

**HAVZALARIN MORFOMETRİK ÖZELLİKLERİNİN HİDROELEKTRİK
SANTRALLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ**

Aliakbar SHAHALİBAYLI

Yüksek Lisans Tezi

Yer Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Aralık 2021

ÖZET

HAVZALARIN MORFOMETRİK ÖZELLİKLERİNİN HİDROELEKTRİK SANTRALLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Aliakbar SHAHALİBAYLI

Yer Bilimleri Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Aralık 2021

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) konuma dayalı gözlemlerle elde edilen her türlü coğrafi referanslı bilginin toplanması, saklanması, işlenmesi, kullanılması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük halinde yerine getiren bilgi sistemidir. CBS çevre bilimleri, hidroloji ve su kaynakları da dahil olmak üzere çok sayıda uygulama alanına sahiptir.

Bu çalışmada, coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak Susurluk, Kızılırmak, Seyhan, Ceyhan, Yeşilirmak, Çoruh, Antalya, Fırat Dicle, Sakarya, Doğu Akdeniz, Batı Karadeniz, Doğu Karadeniz, Büyük Menderes, Aras Havzalarına ait sınırlar belirlenmiştir. Daha sonra havzaların alan, çevre, genişlik, minimum, maksimum ve ortalama yükseklik, ortalama eğim ve drenaj yoğunluğu gibi fiziksel ve akış karakteristikleri belirlenmiştir.

Çalışma Susurluk, Kızılırmak, Seyhan, Ceyhan, Yeşilirmak, Çoruh, Fırat, Antalya, Büyük Menderes, Doğu Akdeniz, Batı Karadeniz, Aras Havzalarında gerçekleştirilmiştir. Havzanın sınırları ArcGIS yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Ardından aynı yazılım yardımıyla havzalara ait morfometrik özellikler hesaplanmıştır. Son olarak, programdan elde edilen sonuçlar havzalar üzerinde olan HES'lerin kurulu gücü ve yıllık üretimi ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: HES'ler, Havzalar, Havza Morfometrisi.

ABSTRACT

ASSOCIATION OF THE MORPHOMETRIC FEATURES OF BASINS WITH HYDROELECTRIC PLANTS

Aliakbar SHAHALIBAYLI
Department of Earth Sciences

Technical University of Eskişehir, Graduate Education Institute, December 2021

Advisor: Dr. Instructor Member Emrah PEKKAN

Geographic Information Systems (GIS) is an information system that fulfills the functions of collecting, storing, processing, using, analyzing and presenting all kinds of geographically referenced information obtained by location-based observations as a whole. GIS has numerous application areas, including environmental sciences, hydrology, and water resources.

In this study; the borders of Susurluk, Kızılırmak, Seyhan, Ceyhan, Yeşilırmak, Çoruh, Antalya, Euphrates/Dicle, Sakarya, Eastern Mediterranean, Western Black Sea, Eastern Black Sea, Büyük Menderes, Aras Basins were determined using geographic information systems.

Then, the physical and flow characteristics of the basins such as area, perimeter, width, minimum, maximum and average height, average slope and drainage density were determined.

The study was carried out in Susurluk, Kızılırmak, Seyhan, Ceyhan, Yeşilırmak, Çoruh, Fırat, Antalya, Büyük Menderes, Eastern Mediterranean, Western Black Sea, Aras Basins. The boundaries of the river basin were determined using by ArcGIS software.

Then, the morphometric features of the river basins were calculated with the help of the same software.

Finally, the results obtained from the program are associated with the installed power and annual production of the HEPPs on the basins.

Keywords: HEPPs, Basins, Basin Morphometry

TEŞEKKÜR

Havzaların Morfometrik Özelliklerinin Hidroelektrik Santralleri ile İlişkilendirilmesi adlı çalışmamda ArcGIS 10,8 uygulaması kullanılarak bulunan

Havzaların Morfometrik Özellikleri ile Hidroelektrik Santrallerin Kurulu güç ve Yıllık üretimleri karşılaştırılmış sonuçlar yorumlanmıştır.

Bu çalışmada gerçekleşmesinde destek ve katkılarını hiçbir zaman eksik etmeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN'a teşekkürlerimi sunarım

Ayrıca değerli juri üyelerim Sayın Dr. Öğr. Üyesi Muammer TÜN'e ve Sayın Prof. Dr. Serdar KORKMAZ'a teşekkür ederim.

Ve nihayet, her zaman maddi ve manevi olarak beni destekleyen, teşvik eden ve emeği olan aileme teşekkür ederim.

Aralık, 2021

Aliakbar SHAHALIBAYLI

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Aliakbar SHAHALIBAYLI

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
Simgeler	ix
Kisaltmalar.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Önceki Çalışmalar	2
1.2. Çalışma Alanı.....	6
2. MATERYAL VE METOT	15
2.1. Materyal	15
2.2. Metot.....	15
2.2.1. Havza Morfometrisi	16
2.2.2. Morfometrik Modelin Oluşturulması	17
2.2.3. Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması.....	17
2.2.4 Akış Yönü Belirleme.....	17
2.2.5 Akarsu Kollarının Derecelendirilmesi.....	17
2.2.5. Korelasyon katsayısı.....	19
3. BULGULAR	22
3.1. Çizgisel Morfometrik Özellikler	22
3.2. Alansal Morfometrik Parametreler	24
3.3. Relief Morfometrik Özellikleri.....	25
3.4. Havzaların Morfometrik özelliklerinin HES'e etkisi	29
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	31
4.1. Sonuçlar.....	31
4.2. Öneriler	36
KAYNAKÇA	37
İNTERNET KAYNAKLARI	40
EKLER	

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Çalışma alanı ve seçilen havzalar	2
Şekil 1. 2. Çalışma kapsamında Akdeniz Bölgesinde bulunana Havzalar ve Üzerlerindeki HES ler.....	8
Şekil 1. 3. Çalışma kapsamında Marmara Bölgesinde bulunana Havzalar ve Üzerlerindeki HES ler.....	9
Şekil 1. 4. Çalışma kapsamında Karadeniz Bölgesinde bulunana Havzalar ve Üzerlerindeki HES ler	11
Şekil 1. 5. Çalışma kapsamında Ege Bölgesinde bulunana Havzalar ve Üzerlerindeki HES ler	12
Şekil 1. 6. Çalışma kapsamında Doğu Anadolu Bölgesinde bulunana Havzalar ve Üzerlerindeki HES ler	13
Şekil 2. 1. Yöntem Akış Teması	16
Şekil 3. 1. Hipsometrik integral parametreleri. (Ramu ve Mahalingam, 2012).....	26
Şekil 4. 1. Alanı 100-500 km ² olan Havzaların Yıllık Üretim ve Havza alanın karşılaştırılması	31
Şekil 4. 2. Alanı500-650 km ² olan Havzaların Yıllık Üretim ve Havza alanın karşılaştırılması	32
Şekil 4. 3. Alanı 100-500 olan Havzaların Yıllık Üretim ve Dizin sayısı Karşılaştırılması	32
Şekil 4. 4. Alanı 500-650 olan HavzalarınYıllık Üretim ve Dizin sayısı Karşılaştırılması	33
Şekil 4. 5. Alanı 100-500 olan HavzalarınYıllık Üretim ve Çatallanma Oranı Karşılaştırılması	33
Şekil 4. 6. Alanı 500-600 olan Havzaların Yıllık Üretim ve Çatallanma Oranı Karşılaştırılması	34
Şekil 4. 7. Alanı 100-500 olan Havzaların Yıllık Üretim ve Akarsu Uzunluğu Karşılaştırılması	34
Şekil 4. 8. Alanı 500-600 olan Havzaların Yıllık Üretim ve Akarsu Uzunluğu Karşılaştırılması	35

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. 1. Seçilen Havzalar ve HES'lerin Bazı Değerleri	14
Tablo 1. 2. Havzaların morfometrik Parametrleri ve Matamatiksel Açıklamalar (Utlı ve Özdemir, 2018'dan yeniden düzenlenmiştir)	18
Tablo 2. 1. Çalışma havzalarına ait bazı tanımlayıcı değerler.....	20
Tablo 3. 1. Seçilen havzalara ait morfometrik analiz sonuçları	28
Tablo 3. 2. Alanı 100-500 km ² olan Havza Morfometrisi Parametreleri ile Kurulu Güçlerin Korelasyon Katsayıları (r)	29
Tablo 3. 3. Alanı 500-650 km ² olan Havza Morfometrisi Parametreleri ile Kurulu Güçlerin Korelasyon Katsayıları (r)	30

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	:Yüzde
E	: Enerji
Km ²	: Kilometrekare
KW	: Kilowatt.
KWh	: Kilowatt saat
m	: metr
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
MWe	: Megawatt elektrik
MWt	: Megawatt ısı
°C	: Derece Selsiyus
t	: Zaman
TWh	: Tetawatt saat

Kısaltmalar

ArcGIS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
DEM	: Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
GeoDATA	: Ağ tabanlı CBS uygulaması veri altyapısı
Ha	: Hektar
HES	: Hidroelektrik Santral
m	: Metre
Mak	: Maksimum
Min	: Minimum
mm	: Milimetre
MW	: Megawatt
Ort	: Ortalama
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli

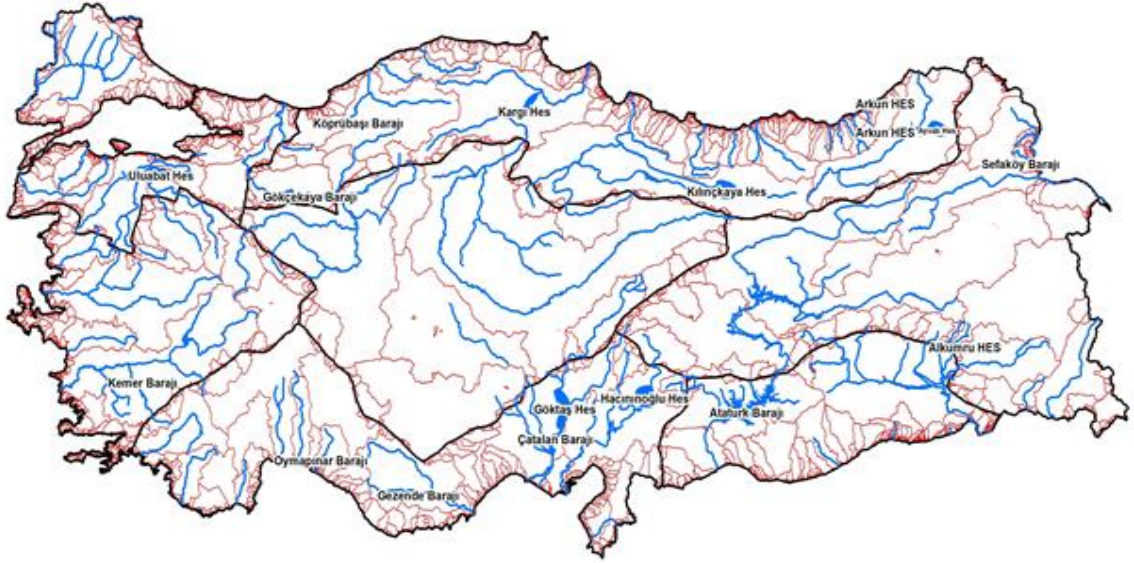
1. GİRİŞ

Havza, doğal sınırlar içinde, iklim, jeoloji, topografya, toprak, flora ve faunanın sular ile etkileşim içinde olduğu, suyun ayrım çizgisinden denize aktığı noktaya, kapalı havzalarda ise suyun topladığı nihainoktaya göre suyun toplama alanıdır. Bir akarsuyun kollarıyla birlikte sularını topladığı alana o akarsuyun havzası denir. Havza'nın büyüklüğü yer şekillerine ve akarsuyun uzunluğuna bağlıdır.

Su havzalarının özelliklerinin belirlenmesi, havzalardan maksimum yararlanma olanaklarının yaratılması açısından son derece önemlidir. Havza yapılarının ve morfometrik özelliklerin hidrolojik süreç üzerindeki etkilerinin bilinmesi, havza ile ilgili birçok çalışma için önemli parametrelerdir. Havzalar üzerinde yapılan morfometrik analizler nicel bilgiler elde etmemizi ve bu bilgiler yardımıyla çalışılan havzanın hidrolojik yapısı hakkında bilimsel bir fikir edinmemizi sağlamaktadır.

Hidroelektrik enerji, potansiyel enerjiye sahip bir su kütlesinin belli bir seviyeden daha düşük bir seviyeye düşürülmesiyle ortaya çıkan su basıncının, yaptığı iş olarak tanımlanabilir. Potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşmesiyle ortaya çıkan su basıncı santral binasındaki türbinlerin kanatlarını hareket ettirmesiyle suyun kinetik enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülür. Türbinler su basıncını; elektrik jeneratörü, tahıl değirmeni veya diğer kullanışlı cihazları çalıştırmak için mekanik enerjiye dönüştürür. Hidroelektrik enerji, Türkiye'de en çok bulunan önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı oluşturmaktadır. Jeomorfolojik yapı ve iklimsel / hidrolojik özellikleri göz önüne alındığında, Türkiye, hem rüyave su miktarı açısından şanslı sayılabilecek ülkeler arasında yer almaktadır. (Fraenkel vd,1991).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki havzaların morfometrik özelliklerinin üzerinde kurulu bulunan Hidroelektrik Santralleri (HES) ile karşılaştırılarak HES'lerin kurulu gücü ve yıllık üretimleri üzerinde en etki parametrelerin belirlenmesidir, yani havza üzerinde hidroelektrik santral yapıldığı zaman havzaların hangi morfometrik özelliklerine dikkat edilirse daha verimli olur. Bu çalışmada Türkiye'deki havzalar rassal seçilmiş ve morfometrik analizler uygulanarak morfometrik parametreleri belirlenmiştir. Seçilmiş Havzalar Susurluk, Kızılırmak, Seyhan, Ceyhan, Yeşilırmak, Çoruh, Antalya, Fırat Dicle, Sakarya, Doğu Akdeniz, Batı Karadeniz, Büyük Menderes, Aras havzalarıdır (Şekil 1. 1).



Şekil 1.1. Çalışma alanı ve seçilen havzalar

Çalışmada özellikle drenaj yoğunluğu, çatallanma oranı, sinüzoidal indeks gibi parametrelerin hesaplanmasında ArcGIS 10,8 yazılımı ile Toprak ve Su Değerlendirme Arayüzünün (Soil and Water Assessment Tool- SWAT) otomatik havza oluşturma aracı kullanılmıştır.

1.1. Önceki Çalışmalar

Bağdatlı ve Öztürk (2013) tarafından yapılan çalışmada, sayısal yükseklik modelleri üzerinden havza morfometrik özelliklerinin belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) etkin rolünün ortaya konulması amaçlanmıştır.

Utlu ve Özdemir (2018) tarafından yapılan Havza Morfometrik Özelliklerinin Taşkın Üretmedeki Rolü çalışmasının amacı, Biga Çayı havzasında meydana gelen uzun süreli taşkın olaylarının nedenlerinin havza ve alt havza morfometrisi bakımından araştırılmasıdır. Bu kapsamda Biga Çayı havzası alt havzalara ayrılarak, alt havzaların morfometrik özellikleri belirlenmiş ve bu özelliklere bağlı taşkın üretme potansiyelleri incelenmiştir. Ana akarsu kolu üzerinde oluşan tarihsel taşkınların meydana gelmesinde alt havzaların çizgisel (bir boyutlu), alansal (iki boyutlu) ve relief (üç boyutlu) morfometrik özellikleri dikkate alınarak kendi aralarında taşkın etki düzeyleri ve potansiyelleri ortaya konmuştur.

Denizman (2003) tarafından yapılan çalışma, aşağı Suwannee Nehri havzasındaki karstik çöküntülerin morfolometrik ve mekansal dağılımını incelemek için bir CBS uygulamasını anlatmaktadır. Morfolometri yirmi dört 1:24.000 ölçekli standardın kapsadığı bir alanda yaklaşık 25.000 karstik çöküntü analizi USGS topografik dörtgenleri, CBS'nin analitik yetenekleri ile mümkün olmuştur. Çalışma alanı için hesaplanan parametreler arasında uzunluk, genişlik, yön, alan, derinlik, dairesellik indeksi, depresyon yoğunluğu, çukurlaşma indeksi ve en yakın komşu indeksi. Yaklaşık 25.000 depresyonun analizi Alt Suwannee Nehri havzası, Florida karstının geniş, sık çöküntülerle temsil edildiğini ortaya koymaktadır.

