

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AFET YÖNETİMİ-HAZIRLIK BİLEŞENİ İÇİN KONUMSAL VERİ ALTYAPISI
TASARLANMASI, SEL VE TAŞKINA DUYARLI ALANLAR: İSTANBUL AVRUPA
YAKASI ÖRNEĞİ**

MUSTAFA YALÇIN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
UZAKTAN ALGILAMA VE CBS PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. FATMAGÜL KILIÇ**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AFET YÖNETİMİ-HAZIRLIK BİLEŞENİ İÇİN KONUMSAL VERİ ALTYAPISI
TASARLANMASI, SEL VE TAŞKINA DUYARLI ALANLAR: İSTANBUL AVRUPA
YAKASI ÖRNEĞİ

Mustafa YALÇIN tarafından hazırlanan tez çalışması 13.07.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Fatmagül KILIÇ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Eş Danışman

Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Fatmagül KILIÇ

Doç.Dr. Saffet ERDOĞAN

Prof.Dr. Dursun Zafer ŞEKER

Doç.Dr. Naci YASTIKLI

Prof.Dr. Nebiye MUSAOĞLU

Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' nün 2011-05-03-YULAP01 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Lisans ve lisansüstü eğitimim boyunca desteklerini sürekli üzerimde hissettiğim değerli danışman hocam Sayın Prof.Dr. Fatmagül KILIÇ'a, çalışmalarımda bana yardımcı olan eş danışmanım Doç.Dr. Saffet ERDOĞAN'a ve Afyon Kocatepe Üniveristesi Harita Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine, bugünlere ulaşmamda geçen emeklerinden dolayı değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2012

Mustafa YALÇIN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Araştırması	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Orjinal Katkı.....	2
BÖLÜM 2.....	3
GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Doğal Afetler	3
2.1.1 Sel ve Taşkın	5
2.1.2 Afet Yönetimi	8
2.2 Çok Ölçütlü Karar Analizi.....	11
2.2.1 Problemin Tanımlaması	12
2.2.2 Ölçütlerin Belirlenmesi	13
2.2.3 Alternatifler	13
2.2.4 Ölçütlerin Ağırlıklandırılması	14
2.2.4.1 Sıralama Yöntemi	14
2.2.4.2 Puanlama Yöntemi	15
2.2.4.3 İkili Karşılaştırma Yöntemi.....	15
2.2.5 Karar Çözümlemeleri	17
2.3 Normalleştirmeler.....	19

2.3.1	En Büyük Değer Yöntemi	19
2.3.2	Değer Aralığı Yöntemi.....	20
2.4	Sel ve Taşkın Çalışmaları	20
BÖLÜM 3	.....	25
SİSTEM ANALİZİ (VERİ VE YÖNTEM)	.....	25
3.1	Veri İşlem Modeli	25
3.2	Çalışma Alanı	27
3.3	Ölçütler İçin Belirlenen İlkeler ve Veri İşleme Akışı	29
3.3.1	Yükseklik	29
3.3.1.1	SYM'nin Oluşturulması.....	33
3.3.2	Eğim	35
3.3.3	Bakı	35
3.3.4	Drenaj Yoğunluğu	36
3.3.5	Alt Havzaların Büyüklüğü.....	38
3.3.6	Akış.....	41
3.3.6.1	Hidrolojik Toprak Grupları.....	44
3.3.6.2	Arazi Örtüsü	49
3.3.6.3	Yağış Verileri.....	52
3.3.7	Rasyonel Yönteme Göre Sel ve Taşkın Sınırı Tahmin Verileri.....	52
BÖLÜM 4	.....	53
SEL VE TAŞKIN DUYARLILIĞININ CBS-ÇÖKA İLE BELİRLENMESİ	.....	53
4.1	Ölçüt Katmanlarının Hazırlanması	53
4.1.1	Yükseklik Ölçütü.....	53
4.1.2	Eğim Katmanı.....	56
4.1.3	Bakı Katmanı	57
4.1.4	Alt Havzaların Büyüklüğü	59
4.1.5	Drenaj Yoğunluğu Katmanı	62
4.1.6	Akış Katmanı	65
4.2	Normalleştirmeler	69
4.3	Ağırlıkların Belirlenmesi	70
4.4	Sel ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi.....	72
BÖLÜM 5	.....	77
UKVA BİLEŞENİN TASARIMI	.....	77
BÖLÜM 6	.....	80
SONUÇ VE ÖNERİLER	.....	80
KAYNAKLAR	.....	84
ÖZGEÇMİŞ	.....	90

SİMGE LİSTESİ

A	Havza alanı
[A]	Karşılaştırma matrisi
D	Ağırlıklı toplam vektör
D_d	Havza drenaj yoğunluğu
E	Tutarlılık Vektörü
Lu	Toplam akarsu uzunluğu
n	Ölçüt sayısı
P	Yağış miktarı
Q	Yüzey akış miktarı
r_j	Ölçütün sıra numarası
S	Su tutma potansiyeli
TG	Tesadüfilik Göstergesi
T_i	Tutarlılık İndeksi
TO	Tutarlılık oranı
W	Ağırlık matrisi
w	Ölçüt ağırlığı
$x_j^{\max}$	Maksimum ham değer
$x_j^{\min}$	Minimum ham değer
x_{ij}	Ham değer
x'_{ij}	Normalleştirilmiş değer
λ	Tutarlılık vektörünün ortalama değeri

KISALTMA LİSTESİ

ADNKS	Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AHY	Analitik Hiyerarşi Yöntemi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CN	Eğri Numarası
ÇÖKA	Çok Ölçütlü Karar Analizi
DSİ	Devlet Su İşleri
ED50	European Datum 1950
GIS	Geographical Information Systems
GKVA	Global Konumsal Veri Altyapısı
HGK	Harita Genel Komutanlığı
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe: Avrupa Konumsal Bilgi Altyapısı
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
KHGM	Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
KVA	Konumsal Veri Altyapısı
MCDA	Multi Criteria Decision Analysis
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NSDI	National Spatial Data Infrastructure
SCS	ABD Toprak Koruma Servisi
SCS-CN	US Soil Conservation Service Curve Number
SDA	United States Department of Agriculture
SDI	Spatial Data Infrastructure
STH	Standart Topografik Haritası
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
UKVA	Ulusal Konumsal Veri Altyapısı
UTM	Universal Transvers Mercator
TIN	Düzensiz Üçgen Ağı
TRGM	Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TUCBS	Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri
WMO	Dünya Meteoroloji Teşkilatı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1	Ülkemizde yaşanan sel zararlarının illere göre dağılımı (Afet İşleri Genel Müdürlüğü).....	8
Şekil 2. 2	CBS tabanlı ÇÖKA adımları.....	12
Şekil 2. 3	Analitik Hiyerarşi Yöntemi Modeli.....	19
Şekil 3. 1	Çalışma İçin Önerilen CBS-ÇÖKA Süreci.....	26
Şekil 3. 2	Türkiye Hidrolojik Havza Sınırları.....	28
Şekil 3. 3	Çalışma Alanı.....	28
Şekil 3. 4	Raster SYM.....	34
Şekil 3. 5	Düzensiz Üçgen Ağı (TIN).....	34
Şekil 3. 6	ArcGIS'te tepe ve çukur hatalarının giderilmesi.....	35
Şekil 3. 7	Eğimin Yüzde ve Derece Cinsinden Oluşturulması.....	35
Şekil 3. 8	Bakı değerlerinin temsil ettiği yönler.....	36
Şekil 3. 9	Drenaj ağı.....	37
Şekil 3. 10	Örnek bir drenaj ağı ve drenaj havzası.....	37
Şekil 3. 11	Büyükliklerine göre değişen havza çeşitleri.....	38
Şekil 3. 12	Akışın yükseklik eğrilerine dik olması.....	38
Şekil 3. 13	Tepe noktalarının belirlenmesi.....	40
Şekil 3. 14	Tepe noktalarından sırtların oluşturulması.....	40
Şekil 3. 15	Alt havzaların belirlenmesi.....	41
Şekil 3. 16	Gölgeli rölyef üzerinden alt havzaların belirlenmesi.....	41
Şekil 3. 17	Bakı değerlerinin temsil ettiği yönler.....	42
Şekil 3. 18	Açık ve Kapalı Kanal Hesapları.....	45
Şekil 3. 19	Ulusal Arazi Örtüsü Projesi 2006.....	51
Şekil 3. 20	Rasyonel Yöntem(Q500 Taşkın Debi Hesabı) Göre Üretilmiş Taşkın Sınırları	53
Şekil 4. 1	Sınır, göl ve yükseklik eğrileri katmanlarının oluşturulması.....	55
Şekil 4. 2	Topo to Raster penceresinde SYM üretim parametrelerinin oluşturulması.....	56
Şekil 4. 3	İstanbul Avrupa Yakası Yükseklik Ölçütü Katmanı.....	57
Şekil 4. 4	Slope penceresinden Eğim katmanı üretim parametrelerinin oluşturulması	58
Şekil 4. 5	İstanbul Avrupa Yakası Eğim Ölçütü Katmanı.....	58
Şekil 4. 6	İstanbul Avrupa Yakası Yönlere Göre Bakı Ölçütü Katmanı.....	59
Şekil 4. 7	İstanbul Avrupa Yakası Bakı Ölçütü Katmanı.....	60
Şekil 4. 8	İstanbul Avrupa Yakası Akış Yönü Haritası.....	61

Şekil 4. 9	İstanbul Avrupa Yakası Alt Havzaların Oluşturulmasındaki Kıyı Problemi...	62
Şekil 4. 10	İstanbul Avrupa Yakası Alt Havzaların Büyüklüğü Katmanı.....	62
Şekil 4. 11	İstanbul Avrupa Yakası Akış Toplamı Haritası.....	63
Şekil 4. 12	İstanbul Avrupa Yakası Doğal Drenaj Ağı.....	64
Şekil 4. 13	İstanbul Avrupa Yakası Mevcut Drenaj Ağı.....	65
Şekil 4. 14	İstanbul Avrupa Yakası Doğal ve Mevcut Drenaj Ağı.....	64
Şekil 4. 15	İstanbul Avrupa Yakası Drenaj Yoğunluğu Haritası.....	65
Şekil 4. 16	İstanbul Avrupa Yakasına Ait Yağış Dağılımı.....	67
Şekil 4. 17	İstanbul Avrupa Yakası Arazi Örtüsü Sınıflandırması.....	67
Şekil 4. 18	İstanbul Avrupa Yakası Hidrolojik Toprak Grupları.....	68
Şekil 4. 19	İstanbul Avrupa Yakası Yüzey Akış Eğri Numarası.....	68
Şekil 4. 20	İstanbul Avrupa Yakası Akış Ölçütü Katmanı.....	70
Şekil 4. 21	İstanbul Avrupa Yakası Normalleştirilmiş Ölçütü Katmanları.....	70
Şekil 4. 22	İstanbul Avrupa Yakası Duyarlılık Haritası.....	72
Şekil 4. 23	İstanbul Avrupa Yakası Duyarlılık Sınıfları.....	73
Şekil 4. 24	İstanbul Avrupa Yakası CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları ve Rasyonel Yönteme Göre (Q500 Taşkın hesabı) Göre Taşkın Sınırları.....	73
Şekil 4. 25	İstanbul Avrupa Yakası CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları ve Rasyonel Yöntem Taşkın hesabına Göre Ortalama Çakışan Alanlar Yüzdesi.....	76
Şekil 5. 1	Sel ve Taşkın Duyarlılığının UKVA Kapsamında Değerlendirilmesi.....	80

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Tercih ölçeği.....	16
Çizelge 2. 2 Tesadüfilik göstergesi.....	17
Çizelge 3. 1 Türkiye Açık ve Kapalı Havzaları.....	27
Çizelge 3. 2 SYM oluşturmak için kullanılacak veriler ve özellikleri.....	30
Çizelge 3. 3 HGK-STH Detay Sınıfları.....	31
Çizelge 3. 4 HGK-STH Katman isimleri ve Açıklamaları.....	32
Çizelge 3. 5 HGK-STH Öznitelikler ve Açıklamaları.....	33
Çizelge 3. 6 Bakı değerleri aralıkları ve temsil ettiği yönler.....	36
Çizelge 3. 7 Hidrolojik Toprak Gruplarına Göre Yüzey Akış Eğri Numaraları.....	43
Çizelge 3. 8 Büyük Toprak Grupları ve Sembolleri.....	45
Çizelge 3. 9 Büyük Toprak Grubu ve Toprak Özellikleri Kombinasyonu.....	46
Çizelge 3. 10 Büyük toprak grupları ve toprak özelliklerinin kombinasyonuna göre hidrolojik toprak grupları.....	47
Çizelge 3. 11 Ulusal Arazi Örtüsü Projesi Öznitelik Bilgileri ve Kodlamalar.....	50
Çizelge 4. 1 Bakı katmanının puanlandırılması.....	58
Çizelge 4. 2 Yağış verileri için kullanılan MGM'ye ait istasyonlar.....	66
Çizelge 4. 3 İkili Karşılaştırma Matrisi.....	71
Çizelge 4. 4 Ölçüt Katmanları ve Hesaplanan Ağırlıkları.....	71
Çizelge 4. 5 İstanbul Avrupa Yakası CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları ve Rasyonel Yöntem Taşkın Hesabına Göre Çakışan Alanlar Yüzdesi.....	74
Çizelge 4. 6 İstanbul Avrupa Yakası CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları ve Rasyonel Yönteme Göre Ortalama Çakışan Alanlar Yüzdesi.....	75

**AFET YÖNETİMİ-HAZIRLIK BİLEŞENİ İÇİN KONUMSAL VERİ ALTYAPISI
TASARLANMASI, SEL VE TAŞKINA DUYARLI ALANLAR: İSTANBUL AVRUPA
YAKASI ÖRNEĞİ**

Mustafa YALÇIN

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fatmagül KILIÇ

Eş Danışman: Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN

Ulusal Konumsal Veri Altyapısı (UKVA), bir ülkedeki yer altı yapısından, binalar vb birçok yer yüzeyi objesinden gökyüzüne, birçok projede kullanılması gereken temel taşları kapsamaktadır. Afetler ile her zaman karşı karşıya olduğumuz dünyamızda, afet yönetimi için gereksinilen veriler, günümüz teknolojisiyle, internet ortamında çok kolay ve efektif olarak paylaşılabilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) analiz araçları ve UKVA bütünleştirildiğinde afet yönetiminin hemen hemen her aşaması için çözümler meydana getirilebilir.

Bu çalışmada, afet yönetimi hazırlık aşamasına; UKVA-CBS bakış açısı ve sel ve taşkın duyarlılığının belirlenmesi örneği ile yaklaşmıştır. İstanbul Avrupa yakasında sel ve taşkına duyarlı alanlar; CBS-Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) yöntemi ile belirlenmiştir. Sel ve taşkına etki eden ölçütler; yağış, yükseklik, eğim, baki, alt havzaların büyüklüğü ve drenaj yoğunluğu olarak belirlenmiştir. Ölçüt katmanlarının hazırlanabilmesi için sayısal yükseklik verileri, drenaj detaylarına ait veriler, yağış verileri, hidrolojik toprak gruplarına ait veriler, arazi örtüsü verileri, sınır verileri (il sınırları, kara sınırları, göl sınırları), güncel ortofotolar ve rasyonel yöntemle göre üretilmiş taşkın sınırları kullanılmıştır.

Akış katmanının oluşturulabilmesi için, yağış-akış modellerinden biri olan SDA (ABD Ziraat Departmanı) tarafından geliştirilen SCS-CN(SCS Eğrisi Yöntemi) ampirik modeli kullanılmıştır. Hazırlanan ölçüt katmanları Doğrusal Ölçek Dönüşümü – En Büyük Değer Yöntemine göre normalleştirilmiştir. ÇÖKA'nın karar analizi aşamasında, AHY(Analitik Hiyerarşi Yöntemi) kullanılmıştır. AHY kapsamında ölçütlerin birbirine göre bağlı ağırlıklarının belirlenebilmesi için ikili karşılaştırma yöntemi uygulanmıştır. Karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığının belirlenmesi için tutarlılık oranı hesaplanmış ve karşılaştırmaların tutarlı olduğu anlaşılmıştır. Ağırlıklar, normalleştirilmiş ölçüt katmanlarıyla sentezlenerek duyarlılık katmanı oluşturulmuştur. Duyarlılık katmanı doğal aralıklı sınıflandırma yöntemine göre sınıflandırılıp, ÇÖKA içerisinde sel ve taşkına duyarlı alanlar belirlenmiştir.

ÇÖKA ile elde edilen duyarlılık alanları rasyonel yöntemle üretilmiş sel ve taşkın alanları ile karşılaştırılmıştır. Duyarlı alanlar %97 oran ile benzerlik göstermiştir. Kullanılan veriler ve çözümleme değerlendirilerek UKVA için veri modeli tasarımı yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: UKVA, CBS, ÇÖKA, Afet Yönetimi, Sel ve Taşkın

ABSTRACT

DESIGNING TO THE SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE FOR DISASTER MANAGEMENT-PREPARATION PHASE, SUSCEPTIBLE AREAS FOR FLOODING AND OVERFLOW: EXAMPLE OF ISTANBUL EUROPEAN SITE

Mustafa YALÇIN

Department of Geomatic Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Fatmagül KILIÇ

Co-Advisor: Assoc. Prof. Dr. Saffet ERDOĞAN

National Spatial Data Infrastructure (NSDI), from underground structure, such as buildings in the surface of the object to the sky, covers the basic points that should be used in many projects. Every time we are confronted with disasters on our planet, data which is required for disaster management, can be shared very easily and effectively in the internet environment using up-to-date technology. When Geographic Information Systems (GIS) analysis tools and NSDI are integrated, the solutions can be produced for almost every phase of disaster management.

In this study, the preparation phase of disaster management has been approached with a NSDI-GIS vision and an example of determination of the susceptibility of the flood and overflow. Flood and overflow susceptible areas of the European side of Istanbul; were determined by the the GIS - Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) method. Criteria that affect the flood and overflow were defined as; rainfall, elevation, slope, aspect, drainage density and size of sub-basins. Digital elevation data, data of the details for drainage, rainfall data, data for hydrologic soil groups, land cover data, boundary data (provincial boundary, land boundary, lake boundary), current

orthophotos, flood and overflow data that is produced in accordance with rational method have been used for preparing the criteria layers.

SCS-CN (US Soil Conservation Service Curve Number) empirical model developed by SDA (United States Department of Agriculture) - which is one of the precipitation-flow models - was used in order to create flow layer. Criteria layers prepared were normalized according to the Linear Scale Transformation - The Maximum Value method.

AHP (Analytic Hierarchy Process) is used in stage of decision analysis of MCDA. Pair wise comparison method was applied in order to determine relative weights of the each criteria in the scope of the AHP. Consistency ratio was calculated to determine whether the comparisons, consistent or inconsistent and it was understood that they were consistent. Susceptibility layer was created via synthesizing the weights with normalized criteria layers. Susceptibility areas for flood and overflow were defined in MCDA after susceptibility layer was classified using natural break method.

Susceptibility areas obtained with MCDA were compared with flood and overflow areas defined by rational method. Susceptibility areas are showed similarity with a ratio of 97%. Data model design was conducted for NSDI by evaluating data used and analysis.

Key words: NSDI, GIS, MCDA, Disaster Management, Flooding and Overflow

1.1 Literatür Araştırması

Sel genellikle, eğim yönünde, bir kanala az veya çok bağlı olarak, yüksek enerjili ve kontrolsüz akışa sahip, çökel malzemesi tür ve boyut özellikleri çeşitlilik gösteren, tahrip gücü yüksek, su kütlesi hareketidir. Taşkın ise su fazlasına bağlı olarak, kıyılardan başlayarak düz ve çukur alanları kaplayan ve havzadaki diğer alanları da etkileyen, geçici göllenme, su basmasıdır [1]. Günümüzde, aşırı yağın yağmurlar nedeniyle bazı arazi ve evlerin su altında kalıp, sel felaketine uğradıkları görülmektedir. Bu afetleri önlemek için, önceden gereken önlemlerin alınmasının önemi büyüktür [2].

Afet Yönetimi, çok yönlü araştırmaların aynı anda yürütülmesi ve çok çeşitli verilerin bir arada değerlendirilmesi gereken çalışmalar bütünüdür. Etkin bir afet yönetiminde bir yandan afet alanın fiziki yapısı, yerleşme ve nüfus özellikleri gibi unsurlar ile ilgili detaylı çalışmalar yapılarak çeşitli veriler elde edilirken, diğer yandan da bu verilerin tümü kullanılarak ileriye yönelik çeşitli afet senaryoları, acil müdahale stratejileri ve diğer afet öncesinde ve sonrasındaki planlamalar yapılmaktadır. Gerek afetler ile ilgili bilimsel araştırmalarda, gerekse afet yönetimi içindeki planlamalarda çok çeşitli verilerin aynı anda, aralarındaki ilişkiler dikkate alınarak incelenmesine olanak sağlayan ve her türlü veri üzerinde çok yönlü mekânsal analizlerin yapılmasına imkân tanıyan, sistemler bütünü CBS olarak adlandırılır [3].

ÇÖKA, sel ve taşkın riski problemlerinde sel ve taşkın modellemesi, bilgi temini ve organizasyon, afetzedeler ve kurumlar arasındaki koordinasyonun iyileştirilmesi çalışmaları için çok uygun bir yöntemdir [4]. CBS-ÇÖKA ve birçok CBS analiz araçları ile

karar verme süreci içerisinde karar vericiler için planlı ve programlı bir biçimde çalışma olanağı sağlanarak tutarlı kararlar alınmasında yardımcı olur [5, 6, 7, 8].

Günümüz uygulama ya da projelerinin konumsal veri ihtiyaçlarının, ancak farklı kurum ya da taraflar arasındaki etkin işbirliği ile karşılanabileceği, özellikle son on yılda çok belirgin bir biçimde ortaya çıkmıştır. Çünkü söz konusu veri ihtiyaçları ile kurum ya da tarafların tek başlarına veri elde etme kapasiteleri, her ne bakımdan olursa olsun, karşılaştırılabilir olmaktan çıkmıştır. Bu gerçeği en çarpıcı bir biçimde vurgulayan örneklerden biri olarak, Acil Durum Yönetimindeki durum ele alınabilir; Herhangi bir veri ya da bilgi ihtiyacını “anında” karşılamak durumundaki bir Acil Durum Yönetim Merkezinin, bu işlevini eksiksiz yerine getirebilmesi ancak, çok farklı kurum ve taraflardan “anlık” veri sağlayabilmesi ile mümkün olacaktır. Farklı kurum ve taraflar arasında anılan işbirliğinin sağlanabilmesi ise ancak, bu tarafları kapsayan KVA(konumsal veri altyapısı) ile mümkün olabilir [9].

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışma ile İstanbul Avrupa Yakası sel ve taşkın duyarlılık alanlarının CBS tabanlı ÇÖKA yöntemi ile belirlenmesi, karşılaştırılması ve afet yönetimi hazırlık aşaması için UKVA kapsamında veri altyapısının tasarlanması amaçlanmıştır.

1.3 Orjinal Katkı

Yüksek lisans tezinin bilime katkısı; CBS-ÇÖKA yönteminin yeni bir tasarım ile, yeni bir vaka alanında uygulanması, bulguların diğer yöntemler ile karşılaştırılması ve sonuçların istatistiki olarak değerlendirilmesi ve yeni bir UKVA veri modeli tasarımıdır.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1 Doğal Afetler

Genel bir tanımla afet, insanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini bozarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen, doğal, teknolojik veya insan yapısı kökenli olaylardır [10]. Afetler kökenlerine göre beşeri afetler ve doğal afetler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Beşeri afetler doğal olmayan, fakat insanlara ve çevreye büyük zarar veren olaylardır. Örneğin orman yangınlarının bir kısmı, meskun mahallerde görülen yangınlar, tehlikeli madde kazaları, nükleer kazalar, hava kirliliği, su kirliliği, toprak erozyonu ve salgın hastalıklar gibi olaylar beşeri afetlere örnektir. Doğal afetler oluşumları tabiat olaylarına dayanan afetlerdir [3].

Günümüzde doğal afetler sonucunda ortaya çıkabilecek zararların, insan hayatı, mal, mülk ve çevre açısından çok büyük boyutlarda olabileceği anlaşılmıştır. Yaşanan maddi ve manevi kayıplar, her toplumun bir eylem planına sahip olması ve afetler karşısında zarar azaltma çalışmalarına önem vermesini gerektirmektedir. Afetler olmadan gerekli hazırlıkların ve önlemlerin alınmasının, en az afet sırasındaki etkin müdahale kadar önemli olduğu, hatta bunların bir bütünün parçaları olduğu ortadadır [11].Güvenlik standartları, politika ve planlama kararları gibi alınacak önlemlerle, teknolojik zararlar veya insan eliyle oluşan diğer riskler azaltılabilir [12]. İnsanların yaşadıkları çevrede meydana gelen doğal olaylardan haberdar olmaları, bunları nedenlerine kadar ayrıntısı ile tanımaları ve bu olayların tekrarı durumunda bunlardan hiç etkilenmeme veya en az

oranda etkilenmelerine olanak tanıyan çalışmaların tümüne afet yönetimi denilmektedir. Modern afet yönetimi kavramında ise kayıp ve zararların azaltılması, hazırlık, tahmin ve erken uyarı, afetleri anlamak gibi afet öncesi korumaya yönelik çalışmalar risk yönetimi olarak kabul edilmektedir [13].

Risk yönetimi; belirlenen tehlike ve risklerin, bir afet halini almadan atlatılması amacına yönelik önlem ve çalışmaların bir plan kapsamında yerine getirilmesidir. Risk yönetimi çalışmasında; tehlike ve riskler belirlenmekte, risk senaryoları hazırlanmakta, korunma ve zarar azaltma önlemleri seçilmekte, sonuçlar güncel haritalar ve grafiklere ortaya konmakta, kullanılabilecek kaynak ve imkânlar belirlenmekte, afetten korunma ve afet müdahalesi için en uygun seçenek ve öncelikler hakkında kararlar alınıp uygulamaya geçilmektedir [14].

Risk sözcüğü; gelecekteki belirli bir zaman içerisinde, belirli bir tehlikenin, bu tehlikeye maruz olan değerler veya tehlike altındaki unsurlara ve bunların zarar veya hasar görebilirliklerine bağlı olarak, verebileceği zararları ifade eder. Riskin belirlenmesi; tehlike, tehlikeye maruz değerler ve bu değerlerin zarar veya hasar görebilirliklerinin belirlenmesi gibi analizlerin yapılmasını gerektirmektedir. Tehlike insan toplulukları için olumsuz etkiler doğurması mümkün olan doğal, teknolojik ve insan kökenli olayların tümü olarak tanımlanabilir. Diğer bir deyişle tehlike doğal, teknolojik veya insan kökenli olan ve fiziksel, ekonomik, sosyal kayıplara yol açabilecek tüm olayları ifade eder [15]. Duyarlılık ise doğal afetlerdeki toplum ya da sistemin hassasiyet derecesidir. Doğal afetlerin sonuçlarını ve etkilerin hassasiyetini yükselten fiziksel, sosyal, ekonomik ve çevresel faktörlerin sonuçlarından elde edilen bir dize koşul ve işlemler setidir. Duyarlılık, doğal afetlerin potansiyel tepki ve/veya dayanma potansiyeli ile belirlenir [16].

Doğal afetler kendi aralarında iki grupta incelenir. Bunlar jeolojik kökenli afetler ve meteorolojik kökenli afetlerdir. Jeolojik kökenli afetler doğrudan doğruya kaynağını yer kabuğu ya da yerin derinliklerinden alan doğal afetlerdir. Jeolojik kökenli afetlerin en çok görülenleri deprem, heyelan, kaya düşmesi, çamur selidir. Meteorolojik kökenli afetler atmosfer olayları sonucunda meydana gelen afetlerdir. Bunlar atmosfer olaylarının (sıcaklık, yağış, basınç ve rüzgâr) belirli sınırı aşmasıyla meydana gelir.

Meteorolojik kökenli afetlerin en çok görülenleri ise sel, aşırı kar, çığ, don, fırtına, tipi, yıldırım düşmesi, dolu, sis, kuraklık, orman yangını, iklim değişiklikleridir [3]. Yüzyıllardan beri doğanın ayrılmaz bir parçası olarak kuraklık, fırtınalar, seller ve benzeri meteorolojik afetler, önemli derecede can ve mal kayıplarına neden olmaktadır [17]. Sel felaketi, meteorolojik kökenli felaketlerden en önemlilerinden birisidir.

2.1.1 Sel ve Taşkın

Sel, genellikle bir kanala az veya çok bağlı olarak, eğim yönünde, yüksek enerjili ve kontrolsüz akışa sahip, çökel malzemesi tür ve boyut özellikleri çeşitlilik gösteren, tahrip gücü yüksek, su kütlesi hareketidir. Taşkın ise su fazlasına bağlı olarak, kıyılardan başlayarak düz ve çukur alanları kaplayan ve havzadaki diğer alanları da etkileyen, geçici göllenme, su basmasıdır [1]. Günümüzde, aşırı yağın yağmurlar nedeniyle bazı arazi ve evlerin su altında kalıp, sel felaketine uğradıkları görülmektedir. Bu felaketi önlemek için, önceden, gereken önlemlerin alınmasının önemi büyüktür [2].

Ülkemizde daha önceleri, yağın yağmur ve erimiş kar akımları, su toplama alanlarında afetlere neden olmazken, günümüzde ise artan nüfus, çarpık kentleşme ve kırsal kesimdeki bilinçsiz yerleşimlerin sonucu olarak taşkın, çığ, heyelan vb. meteorolojik afetlere daha sık maruz kalınmakta, can ve mal kayıpları giderek artmaktadır [18].

Oluşum sürelerine göre sel türleri [19]:

- Yavaş gelişen seller (Slow-Onset Floods), bir hafta veya daha uzun bir süre içinde oluşabilir
- Hızlı gelişen seller (Rapid-Onset Floods), bir-iki gün içinde oluşabilir
- Ani seller (Flash Floods), 6 saat içinde oluşabilir.

Oluşum yerlerine göre sel türleri [19]:

- Dere ve Nehir Selleri (Taşkınlar)
- Dağlık Alan (Kuru Vadi) Selleri
- Şehir Selleri
- Kıyı Selleri

- Baraj Selleri gibi beşe ayrılır

Dere ve Nehir Selleri: Nehirler boyunca sellerin oluşması doğaldır ve bu hayatın vazgeçilmez bir parçasıdır. Bazı nehir selleri mevsimsel olarak kış ve ilkbahar yağışlarının erittiği kar sularının nehirleri doldurması ile oluşur. Dere ve nehirlerin su seviyeleri, yağmurlu fırtınalarda hızla yükselebilir ve ani seller yağmur kesilmesinden önce başlayıp yağmur kesilmesinden sonra da devam edebilir [19].

Dağlık Alan Selleri: Şiddetli yağışlı fırtınalar kuru su kanallarını veya küçük çayları, gürül gürül akan tehlikeli sel sularına dönüştürdüğü zamanlarda dağlık alanlarda ve dağlık alanlara yakın yerlerde de ani seller oluşur [19].

