

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKARSU HAVZALARINDA TOPOĞRAFİK NEM İNDEKSLERİ İLE
TAŞKINA MEYİLLİ ALANLARIN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Işıtan Selin ERMİŞ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKARSU HAVZALARINDA TOPOĞRAFİK NEM İNDEKSLERİ İLE
TAŞKINA MEYİLLİ ALANLARIN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Işıtan Selin ERMİŞ
(501121509)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hafzullah AKSOY

HAZİRAN 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121509 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **İştan Selin ERMİŞ** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**AKARSU HAVZALARINDA TOPOĞRAFİK NEM İNDEKSLERİ İLE TAŞKINA MEYİLLİ ALANLARIN BELİRLENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Hafzullah AKSOY**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Veysel Şadan Özgür KIRCA**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Onur AKAY

Okan Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**

Savunma Tarihi : **01 Haziran 2015**

Aileme ve hayatıma koydukları engellerle beni daha güçlü kılan herkese,

ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği programında gerçekleştirilen yüksek lisans çalışmasında, akarsu havzalarında zemin nemlilik indeksleri ile taşkına meyilli alanlar belirlenmiştir.

Bu tezi hazırlamamda öncelikle engin bilgi ve tecrübesi ile her zaman yanımda olan, çalışmamın her aşamasında beni motive eden kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Hafzullah AKSOY'a, iki yıllık yüksek lisans eğitimim boyunca üstümde emeği olan tüm İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği hocalarıma, analiz sonuçlarına ulaşmamda büyük destekçi olan Arş. Gör. Halil İbrahim BURGAN'a, değerli katkılarıyla benim için bu süreci daha kolay kılan Doç. Dr. K. Armağan KORKMAZ'a, sabırla bugünlere gelmem için çabalayan ve bana her zaman yürekten inanan kıymetli anne ve babama, manevi desteğiyle her zaman yanımda olduğunu hissettiren çok sevdiğim ablama ve son olarak bu zorlu sürece maddi ve manevi en ufak katkıda bulunan herkese sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma AB Komisyonu ve T.C. Başbakanlık Hazine Müsteşarlığı (Merkezi Finans ve İhale Birimi) tarafından Karadeniz İşbirliği Programı çerçevesinde ortaklaşa desteklenen MIS-ETC 2014 "A Scientific Network for Earthquake, Landslide and Flood Hazard Prevention" (SciNetNatHaz) adlı proje ışığında gerçekleştirilmiştir. Projede emeği geçen herkese teşekkürü borç bilirim.

Haziran 2015

Işıtan Selin ERMİŞ
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Konusu	1
1.2 Çalışmanın Önemi.....	2
1.3 Çalışmanın Amacı.....	3
1.4 Çalışmanın Yöntemi	3
1.5 Çalışmanın Düzeni	3
2. TAŞKIN	5
2.1 Taşkın Kavramı.....	5
2.2 Taşkınları Etkileyen Faktörler	5
2.3 Taşkın Tahmin Yöntemleri	7
2.3.1 Rasyonel yöntem.....	8
2.3.2 SCS yöntemi	9
2.3.3 Birim hidrograf yöntemi	10
3. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ	11
3.1 Temel Kavramlar ve Tanımlar	11
3.2 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi	13
3.3 Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Çeşitleri.....	13
3.3.1 Vektör veri	14
3.3.2 Raster veri	14
3.4 CBS’de Haritalar ile İlgili Tanımlamalar.....	16
3.4.1 Ölçek	16
3.4.2 Referans yüzeyi.....	16
3.4.3 Harita projeksiyonları.....	17
3.4.4 Koordinat sistemleri.....	18
3.4.4.1 Kartezyen koordinat sistemi.....	19
3.4.4.2 Coğrafi koordinat sistemi.....	19
3.4.4.3 Projeksiyon koordinat sistemi	20
3.5 CBS ve Hidroloji.....	21
4. YAZILIM VE MODEL	23
4.1 Kullanılan Yazılımlar.....	23
4.1.1 Quantum GIS	23
4.1.1.1 Sayısal yükseklik modeli	24
4.1.1.2 Çukurları doldurma	25
4.1.1.3 Akım yönü belirleme	25
4.1.2 SAGA GIS	26

4.1.3 SMS	27
4.2 Nem İndeksleri	29
4.2.1 Topoğrafik nem indeksi	29
4.2.2 SAGA nem indeksi.....	30
4.3 Kullanılan Model.....	31
5. UYGULAMA.....	33
5.1 Uygulama Alanı	33
5.1.1 Tekirdağ	33
5.1.2 Samsun	34
5.2 Kullanılan Haritalar	35
5.2.1 1/25000 ölçekli eşyüksekti haritaları	35
5.2.2 Tekirdağ ve Samsun havza haritaları	37
5.3 Haritalar ile İlgili Ön Çalışmalar	38
5.4 QGIS Yazılımının Çalıştırılması	44
5.5 Uygulama Sonuçları	45
5.5.1 Tekirdağ örnek havza uygulama sonuçları.....	45
5.5.2 Diğer havza uygulamalarının sonuçları.....	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	65

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AB	: Avrupa Birliği
BUKRDAE	: Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Ens.
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	: Digital Elevation Model
EGHAS	: Etkileşimli Grafik Harita Sistemi
ESRI	: Environmental Systems Research Institute
GIS	: Geographic Information System
GPS	: Global Positioning System
GRASS	: Geographic Resources Analysis Support System
IJGIS	: International Journal of Geographical Information Science
IPA	: International Police Association
QGIS	: Quantum Geographic Information System
SAGA WI	: System for Automated Geoscientific Analyses Wetness Index
SPI	: Stream Power Index
SAGA GIS	: System for Automated Geoscientific Analyses GIS
SMS	: Surface-Water Modeling System
SAGA	: System for Automated Geoscientific Analyses
SCS	: Soil Conservation Service
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TWI	: Topographic Wetness Index
UTM	: Universal Transverse Mercator
URISA	: The Urban and Regional Information Systems Association
WGS84	: World Geodetic System 1984

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1	: CBS'nin tarihsel gelişimi (Tecim,2008)	13
Şekil 3.2	: Vektör verilerin grafiksel olarak gösterimi	14
Şekil 3.3	: Raster veri yapısında grafik verilerin sayısal olarak gösterimi	15
Şekil 3.4	: CBS için verilerin sayısala dönüştürülme işlemi (ESRI, 1995)	15
Şekil 3.5	: Jeoid'in temsili gösterimi (BUKRDAE, 2008)	17
Şekil 3.6	: Projeksiyonların toplu gösterimi (BUKRDAE, 2008)	18
Şekil 3.7	: Kartezyen koordinat sistemi (BUKRDAE, 2008)	19
Şekil 3.8	: Coğrafi koordinatlar (BUKRDAE, 2008)	20
Şekil 3.9	: Türkiye için UTM projeksiyon dilimleri (BUKRDAE, 2008)	21
Şekil 4.1	: SYM'nin hücresel boyutu (Güreşçi ve diğ., 2012)	24
Şekil 4.2	: SYM'ndeki çukur hücreler (Güreşçi ve diğ., 2012)	25
Şekil 4.3	: Çukurların doldurulması (Güreşçi ve diğ., 2012)	25
Şekil 4.4	: Su akış yönü (Güreşçi ve diğ., 2012)	25
Şekil 4.5	: Akım yönleri (Güreşçi ve diğ., 2012)	26
Şekil 4.6	: Akım yönünün matematiksel ifadesi (Güreşçi ve diğ., 2012)	26
Şekil 4.7	: Havzanın düğüm noktaları haritası	27
Şekil 4.8	: Havzanın SYM (DEM) haritası	27
Şekil 4.9	: SMS yazılımında koordinatlama işlemi	28
Şekil 4.10	: Havzayı sınırlarından keserek poligonlama işlemi	28
Şekil 4.11	: Havzanın poligonlanmış kapalı bir alan olarak QGIS'te görünümü	29
Şekil 4.12	: Çalışma kapsamında QGIS yazılımında kullanılan matematik model ...	31
Şekil 5.1	: Tekirdağ ilinin lokasyon haritası (Url 4)	33
Şekil 5.2	: Samsun ilinin lokasyon haritası (Url 4)	34
Şekil 5.3	: Türkiye pafta bölümlenmesi (Url 6)	35
Şekil 5.4	: QGIS'te Hibrit altlık haritası ile havza sınırları ve eşyüksekti paftaları .	36
Şekil 5.5	: Taşkın haritaları oluşturulan Tekirdağ havzaları (Url 4)	37
Şekil 5.6	: Taşkın haritaları oluşturulan Samsun havzaları (Url 4)	37
Şekil 5.7	: WGS84'te boylam ve enlem değerleri (Url 4)	38
Şekil 5.8	: Türkiye için UTM dilimleri (Url 7)	38
Şekil 5.9	: Tekirdağ ilinde bulunan havza sınırları ve havza içi akarsu ağı (Url 4)	39
Şekil 5.10	: Eşyüksekti haritalarının QGIS yazılımında birleştirilmesi	40
Şekil 5.11	: Birleştirilmiş eşyüksekti haritalarının eğrilerini basitleştirme işlemi	40
Şekil 5.12	: Basitleştirilmiş eşyüksekti haritalarının yakından görünümü	41
Şekil 5.13	: Eşyüksekti eğrilerinin sayısallaştırılması	42
Şekil 5.14	: Sayısallaştırılmış eşyüksekti eğrilerinin havza sınırıyla karşılaştırılması ...	42
Şekil 5.15	: Sayısallaştırılmış eşyüksekti eğrilerinin havza sınırıyla kesilmiş hali	43
Şekil 5.16	: SAGA GIS'ten alınan SYM haritasının QGIS'te görünümü	43
Şekil 5.17	: QGIS'te SYM haritasının havza sınırlarına göre kesilmiş hali	44
Şekil 5.18	: Havza alanı	46
Şekil 5.19	: Değiştirilmiş havza alanı	46
Şekil 5.20	: Havza eğimleri	46
Şekil 5.21	: Çukur hücreleri doldurulmuş SYM haritası	46

Şekil 5.22 : Bakı haritası.....	47
Şekil 5.23 : Akarsu güç indeksi ile elde edilen havza alanı.....	47
Şekil 5.24 : Topoğrafik nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritası	47
Şekil 5.25 : SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritası	47
Şekil 5.26 : Tekirdağ 2. havza model analizi sonuçları	48
Şekil 5.27 : Tekirdağ 3. havza model analizi sonuçları	50
Şekil 5.28 : Samsun 1. havza model analizi sonuçları.....	52
Şekil 5.29 : Samsun 2. havza model analizi sonuçları.....	54
Şekil 5.30 : Samsun 3. havza model analizi sonuçları.....	56

SEMBOL LİSTESİ

A	: Havza alanı
A_s	: Özgül havza alanı
C	: Akış katsayısı
i	: Yağış şiddeti
P	: Yağış yüksekliği
P_e	: Artık yağış yüksekliği
q	: Birim genişlik debisi
Q	: Akarsu debisi
S	: Yağış kayıpları
S'	: Yağıştaki maksimum kayıp
β	: Eğim
ρg	: Suyun birim hacim ağırlığı

AKARSU HAVZALARINDA TOPOĞRAFİK NEM İNDEKSLERİ İLE TAŞKINA MEYİLLİ ALANLARIN BELİRLENMESİ

ÖZET

İnsanlar tarihten bu yana yerleşik hayata geçmek için su kenarlarını tercih etmiş, bu durumun dezavantajı olarak küçük ya da büyük ölçekli birçok taşkın olayına maruz kalmışlardır. Güvenilir barınma ve ekonomik gelişim sağlama ihtiyaçları açısından toplumlar için her zaman bir tehdit unsuru oluşturan taşkınlar, temelde doğru tahmin ve uygun yönetim eksiklikleri gibi nedenlerle, geçmişte önemli ölçüde can ve mal kaybına yol açmıştır. Ülkemizde de taşkınlar, depremlerden sonra en büyük can ve mal kaybına yol açan doğal afetlerdendir.

Taşkın ve taşkın alanları üzerine yapılacak detaylı bir çalışma; hidrolojik, hidrolik ve topoğrafik unsurların zaman ve alan boyutunda analizini gerektirmektedir. Son zamanlarda modellerle taşkın yatağı belirleme tekniği, taşkınların nerede ve ne kadar bir süre sonra oluşacağını daha doğru bir tahmini için kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem sayesinde taşkın tahmini ve taşkın alanı belirlenmesinin daha doğru ve daha kısa sürede yapılması mümkün olmaktadır. Bu türden bir çalışma için, hidrolojik ve hidrolik modeller ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ideal bir destek oluşturmaktadır.

CBS teknolojilerinin özellikle taşkın çalışmalarında kullanımı son yıllarda artarak devam etmektedir. CBS özellikle hidrolojik model sonuçlarının değerlendirilebildiği bir teknoloji olmasından dolayı, sahip olduğu özelliklerle birlikte taşkınla ilgili çalışmaların her bir aşamasında kullanılmaktadır. Bunun yanında taşkınların insanların yaşam alanlarına girmesiyle birlikte bunların sadece hidrolojik ya da hidrolik özelliklerinin değil aynı zamanda etki alanlarının da belirlenmesi çok önemli hale gelmiştir. Bu hususta CBS oldukça geniş çalışma olanağı sağlamaktadır.

Bu çalışmada havzaların topoğrafya tabanlı nemlilik indeks haritalarının elde edilmesi ile akarsu havzalarında taşkın riskine maruz bölgelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında Türkiye'nin kuzey batısında yer alan Tekirdağ ve Orta Karadeniz bölümünde yer alan Samsun'dan altı adet havzanın topoğrafik nem indeksleri modeli ile taşkına meyilli alanları belirlenmiştir. Bunun için CBS tabanlı yazılımlar yardımı ile analiz yapılmış, arazinin topoğrafik verilerinden ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) haritalarından faydalanılmıştır.

Çalışmada Tekirdağ ve Samsun'da bulunan altı adet havzanın Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen eşyüksekti haritaları ve Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın sitesinden temin edilen havza sınırları haritaları yardımıyla taşkın analizi yapılmıştır. Öncelikle haritalar, CBS tabanlı yazılımlar sayesinde model analizine uygun duruma getirilebilmek için ön çalışmaya tabii tutulmuş, bu ön çalışmalarla SYM haritası oluşturulduktan sonra model analizi uygulanarak iki farklı indeks hesabı yapılmış ve taşkına meyilli alan haritalarına ulaşılmıştır. Taşkın analizi, arazinin topoğrafik yükseklik verilerine dayanarak Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi içerikli bir model kullanılarak yapılmıştır. Model analizi taşkına meyilli alan haritaları dışında akış yönü, havza alanı, havza eğimi, akarsu güç indeksi gibi çıktılar da vermektedir.

Çalışma sonunda Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritaları karşılaştırılmıştır. Her iki indeks de benzer görünümde ve havza topoğrafyası ile uyum içinde sonuçlar vermektedir. SAGA nem indeksinin taşkına maruz kalma riski taşıyan daha geniş bir bölge belirlediği görülmektedir. Havzanın yüksek memba bölgelerinde her iki indeksin nispeten benzer sonuçlar verdiği ancak havzanın eğiminin azaldığı mansap kısmında ve özellikle akarsu vadisinde SAGA nem indeksinin Topoğrafik nem indeksine göre daha geniş bir alanın taşkın riski taşıdığına işaret ettiği görülmektedir. Bu nedenle SAGA nem indeksinin kullanılması olası bir taşkına karşı güvende kalabilmek ve taşkının neden olabileceği hasarı minimuma indirmek açısından önemlidir. Çünkü bu indekse göre havza içinde daha geniş alanların taşkına maruz kalma olasılığından bahsedilebilir. Ancak bu indeksin gereksiz taşkın uyarılarına neden olabileceğini de gözden uzak tutmamak gerekir.

DETERMINATION OF FLOOD PRONE AREAS WITH TOPOGRAPHIC WETNESS INDICES IN THE RIVER BASINS

SUMMARY

Human being has settled down main stream lines and locations near by the water resources to start an established civilized life from the beginning of the civilization due to its conveniences and that helped to provide water for many reasons including agriculture. Such convenience come with the price as the flood in small and large scales.

Flood has created many serious threads to human from the beginning of the civilization. Just because of miss estimations, wrong approaches and other simple calculation errors, floods have caused many disasters concluded with death and economic losses.

In Turkey, flood are the main disasters and reasons of severe losses after earthquakes. In this consequences, to reduce and even to prevent the life and economical losses, flood codes and standards have been developed by the authority.

Turkey, as a candidate country to European Union, has to follow the all requirements and also integrate the codes and standards its own codes and standards in terms of established requirements.

In European Union, to prevent the flood hazards, “European Union Flood Direction” as standard has been prepared to prevent the effects of flood on environment, human health, cultural heritage, economy and other civil attractions. This standard has been developed in five different stages as preperation, prevention, protection, emergency cases, normalization and investigation.

Detailed investigation in flood and flood areas requires a detailed analysis of hydrological, hydraulic and topographical components in time and field dimensions and functions. Recently, determination of flood areas in computer modelling has been used to answer accurately the where and when questions for floods. With this method, flood estimation and flood areas have been determined more accurately and faster.

For these kinds of studies, hydrological models and geographic information systems (GIS) give an ideal support to the investigators and researchers. Implementation of GIS technologies in flood analyses in recent years have been increasing significantly due to its convience, reliability and fast response.

Since with GIS is a technology, results of hydrological models can be evaluated in detail and more accurately comparing to other methods, it is effectively used as a main component of flood analysis and any type of analysis components.

When flood effects the daily life in civilized areas, it becomes critical to investigate the flood areas besides their hydrological definitions. With the current technology it becomes possible with the implementation of existing technological tools. GIS can be considered as a main tool in such technological tools.

In the present thesis, determining the areas with flood risk in river basins and creating wetness index maps in topographical base have been aimed. In this study, six different

basins from Tekirdag located in North-West of Turkey and Samsun located in Mid-North of Black Sea region of Turkey have been investigated. In this basins, areas under flood risks have been determined with soil wetness index models. For the study, GIS based softwares have been used. In the analyses, geographic data of the region and Digital elevation model (DEM) have been used.

In the thesis, for aforementioned six basins from Tekirdag and Samsun, contour maps have been provided from General Command of Mapping and watershed basin maps have been provided from Ministry of Forestry and Water Affairs. With these provided maps, detailed flood analyses have been carried out.

First, maps have been adopted to GIS based softwares. For adoption of the maps, a pre-investigation has been carried out. In this pre-investigation process, after DEM maps have been created, with model analyses, two different index analyses have been carried out and as a result of these analyses, flood maps have been created.

Flood analyses have been carried out with topographic maps and in the analyses, a model has been used based on topographic wetness index (TWI) and SAGA wetness index (SAGA WI). Model analysis results flow directions, catchment area, catchment slope, stream power index besides flood maps.

Wetness indices, mentioned in the present thesis, are the parameters used to define water saturation, in other words, water content capacity. These indices are used effectively and widely to define and detect the areas with higher water contaminations with their locations and dimensions.

In the thesis, Quantum GIS (QGIS) which is GIS based software has been used. This software makes possible DEM maps obtained with SAGA GIS which is also GIS based software to analyze with designed models as the data. Hence, areas with flood risk in basins have been determined in the developed maps.

When analysing with QGIS, accurate determination of locations of Tekirdag and Samsun in the World scale is very important for accuracy. Analyses have been carried out with WGS84 (World Geodetic System 1984).

In UTM (Universal Transverse Mercator) projection, Tekirdağ is defined at UTM35N and Samsun is UTM36N reference regions. Therefore, for Tekirdag, WGS84/UTM35N reference coordination system and for Samsun, WGS84/UTM36N reference coordination system have been selected. This information is important as a screen shot to define accurate latitude and longitude informations. Here, UTM projection is the projection for World's cylindrical tangent definition for the Equator. Based on such tangent definition, World can be divided into 60 zones with initial latitude 6° incrementals and reference latitude is Equator. Each zone latitude length is 84° north, 80° south.

As a result of the thesis, flood maps created with topographical wetness index and SAGA wetness index have been investigated and compared. Each index is similar to the other and gives accompanying results with basin topography. SAGA wetness index gives a wider area range as bigger areas with flood risk.

In the basins, at higher upstream regions, these two indices are giving similar results. However, with the smaller slopes, at the downstream regions, and at the river basins, SAGA wetness index give wider areas with flood risk comparing to topographical wetness index.

Therefore, SAGA wetness index can be consider the one giving safer results and it is important to prevent and to reduce the effects of hazards due to floods, since SAGA wetness index gives wider range as bigger areas with flood risks. However, on the other hand, this index can be over protective and cause unnecessary warnings and calls for flood risks.

As a result, instead of maps with 1/25000 scales, using sensitive maps with higher resolutions, using work stations instead of personal computers, and most importantly getting hydrometeorological data such as precipitation, evaporation, temperature and discharge and intersecting these data with cross sectional data of river is very important for an accurate hydrological model and that gives more accurate and reliable results for determining areas with flood risk.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Konusu

Doğal afet olarak taşkın, bir akarsuyun muhtelif nedenlerle yatağından taşarak, çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vermek suretiyle, etki bölgesinde normal sosyo-ekonomik faaliyeti kesintiye uğratabilecek ölçüde bir akış büyüklüğü oluşturması olayı şeklinde ifade edilir. Dünyanın birçok bölgesinde aşırı yağışlardan veya toplu kar erimelerinden sonra yaşanan akarsu taşkınları oldukça yaygındır. Risk altındaki sahalarda önceden tedbir alınmaksızın süregelen kontrolsüz kentleşme faaliyetleri dünyanın her yerinde taşkın afetinin en önemli sebebidir.

CBS teknolojilerinin özellikle taşkın çalışmalarında kullanımı son yıllarda artarak devam etmektedir. CBS özellikle hidrolojik model sonuçlarının değerlendirilebildiği bir teknoloji olmasından dolayı, sahip olduğu özelliklerle birlikte taşkınla ilgili çalışmaların her aşamasında kullanılmaktadır. Taşkınların insanların yaşam alanlarına girmesiyle birlikte bunların sadece hidrolojik ya da hidrolik özelliklerinin değil aynı zamanda etki alanlarının da belirlenmesi çok önemli hale gelmiştir. Bu hususta CBS oldukça geniş çalışma olanağı sunmaktadır.

Taşkınların zaman ve boyut olarak önceden tahmin edilebilmesi, can ve mal kaybını en aza indirebilmek adına önem taşımaktadır. Taşkın ve taşkın alanları üzerine yapılacak detaylı bir çalışma; hidrolojik, hidrolik ve topoğrafik unsurların zaman ve alan boyutunda analizini gerektirmektedir. Son zamanlarda modellerle taşkın yatağı belirleme tekniği, taşkınların nerede ve ne kadar bir süre sonra oluşacağını daha doğru bir tahmini için kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem sayesinde taşkın tahmini ve taşkın alanı belirlenmesinin daha doğru ve daha kısa sürede yapılması mümkün olmaktadır. Bu türden bir çalışma için, hidrolojik ve hidrolik modeller ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ideal bir destek oluşturmaktadır.

Çalışmanın konusu, Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı olarak nem indeksleri modeli ile Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan Tekirdağ ve Orta Karadeniz bölümünde bulunan Samsun'dan seçilen altı adet havzanın taşkın altında kalabilecek alanlarını

belirlemektir. Bunun sonucunda nem indeksi parametreleri olarak tanımlanan Topoğrafik nem indeksi ile SAGA nem indeksi sonuçlarını karşılaştırabilmektir. Çalışmada topoğrafik nem indeksleri ile taşkına meyilli alanların belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.2 Çalışmanın Önemi

Çeşitli tipteki doğal afetler arasında taşkınlar, en tahrip edici olanlardandır. Yüksek ve engebeli topoğrafik yapıda ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan ülkemizde yağışların mevsimlere göre dağılımı ve yoğunluğu düzensiz olup, ülkemiz taşkın felaketine oldukça duyarlı bir yapıdadır.

Taşkınların sadece meteorolojik oluşumlara göre değerlendirilmesi doğru bir yaklaşım değildir. Özellikle Türkiye gibi ekonomik gelişme faaliyetlerinin yoğun olduğu ülkelerde, sanayileşmenin beraberinde getirdiği şehirleşme süreci, akarsu havzalarının muhtelif kesimlerindeki insan faaliyetlerinin çeşitliliği ve yoğunluğunu da büyük ölçüde arttırmaktadır. Böylece havzalardaki mevcut hidrolojik denge bozulmakta ve sonuç olarak büyük ölçüde can ve mal kayıplarına yol açan taşkınlar giderek daha büyük ölçekte ve daha sık olarak görülmektedir.

Taşkın, özellikle yetersiz altyapı durumunda önemli sayılabilecek ve geri alınamayacak maddi ve manevi zararlara neden olabilir. Ülkemizde de taşkınlar, depremlerden sonra en büyük can ve mal kaybına yol açan doğal afetlerdendir. Bu kayıpları en aza indirebilmek adına ülkemizde, Avrupa Birliği Taşkın Direktifi ışığında üç ana bileşenden oluşan bir proje yürütülmektedir (Aras ve diğ., 2013). Benzer konuda hala devam eden başka bir projede ise havza taşkın mevzuatı ele alınmakta ve taşkın hidrolojisi ile taşkın hidroliği modelleri kullanılmaktadır (Aksoy ve diğ., 2014; Kırca ve diğ., 2015).

Yukarıda bahsedilen etkenler göz önüne alındığında taşkınların boyut ve zaman olarak önceden tahmin edilebilmesi can ve mal kayıplarını en aza indirmek açısından büyük önem kazanmaktadır. Bu bağlamda bilginin etkin bir biçimde yönetilmesi için tasarlanan CBS, karar verme aşamasında destek mekanizması olarak etkin rol oynamaktadır. Bilgi teknolojilerinde meydana gelen gelişmelere bağlı olarak da CBS ile su kaynaklarına ilişkin analizler yoğun olarak yapılmaya başlamıştır. CBS, havzanın topoğrafik, hidrolojik, jeolojik ve meteorolojik verilerine dayanarak taşkın

tahmini yapmaya olanak sağlamaktadır. Bu nedenle CBS, taşkın tahminini gerçeğe en yakın şekilde yapabilmek adına birçok ülkede aktif şekilde kullanılmaktadır.

