

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BATI AKDENİZ BÖLGESİ AKARSULARININ AKIM
KARAKTERİSTİKLERİNİN HAVZA FİZYOGRAFİK
PARAMETRELERİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUSTAFA DOĞMAZ

DENİZLİ, OCAK - 2018

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BATI AKDENİZ BÖLGESİ AKARSULARININ AKIM
KARAKTERİSTİKLERİNİN HAVZA FİZYOGRAFİK
PARAMETRELERİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUSTAFA DOĞMAZ

DENİZLİ, OCAK - 2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Mustafa DOĞMAZ tarafından hazırlanan “BATI AKDENİZ BÖLGESİ AKARSULARININ AKIM KARAKTERİSTİKLERİNİN HAVZA FİZYOGRAFİK PARAMETRELERİ İLE BELİRLENMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 05.01.2018 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Prof. Dr. Abdullah Cem KOÇ



Üye

Doç. Dr. Ceyhun ÖZÇELİK

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi



Üye

Doç. Dr. Fatih DİKBAŞ

Pamukkale Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 31/01/2018.. tarih ve 05/15 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.


MUSTAFA DOĞMAZ

ÖZET

BATI AKDENİZ BÖLGESİ AKARSULARININ AKIM KARAKTERİSTİKLERİNİN HAVZA FİZYOĞRAFİK PARAMETRELERİ İLE

BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUSTAFA DOĞMAZ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ABDULLAH CEM KOÇ)

DENİZLİ, OCAK - 2018

Ortalama debi ve en büyük debi, su yapılarının tasarımında kullanılan önemli iki akım karakteristiğidir. Bu değerler akım gözlem istasyonlarındaki gözlemlerden elde edilebilir. Ancak bütün akarsularda akım gözlem istasyonu bulunmamaktadır, bu durumda akım karakteristikleri komşu havzalardaki gözlemler kullanılarak tahmin edilir. Genellikle komşu havza ve debisi tahmin edilmek istenen havzanın alanlarının oranı bilgi transferinde kullanılır. Şüphesiz alan havzanın tüm karakteristik özelliklerini tek başına temsil edemez. Bu çalışma Batı Akdeniz akarsuları için uzun dönem ortalama debi ve en büyük anlık debi değerlerini hesaplayacak doğrusal ilişkileri bulmayı amaçlamaktadır. Doğrusal denklemler, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)'nden elde edilen havza fizyografik parametrelerini ve arazi kullanım oranlarını içerir. Çalışma için Batı Akdeniz Bölgesinden 30 adet havza seçilmiştir ve hepsi 30 metrelik (1 açısız saniye) SRTM SYM'den sınırlandırılmıştır. Tez kapsamında tüm havzalar için hesaplanan havza fizyografik parametreleri alan, çevre, ortalama yükseklik, havza ağırlık merkezi ve havza çıkış noktası arası uzaklık, ortalama havza eğimi, Strahler çatallanma değeri, kot-rölyef oranı, havza dairesellik oranı, ortalama profil eğriliği, akarsu ana kol uzunluğu, akarsu ana kol kuş uçuşu uzunluk, akarsu kıvrımlılığı (sinüzoite), akarsu toplam kol uzunluğu, engebelilik (Ruggedness) indeksi, arazi kullanımını temsil etmek üzere yerleşim, tarım, orman, maki ve açık alan oranları kullanılmıştır. Son olarak dört ana yön (kuzey, doğu, güney ve batı) için bakı değerlerinden elde edilen oranlar kullanılmıştır. Akım karakteristikleri ile fizyografik parametreler ve arazi kullanım oranları arasındaki ilişkiler çoklu doğrusal regresyon analizi ile incelenmiştir. Regresyon analizinde önce parametrelerin kendi değerleri kullanılmış daha sonra doğrusallaştırma için küp köklerinin tersleri ile aynı analiz tekrar edilmiştir. Geriye Doğru Adım Adım Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi ile regresyon modelleri elde edilmiştir. En iyi çoklu doğrusal regresyon modeli, determinasyon katsayısı, düzeltilmiş determinasyon katsayısı ve tahminin standart hatası değerleri kullanılarak belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Batı Akdeniz Havzası, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Havza Fizyografik Parametreleri, Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

ABSTRACT

DETERMINATION OF STREAM FLOW CHARACTERISTICS OF WESTERN MEDITERRANEAN REGION USING BASIN PHYSIOGRAPHIC PARAMETERS

MSC THESIS

MUSTAFA DOĞMAZ

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CİVİL MÜHÜRİNG

(SUPERVISOR:PROF. DR. ABDULLAH CEM KOÇ)

DENİZLİ, JANUARY 2018

The average and the maximum flow rates are two important flow characteristics used in the design of water structures. These values can be obtained from observations at stream gauging stations. However, in all streams there is no stream gauging station, this case, stream flow characteristics are estimated using observations in neighboring basins. Generally, the neighboring basin and its flow rate are used transferring information of the ratio of basin areas to be estimated. There is no doubt that the area cannot represent all the characteristics of the basin alone. The aim of this study is to find the linear relationships that will calculate the values of long-term average flow rate and the maximum instantaneous flow rate for the Western Mediterranean streams. Linear equations include basin physiographic parameters obtained from the Digital Elevation Model (DEM) and land use rates. For the study, 30 basins from the Western Mediterranean Region were selected and all were limited to 30 m (1 angular second) SRTM SYM. Within the scope of the thesis, settlement, agriculture, forest, scrub and open area ratios were used and the basin physiographic parameters calculated for all basins are taken as follows: area, environment, average altitude, distance between basin gravity center and basin exit point, average basin slope, Strahler bifurcation value, elevation-relief ratio, basin circularity ratio, average profile curvature, the length of the main stream, the straight length between the starting point of the main stream and pour point of the watershed, the sinuosity of the main stream, the total branch length of the stream, the Ruggedness index. Finally, the ratios obtained from the aspect values were used for the four main directions (north, east, south and west). The relations between stream characteristics, physiographic parameters and land use rates were investigated by multiple linear regression analysis. In the regression analysis, the own values of the parameters were used first, and then the same analysis was repeated with the inverse of the cube roots for linearization. The regression models were obtained by using the Backward Stepwise Multiple Linear Regression Method. The best multiple linear regression model was determined by using determination coefficient, adjusted determination coefficient and estimated standard error.

KEYWORDS: Western Mediterranean Basin, Geographical Information Systems, Basin Physiographic Parameters, Multiple Linear Regression Analysis

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı.....	1
1.2 Literatür Bilgisi	2
2. MATERYAL VE YÖNTEM	6
2.1 Seçilen Havzalar	6
2.2 CBS Analizi	6
2.2.1 SYM'nin Hazırlanması.....	9
2.2.2 Çukursuz SYM Oluşturulması	9
2.2.3 Akım Yönü	10
2.2.4 Akım Toplama.....	12
2.2.5 Havza Çıkış Noktası	14
2.2.6 Havza Sınırlarının Çizilmesi	17
2.2.7 Havzanın Diğer Tabakalardan Ayrılması	19
2.3 Havza Fizyografik Parametrelerinin Belirlenmesi.....	22
2.3.1 Havza Alanının Poligona Çevrilmesi	23
2.3.2 Havza Alanı	23
2.3.3 Havza Çevre Uzunluğu.....	25
2.3.4 Havza Ağırlık Merkezinin Havza Çıkış Noktasına Uzaklığı	26
2.3.5 Eğim (SLP).....	28
2.3.6 Bakı.....	30
2.3.7 Ortalama Yükseklik ve Kot-Rölyef Oranı.....	33
2.3.8 Akarsu Çatallanma Değeri.....	34
2.3.9 Akarsu Ana Kol Uzunluğu	37
2.3.10 Akarsu Ana Kol Kuş Uçuşu Uzunluğu.....	39
2.3.11 Sinüzoite	40
2.3.12 Toplam Kol Uzunluğu	40
2.3.13 Eğrilik	41
2.3.14 Havza Dairesellik Oranı.....	42
2.3.15 Havza Engebelilik Göstergesi (Ruggedness Index).....	43
2.3.16 Arazi Kullanımı	43
3. REGRESYON ANALİZİ.....	47
3.1 GENEL BİLGİLER	47
3.1.1 Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler	47
3.1.2 Regresyon Analizinin Amacı.....	47
3.1.3 Bağımlı ve Bağımsız Değişkenlerin Seçimi.....	48
3.1.4 Regresyon Sonuçlarının Genellenebilirliği ve Gözlem Sayısı	48
3.2 Çoklu Doğrusal Regresyon	49

3.2.1 Bağımsız Değişkenlerin Modelden Çıkarılması - Geriye Doğru Adım Adım Çoklu Doğrusal Regresyon	49
3.2.2 Regresyon Modelinin Performans Analizi	50
3.2.2.1 Determinasyon (Belirlilik) Katsayısı (R^2) ve Düzeltilmiş Belirlilik Katsayısı (R^2_{adj})	51
3.2.2.2 Tahminin Standart Hatası (SEE)	51
4. BULGULAR	53
4.1 Batı Akdeniz Havzalarının Fizyografik Parametreleri	53
4.2 Regresyon Analizi Bulguları	62
4.3 Alan ve Arazi Kullanım Oranları Kullanılarak Yapılan Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli	67
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	69
6. KAYNAKLAR	70
7. EKLER	73
EK A. Saçılım Grafikleri	73
8. ÖZGEÇMİŞ	83

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Tez kapsamındaki havzaların genel yerleşim planı	8
Şekil 2.2: Tez kapsamındaki havzaların akım gözlem istasyonu numaraları ve akarsular	8
Şekil 2.3: Batı Akdeniz bölgesinin sayısal yükseklik modeli	9
Şekil 2.4: <i>Fill</i> komutunun parametreleri	10
Şekil 2.5: <i>Flow Direction</i> komutunun parametreleri	11
Şekil 2.6: Akım yönünü belirten kod numaraları	11
Şekil 2.7: Batı Akdeniz Bölgesi'nin akım yönleri haritası	12
Şekil 2.8: <i>Flow Accumulation</i> komutunun parametreleri	13
Şekil 2.9: Batı Akdeniz Bölgesi'nin bir bölümünün akım toplama haritası	14
Şekil 2.10: 802 numaralı akım gözlem istasyonunun bulunduğu yerin uydu görüntüsü	16
Şekil 2.11: 802 numaralı akım gözlem istasyonunun yeri	17
Şekil 2.12: <i>Snap Pour Point</i> komutunun parametreleri	17
Şekil 2.13: <i>Watershed</i> komutunun parametreleri	18
Şekil 2.14: 802 numaralı havzanın sınırları	19
Şekil 2.15: <i>Extract by Mask</i> komutunun parametreleri	20
Şekil 2.16: 802 nolu havzanın sayısal yükseklik modeli haritası	20
Şekil 2.17: 802 nolu havzanın akım yönü haritası	21
Şekil 2.18: 802 nolu havzanın akım toplama haritası	21
Şekil 2.19: <i>Raster to Polygon</i> komutunun parametreleri	24
Şekil 2.20: Havzanın poligona çevrilmesi	24
Şekil 2.21: Poligon formatındaki havza alanının hesap adımları	25
Şekil 2.22: Poligon formatındaki havza çevresinin hesap adımları	26
Şekil 2.23: Havza çıkış noktası ve ağırlık merkezinin koordinatlarının bulunması	27
Şekil 2.24: 3x3'lük raster hücresi modeli	28
Şekil 2.25: <i>Slope</i> komutunun parametreleri	29
Şekil 2.26: 802 nolu havzanın eğim haritası	30
Şekil 2.27: <i>Aspect</i> komutunun parametreleri	31
Şekil 2.28: <i>Int</i> komutunun parametreleri	32
Şekil 2.29: 802 nolu havzanın Bakı haritası	32
Şekil 2.30: 802 nolu havzanın sayısal yükseklik modelinin istatistikleri	34
Şekil 2.31: <i>Stream Order</i> komutunun parametreleri	35
Şekil 2.32: 802 nolu havzada <i>SetNull</i> işlemi	36
Şekil 2.33: 802 nolu havzanın Strahler çatallanma değerleri	37
Şekil 2.34: Raster tabakayı vektör formatına dönüştürme işleminin parametreleri	38
Şekil 2.35: 802 nolu havzanın vektör formatına çevrilmiş akarsuları	38
Şekil 2.36: 802 nolu havzanın kol uzunlukları	39
Şekil 2.37: 802 nolu havzanın akarsu ana kol kuş uçuşu uzunluğu	40
Şekil 2.38: <i>Curvature</i> komutunun parametreleri	41

Şekil 2.39: 802 nolu havzanın profil eğrilik (profile curvature) haritası	42
Şekil 2.40: Batı Akdeniz Bölgesi arazi kullanımı haritası	44
Şekil 2.41: 802 nolu havzanın arazi kullanımı haritası	46
Şekil 4.1: Q_{maks} için regresyon modellerinin performans göstergeleri.....	65
Şekil 4.2: Q_{ort} için regresyon modellerinin performans göstergeleri	65
Şekil 4.3: Q_{maks} için regresyon modellerinin performans göstergeleri.....	67
Şekil 4.4: Q_{ort} için regresyon modellerinin performans göstergeleri	67



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Akım gözlem istasyonlarının DSİ ve EİE akım yıllıklarına göre bilgileri.....	7
Tablo 2.2: Havza fizyografik parametreleri ve arazi kullanım oranları.....	22
Tablo 2.3: Bakı açılarına göre yönler.....	32
Tablo 2.4: 802 nolu havzanın yönlere göre hücre sayıları.....	33
Tablo 2.5: 802 nolu havzanın ana yön hücre sayılarının toplam hücre sayısına oranı	33
Tablo 2.6: Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırması.....	44
Tablo 2.7: 802 no'lu havzanın arazi kullanım oranları	46
Tablo 4.1: Havza fizyografik parametrelerinin değerleri.....	54
Tablo 4.1: Havza fizyografik parametrelerinin değerleri (Devam)	55
Tablo 4.1: Havza fizyografik parametrelerinin değerleri (Devam)	56
Tablo 4.1: Havza fizyografik parametrelerinin değerleri (Devam)	57
Tablo 4.2: Havza fizyografik parametrelerinin küp köklerinin tersleri	58
Tablo 4.2: Havza fizyografik parametrelerinin küp köklerinin tersleri (Devam)	59
Tablo 4.2: Havza fizyografik parametrelerinin küp köklerinin tersleri (Devam)	60
Tablo 4.2: Havza fizyografik parametrelerinin küp köklerinin tersleri (Devam)	61
Tablo 4.3: Parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri ve Q_{maks} ve Q_{ort} ile aralarındaki Pearson korelasyon katsayıları	62
Tablo 4.4: Parametrelerin küpköklerinin terslerinin tanımlayıcı istatistikleri ve Q_{maks} ve Q_{ort} ile aralarındaki Pearson korelasyon katsayıları	63
Tablo 4.5: Parametrelerin orijinal değerleri ile yapılan regresyon analizinin sonuçları	64
Tablo 4.6: Parametrelerin küp köklerinin tersleri ile yapılan regresyon analizinin sonuçları	66
Tablo 4.7: Alan ve arazi kullanım oranları kullanılarak yapılan regresyon analizi sonuçları	68
Tablo EK A.1: Fizyografik Parametreler ve Arazi Kullanım Oranları ile Q_{maks} ve Q_{ort} arasındaki saçılım grafikleri	73

SEMBOL LİSTESİ

A	:	Havza alanı (km ²)
P	:	Havza çevre uzunluğu (km)
GL	:	Havza ağırlık merkezinin havza çıkış noktasına uzaklığı
SLP	:	Eğim
ASP	:	Bakı
STH	:	Strahler çatallanma Değeri
ZMEAN	:	Ortalama yükseklik
E	:	Kot-Rölyef oranı
Rc	:	Havza dairesellik oranı
PRFC	:	Havza Ortalama Profil Eğriliği
MAINL	:	Akarsu Ana Kol Uzunluğu
STRL	:	Akarsu Ana Kol Kuş Uçuşu Uzunluk
SIN	:	Sinüzoite
TOTL	:	Akarsu Toplam Kol Uzunluğu
RGD	:	Engebelilik İndeksi
YR	:	Yerleşim Oranı
TR	:	Tarım Oranı
OR	:	Orman Oranı
MR	:	Maki Oranı
AR	:	Açık Alan Oranı
KR	:	Kuzey Oranı
BR	:	Batı Oranı
GR	:	Güney Oranı
DR	:	Doğu Oranı
A₀	:	Çevresi havzanın çevre uzunluğuna eşit olan dairenin alanı
RSS₁	:	Bir parametre çıkarıldıktan sonra kalan parametreler için hata kareleri toplamı
RSS₂	:	Bütün değişkenler için hata kareleri toplamı
R²	:	Çoklu belirlilik katsayısı
R²_{adj}	:	Çoklu düzeltilmiş belirlilik katsayısı
SEE	:	Tahminin standart hatası
k	:	Değişken sayısı
n	:	Gözlem, veri sayısı
x	:	Örneklemedeki bağımsız değişkenler
p	:	Parametre sayısı
β_k	:	Çoklu doğrusal regresyon denkleminin katsayılar
ŷ_i	:	y değişkeninin modelden elde edilen değeri

ÖNSÖZ

Bu tez Batı Akdeniz Bölgesi akarsuları için uzun dönem ortalama debi ve anlık maksimum debi değerlerini kestirebilmek amacıyla doğrusal denklemler elde etmek için hazırlanmıştır. Doğrusal denklemler, Sayısal Yükseklik Modelinden elde edilen havza fizyografik parametrelerini ve arazi kullanım oranlarını içermektedir. Bu çalışmanın hazırlanmasında katkıda bulunan tez danışmanım Prof. Dr. Abdullah Cem KOÇ'a ve sağladıkları katkılardan dolayı jüri üyeleri Doç. Dr. Ceyhun ÖZÇELİK'e ve Doç. Dr. Fatih DİKBAŞ'a teşekkür ederim.



1. GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı

Havza çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinden (CBS) yararlanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Bir havzanın CBS ortamında modellenmesi çalışmasına ilgili havzanın raster (mozaik) sayısal yükseklik modelinde (SYM) sınırlarının çizilmesi ve ana SYM paftasından ayrılması ile başlanır. Bu tezin amaçlarından birisi, ülkemizin 25 ana akarsu havzasından birisi olan 8 numaralı Batı Akdeniz havzasında bulunan ve Devlet Su İşleri (DSİ) ile kapatılan Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından işletilen 30 adet akım gözlem istasyonunu besleyen havzaların, CBS kullanılarak, SYM'lerinin elde edilmesidir. Böylece hem bu tezde hem de diğer hidrolojik çalışmalarda kullanılabilecek bir havza kütüphanesi oluşturulması amaçlanmıştır. Tezin bir diğer amacı da sayısal yükseklik modelleri bulunan bu 30 adet havzanın fizyografik parametrelerinin ve arazi kullanım oranlarının elde edilmesidir. Havza fizyografik parametreleri ve arazi kullanım oranları ile havzanın en önemli akım karakteristiklerinden olan ortalama debi ve gözlenmiş en büyük debi (rasat süresince ortalama ve azami akım) arasında doğrusal ilişki kurularak; üzerinde akım gözlem istasyonu olmayan benzer havzalar için kullanılabilecek denklemler elde edilmiştir. Tez kapsamında her bir havzaya ait 18 adet fizyografik parametre ve 5 adet arazi kullanım oranı hesaplanarak doğrusal modellerin elde edilmesinde kullanılmıştır. Tez kapsamında kullanılan havza fizyografik parametreleri ile arazi kullanım oranları, ortalama debi ve azami debinin tahmin edilmesinde literatürde de sıklıkla kullanılan parametreler arasından seçilmiştir.

Bölgesel ölçekteki jeomorfolojik çalışmalar fizyografi olarak adlandırılır. Fizyografik analiz, ele alınan yeryüzü bölgesinin fizyografik parametrelerinin büyüklük ve dağılım yönünden incelenmesidir. Fizyografik parametreler havzaların ayırt edici özelliklerindendir ve havza modellemelerinde diğer hidrolojik ve meteorolojik parametrelerle birlikte kullanılmalıdır.

Tezde esas olarak ArcGIS coğrafi bilgi sistemi programı havza fizyografik parametrelerini SYM'den elde etmek için kullanılmıştır. Bir havzanın fizyografik parametrelerini elde etmek isteyen araştırmacılar bölgenin sayısal yükseklik modelinden yola çıkarak şu işlem sırasını izlemelidirler:

Öncelikle ilgili havzayı içeren SYM paftalarını elde etmeleri ve eğer havza bu paftalardan bir tanesinin içinde kalmıyorsa birkaç paftayı birleştirmeleri gerekmektedir. Bundan sonra ilgilendikleri havzanın sınırlarını CBS programlarının yardımıyla çizmeleri gereklidir.

Literatürde de belirtildiği gibi ülkemizde SYM'leri kullanılarak havza fizyografik parametreleri ile ilgili yapılan çalışmalar yetersizdir. Mevcut çalışmalar genellikle bir havza için gerçekleştirilmiştir. Bölgesel veya ülke çapında bir çalışma çok azdır. Bu tez kapsamında çok sayıda havza fizyografik parametreleri ile arazi kullanım yüzdeleri debi tahmin modellemesinde beraber kullanılmıştır.

1.2 Literatür Bilgisi

Su kaynakları mühendisliğinde ve havza yönetiminde CBS' den yararlanılması 1970'li yıllara kadar gider. Ancak esas gelişme 2000 yılı Şubat ayında Uzay Mekiği Endeavour'un 11 günlük görevi sonucu Dünya'nın büyük bir kısmının (60° Kuzey ve 54° Güney paralelleri arası) SYM'nin elde edilmesi ve araştırmacıların kullanımına açılmasıyla gerçekleşmiştir. Havza çalışmalarında genellikle 90 m (30 açısall saniye) ve 30 m (1 açısall saniye) hücre büyüklüğü olan sayısal yükseklik modelleri kullanılmaktadır. 10 m hücre büyüklüğüne sahip SYM'ler yerleşim yerlerindeki küçük havzalar için modelleme çalışmalarında kullanılsa da daha büyük havzalar için fazla bilgisayar kapasitesine ihtiyaç duyulmaktadır. Verilerin yanı sıra bunları işleyecek olan yazılımların da 2000 yılından sonra hem sayısı hem de yetenekleri artmıştır.

SYM'nin su kaynakları mühendisliğinde genel kullanım alanları ile ilgili çok sayıda kitap yazılmıştır. Johnson (2009) ve Lyon (2003) gibi yazarların kitaplarında su kaynaklarının belli başlı konularında CBS ve uzaktan algılama yöntemlerinin kullanımı ile ilgili teorik bilgi, örnek uygulamalar yardımıyla verilmektedir. Bu

kitaplarda, SYM'den havzaların elde edilmesi ve havza fizyografik parametrelerinin hesaplanması hakkında kullanılan çeşitli yazılımlar da tanıtılmaktadır.

Tek bir havzada veya bölgesel ölçekte çok sayıda havzada yapılan jeomorfolojik çalışmalar sonucu elde edilen fizyografik parametrelerin kullanım alanları çok çeşitlidir. Belli bir bölgedeki havzaların fizyografik parametrelerinin karşılaştırmasını amaçlayan yayınlara örnek olarak, Miliaris ve Iliopoulou, 2004 verilebilir. Araştırmacılar İran'daki Zagros dağlık bölgesindeki dağların karakteristiklerini kümeleme ile sınıflandıran çalışmalarında bölgenin 1 km büyüklüğündeki SYM'den elde edilen yerel rölyef, ortalama eğim, hipsometrik integral gibi fizyografik parametreleri kullanmışlardır.

Çalışmaların bazılarında yağış-akış ilişkisini belirlemeye çalışan modellere havza fizyografik parametreleri de eklenmiştir. Berger ve Entekhabi, 2001'de yaptıkları çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nin çeşitli bölgelerinden 10 adet havzanın ortalama yüzey eğimi, rölyef oranı, drenaj yoğunluğu, ıslaklık indisi (wetness index) gibi fizyografik parametrelerinin akış oranı (akış/yağış) ile ilişkisini çoklu doğrusal regresyon ile belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu çalışmalarında 30 m hücre büyüklüğündeki SYM'den yararlanmışlardır.

Cheng vd. 2001'de Kanada Ontario'daki 322 akarsu havzasının Strahler çatallanma oranları ile alan, eğim, akarsu yoğunluğu vb. gibi 26 adet morfometrik parametre arasındaki ilişkiyi gösteren bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar bu çalışmalarında 30 m hücre büyüklüğüne sahip SYM'den morfometrik parametreleri ArcGIS programı yardımı ile elde etmişlerdir.

Sanborn ve Bledsoe 2006 yılındaki araştırmalarında A.B.D.'nin üç eyaletindeki akış karakteristiklerinin (kar erimesi, yağmur, karışık vb.) çoklu regresyon analiziyle belirlenmesi üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmada 150 adet akım gözlem istasyonunun ve onları besleyen havzaların akımla ilgili çeşitli verilerinin yanı sıra iklim ve havza fizyografik karakteristikleri de hesaba katılmıştır. Ortalama ve minimum havza kotları, drenaj yoğunluğu, ortalama havza eğimi, alan, ortalama bakı (aspect) gibi fizyografik parametreler dikkate alınmıştır.

Ülkemizde de akarsu pik debilerinin havza fizyografik parametreleri kullanılarak çoklu regresyon analiziyle incelenmesi çalışmaları mevcuttur. Topaloğlu 2002 yılında yaptığı araştırmada Seyhan Havzası'ndaki 13 akım gözlem istasyonundaki pik debileri; havza alanı, akarsu uzunluğu, Benso eğimi, Akarsu frekansı, havza çevre uzunluğu, havza uzunluğu, çatallanma oranı ve maksimum havza rölyefi gibi fizyografik parametreleri kullanarak tahmin etmeye yönelik çoklu regresyon çalışması gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada havza fizyografik parametrelerinin 1:100000 ölçekli haritadan ölçüldüğü belirtilmiştir, araştırmacılar çalışmalarında SYM ve CBS kullanmışlardır.

Viviroli vd. 2009'da İsviçre'deki ölçüm yapılmayan orta büyüklükteki havzalarda taşkın tahmininde havza fizyografik parametrelerinden yararlanmışlardır. 140 adet havzanın verisi bu çalışmada kullanılmıştır. Bunlar, havzanın farklı yönlere bakan yüzeylerinin yüzdeleri, maksimum ve minimum kot, ortalama eğim, eğimi %3'ten küçük ve %15'ten büyük olan alanların yüzdeleri vb.'dir. Çalışmada bölgeselleştirme, en yakın komşu, Kriging ve regresyon yöntemleri ile yapılmıştır. Benzer bir çalışma Avusturya için Merz ve Blöschl tarafından 2005 yılında yapılmıştır. Bu çalışmada akım gözlem istasyonu bulunan 575 adet havza dikkate alınarak SYM'lerinden elde edilen alan, kot ve akarsu ağı yoğunluğu gibi fizyografik parametreler kullanılarak Avusturya için taşkın frekans bölgelemesi yapılmıştır. Bölgeleme işleminde Kriging ve çoklu regresyon kullanılmıştır.

Havza fizyografik parametreleri sadece taşkın araştırmalarında değil düşük akım çalışmalarında da kullanılmaktadır. Castiglioni vd. 2009'da yaptıkları çalışmada İtalya'daki 51 havzanın drenaj alanı, ana kot uzunluğu, maksimum, minimum ve ortalama kıtlar gibi fizyografik parametreleri kullanarak geoistatistik tekniklerle (Thiessen poligonları, ters mesafe ağırlıklı, Kriging) bölgeselleştirme çalışması yapmışlardır.

Ülkemizde de akarsu akımlarına fizyografik faktörlerin etkisini araştıran çalışmalar da mevcuttur. Meşe 2012 yılındaki tez çalışmasında Ege Bölgesindeki 47 adet havzanın 30 adet fizyografik parametresi ile ortalama ve maksimum debiler arasında çoklu doğrusal regresyon analizi yapmıştır. Dengiz ve Göl 2010 yılında yaptıkları bir çalışmada Çankırı Uludere havzası akımlarının karakteristiklerini havza fizyografik parametreleri ve zemin özelliklerine bağlı olarak araştırmışlardır.

Çalışmada SYM'den Micro Image CBS programı yardımıyla havza alanı, maksimum, minimum ve ortalama kotlar, çatallanma oranı, akım yoğunluğu, akarsu eğimi ve drenaj yoğunluğu değerleri bulunmuştur.

Reis vd. 2009'da CBS yardımıyla Kahramanmaraş yöresi Keklik Deresi yağış havzasında dere akımlarını etkileyen fizyografik etmenleri irdelenmiştir. Bu amaçla arazi kullanma şekli, toprak tipi, yağış havzasının büyüklüğü ve şekli, ortalama yüksekliği, ortalama eğimi, genel bakışı ve drenaj durumu gibi faktörleri belirlemiştir.

