı yerde menderesler yaparak ilerleyen akarsular kıvrımlardan geçerken bir tarafa hızlı çarparak aşındırır ve bu işlemi yatak boyunca devam ettirir. Bu durum aşınmayla birlikte erozyona sebep olur (Mater, 1995). Neticesinden oluşan erozyon, suyun potansiyel ve kinetik enerjisini dengeleyen (azaltan) bir ürün (iş) olarak ortaya çıkmış olur. Kanal erozyonu, yukarı havzanın aşağı kısımlarında eğimin azaldığı ancak akıntının sürekli olduğu kısımlarda görülür. Akıntılara biriken sedimentler de eklendiğinde, İçeriğindeki yüksek sediment (rusubat) miktarıyla birlikte sel akıntıları suyu daha fazla yayılmaya zorlayarak kanal erozyonuna neden olur (Leopold, 1994).

Suyun bir kanal boyunca erozyona uğratarak aktığı alanlarda erozyon oluşumunun sürmesiyle birlikte vadiler genişlemektedir (Atalay, 1986). Ne kadar çok genişlerse vadiler o kadar çok toprak aşınım ve taşınımı gerçekleştirmiş olur. Sel ve taşkın oluşumunda önemli yeri olan kanal erozyonunun zararları herkes tarafından bilinmesine rağmen önlem alınmadığından can ve mal kayıplarının önüne geçilememektedir. Genellikle önlenmesi gereken kanal erozyonu doğal tehlike olarak kabul edilir (Piégay ve ark., 2005).

Sediment taşıma kapasitesi ile sediment miktarını karşılaştırarak bir nehrin daha fazla sediment mi taşıdığı, ekstra sediment mi biriktiği ya da erozyon ve depolama miktarıyla dengede olup olmadığı ile ilgili olarak bazı genel varsayımlar yapılabilir.

Örneğin;

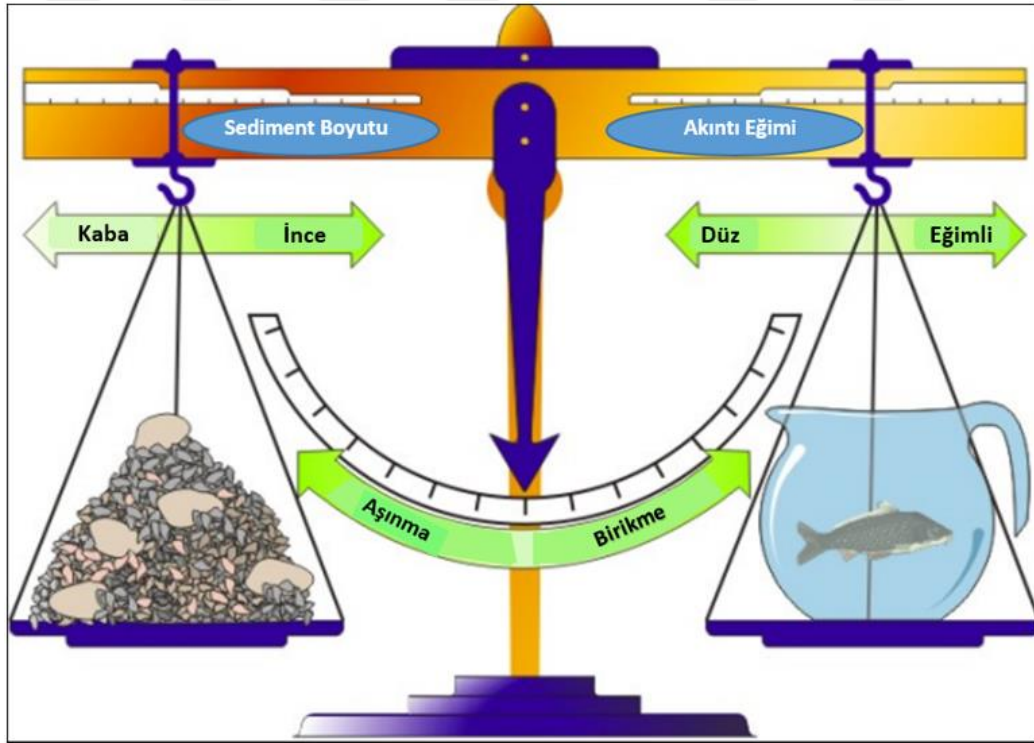
Taşıma kapasitesi sediment yükünden fazla ise ($\text{kapasite} > \text{yük} = \text{erozyon}$) erozyon beklenebilir. Bunun nedeni, yüksek enerjiye sahip olan nehrin taşınandan daha fazla sediment taşıması gerektiridir. Kapasite yükten az ise depolama beklenebilir ($\text{kapasite} < \text{yük} = \text{erozyon}$). Sistemdeki enerji miktarı ekstra sediment taşımak için yeterli olmadığı için sediment kanalda biriktirilir. Taşıma kapasitesi yüke eşitse erozyon ve birikmede net bir değişiklik beklenmez ($\text{kapasite} = \text{yük} = \text{net erozyon/birikme yok}$).

Kanal erozyonu oluşumunda, eroziv su kuvvetleri (yağmur, yüzeysel ve dere akışı vb.) ile erodibilite faktörleri (gözenek hacmi, toprak tekstür yapısı vb.) arasında bir etkileşim (denge) söz konusudur. Kanalin denge konumunu ulaşmasını sağlayan (düzenleyen) dört ana faktör Lane (1955) göre aşağıdaki gibi formüle edilmiştir (Şekil 4);

$$Q_s \cdot D_{50} \propto Q_w \cdot S \quad (1)$$

Formüldeki Q_s sediment miktarını, D_{50} materyal tane büyüklüğünü, Q_w deredeki su miktarını (debi), ve son olarak S ise derenin eğimini ifade etmektedir. Formüle göre; birinci kısımdaki faktörler (Q_s ve D_{50}) ile ikinci kısım arasındaki faktörler (Q_s ve S) arasında bir doğrusal ilişki vardır. Örneğin, debi miktarındaki artış beraberinde sediment miktarında da artışa sebebiyet verecektir.

Kısaca tanımlama yapmak gerekirse; akarsu süreçlerindeki etkileşimi ifade eden Lane' in dengesinde eğer dengenin bir tarafında değişiklik olursa dengeyi korumak için diğer tarafta ayarlama (değişim) yapılmalıdır (Şekil 4).



Şekil 4. Lane' in Dinamik Dengesi; sediment boyutu, sediment miktarı, kanal eğimi ve debideki değişimlerin akarsu kanalında aşınmamı yoksa birikmemi olacağını göstermektedir (Rosgen, 1996).

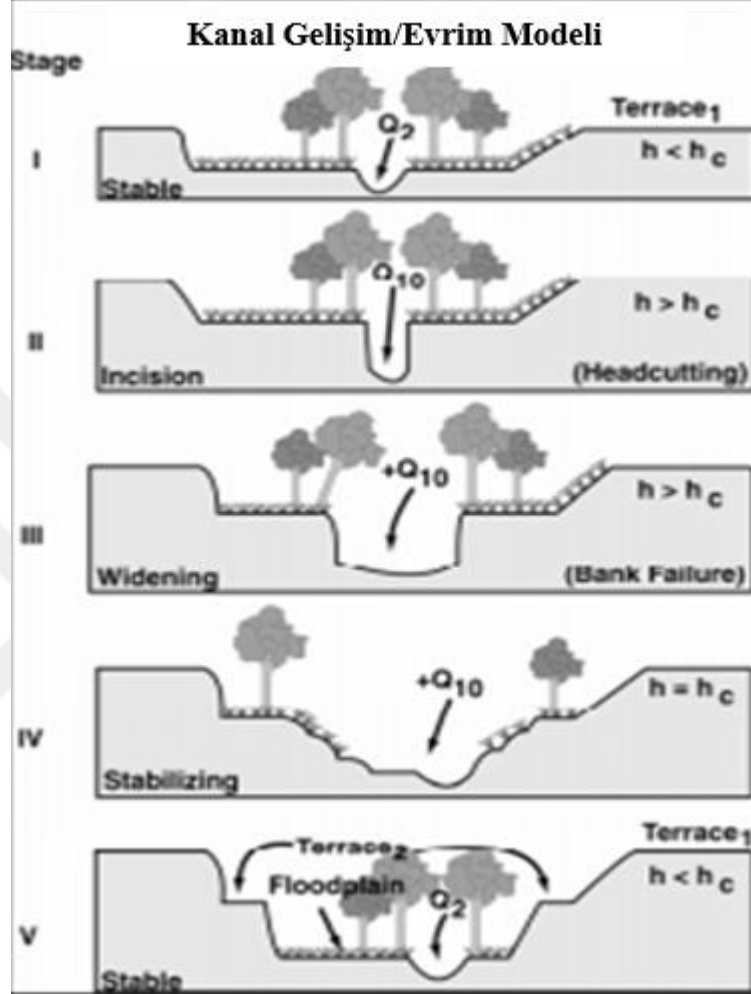
Görsel açıdan bu kavramı ifade etmenin bir başka yolu, Lane' in Diyagramını kullanmaktır (Şekil 4). Lane' in denge diyagramı sediment yükü, kanalın şekli, kanalın eğimi, erozyon direnci ve boşalmalar (hidrolojik yük) gibi parametrelere nasıl yanıt vereceğini göstermektedir. Örneğin, kaba sediment miktarı arttıkça terazi “birikmeye” (sediment miktarı) doğru yönlenecektir; teraziyi dengeye getirmek için kanal şeklinde, eğimde ve/veya hidrolojik yükte bir değişiklik (artış) gerekecektir. Kanalın eğimimin arttığı durumda ise terazi “aşınma” tarafına doğru ilerleyecektir. Buda daha fazla kanal erozyonu oluşumunu tetikleyecektir (URL-2).

Dinamik dengeye (kanal stabilitesi) ek olarak akarsu işleyişini özellikle kanal erozyon oluşumunu tanımlamak için; sediment taşınımı, kanalın genişliği ve derinliği gibi çok önemli özellikler arasındaki ilişkiye değerlendirmek gerekir. Bu özellikler kavramsal bir model olan Kanal Gelişim/ Evrim Modeline dâhil edilmiş ve değerlendirilmiştir. Bu model dinamik denge teorisi üzerine kurulu olup ayrıca bir akarsuyun geçtiği aşamalarda bozulmuş dinamik dengeyi yeniden sağlamayı ifade eder. Böylece kanal erozyonu sürecindeki farklı aşamaları açıklar.

Yapılan bir çalışmaya göre Kanal Gelişim/ Evrim Modeli (Channel Evolution Model) beş safhada gerçekleşmektedir (Şekil 5; Zaines ve Emanuel, 2006).

- Safha 1 (denge;stable); dere kenarı (şev) ve zeminindeki materyaller ile taşınan su arsında başlangıçta denge durumu söz konusudur. Bu aşamada dere kenarında ağaç ve diğer bitkiler bulunmaktadır ($h < h_c$).
- Safha 2 (kazınma;incision); kanal değişime tabanda gerçekleşen kazınma ile başlamıştır. U şeklini alan kanalda sediment üretimi artmıştır. Dere kenarındaki ağaç ve bitkiler kaybolmaya başlamış ve kanal genişleme başlangıcındadır ($h > h_c$).
- Safha 3 (genişleme;widening); kanalda sediment üretimi ve taşınması büyük miktarda ve hızla gerçekleşmektedir. Kanal enine büyüyerek genişlemektedir ($h > h_c$).
- Safha 4 (dengeleme;stabilazing); yığılma ve birikmeyle birlikte sediment üretimi artmış ve depolama başlamıştır. Ayrıca dere kenarı vejetasyonu alana gelmeye başlamıştır ($h = h_c$).

- Safha 5 (dengede;stable); yenilenme tamamlanarak kanal tekrar oluşmuş ve yeni denge koşulları (genişlik ve derinlik) sağlanmıştır. Ağaçlar alana tamamen gelmiştir ($h < h_c$).



Şekil 5. Kanal Gelişim/Evrin Modelinin Beş Evresi (Schultz ve ark., 2000).

Şekil 5' de gösterilen aşamalardan I) Dengede, II) Kazınma, III) Genişleme, IV) Dengeleme ve V) Dengede olma durumlarını göstermektedir. Q_2 ; her iki yılda bir gerçekleşme ihtimali olan boşaltım ve bazı alanlarda taşma debisi ile ilişkilidir. Q_{10} ; her on yılda bir boşalma olasılığıdır. h ; kanal yüksekliği, h_c ; kritik kanal yüksekliğidir.

1.3.2.6. Oyuntu/Kanal ve Yüzey Erozyonu İslah Yöntemleri

Farklı nedenlerle tahribata uğrayan bitki örtüsünün yanı sıra maden arama çalışmalarıyla zarar gören toprak, çiftlik hayvanlarının izleri ve mühendislik yapılarında yapılan yanlışlıklar gibi pek çok sebep oyuntuların yayılmasına ve sayıca

artmasına neden olmaktadır (Bennett, 1939). Çiftlik hayvanlarının verdiği zararlardan korunan oyuntu alanları birçok kez doğal bitki örtüsü sayesinde kendiliğinden korunmaktadır. Böylece pahalı ve zahmetli yapılara gerek kalmadan oyuntu önlenmiş olunacaktır.

Oyuntuyu ortadan kaldırmak ve/veya oyuntuyu kontrol altına tutmak için ağaçlandırma faaliyetlerinin yanında canlı ve cansız malzemelerle de koruma işlemi yapılmaktadır (Dutkuner ve Fakir, 1999). Balcı ve Öztan (1987) a göre erozyon ve sediment kontrolü için kullanılan yöntemler mekanik ve idari yöntemlerden oluşmaktadır. Mekanik yöntemler ise arazi ıslahı önlemlerinin yanında oyuntu ve kanal ıslahı önlemlerinden oluşmaktadır.

Oyuntu ve kanal erozyonunu önlemek için suyun aşındırıcı etkisine karşılık dere yatağının göstereceği direnç arasında bir denge olması gerekir. Eğimi azaltmak için dere yatağına dik olarak inşa edilen enine yapılar vardır. Bunlar; tersip bentleri, ıslah sekileri, britler ve taban kuşakları olarak ülkemizde en çok kullanılan enine yapılardandır (Dinçsoy, 2013).

Yüzeyden akan sular, birleşerek yüzey erozyonunu artırırken yüzey erozyonunun devamı niteliğindeki oyuntu erozyonunu da doğrudan artırmaktadır. Yüzey erozyonunu önlemede kullanılan yöntemlerden olan şerit tarımı, rotasyon, gübreleme, teraslama ve malçlama gibi yöntemler kullanılmaktadır. Eğer erozyon bu yöntemlerle giderilebiliyorsa oyuntu erozyonu ıslah yöntemlerine gerek kalmayacaktır. Aksi halde oyuntu erozyonunu önleme aşamasında aşağıdaki yöntemler uygulamaya geçirilmelidir.

- *İdari yöntemler*

Doğal düzenin bozulmasına sebep olan insan müdahaleleri (aşırı otlatma ve yanlış arazi kullanımı gibi), halkın bilinçlendirilerek azaltılması ve hatta tamamen ortadan kaldırılması şeklinde idari önlemler alınmalıdır.

- *Kültürel yöntemler*

Var olan bitki örtünün korunması ve geliştirilmesi, alana uygun türler getirilerek ağaçlandırma yapılmalıdır.

- *Mekanik yöntemler*

Teraslar, çevirme hendekleri (saptırma kanalları), taş kordon, örme çit, kuru duvar eşikler, çuvalı toprak sedde, örme canlı eşikler, ıslah sekileri, tersip bentleri ve britler vb. yöntemler vardır (OGM, 2013-2017).

Mekanik yöntemlere kısaca değinirsek,

Teraslar; Suyun yüzeysel akışa geçmesini önleyerek toprağa süzülmesini sağlar. Böylece toprak erozyonunu önlenmiş olur.

Çevirme hendekleri (saptırma kanalları); suların oyuntuya ulaşmadan bir dereye veya tahliye kanalına ulaşması için yapılan hendeklerdir.

Taş kordon; gevşek küçük boylu taşlarla örülü bu duvar sayesinde toprak aşağılara taşınmayacak ve yağış sularının hızı kesilecek.

Örme çit; gevşek toprağın taşınmasını engellemek için 30-40 cm aralıklarla kazıklar çakılır ve çalılarla örülerek erozyonu önler.

Kuru duvar eşikler; küçük boyutlardaki oyuntulara yapılan yakın çevreden alınan orta boyutlu taşlarla harç olmadan yapılan enine yapılardır.

Kafes tel eşikler; taş, çalı gibi malzeme bulunmayan alanlarda 70 cm yüksekliğine kadar galvaniz tellerden oluşan yapılardır.

Çuvalı toprak sedde; eğimin yüksek olduğu ve taşın olmadığı alanlarda topraklar çuvalara doldurularak üst üste bırakılır ve bir set görevi görür.

Örme canlı eşikler; oyuntu ıslahında kullanılan, yarlarda ve tabanda oyulma devam ediyorsa örme çit gibi kazıklar çakılır ve araları canlı ağaç dallarıyla kapatılır.

Islah sekileri; sel derelerinde tabanın korunması ve yamaçların desteklenmesinin yanında taşınan materyallerin azaltılması ve hatta depolanması için dere kenarlarına yapılan bazen tekli bazen ise çoklu enine yapılardır (Görçelioğlu, 2005).

Tersip bentleri; üst havzalarda durdurulamayan sediment taşınımını mansapa ulaşmadan depolamak için akarsu yataklarına kurulan enine yapılardır.

Britler; derelerde sediment taşınımı yoksa ve oyulma varsa erozyonu önlemek için yapılan enine yapılarıdır.

1.3.3. Rüzgâr Erozyonu

Erozyona etki eden faktörlerden iklimin içinde yer alan, yağıştan sonraki en önemli etken rüzgârdır (Dekui ve ark., 2003). Kuraklığın belirgin olarak hissedildiği ülkemizde (Uluocak, 1974) rüzgârın etkisiyle daha da kuraklaşan topraklarımızda verimlilik giderek azalmakta (Şengönül, 2010). Toprak ile rüzgârın etkileşimiyle ortaya çıkan rüzgâr erozyonu, kuru, gevşek ya da çıplak topraklarda kuvvetli esen rüzgârla ortaya çıkar. Rüzgâr erozyonu boyunca topraktaki verimlilik azalır. Ayrıca bulunduğu yerde ve biriktiği yerde birçok sorun meydana gelir (Zobeck ve Van Pelt, 2005).

Rüzgâr erozyonu oluşumunda üç aşama vardır. Bunlar hareketin başlamasıyla başlayıp, sıçrama, süspansiyon (havada asılı kalma) ve sürüklenme şeklinde olup bir yerden başka bir yere taşınma ve birikme şeklinde devam eder. Sıçrama hareketi rüzgâr erozyonunun en önemli aşaması olup diğer aşamalara nazaran daha fazla toprağı harekete geçirir ve bu hareketle erozyon başlamış olur (Çanga, 1995).

1.3.4. Kıyı Erozyonu

Nehir, dere ve kanallar ile deniz kenarlarında görülen bir erozyon çeşididir. Bu erozyonda, nehir, dere ve bir kanal içerisinde akan su, akımın şiddetine, yatak ve kıyıları oluşturan toprakların özelliklerine bağlı olarak yatağını yanlardan oymak ve kıyı yıkılmalarına yol açmak suretiyle erozyona neden olmaktadır (Günay, 2008). Kıyı erozyonu ve yığılma şeklinde görülen sediment hareketleri kıyılarına etki ederler (Bayrak, 2006).

1.3.5. Çığ ve Buzul Erozyonu

Yamaç boyunca aşağı doğru hareket eden kar kütleleri araziye tahrip ederek çığ erozyonuna sebep olur. Eğim boyunca hareket eden buz kütleleri zemindeki taş, toprak ve kaya parçalarını da sürükleyerek buzul erozyonunun oluşmasına sebebiyet vermektedir (Özhan, 2004).

