

**ORTAÖĞRETİM SOSYAL ALANLAR EĞİTİMİ A.B.D.
COĞRAFYA ÖĞRETMENLİĞİ DOKTORA PROGRAMI
DOKTORA TEZİ**

**KIYI EGE BÖLÜMÜ'NDE EROZYON RİSK MODELİ
TASARIMINA COĞRAFİ YAKLAŞIM**

Gökhan GÜNDÜZOĞLU

**İzmir
2019**

İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Doktora tezi olarak sunduğum “KIYI EGE BÖLÜMÜ’NDE EROZYON RİSK MODELİ TASARIMINA COĞRAFİ YAKLAŞIM” adlı çalışmanın içerdiği fikri izinsiz başka bir yerden almadığımı; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında ve bölümlerinin yazımında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada kullanılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yaptığımı ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi, ayrıca bu çalışmanın Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından kullanılan bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve *intihal içermediğini* beyan ederim. Herhangi bir zamanda aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonuca razı olduğumu bildiririm.

Gökhan Gündüzoğlu
11/03/2019



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU



Tarih: 11/03/2019

Tez Başlığı:

Kıyı Ege Bölümü'nde Erozyon Risk Modeli Tasarımına Coğrafi Yaklaşım

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 155 sayfalık kısmına ilişkin, 08/03/2019 tarihinde **tez danışmanım tarafından** Dokuz Eylül Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı'nın sağladığı İntihal Tespit Programından (Turnitin-Tez İntihal Analiz Programı) aşağıda belirtilen **filtreleme tiplerinden biri** (uygun olanı işaretleyiniz) uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin **benzerlik oranı % 10 dur.**

- <http://www.kutuphane.deu.edu.tr/tr/turnitin-tez-intihal-analiz-programi/> adresindeki Tez İntihal Analiz

Programı Kullanım Kılavuzunu okudum ☒

Filtreleme Tipi 1(Maksimum %15) ☒

Filtreleme Tipi 2(Maksimum %30) ☐

☒ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç, ☒ Kaynakça hariç, ☒ Alıntılar dâhil, ☒ Altı (6) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.	☐ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç, ☐ Kaynakça dâhil, ☐ Alıntılar dâhil.
EK 1- İntihal Tespit Programı Raporu İLK SAYFA Çıktısı. ☒ EK 2- İntihal Tespit Programı Raporu (Tümü) Cd İçinde. ☒	

Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve yukarıda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Adı Soyadı : Gökhan Gündüzoğlu
Öğrenci No : 2005950007
Anabilim Dalı : ORTAÖĞRETİM SOSYAL ALANLAR EĞİTİMİ
Programı : COĞRAFYA ÖĞRETMENLİĞİ DOKTORA PROGRAMI
Statüsü : Yüksek Lisans ☐ Doktora ☒

ÖĞRENCİ

Gökhan Gündüzoğlu
11/03/2019

Doç. Dr. Hasan ÇUKUR
11/03/2019

Açıklamalar

1: Bu formu teslim etmeden önce sizden istenen bilgileri uygun kutucuğu () işaretleyerek doldurunuz.

Kullanıcı şifre vb. konusunda sorun yaşanması durumunda Üniversitemiz Merkez Kütüphanesinde bulunan Turnitin yetkilisine (Ali Taş Tel: +90 (232) 3018026 veya ali.tas@deu.edu.tr) başvurunuz.

2: Yüksek Lisans/Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu' formu tezin ciltlenmiş ve elektronik nüshalarının içerisinde ekler kısmında yer alır.

3: Tez savunmasında düzeltme alınması durumunda bu form güncellenerek yeniden hazırlanır.

4: Turnitin-Tez İntihal Analiz Programına yüklemeye yapılırken Dosya Başlığı (document title) olarak **tez başlığının tamamı**, Yazar Adı (author's first name) olarak **öğrencinin adı**, Yazar Soyadı (author's last name) olarak **öğrencinin soyadı** bilgisini yazınız.

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Gökhan GÜNDÜZOĞLU Tarafından Doç. Dr. Hasan ÇUKUR yönetiminde hazırlanan
“Kıyı Ege Bölümü’nde Erozyon Risk Modeli Tasarımına Coğrafi Yaklaşım” başlıklı tez
tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından “**Doktora Tezi**” olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Hasan ÇUKUR

Danışman

Prof. Dr. Raziye ÇAKICIOĞLU OBAN

Tez Komitesi Üyesi

Doç. Dr. Semra SÜTGİBİ

Tez Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Hasan KARA

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üy. Selahattin AKSİT

Jüri Üyesi

13.../02.../2019

Doç. Dr. Suat TÜRKOGUZ
Enstitü Müdürü V.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tez çalışmam süresince yardımını esirgemeyen ve tezin tüm süreçlerinde bana destek olan danışmanım Doç. Dr. Hasan ÇUKUR'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Tez izleme sürecinde jüri üyesi olarak fikirleriyle çalışmama destek olan Yrd. Doç. Dr. İsmail BULDAN'a, arazi çalışmalarına beni de dahil eden sevgili hocam Prof. Dr. İbrahim ATALAY'a, erozyon ile ilgili konularda desteğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi. Selahattin AKŞİT'e teşekkür ederim.

Son olarak gerek manevi desteğini esirgemeyen gerekse tezin tüm aşamalarında beni teşvik eden, bana destek olan hayat arkadaşım Hediye Arzu GÖKÇE GÜNDÜZOĞLU'na teşekkürü borç bilirim.

...../...../2019

Gökhan GÜNDÜZOĞLU

Karşıyaka-İzmir

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu	5
1.2. Amaç ve Önem	6
1.3. Problem Cümlesi / Alt Problem Cümleleri	7
1.4. Sayıtlılar	7
1.5. Sınırlılıklar.....	7
BÖLÜM II	8
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	8
2.1. Doğal ortam özelliklerinin erozyona etkisinin sorgulandığı çalışmalar	8
2.2. Erozyon risk modellerinin kullanıldığı çalışmalar	11
BÖLÜM III.....	13
YÖNTEM.....	13
3.1. Araştırma Modeli	13
3.2. Veri Toplama Araçları	14
3.3. Veri Çözümleme Teknikleri.....	16
3.3.1 Analitik Hiyerarşi Süreci.....	16
3.3.2. Fournier İndeksi	18
3.3.3. Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi.....	19
3.3.4. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)Analizi.....	19

BÖLÜM-4	20
ÇALIŞMA ALANININ DOĞAL ORTAM ÖZELLİKLERİ	20
4.1. Jeolojik/Litolojik Özellikler ve Erozyona Etkisi.....	20
4.1.1. Dayanımlı Kayalar	21
4.2.2. Çözünebilir Kayaçlar	23
4.2.3. Sedimanter Depolar.....	23
4.2. Jeomorfolojik Özellikler ve Erozyona Etkisi.....	24
4.3. İklim Özellikleri ve Erozyona Etkisi	31
4.4. Toprak Özellikleri ve Erozyona Etkisi.....	39
4.5. Hidrografik Özellikler ve Erozyona Etkisi	42
4.6. Vegetasyon Özellikleri ve Erozyona Etkisi	46
BÖLÜM-5	49
KIYI EGE’NİN EROZYON RİSKİNİN BELİRLENMESİ.....	49
5.1 Erozyon İle İlgili Tanımlar.....	49
5.2 Erozyon Riskinin Belirlenmesinde Kullanılan Modeller	49
5.2.1. Niteliksel (Kalitatif) Modeller.....	49
5.2.2. Niceliksel (Kantitatif) Modeller	52
5.3 Çalışma Alanının Erozyon Riskinin Belirlenmesi	53
5.3.1. Erozyon Riskinin Belirlenmesinde Yeni Model Geliştirilmesi	53
5.3.1.1. Doğal Ortam Özelliklerinin Ağırlıklarının Hesaplanması	53
5.3.1.2. Oluşturulan Erozyon Risk Modelinin Kıyı Ege’ye Uygulanması.....	68
5.3.2. Erozyon Riskinin Ağırlıksız Yöntem İle Belirlenmesi	89
5.3.3. ICONA yöntemi ile çalışma alanının erozyon riskinin belirlenmesi	91
5.3.3.1 Koruma Düzeyi	91
5.3.3.2. Aşınabilirlik	95

BÖLÜM-6	101
BULGULAR VE YORUMLAR	101
6.1. Geliştirilen Modele Ait Yorumlar ve Analizler	101
6.2. Ağırlıksız Metoda Ait Yorumlar ve Analizler	107
6.3. ICONA Yöntemine ait Yorumlar ve Analizler	107
6.4. Kullanılan Modellerin Karşılaştırılması.....	108
6.4.1. Geliştirilen Model İle ICONA Yönteminin Karşılaştırılması.....	109
6.4.2. Geliştirilen Modeli ile Ağırlıksız Yöntemin Karşılaştırılması.....	119
BÖLÜM-7	121
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	121
7.1. Sonuçlar	121
7.2. Öneriler	124
KAYNAKÇA	125

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: AHP’ de kullanılan ikili karşılaştırma matrisi	17
Tablo 2: Kayaçların erozyona dayanıklılık indisleri	20
Tablo 3: Çalışma sahasındaki eğim grupları ve sahadaki dağılışları	27
Tablo 4: Çalışma sahasındaki yönler ve sahadaki dağılışları.....	29
Tablo 5: Çalışma sahasındaki yamaç şekilleri ve sahadaki dağılışları	31
Tablo 6 :Kıyı Ege’de aylık ve yıllık ortalama sıcaklıklar (°C)	32
Tablo 7: Kıyı Ege’de aylık ve yıllık yağış değerleri (mm)	37
Tablo 8: Toprak Bünye özelliklerinin erozyona karşı duyarlılıkları.....	41
Tablo 9: Toprak derinlik özelliklerinin erozyona karşı duyarlılıkları.....	41
Tablo 10: Çalışma alanında bulunan sediment gözlem istasyonları	44
Tablo 11: CORINE ve ICONA yöntemlerinin karşılaştırılma tablosu	51
Tablo 12: AHP Değerlendirilmesinde kullanılan ölçütler ve puanları.....	54
Tablo 13: Erozyon riski alt ölçütlerinin ikili karşılaştırma tablosu.....	55
Tablo 14: Erozyon riski alt ölçütleri için oluşturulan ağırlık matrisi.....	57
Tablo 15: Aşınabilirlik alt ölçütlerinin ikili karşılaştırma tablosu.....	59
Tablo 16: Aşınabilirlik alt ölçütleri için oluşturulan ağırlık matrisi	59
Tablo 17: Jeomorfoloji faktörünün alt ölçütlerinin ikili karşılaştırma tablosu	61
Tablo 18: Jeomorfoloji alt ölçütleri için oluşturulan ağırlık matrisi	62
Tablo 19: Aşındırıcı güç faktörünün alt ölçütlerinin ikili karşılaştırma tablosu.....	63
Tablo 20: Aşındırıcı güç ölçütleri için oluşturulan ağırlık matrisi.....	63
Tablo 21: Korunabilirlik faktörünün alt ölçütlerinin ikili karşılaştırma tablosu.....	65
Tablo 22: Korunabilirlik alt ölçütleri için oluşturulan ağırlık matrisi.....	66
Tablo 23: Oluşturulan modelde ana ölçütün (Erozyon Riski) ağırlıklarının hesaplanması ...	67
Tablo 24: Eğim gruplarının erozyon riskine etki dereceleri	68
Tablo 25: Yamaç şeklinin erozyona etki etme dereceleri ve kodlandırılması	71
Tablo 26: Litolojik/Jeolojik birimlerin erozyon riskine göre derecelendirilmesi	73
Tablo 27: Çalışma alanındaki jeolojik/litolojik birimlerin erozyon risk dereceleri	73
Tablo 28 : Bakı değerlerinin erozyon riskine etki dereceleri	75
Tablo 29: Çalışma alanındaki meteoroloji istasyonlarına ait Fournier Yağış İndisleri.....	78
Tablo 30: Fournier yağış indeksi sınıf kodları	80
Tablo 31: Meteoroloji istasyonlarının Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeks değerleri.....	82

Tablo 32: CORINE yöntemine göre Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndisi kodları	83
Tablo 33: Arazi kullanım sınıfları ve modelde kullanılan Erozyon Risk değerleri	84
Tablo 34: ICONA yöntemine göre bitki kapallılık durum fonksiyonu	86
Tablo 35: ICONA yöntemine göre arazi sınıfları	92
Tablo 36: ICONA yöntemine göre arazi sınıf Kodları.....	92
Tablo 37: ICONA yöntemine göre bitki kapallılık durum fonksiyonu	93
Tablo 38: ICONA yöntemine göre oluşturulan koruma düzeyi indisi	93
Tablo 39: ICONA yönteminde eğim sınıf ve kodları.....	95
Tablo 40: ICONA yöntemine göre jeolojik (jeopedolojik) sınıflandırma.....	95
Tablo 41: ICONA yöntemine göre aşınabilirlik indisinin hesaplanması	96
Tablo 42: ICONA yöntemine göre aşınabilirlik indisi risk kodları	96
Tablo 43: ICONA yöntemi erozyon risk durumu indisi ve açıklamaları	98
Tablo 44: Geliştirilen model ve ICONA erozyon risk modelinde kullanılan parametreler .	109
Tablo 45: Geliştirilen model ile ICONA yöntemi risk sonuçlarının karşılaştırılması	110
Tablo 46: Geliştirilen model sonuçları ile ICONA yöntemi sonuçlarının örtüşme oranları	111
Tablo 47 : Geliştirilen model ile ağırlıksız yöntem sonuçlarının örtüşme oranları	120

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Çalışma alanının konumu	14
Şekil 2: AHP’de kullanılan basit hiyerarşi modeli	17
Şekil 4: Kıyı Ege Bölümünün jeoloji/litoloji haritası	21
Şekil 5: Kıyı Ege Bölümünün morfometri haritası	25
Şekil 6: Kıyı Ege Bölümünün eğim haritası	26
Şekil 7: Kıyı Ege Bölümünün bakı haritası	29
Şekil 8: Yamaç şekilleri	30
Şekil 9 Kıyı Ege Bölümünde yıllık ortalama sıcaklığın dağılışı.....	33
Şekil 10: Kıyı Ege Bölümünde yıllık Ortalama sıcaklığın yüksekliğe bağlı dağılışı	34
Şekil 11: Kıyı Ege Bölümünde yıllık ortalama yağışın dağılışı.....	35
Şekil 12: Kıyı Ege Bölümünde yıllık ortalama yağışın yüksekliğe bağlı dağılışı	36
Şekil 13: Kıyı Ege’de bazı istasyonlardaki sıcaklık ve yağış değerleri	38
Şekil 14: Gediz nehrinin akım diyagramı	42
Şekil 15: Kıyı Ege Bölümünde Akarsu Ağı ve mevcut havza durumu.....	43
Şekil 16: Kurfalı (Bakırçay) İstasyonu Sediment Anahtar Eğrisi.....	44
Şekil 17: Kurfalı (Bakırçay) İstasyonu Aylık Toplam Sediment Miktarları	45
Şekil 18: Manisa (Gediz) İstasyonu Aylık Toplam Sediment Miktarları	45
Şekil 19: Çakırbeyli (B. Menderes) İstasyonu Aylık Toplam Sediment Miktarları ..	45
Şekil 20: Aydın köprüsü istasyonu aylık toplam sediment miktarları	45
Şekil 21: Gözlem istasyonlarının taşıdığı malzemelere göre karşılaştırılması	46
Şekil 22: Oluşturulan modele göre erozyon riski ölçütleri ve alt ölçütleri	54
Şekil 23: Erozyon riskinin AHP yöntemine göre birinci alt ölçütlere ayrılması	54
Şekil 24: Erozyon riski alt ölçütlerinin öz vektörünün oluşturulması.....	57
Şekil 25: Aşınabilirlik İndisinin AHP yöntemine göre alt ölçütlere ayrılması	58
Şekil 26: Aşınabilirlik alt ölçütlerinin öz vektörünün oluşturulması	60
Şekil 27: Jeomorfoloji Faktörünün AHP yöntemine göre alt ölçütlere ayrılması.....	60
Şekil 28: Jeomorfoloji faktörü alt ölçütlerinin öz vektörünün oluşturulması	62
Şekil 29: Aşındırıcı güç faktörünün AHP yöntemine göre alt ölçütlere ayrılması	63
Şekil 30: Aşındırıcı Güç faktörü alt ölçütlerinin öz vektörü.....	64
Şekil 31: Koruma düzeyi faktörünün AHP yöntemine göre alt ölçütlere ayrılması ..	64
Şekil 32: Korunabilirlik alt ölçütlerinin öz vektörünün oluşturulması	66
Şekil 33: Geliştirilen modele göre erozyon riskini oluşturan faktörlerin ağırlıkları..	68
Şekil 34: Eğim faktörüne göre erozyon riskinin çalışma alanındaki dağılışı.....	69
Şekil 35: Çalışma alanının eğim yüzdelere göre risk grupları	70
Şekil 36: Yamaç şeklinin hesaplanmasında kullanılan sınıflar.....	71
Şekil 37: Çalışma alanının yamaç şekillerine göre risk grupları.....	72
Şekil 38: Çalışma alanının jeolojik/litolojik özelliklere göre risk grupları.....	74
Şekil 39 : Jeoloji/litoloji faktörüne göre erozyon riskinin alansal dağılışı	75
Şekil 40 :Çalışma alanının bakı özelliklere göre risk grupları	76
Şekil 41: Çalışma alanının fournier indisi haritası.....	79
Şekil 42: Aşındırıcı Güç (Fournier İndisi) özelliklere göre risk grupları.....	80
Şekil 43: Çalışma alanının Bagnouls-Gaussen kuraklık indeksi haritası.....	82
Şekil 44: Çalışma alanının Bagnouls-Gaussen kuraklık indeksi sınıfları	83

Şekil 45: Çalışma alanının arazi kullanım özelliklere göre risk grupları.....	85
Şekil 46: Arazi kullanımı faktörüne göre erozyon riskinin alansal dağılışı.....	86
Şekil 47: Arazi örtüsü yoğunluğuna göre erozyon riskinin alansal dağılışı.....	87
Şekil 48: Çalışma Alanının arazi örtüsü yoğunluğuna göre erozyon risk grupları....	87
Şekil 49: Geliştirilen modele göre çalışma alanında erozyon riskinin dağılışı.....	88
Şekil 50: Geliştirilen modele göre Kıyı Ege Bölümündeki erozyon risk dağılışı..	89
Şekil 51: Çalışma Alanının ağırlıksız yöntemle göre risk grupları.....	90
Şekil 52: Ağırlıksız modele göre Kıyı Ege Bölümündeki erozyon risk dağılışı....	90
Şekil 53: ICONA yöntemine göre çalışma alanının koruma düzeyi indisi.....	94
Şekil 54: ICONA yöntemine göre çalışma alanının aşınabilirlik indisi.....	97
Şekil 55: ICONA yöntemine göre çalışma alanının erozyon risk dağılışı.....	99
Şekil 56: Getirilen düzeltme ile çalışma sahasının erozyon risk durumu	102
Şekil 57: Oluşturulan modele göre risk gruplarının dağılım oranları	105
Şekil 58: Oluşturulan modele göre zeytinliklerin erozyon risk durumu	105
Şekil 59: Geliştirilen modele göre ormanlık alanlarındaki erozyon riski	106
Şekil 60: Kıyı Ege'de Orman alanların yoğunluğu	106
Şekil 61: Ağırlıksız yöntemle göre zeytinliklerin erozyon risk durumu	107
Şekil 62: Ağırlıksız yöntemle göre erozyon risk gruplarının dağılım oranları	107
Şekil 63: ICONA yöntemine göre risk gruplarının dağılım oranları	108
Şekil 64: ICONA yöntemine göre zeytinliklerin alanların erozyon risk durumu	108
Şekil 65: Geliştirilen model erozyon risk sonuçları ile ICONA yöntemi risk sonuçlarının benzerlik gösterdiği alanlar	111
Şekil 66: Geliştirilen model sonuçları ile arazi gözlem noktaları	113

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Fotoğraf 1: Bafa Gölü çevresinde eğimli sahada metamorfikler üzerinde zeytinlikler	27
Fotoğraf 2: Eğimli, 7. Sınıf arazi üzerinde açılan sahalar ve tarım faaliyetleri	28
Fotoğraf 3: Muğla-Bodrum arasında arazi örtüsünden yoksun yüksek eğimli erozyon riskli saha	48
Fotoğraf 4: Madra dağı üzerinde fıstıkçanı toplulukları	114
Fotoğraf 5: Kemalpaşa (İzmir) Nif Dağı eteklerinde kireçtaşları üzerinde zayıf bitki örtüsü altındaki alan.....	114
Fotoğraf 6: ICONA ve geliştirilen modele göre “yüksek” erozyon riski altındaki saha.....	115
Fotoğraf 7: Geliştirilen Modele göre yüksek şiddetinde erozyon riski altındaki alan (Bafa Gölü)	116
Fotoğraf 8: ICONA yöntemine göre “yüksek” geliştirilen modele göre “orta” şiddette erozyon riski altındaki alan	117
Fotoğraf 9: ICONA yöntemine ve geliştirilen modele göre “yüksek” şiddette erozyon riski altındaki alan.....	117
Fotoğraf 10: ICONA yöntemine ve geliştirilen modele göre “yüksek” şiddette erozyon riski altındaki alan.....	118
Fotoğraf 11: ICONA yöntemine ve geliştirilen modele göre “yüksek” şiddette erozyon riski altındaki alan.....	118
Fotoğraf 12: Geliştirilen modele göre “yüksek” ICONA yöntemine göre “orta” şiddetinde erozyon altındaki alan.....	119

ÖZET

Kıyı Ege Bölümü'nde Erozyon Risk Modeli Tasarımına Coğrafi Yaklaşım

Gündüzoğlu, Gökhan

PhD, Department of Social Sciences

Education, Geography Teaching

Assoc. Prof. Dr. Hasan ÇUKUR

Erozyon, toprak oluşumu için gerekli olan ve dünyanın oluşumundan itibaren devam eden doğal bir süreçtir. Ancak insan müdahalesi bu süreci hızlandırarak arazi degradasyonuna sebep olmaktadır. Verimli tarım topraklarının taşınarak verimsiz arazilerin ortaya çıkması tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple erozyon, günümüzde en önemli çevre problemlerinden biri haline gelmiştir.

Erozyon riskinin belirlenmesi için arazi ve laboratuvar analizleri gibi doğrudan çalışmalar olduğu gibi, özellikle büyük sahalarda risk analizinin yapılması için dolaylı olarak geliştirilen modeller bulunmaktadır. Dolaylı olarak geliştirilen en yaygın modeller ICONA, CORINE ve LEAM yöntemleridir. Bu yöntemlerde çalışma sahasının coğrafi konumu dikkate alınmadan doğal ortam özelliklerinin erozyon riskine etkisi değiştirilemez bir takım katsayılarla sorgulanarak sonuca ulaşılmaktadır. Her modelde farklı doğal ortam özellikleri kullanılmaktadır. CORINE yönteminde; toprak özellikleri, eğim, iklim, arazi kullanımı faktörlerinin erozyona etkisi sorgulanırken, ICONA yönteminde; litoloji, arazi kullanımı, bitki örtüsü yoğunluğu ve eğim özellikleri sorgulanmaktadır. LEAM yönteminde ise erozyon riskinin temelinin oluşturan arazi kullanımı dikkate alınmadan, eğim, yağış ve toprak erozyon duyarlılığı faktörleri kullanılmaktadır. Ayrıca yamaç şekli ve bakı gibi erozyon riskine etkisi olan doğal ortam özellikleri hiçbir modelde parametre olarak kullanılmamaktadır. Tüm bu modeller incelendiğinde erozyon riski oluşturabilecek en önemli doğal ortam özelliklerinin tümünün birlikte kullanıldığı bir model olmadığı, tüm bu şartları sağlayan, değişkenlerin ağırlıklı değerleriyle birlikte hesaplanabildiği yeni bir erozyon risk modeline ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada erozyon riskine etki eden doğal ortam özellikleri mevcut literatür ve dünya ölçeğinde kullanılan erozyon risk belirleme modelleri çerçevesinde belirlenerek her bir doğal ortam özelliğinin erozyon riskine etki yüzdesi hesaplanmış ve yeni bir erozyon risk modeli oluşturulmuştur. Çalışma alanı olarak Kıyı Ege bölümü seçilmiştir. Bu sahanın çalışma alanı olarak belirlenmesinin sebebi eğimin kısa mesafelerde değiştiği geniş sahaların

yer alması, kırıntılı görsel birimleri içine alan alanların varlığı ve doğal vejetasyonun tahrip edildiği yerler ile akarsuların düzensiz akış rejim tipleri gibi özelliklerdir.

Doğal ortam özelliklerinin erozyon riskine etkisinin belirlenmesi için Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) kullanılmıştır. Erozyon riskine etki eden doğal ortam özelliklerinin ağırlıklarının belirlenmesi için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş, matrislerin analizi sonucunda ağırlıklar belirlenmiştir. Bu çalışmada tüm haritalama ve analizlerde Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan algılama yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Oluşturulan yeni modelde; jeolojik/litolojik özelliklerin % 34, bitki örtüsü yoğunluğunun % 24, arazi kullanımının % 12, eğimin % 11, Fournier İndisinin % 9, Bagnouls-Gaussen İndisinin % 4, bakı özelliklerinin % 4 ve yamaç şeklinin % 2 oranda erozyon riskine etkili olduğu belirlenmiştir. Belirlenen bu ağırlıklar kullanılarak erozyon riskinin tespiti ve haritalanması için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama yöntemlerinden yararlanılmıştır. Geliştirilen model sonucu çalışma sahasının % 26'lık kısmı yüksek derecede erozyon riski altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma alanında yer alan ve eğimli arazilerdeki zeytinliklerin % 55'inin orta şiddette erozyon riski altında olduğu tespit edilmiştir.

Geliştirilen modelin doğruluğunun sağlanması ve modeldeki eksikliklerin giderilmesi için sahanın erozyon riski ICONA yöntemi ile de belirlenmiştir. Geliştirilen model sonuçları ve ICONA yöntemi ile elde edilen sonuçlar, mevcut yayınlar çerçevesinde karşılaştırılmıştır. Ayrıca belirli farkların olduğu kısımlarda arazi gözlemleri ile desteklenmiş; geliştirilen modelin doğruluğu sorgulanmıştır. Geliştirilen model ile yapılan analizde birikim sahaları olan graben tabanlarının yüksek şiddette erozyon riski altında olduğu tespit edilmiştir. Graben tabanlarında aşınmadan çok birikim olması sebebi ile modelde SQL kodları ile (Structured Query Language) sorgulama yapılarak bu alanlar birikim sahaları olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca yapılan karşılaştırmalar ve arazi gözlemleri sonucunda Bagnouls-Gaussen İndisi parametresinin erozyonun belirlenmesinde fazla etkili olmadığı tespit edilmiştir.

Bu çalışma ile elde edilen erozyon risk modelinde birçok doğal ortam özelliğinin birlikte sorgulaması ile birlikte; bu çalışmanın dünya ölçeğinde kullanılan erozyon risk modelleri yerine bölgesel tabanlı yeni modellerin ortaya çıkmasına destek olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kıyı Ege Bölümü, Erozyon Riski, Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Ağırlıklı Overlay, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

ABSTRACT

Geographical Approach to Erosion Risk Modelling in Coastal Aegean Region

Gündüzoğlu, Gökhan

Coğrafya Öğretmenliği Anabilimdalı

Doç. Dr. Hasan ÇUKUR

Erosion is a natural process which is necessary for soil formation and continues since the World exist. However, human intervention accelerates this process and causes land degradation. Infertile lands occurs because of the moved fertile soils so that agricultural production effected negatively. For this reason, erosion has become one of the most important environmental problems.

As well as direct studies such as field and laboratory analyzes to determine the risk of erosion, there are also models developed indirectly to perform risk analysis, especially in large areas. The most common models developed indirectly are ICONA, CORINE and LEAM. In these methods, without considering the geographical location of the study area; the effect of natural environment properties on erosion risk is questioned by non-modifiable coefficients. Each model uses different natural environment features. In CORINE method; soil properties, slope, climate, land use factors were investigated for erosion, in ICONA method; lithology, land use, vegetation density and slope characteristics are questioned. In the LEAM method, slope, precipitation and soil erosion sensitivity factors are used without considering the land use which is important for erosion risk. In addition, natural environment characteristics which are important for erosion risk such as slope shape and aspect are not used as parameters in any model. When all of these models are examined, it is seen that the most important natural environment characteristics that may cause erosion risk are not used together so a new erosion risk model is needed, which complies with all these requirements and where variables can be calculated with weighted values.

In this study, the natural environment characteristics affecting the erosion risk were determined according to the literature review and worldwide used erosion risk models, the percentage of the impact of each natural environment on the erosion risk was calculated and a new erosion risk model was created. Coastal Aegean Region was selected as the study area. The reason for this area is the presence of large areas where the slope changes at short distances, the presence of areas containing clastic lacustrine units and the places where natural vegetation is destroyed and the irregular flow regime types of rivers.

Analytical Hierarchy Process (AHP) was used to determine the effects of natural environment on erosion risk. In order to determine the weights of the natural environment properties that affect the risk of erosion, comparison matrices were formed and weights were determined as a result of the analysis of matrices. In this study, Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing methods were used in all mapping and analysis.

In the new developed model; it was determined that erosion risk is affected by geological / lithological features 34%, vegetation density 24%, land use 12%, slope factor 11%, Fournier Index 9%, Bagnouls-Gausson Index 4%, aspect factor %4 and slope shape 2% rate. Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing methods were used for the determination and mapping of erosion risk by using these determined weights. As a result of the developed model, 26% of the study area was found to be at high risk of erosion. It was also found that 55% of the olive groves in the study area and sloping terrain were under the risk of moderate erosion.

The erosion risk of the study area was determined also by ICONA method to ensure the accuracy of the developed model and to eliminate the deficiencies in the model. The developed erosion risk model results were compared with the ICONA method results with literature review. In addition, it is supported by field observations in the areas where there are certain differences; the accuracy of the developed model has been questioned. In the analysis performed with the developed model, it was determined that the graben bases with accumulation areas were at high risk of erosion. Due to the accumulation in the graben bases, SQL codes (Structured Query Language) in the developed model, these areas were evaluated as accumulation areas. In addition, as a result of comparisons and field observations, the Bagnouls-Gausson Index parameter was found to be ineffective in determining erosion.

In the erosion risk model developed with this study, with the questioning of many natural environment features together; it is concluded that this study will support the emergence of new regional models instead of erosion risk models used worldwide.

Key Words: Coastal Aegean Region, Erosion Risk, Analytic Hierarchy Method, Weighted Overlay, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

BÖLÜM I

GİRİŞ

Arazi degradasyonu, Akdeniz havzasında, 4000 yıldır; süreçleri zaman içinde değişen önemli bir çevresel sorun olarak kabul edilmiştir (Brandt ve Thornes, 1996). Toprak bu süreçlerde arazi bileşeni olarak yer alırken, arazi kullanımı veya yönetiminin, özellikle akıntı ve toprak erozyonu oranları söz konusu olduğunda, bozulmanın yoğunluğunu ve sıklığını kontrol ettiği düşünülmektedir (Vacca ve diğerleri, 2000, s. 70).

Arazide meydana gelen toprak parçacıklarının ayrılması (Liu ve diğerleri, 2018, s. 1) olarak tanımlanan erozyon, su, rüzgar ve tüm insan faaliyetlerinin etkisinden kaynaklanmaktadır (Department for Environment Food and Rural Affairs [DEFRA], 2005, s. 25). Çevresel bozulmanın temel kaynağı olan toprak erozyonu büyük arazi bozulmalarına yol açmaktadır (Vrieling, 2006).

Erozyonun sonuçları tarım arazileri açısından çok önemlidir. Erozyon ile arazide meydana gelen değişimler; toprak kaybının yaşanması, toprak yapısının bozulması, organik madde ve bitki besin maddelerinin azalması ve toprak derinliğinin azalarak sıkışması şeklinde sıralanabilir. Erozyon sonucu toprakların verimliliğinin azalması ve bu arazilerde üretimi arttırmak için yapılacak kültürel tedbirlerin ekonomik olarak verimli olmaması en önemli sorun olarak görülmektedir. Bu arazilerde meydana gelen bu olumsuzluklar çözülemediğinde araziler terk edilmekte ya da kullanılamaz hale gelmektedir (Pimentel ve diğerleri, 1995, s. 1117). Erozyonu etkileyen süreçlere bakıldığında; insanların ilk önceleri en kolay ve verimli işletilebilen derin topraklara sahip düz alanları işlemeye başladığı, daha sonra artan nüfusa bağlı olarak arazi ihtiyacını karşılamak üzere, gerçek anlamda tarıma uygun olmayan eğimli arazilerde ve tahrip ettikleri orman sahalarını tarım amaçlı kullanmaya başladığı görülmektedir. Her ne kadar ormanlar toprak erozyonuna karşı çok etkili bir koruma sağlasalar da, çok eğimli ve derinliği çok az olan topraklara sahip ormanlarda, erozyon büyük boyutlarda meydana gelebilmektedir.

Dünya ölçeğinde erozyon boyutları incelendiğinde; Erozyonla toprak kaybının en fazla 30-40 ton/ha/yıl ile Asya kıtasında olduğu görülmektedir (Bashir ve diğerleri, 2013, s. 583). Asya kıtasının %26'sının az, %52'sinin orta, %15'inin ise yüksek derecede erozyon riski altında olduğu düşünülmektedir (Oldeman, 1994, s. 26). Avrupa kıtası topraklarının ise % 18,9'unun az, % 64,7'sinin orta ve % 9,2'si yüksek derecede erozyona maruz kaldığı bilinmektedir (Grimm, Jones, ve Montanarella, 2002, s.3).

Türkiye'de erozyonun durumu incelendiğinde; Türkiye toprakların % 85'den fazla kısmında hafiften çok şiddetliye değişen oranlarda önemli erozyon sorunu bulunduğu

görülmektedir (Everest ve Özcan, 2007, s. 40). Türkiye’de yaklaşık 77 milyon hektarlık ülke arazilerinden işlemeli tarıma uygun alanların tamamı tarımsal kullanıma alınmıştır. Hatta işlemeli tarıma uygun olmayan 5,5 milyon dekarlık VI. ve VII. sınıf araziler tarımsal kullanıma açılmış durumdadır (Canpolat, 1981, s. 340). Bu durum arazi degradasyonuna sebep olmakta; arazi degradasyonuna bağlı olarak da erozyon riski meydana gelmektedir. Türkiye’deki toprak erozyonu ile ilgili bir araştırmada, arazinin % 67’sinin orta derecede veya ciddi derecede dik eğimli olduğu ve bu arazide tarımın erozyonu önlemek için özel önlemler gerektirdiği ve erozyondan etkilenen toplam alanın 6.687.500 hektar olduğu tahmin edilmektedir (Türkiye Erozyonla Mücadele Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı [TEMA], 2001).

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğüne (E.İ.E.İ.) ait çeşitli yayınlarda; Türkiye’de her yıl akarsularla 580 milyon ton toprak askı materyali olarak taşınmaktadır. Bunun ortalama olarak % 20 si olarak kabul edilen yatak yükü de hesaplara katıldığında ortalama 686 milyon ton sedimentin denizlere taşındığı tahmin edilmektedir (Devlet Su İşleri [DSİ], 2013).

Aşındırıcı süreçlerle toprak malzemesinin sökülüp taşınması olarak tanımlanan erozyon ya toprak yüzeyinden ayrılabilir tortu miktarı ya da akışın taşıma kapasitesi ile sınırlıdır. Sorunun karmaşıklığı, toprak erozyon sorununu anlamak için toprak bilimcileri tarafından deneysel yöntemlerin kullanılmasını gerektirmiştir (Akşit, 2002, s. 2). Avrupa topraklarındaki erozyonun derecesi ve ciddiyeti, özellikle ekilebilir arazide, son 50 yılda belirgin bir şekilde artmıştır (Fullen ve diğerleri, 2006, s. 822). Hem ekilebilir hem de marjinal arazilerde, Akdeniz koşullarında gerçek erozyon oranlarını belirlemek için birçok çalışma yapılmıştır (Vacca ve diğerleri, 2000, s. 70).

Sanayileşmesini tam anlamıyla tamamlayamamış, gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye’de, erozyon çalışmaları ve önlemleri gelişmiş ülkelere göre yeni sayılmaktadır (Çelebi, 2010). Erozyon durumunu gösteren haritalar Türkiye’de ilk defa 1960 yılların sonlarında hazırlanmaya başlanmıştır.

Erozyon riskinin belirlenmesi için farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar üç ana grupta toplanmıştır. Bu yaklaşımlardan birincisi seçilen detaya bağlı olarak laboratuvar ortamında yapay olarak oluşturulan doğal ortam özelliklerinin sorgulandığı fiziksel temelli modellerdir. İkincisi ise su akışının simüle edildiği analog modellerdir. En yaygın olarak kullanılan modeller ise matematiksel eşitliklerle erozyon riskinin modellendiği sayısal modellerdir (Morgan, 1986).

Erozyon riskinin belirlenmesi için günümüzde niteliksel (kalitatif) ve niceliksel (kantitatif) yöntemler kullanılmaktadır. Özellikle CBS ve uzaktan algılama teknolojilerinin

hızla kullanılmaya başlaması ile birlikte bu yöntemlerin kullanılması yaygınlaşmaya başlamıştır (Szabo, Pasztor, Suba, ve Varallyay 1998; Jong ve diğerleri, 1999, s. 293). Niteliksel erozyon risk belirlenmelerinden en önemlileri CORINE (Coordination of Information on the Environment), ICONA (Institut National pour la Conservation de la Nature) ve LEAM (Land Erodability Assessment Model) yöntemleridir.

CORINE yöntemi, bazı Avrupa Birliği ülkelerinde; erozyon riskinin belirlenmesinde ve haritalandırılmasında kullanılmaktadır. Bu yöntemde toprak, iklim, eğim ve arazi kullanım durumu göz önüne alınarak modelleme yapılmış; ağırlık matrisi ile öğelerin ağırlıkları kullanılarak erozyon riski belirlenmektedir. İspanya Doğal Kaynaklar Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen bir model olan ICONA yönteminde ise; litoloji/jeoloji, arazi kullanım durumu ve eğim faktörleri kullanılarak erozyon riski belirlenmektedir. Potansiyel erozyon risk değerlendirilmesinde yararlanılan bir diğer metot ise LEAM yöntemidir (Manrique, 1988). Bu yöntemde erozyon riskini belirleyen üç faktör bulunmaktadır. Bunlar; eğim, iklim (erozivite) ve toprağın erozyona duyarlılığı (erodabilite) faktörleridir. Etke/Yetke, Usle, Musle, Usle-M ve Rusle gibi modeller ise niceliksel erozyon risk belirleme yöntemleridir. Bu yöntemler ile erozyon ile kaybolan toplam materyal miktarı hesaplanmaktadır (Kale ve Vadsola, 2012, s. 140; Nabi, 2009, s. 17).

Ancak ICONA, CORINE ve LEAM gibi bu modeller dünya ölçeğinde tasarlanmış olup; mikro ölçekte hassasiyetleri tartışılmaktadır. Modellerde genel olarak toprak ve iklim özellikleri temel alınarak matematiksel kurgular yapılmıştır. Ancak özellikle erozyona etki eden faktörlerin ağırlıkları belirlenirken yerel özellikler kullanılmamaktadır. Bu modellerde kullanılan ağırlıklar makro ölçekte belirlenmiştir. Her üç model de farklı doğal ortam özelliklerinin erozyona etkisi sorgulanmaktadır. Ayrıca bu yöntemlerde erozyon riskinde etkili olan yamaç şekli ve bakı gibi faktörler kullanılmamaktadır.

Bu çalışmada Kıyı Ege'nin coğrafi özellikleri (sıcaklık, yağış, jeoloji/litoloji, topografya vb.) göz önüne alınarak AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) kullanılarak, yeni bir erozyon modeli geliştirilmiştir. Çalışma alanında daha önce yapılan çalışmalar incelenerek erozyon riskine neden olan faktörler belirlenmiştir. Ayrıca dünya genelinde kullanılan model parametreleri incelenerek Kıyı Ege'de erozyona neden olabilecek faktörler saptanmış bu faktörler için erozyon riskine etki etme yüzdeleri hesaplanmıştır.

Erozyon çalışmalarında analizler için gerekli olan verilerin (yağış, buharlaşma, toprak, eğim, yükselti) toplanmasında; çalışma sahalarının büyüklüğü sebebi ile zorluklarla karşılaşmaktadır. Karmaşık konumsal verinin analizinde kullanılabilen CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yöntemi; erozyonun modellenmesi ve farklı senaryoların üretilmesi sürecinde oldukça etkin rol oynamaktadır (Sharma, Menenti, ve Huygen, 1996). Bu aşamada geniş bir

alana ait verilerin elde edilmesi ve işlenmesinde Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri önem kazanmaktadır. Uzaktan Algılama yardımıyla, çalışma alanının halihazır durumuna bağlı bilgiler, klasik yöntemlere göre oldukça kolay ve hızlı olarak elde edilebilmektedir (Apaydın, 2002, s. 41). Bu nedenle bu çalışmada CBS ve Uzaktan Algılama tekniklerinden yararlanılmıştır.

Yeni geliştirilen model yardımı ile çalışma alanının erozyon risk durumu ortaya konmuştur. Modelin geçerliliğinin kontrol edilmesi amacıyla; çalışma alanının erozyon riski ICONA yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar geliştirilen model sonuçları ve konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca Orman Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan toprak kaybı haritası sonuçları elde edilen model sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Belirlenen faktör ağırlıklarının ne derece etki ettiklerini gösterebilmek amacıyla tüm faktörlerin eşit ağırlıkta etki ettikleri varsayılmış ve erozyon riski ağırlıklar olmadan yeniden belirlenmiş ve geliştirilen model sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Erozyon risk durumunun değerlendirilmesi amacıyla; çalışma sahasının mevcut arazi kullanım durumu ve arazi yetenek sınıfları belirlenerek; karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılma neticesinde meydana gelen yanlış arazi kullanım durumu ile erozyon risk durumu karşılaştırılmıştır. Özellikle tarım yapılan VI. ve VII. Sınıf arazilerde erozyon riskinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın **ikinci bölümünde**; gerek erozyon riskinin belirlenmesi için kullanılan yöntemler gerekse CBS ve uzaktan algılama yöntemlerinin erozyon riskinin belirlenmesinde kullanılması ile ilgili literatür hakkında bilgi verilmiştir. **Üçüncü bölümde**; çalışmada kullanılan yöntemler detaylı olarak ele alınmıştır. **Dördüncü Bölümde**; çalışma alanının genel doğal ortam özellikleri verilerek; erozyon riskine neden olan çalışma alanının doğal ortam özellikleri üzerinde durulmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda bahsedilen ve erozyon riski oluşturan faktörlerin sahadaki dağılımları detaylı olarak incelenmiştir. **Beşinci Bölümde**; dünya çapında kullanılan erozyon risk modelleri anlatılmış, çalışma alanı doğal ortam özelliklerinin göz önünde bulundurulduğu “*yeni bir erozyon risk modeli*” oluşturulmuştur. Yeni oluşturulan modelin doğruluğunun kontrol edilmesi amacıyla çalışma alanındaki erozyon riski ICONA yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Erozyon riskine etki eden faktörler için belirlenen ağırlıkların ne derece etki ettiklerini gösterebilmek amacıyla çalışma alanının erozyon riski ağırlıklar olmadan yeniden belirlenmiştir. **Altıncı bölümde** bir önceki bölümde elde edilen erozyon risk sonuçları karşılaştırılarak çalışma alanının özellikleri ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca daha önce yapılan çalışmalar çerçevesinde elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. **Yedinci Bölümde** ise geliştirilen erozyon risk modeli ile ilgili sonuç ve öneriler verilmiştir.

1.1. Problem Durumu

Erozyon riskine etki eden faktörlerin belirlenerek bu faktörlere göre erozyon riskinin ortaya konması ve haritalanması erozyonla mücadele açısından önemlidir.

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde erozyon riskinin belirlenmesinde birçok yöntem kullanıldığı görülmektedir. 1978 yılında Wishmeier ve Smith tarafından oluşturulan ve dünyada yaygın kullanım alanı bulan yöntemlerden biri USLE (Universal Soil Loss Equation) yöntemidir (Wishmeier ve Smith, 1978). 1991 yılında Renard tarafından ortaya konan ve USLE yönteminin geliştirilmiş bir versiyonu olan RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) yöntemi amprik bir modele sahiptir ve uzun vadede yamaçlardan taşınarak kaybedilen ortalama yıllık toprak miktarını ortaya koymaktadır (Üstüntaş 2000). Güney Avrupa ülkelerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş CORINE yöntemi de başlıca erozyon belirleme yöntemleri arasında sayılabilir (Schmidt, 2000). Taşınan ve biriken materyalin miktarını ve tarım alanlarından organik maddelerin taşınmasını belirleyen CREAMS (The Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems) yöntemi 1980 yılında Knisel tarafından ortaya konulmuştur (Üstün 2000:3). LEAM (Land Erodibility Assessment Model) modeli ise potansiyel erozyon risk değerlendirilmesinde kullanılan (Manrique, 1988) bir diğer modellerden biridir.

Ancak mevcutta kullanılan erozyon risk belirleme yöntemleri doğal ortam özelliklerinin tamamını kapsamamakla birlikte; erozyon riskine etki eden özelliklerin ağırlıkları kesin olarak bilinmemektedir. Özellikle havza veya bölge ölçeğindeki küçük alanları kapsayan sahalardaki erozyon riskinin belirlenmesi için dünya ölçeğindeki modellerin kullanılması erozyon riskine sebep olan faktörlerin genelleştirilememesi elde edilen sonuçları olumsuz etkileyebilmektedir. Yöntemler genel itibariyle incelendiğinde; iklim özellikleri LEAM ve CORINE yönteminde kullanılırken ICONA yönteminde kullanılmamaktadır. Erozyon riski açısından oldukça önemli bir faktör olan arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğu verileri LEAM yönteminde yok sayılırken; CORINE yönteminde bitki örtüsü yoğunluğu dikkate alınmadan sadece arazi kullanımı parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Buradan hareketle erozyon riskinin belirlenmesi için kullanılan modellerin detaylı olarak incelenerek, erozyon riskine etki eden tüm doğal ortam özelliklerinin sorgulandığı bir modelin geliştirilmesi önemli bir ihtiyaçtır.

CORINE yöntemi kullanılarak erozyon riskinin belirlendiği çalışmada yöntemin olumsuz görülen yönünün bütün tarımsal kullanımların çok ciddi erozyon tehdidi altında gözükmeleri olarak düşünüldüğünü ifade edilmiştir (Everest ve Özcan, 2007, s. 46). Erozyon riskinin belirlenmesi için ICONA yönteminin kullanıldığı çalışmada modelin iklimsel verileri dikkate almadığı, yağış şiddeti ve dağılım parametreleri gibi iklimsel verilerin

modele entegre edilmesinin, yağış erozivitesi tahminlerini iyileştirebileceği belirtilmiştir (Bayramın, Dengiz, Başkan, ve Parlak, 2003, s. 115).

Belirli bölgelerde hakim olan ve erozyon riskine sebep olan faktörlerin tamamının dünya ölçekli erozyon risk modellerinde kullanılamaması risk belirlenmesinde eksiklikler olabilir mi sorusunu akla getirmektedir.

1.2. Amaç ve Önem

Bir sahanın toprak erozyonu tahmininde, o sahada hangi modelin uygulanacağını seçimi, araştırmacıların karşısına her zaman bir problem olarak çıkmaktadır (Meijerink ve Lieshout, 1996, s. 437). Bazı modeller belli bir amaç için tasarlanmıştır ve çok özel alanlar içindir ve diğer alanlarda iyi sonuç vermeyebilir (Shrestha, 2000, s. 5). Bu yüzden erozyon modellemesinde ilk etap kullanılacak uygun modelin seçilmesidir. Söz konusu modellerin her biri kendine göre avantaj ve kısıtlayıcı faktörler içermektedir.

Erozyon riskine sebep olan doğal ortam özellikleri birçok çalışmada ortaya konmuştur. Ancak bu faktörlerin ağırlıklarının belirlendiği çalışma sayısı çok azdır. Ayrıca erozyon riskinin belirlendiği çalışmaların birçoğunda CORINE, LEAM ve ICONA gibi yöntemler kullanılmış, erozyon riskinin belirlenmesi için sadece bu yöntemlerin öngördüğü doğal ortam özelliklerinin etkisi sorgulanmıştır. Ancak yamaç şekli ve bakı gibi bazı doğal ortam özellikleri erozyon risk modellerinde yer almamaktadır. Oysaki bu iki faktörün erozyona etkisi ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Ayrıca erozyon riskine etki eden her bir doğal ortam özelliğinin erozyon riskine etki yüzdesi aynı olmayıp, dünya ölçeğinde kullanılan modellerde her bölge için aynı katsayılar kullanılmaktadır. Dolayısı ile erozyon riskinin belirlenmesinde erozyon riskine etki eden tüm doğal ortam özelliklerinin belirlenip; bu faktörlerin bölgesel olarak ağırlıklarının ortaya konması gerekmektedir. Bu durum elde edilecek sonuçların hassasiyetini arttıracaktır.

Bu çalışmada; yukarıda bahsedilen eksikliklerin giderilmesi için, dünya ölçeğinde kullanılan erozyon risk modelleri ve mevcut literatür çerçevesinde yeni bir erozyon risk modeli geliştirilmiştir. Dünya ölçeğinde kullanılan erozyon risk modellerinde dikkate alınmayan bakı ve yamaç şekli parametreleri geliştirilen bu modelde kullanılmıştır.

Yapılan bu çalışma sonucunda erozyon riskine etki eden faktörler ve ağırlıkları saptanarak istenildiği zaman değiştirilebilecek bir erozyon risk modeli oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen erozyon risk modeli; farklı bölgelere uygulanabilir hale getirilmiştir. Belirli formüllerle erozyon riskinin belirlendiği yöntemlerin aksine, parametrelerin değiştirilebilmesi ve birçok doğal ortam özelliğinin erozyon riskine olan etkisinin sorgulanabilmesi bu çalışmanın önemini arttırmaktadır.

1.3. Problem Cümlesi / Alt Problem Cümleleri

Yeni bir erozyon risk modeli oluşturularak erozyon riskine etki eden doğal ortam özelliklerinin ağırlıkları tespit edilebilir mi?

Alt Problemler

- 1- Yeni oluşturulan erozyon risk modeline göre Kıyı Ege'nin doğal ortam özellikleri ve bileşenlerinin erozyon riskine etkisi nedir?
- 2- Yeni oluşturulan erozyon risk modeline göre Kıyı Ege'de erozyon riski altındaki alanlar nerelerdedir?
- 3- Dünya ölçeğinde kullanılan ICONA yöntemi ile belirlenen erozyon riski ile yeni oluşturulan erozyon risk modeli ile belirlenen erozyon riski arasında ne gibi farklar vardır?
- 4- Yeni oluşturulan erozyon risk modeli ile belirlenen erozyon riski gerçeği ne kadar yansıtmaktadır?

1.4. Sayıtlar

Çalışma neticesi ile oluşturulan erozyon risk haritasında rüzgâr/kimyasal erozyonunun olmadığı varsayılmıştır.

Geliştirilen modelde kullanılan arazi kapallılık durumu parametresinin NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) sonuçları ile paralellik gösterdiği varsayılmıştır.

Uzaktan algılama yöntemleri çerçevesinde kontrollü (supervised) ve kontrolsüz (unsupervised) sınıflandırma ile elde edilen uydu verisi sonuçlarının arazi kullanım durumunu tam yansıttığı varsayılmıştır.

Metinde geçen toprak erozyonu kavramının toprak ve/veya anakaya aşınması olduğu varsayılmıştır.

1.5. Sınırlılıklar

Çalışma sahasının geniş bir alanda olması sebebi ile özellikle yerleşim birimine ait veriler göz ardı edilmiştir. Kent içi arazi kullanımı ve kent içi yapılaşma ile ortaya çıkan mikro ölçekteki erozyon riski hesaplamaya katılmamıştır.

