

**EBER HAVZASINDA (AFYONKARAHİSAR)
TOPRAK EROZYONUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mehmet GÜLŞEN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Tevfik ERKAL

Haziran, 2014

Afyonkarahisar

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

**EBER HAVZASINDA (AFYONKARAHİSAR) TOPRAK
EROZYONUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hazırlayan
Mehmet GÜLŞEN

Danışman
Doç. Dr. Tevfik ERKAL

AFYONKARAHİSAR 2014

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Eber Havzasında (Afyonkarahisar) Toprak Erozyonunun Değerlendirilmesi” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça’ da gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

23/05/2014

Mehmet GÜLŞEN



TEZ JÜRİSİ KARARI VE ENSTİTÜ ONAYI

JÜRİ ÜYELERİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Tevfik ERKAL

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Barış TAŞ

: Doç. Dr. Hasan KARA

İmza

T. Erkal

Barış

Hasan

Coğrafya Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans öğrencisi Mehmet GÜLŞEN'in "Eber Havzasında (Afyonkarahisar) Toprak Erozyonunun Değerlendirilmesi" başlıklı tezi, 23.06.2014 günü saat 10:00'da Afyon Kocatepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda isim ve imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Selçuk AKÇAY
Sosyal Bilimler Enstitü Müdürü

ÖZET

EBER HAVZASINDA (AFYONKARAHİSAR) TOPRAK EROZYONUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet GÜLŞEN

AFYONKOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

Haziran 2014

Danışman: Doç. Dr. Tevfik EKAL

Bu çalışmada amaç Düzenlenmiş Üniversal Toprak Kaybı Denklemi Yöntemi (RUSLE) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak çalışma alanında toprak kaybının görüldüğü sahaları, sahalardaki toprak kaybı miktarını ve şiddetini ortaya koymaktır. Bu amaçla Afyonkarahisar İli' nde yer alan yaklaşık 780 km²lik bir alan kaplayan Eber Gölü Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Sahanın seçiminde Eber Gölü çevresinin litoloji ve toprak özellikleri, Göl ve çevresinde yükselti farkının fazla olması ve bitki örtüsünün yoğun tahrip edilmiş olması etkili olmuştur.

RUSLE yönteminde “Düzenlenmiş Üniversal Toprak Kaybı Denklemi”ni oluşturan etmenler topluluğu ele alınmış ve gözden geçirilmiştir. Söz konusu bu etmenler; yağış etmeni (R Faktörü), toprak etmeni (K Faktörü), eğim ve yamaç uzunluğu etmeni (LS Faktörü), vejetasyon / bitki örtüsü etmeni (C Faktörü) ve toprak koruma etmeni (P Faktörü) dir. Bu etmenlerin herbiri için arazi çalışmalarında veriler toplanmıştır. Sonuç olarak potansiyel toprak kaybı değerlerine göre; beş sınıfa bölünerek Eber Gölü Havzası için potansiyel risk sınıfları haritaları oluşturulmuştur. Potansiyel toprak kaybı açısından Eber Havzasında erozyon riski 5 sınıfta ve 0 ile 85 ton/ha/yıl arasında değişmektedir. Eber Gölü Havzasında % 28 çok hafif, %13 hafif, %14 orta, % 14 şiddetli ve %12 çok şiddetli erozyon saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Coğrafya, Eber Gölü Havzası, Afyonkarahisar, RUSLE, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Toprak Erozyonu.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF SOIL EROSION IN EBER BASIN, AFYONKARAHISAR

Mehmet GÜLŞEN

AFYON KOCATEPE UNIVERSITY

THE INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES

DEPARTMENT of GEOGRAPHY

June 2014

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Tevfik ERKAL

This study aims to present the sites in the study area with soil losses as well as the amount and level of soil loss and on these sites using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and Geographical Information System (GIS). For this purpose, Eber Lake Basin which spans an area of 780 km² in the province of Afyonkarahisar was chosen as the study area. In selecting this area, factors such as lithology and soil properties, higher level of elevation difference, and overly destructed vegetation of Eber Lake and its surrounding were significant.

RUSLE method deals with and revises the group of parameters that make up the equation. These are rainfall and run-off factor (R), soil erodibility factor (K), slope length and steepness factor (LS), vegetation/cover factor (C) and soil conservation factor (P). In the field survey, data were collected for each of these factors. As a result, potential risk class maps for Eber Lake Basin were created by dividing into five classes according to potential soil loss values. With regards to soil erosion potential, the erosion risk in Eber Basin varies in five classes from 0 to 85 tons/ha/year. In Eber Lake Basin, %28 very light, %13 light, 14% moderate, 14% severe and 12% very severe erosion risks were observed.

Keywords: Geography, Eber Basin, Afyonkarahisar, RUSLE, Geographical Information System, Soil Erosion

ÖNSÖZ

Yeryüzünde tüm kaynaklar içinde önemli bir yere sahip ve ülkelerin en önemli serveti olan topraklar ne yazık ki gerekli önem verilmediği takdirde gelecekte insanlık için fiziksel, biyolojik ve kültürel açıdan bir çok sorunu beraberinde getirecektir. Gelecek nesillere sürdürülebilir bir doğa bırakmak istiyorsak doğal varlığımız olan topraklarımızı en iyi şekilde korumamız ve kullanmamız gerekmektedir.

Erozyonu önlemek için dünyada ve ülkemizde her ne kadar çeşitli kamu ve sivil toplum kuruluşları çalışmalar gerçekleştirse de maalesef yeterli olmamakta ve gerekli önem verilmemektedir. Yapılan çalışmalarda erozyon doğru yöntemlerle değerlendirilmeli ve doğru yöntemlerle önlem alınması gerekmektedir.

Bu çalışma, erozyon konusunda Türkiye'de henüz yeni sayılan fakat Avrupa ve Amerika'da yıllardan beri uygulanan bir yöntemi (RUSLE) yerel ölçekte uygulamıştır. Özellikle ülkemizde erozyon sonucu her yıl milyonlarca ton toprağımız akıp gitmektedir. Bu yöntem herhangi bir bölgedeki toprak kaybını ton/ha/yıl olarak hesaplamaktadır.

Uzun bir çalışma sonrası hazırlanan bu tez çalışmasında yaşamış olduğum sıkıntılarda özellikle yardımını esirgemeyen ve her türlü desteğini aldığım değerli hocam, danışmanım Doç.Dr Tefik ERKAL' a ve Doç.Dr Ünal YILDIRIM'a teşekkürü bir borç biliyorum. Ayrıca çalışmam esnasında maddi ve manevi desteğini aldığım değerli aileme ve bu tezin tamamlanmasında emeği geçen herkese teşekkür ediyorum.

Mehmet GÜLŞEN

2014

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

YEMİN METNİ	v
TEZ JÜRİSİ KARARI VE ENSTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜ ONAYI.....	ii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	xi
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
FOTOGRAFLAR DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1. GENEL BİLGİLER.....	6
1.1. AMAÇ VE KAPSAM.....	6
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
2.1. RUSLE YÖNTEMİNE İLİŞKİN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.1.1. Dünyada Rusle Yöntemine İlişkin Çalışmalar	7
2.1.2. Türkiyede'de Rusle Yöntemine İlişkin Çalışmalar.....	9
2.1.3. Çalışma Alanını Kapsayan Eski Çalışmalar	12

İKİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMA SAHASININ GENEL ÖZELLİKLERİ

1. ÇALIŞMA SAHASININ GENEL FİZİKİ VE BEŞERİ ÖZELLİKLERİ	15
1.1. LİTOLOJİK ÖZELLİKLER	15
1.2. JEOMORFOLOJİK ÖZELLİKLER	19
1.3. İKLİM ÖZELLİKLERİ	23
1.4. TOPRAK ÖZELLİKLERİ	26
1.5. BİTKİ ÖRTÜSÜ, ARAZİ SINIFLARI VE ARAZİ KULLANIMI	29
1.6. BEŞERİ VE EKONOMİK ÖZELLİKLER	36

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
YÖNTEM-MALZEME VE RUSLE YÖNTEMİ

1.YÖNTEM VE MALZEME	38
1.1. ÇALIŞMANIN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ SÜRECİ	38
2. RUSLE YÖNTEMİ	40
2.1. YAĞIŞIN EROZYON OLUŞTURMA FAKTÖRÜ (R)	41
2.2.TOPRAĞIN EROZYONA DUYARLILIK FAKTÖRÜ (K)	46
2.3.EĞİM VE EĞİM UZUNLUĞU FAKTÖRÜ (LS)	50
2.4. ARAZİ KULLANIMI VE BİTKİ ÖRTÜSÜ FAKTÖRÜ (C).....	52
2.5. TOPRAK KORUMA ÖNLEMLERİ FAKTÖRÜ (P)	55

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
EBER HAVZASI' NDA ARAŞTIRMA BULGULARI

1. EBER HAVZASI' NDA YAĞIŞIN EROZYON OLUŞTURMA FAKTÖRÜ (R)	57
2. EBER HAVZASI'NDA TOPRAĞIN EROZYONA DUYARLILIK FAKTÖRÜ (K)	61
3. EBER HAVZASI' NDA EĞİM VE EĞİM UZUNLUĞU FAKTÖRÜ (LS)	64
4. EBER HAVZASI' NDA ARAZİ KULLANIMI VE BİTKİ ÖRTÜSÜ FAKTÖRÜ (C)	66
5. EBER HAVZASI' NDA TOPRAK KORUMA ÖNLEMLERİ FAKTÖRÜ (P)	70
6. EBER HAVZASI' NDA POTANSİYEL TOPRAK KAYBI DAĞILIMI	70
SONUÇ VE ÖNERİLER	75
KAYNAKÇA	78

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1: Eber Havzasındaki kayaç türleri	19
Tablo 2: Eber Havzası yükselti basamakları.	23
Tablo 3: Eber Havzasında Bolvadin ve Çay meteoroloji İstasyonlarının ort sıcaklıkları.	24
Tablo 4: Eber Havzasında Bolvadin ve Çay meteoroloji İstasyonlarının yağış değerleri.	24
Tablo 5: Eber Havzası topraklarının kapladığı alanlar ve yüzdeleri.	26
Tablo 6: Eber Gölü Havzası yakın çevresindeki yerleşmelerin nüfusu (2013).	37
Tablo 7: R değeri için farklı çalışmalar tarafından kullanılan denklemler	42
Tablo 8: MFI değerinin Yılmaz (2006) ve Doğan (2000) ile karşılaştırılması.	45
Tablo 9: Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ilişkin bilgiler.	53
Tablo 10: Eber Havzası R Faktörü değerleri.....	57
Tablo 11: Eber Havzası K Faktörü değerleri	61
Tablo 12: Eber Havzası LS Faktör değerleri.....	64
Tablo 13: Eber Havzası güncel arazi sınıfları ve C Faktörü değerleri..	66
Tablo 14: Eber Havzası potansiyel erozyon riski sınıfları ve alansal dağılımı.....	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1: Yeryüzünde su erozyonundan etkilenen sahalar	3
Şekil 2: Ülkemizde hafif, orta, şiddetli çök siddetli toprak erozyonun görüldüğü yerler.	4
Şekil 3: Eber Havzası'nın yerbulduru haritası.....	6
Şekil 4: Afyon ve dolayının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Tezcan ve diğ., 2002).	16
Şekil 5: Eber Havzası'nın litoloji haritası.....	17
Şekil 6: Eber Havzası yükselti basamakları haritası.....	22
Şekil 7: Bolvadin meteoroloji istasyonu ortalama yağış ve sıcaklık değerleri.....	24
Şekil 8: Bolvadin meteoroloji istasyonunda yağışın mevsimlere göre dağılışı.....	25
Şekil 9: Çay meteoroloji istasyonu ortalama yağış ve sıcaklık değerleri.....	25
Şekil 10: Çay meteoroloji istasyonunda yağışın mevsimlere göre dağılışı.....	26
Şekil 11: Eber Havzası toprak haritası.....	28
Şekil 12: Çalışmanın gerçekleştirilme aşamalarını gösteren akış diyagramı.	48
Şekil 13: R Faktörüne ulaşım aşamaları.	44
Şekil 14: K Değerinin elde edilme aşamaları.	47
Şekil 15: LS Faktörünün elde edilme aşamaları.....	51
Şekil 16: C Faktörünün elde edilme aşamaları.....	54
Şekil 17: Eber Havzası R Faktörü grafiği.....	58
Şekil 18: Eber Gölü havzası R faktörü haritası	60
Şekil 19: Eber Havzası K Faktörü haritası.	63
Şekil 20: Eber Havzası LS Faktörü haritası	63
Şekil 21: Eber Havzası güncel arazi kullanımını ve bitki örtüsü haritası.	67
Şekil 22: Eber Havzası potansiyel erozyon riski sınıfları grafiği.	71
Şekil 23: Eber Havzası potansiyel risk sınıfları haritası.....	73

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Sayfa

Foto1: Eber Gölü Kuzeyinde Bulunan Vadi Çökelleri.....	18
Foto2: Kahverengi topraklar ve gerisinde taraça çökelleri.....	20
Foto3: Eber Gölü havzası güneyi Sultandağları	21
Foto4: Eber Gölü havzası kuzeyi Emirdağları	21
Foto5: Emirdağları güney etekleri Dipevler doğusundaki kahverengi topraklar	27
Foto6: Kumlu - killi ova tabanında bulunan alüvyal topraklar	29
Foto 7: Step formasyonun tahribi ile sahaya yerleşen dikenli bitkiler	30
Foto8: Emirdağları tahribi sonucu görülen çıplak ve step örtüsü	31
Foto9: Sultandağları orman florasından bir görünüm	32
Foto10: Eber Gölü sularının regülatörle tutulması.....	32
Foto 11: Emirdağlarından Eber gölü ova tabanında tarım arazileri	33
Foto 12: Eber gölü güneyinde meyve bahçeleri	34
Foto 13: Dipevler kuzeyinde erozyon önlemek amacıyla yapılan ağaçlandırma	35
Foto 14: Dipevler kuzeyi sedimantasyon taşımını engellemek çalışması.....	35
Foto 15: Toprak örneği alım aşamaları	48
Foto 16: Emirdağları ile Eber Gölü arsasındaki Ekili-Dikili tarım alanları	68
Foto 17: Sultandağı eteklerinde erozyona uğramış çıplak alanlar	69
Foto 18: Sultandağları üzerinde orman örtüsünün tahribi	74

KISALTMALAR DİZİNİ

AÜZF	Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
A	Birim Alandan Gerçekleşen Ortalama Yıllık Toprak Kaybı Miktarı
diğ.	diğerleri
BKB	Batıkuzeybatı
bkz.	bakınız
C	Bitkisel örtü ve ürün yönetimi faktörü
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
cm	santimetre
D-B	Doğu-Batı
DGD	Doğugüneydoğu
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
ERDAS	Uzaktan Algılama Görüntü İşleme Yazılımı
ETM	Zenginleştirilmiş Konulu Haritalayıcı
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
G	Güney
GGD	Güneygüneydoğu
GPS	Küresel Yer Belirleme Sistemi
HGK	Harita Genel Komutanlığı
ha	hektar
ICONA	İspanya Çevre Araştırmaları Genel Müdürlüğü
IRS	Hintli Uzaktan Algılama Uydusu
IKONOS	Amerikalı Uzaktan Algılama Uydusu
K Faktörü	Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü
K	Kuzey
KKB	Kuzeykuzeybatı
Kg	kilogram
km ²	kilometre kare
LS	Eğim Uzunluğu ve Eğim Dikliği Faktörü
Ltd	Limited
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MFI	Modifiye Fournier İndeksi
m	metre
m ³	metreküp
mm	milimetre
P	Toprak ve Su Koruma Önlemleri Faktörü
R	Yagis-Akis Asindirici Faktörü
SPOT	Fransız Uzaktan Algılama Uydusu
SYM	Sayısal Yükselti Modeli
Şti	Şirketi
TM	Konulu Haritalayıcı
UA	Uzaktan Algılama
USLE	Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği
UTM	Evrensel Transversal Merkatör Projeksiyonu

GİRİŞ

Erozyonun kelime anlamı, bir varlığın değerinin yerine getirilemeyecek şekilde yok olmasıdır. Toprak erozyonu, toprakların akarsular, sel suları ve rüzgârlar etkisiyle oluştukları yerlerden aşındırılıp taşınması ve başka yerlerde biriktirilmesi sonucu meydana gelen bir doğa olayıdır.

Toprak erozyonu, dünyanın kendisi kadar eski bir süreç olup çok yavaş meydana gelen, gözle pek görülmeyen bir aşınım olayıdır. Jeolojik açıdan düşünüldüğünde, toprak erozyonunun yeryüzünün şekillenmesinde önemli etkiye sahip doğal bir süreç olduğu söylenebilir. Fakat, bu doğal sürecin insan faaliyetleri sonucu hızlandırılması, toprak erozyonunu doğal kaynakların sürdürülebilirliği açısından önemli bir tehdit olarak ortaya çıkarmaktadır.

İnsanoğlu uzun yıllar boyunca yaşamını sürdürebilmek için topraktan yararlanmış ve 10.000 yıl önce kontrollü bir şekilde toprağa bağlanmıştır. İnsanlık, Çin’de ve Akdeniz ülkelerinde 3000 – 4000 yıldan beri, Batı Avrupa ülkelerinde ise 2000 yıldan beri uygulanan çiftçilik uğraşlarıyla artan nüfusun besin gereksinimini karşılamak için topraktan gereğince yararlanmayı amaçlamıştır (TAYSUN ve DAĞDEVİREN, 1991).

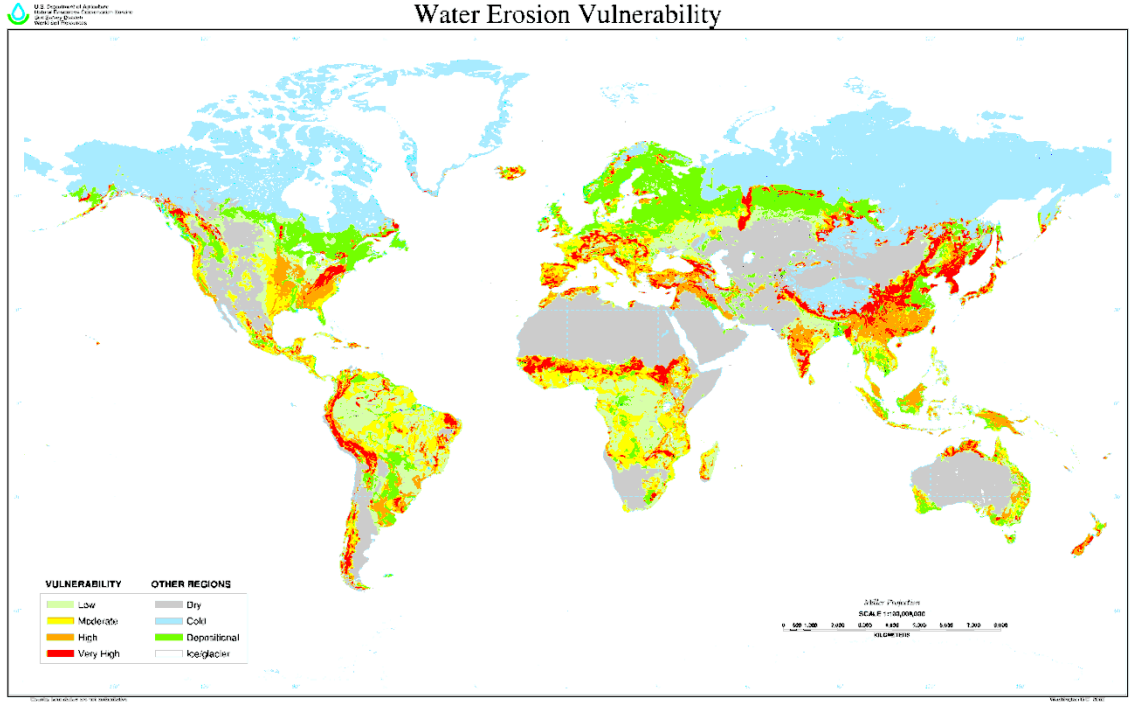
Son yüzyıl içinde, dünyada nüfus artışı ve yükselen refah düzeyine koşut olarak dünya gıda talebi de her geçen gün artmaktadır. Geçtiğimiz 25-30 yıl içinde dünya gıda üretimi iki katından fazla artmıştır. İşlenen toprak alanındaki artışın küçük olduğu bir dönemde meydana gelen bu üretim artışı önemli bir başarı sayılmıştır. Ancak bu çarpıcı başarının yüksek bir bedeli olduğunu bugün görmekteyiz. Toprak üzerindeki etkin baskılar karşısında toprak erozyonu hızlanmaktadır (BROWN and WOLF, 1996).

Yeryüzünün büyük kesiminde, tarımın bağımlı olduğu ince üst toprak katmanı 15-20 cm kalınlığındadır. Bu toprak katmanının tükenişi, ekonomik kalkınma ve siyasi istikrar üzerinde petrolden daha etkili olduğu halde, petrol rezervlerine duyulan ilgiyi uyandıramamıştır. Dünya kamuoyunun petrole ve toprağa gösterdiği ilgi arasındaki bu zıtlık bir ölçüde farklı bilgilendirme düzeylerinin sonucudur (BROWN and WOLF, 1996).

Günümüzde toprak erozyonu insanlığı dünya çapında tehdit eden önemli çevre sorunlarından birisidir. İnsanların, orman örtüsünü bilinçsizce tahrip etmesi, tarım alanlarını yanlış kullanması, düzensiz hayvancılık yapması gibi etkenler doğal bitki örtüsünün giderek yokolmasına, toprakların aşınıp taşınmasına, sonuçta verimsizleşmesine ve arazilerin terk edilmesine neden olmaktadır. Yapılan tahminlere göre insanların yoğun bir şekilde tarım ve hayvancılık faaliyetlerine geçmeden önce taşınan toprak (doğal erozyon) miktarı yılda 10 milyar ton iken bu rakamın bugün (hızlandırılmış erozyon ile) 25 ile 50 milyar ton arasında olduğu tahmin edilmektedir (JUDSON, 1981).

Dünya üzerinde su erozyonu daha çok yükseltiye bağlı olarak eğimin fazla olduğu dağlık alanlar, kurak ve yarı-kurak iklimin görüldüğü yerler ile bitki örtüsünün zayıf veya hiç olmadığı alanlarda gerçekleşmektedir. Şekil 1' e bakıldığında yeryüzünde su erozyonunun meydana geldiği yerler görülmektedir. Suyun neden olduğu toprak erozyonunun görüldüğü alanlar kıtalara göre farklılık gösterir. Kuzey ve Güney Amerika kıtasında 237 milyon hektar, Avrupa kıtasında 117 milyon hektar, Afrika kıtasında 227 milyon hektar, Asya kıtasında 441 milyon hektar, Okyanusya'da ise 83 milyon hektar arazi su erozyonundan etkilenmektedir.

Ülkemiz Şekil 1' de görüldüğü gibi, erozyondan en fazla etkilenen ülkelerden birisidir. Bunda sahip olduğu doğal ve beşeri faktörler önemli rol oynamaktadır. Doğal faktörler olarak iklim, topografya ve toprak özellikleri, beşeri faktörler olarak ise insan, yanlış arazi kullanımı ve Anadolu'nun uzun süredir çeşitli uygarlıklar tarafından yerleşim yeri olarak kullanılması sayılabilir.



Şekil 1:Yeryüzünde Su Erozyonundan Etkilenen Sahalar

(<http://www.msxlab.org/forum/cevaplanmis/222711-erozyon-nedir.html>).

İklim, özellikle yağış miktarı, şiddeti ve yağışın yıl içerisindeki dağılımı bakımından önemlidir. Ülkemiz çoğunlukla Akdeniz iklim koşullarına sahip olup iç kesimleri ise karasal iklim koşulları göstermektedir. Bu bağlamda yağışlar genellikle kış döneminde olup yaz dönemindeki yağışlar ise az, kısa süreli ve sağanak şeklindedir. Yağışın azlığı nedeniyle nadasa bırakılan veya zayıf bitki örtüsünün olduğu arazilerde, ilkbahar ve erken yazda düşen yüksek yoğunluktaki yağışlar toprak erozyonuna neden olmaktadır.

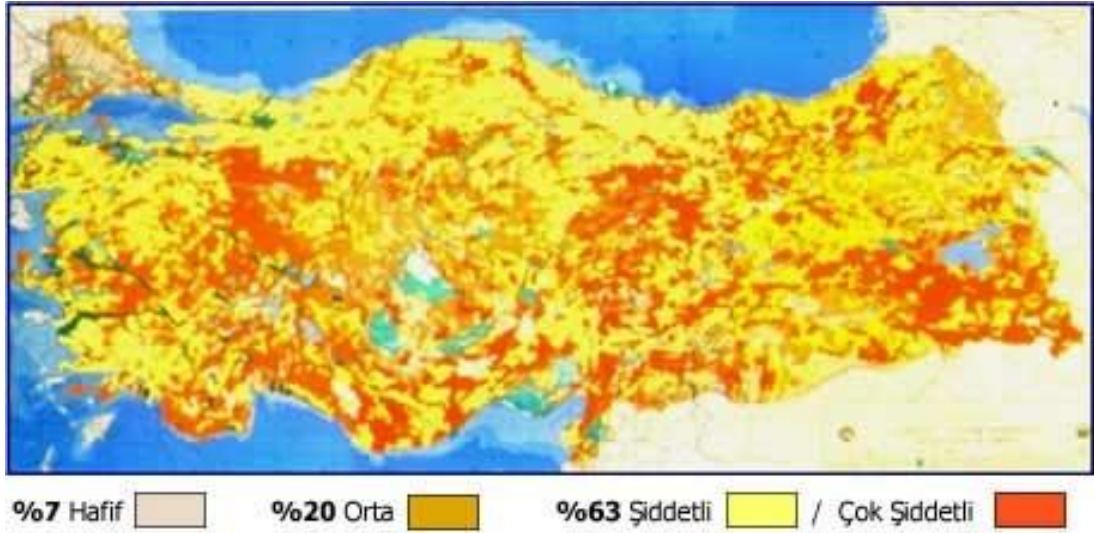
Topoğrafik özellikler içinde erozyon bakımından en önemlisi eğimdir. Yapılan araştırmalara göre eğimin %2 yi geçtiği ortamlarda erozyon olayının başladığı, %8i geçtiğinde ise erozyonla oluşan toprak kayıplarının şiddetli düzeye ulaştığı görülmektedir. Ülkemiz yüzölçümünün %83 ü %8 den daha fazla eğime sahip araziden oluşmaktadır. Bu durum ise erozyonun oluşması için son derece uygun koşulları sergilemektedir.

Ülkemiz topraklarının büyük bir kısmı, iklim, topoğrafya ve uygulanan yanlış amenajman yöntemlerinin etkisiyle erozyona çok duyarlı bir hale gelmiştir. Topraklarımızın erozyona duyarlılığını belirleyen en önemli özelliklerinden olan organik madde kapsamı ve derinlikleri incelendiğinde durumun hiç de içaçıcı olmadığı görülmektedir.

Anadolu toprakları, yaklaşık 9-10 bin yıldır çeşitli uygarlıklar tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Bilinçsiz, plansız, hatalı ve amaçdışı arazi kullanımları sonucu topraklarımızın bir kısmının özellikleri bozulmuş ve aşırı derecede yorulmuştur. Dolayısıyla yorgun ve amacı dışında kullanılan toprakların erozyona karşı dirençleri de son derece azdır(ERKAL ve diğ., 2012).

Yukarıda sözü edilen nedenlerden dolayı toprak erozyonu ülkemiz için ciddi boyutlara ulaşmıştır. Ülke topraklarının %7 sinde hafif, %20 sinde orta, %63 ünde şiddetli ve çok şiddetli erozyon görülmektedir. Türkiye’de her yıl km² başına yaklaşık 600-800 ton verimli toprak, akarsularla denizlere, göllere ve barajlara taşınmaktadır.