Günok ve Pınar 2009'da CBS ile oluşturulan "SYM" sayesinde inceledikleri havzanın, belirli bölümlerinin yükselti, eğim ve bakı özelliklerini ortaya koymuşlardır. Havza alanı ve karstik havza sınırı bu şekilde doğru biçimde belirlenmiştir.

Havza fizyografik parametrelerinin belirlenmesinde SYM'leri, mozaik (raster) şeklinde olabileceği gibi Düzensiz Üçgen Ağı (Triangular Irregular Network – TIN) sistemi de kullanılmaktadır. CBS programları hem raster hem de TIN sistemindeki SYM'lerini işleyebilir ayrıca bunları birbirine dönüştürebilir. Ülkemizde taşkın araştırmalarında havza fizyografik parametrelerinden yararlanılan diğer bir çalışma da Akar ve Maktav tarafından 2008 yılında yapılmıştır. İstanbul Çiftlik Deresi havzası için yapılan taşkın haritalaması çalışmasında TIN sistemi ile verilen SYM kullanılmış eğim, bakı ve yükseklik ile ilgili fizyografik parametreler HEC-GeoRAS programı ArcGIS ile beraber çalıştırılarak bulunmuştur.

Asfaha ve diğ. 2015'te Kuzey Etiyopya'da bulunan 11 adet havzada pik debi ile havza fizyografik parametreleri ve arazi kullanımı arasındaki ilişkileri incelemiştir (Asfaha ve diğ., 2015).

2. MATERİYAL VE YÖNTEM

Bu tez kapsamında yararlanılan Sayısal Yükseklik Modelleri, Amerikan Uzay Ajansı (NASA) ve Amerikan Jeoloji Servisi (USGS) tarafından üretilen 1 açısall saniyelik SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) sayısal yükseklik modelleridir. Batı Akdeniz bölgesinin tamamını kapsamak amacıyla her biri 1 derece karelik alana sahip 8 adet sayısal yükseklik modeli paftası USGS'in "*Earthexplorer*" internet platformundan temin edilmiştir. 1 açısall saniyelik sayısal yükseklik modelleri Ekvator'da yaklaşık 30 m kenar uzunluğundaki kare şeklinde olup, Batı Akdeniz bölgesinde genişliği yaklaşık 24.5 m'ye inmektedir.

2.1 Seçilen Havzalar

Tez kapsamındaki havzalar; birçoğu kapanmış ve bir kısmı faaliyette bulunan, 20 yıl veya daha fazla ölçüm yapmış akım gözlem istasyonları arasından seçilmiştir. En az 20 yıllık gözlem süresinin ortalama debinin kararlı bir değere ulaşması için gerekli olduğu düşünülmüştür. Maksimum debi ise o akım gözlem istasyonunda gözlenmiş en büyük anlık debi değeridir. Bu tez kapsamında Batı Akdeniz Bölgesindeki DSİ ve EİE tarafından işletilmiş ve işletilmekte olan 30 adet akım gözlem istasyonu (AGİ) incelenmiştir. Bu istasyonların modellemelerde kullanılmak üzere maksimum ve ortalama debileri de belirlenmiştir (Tablo 2.1). Tez kapsamında incelenen havzaların genel yerleşim planı Şekil 2.1'de ve akım gözlem istasyonu numaraları ile akarsuları içeren görünimleri Şekil 2.2'de verilmiştir.

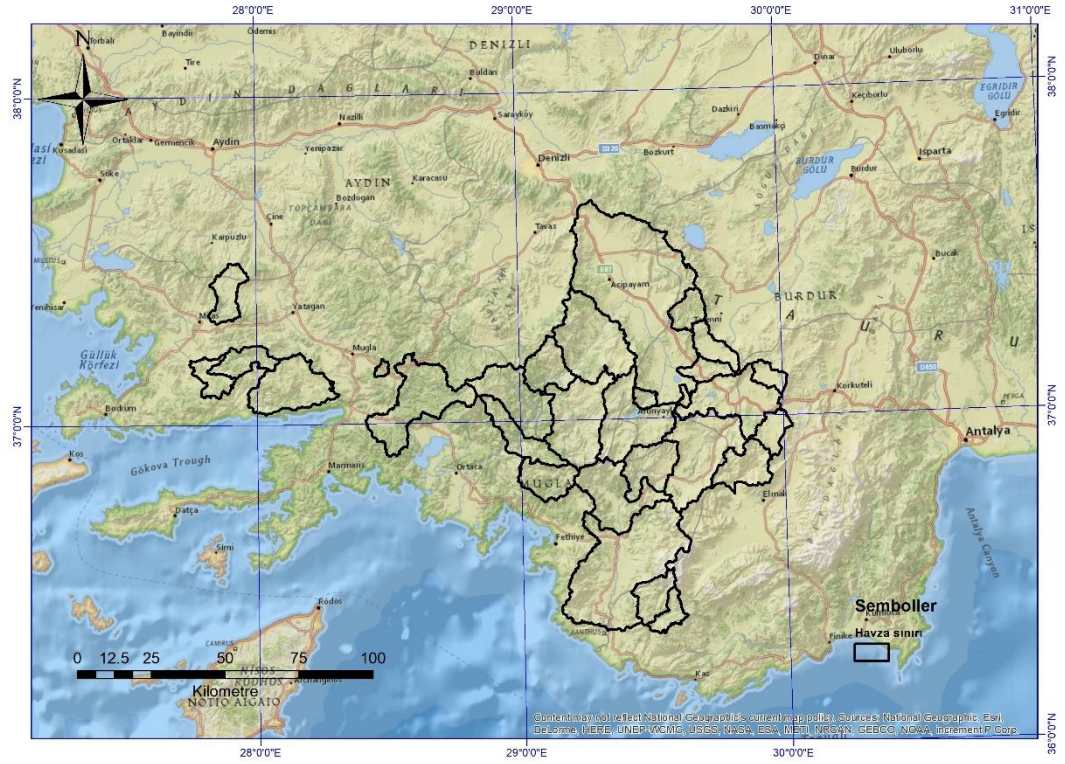
2.2 CBS Analizi

Her havzanın sınırlarının çizilmesi Sayısal Yükseklik Modelinden başlanarak aşağıda ayrıntılı olarak açıklanan işlemlerle gerçekleştirilmiştir. Havza sınırlarının çizilmesi için sırasıyla, akışı sağlamak için sayısal yükseklik modelindeki çukur alanların doldurulması ("*fill*"), her bir hücrenin suyunu hangi komşu hücreye aktaracağını belirten akım yönü ("*flow direction*") ve her bir hücrenin su aldığı

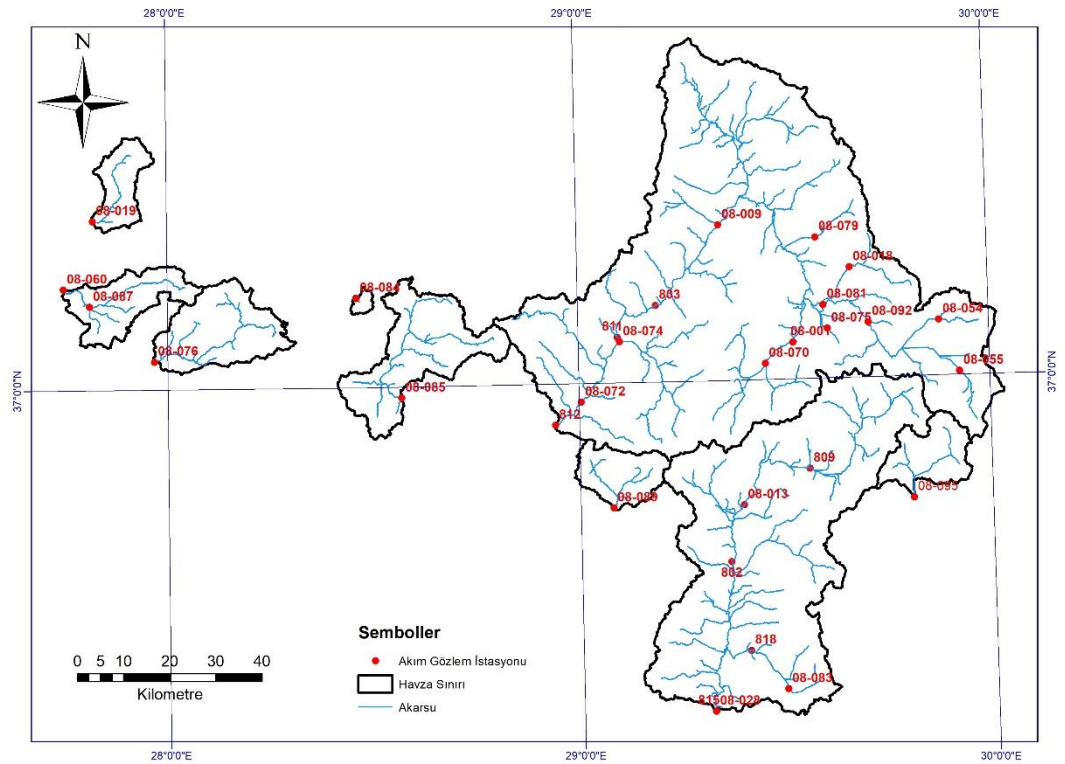
hücre sayısını belirten (*“flow accumulation”*) işlemleri yapılmıştır. Böylece tüm Batı Akdeniz bölgesindeki muhtemel drenaj noktaları belirlenmiştir. Daha sonra her bir akım gözlem istasyonunun yeri yani o havzanın çıkış noktası akım birikimi haritası (*“flow accumulation”*) üzerinde işaretlenmiştir. Böylece o noktaya suyunu ileten tüm noktalar bir sınır içerisine alınarak havza sınırlandırılması (*“watershed delineation”*) işlemi tamamlanmıştır. Bu aşamadan sonra artık sınırları belli olan havzalar SYM’nin tamamından ayrılarak havzanın fizyografik parametreleri hesaplanmıştır. Havza fizyografik parametrelerinin hesaplanmasının aşamaları aşağıda verilmiştir.

Tablo 2.1: Akım gözlem istasyonlarının DSİ ve EİE akım yıllıklarına göre bilgileri

İstasyon No	İstasyon Adı	Akarsu	Koordinat		Kot (m)	Alan (km ²)	Q _{maks} (m ³ /s)	Q _{ort} (m ³ /s)
			Doğu	Kuzey				
802	Kemer	Eşençay	29°21'42"	36°38'50"	125	1194,4	595	31,2
803	Alcı	Dalaman	29°11'17"	37°08'50"	721	3240,4	213,44	16,6
809	Kavaklıdere	Eşençay	29°33'44"	36°49'36"	1115	546,8	193	3,67
811	Suçatı	Dalaman	29°06'05"	37°05'34"	589	3819,8	483	14,6
812	Akköprü	Dalaman	28°56'00"	36°55'01"	128	4622,3	1128	43,1
815	Kınık	Eşençay	29°18'45"	36°22'11"	8	2448	1315	37,8
818	Kayadibi	Karaçay	29°24'14"	36°28'27"	110	150,8	197	14
08-001	Dirmil Köprüsü	Horzum	29°31'	37°05'	978	508	200	4,574
08-009	Çakır Köprüsü	Kireniş	29°20'	37°19'	815	3280	180	9,528
08-013	Örenköy	Seki	29°23'	36°45'	190	807	420	18,3
08-018	Ballık Boğazı	Ballık	29°39'	37°13'	1091	126,2	62	0,573
08-019	Kocakavak	Sarıçay	27°50'	37°20'	66	145	220	1,302
08-028	Yapılar	Eşençay	29°19'	36°22'	9	2461	750	42,115
08-054	Osmankalfalar	Kemer	29°53'	37°06'	1412	86,6	13	0,113
08-055	Kızılcadağ	Geren Deresi	29°56'21"	37°00'27"	1409	114,7	19,5	0,567
08-060	Gökçeler	Hamzabey	27°45'	37°12'	45	245	330	1,044
08-070	Yapraklı	Horzum	29°26'	37°01'	1018	459,2	190	3,817
08-072	Meşebükü	Dalaman	29°00'	36°58'	208	4301	760	29,04
08-074	Sandalcık	Dalaman	29°05'	37°05'	580	3932	490	17,7
08-075	Hisarardı	Değirmendere	29°36'	37°06'	960	20,56	10	0,056
08-076	Günece	Kocaçay	27°58'	37°03'	10	370,6	200	1,329
08-079	Çamköy	Aksu	29°35'	37°16'	95	117	100	0,397
08-081	Sorkun	Aslanlı	29°35'	37°09'	95	840,3	55	1,0
08-083	Lengüme	Dargaz	29°29'	36°24'	815	93,6	50	0,98
08-084	Sodaköy	Değirmendere	28°27'	37°12'	665	17,13	24	0,09
08-085	Döğüşbelen	Namnam	28°34'	36°59'	25	580	420	9,33
08-087	Karadam	Değirmendere	27°48'	37°10'	115	141	190	0,449
08-089	Yanıklar	Kargı	29°05'	36°45'	100	194	145	4,053
08-092	Gökçeburun	Bayır Çayı	29°43'	37°06'05"	1045	626	30	0,348
08-095	Yılmaz	Mümür	29°47'	36°48'	1070	196,2	19	0,513



Şekil 2.1: Tez kapsamındaki havzaların genel yerleşim planı



Şekil 2.2: Tez kapsamındaki havzaların akım gözlem istasyonu numaraları ve akarsular

2.2.1 SYM'nin Hazırlanması

Amerikan Jeoloji Servisi (USGS) üzerinden elde edilen orijinali 1 derece karelik paftalar halinde bulunan SRTM Sayısal yükseklik modelleri incelenecek olan havzayı içine alacak sayıda birleştirilerek bir tabaka olarak ArcGIS projesine eklenmiştir (Şekil 2.3).



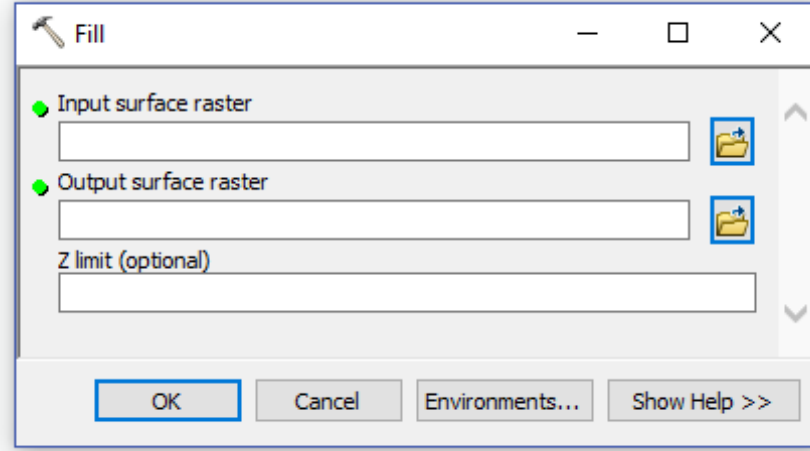
Şekil 2.3: Batı Akdeniz bölgesinin sayısal yükseklik modeli

2.2.2 Çukursuz SYM Oluşturulması

Sayısal Yükseklik Modelini oluşturan bir hücrenin sekiz tane komşu hücresi bulunmaktadır. Bir hücrede bulunan suyun komşu bir hücreye akabilmesi için kotunun o hücrenin kotuna eşit veya daha yüksek olması gereklidir. Doğada suyun çukur bölgelerde biriktikten sonra akışına devam etmesi ile gerçekleşen bu işlem ArcGIS'de sayısal yükseklik modelinde bulunan hücrenin kotunun program tarafından en yakın komşusunun kotuna eşit olacak şekilde artırılmasıyla sağlanmaktadır.

Bu amaçla ArcToolbox'ın "*Spatial Analyst Tools*" araç kutusunun "*Hydrology*" bölümünün altında bulunan "*Fill*" komutu kullanılmaktadır. "*Fill*" komutunun "*Input surface raster*" bölümüne orijinal SYM dosyası ismi, "*Output surface raster*" bölümüne de doldurma işleminden sonraki SYM dosyası ismi

tanımlanır. İsteğe bağlı olarak doldurma yüksekliği “Z limit” ile kısıtlanabilir. Bu tez kapsamında doldurmada kısıtlama yapılmamıştır (Şekil 2.4).

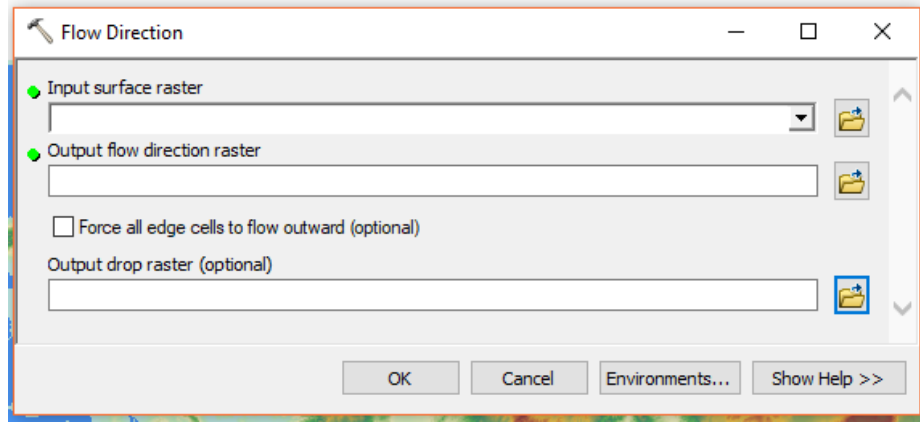


Şekil 2.4: Fill komutunun parametreleri

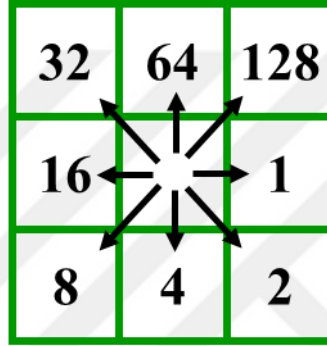
2.2.3 Akım Yönü

Sayısal Yükseklik Modelini oluşturan bir hücrede bulunan suyun kendisine komşu 8 hücreden hangisine akacağı ArcGIS programı tarafından tespit edilir. Bu amaçla ArcToolbox’ın “Spatial Analyst Tools” araç kutusunun “Hydrology” bölümünün altında bulunan “Flow Direction” komutu kullanılmaktadır. “Flow Direction” komutunun “Input surface raster” bölümüne “Fill” komutuyla elde edilen SYM dosyası ismi, “Output flow direction raster” bölümüne de akım yönü belirlenmesi işleminin sonucu oluşturulan dosyanın ismi tanımlanır. Burada kenar hücrelerdeki akımı dışarı doğru yönlendiren “Force all cells to flow outward” ve “Output drop raster” opsiyonel oldukları için kullanılmamıştır (Şekil 2.5).

Bir hücrenin suyunun hangi komşusuna iletileceği ArcGIS programı tarafından o hücreye verilen bir kod numarası ile belirtilmektedir (Şekil 2.6). Buna göre örneğin bir hücrede bulunan su batısındaki (solundaki) hücreye akacaksa o hücrenin akım yönü “flow direction” kodu 16 olmaktadır. Kod numaraları 2^0 ’dan başlayarak 2^7 ’ye kadar gitmektedir, yani 1 ile 128 arasındaki tam sayılardan oluşmaktadırlar.

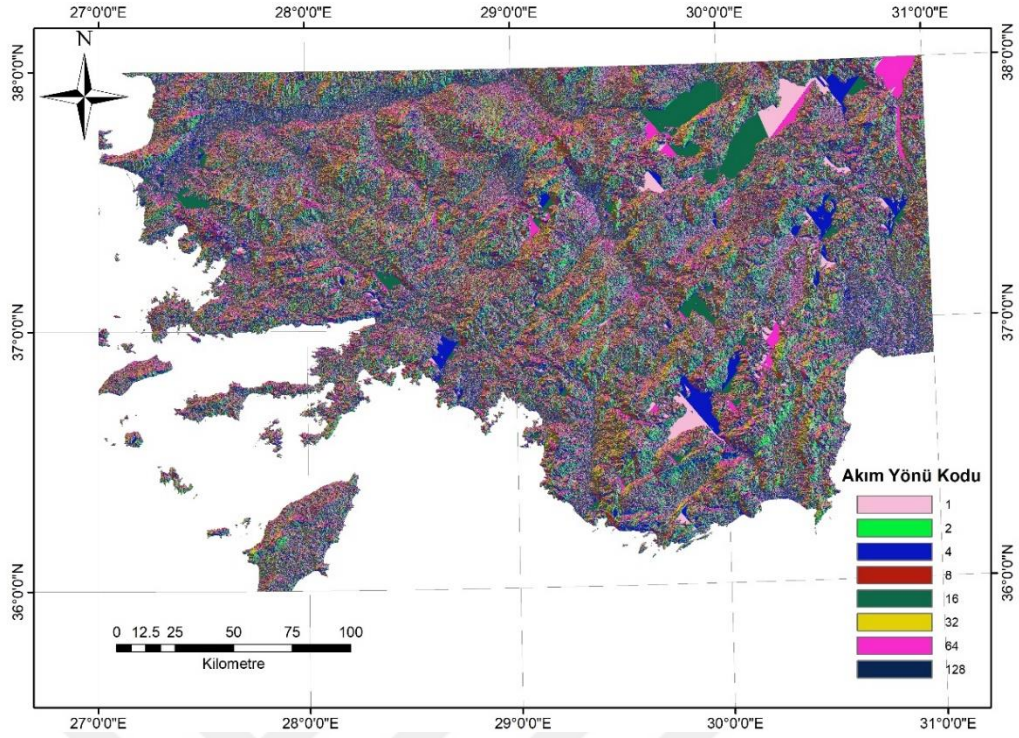


Şekil 2.5: *Flow Direction* komutunun parametreleri



Şekil 2.6: Akım yönünü belirten kod numaraları

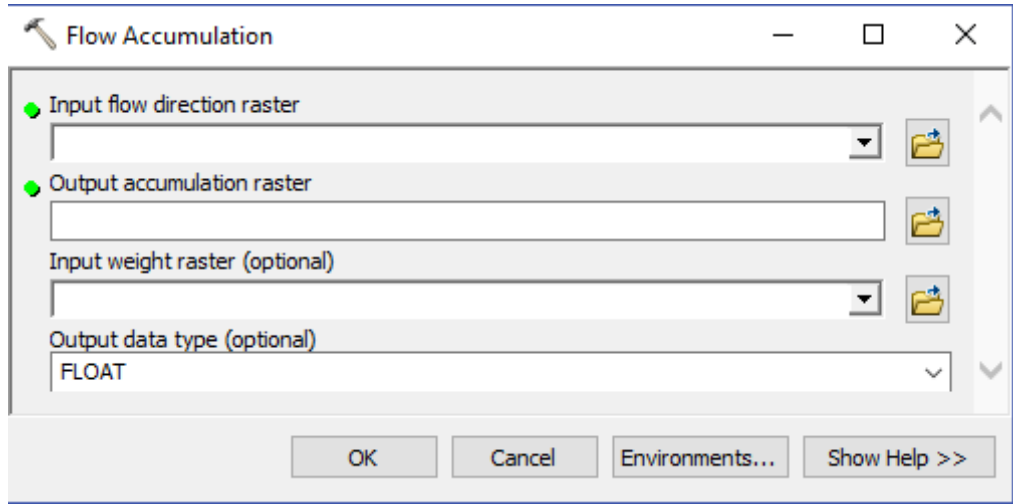
ArcGIS programı bir hücrede bulunan suyun hangi komşu hücreye akacağına eğimlere göre karar vermektedir. Program ilgili hücrenin tüm komşularıyla olan eğimlerini hesaplamakta ve en büyük eğim değerine sahip komşu hücreye akışı sağlamaktadır. Eğimler hesaplanırken hücrelerin kot farkları hücre merkezleri arasındaki mesafeye bölünmektedir. Düz alanlarda yani hücrenin tüm komşularıyla aynı kotta olması durumunda program en yakın düşük kotlu uzak komşu hücreleri bulmakta ve o hücreler ile olan kot farkını ve mesafeleri dikkate almaktadır. Şekil 2.7’de Batı Akdeniz Bölgesi’nin akım yönleri haritası görülmektedir. Şekil 2.7’de akım yönü aynı olan geniş alanlar gölleri ve diğer sulak alanları temsil etmektedir. Bu tez kapsamında incelenen havzaların tümü denize bağlantısı olan havzalar olup, kapalı havzalar dikkate alınmamıştır.



Şekil 2.7: Batı Akdeniz Bölgesi'nin akım yönleri haritası

2.2.4 Akım Toplama

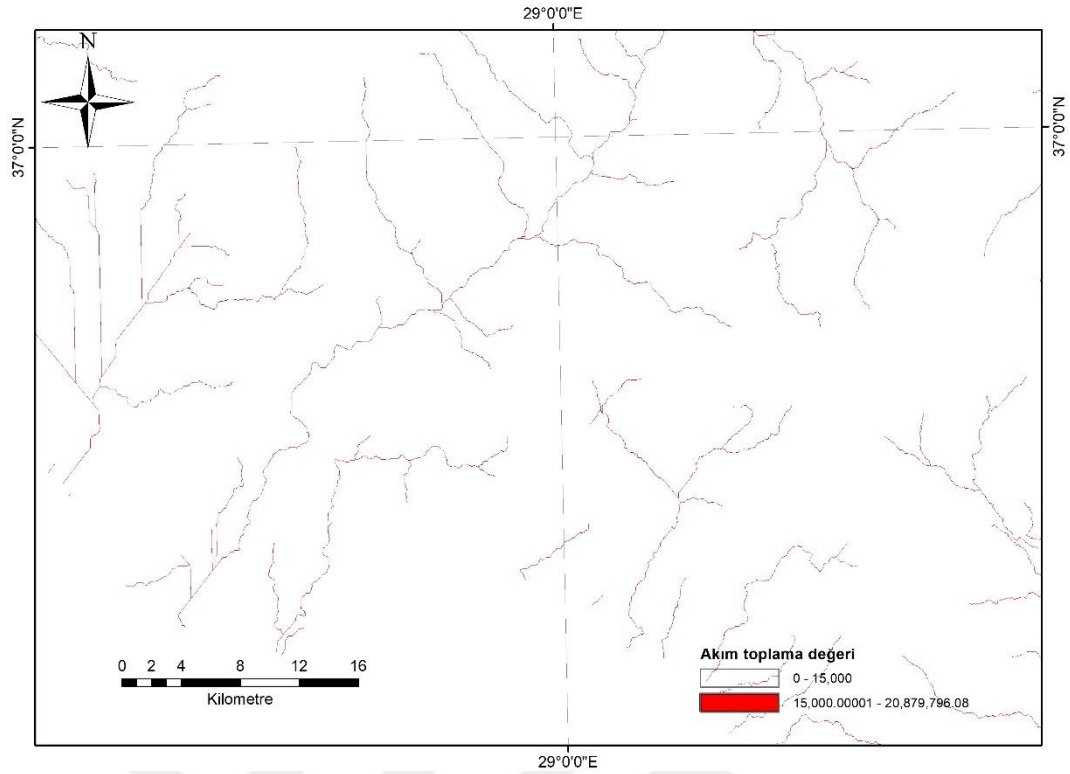
Bir hücrenin kaç tane hücreden su aldığı, yani kotu kendisinden yüksek kaç adet hücre tarafından beslendiği akım toplama işlemi ile belirlenir. ArcGIS programında akım toplama işlemi ArcToolbox'da bulunan “*Spatial Analyst Tools*” altındaki “*Hydrology*” bölümündeki “*Flow Accumulation*” komutuyla yapılmaktadır. Komutun çalışması için gerekli olan parametreler Şekil 2.8’de görülmektedir. “*Input flow direction raster*” bölümüne daha önce “*Flow Direction*” komutuyla elde edilen dosyanın, “*Output accumulation raster*” bölümüne de akım toplama işleminin sonucu oluşturulacak olan dosyanın ismi tanımlanır. İsteğe bağlı olarak her hücreye farklı bir ağırlık değeri verilebilmektedir bunun için “*Input Weight Raster*” bölümüne ağırlık değerlerini içeren tabaka tanımlanmalıdır. Akım toplama işlemi sonucu oluşacak tabakada hücre değerleri çok büyük olacağı için “*Output data type*” seçeneği tam sayı (“*integer*”) değil ondalık sayı (“*float*”) olarak seçilmelidir.