1.3 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı olarak Topoğrafik nem indeksleri modeli ile Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan Tekirdağ ve Orta Karadeniz bölümünde bulunan Samsun'dan seçilen altı adet havzanın taşkın altında kalabilecek alanlarını analiz edebilmektir. Çalışma sonunda Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritaları karşılaştırılmıştır. Çalışmada taşkın riski belirlemeye yönelik topoğrafya tabanlı nem indeks haritalarının elde edilmesi amaçlanmıştır.

1.4 Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada Tekirdağ ve Samsun'da bulunan altı adet havzanın Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen eşyüksekti haritaları ve Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın sitesinden temin edilen havza sınırları haritaları yardımıyla taşkın analizi yapılmıştır. Öncelikle haritalar, CBS tabanlı yazılımlar sayesinde model analizine uygun duruma getirilebilmek için ön çalışmaya tabii tutulmuş, bu ön çalışmalarla SYM haritası oluşturulduktan sonra model analizi uygulanarak iki farklı indeks hesabı yapılmış ve taşkına meyilli alan haritalarına ulaşılmıştır. Taşkın analizi, arazinin topoğrafik yükseklik verilerine dayanarak Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi içerikli bir model kullanılarak yapılmıştır. Model analizi taşkın haritaları dışında bakı haritası, havza alanı, havza eğimi, akarsu güç indeksi gibi çıktılar da vermektedir. Sonuç olarak model analizi sonuçlarına bakılarak Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksiyle hesaplanan taşkına meyilli alan haritaları karşılaştırılmıştır.

1.5 Çalışmanın Düzeni

Çalışmanın ikinci bölümünde, taşkın kavramı anlatılmış, taşkın tahmin yöntemlerinin temelini oluşturan yöntemlerden bahsedilmiştir. Ayrıca Avrupa Birliği'nde taşkın mevzuatı ve Türkiye'de mevzuat ile ilgili yapılan çalışmalara da değinilmiştir.

Üçüncü bölümde, 1960'lardan beri gelişimini sürdüren ve günümüzde harita tabanlı bilgi yönetimlerinin vazgeçilmezi haline gelen Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) tanımı, işleyiş yöntemi, veri ihtiyacı ve hidroloji ile olan ilişkisi üzerinde durulmuştur.

Dördüncü bölümde ise, havza sınırlarını belirlemek, havzaları koordinatlamak, haritaları analize uygun hale getirebilmek ve taşkın analizini yapabilmek için kullanılan yazılımlar ve analiz sonuçlarına ulaştıracak olan modelin işleyişi hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Bunun yanında modelin temel parametrelerini oluşturan Topoğrafik nem indeksi (TWI) ve SAGA nem indeksi (SAGA WI) açıklanmıştır.

Beşinci bölüm, taşkın risk analizi yapılacak havza alanlarının ve analiz için gerekli haritaların tanıtılmasına ayrılmıştır. Bu bölümde ayrıca Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen eşyükselti haritalarını model analizine tabi tutabilmek için QGIS yazılımında yapılan ön çalışmalar, buna göre elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) haritalarıyla yazılımın çalıştırılması (model analizi), analiz sonuçları ve yorumlara değinilmiştir.

Altıncı bölümde ise, Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla gerçekleştirilen analiz sonuçlarına ve öneriler kısmına değinilmiştir.

2. TAŞKIN

2.1. Taşkın Kavramı

Akarsularda su seviyesi ve debi çeşitli nedenlerle zaman içinde değişir. Debinin ve dolayısıyla seviyenin yüksek olduğu dönemlerde akım akarsu yatağının dışına taşabilir. Akarsuyun taşkın yatağına yayılmasıyla çeşitli zararlar ve can kaybı oluşabilir. Bu olaya taşkın, taşkın zararlarının önlenmesi için yapılan çalışmalara taşkın yönetimi denir. Taşkınların kontrol edilebilmesi için özelliklerinin bilinmesi gerekir. Bu taşkın hidrolojisinin konusunu oluşturur (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Taşkınlar pik debi, pik su seviyesi ve taşkın hacmi ile belirlenebilir. Pik su seviyesi akarsu boyunca seddelerin planlanmasında ve sel yatağında suyun yayılacağı bölgenin belirlenmesinde gerekli olur. Pik debi taşkın kanallarının, köprülerin, menfezlerin ve dolu savakların projelendirilmesinde kullanılır. Taşkın hacmi ise taşkın kontrolü için depolama yapılarının hesabında önemlidir.

Bir taşkın sırasında debinin zamanla değişimi taşkın hidrografi ile ifade edilir. Debi (seviye) zamanla yükselip bir pik değerden geçtikten sonra daha yavaş olarak alçalır. Taşkın debisi gibi büyüklükler için deterministik bir yaklaşım anlamlı değildir. Bu durumda olasılık teorisi ve istatistik bilimine dayanan olasılık dağılım modellerinden yararlanır (Bayazıt, 1998). Taşkın debisi dağılım modelleri ise, hidrolojik tasarımda özel bir önem taşıyan taşkın debileri için uygun dağılım fonksiyonlarının belirlenmesi ve bunlarla proje dönüş aralığına karşı gelen taşkın debisinin tahmini için geliştirilen modellerdir (Özcan ve diğ., 2009).

2.2. Taşkınları Etkileyen Faktörler

Taşkınlar kısa süreli şiddeti yüksek yağışlar, uzun süreli düşük şiddetli yağışlar, kar erimesi, barajların veya seddelerin yıkılması ya da bunların kombinasyonu sonucunda oluşurlar. Ayrıca depremler, toprak kaymaları, gel-git, fırtına dalgaları da taşkın yaratabilirler. Genelde taşkınlar akarsuyun tabii yatağı ve normal taşkın yatağı ile denize ulaşırlar. Ancak gelişen şehirleşme ile tabii akarsu yatağı, köprü ayakları,

taşımacılık, boru hatları, kanalizasyon deşarjları ve diğer engeller ile daraltılmıştır. Taşkın yatakları ise su yapıları, evler, fabrikalar, demiryolları ve karayolları ile işgal edilmiştir. Burada yaşayan insanlar genellikle can ve mallarının gelecekte oluşabilecek taşkınlar nedeniyle güvence altında olmadığını farkında değillerdir.

Taşkınların fiziksel yapısını kontrol eden en önemli etken iklimdir. Drenaj havzasının ve akarsu ağının fiziksel özellikleri ise diğer önemli etkenler olarak kabul edilebilir ve birbiriyle karmaşık bir şekilde ilişkilidir. Bu etkenler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Bayazıt ve Önöz, 2008):

A. Drenaj havzasının Özellikleri:

1. Havzanın büyüklüğü
2. Havzanın biçimi
3. Havzanın eğimi
4. Zemin cinsi
5. Bitki örtüsü
6. Yeraltı akiferinin kapasitesi
7. Zemin nemi eksikliği
8. Yapay drenaj ağının tipi ve miktarı
9. Yüzeysel biriktirmenin tipi ve miktarı

B. Akarsu Ağının Özellikleri:

1. Akarsu yoğunluğu
2. Drenaj yoğunluğu
3. Akarsu profili

Taşkın analizinde ilk problem havzada taşkın yaratan faktörlerin belirlenmesidir. Eğer sorun maksimum taşkın belirlenmesi ise taşkınları oluşturan sebeplerin belirlenmesi gerekir. Örneğin taşkınlar yağışlar sonucu meydana geliyorsa bu fırtınaların sebep ve karakteristiklerinin belirlenmesi gerekebilir.

İnsanların etkileri (şehirleşme, ormanların tahribi, tarım) havzadaki su depolanmasını, sızmayı ve geçirimsizliği değiştirdiğinden taşkınlar üzerinde etkili olur. Şehirleşme geçirimsizliği azalttığından taşkın piklerinin erken görünmesine ve pik debinin büyük olmasına yol açar. Bu etki yaz aylarında ve kurak bölgelerde daha önemlidir. Ormanların tahribinin genellikle taşkın piklerini artırdığı görülür, bunun nedeni sızmanın ve zeminde tutulan suyun azalmasıdır. Bu etki küçük fırtınalarda önem taşır.

Tarım yapılan arazilerde drenajın etkisi zemin cinsine bağlıdır. Killi zeminlerde taşkın pikleri artarken, geçirimli zeminlerde pikler azalabilir.

2.3. Taşkın Tahmin Yöntemleri

Taşkınların ekonomik ve sosyal etkilerinin azaltılabilmesi için taşkın büyüklüğünün belirlenmesi çok önemlidir. Bu amaçla yapılacak yatırımlar birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede önemli harcamalar gerektirmektedir. Özellikle kırsal drenaj havzalarındaki taşkın zararları ülke ekonomisinde önemli rol oynamaktadır. Bunun sebebi ise büyük akarsu havzalarında daha gelişmiş taşkın tahmin yöntemleri uygulanırken, küçük ve kırsal havzalardaki önlemlerin azlığı veya yetersizliğidir.

Bir fırtına yağışının oluşturduğu taşkın, fırtınanın özelliklerine ve o andaki zemin nemine ve özelliklerine bağlıdır. Taşkın tahminlerinde deterministik yöntemler kullanılarak yukarıdaki özellikler olabildiğince temsil edilmeye çalışılır.

Diğer taraftan pratikte çoğu kez karşılaşılan proje taşkınının tahmini probleminde ise tarihi olayların kayıtlarına dayanan olasılıkçı taşkın tahminleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler ile taşkın büyüklüğü belirli bir aşılma frekansına bağlı olarak belirlenir (örneğin aşılma frekansı 0.01 olan debinin 1000 yıl içerisinde 10 defa aşılabacağı kabul edilmektedir). Hangi taşkın tahmin yönteminin kullanılacağı gözlenmiş tarihi verilerin mevcut olup olmamasına ve ihtiyaçlara göre değişebilir. Proje taşkın yöntemlerindeki önemli bir nokta bölgesel farklılıklardır. Bu yöntemlerde genelde geniş bir alanda tahmin hedeflenmektedir. Ancak zemin yapısı ve tiplerinin akış üzerine olan etkileri nedeniyle dikkatli olmak gerekmektedir.

Taşkın tahminlerinde akarsu havzası yağışı akışa çeviren bir sistem olarak incelenebilir. Kullanılacak yöntemin seçimini etkileyecek bir faktör de bu sistemin doğrusal olup olmamasıdır. Doğrusal sistemlerde sistemin davranışı doğrusal bir diferansiyel denklem ile ifade edilebilir. Doğrusal olmayan sistemlerde ise yağışların süperpozisyonu ile oluşacak bir akış, yağışların ayrı ayrı oluşturacakları akışların süperpozisyonu ile elde edilemez. Parametrik havza modelleri genelde biriktirme elemanlarından kurulur. Bu elemanlar arasındaki ilişkiler (giren ve çıkan su miktarları) havzanın fiziksel özellikleriyle belirlenir.

Pratik amaçlarla yapılan taşkın tahminlerinde rasyonel yöntem, birim hidrograf gibi doğrusal modeller kullanımlarındaki basitlik nedeniyle tercih edilmektedir (Genellikle

fiziksel ve matematik temelli daha karmaşık modellerin daha güvenilir taşkın tahminleri verdiği düşünülse de bu her zaman geçerli değildir). Taşkınların tahminlerinde hidrolojik verilerde ve akış olayındaki bilgi eksikliği nedeniyle daha karmaşık olan doğrusal olmayan modeller kısıtlı kullanım olanağı bulmaktadır.

Diğer taraftan akım ölçümlerinin olmadığı veya yetersiz olduğu yerlerde de taşkın tahminleri farklı yöntemlerle yapılabilmektedir. Bu amaçla bölgesel olarak kurulan ilişkiler, ampirik ilişkiler ve süreklilik ve enerji denklemlerine dayalı hidrolik ilişkilerden farklı hidrolik sistemlerin akım özellikleri belirlenebilmektedir.

Küçük ve orta ölçekli kırsal havzalarda pik debilerinin tahmininin büyük bir ekonomik önemi vardır. Bu tahminler menfezler, küçük köprüler ve barajların dolusavakları ve diğer drenaj yapılarının projelendirilmelerinde kullanılırlar. Küçük ve orta ölçekli havzaları tam olarak belirlemek mümkün değilse de üst sınırlar olarak 25 km² ve 250 km² alınabilir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

2.3.1. Rasyonel yöntem

Havzaya üniform yayılmış bir yağışın oluşturacağı akışın maksimum değeri

$$Q = C i A \quad (2.1)$$

ile hesaplanabilir. Burada, i yağış şiddeti havzanın geçiş süresine (τ) eşit bir yağışın şiddeti olarak seçilir. Bu süreden daha uzun bir yağış pik debiyi arttırmayacaktır. Geçiş süresi havzanın en uzak noktasına düşen yağışın çıkışa varması için geçen süre olarak tanımlanır. Daha iyi bir tanım olarak artık yağışın başlamasından sonra drenaj havzasının tümünün çıkıştaki akıma katkısının olduğu süre olarak da söylenebilir. C akış katsayısı sızma ve diğer kayıpları ifade etmekte olup ilk yaklaşımda geçirimsiz alanın yüzdesi olarak kabul edilebilir. Bu yöntemde akış katsayısının yağış boyunca değişmediği kabul edilmektedir. C birim alandan gelen pik debinin $q=Q/A$, yağış şiddeti i 'ye oranını göstermektedir.

Rasyonel yöntem ile pik debinin belirlenmesinde yağışın uzaysal ve zamansal değişimi ve zamansal biriktirme ihmal edilmektedir. Bu nedenle rasyonel yöntem bu etkilerin az olduğu küçük havzalarda (geçiş süresinin 20 dakikadan az olması halinde) yerleşim yerlerinde kanalizasyon tesislerinde yağmur debisinin hesabında kullanılır. Rasyonel yöntem 0.5 km²'den büyük havzalarda dikkatli olarak kullanılmalıdır (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Bu tipten modeller kullanılırken, kentleşme arttıkça akarsu havzalarının kaplanmış alan oranlarının da artmasıyla statik modelleme tekniklerinin yetersiz kalmaya başladığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun için havza ölçeğinde geçerli dinamik yağış-akış modelleri gereklidir. Rasyonel yöntemde akış katsayısının (C), kaplama cinsi ile doğrudan ilişkili olduğu, dolayısıyla havza içinde kaplanmış alan arttıkça bu katsayının hızlı bir şekilde 1'e yaklaşacağı ortadadır. Buna göre bu katsayı zamanla değişen bir şekilde

$$Q(t) = C(t) i A \quad (2.2)$$

olarak kullanılmalıdır (Aksoy, 2010). Burada t , akış katsayısındaki değişimi ifade eden uzun ölçekli zamanı göstermektedir. Havza içindeki yapılaşmaya bağlı olarak belli zaman aralıklarında akış katsayısının yenilenmesi sayesinde aynı yağışa karşı farklı debinin gözlenebildiği anlaşılmaktadır.

2.3.2. SCS yöntemi

Akım ölçümlerinin bulunmadığı havzalarda yağıştan dolaysız akışı belirlemeye yarayan ampirik bir yöntemdir. ABD'de Soil Conservation Service tarafından geliştirilen bu yöntem ile ayrıca sızma kayıpları belirlenebilmekte ve artık yağış hesaplanabilmektedir. Yağış sırasında boşlukların dolması ve zeminin doymuş hale geçmesinden sonra artık yağış artacaktır. Artık yağış yüksekliği P_e , yağış P , kayıplar S ile gösterilirse

$$P_e = P - S \quad (2.3)$$

yazılabilir.

Zeminin doymuş halinde artık yağış şiddeti yağış şiddetine eşit olacaktır. Potansiyel sızma (sızmanın maksimum) değeri S' ile gösterilirse aşağıdaki oransal ilişki

$$\frac{S}{S'} = \frac{P_e}{P} \quad (2.4)$$

yazılabilir. Burada, S : Herhangi bir andaki kayıp (biriktirme) (mm), S' : Maksimum kayıp (biriktirme) (mm), P_e : Herhangi bir andaki artık yağış yüksekliği (mm), P : Herhangi bir andaki yağış yüksekliği (mm)'dir.

2.3.3. Birim hidrograf yöntemi

Taşkın tahmin yöntemlerinden biri olan birim hidrograf yöntemi hidrolojide yoğun olarak kullanılmıştır. Bu yöntemde, akarsu havzası artık yağışı dolaysız akışa çeviren doğrusal bir sistem olarak düşünülmektedir. Yağıştan tutma, yüzeydeki birikintiler ve sızma çıkarılarak elde edilen artık yağış (etkin yağış) ile toplam akıştan daha önce bahsedilen yöntemlerle ayrılan taban akışından sonra geriye kalan dolaysız akış göz önüne alınırsa, artık yağışı dolaysız akışa dönüştüren sistem pratikte doğrusal kabul edilebilir.

Birim hidrograf, belirli bir zaman süresince üniform şiddetteki bir yağıştan oluşan birim yükseklikteki (1 cm) artık yağışın oluşturacağı dolaysız akışın hidrografıdır. Birim hidrograf genellikle gözlenmiş akım verileri ve artık yağış tahminlerinden veya akarsu havzasının fiziksel verilerinden sentetik olarak elde edilir. Mevcut bir birim hidrograf artık yağış hiyetografına uygulanarak dolaysız akış hidrografı tahmin edilir, buna taban akışının eklenmesi ile taşkın hidrografı elde edilmiş olur.

Birim hidrograf teorisinde yapılan kabuller:

1. Aynı süreli artık yağışların oluşturacağı dolaysız akışların süresi (hidrografın taban genişliği) eşit olup yağış şiddetine bağlı değildir. Bu kural tam olarak her zaman doğru olmayıp yağış şiddeti arttıkça yüzeysel akışın hızı artacak ve geçiş süresi kısılacığından hidrografın taban genişliği azalacaktır.
2. Aynı süreli yağışların oluşturduğu dolaysız akışların ordinatları her birinin artık yağış yüksekliği ile orantılıdır.
3. Belli süreli bir yağıştan oluşacak akışın zaman içindeki dağılımı önceki ve sonraki yağış periyotlarından bağımsızdır.

Bu kabuller tam olarak gerçekleşmezse de birim hidrograf yöntemi ile elde edilen sonuçlar pratikte yeterli doğruluktadır. Ancak 5000 km²'den büyük havzalarda yağışın havza üzerine üniform yayılma olasılığı azalacağından havzayı küçük parçalara ayırıp her biri için ayrı birim hidrograf elde edilmesi uygun olacaktır. Ayrıca 5 km²'den küçük havzalarda da yağış süresinin havzanın geçiş süresinden uzun olması halinde birim hidrograf yöntemi kullanılamaz. Birim hidrografın önemli bir özelliği belirli bir süre ile ifade edilmesidir. Bu süre birim hidrografı oluşturan artık yağışın süresi olup, birim hidrograf bu süre ile ifade edilir. Örneğin aynı havzanın 1 saatlik birim hidrografı 2 saatlik birim hidrografından farklı olacaktır.

3. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ

3.1. Temel Kavramlar ve Tanımlar

Ülkemiz su kaynaklarının daha etkin ve akılcı bir şekilde geliştirilmesi amacıyla yürütülmekte olan faaliyetlerde yeni teknolojilerin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) bu amaçla kullanılacak bir teknoloji olarak hizmet verebilir. Su kaynakları planlaması ve yönetimi için yoğun bir biçimde coğrafi bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu coğrafi bilgilerin sadece haritalar, raporlar ve benzeri ortamlarda bulunması, ihtiyaç duyulan bilgilere erişim ve özellikle erişilen bilgileri analiz etmeyi zorlaştırmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) sayesinde uzun yıllardır kağıt ortamında veya bireysel veri tabanlarında muhafaza edilen gözlem, analiz, araştırma, üretim sonuçları, haritalar ve benzeri verilerin organize bir şekilde sayısal olarak ilişkisel veri tabanlarında derlenmesi ve saklanması mümkün olacak, bu verilere doğru ve hızlı ulaşım sağlanarak inceleme ve uygulama alanında daha detaylı analizlerin yapılmasına imkan yaratılacaktır. Bu imkanı sağlayacak olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ‘karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; mekandaki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesini sağlayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemi’ olarak tanımlanabilir. CBS’de geçen kavramlar ise aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

Bilgi: Verinin işlenmiş halidir.

Sistem: Ortak bir amaç için etkileşimli faaliyetlerin ve varlıkların oluşturduğu bir gruptur.

Bilgi Sistemi: Bilginin toplanıp işlenmesi ve kullanılır hale dönüştürülmesini sağlayan sistemdir.

Coğrafi Bilgi: Yeryüzü üzerindeki doğal ve yapay detaylara ilişkin, belli bir referans sistemindeki konum koordinatları ile ifade edilen mekansal (grafik) veriler ve bunlara ait tanımsal (öznitelik) verilerden oluşur.

Bunların sonucu olarak CBS; her türlü coğrafi referanslı bilginin etkin olarak elde edilmesi, depolanması, güncellenmesi, kullanılması, analizi ve görüntülenmesi için bilgisayar donanımı, yazılımı, personel ve yöntemlerin organize olarak bir araya toplanmasıdır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin işlenebilmesi ve sağladığı avantajlardan en üst düzeyde yararlanılabilmesi için bazı bileşenlere ihtiyaç bulunmaktadır. Bunlar donanım, yazılım, veri, insan ve yöntemdir.

Modern anlamda CBS'nin ilk tanımı Burrough (1998) tarafından yapılmıştır. Buna göre CBS, belirli bir amaç ile yeryüzüne ait verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması, transferi ve görüntülenmesi işlevlerini yerine getiren araçların tümüdür. Burada iki unsur tanımlamayı etkilemektedir. Birincisi, CBS'yi kullanan farklı disiplinler (kent planlaması, coğrafya, mimarlık, mühendislik, çevre bilimleri ve diğerleri) kendi uygulama alanlarına göre CBS'yi farklı tanımlayabilmektedirler. İkinci unsur ise, bu disiplinlerde çalışan uzmanların kendi çalışmalarını daha iyi ve sağlıklı yapabilmeleri için birçok araçtan oluşan CBS'yi kullanma ihtiyaçlarıdır. CBS, ortaya çıkan her yeni teknolojinin sağladığı olanaklar gibi (iş daha kolay, hızlı ve anlamlı yapmak için) harita bilgileri ve grafik olmayan açıklayıcı verilerle çalışan uzmanların daha etkili ve verimli çalışmalarına imkan veren araçları sağlamaktadır.

Star ve Estes (1990) CBS'yi konumsal veya coğrafi koordinatları referans alan ve bu veriler ile çalışmaları dizayn eden bir bilgi sistemi olarak tanımlamaktadır. Grimshaw (1994) ise CBS'yi işletmelerdeki faaliyetleri desteklemek amacıyla konumsal olan ve olmayan verilerin girişini, depolanmasını, sorgulanmasını, haritalanmasını ve coğrafi analiz edilmesini sağlayan bir grup işlemler olarak tanımlamaktadır. Bu tanımlama daha çok CBS'nin ticari ağırlıklı uygulamaları için geçerlidir, denebilir. İngiltere'de CBS'nin kullanılmaya başlanmasına ve yerel yönetimlerin uygulamalarına önyak olan Çevre Bakanlığı (DoE, 1987) için hazırlanan Chorley raporu CBS'yi dünya üzerindeki coğrafi koordinatları referans alan verileri elde etmeyi, depolamayı, kontrol etmeyi, entegre etmeyi (bütünlemeyi-tamamlamayı), manipüle etmeyi, analiz etmeyi ve görüntülemeyi sağlayan bir sistem olarak tanımlamaktadır.

Yapılan tanımlamalardan anlaşılacağı üzere yeryüzü referanslı verileri analiz etme ve saklama bütün CBS tanımlamalarının temel karakteristiğini oluşturmaktadır. Verilerin elde edilmesi, düzenlenmesi ve görüntülenmesi tanımlamaları farklı terminolojiler kullanılarak vurgulanmıştır. Genel bir tanım yapılırsa CBS, coğrafi içeriği olan problemleri çözmeye yardımcı olan bir sistemdir (Tecim, 2008).

3.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi

Harita tabanlı bilgileri sayısal ortama aktaran bilgisayar tabanlı bir araç olan CBS, her teknoloji gibi belirli bir tarihi süreçten geçerek olgunlaşmıştır. Şekil 3.1 farklı kaynaklardan derlenerek CBS'nin dünyadaki ve Türkiye'deki bazı önemli adımlarını tarihsel bir bakışla ortaya koymaktadır (Tecim, 2008). Görüldüğü gibi CBS'nin tarihi çok eskiye dayanmamaktadır. 1963'te başlayıp 1970'te tamamlanan Kanada Coğrafi Bilgi Sistemleri Projesi dünyada CBS'nin temel taşını oluşturan önemli bir dönemi ifade etmektedir. CBS ancak 1980'lerden itibaren kurumsallaşmaya başlamıştır.