Kıyı Selleri: Tropikal fırtınalar ve tayfunlar veya kıyıdan uzakta deniz/okyanusta bulunan kuvvetli alçak basınç sistemleri, neden olduğu fırtına kabarması ile deniz/okyanus sularını kara içlerine sürükleyerek önemli sellere neden olabilir. Benzer şekilde göllerin su seviyesinde herhangi bir nedenle görülen yükselme, göl kıyılarında suyun taşması sonucunda sellere neden olur [19].

Barajlar: Büyük barajlar deprem, vb. olaylar sonucu patlarsa çok büyük ve tehlikeli sellere neden olabilirler. Barajlar insan yapısı olduğundan, baraj selleri insan kaynaklı bir afet olarak da görülür [19].

Şehir Selleri: Şehir selleri, şehir içindeki her türlü arazide oluşabilir. Özellikle binalar, yollar ve otomobiller için parklar inşa edilmesiyle doğal bitki örtüsü yok edilmiş şehirseller alanlarda yağışın toprağa sızması mümkün değildir ve bu nedenle ani seller sık sık oluşmaktadır. Şehirleşme yüzeysel akışı doğal yüzeylere göre 2 ila 6 kat daha arttırır. Mazgallar bu suları hemen tahliye edemez ve kısa bir süre içinde caddelerimiz ve sokaklarımız derelere dönüşebilir. Böylece caddeler nehirlerle, binaların bodrum katları da birer ölüm tuzağı kapalı yüzme havuzlarına benzer [19].

Küresel iklim değişimi ile birlikte Türkiye’de de artması beklenen önemli problem ve afetlerden biri de şehirlerdeki ani sellerdir. Şehirlerde sellerin artmasının nedenlerinden biri de sel yataklarına yanlış bir şekilde dolgu, bina, vb. şeylerin zamanla yapılmasıdır. Böylece eskiden sel su seviyesi dikkate alınarak yapılan yerleşim birimleri

de sel veya dere yatağına yanlış bir şekilde müdahale edildiği için günümüzde daha fazla sellere maruz kalmaktadır [19].

Ülkemizde sel ve taşkın afetleri depremlerden sonra en büyük can ve mal kaybına neden olan doğal afetlerdendir [17]. Bunlardan birisi de yakın geçmişimizde İstanbul ve Tekirdağ'da yaşanmış ve felaket sonucunda bilançosu ağır olmuştur. Bu olayda 32 vatandaşımız hayatını kaybetmiş ve büyük boyutta maddi zarar meydana gelmiştir. Ülkemizde yaşanan en büyük felaketlerden biri olan sel ve taşkın olayları uzun yıllar yağış ortalamasının çok üzerinde gelen yağışlar neticesinde meydana gelmiş olup bu yağışlarda metre kareye 200 kilogramı aşan miktarda yağış düşmüştür. Ancak sel ve taşkın afetlerinin yalnızca meteorolojik oluşumlara bağlı olarak ifade edilmesi doğru olmayacaktır. Zira özellikle Türkiye gibi ekonomik gelişme faaliyetlerinin yoğun bir biçimde devam ettiği şartlarda, sanayileşme ve sektör çeşitliliğinin beraberinde getirdiği şehirleşme aktivitesi akarsu havzalarının muhtelif kesimlerindeki insan faaliyetinin çeşitliliğini ve yoğunluğunu büyük ölçüde arttırmaktadır. Akarsu havzaları içinde gelişen yerleşimler, açılan yeni yollar ve kurulan yeni tesisler ile arazi yapısı değişmekte, bilinçsiz toprak kullanımı, ormanlar ve meralara yapılan müdahaleler sebebiyle sel ve taşkın afetleri giderek daha büyük ve sık olarak görülmektedir [20]. Ülkemizde yaşanan sel ve taşkın afetine ait zarar ve tehlike haritası Şekil 2.1'de verilmektedir.



Şekil 2. 1 Ülkemizde yaşanan sel zararlarının illere göre dağılımı (Afet İşleri Genel Müdürlüğü)

2.1.2 Afet Yönetimi

Afet Yönetimi, çok yönlü araştırmaların aynı anda yürütülmesi ve çok çeşitli verilerin bir arada değerlendirilmesi gereken çalışmalar bütünüdür. Etkin bir afet yönetiminde bir yandan afet alanın fiziki yapısı, yerleşme ve nüfus özellikleri gibi unsurlar ile ilgili detaylı çalışmalar yapılarak çeşitli veriler elde edilirken, diğer yandan da bu verilerin tümü kullanılarak ileriye yönelik çeşitli afet senaryoları, acil müdahale stratejileri ve diğer afet öncesinde ve sonrasındaki planlamalar yapılmaktadır.

Doğal afetlerin risk değerlendirmesinde büyük ölçüde CBS' den yararlanılmaktadır. Çünkü risk değerlendirmesi için veri entegrasyonunun sonrasında risk için karar vermeye kadar risk değerlendirme işleminin bütününde mekansal metodolojiler bir bütün olarak keşfedilebilmektedir [21].

Günümüz uygulama ya da projelerinin konumsal veri ihtiyaçlarının, ancak farklı kurum ya da taraflar arasındaki etkin işbirliği ile karşılanabileceği, özellikle son on yılda çok belirgin bir biçimde ortaya çıkmıştır. Çünkü söz konusu veri ihtiyaçları ile kurum ya da tarafların tek başlarına veri elde etme kapasiteleri, her ne bakımdan olursa olsun,

karşılaştırılabilir olmaktan çıkmıştır. Bu gerçeği en çarpıcı bir biçimde vurgulayan örneklerden biri olarak, Acil Durum Yönetimindeki durum ele alınabilir; Herhangi bir veri ya da bilgi ihtiyacını “anında” karşılamak durumundaki bir Acil Durum Yönetim Merkezinin, bu işlevini eksiksiz yerine getirebilmesi ancak, çok farklı kurum ve taraflardan “anlık” veri sağlayabilmesi ile mümkün olacaktır. Farklı kurum ve taraflar arasında anılan işbirliğinin sağlanabilmesi ise ancak, bu tarafları kapsayan KVA ile mümkün olabilir [9].

Kurumlar arası ve ülkeler arası veri paylaşımının kolay ve standart olarak uygulanır hale gelmesi, ülkelerde UKVA (Ulusal Konumsal Veri Altyapısı), Avrupa Birliğinde INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe: Avrupa Konumsal Bilgi Altyapısı) Girişimi ve Birleşmiş Milletler gibi uluslararası kuruluşlarca da Global Konumsal Veri Altyapısı (GKVA) çalışmalarının geliştirilmesini sağlamıştır [22].

Genel olarak UKVA, konumsal veri erişimi ve kullanımını “etkin” kılacak bir altyapı olarak tanımlanabilir. Konumsal veri ile iş yapan tüm kamu kurumları, özel sektör, yerel yönetimler, üniversiteler, diğer kullanıcılar ve vatandaşlar istenen türde bilgiye UKVA üzerinden erişebilecektir. Dolayısıyla UKVA, çözüm üreticiler için hızlı, ekonomik ve doğru çözümleri, hizmet sunucuları için kaliteli ve hızlı hizmeti, karar vericiler için de hızlı ve doğru kararları olanaklı kılacaktır. UKVA, doğrudan ve dolaylı pek çok etkiyle ülke ekonomisine çok önemli katkılar sağlayacaktır. Gerek ekonomik açıdan ve gerekse bir “Bilgi Toplumu” altyapısının çok temel bir bileşeni olması bakımından UKVA kaçınılmazdır [22].

Ülke genelinde veri ve servislerin ortaklaşa kullanımına olanak tanıyarak, hızlı, kaliteli ve ekonomik iş ya da çözümler üretmenin önünü açacak olması itibarı ile UKVA, gerek ekonomik açıdan ve gerekse bir “Bilgi Toplumu” altyapısının çok temel bir bileşeni olması bakımından kaçınılmaz olduğunu aynı zamanda, başlatılmış bulunan “e-Türkiye” girişiminin ihtiyaç duyacağı veri altyapısının da çok önemli bir bileşeni durumundadır [22].

Temel verilerin birçoğu farklı kurum ve kuruluşlar tarafından toplanmaktadır. Farklı birimlerin topladıkları veriler, ilgili veri tabanlarında tutulmaktadır. UKVA’da bir kurumun kullanacağı tüm verileri toplaması ve kendi veritabanında tutarak sorumlu

olması söz konusu değildir. Bunun tam tersine her kurum, kendi ürettiği temel verilerinden sorumlu olmalı, bu verileri ve meta verilerini kendi veritabanında güncel olarak tutmalıdır [23].

Batuk vd. [23] tarafından Türkiye’de UKVA’nın oluşturulması için temel veriler, aşağıdaki gibi önerilmiştir. Öneriler temelde INSPIRE ve diğer ülkeler ile de uyusmaktadır:

I. Düzey Veriler:

- Jeodezik altyapı
- İdari sınırlar
- Coğrafi yer isimleri
- Yükseklik ve batimetri
- Ulaşım ağı
- Hidrografi
- Mülkiyet
- Bina
- Adres

II. Düzey Veriler:

- Arazi kullanımı
- Arazi örtüsü
- Jeomorfolojik birimler
- Jeolojik veriler
- Toprak özellikleri
- Meteoroloji ve iklim verileri
- Afet ve risk verileri
- Doğal, arkeolojik ve kültürel kaynaklar

- Teknik altyapı
- İstatistiksel veriler
- Plan ve projeler
- Hane halkı
- Kurum ve çalışan verileri

Batuk vd. [23] tarafından afet ve risk verileri 2. Düzey veriler olarak önerilmiştir.

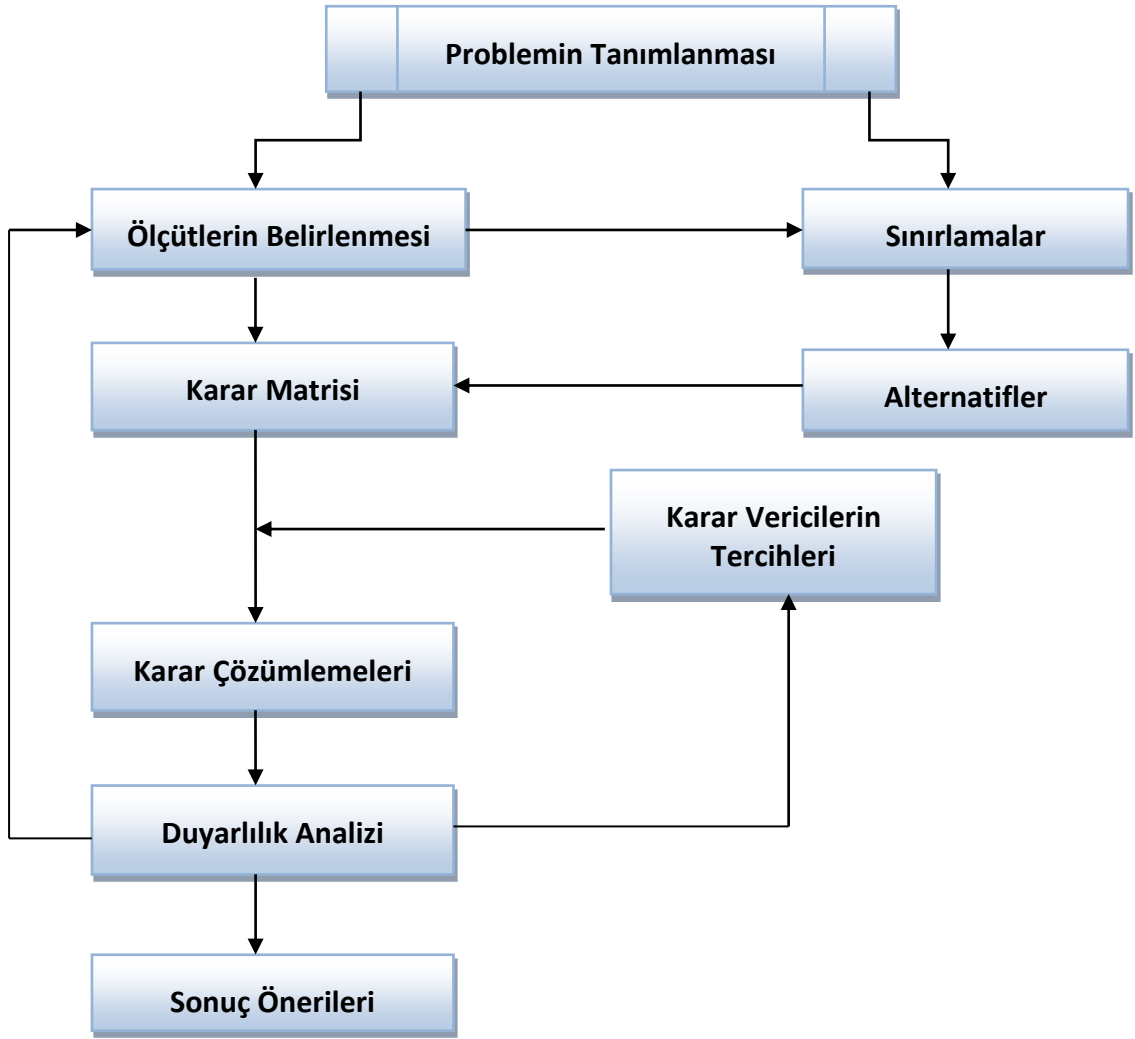
2.2 Çok Ölçütlü Karar Analizi

ÇÖKA sonlu sayıda alternatifin, seçilme, sıralanma, sınıflandırma, ölçeklendirme ve elenmesi amacıyla genellikle ağırlıklandırılmış, çok sayıda kriter kullanılarak değerlendirme işlemidir [24].

En genel anlamda, çok ölçütlü karar problemleri, kıyaslanması mümkün olmayan ve birbirine rakip kriterler temelinde değerlendirilen bir dizi alternatif içermektedir [25]. ÇÖKA'nın genel amacı karar verici ya da karar verici grup için çelişkili ve birbirine rakip kriterlerin bulunduğu ortamda, bir dizi alternatif arasından en iyi alternatifin seçimi için yardımcı olmaktır [26].

Alternatifler genellikle karar vericiler, yöneticiler, paydaşlar ve çıkar grupları gibi kişiler tarafından belirlenmektedir. Bu kişiler, değerlendirilen alternatiflere bağlı kalarak kriterlerin göreceli önemine göre özgün üstünlükler ile vasıflandırılmış olmaktadır [27].

CBS tabanlı ÇÖKA birtakım mekânsal teknikler ile sağlıklı karar almada yardımcı olur ve karar verme süreci içerisinde karar vericiler için planlı ve programlı bir biçimde çalışma olanağı sağlar [5, 6, 7, 8]. ÇÖKA, kompleks ve geniş ölçekli sel riski problemlerinde selin modellenmesi, bilgi temini ve organizasyon, afetzedeler ve kurumlar arasındaki koordinasyonun iyileştirilmesi için çok uygun bir yöntemdir [4]. CBS tabanlı ÇÖKA süreci farklı adımlar halinde bölümlendirilebilir (Şekil 2.2) [6].



Şekil 2. 2 CBS tabanlı ÇÖKA adımları

2.2.1 Problemin Tanımlaması

Karar analizlerinin başlangıcında problemin ne olduğu belirlenmeli ve tanımlanmalıdır. Karar problemi, sistemin mevcut durumu ile istenen ya da beklenen durum arasındaki algılanan fark olarak tanımlanmıştır [6]. Diğer bir deyişle, mevcut durumdaki eksikliklerin tespit edilip, problemin yapılandırılması olarak açıklanabilir [28].

Taşkın ve sel afeti için problem kolaylıkla tanımlanabilir: Sel ve taşkınlar, açık bir şekilde büyük hasarlara ve kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenle sel ve taşkın risklerinin azaltılması ihtiyaç duyulan önemli durumdur. Fakat problemin çözümü için farklı yaklaşımlar da mevcuttur [28].

Sel ve taşkından korunmak için geleneksel yaklaşımlar tüm bölgeler için benzer güvenlik standartlarıyla korunmanın araştırmalarını yapar. Ancak bu standartların yetmediği bir eylem zorunluluğunun bulunduğu bölgelerin belirlenmesi ayrı bir yaklaşım oluşturmaktadır. Sel ve taşkın risk yönetimi yaklaşımı sadece zararların belirlenmesi, aynı zamanda yapılacak eylemlerin de belirlenmesini içermektedir [29].

Taşkın ve sel problemin yapılandırılması iki kısımda ele alınabilir.

- Çok ölçütlü risk değerlendirme; Sel ve taşkın riskinin nerelerde yüksek olduğunu belirleme problemidir. Amaç taşkın ve selin zararlarını azaltmak ya da yok etmek için sel ve taşkın riskinin yüksek olduğu bölgelerin belirlenmesidir [28].
- Çok ölçütlü proje değerlendirme; Sel ve taşkın açısından yüksek riskli bölgeler belirlendikten sonra karar probleminin ikinci kısmı sel ve taşkın riskinin uygun bir düzeye indirilmesi için en uygun stratejinin belirlenmesidir [28].

2.2.2 Ölçütlerin Belirlenmesi

Problem tanımlandıktan sonra, ÇÖKA'da ölçütlerin belirlenmesi adımına geçilir. Bu adım ÇÖKA adımlarının önemli adımlarından birisidir. Çünkü seçilecek ölçütler sonucu doğrudan etkilemektedir. Ölçütlerin belirlenmesi, karar problemine bağlı olarak, ilgili tüm etkileri yansıtan kapsamlı hedefler setidir. Ölçütler coğrafik öğelerle ve öğeler arasındaki ilişkilerle birlikte değerlendirildiğinde harita formunda sunulabilir. Ölçütlerin belirlenebilmesi için iki teknik bulunmaktadır [6].

- İlgili literatür taramalarının yapılmasıyla diğer çalışmalarda kullanılan ölçütlerin araştırılması
- Örneklemeye araştırmaları ve ilgili kişiler, karar vericiler ya da uzmanlardan bilgi edinme

2.2.3 Alternatifler

Her bir alternatif, karar değişkenleri olarak tahsis edilir [6]. Karar değişkenleri, probleme bağlı olarak sınırlandırılmış ve sınırlandırılmamış bir biçimde oluşturulabilir. ÇÖKA ile risk analizlerinde alternatifler, çalışma alanı içerisindeki farklı mekânsal

birimleri temsil edebilir. Bu durumda karşılaştırmalar da mekânsal birimler arasında yapılır. Mekansal birimler raster veri formatında ise grid hücreler arasında, vektör veri formatında ise nokta, çizgi, poligonlar arasında karşılaştırmalar yapılır [30].

2.2.4 Ölçütlerin Ağırlıklandırılması

Bu adımda, karar vericilerin önerileri doğrultusunda, ölçütler karar modeli ile birleştirilir. Bu öneriler genel anlamda ölçütlerin birbirlerine göre bağlı önemlerini vurgular. Alternatifler, öznitelikler ve ağırlıklar, veri girdisi olarak biraraya getirildiklerinde, karar matrisi veya karar tablosu haline dönüştürülebilmektedirler [6]. Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler şunlardır [31]:

- Sıralama
- Puanlama
- İkili Karşılaştırma

Ölçüt ağırlıklarının toplamı tüm yöntemler için genelde 1 olacak şekilde normalleştirilir [28].

2.2.4.1 Sıralama Yöntemi

Sıralama yöntemi, eğer karar vericilerin önerileri ölçütlerin öneminin sıralanmasına yönelik ise kullanılır. Bu yöntemde göre öncelikle ölçütler, önemlerine göre sıralandırılırlar. Ölçütlerin sayısal değerlerini belirlemek için sıralama metodu kullanılır. Sıralama toplamı yöntemine göre w_j ağırlık, j ölçüt olarak alınırsa;

$$w_j = \frac{n-r_j+1}{\sum(n-r_k+1)} \quad (2.1)$$

r_j = ölçütün sıra numarası

n : ölçüt sayısı ($k = 1, 2, \dots, n$)

En çok kullanılan diğer sıralama metodları sıralamanın tersinin alınması ve sıralamanın üslü kuvvetlerinin alınmasıdır [6, 31].

Sıralama yaklaşımlarının büyük avantajı sade olmasıdır. Karar vericilerin önerilerinin alınması hususunda kolaylık sağlar. Dezavantajı ise bu sadelik, ölçüt ağırlıklarını ölçüt sayısına göre değişen değerlerle oluşturmaktadır. Ölçüt ağırlıklarının bağlı önemleri

arasındaki farkın büyük ya da çok küçük olduğu durumlarda, ara değerler elde edilememektedir. Örneğin iki ölçütlü bir durumda, yukarıdaki formüle göre hesaplama yapıldığında, birinci ölçüt diğerine göre iki kat daha önemli olduğu sonucu ortaya çıkar.

$$w_1 = \frac{2}{3} = 0.\overline{66}, w_2 = \frac{1}{3} = 0.\overline{33}$$

Birinci ölçüt diğer ölçüte göre beş kat daha önemli olduğu durumlarda, uygun sonuçlar elde edilemez [28, 32].

2.2.4.2 Puanlama Yöntemi

Puan tahsisi yaklaşımı ve oran kestirimi yöntemi gibi puanlama yöntemleri, sıralama yöntemine göre daha hassasiyetli sonuçlar üretir. Karar vericiler bu yöntemlerle ölçütlerin bağıl önemlerini sadece sıralamayla değil aynı zamanda bir aralık içerisinde değerlendirebilmektedirler. Puan tahsisi yaklaşımı, uygulama açısından kolay bir yaklaşımdır. Karar vericilere seçilen bir ölçüt için 100 puan üzerinden, bir puan vermesi istenir. Ölçütlerin aldığı puanlar diğer ölçütlere göre bağıl önemini gösterir [6, 32].

Oran kestirimi yönteminde en önemli ölçüte keyfi bir puanın verilir. Sıralamada daha az öneme sahip ölçütlere orantılı olarak daha düşük puanlar verilir ve en az öneme sahip ölçüte puan verilinceye kadar devam eder. Buna göre, en az önemi olan ölçüte verilen puan, oran hesaplamaları için temel alınır [6, 31]

2.2.4.3 İkili Karşılaştırma Yöntemi

İkili Karşılaştırma yöntemi 1980 yılında Saaty tarafından geliştirilmiştir. ÇÖKA yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) içerisinde kullanılmaktadır [35]. Ölçütlerin herbiri tüm diğer ölçütlerle ikili gruplar halinde karşılaştırılarak, ölçütlerin bağıl önemi matrisler halinde hesaplanır. Karşılaştırmalarda, 1-9 arasındaki sayılar kullanılarak ölçütlerin birbirlerine olan bağıl önemleri değerlendirilir [6, 28]. İkili karşılaştırma yargılarının tutarlılığını belirlemek için Saaty'nin önerdiği tutarlılık oranı (TO) kullanılmaktadır. Buna göre ikili karşılaştırmaların tutarlı olabilmesi için, hesaplamalar sonucu elde edilen TO üst limiti 0.10 olmalıdır [34]. TO 0.10'un üstünde ise karşılaştırmaların tutarsız olduğu anlaşılır ve bu durumda karşılaştırmaların yeniden gözden geçirilmesi düşünülebilir [6].

Çizelge 2. 1 Tercih ölçeği [33]

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki faaliyet hedefe eşit düzeyde katkıda bulunur.
3	Bir ölçütün diğerine göre çok az önemli olması	Tecrübe ve yargı, bir faaliyeti diğer bir faaliyete göre çok az derecede önemli görerek, tercih ettirir.
5	Bir ölçütün diğerine göre kuvvetli derecede önemli olması	Tecrübe ve yargı, bir faaliyeti diğer bir faaliyete göre kuvvetli derecede önemli görerek, tercih ettirir.
7	Bir ölçütün diğerine göre çok kuvvetli derecede önemli olması	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü tercih edilir; üstünlüğü deneyimle görülür.
9	Bir ölçütün diğerine göre aşırı derecede önemli olması	Bir faaliyetin diğer bir faaliyete tercih edilmesine ilişkin kanıtların güveniliği büyüktür.
2, 4, 6, 8	Ara değerler	

TO'nun hesaplanabilmesi için, A karşılaştırma matrisi ve W ağırlık matrisi çarpılarak ağırlıklı toplam vektör hesaplanır.

$$D = [A] * [W] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

D ağırlıklı toplam vektörü ile W ağırlık vektörünün, matris satır elemanlarının birbirine bölünmesiyle, E tutarlılık vektörü hesaplanır.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i= 1,2,.....,n) \quad (2.3)$$

Bu vektörün elemanlarının toplam değerinin faktör sayısını ifade eden n'ye bölünmesiyle tutarlılık vektörünün ortalama değeri (λ) ve Tutarlılık İndeksi (Ti) hesaplanır.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (2.4)$$

$$TI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (2.5)$$

Ti'nin karşılaştırılan ölçüt sayısına bağlı olarak değişen Tesadüfilik Göstergesine (TG) bölünmesiyle TO hesaplanır. Ti'nin farklı n ölçüt sayılarına göre dağılımını gösteren Çizelge 2.2'ye göre 6 faktörlü bir karşılaştırmada kullanılacak TG değeri 1.24 olacaktır.

$$TO = \frac{TI}{TG} \quad (2.6)$$

Çizelge 2. 2 Tesadüfilik göstergesi [6]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

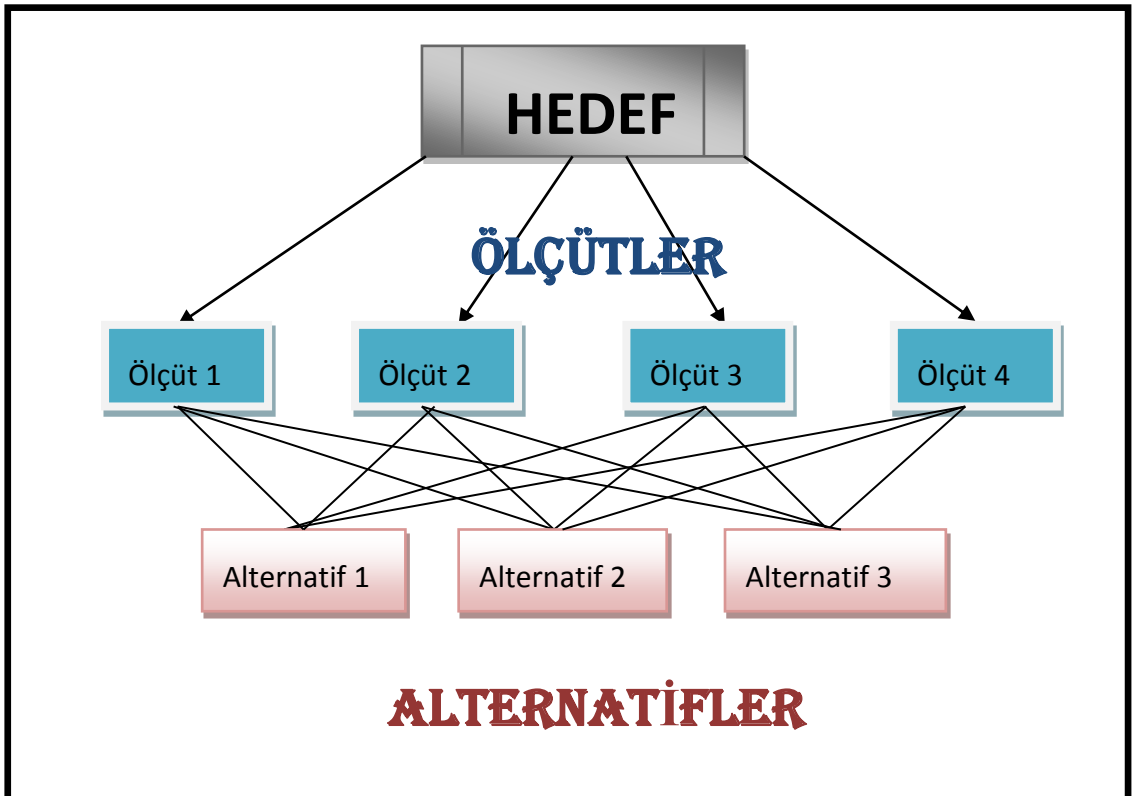
ÇÖKA problemlerinde ölçüt ağırlıklarının belirlenmesinde kullanım kolaylığı ve hızlı çözüm isteniyorsa sıralama ya da puanlama yöntemi kullanılabilir. Diğer yandan eğer tutarlı ve kontrollü bir çözüm isteniyorsa ikili karşılaştırma yöntemi daha uygun olur [6, 32].

2.2.5 Karar Çözümlemeleri

CBS-ÇÖKA karar çözümlemeleri aşamasında çok fazla yöntem kullanılabilir. Bu yöntemlerden bazıları [31, 35, 36]:

- Basit Ağırlıklı Toplam Yöntemi (Simple Additive Weighting Method) ya da diğer adıyla Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme (Weighted Linear Combination)
- Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (Weighted Product Method)
- Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Analytic Hierarchy Process)
- Değer/Fayda Fonksiyonu Yaklaşımı (Value/Utility Function Approach)
- İdeal Nokta Yöntemi (Ideal Point Method)-Örn: TOPSIS
- Uyum Yöntemi (Concordance Method)-Örn: ELECTRE
- Bulanık Mantık İşlemi (Fuzzy Aggregation Operation)
- Bulanık Ağırlıklı Toplam Yöntemi (Fuzzy Additive Weighting Method)
- Sıralı Ağırlıklı Ortalama (Ordered Weighted Average)

En çok kullanılan karar çözümlemeleri yöntemlerinden birisi olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) 1970'lerde Thomas Saati tarafından geliştirilmiştir. ÇÖKA adımlarını hiyerarşik adımlar halinde düzenleyen AHY'nin, belirlilik ya da belirsizlik altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok kriterli, çok amaçlı bir karar verme durumunda kullanılır. AHY her sorun için amaç, kriter, olası alt kriter seviyeleri ve seçeneklerden oluşan hiyerarşik bir model kullanır [17,37] (Şekil 2.3).



Şekil 2. 3 Analitik Hiyerarşi Yöntemi Modeli

AHY'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmesidir. Bir diğer ifade ile AHY, bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir. AHY çok geniş bir uygulama alanına sahiptir ve pek çok karar probleminde etkin olarak kullanılmaktadır [38].

2.3 Normalleştirmeler

Ölçütler belirlendikten sonra, ölçütlerin birarada sentezlenebilmesi için normalleştirme işlemine geçilir. Karar verme sürecinde pek çok farklı kaynaktan gelen çeşitli veriler kullanılabilir. Verilerin birbirleri arasındaki uyumlulukları doğrudan karara etki edecek olan önemli bir etmendir. Farklı katmanlara ait sayısal veri değerlerinin yanyana gelmeleri sonucu oluşabilecek ölçek orantısızlıklarının yanısıra, öznel verilerinin birimleri arasındaki farklılıklar da, hesaplamalar sırasında kullanılacak verilerin ortak bir paydada bütünleşebilmesini imkansız kılan diğer faktörler arasında yer almaktadır. Bu uygulamaları gerçekleştirmek amacıyla geliştirilen yöntemler; doğrusal ölçek dönüşümü, değer fonksiyonu yaklaşımı, olasılıksal yaklaşım ve bulanık küme üyeliğidir [6, 37].

Doğrusal ölçek dönüşümü, ham verinin 0 ile 1 arasında değerler almasını sağlamaktadır. En çok kullanılan doğrusal ölçek dönüşümü yöntemleri en büyük değer ve değer aralığı yöntemleridir.