1.4. Erozyona Etki Eden Faktörler

Türkiye yüzölçümünün büyük bir kısmı yarı kurak iklim alanında bulunduğundan dolayı erozyon ve erozyona etki eden etmenlerin incelenmesi oldukça önem taşımaktadır (Yıldız ve Demir, 2012). İklim, bitki örtüsü, topografya, toprak özellikleri ve insan olmak üzere erozyona etki eden etmenler beş başlık altında toplanmaktadır (Sönmez, 1994).

Erozyon, birçok çalışmada aşağıdaki eşitlik (2) ile ifade edilmeye çalışılır (Balcı ve Ökten, 1987).

$$E = f(\dot{I}, K, T, B, H) \quad (2)$$

eşitliği ile belirtilen bu faktörler; E = Erozyon Miktarı veya şiddeti, İ = İklim, K = Toprak, T =Topografya, B =Bitki Örtüsü, H =İnsan 'dır.

1.4.1. İklim

Küresel olarak iklim değişikliği ve toprak erozyonu, ormansızlaşma ve arazi bozulmalarını tetikleyen en önemli iki faktördür (ÇEMGM, 2015). Sıcak ve kurak alanlarda toprak fazlaca su kaybeder ve erozyona karşı hassaslaşır. Rüzgâr da toprağın verimli üst kısmını bir yerden başka bir yere taşıyarak ve buharlaşmayı artırarak toprak yapısını bozmakta ve toprağı yüzey erozyonuna karşı güçsüz durumda bırakmaktadır. Yağış faktörünün toprağa verdiği zarar ise diğerlerine göre daha fazla görülmekte ve etkisi büyük olmaktadır.

Erozyonla iklim değişimi arasında bir paralellik vardır. İklim değişimi aynı zamanda sıcaklık değişimidir. Mevsimler arası sıcaklık farkı ya da geceyle gündüz arasındaki sıcaklık farkları suyun toprak içindeki durumunu etkilemektedir. Toprakta bulunan suyun kar ve kış soğuklarının etkisiyle donması toprağın infiltrasyon kapasitesini azaltmaktadır. Ayrıca havaların ısınmasıyla birlikte eriyen karlar yüzeysel akışı artırarak erozyona neden olmaktadır. Toprağın depolama ve su tutma kapasitesinin azalmasına sebep olan erozyon, iklim değişikliklerinin de önünü açmaktadır. Değişen iklimlerle birlikte meydana gelen ani ve aşırı yağış da toprağı erozyona uğratma açısından oldukça önemlidir (UNEP, 2012).

1.4.2. Bitki Örtüsü

Toprak yüzeyindeki bitki örtüsü erozyonu önleme açısından oldukça başarılıdır. Bitki örtüsünce fakir olan arazide kaybolan toprak miktarı, örtüyle kaplı alandaki toprak kaybının 135 katıdır (Taysun, 1989). Toprak yüzeyinin bitki örtüsüyle kaplı olduğu %35 eğime sahip bir alanda yüzeysel akışın ve taşınan sediment miktarının azaldığı belirtilmiştir (Arıcı, 1988). Topografyadan sonra bitki örtüsünün önemi belirtilirken erozyon riskini azaltan diğer bir faktör olduğu vurgulanmıştır (Knijff ve ark., 2000).

Erozyon oluşumuna arazi yapısı, yağış ve toprak özellikleri neden olarak görünse de toprağı koruyan bitki örtüsünün varlığı ve niteliği fazlaca önem arz etmektedir. Arazinin şekli bitki örtüsü üzerinde etkilidir. Bu nedenle toprak derinliği ve organik maddenin varlığı bitki örtüsünün kanıtı niteliğindedir. Bitki örtüsünün iyi olmadığı ya da tamamen olmadığı durumlarda her eğim derecesindeki arazi yüzey erozyonuna maruz kalmaktadır (Balcı ve Öztan, 1987). Bu sebeple alanı kaplayan bitki örtüsü yok ise erozyon kaçınılmazdır.

1.4.3. Topoğrafya

Topografya yer şekillerini ifade etmektedir. Topoğrafik özelliklerden erozyon açısından eğim oldukça önemlidir. Dağlık ve ortalama yükseltisi fazla olan ülkemizde, yüksek oranda eğime sahip yamaçlar erozyonu artıran önemli yer şekilleridir. Eğim derecesi artıka erozyonla kaybolan toprak miktarı da artmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Eğim Derecesinin Toprak Kaybına Olan Etkisi (Doğan ve Güçer, 1976).

Yağış Miktarı (mm)	Yağış Süresi (saat)	Toprak Kaybı Miktarı (ton/hektar)				
		Eğim derecesi				
		%0	%5	%10	%15	%20
50,0	164	0,4	13,3	40,1	67,1	91,3
33,5	155	0,3	14,5	36,9	46,1	59,1

Eğim uzunluğu ve eğimin şekli ile erozyon arasında kuvvetli bir bağ vardır (Tablo 4). Eğer arazi yüksek eğim derecesine sahip ve girintili-çıkıntılı şekilde ise erozyon artışı kaçınılmazdır.

Tablo 4. Eğim Uzunluğu ile Toprak Kaybı İlişkisi (Doğan ve Güçer, 1976).

Eğim Uzunluğu (m)	Birim Sahadan Oluşan Toprak Kaybı (ton)
0-23	0,91
23-46	1,65
46-69	2,13
69-92	2,52
0-92 (ortalama)	1,80

Türkiye 1141 metre ortalama yüksekliğe sahiptir. Bu yükselti eğimi de beraberinde getirmektedir. Özellikle bitki örtüsünün olmadığı alanlarda eğim ne oranda artarsa erozyonla kaybolan toprak miktarı da o oranda artmaktadır.

Ülkemiz arazilerinde eğimin yüksek olmasından dolayı tarım alanlarında birçok sorun meydana gelmektedir (Tavşanoğlu, 1966). Topoğrafya’ da birim alandaki akarsu yoğunluğu arttıkça erozyon şiddeti de artmakta iken yoğunluğun azalmasıyla erozyon şiddeti de azalmaktadır (Ekinci, 2006). Türkiye arazilerinin eğim dağılımı aşağıdaki gibidir (Tablo 5).

Tablo 5. Türkiye’ de arazilerin eğim dağılımı (Anonim, 1987).

Eğim		Alan	
Sınıfı	%	Ha	%
Düz-Düze yakın	0-2	9 705 097	12,78
Hafif	2-6	8 476 067	11,17
Orta	6-12	10 514 253	13,86
Dik	12-20	10 747 597	14,17
Çok Dik	20-30	13 368 866	17,63
Sarp	30 +	23 015 669	30,35

1.4.4. Toprak Özellikleri

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri olarak inceleyecek olursak toprak su geçirgenliği, toprağın nemi ve agregatlaşma indisi gibi özellikler fiziksel; pH ve organik maddeyle birlikte birçok özellik de kimyasal toprak özelliklerini göstermektedir. Son olarak organik maddeyle ilişkili olarak mikroorganizmaların durumu, organik maddenin parçalanması ve daha pek çok özelliğin eklenebileceği biyolojik toprak özellikleri bulunmaktadır (Erpul ve Saygın, 2012).

Toprak özellikleri, erozyona olan etkisi açısından bakıldığında farklı karakteristiklere sahiptir. Bunlar toprağın bünyesi, strüktür, hidrolik geçirgenlik ve organik madde miktarı olarak sıralanabilir (Cebel ve ark., 2013). Fiziksel özellikleri bakımından topraklar içerdikleri kum ve silt miktarına göre erozyona duyarlılıkları artmakta, kil içeriğine göre erozyona dayanıklılığı artmaktadır (Obi ve Asiegbu, 1980).

Topraklarımızın büyük kısmı topografya, iklim ve yanlış arazi kullanımı gibi sebeplerle erozyona duyarlı hale gelmiştir. Erozyonla birlikte toprağın verimli üst kısmının aşınması toprak içindeki bitki besin maddelerini, depolanan suyu ve köklerin ulaşabileceği derinliği azaltır (Petter, 1992).

1.4.5. İnsan

İnsanın topraktan faydalanma şekli ve bunu ne ölçüde yaptığı erozyonu meydana getiren en önemli sebeplerin başında gelmektedir. İnsan tarımla uğraşarak topraktan yararlanmaya başlayarak tarım arazilerini usulsüz ve aşırı kullanımı ile toprak bozulmaya başlar. Toprağın bozulması verimliliği azaltarak doğal düzene zarar verir ve toprak erozyonu oluşumu hızlandırır.

Erozyon oluşumu ne kadar doğal bir süreç olsa da buna yön veren ve hızlandıran yine insan faktörüdür. Tabii erozyon miktarı tarımdan önceki dönemde yıllık 9 milyar ton olurken, günümüzde 24 milyar ton olduğu düşünülmektedir. Bunun nedeni ise insanların yanlış arazi kullanımlarındaki hatalardır (Brown ve Wolf, 1996).

İlk çağlardan günümüze kadar tarım alanında uğrattıkları zararlarla bilinen insanın zararı sadece bununla sınırlı kalmamıştır. Artan nüfusla birlikte insanın yaşam için yer bulma çabaları da tarla açmaya dolayısıyla toprağa zarar vermeye odaklıdır.

1.5. Türkiye’ de ve Dünya’ da Erozyonla Kaybolan Topraklar

İnsanoğlu var olduğundan bugüne gelinceye kadar hayati ihtiyaçlarını topraktan ve sudan karşılamıştır. Ancak sonsuz kaynağa sahip gibi görünen bu ihtiyaçlar günden güne yok olmakta ve kalitesini de kaybetmektedir.

Türkiye topraklarının %53’ünden fazlası çok şiddetli erozyona maruz kalmaktadır (Taysun ve Dağdeviren, 1991). Bunun sonucunda ülkemizde yılda 585,6 ton/km²

verimli toprak tabakası erozyona uğrayarak sel sularıyla kaybolurken bu durum Avrupa' da 31,3 ton/km²' dir (Çepel, 1992; Dağdaş, 2007)

Dünya genelinde yılda ortalama 24 milyar ton toprağın erozyona maruz kalarak kaybolduğu ve bu miktarın 500 milyon tonluk kısmının ülkemizde olduğu (AGM, 2007) düşünüldüğünde erozyonun ülkemiz için ne denli önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Yapılan erozyonla mücadele çalışmaları sonucunda bu miktar günümüzde 154 milyon ton'a düşürülmüştür (Erpul ve Ark., 2018).

Her yıl ülkemizde 25 cm genişliğinde 150 bin hektar büyüklüğündeki arazi yok olmaktadır (Kasap ve Irmak, 1998).

Ülkemizin de içinde bulunduğu Asya kıtası, en çok erozyon görülen alanları içermektedir (EMEP, 2013). Erozyonun 1 km²' lik alanda oluşan yıllık miktarı Avrupa' da 84 ton, Avusturalya' da 273 ton, Amerika' da 491 ton, Asya' da 610 ton, Afrika kıtasında 715 ton seviyelerinde iken Türkiye' de bu miktar 800 ton seviyelerine ulaşmaktadır (Doğan, 1995). Avrupa kıtasında taşınan miktardan 1.8 kat daha fazla erozyona sahip olan (Ünver, 1994) ve %56' sı dağlık alanlardan oluşan Türkiye' de (Görcelioğlu, 1997) erozyonla mücadele en önemli çevresel sorunlardandır (Cangir ve ark., 2000).

Uygun şekilde yapılmayan ve en yüksek etkiye sahip olan tarımsal uygulamalara ek olarak ormansızlaşma, aşırı otlatma, arazilerin kendi hallerine bırakılması, orman alanlarında meydana gelen yangınlar ve yol yapım faaliyetleri toprak erozyonunu arttırmaktadır (Nunes ve ark., 2011; Tağıl, 2007). Ülkemizde %14 oranında hafif, %20 orta ve %63 oranında şiddetli-çok şiddetli seviyede erozyon bulunmakta, erozyona maruz kalan toprakların %99' u su, kalan %1 de rüzgâr erozyonundan etkilenmektedir (DPT, 2001; Doğan, 2011).

Ülkemizde geniş alanlar genel olarak yarı kurak iklime sahip olması ve yüz ölçümünün büyük bir kısmının eğimli alanlarda olması sebebi ile erozyonun nasıl ve hangi etkenlere bağlı gerçekleştiğini bilmek son derece önemlidir (Yıldız ve Demir, 2012). Toprak erozyonun şiddetli olarak gerçekleştiği ülkelerden biri olan Türkiye' de yaklaşık olarak %88,7' den fazla alanda şiddeti ve derecesi değişken toprak erozyonu görülmektedir (Koç ve ark, 1994).

1.6. Erozyon Tahmininde Kullanılan Modeller

Erozyon risk sınıflarının belirlenebilmesi açısından erozyon türü, boyutu, kaybedilen toprak miktarı ve bütün bu hesaplamalar doğrultusunda alınabilecek tedbirler için birçok yöntem geliştirilmiştir.

Bir taraftan arazide doğrudan ölçümler yaparak laboratuvar aşamalarıyla birlikte erozyon ölçümü yapılabilirken diğer taraftan giderek artan oranda sayısal (matematiksel) arazi modellemeleriyle de erozyon tahmini yapılabilmektedir. Bu yöntemlerden sayısal tabanlı olanlarından bazıları şöyle sıralanabilir (Shen ve ark., 2003; Ekinci, 2006);

- WEPP (Water Erosion Prediction Project)
- EROSION-3D
- ICONA (Toprak Erozyonu Risk Değerlendirme Modeli)
- SIMWE (Simulation of Water Erosion)
- MOSES (Modular Soil Erosion System Project)
- CORINE (Coordination of Information on the Environment)
- SWAT (Soil and Water Assessment Tool)
- USLE (The Universal Soil Loss Equation)
- MUSLE (The Modified Universal Soil Loss Equation)
- WATEM (Water and Tillage Erosion Model)
- AGNPS (Agricultural Non-point Source Pollution Model)
- RUSLE (The Revised Universal Soil Loss Equation)

Dünya’ da yaygın olarak kullanılan bir model olan “Yenilenmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği” RUSLE, Eşitlik 3’ de görüldüğü üzere; yağışların erozyona etkisi (R), toprakların erozyona karşı hassasiyeti (K), eğimin uzunluğu (L) ve dikliği (S), bitki örtüsü (C) ve arazi (P) olmak üzere altı adet değişkenin çarpılması sonucu elde edilen bir yöntemdir (Renard ve ark., 1997).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (3)$$

Formülde kullanılan değişkenlerden “C” ve “P” arazi kullanımlarının türüne, “R”, “K”, “L” ve “S” değerleri ise ekolojik koşullarla ilişkili olarak değişkenlik göstermektedir (Sonneveld ve Nearing, 2003). Amerika Birleşik Devletleri Tarım

Bakanlığı (USDA) tarafından oluşturulan ve daha sonra yaygınlaşarak kullanımı artan RUSLE, toprak kaybı ortalamasını en doğru şekilde hesaplayan ve aynı zamana en basit olan yöntemdir (Beskow ve ark., 2009). RUSLE' nin yanında WEPP ve SWAT modelleri de toprak erozyonunun miktarını en doğru hesaplayan modellerdendir (Römkens ve ark., 2001).

WEPP modeli toprak ve suyun korunması, çevresel planlar ve bunların değerlendirilmesi için geliştirilmiş bir modeldir (Nearing ve ark., 1994).

Modelde; yüzey pürüzlülüğü, arazi kullanımı, hidrololoji, toprak özellikleri ve topoğrafyadaki konumsal değişimler gibi özellikler dikkate alınır (Flanagan ve ark., 2007; Flanagan ve Nearing, 1995; Nearing ve ark., 1994).

SWAT su kaynaklarının yönetim ve gelişimi, kırsal havzalardaki noktasal olmayan kirliliğin uzun vadedeki etkilerini belirlemek ve temel hidrolojik süreçlerin nehir ölçekli havzalarda anlaşılabilmesini sağlamak için geliştirilen bir havza modelidir (Arnold vd., 1998).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Çalışmanın bu bölümünde, çalışma ile ilgili bilimsel ve teknik bilgileri içeren literatür çalışmaları özetlenmiştir. Bu çalışmaların değerlendirilmesi kanal/oyuntu erozyonu ve yüzey erozyonu olarak iki başlık altında yapılmıştır.

2.1. Kanal ve oyuntu erozyonu

1997 yılında ABD California eyaleti San Diego Irmağı'nda 1983 ve 1993 yılları arasındaki değişimler ölçülmüş yıllık 10^5 Megagram (100 000 ton) sedimentin kanal erozyonu ile oluştuğu sonucuna varılmıştır (Trimble, 1997).

Romanya'nın Moldova Platosu'ndaki Siret ve Prut akarsu mecralarında, oyuntu erozyonu miktarının belirlenmesi üzerine 1986-2008 (23) yıllarını kapsayan bir çalışmaya göre (Radoane ve Radoane, 2016) oyuntu erozyonu ile kaybolan toprak ve kaya miktarının 274 milyon m^3 olduğu, bu miktarın çalışma alanı olan 25 000 km^2 alan üzerine serildiği zaman alanın şu andaki toprak seviyesinin 10.9 m seviyesine kadar yükseleceği sonucu elde edilmiştir.

Kanal erozyonu üzerine yapılan bir çalışmada, Roanoke Nehri (Kuzey Carolina, ABD) yataklarında oluşan erozyonu araştırmak için nehrin belirlenen çeşitli noktalarına 700 adet erozyon çubuğu yerleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yıllık ortalama erozyon miktarı 6,3 cm bulunmuştur. Ayrıca nehrin hemen üzerindeki barajın da etkisi ile biriken sediment miktarı yıllık 2.800.000 m^3 bulunmuştur. Nitekim kanal erozyonuyla taşınan sediment miktarı barajlardaki toplam sedimentin içinde önemli bir paya sahiptir (Hupp ve ark., 2009).

Coğrafi bilgi sistemi kullanılarak, oyuntu erozyonu üzerinde yapılan bir çalışmada Meksika'nın %15 eğimdeki Qaternary volkanik arazisinde %75' i oyuntu erozyonuna uğramış mera alanlarında çalışılmış ve oyuntu erozyonuna maruz kalabilecek alanlar tespit edilmiştir. Alanda koruma tedbirleri konusunda bazı öneriler de yapılmıştır (Bocco ve ark., 1990).

Kanal erozyonu neticesinde mendereslerde oluşan aşınma miktarını hesaplamak için Güney Galler’ de iki yıllık bir süreçte erozyon çubukları yöntemi kullanılmıştır. Aşınmanın çoğunlukla kış aylarında görüldüğü gözlemlenmiştir. Çalışma neticesinde jeomorfolojik, meteorolojik ve hidrolojik etmenler gerilemeye etki etse de donma ve çözülme süreçleri de ayrıca önem taşımaktadır (Lawler, 1986).

Erozyonun incelenmesi üzerine Ngaradj Havzasında (Avustralya) erozyon çubuk yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışmada 1998-2001 yılları arasında belirlenen 49 ayrı noktaya 193 erozyon çubuğu yerleştirilmiştir. Erozyon çubuklarının araştırma süresi boyunca incelenmesi sonucunda yağışlı dönemde akarsuyun ana kolu dışında yan kollarda da aşınmanın olduğu görülmüştür. Kurak dönemde de özellikle kum materyalinin gevşek olmasından dolayı şevlerde aşınmanın devam ettiği tespit edilmiştir. Çayır bitki örtüsünün yoğun olduğu yamaçlardaki şevlerde aşınmanın daha az olduğu sonucuna varılmıştır (Saynor ve ark., 2003).

Kanada’ nın Manitoba eyaleti South Tobacco Creek (STC) Havzası’ nda SWAT modeli kullanılarak yapılan bir çalışmada, 1991-2010 arasında 5 sediment istasyondan alınan örnekler ile 2005-2010 yılları arasında 9 sediment istasyonundan elde edilen veriler kullanılarak erozyon miktarı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmalar sonucunda ortalama yıllık sediment veriminin (8483 ton) %60’ ının (5090 ton) kanal erozyonu ile gerçekleştiği tespit edilmiştir (Liu ve ark., 2015).