Şekil 2.8: *Flow Accumulation* komutunun parametreleri

Komut tüm hücrelere sıfırdan başlayarak bir akım toplama değeri verir. Akım toplama değeri sıfır olan hücreler hiçbir komşu hücreden su almamakta kendi üzerlerine gelen yağmur suyunu komşu hücrelere iletmektedir. Arazinin büyük bir kısmındaki hücrelerin akım toplama değerlerinin küçük olduğu, ancak belli yerlerde bu değerlerin büyüdüğü görülmektedir. Akım toplama değeri büyük olan yerler arazideki akarsu yataklarına karşılık gelmektedir. Dolayısıyla havzadaki akarsuları belirleyebilmek için akım toplama değeri belli bir sınırdan (eşikten) büyük olan hücreleri göz önüne almak diğerlerini silmek uygun olacaktır. Bir yerin akarsu yatağı olup olmaması o noktayı besleyen alanın büyüklüğü ile ilişkilidir. Bu tez kapsamında farklı eşik değerleri alınarak akarsular belirlenmiş ve uydu görüntüsü ile karşılaştırılmıştır. Eşik değerinin küçük seçilmesi aslında akarsu yatağı olmayan yerlerin sanki akarsu gibi görülmesini ve gerçekte mevcut olmayan bazı akarsu kollarının oluşmasını sağlamaktadır. Aksine eşik değerinin olması gerekenden büyük seçilmesi de gerçekte olan akarsu kollarını ortadan kaldırmaktadır. Batı Akdeniz bölgesi için eşik değer 15000 olarak belirlenmiştir.

Batı Akdeniz Bölgesinin bir kısmının akım toplama haritası eşik değeri 15000 olarak alınmış haliyle Şekil 2.9’da verilmiştir. Burada değeri 15000’den küçük olan hücreler renksiz, büyük olanlar ise kırmızı olarak renklendirilmiştir. Böylece akarsular gösterilmiş olup akarsu yatağı olmayan akım toplama hücrelerinin haritada görünmesi engellenmiştir. Havza sınırları çizildikten sonra eşik değerinden küçük akım toplama hücreleri tamamen silinecektir.



Şekil 2.9: Batı Akdeniz Bölgesi'nin bir bölümünün akım toplama haritası

2.2.5 Havza Çıkış Noktası

Havza, “üzerine yağın yağmur suyunu aynı çıkış noktasına ileten noktalar kümesi” olarak tanımlanırsa bir havzanın sınırlarını çizmek için önce onun çıkış noktasını belirlemek gereklidir. Nitekim ArcGIS programı da bir havzanın sınırlarını çizebilmek için akım yönü ve havza çıkış noktası verilerine ihtiyaç duymaktadır.

Bölüm 2.2.4'te açıklanan Akım Toplama “*Flow Accumulation*” ve eşik değerinden büyük hücrelerin gösterilmesi işlemlerinden sonra bölgedeki akarsular görünür hale gelmiştir. Havza çıkış noktası da bu görünen akım toplama hücrelerinden bir tanesinin üzerinde olacaktır. Havza çıkış noktası havza sınırlarını belirlemede çok önemli olduğu için bu işlem üzerinde hassasiyetle durulmalıdır. Bu tez kapsamında incelenen havzalar, DSİ ve EİE akım gözlem istasyonlarını besleyen alanlar olduğu için akım gözlem istasyonu yerleri havza çıkış noktası olarak belirlenecektir. DSİ ve EİE akım yıllıklarında, akım gözlem istasyonlarına ait; koordinatlar, yağış alanı, kot (rakım) ve yer (mekii) bilgileri bulunmaktadır. Akım

gözlem istasyonlarına ait verilen bu bilgilerin hepsinden yararlanarak istasyonunun yeri tespit edilmelidir. Öncelikle koordinatları verilen noktaya bakılır bu nokta genellikle sayısal yükseklik modelinden elde edilen akarsu üzerinde görünmez. Bu noktaya en yakın akım toplama hücresinin değerine bakılır. Akım toplama değeri o hücreyi besleyen hücrelerin sayısı olduğu için bir hücrenin alanıyla çarpılarak havzanın alanı elde edilir ve verilen alan ile karşılaştırılır. Eğer hesaplanan alan, akım yıllığında belirtilen alandan küçükse havza çıkış noktası mansaba doğru (akış aşağı), büyükse membaya doğru (akış yukarı) kaydırılmalıdır. Bu sırada sayısal yükseklik modelinde havza çıkış noktası olarak düşünülen akım toplama hücresinin bulunduğu yerin kotu da okunur. Akım gözlem yıllıklarında belirtilen alan ve kot verilerine en yakın değerleri veren akım toplama hücresi havza çıkış noktası olarak belirlenir. Ayrıca akım yıllıklarında verilen akım gözlem istasyonunun mevkiine ait tanım ile bölgenin uydu görüntüsü karşılaştırılarak akarsu kollarının şekline göre tespit edilen yerin doğru olup olmadığı da kontrol edilir.

Bu aşamada tez kapsamında incelenen Eşençay üzerinde bulunan 802 nolu Kemer akım gözlem istasyonunun akım toplama haritası üzerindeki yerinin belirlenmesi detaylı olarak açıklanacaktır.

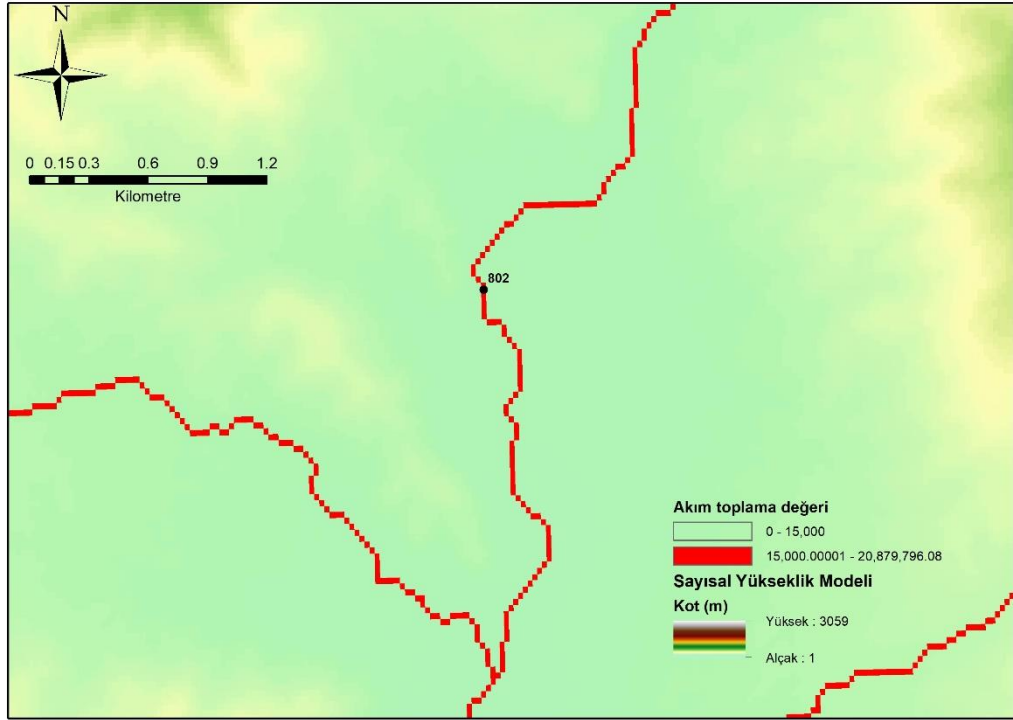
Kemer akım gözlem istasyonunun koordinatları 29°21'42'' Doğu, 36°38'50'' Kuzey olarak verilmiştir. Yağış alanı 1194.4 km² ve takribi rakımı 125 metredir. Yer tanımı ise “Fethiye’nin 23 km doğusunda Kemer bucağındaki köprü yakınındadır” şeklinde yapılmıştır. Koordinatı verilen noktada bir akım toplama hücresi bulunmaktadır. Bu hücrenin akım toplama değeri 1548288’dir. Bir akım toplama hücresinin eni 24.85 metre yüksekliği ise 30.51 metre dolayısıyla alanı da 758.1735 m²’dir. Alan ile akım toplama hücresi sayısı çarpıldığı zaman havza alanı yaklaşık 1173870932 m² yani yaklaşık 1174 km² olarak hesaplanmıştır. Bu hücrenin sayısal yükseklik modelindeki kotu ise 124 metredir. 1194.4 km² olarak verilen yağış alanına karşılık gelen akım toplama hücresi sayısı 1575365 tanedir. Bu sayıdaki akım toplama hücresine ulaşmak için akım aşağı yönde ilerlenince hem kot verilen değer çok altına düşmekte hem de yan kollardan birisinin katılımıyla havza alanı çok artmaktadır. Bölgenin uydu görüntüsü incelendiği zaman (Şekil 2.10) Kemer Bucağı girişinde doğu yönüne dönen Eşençay’ın, bucağın içinde güney yönüne kıvrıldığı görülmektedir. Bu görüntü ile akım toplama haritasındaki akarsu kollarının şekli

(Şekil 2.11) karşılaştırıldığı zaman akım gözlem yıllığında verilen koordinata en yakın akım toplama hücresinin 802 nolu akım gözlem istasyonunu besleyen havzanın çıkış noktası olarak kabul edilmesi uygun görülmüştür.

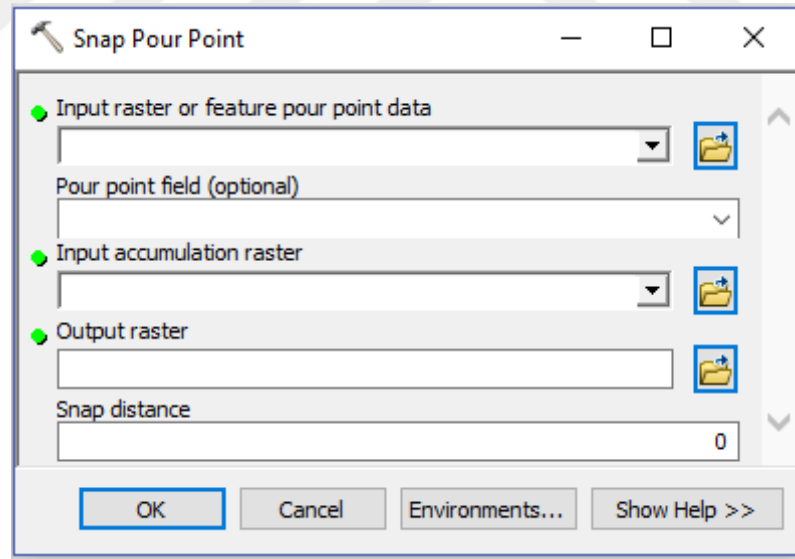


Şekil 2.10: 802 numaralı akım gözlem istasyonunun bulunduğu yerin uydu görüntüsü

Havzanın çıkış noktası Arc Catalog aracılığıyla oluşturulan nokta vektör formatında bir shape dosyasına kaydedildi. ArcGIS programındaki havza sınırlarını çizen “*Watershed*” fonksiyonu çıkış noktasını raster (hücre) formatında istediği için vektör formatında olan çıkış noktası Arc Toolbox’ta bulunan “*Spatial Analyst Tools*”, “*Hydrology*” menülerinin altındaki “*Snap Pour Point*” komutu ile raster formatına dönüştürülür (Şekil 2.12). Burada “*Input raster or feature pour point data*” kısmına nokta vektör formatındaki shape dosyası, “*Input accumulation raster*” kısmına “*flow accumulation*” işleminde elde edilen raster tabaka, “*Output raster*” kısmına ise bu işlem sonucu oluşacak raster tabakanın ismi yazılır. “*Snap Distance*” ise sıfır olarak alınmıştır.



Şekil 2.11: 802 numaralı akım gözlem istasyonunun yeri

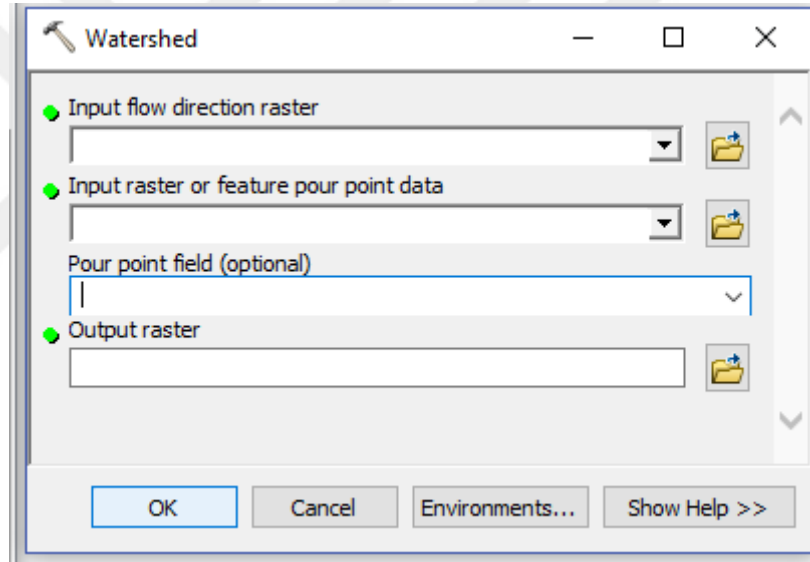


Şekil 2.12: *Snap Pour Point* komutunun parametreleri

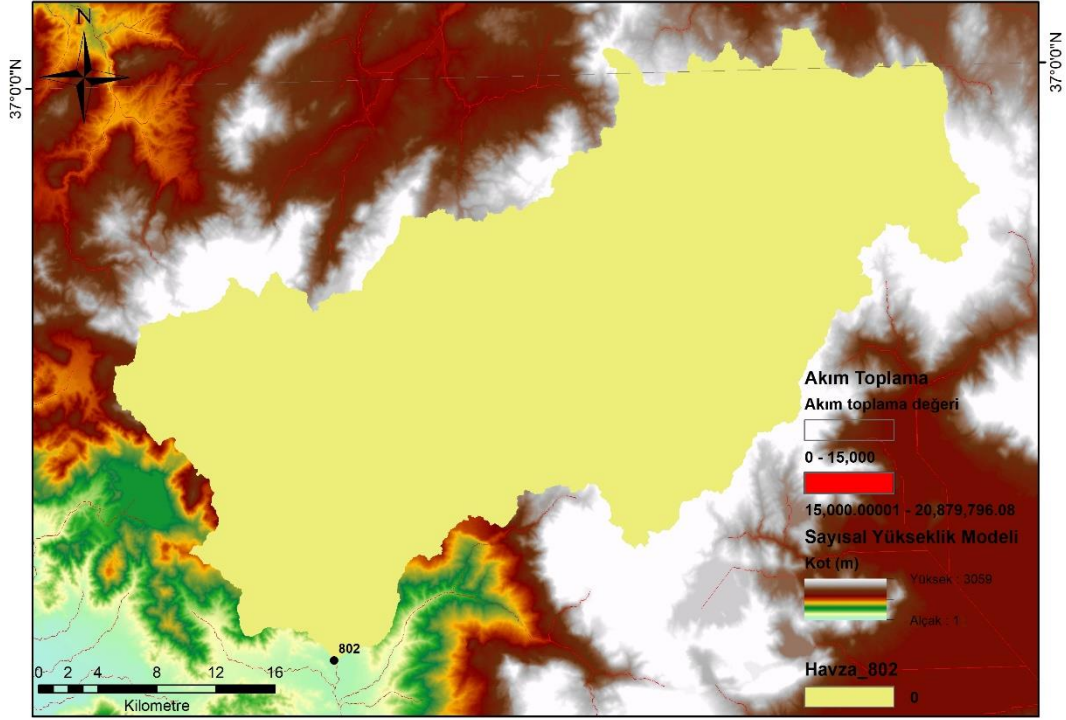
2.2.6 Havza Sınırlarının Çizilmesi

Bu aşamada havza sınırlarını çizmek için gerekli tabakalar oluşmuştur. ArcGIS programında havza sınırlandırması işlemi ArcToolbox'da bulunan "*Spatial*

Analyst Tools” altındaki “*Hydrology*” bölümündeki “*Watershed*” komutuyla yapılmaktadır. Havza sınırları çizildikten sonra bu havza başta sayısal yükseklik modeli olmak üzere diğer tabakalardan ayrılarak havzanın fizyografik parametrelerinin belirlenmesi mümkün olacaktır. Şekil 2.13’te “*Watershed*” komutu için gerekli parametreler görülmektedir. Akım yönü “*flow direction*” ve havza çıkış noktası “*pour point*” için raster formatındaki tabakalar gösterilmelidir. Komut çalıştıktan sonra “*Output Raster*” satırında belirtilen isimdeki raster tabakayı oluşturur. Bu tabakadaki tüm hücrelerin sayısal değeri program tarafından 0 olarak atanmaktadır. Hücrelerin sayısal değeri herhangi bir işlemde kullanılmadığı için programın verdiği değer değiştirilmemiştir. 802 numaralı akım gözlem istasyonunu besleyen havzanın sınırları (“*Watershed*” komutu çalıştıktan sonra elde edilen tabaka) Şekil 2.14’te gösterilmiştir.



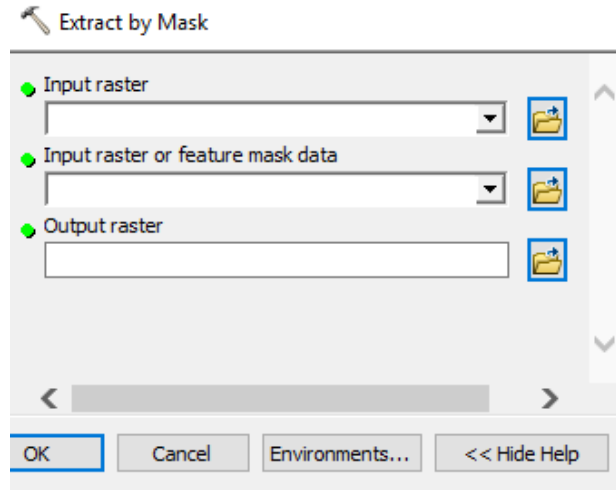
Şekil 2.13: *Watershed* komutunun parametreleri



Şekil 2.14: 802 numaralı havzanın sınırları

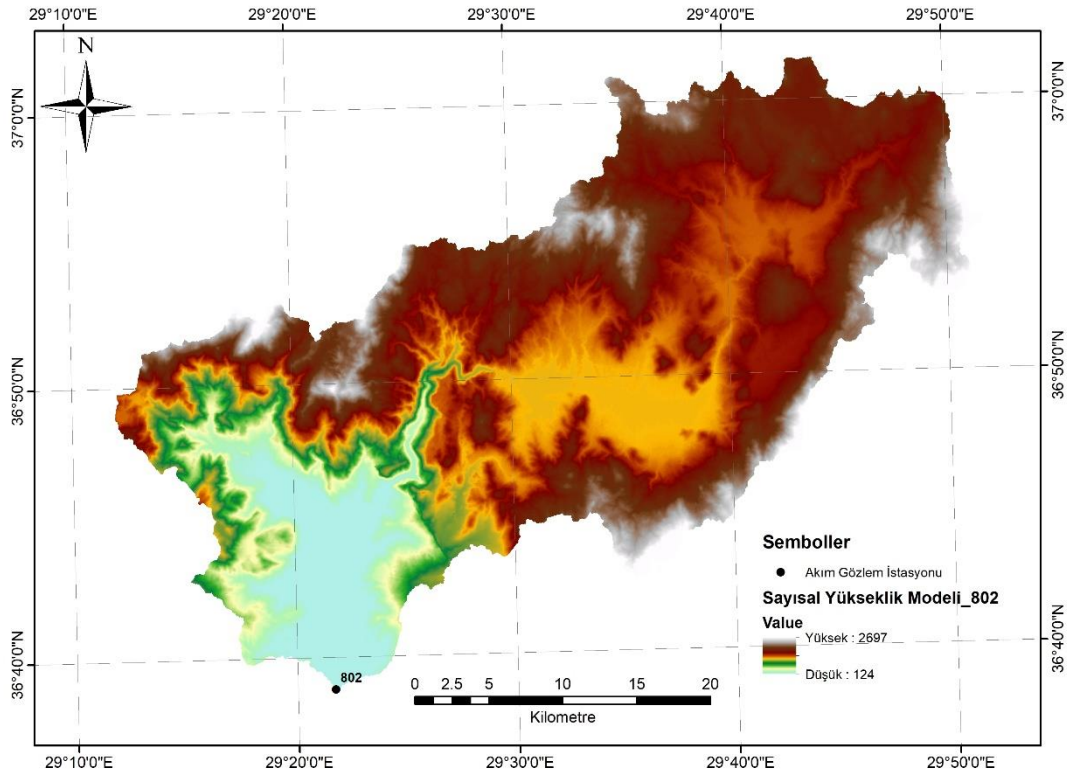
2.2.7 Havzanın Diğer Tabakalardan Ayrılması

Havza sınırlandırması işlemine temel teşkil eden sayısal yükseklik modeli ile akım yönü ve akım toplama tabakaları tüm Batı Akdeniz bölgesine aittir. Her bir havzanın fizyografik parametrelerini ayrı ayrı elde edebilmek için bu tabakalardan havzaları kesip çıkarmak gereklidir. Bu işlem ArcToolbox'da bulunan “*Spatial Analyst Tools*” altındaki “*Extraction*” bölümündeki “*Extract by Mask*” komutuyla yapılmaktadır. Şekil 2.15'te “*Extract by Mask*” komutunun parametreleri görülmektedir. “*Input raster*” satırına hücrelerin ayrılacağı temel tabaka belirtilmelidir. Bu satıra sırasıyla Batı Akdeniz bölgesinin Sayısal Yükseklik Modeli, akım yönü ve akım toplama tabakaları tanımlanmıştır. “*Input raster or feature mask data*” satırına ise “*watershed*” komutu ile elde edilen ve havza sınırlarını gösteren tabaka tanımlanacaktır. Program havza tabakasını şablon olarak kullanarak “*Input raster*” tabakasından kesim yaparak “*Output raster*” satırında isim verilen tabakayı oluşturacaktır.

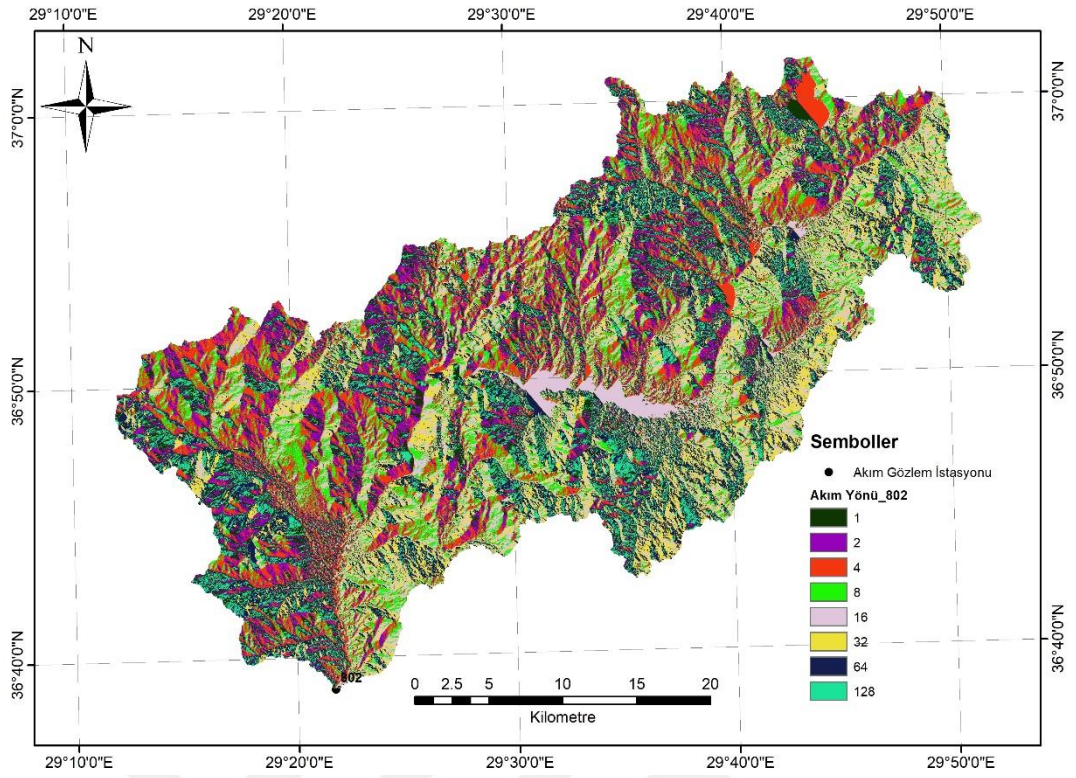


Şekil 2.15: *Extract by Mask* komutunun parametreleri

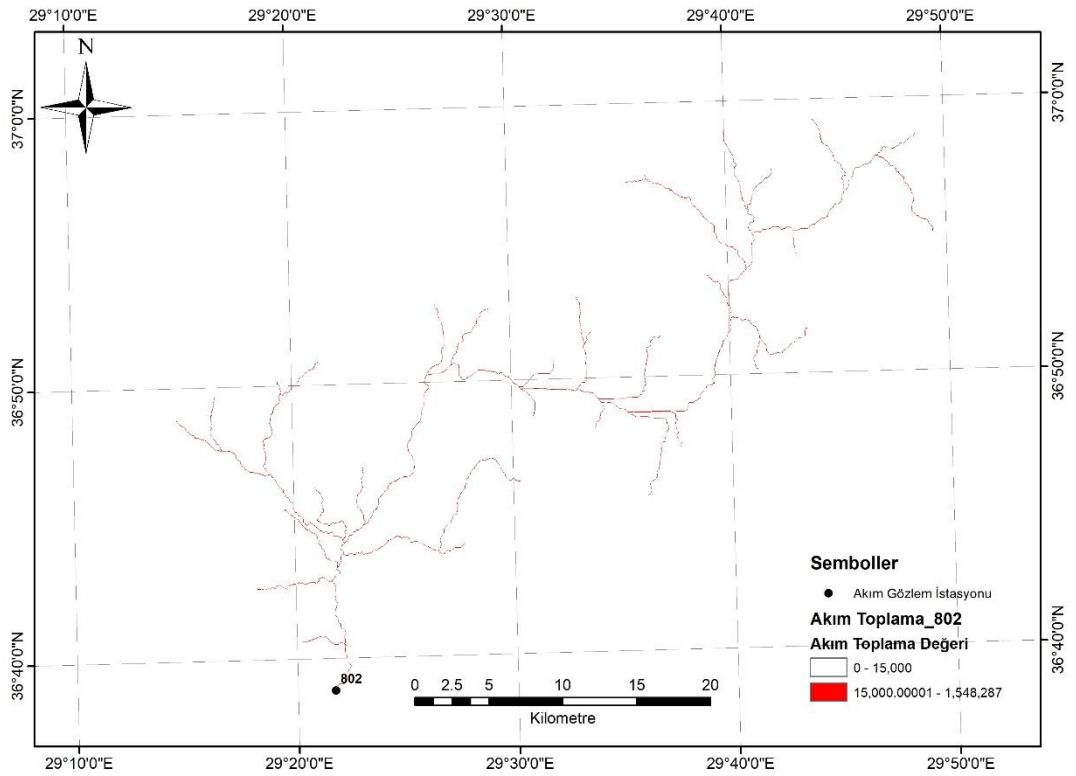
802 nolu havzanın sınırları kullanılarak sayısal yükseklik modeli, akım yönü ve akım toplama tabakalarından kesilerek elde edilen tabakalar sırasıyla Şekil 2.16, Şekil 2.17 ve Şekil 2.18’de gösterilmektedir. Akım toplama tabakasında eşik değeri 15000 olarak alınmıştır.