Çalışmanın ölçeği düşünülerek; arazi kullanım sınıfları puanlandırılırken yol, demiryolu, barajlar gibi insan yapıları ile şehir merkezleri erozyon risk grupları olarak algılanmıştır. Bu veriler uydu verilerinden elde edilmiştir.

Erozyon riski belirlenirken kimyasal erozyon ve suda çözünme olayları dikkate alınmamıştır.

BÖLÜM II

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde; yeni bir erozyon risk modelinin geliştirildiği çalışmanın yeri mevcut yayınlara göre sorgulanarak kısa bir analiz yapılmıştır. Daha önce yapılan çalışmalar özleri itibariyle iki kısımda incelenmiştir. Birinci kısımda erozyon riskine etki eden doğal ortam özelliklerinin sorgulandığı çalışmalar ile çalışma sahası olan Kıyı Ege Bölümünde doğal ortam özelliklerinin erozyon riskine etkilerinin belirlendiği çalışmalar incelenmiştir. İkinci kısımda ise erozyon risk modellerinin sorgulandığı ve bu modellerin kullanıldığı yayınlar çerçevesinde yapılan bu çalışmanın yeri irdelenmiştir.

2.1. Doğal ortam özelliklerinin erozyona etkisinin sorgulandığı çalışmalar

Doğal ortam özelliklerinin erozyon riskine olan etkisinin sorgulandığı, deneysel modellerin geliştirildiği çalışmalarda genel itibariyle doğal ortam özelliklerinin erozyon riskine etkisi detaylı olarak incelenmiştir. Bu çalışmalar ile ortaya çıkartılan bulgular erozyon risk modelinin oluşturulmasında önemli katkı sağlamıştır. Erozyon risk modelinde kullanılan doğal ortam özellikleri bu çalışmalar dikkate alınarak oluşturulmuştur. Ancak aşağıda belirtilen çalışmalarda yeni bir erozyon risk modeli ortaya konulmamış; sadece doğal ortam özelliklerinin erozyona etkileri sorgulanmıştır.

Özyuvacı (1976) Arnavutköy Deresi yağış havzasında yaptığı araştırmada dispersiyon oranlarını bütün toprak gruplarında 15'ten büyük bularak havza topraklarının genel olarak erozyona duyarlı olduğunu belirtmiş ve bu duyarlılığın fazladan aza doğru kristalin şist, killi şist, arkoz, granit, kuvarsit ve neojen formasyonuna ait topraklar şeklinde olduğunu bulmuştur. Dispersiyon oranında görülen farklılık ana materyal için 0.05, toprak derinliği için ise 0.01 seviyesinde önemli olduğunu varyans analizi ile belirlemiştir.

Kraft, Kayan, ve Aschenbrenner (1985) yapmış oldukları çalışmada; genellikle silt, kil ve kumdan oluşan Neojen çökellerinin çok hızlı bir şekilde aşındığını ortaya koymuştur.

Toksoy (1998) Erzurum Ovası topraklarının önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri ile erozyona hassasiyetleri arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla yaptığı bir araştırmada, toprakların kendi özelliklerine bağlı olarak erozyona karşı olan hassasiyetlerinin farklılık gösterdiğini bulmuştur. Erozyonun yağmurun erozyon oluşturma gücü ile toprağın erozyona karşı göstereceği duyarlılığın ortak bir sonucu olduğu; toprağın erozyona duyarlılığının toprağın fiziksel özelliklerine dolayısıyla infiltrasyon hızına ve yüzey akışa bağlı olan karmaşık bir olay olduğu kanaatine varmıştır.

Çukur (1998) Ege Bölümünün Ekosistemleri isimli çalışmasında; çalışma sahasında doğal ortam özelliklerinin erozyon riskine olan etkilerinden yer yer bahsedilmiştir. Bu

çalışmanın Kıyı Ege Bölümünde yapılmış olması ile sahanın doğal ortam özellikleri detaylı olarak belirlenmiştir. Bu çalışma ile elde edilen veriler erozyon risk modeli oluşturulurken kullanılmıştır.

Fox ve Bryan (1999) tarafından yapılan eğim büyüklüğü ve eğim uzunluğunun erozyon riskine etkisinin araştırıldığı çalışmada, eğimin yüzey akış hızını, suyun taşıma gücünü ve dolayısıyla toprak kayıplarını etkilediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca söz konusu çalışmada eğimdeki artışın yüzey akışında da artış meydana getirdiğini ortaya koyulmuştur.

Cerda (1999) anakayanın erozyona olan etkisini deneysel yöntemle araştırdığı çalışmada; erozyonun en fazla marn üzerinde oluşan topraklarda meydana geldiği, bunu sırayla kil, kireçtaşı ve kumtaşı üzerinde oluşan toprakların izlediğini belirtmiştir.

Şahin (1999) toprağın fiziksel özellikleri ile erozyon arasındaki ilişkileri incelemiş, toprakların sahip oldukları özelliklere bağlı olarak erozyona karşı dirençlerinin de farklılık gösterdiğini saptamıştır.

Yüksek ve Okatan (2000) Trabzon Limni Deresi Havzası topraklarının bazı fiziksel özellikleri ile erozyon eğilimi arasındaki ilişkileri saptayabilmek üzere yapmış oldukları bir çalışmada, toprakları erozyona karşı duyarlı bulmuşlardır. Duyarlılığın kil miktarı ile orantılı olarak arttığını belirlemişlerdir.

Esmail, ve Ahmadi (2003) heyelan tehlikesi altında bulunan Germichay bölgesinde, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullandığı çalışmasında heyelan risk sınıflaması yapmıştır. Sınıflandırma çalışmasında AHP tekniği yardımıyla heyelana etkisi olan 7 etkenin (jeoloji, eğim, vb.) ağırlıklarını belirlemiştir. Elde edilen ağırlıklar yardımıyla, etkenlere (0–100) değerleri arasında puanlama yaparak, heyelan risk haritasını oluşturmuştur. Yapılan bu çalışma sonucunda, Germichay bölgesinin % 60'lık bölümünün yüksek heyelan riski altında olduğu ortaya konulmuştur.

Yurtçan (2009) *Erozyon Tahmin Analiz Yöntemleri, Erozyon Kontrolü ve Önlenmesi Kapsamında Yapılan Çalışmalar Hakkında Kapsamlı Bir İnceleme* isimli çalışmada; erozyon kavramı, erozyonun analiz yöntemleri ve erozyona karşı alınabilecek önlemler, gerek yerli gerekse dünya literatürü üzerinden incelenmiştir. Erozyon kavramı, erozyon çeşitleri ve temel mekanizmaları anlatılmış; erozyon kontrolü ve yöntemleri incelenip ve tanıtılarak; erozyon analiz ve tahmin yöntemleri anlatılmış ve mevcut bir örnek üzerinden irdelemesi yapılmıştır.

Bouaziz, Leidig ve Gloaguen (2011) yapmış oldukları çalışmada; erozyon riskinin büyük ölçüde bitki örtüsüyle ilişkili olduğunu çalışma alanındaki düşük yoğunlukta bitki örtüsünün olduğu yerlerde, çok yüksek riski olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma sonucunda bitki örtüsünün toprak erozyonu risk düzeyini belirleyen ana parametre olduğu;

yüksek ve çok yüksek erozyon riski olan alanlarda koruma stratejilerinin derhal benimsenmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Değerliyurt (2013) Seyrek olarak dikilen zeytin ve meyve ağaçlarının erozyonu önlemede yetersiz olduğunu, toprakların erozyona karşı korunması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca doğal etkenlerin yanında insanın tercihi sonucu oluşan arazi kullanımının da erozyonu arttırdığını belirtmiştir. Aynı çalışmada erozyonla taşınan toprağın, insanın çabalarıyla tekrar geri getirilmesinin hem zor hem de ekonomik olmayan bir işlem olduğu, toprağın daha yerinde iken korunması gerektiğini savunmuştur.

Sönmez, Çelik, ve Seven (2013) Coğrafi bilgi Sistemleri ve Uzaktan algılama yöntemi kullanarak erozyon risk alanlarını belirledikleri çalışmada; Eğim, litoloji ve arazi örtüsünün kapallılık özelliklerinin erozyon riskinin doğal olarak artışındaki en önemli nedenlerden biri olduğunu, bunun yanında özellikle hatalı arazi kullanımı nedeniyle erozyon riskinin sürekli arttığını belirtmiştir. Çalışma sonucunda çalışma alanında tarım alanlarının sürekli yamaçlara doğru gelişmesi, yanlış sürüm teknikleri ve aşırı otlatmanın doğal faktörlere eklendiği ve çalışma sahasında erozyonu sürekli tetiklediğini, doğal olarak yüksek erozyon riski taşıyan çalışma sahasında, beşeri faaliyetlerle erozyon riskinin yükseldiğini ve erozyona uğrayan alan miktarı gün geçtikçe arttığını ortaya koymuştur.

Vardar (2013) Çalışma alanı olarak seçilen Kıyı Ege Bölümünün havzalarından biri olan Küçük Menderes Havzasında yapmış olduğu çalışmada; yamaçlarda eğimin artması ile birlikte yağışın erozyon riskine sebep olduğunu belirtmiştir. Ayrıca söz konusu çalışmada yaz ve erken sonbahar döneminde meydana gelen sağnaklarda bitki örtüsünün tahrip edildiği eğimli yüzeylerde şiddetli erozyon görüldüğü belirtilmiştir.

Oğuz (2015) Arazinin bilinçsiz ve hatalı kullanımının doğal olarak erozyon riskini tetiklediğini, bunun yanında, yamaçlarda yapılan tarım faaliyetlerinin zaten var olan doğal faktörlerle birleşerek erozyon riskini daha da arttırdığını vurgulamıştır. Çalışmada ayrıca erozyon riski için önlem alınmadığı takdirde; havzadaki erozyonun önlenemeyecek bir noktaya geleceğini bu sebeple erozyonu azaltmaya yönelik alınacak önlemlerin, aynı zamanda beşeri faaliyetlerin de çeşitlenmesine katkı sağlayacağını ortaya koymuştur.

Sunkar ve Avcı (2015) Çalışma Alanında bitki kapallılığının çok seyrek olması nedeniyle, erozyonun şiddetlenerek anakaya erozyonuna dönüştüğünü, iklim ve litolojik özellikler nedeniyle bitki kapallılığının düşük olduğu alanlarda ağaçlandırma çalışmalarının oldukça zorlandığını belirtmiştir. Ayrıca erozyon nedeniyle sağanak yağışlar sonrasında ovada sel ve taşkınlar görüldüğünü vurgulamıştır.

Karaş ve Oğuz (2017) Havza ölçeğinde arazi kullanım türlerine göre toprak kayıplarını inceledikleri çalışmada; orman ve mera sahalarında toprak kaybının en az

düzeyde olduğunu vurgulamıştır. Aynı çalışmada tarım alanlarında ve tahrip edilmiş makilik sahalarda toprak kaybının yüksek olduğunu, sahadaki toprak kaybının yaklaşık % 97'lik kısmının bu alanlarda olduğunu tespit edilmiştir.

2.2. Erozyon risk modellerinin kullanıldığı çalışmalar

Yeni bir erozyon risk modelinin geliştirildiği bu çalışmada, dünya ölçeğinde kullanılan erozyon risk modelleri kullanılarak yapılan çalışmalar incelenmiş; bu modellerdeki eksiklikler dikkate alınarak yeni bir erozyon risk modeli oluşturulmuştur. Erozyon risk modelinde kullanılan parametreler bu çalışmalarda belirtilen eksiklikler doğrultusunda belirlenmiştir.

Erol (2000) CORINE yöntemi kullanarak Mihalıççık/Eskişehir ilçesine ait mevcut ve potansiyel erozyon risk haritası oluşturmuş; çalışma sonucunda arazi kullanımı ve bitki örtüsünün erozyon riskine etki eden en önemli faktör olduğu sonucuna varmıştır.

Bayramin ve diğerleri (2003) Ankara/Beypazarı'nda yaptıkları çalışmada; söz konusu alanın erozyon riskini ICONA yöntemi ile belirlemişlerdir. Bu çalışmada metodun aşamaları ve haritalanması CBS yöntemi ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda çalışma alanının erozyon risk potansiyeli belirlenmiştir.

Ekinci (2004) Kozlu Deresi Havzası'nın potansiyel erozyon riski alanlarının tespit edilme ve sınıflandırılması işleminde niceliksel modellerden CBS Tabanlı RUSLE Yöntemini kullanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen verilere göre, inceleme alanında eğim değerlerinin büyük olduğu, zemin örtüsünden yoksun ve ince taneli toprakların birlikte bulunduğu sahalarda şiddetli erozyon alanları olduğu, eğim değerlerinin küçük olduğu, zemin örtüsünün kapallılık değeri yüksek ormandan oluştuğu ve kaba taneli toprakların bulunduğu sahalarda ise erozyonun çok hafif olduğu sonucuna varmıştır.

Okalp (2005) İzmir Kocadere Havzasının yıllık toprak kaybı miktarının belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri çerçevesinde belirlenerek arazi yapıları için erozyon risk haritalarını oluşturmuştur. Çalışmada yıllık toprak kaybı miktarını belirlemede Evrensel Toprak Kaybı eşitliği (Universal Soil Loss Equation, USLE) kullanılmıştır. Yıllık toprak kaybı miktarlarının hesaplanması sonucunda havza üç farklı (düşük, orta, yüksek) erozyon sınıfına ayrılmıştır. Sınıflandırılmış üç risk haritasının karşılaştırılması sonucu çalışma alanında topografyanın çıplak arazi ve zayıf bitki örtüsüne sahip alanlarda erozyon sürecinin baskın etkeni olduğu ortaya koyulmuştur.

Tombuş (2005) yapmış olduğu çalışmada CORINE ve ICONA metodlarını ayrı ayrı incelemiş, CORINE modelinde kullanılan toprak özelliklerinin geniş sahalarda uygulanmasının zor olduğu bu sebeple geniş sahalarda toprak özellikleri yerine anakayanın kullanılabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Dengiz ve Baskan (2007) Çalışmalarında CORINE yöntemi arazi kalitesinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Farklı bir matematiksel model kurularak Tuz Gölü koruma alanının arazi kalitesi belirlenmiştir. Bu çalışmada haritalama ve sorgulamalar CBS yöntemi ile yapılmıştır.

Le Roux, Newby, ve Sumner, (2007) yapmış oldukları çalışmada dünya genelinde kullanılan birçok erozyon risk modelini incelemiştir. Yapılan inceleme sonucunda, erozyon riskine etki eden faktörlerin bölgesel olarak değiştiği bu sebeple erozyon riskinin belirlenmesinde seçilecek modelin o bölgenin özelliklerini yansıtmaması gerektiği vurgulanmıştır.

Wan ve Sangchyoswat (2010) ICONA erozyon risk modelinin geniş alanlarda yapılan çalışmalarda erozyon riskinin değerlendirilmesinde yararlı olduğunu belirterek, yağış yoğunluğu ve yağış dağılışı gibi iklimsel verilerin kullanılarak ICONA erozyon risk modelinin daha etkili olabileceğini vurgulamıştır.

Tüfekçioğlu ve Yavuz (2016) Türkiye genelinde RUSLE metodu kullanılarak yapılan bazı çalışmalarda elde edilen ortalama erozyon miktarlarının bu alanların ağırlıklı olarak iklim, topografya ve bitki örtüsü özelliklerinden kaynaklandığını birçok çalışmada bu durumun belirli derecelerde farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Aynı şekilde RUSLE faktör hesaplamalarında kullanılan eşitliklerin ve altlık haritaların bazı faktörler için kısmen farklı oluşu üretilen erozyon miktarını da farklı kıldığını ifade etmiştir.

BÖLÜM III

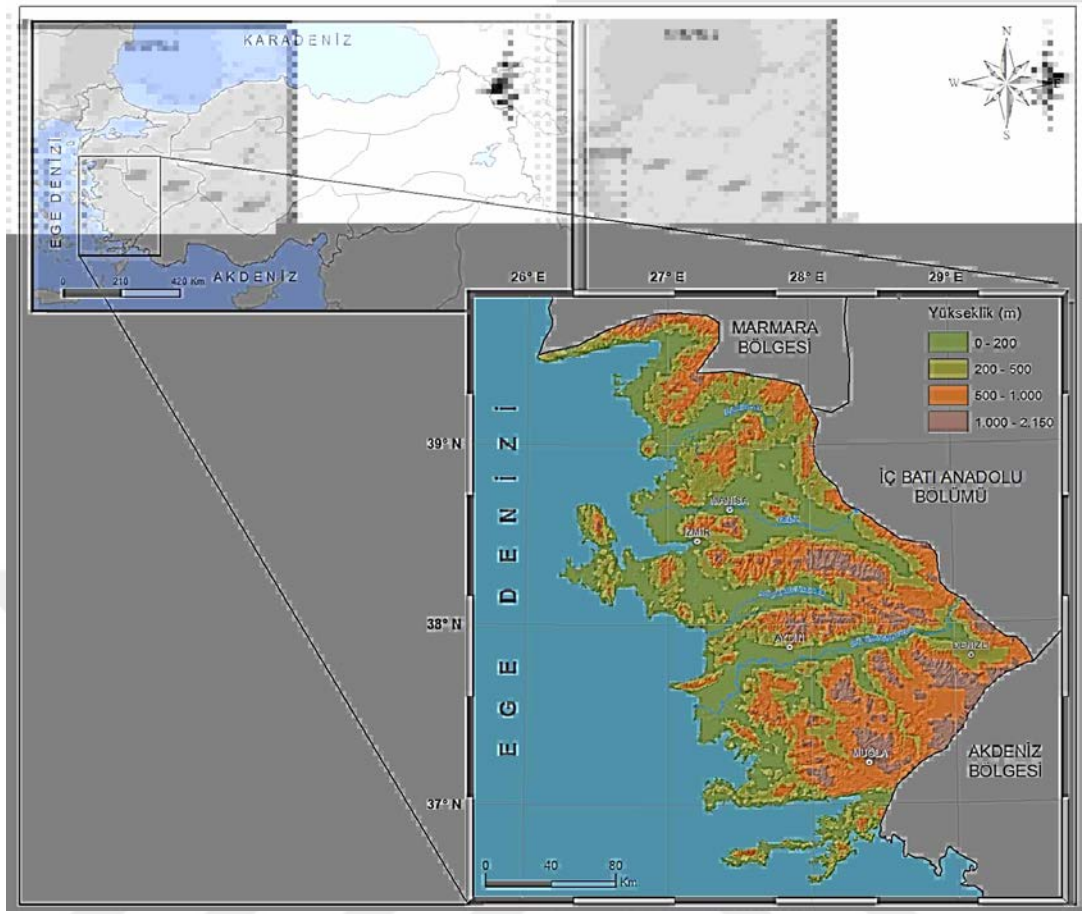
YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Çalışma alanı olarak Kıyı Ege Bölümü seçilmiştir (Şekil-1). Seçilen sahanın farklı coğrafi özellikleri (farklı dayanımlıktaki anakaya, çok farklı eğim ve yükselti özellikleri) barındırması sahanın seçilmesinde etkili olmuştur. Araştırma sahası sınırının geniş tutulması farklı birimlerin bir arada sorgulanabilmesi açısından önemlidir. Çalışma sınırı litolojik/jeolojik ve klimatolojik özellikler, vejetasyon özellikleri gibi coğrafi faktörler açısından farklı birimleri içerdiğinden çalışmanın amacı ile örtüşmektedir. Ayrıca sahada farklı arazi kullanım tiplerinin mevcudiyeti; bu kullanımların erozyon riski açısından değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Erozyon risk modelinin oluşturulması ve erozyona etki eden faktörlerin tespiti için ilk olarak kaynak taraması yapılmış; mevcut erozyon risk durumuna neden olan doğal ortam özellikleri belirlenmiştir. Doğal ortam özelliklerinin erozyon riskine hangi oranda etki ettiğinin hesaplanabilmesi için, gerek arazi gözlemleri gerekse daha önce sahada yapılan çalışmalar göz önüne alınarak AHP (Analitik Hiyerarşi Yöntemi) kullanılarak ağırlıklar saptanmıştır. Belirlenen ağırlıklara göre erozyon riskine etki eden tüm doğal ortam özellikleri çok katmanlı ağırlıklı çakıştırma yöntemi (Weighted Overlay) kullanılarak çakıştırılmış, çalışma sahasının erozyon riski belirlenmiştir.

Kıyı Ege Bölümü üretilen erozyon risk modeli yardımı ile sahadaki erozyon riski belirlenerek haritalanmıştır. Geliştirilen modelde kullanılan doğal ortam özelliklerinin ağırlıklarının ve modelin genel itibarıyla doğruluğunun ölçülebilmesi amacıyla sahanın erozyon riski ICONA yöntemi ile belirlenmiş, her iki yöntem ile elde edilen erozyon risk sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca elde edilen erozyon risk sonuçları gerek arazi gözlemleri gerekse daha önce yapılan çalışmalar doğrultusunda irdelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen ve birbiri ile örtüşmeyen alanların nedenleri araştırılarak model yeniden düzenlenmiştir.



Şekil 1: Çalışma alanının konumu

3.2. Veri Toplama Araçları

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama yöntemleri kullanılarak; çalışma sahasının doğal ortam özellikleri ve erozyon riski belirlenmiştir. Bu çalışmada veri tabanı oluşturulması, analizlerin yapılması ve uydu verilerinin değerlendirilmesi için CBS ve uzaktan algılama yazılımları kullanılmıştır.

Bu kapsamda çalışma sahasının;

- Jeomorfolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla;
1/500.000 ölçekli Topografya haritaları kullanılarak;
 - Eğim
 - Bakı
 - Yamaç şekli haritaları üretilmiştir.
- Jeolojik özelliklerinin belirlenmesi için MTA (Maden Teknik Arama) tarafından üretilen 1/500.000 ölçekli Jeoloji/Litoloji haritası kullanılmıştır.

- Klimatolojik özelliklerinin belirlenmesi için;
 - DMİGM'den (Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü) alınan çalışma alanındaki istasyonların (1976-2010 yılları arasındaki) yıllık sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır.
 - Sayısal topografya haritaları kullanılarak
 - Lapse-Rate yöntemi kullanılarak sıcaklık haritası
 - Schreiber yöntemi kullanılarak yağış haritası elde edilmiştir.
- 2017 yılına ait Landsat-7 ETM uydu verileri kullanılmıştır.
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü) tarafından yapılan orman meşcere haritaları
- CORINE (Coordination of Information on Environment) tarafından hazırlanan arazi sınıf haritası kullanılmıştır.
- Çalışma alanındaki erozyon durumunu ortaya koymak için, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) den temin edilen taşınan aylık sediment miktarları verileri kullanılmıştır.

Erozyon riskinde etkili bir faktör olan çalışma alanına ait topoğrafik veriler 1/500.000 ölçekli topografya paftaları yardımı ile oluşturulan sayısal arazi modelinden (SAM) elde edilmiştir. Sayısal arazi modeli için Natural Neighbor yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile oluşturulan arazi modeli kullanılarak, geliştirilen erozyon risk modelinde birer parametre olan eğim, bakı ve yamaç şekli haritaları elde edilmiştir. Natural Neighbour yönteminde ağırlıklı ortalamaya göre işlem yapılmakta, “Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon tekniği” ile benzerlik göstermektedir. Enterpole edilecek noktalar araştırılırken örneklem noktalarında mesafeye bağlı ağırlıklar kullanılmaktadır (Ledeoux ve Gold, 2005, s. 99). Düzensiz yoğunluktaki örneklem verisini ayırıp sınıflayabilen, enterpolasyon mantığının genel amaçlarına uygun sayısal enterpolasyon araçları ile TIN fonksiyonlarını bir algoritmayla beraber kullanan ve özel tanımlı parametrelere ihtiyaç duymayan bir tekniktir (Sambridge ve diğerleri, 1995, s. 839). Noktaların en iyi şekilde enterpolasyonu için bu yöntem tercih edilmiştir.

Erozyon riskinde aşınabilirlik faktörü olarak karşımıza çıkan jeolojik özelliklerin belirlenebilmesi için MTA (Maden Teknik Arama) tarafından üretilen 1/500.000 ölçekli jeoloji/litoloji haritası kullanılmıştır. Geliştirilen erozyon risk modelinde kullanılabilmesi için bu veriler sayısallaştırılarak veri tabanı oluşturulmuş ve jeoloji ve litoloji öznitelik bilgileri girilmiştir.

Erozyon riskinde *aşındırıcı güç* olarak karşımıza çıkan iklim verilerinin belirlenmesi için alanda bulunan bazı istasyonlara ait yıllık sıcaklık ve yağış değerleri D.M.İ. Genel Müdürlüğünden temin edilmiş; bu veriler Excel ortamında analize hazır hale getirilmiştir.

Ayrıca geliştirilen erozyon risk modelinde kullanılabilmesi için her bir meteoroloji istasyonu için veri tabanı oluşturulmuş, iklim verileri veri tabanına öznitelik bilgisi olarak girilmiştir.

Korunabilirlik faktörü olarak karşımıza çıkan ve erozyon riskinin belirlenmesinde önemli bir bileşen olan *mevcut arazi kullanımı durumu* ile bitki örtüsü yoğunluğunun belirlenebilmesi için 2017 yılına ait Landsat-7 verileri kullanılmıştır. Bu veriler *kontrollü sınıflandırma yöntemi* (Supervised Classification) ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme için çalışma alanından el GPS'i (Global Position System) ile kontrol noktaları toplanmış, görüntüler Erdas-8.4 yazılımında kontrollü sınıflandırılmaya tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar raster formatından analizlerde kolaylık ağılanması amacı ile vektör formata dönüştürülmüş, bunun için de Arcgis-10.1 yazılımı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Orman Genel Müdürlüğünün hazırladığı meşcere haritaları ve Corine Projesi (Coordination of Information on the Environment) sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bitki örtüsü yoğunluğunun belirlenebilmesi için Landsat-7 görüntüleri kullanılarak NDVI analizi yapılmıştır.

Çalışma alanındaki mevcut arazi kullanım durumu, arazi yetenek sınıfları ve sahanın toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 1/100.000 ölçekli arazi varlığı haritaları sayısallaştırılarak; veri tabanı oluşturulmuştur.

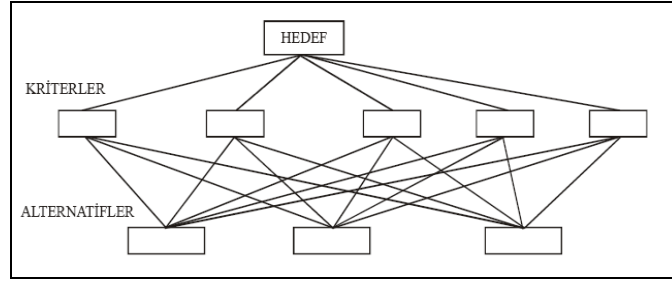
3.3. Veri Çözümleme Teknikleri

3.3.1 Analitik Hiyerarşi Süreci

AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemi kullanılarak çalışma alanında erozyona etki eden faktörlerin ağırlıkları modellenmiştir. Bunun için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş; bu matrislerin çözümü ile erozyona etki eden faktör ağırlıkları belirlenmiştir.

Profesör Thomas L. Saaty tarafından 1970'lerde geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process, AHP) birden çok kriter içeren karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan bir karar verme yöntemidir. AHP, belirlilik ya da belirsizlik altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin olduğu, çok kriterli, çok amaçlı bir karar verme durumunda kullanılır (Ömürbek, Üstündağ, ve Helvacıoğlu, 2013, s. 107).

AHP' nin ilk aşaması hiyerarşinin kurulması ile başlar. Hiyerarşinin kurulması için öncelikle üst seviyedeki kriterden ona bağlı olan alt seviyedeki kritere doğru yol alınması gerekir. Bundan sonra üçüncü seviyedeki alt kritere gidilir ve süreç bu şekilde devam eder. Böylece daha genel olandan daha özel ve belirgin olana gidilmiş olur (Dağdeviren, Akay, ve Kurt, 2004, s. 132) (Şekil-2).



Şekil 2: AHP’de kullanılan basit hiyerarşi modeli (Kaynak: Saaty 1980, s. 54.)

AHP’ de ikinci aşama İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve görelî önem derecelerinin hesaplanmasıdır, bu aşama AHP’ nin temelini oluşturmaktadır. Her bir alt problem birbirleri ile karşılaştırılarak puanlandırılır. İkili karşılaştırmada verilen puanlar Tablo-1’de gösterilmektedir.

Tablo 1

AHP’ de kullanılan ikili karşılaştırma matrisi

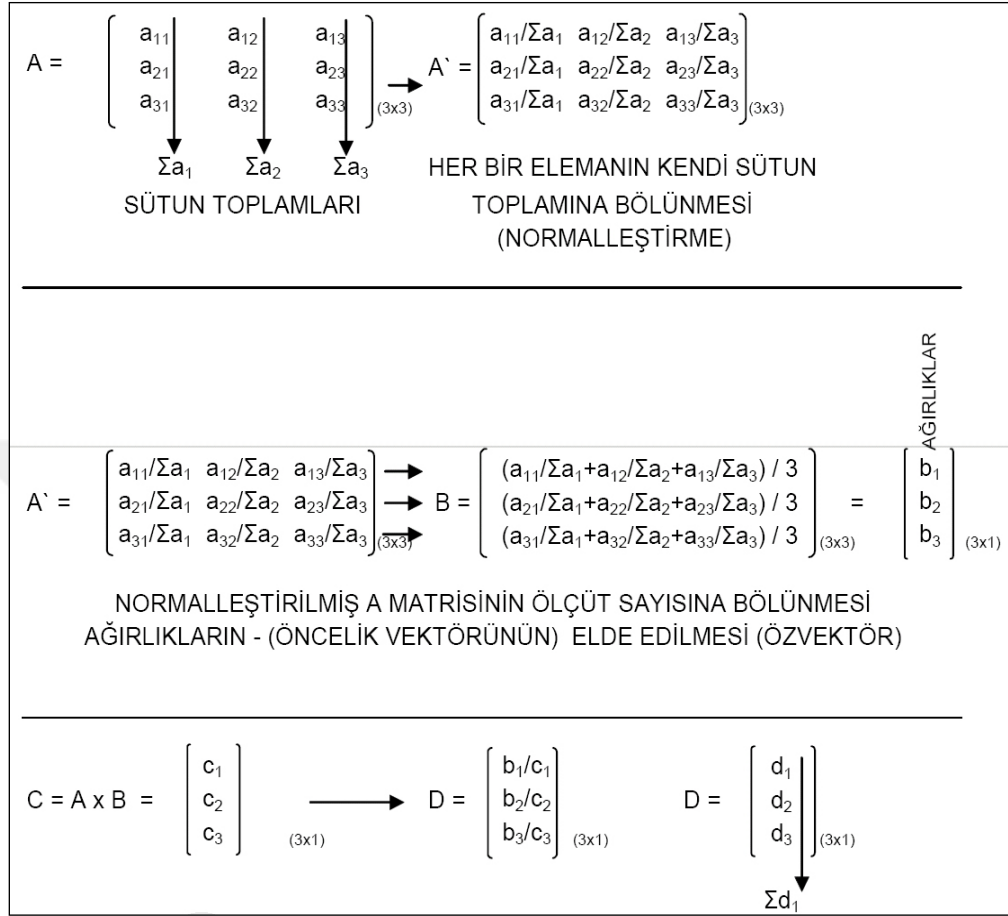
Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunurlar
3	Birinin diğerine göre çok az önemli olması	Tecrübe ve yargı faaliyeti diğerine çok az derecede tercih edilir.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih edilir.
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür.
9	Aşırı derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir.
2, 4, 6, 8	Ortalama değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanmak yukarıda listelenen yargılar arasına düşen değerler

Kaynak: Saaty (1980, s. 54).

Kriterlerin Görelî Önem Değerlerinin Belirlenmesi aşamasında; AHP’ de ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra, karşılaştırılan her bir elemanın öncelik durumunun belirlenmesi aşamasına geçilir. Bu işlem aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır (Ömürbek ve diğerleri, 2013, s. 107).

- İkili karşılaştırma matrisinin her bir sütununun toplamı hesaplanır.
- Her bir matris elemanı bu toplam değere bölünür. Her sütun için bu işlem gerçekleştirilir. Elde edilen sonuç matrisi, “normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi” olarak adlandırılmaktadır.
- Normalize edilmiş matrisin satır elemanlarının ortalaması hesaplanır.
- Kriterlerin görelî önem değerlerini belirlemek için, ikili karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılarak n adet, B sütun vektörü oluşturulur. B sütun

vektörü A matrisindeki her bir sütun değerlerinin ayrı ayrı ilgili sütun toplamlarına bölünmesiyle oluşturulur (Şekil-3).



Şekil 3: AHP' uygulamasındaki işlem adımları (Kaynak: Saaty, 1980, s. 54.)

3.3.2. Fournier İndeksi

Oluşturulan modelde Aşındırıcı Güç olarak kullanılan parametrenin hesabı için Fournier yağış indeksi kullanılmıştır. Fournier indeksi taşınan materyal, iklim verileri ve topoğrafik özellikler arasındaki ilişkiyi ele alan bir indeks olup, “Yağış Erozivite İndeksi” olarak adlandırılmaktadır (Fournier 1960; Wishmeier ve Smith 1978; Lal 1988). Bu indeksin kullanılmasıyla, yağışın erozyon risk sınıfı değerleri elde edilmektedir.

$$\text{Fournier yağış indeksi: } \sum_{i=1}^{12} P_i^2 / p$$

Formülde;

P_i : (i) ayındaki toplam yağış miktarı (mm.)

P : yıllık ortalama toplam yağış (mm.) değerlerini ifade etmektedir.

3.3.3. Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi

Bagnouls-Gaussen Kuraklık indeksi formülü ile sıcaklık ve yağış verileri birlikte değerlendirilmektedir. Bu indeks kuraklık indeksi olarak da bilinmektedir (Bagnouls ve Gaussen, 1957).

$$\text{Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi: } \sum_{i=1}^{12} (2t_i - p_i) \cdot k_i$$

Formülde;

t_i : (i) ayı için ortalama sıcaklık değeri C°

P_i : (i) ayı için toplam yağış miktarı (mm.)

k_i : ($2t_i - P_i > 0$) olduğu ayların oranı olarak hesaplanmaktadır.

3.3.4. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Analizi

Çalışma alanındaki bitki yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla NDVI analizi yapılmıştır. Bu analiz uydu verileri yardımıyla bitki örtüsünün kapalılık durumunun ortaya konduğu önemli analizlerden biridir (Rouse, Haas, Schell, ve Deering 1973; Roderick, Smith, ve Ludwick, 1996).

Bitki çeşitliliği ve yoğunluğunun saptanmasında en çok kullanılan yöntemlerden biri bu sınıflamadır. Landsat TM sensörü, elektromanyetik tayfdeki yakın infrared (IR) yansımayı Band 4'e, görünen kırmızı (R) yansımayı ise Band 3'e kaydetmektedir. Bu durum göz önüne alındığında, formül aşağıda belirtilen şekle dönüşmektedir (Özyavuz, 2011, s. 40).

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Band}_4 - \text{Band}_3}{\text{Band}_4 + \text{Band}_3}$$

Bu analizde; yakın kızılötesi band olan 4. band ile kırmızı band olan Burada; 4. band klorofil ve yeşil bitkilerden etkilenmekte; 3. band ise bu yapılara duyarsızdır (Rouse ve diğerleri, 1973; Roderick ve diğerleri, 1996).

BÖLÜM-4

ÇALIŞMA ALANININ DOĞAL ORTAM ÖZELLİKLERİ

4.1. Jeolojik/Litolojik Özellikler ve Erozyona Etkisi

Erozyon riskine etki eden önemli faktörlerden biri de jeolojik-litolojik özelliklerdir. Kayaçlar kimyasal ayrışmaya ve fiziksel/mekanik aşınmaya dayanıklı ya da dayanıksız olma durumlarına göre erozyon riskine etki ederler (Görcelioğlu, 1982). Kaldı ki Erozyon konusunda yapılan çalışmalara göre Türkiye genelinde gerçekleşen erozyon, toprak aşınımından ziyade ana materyal aşınımı şeklindedir (Atalay, 2002, s. 178). Çalışma alanında bulunan kayaçların erozyon risklerine göre puanlanması Bölüm-5’de detaylı olarak açıklanmıştır. Bu bölümde çalışma alanının genel jeolojik-litolojik özellikleri hakkında bilgi verilerek; konu özellikle kayaçların erozyon riski oluşturması bakımından ele alınmıştır.

Tablo 2

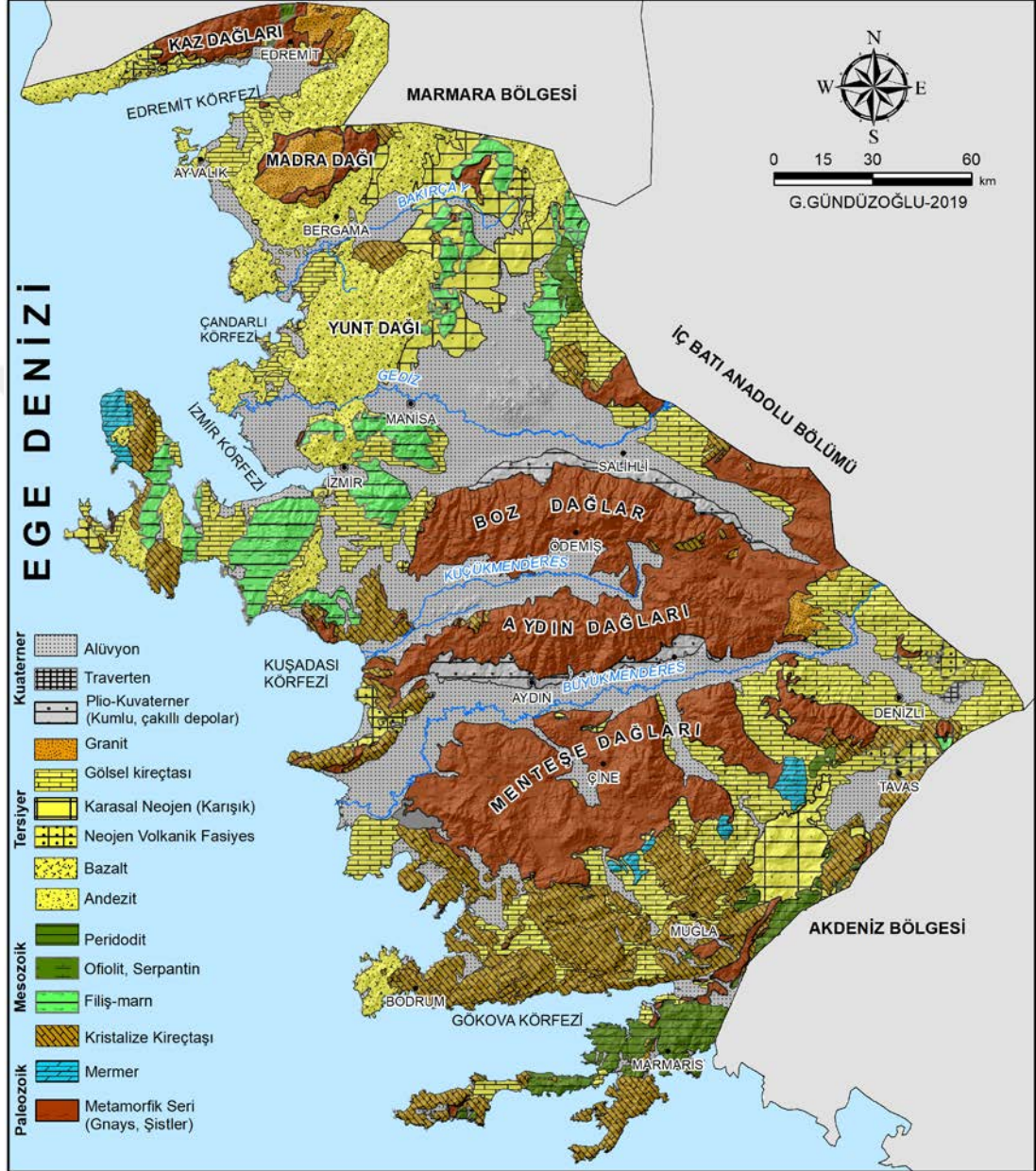
Kayaçların erozyona dayanıklılık indisleri

Grubu	Kayalar	Erozyona dayanıklılık İndisi
Dayanımlı Kayalar	Bazik kayalar	Bazalt, serpantin, andezit
	Asidik kayalar	Granitler
	Metamorfik kayalar	Gnays
		Mikaşist
	Dayanımlı kalkerler	Kristalize kireçtaşı
Çözülebilir Kayalar	Gölsel Neojen	
	Kolay ufalanabilen şistler	
	Flişler	
	Marnlar ve killer	
Sedimanter Depolar	Pliokuaterner depolar	
	Kuvaterner Alüvyon	
	Birikinti koni ve yelpazeleri	

Kaynak: Görcelioğlu,1982 (Çalışma alanında yer alan kayaç gruplarına göre yeniden düzenlenmiştir).

Anamateryalin fiziksel ve kimyasal yapısı erozyon sürecinde önemli bir etkiye sahiptir. En dayanıklı minerallerden biri olan kuvarsça zengin bir anakayanın ayrışması çok güç ve uzun zamana bağlıdır. Ancak kalsiyum karbonatça (CaCO_3) zengin olan kayaların ise ayrışması/çözülmesi daha kolaydır.

Bu çalışmada kayalar erozyon dayanıklılık indislerine göre (Görcelioğlu, 1982: 85) dayanımlı kayalar, çözünabilir kayalar ve depolar olmak üzere üç ana başlıkta sınıflandırılmışlardır (Tablo-2).



Şekil 3: Kıyı Ege Bölümünün jeoloji/litoloji haritası

4.1.1. Dayanımlı Kayalar

Dayanımlı kayaları oluşturan jeolojik-litolojik birimlerden erozyona dayanıklılık indisi en yüksek olan kaya grupları; bazaltlar, andezitler, serpantinler ve kristalize kireçtaşlarıdır. Mikalar, kuvarsitler, gnayslar ve mikaşistler ise diğer kayalara göre

erozyona karşı daha az dayanıklılık gösterirler (Gardi ve diğerleri, 1996, s. 211). Bu gruptaki kayalar genel olarak kompaktlardır.

Çalışma alanında andezit ve bazaltlar; güneyde Karaburun'dan başlayıp kuzeyde Küçükkuşu'nun batısına kadar uzanan kesimde yer alır (Şekil-4). Ayrıca Yunt Dağının önemli bir kısmı 500–700 m yükseklikte andezit ve tüflerden oluşmuştur (Çukur, 1998, s. 40). Kıyı Ege Bölümü'nün yaklaşık % 10'u andezitlerden oluşur. Bu tür anakayalar KDK' sı yüksek killi-milli toprak vermekte olup; toprak oluşum süreçleri de yavaştır. Bu sebepten dolayı sığ bir toprak örtüsüne sahiptirler. Üzerinde bitki örtüsü gelişimi iyi olmakla birlikte tahribatın yüksek olduğu yerlerde özellikle eğimli sahalarda andezitler çıplak kayalık olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışma alanının kabaca güneyini oluşturan dayanıklı kaya grubundaki, gnays (gözlü gnays, granitik gnays), mikaşist, kuvarsit şist ve mermerlerden oluşan Menderes masifi; Menteşe Dağları ile Simav grabeni arasında yer alır (Şekil-4). Menderes masifinin bir bölümünü oluşturan Bozdağlar'ın metamorfik kütlesi, Paleozoyik yaşlı şist serisi (şist karmaşığı) ile daha eski olarak kabul edilen kompleks gnayslardan (gnays karmaşığı) oluşmuştur (Koçman, 1989). Gnayslar bünyesinde bulunan kuvarsların parçalanması sonucunda sığ kumlu toprak verirler. Bu alanların orman, özellikle de fıstıkçamı örtüsü altında tutulması gerekmektedir. Aksi takdirde erozyon riski yüksek olacaktır. Nitekim seyrek, kapalılığı düşük, sığ kök sistemine sahip bitki örtüsünün hakim olduğu alanlar erozyona daha meyilli hale gelmektedir (Semenderoğlu, Gülersoy, ve İlhan, 2006, s. 93).

Dayanıklı kaya grubundaki bir diğer birim ise granitlerdir. Edremit Körfezinin Kuzeyinde Biga Yarımadasında bulunan “Eybekdağ granodiyorit plütönu” ve Bergama kuzeyindeki “Kozak granodiyorit plütönu” sahadaki önemli granit unsurlardır. Ayrıca Aydın dağlarının güney doğusunda Buldan'da yer yer granitler yayılım göstermektedir (Şekil-4).

Metamorfik kayalardan mikaşistlerin ise erozyona dayanıklılık indisi 0.6-0.7 olarak belirlenmiştir (Tablo-2). Mikaşistlere çalışma alanında Menderes veya Saruhan-Menteşe masifinde ve Küçük Menderes Ovası'nı çevreleyen dağ kütlelerinde rastlanmaktadır. Bu dağ kütleleri Üst Mesozoyik'te metamorfizma geçirmiş, granit ve yer yer parçalanmış olan gözlü gnayslarla başlayıp, üzerlerine mikaşistler, kloroşistler ile kuvarsitler gelmiştir (Çukur, 1998, s. 62). Kuvarsitlerin ise erozyon dayanıklılık indisi 0.5-0.6'dır (Tablo-2).

Kristalize kireçtaşları dayanıklı kalker grubundaki kayalar olup; çalışma alanında paleozoik ve mesozoyik birimler mevcuttur. Bu grupta bulunan kayaların erozyon dayanıklılık indisleri 0.8-0.9 olup; kimyasal yapılarından dolayı erozyona karşı dayanıklılık gösterirler. Bu tür kayalara Biga ve Karaburun yarımadaalarında rastlanmaktadır. Ayrıca Muğla-Bodrum arasında ve Marmaris'in güney batısında yer yer mesozoyik kireçtaşları

bulunmaktadır. Kireçtaşlarının bulunduğu karstik sahalarda yüzeyde toprak olmaması ve toprakların çatlak ve tabaka yüzeylerinde olması sebebi ile bu alanlarda tarım yapılması güç hale gelmektedir. Bu alanlar özellikle üzerinde yoğun bitki örtüsü ile kaplı olacağından erozyon riski en az seviyeye gelecektir. Ayrıca nispi olarak kireçtaşı anakaya grubu üzerinde gelişen topraklar, kumtaşı anakaya grubu üzerinde gelişen topraklara göre erozyona daha dayanıklıdır (Reis, Okatan, ve Yüksel, 2000, s. 34).

4.2.2. Çözünabilir Kayaçlar

Hafif veya orta derece pekleşmiş sedimanter kayalar ile yumuşak, az dirençli veya kohezyonu kayalar bu grupta değerlendirilmektedir. Çalışma alanında gevrek, plastik ve çözünabilir kayaçlar fliş, marn, killi kayaçlar ve şistler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu grupta erozyona en az dirençli kayaçlar marn ve killi birimlerdir. Marn ve killi litolojik karakterleri bakımından aşınımına karşı kalkerlere göre daha dirençsiz olup; fiziksel ve kimyasal etkiler altında kolayca çözülebilmektedirler (Biricik, 1985, s. 175).

Şistler genellikle az geçirimli olmaları yüzünden yağışlar esnasında yüzeysel akışa geçen su miktarı fazla olmaktadır. Şistlerin bu özellikleri de erozyonu artıran bir diğer nedeni oluşturmaktadır. Edremit ve Havran kuzeyinde alt Triyas dönemine ait yeşil şistler zemin doyma noktasına ulaştığında kısa sürede şişip dağılmaktadır. Böylece, gevşeyen bu zeminler üzerinde erozyon etkisi şiddetli olmaktadır.

Gaziemir-Cumaovası (Menderes) ve Karabel Neojen çukurlarında fliş serileri marn ve kumtaşları yaygındır. Bu kaya gruplarının erozyona direnç indisleri düşüktür. Kumlu malzeme veren flişler üzerinde arazinin tahrip edilmesi ile birlikte oyuntu erozyonu görülmektedir.

4.2.3. Sedimanter Depolar

Birikinti koni ve yelpazeleri, alüvyal sahalarda bu grupta değerlendirilmektedir. Çalışma alanında graben tabanında bulunan ovalar uzun ve geniş alüvyal sahalardır. Madra, Yunt dağları arasında yer alan Bergama Ovası, Gediz, Küçük Menderes ve Büyük Menderes havzaları çalışma alanında bulunan alüvyal sahalardır. Alüvyal sahalarda en geniş yer kaplayan formasyonlardır. Çalışma sahasının yaklaşık % 21'inde alüvyal alanlara rastlanmaktadır. Alüvyal düzlükleri çevreleyen yüksek reliefin önünde akarsuların oluşturduğu çok sayıda birikinti konileri ve yelpazeleri bulunmaktadır (Koçman, 1989). Bu alanlar yüzey akışının fazlalığı nedeni ile erozyona duyarlıdır.

Bozdağların kuzeyinde Gediz ovasına inen yamaçları boyunca özellikle Turgutlu'dan itibaren Salihli, Alaşehir ve Sarıgöl'e kadar uzanan kesimlerde; Aydın dağlarının güney yamaçlarında batıda Ortaklar'dan başlayarak Aydın ve Nazilli boyunca

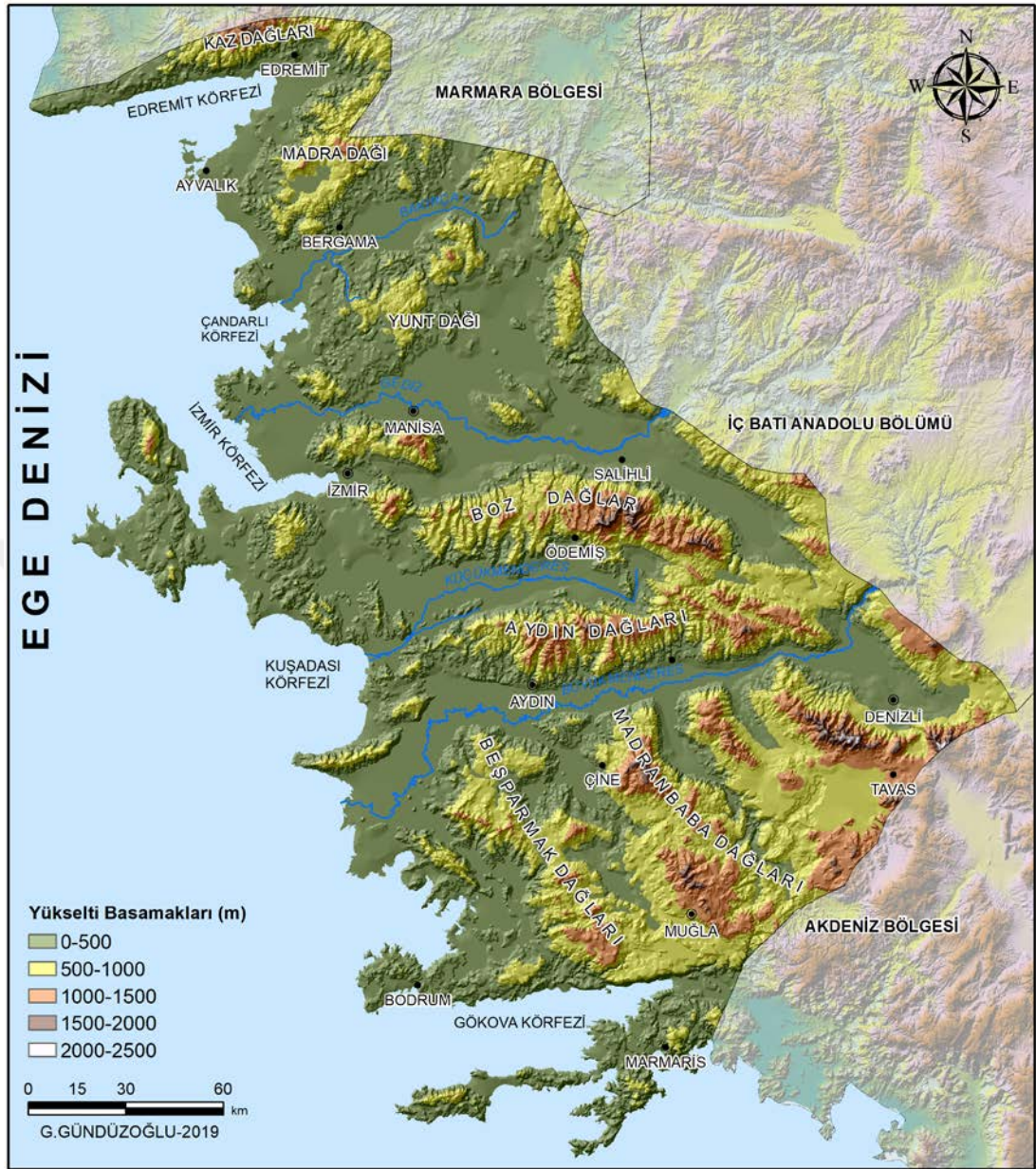
uzanan kalınlığı 400-500 m'yi bulan Miosen ve Pliokuaterner (Tmolosschutt/Bozdağ Depoları) depoları bulunur. Sel suları ve dereler tarafından şiddetli bir şekilde yarılmış olan bu depolar kumlu, killi, marnlı; kırmızı-sarı, turuncu ve esmer renkli çökellerden; gnays, şist, kuvarsit ve kalker çakıllarından oluşmuşlardır (Koçman, 1989). Bu alanlarda özellikle bitki örtüsünün tahrip edilmesi ile birlikte yüksek eğimle birlikte yüzeysel akışın fazlalığı nedeniyle erozyon riski üst seviyeye çıkmaktadır.