Dünyada meydana gelen erozyon miktarıyla karşılaştırıldığında bu değer, 368 ton/yıl olan dünya ortalamasının yaklaşık iki katına eşit olduğu görülür. Dünya sıralamasında Türkiye maalesef toprakları en çok erozyona uğrayan ülkelerin başında yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2: Ülkemizde Hafif, Orta, Şiddetli Ve Çok Şiddetli Toprak Erozyonunun Görüldüğü Yerler.

(<http://www.sonblogum.info/turkiyenin-erezyon-haritasi.html>)

Erozyonu meydana getiren nedenler, süreçler ve etkileri konusunda çok çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda erozyona neden olan faktörler bir model olarak ele alınmış ve çeşitli erozyon risk tahmin modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerden biri olan ve yaygın olarak kullanılan USLE 1957'de Wischmeier ve arkadaşları tarafından tarım arazilerinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda çeşitli düzenlemeler yapılmış, yapılan araştırma sonuçları ve gelişen teknolojiye bağlı olarak yeniden gözden geçirilmiş (revize edilmiş), yeni model RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation* = Düzenlenmiş Üniversal Toprak Kaybı Denklemi) olarak adlandırılmıştır (RENARD ve diğ., 1991, 1994, 1997).

1990 dan sonra gelişen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) ile model daha geniş alanlarda, hızlı ve doğru sonuçlar almak için kullanılmaya başlanmıştır (DESMET ve GOVERS, 1995; MOLNAR ve JULIEN, 1998; MILLWARD ve MERSEY, 1999; MATI ve diğ., 2000; ANGIMA ve diğ., 2003; LEE, 2003; LUFABA ve diğ., 2003; SHI ve diğ., 2003; KYOUNG ve diğ., 2005).

RUSLE Yöntemi havza bazında yıllık potansiyel toprak kaybını saptama çalışmalarında çok yaygın olarak kullanılan etken (faktör) temelli bir yöntemdir. Bu çalışmada RUSLE yönteminde belirtilen faktörler topluluğu ele alınmış ve gözden geçirilmiştir. Sözkonusu bu etmenler yağış etmeni (R Faktörü), toprak etmeni (K Faktörü), eğim ve yamaç uzunluğu etmeni (LS Faktörü), vejetasyon / bitki örtüsü etmeni (C Faktörü) ve toprak koruma etmeni (P Faktörü) dir. Bu etmenlerin herbiri için çeşitli kaynaklardan ve arazi çalışmalarından veriler derlenerek CBS ortamında bir araya getirilecek ve CBS nin veri girişi, veri işleme, analiz ve sunu hazırlama araçlarından faydalanılacaktır.

Bu çalışma RUSLE (Düzenlenmiş Üniversal Toprak Kaybı Denklemi) Yöntemi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanarak çalışma alanında toprak kaybının görüldüğü alanları, miktarını ve şiddetini ortaya koymayı amaçlamıştır.

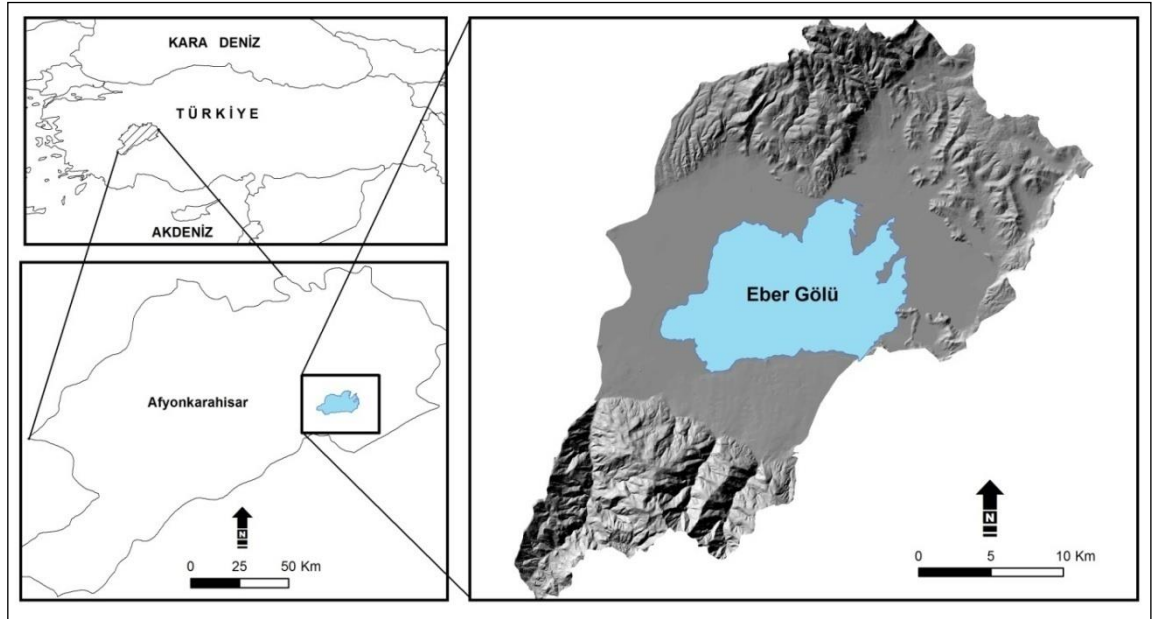
BİRİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1. GENEL BİLGİLER

1.1. AMAÇ VE KAPSAM

Çalışma sahasımız olan Eber Gölü Havzası'nda (Şekil 3), erozyon tahmininde kullanılan yeni bir yöntem olan RUSLE (Düzenlenmiş Ünlversal Toprak Kaybı Denklemi) yönteminin uygulanması ve modern teknoloji ürünleri olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin de kullanılmasıyla Eber Gölü Havzasında yıllık toprak kaybını miktarını ve şiddetini ortaya koymak amaçlanmıştır.



Şekil 3: Eber Havzası'nın Yerbulduru Haritası

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu çalışmanın yazılmasında konu edilen öncel çalışmalar iki grupta toplanabilir. Bunlardan biri olan ve çalışmanın gerçekleştirilmesinde kullanılan RUSLE yöntemine ilişkin çalışmalar olup yukarıda bunlardan sözedilmiştir. İkinci grubu oluşturan çalışmalar ise inceleme alanının coğrafi ve jeolojik konumunun özellikleri nedeniyle eski tarihlerde yapılan çeşitli çalışmalardır. Coğrafya, jeoloji,

hidrojeoloji-hidroloji, pedoloji, erozyon gibi çok farklı, fakat birbiriyle ilintili konulardaki bu çalışmaların bazıları bölgesel nitelikte bazıları ise araştırma alanı ve yakın dolayını kapsayan çalışmalardır. Tüm bu çalışmalar kronolojik bir sırada aşağıda verilmiştir.

2.1.RUSLE YÖNTEMİNE İLİŞKİN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1.1. Dünyada Rusle Yöntemine İlişkin Çalışmalar

DARCY ve diğ. (1998) Amerika'daki Mississippi Nehri Havzası'nda yeralan iki küçük alt havzada USLE modelini uygulamaya çalışmışlardır.

Büyüklikleri birbirinden farklı olan bu alt havzalarda kullanılan haritalarda farklı çözünürlükler kullanılmış; Goodwin deresi havzasında yıllık ortalama potansiyel toprak kaybı 10.5 ton/ha ve Hickahale deresi havzasında ise 12.9 ton/ha olarak bulunmuştur.

MILLWARD ve MERSEY (1999) ise RUSLE modelini Meksika'nın dağlık bir bölgesine uygulamaya çalışmışlardır. Uygulama alanı tropikal bölge olduğu için toprak kayıpları hem yağışlı hem de yağışın olmadığı kurak dönem için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yağışlı dönemdeki potansiyel erozyon riski kurak döneme göre daha yüksek çıkmıştır.

LUFABA ve diğ. (2003) Uganda'nın merkezi kısmında yeralan ve yükseltileri 1150 ile 1400 m arasında değişen, yıllık ortalama yağış miktarı 1218 mm olan bir alanda RUSLE modeli ile erozyon riskini hesaplamaya çalışmıştır. Çalışma sonucunda mera ve eğimi fazla olan alanlarda toprak erozyonu riski diğer alanlara göre fazla olarak bulunmuştur.

WANG ve diğ. (2001) RUSLE modelini Amerika Birleşik Devletleri'nin Texas Eyaleti güneyindeki 90 km² lik alanda uygulamaya çalışmışlardır. Çalışma alanında 25 farklı toprak türü bulunmaktadır. Bu çok farklı toprak gruplarına göre özellikle K faktörü (toprak aşınabilirliği) tahmin edilmeye çalışılmıştır.

LEE (2003) Kore'nin Boun bölgesinde 68.5 km² alanda USLE modelini CBS teknolojisi yardımı ile uygulamaya çalışmış ve bu sahanın yıllık ortalama toprak kayıplarının 0.33 ton/ha ile 3.91 ton/ha arasında değiştiği ortaya konmuştur.

SHI ve diğ. (2003)'nin çalışması da Asya kıtasında yapılan bir çalışma olup Güney Çin'de küçük bir havzada RUSLE modelinin CBS ve UA teknikleri yardımıyla uygulanmasına ilişkindir. Bu çalışmada İDRİSİ programı yardımı ile herbir faktöre ait haritalar elde edilmiş, daha sonra bu haritalar karşılaştırılarak ve yeniden sınıflama yapılarak yıllık ortalama potansiyel toprak kaybı hesaplanmaya çalışılmıştır. Eğimli yamaçlarda yıllık ortalama toprak kaybı 52 ton/ha iken ovalık alanlarda 26 ton/ha olarak elde edilmiştir.

DIADOTA (2005)'nin araştırmasında diğer çalışmalarda yapılan yıllık potansiyel erozyon tahminlerinin aksine, tek bir sağanak yağışının erosif gücü hesaplanmaya çalışılmıştır. Güney İtalya'da yeralan çalışma alanında 13 Kasım 1997 tarihindeki sağanak yağışın erosif gücü jeostatiksel yöntemlerle hesaplanmıştır.

FU ve diğ. (2005) RUSLE modeli ve CBS tekniklerini dünyada erozyon riskinin en fazla yaşandığı Çin'deki Sarı Irmak Havzası'nda yeralan Yanhe bölgesinde aşınmaya karşı az dirençli löslerden meydana gelen bir platoda su erozyonunun meydana getirdiği toprak kayıplarını tahmin etmek için kullanmıştır. Fu ve ekibinin çalışmasında RUSLE modelinde kullanılan tüm faktörler yerel veriler ile hesaplanarak faktör haritaları hazırlanmış ve yıllık ortalama toprak kaybı belirlenmiştir.

RUSLE modelinin Sicilya Adası'nın güney kesimindeki Comunelli Havzası'na ait 108 km² lik bir alanda uygulanması ONORI ve diğ. (2006) tarafından gerçekleştirilmiştir. Akdeniz ikliminin görüldüğü bu bölgede yıllık potansiyel toprak kaybı 94.76 ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak bulunmuştur.

CBS ve UA teknikleri birlikte USLE modelinin güncel bir uygulaması ise kuzey Tayland'da bulunan Yukarı Nam Wa Havzası'ndaki toprak kayıplarını tahmin etmek amacıyla BAHADUR (2008) tarafından yapılmıştır. Uygulama alanında yükselti 477 m ile 2065 m arasında değişmektedir ve arazi çoğunlukla ormanlarla kaplıdır. Bahadur'un bu çalışmasında sözkonusu alanın %46 sında yıllık ortalama erozyonun 3 ton/ha'm altında olduğu hesaplanmış, erozyon oranlarının düşük olmasında orman örtüsünün büyük rol oynadığı ortaya konmuştur.

2.1.2. Türkiye’de Rusle Yöntemine İlişkin Çalışmalar

Ülkemizdeki toprak erozyonu haritalama çalışmaları son 30 yıl içinde başlamış olup bu çalışmalar günümüzde artarak devam etmektedir. Deneysel çalışmaların yanısıra USLE, RUSLE, ICONA ve diğer yöntemlere ilişkin model ve haritalama çalışmaları da giderek artmaktadır. Bu çalışmalar Toprak ve Su Araştırma Enstitüleri, Ankara, Çukurova, Uludağ ve diğer bazı üniversitelerin Ziraat Fakülteleri Toprak Bölümleri ile bazı üniversitelerin Coğrafya bölümleri tarafından yapılmaktadır.

Son yıllarda ülkemizde de toprak erozyonuna olan duyarlılığın artması CBS ve UA teknolojilerinin gelişimi, bunların ülkemiz genelinde yaygın kullanımı yanısıra kamu kesimine ve üniversitelerimizde araştırmaya verilen teşviklerin artması gibi nedenlere de bağlanabilir. Bu bağlamda, ülkemizde özellikle son yıllarda yapılan toprak erozyonuna ilişkin model uygulama ve erozyon haritalama çalışmalarına aşağıda değinilmiştir.

DOĞAN ve KÜÇÜKÇAKIR (1996) USLE faktörlerini Ankara şartlarında belirlemek amacıyla 1967-1978 yılları arasında yaptığı çalışmada R faktörünü 36.42, K faktörünü 0.18, L faktörünü 22 m için 1.1, 44 m için 1.2, 66 m için 1.5, 88 m için 0.6; S faktörünü %8 eğim için 0.9 ve C faktörünü buğday-nadas için 0.24, P faktörünü düzeç eğrilerine paralel işlem için 0.55 olarak bulmuştur.

DOĞAN ve DENLİ (1999) uzun yıllara ait aylık ve yıllık toplam yağış miktarlarını kullanarak ARNOLDUS (1977) un önerdiği yöntemle 247 meteoroloji istasyonunun Geliştirilmiş Fournier Yağış İndisi değerlerini hesaplamışlardır. Ulaşılan sonuçlara göre Afyon 40.49 ile en düşük, Rize 212.73 ile en yüksek değerlere sahiptir.

DOĞAN ve diğ. (2000) Türkiye geneline ilişkin yaptıkları bir çalışmada, büyük toprak gruplarını dikkate alarak toprak örnekleri üzerinde yaptıkları analizlerden elde ettikleri bulguları bu amaç için geliştirilmiş abaklara uygulayarak büyük toprak grupları için K faktörünü belirlemişlerdir. Bu çalışma sonucunda Türkiye toprakları aşınabilirlik yönünden 5 sınıfa ayrılmıştır. Ancak bu çalışmada kullanılan toprak örneklerinin coğrafi koordinatlarının bilinmemesi nedeniyle bu veriler CBS ortamına aktarılamamaktadır.

BAŞAYIĞİT (2002) Eğirdir Gölü Havzası'nda CBS ve Landsat-7 ETM+ uydu verisi ve havza için hazırlanmış diğer haritaları kullanmıştır. Çalışmada potansiyel erozyon riski, mevcut erozyon durumu ve toprak kayıpları haritaları oluşturulmuş ve arazi çalışmaları ile kontrolleri yapılmıştır. Bu haritalar kullanılarak havzada yer alan korumada öncelikli alanlar haritalanmış ve ayrıca bu alanlar için öneri haritalar da üretilmiştir.

DOĞAN (2002) bir başka çalışmasında ülke genelinde uzun yıllara ait 96 istasyonun verilerini inceleyerek bu istasyonların R değerlerini hesaplamıştır. Bu hesaplamalardan Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz kıyı şeritlerinin yağışlarının oldukça yüksek aşındırıcı güce sahip olmasına karşın, yüksek dağ, sıradağ ve yaylalarda erosif gücü düşük kar yağışlarının düştüğü görülmektedir. R değerinin yüksek (erosif potansiyel) olduğu yerler genellikle yağış miktarının fazla ve yağışın yağmur şeklinde olduğu yerlerdir. Rize 481.385 ton/ha, Marmaris 522.178 ton/ha ile en yüksek R değerine sahip olan yerler olmasına karşın, Aksaray 13.693 ton/ha ve Van 17.625 ton/ha R değeri ile en düşük R değerine sahip yerler arasında yer almaktadır.

Çankırı İli Ilgaz Dağı yakınlarındaki İndağı Geçidi olarak bilinen bölgede, arazi kullanımında oluşan değişimlerden dolayı toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelebilecek farklılıklar ve toprakların özellikle erozyona duyarlılık faktörü (K) BAŞARAN (2005) tarafından irdelenmiştir. Bu araştırmada elde edilen veriler klasik istatistik yöntemlerle değerlendirilmesi yanısıra, son yıllarda toprak biliminde de kullanılmaya başlanan jeostatistiksel yöntemlerle de irdelenmiştir.

KARAKAŞ (2005) ise Sakarya Nehri Havzası'nda bulunan Küçükemmalı ve Güvenç havzalarının su ve sediment verilerini SWAT ve USLE modelleri kullanarak tahmin etmeye çalışmıştır. Küçükemmalı Havzası'nda potansiyel toprak kaybı miktarı ortalama 4,9 ton/ha/yıl, Güvenç Havzası'nda ise 15.98 ton/ha/yıl olarak hesaplanmış ve sürdürülebilir havza yönetimi için bu miktarların daha aşağı düşürülmesi önerilmiştir.

YILMAZ (2006) Ankara'nın su ihtiyacının karşılandığı, 722 km² bir alana sahip Çamlıdere Baraj Havzası'nda USLE erozyon modelini uygulamıştır. Havzanın yıllık ortalama toprak kaybı 7,3 ton/ha olarak hesaplanmış; havzada toprak

erozyonunu etkileyen iki ana etkenin bitki örtüsü ve topoğrafya olduğu saptanmıştır.

İRDEM ve diğ. (2007), Seyhan Nehri Havzası'nda yıllık toprak kaybını CBS teknikleri kullanarak USLE yöntemi ile hesapladıkları bir çalışmada R faktörünü ARNOLDUS (1977)'un önerdiği Modifiye Fournier İndeksi (MFI) eşitliğini kullanmışlardır. Çalışmacılar hesapladıkları değerleri, plüviograf kayıtları olan bazı meteoroloji istasyonlarının verileri ve hesapladıkları R faktörü değerleri ile regresyona ($R^2=0,94$) tabi tutmuşlar ve aylık yağış miktarı kullanılarak elde edilen MFI verileri ile hesaplanabilecek bir R faktörü ($R=0,1215 \times F^{2,2421}$) eşitliği önermişlerdir. Böylece çalışma sonucunda Seyhan Havzası'nın yıllık ortalama toprak kaybını $16,38 \text{ ton ha}^{-1}/\text{y}^{-1}$ olarak hesaplamışlar; havzanın yarıdan fazlasının düşük erozyona sahip olduğunu ortaya koymuşlardır.

RUSLE erozyon modeli ile toprak erozyon riskinin değerlendirilmesinde CBS ve UA tekniklerinin Mustafakemalpaşa Havzası'na uygulanması ÖZSOY (2007) tarafından yapılmıştır. Çalışmada RUSLE modeline ait herbir faktör için önce temel haritalar elde edilmiş daha sonra bu haritalar çakıştırılarak (*overlay*) sahanın erozyon risk haritası üretilmiştir. Buna göre havzanın yıllık ortalama toprak kaybı $11,18 \text{ ton ha}^{-1} / \text{yıl}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

BAYRAMİN ve diğ. (2008) yarıkurak iklim şartlarına sahip Çankırı bölgesinde beş farklı arazi kullanımına sahip 289 toprak örneğinin analiz sonuçlarını organik madde, hidrolik iletkenlik, kil, silt ve kum oranlarına göre irdeleyerek jeostatistiksel yöntemler kullanmışlardır.

ÖZCAN ve diğ. (2008)'nin çalışması da jeostatistiksel yöntemlere ve Çankırı bölgesine ilişkindir. Bu araştırmada CBS ve jeostatistiksel yöntemler kullanılarak USLE modeli ile Çankırı bölgesinin beş farklı arazi kullanımı koşulları altındaki toprak erozyonu risk çalışması yapılmıştır. Semi-variogram oluşturmak için nugget değeri olarak 0.0023, sill 0.0036 değeri kullanılmış ve mekansal korelasyondeğeri 800 m olarak bulunmuştur. Buna göre farklı arazi kullanımlarında farklı sonuçlara ulaşılmıştır.

Güncel bir çalışma YILDIRIM ve ERKAL (2008)'a ait olup bu araştırmada Sinanpaşa ve Şuhut havzalarında erozyon riski RUSLE yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede taşınan çökel miktarının Sincanlı Havzası için 14 ton/ha/yıl , Şuhut Havzası için 24 ton/ha/yıl olduğu, çalışmada varılan

rakamsal değerlerin ülkemizin başka yerlerinde aynı yöntem uygulandığında benzer sonuçlara ulaşıldığı sonucuna varılmıştır.

2.1.3. Çalışma Alanını Kapsayan Eski alışmalar

RUSLE Yöntemine ilişkin çalışmalar biryana bırakılırsa, proje alanını kapsayan ve ulaşılabilen ilk alışma TOLUN (1952)'a aittir. Bu alışmada Afyon İli'nin jeolojisi ve maden potansiyeli üzerinde durulmuştur.

COLIN (1955) ise Afyonkarahisar bölgesinin 1/100.000 ölçeğinde jeolojik etüdünü yapmıştır.

NAZİK ve diğ. (1967a, b) Akarçay Havzası'nın bütününe ait ilk çalışmayı yapmış, Afyon, Bolvadin, Sultandağı ve Sincanlı yörelerinin güvenli yeraltısuyunu, şuhut Ovası için güvenli verim değerini 26×10^6 m³/yıl olarak belirlemişlerdir.

Daha sonraki bölgesel nitelikte bir çalışma ise GLENBAY ve diğ. (1971)'ne aittir.

Tezime altyapı oluşturabilecek nitelikte ilk çalışma ise Ardos'a ait olup 1972 tarihli bu raporda Ardos alışma alanını da kapsayan geniş bir sahanın jeomorfolojisini, Afyonkarahisar bölgesinin yapısal elemanlarını, Afyon, Sinanpaşa, şuhut, Sandıklı ve Dombayova yörelerinin jeomorfolojik özelliklerini ayrıntılı olarak ele almış ve tüm Afyonkarahisar bölgesinin jeomorfolojik gelişimini açıklamıştır.

Aynı alışmacı 1978 tarihli "Afyonkarahisar Bölgesinin Jeomorfolojisi" adlı kitabında Afyonkarahisar bölgesinin jeomorfolojisini yeni bulgular ışığında ayrıntılarıyla vermiştir.

Yine aynı alışmacı (Ardos) 1995 tarihli "Türkiye Ovalarının Jeomorfolojisi" adlı kitabının 2. cildinde AfyonOvası'nın jeolojik-jeomorfolojik özelliklerini vermiş ve bu ovanın oluşumuna ilişkin görüşlerini vurgulamıştır. Bu bağlamda söz konusu havza ve dolaylı arazinin jeolojik-litolojik özellikleri ile jeomorfolojik gelişimleri açıklanmıştır.

MTA lı yerbilimciler 1987 tarihli çalışmasında Afyonkarahisar İli sınırları içinde kalan K24 ve K25 paftalarının 1/25.000 ölçekli jeolojik çalışmasını rapor etmişlerdir. Bu raporda bölgesel stratigrafi kurulmuş, jeolojik özellikler, metamorfizma, yapısal jeoloji, jeomorfoloji, jeolojik evrim ve ekonomik jeoloji

özellikleri üzerinde durulmuştur.

MTA (1988) ise bir önceki yıl çalışılan alanın doğusunda kalan K26 ve K27 paftalarının 1/25.000 ölçekli ayrıntılı jeolojik çalışması ile yukarıda verilen konularda geniş bir bölgenin jeolojik araştırmasını tamamlamıştır.

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM), Afyonkarahisar İli'nin fizyografik, hidrografik, jeolojik, iklimik, bitki örtüsü ve su kaynaklarına değindiği 1994 tarihli çalışmasında bölgenin toprak türlerine ilişkin bilgilerin yanısıra arazi sınıfları, kullanım şekilleri ve arazi sınıflarının tarımsal potansiyellerini de irdelemiştir.

Hacettepe Üniversitesi'nden TEZCAN ve diğ. (2002) Akarçay Havzası'nın hidrolojisi ve yeraltısu akım modelini konu alan çalışmasında havzanın jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik özelliklerini irdelemiş, bölgenin su kaynaklarının kullanımı ve yönetimi konusunu ayrıntılı olarak araştırmıştır.

ÖZDEMİR ve diğ. (2005) yaptıkları çalışmada Akarçay Havzası'nın su toplanma alanını oluşturan Eber gölü sulak alanının doğal ortam koşullarını değerlendirmişler ve Eber Gölü Havzası'nda en önemli sorunun su ve yağış yetersizliği olduğunu, bu durumun tuzlanma-çoraklaşma ve kurumaya doğru değişeceğini, diğer önemli bir sorunun ise havzadaki kirlenme olduğunu belirtmişlerdir.

GÜRMAN ve KANTARCI (2007)'nin hazırladığı "Afyon İli Çevre Durum Raporu"nda ilin doğal kaynakları; toprak, su, flora ve fauna özellikleri; arazi kullanımı, turizm, madencilik potansiyeli, sağlık-çevre koşulları gibi pekçok konuda derlenmiş bilgiler verilmektedir.

YILDIRIM ve ERKAL (2008) tarafından Kumalar Dağı (Afyonkarahisar) doğu ve batısındaki sahalarda toprak erozyonunun değerlendirilmesi yapılmıştır.

YILDIRIM ve ERKAL (2009) RUSLE Yöntemi ile Afyon Ovası'nın batı kesiminin erozyon risk tahmini çalışılmış ve Düzenlenmiş Ünlversal Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) yöntemi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanarak çalışma alanında toprak kaybının görüldüğü alanları, miktarını ve şiddetini ortaya koymuşlardır.

ERKAL ve YILDIRIM (2010)USLE Yöntemiyle Akarçay Havzası'nda Toprak Erozyonu Çalışmaları yapılmış ve havzaya ait potansiyel erozyon risk değerleri ortaya konmuştur.

YILDIRIM (2011) Akarçay Havzasında alt havza olan Değirmenderesi Havzasında toprak erozyon değerlendirilmesi yapılmıştır.

YILDIRIM ve ERKAL (2011) Afyonkarahisar Şuhut Havzasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri kullanarak çalışma alanında potansiyel erozyon risk tahmini 24 ton/ha/yıl olarak ortaya koymuşlardır.

ÇELİK (2011) de Değirmen Dere Havzası'nda faktör analizleri yapılmış ve buna göre havzanın %53 (173,83 km²)'ünde 0-10 arası değerlerle erozyon riskininçok hafif olduğu tespit edilmiştir.

ERKAL(2012)' nin Çobanlar Havzası'nda (Afyonkarahisar) toprak erozyonunun değerlendirilmesi ve havzaya ait alansal ve oransal potansiyel erozyon risk tahmini yapılmıştır.

ERKAL ve YILDIRIM (2012) Akarçay alt havzası olan Sincanlı Havzasında USLE Yöntemiyle toprak erozyon değerlendirilmesi yapılmış ve havzaya ait alansal ve oransal potansiyel toprak kaybı değerleri 14 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur.

ERKAL, YILDIRIM ve TAŞ (2012) tarafından RUSLE Yöntemi ile Akarçay Havzası orta kesiminde çalışmanın amacı erozyon risk tahminini ve erozyonun beşeri faaliyetlere etkilerini ortaya koymak çalışma alanında toprak kaybının görüldüğü alanları, miktarını ve şiddetini belirlemektir.

YILDIRIM ve ERKAL (2013) Afyonkarahisar İhsaniye Havzasında erozyon değerlendirilmesi yapmışlardır. Çalışma alanında toprak kaybını ve miktarını ortaya koymuşlardır.

İKİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMA SAHASININ GENEL ÖZELLİKLERİ

1. ÇALIŞMA SAHASININ GENEL FİZİKİ VE BEŞERİ ÖZELLİKLERİ

1.1. LİTOLOJİK ÖZELLİKLER

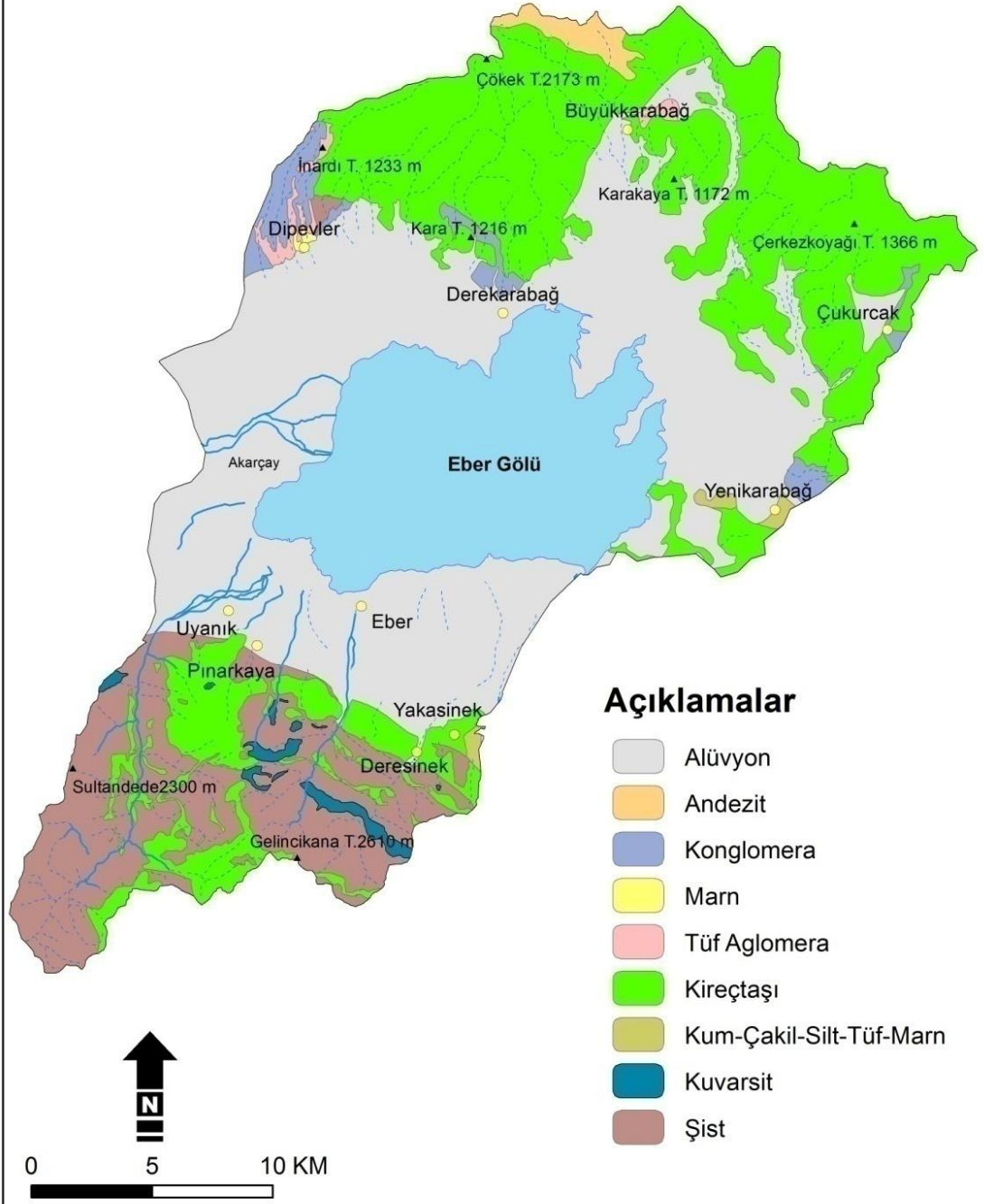
Kayalar, toprak oluşum faktörleri içinde özellikle toprağın hammaddesini oluşturmakta, hem de başlangıç ve gençlik aşamalarında toprağın özellikleri üzerinde belirleyicidirler. Bu nedenle çalışma alanı olan Eber Gölü havzasında yüzeylenen kayaların litolojik özellikleri jeolojik yaş sıralaması dikkate alınarak aşağıda verilmiştir. Söz konusu bu bilgiler TEZCAN ve diğ. (2002)'nin, MTA ekibinin 1987 ve 1988 tarihli çalışmalarını esas alarak tüm Akarçay Havzası için yaptığı jeolojik çalışmalardan yararlanarak bütünleştirdiği bilgilerden özetlenmiştir.

Eber Gölü Havzası olarak adlandırılan inceleme alanında Paleozoyik'den günümüze dek uzanan değişik jeolojik yaş aralığındaki kayalar görülmektedir (Şekil 4). Bunların en eskisi Eber Gölü Havzası'nın güneybatısında yüzeylenen Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar olup şist, kireçtaşı ve kuvarsitten oluşmaktadır (Şekil 5).

Üst Sistem	Sistem	Seri	Simge	Kalınlık (m)	Kesit	Litoloji	
SENOZOYİK	Q	NEOJEN	Pliyosen	Pl-Mm2	50		Alüvyon
				Alüvyon Yelpazesi			
				Marn			
				Belirsiz tabakalı, gevşek tutturulmuş çamurtaşı ve marn			
				Konglomera			
			Kalın tabakalanmalı, karbonat çakıllı karasal konglomera				
			Miyosen	Pl-Kçt	220		Kireçtaşı
				Mikritik, sert, kırılğan, silis-marn arabantlı killi kireçtaşı			
				Bazalt			
				Marn			
Orta tabakalanmalı kum, çakıl, tüf, tüfit ara katkılı							
Pl-Mm	100	Miltaşı, Çamurtaşı, Marn					
Gösel, orta-ince tabakalı miltaşı, çamurtaşı ve marn ardalanması							
Mi23-Mm	250	Tüf-aglomera, trakit, andezit volkanizması					
Mi23-Kgm	300	Konglomera					
Kalın ve kötü katmanlanmalı, konglomera-kumtaşı-silttaşı ve kiltası ardalanması							
MESOZOYİK	Jura-Kretase	Triyas	JKrl-Kçt	300-350	Kireçtaşı		
			Orta-kalın tabakalanmalı, bol eklemlili, erime gösteren, yer yer kumtaşı ardalanmalı kireçtaşı				
			Tr3J1-Mm	100	Marn, Kumtaşı, Şeyl		
			Kirli-sarı kumtaşı, marn, şeyl ardalanması				
Tr3J1-Dtr	50	Konglomera, kumtaşı, silttaşı					
Tr23-Kçt	1500	Kireçtaşı					
Orta-kalın tabakalanmalı, yer yer karışma gösteren, eklemlileri gelişmiş, yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş kristalize kireçtaşları - dolomitik kireçtaşları							
PALEOZOYİK	Afyon Metamorfizmaları	Pz-MV1	200	Metavolkanik			
		Kuvars, serisit-kuvars, alkali-feldispat-kuvars şist					
		Pz-Kuv	200	Kuvarsit			
		Kalın tabakalanmalı, sert, eklemlili kuvarsit, Matriksi mikrokristalen kuvars, klorit ve serisit şist					
		Pz-Kçt	250	Kireçtaşı			
		Sert, kristalize, mermer görünümlü, kalın tabakalanmalı, kıvrımlı kireçtaşı, kalkşist, kuvars-serisit şistler ile ardalanmalı					
		Pz-Mkg	150-300	Metakonglomera			
Kalın tabakalanmalı, yuvarlak kuvarsit çakılları Matriks kuvars-biotit, muskovit şist							
Pz-Mrm	300	İşehisar Mermerleri					
Kalın-çok kalın tabakalı, büyük bloklar verebilen, ince kristalli beyaz-bej mermer							
Pz-Sst		Şist					
Kuvars-muskovit-serisit şist, kuvars-albit-klorit şist, metakumtaşı, metakonglomera ve kalkşist ardalanması							

Şekil 4: Afyon Ve Dolayının Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesiti (TEZCAN ve diğ., 2002).

EBER HAVZASI LİTOLOJİ HARİTASI



Şekil 5:Eber Havzası'nın Litoloji Haritası.

Eber Gölünün bulunduğu sahanın dolgusu altındaki, kuzeydeki ve güneydeki birimler birbirini tamamlar. Eber Gölü güneyinde bulunan dağlık kesimde yüzeylemiş ve çökelmiş Karbon-Perm yaş aralığında bulunan kayalar gözlenmektedir.

Eber Gölü doğusu ve kuzeydoğusu ve kuzeyinde yaygın düzlükler görülmekte olup Derekarabağ fayı gibi önemli tektonik hatlarda bu alanda bulunmaktadır. Çalışma alanının kuzey ucunda Büyükkarabağ köyü kuzeyinde Tersiyer dönemine ait volkanik ürün olan andezitler gözlenmektedir.

Eber Gölü havzasının hem kuzey hem de güneydeki akarsularının ağız kısımlarında yer yer çakıl-blok boyutunda alüvyon yelpazesi çökelleri gözlenmektedir. Çalışma sahasında en çok görülen kayaç türleri alüvyonlar ve Kum-Çakıl-Silt-Tüf-Marnlardan oluşmaktadır (Tablo 1).

Çalışma sahasında yer alan vadi çökelleri ile kıyı çökelleri Eber Gölü kuzeyinde gölün kıyılarında yer almakta olup, gölün su düzeyi alçalmadan önceki veya yağışlı dönemlerdeki yüksek su düzeyini temsil etmektedir (Foto 1).



Foto 1: Eber Gölü Kuzeyinde Bulunan Vadi Çökelleri

Tablo 1 : Eber Havzası'ndaki Kayaç Türleri

LİTOLOJİ	ALAN	
	Km ²	%
Alüvyon	263	34
Andezit	6	1
Konglmera	15	2
Marn	1	
Tüf Aglomera	4	
Kireçtaşı	232	30
Kum-Çakıl-Silt-Tüf-Marn	3	
Kuvarsit	5	1
Şist	101	13
Eber Gölü	150	19
GENEL TOPLAM	780	100

1.2. JEOMORFOLOJİK ÖZELLİKLER

Üst Oligosende Alp Orojenezi sırasında meydana gelen tektonizma sonucu Emirdağları ve Sultan Dağları yükselmiş ve bu dağların sınırlarında faylar oluşmuştur ve bu yükselmeye bağlı olarak Emir ve Sultan Dağları horst, çalışma sahamız olan Eber Gölü Havzası ise çukurda kalarak grabeni oluşturmuştur(ÖZDEMİR diğ., 2005).

Çalışma sahası olan Eber Gölü Havzası, kuzeyde Emir Dağları güneyde ise Sultan Dağları ve bu iki yüksek alan arasında Eber Gölü (Eber Grabeni) yer almaktadır.

Kuzeydeki dağlık alan, Emir Dağlarının güney yamacını oluşturan kesimdir. 2610 m den başlayıp 1000 m lere kadar inen Emir dağları, aşınım sonrası ortaya çıkmış tepeler bulunan dağlık bir alandır. Emir Dağlarının güneyinde Eber Gölüne doğru geçici derelerin oluşturduğu 'V' şekilli çentik vadiler bulunmaktadır.

Eber Gölünün kuzey kesimindeki Derekarabağ köyünün 500 m kuzeyinde 975 m yükseltide bir taraça seviyesi Atalay (1977) tarafından belirtilmiştir. Arazi çalışmalarında bu taraça çökelleri gözlenmiştir (Foto 2).



Foto 2:Eber Gölü Kuzeyi Kahverengi Topraklar Ve Gerisinde Taraça Çökelleri.

Güneydeki dağlık alan ise Sultan Dağlarının kuzey yamacını oluşturan kesimdir. Yükselti ortalama 2000 m den başlayıp 1000 m ye Eber Gölü havzasına kadar inen yükselti basamaklarından oluşmaktadır.Sultan Dağları Alp Orojenizi'nde meydana gelen ve en üst kıvrımlanmanın olduğu ve buna bağlı olarak akarsu drenaj sisteminin Üst Oligosenden sonra kurulduğu dağ kütesidir. Sultan Dağları üzerinde 'V' profilli vadiler oluşturarak akan Çay, Deresine, Dort ve Eber dereleri dandritik drenaj oluşturarak buraya yerleşmişlerdir.Eber Gölü çevresi genç, alüvyal çökellerle kaplı kuzeyden ve güneyden Emir ve Sultan dağları ile sınırlanmaktadır. Yıllık, tarihsel ve jeolojik dönemler boyunca seviye değişiklikleri göstermiştir. Örneğin 19. yüzyıl ortalarında kurumağa yüz tutmuş, 1920 yılından itibaren yükselmiş; 1925 den sonra yine alçalmağa başlamıştır. Bugün ise kuruma ve kirlenme tehlikesiyle karşı karşıyadır(ÖZDEMİR diğ., 2005).

Eber Gölü Havzası güneyden Sultandağları (Foto 3) ve kuzeyden Emirdağları (Foto 4) olmak üzere iki morfolojik birim olan dağ kütleleriyle çevrilmiştir. Eber Gölü'nden kuzey ve güney istikametine doğru gidildikçe yükseltinin arttığı ve en yüksek tepenin ise güneyde bulunan Sultandağları üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 6).

Havzada yükselti basamakları arasında en fazla yer kaplayan alan % 26 değerle 964 ile 1000 m arasında yer alan alanlardır (Tablo 2).

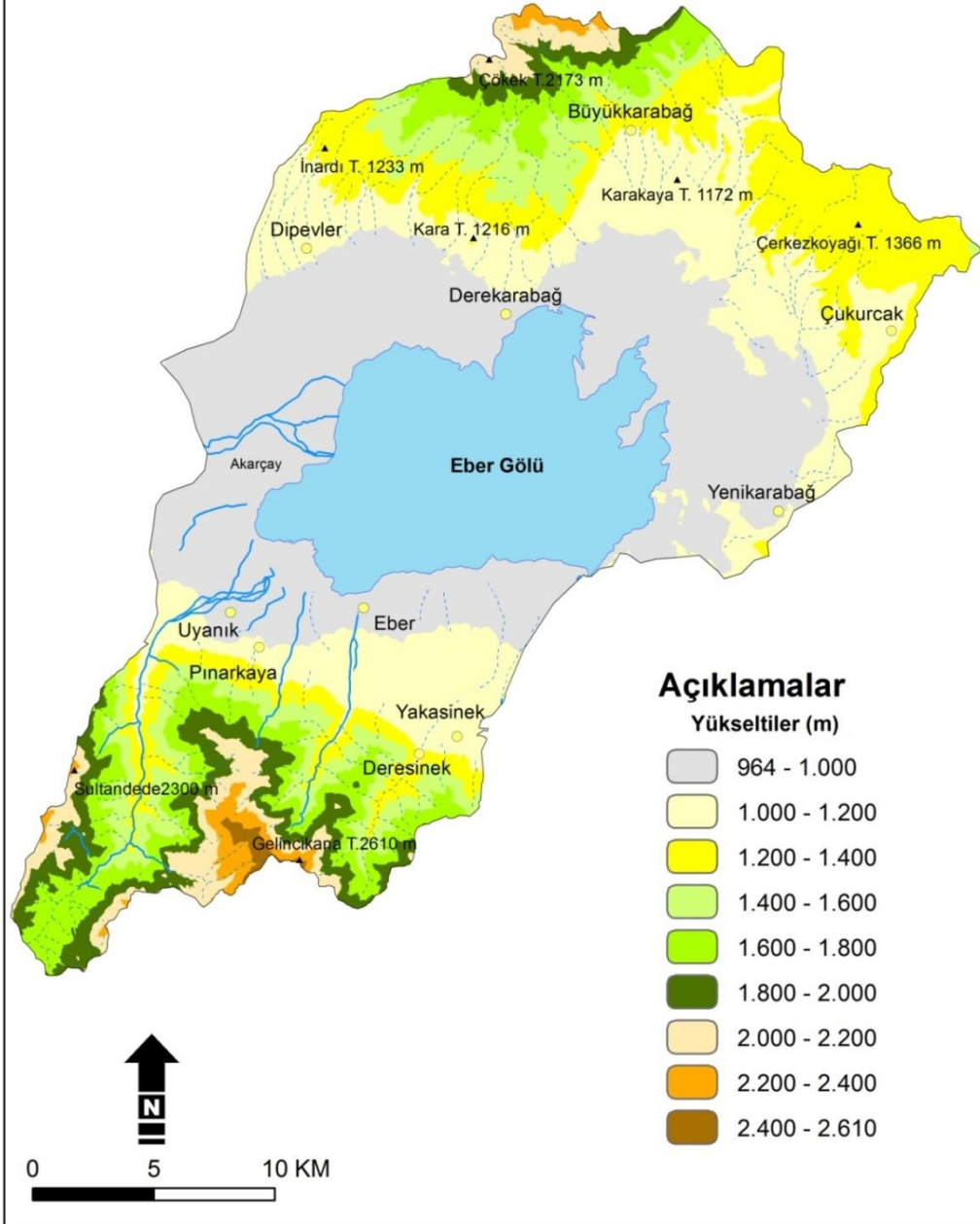


Foto 3:Eber Gölü Havzasında Güneyde Yer Alan Sultandağlarının Kuzey Yamaçları



Foto 4:Eber Gölü Havzası Kuzeyi Kahverengi Topraklar Ve Geride Bulunan Emirdağları Güneyi

EBER HAVZASI YÜKSELTİ BASAMAKLARI HARİTASI



Şekil 6: Eber Havzası Yükselti Basamakları Haritası.

Tablo 2: Eber Havzası Yükselti Basamakları.

YÜKSELTİ BASAMAKLARI	ALAN	
	Km²	%
964-1000	198	26
1000-1200	149	19
1200-1400	102	13
1400-1600	57	7
1600-1800	55	7
1800-2000	35	5
2000-2200	24	3
2200-2400	8	1
2400-2573	2	
Eber Gölü	150	19
GENEL TOPLAM	780	100

1.3. İKLİM ÖZELLİKLERİ

Bolvadin sınırları içinde yer alan meteoroloji istasyonunun verilerine göre Bolvadin Havzası'nda en soğuk ay Ocak ortalaması 0,0°C, en sıcak ay Temmuz ortalaması 22.3°C, yıllık ortalama sıcaklık ise 11.0°C dir (Tablo3),(Şekil 7). Yağışın en fazla düştüğü mevsim İlkbahar, aylardan Mayıs, en az düştüğü mevsim %16 ile yaz, aylardan ise Eylül olup yıllık yağış tutarı 392.4 mm dir(Şekil 8).

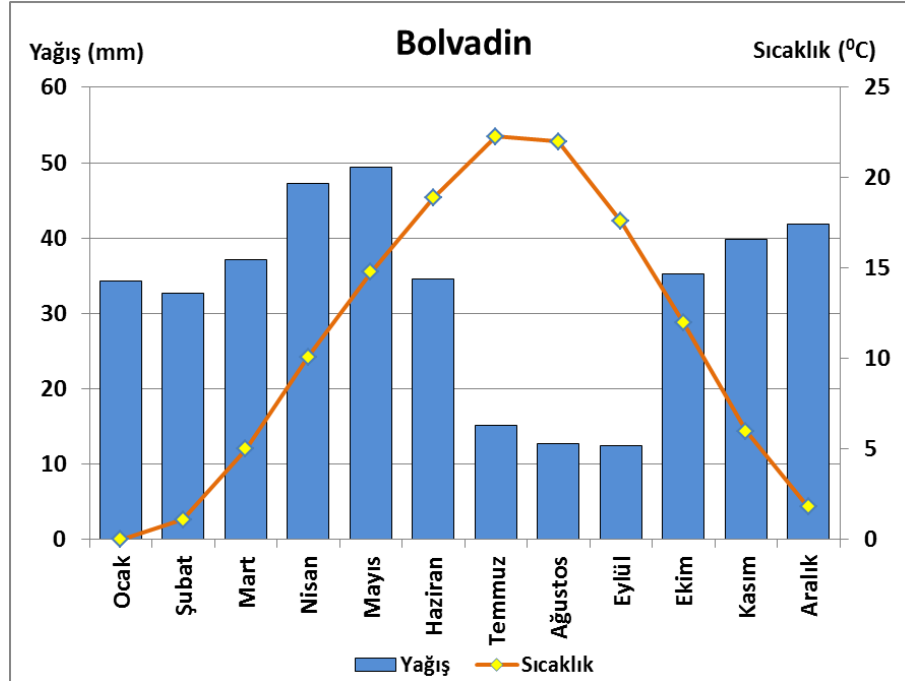
Çalışma sahasında yer alan diğer meteoroloji istasyonu olan Çay Havzası'nın verilerine göre Çay Havzası'nda en soğuk ayı olan Ocak ortalaması 0,9°C, en sıcak ay olan Temmuz ortalaması 23.0°C, yıllık ortalama sıcaklık ise 11.8°C dir(Şekil 9).Yağışın en fazla düştüğü mevsim %32 lük değer ile İlkbahar, aylardan Mart, en az düştüğü mevsim ise %2.5 ile yaz, ay ise Ağustos olup yıllık yağış tutarı 305.7 mm dir(Tablo 4),(Şekil 10).

Tablo 3: Eber Havzasında Temsilen Bolvadin Ve Çay Meteoroloji İstasyonlarının Aylık Ve Yıllık Ortalama Sıcaklıkları.

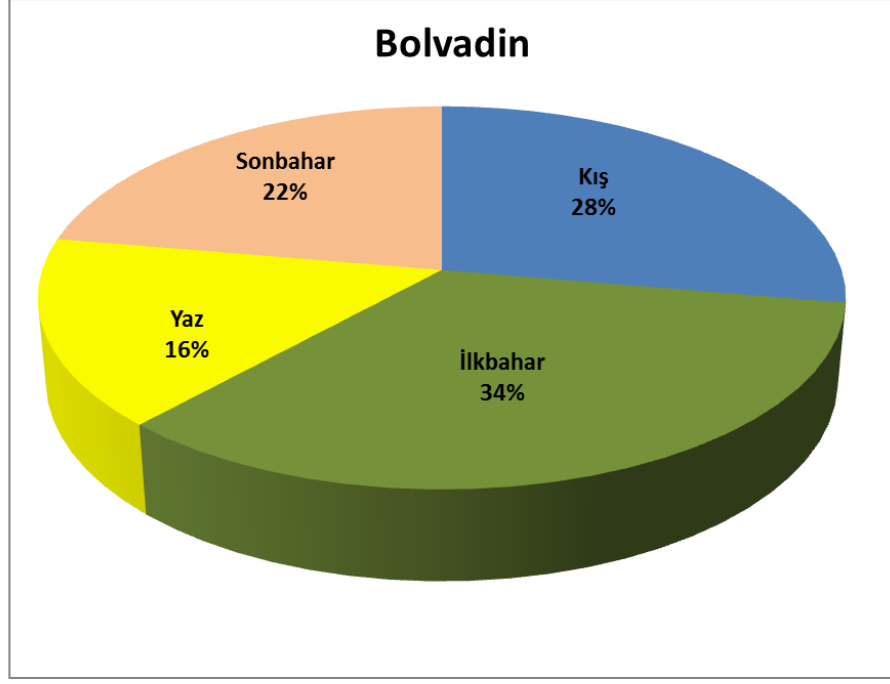
Meteoroloji İstasyonu	AYLAR												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Bolvadin	0.0.	1.1	5.0	10.1	14.8	18.9	22.3	22.0	17.6	12.0	6.0	1.8	11.0
Çay	0.9	1.8	5.4	11.4	16.0	19.9	23.0	22.9	19.0	12.9	6.4	12.5	11.8

Tablo 4: Eber Havzasında Temsilen Bolvadin Ve Çay Meteoroloji İstasyonlarının Aylık Ve Yıllık Yağış Değerleri.

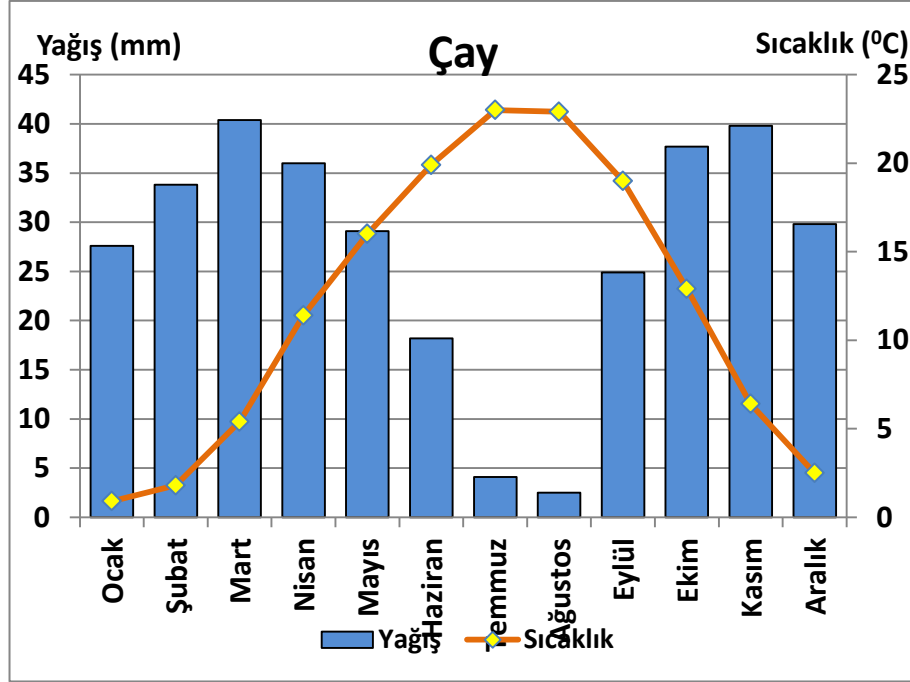
Meteoroloji İstasyonu	AYLAR												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Bolvadin	34.3	32.7	37.1	47.2	49.4	34.6	15.1	12.7	12.5	35.2	39.8	41.8	392.4
Çay	27.6	33.8	40.4	36.0	29.1	18.2	4.1	2.5	24.9	37.7	39.8	29.8	305.7



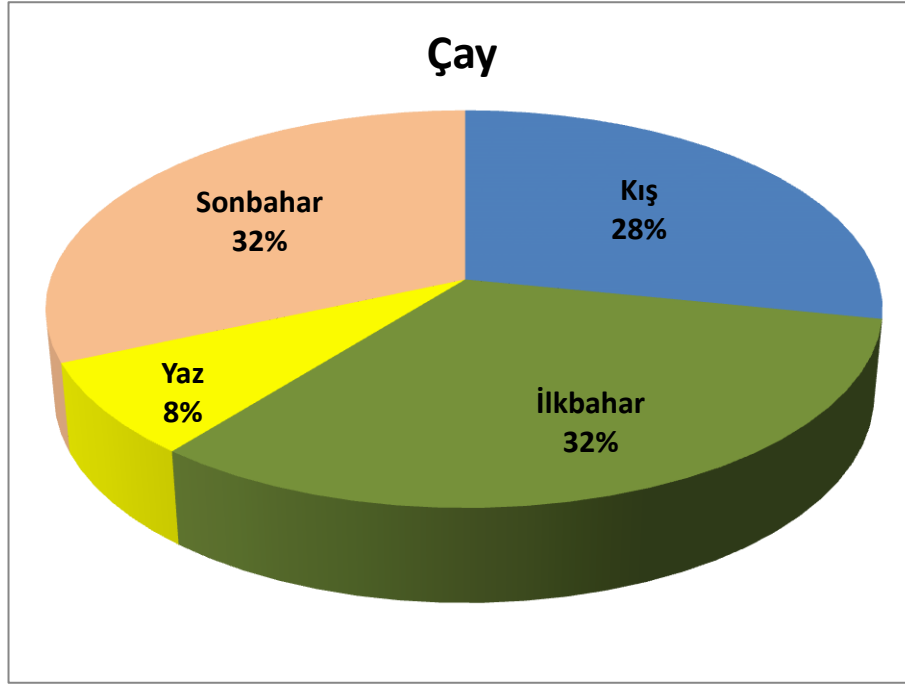
Şekil 7: Bolvadin Meteoroloji İstasyonu Ortalama Yağış Ve Sıcaklık Değerleri.