Nishant vd., (2013) tarafından yapılan Morphometric analysis using Geographic Information System (GIS) for sustainable development of hydropower projects in the lower Satluj river catchment in Himachal Pradesh, India çalışmasında Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi teknikleri günümüzde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Son zamanlarda morfolometrinin nicel tanımını belirlemede önemli bir araç olarak bir havzadan. Bu teknik, çok yüksek haritalama ve ölçüm doğruluğunu karakterize eder. Morfolometrik analiz. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, CBS tabanlı sistemleri analiz etmektir. Kinnaur'un bazı kısımları dahil olmak üzere Aşağı Nehir Satluj havzasının morfolometrik aktiviteleri, Himachal Pradesh, Hindistan'daki Shimla, Kullu, Mandi ve Bilaspur bölgeleri. Morfolometrik drenaj sisteminin analizi, mevcut tüm akışların tanımlanmasını gerektirir. CBS'ye dayalı Morfolometrik değerlendirmede, Satluj Nehri'nin 10 km'lik tampon bölgesi tespit edildi. Bualan kuzeydoğudan güneybatıya Kinnaur ilçesindeki Nathapa köyünden Bilaspur'a uzanıyor. Bu çalışmaya dahil edilen Satluj Nehri'nin toplam uzunluğu 165 km. Birinci dereceden akışlar altında akış bölümlerinin toplam uzunluğu maksimumdur ve bu akış sırası arttıkça uzunluk azalır. Akış sırası arttıkça akış frekansı, drenaj yoğunluğunun düşük olduğu görülmektedir. CBS yardımıyla en fazla streams, ortadaki hidroelektrik enerji projeleri için maksimum fırsatları gösteriyor

Koçyiğit ve Akay (2017) tarafından yapılan Estimation of potential flash flood risk in a basin using morphometric parameters: A case study of Akçay Basin çalışmasında Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Akçay havzası ArcGIS 10.1 kullanılarak alt havzalara ayrılmış, alt havzaların geometrik özellikleri, drenaj ağı ve Strahler yaklaşımına göre drenaj ağının mertebeleri belirlenmiştir. Böylece her bir alt havzaya ait morfolometrik parametreler hesaplanmıştır. Daha sonra alt havzaların taşkın potansiyeli açısından değerlendirilebilmesi için literatürde bulunan önceliklendirme yöntemi uyarlanarak morfolometrik parametrelerin

kullanılmasıyla alt havzalar taşkın potansiyellerine göre sıralanmışlardır. Yapılan alt havza önceliklendirilmesine göre Akçay havzasında bulunan Yunuslar HES rezervuarının, yüksek taşkın potansiyeline sahip ve toplam drenaj alanının yaklaşık yarısını oluşturan alt havzayı kapsadığı tespit edilmiştir. Ayrıca çıkış noktasında bir akarsu köprüsü bulunan ve en büyük drenaj alanına sahip alt havzada bir önlem yapısı gerek köprünün gerekse havzanın taşkından etkilenme olasılığını azaltacağı öngörülmüştür. Daha az sayıda morfometrik büyüklük kullanılarak alt havzalarda meydana gelebilecek ani taşkın potansiyeli literatürde bulunan grafiksel yöntemle göre de incelenmiş ve tüm alt havzaların taşkın potansiyeli orta olarak belirlenmiştir.

Dağhan (2018) tarafından yapılan Hidroelektrik Enerji Üretimi için Baraj Yeri Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) Kullanılması ve Uygulamaları, çalışmasında, coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanarak Seydisuyu havzasındaki hidroelektrik enerji üretilen olası baraj noktaları araştırılmıştır. Bu kapsamda, Seydisuyu Havzasının hidroelektrik enerji potansiyeli incelenmiştir. Havzanın su potansiyelinin incelenmesi ve hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesi için gerekli topografik veriler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak elde edilmiştir.

Magesh vd., (2012) tarafından yapılan Havza morfometrisini betimlemek için ArcGIS ortamında model oluşturucu tekniği ile otomatik bir çıkarma aracı geliştirilmiştir. Bu aracı çalıştırmak için temel gereksinimler bir SRTM verisi ve bir akma noktası şekil dosyasıdır. Geliştirilen model, girdi verilerinin işlenmesinden sonra morfometrik analiz için gerekli verileri oluşturacaktır. Bu modelin çıktısı, akarsu ağı, bakı, eğim, DEM, drenaj yoğunluğu, tepe gölgesi ve havza sınırı gibi bir dizi parametreyi metre kare olarak oluşturacaktır. Modele geçmeden önce, kullanıcıya bir akışın sayılması gereken minimum akış yukarı alanını seçme seçeneği vardır. Bu seçenek, kullanıcıların akış tanımlama aralığını seçmesine yardımcı olur. Üretilen eğim derece cinsinden ve drenaj yoğunluğu Sq.km cinsinden olacaktır. Bu teknik, morfometrik analiz için güvenilir bir veri tabanı oluşturmak için tek bir tıklama ile kullanımı kolay olduğu için arazi analizi, hidroloji ve havza analizi alanında çalışanlar için çok yararlıdır.

Kutukcu vd (2015) tarafından yapılan Nehir Havzalarının Morfolojik Karakteristiklerinin CBS destekli Nümerik Modeller kullanılarak analizi, çalışmalarında özellikle drenaj yoğunluğu, çatallanma oranı, sinüzoidal indeks gibi parametrelerin hesaplanmasında bize büyük kolaylık sağlayan ArcGIS 9.3 yazılımı ile Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (Soil and Water Assessment Tool- SWAT) kullanılmıştır. Analizlerin

büyük kısmı ArcGIS desktop yazılımına bir uzantı olarak yüklenen ArcSWAT grafiksel kullanıcı arayüzü üzerinden yapılmıştır.

Rai, P. K., Mohan, K., Mishra, S., Ahmad, A., Mishra, V. N. (2014) tarafından yapılan çalışmada, morfometrik parametrelerin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla analiz edilmesinin, havzanın hidrolojik tepki davranışını karakterize etmek için uygun bir yöntem olacağını göstermektedir. Uzaktan algılama uydu verilerinin bir havzanın morfometrik analizi için en etkili, zaman kazandıran ve doğru teknik olarak ortaya çıktığı da iyi görülmektedir. Bu teknik, uzaktan algılama uydu verileri (Landsat, 2013 ve Hint toposheet'in georeferenced survey, 1972) ile birlikte nehir havzasının ve akarsu ağlarının Aster (DEM) yoluyla çıkarılması için uygun bulunmuştur. Bu çalışmada, detaylı morfometrik analiz için Son Nehri'nin bir kolu olan Kanhar Havzası seçilmiştir. Seçilen morfometrik parametreleri hesaplamak için bu havzada yedi alt havzalar da tanımlanmıştır.

Ödeker (2020) tarafından yapılan Sabuncular Deresi Havzası'nın (rıze, çayeli) Morfometrik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile belirlenmesi çalışmasında CBS kullanılarak Sabuncular Deresi Havzası'nın morfometrik ve hidrograik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

İmamoğlu (2020) tarafından yapılan Alaca Çayı Havzası Erozyon Durumunun Morfometrik Ölçümler ile İlişkisi makalesinde Erozyon tarım ve mera alanlarının sürdürülebilir kullanımı konusunda önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri programları ile havza çalışmalarında kullanılan morfometrik yöntemlerin kullanımı da yaygınlaşmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile morfometrik hesaplamalar kolaylıkla yapılabilmekte ve doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu çalışma morfometrik özellikler ile erozyon ilişkisini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı Alaca Havzası seçilmiştir. Araştırmada havzanın çevre uzunluğu, havza alanı, havza uzunluğu, maksimum ve minimum yükseklik, çatallanma oranı, Hipsometrik Eğri Analizi, Drenaj Yoğunluğu, Akarsu Sıklığı, Tekstür Oranı, Havza Reliefi, Engebelilik Değeri, Havza Şekli Analizi, Şekil İndeks değeri, Gravelius İndeks, Uzunluk Oranı, Form Faktörü incelenmiştir. Bu hesaplamalar yapılırken ArcGIS 10.3 programından faydalanılmıştır. Elde edilen sonuçlar arazi çalışmaları sırasında yapılan gözlemler ile doğrulanmıştır. Havza genelinde drenaj yoğunluğu değeri 0,4'tür. Alaca havzasının alanının büyük fakat yoğunluğun düşük olması, havzanın infiltrasyona elverişli koşullar sunduğu sonucunu ortaya koymuştur. Havzanın yükselti ve eğim değerlerinin arttığı yerlerinde erozif faaliyetler artarken havza şekline bağlı olarak özellikle eğim değerlerinin

düştüğü yerlerde erozyon miktarı düşüktür. Akarsu havzasında yapılan morfometrik analizler sonucunda; çatallanma oranına göre birinci dizinlerin bulunduğu sahalarda erozyonal şekillerin yaygın olduğu görülmüştür. Havzanın yuvarlak şekline bağlı olarak zaman zaman sağanak yağışlar sonrasında akarsu seviyesi aniden yükselmekte ve şiddetli erozyon yaşanmaktadır. Bu çalışma erozyonal süreçlerinin incelenmesi konusunda morfometrik indislerin önemini ortaya koymaktadır.

Elbaşı ve Özdemir (2018) tarafından yapılan Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi çalışmasında, Çalışma, ülkemizdeki bölgesel morfometri çalışmalarına başlangıç niteliğinde olup Marmara Denizi akarsu havzalarının morfometrik envanterini ortaya koyma amacını taşımaktadır. Çalışmada 10 metre çözünürlüklü SYM altlık olarak kullanılarak Marmara Denizi akarsu havzaları belirlenmiş, belirlenen havzalarda çatallanma oranı (R_b), yüzeysel akış uzunluğu (l_o), tekstür oranı (T), drenaj yoğunluğu (D_d), akarsu sıklığı (F_s), Gravelius indeksi (K_g), havza rölyefi (B_h), engebелilik değeri (R_n), hipsometrik eğri ve hipsometrik integral (H_i) hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda Marmara Denizi'nin kuzeyinde yer alan havzaların güney havzalarına kıyasla daha kısa boylu, uzunlamasına, düşük drenaj yoğunluğuna ve yüksek hipsometrik integral değerine sahip, tektonik olarak daha genç havzalar olduğu ortaya konmuştur.

1.2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Türkiye Cumhuriyeti sınırları içerisinde kalan üzerinde HES kurulmuş olan, rassal olarak seçilmiş havzaları kapsamaktadır. Seçilen havzaların konumlarının daha iyi anlaşılması için morfometrik özellikleri ile ilişkilendirilmiş havzalar ve ilişkili HES ler bulundukları bölgelere göre aşağıda sınıflandırılmıştır.

Akdeniz Bölgesi sınırları içerisinde Ceyhan, Antalya, Seyhan, Doğu Akdeniz Havzaları bulunmaktadır (Şekil 1. 2). Akdeniz Bölgesinin ortalama sıcaklığı 12-20°C iken, ortalama yağış 400-1000 mm dir. Genellikler kışlar yağışlı ve yazlar ise sıcak geçmektedir (Uzun, 2019).

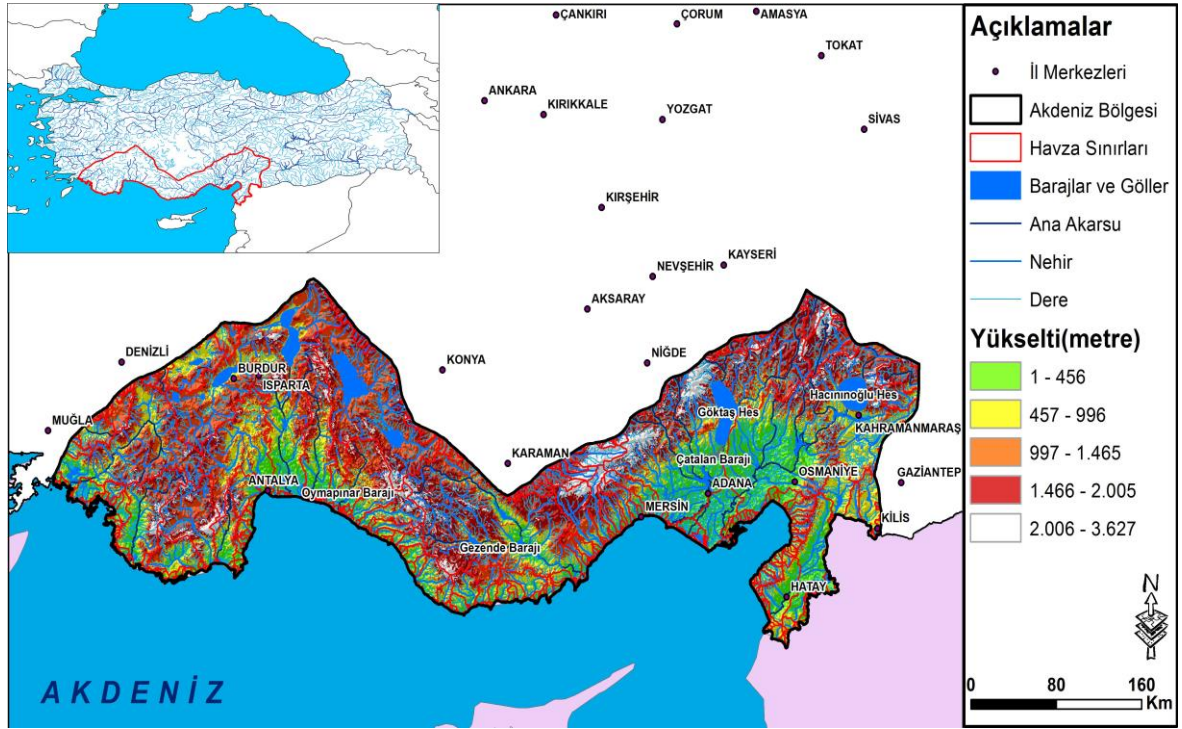
Ceyhan havzası, Akdeniz'in en büyük nehridir (Şekil 1. 2). Ceyhan Havzası, 21.856 km²'lik su toplama alanı ile Türkiye yüzeyinin yaklaşık %2,81'ini kaplar. Kahraman maraş İlinin tamamı ile Osmaniye ve Adana illerinin önemli bir kısmı Ceyhan Nehri havzasındadır. Ceyhan Nehri, Elbistan Ovası'nın kuzeyindeki dağlık alanlardan doğar. Havza üzerinde Hacınınoğlu Hidroelektrik Santrali bulunmaktadır. Bu HES

Kahramanmaraş il sınırları içerisinde bulunmakta vesantrol 142.28 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 111 inci, Kahramanmaraş'ın 5 inci büyük santralidir (Kurt, 2009).

Antalya havzası, Türkiye'nin 25 su havzasından biri olup, Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %2,5'ni oluşturan 20.200 km²'lik bir alana sahiptir. Kuzeyde Sultan Dağları, doğuda Alanya şehri ve Toros Dağları, batıda Beydağlar ve Katrancık Dağları ile çevrili olan havza, güneyde Antalya Körfezi ile sınır komşusudur (şekil 1. 2). Doğudan Doğu Akdeniz ve Konya, batıdan Burdur ve Batı Akdeniz havzaları, kuzeyden Akarçay Kapalı Havzası ile çevrilidir. Yaklaşık 200 km uzunluğunda ve 170 km genişliğinde olan havzanın en dar yeri doğu-batı yönünde, Isparta ili Eğirdir ilçesi sınırları içerisinde olup, yaklaşık 30 km genişliğindedir. Havza üzerinde Oymapınar Hidroelektrik Santral bulunmaktadır. Oymapınar HES ve Barajı, Antalya'nın Manavgat ilçesinde Manavgat Nehri üzerinde yer almaktadır ve 540 MWe'lik santral, Türkiye'nin 40., Antalya'nın ise ikinci büyük santralidir (Şeker, 2015).

Seyhan Havzası, Türkiye'deki 26 hidrolojik havzadan biridir. Havzanın yüzölçümü 20.450 km² olup, Türkiye'nin %2,82'sini oluşturmaktadır. Kayseri ilinin doğusunu kapsayan Seyhan Havzası'nın üst kısmı İç Anadolu, orta ve alt kısmı ise Akdeniz Bölgesi'ndedir (Şekil 1. 2). Nehir havzasının büyüklüğü yaklaşık 21.700 km²'dir. Seyhan Havzası, doğudan Ceyhan Nehri Havzası, kuzeydoğudan Fırat Nehri Havzası, batıdan Sultan Sazlığı Kapalı Havzası, kuzeybatıdan Kızılırmak Havzası ve güneybatıdan Doğu Akdeniz Havzası ile çevrilidir. Havza üzerindeki çalışma yapılan barajlar Göktaş2. Göktaş2 HES ve barajı, Adana'nın Kozan ve Aladağ ilçelerinde Zamantı Nehri üzerinde yer almaktadır. Santral, 153.4 MW kapasite ile Türkiye'nin 69 ıncı, Adana'nın 4 inci büyük santralidir. Çatalan HES. Çatalan Hidroelektrik Santrali-HES ve Barajı Adana'nın Sarıçam ilçesinde Seyhan Nehri üzerinde yer almaktadır. Santral, 168.90 MWe kurulu güçlü Türkiye'nin 94 inci, Adana'nın 6 ıncı büyük santralidir (Özpolat ve Demir, 2019).