Akdeniz havzası sınırlarındaki nemli iklim özelliklerine sahip ülkelerde su erozyonu ile meydana gelen toplam sedimentin yarıdan fazlası oyuntu erozyonu sonucu oluşmuştur. Bu sebeple baraj ve göllerin taşkın ve sediment taşınımı gibi sorunların önlenmesine dikkat çekilmiştir. Ayrıca parsel boyutundaki alanlarda kullanılan erozyon tahmin modellerinin çoğu tabaka ve parmak erozyonu hesabı için kullanılmıştır, bu yüzden arazilerden oyuntu erozyonu sonrası oluşan toprak kaybının hesaplanmasında hatalı bir tutum sergilendiği ifade edilmiştir (Poesen ve ark., 2000).

2.2. Yüzey (Tabaka) Erozyonu

İtalya’ nın güneyinde bulunan Sicilya Adası’ nın güneyindeki Comunelli Havzası’ nın 108 km²’ lik kısmı çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bölgedeki toprak erozyonunu hesaplamak için RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) modeli kullanılmış-

tır. Yapılan hesaplamalara göre bölgedeki yıllık kaybolan toprak miktarı $94.76 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ şeklinde bulunmuştur (Onori ve ark., 2006).

Sediment veriminin hesaplandığı, Kahramanmaraş Ayvalı barajı havzasında yapılan bir çalışmada WEED modeli kullanılmıştır. Bu model için çeşitli dosyalar hazırlanmıştır. Coğrafi bilgi sistemine, hazırlanan bu dosyalar entegre edilmiş ve ortaya çıkan sonuca göre arazi kullanım bazında orman alanlarında $1.32 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olan sediment verimi, mera da $4,69 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ve son olarak tarım alanlarında hesaplanan sediment verimi ise $23,95 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ' dir (Yüksel ve ark., 2007).

Türkiye' nin kuzey doğusunda bulunan 417 km^2 alana sahip Veliköy Alt Havzası' nda, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama teknikleri yardımı ile RUSLE kullanılarak, yüzey erozyonu miktarını belirlemek amacı ile yapılan bir çalışmada havzanın ortalama toprak kaybı oranı $3.89 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Tüfekçioğlu ve ark., 2018).

Çankırı ili Eldivan ilçesinde bulunan Ekinne göleti havzasına toplanan sediment miktarı ölçümünde CBS ve RUSLE (Revize edilmiş Ünlversal Toprak Kaybı Denklemi) ortak kullanılarak kaybolan toprak miktarı tahmin edilmek istenmiştir. Yapılan işlemler sonunda havzaya gelen sediment miktarı 0 ile $73.80 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ şeklinde bulunmuştur. Ortalama $15.6 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olan toprak miktarı toplamda 18362.2 ton/yıl ' dir. Orman alanında kaybolan toprak miktarı ortalama $11.79 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, mera arazi kullanımlarında kaybolan toprak miktarı ortalama $18.6 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ' dir. Bu değerler gösteriyor ki kullanım süresi 50 yıl ve ayrıca rezervuarı $1.763.000 \text{ m}^3$ olan Ekinne göletinde süre sonunda rezervuarın %50'si sediment ile dolacaktır (Özcan, 2016).

2013 yılında Nepal Siwalik Tepeleri'nde taba erozyonu miktarının belirlenmesi için yapılan bir çalışmada, ormanlık ve çalılık alanların erozyon oranı 0,8-1,2, tarım arazileri için erozyon oranı 2,0 olarak %95 güvenle hesaplanmıştır. Bu oranlara göre ormanlık ve çalılık alanlarda ($3,464 \text{ km}^2$) aşınan/taşınan sediment miktarı 3464 m^3 , tarım alanlarında ($0,933 \text{ km}^2$) aşınan/taşınan sediment miktarı 1866 m^3 bulunmuştur (Ghimire ve ark., 2013).

Çoruh Nehri Havzası (ÇNH)' nda bulunan Uzundere Alt Havzası için RUSLE kullanılarak yüzey erozyonuna bağlı potansiyel yıllık toprak kaybı miktarı $25,38 \text{ t ha}^{-1}$

$^1 \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Bu miktarın MH' nin ortalama toprak kaybı miktarından ($3,79 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) oldukça fazla olduğu tespit edilmiştir (Yavuz ve Tüfekçioğlu, 2019).

Güvenç ve Küçükemalı havzalarında sediment ve su verimlerinin araştırıldığı bir çalışmada SWAT (Soil Water Assessment Tool) modeli kullanılmıştır. Bulunan sonuçlara göre Güvenç Havzası su verimi 119.62 mm tahmin edilen ise 127.38 mm dir. Bununla birlikte ölçülen sediment verimi ve tahmin edilen ise sırasıyla $35.83 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, ve $1.28 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ' dır. Küçükemalı Havzasında ki veriler ise gözlenen su verimi ve tahmin edilen olmak üzere sırasıyla 141.85 mm ve 243.76 mm dir. Ayrıca ölçülen sediment veriminin ölçüleni 0.001 t/ha/yıl iken tahmin edileni $4.21 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Karaş, 2005).

Yılmaz (2006), Çamlıdere barajı havzasında meydana gelen erozyon miktar ve şiddetinin araştırıldığı yüksek lisans tezinde USLE erozyon tahmin modeli kullanılmıştır. Çamlıdere Barajı Havzasında yılda $716,000$ ton toprağın kaybolduğu yapılan hesaplamalar sonucunda bulunmuştur.

2009-2010 yıllarında her ayın 15'inde alınan istasyon verileri laboratuvar ortamında (filtreleme setinde) süzdürülerek askıda katı madde taşınımının araştırıldığı bir çalışmada, SWAT modeli kullanılmıştır. Porsuk çayı havzasında kullanılan bu yöntemle havzaya düşen %25 oranında yağış, akarsuyu beslemektedir. Ayrıca yılda 2 ton/ha olan sediment verimi hesaplanmıştır (Güngör, 2011).

Güvenç ve Küçükemalı havzalarının sediment verimi ve su verimi Soil Water Assessment Tool (SWAT) modeli kullanılarak hesaplanmıştır. USLE modeli ile Küçükemalı havzasında potansiyel kaybolan toprak miktarı $4.9 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ dir. Güvenç havzasında potansiyel kaybolan toprak miktarı $15.98 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ şeklinde bulunmuştur (Karaş, 2005).

Artvin ili Borçka Barajı Yağış Havzasında yapılan bir çalışmada, CBS teknikleri ile WEPP erozyon tahmin modeli birlikte kullanılarak oluşan toprak erozyonu ve sediment verimi belirlenmiştir. Bu havzada eğim, arazi kullanımı, anakaya ve bakı faktörleri göz önünde bulundurularak 15 alt havza seçilmiş ve bu havzalarda 240 tanesi $0-10 \text{ cm}$ ve 240 tanesi de $10-30 \text{ cm}$ derinlikte olacak şekilde toprak örnekleme yapılmıştır. Bu toprak örnekleri üzerinde çeşitli analizler yapılarak ulaşılan sonuçta

360431.70 ton yıllık toplam sediment miktarı bulunmuştur. Yıllık ortalama sediment miktarı da $4.16 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Yüksel, 2015).

Yüzey erozyonuyla kaybolan toprak miktarının ölçümü ve erozyon riskinin haritalanması üzerine yapılan bir çalışmada, RUSLE erozyon tahmin modeli kullanılmıştır. Artvin ili Yusufeli ilçesi yakınlarında yapılan bu çalışmada havzadaki ortalama toprak kaybı $3.6 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016).

Avustralya'da yapılan bir çalışmada, arazi kullanımı bakımından üç farklı alanda erozyondan kaynaklanan toprak kaybı bazı bölgelerde 1000 cm^2 yüzey alanına sahip kazıyıcı bir levha ile bazı bölgelerde de yaklaşık 70 cm^2 yüzey alanına sahip çelik silindiler kullanılarak ölçülmüş ve toprak kaybı hem bahçe bitkileri yetiştiriciliği yapılan alanlarda hem de otlak alanlarında yılda yaklaşık $5.5 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, işlenmeyen çayır-mera ve orman alanlarında ise $1 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Loughran ve ark., 2004).

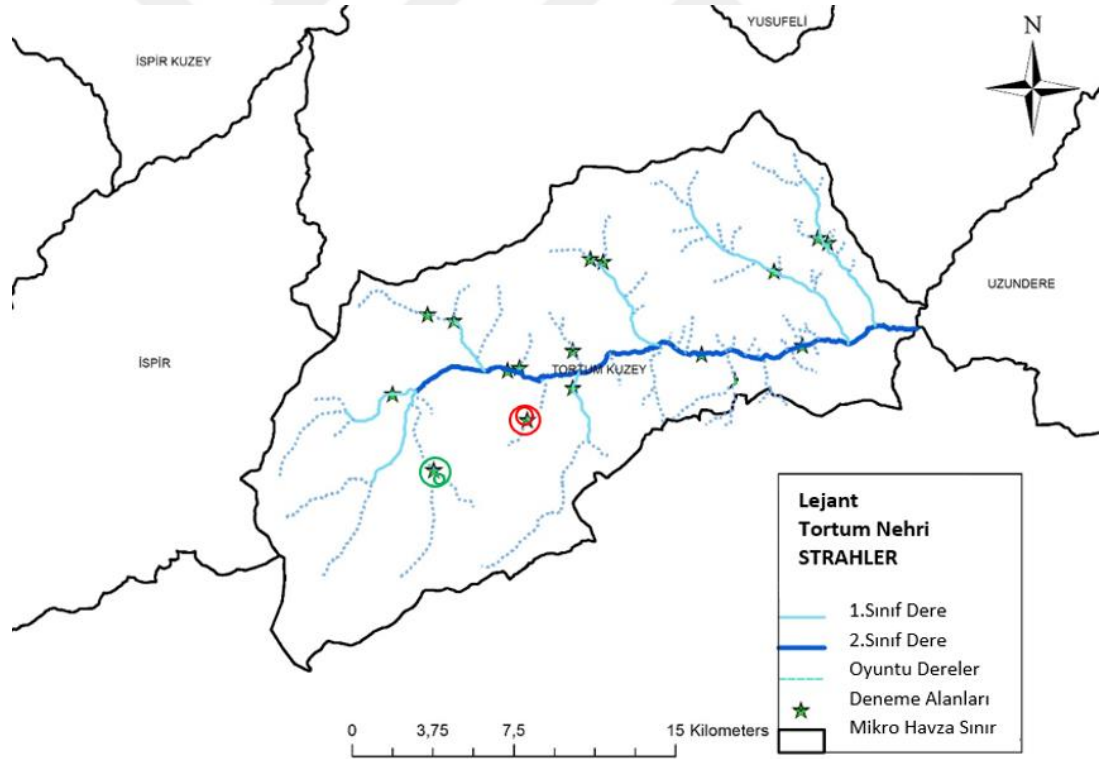
2009 yılında TÜBİTAK projesi kapsamında yapılan bir çalışmaya göre Akasya ve Çayır alanlarındaki yüzeysel akış miktarları arazi bakışı ve arazi örtüsü bakımından incelenmiştir. En fazla yüzeysel akış ve sediment taşınımının Ekim-Kasım olduğu örnekleme dönemindeki toplam yüzeysel akış miktarları 192.8 kg/ha (kuzey çayır), 428 kg/ha (güney çayır), 37.7 kg/ha (kuzey akasya) ve 25.7 kg/ha (güney akasya) olarak ölçülmüştür. Ortalama toplam yüzeysel akış çayırılık alanda 310.4 kg/ha , akasya alanında ise 31.7 kg/ha olmuştur. Örnekleme dönemindeki toplam taşınan sediment miktarı kuzey çayır, güney çayır, kuzey akasya ve güney akasya alanlarında sırasıyla 35.5 , 71.2 , 9.6 ve 11.7 kg/ha olmuştur. Ortalama toplam taşınan sediment miktarı çayırılık alanda 53.4 , akasya alanında ise 10.7 kg/ha olmuştur. (Tüfekçioğlu ve Güner, 2009).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı

Tortum-Kuzey mikro havzası Erzurum' un 75 km kuzeyinde bulunan, alanı 38866 ha büyüklüğünde olup coğrafi konum olarak 4469680-4495650 Kuzey paralelleri, 681740-713560 Doğu meridyenleri (UTM "Universal Transverse Mercator" Zone 37N) arasında bulunmaktadır (Şekil 6, EK Şekil 1). 1110 – 3235 m yükseklikleri arasında bulunan Tortum-Kuzey mikro havzası, ortalama %43 eğime sahip olup dağlık bölgede bulunmaktadır. Arazi üzerindeki dere ağı toplam uzunluğu 400 km'dir.



Şekil 6. Tortum-Kuzey havzasındaki kanal ve oyuntu erozyonu ölçüm noktaları (14 adet deneme alanı) ve dere sınıfları (2.sınıf, 1.sınıf ve oyuntu dereleri; Strahler, 1957). Not: Başlangıçta rastgele seçilen 16 deneme alanından 1 tanesi yüksek rakımlı olduğu (yeşil daire), diğer bir tanesi de (kırmızı daire) taşlıklı şev yapısına sahip olduğu için bu alanlarda çubuk çakım işlemi gerçekleştirilememiştir.

Çalışmaya konu Tortum-Kuzey mikro havzası, Çoruh Nehri Havzası içerisinde yer almaktadır. ÇNH yaklaşık 2 milyon hektar alana sahip olup Kuzeydoğu Anadolu platosunda bulunmaktadır. Artvin, Erzurum, Gümüşhane, Erzincan ve Kars illerini kapsayan havza içerisinde 63 adet mikro havza bulunmaktadır (URL-3). ÇNH Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından uygulanan planlamada; yapılacak ve yapımı bitmiş toplam 16 adet baraj, 162 adet nehir tipi Hidro Elektrik Santrali (HES) bulunmaktadır. 6.3 milyar m³ y⁻¹ akış rejimine sahip Çoruh Nehrinde yılda yaklaşık 5,8 milyon m³ sediment taşınmaktadır (Sucu ve Dinç, 2008).

Çalışma alanı üzerinde alınan deneme alanları 1240 m ile 2130 m arasında değişen 7 farklı köyden olmak üzere 14 farklı konumda bulunmaktadır (Tablo 6).

Tablo 6. Tortum Kuzey Havzasındaki Deneme Alanlarının Bulunmuş Olduğu Köyler, Koordinat Bilgileri, Dere Sınıfı ve Yükseklik Bilgileri

Alan/Plot	Köy İsmi	Enlem	Boylam	Dere Sınıfı (Strahler)	MH İsmi	Yükseklik (m)
1	Bağbaşı	707798	4484783	2. sınıf	Tortum-Kuzey	1240
2	Aşağıkatıklı	703119	4484387	2. sınıf	Tortum-Kuzey	1396
3	Uzunkavak	694114	4483631	2. sınıf	Tortum-Kuzey	1742
4	Bağbaşı	706475	4488219	1. sınıf	Tortum-Kuzey	1551
5	Dikmen	697142	4482819	1. sınıf	Tortum-Kuzey	1621
6	Uzunkavak	688787	4482541	1. sınıf	Tortum-Kuzey	2100
7	Pehlivanlı	708961	4489551	Oyuntu	Tortum-Kuzey	1492
8	Pehlivanlı_2	708502	4489771	Oyuntu	Tortum-Kuzey	1592
9	Derinpınar	698556	4488660	Oyuntu	Tortum-Kuzey	1837
10	Aşağıkatıklı	697953	4488809	Oyuntu	Tortum-Kuzey	1945
11	Çataldere_1	694666	4483758	Oyuntu	Tortum-Kuzey	1617
12	Dikmen	697148	4484551	Oyuntu	Tortum-Kuzey	1693
13	Çataldere_2	691629	4485945	Oyuntu	Tortum-Kuzey	1918
14	Çataldere_3	690403	4486223	Oyuntu	Tortum-Kuzey	2130

3.1.2. İklim

Çoruh Nehri Havzası ülkemizde Karadeniz ve Doğu Anadolu karakteristik iklim bölgelerinin arasında kalan ve iki bölgenin iklimini bünyesinde barındıran bir havzadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1576 rakımlı tortum iklim istasyonu verilerine göre (1960-2013) alandaki yıllık ortalama sıcaklık 8.3 °C, ortalama yağışı ise 464 mm dir. İklim tipi açısından değerlendirildiğinde Torum-Kuzey havzanın üst ve orta kısımlarında çok nemli, nemli ve yarı nemli, alt kısımlarında ise kurak ve yarı kurak iklim tipleri hakimdir (Duman, 2017).

3.1.3. Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü

Tortum-Kuzey Mikro Havzası' nın çevrelediği 38 866 ha alanda, Tortum Orman İşletme Şefliği Amenajman planından alınan verilere göre 7808 ha' ı ormanlık, 31058 ha' ı ise ormansız alanlardır. Detaylı arazi kullanım haritası Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Çalışma Alanı Arazi Kullanımının Alansal Dağılımı (Vatandaşlar, 2015)

Arazi Kullanımı	Alan (ha)	Yüzde (%)
Verimli	1 509	3.9
Bozuk	3 601	9.3
Ağaçlandırma Sahası	218	0.5
OT (Orman Toprağı)	2 698	7
Me (Mera)	26 145	67.2
Z (Ziraat)	4 357	11.2
İs (İskân)	124	0.3
T (Taşlı)	213.5	0.5
Su	0.5	0.003
<i>Genel Toplam</i>	<i>38866</i>	<i>100.00</i>

Çalışma alanı üzerindeki arazilerin çoğu açıklık vasıfta, orman örtüsü bulunmayan alanlarda kalmakta olup genel alanın yaklaşık %79,9' unu ormansız alanlar oluşturmaktadır.

3.2. Deneme Deseni

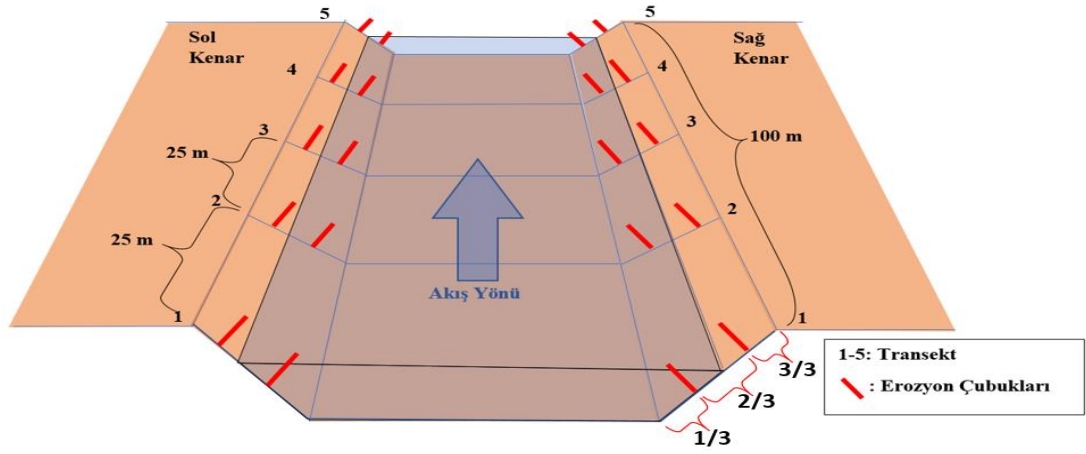
3.2.1. Erozyon Çubuk Yöntemi (Erosion Pin Method)

Kanal ve oyuntu erozyonunda erozyon miktarının belirlenmesi için kullanılan yöntemlerden en yaygın olanı “erozyon çubuk yöntemidir” (Zaimes, 2004; Tufekcioglu, 2006; 2010, Bear, 2011). Bu yöntemde çubuklar şev toprak yüzeyine dik olacak şekilde sabitlenen bir veya daha fazla çubuğun zeminin üst kısımlarında meydana gelen toprak seviyesindeki değişimleri dikkate alarak erozyonun ölçümü ilkesine dayanır (Hudson, 1993). Erozyon çubuğu, erozyon ve birikmeye karşı zemin yüzeyinin yüksekliğindeki anlık değişimleri belirlemek için kullanılan en etkili, en basit ve en ucuz yöntemlerden biridir (Haigh, 1977). Birçok çalışmada erozyon çubuklarının kullanılmasının sebebi, pratik kullanımıyla kısa vadede yüksek doğruluk payında sonuçlar ortaya çıkarmasıdır (Tufekçioglu, 2018). Çubukların kullanımında bazı olumsuz durumlar da görülebilmektedir. Bu olumsuzlukların başında çubukların

dere kenarları ile zemine zarar vererek doğal yapıyı bozması ve buna bağlı sıkışma ve çatlama ile toprak kaybına sebep olması gelmektedir (Janicke, 2002).