1970 Öncesi	1970	1980	1990	2000
Kanada CBS (CGIS) ve URISA kuruldu (1963)	Kanada CBS tamamlandı ve ilk CBS sempozyumu düzenlendi (1970)	ESRI Arc/Info CBS yazılımını piyasaya sürdü ve GPS uygulamaya geçti (1981)	MapInfo Professional Piyasaya sürüldü, IRS-1B ve ERS-1 uydusu fırlatıldı (1991)	Mobil CBS yazılımı ArcPad piyasaya sürüldü (2000)
ESRI ve Integrgraph kuruldu (1969)	Landsat Uydusu fırlatıldı (1972)	İşlem şirketi kuruldu (1984) GRASS yazılımı geliştirildi ve Mapping Awareness dergisi yayınlandı (1985)	JERS-1 uydusu fırlatıldı, GIS Europe yayınlandı, ArcCAD, MapBasic ve MapeXtreme piyasaya çıktı, Sayısal Grafik kuruldu (1992)	ArcGIS 8.1 piyasaya sürüldü (2001)
	ERDAS kuruldu (1978)	MapInfo kuruldu, SPOT uydusu fırlatıldı ve Burroughs ilk CBS kitabını yazdı, PC Arc/Info çıktı (1986)	Open GIS Cons. Kuruldu, Türkyed 1. Ulusal CBS Semp. Düzenlendi (1994)	Tübitak BilSAT uydusu fırlatıldı (2003)
		Chorley rapor hazırlandı, IJGIS dergisi yayınlandı, İdrisi hayata geçti (1987)	RADARSAT-SAR uydusu fırlatıldı (1995)	ArcGIS 9 ve MapeXtreme .NETs piyasaya sürüldü (2004)
		Smallworld TransCAD yazılımları piyasaya çıktı, TIGER açıldı, Türkiye'de EGHAS yazılımı geliştirildi (1988)	AGIS yazılımı geliştirildi, IRS-1D ve Landsat-7 uydusu fırlatıldı, Arc/Info 8 ve ArcIMS geliştirildi (1997)	Quicbird uydusu fırlatıldı (2005)
		NETCAD firması ve EMI Mühendislik kuruldu (1989)	ICONOS uydusu fırlatıldı (1999)	

Şekil 3.1: CBS'nin tarihsel gelişimi (Tecim, 2008).

3.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Çeşitleri

Coğrafi veriler, belirli bir konum ile ilişkilendirilen veriler olarak tanımlanabilir. Belli bir ormanda bulunan ağaç sayısı, bir şehrin nüfusu, belli bir adreste oturanlar örnek olarak verilebilir. CBS'de önemli olan nokta verilerin devamlı olarak bir konum ile mutlaka ilişkilendirilmek zorunda olmasıdır. Bu süreç coğrafi kodlama (geocoding) olarak adlandırılmaktadır. Kurulacak her veri tabanında, her bir veri dizini mutlaka coğrafi konumu gösteren bir unsur içermelidir. Bu unsur genelde harita koordinatlarıdır. Kağıt üzerindeki haritalar sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına geçirildiğinde, hataların oluşması mümkündür. Bu hatalar verinin güvenilirliğini bozacağından, yapılan analizlerin de yanlış sonuç vermesine neden olabilmektedir.

CBS'nin temelinde kullanılan veriler, vektör ve raster olmak üzere iki değişik yapıda olabilmektedir (Tecim, 2008).

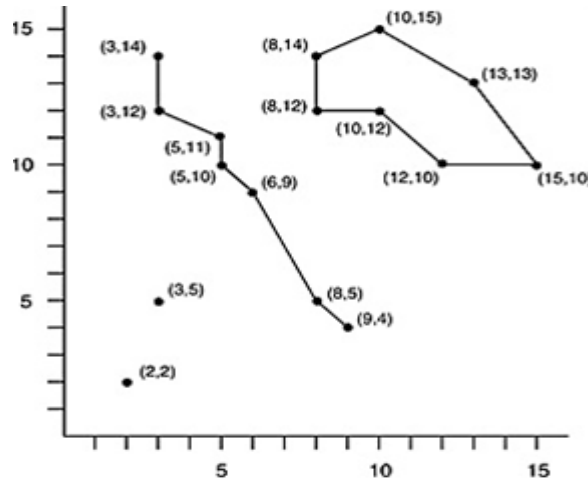
3.3.1. Vektör veri

Vektör veri tabanı; nokta, çizgi ve poligon özelliklerindeki nesnelere belli bir koordinat sistemine göre bilgisayar ortamında tutan ve her bir nesneye ait öznitelik bilgilerinin de tutulabildiği veri tabanıdır. Bu verilerin mantığı noktalar prensibine dayanır. Üç tip vektör verisi vardır. Şekil 3.2'de vektör veriler olarak nokta, çizgi ve poligon çizimleri birlikte görüntülenmektedir.

Nokta veriler: Elektrik direklerinin buldukları yerler, şehirde bulunan bankalar gibi tek bir olguyu belirten veriler coğrafya üzerinde bir nokta ile ifade edilebilmektedir.

Çizgi veriler: Elektrik hatları, telefon hatları, yollar, su ve kanalizasyon şebekeleri, nehirler gibi birçok noktanın birleşmesiyle oluşan verilerdir.

Poligon veya alan veriler: Her bir elektrik santralının kapsadığı veya dağıtımını yaptığı bölgeler, göller, ormanlar gibi noktaların tekrar birleşmesiyle ifade edilen belirli ve bir noktadan başlayıp tekrar aynı noktada son bulan poligon şeklindeki verilerdir (Tecim, 2008).

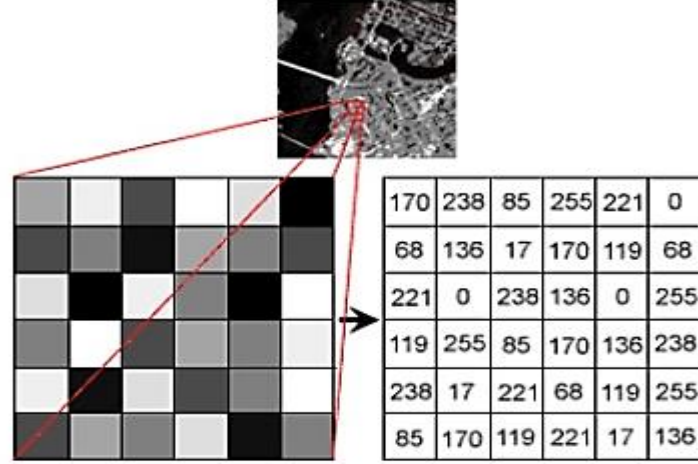


Şekil 3.2: Vektör verilerin grafiksel olarak gösterimi.

3.3.2. Raster veri

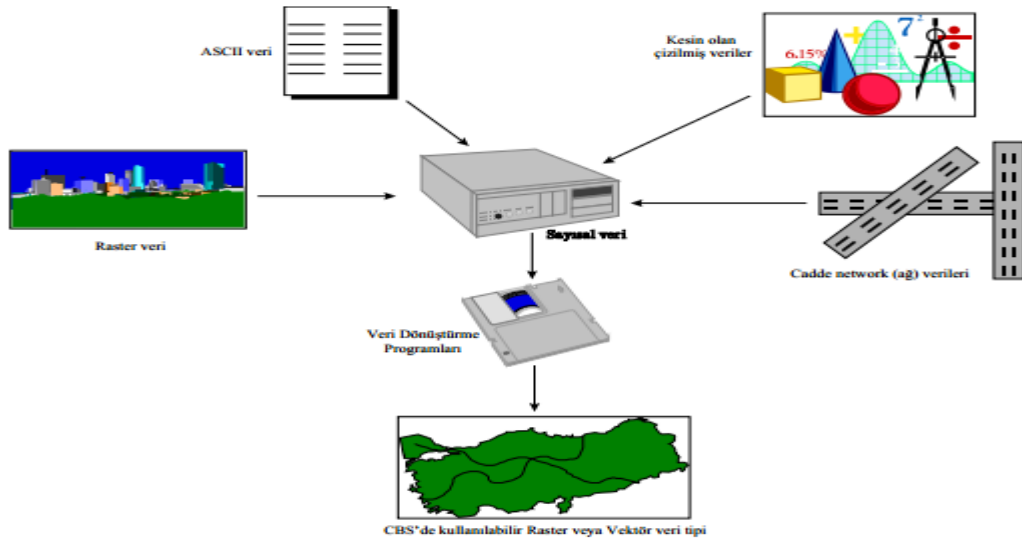
Görüntülerin ufak olarak algılanması ve küçük parçalara ayrılıp 'ağ' denen ızgaralar şeklinde hücreler oluşturularak saklanması öngören raster veri tabanı, CBS'nin ikinci veri sistemini oluşturmaktadır. Bu veri yapısında her bir hücre bölgenin öznitelik

bilgilerinin o hücreye düşen değerini göstermekte olup sadece bir değer alabilmektedir. Çözünürlüğü yüksek olan ağ haritalarda, bölgeyi temsil edecek veriler için daha çok sayıda hücreye ihtiyaç duyulmaktadır. Uydu görüntüleri bu tür veri tipine örnek verilebilir ve bu veriler analiz amacıyla CBS veri tabanında kullanılmak üzere koordinatlandırılırlar. Şekil 3.3 raster verilerinin yapısını göstermektedir (Tecim, 2008).



Şekil 3.3: Raster veri yapısında grafik verilerin hücrelerde sayısal olarak gösterimi.

Şekil 3.4 değişik yapılarda saklanan veya elde edilmiş verilerin teknolojik cihazlar ve yazılımlar vasıtasıyla sayısal ortama dönüştürülerek, CBS’de kullanılması işlemlerini göstermektedir. CBS’de istenilen analiz ve işlemleri yapabilmek için, farklı bir formatta olan verilerin kullanılan yazılımın benimsediği formata dönüştürülmesi gerekmektedir.



Şekil 3.4: CBS için verilerin sayısala dönüştürülme işlemi (ESRI, 1995).

Tarayıcı kullanılarak kağıt haritaları sayısallaştırmak mümkündür fakat raster olarak elde edilen bu verilerin vektör tabanlı veriler gibi arzulanan şekilde analiz edilmeleri mümkün olmaz. Raster verileri vektör veri tabanına dönüştürmek mümkündür. Bunun yanında fotogrametrik ve uzaktan algılama yöntemiyle elde edilen veriler, CBS sistemlerinde kullanılabilir hale dönüştürülerek istenilen analizlerin yapılabilmesine imkan yaratılmaktadır.

3.4. CBS’de Haritalar ile İlgili Tanımlamalar

CBS verileri toplama, yönetme ve sunma işlemlerini gerçekleştirirken yeryüzünü tanımlama, analiz etme ve yorumlamaya yönelik modeller oluşturur. Bu modellerin oluşturulmasında ve sunulmasında amaca göre özelleştirilmiş haritalara ihtiyaç vardır.

Harita, tanım olarak yeryüzünün kuşbakışı görüntüsünün belli matematiksel ilişkiler kullanılarak küçültülmesi ve bir altlık üzerine çizilmesidir (Tecim, 2008). Harita üzerindeki matematiksel ilişkilerin ortaya konulması hem harita bilimi açısından hem de coğrafi bilgi sistemlerinin daha iyi anlaşılması bakımından son derece önemlidir. Bu konuda özellikle dört farklı kavramın üzerinde durulması gerekmektedir. Bunlar ölçek, referans yüzeyi, projeksiyon ve koordinat sistemi kavramlarıdır.

3.4.1. Ölçek

Ölçek plan üzerinde belirtilmiş iki nokta arasındaki uzunluğun, bu noktaların arazi üzerindeki karşılıkları arasındaki oranıdır (Tecim, 2008). En basit ifade ile ölçek,

$$\text{Ölçek} = \frac{\text{Harita Üzerindeki Uzunluk}}{\text{Gerçek Uzunluk}} \quad (3.1)$$

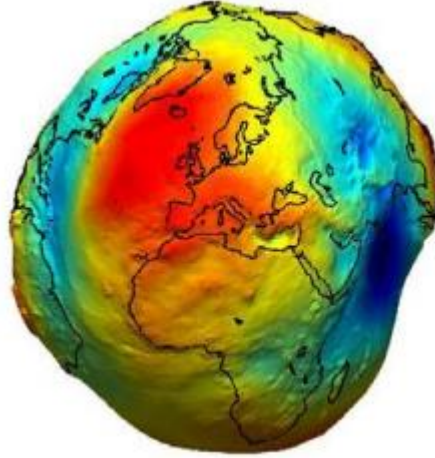
ile ifade edilebilir.

Ölçek hesabı yapılırken oranlanan iki büyüklüğü aynı ölçü biriminden olması şarttır. Yani harita üzerindeki uzunluk metre olarak alınıyorsa gerçek uzunluk da metre olmalıdır. Ölçek aynı zamanda kapalı şekillerin gerçek dünyada ve harita üzerindeki alanları arasındaki ilişkiler yoluyla da ifade edilebilir.

3.4.2. Referans yüzeyi

Yerküre üzerinde bulunan denizler, kıtalar ve yerin altında bulunan tabakalar düzenli bir dağılım göstermediğinden dünyanın şeklini tam olarak belirleyebilmek için jeoid kavramı geliştirilmiştir (Uçar, 2008). Jeoid, karaların altından da devam ettiği

varsayılan durgun deniz yüzeyleridir (BUKRDAE, 2008) (Şekil 3.5). Dünyanın gerçek şekli tarif edilirken geoid kavramı kullanılmaktadır.



Şekil 3.5: Jeoid'in temsili gösterimi (BUKRDAE, 2008).

Jeoid, matematiksel olarak tanımlanamadığı için harita yapımında referans yüzey olarak kabul edilemez. Bunun için farklı referans yüzeyleri kabul edilerek işlemlerin bunlar üzerinden gerçekleştirilmesi gerektiği ön görülmüştür. Eğer çalışma alanı 50 km^2 'den küçükse yapılacak haritalar için referans yüzeyi olarak düzlem kabul edilir. Şayet çalışma alanı 50 km^2 ile 5000 km^2 arasında bir büyüklüğü kapsıyorsa referans yüzeyi olarak küre alınmaktadır. Daha büyük alanlardaki çalışmalar için ise dönelel elipsoit kullanılır.

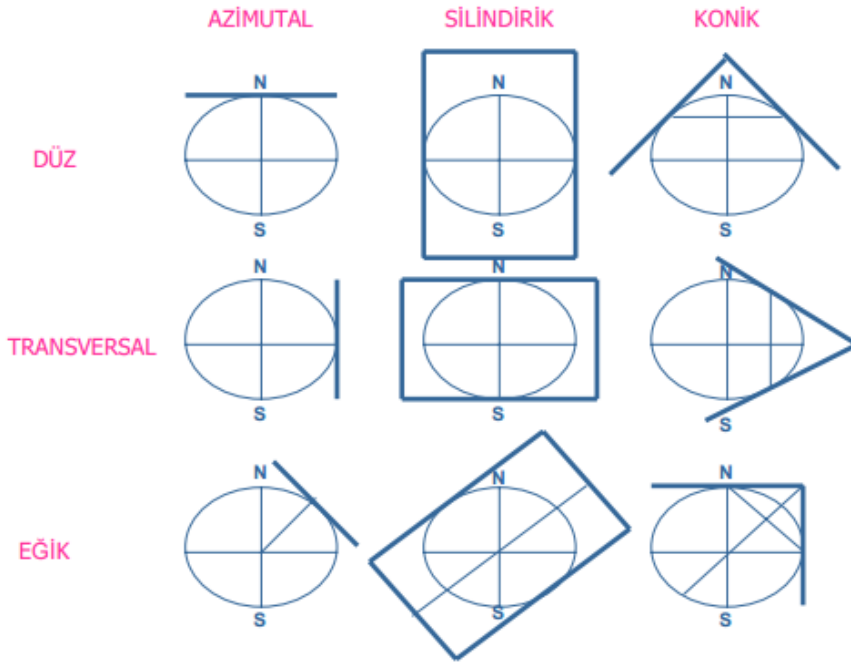
Referans yüzeylerinin seçimi haritaların üretilmesi açısından büyük önem taşır. Haritanın çizileceği altlık düzlem olduğu için, referans yüzeyi olarak gerçek dünya kabul edilen düzlem, küre ve elipsoit üzerinde yapılan işlemlerin altlıklara aktarılması arasında önemli farklılıklar olmaktadır. Örneğin elipsoit 3 boyutlu bir şekil olduğu için bunu 2 boyutlu harita ortamına aktarırken bazı kurallara uyulması gerekir. Bu kuralları açıklayabilmek adına harita projeksiyonu kavramı geliştirilmiştir (Tecim, 2008).

3.4.3. Harita projeksiyonları

Dünyada üretilecek haritalar için referans yüzeyi olarak elipsoit kullanılmaktadır. Yer kürenin referans yüzeyi olarak elipsoidin seçilmesi sonucunda bu şeklin haritalanması ancak düzleme aktarılması ile gerçekleşir. Ancak eğrisel bir 3 boyutlu şeklin birebir düzlem üzerine aktarılması olanaksızdır. Bu sorunu en etkin şekilde aşabilmenin yolu elipsoidi belirli geometrik ve matematiksel referanslar kullanarak düzleme

aktarmaktır. Bu açıdan bakıldığında projeksiyon, fiziksel yeryüzünün geometrik bir yüzey üzerine iz düşürülmesidir (BUKRDAE, 2008) (Şekil 3.6).

Her ölçekten haritanın yapımı için orijinal referans yüzeyi ile projeksiyon arasında matematiksel bir ilişki kurulur ve orijinal yüzey üzerindeki bilgiler projeksiyon yüzeyine aktarılırken bu ilişkilerden faydalanılır. Referans yüzeyindeki bilgilerin harita ortamına aktarılması sırasında şekil, alan ya da uzunluk büyüklüklerinden bir tanesinin projeksiyon yüzeyinde sabit kalması istenir çünkü tüm özelliklerinin korunduğu bir projeksiyon söz konusu değildir (Koçak, 1984).



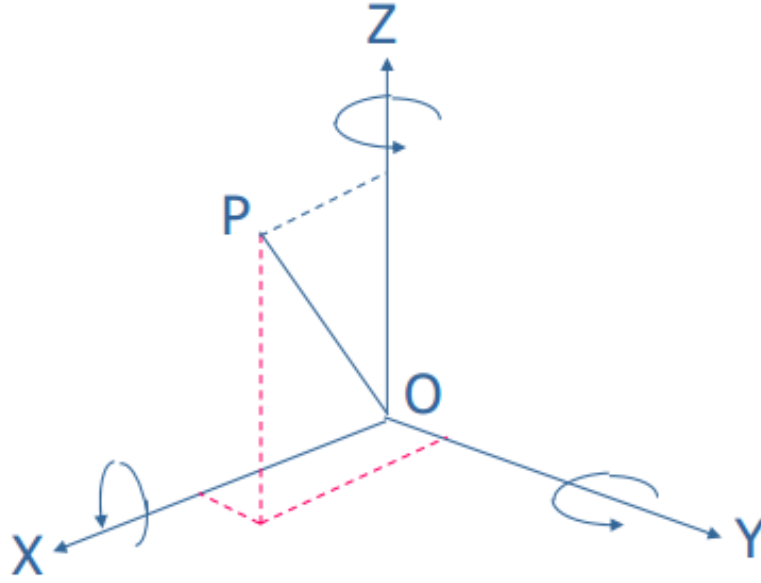
Şekil 3.6: Projeksiyonların toplu gösterimi (BUKRDAE, 2008).

3.4.4. Koordinat sistemleri

Bir noktanın konumunun belirlenmesi koordinat kavramının tanımlanması ile mümkündür. Bir noktanın diğerinin doğusunda ya da batısında olması veya aralarında yükseklik farkı olması gibi ilişkiler aslında onların koordinatları arasındaki farklılıklardan oluşmaktadır. Arazi veya harita üzerindeki bir noktanın kabul edilen bir başlangıç sistemine göre yerini bulmak için haritalara çizilen çizgilere koordinat sistemi denir. Bu sistemde noktanın yerini belirlemeye yarayan elemanlara da koordinat denir (Tecim, 2008). Yerküreyi tanımlayabilmek adına değişik koordinat sistemleri geliştirilmiştir. Günümüzde kullanılan üç önemli koordinat sistemi şunlardır:

3.4.4.1. Kartezyen koordinat sistemi

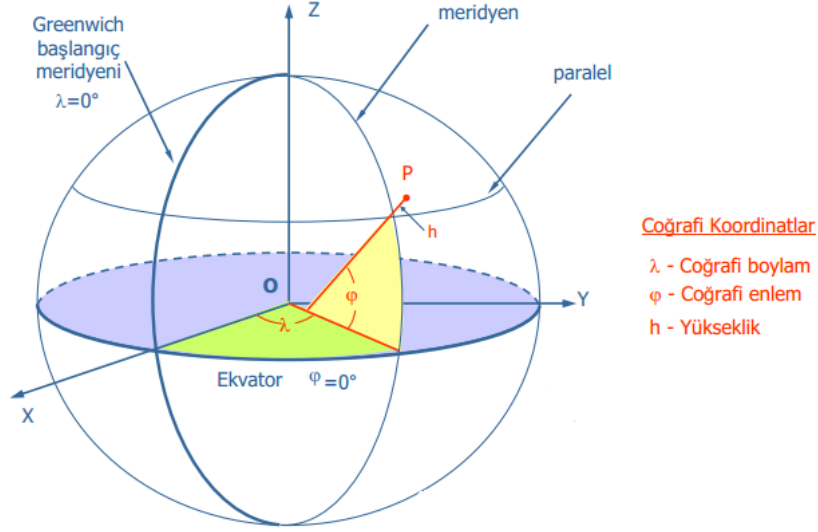
Dik koordinat sistemi olarak da ifade edilen kartezyen koordinat sistemi daha çok küçük alanları kapsayan uygulamalar için kullanılır. Bu tip koordinat sistemleri plan ya da düzlem üzerindeki işlemlerde sıklıkla kullanılırlar. Bu sistemde bir noktanın koordinatları; kabul edilen bir orijinden itibaren birbirine dik olarak uzanan x , y , z eksenlerine ilgili noktanın uzaklığı ile belirlenir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Kartezyen koordinat sistemi (BUKRDAE, 2008).

3.4.4.2. Coğrafi koordinat sistemi

Yer belirlemede kullanılan en eski yöntemlerden bir tanesi coğrafi koordinat sistemidir. Bu sistemde koordinatlar enlem ve boylamlarla ifade edilir. Bu sistem paralel (enlem dairesi) ve meridyen (boylam dairesi) dairelerinden oluşur. Bu koordinat sisteminin başlangıcı Greenwich meridyeni ile ekvatorun kesim noktasıdır. Koordinat eksenleri de Greenwich meridyeni ve ekvatorudur (Şekil 3.8). Coğrafi koordinatlardan olan enlem, bir noktadan geçen paralelin ekvatora olan açısal mesafesidir. Boylam ise bir noktadan geçen meridyenin başlangıç meridyeni düzlemi ile arasındaki açıdır (BUKRDAE, 2008).



Şekil 3.8: Coğrafi koordinatlar (BUKRDAE, 2008).

3.4.4.3. Projeksiyon koordinat sistemi

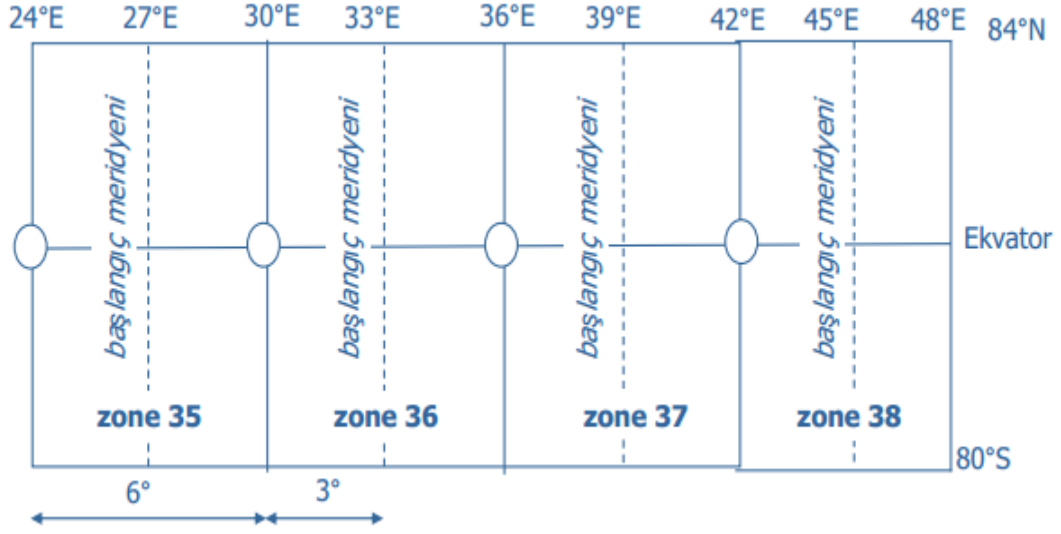
Bu koordinat sistemi çoğunlukla büyük alanları kapsayan çalışmalarda kullanılır. İzlenen yöntem, projeksiyon bölümünde anlatılan referans yüzeyinin projeksiyon teknikleri kullanarak haritalara aktarılmasından ibarettir. Günümüzde değişik projeksiyon koordinat sistemleri vardır. Bunlar içerisinde en önemlisi uluslararası seviyede geçerli hale gelen ve ülkemizde de kullanılan Gauss-Krüger projeksiyonuna dayalı olarak oluşturulan UTM (Universal Transvers Mercator) projeksiyonudur.

Bu projeksiyonun referans yüzeyi elipsoittir. Türkiye’de ülke nirengi ağı esas alınarak hazırlanan 1/25.000 ölçekli haritalar 6 derece dilim aralıklı olarak, 1/5.000 ölçekli topoğrafik ve kadastral haritalar 3 derece dilim aralıklı olarak Gauss-Krüger projeksiyonu ile üretilmiştir.

Bu sistemde dünya yüzeyi 6 derecelik boylam aralıkları ile 60 dilime ayrılmıştır. Referans enlemi ise ekvator olarak kabul edilmiştir. Her dilim bir projeksiyon sistemine karşılık gelmektedir. Yani her dilimin ayrı bir koordinat sistemi vardır. Dilim orta meridyeninin sağ ve solu 3 derecedir. Her bir dilimin orta meridyeni X eksenini, ekvator ise Y eksenini olarak kabul edilir. Dilim içerisinde kalan noktaların koordinatları da buna göre belirlenir.

Türkiye yaklaşık olarak 26-45 derece doğu meridyenleri arasında kaldığı için dört dilime sahiptir. Bu aynı zamanda dört koordinat sistemi anlamına gelmektedir.