Şekil 2.16: 802 nolu havzanın sayısal yükseklik modeli haritası



Şekil 2.17: 802 nolu havzanın akım yönü haritası



Şekil 2.18: 802 nolu havzanın akım toplama haritası

2.3 Havza Fizyografik Parametrelerinin Belirlenmesi

Havza sınırları çizildikten ve bu sınırlar kullanılarak sayısal yükseklik modeli, akım yönü, akım toplama paftalarından havza çıkarıldıktan sonra havzanın fizyografik parametreleri belirlenebilir. Literatürde çok sayıda havza fizyografik parametresi ve diğer havza özellikleri debi ile ilişkilendirilmekle birlikte bu çalışmada 18 adet fizyografi parametre ve 5 adet arazi kullanım oranı göz önüne alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan havza fizyografik parametreleri ve arazi kullanım oranları Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2: Havza fizyografik parametreleri ve arazi kullanım oranları

Sıra No	Parametre Adı	Parametrenin Sembolü	Parametrenin Açıklaması
1	Alan	A	Havzanın kilometrekare cinsinden alanı
2	Çevre	P	Havzanın kilometre cinsinden kenar uzunluğu
3	Ortalama Yükseklik	ZMEAN	Havzanın sayısal yükseklik modelinden elde edilen ortalama kot değeri
4	Havza Ağırlık Merkezinin Havza Çıkış Noktasına Uzaklığı	GL	Havzanın ağırlık merkezi ile havza çıkış noktası arasındaki metre cinsinden uzaklık
5	Eğim	SLP	Havzanın çıkarılmış SYM’nin yüzde cinsinden ortalama eğim değeri
6	Kuzey Oranı	KR	Havzaya ait bakı haritasında 293°-67° arasında kalan hücre sayısının, tüm hücre sayısına bölünmesiyle bulunan oran
7	Doğu Oranı	DR	Havzaya ait bakı haritasında 23°-157° arasında kalan hücre sayısının, tüm hücre sayısına bölünmesiyle bulunan oran
8	Güney Oranı	GR	Havzaya ait bakı haritasında 113°-247° arasında kalan hücre sayısının, tüm hücre sayısına bölünmesiyle bulunan oran
9	Batı Oranı	BR	Havzaya ait bakı haritasında 203°-337° arasında kalan hücre sayısının, tüm hücre sayısına bölünmesiyle bulunan oran
10	Strahler Çatallanma Değeri	STH	Havzanın çıkarılmış akım toplama haritasından elde edilen Strahler çatallanma değeri
11	Kot-Rölyef Oranı	E	Havzaya ait ortalama kot değerinden minimum kot değerinin çıkarılmasıyla elde edilen değerin, maksimum kot değerinden minimum kot değerinin çıkarılmasıyla elde edilen değere bölünmesiyle bulunan oran
12	Akarsu Ana Kol Uzunluğu	MAINL	Havza ana kolu, kilometre cinsinden havza çıkışından başlayarak membaya doğru en uzun olan akarsu
13	Akarsu Ana Kol Kuş Uçuşu Uzunluğu	STRL	Havza çıkış noktası ile ana kolun başlangıç noktası düz bir çizgi ile birleştirilmesiyle elde edilen kilometre cinsinden uzunluk
14	Sinüzoite	SIN	Sinüzoite akarsu, ana kol uzunluğunun akarsu ana kol kuş uçuşu uzunluğuna oranı
15	Akarsu Toplam Kol Uzunluğu	TOTL	Havza çıkış noktasından başlayarak tüm kol uzunluklarının kilometre cinsinden toplamı

Sıra No	Parametre Adı	Parametrenin Sembolü	Parametrenin Açıklaması
16	Eğrilik	PRFC	Havzaya ait çıkarılmış SYM'nin ortalama profil eğriliği
17	Havza Dairesellik Oranı	Rc	Havza alanının, çevre uzunluğu havza çevre uzunluğuna eşit olan dairenin alanına bölünmesiyle elde edilen değer
18	Havza Engebelilik Göstergesi	RGD	Havzanın maksimum ve minimum kotları arasındaki farkın, havza alanının toplam kol uzunluğuna bölünmesiyle elde edilen değere oranı
19	Yerleşim Oranı	YR	Yerleşim yeri alanının tüm alana oranı
20	Tarım Oranı	TR	Tarım alanının tüm alana oranı
21	Orman Oranı	OR	Orman alanının tüm alana oranı
22	Maki Oranı	MR	Maki alanının tüm alana oranı
23	Açık Alan Oranı	AR	Açık arazi alanının tüm alana oranı

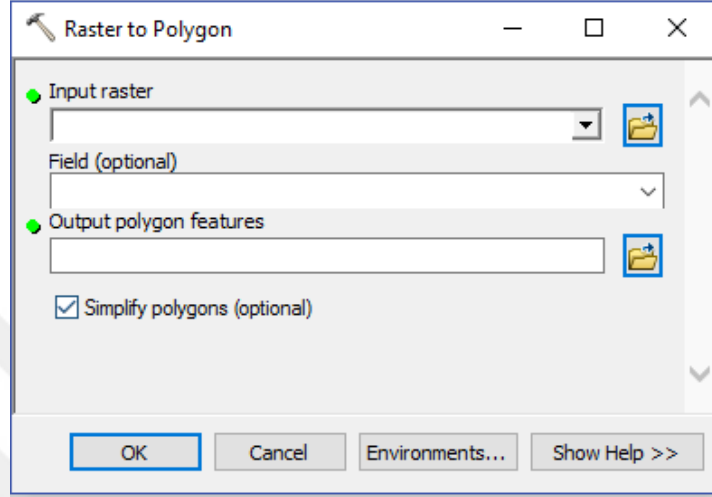
2.3.1 Havza Alanının Poligona Çevrilmesi

Havzanın alan, çevre uzunluğu ve ağırlık merkezi koordinatlarını ArcGIS programına hesaplabilmek için havza alanının vektör formatında polygon olarak tanımlanması gereklidir. Bu amaçla ArcToolbox'daki *"Conversion Tools"* altındaki *"From Raster"* bölümünde bulunan *"Raster To Polygon"* komutu çalıştırılır. *"Raster to Polygon"* komutunun parametreleri Şekil 2.19'da verilmiştir. Açılan penceredeki *"Input raster"* satırına daha önce *"Watershed"* komutu ile elde edilen ve havzanın raster formatındaki haritası olan dosya tanımlanmalıdır. Opsiyonel olan *"Field"* satırına program varsayılan olarak *"VALUE"* yazmaktadır. Bu değer değiştirilmeyebilir. *"Output polygon features"* satırına ise programın oluşturacağı shape formatındaki dosyanın ismi tanımlanmalıdır. Opsiyonel olan *"Simplify polygons"* seçeneği varsayılan olarak işaretli durumdadır, bu seçenek aktif bırakılırsa oluşturulacak poligonun kenarlarının raster hücrelerin kenar çizgileri değil bunlara yakın geçen ancak daha az girinti ve çıkıntısı olan çizgiler olması sağlanır.

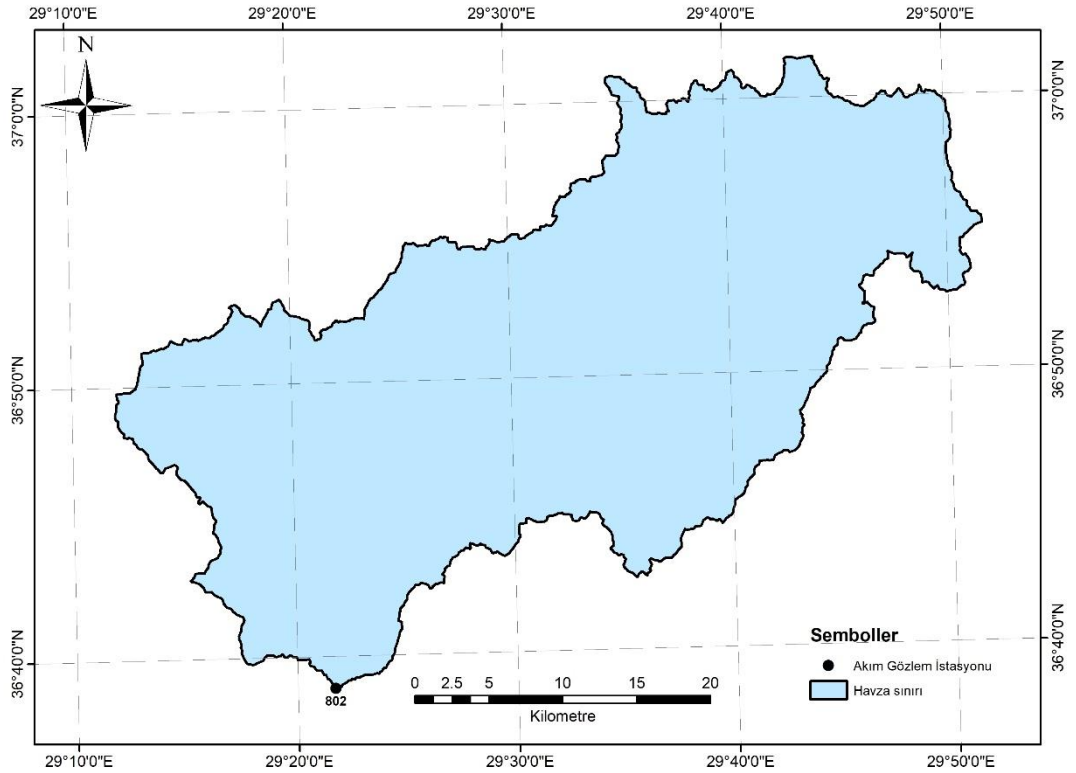
2.3.2 Havza Alanı

Alan, havzaların en çok kullanılan fizyografik parametresidir. Hem ortalama debi ile hem de en büyük debi ile güçlü ilişkisi bulunmaktadır. Bu yönüyle literatürdeki çalışmaların çoğunda da tercih edilmiştir. Bu çalışmada, havzaların alanları poligona çevrilmiş havza üzerinden ArcGIS programına hesaplatılmıştır. Bu

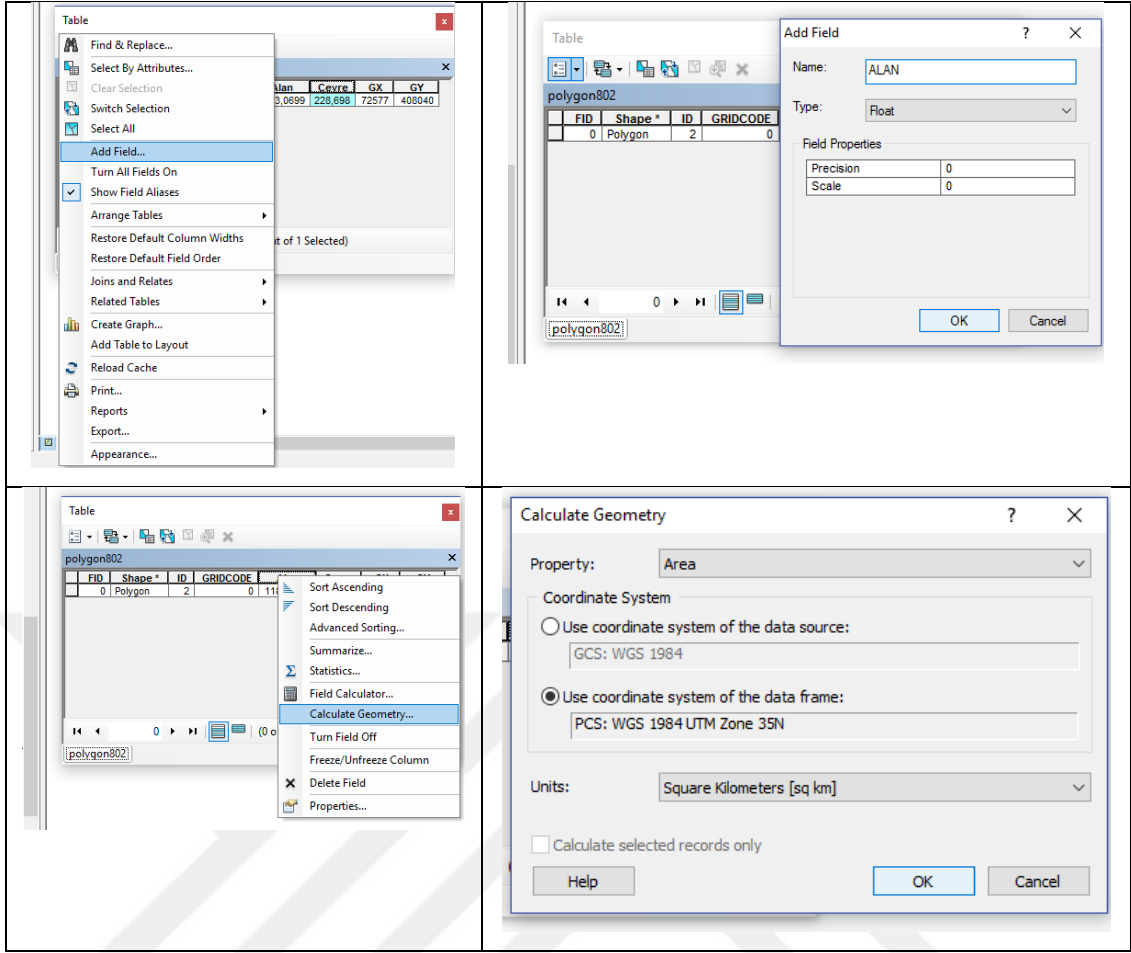
amaçla poligon formatındaki havza tabakasının “Öznitelik Tablosu”nda (“Attribute Table”) ALAN isimli ondalık sayı (float) tipinde bir Field oluşturularak “Calculate Geometry” komutunda “Property” satırında “Area” seçilerek poligon alanı hesaplatılır (Şekil 2.21). 802 numaralı havzanın alanı kilometrekare cinsinden 1183.0699 olarak bulunmuştur. Diğer havzalar için de benzer işlemler tekrarlanır.



Şekil 2.19: Raster to Polygon komutunun parametreleri



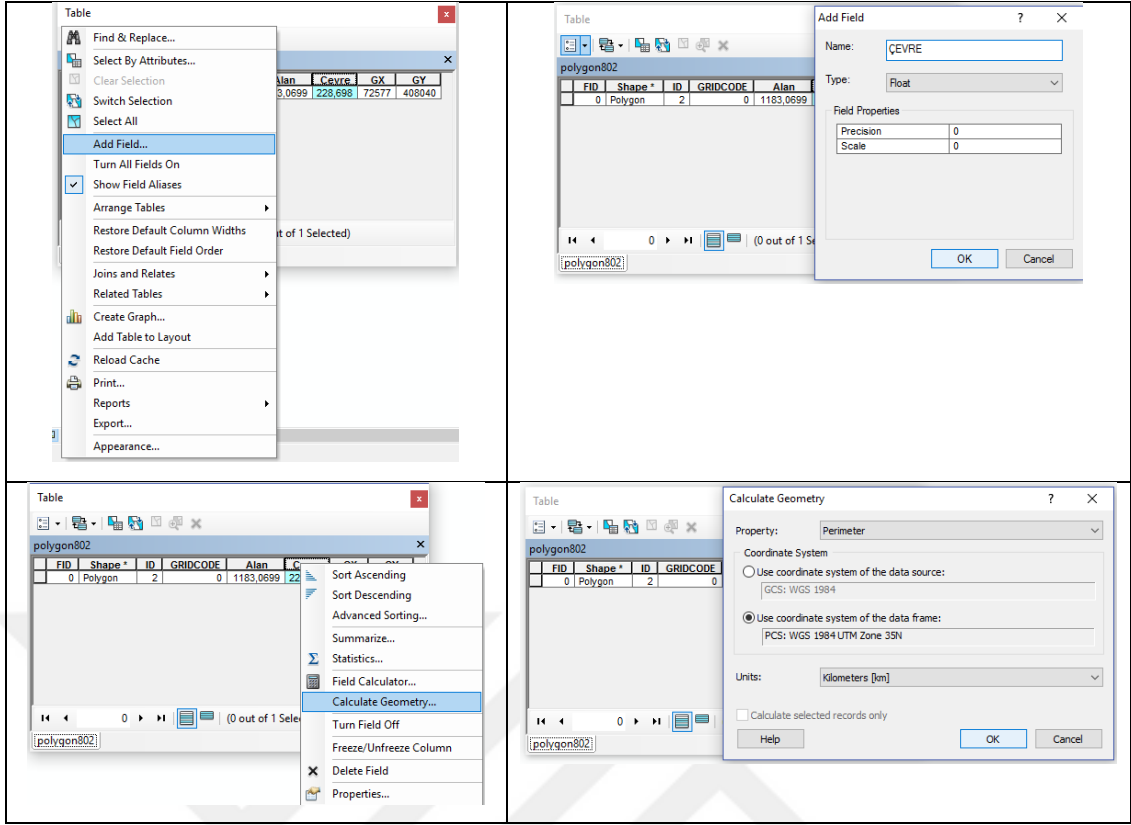
Şekil 2.20: Havzanın poligona çevrilmesi



Şekil 2.21: Poligon formatındaki havza alanının hesap adımları

2.3.3 Havza Çevre Uzunluğu

Çevre de alan gibi hem ortalama debi ile hem de en büyük debi ile güçlü ilişkisi bulunan ve bu yönüyle literatürdeki çalışmaların çoğunda tercih edilen havza fizyografik parametrelerinden bir tanesidir. Çevre hesabında Alan hesabındaki işlemler aynen tekrar edilir. Öznitelik Tablosunda oluşturulan ÇEVRE isimli ondalık sayı (float) tipindeki Field'ın "*Calculate Geometry*" penceresinde "*Property*" satırında "*Perimeter*" seçilerek poligonun çevresi hesaplatılır (Şekil 2.22). 802 numaralı havzanın çevresi kilometre cinsinden 228.698 olarak bulunmuştur. Diğer havzalar için de benzer işlemler tekrarlanır.

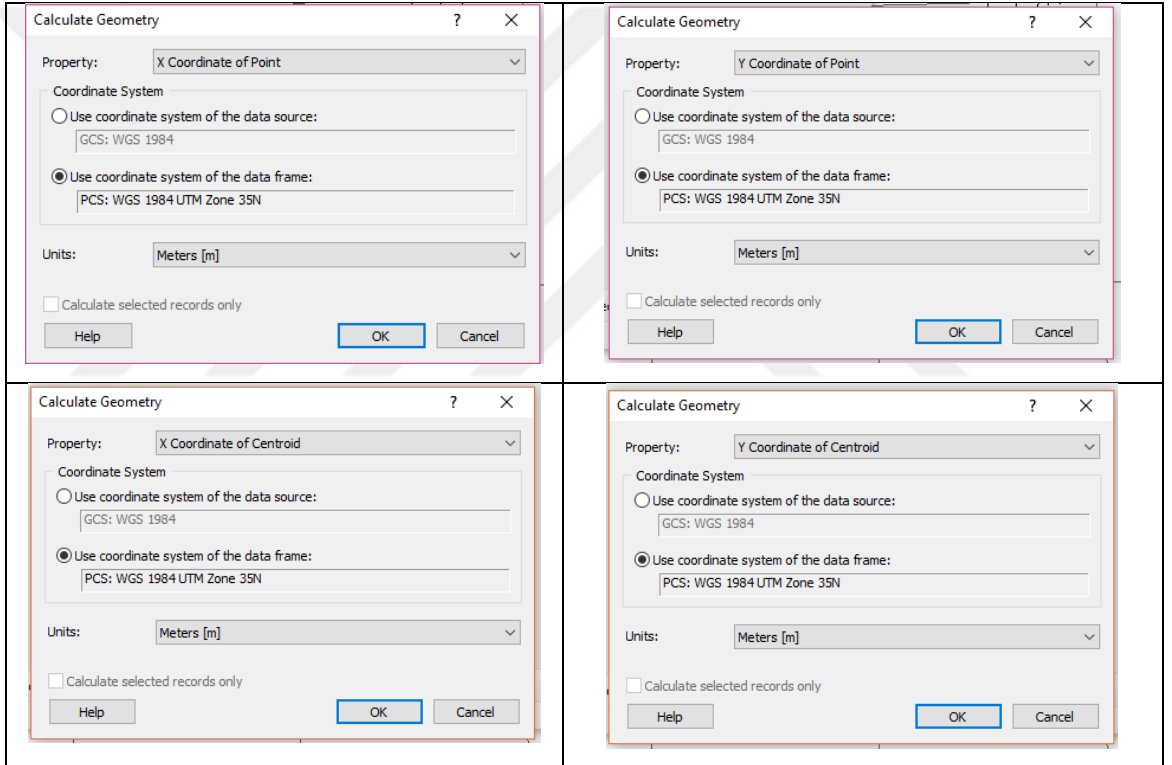


Şekil 2.22: Poligon formatındaki havza çevresinin hesap adımları

2.3.4 Havza Ağırlık Merkezinin Havza Çıkış Noktasına Uzaklığı

Havza ağırlık merkezinin havza çıkış noktasına olan uzaklığını hesaplayabilmek için öncelikle bu iki noktanın koordinatlarının uzunluk (metre) cinsinden belirlenmesi gereklidir. Havza çıkış noktası daha önce vektör formatında nokta olarak oluşturulmuştur. Bu tabakanın Öz nitelik Tablosunda “Add Field” komutu ile X ve Y isimli uzun tamsayı (Long Integer) tipinde iki Field oluşturulur. ArcGIS programı nokta formatındaki tabakaların x ve y koordinatlarını “Calculate Geometry” penceresindeki sırasıyla “X Coordinate of Point” ve “Y Coordinate of Point” komutları ile hesaplamaktadır. Koordinat değerlerini metre cinsinden bulmak için “Units” satırında birim olarak “Meters [m]” seçilmelidir. Ayrıca koordinat sistemi de Coğrafi (GCS) değil Projeksiyonlu (PCS) olmalıdır. 802 nolu havzanın bu şekilde hesaplanan x ve y koordinat değerleri sırasıyla 711.115 m ve 4.058.378 m’dir.

Havza ağırlık merkezinin koordinatları için poligon formatındaki havza tabakasının Öznelik Tablosunda GX ve GY isimli uzun tamsayı (“*Long Integer*”) tipinde iki yeni sütun (“*Field*”) oluşturulur. ArcGIS programı poligon formatındaki tabakaların ağırlık merkezinin x ve y koordinatlarını “*Calculate Geometry*” penceresindeki sırasıyla “*X Coordinate of Centroid*” ve “*Y Coordinate of Centroid*” komutları ile hesaplamaktadır. Koordinat değerlerini metre cinsinden bulmak için “*Units*” satırında birim olarak “*Meters [m]*” seçilmelidir. Ayrıca koordinat sistemi de Coğrafi (GCS) değil Projeksiyonlu (PCS) olmalıdır. 802 nolu havzanın bu şekilde hesaplanan ağırlık merkezinin x ve y koordinat değerleri sırasıyla 725.771 m ve 4.080.400 m’dir.

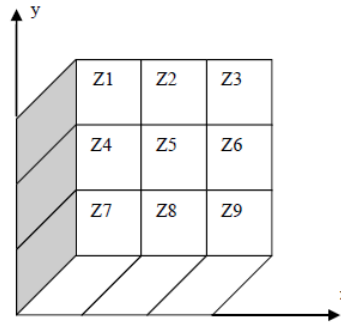


Şekil 2.23: Havza çıkış noktası ve ağırlık merkezinin koordinatlarının bulunması

Bu aşamada problem düzlemde koordinatı belli iki nokta arasındaki uzaklığı bulma problemine dönüşmüştür. (711.115, 4.058.378) ve (725.771, 4.080.400) noktaları arasındaki mesafe 26.453 m olarak hesaplanmıştır.

2.3.5 Eğim

ArcGIS programında bir raster hücresinin eğimi Horn metoduna göre Şekil 2.24'te gösterilen 3x3'lük hücre modelinin Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönündeki kot farkı değerleri ile hesaplanmaktadır. Eğimi hesaplanacak hücre 5 numaralı ve kotu Z5 olan hücredir. Doğu-Batı eğimi (G) ve Kuzey-Güney eğimi (H) Denklem (2.1) ve Denklem (2.2)'de sırasıyla gösterilmektedir.



Şekil 2.24: 3x3'lük raster hücresi modeli

$$G = \frac{[(Z_3 + 2Z_6 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_4 + Z_7)]}{8\Delta x} \quad (2.1)$$

$$H = \frac{[(Z_1 + 2Z_2 + Z_3) - (Z_7 + 2Z_8 + Z_9)]}{8\Delta y} \quad (2.2)$$

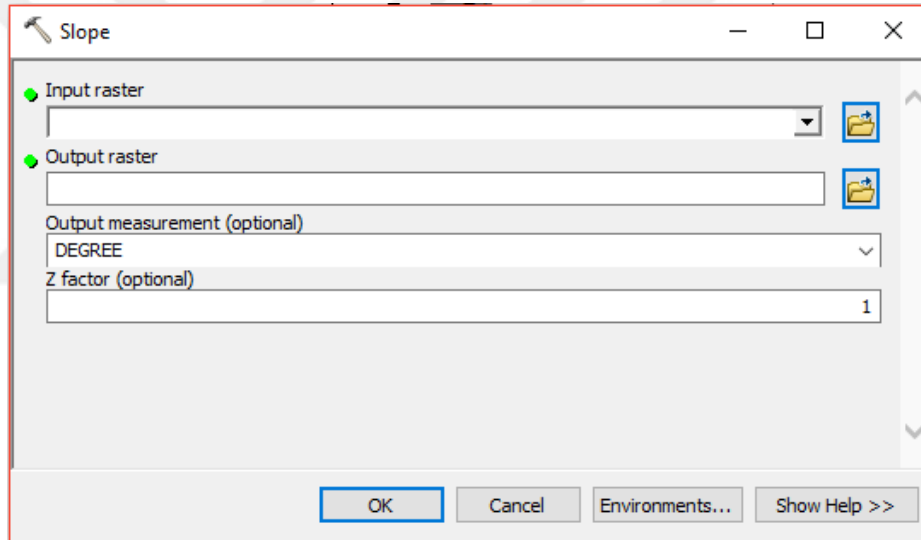
Burada, Z metre cinsinden raster hücresinin kot değeri, Δx hücre genişliği, Δy hücre ise yüksekliğidir. Eğim derece cinsinden Denklem 2.3'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$Eğim = \frac{\pi \sqrt{G^2 + H^2}}{180} \quad (2.3)$$

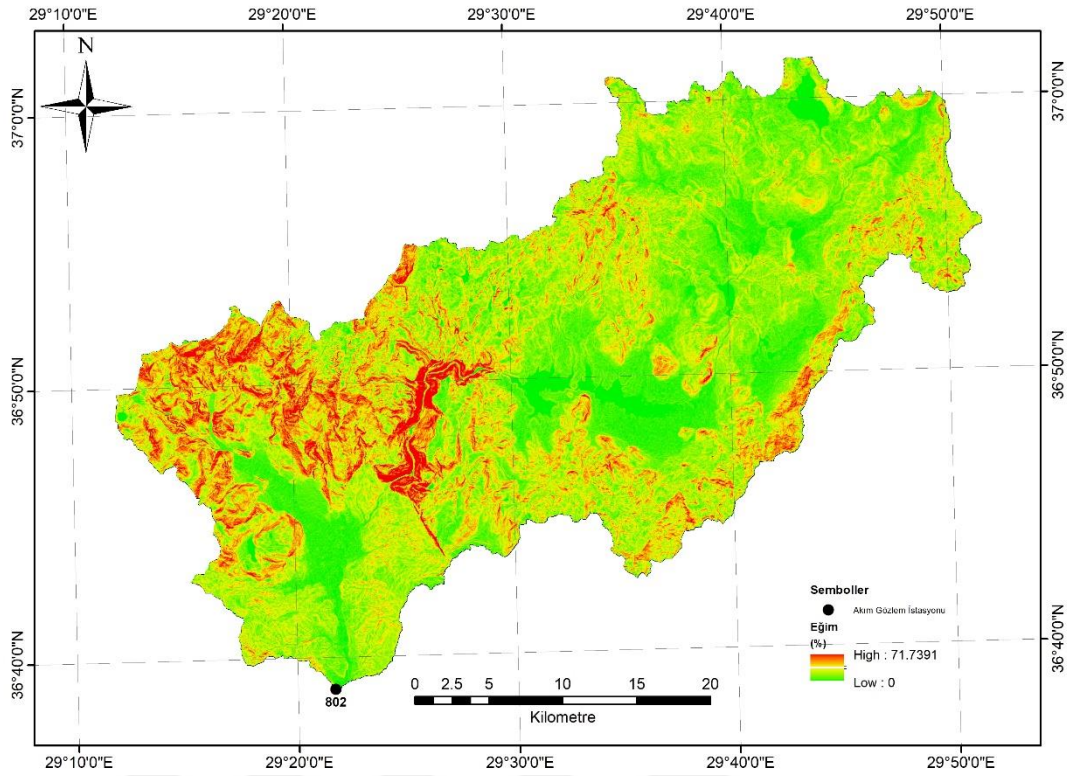
ArcGIS programında Eğim ArcToolbox'da bulunan “*Spatial Analyst Tools*” altında bulunan “*Surface*” bölümündeki “*Slope*” komutu ile hesaplanmaktadır. “*Slope*” komutunun parametreleri Şekil 2.25'te verilmiştir.

“*Input raster*” satırına havzanın çıkarılmış (“*extract by mask*” komutuyla elde edilen) sayısal yükseklik modeli tabakası tanımlanacaktır. “*Output raster*”

satırına elde edilecek eğim tabakası için isim verilecektir. “*Output measurement*” satırında eğimin derece cinsinden hesaplanması isteniyorsa “*DEGREE*”, yüzde cinsinden hesaplanması isteniyorsa “*PERCENT-RICE*” seçeneği seçilmelidir. “*Z factor*” satırına ise sayısal yükseklik modelinin x ve y koordinatlarının birimi ile yükseklik birimi arasındaki oran tanımlanmalıdır. Eğer sayısal yükseklik modelinin x, y koordinat değerleri ve yükseklik değeri metre ise “*Z factor*” varsayılan değer olan 1 olarak bırakılır. Ancak bu tez kapsamında kullandığımız sayısal yükseklik modelinin x ve y koordinatları derece cinsinden yükseklikler ise metre cinsinden olduğu için metre/derce oranı “*Z factor*” satırına girilmelidir. Dünyanın çevresi 40000 km ve 360 derecedir, yani 1 derecenin uzunluğu yaklaşık 111 kilometredir. Böylece *Z factor* değeri $1/111111 = 0.000009$ olarak bulunur. 802 nolu havzanın yüzde cinsinden hesaplanan eğim haritası Şekil 2.26’da verilmiştir.