Bu çalışmada toplamda 14 deneme alanında erozyon çubuk yöntemi uygulanmıştır (Şekil 6; Tablo 6). Her bir deneme alanı 100 m uzunluğundaki dere boyundan ibarettir. Deneme alanlarından 3 tanesi (alan 1-3) 2. sınıf (ana kol), diğer 3 tanesi (alan 4-6) 1. sınıf dereler ve geri kalan 8 adet (alan 7-14) ise havzada çok fazla sayı ve miktarda bulunan oyuntu (gully) dereleri üzerinde konumlandırılmıştır (Strahler, 1957; Şekil 6; Tablo 6). Her bir deneme alanında/derede 5 adet transekt noktası (enine düzlem) aralarında 25 m' lik uzaklık olacak şekilde konumlandırılmıştır (Şekil 7). Bu transekt konumlarına bağlı kalmak koşuluyla derenin her iki kenarına (sağ ve sol) erozyon çubuğu çakılmıştır.

Çubuklar dere kenarlarına en aşağıdan (şev tabanından) yukarıya doğru yüzeye dik olarak (90 derecelik açıyla) yaklaşık 50 cm' lik kısımları toprağa girecek şekilde çakılmıştır (Şekil 8). Dere şev yüksekliğinin 0,7 metreden az olduğu durumlarda toplam şev yüksekliğinin ortasına sadece bir adet demir çubuk çakılmıştır. Dere şev yüksekliğinin 0,7 metreden fazla olduğu durumlarda ise dere kenarının yüzeyine yerleştirilen çubukların sayısı şev yüksekliğine bağlı olarak 2 ila 4 adet arasında değişmektedir. Örneğin, 3 metre yüksekliğindeki bir şevde çubukların her biri ayrı olarak üç sıra şeklinde, dere kenarı yüksekliğinin üçte biri ($1/3$), üçte ikisi ($2/3$) ve üçte üçü ($3/3$) nün orta noktasına sırasıyla yerleştirilmiştir. Havza genelinde toplamda 70 transekt üzerindeki 275 adet erozyon çubuğuyla erozyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7. Deneme Alanı/Oyuntu Deresi Üzerindeki Transekt Noktaları ve Erozyon Çubuklarının Sağ ve Sol Şevler Üzerindeki Konumu.

Bu çalışmada kullanılan demir çubukların uzunlukları yaklaşık 60 cm, çapları ise 8 mm'dir. Bu çubuklar erozyona maruz kalmış ya da kalabilecek dere şevlerine/kenarlarına son 10 cm' leri toprak dışında kalacak şekilde dik olarak çekiç yardımıyla çakılmış, görünümelerini kolaylaştırmak için kırmızıya boyanmışlardır (Şekil 8).



Şekil 8. Şev üzerinde yüzeye dik bir şekilde çakılmış erozyon çubukları

Çubuğun dışarıda kalan kısmı/miktarı 6 aylık dönemler için yılda iki defa Mayıs ve Kasım ayları içerisinde cetvel yardımıyla çubuğun alt kısmından ölçülerek not edilmiştir. Ölçümler arasındaki fark o ölçüm süresi için (6 ay) oluşan erozyon miktarı-

nı vermektedir. Deneme alanlarındaki ilk ölçüm işlemi Mayıs 2015 tarihinde başlatılmış olup son ölçüm Mayıs 2017 tarihinde (2 yıllık süre) tamamlanmıştır. Diğer çubuk ölçüm çalışmaları ise Kasım 2015, Mayıs 2016 ve Kasım 2016 ay ve yıllarında yapılmıştır.

3.2.2. Şev Topraklarının Hacim Ağırlıklarının Belirlenmesi

Erozyon miktarının (toprak kaybının) ölçülebilmesi için erozyona maruz kalan toprakların hacim ağırlıklarının bilinmesi gerekir. Birim hacimdeki (1 cm^3) toprağın kuru ağırlığı (gr) o toprağın hacim ağırlığı olarak ifade edilir. Fırın kurusu ağırlığın hacim miktarına bölünmesiyle bulunur (gr cm^{-3}).



Şekil 9. Şev toprak hacim ağırlıklarının belirlenmesi için dere kenarlarında yapılan toprak örnekleme.

Bu çalışmada toprak hacim ağırlığı örnekleme birinci, üçüncü ve beşinci transektlerdeki sağ ve sol şevler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekleme noktalarının dağılımında toplam şev yüksekliği dikkate alınmıştır; ortalama 6 adet olmak koşuluyla örnekleme şev yüksekliğine homojen olarak dağıtılmıştır. Toplamda 396 dere şevi toprak örnekleme gerçekleştirilmiştir. Toprak hacim örnekleme 2 cm çapında ve 10 cm uzunluğunda toprak silindirleri kullanılmıştır (Şekil 9). Alınan toprak örneklerin hacim ağırlıkları 105 C^0 de 24 saat kurutulduktan sonra tartılarak belirlenmiştir (Blake ve Hartge, 1986).

3.2.3. Kanal ve Oyuntu Şevlerinin Uzunluk, Yükseklik ve Alan Bilgileri

Her bir dere sınıfına (1-2.sınıf ve oyuntu dereleri) ait toplam dere uzunlukları WorldView-2 (50 cm çözünürlükte) uydu haritası kullanılarak sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırmanın hemen takibinde ilgili dereye ait sınıflandırma (isim kodlaması) işlemi ArcMap programı içerisinde oluşturulan tablolara aktarılmıştır. Toplam dere uzunlukları mevcut program içerisindeki ilgili yazılım kullanılarak hesaplatılmıştır. Belirlenen bu toplam dere uzunlukları (m) ile ortalama dere şevi yükseklikleri (m) çarpılarak o deneme alanına ait birim dere şevi alanı (m²/km) hesaplanmıştır. Şev yükseklikleri mira kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 10). Bu ölçümler her bir deneme alanındaki bütün transekt (5 adet) noktalarındaki sağ ve sol dere şevleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 10. Dere şev yüksekliklerinin mira kullanılarak ölçümü; bu ölçümler her transekt noktasında sağ ve sol dere şevleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Kanal ve Oyuntu Erozyonuyla Gerçekleşen Toprak Kaybı

Çubuklarla ölçülen erozyon miktarı şev toprak hacim ağırlığı ve şev alanları ile çarpılarak toplam toprak kaybı (TTK) ton/km/yıl olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 4).

$$TTK = \text{ŞA} \times \text{THA} \times \text{EM} \quad (4)$$

Eşitlik 4' deki ŞA, birim dere uzunluğuna ait şev alanını (m^2/km), THA şevlere ait ortalama toprak hacim ağırlığını (t/m^3), EM ise ortalama yıllık erozyon miktarını ifade etmektedir ($m/yıl$).



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kanal ve Oyuntu Erozyonu Miktarları

Uzunkavak (2.sınıf) deneme alanında ilk altı aylık dönemdeki (Haziran – Kasım 2015) ortalama erozyon değeri 0,9 cm, ikinci altı aylık dönemde 1 cm, üçüncü altı aylık dönemde 0,2 cm ve son olarak dördüncü altı aylık dönemde ise 0,5 cm olarak ölçülmüştür (EK Tablo 3; Tablo 8). Benzer ham veri tabloları diğer 13 deneme alanı içinde aynı şekilde oluşturmuş olup bu tezin “bulgular ve tartışma” bölümünde bu tabloların sadece özeti (ortalama erozyon miktarları) verilmiştir (Tablo 8). Çalışma alanına ait ham veri tabloları tez sonunda ekler kısmındadır (EK Tablo 1 - 14).

Tablo 8. Deneme alanlarında Haziran 2015 – Mayıs 2017 tarihleri arası (2 yıl) yapılan erozyon çubuk ölçümlerinin ortalama altı aylık erozyon/birikim (cm) değerleri.

Alan/Köy	Yaz/Sonbahar 2015	Kış/Bahar 2016	Yaz/Sonbahar 2016	Kış/Bahar 2017
	(Haziran-Kasım)	(Aralık-Mayıs)	(Haziran-Kasım)	(Aralık-Mayıs)
Bağbaşı_2.sınıf	0.8	3.5	-1.0	0.9
Aşağıkatıklı_2.sınıf	0.7	-0.3	0.1	0.1
Uzunkavak_2.sınıf	0.9	1.0	0.2	0.5
Bağbaşı_1.sınıf	-0.1	0.2	-0.4	1.4
Dikmen_1.sınıf	0.8	0.0	*	0.0
Uzunkavak_1.sınıf	*	3.4	2.5	2.0
Pehlivanlı_Oyuntu	-1.3	0.0	0.3	0.0
Pehlivanlı_2_Oyuntu	-1.9	1.4	0.1	0.5
Derinpınar_Oyuntu	0.1	-1.1	*	-0.6
Aşağıkatıklı_Oyuntu	-0.6	-0.1	*	5.5
Çataldere_1_Oyuntu	0.9	0.8	3.8	-0.2
Dikmen_Oyuntu	0.7	1.4	1.8	2.4
Çataldere_2_Oyuntu	-1.9	0.2	4.7	5.5
Çataldere_3_Oyuntu	-1.3	2.3	1.2	0.5
Ortalama	-0.2	0.9	1.2	1.3

*Alanlar karlı olduğu için ölçüm yapılamamıştır.

Ölçümler neticesinde hesaplanan ortalama erozyon miktarları ilk altı aylık dönem için -0.2 cm, takip eden ölçüm dönemleri için 0.9, 1.2 cm ve son dönem için 1.3 cm olarak belirlenmiştir (Tablo 8). Dönemler arasındaki erozyon farkı çok az olmakla birlikte ölçülen erozyon miktarları da çok düşük düzeyde seyretmiştir. Yıllar bazında değer-

lendirildiğinde, çalışmanın ilk yılı için hesaplanan ortalama erozyon miktarı 0.7 cm, ikinci yılı için ise 2.5 cm'dir. İki yıllık çalışma süresi sonunda hesaplanan toplam erozyon miktarı 3.2 cm' dir. Negatif ölçümler ilgili alanlarda herhangi bir aşınmanın (erozyonun) olmadığını aksine bu alanlarda bazı erozyon çubuklarında birikmenin (depolamanın) gerçekleştiğini göstermektedir. Bu duruma yüzey erozyonuyla gelen toprakların şev üzerinde oluşturduğu birikme sebebiyet verebileceği gibi sel ve taşkın durumlarında yükselen su seviyesinin biriktirdiği rusubatta yol açabilir. İki yıllık veriler üzerinden belirlenen ortalama erozyon miktarı 1.6 cm'dir. Bu değer diğer kanal ve oyuntu erozyonu çalışmaları sonuçlarına göre daha düşük olduğu tespit edilmiş olup bunun en önemli sebebinin çalışma süresince gerçekleşen yağış miktarlarındaki azlık ve ayrıca ani ve şiddetli yağışların olmamasıdır. Tortum yağış istasyonu (ID: 17688) verilerine göre çalışmanın ilk altı aylık döneminde 148 mm, ikinci altı aylık döneminde 150.4 mm, üçüncü altı aylık döneminde 201.2 mm ve dördüncü altı aylık (son) döneminde 143.6 mm' lik yağışlar gerçekleşmiştir (Tablo 9). Yıl olarak değerlendirildiğinde birinci yılda (Haziran 2015-Mayıs 2016) 298 mm ve ikinci yılda (Haziran 2016-Mayıs 2017) 345 mm' lik yağışlar kaydedilmiştir (Tablo 9). 372 mm yıl⁻¹' lik yağış miktarının ölçüldüğü bitişik Oltu havzasında gerçekleştirilen iki yıllık kanal ve oyuntu çalışmasında ortalama 2.66 cm' lik erozyon ölçülmüştür (Tufekcioğlu, 2018). Yazar çalışmasındaki düşük erozyon miktarını yarı-kurak iklim özelliğine sahip havzadaki düşük yağış miktarlarına ve aynı zamanda iki yıllık ölçüm süresinde gerçekleşmeyen yüksek şiddetli büyük yağışların eksikliğine bağlamıştır.

Tablo 9. Periyotlara Göre Yağış ve Erozyon Miktarları (1 Haziran 2015- 30 Mayıs 2017)

Aylar	1. Periyot	2. Periyot	3. Periyot	4. Periyot
6/12	32.6	6.4	63.2	30.2
7/1	23.2	28.2	20.6	7
8/2	11.6	16.4	36.2	3.4
9/3	0	36.8	33.4	22.2
10/4	53	29.8	17.6	30.4
11/5	27.6	32.8	30.2	50.4
Toplam Yağış (mm)	148.0	150.4	201.2	143.6
Toplam Erozyon (cm)	-0.2	0.9	1.2	1.3

Tufekcioglu (2018) çalışmasının devamı niteliğindeki aynı havzada iki buçuk yıllık diğer bir çalışmada (Pakih, 2019) ölçülen erozyon miktarları ilk yıl için 1.9 cm ikinci yıl için 1,2 cm ve son altı aylık dönem için 7 cm olarak belirlenmiştir. Son altı aylık dönemdeki yüksek erozyon miktarının yine bu dönemde gerçekleşen yüksek düzeydeki şiddetli yağışlardan kaynaklandığı ifade edilmiştir.

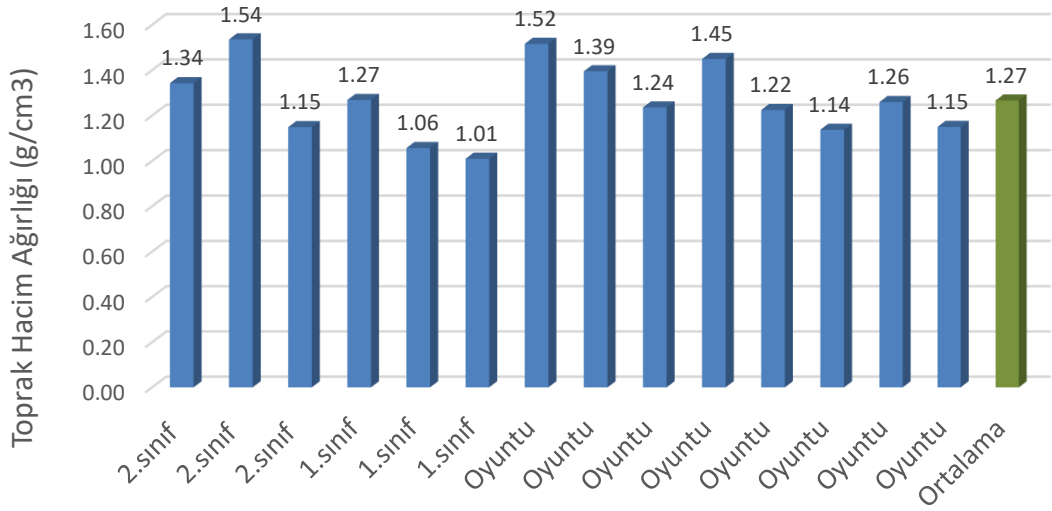
ÇNH' nin alt havzalarından yarı-kurak iklimsel özelliğe sahip Olur MH' nda yapılan diğer bir kanal ve oyuntu erozyonu çalışmasının ilk yılı için 1.8 cm ve ikinci yılı için 15.3 cm' lik çok daha yüksek miktarda erozyon değeri bulunmuştur (Yıldırım, 2019). Bu yüksek erozyon miktarı çalışmanın ikinci yılında gerçekleşen yağış miktarındaki artışın yanı sıra bu dönemdeki gerçekleşen münferit büyük yağışların varlığıyla açıklanmıştır.

Bu çalışmadaki bulgulardan farklı olarak Kuzey Carolina (ABD)' da 700 adet erozyon çubuğu ile yapılan bir çalışmada yıllık ortalama erozyon miktarı 6.3 cm olarak bulunmuştur (Hupp ve ark., 2019). Buna benzer olarak Moldovya Platosunda 1986-2008 yıllarını kapsayan çok değişkenli istatistiksel model kullanılarak yapılan bir çalışmada 10.9 m erozyon miktarı bulunmuş, bu da yıllık ortalamaya göre 4.7 cm olarak hesaplanmıştır (Radoane ve Radoane, 2016). ABD'nin Iowa eyaletinde yapılan birçok kanal erozyonu çalışmasında kanal erozyonun iklimsel koşullara bağlı olarak geniş bir aralıkta gerçekleşebileceği sonucu varılmıştır. Bu çalışmalarda elde edilen erozyon değerleri 18.3-52.2 cm/yıl (Zaimes ve ark., 2004), 3-38 cm/yıl (Tufekcioglu, 2006), 0.6-28.2 cm/yıl (Palmer ve ark., 2014), -2.5-33 cm/yıl (Peacher ve ark., 2018) aralıklarında değişim göstermiştir.

4.2. Şev Toprak Hacim Ağırlıkları

Şevlerden alınan toprak örneklerinin hacim ağırlıkları 1.01 g cm^{-3} ila 1.54 g cm^{-3} arasında değişim göstermiştir (Şekil 11).

Tüm örnekler için hesaplanan ortalama hacim ağırlığı değeri ise 1.27 g cm^{-3} ' tür. Dere sınıfları açısından değerlendirildiğinde 2.sınıf, 1.sınıf ve oyuntu dereleri için ortalama toprak hacim ağırlıkları sırasıyla 1.34 , 1.11 ve 1.48 g cm^{-3} olarak ölçülmüştür.



Şekil 11. Tortum Kuzey MH' sı için elde edilen dere kenarı (şev) toprak hacim ağırlığı değerleri.

Tortum-Kuzey havzası bitişiğindeki Olur ve Oltu mikro havzalarında yapılan kanal ve oyuntu erozyonu çalışmalarında elde edilen ortalama şev toprak hacim ağırlıkları sırasıyla 1.36 g cm^{-3} (Yıldırım, 2019) ve 1.52 g cm^{-3} olarak ölçülmüştür (Tüfekçioğlu, 2018).

4.3. Şev Yükseklik, Uzunluk ve Alan Bilgileri

Tortum-Kuzey MH genelinde hesaplanan toplam dere ağı uzunluğu 400 km olarak tespit edilmiştir. Bu uzunluğun 54 km' si 2.sınıf derelere, 80 km' si 1.sınıf derelere ve 267 km' lik en büyük kısmı oyuntu derelerine ait olduğu tespit edilmiştir.

Deneme alanlarında ölçülen şev yükseklikleri 0.53–3.49 m arasında değişim göstermiş olup genel ortalama değer 1.33 m olarak hesaplanmıştır (Tablo 10). Dere sınıfları açısından değerlendirildiğinde en fazla ortalama şev yüksekliği 1.68 m ile 2.sınıf derelerde ve en küçük 1.23 m ile oyuntu derelerinde tespit edilmiştir. Deneme alanlarında (200 m uzunluktaki şevler için) ölçülen şev alanları $105\text{--}698 \text{ m}^2$ arasında değişim göstermiş olup genel ortalama değer 266 m^2 ($1330 \text{ m}^2 \text{ km}^{-1}$) olarak hesaplanmıştır (Tablo 10).

Tablo 10. Dere şevlerine ait yükseklik, uzunluk ve alan bilgileri (200 m dere uzunluğu için) ve bu bilgilere ait ortalama değerler.

