

T.C
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI VERİ KAYNAKLARI TEMELİNDE
AKÇAY HAVZASI'NDA RUSLE(3D)
YÖNTEMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

AYDOĞAN AVCIOĞLU

2501170049

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. CİHAN BAYRAKDAR

***BU ÇALIŞMA İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA**
PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ TARAFINDAN
DESTEKLENMİŞTİR. PROJE NUMARASI: SYL-2019-33217

İSTANBUL – 2019

TEZ ONAY SAYFASI

	T.C. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI	
---	--	---

ÖĞRENCİNİN;

Adı ve Soyadı : Aydoğan AVCIOĞLU Numarası : 2501170049

Anabilim Dalı /
Anasanat Dalı / Programı : Coğrafya Danışmanı : Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR

Tez Savunma Tarihi : 12.06.2019 Saati : 13:00

Tez Başlığı : "Farklı Veri Kaynakları Temelinde Akçay Havzası'nda Toprak Erezyonun RUSLE (3D)
Yöntemi ile Değerlendirilmesi"

TEZ SAVUNMA SINAVI, İÜ Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin 36. Maddesi uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜNE** OYBİRLİĞİ / ~~OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Prof. Dr. Barbaros GÖNENÇGİL		Kabul
2- Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR		Kabul
3- Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR		Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Doç. Dr. T. Ahmet ERTEK		
2- Dr. Öğr. Üyesi Zeynel ÇİLGİN		

ÖZET
FARKLI VERİ KAYNAKLARI TEMELİNDE AKÇAY
HAVZASIN'DA RUSLE(3D) YÖNTEMİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

AYDOĞAN AVCIOĞLU

Toprak erozyonu günümüzde dünyanın ve Türkiye'nin mücadele etmesi gereken önemli çevresel sorunlardan bir tanesidir. Son yıllarda özellikle 20 yıl içinde niceliksel toprak erozyonu tahmin modelleri geliştirilmiştir. Rusle yöntemi de Wischmeir vd. tarafından 1978 yılında geliştirdikleri Usle yönteminin revize edilmiş halidir. Yöntem beş farklı faktörü hesaplayarak, çalışma alanından çıkan potansiyel toprak kaybını hektar/yıl/ton biriminde hesaplamaktadır. Yöntem tarım alanlarında toprak kaybını hesaplamak adına geliştirildikten sonra çeşitli revizyonlarla beraber yerbilimleri için bölgenin genel erozyon süreçleri hakkında bilgi verecek bir yöntem olarakta kullanılmaktadır. Çalışma sahası olarak erozyonel süreçlere açılmış olan, Fethiye'nin kuş uçuşu yaklaşık 30km kuzeyinde yer alan Karadağ'dan kaynağını alan Akçay Havzası, aynı zamanda Eşen Çayı'nın bir kolu olan Akçay Havzası seçilmiştir. Rusle yönteminde toprak kaybını elde etmek için , yağış ve akışın erozyon oluşturma faktörü R, toprağın erodobilte oranı K , eğim ve eğim uzunluğu faktörü LS, arazi kullanımı ve bitki örtüsü faktörü C, toprak koruma önlemleri faktörü P faktörler birbiriyle çarpılır. Bunun sonucunda ton/ha/yıl biriminde toprak kaybı elde edilmektedir. Çalışmada, LS faktörü oluşturan sayısal yükselti modellerinden(SYM) ‘ ‘ Srtm30m ‘ ‘, ‘ ‘Alos12.5m ‘ ‘ ve ‘ ‘TanDEM-X12m.’ ‘ kullanılmıştır. Bu faktör değeri, eğim ve eğim uzunluğundan meydana geldiği için dağlık alanlarda özellikle eğimin arttığı alanlarda artmaktadır Bu tür çalışmalarda kullanılan altlık SYM verilerinin çözünürlüğü ne kadar artarsa topoğrafyayı yansıtmaya gücüde o kadar artmaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre çözünürlük seviyesi en yüksek olan TanDEM-x12m SYM verisiyle üretilen potansiyel toprak kaybı miktarı 0 – 167 ton/ha/yıl, Alos12.5m 0 – 147 ton/ha/yıl, Srtm30m.'de ise 0 – 139 ton /ha/yıl olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: akçay, rusle, cbs, ls faktör, erozyon



ABSTRACT
EVALUATION OF RUSLE(3D) METHOD IN THE AKÇAY
BASIN ON DIFFERENT DATA SOURCES

AYDOĞAN AVCIOĞLU

Soil erosion which has to deal with today's world and Turkey is the one of the major environmental problems. In recent years, quantitative soil erosion estimation models have been developed especially in 20 years. The Rusle method is also described in Wischmeier et al. is a revised version of the Usle method that they developed in 1978. The method calculates the potential loss of soil from the study area in hectare / year / ton unit by calculating five different factors. The method is used to calculate soil loss in agricultural areas and then it is used as a method to give information about the general erosion processes of the region for geosciences with various revisions. Akçay Basin, which has been opened to the erosional processes, a branch of Eşen Stream and originating from Karadağ which is located about 30km north of Fethiye's, has also been selected as a study area. In order to obtain soil loss in the Rusle method, the erosion-forming factor of precipitation and flow R, the rate of soil erodibility K, slope and slope length factor LS, land use and vegetation factor C, the factors of soil conservation measures factor P are multiplied each other. As a result, soil loss is calculated in ton / ha / year unit. In the study, the LS factor RUSLE method of forming digital elevation model (DEM) 'Srtm30m.' ', 'Alos12.5m.' 'and' 'tandem-X12m.' ' is used. In the study, TanDEM-X12m., Alos12.5m. and Srtm30m. were used as numerical elevation models that formed the LS factor. Since this factor value consists of slope and slope length, it increases in mountainous areas especially in areas where the slope increases. If resolution of the DEM datas increase of the base used in such studies the power of reflect topography increase. According to the results obtained ,TanDEM-x12m that has the highest resolution, the potential soil loss amount of data is 0 - 167 ton / ha / year, Alos12.5m 0 - 147 ton / ha / year and Srtm30m. 0 - 139 ton / ha / year were calculated.

Keywords: akçay, gis, rusle, ls factor, erosion

ÖNSÖZ

“ Farklı Veri Kaynakları Temelinde Akçay Havzası’nda Rusle Yönteminin Değerlendirilmesi ” adlı bu çalışma günümüzde gerçekleştirilen toprak erozyonu çalışmalarının, dağlık bir bölge olan Karadağ ve çevresinde uygulanabilir olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışma ile beraber artan teknolojinin bilimsel çalışmalarda gerçek sonuçlara ulaşmada önemini göstermektedir. Literatürde Rusle yönteminde kullanılan altlık SYM verilerinin topoğrafya haritalarından enterpolasyon yöntemiyle üretilmiş olduğu bilinmektedir. Bu tez çalışmasıyla beraber “ İnterferometrik Radar ” destekli uydular aracılığıyla üretilen ve topoğrafyayı yansıtma gücünün, enterpolasyon yöntemi ile üretilenlere göre daha fazla olduğu SYM’ler kullanılmıştır. Özellikle bu kapsamda TanDEM-x12m. verisi son teknoloji ile üretilmiş, dünya çapında veriye sahip önemli bir SYM verisidir. Akçay Havzası değişen eğim ve yükselti şartlarıyla beraber özellikle Rusle yönteminde SYM verilerinin erozyon çalışmalarına etkisini karşılaştırılmasına yönelik amaçta ideal bir lokasyondur. Bu tez çalışmasında her koşulda her türlü desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve sabırla beni bilimsellik yolunda yönlendiren çok değerli tez danışmanım Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR’a şükranlarımı içten dileklerle sunarım. Tez konusunun şekillenmesinde bana fikirleriyle destek sunan Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR, Doç. Dr. Tolga GÖRÜM’e ve bilimsel anlamda bana lisans hayatımdan bu yana yol gösteren Prof. Dr. Cengiz AKBULAK’a çok teşekkür ederim. Toprak analizleri için Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü’nde laboratuvar işlemlerini gerçekleştirmemize olanak sağlayan Prof. Dr. Erol SARI ve analizlerde her türlü yardımı gösteren Arş. Gör. Tuğçe Nagihan ARSLAN KAYA’ya çok teşekkür ederim. Bu tez çalışmasına bilimsel veri temini açısından destekleyen Alman Uzay Ajansı (DLR)’na teşekkür ederim. Ayrıca teknik konularda desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Emre ELBAŞI’na, arazi çalışmalarına desteklerini esirgemeyen Onur YASAN ve Onur ALTINAY’a çok teşekkür ederim. Bu süreçte desteklerini sunan arkadaşlarım ve her zaman desteklerini hissettiğim çok değerli aileme en içten şükranlarımı sunarım.

Aydoğan AVCIOĞLU

İstanbul, Mayıs 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....	xiv
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xvii
GİRİŞ	1
Önceki Yapılmış Çalışmalar	7
Toprak Erozyonu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	7
Çalışma Alanı Yakın Çevresinde Yapılmış Fiziki Coğrafya Çalışmaları...	10
.....	10
Başlıca Erozyon Saptama Modelleri.....	11
WEPP (Su Erozyonu Tahmin Projesi).....	11
SWATT (Toprak ve Su Değerlendirme Aracı).....	12
LİSEM (Limburg Toprak Erozyon Modeli).....	12
Kuramsal Olarak Erozyon Ve Süreçleri	12

BİRİNCİ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

1.1 Yağış ve Akışın Erozyon Oluşturma Faktörü (R)	20
---	----

1.2 Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K)	22
1.3 Eğim ve Eğim Uzunluğu Faktörü (Ls).....	29
1.4 Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü Faktörü (C).....	31
1.5 Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)	32
1.6 Sayısal Yükselti Modelleri (Sym).....	33
1.6.1 Tandem-X 12m Sayısal Yükselti Modeli	33
1.6.2 Alos12.5m Sayısal Yükselti Modeli	34
1.6.3 Srtm 30m. Sayısal Yükselti Modeli	35
1.6.4 İnsansız Hava Aracı (İHA) ile Üretilmiş 1m.x1m. Çözünürlüğündeki Sayısal Yükselti Modeli	38

İKİNCİ BÖLÜM

EROZYONA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

2.1 Jeolojik Özellikler	39
2.2 Genel Jeomorfolojik Özellikler.....	42
2.2.1 Akçay Havzası'nın Jeomorfolojik Özellikleri	46
2.3 İklim Özellikleri	55
2.3.1 Sıcaklık.....	56
2.3.2 Yağış.....	56
2.3.3 Rüzgar	58
2.4 Toprak	59
2.5 Bitki Örtüsü	61

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

3.1 Yağış Ve Akışın Erozyon Oluşturma Faktörü (R).....	63
3.2 Eğim ve Eğim Uzunluğu Faktörü (LS).....	65

3.3 Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K).....	70
3.4 Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü Faktörü (C).....	74
3.5 Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)	77
3.6 Potansiyel Toprak Kaybı Bulguları	77
3.6.1 TanDEM-X 12m. Potansiyel Toprak Kaybı.....	77
3.6.2 Alos 12.5m Potansiyel Toprak Kaybı.....	79
3.6.3 Srtm30m. Potansiyel Toprak Kaybı	81
3.7 Sym Kaynaklarının Karşılaştırılması	83
SONUÇ VE TARTIŞMA.....	91

TABLolar LİSTESİ

Tablo I: Ayrışma türleri.....	14
Tablo II: Yüzey erozyonu ve deflasyonla kaybedilen toprakların dereceleri ve oranları.....	16
Tablo III: Oyuntu erozyonu (Gully) büyüme hızı.....	18
Tablo IV: Oyuntu erozyonu (Gully) uzunlukları.....	18
Tablo 1.1: Toprak Erodobilité Sınıfları.....	25
Tablo 1.2: TanDEM-X çözünürlük özellikleri.....	34
Tablo 2.1: Akçay Havzası eğim dereceleri.....	49
Tablo 2.2: Büyük Toprak Grupları Alansal Dağılımı.....	60
Tablo 3.1: R faktör değerlerinin alansal ve oransal dağılımı.....	63
Tablo 3.2: Alos12.5m. Ls değerler alansal ve oransal dağılımı.....	66
Tablo 3.3: Srtm 30m Ls değerler alansal ve oransal dağılımı.....	66
Tablo 3.4: TanDEM-X 12m. Ls Değerler Alansal Dağılımı.....	66
Tablo 3.5: K faktör değerleri alansal ve oransal dağılımı.....	71
Tablo 3.6: Toprak Erodobilité dereceleri.....	72
Tablo 3.7: Toprak Örnekleri K Faktör Değerleri.....	73
Tablo 3.8: Arazi kullanımı ve Bitki Örtüsü ile C faktör değerlerinin alansal dağılımı.....	75
Tablo 3.9: TanDEM-X12m. Potansiyel toprak kaybı miktarının alansal ve oransal dağılımı.....	78

Tablo 3.10: Alos12.5m Potansiyel toprak kaybı miktarının alansal ve oransal dağılımı.....80

Tablo 3.11 Srtm30m. Potansiyel toprak kaybı miktar ve alansal değerleri.....82



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil I: Türkiye Su Erozyonu Haritası.....	3
Şekil II: Akçay Havzası lokasyon harita.....	5
Şekil III: Damla erozyonu oluşumu.....	16
Şekil 1.1: Bistatik mod: Sentetik Aralıklı Radar (SAR) yöntemi ile yüzey modellemesinin bir aracı olan Bistatik mod, aynı noktaya bakan iki uzay aracının farklı hedef görüntüler oluşturmaları ile meydana getirdikleri radar yöntemi.....	34
Şekil 1.2: İnterferometrik radar uydu.....	36
Şeki 1.3: Srtm30m. Kabartma.....	37
Şeki 1.4: Alos12.5m. Kabartma.....	37
Şekil 1.5: TanDEM-X Kabartma	37
Şekil 2.1: Akçay Havzası jeoloji haritası.....	41
Şekil 2.2: Batı – Doğu Toroslar’ın bulunduğu Isparta Açısı ve yakın çevresinin lokasyon haritası.....	44
Şekil 2.3: Türkiye karstik bölgeler haritası.....	45
Şekil 2.4: Akçay Havzası eğim haritası.....	49
Şekil 2.5: Akçay Havzası yükselti haritası.....	51
Şekil 2.1: Akçay havzası bakı haritası.....	54
Şekil 2.7: Akçay Havzası Büyük Toprak Grupları Haritası.....	61
Şekil 3.1: Yağışın erozif faktörü haritası.....	65
Şekil 3.2: TanDEM-X 12m. Ls faktör haritası.....	67
Şekil 3.3: Srtm 30m. Ls Faktör haritası.....	68
Şekil 3.4: Alos 12.5m. Ls Faktör haritası.....	68
Şekil 3.5: Akçay Havzası eğim haritası.....	70
Şekil3.6: K faktör dağılışı haritası.....	73

Şekil 3.7: C faktör dağılış haritası.....	76
Şekil 3.8: TanDEM-X12m. potansiyel toprak kaybı haritası.....	78
Şekil 3.9: Alos 12.5m. potansiyel toprak kaybı haritası.....	80
Şekil 3.10: Srtm30m. potansiyel toprak kaybı haritası.....	82
Şekil 3.11: Örnek lokasyon konum haritası.....	84
Şekil 3.12: İHA1m. yükselti haritası.....	90



FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Foto 1.1: Toprak örneği alınan lokasyon	27
Foto 1.2: Toprak burgusu ile toprak örneği alımı.....	27
Foto 1.3: Toprak örneklerinin tane boyutu analizi hazırlanışı (1).....	28
Foto 1.4: Toprak örneklerinin tane boyutu analizi için hazırlanışı (2).....	28
Foto 1.5: Toprak örneklerinin organik madde analizine hazırlanışı.....	29
Foto 2.1: Alüvyon Yelpazesi (Bakış: Güneydoğu).....	40
Foto 2.2: Akçay taşkın ovası ve örgülü yatak akış tipi (Bakış; güney).....	47
Foto 2.3: Akarsu kanalı yamaçlarında gerçekleşmiş bir heyelan.....	48
Foto 2.4: Oyuntu erozyonu(Gully) alanları (Bakış; kuzeybatı).....	48
Foto I: Sığ heyelanlar üzerinde gerçekleşmiş Oyuntu (Gully) erozyonları.....	93
Foto II: Erozyonun yoğunlaştığı kuzey (yükseltinin arttığı) bölgeler (Bakış: Kuzeybatı).....	94
Foto III: Erozyon değerlerinin düşük olduğu taşkın ovası ve tarım arazileri -1.....	95
Foto IV: Erozyon değerlerinin düşük olduğu taşkın ovası ve tarım arazileri -2 (Bakış:Güneydoğu).....	96

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1.1: Toprak erodobilite oranı nomografı.....	24
Grafik 2.1: Akçay Havzası hipsometrik eğri.....	50
Grafik 2.1: A, A' Yükselti Profili.....	51
Grafik 2.2: B, B' Yükselti Profili.....	52
Grafik 2.3: C, C' Yükselti Profili.....	52
Grafik 2.4: D, D' Yükselti Profili.....	53
Grafik 2.5: E, E' Yükselti Profili.....	53
Grafik 2.6 : Akçay Yükselti Profili.....	54
Grafik 2.7: Sıcaklık Rejim Grafiği.....	56
Grafik 2. 8: Aylık Ortalama Yağış Grafiği.....	57
Grafik 2.9: Yağışın Aylara Dağılımı.....	58
Grafik 2.10: Fethiye Meteoroloji İstasyonu hakim rüzgar yönü grafiği.....	59
Grafik 3.1: İHA 1m. çözünürlüklü örnek alanı eğim derecelerinin alansal dağılımı.....	85
Grafik 3.2: Alos 12.5m. çözünürlüklü örnek alanı eğim derecelerinin alansal dağılımı.....	85
Grafik 3.3: TanDEM-X12m. çözünürlüklü örnek alanı eğim derecelerinin alansal dağılımı.....	86
Grafik 3.4: Srtm30m. çözünürlüklü örnek alanı eğim derecelerinin alansal dağılımı.....	86
Grafik 3.5: SYM eğim derecelerinin alansal karşılaştırılması.....	87
Grafik 3.6: İHA1m. Yükselti Profili.....	88

Grafik 3.7: TanDEM-X12m. Yükselti Profili.....	88
Grafik 3.8: Alos12.5m. Yükselti Profili.....	88
Grafik 3.9: Srtm30m. Yükselti Profili.....	89
Grafik 3.10: Örnek lokasyon için SYM'lerin yükselti profilleri.....	89



KISALTMALAR LİSTESİ

Rusle	Revised Univarsal Soil Loss Equation
A	Birim Alandan Gerçekleşen Ortalama Yıllık Toprak Kaybı Miktarı
R	Yağış-akış aşındırıcı faktörü (ton/ha/yıl).
K	Toprağın erozyona duyarlılık faktörü (ton/ha/yıl).
LS	Eğim ve eğim uzunluğu faktörü (birimsiz).
C	Bitkisel örtü ve ürün yönetimi faktörü.
P	Toprak ve su koruma önlemleri faktörü,
E	Toplam Şiddetli Yağış Enerjisi
ALOS	The Advanced Land Obsevering Satellite
AVNIR-2	Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer type 2
BTG	Büyük Toprak Grupları
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇEM	Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
ETKE	Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği
YETKE	Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Faktörü
EADS	Avrupa Havacılık Savunma ve Uzay Şirketi
M	Metre
Mm	Milimetre
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DLR	Alman Uzay Merkezi
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü

FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
JAXA	Japanyon Uzay Araştırma Ajansı
ICONA	İspanya Çevre Araştırmaları Genel Müdürlüğü
IDW	Inverse distance weighted
IRS	Hindsitan Uzaktan Algılama Uydusu
IKONOS	Amerikalı Uzaktan Algılama Uydusu
İHA	İnsansız Hava Aracı
km²	Kilometrekare
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MFI	Modifiye Fournier İndeksi
NASA	The National Aeronautics and Space Administration
SAR	Sentetik Açıklık Radar
ScanSAR	Sentetik Tarama Açıklık Radarı
SPOT	Fransız Uzaktan Algılama Uydusu
SRTM	The Shuttle Radar Topography Mission
SYM	Sayısal Yükselti Modeli
PPP	Ulusal Özel İşbirliği
PRISM	Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping
PALSAR	Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar
UA	Uzaktan Algılama
USLE	Universal Soil Loss Equation

GİRİŞ

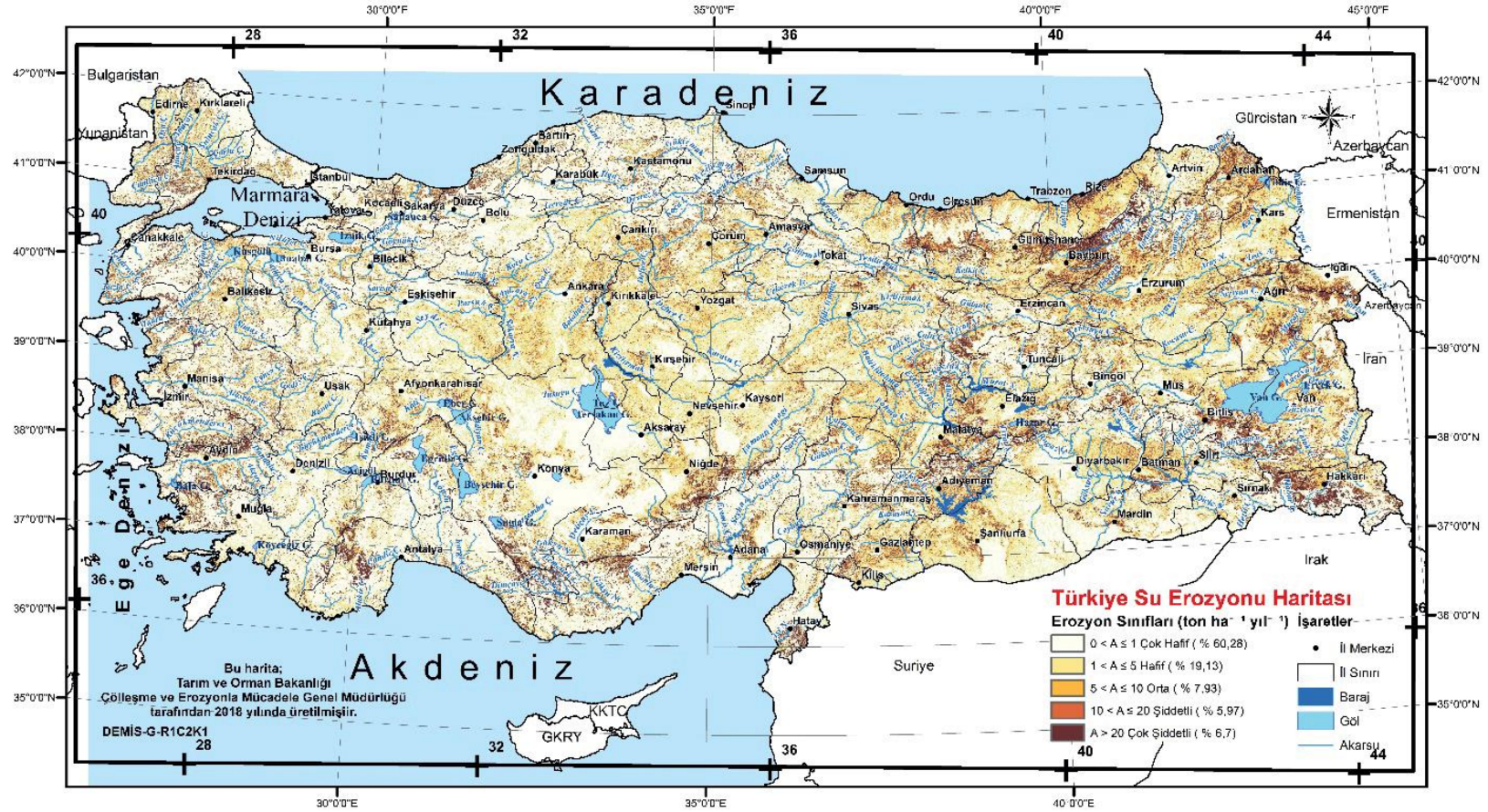
Toprak, anakayanın fizikisel dış etmen ve iç süreçler (tektonizma) unsurlarla etkileşimleri sonucu oluşmaya başlar ve oluşumu itibariyle uzun bir süreç gerektiren, insan hayatı için en temel ihtiyaçlardandır. Bununla beraber su ve hava ve organik maddelerin birleşimiyle ile doğada yaşamın en önemli temel unsurlarından birini oluşturması, insanlığın faydalandığı ve tarımsal faaliyetlerin, besin üretim sürecini garanti altına almak için vazgeçilmez bir yaşam kaynağı olarak görülmesine neden olmuştur. Bu nedenle insan hayatının devam edebilmesinde büyük önem taşıyan gıda, yem ve yakıt gibi temel ihtiyaçların karşılanmasında ve tüm karasal hayatın devamında en önemli unsur olarak kabul edilmektedir. (Blanco - Lal, 2008).

Yer kabuğunu oluşturan mineral ve kayalar, su, hava ve tektonizmanın etkisiyle sürekli olarak fiziksel ve kimyasal yollardan değişikliğe uğramaktadırlar. Bu olaylar, ana kaya üzerinde öncelikle parçalanmış ve ayrılmış, gevşek halde örtü depolarını oluşturmaktadır. Daha sonraki süreçte bu inorganik örtü depolarına organik unsurlar katılmakta ve toprak oluşumu gerçekleşmektedir (Morgan,1986). Özellikle tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi, günümüz şartlarında ancak mineral bakımından zengin, nispeten derin topraklarda mümkün olmaktadır. Ancak dış etken ve süreçler, ana kayanın deformasyona uğramasıyla birlikte bu örtüyü oluştukları yüzeylerden başka ortamlara taşımaktadır. Bu nedenle erozyon olarak adlandırılan bu süreç, insan yaşamına etkileri bakımından dikkate alınması gereken önemli bir sorun olarak algılanmalıdır (Morgan,1986).

Latineden gelen bir sözcük olan ve dilimizde “kemirme” demek olan erozyon, çok yavaş meydana gelen, gözle pek görülmeyen ve hızlı cereyan etmediği için zararsız bir aşınım olayıdır. Toprakların, oluştukları yerden çeşitli dış kuvvet etmenleri ile (su, rüzgar) aşındırılarak taşınması ve başka bir yerde biriktirilmesi olarak da tanımlanabilen bir doğal olaydır (Bahtiyar, 2003). Jeolojik açıdan düşünüldüğünde, erozyonun dünyayı şekillendirmesin önemli etkiye sahip doğal bir süreç olduğu söylenebilir (Erkal, 2012). Özellikle Kuvaterner (2.5my.ö.) başından

günümüze dünya üzerinde akarsu drenaj sistemi asli halini almış ve günümüzdeki topografyanın son şeklini vermiştir.

Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyon ile Mücadele Genel Müdürlüğü tarafından 2018 yılında oluşturulan Dinamik Erozyon Modeli ve İzleme Sistemi sonucu elde edilen verilere göre ülkemizde her yıl maksimum 642 milyon ton toprak su erozyonu sonucu harekete geçmektedir (ÇEM., 2018). Ortalama hektarda 8,24 ton toprak her yıl su erozyonu sonucu yer değiştirmektedir. Bu miktar ülkemiz yüz ölçümünün % 60,28'sinde çok hafif, % 19,13'ünde hafif, % 7,93'ünde orta, % 5,97'sinde şiddetli ve % 6,7'sinde çok şiddetli olarak dağılım göstermektedir. Eşitlik parametreleri incelendiğinde ülkemizde meydana gelen toprak kayıplarının mekânsal ve niceliksel değişiklik göstermesinde % 14,26 yağış, % 3,36 toprak, % 47,55 topografya, %34,82 bitki örtüsü etkili olmaktadır (ÇEM., 2018).Aşağıda Şekil I'de Türkiye su erozyonu tehlikesini gösteren, Rusle (Revised Universal Soil Loss Equation) yöntemi ile üretilmiş harita verilmiştir.

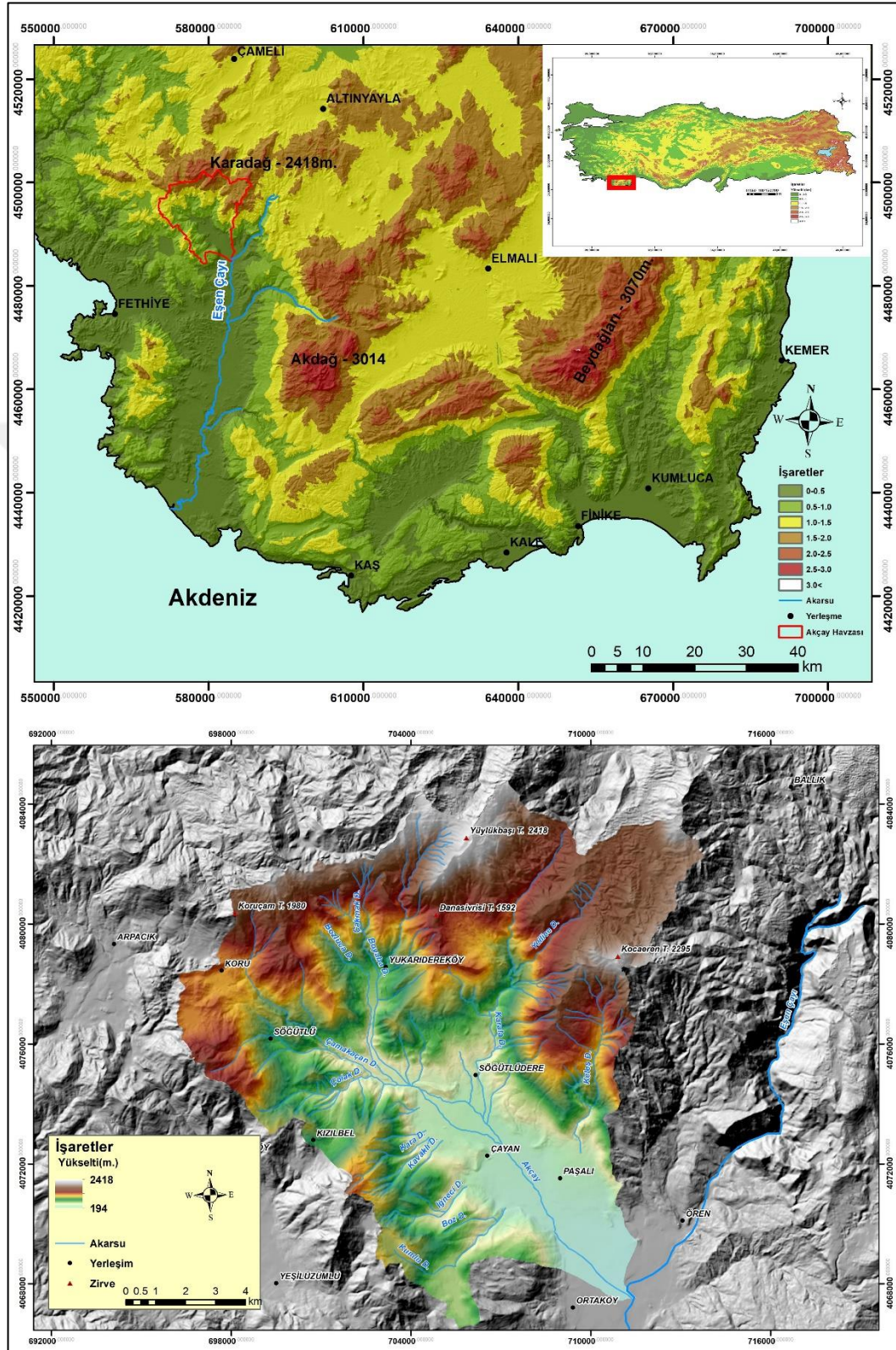


Şekil I : Türkiye Su Erozyonu Haritası (ÇEM,2018)

Tez sahası olan Akçay Havzası, Akdeniz Bölgesi'nin, Antalya Bölümü'nde yer alan Teke Yöresi içinde yer alır. İdari olarak büyük ölçüde Fethiye (Muğla) sınırları içerisinde yer alan Akçay Havzası'nın kuzeydoğu kısımları Denizli Çameli ve Burdur Altınyayla ilçelerin sınırında yer alır.

Akçay Batı Akdeniz'in önemli akarsularından biri olan Eşen Çayı'nın batıdaki kollarından biri olup, erozyonel süreçlerin, kütle hareketlerinin ve geniş taşkın yataklarında örgülü mecraya sahip bir koludur.

Akçay Havzası Fethiye'nin kuş uçuşu yaklaşık 30km kuzeydoğusunda yer almakta olup, Batı Torosları oluşturan dağ silsilesinden biri olan Karadağ Kütlesi güney yamacında bulunup yaklaşık olarak 185km² alan kaplamaktadır. Çalışma sahası genel olarak dağlık alanlardan oluşmaktadır ve havzayı kuzey, kuzeydoğu ve batıdan çevreleyen bir çok zirve yer alır. Bu zirvelerden çalışma alanının kuzey kesiminde Karadağ'ın en yüksek noktası olan Yüylükbaşı Tepesi (2418m) ile Kuruköknar Tepesi(2061m), doğu - kuzeydoğu kesiminde kalan İncepınar Tepesi (2020m), Buruncuk Tepesi (1962m), Kocaeren Tepesi (2295m) ve batı kesiminde Topan Tepesi (1215m) Akçay Havzasının en yüksek noktalarını oluşturmaktadır. Havzanın güney kısmı yükselti düşerek Akçay, Eşen Çayı'na katılmaktadır (Şekil II).



Şekil II: Akçay Havzası lokasyon haritası

Problemin Tanımlanması ve Amaç

Toprak kaybını tespit etmek için yapılan çalışmalarda, özellikle Akdeniz ülkelerinde, Rusle (YETKE) yöntemi son yıllarda sıkça tercih edilen bir yöntem olmuştur. Rusle yöntemi uygulamalarında ana veri kaynağı olarak, topoğrafya haritalarından üretilen sayısal yükselti modeli (SYM) kullanılır. Bu yöntemde SYM'ler 'Eğim ve Eğim Uzunluğu (LS) Faktörü' (Wischmeier,1976) hesaplamak için kullanılmaktadır. Son yıllarda gelişen teknoloji ile beraber haritalar için kullanılan veri kaynaklarının çözünürlükleri artmıştır. Tespit edilen çalışma alanındaki erozyonel süreci hesaplama adına seçilen Rusle yönteminde bugüne kadar yapılan benzer çalışmalar taranmıştır ve yapılan literatür taraması ışığında LS faktörü hesaplamak için topoğrafya haritalarından üretilen SYM'lerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Rusle ile ilgili önceki çalışmalarda LS Faktörünü hesaplamak için kullanılabilecek diğer SYM kaynaklarının (radar altı yöntemle elde edilen kaynaklar) – TanDEM-X , Alos, Srtm– kullanılmadığı görülmüştür. Yine Rusle yöntemi ile ilgili farklı SYM verilerinin karşılaştırıldığı çalışmaların literatürde yok denecek kadar az olduğu saptanmıştır.