2.3.1 En Büyük Değer Yöntemi

En büyük değer yönteminde veri, içerisindeki en büyük değere bölünerek maksimum değerin 1 olması sağlanır.

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{\max}} \quad (2.7)$$

Eğer veri içerisindeki en büyük değerin en küçük olması isteniyorsa, bölme işlemi sonucu elde edilen değer 1'den çıkarılır.

$$x'_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x_j^{max}} \quad (2.8)$$

Bu dönüşüm yönteminin en büyük avantajı verilerin birbirlerine oranlarını bozmuyor olmasıdır [37].

2.3.2 Değer Aralığı Yöntemi

Değer aralığı yönteminde veri içerisindeki minimum değer, veri üzerindeki her bir değerlerden çıkarılır ve minimum ve maksimum değer arasındaki farka bölünür.

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \quad (2.9)$$

Eğer veri içerisindeki en büyük değer en küçük olması isteniyorsa, veri içerisindeki maksimum değerden, veri üzerindeki her bir değer çıkarılır ve minimum ve maksimum değer arasındaki farka bölünür.

$$x'_{ij} = \frac{x_j^{max} - x_{ij}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \quad (2.10)$$

Bu yöntemin en büyük avantajı verilerin tam olarak 1 ve 0 sayıları arasında değerler alıyor olmasıdır. En tercih edilmeyen özelliklere sahip olan veri, her zaman 0 değerini almaktadır. Ancak bu yöntem, en büyük değer yönteminde olduğu gibi oranlar arasında bir korunma sağlamaz [37].

2.4 Sel ve Taşkın Çalışmaları

Sel ve taşkın felaketinin hesaplanması çeşitli metodlar kullanılarak yapılabilmektedir [39]. Klasik metodlar kullanılarak yapılan sel ve taşkın hesaplamaları genel ve geniş anlamda üç aşamadan oluşur [39, 40].

Birinci adım belirli tekrarlama periyotlarına göre akışın tahmin edilmesidir. Bu tahmin akış kayıtları ve uygun ekstrem dağılımların değeri üzerinde frekans analizleri kullanılarak yapılabilir [40].

İkinci adım belirli yaklaşımlar kullanılarak türetilmiş akış ve tekrarlama periyotları ile [40] potansiyel sel ve taşkın alanlarında akış karakteristiklerinin (bölgesel hidrolik etkiler) belirlenmesidir [39].

Üçüncü adım ise alan ya da nesnesel risk değerlendirmesidir [39]. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve su seviyesinin birlikte analizi ile belirlenmektedir [40].

Günümüzde sel ve taşkın modelleme çalışmalarında sıkça kullanılan yöntemlerden birisi ÇÖKA'dır. ÇÖKA sel ve taşkın risklerinin yönetimde oldukça yararlı bir yöntem olup doğal olayların incelenmesine bağlı coğrafik olayların sonuçlarının analizi için bir dizi teknikler bütünüdür [6]. ÇÖKA, belirli ölçeklerde, sonuçların tüm ilgili çeşitlerini ölçüm yapılmaksızın elde eden uygun yöntemlerden birisidir. Bu yöntem, somut değerlendirmelere alternatif sunmakla birlikte, soyut sonuçların da tekrar değerlendirilmesine olanak sağlar. ÇÖKA, CBS ile birlikte kullanıldığında, sel ve taşkın risklerinin mekânsal dağılımlarının gösterimi ve riskli bölgelerdeki etkilerin azaltılması için yapılacak çalışmalara olanak tanır [28].

Sel ve taşkın hesaplama yöntemlerinden birisi de Rasyonel yöntemdir. Bu yöntem sağnak yağışın oluşturduğu tahmini pik yüzey akışını, su toplama havzası alanı, pik yağış hızı ve bir yüzey akış katsayısının çarpımı ile ifade eden eşitliktir. Bu eşitlikten elde edilen sonuçlara göre yapılacak sel ve taşkın tahmini ise o akarsu yatağı üzerinde belirlenen bir noktada yağıştan ve/veya kar erimesinden kaynaklanan bir taşkının, özellikle pik sarfiyatta, seviye, debi, yinelenme süresinin tahmin edilmesi ile olacaktır. Sonuç olarak elde edilecek taşkın piki, o kanaldaki sel ve taşkın sırasında su seviyesinin eriştiği en yüksek (pik) kotu ifade etmektedir ve bu da kanal en kesiti bilindiği için hesaplanan 500 yıllık frekanslı Q500 debisinden bulunacaktır. Burada Q500 değerinin hesaplanmasının nedeni ise, DSİ (Devlet Su İşleri)'nin "İslah Ve Taşkın Koruma Yapıları Uygulama Projeleri Yapım İş Genel Teknik Şartnamesi" ne göre meskun mahallerde Q500 ve Q100 frekanslı taşkın debileri hesaplanmasını istemesidir [41].

Ülkemizde sel ve taşkınların önlenmesi ve zararlarının azaltılmasına yönelik yapısal unsur içeren projeli faaliyetler 18.12.1953 tarihli ve 6200 sayılı kanunun a bendine göre "Taşkın sular ve sellere karşı koruyucu tesisler meydana getirmek" maddesi ile bu görev DSİ Genel Müdürlüğü'nün yetki sınırları içerisine alınmıştır [42].

14.01.1943 tarihli 4373 sayılı kanuna göre de taşkına uğrayan veya uğraması muhtemel bölgelerin tespiti ve bu bölgelerin yerleşime kapatılarak, taşkına neden olacak mevcut yapılar varsa ortadan kaldırılması hükmüne bağlanmıştır. 20.02.2010 tarih ve 27 499 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Başbakanlığın 2010/5 sayılı genelgesinde akarsu ve dere yataklarının ıslahı ile ilgili maddeler aşağıda verilmiştir [42].

- DSI görev, yetki ve sorumluluk alanındaki tüm derelerin havza bazında muhtemel taşkın riskiyle değerlendirilerek acil, kısa ve uzun vade ıslah programlarının hazırlanarak uygulamaya geçilmesi
- Bakanlıkça onaylanan programların hayata geçirilmesinde tüm Kurum ve Kuruluşların her alanda DSI'ye destek olması
- DSI tarafından onaylanan projelerin uygulanabilmesi için; Belediye mücavir alan sınırı içinde bulunan projelerin yer teslimlerinin ilgili belediyeler tarafından ihtilafsız yapılması ve teslim edilmesi, bu alanların dışında ise DSI'ye yer tesliminin Valilik koordinasyonu ile sağlanması
- Taşkın Tesisleri İşletme Tebliğinin uygulanarak, kriterlere uymayan yapıların kaldırılmasıdır [42].

DSİ rasyonel yöntemle göre sel ve taşkın debilerinin hesaplanması konusunda çalışma yapmakta olup bu debilere göre sel ve taşkın sınırları belirlemektedir.

Lin Z v.d. SYM den Japonya'nın kuzeyinde yapmış oldukları çalışmada drenaj yoğunluğu, havzaların konumları ve eğim açısını 10*10 metrelik grid hücreler halinde rastır yapıda elde etmişlerdir [43]. Levy, sel afeti için risk yönetimine destek sistemleri olarak ÇÖKA yöntemi üzerinde durmuş, ÇÖKA'nın sel ve taşkın için kullanımını açıklamıştır [4].

Hansson vd. Bulgaristan'ın Tisza havzası ve Vietnam Kızıl Nehir deltasında yapmış oldukları çalışmada, sel ve taşkın sosyal ve çevresel etkilerini ÇÖKA ile değerlendirmişlerdir. Bu kapsamda oluşturulacak risk haritalarının önemine vurgu yapmışlardır [44].

Meyer'in Almanya'da Mulde şehrinde yapmış olduğu çalışmada, CBS tabanlı ÇÖKA yöntemiyle sel ve taşkın risk analizi yapmıştır. Sel ve taşkın çalışmalarında yapılan

işlemleri aşamalar halinde ortaya koymuştur. ÇÖKA karar analizi aşamasında AHP yöntemini kullanmış ve AHP aşamalarını örnek uygulama ile göstermiştir [28].

Öztürk, Güney Marmara Havza'sında yapmış olduğu çalışmada, UKVA'da II. Düzey Temel Veriler arasında yer alan afet ve risk verilerinin bir bileşeni olan sel ve taşkın duyarlılığının (ÇÖKA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi entegrasyonuna dayalı olarak belirlenmesi için bir model tasarlamış ve Visual Basic dili ile ArcGIS yazılımı ortamı için bir C-ÇÖKA arayüzü geliştirmiştir. Sel ve taşkına etki eden ölçütleri, yükseklik, eğim, bakı, alt havzaların büyüklüğü, akış ve drenaj yoğunluğu olarak belirlemiştir. Ölçütlere ait ağırlıklar, taşkın envanter bilgilerinden elde edilen taşkın sınırı içerisinde kalan ölçütlere ait değerler ve tüm çalışma alanına ait ölçüt değerleri karşılaştırılarak verilmiştir [31].

Turoğlu Vd. sel ve taşkınlara eki eden sebepler, etkiler, önleme ve zarar azaltma önerileri Bartın Çayı Havzası kapsamında değerlendirilmiştir. Sel ve taşkına etki eden faktörleri fiziki ve beşeri faktörler olmak üzere iki sınıfta incelemiş fiziki faktörler olarak; yükseklik eğim, bakı, yağış, sıcaklık, nem, rüzgar, akım özellikleri, kaynaklar, bitki örtüsü özellikleri ve toprak özellikleri, beşeri faktörler olarak; nüfus ve yerleşme özellikleri, ekonomik özellikler ve arazi kullanım özellikleri açıklanmıştır. Çalışmada CBS, uzaktan algılama ve arazi çalışmaları ile sel ve taşkın risk bölgeleri belirlenmiştir [1].

Özdemir Vd. yapmış olduğu çalışmada, Balıkesir ili sınırları içinde bulunan Havran çayı havzasında meydana gelen taşkın ve heyelanlar için CBS ve Uzaktan Algılama yöntemlerinden faydalanılarak risk analizi gerçekleştirilmiştir. Havzaya ait yağış-akış modellemesi SCS-CN yöntemi ve maksimum akım hesabına göre belirlenmiş ve Hec-GeoRAS yazılımı kullanılarak taşkın modelleri haritalanmıştır [45].

T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Planlama ve Zarar Azaltma Dairesi, afet öncesi dönemle ilgili araştırmalar yapmak, illerin afet acil yardım planlarına esas olacak bilgileri hazırlamak, bölgesel ve çevre düzeni planlarının hazırlanması için gerekli bütünleşik afet tehlike haritalarını oluşturmak ve ülkemizde bu konuda yapılacak bilimsel çalışmalara destek olma amaçlı proje yürütülmektedir. Bu kapsamda Kastamonu, Karabük ve Bartın illerinin afet tehlikesinin CBS ortamında lojistik regresyon yöntemiyle belirlenmesiyle ilgili çalışmalar tamamlanmıştır [46].

Özcan v.d, alt Sakarya havzasında yapmış oldukları çalışmada, taşkın risk analizinde hidrolojik modelleme yöntemli ve çok ölçütlü karar verme yöntemi ile elde edilen muhtemel taşkın alanlarını karşılaştırmışlardır. ÇÖKA yönteminde eğim, bakı, jeoloji, arazi kullanımı ve SYM ölçüt olarak seçilerek, karar analizi kısmını AHY ile gerçekleştirmişlerdir. Hidrolojik modelleme yönteminde ise 100 yılda ulaşabilecek muhtemel taşkın alanları hesaplanmıştır [17].

Saral A. , Ayamama deresi havzasında yapmış olduğu çalışmada, ÇÖKA yöntemlerinden AHY ve Bilgi difüzyonu yöntemleri için Taşkın risk analizi için Visual Studio 2005 ortamında VB.MET programlama dili ile arayüz geliştirilmiştir. Çalışmada; eğim özellikleri, bakı özellikleri, yükseklik, jeoloji özellikleri, arazi kullanımı, yağış, hidrolojik toprak grupları, nem içerikleri verileri kullanılarak taşkın risk analizi yapılmıştır [47].

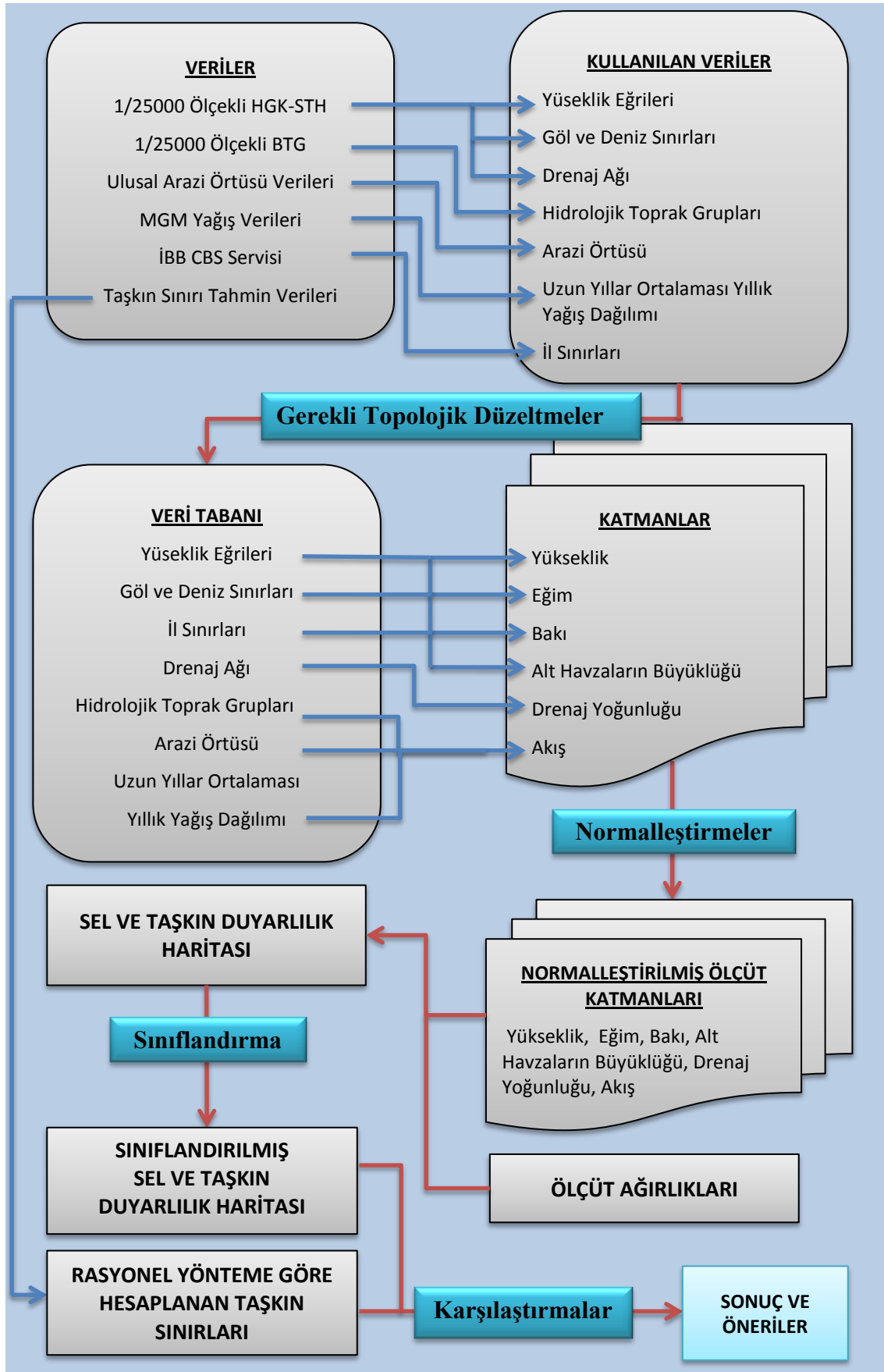
Tekeli v.d. Ankara güvenç havzasında yapmış oldukları çalışmada, CBS ortamında SCS eğrisi yöntemi ile yağış–akış ilişkisini modellemiş ve yıllık akış miktarını tahmin etmişlerdir. Çalışmada, hidrolojik toprak grupları, arazi kullanımı ve arazi örtüsü, toprak sınıfları ve nem değerleri kullanılmıştır [48].

SİSTEM ANALİZİ (VERİ VE YÖNTEM)

3.1 Veri İşlem Modeli

İstanbul Avrupa Yakası için sel ve taşkın duyarlılığının belirlenmesinde CBS tabanlı ÇÖKA yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada sel ve taşkın duyarlılığını belirlemek için kullanılan CBS-ÇÖKA süreci Şekil 3.1’de verilmektedir. Yapılan çalışmalar, kullanılan verilerin teknik özellikleri doğrultusunda, ED50 (European Datum 1950) Datumunda, UTM (Universal Transverse Mercator) 6° projeksiyon sisteminde üretilmiştir. Kullanılan verilerin doğruluğu, çalışma alanının büyüklüğü ve literatür taramaları gözönüne alınarak [31], herhangi bir veri kaybının olmaması ve verilerin birbiri ile uygun bir şekilde CBS ortamında sentezlenebilmesi için, ölçüt katmanlarının 10m piksel büyüklüğünde hazırlanılmasına karar verilmiştir. Piksel büyüklüğünün 10m seçilmesi herhangi bir veri kaybının olmaması için çeşitli alternatifler denenerek belirlenmiştir. CBS ortamında yapılan işlemler, ArcGIS 10.0 yazılımında yapılmıştır.

Sel ve taşkını etkileyen faktörlerin belirlenmesi için diğer çalışmalarda kullanılan ölçütler ile ilgili literatür taramaları yapılmıştır [17, 31, 47, 49, 50, 51, 52]. Literatür taramaları sonucu seçilen ölçütler; yükseklik, eğim, baki, alt havzaların büyüklüğü, drenaj yoğunluğu ve akışdır. Akış ölçütü; hidrolojik toprak grubu, arazi kullanımı ve yağış alt ölçütlerini içermektedir.



Şekil 3. 1 Çalışma İçin Önerilen CBS-ÇÖKA Süreci

3.2 Çalışma Alanı

Türkiye 26 adet hidrolojik havzaya ayrılmıştır. Bu havzaların 4 adeti kapalı havza(suları denize dökülmeyen), 22 adeti açık havzadır(suları denize dökülen). Bu havzalar aşağıdaki çizelgede ve şekilde gösterilmektedir (Çizelge 3.1, Şekil 3.1) [53].

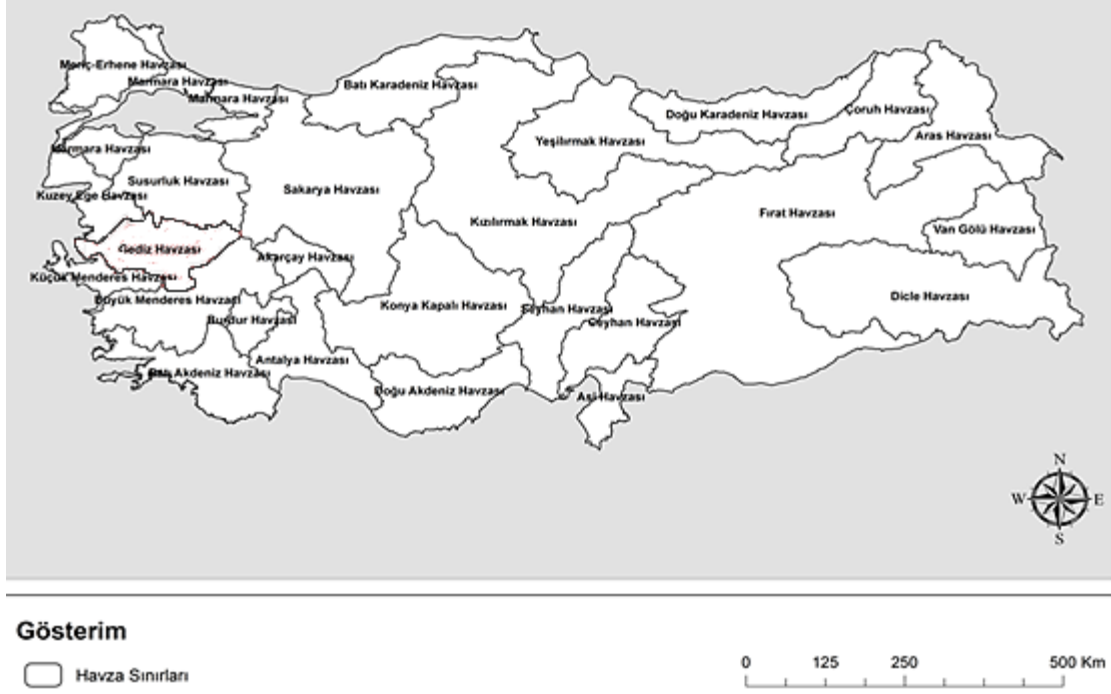
Çizelge 3. 1 Türkiye Açık ve Kapalı Havzaları

Açık Havzalar	
Meriç-Ergene Havzası	Marmara Havzası
Susurluk Havzası	Kuzey Ege Havzası
Gediz Havzası	Küçük Menderes Havzası
Büyük Menderes Havzası	Batı Akdeniz Havzası
Antalya Havzası	Sakarya Havzası
Batı Karadeniz Havzası	Yeşilırmak Havzası
Kızılırmak Havzası	Doğu Akdeniz Havzası
Seyhan Havzası	Asi Havzası
Ceyhan Havzası	Fırat Havzası
Doğu Karadeniz Havzası	Çoruh Havzası
Aras Havzası	Dicle Havzası
Kapalı Havzalar	
Burdur Havzası	Akarçay Havzası
Konya Havzası	Van Gölü Havzası

Çalışma alanı İstanbul Avrupa Yakası sınırları olup, Marmara Havzası içerisinde yer almaktadır. İstanbul Avrupa Yakası Türkiye'nin nüfus yoğunluğu bakımından en büyük ili olan İstanbul İli'nin Avrupa Kıtası içerisinde kalan kısmını içermektedir. 3474,06 Km² kara alanı ve 88,65 Km² göl alanı ile toplam yüzölçümü 3562,71 km²'dir.

İstanbul Bölgesi, kuzeyde Karadeniz, doğuda Kocaeli Sıradağları'nın yüksek tepeleri, güneyde Marmara Denizi ve batıda ise Ergene Havzası'nın su ayırım çizgisi tarafından sınırlanmaktadır. İstanbul Boğazı, Karadeniz ve Marmara Denizi'ni birleştirmekte; Asya Kıtası'yla Avrupa Kıtası'nı birbirinden ayırmakta ve İstanbul kentini de ikiye

bölmektedir. İstanbul'un karasal alanı doğu ve güneydoğudan Kocaeli'nin Karamürsel, Gebze, Merkez ve Kandira ilçeleri; batı ve kuzeybatıdan Tekirdağ'ın Çorlu, Çerkezköy ve Saray ilçeleri topraklarıyla çevrilidir[54, 55].



Şekil 3. 2 Türkiye Hidrolojik Havza Sınırları [53]



Şekil 3. 3 Çalışma Alanı

Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) hazırlamış olduğu 2010 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) Nüfus Sayımı Sonuçlarına göre yaklaşık 4.684.311 kişi İstanbul Avrupa Yakası'nda ikamet etmektedir [54].

22 Mart 2008 Tarihli ve 26824 Sayılı Resmî Gazetede yayınlanan "Büyükşehir Belediyesi Sınırları İçerisinde İlçe Kurulması ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkındaki Kanun" çerçevesindeki değişimlerle birlikte İstanbul Avrupa Yakası sınırları içerisinde Eyüp, Gaziosmanpaşa Çatalca, Fatih, Zeytinburnu, Bakırköy, Büyükçekmece, Silivri, Beyoğlu, Beşiktaş, Sarıyer, Bahçelievler, Bağcılar, Güngören, Esenler, Bayrampaşa, Kâğıthane, Şişli, Sultangazi, Beylikdüzü, Esenyurt, Arnavutköy, Avcılar, Küçükçekmece ve Başakşehir isimleriyle 25 adet ilçe bulunmaktadır.

İstanbul Avrupa Yakasına ait sağlıklı ve güncel sınır verileri İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) CBS servislerinden elde edilebilmektedir.

3.3 Ölçütler için Belirlenen İlkeler ve Veri İşleme Akışı

3.3.1 Yükseklik

Yükseklik verilerinin dijital gösterimi SYM olarak isimlendirilmektedir. SYM'den havza topoğrafik verilerinin otomatik olarak elde edilmesi topoğrafik haritalara uygulanan klasik yöntemlere göre daha hızlı, daha az sübjektif ve daha fazla çoğaltılabilir ölçümler sağlamaktadır[56, 57].

En genel SYM veri yapısı raster ve grid yapısındadır. Bu, normalde iki boyutlu düzende, ortalama hücre yüksekliğinin depolandığı kare biçimli grid hücreleri matrisini içermektedir. Coğrafi olarak bir hücrenin yeri, matris içindeki hücrelerin satır ve sütunlarındaki yeri olarak ifade edilir. Grid SYM'lerinin geniş kullanım alanları vardır. Çünkü SYM'nin kullanımı, işlenmesi kolaydır ve hesaplamalar daha etkindir [56, 58].

SYM'nin oluşturulabilmesi için ArcGIS 10.0 yazılımında bir çok enterpolasyon yöntemi bulunmaktadır. Çalışmada, "Topo to Raster" yöntemi ile ve yükseklik verisi, sınır verisi ve göl sınırlarına ait veriler kullanılacaktır. Bunun nedeni, bu yöntemde enterpolasyonun topolojik yüzey de dikkate alınarak yapılmasıdır. Bu yöntemle

oluşturulacak SYM, drenaj yapısına bağlı bir yüzey oluşturmakta ve yükseklik eğrileri girdi verilerinden, sırtlar ve akarsuların doğru temsil edilmektedir [59].

Yükseklik verileri, CBS ortamında diğer ölçütlerle sentezlenebilmesi için, önceden belirlenen 10m piksel büyüklüğüne sahip Grid veri kullanılacağından, yeterli hassasiyete sahip, ED50 Datumunda, UTM 6° projeksiyon sisteminde olmalıdır. Ayrıca yapılacak işlemler, CBS ortamında (ArcGIS 10.0 yazılımı) yapılacağından, kullanılacak veri, kullanılacak yazılımla uyumlu bir formatta olmalıdır.

Çalışma alanı için SYM oluşturabilmek için kullanılabilecek veriler ve çeşitli özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3. 2 SYM oluşturmak için kullanılabilecek veriler ve özellikleri

Veri	SYM	SYM	SYM	SYM	SYM	Yükseklik eğrisi vb vektör	Yükseklik eğrisi vb vektör
Dijital Tür	GRID	GRID	GRID	GRID	ASCII	E00	dgn
Türü	Sayısal Yüzey modeli (bina vb dahil)	Sayısal Yüzey modeli (bina vb dahil)	SYM-DTED1	SYM-DTED2	SYM	Sayısal EYE	Sayısal EYE
Piksel büyüklüğü (m)	30*30	30*30	90*90	30*30	3	-	-
Toplanma Yöntemi	Uzaktan Algılama	Uzaktan Algılama	Fotogrametri	Fotogrametri	Fotogrametri	Fotogrametri	Fotogrametri
Kaynak	Aster Uydu Görüntüleri-GDEM	Space Shuttle Endeavor C-band and X-band	1/250000 ölçekli STH yükseklik katmanından türetilmiş	1/25000 ölçekli STH yükseklik katmanından türetilmiş	1/1000 ölçekli halihazır harita	1/25000 ölçekli STH yükseklik katmanından türetilmiş	1/1000 ölçekli halihazır harita
İşlenme yöntemi	Otomatik eşleştirme, Interpolasyon yöntemi	Otomatik eşleştirme, Interpolasyon yöntemi	Stereo olarak sayısallaştırılmış eş yükseklik eğrilerinin enterpolasyonu	Stereo olarak sayısallaştırılmış eş yükseklik eğrilerinin enterpolasyonu	Stereo olarak sayısallaştırılmış verilerin enterpolasyonu	Stereo olarak sayısallaştırılmış eş yükseklik eğrileri vbn enterpolasyonu	Stereo olarak sayısallaştırılma
Doğruluk	Konum: 30m	Konum:20m	Konum:50m	Konum:26m	Konum: 30cm	Konum: 5m	Konum: 30cm
Yükseklik	Yükseklik: 10-25m	Yükseklik:10m	Yükseklik:30m	Yükseklik:20m	Yükseklik:45cm	Yükseklik: 2.5m	Yükseklik:45cm
Jeoit	EGM96	EGM96	Tg99	Tg99	Tg99	Tg99	Tg99
Elipsoit	WGS84	WGS84	WGS84	WGS84	ITRF	HAYford	ITRF
Datum	WGS84	WGS84	WGS84	WGS84	ITRF 2000	ED50	ITRF 2000
Koordinat Sistemi	UTM 6°	UTM 6°	Coğrafi	Coğrafi	UTM 3°	UTM 6°	UTM 3°
Tarih	2009			Üretimi Devam Etmektedir	2008		2008
Kurum	NASA	NASA	HGK	HGK	İBB	HGK	İBB
Erişebilirlik	Internet	Internet	Başvuru	Başvuru	Başvuru	Başvuru	Başvuru

Tabloya bakıldığında, kullanılacak koordinat sistemi, piksel büyüklüğü, yükseklik ve konum doğruluğu ve ArcGIS uyumlu format gözönünde bulundurulduğunda, Harita Genel Komutanlığı (HGK)'nın hazırlamış olduğu 1/25000 ölçekli Standart Topografik Harita (STH), yükseklik katmanının oluşturulmasında uygun bulunmuştur.

- 1/25000 Ölçekli HGK-STH Temel Özellikleri

Projeksiyon: UTM

Datum : ED50

Birim : METRE

Elipsoit: INTERNATIONAL1909 (Hayford)

UTM zone: 35 N (6 derecelik)

Format: ESRI export (*.e00)

- 1/25000 Ölçekli HGK-STH İçeriği

Vektör haritalarda, detayları en üst grup olarak sınıflar temsil eder. Veriler üzerinde yapılan işlemler, detayların çeşitli sınıflara ayrılması ve bu sınıflar içinde işlem görmesi esasına dayanır. HGK'nda yapılan çalışmalarda 9 sınıf kullanılmıştır. Bu sınıflandırmada; detay benzerlikleri, öznitelikleri ve kartografik özellikler dikkate alınmıştır. Bu sınıflar Çizelge 3.3'de gösterilmiştir [60].