Alan & Dere Sınıfı	Şev Yüksekliği (m)	Şev Alanı (m ²)
Bağbaşı & 2.sınıf	2.53	506
Aşağıkatıklı & 2.sınıf	1.50	300
Uzunkavak & 2.sınıf	1.02	203
Bağbaşı & 1.sınıf	1.26	251
Dikmen & 1.sınıf	1.69	338
Uzunkavak & 1.sınıf	0.81	163
Pelivanlı & Oyuntu	0.69	138
Pelivanlı_2 & Oyuntu	1.30	260
Derinpınar & Oyuntu	0.84	168
Aşağıkatıklı & Oyuntu	3.49	698
Çataldere_1 & Oyuntu	1.30	259
Dikmen & Oyuntu	0.89	177
Çataldere_2 & Oyuntu	0.53	105
Çataldere_3 & Oyuntu	0.81	161
Genel Ortalama	1.33	266
Ortalama & 2. sınıf	1.68	336
Ortalama & 1. sınıf	1.25	251
Ortalama & Oyuntu	1.23	246

Bitişik havzalarda yapılan erozyon çalışmalarda ortalama şev yükseklik değerleri Olur havzası için 1.65 m (Yıldırım, 2019), Oltu için 1.63 m (Tufekcioglu, 2018) olarak ölçülmüştür.

4.4. Şevler Üzerinden Gerçekleşen Toplam Toprak Kaybı

Çalışmanın birinci (Haziran 2015 – Mayıs 2016) ve ikinci (Haziran 2016 – Mayıs 2017) yılları için hesaplanan ortalama kanal ve oyuntu erozyonu miktarı sırasıyla 20,5 ve 38.8 t km⁻¹ yıl⁻¹' dir (Tablo 11). İki yıllık çalışma süresi için hesaplanan ortalama yıllık toprak kaybı ise 29,6 t km⁻¹ yıl⁻¹' dir.

Çalışma süresince (birinci ve ikinci yıllar) deneme alanlarından hesaplan toprak kayıpları 0 ila 276.7 t km⁻¹ yıl⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İki yıllık süre için hesaplan ortalama yıllık toprak kayıpları ise 0 – 138.3 t km⁻¹ yıl⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Tablo 11).

Tablo 11. Kanal ve oyuntu erozyonu neticesinde oluşan toprak kayıplarının çalışmanın 1.yılı, 2.yılı ve bu yıllar ortalaması için hesaplanan değerleri.

Alan & Dere Sınıfı	1. Yıl (ton/km/yıl)	2. Yıl (ton/km/yıl)	Yıllar Ortalaması (ton/km/yıl)
Bağbaşı & 2.sınıf	144.4	0.0	72.2
Aşağıkatıklı & 2.sınıf	9.3	3.9	6.6
Uzunkavak & 2.sınıf	21.6	7.2	14.4
Bağbaşı & 1.sınıf	2.7	15.9	9.3
Dikmen & 1.sınıf	18.0	0.8	9.4
Uzunkavak & 1.sınıf	33.8	44.1	38.9
Pelivanlı & Oyuntu	0.0	2.9	1.4
Pelivanlı_2 & Oyuntu	0.0	9.9	4.9
Derinpınar & Oyuntu	0.0	0.0	0.0
Aşağıkatıklı & Oyuntu	0.0	276.7	138.3
Çataldere_1 & Oyuntu	27.0	57.0	42.0
Dikmen & Oyuntu	20.9	41.9	31.4
Çataldere_2 & Oyuntu	0.0	67.1	33.6
Çataldere_3 & Oyuntu	9.1	15.9	12.5
Ortalama	20.5	38.8	29.6

Toprak kayıplarını farklı dere sınıflarına göre değerlendirdiğimizde birim şev uzunluğundan gerçekleşen kayıplar 2.sınıf dereler için $31 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, 1.sınıf için $19 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ve oyuntu dereleri için $33 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak gerçekleşmiştir (Tablo 12).

Tablo 12. Dere sınıfı şev uzunluklarına bağlı olarak hesaplan birim/toplam toprak kayıpları miktarı ve yüzdeleri.

Dere Sınıfı	Şev Uzunluğu (km)	Birim Toprak Kaybı (t)	Toplam Toprak Kaybı (t yıl^{-1})	Havza Alanı (ha)	Toprak Kaybı ($\text{t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$)	Toprak kaybı (%)
2. sınıf	54	31	1662			14
1. sınıf	80	19	1534			13
Oyuntu	267	33	8818			73
Toplam	400		12014	38866	0,3	100

Havzadaki tüm derelerden üretilen toplam toprak kayıpları dere sınıfları açısından değerlendirildiğinde ise, 8818 t yıl^{-1} (%73) olarak en fazla kayıp oyuntu derelerinden en az kayıp 1534 t yıl^{-1} (%13) olarak 1. sınıf derelerden gerçekleşmiştir (Tablo 12). 2.sınıf derelerden gerçekleşen kayıplar ise 1662 t yıl^{-1} (%14) olarak hesaplanmıştır. Dere sınıflarının tümü için hesaplanan toplam toprak kaybı 12014 t yıl^{-1} dır. Birim havza alanı açısından değerlendirildiğinde, üretilen toprak miktarı $0.3 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ dır.

Tüfekçioğlu (2018) Oltu MH' nda yaptığı çalışmada toprak kayıplarını dere sınıflarına göre $17-137 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplamıştır. Toprak kayıplarını dere sınıflarına göre

belirtmek gerekirse en az toprak kaybı $17 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ile 2.sınıf derelerde, en fazla toprak kaybı ise $137 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ile 1.sınıf derelerde gerçekleşmiştir. Şev uzunluklarına göre birim başına (km) düşen erozyon miktarları 2.sınıf dereler %3 (867 t y^{-1}), 1.sınıf dereler %23 (5995 t y^{-1}) oranları ile havzadaki toplam toprak kaybına etki etmektedir. Yine şev uzunluğuna göre toplam toprak kayıplarına bakıldığında ise 25750 t y^{-1} olan toplam toprak kaybının %73' ü (18889 t y^{-1}) oyuntu derelerinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Birim alan bakımından toprak kaybı miktarı $0.70 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

Yine Oltu MH' nda yapılan başka bir kanal ve oyuntu erozyonu çalışmasında gerçekleşen toprak kayıpları $0-134 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ (2.sınıf dereler: $0 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, oyuntu dereleri: $108 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ve 1.sınıf dereler: $134 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) arasında değişim göstermiştir. Havzadan üretilen 35075 t y^{-1} toplam toprak kaybının %83' ü (29248 t y^{-1}) oyuntu derelerinden, %17' si (5827 t y^{-1}) 1.sınıf derelerden kaynaklanırken 2.sınıf derelerin toprak kaybına katkısının bulunmadığı tespit edilmiştir. Birim alan bakımından toprak kaybı miktarı $1.0 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Pakih, 2019).

ÇNH' nin alt havzalarından Olur MH' nda yapılan bir diğer kanal ve oyuntu erozyonu çalışmasında birim mesafede gerçekleşen toprak kayıpları 2017 yılı için $15-79 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ (2.sınıf dereler: $15 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, 1.sınıf dereler: $27 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ve oyuntu dereleri: $79 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) arasında bulunmuştur. 2018 yılı için yapılan hesaplamalarda ise $74-519 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ (2.sınıf dereler: $245 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, 1.sınıf dereler: $74 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ve oyuntu dereleri: $519 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) olarak çok daha fazla bulunmuştur. Toplam toprak kayıplarına göre 2017 yılı için hesaplanan 24481 t yıl^{-1} miktarın 521 t yıl^{-1} (%2.1) 2.sınıf derelerden, 1571 t yıl^{-1} (%6.4) 1.sınıf derelerden ve 22389 t yıl^{-1} (%91.5) oyuntu derelerinden gerçekleşmiştir. 2018 yılı için hesaplanan $159746 \text{ t yıl}^{-1}$ miktarın 8355 t yıl^{-1} (%5.2) 2.sınıf dereler, 4307 t yıl^{-1} (%2.7) 1.sınıf dereler ve $147085 \text{ t yıl}^{-1}$ (%92.1) oyuntu derelerinden kaynaklanmıştır. Birim alan bakımından toprak kaybı miktarı 2017 ve 2018 yılları için sırası ile 0.65 ve $4.26 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. (Yıldırım, 2019). Çalışmanın ikinci yılında (2018) gerçekleşen yüksek miktardaki toprak kayıplarının en önemli sebebi olarak yine bu yılda gerçekleşen fazla sayıdaki büyük/şiddetli yağışların varlığıyla açıklanmıştır.

Ülkemiz dışında kanal ve oyuntu erozyonu çalışmalarının en fazla yapıldığı ülke Amerika Birleşik Devletleridir (ABD). Peacher ve ark. (2018) yapmış oldukları kanal erozyonu çalışmasında ortalama toprak kaybını $99 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada deneme alanlarından gerçekleşen toprak kaybı aralığını $-31 - 490 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Yine bu çalışmada kanal ve oyuntu erozyonuyla gerçekleşen kayıpların havzadan gerçekleşen toplam kayıplara oranını %83 olarak bulmuşlardır. Zaines ve ark. (2008) çalışması kanal erozyonuyla gerçekleşen toprak kayıplarını $5 - 304 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ aralığında tespit etmiştir. Benzer şekilde, Tufekcioglu (2006) 9 farklı deneme alanında gerçekleştirmiş olduğu iki yıllık tez çalışmasında toprak kayıpları aralığını $74-383 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Tufekcioglu ve ark. (2012) 3 yıllık diğer bir kanal erozyonu çalışmasında belirlenen ortalama toprak kaybı $251 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, aralık ise $58 - 664 \text{ t km}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$.

Yukarıda verilen literatür sonuçları bu tez çalışmasındaki sonuçlara göre çok daha yüksektir. Çalışma alanımızın genel olarak kurak ve yarı-kurak iklimsel özelliği sahip bir alanda olması beraberinde iki yıllık çalışma süresi içerisinde şiddetli yüksek yağışların gerçekleşmemesi ölçülen erozyon miktarlarının düşük çıkmasında büyük rol oynamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tortum-Kuzey Havzası'nda seçilen 14 deneme alanında meydana gelen kanal ve oyuntu erozyonu miktarlarının belirlenmesi amacı ile yapılan bu çalışma ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Erozyon çubukları ile yapılan ölçümler neticesinde altı aylık dönemler için belirlenen ortalama erozyon miktarları -0.2 cm (Haziran-Kasım 2015), 0.9 cm (Aralık-Mayıs 2016), 1.2 cm (Haziran-Kasım 2016) ve 1.3 cm (Aralık-Mayıs 2017) olarak belirlenmiştir. Yine bu altı aylık ölçüm dönemlerde belirlenen en küçük ve en büyük erozyon miktarları -1.9 ve 5.5 cm olarak tespit edilmiştir.

- Çalışmanın ilk yılı için belirlenen ortalama erozyon miktarı 0.7 cm/yıl, ikinci yılı için ise 2.5 cm/yıl' dır. İki yıllık veri üzerinden belirlenen ortalama erozyon miktarı 1.6 cm/yıl ve toplam erozyon miktarı 3.2 cm' dir.

- Çalışmada ortalama dere kenarı (şev) yüksekliği 1.33 m, en küçük ve en büyük şev yükseklikleri 0.53 ve 3.49 m olarak ölçülmüştür. Deneme alanlarında ölçülen ortalama şev alanı 266 m² (1330 m² km⁻¹), en küçük ve en büyük şev alanları 105 ve 506 m² bulunmuştur. Dere sınıflarına göre değerlendirildiğinde en yüksek ortalama şev yüksekliği 2.sınıf derelerde (1.68 m) elde edilmiştir. Yine en fazla alana sahip şev alanı da 2.sınıf derelerde 336 m² olarak bulunmuştur.

- Kanal ve oyuntu erozyonuyla gerçekleşen toplam toprak kayıpları değerlendirildiğinde yıllık kayıpların 0 - 276.7 t km⁻¹ yıl⁻¹ arasında değişim gösterdiği, çalışmanın birinci yıldaki ortalama toprak kaybının 20.5 t km⁻¹ yıl⁻¹, ikinci yılındaki 38.8 t km⁻¹ yıl⁻¹ ve bu iki yılın ortalamasının ise 29.6 t km⁻¹ yıl⁻¹ olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

- Şev toprak kayıpları dere sınıflarına göre karşılaştırıldığında en fazla toprak kaybı oyuntu derelerinde gerçekleşmiş olup (8818 t yıl⁻¹) bu miktar kanal ve oyuntu erozyonuyla gerçekleşen toplam toprak kaybının %73' ünü oluşturmaktadır. 2.sınıf ve

1.sınıf derelerden gerçekleşen kayıplar sırasıyla 1662 t yıl⁻¹ (% 14) ve 1534 t yıl⁻¹ (% 13) dır.

Sonuç olarak; gerek erozyon miktarları gerekse toprak kayıpları açısından değerlendirdiğimizde iki yıllık çalışma sonucunda elde edilen ortalama kanal ve oyuntu erozyonu miktarlarının yapılan benzer çalışmalardaki değerlere oranla daha düşük çıktığı tespit edilmiştir. Çalışma alanının yarı-kurak iklime sahip olması neticesinde yıllık yağışlardaki azlık ve özellikle ölçüm yapılan iki yıllık sürede herhangi bir büyük yağışın gerçekleşmemesi erozyon miktarlarını çok düşük kılmıştır.

Gerek Olur ve Oltu mikro havzalarında yapılan gerekse literatürdeki diğer kanal ve oyuntu erozyonu çalışmalarından da anlaşılacağı üzere münferit yüksek yağışların erozyonu çok yüksek düzeylere çekebileceği gerçeğinden hareketle, bu tür çalışmaların yağışlı yılları içine alacak şekilde daha uzun süreliğine yapılması sağlıklı sonuçların elde edilebilmesi açısından önemlidir. Bu bağlamda kanal ve oyuntu erozyonunu azaltıcı ve rusubat taşınımını yavaşlatıcı enine yapıların (kuru-duvar ve kafes-tel eşik) daha çok yapılması gerekmektedir. Ayrıca toprağı yerinde korumak için ağaçlandırma faaliyetlerinin artırılarak ihtiyaç duyulan oyuntulara tersip bentleri, ıslah sekileri gibi büyük yapıları yaparak rusubat taşınımını azaltmak ve neticesinde barajların ekonomik ömürlerini uzatmak gerekir.

EKLER

EK Tablo 1. Bağbaşı 2.Sınıf Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon ubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	ubuk No	16.06.2015	02.12.2015	Fark	03.06.2016	Fark	18.11.2016	Fark	20.06.2017	Fark
1	Sağ	1 (alt)	10.8	11.4	0.6	0	0	11.9	0	6.2	-5.7
	taraf	2 (üst)	7.5	7.4	-0.1	0	0	6.5	0	13.7	7.2
	Sol	1 (alt)	8.7	9.4	0.7	16.7	7.3	17.8	1.1	20.3	2.5
	taraf	2 (üst)	11.6	13.3	1.7	16	2.7	16	0	16.2	0.2
2	Sağ	1 (alt)	14	13.7	-0.3	0	0	13.7	0	13.5	-0.2
	taraf	2 (üst)	13.5	13.5	0	0	0	12.8	0	12.4	-0.4
	Sol	1 (alt)	16.7	11	-5.7	13.4	2.4	11.5	-1.9	10	-1.5
	taraf	2 (üst)	10.9	12.2	1.3	16.6	4.4	13.9	-2.7	14.2	0.3
3	Sağ	1 (alt)	14	13.5	-0.5	0	0	13.7	0	13.4	-0.3
	taraf	2 (üst)	7.4	9.1	1.7	0	0	13.7	0	15.3	1.6
	Sol	1 (alt)	28.7	32	3.3	40	8	9.5	0.5	12	2.5
	taraf	2 (üst)	10.6	9.6	-1	12.8	3.2	12.9	0.1	13.3	0.4
4	Sağ	1	8.3	8.9	0.6	0	0	9.5	0	13.5	4
	taraf	1 (alt)	8.6	9.2	0.6	10	0.8	12.9	2.9	10.6	-2.3
	taraf	2 (üst)	15.1	21	5.9	27.5	6.5	10.2	-5.8	21	10.8
5	Sağ	1 (alt)	18.8	18.5	-0.3	0	0	29.2	0	25	-4.2
	taraf	2 (üst)	12.5	15	2.5	0	0	17.2	0	14	-3.2
	Sol	1 (alt)	16.9	20.5	3.6	20.8	0.3	14.5	-3.5	18	3.5
	taraf	2 (üst)	11.2	11.1	-0.1	10.4	-0.7	10	-0.4	11	1
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					0.76	3.49	-0.97	0.85			
Mevsim					Yaz - Güz	Sonbahar – Kış Dönemi				Kış - Bahar	

EK Tablo 2. Aşağı Katırlı 2.Sımf Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	Çubuk No	22.06.2015	02.12.2015	Fark	03.06.2016	Fark	18.11.2016	Fark	20.06.2017	Fark
1	Sağ taraf	1 (alt)	14.4	14	-0.4	11.9	-2.1	14	2.1	13	-1
		2 (üst)	14.2	24.4	10.2	25.6	1.2	26.4	0.8	26.8	0.4
	Sol taraf	1 (alt)	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0	0
		2 (üst)	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Sağ taraf	1 (alt)	11	10.8	-0.2	12.5	1.7	12.8	0.3	15.8	3
		2 (üst)	10	8.5	-1.5	8.1	-0.4	9	0.9	10.8	1.8
	Sol taraf	1 (alt)	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0	0
		2 (üst)	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Sağ taraf	1 (alt)	14	14.9	0.9	13.5	-1.4	13.3	-0.2	13.4	0.1
		2 (üst)	22.5	23.7	1.2	21.1	-2.6	17	-4.1	17.3	0.3
	Sol taraf	1 (alt)	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0	0
		2 (üst)	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Sağ taraf	1 (alt)	17.3	20.5	3.2	20.2	-0.3	21.9	1.7		
		2 (üst)	13	11.2	-1.8	15.7	4.5	11.1	-4.6		
	Sol taraf	1 (alt)	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0	0
		2 (üst)	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Sağ taraf	1 (alt)	14.4	14.4	0	9.5	-4.9	18.7	9.2	16.5	-2.2
		2 (orta)	15.5	15.1	-0.4	14	-1.1	10.1	-3.9	9	-1.1
		3 (üst)	10.5	13.2	2.7	12.1	-1.1	İptal			
	Sol taraf	1 (alt)	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0	0
2 (üst)		Taşlı	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					0.66	-0.31	0.11	0.07			
Mevsim					Yaz- Güz	Kış- Bahar	Yaz- Güz	Kış- Bahar			

EK Tablo 3. Uzunkavak 2.Sınıf Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	Çubuk No	22.06.2015	11.11.2015	Fark	03.06.2016	Fark	20.11.2016	Fark	20.06.2017	Fark
1	Sağ	1 (alt)	13	15	2	13,2	-1,8	14	0,8	14,2	0,2
	Taraf	2 (üst)	14	21,5	7,5	22	0,5	21,8	-0,2	23,3	1,5
	Sol	1 (alt)	11	11	0	11,1	0,1	12	0,9	15,2	3,2
	Taraf	2 (üst)	10,8	10	-0,8	10,2	0,2	8	-2,2	7,8	-0,2
2	Sağ	1 (alt)	15,5	14,8	-0,7	12,3	-2,5	12,5	0,2	14,8	2,3
	Taraf	2 (üst)	13,2	13,2	0	14,6	1,4	14,7	0,1	14,4	-0,3
	Sol	1 (alt)	Taşlı	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0
	Taraf	2 (üst)	Taşlı	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0
3	Sağ	1	18	23	5	32	9	32	0	32	0
	Sol	1	Taşlı	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0
4	Sağ	1 (alt)	19,8	20	0,2	22	2	21	-1	21,5	0,5
	Taraf	2 (üst)	16,2	17	0,8	16,4	-0,6	16	-0,4	16,2	0,2
	Sol	1 (alt)	Taşlı	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0
	Taraf	2 (üst)	Taşlı	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0
5	Sağ	1 (alt)	14	15,5	1,5	18,5	3	18,7	0,2	21	2,3
	Taraf	2 (üst)	11,5	12	0,2	18	6	22,5	4,5	21	-1,5
	Sol	1 (alt)	Taşlı	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0
	Taraf	2 (üst)	Taşlı	Taşlı	0	0	0	0	0	0	0
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					0,9	1,0	0,2	0,5			
Mevsim					Yaz- Güz	Kış- Bahar	Yaz- Güz	Kış- Bahar			