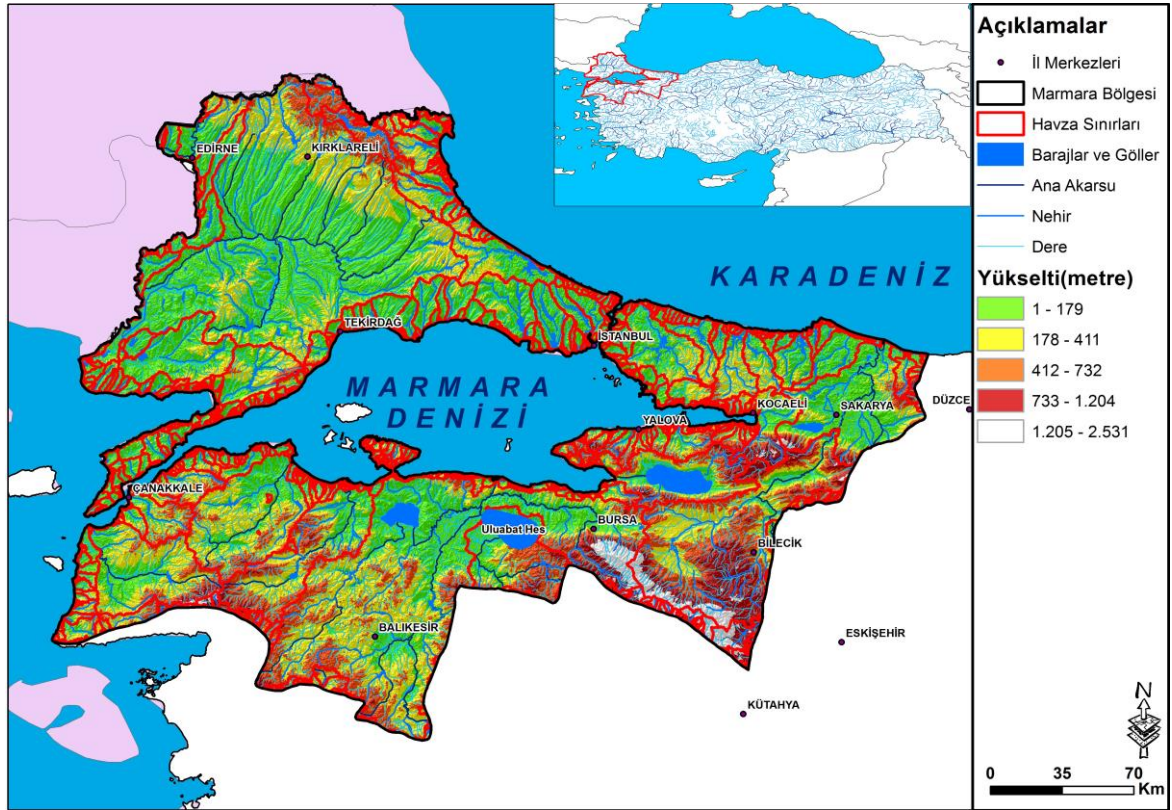
Doğu Akdeniz havzası, Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde yer almaktadır (şekil 1. 2). Doğu Akdeniz havzası 21.676 km² drenaj alanına sahiptir. Havza, Türkiye nüfusunun %2,4'nü ve ülke yüzeyinin yaklaşık %3'nü kapsıyor. Havzanın kuzeyinde Konya Kapalı Havzası, doğusunda Seyhan Havzası ve batısında Antalya Havzası bulunuyor. Havza üzerinde Gezende Hidroelektrik Santrali bulunmaktadır. Gezende Barajı ve HES, Mersin Mut ilçesi Ermenek vadisinde yer almaktadır ve 159,38 MWe kurulu güçle Türkiye'nin 100 inci, Mersin'in en büyük santralidir (Musteydevd, 2021).



Şekil 1.1. Çalışma kapsamında Akdeniz Bölgesinde bulunana Havzalar ve Üzerindeki HES'ler

Marmara Bölgesi sınırları içerisinde Susurluk Havzası bulunmaktadır. Marmara Bölgesinin ortalama sıcaklığı 15,2 °C iken, ortalama yağış 500-1000 mm dir. Marmara kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir (İlhan, 2018).

Susurluk havzası Anadolu Yarımadası'nın kuzeybatısında yer alan 27° 01' D, 39° 01' K ve 29° 50' D, 40° 23' K koordinantları arasında yer almaktadır. Susurluk havzası Marmara bölgesinde yer almaktadır (şekil 1. 3). Genel olarak bir dikdörtgeni andıran ve Marmara Denizi'nin 3 km sahili olan havza, 22.399 km² 'lik bir alanı kaplar ve Türkiye yüzeyinin %2,88'ni kaplar. Havza doğuda Sakarya Havzası, kuzeyde Marmara Denizi ve Havzası, batıda Marmara ve Ege Havzaları, güneyde Gediz Havzası ile sınırlanmıştır. Havza sınırları içerisinde yer alan Kütahya, Bursa ve Balıkesir illeri, il merkezi olarak Bursa ve Balıkesir'e sahiptir. Havzada çalışmaların yürütüldüğü baraj Uluabat HES. Uluabat Hidroelektrik Santrali Bursa'nın Nilüfer ilçesinde, Akçalar bölgesinde Orhaneli Nehri üzerinde yer almaktadır. Santral, 100 MW kapasite ile Türkiye'nin 149 inci, Bursa'nın 5 inci büyük santralidir (Karabulut, 2004).



Şekil 1.2. Çalışma kapsamında Marmara Bölgesinde bulunan Havzalar ve Üzerindeki HES'ler

Karadeniz Bölgesi sınırları içerisinde Yeşilırmak, Batı Karadeniz, Kızılırmak, Çoruh, Sakarya Havzaları bulunmaktadır. Karadeniz Bölgesinin ortalama sıcaklığı 13-15°C iken, ortalama yağış 1000-1200 mmdir. Kışları ılık yazları sıcak geçek özellikle (Tokgöz ve Partal, 2020).

Yeşilırmak Havzası Karadeniz bölgesinde; Giresun, Gümüşhane, Amasya, Bayburt, Çorum, Erzincan, Ordu, Samsun, Sivas, Tokat ve Yozgat illerini de havza sınırları içerisinde bulunduran, yaklaşık 40000 km² yağış alanına sahip olup Türkiye'nin en büyük 5. Havzasıdır (Şekil 1. 4). Bu nehirlerin içerisinde havzaya ismini veren Yeşilırmak Nehri, Sivas ili Suşehri ilçesi Köse Dağları'ndan başlayan 519 km uzunlukta olan bir nehidir. Havza üzerinde Kılıçkaya Hidroelektrik santrali bulunmaktadır. Sivas'ın Suşehri ilçesine bağlı Türkmenler köyünde bulunan Kılıçkaya Barajı ve HES, Kelkit Akarsu 120 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 135 inci, Sivas'ın üçüncü büyük santralidir (Dinç, 2019).

Batı Karadeniz Havzası'nın kabartma formları incelendiğinde, Batı Karadeniz birbirine paralel olan 3 sıra halinde uzayan dağlar ve Orta Karadeniz'de kıyısından uzaklaşarak tek bir sırada uzanır (şekil 1. 4). Havza toplam 2.896.766 hektarlık bir alanı kaplayıp ve Türkiye'nin toplam yüzölçümünün %1'ini kaplar. Bu su kaynaklarının en önemlilerinden biri de Benli Dağı'ndan doğan ve toplam uzunluğu 360 km olan Filyos Çayı'dır. Batı

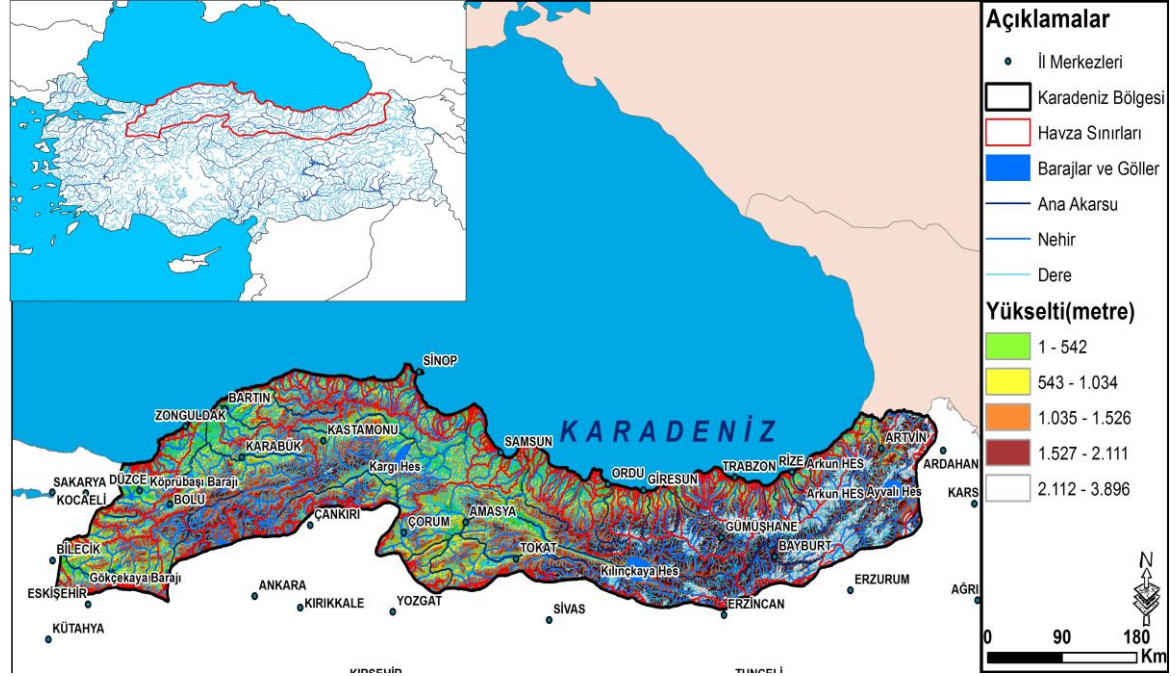
Karadeniz Havzası'nın toplam yağış alanı 29.682 km², yıllık ortalama yağış miktarı 811 mm'dir. Havza üzerinde Köprübaşı Hidroelektrik Santrali bulunmaktadır. Köprübaşı HES, Gümüşhane'nin Shiran Nehri üzerinde yer almaktadır ve 14.66 MW kurulu güce sahip santral, Türkiye'nin 662 inci, Gümüşhane'nin ise 6 ıncı büyük santralidir (Gökmen, 2018).

Kızılırmak havzası Karadeniz bölgesinde yer alan Türkiye'nin 26 havzasından biridir. Türkiye'de doğup ve Türkiye'de denize dökülen en uzun nehirdir. Sivas, Nevşehir, Kayseri, Ankara, Kırıkkale, Samsun, Çankırı, Çorum ve Kırşehir illeri üzerinden birçok nehir ve dereyi toplayarak Bafra Burnu'ndan Karadeniz'e ulaşır (şekil 1. 4). İç Anadolu'nun en doğusundaki Sivas ilinde Kızıladağ'ın güney yamaçlarında başlayan nehir, batı ve güneybatı yönünde akar ve ardından bir kaynak oluşturur. Havza üzerinde Kargı Hidroelektrik Santrali bulunmaktadır. Kargı HES, Çorum Kızılırmak üzerinde yer almakta olup ve santral, 101,72 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 148 inci, Çorum'un ise ikinci büyük santralidir (Çakmak, 2002, Bacanlı vd, 2012).

Sakarya Havzası, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesinde yer alan 26 nehir havzasından biridir (Şekil 1. 4). Sakarya Havzası orta Anadolu'da batı, Ege ve Marmara'nın doğu kesimlerinde olup, Karadeniz'e dökülen Sakarya Havzası, coğrafi olarak 38° 38'- 41° 09' kuzey enlemleri ve 29° 20'- 33°09'dir. Doğu boyuna ve komşu Susurluk, Konya, Akarçay, Batı Karadeniz ve Kızılırmak havzaları arasında yer almaktadır. Eskişehir'in güneyinde yer alan çiftler, Sakarya'nın başlarından doğar ve Sakarya'nın Karasu ilçesinde Karadeniz'e dökülür. Nehrin drenaj alanı 58.160 km² ve ilk kaynakların bir kısmının kurumuş olduğu dikkate alındığında, kolları dahil toplam uzunluğu 720 km'dir. Havza üzerinde Gökçekaya Hidroelektrik santrali bulunmaktadır. Gökçekaya Hidroelektrik Santrali (HES) ve Barajı Eskişehir'de Alpu ilçesinin Sakarya Nehri üzerinde yer almaktadır. 278,40 MWe'lik santral, Türkiye'nin 68, Eskişehir'in en büyük santralidir (Çelebi ve Özdemir, 2013).

Çoruh Havzası. Türkiye'nin 26 hidrolojik havzasından biri olan Çoruh Havzası toplam 20.259 km² alana sahiptir. Çoruh havzası Türkiye'nin Karadeniz bölgesinde yer almaktadır (şekil 1. 4). Çoruh Nehri'nin ana kolu, Yukarı Çoruh havzasında Bayburt ve Erzurum illerinden geçmektedir. Havza adını üzerinde akan Çoruh Nehri'nden almıştır. Çoruh nehri ülkemizde en hızlı akan nehirdir. Erzurum Mesit Dağları'ndan doğup Gürcistan'ın Batum ilinden denize dökülen Çoruh Nehri'nin uzunluğu toplam 431 km. Nehrin 411 km'si ülkemiz sınırları içinde, 20 km'si Gürcistan sınırları içerisindedir. Çoruh nehri ana kolu üstünde 10 adet ve yan kollar üzerinde 27 adet olmak üzere toplam 37 adet su yapısına vardır. Havza üzerinde Ayvalı ve Arkun Hidroelektrik Santrali bulunmaktadır. Ayvalı Barajı ve

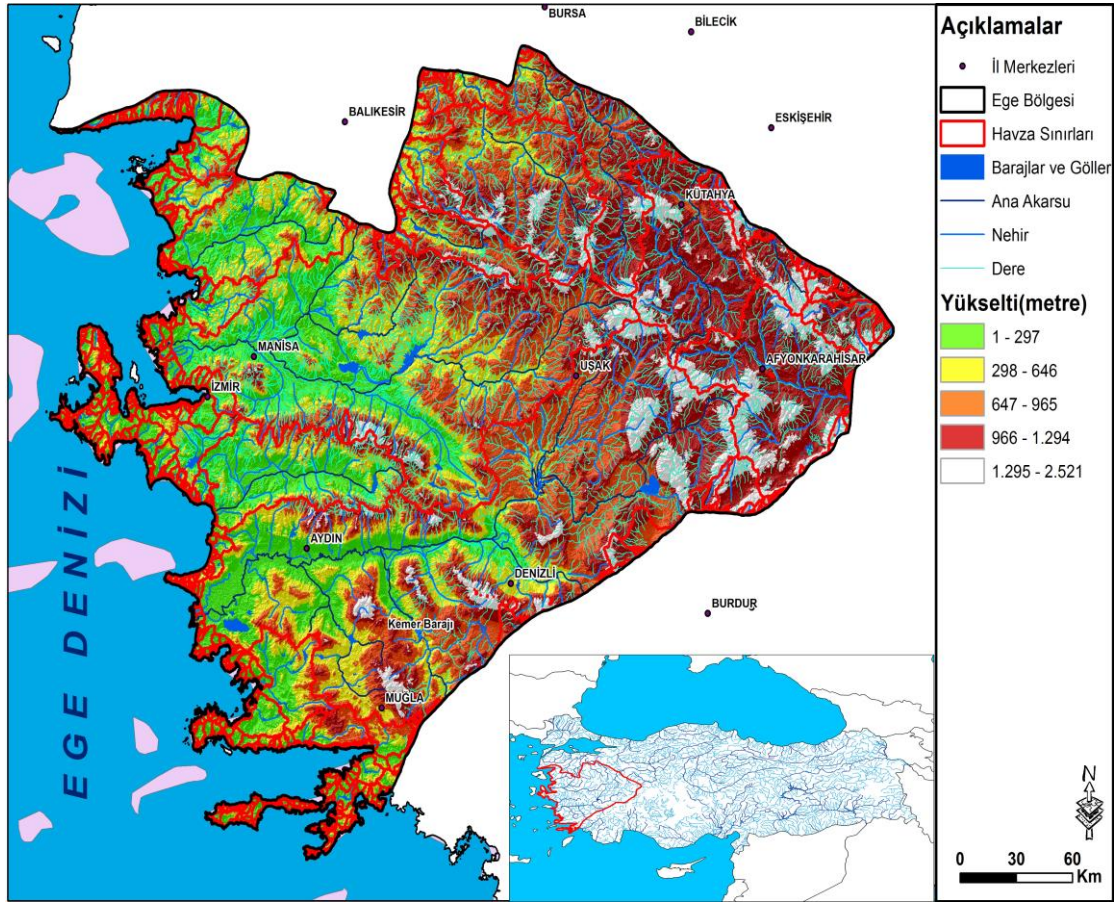
Hidroelektrik Santrali Erzurum'un Oltu ilçesine bağlı Oltu vadisinde yer almaktadır ve 121,65 MW kurulu güçlü Türkiye'nin 131 inci, Erzurum'un ise ikinci büyük santralidir. Arkun HES Erzurum'un İspir ilçesinde Çoruh Nehri üzerinde yer almakta olup, HES Erzurum'un 74 inci ve 244.83 MWe'lik en büyük santralidir (Sucu ve Dinç, 2008).