4.2. Jeomorfolojik Özellikler ve Erozyona Etkisi

Çalışma alanının günümüzdeki şeklini almasındaki en önemli etken Neojen başlarından itibaren başlayan dikey tektonik hareketlerdir. Menderes masifinin faylarla parçalanması sonucu doğu-batı yönünde uzanan horst ve grabenler meydana gelmiştir. Yüksek kütleler (horst) akarsularla şiddetli olarak parçalanmıştır. Çöken sahalara ise öncelikle göl tortulları ile örtülmüş; üzeri ise yer yer akarsuların getirdiği alüvyonlarla kaplanmıştır (Koçman, 1989). Çalışma sahasında yüzey şekillerinin oluşumunda yapının da rolü büyüktür. Çünkü sahayı oluşturan ve farklı fiziksel ve kimyasal özelliği olan kayaçların aşınım dirençlerinin farklı olması, yapıyı oluşturan katmanların farklı morfolojiye sahip olmaları farklı yüzey şekillerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Örneğin dayanım gücü yüksek metamorfik ve volkanik birimlerin oluşturduğu sahalara yüksek relief meydana getirirken; ova tabanları ise neojen serisinin bulunduğu birimler ile alüvyal ve kolüvyal malzemelerden meydana gelmiştir.

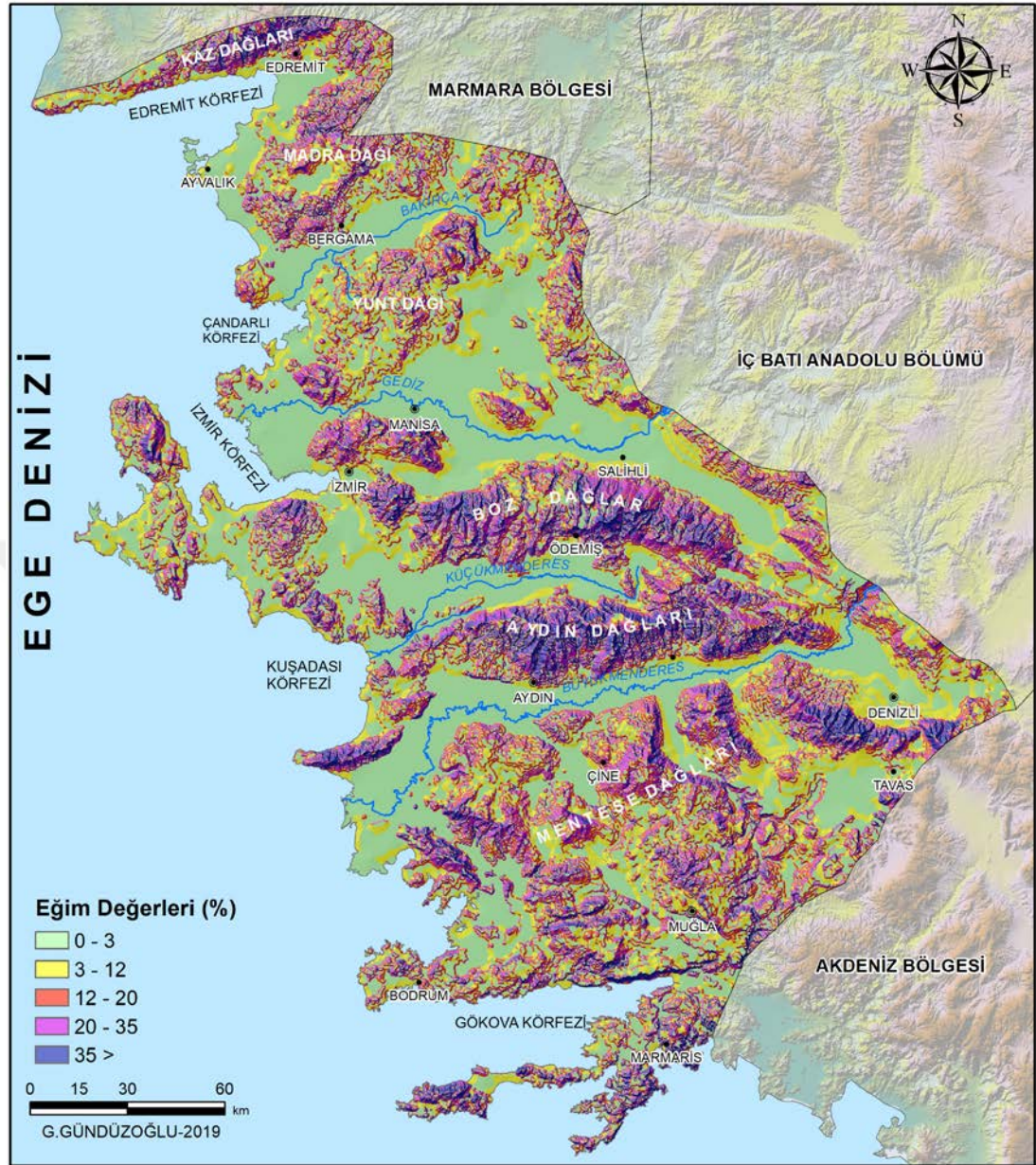
Bölgede *Dağlık Alanlar*, orojenez, volkanizma veya blok tektonizmasıyla oluşmuştur. Bölgenin önemli dağlık alanları Kazdağları, Madra dağı, Yunt dağı, Bozdağlar, Aydın dağları ve Menteşe dağlarıdır (Şekil-5). *Havza ve ovalar* ise kabaca grabenlerde yer almakta olup; bunlar Edremit, Bakırçay, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes ve bu ovalara açılan tali depresyon ovalarıdır.

Jeomorfolojik özellikler eğim, bakı ve yamaç şekli (iç bükey, dış bükey) faktörleri ile erozyona etki etmektedir. Bu bölümde çalışma alanının jeomorfolojik özelliklerine göre erozyon risk durumu açıklanmıştır.



Şekil 4: Kıyı Ege Bölümünün morfometri haritası

Eğim erozyon modellemelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Gerek suyun yüzeyden hızla akıp gitmesi gerekse yarattığı yerçekimi dolayısıyla eğim erozyon riskine neden olmaktadır. Eğimin artmasıyla; yüzeysel akış, toprak kaybı, sediment yoğunluğu ve erozyon oluşumunda da artış meydana gelmektedir. Az eğimli (% 5-9) yamaçlarda sediment konsantrasyonu stabil iken, orta eğimli (% 15) yamaçlarda yavaşça artmakta ve taşıma sınırına yaklaşmaktadır. Dik yamaçlarda (% 20-25) ise sediment konsantrasyonu üst seviyeye ulaşarak taşıma sınırından ayrılma sınırına geçmektedir (Assouline ve Ben-Hur, 2006, s. 1741).



Şekil 5: Kıyı Ege Bölümünün eğim haritası

Tablo-3 incelendiğinde sahanın % 35’lik kesiminin “düz-çok hafif” eğimli olduğu gözlemlenmektedir. Bu sahalar genel olarak graben tabanlarında ve yer yer dağların yüksek kesimlerinde dağılıp göstermektedir. Graben tabanlarından dağ etekleri boyunca eğimin arttığı gözlemlenmektedir (Şekil-6). Eğimin artması ile birlikte yüzeyde sürekli aşınma taşınma ve birikme olayları gerçekleşmekte; erozyon riskinin artmasına neden olmaktadır. Örneğin Aydında eğimli kumlu depolar üzerinde incir tarımının yapılması nedeni ile artan eğim miktarına bağlı olarak erozyon riski artmaktadır (Şahin ve Konak, 2004, s. 60).

Tablo 3

Çalışma sahasındaki eğim grupları ve sahadaki dağılımları

Eğim Grupları (%)	Kapladığı Alan (km ²)	Sahaya Oranı (%)
0-3 Düz-Çok Hafif	18.169	35
3-12 Orta Eğimli	8.914	20
12-20 Dik	5.829	17
20-35 Çok Dik	6.755	16
>35 Sarp	3.547	12

Çalışma sahasının doğal ortam özellikleri nedeni ile zeytin tarımı yaygın olarak yapılmaktadır. Ancak zeytin tarımının daha çok eğimli sahalarda yaygın olması erozyon riskini arttırmaktadır. Örneğin Bafa Gölü çevresinde metamorfik arazi üzerinde seyrek zeytin ağaçları zayıf arazi örtüsü nedeni ile anakayanın da aşınırılık özelliğine bağlı olarak erozyon riskine neden olmaktadır (Fotoğraf-1). Sahada tarım faaliyetleri de özellikle ormanlık alanlardaki eğimli sahalarda sürdürülmektedir. Bu durum eğimin erozyona etkisini arttırmaktadır. Söz konusu alanlarda yüzeysel akışa bağlı olarak taşınma faaliyetleri gerçekleşmektedir (Fotoğraf-2). Orman örtüsünün yok edilmesi suretiyle yapılan tarım faaliyetleri nedeniyle eğime bağlı olarak da saha erozyon riski altında kalmaktadır. Bunun en önemli sebeplerinden biri yamaç eğiminin % 20'nin üzerinde olması durumunda yüzeysel akış hızlanacak ve bu durum erozyon riskini arttıracaktır (Biricik, 1985, s. 174).

*Fotoğraf 1: Bafa Gölü çevresinde eğimli sahada metamorfikler üzerinde zeytinlikler*



Fotoğraf 2: Edremit-Ayvalık arasında eğimli, 7. Sınıf araziler üzerindeki tarım faaliyetleri

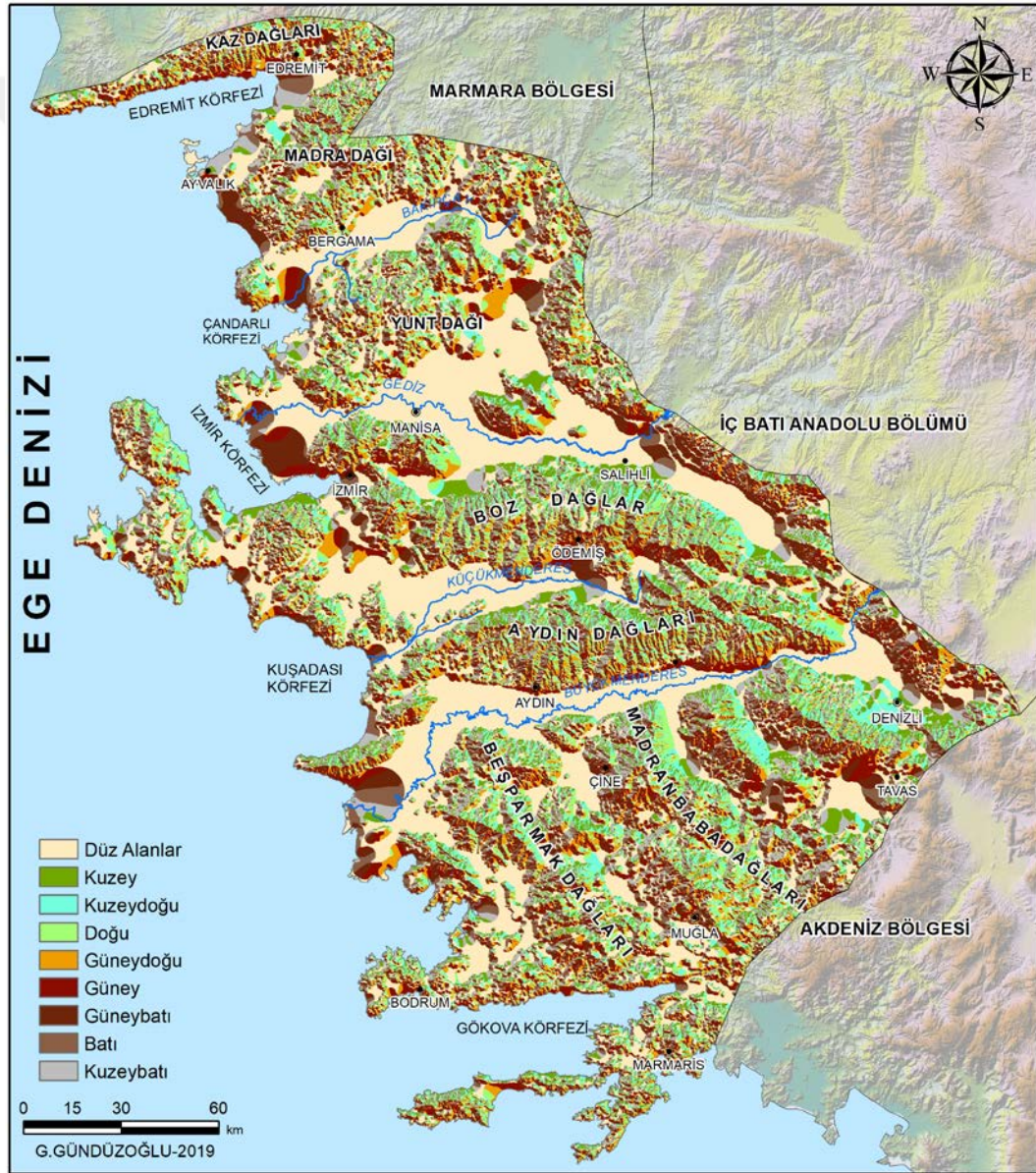
Baki faktörünün erozyona etkisi sahanın güneş ışınlarını dik alıp almama, yani enerji bilançosundaki farklılıklar nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Güneye bakan yamaçların kuzeye bakan yamaçlara göre daha fazla güneş radyasyonu alması sebebi ile bu yamaçlarda evapotranspirasyon oranı fazlalaşır ve yağmurdan sonra bitki örtüsünde ani bir su ihtiyacı doğar. Bunun sonucu olarak bitki örtüsü daha seyrek olup ve kuraklığa dayanıklı türlerden oluşur. Seyrek bitki örtüsünün olduğu yerlerde yüzeysel akış daha fazla olmakla birlikte erozyon faaliyetlerinde artış gösterir. Kuzeye bakan yamaçlar ise toprak nemliliğini yağıştan sonra da uzun bir süre muhafaza eder, böylelikle nemcil vejetasyon gelişir. Bu da toprak oluşumu için uygun şartlar sunar. Bu özellik infiltrasyonu artırıcı ve yüzeysel akışı azaltıcı bir etki oluşturmaya karşın derin toprak oluşumu ve yüksek nemlilik içeriğinden dolayı kütle hareketleri için uygun şartlar sağlar (Özdemir, 2007, s. 28). Ayrıca güney yamaçlardaki toprakların kurak ve sıcak olması sebebi ile bu özelliğe sahip topraklar az miktarda organik madde içermektedir. Bu durum ise, su geçirgenliğini azaltarak erozyon riskini arttıracaktır.

Çalışma sahasında düz alanların büyük bir çoğunluğunu graben tabanları oluşturmaktadır (Şekil-7). Bu alanlar çalışma sahasının % 30'unu oluşturmaktadır (Tablo-4). Aydın dağlarında yer alan Pliokuaterner depolar güneye, Bozdağların eteklerinde yer alanlar ise kuzeye bakmaktadır. Bu durumda aynı anakayaya sahip olmalarına rağmen; güneye bakması sebebi ile Aydın dağlarında yer alan depoların erozyon açısından daha riskli olduğu söylenebilir.

Tablo 4

Çalışma sahasındaki yönler ve sahadaki dağılımları

Yönler	Kapladığı Alan (km ²)	Sahaya Oranı (%)
DÜZ	13.095	30
KUZEY	3.455	8
KUZEYBATI	4.046	9
BATI	4.137	10
GÜNEYBATI	4.948	11
GÜNEY	4.007	9
GÜNEYDOĞU	3.641	8
DOĞU	2.779	6
KUZEYDOĞU	3.109	7



Şekil 6: Kıyı Ege Bölümünün baki haritası

Yamaç Şekli arazinin içbükey (konkav), dışbükey (konveks) veya düz yapıda (monoklinal eğimli) olması durumudur (Şekil-8). Bir yamaçta, yamacın şekli erozyon oluşumunda tek etkili faktör olmasa bile, erozyonun gelişim sürecinde etkili bir faktör olabilmektedir (Meyer ve Kramer, 1969). Bu bakımdan diğer faktörlerin aynı olduğu koşullarda, yalnızca yamaç şekillerinden kaynaklanan farklılığın; sediment verimi ve yüzeysel akış üzerine etkilerinin bilinmesi önemlidir (Şensoy ve Palta, 2009, s. 95). Çok belirgin şekillerin olduğu yamaçlarda, erozyon hesaplamalarında yamaç dikkate alınması gerekmektedir (Foster ve Wischmeier, 1974). Ayrıca bir yamaçta, yamaç şekli erozyon oluşumunda tek başına etkili faktör olmasa bile, erozyon gelişim sürecinde etkili olabilmektedir (Meyer ve Kramer, 1969).

İçbükey yamaç şekillerinde, yamaç alt tarafında eğimin azalmasından dolayı, yüzeysel akışın taşıma gücü de azalmaktadır. Bu sebepten dolayı diğer faktörlerin eşit olduğu varsayıldığında, yamaç seklinden kaynaklanan etkiden dolayı içbükey yamaçlarda birim alandan daha az toprak kaybı meydana gelmektedir. Ayrıca dış bükey yamaçlarda yamaç alt tarafının çok dik olmasından dolayı, düz bir yamaca göre daha fazla erozyona uğrayabilecek, düz yamacın ise içbükey yamaca oranla daha fazla sediment verimi oluşacaktır (Meyer ve Römkens, 1976). Yamaç alt tarafının çok dik olmasından dolayı, dışbükey bir yamaç düz (monoklinal eğimli) bir yamaca göre daha fazla erozyona uğrayacaktır (Şensoy ve Palta, 2009, s. 97).

Düz (Üniform)	İçbükey (Konkav)	Dışbükey (Konveks)
		
Karma (Kompleks)		
		

Şekil 7: Yamaç şekilleri

Arazi yapısının içbükey, dışbükey veya yatay olma durumu incelendiğinde sahanın % 41’inde düz (monoklinal eğimli) alanların yayılış gösterdiği görülmektedir. Bu alanlar

genellikle graben tabanlarında yaygındır. Erozyon riski diğer yamaçlara göre daha fazla olan dışbükey yamaçlar sahanın % 35'ini oluşturmaktadır (Tablo-5). Metamorfik birimlerden oluşan Bozdağlar ve Aydın dağları üzerinde dışbükey yamaçlar daha fazla dağılışı göstermektedir. Aşınırlık indisi düşük olan özellikle bitki örtüsünün tahrip edildiği bu sahalarda erozyon riski yamaç sekline bağlı olarak artmaktadır.

Tablo 5

Çalışma sahasındaki yamaç şekilleri ve sahadaki dağılışları

Yamaç Şekli	Kapladığı Alan (km ²)	Sahaya Oranı (%)
Dışbükey	15.052	35
Düz	17.773	41
İçbükey	10.392	24

4.3. İklim Özellikleri ve Erozyona Etkisi

Erozyon riskini oluşturan ortam şartlarından biri de iklim özellikleridir. İklim elemanlarından sıcaklık ve yağış, toprağın nem miktarı, toprağın donmuş olup olmaması ve dolayısıyla infiltrasyon ve erozyon üzerinde etkili olmaktadır. Ancak toprak erozyonu, enerji gerektiren mekanik bir işlem olup; bu enerjinin çoğu düşen yağmur damlaları tarafından sağlanmaktadır (Wischmeier ve Smith, 1958, s. 285). Bu sebeple yağış özellikleri diğer iklim elemanlarına göre erozyon riski açısından daha önemlidir.

Kıyı Ege Bölümü coğrafi konumu itibarıyla yıl içerisinde farklı hava kütlelerinin etkisi altında olup; 30–40° N paralelleri arasında belirgin olan “Batı Rüzgârları Sistemi” nin etkisindedir. Bölge üzerindeki hava akımları, kış aylarında Karadeniz ve Doğu Akdeniz havzalarında gelişen cephe depresyonları tarafından kontrol edilir. Genel olarak; kışın Batı Anadolu’ya ulaşan batılı ve kuzeybatılı hava akımları (mP hava kütleleri) Balkanlar ve Ege Denizi üzerinden geçerek doğuya ve güneydoğuya ilerleyen cephesel “Orta Kuşak Depresyonlarının” soğuk cephesi etkisindedir. Bu tip soğuk cephele yağışlı, rüzgârlı ve soğuk karakterli hava koşulları oluşturur. Aynı hava akımlarına bağlı olarak Karpatlar ve Balkanlar gibi yüksek plato ve dağları aşarak Akdeniz havzasına inen bir hava kütlesi, belli bir süre beklediği zaman sıcaklığı ve nem içeriği artarak kararsız duruma geçerek Ege kıyı kuşağını etkileyen, kıyıda kuvvetli yağışlara neden olan “Akdeniz Hava Kütlelerini” oluşturur (Koçman, 1993).

Yaz aylarında, Kıyı Ege üzerinde kış boyunca etkili olan hava kütleleri (mP, mT) ve cephe sistemleri ilkbahar aylarında da etkisini aralıklarla sürdürmektedir. Geçiş dönemini yansıtan bu koşullar, sıcak mevsim içine sokulmuş kış mevsimi koşullarını andırmaktadır (Çukur, 1998, s. 104). Mayıs’tan itibaren bölge tropikal hava kütlelerinin etki alanına girmekte,

bölge üzerindeki frontal faaliyetler azalmaktadır. Saha genelinin **yaz ayları** boyunca antisiklon alanı olması sonucu cepheler oluşamaz ve bu dönem yağışsız kurak geçer.

Kış aylarında ise bölge; sonbahar başlarından itibaren siklon sahası haline geldiğinden kuzeyden güneye doğru ilerleyen soğuk hava kütlesi (maritim polar hava kütleleri mP) ile güneyden sokulan sıcak hava kütesinin (mT) etkisi altına girer. Bu iki hava kütesinin etkisi frontal (cephe) faaliyetlerinin etkili olmasına ve bu dönemde yağışların başlamasına neden olur. Bölgede “donlu günlerin” oluşması Orta ve Doğu Avrupa üzerindeki yüksek basınç merkezlerinden Ege kıyılarına nadiren ulaşan kontinental polar (cP) hava kütlesidir. Bu hava kütlesi sıcak cephelerle karşılaştığından şiddetli yağışlar meydana gelir.

Sıcaklık özellikleri itibariyle; çalışma alanında dağların denize dik uzanmasından dolayı denizel etki iç kesimlere kadar sokulabilmiştir. Denizel “Akdeniz Termik rejimi” çalışma sahasındaki ovalarda etkilidir. Yıllık ortalama sıcaklık Ege kıyıları boyunca kuzeyden güneye; içeriden (doğudan), kıyıya (batıya) doğru yükselir. Bölgede bütün istasyonlarda sıcaklık Nisan’dan itibaren yükselerek; Temmuzda en yüksek değerlere ulaşmaktadır (Tablo-6).

Tablo 6

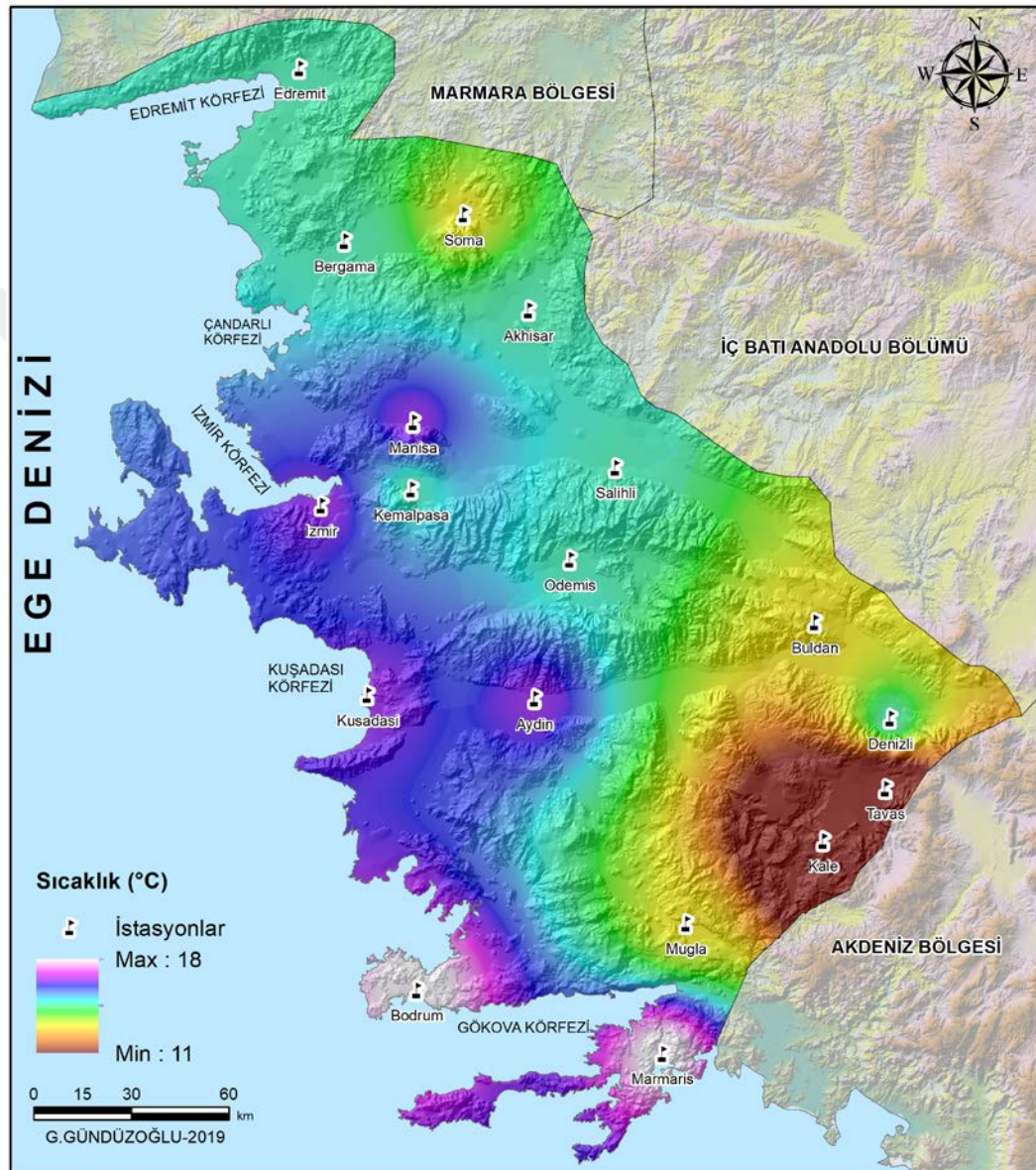
Kıyı Ege bölümünde aylık ve yıllık ortalama sıcaklıklar (°C)

İstasyon	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X	XI	XII	Yıllık Ort.
Edremit	7.3	7.6	10.0	14.4	19.6	24.4	26.9	26.4	22.2	17.2	11.9	8.9	16.4
Soma	5.5	6.4	9.4	13.6	18.6	23.6	25.9	25.4	21.1	16.3	10.9	7.4	15.3
Bergama	6.8	7.2	9.8	14.4	19.5	24.5	26.8	26.3	22.4	17.3	11.8	8.4	16.3
Akhisar	6.1	6.9	9.8	14.5	19.8	24.7	27.1	26.7	22.5	17.1	10.9	7.5	16.1
Manisa	6.7	7.6	10.6	15.2	20.6	25.7	28.3	27.7	23.4	17.9	11.7	8.1	16.9
Salihli	6.3	7.1	10.3	15.2	20.4	25.2	27.3	26.8	22.4	16.9	11.1	7.7	16.4
Kemalpaşa	6.8	7.2	9.7	14.6	19.7	24.7	27.1	26.9	22.6	17.0	11.3	7.8	16.3
İzmir	8.8	9.1	11.7	15.9	20.8	25.7	28.1	27.5	23.6	18.9	13.7	10.3	17.8
Ödemiş	7.2	7.8	10.5	14.7	19.9	25.0	27.5	26.6	22.1	16.9	11.5	8.5	16.5
Buldan	4.3	5.4	9.2	14.3	18.2	23.3	26.3	26.6	22.3	16.1	9.9	5.5	15.1
Kemalpaşa	6.8	7.2	9.7	14.6	19.7	24.7	27.1	26.9	22.6	17.0	11.3	7.8	16.3
Aydın	8.1	8.9	11.7	15.7	20.9	26.0	28.4	27.2	23.3	18.4	12.9	9.4	17.6
Denizli	5.8	6.7	9.9	14.6	19.8	24.7	27.5	26.8	22.4	16.9	11.0	7.3	16.1
Tavas	3.2	3.9	7.3	12.1	16.4	21.7	24.6	24.8	20.6	15.1	7.8	4.5	13.5
Kale	1.9	2.2	6.3	11.1	14.3	18.9	22.9	22.5	18.2	12.7	7.3	3.4	11.8
Muğla	5.5	5.8	8.5	12.4	17.7	22.8	26.2	25.8	21.6	16.1	10.2	12.0	15.4
Bodrum	11.2	11.1	13.1	16.3	20.8	25.5	28.2	27.8	24.4	20.3	15.7	12.6	18.9
Marmaris	10.6	10.8	12.7	16.0	20.6	25.5	28.3	28.0	24.7	20.1	15.2	12.0	18.7

Kaynak-DMİGM

Çalışma alanındaki yıllık ortalama sıcaklığın dağılışının gösterilebilmesi amacıyla sahada bulunan meteoroloji istasyonlarının yıllık ortalama sıcaklık değerleri kullanılarak

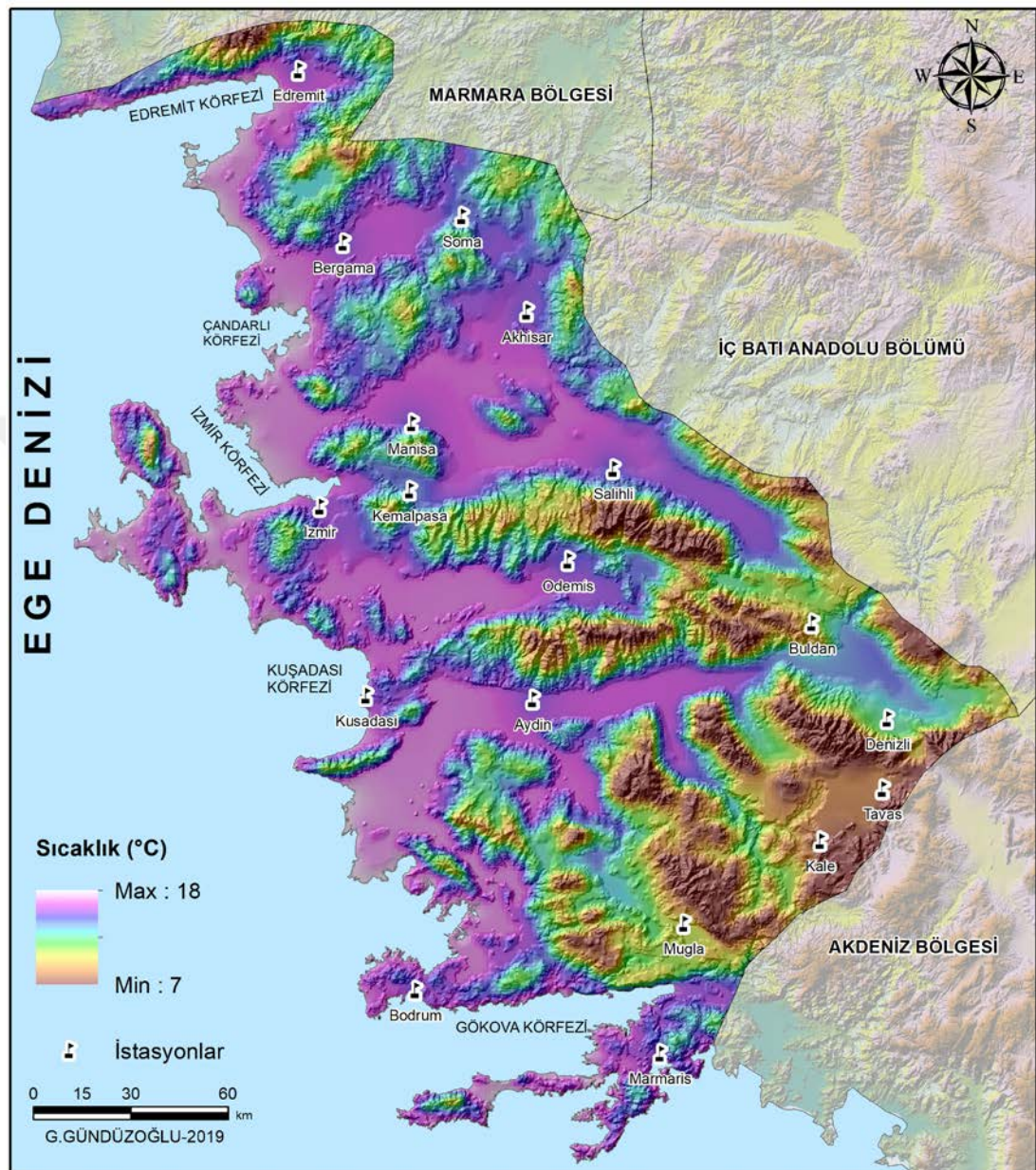
“kriging yöntemi” ile sıcaklığın dağılışı hesaplanmıştır (Şekil-9). Ancak bu işlemde yükselti göz önüne alınmamıştır. Sıcaklığın dağılışında topoğrafyanın etkisi önemlidir. Ne var ki kriging yöntemi topoğrafik faktörlerin sıcaklığa etkisini yansıtamamaktadır. Bu sebepten dolayı çalışma sahasında yükseklik faktörü de kullanılarak **“cokriging yöntemi”** uygulanmış ve Şekil-10’daki sıcaklık dağılışı haritası elde edilmiştir.



Şekil 8 Kıyı Ege Bölümünde yıllık ortalama sıcaklığın dağılışı (kriging Yöntemine göre)

Yükseklik faktörünün göz önüne alınarak hesaplanan yıllık ortalama sıcaklık dağılışı gerçeğe daha yakındır (Şekil-10). Yükseklik faktörü göz önüne alınmadığında Bozdağlar ve Aydın dağlarının yüksek kesimlerindeki sıcaklık değeri en yakın istasyonun sıcaklık değerini

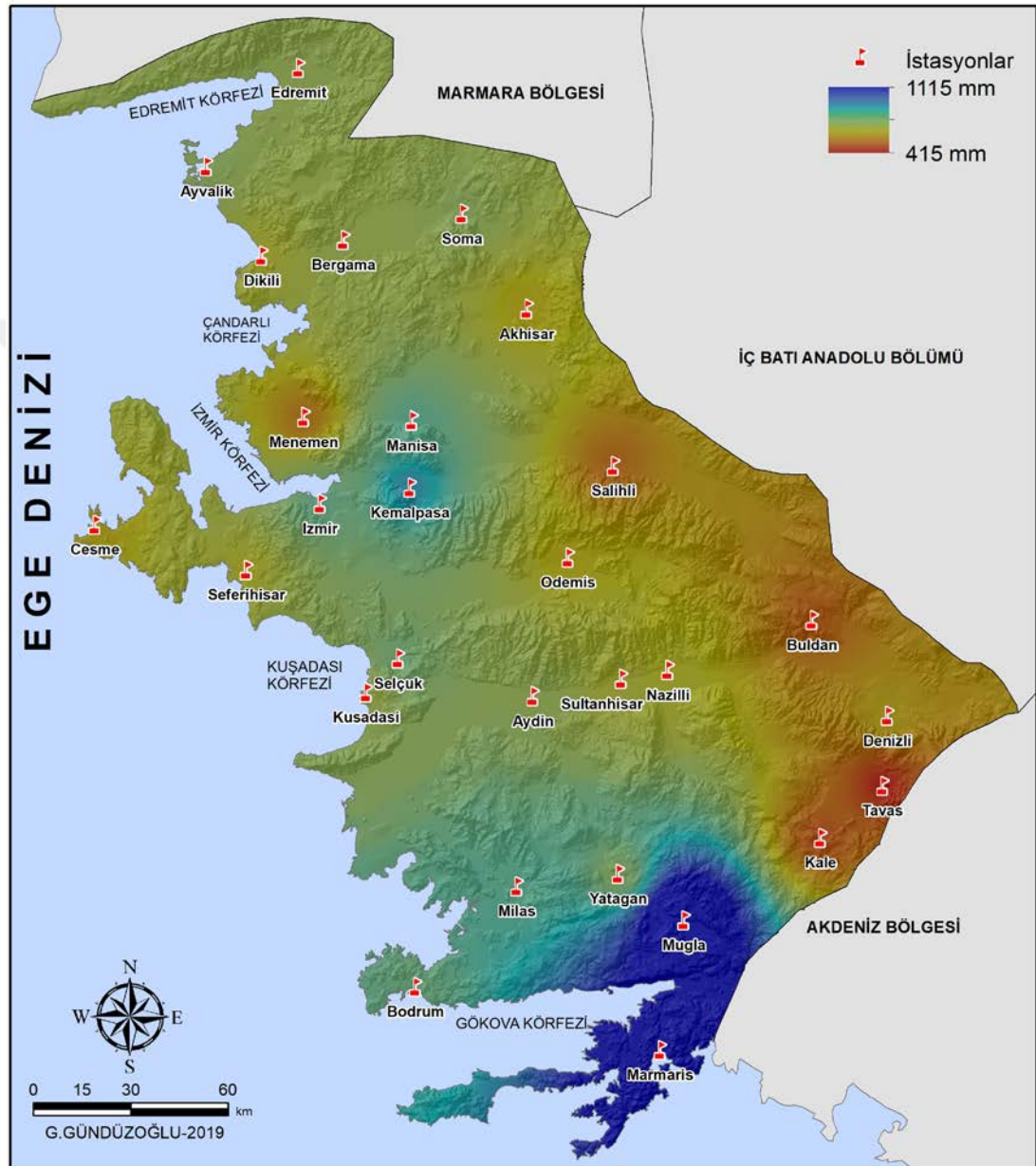
(15 °C) yansıtmaktadır (Şekil-9). Oysaki topoğrafik faktörler göz önüne alındığında bu alanların sıcaklık değeri 7 °C'ye kadar düşmektedir.



Şekil 9: Kıyı Ege Bölümünde yıllık ortalama sıcaklığın yüksekliğe bağlı dağılışı (Cokriging Yöntemine Göre)

Yağış özellikleri itibariyle; çalışma alanında doğu-batı doğrultulu dağ sıraları ve platolar ile bunlar arasında uzanan geniş tabanlı alüvyal ovalara düşen yıllık ortalama yağış tutarları arasında önemli farklar bulunmaktadır (Şekil-11). Bölgenin fiziki coğrafya özellikleri ve genel hava sirkülasyonu, yağış koşullarını etkilemekte ve yıllık yağış miktarları çalışma alanında farklılıklar göstermektedir.

Konum ve relief şekillerinin kısa mesafeler dahilinde değişmesi nedeni ile yıllık yağış miktarlarında meteoroloji istasyonları arasında büyük değişimler gözlemlenmektedir. Örneğin Kale’de (Denizli) yıllık yağış miktarı 456 mm iken; Muğla’da 1115.4 mm’dir (Tablo-7, Şekil-11).



Şekil 10: K1y1 Ege Bölümünde yıllık ortalama yağışın dağılışı (kriging yöntemine göre)

Şekil-11’de yıllık ortalama yağışın dağılışı görülmektedir. Harita oluşturulurken mevcut istasyonların yıllık ortalama yağış değerleri kullanılmıştır. İstasyonlar için kriging analizi yapılarak yağışın dağılışı verilmiştir. Ancak topoğrafik faktörler dikkate alınmamıştır. Topoğrafik özelliklerin yağışa etkisinin hesaplanabilmesi için “Schreiber Yönteminin” kullanılması gerekmektedir. Bunun için çalışma alanında bulunan istasyonlar baz alınarak

Tablo 7

Kıyı Ege’de aylık ve yıllık yağış değerleri (mm)

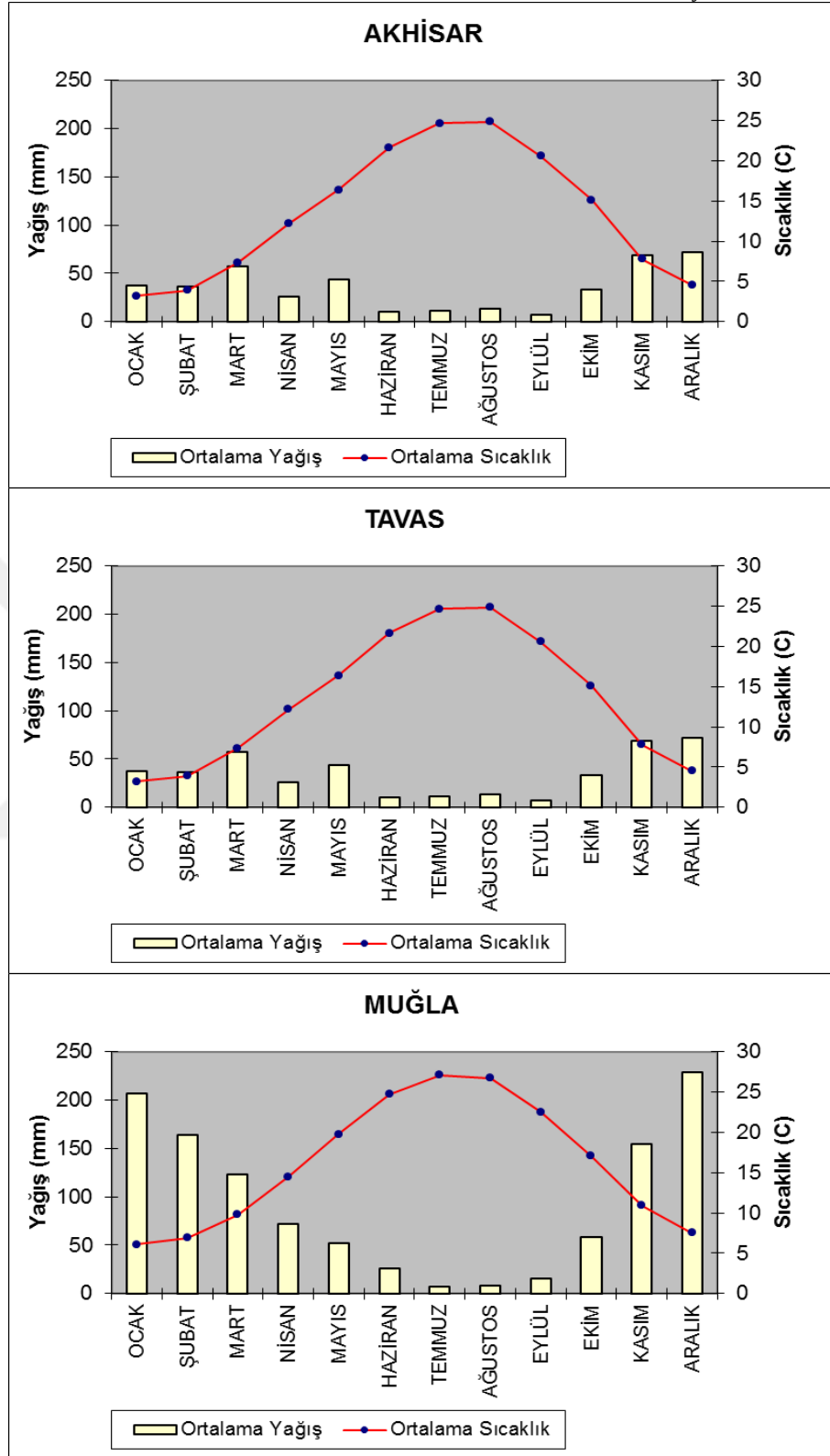
İstasyon	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X	XI	XII	Yıllık
Akhisar	86.2	67.6	63.2	53.6	35.8	9.5	4.4	2.9	18.2	38.2	81.6	97.3	558.6
Aydın	98.1	85.6	73.4	58.0	36.2	14.3	3.7	2.3	10.3	41.3	89.1	112.6	625.0
Bergama	96.0	77.9	67.0	54.3	33.4	15.2	6.6	5.8	17.0	42.1	94.0	107.5	616.8
Bodrum	132.8	103.2	79.3	39.8	15.3	5.0	0.1	0.5	9.7	36.5	101.0	150.9	674.0
Buldan	57.7	49.9	60.0	32.4	33.1	17.1	10.6	10.8	4.8	26.8	70.0	100.3	473.6
Denizli	79.0	70.0	66.8	57.9	40.0	22.3	14.8	7.7	12.9	32.6	64.0	84.3	552.2
Edremit	91.4	78.8	61.4	56.3	35.6	17.3	7.3	3.7	19.6	46.8	114.1	112.6	644.8
İzmir	122.5	92.5	80.6	48.3	25.9	6.9	2.7	1.7	18.1	43.0	108.8	135.2	686.2
Kale	22.9	49.2	84.3	48.4	35.3	6.8	2.1	6.4	4.5	33.6	69.4	93.5	456.4
Kemalpaşa	123.1	96.5	109.9	64.4	31.7	4.9	2.0	1.4	9.9	33.4	108.6	177.2	762.9
Kuşadası	103.7	86.8	74.9	45.1	21.2	5.5	0.4	0.2	18.7	37.3	100.6	114.1	608.6
Manisa	118.8	94.9	81.3	59.0	33.8	11.8	5.7	4.8	15.7	41.3	98.7	129.4	695.2
Marmaris	205.0	159.5	119.2	54.8	26.0	11.1	4.9	1.7	11.2	75.4	161.3	243.8	1073.9
Muğla	206.9	163.5	122.8	71.7	51.8	26.0	7.3	8.5	15.8	58.4	154.0	228.7	1115.4
Ödemiş	86.6	78.5	64.0	54.9	27.8	10.7	5.6	1.7	14.6	33.6	86.2	98.4	562.7
Salihli	67.0	61.9	58.1	47.2	30.6	14.9	7.7	4.0	15.8	33.5	64.6	79.8	485.1
Soma	109.8	83.6	64.2	60.7	46.1	14.4	5.3	2.9	27.0	45.6	92.9	79.8	632.2
Tavas	37.7	36.4	57.6	25.4	43.6	9.9	10.9	13.1	7.1	32.7	68.7	72.3	415.3

Kaynak-DMİGM

Yaz - kış, gece - gündüz arasındaki sıcaklık değişimleri ve ani sıcaklık değişimleri erozyonu önemli derecede etkiler. Sıcaklığın düşmesiyle toprak donar, suyun toprağa nüfuzu (İnfiltrasyon) azalır, yüzey akış artar. Sıcaklığın ani yükselmesiyle de karlar birden eriyerek yüzey akışının artmasına neden olmaktadır.

Su, yağış ve yüzeysel akışlarla toprağı aşındırır. Yağışlarla toprağa çarpan su damlaları sahip oldukları kinetik enerjiyle toprak danelerini gevşetir ve kitleden ayrılmasına neden olur. Yüzeysel akışa geçen su ise yine sahip olduğu kinetik enerjiyle yüzeydeki toprak danelerinin kopmasına ve sürüklenmesine; yani aşınmasına neden olur. Yağış sırasında, yağışın bir kısmı arazi çıplak olduğunda direk olarak, bitkilerin varlığı durumunda ise, bitkilerin arasından toprağa ulaşabilir. Bir kısmı bitki örtüsü tarafından kesilebilir ve bunun bir kısmı buharlaşma ile tekrar atmosfere döner ve diğer bölümü ise toprak yüzeyine bitki gövdesinden sızarak iner. Özellikle buharlaşma olayı nedeni ile erozyon risk modellerinde genellikle sıcaklık ve yağış değerleri birlikte değerlendirilmektedir. Bu sebeple bu çalışmada yağış ve sıcaklık ilişkisinin değerlendirilmesi amacıyla Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndisi kullanılmıştır.

Kaynak-DMİGM



Şekil 12: Kıyı Ege’de bazı istasyonlardaki sıcaklık ve yağış değerleri

Bozdağlar ve çevresinde doğal bitki örtüsünün tahrip edildiği alanlarda yağışların şiddeti nedeni ile özellikle sonbahar ve kış aylarındaki sağnak yağışlar sırasında yüzeysel akışın gerçekleştiği; bu durumun özellikle düşük kohezyonlu materyalde yüksek derecede erozyona neden olmaktadır (Koçman, 1989). Yağış şiddetinin artması ile birlikte; Bozdağlardan inen şiddetli derelerin yataklarını alttan oymak suretiyle yamaçlardaki denge bozulmakta ve yamaçların dik ve paralel şekilde gerilemesine neden olmaktadır (Mutluer, 1996, s. 274).

Çukur (1998) Kıyı Ege Bölümünde 25.1 mm ve daha yüksek miktardaki yoğun yağışların erozyona sebep verdiğini; çalışma sahasına düşen yıllık yağışların büyük bir kısmının erozyon etkisine sahip olduğunu belirtmiştir. Şekil-13 ve Tablo-7 incelendiğinde, özellikle kış aylarında yağış miktarının yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum yağış açısından çalışma alanının riskli olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

4.4. Toprak Özellikleri ve Erozyona Etkisi

Toprak oluşumunda iklim, topografya, ana materyal, bitki örtüsü ve zaman faktörleri etkilidir. Çalışma sahasında fiziksel ve kimyasal özellikler açısından bu faktörlere bağlı olarak farklı toprak grupları meydana gelmiştir.

Kıyı Ege’de hakim olan iklim koşullarına göre oluşmuş **Zonal topraklar**; gnays, mesozoyik kireçtaşları üzerinde, çatlak ve tabakalaşma sistemi dahilinde ve kısmen de neojen depoları üzerinde drenajı iyi olan düz ve düze yakın sahalarda bulunan kırmızımsı Akdeniz toprakları (Alfisoller) ve gnays, mikaşist, kuvarsit şist, konglomera, kumtaşı gibi ana materyal üzerinde gelişim gösteren kahverengi orman toprakları (inceptisoller)’dir (Çukur, 1998, s. 155). Kırmızımsı Akdeniz toprakları Datça Yarımadası batısında kristalen kireçtaşları üzerinde, Salihli-Kula arasında gnays ve örtü şistleri üzerinde; Gölarmara gölü güneyinde neojen depoları üzerinde, Spil Dağının doğu ve güneydoğusunda ve Soma’nın kuzeyinde flişler üzerinde dağılışı gösterirler. Kahverengi orman topraklarına ise Bozdağlar, Aydın ve Menteşe dağlarının orman örtüleri altında rastlanır.