EK Tablo 4. Bağbaşı 1.Sınıf Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	Çubuk No	11.05.2015	11.11.2015	Fark	25.05.2016	Fark	18.11.2016	Fark	22.05.2017	Fark
1	Sağ	1 (alt)	9.8	9	-0.8	8.9	-0.1	8.9	0	9.5	0.6
	Taraf	2 (üst)	19.2	18.8	-0.4	17.9	-0.9	17.9	0	19	1.1
	Sol	1 (alt)	12.2	13.5	1.3	13	-0.5	12.3	-0.7	15.5	3.2
	Taraf	2 (üst)	8.7	13.7	5	14.7	1	13.3	-1.4	13.2	-0.1
2	Sağ	1 (alt)	20.2	20.4	0.2	20	-0.4	17	-3	20.7	3.7
	Taraf	2 (üst)	12.8	12	-0.8	12.8	0.8	13.7	0.9	14	0.3
	Sol	1 (alt)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Taraf	2 (üst)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Sağ	1	8.1	8	-0.1	9	1	9	0	11.1	2.1
	Sol	1	11.6	7.2	-4.4	7	-0.2	7.8	0.8	8	0.2
4	Sağ	1	15.2	16	0.8	16.8	0.8	16.2	-0.6	16.6	0.4
	Sol	1	14.5	11.5	-3	11.3	-0.2	14.1	2.8	12.5	-1.6
5	Sağ	1 (alt)	24.2	23.8	-0.4	23.8	0	23.8	0	30	6.2
	Taraf	2 (üst)	15.9	14.5	-1.4	13.1	-1.4	14.1	1	13.5	-0.6
	Sol	1 (alt)	10	9.3	-0.7	11.3	2	8.2	-3.1	13	4.8
	Taraf	2 (üst)	5.5	9.2	3.7	11	1.8	8.5	-2.5	10	1.5
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					-0.06	0.23	-0.36	1.36			
Mevsim					Güz - Sonbahar	Kış- Bahar	Güz - Sonbahar	Kış- Bahar			

EK Tablo 5. Dikmen 1.Sınıf Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	Çubuk No	12.05.2015	26.11.2015	Fark	25.05.2016	Fark	18.11.2016	22.05.2017	Fark
1	Sağ	1 (alt)			0		0			0
	Taraf	2 (üst)	Taşlı	Taşlı	0	Taşlı	0		Taşlı	0
	Sol	1 (alt)	34.3	34.7	0.4	34.8	0.1		35	0.2
	Taraf	2 (üst)	10.2	17.1	6.9	16.7	-0.4		16	-0.7
2	Sağ	1 (alt)			0		0			0
	Taraf	2 (üst)	Taşlı	Taşlı	0	Taşlı	0		Taşlı	0
	Sol	1 (alt)	17.8	19	1.2	18.2	-0.8		18.7	0.5
	Taraf	2 (üst)	21.2	20.8	-0.4	22.1	1.3		22	-0.1
3	Sağ	1 (alt)	13.2	14.4	1.2	13.5	-0.9		14	0.5
	Taraf	2 (üst)	10.4	11.2	0.8	12	0.8		12	0
	Sol	1 (alt)	Taşlı	Taşlı	0	Taşlı	0		Taşlı	0
	Taraf	2 (üst)			0		0			0
4	Sağ	1 (alt)	21.3	25	3.7	25	0		25	0
	Taraf	2 (üst)	20.2	20.5	0.3	20.7	0.2		21	0.3
	Sol	1	Taşlı	Taşlı	0		0			0
5	Sağ	1	Taşlı	Taşlı	0	Taşlı	0		Taşlı	0
	Sol	1	Taşlı	Taşlı	0	Taşlı	0		Taşlı	0
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					0.83		0.02	Gidilemedi-Kar		0.04
Mevsim					Güz - Sonbahar		Kış-Bahar			Kış - Bahar

EK Tablo 6. Uzunkavak 1.Sınıf Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	Çubuk No	12.05.2015	26.05.2016	Fark	20.10.2016	Fark	22.05.2017	Fark
1	Sağ	1 (alt)	13	10	-3	10	0	9.5	-0.5
	Taraf	2 (üst)	6	6.7	0.7	7	0.3	8	1
	Sol	1 (alt)	6.2	12.2	6	15.3	3.1	14.8	-0.5
	Taraf	2 (üst)	14.2	15.5	1.3	16.5	1	14.3	-2.2
2	Sağ	1	15.3	50	34.7	15	3.2	12.7	-2.3
	Taraf	1	14.2	14.4	0.2	15	0.6	16.7	1.7
	Sol	1							
3	Sağ	1 (alt)	19	20	1	20	0	19.7	-0.3
	Taraf	2 (üst)	15.5	0	-15.5	0	0	0	0
	Sol	1 (alt)	9.6	10.8	1.2	14	3.2	17.3	3.3
	Taraf	2 (üst)	13	12.9	-0.1	17	4.1	20	3
4	Sağ	1	21.3	21.3	0	22.2	0.9	50	27.8
	Taraf	1 (alt)	9.6	0	-9.6	0	0	0	0
	Sol	2 (üst)	16.4	18.4	2	37.8	19.4	21	0
5	Sağ	1 (alt)	20.5	19.5	-1	22.3	2.8	22.3	0
	Taraf	2 (üst)	20	20.4	0.4	20.8	0.4	21.5	0.7
	Sol	1	13.2	50	36.8	20.4	0.4	21	0.6
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					3.44	2.46	2.02		
Mevsim					Kış- Bahar	Yaz-Güz	Kış - Bahar		

EK Tablo 7. Pehlivanlı Oyuntu Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	Çubuk No	22.06.2015	11.11.2015	Fark	03.06.2016	Fark	20.11.2016	Fark	20.06.2017	Fark
1	Sağ	1 (alt)	10	7	-3	7	0	15.3	8.3	11.9	-3.4
	Taraf	2 (üst)	11	8.3	-2.7	9.8	1.5	10	0.2	9.2	-0.8
	Sol	1	7	9.8	2.8	9.5	-0.3	6.5	-3	7.5	1
2	Sağ	1	6.3	6.5	0.2	7.6	1.1	7.5	-0.1	7.1	-0.4
	Sol	1	7.4	6.4	-1	6.6	0.2	8.8	2.2	13	4.2
3	Sağ	1 (alt)	32.2	32	-0.2	30	-2	30	0	30.2	0.2
	Taraf	2 (üst)	36.6	33.7	-2.9	34	0.3	33.6	-0.4	34.8	1.2
	Sol	1 (alt)	5.7	2.3	-3.4	2.9	0.6	0.5	-2.4	0	-0.5
	Taraf	2 (üst)	7.3	6.8	-0.5	5.6	-1.2	7	1.4	6.8	-0.2
4	Sağ	1	7.2	5.5	-1.7	7	1.5	6.8	-0.2	6.4	-0.4
	Sol	1 (alt)	10.4	11.7	1.3	9.1	-2.6	8	-1.1	9.5	1.5
	Taraf	2 (üst)	7.8	4.1	-3.7	3.8	-0.3	4	0.2	5	1
5	Sağ	1 (alt)	8.7	3.2	-5.5	4	0.8	4.8	0.8	0.5	-4.3
	Taraf	2 (üst)	6.6	6.5	-0.1	6.5	0	5.7	-0.8	6	0.3
	Sol	1	10	10.4	0.4	10.4	0	10	-0.4	10	0
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					-1.33	-0.03	0.31	-0.04			
Mevsim					Güz - Sonbahar	Kış- Bahar	Güz - Sonbahar	Kış- Bahar			

EK Tablo 8. Pehlivanlı Oyuntu (K) Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	Çubuk No	11.05.2015	11.11.2015	Fark	26.05.2016	Fark	18.11.2016	Fark	22.05.2017	Fark
1	Sağ	1 (alt)	12.6	10.2	-2.4	8.9	-1.3	8.5	-0.4	7.4	-1.1
	Taraf	2 (üst)	17.3	17.8	0.5	18	0.2	18	0	19	1
	Sol	1 (alt)	17.2	14.3	-2.9	12.1	-2.2	12.5	0.4	9.5	-3
	Taraf	2 (üst)	23.2	11.8	-11.4	18.8	7	İptal			
2	Sağ	1 (alt)	10.5	6.7	-3.8	7	0.3	7.9	0.9	5.4	-2.5
	Taraf	2 (üst)	6.4	2.9	-3.5	4	1.1	7	3	3	-4
	Sol	1 (alt)	9.8	7.7	-2.1	4	-3.7	11	7	10	-1
	Taraf	2 (üst)	10	11.5	1.5	18	6.5	18.3	0.3	19.9	1.6
3	Sağ	1 (alt)	9.5	8.8	-0.7	10	1.2	9	-1	25.5	16.5
	Taraf	2 (üst)	10.4	11	0.6	12	1	10.5	-1.5	10.5	0
	Sol	1 (alt)	9.5	7.8	-1.7	8.6	0.8	7.5	-1.1	7	-0.5
	Taraf	2 (üst)	8.8	7.7	-1.1	12.5	4.8	9	-3.5	11	2
4	Sağ	1 (alt)	14.9	14.6	-0.3	15	0.4	14.5	-0.5	13.8	-0.7
	Taraf	2 (üst)	13.4	13.2	-0.2	13.2	0	15.5	2.3	14.3	-1.2
	Sol	1 (alt)	7.7	4.6	-3.1	7	2.4	7	0	6.8	-0.2
	Taraf	2 (üst)	11.7	11.7	0	14.1	2.4	11.3	-2.8	15	3.7
5	Sağ	1 (alt)	12.4	9	-3.4	9.2	0.2	9	-0.2	9	0
	Taraf	2 (üst)	12.3	11.2	-1.1	14.8	3.6	15	0.2	14.2	-0.8
	Sol	1 (alt)	9	9.5	0.5	8.8	-0.7	8	-0.8	7.2	-0.8
	Taraf	2 (üst)	11.4	8.4	-3	12	3.6	11.3	-0.7	11	-0.3
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					-1.88	1.38	0.08	0.46			
Mevsim					Güz - Sonbahar	Kış - Bahar	Güz - Sonbahar	Kış - Bahar			

EK Tablo 9. Derinpınar Oyuntu (K) Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	Çubuk No	11.05.2015	11.11.2015	Fark	26.05.2016	Fark	18.11.2016	Fark
1	Sağ	1 (alt)	13.5	12	-1.5	12	0		
	Taraf	2				10.3	0	0	-10.3
	Sol	1 (alt)	Kayalık	0	0	0	0	0	0
2	Sağ	1 (alt)	8.9	8	-0.9	0	-8		
	Taraf	2 (üst)	7.6	50	42.4	5.1	0.8	50	44.9
	Sol	1 (alt)	8.3	6	-2.3	0	-6	0	-11
	Taraf	2 (üst)	29.2	0	-29.2	0	0	0	0
3	Sağ	1 (alt)	10.2	10.6	0.4	10.5	-0.1	10	-0.5
	Taraf	2 (üst)	7.2	7.8	0.6	9	1.2		-9
	Sol	1 (alt)	19.6	17.2	-2.4	18.5	1.3		-18.5
	Taraf	2 (üst)	14.2	13	-1.2	13.4	0.4		-13.4
4	Sağ	1 (alt)	16.2	16.2	0	17.8	1.6	16.5	-1.3
	Taraf	2 (üst)	11	10.5	-0.5	10	-0.5	13	3
	Sol	1 (alt)	16.2	14.8	-1.4	6.1	-8.7	5	-1.1
	Taraf	2 (üst)	15.4	15	-0.4	13.8	-1.2	14.2	0.4
5	Sağ	1	13.5	12.5	-1	12.5	0	15	2.5
	Taraf	1 (alt)	14.7	13.5	-1.2	13.1	-0.4	18.1	5
	Sol	2 (üst)	13.3	14	0.7	13.5	-0.5		
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					0.12	-1.12	-0.62		
Mevsim					Güz - Sonbahar	Kış- Bahar	Güz - Sonbahar		

EK Tablo 10. Aşağı Katırlı Oyuntu Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	Çubuk No	11.05.2015	26.11.2015	Fark	26.05.2016	Fark	22.05.2017	Fark
1	Sağ	1(alt)	15.8	13.7	-2.1	15	1.3	50	35
	Taraf	2(üst)	15.5	17.5	2	19.7	2.2	50	30.3
	Sol	1(alt)	9	6.5	-2.5	0	-6.5	0	0
	Taraf	2(üst)	8.5	8	-0.5	7.2	-0.8	0	-7.2
2	Sağ	1(alt)	10.2	5.8	-4.4	5.8	0	3.1	-2.7
	Taraf	2(üst)	9.8	8.5	-1.3	8.5	0	6.8	-1.7
	Sol	1(alt)	15.2	21	5.8	7.4	-13.6	50	42.6
	Taraf	2(üst)	10	10.2	0.2	24.3	14.1	32.5	8.2
3	Sağ	1(alt)	6.2	5.1	-1.1	2.2	-2.9	1.3	-0.9
	Taraf	2(üst)	11.7	10.3	-1.4	11.3	1	14.5	3.2
	Sol	1(alt)	10	5.7	-4.3	0	-5.7	0	0
	Taraf	2(üst)	9	9	0	5.4	-3.6	6.5	1.1
4	Sağ	1(alt)	9.1	7.5	-1.6	12.5	5	11.1	-1.4
	Taraf	2(üst)	9.8	16.5	6.7	10.2	-6.3	11.5	1.3
	Sol	1(alt)	10.2	9.5	-0.7	9.6	0.1	8.8	-0.8
	Taraf	2(üst)	13.7	12	-1.7	10.2	-1.8	9	-1.2
5	Sağ	1(alt)	7.5	6.4	-1.1	7.6	1.2	5.5	-2.1
	Taraf	2(üst)	16.1	14.5	-1.6	24.1	9.6	25.2	1.1
	Sol	1(alt)	6.8	3.2	-3.6	6.6	3.4	11	4.4
	Taraf	2(üst)	8	9	1	11.1	2.1	11.2	0.1
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					-0.61	-0.06	5.47		
Mevsim					Güz - Sonbahar	Kış-Bahar	Kış-Bahar		

EK Tablo 11. Çataldere Oyuntu (K) Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	Çubuk No	22.06.2015	11.11.2015	Fark	03.06.2016	Fark	20.11.2016	Fark	20.06.2017	Fark
1	Sağ	1 (alt)	9.2	9.1	-0.1	8.0	-1.1	8.2	0.2	11.7	3.5
	Taraf	2 (üst)	11.4	14.2	2.8	11.1	-3.1	11.0	-0.1	12.5	1.5
	Sol	1 (alt)	8.7	8.5	-0.2	14.1	5.6	4.8	-9.3	0.0	-4.8
	Taraf	2 (üst)	9	8.9	-0.1	8.5	-0.4	8.5	0.0	8.0	-0.5
2	Sağ	1	7.8	8	0.2	8.3	0.3	10.8	2.5	11.0	0.2
	Sol	1 (alt)	22.3	23.2	0.9	25.4	2.2	60.0	34.6	16.0	0.0
	Taraf	2 (üst)	24.6	25.1	0.5	25.9	0.8	60.0	34.1	12.8	-0.2
3	Sağ	1 (alt)	16.2	19.5	3.3	21.8	2.3	21.5	-0.3	21.5	0.0
	Taraf	2 (üst)	13.7	12	-1.7	12.6	0.6	11.7	-0.9	12.2	0.5
	Sol	1 (alt)	9.7	10	0.3	9.4	-0.6	11.2	1.8	10.5	-0.7
	Taraf	2 (üst)	13.2	14.1	0.9	17.8	3.7	17.8	0.0	18.0	0.2
4	Sağ	1 (alt)	9.2	9.9	0.7	10.5	0.6	10.8	0.3	10.5	-0.3
	Taraf	2 (üst)	4.8	5.3	0.5	8.1	2.8	7.0	-1.1	6.9	-0.1
	Sol	1	16.2	19.5	3.3	19.9	0.4	20.0	0.1	21.0	1.0
5	Sağ	1 (alt)	12.1	15	2.9	16.4	1.4	15.0	-1.4	12.5	-2.5
	Taraf	2 (üst)	11.2	12	0.8	9.7	-2.3	13.3	3.6	15.0	1.7
	Sol	1 (alt)	16.1	16.3	0.2	16.7	0.4	16.0	-0.7	16.0	0.0
	Taraf	2 (üst)	21.4	22.8	1.4	23.2	0.4	28.8	5.6	25.0	-3.8
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					0.92	0.78	3.83	-0.24			
Mevsim					Güz - Sonbahar	Kış- Bahar	Güz - Sonbahar	Kış- Bahar			

EK Tablo 12. Dikmen Oyuntu Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

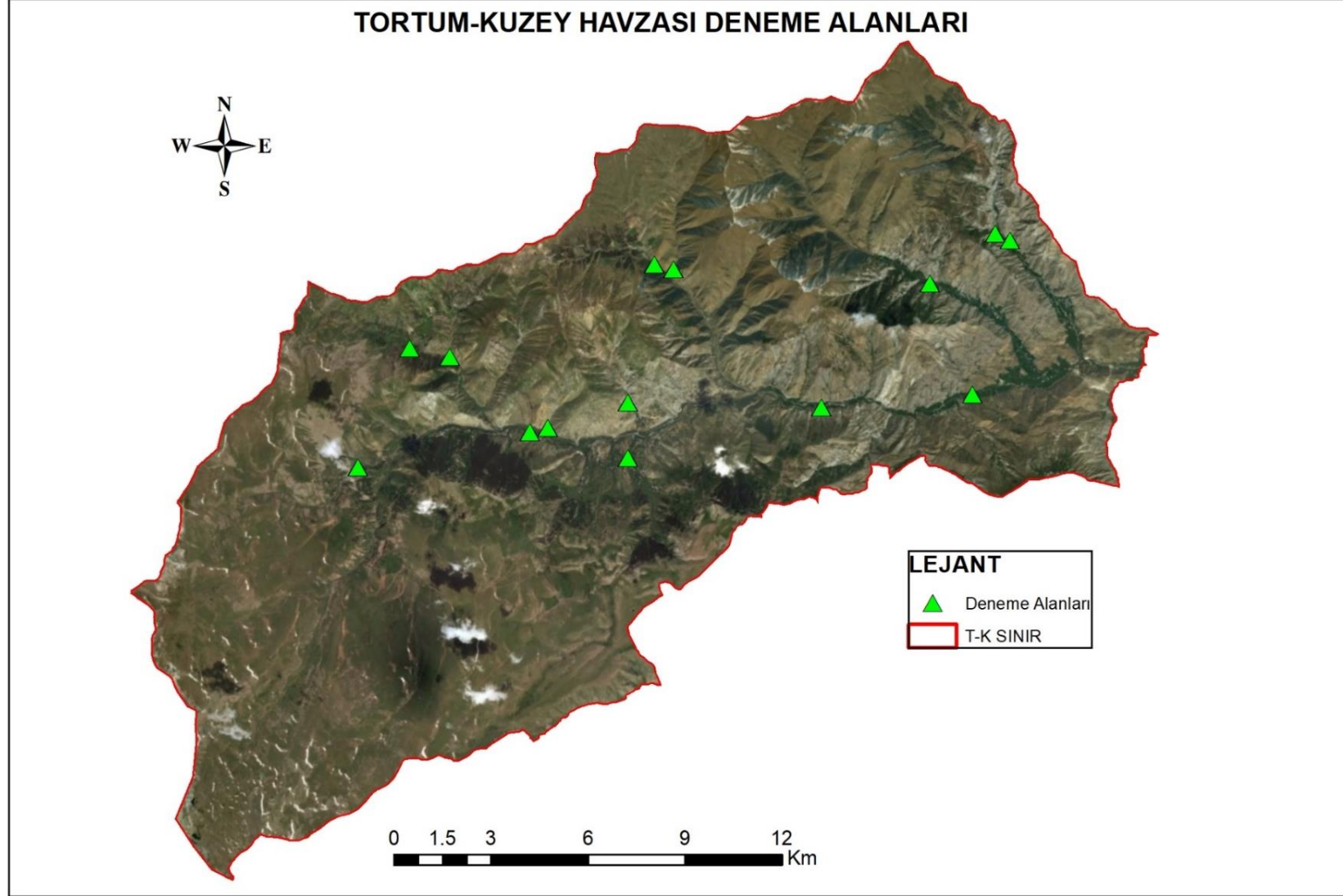
Transekt	Şev	Çubuk No	11.05.2015	26.11.2015	Fark	26.05.2016	Fark	18.11.2016	Fark	22.05.2017	Fark
1	Sağ Taraf	1	11.9	12.4	0.5	12.4	0	23	10.6	19	-4
	Sol Taraf	1	8.6	10.5	1.9	11.1	0.6	10.5	-0.6	13	2.5
2	Sağ Taraf	1 (alt)	7.4	10.4	3	11.2	0.8	9.3	-1.9	12.1	2.8
		2 (üst)	12.8	14.7	1.9	16.9	2.2	16.3	-0.6	16	-0.3
	Sol Taraf	1	14	9.2	-4.8	9.2	0	10.6	1.4	9	-1.6
3	Sağ Taraf	1(alt)	17.2	16.5	-0.7	18.2	1.7	sağ		31	19.5
		2(üst)	8.5	10.8	2.3	11.8	1	sol		9	-1.1
	Sol Taraf	1	23.5	30.2	6.7	9	-2	sol		13.5	2.5
4	Sağ Taraf	1	9.1	9.2	0.1	19	9.8	0		15.3	-1.7
		1 (alt)	10.4	9.7	-0.7	11.9	2.2	0		14.8	2
	Sol Taraf	2 (üst)	23.6	24.3	0.7	25.1	0.8	0		20.1	5.6
5	Sağ Taraf	1 (alt)	7.6	7.9	0.3	8.8	0.9	0			
		2 (üst)	14.4	14.8	0.4	14.8	0	0			
	Sol Taraf	1 (alt)	9.1	10.5	1.4	13	2.5	0			
		2 (orta)	9.2	9	-0.2	11	2	0			
		3 (üst)	23.6	21.5	-2.1	21.5	0	0			
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					0.67	1.41	1.78	2.38			
Mevsim					Güz - Sonbahar	Kış- Bahar	Güz - Sonbahar	Kış- Bahar			