Şekil 2.25: Slope komutunun parametreleri



Şekil 2.26: 802 nolu havzanın eğim haritası

2.3.6 Bakı

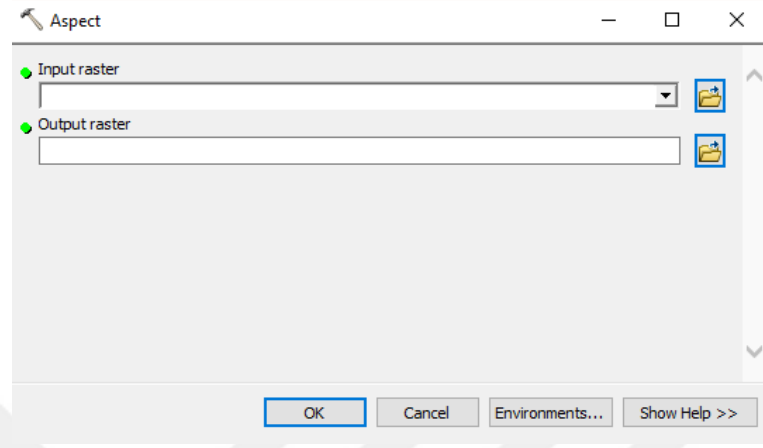
Bakı, kelime anlamı olarak bir dağ yamacının baktığı yön anlamına gelmektedir. Ülkemizde dağların güneye bakan yamaçları güneşten daha fazla ve daha dik ışın almaktadır. Bu nedenle güneye bakan yamaçlar daha çok ısınır ve bu durum kar erime hızını etkilemektedir. Akışa geçen su miktarının artması maksimum debi ve ortalama debi ile doğrudan ilgilidir. Bakının matematiksel yönden derece cinsinden hesaplanması Denklem 2.4'te verilmiştir.

$$Yön = 2arctan \frac{-G}{\sqrt{H^2 + G^2} + H} \left(\frac{180}{\pi} \right) \quad (2.4)$$

$$\text{EĞER } Yön > 90^\circ \text{ İSE } Bakı = (450 - Yön) \text{ DEĞİLSE } Bakı = (90 - Yön) \quad (2.5)$$

Bu şekilde hesaplanan bakı açısı değerlerine göre Kuzey yönü 0° olmakta ve Doğuya doğru (saat yönünde) artmaktadır. Yatay olan hücrelerin Bakı açısı değerleri ArcGIS programı tarafından -1 olarak tanımlanmaktadır. ArcGIS programında Bakı

ArcToolbox’da bulunan “*Spatial Analyst Tools*” altındaki “*Surface*” bölümündeki “*Aspect*” komutu ile hesaplanmaktadır. “*Aspect*” komutunun parametreleri Şekil 2.27’de verilmiştir.



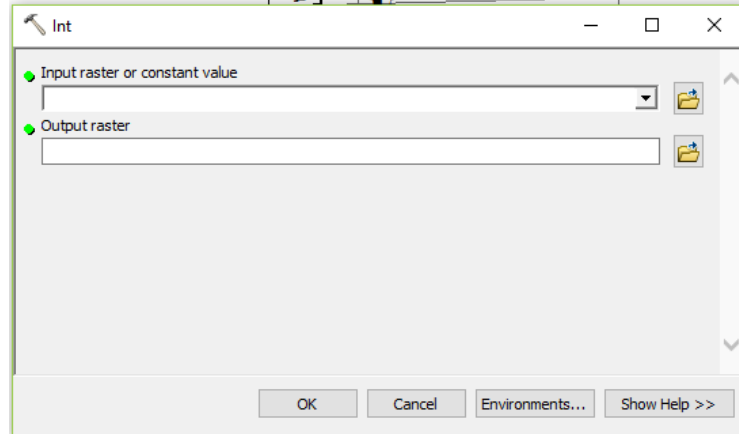
Şekil 2.27: Aspect komutunun parametreleri

“*Input raster*” satırına havzanın sınırlandırılmış (“*extract by mask*” komutuyla elde edilen) sayısal yükseklik modeli tabakası tanımlanacaktır. “*Output raster*” satırına elde edilecek bakı tabakası için isim verilecektir.

Bu şekilde hesaplanan bakı açıları ondalık sayılar olup yönler göre gruplandırma yapabilmek amacıyla tamsayıya dönüştürülmüştür. Bir raster tabakanın hücreleri ondalık sayı formatındaysa hücrelerin aldığı değerler “sürekli değişken” olarak kabul edilmekte ve belli bir değere eşit eleman sayısı 0 olarak alınmaktadır. Dolayısıyla bakı tabakasının raster hücrelerinin değerleri önce tamsayıya çevrilerek “kesikli değişken” haline getirilmekte ve sayılabilir olmaları sağlanmaktadır. Bu amaçla ArcToolbox’da bulunan “*Spatial Analyst Tools*” altındaki “*Math*” bölümündeki “*Int*” komutu kullanılmıştır. “*Int*” komutunun parametreleri Şekil 2.28’de verilmiştir.

Tamsayıya dönüştürülmüş bakı açısı değerlerine göre hücrelerin yönleri Tablo 2.3’te verilmiştir.

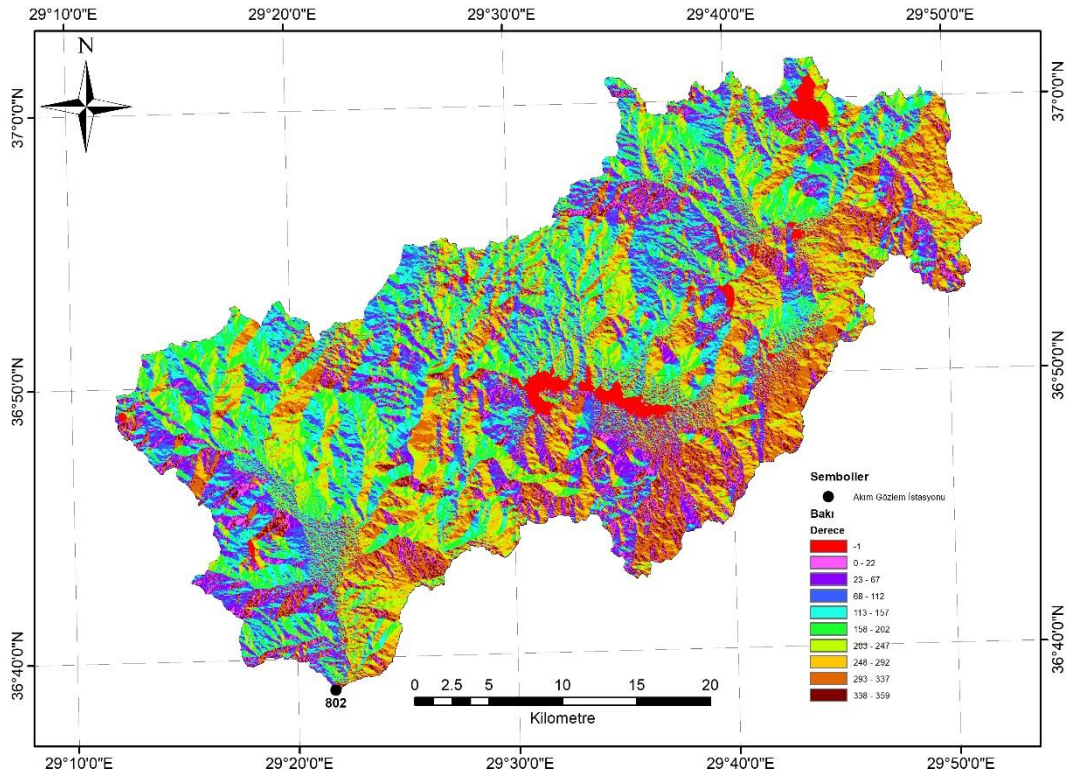
802 nolu havzanın bakı haritası Tablo 2.3’teki açı değerlerine göre sınıflandırılmış olarak Şekil 2.29’da verilmiştir.



Şekil 2.28: Int komutunun parametreleri

Tablo 2.3: Bakı açılarına göre yönler

Bakı Açısı (Derece)	Yön
-1	Düz (Yatay)
338-22	Kuzey
23-67	Kuzey Doğu
68-112	Doğu
113-157	Güneydoğu
158-202	Güney
203-247	Güney Batı
248-292	Batı
293-337	Kuzey Batı



Şekil 2.29: 802 nolu havzanın Bakı haritası

Bakı haritasının veri tabanında her bir açı değerine karşılık kaç adet hücrenin bulunduğu yer almaktadır. Bu veri tabanı açılarak her bir yöne karşılık gelen hücre sayıları toplanır. 802 nolu havza için yönler göre hücre sayıları ve havzanın toplam hücre sayısı Tablo 2.4’te verilmiştir.

Tablo 2.4: 802 nolu havzanın yönler göre hücre sayıları

Yön	Hücre Sayısı
Düz (Yatay)	35537
Kuzey (338-22)	178167
Kuzeydoğu (23-67)	154031
Doğu (68-112)	160186
Güneydoğu (113-157)	209714
Güney (158-202)	228425
Güneybatı /203-247)	198441
Batı (248-292)	181483
Kuzeybatı (293-337)	202304
Toplam	1548288

Tez kapsamında havzanın ana yönler bakan hücre sayılarının yüzdeleri havza fizyografik parametreleri olarak alınmıştır. Bu amaçla kuzey, güney, doğu ve batı yönlerine (ara yönler de dâhil) bakan hücrelerin sayıları toplanarak toplan hücre sayısına bölünmüştür. 802 nolu havzanın ana yönler için hücre sayısı yüzdeleri Tablo 2.5’te verilmiştir.

Tablo 2.5: 802 nolu havzanın ana yön hücre sayılarının toplam hücre sayısına oranı

Yön	Hücre Sayısı	Oran
Kuzey	534502	0,35
Doğu	523931	0,34
Güney	636580	0,41
Batı	582228	0,38

2.3.7 Ortalama Yükseklik ve Kot-Rölyef Oranı

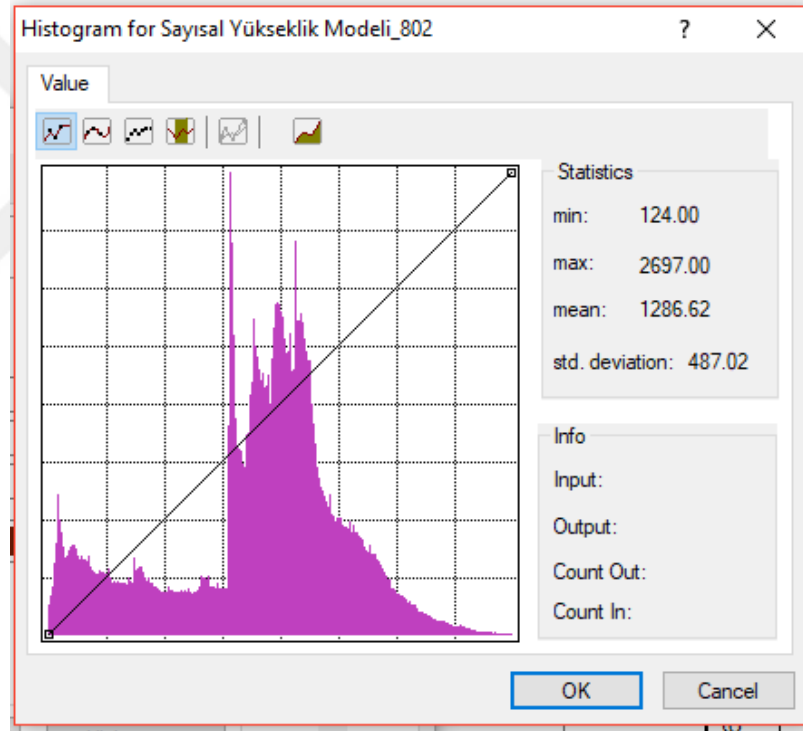
Havzaya ait önemli yükseklik değerleri olan en büyük yükseklik (Z_{maks}), ortalama yükseklik (Z_{mean}) ve en küçük yükseklik yani havza çıkış kotu (Z_{min}) değerleri; ilgili havzanın sınırlandırılarak çıkarılmış (“*extract by mask*” komutuyla elde edilen) sayısal yükseklik modelinden elde edilir. ArcGIS programı raster tabakaların hücre değerlerinin temel istatistik bilgilerini “*Tabaka Özellikleri*” (“*Layer Properties*”) bölümünde bulunan “*Symbology*” sekmesi altındaki “*Histogram*” komutuyla açılan pencerede göstermektedir (Şekil 2.30). Buna göre

802 nolu havza için $Z_{maks} = 2697$ m, $Z_{mean} = 1286,62$ m ve $Z_{min} = 124$ m olarak bulunmuştur.

Hipsometrik integral havzanın erozyon ve yığılma durumunu gösteren ve akarsuyun yaşına göre değişen bir parametredir. Havza topografyasının önemli sayısal tanımlayıcılarından ve geomorfolojik parametrelerinden olan hipsometrik integrali elde etmenin birkaç yolu bulunmaktadır. Bunlardan birisi de Kot - Rölyef oranını (E) (Denklem 2.6) hipsometrik integralin eşdeğeri olarak kabul etmektir.

$$E = \frac{(\text{Ortalama kot} - \text{Minimum Kot})}{(\text{Maksimum Kot} - \text{Minimum Kot})} = \frac{Z_{mean} - Z_{min}}{Z_{maks} - Z_{min}} \quad (2.6)$$

Buna göre 802 nolu havzanın kot-rölyef oranı $E = 0,4519$ olarak bulundu.

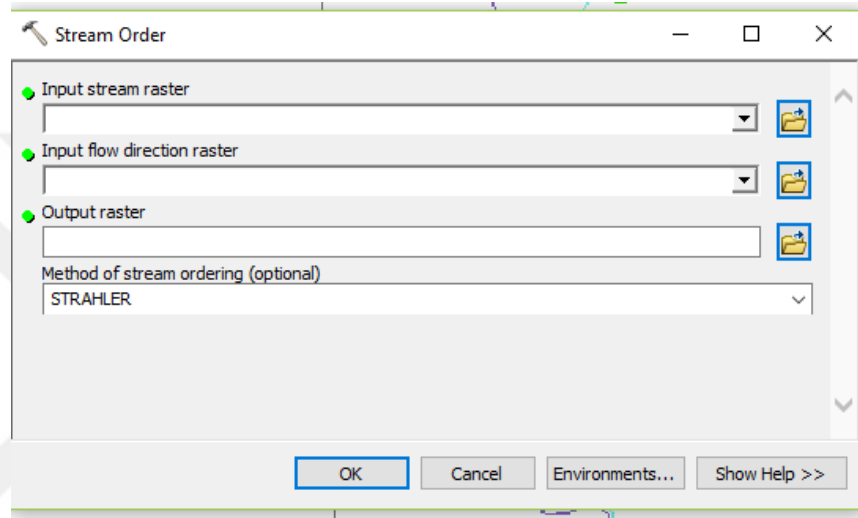


Şekil 2.30: 802 nolu havzanın sayısal yükseklik modelinin istatistikleri

2.3.8 Akarsu Çatallanma Değeri

Akarsu çatallanma değeri özellikle maksimum debiyi etkileyen geomorfolojik bir parametredir. Literatürde akarsu çatallanmasını ifade etmek üzere Horton, Strahler ve Shreve gibi farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu tez kapsamında Strahler

Çatallanma değerleri göz önüne alınmıştır. Strahler'e göre yan kolu olmayan en küçük dereler birinci derece, iki derenin birleşmesinden sonra ikinci derece ve ikinci derecedeki derelerin birleşmesinden sonra üçüncü derecedeki dereler oluşur. Bu işlem akarsu ana kolunun sonuna kadar devam eder. Elde edilen en yüksek değer Strahler çatallanma değerini verir. ArcGIS programında Strahler çatallanma değeri ArcToolbox'da bulunan "*Spatial Analyst Tools*" altındaki "*Hydrology*" bölümünün "*Stream Order*" komutu ile hesaplanmaktadır. "*Stream Order*" komutunun parametreleri Şekil 2.31'de görülmektedir.

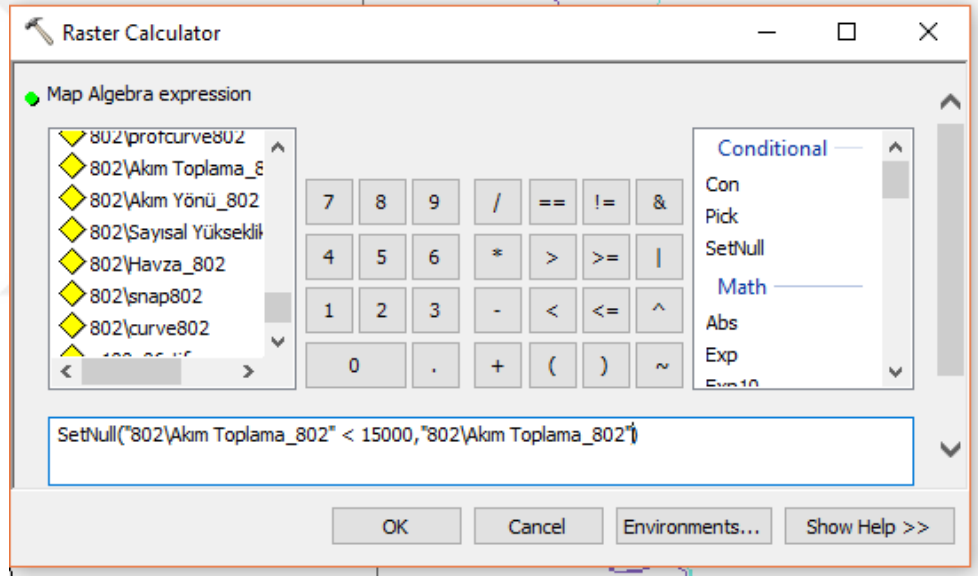


Şekil 2.31: *Stream Order* komutunun parametreleri

"*Input stream raster*" satırına havzanın sınırlandırılarak çıkarılmış ("*extract by mask*" komutuyla elde edilen) akım toplama ("*flow accumulation*") tabakasındaki eşik değerinden küçük hücreler silinerek elde edilen harita tanımlanacaktır. Eşik değerinden küçük hücreleri silmek için ArcToolbox'daki "*Spatial Analyst Tools*"'da bulunan "*Map Algebra*"'nın altındaki "*Raster Calculator*" komutu kullanılır. "*Raster Calculator*" genel olarak raster tabakaların hücreleri arasında çeşitli matematiksel işlemleri yapmak için kullanılmaktadır. "*Raster Calculator*"'da bulunan "*SetNull*" komutu ile raster tabaka üzerindeki belli koşulları sağlayan hücreler silinebilmektedir. 802 nolu havzanın akım toplama raster tabakasındaki değeri 15000'den küçük olan hücrelerin silinmesi işlemini yapan "*Raster Calculator*" penceresi Şekil 2.32'de gösterilmiştir.

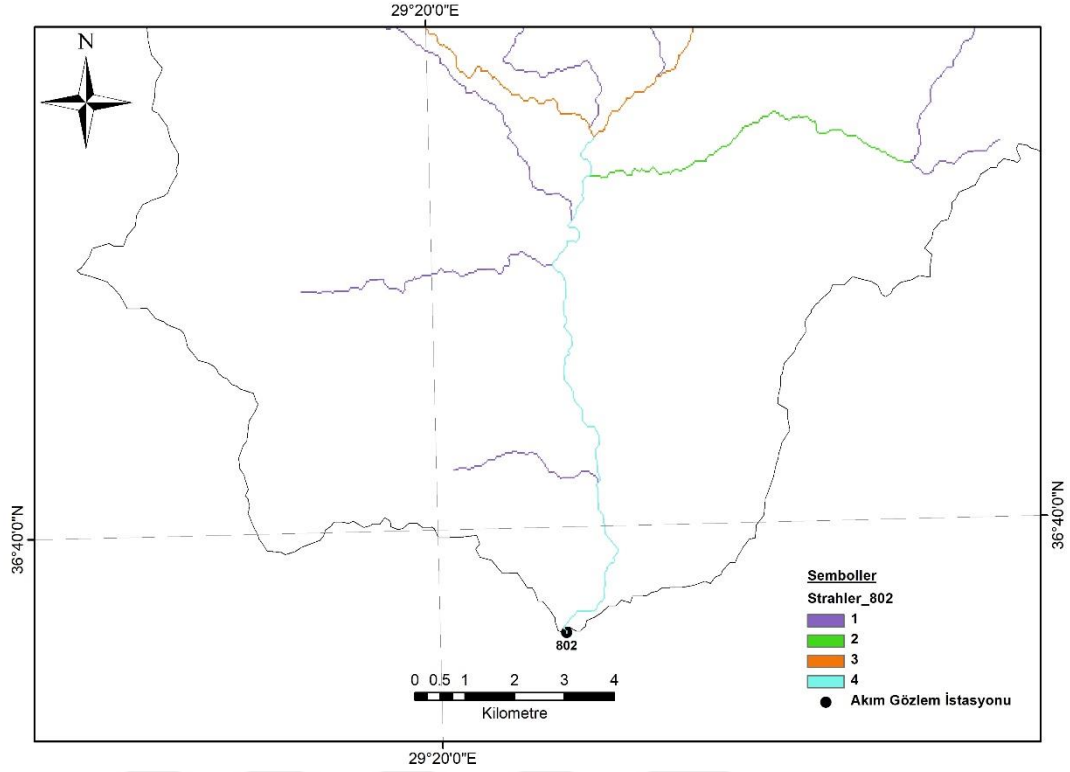
“*Raster Calculator*”ın “*SetNull*” komutu çalıştıktan sonra ürettiği akım toplama haritası görünüş olarak eşik değerinin altındaki hücreler gösterilmeyen harita ile aynıdır ancak bu haritada görünmeyen alanlar boştur.

“*Stream Order*” komutunun diğer bir parametresi de “*Input flow direction raster*” dır. Burada havzanın sınırlandırılmasından sonra “*Extract by mask*” komutu ile kesilen akım yönü (“*Flow direction*”) haritası tanımlanacaktır. “*Output raster*” satırında ise “*Stream Order*” komutu çalıştıktan sonra programın üreteceği raster tabakaya isim verilmektedir. Son olarak “*Method of stream ordering*” satırında ise ArcGIS programının varsayılanı olarak “*Strahler*” veya diğer alternatif olan “*Shreve*” seçenekleri bulunmaktadır. Bu tez kapsamında Strahler çatallanma değerleri hesaplanacaktır.



Şekil 2.32: 802 nolu havzada *SetNull* işlemi

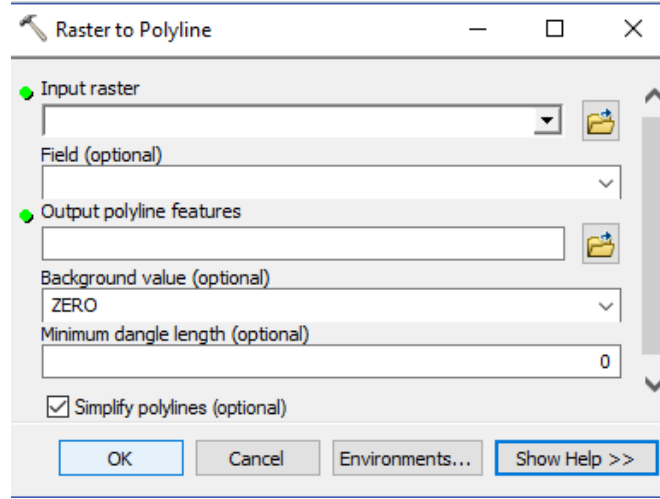
802 nolu havzanın maksimum Strahler çatallanma değeri 4 olarak elde edilmiştir. “*Stream Order*” komutunun çalışması sonucu üretilen raster haritanın 802 nolu havzanın aşağı kısmına ait görüntüsü Şekil 2.33’te verilmiştir.



Şekil 2.33: 802 nolu havzanın Strahler çatallanma değerleri

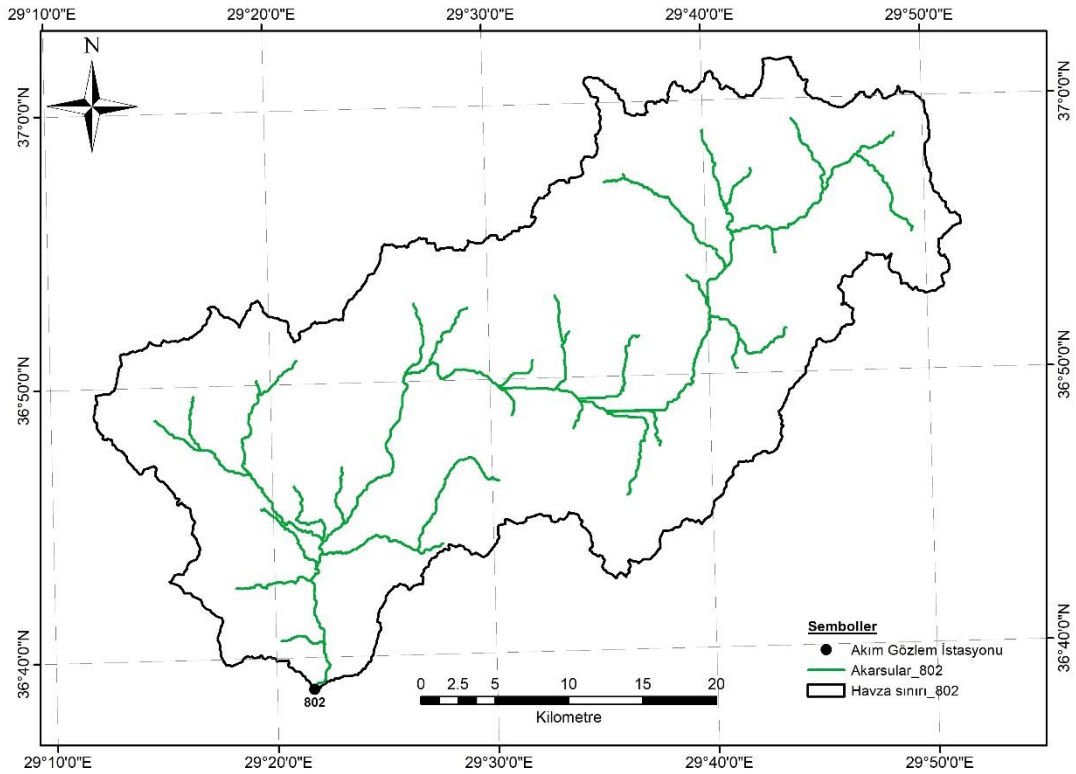
2.3.9 Akarsu Ana Kol Uzunluğu

Havza ana kolu, havza çıkışından başlayarak membaya doğru en uzun olan akarsudur. Havzanın önemli fizyografik parametrelerinden olan ana kol uzunluğunu belirlemek için öncelikle havzanın akım toplama (*“flow accumulation”*) tabakasının değeri 15000’den küçük olan hücrelerinin silinmesiyle elde edilen raster formatındaki akarsu tabakasının vektör olarak çizgi formatına (polyline) çevrilmesi gerekmektedir. Raster hücrelerde uzunluk hesaplaması yapılamadığı için akarsuların vektör bir tabakada bulunması gereklidir. Bu dönüştürme işlemi ArcToolbox’da bulunan *“Conversion Tools”* altındaki *“From Raster”* bölümünün *“Raster to Polyline”* komutu ile yapılmaktadır. Dönüştürme işleminin parametreleri Şekil 2.34’te görülmektedir.



Şekil 2.34: Raster tabakayı vektör formatına dönüştürme işleminin parametreleri

“*Input raster*” satırına havzanın akım toplama tabakasındaki 15000’den küçük olan hücrelerin silinmesi sonucu elde edilen raster tabaka tanımlanacaktır. “*Output polyline features*” bölümüne dönüştürme işleminin sonunda elde edilecek olan çizgi (polyline) formatındaki tabakanın ismi yazılır. Opsiyonel seçeneklerde bir değişiklik yapılmamıştır. 802 nolu havzanın çizgi formatındaki akarsularını gösteren harita Şekil 2.35’te verilmiştir.