Yunt Dağı ve çevresinde yer alan kireçsiz kahverengi orman toprakları genelde şiddetli ve çok şiddetli erozyona maruz kalmaktadır. Özellikle çok şiddetli erozyonun görüldüğü Yunt Dağı, Kılıçdağı Tepe ve Ada Tepe’nin yüksek eğimli (% 15-% 24) yamaçlarında eğim oranının artmasına bağlı olarak toprak kalınlığının önemli ölçüde azaldığı tespit edilmektedir (Eroğlu, 2009, s. 139, 140).

Daha çok arızalı dağlık alanların eğimli yamaçlarında bulunan *intrazonal topraklar*, topografya ve drenaj şartlarının etkili olduğu sahalarda yayılım gösterir. Kazdağları, Bozdağlar, Aydın ve Menteşe dağlarındaki metamorfikler üzerinde şiddetli erozyonun olmadığı eğimli sahalarda ve Kozak ve çevresinde granodiyoritlerin üzerinde de bulunan

topraklar intrazonal topraklardır. Ayrıca Bozdağlar'ın kuzey, Aydın dağlarının ise güney eteklerinde 500-600 m'ye kadar çıkan sahalarda kumlu çakıllı malzemelerden oluşan Regosoller intrazonal topraklardır.

Daha çok sürekli olarak sediment birikiminin yaşandığı sahalarda görülen Azonal Topraklar graben tabanlarında yaygındır. Oyuntu erozyonunun gerçekleştiği kolüvyal topraklar Büyük Menderes havzasında, Kazdağı güneyinde, Edremit-Burhaniye ovaları arasında yer alırlar. Ayrıca Bozdağların eteklerinde gelişen kolüvyal topraklar genellikle çakıllı olup fizyolojik derinlikleri fazladır. Söz konusu kolüvyal depo veya toprakların eğimli olmayan kesimleri tarım faaliyetleri açısından önem kazanırken, eğimli yamaçlar erozyon nedeniyle tarıma elverişli değildir (Mutluer, 1996, s. 276).

Erodibilite (toprağın erozyon eğilimi), toprakların tamamen kendi bünyelerindeki çeşitli özelliklerden kaynaklanan ve erosif (aşındırıcı) kuvvetlere karşı direncini ve erozyona uğrama eğilimini gösterir. Toprakların erodibilitesi büyük ölçüde toprağın içyapısını oluşturan fiziksel ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Başka bir ifadeyle toprağın tekstür ve strüktürüne bağlıdır. Aynı erosif kuvvetler karşısında bazı topraklar dirençli oldukları halde, diğer bazı topraklar kolayca çözünür ve dağılarak erozyona uğrar (Balcı, 1996, s. 49). Toprakların aşınmaya karşı duyarlılıkları arasındaki farklılıklar, aşınmaya karşı sahip oldukları özelliklerinin farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Toprakların erodibilitesi başka bir deyişle toprakların aşınım özellikleri, toprağın tekstürü, derinliği ve taşlılık durumuna bağlıdır.

Toprak bünyesi (Tekstür) Toprağın içerisinde bulunan iskelet içeriğinin yani taş ve çakıl dışındaki kil, mil ve kumun katışma oranlarına göre birleşimidir (Atalay, 2006, s. 96). Toprağı oluşturan taneciklerinin büyüklüğü ve tanelerin dayanıklılığı, yüzeysel akış sularıyla toprağın taşınması üzerine etkili olmaktadır. Yağmur sularının toprağa girmeleri ve toprak içerisinde derinlere sızmaları, toprak taneciklerinin büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Bu nedenle örneğin, kum oranı yüksek topraklarda yüzeysel akışla giden su miktarı az, dolayısıyla erozyon enerjisi düşük seviyededir (Çepel, 1997, s. 85). Kil, kumlu kil ve siltli kil bünyesindeki topraklar düşük aşınırılığa sahipken; Tın, siltli tın, silt ve kumlu tın bünyesindeki topraklar yüksek aşınırılığa sahiptirler (Tablo-8).

Tablo 8:

Toprak Bünye Özelliklerinin erozyona karşı duyarlılıkları

Erozyona Duyarlılığı	Toprak Bünyesi
Düşük Aşınırlık	Kil, kumlu kil, milli kil
Orta Aşınırlık	Kum, balçıklı kum, kumlu killi balçık, killi balçık, milli killi balçık
Yüksek Aşınırlık	Balçık, kumlu balçık, milli balçık, mil

Kaynak: Bayramin ve diğerleri, 2003

Daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen toprak analiz sonuçları incelenerek sahadaki toprakların tekstür özelliklerine göre dağılımları aşağıda belirtilmiştir.

Gülersoy (2008, s. 129) Çamoba (Bergama) doğusunda kristalize kireçtaşları üzerinde gelişen Kırmızı renkli Akdeniz topraklarının analizi sonucunda toprakların Killi-Balçık bünyesinde olduğunu tespit etmiştir. Killi-balçık bünyeli topraklar orta aşınırlık düzeyine sahiptirler (Tablo-8). Aynı çalışmada Turgutalp Soma arası marn-kireçtaşları üzerinden alınan kırmızı renkli Akdeniz topraklarının ise balçık bünyesinde olduğu analiz edilmiştir. Balçık bünyeli topraklar ise yüksek aşınırlığa sahiptirler. Burada farklı ana kaya üzerinde gelişen aynı toprak tiplerinin farklı aşınırlığa sahip olduğu tespit edilmiştir.

Atalay (2006, s. 84) Kazdağlarında gnays ve şistler üzerinde gelişen kahverengi orman topraklarının killi balçık bünyesinde olduğu analiz edilmiştir. Killi balçık bünyeli topraklar orta aşınırlığa sahiptir.

Toprak derinliği; toprağın üst horizonları ile ana materyal arasındaki uzunluk olarak tanımlanmaktadır. Toprağın su tutma kapasitesi toprak derinliği ile doğru orantılı olup; derin topraklardaki su tutma kapasitesi daha fazla olup; toprak derinliğinin fazla olduğu topraklarda da erozyon seviyesi düşük olacaktır (Tablo-9).

Tablo 9

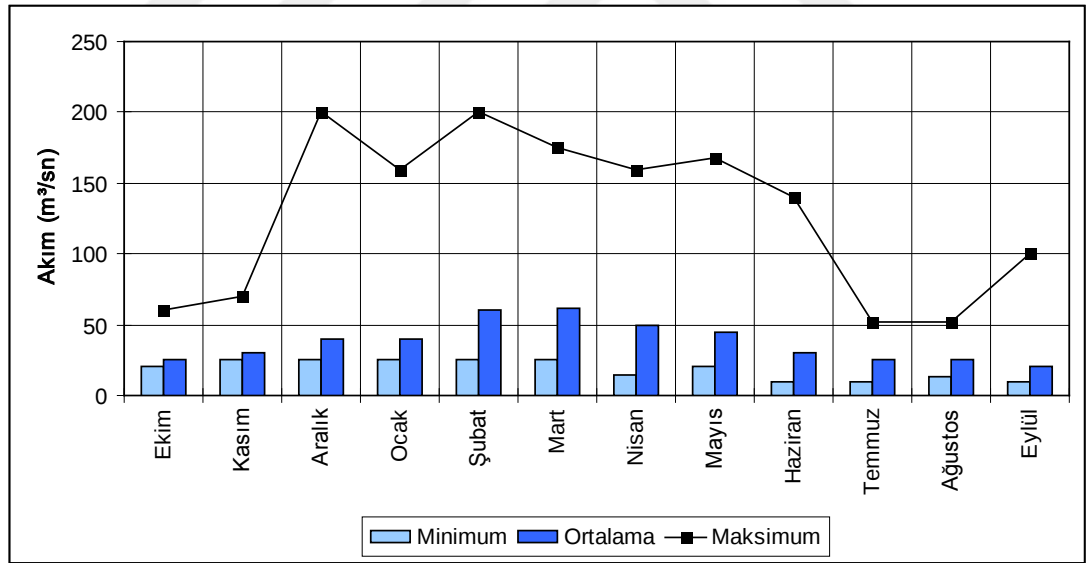
Toprak derinlik özelliklerinin erozyona karşı duyarlılıkları

Kod Tanımı	Derinlik (mm)
Az Aşınırlık	> 750
Orta Aşınırlık	250 - 750
Yüksek Aşınırlık	< 250

4.5. Hidrografik Özellikler ve Erozyona Etkisi

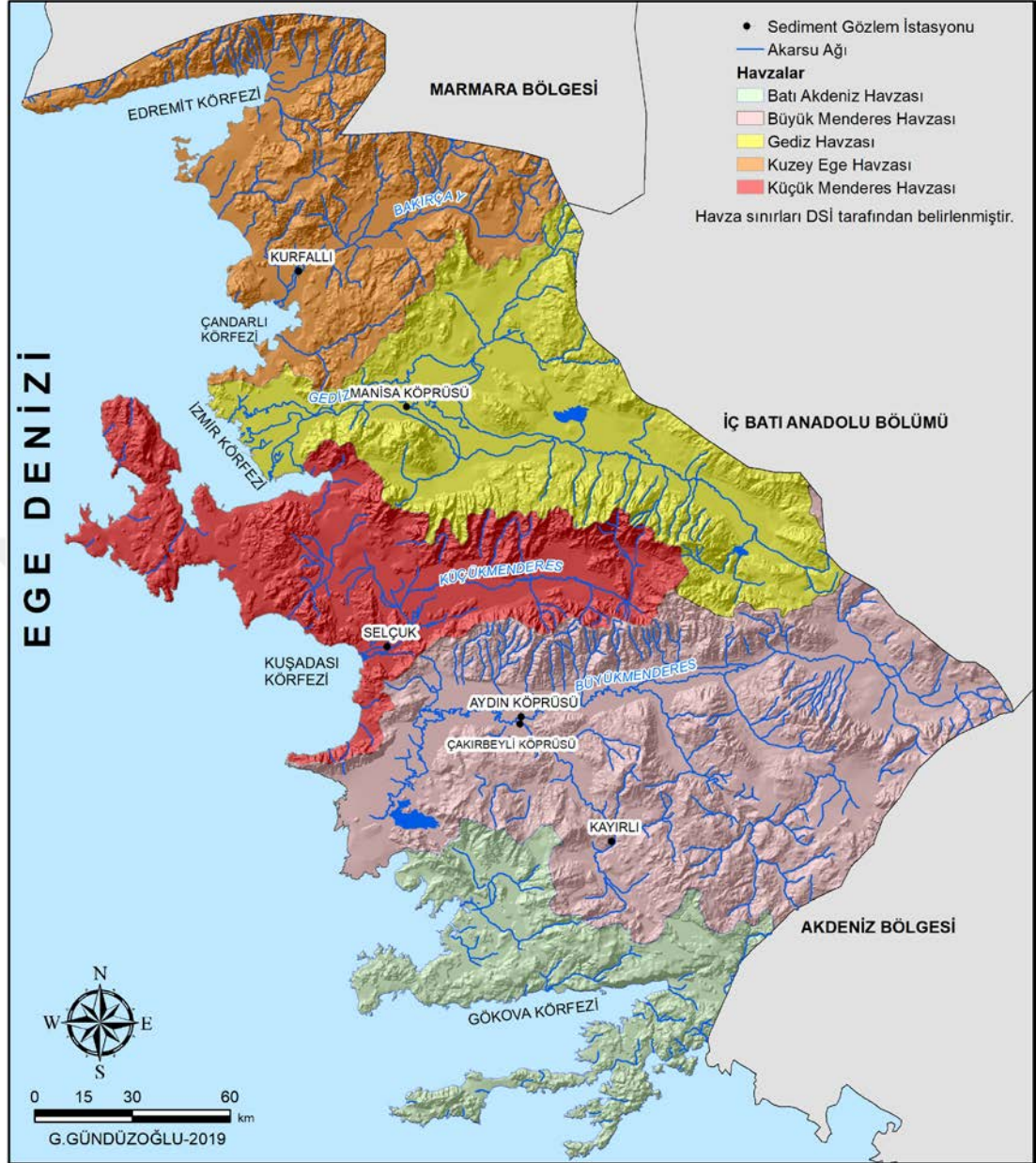
Akarsu yapısını etkileyen en önemli unsur iklim ve litolojik özelliklerdir. Karstik arazilerde yağış sularının büyük bir kısmı infiltre olduğundan son derece zayıf bir yüzey drenajı bulunmaktadır. Oysaki geçirimsizlikle gözeneklilik bakımından zayıf gnays, şist ve mermerler üzerinde, yağış sularının büyük bölümü yüzeysel akışa geçmektedir. Bu durum özellikle Bozdağlar ve Aydın dağları üzerinde bulunan metamorfik arazideki yoğun drenaj ağı yapısında ortaya çıkmaktadır (Şekil-15). Akarsu ağının şekillenmesinde sadece geçirimsizlik ve gözeneklilik özelliği etkili olmayıp; ana materyalin aşınmaya karşı gösterdiği direnç de etkilidir. Aşınmaya karşı direnci zayıf olan ve yüzeysel akışa geçen sularla kolayca aşınan ana materyal üzerinde yoğun bir drenaj ağı meydana gelmektedir. Bu durum Bozdağlar ve Aydın dağları eteklerinde bulunan Pliokuaterner depolar üzerinde görülmektedir.

Bölgede genellikle Akdeniz akarsu rejimi hakimdir (Şekil-14). Yaz aylarında akarsuların su seviyesi azalırken; kış aylarında ise yağışların artması ile birlikte yükselme meydana gelir. Tarım alanlarının sulanması ve barajların yapılması sebepleri ile yaz aylarında akarsular tamamen kurumaktadır.



Şekil 13: Gediz Nehrinin Akım Diyagramı (Kaynak: DSI)

Akarsu ağında taşınan sediment miktarı havzanın erozyon karakteristiklerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Çalışma alanındaki havzalarda taşınan sediment miktarının tespiti amacıyla 6 adet istasyona ait Süspanse Sediment miktarları kullanılmıştır (Tablo-10). Bu değerler Elektrik İşleri Etüt idaresinden temin edilmiştir. Söz konusu istasyonların konumları ise Şekil-15'de gösterilmiştir.



Şekil 14: Kıyı Ege Bölümünde Akarsu Ağı ve mevcut havza durumu

Sediment gözlem istasyonlarına ait taşınan sediment süspanse miktarı ile o anki akım değeri arasında doğru orantı vardır. Akarsu debisinin artması ile birlikte taşınan sediment miktarı da artmaktadır. Ayrıca taşınan sediment miktarının maksimum olduğu dönemlerde akarsuyun akış hızı da maksimum olmaktadır. Çalışma alanındaki Kurfalı istasyonuna ait taşınan sediment miktarı ile su akış hızları arasındaki korelasyonu gösteren dağılım Şekil-16'da gösterilmiştir.

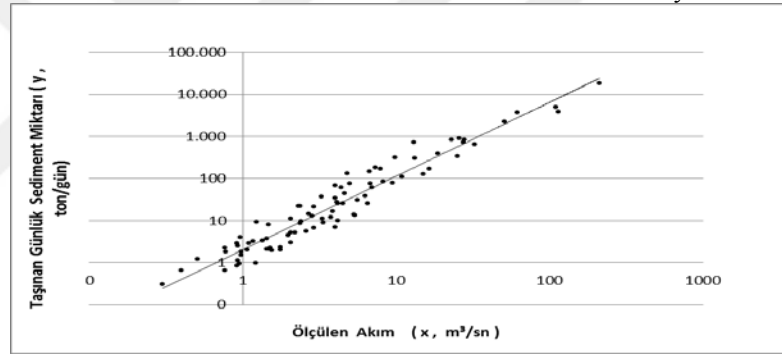
Tablo 10

Çalışma Alanında bulunan Sediment Gözlem İstasyonları

İstasyon Adı	Gözlem Yılları	Toplam gözlem yılı	Toplam sediment miktarı (ton/gün)
KURFALLI	1999-2005	6	41.596
MANİSA KÖPRÜSÜ	1999-2001	3	89.512
SELÇUK	1999-2005	6	63.053
KAYIRLI	1995-2005	10	114.007
AYDIN KÖPRÜSÜ	1995-2005	10	249.627
ÇAKIRBEYLİ KÖPRÜSÜ	1999-2005	6	112.034

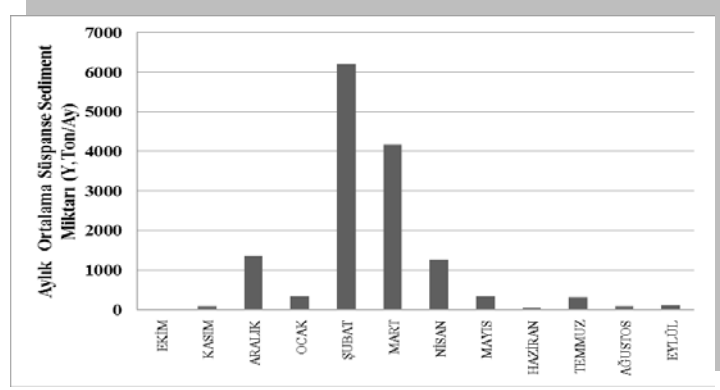
Kaynak: DSİ

Kaynak: DSİ

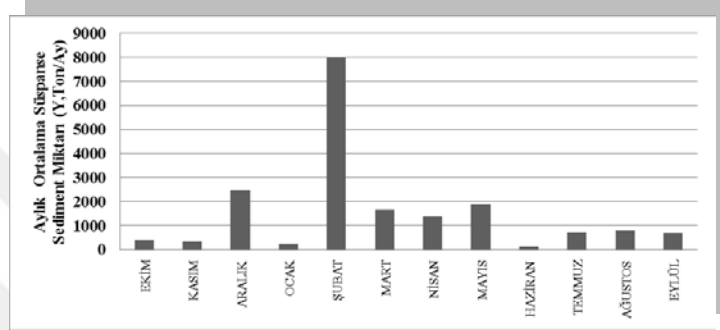


Şekil 15: Kurfalı (Bakırçay) İstasyonu Sediment Anahtar Eğrisi

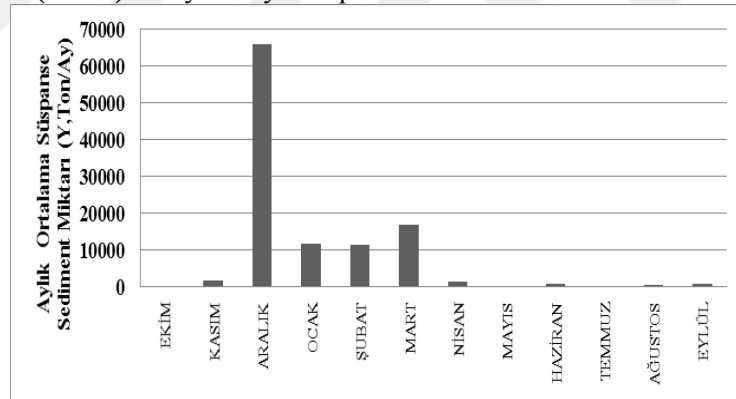
Sediment gözlem istasyonlarının aylık ortalama sediment miktarları özellikle şubat aylarında artmaktadır. Sahada bulunan istasyonların aylık toplam sediment miktarları incelendiğinde Büyük Menderes Havzası içinde yer alan Aydın istasyonunda diğer istasyonlara göre farklılık olduğu görülmektedir (Şekil-20). Özellikle Temmuz ve Ağustos aylarında toplam sediment miktarı bu istasyonda artmaktadır. Bunun en önemli nedeni istasyonun sulama kanalı bağlantısı olması ve yaz aylarında tarımsal sulamalar nedeni ile bu istasyonda yaz aylarında taşınan sediment miktarları artmaktadır.



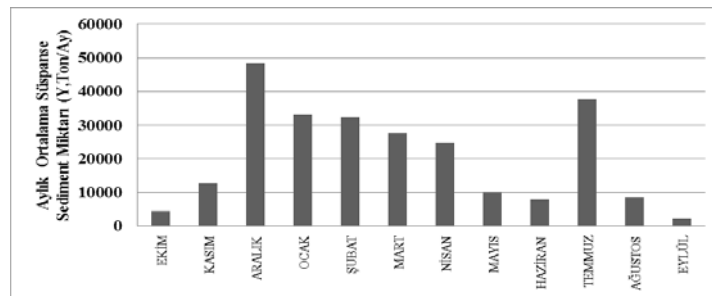
Şekil 16: Kurfalı (Bakırçay) İstasyonu aylık toplam sediment miktarları



Şekil 17: Manisa (Gediz) istasyonu aylık toplam sediment miktarları

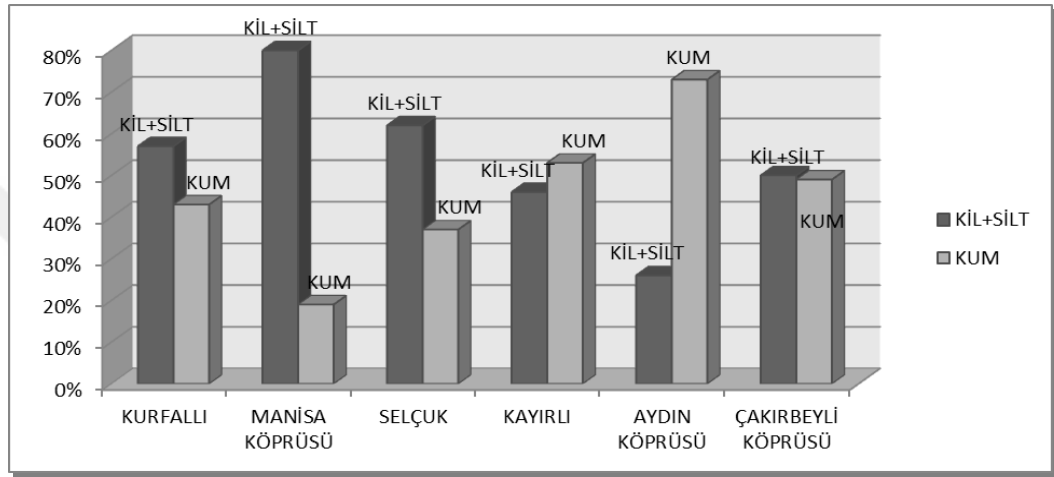


Şekil 18: Çakırbeyli (B. Menderes) istasyonu aylık toplam sediment miktarları



Şekil 19: Aydın Köprüsü (B. Menderes) istasyonu aylık toplam sediment miktarları

İstasyonlardan alınan sediment örneklerinin dane dağılımları incelendiğinde özellikle Aydın istasyonunda daha çok “kum” malzemenin taşındığı görülmektedir (Şekil-21). Bunun en önemli sebeplerinden biri bu istasyonu besleyen akarsu kollarından bir kısmının kumlu, çakıllı Pliokuaterner (Tmoloschutt) depolardan malzeme taşınmasıdır. Manisa ve çevresinde gölsel kireçtaşı olması sebebi ile bu alanlarda kil ve silt birikimi daha fazladır (Şekil-21). Bu durum özellikle taşınan malzemenin anakayadan kaynaklandığını göstermektedir. Erozyon boyutunu ise bitki örtüsü durumu ve diğer faktörler etkilemektedir.



Şekil 20: Gözlem istasyonlarının taşıdığı malzemelere göre karşılaştırılması

4.6. Vegetasyon Özellikleri ve Erozyona Etkisi

Çalışma alanı Akdeniz Fitocoğrafya Bölgesi’nde kaldığından; genellikle bölgede yaz kuraklığına dayanıklı, ışık isteği yüksek ve yüksek sıcaklık isteyen türler bulunmaktadır. Bölgede bulunan bazı türler toprak ve iklim şartlarını yansıtmaktadır. Örneğin nemli toprak veya yeraltısuyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu sahalarda katırtırnağı (*Spartium junceum*), hayıt (*Vitex agnus castus*) ve zakkum (*Nerium oleander*) türleri bulunur. Yağışlı veya nemli ortamlarda ise Sandal (*Arbutus andrachne*), kocayemiş (*Arbutus unedo*), defne (*Laurus nobilis*), mersin (*Mrytus communis*) türleri yetişmektedir (Çukur, 1998, s. 188).

Derin kök sistemi yardımı ile taşlık, kayalık, sık topraklı alanlarda tutunabilen makiler tamamen kızılçam ormanlarının tahribatı ile yayılır. Genellikle bütün yıl yeşil olan maki türleri oldukça hızlı büyürler. Özellikle orman yangınlarının fazla olduğu sahalarda kök sürgünleri ile ortama yayıldıklarından orman yangınlarından fazla etkilenmezler. Maki formasyonları kızılçam ormanlarının orman altı katını oluşturmaktadır. Çalışma sahasında maki formasyonları, Ege kıyılarından başlayarak doğu batı uzanışlı grabenler aracılığı ile İç Batı Anadolu’ya kadar sokulabilmektedir (Çukur, 1998, s. 187). Maki türlerinin yayılış alanları doğal ortam şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, nemli rüzgarlar alan,

yağışın yeterli olduğu karstik sahalar defne (*Laurus nobilis*), kocayemiş (*Arbutus unedo*), mersin (*Mrytus communis*) türleri tarafından kaplanmıştır.

Garig formasyonları; makilerin tahrip edilmesi sonucu ortamda hakim duruma geçen boyları 50 cm ile 1 m arasında olan, ekolojik istekleri fazla olmayan çalı topluluğudur. Garigler su kaybını en aza indirmek için; kışın büyük olan yapraklarını yazın küçültmek suretiyle transpirasyonu en aza indirmektedirler. Çalışma alanında en yaygın garig türleri; Adaçayı-yapraklı laden (*Cistus salvifolius*), tüylü laden (*Cistus creticus*), nane (*Salvia triloba*), sütleğen (*Euphorbia hierosolymitana*) şeklindedir.

Garig formasyonları Dumanlı dağ (1091 m.) kütlesinin batı yamaçlarında ova tabanından itibaren görülmeye başlayıp 400 m.'ye kadar çıkmaktadır. Bu sahaların sık sık yangın geçirmiş olması yanında, koyun ve keçi sürülerinin otlatma alanı olması garig formasyonunun gelişmesine yol açmıştır. Eğim değerleri (% 21- % 27) yüksek olan bu yamaçlarda şiddetli erozyon nedeniyle toprak örtüsü oldukça incelmıştır. Hatta çoğu yerde ana kaya yüzeye çıkmıştır. Taşlık bir arazi yapısına sahip olan bu yamaçlarda geven (*Astragalus Membranaceus*), ateş diken, abdestbozan (*Sarcopoterium spinosum*) ve kekik (*Thymus vulgaris*) yoğun olarak bulunan türlerdir (Eroğlu 2009, s. 155).

Akdeniz Bölgesi'nin kuraklığa dayanıklı, ışık isteği fazla olan ve hızlı büyüyen asli ağacı olan kızılçam (*Pinus brutia*) ormanları değişik bonitet ve formda görülür. Kızılçamlar çok güçlü çimlenme ve yayılma yeteneğine sahiptir. Orman yangınlarına karşı tohumları dayanıklıdır. Kızılçamlar, Ege grabenlerinde yükselen Bozdağ, Aydın ve Menteşe dağlarının özellikle güneye bakan yamaçlarında 1000 m'ye kadar yükselir (Atalay ve Mortan, 2003, s. 173).

Vejetasyon örtüsü toprak kaybının azaltılmasında çok önemli bir faktördür. Genel olarak, koruyucu arazi örtüsü arttığında erozyon tehlikesi azalmaktadır. Bu durumda toprağı düşen yağmur damlalarının etkisinden koruyarak infiltrasyon derecesini artırır, yüzey akışın hızını düşürür. Vejetasyon bozulmadığı sürece yağış, eğim dikliği ve toprak farklılığına rağmen erozyon ve yüzey akışı düşüktür.

Özellikle yüzey erozyonunda vejetasyon örtüsünün erozyon oluşumuna etkisi bitki örtüsünün çeşidine, yoğunluğuna, orman altı bitkilerinin ve diğer artıkların ortamdaki varlığına bağlıdır. İyi örtüye sahip arazi yüzey akışı geciktirir. Vejetasyon koruyucu bir tabaka gibi davranır veya atmosfer ve toprak arasında tampon görevi görür. Yüzey üstündeki örtü düşen yağmur damlalarının, akan suyun enerjisini absorbe ederek, toprağı yönelim azalır (Özsoy, 2007, s. 97).

Çalışma alanının özellikle dağlık kesimlerinde bulunan orman örtüsü altındaki bölgelerin erozyon riski düşükken arazi örtüsünün tahrip edildiği sahalarda erozyon riski artmaktadır. Özellikle Fotoğraf-3’de görüldüğü gibi bitki örtüsünün olmadığı yüksek eğim şartların altındaki alanda erozyon riski had safhadadır. Bitki örtüsünün tahribi sonucunda, kapalılığını kaybettiği veya tamamen ortadan kalktığı bozuk orman-otlak sahalarında toprak erozyonu oldukça şiddetlidir (Hoşgören 1983, s. 125).



Fotoğraf 3: Muğla-Bodrum arasında arazi örtüsünden yoksun eğimli erozyon riskli saha

Bitki örtüsü kapalılık oranı ile erozyon arasında ters bir orantı söz konusudur. Diğer etkenlerin sabit kalması durumunda kapalılığın fazla olduğu alanlarda erozyon az, kapalılığın az olduğu alanlarda ise erozyon daha şiddetli olmaktadır. Bu bakımdan bitki örtüsü toprağı ne kadar kaplarsa o oranda da korumuş olur (Ekinci, 2004, s. 122).

BÖLÜM-5

KIYI EGE’NİN EROZYON RİSKİNİN BELİRLENMESİ

5.1 Erozyon İle İlgili Tanımlar

Toprak erozyonu “aşındırıcı maddelerle toprak malzemesinin sökülüp taşınması süreci” olarak tanımlanmıştır (Ellison, 1947). “Korozyon” Latince kemirmek anlamına gelen “corradere” fiilinden türemiş olup akarsuyun kenarlarındaki her türlü materyali aşındırmasıdır. Latince aynı fiilden türeyen “korazyon” ise, rüzgârlarla sürüklenen taş parçacıklarının yaptığı oyma, çarpma, çizme, cilâlama işlerini ifade etmek için kullanılmaktadır (Karaoğlu, 2014, s. 168).

Erozyon, verimli toprakların devamlılığı açısından önemli bir doğal süreçtir. Toprak oluşumu yönünden büyük önem taşıyan bu doğal sürece “jeolojik erozyon” “normal erozyon”, “doğal erozyon” veya “zararsız erozyon” adları da verilmektedir (Çelebi, 1975, s. 115). Ancak erozyon insanoğlunun doğaya uygunsuz müdahaleleriyle doğal bir süreç olmak çıkıp tehlikeli bir doğal afet haline gelmiştir. Zira Yanlış arazi kullanımı sonucunda karşımıza çıkan hızlandırılmış erozyona insan erozyonu adı bile verilebilmektedir (Çelebi, 1981).

Toprak erozyonu çeşitli faktörlerin denetimi altında ortaya çıkmaktadır (Balci, 1978, s. 94). Erozyon iklim, fiziksel, hidrolojik, kimyasal, yağış miktarı ve yoğunluğu, akış derinliği ve hızı ve toprağın erozyona duyarlılığı gibi maddi ve biyolojik faktörlerden etkilenmektedir (Wang, Fang, Wu, Yang, Xu, 2015, s. 410). Bu faktörlerin etki derecesi erozyonunun türünü ve boyutunu değiştirmektedir (Ekinci, 2007, s. 2).

5.2 Erozyon Riskinin Belirlenmesinde Kullanılan Modeller

Toprak erozyonunu ölçmek için birçok metot geliştirilmiştir. Toprak erozyon tehlikesini ülkesel, bölgesel ve havza düzeyinde niteliksel veya niceliksel olarak değerlendirmede kullanılan birçok matematiksel model bulunmaktadır. Bu çalışmada niteliksel bir erozyon modeli ortaya konmaya çalışılmıştır.

5.2.1. Niteliksel (Kalitatif) Modeller

Erozyonun şiddetini belirlemeye yönelik modeller bu sınıfa girer. Bu modellerde erozyon; az, orta, şiddetli, çok şiddetli gibi sınıflara ayrılır. Bu modellere bakarak erozyonun az ve çok olduğu alanlar tespit edilebilmektedir. Bu modeller FAO (Birleşmiş Milletler Gıda Tarım Teşkilatı) yöntemi, ICONA yöntemi, LEAM yöntemi ve CORINE yöntemleridir.

FAO (Birleşmiş Milletler Gıda Tarım Teşkilatı) Yöntemi

Bir havza veya bölgede, erozyondan etkilenmeyen (durağan) alanlar ile, erozyondan etkilenen (durağan olmayan) alanlarda uygulanan, aktif erozyon özelliklerinin sistematik haritalanmasında diğer bir ifadeyle, potansiyel erozyon derecesinin ve erozyon riskinin kalitatif (nitelik) olarak haritalanmasında FAO (Birleşmiş Milletler Gıda Tarım Teşkilatı) Metodu kullanılmaktadır (Yılmaz, 2006, s. 20). bir havzada mevcut ve aktif olan erozyonu değerlendiren ve kalitatif olarak tanımlayan haritalama metodudur. Bu yöntemin prensibi, hava ve/veya uydu fotoğraflarını yorumlama ve arazi gözlemlerinden yararlanılarak, yeni bir yoruma dayalı olarak potansiyel erozyon haritalamasını tamamlayıcı nitelikte erozyonun haritalanmasıdır (Giordano, 1984, s. 387).

ICONA (Institut National Pour La Conservation De La Nature) Yöntemi

Durum karar matrisleriyle; arazinin yapısının ortaya konulduğu; İspanya Doğal Kaynaklar Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen bir modeldir. Bir havza veya bölgede, erozyon riskini kalitatif olarak haritalama için kullanılır. Burada; Arazi kullanımı, Bitki örtüsü yoğunluğu, Fizyografik birimler (topografya ve eğim) ve Lito-pedolojik birimler (jeoloji ve toprak) dikkate alınarak, ilk olarak koruma düzeyleri ve erozyona duyarlılık haritaları, daha sonra bu iki haritanın karşılaştırılması ile de “Erozyon Durum Haritası” hazırlanmaktadır (Bayramin, Erpul, ve Erdoğan, 2006, s. 82).

Bu model CORINE yöntemi ile bazı yönlerden farklılık göstermektedir. Bu yöntemde CORINE yönteminde kullanılan iklim verileri kullanılmazken; CORINE yönteminde kullanılmayan jeolojik veriler bu yöntemin ana fonksiyonlarından biridir (Tablo-11). Ayrıca bu yöntemde arazi kullanımı CORINE yöntemine göre daha detaylandırılmıştır.

CORINE (Coordination Of Information On The Environment) Yöntemi

Avrupa Birliği Çevre programı dahilinde; topluluk içerisinde yer alan ülkelerin topraklarındaki çevresel değişimleri belirlemek, doğal kaynakları uygun biçimde yönetmek amacı ile 1985 yılında CORINE programı kabul edilmiştir. Bu programın en önemli çevre politikalarını; toprak erozyonunun değerlendirilmesi ve arazi kalite sınıflandırılması oluşturmaktadır.

Tablo 11

CORINE ve ICONA yöntemlerinin karşılaştırılma tablosu

	Yöntem		
	ICONA	CORINE	
Arazi Kullanım Durumu	1. Kuru Tarım Alanları	1 Tamamen korunan Orman, çalılık, mera 2 Tamamen korunmayan tarım alanı, çıplak alan	
	2. Meyvelik, Bağlık- Bahçelik Alanlar		
	3. Sulu Tarım Alanları		
	4. Orman Alanları		
	5. Çalılık ve Maki Alanları		
	6. Mera, Seyrek Çalılık ve Diğer Alanlar		
Bitki Örtüsü Yoğunluğu	Kod Tanımı	Değer(%)	Bu Yöntemde Kullanılmamaktadır
	1. Az yoğun	0-25	
	2. Orta Yoğun	25-50	
	3. Yoğun	50-75	
	4.Çok Yoğun	75-100	
Aşınabilirlik (Toprak-Jeoloji) Özellikleri	1 Çok sert kayalar	0 Aşınırlık Yok	
	2 İyi kaynasmış, kalker kayalar	1 Aşınırlık Düşük	
	3 Kompakt silisli kayalar	2 Aşınırlık Orta	
	4 Gevsek yapıda, az dayanıklı kayalar ve yumusak formasyonlar	3 Aşınırlık Yüksek	
	5 Killer, siltler, kumlar ve dördüncü zamana ait yığılmalar (depositler).	Derinlik, taşlılık ve tekstür gibi toprak özellikleri kullanılmaktadır.	
Eğim	1 Düz-Çok Hafif 0-3	1 Çok Hafif-Düz < 5	
	2 Orta Eğimli 3-12	2 Hafif Eğimli 5-15	
	3 Dik 12-20	3 Dik 15-30	
	4 Çok Dik 20-35	4 Çok Dik > 30	
	5 Sarp >35		
İklim Özellikleri	Fournier Yağış İndeksi	1 Çok Düşük 2 Düşük 3 Orta 4 Yüksek 5 Çok Yüksek	
	Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi	1 Islak 2 Nemli 3 Kuru 4 Çok Kuru	
Sonuç Sınıfları	1 Çok Az	0 Çok Az	
	2 Az	1 Az	
	3 Orta	2 Orta	
	4 Şiddetli	3 Şiddetli	
	5 Çok Şiddetli		

Kaynak: Heymann (1994), CORINE (2007)

CORINE yöntemi Avrupa Birliği ülkeleri ile bazı Ege denizi ülkelerinde; erozyon riskinin belirlenmesinde ve haritalandırılmasında kullanılmaktadır (Bayramin ve diğer, 2005: 82). Bu yöntemde erozyon riskinin belirlenmesi için dört ana faktör hesaplanmaktadır. Bu faktörler; toprağın aşınabilirliği (erodibilite), toprak için aşındırıcı güç (erosivite), arazi topografyası (eğim) ve arazi örtüsü (vejetasyon) dur. Bu yöntemde ilk olarak erodibilite, erosivite ve eğim faktörleri kullanılarak potansiyel toprak erozyon riski belirlenmekte; mevcut arazi örtüsü de dikkate alındığında, gerçek toprak erozyon riski hesaplanmaktadır (Tablo-11).

5.2.2. Niceliksel (Kantitatif) Modeller

Erozyon miktarının sayısal olarak tahmin edildiği yöntemlerdir. Bu nedenle sadece topografya, toprak, jeoloji vb. gibi faktörleri yüzeysel olarak değerlendirmezler. Bu modeller birçok fiziksel, istatistiksel ve deneysel parametreyi kullanır. Sadece bir parametrenin belirlenmesi bile uzun çalışmalar gerektirir.

ETKE/YETKE teknolojisi, su erozyonu ile toprak kaybı potansiyelini, iklim, toprak, topografya ve arazi kullanım ve örtüsünün ölçülebilir ve hesaplanabilir parametrelerinden niceliksel olarak (ton ha⁻¹ yıl⁻¹) değerlendirmektedir. Bu yöntem basit olması nedeniyle en geniş kapsamda uygulanan erozyon modelidir (Özsoy, 2007, s. 48).

Usle, Musle, Usle-M ve Rusle yöntemleri; Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı Toprak Koruma Bölümü tarafından geliştirilen USLE erozyon risk modeli, günümüzde dünyanın hemen her yerinde kullanılan, en yaygın ve bilinen su erozyonu tahmin modellerinden biridir. USLE yöntemine bazı farklı faktörler eklenerek Musle, Rusle gibi modeller türetilmiştir. USLE yöntemi ana hatları ile aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Renard ve diğerleri, 1997; Nursida, Projo, ve Hartono, 2017, s. 132).

$$A = R.K.L.S.C.P$$

Formülde;

A = Yıllık sediment kaybı (t ha⁻¹ y⁻¹).

R = Yağış erozyon indisi (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹y⁻¹).

K = Toprağın erozyona duyarlılığı (t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹).

L = Eğim uzunluğu faktörü

S = Eğim dikliği faktörü

C = Ürün ve arazi yönetim faktörü

P = Toprak koruma önlemleri

5.3 Çalışma Alanının Erozyon Riskinin Belirlenmesi

Çalışma alanının erozyon riskinin belirlenmesi için yeni bir erozyon modeli geliştirilmiştir. Bu modelde erozyon riskini oluşturan faktörler belirlenerek; her bir faktörün erozyona etki yüzdesi AHP (Analitik Hiyerarşi Yöntemi) ile hesaplanmıştır. Oluşturulan bu model yardımıyla çalışma alanının erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Ayrıca oluşturulan modeldeki parametreler ağırlıksız olarak ayrıca analiz edilerek yeni bir erozyon risk bölgeleri oluşturulmuş, ağırlıkların sonuca nasıl yansıdığı ortaya konmuştur. Ayrıca elde edilen sonuçların kontrol edilmesi amacıyla; Avrupa’da yaygın olarak kullanılan ICONA yöntemi yardımıyla sahanın erozyon riski ortaya konulmuş, her iki sonuç karşılaştırılmıştır.

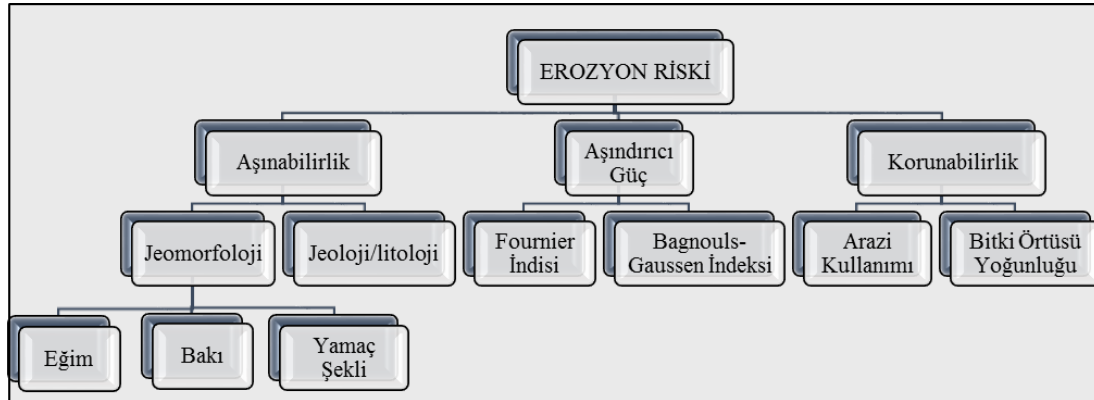
5.3.1. Erozyon Riskinin Belirlenmesinde Yeni Model Geliştirilmesi

Kıyı Ege Bölümü’nü kapsayan araştırma sahası dahilinde; çalışma alanının erozyon riskinin belirlenmesi için yeni bir model oluşturulmuştur. Bunun için dünya ölçeğinde kullanılan erozyon modelleri çalışma sahasının özellikleri dikkate alınarak yeniden düzenlenmiş; erozyon riski oluşturacak faktörler için yeni bir puan sistemi geliştirilmiştir.

5.3.1.1. Doğal Ortam Özelliklerinin Ağırlıklarının Hesaplanması

Oluşturulan bu sistemde faktörlerin puanlanması için Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşik Süreç (AHP) yöntemi kullanılmıştır. 1970’lerde Thomas Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY), birden çok kriter içeren karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan bir karar verme yöntemidir (Kuruüzüm ve Atsan, 2001, s. 84). Bu yöntem günümüzde çok sayıda kriterin bulunduğu belirli alternatifler arasından seçim yapmak için kullanılmaktadır. Ancak bu çalışmada erozyon riskine etki eden faktörlerin ağırlıklarının hesaplanması için kullanılmıştır.

AHP yöntemine göre erozyon riskine etki eden faktörlerin ağırlıkları hesaplanırken erozyon riski ilk olarak alt ölçütlere, daha sonra her bir alt ölçüt kendi içinde ikinci düzey ve üçüncü düzey alt ölçütlerine bölünmüştür (Şekil-22). Bu alt ölçütler kendi aralarında karşılaştırılmış, her bir faktörün birbirine göre etki düzeyi belirlenmiştir. Karşılaştırma yapılırken; mevcutta kullanılan erozyon risk modelleri (CORINE ve ICONA), faktörlerin erozyon riskine etki etmeleri ile ilgili yapılan deney sonuçları ve Batı Anadolu’yu kapsayan çalışmalar dikkate alınmıştır. İkili karşılaştırmada AHP değerlendirme ölçeği puanları kullanılmıştır (Tablo-13).



Şekil 21: Oluşturulan modele göre erozyon riski ölçütleri ve alt ölçütleri

Tablo 12

AHP Değerlendirilmesinde kullanılan Ölçütler ve puanları

Koşul	Puan
Eşdeğer önem	1
Biraz daha Önemli (az üstünlük)	3
Oldukça önemli (fazla üstünlük)	5
Çok önemli (çok üstünlük)	7
Son derece Önemli (kesin üstünlük)	9
2, 4, 6, 8 Ara değerler	

Kaynak: Saaty, 1980, s. 54

Erozyon Riski ilk olarak alt ölçütlere ayrılmıştır. Bu ölçütler sahanın mevcut Jeomorfolojik ve litolojik/jeolojik durumunu kapsayan aşınabilirlik, erozyon riskine etki eden aşındırıcı güç olarak kabul edilen Fournier İndisi ve Bagnouls Gaussen İndisini içeren aşındırıcı güç ve erozyon riskini engelleyen korunabilirlik parametrelerinden oluşmaktadır (Şekil-23).



Şekil 22: Erozyon riskinin AHP yöntemine göre birinci alt ölçütlere ayrılması

AHP yöntemine göre yapılacak olan puanlandırmada her faktör ikili olarak birbiri ile karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda her birimin Tablo-13'e göre karşılaştırma puanı belirlenmiştir. İkili karşılaştırmalar gerek erozyon riski ile gerekse çalışma alanının fiziki özelliklerine ilişkin yapılan literatür araştırması neticesinde belirlenmiştir. Karşılaştırma matrisi Tablo-14'de görülmektedir. bu tabloda ikili karşılaştırma yapılan değerler

Karşılaştırma sütununda yer almakta; açıklama kısmında ise ikili karşılaştırmada verilen puan ve bu puanın verilmesinde kullanılan ilgili literatür yazılmıştır. Elde edilen puan değerleri ile Tablo-15’de gösterilen ağırlık matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 13

Erozyon riski alt ölçütlerinin ikili karşılaştırma tablosu

Erozyon riski	Aşınabilirlik-Aşındırıcı Güç	Açıklama
		Römkens ve diğerleri (2002, s. 1624) yapılan çalışmada; aynı yağış koşullarında eğim derecesinin artmasına bağlı olarak erozyon miktarının yüksek derecede değiştiğini, eğim miktarının; erozyonu yağış faktörüne göre daha fazla etkilediği ortaya konmaktadır. Ayrıca bu çalışmada; sabit eğim koşulları altında artan yağış ortamında erozyon riskinin yağışa bağlı arttığı ancak bu artışın eğim faktörünün etkisi kadar olmadığı ortaya konmuştur. Aşınabilirlik faktörünün bir diğer fonksiyonu olan litoloji ve toprak özelliklerinin Yağış ile ilişkisi CORINE erozyon risk belirleme yönteminde ele alınmıştır. Bu yöntemle göre aşınabilirlik düzeyinin düşük olduğu koşullarda aşındırıcı gücün çok yüksek olması halinde bile erozyon riskinin düşük oranda olabileceği öngörülmektedir. Yapılan çalışmalarda aşınabilirlik indeksinin aşındırıcı güç indeksine göre daha baskın olduğu gözlemlenmektedir. Ancak çalışma sahasında yapılan Çukur H. (1998, s. 143)’de 25.1 mm ve daha yüksek miktardaki yoğun yağışların erozyona sebep verdiği; çalışma sahasına düşen yıllık yağışların büyük bir kısmının erozyon etkisine sahip olduğu belirtilmiştir. Araştırma havzası orman ve mera alanlarında uygulanan aşırı ve kontrolsüz otlatmalar nedeniyle bitki örtüsü son derece zayıflamış ve normal kapallılığını kaybetmiştir. Bu durum erozyon eğilimi çok yüksek olan havza topraklarının kolayca aşınmasına yol açmaktadır (Reis ve diğerleri, 2000, s. 40). Özdemir (2007: 24) bütün koşulların aynı olması şartıyla, eğimin fazla olduğu alanlarda yağışla gelen suların toprağa sızması eğimin az olduğu alanlara nispeten daha az olduğu; bunun sonucunda da yağmur sularının direkt akışa katılacağı; Bunun da akım değerini fazlalaştırdığı belirtilerek; özellikle bitki örtüsünden yoksun olan alanlarda erozyonel faaliyetlerin hızlandığı ve akarsuyun taşıdığı sediment miktarını artırdığını belirtmiştir. Her ne kadar erozyon riski belirleme çalışmalarında aşındırıcı gücün etkisi aşınabilirlik karşısında fazla etkili olmasa da; çalışma alanının yağış özellikleri dikkate alındığında; bu çalışmada AHP yöntemine göre Aşınabilirlik faktörü Aşındırıcı güç faktörüne göre 3 (<i>biraz daha önemli</i>) şeklinde puanlandırılmıştır.

Devamı sonraki sayfadadır.

Erozyon Riski		Açıklama
	Aşınabilirlik- Korunabilirlik	Thinley (2008) çalışmada diğer faktörler sabit olarak alındığında; arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritasının erozyon sürecinin modellenmesinde etkin rol oynayacağını belirtmiştir. Ege (2008, s. 125) yapmış olduğu çalışmada; araştırma bölgesinde Eğim derecesi % 30'un üzerinde olan alanların çok dik yamaçlara karşılık geldiğini, en yüksek eğim derecesine sahip bu alanların saf kireç taşlarının akarsular tarafından yarıldığı vadi ve boğazların yamaçlarına karşılık geldiğini ancak bitkilerin tutunabildiği orman alanlarında erozyon probleminin çok fazla olmadığı, ancak çıplak alanlarda erozyonun problem olarak kaşımıza çıktığını vurgulayarak; korunabilirliğin önemini vurgulamıştır. Akşit (2003, s. 197) çalışmasında ise; kızılçam ormanlarının degradasyonu sebebiyle bu sahaların step ormanlarına ve tarım alanlarına dönüştüğünü, doğal erozyondan hızlandırılmış erozyona geçişteki en önemli faktörlerden birini ise bu tür arazi degradasyonları oluşturduğunu vurgulamıştır. ICONA yöntemi ile erozyon modellenmesi parametreleri incelendiğinde; bitki örtüsü ile tamamen korunan çok şiddetli aşınabilirlik değerine sahip alanların erozyon riskinin az olarak derecelendirildiği göz önüne alındığında; korunabilirliğin aşınabilirlik karşısında erozyon riskinin belirlenmesi açısından etkin rolde olduğu açıktır. Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada AHP yöntemine göre Aşınabilirlik faktörü Koruma İndisi faktörüne göre 2 (<i>eşdeğer-biraz daha önemli</i>) şeklinde puanlandırılmıştır.
Erozyon Riski		
	Korunabilirlik-Aşındırıcı Güç	Koçman (1989) tarafından İzmir-Bozdağlar bölgesinde yapılan araştırmada; söz konusu bölgede doğal bitki örtüsünün tahrip edildiği alanlarda yağışların şiddeti nedeni ile özellikle sonbahar ve kış aylarındaki sağnak yağışlar sırasında yüzeysel akışın gerçekleştiği; bu durumunda özellikle düşük kohezyonlu materyalde yüksek derecede erozyona neden olduğu ortaya konmuştur. Burada önemli etmen korunabilirliğin yeteriz olmasıdır. Peter (1992) vejetasyon örtüsünün toprak kaybının azaltılmasında önemli bir faktör olduğu, vejetasyon örtüsünün toprağı düşen yağmur damlalarının etkisinden koruduğu, infiltrasyon derecesini artırdığı, toprak yüzeyinin engebeliğini koruduğu, yüzey akış hızını düşürdüğü üzerinde durulmuştur. Özsoy (2007:, s. 86) ise Vejetasyon örtüsü bozulmadığı sürece yağış, eğim dikliği ve toprak farklılığına rağmen erozyon ve yüzey akışının az olduğuna dikkat çekilmiştir. Balcı (1958) Elmalı Barajı'nın siltasyondan korunmasına yönelik çalışmasında, iki yıla yakın bir süre yüzeysel akış parselleri kullanarak erozyon ölçümü gerçekleştirmiştir. Çalışmada % 15 eğimli arazi üzerinde 3,5 m x 1 m boyutlarında toplam üç parsel tesis edilmiştir. Parsellerden biri çayır vejetasyonu üzerine, diğeri üzerindeki çayır vejetasyonundan arındırılarak toprak islemesi yapılan alana, üçüncüsü ise aynı eğim koşullarına sahip baltalık karakterindeki orman altına tesis edilmiştir. Yüzeysel akış ve taşınan toprak miktarı, çıplak toprak yüzeyi üzerine tesis edilen yüzeysel akış parselinde en yüksek olmuştur. Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada AHP yöntemine göre Korunabilirlik faktörü Aşındırıcı Güç faktörüne göre 4 (<i>biraz daha önemli- oldukça önemli</i>) şeklinde puanlandırılmıştır.