Tez kapsamında RUSLE yönteminde özellikle LS faktörünün belirlenmesinde kullanılan ve topoğrafya ile ilgili bilgi veren farklı SYM'lerin karşılaştırılması yapılacaktır. Bu kapsamda kullanılacak olan SYM verileri; "TanDEM-X 12m, ALOS 12.5m, SRTM30m"dir. Belirtilen amaç kapsamında:

- Bahsedilen SYM verileri içinde, en yenisi ve çözünürlük açısından diğerlerine nazaran daha iyi sonuçların elde edileceğini düşünülen TanDEM-X12m ile diğer SYM veri kaynaklarının karşılaştırılması yapılacaktır.
- Elde edilecek olan sonuçlar ışığında çalışma alanında toprak kaybına ait kantitatif veriler elde edilecek ve potansiyel erozyon alanlarının yoğunlaştığı bölgeleri gösteren haritalar üretilecektir.
- Farklı çözünürlükte SYM veri kaynaklarının Rusle yöntemi için kullanılabilirliği test edilerek literatürdeki bu tarz çalışmaların zenginliğini arttırmak hedeflenmektedir.

Önceki Yapılmış Çalışmalar

Toprak Erozyonu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Bouyoucos (1935), toprak yapısının erozyona karşı dayanımını göstermek amaçlı oransal olarak bir takım açıklamalara gitmiştir. Bu açıklamalarının ifadesinde kum ve silt miktarlarını toprağın içinde bulunan kil miktarıyla orantısını almıştır. Vardığı sonuç ile toprağın içindeki kum ve silt oranı kil miktarına göre küçük değerlere sahipse toprak erozyona karşı dayanıklı, eğer değerler yüksekse toprak erozyona karşı dayanımı zayıf olduğunu ortaya koymuştur.

Laflen ve ark. (1991), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin havza idaresinde gün geçtikte popüleritesinin arttığını belirtmiştir. Artan bu popülerite ile beraber havzadaki erozyon tahmin çalışmalarında, geleceğe yönelik planlamalarla beraber toprağın verimli kullanımı ve korunmasında doğru sonuçlara ulaşmada CBS uygulamalarının önemli bir rol oynadığını belirtmiştir.

Kosmas ve ark. (1997), Fransa, Yunanistan, İtalya, İspanya ve Portekiz'i kapsayan Akdeniz ülkelerinden seçilen test alanlarında yürütülmüş ve arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğunun yüzey akışa ve toprak kaybına olan etkisinin araştırıldığı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlarla, bitki örtüsünden yoksun olduğu dönemlerde toprakların erozyona en çok maruz kalan alanlar olarak tespit edilmiştir. Toprağın bitki örtüsünden yoksun olduğu dönemler yağışın erozyon üzerinde de etki yarattığını ortaya koymuştur. Bununla beraber elde edilen sonuçlarda bahsedilen dönemde yağışların 200mm'den az düştüğü bölgeler için toprak kaybının yaşanmadığı ancak yağışların 700mm ulaştığı alanlar için toprak kaybının 90 ton/km² oranına kadar çıkabileceğini ifade etmiştir.

Toprak yüzeyinde yer alan taşların erozyon oluşumuna etkisini çalışan Figuerido ve Peosen (1998), 612 cm²lik deney metal bloklar ile yaptıkları bu çalışmada toprak yüzeyini % 17, % 30, ve % 66 oranında kum taşları ile örtmüşlerdir. Bu blokları % 10 eğimde ve 240 mm' lik doğal yağış almasına izin vermişler. Çalışmadan elde ettikleri sonuçlarda infiltrasyon ve yüzeyin taşlı bloklardan oluşması arasında pozitif ilişki fakat yüzey akışı ve akışla taşınma

arasında negatif ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlarla yağmur damlalarının düştüğü yüzeylerde eğer bloklar halinde taşlar bulunuyorsa gelen yağmur damlalarının bu taş bloklarına çarpma etkisiyle beraber yağışın akışa dönüşme oranını düşürdüğünü ortaya koymuşlardır.

Amerika'daki Missisipi Nehri Havzası'nda yer alan iki küçük alt havzada USLE modelini uygulamaya çalışan Darcy ve diğ. (1998) , yöntemin uygulandığı havzaların kapladığı alan bakımından birbirinden farklıdır ve bu alt havzalarda kullanılan haritaların çözünürlükleri de farklıdır. Çalışmada 30m x 30m çözünürlükten 6km x 6km çözünürlük arası haritalar kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında haritaların çözünürlüğünün artmasıyla beraber ortalama toprak kaybı değerlerinin arttığı sonucuna varılmıştır.

Ülke genelinde uzun yıllara ait 96 istasyonun verilerini analiz eden Doğan (2002), bu istasyonların R değerlerini tespit etmiştir. Değerlerin hesaplandığı alanlar incelendiğinde ülke genelindeki kıyı şeridinden yağmur yağışının gerçekleştiği alanlarda aşındırıcı gücü yüksek sahip olmasına rağmen, yüksek dağlık alanlarda yağışın genel olarak kar yağışı olarak düştüğü yerlerde değerler düşmektedir. Rize 481.385 ton/ha/yıl, Marmaris 522.178 ton/ha/yıl ile en yüksek R değerlerine sahip olan yerler olmasına karşın, Aksaray 13.693 ton/ha/yıl ve Van 17.625 ton/ha/yıl R değeri ile en düşük R değerine sahip yerler arasında yer almaktadır.

Güney Çin'de Shi ve diğ. (2003) tarafından gerçekleştirilen çalışmada küçük bir havzada CBS ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin yardımıyla Rusle yöntemini kullanmışlardır. Bu çalışma ile her bir faktöre ait etken haritaları üretilip, sonrasında bu haritalar birbiriyle karşılaştırılarak ve yeniden sınıflama yapılarak yıllık ortalama potansiyel toprak kaybı hesaplanmaya çalışılmıştır. Eğim derecesinin arttığı yamaçlarda yıllık ortalama toprak kaybının yüksek olduğu alanları oluştururken(52 ton/ha) iken eğim derecesinin azaldığı daha düz ovalık alanlar ise toprak kaybının düşük olduğu alanları meydana getirmektedir.(26 ton/ha)

D. Lu ve ark. (2004) Brezilya Amazonları Rondonia bölgesindeki toprak kaybını tespit etmede, Rusle yöntemini Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi

Sistemleri (CBS)'ni kullanmışlardır. Çalışmalarında toprak kaybı ile arazi kullanımı ve bitki örtüsü arasında ilişki kuran araştırmacılar, yaşlı ormanlık alanlarda erozyon oranının düşük olmasına rağmen, tarımsal ormancılığın yapıldığı ve otlak alanlarında orta ve yüksek derece toprak kaybı olduğunu tespit etmişlerdir.

Fu ve diğ. (2000) Rusle modelini, dünyada erozyon riskinin en fazla yaşandığı Çin'deki Loess Platosu'nda yer alan Yangjuangou havzasında aşınmaya karşı az dirençli löslerden meydana gelen bir platoda su erozyonunun meydana getirdiği toprak kayıplarını tahmin etmek için kullanmıştır. Bu çalışmada ana odak noktası değişen arazi kullanımı sonrası toprak erozyonu üzerinde etkisini ortaya koymak olmuştur. 1984 ile 1996 yılları arasında orman alanlarının %36 ve otlak alanlarının %5 artışı sonucu toprak erozyonun %24 oranında azaldığını ortaya koymuşlardır.

Modern erozyon çalışmalarında bütüncül bir yaklaşım olan Sezyum-137 Nükleidi'nin erozyon araştırmalarında kullanımına Türkiye'den bir örnekte Ertek, vd.,2004 yılında yaptıkları çalışmadır. İstanbul'un doğu ve batı yakasında bulunan, İstanbul için önemli su kaynaklarını oluşturan Ömerli Barajı ve Büyükçekmece Gölü havzaları üzerinde gerçekleştirilen bu çalışma, bu gölü ve barajın dolma riski ve oranı hakkında bilgi vermektedir (Ertek vd., 2004).

Cürebal ve Ekinci (2006), Kızılkeçeli Deresi Havzası CBS Tabanlı Rusle(3D) Yöntemiyle Erozyon Analizi adlı çalışması ile R faktörü hesaplamada Schreiber formülünü kullanarak eksik olan veri tabanını tamamlama da farklı bir bakış açısı getirerek alanla çalışma alanı ile ilgili dört farklı ayrı erozyon risk sınıfı belirlemişlerdir. Havzanın tamamı ile ilgili ortalama yıllık 44.16 ton toprak kaybı tespit etmişlerdir.

Çalışma Alanı Yakın Çevresinde Yapılmış Fiziki Coğrafya Çalışmaları

Avşarcan (1999), “Fethiye Körfezi Kuzeyindeki Dağlık Kesimde Jeomorfoloji Araştırmaları” adlı makalesinde isminde de anlaşılabacağı üzerine Fethiye’nin kuzeyinde kalan dağlık kesimlerin jeolojik yapıları ve özellikle jeomorfolojileri üzerine odaklanmaktadır. Bu kapsam da yazar bu alanı 3 ana bölgeye ayırarak incelemiştir: 1. Karadağ ve Çal Dağ Kütlesi, 2. Engelibeli Karstik Plato, 3. Aygır Dağı ve Güneyindeki Kesim.

Kurt (2000), “Batı Toros Polyeleri” adlı doktora tezinde, çalışma alanı ile batı yönünde yaklaşık 1000m’lik bir eşikle ayrılan Nif Polyesi’nide çalışmıştır. Kuzey – güney yönlü uzanan polye 6 km uzunluğunda ve yaklaşık 2.5 km genişliğe sahiptir. Bu polyede dikkat çeken önemli unsurlardan biride kuzey kenarında traverten görünümlü, gevşek dokulu, yuvarlak işlenmiş veya yarı köşeli iri kalkerli çakıllardan oluşan birikinti koni ve yelpazeleri dikkati çekmektedir. Polye içinde dışa akışı olduğu için düden bulunmamaktadır. 3 tanesi Arpacık yerleşmesinin kuzeyinde, 2 tanesi polyenin güneyinde olmak üzere 5 adet “Hum” bulunmaktadır. Humların yükseltisi yaklaşık olarak 10-15m. yüksekliğindedir.

Türkiye Akdeniz Kıyı Şeride Ekstrem Sıcaklıkların Göstergeleri adlı çalışmalarında Gönençgil ve Acar Deniz (2016), Akdeniz kıyılarındaki 16 meteoroloji istasyonlarının 1966 – 2015 yılları aralığındaki yaz ve kış ekstrem sıcaklıklarının günlük maksimum ve günlük minimum sıcaklıklarını belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu çalışmada, Türkiye’nin Akdeniz kıyılarındaki potansiyel olarak sıcak ve soğuk hava dalgalarından kaynaklanan ekstrem sıcaklıklarının (tropikal gece, yaz günleri, donlu günler) bölgesel değişimlerini çalışmışlardır.

Görüm vd. (2017), Batı Toroslar Silsilesi, Akdağ kütlesi üzerinde meydana gelen paleo bir heyelan üzerinde uzaktan algılama teknikleriyle beraber “*Geomorphology of the Mount Akdag landslide, Western Taurus range (SW Turkey)*” adlı çalışmayı hazırlamışlardır. Bu çalışmada kullanılan yüksek çözünürlüklü İHA verisiyle Akdağ heyelanının detaylı jeomorfoloji haritası

üretmiştir. Çalışma ile beraber, bu alanın 9.8km² genişliğinde, killi birimlerle kireçtaşı birimlerin dokanak noktasında meydana gelmiş paleo anakaya heyelanı olduğu tespit etmişlerdir.

Bayrakdar vd. (2017), “ Karadağ’da Pleyistosen Buzullaşmaları, Batı Toroslar, Türkiye ” adlı makalesinde buzul jeomorfolojisine ait önemli izler tespit etmişlerdir. Tespit edilen buzul jeomorfolojisine ait şekilleri içinde iki buzul vadisi ve 3 sirk vardır. Bunlar; Karadere buzul vadisi, Gürlek buzul vadisi, Akdağ, Koyunçukuru ve Toranto sirkleridir. Aynı zamanda çalışma kapsamında Pleyistosen’de kalıcı kar sınırının 2080m’ye kadar indiği ve toplamda buzul vadilerinin 3.6 km² alan kapladığı tespit edilmiştir. Çalışma İHA destekli yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarından üretilen Sayısal Yükselti Modeli (SYM) verileriyle literatüre buzul jeomorfolojisi konusunda zenginlik katmaktadır.

Başlıca Erozyon Saptama Modelleri

WEPP (Su erozyonu tahmin projesi)

Bu model 1985 yılında Amerika Tarım Bakanlığı (USDA) Tarımsal Araştırma Merkezi (ARS) tarafından çevre planlama ve değerlendirme, toprak ve su korumayı içeren yeni bir erozyonu modeli olarak tanıtıldı. Matematiksel denklemlere dayanan bu model toprak erozyonu ile ilgili, infiltrasyon, akış, yağmur damlası, sediment taşınımı, depolanma, bitki gelişimi ve ayrışma gibi önemli fiziksel süreçleri temsil eder. WEPP modeli yamaç alanlarında, büyük havzalarda ve küçük çaplı havzalarda da kullanılabilir. 1995’den bu yana yapılan güncelleştirmelerle beraber bu model Windows tabanlı çalışabilen ara yüze sahiptir ve CBS ile de uyumlu çalışabilmektedir. Rüzgar ve su erozyonun birleşimi olan model, veri tabanlarına kolayca ulaşabilir ve gelecek için yaygın bir ara yüze sahiptir. Rüzgar ve su erozyonun bir kombinasyonu olan model veri tabanlarına kolayca ulaşabilir ve ortak arayüze sahip olup geleceğe yönelik planlar yapabilmektedir. Model genel olarak yıllık, aylık ve günlük olarak farklı seçeneklerde erozyon tahmini seçeneklerinden oluşmaktadır (D. C. Flanagan, 2007).

SWATT (Toprak ve Su Değerlendirme Aracı)

Bu model, USDA, Tarımsal Araştırma Merkezi (ARS) için doktor Jeff Arnold tarafından akarsu havzaları ölçekli geliştirilen bir modeldir. SWATT, su kaynakları üzerine arazi yönetimi pratiklerinin, uzun zaman periyodunda değişen toprak, bitki örtüsü ve arazi kullanımına sahip geniş kompleks havzalarda sediment ve tarımsal kimyasal alanların etkisi tahmin etmek için geliştirilmiştir. Model, hava durumu ile ilgili belirli özellikleri, toprak özelliklerini, topoğrafya, bitki örtüsü ve havzada meydana gelen arazi kullanımı verilerine ihtiyaç duyar. SWATT modeli tarafından kullanılan unsurlar – akış, sediment taşınımı, bitki örtüsü gelişimi, besin döngüsü, fiziksel süreçlerle ilişkilidir (Neitsch, 2005).

LİSEM (Limburg Toprak Erozyon Modeli)

Toprak erozyonu kapsamında De Roo (1996) tarafından tanımlanan, fiziksel olarak hidroloji temelli ve toprak erozyonu modeli olan Lisem, Utrech Üniversitesi Coğrafya Bölümü ve Hollanda Wageningen’de Winard Staring Merkezi’nin Toprak Fiziği Bölümü tarafından geliştirilmiştir. Bu model planlama ve koruma çalışmalarında kullanılabilmektedir. Lisem modeli Coğrafi Bilgi Sistemleri ile tamamen entegre olmuş, fiziksel temelli modellerin ilklerinden biridir. Bu entegre modele, geniş havzalarda kolay uygulanabilirlik sağlar ve uzaktan algılama verilerinin kullanılmasına imkan sağlar. Modelde entegre olmuş işlemler, yağış, intersepsiyon, küçük ölçekli havzalardaki birikim alanları, infiltrasyon ve toprakta suyun dikey hareketi, yüzey akışı, kanal akışı, yağış ve yüzeysel akış tarafından deformasyondur. Bu yaklaşım Van Deursen and Kwadijk (1990) ve Van Deursen (1995) tarafından ileri sürülmüştür (De Roo, Wesseling, & Ritsema, 1996).

Kuramsal Olarak Erozyon Ve Süreçleri

G. K. Gilbert “Land Sculpture” kitabının “ Geology of the Henry Mountains “(1877) bölümünde erozyon sürecini 3 ana bölüme ayırmıştır. Bu bölümler 1) ayrışma (weathering), 2) taşınma (transportation) ve 3) korrazyon (korrazyon)’dur.

Bu kapsamda ayrışma, ana kayanın yeryüzünün çeşitli süreçlerle bütünselliğini kaybetmesi, taşınma ayrışmış ve hareketli zon da (regolith) bulunan malzemelerin akarsular yardımıyla okyanusa taşınmasını tanımlarken, korrazyon ise akarsular tarafından içinde taşıdıkları unsurların (silt,kum,çakıl boyutunda) aktığı yatakta diğer materyallere çarparak koparılması olarak tanımlanmaktadır (Gilbert 1877, s. 100; Anderson, 2010, s. 1962) . Ayrışma, erozyonun süreç olarak meydana gelmesi için başlangıç ve belki de en önemli en önemli safhasını meydana getirmektedir. Bu safhayla ilgili bilim insanları ayrışmayı çeşitli bölümlere ayırarak incelemişlerdir.

Ayrışma, belirli bir alanda dengedeki bir gerilme ile bu çevredeki kayaların ayrışması ve parçalanması ile değişime uğramış malzemelerin yeni bir örtü tabaka oluşturması olarak tanımlayan Sharma (2010), bu süreci 3 ayrı ana kapsamda incelemektedir(Tablo I).

Ayrışma Türleri	Süreç	Genel Karakteristikleri
Mekanik Ayrışma	-Sıkıştırma Gerilimi (Pressure release) -Termal genişleme (Thermal expansion) -Kristalleşme (Growth of crystals) -Hidratasyon (Hydration) -Tuzların kristalleşmesi(Crystallization of salts)	-Parça sayısında azalma -Yeryüzü alanında genişleme -Mineral yapısında bir değişme olmaz. -Etkileşimdeki yüzeyde yıkıcı etkiler
Kimyasal Ayrışma	-Oksidasyon (Oxidation) -Hidroliz (Hydrolysis) -Karbonasyon (Carbonation) -Çözülme (Solution) -Soğurma (Sorption) -Biyokimyasal, tutunma(adsorption) ve fotokimyasal tepkime	-Mineralların kimyasal özelliklerinin değişimi tamamlanır -Yeni ürün ve kalıntıların hacminde net artış -Çözülebilir kayaçların dağılımı ve ayrışması -Sabit kil minerallerinin oluşumu
Biyolojik Ayrışma	-Dağılma (Disintegration) - Çelasyon (Chelation) - Bakterisel - Nanobakterisel	-Kaya ve yeryüzü malzemelerinin organizma, hayvanlar ve bitkiler tarafından ayrıştırılması. -İnorganik ve organik bileşiklerin dönüşümü ve değişimi

Tablo I: Ayrışma Türleri

Yukarıda sıralanan nedenlerden dolayı, ayrılmamış veya bozulmamış ana kayanın üzerinde gerçekleşen ayrılmış maddelerin tamamına ayrışma mantosu veya regolit denmektedir (Sharma, 2000). Anakayanın üzerinde yer alan bu zon çeşitli horizonlardan oluşmaktadır ve bu horizonlara ayrışma profili denmektedir. Bu horizonlara ayrılmamış anakaya da dahil edilebilir. Regolit kabaca 3 ana horizonlardan oluşmaktadır. 1) ayrılmış anakaya(saprocks), bu horizon anakayadan ayrışmanın ilk aşamasını meydana getirir ve anakaya üzerinde yukarıdaki tabloda verilen sebeplerden dolayı enine, boyuna veya düzensiz çatlaklar oluşur. 2) Saprolit, ayrılmış anakaya üzerinde bulunan bu horizon alttaki katmana göre daha fazla ayrılmaya uğramıştır fakat hala içinde çoğunlukla anakaya parçaları bulundurmaz. 3) Hareketli Zon (mobile zon), saprolit üzerinde bulunmaktadır ve artık anakaya

parçaları bu horizonta görölmez, kesin bir ismi bulunmamasına rağmen bu horizonta dokusuz kuşak (zone lost of fabric), kalıntı (residuum), pedolit gibi isimlerin hepsi kullanılmaktadır (Huggett, 2007).

Regolit kesitinde de görülen hareketli zon özellikle erozyonel süreçlere maruz kalan kısımdır. Hareketli zonda çoğu alanda toprak oluşturmaktadır. Toprak erozyon süreçleri 2 ana dış kuvvet ile gerçekleşmektedir. Bu dış kuvvetler su ve rüzgardır. Bunlar arasında özellikle Rusle yönteminde de önemli bir etken olan R faktörü oluşturan yağış ve akış faktörünü su erozyonu oluşturmaktadır. Su erozyonu su damlacıklarının toprak üzerinde oluşturduğu fiziksel etkilerle meydana gelmektedir ve eğim, yükselti, bitki örtüsü, toprağın erodobilite oranı, yağış miktarı ve şiddeti gibi faktörlerde bu erozyon türünün şiddetini belirlemektedir. Su erozyonu damla, yüzeysel, oluk ve oyuntu erozyonu olmak üzere birkaç şekilde meydana gelmektedir. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

I. Damla Erozyonu (Raindrop erosion): Yağmur damlalarının bitki örtüsünden yoksun olan toprak yüzeyine şiddetli bir şekilde düşmesi sonucu ihtiva ettikleri kinetik enerji ile toprak agregatlarını parçalamaları ve yerlerinden oynatmaları olayıdır. İlk yağmur damlaları kuru toprak tarafından emilirler. Bu esnada çok ince yapılı zerreler darbe tesiriyle havaya sıçrarlar. Yaz sağanakları başlangıcında hissedilen toprak kokusu bu olayın sonucudur (Harvey, 1974; Mater, 1999; Çelik, 2010.).

Daha sonraki yağmur damlaları toprak içerisine sızarlar ve toprağın kohezyon kabiliyetini artırırılar. Daha sonrada toprak parçacıkları aşınmaya ve kopmaya başlar. Yağmur damlalarının çarpması ile sıçrayan toprak zerreleri 100-150 cm'lik bir daire içerisinde ve 60-90 cm'lik yükselti değerine ulaşırılar. Oklahoma State Üniversitesi, Toprak ve Su Koruma uzmanı Jason Warren'in damla erozyonu üzerine yaptığı deneylerden Şekil III'de aşağıda gösterilmiştir (Harvey, 1974).



Şekil III: Damla erozyonu oluşumu (Harvey, 1974)

II. Yüzeysel Erozyon (Sheet erosion): Yüzeysel akış olarak meydana gelen bu erozyon türünü doğada gözlemlemek zordur. Su akışı küçük depresyonlardan meyil doğrultusunda bitki örtüsünden yoksun alanlarda, toprak parçalarını aşındırarak taşıması ile meydana gelmektedir(Harvey, 1974).

Yüzey erozyonu engebeli, eğimin arttığı, bitki örtüsünün cılız alanlardan eğimin daha azaldığı alanlara doğru toprak katmanını transfer etmektedir ve bu sonucunda toprak horizonlarının alt kısımları yüzeilenmektedir (Harvey, 1974). Bu gibi arazilerde iklim toprak karakteri ile arazi eğiminin etkisi büyüktür. Bol yağışı bölgelerde orta veya fazla eğimli araziler bu tip erozyondan fazlaca zarar görürler (Mater, 1998). Aşağıdaki Tablo II’de yüzey erozyonu şiddet dereceleri verilmiştir.

Derece	Kaybedilen Toprak Oranı (m ³ /ha/yıl)	Erozyon şiddeti
1	< 0.5	Erozyon yok veya belirsiz
2	0.5 - 5	Hafif Erozyon
3	5 - 15	Orta Erozyon
4	15 - 50	Şiddetli rozyon
5	50 - 200	Çok Şiddetli Erozyon
6	200<	Katastrofik Erozyon

Tablo II: Yüzey erozyonu ve deflasyonla kaybedilen toprakların dereceleri ve oranları (Zachar, 1982; Mater, 1998).

III. Oluk Erozyonu (Rill erosion): “Yüzeysel erozyon ile oyuntu erozyon arasında bir geçiş meydana getiren bu erozyon şekli, yüzeysel erozyona karşı gerekli tedbirlerin alınmaması nedeniyle oluşur. Eğimli arazilerde yüzeysel akışa geçen sular, erozyona karşı hassas toprakları aşındırır ve kendilerine 3-5 cm. derinlik ve genişlikte küçük kanalcıklar oluştururlar. Bu kanalcıklar sürüm aletleri ile düzeltilebilir. İhmal edilmeleri, bu kanalcıkların derinlik ve genişliğine büyüyerek derin oyuntular meydana getirmelerine sebep olular. Arazi üzerinde eğim istikametinde meydana gelen bu kanalcıkların derinlik ve genişliği toprağın fiziksel özelliklerine, eğimin uzunluğuna ve derecesine bağlıdır”(Harvey, 1974; Çelik, 2010).

IV. Oyuntu Erozyonu (Gully erosion): Oluk erozyonunun ihmal edilmesi nedeniyle kanalcıkların giderek derinleşmesi suretiyle oluşan oyuntular, 60-90 cm. derinlik ve 3-5 m. Genişlikte olabilecekleri gibi bazı hallerde evleri bile içlerinde saklayabilecek büyüklüklere ulaşırlar. Açıkta kalan doğal drenaj kanallarından, muntazam olmayan çöküntü alanlarından, sürüm karıklarından hayvan ve araba tekerlek izlerinden, altları oyulmuş teraslardan oluşabilen oyuntular yağışın şiddeti, miktarı ve dağılımı, eğimin uzunluğuna ve derecesine ve toprak kalınlığına bağlı olarak meydana gelirler (Harvey, 1974; Çelik 2010). Doğada rastlanan oyuntu erozyonu şekillerine göre iki grup altında toplanır (Mater, 1998).

a) V tipi erozyon

b) U tipi erozyon

Oyuntu erozyonu şekilleri toprağın ve alt toprak kısmının karakteri ile ilişkilidir. Bu karakterler erozyonun şekli üzerinde etkili olur. Eğer toprak materyali kolaylıkla aşınıyorsa (lös toprakları ve alüvyal topraklarda olduğu gibi) meydana gelen oyuntuların duvarları diktir. Eğer alt toprak kısmı ve alttaki tabakalar erozyona dayanıklı ise oluşan oyuntuların duvarları hafif eğimlidir. Oyuntu erozyonunun uzunlukları ve büyüme hızları ile ilgili bilgiler Tablo III ve IV’de verilmiştir(Mater,1998).

Derece	Gully'lerin büyüme hızı (m/yıl)	Erozyon şiddeti
1	< 0.5	Erozyon yok veya belirsiz
2	0.5 - 1.0	Hafif Erozyon
3	1.0 - 3.0	Orta Erozyon
4	3.0 - 5.0	Şiddetli Erozyon
5	5.0 - 10.0	Çok Şiddetli Erozyon
6	10.0 <	Katastrofik Erozyon

Tablo III: Oyuntu erozyonu (gully) büyüme hızı (Zachar, 1982; Mater, 1998)

Derece	Gully erozyonunun etkili olduğu uzunluk (km/km ²)	Erozyon şiddeti
1	< 0.1	Erozyon yok veya belirsiz
2	0.1 - 0.5	Hafif Erozyon
3	0.5 - 1.0	Orta Erozyon
4	1.0 - 2.0	Şiddetli Erozyon
5	2.0 - 3.0	Çok Şiddetli Erozyon
6	3.0 <	Katastrofik Erozyon

Tablo IV: Oyuntu erozyonu (gully) uzunlukları (Zachar, 1982; Mater, 1998)

BİRİNCİ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

Rusle yöntemi özellikle Akdeniz ülkelerinde gerçekleşen toprak kaybını belirleme, potansiyel erozyon bölgelerini tespit etme amaçlı kullanılan yöntemlerde en çok tercih edilenden birisidir. Yöntem Usle adıyla 1957'de Wischmeier ve arkadaşları tarafından tarım arazilerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ve daha sonra 1971 de inşaat sahaları ve 1972'de de mera ve orman alanları için kullanımları da eklenmiştir (Wischmeier ve Smith, 1978). 1957 yılında geliştirilen model ilerleyen yıllarda gelişen teknoloji ile beraber, 1987 yılında Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığının (USDA) çalışmaları ile beraber revize edilmiştir. Bu revize olayı sonucu yeni model Rusle olmuştur. Temel de model yapısını korumasıyla beraber modeldeki katmanların hesaplama yöntemlerine yenilikler getirilerek, görsel anlamda Coğrafi Bilgi Sistemleri'ne (CBS) entegre edilmiştir. CBS' ye entegre edilen model ile birlikte eşitliğin hesaplanmasında artık paket programların rolü artmıştır.

Model, esasında tarım alanlarının, eğimli alanlardan akış ile taşınan uzun yıllara dayanan ortalama toprak kaybını tahmin etmek için geliştirilmiştir (Renard K. G., 1997). Fakat modelin kullanım alanı tarım alanlarıyla kısıtlı kalmamaktadır. Yöntem ayrıca tarım dışı alanlara da uygulanabilmektedir.

Usle modelinde belirlenen erozyonu etkileyen 5 faktör vardır. Bu 5 faktör modelin revize edilmiş hali olan Rusle'de de aynı şekilde de korunmaktadır ve ton/hektar/yıl biriminde uzun yıllara dayanan ortalama yıllık alandan çıkan toprak kaybını ifade etmektedir. Söz edilen bu 5 faktör aşağıdaki denklemde yerine konarak toprak kaybının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Wischmeier, 1978 göre formül aşağıdaki gibidir.

$$A : R \times K \times LS \times C \times P$$

A: Birim alandan gerçekleşen ortalama yıllık toprak kaybı miktarı (ton/ha/yıl).

R: Sağanak yağış ve akışın beraber aşındırma etkisini hesaba katar (ton/ha/yıl).

K: Toprağın erozyona duyarlılığını ifade etmektedir (ton/ha/yıl).

LS: Eğim uzunluğu (L) ve eğim dikliği (S) faktörlerinin erozyona etkisi ifade etmektedir. (birimsiz)

C : Arazi kullanımı ve bitki örtüsü faktörü (0 ile 1 arası)

P: Toprak koruma önemleri faktörü (birimsiz)

1.1 Yağış ve Akışın Erozyon Oluşturma Faktörü (R)

Erozyona sebebiyet veren önemli faktörlerden biri de suyun korazyon ve hidrolik aşındırma kuvvetidir. İklim elemanlarından olan yağmurda suyun korazyon ve hidrolik aşındırma kuvvetiyle beraber düştüğü alanda aşındırmaya neden olur. İlk olarak yağmur damlasının düştüğü alanda sahip olduğu kinetik enerji ile beraber hidrolik aşındırmaya neden olurken, düşen yağmur damlalarının belli bir yatağa kanalizasyonu ile beraber suyun için de bulunan partikül ve irili ufaklı boyutlarda parçacıklarla korazyon etkisiyle aşındırmaya sebebiyet verir (Wischmeier ve Smith 1978; Moore R. , 1979; Cooley, 1980; Moore, 1986a; 1986b; Rijks, 1998; Lorito vd., 2005; Cürebal & Ekinci, 2006).

Yağış ve akışın erozyon oluşturma faktörü, toprak üzerinde yağış yoğunluğu etkisini yansıtır ve R faktörünün hesaplanması için onun detaylı, devamlı yağış bilgileri gereklidir. R, fırtınalı bir dönemin iki en önemli karakteri olan yağış ve yağışın en yoğun olduğu dönemin erozivitesini belirlemenin göstergesidir. Önceki çalışmalar, tarım alanlarından toprak kaybının her yağışın yoğunluğu ve enerjisi ile alakalı olduğunu göstermektedir. Rusle'de kullanılan yağışın erozivite değeri yağmur damlası etkisini hesaplamalı ve ayrıca yağışla muhtemel alakalı olan akışın oranını ve miktarını yansıtmalıdır. Yağışın erozivite faktörü genellikle eğer böyle veriler ulaşılabilirse yağışın yoğunluğundan belirlenir. (Wischmeier and Smith, 1978).

Yağış ve akışın erozyon oluşturmaya sebep olan etkilerini belirlemek için bir çok araştırmacı çeşitli formüller oluşturmuşlardır. Yöntemi ortaya çıkaran bilim insanları Wischmeier ve Smith (1978)'in geliştirdiği formül aşağıdaki gibidir.

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{(1.5 \log_{10}(\frac{P_i}{P}) - 0.08188)},$$

R : Yağışın erozivite faktörü (ton/hektar/yıl)

P_i: Aylık ortalama yağış (mm)

P: Yıllık ortalama yağış (mm)

Özellikle Akdeniz ülkelerinde sıklıkla tercih edilen Rusle yöntemi, yağış erozivitesi faktörünü hesaplamada ayrıntılı yağış bilgisine gereksinim duymaktadır. Bu veriler, yağış süresi, yağış miktarı, yağış yoğunluğu ve yağmurlu gün sayısıdır. Sayılan bu verilere ulaşmak R faktörü hesaplanması için önemlidir fakat bu verilere ulaşmada çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır. Çünkü her meteoroloji istasyonunda yağışın ayrıntılı niceliksel verileri teknolojik yetersizliklerden dolayı tutulmamakta ve istasyonlarda tutulan verilerin elde edinilmesi sırasında kesintiler olabilmektedir. Bu sebepler nedeniyle dünyada düşen yağışın baz alındığı formüller geliştirilmiştir.

Yağış verilerinden R faktörünü tahmin etme yöntemlerinden biride MFİ (Düzeltilmiş Fournier İndeksi) (Ferro, 1991) formülüdür.

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P}$$

P_i = Aylık ortalama yağış verisi (mm)

P = Yıllık ortalama yağış

Burada yağışın erozitif faktörü ise = (4.17 MFI) – 152 eşitliğinden ortaya konulmaktadır.