Çizelge 3. 3 HGK-STH Detay Sınıfları [60]

SINIF	ADI	AÇIKLAMA	KISALTMA
Boundary	Sınırlar	Sınırlar ile ilgili detaylar	bnd
Elevation	Yükseklik	Yükseklik ile ilgili detaylar	ele
Hydrography	Hidrografya	Hidrografya ile ilgili detaylar	hyd
Industry	Endüstri	Endüstri ile ilgili detaylar	ind
Physography	Fizyografya	Fizyografya ile ilgili detaylar	phy
Population	Yerleşim	Yerleşim ile ilgili detaylar	pop
Transportation	Ulaşım	Ulaşım ile ilgili detaylar	tra
Utilities	Tesisler	Tesisler ile ilgili detaylar	uti
Vegetation	Bitki	Bitki örtüsü ile ilgili detaylar	veg

HGK-STH dijital verisi içerisinde, 28 adet katman bulunmaktadır. Bu katmanlar, detaylara ait hem grafik verileri (koordinatları) hem de grafik olmayan verileri

(öznitelikleri) içermektedir. Her bir katman içinde farklı detay tipleri yer alabilir. Ancak genel yaklaşım ve buna uygun olarak kurulan yapı, katman içerisinde yer alan detayların aynı tipte (nokta, çizgi, poligon) olmasıdır. Örneğin; hidrografyaya ait tüm detay tipleri nokta, çizgi ve poligonlar (yani çeşme, pınar, dere, kanal, göl ve barajlar) aynı katmanda bulunmaz. Bunun yerine, nokta detaylar (Çeşme, pınar, vb.) ayrı bir katmanda, çizgiler (Dere, kanal, vb.) ayrı bir katmanda ve yine poligon tipinde detaylar (Baraj, göl, vb.) ayrı bir katmanda bulunurlar [60]. HGK-STH içerisindeki katmanlar Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3. 4 HGK-STH Katman İsimleri ve Açıklamaları [60]

Sıra	Katman	Açıklama
1	bnd_a	Sınırlara ait alan detaylar
2	bnd_l	Sınırlara ait çizgi detaylar
3	bnd_p	Sınırlara ait nokta detaylar
4	ele_a	Yüksekliğe ait alan detaylar
5	ele_l	Yüksekliğe ait çizgi detaylar
6	ele_p	Yüksekliğe ait nokta detaylar
7	hyd_a	Hidrografyaya ait alan detaylar
8	hyd_l	Hidrografyaya ait çizgi detaylar
9	hyd_p	Hidrografyaya ait nokta detaylar
10	ind_a	Endüstriye ait alan detaylar
11	ind_l	Endüstriye ait çizgi detaylar
12	ind_p	Endüstriye ait nokta detaylar
13	phy_a	Fizyografyaya ait alan detaylar
14	phy_l	Fizyografyaya ait çizgi detaylar
15	phy_p	Fizyografyaya ait nokta detaylar
16	pop_a	Yerleşime ait alan detaylar
17	pop_l	Yerleşime ait çizgi detaylar
18	pop_p	Yerleşime ait nokta detaylar
19	tra_a	Ulaşımaya ait alan detaylar
20	tra_l	Ulaşımaya ait çizgi detaylar
21	tra_p	Ulaşımaya ait nokta detaylar
22	uti_a	Tesislere ait alan detaylar
23	uti_l	Tesislere ait çizgi detaylar
24	uti_p	Tesislere ait nokta detaylar
25	veg_a	Bitki örtüsüne ait alan detaylar
26	veg_l	Bitki örtüsüne ait çizgi detaylar
27	veg_p	Bitki örtüsüne ait nokta detaylar
28	Yazı	Harita içerisindeki yazılar

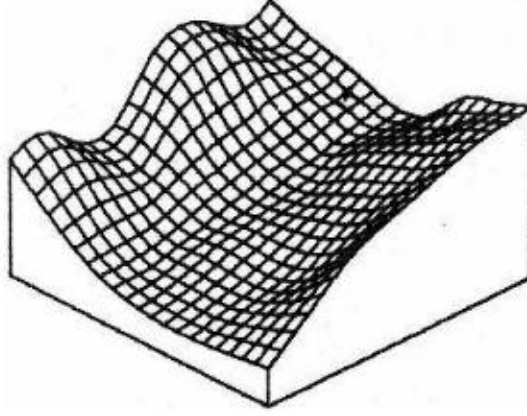
HGK-STH verilerinin öznitelikler çizelge 3.5’de verilmektedir.[60].

Çizelge 3. 5 HGK-STH Öznitelikler ve Açıklamaları [60]

Öznitelik Adı	Açıklama
AREA	Alan detaylar için geçerlidir. Projeksiyon sisteminde kullanılan birim cinsinden alanı ifade eder.
PERIMETER	Alan detaylar için geçerlidir. Projeksiyon sisteminde kullanılan birim cinsinden detayın çevresini ifade eder.
F_CODE	Detaylara ait kartografik koddur. Detay öznitelik kodlama kataloğu (FACC)’den alınan ilk beş karakter üzerine iki rakam eklenerek oluşturulur. Büyük harflerle ifade edilir. İlk iki karakteri harf, son beş karakteri rakamdır. Aynı F_CODE özniteliğine sahip iki detay olamaz.
F_NAME	Detay ismini tutan özniteliktir. Büyük harflerle ifade edilir. Aynı F_NAME özniteliğine sahip farklı F_CODE öznitelikli detaylar olabilir ama bunlar aynı tipte veya aynı katman içerisinde olamaz. Bu öznitelik içerisinde sadece _ , (,), / , \ ve . karakterleri kullanılabilir.
SYMBOL	Detayların gösterimi için gerekli olan sembol numaralarını tanımlayan özniteliktir. Sayı tipindedir. 0 ila 999 arasındaki bir rakam olabilir. 0 (sıfır) olması, o detayın var olduğu halde, ekranda veya çizim dosyasında görülmemesini sağlar.
P_NAME	Detayların özel adıdır. Büyük veya küçük harfler veya kısaltmalarla ifade edilebilir. Detayın genel adı değil, onu belirleyici bir addır. Bu haneye <i>Eğitim Kurumu</i> gibi bir değer girişi yapılamaz. Çünkü bu isimde bir detay vardır. Ama eğer detay harita üzerinde Hasan Bey İlköğretim Okulu olarak yer alıyorsa, bu değer P_NAME özniteliğine atanmış olmalıdır.
ANGLE	Yalnızca nokta detaylar için geçerli ve yalnızca belirli bir açı ile toplanması gereken nokta detaylara ait bir özniteliktir. Noktanın dönüklük açısı derece cinsinden ifade edilir. Katman içerisinde \$ANGLE gizli özniteliğinde ifade edilir.
SCALE	Yalnızca nokta detaylar için geçerli bir özniteliktir. Haritanın nefaseti açısından, nokta detayların Özel İşaretler Yönergesinde belirtilen büyüklüklerinden farklı büyüklüklerde toplanması gerektiğinde kullanılır. Katman içerisinde \$SCALE gizli özniteliği ile ifade edilir.

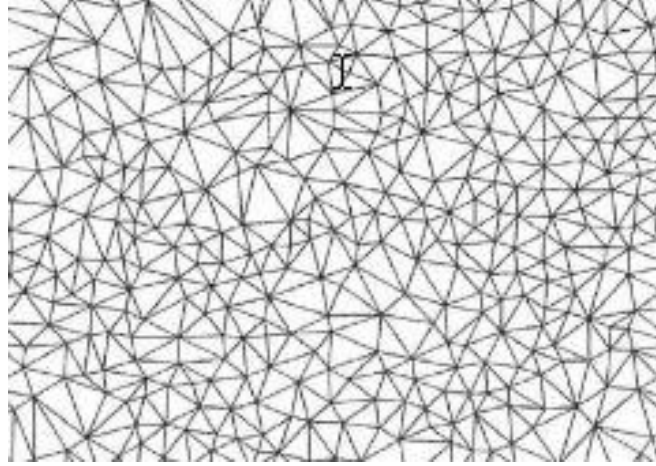
3.3.1.1 SYM’nin Oluşturulması

Günümüzde SYM’nin depolanması için raster ve üçgenleme olmak üzere iki yöntemin kullanımından bahsetmek mümkündür [61]. Raster yönteminde arazi üzerine karesel bir grid sistemi kurulur ve dayanak noktaları enterpole edilerek hücrelerin yükseklikleri hesaplanır (Şekil 3.4) [61].



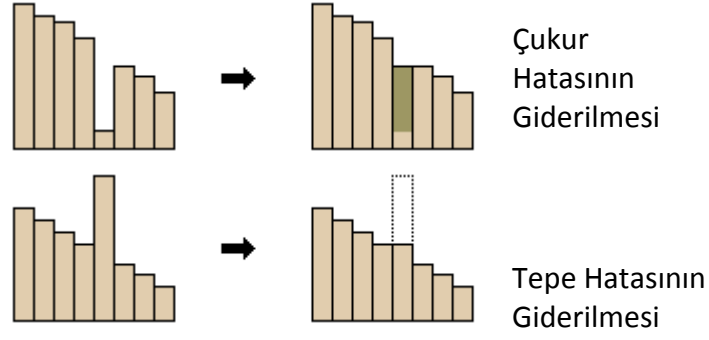
Şekil 3. 4 Raster SYM[61]

Üçgenleme yönteminde ise arazi düzlem üçgenlerden oluşan düzensiz üçgen ağı (TIN) çok yüzlü bir yüzeyle kaplanır (Şekil 3.5) [54].



Şekil 3. 5 Düzensiz Üçgen Ağı(TIN) SYM [61]

SYM’de tepe ve çukur hataları, verinin çözünürlüğü ve tamsayıya yuvarlama hatalarından kaynaklanmaktadır. Herhangi bir yüzeyde hidroloji analizi yapmadan tepe ve çukur hatalarının giderilmesi önemlidir. Tepe ve çukur hatalarının giderilmesi için Fill fonksiyonu kullanılır. Bu fonksiyon SYM üzerindeki tek piksel halinde çukur ve tepeleri komşularından yararlanarak düzeltmek için kullanılır. Bazı tepe ve çukurlar doğal oluşumlar olabilir ama belirli eşik değerden sonraki tepe ve çukur oluşumları olağan değildir [55, 56] (Şekil 3.6).



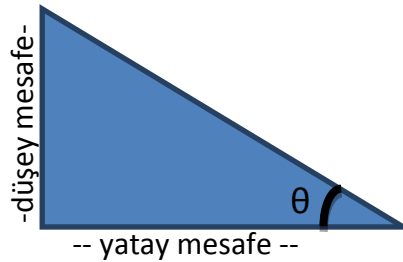
Şekil 3. 6 ArcGIS'te tepe ve çukur hatalarının giderilmesi

3.3.2 Eğim

Eğim değerlerinin bulunabilmesi için SYM ya da TIN kullanılır. Eğimin SYM üzerinden raster formatta üretilmesi yüzde ve derece cinsinden iki şekilde olabilir. Derece cinsinden eğim, düşey mesafenin yatay mesafeye oranının tanjant açısıyla ifadesidir. Yüzde cinsinden eğim ise, yüksekliğin yatay mesafeye oranının yüzde olarak ifadesidir [62].

$$Eğim\ Açısı = \theta \quad \tan \theta = \frac{\text{düşey mesafe}}{\text{yatay mesafe}} \quad (3.1)$$

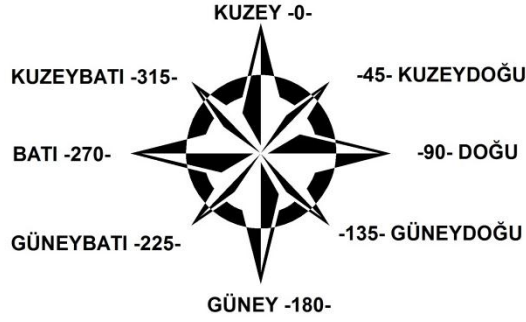
$$Eğim\ (yüzde\ cinsinden) = \frac{\text{düşey mesafe}}{\text{yatay mesafe}} * 100 \quad (3.2)$$



Şekil 3. 7 Eğimin yüzde ve derece cinsinden oluşturulması

3.3.3 Bakı

Bakı yüzeyin kuzeyle yaptığı coğrafik açı değeridir. Başka bir ifade ile 0'dan 360'a kadar sıralanan pusula yönleridir. Buna göre 0° kuzeyi, 90° doğu, 180° güney ve 270° batıyı temsil eder. Eğim derecesi 0 olan düz alanlar -1 değeri ile temsil edilir [62] (Şekil 3.8).



Şekil 3. 8 Bakı değerlerinin temsil ettiği yönler

Buna göre yönlerin bakı değerleri aralıkları Çizelge 3.6’da verilmektedir.

Çizelge 3. 6 Bakı değerleri aralıkları ve temsil ettiği yönler

Bakı Değerleri	Yönler
-1.0	Düz Alanlar
0.0 ° - 22.5 °	Kuzey
22.5 ° - 67.5 °	Kuzeydoğu
67.5 ° - 112.5 °	Doğu
112.5 ° - 157.5 °	Güneydoğu
157.5 ° - 202.5 °	Güney
202.5 ° - 247.5 °	Güneybatı
247.5 ° - 292.5 °	Batı
292.5 ° - 337.5 °	Kuzeybatı
337.5 ° - 360.0 °	Kuzey

3.3.4 Drenaj Yoğunluğu

Drenaj yoğunluğunun belirlenebilmesi için, öncelikle drenaj ağının belirlenmesi gerekmektedir. Bir alan içerisinde bulunan doğal veya insan yapısı drenaj kanallarının düzenleniş şekline drenaj ağı denir. Yerüstü su kaynakları akarsular, çaylar, dereler, ırmaklar ve nehirler gibi hareketli su sistemlerini kapsamaktadır [64].

Drenaj ağı nehir, çay, dere, kuru dere ve büyük drenaj kanallarına ait detayların sayısal olarak elde edilmesi yoluyla, ya da SYM’nin işlenmesi yoluyla elde edilebilir. Drenaj ağı 1/25000 ölçekli HGK-STH sayısal haritalarının, hidrografyaya ait detaylarından ve SYM üzerinden elde edilebilir. Ancak SYM üzerinden otomatik olarak bulunan drenaj ağları insan müdahaleleri sonucu değişebilmektedir.



Şekil 3. 9 Drenaj ağı [65]

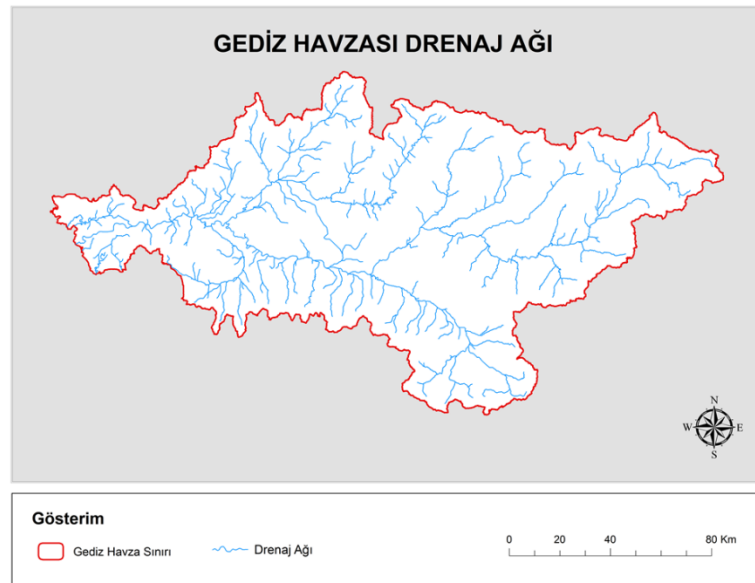
Drenaj yoğunluğu, birim alana düşen akarsu uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Drenaj yoğunluğu, su toplama havzasındaki drenaj ağı kollarının uzunluğunun, havzanın alanına bölümünden elde edilir [66].

$$D_d = \frac{\sum L_u}{A} \quad (3.3)$$

A : Havza alanı

D_d : Havza drenaj yoğunluğu

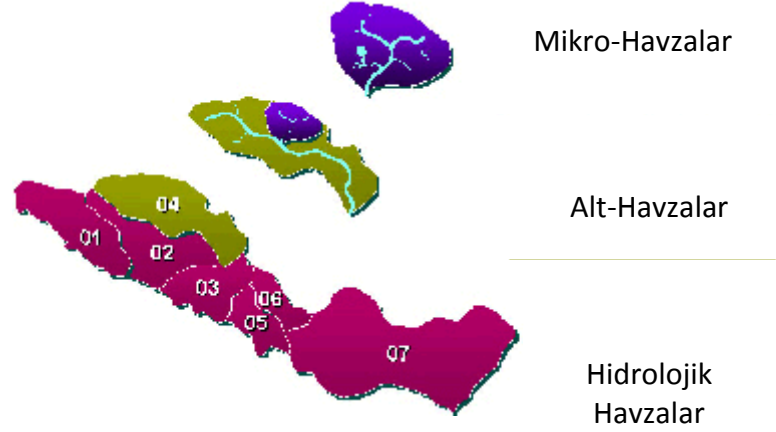
L_u : Toplam akarsu uzunluğu



Şekil 3. 10 Örnek bir drenaj ağı ve drenaj havzası [64]

3.3.5 Alt Havzaların Büyüklüğü

Drenaj ağının her bir ayrılan kolu ile sınırlanmış, üzerine düşen yağış sularının yer altı ve yüzeysel olarak ana kola ulaştığı, içbükey topoğrafik yapıya sahip arazi parçasına mikro havza denir. Su akış yönleri ve drenaj ağı parçaları yardımıyla sınırları belirlenen mikro havzaların bütününe ise alt havza denmektedir [67].



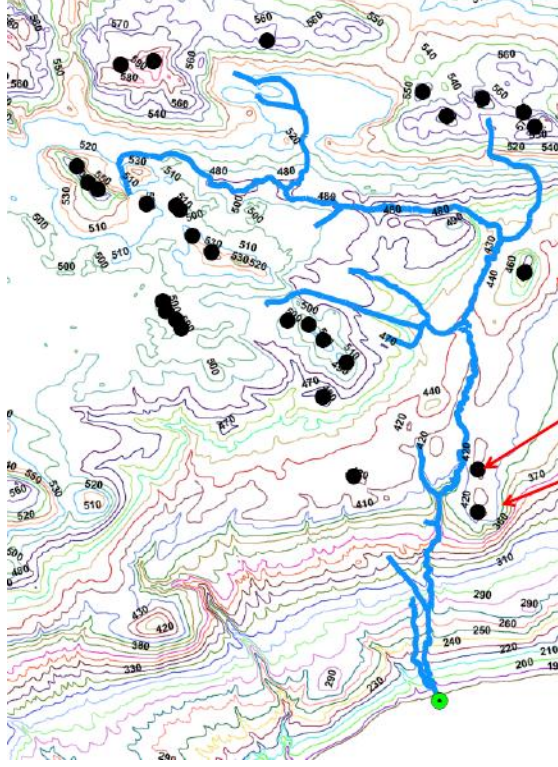
Şekil 3. 11 Büyüklüklerine göre değişen havza çeşitleri [56]

Alt havza sınırları, çizerek ya da otomatik olarak üretilebilir. Çizerek olarak yapılan alt havza oluşturma çalışmalarında, suyun yükseklik eğrilerine dik bir şekilde akması kuralı uygulanır (Şekil 3.12).



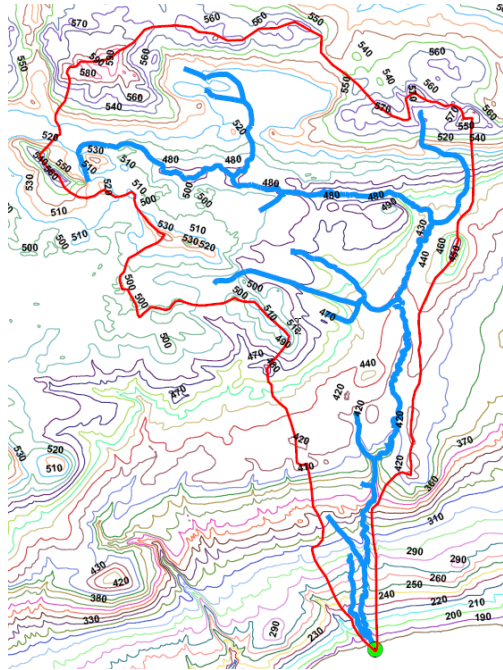
Şekil 3. 12 Akışın yükseklik eğrilerine dik olması [67]

Bu kuraldan yola çıkarak öncelikle nehir ya da göl etrafındaki tepe noktaları belirlenir.



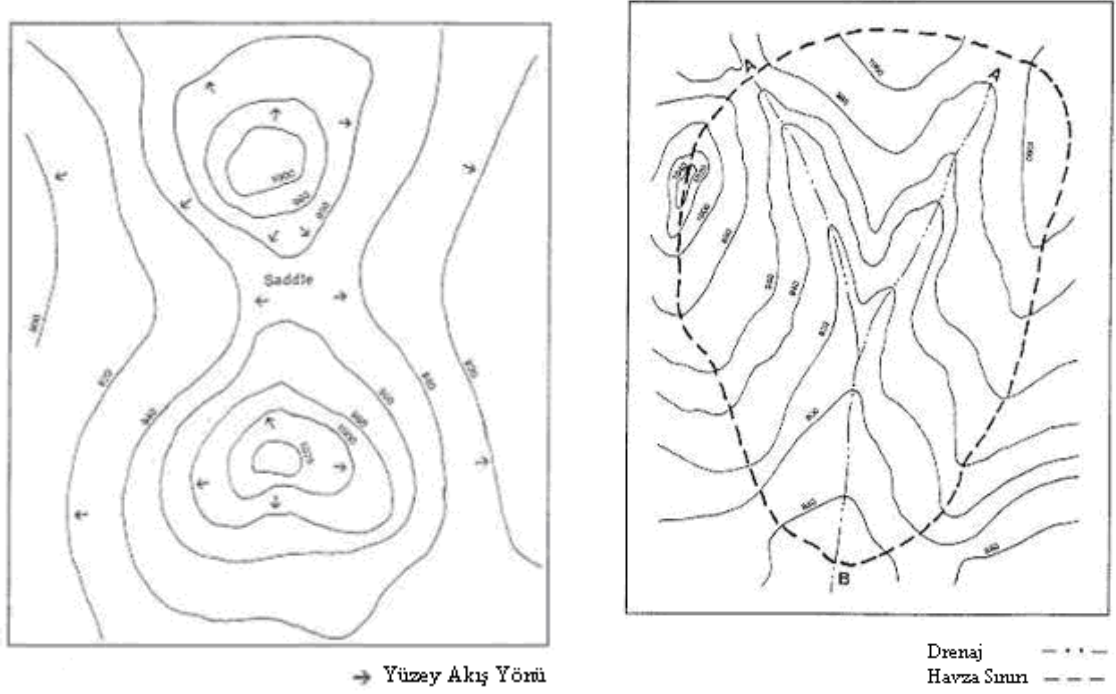
Şekil 3. 13 Tepe noktalarının belirlenmesi [68]

Tepe noktaları işaretlendikten sonra, bu noktalar birleştirilerek sırtlar oluşturulur. Oluşan sırtlar, havza sınırlarını belirler (Şekil 3. 14).



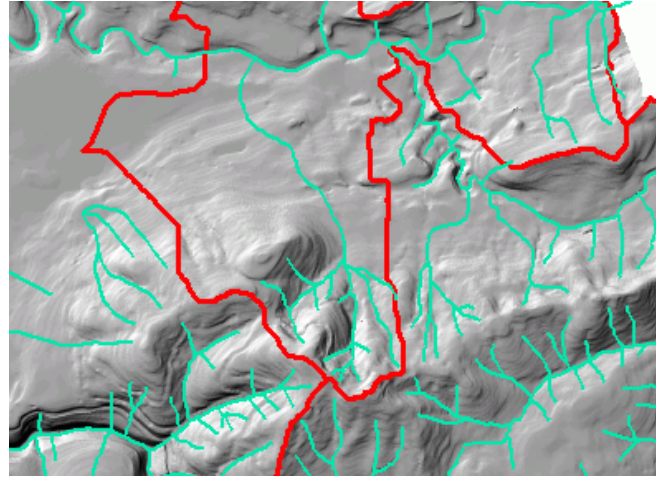
Şekil 3. 14 Tepe noktalarından sırtların oluşturulması [68]

Su, aşağı yönde akarak önce daha büyük sulara daha sonra da denize ulaşır. Bu kurala göre, bir havzada her bir akarsu kolunun drenaj alanı ayrı ayrı belirlenebilir (Şekil 3.15). Ayrıca su yolu üzerindeki herhangi bir noktanın da drenaj alanı belirlenebilir [31,69].



Şekil 3. 15 Alt havzaların belirlenmesi [31, 69]

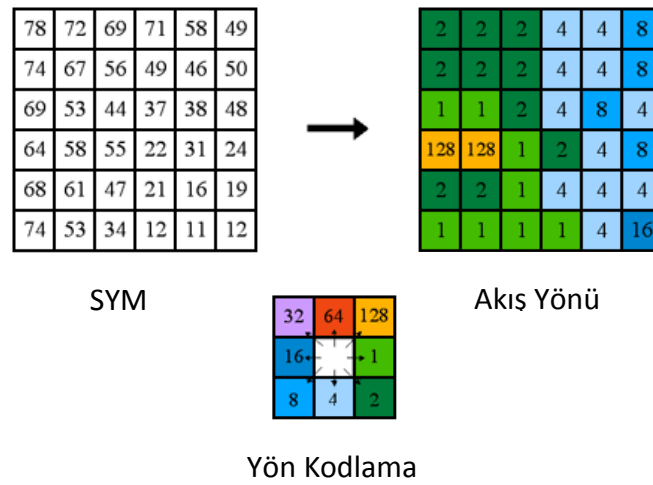
Gölgeyi rölyef üzerinden drenaj ağı gözönünde bulundurularak, alt havzalar görsel olarak oluşturulabilir (Şekil 3.16)[63].



Şekil 3. 16 Gölgeyi rölyef üzerinden alt havzaların belirlenmesi [70]

Alt havza sınırlarının otomatik olarak hesaplanabilmesi için kullanılacak yazılımda akış yönü verisi gereklidir. Akış yönü hücrelerde su olduğu düşünülürse, bu suyun ilgili

hücreden akış istikametini gösteren bir veridir. Akış yönleri, SYM'ye bağlı olarak hesaplanır. Hücrede akış, yükseklik değeri kendi değerinden düşük olan komşu hücrelerden sadece birine doğru olabilmektedir. Akış istikameti, her hücrenin kendisine komşu en dik eğimli olan hücresi yönündedir. Her bir hücre için komşu 8 yön vardır. Bu yönler için kod değerleri tanımlanmıştır. Bu kodlar, akış yönünü ifade eden değerleri olup komşu pikseller, 1 (Doğu), 2 (Güneydoğu), 4(Güney), 8 (Güneybatı), 16 (Batı), 32 (Kuzeybatı), 64 (Kuzey), 128 (Kuzeydoğu) akış yönlerini göstermektedir (Şekil 3.17)[62, 71].



Şekil 3. 17 Bakı değerlerinin temsil ettiği yönler [72]

Alt havzaların otomatik olarak belirlenmesi aşamasında sıkça karşılaşılan problem kıyı alanlarında çok fazla sayıda alt havzanın oluşmasıdır. Bu durumda bu havzalar en yakınındaki temel havzaya birleştirilmeye çalışılır. Ancak bu küçük havzalar birleştirildikleri havza içerisinde drene olmazlar [31].

3.3.6 Akış

Akarsulara ait akım verileri, üzerlerinde bulunan akarsu gözlem istasyonlarından elde edilmektedir. Bu veriler, akarsuyun akımında yıl içinde meydana gelen değişimlerin sayısal olarak anlaşılmasına yardımcı olur. Ayrıca akarsuların yıl içindeki maksimum akım değerleri, sel ve taşkın sıklık analizlerinde önemli bir parametre olup, sel ve taşkın çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır. Ölçümü yapılamayan akarsuların akım verileri ise bir takım modellerle sağlanabilmektedir [73]. Yağış-akış modeli olarak adlandırılan, bu

modellerden biri olan SDA tarafından geliştirilen SCS-CN ampirik modelidir [73, 74]. SCS (ABD Toprak Koruma Servisi) akış modeli için kullanılan formüller [75];

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (3.4)$$

$$I_a = 0.2S \quad (3.5)$$

Formüldeki Q= yüzey akış miktarı (mm), P= Yağış miktarı(mm), S=Toprak tarafından tutulan su miktarıdır(mm). Formülde yer alan I_a değeri için genel olarak kullanılan $I_a = 0.2S$ formülü yerine konduğunda ise ortaya çıkan yeni formül şu şekilde olmaktadır;

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (3.6)$$

Su tutma potansiyelini ifade eden S değeri;

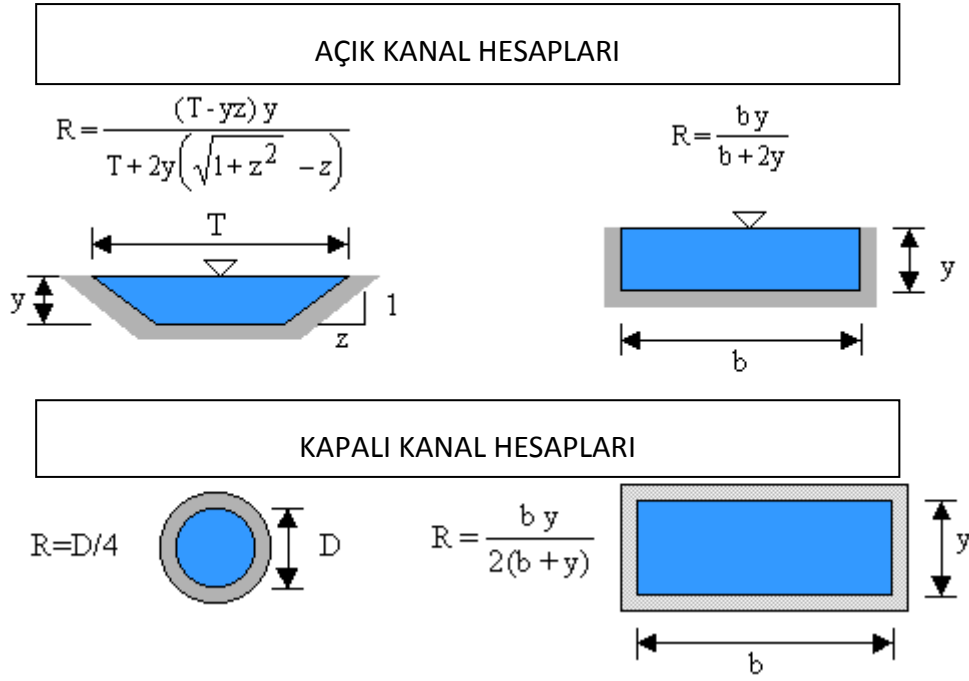
$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3.7)$$

Formüllerde geçen P=yağış miktarı değeri yağış verilerinden, yüzey Akış eğri Numarası=CN(eğri numarası) değeri de hidrolojik toprak grupları ve arazi örtüsü bilgilerinden elde edilir.

Yüzey akış eğri numarası hesaplarında, sabir bir akışa göre açık ve kapalı kanalların su taşıma potansiyeli hesapları kullanılmaktadır [75]. Bu hesaplamalar Şekil 3.18’de verilmektedir.