Türkiye için UTM sisteminde yer alan dilimler ve özellikleri şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9: Türkiye için UTM projeksiyon dilimleri (BUKRDAE, 2008).

3.5. CBS ve Hidroloji

Teknolojinin temeli olan bilgi, sistematik bir şekilde kullanıldığı ve yönetildiği takdirde daha faydalı olmaktadır. Bilginin "etkin" bir biçimde yönetilmesi için tasarlanan CBS, karar verme aşamasında etkin rol oynamaktadır. Su kaynaklarının planlamasına temel teşkil eden su toplama havzalarının belirlenmesinde CBS kullanımı büyük önem arz etmektedir. Farklı mühendislik disiplinlerinin bir araya gelerek üretim yapması çalışmalarda verimliliği de arttırmaktadır. Bu da CBS sayesinde olmaktadır.

CBS, su kaynakları yönetiminde hidrologların vazgeçilmez araçlarından biri haline gelmiştir. İklim değişikliği ve buna bağlı olarak su kaynaklarına olan ihtiyacın tespit edilmesi gibi birçok parametrelili sorunların çözümünde statik coğrafi veri (yeryüzü, yükseklik vb.) ile dinamik coğrafi veriyi (hava koşulları, su yükseltmeleri vb.) bir arada analiz ederek hidrologlara önceden hayal edilemeyecek birçok bilgiyi sunabilmektedir (Güreşçi ve diğ., 2012).

CBS; nehir havzası yönetimi, erozyon ve katı madde hareketi tahmin, kontrol ve korunması işlemleri, içme suyu, atık su ve kentsel yağmur suyu şebekesi tasarım ve yönetimi, baraj yeri seçimi, kot-alan-hacim eğrilerinin çıkarılması, hazne işletmesi, su

kalitesi modellenmesi, gözlenmesi ve yönetimi, yeraltı suyu gözlenmesi ve modellenmesi, taşkın kontrol ve tahmini, taşkın haritalarının hazırlanması, su kaynakları planlaması ve yönetimi, sulanabilir alanların belirlenmesi, rekolte tahmini, kanal güzergâhı seçimi, toprak sınıflandırılması, havza için sayısal yükselti modelinin çıkarılması, nehir sisteminin çıkarılması ve derecelendirilmesi, havza sınırının oluşturulması ve özelliklerinin çıkarılması, sentetik birim hidrograf çıkarılması, değişik hidrolojik modellerin çalıştırılması, arazi kullanımı ve kamulaştırma çalışmaları için kullanılabilir. Buna göre CBS, analiz yapmaya imkan sunan ve analiz sonuçlarına göre doğru kararlar vermeyi kolaylaştıran bir sistemdir.

4. YAZILIM VE MODEL

4.1. Kullanılan Yazılımlar

Bu çalışmada iki ayrı CBS yazılımı kullanılmıştır. Bunlar Quantum ve SAGA GIS yazılımlarıdır. Bunların yanında havzaların sınır koordinatlarını belirlemek amacıyla SMS 10.0 yazılımı da kullanılmıştır.

4.1.1. Quantum GIS

Quantum GIS (QGIS), birden fazla işletim sistemiyle desteklenen, verileri görmeye, düzenlemeye ve analiz etmeye yarayan, açık kaynak kodlu (open source software), bir CBS yazılımıdır. QGIS kullanılarak kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektörün ihtiyaçları doğrultusunda, kullanıcıya özgü yazılımlar geliştirilebilmektedir (Url-1).

Diğer GIS yazılımlarına göre farklı harita projeksiyonları kullanan birçok katman ile haritalar üretilmesine izin verir. QGIS dxf dosyaları, shape (*.shp) dosyaları ve kişisel coğrafik veri tabanlarının kullanımına imkan sağlar (Fischer, t.y.). Haritalar farklı kullanıcılar için farklı formatlarda bir araya getirilmiştir. QGIS vektör ve raster verilerin birleştirilebilmesine imkan sağlar. Bu tarz yazılımların tipik özelliği olarak QGIS, vektör verileri nokta, çizgi ya da poligon özellikli olarak saklayabilir. Raster verilerin farklı çeşitleri desteklenir ve yazılım bu raster verilerin coğrafik olarak koordinat sistemlerini tanımlayabilir (koordinatlama) (Url-2).

Çalışmada QGIS yazılımının 2.2.0 Valmiera sürümü kullanılmıştır. Çalışma sırasında QGIS yazılımında kullanılan menü araçları aşağıda anlatılmıştır:

Merged shapes layers: SAGA GIS'in bir uygulaması olarak QGIS'te çalıştırılır. Ayrı paftalar halinde olan eşyükselti haritalarını birleştirmeye yarar.

Vector → Geometry Tools → Simplify Geometry: Eşyükselti eğrilerinin düğüm noktalarını azaltarak QGIS'te daha kolay analiz yapabilmek için eğrileri belli noktalarından birleştirerek doğrusallaştırır.

Vector → Geometry Tools → Extract Nodes: Doğrusallaştırılan eşyüksekti eğrilerinin düğüm noktalarını belirler ve bu noktaları sayısallaştırır. Eşyüksekti eğrileri artık nokta haritası haline dönüştürülmüştür.

Clip points with polygons: SAGA GIS'in bir uygulaması olarak QGIS'te çalıştırılır. Sayısallaştırılarak nokta haritasına dönüştürülen eşyüksekti haritasını, havza sınırına göre kırmaya yarar.

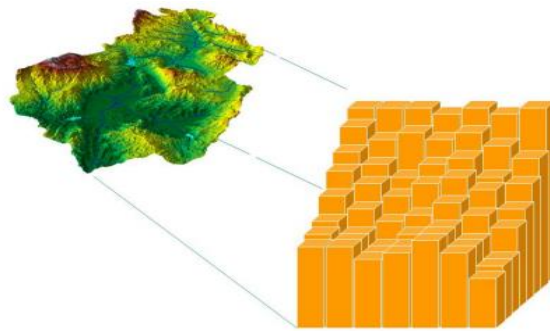
Clip grid with polygon: SAGA GIS'in bir uygulaması olarak QGIS'te çalıştırılır. SAGA GIS'te SYM haritasına dönüştürülen haritayı havza sınırına göre kesmeye yarar. Böylece elimize shape (*.shp) dosyası olarak ulaşan eşyüksekti haritaları havza sınırlarında kırılmış haliyle model analizine hazır hale gelmiştir.

Processing → Graphical modeler → TWI model → Run.

QGIS yazılımı ile ilgili bazı önemli kavramlar sonraki üç bölümde açıklanmıştır.

4.1.1.1. Sayısal yükseklik modeli

Bir sayısal yükseklik modeli (SYM) (Digital Elevation Model-DEM) yeryüzünün sürekli bir biçimde değişen topoğrafik yüzeyini 3 boyutlu gösteren bir yapıdır. Bu model, 3 boyutlu uygulamalar için genel bir veri kaynağıdır. Sayısal yükseklik modeli, raster veri özelliğinde olup bir arazi yüzeyini en iyi temsil eden düzenli/düzensiz aralıklarla yapılmış çok sayıda yükseklik ölçümünden oluşmaktadır. Kısaca, her bir pikselin yükseklik (kot) değerine sahip olan sürekli yüzeylere dönüştürülmesidir. Şekil 4.1'de SYM'nin hücresel boyutu ile yükseklik değerlerine sahip piksel dağılımı görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi her bir piksel sahip olduğu yükseklik değerine bağlı olarak temsil edilmektedir. SYM verisi sayısal ortama aktarılmış münhanilerden veya uydu görüntülerinden elde edilir. Uydu görüntüleri ve münhanilerden elde edilen SYM verileri arasındaki fark, çözünürlük farkıdır (Güreşçi ve diğ., 2012).

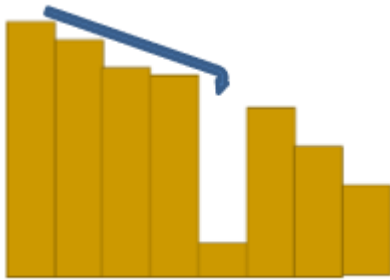


Şekil 4.1: SYM'nin hücresel boyutu (Güreşçi ve diğ., 2012).

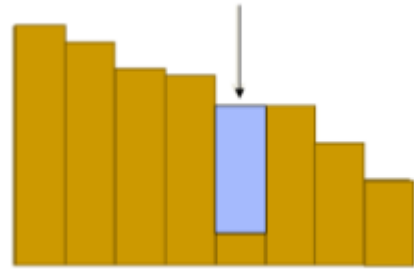
4.1.1.2. Çukurları doldurma

Bu fonksiyon SYM’nde yer alan çukurların giderilmesi için kullanılır. Bir hücre daha fazla yükseklik değerine sahip olan hücreler ile çevrildiği takdirde su, yükseklik değeri az olan bu hücreye doğru akacaktır (Şekil 4.2).

SYM’nde yer alan çukurlar doldurulmadığı takdirde yüzey akışı oluşamaz. Bu nedenle çukurların doldurulması gereklidir. Fonksiyon bu problemi ortadan kaldırmak için yükseklik değerlerini yeniden düzenler (Güreşçi ve diğ., 2012) (Şekil 4.3).



Şekil 4.2: SYM’deki çukur hücreler (Güreşçi ve diğ., 2012).



Şekil 4.3: Çukurların doldurulması (Güreşçi ve diğ., 2012).

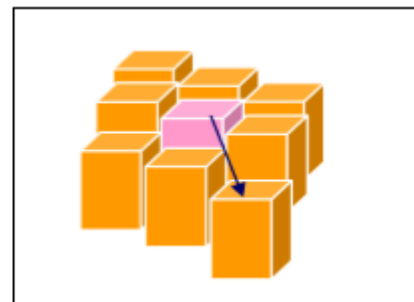
4.1.1.3. Akım yönü belirleme

Bu fonksiyon verilen grid sistemi için akım yönünü hesaplamaktadır. Hücrede yer alan değer, bu hücreye komşu 8 hücreden yükseklik değeri en az olana doğru su akım yönünü göstermektedir.

Şekil 4.4a’da görüldüğü gibi her bir gridde yükseklik değeri yer almaktadır. Su, akışı en düşük yükseklik değerine sahip gride doğru olacaktır (Şekil 4.4b).

77	66	59
63	54	47
68	65	32

(a)



(b)

Şekil 4.4: Su akış yönü (Güreşçi ve diğ., 2012).

Akış yönünü bilgisayar ortamında ifade etmek için “8 yönlü akım modeli” kullanılmaktadır. Ağın akım yönünü göstermek için Şekil 4.5’de yönlere bağlı olarak

gösterilen rakamsal değerler kullanılmaktadır. Örneğin bir hücreden akımın doğu yönünde olduğunu belirtmek için 1, kuzeybatı yönünde olduğunu belirtmek için 32, güneydoğu yönünde olduğunu belirtmek için 2 kullanılır (Güreşçi ve diğ., 2012).










32	64	128
16		1
8	4	2

KB	Kuzey	KD
Batı		Doğu
GB	Güney	GD

Şekil 4.5: Akım yönleri (Güreşçi ve diğ., 2012).

Aşağıda örnek teşkil etmesi açısından Şekil 4.6a’da hücelere ait yükseklik değerleri, Şekil 4.6b’de akım yönleri ve Şekil 4.6c’de ise bu yönler için kullanılacak olan veri tablosu görülmektedir.

77	66	59
63	54	47
68	65	32

2	2	4
1	2	4
128	1	2

(a)
(b)
(c)

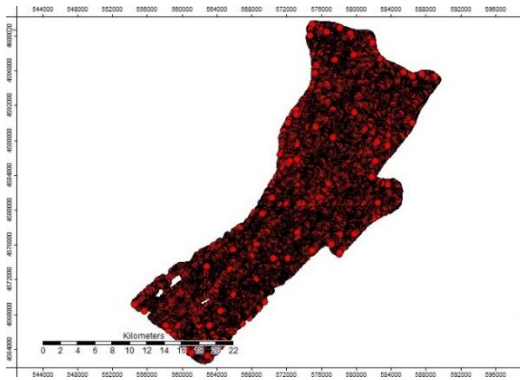
Şekil 4.6: Akım yönünün matematiksel ifadesi (Güreşçi ve diğ., 2012).

4.1.2. SAGA GIS

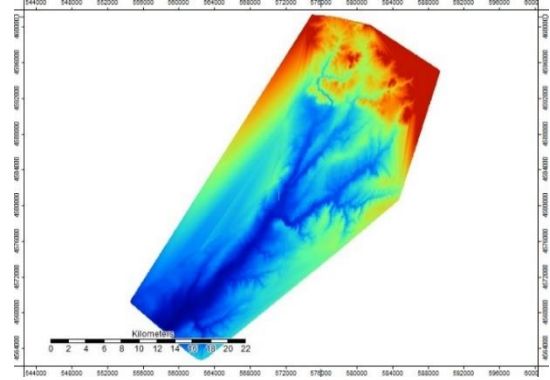
SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) GIS, mekansal algoritmaların kolay ve etkili bir şekilde uygulanması için dizayn edilmiştir. Yerbilimleri yöntemlerinin kapsamlı ve büyüyen bir setini sunar. Birçok görselleştirme seçeneği ile kolayca ulaşılabilir kullanıcı arabirimi sağlar. QGIS gibi SAGA GIS de ücretsiz bir açık kaynak yazılımıdır (open source software) (Url 3).

Bu çalışmada SAGA GIS yazılımı, QGIS’te eşyüksekti haritaları kullanılarak sayısallaştırılmış shape (*.shp) dosyalarını, Sayısal Yükseklik Modeli’ne (DEM) dönüştürerek QGIS’te analize hazır hale getirmek için kullanılmıştır. Bu işlem için program menüsünden ‘Geoprocessing → Grid → Gridding → Interpolation From

Points → Triangulation' araçları izlenmiştir. Yazılımda bu basamaklar sayesinde, QGIS'ten alınan düğüm noktaları çıkartılmış eşyüksekti haritası (Şekil 4.7) üzerinde ara değer hesabı (enterpolasyon) yapılarak, üçgenleme yöntemiyle havzanın Sayısal Yükseklik Haritası (Şekil 4.8) elde edilmiştir. Bu SYM haritası sayesinde QGIS'te taşkın analizi yapılabilecektir. Üçgenleme metodunda, yükseklik değeri bilinen 3 nokta arasında ara değer hesabı yapılmak suretiyle noktalar birleştirilerek kesintisiz ve sürekli bir alan oluşturulur. Böylelikle havzanın yeryüzü topoğrafik haritası oluşturularak, SYM haritası elde edilmiş olur.



Şekil 4.7: Havzanın düğüm noktaları haritası.



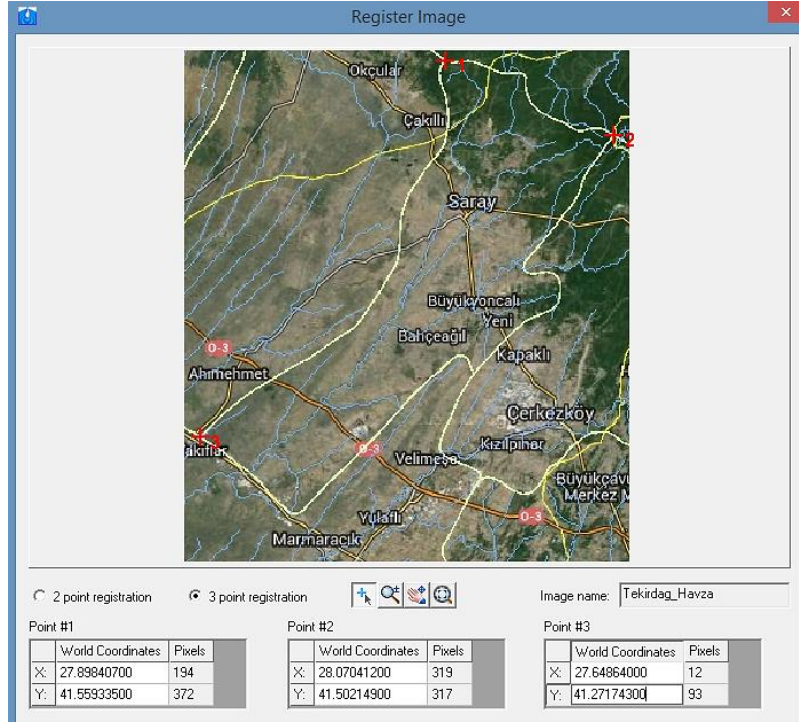
Şekil 4.8: Havzanın SYM (DEM) haritası.

4.1.3. SMS

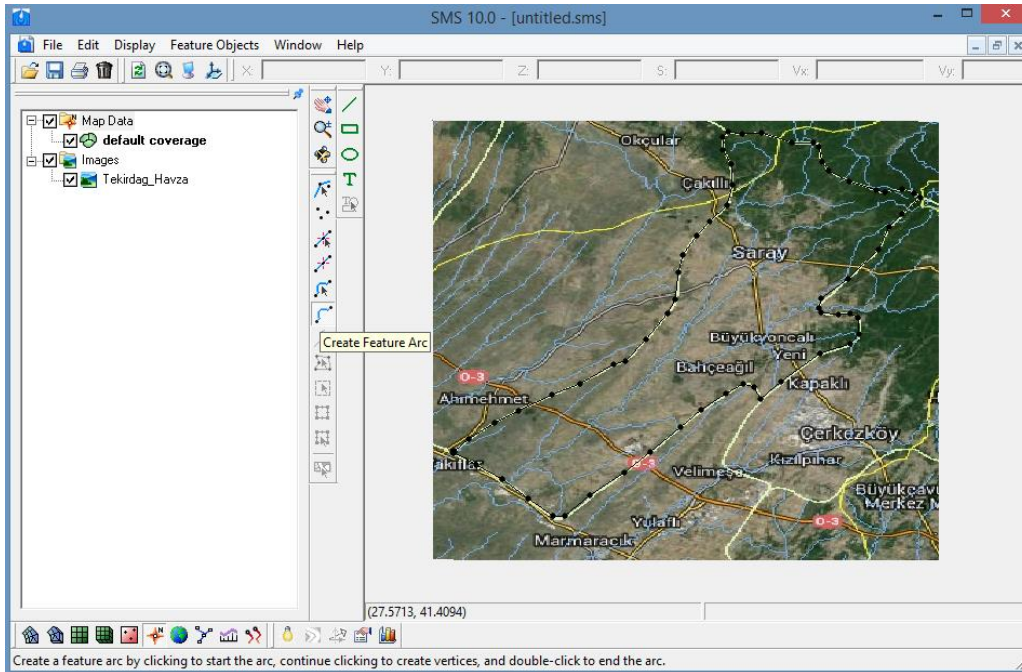
SMS (Surface-Water Modeling System) yazılımı adından da anlaşılacağı gibi yüzey sularını modellemek, koordinat sistemlerini tanımlamak, topoğrafik haritalar hazırlamak gibi birçok işleve sahiptir.

Bu çalışmada SMS yazılımı Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın sitesinden alınan havza sınırlarını gösteren ekran görüntülerini koordinatlayarak, QGIS'te havzayı yeryüzü üzerinde doğru enlem ve boylamlara oturtmak için kullanılmıştır (Şekil 4.9). Bunun yanı sıra, havzayı sınır çizgilerinden keserek QGIS'te kullanıma hazır hale getirme işlemi de SMS'te yapılmıştır (Şekil 4.10). Bu işlem için sol menüden 'Create Feature Arc' seçilerek havza sınırları işaretlenir ve üst menüden 'Feature Objects → Build Polygon' araçları seçilerek havza sınırları poligonlanmış olur. Artık bu dosya kaydedilmeye hazırdır fakat dosyanın QGIS'te kullanılabilmesi için kayıt türünün Shape Files (*.shp) olması gerekmektedir (File → Save as → Kayıt türü: Shape File (*.shp) → ok). Kaydetme işleminden sonra çıkan 'Export shapefile' penceresinde, QGIS'in havzayı kapalı bir alan şeklinde algılayabilmesi adına 'Feature

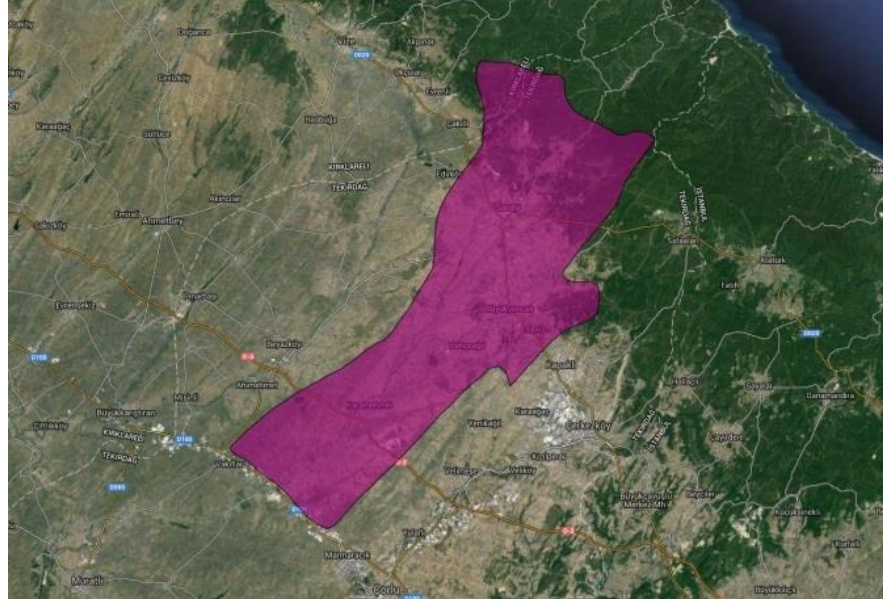
Polygons→Polygon Shapefile’ seçeneği seçilmelidir. Son olarak koordinatlanmış ve sınırlarından kesilmiş havzanın QGIS’te görünümü verilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.9: SMS yazılımında koordinatlama işlemi.



Şekil 4.10: Havzayı sınırlarından keserek poligonlama işlemi.



Şekil 4.11: Havzanın poligonlanmış kapalı bir alan olarak QGIS’te görünümü.

4.2 Nem İndeksleri

4.2.1 Topoğrafik nem indeksi

Topoğrafik nem indeksi (Topographic wetness index-TWI) suya doygunluk, bir başka ifadeyle su tutma kapasitesinin belirlenmesine yönelik araştırmalarda kullanılan bir parametredir ve özellikle heyelana yönelik çalışmalarda sıkça kullanılmaktadır.

Topoğrafik nem indeksi (TWI), topoğrafik anlamda suya doygun alanların yerlerinin ve boyutlarının ifade edilmesi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Beven ve Kirkby (1979), homojen ve izotrop bir ortam ve tek tip zemin koşulu varsayımlarını dikkate alarak, TWI’in hesaplanması için

$$TWI = \ln\left(\frac{A_s}{\tan \beta}\right) \quad (4.1)$$

önermişlerdir. Burada, A_s özgül havza alanı, $\tan \beta$ ise yamaç eğimidir. Topoğrafik nem indeksi yaygın kullanım alanı bulmuştur (Moore ve diğ., 1991; Quinn ve diğ., 1995; Sorenson ve diğ., 2015). Söz konusu indeksin önemli sınırlamalarından bir tanesi, tek tip zemin koşuluna ilişkin yapılan varsayım oluşturmaktadır. Ancak daha sonra yapılan çalışmalarda topoğrafyadaki değişimlerin, zemin geçirgenliğindeki değişimlerle karşılaştırıldığında çok daha yüksek olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak araştırmacılar, eşitlikte verilen ifadenin TWI hesaplamalarında kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Burada dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan

bir tanesi, ağ hücre yapısına sahip bir veri modeli içerisinde özgül havza alanının değerlendirilmesine ilişkin uygulanan yöntem oluşturmaktadır. Söz konusu alanın hesaplanması süreci içerisinde gerekli girdilerden biri kontur uzunluğudur. Bu uzunluk ağ hücre yapısına sahip modelde bir ağın bir kenar uzunluğuna eşit alınmakta, bununla birlikte bir diğer parametre olan yamaç yukarı beslenme alanına ilişkin değer ise ilgili ağ hücresini akış ile besleme potansiyeline sahip diğer ağ hücrelerinin alansal toplamına eşit kabul edilmektedir. Özgül havza alanı söz konusu beslenme alanının kontur uzunluğuna oranı olarak tanımlanmaktadır (Wilson ve Gallant, 2000).

Topoğrafik nem indeksi hesabı sonucu ulaşılan taşkına meyilli alan haritalarının lejandları incelendiğinde, lejandda sayısal değer yükseldikçe yaşanacak taşkın sırasında o bölgedeki su yüksekliği potansiyelinin arttığı görülmüştür.

4.2.2. SAGA nem indeksi

SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) nem indeksi (SAGA WI), Topoğrafik nem indeksi ile aynı adla anılmakta fakat akışı çok ince bir tabaka olarak düşünmeyen değiştirilmiş havza alanı hesabına dayanmaktadır. Bunun sonucunda küçük düşey aralıklarla vadi tabanlarına yerleştirilmiş zemin hücreleri için standart Topoğrafik nem indeksi (TWI) ile karşılaştırıldığında daha yüksek zemin nemi tahmin etmektedir (Böhner ve diğ., 2002).