Bu çalışmada da yukarıda da bahsedilen ayrıntılı veri kaynaklarının eksikliğinden dolayı aylık ve yıllık ortalama yağış verilerinin kullanıldığı MFI yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada R Faktörü hesaplamak için çalışma alanına yakınlığı ve kaydedilen verilerin uzun yılları (1960-2016) temsil etmesi açısından Muğla'nın Fethiye ilçesine ait veriler kullanılmıştır. İzlenen adımlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Fethiye Meteoroloji istasyonundan alınan yağış verileri Excell programında yıllık ve aylık ortalama yağış olarak sıralanmıştır.
2. Sıralanan yağış verileri Fethiye ilçesi meteoroloji istasyonunun yükseltisi olan 3 metreyi temsil etmesinden dolayı bu verilerin çalışma alanını temsil etmesi için Schreiber formülü kullanılmıştır.

$$\text{Schreiber Formülü} = Ph = Po + 54h$$

Bu formüle göre “Ph” yükseltisi bilinen ancak yağış tutarı bulunacak noktayı, “Po” yükseltisi bilinen ve yağış ölçümü yapan bir istasyonun yağış miktarıdır. Formülde geçen 54 rakamı 100 metrelik yükselti artışına paralel olarak yağışın 54 mm arttığını gösteren katsayı, h ise yağış değeri bilinen noktayla yağış değeri tespit edilecek nokta arasındaki yükselti farkının (hektometre olarak) değerini ifade etmektedir (Ardel, 1969; Dönmez, 1979; Cürebal & Ekinci, 2006).

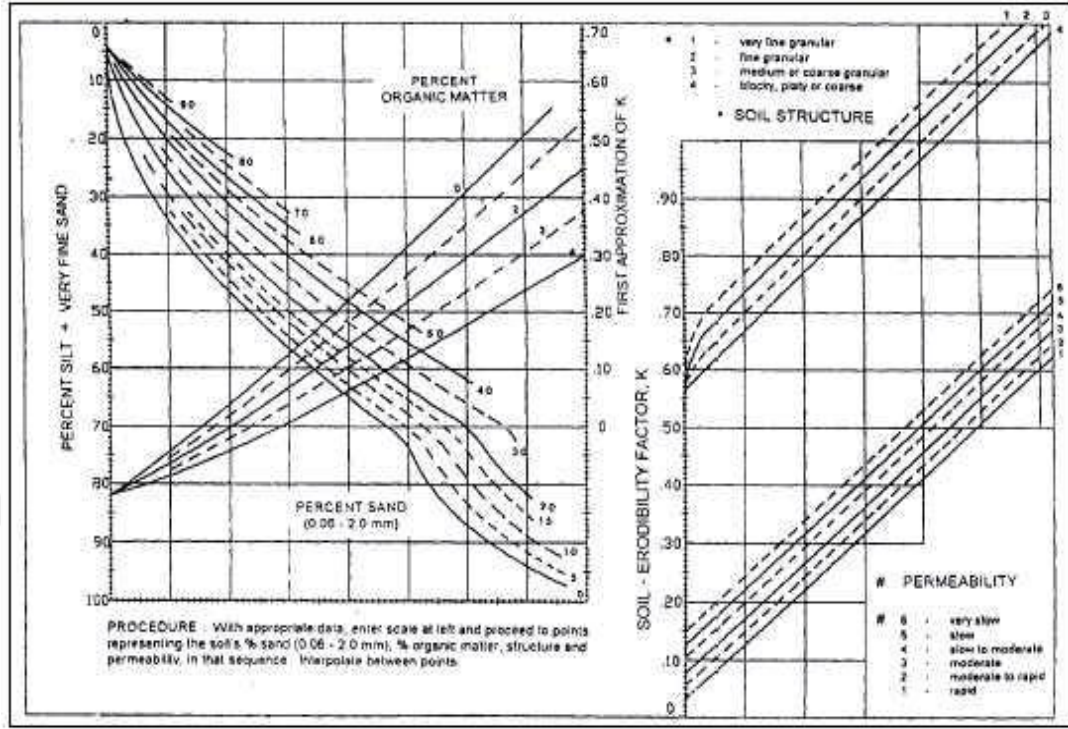
3. Schreiber formülüne göre çalışma alanının en yüksek noktası olan 2418m’ye kadar olan her 100 metrelik aralıklar için MFI formülü uygulanarak tespit edilmiştir.
4. MFI formülü uygulanarak elde edilen R değerlerini CBS ortamında faktör haritasını oluşturmak için ArcGIS 10.4.1 yazılımının Reclassify aracı kullanılarak, faktör haritası elde edilmiştir.

1.2 Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K)

Toprak, erozyonel süreçlerin gerçekleştiği ana kaynağı oluşturması bakımından önemliyken aynı zamanda erozyona sebebiyet veren önemli faktörlerden yağışın tutulması ve yağış gibi erozitif kuvvetlere karşı direnç göstermesi açısından önemlidir (Cürebal & Ekinci, 2006). Gerek anakayanın üstünde gerekse de taşınarak buraya gelen, fiziksel ve kimyasal yollardan değişikliğe uğrayarak oluşan bu gevşek örtünün erozyona karşı direncinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu direnci belirleyen faktörlerin başında, örtüyü oluşturan tanelerin büyüklüğü gibi yapısal özellikleri, su tutma kabiliyeti, kapasitesi ve toprak profili gerekmektedir (Wischmeier ve Smith, 1978).

Toprağın içeriğindeki çeşitli özelliklerden kaynaklanan ve aşındırıcı dış kuvvetlere karşı direncini ve erozyona uğrama eğilimi “Erodibilite” (toprağın erozyon eğilimi)olarak tanımlanmaktadır (Balcı, 1996). Erodibilite oranı çoğu zaman toprağın tekstür, strüktür, organik madde, hidrolojik geçirgenlik gibi parametre değerlerine göre değişmektedir. Toprak bu özellikleri beraber dış kuvvetlere karşı bazıları direnç gösterirken, bazı toprak çeşitleri ise kolayca dağılıp erozyona uğrayabilmektedir (Balcı, 1996; Çelik, 2010).

Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı (Yetke) eşitliğinde K faktör, % 9 eğim ve 22,1m eğim uzunluğundaki bir birim araziden, erozyon indisi olarak hektardan kaybolan toprağın ton olarak ifadesidir. (Renard K. G., 1997). Toprağın yapısal özelliklerinden organik madde içeriği, tekstür, strüktür ve su geçirgenliği değerine bağlı olarak K faktör değerlerinin değiştiği Wishmeier ve Smith tarafından 1978 yılında geliştirilen Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği Tahmin Modeli (Etke) denkleminde belirtilmiştir (Balcı, 1996) . Bu değerler 0 ile 1 arasındadır ve değer küçüldükçe aşınmaya karşı direnç artmakta ve toprak kaybı azalmaktadır. Topraklar erodibilite oranlarına göre sınıflanması Tablo2’de gösterilmektedir.(Sönmez, 1994). Bazı topraklar aynı erosif kuvvetler karşısında oldukça dirençli oldukları halde, diğer bazıları aynı kuvvetler altında kolayca çözünür ve dağılarak erozyona uğrarlar. Bu hususlar dikkate alınarak toprakların kendi iç bünyelerine bağlı aşağıdaki özellikleri dikkate alınmak suretiyle, toprak erodibilite faktörü (K)’yı veren bir nomograf geliştirilmiştir(Grafik 1.1).



Grafik 1.1 : Toprak erodibilite oranı nomografı (Wischmeier, 1978).

Burada dikkate alınan faktörler (1) toz+çok ince kum (%), (2) Kum miktarı (%), (3) Organik madde miktarı (%), (4) Toprak strüktürü ve (5) Permeabilitedir. Bu parametreler nomografıta yer almaktadır. Burada söz konusu olan “toz+çok ince kum” çapları 0.002 mm-0.10 mm arasındaki taneciklerden oluşan değişkendir. Kum ise 0.10 mm-2.0 mm çap dağılımındaki taneciklerdir. K faktörü Tablo 1.1’de dereceleri gösterilmiştir (Balcı, 1996; Abız, 2014).

Erodibilite Faktörü Değeri (K)	Aşınımın Derecesi
0.00 - 0.05	Çok az aşınabilir toprak
0.05 - 0.10	Az aşınabilir toprak
0.10 - 0.20	Orta derecede aşınabilir toprak
0.20 - 0.40	Kolaylıkla aşınabilir toprak
0.40 - 0.60	Çok kolaylıkla aşınabilir toprak
> 0.60	Aşırı derecede kolay aşınabilir toprak

Tablo 1.1: Toprak Erodibilite Sınıfları (Balcı, 1996)

Tez kapsamında, K faktörü elde etmek için Torri,1997'nin toprak tane boyutu (kum,kil,silt, %) ve toprak organik madde(%) parametrelerini ele alarak oluşturduğu denklem literatürde bir çok çalışmada kullanılmıştır (Cosentino D, 2012; Torri D., 1997). Bu kapsamda Akçay Havzası'nda belirlenen 12 noktadan toprak numuneleri alınmıştır. Çalışma kapsamında K Faktörü hesaplamak için izlenen akış şeması aşağıdaki gibidir.

1. Çalışma alanından toprak türünün ve litolojinin farklı olduğu noktalardan örnekler alındı. Örnek alımı sırasında toprağın 20cm altından toprak burgusu kullanılarak örnekleme işlemi yapıldı (Foto 1.1 ve 1.2).

2. Alınan örnekler İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü'nde tane boyutu ve organik madde analizleri yapıldı (Foto 1.3, 1.4, 1.5).

3. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü'nde her bir örnek için tane boyutu ve organik madde analizleri sonuçları K faktörü değerine çevirebilmek için Torri (1997 ve 2002)'nin bu konuda geliştirdiği denklem kullanılmıştır.

Toprak erozyonu çalışmalarında özellikle son yıllarda yayınlanan çalışmalarda Torri'nin toprak tane boyutu (kum,kil,silt, %) ve toprak organik

madde(%) parametrelerini ele alarak oluşturduğu denklem sıklıkla kullanılmış ve doğru sonucu elde etmede etkin bir denklemdir. Denklem aşağıdaki gibidir.

$$K=0.0293 \times (0.65D_G + 0.24D_G^2) \times \exp \left\{ -0.0021 \frac{OM}{f_{clay}} - 0.0037 \left(\frac{OM}{f_{clay}} \right)^2 - 4.02C + 1.72f_{clay}^2 \right\}$$

Denklemden D_G ;

$$D_G = -3.5f_{sand} - 2.0f_{silt} - 0.5f_{clay}$$

4. Bir sonraki aşamada araziden alınan ve laboratuarda analizi işlemleri gerçekleştirilen ve Torri (1997 ve 2002) denklemi ile K değerine çevrilen değerler CBS ortamına aktarılmıştır. Bunun için, araziden alınan örnek toprak lokasyonlarının -GPS verileri(x,y,z koordinatları)- CBS ortamına sayısal haritalara aktararak, laboratuarda elde edilen K faktör değerleri ile sayısal haritaların öznetelik tablosunda bağlanmıştır.

5. CBS ortamında elde edilen K faktör değerleri tek bir noktayı temsil etmektedir. Tek bir noktayı ifade eden değeri tüm alana yaymak için jeostatistiksel yöntemlerden biri olan enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem Arcgis 10.4.1 yazılımı içinde ArcToolBox > Spatial Analyst Tools > Interpolation > IDW araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Foto 1.1: Toprak örneği alınan lokasyon



Foto 1.2: Toprak burgusu ile toprak örneği alımı



Foto 1.3: Toprak örneklerinin tane boyutu analizi hazırlanışı (1)



Foto 1.4: Toprak örneklerinin tane boyutu analizi için hazırlanışı (2)



Foto 1.5: Toprak örneklerinin organik madde analizine hazırlanışı

1.3 Eğim ve Eğim Uzunluğu Faktörü (Ls)

Arazi de eğim, yükselti, bakı, yarıлма derecesi ve yamaç profili gibi özellikler jeomorfolojik faktörler olarak değerlendirilmektedir. Yamaç eğim – uzunluk – yükselti gibi özellikler dağlık bölgelerde özellikle eğimin arttığı yerlerde erozyonun boyutunu belirleyen önemli bir faktördür. Arazide suyun akış hızını etkileyen en önemli faktörlerden biri eğim olması bu faktörün erozyonu arttıran bir parametre olmasına neden olmaktadır. Bu bakış açısıyla bakıldığı vakit erozyon miktarı ile eğim değerleri arasında doğru bir orantı olduğu söylenebilir. Erozyon alanlarında, aşınma ve birikme alanları yamaçların iç bükey ve dış bükey profillerine ait özelliklerin belirlenmesi için Ls faktör değerleri önem arz etmektedir. (Foster;vd.,1981; Moore ve Wilson, 1992; Desmet, 1996; Cürebal – Ekinci, 2006).

Rusle modelinde eğim ve eğim uzunluğu etmeni (LS) topoğrafik etmenleri oluşturmaktadır. Eğim uzunluğu (L), yüzeysel akışın eğimin dik olduğu en üst noktadan başlayarak, düz sahalar da eğimin azaldığı birikme sahalarına kadar yada eğimin azaldığı alanlarda akarsunun bir drenaj kanalına yerleştiği bölgeye kadar

gelen yatay uzunluk mesafesidir (Wischmeier ve Smith 1978). LS faktörü, diğer coğrafik faktörlerin sabit kabul edildiği, 22.13 m uzunluğunda ve % 9 eğimi olan bir arazideki toprak kaybı miktarını temsil etmektedir. LS değerleri mutlak değerler değildir fakat 22.13 m uzunluğunda ve % 9 eğime sahip bir arazideki LS değeri 1 'dir (Wischmeier ve Smith 1978).

LS faktörünü araziden klasik ölçüm yöntemleri ile ölçmek oldukça zahmetlidir. Bu zorluklardan dolayı bazı araştırmacılar LS değerini CBS ortamında hesaplamak için çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Örneğin McCool ve ark. (1987, 1989, 1997), Nearing ve ark. (1989, 1994), Hickey ve ark. (1994), Hickey (2000), Van Remotel ve ark. (2001, 2004), Kinnell (2005).

Belirtilen araştırmacılar LS değerinin elde edilmesine yönelik değişik denklemler önermiş olmalarına rağmen, ortak olan noktaları, eğim derecesi ve akış toplamıdır. Araştırmacıların sadece hesaplamada kullandıkları sabit sayılar ve algoritmaları farklılık göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, araştırmacılar tarafından kabul edilen tek bir denklem olmadığını göstermektedir. Ls faktörü elde etme üzerine yapılan çalışmalarda karşılaşılanlar, eğimin ve yükseltinin arttığı bölgelerde, topoğrafyayı doğru yansıtmaya adına, gerçek dışı sonuçlara ulaşılmasıdır. Wang ve ark. (2001), Lee (2003), Başaran (2005), Onori ve ark. (2006), Bahadur (2008), Bayramin ve ark. (2008) ve Özcan ve ark. (2008) gibi araştırmacılar, kendi çalışmalarında, LS faktörünü hesaplamak için Moore ve Burch (1986), önerdikleri denklemi kullanılmışlardır. Bu çalışmada da Ls Faktörü hesaplamada paket programlardan yararlanılmıştır. Aşağıda Ls faktör üretim aşaması açıklanmıştır.

Çalışmada LS faktörünü hesaplamak için CBS ortamında Arcgis 10.4.1 ve SAGA 7.2.0 yazılımları kullanılmıştır ve aşağıdaki işlemler sırasıyla izlenmiştir.

- Çalışma alanının olduğu DEM verisi SAGA 7.2.0 CBS yazılımından Terrain Analysis > Compound Analysis araçları ile LS Faktör değeri elde edilmiştir.
- SAGA yazılımıyla elde edilen LS Faktör katmanı Arcgis 10.4.1 yazılımına aktararak “ Reclassify” (yeniden sınıflama) işlemi yapılarak faktör haritası elde edilmiştir.

1.4 Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü Faktörü (C)

Arazi kullanımı ve bitki örtüsü faktörü (C),, arazinin hangi amaçla kullanıldığı (yerleşme, tarımsal faaliyetler, maden çıkarımı vb.), bitki örtüsü gibi faktörlerin erozyon üzerindeki etkilerini tespit etmek ve bunun erozyona etkisi ortaya koymak için kullanılmaktadır. Bu faktör bitki örtüsü açısından dönemsel olarak değişkenlik göstereceğinden dolayı sabit kalmaz (Renard K. G., 1997) .

Gelişen uydu teknolojisi ile beraber uzaktan algılama yöntemleri, yer bilimleri çalışmalarında çok geniş kullanım yelpazesi sunmuştur. Bu gelişmelerden erozyon çalışmaları da yararlanmaktadır. Uzaktan algılama (UA) yöntemleri ile artık özellikle toprak erozyonu çalışmaları da son 20 yılda önemli bir ivme kazanmıştır. Toprak erozyonu çalışmalarında uydu görüntüleri ile istenen bir alanında bitki örtüsü tespit edilebilir o alanın arazi kullanımı türleri ortaya konulabilmektedir. UA yöntemleri ile bitki örtüsünün kapalılık oranları ve o bölgede bitki örtüsünün seyrek olduğu alanlar tespit edilebilmektedir (Corine, 2012).

Sentinel 1-2 , Landsat uydu görüntüleri zamansal ve olarak uzun bir arşive sahip olmalarından hem de radyometrik ve yersel çözünürlüklerinin geniş alanlardaki arazi kullanımı ve bitki örtüsünü saptamadaki elverişliliğinden dolayı en yaygın olarak kullanılan uydu görüntüleridir. Landsat ve Sentinel uydu görüntülerinin yanı sıra IKONOS, IRS, SPOT gibi uydulardan üretilen görüntüler de erozyon çalışmalarında tercih edilmektedir (Haboudane ve diğ., 2002; Parıngıt ve Nadaoka, 2003; Singh ve diğ., 2004; Symeonakis ve Drake, 2004; Tateishi ve diğ., 2004).

Bu çalışmada arazi kullanımı ve bitki örtüsü faktörünü elde etmek amacıyla CORİNE 2012 verilerinden yararlanılmıştır. CORİNE, Avrupa Komisyonu ve Avrupa Çevre Ajansı'nın "Copernicus" ortak projesinin "Land Monitor Service" adı altında Avrupa ölçeğinde oluşturduğu bitki örtüsü ve arazi kullanımı bilgilerini içeren bir veri kaynağıdır. 1985 yılında başlatılan proje günümüzde hala devam etmektedir (Corine, 2012).

CORINE2012 veri tabanını elde etmek için IRS P6 LISS III ve RapidEye uyduları bu veri kaynağını oluşturmak için kullanılmıştır. 2011 – 2012 yılları arasında gerçekleştirilen veri toplama döneminde 25m altında hassasiyette veri elde edilmiştir (Corine, 2012).

Akçay Havzası C faktör katmanını elde etmek için CORINE 2012 verisinin ilgili bölümü Arcgis 10.4.1 yazılımında kesilerek, C faktör haritası üretilmiştir.

1.5 Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)

Toprak koruma önlemleri, ekili-dikili araziler için düşünülen destek uygulamaları içinde kontur sürüm (tesviye eğrileri / izohipsler doğrultusunda veya dik sürüm ve dikim), şeritsel ekim, teraslama ve yüzey altı drenajı gibi yöntemleri kapsamaktadır. Gerçekleştirilen bu faaliyetlerde kuru alanlar veya meralarda izohipslere dik ve dike yakın meydana getirilen toprak bozma uygulamaları sonucunda toprakta bulunan nemin depolaması ve yüzey akışını azaltması sebebiyle koruma önlemleri olarak kullanılır (Çanga, 1985; Foster ve diğ., 1996). İlke olarak bu uygulamalar yüzeysel akışın akış şeklini, derecesini veya yönünü değiştirerek veya yüzeysel akışın miktarını ve hızını azaltarak erozyonu etkiler (Renard ve Foster, 1983).

Sıfır toprak işleme ve diğer toprak işleme sistemleri, çim temelli ürün rotasyonu, gübreleme ve malç uygulamaları gibi geliştirilmiş toprak koruma uygulamaları P faktöründe hesaba katılmaz. Bu tip erozyon kontrol uygulamaları C faktöründe değerlendirilir (Foster ve diğ., 1996). Arazide toprak koruma önlemleri alınmıyorsa $P = 1,0$ alınır (Wischmeier ve Smith, 1978; Çanga, 1985).

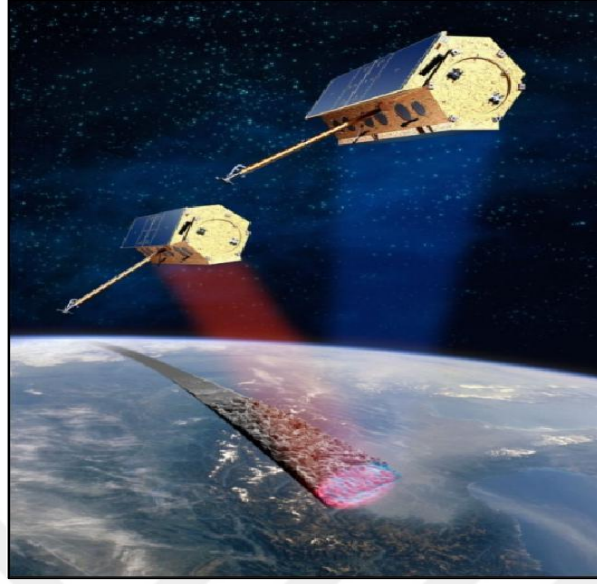
Wischmeier ve Smith'in belirttiği yöntemler ülkemiz kapsamında değerlendirildiği çok fazla uygulamada görüldüğü söylenemez. Eğer bir bölgede toprak koruma yöntemine dair bir çalışma yoksa bu faktör denkleme 1.0 değeri ile girer (Wischmeier ve Smith, 1978) ve denklemin sonucuna etki etmez. Bu kapsam da Akçay Havzası değerlendirildiğinde toprak kaybını önlemeye dair yukarı da sıralanan yöntemlerin olduğu gözlenemediğinden dolayı P faktör değeri denkleme 1.0 değeri ile dahil edilmiştir.

1.6 Sayısal Yükselti Modelleri (Sym)

Rusle yönteminde özellikle Eğim ve Eğim Uzunluğu (LS) faktörü hesaplamak için SYM verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanılan SYM kaynakları genellikle topoğrafya haritalarından üretilen 10x10m. çözünürlüğündedir(Çelik,2010; Yılmaz, 2006). Akçay Havzası'nda Rusle yöntemini uygulamak için farklı veri kaynakları kullanılmıştır. Bu yüzden dolayı tez kapsamında kullanılan TanDEM-X12m., Srtm30m., ve Alos 12.m. SYM verilerinin özellikleri aşağıda incelenmiştir.

1.6.1 Tandem-X 12m Sayısal Yükselti Modeli

TanDEM-X, Alman Uzay Merkezi (DLR) ile beraber PPP (Ulusal Özel İşbirliği) birliğinde EADS (European Aeronautic Defence and Space Company) Astrium GmbH ve Infoterra GmbH'in yüksek çözünürlüklü interferometrik SAR (Synthetic Aperture Radar) çalışmasıdır. 2010 yılında Kazakistan'dan fırlatılan uydu görevine başlamış, 2017 yılında görevini sonlandırmıştır. Uydu tam bir turunu 11 günde tamamlamaktadır. TanDEM-X çalışmasının kapsamında, bir önceki yapılmış çalışma olan TerraSAR-X görevinin birebir aynı uydu ile geliştirilmesi baz alınmıştır (<https://directory.eoportal.org>). Bu çalışmanın bir diğer amacı ise homojen kalitede ve çok yüksek oranda doğruluk oranı ile yeryüzünün üç boyutlu modelini doğru bir modelini çıkarmaktır (<https://www.dlr.de>). Bu görev kapsamında dünyanın 150 milyon metre kare alanının 3 boyutlu modeli oluşturulması hedeflenmiştir. Birbiriyle eş hareket eden 2 uydudan oluşan bu çalışma prensibinde şeritsel bir yol izleyen uydular birbirlerine 200m'ye kadar yaklaşp aynı noktanın fotoğrafını çekmektedirler(Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Bistatik mod: Sentetik Aralıklı Radar (SAR) yöntemi ile yüzey modellemesinin bir aracı olan Bistatik mod, aynı noktaya bakan iki uzay aracının farklı hedef görüntüler oluşturmaları ile meydana getirdikleri radar yöntemi.

SYM Ürünü	Bağımsız Piksel Boşluğu	Yatay Doğruluk	Dikey Doğruluk	Göreceli Dikey Doğruluk
TanDEM-X Dem (standart ürün arcsec 0.4)	0.4 arcsec	<10m	<10m	2m(eğim<20%) 4m(eğim>20%)

Tablo 1.1: TanDEM-X çözünürlük özellikleri

Yukarıda TanDEM-X Sym verisinin özellikleri özetlenmiştir (Tablo 1.2). Bu veri kaynağının güncel durumu 90m verisi dünyaya açık kaynaklı sunulmaktadır. Tez kapsamında kullanılan 12m çözünürlüğündeki tedarikçi kuruma - Alman Uzay Merkezi vd. – bilimsel proje kapsamında veri talebinde bulunarak elde edilmiştir.

1.6.2 Alos12.5m Sayısal Yükselti Modeli

Japonya Uzay Araştırmaları Ajansı (JAXA) tarafından 2006 yılı görev başlangıç için planlanan *The Advanced Land Observing Satellite (ALOS)*, Japonya'nın yeni nesil Dünya Gözlem uydusudur. Alos üç adet uzaktan algılama sistemi üzerinde taşımaktadır. 1- 2.5m çözünürlüğünde ; *Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping (PRISM)*, 2- 10m çözünürlüğünde ; *Advanced*

Visible and Near-Infrared Radiometer type 2 (AVNIR-2) ve polarimetrik *Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR)* . PALSAR sadece tam polarimetre, değişken nadir görüntüleme ve ScanSAR¹ işlemlerini içeren gelişmiş sensör performansı sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda, coğrafi ve geçici olarak tutarlı ve tekrarlı bir temelde küresel kapsama alanı hedefleyen coğrafi ve yarı-kıta ölçeklerinde biyo-fiziksel parametre alımı gerçekleştirmektedir(<https://www.eorc.jaxa.jp>).

Yukarıda özetlenen ALOS PALSAR uydusunun özellikleri kapsamında bu uydu tarafından ALOS 12.5 m SYM verisi üretilmiştir. Tez kapsamında 12.5 metre ALOS SYM verisi kullanılmıştır. Bu veri <https://vertex.daac.asf.alaska.edu> adresinden indirilmiştir.

ALOS fırlatıldıktan sonra 691 km yükseklikte bulunmaktadır ve yaklaşık bir tam turunu 46 günde gerçekleştirmektedir. ALOS veri kaynağı kartoğrafya, bölgesel gözlem, hastalık gözlemleri ve kaynak araştırmasında kullanılacaktır. (<https://www.eorc.jaxa.jp>).

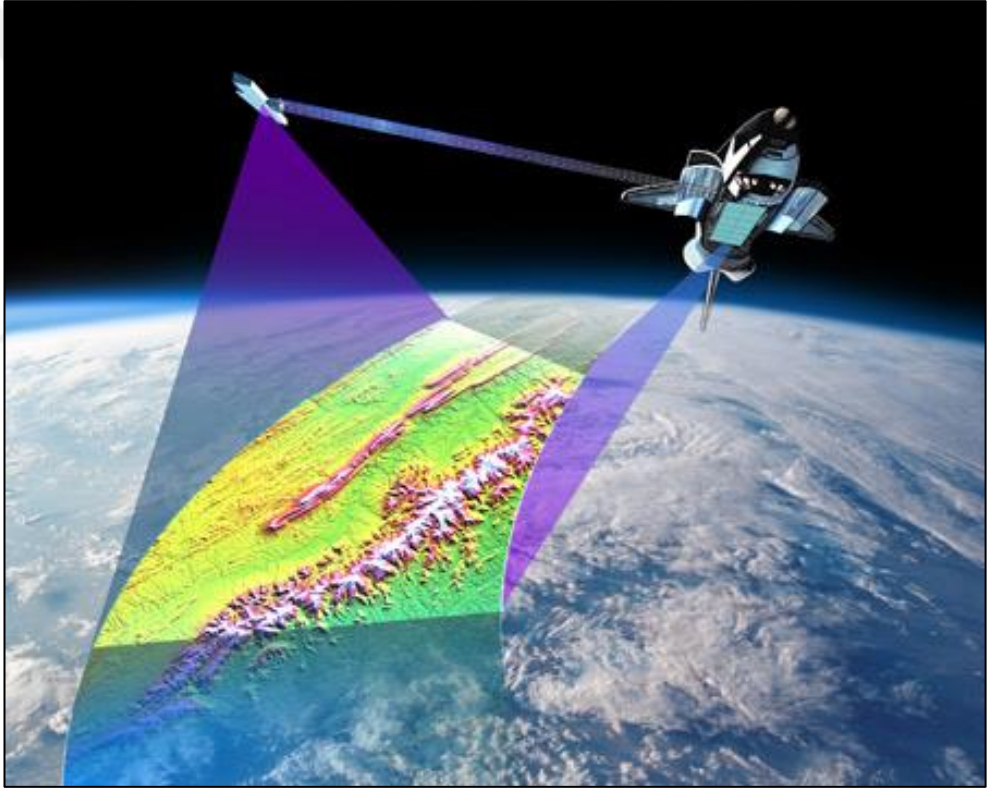
Yukarıda özetlenen ALOS PALSAR uydusunun özellikleri kapsamında bu uydu tarafından ALOS 12.5 m SYM verisi üretilmiştir. Tez kapsamında 12.5 metre ALOS SYM verisi kullanılmıştır. Bu veri <https://vertex.daac.asf.alaska.edu> adresinden indirilmiştir.

1.6.3 Srtm 30m. Sayısal Yükselti Modeli

The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) NASA (The National Aeronautics and Space Administration) ile beraber Alman ve İtalya Uzay Ajanslar ve ABD'nin "*The National Geospatial-Intelligence Agency*" kurumlarının ortak bir projesidir. Yeryüzünün yüksek çözünürlüklü sayısal yükselti modelini üretmek için

¹ ScanSAR: Sentetik Tarama Açıklık Radarı, ucuz maliyete çok büyük alanları jeofiziksel olgularını haritalandırmada etkili bir yöntemdir.

yapılan uluslararası bir çalışmadır. Enlem derecesi olarak 56° Güney ile 60°Kuzey enlemleri arasında kalan kara parçalarının sayısal yükselti modelini içermektedir. SRTM 2000 yılının Şubat ayında NASA'nın *Space Shuttle Endeavour* adlı fırlatma noktasından fırlatılmış ve STS-99 adlı görevi kapsamında 11 gün boyunca dünya çapında veri toplamıştır. Veri edinme teknolojisi olarak Spaceborne Imaging Radar – C/X- ve Sythetic Aperture Radar uydu teknolojisi kullanılmıştır. Kullanılan uydu teknolojisi, fırlatılan uzay aracına bağlı 60m uzaklıktaki bir anten ile radar dalgaları yollanması aracılığıyla gerçekleştirilip bu yöntem “ *Interferometric Synthetic Aperture Radar* ” olarakta bilinmektedir(Şekil 1.2).

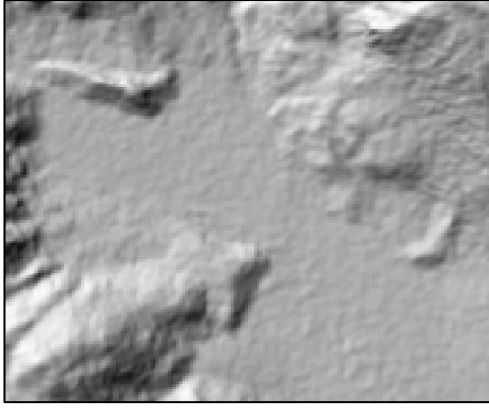


Şekil 1.2: İnterferometrik radar uydu

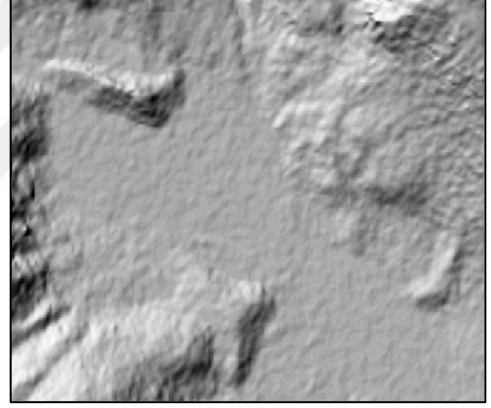
SRTM veri alma, yer yüzeyi taraması süresince bazı olumsuz durumlarla da karşılaşmıştır. Bu durumlardan bazıları özellikle engebenin arttığı yerlerde ve bitki örtüsünün yoğunlaştığı alanlarda veri toplamada kayıplar yaşanmıştır. Bu durum karşısında oluşturulacak SYM için SRTM kapsamında eksik veri olan alanlar

enterpolasyon yöntemi ile beraber eksik veriler giderilmiştir (<https://www.jpl.nasa.gov/>).

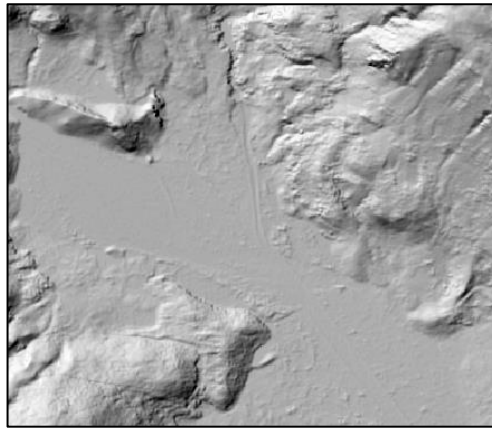
Gerçekleştirilen SRTM çalışması ile beraber 2003 yılında 90mx90m çözünürlüğünde ilk SYM verisi piyasaya sürülmüştür bununla beraber ileriki dönemlerde 30mx30m çözünürlüğündeki SYM verisi de şuanda tüm dünyada kullanıma açık ve <https://earthexplorer.usgs.gov/> internet sitesinden indirilebilmektedir. Tez kapsamında şuanda erişime açık olan en yüksek çözünürlükte olan 30mx30m SYM verisi resmi internet sitesinden indirilerek analizlere dahil edilmiştir. Aşağı SYM verilerinin karşılaştırmak adına kabartma haritalarından birer kesit verilmiştir (Şekil 1.3, 1.4, 1.5).



Şekil 1.2: Alos 12.5m



Şekil 1.3: Srtm30m.



Şekil 1.4: TanDEM-X12m

1.6.4 İnsansız Hava Aracı (İHA) ile Üretilmiş 1m.x1m.