Çizelge 3. 7 Hidrolojik Toprak Gruplarına Göre Yüzey Akış Eğri Numaraları [74,75]

Arazi Örtüsü	Açıklamalar	Ortalama Geçirimsiz Alan (%)	Hidrolojik Toprak Gruplarına Göre Eğri Numarası			
			A	B	C	D
Yerleşim (Yüksek yoğunluklu)	Çoklu-Aile, Apartmanlar, Daireler, Karavan Kampı	65	77	85	90	92
Yerleşim (Orta yoğunluklu)	Tek-Aile – Yoğun	30	57	72	81	86
Yerleşim (Düşük yoğunluklu)	Tek-Aile - Düşük	15	48	66	78	83
Ticari alanlar	Perakendeciler, Alışveriş Merkezleri ,Ticari Bölgeler	85	89	92	94	95
Endüstriyel alanlar	Aritma Tesisleri, Okullar, Hafif Sanayi Alanları	72	81	88	91	93
Geçici , Bozulmuş Alanlar	Gelişme Sahaları, Taş ocağı, Çakıllı Bölgeler	5	76	85	89	91
Zirai Alanlar	Ekili Araziler, Bakliyat Ürünleri, Bitkiler	5	67	77	83	87
Açık alanlar	Parklar, golf sahaları, çim saha, mezarlıklar	5	39	61	74	80
Çayır	Mera, Çayır, Otlak,	5	30	58	71	78
Orman (Sık)	Karışık Orman, Fundalık ve toprak kombinasyonu	5	30	55	70	77
Orman (Seyrek)	Koruluk, Ağaç ve çim kombinasyonu	5	43	65	76	82
Geçirimsiz Alanlar	Kaplamalı Otopark, Alışveriş Merkezleri, Yollar	98	98	98	98	98
Sulak alanlar	Su Oluşumu, Göller, Havuzlar, Sulak Alanlar	100	100	100	100	100



Şekil 3. 18 Açık ve Kapalı Kanal Hesapları [76]

3.3.6.1 Hidrolojik Toprak Grupları

Ülkemizde, hidrolojik toprak grupları Tarım Reformu Genel Müdürlüğü (TRGM) eski adıyla Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM)'nin hazırlamış olduğu, 1/25000 ölçekli ulusal toprak veri tabanı içerisindeki büyük toprak grupları ve toprak özellikleri kombinasyonundan elde edilmektedir. Büyük toprak grupları verisi içerisinde bulunan öznitelikler ve sembolleri Çizelge 3.8'de verilmektedir.

Hidrolojik toprak gruplarının bulunabilmesi için büyük toprak grubu ve toprak özelliklerinin kombinasyonunun incelenmesi gerekmektedir (Çizelge 3.9).

Çizelge 3. 8 Büyük Toprak Grupları ve Sembolleri [77]

Sembol	Büyük Toprak Grubu
P	Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar
G	Gri Kahverengi Podzolik Topraklar
M	Kahverengi Orman Toprakları
N	Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar
CE	Kestanerengi Topraklar
D	Kırmızımsı Kestanerengi Topraklar
T	Kırmızı Akdeniz Toprakları
E	Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları
B	Kahverengi Topraklar
U	Kireçsiz Kahverengi Topraklar
F	Kırmızımsı Kahverengi Topraklar
R	Rendzinalar
V	Vertisoller
Z	Sierozemler
L	Regosoller
X	Bazaltik Topraklar
Y	Yüksek Dağ Çayır Topraklar
A	Alüvyal Topraklar
H	Hidromorfik Topraklar
S	Alüvyal Sahil Topraklar
K	Kolüvyal Topraklar
C	Tuzlu-Alkali ve Tuzlu-Alkali Karışığı Toprakları
O	Organik Topraklar

Çizelge 3. 9 Büyük Toprak Grubu ve Toprak Özellikleri Kombinasyonu [77]

BTG_EDK Kombinasyonu							
Büyük Toprak Grubu (BTG)		Eğim – Derinlik Kombinasyonu (EDK)					
SEMBOL	Anlamı	Eğim %	Derinlik (cm)				
			Derin 90+	Orta Derin 90-50	Sığ 50-20	Çok Sığ 20-0	Litozolik
P G M N CE D T E B U F R V Z L X Y	Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar	A 0 – 2	1	2	3	4	25
	Gri Kahverengi Podzolik Topraklar	B 2 – 6	5	6	7	8	26
	Kahverengi Orman Toprakları						
	Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	C 6 – 12	9	10	11	12	27
	Kestanerengi Topraklar						
	Kırmızımsı Kestanerengi Topraklar	D 12 – 20	13	14	15	16	28
	Kırmızı Akdeniz Toprakları						
	Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları	E 20 – 30	17	18	19	20	29
	Kahverengi Topraklar						
	Kireçsiz Kahverengi Topraklar	F 30 +	21	22	23	24	30
	Kırmızımsı Kahverengi Topraklar						
	Rendzinalar						
	Vertisoller						
	Sierozemler						
	Regosoller						
	Bazaltik Topraklar						
	Yüksek Dağ Çayır Toprakları						

Büyük toprak grupları ve toprak özellikleri kombinasyonu tabloları çizelge 3.10'daki kombinasyonlar incelenerek hidrolojik toprak grupları oluşturulur.

Çizelge 3. 10 Büyük toprak grupları ve toprak özelliklerinin kombinasyonuna göre hidrolojik toprak grupları [78, 31]

Hidrolojik Toprak Grubu	Büyük Toprak Grubu	Arazi Tipi	Toprak Özelliklerinin Kombinasyonu
A	L		1-11, 13-15, 17-19, 21, 22
	A		3, 6, 9, 10
	E, T		1-16
	O		m, p , r ya da bunlarla birlikte h, s, a, k, v sembollerinden biri ya da daha fazlası ile
		KK, SK, IY	
B	P, G		1, 2, 5, 6, 9, 10
	C, D, M, N		1-10
	E, T		17-24
	B, F, R, Y		1-8
	U		1, 2, 3
	L		12, 16, 20, 24
	X		1-4
	K		4-6, 13-15, 22-24
	A		3, 6, 9, 10 ile h, s, a, k, v sembollerinden biri ya da daha fazlası ile
C	P, G		3, 4, 7, 8, 11-22
	C, D, M, N		11-18
	B, F		9-23
	U		4-21
	R		9-21
	L, E, T		25
	Y		9-25
	X		5-20
	K		1-3, 10-12, 19-32

Minimum İnfiltrasyon Derecesi: 0-0,8 mm/sa	Ç	3, 6, 9
	A	2, 5, 8 ile h, s, a, k, v sembollerinden biri veya daha fazlası ile
	P, G	23, 24, 25
	C, D, M, N	19-25
	B, F	24, 25
	R, U	22-25
	V	1-25
	Z	1-4
	A	1, 4, 7 ya da h, s, a, k, v, y sembollerinden biri ya da daha fazlası ile
	H	H veya h, s, a, k, v sembollerinden biri veya daha fazlası ile
	S	S veya h, s, a, k, v sembollerinden biri veya daha fazlası ile
	X	21-25
	Ç	1, 2, 4, 5, 7, 8
	SB, ÇK	

Buna göre oluşan hidrolojik toprak grupları A,B,C,D olarak ifade edilir. Hidrolojik toprak grubu A olan bölgeler düşük yüzey akış potansiyeli olan, iyice nemlendirilmesine rağmen yüksek infiltrasyon kapasitesine sahip, genellikle kumlu, çakıllı, derin ve iyi drenajlı toprakları içerir. Hidrolojik toprak grubu B olan bölgeler iyice nemlendirildiğinde orta düzeyde infiltrasyon kapasitesine sahip, orta derin ve orta drenajlı ve ince ve kaba arası bir bünyeye sahip toprakları içerir. Hidrolojik toprak grubu C olan bölgeler iyice nemlendirildiğinde düşük infiltrasyon kapasitesine sahip, dikey drenajı engelleyen bir katmanın bulunduğu, orta ince ve ince bünyeli toprakları içerir. Hidrolojik toprak grubu D olan bölgeler ise yüksek yüzey akış potansiyeli olan, iyice nemlendirildiğinde çok düşük infiltrasyon kapasitesine sahip, yeryüzüne yakın geçirimsiz bir tabakanın bulunduğu, taban suyunun yüksek olduğu, genellikle killi ve sığ toprakları içerir [79].

3.3.6.2 Arazi Örtüsü

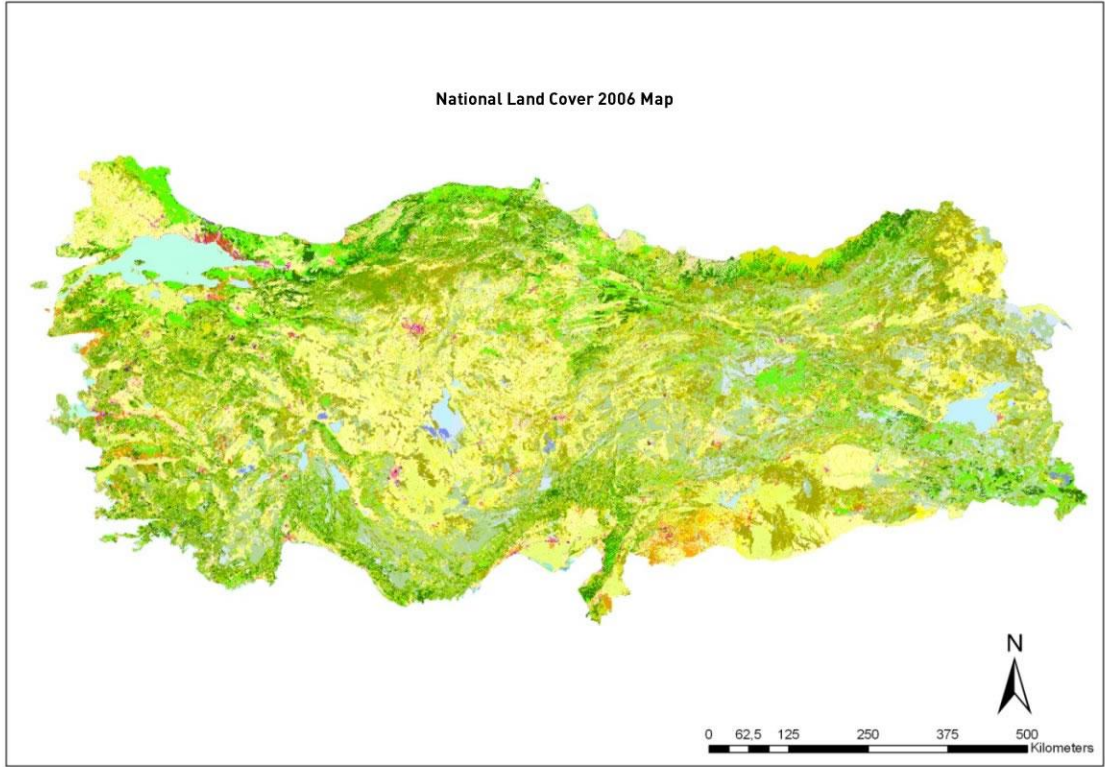
Arazi örtüsü terimi, dünya üzerinde var olan özelliklerin çeşidi ile ilgilidir. Tarım alanları, göller, ağaçlar ve otoyolların hepsi arazi örtüsü çeşitlerine örnektir. Arazi kullanımı terimi ise belirli arazi parçası ile ilgili insan aktivitesi ve ekonomik fonksiyonu ile ilişkilidir [80].

Ülkemizde, arazi örtüsü verileri TRGM'nin hazırlamış olduğu, 1/25000 ölçekli ulusal toprak veri tabanı içerisindeki diğer coğrafi veriler sütunundan elde edilebilir. Ancak güncellik ve öznitelik çeşitliliği bakımından bakıldığında, Ulusal Arazi Örtüsü Projesi'nden daha sağlıklı veriler elde edilmektedir.

Ulusal Arazi Örtüsü Projesi (Corine) 2004 yılında başlayan çalışmalar tamamlanamamış, Çevre ve Orman Bakanlığı'nın sorumluluğunda 2009 yılında projeye yeniden başlanılmıştır. Proje tamamlanmış ve Avrupa Çevre Ajansı uzmanlarınca projenin hem arazi hem de büro kontrolleri tamamlanmıştır. Projenin son kontrolleri ve düzeltmeleri Avrupa Çevre Ajansı yetkilileri ve Çevre ve Orman Bakanlığı teknik ekibiyle yapılan karşılıklı toplantılarla yapılmış ve Avrupa Ulusal Arazi Örtüsü veritabanına entegre edilmiştir [80].

Avrupa Çevre Ajansı kriterlerine göre, 2000 ve 2006 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılarak çevre koruma amaçlı çevrenin izlenmesine yönelik arazi örtüsü/ arazi kullanımındaki değişikliklerin uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla tespit edilmesi ve 2006 yılı arazi kullanım haritalarının oluşturulması projenin temel amacıdır. Bu proje 2000 yılı görüntüleri kullanılarak 2000 yılı arazi kullanımı verileri güncellenmiş ve düzeltilmiştir. Bu projeden sonra Ulusal Arazi Örtüsü 2006 adı altında 2006 görüntüleri kullanılarak ikinci aşama haritalar hazırlanmıştır [80].

Ulusal Arazi Projesi 2006 verileri içerisinde çeşitli öznitelikler bulunmaktadır. Bu öznitelikler Çizelge 3.11'de verilmektedir.



Şekil 3. 19 Ulusal Arazi Örtüsü Projesi 2006 [80]

Çizelge 3. 11 Ulusal Arazi Örtüsü Projesi Öznitelik Bilgileri ve Kodlamalar [80]

KOD	Açıklama
<u>1-Yapay Bölgeler</u>	
132	Boşaltım sahaları
121	Endüstriyel ve Ticari Birimler
124	Havaalanları
133	İnşaat sahaları
122	Karayolları, demiryolları ve ilgili alanlar
123	Limanlar
131	Maden çıkarım sahaları
142	Spor ve eğlence alanları
111	Sürekli Şehir Yapısı
1121	Sürekliliği Olmayan Kentsel Yerleşim Alanları
1122	Sürekliliği Olmayan Kırsal Yerleşim Alanları
141	Yeşil şehir alanları

<u>2-Tarımsal alanlar</u>	
243	Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları
231	Mera Alanları
213	Pirinç tarlaları
2422	Sulanan karışık tarım alanları
2122	Sürekli Sulanan Alanlar İçinde Sera Alanlar
2121	Sürekli sulanan alanlar
223	Zeytinlikler
2421	Sulanmayan karışık tarım alanları
2221	Sulanmayan meyve alanları
221	Üzüm bağları
<u>3- Orman Yeri ve Yarı Doğal Alanlar</u>	
324	Bitki değişim alanları
331	Sahiller, kumsallar ve kumluklar
333	Seyrek bitki alanları
323	Sklerofil bitki örtüsü
3322	Tuz İçeriği Yüksek Çıplak Kayalık
334	Yanmış alanlar
3321	Çıplak kayalık
<u>4-Sulak alanlar</u>	
411	Bataklıklar
421	Tuz bataklığı
422	Tuzlalar
<u>5-Su Kütleleri</u>	
523	Deniz ve okyanus
521	Kıyı lagünleri
522	Nehir ağızları, Deltalar
512	Su kütleleri
511	Su yolları

3.3.6.3 Yağış Verileri

Yağışın yerel dağılımının öğrenilebilmesi için bir ölçüm ağına kurulması gerekir. Özellikle dağlık bölgelerde yağış miktarı ve şiddeti hızla değiştiğinden, bu yerlerde oldukça sık bir ölçüm ağı kurulmalıdır. Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO), optimum ölçek sıklığı olarak, düz bölgelerde 600-900 km²'de, dağlık bölgelerde ise 100-250 km²'de bir ve ayrıca en çok 500 m kot farkıyla ölçek yerleştirilmesini tavsiye etmektedir. Türkiye'de ölçümler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ve DSİ tarafından yapılmaktadır [81].

Sel ve taşkınların belirlenmesinde genel olarak uzun yıllar ortalaması yıllık toplam yağış verileri kullanılmaktadır [31, 82, 83, 84].

3.3.7 Rasyonel Yönteme Göre Sel ve Taşkın Sınırı Tahmin Verileri

İstanbul'daki dereler için DSİ ve İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (İSKİ) ortak çalışma yürüterek, rasyonel yönteme göre taşkın sınırı verileri hesaplanmaktadır. Halen devam eden çalışmada Ayamama, Alibey, Çiftlikköy ve Sarısu Derelerine ait taşkın sınırları 500 yıllık Q500 frekanslı debiler rasyonel yönteme göre hesaplanmış ve taşkın sınırları üretilmiştir.



Şekil 3. 20 Rasyonel Yönteme (Q500 Taşkın Debi Hesabı) Göre Üretilmiş Taşkın Sınırları

SEL VE TAŞKIN DUYARLILIĞININ CBS-ÇÖKA İLE BELİRLENMESİ

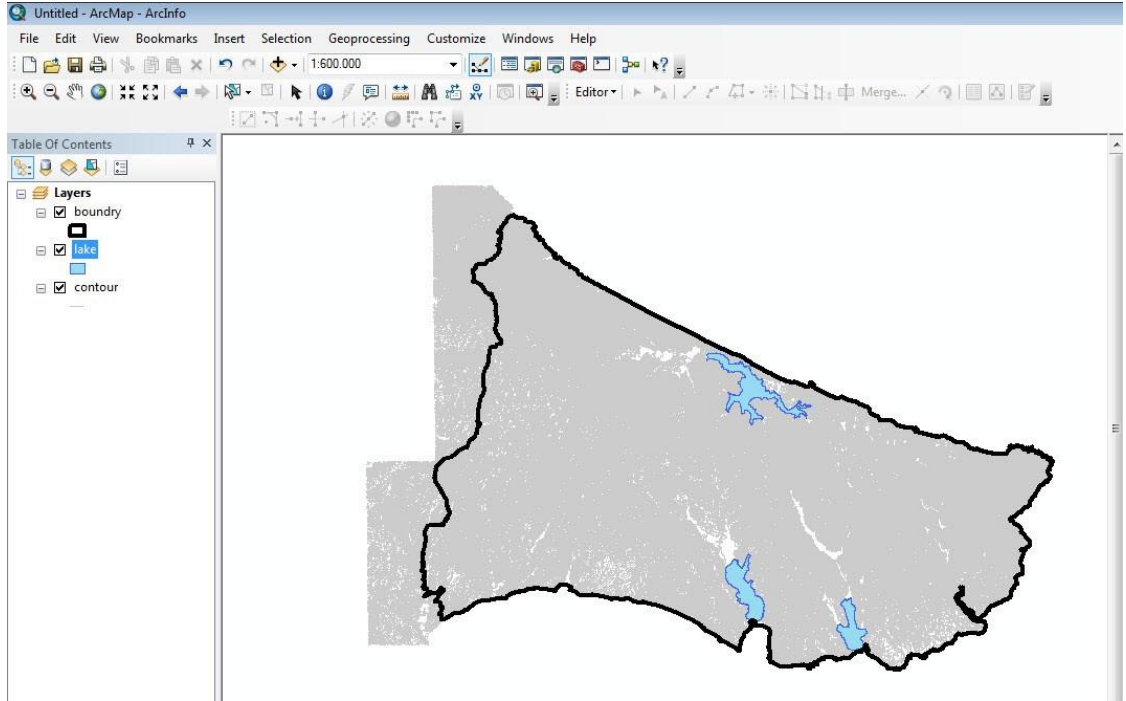
4.1 Ölçüt Katmanlarının Hazırlanması

4.1.1 Yükseklik Ölçütü

Yükseklik ölçütünün elde edilebilmesi için SYM'nin tepe ve çukur hataları giderilerek oluşturulması gerekmektedir. Çalışmada SYM'nin oluşturulabilmesi için 1/25000 ölçekli HGK-STH sayısal haritalar ve İBB CBS servisi kullanılmıştır.

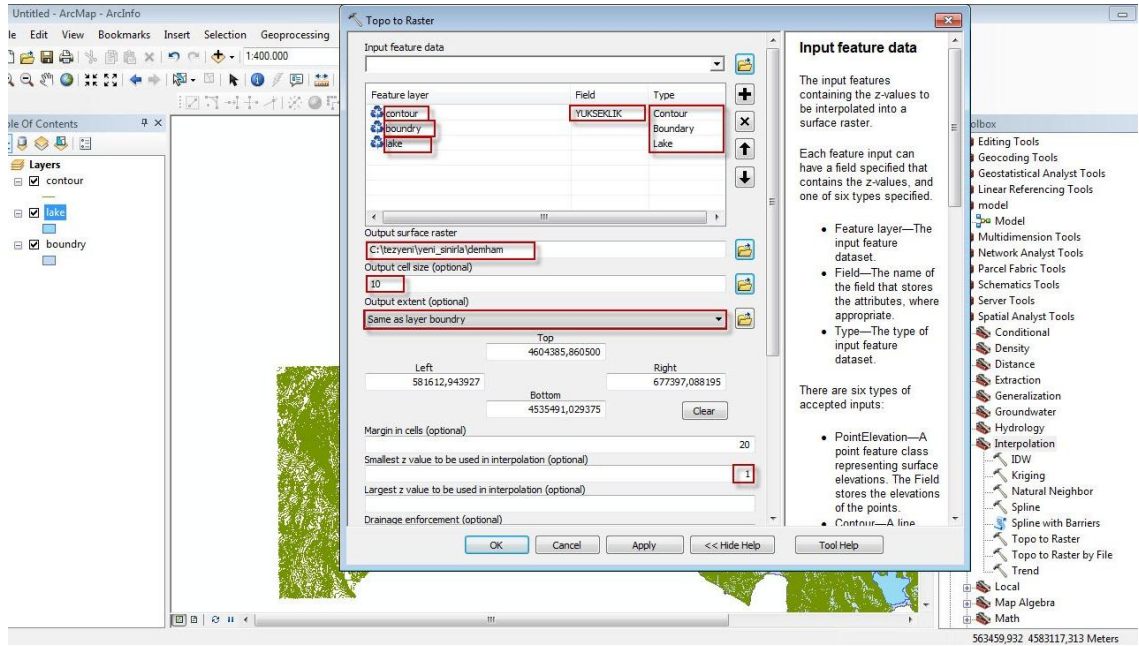
- Kara sınırı ve göller katmanı
 - HGK-STH paftalarının hidrografyaya ait alan detayları (hyd_a) birleştirilmiştir.
 - Pafta sınırlarında göl veya deniz varsa kesme vb. işlemler yapılmıştır.
 - İBB'ye ait Cbsmap servisinden güncel İstanbul sınırları elde edilmiş ve kara sınırı içerisinden çalışma sınırı kesilerek sınır katmanı oluşturulmuştur.
 - Benzer şekilde göl sınırları da birleştirilerek göl katmanı oluşturulmuştur.
- Yükseklik eğrileri katmanı
 - HGK-STH paftalarındaki yüksekliğe ait çizgi detaylar (ele_l) incelenmiş öznitelik tabloları kontrol edilmiştir. Verideki pafta sınırları, bazı öznitelikler ayıklanmıştır. Başka çizgiyle kesişen, kendini kesen çizgi,

sahte düğüm ve çakışma hataları gerekli topolojik düzeltmeleri yapılmıştır. Hem detay hem yükseklik değerleri ve paftaların kesişen bölgeleri kontrol edilip tüm veriler birleştirilmiştir. (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1 Sınır, göl ve yükseklik eğrileri katmanlarının oluşturulması

- SYM oluşturma
 - Yükseklik eğrileri, sınır ve göl katmanları Topo to Raster yönteminde girdi olarak alınmıştır.
 - Yükseklik katmanı için Topo to Raster yöntemi parametreleri için, Type kısmında Contour ve Field kısmında da YUKSEKLİK seçilmiştir. Sınır katmanı için Type kısmında Boundary ve göl katmanı için Type kısmında Lake seçilmiş ve Output cell size kısmına önceden belirlemiş olduğumuz piksel boyutu olan 10m değeri girilmiştir. Output extend kısmına same as “Sınır Katmanı” seçilmiş böylece proje sınırları, önceden oluşturduğumuz çalışma sınırı ile aynı olması sağlanmıştır. Son olarak, Smallest z value to be used in interpolation kısmına 1 değeri girilerek oluşacak SYM’nin minimum değerini 1m olarak belirlenmiş ve böylece SYM meydana gelmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4. 2 Topo to Raster penceresinde SYM üretim parametrelerinin oluşturulması

- Tepe ve çukur hatalarının giderilmesi

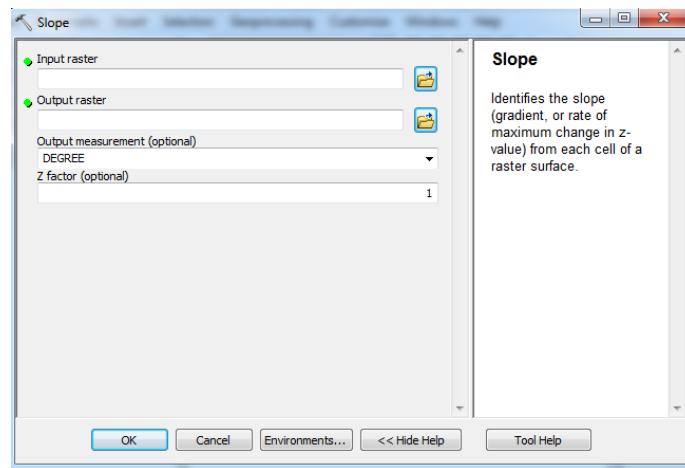
Oluşturulan SYM input olarak girilip tepe ve çukur hataları giderilmiştir. Sonuç olarak yükseklik ölçütüne ait yükseklik katmanı oluşturulmuştur(Şekil 4.3).



Şekil 4. 3 İstanbul Avrupa Yakası Yükseklik Ölçütü Katmanı

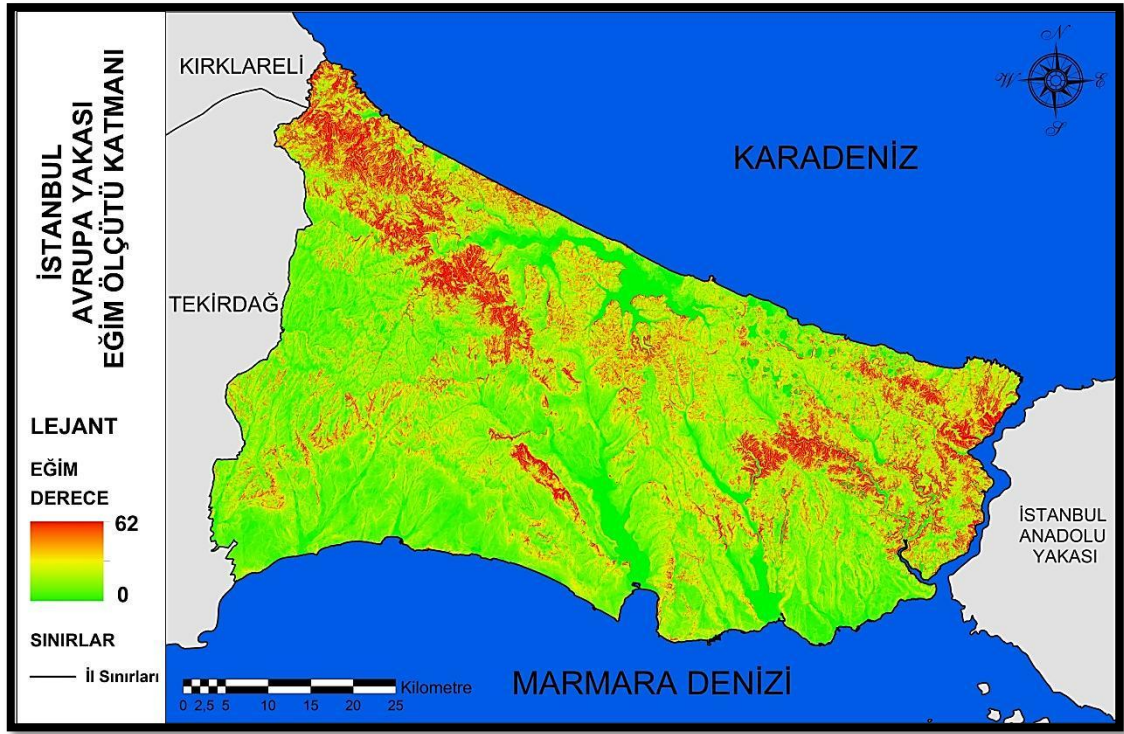
4.1.2 Eğim Katmanı

Eğim katmanı SYM ya da TIN verilerinden elde edilebilmektedir. Slope komutu kullanılarak, input raster kısmına tepe çukur hataları giderilmiş SYM, Output Measurement kısmına Degree (derece) opsiyonlu olarak seçeneği, son olarak da z faktör için tanımlı olarak gelen 1 değeri girilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4. 4 Slope penceresinden Eğim katmanı üretim parametrelerinin oluşturulması

Böylece eğim katmanı SYM üzerinden 10m piksel büyüklüğü ile üretilir (Şekil 4.5).

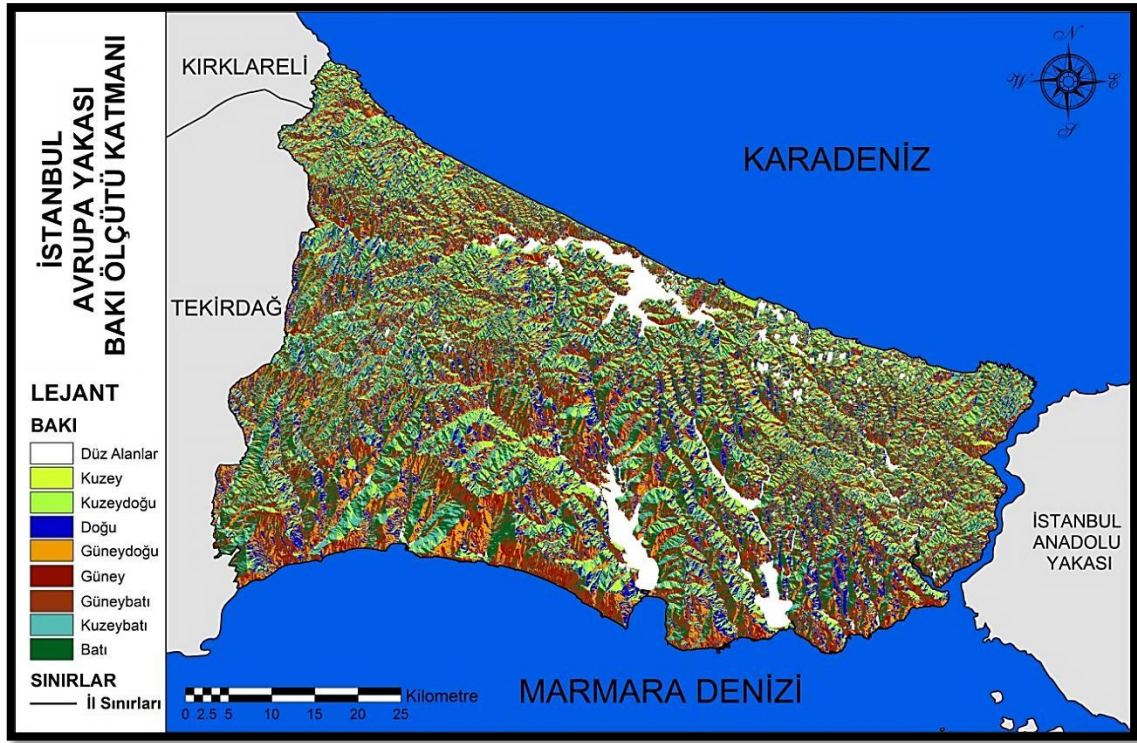


Şekil 4. 5 İstanbul Avrupa Yakası Eğim Ölçütü Katmanı

4.1.3 Bakı Katmanı

Bakı katmanı da, SYM üzerinden elde edilebilen verilerdendir.