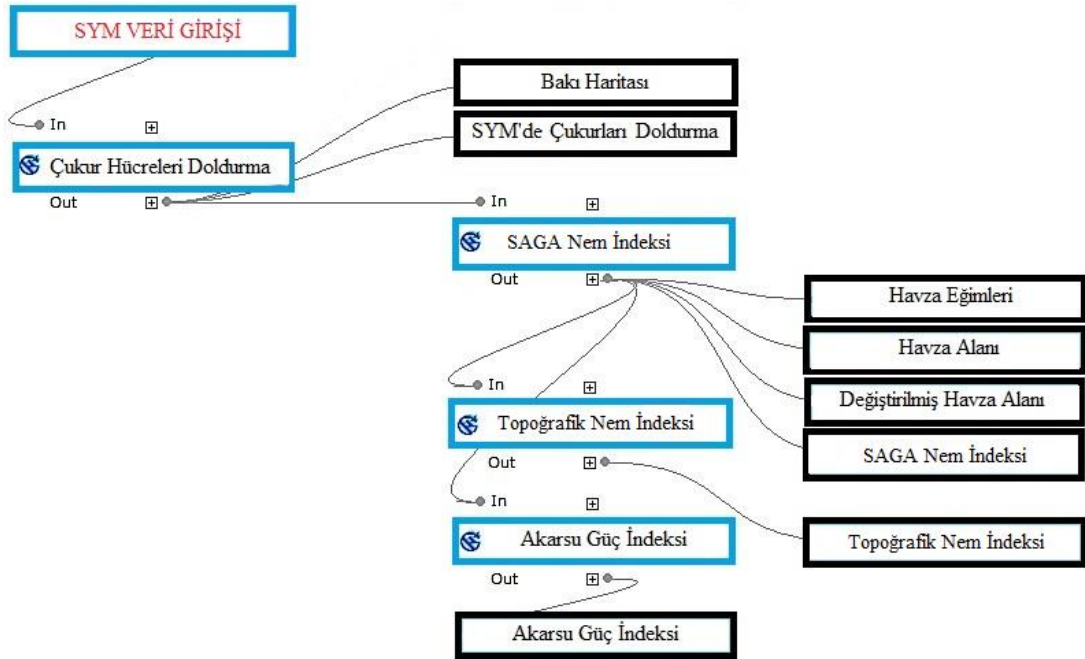
Havzanın yüksek eğime sahip yamaç bölgelerinde yükseklik farkında yaşanan küçük bir değişimin bile, havza alanı hesabında, dolayısıyla nem indeksleri hesabında oldukça büyük sonuç farklılıkları doğurduğu görülmüştür. Bu sebeple Moore ve diğ. (1993) tarafından Topoğrafik nem indeksinde kullanılan 'özgül havza alanı' hesabının aksine arazi parametrelerini de göz önüne alan bir 'değiştirilmiş havza alanı' hesabı yapılmıştır (Böhner ve diğ., 2002). Burada bahsi geçen 'değiştirilmiş havza alanı' Topoğrafik nem indeksindeki 'özgül havza alanı' hesabında baz alınan tek tip zemin koşulu varsayımının aksine, zeminin organik madde içeriği, tabaka kalınlığı, kum ve silt yüzdeleri gibi parametrelerine dayanarak hesaplanır (Moore ve diğ., 1993).

SAGA nem indeksi hesabı sonucu ulaşılan taşkına meyilli alan haritalarının lejandları incelendiğinde, lejandda sayısal değer yükseldikçe yaşanacak taşkın sırasında o bölgedeki su yüksekliği potansiyelinin de arttığı görülmüştür. Ancak aynı havza alanı içinde SAGA nem indeksinin Topoğrafik nem indeksine göre daha geniş bir lejand

aralığında daha yüksek sayısal değerler verdiği ve haliyle daha yüksek potansiyelli taşkın alanı sonucu ortaya çıkardığı görülmüştür.

4.3. Kullanılan Model

SYM haritalarının modele girilmesiyle analiz başlatılmaktadır (Şekil 4.12). Bu haritaların hücrelerinde olan çukurların doldurulma işlemi gerçekleştirildikten sonra model doğrudan, çukurları doldurulmuş SYM haritası ve bakı haritası çıktısı vermektedir. SYM haritası verisinin SAGA nem indeksi modeline girilmesiyle SAGA nem indeksinden elde edilen taşkına meyilli alanların haritası elde edilmektedir. SAGA nem indeksi çıktılarının ise Topoğrafik nem indeksi modeline girilmesiyle Topoğrafik nem indeksinden elde edilen taşkına meyilli alanların haritası, akarsu güç indeksi modeline girilmesiyle ise akarsu güç indeksi haritası elde edilmektedir.



Şekil 4.12: Çalışma kapsamında QGIS yazılımında kullanılan matematik model.

platolar (Altın, 2000) en geniş sahayı kaplamaktadır. İlin dağlarını güneybatıda yer alan Ganos ve Kuru dağları oluşturmaktadır. Nitekim ilin en yüksek noktası (1/25.000 ölçekli haritaya göre) Ganos (Işıklar) Dağı üzerinde yer alan 924 m yükseklikteki Uçaktaşı (Radar) Tepe'dir. İlin ovaları yoğun olarak Ergene havzasında ve kıyı kesiminde bulunmaktadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 1975-2010 yılları arasını kapsayan ölçüm sonuçlarına göre Tekirdağ ilinde yıllık ortalama sıcaklık 11.5 (Çerkezköy) - 13.8 (Tekirdağ) °C, yıllık toplam yağış ise 542.3 (Çerkezköy) - 691.1 (Malkara) mm arasındadır. İç kesimlerde kurak az nemli, kıyı kesimlerde yarı nemli ve dağlık alanlarda da nemli iklim tipi karakteri görülür (Dönmez, 1990). Tekirdağ ilinin en önemli hidrografik değeri ilin kuzeyinde akış gösteren Ergene Nehri'dir. Bunun dışındaki önemli akarsular ise Hayrabolu, Beşiktepe, Çorlu, Işıklar ve Gölcük dereleridir (Gürpınar, 1994).

5.1.2 Samsun

Karadeniz sahil şeridinin orta bölümünde Yeşilirmak ve Kızılırmak nehirlerinin Karadeniz'e döküldükleri deltalar arasında yer alan Samsun ili ise 9083 km²'lik bir yüz ölçümüne sahiptir. Coğrafi konum olarak 40° 50' - 41° 51' kuzey enlemleri, 37° 08' ve 34° 25' doğu boylamları arasındadır. Kuzeyinde Karadeniz'in yer aldığı ilimizin komşuları; doğusunda Ordu, batısında Sinop, güneyinde Tokat ve Amasya, Güney batısında ise Çorum illeridir (Şekil 5.2) (Bahadır, 2013).



Şekil 5.2: Samsun ilinin lokasyon haritası (Url 4).

Samsun ili yeryüzü şekilleri bakımından üç ayrı özellik gösterir. Birincisi güneyindeki dağlık kesim, ikincisi; dağlık kesimle kıyı şeridi arasında kalan yaylalar, üçüncüsü; yaylalarla Karadeniz arasındaki kıyı ovalarıdır. Kızılırmak ve Yeşilirmak akarsularının delta alanlarında oluşmuş kıyılarında, yurdumuzun tarımsal potansiyeli en yüksek ovalarından Bafra ve Çarşamba ovaları yer almaktadır.

Canik Dağları'nın orta kesimleri Samsun sınırlarında yer almaktadır. Yüksekliği 1.500 metreyi geçmeyen bu dağlar basık, yuvarlak ve dar sırtlıdır. Bu nedenle şehrin kıyı ile olan bağlantısını kesmemektedir. Kızılırmak ve Yeşilirmak'ın oluşturduğu deltalar ise ilin önemli tarım ovaları olan Çarşamba ve Bafra ovalarını barındırmaktadır (Url 5).

Samsun ili topraklarından geçerek Karadeniz'e dökülen Kızılırmak ve Yeşilirmak şehir merkezi içerisinde yer almamaktadır. Büyükşehir ilçeleri sınırlarında 18 adet dere bulunmaktadır. Özellikle Mert Irmağı ve Kürtün Deresi düzensiz debileri nedeniyle sık sık taşmakta ve sel tehlikesi oluşturmaktadırlar (Bahadır,2013).

Samsun iklimi şehrin konumu ve coğrafyası dolayısıyla sahil ve iç kesimlerde değişiklik gösterir. Şehrin en düşük sıcaklık ortalaması 5.9 °C, en yüksek sıcaklık ortalaması ise 23 °C'dir. Yıllık ortalama yağış ülke ortalamasının üzerindedir (676,5 mm). İlde yağış en çok Ekim (86,5 mm) ve Kasım (81,2 mm) aylarında olmaktadır. İlin doğusundaki yağış miktarı batısına göre daha fazladır.

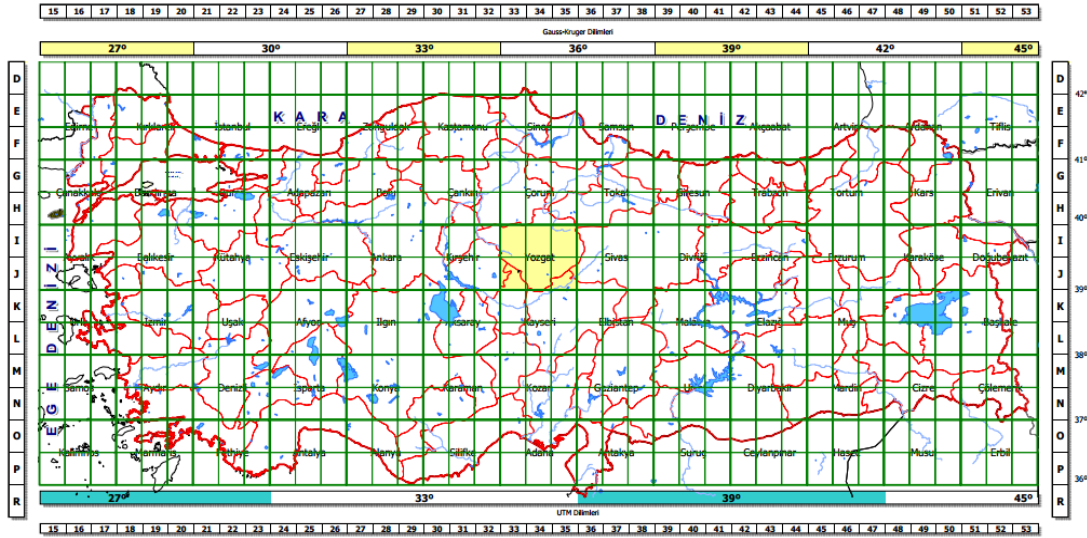
5.2. Kullanılan Haritalar

5.2.1 1/25000 ölçekli eşyükselti haritaları

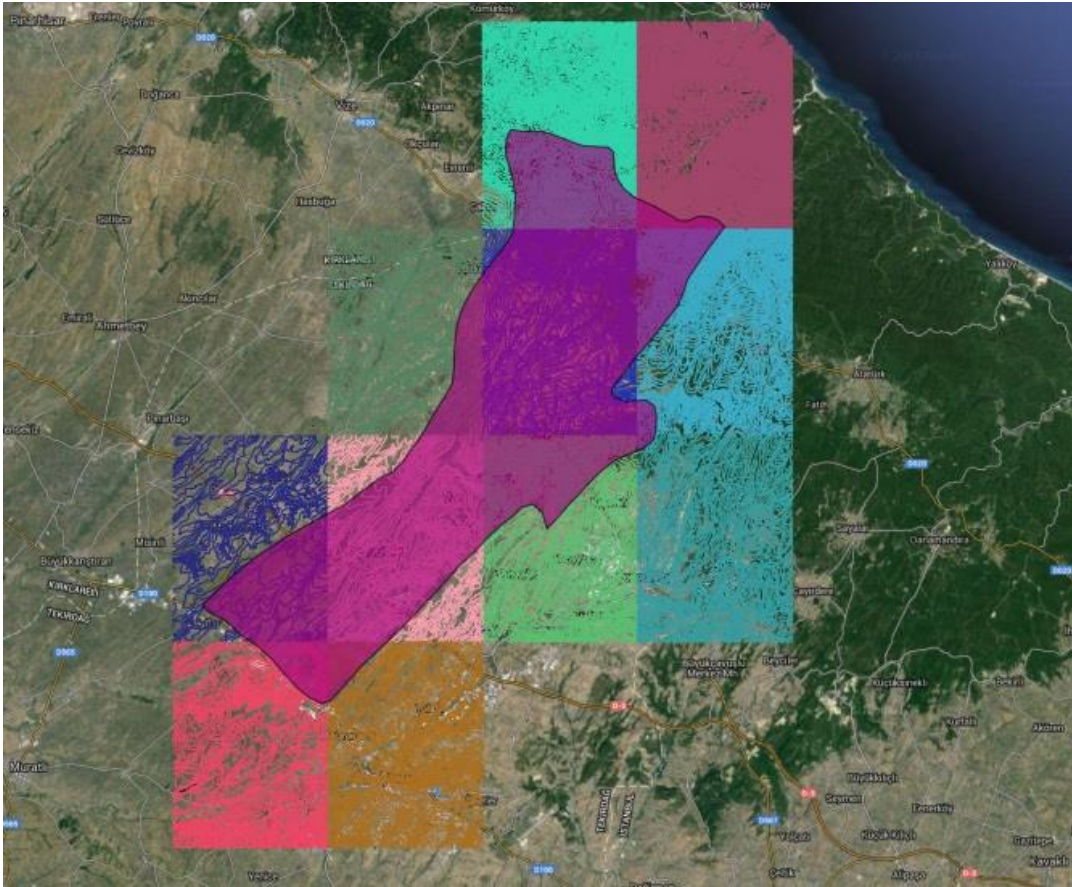
Türkiye Şekil 5.3'teki gibi paftalar halinde bölünmüştür. 1/25000 ölçekli paftalar halinde shape (*.shp) dosya uzantılı eşyükselti haritaları Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilmiştir. Eşyükselti haritaları QGIS ve SAGA GIS yazılımları yardımıyla Sayısal Yükseklik Modeli'ne (DEM) çevrilerek analiz yapmaya uygun hale getirilmiştir.

Şekil 5.4'te görüldüğü üzere Tekirdağ'ın örnek bir havzası için 1/25000 ölçekli 11 adet eşyükselti paftasına ihtiyaç duyulmaktadır. Paftalar havza sınırlarının tamamını kapsamalıdır, aksi takdirde analiz yapılamamaktadır. Pafta isimleri Şekil 5.3'teki Türkiye pafta bölümlenmesi haritasından bulunmuş ve Harita Genel Komutanlığı'ndan

sağlanan paftalar arasından havza sınırlarına denk gelecek şekilde seçilmiştir. Bu örnek havza için pafta isimleri şöyledir: E19-c3, E20-d4, F19-a3, F19-b1, F19-b2, F19-b3, F19-b4, F19-c1, F19-d2, F20-a1, F20-a4.

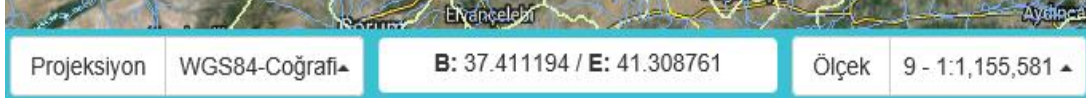


Şekil 5.3: Türkiye pafta bölümlemesi (Url 6).



Şekil 5.4: QGIS'te Hibrit altlık haritası ile havza sınırları ve eşyüksekti paftaları.

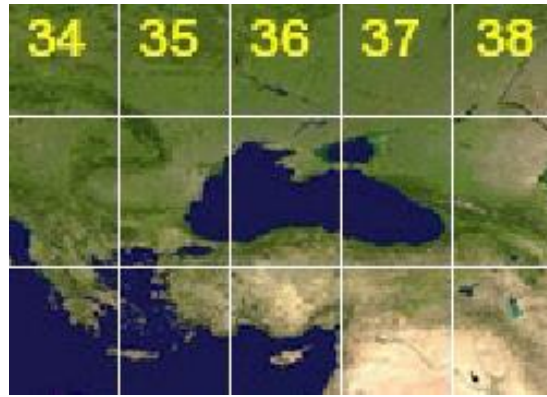
İnternet sitesinden aynı zamanda havzaların WGS84 (World Geodetic System 1984) coğrafi koordinat sistemindeki boylam ve enlem bilgilerine de ulaşılabilir (Şekil 5.7). Bu bilgi, ekran görüntüsü olarak elimizde bulunan havza sınırlarını SMS10.0 yazılımında koordinatlayarak, havzanın uygulama için kullanacağımız QGIS yazılımında doğru enlem ve boylamlara oturtulabilmesi için gereklidir.



Şekil 5.7: WGS84’te boylam ve enlem değerleri (Url 4).

Şekil 5.8’den Tekirdağ’ın dünya üzerinde WGS84/UTM35N, Samsun’un ise WGS84/UTM36N referans bölgelerinde oldukları açıkça görülmektedir (Burada ‘N’ kuzey yarım küreyi ifade etmektedir).

Burada bahsi geçen UTM Projeksiyonu (*Universal Transverse Mercator*), kürenin kendisine ekvatorda teğet olan silindire izdüşümüdür. Buna göre dünya, başlangıç meridyenleri 6°’de bir değişen 60 dilime (*zone*) ayrılır ve referans enlemi ekvatordur. Her dilimin enlem genişliği 84° kuzey, 80° güney enlemidir (Url 7). Havzaların üzerinde bulunduğu bu referans bölgesini doğru belirlemek, QGIS yazılımında analiz yapabilmek için büyük önem taşımaktadır. Aksi takdirde yazılım ‘Koordinat sistemi tanımlı değil’ uyarısı vermektedir.



Şekil 5.8: Türkiye için UTM dilimleri (Url 7).

5.3 Haritalar ile İlgili Ön Çalışmalar

Harita kullanımı bu çalışmanın en önemli kısmını oluşturmaktadır. Ancak sağlanan haritaların olduğu gibi kullanılması mümkün olmadığından haritalar ile ilgili ön

çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bu ön çalışmalara örnek teşkil etmesi açısından, izlenen adımlar aşağıda Tekirdağ ilindeki bir havza için açıklanmıştır.

Tekirdağ ilinde bulunan havza sınırları Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na ait internet sitesinden alınmıştır (Url 4). İnternet sitesinin ekran görüntüsü SMS10.0 programına aktarılarak 3 nirengi noktasıyla koordinatlama yapılmış, yine aynı programda havza sınırları işaretlenip kesilerek shape (*.shp) dosyasına dönüştürülmüştür. Şekil 5.9'da havza sınırları ve havza içinde yer alan akarsu ağı görülebilmektedir.

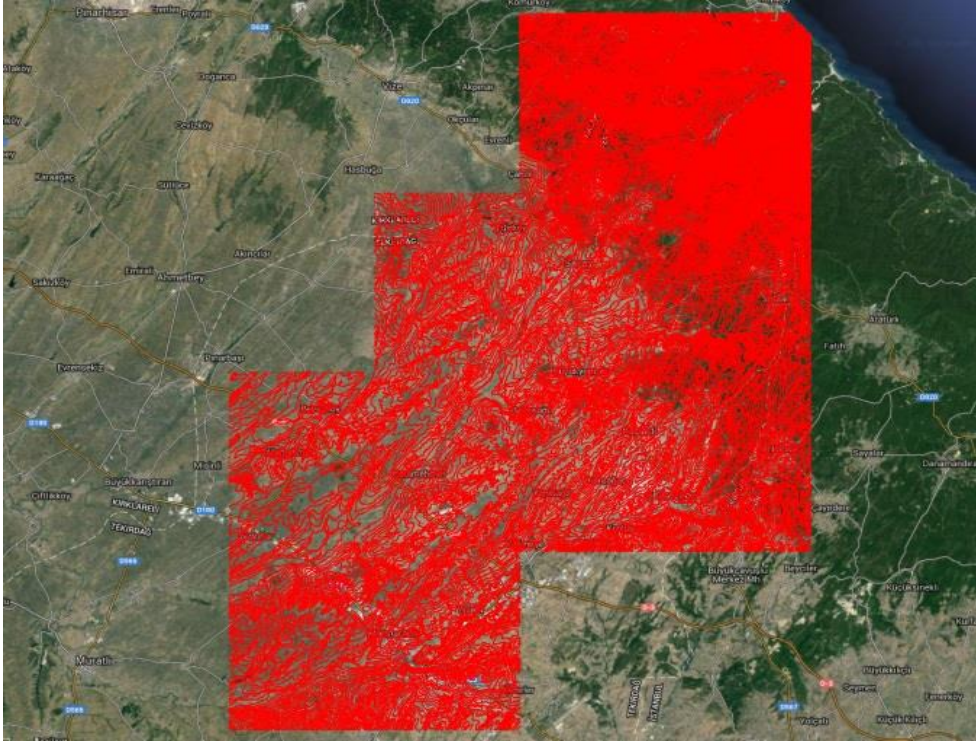


Şekil 5.9: Tekirdağ ilinde bulunan havza sınırları ve havza içi akarsu ağı (Url 4).

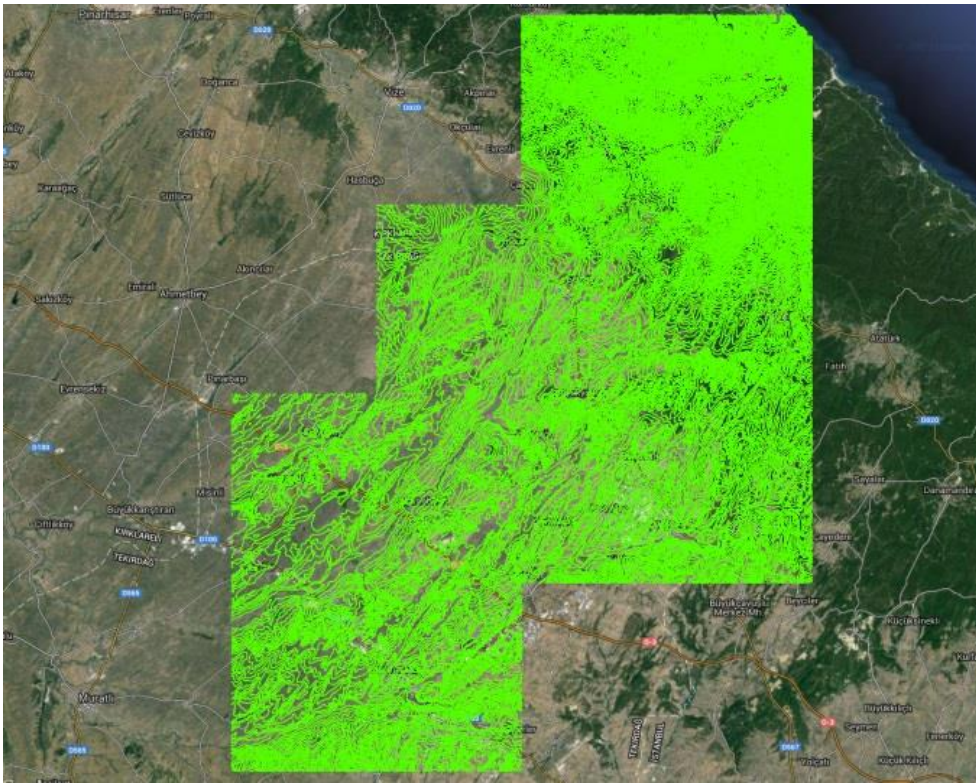
Bu çalışmada kullanılmak üzere 1/25000 ölçekli sayısal haritalar Harita Genel Komutanlığı'ndan, paftalar halinde sağlanmıştır. Şekil 7.1'de gösterilen havzayı içine alan 11 adet eşyükselti paftası QGIS'te, SMS 10.0 yazılımında koordinatlanmış olan havza ile eşleştirilmiştir. Altlık harita olarak ise Google Uydu kullanılmıştır (Şekil 5.4).

Seçilen havzayı içine alan 11 adet pafta Şekil 5.10'daki gibi QGIS yazılımında birleştirilmiştir. Bu işlem QGIS sağ menüsünden 'merge→merge raster/vector layers' araçları ile yapılır. Birleştirilen paftaların eşyükselti eğrileri, daha kolay analiz yapabilmek üzere Şekil 5.11'deki gibi basitleştirilmiştir. Bu işlem ise QGIS üst menüsünden 'Vector → Geometry Tools → Simplify Geometries' araçları izlenerek yapılır. Şekil 5.10 ile Şekil 5.11 arasındaki farkın anlaşılabilmesi açısından Şekil 5.12'de eşyükselti eğrilerine yakın bir görünüm verilmiştir. Görüldüğü üzere gerçekte sonsuz sayıda düğüm noktasına sahip olan eşyükselti eğrileri belli noktalarından

birleştirilip doğrusallaştırılarak düğüm noktası sayıları azaltılmış, böylece SAGA GIS yazılımında SYM'ne dönüşüm için gerekli işlemler basitleştirilmiştir.



Şekil 5.10: Eşyüksekti haritalarının QGIS yazılımında birleştirilmesi.

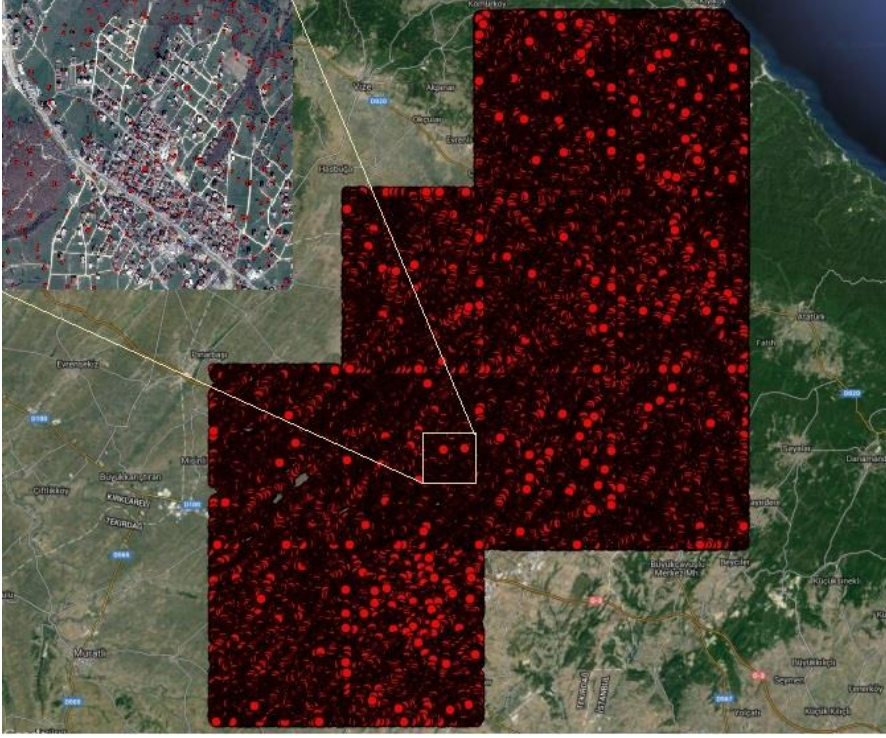


Şekil 5.11: Birleştirilmiş eşyüksekti haritalarının eğrilerini basitleştirme işlemi.