Tablo 14

Erozyon riski alt ölçütleri için oluşturulan ağırlık matrisi

Erozyon riski	Aşınabilirlik	Aşındırıcı Güç	Koruma düzeyi
Aşınabilirlik	1	3	2
Aşındırıcı Güç	1/3	1	1/4
Koruma Düzeyi	1/2	4	1

Tablo-14’de gösterilen ağırlık matrisi normalleştirilerek ilk ölçütlerin (Erozyon Riski için) ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil-24). Buna göre Erozyon Riskine etki eden üç faktörün ağırlığı; Aşınabilirlik için % 51, Aşındırıcı Güç için % 13 ve Koruma Düzeyi için % 36 olarak hesaplanmıştır.

Birinci Düzey Erozyon Risk Faktörlerinin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Erozyon riski	Aşınabilirlik	Aşındırıcı güç	Koruma düzeyi
Aşınabilirlik	1,00	3,00	2,00
Aşındırıcı Güç	0,33	1,00	0,25
Koruma Düzeyi	0,50	4,00	1,00
Toplam	1,83	8,00	3,25

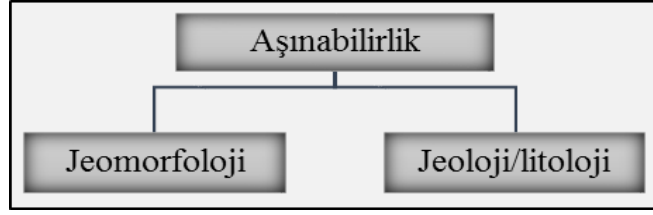
Normalleştirilmiş Matris

Erozyon riski	Aşınabilirlik	Aşındırıcı Güç	Koruma Düzeyi
Aşınabilirlik	0,55	0,38	0,62
Aşındırıcı Güç	0,18	0,13	0,08
Koruma Düzeyi	0,27	0,50	0,31

Erozyon faktörünün alt kümeleri için Öz vektör (ağırlık Matrisi)

Aşınabilirlik	0,51
Aşındırıcı Güç	0,13
Koruma Düzeyi	0,36

Şekil 23: Erozyon riski alt ölçütlerinin AHP yöntemine göre öz vektörünün oluşturulması



Şekil 24: Aşınabilirlik indisinin AHP yöntemine göre alt ölçütlere ayrılması

Bir önceki kısımda erozyon riski alt ölçütlerine ayrılarak; her bir alt ölçüt için ağırlık matrisi oluşturularak öz vektör (ağırlıklar) belirlenmişti. Ancak belirlenen alt ölçütlerde kendi içlerinde alt ölçütlerine ayrılmaktadırlar. Şekil-25’de aşınabilirlik faktörünün alt faktörleri görülmektedir. Bu faktörler jeomorfoloji ve Litoloji/jeoloji faktörleri olarak belirlenmiştir. Her faktörün ağırlığının hesaplanması için ikili karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma çalışma sahasında yapılan çalışmalar ve faktörlerin erozyona etkilerini kapsayan çalışmalar yardımı ile yapılmıştır (Tablo-15).

Tablo-16’da gösterilen ağırlık matrisi normalleştirilerek ilk ölçütlerin (Aşınabilirlik için) ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil-26). Buna göre aşınabilirlik faktörüne etki eden üç faktörün ağırlığı; Jeomorfoloji için % 33 ve Jeoloji/Litoloji için % 67 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 15

Aşınabilirlik alt ölçütlerinin ikili karşılaştırma tablosu

Aşınabilirlik		Açıklama
Aşınabilirlik	Jeoloji/Litoloji-Jeomorfoloji	ICONA yönteminde litoloji ve eğim sınıfları birlikte değerlendirildiğinde; özellikle sert formasyonlar üzerinde erozyon riskinin daha az olduğu gözlemlenmektedir. Çok sert veya iyi kaynaşmış kalker kayalar üzerinde erozyon risk derecesi eğim faktörünün önüne geçerek; erozyon riskini azaltma yoluna gitmektedir. Eğim değerinin % 0-3 olduğu düz alanlarda Killer, siltler, kumlar ve dördüncü zamana ait yığılmalar üzerinde azda olsa erozyon riski görülmektedir. Koçman (1989) çalışma sahasında tahrip edilen sahalarda şistli anakayanın, özellikle Neojen-Pliyokuaterner depolarının şiddetli aşındığını ortaya koymuştur. Atalay (2004, s. 97) çalışmasında doğal bitki örtüsünün tahrip edildiği sahalarda erozyona karşı zayıf dirençli anamateryalin aşınmanın hızlanmasına neden olduğunu ortaya koymuştur. Litoloji ve eğim faktörleri daha önce yapılan çalışmalar göz önüne alınarak incelendiğinde; özellikle aşınım özelliği fazla olan anakayaların yüksek eğim karşısında aşınmasının daha kolay olduğu gözlemlenmektedir. Bu sebeplerden dolayı her ne kadar eğim faktörü erozyonun şekillenmesinde etkin bir rol oynasa da Litolojik açıdan az aşınımlı yüzeylerde erozyon riskinin belirlenmesinde litolojik özellikler eğim özelliğine göre daha etkin rol oynamaktadır. Bu çalışmada; AHP yöntemine göre ikili karşılaştırmada Litoloji faktörü Eğim faktörüne göre 2 (<i>eşdeğer-biraz daha önemli</i>) şeklinde puanlandırılmıştır.

Tablo 16

Aşınabilirlik alt ölçütleri için oluşturulan ağırlık matrisi

Aşınabilirlik	Jeomorfoloji	Litoloji
Jeomorfoloji	1	1/2
Jeoloji/litoloji	2	1

Aşınabilirlik	Jeomorfoloji	Jeoloji- Litoloji
Jeomorfoloji	1,00	0,50
Jeoloji\litoloji	2,00	1,00
Toplam	3	1,50

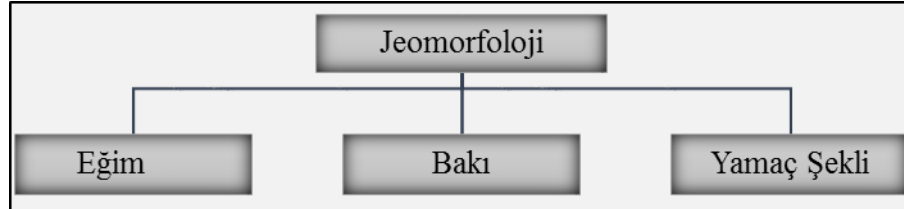
Normalleştirilmiş matris:

Aşınabilirlik	Jeomorfoloji	Jeoloji/litoloji
Jeomorfoloji	0,33	0,33
Jeoloji\litoloji	0,67	0,67

Aşınabilirlik faktörünün alt kümeleri için Özvektör (ağırlık Matrisi)

Jeomorfoloji	0,33
Jeoloji\litoloji	0,67

Şekil 25: Aşınabilirlik alt ölçütlerinin AHP yöntemine göre öz vektörünün oluşturulması



Şekil 26: Jeomorfoloji Faktörünün AHP yöntemine göre alt ölçütlere ayrılması

Tablo 17

Jeomorfoloji Faktörünün Alt Ölçütlerinin İkili Karşılaştırma Tablosu

Açıklama	
Jeomorfoloji	Eğim Yamaç Şekli Şensoy ve Palta (2009, s. 96) Çalışmalarında; aynı eğim koşullarında içbükey ve dışbükey yüzeylerde düz yüzeylere göre toprak kaybının % 30 oranında farklılık gösterdiği belirtilmektedir. Ayrıca yamaç şekli hem erozyon hızını hem de sürecini doğrudan etkilemektedir. Eğim derecesi ve yamaç şekli incelendiğinde; erozyon riskinin yamaç şekline bağlı daha fazla bir değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. Ayvalık ve çevresinde yapılan (Akgün, 2007, s. 104) çalışmada yamaç şeklinin dış bükey ve litolojinin yüksek derece bozulmuş olması durumunda erozyon duyarlılığının arttığı gözlenmiştir. İçbükey yamaç şekillerinde, yamaç alt tarafında eğimin azalmasından dolayı, yüzeysel akışın taşıma gücü de azalmaktadır. Diğer faktörlerin eşit olduğu varsayıldığında, yamaç seklinden kaynaklanan bu etkiden dolayı içbükey yamaçlarda birim alandan daha az toprak kaybı meydana gelmektedir (Şensoy, 2010, s. 124) . Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada; eğim; yamaç şekline göre AHP sınıflandırma sisteminde göre 4 (<i>biraz daha önemli-oldukça önemli</i>) şeklinde puanlandırılmıştır.
	Bakı-Yamaç Şekli Turoğlu ve Özdemir (2005, s. 40) çalışmasında; bakı faktörünün güneşlenme süresine yani sıcaklık faktörüne etkisi vurgulanarak; sıcaklığa bağlı olarak yüzeysel akış miktarının değiştiğinden bahsedilmektedir. Begum ve diğerleri (2010, s. 438) yapmış oldukları çalışmada bakı faktörünün mikro iklimi, bitki örtüsü oluşumunu, su hareketini ve erozyonu etkilediğini belirtmiştir. Bakı faktörü Türkiye'nin kuzey yarımkürede yer almasından dolayı genel olarak güneye bakan yamaçlar, kuzeye bakan yamaçlara oranla daha fazla kısa dalgalı güneş radyasyonunu alırlar. Buna karşın doğu ve batıya bakan yamaçlar daha orta derece bir etkiye sahip olurken, doğuya bakanlar sabahları fazla, batıya bakan yamaçlar ise akşamları daha fazla güneş ışığı alırlar. Ancak yamaç şekilleri kendi içerisinde bakı faktörünü barındırmaktadır. Bu sebepten dolayı bakı faktörü yamaç şekli faktörüne göre 2 (<i>eşdeğer-biraz daha önemli</i>) şeklinde puanlandırılmıştır.
	Eğim-Bakı Turoğlu ve Özdemir (2005, s. 28) çalışmasında yapılan risk zonlamasında eğim faktörünün erozyona çok yüksek derecede etki ettiği; bakı faktörünün ise orta-yüksek derecede etki ettiği öngörülmüştür. Bakı faktörü sıcaklığın değişmesinde rol oynamakta; bu sebepten dolayı erozyon riskini tetiklemektedir. Ancak eğim özellikleri dikkate alındığında; eğimi yüksek olan bölgelerde eğimin erozyona etkisi bakı faktörüne göre daha yüksek olacaktır. Bu çalışmada AHP yöntemine göre eğim faktörü bakı faktörüne göre 4 (<i>biraz daha önemli-oldukça önemli</i>) şeklinde puanlandırılmıştır.

Tablo 18:*Jeomorfoloji alt ölçütleri için oluşturulan ağırlık matrisi*

Jeomorfoloji	Eğim derecesi	Yamaç şekli	Bakı
Eğim	1,00	4,00	4,00
Yamaç şekli	1/4	1,00	1/2
Bakı	1/4	2,00	1,00

Tablo-18’de gösterilen ağırlık matrisi normalleştirilerek ilk ölçütlerin (Morfoloji) ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil-28). Buna göre Morfoloji faktörüne etki eden iki faktörün ağırlığı; eğim faktörü için % 66, Yamaç Şekli için % 13 ve Bakı faktörü için % 21 olarak hesaplanmıştır.

Jeomorfoloji	Eğim	Yamaç şekli	Bakı
Eğim	1,00	4,00	4,00
Yamaç Şekli	0,25	1,00	0,50
Bakı	0,25	2,00	1,00
Toplam	1,50	7,00	5,50

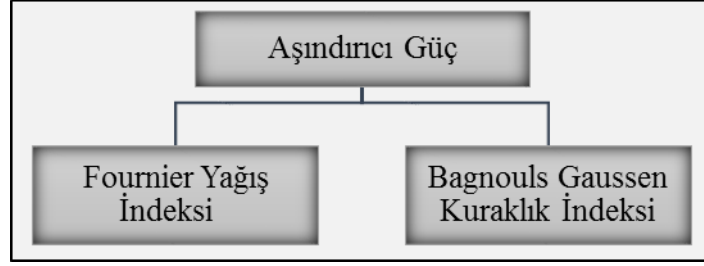
Normalleştirilmiş matris:

Jeomorfoloji	Eğim	Yamaç Şekli	Bakı
Eğim	0,67	0,57	0,73
Yamaç Şekli	0,17	0,14	0,09
Bakı	0,17	0,29	0,18

Morfoloji faktörünün alt kümeleri için Özvektör (ağırlık Matrisi)

Eğim	0,66
Yamaç şekli	0,13
Bakı	0,21

Şekil 27: Jeomorfoloji faktörü alt ölçütlerinin AHP yöntemine göre oluşturulan öz vektör



Şekil 28: Aşındırıcı Güç Faktörünün AHP yöntemine göre alt ölçütlere ayrılması

Tablo 19

Aşındırıcı Güç Faktörünün Alt Ölçütlerinin İkili Karşılaştırma Tablosu

		Açıklama
Aşındırıcı güç	Fournier yağış indeksi	Fournier Yağış İndisi sadece yağış verilerini hesaplarken; Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi yağış ile birlikte sıcaklık değerini de değerlendirmektedir. Sıcaklığın düşmesi ile toprak donabilmekte, böylece suyun toprağa nüfuzu azalmakta, yüzey akısı artmakta dolayısıyla erozyon miktarı da artmaktadır. Akşit (2003, s. 197) çalışmasında özellikle uzun kurak yaz döneminden sonra başlayan yağışların, hasat mevsiminin de sona ermesi nedeniyle erozyonda önemli rol oynadığını vurgulamıştır. Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada; Fournier yağış indeksi, Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksine göre AHP sınıflandırma sisteminde 2 nolu ağırlığı (eşdeğer-biraz daha önemli) almaktadır.
	- Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi	

Tablo 20

Aşındırıcı güç ölçütleri için oluşturulan ağırlık matrisi

Aşındırıcı güç	Fournier yağış indeksi	Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi
Fournier Yağış İndeksi	1	2
Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi	1/2	1

Aşındırıcı Güç	Fournier Yağış İndeksi	Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi
Fournier Yağış İndeksi	1.00	2.00
Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi	0.5	1.00
Toplam	1.50	3.00

Normalleştirilmiş matris:

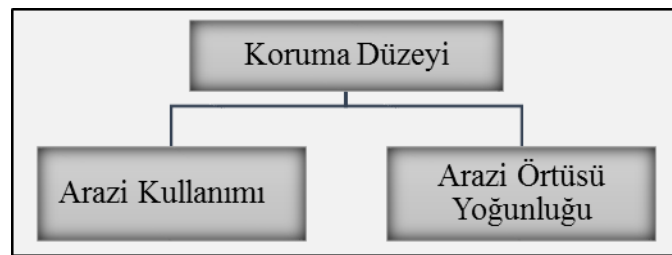
Aşındırıcı güç	Fournier Yağış İndeksi	Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi
Fournier Yağış İndeksi	0.67	0.67
Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi	0.33	0.33

Morfoloji faktörünün alt kümeleri için Özvektör (ağırlık Matrisi)

Fournier Yağış İndeksi	0.67
Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi	0.33

Şekil 29: Aşındırıcı Güç faktörü alt ölçütlerinin AHP yöntemine göre oluşturulan öz vektörü

Tablo-20’de gösterilen ağırlık matrisi normalleştirilerek aşındırıcı gücün (Fournier Yağış İndeksi, Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi) ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil-30).



Şekil 30: Koruma düzeyi faktörünün AHP yöntemine göre alt ölçütlere ayrılması

Koruma düzeyi faktörü iki alt ölçütten oluşmaktadır (Şekil-31). Bu ölçütler sahanın arazi kullanımı ve arazi örtüsü yoğunluğu faktörleridir. Bu faktörler özellikle erozyon riskinin azaltılması için önemlidir. Ancak bu iki faktörün Koruma düzeyi içindeki ağırlıklarının hesaplanabilmesi için birbirlerine göre önem derecelerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için Tablo-21’de görülen karşılaştırma tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 21

Korunabilirlik faktörünün alt ölçütlerinin ikili karşılaştırma tablosu

Korunabilirlik	Arazi Kullanımı Arazi Örtüsü Yoğunluğu	Açıklama
		Kapalılık bitki yoğunluğunu sembolize etmektedir. Kapalılığın yüksek olduğu alanlarda erozyon riski daha düşük oranda meydana gelecektir. Bu faktör özellikle orman alanlarının kendi içinde erozyon riskine etki etmesi açısından belirleyici rol oynamaktadır. Bitki yoğunluğu düşük bir orman alanının yüksek yoğunluktaki alana göre korunabilirlik daha düşük olacaktır. Burada kapalılık arazi örtüsü faktörünü sınırlandırıcı bir özellikte karşımıza çıkmaktadır. Mkhonta (2000, s. 125) koruyucu arazi örtüsü ve yoğunluğu arttığında erozyon tehlikesinin azaldığı vurgulanmaktadır. Ayrıca ICONA erozyon modellenmesinde korunabilirlik arazi örtüsü ve Kapalılık fonksiyonlarının bileşkesi olarak kullanılmakta; ilgili yöntemde ayrıca kapalılığı düşük olan (0-% 25) orman örtüsündeki alanların yüksek riskli alanlar olduğu; kapalılığı yüksek (% 75-% 100) olan alanlarda ise erozyon riskinin çok az olduğu belirtilmiştir. Ayrıca ICONA yönteminde düşük bitki yoğunluğundaki (0-% 25) çalılık ve mera alanları çok yüksek dereceli erozyon riskine sahip olurken; yüksek kapalılığa (% 75-% 100) sahip aynı alanlardaki erozyon riski az olarak tanımlanmıştır. Ekinci (2004, s. 125) potansiyel erozyon riski altındaki alanlarının tespit edilme ve sınıflandırılması amaçlı çalışması sonucunda elde edilen verilere göre, inceleme alanında eğim değerlerinin büyük olduğu, zemin örtüsünden yoksun ve ince taneli toprakların birlikte bulunduğu sahalar şiddetli erozyon alanları iken, eğim değerlerinin küçük olduğu, zemin örtüsünün kapalılık değeri yüksek ormandan oluştuğu ve kaba taneli toprakların bulunduğu sahaların ise erozyonun çok hafif olduğu sonucuna varmıştır. Bu çalışmada AHP yöntemine göre Kapalılık faktörü Arazi örtüsü faktörüne göre sınırlayıcı etkisinin bulunması nedeni ile 2 (eşit-biraz daha önemli) şeklinde puanlandırılmıştır.

Tablo 22*Korunabilirlik alt ölçütleri için oluşturulan ağırlık matrisi*

Koruma düzeyi	Arazi kullanımı	Arazi Örtüsü Yoğunluğu
Arazi kullanımı	1	1/2
Arazi Örtüsü Yoğunluğu	2	1

Tablo-22’de gösterilen ağırlık matrisi normalleştirilerek ilk ölçütlerin (Koruma Düzeyi) ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil-32). Buna göre Morfoloji faktörüne etki eden iki faktörün ağırlığı; Arazi kullanımı için % 33, Kapalılık faktörü için % 67 olarak hesaplanmıştır.

Korunabilirlik	Arazi Kullanımı	Arazi Örtüsü Yoğunluğu
Arazi Kullanımı	1.00	0.50
Kapalılık	2.00	1.00
Toplam	3.00	1.50

Normalleştirilmiş matris:

Korunabilirlik	Arazi Kullanımı	Arazi Örtüsü Yoğunluğu
Arazi Kullanımı	0.33	0.33
Kapalılık	0.67	0.67

Koruma İndisi faktörünün alt kümeleri için Özvektör (ağırlık Matrisi)

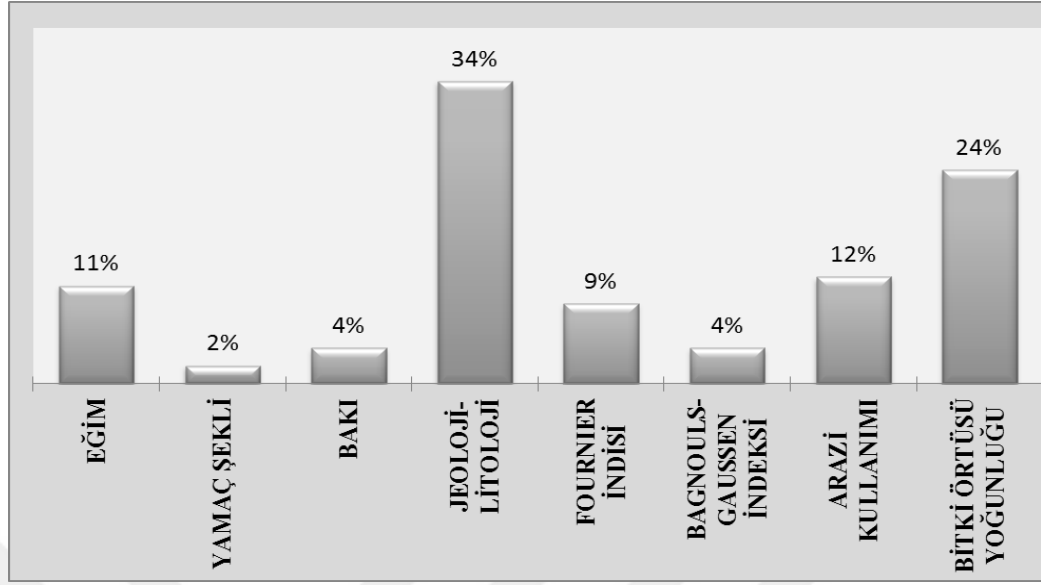
Arazi Kullanımı	0.33
Arazi Örtüsü Yoğunluğu	0.67

Şekil 31: Korunabilirlik alt ölçütlerinin AHP yöntemine göre öz vektörünün oluşturulması

Tablo 23

Oluşturulan modelde tüm alt düzey ölçütlerden ana ölçütün (Erozyon Riski) ağırlıklarının hesaplanması

Problem	Ağırlık	Birinci Düzey Parametreleri	Birinci Düzey Ağırlık (%)	İkinci Düzey Parametreleri	İkinci Düzey Ağırlık (%)	Üçüncü Düzey Parametreleri	Üçüncü Düzey Ağırlık (%)	Problem Ağırlığına Toplam Etkisi (%)
Erozyon	100	Aşınabilirlik	51	Jeomorfoloji	33	Eğim Derecesi	66	11
						Yamaç Şekli	13	2
						Bakı	21	4
				Jeoloji-litoloji	67			34
		Aşındırıcı güç	13	Fourmer İndisi	67			9
				Bagnouls-Gaussen İndeksi	33			4
		Koruma indisi	36	Arazi Kullanımı	33			12
				Bitki Örtüsü Yoğunluğu	67			24



Şekil 32: Geliştirilen Modele göre erozyon riskini oluşturan tüm faktörlerin ağırlıkları

Yapılan tüm analiz sonucunda oluşturulan modelde tüm doğal ortam özelliklerinin ağırlıkları belirlenmiştir (Tablo-24). Şekil-33 incelendiğinde oluşturulan modele göre en yüksek ağırlığın jeolojik/litolojik özelliklerde olduğu görülmektedir. Geliştirilen modelde erozyon riskine en az etkili doğal ortam faktörü ise % 2 oranı ile yamaç şeklidir.

5.3.1.2. Oluşturulan Erozyon Risk Modelinin Kıyı Ege'ye Uygulanması

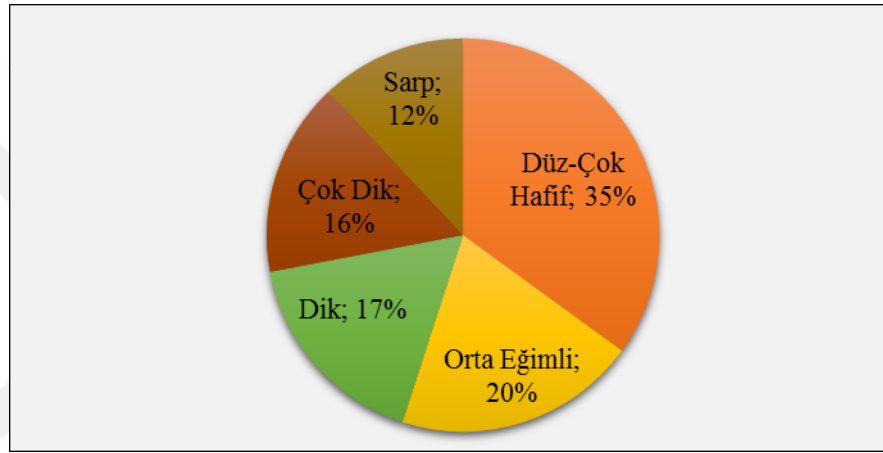
Eğim Derecesi: Eğim iki nokta arasındaki yatay uzaklığın yükselti farkına oranı olarak tanımlanmaktadır. Eğim verisi yüzde, binde veya derece olarak ifade edilmektedir. Çalışma alanının erozyon riskinin hesaplanmasında eğim % 11 etkilidir. Eğim sayısal yükseklik verisinden yüzde cinsinden hesaplanmıştır. Eğimin erozyon riskine etkisi 5 grupta toplanmış, eğim yüzdeleri buna göre sınıflandırılmıştır. Eğim değerlerinin erozyona etkisi Tablo- 24'de görülmektedir.

Tablo 24

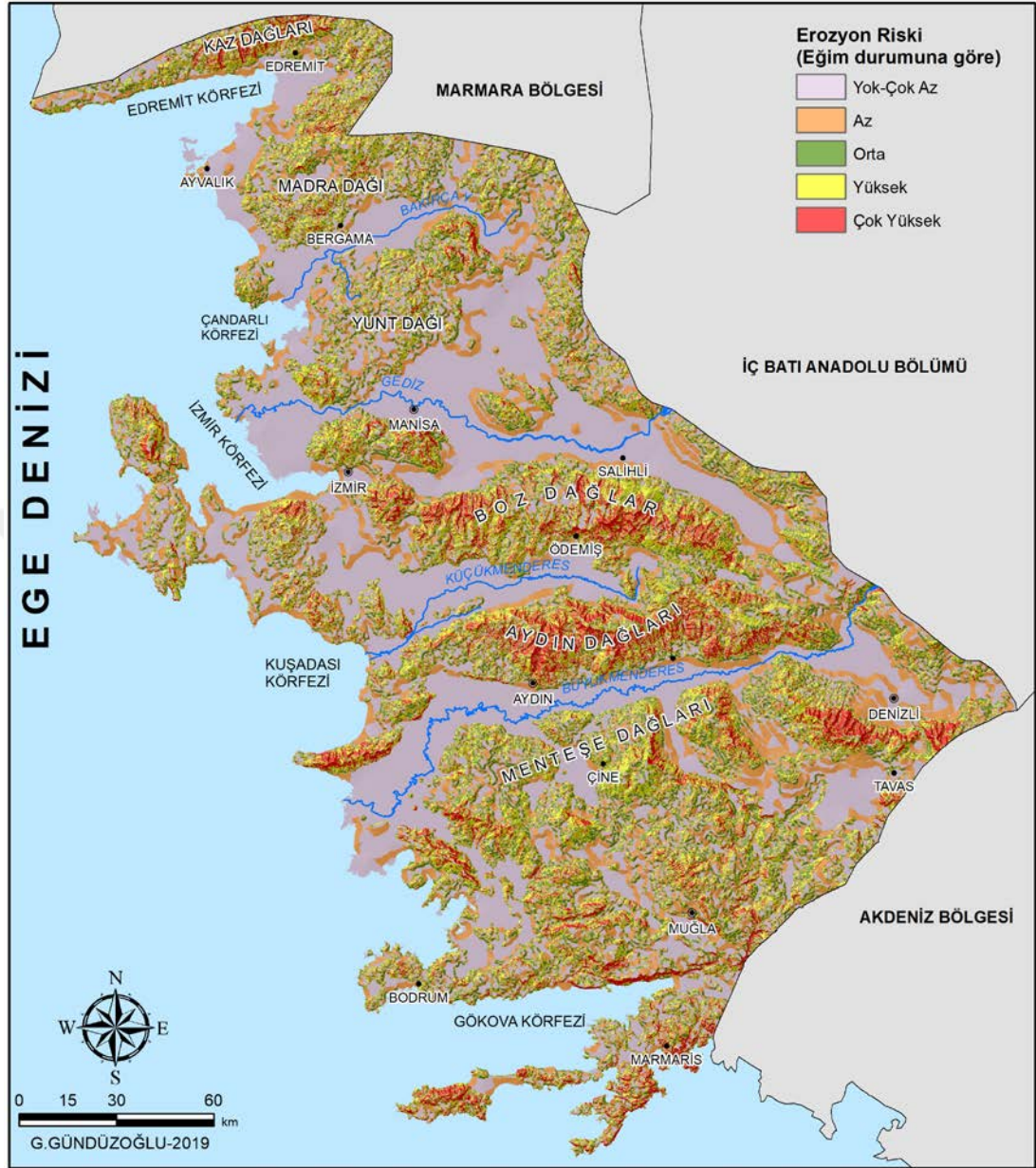
Eğim gruplarının erozyon riskine etki dereceleri

Eğim (%)	Eğim Tanımı	Erozyon Riski
0-3	Düz-Çok Hafif	1 (Yok- Çok Az)
3-12	Orta Eğimli	2 (Az)
12-20	Dik	3 (Orta)
20-35	Çok Dik	4 (Yüksek)
>35	Sarp	5 (Çok Yüksek)

Arazi modelinden hesaplanan eğim verisi risk gruplarına göre sınıflandırılarak çalışma alanının risk haritası Şekil-35 'de görülmektedir. Harita-35 incelendiğinde; graben tabanlarının % (0-3) eğimde olduğu; Yuntdağ, Bozdağlar ve Aydın dağlarının yüksek kesimlerinin % 35'ten fazla eğime sahip olduğu ve bu bölgelerin "5" numara ile kodlandırıldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca çalışma alanının batısında yer alan Dilek Yarımadası ile Denizli'nin batısında yer alan Babadağın yüksek kesimlerinde % 35 eğimden fazla bölgeler bulunmaktadır. Sahil kesimlerinde ise bu tür arazilere Kerme Körfezi boyunca rastlanmıştır (Şekil-35). Yapılan analiz sonucunda çalışma alanının % 16'sı eğim faktörü açısından çok yüksek, % 17'si ise yüksek derecede erozyon riski altındadır (Şekil-34).



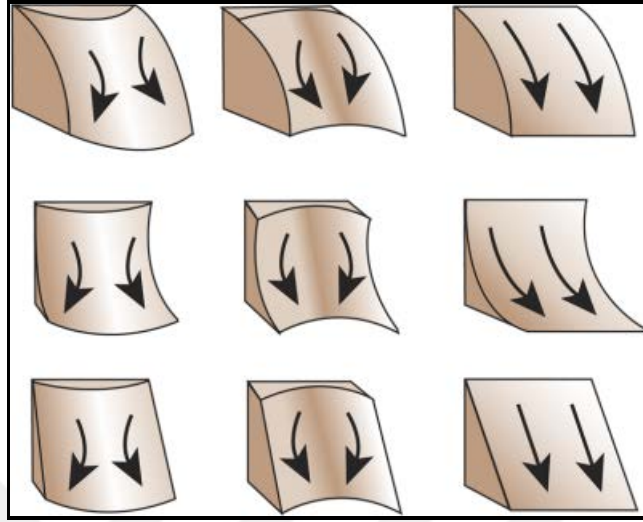
Şekil 33: Eğim faktörüne göre belirlenen erozyon riskinin çalışma alanındaki alansal dağılışı



Şekil 34: Çalışma Alanının Eğim Yüzdelerine göre risk grupları

Yamaç Şekli: Yüzeyin ikinci dereceden türevi veya eğimin eğimi olarak tanımlanmaktadır (Şekil-36) (<http://support.esri.com>). Çalışma alanının yamaç şekillerinin ortaya konulması amacıyla sahaya ait arazi modeli kullanılmıştır. Arazi modeli Arc-Map yazılımı ile analiz edilerek yamaç şekilleri (iç bükey, dış bükey, yatay) ortaya konmuştur. Burada yamaç şekli hesaplanırken yazılımın “Curvature” komutu kullanılmıştır. Bu komut çalışma sahasının Şekil-36’da gösterildiği şekillerde analizini yapmak suretiyle yamaç şeklini ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuç erozyon riskine etki etmesi açısından 3 grupta

toplanmıştır (Tablo-26). Burada değerlere verilen kod değerleri erozyona etki etme derecesini göstermektedir.



Şekil 35: Yamaç Şeklinin Hesaplanmasında Arcgis Yazılımının Yamaç Sınıflamaları (<http://support.esri.com>)

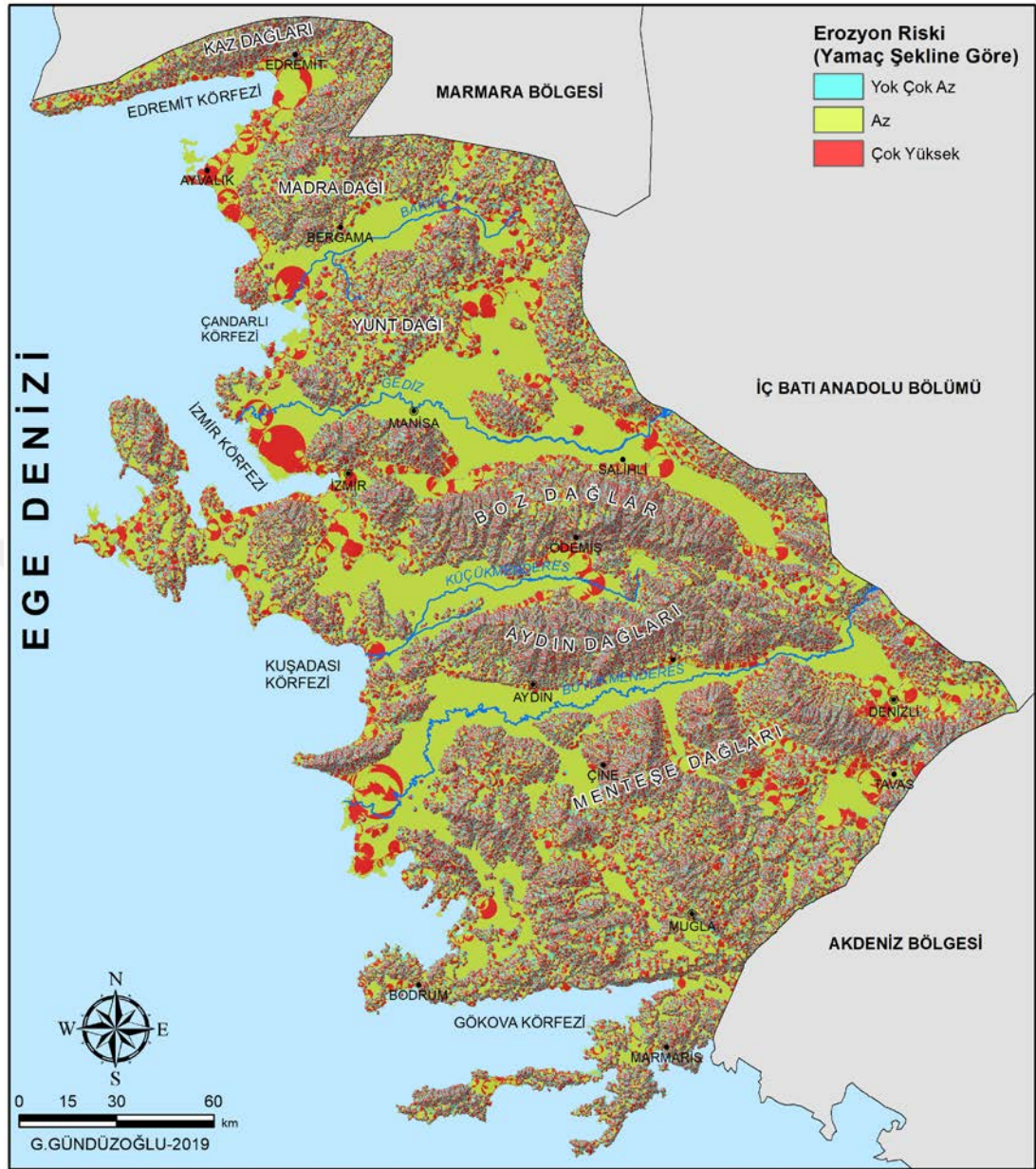
Tablo 25

Yamaç şeklinin Erozyona etki etme dereceleri ve kodlandırılması

Değer	Erozyon Riski
(-6) – 0 (İç Bükey)	1
0 (Yatay)	2
0- 5 (Dış Bükey)	5

Kaynak: Şensoy ve Palta (2009:97)

Çalışma alanının yamaç şekline göre risk grupları Şekil-37’de gösterilmiştir. Buna göre graben alanları yatay olarak tanımlandığından; bu alanlar “2” ile kodlandırılmıştır. Burada özellikle erozyon riskinin iç bükey yamaçlarda düz yamaçlara nazaran daha az olması sebebi ile bu alanlar “1” ile kodlandırılmıştır. Ayrıca sahada dış bükey yamaçlar “5” ile kodlandırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda; çalışma alanının % 34’lük kesiminin dış bükey yapıda olduğu ve bu alanların erozyon riski açısından çok yüksek erozyon riskinde olduğu görülmektedir. Çalışma alanındaki iç bükey yamaçlar ise sahanın % 24’ünü oluşturmaktadır. Sahanın % 41’ini oluşturan yatay yamaçlar ise daha çok graben alanlarında ve dağların yüksek kesimlerinde yer yer karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 36: Çalışma Alanının Yamaç Şekillerine göre Risk Grupları

Jeoloji/Litoloji: Yapılan yeniden puanlama sistemine göre erozyona etki eden en önemli faktör olup; etkisi % 34 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında bulunan litolojik-jeolojik birimler gerek uzman görüşleri gerekse daha önce yapılan çalışmalar dikkate alınarak erozyona etki dereceleri belirlenmiş olup; erozyon riski açısından 5 grupta toplanmıştır (Tablo-26). Her bir gruba erozyon risk kodu verilmiştir. Bu kodlandırma sistemi 1 den 5'e kadar derecelendirilmiş; burada "1" en az erozyon riskine neden olan birim "5" ise erozyon riskine en fazla neden olan birim olarak kodlandırılmıştır. Çalışma sahasında yer alan litolojik birimlerin kodlandırılması Tablo-27'de verilmiştir.

Tablo 26

Litolojik/Jeolojik birimlerin erozyon riskine göre derecelendirilmesi

Jeolojik Birimler	Erozyon Riski
Çok sert kayalar	1
İyi kaynaşmış, kalker kayalar	2
Kompakt silisli kayalar	3
Gevşek yapıda, az dayanıklı kayalar ve yumuşak formasyonlar	4
Killer, siltler, kumlar ve dördüncü zamana ait depolar	5

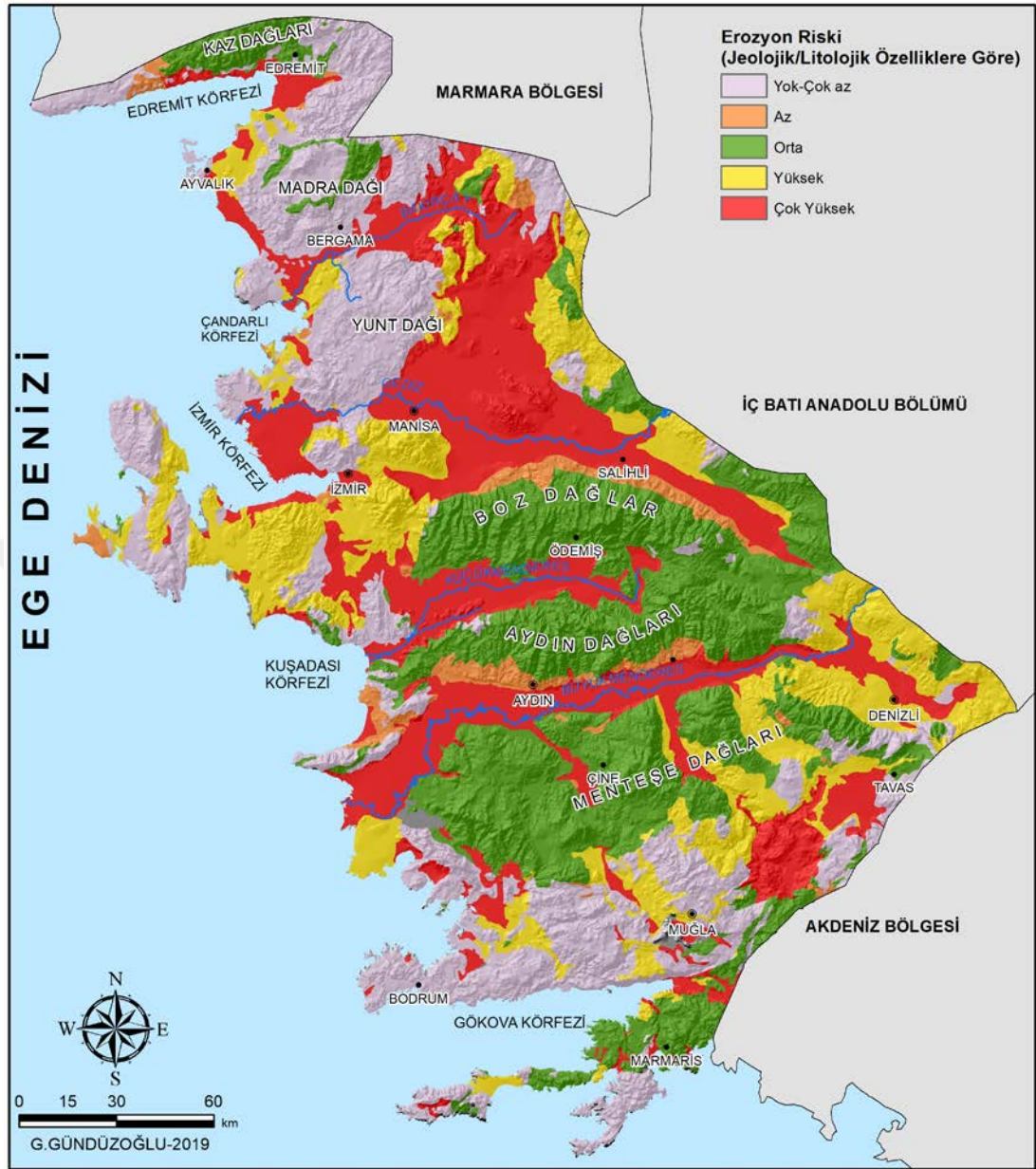
Kaynak: Görcelioğlu, 1982; Heymann, 1994

Tablo 27

Çalışma alanındaki jeolojik/litolojik birimlerin erozyon risk dereceleri

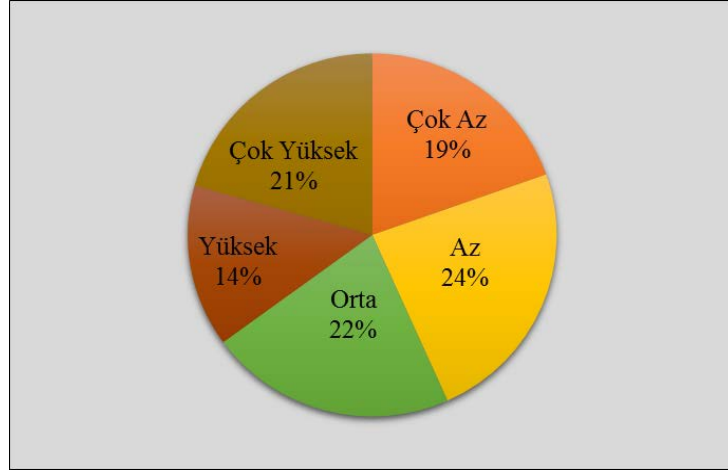
Birim	Erozyon Riski
Andezit, Bazalt, Granit, Traverten	1
Neojen volkanik, Mermer	2
Gnays, Ofiolit, Peridotit, Serpantin	3
Filiş, marn, Gölsel kireçtaşı	4
Kuvaterner alüvyon, Karasal neojen	5

Jeolojik/Litolojik birimlere göre risk grupları incelendiğinde (Şekil-38) graben sahalarında alüvyon olması sebebi ile bu alanların özellikle alüvyonun erozyona karşı hassasiyeti göz önüne alındığında “5” ile kodlandırılmıştır. Gnays kütlelerinden oluşan Bozdağlar ve Aydın dağları ise “3” ile kodlandırılmıştır.



Şekil 37: Çalışma Alanının Jeolojik/Litolojik Özelliklere göre Risk Grupları

Jeolojik/Litolojik özellikler açısından sahanın % 19'u çok az riskli olup bu alanlar granit ve andezitlerin yoğun olduğu Madra ve andezitlerin yoğun olduğu Yunt Dağlarında görülmektedir. Çalışma alanının % 14'lük kısmı ise jeolojik/litolojik özellikler açısından çok yüksek derecede erozyon riskine sahiptir (Şekil-39). Bu alanlar Madra ve Yunt Dağının kuzey doğusunda yer alan alanda ve özellikle kırıntılı malzemeden oluşan görsel neojen arazilerin bulunduğu alanlarda yoğunlaşmıştır.



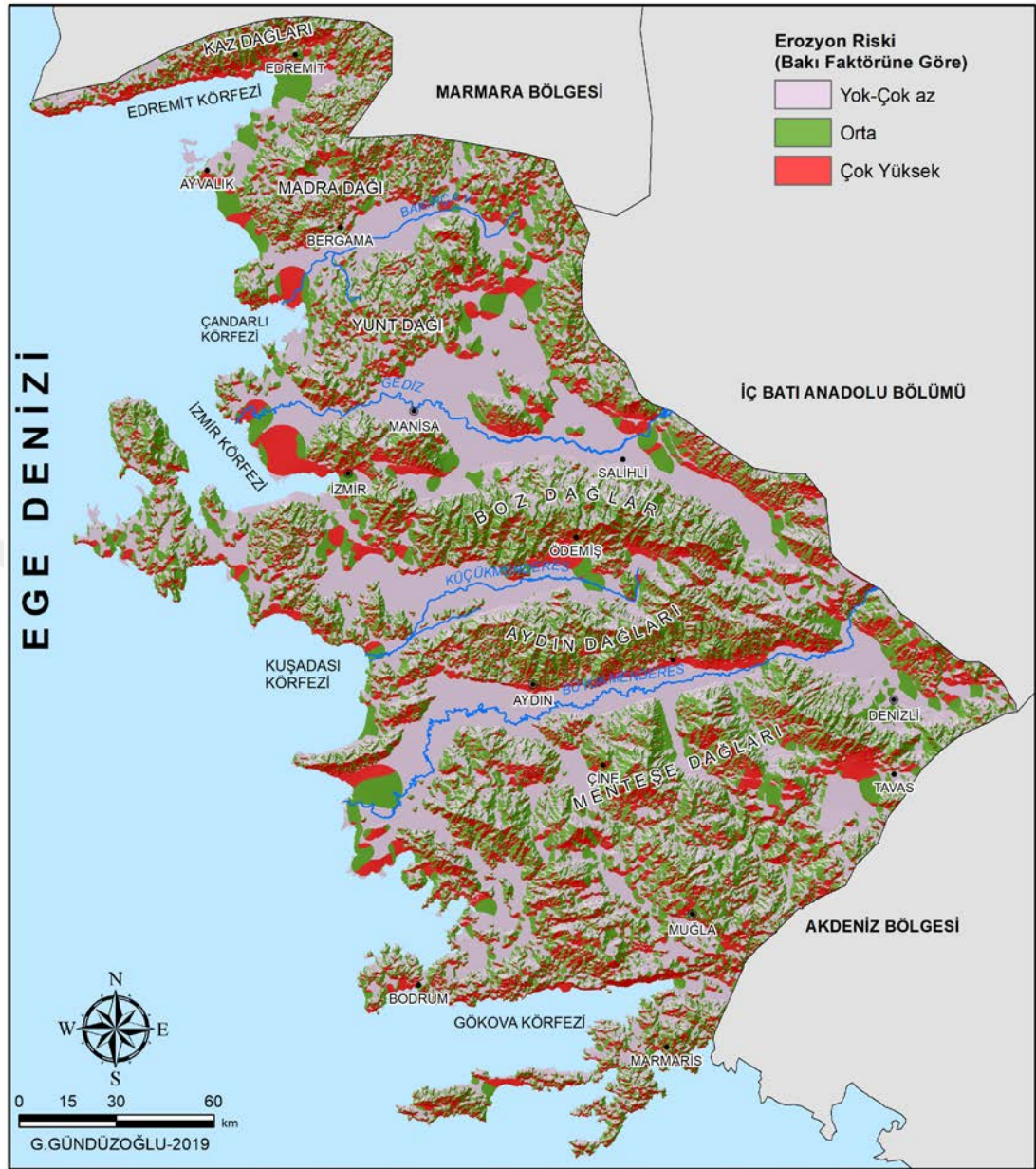
Şekil 38 : Jeoloji/litoloji Faktörüne Göre Belirlenen Erozyon Riskinin Çalışma Alanındaki Alansal Dağılışı

Bakı: Güneşe göre bir noktanın konumu olup; oluşturulan modelde erozyon riskine etki derecesi % 4 olarak hesaplanmıştır. Arazi modeli kullanılarak hesaplanan bakı değerleri 3 sınıfta toplanmıştır (Tablo-28). Bu sınıflar erozyon risk derecesine göre kodlandırılmış; güney yamaçlar “5” numara ile kodlandırılırken, kuzey yamaçlar “1” ile kodlandırılmıştır. Yapılan sınıflandırma haritası Şekil-40’da görülmektedir.

Tablo 28

Bakı değerlerinin erozyon riskine etki dereceleri

Kod Tanımı	Erozyon Riski
Kuzey	1
Doğu-Batı	3
Güney	5



Şekil 39 :Çalışma Alanının Bakı Özelliklere göre Risk Grupları

Aşındırıcı Güç:

Fournier İndisi

Fournier İndisi, taşınan materyal, iklim verileri ve topoğrafik özellikler arasındaki ilişkiyi ele alan bir indeks olup, “yağış erozivite indeksi” olarak adlandırılmaktadır. Bu indeksin kullanılmasıyla, yağışın erozyon risk sınıfı değerlerini elde etmek amaçlanmıştır. (Erol 2000: 132).

$$\text{Fournier yağış indeksi: } \sum_{i:1}^{12} P_i^2 / p$$

Formülde;

P_i : (i) ayındaki toplam yağış miktarı (mm.)

P: yıllık ortalama toplam yağış (mm.) değerlerini ifade etmektedir.

Çalışma alanının Fournier yağış indis değerlerinin hesaplanabilmesi için çalışma sahasında bulunan toplam 28 meteoroloji istasyonu için; Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 1975-2006 yılları arası günlük yağış verileri kullanılmıştır. Her bir istasyon için Fournier Yağış İndisi hesaplama formülü uygulanmıştır.

Her yıl için günlük yağış değerleri kullanılarak aylık toplam yağış değerleri hesaplanmıştır. Her bir yıl için hesaplanan aylık toplam yağış değerlerinin ortalaması alınmış; istasyonlara ait toplam yağış değer ortalaması bulunmuştur. Her bir aya ait yağış değerinin karesinin o istasyonun yıllık ortalama yağış miktarına oranlarının toplamı Fournier İndis değerini oluşturmaktadır. Çalışma alanında bulunan Meteoroloji istasyonlarına ait Fournier yağış indis değerleri Tablo-29'da görülmektedir.