Şekil 8: Bolvadin Meteoroloji İstasyonunda Yağışın Mevsimlere Göre Dağılışı



Şekil 9: Çay Meteoroloji İstasyonu Ortalama Yağış Ve Sıcaklık Değerleri.



Şekil 10: Çay Meteoroloji İstasyonunda Yağışın Mevsimlere Göre Dağılışı

1.4. TOPRAK ÖZELLİKLERİ

Eber Havzası'nın yer aldığı alanda jeolojik-jeomorfolojik ve iklimik koşulların farklı özellikler göstermesi nedeniyle büyük toprak gruplarında da çeşitlilik görülmektedir. Eber Gölü Havzası'nda 5 büyük toprak grubu bulunmaktadır (Şekil 11). Bunlar, alüvyon topraklar, kahverengi topraklar, kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi orman toprakları ve kolüvyal topraklardır. Bu bağlamda Eber Gölü Havzası'nda görülen yaygın toprak grupları (Tablo 5) şunlardır.

Tablo 5: Eber Havzası Topraklarının Kapladığı Alanlar Ve Yüzdeleri

BÜYÜK TOPRAK GRUBU	ALAN	
	Km ²	%
Kahverengi Topraklar	210	27
Alüvyal Topraklar	146	19
Çıplak Kaya ve Moloz Alaları	84	11
Kolüvyal Topraklar	74	9
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	64	8
Kahverengi Orman Toprakları	52	7
Eber Gölü	150	19
GENEL TOPLAM	780	100

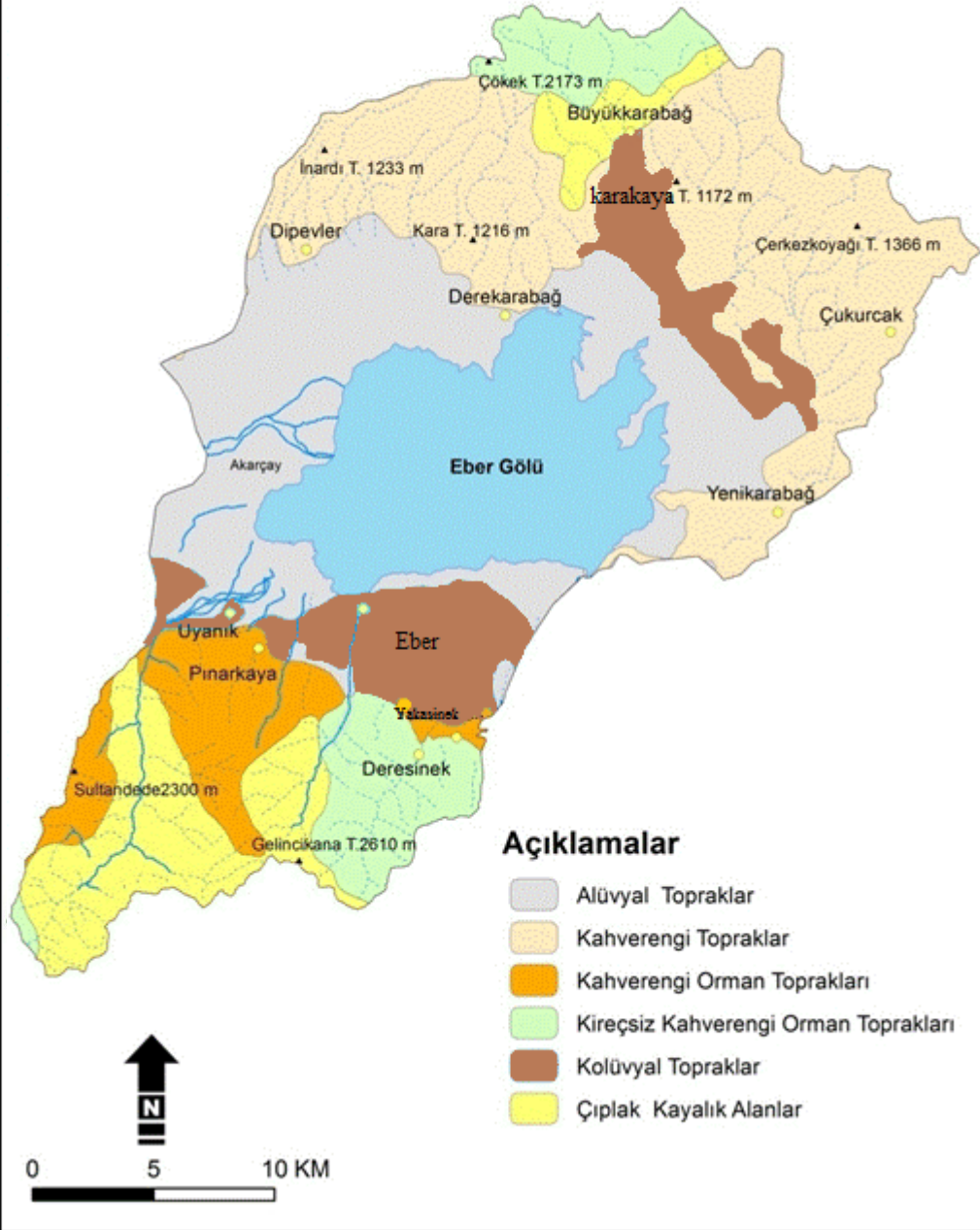
Kahverengi Topraklar Eber Gölü Havzasının hakim toprak türüdür. Yarı kurak iklimin hüküm sürdüğü ve step vejetasyonunun hakim olduğu topraklardır. Organik maddece zengin olup kalın ve koyu renklidirler. Tarım yapmaya müsait topraklardır. Emir Dağlarının güney etekleriboyunca bu topraklara rastlanmaktadır (Foto 5).



Foto 5: Emirdağları Güney Etekleri Dipevler Doğusundaki Kahverengi Topraklar

Alüvyal Topraklar Akarsuların aşındırma taşıma ve biriktirme faaliyetleri sonucu ince taneli malzemelerin çökmesi ile oluşurlar. Kuzeyde Emir Dağları güneyde ise Sultan Dağlarından akan dere ve akarsuların taşıdığı malzemelerin eğimin azaldığı göl ve çevresinde birikmesiyle oluşmuşlardır. Mineral bakımından zengin olan bu topraklar tarım yapmaya oldukça müsaittirler. Çalışma sahasında Eber Gölü çevresini oluşturan hakim toprak türüdür (Foto 6).

EBER HAVZASI TOPRAK HARİTASI



Şekil 11: Eber Havzası Toprak Haritası.



Foto 6:Eber Gölü Kuzeyinde Ova Tabanında Bulunan Kumlu - Killi Alüvyal Topraklar

Kolüvyal Topraklar Sultan Dağlarının kuzey yamaçlarında eğimli yamaç boyunca görülen çeşitli boyuttaki ayrılmış malzemedan oluşan kumlu-çakıllı topraklardır.

Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları A horizonu iyi oluşmuş gözenekli yapısı olan topraklardır. Genellikle yapraklarını döken orman örtüsü altında oluşmuşlardır. çalışma sahasında Deresinekte ve Büyükkarabağın kuzeyinde bu topraklar araştırılmaktadır.

Kahverengi Orman Toprakları Orman örtüsü altında oluşan topraklardır. Ilıman kuşakta genelde yapraklarını döken ağaçlar altında görülürler. Çalışma sahasında Sultandağlarında görülen toprak türüdür.

1.5. BİTKİ ÖRTÜSÜ, ARAZİ SINIFLARI VE ARAZİ KULLANIMI

Yeryüzünde iklim ve bitki örtüsü arasındaki neden sonuç ilişkisi toprak, relief, biyotik ve beşeri faktörlere bağlı olarak yer yer değişebilmektedir. Çalışma sahamız olan Eber Gölü Havzası sınırlarında bulunan, Sultandağları ve Emirdağlarının konumu nedeniyle havzada yerel iklim şartları oluşmuştur.

Eber Gölü'ne dökülen en önemli akarsu Akarçaydır. Göl, düşen yağışlar ve drenaj alanındaki diğer mevsimlik ve sürekli akımları olan akarsular tarafından beslenmektedir. Dışa akışı pek görülmeyen Eber Gölü çevresinde yeraltı suyu seviyesinin yüksek olması su ortamı bitkilerinin bu alanda yerleşmelerini sağlamıştır. Yöre halkının geçim kaynağı olan hasır sazları da göl ve çevresinde görülmektedir. Bölgede yarı kurak iklim şartlarının hakim olması Sultandağları ve Emirdağları arasında step formasyonunun oluşmasına ve dağlık alanlarda görülen step bitki toplulukları ise buralarda bulunan ormanların tahrip edilmesi sonucu ortaya çıkmasına neden olmuştur. Çalışma sahasında yer yer dikenli bitkilerin varlığında dikkat çekmektedir (Foto 7).



Foto 7:Eber Gölü Güneyinde Step Formasyonunun Tahribi İle Sahaya Yerleşen Dikenli Bitkiler

Eber Gölü kuzeyinde yer alan Emirdağlarının güney yamaçları çıplak bir görünüm sunmasıyla beraber step formasyonu hakim olmuştur(Foto 8).



Foto 8:Emirdağları Güney Yamaçları, Önde Ova Tabanı Arkada Üzerinde Tahrip Sonucu Oluşan Step Formasyonu

Çalışma sahasında orman florası Sultandağlarının kuzey ve kuzeydoğu kısımlarında görülmektedir. Ancak Sultandağlarında orman tahribi sonucu dağın bir kısmı çıplaktır(Foto 9). Beşeri faktörler, hayvan otlatmaları ve usulsüz kesimler orman tahribini hızlandırmıştır. Sahada yer yer görülen nemcil bitkilerin varlığı günümüz iklim şartlarıyla açıklanamız olup, Pleistosenin nemli devresinde uygun ortam şartları altında gelişmişlerdir(ÖZDEMİR diğ., 2005).

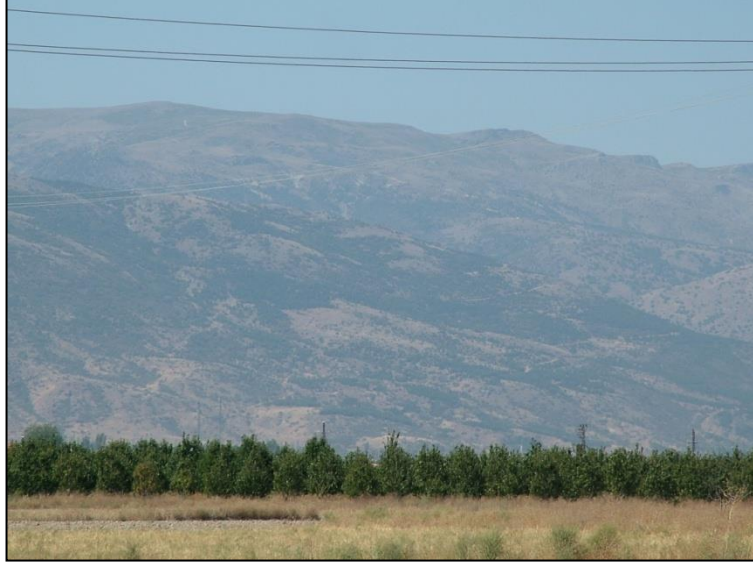


Foto 9: Sultandağları Güneyinde Orman Florasından Bir Görünüm

Eber Gölü Havzası Sultandağı ve Emirdağı arasında yer alan tektonik bir çöküntü havzadır. Eber gölü de bu havza içinde Afyon il sınırlarında yer almaktadır. Çalışma sahasının 150 km²lik alanını kaplayan Eber Gölü 1992 yılına kadar Akşehir Gölüne bağlanırken bu tarihten sonra suları bir regülatör tarafından tutulmaktadır (Foto 10).



Foto 10: Akarçay'ın Sularını Toplayan Eber Gölü Sularının Regülatörle Tutulması Ve Sulama Alanlarına Yönlendirilmesi.

Eber Gölü Havza'sı Arazi kullanımı, tarım alanları, ormalık alanlar, çayır ve mera alanları olarak sınıflandırılabilir.

Arazi kullanımını havzada fiziki ve beşeri coğrafya faktörleri tarafından belirlenir. Fiziki coğrafya faktörleri olarak jeomorfoloji, toprak türleri, eğim, bitki örtüsü ve su kaynakları belirlerken, beşeri faktörlerde ise şehir gelişimleri, sanayi tesisleri, ürün çeşitliliği gibi faktörler belirlemektedir. Çalışma sahası morfolojik birimler olarak Sultandağları ve Emirdağları tarafından güney-kuzey olarak tarımsal alan olarak sınırlanmaktadır. Eber Gölü ve çevresi arazi kullanımı bakımından tarıma ayrılmıştır. Tarımsal faaliyetin yapıldığı göl ve çevresi parçalı bir görünüm sunmakla beraber tarım faaliyetleri daha çok alüvyal ve kolüvyal topraklar üzerinde yapılmaktadır. Gölün yakın çevresinde taban suyunun yüksek olması, bataklıklar halinde olan toprak örtüsü ve hidromorfik alüvyal toprakların varlığı havzada kullanılabilir tarım alanlarının sınırlanmasına neden olmuştur.

Eber Gölü'nün kuzeyinde ve güneyinde bulunan morfolojik birimler arasındaki farklılık iklim, bitki örtüsü, hidroğrafya ve bakı gibi etkilere neden olurken aynı zamanda tarımsal faaliyet ve arazi kullanımı gibi farklılıklara da neden olmaktadır. Hem Eber Gölü ova tabanından yamaçlara doğru ve hem de Emirdağlarından inen birikinti konileri üzerinde tahıl tarımı yapılmaktadır (Foto 11). Tarımsal faaliyet için en önemli unsur olan sulama çalışma sahasında daha çok açılan kuyular vasıtasıyla karşılanmaktadır.



Foto 11: Emirdağlarından Eber Gölü Ova Tabanında Tarım Arazilerinin Görünüşü

Eber Gölü Havzası' nın güney kesiminde ise tarımsal faaliyetler daha geniş yer kaplamaktadır. Aynı zamanda Sultandağlarından inen birikinti konileri ve yelpazeleri üzerinde meyve bahçeleri bulunmaktadır. Eber Gölünün aşırı derecede kirlenmiş olması sulamada kullanılmaz hale gelmiştir. Sulama ise birikinti koni ve yelpazeleri üzerinde açılan kuyulardan yapılmaktadır. Bu alanlarda özellikle yörenin önemli geçim kaynağı olan kiraz bahçeleri bulunmaktadır (Foto 12).



Foto 12: Eber Gölü Güneyinde Meyve Bahçelerinden Bir Görünüm

Çalışma sahasında orman alanları daha çok güneyde bulunan Sultandağlarının yüksek kesimlerinde karşımıza çıkmaktadır. Ancak bilinçsiz kullanım ve orman tahribine bağlı olarak yer yer çıplak bir görünüm oluşturan Sultandağlarında erozyon etkisine karşı ağaçlandırma faaliyetleri yapılmış.Emirdağlarında ise günümüzde çıplak bir görünüm oluşmuş ve step formasyonu hakimken arazi çalışmaları sırasında Dipevler köyü kuzeyinde erozyonu önlemek amacıyla ağaçlandırma ve taraçalandırma faaliyetleri gözlenmiştir (Foto 13). Yine Dipevler köyü kuzeyinde erozyona bağlı olarak sedimantasyon taşımını engellemek amacıyla su kanalları oluşturulmuştur (Foto 14).



Foto 13: Dipevler Kuzeyinde Erozyonu Önlemek Amacıyla Yapılan Ağaçlandırma Ve Taraçalendirme Çalışması



Foto 14: Dipevler Kuzeyi Sedimentasyon Taşımını Engellemek Amacıyla DSİ Tarafından Yapılan Geciktirme Terası Ve Setler.

1.6. BEŞERİ VE EKONOMİK ÖZELLİKLER

2010 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçlarına göre; Bolvadin ilçesinde 45,710, Çay ilçesinde ise 33,354 kişi yaşamaktadır (Tablo 6). Bolvadin ilçesinde 16 yerleşmenin 5'i, Çay ilçesinde 22 yerleşmenin 9'u, kent yerleşmelerinden oluşmaktadır. Bolvadin ilçesi, nüfus bakımından proje sahasının en kalabalık ilçesi konumundadır. Bolvadin ilçesindeki köy yerleşmeleri içerisinde nüfusun en kalabalık olduğu kuşak 1200-1300 metre yükselti basamağında, şehir yerleşmeleri içinde ise 900-1000 metre yükselti basamağında yer alır (TAŞ ve YAKAR, 2010).

Havza sınırları içerisinde yer alan yerleşmelerin kır ve kent nüfusları incelendiğinde (Tablo 6) Bolvadin ve Çay ilçelerinde, kent nüfusunun kır nüfusundan daha fazla olduğu görülmektedir. Havza genelinde kent nüfusu incelendiğinde 70.505, kır nüfusu ise 38.569 dur. Kır yerleşmeleri sayı olarak fazla ancak nüfus olarak az iken, şehir yerleşmeleri sayı olarak az nüfus olarak fazla olmaktadır.

Bolvadin ve Çay ilçelerinde yerleşmelerin konumlarının bakıldığında ova ya da ova yakınında yer aldığı görülmektedir. Bolvadin ve Çay ilçeleri tarımsal faaliyetler için uygun koşullar sunmaktadır. Sultandağlarından inen dereler boyunca sebze ve meyve yetiştiriciliği yaygındır. Hayvancılık faaliyetlerinin geçim kaynağı olarak tercihi bu alanlarda tarım ve hayvancılığa yönelik sanayi faaliyetlerinin gelişmesine neden olmuştur. Türkiyede tek olan sanayi tesisi Alkoloid fabrikası burada bulunmaktadır.

Tablo 6: Eber Gölü Havzası Yakın Çevresindeki Yerleşmelerin Nüfusu (2013).

		2013			
İLÇESİ		KÖY ADI	TOPLAM	ERKEK	KADIN
BOLVADİN	Merkez	Büyükkarabağ	1.305	629	676
		Derekarabağ	868	440	428
		Dipevler	611	322	289
		Dişli	3.183	1.552	1.631
		Güney	258	127	131
		Hamidiye	365	187	178
		Karayokuş	1.011	526	485
		Kemer kaya	2.012	968	1.044
		Kurucaova	1.197	589	608
		Kutlu	116	56	60
		Nusratlı	82	47	35
		Ortakarabağ	218	102	116
		Özburun	2.244	1.116	1.128
		Taşagıl	53	30	23
		Taşlıdere	153	75	78
		Yürükkaracaören	343	168	175
		İlçe toplamı	45.710	23.085	22.625
ÇAY	Merkez	Akkonak	1.671	840	831
		Armutlu	187	78	109
		Aydoğmuş	320	167	153
		Bulanık	294	136	158
		Cumhuriyet	201	99	102
		Çayırpınar	489	236	253
		Çayıryazı	432	209	223
		Deresinek	1.053	531	522
		Devederesi	427	207	220
		Eber	850	437	413
		Göcen	148	77	71
		İnli	1.851	923	928
		Kadıköy	273	127	146
		Karamık	968	470	498
		Karamıkkaracaören	3.022	1.526	1.496
		Kılıçyaka	274	136	138
		Koçbeyli	1.433	689	744
		Maltepe	355	178	177
		Orhaniye	148	74	74
		Pazarağaç	2.737	1.333	1.404
		Pınarkaya	411	204	207
		Yeşilyurt	1.186	558	628
		İlçe toplamı	33.354	16.379	16.975

Kaynak: (<http://www.tuik.gov.tr>)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YÖNTEM-MALZEME VE RUSLE YÖNTEMİ

1. YÖNTEM VE MALZEME

1.1. ÇALIŞMANIN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ SÜRECİ

İlk aşamada Eber Havzası ile ilgili literatür ve verilerin toplanmasına başlanmış, bu bağlamda yapılmış coğrafya, jeoloji, iklim, toprak, hidrografya konularında yayımlanmış ve yayımlanmamış her türlü eski çalışma derlenmeye çalışılmıştır. İklimle ilgili sağlıklı verilerin elde edilmesi için çalışma alanı kapsamında yeralan meteoroloji istasyonlarının sıcaklık, yağış gibi erozyonu etkileyen verileri toplanmıştır. Ayrıca bu aşamada 1/25.000 ölçekli sayısal topoğrafya haritaları Harita Genel Komutanlığı (HGK)'nden, sayısal toprak haritaları Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'ndan, sayısal jeoloji haritaları Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'nden, yağış verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ)'nden ve uydu görüntüleri ise Landsat Türkiye dağıtıcısı Nik İnşaat Ltd. Şti.'nden sağlanmıştır.

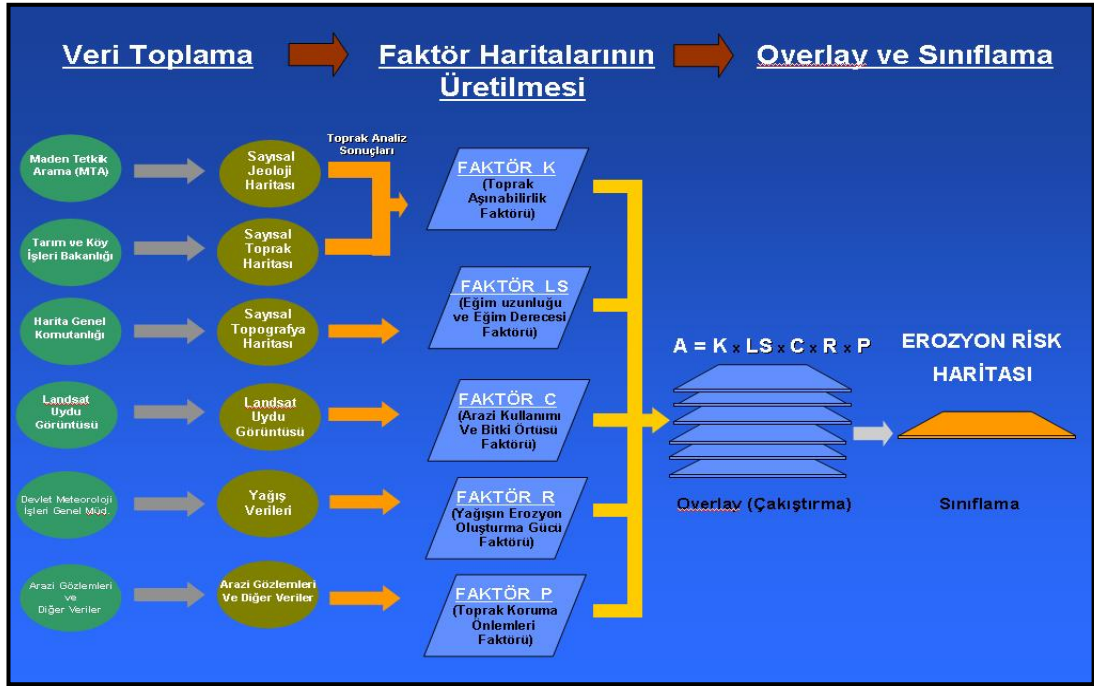
Elde edilen bu verilerin ve malzemenin yanısıra Eber Gölü Havzası'nda arazi çalışması yapılmıştır. Arazi çalışmasında sözkonusu bu havzanın litolojik-jeomorfolojik özellikleri, toprak türleri saptanmış ve ilgili havzalardaki topraklardan karakteristik toprak örnekleri alınmıştır.

Örnek alımında projenin kısa bir zaman aralığında gerçekleştirilmesi zorunluluğuna koşut olarak analiz sonuçlarına ulaşılabilme amaçlanmıştır. Bu amaçla belli aralıklı ve birbirine dik doğrultularda, belirlenen sıklıkta örnek alımı (sistemik örnek alımı) yerine, olabildiğince sık aralıklarla ve uygun yerlerden karakteristik olabilecek örneklerin alınması yolu tercih edilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında jeolojik-jeomorfolojik ve pedolojik özelliklerin belirlenmesine ilişkin gözlemler ile arazinin ve örnek alınan yerlerin fotoğraflanması da yapılmıştır.

Araziden örnek almayı izleyen aşamada arazi gözlemlerinin yapılması, sahaya ilişkin verilerin derlenmesi, toprak örneklerinin analizinden elde edilen

değerlerin RUSLE yönteminde uygulamasına geçilmiştir. RUSLE Yöntemi yıllık toprak kaybını saptama çalışmalarında çok yaygın olarak kullanılan, faktör (etmen) temelli bir yöntemdir. Şimdiye dek erozyonu meydana getiren nedenler, süreçler ve etkileri konusunda çok çeşitli araştırmalar yapılmış olup bu çalışmalarda erozyona neden olan faktörler bir model olarak ele alınmış ve çeşitli erozyon risk tahmin modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerden biri ve yaygın olarak kullanılan RUSLE yöntemi olup yöntemin esasını USLE yöntemi oluşturmaktadır. Söz konusu yöntem 1957'de Wischmeier ve arkadaşları tarafından tarım arazilerinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda inşaat sahalarında, mera ve orman sahalarında kullanılmalarına ilişkin çeşitli düzenlemeler yapılmış, yapılan araştırma sonuçları ve gelişen teknolojiye bağlı olarak 1987 den itibaren gözden geçirilerek (revize edilerek) oluşturulan yeni model, RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation* = Düzenlenmiş Ünlversal Toprak Kaybı Denklemi) olarak adlandırılmıştır (RENARD ve diğ. 1991, 1994, 1997).

RUSLE yönteminde,denklemleri oluşturan etmenler topluluğu ele alınmış ve gözden geçirilmiştir. Söz konusu bu etmenler; yağış etmeni (R Faktörü), toprak etmeni (K Faktörü), eğim ve yamaç uzunluğu etmeni (LS Faktörü), vejetasyon / bitki örtüsü etmeni (C Faktörü) ve toprak koruma etmeni (P Faktörü) dir. Bu etmenlerin herbiri için çeşitli kaynaklardan ve arazi çalışmalarından veriler derlenmiştir. Veriler CBS ortamında biraraya getirilmiş ve CBS nin veri girişi, veri işleme, analiz ve sunu hazırlama araçlarından faydalanılmıştır. Bu çalışmalara temel oluşturacak RUSLE etmenlerinin herbiri CBS ortamında sayısal (dijital) olarak sağlanmış, UA ve arazi çalışmalarından sağlanan verilerle beş ayrı tematik katman elde edilmiştir. Bu beş katman daha sonraki analizler için raster veri formatına dönüştürülmüştür. Son aşamada ise herbir etmeni temsil eden katmanların bindirilmesi (*overlay*) ile sonuç haritası elde edilmiştir(Şekil 12).



Şekil 12:Çalışmanın Gerçekleştirilme Aşamalarını Gösteren Akış Diyagramı.