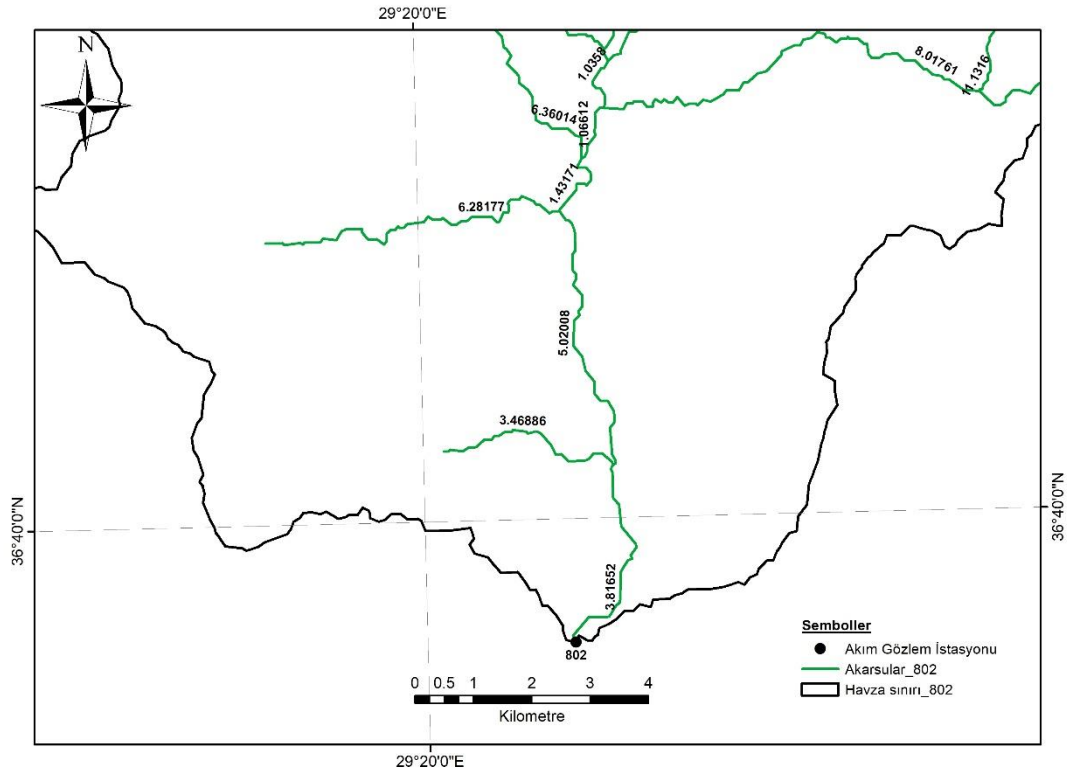


Şekil 2.35: 802 nolu havzanın vektör formatına çevrilmiş akarsuları

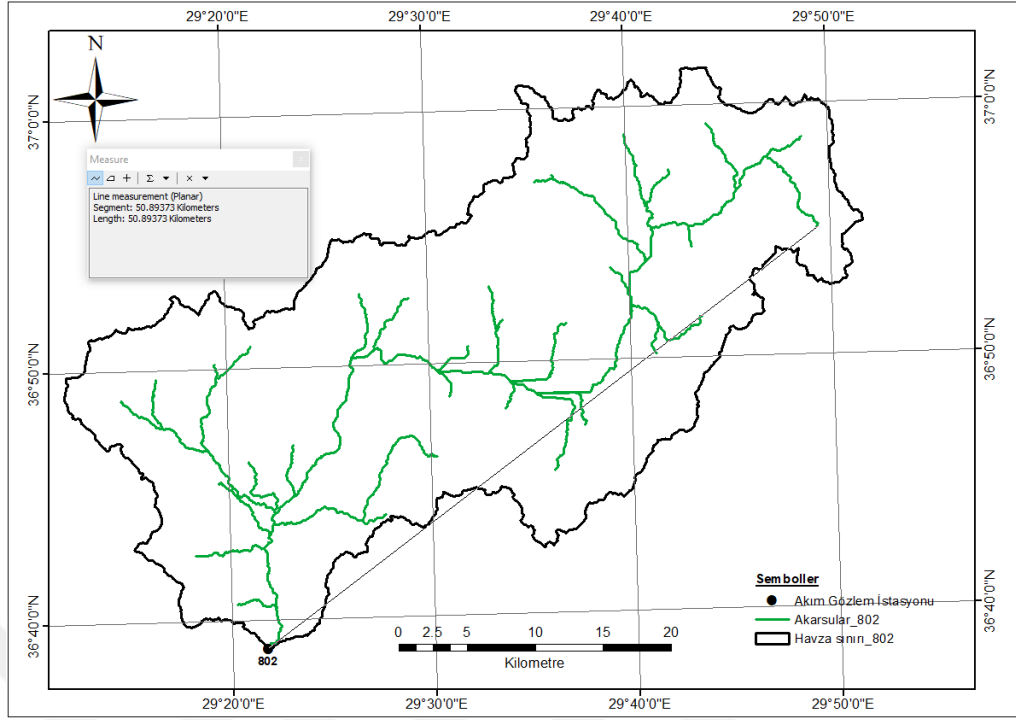
Akarsular vektör formatına çevrildikten sonra oluşan haritanın öznitelikler tablosunda (attribute table) Uzunluk isimli ondalık sayı (float) formatında bir sütun (field) oluşturularak “*Calculate Geometry*” komutu ile çizgi uzunlukları hesaplatılmıştır. Daha sonra havza çıkış noktasından başlayarak membaya doğru farklı kol uzunlukları toplanır ve en uzun olanı ana kol olarak seçilmiştir. 802 nolu havzanın bir bölümünün kol uzunlukları Şekil 2.36’da verilmiştir. Buna göre 802 nolu havzanın ana kol uzunluğu 82,4584 km olarak hesaplanmıştır.

2.3.10 Akarsu Ana Kol Kuş Uçuşu Uzunluğu

Kuş uçuşu uzunluk, iki noktanın düz bir çizgi ile birleştirilmesi sonucu bulunan uzunluktur. Havza çıkış noktası ile ana kolun başlangıç noktası düz bir çizgi ile birleştirilerek akarsu kuş uçuşu uzunluğu (STRL) elde edilir. Bu uzunluk ArcGIS programının uzunluk ve alan ölçümlerinde kullanılan “*Measure*” aracı kullanılarak belirlenmiştir. 802 nolu havza için akarsu kuş uçuşu uzunluğu (STRL) 50,89373 km olarak ölçülmüştür (Şekil 2.37).



Şekil 2.36: 802 nolu havzanın kol uzunlukları



Şekil 2.37: 802 nolu havzanın akarsu ana kol kuş uçuşu uzunluğu

2.3.11 Sinüzoite

Sinüzoite (SIN), akarsu kıvrımlılığının bir ölçüsü olup, ana kol uzunluğunun (MAINL), akarsu ana kol kuş uçuşu uzunluğuna (STRL) oranıdır. 802 nolu havza için sinüzoite 1,62 olarak hesaplanmıştır.

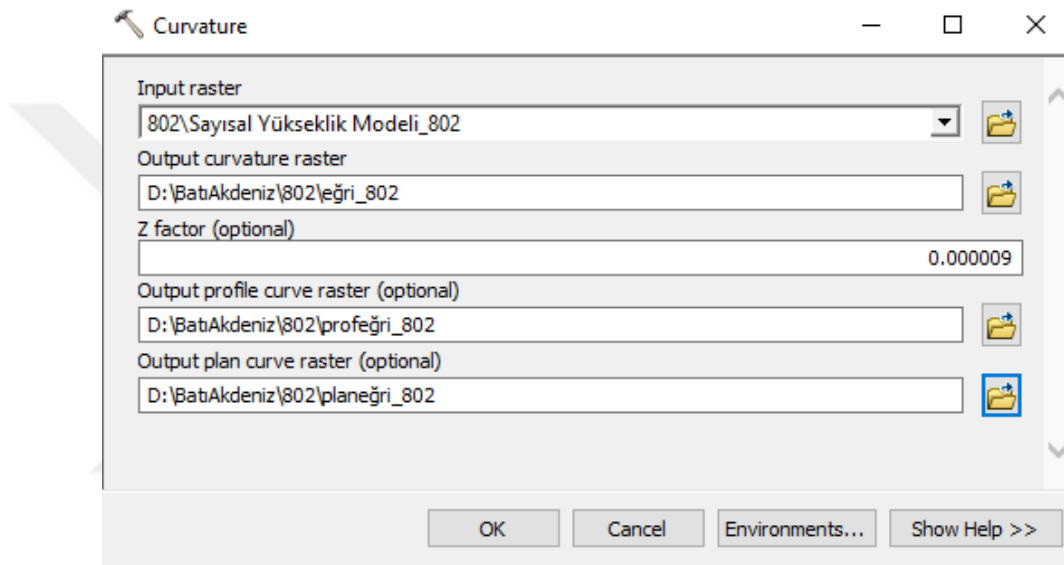
2.3.12 Toplam Kol Uzunluğu

Toplam kol uzunluğu (TOTL), havza çıkış noktasından başlayarak tüm kol uzunluklarının toplanmasıyla bulunur. 802 nolu havza için toplam kol uzunluğu 266,2807 km olarak bulunmuştur.

2.3.13 Eğrilik

Eğrilik, eğimin birinci, yüksekliğin ikinci türevi olarak tanımlanır. Tez kapsamında, havzaların ortalama profil eğrilikleri (“*profile curvature*”) hesaplanmıştır.

ArcGIS programında “*Profile Curvature*” ArcToolbox’da bulunan “*Spatial Analyst Tools*” altında bulunan “*Surface*” bölümündeki “*Curvature*” komutu ile hesaplanmaktadır. Curvature komutunun parametreleri Şekil 2.38’de verilmiştir.

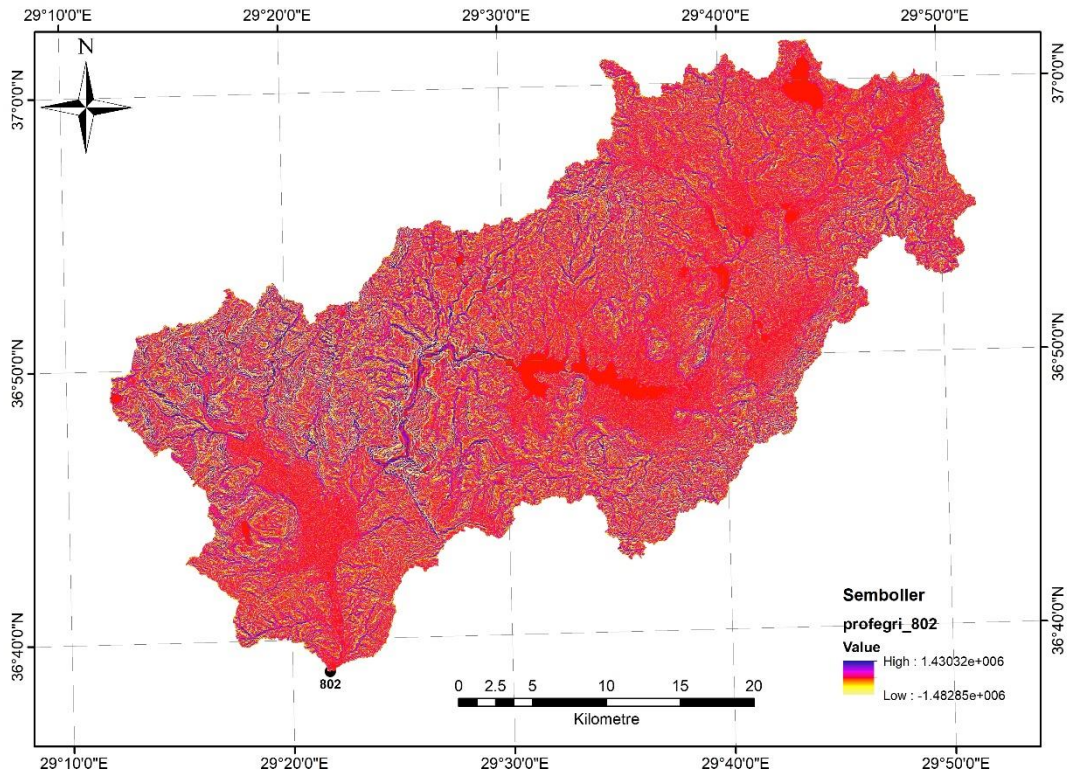


Şekil 2.38: *Curvature* komutunun parametreleri

“*Input raster*” satırına havzanın çıkarılmış (“*extract by mask*” komutuyla elde edilen) sayısal yükseklik modeli tabakası tanımlanacaktır. “*Output raster*” satırına elde edilecek eğrilik tabakası için isim verilecektir. “*Z factor*” satırına ise sayısal yükseklik modelinin x ve y koordinatlarının birimi ile yükseklik birimi arasındaki oran tanımlanmalıdır. Eğer sayısal yükseklik modelinin x, y koordinat değerleri ve yükseklik değeri metre ise “*Z factor*” varsayılan değer olan 1 olarak bırakılır. Ancak bu tez kapsamında kullandığımız sayısal yükseklik modelinin x ve y koordinatları derece cinsinden yükseklikler ise metre cinsinden olduğu için metre/derce oranı “*Z factor*” olarak girilmelidir. “*Z factor*” değerinin elde edilmesi Bölüm 2.3.5’te verilmiştir. ArcGIS programı iki farklı eğrilik hesaplamaktadır. Seçimlik olarak “*plan curvature*” veya “*profile curvature*” tek tek veya her ikisi birden oluşturulabilir. “*Plan curvature*” yüzeyin eğim doğrultusundaki, “*profile*

curvature” ise yüzeyin eğime dik doğrultudaki eğriliğidir. Bu tez kapsamında arazinin eğriliğini temsil etmek üzere “*profile curvature*” tabakası oluşturulmuştur.

Ortalama “*profile curvature*” değerini bulmak için oluşturulan “*profile curvature*” tabakasının “*Symbology*” bölümünde bulunan “*Stretched*” sekmesindeki “*Histograms*” açılarak ortalama “*profile curvature*” değeri bulunur. 802 nolu havzanın (*profile curvature*) haritası Şekil 2.39’da gösterilmiştir, havzanın ortalama profil eğrilik değeri 1384,65 olarak bulunmuştur.



Şekil 2.39: 802 nolu havzanın profil eğrilik (profile curvature) haritası

2.3.14 Havza Dairesellik Oranı

Literatürde havza dairesellik oranı olarak çeşitli formüller önerilmiştir. Bu tez kapsamında 1 adet dairesellik oranı kullanılmıştır. Bu dairesellik oranı 1953 yılında Miller tarafından önerilen dairesellik oranıdır (Denklem 2.6).

$$R_c = \frac{A}{A_0} \quad (2.6)$$

Burada R_c , havzanın boyutsuz dairesellik oranı; A , havza alanı (km^2); A_0 , çevresi havzanın çevre uzunluğuna eşit olan dairenin alanıdır (km^2) (Denklem 2.7).

$$A_0 = \frac{P^2}{4\pi} \quad (2.7)$$

Burada P , havzanın çevre uzunluğudur (km). R_c değerleri daima 1'den küçüktür. 802 nolu havza için R_c değeri 0.2842 olarak hesaplanmıştır.

2.3.15 Havza Engebelilik Göstergesi (Ruggedness Index)

Havza engebelilik göstergesi, havzanın maksimum ve minimum kotları arasındaki farkın, drenaj yoğunluğuna bölünmesiyle bulunmaktadır (Denklem 2.8).

$$RGD = (ZMAKS - ZMIN) / DD \quad (2.8)$$

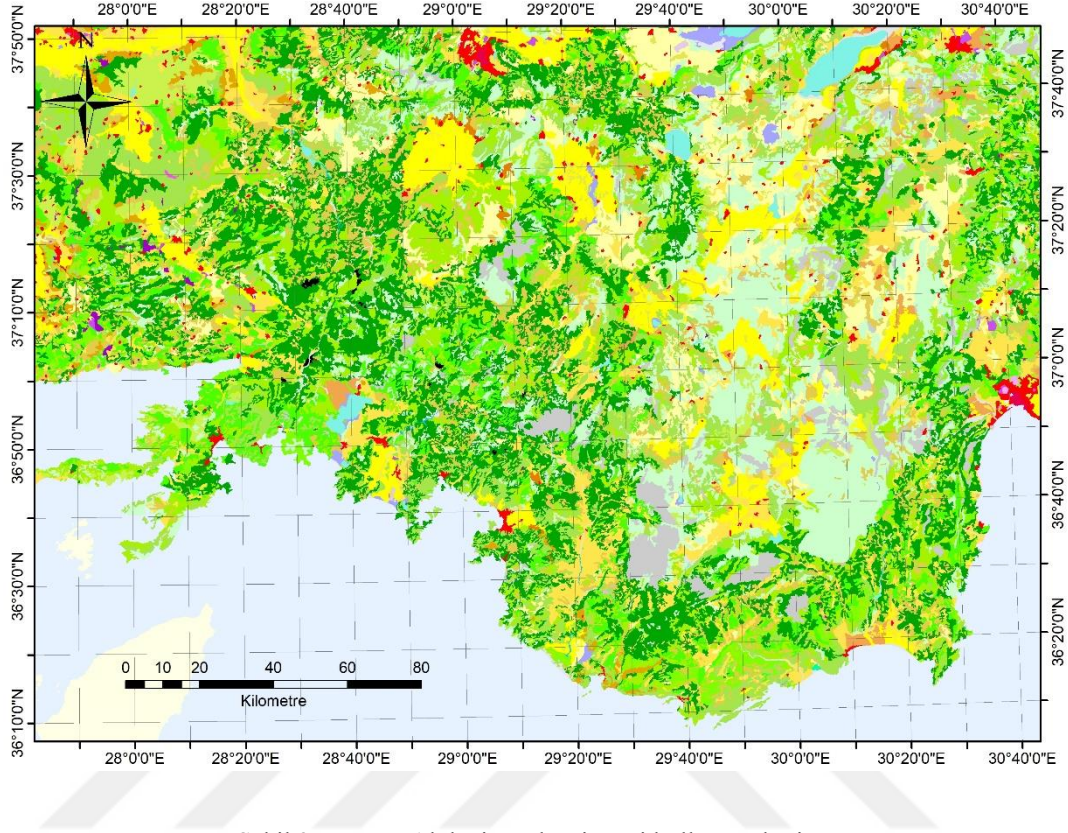
Havza drenaj yoğunluğu (DD), havza alanının (A), toplam kol uzunluğuna ($TOTL$), bölünmesi ile bulunmaktadır ($DD = A / TOTL$). 802 nolu havza için drenaj yoğunluğu 0,2251 ve engebelilik göstergesi 0,5791 olarak bulundu.

2.3.16 Arazi Kullanımı

Arazi kullanımı, fiziksel ve beşeri etmenlerden etkilenen ve aynı zamanda bu etmenleri etkileyen, ortalama ve maksimum debiler üzerinde etkili bir parametredir. Tez kapsamında, CORINE Projesiyle Avrupa Kıtası için elde edilen 2006 yılına ait arazi kullanımı verileri projeye eklenmiştir (Şekil 2.40).

CORINE (Coordination of Information on the Environment - Çevresel Bilginin Koordinasyonu), Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) tarafından belirlenen Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırmasına göre (Tablo 2.6) uydu görüntüleri üzerinden bilgisayar destekli görsel yorumlama metodu ile üretilen arazi örtüsü/kullanımının verisidir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017). CORINE, çevre ile ilgili öncelikli konularda (hava, su, toprak, arazi örtüsü, kıyı erozyonu, biyotoplar) Avrupa Birliği için bilgi toplamayı amaçlayan 1985 yılında başlatılmış bir programdır. 1994 yılından itibaren Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) (European Environment Agency -

EEA) CORINE’i kendi programına dâhil etmiştir. AÇA, Türkiye’nin de içinde bulunduğu 39 ülkede bu projeyi gerçekleştirmektedir.



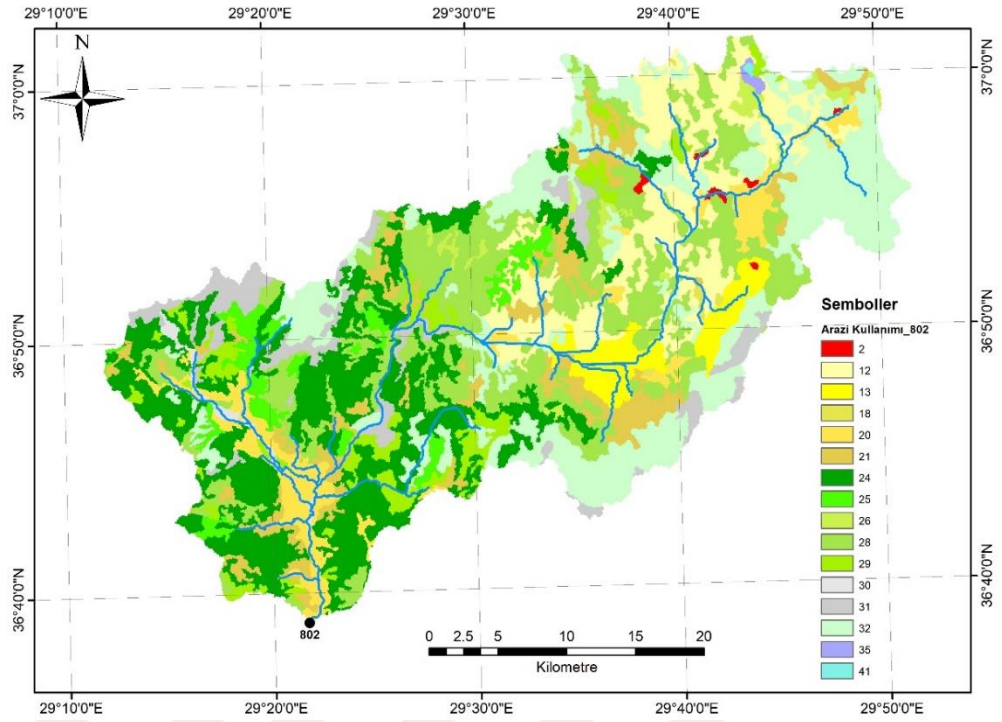
Şekil 2.40: Batı Akdeniz Bölgesi arazi kullanımı haritası

CORINE programının amacı AÇA’nın belirlediği kriterler ve sınıflandırma sistemi (Tablo 2.5) doğrultusunda AÇA’ya üye tüm ülkelerde, arazideki çevresel değişimlerin belirlenmesi, doğal kaynakların rasyonel biçimde yönetilmesi, çevre ile ilgili politikaların oluşturulması, aynı temel verilerin yönetilmesi ve standart bir veri tabanının oluşturulmasıdır. AÇA kriterleri ve sınıflama birimlerine göre (44 sınıf), uydu görüntüleri üzerinden arazinin izlenmesine yönelik arazi örtüsü/ arazi kullanımındaki değişiklikler uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla tespit edilmektedir. Her havzanın arazi kullanımı haritaları, havza sınırlarından arazi kullanımı haritasından kesilerek elde edilmiştir. 802 nolu havzanın arazi kullanım haritası Şekil 2.41’de verilmiştir.

Tablo 2.6: Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırması

KOD	ETİKET-1	ETİKET-2	ETİKET-3
1	Yapay Yüzeyler	Şehir Yapısı	Sürekli Şehir Yapısı
2	Yapay Yüzeyler	Şehir Yapısı	Kesikli/Süreksiz Şehir Yapısı
3	Yapay Yüzeyler	Endüstri, Ticaret ve Ulaşım Birimleri	Endüstriyel ve Ticari Birimler

KOD	ETİKET-1	ETİKET-2	ETİKET-3
4	Yapay Yüzeyler	Endüstri, Ticaret ve Ulaşım Birimleri	Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar
5	Yapay Yüzeyler	Endüstri, Ticaret ve Ulaşım Birimleri	Limanlar
6	Yapay Yüzeyler	Endüstri, Ticaret ve Ulaşım Birimleri	Havaalanları
7	Yapay Yüzeyler	Maden Ocağı, Boşaltım ve İnşaat Sahaları	Maden Çıkarmı Sahaları
8	Yapay Yüzeyler	Maden Ocağı, Boşaltım ve İnşaat Sahaları	Boşaltım Sahaları
9	Yapay Yüzeyler	Maden Ocağı, Boşaltım ve İnşaat Sahaları	İnşaat Sahaları
10	Yapay Yüzeyler	Yapay, Tarımsal Olmayan Yeşil Alanlar	Yeşil Şehir Alanları
11	Yapay Yüzeyler	Yapay, Tarımsal Olmayan Yeşil Alanlar	Spor ve eğlence Alanları
12	Tarımsal Alanlar	Ekilebilir Alan	Sulanmayan Ekilebilir Alan
13	Tarımsal Alanlar	Ekilebilir Alan	Sürekli Sulanan Alanlar
14	Tarımsal Alanlar	Ekilebilir Alan	Pirinç Tarlaları
15	Tarımsal Alanlar	Sürekli Ürünler	Üzüm Bağları
16	Tarımsal Alanlar	Sürekli Ürünler	Meyve Bahçeleri
17	Tarımsal Alanlar	Sürekli Ürünler	Zeytinlikler
18	Tarımsal Alanlar	Meralar	Mera Alanları
19	Tarımsal Alanlar	Karışık Tarımsal Alanlar	Sürekli Ürünlerle Birlikte Bulunan Sentetik Ürünler
20	Tarımsal Alanlar	Karışık Tarımsal Alanlar	Karışık Tarım Alanları
21	Tarımsal Alanlar	Karışık Tarımsal Alanlar	Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları
22	Tarımsal Alanlar	Karışık Tarımsal Alanlar	Ormanla Karışık Tarım Alanları
23	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Ormanlar	Geniş Yapraklı Ormanlar
24	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Ormanlar	İğne Yapraklı Ormanlar
25	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Ormanlar	Karışık Ormanlar
26	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Maki ve Otsu Bitkiler	Doğal Çayırliklar
27	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Maki ve Otsu Bitkiler	Fundalıklar
28	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Maki ve Otsu Bitkiler	Sklerofil Bitki Örtüsü
29	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Maki ve Otsu Bitkiler	Bitki Değişim Alanları
30	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Bitki Örtüsü ile Kaplı Olmayan veya Az Miktarda Bitki Örtüsü ile Kaplı Açık Alanlar	Sahiller, Kumsallar ve Kumluklar
31	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Bitki Örtüsü ile Kaplı Olmayan veya Az Miktarda Bitki Örtüsü ile Kaplı Açık Alanlar	Çıplak Kayalıklar
32	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Bitki Örtüsü ile Kaplı Olmayan veya Az Miktarda Bitki Örtüsü ile Kaplı Açık Alanlar	Seyrek Bitki Alanları
33	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Bitki Örtüsü ile Kaplı Olmayan veya Az Miktarda Bitki Örtüsü ile Kaplı Açık Alanlar	Yanmış Alanlar
34	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Bitki Örtüsü ile Kaplı Olmayan veya Az Miktarda Bitki Örtüsü ile Kaplı Açık Alanlar	Buzul ve Kalıcı Kar
35	Sulak Alanlar	Karasal Bataklıklar	Karasal Bataklıklar
36	Sulak Alanlar	Karasal Bataklıklar	Turbalıklar
37	Sulak Alanlar	Denize Yakın Islak Alanlar	Tuz Bataklığı
38	Sulak Alanlar	Denize Yakın Islak Alanlar	Tuzlalar
39	Sulak Alanlar	Denize Yakın Islak Alanlar	Gelgit Olayı ile Oluşan Düzlükler
40	Su Yapıları	Karasal/İç Sular	Su Yolları
41	Su Yapıları	Karasal/İç Sular	Su Kütleleri
42	Su Yapıları	Deniz Suları	Kıyı Lagünleri
43	Su Yapıları	Deniz Suları	Nehir Ağzıları, Deltalar
44	Su Yapıları	Deniz Suları	Deniz ve Okyanus



Şekil 2.41: 802 nolu havzanın arazi kullanımı haritası

Bu tez kapsamında, yerleşim, tarım, orman, maki ve açık alanların toplam havza alanı içerisindeki oranları, ortalama ve maksimum debiyi etkileyen arazi kullanım parametreleri olarak göz önüne alınmıştır. Yerleşim arazi kullanım türü için Tablo 2.6’da verilen sınıflandırmaya göre kod numarası 1-6 arası alınmıştır. Benzer şekilde tarım arazi kullanımı için 12-22 arası kodlar, orman arazi kullanımı için 23-25 arası kodlar, maki arazi kullanımı için 26-29 arası kodlar ve açık alanlar arazi kullanımı için 31-33 arası kodlar kullanılmıştır. Bunların dışındaki arazi kullanımlarının havza alanlarında fazla yer kaplamadığı görülmüş ve debi üzerinde etkileri olmadığı varsayılmıştır. Hücresel (raster) bir tabaka olan arazi kullanımı haritasında ilgili kod numaralarına sahip hücre sayıları belirlenerek havzanın toplam hücre sayısına bölünmüş ve arazi kullanım oranları elde edilmiştir. 802 nolu havza arazi kullanımı haritasında toplam 118255 adet hücre bulunmaktadır, buna göre hesaplanan arazi kullanım oranları Tablo 2.7’de verilmiştir.

Tablo 2.7: 802 no’lu havzanın arazi kullanım oranları

Arazi Kullanım Türü	Hücre Sayısı	Arazi Kullanım Oranı (%)
Yerleşim	300	0,25
Tarım	32664	27,62
Orman	26134	22,10
Maki	29441	24,90
Açık	28735	24,30

3. REGRESYON ANALİZİ

3.1 GENEL BİLGİLER

3.1.1 Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler

Birçok çalışma bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki ile ilgilenir. Genellikle bağımlı değişkenler (y), bağımsız değişken(ler) ise (x) ile gösterilir. Bu tez kapsamında bağımlı değişkenler, ortalama debi ve anlık maksimum debilerdir. Bağımsız değişkenler ise Bölüm 2’de elde edilme yöntemleri açıklanan havza fizyografik parametreleri ve arazi kullanım oranlarından oluşmaktadır.