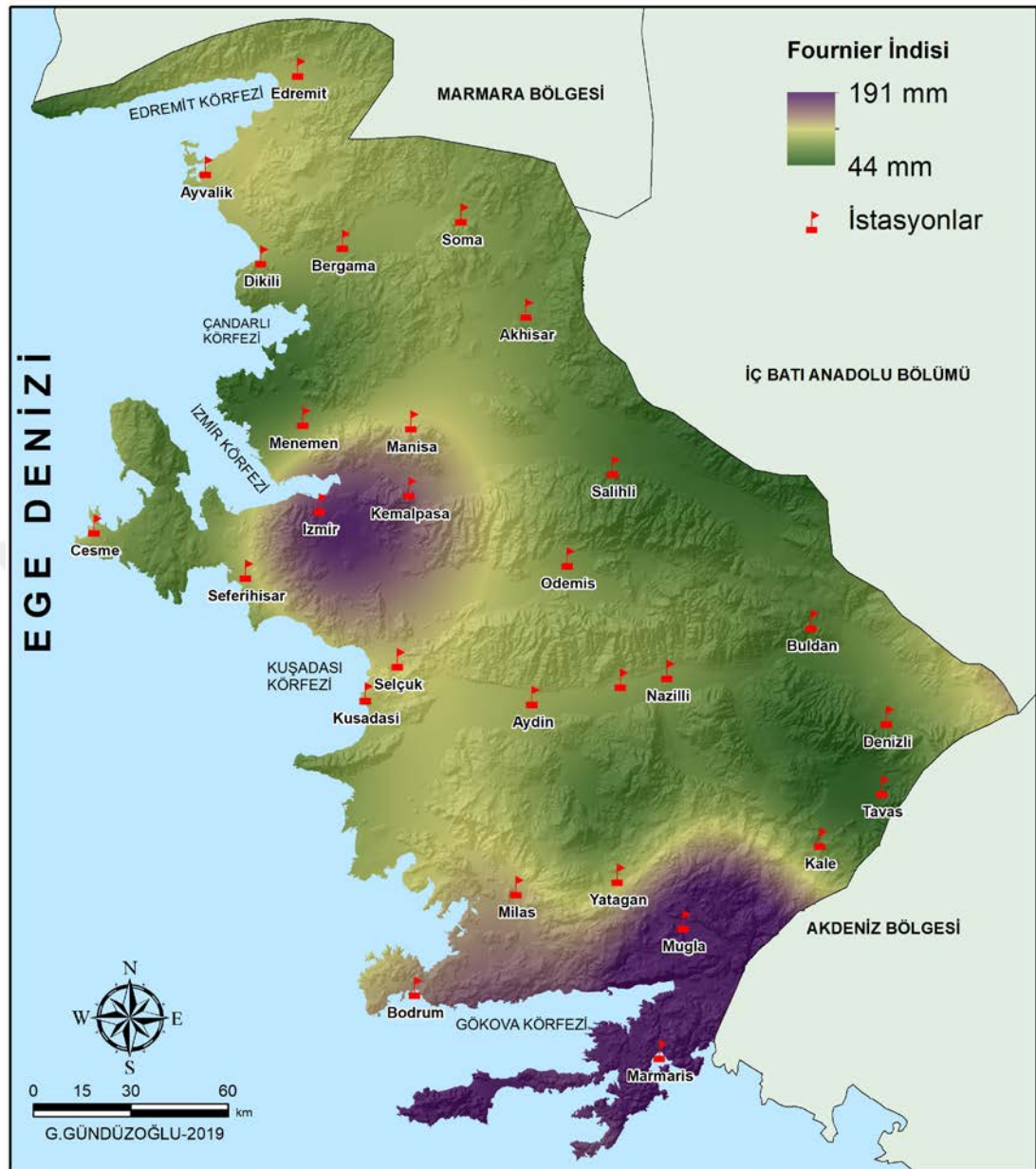
Tablo-29'da bulunan indis değerlerinin tüm sahaya uygulanarak haritalanabilmesi için geo-istatistiksel analiz yapılmıştır. IDW (Inverse Distance Weighted) metodu kullanılarak yapılan analizde; ağırlık değeri olarak Fournier İndisi kullanılmıştır. Hesaplama için Arc-Gis yazılımının Geostatistical Analyst modülü kullanılmıştır. Hesaplama yapılırken indis değerleri tamsayı olarak alınmıştır. IDW yöntemi; bir raster içinde ağırlık değeri bilinen noktalar yardımıyla örneklenmeyen diğer noktalara alt hücre değerinin belirlenmesi için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde; değeri belli hücreden uzaklaşan çeşitli noktalar oluşturularak; aradaki uzaklığın artışına bağlı olarak yeni hücrelerin değerleri belirlenmektedir.

Tablo 29

Çalışma alanında bulunan meteoroloji istasyonlarına ait Fournier Yağış İndisleri

İstasyon adı	Fournier İndisi	İstasyon Adı	Fournier İndisi
Marmaris	164,58	Aydın	79,47
Muğla	155,01	Dikili	78,10
İzmir	125,76	Bergama	75,53
Kemalpaşa	112,86	Sultanhisar	75,43
Bodrum	105,05	Soma	74,35
Milas	94,73	Nazilli	72,04
Selçuk	92,02	Ödemiş	71,35
Manisa	90,60	Akhisar	68,35
Seferihisar	84,78	Menemen	67,37
Ayvalık	84,61	Kale	62,30
Kuşadası	84,29	Denizli	61,13
Yatağan	81,11	Buldan	58,68
Çeşme	80,45	Salihli	55,80
Edremit	79,74	Tavas	48,30

Çalışma alanına ait Fournier Yağış İndis haritası (Şekil-41) incelendiğinde; indis değerinin 48 mm ile 164 mm arasında değiştiği gözlemlenmektedir. İndis değeri Menteşe Yöresinde; özellikle Marmaris'in güney kesimlerinde yüksek değerlerdedir. Çalışma alanının iç kesimlerinde ise indis değerinin minimumda olduğu gözlemlenmektedir (Şekil-41). Bahsi geçen formül kullanılarak Fournier Yağış indeksi hesabı istenilen yıl için yapılmakta ve bu hesap neticesinde meydana gelen değerlere ait sınıflandırma istemi ile aldığı kod tanımı Tablo-16'da verilmiştir.



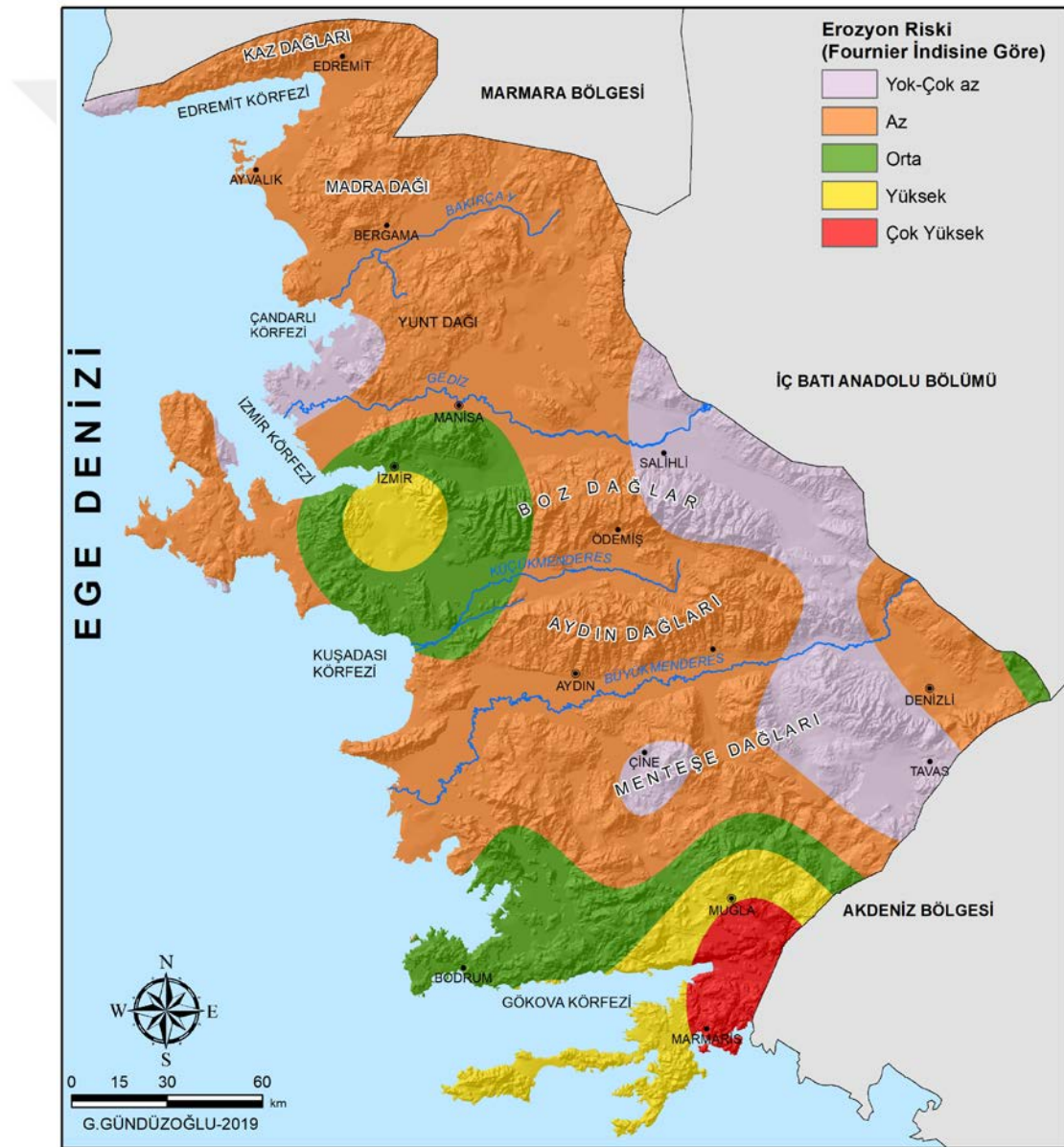
Şekil 40: Çalışma alanının Fournier İndisi haritası

CORINE yöntemine göre yapılan erozyon analizinde; Fournier Yağış indis değerleri için yapılan sınıflandırma; çalışma alanına ait indis değer haritasına uygulanmıştır. Bu sınıflandırma Reclassify yöntemi ile raster üzerinde yapılmış; Tablo-30'da bulunan sınıflar oluşturulmuştur.

Tablo 30

Fournier yağış indeksi sınıf kodları

Değer	Erozyon Riski
< 60	1
60-90	2
91-120	3
121-160	4
> 160	5



Şekil 41: Çalışma alanının aşındırıcı güç (Fournier İndisi) özelliklere göre Risk Grupları

Şekil-42’de; çalışma alanının sınıflandırılmış Fournier Kuraklık İndis haritası görülmektedir. Bu harita incelendiğinde; Muğla ve Marmaris kentleri arasında kalan bölgenin “çok yüksek” olarak belirlendiği görülmektedir. Ayrıca İzmir il sınırlarını kapsayan bölge ile Manisa ili arasında kalan bölge “orta” sınıfta sınıflandırılmıştır. Sahanın iç kesimlerine doğru sınıf değerinin “düşük” ve “çok düşük” olarak sınıflandırıldığı görülmektedir.

Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi

Erozyon riski altındaki bölgelerde erozyon seviyesini, yağış etkisi yanında; yaz-kış, gece gündüz arasındaki sıcaklık farkları ve ani ısı değişimleri de önemli derecede etkilemektedir (Bagnouls ve Gaussen 1957, Kopali ve Doko 2014:160, Tombuş, 2005: 94).

CORINE erozyon modelinde sıcaklık değeri Bagnouls-Gaussen Kuraklık indeksi formülü ile yağış değerleri de göz önüne alınarak formülleştirilmiştir.

$$\text{Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi: } \sum_{i:1}^{12} (2t_i - p_i) \cdot k_i$$

Formülde;

t_i : (i) ayı için ortalama sıcaklık değeri C°

P_i : (i) ayı için toplam yağış miktarı (mm.)

k_i : ($2t_i - P_i > 0$) olduğu ayların oranı olarak hesaplanmaktadır.

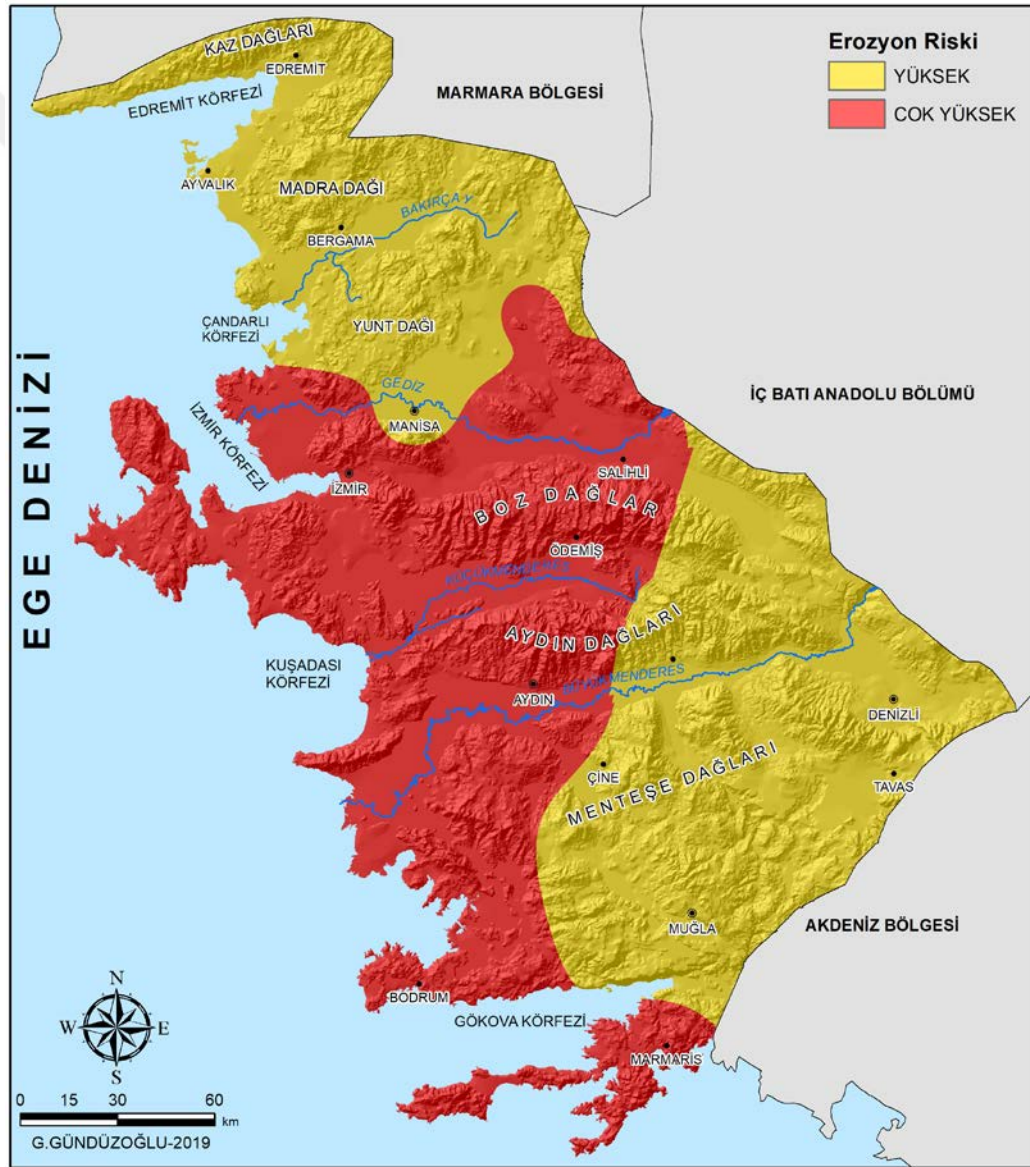
Çalışma alanının Bagnouls-Gaussen Kuraklık indis değerinin hesaplanabilmesi için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan günlük sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Bu değerler METEO yazılımında değerlendirilerek; her bir ay için aylık ortalama sıcaklık değeri hesaplanmıştır. Fournier Yağış indisi hesaplanmasında kullanılan aylık toplam yağış değerleri aylık sıcaklık değerinin iki katından çıkartılmış; bu değer 0 değerinden büyük olduğu ayların oranı ile çarpılarak kuraklık indis değeri hesaplanmıştır. Bu yöntem için toplam 18 meteoroloji istasyonu kullanılmıştır. Çalışma alanında bulunan istasyonların indis değerleri Tablo- 31’de verilmiştir.

Tablo 32

CORINE yöntemine göre Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndisi kodları

Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndisi	Erozyon Riski
50-130	4
>130	5

Çalışma alanının Bagnouls-Gaussen Kuraklık indeksi haritası yeniden sınıflandırılarak Şekil-44'de gösterilmiştir.



Şekil 43: Çalışma alanının Bagnouls-Gaussen Kuraklık indeksi sınıfları

Arazi Kullanımı

Erozyon riskinin belirlenmesindeki önemli faktörlerden biri de arazi kullanım durumudur. Günümüzde kullanılan birçok erozyon modelinde arazi kullanımı risk faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır.

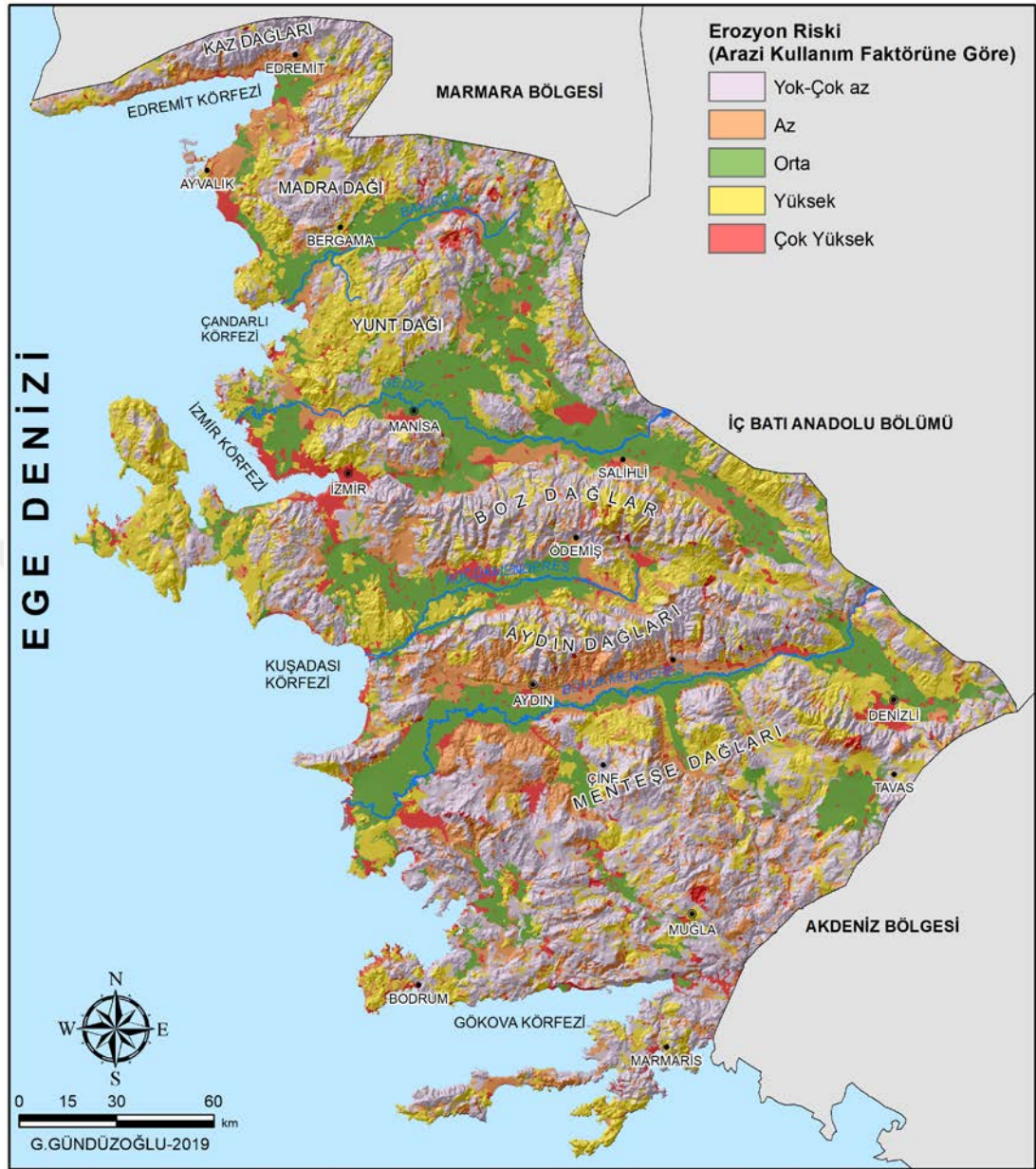
Bu çalışmada geliştirilen modelde arazi kullanımının etkisi % 12 olarak hesaplanmıştır. Modelde arazi kullanımı özellikle arazinin korunabilmesi ve arazinin kullanım şekli açısından önemlidir. Örneğin; orman alanları tarım yapılan alanlara göre erozyon riskini azaltmaktadır.

Arazi kullanımı 2017 yılına ait Landsat-7 uydu verilerinin kullanıldığı, CORINE (Coordination of Information on Environment) tarafından hazırlanan proje sonuçlarından yararlanılarak belirlenmiştir. Ayrıca ormanlık ve maki alanlarının detaylandırılması ve veri iyileştirme amacıyla Orman Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan meşcere haritalarından yararlanılmıştır. Bu çalışmada yararlanılan arazi kullanım haritasındaki kullanım tipleri oluşturulan modelde kullanılmak amacıyla 5 sınıfa ayrılmış ve erozyon risk derecesine göre kodlandırılmıştır (Tablo-33). Bu kodlandırmada “1” ile kodlanan kullanım sınıfları erozyon riskinin en az olduğu alanları ifade ederken; “5” ile kodlanan alanlar ise erozyon riskinin fazla olduğu alanları ifade etmektedir.

Tablo 33

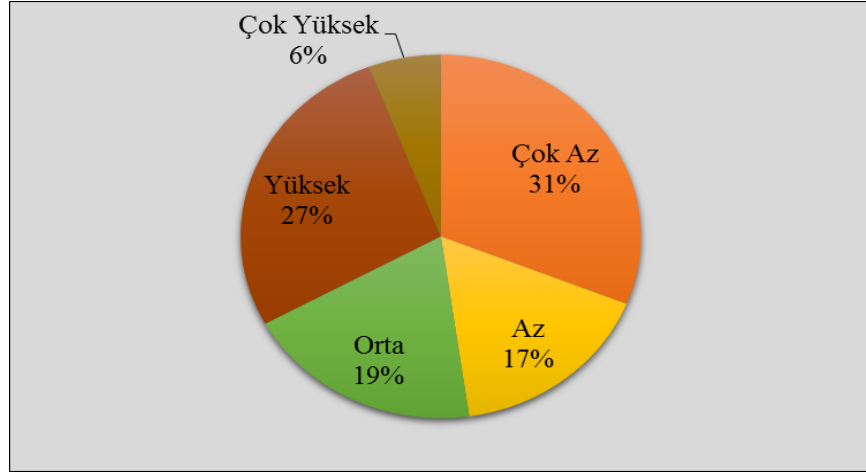
Çalışma alanının arazi kullanım sınıfları ve modelde kullanılan Erozyon Risk değerleri

Arazi Kullanım Sınıfları	Erozyon Riski
Geniş yapraklı ormanlar, iğne yapraklı ormanlar, karışık ormanlar	1
Ormanla karışık tarım alanları, bitki değişim alanları, meyve bahçeleri, uzum bağları, zeytin bahçeleri	2
Sulanmayan ekilebilir alanlar, karışık tarım alanları	3
Meralar, fundalıklar, doğal çayırliklar, seyrek bitkili alanlar	4
Kentsel alanlar, çıplak alanlar, sulak alanlar	5



Şekil 44: Çalışma Alanının Arazi Kullanım Özelliklerine göre Risk Grupları

Arazi kullanım durumuna göre sahanın risk durumu incelendiğinde (Şekil-45); Büyükenderes havzası boyunca risk grubunun “3” kod değerine sahip olduğu; bu alanda arazi kullanım türünün daha çok tarım alanları ve meyve bahçeleri olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma alanının % 27’si arazi kullanımı açısından yüksek derecede erozyon riski altındadır (Şekil-46).



Şekil 45: Arazi Kullanımı Faktörüne Göre Belirlenen Erozyon Riskinin Çalışma Alanındaki Alansal Dağılışı

Arazi Örtüsü Yoğunluğu

Geliştirilen modelde erozyon riskine etki eden en önemli ikinci faktör arazi örtüsü yoğunluğudur. Oluşturulan modelde arazi örtüsü yoğunluğu 5 sınıftan oluşmaktadır. Bu sınıflar arazinin yüzde cinsinden bitki örtüsü yoğunluğu anlamına gelmektedir. Her bir sınıf erozyon risk derecesine göre kodlandırılmıştır (Tablo-34).

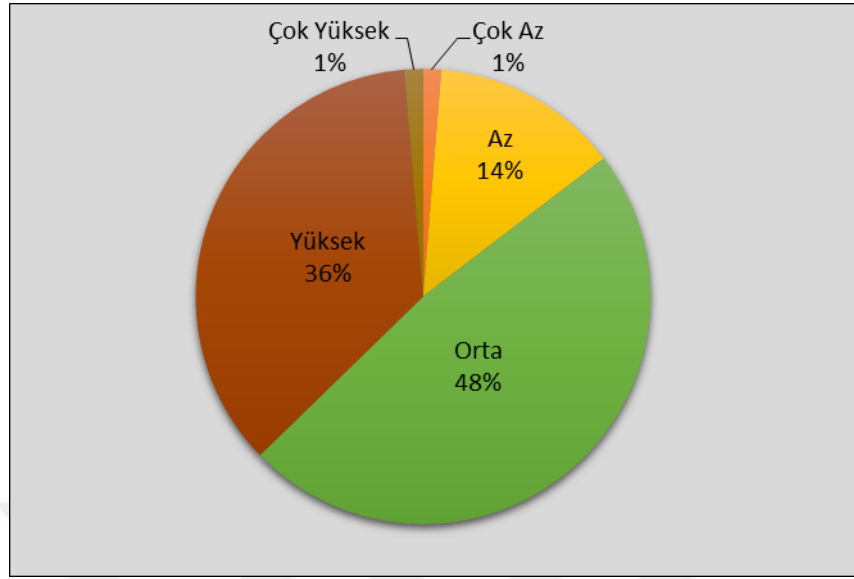
Tablo 34

ICONA yöntemine göre Bitki kapalılık durum fonksiyonu

Bitki Örtüsü Yoğunluğu (%)	Erozyon Riski
80-100	1 (Yok-çok az)
60-80	2
40-60	3
20-40	4
0-20	5 (Çok yüksek)

Çalışma alanının bitki örtüsü yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla 2017 tarihli Landsat-7 görüntüleri kullanılmıştır. Bu görüntülere NDVI analizi uygulanarak çalışma alanına ait bitki kapalılık fonksiyonu belirlenmiştir.

$$NDVI = \frac{Band_4 - Band_3}{Band_4 + Band_3}$$



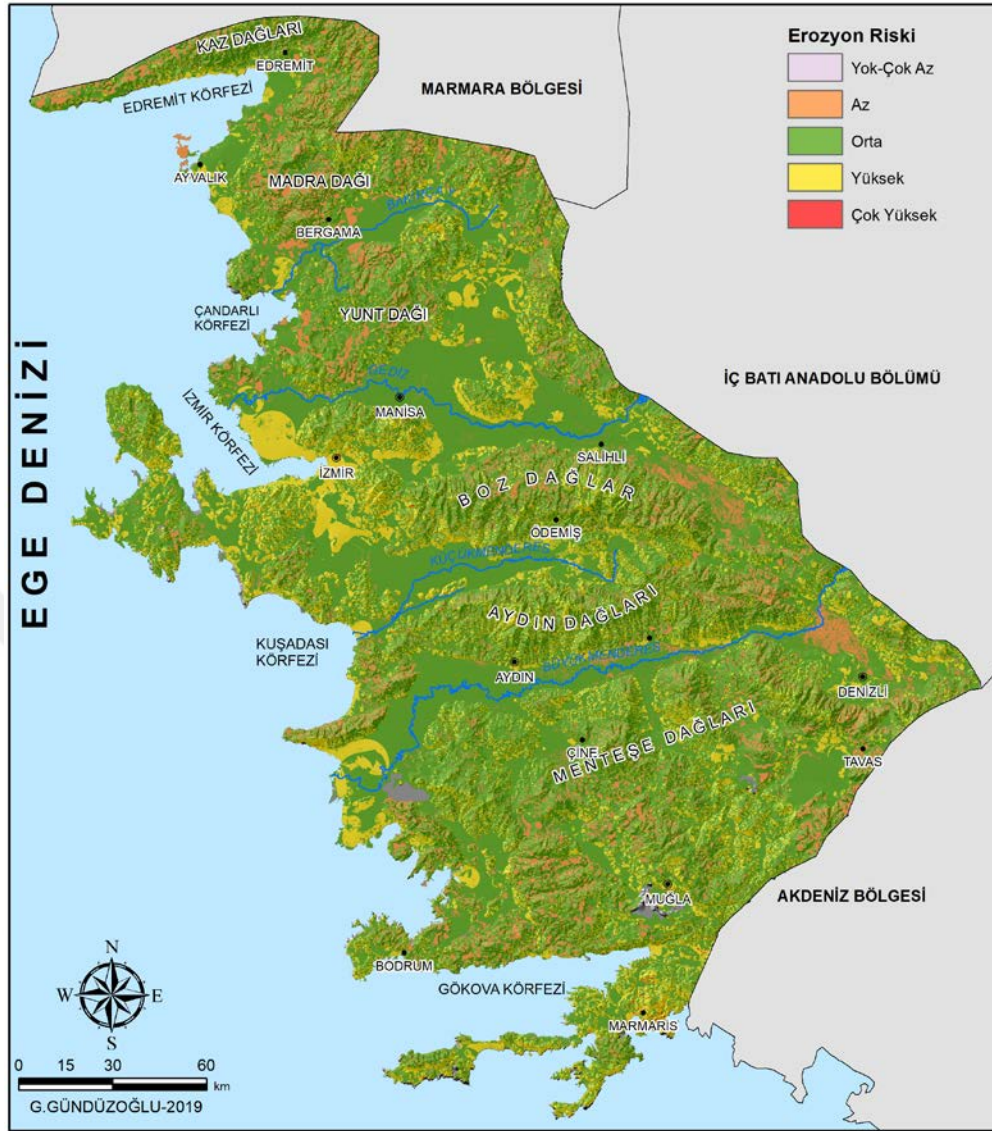
Şekil 49: Geliştirilen modele göre Kıyı Ege Bölümündeki erozyon risk dağılışı

Geliştirilen erozyon risk modeline göre sahanın % 36'lık kesimi yüksek, % 48'lik kesimi ise orta derecede erozyon riski altındadır (Şekil-50).

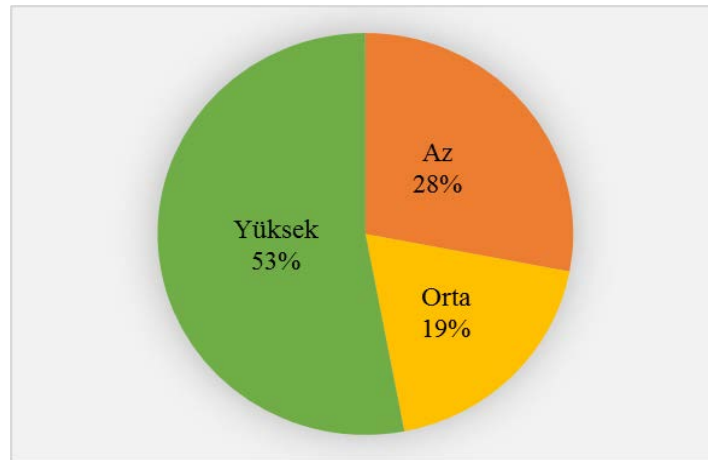
5.3.2. Erozyon Riskinin Ağırlıksız Yöntem İle Belirlenmesi

Erozyon riskinin belirlenmesi için geliştirilen yöntemde belirlenen risk parametreleri; bu bölümde ağırlıksız olarak sorgulanmıştır. Ağırlıksız olarak sorgulama tüm parametrelerin eşit ağırlıkta olduğu varsayımı ile yapılmıştır. Bu analiz gerek risk analizlerinde gerekse bu çalışmada riski oluşturan faktörlerin ağırlıklarının sonuca ne kadar etki ettiğinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu analiz sonuçları gerek ICONA yöntemi sonuçları ile gerekse geliştirilen Erozyon Risk Modelinin sonuçları ile karşılaştırılmış; elde edilen bulgular 5. bölümde verilmiştir. Bu yöntemde erozyon riski belirlenirken “wheighted Overlay” analizi kullanılmış ancak tüm ağırlıklar eşit olacak şekilde parametreler analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Şekil-51'de görülmektedir.

Tüm parametrelerin eşit ağırlıkta olduğu varsayılarak yapılan bu analiz sonuçlarına göre; çalışma sahasının % 53'lük kesimi yüksek derecede erozyon riski altındadır (Şekil-52). Graben alanları ağırlıksız modelde orta derecede erozyon riski altındadır (Şekil-51). Bunun en önemli nedeni özellikle eğim değerlerinin düşük olduğu ve alüvyonlardan meydana gelen graben alanlarında eğim faktörü ile jeolojik/litolojik faktörlerin ağırlıklarının eşit olması sebebi ile bu alanlar orta derecede erozyon riski altındadırlar.



Şekil 50: Çalışma Alanının ağırlıksız yöntemle göre risk grupları



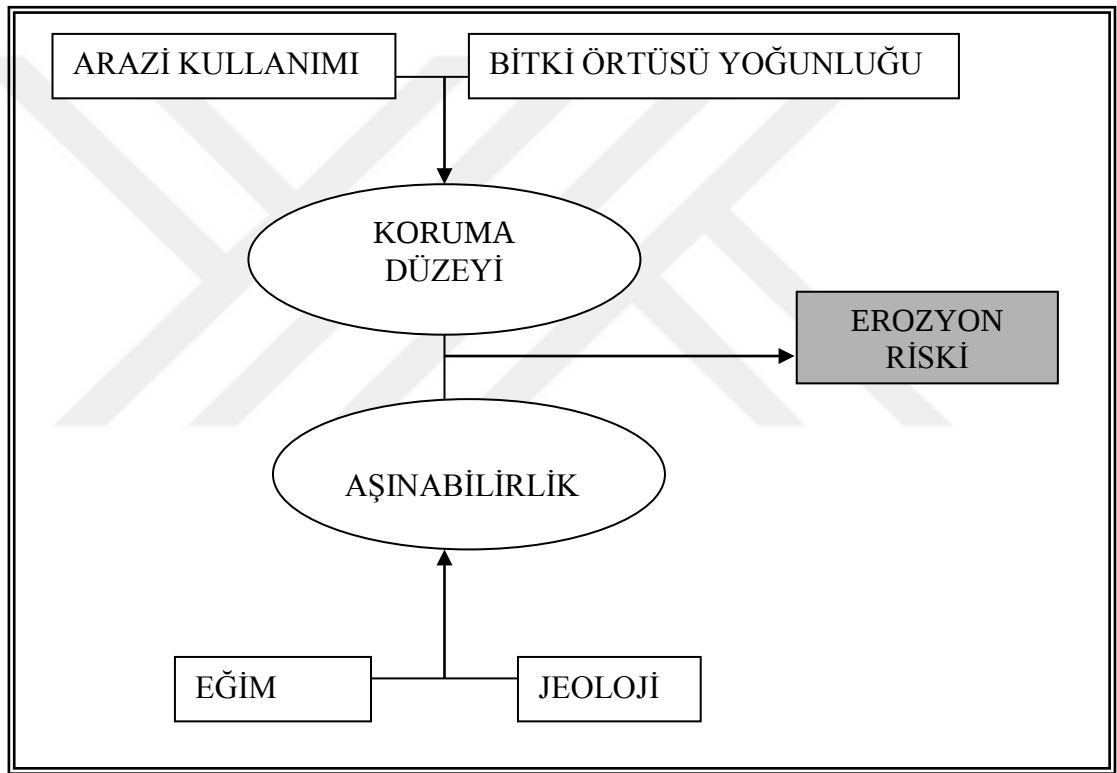
Şekil 51: Ağırlıksız modele göre Kıyı Ege Bölümündeki erozyon risk dağılımları

5.3.3. ICONA yöntemi ile çalışma alanının erozyon riskinin belirlenmesi

Durum karar matrisleriyle; arazinin yapısının ortaya konulduğu; İspanya Doğal Kaynaklar Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen bir modeldir. Bu yöntemde erozyon riskine etki eden parametreler bu karar durum matrisi ile puanlandırılmıştır.

Yöntem iki ana fonksiyonun bileşkesinden oluşmaktadır. Bu fonksiyonla aşınabilirlik ve koruma düzeyidir. Koruma düzeyi arazi üzerindeki mevcut arazi kullanımı ile bitki yoğunluğunun bileşkesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Aşınabilirlik ise litolojik özellikler ve eğim özelliklerinin bileşkesidir.

ICONA yöntemi akış diyagramı



5.3.3.1 Koruma Düzeyi

ICONA yöntemi ile erozyon riskinin belirlenmesinde koruma düzeyi olarak tanımlanan fonksiyon uygulama alanının mevcut arazi kullanımı ile bitki örtüsü yoğunluğunun bileşkesidir. ICONA yönteminde arazi kullanımı 6 ana sınıfta toplanmıştır. Bu sınıflar Tablo-35'de gösterilmiştir.

Tablo 35

ICONA yöntemine göre arazi sınıfları

Arazi Kullanım Sınıfları
1. Kuru Tarım Alanları
2. Meyvelik, Bağlık- Bahçelik Alanlar
3. Sulu Tarım Alanları
4. Orman Alanları
5. Çalılık ve Maki Alanları
6. Mera, Seyrek Çalılık ve Diğer Alanlar

Çalışma alanının ICONA yöntemine göre koruma düzeyi indisinin belirlenebilmesi için; CORINE (Coordination of Information on Environment) tarafından hazırlanan sınıflandırma haritası kullanılmıştır. Bu harita ilgili kuruluş tarafından Landsat-7 görüntüleri kullanılarak oluşturulmuş; vektör formata çevrilmiştir. Bu haritada bulunan sınıfların ICONA arazi sınıflarına göre yeniden düzenlenmiş hali Tablo-36'de gösterilmektedir.

Tablo 36

ICONA yöntemine göre arazi sınıf kodları

Arazi Kullanım Sınıfları	ICONA Sınıf
Karışık tarım alanları	1
Sulanmayan ekilebilir alanlar	1
Meyve bahçeleri	2
Uzum bağları	2
Zeytin bahçeleri	2
Pirinç tarlaları	3
Sürekli sulanan alanlar	3
Geniş yapraklı ormanlar	4
İğne yapraklı ormanlar	4
Karışık ormanlar	4
Ormanla karışık tarım alanları	4
Bitki değişim alanları	5
Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan bitki toplulukları	5
Fundalıklar	5
Meralar	5
Bataklıklar, çıplak kayalıklar, doğal çayırliklar, endüstriyel veya ticari birimler kesikli şehir yapısı limanlar, maden çıkarım sahaları, karayolları, demiryolları sahiller, kumsallar, kumluklar, inşaat sahaları hava alanları, seyrek bitkili alanlar, su kütleleri, suyolları, sürekli şehir yapısı, yanmış alanlar	6

ICONA yöntemine göre yapılan değerlendirmede; koruma düzeyi faktörünü belirleyen bir diğer özellik ise arazideki bitki yoğunluğu yani arazi örtüsü yoğunluk durumudur. Yöntemde kullanılan bu fonksiyona ait ağırlık Tablo-37’de gösterilmiştir.

Tablo 37

ICONA yöntemine göre bitki kapallılık durum fonksiyonu

Kod	Kod Tanımı	Değer(%)
1	Az yoğun	0-25
2	Orta Yoğun	25-50
3	Yoğun	50-75
4	Çok Yoğun	75-100

Bitki kapallılık durumu ve arazi kullanım sınıfları ICONA yönteminde birlikte değerlendirilerek Koruma Yüzeyi indisini oluşturmaktadır (Tablo-38).

Tablo 38

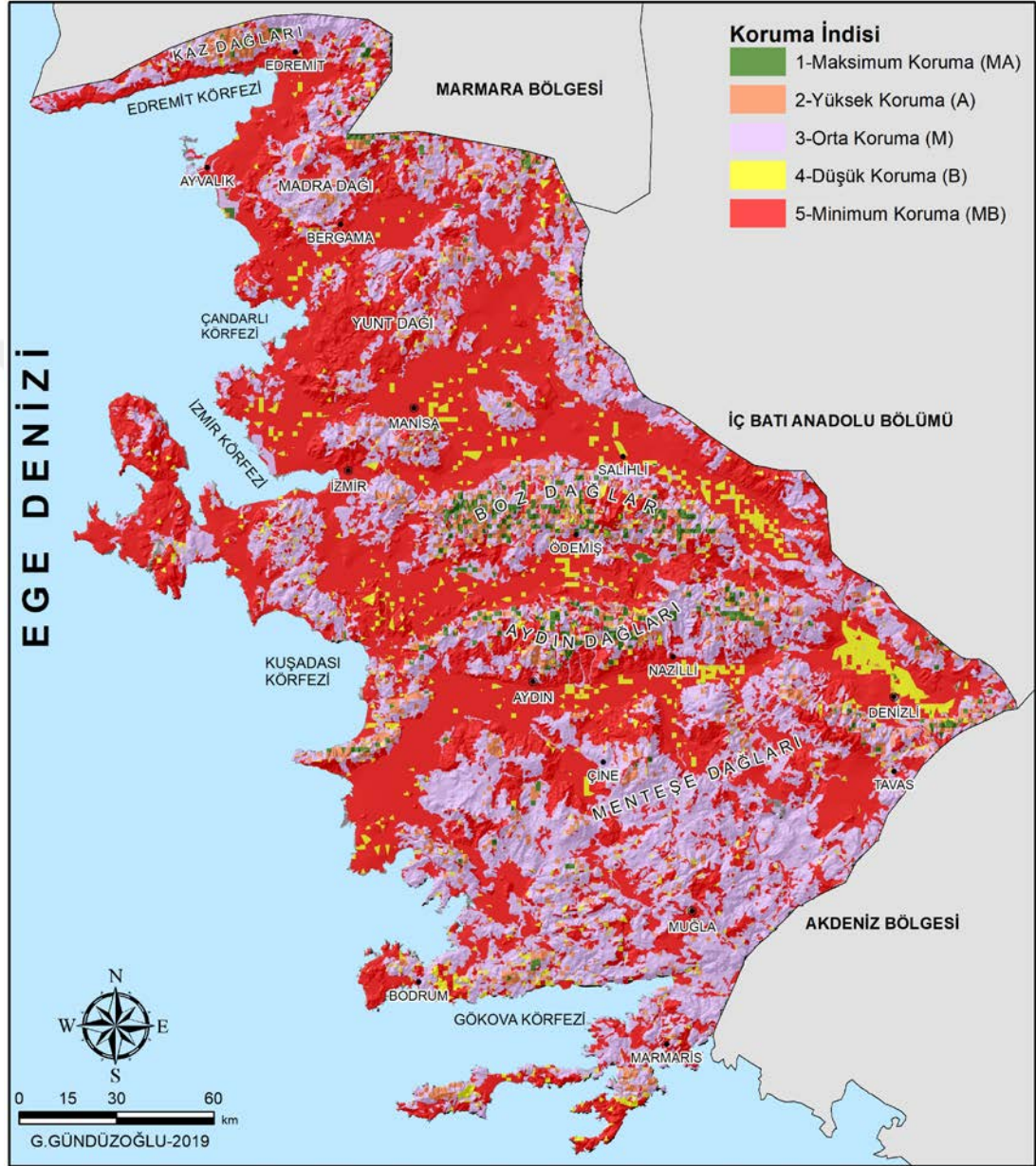
ICONA yöntemine göre oluşturulan koruma düzeyi indisi

Erozyon Riski	Bitki Örtüsü Yoğunlukları			
Arazi Kullanımı	1	2	3	4
1	5 (MB)	5(MB)	4 (B)	4 (B)
2	5 (MB)	5 (MB)	4 (B)	3 (M)
3	3 (M)	2 (A)	1 (MA)	1 (MA)
4	3 (M)	3 (M)	2 (A)	1 (MA)
5	5 (MB)	4 (B)	3 (M)	2 (A)
6	5 (MB)	4 (B)	3 (M)	2 (A)

Kod	Harf Sembolü	Tanımı
1	MA	Maksimum Koruma
2	A	Yüksek Koruma
3	M	Orta Koruma
4	B	Düşük Koruma
5	MB	Minimum Koruma

Çalışma alanının Koruma Düzeyi İndisinin oluşturulması için; hazırlanan bitki örtüsü yoğunluğu ve arazi kullanımı katmanları UNION işlemine tabi tutularak yeni bir katman elde edilmiştir. Bu katmanda her iki katmana ait sınıf kodunu ayrı bir sütunda

tutmaktadır. Yeni oluşturulan bu katmana yeni bir sütun açılarak Koruma Düzeyi İndis değeri Field Calculator komutu ile Tablo-22'ye göre belirlenmiştir. Bu işlem neticesinde meydana gelen yeni harita sınıflandırılmış durumuyla Şekil-53'de görülmektedir.



5.3.3.2. Aşınabilirlik

ICONA yönteminde aşınabilirlik; eğim, toprak yapısı ve jeolojik birimlerin fonksiyonlarıyla hesaplanmaktadır. Ancak bu yöntemde toprak yapısı jeoloji ile birlikte değerlendirilmekte; CORINE yönteminde olduğu gibi toprağın detaylı özellikleri (derinlik, taşlılık gibi) kullanılmamaktadır. ICONA yönteminde eğim değerleri 5 gruba ayrılarak sınıflandırılmıştır (Tablo-39).

Tablo 39

ICONA yönteminde eğim sınıf ve kodları

Kod	Kod Tanımı	Değer(%)
1	Düz-Çok Hafif	0-3
2	“Orta Eğimli	3-12
3	Dik	12-20
4	Çok Dik	20-35
5	Sarp	>35

Bu yöntemde jeoloji ve toprak yapısı birlikte değerlendirilmekte; jeolojik sınıflandırma buna göre yapılmaktadır. Bu yöntemde jeolojik sınıflar 5 grupta toplanmış ve kodlanmıştır (Tablo-40).

Tablo 40

ICONA yöntemine göre Jeolojik (jeopedolojik) sınıflandırma

Kod	Jeolojik Birimler
A	Çok sert kayalar
B	İyi kaynasmış, kalker kayalar
C	Kompakt silisli kayalar
D	Gevsek yapıda, az dayanıklı kayalar ve yumuşak formasyonlar
E	Killer, siltler, kumlar ve dördüncü zamana ait yığılmalar (depositler)

Eğim ve jeolojik birimlerin karşılıklı sınıflandırılmasıyla ICONA yöntemi için Aşınabilirlik İndisi oluşturulmaktadır (Tablo-41). Bu tabloya göre; eğim faktörü litoloji faktörünün önüne geçmektedir. Örneğin yüksek eğimli sahalarda erozyon riski artmaktadır. Çok sert kayalar sınıfta olan bölgede eğim derecesi arttıkça erozyon riski de artmaktadır. Ayrıca; eğimin sabit olduğu özellikle düz sahalarda ana kayanın erozyon riskine etkisi düşüktür. Tablo 42’de Aşınırılık İndisinin risk kodları görülmektedir.

Tablo 41

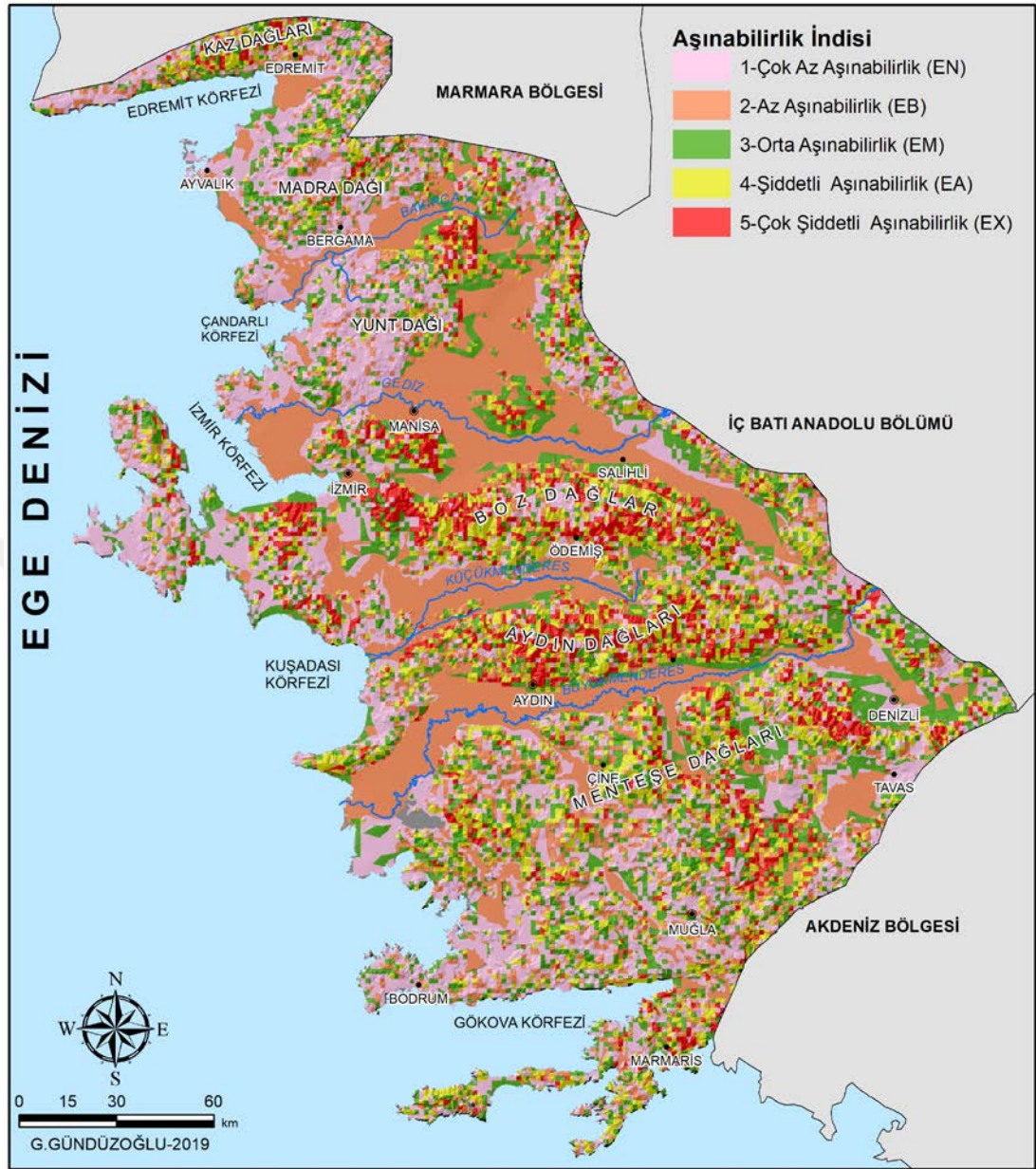
ICONA yöntemine göre Aşınabilirlik indisinin hesaplanması

Eğim	Jeoloji Sınıflandırması				
Kod	A	B	C	D	E
1	1 (EN)	1 (EN)	1 (EN)	1 (EN)	2 (EB)
2	1 (EN)	1 (EN)	2 (EB)	3 (EM)	3 (EM)
3	2 (EB)	2 (EB)	3 (EM)	4 (EA)	4 (EA)
4	3 (EM)	3 (EM)	3 (EM)	4 (EA)	5 (EX)
5	4 (EA)	4 (EA)	5 (EX)	5 (EX)	5 (EX)

Tablo 42

ICONA yöntemine göre Aşınabilirlik indisi Risk Kodları

Kod	Harf Sembolü	Tanımı
1	EN	Çok az aşınabilirlik
2	EB	Az aşınabilirlik
3	EM	Orta aşınabilirlik
4	EA	Şiddetli aşınabilirlik
5	EX	Çok şiddetli aşınabilirlik



Şekil 53: ICONA yöntemine Göre Çalışma Alanının Aşınabilirlik İndisi

ICONA yönteminde erozyon risk durumunun belirlenebilmesi için koruma düzeyi ve aşınabilirlik düzeyi; karar matrisi birlikte değerlendirilerek erozyon risk durumu ortaya konmaktadır (Bayramin ve diğerleri, 2003, s. 112). Bu yöntemde kullanılan iki ana fonksiyon (koruma düzeyi ve aşınabilirlik) birlikte değerlendirilmektedir. Tablo-43'de erozyon risk durumu karar matrisi ve bu matrise ait kodlarının açıklamaları görülmektedir.