EK Tablo 13. Çataldere Oyuntu Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	Çubuk No	12.05.2015	26.11.2015	Fark	26.05.2016	Fark	20.10.2016	Fark	22.05.2017	Fark
1	Sağ	1 (alt)	6.6	7.7	1.1	8.3	0.6	1.8	-6.5	4.5	2.7
	Taraf	2 (üst)	7.2	8.5	1.3	12.5	4	12	-0.5	30	18
	Sol	1 (alt)	16.9	17.7	0.8	18.1	0.4	17.7	-0.4	18	0.3
	Taraf	2 (üst)	9.4	10.2	0.8	10.5	0.3	10.4	-0.1	12	1.6
2	Sağ	1	9.2	10.2	1	10.3	0.1	10.2	-0.1	7.8	-2.4
	Taraf	1 (alt)	6.5	4.9	-1.6	4	-0.9	0	-4	0	0
	Sol	2 (üst)	23.2	16.2	-7	17	0.8	18.1	1.1	18.6	0.5
3	Sağ	1 (alt)	9.7	9.9	0.2	10.8	0.9	10.8	0	10	-0.8
	Taraf	2 (üst)	5.4	5	-0.4	5.1	0.1	5	-0.1	4	-1
	Sol	1	9.4	9	-0.4	8.9	-0.1	10.1	1.2	32	21.9
4	Sağ	1	12	12.5	0.5	13.1	0.6	11.4	-1.7	11.8	0.4
	Taraf	1 (alt)	14.2	15.8	1.6	18.1	2.3	0	-18.1	0.5	0.5
	Sol	2 (üst)			0	4.4	-4.1	0	-4.4	0	0
5	Sağ	1 (alt)	1.6	2.2	0.6	2.3	0.1	2.2	-0.1	2	-0.2
	Taraf	2 (üst)	14.7	0	-14.7	0	0	0	0	0	0
	Sol	1 (alt)	18	8.5	-9.5	7	-1.5	60	53	17.3	9.3
	Taraf	2 (üst)	6.7	0	-6.7	0	0	60	60	50	42.5
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					-1.91	0.21	4.66	5.49			
Mevsim					Güz - Sonbahar	Kış- Bahar	Güz - Sonbahar	Kış- Bahar			

EK Tablo 14. Çataldere Oyuntu (K) Deneme Alanında Haziran 2015 – Mayıs 2017 Tarihleri Arası (2 yıl) Yapılan Erozyon Çubuk Ölçümlerinin Ham Veri Tablosu ve Ortalama Altı Aylık Erozyon (cm) Değerleri.

Transekt	Şev	Çubuk No	12.05.2015	11.11.2015	Fark	26.05.2016	Fark	20.10.2016	Fark	22.05.2017	Fark
1	Sağ	1 (alt)	15.8	6.7	-9.1	6.3	-0.4	7.8	1.5	8	0.2
	Taraf	2 (üst)	9.7	11	1.3	16.4	5.4	16.8	0.4	16.8	0
	Sol	1 (alt)	29.4	21.7	-7.7	20.7	-1	20.5	-0.2	15	-5.5
	Taraf	2 (üst)	15	14.1	-0.9	19.3	5.2	14.2	-5.1	14.8	0.6
2	Sağ	1	8.7	9.5	0.8	10.3	0.8	29.5	19.2	30.1	0.6
	Sol	1	14	13	-1	21.8	8.8	21.5	-0.3	22	0.5
3	Sağ	1	14.8	16	1.2	14.9	-1.1	15.2	0.3	15.2	0
	Sol	1	10	9.6	-0.4	10	0.4	10.1	0.1	10	-0.1
4	Sağ	1 (alt)	11.9	16.5	4.6	16.5	0	17.5	1	18	0.5
	Taraf	2 (üst)	14.7	16.8	2.1	16.8	0	16.2	-0.6	20.5	4.3
	Sol	1 (alt)	17	12.7	-4.3	16.5	3.8	16.5	0	15.5	-1
	Taraf	2 (üst)	20.2	15.5	-4.7	20.5	5	20.5	0	24	3.5
5	Sağ	1 (alt)	6.7	6	-0.7	10.2	4.2	10.2	0	10.1	-0.1
	Taraf	2 (üst)	4.8	5.3	0.5	7	1.7	7.4	0.4	10.2	2.8
	Sol	1	11	10	-1	11.3	1.3	13	1.7	14	1
Ortalama Erozyon Miktarı (cm)					-1.29	2.27	1.23	0.49			
Mevsim					Güz - Sonbahar	Kış- Bahar	Güz - Sonbahar	Kış- Bahar			



Ek Şekil 1. Deneme Alanlarının Dağılımı

KAYNAKLAR

- AGM, 2007. Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı (2008-2012), T. C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Ağralıoğlu, N., 2004. Baraj Planlama ve Tasarımı. Cilt 1 Kitap, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Akalan, İ., 1983. Toprak ve Su Muhafazası. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 873. Ders kitabı: 238.
- Akalan, İ., 1987, Toprak Bilgisi, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yay. No:1058, Ders Kitabı:309, Ankara.
- Amore, E., Modica, C., Nearing, M.A. ve Santoro, C.V. 2004. Scale Effect in USLE and WEPP Application for Soil Erosion Computation from Three Sicilian Basins. Journal of Hydrology. 293, 100-114.
- Anonim, 1985. Agricultural Compendium. Elsevier Science Publishers B.V.P. 450-453, Amsterdam, Netherlands.
- Anonim, 1996. Ulusal Eylem Planı ve Öncelikli Uygulama Programları.
- Anthoni, J. F., 2000. Soil geology. www.seafriends.org.nz/enviro/soil/geosoil.htm.
- Arıcı, İ., 1988. Örtü Malzemelerinin Dik Eğimli Şevlerde Erozyon ve Bitki Örtüsü Oluşumuna Etkisi Üzerinde Bir Araştırma. U. Ü. Yay. No: 7-015-0175.
- Arnold, J. G., Srinivasan R., Mutiah, R. S., ve Williams, J. R., 1998. Large-area hydrologic modeling and assessment: Part I. Model development. J. American Water Resour. Assoc. 34 (1): 73-89.
- Artun, O. 2014. Adana Karaisalı' da Seçilen Alanlarda Farklı Erozyon Modelleri Kullanarak Toprak Kayıplarının Tahmini. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Adana.
- Aşk, K., 1977. Erozyonla Savaş El kitabı, ss:170 Ankara.
- Aşk, K., 1993. Erozyonla Savaş, Ankara, Gürsoy Matbaacılık, 1993, s.4.
- Atalay, İ. 1986. Türkiye'de Erozyon, Taşıma ve Birikme Olaylarının Genel Durumu. Ağaçlandırma. (Yayına Hazırlayan: İ. Özkahraman). OGM, Ağaçlandırma ve Silvikültür Dairesi. Ankara. 385-388.

- Atalay, İ., 2002. Ecoregions of Turkey, Orman Bakanlığı Yayınları, 163-266.
- Atalay, İ., 2011. Toprak Oluşumu, Sınıflandırması ve Coğrafyası. 4. Baskı. İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Balcı, N., Ökten, Y., 1987. Sel Kontrolü. KTÜ Basımevi, Trabzon, 398 s.
- Balcı, N., 1978. Toprak Erozyonunu (Su Erozyonu) Etkileyen Faktörleri ve Havza Amenajmanı, 1. Ulusal Erozyon ve Sedimentasyon Sempozyumu Tebliğleri, Ankara, DSİ Yayınları Genel No: 982, s.
- Balcı, N., 1996, Toprak Koruması, İ. Ü. Yayın No: 394, Orman Fakültesi Yayın No: 439, ISBN: 975-404-423-6, İstanbul.
- Bashir, S., Baig, M. A., Ashraf, M., Anwar, M. M., Bhalli, M. N. and Munawar, S., 2013. Risk assessment of soil erosion in rawal watershed using geoinformatics techniques. Science International, 25(3): 583–588.
- Basic, F., Kisic, I., Nestroy, O., Butorac, A. and 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 s.
- Başıyigit, L. ve Dinç, U., 2003. Eğirdir Gölü Su Toplama Havzasında Oluşan Toprak Kayıplarını Tahmin Etmeye Yönelik Bir Çalışma. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2), 51-60.
- Bayrak, A., 2006. Kıyı Bölgelerinde Aktif Kuvvetler Kıyıların Yok Olması. İTÜ Fen Bilim Enstitüsü Yüksek Lisans tezi, İstanbul, s.18-63.
- Bear, D. A., 2011. Pasture Management Effects on Nonpoint Source Pollution of The Midwestern Watersheds. MS thesis. Iowa State University, Ames, IA. ABD.
- Bennett, H. H., 1939. Gully Prevention and Control. Soil Conservation. Me Graw Hill Book Company, Inc., New York, S: 507·533.
- Beskow, S., Mello, C.R., Norton, L.D., Curi N, Viola, M.R., Avanzi J.C., 2009. Soil Erosion Prediction in the Grande River Basin, Brasil Using Distributed Modelling, Catena:79, 49-59, USA.
- Beylich, A. A., 2008. Sediment Fluxes and Sediment Budget in Latnjavagge and the Potential of Applying Unified Methods for Integrating Investigations on Sediment Fluxes and Budgets in Cold-Environment Catchments. In Slagstad, T. (ed.) Geology for Society, Geological Survey of Norway Special Publication, 11, pp. 111–130.

- Binger, R. L., F. D. Theurer, R. G. Cronshey ve R. W. Dardon, 2001. AGNPS 2001 User Manual, USA.
- Blake, G.R. ve Hartge, K.H.,1986. Bulk Density In: Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods. (Ed: A. Klute) Agr. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison WI. p.363–375.
- Bocco, G., Palacio, J. and Valenzuela, C. R., 1990. Gully Erosion Modelling Using GIS and Geomorphologic Knowledge. ITC-Journal, 3, 253-261.
- Bouaziz M., Leidig M. ve Gloaguen, R., 2011. Optimal Parameter Selection For Qualitative Regional Erosion Risk Monitoring: A Remote Sensing Study of SE Ethiopia. Geoscience Frontiers 2 (2) (2011) 237-245.
- Brown, C. B., 1944. The Control of Reservoir Silting. United States Government Printing Office, Washington.
- Brown, L. R. ve Wolf, E. C., 1996. Dünya Ekonomisinde Sessiz Kriz: Toprak Erozyonu, TÜBİTAK-TEMA, Yayın No: 2, Ankara.
- Cangir, C., Kapur, S., Boyraz, D., Akça, E., Eswaran, H., 2000, An Assessment of Land Resource Consumption in Relation to Land Degradation in Turkey, Journal of Soil and Water Conservation, 55(3) s.253-259.
- Cebel, H. ve Akgül, S., 2011. Toprak Oluşumu ve Koruyucu Önlemler, Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim, S. 134, ss. 57-61.
- Cebel, H., Akgül, S., Doğan, O., Elbaşı, F., 2013. Türkiye büyük toprak gruplarının erozyona duyarlılık "K" faktörleri. Toprak Su Dergisi. 2 (1): 30–45.
- Clarke, M. L. ve Rendell, H. M., 2006. Process–Form Relationships in Southern Italian Badlands: Erosion Rates and Implications for Landform Evolution, Earth Surface Processes and Landforms, 31, 15–29.
- Çanga, M. R., 1985. Toprak ve Su Koruma. A. Ü. Ziraat Fak. Yayınları No:1386, Ders Kitabı No:400.
- Çanga, M. R., 1995. Toprak ve Su Koruma. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No. 1386, Ders Kitabı. 400, Ankara.
- Çelebi, H., 1971. Toprak Erozyonu, Erzurum, Atatürk Üniversitesi Yayınları No:90, 1971, s.45.
- Çelebi, H., 1981. Iğdır Devlet Üretim Çiftliği Arazisinde Rüzgâr Erozyonuna İlişkin Araştırmalar. Atatürk Üni. Yay. No: 578. Ziraat Fak. Yay. No: 262. Araştırma Serisi No: 173. E.A.Ü. Basımevi, Erzurum.

- ÇEMGM, 2015. Çölleşme ile Mücadele Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı 2015-2023. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, 148 s.
- Çepel, N., 1992. Doğa-Çevre-Ekoloji ve İnsanlığın Ekolojik Sorunları. Altın Kitaplar Yayınevi, 1. Baskı, 428 s., İstanbul.
- Çepel, N.,1997. Toprak Kirliliği Erozyon Ve Çevreye Verdiği Zararlar, Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları 14, İstanbul.
- Dağdaş, S., 2007. Yarı kurak mıntikalarda ağaçlandırma tekniklerinin değerlendirilmesi (öncelikli ağaç türleri ve ekosistemin ıslahı), Türkiye’de Yarı Kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalışmayı, 7-10 Kasım 2006, sf. 388-405, Ürgüp.
- Dengiz, O. ve Akgül, S. 2005. Soil Erosion Risk Assessment of The Gölbaşı Environmental Protection Area and Its Vicinity Using CORINE Model. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 29 (6); 439-448.
- Dinçsoy, Y., 2013. Yan derelerde erozyon ve rusubat kontrolü, DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları, 2013, Ankara.
- Doğan, O. 1995. Türkiye’de Toprak Kaynakları, Sorunları ve Çözümler. Standart Dergisi No. 34.
- Doğan, O., 2011. Türkiye’de Erozyon Sorunu Nedenleri ve Çözüm Önerileri, Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim, S. 134, Nisan 2011, ss. 62-69.
- Doğan, O. ve Güçer, C., 1976. Su Erozyonu Nedenleri-Oluşumu Ve Üniversal Denklem İle Toprak Kayıplarının Saptanması, T.C. Köy İşleri Bakanlığı Topraksu Genel Müdürlüğü Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No:41, Teknik Yayın No:21, Ankara.
- DPT, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Tarımsal Politikalar ve Yapısal Düzenlemeler Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Duman, A., 2017. Artvin, Erzurum ve Bayburt İllerindeki Bazı Mikro Havzalarda Bozuk Orman ve Mera Alanlarında Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi, Uydu Görüntüleri ile İlişkilendirilmesi ve Modellenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne. Doktora Tezi. 171 sf.
- Dutkuner, İ. ve Fakir, H., 1999. Erozyon Kontrolü ve Ağaçlandırma, Ekoloji Dergisi, Cilt: 8, Sayı:32, s:14-16, İzmir.

- EİEİ, 2006. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. Türkiye Akarsularında Süspansediment Gözlemleri Yıllığı (1999-2005), Ankara.
- Ekinci, D., 2006. The Effect of Valley Networks on Erosion and A Sample for Using GIS Based Soil Erosion Risk Model. Proceedings 18th International Soil Meeting (ISM) on Soil Sustaining Life on Earth, Managing Soil and Tecnology, May 22-26, 2006, Şanlıurfa-Turkey, I:465-472.
- EMEP, 2013. Erozyonla Mücadele Eylem Planı (2013-2017). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, 101 s, Ankara.
- Ergene, A., 1987. Toprak Biliminin Esasları, Atatürk Üniversitesi Basımevi, Erzurum.
- Erinç, S., 2000. Jeomorfoloji I, Der Yayınları, İstanbul.
- Erpul, G., Deviren Saygın, S., 2012. Ülkemizdeki Toprak Erozyonu Sorunu Üzerine Ne Yapmalı? Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi. 1(1), 26-32.
- Erpul, G., Şahin, S., İnce, K., Küçümen, A., Akdağ, M. A., Demirtaş, İ. ve Çetin, E., 2018. Türkiye Su Erozyonu Atlası. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- Field, J., 2002. Fluvial geomorphology short courses. Field Geology Services Course 1
- 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. Elsevier Science B.V., Geomorphology 28: 169-172.
- Ghimire, S. K., Higaki, D. ve Bhattarai, T. P., 2013. Estimation of Soil Erosion Rates and Eroded Sediment in a Degraded Catchment of the Siwalik Hills, Nepal. Land, 2(3), 370–391.
- Govers, G., Poesen J. ve Goossens, D., 2004. Soil Erosion – Processes, Damages and Countermeasures, Managing Soil Quality Challenges in Modern Agriculture (Editörler: Per Schjønning, Susanne Elmholt, Bent Tolstrup Christensen), CABI Publishing, USAs.
- Görcelioğlu, E., 1997. Dağlık Arazi Kullanımında Yayla ve Ormanlar. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, Cilt: 47, Sayı: 1-2-3-4, 29-38.
- Görcelioğlu, E., 2003. Sel ve Çığ Kontrolü. İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No: 4415, O. F. Yayın No:473, ISBN: 975-404-688-3, İstanbul.