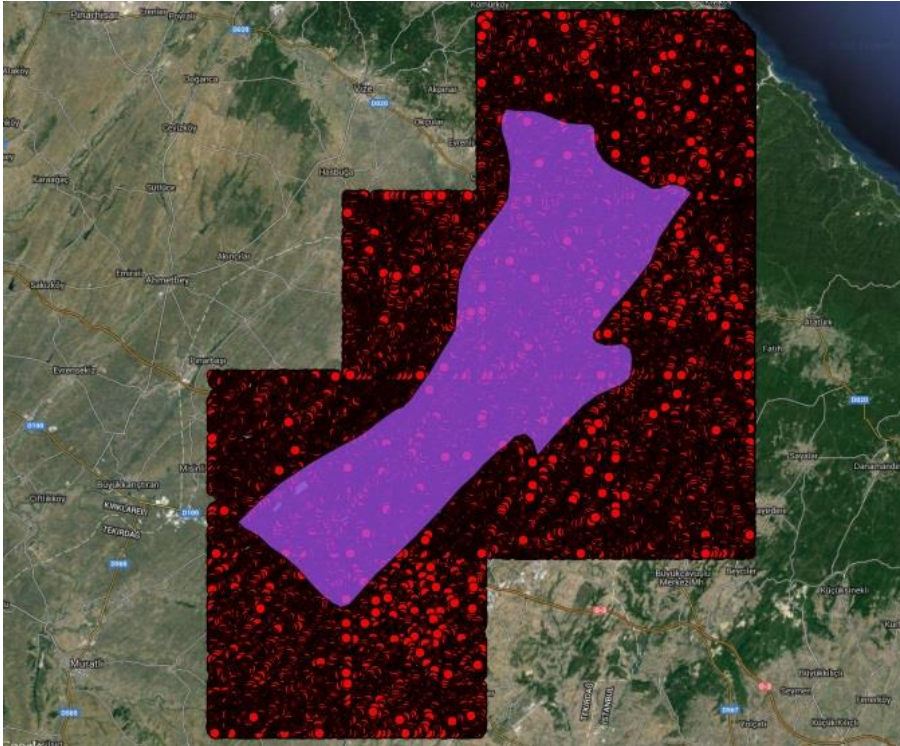


Şekil 5.12: Basitleştirilmiş eşyükselti eğrilerinin yakından görünümü.

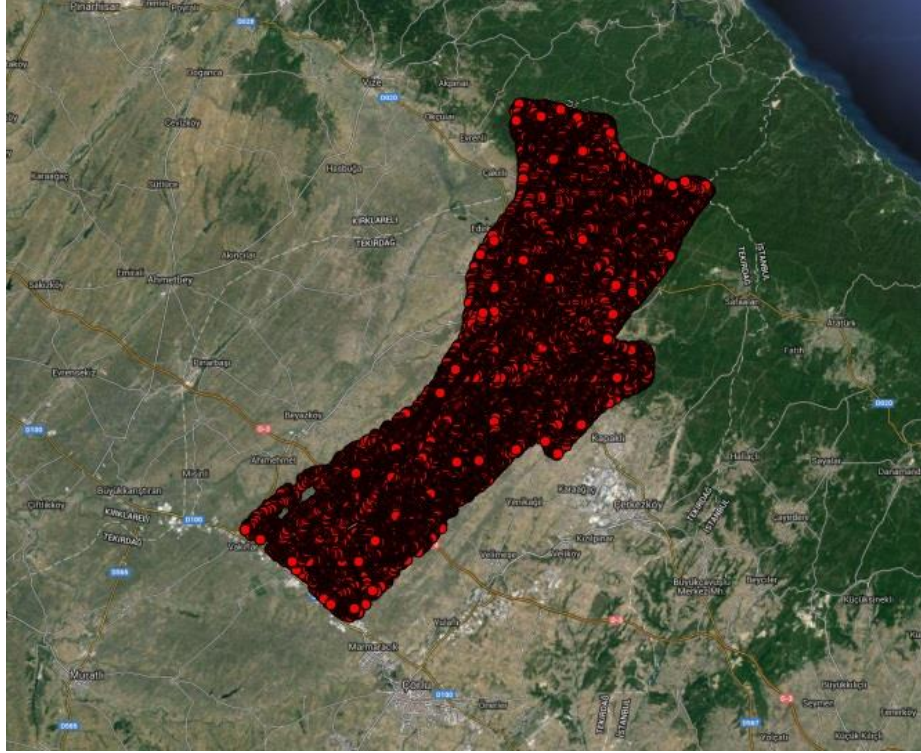
Birleştirilip basitleştirilmiş eşyükselti eğrilerinin düğüm noktaları, noktalama yöntemiyle Şekil 5.13’de gösterildiği gibi sayısal değerlere çevrilmiştir. Bu işlem QGIS üst menüsünden ‘Vector → Geometry Tools → Extract Nodes’ araçları izlenerek yapılır. Noktalama yönteminde eşyükselti eğrilerinin düğüm noktaları seçilerek belirlenir ve SAGA GIS yazılımında bu noktalar arasında ara değer yaklaşımı (enterpolasyon) yapılmak suretiyle havzanın SYM haritası elde edilir. Akarsu alt havzası sayısallaştırma işlemi tamamlanan eşyükselti eğrileri ile QGIS yazılımında Şekil 5.14’deki gibi eşleştirilmiş ve havza sınırlarına karşı gelen kısmı Şekil 5.15’teki gibi kesilmiştir. Noktalanarak sayısal veriye dönüştürülen havzanın SAGA GIS yazılımında görünümü Şekil 4.7’de verilmiştir. Şekil 4.8’de ise SAGA GIS analizi sonucunda havzanın ortaya çıkan SYM haritası gösterilmiştir. Buna göre havza içindeki akarsu ağının genel görünümü seçilebilmektedir.



Şekil 5.13: Eşyükselti eğrilerinin sayısallaştırılması.

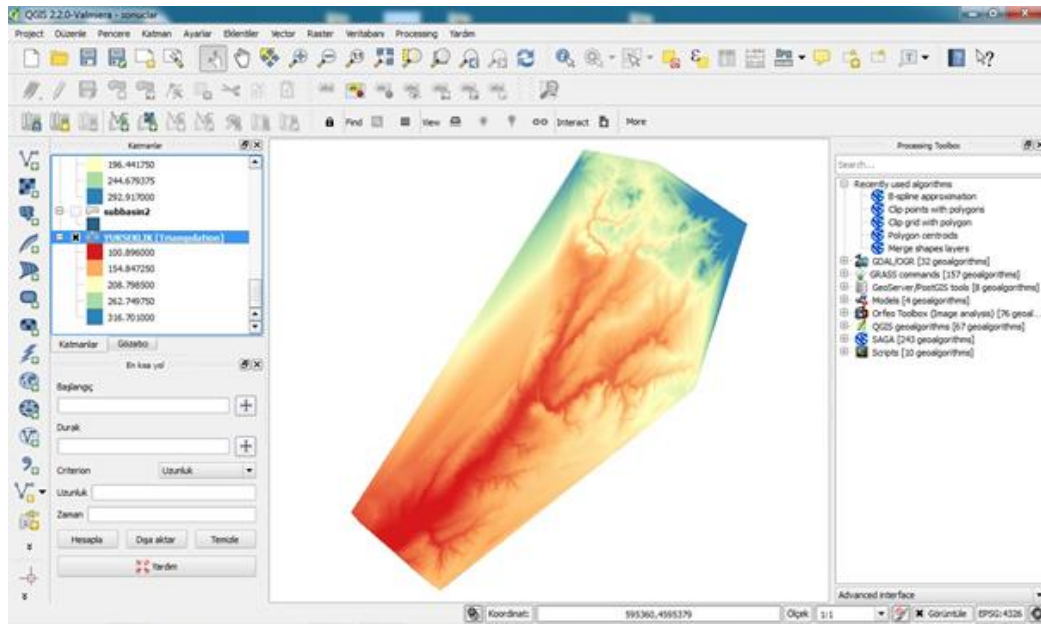


Şekil 5.14: Sayısallaştırılmış eşyükselti eğrilerinin havza sınırıyla çakıştırılması.

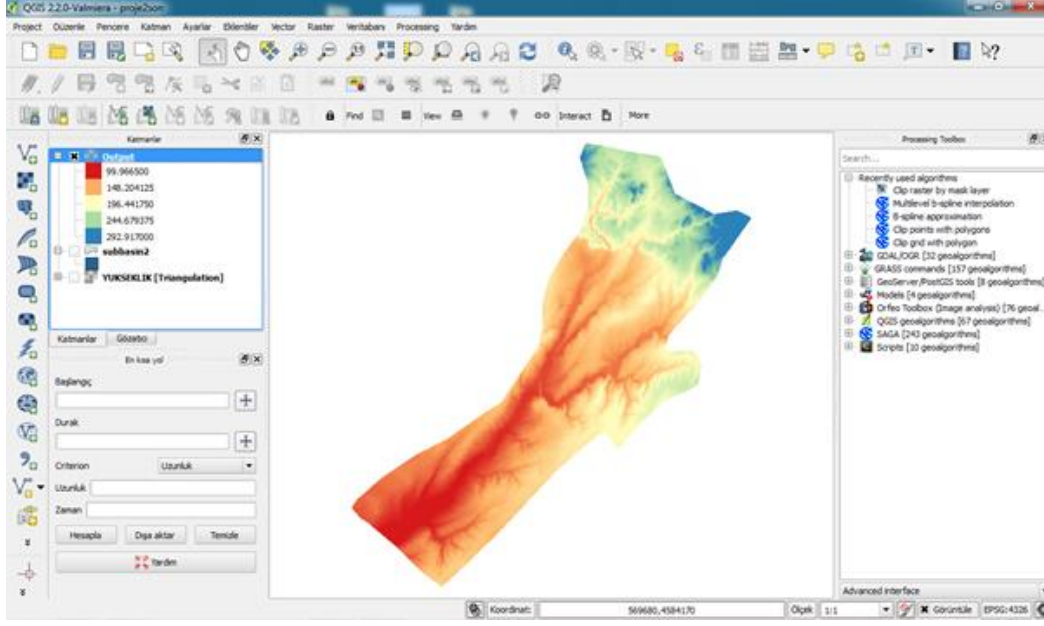


Şekil 5.15: Sayısallaştırılmış eşyükselti eğrilerinin havza sınırıyla kesilmiş hali.

SYM haritasının QGIS yazılımına taşınması ile oluşan SYM görüntüsü Şekil 5.16’da verilmiştir. SYM haritası havza sınırlarına göre kesilerek bir sonraki adımda yapılacak işleme hazır hale getirilmiştir (Şekil 5.17). Bu aşamada QGIS yazılımı çalıştırılarak aşağıda tanımlanan ve bu çalışma kapsamında taşkın riskinin bir göstergesi olarak kullanılan nem indeksleri hesaplanmıştır.



Şekil 5.16: SAGA GIS’ten alınan SYM haritasının QGIS’te görünümü.



Şekil 5.17: QGIS'te SYM haritasının havza sınırlarına göre kesilmiş hali.

5.4. QGIS Yazılımının Çalıştırılması

Ön çalışma ile QGIS yazılımında kullanılabilir hale getirilen haritaların veri olarak girilmesi ile QGIS yazılımı çalıştırılmıştır. Yazılımın her adımında elde edilen ekran görüntüleri aşağıda değerlendirilmiştir.

Şekil 5.18'de akarsu havzasının beslenme alanları gösterilmiştir. Beslenme alanları akarsu havzasında herhangi bir noktaya veya genel olarak akarsu havzası çıkışı noktasına suyunu gönderen alanların katkı oranlarını göstermektedir. Buna göre akarsu ağına yakın bölgelerin katkısının akarsu ağına uzak bölgelere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 5.19'da değiştirilmiş havza alanı gösterilmektedir. Bu beslenme alanı haritası, akarsudaki akıma havzanın katkısını Şekil 5.18'de verilen beslenme haritasına göre daha belirgin bir şekilde ortaya koymaktadır.

Şekil 5.20'de havza eğim haritası gösterilmiştir. Buna göre incelenen akarsu havzası memba kısmında mansap kısmına göre daha yüksek eğimlere sahiptir. Bu şekli ile akarsu havzası tipik bir havzadır. Çünkü akarsu havzalarında eğim genel olarak membadan mansaba doğru azalır.

QGIS yazılımının uygulanması sırasında yapılan işlemlerden bir tanesi de SYM (DEM) haritasında çukurlar (yüksekliği belli olmayan hücreler) olması durumunda 'hücre doldurma' olarak adlandırılan işlemdir. Bu işlemin uygulanması sonucu ortaya

çıkan Şekil 5.21’de görülen SYM sonucu SAGA GIS’ten alınan SYM sonucundan az da olsa farklılık göstermektedir. Bu işlemin yapılması QGIS’te havzanın model analizi yapılabilmesi için gereklidir. Aksi takdirde SYM haritalarındaki çukurlar nedeniyle yazılım analizi yapamayarak hata vermekte veya anlamsız sonuçlar üretmektedir.

Şekil 5.22’de havzanın bakı haritası verilmiştir. Bu haritada akımın yönü bir indeks ile tanımlanarak havza içinde bu indeksin dağılımı işaretlenmiştir.

Akarsudaki akımın (suyun) mabdan mansaba hareketi sırasındaki enerji tüketiminin zaman içinde değişiminin göstergesi olarak kullanılan akım güç indeksi (Stream Power Index, SPI) akıştaki suyun tahrip edici gücünün bir ölçütü olarak özellikle jeomorfolojide, katı madde taşınımında ve erozyon çalışmalarında kullanılır. Akarsu güç hesaplamaları çeşitli durumlarda taşkın tehlikesini değerlendirmek için kullanılmıştır (Sambaziotis ve Fountoulis, 2007; Fountoulis ve diğ., 2008; Diakasis, 2011; Karagiozi, 2011; Barker, 2008). Bu indeks Florinsky (2012) tarafından

$$SPI = \ln (A * \tan \beta) \quad (5.1)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Burada A havza alanı ve $\tan \beta$ eğimdir.

Bu tanımlardan hareketle hesaplanan akarsu güç indeksinin havza içindeki dağılımı Şekil 5.23’deki gibi belirlenmiştir. Buna göre, akarsu güç indeksi akarsu havzası içinde özellikle akımın yoğunlaştığı kanal kısmında büyümektedir. Denklem 5.1’e göre havzanın eğiminin yüksek olduğu bölgelerinde bu indeksin yüksek olmasını beklemek mümkün olacaktır.

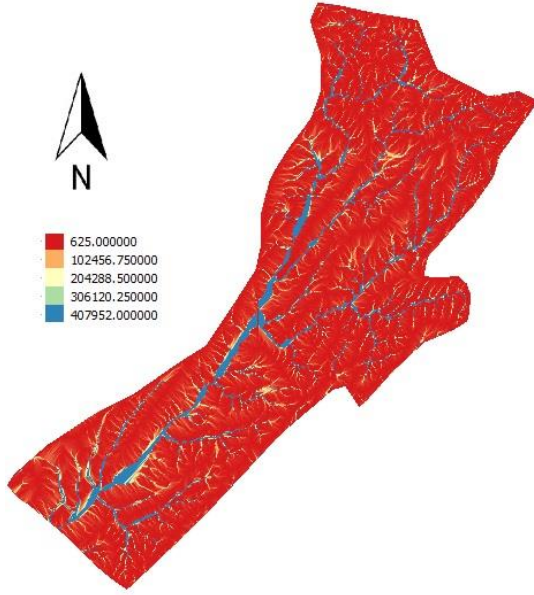
5.5. Uygulama Sonuçları

5.5.1. Tekirdağ örnek havza uygulama sonuçları

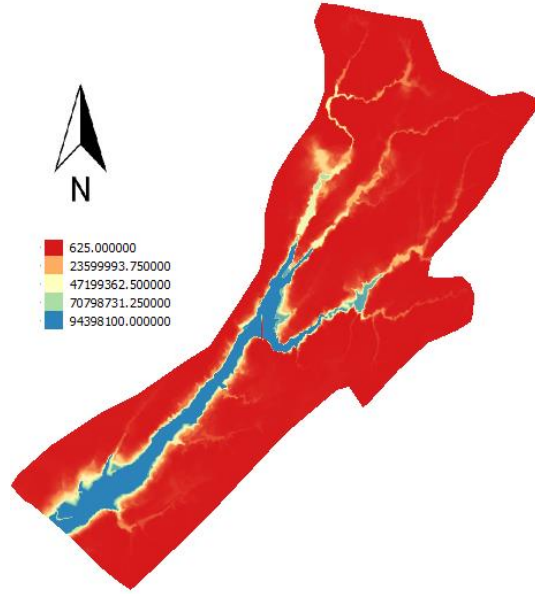
Bu bölümde örnek teşkil etmesi açısından, daha önceki bölümlerde modelin çalıştırılabilmesi için anlatılan Tekirdağ havzasının, model analizi sonuçları Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi şeklinde sırasıyla Şekil 5.24 ve 5.25’te verilmiştir.

Her iki indeks de benzer görünümde ve havza topoğrafyası ile uyum içindedir. SAGA nem indeksinin taşkına maruz kalma riski taşıyan daha geniş bir bölge belirlediği görülmektedir. Havzanın yüksek memba bölgelerinde her iki indeksin nispeten benzer sonuçlar verdiği ancak havzanın eğiminin azaldığı mansap kısmında

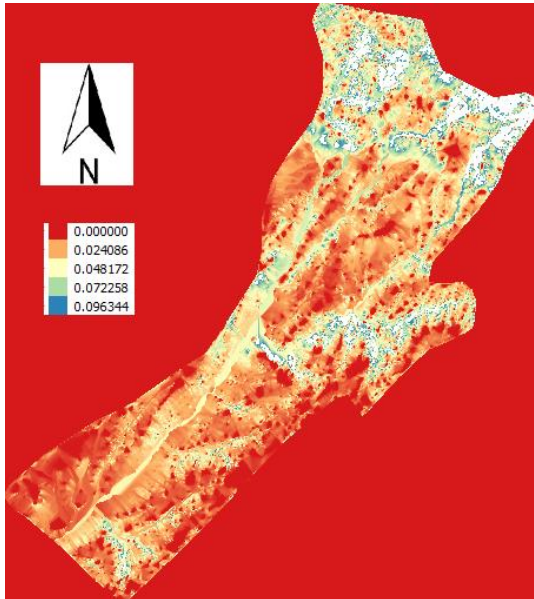
ve özellikle akarsu vadisinde SAGA nem indeksinin Topoğrafik nem indeksine göre daha geniş bir alanın taşkın riski taşıdığına işaret ettiği görülmektedir. Bu nedenle SAGA nem indeksinin kullanılması olası bir taşkına karşı güvende kalabilmek ve taşkının neden olabileceği hasarı minimuma indirmek açısından önemlidir. Çünkü bu indekse göre havza içinde daha geniş alanların taşkına maruz kalma olasılığından bahsedilebilir. Ancak bu indeksin gereksiz taşkın uyarılarına neden olabileceğini de gözden uzak tutmamak gerekir.



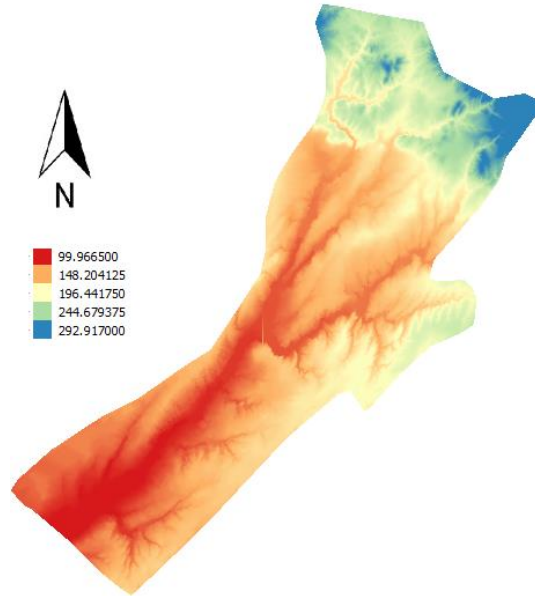
Şekil 5.18: Havza alanı.



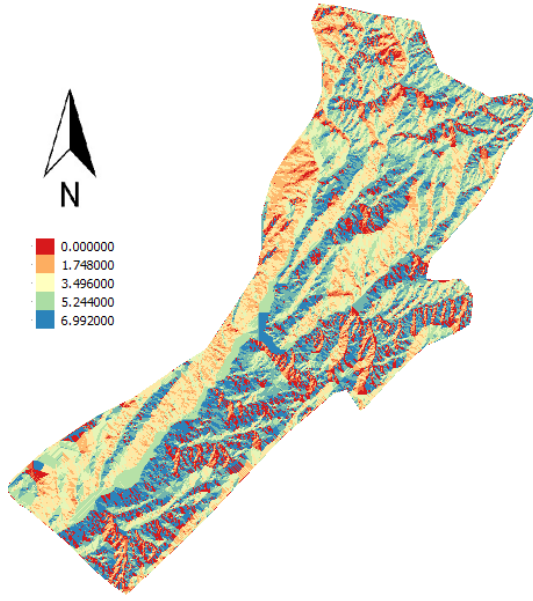
Şekil 5.19: Değiştirilmiş havza alanı.



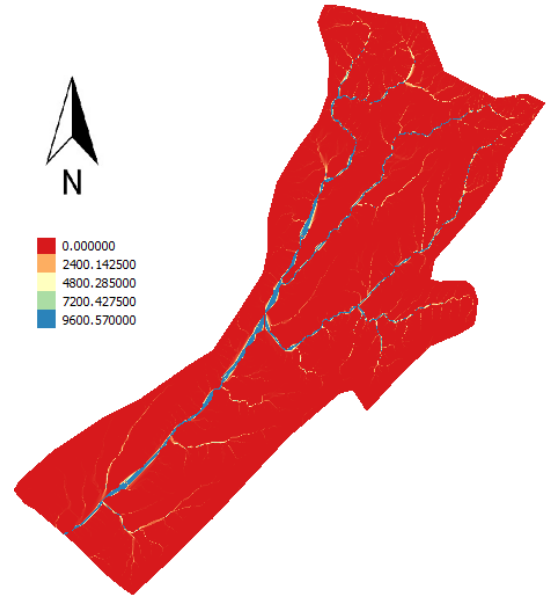
Şekil 5.20: Havza eğimleri.



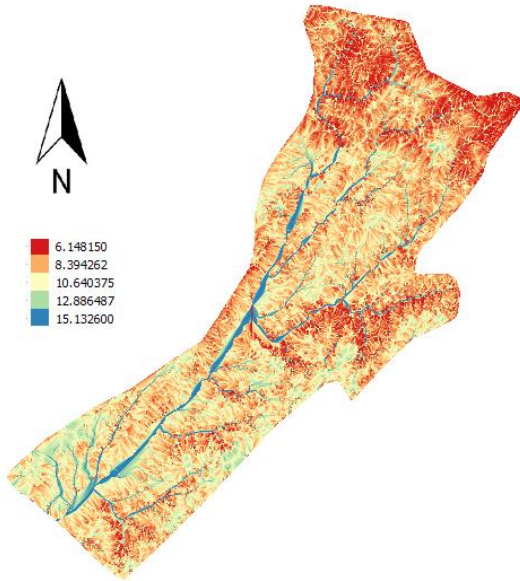
Şekil 5.21: Çukur hücreleri doldurulmuş SYM haritası.



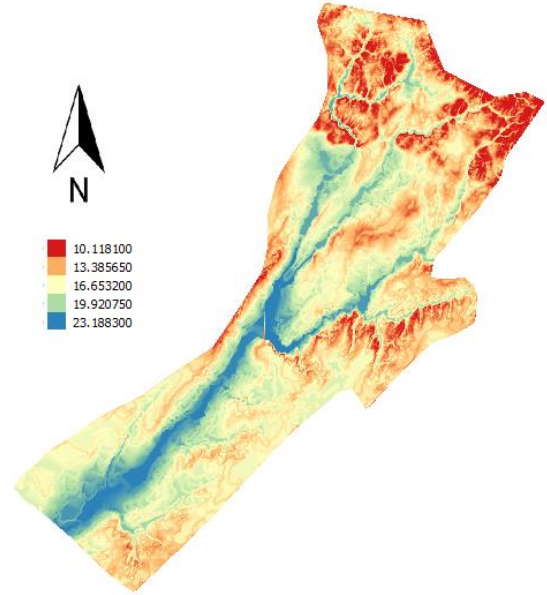
Şekil 5.22: Bakı haritası.



Şekil 5.23: Akarsu güç indeksi ile elde edilen havza alanı.