Şekil 1.3. Çalışma kapsamında Karadeniz Bölgesinde bulunan Havzalar ve Üzerindeki HES'ler

Ege Bölgesi sınırları içerisinde Büyük Menderes Havzası bulunmaktadır. Ege Bölgesinin ortalama sıcaklığı 23,3°C iken, ortalama yağış 587-625 mm dir. Kışları ılık yazları sıcak geçek özellikle (Aydın ve Çiçek, 2013).

Büyük Menderes Havzası. Büyük Menderes Havzası, Ege bölgesinde olup, Türkiye'nin güneybatısında 37° 12'-38° 40' kuzey enlemleri ile 27° 15'-30° 15' batı boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1. 5). Havzanın kuzeyinde İzmir, Manisa, Uşak ve Kütahya illeri; Muğla ili güneyinde, doğuda Afyon, Burdur ve Isparta illeri; Batıda Ege Denizi var. Büyük Menderes Havzası'nın toplam drenaj alanı 24.976 km² ve yıllık debisi 3 km³ dür bu da Türkiye'nin su potansiyelinin %1,6' sına tekabül etmektedir. Havza 13 baraj ve birçok sulama sistemi ile büyük bir su kaynağı haline gelmiştir. Havza üzerinde Kemer Hidroelektrik Santrali bulunmaktadır. Kemer Barajı ve HES Aydın'ın Bozdoğan ilçesinde Akçay vadisinde yer almaktadır ve 48 MWe kapasitesi ile Türkiye'nin 280 inci, Aydın'ın 5 inci büyük santralidir. Santral aynı zamanda Türkiye'nin 113 inci büyük hidroelektrik santralidir (Apak ve Ubay, 2007).



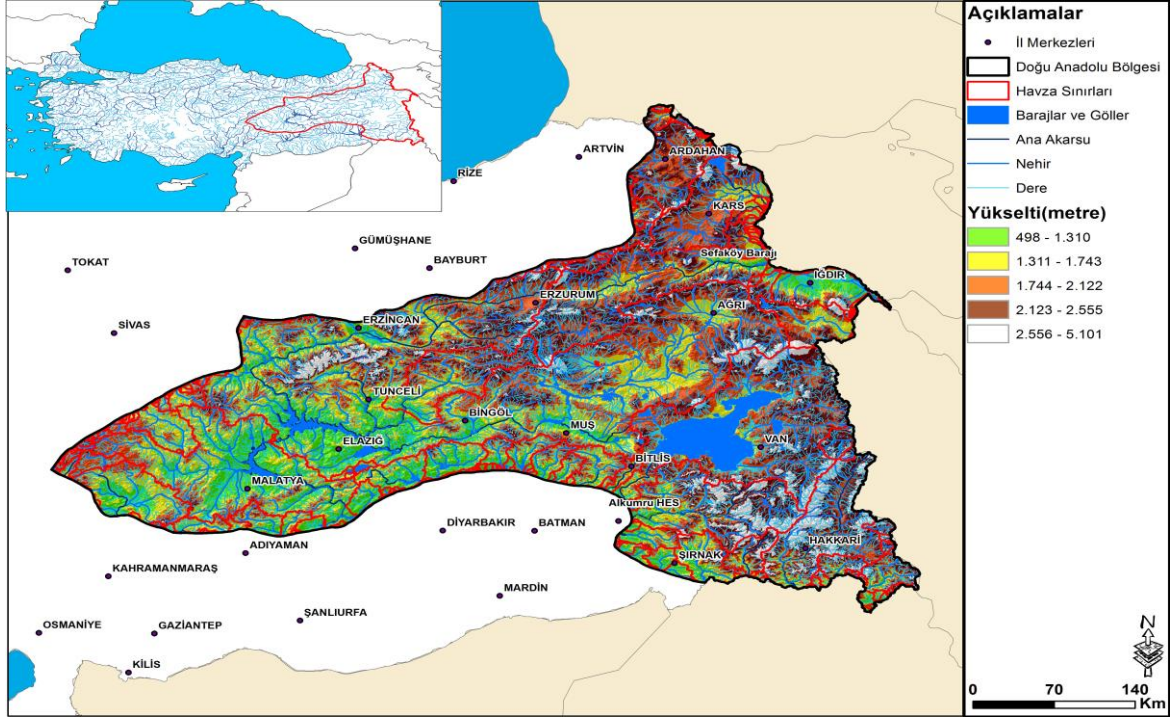
Şekil 1.4. Çalışma kapsamında Ege Bölgesinde bulunan Havzalar ve Üzerindeki HES'ler

Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde Aras ve Fırat Havzaları bulunmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesinin ortalama sıcaklığı 4-6°C iken, ortalama yağış 400-700 mm dir. Kışları ılık yazları özellikle sıcak geçer (Çakto vd, 2018).

Aras Havzası Türkiye'nin kuzey Doğu Anadolu bölgesindedir (Şekil 1. 6). Havzanın kuzeyinde Gürcistan, güneydoğusunda Dran, güneyinde Ağrı, batısında Erzurum ve kuzeybatısında Artvin yer almaktadır. Havzanın toplam alanı 2.761.765 ha olmasına rağmen ağırlıklı olarak 5 ile bölünmüştür (Ağrı, Ardahan, Erzurum, Iğdır, Kars). Aras Nehri, Araz Havzası'nın ana akarsuyudur. Aras Nehri, Bingöl Dağları'nın kuzeybatı eteklerinden başlayarak kuzeye doğru akarak kuzeyde Zivin Nehri, güneyde Velibaba Nehri'nden geçerek Erzurum-Pasin ovasına girer. 920 km nehirin, 411 km Türkiye sınırları içindedir. Havza üzerinde Sefaköy Hidroelektrik Santrali bulunmaktadır. Sefaköy Barajı ve HES, Kars'ın Kağızman ilçesinde Araz Nehri üzerinde yer almaktadır ve 33.11 MWe'lik santral, Türkiye'nin 362 inci, Kars'ın ise 3 inci büyük santralidir (Yontar, 2009).

Fırat Havzası Doğu Anadolu bölgesinde yer alıp, 125.854 km² lik alanı ile Türkiye'nin en büyük su havzasıdır (Şekil 1. 6). Fırat Havzası'nın en önemli su kaynağı olan Fırat Nehri, Batı Asya ve Türkiye'nin en büyük drenaj alanıdır. Fırat'ın Murat ve Karasu nehirlerinin

Dicle Nehri'ne birleştiği yerden yaklaşık 2330 km uzunluğundaki kısmı ülkemiz sınırları içinde 955 km, Suriye'de 559 km ve Irak sınırında 815 km'dir. Havzada olan su kaynaklar üzerine birçok baraj yapılmıştır (Yıldız, 2019). Ülkenin en büyük su kaynaklarına sahip olan Atatürk Barajı da Fırat Havzası'ndadır. Çalışılan baraj Alkumru HES'idir. Alkumru Barajı ve Hidroelektrik Santrali (HES) Siirt'in Kurtalan ilçesinde Botan Çayı üzerindedir. Santral 275,52 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 71 inci Siirt'in ise 2 inci büyük enerji santralidir (Bilen, 2009; Bilbay, 2014).



Şekil 1.5. Çalışma kapsamında Doğu Anadolu Bölgesinde bulunana Havzalar ve Üzerindeki HES'ler

Tablo 1. 1. Seçilen Havzalar ve HES'lerin Bazı Değerleri

Havzalar	Barajlar	Alan km ²	Yükseklik farkı m	Kurulu güç MWe	Yıllık üretim GWh	Yağış Km ³	Sıcaklık °C
Sakarya Havzası	Gökçekaya HES	635	1467	562	278,4	0,699	39,2
Antalya Havzası	Oymapınar HES	634	1696	540	1620	0,444	45
Fırat Havzası	Alkumru HES	633	1821	261,27	817,26	0,348	46
Çoruh Havzası	Arkun HES	632	2156	234,01	792,15	0,695	43
Seyhan Havzası	Çatalan HES	631	468	169	596	0,442	45,6
DoğuAkdenizHavzaı	Gezende HES	630	1840	159,3	528	0,441	41,5
Seyhan Havzası	Göktaş2 HES	630	2367	153,4	631	0,441	45,6
Ceyhan Havzası	Hacınınoğlu HES	530	1628	142,28	337,01	0,371	45,2
Yeşılırmak Havzası	Kılınçkaya HES	516	3093	124	332	0,568	37,3
Çoruh Havzası	Ayvalı HES	309	1870	116,73	311,44	0,341	36,5
Kızılırmak Havzası	Kargı HES	291	1076	103,8	463,61	0,320	42,6
Susurluk Havzası	Uluabat HES	274	2071	100	422	0,206	43,8
Batı Karadeniz Havzası	Köprübaşı HES	267	1243	80,88	203,12	0,294	39,8
Büyük Menderes Havzası	Kemer HES	227	880	48	143	0,138	44,8
Aras Havzası	Sefaköy HES	142	1103	35	141	0,078	35,4

Seçilen havzaların morfometrik özellikleri Arcgis 10,8 programının yardımıyla HES'lerin verileri DSİ'den alınmıştır (Tablo 1. 1).

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Bu tez çalışmasında, araştırma alanı olarak Susurluk, Kızılırmak, Seyhan, Ceyhan, Yeşilirmak, Çoruh, Antalya, Fırat Dicle, Sakarya, Doğu Akdeniz, Batı Karadeniz, Büyük Menderes, Aras Havzaları seçilmiştir. Tez Çalışmanın yürütülmesi için sayısal Harita, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı (ArcGIS 10.8), havzalara ait, morfometrik özelliklerin (alan, çevre uzunluğu, dizin sayıları vb.), HES'lerin verileri (kurulu güç, yıllık üretim) ve Windows tabanlı çalışan ve çevre parametrelerini de katarak kullanılmıştır. Çalışmada önemli faktörlerde biri olan yağışı bulmak için bölgeye düşen ortalama yağış miktarını havzanın alanına çarpılmasıyla elde edilmiştir.

Analizlerin büyük kısmı ArcGIS desktop yazılımına bir uzantı olarak yüklenen ArcSWAT grafiksel kullanıcı arayüzü üzerinden yapılmıştır. Çatallanma oranının hesaplanmasında kullanılan akarsu toplanma alanları, akarsu yönü, akarsu dizinleri gibi verilerin elde edilmesinde ArcToolbox altındaki Hidroloji araç setinden, sinüzoidal indekisin hesaplanmasında ise DEM verisi kullanılarak çıkartılan akarsu drenaj ağı derinlik ve genişlik değişiminin üretilebildiği ArcSWAT arayüzünden yararlanılmıştır. Yapılan çalışmanın sonuçlarında, HES'lerin inşa edilmesinde verimlerin iyi olması için havzaların hangi morfometrik özelliklerine daha çok dikkat edilmesi konularında yararlı olacaktır.

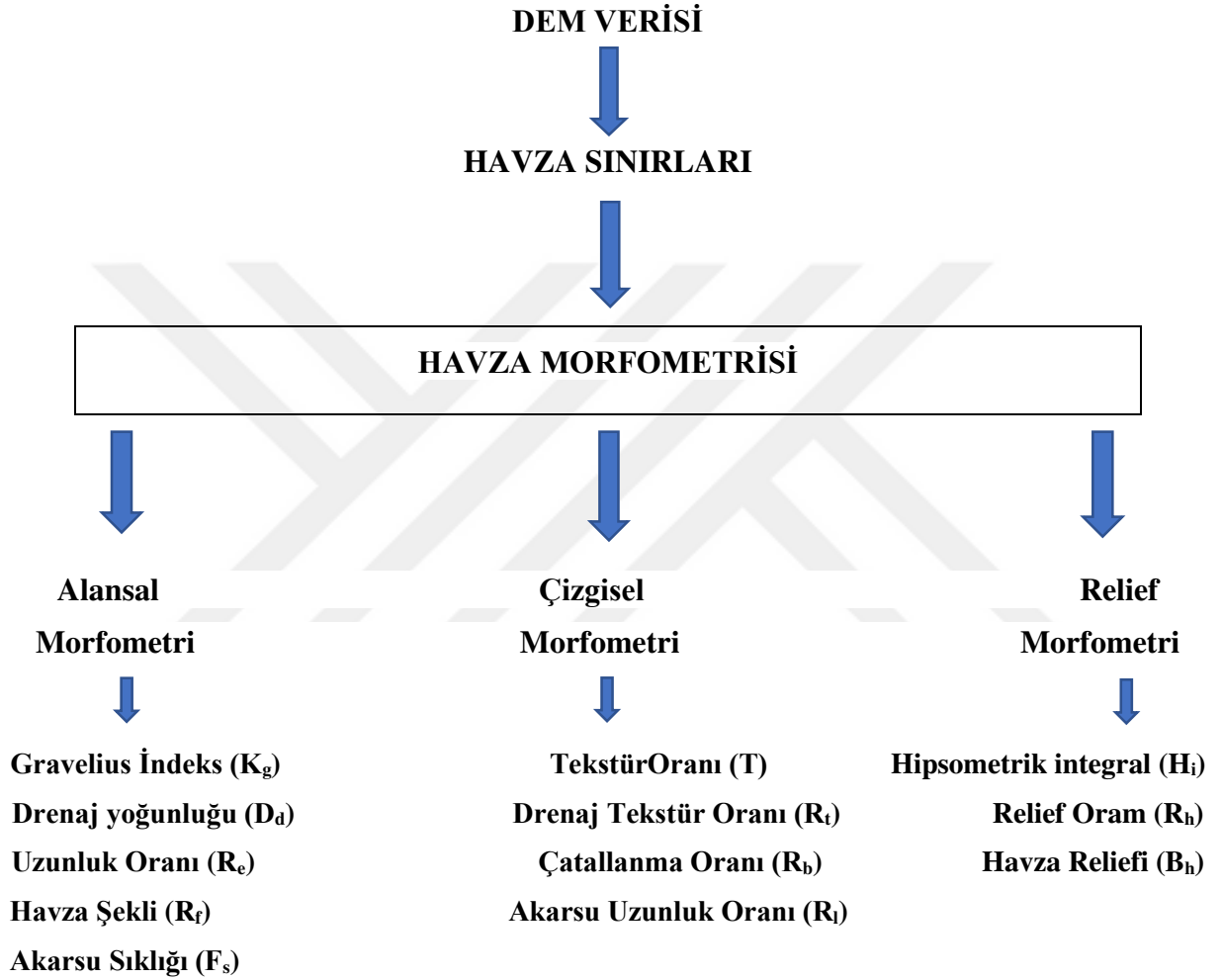
Haritada, havza sınırlarının çıkarılmasında ve sayısal yüksekli modelinin (DEM) Eath Explorer sitesinden elde edilerek kullanılmıştır. <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Susurluk, Kızılırmak, Seyhan, Ceyhan, Yeşilirmak, Çoruh, Antalya, Fırat Dicle, Sakarya, Doğu Akdeniz, Batı Karadeniz, Büyük Menderes, Aras Havzalarına ait morfometrik özelliklerinin belirlenmesi için, ihtiyaç duyulan tüm veriler (alan, çevre uzunlukları, dizin sayıları, dizin uzunlukları v.b) çalışmış olduğum programından HES'lerin özellikleri temin edilmiştir.

2.2. Metot

Çalışmada ilk olarak, muhtemel hidroelektrik santrallerle havzaları karşılaştırmak için çalışma alanı olarak seçilen Susurluk, Kızılırmak, Seyhan, Ceyhan, Yeşilirmak, Çoruh, Antalya, Fırat Dicle, Sakarya, Doğu Akdeniz, Batı Karadeniz, Büyük Menderes, Aras Havzaları incelenmiştir. İncelenen bölgelerde havzalarda HES'lerin yapımı zamanı esas

olarak hangi özelliklere dikkat edilmesi için, havzaların morfometrik özellikler ile barajların kurulu güç ve yıllık üretimleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Havzaların morfometrik özelliklerinin hesaplanmasında sayısal yükseklik modeli kullanılarak oluşturulan veri katmanı, dizin sayıları veri katmanı ve çevre uzunlukları veri katmanı gibi parametreler kullanılmıştır.