- SYM'den bakı katmanının elde edilebilmesi için Aspect komutu kullanılmıştır. Aspect penceresinde input raster kısmına tepe çukur hataları giderilmiş raster formatta SYM girilerek, bakı katmanı üretilmiştir. Üretilen bakı katmanı 10m piksel büyüklüğüne sahip olup derece cinsinden değerlere sahip olup belirli derece aralıklarına belirli yönleri temsil etmekte ve bu derece aralıkları sınıflandırılarak temsil edilen yönlerle dönüştürülmüştür (Şekil 4.6).
- Bakı ölçütü katmanı, önem durumuna göre sayısal olarak derecelendirilebilmesi için, Öztürk [31]'ün Güney Marmara Havzasında bakı katmanı için taşkın envanterlerini kullanarak yaptığı puanlama kullanılmıştır. Buna göre yönler ve puanları Çizelge 4.1'de verilmektedir.



Şekil 4. 6 İstanbul Avrupa Yakası Yönlere Göre Bakı Ölçütü Katmanı

Çizelge 4. 1 Bakı katmanının puanlandırılması [31]

Bakı	Puan
Düz Alanlar	10
Kuzey	9
Kuzeydoğu-Kuzeybatı	8
Doğu-Batı	6
Güneydoğu-Güneybatı	4
Güney	2

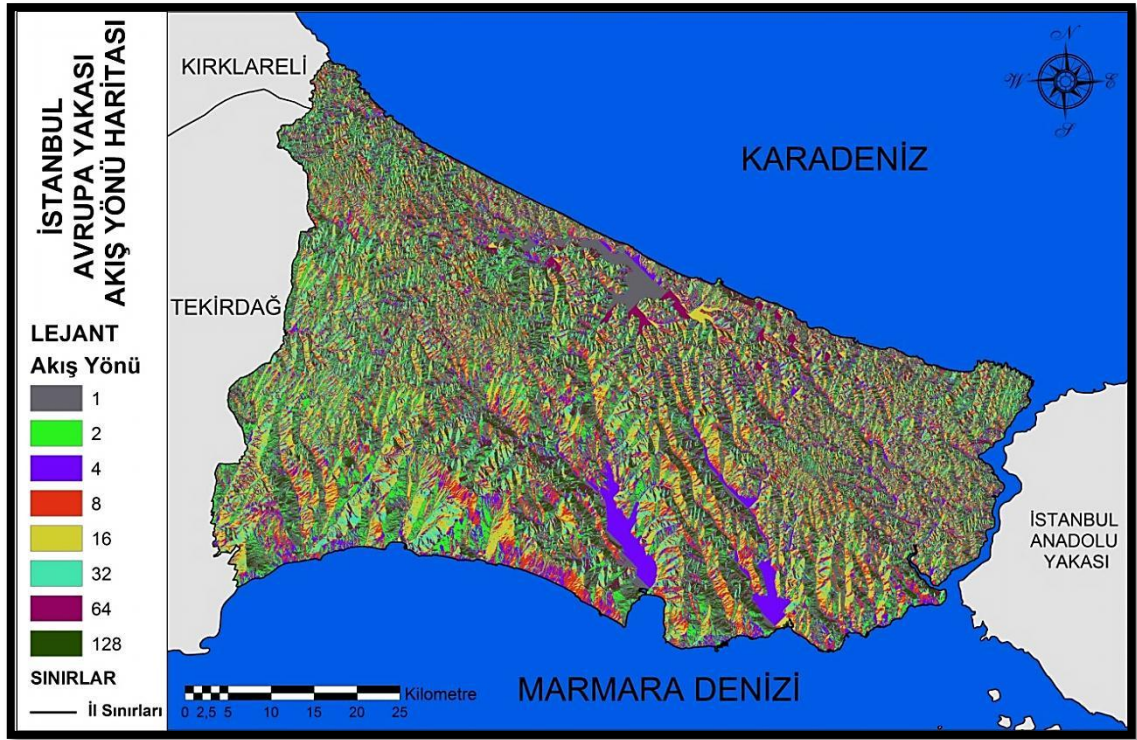
- Buna göre bakı katmanı yönler göre verilen değerlerle yeniden oluşturulmuştur (Şekil 4.7).



Şekil 4. 7 İstanbul Avrupa Yakası Bakı Ölçütü Katmanı

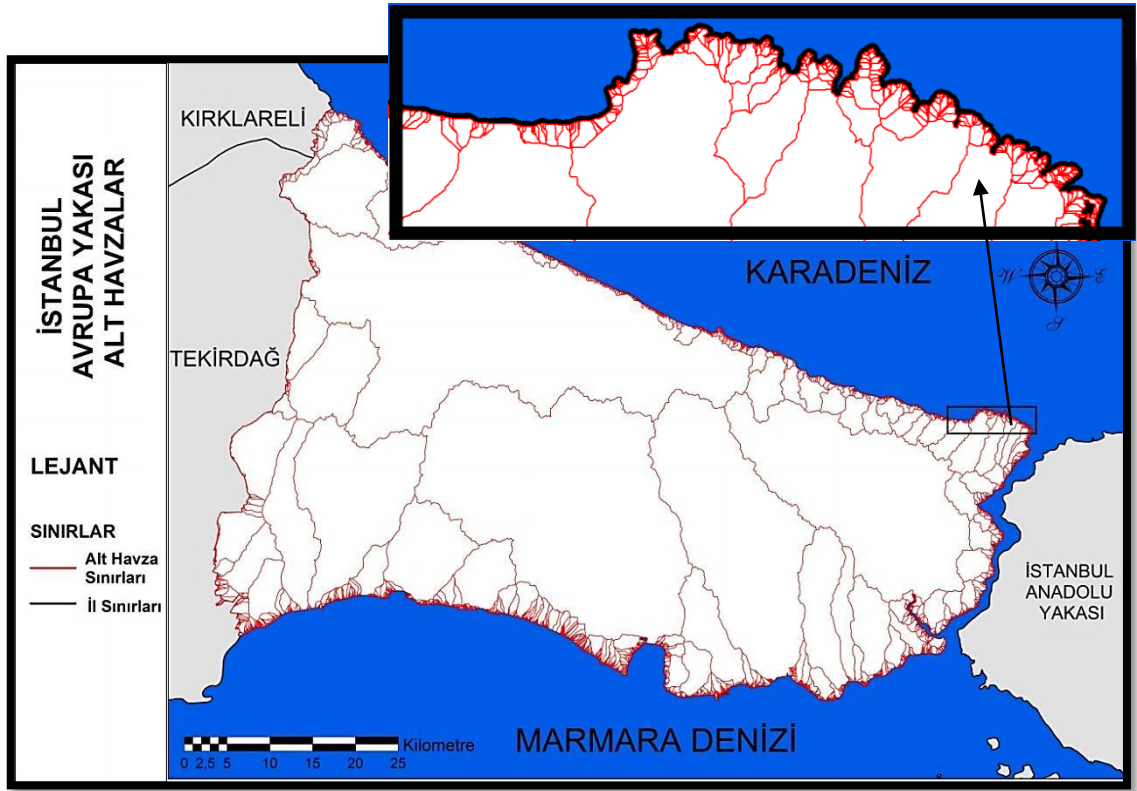
4.1.4 Alt Havzaların Büyüklüğü

- Alt havzaların büyüklüğü katmanının hazırlanması için akış yönü verisinden yararlanılmıştır. Akış yönünü elde edebilmek için Flow Direction komutu kullanılmıştır. Flow Direction penceresinde girdi olarak SYM verisi alınarak akış yönü verisi oluşturulmuştur (Şekil 4.8).

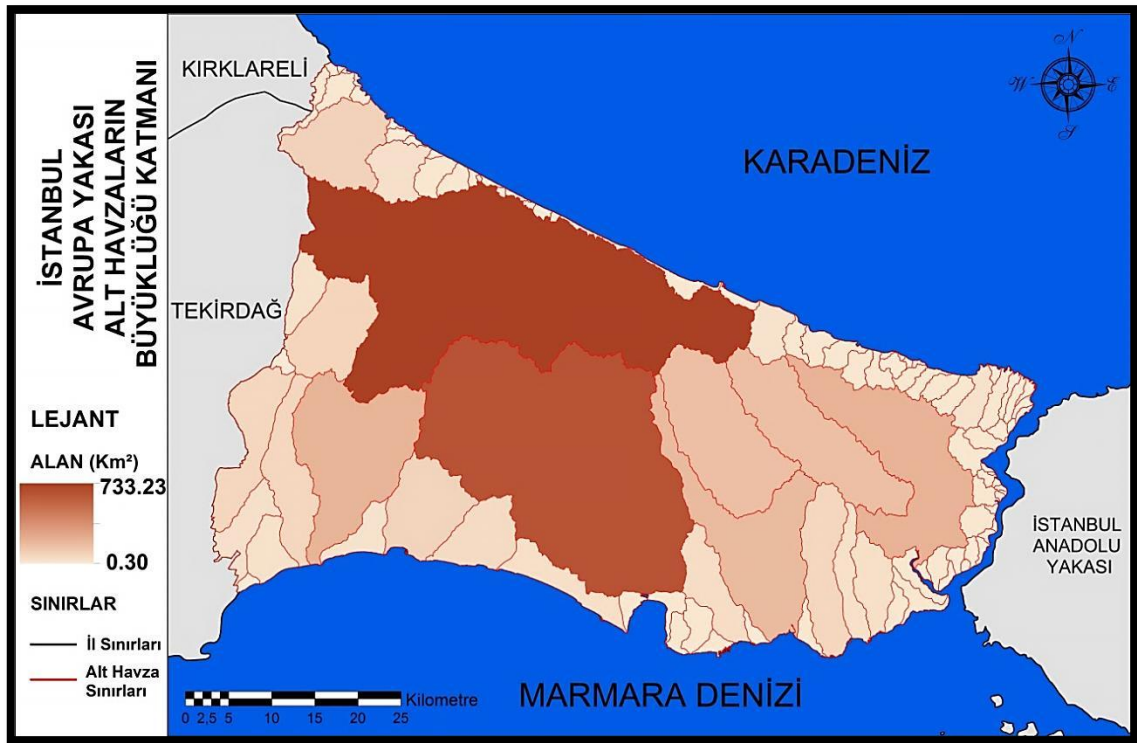


Şekil 4. 8 İstanbul Avrupa Yakası Akış Yönü Haritası

- Basın fonksiyonu kullanılarak alt havzalar oluşturulmuştur. Basın fonksiyonunda alt havzaların oluşabilmesi akış yönü verisi kullanılmıştır.
- Yazılımın otomatik oluşturduğu alt havzalarda kıyı problemleri bulunmaktadır. Bunun giderilebilmesi için öncelikle veri alan vektör yapısına dönüştürülmüştür. Alan vektör yapısındaki alt havzalarda dönüşümden kaynaklanan bazı topolojik hatalar (sahte düğüm hatası v.b) düzeltilmiştir (Şekil 4.9).
- Yükseklik eğrileri ve drenaj ağı yardımıyla kıyı bölgelerinde oluşan çok sayıda küçük havzalar birleştirilerek alt havzalar oluşturulmuştur. Oluşan alt havzalar alan büyüklüklerine göre raster hale dönüştürülerek alt havzaların büyüklüğü katmanı oluşturulmuştur (Şekil 4.10).



Şekil 4. 9 İstanbul Avrupa Yakası Alt Havzaların Oluşturulmasındaki Kıyı Problemi



Şekil 4. 10 İstanbul Avrupa Yakası Alt Havzaların Büyüklüğü Katmanı

4.1.5 Drenaj Yoğunluğu Katmanı

Drenaj yoğunluğunun elde edilebilmesi için, öncelikle drenaj ağının oluşturulması gerekir. Drenaj ağının oluşturulabilmesi için SYM'den yararlanılmıştır.

- ArcGIS 10.0 yazılımında drenaj katmanının oluşturulabilmesi için akış yönü verisi girdi olarak kullanılıp her bir hücreye düşen akış toplamı verisi oluşturulmuştur. Akış toplamı verisini oluşturmak için, Flow Accumulation komutu kullanılmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4. 11 İstanbul Avrupa Yakası Akış Toplamı Haritası

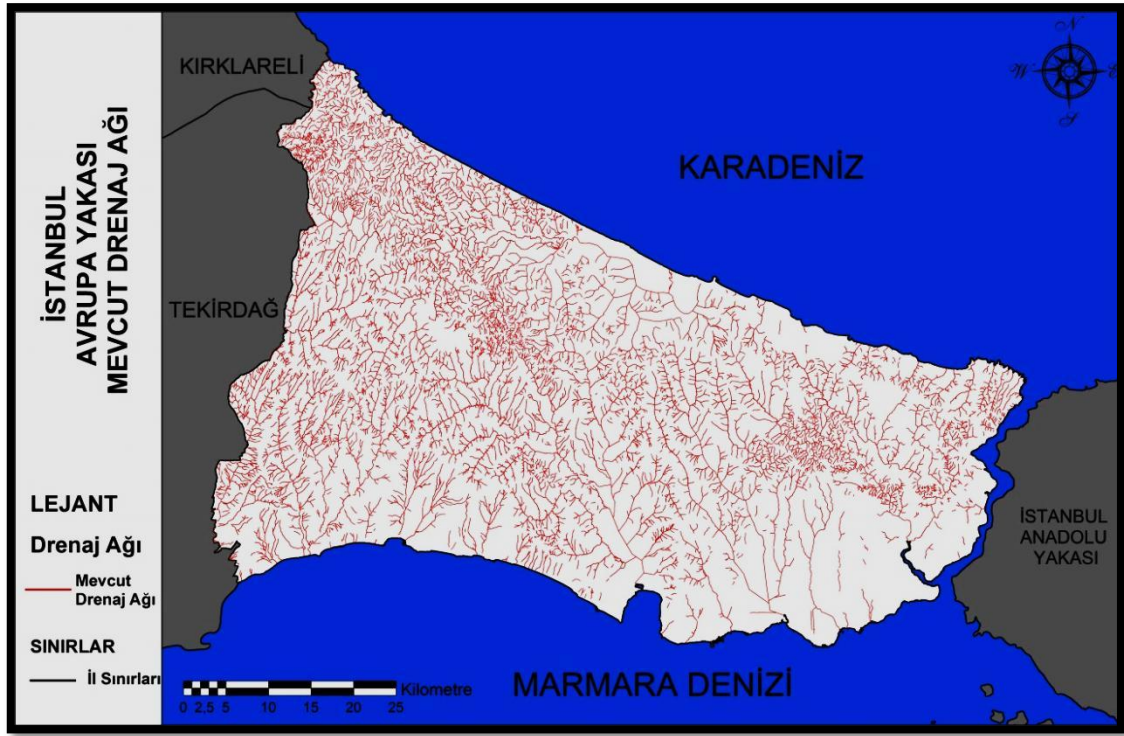
- Akış toplamından drenaj ağının çıkarılabilmesi için raster veri üzerindeki hücrelere bir eşik değeri uygulanmalıdır. Eşik değerlerinin akış toplamı verisine uygulanabilmesi için Raster Calculator komutu kullanılmıştır. Bu eşik değerler deneme yanılma yöntemi ile 100 değerinden başlayıp artırılarak denenmiştir. Sonuç olarak çalışma alanımız için HGK-STH'lerden elde edilen drenaj ağı ile karşılaştırma yapılmış ve gerçeğe en yakın drenaj ağını verdiği için 1000 eşik değeri kullanılmıştır.

- Üretilen raster formattaki drenaj ağını çizgi vektör yapısına çevirmek için Stream to Feature komutu kullanılır. Stream to Feature fonksiyonuna girdi olarak eşik değeri uygulanarak elde ettiğimiz raster veri ve akış yönü verisi girilmiş ve drenaj ağı oluşturulmuştur.
- Raster-Vektör dönüşümünden kaynaklanan sahte düğüm hatası v.b hatalar giderilerek drenaj ağı düzeltilmiştir (Şekil 4.12).



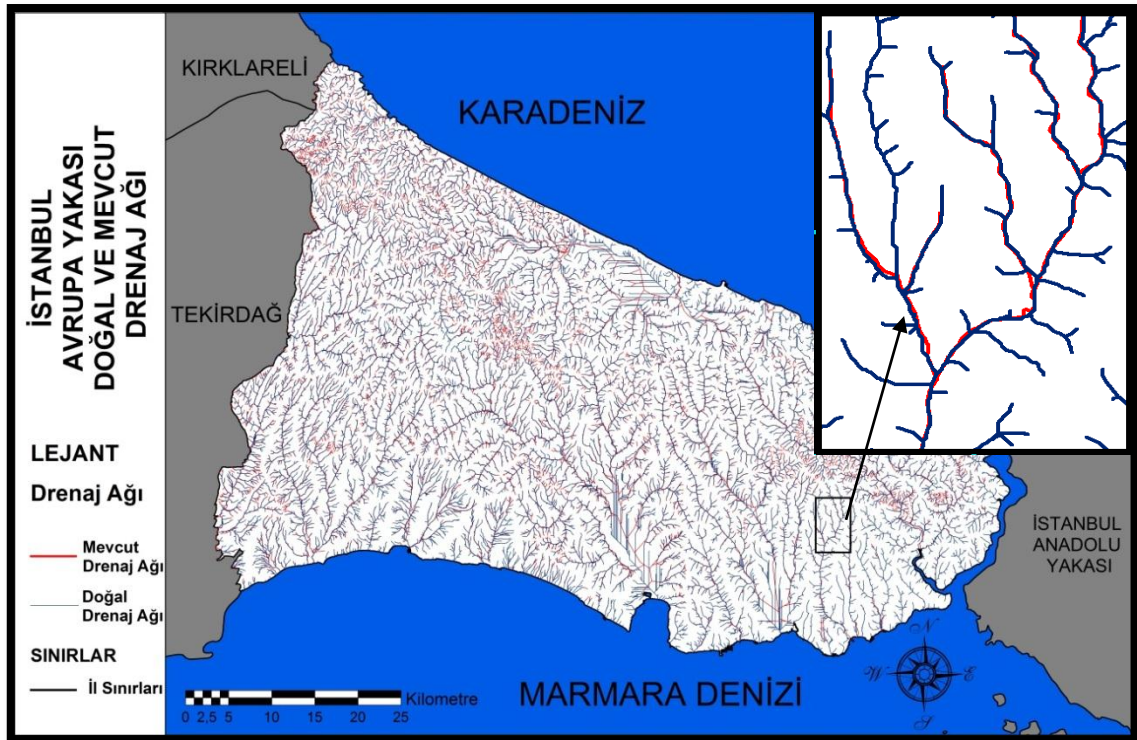
Şekil 4. 12 İstanbul Avrupa Yakası Doğal Drenaj Ağı

- Ancak oluşturduğumuz drenaj ağı verisi herhangi bir insan müdahalesi ile açık ve kapalı kanallar barajlar v.b yapılar ile drenaj ağının yönünün değiştirilmesi düşünülmeden doğal olarak oluşturulan drenaj ağıdır. Bu yüzden oluşturulan bu doğal drenaj ağı bazı bölgelerde mevcut drenaj alanlarını yansıtmamaktadır.
- Mevcut drenaj ağının elde edilebilmesi için HGK-STH'lar kullanılmıştır. Bu verilerden hidrografiye ait detaylar içerisinde dere, kuru dere, büyük kanallar ve su yolları gibi drenaj ihtiva eden detaylar gerekli topolojik düzeltmeler yapılarak drenaj ağı oluşturulmuştur (Şekil 4.13).



Şekil 4. 13 İstanbul Avrupa Yakası Mecut Drenaj Ağı

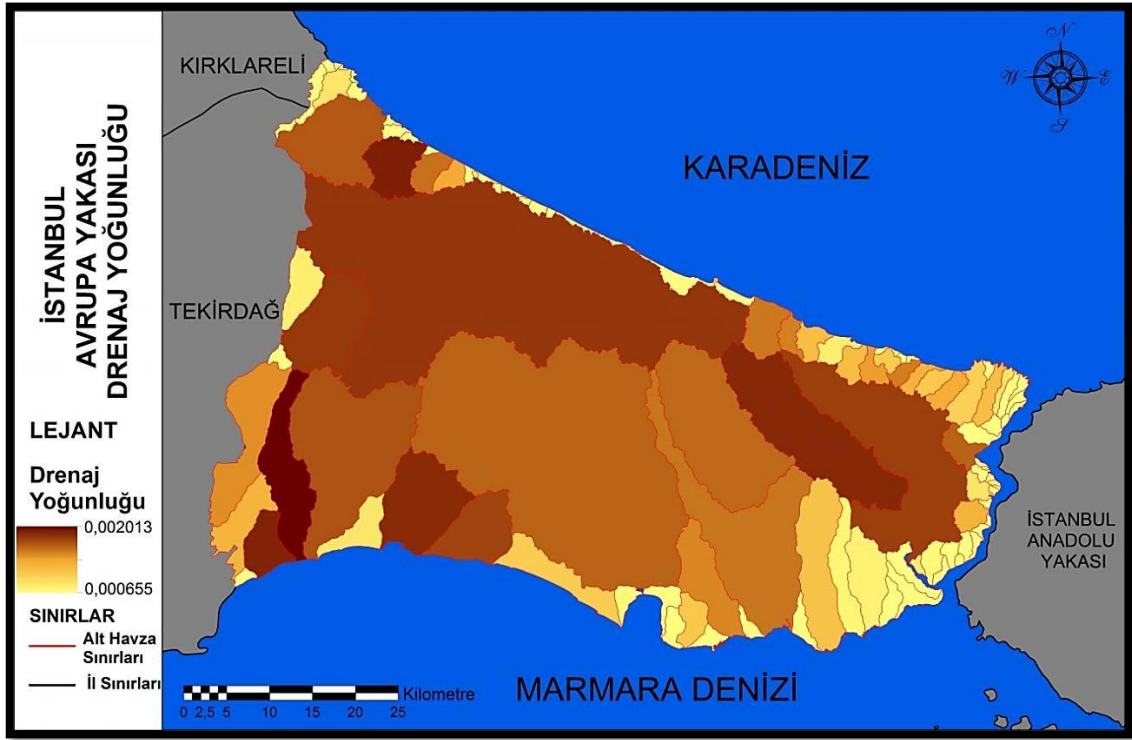
- HGK-STH'lardan elde edilen mevcut drenaj ağları ile karşılaştırıldığında farklılıklar olduğu saptanmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4. 14 İstanbul Avrupa Yakası Doğal ve Mecut Drenaj Ağı

Bu durumda çalışmada HGK- STH'lerden elde edilen mevcut drenaj ağıları kullanılmıştır.

- Drenaj yoğunluğunun hesaplanabilmesi için Line Density fonksiyonu kullanılmıştır. Bu komutla her bir piksele düşen drenaj yoğunluğu bulunmuştur.
- Bu yoğunluğu her bir havzaaya ait yoğunluğa dönüştürebilmek için, Zonal Statistic fonksiyonu kullanılmıştır. Bu komut penceresi içerisinde Statistic Type kısmı Mean seçilerek, her bir alt havza içerisindeki ortalama drenaj yoğunluğu elde edilir. Böylece yoğunluk her bir havzadaki piksel yoğunluk değerleri havzadaki toplam piksel sayısına bölünerek drenaj yoğunluğu elde edilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4. 15 İstanbul Avrupa Yakası Drenaj Yoğunluğu Haritası

4.1.6 Akış Katmanı

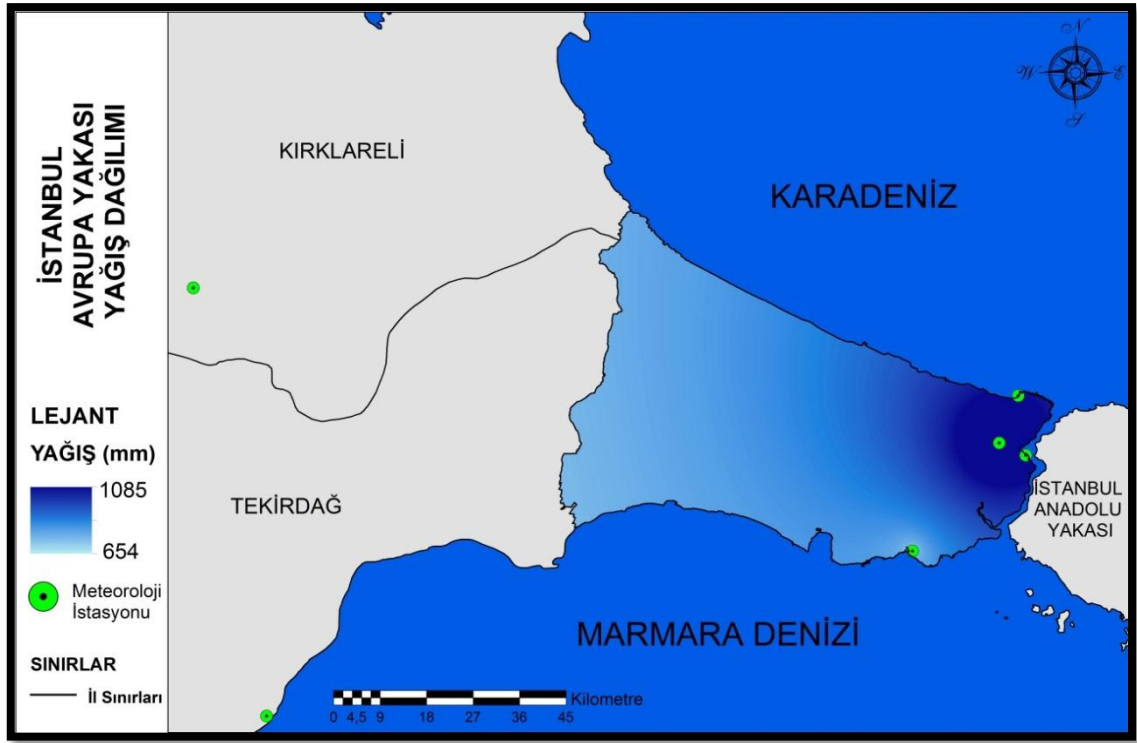
Akış katmanının hazırlanması için SCS-CN yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem kapsamında MGM'ye ait istasyonlardan elde edilen alt uzun yıllar ortalaması yıllık ortalama yağış verileri, Ulusal Arazi Örtüsü Projesi'nden elde edilen arazi örtüsü verileri, İBB 2010 ortofotoları ve TRGM'den elde edilen 1/25000 ölçekli Büyük Toprak Grupları haritaları kullanılmıştır.

- Yağış verileri için İstanbul Avrupa Yakası, Tekirdağ ve Kırklareli illerine ait gözlem istasyonlarına ait uzun yıllar ortaması yıllık ortalama yağış verileri kullanılmıştır (Çizelge 4.2).

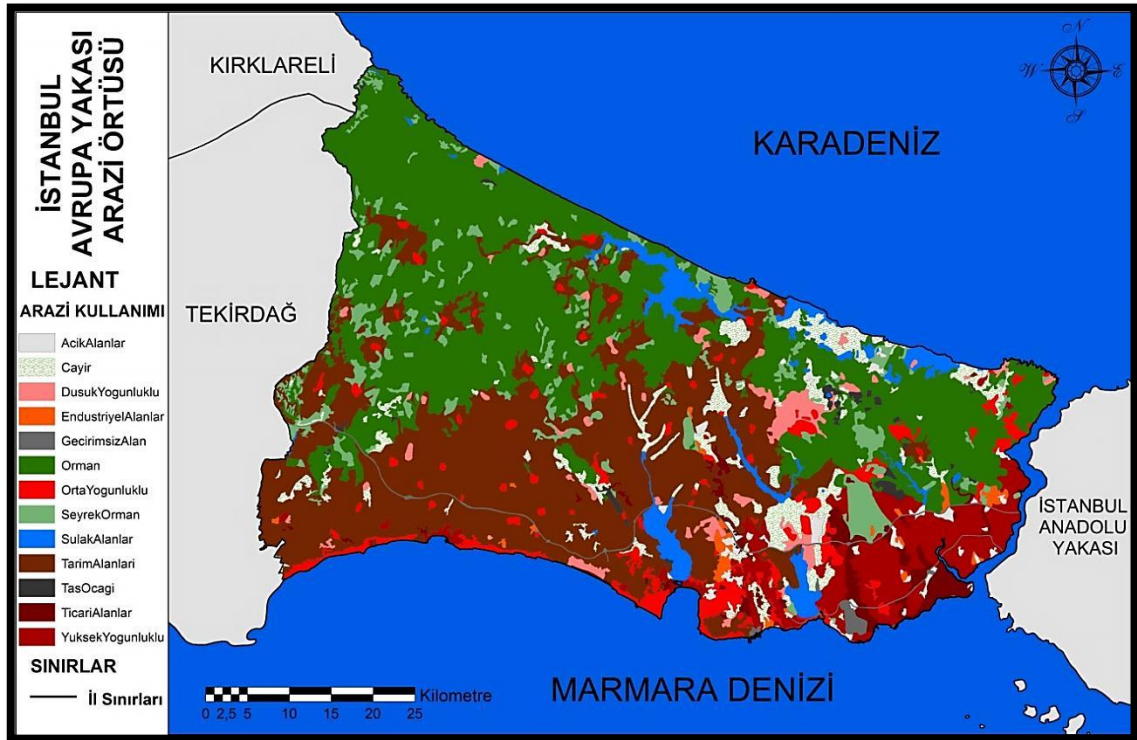
Çizelge 4. 2 Yağış verileri için kullanılan MGM'ye ait istasyonlar

İstasyon No	Kod	İstasyon Adı
17052	KIRL	KIRKLARELİ
17056	TEKR	TEKIRDAG
17059	KUMK	KUMKOY-KILYOS
17061	SARY	SARIYER-KIRECBURNU
17636	FLOR	FLORYA
17619	BAHC	BAHCEKOY OR.FAK.