3.1.2 Regresyon Analizinin Amacı

Bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler), arasındaki ilişkiyi matematiksel modelle açıklayarak bağıntılar bulmak ve bağımsız değişken(ler) ile bağımlı değişkeni tahmin etmek, regresyon analizinin amaçlarındandır. Diğer bir amaç ise bağımsız değişkenlerden hangilerinin bağımlı değişkeni daha çok etkilediğini belirlemektir. Regresyon ile korelasyon analizleri arasında her ne kadar yakın bir ilişki varsa da bu kavramlar farklı olup sıklıkla birbirine karıştırılmaktadır. Korelasyon analizinde amaç, iki değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve derecesini sayısal olarak kestirmektir.

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin her zaman doğrusal olması beklenmemelidir. Bu tez kapsamında olduğu gibi bir bağımlı değişkeni etkileyen birden çok bağımsız değişken söz konusu ise bu durumda çoklu doğrusal regresyon modeline başvurulması gerekmektedir. Çoklu doğrusal regresyon analizi ile bir bağımlı değişken ile birden çok bağımsız değişken arasındaki ilişki matematiksel modellerle açıklanır.

İki ya da daha fazla değişken arasında güçlü bir ilişkinin varlığı, bu durumunun kesinlikle bir neden-sonuç ilişkisi olacağı anlamı taşımaz. Yardımcı bir yöntem olarak, değişkenler arasındaki ilişki, ancak kuramsal bir temele dayandırıldığı takdirde, bu ilişkiyi bir neden-sonuç ilişkisi olarak açıklamak için regresyon analizi kullanılabilir.

3.1.3 Bağımlı ve Bağımsız Değişkenlerin Seçimi

Regresyon analizindeki en önemli konulardan biri bağımlı ve bağımsız değişken(ler)in tespit edilmesi işlemidir. Bu değişkenlerin belirlenmesi kavramsal ve teorik esaslarca, ayrıca araştırmacıların bilgi birikimleri de ortaya konularak belirlenir.

Bağımsız değişkenlerin seçiminde dikkat edilecek bir diğer önemli husus belirleme hatasıdır ve bu durum modele ilgisiz değişkenlerin alınıp, ilgili değişkenlerin model dışında tutulmasıdır. İlgili değişkenlerin model dışında tutulması sonuçların yorumlanması aşamasında olumsuz bir durum ortaya koymaktadır. Modelde kullanılan ilgisiz bir değişkenle, modele alınmayan ilgili bir değişken arasında ilişki yok ise bu durum çözümlemenin kestirim doğruluğunu azaltırken, bu değişkenler arasındaki yüksek bir ilişkinin varlığı da sonuçlar üzerinde korelasyon derecesine göre artış gösterir. Bu nedenden dolayı değişkenlerin tespiti model üzerinde önemli bir rol oynamaktadır ve bu aşamada özenle seçim yapılması gerekmektedir.

3.1.4 Regresyon Sonuçlarının Genellenebilirliği ve Gözlem Sayısı

Regresyon sonuçlarının genellenebilmesi için bağımsız değişken başına en az beş gözlem yapılmalıdır. Bu sayının beşin altına düşmesi durumunda genelleme yapmak mümkün olmayacaktır. Gözlem sayısı konusunda çeşitli formüller geliştirilmiş olmakla beraber, gözlem sayısının bağımsız değişken başına otuzdan fazla olması gerekmektedir. Bu tez kapsamında regresyon analizinde toplam 30 adet gözlem kullanılmıştır. Gözlem süresi kısıtlarımız dolayısıyla havzadaki her akım gözlem istasyonunun verileri regresyon analizine dâhil edilmemiştir. Her bir

bağımsız değişken için 30 adet gözlem kullanılması durumunda havzadaki tüm akım gözlem istasyonları bile yetersiz kalacaktır.

3.2 Çoklu Doğrusal Regresyon

Çoklu regresyon modelinde; bir bağımlı ve bağımlı değişkeni etkileyen birden fazla bağımsız değişken yer almaktadır (Biçkici, 2007). Gözlem sayısı her değişken için n olduğunda doğrusal ilişki Denklem 3.1’de verilmiştir.

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_{i1} + \hat{\beta}_2 x_{i2} + \dots + \hat{\beta}_k x_{ik} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3.1)$$

Burada k, değişken sayısı ve n, gözlem sayısıdır. $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$ çoklu doğrusal regresyon denkleminin katsayılarıdır ve normal dağılıma sahip rastgele değişkenlerdir. $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}$ değerleri örneklemdaki bağımsız değişkenlerdir. $\hat{y}_i$ ise y değişkeninin modelden elde edilen değeridir.

3.2.1 Bağımsız Değişkenlerin Modelden Çıkarılması - Geriye Doğru Adım Adım Çoklu Doğrusal Regresyon

Bu çalışmada geriye doğru adım adım çoklu doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır. Model kurma yöntemlerinden biri olan Adım Adım Regresyon yöntemi, modelde bulunması anlamlı olan bağımsız değişkenleri, her adımda yeni bir değişken ekleyerek ve/veya daha önce seçilmiş bir değişkeni modelden atarak belirlemektedir. Yöntem uygulandığında, bağımlı değişkeni en çok etkileyen (modelde bulunması anlamlı) ve aynı zamanda aralarında kuvvetli ilişkiler bulunmayan bağımsız değişkenler belirlenmiş olmaktadır. Bu yüzden, modelde bulunması düşünülen tüm bağımsız değişkenler ile kurulan modelde çoklu doğrusal bağlantı saptanmışsa, bu duruma neden olan bağımsız değişkenlerin elenmesi için kullanılabilecek bir yöntem olmaktadır.

Adım adım regresyon analizinde iki tür yaklaşım bulunmaktadır; bunlar ileri doğru adım adım regresyon ve geriye doğru adım adım regresyondur. Bu çalışmada geriye doğru adım adım regresyon modelini kullanılmıştır.

Geriye doğru adım adım regresyonda başlangıçta bütün bağımsız değişkenler bir arada değerlendirilir ve bir regresyon analizi yapılır. Bütün bağımsız değişkenler için Denklem 3.3 kullanılarak hata kareleri toplamı bulunur (RSS_2). Daha sonra bir bağımsız değişken çıkarılır ve geriye kalan parametreler için hata kareleri toplamı bulunur (RSS_1). Bu bulunan değerler Denklem 3.2’de yerine konulup çıkarılan parametrenin F değeri hesaplanır. Daha sonra bu çıkarılan parametre tekrar hesaba katılır ve başka bir parametre çıkarılıp aynı yöntemle bu durum için de F değeri hesaplanır.

Bu şekilde tek tek bütün parametreler çıkarılır ve bulunan F değerleri karşılaştırılır; en küçük F değerine sahip parametre regresyondan analizinden çıkartılır. Bu parametre modelden çıkarıldıktan sonra aynı işleme baştan geriye kalan parametrelerle devam edilir.

$$F = \frac{\frac{RSS_1 - RSS_2}{p_2 - p_1}}{\frac{RSS_2}{n - p_2}} \quad (3.2)$$

Burada p_1 ve p_2 parametre sayısı, n ise veri sayısını gösterir.

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_{i,1} - b_2 x_{i,2} - b_3 x_{i,3} - \dots - b_k x_{i,k})^2 \quad (3.3)$$

Yüksek korelasyonlu 2 veya daha fazla parametrenin aynı regresyon modelinde kullanılması çoklu bağlantıya (collinearity) yol açmaktadır. Çoklu bağlantı olayı model veya verilerdeki küçük değişikliklerin katsayı tahminlerinde hatalı olarak büyük değişikliklere yol açmasıdır. Bu çalışmada çoklu bağlantılar göz önüne alınmamıştır.

3.2.2 Regresyon Modelinin Performans Analizi

Bu çalışmada elde edilen regresyon modellerinin performansı için 3 farklı gösterge kullanılmıştır. Bunlar Determinasyon (belirlilik) katsayısı, düzeltilmiş determinasyon katsayısı ve tahminin standart hatasıdır.

3.2.2.1 Determinasyon (Belirlilik) Katsayısı (R^2) ve Düzeltilmiş Belirlilik Katsayısı (R^2_{adj})

Parametreler tahmin edildikten ve en küçük kareler doğrusu belirlendikten sonra bu doğrunun x ve y 'nin gözlem değerlerini ne kadar iyi tahmin ettiği bulunmalıdır. Yani gözlemlerin, regresyon doğrusu etrafındaki dağılımları hesaplanmalıdır. Gözlemler doğruya ne kadar yakınsa, y 'deki değişimin bağımsız değişkendeki değişimleri izah etmesi de o kadar başarılıdır. Bu başarının bir ölçüsü, bağımlı değişkendeki toplam değişimin (varyansın) yüzde kaçının bağımsız değişken(ler) x tarafından açıklanabildiğini gösteren korelasyon katsayısının karesi olan determinasyon (belirlilik) katsayısı (R^2)'dır. Denklem 3.4 yardımıyla belirlilik katsayısı hesaplanabilir.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3.4)$$

Burada y gözlenen değerlerin ortalaması, n veri sayısı, y_i gözlenen değerler, $\hat{y}_i$ modelden elde edilen sonuçlardır. R^2 kullanımı çoklu modellerde uygun olmamaktadır. Çoklu modellerde, modele yeni bir değişken ilave edildiğinde R^2 değeri her zaman artmaktadır. Bu nedenle düzeltilmiş çoklu belirlilik (R^2_{adj}) katsayısı kullanılmaktadır (Denklem 3.5).

$$R^2_{adj} = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-p-1} \quad (3.5)$$

Burada R^2 , çoklu belirlilik katsayısı; n , örnek olarak seçilen gözlem sayısı ve p ise modeldeki değişken sayısıdır. R^2 ile R^2_{adj} , 0 ile 1 arasında değerler alır. 1'e yakın değerler olması regresyon modelinin uygun olduğunu göstermektedir.

3.2.2.2 Tahminin Standart Hatası (SEE)

Tahminin standart hatasını elde edebilmek için öncelikle hataların kareleri toplamı (SSE) hesaplanmalıdır. SSE regresyon doğrusu ile noktalar arasındaki farkların karelerinin toplamıdır (Denklem 3.6).

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (3.6)$$

Regresyon doğrusunun veriye ne kadar uyduğunu göstermekte bir ölçüt olarak kullanılır. Eğer hata değişkeninin standart sapması küçük ise hatalar da sıfıra yaklaşır. Model veriye uymaktadır. Bu nedenle, hata değişkeninin standart sapması değeri doğrusal model kullanmanın uygunluğunun bir göstergesi olarak kullanılabilir. Hata değişkeninin standart sapmasının tahmincisi SEE'dir (Denklemler 3.7)

$$SEE = \sqrt{\frac{SSE}{n-2}} \quad (3.7)$$

4. BULGULAR

4.1 Batı Akdeniz Havzalarının Fizyografik Parametreleri

Havza fizyografik parametrelerinin elde edilme yöntemleri Bölüm 2’de detaylı olarak açıklanmış ve 802 nolu havza için elde edilen sonuçlar verilmiştir. Tablo 4.1’de tüm havzalar için elde edilen fizyografik parametre değerleri görülmektedir.

Fizyografik parametre değerleri ile ortalama ve maksimum debi değerleri arasındaki ilişkilere bakıldığı zaman bunun genellikle doğrusal olmadığı görülmektedir. Bu durumda fizyografik parametreler ile debiler arasında doğrusal regresyon analizi yapıldığı zaman elde edilecek modellerin başarısı sınırlı kalacaktır. Bu durumda doğrusal olmayan regresyon analizi yapılabileceği gibi değerleri doğrusallaştırma yöntemleri de kullanılabilir.

Üs Dönüşüm Merdivenine (Power Transformation Ladder) göre doğrusallaştırma yöntemleri arasında parametrelerin değerlerinin küp köklerinin ve/veya küp köklerinin terslerinin alınması da bulunmaktadır (Peck ve diğ., 2012). Bu tez kapsamında havza fizyografik parametreleri ve debilerin küp köklerinin tersleri doğrusallaştırma yöntemi olarak kullanılmıştır, böylece elde edilen değerler Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Havza fizyografik parametrelerinin değerleri

Parametre	Havza Alanı	Havza Çevre Uzunluğu	Ortalama Yükseklik	Havza Ağırlık Merkezi ve Havza Çıkış Noktası Arası Mesafe	Ortalama Havza Eğimi	Strahler Çatallanma Değeri
Akım	(km ²)	(km)	(m)	(m)	(%)	
Gözlem İstasyonu No	A	P	ZMEAN	GL	SLP	STH
802	1183,070	228,698	1286,22	26453	13,08	4
803	3700,500	425,416	1296,35	30520	9,48	5
809	546,481	150,411	1538,45	13102	10,3	3
811	3899,220	459,682	1290,37	38929	9,74	5
812	4974,900	470,799	1261,57	50946	11,15	5
815	2465,570	349,924	1081,71	38295	13,18	4
818	242,725	82,204	1335,81	10349	14,11	3
08-001	505,455	128,622	1429,78	11933	12,42	3
08-009	3167,260	413,232	1295,86	20264	8,96	5
08-013	797,258	186,551	1481,29	24022	11,73	3
08-018	129,709	65,015	1391,08	6596	7,49	2
08-019	155,796	69,134	578,42	10074	10,62	2
08-028	2465,570	349,986	1081,71	38325	13,18	4
08-054	77,864	46,865	1699,52	6210	7,17	2
08-055	115,736	58,688	1623,44	6824	7,98	2
08-060	255,524	108,925	537,23	13676	13,18	3
08-070	461,688	131,223	1447,08	5274	12,49	3
08-072	4764,910	463,534	1273,9	45450	10,83	5
08-074	4390,960	435,480	1285,93	35242	10,22	5
08-075	19,258	24,962	1417,95	4387	11,46	1
08-076	375,672	105,067	751,68	15540	12,05	3
08-079	117,759	52,960	1495,65	7946	12,46	2
08-081	710,297	187,530	1508,22	23601	7,99	3
08-083	88,092	58,943	1352,41	5061	13,23	2
08-084	18,461	20,282	872,24	1739	11,99	1
08-085	496,467	163,312	679,48	9916	14,33	3
08-087	143,732	76,220	703,93	12929	15,96	2
08-089	195,382	71,544	861,58	7464	17,84	3
08-092	617,372	162,136	1547,98	15358	7,92	3
08-095	217,812	88,090	1769,4	9667	14,01	3

Tablo 4.1: Havza fizyografik parametrelerinin değerleri (Devam)

Parametre	Kot-Rölyef Oranı	Havza Dairesellik Oranı	Ortalama Profil Eğriliği	Akarsu Ana Kol Uzunluğu	Ana Kol Kuş Uçuşu Uzunluk	Akarsu Kıvrımlılığı (Sinüzoite)
Akım Gözlem İstasyonu No	E	Rc	PRFC	MAINL	STRL	SIN
802	0,4517	0,2842	1384,65	82,458	50,894	1,6202
803	0,3076	0,2569	1036,43	135,773	74,055	1,8334
809	0,2583	0,3035	1185,06	42,072	25,837	1,6283
811	0,3198	0,2319	1050,94	150,376	80,102	1,8773
812	0,4625	0,2820	1164,25	177,954	91,459	1,9457
815	0,3568	0,2530	1330,22	123,685	77,033	1,6056
818	0,4150	0,4514	970,03	25,033	14,009	1,7870
08-001	0,3098	0,3839	1332,65	30,517	14,875	2,0515
08-009	0,2715	0,2331	1028,54	109,769	70,330	1,5608
08-013	0,5120	0,2879	1377,36	66,507	42,073	1,5807
08-018	0,2560	0,3856	825,23	18,820	13,951	1,3490
08-019	0,3928	0,4096	970,27	23,139	16,485	1,4036
08-028	0,3568	0,2529	1330,22	127,332	77,059	1,6524
08-054	0,3925	0,4455	999,97	11,284	8,626	1,3082
08-055	0,1789	0,4223	791,58	12,963	11,352	1,1419
08-060	0,3954	0,2706	1229,37	36,789	26,377	1,3947
08-070	0,2915	0,3369	1353,72	22,399	9,226	2,4278
08-072	0,4436	0,2787	1141,73	169,098	85,944	1,9675
08-074	0,3174	0,2910	1113,84	151,636	79,436	1,9089
08-075	0,4030	0,3884	625,59	4,866	4,328	1,1241
08-076	0,5405	0,4276	1391,13	37,905	18,017	2,1039
08-079	0,5262	0,5276	1178,3	13,756	11,626	1,1832
08-081	0,3396	0,2538	985,37	55,910	41,764	1,3387
08-083	0,3516	0,3186	992,11	11,825	7,801	1,5159
08-084	0,1880	0,5640	707,15	1,176	1,176	1,0000
08-085	0,2862	0,2339	1572,88	45,131	23,570	1,9148
08-087	0,4597	0,3109	1083	27,008	21,115	1,2791
08-089	0,3686	0,4797	1775,64	15,920	10,569	1,5063
08-092	0,3281	0,2951	979,37	40,433	31,807	1,2712
08-095	0,4417	0,3527	913,94	21,738	16,139	1,3469

Tablo 4.1: Havza fizyografik parametrelerinin değerleri (Devam)

Parametre	Akarsu Toplam Kol Uzunluğu (km)	Engebelilik (Ruggedness) İndeksi	Yerleşim Oranı	Tarım Oranı	Orman Oranı	Maki Oranı
Akım Gözlem İstasyonu No	TOTL	RGD	YR	TR	OR	MR
802	266,2807	0,5791	0,0025	0,2762	0,2210	0,2490
803	814,5738	0,4075	0,0090	0,3427	0,1938	0,2414
809	120,1781	0,3435	0,0055	0,3865	0,0240	0,2398
811	859,8841	0,4175	0,0086	0,3334	0,2018	0,2410
812	1099,3450	0,5412	0,0069	0,2882	0,2574	0,2388
815	573,4035	0,6921	0,0016	0,2807	0,2856	0,2280
818	45,4587	0,5315	0,0000	0,1715	0,4822	0,1690
08-001	96,4580	0,2716	0,0035	0,2600	0,3497	0,2284
08-009	696,8201	0,3872	0,0105	0,3578	0,1653	0,2444
08-013	169,8418	0,5307	0,0038	0,3243	0,1008	0,2849
08-018	26,9302	0,2433	0,0094	0,4489	0,0362	0,0376
08-019	28,6828	0,2397	0,0183	0,1397	0,3177	0,5083
08-028	573,4344	0,6921	0,0016	0,2807	0,2856	0,2280
08-054	15,4800	0,1396	0,0000	0,4713	0,0000	0,0890
08-055	20,3870	0,1964	0,0000	0,2782	0,0009	0,3424
08-060	61,8709	0,3039	0,0218	0,2340	0,5158	0,1396
08-070	86,8191	0,2561	0,0038	0,2655	0,3409	0,2170
08-072	1054,9009	0,5189	0,0072	0,2957	0,2459	0,2409
08-074	967,4503	0,4171	0,0078	0,3187	0,2234	0,2368
08-075	4,8658	0,2865	0,0145	0,3687	0,0000	0,4480
08-076	84,3994	0,3004	0,0094	0,3748	0,4042	0,1460
08-079	17,7998	0,1363	0,0000	0,0082	0,4783	0,3595
08-081	144,2356	0,3290	0,0052	0,3779	0,0065	0,2204
08-083	13,9375	0,2058	0,0000	0,1412	0,6597	0,1213
08-084	1,1763	0,0573	0,0000	0,1855	0,6874	0,1157
08-085	115,8663	0,5256	0,0007	0,0511	0,5806	0,2304
08-087	35,2943	0,3146	0,0002	0,1470	0,5764	0,1584
08-089	40,9307	0,4345	0,0000	0,1321	0,5415	0,1546
08-092	117,9101	0,2928	0,0060	0,3898	0,0075	0,2088
08-095	41,9699	0,2829	0,0000	0,0876	0,0000	0,4715

Tablo 4.1: Havza fizyografik parametrelerinin değerleri (Devam)

Parametre	Açık Alan Oranı	Kuzey Oranı	Doğu Oranı	Güney Oranı	Batı Oranı	Maksimum Debi	Ortalama Debi
Akım Gözlem İstasyonu No	AR	KR	DR	GR	BR	(m ³ /s) QMAKS	(m ³ /s) QORT
802	0,2430	0,3452	0,3384	0,4112	0,3760	595,000	31,200
803	0,2027	0,3493	0,3425	0,3888	0,3452	213,440	16,600
809	0,3398	0,4122	0,3157	0,3349	0,3985	193,000	3,670
811	0,2054	0,3468	0,3422	0,3933	0,3455	483,000	14,600
812	0,2008	0,3566	0,3387	0,3929	0,3509	1128,000	43,100
815	0,1953	0,3536	0,3061	0,4106	0,3996	1315,000	37,800
818	0,1666	0,3200	0,2625	0,4530	0,4090	197,000	14,000
08-001	0,1411	0,3775	0,3668	0,3848	0,3476	200,000	4,574
08-009	0,2100	0,3465	0,3348	0,3845	0,3480	180,000	9,528
08-013	0,2832	0,3682	0,3338	0,3740	0,3866	420,000	18,300
08-018	0,4678	0,3939	0,2999	0,3992	0,3826	62,000	0,573
08-019	0,0000	0,3513	0,2693	0,4128	0,4469	220,000	1,302
08-028	0,1953	0,3536	0,3061	0,4106	0,3996	750,000	42,115
08-054	0,4397	0,2967	0,2225	0,4076	0,4512	13,000	0,113
08-055	0,2670	0,4402	0,3479	0,2684	0,3661	19,500	0,567
08-060	0,0563	0,4132	0,2582	0,4088	0,3791	330,000	1,044
08-070	0,1547	0,3758	0,3575	0,3835	0,3580	190,000	3,817
08-072	0,2022	0,3550	0,3389	0,3923	0,3507	760,000	29,038
08-074	0,2046	0,3522	0,3372	0,3922	0,3509	490,000	17,701
08-075	0,1688	0,4899	0,4759	0,2381	0,3274	10,000	0,056
08-076	0,0604	0,3494	0,3259	0,4380	0,3251	200,000	1,329
08-079	0,1484	0,2878	0,3635	0,4683	0,3790	100,000	0,397
08-081	0,3845	0,3391	0,2681	0,3181	0,3562	55,000	1,000
08-083	0,0779	0,3790	0,2594	0,3933	0,4001	50,000	0,980
08-084	0,0114	0,3706	0,1687	0,4084	0,3960	24,000	0,090
08-085	0,1180	0,3856	0,3006	0,4058	0,3804	420,000	9,330
08-087	0,0936	0,3990	0,2115	0,4410	0,4030	190,000	0,449
08-089	0,1689	0,3008	0,2551	0,5228	0,3784	145,000	4,053
08-092	0,3819	0,3408	0,2811	0,2989	0,3339	30,000	0,348
08-095	0,4409	0,3177	0,3663	0,4399	0,3294	19,000	0,513

Tablo 4.2: Havza fizyografik parametrelerinin küp köklerinin tersleri

Parametre	Havza Alanı	Havza Çevre Uzunluğu	Ortalama Yükseklik	Havza Ağırlık Merkezi ve Havza Çıkış Noktası Arası Mesafe	Ortalama Havza Eğimi	Strahler Çatallanma Değeri
Akım	(km ²)	(km)	(m)	(m)	(%)	
Gözlem İstasyon No	A	P	ZMEAN	GL	SLP	STH
802	0,0946	0,1635	0,0920	0,0336	0,4244	0,6300
803	0,0647	0,1330	0,0917	0,0320	0,4725	0,5848
809	0,1223	0,1880	0,0866	0,0424	0,4596	0,6934
811	0,0635	0,1296	0,0919	0,0295	0,4683	0,5848
812	0,0586	0,1285	0,0925	0,0270	0,4476	0,5848
815	0,0740	0,1419	0,0974	0,0297	0,4233	0,6300
818	0,1603	0,2300	0,0908	0,0459	0,4138	0,6934
08-001	0,1255	0,1981	0,0888	0,0438	0,4318	0,6934
08-009	0,0681	0,1343	0,0917	0,0367	0,4815	0,5848
08-013	0,1078	0,1750	0,0877	0,0347	0,4401	0,6934
08-018	0,1975	0,2487	0,0896	0,0533	0,5111	0,7937
08-019	0,1858	0,2437	0,1200	0,0463	0,4549	0,7937
08-028	0,0740	0,1419	0,0974	0,0297	0,4233	0,6300
08-054	0,2342	0,2774	0,0838	0,0544	0,5186	0,7937
08-055	0,2052	0,2573	0,0851	0,0527	0,5004	0,7937
08-060	0,1576	0,2094	0,1230	0,0418	0,4233	0,6934
08-070	0,1294	0,1968	0,0884	0,0575	0,4310	0,6934
08-072	0,0594	0,1292	0,0922	0,0280	0,4520	0,5848
08-074	0,0611	0,1319	0,0920	0,0305	0,4608	0,5848
08-075	0,3731	0,3422	0,0890	0,0611	0,4435	1,0000
08-076	0,1386	0,2119	0,1100	0,0401	0,4362	0,6934
08-079	0,2040	0,2663	0,0874	0,0501	0,4313	0,7937
08-081	0,1121	0,1747	0,0872	0,0349	0,5002	0,6934
08-083	0,2247	0,2570	0,0904	0,0582	0,4228	0,7937
08-084	0,3784	0,3667	0,1047	0,0832	0,4369	1,0000
08-085	0,1263	0,1829	0,1137	0,0465	0,4117	0,6934
08-087	0,1909	0,2359	0,1124	0,0426	0,3972	0,7937
08-089	0,1723	0,2409	0,1051	0,0512	0,3827	0,6934
08-092	0,1174	0,1834	0,0864	0,0402	0,5017	0,6934
08-095	0,1662	0,2247	0,0827	0,0469	0,4148	0,6934

Tablo 4.2: Havza fizyografik parametrelerinin küp köklerinin tersleri (Devam)

Parametre	Kot-Rölyef Oranı	Havza Dairesellik Oranı	Ortalama Profil Eğriliği	Ana Kol Uzunluğu	Kuş Uçuşu Uzunluk	Sinüzoite
Akım Gözlem İstasyonu No	E	Rc	PRFC	(km)	(km)	SIN
802	1,3033	1,5209	0,0897	0,2297	0,2698	0,8514
803	1,4814	1,5730	0,0988	0,1946	0,2381	0,8170
809	1,5702	1,4880	0,0945	0,2875	0,3383	0,8500
811	1,4623	1,6277	0,0984	0,1881	0,2320	0,8106
812	1,2931	1,5248	0,0951	0,1778	0,2220	0,8010
815	1,4100	1,5810	0,0909	0,2007	0,2350	0,8540
818	1,3406	1,3036	0,1010	0,3418	0,4148	0,8241
08-001	1,4780	1,3759	0,0909	0,3200	0,4066	0,7870
08-009	1,5443	1,6249	0,0991	0,2089	0,2423	0,8621
08-013	1,2500	1,5145	0,0899	0,2468	0,2875	0,8584
08-018	1,5748	1,3739	0,1066	0,3760	0,4154	0,9050
08-019	1,3655	1,3465	0,1010	0,3509	0,3929	0,8931
08-028	1,4100	1,5812	0,0909	0,1988	0,2350	0,8459
08-054	1,3658	1,3093	0,1000	0,4458	0,4876	0,9143
08-055	1,7748	1,3329	0,1081	0,4257	0,4449	0,9567
08-060	1,3624	1,5460	0,0933	0,3007	0,3359	0,8950
08-070	1,5081	1,4371	0,0904	0,3548	0,4768	0,7440
08-072	1,3112	1,5310	0,0957	0,1808	0,2266	0,7980
08-074	1,4659	1,5091	0,0965	0,1875	0,2326	0,8061
08-075	1,3539	1,3706	0,1169	0,5901	0,6136	0,9617
08-076	1,2276	1,3273	0,0896	0,2977	0,3815	0,7804
08-079	1,2386	1,2376	0,0947	0,4174	0,4414	0,9455
08-081	1,4333	1,5794	0,1005	0,2615	0,2882	0,9073
08-083	1,4169	1,4641	0,1003	0,4389	0,5042	0,8705
08-084	1,7455	1,2104	0,1122	0,9473	0,9473	1,0000
08-085	1,5175	1,6230	0,0860	0,2809	0,3488	0,8053
08-087	1,2957	1,4761	0,0974	0,3333	0,3618	0,9212
08-089	1,3946	1,2775	0,0826	0,3975	0,4557	0,8724
08-092	1,4499	1,5020	0,1007	0,2914	0,3156	0,9231
08-095	1,3131	1,4153	0,1030	0,3583	0,3957	0,9055

Tablo 4.2: Havza fizyografik parametrelerinin küp köklerinin tersleri (Devam)