2. RUSLE Yöntemi

Bu yöntem ortalama yıllık toprak kaybı tahmini yapan bir denklemler kümesidir. Erozyonla kaybolan toprak miktarının tahmin edilebilmesi amacıyla en çok kullanılan modellerden birisidir. USLE yöntemi 1957'de Wischmeier ve arkadaşları tarafından tarım arazilerinde, daha sonra 1971 de inşaat sahaları ve 1972'de de mera ve orman alanları için kullanımları da eklenmiştir. Ancak bu konudaki çalışmalara devam edilmiş (WISCHMEIER ve SMITH, 1978) ve 1985 yılında Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı'nın ve erozyon ile ilgili araştırmacıların da katılımıyla gerçekleştirilen toplantı sonucunda USLE nin ilave araştırma sonuçları ve gelişen teknolojiye bağlı olarak yeniden gözden geçirilmesine (revize edilmesine) karar verilmiştir. Revizyon çalışmaları 1987 de başlamış ve yeni model RUSLE olarak adlandırılmıştır. RUSLE yöntemi USLE modelinin temel yapısını korumaktadır ve yıllık toprak kaybını ton/ha/yıl olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplamaktadır. Denklem kullanılma şekli aşağıda verdiği biçimdedir.

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

Bu eşitlikte:

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

R : Yağış-akış aşındırıcı faktörü (ton/ha/yıl).

K : Toprağın erozyona duyarlılık faktörü (ton/ha/yıl).

L : Eğim uzunluğu faktörü (birimsiz).

S : Eğim dikliği faktörü (birimsiz).

C : Bitkisel örtü ve ürün yönetimi faktörü (birimsiz, 0 ve 1 değerleri arasında).

P : Toprak ve su koruma önlemleri faktörü (birimsiz, 0 ve 1 değerleri arasında) dır.

R faktörü erozyon üzerine etki eden iklim faktörünü, LS faktörü topoğrafik özelliklere bağlı olan eğim uzunluğu ve dikliğini, K faktörü toprağın erozyona duyarlılık faktörünü, C ve P faktörleri ise arazi kullanımı ile ilgili süreçleri temsil etmektedir.

2.1. YAĞIŞIN EROZYON OLUŞTURMA FAKTÖRÜ (R)

R Faktörü, belirli bir bölgeye düşen yağmurun ve bu yağmur sonrası oluşan yüzey akışlarının aşındırıcı özelliğini ifade eder. Yağışın aşındırıcı etkisi olan faktör (R) bir yıl içinde gerçekleşen tüm fırtınalı yağışların fırtına kinetik enerjisi (E) ve maksimum 30 dakikalık fırtına süresi-yağış yoğunluğu (I30) işleme alınarak hesaplanır.

$$R = E \times I30 / 100$$

Burada:

R : Yağışın erozyon yaratma faktörü.

E : Toplam şiddetli yağış enerjisi.

I30 : Maksimum 30 dakikalık yağış şiddeti'dir.

R faktörünün elde edilebilmesi için ayrıntılı yağış verilerine ihtiyaç vardır. Yağış miktarı, yağış yoğunluğu, yağmurlu gün sayısı ve yağış süresi gibi

verilerdir. Bu ölçümler ülkemizde yer alan her meteoroloji istasyonunda yapılmamaktadır. DOĞAN (1987, 2002) tarafından 96 meteoroloji istasyonuna ait aylık ve yıllık R değeri elde edilmiştir.

Ülkemiz ve (Amerika ve Batı Avrupa hariç) dünyanın çoğu bölgeleri için R faktörünün hesaplanmasında karşılaşılan zorluğun nedeni istasyon ağı sıklığının yetersiz olmasıdır.

ARNOLDUS (1977) Fas'ta FAO adına yaptığı erozyon çalışmasında, aylık yağışların karesinin toplam yağışa bölünmesi ile elde edilen Fournier değeri (F) ile R değeri arasında çok güçlü bir lineer (çizgisel, doğrusal) ilişki olduğunu ortaya koymuş ve bu ilişkiyi istatistiki olarak regresyon denklemi ile ifade etmiştir. Elde edilen regresyon denkleminde R değerini tahmin etmek kolay olmaktadır. Bu nedenle regresyon denklemi önemlidir. Arnoldus, R değerini hesaplamak için kullandığı $R = 0.264F + 1.50$ denklemine 1977 tarihli çalışmaları sonucu ulaşmıştır. Arnoldus'un 1977'deki bu öncü çalışması, daha sonrasında yapılan ve plüviyometre olmayan yerler için bir öncü çalışma olmuştur.

F değeri ile R değeri arasındaki ilişkiyi araştıran araştırmacılar ilişkinin sonucunu çeşitli regresyon modelleri ile ifade etmişlerdir. LO ve diğ. (1985) Hawaii adaları, MORGAN (1986) Malezya, RENARD VE FREIMUND (1994) Amerika Birleşik Devletleri, YU ve ROSEWELL (1996) güney Avustralya, SILVA (2004) Brezilya için çalışmalar yapmışlardır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 7) bu araştırmacıların R değerini tahmin etmek için kullandıkları regresyon denklemleri verilmiştir.

Tablo 7: R değeri için farklı çalışmacılar tarafından kullanılan denklemler.

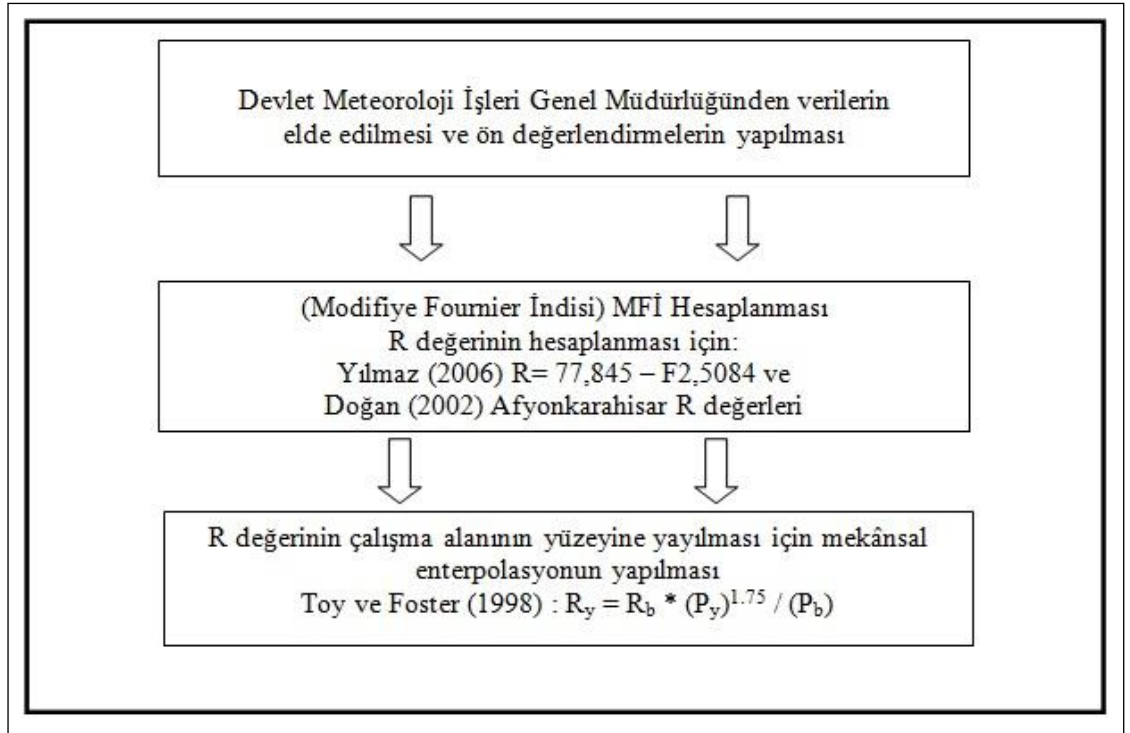
ARAŞTIRMACILAR	REGRESYON DENKLEMİ
Lo ve diğ. (1985)	$R = 38.46 + 3.48F$
Morgan (1986)	$R = 8838 - 9.28F$
Renard ve Freimund (1994)	$R = 0.739 - 1.847F$
Yu ve Rosewell (1996)	$R = 3.82 - 1.41F$
Silva (2004)	$R = 42.77 + 3.76F$

F değerine bağlı olarak R değerinin tahmin edilmesi ile ilgili ülkemizde iki çalışma vardır.

İRDEM ve diğ. (2007) Seyhan Havzası'nda düzenli veri toplanan 15 meteoroloji istasyonundan çok yıllık günlük yağış verileri kullanılarak, plviograf okumaları olan istasyonların R faktörlerini WISCHMEIER ve SMITH (1978)'e göre hesaplayarak aylık yağış verileri olan istasyonların MFI değerleriyle regresyon analizine ($R^2=0,94$) tabi tutmuşlardır. Sonuçta alışma alanı için $R=0,1215+2,242F$ regresyon denklemine ulaşılmış ve bu denklem havzadaki diğer 15 istasyonun R değerini tahmin etmek için kullanılmıştır.

YILMAZ (2006) Çamlıdere Baraj havzasında ve çevresinde bulunan istasyonlar için R değerini hesaplayabilmek amacıyla ülke genelinde F ve R değerleri bilinen istasyonlarda (30 tane) bir ilişki aramış ve sonuçta bu iki değer arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu anlayarak hesaplanmış ($R^2=0,91$) ve $R= 77,845 - 2,5084F$ eşitliğine ulaşmıştır. Bu eşitlik çalışma sahasındaki istasyonların R değerini tahmin etmek için kullanılmıştır.

R değerinin hesaplanması için CBS de akış şemasında gösterilen yöntem izlenmiştir (şekil 13).



Şekil 13:R Faktörüne Ulaşım Aşamaları.

1. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden çalışma sahasına ait olan meteoroloji istasyonuna ait veriler elde edilmiştir. Bu verilerin incelemesi yapılmış ve çalışma sahasının iklimi hakkında bilgi edinilmiştir.

2. Çalışma alanı olan Eber Gölü Havzasında yer alan Afyonkarahisar meteoroloji istasyonu için DOĞAN (2000)'da önceden hesaplanmış ve kullanılabilir durumda bir R değeri bulunmaktadır. Fakat çalışmada, bu değeri direk kullanmadan önce literatüde geçen diğer çalışmalar ilede karşılaştırılması yapılmış ve bundan sonra kullanılmaya karar verilmiştir.

Afyonkarahisar istasyonu için ARNOLDUS (1977 ve 1980)'un geliştirdiği ve önerdiği MFI (Modifiye Fournier İndisi) hesaplama denklemi kullanılarak bu istasyon için MFI değeri hesaplanmıştır. Buna göre Afyonkarahisar'ın MFI değeri 39,07olarak bulunmuştur:

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} (P_i)^2 / P$$

Burada

MFI : Her bir istasyona ait MFI

P_i : Aylık ortalama yağış miktarı (mm)

P : Yıllık ortalama yağış miktarı (mm)

Ancak MFI değeri YILMAZ (2006)'ın $R = 77,845 - 2,5084F$ denkleminde yerine konmuştur. Afyonkarahisar için R değeri 20.15 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre, Afyonkarahisar için R değeri anlamlı çıkmamıştır. Bunun nedeni olarak, YILMAZ (2006)'da Çamlıdere baraj sahası ve çevresi için geliştirdiği regresyon denklemini geliştirirken kullandığı istasyonların yıllık yağış toplamının Afyonkarahisar'dan fazla olduğu söylenebilir. Bu nedenlerden dolayı DOĞAN (2000) Afyonkarahisar için hesaplanan R değeri kabul edilmiştir (Tablo 8).

3. Elde edilen değer Afyonkarahisar meteoroloji istasyonuna ait R değeri olup o istasyona ait nokta değerdir. Elde edilen bu nokta değer çalışma sahasının yüzeyine yayılması gerekmektedir. Bunun içinse TOY ve FOSTER (1998) tarafından önerilen bir yöntem belirlenmiştir. Bu yöntemde

$$R_y = R_b * (P_y)^{1.75} / (P_b)$$

Burada

R_y : Değeri bilinmeyen nokta için hesaplanan R değeri

R_b : Değeri bilinen referans istasyonun R değeri

P_y : Değeri bilinmeyen noktanın ortalama yıllık yağış miktarı (mm)

P_b : Değeri bilinen referans istasyonun ortalama yıllık yağış miktarı (mm) dir.

Tablo 8: MFI Değerinin YILMAZ (2006) ve DOĞAN (2000) İle Karşılaştırılması.

İSTASYON	Yıllık Toplam Yağış	MFI Değeri	YILMAZ (2006) Denklemi'ne göre R Değeri	DOĞAN (2000)a göre R Değeri
Afyon	434,4	39,07	20,15	35,23

2.2. TOPRAĞIN EROZYONA DUYARLILIK FAKTÖRÜ(K)

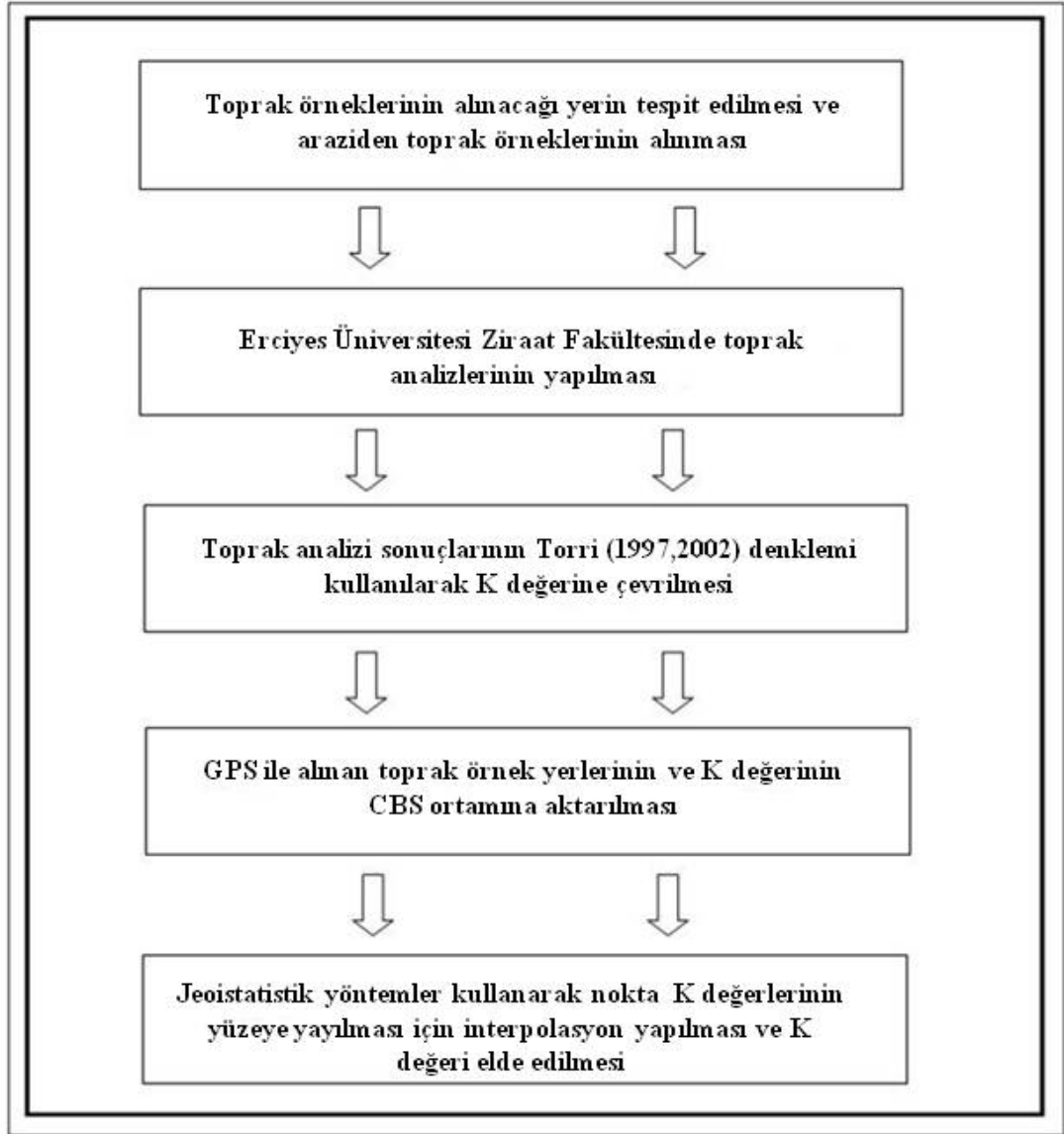
Erodibilite (toprağın erozyon eğilimi), toprağın yapısı ile açıklanabilir. Çünkü toprağın yapısı aşındırıcı güce karşı toprağın direncini belirlemektedir. Bu da toprağın erozyona uğrama eğilimini göstermektedir. Topraklar tekstür ve strüktürüne bağlı olarakta erosif kuvvetler karşısında farklı direnç göstermektedirler. Aynı dış güç tarafından aşındırılmaya çalışılan bazı toprakları dirençli oldukları halde, diğer bazı topraklar kolayca çözünür ve dağılarak erozyona uğrar (BALCI, 1996).

K Faktörü içersinde %9 eğim ve 22.1 m eğim uzunluğundaki bir arazide birim erozyon indisi ile hektardan kaybolan toprağın ton olarak ifadesidir. Erozyona etkili diğer faktörlerin sabit olması halinde farklı özelliklere sahip topraklar farklı derecede aşınırlar.

Toprakların erodobilitesi başka bir deyişle toprakların aşınım özellikleri, toprağın tekstürü, strüktürü, hidrolik geçirgenliği ve organik madde özellikleridir.

WISCHMEIER ve diğ. (1971) tarafından bu beş toprak parametresinden yararlanarak K değerinin bulunmasına yarayan bir nomograf geliştirilmiştir. Bu toprak parametreleri; silt ve çok ince kum (%), kum (%), organik madde (%), strüktür ve geçirgenliktir.

Toprağın erozyona duyarlılık faktörüolan K değerinin hesaplanması için akış şemasında gösterilen yöntem izlenmiştir (Şekil 14).



Şekil 14:K Değerinin Elde Edilme Aşamaları.

1. K Faktörünün hesaplanması aşamasında öncelikle havzaya ait toprak haritası ile litoloji haritasının CBS ortamında çakıştırılmasıyla (*overlay*) yeni bir harita üretilmiştir. Böylece Eber Gölü Havzasında alınan toprak örneklerinin havzayı iyi ve doğru temsil etmesi gereken yerlerden toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri istatistiksel anlamda rastgele (*random sampling*) olarak alınmıştır.

Toprak örnekleri alınırken yüzeyden maksimum 50 cm derinlikten bozulmamış örnek alınmıştır. Galvanize sacdan özel olarak yaptırılan 15 cm çapında, 35 cm boyunda, bir ağzı açık silindirik kap kullanılmış; toprak strüktürünün bozulmamış olduğuna karar verilen alanlardan yaklaşık 1 kg ağırlığında örnek alınmıştır (Foto 15).

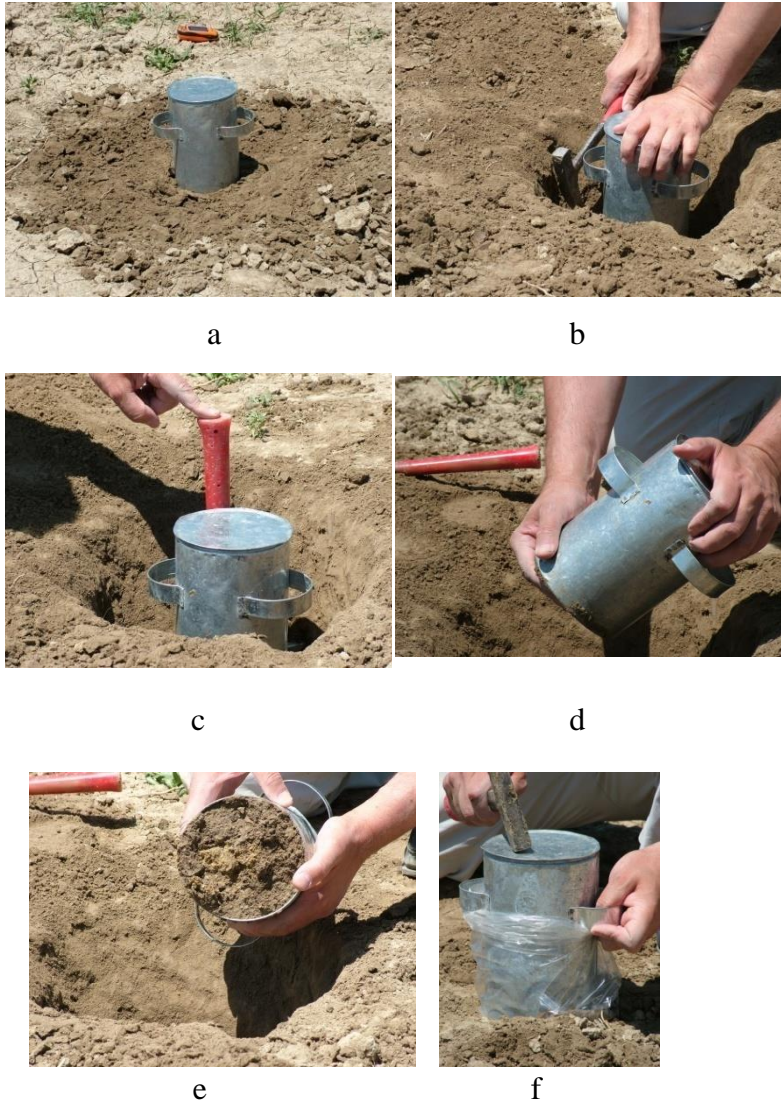


Foto 15:Toprak Örneği Alım Aşamaları.

Havza için toplam 35 tane örnek alınmıştır. Arazi gözlemleri ve örnek alımı 9 Eylül – 16 Eylül 2012 tarihleri arasındaki bir zaman aralığında gerçekleştirilmiştir.

Alınan toprak örneklerinin arazide yerlerinin doğru bir şekilde tespit edilebilmesi ve bu noktaların harita üzerine doğru bir şekilde yerleştirilmesi için Magellan marka Explorist 500 tipi el GPS i kullanılmıştır. GPS ölçümlerinden elde edilen toprak örneklerine ait koordinat değerleri daha sonra sayısal toprak haritası üzerine taşınmıştır.

2. Toprak örneklerinin yerlerinin tespiti ve toprak örneklerin alınması sonrasında, Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesinde toprak analizleri yapılması amacıyla topraklar Kayseri'ye götürülmüştür. Böylece Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarlarında bünye analizi ve organik madde analizleri yapılmıştır.

3. Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarlarında yapılan bünye analizi ve organik madde analizleri sonuçlarını K faktörü değerine çevirebilmek için TORRI (1997 ve 2002)'nin bu konuda geliştirdiği denklem kullanılmıştır.

TORRI (1997 ve 2002) son elli yıl içinde literatürde yayınlanan dünyanın çeşitli bölgelerine ait 200 den fazla çalışmaya K değerinin doğrudan hesaplanmasında kullanılan organik madde miktarı ile toprak tekstür parametrelerini (kum, kil ve %) kullanarak bir denklem geliştirmiştir:

$$K = 0.029 \left(0.65 - D_G + 0.24 D_G^2 \right) \times \exp \left\{ -0.0021 \frac{OM}{C} - 0.0003 \left(\frac{OM}{C} \right)^2 - 4.02C + 1.72C^2 \right\}$$

Bu denklemdeki DG faktörü ise aşağıda verilen başka bir denkleme göre hesaplanmaktadır.

$$D_G = \sum_i f_i \log_{10}(\sqrt{d_i d_{i-1}})$$

4. TORRI (1997 ve 2002) denklemi yardımı ile K değerine çevrilen değerlerin CBS ortamına taşınması yapılmıştır. Arazide toprak örneklerinin alındığı noktalardan alınan GPS verileri (alınan noktaya ait koordinatlar, x, y ve z değerleri) sayısal harita üzerine taşınmıştır.

5. Çalışma sahasının K faktörü haritası oluşturmak için elde edilen nokta K değerlerinin çalışma sahasının yüzeyine yayılması gereklidir. Bunun için jeoistatistiksel yöntemler olan enterpolasyon (*interpolation*) yöntemleri kullanılmış ve sahanın K faktörü haritası (katmanı) elde edilmiştir.

2.3. EĞİM VE EĞİM UZUNLUĞU FAKTÖRÜ (LS)

RUSLE modelinde LS faktörü eğim derecesi ve eğim uzunluğu gibi topoğrafik etkiyi temsil etmektedir. Eğim uzunluğu (L), yüzeysel akışın oluştuğu noktadan itibaren eğimin azaldığı ve birikmenin başladığı veya yüzeysel akışın bir kanala (bu, drenaj şebekesinin bir parçası olabilir) veya çevirme terası kanalı olarak inşa edilmiş bir kanala kadar olan yatay mesafe olarak tanımlanır. S ise eğim derecesidir (WISCHMEIER ve SMITH, 1978).

LS faktörü, diğer koşulların aynı olduğu, 22,13 m uzunluğunda ve %9 eğimi olan bir arazideki toprak kaybı oranını 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 değerinin CBS ortamında hesaplanması için izlenen yöntem akış şemasında anlatılmıştır (Şekil15).

1. Harita Genel Komutanlığı`ndan satın alınan, çalışma alanına ilişkin sayısal topoğrafya paftaları CBS ortamında birleştirilmiş ve birleştirilmiş bu sayısal topoğrafya haritasından 10x10 m çözünürlükte sayısal yükseklik modeli (SYM) üretilmiştir

2. Üretilen SYM den ilk önce eğim haritası (S) elde edilmiş, bunu takiben SYM sonraki işlemlere hazırlanmak üzere (yüzey hazırlama için) yüzeydeki akışı engelleyecek küçük boşlukların belirlenmesi ve doldurulması (*Sink and Fill*) işlemleri yapılmıştır.

3. Maddede işlemin yapıldığı SYM den akış yönü elde edilmiştir. Akış yönü (*Flow Direction*) yüzeye düşen yağmur veya suyun topografyada hangi yöne gideceğini belirler.

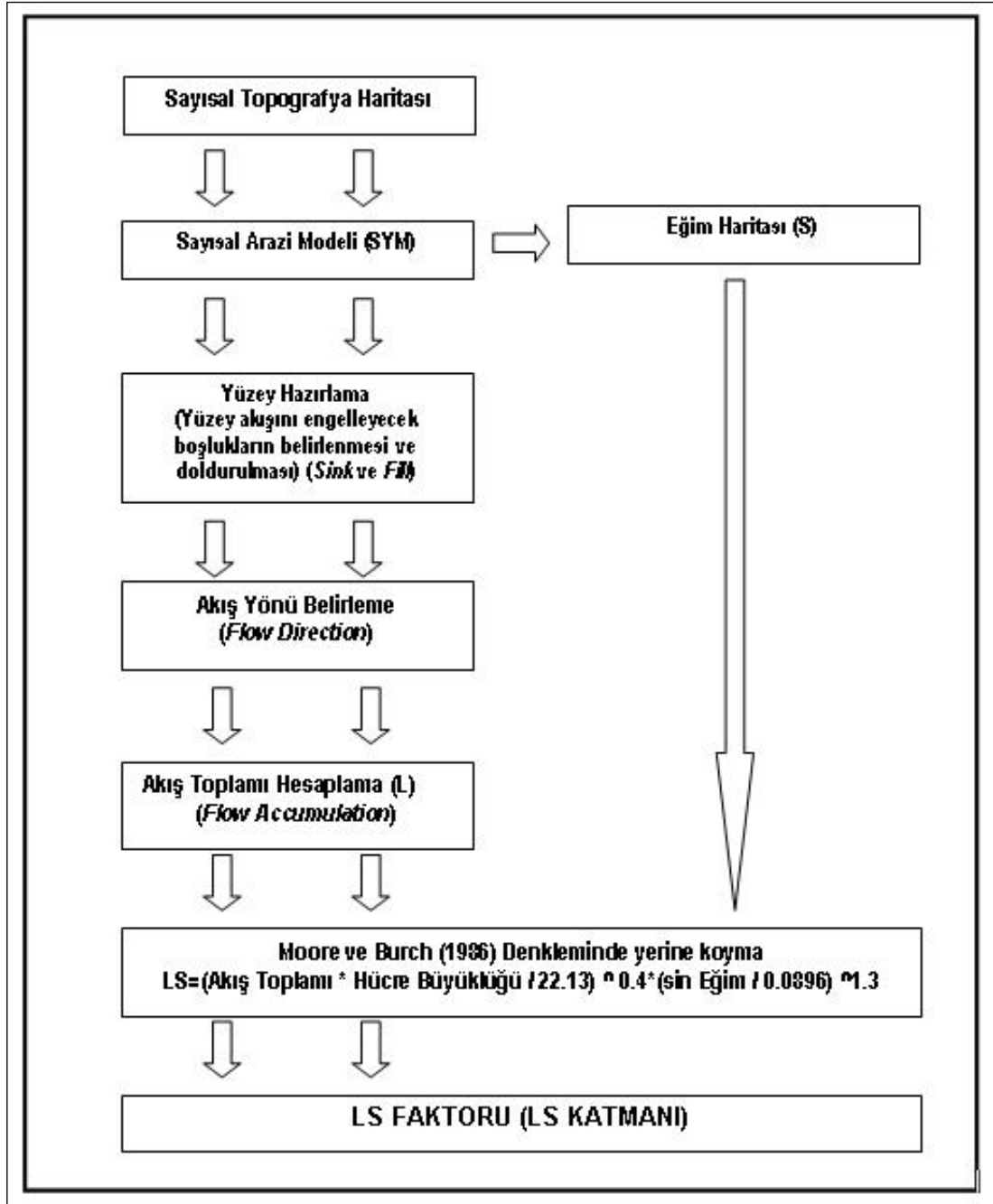
4. Akış yönü haritasından (katmanından) akış toplamı (*Flow Accumulation*) elde edilmiştir. Aynı akış yönüne sahip yerler akış toplamını meydana getirir. Akış toplamı, toprak erozyonunu hesaplamada eğim uzunluğuna (L) karşılık gelir.