Çözünürlüğündeki Sayısal Yükselti Modeli

İnsansız hava araçları, yersel veya mobil lidar araçları günümüzde fiziki coğrafya çalışmalarında bilim insanlarının sıklıkla tercih etmeye başladığı bir veri elde etme aracı olmuştur. Günümüzde İHA ile Sayısal Yükselti Modeli (SYM) üretilip çok çeşitli çalışma alanlarında kullanılmaktadır (Görüm vd.,2017; Özdemir, 2012). Bu çalışmalarda, 1m. çözünürlükte verinin dahi altında veri elde edilmektedir. Bu tez çalışmasında da TanDEM-X12m., Alos12.5m. ve Srtm30m. ve İHA1m. çözünürlüğünde veriler kullanılmıştır. Burada kullanılan İHA1m. çözünürlüğündeki SYM verisi diğer kullanılan verileri ile karşılaştırılması için üretilmiştir. İHA1m. SYM verisinin üretim aşaması aşağıda sıralanmıştır.

1. Örnek lokasyon belirlenip, İHA ile bölgenin birbiriyle bindirmeli şekilde ortofotosu çekilmiştir.
2. Çekilen ortofotolar Agisoft Metashape Pro. Yazılımına aktarılmıştır.
3. Aktarılan fotoğraflar yazılım içinde Workflow > Align Photos sekmesinden sıralanmıştır.
4. Sıralanan fotoğraflar ardından Workflow > Dense Cloud sekmesiyle nokta bulutu elde edilmiştir.
5. Elde edilen nokta bulutundan yine aynı araç Workflow > Build Dem sekmesinden sayısal yüzey modeli elde edilmiştir.
6. Elde edilen sayısal yüzey modelinin içinde bitki örtüsünden arındırmak için Workflow – Build Dense Cloud > Classify Ground Points sekmelerini kullanılmıştır. Bunun sonucunda SYM elde edilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

EROZYONA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

2.1 Jeolojik Özellikler

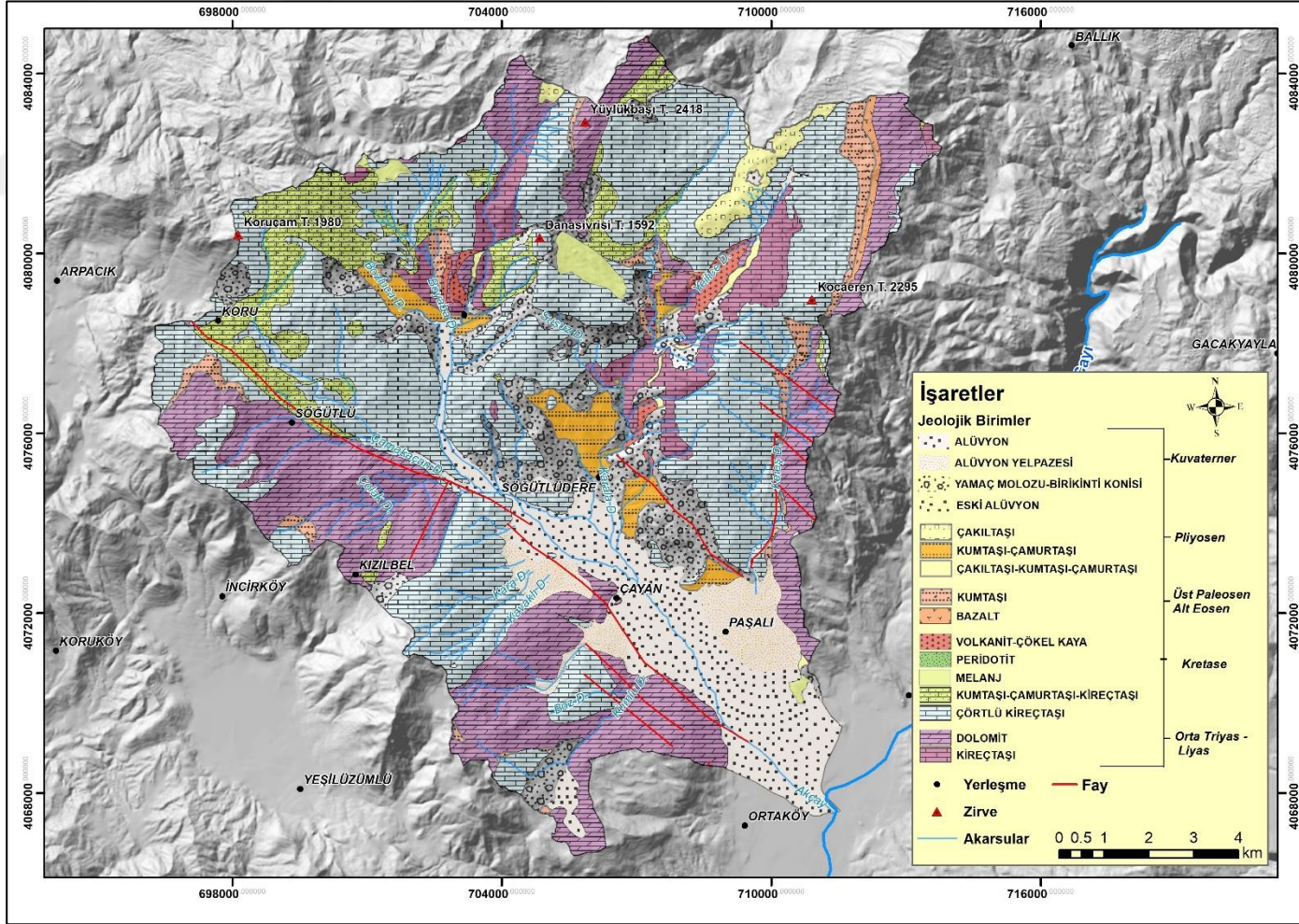
Çalışma sahasının erozyona sebep olan etkenlerini ortaya koymada, erozyona uğrayan sahanın litolojik geçmişi önem arz etmektedir. Litolojik formasyonların dağılışı, bunların fiziksel ve kimyasal yapısı toprak gelişimi üzerinde önemli rol oynamaktadır. Litoloji ile beraber tektonizma da bir sahada erozyonel süreçleri hızlandırabilmektedir. Bu perspektifte çalışma alanı içine dahil olan formasyonlar ve tektonizma aşağıdaki paragrafta kısaca özetlenmiştir.

Likya napları ile Beydağları otoktonu arasında uzun mesafeler boyunca yanal yönlerde devamlılık gösterir. Gömbe ve Yavuz birimi olmak üzere iki yapısal birimden oluşur. Çalışma alanı içinde kalan Gömbe birimi, Yeşilbarak napının alt dilimini oluşturur Yapısal olarak Yeşilbarak napı üzerinde bulunan Tavas Napı, Bodrum napı altında yer alır. Üst Devoniyen-Orta Eosen yaşlı kaya birimlerinden oluşan birimin tabanında Karadağ serisi ve Tekedere serisi olmak üzere, farklı iki temel bulunmaktadır (Şenel, 1997). Bodrum napı yapısal olarak Tavas napı üzerinde, Marmaris ofiyolit napı altında bulunur. Çalışma alanı içinde Çökek birimi ile temsil edilir. Çökek birimi, Üst Triyas-Liyas yaşlı Kayaköy dolomiti, Dogger-Malm yaşlı Sandak formasyonu, Kretase yaşlı Göçgediği formasyonu ve Üst Senoniyen yaşlı Karaböğürtlen formasyonunu kapsar. Aşırı dolomitleşme nedeniyle birimde formasyon ayrımı güçtür (Şenel, 1997). Kızılcadağ Melanj ve Olistostromu Formasyonu (Kkzm), yapısal olarak Marmaris peridotiti üzerinde, ofiyolit üstü kireçtaşı naplarının altında yer alır. Birim genelde, serpantinit, serpantinleşmiş harzburgit, dünit vb. kaya türlerinden oluşur. Bazik volkanit, neritik kireçtaşı, pelajik kireçtaşı, radyolarit, çört, dolomit vb. blokları içerir. Çameli formasyonu, genelde ince-orta-kalın tabakalı, kirli beyaz, kirli sarı, açık gri, yeşilimsi gri, renkli kumtaşı,

kiltaşı, killi kiraçtaşı, marn, konglomera vb. kaya türlerinden oluşur ve bu birimler Pliyosen yaşlıdır. Bu gölsel fasiyeslerin dışında formasyon, akarsu, göl kıyı fasiyesleri, delta ve/ veya göle uzanmış yelpaze çökelleri de kapsar. Ayrıca birimin tabanında akarsu-bataklık ortamında çökelmiş kömür düzeyli kırıntılılarda yer alır (Şenel, 1997). Alüvyon(Qal), akarsu yataklarında, çöküntü alanlarda, ovalarda, çakıl, kum ve çamur birikintileridir. Alüvyon Yelpazesi(Qay), akarsu ve ova kenarlarında, gevşek, az yuvarlak, yuvarlak veya köşeli çakıl, kum dolgularından oluşur. Yamaç Molozu ve Birikinti Konisi(Qym)(Foto 2.1), dağ yamaç ve eteklerinde, köşeli çakıllı ve bloklu, tutturulmamış yamaç molozu ve birikinti konilerinden oluşur (Şenel, 1997). Bahsedilen jeolojik özellikleri g Akçay Havzası Jeoloji Haritası Şekil 2.1 'de gösterilmiştir.



Foto 2.1: Alüvyon Yelpazesi (Bakış: Güneydoğu)



Şekil 2.1: Akçay Havza jeoloji haritası. . (Şenel,1997'den ve MTA yerbilimleri portalından düzenlenerek hazırlanmıştır.)

Çalışma alanı tektonik olarak aktif olan Burdur Fethiye Fay Zonu (BFFZ) üzerinde bulunmaktadır. BFFZ, Türkiye'nin güney batısında güneyde Fethiye'den, kuzeyde Çay - Şarkîkaraağaç'a kadar olan bölgede yaklaşık 300 km'lik bir hat boyunca uzanım gösteren sol oblik atımlı normal bir faydır. Bu fay tek yapısal bir çizgi halinde olmayıp birbirine paralel gelişmiş kesikli segmentlerden oluşmaktadır (Yağmurlu, 2000).

Otokton konumlu (Beydağları otoktonu) ve allokton konumlu (Likya napları-Yeşilbarak napı) kaya birimlerinin yüzeylendiği bölgede birbirinden farklı deformasyon izleri taşıyan yapısal birimler yer alır (Şenel, 1997).

Üst Senoniyen'de gelişmiş olan olası K-G yönlü sıkışma rejimine bağlı olarak Gülbahar napı, Domuzdağ napı ve Marmaris ofiyolit napı bir araya gelmiş e Senoniyen sonlarında da devam eden bu sıkışma rejimine bağlı olarak bu birimler Bodrum napı üzerine yerleşmişlerdir. Eosen sonlarında tekrar olası K-G yönlü sıkışma rejimine bağlı olarak bu naplar, altlarına Bodrum napını da alarak Tavas napı üzerinde sürüklenmişlerdir (Şenel, 1997).

Alt Miyosen'de bölgede benzer K-G yönlü sıkışma rejimi tekrar gelişmiş, daha önce Menderes Masifi güneyine yerleşmiş olan Likya napları Alt Langanien'de, Menderes Masifi ile Beydağları otoktonu arasından kaynaklanan Yeşilbarak napını da altlarına alarak kuzeyden güneye doğru Beydağları otoktonu üzerine bindirmişlerdir. Pliyosen sonu ve sonrasında bölgede, büyük çapta normal faylanmalar gelişmiştir (Şenel, 1997).

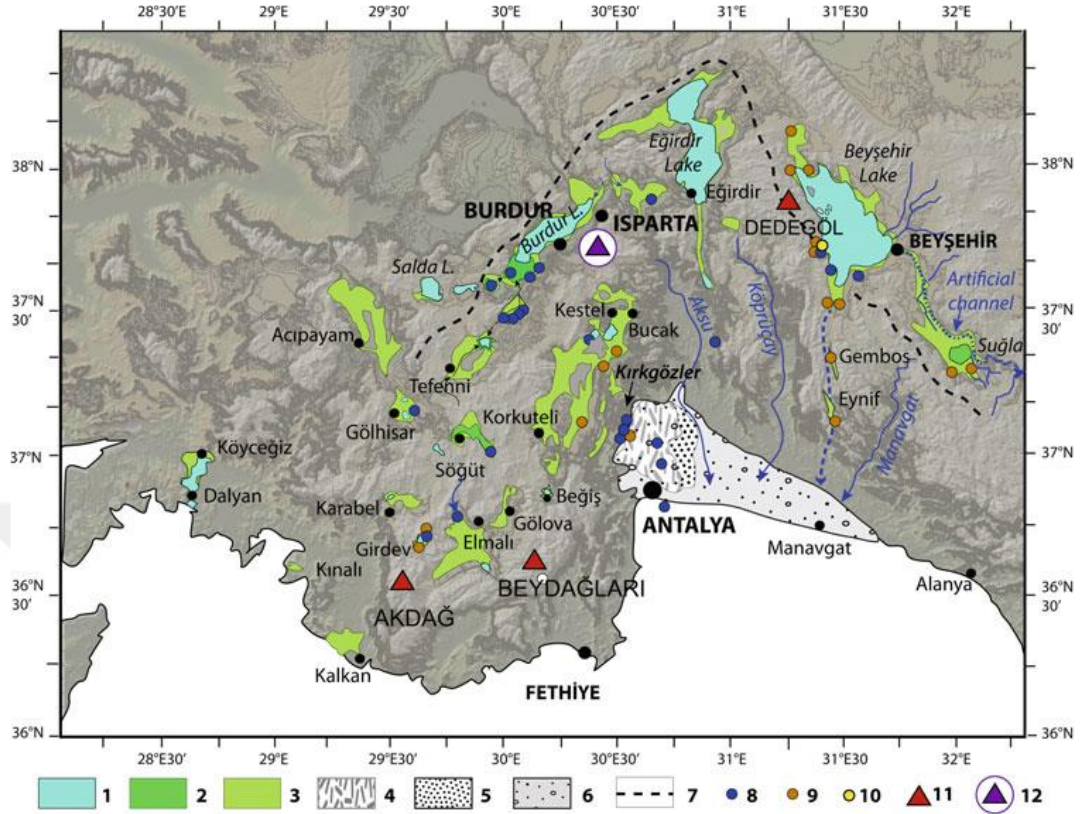
2.2 Genel Jeomorfolojik Özellikler

Karadağ'dan kaynağını alan Akçay havzası çalışma alanı Batı Toroslar dağ silsilesi içinde yer almaktadır. Batı Toroslarda bulunan bütünüyle kütleli bir görünümde olan Karadağ, Fethiye Körfezi'nin hemen kuzeydoğusunda 30 km kuş uçuşu mesafede 2418 m zirveye ulaşır ve 2300 m üzerinde birçok yükseltiye sahiptir.

Geç Kretase(65my.ö) ve Paleosen(65my.ö) boyunca Afrika Levhası'nın, Anadolu Levhasının altına dalması başlaması ile bu dalma batma olayı Eosen sonlarına kadar sürmüş, Neotetis'in kapanması ve de Tetis'in karbonatlı platformunu

sıkışıp, kıvrılmasına sebep olmuştur. Batı ve merkezi Toroslar'da bu Eosen sıkışması, öncül Toros sıradağlarının yeryüzünde oluşmaya başlaması ve yoğun denizel karbonatlıların yükselimiyle sonuçlanmıştır (Monod et al. 2006; Çiner et al. 2008; Cosentino et al. 2012; Doğan et al. 2017; Kuzucuoğlu, 2018). Orta Miyosen'de Arabistan ve Avrasya'nın Bitlis Kenet Kuşağı boyunca çarpışması yeni bir tektonik dönemi, neotektonik rejimi başlatmıştır (Şengör 1982; Avşarcan, 1992). Neotektonik rejimin araştırma alanındaki etkisi ise, Ege'deki horst-graben sistemleri kadar gelişmiş olmasa da, genelde düşey yöndeki deformasyonlar şeklindedir. Bu dönemde oluşan fay dokusu, aynı yaştaki aşınım yüzeylerinin farklı yükseltilerde yer almalarına, bazen de çarpılmalarına neden olduğu gibi, ilksel akarsu ağının parçalanmasından ve karstlaşmanın gelişmesinden geniş ölçüde sorumludur (Avşarcan, 1999).

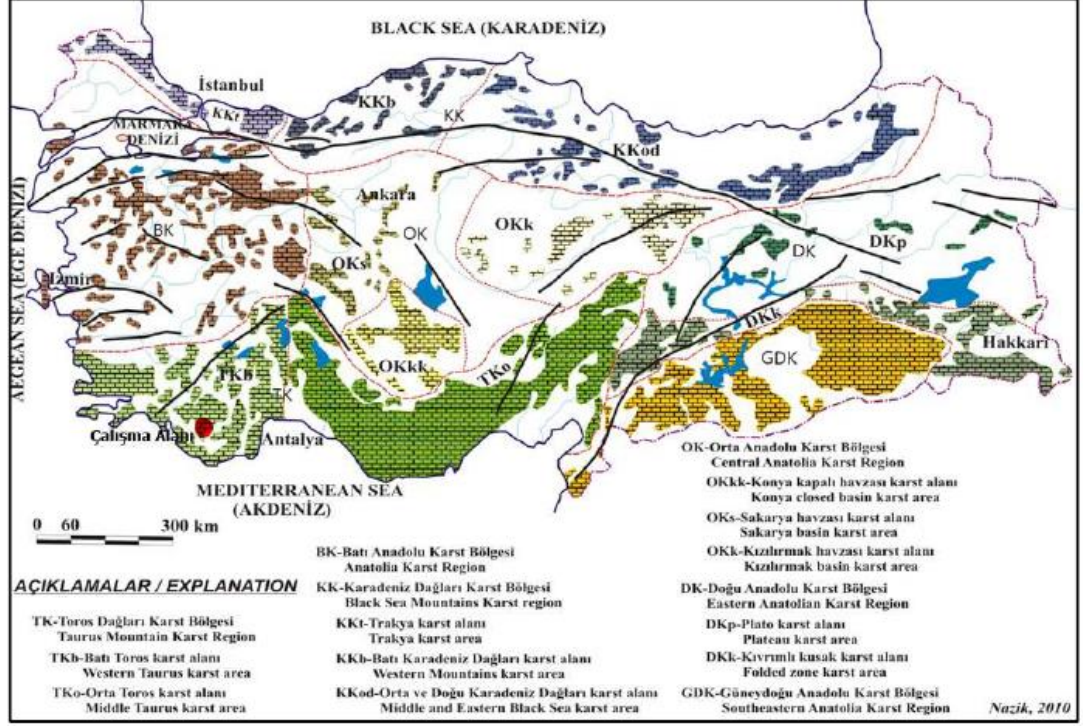
Toros dağ kuşağı yaklaşık 1000 km kadar uzanmaktadır ve ülkemizde Akdeniz bölgesinin kuzey sınırlarını oluşturmaktadır. Akdeniz bölgesinde ikiye ayrılmaktadır. Çalışma alanını da kapsayan ve Teke yarımadasını oluşturan Batı Toroslar Ege bölgesinin güney sınırlarına kadar uzanır. Datça yarımadasından Antalya Körfezi'ne kadar uzanan Batı Toroslar Akdağ Masifi (Uyluk T. 3016m), Beydağları (Kızılarsivrisi T. 3086m) ile kuzeyde Göller Yöresine doğru uzanmaktadır. (Kuzucuoğlu, Çiner, & Kazancı, 2018). Batıdan doğuya uzanan Orta Toroslar, (1) Taşeli Yarımadası, kuzeyde (2) Göksu Havzası, Toros Kuşağı kuzeydoğu yönünde Madendağ ve Aladağlar olarak uzanmaktadır. Antalya'nın kuzeyinde Doğu ve Batı Toroslar'ın birleştiği alanda "Isparta Açısı" (Isparta Angle) adıyla dağ birleşim kuşağı oluşmaktadır. Toroslar Dağ Kuşağı'ndaki dağlık alanlarda oluşan tüm yer şekilleri (Batı – Doğu Toroslar ve Isparta Açısı) normal ve bindirme faylar, alçalan ve yükselen bloklar ve Alp kıvrımının doğu – batı yönlü meydana gelen kayıtlarını içermektedir (Kuzucuoğlu, Çiner, & Kazancı, 2018). Aşağıdaki Şekil 2.2'de Batı – Doğu Toroslar'ın bulunduğu Isparta Açısı ve yakın çevresinin lokasyon haritası verilmiştir.



Şekil 2.2: Batı – Doğu Toroslar’ın bulunduğu Isparta Açısı ve yakın çevresinin lokasyon haritası, 1. Göl; 2. Sulak Alanlar; 3. Polyeler; 4. Antalya Travertenleri; 5. Pliosen Kongromeraları; 6. Plio – Kuvaterner Antalya ovası dolguları; 7. Isparta Açısı sınırı;

Yerli kayalar yanında nap örtülerinin (Likya Napları) yaygın olduğu Batı Toros Karst alanında Jura-Kretase kireçtaşları geniş yer tutarlar. Yatay ve düşey tektonik hareketlerin etkili olduğu ve çok sayıda polyenin (Acıpayam, Elmali, Korkuteli, Bucak, Tavas, Çameli, Kestel, Yarıklı ve diğ) yer aldığı bu alanda sığ yüzey karstlaşması gelişmiştir (Nazik, 2005). Eriyebilir kayaların alttan veya yanlardan ofiyolit ve geçirimsiz birimlerce çevrelendiği bölgenin ana orojenik hatları KD-GB yönlüdür. Bu hatlar yer yer K-G ve KB-GD yönlü faylarla kesilmiştir. Neotektonik dönemde oluşan bu faylar, farklı yapısal birlikler arasındaki yeraltı ve yerüstü hidrolojik ilişkinin kurulmasını sağlamışlardır. Beydağları Otoktonu’na ait kireçtaşlarının yer aldığı Batı Toroslar’ın orta bölümü “merkezi yükselim alanı” konumundadır. Pliyo-Kuaterner epirojenik yükselimin etkili olduğu bu kesimde, paleo (Miyosen-Pliosen) ve neo (Kuaterner) karst içiçe (çok dönemli) geçmiştir.

Parçalanarak askıda kalmış polye ve uvalalar ile Kuaterner kanyon vadi ve boğazlarının yaygın olduğu bölgenin üst kesimlerinde (Akdağ) ise glasiyo-karsta ait şekiller yer alır (Nazik & Tuncer, 2010a).



Şekil 2.3: Türkiye karstik bölgeler haritası (Nazik 2010a)

Teke Yarımadasında Karadağ, Beydağları, Akdağ ve Sandıras gibi Pleyistosen buzullaşmasına maruz kalmış dağlardan biridir (Bayrakdar,2017). Literatürde Karadağ'ın jeomorfolojik özellikleri ile farklı yorumlar vardır. Avşarcan (1999), yaptığı çalışmada Karadağ'ın flüvyal, karstik ve periglasyal şekillerin bir arada görüldüğü bir kütle olarak bahsetmektedir. Güncel yapılan çalışmalarda ise, Bayrakdar vd. (2017) Karadağ'da Pleyistosen buzullaşmalarının izlerini net şekilde görüldüğü, farklı yönlerde (kuzeye, batıya ve doğuya) bakan sirkler ve bunların önünde tazeliğini koruyan belirgin cephe, tümseksi (hammocky) ve yan morenlerin varlığından bahsetmektedir.

Akçay havzası Eşen Çayı'nın önemli kollarından biridir. Çalışma alanının yakın çevresinin jeomorfolojisinin şekillenmesinde önemli pay sahibi olan Eşen Çayı, kuzey-güney yönlü uzanış gösteren bir akarsudur. Tektonik bir çöküntü oluğuna yerleşmiş olan akarsu, güneydeki ağız bölümünde geniş bir körfezi

doldurarak oluşturduğu taşkın-delta ovasında denize ulaşır (Öner, 1996). Göçmen,1977 'e göre Eşen Çayı vadisi jeomorfolojik olarak 4 ayrı alt bölümden oluşmaktadır. 1) Çevre: Asli enine konsekanları meydana getiren başlıca kollar. 2) Eşikler: Mesozoik kalkerlerinin aşındırıldığı ve ofiyolitlerin eşik oluşturduğu alanlar daha çok batı kesimde kalmaktadır. 3) Alüvyal dolgu: Vadi tabanını teşkil eden neojen dolgular zamanla parçalansa da taraçalar halinde çayın ağız kısmındaki eşik bölgesinin (Kınık) kuzeyinde kalan dolgu alanlarını temsil eder. 4) Delta: Eşen, denize döküldüğü alanda tektonik olarak kenarları faylarla barizleştirilen bir senklinalin ağız kısmını dolduran bir delta alanı oluşturmaktadır.

2.2.1 Akçay Havzası'nın Jeomorfolojik Özellikleri

Akçay Havzası'nda yer şekilleri çok engebelidir ve kısa alanda değişiklik göstermektedir. Akçay Havzası'nda kuzeydeki su bölümü hattındaki zirveler ile vadi tabanında topoğrafik yükselti farkı 1700 metrelere ulaşır. Aynı zamanda bu alanda eğim 70° bulabilmektedir. Eğim dereceleri kısa alanda değişen yükselti farkıyla doğru orantılı kısa mesafede değişkenlik göstermektedir. Tablo 2.1'de verilen eğim dereceleri ve şekil 2.4'de verilen eğim haritası incelendiğinde alanın yaklaşık %25'lik bölümü çok eğimli alanlardan oluşmaktadır. Kuzeyden güneye doğru alçalan yükselti ile beraber eğim dereceleri de düşmektedir. Eğim derecesinin düştüğü ve Akçay'ın akış ile getirdiği malzemeler Söğütlüdere Köyü – Paşalı - Ovaköy istikametinde kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı bir taşkın ovası oluşturmaktadır ve çay bu kesimde örgülü bir akış yatak tipi sergilemektedir (Foto 2.2).



Foto 2.2: Akçay taşkın ovası ve örgülü yatak akış tipi (Bakış; güney).

Aynı zamanda Eşen Çayı'nın da önemli bir kolu olan Akçay, Ovaköy mevkiinden Eşen Çayı'na karışmaktadır. Eğim derecesinin arttığı vadi yamaçlarında eğim yönünde sığ karakterli heyelanlar görülmektedir(Foto 2.3). Gerçekleşen kütle hareketleri ile beraber kopan irili - ufaklı çakıl blokları çayın alt kısmında taşkın ovasının malzemelerin oluşturmaktadır. Çörtlü Kireçtaşı üzerinde gelişmiş olan Kırmızı Akdeniz Toprak'ın bulunduğu vadi yamaçlarında yer yer erozyonel süreçlerini olduğunu gösteren “ Gully Erozyonu “ (Foto 2.4) yer şekillerine rastlanmaktadır.



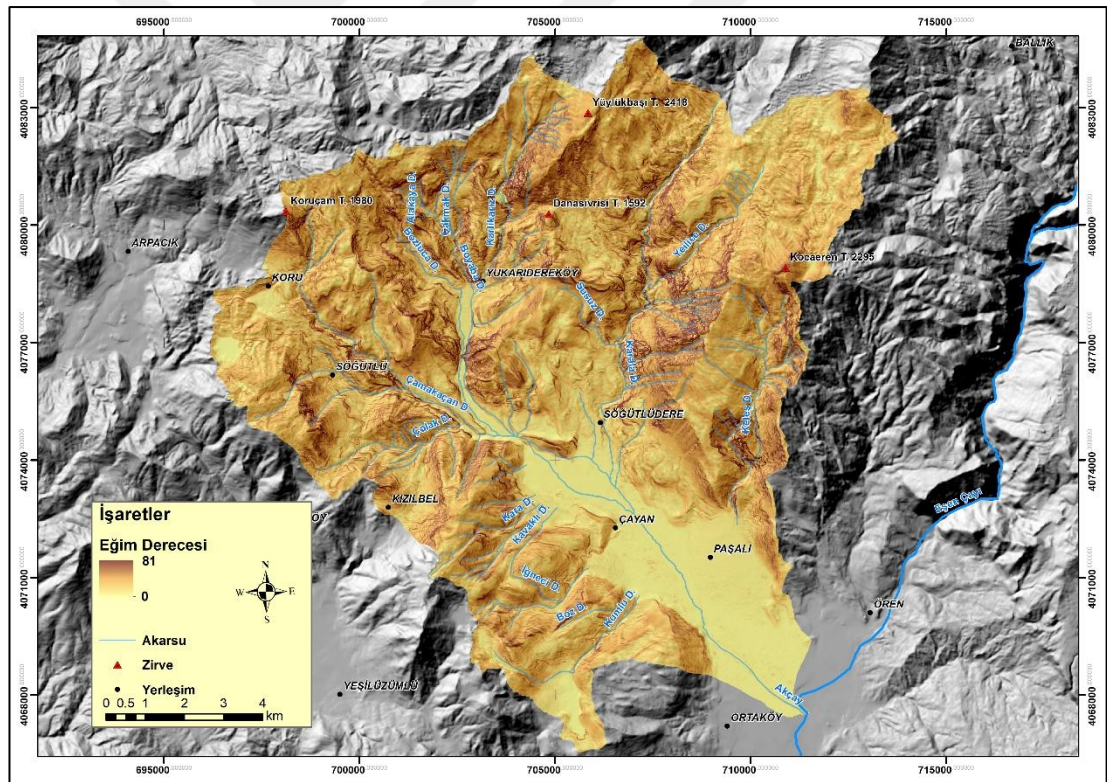
Foto 2.3: Akarsu kanalı yamaçlarında gerçekleşmiş bir heyelan (Bakış:Kuzeybatı).



Foto 2.4: Oyuntu erozyonu (Gully) alanları (Bakış; kuzeybatı).

Eğim Derecesi	Kapladığı Alan (%)
0-5	11.9
5-10	7.3
10-15	8.66
15-20	11.6
20-25	14.57
25-30	15.88
30-35	13.58
35-81	16.48
Toplam	100

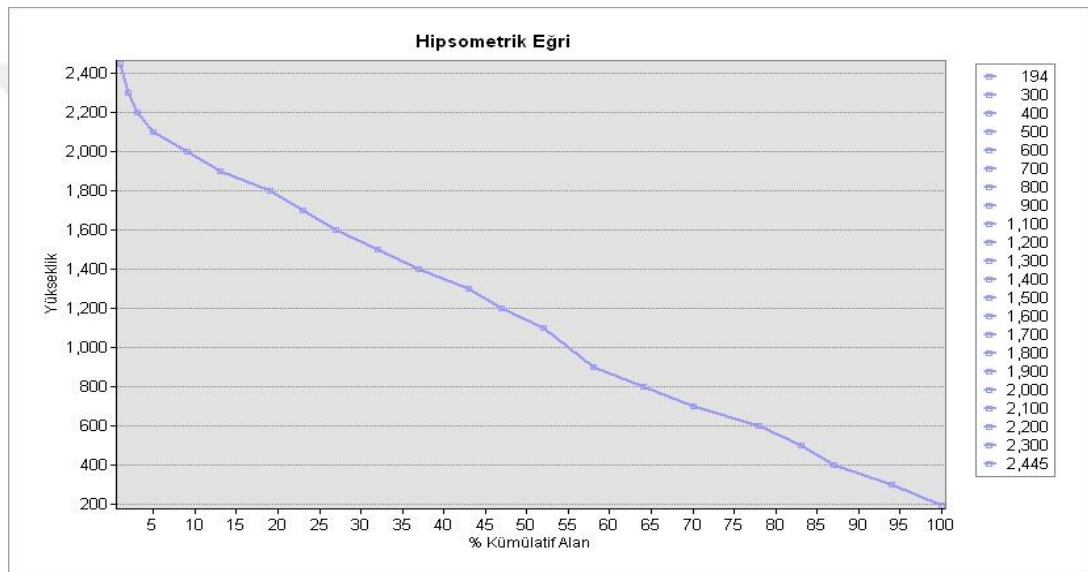
Tablo 2.1: Akçay Havzası eğim dereceleri



Şekil 2.4: Akçay Havzası eğim haritası

Akarsu havzalarının morfolojik olarak yorumlanmasında kullanılmakta olan bazı indisler mevcuttur. Bu indislerden biri olan “hipsometrik integral” havza ve havzanın yüksekliğinin ilişkisini ölçmede ve bu havzanın erozyonel, tektonik ve

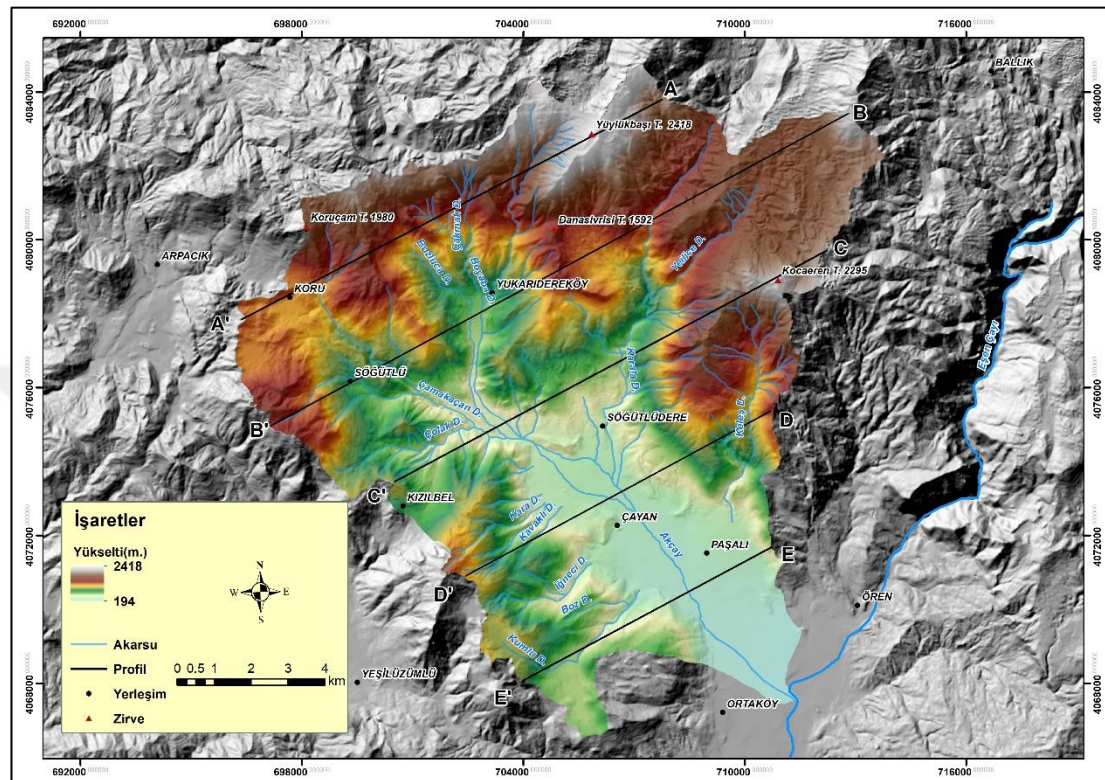
iklimsel süreçlerle bağlantısının yorumlanmasına yardımcı olmaktadır (Langbein, 1958; Strahler, 1952). Akçay havzası için hesaplanan hipsometrik integral ile 0.44 değerine ulaşılmıştır. Hesaplanan değer, W.D. Morris'in tanımladığı tektonik olarak durağan, aşınmış ve olgun havzalar olan Hipsometrik İndeks <0.50 sınıfına girmektedir. Yine topoğrafya ile ilgili bilgi edinilen Hipsometrik Eğri'nin çalışma alanı için uygulaması incelendiğin havzanın olgunluk evresinde olduğu görülmektedir (Grafik 2.1).