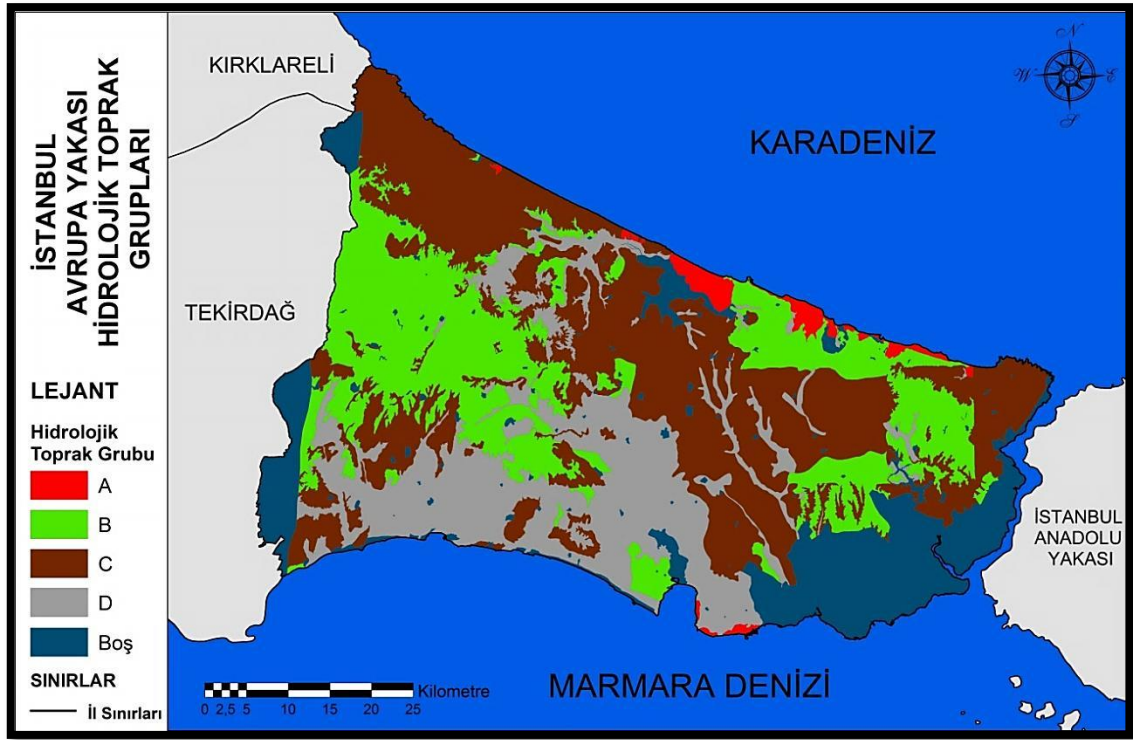
- Gözlem istasyonuna ait verileri Kriging enterpolasyon yöntemi kullanılarak, 10 m piksel büyüklüğü ile enterpolasyonu yapılmış ve yağış için grid katman oluşturulmuştur (Şekil 4.16).
- Arazi örtüsü katmanı için Ulusal Arazi Örtüsü projesinden elde edilen veri altyapısı Çizelge 3.7'ye göre uyarlanıp yeniden sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucu elde edilen veriler İBB' ye ait 2010 Ortofoto görüntüleri üzerinden kontrol edilmiş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır (Şekil 4.17).
- Hidrolojik toprak gruplarının oluşturulabilmesi için TRGM'den elde edilen 1/25000 ölçekli büyük toprak grupları haritaları kullanılmıştır. Veri içerisindeki büyük toprak grubu ve toprak özelliklerinin kombinasyonu Çizelge 3.10'a göre değerlendirilerek A, B, C, D dereceli hidrolojik toprak grupları oluşturulmuştur. Çalışma alanındaki bazı bölgeler, yerleşim yeri, sulak alan ve veri eksikliğinden ötürü boş kalmıştır. Boş kalan bölgeler için ortalama değer üretilerek uygulama konulmuştur (Şekil 4.18).



Şekil 4. 16 İstanbul Avrupa Yakasına Ait Yağış Dağılımı

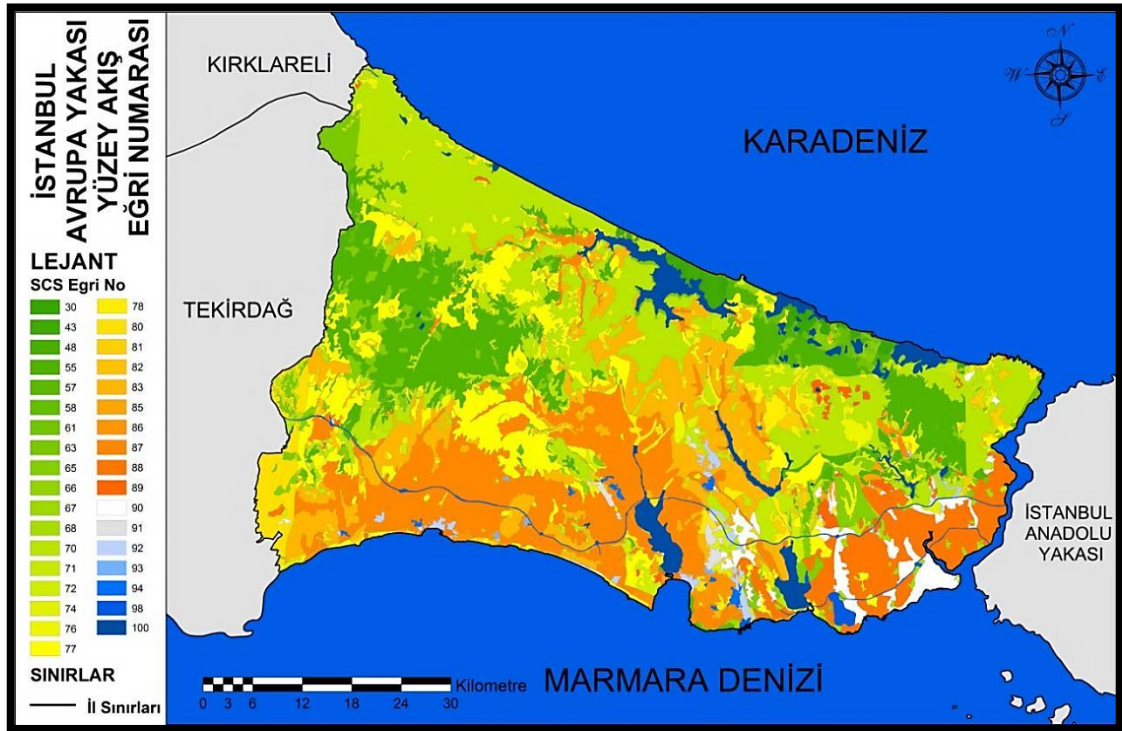


Şekil 4. 17 İstanbul Avrupa Yakası Arazi Örtüsü Sınıflandırması



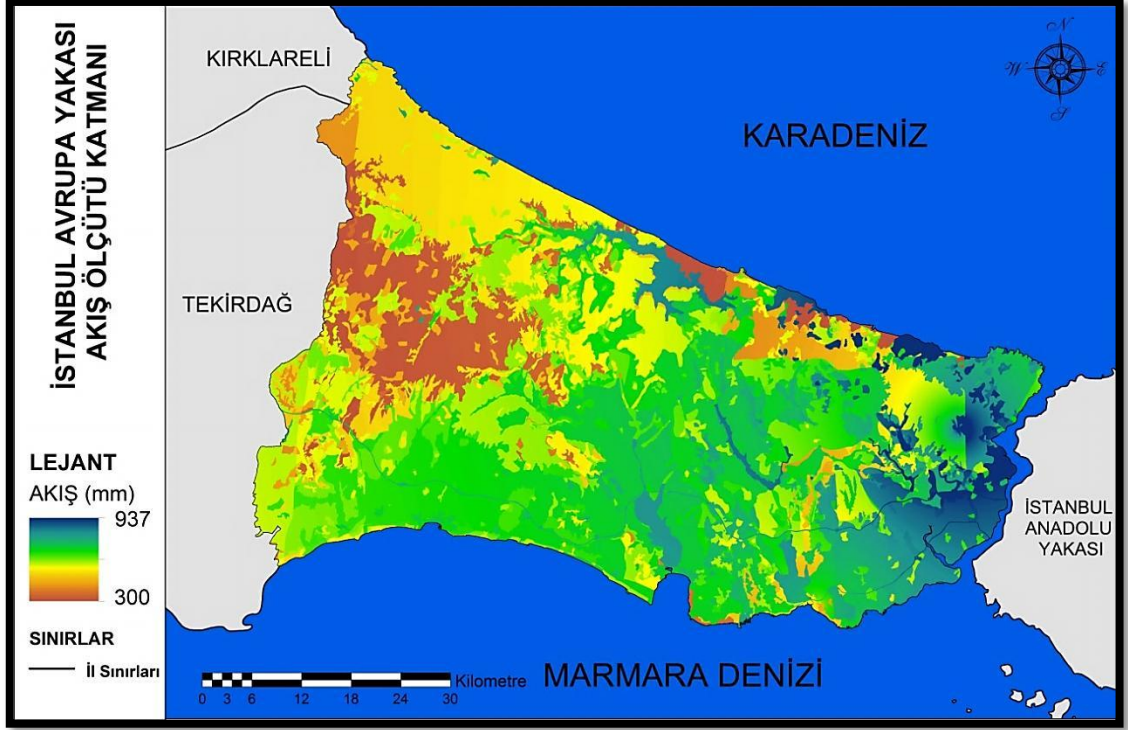
Şekil 4. 18 İstanbul Avrupa Yakası Hidrolojik Toprak Grupları

- Hidrolojik toprak grupları ve arazi örtüsü verileri birleştirilip, Çizelge 3.8’teki değerlere göre yüzey akış eğri numaraları oluşturulmuştur (Şekil 4.19).



Şekil 4. 19 İstanbul Avrupa Yakası Yüzey Akış Eğri Numarası

- Yüzey akış eğri numarası ve yağış dağılımı katmanları oluşturulduktan sonra SCS-CN yöntemine ait gerekli formüller bu katmanlara Raster Calculator fonksiyonunda uygulanarak akış katmanı oluşturulmuştur (Şekil 4.20).



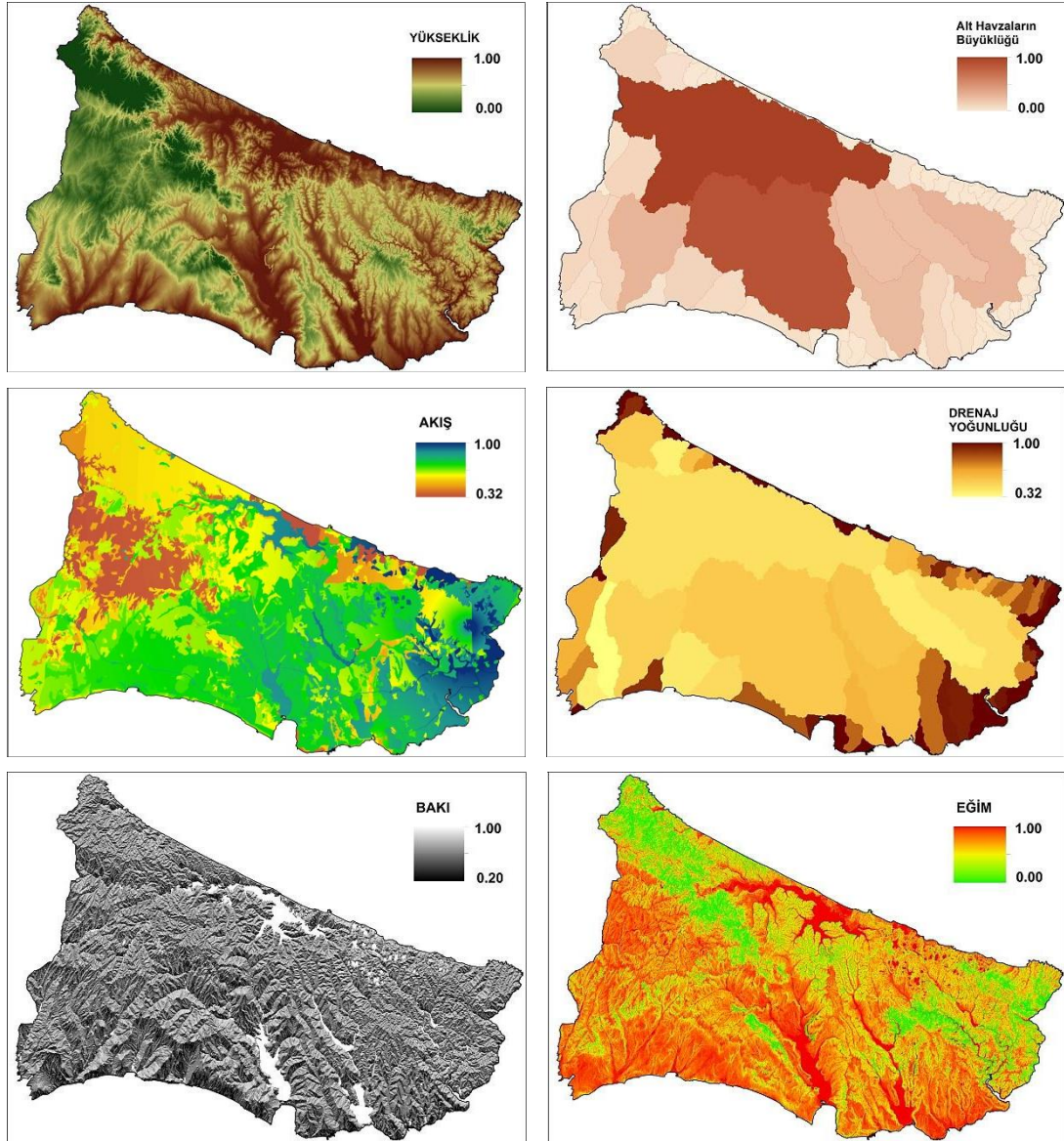
Şekil 4. 20 İstanbul Avrupa Yakası Akış Ölçütü Katmanı

4.2 Normalleştirmeler

Ölçütlerin tek payda altında sentezlenebilmesi için normalleştirilmesi gerekmektedir. Normalleştirmeler sonucu her bir ölçüt katmanı 0 ile 1 arasında değişen değerler almaktadır. Normalleştirmeler için en büyük değer yöntemine göre doğrusal ölçek dönüşümü yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan yöntem içerisinde herbir ölçüt için en yüksek değer en yüksek olacak şekilde ya da en yüksek değer en küçük olacak şekilde normalleştirilmesi literatür taramaları [31] ve rasyonel yöntem Q500 debi hesabına göre oluşturulan sel ve taşkın alanları gözönünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir.

Buna göre, en yüksek en yüksek olacak şekilde normalleştirilen ölçüt katmanları; akış, alt havzaların büyüklüğü ve baki, en yüksek değer en küçük olacak şekilde normalleştirilen ölçüt katmanları ise; yükseklik, eğim ve drenaj yoğunluğu katmanları

olmuştur. Buna göre oluşturulan normalleştirilmiş ölçüt katmanları Şekil 4.21’de verilmektedir.



Şekil 4. 21 İstanbul Avrupa Yakası Normalleştirilmiş Ölçütü Katmanları

4.3 Ağırlıkların Belirlenmesi

Ağırlıkların belirlenmesi için AHY kapsamında ikili karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır. Literatür taramaları sonucu elde edilen ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.3’de verilmektedir [31].

Çizelge 4. 3 İkili Karşılaştırma Matrisi [31]

İkili Karşılaştırmalar	Akış	Yükseklik	Eğim	Bakı	Alt Havza Büyüklüğü	Drenaj Yoğunluğu
Akış	1	3	3	4	3	2
Yükseklik	0.33	1	0.50	2	1	0.50
Eğim	0.33	2	1	3	1	0.50
Bakı	0.25	0.5	0.33	1	0.50	0.33
Alt Havza Büyüklüğü	0.33	1	1	2	1	0.50
Drenaj Yoğunluğu	0.5	2	2	3	2	1

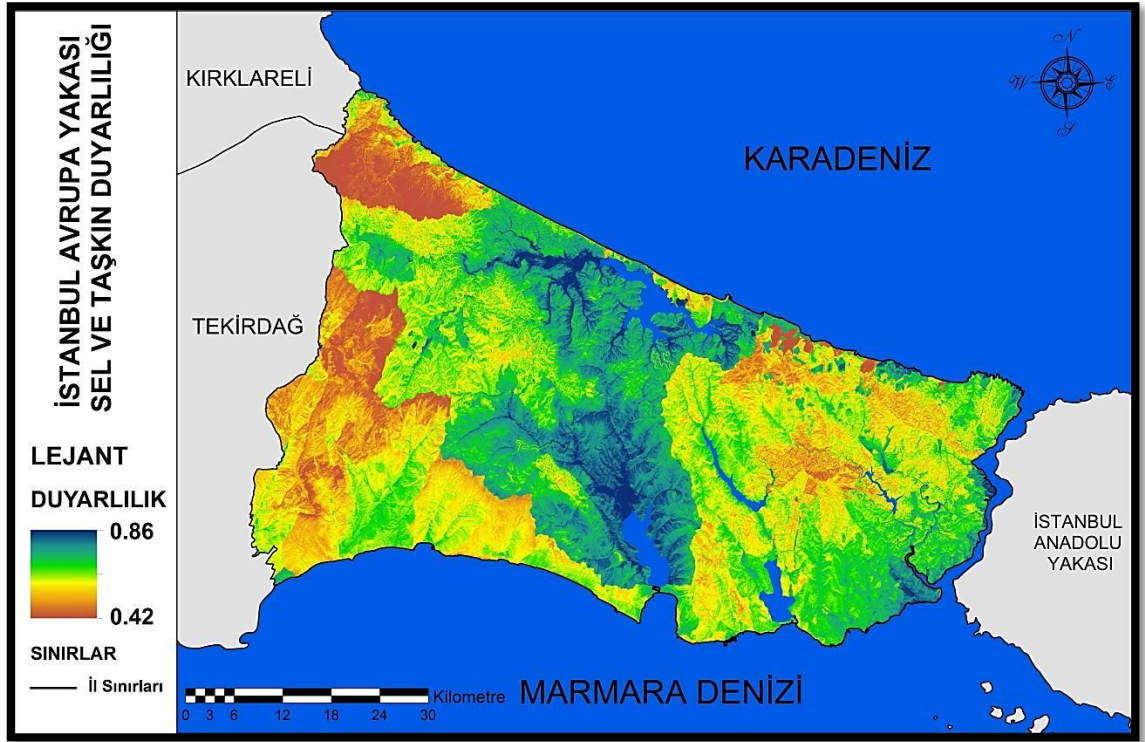
Yapılan ikili karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığının anlaşılabilmesi için tutarlılık analizi yapılmış ve hesaplamalar sonucu; Tutarlılık vektörü ortalaması (λ) = 6.105, Tutarlılık indeksi (Ti) =0.021, Tutarlılık oranı (TO) =0.017 olarak hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı 0.10'dan küçük olduğu için yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğu anlaşılmıştır. Hesapların yapılabilmesi için MS Excell progarmı kullanılmıştır. Buna göre hesaplanan ağırlıklar Çizelge 4.4'de verilmektedir.

Çizelge 4. 4 Ölçüt Katmanları ve Hesaplanan Ağırlıkları

Ölçüt Katmanları	Ağırlıklar
Akış	0.35
Yükseklik	0.11
Eğim	0.15
Bakı	0.06
Alt Havza Büyüklüğü	0.12
Drenaj Yoğunluğu	0.21

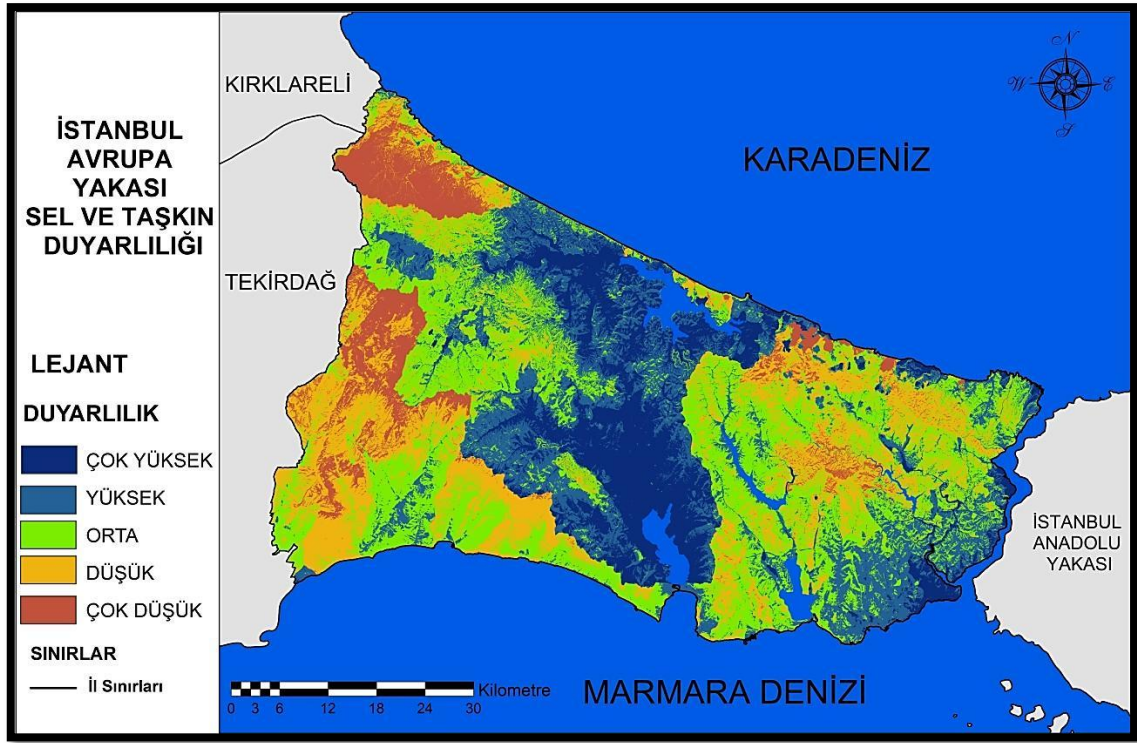
4.4 Sel ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi

Ölçütler normalleştirilip ağırlıklandırıldıktan sonra AHY Kapsamında ağırlıklarıyla birlikte sentezlenmektedir. Sentezleme yapılabilmesi için Raster Calculator komutu kullanılmış her bir ölçüt ağırlıklarıyla birlikte çarpılıp, tüm ölçütler toplanmıştır. Buna göre elde edilen sel ve taşkın duyarlılık alanları Şekil 4.22’de verilmektedir.

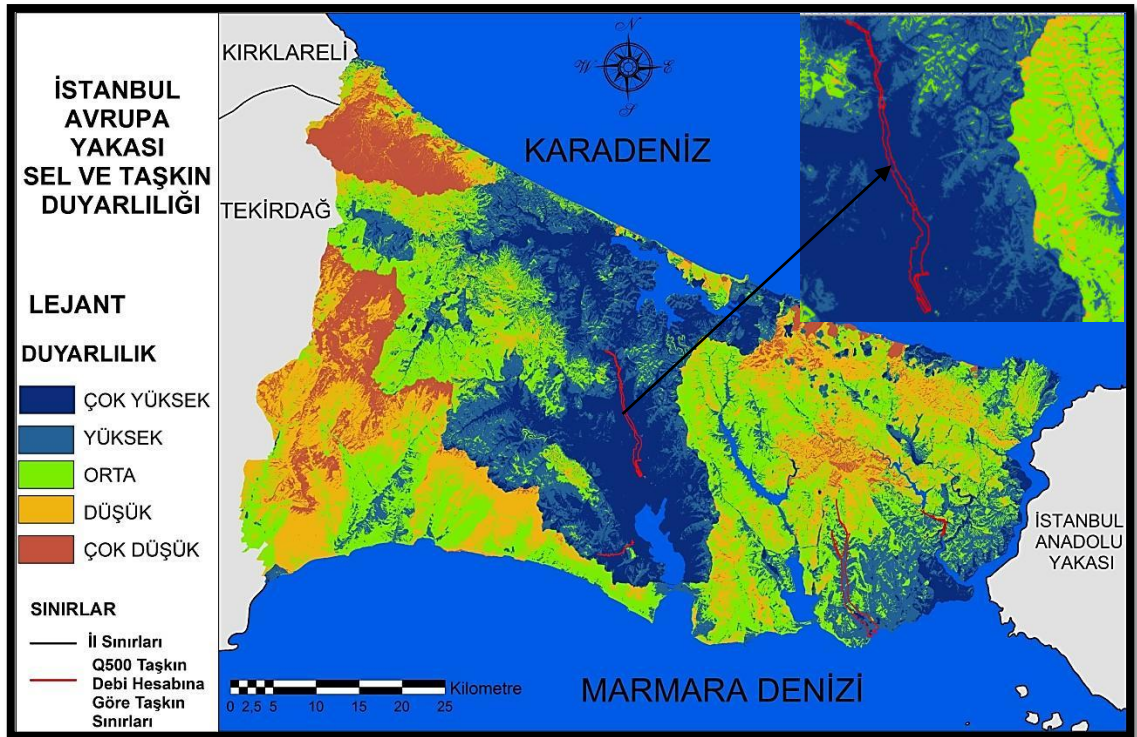


Şekil 4. 22 İstanbul Avrupa Yakası Duyarlılık Haritası

Oluşturulan sel ve taşkın duyarlılık haritası doğal aralıklı sınıflandırma yöntemi ile 5 ayrı duyarlılık derecesi ile sınıflandırılmıştır. Buna göre sel ve taşkın duyarlılık alanları çok yüksek riskli, yüksek riskli, orta risk, düşük risk ve çok düşük riskli bölgeler olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.23).



Şekil 4. 23 İstanbul Avrupa Yakası Duyarlılık Sınıfları



Şekil 4. 24 İstanbul Avrupa Yakası CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları ve Rasyonel Yönteme Göre (Q500 Taşkın hesabı) Göre Taşkın Sınırları

CBS-ÇÖKA ve AHY kullanılarak elde edilen sel ve taşkın duyarlılık alanları ve rasyonel yöntem Q500 frekansı taşkın debi hesabına göre elde edilen Alibey, Sarısu, Çiftlikköy ve Ayamama Deresine ait sel ve taşkın sınırları karşılaştırılmış ve sonuçlar aşağıdaki gibi listelenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4. 5 İstanbul Avrupa Yakası CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları ve Rasyonel Yöntem Taşkın Hesabına Göre Çakışan Alanlar Yüzdesi

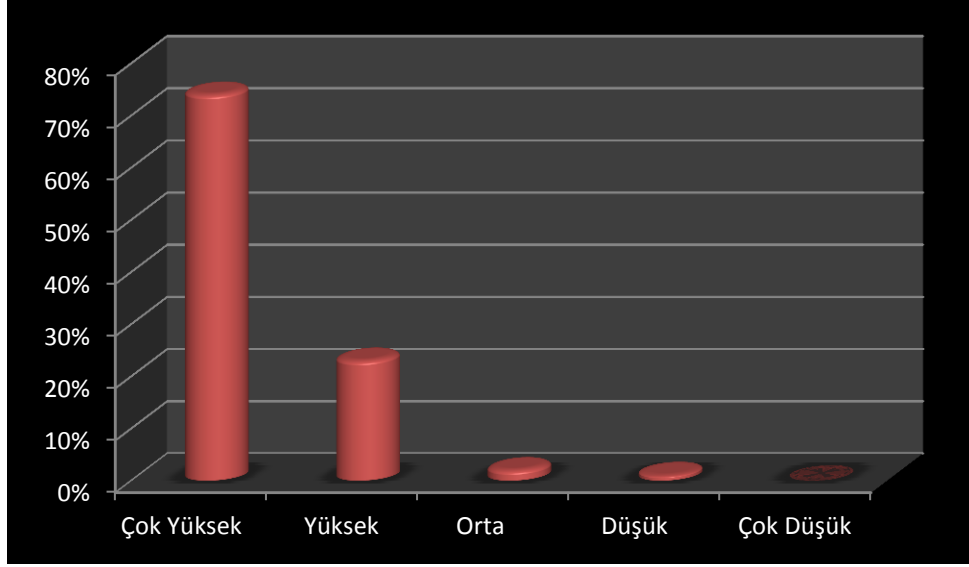
ALİBEY DERESİ		SARISU DERESİ	
CBS-ÇÖKA	Rasyonel Yönteme Göre Üretilen Taşkın Sınırı İçerisinde Kalan CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları(%)	CBS-ÇÖKA	Rasyonel Yönteme Göre Üretilen Taşkın Sınırı İçerisinde Kalan CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları(%)
DUYARLILIK		DUYARLILIK	
Çok Yüksek	% 55	Çok Yüksek	% 97
Yüksek	% 41	Yüksek	% 3
Orta	% 4	Orta	% 0
Düşük	% 0	Düşük	% 0
Çok Düşük	% 0	Çok Düşük	% 0
ÇİFTLİKKÖY DERESİ		AYAMAMA DERESİ	
CBS-ÇÖKA	Rasyonel Yönteme Göre Üretilen Taşkın Sınırı İçerisinde Kalan CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları(%)	CBS-ÇÖKA	Rasyonel Yönteme Göre Üretilen Taşkın Sınırı İçerisinde Kalan CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları(%)
DUYARLILIK		DUYARLILIK	
Çok Yüksek	% 88	Çok Yüksek	% 53
Yüksek	% 12	Yüksek	% 38
Orta	% 0	Orta	% 6
Düşük	% 0	Düşük	% 3
Çok Düşük	% 0	Çok Düşük	% 0

Sonuçlara göre Alibey Deresinde rasyonel yöntemle göre üretilen taşkın sınırı içerisinde, %96 oranında yüksek ve çok yüksek duyarlılık alanları, Sarısu Deresi için %100 oranında yüksek ve çok yüksek duyarlılık alanları, Çiftlikköy Deresi için %100 oranında yüksek ve çok yüksek duyarlılık alanları, Ayamama Deresi için %91 oranında yüksek ve çok yüksek duyarlılık alanları yakalanmıştır. Tüm dereler için rasyonel yöntemle göre taşkın sınırı ortalama duyarlılık değerleri hesaplanmış ve ortalama oranlar Çizelge 4.6'da verilmektedir.

Çizelge 4. 6 İstanbul Avrupa Yakası CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları ve Rasyonel Yöntemle Göre Ortalama Çakışan Alanlar Yüzdesi

TÜM DERELER ORTALAMA	
CBS-ÇÖKV	Rasyonel Yöntemle Göre Taşkın Sınırı
DUYARLILIK	İçerisinde Kalan CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları(%)
Çok Yüksek	% 74
Yüksek	% 23
Orta	% 2
Düşük	% 1
Çok Düşük	% 0

Tüm derelere ait rasyonel yöntemle göre sel ve taşkın alanlarının CBS-ÇÖKA yöntemine göre belirlenen duyarlılık alanları ile karşılaştırıldığında ortalama yüzde değerlerine göre %97 yüksek ve çok yüksek alanlar % 2 orta ve % 1 düşük duyarlılıklı alanlar yakalanmıştır (Şekil 4.25).



Şekil 4. 25 İstanbul Avrupa Yakası CBS-ÇÖKA Duyarlılık Sınıfları ve Rasyonel Yöntem Taşkın hesabına Göre Ortalama Çakışan Alanlar Yüzdesi

BÖLÜM 5

UKVA BİLEŞENİN TASARIMI

Çalışmada ülkemizdeki TUCBS (Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri) çalışmalarına öneri olması için afet yönetimi hazırlık aşaması kapsamında Sel ve Taşkın duyarlılığı için UKVA tasarımı yapılmıştır. Tasarımda sel ve taşkın duyarlılığı belirleme çalışmaları, AFAD ya da DSİ gibi kurumların sel ve taşkın duyarlılık analizinin yapılmasına karar vermesi ile başlamaktadır. Sonrasında çalışmanın yapılacağı birim belirlenmiş ve çalışma alanı sınırları İstanbul Avrupa yakası seçilmiştir.

Sel ve taşkın duyarlılık analizinin yapılması için yöntemin belirlenmesi aşamasına geçilmiş ve yöntem olarak ÇÖKA seçilmiştir.

Sel ve taşkın duyarlılığının ÇÖKA ile belirlenmesi için uzman görüşleri alınarak ve literatür taramaları yapılarak duyarlılığa etki eden ölçütler belirlenmiştir (yükseklik, eğim, baki, alt havuzların büyüklüğü, drenaj yoğunluğu ve akış).