5. MOORE ve BURCH (1986)'un önerdikleri denklemde akış toplamı ve eğim yerlerine konmuş ve raster calculatör'de işlem yapılmıştır. Hücre (*Cell*) büyüklüğü ise 10 olarak alınmıştır; bunun nedeni diğer bütün katmanların çözünürlüğünün 10 metre olmasıdır. Sonuçta sahaya ait LS faktörü elde edilmiştir.

6. Yukarıda adı geçen işlemlerin yapılabilmesi için, ArcGIS 9.2 yazılımının Spatial Analyst uzantısı, hidrolik modelleme, harita hesaplama (*raster calculator*) araçları (*tools*) kullanılmıştır.

LS faktörünün hesaplanmasında MOORE ve BURCH (1986) tarafından önerilen denklem aşağıda sunulmuştur.

$$LS = (\text{Akış Toplamı} * \text{Hücre Büyüklüğü} / 22.13)^{0.4} * (\sin \text{Eğim} / 0.0896)^{1.3}$$



Şekil 15: LS Faktörünün Elde Edilme Aşamaları.

2.4. ARAZİ KULLANIMI VE BİTKİ ÖRTÜSÜ FAKTÖRÜ (C)

Arazi kullanımı ve bitki örtüsü faktörü (C), bitki örtüsü, ürün yetiştirme ve amenajman uygulamalarının erozyon üzerindeki etkilerini açıklamak için kullanılır. Birçok durumda bu faktör yılboyunca sabit kalmaz.

Özellikle son 30 yıldır, uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknik ve yazılımları toprak erozyonu çalışmalarında yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Çeşitli çalışmalarda uydu görüntüleri ve UA teknikleri kullanılmıştır (DWIVEDI ve diğ., 1997; MATHIEU ve diğ., 1997; METTERNICHT ve FERMON, 1998; REUSING ve diğ. 2000; HILL ve SCHUTT, 2000; BABAN ve YUSUF, 2001; HABOUDANE ve diğ., 2002; PARINGIT ve NADAOKA, 2003; SINGH ve diğ., 2004; SYMEONAKIS ve DRAKE, 2004; TATEISHI ve diğ., 2004).

Landsat (Landsat-1 MSS, Landsat-2 MSS, Landsat-3 MSS, Landsat-4 TM, Landsat-5 TM ve Landsat-7 ETM) uydu görüntüleri hem zaman 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 uydu görüntülerinin yanısıra SPOT, IRS, IKONOS uydularına ait görüntüler de erozyon çalışmalarında kullanılmaktadır.

Uydu görüntüleri toprak erozyonu çalışmalarında genellikle belli bir sahaya ait arazi kullanımı ve bitki örtüsünü ortaya koymak (tespit etmek) için ve diğer bazı toprak erozyonu çalışmalarında olduğu gibi bitki örtüsü kapalılığını belirlemek için kullanılmaktadır. Uydu görüntüleri bu konuların yanısıra, özellikle bitki örtüsünün seyrek olduğu alanlarda toprak özelliklerini saptamak için de kullanılmaktadır.

Bu çalışmada araştırma alanının arazi kullanımı ve bitki örtüsünü ortaya koymak için 16 Mayıs 2007 tarihli Landsat 5-TM uydu görüntüsü kullanılmıştır. Seçilen uydu görüntüsünde bulut örtüsü kapalılığının %10 dan daha az olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca bitki örtüsünün rahatlıkla ayırtedilebilmesi için bölgede bitki örtüsünün en gür olduğu Mayıs ayı seçilmiştir. Çalışmada kullanılan uydu görüntüsüne ait diğer bilgiler aşağıda verilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9: Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntülerine İlişkin Bilgiler.

Algılama Tarihi	Uydu/Sensör	Yol/Sütun (Path/Row)	Çözünürlük (Resolution)			
			Yersel	Zamansal	Radyometrik	Spektral
16.05.2007	Landsat / TM	178 / 033	30 x 30	16 gün	8 Bit	7 Bant

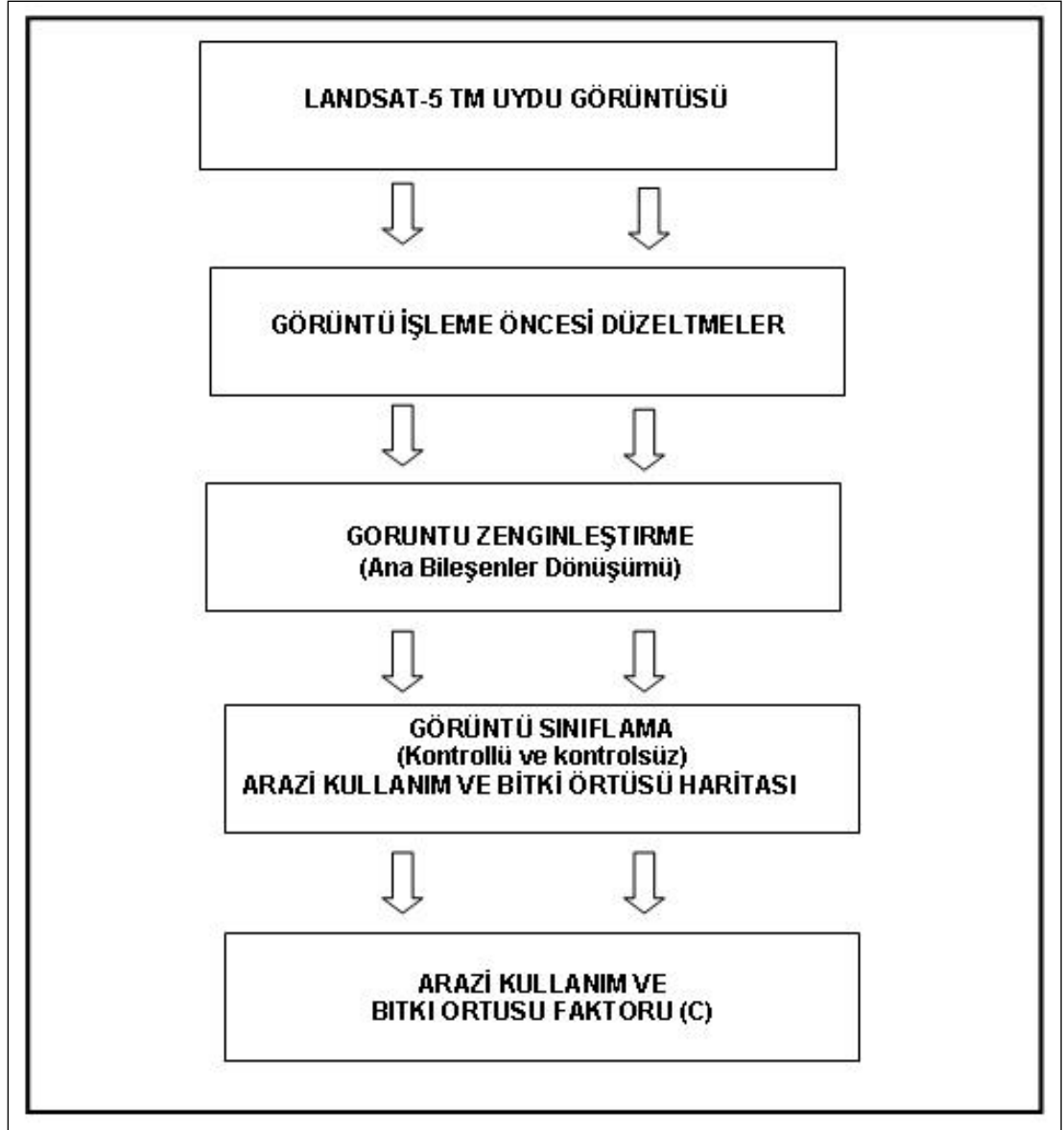
Bu çalışmada UA ortamında C değerinin hesaplanması için Şekil 16'de verilen akış şemasındaki yöntem izlenmiştir.

1. Çalışmada kullanılan uydu görüntüsü, Landsat uydusunun web sayfası incelenerek hangi tarih, hangi yol / sütun ERDAS 8.7 (Path/Row) ve bulut örtüsünün kapalılık derecesine olduğuna karar verilmiş, daha sonra Landsat Türkiye dağıtıcısı Nik İnşaat Ltd. şirketine sipariş edilmiştir.

2. Elde edilen uydu görüntüsü, görüntü işleme yazılı olan ERDAS 8.7 açılmış ve daha önce sahaya ait CBS ortamındaki verilerle tam tutarlı olmadığı görülmüş ve görüntünün coğrafi düzeltmeleri yapılmış ve UTM projeksiyon, zon 36 ve ED50 datum sistemine uyarlanmıştır. Uydu görüntüsünün CBS ortamındaki diğer coğrafi verilerle aynı coğrafi koordinatlarda olması sağlanmıştır.

3. Sınıflama öncesi “görüntü zenginleştirme” işlemi yapılmıştır. Görüntü zenginleştirme, uydu görüntülerindeki özellikler arasındaki ayırt edilebilirliğin, çeşitli algoritmalar kullanılarak artırılmasına ve daha iyi yorumlanabilir şekle getirilmesidir (ALPARSLAN ve diğ., 2004). Arazi kullanımının ve bitki örtüsündeki değişimlerin belirlenebilmesi amacıyla, ana bileşenler dönüşümü görüntü zenginleştirme tekniği kullanılmıştır.

4. Uydu görüntüsünün sınıflaması yapılmıştır. Görüntü sınıflama, bir görüntü veri setinden anlamlı sayısal konu haritaları üretme işlemidir. Bir başka deyişle uydu görüntülerindeki her pikseli spektral özelliklerine göre farklı gruplara ayırmak ve pikseli yansıtma değerlerine göre yeryüzünde karşılık geldiği kümeye atmaktır. Sınıflandırma sonucu elde edilen görüntü “tematik harita” olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 16:C Faktörünün Elde Edilme Aşamaları.

Sınıflandırma için yaygın olarak kullanılan “kontrollü (*supervised*) ve kontrolsüz (*unsupervised*) sınıflandırma” adı altında iki metod bulunmaktadır (JENSEN, 1996; ERDAS FIELD GUIDE, 2003).

Bu çalışmada da kontrollü ve kontrolsüz sınıflama yöntemleri denenmiş, iki farklı yöntemle sınıflandırılmış görüntüler incelendiğinde, kontrollü sınıflamanın diğer yönteme göre daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Çalışma alanının arazi örtüsünün kaç sınıfa ayrılması gerektiği, bu sınıfların neler olduğu daha önceki toprak erozyonu çalışmasına ilişkin bilgiler kullanılarak arazi gözlemlerine göre belirlenmiştir. Sonuçta çalışma alanının arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritası (katmanı) elde edilmiştir. Buna göre arazi kullanım ve bitki örtüsü sınıfları orman, fundalık, çayır-mera, tarım arazileri, su yüzeyleri ve çıplak arazilerdir.

Sınıflamanın doğruluğu da test edilmiş ve %78 gibi yüksek bir doğruluk oranına ulaştığı görülmüştür. Bu aşamadan sonra veriler ERDAS 8.7 yazılımından ArcGIS 9.2 yazılımına alınmış ve son aşama burada yapılmıştır.

5. Son aşamada ise sınıflama sonucu elde edilen arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritası RUSLE yöntemindeki her arazi kullanımı ve bitki örtüsü için tavsiye edilen sayısal değerleri kullanılarak C faktörüne dönüştürülmüştür. Buna göre en düşük değer 0,001 ve en yüksek değer ise 1,00 dır.

6. Yukarıda sözü edilen işlemler, uzaktan algılamada görüntü işleme (*image processing*) yazılımı olan ERDAS 8.7 yazılımının araçları kullanılarak yapılmıştır.

2.5. TOPRAK KORUMA ÖNLEMLERİ FAKTÖRÜ (P)

RUSLE modelindeki toprak koruma önlemleri faktörü (P), özel bir destek uygulaması ile eğim doğrultusundaki toprak kaybının toprak işleme ile oluşan toprak kaybına oranıdır. 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). Ekili-Dikili araziler için düşünülen destek uygulamaları içinde kontur sürüm (tesviye eğrileri / izohipsler doğrultusunda veya dik sürüm ve dikim), şeritsel ekim, teraslama ve yüzeyaltı drenajı yer alır. Bu uygulamalar kuru alanlar veya meralarda topoğrafik konturlara (izohipslere) dik yapılan toprak bozma uygulamaları sonucunda toprakta nemi depolaması ve yüzey

akışı azaltması nedeniyle koruma önlemleri olarak kullanılır (ÇANGA, 1985; FOSTER ve diğ., 1996).

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).

Türkiye genelinde olduğu gibi çalışma alanında da toprak korumaya yönelik uygulamalar ya kısıtlı düzeydedir yada hiç bulunmamaktadır. Bu durum arazi gözlemleri ile de desteklenmiştir. RUSLE modelinde P faktörü eğer toprak korumaya yönelik herhangi bir uygulama yoksa 1,0 alınmaktadır (WISCHMEIER ve SMITH, 1978). Bu çalışmada da $P = 1,0$ alınmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

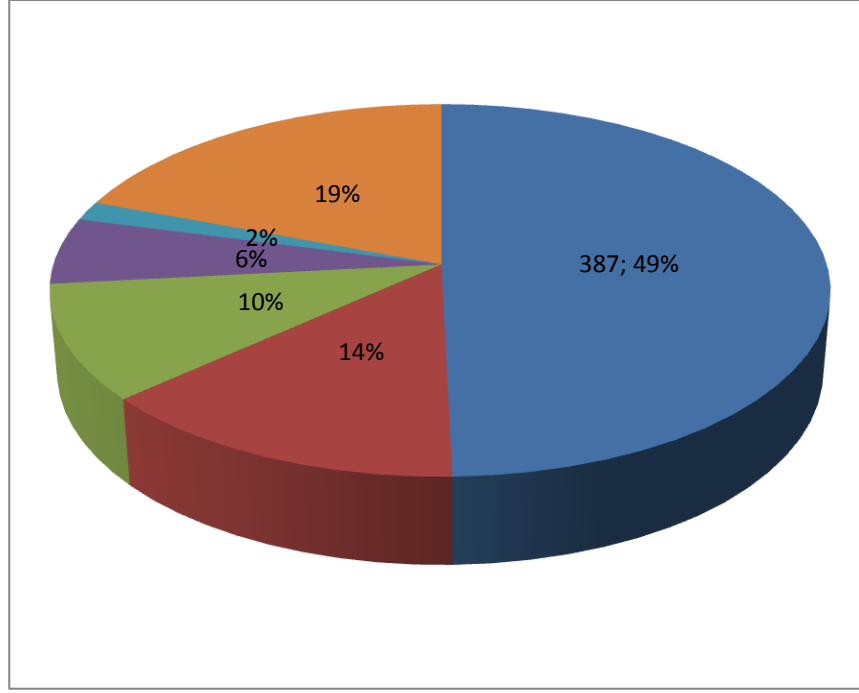
EBER HAVZASI'NDA ARAŞTIRMA BULGULARI

1. EBERHAVZASI'NDA YAĞIŞIN EROZYON OLUŞTURMA FAKTÖRÜ (R)

Eber Gölü Havza'nda R değerinin hesaplanmasında DOĞAN (1987, 2002) 'ın çalışmasından yararlanılmıştır. Türkiyede 96 meteoroloji istasyonun uzun yıllar ait 31931 yağış diyagramları incelenmiş ve bu istasyonların aylık ve yıllık R değerleri elde edilmiştir. Afyonkarahisar için R değeri 35,23 çıkmıştır. Eber gölü Havzasına göre R değeri Tablo 10 ve Şekil 17 de alansal ve oransal olarak gösterilmiştir.

Tablo 10: Eber Havzası R Faktörü değerleri.

R SINIFI	ALAN	
	Km ²	%
163-166	387	49
166-169	107	14
169-172	78	10
172-175	45	6
175-179	13	2
Eber Gölü	150	19
GENEL TOPLAM	780	100



Şekil 17: Eber Havzası R Faktörü grafiği.

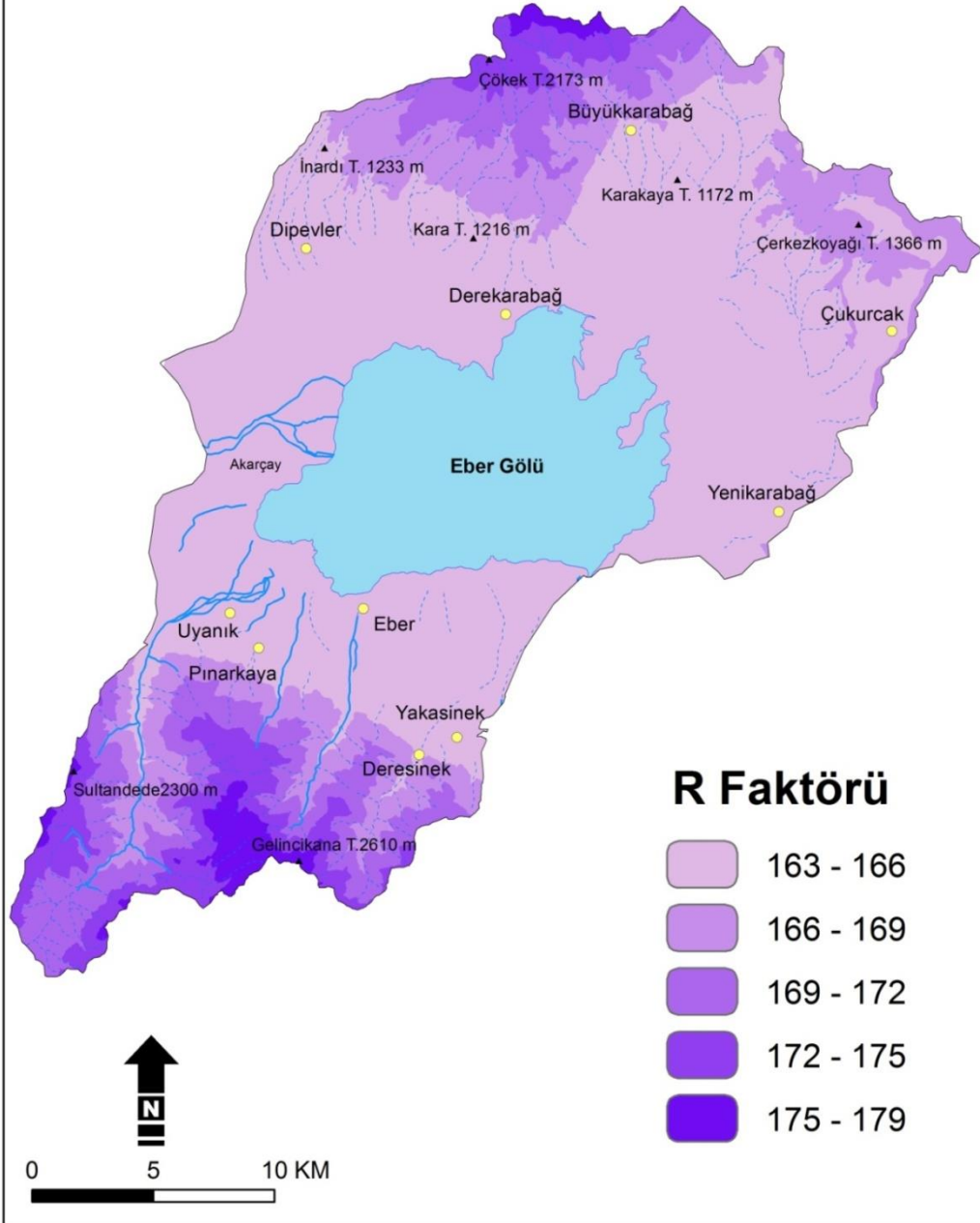
Buna göre Eber Gölü Havzasında R değeri 5 sınıfa ayrılabilir. Havzada R değerleri 163 ile 179 arasında değişmektedir. Alan bakımından en fazla yeri 780 km² lik toplam alanın 387 km² sini oluşturan 163-166 R değerine sahip yer kaplamaktadır (Toplam % 49). En az yer kaplayan alan ise 175-179 R değeri arasında yer alan toplam 13 km² bölümdür (Toplam %2). Diğer sınıflar ise 166-169 R değerine sahip alanlar 107 km² (% 14), 169-172 R değerine sahip alanlar 78 km² (% 10), 172-175 R değerine sahip alan alanlar ise 45 km² (% 10) alan kaplamaktadır.

Eber Gölü Havzası R değeri haritası incelendiğinde R değerlerinin yükseltiye bağlı olarak arttığını, aynı zamanda havzanın yükselti haritasıyla R değeri haritasını çakıştırdığımızda R değerlerinin yükseltiye bağlı olarak yağışın artmasıyla da paralellik gösterdiği ortaya çıkmaktadır.

Eber Gölü Havzası R değeri haritası (Şekil 18) incelendiğinde genel olarak Eber Gölü güney ve kuzeyde bulunan yükseltinin artmasına bağlı olarak R değerinin dağlık kesimlerde arttığı görülmektedir. En yüksek R değerine sahip alanlar havzada güneyde Sultandağları üzerinde Gelincikana tepesi ve batısı ile Sultandade tepesinde görülmektedir. Yükseltinin azalmasına bağlı olarak R değerinin Sultandağları

eteklerine doğru azaldığı görülmektedir. Havzanın güneyinde bulunan, Sultandağları üzerine yerleşmiş akarsu ve derelerden aşınan materyaller Eber Gölü kıyısına kadar taşınmıştır. Nitekin havzaya ait toprak haritasında bu alanların kolüvyal toprak olması Sultandağları üzerinde hem yükseltinin, hem bakının, hemde yükseltiye bağlı olarak yağışın artmasının sonucu olarak, yağışın erozyon oluşturma faktörü olan R faktörü Sultandağı üzerinde etkisini göstermektedir.

EBER HAVZASI R FAKTÖRÜ HARİTASI



Şekil 18:Eber Gölü Havzası R Faktörü Haritası

Kuzeyde yer alan Emirdağları üzerinde ise Çökek tepesi ve kuzeyi R değerinin yüksek olduğu yerleri oluşturmaktadır. Dağların eteklerinden Eber Gölü'ne doğru değerlerde düşme görülmektedir. Hem yükselti değerlerinin az olması hemde Emirdağları üzerinde geniş bir akarsu ağının olmaması R değerinin güneyde bulunan Sultandağları kadar yüksek olmamasına neden olmuştur.

Eber Gölü ve çevresi ise ova tabanı olması, yükselti değerlerinin düşük olması ve tarım arazisi olması nedeniyle bu alanlar R değerinin en düşük olduğu alanları teşkil etmektedir.

2. EBER HAVZASI'NDA TOPRAĞIN EROZYONA DUYARLILIK FAKTÖRÜ (K)

Eber Havzası'nda K değerini elde etmek için, daha önce yöntem kısmında anlatıldığı gibi çalışma alanından derlenen toprak örneklerinin laboratuvarında analizleri yapılmış ve K değerini elde etmek için TORRI (1997, 2002) denklemi kullanılmıştır. Elde edilen nokta K değerlerinin çalışma alanının yüzeyine yayılması için jeostatistiksel yöntemler olarak enterpolasyon (*interpolation*) yöntemleri kullanılmış ve sahanın K faktörü haritası (*layer*) elde edilmiştir. Söz konusu katman toprakların erozyona uğrama derecelerine göre oluşturulmuş K faktör sınıflarına göre yeniden sınıflandırılarak K faktör sınıflarının alansal ve oransal dağılımları hesaplanmıştır. Bu bağlamda Eber Gölü Havzası'nda elde edilen K değeri oransal ve alansal sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 11 ve Şekil 19).

Tablo 11:Eber Havzası K Faktörü Değerleri.

K SINIFI	METRİK SİSTEMDE SINIF	TANIM	ALAN	
			Km ²	%
0<K≤0.05	<0,0066	Çok az aşınabilir	---	---
0.05<K≤0.1	0,0132	Az aşınabilir	---	---
0.1<K≤0.2	0,0264	Orta derecede aşınabilir	680	82
0.2<K≤0.4	0,0527	Kuvvetli derecede aşınabilir	---	---
0.4<K≤0.6	0,0791	Çok kuvvetli derecede aşınabilir	---	---
Eber Gölü			150	18
GENEL TOPLAM			780	100

Çalışma alanının tamamında K faktörü, sadece orta derecede aşınabilir (3. Sınıf) olarak saptanmıştır. Erozyona uğrama açısından havzada çok az aşınabilir (1. Sınıf), az aşınabilir (2. Sınıf), kuvvetli derecede aşınabilir (4. Sınıf) ve çok kuvvetli aşınabilir (5. Sınıf) topraklar hiç bulunmamaktadır. Bu bulgular DOĞAN ve diğ. (2000)'nin "Türkiye Büyük Toprak Gruplarının Erozyona Duyarlılık K Faktörleri" adlı çalışmasında yer alan, Afyon İli (K) faktörleri değerleri ile uyum göstermektedir.