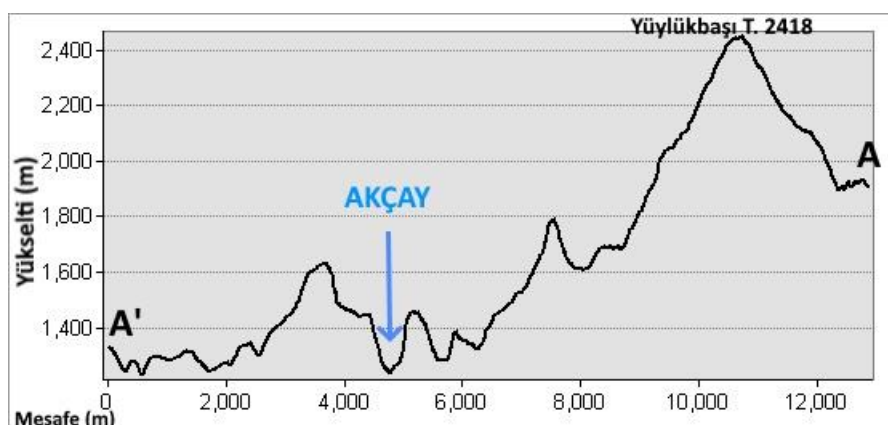
Grafik 2.1: Akçay Havzası hipsometrik eğrisi

Çalışma alanı yükselti seviyesi güneyden kuzeye doğru artmaktadır (Grafik 2.7) . Yükselti değişimine uyumlu şekilde kaynağını Karadağ'ın zirvelerinden alan Akçay'da bu doğrultuda akmaktadır. Akçay'ın bu akış sırasında oluşturduğu “ V ” şeklinde akarsu vadileri Şekil 2.5'te çekilmiş profillerde net bir şekilde gözlenmektedir. Yukarı ki paragraflarda Akçay Havzası'ndaki topoğrafik yükselti farkı değeri bu profillerde görülmektedir. Şekil 2.5'te çekilen hatlarda incelendiğinde kuzeyden güneye (A ➔ E profili istikametinde) doğru gidildikçe vadi eğimi azalmakta ve bununla beraber vadi tabanı genişlemektedir. Yine profillere bakıldığında (Grafik 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6) dikkat çeken bir diğer özellik ise vadi

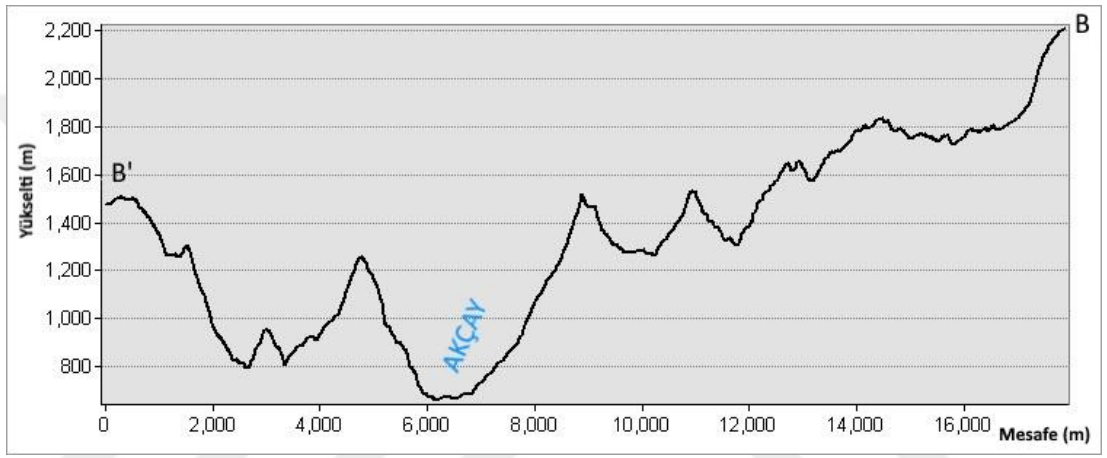
tabanının genişlediği alanlar, çalışma alanın güney kısmındaki taşkın ovasının olduğu bölümdür.



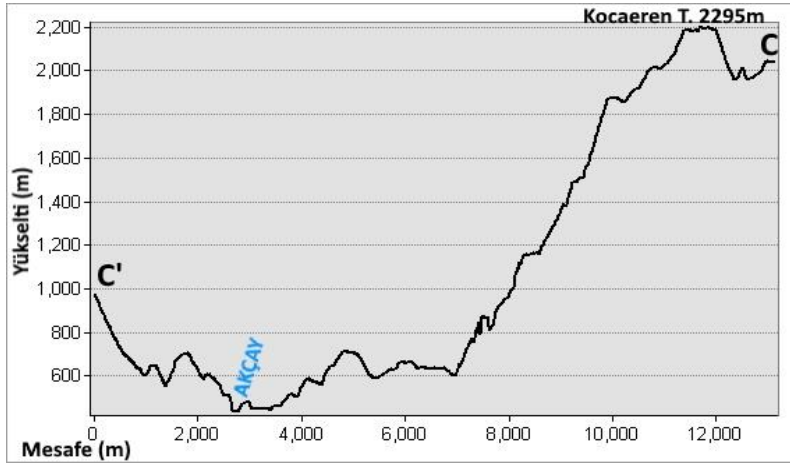
Şekil 2.5: Akçay Havzası yükselti haritası



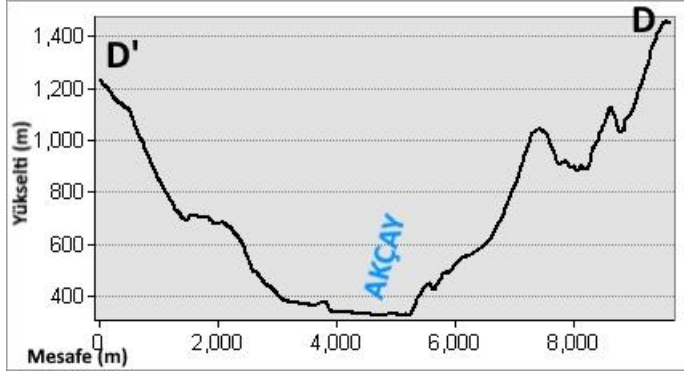
Grafik 2.2: A, A' Yükselti Profili



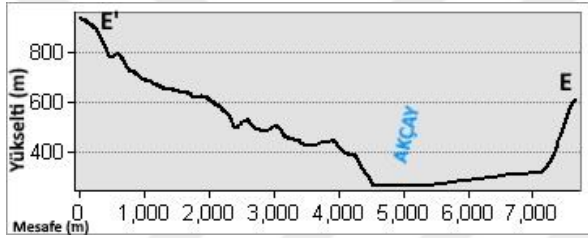
Grafik 2.3: B, B' Yükselti Profili



Grafik 2.4: C, C' Yükselti Profili

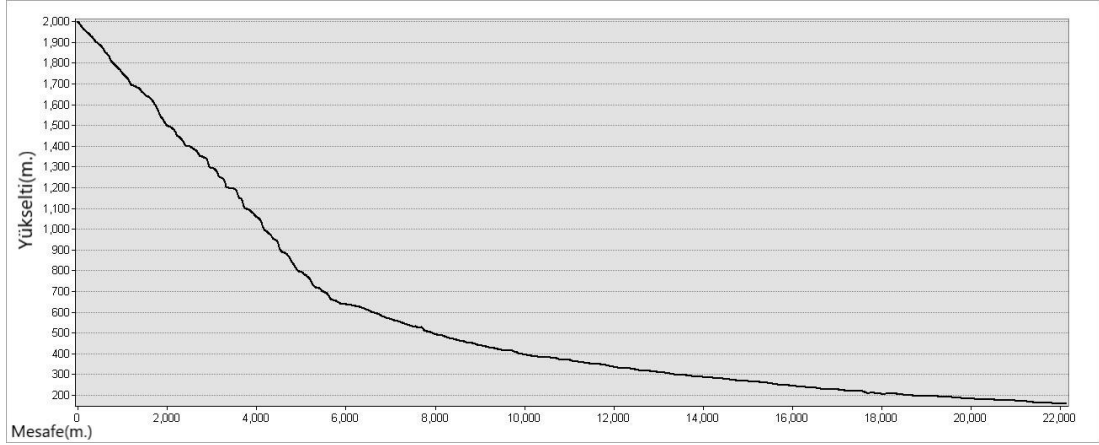


Grafik 2.5: D, D' Yükselti Profili



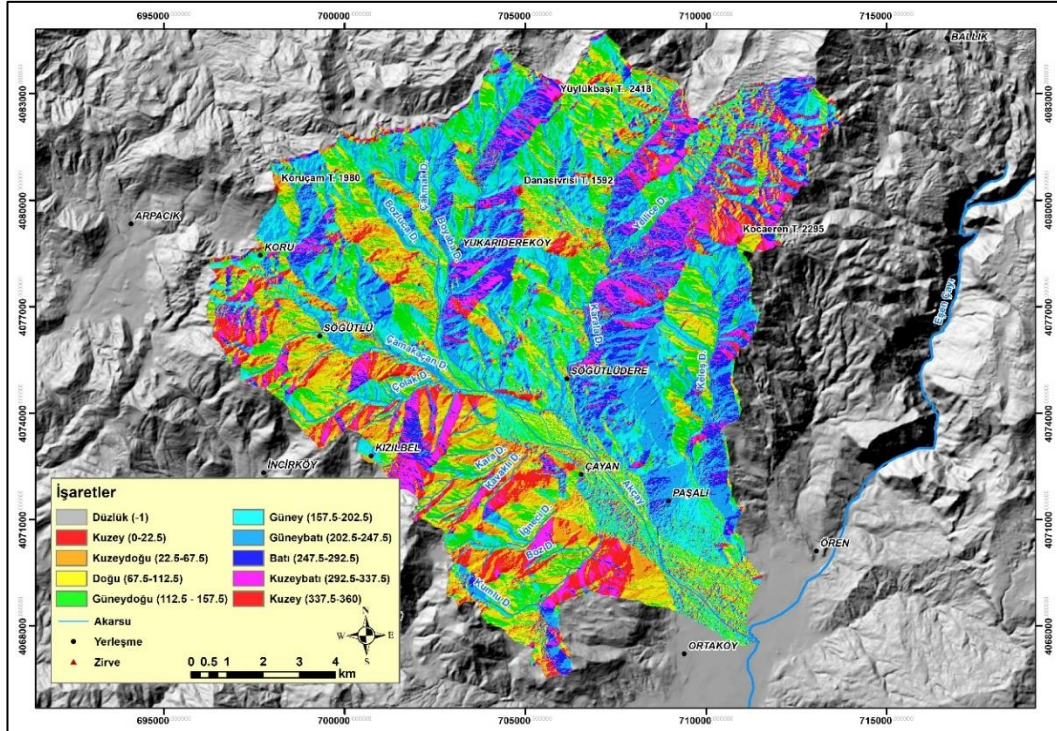
Grafik 2.6: E, E' Yükselti Profili

Akçay kaynağını aldığı kuzey zirvelerden, Eşen Çayı'na katıldığı havzanın güney kısmına kadar yaklaşık olarak 22km. mesafeyi geçmektedir. Bu 22km. mesafeyi deniz seviyesinden 2000m. ve üzeri seviyeden kaynağını alarak, 200m. seviyesinde taşkın ovasını oluşturur ve Eşen Çayı'na karışmaktadır. Akçay 2000m. seviyesinden 700m'ye düzenli bir eğim doğrultusunda inmekte, 700m. seviyesinden sonra eğim azalmaktadır. Vadi tabanına 400m. oturan Akçay bu seviyeden sonra geniş bir ova tabanı örgülü mecra ile akışını sürdürüp, Eşen Çayı'na katılır. Akçay'ın kuzey güney yönlü izlediği yükselti profili aşağıda Grafik 2.7'te verilmiştir.

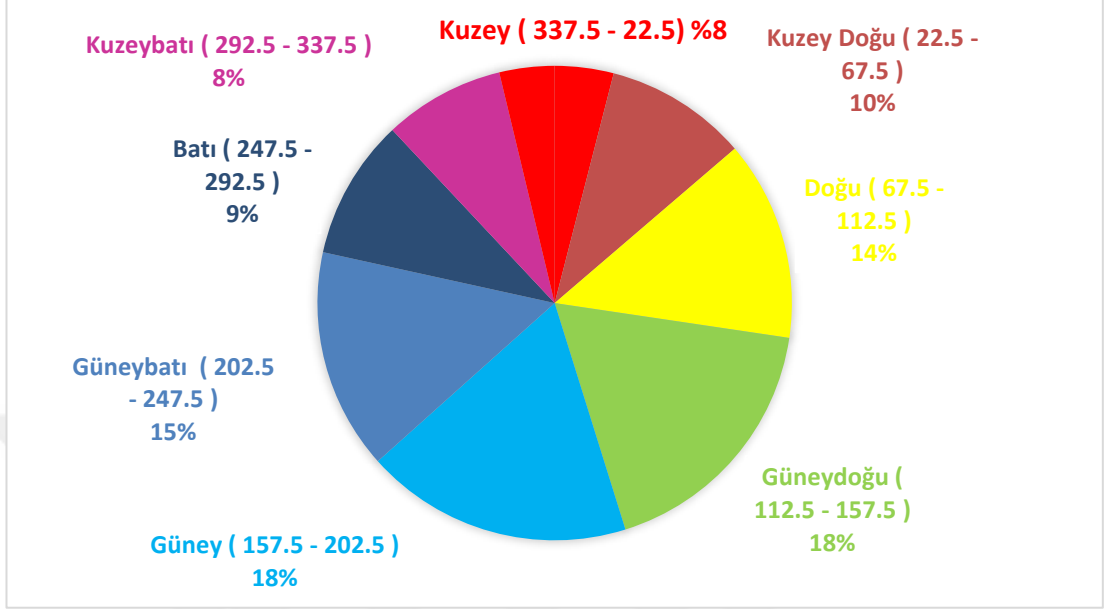


Grafik 2.7: Akçay Yükselti Profili

Akçay Havzası iklim elemanlarından özellikle yağışı etkileyen en önemli faktörlerden biri olan bakıdır. Bir havzada topoğrafyanın şekillenmesi, erozyonel süreçleri, buzullaşma gibi süreçlerde etkili olan bakı faktörü Akçay Havzası içinde önemli bir pay sahibidir. Karadağ’ın güney sektöründe bulunan Akçay Havzası kendi içinde bakı özellikleri olarakta havzanın yaklaşık %51’lik kısmı güney sektörlüdür (Şekil 2.6 – Grafik 2.8).



Şekil 2.5: Akçay havzası bakı haritası



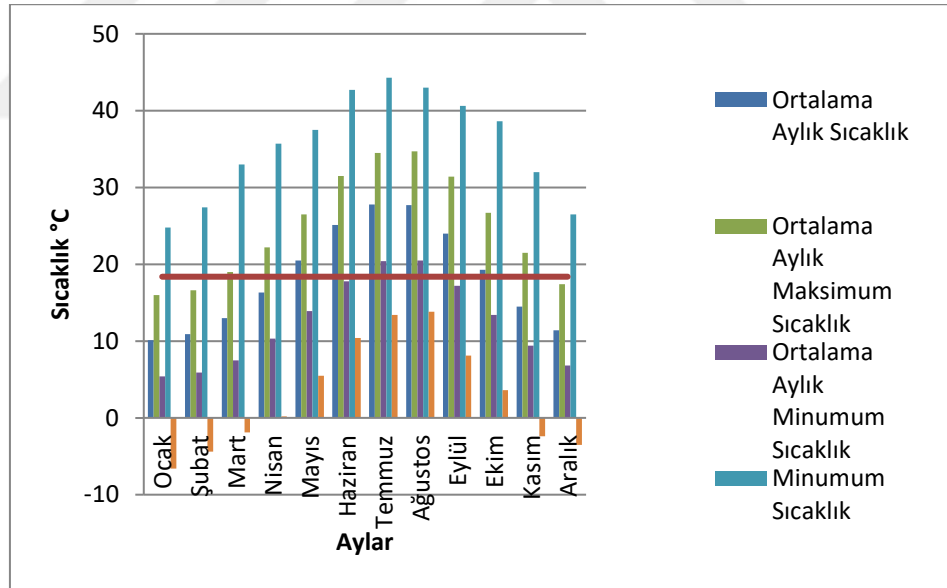
Grafik 2.8: Akçay havzası bakı alanları yüzdesel dağılımı

2.3 İklim Özellikleri

Rölyefin oluşmasında dış etmen ve süreçlerin rolü büyüktür. İklim ise bu etmen ve süreçleri belirlemesi bakımından şekillenmede en önemli unsurdur. İklim bu işlevini iki şekilde gerçekleştirmektedir. Bunlardan birincisi; sıcaklık, yağış, nem ve rüzgarlardan kaynaklanan doğrudan; diğeri ise bitki örtüsü ve diğer süreçleri etkilemesinden kaynaklanan dolaylı işlevidir. Yer şekilleri, çeşitli iklim bölgelerinde bu iklimlerin özelliklerine bağlı etmen ve süreçlere göre şekillenmektedir (Kurter, 1979). Akçay havzası, bulunduğu konum olarak en belirgin Akdeniz ikliminin görüldüğü alanlardandır. Akdeniz ikliminin başlıca en bilindik özelliklerinden, kışların yağışlı -genelde yağmur ve yükseltinin arttığı dağlık kesimlerde kar – nemli ve serin, yazların ise sıcak, son yıllarda artan hortum olaylarına karşın genelde sakin geçmesidir. İlkbaharda sıcaklıkların yükselmesiyle beraber kış ayından sonra en fazla yağışın düştüğü ikinci dönemdir ve sonbaharın özellikle ikinci yarısı ile beraber kış mevsimi etkisi altına girmeye başlamaktadır (Yiğitbaşoğlu,2000) .

2.3.1 Sıcaklık

Değerlendirmeye alınan Fethiye istasyonunun sıcaklık verilerinin, 2400 metre yükseltiye ulaşan çalışma alanı için elbette kesin değerler vermese de kuş uçuşu 30km uzaklıkta bulunan Akçay havzası için fikir sahibi olmaya yeterlidir. Çünkü Fethiye Körfezi ve Eşen Vadisi'nden gelen nemli hava kütlelerinin izlediği yol doğrultusunda zorlayıcı bir engelle karşılaşmadan Akçay Havzasına ulaşmaktadır ve bu nemli hava kütlesi dağlık alanlarda sıcaklığın çok fazla düşmemesine sebep olmaktadır. Bu kapsamda değerlendirmelerin ışığında Akdeniz Bölgesi'nin kıyı şeridinde bulunan Fethiye istasyonu ortalama yıllık sıcaklık değerinin 18.38 °C görülmektedir. Ortalama aylık en düşük sıcaklık değerlerinin 10.1°C ile Ocak ayı, ortalama aylık en yüksek sıcaklık değerlerinin 27.8°C ile Temmuz ayı olduğu görülmektedir (Grafik 2.9).

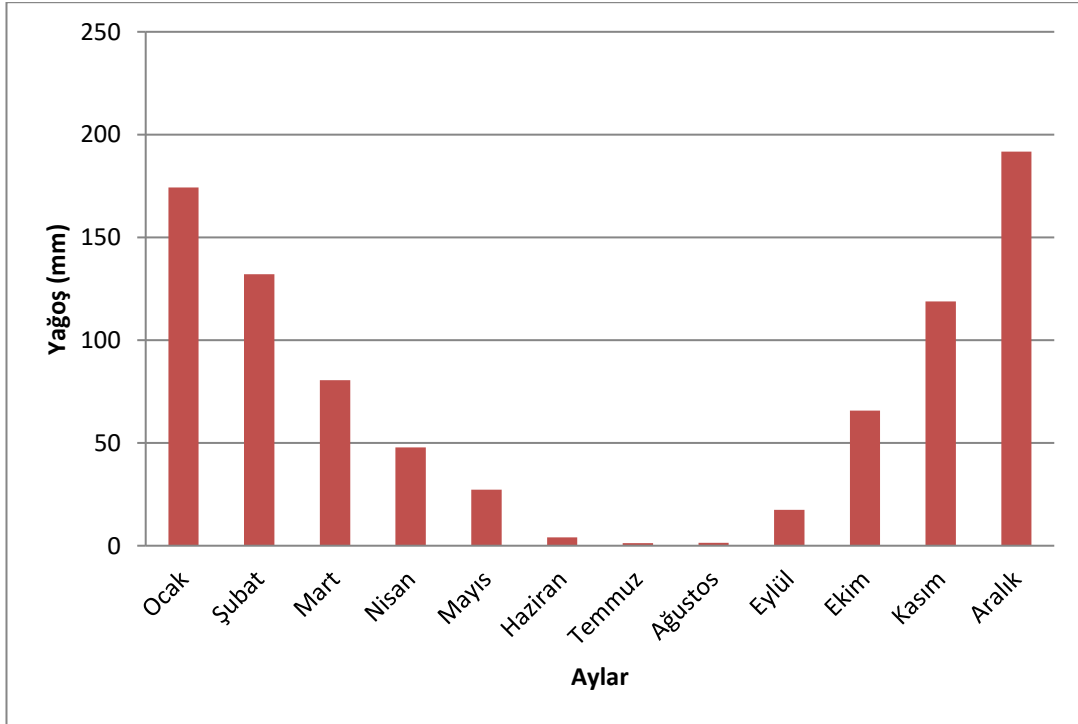


Grafik 2.9: Sıcaklık Rejim Grafiği

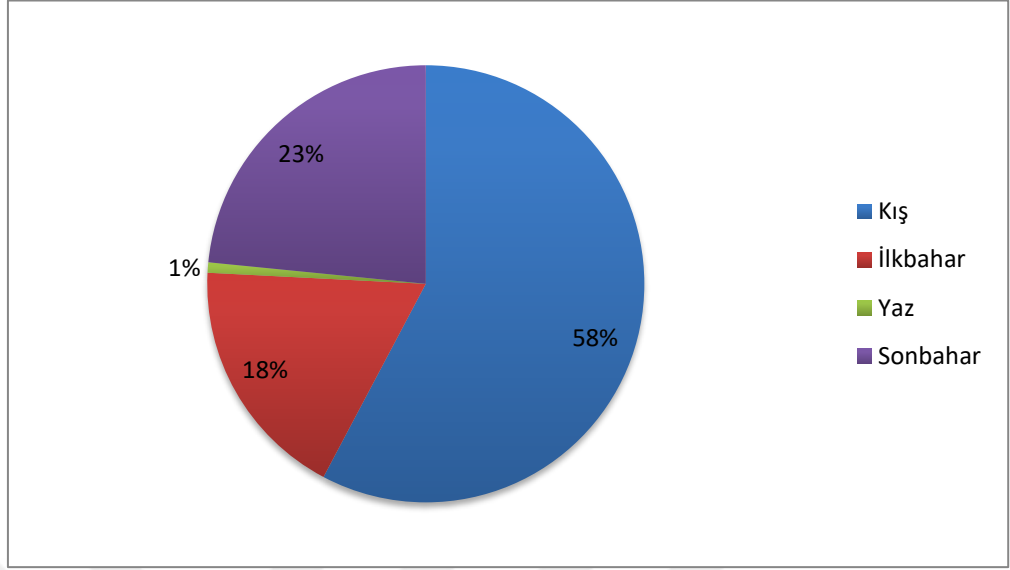
2.3.2 Yağış

Toprak erozyonunun en önemli unsurlardan biride sağanak yağışlardır. Bu yağışların hızı, damlaların kinetik enerjisi erozyonu şiddetini belirleyen unsurlardır. Tez kapsamında yağış analizi için Fethiye istasyonu verileri kullanılmıştır. İstasyonun bulunduğu matematiksel ve özel konumdan dolayı yağışların hemen

hemen hepsi yağmur olarak düşmektedir. Toplam yağış miktarının 862.3 mm (Grafik 2.9) olan istasyon bu yağışların %58'ini kış ayında almaktadır (Grafik2.10). Kış ayı, özellikle ekvatorial ve polar hava kütlelerin karşılaşma noktasında oluşan gezici orta enlem siklonlarının etkisinde kalarak Akdeniz bölgesi için yağışlı bir dönemi oluşturmaktadır. Karadağ'ın da içinde yer aldığı Güneybatı Anadolu'da kış döneminde etkili olan bu sistem yağış rejimi üzerinde hakimdir ve bu nedenle bu bölüm Türkiye'nin Güney ve Batı bölgeleri içerisinde en fazla yağış alan bölümdür (Türkeş vd., 2008; Sariş vd., 2010; C. Bayrakdar vd.,2017). Çalışma alanı, Fethiye Körfezi'nden sokulan nemli hava kütlelerine etkisine coğrafik olarak açıktır ve bu nemli hava kütleleri Akçay Havzası boyunca Karadağ'ın güney yamaçlarında yükselerek orografik yağışlara sebebiyet vermektedir. Gerçekleşen orografik yağışlar sebebiyle Fethiye istasyonunda ölçülen yağış miktarı ile çalışma sahası arasında bir fark meydana gelmektedir. Akçay havzasının özellikle yukarı bölümü dağlık alan olduğundan yağışın yükselti değişimini bulmak için yağışın her 100 metrede yaklaşık 56mm arttığını öne süren Schreiber Formülü kullanılmıştır. Çalışma alanı içinde bitki örtüsü üst sınırının yükseltisi olan yaklaşık 1700 metreye kadar arttırılan yağışın maksimum 1780mm'lere çıktığı tespit edilmiştir.



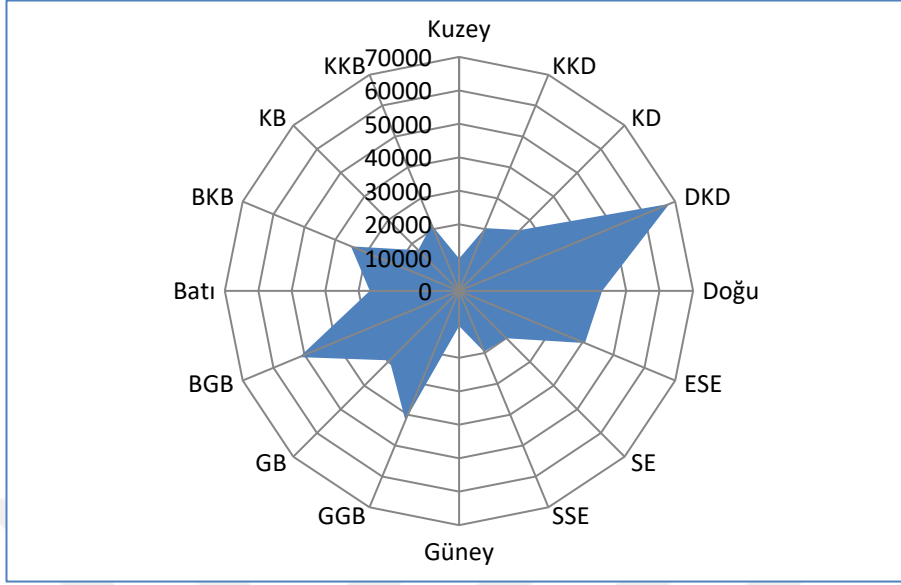
Grafik 2.10: Aylık Ortalama Yağış Grafiği



Grafik 2.11: Yağışın Aylara Dağılımı

2.3.3 Rüzgar

Rüzgâr rejimi üzerinde etkili olan başlıca etkenler, yere yakın atmosferik sirkülasyon koşulları ile bu koşullardaki yıllık ve mevsimlik değişimlerdir. Bu ana etkenlerin yanı sıra topografik özellikler, kara ile deniz ilişkisi gibi faktörler de etkin rüzgâr yönünün belirmesinde rol oynamaktadır (Yiğitbaşıoğlu, 2000). Fethiye yerleşim alanı konum olarak bulunduğu lokalite güneybatı – kuzeydoğu yönlü Fethiye-Burdur Fay Zonu (FBFZ) (Barka ve diğ., 1995) kontrolünde şekillenmiş körfezin kıyı şeridinde bulunmaktadır. Araştırma alanı kapsamında hakim rüzgar yönünün belirlenmesinde kullanılan Fethiye meteoroloji istasyonu verilerinin analizi sonucunda yıllık toplam esme sayılarının yaklaşık %25’lik bir bölümünü Güneybatı (%10) – Kuzeydoğu (%14) olduğu tespit edilmiştir (Grafik 2.12). Bu sonuç ile hakim rüzgar yönü olan Güneybatı – Kuzeydoğu yönleri FBFZ’ye bağlı oluşmuş topoğrafyaya uyduğu söylenebilir.



Grafik 2.12: Fethiye Meteoroloji İstasyonu hakim rüzgar yönü grafiği

2.4 Toprak

Çalışma alanı içinde Eski Amerikan Toprak Sınıflama sistemine göre tanımlanan 7 Büyük Toprak Grubu (BTG) (Tablo 2.2) mevcuttur (KHGM, 1999). Bu toprak gruplarından başlıcalarının özelliklerinden alt başlıklar halinde özetle bahsedilmiş, BTG haritası (şekil 2.7) verilmiş ve erozyonla ilişkileri detaylıca bulgular bölümünde verilecektir.

Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları (E): A ve C horizonlu topraklardır. A horizonu iyi gelişmiş orta derecede organik maddeye sahip ve organik madde mineral madde ile iyice karışmıştır. Zayıf bir A2 horizonu da görülebilir. A1 horizonu kırmızı veya kahverengi köşeli blok ve prizmatik yapıya haiz bünyesel B horizonu içine tedricen geçmektedir (Mater, 1998).

Kahverengi Orman Topraklar (M): Dünya üzerinde genelde orta enlem üzerinde görülen bu toprak tipinin çok geniş bir alanda genel ormanlık sahalarda rastlanılır. Toprak oluşum sürecinde henüz erken yaşta olan bu toprak tipi genelde B ve A horizonlarından oluşmaktadırlar. Yarı nemli sahalarda profil morfolojileri incenlendiğinde Calcic (kireç birikimli) ve gypsic (sodyum sülfat birikimi) horizonları görülebilmektedir. Tropikal bölgelerde ise şiddetli ayrışmaya uğramış

olup bir çok özellikleriyle de Kırmızı – Sarı Podzolik Topraklara (Acrisols) benzemektedir (Mater, 1998).

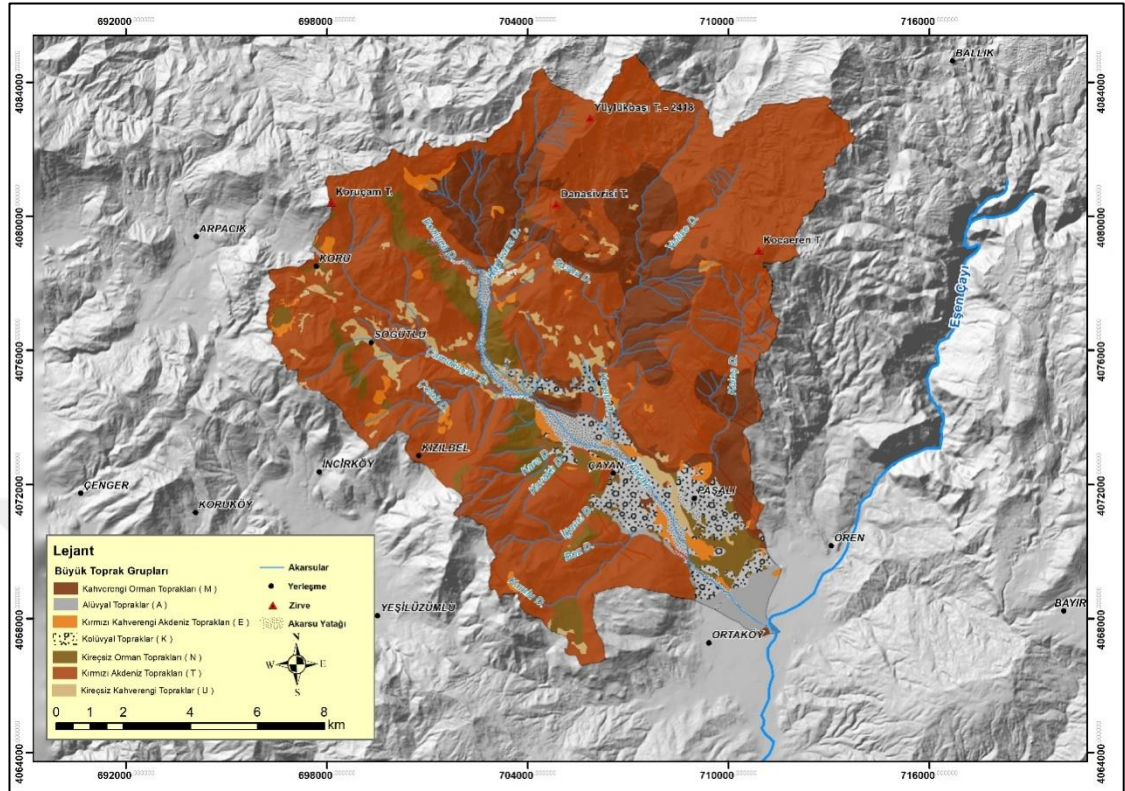
Kolüvyal Topraklar (K) : Dağlık alanların sığ ve taşlık toprakları olarak tanımlanan bu topraklar, daha çok lav akıntılarının birikimi ve ile oluşmuş sahalarda ve buzulların aşındırması sonucu ufalanmış parçaların birikmesiyle oluşmuş çakıllı taşlı depolar üzerinde gelişmiştir. Bunlar çoğu zaman 10cm'den daha ince olup anakaya üzerinde kesin ve net bir horizon ile ayrılır. Bitki örtüsü gelişimi için fazla potansiyeli olmayan bu topraklar, nemli bölgelerde zayıf da olsa bitki örtüsü gelişimi sağlarlar (Mater, 1998).