Şekil 2. 1. Yöntem Akış Teması

2.2.1. Havza Morfometrisi

Morfometri, dünya yüzeyinin sayısal ifadesidir. Basit bir ifadeyle yer şekillerinin büyüklük, yükselti ve eğim özelliklerine göre sunumudur. Sayısal ölçümler, farklı yer şekillerinin karşılaştırılması ve parametrelerin hesaplanması, jeomorfologların daha objektif olmalarını sağlar. Jeomorfometri adı verilen morfometrik özelliklerin ölçümü ve

analizi CBS yardımıyla geçmişe göre daha kolay ve otomatik olarak yapılabilir (Goudie, 2004; Özdemir, 2007).

Havzaların morfometrik özelliklerinin kantitatif analizi, toprak ve su kaynaklarının korunması ile birlikte kullanım ilkesinin önemli önceliklerinden biridir. Bu yöntem aynı zamanda havzaların önemli bir unsuru olan drenaj sisteminin sayısal olarak tanımlanmasını da sağlar (Strahler, 1957; Strahler, 1964; Chakraborty, 2003). Böylece sistem daha kolay anlaşılabilir ve sistemin farklı etkilere verdiği tepkiler en uygun şekilde analiz edilebilir. Bu analizler, su kütlelerinin topografik ve hidrolojik süreçleri arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörlerin doğru bir şekilde değerlendirilmesine yardımcı olur (Utlı ve Özdemir, 2018).

2.2.2. Morfometrik Modelin Oluşturulması

Seçilen Havzaların doğal ortamın şartları göz önünde bulundurularak ve çalışma sahasına uygun yöntemler seçilerek morfometrik analizlerin yapılabilmesi için morfometrik analizin temelini oluşturan parametreler tercih edilmiştir.

2.2.3. Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması

1/25.000 ölçekli sayısal topografik harita kullanılarak Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model-DEM) oluşturulmuştur (Şekil 1. 1). Bu çalışmada DEM, Spatial Analyst Tools modülündeki gerekli parametreleri elde edebilmek için kullanılan altı ifade etmektedir.

2.2.4 Akış Yönü Belirleme

Akış yönleri, akarsuların ve malzemelerin taşınma hareketlerini hesaplamak için kullanılır. Sayısal yükseklik modelindeki grid hücrelerinin her birinin belirli bir yükseklik değeri vardır ve değerinin altındaki hücreye akış gerçekleşir. Her hücre için yönler güney, kuzey, doğu, batı, kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı olarak belirlendi

2.2.5 Akarsu Kollarının Derecelendirilmesi

Akarsu kollarının sıralaması ilk olarak Horton tarafından yapılmıştır. Horton'un tekniği Strahler tarafından geliştirilmiştir. Burçlar Strahler yöntemiyle derecelendirildiğinde, 1.dizin küçük bir akışa sahip bir yataktır. İki 1dizin birleştirildiğinde, 2.dizin, 2.dizin birleştirildiğinde, 3.dizin vb. yaratıyor. Bu durumda dizin sıralamasında artış ancak aynı dizinler birleştiğinde görülmektedir (Utlı ve Özdemir,2018).

Tablo 1. 2. Havzaların morfolometrik Parametreleri ve Matematiksel Açıklamalar (Utlı ve Özdemir, 2018'dan yeniden düzenlenmiştir)

No	Parametre	Formül	Kaynak
Relief Morfometri			
1	Hipsometrik integral (H _i)	$H_i = (H_{ort} - H_{min}) / (H_{maks} - H_{min})$ H _{ort} -Ortalama yükselti H _{maks} -Maksimum yükselti H _{min} -Minimum yükselti	Pike ve Wilson (1971) Mayer (1990)
2	Relief Oram (R _h)	$R_h = H/L$ H-Havza reliefi L-Maksimum havza uzunluğu	Schumm, 1956
3	Havza Reliefi (B _h)	$B_h = H_{maks} - H_{min}$ α-Havza alanı H _{min} -Minimum yükselti	Schumm, 1956
Alansal Morfometri			
4	Gravelius İndeks (K _g)	$K_g = P / (2\sqrt{\pi} + A)$ P-Havza çevresi uzunluğu A-Havza alanı	Gravelius (1914)
5	Drenaj yoğunluğu (D _d)	$D_d = \sum L / A$ $\sum L$ –Toplam akarsu uzunluğu A-Havza alanı	Horton (1932,1945)
6	Uzunluk Oranı (R _e)	$R_e = 2 / L_m \times (A / \pi)^{0.5}$ L _m -Havza çevresi uzunluğu A-Alan	Schumm (1956)
7	Havza Şekli (R _f)	$R_f = A / L_b^2$ A-Havza alanı L _b ² -Havza uzunluğu	Horton (1932)
8	Akarsu Sıklığı (F _s)	$F_s = N / A$ N-1.Dizinlerin toplam sayısı A-Havza alanı	Horton (1932,1945)
Çizgisel Morfometri			
9	TekstürOranı (T)	$T = N_{u1} / P$ N _{u1} -1.Dizinlerin toplam sayısı P-Havza çevre uzunluğu	Horton (1945)
10	Drenaj Tekstür Oranı (R _t)	$R_t = N_u / A$ N _u -Havzadaki dizinlerin toplam sayısı A-Havza alanı	Horton (1945)
11	Çatallanma Oranı (R _b)	$R_b = N_u / N_{u+1}$ N _u -Havzadaki dizinlerin toplam sayısı N _{u+1} -Bir sonraki toplam dizin sayısı	Schumm (1956)
12	Akarsu Uzunluk Oranı (R _l)	$R_l = L_u / L_{u+1}$ L _u -Dizin sayısı toplam uzunluğu L _{u+1} -Sonraki dizin sayısı uzunluğu	Potton (1988)

2.2.5. Korelasyon katsayısı

Korelasyon, iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olup yadaolmadığını gösterir. Korelasyon katsayısı, değişkenler arasındaki ilişkileri belirtmek için kullanılır. Değişken, hesaplandığında -1 ile 1 arasında olan bir değer alır. Negatif değerler negatif ilişki, pozitif değerler de pozitif ilişki gösterir. Değerler 1 veya -1 olduğunda iyi bir korelasyon vardır. Değerler 0'a yaklaştıkça değişkenler arasında ilişki azalmaktadır.

$$r = \frac{\sum(xy) - (\sum x)(\sum y)/n}{\sqrt{(\sum x^2 - (\sum x)^2/n)(\sum y^2 - (\sum y)^2/n)}} \quad (2.1)$$

Korelasyon katsayısı; (2.1) formülü ile hesaplanmaktadır.

Yapılan çalışmada havza alanları 100-500 km² ve 500-650 km² olmak üzere büyüklüklerine göre 2 gruba ayrılıp korelasyon katsayıları değerlendirilmiştir.

Tablo 2. 1. Çalışma havzalarına ait bazı tanımlayıcı değerler

Havza Adı/Özellikleri	Seyhan Havzası Göktaş HES	Ceyhan Havzası Hacıminoğlu HES	Yeşilirmak Havzası Kılınçkaya HES	Çoruh Havzası Ayvalı HES	Kızılırmak Havzası Kargı HES	Susurluk Havzası Uluabat HES	Aras Havzası Sefaköy HES
Alan km ²	630	530	516	309	291	274	142
Çevre uzunluğu km	129	85	89	66	110	68	45
Havza uzunluğu km	54	25	58	40	52	37	16
Minimum yükseklik m	127	447	742	752	192	6	1033
Maksimum yükseklik m	2494	2075	1763	2622	1268	475	2136
Ortalama yükseklik m	1310	1261	1252,5	1507	730	240,5	1584,5
1. Dizin sayısı	7543	2920	3109	1753	1714	1727	1726
2. Dizin sayısı	3395	1714	1335	855	860	875	773
3. Dizin sayısı	1788	826	400	434	430	413	430
4. Dizin sayısı	820	308	338	212	266	235	214
5. Dizin sayısı	692	176	135	96	166	57	130
6. Dizin sayısı	140		91	94		21	
Toplam Dizin sayısı	14378	5944	5408	3444	3436	3328	3273
1. Dizin Toplam Uzunluğu km	1158,49	354,53	528,72	219,37	310,77	516,39	296,96
2. Dizin Toplam Uzunluğu km	444,98	240,35	212,17	99,43	143,5	323,59	120,37
3. Dizin Toplam Uzunluğu km	214,42	103,17	120,56	52,04	73,55	75,79	65,5
4. Dizin Toplam Uzunluğu km	103,77	40,28	49,61	27,1	34,48	42,32	26,66
5. Dizin Toplam Uzunluğu km	74,52	19,34	17,85	12,6	25,78	14,23	13,41
6. Dizin Toplam Uzunluğu km	14,65		14,78	11,43		2,43	
7. Dizin Toplam Uzunluğu km							
Toplam Dizin Uzunluğu km	2.010,83	757,85	943,69	421,97	588,08	974,75	522,91

Tablo 2.1. (Devamı) Çalışma havzalarına ait bazı tanımlayıcı değerler

Havza Adı/Özellikleri	Büyük Menderes Havzası Kemer HES	Batı Karadeniz Havzası Köprübaşı HES	Doğu Akdeniz Havzası Gezende HES	Seyhan Havzası Çatalan HES	Çoruh Havzası Arkun HES	Fırat Dicle Havzası Alkumru HES	Antalya Havzası Oymapınar HES	Sakarya Havzası Gökçekaya HES
Alan km ²	227	267	630	631	632	633	634	635
Çevre uzunluğu km	64	61	101	103	121	99	99	148
Havza uzunluğu km	39	50	66	45	70	46	41	85
Minimum yükseklik m	192	205	134	57	497	514	1	261
Maksimum yükseklik m	1072	1448	1974	525	2653	2333	1697	1728
Ortalama yükseklik	632	826,5	1054	291	1575	1423,5	849	994,5
1. Dizin sayısı	1225	3174	7827	7507	8021	8141	7045	7529
2. Dizin sayısı	692	1640	3453	3596	3473	3754	3293	3449
3.Dizin sayısı	242	846	1711	1950	1924	1793	1637	1835
4.Dizin sayısı	85	389	936	1118	836	959	846	785
5.Dizin sayısı	76	250	351	290	456	329	465	411
6. Dizin sayısı	63	72	268	142	384	266	363	322
7. Dizin sayısı					110			
Toplam Dizin sayısı	2383	6371	14546	14603	15204	15242	13649	14331
1. Dizin Toplam Uzunluğu km	192,27	481,4	1219,53	964,76	1181,01	1183,59	1118,63	1211,27
2. Dizin Toplam Uzunluğu km	89,79	211,84	529,8	473,01	428,78	494,01	463,29	501,45
3. Dizin Toplam Uzunluğu km	31,12	97,12	243,2	242,35	225,27	231,13	213,39	239,43
4. Dizin Toplam Uzunluğu km	10,47	41,01	114,4	116,11	91,79	104,97	96,97	99,9
5. Dizin Toplam Uzunluğu km	9,04	27,71	36,03	42,19	47,4	33,04	54,01	49,99
6. Dizin Toplam Uzunluğu km	8,92	7,24	29,06	17,7	38,4	27,89	44,9	41,65
7. Dizin Toplam Uzunluğu km					11,3			
Toplam Dizin Uzunluğu km	341,62	866,35	2172,11	1856,23	2024,02	2074,67	1991,2	2143,71

3. BULGULAR

3.1. Çizgisel Morfometrik Özellikler

Çatallanma oranı (R_b), yüksek veya düşük çatallanma oranı havzalardaki yağışın topografya, yüzey geçirgenliği ve bitki örtüsü ile ilişkisini ortaya koymaktadır. Bu nedenle düşük R_b değerlerine sahip havzalar, düşük geçirgenliğe, yüksek yüzey akışına, daha yüksek ve keskin bir hidrografik özelliğe sahiptir. Yüksek R_b değerlerine sahip havzalar ise yüksek sızma oranlarına ve daha az sürekli akışa sahip hidrografik bir karakter sergilemektedir (Özdemir, 2011; Strahler, 1964). Bu özellikler ve havzanın şekli de önemli bir etkiye sahiptir. Seçilmiş havzaların çatallanma oranları 1,7-2,3 aralıklarında değişmektedir. Çatallanma oranı 2,3 olan Yeşilirmak havzası Kılınçkaya HES yüksek sızma oranı olduğu için hidroelektrik santralin kurulu gücü az olması gerekirken bu bölgeye düşen yağışın miktarı $0,568 \text{ km}^3$ olduğu için yüksek çatallanma oranı yanı yüksek sızma hidroelektrik santralin kurulu gücünü fazla etkilememektedir ve de çatallanma oranı 1,7 olan Ceyhan havzası Hacınınoğlu HES çatallanma oranı az olduğu için hidroelektrik santralin kurulu gücü fazla olması gerekirken bölgeye düşen yağışın miktarı $0,371 \text{ km}^3$ olduğu için fazla etkilememiştir (Tablo 1. 1).

Akarsu uzunluk oranı (R_l) Strahler yöntemine bağlı olarak belirli bir dizinin toplam uzunluğunun bir sonraki dizinin toplam uzunluğuna oranıdır (Patton, 1988).

$$R_l = L_u / L_{u+1} \quad (3.1)$$

(3.1) formülünde; L_u = Dizin toplam uzunluğu (m), L_{u+1} = Bir sonraki dizin toplam uzunluğu (m) dur.

Ana akarsu ve yan kollardaki suyun uzunluğuna bağlı olarak kanalda uzun süre kalması ve oyalanması açısından önemlidir. Böylece alt kolların uzunluğunun üst kollardan su taşımak için yeterli olup olmadığı hakkında bilgi edinmemizi sağlar. Yüksek değerler, alt kollara su taşıyan üst kolların fazlalığını ve alt kolların eksikliğini gösterir (Özdemir, 2011; Patton, 1988).

Uzunlamasına olan havzalarda dizin uzunluk oranlarının toplam ve ortalama değerleri, dairesel havzalara oranla daha az olmaktadır. Bu suyun daha az tutulduğunun hızlı bir şekilde drene olduğunun bir göstergesidir. Dairesel havzalarda tutulma ve ana kolda birikim daha fazladır.

Çalışma yaptığımız havzaların akarsu uzunluk değerleri 1,17-4,4 arasında değişmektedir. En büyük uzunluk değerine sahip havza Yeşilirmak havzası olup üzerindeki Kılınçkaya HES'nin kurulu gücü 124 MWe ve üretimi 332 GWh uzunluk oranı en küçük olan havza ise Çoruh havzasıdır üzerindeki Arkun HES'nin kurulu gücü 116,73 yıllık üretimi ise 311,44 olmaktadır.

Tekstür oranını (T), Strahler yöntemine göre 1. dizinlerin toplam sayısı ile havzanın çevre uzunluğu arasındaki orandır.

$$T=N_{u1}/P \quad (3.2)$$

(3.2) formülde; N_{u1} : 1. dizinlerin toplam sayısı, P : Havzanın çevre uzunluğudur (km).

T değeri havzalardaki jeolojik özelliklere, yüzeyin geçirimsizliğine, havzanın bakı durumuna göre değişiklik gösterir. Değerin yüksek çıkması, ana akarsu koluna su gönderen 1. düzeydeki kolların fazla olduğunu, az çıkması ise bu kolların az olduğunu gösterir. T değeri dairesel havzalarda daha yüksek değere sahipken, uzunlamasına havzalarda daha düşük değerler gösterir.

Havzanın litolojisi, geçirgenlik ve relief özelliklerini belirtir. (Rana, Singh, Sundriyal, Rawat ve Juyal, 2016). Havzaların tekstür oranları 77,49-14,8 arasında değişmektedir. En büyük tekstür oranı olan havza Doğu Akdeniz Havzası olup üzerindeki Gezende HES'nin kurulu gücü 159,3 MWe üretimi ise 528 GWh, en küçük tekstür oranı olan havza ise Batı Karadeniz havzasıdır, üzerindeki Köprübaşı HES'nin kurulu gücü 80,88 MWe üretimi ise 203,12 GWh olmaktadır.

Drenaj tekstür oranı (Rt), havza sızıntı kapasitesini gösteren önemli parametrelerden biridir (Horton, 1945). Smith'in (1950) sınıflamasına göre düşük değerler geçirgenliği yüksek ve akışı düşük olan havzaları, yüksek değerler ise düşük geçirgenliği ve akışı olan havzaları temsil etmektedir. Havzaların drenaj tekstür oranları 31,6-10,4 arasında değişmekte olup en büyük değer Sakarya havzasında olup üzerindeki Gökçekaya HES'nin kurulu gücü 562 MWe üretimi ise 278,4 GWh, en küçük değeri olan havza ise Yeşilirmak havzasıdır üzerindeki Kılınçkaya HES'nin kurulu gücü 124 MWe üretimi ise 332 GWh olmaktadır.