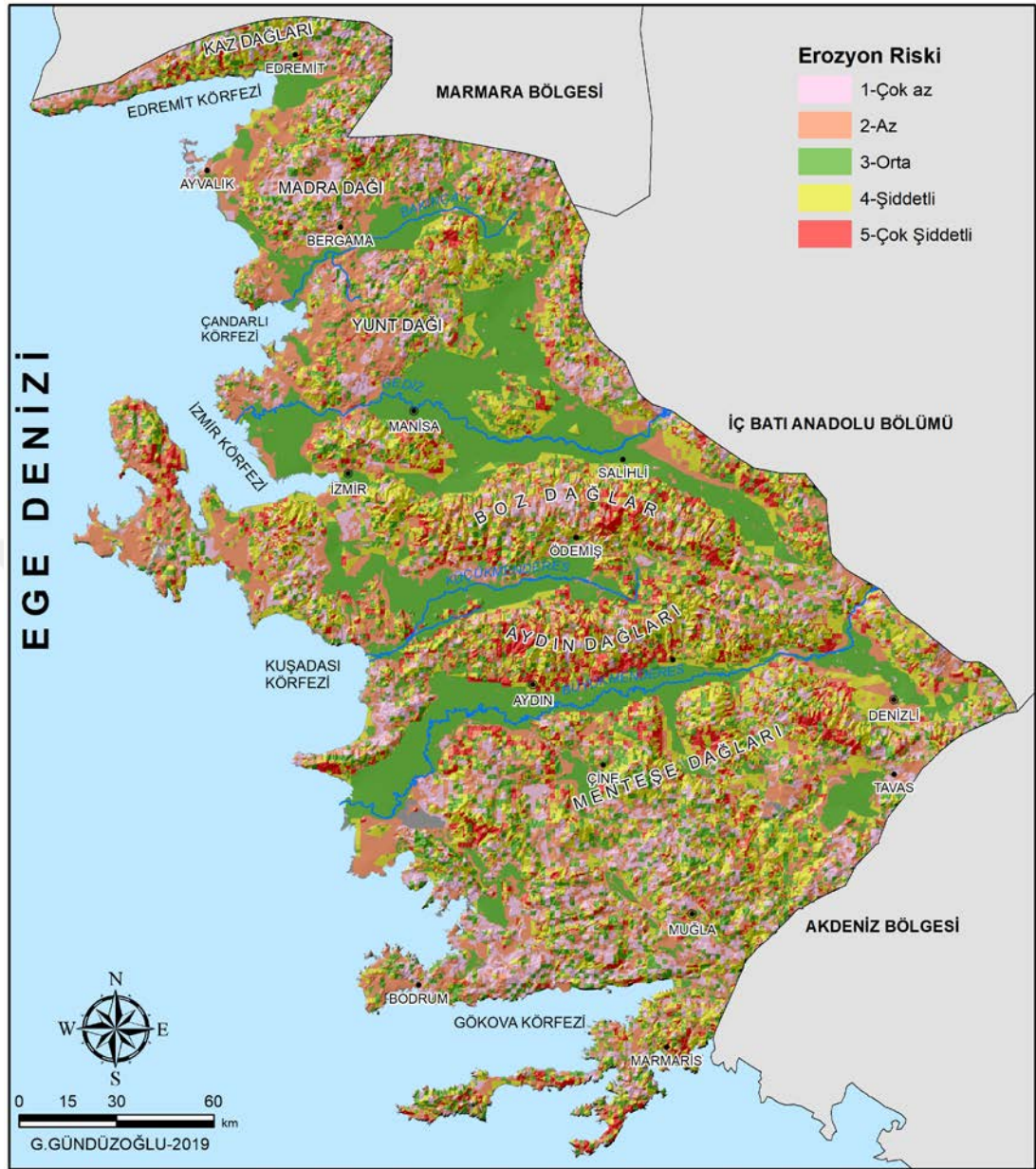
Tablo 43

ICONA yöntemi erozyon risk durumu indisi ve açıklamaları

Erozyon Riski Kodları	
1	Çok Az
2	Az
3	Orta
4	Şiddetli
5	Çok Şiddetli

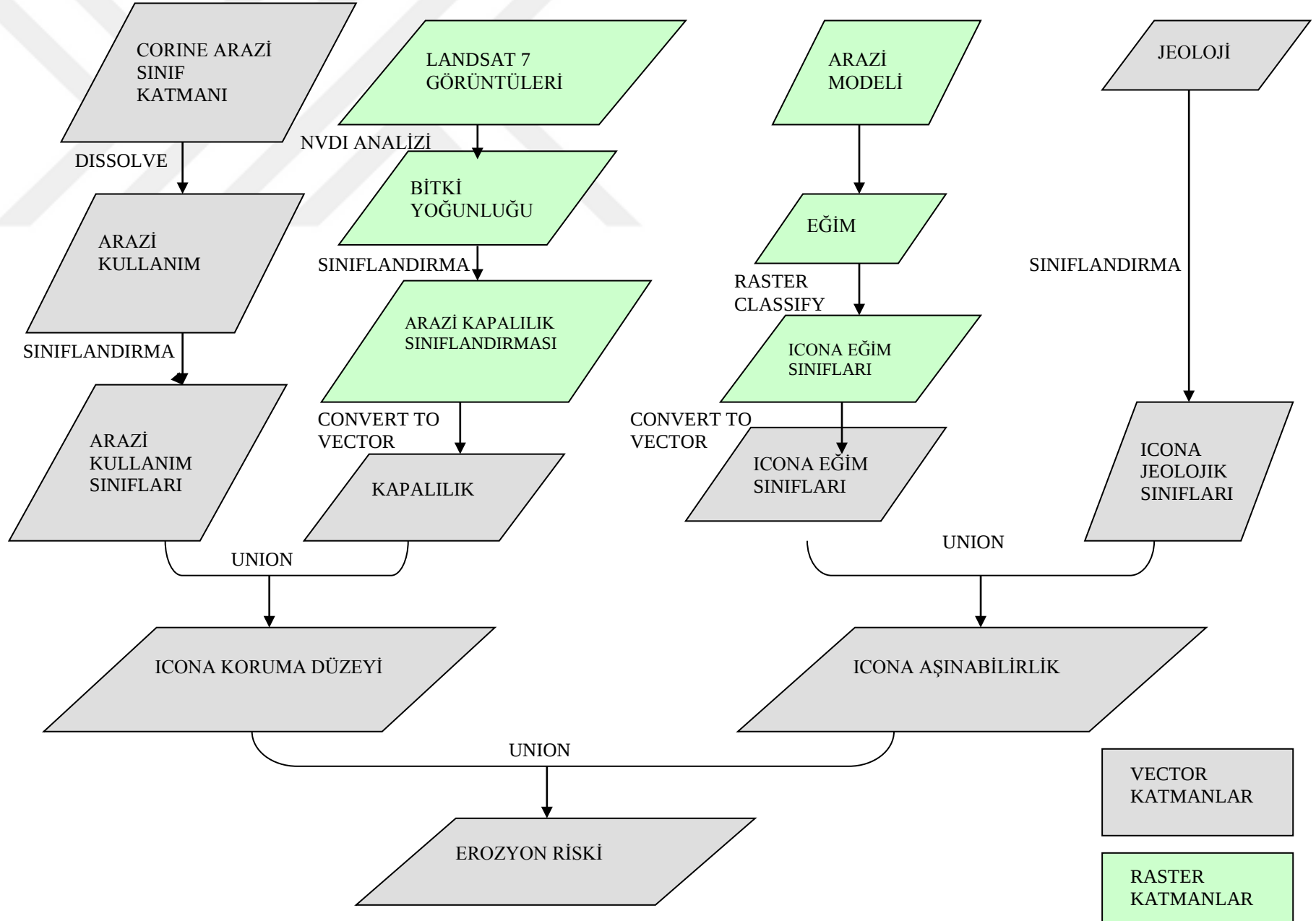
Aşınabilirlik	Koruma Düzeyi				
Kod	1(MB)	2(B)	3(M)	4(A)	5(MA)
1 (EN)	1	1	1	2	2
2 (EB)	1	1	2	3	4
3 (EM)	1	2	3	4	4
4 (EA)	2	3	3	5	5
5 (EX)	2	3	4	5	5

Aşınabilirlik indisi ile Koruma indisinin bileşkesi ICONA yöntemine göre çalışma alanının erozyon riskini oluşturmaktadır. Bu matrise göre çalışma alanının erozyon risk haritası Şekil-55’de görülmektedir. Bu haritaya göre; graben sahaları “yüksek” derecede erozyon riski altında iken; Madra ve Yunt Dağı az derecede erozyon riski altındadır.



Şekil 54: ICONA yöntemine göre çalışma alanının erozyon risk dağılışı

ICONA YÖNTEMİNİN CBS YÖNTEMİ İLE
UYGULANMASI (KATMAN VE İŞLEM AŞAMALARI)



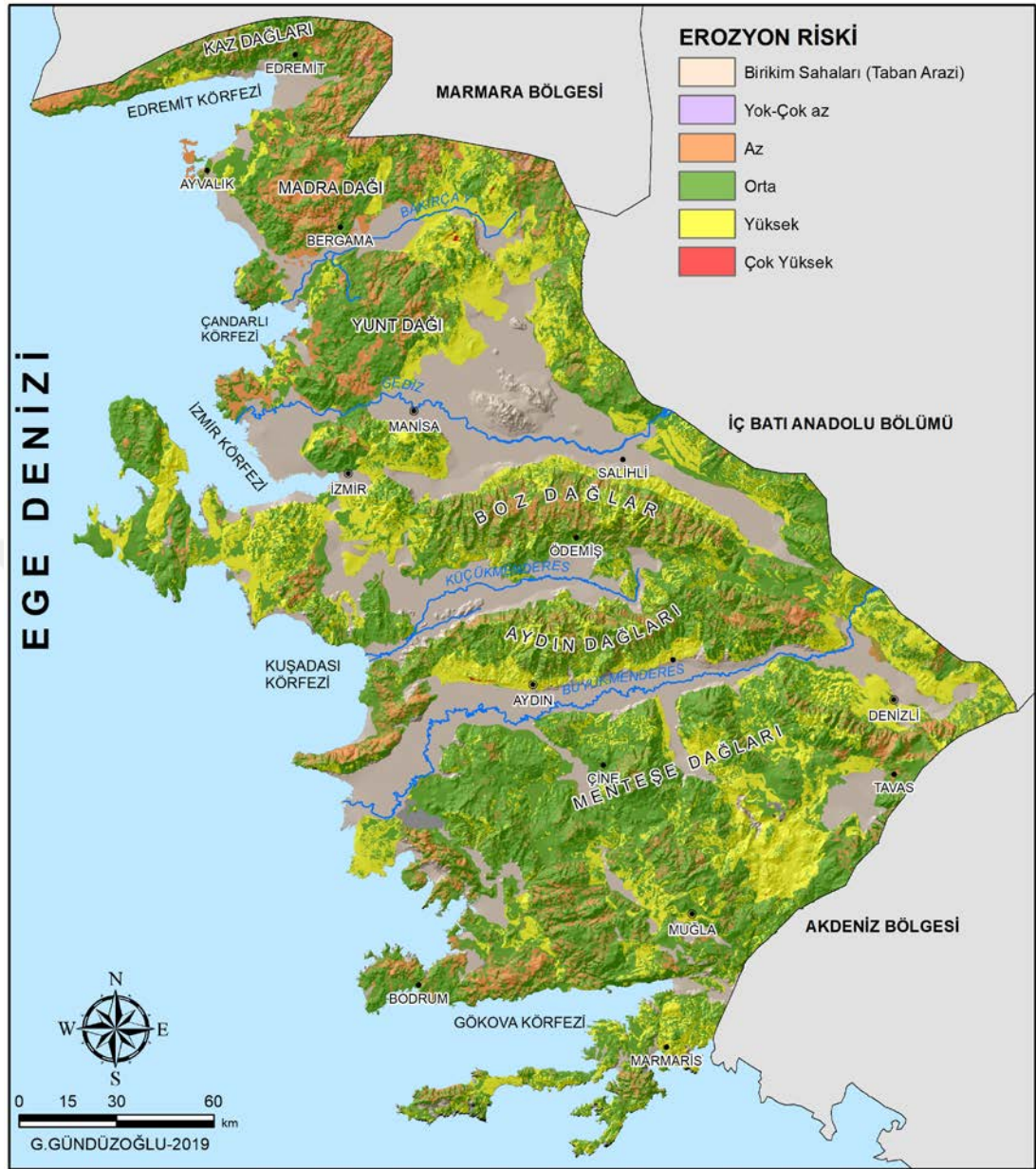
BÖLÜM-6

BULGULAR VE YORUMLAR

Bu bölümde geliştirilen erozyon risk modeli sonuçları, ICONA yöntemi ile hesaplanan risk sonuçları ve ağırlıksız yöntemle belirlenen erozyon risk sonuçları irdelenmiş; kullanılan bu üç yöntemin birbirleri ile ilişkileri ortaya konmuştur. Her bir risk sonucu mevcut arazi kullanım durumu ile karşılaştırılmış; özellikle erozyona duyarlı sahalardaki mevcut arazi kullanımı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar sahada daha önce yapılan yayınlar çerçevesinde irdelenmiştir. Ayrıca arazide mevcut olan erozyon durumu toprak envanterleri raporundan belirlenmiş geliştirilen model sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

6.1. Geliştirilen Modele Ait Yorumlar ve Analizler

Kriterlerin ağırlıkları ile hesaplanan erozyon riski yöntemine göre özellikle graben sahalarının “yüksek” şiddetli erozyon riskine sahip olduğu hesaplanmıştır. Bu alanların “Kuvaterner-Alüvyon” olması sebebi ile erozyon riski yüksek olarak hesaplanmıştır. Hazırlanan modelde litolojik/jeolojik özellikler % 34 ağırlığındadır. Çalışma alanında grabenlerde bulunan alüvyal sahalarda daha çok birikim sahalardır. Bu sebepten dolayı grabenlerde aşınmadan çok biriktirme söz konusudur. Nitekim, Neojen esnasında göllerle kaplı olan bugünkü Gediz, Büyük ve Küçük Menderes olukları ve Ege Denizi'nin bulunduğu alan Pliosen sonu ve Kuvaterner başlarından itibaren faylarla parçalanmağa uğramış ve bu tektonik hareketlerle oluşan Ege Denizi ile Gediz, Büyük ve Küçük Menderes havzaları birer sedimantasyon ve yüksek alanlarda birer erozyon alanı haline gelmiştir (Atalay, Sezer, Erat, Işık, ve Mutluer, 1990, s. 32). Bu alanlarda eğimin düşük olması sebebi ile akarsuların enerjisi erozyon riski açısından yeterli olmayacak ve erozyon riski minimum hale gelecektir. Ancak hazırlanan modelde eğim verisinin ağırlığı % 11 olması sebebi ile bu alanlarda eğim faktörü ön plana çıkamamıştır. Hazırlanan model alüvyal sahalarda eğim özelliklerinin yansıtılamaması sebebi ile yetersiz kalmıştır. Bu durum özellikle çalışma alanı sınırlarının geniş olması sebebinden ortaya çıkmıştır. Bu durumun giderilmesi amacıyla geliştirilen erozyon riski sonuçlarına yeni bir sınıflama getirilerek düşük eğimli ve alüvyal sahalarda birikim sahalarda (taban arazi) olarak sınıflandırılmıştır. Getirilen bu düzeltme ile bu çalışmanın erozyon risk haritası yeniden hesaplanmıştır. Bundan sonra yapılacak tüm karşılaştırmalar ve yorumlar düzeltme getirilen bu model (Şekil-56) sonucu üzerinden yapılacaktır.



Şekil 55: Geliştirilen modele Getirilen düzeltme ile çalışma sahasının erozyon risk durumu

Geliştirilen modelin sahaya uygulanması ile elde edilen erozyon risk sonuçlarında erozyon şiddetinde ana kayanın ön plana çıkmaktadır. Ancak bitki örtüsü yoğunluğu ve arazi kullanımı da erozyon riskini belirleyici diğer unsurlardır.

Andezitlerin erozyona dayanıklılık indisi yüksek olduğundan oluşturulan modelde sadece jeolojik/litolojik özellikler göz önüne alındığında andezitlerin bulunduğu alanlar “yok, çok az” şeklinde derecelendirilmiştir. Kaz dağlarının güney batısında bulunan sahalar andezitlerden oluşmaktadır. Ancak bu alanlarda erozyon riskini belirleyen unsur bitki örtüsü yoğunluğu ve arazi kullanımıdır. Özellikle bitki örtüsü yoğunluğu bu alanlarda % 20'nin

altında olduğu için bu alanlar her ne kadar andezitlerden oluşmuş olsalar da erozyon riski az ve orta şeklinde derecelendirilmiştir.

Erozyona dayanıklılık indisi yüksek olan bir diğer litolojik unsur granitlerdir. Ancak ana kaya özelliğine göre erozyon riski olmaması gereken ve granitlerden oluşan Madra dağında yer yer erozyon riski “orta” şeklinde belirlenmiştir. Özellikle yer yer tarım yapılan ve bitki örtüsü yoğunluğunun % 20’nin altında olan sahalarda erozyon açısından risklidir. Fıstıkçamlarının bulunduğu özellikle bitki örtüsü yoğunluğunun yüksek olduğu alanlarda erozyon riski yoktur. Ancak Madra dağının güney yamaçlarında ormanlık alanların açılarak küçük otlak alanlarının oluşturulduğu bazı sahalarda erozyon riskini arttırıcı düzeyde yaylacılık faaliyetleri yapılmaktadır (Köse, 1997, s. 227). Yine yanlış arazi kullanımı, özellikle aşırı otlatma ve bilinçsiz bitki toplama gibi faaliyetler nedeniyle alandaki bitki örtüsü hızla yok olmakta, bu durum erozyon riskine sebep olmaktadır (Satıl ve diğerleri, 2008). Söz konusu yayınlardan da anlaşılacağı üzere erozyon riski bulunmayan bu saha bitki örtüsü tahribatı sebebi ile erozyon riski ile karşı karşıya gelmektedir.

Andezitlerden oluşan Yunt dağında sadece ana kaya özelliğine göre erozyon riski bulunamamaktadır. Yüksek sahalarda ormanlık alanlarda erozyon riski bulunmazken; tarım faaliyetlerinin başladığı alanlardan itibaren erozyon riski de başlamaktadır. Anakaya özelliği bu yerlerde erozyon şiddetinin belirlenmesinde etkili olamamakta arazi kullanımı ön plana çıkmaktadır. Geliştirilen modelde bu alanların erozyon riski “çok riskli” olarak belirlenmiştir. Zira Yunt Dağı ve çevresinin % 48,5 (1708,05 km²)’inde şiddetli erozyon, % 19,2 (675,80 km²)’inde orta derecede erozyon ve % 10,8 (379,19 km²)’inde çok şiddetli erozyon görüldüğü tespit edilmiştir (Eroğlu, 2009, s. 157).

Geliştirilen modele göre Bakırçay havzasının erozyon riski geneli itibarıyla “orta” ve “şiddetli” olarak belirlenmiştir. Rusle yöntemi ile erozyon riskinin belirlendiği çalışmada (Danacıoğlu ve Tağıl, 2019, s. 69) Sahada özellikle Soma ve çevresinde ciddi erozyon problemlerinin olduğunu ortaya koymuşlardır. Yine Bakırçay havzasını kapsayan çalışmada (Eroğlu, 2009, s. 297) tahıl tarımının yaygın olarak yapıldığı bu sahalardaki en büyük sorunlardan birinin toprak erozyonu olduğu belirtilerek; şiddetli erozyonun etkisiyle sığlaşan tarım topraklarının verimi gittikçe azaldığı, böylece tarım alanlarında nadas kaçınılmaz hale geldiği vurgulanmıştır. Bakırçay havzasında yapılan başka bir çalışmada (Gülersoy, 2008, s. 212) sağanak yağışların bölgede erozyon oluşumuna neden olduğu, bu durumun tarımsal etkinlikler için bir tehlike oluşturduğu belirtilmektedir.

Bozdağların kuzey kesiminde yer alan Pliokuaterner (Tmolosschutt/Bozdağ Depoları) arazilerde özellikle orman örtüsünün tahrip edildiği alanlarda erozyon riski yüksektir. Yer yer ormanla kaplı alanlarda ise erozyon riski orta şiddetinde karşımıza

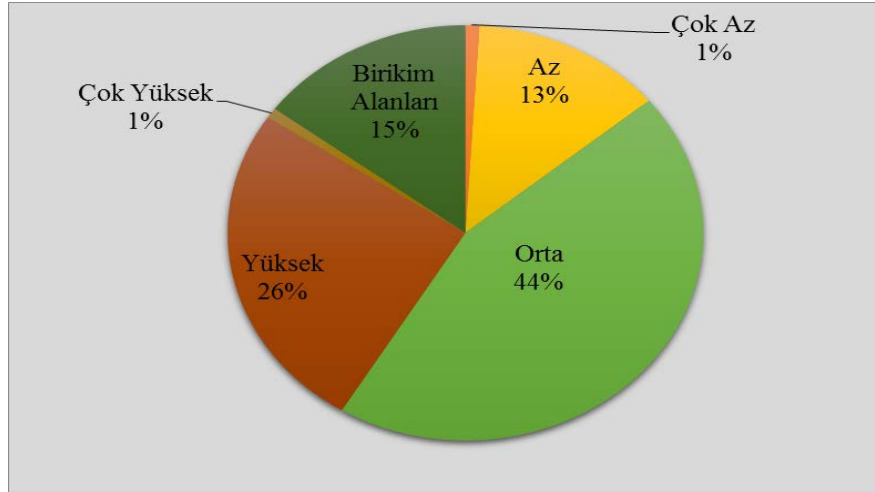
çıkmaktadır. Ayrıca bakı özelliği bu alanlarda ön plana çıkarak; kuzeye bakan yamaçlarda erozyon riski orta olarak belirlenmiştir. Eğim değeri % 3-% 12 arasında değişen alanlarda da eğim faktörüne bağlı olarak erozyon riski orta şiddetinde karşımıza çıkmaktadır.

Erozyon dayanıklılık indisi orta olan gnayslardan meydana gelen Bozdağlar ve Aydın dağlarının yüksek kesimlerinde; orman örtüsünün bulunmadığı makilerin kapladığı alanlarda ve yer yer tarım yapılan alanlarda erozyon riski arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğu özellikleri nedeni ile yüksek şiddetinde erozyon riskli alanlar haline gelmiştir. Ancak bitki örtüsü yoğunluğunun % 60 değerinin üzerinde olan ormanlık alanlarda erozyon riski “az” şeklinde belirlenmiştir. Her ne kadar anakaya özelliği modelde % 34’lük ağırlığa sahip olsa da bitki örtüsü yoğunluğunun fazla olduğu ormanlık alanlar erozyon riskini engellemektedir. Ovaya bakan yamaçların büyük bölümünün maki sahası olması, bunların içinde yer yer meşelerin bulunması ve geniş yüzeylerde çıplak ana kayanın varlığı Bozdağlar ve Aydın dağlarının ovaya bakan yamaçlarında erozyonun etkisini göstermektedir (Vardar 2017, s. 133).

Aydın dağları’nın güney kesiminde bulunan Pliokuaterner (Tmolosschutt/Bozdağ Depoları) arazilerde arazi kullanımına bağlı olarak erozyon riski orta ve yüksek şiddetindedir. Özellikle erozyon riski bu alanlarda bitki örtüsü yoğunluğu erozyon riskinin azaltıcı rol oynamaktadır. Bu durum İzmir Bozdağlar yöresinde yapılan çalışmada (Koçman 1989:42) söz konusu sahada doğal bitki örtüsünün tahrip edildiği alanlarda yağışların şiddeti nedeni ile özellikle sonbahar ve kış aylarındaki sağanak yağışlar sırasında yüzeyel akışın gerçekleştiği; bu durumunda özellikle düşük kohezyonlu materyalde yüksek derecede erozyona neden olduğu vurgulanmaktadır. Yine Aydın dağlarının güney yamaçlarını içerisine alan çalışmada (Erdoğan, Esbah, ve Berberoğlu, 2016, s. 139) söz konusu bölgede eğimli arazilerde yapılan tarımın özellikle anakaya özelliği sebebi ile erozyona sebebiyet verdiği, uzun vadede erozyon probleminin büyük problemlere yol açacağını belirtmiştir.

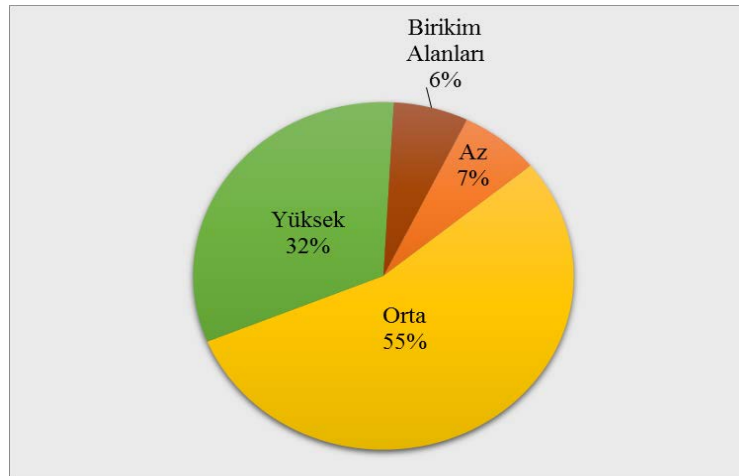
Menteşe dağlarında metamorfik arazi üzerinde özellikle yoğun bitki örtüsüne sahip ormanlık sahalarda erozyon riski az şiddetindedir. Ancak ormanlık alanların tahrip edildiği ve bitki örtüsü yoğunluğunun düştüğü sahalarda erozyon riski artmaktadır.

Elde edilen modele göre Kıyı Ege Bölümünün yaklaşık % 44’lük kısmının orta şiddetli erozyon riskli alan olarak belirlenmiştir. Şekil-57’de model ile hesaplanan erozyon risk değerlerinin saha içindeki oranları gösterilmiştir.



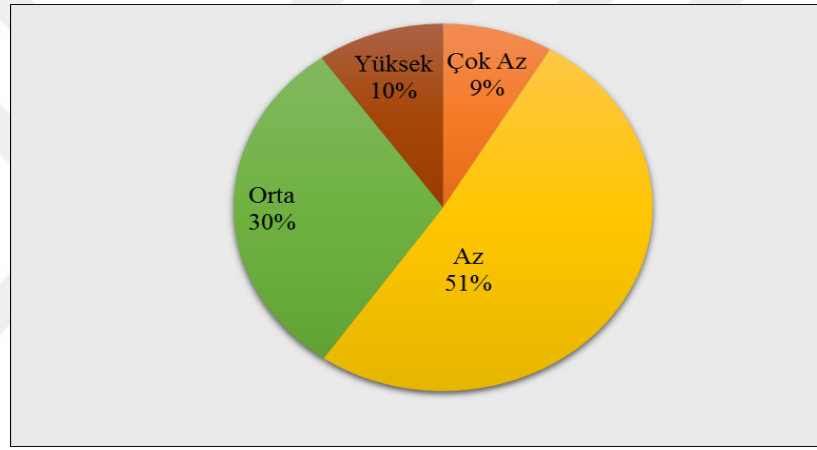
Şekil 56: Oluşturulan modele göre risk gruplarının dağılım oranları

Mevcut arazi kullanımı incelendiğinde; özellikle tarım alanlarında orta şiddetli erozyon riskine rastlanmıştır. Orta şiddetindeki erozyon riski özellikle çalışma sahasında bulunan ve sahanın tarımsal potansiyelini oluşturan; zeytin, üzüm bağları ile meyve bahçelerinde yoğun olarak bulunmaktadır. Elde edilen erozyon risk sonuçlarının zeytin alanları üzerindeki dağılımları Şekil-58’de görülmektedir. Özellikle çalışma alanındaki zeytin tarımının bir kısmı eğimli arazilerde yapılmaktadır. Bu durum ise erozyon riskini arttırmaktadır. Türkiye’de zeytinciliğin sorunlarının yorumlandığı çalışmada (Özkaya 2010, s. 10) Zeytin tarımı yapılan eğimli sahalarda teraslama yapılmadığı takdirde erozyon riski ile karşı karşıya gelineceği, teraslama ve sekileme yapılarak suyun muhafazasının sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Geliştirilen model ile elde edilen erozyon risk sonuçları incelendiğinde; eğimli sahalardaki zeytinliklerin erozyon riski altında olduğu tespit edilmiştir.

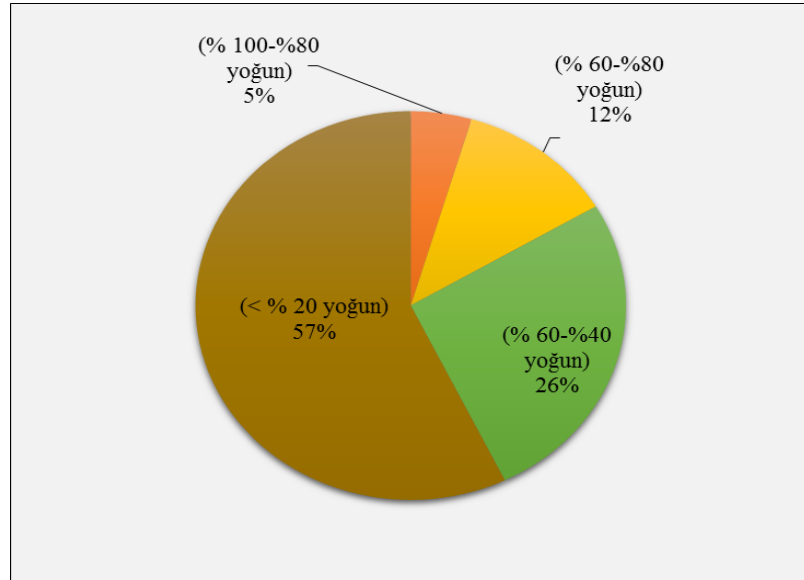


Şekil 57: Oluşturulan modele göre Zeytinliklerin Erozyon Risk Durumu

Çalışma alanının genel arazi kullanım durumu ile geliştirilen modelin erozyon risk sonuçları incelendiğinde; orman alanlarının (Geniş Yapraklı Ormanlar, iğne Yapraklı Ormanlar, Karışık Ormanlar) % 51 oranında “az” şiddetinde erozyon riskine sahip olduğu; % 30’luk kısmının ise “orta” şiddetinde erozyon riskine sahip olduğu anlaşılmıştır (Şekil-59). Ormanlardaki erozyon riski daha çok arazi örtüsü kapallılığı faktöründen kaynaklanmaktadır. Bu faktör; özellikle vejetasyon yoğunluğu düşük olan ormanlarda daha çok ön plana çıkmaktadır. Bu durum özellikle arazi örtüsü yoğunluğu faktörünün ne kadar önemli olduğunu ortaya çıkartmıştır. Şekil-29’da çalışma sahasında bulunan ormanların bitki örtüsü yoğunluğu gösterilmiştir. Buna göre Kıyı Ege bölümünde yer alan ormanların sadece % 5’i yüksek yoğunlukta (% 100-% 80 yoğunluk) kapallılığa sahiptir. Çalışma alanındaki tüm ormanların % 57’lik kısmı % 20’nin altında yoğunluğa sahiptir (Şekil-60).



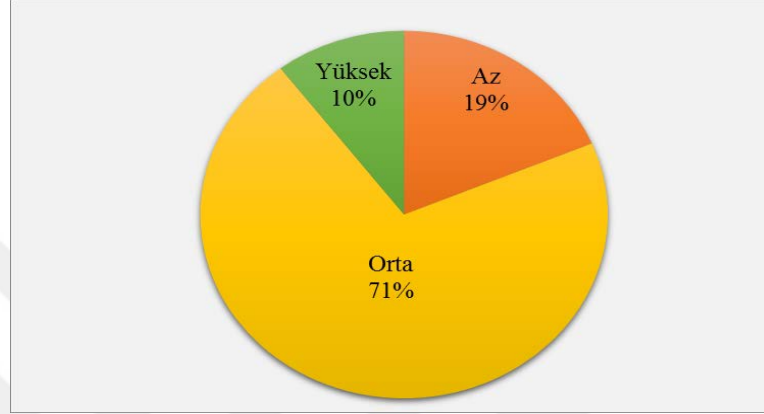
Şekil 58: Geliştirilen modele göre ormanlık alanlarındaki erozyon riski



Şekil 59: Kıyı Egede Bulunan Orman alanların yoğunluğu (NDVİ analiz sonuçlarına göre)

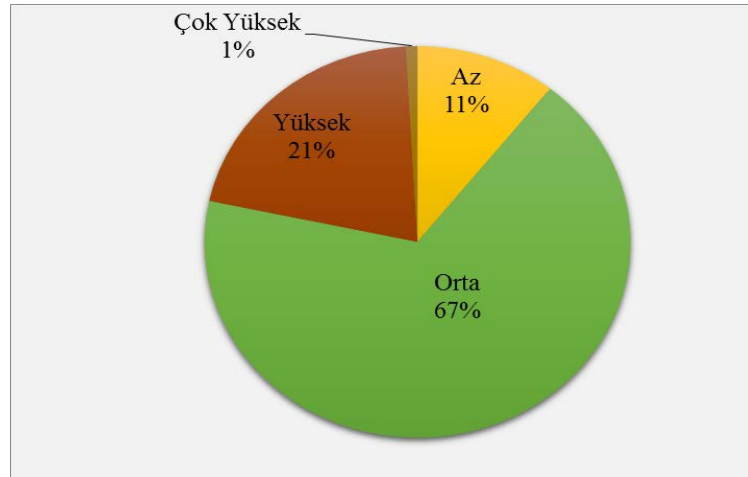
6.2. Ağırlıksız Metoda Ait Yorumlar ve Analizler

Erozyon riskine neden olan faktörlerin herhangi bir etki yüzdesi girilmeden; her bir faktörün eşit derecede etki ettiği varsayımı ile yapılan bu analiz sonuçları incelendiğinde; çalışma alanında yüksek ekonomik beklentisi olan zeytin bahçelerinin büyük çoğunluğunun orta dereceli ve az dereceli risk alanlarına isabet ettikleri saptanmıştır. Bu alanların risk derecelerine göre dağılım oranları Şekil-61’de görülmektedir.



Şekil 60: Ağırlıksız Yönteme göre Zeytinliklerin Erozyon Risk Durumu

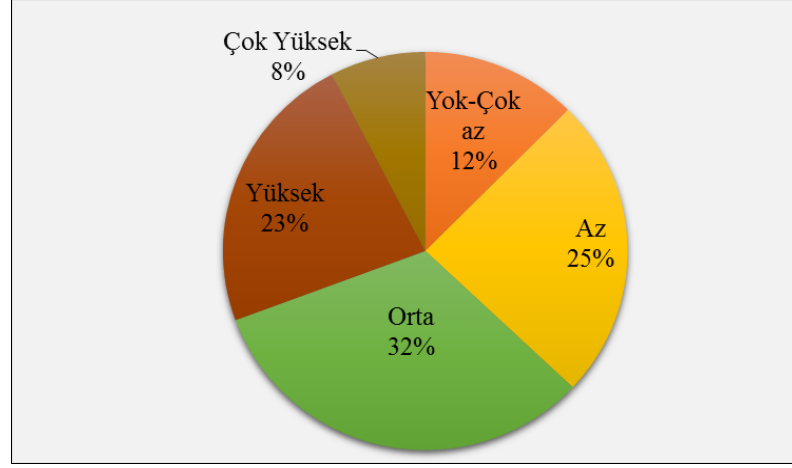
Analiz sonuçlarının tüm saha açısından incelendiğinde sahanın büyük % 67’lik kesiminde orta şiddette erozyona rastlanmıştır (Şekil-62).



Şekil 61: Ağırlıksız Yönteme göre erozyon risk gruplarının dağılım oranları

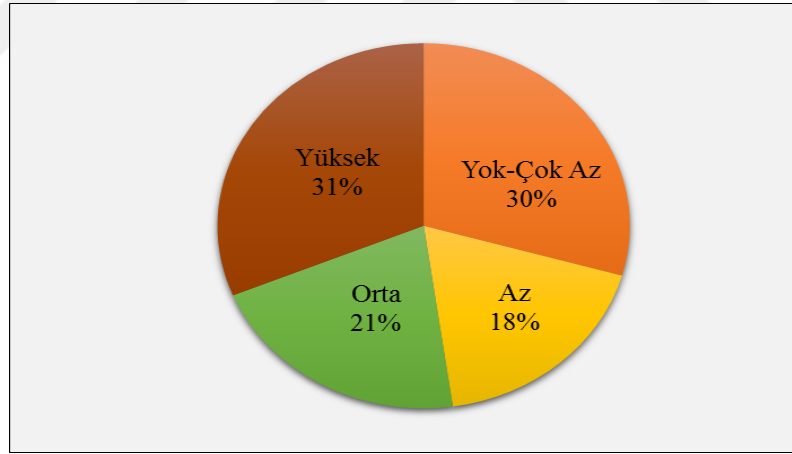
6.3. ICONA Yöntemine ait Yorumlar ve Analizler

Avrupa Birliği ülkelerinde yaygın olarak kullanılan ICONA yöntemi ile çalışma alanının erozyon riski incelendiğinde; sahanın % 49’luk kısmının yüksek derecede erozyon riskine sahip alanlardan oluştuğu görülmektedir. Graben sahalarının yüksek derecede erozyon riski taşıdığı görülmektedir (Şekil-63).



Şekil 62: ICONA yöntemine göre risk gruplarının dağılım oranları

Çalışma alanındaki arazi kullanım durumu göz önüne alındığında; özellikle zeytin bahçelerinde ICONA yöntemi ile belirlenen erozyon riskinin çoğunlukla yüksek ve az derecede olduğu gözlemlenmiştir (Şekil-64). Bu yöntem neticesinde erozyon risk değerinin çok yüksek olarak belirlendiği alanlar özellikle Çaldağı, Yamanlar Dağı ve Nif Dağında (Kemalpaşa/İzmir) bulunmaktadır.



Şekil 63: ICONA Yöntemine göre zeytinliklerin alanların Erozyon Risk Durumu

6.4. Kullanılan Modellerin Karşılaştırılması

Bu bölümde; çalışma ile geliştirilen modelin kontrol edilmesi amacıyla; ICONA yöntemi ile elde edilen sonuçlar ve Ağırlıksız yöntem ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. Geliştirilen modelde bulunan bazı parametreler ICONA yönteminde bulunmamaktadır. Ayrıca ICONA yönteminde kullanılan karar durum matrisleri geliştirilen modelde kullanılan ağırlık parametrelerinden farklılık göstermektedir. Ayrıca

geliştirilen modelde kullanılan ağırlıkların erozyon riskine etki derecesi; ağırlıksız model sonuçları ile karşılaştırıldığında ortaya çıkmaktadır.

6.4.1. Geliştirilen Model İle ICONA Yönteminin Karşılaştırılması

Bu bölümde geliştirilen model ile belirlenen erozyon risk sonuçları ile ICONA yöntemi ile belirlenen erozyon risk sonuçları birlikte değerlendirilerek farklılıklar araştırılmıştır. ICONA erozyon risk modelinde kullanılan doğal ortam özellikleri ile geliştirilen yöntemde kullanılan doğal ortam özellikleri karşılaştırmalı olarak Tablo-44’de verilmiştir.

İki sonucun karşılaştırılması için ArcGis yazılımında “Tabulate Areas” komutu kullanılmıştır. Farklılığın meydana geldiği bölgeler detaylı olarak Tablo-45 ‘de gösterilmiştir.

Tablo 44

Geliştirilen model ve ICONA erozyon risk modelinde kullanılan parametreler

Doğal ortam özellikleri	Geliştirilen Model	ICONA yöntemi
Eğim	+	+
Bakı	+	-
Yamaç Şekli	+	-
Jeoloji/Litoloji	+	+
Arazi Kullanımı	+	+
Fournier Yağış İndisi	+	-
Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi	+	-
Arazi Örtüsü Yoğunluğu	+	+

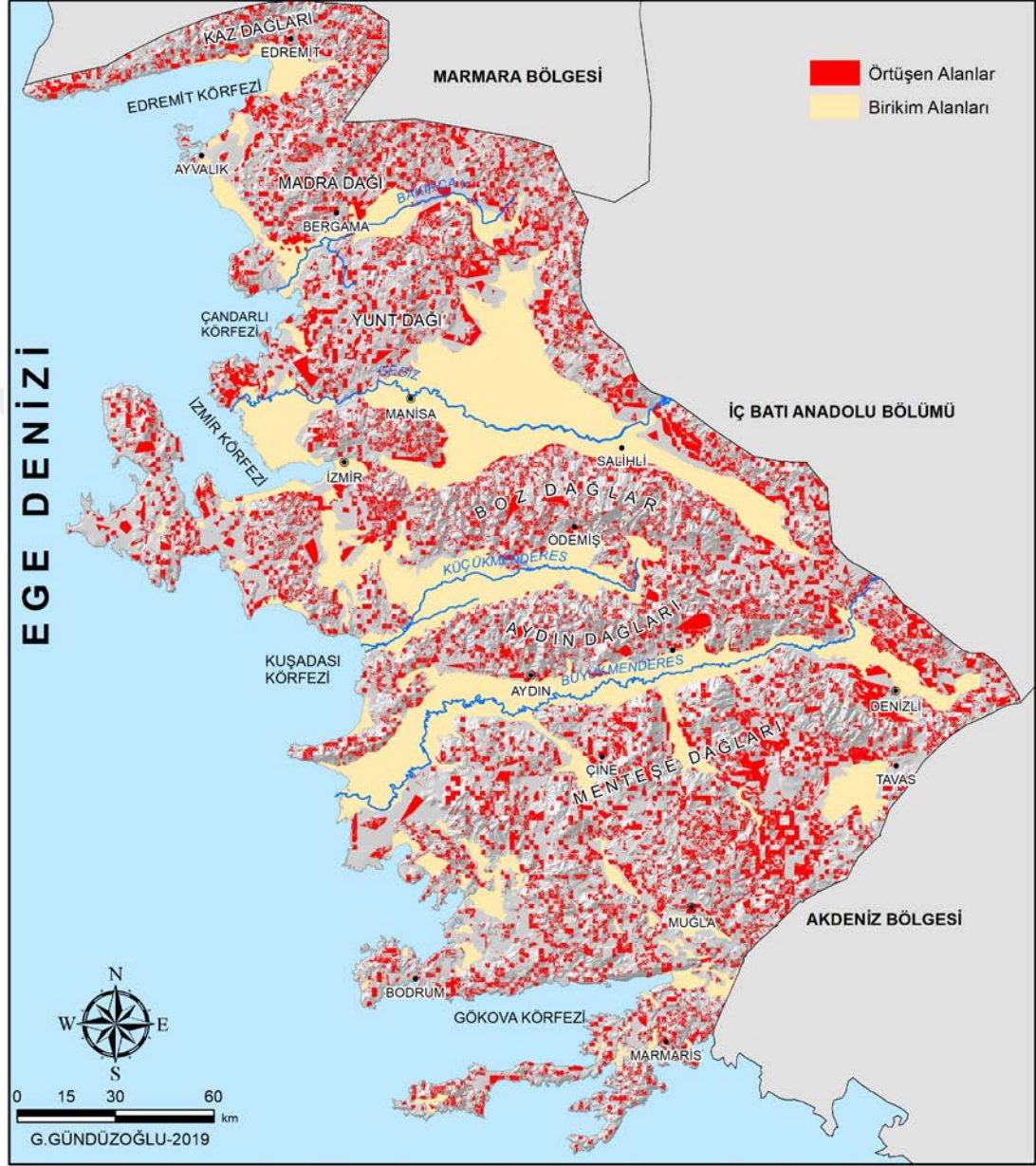
Tablo 45

Geliştirilen model sonuçları ile ICONA yöntemi risk sonuçlarının bazı bölgelerde karşılaştırılması

BÖLGE (KONUM)	EROZYON RİSKİ		FARK NEDENİ
	ICONA	GELİŞTİRİLEN MODEL	
Çaldağı	5	4	Aradaki farklılık bakı, yüzey şekli ve Fournier indislerinden kaynaklanmaktadır. Bahse konu alanda bakı ve yüzey şekli kriterleri “1”, Fournier indisi “2” olarak belirlendiğinden erozyon riski anakaya özelliğine rağmen azalmıştır.
Yamanlar Dağı	5	4	Her iki yöntem ile belirlenen risk değerlerinin farklı olması yamaç şekli, Bakı ve Fournier indislerinin etkisinden kaynaklanmaktadır. Yamanlar Dağı’nda andezit sahalarının yoğun tahribat sebebi ile ileri derecede erozyona uğradığı Semenderoğlu (1998, s. 148) tarafından yapılan çalışmada vurgulanmıştır.
Bozdağlar (Bayındır-Nifdağı arası)	1	3	ICONA yönteminde kapalılık özelliği diğer faktörlerden çok daha önemli olarak belirlenmiştir. Söz konusu alanda kapalılık “2” ile kodlandırılmış olup; geliştirilen modelde kapalılık faktörünün ağırlığından dolayı erozyon riski arasında farklar meydana gelmektedir. Ayrıca bu bölgede Fournier indisi yamaç şekli ve bakı faktörü erozyonu olumsuz yönden etkilemektedir.

Her iki yöntem litoloji, eğim, kapalılık (bitki yoğunluğu) ve arazi kullanım sınıflarını kullanmaktadır. Ancak ICONA yönteminde aşındırıcı güç (Fournier İndisi), yamaç şekli ve bakı faktörleri kullanılmamıştır. Elde edilen her iki sonucun karşılaştırılmasında özellikle bu faktörlerin erozyona etkisinin bazı bölgelerde farklılık yarattığı gözlemlenmektedir. Ayrıca ICONA yönteminde faktörlerin ağırlıklarından ziyade durum karar matrisleri

kullanılmaktadır. Her iki yöntem ile yapılan analiz sonuçları karşılaştırıldığında aynı sınıfa sahip bazı değerlerin örtüştüğü görülmektedir (Şekil-36).



Şekil 64: Geliştirilen Model Erozyon Risk Sonuçları ile ICONA Yöntemi Risk sonuçlarının benzerlik gösterdiği alanlar

Tablo 46

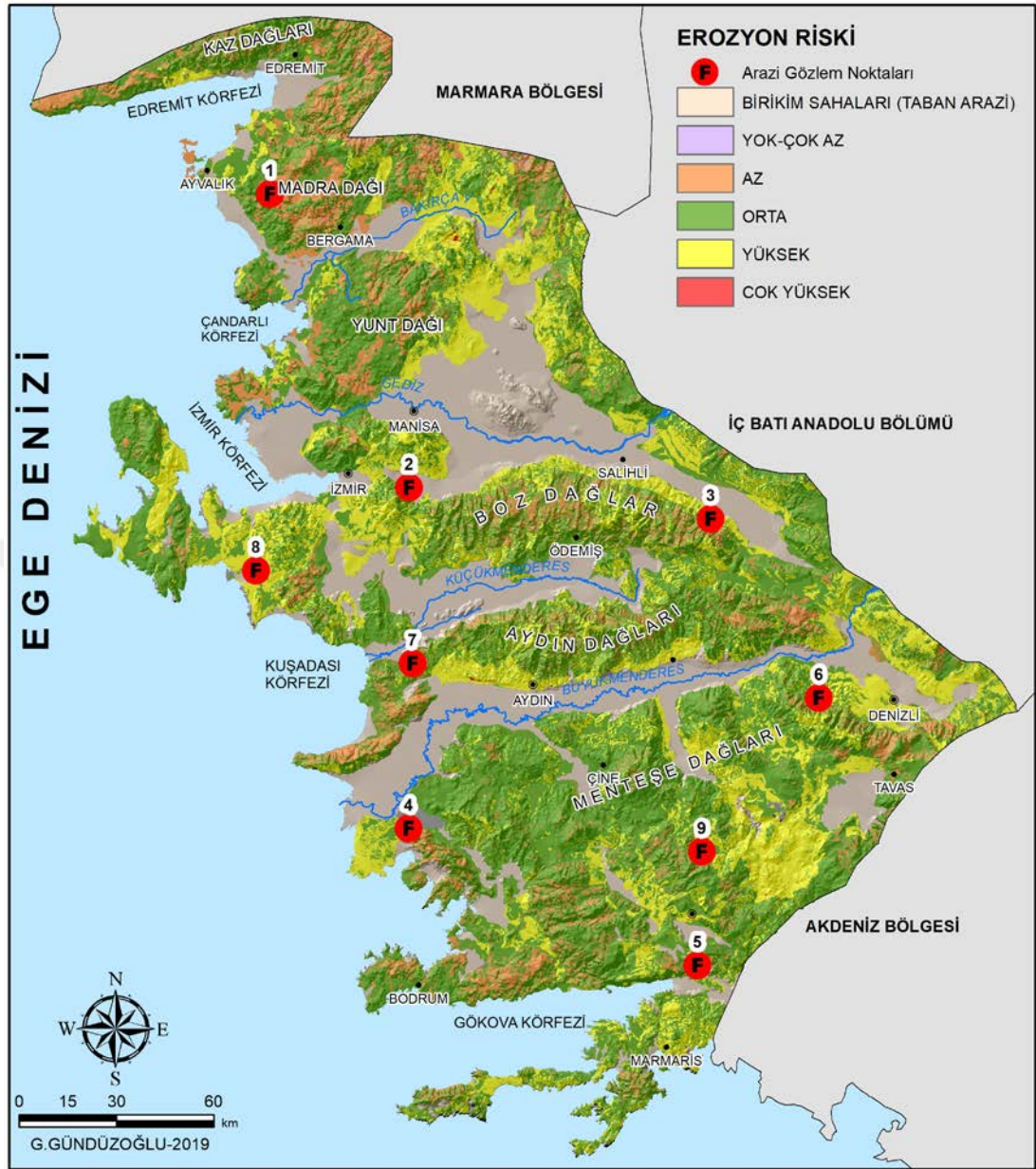
Geliştirilen model sonuçları ile ICONA yöntemi sonuçlarının örtüşme oranları

Geliştirilen Yöntem Sonuç Sınıfları	ICONA Risk Sonuç Sınıfları	Örtüşme Oranı (%)
1	1	95
1	2	5
2	1	36
2	2	64
3	1	3
3	2	42
3	3	20
3	4	35
4	4	95
4	5	5
5	4	67
5	5	33
Birikim sahaları	4	85
Birikim sahaları	3	15

Tablo-46’da her iki model ile oluşturulan risk haritalarının karşılaştırılmalı yüzdesi görülmektedir. Buna göre geliştirilen modelde “çok az” erozyon riskine sahip alanların %95’inin ICONA yöntemi risk sonuçlarında da “çok az” olarak belirlendiği anlaşılmaktadır. Özellikle geliştirilen model ile “orta” dereceli risk alanlarının ICONA yöntemi sonuçları ile örtüşmediği görülmektedir. Bu farklılık özellikle Mentеше Dağı kütlesinin kuzeyinde kalan bölgede bu durum fazlasıyla görülmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden biri ICONA yönteminde aşındırıcı güç faktörünün (Fournier İndisi) kullanılmamasıdır. Çalışma alanına ait Fournier İndis haritası incelendiğinde bu bölgenin bu indise göre erozyona duyarlı olduğu görülmektedir. ICONA yönteminde aşındırıcı güç faktörünün bulunmaması bu alanların risk derecesini düşürmektedir.