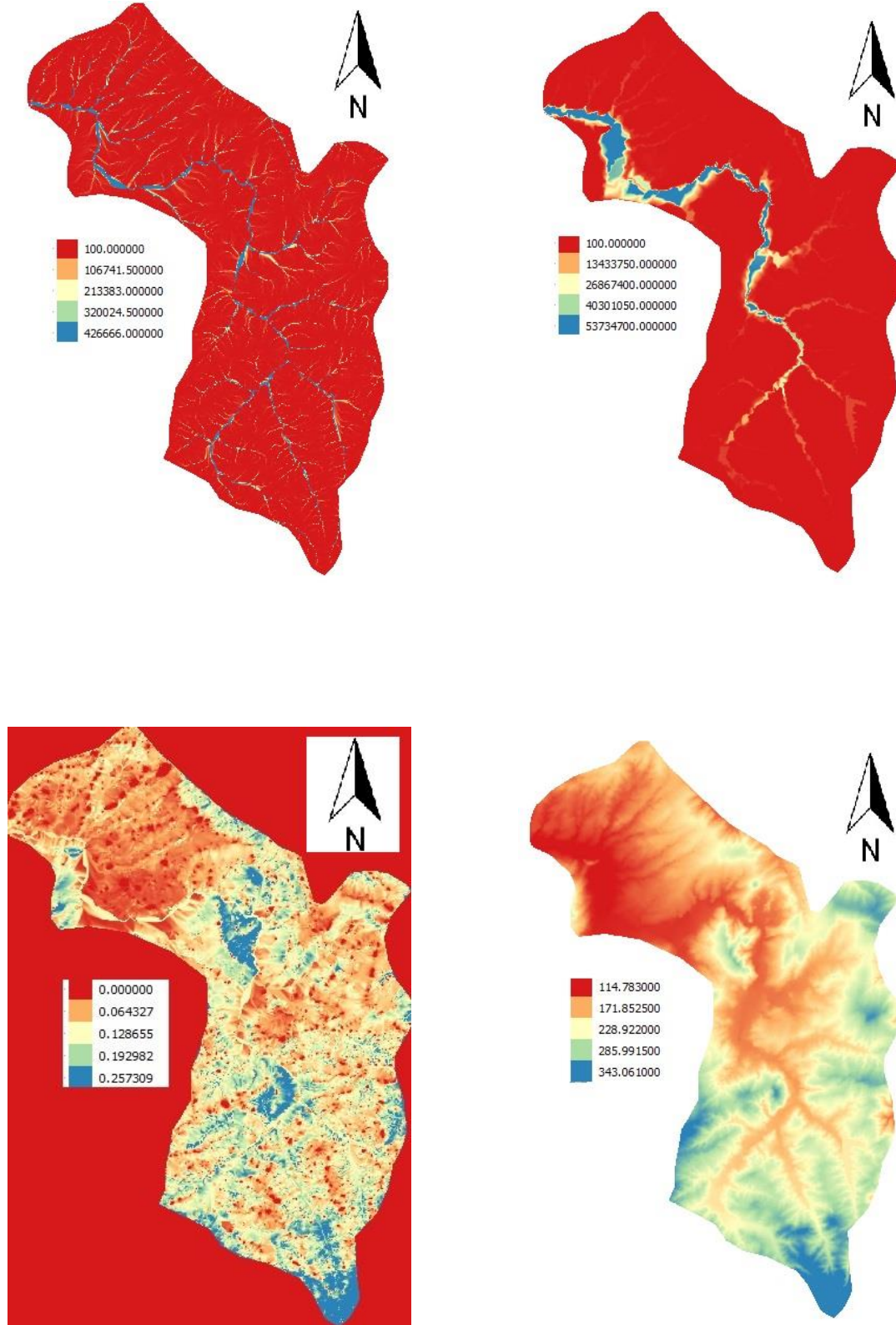
Şekil 5.24: Topoğrafik nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritası.



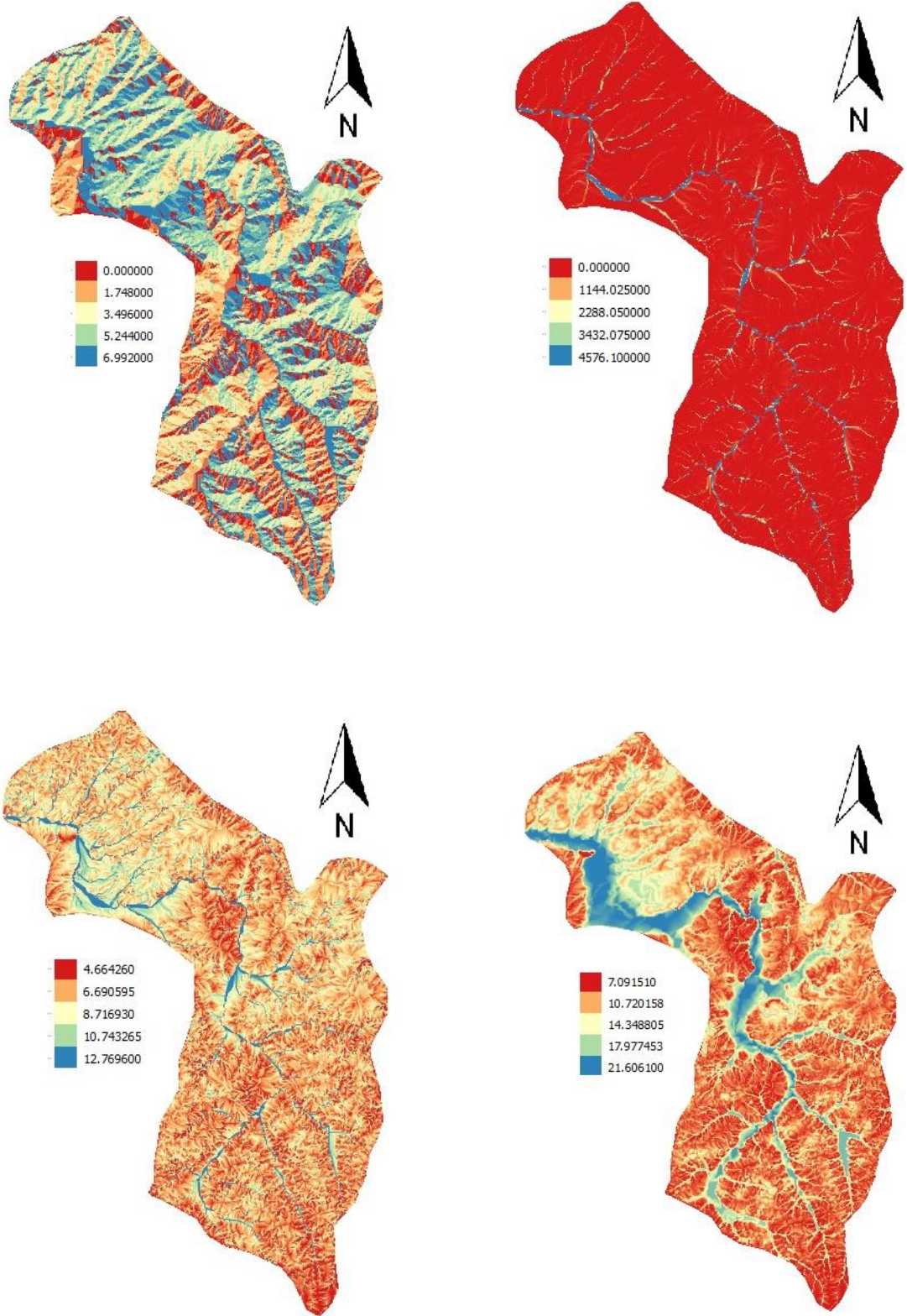
Şekil 5.25: SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritası.

5.5.2. Diğer havza uygulamalarının sonuçları

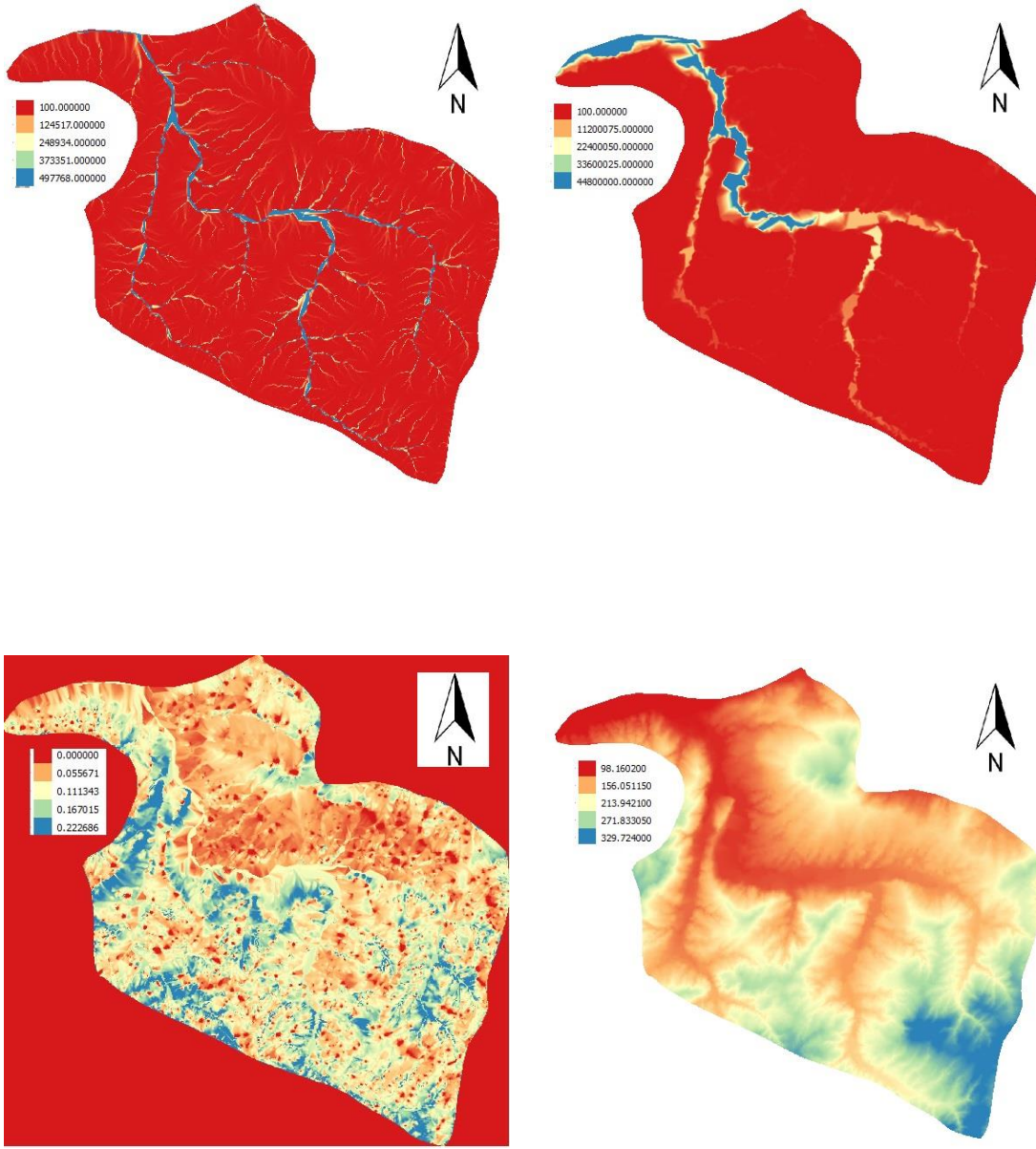
Uygulama adımları açıklanan Tekirdağ'ın birinci havzası dışında kalan iki Tekirdağ, üç Samsun havzasının model analizi sonuçları sırasıyla aşağıda verilmiştir. Bu havzalarda da seçilen örnek havzaya benzer TWI ve SAGA WI sonuçları çıktığı görülmektedir.



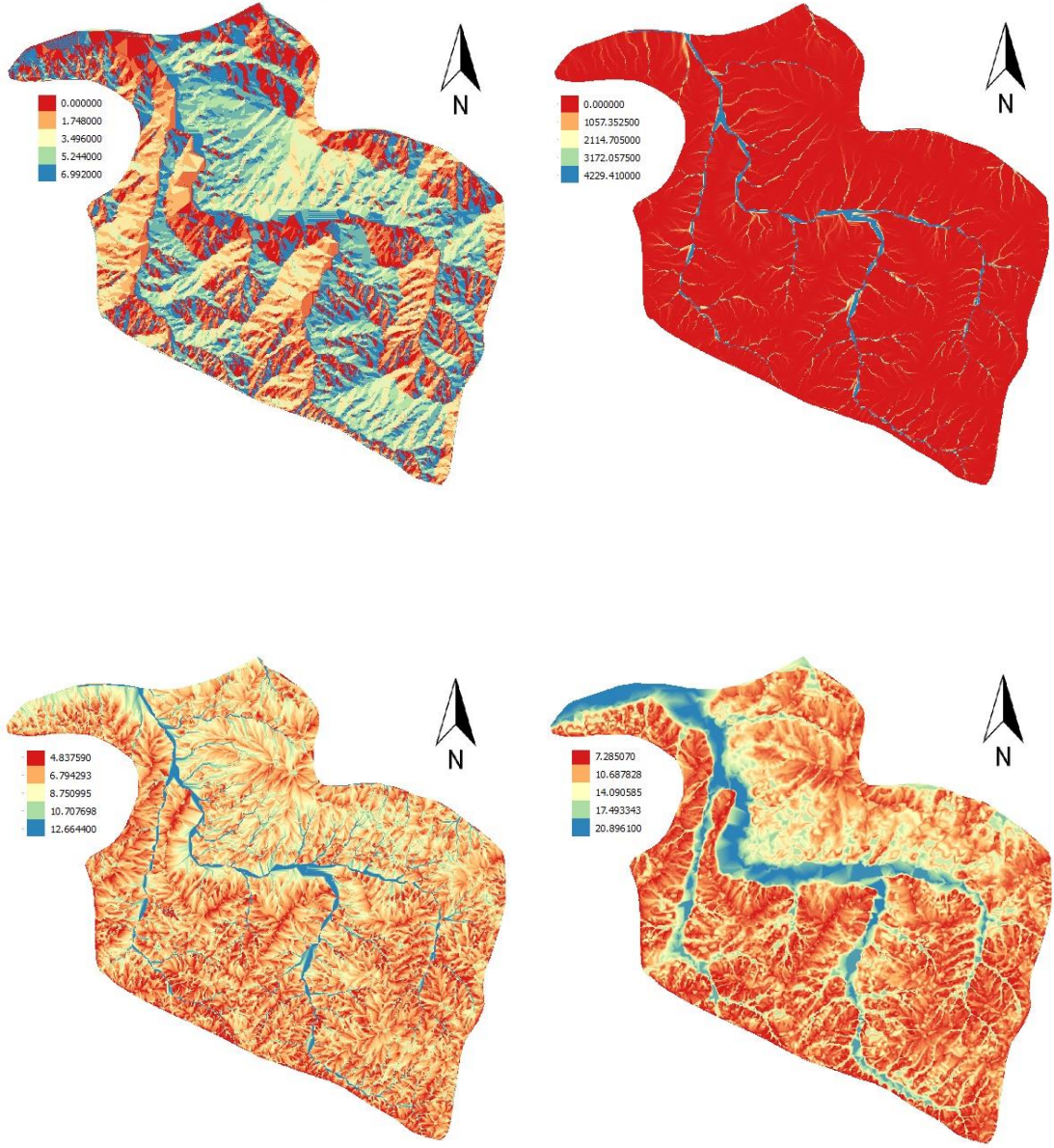
Şekil 5.26: Tekirdağ 2. havza model analizi sonuçları (sırasıyla; havza alanı, değiştirilmiş havza alanı, havza eğimleri, çukurları doldurulmuş SYM haritası, bakı haritası, akarsu güç indeksi, Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritaları verilmiştir).



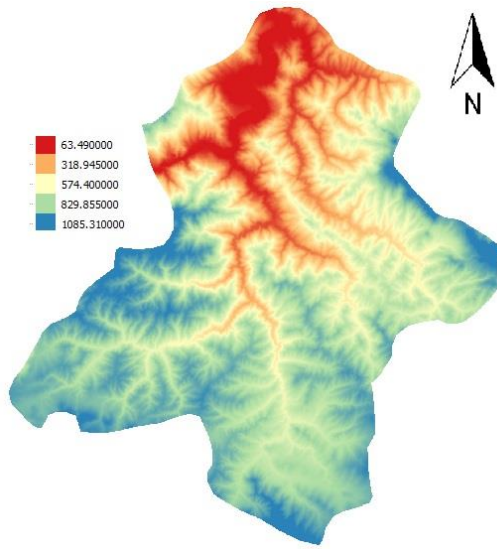
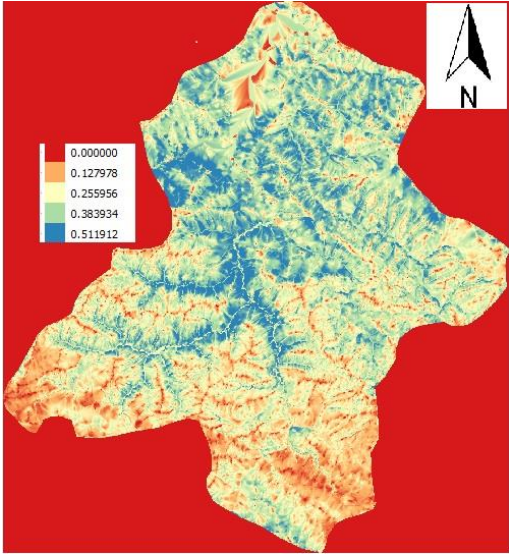
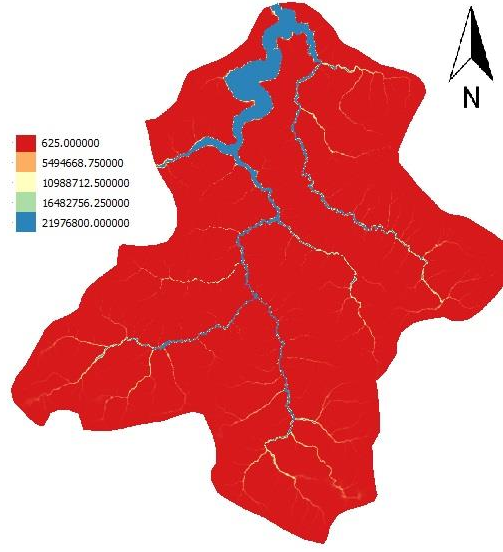
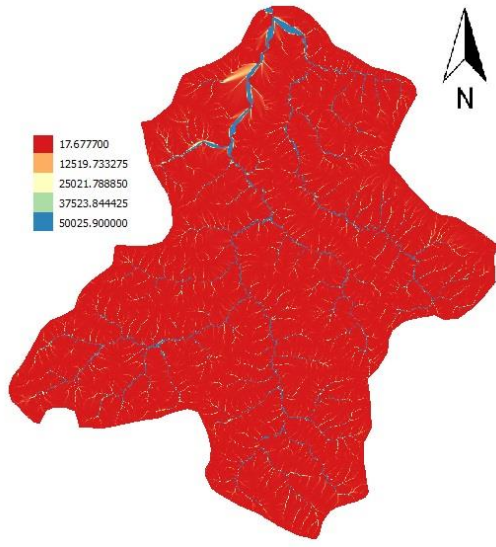
Şekil 5.26 (devam): Tekirdağ 2. havza model analizi sonuçları (sırasıyla; havza alanı, değiştirilmiş havza alanı, havza eğimleri, çukurları doldurulmuş SYM haritası, bakı haritası, akarsu güç indeksi, Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritaları verilmiştir).



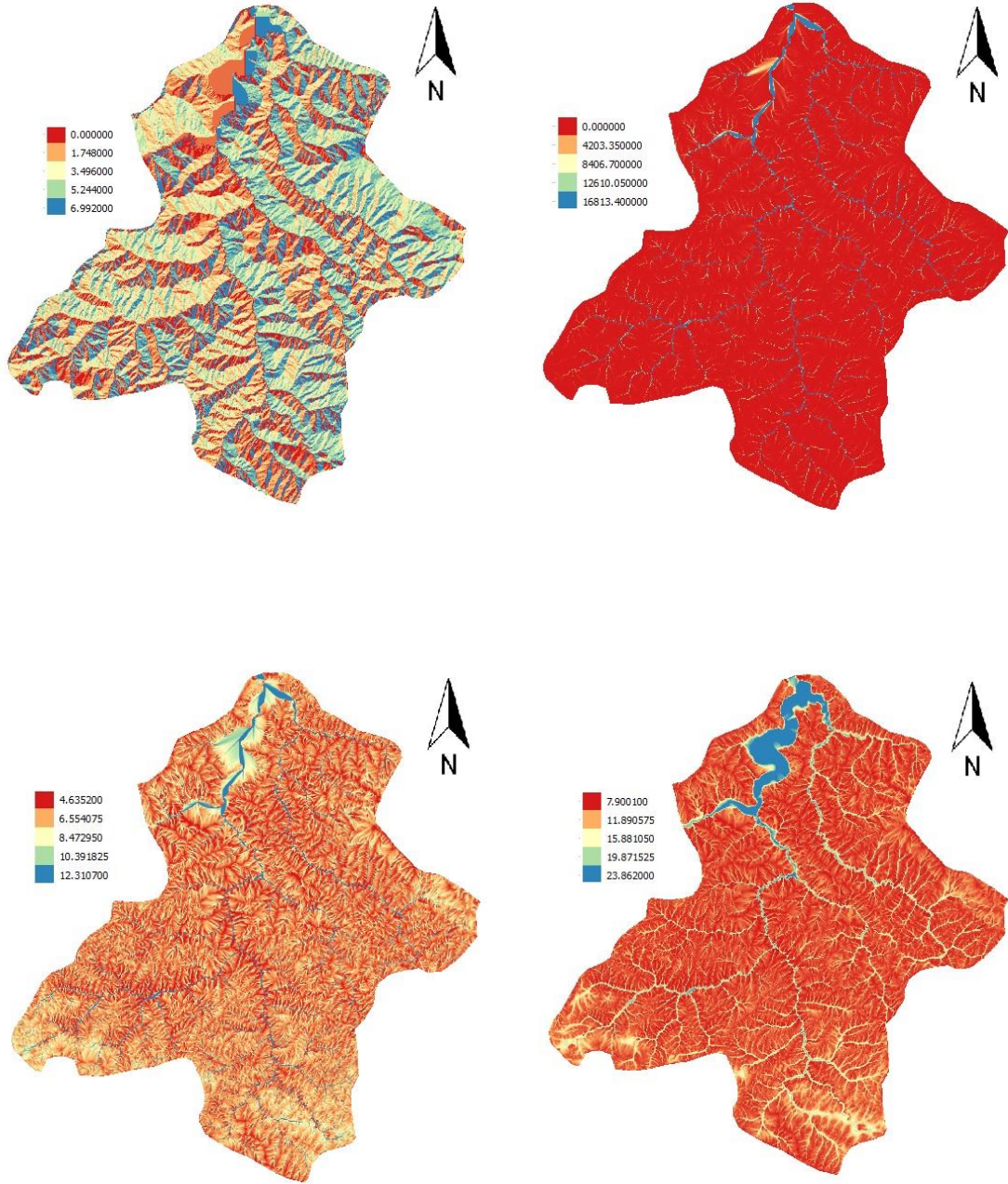
Şekil 5.27: Tekirdağ 3. havza model analizi sonuçları (sırasıyla; havza alanı, değiştirilmiş havza alanı, havza eğimleri, çukurları doldurulmuş SYM haritası, bakı haritası, akarsu güç indeksi, Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritaları verilmiştir).



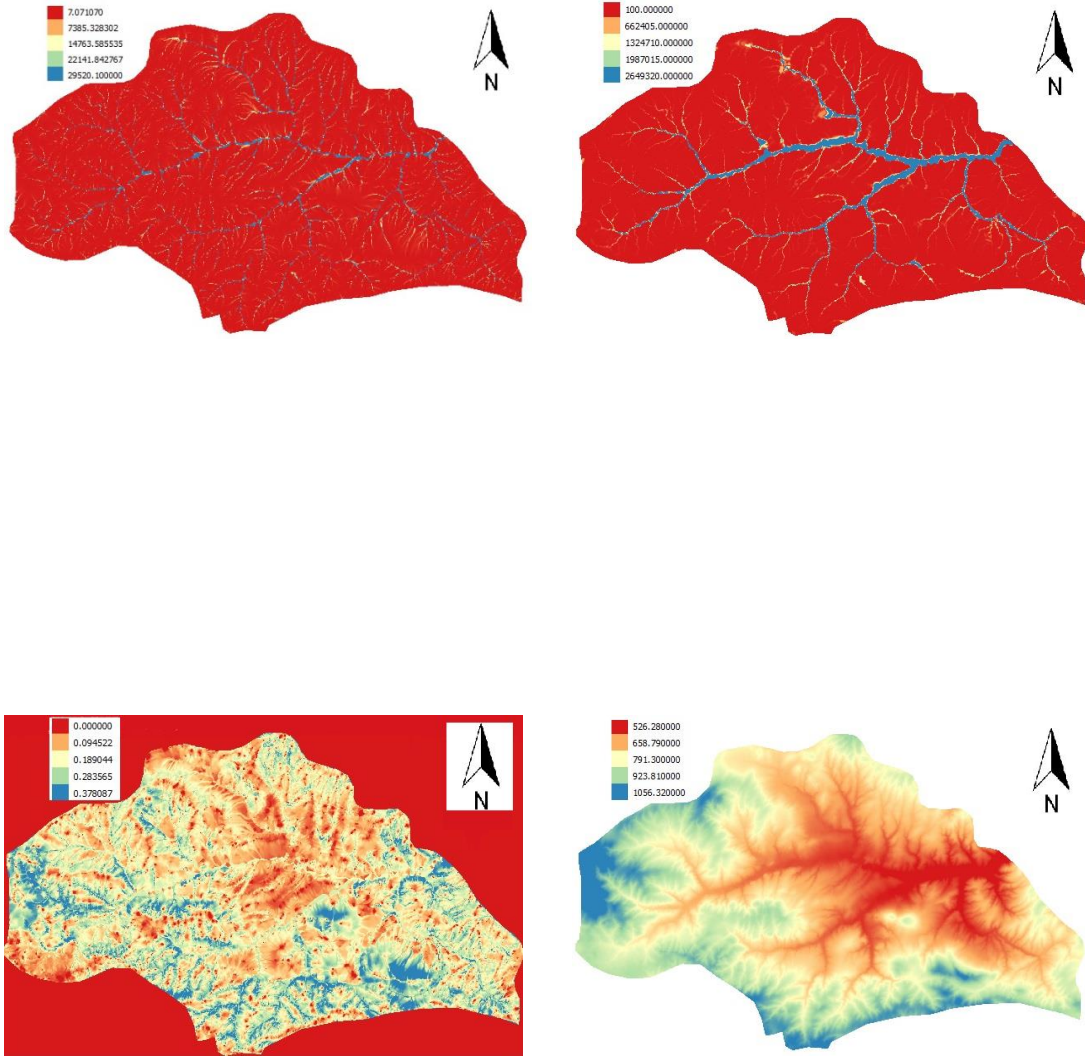
Şekil 5.27 (devam): Tekirdağ 3. havza model analizi sonuçları (sırasıyla; havza alanı, değiştirilmiş havza alanı, havza eğimleri, çukurları doldurulmuş SYM haritası, bakı haritası, akarsu güç indeksi, Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritaları verilmiştir).