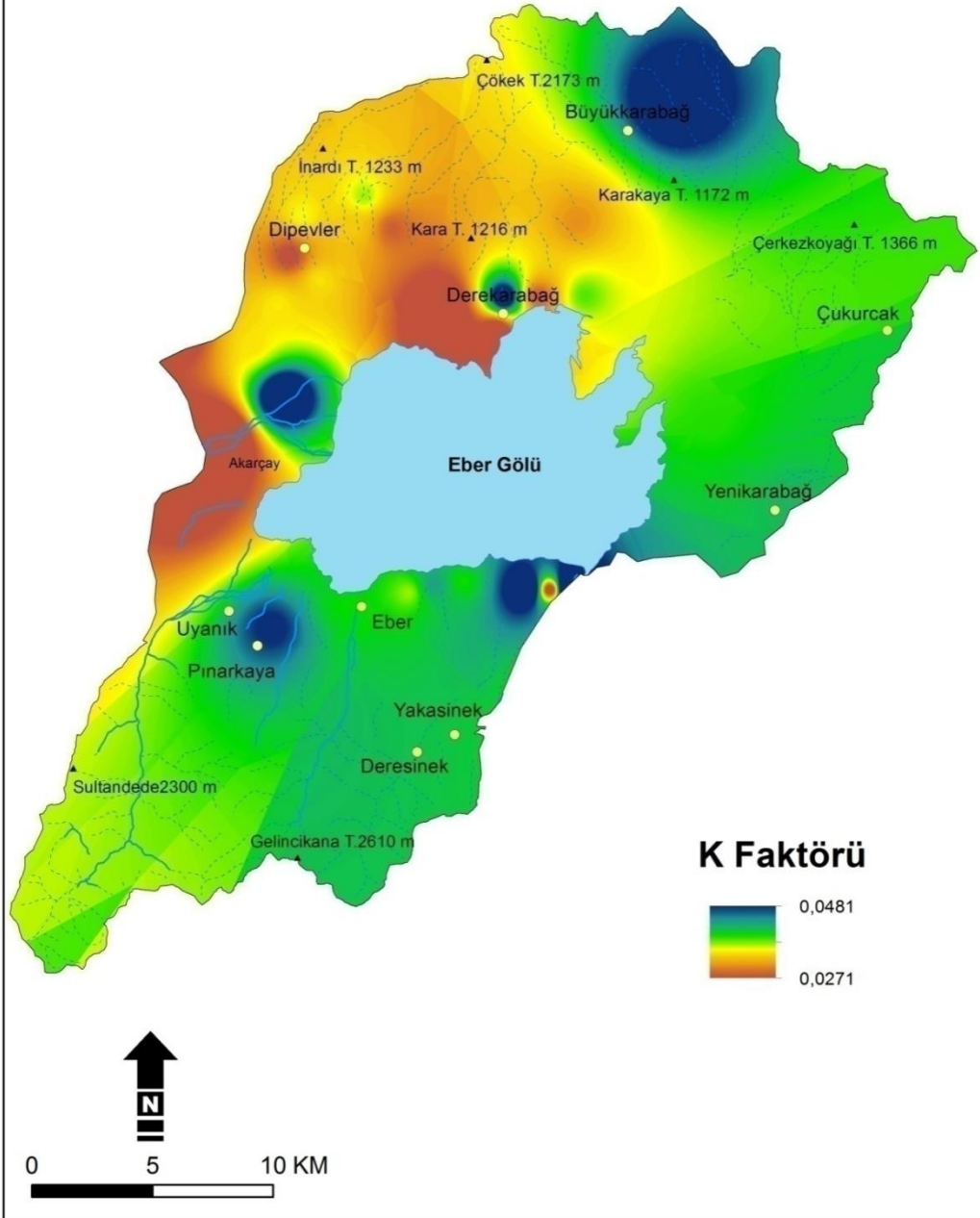
Eber Gölü Havzası'nda K faktörü değerleri farklılık göstermektedir. Havzada elde edilen değerler içerisinde en fazla değere sahip orta derecede aşınabilir topraklar (3. Sınıf) olması, litoloji (anakaya) ve buna bağlı olarak toprak olduğu söylenebilir.

Havza genellikle volkanik kökenli kayalardan (şist, kireçtaşı, konglomera) ve bu kayalardan türemiş alüvyal topraklardan oluşmaktadır. Arazi çalışmaları esnasında sahanın incelenmesi ve sahadan alınan örneklerde bu durumu desteklemektedir.

Eber Gölü Havzası K faktörü dağılım haritası incelendiğinde havza genelinde toprağın erozyona duyarlılığı farklılık göstermekte olup yüksek değerdeki K değerleri Büyükkarabağın kuzeyi, Derekarabağ, Pınarkaya, Akarçayın kuzeyi ve Eber Gölü'nün güneydoğusunda görülmektedir. Orta değerdeki K değerleri havzanın kuzeydoğu-güneydoğu istikametindeki alanlarda görülmektedir. Düşük K değerlerine ise Eber Gölü'nün kuzeyi ve batısında görülmekte olup özellikle Dipevler, Derekarabağın batısı ve Akarçayda görülmektedir.

Eber Gölü'nün güneyinde bulunan Sultandağları ve eteklerinde K değerleri orta derece değerde olduğu görülmektedir. Bu alanların arazi gözlemleri sırasında daha çok Ekili-Dikili arazilerden olması nedeniyle erozyona karşı duyarlılığın arttığı söylenebilir. Yine Eber Gölü'nün kuzeydoğusunda da K değerlerinin orta derece değerde görülmesi, bu alanlarında tarımsal faaliyetler amacıyla kullanılan topraklar olmasının sonucudur.

EBER HAVZASI K FAKTÖRÜ HARİTASI



Şekil 19:Eber Havzası K Faktörü Haritası.

3. EBER HAVZASI'NDA EĞİM VE EĞİM UZUNLUĞU FAKTÖRÜ (LS)

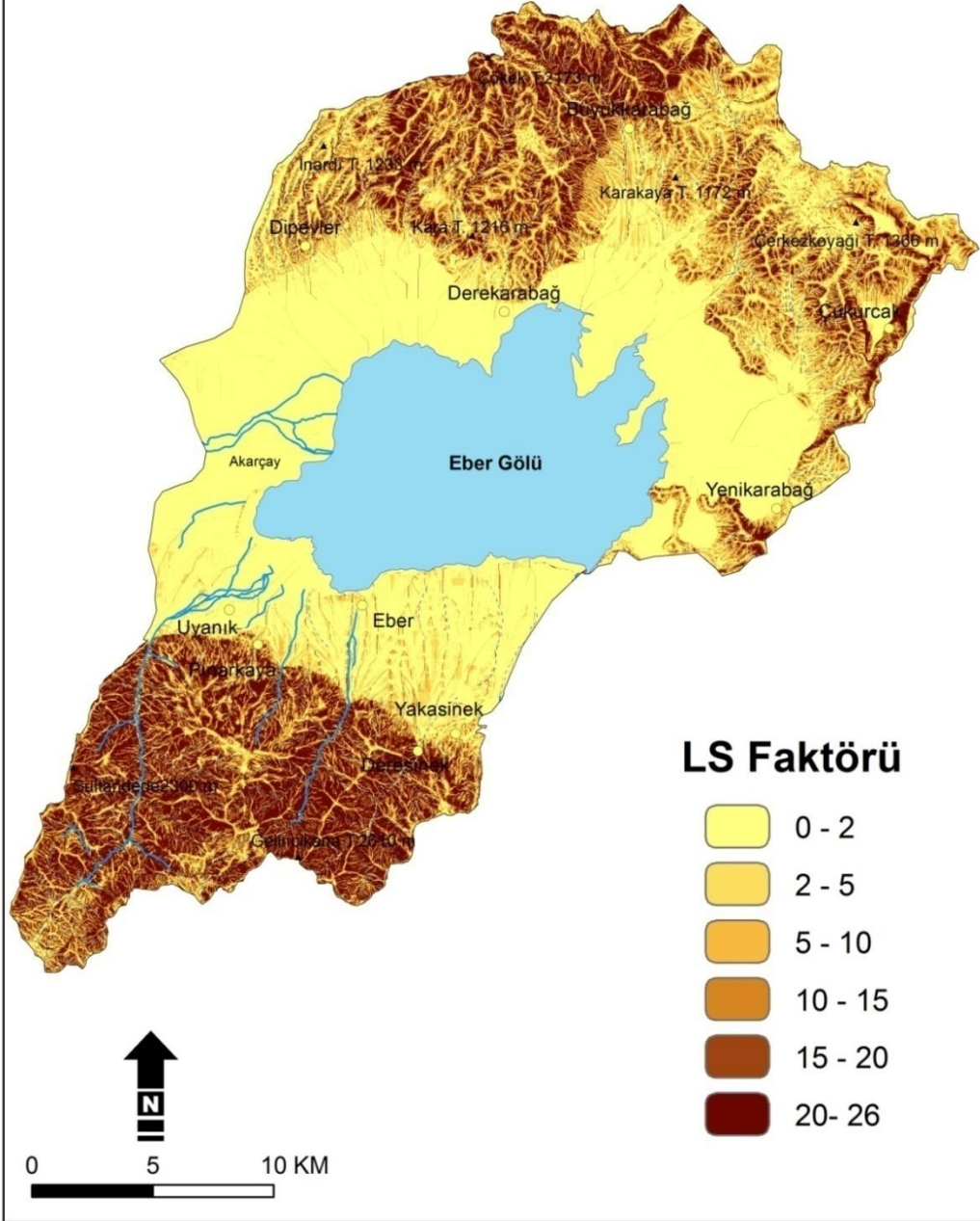
Eber Havzası'nda LS değerini elde etmek için önce eğim haritası (S) oluşturulmuş, daha sonra eğim uzunluğunu elde etmek için sırasıyla yüzey hazırlama, akış yönü belirleme, akış toplamı hesaplama (L) işlemleri yapılmıştır. Daha sonra MOORE ve BURCH (1986)'un önerdikleri denklemde eğim (S) ve eğim uzunluğu (L) yerine konularak sahaya ilişkin LS faktörü elde edilmiştir. Eber Gölü Havzası'nda elde edilen LS değerleri oransal ve alansal sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 12).

Tablo 12: Eber Havzası LS Faktör değerleri.

LS SINIFI	ALAN	
	Km ²	%
0-2	280	36
2-5	62	8
5-10	66	9
10-15	46	6
15-20	35	4
20-26	140	18
Eber Gölü	150	19
GENEL TOPLAM	780 Km²	100

Eber Havzası'nda LS değerleri 6 sınıfta, 0 ile 26 arasında değişmektedir. Tabloda Eber Havzası LS Faktör değerleri (Tablo 4.3) incelendiğinde en fazla LS değerine sahip alanlar 0-2 yer kaplamaktadır (280 km²ve %36). 2-5 değerine sahip alanlar % 8 (62 km²), 5-10 değerine sahip alanlar % 9 (62 km²), 10-15 değerine sahip alanlar % 6 (46 km²), 15-20 değerine sahip alanlar % 4 (35 km²), 20-26 değerine sahip alanlar % 18 (140 km²) bir yayılım göstermektedir. LS faktörü haritası (Şekil 20) incelendiğinde havzanın kuzeyinde ve güneyinde bulunan dağlık kütlelerde değerlerin yüksek, dağlık kütleler arasında bulunan Eber Gölü çevresinde ise değerlerin düşük olduğu görülmektedir.

EBER HAVZASI LS FAKTÖRÜ HARİTASI



Şekil 20:Eber Havzası LS Faktörü Haritası.

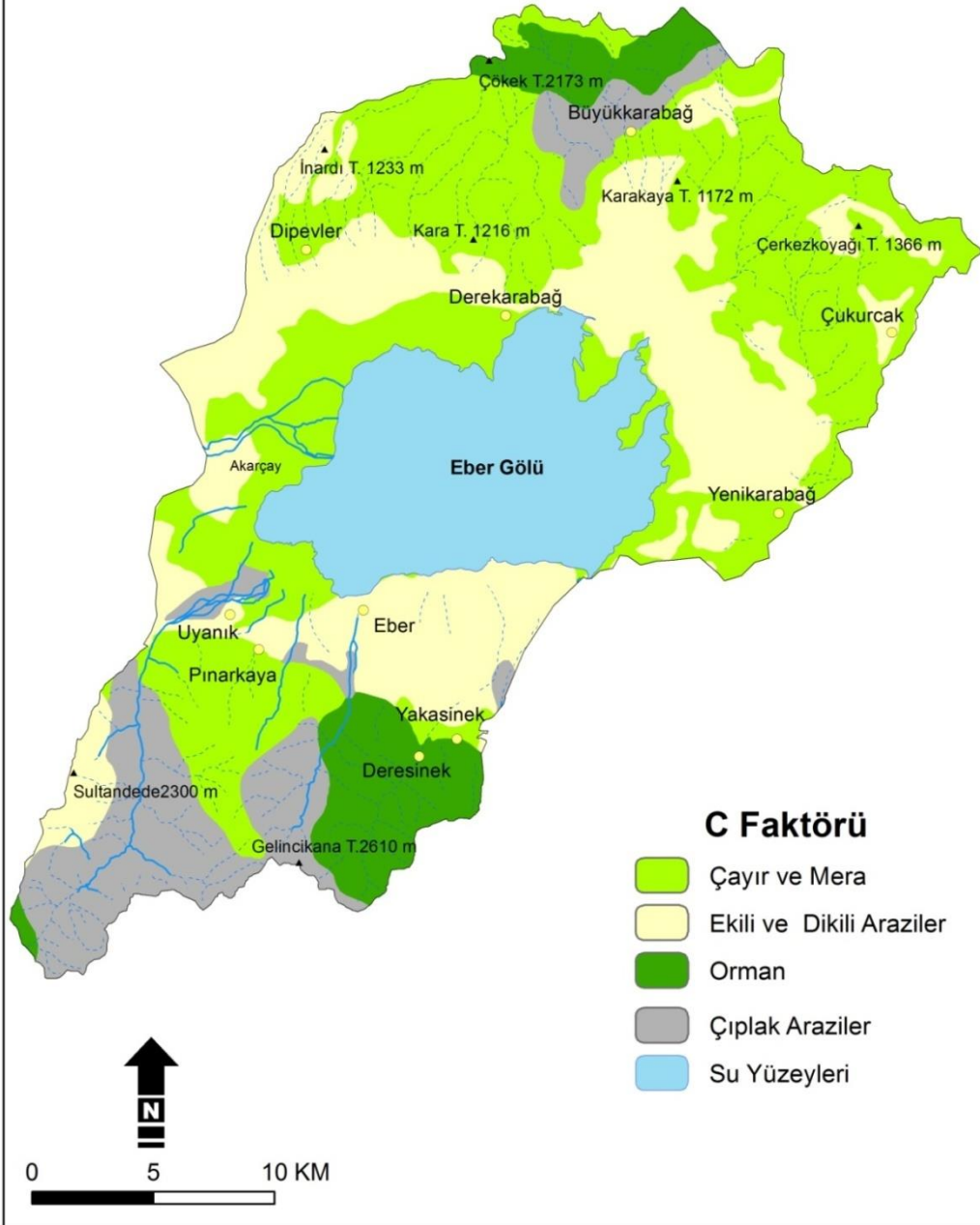
4. EBERHAVZASI'NDA ARAZİ KULLANIMI VE BİTKİ ÖRTÜSÜ FAKTÖRÜ (C)

Eber Havzası'nda C değerini elde etmek için 16.05.2007 tarihli Landsat TM uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bunun için sırasıyla görüntü işleme öncesi düzeltmeler, görüntü zenginleştirme, görüntü sınıflama işlemleri yapılarak arazi kullanım ve bitki örtüsü haritası elde edilmiştir. Son aşamada her bir arazi kullanım ve bitki örtüsü için tavsiye edilen sayısal değerleri kullanılarak C faktörüne dönüşüm yapılmıştır. Eber GölüHavzası'nda elde edilen C değerleri oransal ve alansal sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 13 ve Şekil 21).

Tablo 13: Eber Havzası güncel arazi sınıfları ve C Faktörü değerleri.

GÜNCEL ARAZİ KULLANIMI, BİTKİ ÖRTÜSÜ ve C FAKTÖRÜ	ALAN		
	Km ²	%	C FAKTÖRÜ
Çayır Mera	262	42	0,090
Ekili-Dikili Tarım Arazileri	217	34	0,280
Orman	59	9	0,010
Çıplak Araziler	92	15	1,000
Eber Gölü	150		
GENEL TOPLAM	780	100	---

EBER HAVZASI C FAKTÖRÜ HARİTASI



Şekil 21: Eber Havzası Güncel Arazi Kullanımı Ve Bitki Örtüsü Haritası.

Eber Gölü Havzası için C değerleri 4 sınıfta guruplandırılabilir. 0,090 ile 1,000 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre havzada en geniş alanı çayır ve meralar kaplamaktadır. Ekili-Dikili alanlar %34, çıplak araziler % 15 ve ormanlık alanlar ise % 9 alan kaplamaktadır.

Eber Gölü çevresi ve özellikle Eber Gölü' nün kuzeybatı kesimi çayır ve mera alanı olarak kullanılmaktadır. Göl ve çevresinde taban suyunun yüksek olması çayır ve mera alanlarının bu alanlarda yoğun görülmesinin nedeni olarak açıklanabilir. Çayır ve mera alanları genellikle hayvancılık için otlama alanı olarak kullanılmaktadır. Mera alanları ise arazi gözlemleri sonucu tarımın yapılmadığı daha çok Emirdağlarının güney yamaçlarında yayılım göstermektedir.

Arazi kullanımında ikinci olarak % 34 lük alan kaplayan arazi Ekili-Dikili tarım arazileridir. Daha çok kuzeyde ve güneyde yer alan dağların etekleri ile Eber Gölü arasında geniş alan kaplayan ova alanında görülmektedir. Eber Gölü' nün kuzeyinde genellikle tahıl tarımı yapılmakta olup güneyinde ise daha çok dikili alanlar bulunmaktadır (Foto 16).



Foto 16: Emirdağları İle Eber Gölü Arasındaki Ekili-Dikili Tarım Arazilerinden Bir Görünüm

Çıplak araziler ise çalışma sahasında % 15 lik alan kaplamaktadır. Sultandağlarının kuzey yamaçları ile Emirdağlarının güney yamaçlarında görülmektedir. Emirdağları üzerinde ve Büyükkarabağ çevresinde çıplak araziler görülürken, güneyde ise Sultandağları üzerinde yer yer orman örtüsünün tahrip edilmesiyle ortaya çıkmış çıplak araziler görülmektedir(Foto 17). Bunda insan, yükselti, bakı ve eğimin de etkisiyle bitki formasyonlar yontulmuştur.

En az arazi sınıfı ise % 9 luk bir alan kaplayan orman arazileridir. Sultandağlarını kuzey yamaçlarında yer yer ormalık alanlara rastlanmaktadır. Özellikle Sultandağları üzerinde Deresine ve kuzeyi, Emirdağları üzerinde ise Çökek Tepesi ve doğusu ormanlık alanlar olarak kendini göstermektedir.



Foto 17: Sultandağı Eteklerinde Önde Dikili Kiraz Bahçeleri Ve Arkada Sultandağları Üzerinde Ormanlık Alanlar Ve En Geride İse Erozyona Uğramış Çıplak Alanlar Görülmektedir.

5. EBERHAVZASI'NDA TOPRAK KORUMA ÖNLEMLERİ FAKTÖRÜ (P)

Toprak koruma önlemleri faktörü (P) toprak yönetim aktivitelerini temsil etmektedir. Toprağın eğim yönünde veya eğime dik yönde yada dönerek işlenmesine bağlı olarak erozyon süreçleri hızlanabilir veya yavaşlayabilir. Bu bağlamda P Faktörünün büyük havzalardaki alansal dağılımının belirlenmesine yönelik bir yaklaşım bulunmamaktadır. Fakat WISCHMEIER ve SMITH (1978) eğim derecesine bağlı olarak en yaygın toprağın işleme yöntemlerini sınıflandırmışlardır. RUSLE Yönteminin iklim, toprak özellikleri ve arazi kullanımına bağlı olarak herhangi bir noktada meydana gelen toprak kaybının yansıtıldığı ve erozyona uğrayan bu toprağın taşınması ile ilgili süreçleri yansıtmadığı gözönünde bulundurulmalıdır.

Çalışma kapsamında yapılan arazi çalışmalarında Eber Gölü Havzası sınırlarında Dipevler kuzeyinde erozyona karşı toprak koruma çalışmaları ve DSİ tarafından sedimantasyon taşımına karşı su kanalları yapılarak erozyon önleme çalışmalarına rastlanmıştır. Ancak toprak korunma önleminin çok sınırlı bir alanda olması nedeniyle değerlendirmede dikkate alınmamıştır. Bu yüzden çalışma ile ilgili erozyon modelinde toprak koruma önlemleri faktörü değeri 1,0 olarak değerlendirilmiştir. Bu değer, RUSLE Yönteminin uygulandığı bir çalışma alanında herhangi bir toprak koruma önlemi uygulaması yoksa alınması gereken P faktörü değeridir (WISCHMEIER ve SMITH, 1978).

6. EBER HAVZASI'NDA POTANSİYEL TOPRAK KAYBI DAĞILIMI

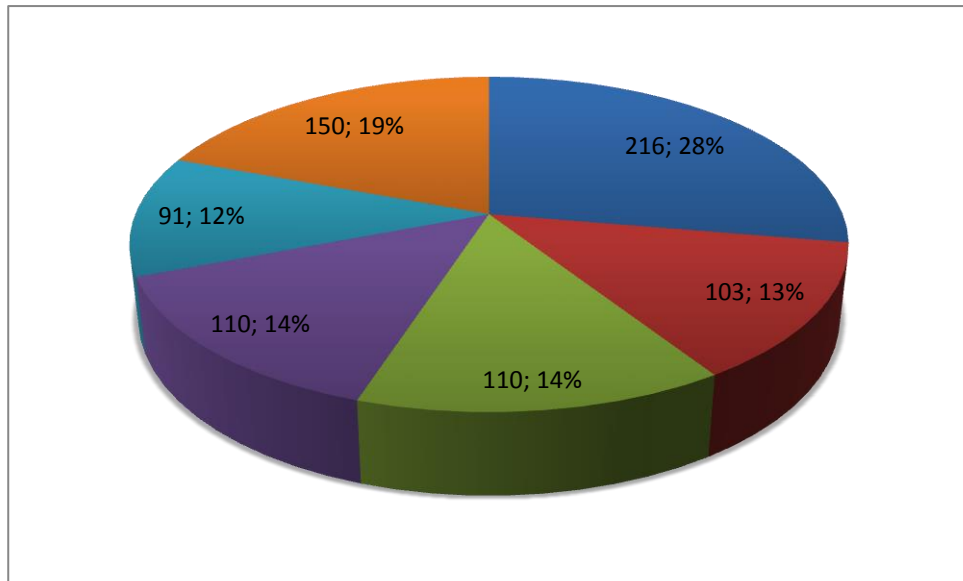
Yöntem ve sonuçlar bölümünde detaylı olarak verilen, yağışın erozyon oluşturma faktörü (R), toprağın erozyona duyarlılık faktörü (K), eğim ve eğim uzunluğu faktörü (LS), bitki yönetim faktörü (C) ve toprak koruma önlemleri faktörü (P) CBS ortamında birer katman olarak elde edilmiştir. Elde edilen herbir faktöre ait katman RUSLE modeli gereği havzanın potansiyel toprak kaybını ($A = R \times K \times LS \times C \times P$) belirlemek için CBS ortamında yerine koyularak çarpılmış ve sonuç olarak Eber Gölü Havzası'nın potansiyel toprak kaybı (ton/ha/yıl) olarak belirlenmiştir

MORGAN (1995)'a göre tarımsal üretim için kabul edilebilir toprak kaybı 10 ton/ha/yıl dır. Bu tolere edilebilir limit, toprak kaybı oranları sınıflarının oluşturulmasında dikkate alınmıştır.

EberHavzası için oluşturulan erozyon risk haritasından hesaplanan erozyon risk sınıflarına ait alansal ve oransal dağılımlar Tablo 14 te ve Şekil 22de verilmiştir. Eber Gölü Havzası potansiyel erozyon riski 5 sınıfta ve 0 ile 85 ton/ha/yıl arasında değişmektedir. Eber Gölü Havzasında % 28 çok hafif, %13 hafif, %14 orta, % 14 şiddetli ve %12 çok şiddetli erozyon görülmektedir.

Tablo 14: Eber Havzası Potansiyel Erozyon Riski Sınıfları Ve Alansal Dağılımı.

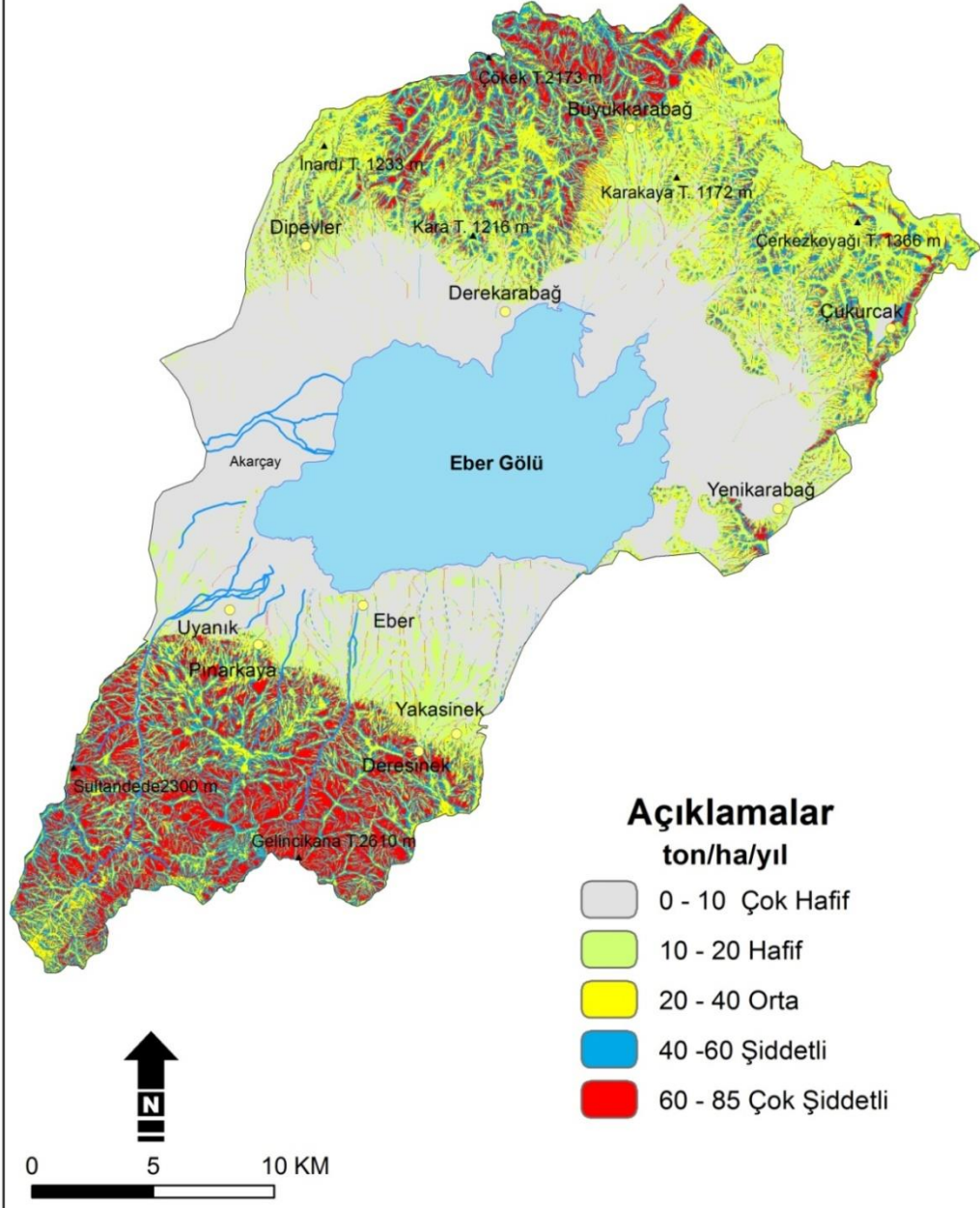
EROZYON SINIFI		ALAN	
		Km ²	%
0-10	Çok Hafif	216	28
10-20	Hafif	103	13
20-40	Orta	110	14
40-60	Şiddetli	110	14
60-85	Çok Şiddetli	91	12
Eber Gölü		150	19
GENEL TOPLAM		780	100



Şekil 22:Eber Havzası Potansiyel Erozyon Riski Sınıfları Grafiği

Potansiyel erozyon risk dağılımları risk haritası (Şekil 23) incelendiğinde Eber Gölü'nün jeomorfolojik sınırlarını oluşturan kuzey ve güney dağ kütleleri ile Eber Gölü arasında potansiyel erozyon riskinin çok düşük olduğu görülür. Emirdağları ve Sultandağlarının yüksek kesimlerinde ve tepelerinde ise potansiyel erozyon riski yüksek saptandığı görülmüştür. Havzanın kuzeybatı-kuzeydoğu kesimlerinde potansiyel erozyon risk değerleri orta olarak saptanmıştır. Potansiyel erozyon risk dağılımları risk haritası incelendiğinde Sultandağları üzerinde erozyon değerlerinin şiddetli olduğu görülmektedir. Ancak arazi gözlemleri sırasında Sultandağları üzerinde erozyon şiddetinin elde ettiğimiz risk haritası değerleri kadar şiddetli olmadığı ve orman florasının bu alanlarda erozyonu önlemede etkili olduğu gözlenmiştir. Yükselti ve eğim değerlerinin Sultandağları üzerinde fazla olması risk haritasında erozyon değerlerinin yüksek çıkmasına neden olmuştur. Yüksek olan bu değerler, doğal ve beşeri faktörlerle beraber Sultandağları için erozyon ihtimalinde arttırmaktadır.