3.2. Alansal Morfometrik Parametreler

Havzaların alansal özelliklerinin oluşturduğu morfometrik parametreler, havzaya düşen yağışların toplanması ve yüzeysel akışın birikimi açısından çok önemli bir özelliğe sahiptir. Bu parametreler; Drenaj Yoğunluğu (D_d), Akarsu Sıklığı (F_s), Uzunluk Oranı (R_e) ve Gravelius İndeksi (K_G) dir.

Havza Alanı. Havzanın büyüklüğü ve su toplanma zamanını önemli derecede etkileyen bir parametredir. Havzanın alanı ne kadar büyük olursa su toplanma zamanı da o kadar uzamaktadır. Seçilmiş havzaların alanları 142-635 km² aralıklarında değişmekte olup olup en büyük değer Sakarya havzasında olup üzerindeki Gökçekaya HES'nin kurulu gücü 562 MWe üretimi ise 278,4 GWh, en küçüğü Aras havzası üzerindeki Sefaköy HES'nin kurulu gücü 35 MWe üretimi ise 141 GWh olmaktadır Havzaların alanları HES'lerle bir başa ilişkilidir yani alanlar arttıkça HES'lerin kurulu gücü ve üretimi de artmaktadır.

Havza Çevresi. Havza büyüklüğü ve şeklinin hesaplanmasında önemli bir parametre olan Havza çevresi, havzanın sınırları olarak belirlenen çizgi çevresidir. Havzaların havza çevreleri 148-45 arasında değişmekte olup en büyüğü Sakaryahavzası üzerindeki Gökçekaya HES'in kurulu gücü 562 MWe üretimi 278,4 GWh en küçüğü Aras havzası üzerindeki Sefaköy HES'nin kurulu gücü 35 MWe üretimi ise 141 GWh olmaktadır. Tabo3'de seçilen havzaların morfometrik parametreleri arasında gösterilmiştir.

Uzunluk oranı, havzayla aynı alana sahip dairenin çapıyla havzanın maksimum uzunluğu arasındaki oranla hesaplanılır (Schumm, 1956).

$$R_e = 2/L_m \times (A/\pi)^{0.5} \quad (3.3)$$

Burada; L_m : Maksimum havza uzunluğu (km), A : Havza alanı (km²)dir.

Uzunluk oranı (R_e), havzanın infiltrasyon kapasitesi, yüzeysel akışı hakkında bilgi sağlar. Düşük değerler yüksek geçirgenliğin ve düşük yüzeysel akış şartların sahip olduğu alanları gösterirken, yüksek R_e değeri ise fazla erozif faaliyetlerin olduğu ve sediment taşınımının fazla olduğu havza özelliklerini ortaya koyar. Ayrıca değerin 1'e yaklaşması oranında havzanın daha dairesel bir şekle sahip olduğu anlaşılır. Örnek havzalara bakıldığında (Tablo 3. 1) 0,31 değerle Antalya havzasının dairesel olduğu anlaşılmaktadır.

Akarsu Sıklığı havza alanında bulunan akarsu kolları sayısı toplamının Havza alanına bölünmesi ile elde edilmekte olup, birim alana düşen akarsu kolu sayısını ifade etmektedir.

$$F_s = N/A \quad (3.4)$$

Burada N : Toplam dizin sayısı, A : Havza alanı (km^2)dir.

Havzalardaki yüksek F_s değerleri, geçirgen olmayan zemin özellikleri, yüksek relief özelliklerini gösterirken, düşük F_s değerleri ise geçirgen olan jeolojik özellikleri ve alçak relief özelliklerini ortaya koyar. Akarsu sıklığı havzalardaki drenaj ağının dokusu hakkında bize bilgi verir. Melton'a (1958) göre varsayımsal olarak drenaj yoğunluğu eşit olan iki havzanın akarsu sıklıkları değişken olabilmektedir. (Peltier, 1962) ortalama eğim değerlerine sahip bölgelerden yarı kurak olanında akarsu sıklık değerini fazla, kurak bölgelerde çok az ve nemli bölgelerde orta değerlerde bulmuştur.

Havzaların akarsu sıklığı 16,47-5,4 arasında değişmektedir. En büyük akarsu sıklığı olan Sakarya havzası olup üzerindeki Gökçekaya HES'nin kurulu gücü 562 MWe yıllık üretimi 278,4 GWh en küçük havza Büyük Menderes havzasıdır, üzerindeki Kemer HES'nin kurulu gücü 48 MWe üretimi 143 GWh olmaktadır. Tablo4'de seçilen havzalar için bulunan akarsu sıklığı değerleri görülmektedir.

Havza Şekli / Form Faktörü Havza şekli konsantrasyon periyodunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. 0'a yakın düşük form faktörü değerine sahip havzalar, dar ve uzun havuzlar olarak tanımlanır. Toplama süresi daha uzun olacağı için mansap dar ve uzun havzalarda oluşur. 1'e yakın form faktörü yüksek olan havzalar, daha kısa veya orta uzunlukta yani yuvarlaklığa yaklaşan havzalar olarak karakterize edilir. Daireye yakın havzalarda birikim süresinin kısa olması nedeniyle kısa sürede yüksek akımlar oluşacaktır. Havzaların havza şekili 0,1-0,8 arasında değişmektedir. En büyük havza şekili Ceyhan havzası üzerindeki Hacınınoğlu HES'nin kurulu gücü 142,28 MWe üretimi 337,01 GWh, en küçük havza şekili olan ise Kızılırmak havzası üzerindeki Kargı HES'nin kurulu gücü 103,8 MWe üretimi 463,61 GWh olmaktadır. Seçilen havzaların Form Faktörü değeri Tablo 3.1'de gösterilmiştir (Horton, 1932).

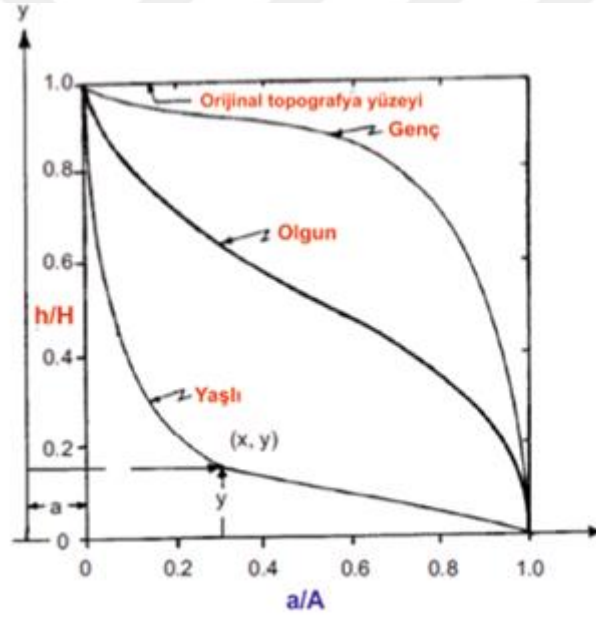
3.3. Relief Morfometrik Özellikleri

Üçüncü grup morfometrik parametre olan relief morfometrisi, havzaların eğim ve yükseklik değerlerinin içinde bulunduğu üçüncü boyut özelliklerini kapsamaktadır. Bunlar Havza Reliifi (B_h), Relief Oranı (R_h) ve Hipsometrik İntegral (H_i)dir.

Relief oranı (R_h) bu, maksimum ve minimum havza reliefi arasındaki farkın, ana akarsu akışına paralel maksimum havza uzunluğuna oranıdır 15 farklı nehir havzasına uygulanan bu indisin, drenaj yoğunluğu, uzunluk oranı, askı yükü ve nehir yatağı eğimi arasında pozitif

bir ilişki göstermiştir. Ayrıca litolojik olarak homojen alanlarda çatallanma oranının yüksek olması relief oranının düşmesine neden olur ancak çatallanma oranı ile relief oranı arasında negatif bir ilişki vardır (Schumm, 1956).

Hipsometrik eğri (H_c) ve integrali (H_i), Bir drenaj havzasının toplam yüksekliğinin toplam alana bölünmesiyle hipometrik bir eğri elde edilir. Hipsometrik eğriler, havzanın iklimsel, yapısal ve litolojik özellikleri ve drenaj ağındaki erozyon faktörü süreçlerinin devam edip etmediği hakkında bilgi sağlar, Soil and Uniform, 2011; Aynı zamanda su toplama alanının (genç ve yaşlı) jeomorfik yüzeyi hakkında da bilgi sağlar. Hipsometrik integral 0-1 arasında bir değere sahiptir ve hipometrik eğrinin altındaki alan olarak ifade edilir. Hipsometrik integral değeri 0,6-1 arasında ise alanın genç, 0,35-0,6 arasında ise olgun, 0,3'ten küçük ise alanın eski bir alana sahip olduğu bilinmektedir (Şekil 3. 1) (Ramu ve Mahalingam, 2012).



Şekil 3. 1. Hipsometrik integral parametreleri. (Ramu ve Mahalingam, 2012).

Havza reliefi (B_h). Havzanın maksimum ve minimum kotları arasındaki fark olarak ifade edilir

$$B_h = H_{\text{mak}} - H_{\text{min}} \quad (3.5)$$

(3.5) Formülde; Havzanın en yüksek noktası (m): Havza en alçak noktası (m)dır.

Havza reliefi ve havza eğimi önemli hidrolojik parametrelerdir. Artan relief değerleri, daha dik yamaçlar ve yüksek dere yatak eğimlerine, akım toplanma zamanının azalmasıdır. Hidrolojik açıdan havza reliefi (Bh), bir drenaj ağının kurulması ve geliştirilmesi, yüzey akışı ve hacmi, atık toplama süresi ve taşkın tepe değerleri için önemlidir (Schumm, 1956; Pareta ve Mali, 2011).



Tablo 3. 1. Seçilen havzalara ait morfolometrik analiz sonuçları

	Çizgisel Morfolometri				Alansal Morfolometri				Relief Morfolometri	
	Çatalan ma Oranı	Akarsu Uzunluk Oranı	Tekstür Oranı	Drenaj Tekstür Oranı	Uzunluk Oranı	Havza Şekli	Gravelius İndeks	Akarsu Sıklığı	Havza Reliefi	Hipsometrik İntegral
Seyhan Havzası Göktaş2 HES	2,2	1,73	58,8	22,8	0,2	0,2	2,5	11,9	2367	0,5
Ceyhan Havzası Hacıninoğlu HES	1,7	2,13	34,3	11,2	0,3	0,8	1,84	5,5	1628	0,5
Yeşilirmak Havzası Kılınçkaya HES	2,3	4,4	34,9	10,04	0,3	0,1	1,9	6,02	1021	0,5
Çoruh Havzası Ayvalı HES	2,05	1,92	26,5	11,1	0,3	0,2	1,9	5,6	1870	0,4
Kızılırmak Havzası Kargı HES	2,01	1,89	15,58	11,8	0,19	0,1	3,2	5,9	1076	0,5
Susurluk Havzası Uluabat HES	1,9	1,88	25,4	12,1	0,3	0,2	2,04	6,3	2071	0,5
Aras Havzası Sefaköy HES	2,08	1,96	19,9	13,1	0,29	0,49	1,86	6,3	1103	0,5
Büyük Menderes Havzası Kemer HES	1,95	1,78	19,1	10,5	0,26	0,33	2,1	5,4	880	0,5
Batı Karadeniz Havzası Köprübaşı HES	2,1	1,91	14,8	11,75	0,3	0,5	1,8	5,5	1243	0,5
Doğu Akdeniz Havzası Gezende HES	1,85	1,78	77,49	23,08	0,28	0,14	2,01	12,42	1840	0,5
Seyhan Havzası Çatalan Barajı HES	1,94	1,92	72,88	23,14	0,27	0,31	2,04	11,89	468	0,5

Tablo 3. 1. (Devamı) Seçilen havzalara ait morfometrik analiz sonuçları

Çoruh Havzası Arkun HES	1,89	1,71	61,28	24,05	0,23	0,12	2,4	12,69	2156	0,5
Fırat Dicle Havzası Alkumru HES	1,87	1,75	82,2	24,07	0,28	0,29	1,96	12,86	1821	0,5
Antalya Havzası Oymapınar HES	1,94	1,82	86,1	26,07	0,31	0,37	1,96	13,45	1696	0,5
Sakarya Havzası Gökçekaya HES	1,92	1,87	70,6	31,6	0,2	0,15	2,93	16,47	1467	0,5

3.4. Havzaların Morfometrik özelliklerinin HES'e etkisi

Seçilen havzaların morfometrik özellikleri, havzalar üzerinde kurulmuş olan HES'lerin toplam üretim üzerindeki etkileri açısından değerlendirilmiştir. HES'lerin kurulu güçlerinin, Havzaların morfometrik parametrelerinin korelasyonu Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısına (r) göre değerlendirilmiştir. Havza parametrelerinin, üzerinde bulunduğu HES'lerin kurulu güçleri arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 3. 2 ve Tablo 3. 3 de verilmektedir.

Tablo 3. 2. Alanı 100-500 km² olan Havza Morfometrisi Parametreleri ile Kurulu Güçlerin Korelasyon Katsayıları (r)

	Havza Alanı	Yükseklik Farkı	Dizin sayısı	Yağış	Hipsometrik integral	Drenaj Tekstür oranı	Çatallanma Oranı	Akarsu sıklığı
Kurulu Güç	0,93	0,16	0,94	0,89	0,73	-0,25	-0,16	-0,08

Tablo 3. 3. *Alanı 500-650 km² olan Havza Morfometrisi Parametreleri ile Kurulu Güçlerin Korelasyon Katsayıları (r)*

	Havza Alanı	Yükseklik Farkı	Dizin sayısı	Yağış	Hipsometrik integral	Drenj Tekstür oranı	Çatallanma Oranı	Akarsu sıklığı
Kurulu Güç	0,45	0,16	0,67	0,35	0,73	-0,2	-0,18	-0,19

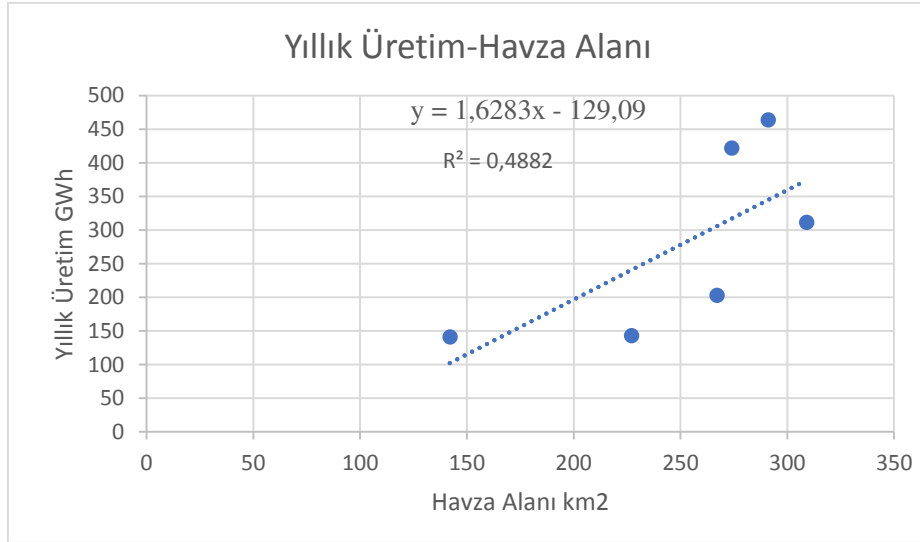
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

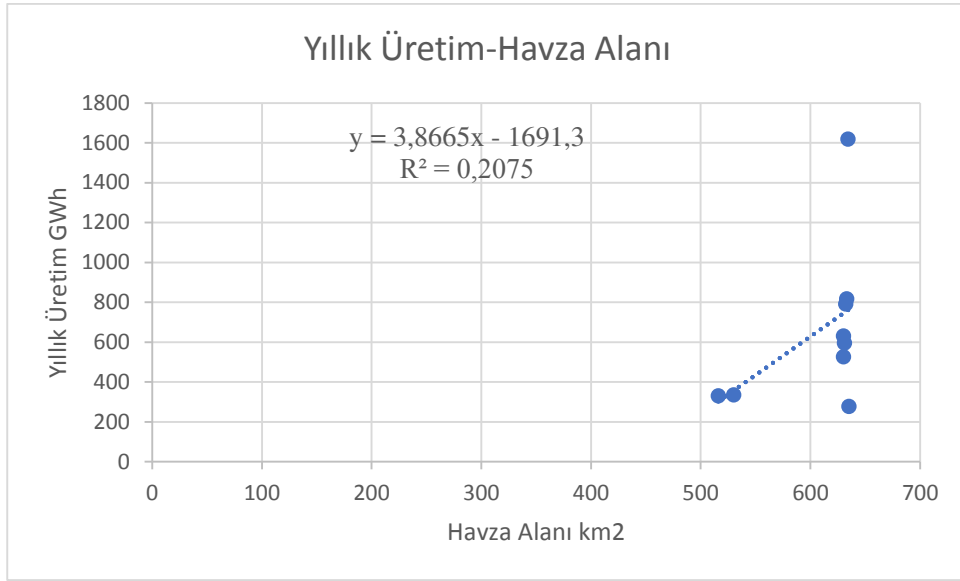
Her geçen gün dünya çapında artan enerji talebine cevap vermek için enerji üretim tesislerine olan ihtiyaç bu oranda artacaktır. Hayatımız büyük bir sorunu olan küresel ısınma ve çevresel faktörler göz önüne alındığında, enerjinin temiz ve verimli bir şekilde temin sağlanması en önemli ilkedir.