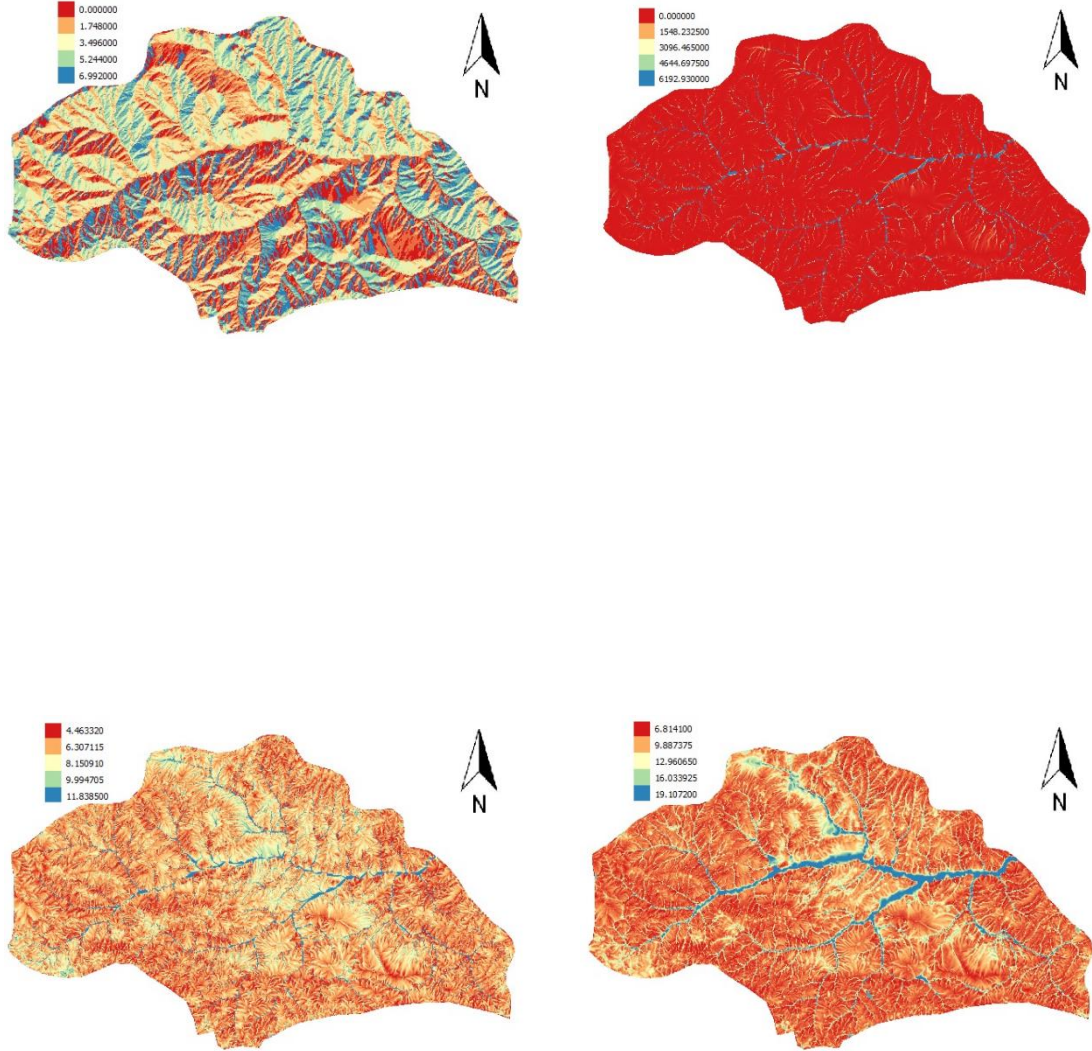
Şekil 5.28: Samsun 1. havza model analizi sonuçları (sırasıyla; havza alanı, değiştirilmiş havza alanı, havza eğimleri, çukurları doldurulmuş SYM haritası, bakı haritası, akarsu güç indeksi, Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritaları verilmiştir).



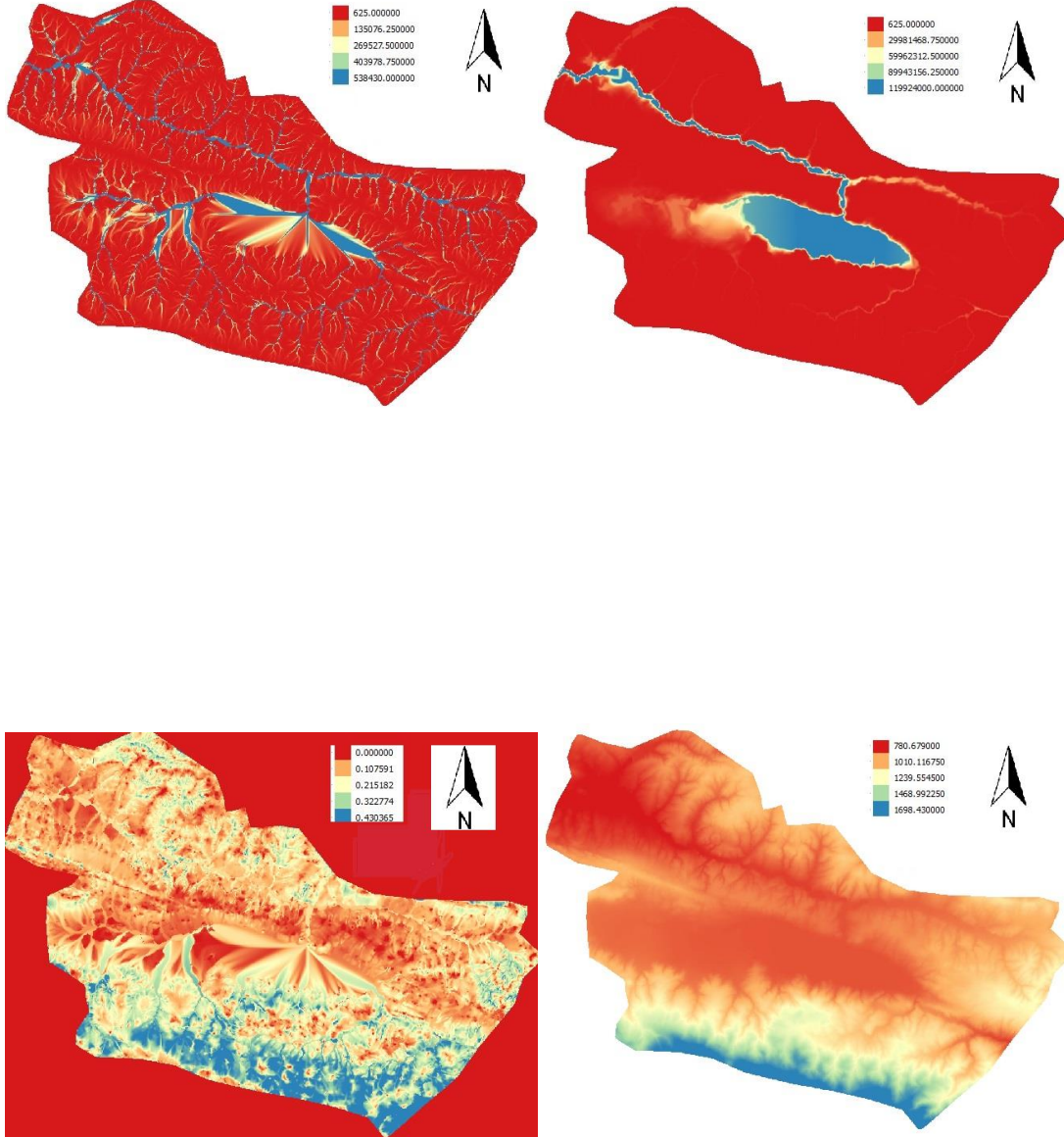
Şekil 5.28 (devam): Samsun 1. havza model analizi sonuçları (sırasıyla; havza alanı, değiştirilmiş havza alanı, havza eğimleri, çukurları doldurulmuş SYM haritası, bakı haritası, akarsu güç indeksi, Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritaları verilmiştir).



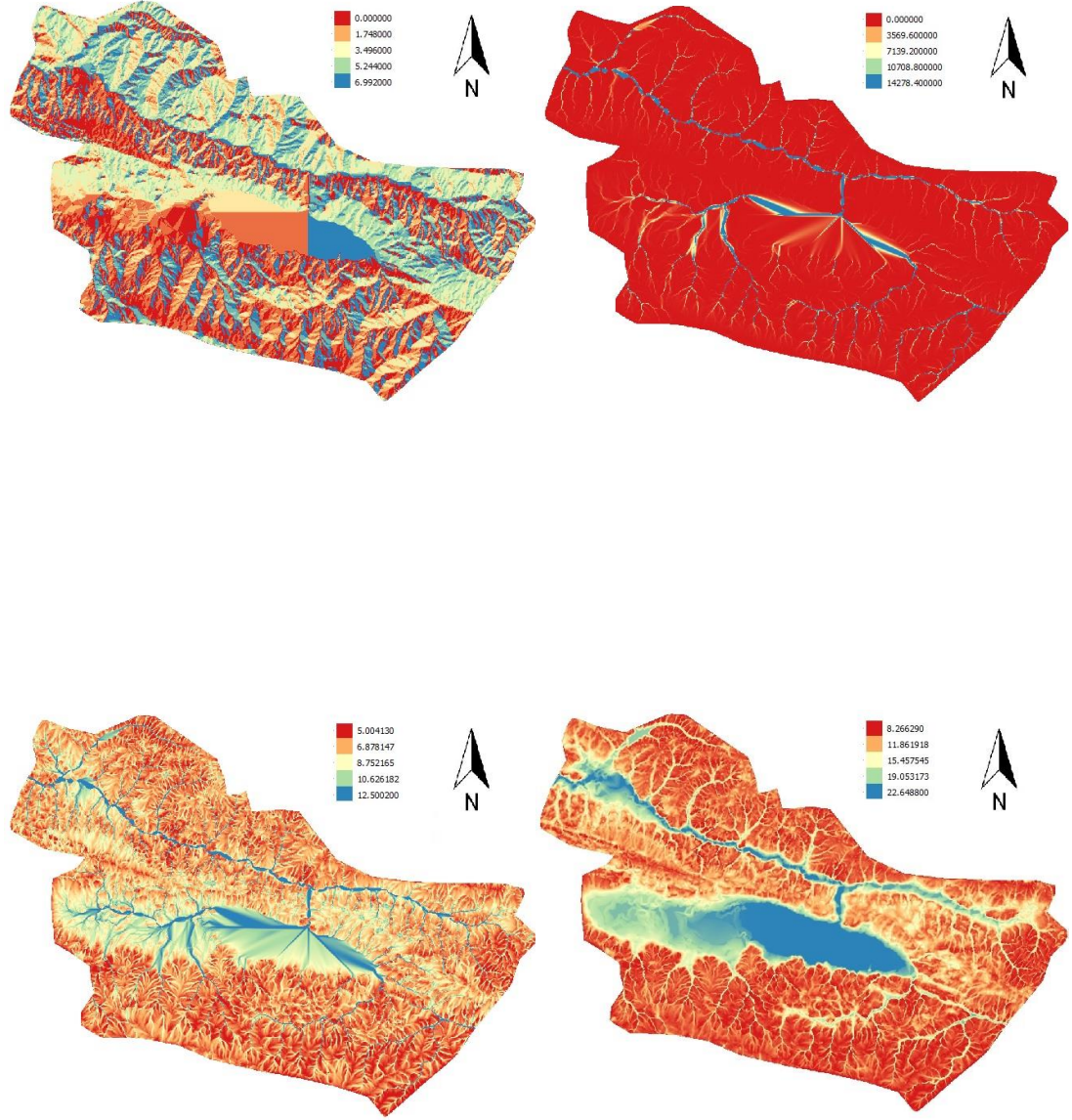
Şekil 5.29: Samsun 2. havza model analizi sonuçları (sırasıyla; havza alanı, değiştirilmiş havza alanı, havza eğimleri, çukurları doldurulmuş SYM haritası, bakı haritası, akarsu güç indeksi, Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritaları verilmiştir).



Şekil 5.29 (devam): Samsun 2. havza model analizi sonuçları (sırasıyla; havza alanı, değiştirilmiş havza alanı, havza eğimleri, çukurları doldurulmuş SYM haritası, bakı haritası, akarsu güç indeksi, Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritaları verilmiştir).



Şekil 5.30: Samsun 3. havza model analizi sonuçları (sırasıyla; havza alanı, değiştirilmiş havza alanı, havza eğimleri, çukurları doldurulmuş SYM haritası, bakı haritası, akarsu güç indeksi, Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritaları verilmiştir).



Şekil 5.30 (devam): Samsun 3. havza model analizi sonuçları (sırasıyla; havza alanı, değiştirilmiş havza alanı, havza eğimleri, çukurları doldurulmuş SYM haritası, bakı haritası, akarsu güç indeksi, Topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi ile elde edilen taşkına meyilli alan haritaları verilmiştir).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı olarak nem indeksleri modeli ile Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan Tekirdağ ve Orta Karadeniz bölümünde bulunan Samsun'dan seçilen altı adet havzanın taşkın durumunda su altında kalabilecek alanlarını belirleyen bir analiz yapılmıştır. Bu amaçla hesaplanan Topoğrafik nem indeksi ile SAGA nem indeksi sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmada taşkın riski belirlemeye yönelik topoğrafya tabanlı nem indeks haritalarının elde edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibidir:

1. Taşkın analizi kolaylıkla temin edilebilen Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı açık kaynak kodlu sıfır maliyetli yazılımlarla yapılmıştır.
2. Havzanın eşyükselti haritalarının temin edilmesi durumunda karar verici mercilerin kullanabileceği nitelikte taşkına meyilli bölge haritaları elde edilmiştir.
3. Her iki nemlilik indeksi hesabı sonucu ulaşılan taşkına meyilli alan haritalarının lejandları incelendiğinde, lejandda sayısal değer yükseldikçe yaşanacak taşkın sırasında o bölgedeki su yüksekliği potansiyelinin arttığı görülmüştür. Ancak aynı havza alanı içinde SAGA nem indeksinin Topoğrafik nem indeksine göre daha geniş bir lejand aralığında daha yüksek sayısal değerler verdiği ve haliyle daha yüksek potansiyelli taşkın alanı sonucu ortaya çıkardığı görülmüştür.
4. SAGA nem indeksi, Topoğrafik nem indeksine göre daha geniş bir alanın sular altında kalacağını göstermektedir. Buna göre taşkına karşı güvenli tarafta kalmak için bu indeksin sonuçlarına itibar edilmesi uygun görülebilir. Ancak bu indeksin kullanılması halinde gereksiz yere taşkın önlemi alınması durumu doğabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Ancak,

1. Bu çalışmada kullanılan 1/25000 ölçekli eşyüksekti haritaları yerine, daha yüksek çözünürlüklü ve hassas haritaların kullanılması,
2. Analizlerin kişisel bilgisayarlar yerine, SYM haritalarında daha küçük hücre boyutlarında çalışılabilmesine imkan sağlayacak iş istasyonlarında yapılması,
3. En önemlisi havzanın hidrometeorolojik (yağış, buharlaşma, sıcaklık, akarsu debisi) verilerinin temin edilmesi ve akarsu en kesit bilgisi ile birleştirilerek hidrolik modelleme yapılması,

taşkına maruz kalacak alanların kesin olarak belirlenmesini sağlayacaktır.

Tüm bunların yanında, yerleşimin ve nüfus artışının yoğun olduğu bölgelerde yaşanan taşkın afetleri sonucunda büyük zararlar meydana gelmektedir. Bölgenin meteoroloji, hidroloji, topoğrafya, morfoloji, bitki örtüsü gibi faktörleri hesaba alınarak, değişik sürelerde ortaya çıkabilecek yağış şiddetlerinden yararlanılarak gelecekteki taşkınlardan, taşkın yataklarında ortaya çıkabilecek yüzeysel su derinliklerinin önceden belirlenip bildirilmesi, izlenmesi ve gerekli uyarıların yapılabilmesi için meteorolojik tahmin ve erken uyarı sistemi geliştirilmesi önemli görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akgün, A., Türk, N.** (2010). İki ve çok değişkenli istatistik ve sezgisel tabanlı heyelan duyarlılık modellerinin karşılaştırılması: Ayvalık (Balıkesir, Kuzeybatı Türkiye) örneği. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 34 (2).
- Aksoy, H., Kırca, V.S.O., Papatheodorou, K.** (2014). Flood hazard assessment and modelling practices in Turkey. *Proceedings of the Mediterranean Meeting on "Monitoring, modelling and early warning of extreme events triggered by heavy rainfalls"*. PON 01_01503 - MED-FRIEND project University of Calabria, Cosenza (Italy), June 26th-28th, 2014.
- Aksoy, H.** (2010). Taşkın çalışmalarında araştırma, uygulama ve toplum gereksinimleri. 2. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Afyonkarahisar.
- Altın, B.N.** (2000). Trakya'da yerçekillerinin neotektonik dönem jeomorfolojik gelişimler, 28. Coğrafya Meslek Haftası (Edirne). *Bildiriler, Geçmişte, Günümüzde ve Gelecekte Trakya*, (Editör: Prof. Dr. Suna Doğaner), s.: 53-71, Türk Coğrafya Kurumu Coğrafya Meslek Haftaları Serisi: 2, 10-12 Haziran 1998, İstanbul.
- Aras, M., Fındık, S.B., Sionneau, P.** (2013). Avrupa Birliği direktifi ve ülkemizde taşkın direktifi hususunda yapılan çalışmalar. 3. Ulusal Taşkın Sempozyumu, İstanbul.
- Bahadır, M.** (2013). Samsun ili iklim özelliklerinin enterpolasyon teknikleri ile analizi. *Doğa Dergisi*.
- Barker, D.M., Lawler, D.M., Knight, D.W., Morris, D.G., Davies, H.N., Stewart, E.J.** (2008). Longitudinal distributions of river flood power: the combined automated flood, elevation and stream power (CAFES) methodology. *Earth Surface Processes and Landforms*, John Wiley and Sons, Ltd.
- Bayazıt, M.** (1998). Hidrolojik modeller. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M., Önöz, B.** (2008). Taşkın ve kuraklık hidrolojisi. İTÜ, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Beven, K.J., Kirkby, M.J.** (1979). A physically-based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Journal*, 24(1), 43-69.
- Böhner, J., Köthe, R., Conrad, O., Gross, J., Ringeler, A., Selige, T.** (2002). Soil regionalisation by means of terrain analysis and process parameterisation. *European Soil Bureau, Research report no.7*.
- Böhner, J., Selige T.** (2006). Spatial Production of Soil Attributes Using Terrain Analysis and Climate Regionalisation. *Göttinger Geographische Abhandlungen Vol. 115*.

- BUKRDAE (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü).** (t.y.). Jeodezi, datum, koordinat sistemleri, harita projeksiyonları. Alındığı tarih: 12.03.2015, adres: <http://www.koeri.boun.edu.tr/jeodezi/notdefteri/bilginotes/JEODEZI.BUKRDAE.GED.pdf>.
- Burrough, P.A.** (1998). Principles of geographical information systems. Oxford University Press, New York.
- DeO,** (1987). Handling geographic information. Department of Environment, London.
- Diakakis, M.** (2011). A method for flood hazard mapping based on basin morphometry. Application in two catchments in Greece. Natural hazards 56: pp. 803-814.
- Dönmez, Y.** (1990). Trakya'nın bitki coğrafyası. Genişletilmiş İkinci Baskı, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 3601, Coğrafya Enstitüsü Yayınları No: 51.
- ESRI,** (1996). ArcView spatial analyst: Advanced spatial analysis using raster and vector data. ESRI, Redlands, California.
- Fischer, J.E.** (t.y.). Announcing the release of QGIS 2.2, OSGeo.org. Alındığı tarih: 21.02.2015.
- Florinsky, I.V.** (2012). Digital terrain analysis in soil science and geology. Elsevier/Academic Press.
- Fountoulis, I., Mariolakos, I., Andreadakis, E., Karagiozi, E., Sambaziotis, E., Kapourani, E.** (2008). Risk in Laconia (Peloponnesus, Greece). Poster presented in the 3rd International Conference 'AQUA 2008' on Water Science and Technology, Athens.
- Grimshaw, D.J.** (1994). Bringing GIS into business. Longman, London.
- Güreşçi, N.G., Seyrek K., Sargın, A.H.** (2012). Coğrafi bilgi sistemleri ile hidroloji uygulamaları. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknoloji Dairesi Başkanlığı CBS Şube Müdürlüğü.
- Gürpınar, E.** (1994). Bir çevresel analiz örneği Trakya. İstanbul: Der Yayınları.
- Karagiozi, E., Fountoulis, I., Konstantinidis, A., Andreadakis, E., Ntouro, K.** (2011). Flood hazard assessment based on geomorphological analysis with GIS tools - The case of Laconia (Peloponnesus, Greece). Proceedings, Symposium GIS Ostrava.
- Kırca, V.S.O., Aksoy, H., Papatheodorou, K., Stepanova, K.** (2015). Legislative Aspects of Flood Hazard Prevention and Resilience in Non-EU Member European Countries. European Water Resources Association, Water Resources Management in a Changing World Challenges and Opportunities, İstanbul-Turkey, 10-13 June, 2015.
- Koçak, E.** (1984). Harita projeksiyonları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.
- Manfreda, S., Di Leo, M., Sole, A.** (2011). Detection of flood-prone areas using digital elevation models. Journal of Hydrologic Engineering (ASCE), October.

- Moore, I.D., Grayson, R.B., Ladson, A.R.** (1991). Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications. *Hydrological Processes*, 5(1), 3-30.
- Moore, I.D., Gessler, P.E., Nielsen, G.A., Peterson, G.A.** (1993). Soil attribute prediction using terrain analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 57(2), 443-452.
- Özcan, O., Musaoğlu, N., Şeker, D.Z.** (2009). Taşkın alanlarının CBS ve uzaktan algılama yardımıyla belirlenmesi ve risk yönetimi; Sakarya havzası örneği. 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Özşahin, E.** (2014). Tekirdağ ilinde coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi süreci kullanarak heyelan duyarlılık analizi. *Humanitas Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı:3 Bahar, Tekirdağ.
- Quinn, P., Beven, K., Lamb, R.** (1995). The $\ln(as/\tan\beta)$: how to calculate it and how to use it within the TOPMODEL framework. *Hydrological Processes*, 9, 161–182.
- Sambaziotis, E., Fountoulis, I.** (2007). Estimation of flash flood hazards in the Pidima-Arfara area (Messinia, Greece), Based of the study of instantaneous unitary hydrographs, longitudinal profiles and stream power. *Proc. 11th International Conference of Geological Society of Greece*, Athens (pp. 24-26).
- Singh, V.P., Fiorentino, M.** (1996). *Hydrologic modeling with GIS*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Sorenson, R., Zinko, U., Seibert, J.** (2005). On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth Systems Sciences Discussions*, 2, 1807–1834.
- Star, J. ve Estes, J.** (1990). *Geographical information systems: an introduction*. Prentice-Hall, New Jersey.
- Tecim, V.** (2008). Coğrafi bilgi sistemleri: harita tabanlı bilgi yönetimi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Coğrafi Bilgi Sistemleri ABD, İzmir.
- Uçar, D.** (2008). Haritalar-projeksiyonlar ve referans sistemleri. Alındığı tarih: 26.03.2015, adres: <http://www.karto.itu.edu.tr/derslerimiz/computer aided/GIS.2.4tu.pdf>.
- Wilson, J.P. and Gallant, J.C.** (2000). *Terrain Analyses: Principles and Applications*. John Wiley & Sons, Inc.
- Url-1** <<http://www.qgis.org/>>, alındığı tarih: 21.02.2015.
- Url-2** <<http://en.wikipedia.org/wiki/QGIS>>, alındığı tarih: 21.02.2015.
- Url-3** <<http://www.saga-gis.org/en/index.html>>, alındığı tarih: 17.02.2015.
- Url-4** <<http://www.geodata.ormansu.gov.tr>>, alındığı tarih: 11.02.2015.
- Url-5** <<http://tr.wikipedia.org/wiki/Samsun>>, alındığı tarih: 15.03.2015.
- Url-6** <<http://www.geo.itu.edu.tr/geoutilitey/pafta/pafta.pdf>>,alındığı tarih:17.02. 2015

Url-7 <https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Transverse_Mercator_coordinate_system>, alındığı tarih: 29.03.2015.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Işitan Selin ERMİŞ
Doğum Tarihi ve Yeri : 02.10.1990 / ANKARA
E-posta : ermisi@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : Dokuz Eylül Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü / 2012

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- Aksoy, H., Kırca, V. Ş. Ö., Burgan, H. İ., Kellecioğlu, D., **Ermis, I. S.**, 2015. Akarsu havzalarında taşkına meyilli alanların topoğrafik nem indeksleri ile belirlenmesi. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi 08-10 Ekim 2015, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.