EBER HAVZASI POTANSİYEL EROZYON RİSK SINIFLARI HARİTASI



Şekil 23: Eber Havzası Potansiyel Erozyon Risk Sınıfları Haritası.

Havzanın güneyinde yer alan Sultandağlarında erozyon risk değerlerinin yüksek görülmesinde litoloji, yükselti, bakı, iklim, orman örtüsünün tahribi ve insan faktörleri etkili olmaktadır (Foto 18).



Foto 18: Sultandağları Kuzey Yamacı zerinde Görülen Yer Yer Orman rts Ve ıplak Alanlar

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, erozyon riskini belirlemede kullanılan ve ülkemizde de çeşitli alanlarda da kullanılmış bir model olan RUSLE yöntemini kullanarak Afyonkarahisar bölgesinde Akarçay'ın alt havzası olan Eber Gölü Havzasında uygulanmıştır.

Daha önce Akarçay'ın alt havzaları olan Çobanlar havzasında toprak erozyonunun değerlendirilmesi ERKAL (2012), Akarçay Havzası orta kesiminin erozyon risk tahmini ve erozyonun beşeri faaliyetlere etkileri çalışması ERKAL ve diğ. (2012), Kumalar Dağı (Afyonkarahisar) doğu ve batısındaki sahalarda toprak erozyonunun değerlendirilmesi çalışması YILDIRIM ve ERKAL (2008), RUSLE Yöntemi ile Afyon Ovası'nın batı kesiminin erozyon risk tahmini çalışması YILDIRIM ve ERKAL (2009), USLE Yöntemiyle Akarçay Havzası'nda Toprak Erozyonu Çalışması ERKAL ve YILDIRIM (2010), Değirmenderesi havzası'nda (Afyonkarahisar-Bolvadin) toprak erozyonu risk analizi çalışması ÇELİK (2011), İhsaniye havzasında toprak erozyonu çalışması YILDIRIM ve ERKAL(2013), Şuhut havzası'nda toprak erozyonu risk analizi çalışması YILDIRIM ve ERKAL(2011), Sincanlı havzasında USLE yöntemiyle erozyon değerlendirilmesi ERKAL ve YILDIRIM (2012) çalışmaları yapılmıştır. Çalışma sahası olan Eber Gölü Havzası bu çalışmalara yöntem ve teknik olarak benzerlik göstermektedir.

RUSLE yöntemi Akdeniz ve çevresindeki ülkelerde yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Ülkemizde yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında sonuçlar benzerlik göstermektedir. Çalışmanın sonuçları ile BAŞARAN (2005)'in Çankırı İli Ilgaz Dağı yakınlarındaki İndağı Geçidi olarak bilinen bölge için bulunduğu 0-15 ton/ha/yıl, YILMAZ (2006)'ın Çamlıdere Baraj Havzası için 0-30 ton/ha/yıl, KARAKAŞ (2005)'in Sakarya Nehri Havzası'nda bulunan Küçükemalı Havzası için 0-5 ton/ha/yıl ve Güvenç Havzası için ulaştığı 0-15 ton/ha/yıl, ve ÖZSOY (2007)'un Mustafakemalpaşa Havzası'ndan ulaştığı 0-20 ton/ha/yıl değerleriyle benzerlik bulunmaktadır.

RUSLE yönteminde unutulmaması gereken noktalardan biri iklim (R) ve toprak özellikleri (K) faktörlerinin değiştirilemeyen, sabit nitelikte olduklarıdır. Bu itibarla arazi kullanımı (C), topoğrafik faktörler (LS) ve toprak işleme yöntemi (P) RENARD ve diğ. (1997)'nin de belirttiği gibi kontrol edilebilen değişkenlerdir.

Yağışın erozyon oluşturma faktörü olan R değerleri Eber Havzasında %49 ile ilk sırada yer alan 163-166 aralığında olup (387 km²) 960- 1200 m arasında yer alan alanlardır. Eber Gölü çevresinin ova tabanında yer alması, kuzeyden ve güneyden fiziki coğrafya etkenlerinden morfolojik birimler olan dağ kütleleriyle çevrili olması, yükselti arttıkça yağışın artmasına bağlı olarak Sultandağları ve Emirdağlarında R değeri yüksek çıkmıştır. Özellikle Çökek tepesi ve Gelincikkaya tepesi yükseltiye bağlı olarak R değerlerinin en yüksek görüldüğü yerlerdir.

Toprağın erozyona duyarlılık değeri olan K değerlerisadece orta derecede aşınabilir (3. Sınıf) olarak saptanmıştır. Yüksek değerdeki K değerleri Derekarabağ, Büyükkarabağ'ın kuzeyi, Pınarkaya ve Akarçayın kuzeyinde görülmektedir. Düşük K değerlerine ise Eber Gölü'nün kuzeyi ve batısında görülmekte olup özellikle Dipevler, Derekarabağın batısı ve Akarçayda görülmektedir. Toprak haritası incelendiğinde K değerinin yüksek olduğu alanlar genellikle alüvyal topraklardır.

Eğim ve Eğim Uzunluğu Faktörü olan (LS) Eber Havzası'nda 0-2 aralığında %36 lık bir alan kaplamaktadır. Eber Gölünün kuzeyine ve güneyine doğru gidildikçe yükselti artmaktadır. Buna bağlı olarak bu alanlarda eğim ve eğim uzunluğu değerleri artmakta olup Eber in kuzeyinde, güneyine göre LS değerleri daha yüksek çıkmaktadır. Yükselti basamakları haritası incelendiğinde Sultandağlarının yükselti değerlerinin fazla olduğu gözlenmektedir. Sultandağları üzerinde akarsu drenajı ve buna bağlı olarak akarsuların yataklarını derine doğru kazmaları eğim değerlerini yükseltmiştir.

RUSLE yöntemindeki diğer faktör olan arazi kullanımı ve bitki örtüsü (C) faktörü % 42 ile en fazla çayır ve meralar oluşturmaktadır. Havzada çayır ve mera alanları Eber Gölü çevresinde ve 1200 m' nin üzerindeki alanlarda görülmektedir. Ekili-Dikili alanlar ise Gölün çevresi ile kuzeyde ve güneyde yer alan jeomorfolojik birimlerin sınırlarını oluşturan alanlarda görülmektedir. Hem kuru hemde açılan kuyularla sulu tarım bu alanlarda yapılmaktadır. Dikili alanlar ise daha çok güneyde Sultandağlarını eteklerinde görülmektedir. Arazi kullanımı ve bitki

örtüsü açısından incelendiğinde hayvancılık faaliyetine bağlı olarak çayır ve mera alanları erozyona açık hale gelmektedirler.

Potansiyel toprak kaybı açısından Eber Havzası'nda erozyon riskinin 5 sınıfta olduğu saptanmıştır. Eber Gölü Havzası'nda % 28 çok hafif, %13 hafif, %14 orta, % 14 şiddetli ve %12 çok şiddetli erozyon değerleri saptanmıştır. Eber Havzası potansiyel erozyon risk sınıfları haritası incelenmiş, yükselti değerlerinin düşük olduğu Eber Gölü çevresinde potansiyel erozyon risk sınıfları değerlerinin düşük olduğu görülmüştür. Kuzeyde ve güneyde ise bu değerlerin arttığı saptanmıştır. Bu da göstermektedir ki alçak ova tabanında "çok hafif" yüksek kesimlere çıkınca "çok şiddetli" erozyon görülmektedir.

Çalışma sahasında elde edilen veriler ve yapılan çalışmalar neticesinde RUSLE yöntemi uygulanarak erozyon risk potansiyelinin sağlamaya çalışıldığı ve Havzada erozyon değerlerinin 0 ile 85 ton/ha/yıl arasında olduğu saptanmıştır.

Eber Gölü Havzası'nda erozyonun artmaması ve havzanın erozyona maruz kalmaması için:

Mera alanlarının aşırı otlatılmaması, halkın erozyon hakkında bilinçlendirilmesi, Sultandağları ve Emirdağlarında yapılacak ağaçlandırma faaliyetleri, tarım yapılan arazilerde eğime bağlı olarak tarla sürümünün eğime dik olarak yapılmaması, arazi kullanımı, toprak işleme yöntemlerindeki duyarlılık, teraslama gibi faktörler önem arz etmektedir. Kuzey ve Güneyde bulunan jeomorfolojik birim olan dağlar üzerinde eğimin fazla olduğu akarsu yataklarında gecikrici teraslar yapılarak sedimentasyon taşımını azaltma ve bu yamaçlarda ağaçlandırma faaliyetlerinde bulunma.

KAYNAKÇA

- ALPARSLAN, E., Dönertas, A. ve Yüce, H., 2004, *Yalova İli Kıyı Yerleşmelerinde ki Değişimin Uydu Görüntülerinden incelenmesi*, 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri Bildiriler Kitabı, Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- ANGIMA, S. D., Stott, M. K., O'Neill, C. K. and Weesies, G. A., 2003, Soil erosion prediction using RUSLE for central Kenyan highland conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
- ARDOS, M., 1972, Afyonkarahisar bölgesinin morfolojik özellikleri. MTA Raporu, Ankara (Yayımlanmamıştır).
- ARDOS, M., 1978, *Afyonkarahisar Bölgesinin Jeomorfolojisi*. İst. Üniv. Yay.No. 2418, İstanbul.
- ARDOS, M., 1995, *Türkiye Ovalarının Jeomorfolojisi* Cilt II. Çantay Kitabevi, İstanbul.
- ARNOLDUS, H. M. J., 1977, Methodology used to determine the maximum potential average soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco, *Assessing Soil Degradation, FAO Soils Bulletin*.
- ARNOLDUS, H. M. J., 1980, An Approximation of the Rainfall Factor in the Universal Soil Loss Equation, in: *Assessment of Erosion*, eds. M. De Boodt and D. Gabriels, J. Wiley and Sons, Chichester, England.
- ATALAY, İ., 1989, *Toprak Coğrafyası*. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No.8, İzmir.
- ATALAY, İ., 2006, *Toprak Oluşumu, Özellikleri ve Coğrafyası*. Metabasım, İzmir.
- BABAN, S. M. and Yusuf, K. W., 2001, Modelling Soil erosion in tropical environments using remote sensing and geographical information systems. *Hydrological Sciences*.
- BAHADUR KCK (2008) Mapping soil erosion susceptibility using remote sensing and GIS: a case of the Upper Nam Wa Watershed, Nan Province, Thailand. *Environment Geology*.
- BALCI, N., 1996, *Toprak Koruması*. Üniversite Yayın No. 3947, Orman Fakültesi Yayın No. 439, İstanbul.

- BAŞARAN, M., 2005, *Arazi Kullanımındaki Değişmelerin Toprak Erozyonu Üzerine Etkisi: Çankırı İli İndağı Bölgesi Örnek Çalışması*, (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BAŞAYİĞİT, L., 2002, *Eğirdir Gölü Havzasında Erozyon Riskinin Saptanması Üzerine Araştırmalar*, (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BAYRAMİN İ, Başaran M, Erpul G, Canga RM (2008) Assessing the effect of land usechanges on soil sensitivity to soil erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*.
- COLIN, H., 1955, Afyonkarahisar 1:100.000 72/4 ve 72/2 No.lu paftaları. MTA Rap. (Yayımlanmamıştır).
- ÇANGA, M. R., 1985, *Toprak ve Su Koruma*. Ank. Üniv. Ziraat Fak. Yay.No.1386, Ders Kitabı No.400, Ankara.
- DARCY, K., Molnar, K. and Julien, P.Y.,1998, Estimation of Upland Erosion Using GIS.*Computers and Geosciences*.
- DESMET, P. J. J. and Govers, G., 1995, GIS-based simulation of erosion and depositionpatterns in anagricultural landscape: a comparison of model results with soil map information. *Catena*.
- DESMET, P. J. J. and Govers, G.,1996, AGIS Procedure for Automatically Calculatingthe USLE LS Factor on Topographically Complex Landscape Units. *Journal of Soil and Water Conservation*.
- DIODATO, N., 2005, Geostatistical UncertaintyModeling for the Environmental HazardAssessment During Single Erosive Rainstorm Events. *Environmental Monitoring and Assessment*.
- DOĞAN, O., 1987,*Türkiye Yağışlarının Erosiv Potansiyelleri*. KHGM Yay., Ankara.
- DOĞAN, O., 2002, Türkiye Yağışlarının Erozyon Oluşturma Gücü ve Üiversal Toprak Kaybı EşitliğininYağış Erozyon İndeks Değerleri.KHGM, Ankara Araş. Enst. Müd. Yay., Genel Yay. No.220, Rapor Yay. No.R-120, Ankara.
- DOĞAN, O. ve Küçükçakır, N., 1996, Ankara Şartlarında Üiversal Toprak Kaybı Parametreleri(1967-1988), KHGM, Ankara Araşt. Enst. Müd., Genel Yayın No.203, Rapor Seri No.R-109, Ankara.

- DOĞAN, O. ve Denli, Ö., 1999, Türkiye'nin Yağış-Kuraklık-Erozyon İndisleri ve Kurak Dönemleri.KHGM, Ankara Araşt. Enst. Müd., Genel Yayın No.215, Teknik Yayın No.60, Ankara.
- DOĞAN, O., Cebel, H., Küçükçakır, N. ve Akgül, S., 2000, Türkiye Büyük Toprak Gruplarının Erozyona Duyarlılık "K" Faktörleri.KHGM, APK Dairesi Başk., Toprak ve Su Kaynakları Araşt. Şube Müd. Yay. No.111, Rehber No.17, Ankara.
- DSİ, 1960, Şuhut Ovasının Yeraltısuyundan Sulanmasına ait Çalışma Raporu, DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Rapor No 1106/1-PR Ankara.
- DWIVEDI, R. S., Kumar, A. B. and Tewari, K. N., 1997, The utility of multi-sensor data for mapping eroded lands. *International Journal of Remote Sensing*, 18(11).
- ERDAS FIELD GUIDE, 2003, Second Edition Erdas Inc., Atlanta, USA.
- ERİNÇ, S., 2000, *Jeomorfoloji I*. DER yay. İstanbul.
- ERKAL, T. ve Yıldırım, Ü., 2010, (R)USLE Yöntemiyle Akarçay Havzası'nda Toprak Erozyonu Çalışmaları. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu 2010 (Prof. Dr. Oğuz Erol Anısına) Bildiriler Kitabı 11-13 Ekim 2010, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.
- ERKAL, T., Yıldırım, Ü. ve Taş, B. (2012). RUSLE Yöntemi ile Akarçay Havzası Orta Kesiminin Erozyon Risk Tahmini ve Erozyonun Beşeri Faaliyetlere Etkileri.Afyon Kocatepe Üniv. BAP09.FENED.14 No.lu Proje Sonuç Raporu, Afyonkarahisar (Yayımlanmamıştır).
- FU, B.J., Zhao, W. W., Chen, L. D., Zhang, Q. J., Lu, Y. H., Gulinck, H. and Poesen. J., 2005, Assessment of Soil Erosion at Large Watershed Scale Using RUSLE and GIS: a Case Study in the Loess Plateau of China. *Land Degradation and Development*.
- GÜRMAN, Y. ve Kantarcı, T., 2007, *Afyonkarahisar İli Çevre Durum Raporu*. Afyonkarahisar Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Yay., Afyonkarahisar.

- HABOUDANE, D., Bonn, F., Royer, A., Sommer, S. and Mehl, W., 2002, Land degradation and erosion risk mapping by fusion of spectrally based information and digital geomorphometric attributes. *International Journal of Remote Sensing*.
- HICKEY, R., 2000, Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS. *Cartography*.
- HICKEY, R., Smith, A. and Jankowski, P., 1994, Slope Length Calculations from a DEM within ArcInfo GRID. *Computing, Environment and Urban Systems*.
- HILL, J. and Schütt, B., 2000, Mapping complex patterns of erosion and stability in dry Mediterranean ecosystems. *Remote Sensing of Environment*.
- İRVEM, A., Topaloğlu, F. and Uygur, V., 2007, Estimating Spatial Distribution of Soil Loss Over Seyhan River Basin in Turkey. *Journal of Hydrology*.
- JENSEN, J. R., 1996, *Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Prentice Hall, New Jersey, USA.
- JUDSON, S., 1981, What's happening to our continents, *Use and Misuse of Earth's Surface*, ed: B. J. Skinner, William Kaufman Inc., Los Altos, California.
- KARAKAŞ, E., 2005, *Küçükermalı ve Güvenç Havzalarının Su ve Sediment Verimlerine Göre Sürdürülebilir Yönetimi*, (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KINNELL, P. I. A., 2005, Alternative Approaches for Determining the USLE-M Slope Length Factor for Grid Cells. *Soil Science Society of America Journal*.
- KYOUNG, J. L., Myung, S., Bernard, A. E., Zhenxu T., Joongdae C. and Ki-Sung K., 2005, GIS-based sediment assessment tool. *Catena*.
- 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*.
- LUFABA, A., Tenywa, M. M., Isabirye, M., Majaliwa, M. J. G. and Woomer, P. L., 2003, Prediction of Soil Erosion in a Lake Victoria Basin Catchment Using a GIS-Based Universal Soil Loss Model. *Agricultural Systems*.
- MATER, B., 1998, *Toprak Coğrafyası*. Çantay Kitabevi, İstanbul.
- MATHIEU, R., King, C. and Bissonnais, Y., 1997, Contribution of multi-temporal SPOT data to the mapping of a soil erosion index: the case of the loamy plateaux of northern France. *Soil Technology*.

- MATI, B. M., Morgan, R. P. C., Gichuki, F. N., Quinton, J. N., Brewer, T. R. and Liniger, H. P., 2000, Assessment of erosion hazard with the USLE and GIS: a case study of the Upper Ewaso Ng'iro North Basin of Kenya. *JAG*, 2(2), 78–86.
- McCOOL, D. K., Brown, L. C. and Foster, G. R., 1987, Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*.
- METTERNICHT, G. I. and Fermont, A., 1998, Estimating erosion surface features by linear mixture modelling. *Remote Sensing of Environment*.
- MILLWARD, A. A. and Mersey, J. E., 1999, Adapting the RUSLE to Model Soil Erosion Potential in a Mountainous Tropical Watershed, *Catena*.
- MOLNAR, D. R. and Julien, P. Y., 1998, Estimation of Upland Erosion Using GIS. *Computer & Geosciences*.
- MOORE, I. and Wilson, P., 1992, Length slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation. *Journal of Soil and Water Conservation*.
- MOORE, I. and Burch, G., 1986, Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. *Soil Science Society of America Journal*.
- MORGAN, R. P. C., 1986, *Soil Erosion and Conservation*. Longman Group, Essex, UK.
- NAZİK, M., Boytaş, T. ve Altuğ, A., 1967a, Büyük Sincanlı Ovası Hidrojeolojisi Hakkında Not, Rapor No.1104/2-PR, DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- NAZİK, M., Boytaş, T. ve Altuğ, A., 1967b, Şuhut Ovası Hidrojeolojisi Hakkında Not, Rapor No.1106/1-PR, DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- NEARING, M. A., A Single, 1997, Continuous Function for Slope Steepness Influence on Soil Loss. *Soil Science Society of America Journal*.
- NEARING, M. A, Foster, G. R., Lane, L. J. and Finkner, S. C., 1989, A Process-based Soil Erosion Model for USDA-Water Erosion Prediction Project Technology. *Transactions of the ASAE*.

- NEARING, M. A., Lane, L. J. and Lopes, V. L., 1994, Modelling Soil Erosion, *Soil Erosion Research Methods (2nd Edition)*, ed: R. Lal, St. Lucie Press, Ankeny.
- OLDEMAN, L. R., 1991-1992, Global extent of soil degradation. Bi-annual report. International Soil Reference and Information Center, Wageningen, The Netherlands.
- ONORI, F., Bonis, D. P. and Grauso, S., 2006, Soil Erosion Prediction at the Basin Scale Using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a Catchment of Sicily (Southern Italy), *Environmental Geology*.
- ÖZCAN, A. U., Erpul, G., Başaran, M. and Erdoğan, H. E., 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*.
- ÖZDEMİR, M. A., Erkal, T., Bozyurt, O., Yakar, M. ve Şenkul, Ç., 2005, Eber Gölü sulak alanında doğal ortam koşulları. Afyon Kocatepe Üniversitesi 041.FENED.08 No.lu Proje Final Raporu, Afyonkarahisar.
- ÖZSOY, G., 2007, *Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanarak (CBS) Erozyon Riskinin Belirlenmesi*, (Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- PARINGIT, E. and Nadaoka, K., 2003, Sediment yield modelling for small agricultural catchments: Landcover parameterization based on remote sensing data analysis. *Hydrological Processes*.
- RENARD, K. G. ve FOSTER, G. R., 1983, Soil Conservation: Principles of Erosion by Water. *Dryland Agriculture*, eds. H.E. Dregne and W.O. Willis, Agronomy Monogr. 23, Am. Soc. Argon., Crop Sci. Soc. Am. and Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA.
- RENARD, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A. and Porter, J. P., 1991, RUSLE: revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*.
- RENARD, K. G., Foster, G. R., Yoder, D. C. and McCool, D. K., 1994, RUSLE revisited: status, questions, answers and the future. *Journal of Soil and Water Conservation*.

- RENARD, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K. and Yoder, D. C., 1997, Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *Agriculture Handbook No.703*, USDA, Washington, DC.
- REUSING, M., Schneider, T. and Ammer, U., 2000, Modelling soil loss rates in the Ethiopian Highlands by integration of high resolution MOMS-02/D2-stereo-data in a GIS. *International Journal of Remote Sensing*.
- RENARD, K. G. and Freimund, J. R., 1994, Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*.
- SHI, Z. H., Cai, C. F., Ding, S. W., Wang, T. W. and Chow, T. L., 2003, Soil Conservation Planning at the Small Watershed Level Using RUSLE with GIS: a Case Study in the Three Gorge Area of China. *Catena*.
- SILVA, da A. M., 2004, Rainfall erosivity map of Brazil, *Catena*.
- SINGH, D., Herlin, I., Berroir, J. P., Silva, E. F. and Simoes-Meirelles, P., 2004, An approach to correlate NDVI with soil colour for erosion process using NOAA/AVHRR data. *Advances in Space Research*.
- SYMEONAKIS, E. and Drake, N., 2004, Monitoring desertification and land degradation over sub-Saharan Africa. *International Journal of Remote Sensing*.
- TAŞ, B. ve Yakar, M., 2010a, *Afyonkarahisar İlinde Nüfusun Yükselti Basamaklarına Göre Dağılışı*, Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu 2010 Bildiriler Kitabı, Afyonkarahisar.
- TAŞ, B. ve Yakar, M., 2010b, *Afyonkarahisar İlinde Yükselti Basamaklarına Göre Arazi Kullanımı*. Coğrafi Bilimler Dergisi.
- TATEISHI, R., Shimazaki, Y. and Gunin, P. D., 2004, Spectral and temporal linear mixing model for vegetation classification. *International Journal of Remote Sensing*.
- TAYSUN A. ve Dağdeviren, İ., 1991, GAP Bölgesi Eğimli Tarım Arazilerinin Laboratuvar Şartlarında Toprak Özellikleri İle Erozyon İlişkileri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Yayın No.63, Şanlıurfa.
- TERCAN, A. E. ve Saraç, C., 1998, *Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler*. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No.48.

- TEZCAN, L., Meriç, T., Doğdu, N., Akan, B., Atilla, Ö. ve Kurttaş, T., 2002, *Akarçay Havzası hidrojeolojisi ve yeraltısuyu akım modeli* Cilt 1: Akarçay Havzası hidrojeolojisi. DSİ Raporu, Ankara (Yayımlanmamıştır).
- TOLUN, N., 1952, Afyon ilinin jeolojik ve maden durumu. MTA Rap. No.1985, Ankara.
- TORRI, D., Poesen, J., Borselli, L., 1997, Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset. *Catena*.
- TORRI, D., Poesen, J. and Borselli, L., 2002, Corrigendum to “Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a globaldataset” [Catena 31 (1997) 1–22] and to “Erratum to predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset” [Catena 32 (1998) 307–308], *Catena*.
- TOY, T. J., Foster, G. R., 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.
- van REMORTEL, R. D., Hamilton, M. E. and Hickey. R.J., 2001, Estimating the LS Factor for RUSLE Through Iterative Slope Length Processing of Digital Elevation Data Within ArcInfo Grid. *Cartography*.
- van REMORTEL, R. D., Maichle, R. W. and Hickey, R. J., 2004, 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*.
- WANG, G., Gertner, G., Liu, X. and Anderson, A., 2001, Uncertainty Assessment of Soil Erodibility Factor for Revised Universal Soil Loss Equation. *Catena*.
- WEBSTER, R. A. and Oliver, M. A. 2004, *Geostatistics for Environmental Scientists*. Wiley and Sons, Ltd, Chichester.
- WISCHMEIER, W. H. and Smith, D. D., 1978, *Predicting rainfall erosion losses. A Guide to conservation planning*. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA-ARS) *Handbook*, No.537. United States Government Printing Office, Washington, DC.

- WISCHMEIER, W. H., Johnson, C. B. and Cross, B. W., 1971, A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*.
- YALÇINKAYA, S., Afşar, Ö. P. ve Dalkılıç, H., 1986, Batı Torosların Jeoloji Raporu. MTAJeolojiEtütleri Daire Başkanlığı, Rapor No.251, Ankara,(Yayımlanmamıştır).
- YILDIRIM, Ü. ve Erkal, T., 2008, *Kumalar Dağı (Afyonkarahisar) doğu ve batısındaki Sahalardatoprak erozyonunun değerlendirilmesi*. TÜBİTAK TOVAG 107 O 648 No.lu Proje Final Raporu, Afyonkarahisar.
- YILDIRIM, Ü. ve Erkal, T., 2009, *RUSLE Yöntemi ile Afyon Ovası'nın BatıKesiminin Erozyon Risk Tahmini*. Afyon Kocatepe Üniv. BAP 07.FENED.06 No.lu Proje Final Raporu, Afyonkarahisar.
- YILDIRIM, Ü. ve Erkal, T., 2011, Prediction of soil erosion risk using a GIS-based USLE model: a case study from the Şuhut watershed area, Afyonkarahisar, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*.
- YILMAZ, E., 2006, *Çamlıdere Baraj Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi*, (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- YILMAZ, Ö., 1999, Afyon ve Çevresinin İklim Özellikleri. Afyon Kocatepe Üniv. Yay. Afyonkarahisar.
- YU, B. and Rosewell, C. J., 1996, A robust estimator of the R-factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transaction of the Society of Agricultural Engineers American ASAE*.

<http://www.msxlabs.org/forum/cevaplanmis/222711-erozyon-nedir.html>.

<http://www.sonblogum.info/turkiyenin-erezyon-haritasi.html>