Alüvyal Topraklar (A): Bu toprak tipi daha çok akarsuların dolgu alanları olan, deltalar, haliçler ve kıyılardaki genç alüvyal dolgular üzerinde meydana gelen topraklardır. Horizon katmanları bu toprak tipi için belirgin değildir. Genel olarak A horizonu ve organik madde horizonlarına sahiptir. Dünyanın hemen hemen her bütün bölgelerinde her çeşit doğal vejetasyon altında bulunabilirler. Tanecik boyutları yanında çok çeşitlilik gösteren bu topraklar tabakalaşma da görülebilir. Genç olmalarına rağmen akarsu birikim sürecinin süreklilik gösterdiği delta alanlarında veya taraçalarda çoğu zaman gömük horizonlara rastlanır (Mater, 1998).

Büyük Toprak Grubu (BTG)	Alan (%)	Alan (Km²)
Kolüvyal Topraklar (K)	4	8
Kahverengi Orman Toprakları (M)	15	28
Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar (N)	7	12
Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları (E)	2	4
Kırmızı Akdeniz Toprakları (T)	65	119
Kireçsiz Kahverengi Topraklar(U)	3	5
Alüvyal Topraklar (A)	1	2
Diğer	3	5
Toplam	100	184

Tablo 2.2: Büyük Toprak Grupları Alansal Dağılımı (KHGM, 1999)

*Diğer = Yerleşme, karayolu, akarsu yatağı



Şekil 2.6: Akçay Havzası Büyük Toprak Grupları haritası (KHGM, 1999)

2.5 Bitki Örtüsü

Toprak erozyonunu etkileyen önemli faktörlerden biride arazi kullanımı içinde bitki örtüsünün yayılışdır. Arazinin kapalılık oranı ne kadar fazlaysa bitki örtüsü kök ve gövdesiyle alanda oluşacak toprak kaybının önüne geçebilmektedir. Bu kapsamda bakıldığında çalışma alanının ve yakın çevresinin bitki örtüsünü incelemek bu konuda elzemdir.

Sayhan (1990), Teke yarımadasının bitki dağılışını ele aldığı doktora tezinin bir bölümünü de Karadağ'ı kapsamaktadır. Sayhan (1990) 'a göre, Teke yarımadasının diğer kesimlerinde olduğu gibi bu kütle üzerinde de dikey yönde farklı orman sahasının yer aldığı görülür. Deniz seviyesi ile 1150-1200 metreler arasında asıl Akdeniz orman sahasının yayılışı yer alırken, bu seviyenin üzerinde başlayan yarı nemli yüksek dağ ormanları sahasının, önemli yükseltilerin doruklarına kadar devam ettiği görülür. 1150-1200 metreden başlayan yarı-nemli yüksek dağ ormanları kuşağının ilk kademesini, geçiş kulağı oluşturur. Yayvan yapraklıların çoğunlukta

olduğu bu kademedede Cedrus libani(Toros sediri), Pinus nigra(Karaçam), Juniperus foetidissima(Ardıç) ile Pinus brutia(Kızılçam) hakim türleri oluşturmaktadır. Bu seviye 1600 metrelere kadar yükselebilmektedir ve bu seviyenin üzerinde ise gerçek yarı nemli yüksek dağ ormanları kuşağına geçilir. Bu kuşağın elemanlarını genellikle Cedrus libani, Pinus nigra ve Juniperus foetidissima temsil etmektedir. Yarı nemli yüksek dağ ormanları kuşağında Cedrus libani'nin 2000 metrenin üzerine çıkmadığı ve bu seviyenin üzerinde sedirin yerini ardıcın aldığı gözlenmektedir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

3.1 Yağış Ve Akışın Erozyon Oluşturma Faktörü (R)

Akçay Havzası'nda Yağış verilerinden R faktörünü tahmin etme yöntemlerinden biri olan MFİ(Düzeltilmiş Fournier İndeksi) formülünden yararlanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Akçay Havzası için maksimum R faktör değeri 601 iken minimum R faktör değeri ise 411 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar yüzdesel ve alansal olarak Tablo 3.1' de gösterilmektedir.

R faktör Değer (ton/ha/yıl)	Alan (%)	Alan (Km ²)
403	6	11.1
411	6	11.1
419	5	9.25
428	5.5	10.175
439	4.6	8.51
450	4.3	7.955
461	3.7	6.845
473	4	7.4
486	5.5	10.175
499	6.2	11.47
513	7.8	14.43
527	7.5	13.875
541	7	12.95
556	6.1	11.285
570	5.8	10.73
585	5	9.25
601	10	18.5
Toplam	100	185

Tablo 2.1: R faktör değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

Akçay Havzası'nda R Faktör sonucunda 17 farklı değer aralık sınıfı elde edilmiştir. Bu sınıfın ortaya çıkmasında Schreiber Formülü uygulanması etkili olmuştur. Her 100 metrede yağış miktarlarının arttırılarak oluşturulan bu faktörde her değer aralığında (R değerleri) birbirine yakın yüzdesel ve alansal oranlar elde edilmiştir. Maksimum R değeri olan 601 değerinde yüzdesel ve alansal oranın artmasının sebebi, Akçay Havzası'nda 1800m orman üst sınırını oluşturduğundan

dolayı, 1800m'den sonra yağış arttırılmamış ve 1800-2418 m aralığını kapsayan değer olarak 601 R değeri girilmiştir.

Yağışın Erozyon Oluşturma Faktörü Haritası (Şekil 3.1) sonuçlar bakımından yükseltinin, R faktörünün artışında etkili olduğunu göstermektedir. Güneyden kuzeye doğru gidildikçe R faktör değeri artmaktadır. Karadağ'ın zirve tepesi olan Yüylükbaşı (2418m) çevresinde R değerlerinin maksimum değerlere ulaşmaktadır. Bu değerlerin ortaya çıkmasında yükseltinin artmasıyla beraber yağışın da artması etkili olmuştur.

Değerlerin düşük olduğu güney bölgesi yükseltinin de çalışma alanında en düşük olduğu bölgeye denk gelmesi bakımından uyumludur. Bu değerlerin bulunduğu alan çalışma alanında akarsular tarafından oluşturulan alüvyal malzemelerin biriktiği düzlük tarımsal bölgelere denk gelmektedir. Bu bölge çalışma alanındaki tarımsal arazinin yaklaşık %80'lik kısmını oluşturmaktadır. R değerlerinin bu bölgede düşük olması toprak kaybı değerlerini etkileyeceğinden tarımsal faaliyet için önemli bir faktördür.

Değerlerin yüksek olduğu alanlar R faktör haritasından anlaşılacağı gibi yükseltinin arttığı bölgeleri oluşturmaktadır. R faktör haritası üretimi sırasında yukarıda da bahsedildiği gibi orman üst sınırı seviyesi dikkate alınmıştır çünkü bu sınırdan itibaren yağış miktarı artmayacak ve bununla beraber R faktör değeri de bu seviyeden sonra sabit kalacaktır. Orman üst sınırı seviyesinden sonra maksimuma ulaşan R faktör değerinin dağılışı alanı incelendiğinde artık bu bölgenin dağlık zirve bölgeler bitki örtüsünden arınmış, ince toprak örtüsüne ya da anakaya alanların yüzeylendiği alanlara denk gelmiştir. Bu alanlarda değerlerin yüksek olması ile beraber erozyon şiddetinde en fazla bu alanlarda çıkması paralel bir görüntü çizmektedir.

Ls Değerleri	Alan (%)	Alan (Km ²)
0-2	21	38.85
2-6	28	51.8
6-10	27	49.95
10-13	16	29.6
13-18	6	11.1
18-30	1	1.85
30-113	1	1.85
Toplam	100	185

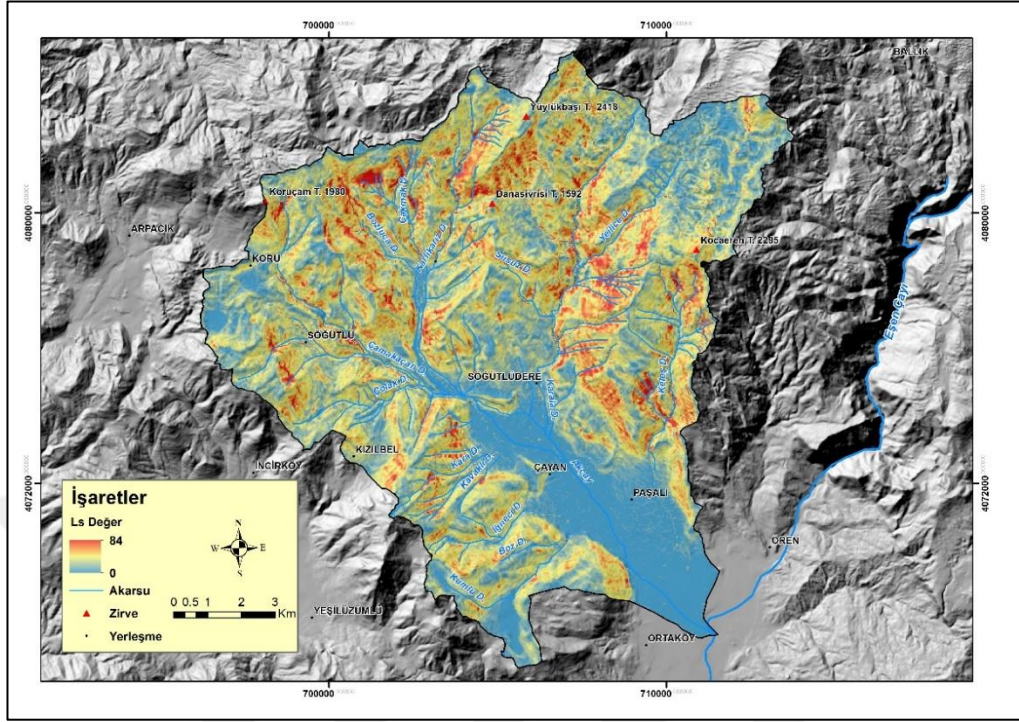
Tablo 3.2: Alos12.5m. Ls değerler alansal ve oransal dağılımı

Ls Değerleri	Alan (%)	Alan (Km ²)
0-2	22	40.7
2-6	27	49.95
6-10	29	53.65
10-13	13	24.05
13-18	7	12.95
18-30	1	1.85
30-84	1	1.85
Toplam	100	185

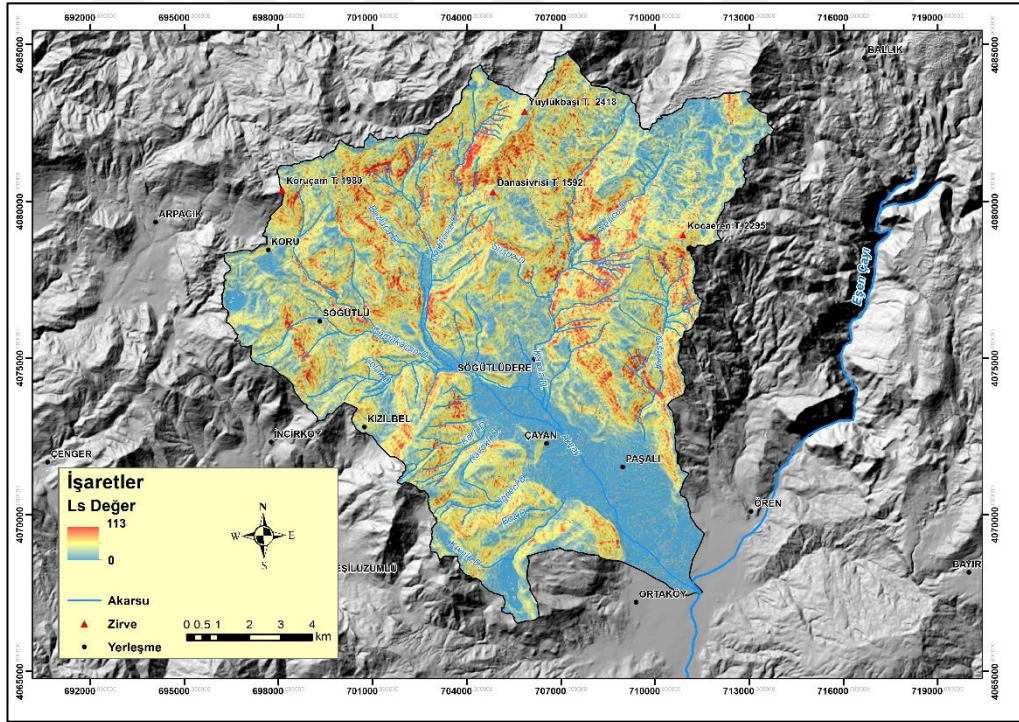
Tablo 3.3: Srtm 30m Ls değerler alansal ve oransal dağılımı

Ls Değerleri	Alan (%)	Alan (Km ²)
0-2	23	42.55
2-6	28	51.8
6-10	29	53.65
10-13	12	22.2
13-18	6	11.1
18-30	2	3.7
30-174	0	0
Toplam	100	185

Tablo 3.4: TanDEM-X 12m. Ls Değerler Alansal Dağılımı



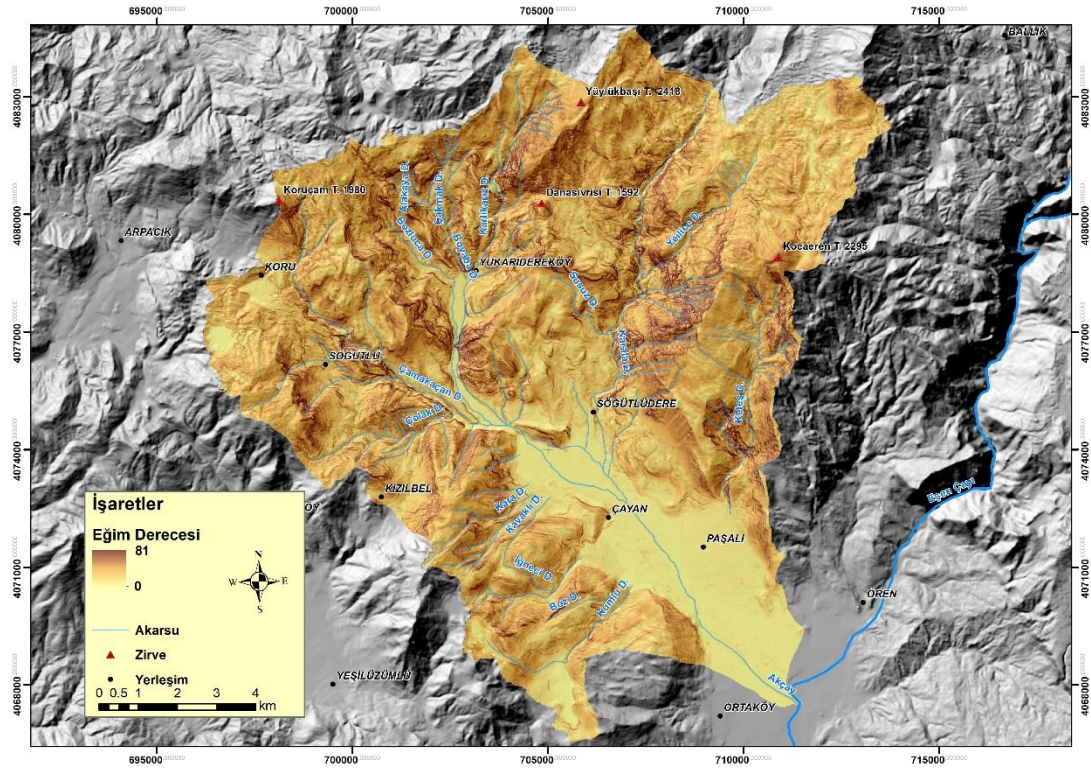
Şekil 3.3: Srtm 30m. Ls Faktör haritası



Şekil 3.4: Alos 12.5m. Ls Faktör haritası

TanDEM-X 12m., SRTM30m. ve Alos 12.5m. SYM veri kaynaklarından üretilen faktör haritalarında Ls değerlerinin arttığı ve yükseldiği değerler çoğunlukla benzer olduğu tespit edilmiştir. Fakat Alos12.5m. ve SRTM30m. SYM'lerinden üretilen Ls faktör haritalarında değerlerin yükseldiği alan yoğunluğu Yüylükbaşı Tepesi (2418m.) ve Koruçam Tepesi (1980m.), TanDEM-X12m. verisine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Ls Faktör değerlerinin artış gösterdiği alanlar çalışma sahasında kuzey ve doğu bölümler olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlerin yüksek olduğu alanlar çoğunlukla vadi yamaçlarında eğim derecesinin arttığı alanları oluşturmaktadır. Ls değerlerinin düşük olarak görüldüğü alanlar eğimin düşük olduğu, vadi tabanları, çalışma alanının güneyinde bulunan Akçay'ın oluşturmuş olduğu taşkın ovası olarak tespit edilmiştir. Üretilen Ls faktör dağılışı haritaları ile çalışma sahasının eğim haritası karşılaştırıldığında büyük çoğunlukla eğim derecesinin arttığı alanlar ve Ls faktör değerlerinin yüksek olduğu kısımlar çakışmaktadır (şekil 3.5)



Şekil 3.5: Akçay Havzası eğim haritası

Akçay Havzası'nda Ls değerlerinin dağılışı alanı açısından yüksek değerler ve düşük değerlerin benzer alanları oluşturmaktadır. Fakat değerler sayısal yani nicelik bakımından incelendiğinde ortaya önemli farklar çıkmaktadır. Bu kapsamda Ls değerler incelendiğinde, nicelik bakımından SYM değerleri arasında çözünürlük arttıkça değerlerin yükseldiği tespit edilmiştir. Bu değerler, TanDEM-X 12m., maksimum Ls değeri 171 ile en fazla değere sahip olurken, sırasıyla Alos 12.5m. 113, SRTM30m. 84 maksimum Ls değerleri tespit edilmiştir. Bu durumun ortaya çıkmasında, SYM'lerin çözünürlük seviyesinin artması ile SYM verilerinin sahayı en doğruya yakın sonuçlarla yansıtmaya gücünün artmasıdır. Bu nedenle özellikle dağlık alanlarda, eğimin yüksek olduğu bölgelerde Ls değerinin yüksek sonuçlar vermesi gayet normal bir sonuçtur.

3.3 Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K)

Akçay Havzası K Faktör değerini hesaplamak için (Torri D., 1997) önerdiği denklem kullanılmıştır. Bu kapsamda sahadan 12 farklı lokasyondan toplanan topraklar İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Laboratuvarında tekstür (tane boyutu %) ve organik madde (%) analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar noktasal veriler olduğu için alanı yansıtmaya amacıyla Arcgis 10.4 yazılımında IDW yöntemiyle K faktör değerlerinin mekânsal dağılımı gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanında gerçekleştirilen analizler sonucu K faktör değerinin mekânsal olarak dağılışının oranını elde etmek için Arcgis 10.4 yazılımında "Reclassify" (yeniden sınıflama) işlemi yapılmıştır. Yapılan yeniden sınıflama sonucu Akçay Havzası'nda K faktör değerleri için 5 sınıf ortaya çıkmıştır (Tablo 3.5).

K Faktör Değerleri	Alan (Km ²)	Alan (%)
0.010 – 0.025	20.07	10.85
0.025 – 0.034	60.01	32.44
0.034 – 0.042	71.89	38.86
0.042 – 0.055	23.80	12.87
0.055 – 0.079	9.23	4.98
TOPLAM	185	100

Tablo 3.5: K faktör değerleri alansal ve oransal dağılımı

K faktör değerlerinin sırasına göre literatürde genel sınıflandırma 5 sınıfta yapılmaktadır (Çelik,2011; Gülşen, 2014; Doğan, 2002). Çalışma alanında elde edilen K faktörleri erodobilite sınıflaması değerlendirildiğinde Doğan, 2002’ye göre 0.05 – 0.10 değerleri arasına girmektedir ve çalışma alanının tamamı az aşınabilir topraklar sınıfına girmektedir. Aşağıda toprak erodobilite sınıfları tablosu verilmiştir. (Tablo 3.6)

K Faktörü	Erodobilite Derecesi
$0 \leq 0.05$	Çok az aşınabilir
$0.05 \leq 0.10$	Az aşınabilir
$0.10 \leq 0.20$	Orta derecede aşınabilir
$0.20 \leq 0.40$	Kuvvetli derecede aşınabilir
$0.40 \leq 0.60$	Çok kuvvetli derecede aşınabilir

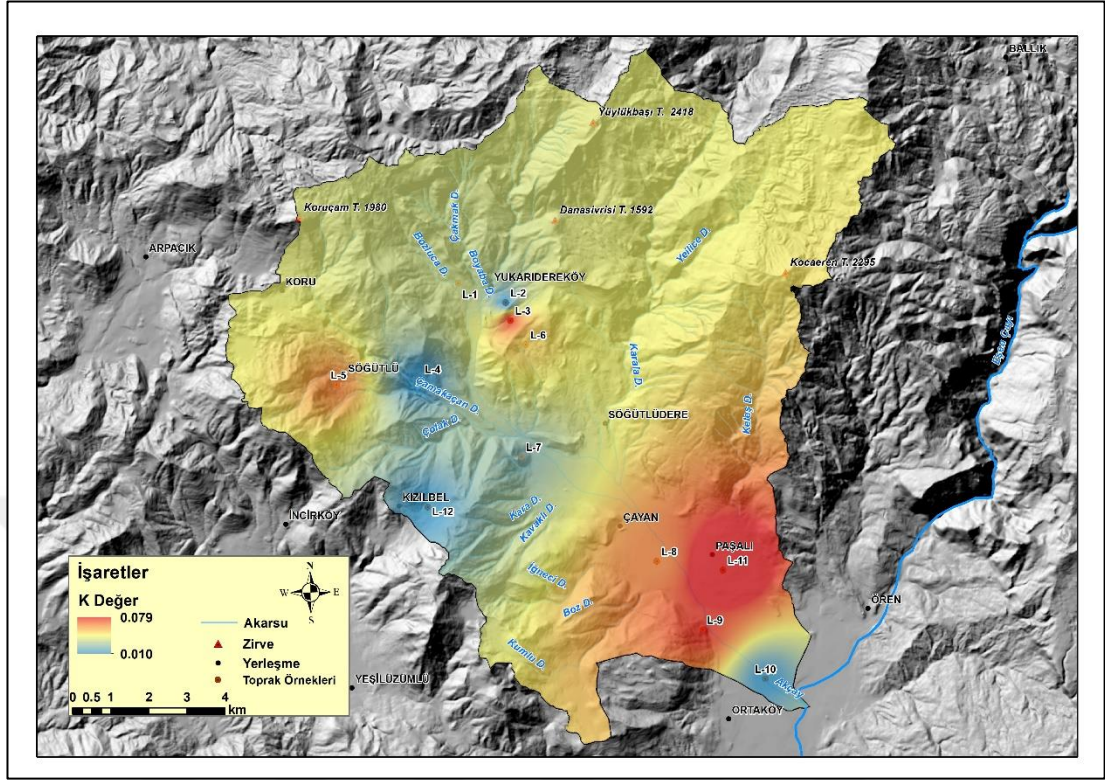
Tablo 3.6: Toprak Erodobilite dereceleri (Doğan, 2002)

Çalışma alanında K faktör değerlerinin dağılım haritası incelendiğinde genel olarak az aşınabilir değerindedir. Bu değerler kendi içinde incelendiği ise erodobilite oranının arttığı kısım olarak görülen çalışma alanının güney bölümünü oluşturmaktadır. Bu alanda yerleşim yeri olarak Paşalı Köyü civarına denk gelmektedir. Erodobilite oranının yüksek olduğu kısım litolojisi incelendiğinde alüvyal malzemelerden oluştuğu görülmektedir. Bu durumda ortaya çıkmasında bölgedeki toprağın yapısında daha fazla çakıl, kum boyutunda malzemenin bulunması bu alanda K faktör değerlerinin de yükselmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda çalışma alanında tarımsal faaliyetlerin en yoğun olarak yapıldığı alan olarak K faktör değerinin yüksek olduğu bu bölüm yer almaktadır.

Erodobilité değerlerinin yine kendi içinde sınıflaması yapıldığında d K faktör değerlerine sahip alanlar çalışma alanının Kızılbel Köyü yakın çevresinde ve Akçay'ın Eşen ayı'na karıştığı bölüm yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Bu sonucun ortaya çıkmasında Kızılbel çevresinde bitki örtüsünün yoğunlaştığı alanlara denk gelmesi etkili olmuştur. Bu çevrede bitki örtüsünün yoğunluk göstermesi toprak yapısında organik madde içeriğini arttıracadığından dolayı erodobilité oranında düşmesine neden olduğu söylenilebilir.

Çalışma alanın kuzey ve kuzeydoğu kısımları K faktör haritasında, değerlerin kendi içindeki sınıflandırılmasına göre orta derecede – $0.034 \leq 0.042$ – değerler aldığı gözlenmektedir. Bu bölgenin engebeli olmasından dolayı toprak rneği alınamamıştır. Bu yüzden bu bölgeyi temsil etmek adına interpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

İnterpolasyon yönteminde bu bölgenin erodobilité değerleri en yakın değerlere göre tahmini değerler olarak ortaya çıkmıştır. Aşağıda K faktör dağılış haritası verilmiştir (şekil 3.6).



Şekil 3.6: K faktör dağılışı haritası

Toprak Örnek Adı	K Faktör Değeri	Büyük Toprak Grubu
L-1	0.02	Kırmızı Akdeniz Toprakları
L-2	0.01	Kireçsiz Orman Toprakları
L-3	0.06	Kırmızı Akdeniz Topraklar
L-4	0.01	Kireçsiz Kahverengi Topraklar
L-5	0.05	Kireçsiz Orman Toprakları
L-6	0.04	Kırmızı Akdeniz Toprakları
L-7	0.02	Kireçsiz Orman Toprakları
L-8	0.05	Kolüvyal Topraklar
L-9	0.06	Kırmızı Akdeniz Toprakları
L-10	0.01	Alüvyal Topraklar
L-11	0.08	Kolüvyal Topraklar
L-12	0.01	Kırmızı Akdeniz Toprakları

Tablo 3.7: Toprak Örnekleri K Faktör Değerleri

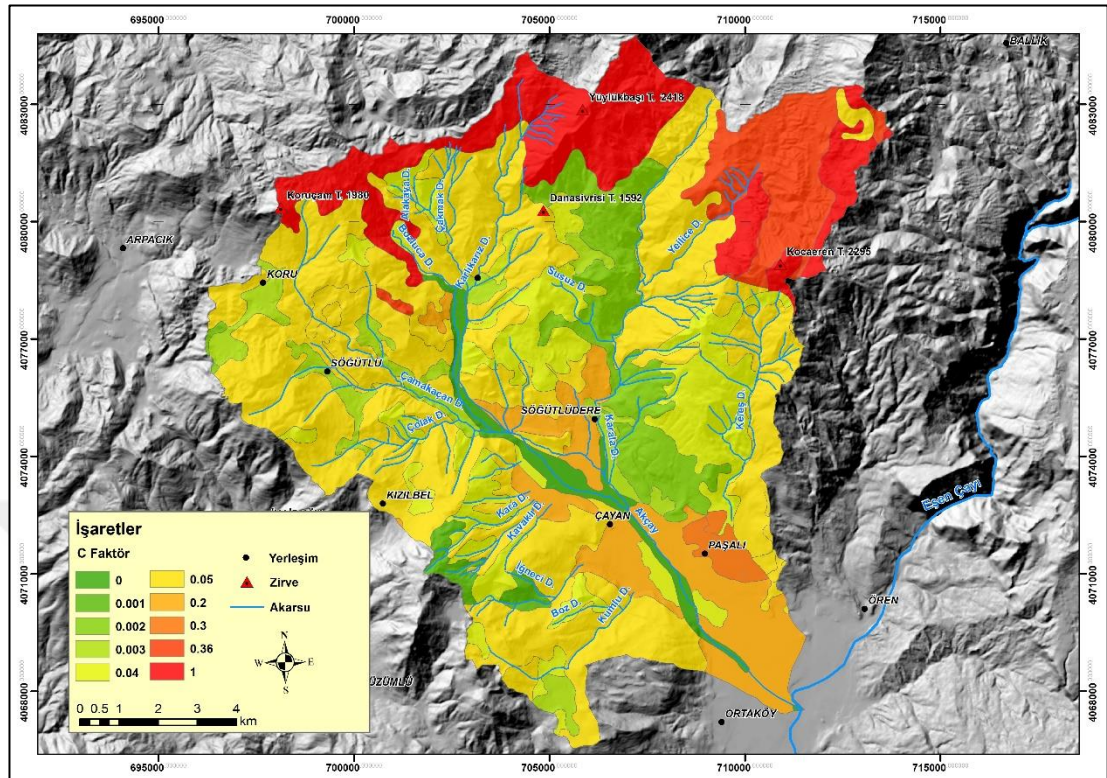
3.4 Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü Faktörü (C)

Akçay Havzası'nda Arazi Kullanım ve Bitki Örtüsü faktörünü hesaplamak için CORİNE 2012 verilerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda çalışma alanının bulunduğu konumunun C Faktörünü elde etmek amacıyla Materyal ve Yöntem bölümünde anlatıldığı şekilde üretimi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda CORİNE 2012 sınıflamasına göre çalışma alanında Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü kapsamında 14 farklı tür tespit edilmiştir.

Arazi Kullanım ve Bitki Örtüsü (C) Faktör bakımından en fazla alanı İğne Yapraklı Ormanlar olduğu görülmektedir. C Faktör değeri açısından incelendiğinde çalışma alanında 0 ile 1 değerleri arasında bir dağılım meydana geldiği görülmektedir. İğne Yapraklı Orman türünün dağılışı gösterdiği alanlar 0.05 C Faktör değerine sahiptir ve bu değer Sert Yapraklı Ormanlar ve Çayırlar ile aynı değere sahiptir. Bu değerlerin toplamına bakıldığında toplam alanın %43'ü 0.05'lik C Faktör değerine sahiptir. C Faktör değerleri elde edilirken Bakker, 2008 ve Angeli, 2004 çalışmalarından yararlanılmıştır. Elde edilen C faktörler ışığında elde edilen Akçay Havzası'nın C Faktör dağılışı haritası elde edilmiştir.

Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü	C Faktör	Alan (%)
222. Meyve Ağaçları	0.3	0.14
233. Zeytinlik	0.3	0.94
242. Karışık Tarım	0.2	8.78
243. Tarım	0.003	4.63
311. Geniş Yapraklı Orman	0.001	1.10
312. İğne Yapraklı	0.05	38.10
313. Karışık Orman	0.002	7.50
321. Çayır	0.05	0.55
323. Sert Yapraklı Bitkiler	0.05	4.38
324. Fundalık,Ağaççık	0.04	13.35
331. Kum	0	2.45
332. Anakaya	1	12.12
333. Bitki Ö. Seyrek Alan	0.36	5.77
5.12. Su Kaynakları	0	0.15
	Toplam	100

Tablo 3.8: C Faktör Değerleri



C faktör dağılışı haritasında (Şekil 3.7) da görüleceği üzere çalışma alanında kuzey sınırı alanları genelde 1 değeri ile temsil edilmektedir. Bu alanlar çalışma alanında yükseltinin en yüksek noktaya ulaştığı alanları oluşturmaktadır. Yükseltinin artmasıyla beraber orman üst sınırının aşılması bu alanların çıplak kalmış alanları oluşturmaktadır. Çıplak kalmış arazide genellikle kalker anakaya bloklarının yüzeyletiği alanları oluşturmaktadır ve bitki örtüsünün olmayışından dolayı erozyonel süreçlere tamamen açık bir alanı oluşturmaktadır .

Akçay Havzası'nda C faktör değerinin 0 ile temsil edildiği yani toprağın erozyonel süreçlerinden bahsedilmediği alanlar Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü tablosunda da “ kum ve su kaynakları ” olarak geçen bölümdür. Tablo 3.8'te bahsedilen kum alanları, arazi çalışmalarıyla beraber bu alanın akarsu yatağı olduğu tespit edilmiştir.

3.5 Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)

Toprak koruma yöntemleri geleneksel olarak, yüzeyde meydana gelen akışın nasıl kontrol altına alındığı ve bunun pozitif etkileri olarak görülür. Bu faktör, çeşitli şekilde gerçekleştirilen tarımsal faaliyetlerin – şeritsel ekim, teraslama, kontur sürüm – erozyon üzerine etkisinin nasıl olduğunu yansıtır. (Renard K. G., 1997)

Yapılan arazi çalışmaları, çeşitli hava fotoğraflarının incelenmesi ve bölgede yaşayan halk ile yapılan görüşmeler sonucu çalışma alanında arazide toprak koruma önlemlerinin gerçekleştirilmedi tespit edilmiştir. Rusle yönteminde arazide toprak koruma yöntemlerinin karşılaşılmaması durumunda bu faktör denkleme katkısı yoktur. Yani P faktör denkleme 1 değeri ile dahil edilmiştir.

3.6 Potansiyel Toprak Kaybı Bulguları

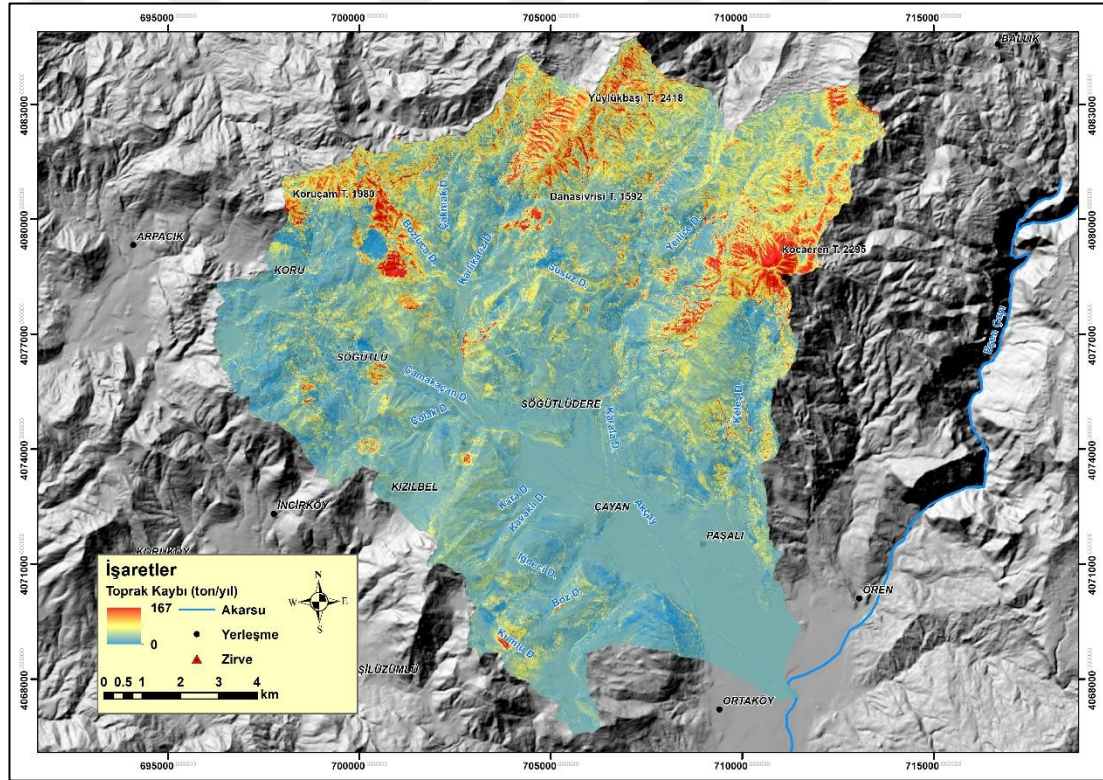
Akçay Havzası'nda potansiyel toprak kaybını hesaplamak için üç farklı SYM verisi, LS faktör (eğim ve eğim uzunluğu) elde etmek için kullanılmıştır. Toprak kaybını elde etme adına, tez kapsamında Rusle yönteminde kullanılan R, K, C ve P faktörler sabit değerler almıştır. Sabit alınan değerler dışında kalan Ls faktör için her SYM kaynağından farklı sonuçlar elde edilmiştir. Aşağıdaki bölümlerde her SYM kaynağı için elde edilen sonuçlar verilmiştir.