- Grimm, M., Jones, R. ve Montanarella, L., 2001. Soil erosion risk in Europe. Joint Research Centre, European Commission.
- Günay, T., 1997. Erozyon, İstanbul, Tema Vakfı Yayınları, İstanbul, 1997, s.71.
- Günay, T., 2008. Orman, Ormansızlaşma, Toprak, Erozyon, TEMA Vakfı Yayınları, Yayın No:1, ISBN: 978-7169-05-5, İstanbul.
- Güngör, Ö., 2011. Aşağı Porsuk Çayı Havzasında Askıda Katı Madde Taşınımının Belirlenmesi ve Modellenmesi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96s. Eskişehir.
- Haigh, M. J., 1977. The use of erosion pins in the study of slope evolution. British Geomorph. Res. Group Tech. Bull. 18, 31-48
- Hudson, N., 1973. Gully Erosion. Soil Conservation. BT Batsford Unt., London, S: 211-230.
- Hudson N.W. 1993. Field Measurements of Soil Erosion and Runoff. FAO Soil Bulletins, 68, 139 s.
- Huggett, R. J., 2015. Jeomorfolojinin Temelleri. Çev. Edit., Prof. Dr. Uğur Doğan. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Hupp, C.R., Schenk, E.R., Richter, J.M., Peet, R.K., ve Townsend, P.A., 2009. Bank erosion along the regulated lower Roanoke River, North Carolina. Geological Society of America, Special Publication 451, pp 97-108.
- ICONA, 1997. Guidelines for Mapping and Measurement of Rainfall-Induced Erosion Processes in the Mediterranean Coastal Areas. Priority Action Programme Regional Activity Centre. Split, Croatia.
- İDEP, 2012. İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı 2011- 2023, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 2012.
- Janicke, S., 2002. Stream Channel And Floodplain Erosion, Water & Rivers Commission Report No. Rr 18.
- Jansson M. B., 1982. Land Erosion by Water in Different Climates, UNGI Rapport, 57, Uppsala University, Department of Physical Geography, 150 pp.
- Karaş, E., 2005. Küçükemalı ve Güvenç Havzalarının Su ve Sediment Verimine Göre Sürdürülebilir Yönetimi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 253s. Ankara.
- Kasap, Y. ve Irmak, S., 1998, Türkiye’de ve Kahramanmaraş İli’ nde Tarım Arazileri ve Erozyon Sorunları, Ekim-Kasım-Aralık, Cilt 8, Sayı:29.

- Kirtiş, F., 2014. Rüzgâr Erozyonuyla Mücadele ve Şeritvari Tarım. Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, Toprak Su Dergisi, Sayı 2, s. 35.
- Knijff, V.D., Jones, R.J.A. ve Montanarella, L., 2000. Soil Erosion Risk Assessment in Europe. European Commission, European Soil Bureau Joint Research Centre Space Applications Institute, 32 p.
- Korucu, T., Kirişci, V. ve Görücü, S. 1998. Korumalı Toprak işleme ve Türkiye’deki Uygulamaları, Conservation Tillage and Its Application in Turkey, Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, 17–18 Eylül, Tekirdağ, 321–333.
- Koç, A., Gökkuş, A. ve Serin, Y., 1994. Türkiye’de Çayır-Meraların Durumu ve Erozyon Yönünden Önemi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü. Sayı 13. Erzurum
- Lal, R., 2001. Soil Degradation By Erosion, Land Degradation and Development. 12, 519-539.
- Lane, E. W., 1955. The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. Proc. ASCE, 81(745):1-17.
- Lawler, D. M. 1987. Bank erosion and frost action: an example from South Wales, In: Gardiner, V. (Ed.), International Geomorphology, Wiley, Chichester, UK, pp. 575-590.
- Lawler D. M., Couperthwaite J., Bull L. J. ve Harris N. M., 1997. Bank erosion events and processes in the Upper Severn basin. Hydrology and Earth System Sciences, 1: 523–534.
- Lawler, D. M., Grove, J., Couperthwaite, J. S. ve Leeks, G. J. L. 1999. Downstream change in river bank erosion rate in the Swale-Ouse system, northern England. Hydrol. Processes 13, 977-992.
- Leopold, L. B., 1994. A view of the river. Harvard University Press, Cambridge, MD.
- Liu, Y., Yang, W., Yu, Z., Lung, I., ve Gharabaghi, B., 2015. Estimating sediment yield from upland and channel erosion at a watershed scale using SWAT. Water Resour. Manage., 29, 1399–1412.
- Loughran, R. J., Elliot, G. L., McFarlane, D. J. and Campbell, B.L., 2004. A Survey of Soil Erosion in Australia Using Caesium-137 Australian Geographical Studies, 42(2), 221-233.

- Lu, D., Lu, G. L., Valladare, S., Batistella, M., 2004. Mapping soil erosion risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: Using RUSLE, Remote Sensing and GIS. *Land Degradation and Development*, 15, 499–512.
- Mater, M., 1995. *Toprak Oluşumu, Erozyon ve Koruması*, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- MGM, 2016. *Tortum Hava İstasyonu'nun Sıcaklık ve Yağış Kayıtları*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Missouri Department of Natural Resources, ABC's of BMP's LLC ve Shockey Consulting Services 2010. *Protecting Water Quality*. United States Environmental Protection Agency, Washington.
- Mkhonta, M. M., 2000. Use of Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) in the Assessment of Soil Erosion in the Gwayimane and Mahhuku Catchment Areas with Special Attention on Soil Erodibility KFactor. Msc Thesis, Int. Inst. For Geo-inform. Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands. 88 s.
- Moore, I. D. ve Burch G. J., 1986. Modelling Erosion and Deposition: Topographic Effects. *Amer. Soci.of Agri. Eng.*, 000-2351:1624-1640.
- Mutlu, N., Günal, H. ve Acir, Nurullah, 2013. Çölleşme; Nedenleri, Belirlenmesi Ve İzlenmesi. III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi 22-24 Ekim 2013 s. 660-664, Tokat.
- Nearing, M.A., Lane, L.J. ve Lopes. V.L., 1994. Modelling Soil Erosion, in: R. Lal (Editor), *Soil Erosion Research Methods*, Second edit. St. Lucie Press, Ankeny. 340 p.
- Nunes, A.N., Almeida, A.C., Coelho, C.O.A., 2011. Impacts of Land Use and Cover Type on Runoff and Soil Erosion in A Marginal Area Of Portugal. *Appl. Geogr.* 31: 687–699.
- Obi, M.E., Asiegbu, B. O., 1980. The physical properties of some eroded soils of southeastern Nigeria. *Soil Science*, 130, (1) p 39–48.
- OGM, 2013. *Yukarı Havza Sel Kontrolü Eylem Planı, 2013-2017*.
- Onori, F., Bonis, D. P. ve Grauso, S., 2006. Soil Erosion Prediction at the Basin Scale Using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a Catchment of Sicily (Southern Italy), *Environmental Geology*.
- Ökten, E., 2005. *Toprak Nem ve Kil Kapsamının Yüzey Akış ve Erozyon Üzerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, 87s. Ankara.

- Özcan, A.U., Uzun, O., Başaran, M., Erpul, G., Akşit, S., Palancıoğlu, H.M., 2015. Soil Erosion Risk Assessment for Volcano Cone of Alıdağı Mountain by Using USLE/RUSLE, GIS and Geostatistics. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24, 2090-2100.
- Özcan, A.U. (2016). CBS ve RUSLE Teknolojisi Yardımıyla Çankırı-Ekinne Göleti Su Toplama Havzasında Toprak Kayıplarının Tahmin Edilmesi, TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu International Geography Symposium 13-14 Ekim 2016 /13-14 October 2016, (ss.668-674), Ankara.
- Özhan, S., 2004, Havza Amenajmanı, İ. Ü. Rektörlük Yayın No: 4510, Orman Fakültesi Yayın No: 481, ISBN: 975-404-739-1, İstanbul.
- Özsoy, G., 2007. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 154s.
- Özşahin E., Atasoy A., 2014, Aşağı Asi Nehri Havzası'nın Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) Teknikleriyle Erozyon Analizi, Mustafa Kemal Üniversitesi Yayınları No: 48, Hakan Ofset Basımevi 344 pp, Antakya.
- Öztürk F, 2002. Yüzey Akış ve Sediment Miktarının AGNPS Modeli ile Belirlenmesi, Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, 32 s., Ankara.
- Pakih, H., 2019. Çoruh Nehri Havzasına Bağlı Oltu Mikro Havzasında Kanal ve Oyuntu Erozyonuyla Gerçekleşen Toprak Kaybının Belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s. Artvin.
- Palmer, J. A., Schilling, K. E., Isenhardt, T. M., Schultz, R. C. ve Tomer, M. D. 2014. Streambank erosion rates and loads within a single watershed: Bridging the gap between temporal and spatial scales. *Geomorphology*, 209, 66–78.
- Pandey, A., Mathur, A., Mishra, S. K. ve Mal, B. C., 2009. Soil erosion modeling of a Himalayan watershed using RS and GIS. *Environmental Earth Sciences* 59: 399-410.
- Peacher, R. D., Lerch, R. N., Schultz, R. C., Willett, C. D. ve Isenhardt, T. M., 2018. Factors controlling streambank erosion and phosphorus loss in claypan watersheds. *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol:73/2, 189-199.
- Petter, P. 1992. GIS and Remote Sensing for Soil Erosion Studies in Semi-arid Environments. PhD, University of Lund, Lund. 112 p.

- Piégay, H., S. E. Darby, E. Mosselaman, ve N. Surian 2005. A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: A sustainable approach to managing bank erosion, *River Res. Appl.*, 21, 773-789, doi:10.1002/rra.881.
- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Vandekerchove, L. ve Wijdenes, D.O. 2000. Gully erosion as a mining link in water erosion models. "Soil erosion and global change" meeting September 8-10, 2000. Almeria, Spain.
- Rădoane, M., ve Rădoane, N., 2016. Gully Erosion. *Landform Dynamics and Evolution in Romania*, 371–396.
- Ranger, G. E. ve Frank, E. E., 1978. The 3F Erosion Bridge-A New Tool for Measuring Soil Erosion. Publication No.23, Department of Forestry, State of California, Sacramento, CA.
- Renard, K.G., Foster, G.A., Weesies, D.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), *Agriculture Handbook No. 703*. USDA, Washington, DC.
- 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.
- Sapountzis, M. ve Stathis, D. 2014. Relationship Between Rainfall and Run-Off in The Stratoni Region (N. Greece) After The Storm Of 10th February 2010. *Global NEST Journal*, 16(2); 420 - 431s.
- Sarı M., 2005. Erozyon ve Toprak Erozyonunun Oluşumu. Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Ders Notları. (<http://www.aof.anadolu.edu.tr/kitap/IOLTP/1270/unite04.pdf>)
- Saygın, S., D., 2013, İklim Değişikliği ve Küresel Isınma: Bizi Neler Bekliyor? *Köy-Koop Haber*, Nisan, 2013 Sayfa: 17.
- Saynor M. J., Loughran R. J., Erskine W. D. ve Scott P. F., 1994. Sediment Movement on Hillslopes Measured by Caesium-137 and Erosion Pins. Variability in Stream Erosion and Sediment Transport (Proceedings of the Canberra Symposium, December 1994). IAHS Publ. no. 224.
- Saynor, M.J, Erskine, W.D. ve Evans, K.G. 2003. Bank Erosion in The Ngarradj Catchment: Results Oferosion Pin Measurements Between 1998 And 2001. Supervising Scientist Report 176, Supervising Scientist, Darwin NT.
- Schultz, R. C., Colletti, J. P., Isenhardt, T. M., Marquez, C. O., Simpkins W. W. ve Ball C. J., 2000. Riparian Forest Buffer Practices. In: Garrett, H.E., W.J.

- Rietveld and R.F. Fisher (eds.) North American Agroforestry: An Integrated Science and Practices. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. pp. 189-282.
- Schumm, S., 1956. Evolution Of Drainage Systems And Slopes In Badland At Perth Amboy, New Jersey. Bulletin of Geological Society of America, 67, 597-646.
- Schumm, S. A., Harvey, M. D. ve Watson C. C., 1984. Incised Channels: Morphology, Dynamics and Control. Water Resource Publication. Littleton, CO.
- Shen D. Y., Ma A. N., Lin H., Nie X. H., Mao S. J., Zhang B. ve Shi J. J., 2003, A New Approach for Simulating Water Erosion on Hillslopes, International Journal of Remote Sensing, 24: 2819-2835.
- Sonneveld, B. ve Nearing, M.A., 2003. A Nonparametric/Parametric Analysis of The Universal Soil Loss Equation. Catena, 52 (1): 9-21.
- Sönmez, K., 1994, Toprak Koruma, Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 169, Erzurum
- Sucu S. ve Dinç T., 2008. Çoruh havzası projeleri. In: TMMOB 2. Su Popitikalari Kongresi 1. Cilt. 33-38 s.
- Şengönül, K., 2010. Kurak Bölgelerin Toprak Özellikleri, Basılmamış Ders Notları, İ.Ü. Orman Fakültesi, Havza Yönetimi Anabilim Dalı, İstanbul.
- Tağıl, Ş., 2007. Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS-Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi, Ekoloji, 17, 65, 11-20.
- Tavşanoğlu, E., 1966. Erozyon ve sel kontrolünün Türkiye için taşıdığı önem ve ormancılıkla ilgisi. Orman Mühendisliği 1. Teknik Kongresi O.M.O. Yayını Cilt 1.
- Taysun, A. 1989. Toprak ve Su Korunumu. E.Ü. Zir. Fak. Ders Teksiri No: 92-III. Bornova, İzmir. 72 s.
- Taysun, A. ve Dağdeviren, İ., 1991. GAP Bölgesi Eğimli Tarım Arazilerinin Laboratuvar Şartlarında Toprak Özellikleri ile Erozyon İlişkileri Köy Hizmetleri, Şanlıurfa.
- Trimble, S. W., 1997. Contribution of Stream Channel Erosion to Sediment Yield from an Urbanizing Watershed. Science, 278 (5342), 1442-1444. Doi:10.1126/science.278.5342.1442

- Tüfekçioğlu, A. ve Güner, S., 2009. Artvin-Murgul Yalancı Akasya Ağaçlandırmalarının Odun Üretimi, Biyokütle, Karbon Depolama, Toprak Islahı ve Erozyonu Önleme Yönlerinden Araştırılması, TÜBİTAK-TOVAG, Proje No: 106O418.
- Tufekcioglu, M., 2006. Riparian land-use impacts on stream bank soil and phosphorus losses from grazed pastures. MS thesis. Iowa State University, Ames, IA. ABD.
- Tufekcioglu, M., 2010. Stream Bank Soil and Phosphorus Losses Within Grazed Pasture Stream Reaches in The Rathbun Watershed in Southern Iowa. PhD. Dissertation. Iowa State University, Ames, IA. ABD.
- Tüfekçioğlu, M. ve Yavuz, M., 2016. Yusufeli Mikro Havzasında (Artvin) YüzeY Erozyonu Toprak Kaybının Tahmin Edilmesi ve Erozyon Risk Haritasının Oluşturulması. Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Artvin. cilt: 17 sayı:2 s. 188-199.
- Tufekcioglu, M., Yavuz, M., Vatandaşlar, C., Dinc, M., Duman, A. ve Tufekcioglu, A. 2018. Assessing and Mapping Erosion Risk for Velikoy Sub-watershed within Coruh River Basin in Turkey. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4 (2), 210-220.
- Tufekcioglu, M., 2018. Gully and streambank erosion and the effectiveness of control measures in a semi-arid watershed. Fresen. Environ. Bull. 27, 8233-8243.
- Tufekcioglu, M., Isenhardt, T.M., Schultz, R.C., Bear, D.A., Kovar, J.L., and Russell, J.R. (2012) Stream bank erosion as a source of sediment and phosphorus in grazed pastures of the Rathbun Lake Watershed in Southern Iowa, USA. Journal of Soil Water Conservation. 67(6), 545-555.
- Uluocak, N., 1974. Kuraklık ve Kurak Bölgelerin Özellikleri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 24, Sayı 2, Sayfa: 135-156.
- UNEP, 2012. The Benefits of Soil Carbon.
- Uzunsoy, O. ve Görcelioğlu, E., 1985. Havza Islahında Temel İlke ve Uygulamalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 3 310/371, İstanbul.
- Ünver, D. 1994. Erozyondan Korkuyorum, Geç Kalmaktan da. Özel Çevre Dergisi. No. 6.
- Vatandaşlar, C., 2015. Toprak Erozyonu Risk Analizinde Bitki Örtüsü ve Ürün Yönetimi Faktörünün (C-Faktör) Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Tahmini. Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107 s. Artvin.

- Vrieling, A., Jong, S. M., Sterk, G., Rodrigues, S. C. 2008. Timing Of Erosion and Satellite Data: A Multi-Resolution Approach To Soil Erosion Risk Mapping. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo-information*, 10, 267-281.
- Wolman, M. G., 1959. Factors influencing erosion of a cohesive river bank. *American Journal of Science* 257: 204-216.
- Yavuz, M. ve Tufekcioglu, M., 2019. Estimating Surface Soil Losses in the Mountainous Semi-Arid Watershed using RUSLE and Geospatial Technologies. *Fresen. Environ. Bull.* 28 (4), 2589-2598.
- Yıldırım, C., 2019. Çoruh Nehri Havzasına Bağlı Olur Mikro Havzasındaki Sediment Üretimini Erozyon Çubuk Yöntemi, Askıda Katı Madde Ölçümü ve GeoWEPP Tahmin Modeliyle Belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 204s. Artvin.
- Yıldız C., Demir T., 2012. Yarı Kurak Bölgelerde Farklı Bakı Koşullarına Sahip Yamaçlarda Erozyon Süreçlerinin İncelenmesi (Akziyaret Köyü, Şanlıurfa). *TÜCAUM VII. Coğrafya Sempozyumu* (18-19 Ekim 2012).
- Yıldız, C., 2016. Yarı Kurak İklim Bölgelerinde Farklı Bakı Koşullarına Sahip Yamaçlarda Erozyon Süreçlerinin İncelenmesi, Akziyaret- Şanlıurfa, Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı-Yüksek Lisans Tezi Şanlıurfa, 374s.
- Yılmaz, E. 2006. Çamlıdere Barajı Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi. *Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 111s. Ankara.
- Young, R. A., C. A. Onstad, D. D. Bosch ve W. P. Anderson, 1989. AGNPS: A nonpoint-source pollution model for evaluation agricultural watersheds. *J. of Soil and Water Conservation*, 44 (2) 168-173.
- Yüksel, A., Akay, A. ve Reis, M., 2007. Using The WEPP Model to Predict Sediment Yield in a Sample Watershed in Kahramanmaraş Region. *International Congress On River Basin Management*, 22-24 March 2007, Antalya.
- Yüksel, E.E.,2015. Borçka Barajı Yağış Havzası'nda Meydana Gelen Toprak Erozyonu ve Sediment Veriminin WEPP Erozyon Tahmin Modeli Ve CBS Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 287s. Artvin
- Zaimes, G. N. 2004. Riparian Land-Use Practice Impacts on Soil and Sediment Characteristics, and on Stream and Gully Bank Erosion Soil and Phosphorus

Losses With an Emphasis in Grazing Practices. Dissertation (Ph.D.). Iowa State University, Ames, IA. ABD.

Zaimes, G. ve Emanuel, R., 2006. Streams Processes for Watersheds Stewards. Cooperative Extension, College of Agriculture and Life Sciences, The University of Arizona. Publication # AZ1378g. pp.28.

Zaimes, N. G., Schultz, C. R, Isenhardt, T.M. (2008). Streambank soil and Phosphorus Losses Under Different Riparian Land-use in Iowa. Journal of the American Water Resources Association. 44 (4), 935-947.

Zengin, M., Özer, S. ve Özgül, M. (2009). Çoruh Havzası (İspir-Pazaryolu) Erozyon Durumunun CBS ile Belirlenmesi ve Çözüm Önerileri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40 (1), 9-19.

Zevenbergen L. W. and Thorne C. R., 1987. Quantitative Analysis of Land Surface Topography. Earth Surface Processes and Landforms 12: 47- 56.

Zobeck, T. M. ve Van Pelt, R.S., 2005. Erosion/WindInduced. Encyclopedia of soils in the environment, Pages 470-478.

URL-1.<https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1378g.pdf> (ziyaret tarihi; 04.10.2018)

URL-2. https://floodready.vermont.gov/sites/floodready/files/documents/rv_river_dynamics_101.pdf (Ziyaret tarihi; 05.02.2019)

URL-3.<http://www.coruhhavzasi.com/13-proje-uygulama-alanlari-genel.html> (Ziyaret tarihi; 05.02.2019)

ÖZGEÇMİŞ

Fotoğraf

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ACAR, Ayşe

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri: 1988- Malatya

Medeni hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Telefon : 0466 212 23 55

Faks :

E-posta : a_kara_4461@hotmail.com

Eğitim

Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet Tarihi

Lisans

KTÜ – Orman Fakültesi

04.06.2013

Yayınlar