Yaptığımız olan çalışmada Türkiye'nin 15 havzasının morfometrik özellikleri sayısal yükseklik modeli elde edilmiş ve üzerinde bulunan HES'lerin ortalama yıllık üretimleri ile karşılaştırılmıştır. Bu havzalar Türkiye'nin çeşitli bölgelerine ait havzalardır ve rassal olarak seçilmiştir.

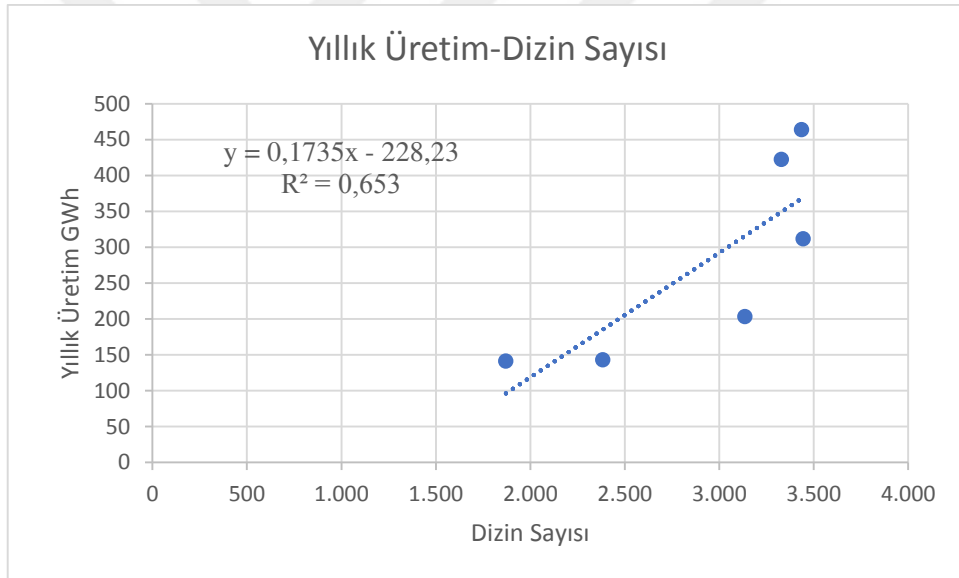
Buna göre kurulu güç üzerinde pozitif parametre Havza alanı ve Dizin sayısı (Şekil 4. 1, 4. 2, 4. 3, 4. 4) havza alanı 100-500 olan havzaları için negatif parametreler Çatallanma oranı ve Akarsu uzunluğu iken (Şekil 4. 5, 4. 6) havza alanı 500-650 olan havzaların Çatallanma oranı ve Akarsu uzunluğu farklıdır. (Şekil 4. 7, 4. 8). Buna sebep olarakta havza alanlarının büyük olmasıdır. HES'lerin üretimlerinde Havza alanı ve dizin sayısı birbiri ile yüksek pozitif korelasyon göstermektedir. Diğer taraftan yıllık ortalama üretimlerin hipsometrik integral ile de pozitif olarak ilişkili olduğu gözlenmektedir. Diğer bir deyişle, havza alanının büyüklüğü dışında havzadaki düşüm farkıda üretimi etkilemektedir.



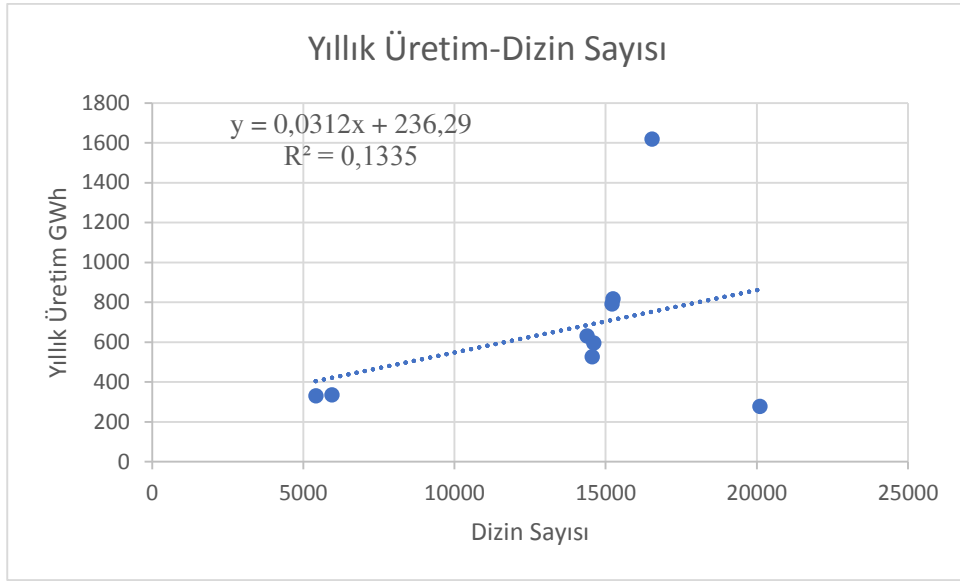
Şekil 4. 1. Alanı 100-500 km² olan Havzaların Yıllık Üretim ve Havza alanının karşılaştırılması



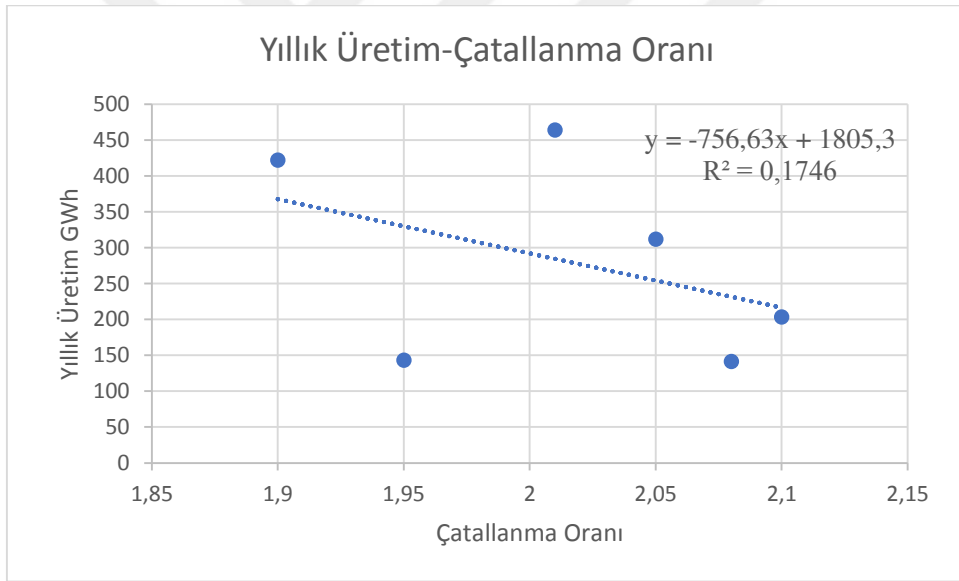
Şekil 4. 2. Alanı 500-650 km² olan Havzaların Yıllık Üretim ve Havza alanının karşılaştırılması



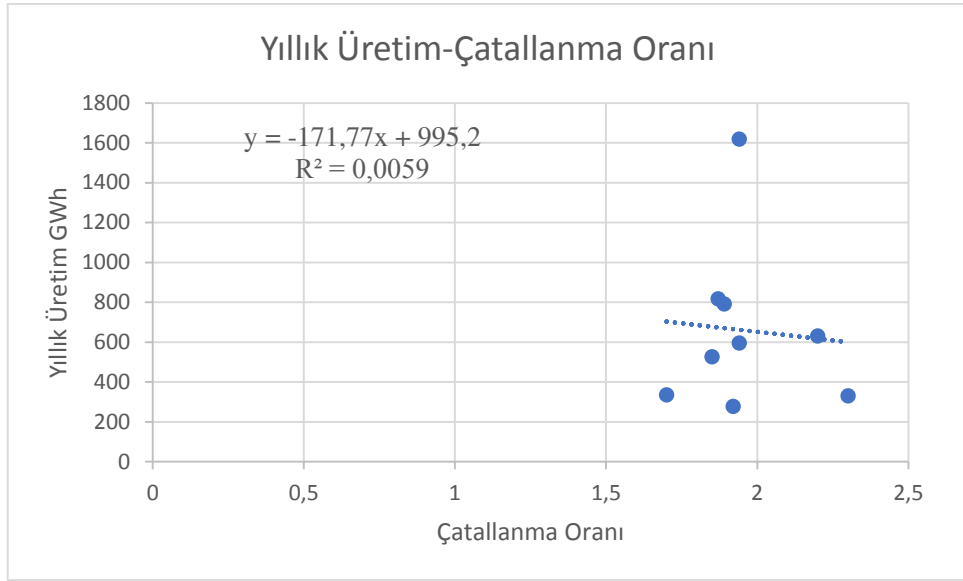
Şekil 4. 3. Alanı 100-500 olan Havzaların Yıllık Üretim ve Dizin sayısı Karşılaştırılması



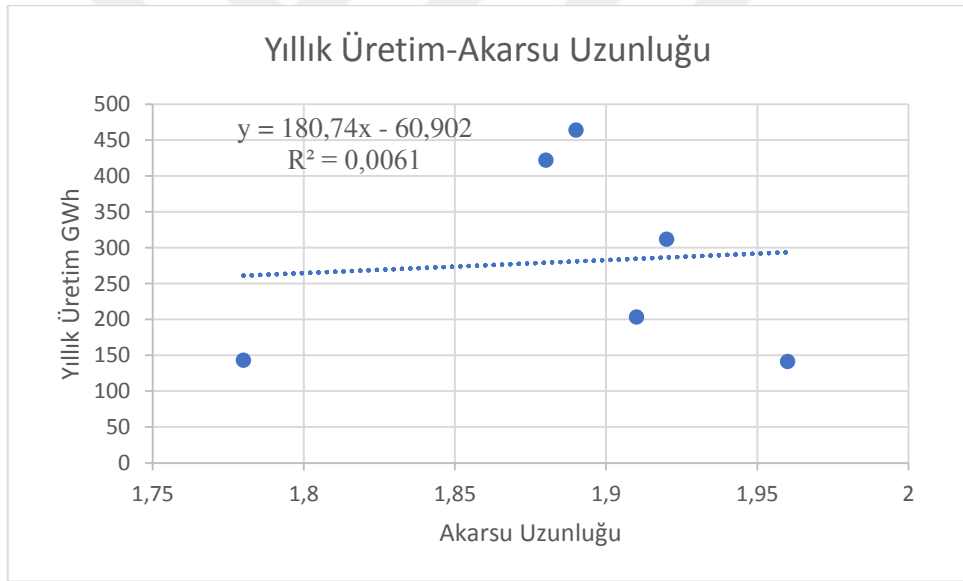
Şekil 4. 4. Alanı 500-650 olan Havzaların Yıllık Üretim ve Dizin sayısı Karşılaştırılması



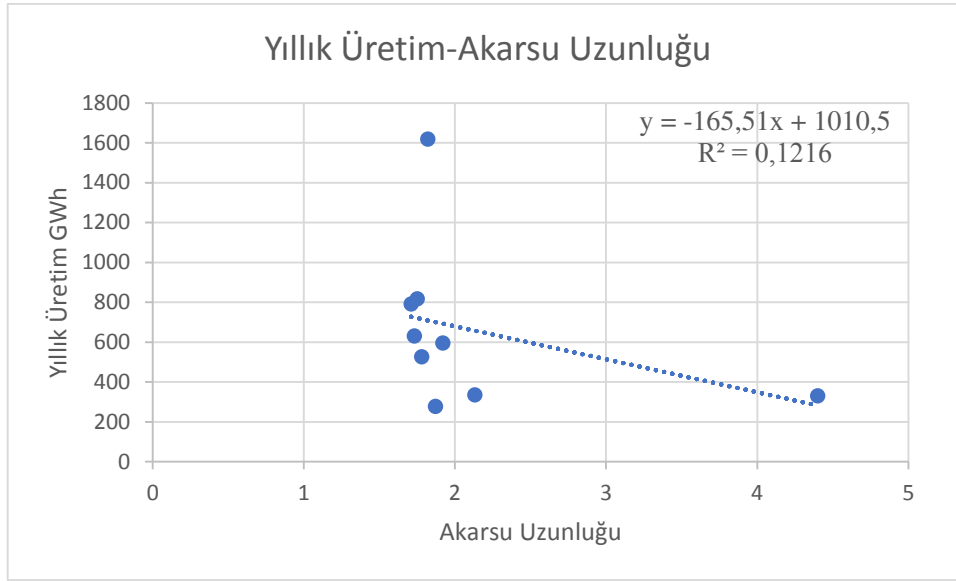
Şekil 4. 5. Alanı 100-500 olan Havzaların Yıllık Üretim ve Çatallanma Oranı Karşılaştırılması



Şekil 4. 6. Alanı 500-600 olan Havzaların Yıllık Üretim ve Çatallanma Oranı Karşılaştırılması



Şekil 4. 7. Alanı 100-500 olan Havzaların Yıllık Üretim ve Akarsu Uzunluğu Karşılaştırılması



Şekil 4. 8. Alanı 500-600 olan Havzaların Yıllık Üretim ve Akarsu Uzunluğu Karşılaştırılması

Bu çalışma, herhangi bir havzada hidroelektrik enerji üretimi için baraj planlamasının coğrafi bilgi sistemleri teknolojisi kullanılarak karar verilmesinin daha pratik ve hızlı sonuçlar elde edilmesinin daha uygun olduğunu göstermiştir.

CBS, havza morfometrisi analiz etmek ve değerlendirmek kolay kullanım kolaylığı sağladı. Bu nedenle hem morfometrik parametrelerin hesaplanması hem de havzalar ve HES'ler arasında değerlendirmeler Mekansal dağılım açısından bu tip Araştırmalarda büyük kullanım kolaylığı sağlar.

4.2. Öneriler

Havza alanı ve Hipsometrik eğri, Bir havza üzerinde kurulacak HES'lerin güçleri ile doğrudan ilişkilidir. Bu çalışma Havzalar üzerine kurulacak HES'lerin özelliklerin belirlenmesine ön bir fikir vermesi açısından kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu kapsamda Havza alanı ile Toplam yıllık üretim arasında alanı 100-500 olan havzalar için $y = 1,6283x - 129,09$, alanı 500-650 olan havzalar için $y = 3,8665x - 1691,3$ şeklinde bir korelasyon eşitliği elde edilmiştir. Bu eşitliğin daha kesin sonuç vermesi için daha fazla ve alanları arasındaki farkı büyük olmayan havzaların morfometrik özelliklerinin elde edilip, HES'lerin toplam yıllık üretimleri ile karşılaştırılması gerekmektedir.

Havzalar üzerinde kurulan HES'ler havzaların morfometrik özellikleri dikkate alınarak tasarlanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Horton, R. E. (1932). Drainage- basin characteristics. *Eos, transactions american geophysical union*, 13(1), 350-361.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological society of America bulletin*, 67(5), 597-646.
- Pike, R. J., & Wilson, S. E. (1971). Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis. *Geological Society of America Bulletin*, 82(4), 1079-1084.
- Patton, P. C. (1988). Drainage basin morphometry and floods. *Flood Geomorphology. John Wiley & Sons New York*. 1988. p 51-64. 11 fig, 1 tab, 67 ref.
- Fraenkel, P., Paish, O., Harvey, A., Brown, A., Edwards, R., & Bokalders, V. (1991). Micro-hydro power.
- Denizman, C. A. N. (2003). Morphometric and spatial distribution parameters of karstic depressions, Lower Suwannee River Basin, Florida. *Journal of cave and karst studies*, 65(1), 29-35.
- Goudie, A. G. (2004). *Encyclopedia of geomorphology* (Vol. 2). Psychology Press.
- Karabulut, Y. (2004). Türkiye’de elektrik enerjisi üretimi. *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 3, 58.
- Sucu, S., & Dinç, T. (2008). Coruh havzası projeleri. *TMMOB*, 2, 33-38.
- Yontar, B. (2009). *Aras Havzası ’nda yayılı kirletici kaynakların belirlenmesi ve yönetim önerileri (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü)*.
- Bilen, O. (2009). Türkiye’nin su gündemi: su yönetimi ve AB su politikaları. *Devlet Su İşleri, Ankara*.
- Bahadır, M. (2011). Kızılırmak Nehri Akım Değişimlerinin İstatistiksel Analizi. *Electronic Turkish Studies*, 6(3).
- Magesh, N. S., & Ch, N. (2012). A GIS based automated extraction tool for the analysis of basin morphometry. *Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science*, 2 (Special Issue Special Issue on Geospatial Technology Development in Natural Resource and Disaster Management), 32-35.