3.6.1 TanDEM-X 12m. Potansiyel Toprak Kaybı

Çalışma alanında potansiyel toprak kaybını hesaplamada kullanılan altlık verilerden biride TanDEM-X12m.'dir. Ls faktörü hesaplamada kullanılan veri kaynağı tez kapsamında kullanılan diğer SYM'ler ile karşılaştırıldığında çözünürlüğü en yüksek SYM'dir. Rusle yönteminde TanDEM-X12m. SYM verisi kullanılarak elde edilen potansiyel toprak kaybıyla ilgili sayısal veriler Tablo 3.9' da ve potansiyel toprak kaybının dağılışı haritası Şekil 3.8'te gösterilmiştir.

Toprak Kaybı Miktarı (ton/ha/yıl)	Alan (%)	Alan (km ²)
0 – 8	58	107.3
8 – 27	19	35.15
27 - 56	13	24.05
56 – 85	7	12.95
85 – 119	2	3.7
119 – 167	1	1.85
167 <	0	0
Toplam	100	185

Tablo 3.9: TanDEM-X12m. Potansiyel toprak kaybı miktarının alansal ve oransal dağılımı.



Şekil 3.7: TanDEM-X12m. potansiyel toprak kaybı haritası

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde toprak kaybının 0 – 167 ton arası değiştiği görülmektedir. Tablo 3.9’da, 167 ve üzerinde değerlerin olduğu alanlar görülmektedir fakat bunlar alansal olarak çok küçük (<0.05) alanları temsil ettiği için maksimum toprak kaybının 167 ton/yıl olarak gerçekleştiği söylenilebilir. TanDEM-X12m. potansiyel toprak kaybı değerleri için 0 – 8 ton/ha/yıl arası değerler

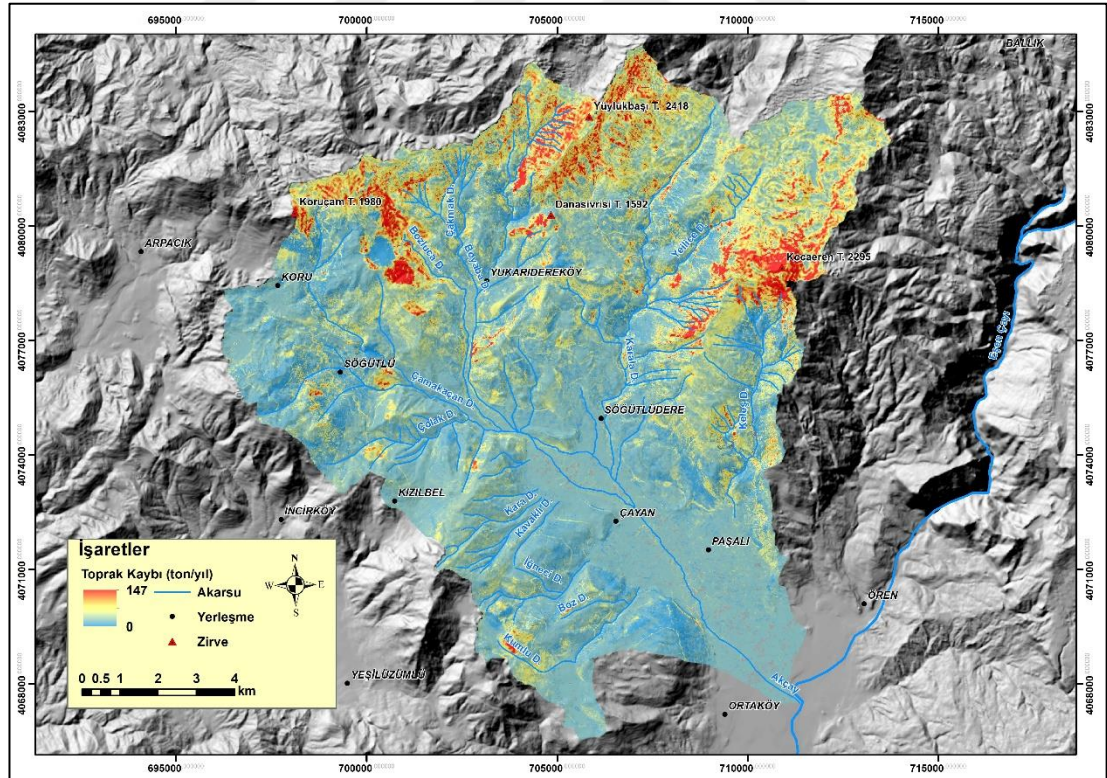
Çalışma alanının %58'lik bir değerle en geniş bölümünü (107.3km²) oluşturmaktadır. Toprak kaybının en yüksek seviyesi olan 119 – 167 ton/ha/yıl değerler aralığı ise çalışma alanında sadece %1'lik (1.85km²) bir bölümünü oluşturmaktadır. Potansiyel toprak kaybının dağılış alanları incelendiğinde, çalışma alanın genellikle güney bölümü erozyon şiddetinin düşük olduğu 0 – 8 ton/ha/yıl değerlerinde seyrettiği görülmektedir. Yine aynı şekilde çalışma alanında erozyon dağılışı incelendiğinde erozyon şiddetinin yüksek olduğu değerler 85 ton/ha/yıl ve üzeri değerler daha çok çalışma alanın kuzey bölümünde görülmektedir. Bu dağılışın görülmesinin nedenleri arasında kuzey bölümlerde vadi yamaçlarında eğimin artması, bitki örtüsünden yoksun alanlardan meydana gelmesi, anakaya alanlarının bu bölgede yzeylenmesi olduğu söylenilebilir. Güney bölgelerde ise potansiyel toprak kaybı miktarının düşük olmasında, bu bölgenin eğim şartlarının düşük akarsu taşkın yataklarından meydana gelmesi ve bu bölgede bitki örtüsü açısından daha yoğun iğne yapraklı ve geniş yapraklı karışık ormanların bir arada görülmesi etkili olduğu söylenilebilir.

3.6.2 Alos 12.5m Potansiyel Toprak Kaybı

Akçay Havzası'nda toprak kaybını hesaplamada kullanılan bir diğer SYM ise Alos 12.5m'dir. Rusle yönteminde hesaplamaya alınan Alos 12.5m. verisi açık kaynaklı ve ücretsiz erişilebilen veri kaynaklarından biridir. Tez kapsamında kullanılan SYM verilerinin çözünürlük derecesi bakımından TanDEM-X 12m.'den sonra gelmektedir. Alos 12.5m. SYM verisi kullanılarak elde edilen potansiyel toprak kaybı miktarı Tablo 3.10'da gösterilmiştir. Aynı şekilde potansiyel toprak kaybının alansal dağılışı da şekil 3.9'da verilmiştir.

Toprak Kaybı Miktarı (ton/ha/yıl)	Alan (%)	Alan (km2)
0 – 5	51	94.35
5 – 20	21	38.85
20 – 37	11	20.35
37 - 58	8	14.8
58 - 81	6	11.1
81 – 107	2	3.7
107 – 147	1	1.85
147 <	0	0
TOPLAM	100	185

Tablo 3.10: Alos12.5m Potansiyel toprak kaybı miktarının alansal ve oransal dağılımı



Şekil 3.8: Alos 12.5m. potansiyel toprak kaybı haritası

Elde edilen sonuçlara göre Alos 12.5m. SYM verisinden üretilen potansiyel toprak kaybı değerleri 0 ile 147 ton/yıl arası değiştiği tespit edilmiştir. Hesaplanan toprak kaybı değerlerinde 147 ton/yıl değerinden büyük değerlerde vardır fakat çalışma alanı içindeki yüzdesel alan olarak çok küçük (< % 0.01) bir alanı meydana getirdiği için maksimum değer olarak 147 ton/ha/yıl değeri alınmıştır. Havzada potansiyel toprak kaybı değerleri için 0 – 5 ton/ha/yıl arası değerler çalışma alanının %51’lik bir değerle en geniş bölümünü (94.35 km²) oluşturmaktadır. Potansiyel toprak kaybı miktarının en yüksek olduğu alanlar ise çalışma alanının sadece %1’lik (1.85 km²) bir bölümünü kaplamaktadır.

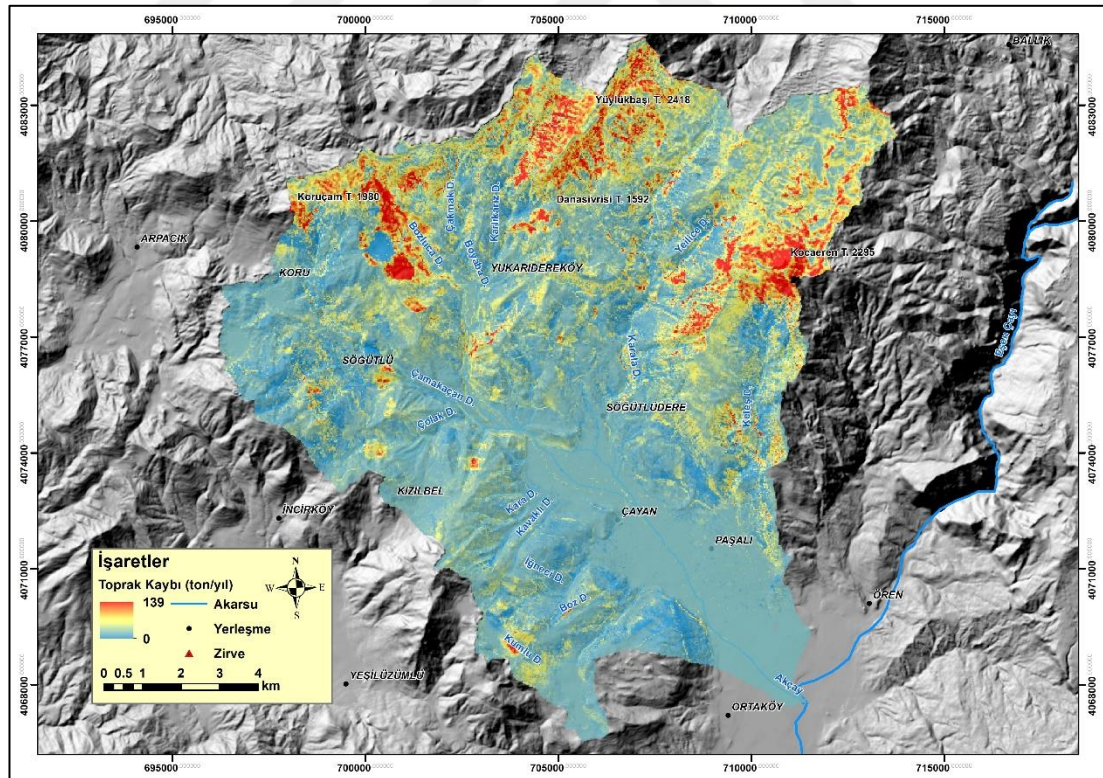
Çalışma alanında potansiyel toprak kaybı derecesinin arttığı bölgeler TanDEM-X 12m. verisi ile benzer alanları oluşturmaktadır. Kuzey bölümde vadi yamaçları ve bitki örtüsünden yoksun alanlar erozyon derecesinin arttığı bölümü oluşturmaktadır. Güney bölümde ise eğim derecesini düşüğü taşkın ovasının olduğu saha erozyon derecesinin en düşük olduğu bölümleri meydana getirmektedir.

3.6.3 Srtm30m. Potansiyel Toprak Kaybı

Akçay Havzası’nda Rusle yönteminde toprak kaybını hesaplamak için kullanılan SYM veri kaynaklarından en sol olarak Srtm30m. verisidir. Diğer veri kaynakları ile karşılaştırıldığı Srtm30m. çözünürlüğü en düşük veri kaynağıdır. Fakat tez kapsamında diğer veri kaynakları ile karşılaştırılma yapılması bakımından ve açık kaynaklı ücretsiz bir veri kaynağı olması açısından önemlidir. Havza’da Srtm30m. SYM verisinden üretilen potansiyel toprak kaybı miktarları Tablo 3.11’de verilmiştir ve Rusle yönteminde toprak kaybının dağılışının gösterildiği Şekil 3.10’da gösterilmiştir.

Toprak Kaybı Miktarı (ton/yıl)	Alan (%)	Alan (km2)
0 – 4	49	90.65
4 – 18	22	40.7
18 – 38	13	24.05
38 - 59	7	12.95
59 – 82	5	9.25
82 – 107	3	5.55
107 – 139	1	1.85
139 <	0	0
TOPLAM	100	185

Tablo 3.11: Srtm30m. Potansiyel toprak kaybı miktar ve alansal değerleri

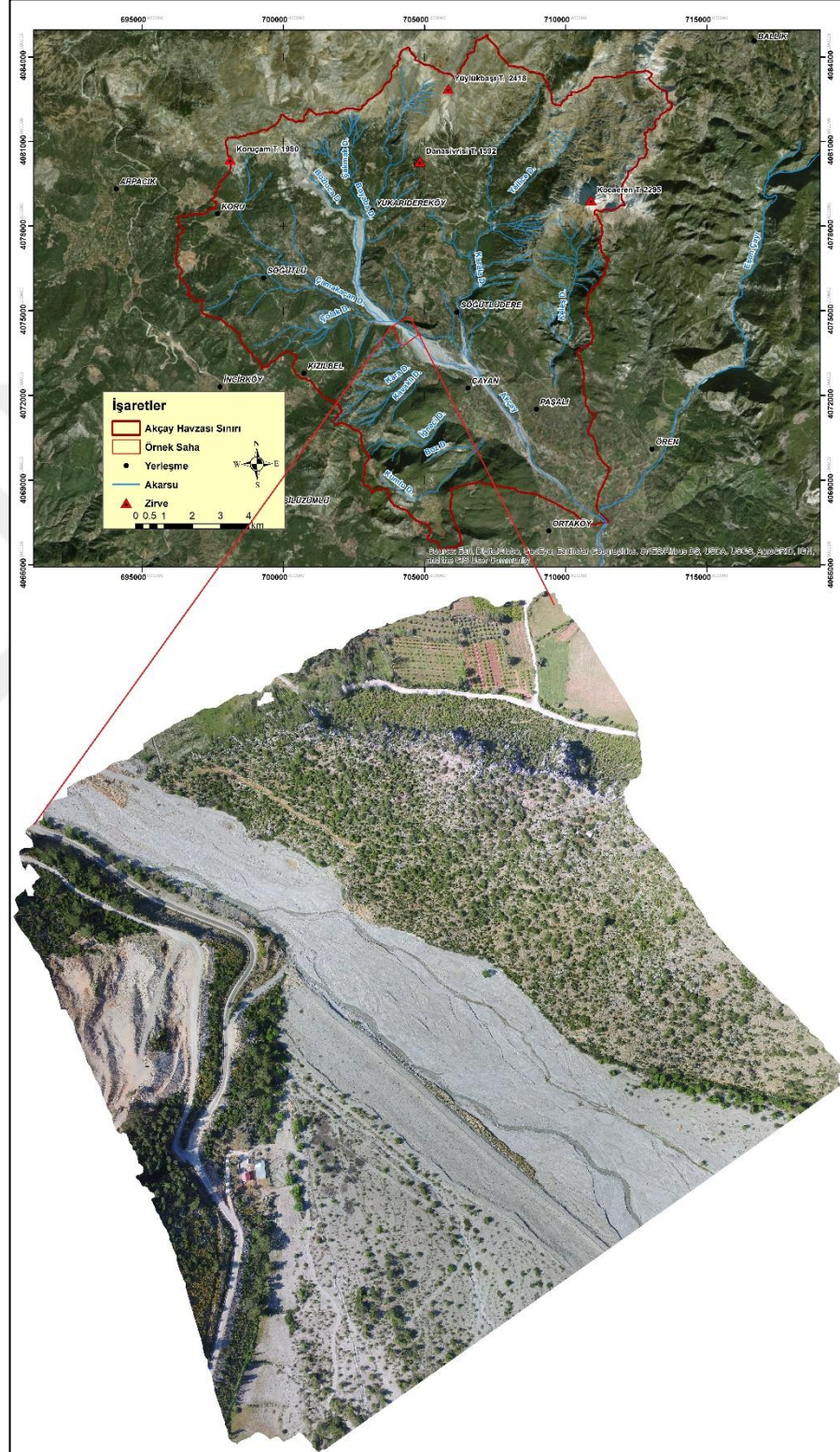


Şekil 3.9: Srtm30m. potansiyel toprak kaybı haritası

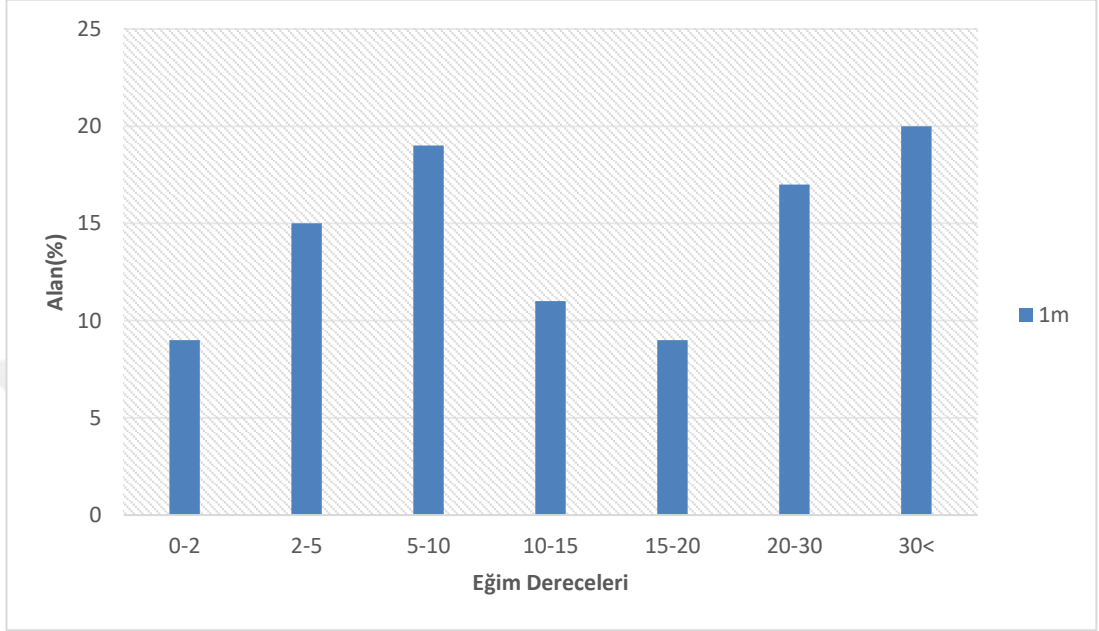
Elde edilen sonuçlara göre Srtm30m. SYM verisinden üretilen potansiyel toprak kaybı değerleri 0 ile 139 ton/ha/yıl arası değiştiği tespit edilmiştir. Hesaplanan toprak kaybı değerlerinde 139 ton/yıl değerinden büyük değerlerde vardır fakat çalışma alanı içindeki yüzdesel alan olarak çok küçük ($< \% 0.03$) bir alanı meydana getirdiği için maksimum değer olarak 147 ton/ha/yıl değeri alınmıştır. Havzada potansiyel toprak kaybı değerleri için 0 – 4 ton/ha/yıl arası değerler çalışma alanının %49'luk bir değerle en geniş bölümünü (90.65 km^2) oluşturmaktadır. Potansiyel toprak kaybı miktarının en yüksek olduğu alanlar ise çalışma alanının sadece %1'lik (1.85 km^2) bir bölümünü kaplamaktadır.

3.7 Sym Kaynaklarının Karşılaştırılması

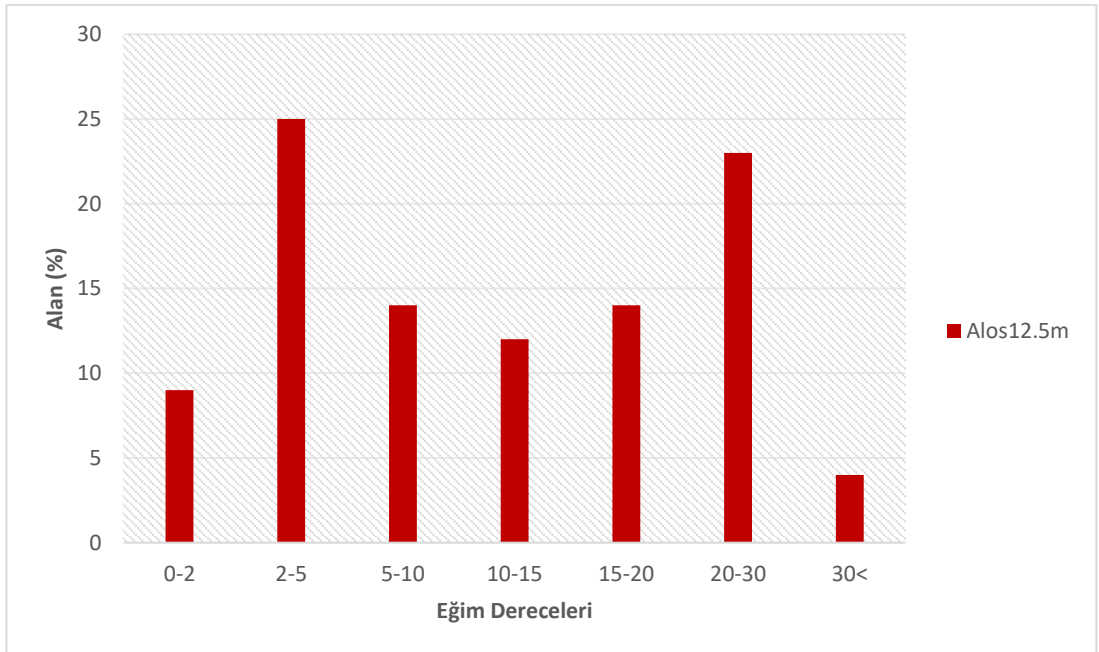
Bu tez çalışmasının amacını, farklı sayısal yükselti modellerinin karşılaştırılması oluşturmaktadır ve bununla beraber aslında Rusle yönteminde LS faktörden elde edilecek sonuçların, toplam toprak kaybındaki değişkenliği değerlendirmektedir. LS faktörde, eğim ve eğim uzunluğunu oluşturmakta, yani topoğrafyanın Rusle yöntemindeki önemini meydana getirmektedir. Günümüzde topoğrafyanın doğruya en yakın temsilini elde etmek için kullanılan yöntemlerden biride İHA teknolojisidir. Çalışma alanında Rusle yöntemini uygulamak adına üç farklı SYM kaynağı kullanılmıştır. Bu SYM kaynaklarının üçünde çözünürlükleri farklıdır. Çözünürlüğü en yüksek olan SYM kaynağı TanDEM-X12m.'dir. Kullanılan kaynakların arasındaki doğruluğu test etmek amacıyla, çalışma sahasından İHA ile 1m.x1m. çözünürlüğünde SYM üretilmiştir. Örnek lokasyon (Şekil 3.11) olarak belirlenen bölgenin alanı 1 km^2 'dir. Kullanılan veriler içinde İHA ile üretilen SYM'nin topoğrafyayı yansıtmaya gücünün en yüksek olması çalışma alanında kullanılan diğer SYM verilerinin test edilmesi için güvenilir bir veri kaynağını oluşturmaktadır. Bu verileri test etmek amacıyla her veri kaynaklarından üretilen eğim derecelerinin alansal dağılımı üretilmiştir. Aşağıda Grafik 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5'te bu dağılımın oranları verilmiştir.



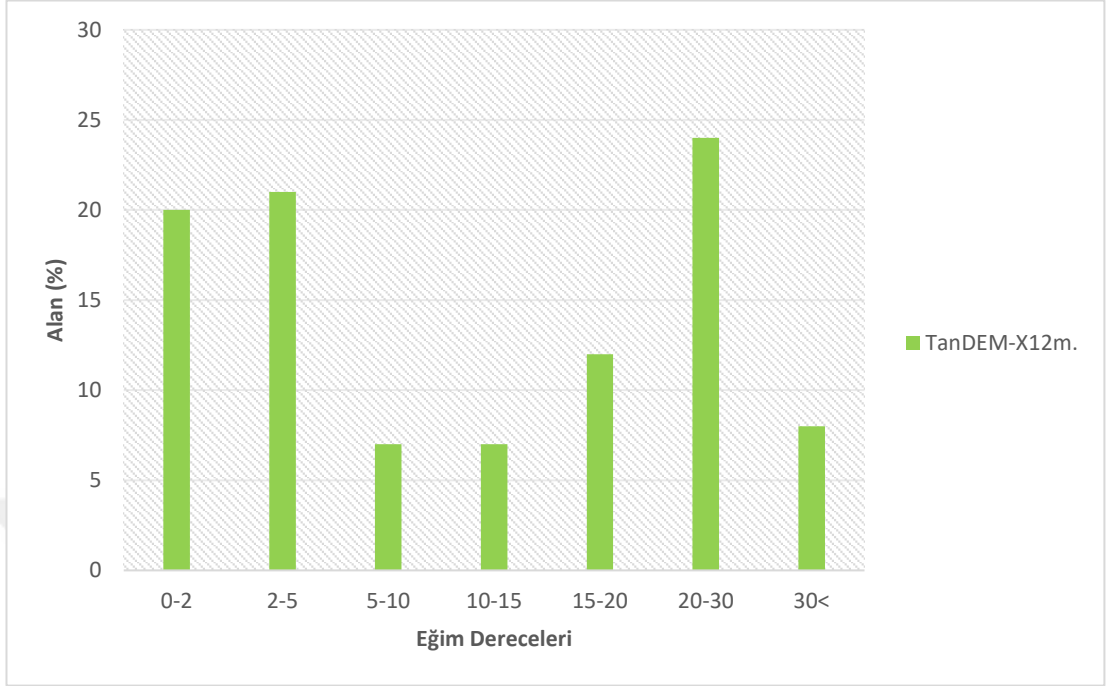
Şekil 3.11: Örnek lokasyon konum haritası.



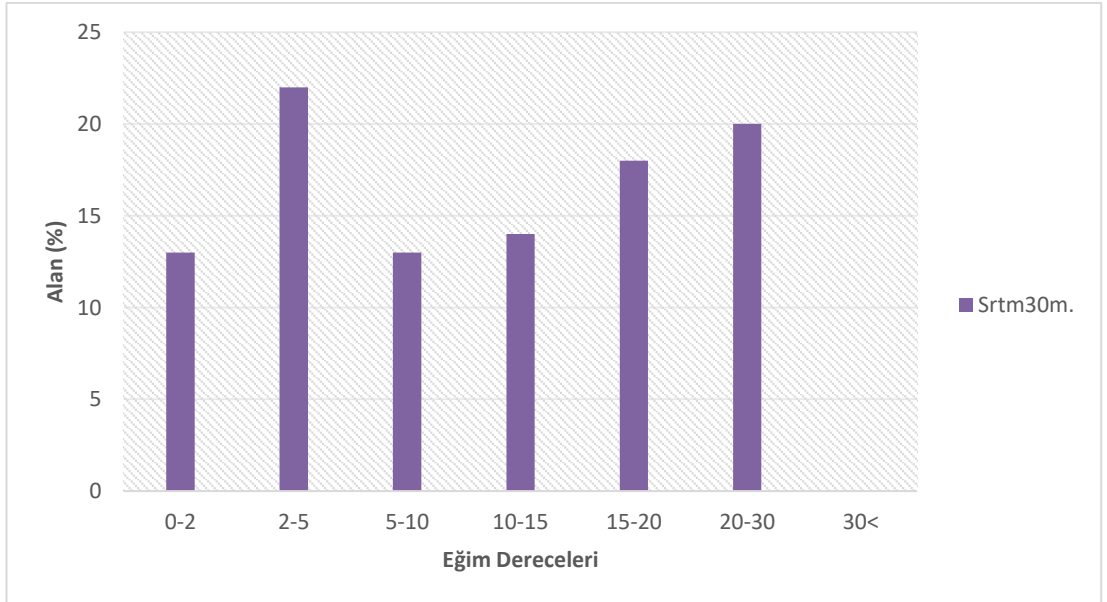
Tablo 3.1: İHA 1m. çözünürlüklü örnek alanı eğim derecelerinin alansal dağılımı



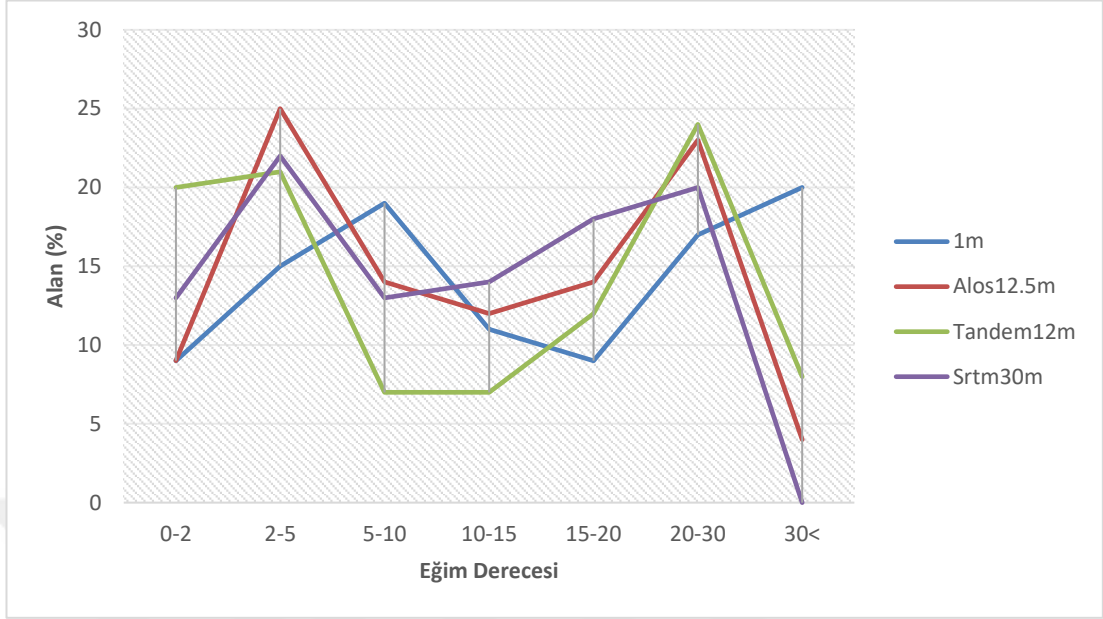
Grafik 3.2: Alos 12.5m. çözünürlüklü örnek alanı eğim derecelerinin alansal dağılımı



Grafik 3.3: TanDEM-X12m. çözünürlüklü örnek alanı eğim derecelerinin alansal dağılımı



Grafik 3.4: Srtm30m. çözünürlüklü örnek alanı eğim derecelerinin alansal dağılımı

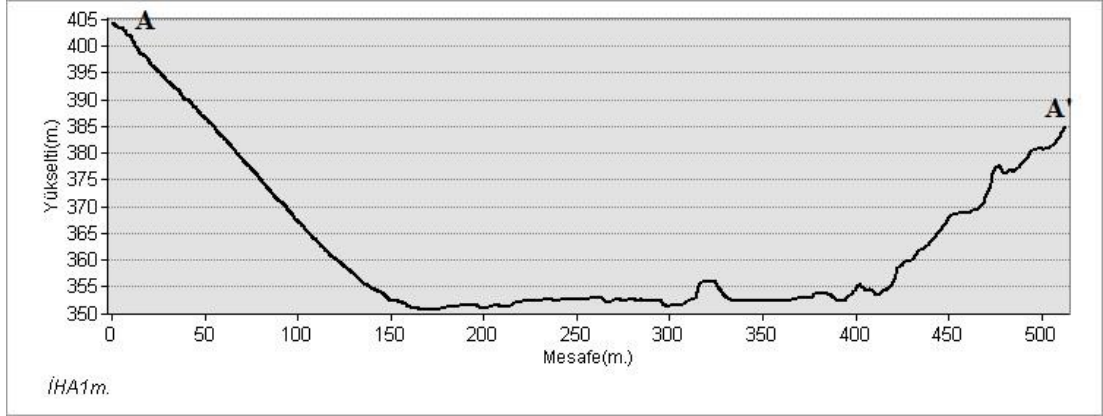


Grafik 3.5: SYM eğim derecelerinin alansal karşılaştırılması

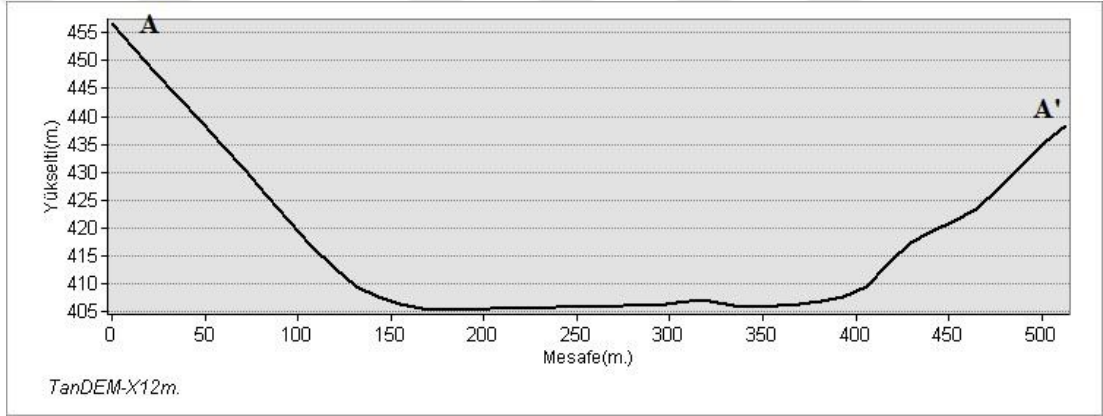
Yukarıda verilen değerler her bir veri kaynağı için farklı miktarda eğim değeri sayısı ile ifade edilmektedir. Bu değer çözünürlüğü en yüksek olandan İHA ile üretilen 1m 'de 550.510, TanDEM-X12m.'de 3829, Alos12.5m.'de 3528, Alos30m.'de 611 adettir. Bu verilerden de görüleceği gibi çözünürlük derecesi arttıkça topoğrafyayı temsil eden veri sayısı da artmaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre örnek alınan lokasyon için 1m'lik SYM'den üretilen eğim haritasındaki en belirgin fark, maksimum eğim değerleri oranının diğer SYM haritalarına göre fazla çıkmasıdır. Bunun dışında TanDEM-X12m. , Alos 12.5m. ve Srtm30m. eğim derecelerinin alansal dağılımı kendi içinde kabaca benzerlik göstermektedir.