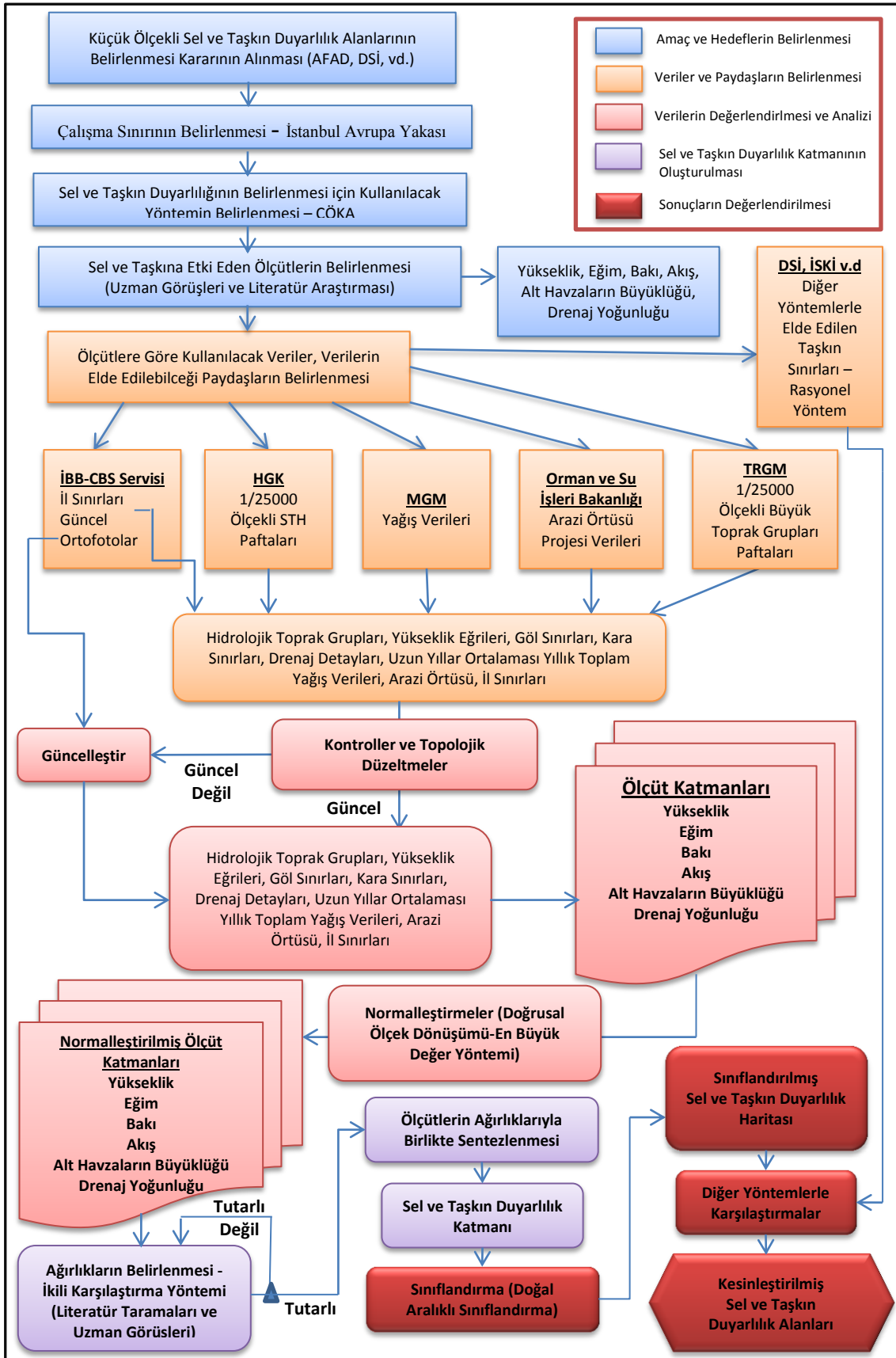
Seçilen ölçütler için gereken veriler özellikleriyle değerlendirilip ve elde edileceği kurumlar ya da kuruluşlara karar verilmiştir. Buna göre gereken veriler; çalışma alanına ait yükseklik verileri, doğal göl sınırları, kara sınırları , il sınırları ,yağış verileri , drenaj detayları , hidrolojik toprak grupları , arazi örtüsü verileri gerekmektedir. Yükseklik verileri, göl sınırı, kara sınırı ve drenajlara ait detay verileri için 1/25000 ölçekli HGK-STH paftaları, il sınırları için İBB-CBS servisi, arazi örtüsü verileri için Orman ve Su Bakanlığı Ulusal arazi örtüsü verileri, Hidrolojik toprak grupları verileri için 1/25000 Ölçekli TRGM büyük toprak grupları paftaları alınmıştır.

Alınan veriler içerisinde ölçütlerin oluşturulması için gerekli bilgiler süzülerek gerekli topolojik düzeltmeler yapılmıştır (Yükseklik, eğim, alt havzaların büyüklüğü, drenaj yoğunluğu ve akış). Topolojik düzeltmeler ve güncellemeler yapıldıktan sonra ölçüt katmanları oluşturulmuştur.

Ölçüt katmanlarının bir arada sentezlenebilmesi için normalleştirmeler yapılmıştır. Normalleştirmeler için doğrusal ölçek dönüşümü - en büyük değer yöntemi seçilmiştir.

Normalleştirilmiş ölçüt katmanlarının birbirine göre bağıl önemlerinin belirlenebilmesi için AHY kapsamında ikili karşılaştırma yöntemi uygulanmış ve karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığının anlaşılabilmesi için tutarlılık oranı hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı 0.10 sınırı altında kaldığından karşılaştırmaların tutarlı olduğu anlaşılmış ve buna göre ağırlıklar belirlenmiştir. Ağırlıklar ölçütlerle birlikte değerlendirilerek, sentezlenmiş ve duyarlılık katmanı oluşturulmuştur.

Duyarlılık katmanı, doğal aralıklı sınıflandırma yöntemi ile çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük olarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılmış duyarlılık katmanı rasyonel yöntemle belirlenen sel ve taşkın sınırı ile karşılaştırılmış ve %97 oranında örtüşme elde edilmiştir. Karşılaştırma sonucu elde edilen sonuç, yüksek oranda örtüştüğü için sel ve taşkına duyarlı alanlar kesinleştirilmiştir.



Şekil 5. 1 Sel ve Taşkın Duyarlılığının UKVA Kapsamında Değerlendirilmesi

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

CBS tabanlı ÇÖKA yöntemi kullanılarak, küçük ölçekli sel ve taşkın duyarlılık alanlarının belirlenmesi için yapılan çalışmada, İstanbul Avrupa Yakası için sel ve taşkın duyarlılıkları belirlenmiştir. Çalışmada CBS'deki işlem aşamaları için ArcGIS 10.0 yazılımı ve ikili karşılaştırma yöntemindeki hesaplamalar ve tabloların hazırlanmasında Ms Excell yazılımı kullanılmıştır.

Sel ve taşkın duyarlılığın belirlenmesi için 6 adet ölçüt literatür araştırmaları sonucu belirlenmiştir. Belirlenen ölçütler; yükseklik, eğim, bakı, alt havzaların büyüklüğü, drenaj yoğunluğu ve akıştır. Akış ölçütü SCS eğrisi yöntemi ile belirlenmiş ve bu kapsamda bu ölçüte ait yağış, hidrolojik toprak grupları ve arazi örtüsü olmak üzere 3 adet alt ölçüt kullanılmıştır. Ölçütlerin belirlenmesi ÇÖKA aşamaları içerisinde sonucu doğrudan etkileyen ve değişken olan kısımdır. Burada ölçütlerin belirlenmesi uzman kişiler tarafından ve literatür taramaları sonucu elde edileceğinden sübjektif bir konudur. Bu bağlamda sayısı artırılabilir, azaltılabilir ya da ölçütler değiştirilebilir.

Belirlenen ölçütlerden yükseklik, eğim, bakı, alt havzaların büyüklüğü ve drenaj yoğunluğu katmanları için HGK'nın oluşturduğu 1/25000 ölçekli sayısal STH'lar kullanılmış ve İstanbul il sınırına ait veriler İBB-CBS servislerinden elde edilmiştir. Akış ölçütü için, yağış verileri MGM'ye ait istasyonlarından alınan uzun yıllar ortalaması yıllık ortalama yağış değerleri kullanılmış, hidrolojik toprak grupları için TRGM'nin 1/25000 ölçekli büyük toprak grupları sayısal haritaları kullanılmış ve arazi örtüsü için Ulusal

Arazi Örtüsü verileri İBB-CBS servislerinden 2010 yılına ait ortofotolar üzerinden güncellenerek kullanılmıştır.

Taşkınla ilgili yapılan çalışmalarda doğruluk, kullanılan verilerin doğruluğuyla doğrudan ilgili olup, kullanılan veriler küçük ölçekli çalışmalar için yeterli doğruluğa sahiptir. Ancak yapılacak büyük ölçekli çalışmalarda istenen neticeler elde edilemeyebilir. Bunlarla birlikte kullanılacak verilerin güncel olması gerekmektedir. Eski zamanlara ait veriler kullanıldığında (örneğin arazi örtüsü) diğer verilerle zamansal farklılıklardan ötürü uyumsuzluk oluşturacak ve günümüze ait sonuçlar verilemeyecektir. Bu bağlamda verilerin güncelliği yine çalışmanın doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Çalışmada kullanılan verilerden güncel olmayan veriler güncellenmiştir.

Ölçüt katmanları ilgili verilerden hazırlandıktan sonra normalleştirmeler doğrusal ölçek dönüşümü içerisinde en büyük değer yöntemine göre yapılmıştır. Sonuç olarak tüm ölçüt katmanları 0 ile 1 arasında değerler alarak ağırlıklarıyla birlikte aynı payda altında sentezlenmeye hazır hale getirilmiştir.

Karar çözümlemelerinin yapılması için AHY yöntemi kullanılmış ve bu kapsamda ağırlıkların belirlenmesi için ikili karşılaştırma yöntemi kullanılmış ve ölçüt ağırlıkları; yükseklik ölçütü için 0.11, baki ölçütü için 0.06, akış ölçütü için 0.35, drenaj yoğunluğu ölçütü için 0.21, alt havzaların büyüklüğü ölçütü için 0.12 ve eğim ölçütü için 0.15 olarak hesaplanmıştır. Yapılan karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığının anlaşılması için tutarlılık oranı hesaplanmış ve tutarlılık oranı tutarlılık sınırı değerinin altında kaldığı için karşılaştırmaların tutarlı olduğu belirlenmiştir.

Ölçütlerin ağırlıklarıyla birlikte sentezlenmesi için belirlenen ağırlıklar normalleştirilmiş ölçüt katmanları ile çarpılarak, elde edilen değerler toplanmıştır. Elde edilen sonuç taşkın çalışması için duyarlılık aralığını vermiştir. Bu duyarlılık aralığı çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır.

Elde edilen sınıflar, rasyonel yöntemle göre dört farklı dere için rasyonel yöntemle hazırlanan, 500 yıllık oluşabilecek debiye göre (Q500) tahmin edilen taşkın sınırı ile karşılaştırma yapmak için çakıştırılmıştır. Tüm derelere ait rasyonel yöntemle göre taşkın alanlarının CBS-ÇÖKA yöntemine göre belirlenen duyarlılık alanları ile

karşılaştırıldığında, ortalama yüzde değerlerine göre %97 yüksek ve çok yüksek alanlar % 2 orta ve % 1 düşük ve çok düşük duyarlılık alanlar yakalanmıştır.

Oluşturulan sel ve taşkın duyarlılık sınıfları farklı kurumların ortaklaşa kullanımı ve anlık veri akışının sağlanabilmesi amacıyla UKVA kapsamında değerlendirilmiş ve afet yönetimi hazırlık bileşeni için konumsal veri altyapısı tasarımı önerilmiştir.

Dünyada ve ülkemizde sel ve taşkın afeti yıllardan beri birçok can ve mal kaybına neden olmaktadır. Her afette olduğu gibi taşkın ve sel afetinde de afet yönetimi çerçevesinde afet öncesi tedbirlerin alınması büyük önem taşımaktadır. Afet öncesi alınması gereken önlemler içerisinde konu alınan afete ait duyarlılık alanlarının belirlenmesi öncelikli yapılması gereken eylemlerden birisidir.

Özellikle büyük şehirlerde yapılan yanlış politikalar sonucu, oluşan çarpık kentleşmenin boyutlarının daha şeffaf bir şekilde ortaya konulması yönünden sel ve taşkın duyarlılık haritalarının çıkarılması önemlidir. Sel ve taşkın afeti için duyarlılık alanlarının belirlenmesiyle yüksek duyarlılığa sahip bölgeler koruma altına alınmalı veya bu bölgelerde yapılaşma ya da insan faaliyetleri bulunması halinde iskan durumu gözden geçirilmelidir.

Afet yönetiminin sağlıklı bir şekilde yönetilmesi paydaşların birlikte çalışabilirliği dolayısıyla veri paylaşımının hızlı ve etkin bir şekilde yapılabilmesine bağlıdır. Afet için kullanılacak verilerin, coğrafi bilgi sistemleri çerçevesinde oluşturulması ve paylaşımının sağlanması için UKVA kapsamında değerlendirilmelidir.

Sel ve taşkın afetinin duyarlılık alanlarının belirlenmesi için birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan ÇÖKA yöntemi günümüzde popüler olan ve sağlıklı sonuçlar veren yöntemlerden birisidir. ÇÖKA'nın CBS ortamında yapılmasında yapılan işlemlerin analitik bir zeminde etkin bir şekilde yapılmasını sağlar. CBS tabanlı ÇÖKA çalışmalarında afete etki eden çok sayıda ölçütün ortak etkilerinin değerlendirilmesi sağlanır. Böylece afet yönetiminde karar vericiler için karmaşık durumda bulunan problemler için karar desteği sağlanır.

Çalışmada sel ve taşkın vakalarının çokça görüldüğü ve bilançolarının ağır olduğu İstanbul Avrupa Yakası için sel ve taşkın duyarlılık alanları belirlenmiş ve afet yönetimi

hazırlık bileşeni için UKVA kapsamında II. Düzey Temel Veriler arasında yer alan afet ve risk verilerinin, konumsal veri altyapısı tasarlanmıştır.

Küçük ölçekte yapılan bu çalışmada duyarlılık alanları belirlenmiş ve bu duyarlılık alanlarının büyük ölçekli çalışmalar için yol göstermesi beklenmektedir. Sel ve taşkın afetinin zararlarının azaltılması için UKVA kapsamında tasarlanan bu çalışma afet yönetimi paydaşları için öneri niteliğinde hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Turoğlu, H. ve Özdemir, H., (2005). Bartın’da Sel ve Taşkınlar; Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- [2] Demirkese, A.C., (2003). “Sayısal Yükseklik Modellerinin Analizi ve Sel Basman Alanlarının Belirlenmesi”, TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı 24 -26 Eylül 2003 Konya.
- [3] Bilir, S., Şahin, M. ve Tarı, E., (2009). “Bir Coğrafi Bilgi Sistemi Projesinde Üç Boyutlu Görselleştirme”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11-15 Mayıs 2009, Ankara.
- [4] Levy, J.K., (2005). “Multiple Criteria Decision Making and Decision Support Systems For Flood Risk Management, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment”, 19(6): 438 – 447.
- [5] Eastman, J.R., Kyem, P.A.K., Toledano, J. ve Jin, W., (1993). GIS and decision making, Explorations in Geographic Information System Technology, 4 (Geneva: UNITAR).
- [6] Malczewski, J., (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis; John Wiley and Sons: New York, New York.
- [7] Jankowski, P. ve Nyerges, T., (2001). Geographic Information Systems For Group Decision Making: Towards A Participatory, Geographic Information Science, Taylor & Francis, New York.
- [8] Ascough, J.C., Rector, H.D., Hoag, D.L., McMaster, G.S., Vandenberg, B.C., Shaffer, M.J., Weltz, M.A. ve Ahjua, L.R., (2002). Multicriteria spatial decision support systems: overview, applications, and future research directions, Proceedings of The International Environmental Modelling And Software Society, Lugano, Switzerland.
- [9] Cömert, Ç. ve Akıncı, H., (2005). “Ulusal Konumsal Veri Altyapısı Ve E-Türkiye İçin Önemi”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultay 2005, 28 Mart-1 Nisan, Ankara.
- [10] Sarp, N., (1999). “Sağlık Hizmetlerinde Afet Yönetimi”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Deprem Araştırma Bülteni, Ankara.

- [11] TABİS, (2002), İçişleri bakanlığı web sitesi, Türkiye Afet Bilgi Sistemi Temeller raporu, <http://www.icisleri.gov.tr/strateji/arastirma/tabis.htm>
- [12] Uzunçibuk, L., (2006). Yerleşim Yerlerinde Afet ve Risk Yönetimi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [13] Kadioğlu, M., (2008). “Küresel iklim değişikliğine uyum stratejileri”, Kar Hidrolojisi Sempozyumu Bildiri Kitabı 27-28 Mart 2008 Erzurum, DSİ 8. Bölge MÜD. Yay., 69-94.
- [14] Özkul, B. ve Karaman, E., (2007). “Doğal Afetler İçin Risk Yönetimi”, TMMOB Afet Sempozyumu, 5-7 Aralık 2007, Ankara.
- [15] Ergünay, O., (2002). Afete Hazırlık ve Afet Yönetimi, Türkiye Kızılay Derneği Genel Müdürlüğü Afet Operasyon Merkezi (AFOM), Ankara.
- [16] Pirinos P., Kortenhaus A., Swerpel B., Jimenez J.A., Samuels P., (2008). Review of Flood Hazard Mapping, FLOODsite Sixth Framework Programme for European Research and Technological Development, http://www.floodsite.net/html/partner_area/project_docs/T03_07_01_Review_Hazard_Mapping_V4_3_P01.pdf, 11 Nisan 2008.
- [17] Özcan, O. ve Musaoğlu, N., (2009). “Taşkın Risk Analizinde Hidrolojik Modelleme ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi”, TUFUAB 2009 Sempozyumu, 4-6 Şubat 2009, MTA Ankara.
- [18] Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB), (2003), Türkiye Ulusal Meteorolojik ve Hidrolojik Afetler Programı (TUMEHAP).
- [19] Kadioğlu, M., (2008). Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi; Kadioğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), “Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri”, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.
- [20] DSİ Genel Müdürlüğü, DSİ Basın Bülteni, <http://www2.dsi.gov.tr/basinbul/detay.cfm?BultenID=188>, 20.05.2012.
- [21] Jacobson, C., Chen, K. ve Blong, R., (2003). “Towards an Integrated Approach to Natural Hazards Risk Assessment Using GIS”, Bushfires, Environmental Management, 31 (4):546–560.
- [22] Batuk, F., Öztürk, D. ve Emem, O., (2007). “Türkiye Ulusal Konumsal Veri Altyapısı İçin Temel Veriler”, HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 1(9).
- [23] Emem, O. ve Batuk, F., (2005). “Dünya ve Ülkemizde Mekansal Veri ve Bilgi Altyapısına Yönelim ve İhtiyaçların Belirlenmesi”, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart-1 Nisan 2005.
- [24] Yoon, K. ve Hwang, C., (1995). Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, Sage Publications, Thousand Oaks.
- [25] Rinner, C. ve Malchewski, J., (2002). Web-enabled spatial decision analysis using Ordered Weighted Averaging (OWA), J Geograph Syst, 4:385–403.

- [25] Pietersen, K., (2006). "Multiple criteria decision analysis (MCDA): A tool to support sustainable management of groundwater resources in South Africa", *Water SA*, 32 (2):119-127.
- [27] Malchewski, J., (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, *International Journal of Geographical Information Science*, 7 Ağustos 2006, 20(7):703–726.
- [28] Meyer, V., (2007). "GIS-based Multicriteria Analysis as Decision Support in Flood Risk Management", *Helmholtz Centre for Environmental Research, Department of Economics, Leipzig*.
- [29] Schanze, J., Zeman, E. ve Marsalek, J., (2006). "Flood Risk Management - Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures", *Springer*, 149-167.
- [30] Kyutae, L., (2010). "Flood Risk Management", http://old.iuhr.uiowa.edu/education/international/UK/projects_files/PROJECT%28Flood%20Risk%20Management%20Approach%29.pdf, 2010.
- [31] Öztürk, D., (2009), CBS Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemleri İle Sel ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi: Güney Marmara Havzası Örneği, Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [32] Stillwell, W. G., Seaver, D. A. ve Edwards, W. (1981). "A Comparison of Weight Approximation Techniques in Multiattribute Utility Decision-Making." *Organizational Behavior and Human Performance* 28(1): 62-77.
- [33] Saaty, T. L. ve Vargas, L.G., (2001). *Models, Methods, Concepts & Application of The Analytic Hierarchy Process*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [34] Saaty, T. L., (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill Comp., U.S.A.
- [35] Triantaphyllou, E. ve Mann, S. H., (1989). "An Examination of the Effectiveness of Multi-Dimensional Decision-Making Methods: Adecision-Making Paradox", *Decision Support Systems*, 5:303-312.
- [36] Proctor, W. ve Qureshi, E., (2005). "Multi-criteria Evaluation Revisited", *Conference Proceedings: ecological economics in action*, Australia New Zealand Society for Ecological Economics, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- [37] Doğramacı, S., (2009). Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Toplu Konut Yer Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [38] Kuruüzüm, A., (2001). "Analitik Hiyerarşi Yöntemi Ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları", *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi* 2001(1):83-105.
- [39] Büchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B. ve Nestmann, F., (2006). "Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks", *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 6:485–503.

- [40] Te Linde, A. H., Aerts, J. C. J. H. ve Hurk, B., (2008). "Effects of flood control measures and climate change in the Rhine basin", Proceedings of the 4th International Symposium on Flood Defence, Toronto, Canada, 6-5-2008, 118:1-9.
- [41] T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Islah Ve Taşkın Koruma Yapıları Uygulama Projeleri Yapım İşi Genel Teknik Şartnamesi, www.dsi.gov.tr, 2011.
- [42] T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Taşkın Mevzuatı, <http://www.dsi.gov.tr>, 05.05.2012.
- [43] Lin, Z. ve Oguchi, T., (2004). "Drainage Density, Slope Angle and Relative Basin Position in Japanese Bare Lands From High-Resolution DEMs", *Gemorphology*, 63 (2004):159-173.
- [44] Hanson, K., Larsson, A., Danielson, M. ve Ekenberg, L., (2011). "Coping with Complex Environmental and Societal Flood Risk Management Decisions: An Integrated Multi-criteria Framework", *Sustainability* 2011(3):1357-1380.
- [45] Özdemir, H., (2007). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) Cbs Ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın Ve Heyelan Risk Analizi, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- [46] AFAD, Afet Acil Durum Başkanlığı Afet çalışmaları, www.turksatglobe.com.tr/views/projects/contents/files/cbs_a_afet_acil_durum_bsk.pdf , 25.05.2012.
- [47] Saral, A. ve Musaoğlu N., (2011). "Çok Kriterli Karar Verme Ve Bilgi Difüzyonu Yöntemleri İle Taşkın Risk Analizi", 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara.
- [48] Tekeli, İ., Akgül, S., Dengiz, O. ve Aküzüm, T., (2007). "Estimation of Flood Discharge for Small Watershed using SCS Curve Number and Geographic Information System", International Congress River Basin Management, Antalya.
- [49] Yahaya, S., Ahmad, N. ve Abdalla, R.F., (2010). "Multicriteria Analysis for Flood Vulnerable Areas in Hadejia-Jama'are River Basin, Nigeria" *European Journal of Scientific Research*, 41(1):71-83.
- [50] Chandran, R. ve Joisy, M.B., (2009). "Flood Hazard Mapping of Vamanapuram River Basin -A Case Study", 10th National Conference on Technological Trends.
- [51] Özcan, O. ve Musaoglu N., (2010). "Vulnerability Analysis of Floods in Urban Areas Using Remote Sensing and GIS", 30th EARSEL Symposium, Paris, France.
- [52] Yalcin, Y. ve Akyurek, Z., (2004), "Analyzing Flood Vulnerable Areas With Multicriteria Evaluation." İstanbul <http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm2/papers/154.pdf>, 22.05.2012.
- [53] T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı, <http://aris.ormansu.gov.tr/index.php?q=tr/toprak/havza>, 23.05.2012.

- [54] T.C. İstatistik Kurumu, Bölgesel Göstergeler TR10 İstanbul, www.tuik.gov.tr, 22.04.2012.
- [55] İstanbul Kalkınma Ajansı, 2010-2013 İstanbul Bölge Planı , [www.dpt.gov.tr/DocObjects/.../TR10_İstanbul_Bölge_Plan .pdf](http://www.dpt.gov.tr/DocObjects/.../TR10_İstanbul_Bölge_Plan.pdf), 22.05.2012.
- [56] Gündoğdu, K.S., (2003). "Sayısal Yükseklik Modellerinin Arazi Boy Kesitlerinin Çıkarılmasında Kullanımı", Uludağ Üniversitesi, Zir.Fak.Derg., 17(1): 149-157, Bursa.
- [57] Tribe, A., (1992). "Automated Recognition of Valley Heads from Digital Elevation Models", Earth Surface Processes and Landforms 16(1):33-49.
- [58] Moore, I.D., Grayson, R.B. ve Ladson, A.R., (1991). "Digital Terrain Modeling: a Review of Hydrological", Geomorphological and Biological Applications, Hydrological Processes 5(1): 3-30.
- [59] ESRI ,ArcGIS Desktop 9.3 Help, <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3>, 15.05.2012.
- [60] Harita Genel Komutanlığı, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 Ölçekli Kartografik Vektör Harita Veri Sözlüğü, http://www.hgk.msb.gov.tr/urunler/veri_sozlugu_25-50-100.pdf, 21.05.2012.
- [61] Erdoğan, M., (2007). Veri Türü Kalitesi ve Üretim Yöntemine Göre SYM Standartlarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Tekni Üniversitesi, İstanbul
- [62] Kol, Ç. ve Küpçü, S., (2008). ArcGIS Spatial Analiz, İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanları, Ankara.
- [63] U.S Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/owow/watershed/wacademy/acad2000/watershedmgt/principle1.html>.
- [64] T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Drenaj ağı ve Havzası, <http://aris.cob.gov.tr/index.php?q=node/37>, 20.05.2012.
- [65] European Commission, Global Change and Ecosystem, Desire Project,http://www.desirehis.eu/wimba/WP2.1%20Indicators%20in%20the%20study%20sites%20%28Report%2066%20D211%20Mar10%29/page_34.htm, 21.05.2012.
- [66] Bayazit, M., (1999). Hidroloji. İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.) 1605: 127-131.
- [67] Creek Connection School, New York, <http://creekconnections.allegheeny.edu/Modules/OnLineActivities/TopographicMaps/Delineation.pdf>, 21.05.2012.
- [68] <http://paulbolstad.cfans.umn.edu/Courses/FR3131/LecSupp/DelineatingWatersheds.pdf>, 21.05.2012.
- [69] US Natural Resources Conservation Service, How to Read a Topographic Map and Delineate a Watershed,<http://www.nh.nrcs.usda.gov/technical/Publications/Topowatershed.pdf>, 21.05.2012.

- [70] Washington Üniversitesi, CBS-Hidroloji ders notları, <http://courses.washington.edu/gis250/lessons/hydrology/index.html>, 21.05.2012.
- [71] T. Jenson, S.K. ve Domingue, J.O. (1988). "Extracting topographic structure from digital elevation data for geographical information system analysis", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54:1593-1600.
- [72] Özdemir, H., (2007)., "SCS CN Yagıs-Akıs Modelinin CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Uygulanması: Havran Çayı Havzası Örneği (Balıkesir)", Coğrafi Bilimler Dergisi, 5 (2): 1-12.
- [73] Soil Conservation Service, USDA, SCS, (1956), (1964), (1972), (1985), (1993). Hydrology – National Engineering Handbook, Supplement A, 4. Kısım, 10. bölüm, Washington, D.C.
- [74] Halley, M. C., White, S. O. ve Watkins, E. W., (2000). "ArcView GIS Extension for Estimating Curve Numbers", ESRI User Conference-2000, San Diego, California.<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc00/professional/papers/pap657/p657.htm>, 21.04.2012.
- [75] Soil Conservation Service, (1986). Urban Hydrology for Small Watersheds, Technical Release 55 (TR-55), <http://www.cpsc.org/reference/tr55.pdf>, 17.05.2012.
- [76] LMNO Engineering, Research, and Software, Ltd., <http://www.lmnoeng.com/Hydrology/hydrology.htm> , 21.05.2012.
- [77] T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Hidrolojik Toprak Grupları, <http://aris.cob.gov.tr/sites/default/files/lejant.pdf>, 20.05.2012.
- [78] Özer, Z., (1990). Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar(Teknik Rehber), Ankara.
- [79] Akgül, S., (2009). Gediz Havzasında Su Bütçesi Elemanlarındaki Değişimin Tarımsal Su Kullanımına Etkisi, Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- [80] T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Arazi Kullanım Özellikleri, http://aris.cob.gov.tr/index.php?q=tr/arazi_kullanım, 15.05.2012.
- [81] KTÜ Mf İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim Dalı, Hidroloji Ders Notları, Trabzon, <http://mikomurcu.com/dersnot/hidrolojidersnotlari.pdf>, 16.05.2012.
- [82] Özer, Z., (2008). Tarımsal Altyapı Hizmetlerinde Drenaj ve Arazi Islahı Mühendisliği, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [83] Özdemir, H., (1978). Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi, DSİ Genel Müdürlüğü Basım ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- [84] Ulugür, M. E., (1972), Su Mühendisliği, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mustafa YALÇIN
Doğum Tarihi ve Yeri : 06.03.1986
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : mustafayalcin@aku.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2009
Lise	Fen Bilimleri	Bolvadin Anadolu Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2010	Afyon Kocatepe Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü	Araştırma Görevlisi
2009	İmpek Mühendislik Ltd. Şti.	Harita Mühendisi

YAYINLARI

Makale

1. Dereli M.A., Yalçın M., Erdoğan S., 2010 “Madencilik Faaliyetlerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı”, Harita Teknolojileri Dergisi, 2010

Bildiri

1. Erdoğan S., Yalçın M., Dereli M.A., 2011, “Kriminolojide Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Mekansal İstatistiksel Yöntemlerin Kullanımı: Cinayet Suçu Örneği”, Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 31 Ekim- 04 Kasım 2011, Antalya
2. Erdoğan S., Yalçın M., Dereli M.A., 2011, “Kriminolojide Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Mekansal İstatistiksel Yöntemlerin Kullanımı: Hırsızlık Örneği”, 13. Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara
3. Erdoğan S., Yalçın M., Dereli M.A., 2011, “Spatial Analysis Of Five Crime Statistics In Turkey”, FIG Working Week, 18-22 May 2011, Marrakesh, Morocco
4. Erdoğan S., Yalçın M., Dereli M.A., 2011, “Spatial Analysis Of Assault And Battery Crime Statistics In Turkey”, International GIs Workshop 2011, Las Vegas, Nevada, Usa July 18-21
5. Yalçın M., Batuk F., 2010, “Toplu Konut Alanlarının Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi:Bakırköy Örneği”, 2010, UZALCBS2010, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
6. Batuk F., Yalçın M., 2010, “Site Selection for New Buildings with GIS & MCDM”, GI4DM 2010 Conference (Geomatics for Crisis Management), February 2-4 2010, Torino, Italy

Kitap

1. Bilgisayar Destekli Haritalama II, 1,2 ve 3. Bölümler, Anadolu Üniveristesi Yayınları, Eylül 2011