Her iki yöntem sonuçlarının en büyük farklılık gösterdiği alanlar graben alanlarıdır. Birikim sahaları olduğu daha önceki bölümlerde anlatılan bu alanlar geliştirilen modelde yine birikim sahaları olarak belirlenmiştir. Ancak ICONA yönteminde alüvyal sahaların taşıdığı malzeme dolayısıyla ICONA yönteminde bu alanlar “yüksek” derecede erozyon riskli alanlar olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki bazı noktalardan fotoğraflar çekilerek, arazi gözlemleri yapılarak erozyon risk durumları ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu alanların gerek geliştirilen model sonucunda gerekse ICONA modeli sonucunda belirlenen erozyon riski nedenleri ile birlikte açıklanmıştır.



Şekil 65: Geliştirilen model sonuçları ile arazi gözlem noktaları

Şekil-66'da 1 ile numaralandırılmış bölge hem geliştirilen model sonucunda hem de ICONA yöntemi sonucunda "az" şiddetinde erozyon riskine sahiptir. Söz konusu bölge yaklaşık 250 m yüksekliğinde olup; fıstıkçamları yoğun olarak yayılış göstermektedir (Fotoğraf-4). Arazi örtüsü yoğunluğu sebebi ile erozyon riski az olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu alan granitlerden oluşmaktadır. Bu sebepten dolayı erozyon riski yoktur.



Fotoğraf 4: Madra Dağı üzerinde fıstıkçamı toplulukları

Şekil-66'da 2 ile numaralandırılmış bölge (Fotoğraf-5) geliştirilen modelde “orta” şiddetinde erozyon riski altındadır. ICONA yönteminde ise söz konusu alan “yüksek” derecede erozyon riski altındadır. ICONA modelinde vejetasyon diğer faktörlere göre daha belirleyici rol oynamaktadır. Ancak geliştirilen modelde özellikle ana kaya ön plana çıkarak söz konusu alan daha düşük erozyon riski altındadır. Her ne kadar alanda makiler hakim olsa da bitki örtüsü yoğunluğunun NVDI analizi sonucunda % 20'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Söz konusu alandaki makilerin sık olarak dağılım göstermesi geliştirilen modelde erozyon riskinin daha az çıkmasına neden olmaktadır.



Fotoğraf 5: Kemalpaşa (İzmir) Nif Dağı eteklerinde kireçtaşları üzerinde zayıf bitki örtüsü altındaki alan

Şekil-66'da 3 ile numaralandırılmış bölge (Fotoğraf-6) metamorfik araziden oluşmaktadır. Arazinin bitki örtüsü yoğunluğu NVDI analizinde % 20'nin altında

hesaplanmıştır. Eğim değerlerinin yüksek olması sebebi ile sekiler oluşturulmak suretiyle zeytin tarımı yapılmaya çalışılmaktadır. Gerek geliştirilen modele gerekse ICONA yöntemine göre erozyon riski “yüksek” dir. Her ne kadar gnaysların neden olduğu erozyon riski “orta” şiddette olsa da özellikle eğim, vejetasyon ve arazi örtüsü yoğunluğu nedenleri ile erozyon riski “yüksek” olarak belirlenmiştir. Bununla ilgili olarak Özşahin (2011, s. 46) çalışmasında bitki örtüsü yoğunluğunun, arazi kullanımının ve eğim değerlerinin erozyon riskinin artışında oldukça önemli olduğunu vurgulamıştır. Bilindiği üzere dünya üzerinde eğimli arazilerde tarımsal etkinliklerin kısıtlanması bir yana her geçen gün artması ve bu tür topraklar üzerinde tarımsal aktivitede bulunanların ekonomik seviyelerinin düşük olması nedeniyle ekstra harcama yaparak erozyon önleyici yöntemler uygulamaları (teraslama, ızgara tekniği, toprağın alt katmanında kumlu tabaka oluşturma vb.) beklenemediğinden; tarımsal topraklar üzerinde özellikle ekonomik gelir düzeyleri düşük tarım topluluklarının erozyonu hızlandırmalarını yavaşlatıcı önlemler almaları olanaksızlaşmaktadır (Akşit, 2004, s. 51)



Fotoğraf 6: ICONA ve geliştirilen modele göre “yüksek” erozyon riski altındaki saha

Şekil-66’da 4 ile numaralandırılmış arazinin (Fotoğraf-7) geliştirilen modele göre erozyon riski “yüksek” şiddetinde iken; ICONA yöntemine göre ise erozyon riski “orta” olarak belirlenmiştir. Söz konusu alanda eğimli arazi üzerinde zeytin tarımı yapılmaktadır. Ancak bitki örtüsü bakımından yetersizdir. Arazinin metamorfik olması sebebi ile aşınım derecesi yüksektir. Bu sebepten dolayı erozyon riski altındadır. ICONA ve geliştirilen model arasındaki fark geliştirilen modelde ana kayanın daha etkin rol oynamasından kaynaklanmaktadır. Zeytin tarımı yapılan bu eğimli saha seyrek bitki örtüsü sebebi ile erozyon riski ile karşı karşıyadır. Eğim derecesi yüksek olan, bitki örtüsünün seyrek olduğu

alanlarda erozyon riski fazla (Avcı, Sunkar, ve Toprak, 2017, s. 791) olmakla birlikte; yamaçlarda tarımın yapılması, zaten var olan doğal faktörlerle birleşerek erozyon riskini daha da artmaktadır (Oğuz, 2015, s. 180).



Fotoğraf 7: Geliştirilen modele göre yüksek şiddetinde erozyon riski altındaki alan (Bafa Gölü)

Şekil-66'da 5 ile numaralandırılmış arazinin (Fotoğraf-8) geliştirilen modele göre erozyon riski “orta” şiddetinde iken; ICONA yöntemine göre ise erozyon riski “yüksek” olarak belirlenmiştir. Söz konusu alan makilerle kaplı, bitki örtüsü yoğunluğu % 20'nin altındadır. ICONA ve geliştirilen model arasında fark olmasının nedeni; geliştirilen modelde ana kayanın ön plana çıkmasından kaynaklanmaktadır. ICONA yönteminde erozyon riskini daha çok arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğu belirlemektedir. Ana kayanın kireçtaşı olması sebebi ile geliştirilen modelde erozyon riski daha düşük olarak belirlenmiştir.



Fotoğraf 8: ICONA yöntemine göre “yüksek” geliştirilen modele göre “orta” şiddette erozyon riski altındaki alan

Şekil-66’da 6 ile numaralandırılmış arazi (Fotoğraf-9) litolojik özellik bakımından gölsel kireçtaşı biriminde olup; özellikle eğimin arttığı sahalarda tamamen çıplaktır. Gölsel kireçtaşlarının erozyona dayanıklılık indisi düşüktür. Hem ICONA yöntemine hem de geliştirilen yönteme göre bu bölge “yüksek şiddette” erozyon riski altındadır. Erozyon riskinde anakaya, eğim, vejetasyon, bitki örtüsü yoğunluğu faktörlerinin tamamı etkili olmuştur.



Fotoğraf 9: ICONA yöntemine ve geliştirilen modele göre “yüksek” şiddette erozyon riski altındaki alan

Şekil-66'da 7 ile numaralandırılmış arazide yer yer zeytin tarımı yapılmaktadır (Fotoğraf-10). Ancak eğimin yüksek olması sebebi ile erozyon riski hem geliştirilen modelde hem de ICONA yönteminde “orta” şiddetindedir. Her ne kadar zeytin tarımı yapılan arazilerin erozyon riski her iki modelde de düşük olarak belirlenmiş olsa da eğim, anakaya ve bitki örtüsü yoğunluğu faktörleri ön plana çıkarak alan erozyon riski altında olarak belirlenmiştir. Metamorfik arazilerde özellikle yüksek eğimli sahalarda erozyon riski vejetasyon özelliğine bağlı olarak değişmektedir. Bu alanların yoğun orman örtüsünde olması durumunda erozyon riski azalacaktır.



Fotoğraf 10: ICONA yöntemine ve geliştirilen modele göre “yüksek” şiddette erozyon riski altındaki alan

Şekil-66'da 8 ile numaralandırılmış arazi (Fotoğraf-11) Seferihisar orman yangınının olduğu saha olup; bitki örtüsünden tamamen yoksundur. Erozyona dayanıklılık indisi çok düşük olan fliş-marnlardan meydana gelen arazide bitki örtüsünün tamamen yok olması sebebi ile saha erozyon riski altındadır. Gerek geliştirilen modelde gerekse ICONA yönteminde saha “yüksek” derecede erozyon riski altındadır.



Fotoğraf 11: Her iki yöneme göre “yüksek” şiddette erozyon riski altındaki alan

Şekil-66'da 9 ile numaralandırılmış arazi erozyon dayanıklılık indisi düşük görsel kireçtaşlarından meydana gelmektedir (Fotoğraf-12). Bu alanlar geliştirilen model ile “yüksek” şiddette erozyon riski altında olarak belirlenmiş olup; ICONA yöntemine göre bu alanlar “orta” şiddetinde erozyon riski altındadır. Bu alanlarda eğim değeri düşüktür. Bu durum ICONA yönteminde alanın “orta” şiddette erozyon riski altında olarak belirlenmesine neden olmaktadır. Ayrıca söz konusu bölgede Fournier aşındırma indisi yüksektir. Geliştirilen modelde Fournier indisi ve litolojik özellikler erozyon riskinin yüksek olarak belirlenmesinde etkili olmaktadır. Bitki örtüsünün erozyon üzerindeki etkisi, sıklığı (kapalılığı), ömrü, çeşidi ve yetiştirme dönemi gibi niteliklerin sonucunda şekillenmektedir (Özşahin ve Atasoy, 2014: 77). Buradan da anlaşılacağı üzere bitki yoğunluğunun azaldığı alanlarda erozyon riski meydana gelmektedir.



Fotoğraf 12: Geliştirilen modele göre “yüksek” ICONA yöntemine göre “orta” şiddetinde erozyon altındaki alan

6.4.2. Geliştirilen Modeli ile Ağırlıksız Yöntemin Karşılaştırılması

Genel olarak bakıldığında bu iki yöntem arasındaki tek fark erozyon riskine neden olan etmenlerin ağırlıklarının farklı olmasıdır. Risk yöntemlerinin ağırlıksız olarak belirlenmesinin nedeni geliştirilen modelde belirlenen ağırlıkların etkilerinin saptanmasıdır. Ağırlıksız yöntemde kullanılan kriterlerin tamamı geliştirilen modelde kullanılan kriterlerden oluşmaktadır.

Tablo 47*Geliştirilen model sonuçları ile ağırlıksız yöntem sonuçlarının karşılaştırılması*

Geliştirilen Yöntem Sonuç Sınıfları	Ağırlıksız Yöntem ile Hesaplanan Sonuç Sınıfları	Örtüşme Oranı (%)
1	1	53
1	2	47
2	2	90
2	3	10
3	2	27
3	3	73
4	3	92
4	4	7
5	3	2
5	4	95
5	5	3

Tablo-47’de gösterilen karşılaştırma tablosu incelendiğinde özellikle geliştirilen yöntem ile “yüksek” derecede erozyon riski taşıyan alanların ağırlıksız yöntem ile “orta” derecede erozyon riskli alanlar olarak belirlendiği anlaşılmaktadır. Bu alanlarda özellikle eğim ve yamaç şekli faktörlerinin diğer faktörlerle eşit ağırlıkta olması sebebi ile bu alanlarda anakaya etkisi tam olarak yansıtılamamaktadır.

Aydın dağlarının güney kesiminde yer alan Pliokuaterner (Tmolosschutt/Bozdağ Depoları) sahalarda erozyon riski ağırlıksız yöntemde geliştirilen modele göre daha düşüktür. Bunun en önemli sebebi anakaya özelliğinin diğer faktörler ile eşit ağırlıkta olmasıdır.

Geliştirilen modelde “çok yüksek” erozyon riskine sahip alanların % 95’inin, ağırlıksız yöntemde “yüksek” erozyon riskine sahip olduğu görülmektedir. Bu farklılığa yamaç şekli neden olmaktadır. Bu alanların “dış bükey” şeklinde olması bu sonucu ortaya çıkartmaktadır.

BÖLÜM-7

SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Bu çalışmada Kıyı Ege bölümünün erozyon riskinin belirlenmesi için yeni bir erozyon risk modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen modelde erozyon riskine sebep olan faktörlerin ağırlıkları bir olaya neden olan faktörlerin etki derecelerinin belirlenmesi esasına dayanan AHP (Analitik Hiyerarşik Model) yöntemi ile belirlenmiştir. Önceki bölümlerde de açıklandığı üzere modelde belirlenen ağırlıklar saha ile ilgili yapılan çalışmalar, arazi gözlemleri ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Geliştirilen modele göre çalışma alanının erozyon riski ortaya konmuştur. Modelin doğruluğunun saptanabilmesi için; çalışma sahasının erozyon riski ICONA yöntemi ile ayrıca belirlenerek haritalanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

- Dünya ölçeğinde kullanılan erozyon risk modelleri incelendiğinde her bir modelde farklı parametrelerin yer aldığı; parametre ağırlıklarının değiştirilemediği, genellemelerle formüllerin çözüldüğü görülmektedir. Ancak yapılan bu çalışma ile oluşturulan erozyon risk modeli çalışma sahası olarak seçilen Kıyı Ege Bölümünün doğal ortam özellikleri göz önüne alınarak geliştirilmiştir.

- Graben tabanları erozyon riskine neden olan alüvyal malzemeden oluşmaktadır. Ancak Kıyı Ege Bölümünde yer alan alüvyal sahaların eğim değeri % 3'ün altındadır. Bu sebepten dolayı bu alanlar aşınım alanından çok birikim sahalarıdır. Geliştirilen modelde alüvyal sahalar birikim alanı olarak belirlenirken; ICONA yönteminde bu şekilde bir sınıflama olmadığından bu alanlar riskli olarak hesaplanmıştır. Bu durumdan hareketle dünya ölçeğinde geliştirilen ve kullanılan yöntemlerin bazı durumlarda yetersiz kaldığı; bölge bazında yeni erozyon risk modellerine ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaşılmıştır.

- Çalışma alanının geneli incelendiğinde erozyonu daha çok jeolojik/litolojik özellikler, vejetasyon ve arazi örtüsü yoğunluğu faktörlerinin belirlediği anlaşılmaktadır. Özellikle kırıntılı malzemelerden oluşan unsurlar üzerinde orman örtüsünün yok edilmesi ile birlikte erozyon riski artmaktadır.

- Geliştirilen modelde kullanılan parametrelerden bakı, yamaç şekli ve Bagnouls-Gaussen indisi faktörlerinin ağırlıkları erozyon riskini belirlemede etkili olmamıştır. Bunun en önemli nedeni erozyon riskinde belirleyici etkenin özellikle anakaya, bitki örtüsü yoğunluğu ve arazi kullanımıdır.

- Muğla ili kuzeyinde bulunan Oyuklu dağı çevresinde ICONA yöntemine göre erozyon riski çok az (1) olarak; geliştirilen modele göre ise az (2) olarak belirlenmiştir.

Ancak bu bölgedeki mevcut erozyon riski arazi varlığı envanterine göre erozyon riski orta olarak belirlenmiştir. Bu alanların kristalize kireçtaşı formasyonunda olduğu; bu formasyonun geliştirilen risk modelinde ve ICONA yönteminde az (2) şiddetinde erozyon riskine neden olduğu görülmektedir. ayrıca bu alanın fazla eğimli olmaması sonuçları bu yönde etkilemiştir. Ancak geliştirilen modelde kullanılan Fournier indisi Yüksek (4) olmasına rağmen anakaya özelliğinin baskınlığı (% 35) olması sebebi ile Fournier İndisinin etkisi ortaya çıkmamıştır. Söz konusu alanda yağış koşulları baskın halde ortaya çıkmaktadır. Bu alanın mikro bölgeleme ile yeniden puanlandırılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

- Yapısında gnays ve çeşitli şistler ile yer yer mermerler bulunan Aydın dağlarının güney eteklerinde dağlık alandan akarsuların taşıdığı kum ve çakıl boyutlarında malzemenin hakim olduğu depolar mevcuttur. Özellikle yüksek derecede eğime sahip olan bu alanlarda tarım faaliyetlerin sürdürülmesi erozyon riskinin artmasına neden olmaktadır. Bu alanlar geliştirilen modele göre 3 “Orta” derecede erozyon riskine sahip alanlardır.

- Madra dağı güney yamaçlarında özellikle Bergama-Kozak arasında ICONA yöntemine göre yer yer Çok az (1) erozyon riskinde alana rastlanmıştır. Ancak geliştirilen model ile söz konusu alanların Orta Şiddetli (3) erozyon riskinde olduğu saptanmıştır. Bu alanların arazi varlığı envanter paftalarında ise Orta şiddetli erozyon altında olduğu görülmektedir. Geliştirilen model ile ICONA yöntemi sonuçları arasındaki farkın ana nedeni bakı faktöründen kaynaklanmaktadır. Bu bölgeler Bakı faktörüne göre Çok yüksek (5) risk altındadır. Bu durum geliştirilen modelde bakı faktörünün ağırlığı ile birlikte sonucun orta şiddetli (3) olmasına neden olmaktadır. Ayrıca söz konusu alanda Fournier indisi az (2) şiddetinde; yamaç şekli ise az (2) şiddetindedir. Bu durum modelde kullanılan ilgili faktörler ve ağırlıklarının gerçeğe yakın olduğunu göstermektedir.

- Yunt Dağının büyük bir kısmı ICONA yöntemi ile az (2) şiddetinde erozyon riskine sahip alan olarak belirlenmiştir. Ancak geliştirilen modele göre söz konusu bölgede yer yer Orta (3) şiddetinde erozyon riskine sahip alana rastlanmıştır. Bu bölgenin özellikle aşındırıcı güç faktörü ve bakı faktörü ile erozyon şiddetinin orta seviyede belirlendiği görülmüştür. Erozyon riski için önemli bir unsur olan iklim parametrelerinin kullanılmadığı ICONA erozyon risk modelinin yağış faktörünün etkili olduğu sahalarda uygulanması halinde bir takım eksikliklere sebep olacağı sonucuna varılmıştır.

- Bakırçay, K. Menderes, B. Menderes Havzalarında hem geliştirilen modelde hem de ICONA yöntemine göre hazırlanan risk haritasında ilgili bölgelerin Yüksek (4) riskli alan olarak belirlendiği anlaşılmıştır. Ancak bu bölgelerin mevcut erozyon durumu arazi varlığı paftalarında yer yer Hiç-Çok az yer yer de Orta şiddetli olarak belirlenmiştir. Bu aradaki fark litolojik özelliklerden kaynaklanmıştır. Bu fark özellikle tüm alüvyal sahalarda görülmüştür.

Ancak ilgili alanların drenaj durumu dolayısıyla özellikle yanlış arazi kullanımı sebebi ile erozyon riski mevcuttur.

- Çalışma sahasında bulunan tarım alanlarının özellikle orman sahalarında yapılan bölümlerinde erozyon şiddeti yüksektir. Bunun en önemli nedenlerinden biri bu sahaların yüksek eğim derecesine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca ormanlık sahalarda yapılan tarım faaliyetleri orman yangın riskini arttırmaktadır. Çalışma alanında bulunan tarım arazilerinin bir bölümü ormanlık alanda bulunmaktadır. Uydu verileri neticesinde yapılan değerlendirmede ormanlık alanda yapılan tarım faaliyetleri saptanmıştır. Bu alanların geliştirilen modele göre erozyon riskleri dağılımı incelendiğinde; % 72'lik kısmının orta şiddetli erozyon riskli alanda bulundukları gözlemlenmiştir. Bu alanlarda Özellikle anız yakma, tarla açma gibi faaliyetler orman yangınlarına neden olabilmektedir. Orman yangınları neticesinde tahrip olan orman örtüsü sonrasında; erozyon riski had safhaya ulaşabilecektir.

- Arazi örtüsünün seyrek olduğu fliş arazilerde erozyon riskinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kumlu malzeme veren flişlerin bulunduğu arazilerde bitki örtüsünün tahrip edilmesi ile birlikte erozyon riski ortaya çıkmaktadır. Bu sebepten dolayı özellikle bitki yoğunluğu düşük olan sahalarda flişler erozyona neden olmaktadır. Fliş arazilerin yoğun olduğu Yamanlar dağı ve Nif dağı kütlelerinde gerek seyrek bitkili alanlarda gerekse bitki yoğunluğunun düşük olduğu iğne yapraklı ormanlarda erozyon riskinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

- Gnays ve metamorfik şist karmaşığından oluşan Bozdağlar kütlelerinin büyük bir bölümü geliştirilen modele göre 3 “Orta” şiddetinde erozyon riski altındadır. Bunun en önemli sebebi ana materyalin erozyon duyarlılığından kaynaklanmaktadır. Ayrıca söz konusu alan yüksek eğimli bir yapıya sahiptir. Alanın arazi kullanımı incelendiğinde; alanda yer yer tarımla karışık orman alanlarına rastlanmaktadır. Bu alanların özellikle yüksek eğimli sahalarda olması erozyon riskini arttırmaktadır.

- Yapısında gnays ve çeşitli şistler ile yer yer mermerler bulunan Aydın dağlarının güney eteklerinde dağlık alandan akarsuların taşıdığı kum ve çakıl boyutlarında malzemenin hakim olduğu depolar mevcuttur. Özellikle yüksek derecede eğime sahip olan bu alanlarda tarım faaliyetlerin sürdürülmesi erozyon riskinin artmasına neden olmaktadır. Bu alanlar geliştirilen modele göre 3 “Orta” derecede erozyon riskine sahip alanlardır.

7.2. Öneriler

- Geliştirilen modelde Bagnouls-Gaussen İndisi parametresinin erozyonun belirlenmesinde fazla etkili olmadığı tespit edildiğinden model yeniden düzenlenerek bu iki faktör modelden kaldırılıp yeniden bir model düzenlenmesi elde edilecek erozyon risk sonuçlarının hassasiyetini arttıracaktır.

- Geliştirilen modelde graben alanları yüksek derecede erozyon riski altında olarak belirlenmiştir. Ancak bu alanlar özellikle düşük eğimli sahalar olduğundan bu alanlar daha çok birikim sahalarıdır. Bu alanların birikim sahaları şeklinde belirlenebilmesi için hesaplama yapılırken manuel olarak eğim faktörünün ön plana çıkartıldığı kod yazılmıştır. Ancak özellikle birikim alanlarının da belirlenebilmesi için yeni bir model geliştirilmelidir.

- Fournier indisi her bir istasyon için hesaplanarak kriging yöntemi ile tüm sahanın Fournier indis haritası oluşturulmuştur. Ancak Fournier indisini belirleyen yağış faktörü özellikle yükseltiye bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ancak kriging analizinde yükseklik faktörü göz önüne alınmamıştır. Bunun en önemli nedeni Fournier indisinin yükseltiye bağlı değişimi ile ilgili herhangi bir bağıntı olmamasından kaynaklanmaktadır. Bu hususun yeni çalışmalarda araştırılarak Fournier indisi ile yükselti ilişkisinin araştırılması yararlı olacaktır.

- Çalışma ile elde edilen erozyon risk modelinin Kıyı Ege Bölümünde havza ölçeğinde uygulanarak hassasiyetinin sorgulanması ve eksikliklerinin giderilmesi durumunda model Kıyı Ege Bölümü için uygun erozyon risk belirleme yöntemi haline gelecektir.

- Sadece Kıyı Ege bölümünde yapılan bu çalışmanın sınırları geliştirilerek farklı ilkim bölgelerinde uygulanıp diğer bölgeler için de erozyon risk modelleri geliştirilmesi dünya ölçeğinde kullanılan erozyon risk modelleri yerine bölgesel tabanlı yeni modellerin ortaya çıkmasına destek olacaktır.

KAYNAKÇA

- Akgün, A. (2007). *Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İzmir.
- Akşit, S. (2002). *Tillage Effect on Soil Erosion of Agricultural Lands in Semi - Arid Turkey*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Leicester University: UK.
- Akşit, S. (2003). Damla Splash Erozyonu İle Tarımsal Topraklarda Sürüm Yöntemi Arasındaki İlişkinin Analizi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23 (1), 193-207.
- Akşit, S. (2004). Tarımsal Topraklarda Sürüm Yöntemi İle Çizgi Rill Erozyonu Arasındaki İlişkinin Analizi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(1), 49-65.
- Atalay, İ., Sezer, L. İ., Erat, E., Işık, Ş ve Mutluer, M. (1990). Ege Bölümü'nde toprak oluşumunu etkileyen faktörler. *Ege Coğrafya Dergisi*, 5(1).
- Atalay, İ. (2002). *Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri*. Ankara: Orman Bakanlığı Yayınları No: 167.
- Atalay, İ. ve Mortan, K. (2003). *Türkiye Bölgesel Coğrafyası*. İstanbul: İnkılâp Kitabevi.
- Atalay, İ., (2004). *Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği*. İzmir: Meta Basımevi.
- Atalay, İ. (2006). *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Yayınları
- Apaydın, H. (2002). *Yüzey Akış ve Sediment Modellerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Uygulanması*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Ankara
- Assouline, S. ve Ben-Hur, M. (2006). Effects of rainfall intensity and slope gradient on the dynamics of interrill erosion during soil surface sealing. *Catena Journal of Soil Science*, 66, 211-220.
- Avcı, V., Sunkar, M., Toprak, A. (2017). Malatya Kuzeydoğusunda Ballı ve Memikan Dereleri Arasındaki Sahanın Erozyon Duyarlılık Analizi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (27), 769-799.
- Bagnouls, F. ve Gaussen, H. (1957). Les climats biologiques et leur classification. *In Annales de géographie* (Vol. 66, No. 355), 193-220.

- Bayramin, İ., Dengiz, O., Başkan, O., M. Parlak. (2003). Soil erosion assessment with Icona Model Case Study: Beypazari Area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* Volume: 27, Number: 2, 105-116.
- Bayramin, İ., Erpul, G. ve Erdoğan, H. E. (2006). Use of CORINE methodology to assess soil erosion risk in the semi-arid area of Beypazari, Ankara. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(2), 81-100.
- Balcı, A. N. (1958). *Elmalı Barajının Siltasyondan Korunması İmkânları ve vejetasyon-Su Düzeni Münasebetleri Üzerinde Araştırmalar*. (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi: İstanbul
- Balcı, N. (1978). Toprak Erozyonu (Su Erozyonu) Etkileyen Faktörler ve Havza Amenajmanı. *DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları No: 982*, 91-124
- Balcı, A. N. (1996). *Toprak Koruması*. İstanbul: Üniversite Yayın No. 3947, Orman Fakültesi Yayın No. 439.
- Bashir, S., Baig, M.A., Ashraf, M., Anwar, M.M., Bhalli, M.N. ve Munawar, S., (2013). Risk assessment of soil erosion in rawal watershed using geoinformatics techniques. *Science International*, 25(3), 583–588.
- Begum, F., Bajracharya, R. M., Sharma, S., & Sitaula, B. K. (2010). Influence of slope aspect on soil physico-chemical and biological properties in the mid hills of central Nepal. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 17(5), 438-443.
- Beskow, S., Mello, C.R., Norton, L.D., Curi, N., Viola, M.R. ve Avanzi, J.C. (2009). Soil Erosion Prediction İnthe Grande River Basin, Brasil Using Distributed Modelling, *Catena Journal of Soil Science USA.*:79, 49-59,
- Biricik, A. S., (1985). Sarayköy Civarında Erozyon ve Önlemleri (Konya), *İstanbul Üniversitesi Edebiyat. Fakültesi Coğrafya Dergisi*, I, s, 173-181
- Bouaziz, M., Leidig, M. ve Gloaguen, R. (2011). Optimal Parameter Selection For Qualitative Regional Erosion Risk Monitoring: A Remote Sensing Study Of SE Ethiopia. *Geoscience Frontiers* 2(2): 237-245.
- Canpolat, O. (1981). Türkiye Topraklarının Tarımsal Kullanıma Uygunluk Bakımından İncelenmesi. *DSİ Toprak ve Su Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri, Cilt 1, Ankara*, 326-336.

- Cerda, A., (1999). Parent material and vegetation affect soil erosion in Eastern Spain, *Soil Science Society of America Journal*, Volume 63, Issue 2, 362-368
- Corine (2007). *Soil erosion risk and important land resources. Luxembourg: commission of the european communities.* European Cominity puplics.
- Çelebi, H. (1975). Jeolojik ve Hızlandırılmış Erozyon Süreçleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6 (3), 113-126.
- Çelebi, H. (1981). Iğdır Devlet Üretme Çiftliği Arazisinde Rüzgâr Erozyonuna İlişkin Araştırmalar. *Atatürk Üni. Yay. No: 578. Ziraat Fak. Yay. No: 262. Araştırma Serisi No: 173. E.A.Ü. Basımevi, Erzurum.*
- Çepel, N. (1997), *Toprak kirliliği, erozyon ve çevreye verdiği zararlar.* İstanbul: TEMA Vakfı Yayınları
- Çukur, H. (1998). *Ege Bölümü'nün ekosistemleri.* (Yayımlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniv. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir
- Dağdeviren, M., Akay D. ve Kurt M., (2004) İş değerlendirme sürecinde analitik hiyerarşi prosesi ve uygulaması. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 19, No 2*, 131-138.
- Danacıoğlu, S. ve Tağıl, S. (2019). Watershed management based on ecological risk characterization in Bakircay watershed. *Feb-fresenius Environmental Bulletin*, 28, 62-76.
- DEFRA. (Department for Environment Food and Rural Affairs) (2005). *Controlling Soil Erosion Incorporating Former Advisory Leaflets On Grazing Livestock, Wind, Outdoor Pigs And The Uplands.* London: Defra Publications, SW1A 2XX.
- Değerliyurt, M. (2013). Zilli Dere Havzası'nda (İskenderun) CBS tabanlı erozyon duyarlılık analizi. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi* (172), 257-272.
- Dengiz O, Baskan O. (2007) Land quality assessment and sustainable land use in Salt Lake (Tuz Gölü) specially protected area. *Environ Monit Assess* (2009) 148, 233–243
- Desmet, P. J. J. ve Govers, G. (1997). Modelling Topographic Potential for Erosion and Deposition Using GIS, *International Journal of Geographical Information Science*, 11:6, 603-610.
- DSİ, (2013). Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri (2006-2012). Ankara

- Eroğlu, İ. (2009). *Yunt Dağı ve Çevresinin Coğrafi Etüdü*. (Yayımlanmamış doktora tezi) Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Orta Öğretim Sosyal Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı, Coğrafya Öğretmenliği Bilim Dalı: Konya
- Erol, E. (2000) *Coğrafi bilgi sistemi tekniği kullanılarak erozyon risk değerlendirmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Ankara
- Esri Publications (2014)- *Arcgis/Spatial Analiz*-Ankara: İşlem Şirketler grubu
- Ekinci, D. (2004). CBS tabanlı uyarlanmış RUSLE yöntemi ile Kozlu Deresi Havzası'nda erozyon analizi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, 13, (2004), 109-119.
- Ekinci, D. (2007). *Estimating of soil erosion in Lake Durusu Basin using revised USLE 3D with GIS*. İstanbul: Çantay Yayınevi.
- Ellison, W.D. (1947). Soil erosion studies. *Agricultural Engineering*, 28, 145-146, 197-201, 245-248, 297-300, 349-351, 402-405, 442-444.
- Erdoğan, M., Esbah, H. ve Berberoglu, S. (2016). Erosion risk mapping using RUSLE with GIS: Case study of Büyük Menderes river basin of Turkey. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 6(2), 132-140.
- Esmail, Y. ve Ahmadi, H. (2003). *Using GIS & RS in Mass Movements Hazard Zonation –A Case Study in Germichay Watershed, Ardebil, Iran*. Disaster Management Map Conference India.
- Everest, T. ve Özcan, H. (2017). Dürmek Havzası Mansap Bölümü erozyon riskinin CORINE yöntemi ile belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 39-47.
- Foster, G.R., Wischmeier, W.H. (1974). Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. *Trans. ASAE*, 17(2), 305-309.
- Fox, D. M., Bryan R. B. (1999). The relationship of soil loss by interrill erosion to slope gradient. *Catena* 38, 211-222.
- Fournier, F. (1960). *Climat at Erosion*. Paris: Press Universitaires de France.
- Fullen, M. A., Arnalds, A., Bazzoffi, P., Booth, C. A., Castillo, V., Martin, P. ve Ritsema, C. (2006). Government and agency response to soil erosion risk in Europe. *Wiley InterScience*.

- Gardi, C., Pisa, P.R., Rossi, M., Kurum, E. ve Şahin, Ş. (1996). *Quatitative Analysis Of Land Degradation By Erosion In Centonera River Basin, Bologna-Italy*. Adana:1. Uluslararası Arazi Degredasyonu Konferansı, Bildiriler Kitabı, 204-216.
- Giordano, A. (1984). *Some methods for evaluating soil erosion risk Challenges in African Hydrology and Waier Resources*. Proceedings of the Harare Symposium, July 1984. IAHS Publ. no. 144. S: 385-395.
- Görcelioğlu, E. (1982). *Türkiye'de akarsu havzalarının sediment verimlerini etkileyen başlıca iklim, havza ve akım özellikleri üzerine araştırmalar*. İstanbul: İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 314.
- Grimm, M., Jones, R.J.A. ve Montanarella, L. (2002). Luxemburg: *Soil erosion risk in Europe*. Report EUR 19939 EN, Office for Official Publications of the European Communities.
- Gülersoy, A. E. (2008). *Bakırçay Havzası'nda Doğal Ortam Koşulları ile Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkiler*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Hamamcıoğlu, C. (2005). Kentlerin su yolu girişlerinde geçmişten günümüze yaşanan aşamalar ve kentsel tasarım. *Planlama Dergisi. TMMOB Şehir Plancıları Odası Yayını Sayı:33, ISSN 1300-7319*
- Heymann, Y. (1994). *CORINE land cover technical guide*. European Commission. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-826-2578- 8, 1994.
- Hoşgören, M. Y. (1983). *Akhisar Havzası Jeomorfolojik ve Tatbiki Jeomorfolojik Etüt*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 3088.
- ICONA (1997). *Guidelines for Mapping and Measurement of Rainfall-Induced Erosion Proceses in the Mediterranean Coastal Areas*. Priority Action Programme Regional Activity Centre. Split, Croatia.
- Jong, S.M., Paracchini, M.L., Bertolo, F., Folving, S., Megier, J. ve Roo, A.P.J. (1999). Regional assessment of soil erosion using the distributed model SEMMED and remotely sensed data. *Catena* 37, 291-308
- Kale, G. D., & Vadsola, S. N. (2012). Modelling of soil erosion by non conventional methods. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International*

Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering, 6(3), 139-145.

Karaş, E. ve Oğuz, İ. (2017). Evaluation of Soil Erosion and Sustainable Land Use Management in the Sarısu Basin. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(8), 864-872.

Karaoğlu, M. (2014). Erozyon, Rüzgâr Erozyonu ve Iğdır-Aralık Örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(2): 167-172.

Koçman A. (1989). *Uygulamalı Fiziki Coğrafya Çalışmaları ve İzmir-Bozdağlar Yöresi Üzerinde Araştırmalar*. İzmir: Ege Üni. Edebiyat Fak. Yayınları.

Koçman, A. (1993). *Ege Ovalarının İklimi*. İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 73.

Kopali, A. ve Doko, A. (2014). Analysis precipitation regime. Period dryness and climate risk determination for agriculture on albanian territory. *Albanian Journal of Agricultural Sciences*, 159.

Köse, A. (1997). Madra Dağı Kuzey Yamaçlarında Yaylacılık. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 2, 227–250.

Kraft J. C. - Kayan İ. - Aschenbrenner S. E., (1985). *Geological studies of coastal change applied to archaeological settings*. Archaeological Geology. p. 57-84. Ed. by G. Rapp Jr. and J. A. Gifford. Yale University Press. New Haven and London. ISBN 0-300-03142-4,

Kuruüzüm, A. ve Atsan, N. (2001). Analitik hiyerarşi yöntemi ve işletmecilik alanındaki uygulamaları. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi (1) 2001*, 83-105.

Lal, R. (1988). *Soil Erosion Research Methods*. St. Lucie, USA: Soil and Water Conservation Society, ISBN 0-935734-18X,

Ledoux, H., ve Gold, C. (2005). An efficient natural neighbour interpolation algorithm for geoscientific modelling. *In Developments in spatial data handling Springer, Berlin, Heidelberg*, 97-108).

Le Roux, J. J., Newby, T. S., & Sumner, P. D. (2007). Monitoring soil erosion in South Africa at a regional scale: review and recommendations. *South African Journal of Science*, 103(7-8), 329-335.

- Liu, Y. H., Li, D. H., Chen, W., Lin, B. S., Seeboonruang, U., ve Tsai, F. (2018). Soil erosion modeling and comparison using slope units and grid cells in Shihmen reservoir watershed in northern Taiwan. *Water*, 10(10).
- Manrique, L.A. (1988). *LEAM (Land Erodibility Assessment Methodology) Using soil survey data based on soil taxonomy*. Editorial and Publication Shop, Honolulu, Hawaii, USA.
- Meijerink, A.M.J. ve Lieshout, A.M.V. (1996). Comparison of Approaches for Erosion Modelling Using Flow Accumulation with GIS. *Hydro GIS*, 235:437-444.
- Meyer, L.D. ve Kramer, L.A. (1969) Relation between Land-Slope Shape and Soil Erosion, *Agric. Eng.*, 50, 522-523
- Meyer, L.D. ve Römken, J.M. (1976). Erosion and Sediment Control on Reshaped Land. *Proc. of 3rd Inter. Sed. Con., Water Res. Council*, PB-245-100.
- Morgan, R.P.C., (1986), *Soil erosion and conservation*, Longman, Harlow, Essex.
- Mutluer, M. (1997). Orta Gediz Havzasında Yerçekilleri ve Toprak Anamateryalinin Tarım Faaliyetleri Üzerine Etkisi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 9(1), 267-282
- Nabi, G. (2009). *Regional scale sediment yield modeling using GIS and remote sensing*. (Yayımlanmamış doktora tezi). University of Engineering and Technology.
- Nursida, A., Projo, D. ve Hartono M. (2017). Remote sensing and GIS approaches to a qualitative assessment of soil erosion risk in Serang Watershed, Kulonprogo, Indonesia. *Journal of Geomatics and Planning*. Vol 4, No. 2, 2017, 131-142
- Oğuz, K. (2015). Kurtboğazı barajı havzasında erozyon risk alanlarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. Sayı:30 ,176-181.
- Okalp, K. (2005). *Soil erosion risk mapping Using Geographic Information Systems: a case study on Kocadere Creek Watershed, İzmir*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Ankara.
- Oldeman, L. (1994) The global extent of soil degradation. *ISRIC Bi-Annual Report 1991-1992*, pp. 19-36
- Ömürbek, N., Üstündağ, S. ve Helvacıoğlu, Ö.C. (2013). Kuruluş yeri seçiminde analitik hiyerarşi süreci (AHP) kullanımı: Isparta Bölgesi'nde bir uygulama. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 11 (21), 101-116.

- Özdemir, H. (2007). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) Cbs ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi. (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: İstanbul.
- Özkaya, M. T., Tunalıoğlu, R., Eken, Ş., Ulaş, M., Tan, M., Danacı, A., ve Tibet, Ü. (2010). Türkiye zeytinciliğinin sorunları ve çözüm önerileri. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, 11-15.
- Özsoy, G. (2007). Uzaktan Algılama (Ua) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (Cbs) Teknikleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi. (Yayımlanmamış doktora tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Özşahin, E. (2011). Zeytinli Çayı Havzasının (Balıkesir) Erozyon Analizi. *E-Journal of New World Sciences Academy, Volume: 6, Number: 1*, 42-56.
- Özşahin, E. ve Atasoy, A. (2014). Aşağı Ası Nehri Havzası'nın Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) Teknikleriyle Erozyon Analizi. *Hatay: Mustafa Kemal Üniversitesi Yayınları No: 48*.
- Özyavuz, M. (2011). Bitki Örtüsünün Ekolojik Şartlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Analizi, Ganos (Işıklar) Dağı, Tekirdağ. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. Sayı 8*, 37-48.
- Özyuvacı, N. (1975, Ekim). *Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tahmini Açısından Yapılan Bazı Değerlendirmeler*. TÜBİTAK V. Bilim Kongresi, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Tebliğleri Ormancılık Seksiyonu, 29 Eylül-2 Ekim. İzmir.
- Parlak, M. ve Seyrek, K. (2007). Determination of erosion risk according to corne methodology (a case study: Kurtboğazi Dam). *International Congress On River Basin Management, DSI-2007*
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R. ve Blair, R., (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*. 267(5201): 1117-1123.
- Reis, M., Okatan A. ve Yüksel A., (2000). Kahramanmaraş-Ayvalı Barajı Kızıldere Yağış havzasında Toprakların Erozyon Eğilim Değerlerinin Hidrofiziksel Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi. *Fen ve Mühendislik Dergisi 2000, Cilt 3, Sayı 1*, 28-42.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K. & Yoder, D.C. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the Revised Universal*

- Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington: Agriculture Handbook: USDA, Washington, USA., 703.
- Roderick, M., Smith, C. G. ve G. Ludwick. (1996). Calibrating long term AVHRR derived NDVI imagery. *Remote Sensing of Environment* (58), 1-12.
- Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell, and D. W. Deering (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I*, 309-317.
- Römkens, M.J.M., S.M. Dabney, G. Govers, and J.M. Bradford. (2002). *Soil erosion by water and tillage*. p. 1621–1662. In J.H. Dane and G.C. Topp (ed.) *Methods of Soil Analysis: Part 4. Physical Methods*. Soil Sci. Soc. Am. Book Series No. 5. SSSA, Madison,
- Saaty, T.L., (1980). *The Analytical Hierarchy Process*. Mc Grow-Hill Company, New York.
- Sambridge, M., Braun, J., ve McQueen, H. (1995). Geophysical parametrization and interpolation of irregular data using natural neighbours. *Geophysical Journal International*, 122(3), 837-857.
- Satıl, F., Akçiçek, E. ve Selvi, S. (2008). Madra Dağı (Balıkesir/İzmir) ve Çevresinde Etnobotanik Bir Çalışma. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1 (1), 31–36.
- Schmidt, J. (2000) *Soil Erosion Application of Physically Based Models*. Springer Verlag, Heidelberg,
- Semenderoğlu, A. (1998), Urla, Çeşme yarımadasında doğal ortam ile sosyo faaliyetler arasında ilişkiler. (Yayımlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: İzmir.
- Semendereoğlu, A., Gülersoy, A. ve İlhan, A. (2006). Fiziksel Arazi Degredasyonu. *Türk Coğrafya Dergisi*, (47), 75-98.
- Shrestha, D.P. (1997). Assessment of Soil Erosion in the Nepalese Himalaya: A Case Study in Likhu Khola Valley, Middle Mountain Region. *Land Husbandry*, 2, 59-80.
- Sharma, K.D., Menenti, M. ve Huygen, A.V. (1996) Modeling spatial sediment delivery in an arid region using thematic map per data and GIS. *Transactions of the ASAE*, 39(2), 551-557.

- Sönmez, M. E., Çelik, M. A. ve Seven, M. (2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Kilis Merkez İlçesinin Erozyon Risk Alanlarının Belirlenmesi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, I (10)*, 1-21 (2013)
- Sunkar, M. ve Avcı, V. (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) İle Hasret Dağı ve Çevresinin (Elazığ) Erozyon Duyarlılık Analizi, *Coğrafi Bilimler Dergisi (Cbd) 13 (1)*, 17-40
- Szabo, J., Pasztor L., Suba Z. ve Varallyay G. (1998). *Integration of remote sensing and GIS techniques in land degradation mapping*. Proceedings of the 16th International Congress of Soil Science, Montpellier, 20-26 August, France.
- Şahin, B ve Konak, K. (2004). Ekolojik Kuru İncirin Üretim ve Pazarlaması Üzerine Bir Araştırma. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1 (1)*, 53-61.
- Şahin, K. (1999). *Antalya Yöresindeki Bazı Büyük Toprak Gruplarının Fiziksel Özellikleri ile Su Erozyonu Arasındaki İlişkilerin Yapay Yağmurlama Koşulları Altında Belirlenmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı: Antalya.
- Şensoy, H. (2010). *Yamaç Şekillerinin Toprak Erozyonuna Etkilerinin Araştırılması* (Yayımlanmamış doktora tezi). Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Bartın
- Şensoy, H. ve Palta Ş. (2009) Yamaç Şekillerinin Toprak Erozyonuna Etkileri, *Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Cilt: 11, Sayı: 15*, 95-98.
- TEMA, (2001). Türkiye Erozyonla Mücadele ve Ağaçlandırma Vakfı-
<http://www.tema.org.tr>
- Tombuş, E. (2005). *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Risk Belirlemesine Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Anadolu Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü: Eskişehir.
- Toksoy, M. (1998). *Erzurum Ovası Topraklarının Önemli Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Erozyona Duyarlılıkları Arasındaki İlişkiler*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü: Erzurum.
- Tüfekçioğlu, M. ve Yavuz M. (2016). Yusufeli mikro havzasında (Artvin) yüzey erozyonu toprak kaybının tahmin edilmesi ve erozyon risk haritasının oluşturulması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Yıl: 2016, Cilt: 17, Sayı:2*, 188-199
- Üstün, B. (2007). *Toprak Erozyonu Modellemesinde Uzaktan Algılama; Ganos Dağı Örneği*. 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2007, Ankara.

- Üstüntaş, T. (2000). *Uydu Görüntülerinin Bulanık Sistem Yöntemleri ile İşlenerek Erozyon Miktarının Belirlenmesi*. İTÜ Araştırma Fonu Projesi Teknik Raporu, Proje no:1186, İstanbul.
- Wan, Z. ve Sangchyoswat, C. (2010). Soil erosion risk assessment using GIS and farmer's perception: a case study in dry zone area of central region of Myanmar," pp. 395-405.
- Wang, G., Fang Q., Wu, B., Yang, H. ve Xu, Z. (2015). Relationship between soil erodibility and modeled infiltration rate in different soils. *Journal of Hydrology*, 528, 408–418.
- Wischmeier, W.H. ve Smith, D.D. (1958). Rainfall Energy and Its Relationship to Soil Loss. *American Geophysical Union*, 39, 285-291.
- Wishmeier, W.H. ve Smith, D.D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Agricultural Handbook 537, U.S. Dept.of Agriculture, Washington D.C.
- Vacca, A., Loddo, S., Ollesch, G., Puddu, R , Serra, G., Tomasi, D. ve Aru, A. (2000), Measurement of runoff and soil erosion in three areas under different land use in Sardinia (Italy). *Catena*, 40, 69-92.
- Vardar S. (2013). *Küçük Menderes Havzası Doğu Bölümünün Fiziki Coğrafyası ve Ödemiş Ovasında Paleocoğrafya Araştırmaları* (Yayımlanmamış doktora tezi). Ege Üniveristesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Vardar, S. (2017). Ödemiş Ovasında Beytitepe Höyüğünde Paleocoğrafya–Jeoarkeoloji Araştırmaları. *Ege Coğrafya Dergisi*, 26 (2), 127-149.
- Vrieling, A. (2006). Satellite remote sensing for water erosion assessment: A review. *Catena*, 65(1): 2-18.
- Yılmaz E. (2006) *Çamlıdere Barajı Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal bilimler Enstitüsü.
- Yurtçan U. (2009) *Erozyon Tahmin Analiz Yöntemleri, Erozyon Kontrolü ve Önlenmesi Kapsamında Yapılan Çalışmalar Hakkında Kapsamlı Bir İnceleme*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: İzmir.
- Yüksek, T. ve Okatan, A. (2000). Trabzon Limni Deresi Havzası Topraklarının Bazı Fiziksel Özellikleri ile Erozyon Eğilimi Değerlerinin Araştırılması. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*. 1 (1), 72-80.

EKLER

EK 1.

ÖĞRENCİNİN AKADEMİK ÖZGEÇMİŞİ

Kişisel Bilgiler			
Adı ve Soyadı	Gökhan Gündüzoğlu		
E-postası/Web Sayfası	gokhan.gunduzoglu@gmail.com		
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce		
Uzmanlık Alanı	Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama		
Öğrenim Bilgileri			
	Üniversite	Bölüm/ ABD	Yıl
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi	Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği	2002
Yüksek Lisans	Dokuz Eylül Üniversitesi	Coğrafya Eğitimi A.B.D.	2005
YL Tez Başlığı	Batı Anadolu'da CBS Yöntemiyle Doğal Ortam Analizi		
YL Tez Danışmanı	Doç. Dr. Hasan Çukur		
Akademik Eserler			
(Makale, kitap, kitap bölümü, bildiri, poster, sergi, konser vb. eserlerden kaynakça yazım kurallarına göre en fazla 10 eser yazılmalıdır.)			
Tezden üretilen yayınlar * ile işaretlenmelidir.			
Gündüzoğlu, G. ve Çukur H. (2018). Kıyı Ege Bölümünde Erozyon Riskinin Icona Yöntemi İle Belirlenmesi*. <i>Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi</i>, Yıl:6, Sayı: 79, Ekim 2018, s. 596-614. Gündüzoğlu, G. ve Çukur H. (2018). <i>Erozyon riskinin belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemleri yönteminin kullanılması (Kıyı Ege örneğinde)*</i>. 3.Uluslararası Sosyal Beşeri Ve Eğitim Bilimleri Kongresi, 17-18 Aralık 2018, İstanbul. Gülersoy A. E., Gümüş, N., Sönmez M. E. ve Gündüzoğlu, G. (2015). Relations between the land use and land capability classification in Küçük Menderes River Basin. <i>Journal of Environmental Biology</i>, Vol. 36 Special issue, 17-26. Gündüzoğlu G. ve Güneri M. (2011). <i>İstanbul ili itfaiye istasyonlarının etki alanlarının CBS ile hesaplanarak mevcut yangın risk durumu ile karşılaştırılması</i>. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22 Nisan 2011, Ankara. Gündüzoğlu, G. ve Güneri M. (2011). <i>İstanbul örneğinde acil servise sahip sağlık kuruluşlarının etki alanlarının belirlenmesinde kullanılan farklı metotların karşılaştırmalı analizi</i>. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2011, 31 Ekim - 04 Kasım 2011, Antalya. Çukur H., Gündüzoğlu G. (2008). <i>Identify of the Vegetation Properties in The Western Anatolia By Landsat Images</i>. 5th International Conference on Geographic Information Systems Proceedings (ICGIS) Voume 1-2, 583-588 (Temmuz 2008) Büyükçekmece-İstanbul. Gümüş, N., Aşkın, Y., Gündüzoğlu, G. (2008). <i>Interrelating the Capacities and Distributing of Health Institutions in İzmir, Which Have Emergency Services, with Population</i>. 5th International Conference on Geographic Information Systems Proceedings (ICGIS) Voume 1-2, 583-588 (Temmuz 2008) Büyükçekmece-İstanbul. Çukur, H., Gündüzoğlu, G. ve Aşkın, Y., (2006). İzmir-Buca'da MorfoKlimatik Özelliklerin Sıcaklık Terselmesi ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkilerinin CBS ile Sorgulanması. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri, Bilişim Günleri, İstanbul. Çukur, H., Gündüzoğlu G. ve diğer., (2005). <i>Bergama Kozak'ta Fıstıkçamı Ekolojik İsteklerinin CBS'yle Analizi</i>. Ege Üniversitesi, Ege Coğrafi Bilgi Sistemleri Çalıştayı, 28-29 Nisan 2005, İzmir.			
Alanıyla İlgili Bilimsel Kuruluşlara Üyelikler			
Alanıyla İlgili Aldığı Ödüller			