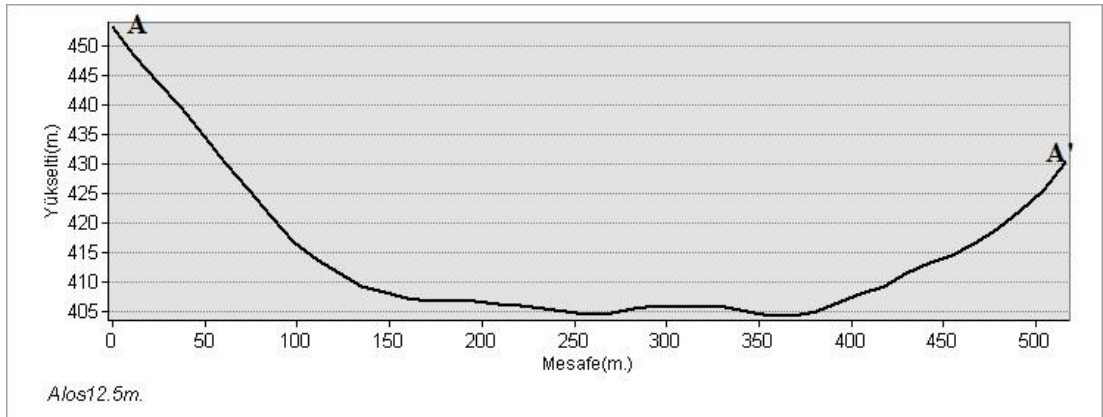
Kullanılan SYM'lerin çözünürlüğü en yüksek olan İHA 1m. verisine yakınlığını test etmek adına, belirlenen örnek lokasyonunun alanı her SYM için kesilmiştir. Üretilen SYM haritalarında yükseltinin değişimini göstermek adına akarsuyu enine kesecek şekilde profiller çekilmiştir (Grafik 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10).



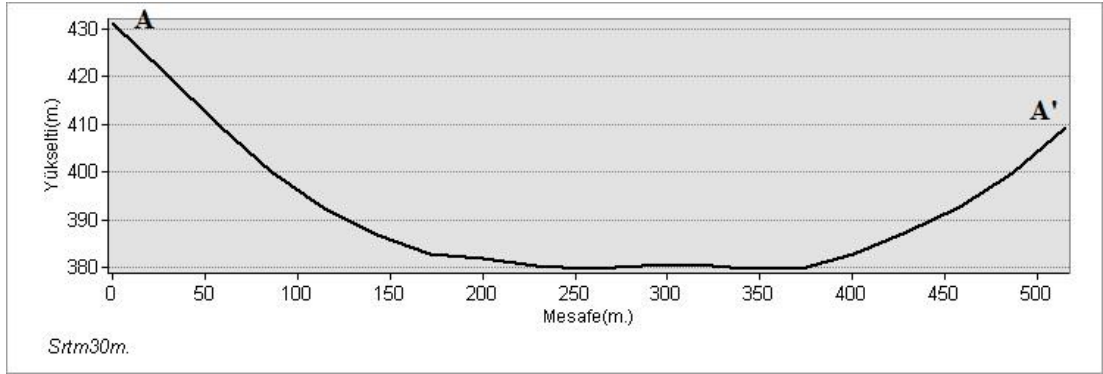
Grafik 3.6: İHA1m. Yükselti Profili



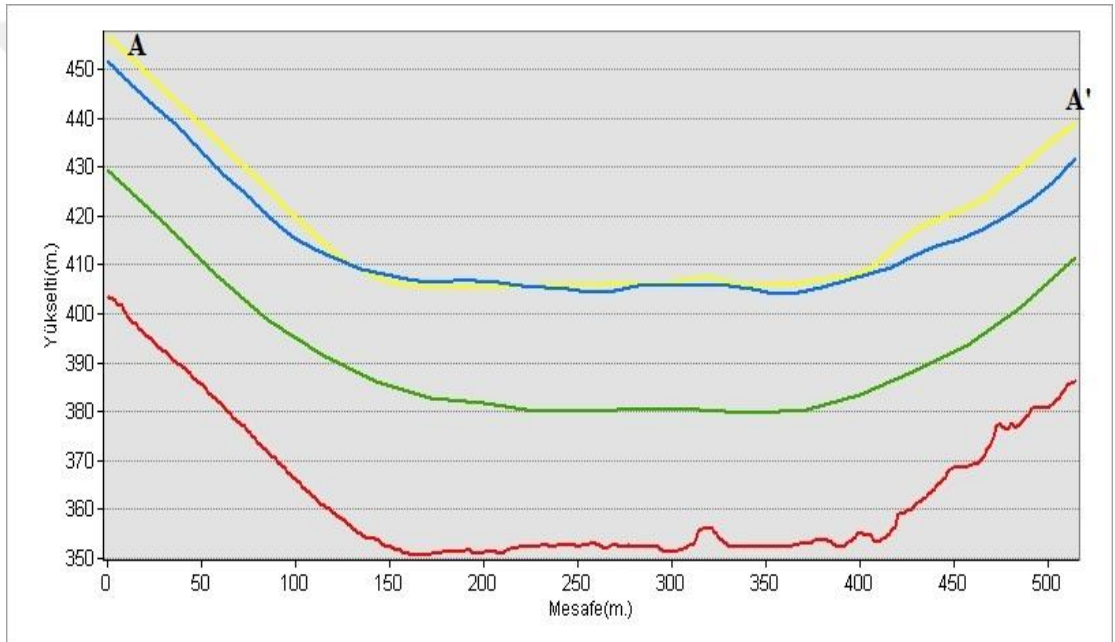
Grafik 3.7: TanDEM-X12m. Yükselti Profili



Grafik 3.8: Alos12.5m. Yükselti Profili



Grafik 3.9: Srtm30m. Yükselti Profili



Grafik 3.1011: Örnek lokasyon için SYM'lerin yükselti profilleri. (Kırmızı: İHA1m., Sarı: TanDEM-X12m., Mavi: Alos12m., Yeşil: Srtm30m.)

SYM'lerden üretilen profillerde topoğrafyayı temsil etme adına en fazla hücre sayısına sahip olan İHA1m. profilinin en ayrıntılı olduğu görülmektedir. Çözünürlük derecesi birbirine en yakın olan Alos12.5m. ve TanDEM-X12m. SYM verilerinin profillerinin eğimin azaldığı akarsu tabanında birbirine paralel gittiği, eğimin arttığı kabaca doğu ve batı yamaçlarda (A ' ve A) yükselti değerlerinin değiştiği tespit edilmiştir. Srtm30m. SYM verisi çözünürlüğü en düşük veri kaynağı olduğu için temsil ettiği hücre sayısı az olmasından dolayı o temsil ettiği hücrenin ortalama yükseltisinin yansıtmaktadır. Bu sebepten dolayı profilde kısa mesafe yükselti

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma ile toprak erozyonu ile ilgili kantitatif veri elde etme amacıyla kullanılan ve son yıllarda özellikle Akdeniz Havzası'nda sıklıkla tercih edilen Rusle yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin ortaya çıkışı tarımsal alanlarda toprak erozyonunu saptamak ve buna çeşitli önlemler geliştirmek iken gelişen teknoloji ile günümüzde yer bilimlerinde de kullanılan bir yöntem olmuştur. Rusle yöntemiyle günümüzde toprak erozyonu ile beraber çalışma alanının genel erozyonel süreci hakkında da bilgi vermektedir.

Tez kapsamında Rusle yöntemi dağlık bir sahada bulunan Akçay Havzası'nda denenmiştir. Bu çalışma ile beraber ulaşılmak istenen nokta, Rusle yönteminin bir parametresi olan "LS Faktör"ün farklı çözünürlükte SYM verilerinin karşılaştırılmasıdır. Bu kapsamda yapılan çalışmada TanDEM-X12m., Alos12.5m ve Srtm30m. çözünürlüğündeki Sayısal Yükselti Modelleri'nden üretilen LS faktör değerleriyle beraber "Potansiyel Toprak Kaybı" hesaplanmıştır.

Eğim ve Eğim Uzunluğu parametresini ele alan Ls faktörü elde etmek için kullanılan altlık SYM verilerinin çözünürlük seviyesi ne kadar artarsa, topoğrafyayı doğru yansıtmaya gücüde o kadar artmaktadır.

Elde edilen sonuçlar ışığında TanDEM-X12m. SYM kaynağından üretilen yıllık toprak kaybı maksimum 167 ton, Alos12.5m. 'den 147ton, Srtm30m.'den 139 ton değerleri hesaplanmıştır. Belirtilen veriler maksimum değerleri yansıtmaktadır ve bu değerler çalışma alanında her bir SYM verisinden üretilen dağılış haritaları için alansal oranı %1'i geçmemektedir. Akçay Havzası'nda gerçekleşen ortalama yıllık toprak kaybı değerleri incelendiğinde ise TanDEM-X125m. için 27 – 56 ton/ha/yıl, Alos12.5m. için 20 – 37 ton/ha/yıl, Srtm30m. için 18-38 ton/ha/yıl olarak tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlarla beraber kullanılan altlık haritaların topoğrafyayı yansıtmaya gücünün artmasıyla birlikte, nicel olarak elde edilen toprak kaybı miktarındaki artışla doğru orantılı olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda

          en yüksek olan TanDEM-X12m. potansiyel toprak kaybı değeri hesaplamasında da en yüksek miktara ulaşmaktadır.

Akçay Havzası'nda Rusle yöntemi ile hesaplanan potansiyel toprak kaybının yoğunlaştığı ve az olduğu alanlar her üç SYM kaynağından da üretilen haritalarda benzer alanları oluşturmaktadır. Bu durumunda ortaya çıkmasında Rusle yöntemi uygulanışı ve toprak kaybı haritalarının üretimi sırasında Ls faktör haricinde R faktör, K faktör, C faktör ve P faktör verilerinin ortak olmasıdır. Elde edilen sonuçlarda her üç SYM kaynağı içinde eğimin arttığı ve azaldığı alanlar ortak olduğu için benzer sonuçlar meydana gelmiştir. Sonuçlarda değişen unsur sadece toprak kaybı miktarı olmuştur. Çalışma alanında toprak kaybının arttığı bölümler Foto II'de görülmektedir ve bazı ortak özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Vadi yamaçlarında eğimin artması,

Bitki örtüsünün cılız olması veya hiç olmaması,

Anakayanın y zeylenmesi,

Yağış ve akış değerlerinin yükselmesidir.

Her kullanılan SYM kaynağı için üretilen potansiyel toprak kaybı ortalama 20 derece eğime kadar toprak kaybı miktarları benzer değerler verirken, 20 derece eğimden sonra toprak kaybı derecesi artmaktadır. Bu durumda SYM haritalarının          leri önemli rol oynamaktadır.

Çalışma alanının erozyon özellikleri genel jeolojik ve litolojik özellikleri ile de ilişkilidir. Bu bölgede özellikle Beydağı Otokton neritik kireçtaşı birimleri ile beraber çalışma alanında killi birimleri oluşturan Yeşilbarak Napı, Beydağı Otoktonu ile arasında dokanak noktaları meydana gelmektedir. Bu dokanak noktalarında meydana gelen heyelanlar bölgenin erozyonel süreçlerinin hızlanmasına neden olmaktadır. Yine bölgede gerçekleşen Yeşilbarak killi birimlerinin üzerinde gerçekleşen Oyuntu (Gully) Erozyonu alanları, sığ heyelanlar üzerinde de (Foto I) görülebilmektedir.



Foto II: Sığ heyelanlar üzerinde gerçekleşmiş Oyuntu (Gully) erozyonları

Çalışma alanında yükseltinin kısa mesafede 200m.'den 2418m'ye kadar çıkması yağışın erozyona etkisini de arttırmaktadır. Bu bölgede Akdeniz üzerinden gelen nemli hava kütlelerinin Fethiye Körfezi'nden ilerleme hattı üzerinde ki en büyük engel Karadağ'dır. Akçay Havzası'nda bakı yönü(Şekil 2.6) ağırlıklı olarak güneye bakan yamaçların çoğunlukta olması (%51) yağışın en yoğun olarak düştüğü yer olarak görülmekte ve bununla beraber erozyonu arttıran etmenlerden birini oluşturmaktadır.



Foto III: Erozyonun yoğunlaştığı kuzey (yükseltinin arttığı) bölgeler. (Bakış: Kuzeybatı)

Meydana gelen bu faktörler çalışma alanının daha çok kuzey – kuzeydoğu bölümün de yani yükseltinin arttığı bölümde meydana gelmektedir. Toprak kaybı değerlerinin düştüğü alanların ortak özellikleri ise;

Eğimin genel olarak 0 – 10 derece arasında olması,

Bitki örtüsü açısından karışık ve iğne yapraklı ormanlardan oluşması,

Tarımsal faaliyetlerin meydana gelmesi,

Yağış ve akış değerlerinin düşük değerlere sahip olmasıdır.

Çalışma alanında toprak kaybının düşük olduğu alanların bu özellikleri daha çok havzanın güney bölümünü oluşturmaktadır (Foto III ve IV). Bu bölge havzada yükseltinin en düşük olduğu bölümü oluşturmaktadır (200m.). Yükseltinin düşük olmasıyla beraber bu alanlar düz ve düze yakın taşkın ovası ve alüvyal yelpazelerinde içinde bulunduğu tarımsal alanları da içermektedir.



Foto IV: Erozyon değerlerinin düşük olduğu taşkın ovası ve tarım arazileri -1



Foto IV: Erozyon değerlerinin düşük olduğu taşkın ovası ve tarım arazileri -2 (Bakış: Güneydoğu)

Rusle yönteminin bir diğer önemli faktörü ise K faktördür. Toprak erodobilite oranını yansıtan bu faktör 0 – 1 arasında bir değer aralığına sahiptir. Çalışma alanında bu değer Tablo 3.5’te de verildiği gibi genelde erodobilite oranının düşük olduğu tespit edilmiştir. Tez kapsamında K faktörü hesaplamak için 12 farklı lokasyondan toprak örneği alınmış ve analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucu elde edilen sonuçlarda bazı ilginç sonuçlara ulaşılmıştır. Çalışma alanının yaklaşık %65’ini Kırmızı Akdeniz Toprakları oluşturmaktadır. Yapılan arazi çalışmaları sonucunda 4 farklı lokasyondan Kırmızı Akdeniz Toprakları’na ait toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerde Tablo3.7’de gösterilmiştir. Bunlar, $L-1 = 0.02$, $L-3=0.06$, $L-6=0.04$, $L-9=0.06$, $L-12=0.01$ K değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre toprak tipinin değişmemesine rağmen K faktör değerinin değişiklik göstermesi, toprak tipinin her noktasında tekstür ve organik maddenin aynı olmadığı anlamına gelmektedir. Böylelikle Rusle çalışmalarında doğru sonuç elde etmede toprak analizlerinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Tez kapsamında elde edilen en yüksek sonuç olarak TanDEM-X 12m.den üretilen toprak kaybı miktarı ortalama değeri 27-56 ton/ha/yıl değeri ile beraber Türkiye’de yapılan Rusle yöntemi çalışmalarına göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Hesaplanan toprak kaybı değerleri ile diğer çalışmaların kıyaslandığında; Ankara Çamlıdere Baraj Havzası için 0-30 ton/ha/yıl (Yılmaz, 2006), Çankırı İli Ilgaz Dağı İndağı Geçidi yakın çevresi tespit edilen 0-15 ton/ha/yıl (Başaran, 2005), Bursa Mustafakemalpaşa Havzası’ndan ulaşılan 0-20 ton/ha/yıl (Özsoy, 2007), Afyon Bolvadin’de Değirmen Dere Havzası üzerine uygulanan Rusle yönteminde 0 – 67 ton/ha/yıl (Çelik, 2011), değerleri tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, çalışma sahasının dağlık alanlardan oluşmasının eğim ve yağış koşullarını arttırması sebebiyle toprak kaybı miktarını arttıran etken olduğu söylenilebilir.

Sonuç olarak, Akçay Havzası’nda toprak erozyonunu tespit etmek için Rusle yönteminde farklı çözünürlükteki “Sayısal Yükselti Modelleri”nden üretilen haritalarda belirgin bir fark tespit edilmiştir. SYM verilerinin çözünürlük seviyesinin artmasıyla toprak erozyonu miktarının da arttığı tespit edilmiştir. Kullanılan veriler arasında çözünürlüğü en yüksek olan, üretim teknolojisi olarak en gelişmiş ve üretim tarihi olarak en yeni olan TanDEM-X12m. SYM verisi toprak erozyonunda en yüksek ve en ayrıntılı sonuca ulaşmıştır. Bunu izleyen diğer SYM kaynaklarından sırasıyla Alos12.5m ve Srtm30m. en yakın sonuçlara ulaşmıştır. Alos12.5m ve TanDEM-X12m. arasında çözünürlük açısından 0.5m bir fark olmasına rağmen sonuçlarda fark belirgin olarak TanDEM-X12m’nin daha ayrıntılı sonuç verdiğini göstermiştir. Ayrıca bu sonuçlarla beraber Rusle yönteminin dağlık bir sahada uygulanması açısından da erozyon çalışmalarında uygulanabilirliği test edilmiştir.

KAYNAKÇA

- Angeli, L. (2004). “Alutazione del rischio erosione applicazioni del modello RUSLE.Centro Ricerche Erosione Suolo.” **Centro Ricerche Erosione Suolo.**
- Avşarcan, B. (1999). “Fethiye Körfezi Kuzeyindeki Dağlık Kesimde Jeomorfoloji Araştırmaları.”
- Bahadur, K. C. (2008). “Mapping Soil Erosion Susceptibility Using Remote Sensing and GIS: A Case of the Upper Nam Wa Watershed, Nan Province, Thailand.” **Environmental Geology.**
- Bahtiyar, M. (2003). Toprak Erozyonu, Oluşum ve Nedenleri, Erozyonla Mücadele.
- Bakker, M. G. (2008). “The response of soil erosion and sediment export to land-use change in four areas of Europe: the importance of landscape pattern.” **Geomorphology.**
- Başaran, M. (2005). “Arazi Kullanımındaki Değişmelerin Toprak Erozyonu Üzerine Etkisi: Çankırı İli İndağı Bölgesi Örnek Çalışması, (Doktora Tezi),.” **Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.**
- Bayrakdar, C. (2012). “Akdağ Kütlesi’nde (Batı Toroslar) Karstlaşma-Buzul İlişkisinin Jeomorfolojik Analizi.” **İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Doktora Tezi)**

- Bayrakdar, C. Çılğın, Z., “Karadağ’da Pleyistosen Buzullaşmaları, Batı & Sarış, F. Toroslar, Türkiye.” **Türkiye Jeoloji Bülteni**, (2017). (2017). **cilt.60, ss.451-469, 2017**
- Bayramin, İ. B. (2008) “Assessing the Effect of Land Use Changes on Soil Sensitivity to Erosion in a Highland Ecosystem of Semi-Arid Turkey.” **Environmental Monitoring Assessment**.
- Cooley, K. (1980). “Erosivity "R" for individual storms: IN: CREAMS: A field-scale model for chemicals, runoff, and erosion from agricultural management systems. Washington, DC.” **USDA - SEA conservation Research Report No.26 USDA**.
- Corine. (2012). “Corine Land Cover 2012 Final Validation Report.” **European Environment Agency**.
- Cosentino D, S. T. “Late Miocene surface uplift of the southern margin of the Central Anatolian Plateau, Central Taurides, Turkey. Geol Soc Am Bull .” **Geol Soc Am Bull 124, 133-145**.
- Cürebal, İ., & Ekinçi, D. “Kızılkeçili Deresi Havzasında Cbs Tabanlı Rusle(3d) Yöntemiyle Erozyon Analizi.” **Türk Coğrafya Dergisi**, 47, 115-130.
- Çanga, M. R. (1985). “Toprak ve Su Koruma.” **Ankara: nk. Üniv. Ziraat Fak. Yay. No.1386, Ders Kitabı No.400**.

- Çelik, V. (2011). “Değirmen Deresi Havzası’nda (Bolvadin-Afyonkarahisar) Toprak Erozyonu Risk Analizi, (Yüksek Lisans Tezi). “**Afyonkarahisar: Afyonkocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.**
- ÇEM. (2018). “DEMİS Türkiye Su Erozyonu İstatistikleri, Teknik Özet.” **Ankara: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları.**
- Çiner A, K. M. (2008). “Late cenozoic sedimentary evolution of the Antalya Basin, Southern Turkey.” **Turkish J Earth Sci 17, 1-14.**
- D. C. Flanagan, J. E. (2007). “Water Erosion Predict Project (WEPP) Development History, Model Capabilities and Future Enhancements.” **American Society of Agricultural and Biological Engineers .**
- Darcy, K. M. (1998). “Estimation of Upland Erosion Using GIS.” **Computers and Geosciences 2.**
- De Roo, A. (1996). “The LISEM project: an introduction.” **Hydrological Processes,10, 1021 - 1025.**
- De Roo, A., Wesseling, C., & Ritsema, C. (1996) “Lisem: A Single- Event Physically Based Hydrological And Soil Erosion Model For Drainage Basins. I: Theory:, Input and Output.” **Hydrological Processes,, 1107-1117.**

- Desmet, P. J. (1996). "A GIS Procedure for Automatically Calculating the USLE LS Factor on Topographically Complex Landscape Units." **Journal of Soil and Water Conservation**, 51(5).
- Doğan U, K. A. (2017). "Development of the Kembos and Eynif structural poljes: morphotectonic evolution of the Upper Manavgat River basin, central Taurides." **Geomorphology** 278, 105 - 120.
- Durigon, V., Carvalho, D., Antunes, M., Oliveira, P., & Fernandes, M. (2014). "NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed." **International Journal of Remote Sensing**, v.35. *International Journal of Remote Sensing*, 441-453.
- Erkal, T. (2012). "Çobanlar Havzası'nda (Afyonkarahisar) Toprak Erozyonunun Değerlendirilmesi." **The Journal of Academic Social Science Studies**, 543-562.
- Ertek, A. T., Hacıyakupoğlu, S., Walling, D. E., Karahan, G., Erginal, A. E., Çelebi, N., & Saygın, H. (2004). "Sezyum-137 Nükleid'inin Erozyon Araştırmalarında Kullanımı ve Türkiye'den Örnekler." **İ.Ü Coğrafya Dergisi**, 47-62.
- Ferro, V. G. (1991). "Isoerosivity and erosion risk map for Sicily." **Hydrology Science Journal**, 36, 549-564.

- Ferro, V. G. (1991). "RUSLE User's Guide." **Soil and Water Cons. Soc.**
Foster, G. R.
(1996).
- Figueiredo, T. P. (1998). "Effect of Surface Rock Fragment Characteristics on
Intrerrill and Erosion of the a Silt Loam Soil."
Soil and Tillage Research 46, 81-95.
- Gilbert, G. (1877). Land Sculpture.
- Gönençgil, B., & Acar "Indices of Temperature Extremes in Mediterranean
Deniz, Z. (2016). Coastlines of Turkey." **IGU**
- Görüm, T., Bayrakdar, "Geomorphology of the Mount Akdag landslide,
C., Uğur, A., & Western Taurus range (SW Turkey)" ,
Resul, Ç. (2017). [https://doi.org/10.1080/17445647.2017.12804](https://doi.org/10.1080/17445647.2017.1280424)
24. JOURNAL OF MAPS, 165-172.
- Gülşen, M. (2014). "Eber Havzasında (Afyonkarahisar) Toprak
Erozyonunun Değerlendirilmesi, (Yüksek
Lisans Tezi). Afyonkarahisar:" **Afyonkocatepe
Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.**
- Haboudane, D. B. "Land Degradation and Erosion Risk Mapping By
(2002). Fusion Of Spectrally Based Information and
Digital Geomorphometric Attributes."
International Journal of Remote Sensing,18.
- Hickey, R. (2000). "Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS.
"Cartography, 29(1).

Hickey, R. S. (1994). “Slope Length Calculations from a DEM within ArcInfo GRID. Computing.” **Environment and Urban Systems.**

<https://www.jpl.nasa.gov> 2 Mayıs, 2019

<https://www.eorc.jaxa.jp> 2 Mayıs, 2019

<https://www.dlr.de> 2 Mayıs 2019

<https://www.vertex.daac.asf.alaska.edu> 1 Mayıs, 2019

<https://www.directory.eoportal.org> 1 Mayıs, 2019
adresinden alındı,

Huggett, R. J. (2007). Fundamental of Geomorphology.

KHGM. (1999). “Muğla İli Arazi Varlığı.” **Ankara: T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yay.**

Harvey, A. M. (1974). “Gully erosion and sediment yield in Howgill Fells, Westmorland.” **Fluvial Prosesess in Instrumented Watersheds, Institute of British Geographers Special Publ., 6, 45-58.**

Kinnell, P. I. (2005). “Alternative Approaches for Determining the USLE-M Slope Length Factor for Grid Cells.” **Soil Science Society of America Journal, 69.**

- Kosmas, C. D.-F. (tarih yok). “The Effect Of Land Use on Runoff and Soil Erosion Rates Under Mediterranean Conditions.” **Catena,29, 45-59.**
- Kurt, H. (2000). “Batı Toros Polyeleri, (Doktora Tezi).” **İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.**
- Kuzucuoğlu, C., Çiner, A., & Kazancı, N. (2018). “Landscape and Landsform of Turkey.” **Springer.**
- Langbein, W. B. (1958). “Yield of sediment in relation to mean annual precipitation.” **Eos, Transactions American Geophysical Union, 39(6), 1076–1084.**
- Lee, S. (2003). “Soil Erosion Assessment and its Verification Using the Universal Loss Equation and Geographic Information System: a Case Study at Boun, Korea.” **Environmental Geology, 45.**
- Lorito, S. P. (2003). “Intorduction of GIS-based Rusle model for land planning and enviromental management in three different Italian ecosystems.”
- Mater, B. (1998). “Toprak Coğrafyası”. **İstanbul: Çantay Kitabevi.**
- McCool, D. K. (1987). “Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation.” **Transactions of the ASAE, 30.**
- McCool, D. K. (1989). “Revised Slope Length Factor For The Universal Soil Loss Equation.” **Transactions Of The ASAE, 32.**

- McCool, D. K. (1997). "Slope Length And Steepness Factors (LS), Prediction Of Soil Erosion By Water. Washington D.C.: A Guide To Conservation Planning With The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), , **"Agriculture Handbook 703. USDA, .**
- Monod O, K. C. (206). "A miocene paleovalley network in the western Taurus (Turkey)." **Turkish J Earth Sci 15:1-23. Turkish J Earth Sci, 15:1-23.**
- Moore, I. a. (1986b). "Modeling erosion and deposition: topographic effects." **Transactions of ASAE 29-6,, 1624-1640.**
- Moore, I. v. (1986a). "Physical basis of the lengthg-slope factor in the universal soil loss equation." **Soil Science Society of America Journal,50, 1294-1298.**
- Moore, R. (1979). "Rainfall erosivity in East Africa: Kenya, Tanzania, Uganda." **Geografiska Annaler, 61, 147-156.**
- Nazik, L. (2010a). "Türkiye Karst Morfolojisinin Bölgesel Özellikleri." **Türk Speleoloji Dergisi.**
- Nazik, L. (2005). "Türkiye Mağaraları. Ulusal Mağara Günleri Sempozyumu (s. 31-." **Ulusal Mağara Günleri Sempozyumu, (s. 31-46). Konya: Türkiye Tabiatını Koruma Derneği.**
- Nearing, M. A. (1997). A Single, Continuous Function for Slope Steepness Influence on Soil Loss. *Soil Science Society of America Journal , 61(3).*

- Neitsch, S. L. (2005). "Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation." **Texas: Blackland Research Center.**
- Onorì, F. B. (2006). "Soil Erosion Prediction at the Basin Scale Using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a Catchment of Sicily (Southern Italy)." **Environmental Geology, 50.**
- Öner, E. (1996). "Eşen Çayı Taşkın-Delta Ovasının Jeomorfolojisi ve Antik Patara Limanı." **Ege Coğrafya Dergisi.**
- Özcan, A. U. (2008). "Use of USLE / GIS Technology Integrated with Geostatistics to Assess Soil Erosion Risk in Different Land Uses of İndağı Mountain Pass-Çankırı, Turkey." **Environmental Geology, 53.**
- Özdemir, H. (2012). "Şehir Taşkınlarının Modellenmesinde Yersel Lidar Verilerinin Kullanımı: Alcester Örneği (İngiltere)." **III. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, (s. 719-728). Hatay.**
- Özsoy, G. (2007). "Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanarak (CBS) Erozyon Riskinin Belirlenmesi (doktora tezi)." **Bursa: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**
- Parıngıt, E. a. (2003). "Sediment Yield Modelling For Small Agricultural Catchments: Landcover Parameterization Based On Remote Sensing Data Analysis." **Hydrological Processes, 17.**

- Renard, K. G. (1983). "Soil Conservation: Principles of Erosion by Water. *Dryland Agriculture*. Wisconsin, USA." **Crop Sci. Soc. Am. and Soil Sci. Soc. Am.**
- Renard, K. G. (1991). "RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation." **Journal Of Soil and Water Conservation, 46(1).**
- Renard, K. G. (1994). "RUSLE Revisited: Status, Questions, Answers And The Future". **Journal of Soil and Water Conservation, 49.**
- Renard, K. G. (1997). "Predicting Soil Erosion By Water: A Guide To Conservation Planning With The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)." **Agriculture Handbook. USDA, Washington, DC.**
- Rijks, D. T. (1998). "Agrometeorological Application for Regional Crop Monitoring and Production Assessment, EUR." **Office for Official Publication of the European Communities .**
- Robert S. Anderson, S. P. (2010). "Geomorphology - The Mechanics and Chemistry of Landscape. "
- Sharma, V. K. (2010). "Introduction to Processes Geomorphology." **New York: Crc Press.**
- Shi, Z. H. (2003). "Soil Conservation Planning at the Small Watershed Level Using RUSLE with GIS: a Case Study in the Three Gorge Area of China." **Catena, 55, 2003.**

- Singh, D. H.-M. (2004). "An Approach To Correlate NDVI With Soil Colour For Erosion Process Using NOAA/AVHRR Data." **Advances in Space Research 33(3).**
- Strahler, A. N. (1952). "Hypsometric (area-altitude) Analysis of Erosional Topography." **Geological Society of America Bulletin (63), 1117-1142**
- Symeonakis, E. a. (2004). "Monitoring Desertification And Land Degradation Over Sub- Saharan Africa." *International Journal of Remote Sensing.*
- Şenel, M. (1997). "1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:2 Fethiye - L8 Paftası. Ankara:" **Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.**
- Şengör AMC, Y. Y. (1982). "Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach." **Tectonophysics 75:181-241. Tectonophysics 75, 181-241.**
- Tateishi, R. S. (2004).. "Spectral And Temporal Linear Mixing Model For Vegetation Classification." **International Journal Of Remote Sensing.**
- Torri D., P. J. (1997). "Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset." **CATENA, 1-22.**
- Torri, D. P. (2002). "Corrigendum to Predictability and Uncertainty Of The Soil Erodibility Factor Using A Global Dataset". **Catena .**

- Toy, T. J. (1998). "Introduction, Guidelines for the Revised Universal Soil Loss Equation (Rusle) Version 1.06 on Mined Lands, Construction Sites, and Reclaimed Lands." **ed: J. R. Galetovic.**
- V. Bagarello, C. D. "Estimating The Usle Soil Erodibility Factor in Sicily, South Italy." **Applied Engineering in Agriculture. 28(2), 199-206.**
- Van Deursen, W., & Kwadijk, J. "Using the watershed tools for modelling the Rhine catchment." **Proc. First European Conf. on GIS, Amsterdam, (s. 254-263). April.**
- Van Deursun, W. (1995). "Geographical Information Systems and Dynamic models". **Netherlands Geogr. Stud.**
- van Remortel, R. D. "Estimating the LS Factor for RUSLE Through Iterative Slope Length Processing of Digital Elevation Data Within ArcInfo Grid." **Cartography, 30(1).**
- van Remortel, R. D. "Computing the LS Factor for the Revised Universal Soil Loss Equation Through Array-based Slope Processing of Digital Elevation Data Using C++ Executable." **Computers and Geosciences, 30**
- Wang, G. G. (2001). "Uncertainty Assessment of Soil Erodibility Factor for Revised Universal Soil Loss Equation". **Catena, 46.**

WESSELING, A. P. "Lisem: A Single-Event Physically Based Hydrological And Soil Erosion Model For Drainage Basins. I: Theory, Input And Output." **HYDROLOGICAL PROCESSES , 10, 1107-1117.**

Wischmeier, W. H. "Predicting rainfall erosion losses. A Guide to conservation planning" **United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA-ARS) Handbook, No.537. Washington DC.: United States Government Printing Office.**

Yağmurlu, F. (2000). "Burdur fayının sismotektonik." **Batı Anadolu'nun Depremselliği, (s. 143-151). İzmir.**

Yiğitbaşıoğlu, H. (2000). "Finike ve Yakın Çevresinin İklim Özellikleri." **Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih - Coğrafya Fakültesi Dergisi.**

Yiğitbaşıoğlu, H. (2000). "Finike Ve Yakın Çevresinin İklim Özellikleri." **Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih - Coğrafya Fakültesi Dergisi.**

Yılmaz, E. (2006). "Çamlıdere Barajı Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi (yüksek lisans tezi)." **Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.**

Zachar, D. (1982). "Soil Erosion. Developments in Soil Science 10." **Amsterdam: Elsevier Scientific.**