- Ramu, M., & Mahalingam, B. (2012). Hypsometric properties of drainage basins In Karnataka using geographical information system. *NY Sci J*, 5, 156-158.
- Aydin, O., & Çiçek, İ. (2013). Ege Bölgesi'nde yağışın mekânsal dağılımı. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 11(2), 101-120.
- Çelebi, A., & Özdemir, S. (2013) Sakarya İli Ölçeğinde Su Varlığı, Projeksiyonu ve Sürdürülebilir Su Yönetimi.
- Bağdatlı, C., & Öztürk, B. (2014). Havza morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) etkin rolü. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(1), 11-19.
- Özpolat, E., & Demir, T. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama yöntemleriyle kıyı çizgisi değişimi belirleme: Seyhan Deltası. *Xvi., Akademik Bilişim, Mersin Üniversitesi, Mersin*.
- Kızılelma, Y., Çelik, M., & Karabulut, M. (2015). İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağışların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (64), 1-10.
- Yüce, M. İ., & Ercan, B. (2015). Kızılırmak Havzası Yağış-Akış İlişkisinin Belirlenmesi. 4. *Su Yapıları Sempozyumu*, 19-21.
- Macana, E., & Yeşilirmak, E. (2015). Büyük Menderes Havzasında Ortalama, Maksimum ve Minimum Sıcaklık Eğilimleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1), 73-80.
- Şeker, M. (2015). *Antalya Havzası'nın taşkın frekans analizi* (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ürker, O., & Çobanoğlu, N. (2017). Türkiye'de hidroelektrik santraller'in durumu (HES'ler) ve çevre politikaları bağlamında değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2).
- Dağhan, M. M. (2018). *Hidroelektrik enerji üretim için baraj yeri seçiminde coğrafi bilgi*

sistemlerinin (CBS) kullanılması ve uygulamaları (Seydisuyu havzası) (Master's thesis, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Utlı, M ve Özdemir, H. (2018). Havza morfometrik özelliklerinin taşkın

üretmedeki rolü Biga Çayı havzası örneği. *Coğrafya Dergisi*, (36), 49-62.

Keskin, M. E., Çakto, İ., Çetin, V., & Bektaş, O. (2018). Doğu Anadolu Bölgesi Sıcaklık ve Yağış Trend Analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(2), 294-300.

Elçi, B. (2019). *Cizre ilçesi'Nin Fiziki Coğrafyası* (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).

Dinç, B. (2019). *Yeşilirmak Havzası kıyı şeridi nehir ve deniz sedimanlarında öncelikli kalıcı organik kirleticilerin değerlendirilmesi (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).*

Akay, H., & Baduna Koçyiğit, M. (2020). Hydrologic Assessment Approach for River Bridges in Western Black Sea Basin, Turkey. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 34(1), 04019090.

Tokgöz, S., & Partal, T. (2020). Karadeniz Bölgesinde yıllık yağış ve sıcaklık verilerinin yenilikçi şen ve mann-kendall yöntemleri ile trend analizi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(2), 1107-1118.

Ödeker, B., & Türkoğlu, N. (2020). Sabuncular Deresi Havzası'nın (Rize/Çayeli) Morfometrik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 60(1), 14-38.

Koçyiğit, M. B., Akay, H., & Babaiban, E. (2021). Temel bileşen analizi kullanılarak Doğu Akdeniz Havzası ani taşkın potansiyelinin morfometrik yaklaşımla değerlendirilmesi. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 36(3).

İNTERNET KAYNAKLARI

<https://data.humdata.org/>

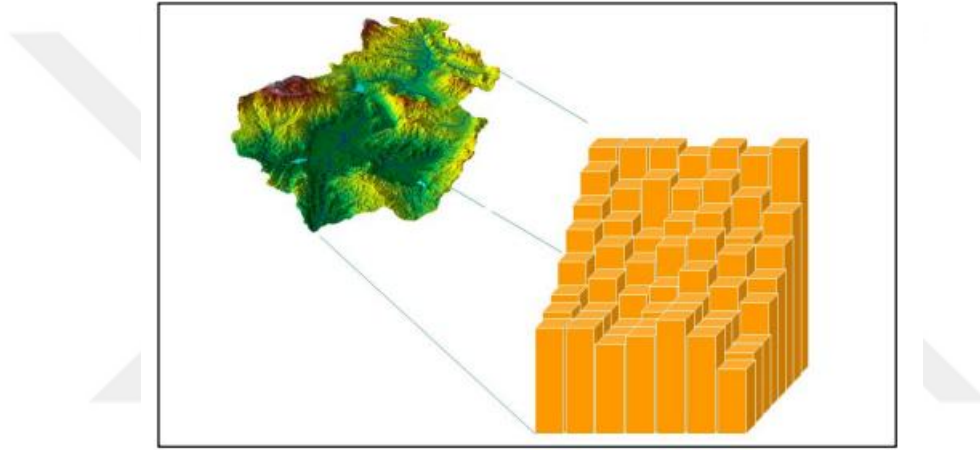
<https://earthexplorer.usgs.gov/>



EKLER

Havzaların Morfometrik Özelliklerinin ArcGIS Yardımıyla Hesaplanması

Sayısal Yükseklik Modeli – SYM (Digital Elevation Model - DEM) Bir sayısal yükseklik modeli (DEM) yeryüzünün sürekli bir biçimde değişen topografik 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 (GÜREŞCİ. N. G vd., 2012).



EK-1 DEM'in hücresel boyutu

Önce havza sınırları için havzaya ait akarsu çizilir ve dem haritası çağrılıp akarsuya göre kesilir daha sonra arcgiste aşağıdaki aşamalar gerçekleşir:

SPEATİAL ANALİST TOOLS

HYDROLOGY

FILL

FLOW DIRECTION : FILL

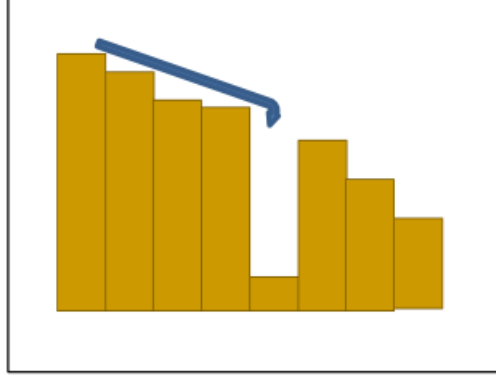
FLOW ACCUMULATION : FLOW DİRC

STREAM ORDER : FLOWACC: FLOWDİR

STREAM TO FEATURE : STREAM O : FLOWDİR

Boşlukları doldurulma (fill) Topografik vektör haritalardan oluşturulan sayısal yükseklik modeli kusurlu yapıya sahip olabilir. Modelde oluşabilecek kusurlar örneklendirilebilir. Örneğin, bir raster hücrenin etrafını çevreleyen diğer raster hücrelere göre

daha düşük yükseklik değerine sahip ola bilmesi durumunda akışa yönüne engel oluşturacak bir durum ortaya çıkar.



EK-2 DEM’de oluşabilen boşluk

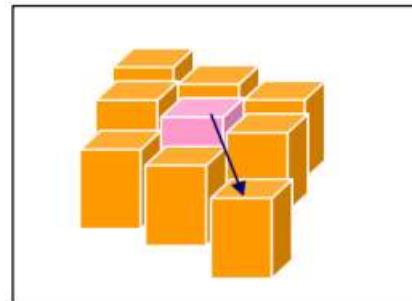
Yüzey akışını engelleyecek kusurlar ortadan kaldırılmaz ise araştırma sahasında gerçekleştirilecek analizlerden doğru sonuçlar almak pek mümkün olmayacaktır. Doğru sonuçlar elde edebilmek için analizlere başlamadan önce boşlukları doldurma işlemi yapılması gerekir. Boşlukları doldurma fonksiyonu modeldeki kusurlu yapıyı onarmak için yükseklik değerlerini tekrardan revize eder.

Boşlukları doldurmak için ArcGIS yazılımında kullanılacak olan işlem sırası aşağıdaki gibidir.

ArcToolbox→Spatial Analyst→Hydrology→Fill komutu işlenir.

Akım yönünü belirleme (flow direction) Akım yönü belirleme işlemi ve kusurları onarılmış SYM’deki raster piksellerindeki yükseklik değerleri incelenerek akım yönü hesaplayır. Pikselde yer alan kot ölçümleri, bu piksele komşu 8 pikseldeki yükseklik değeri en yüksek olandan en düşük olana doğru su akım yönünü göstermektedir.

77	66	59
63	54	47
68	65	32

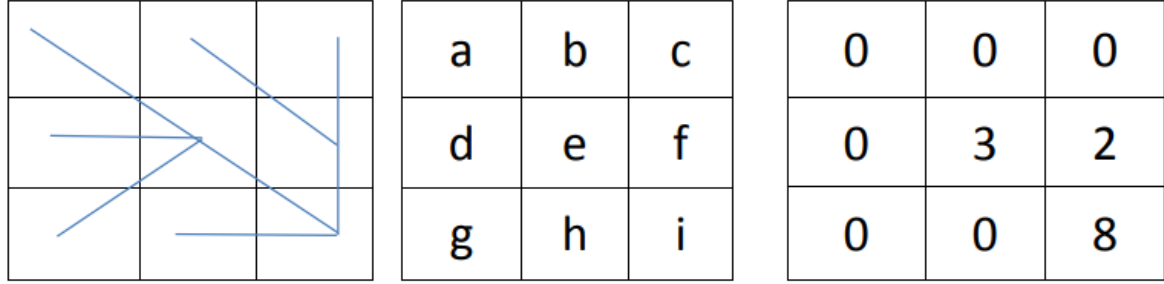


EK-3 Su akış yönü

Akım yönünü belirlemek için ArcGIS yazılımında kullanılacak komut dizesi aşağıdaki gibidir.

ArcToolbox→Spatial Analyst→Hydrology→Flow Direction komutu seçilir.

Kümülatif akım hesaplama (flow accumulation) Kümülatif akım hesaplamada bir piksele ait su toplama alanında bulunan hücre sayısının toplamını kullanılır. Böylelikle su toplama alanı ve nehir yan kolları ortaya çıkar. ArcGis yazılımında yakınlaştırma yapılarak ortaya çıkan su toplama alanları ve nehir yan kolları görülebilir hala gelir. a, b, c, d, g ve h hücrelerine (Şekil 8b) doğru akım oluşmayacağından bu hücrelere 0 girilir. e hücrelerine 3 hücreden, f hücrelerine ise 2 hücreden akış olmaktadır. i hücrelerine ise en düşük yükseklik değerine sahip olduğundan 8 hücreden akış gerçekleşmektedir. Böylece her bir hücrenin su toplama alanında kalan hücre sayısı belirlenir.



EK-4 Kümülatif akım yönü

Kümülatif akım hesapları yapabilmek için ArcGIS yazılımında kullanılacak komut dizesi aşağıdaki gibidir.

ArcToolbox→Spatial Analyst→Hydrology→Flow Accumulation komutu seçilir.

Nehirlerin düzenlenmesi (stream order: akarsu mertebesi) Nehirlerin düzenlenmesi için bir önceki adımda oluşturduğumuz Con haritası kullanılır. Conditional haritası 500'den büyük piksel değerlerinin tek renk olduğu haritadan çizgisel veriler elde ettiğimiz bir haritadır. Detaylı bir inceleme yapıldığında Con haritası doğrusal numaralanmış piksel verilerinde çizgisel ağlanma gösteren bir yapı ortaya çıkmıştır.

Nehirlerin düzenlenmesi için ArcGIS yazılımında kullanılması gereken komut dizini aşağıdaki gibidir.

ArcToolbox→Spatial Analyst→Hydrology→Stream Order komutu işlenir.

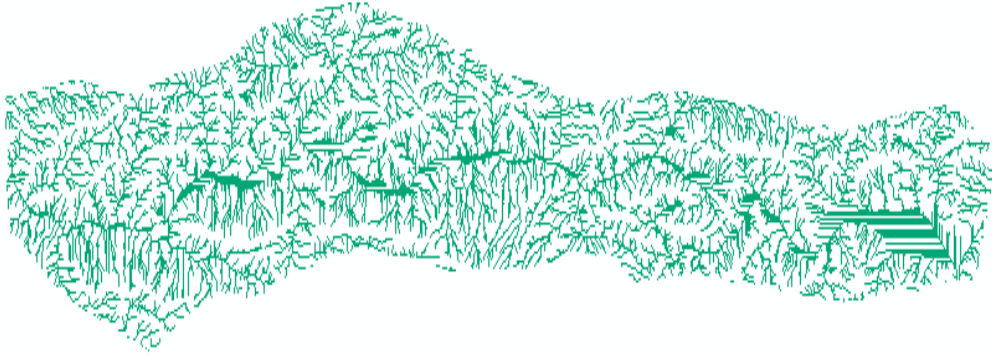
sondaki 2 koyu mavi ana akarsu

sondan 2. 1 normal mavi çay

sondan 3. 0,5 açık mavi dere

sondan 4. 0,5 kesik mavi mevsimlik akarsu

Örnek; Sakarya Havzası



Havza Sınırları Belirleme

Selecty by attributes

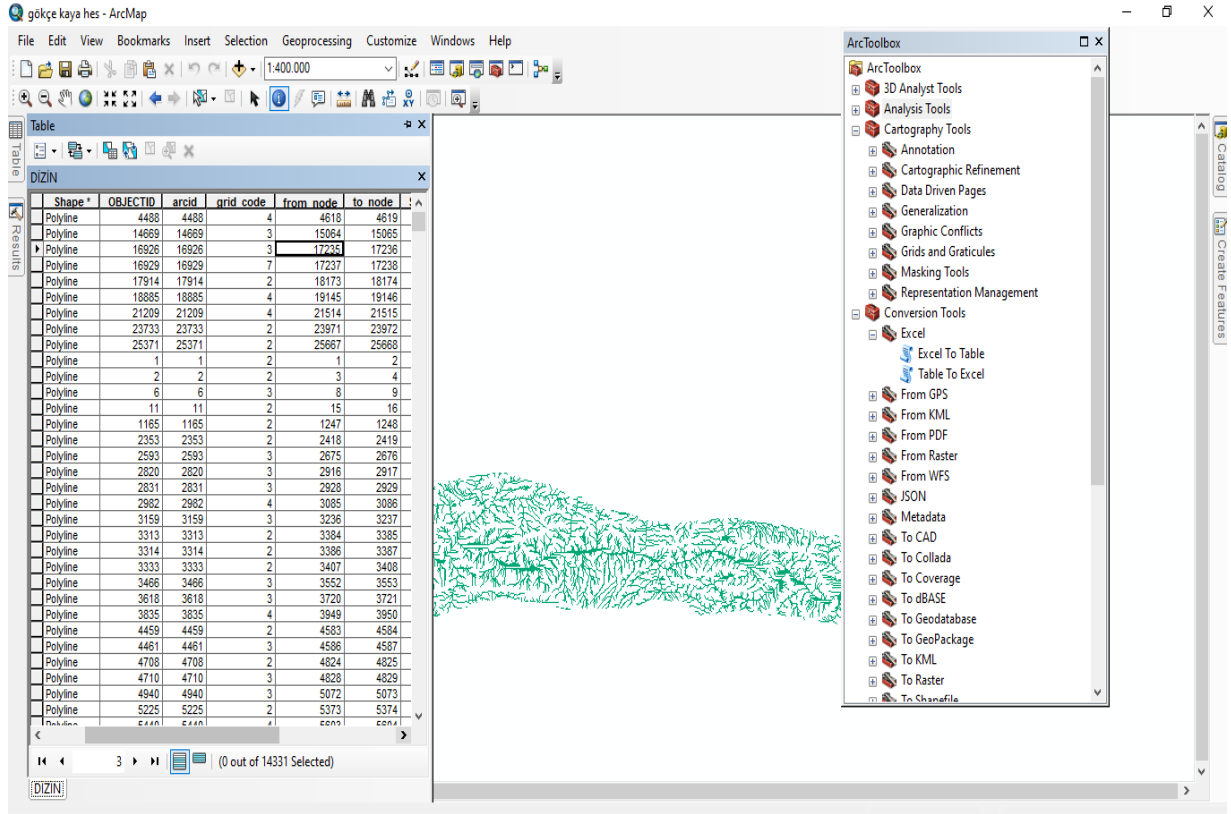
StreamT_streamO7: Grid_code) İstenen sayı

Export_data

Basin: FlowDirCONVERSION TOOLS

From Raster

Raster To Polygon



Daha sonra bu tablo Excel'e taşınarak hesaplanır.