Parametre	Toplam Kol Uzunluğu	Engebelilik (Ruggedness) İndeksi	Yerleşim Oranı	Tarım Oranı	Orman Oranı	Maki Oranı
Akım Gözlem İstasyonu No	(km)					
TOTL	RGD	YR	TR	OR	MR	
802	0,1554	1,1997	7,3322	1,5355	1,6540	1,5896
803	0,1071	1,3489	4,7997	1,4290	1,7279	1,6061
809	0,2026	1,4279	5,6674	1,3728	3,4656	1,6095
811	0,1052	1,3380	4,8844	1,4422	1,7048	1,6070
812	0,0969	1,2271	5,2642	1,5139	1,5720	1,6118
815	0,1204	1,1305	8,5668	1,5273	1,5184	1,6368
818	0,2802	1,2345	21,5443	1,8000	1,2752	1,8086
08-001	0,2180	1,5442	6,5969	1,5667	1,4194	1,6359
08-009	0,1128	1,3720	4,5713	1,4086	1,8221	1,5995
08-013	0,1806	1,2352	6,4281	1,4555	2,1484	1,5197
08-018	0,3336	1,6018	4,7371	1,3060	3,0218	2,9842
08-019	0,3267	1,6098	3,7962	1,9273	1,4656	1,2530
08-028	0,1204	1,1305	8,5668	1,5273	1,5184	1,6368
08-054	0,4012	1,9279	21,5443	1,2850	21,5443	2,2396
08-055	0,3661	1,7203	21,5443	1,5319	10,4945	1,4293
08-060	0,2528	1,4874	3,5804	1,6228	1,2469	1,9277
08-070	0,2258	1,5747	6,4010	1,5560	1,4314	1,6641
08-072	0,0982	1,2444	5,1890	1,5010	1,5963	1,6072
08-074	0,1011	1,3384	5,0496	1,4639	1,6480	1,6163
08-075	0,5901	1,5169	4,1009	1,3946	21,5443	1,3069
08-076	0,2280	1,4932	4,7446	1,3869	1,3525	1,8990
08-079	0,3830	1,9429	21,5443	4,9676	1,2787	1,4063
08-081	0,1907	1,4486	5,7723	1,3832	5,3556	1,6556
08-083	0,4155	1,6937	21,5443	1,9205	1,1488	2,0202
08-084	0,9473	2,5932	21,5443	1,7534	1,1331	2,0520
08-085	0,2051	1,2391	11,4591	2,6949	1,1987	1,6311
08-087	0,3049	1,4704	16,8628	1,8947	1,2016	1,8484
08-089	0,2902	1,3203	21,5443	1,9637	1,2269	1,8632
08-092	0,2039	1,5060	5,5087	1,3689	5,1001	1,6856
08-095	0,2878	1,5234	27,9156	2,2519	21,5443	1,2848

Tablo 4.2: Havza fizyografik parametrelerinin küp köklerinin tersleri (Devam)

Parametre	Açık Alan Oranı	Kuzey Oranı	Doğu Oranı	Güney Oranı	Batı Oranı	Maksimum Debi	Ortalama Debi
Akım Gözlem İstasyonu No	AR	KR	DR	GR	BR	(m ³ /s) QMAKS	(m ³ /s) QORT
802	1,6025	1,4255	1,4350	1,3448	1,3854	0,1189	0,3176
803	1,7023	1,4199	1,4293	1,3702	1,4255	0,1673	0,3920
809	1,4331	1,3436	1,4687	1,4399	1,3590	0,1730	0,6483
811	1,6948	1,4233	1,4297	1,3649	1,4251	0,1275	0,4091
812	1,7078	1,4102	1,4345	1,3654	1,4178	0,0961	0,2852
815	1,7235	1,4141	1,4837	1,3455	1,3576	0,0913	0,2980
818	1,8175	1,4621	1,5618	1,3021	1,3472	0,1719	0,4149
08-001	1,9206	1,3836	1,3970	1,3749	1,4223	0,1710	0,6024
08-009	1,6824	1,4237	1,4402	1,3752	1,4216	0,1771	0,4717
08-013	1,5227	1,3952	1,4416	1,3880	1,3727	0,1335	0,3795
08-018	1,2882	1,3641	1,4940	1,3581	1,3775	0,2527	1,2040
08-019	21,5443	1,4172	1,5485	1,3431	1,3080	0,1657	0,9158
08-028	1,7235	1,4141	1,4837	1,3455	1,3576	0,1101	0,2874
08-054	1,3151	1,4994	1,6502	1,3487	1,3038	0,4253	2,0684
08-055	1,5530	1,3145	1,4218	1,5502	1,3979	0,3715	1,2082
08-060	2,6088	1,3426	1,5704	1,3474	1,3818	0,1447	0,9857
08-070	1,8627	1,3857	1,4090	1,3764	1,4084	0,1739	0,6399
08-072	1,7037	1,4122	1,4343	1,3660	1,4180	0,1096	0,3253
08-074	1,6972	1,4160	1,4368	1,3662	1,4177	0,1268	0,3837
08-075	1,8093	1,2685	1,2809	1,6135	1,4509	0,4642	2,6138
08-076	2,5482	1,4198	1,4531	1,3168	1,4543	0,1710	0,9095
08-079	1,8889	1,5146	1,4012	1,2877	1,3818	0,2154	1,3606
08-081	1,3752	1,4341	1,5509	1,4650	1,4107	0,2630	1,0000
08-083	2,3418	1,3818	1,5679	1,3649	1,3571	0,2714	1,0068
08-084	4,4488	1,3922	1,8098	1,3479	1,3617	0,3467	2,2314
08-085	2,0387	1,3740	1,4929	1,3507	1,3802	0,1335	0,4750
08-087	2,2022	1,3584	1,6785	1,3137	1,3538	0,1739	1,3059
08-089	1,8089	1,4925	1,5767	1,2413	1,3826	0,1903	0,6272
08-092	1,3783	1,4317	1,5266	1,4956	1,4414	0,3218	1,4217
08-095	1,3139	1,4656	1,3976	1,3149	1,4479	0,3748	1,2492

4.2 Regresyon Analizi Bulguları

Parametre değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri, Q_{maks} ve Q_{ort} ile aralarındaki Pearson korelasyon katsayıları Tablo 4.3'te gösterilmektedir.

Tablo 4.3: Parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri ve Q_{maks} ve Q_{ort} ile aralarındaki Pearson korelasyon katsayıları

Parametre	Ortalama	Standart Sapma	Maks.	Min.	Pearson Korelasyon Katsayısı	
					Q_{maks}	Q_{ort}
A	1243.35	1617.079	4974.9	18.4613	0.68	0.73
P	187.8478	152.8426	470.799	20.2819	0.70	0.76
ZMEAN	1239.208	336.7142	1769.4	537.23	-0.22	-0.04
GL	18203.06	13719.49	50946.35	1739.032	0.83	0.86
SLP	11.55167	2.551805	17.84	7.17	0.18	0.12
STH	3.133333	1.195778	5	1	0.64	0.70
E	0.364105	0.091985	0.540524	0.17887	0.23	0.21
Rc	0.34045	0.091513	0.563969	0.231885	-0.50	-0.49
PRFC	1127.351	251.929	1775.64	625.59	0.41	0.33
MAINL	59.7757	55.18108	177.9536	1.17627	0.77	0.82
STRL	35.23453	29.42095	91.45877	1.17627	0.77	0.82
SIN	1.587622	0.338247	2.427791	1	0.43	0.41
TOTL	273.2195	360.2482	1099.345	1.17627	0.69	0.74
RGD	0.362486	0.159839	0.692149	0.057344	0.80	0.86
YR	0.005253	0.005684	0.021787	0	0.02	-0.09
TR	0.267263	0.11627	0.471315	0.008158	0.03	0.10
OR	0.273018	0.217419	0.687399	0	0.07	-0.03
MR	0.234633	0.106423	0.508273	0.037628	0.00	0.01
AR	0.20768	0.123939	0.467808	0	-0.14	-0.02
KR	0.362252	0.041983	0.489869	0.287834	-0.08	-0.16
DR	0.309834	0.058584	0.475861	0.168692	0.13	0.18
GR	0.39253	0.056585	0.522786	0.238069	0.16	0.13
BR	0.373367	0.032247	0.451158	0.32514	0.02	-0.01
QMAKS	300.0647	328.3792	1315	10	1.00	0.91
QORT	10.2729	13.51229	43.1	0.056	0.91	1.00

Parametrelerden bazıları ile maksimum ve ortalama debi arasındaki Pearson korelasyon katsayısı değerlerinin düşük olması ilişkinin çoğunlukla doğrusal olmadığını göstermektedir. Tez kapsamında doğrusal regresyon analizi yapılacağı için parametrelerin değerlerini doğrusallaştırma işlemi yapılmıştır. Bu amaçla literatürde önerilen doğrusallaştırma işlemlerinden küp köklerin tersi kullanılmıştır. Böylece elde edilen değerler için hesaplanan tanımlayıcı istatistikler, Q_{maks} ve Q_{ort} ile aralarındaki Pearson korelasyon katsayıları Tablo 4.4'te gösterilmektedir.

Tablo 4.4: Parametrelerin küpköklerinin terslerinin tanımlayıcı istatistikleri ve Q_{maks} ve Q_{ort} ile aralarındaki Pearson korelasyon katsayıları

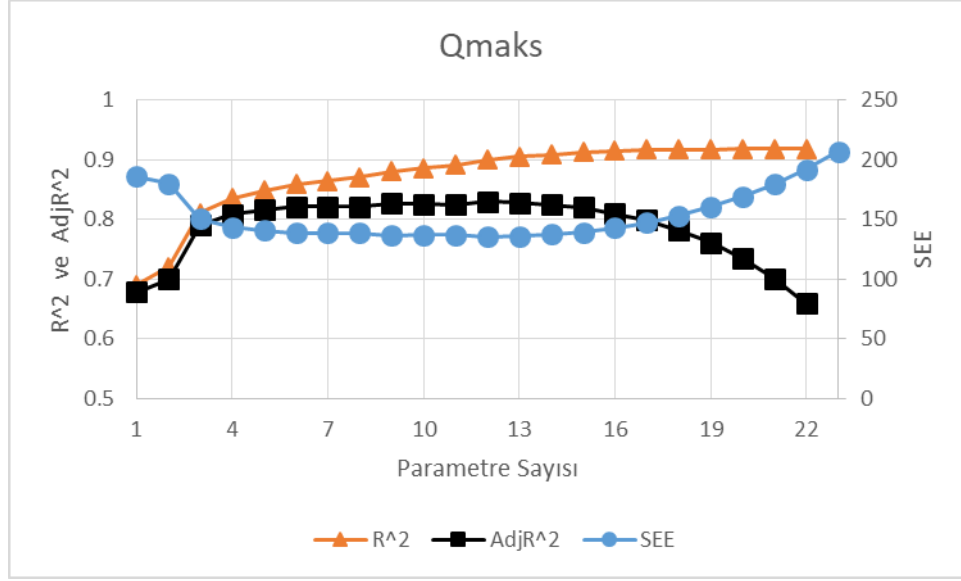
Parametre	Ortalama	Standart Sapma	Maks.	Min.	Pearson Korelasyon Katsayısı	
					Q_{maks}	Q_{ort}
A	0.148258	0.081774	0.378366	0.058579	0.76	0.89
P	0.204824	0.062084	0.366688	0.128545	0.75	0.86
ZMEAN	0.095058	0.010885	0.123012	0.082678	-0.35	-0.05
GL	0.043478	0.012387	0.083157	0.026975	0.68	0.75
SLP	0.447253	0.034449	0.518593	0.382709	0.37	0.23
STH	0.709165	0.107287	1.0	0.584804	0.73	0.88
E	1.421944	0.13275	1.77482	1.227614	0.27	0.15
Rc	1.452819	0.12165	1.627705	1.210361	-0.52	-0.58
PRFC	0.097154	0.007524	0.116924	0.082581	0.73	0.71
MAINL	0.327706	0.153302	0.947322	0.177786	0.69	0.81
STRL	0.372935	0.148573	0.947322	0.221952	0.65	0.76
SIN	0.865569	0.061479	1.0	0.74404	0.71	0.78
TOTL	0.261722	0.174922	0.947322	0.096892	0.69	0.83
RGD	1.481362	0.29509	2.593209	1.13049	0.63	0.76
YR	10.62018	7.700138	27.91556	3.580436	0.47	0.35
TR	1.725095	0.684382	4.967568	1.28498	-0.01	0.11
OR	4.145317	6.191462	21.54435	1.133088	0.81	0.64
MR	1.707869	0.328378	2.984207	1.253047	0.10	0.18
AR	2.508593	3.643714	21.54435	1.288183	-0.07	0.06
KR	1.406677	0.052498	1.514558	1.268547	-0.13	-0.20
DR	1.490212	0.102265	1.809819	1.280875	0.12	0.28
GR	1.372804	0.075027	1.613488	1.241343	0.50	0.38
BR	1.390911	0.039174	1.454264	1.303838	0.07	-0.05
QMAKS	0.207797	0.102133	0.464159	0.091276	1.00	0.89
QORT	0.881282	0.609321	2.61379	0.285216	0.89	1.00

Parametrelerin orijinal değerleri kullanılarak yapılan geriye doğru adım adım regresyon analizinde başlangıçta tüm değişkenler model denkleme dâhil edilmiştir. Eleme işlemi sırasında parametreler Denklem 3.2’de verilen F değerine göre silinerek bir parametrelili modele kadar eleme işlemi devam ettirilmiştir. Bu tez kapsamında geriye doğru adım adım regresyon analizi ve model performans parametreleri SigmaPlot® programı kullanılarak elde edilmiştir. Parametrelerin orijinal değerleri kullanılarak yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 4.5’te verilmektedir. Burada parametrelerin geriye doğru adım adım regresyon analizinde silindikleri adımların numaraları ve en iyi modelin katsayıları hem Q_{maks} için hem de Q_{ort} ile olan ilişkileri için verilmektedir.

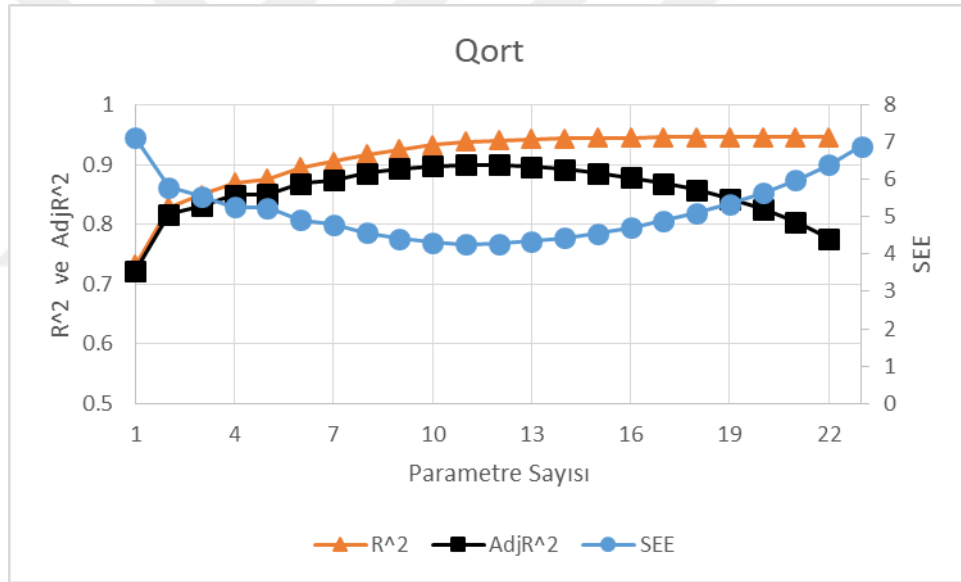
Tablo 4.5: Parametrelerin orijinal değerleri ile yapılan regresyon analizinin sonuçları

Para- metre	Q _{maks}			Q _{ort}		
	Kaldırılan adım numarası	En iyi modelin katsayıları	En uygun modelin katsayıları	Kaldırılan adım numarası	En iyi modelin katsayıları	En uygun modelin katsayıları
Sabit		-1004.051	-104,370		-48,173	-25.084
A	22	-2.643	-2,185	14	-0,0418	
P	1			21	-0,204	-0.135
ZMEAN	2			19	0,0118	0.00916
GL		0.0392	0,0225	4		
SLP	16	-51.670		7		
STH	7			9		
E	4			16	-21,783	
Rc	9	0.245		15	25,997	
PRFC	17	0.245		8		
MAINL	18	-15,202		11		
STRL	10			20	1,033	0.519
SIN	12	153,054		17	12,904	
TOTL	21	13,165	9,677	22	0,210	0.0314
RGD	19	733,829			34,671	52.085
YR	6			2		
TR	8			12		
OR	20	965,822	248.270	18	14,540	13.486
MR	15	801,938		13	10,401	
AR	13	792,725		6		
KR	14	1059,114		5		
DR	3			3		
GR	5			1		
BR	11			10		

Performans analizinin göstergeleri olan (R^2 , R^2_{adj} ve SEE) Geriye Doğru Adım Adım Regresyon işleminin her aşamasında hesaplanmıştır. Şekil 4.1’de parametrelerin orijinal değerleriyle Q_{maks} için yapılan regresyon modellerinin performans parametrelerinin modellere göre değişimi gösterilmiştir. Şekil 4.2’de ise parametrelerin orijinal değerleriyle Q_{ort} için yapılan regresyon modellerinin performans parametrelerinin modellere göre değişimi gösterilmiştir. Q_{maks} için 13 parametrelili ve Q_{ort} için 11 parametrelili olan modeller en iyi modeller olarak belirlenmiştir. Ancak parametre sayısı çok daha fazla azaltıldığı halde model performansının o kadar azalmadığı tespit edilerek kullanımı daha kolay olan Q_{maks} için 4 parametrelili ve Q_{ort} için 6 parametrelili olan modeller en uygun modeller olarak seçilmiştir.



Şekil 4.1: Q_{maks} için regresyon modellerinin performans göstergeleri



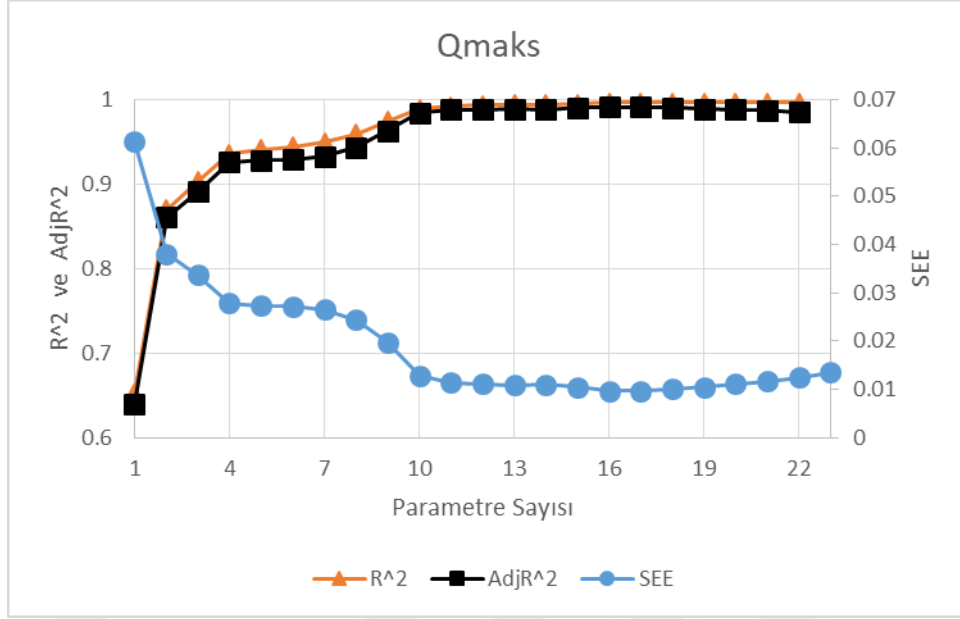
Şekil 4.2: Q_{ort} için regresyon modellerinin performans göstergeleri

Benzer işlemler parametrelerin küp köklerinin tersleri alınarak elde edilen değerler için de yapılmıştır. Tablo 4.6'da parametrelerin değerlerinin küp köklerinin tersleri kullanılarak yapılan regresyon analizinin sonuçları görülmektedir. Parametrelerin silindikleri adım numarası ve en iyi modelin katsayıları Tablo 4.6'da verilmektedir. Şekil 4.3'te Q_{maks} için ve Şekil 4.4'te ise Q_{ort} için performans parametrelerinin modellere göre değişimi gösterilmiştir. Buna göre Q_{maks} için 16 parametrelili ve Q_{ort} için 19 parametrelili olan modeller en iyi modeller olarak seçilmiştir.

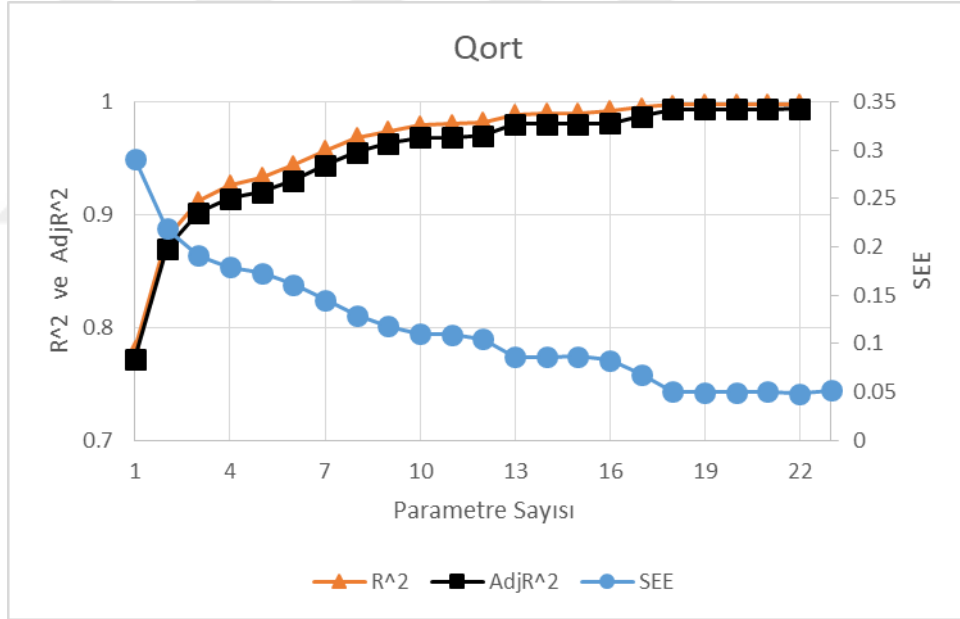
Tablo 4.6: Parametrelerin küp köklerinin tersleri ile yapılan regresyon analizinin sonuçları

Para- metre	Q _{maks}			Q _{ort}		
	Kaldırılan adım numarası	En iyi modelin katsayıları	En uygun modelin katsayıları	Kaldırılan adım numarası	En iyi modelin katsayıları	En uygun modelin katsayıları
Sabit		-3,094	-2.696		-15,687	-8.436
A	3			2		
P	8	0,365			5,536	
ZMEAN	5				15,771	12.294
GL	22	5,849	6.017		46,404	
SLP	11	-0,719			-11,967	
STH	18	0,258	0.571		6,320	3.570
E	9	0,101		5	-0,285	
Rc	1			4		
PRFC	4				25,196	13.957
MAINL	10	-0,641			22,184	
STRL	15	-0,645	-0.460		-24,343	
SIN	2				-8,318	
TOTL	13	0,588			-6,277	
RGD	14	0,117			2,042	0.536
YR	19	0,00185	0.00306		-0,0132	-0.0195
TR	16	-0,0367	-0.0343		-0,205	
OR		0,00578	0.00474		0,0248	0.0388
MR	12	0,0350			0,381	
AR	6				-0,0339	-0.0405
KR	20	0,930	0.728		7,705	2.570
DR	7			1		
GR	21	0,692	0.462		5,359	
BR	17	0,570	0.545	3		

Ancak parametrelerin normal değerlerinde olduğu gibi yine parametre sayısı azaltıldığı halde model performansının çok azalmadığı görülen, Q_{maks} için 9 parametrelili ve Q_{ort} için 8 parametrelili olan modeller en uygun modeller olarak seçilmiştir.



Şekil 4.3: Q_{maks} için regresyon modellerinin performans göstergeleri



Şekil 4.4: Q_{ort} için regresyon modellerinin performans göstergeleri

4.3 Alan ve Arazi Kullanım Oranları Kullanılarak Yapılan Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli

Regresyon analizi kapsamında yapılan çalışmalardan bir diğeri, havza fizyografik parametrelerinden alan ve arazi kullanım oranlarını göz önüne alarak elde

edilmiş olan çoklu doğrusal regresyon modelidir. Alan ve arazi kullanım oranlarının orijinal değerleri ve küp köklerinin tersleri kullanılarak elde edilen doğrusal regresyon modellerinin katsayıları ile modellerin performans göstergeleri, Q_{maks} ve Q_{ort} için Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7: Alan ve arazi kullanım oranları kullanılarak yapılan regresyon analizi sonuçları

Parametre	Q_{maks}		Q_{ort}	
	Orijinal değerler	Küp köklerin tersi	Orijinal değerler	Küp köklerin tersi
Sabit	-143,302	0,0711	-40,168	-0,463
A	0,145	0,619	0,00629	5,867
YR	-6707,294	0,000930	-671,008	-0,0168
TR	301,043	-0,00975	55,278	0,110
OR	430,392	0,00910	44,870	0,0368
MR	403,112	0,0107	55,452	0,190
AR	29,499	-0,00164	29,427	-0,00586
Performans Göstergesi				
R^2	0,503	0,864	0,595	0,898
R^2_{adj}	0,373	0,829	0,489	0,871
SEE	259,974	0,042	9,655	0,219

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Batı Akdeniz bölgesinin, anlık maksimum debi (Q_{maks}) ve ortalama debi (Q_{ort}) değerlerini, havza fizyografik parametreleri ve arazi kullanım oranları ile tahmin edebilmek için çeşitli doğrusal modeller incelenmiştir. Analizde 30 adet akım gözlem istasyonunu besleyen havzaların sayısal yükseklik modellerinden elde edilen 18 adet fizyografik parametresi ve 5 adet arazi kullanım oranı kullanılmıştır. Doğrusal modeller, geriye doğru adım adım regresyon analizi ile sistematik olarak oluşturulmuştur. Akım değerleri ile fizyografik parametreler ve arazi kullanım oranları arasında genellikle doğrusal olmayan bir ilişki bulunmaktadır. Ancak tez kapsamında doğrusal regresyon analizi yapıldığı için literatürde doğrusallaştırma yöntemlerinden birisi olarak önerilen “*parametrelerin orijinal değerlerinin küp köklerin tersinin alınması*” yöntemi doğrusallaştırma amacıyla uygulanmıştır. Bu yöntemin regresyon modellerinin başarısını gözle görülür bir şekilde arttırdığı görülmüştür.

En iyi modelin seçiminde determinasyon katsayısının (R^2), düzeltilmiş determinasyon katsayısı (R^2_{adj}) ve tahminin standart hatasının (SEE) yanında daha az etkili olduğu görülmüştür. Çünkü parametre sayısı farklı modelleri birbiriyle karşılaştırırken düzeltilmiş determinasyon katsayıları kullanılmalıdır. İleriki çalışmalarda bunlar dışında başka karşılaştırma kriterlerinden de yararlanılabilir.

Yalnızca Alan ve arazi kullanım oranlarının kullanıldığı regresyon modellerinin başarısı fizyografik parametrelerin dahil olduğu modellerden daha az olmuştur. Ancak Alan ve arazi kullanım oranı değerlerinin küp köklerinin tersleri alınarak oluşturulan doğrusal regresyon modeli 0.86’den daha yüksek determinasyon katsayısına sahiptir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda çoklu doğrusal bağlantıya yol açan değişkenlerin belirlenerek bunların elenmesi yoluna gidilebilir. Ayrıca doğrusal olmayan regresyon veya yapay sinir ağları gibi modelleme teknikleri de kullanılabilir.

6. KAYNAKLAR

Akar, İ. ve Maktav, D., “Taşkın araştırmalarında çok kriterli karar verme analizi ve hidrolojik modellemelerin uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ile karşılaştırılması”, Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS), 13-15 Ekim 2008, Kayseri, Türkiye, (2008).

Alpar, R., *Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemlere giriş 1*, Ankara: Nobel Yayınevi, 2003.

Berger, K. P. and Entekhabi, D., “Basin hydrologic response relations to distributed physiographic descriptors and climate”, *Journal of Hydrology*, 247, 169-182, (2001).

Biçkici, R., “Çok Değişkenli Varyans Analizi ve Çoklu Doğrusal Regresyon Analizinin Uygulamalı Olarak Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı*, Erzurum, (2007).

Castiglioni, S., Castellarin, A. and Montanari A., “Prediction of low-flow indices in ungauged basins through fhysiographical space-based interpolation”, *Journal of Hydrology*, 378, 272-280, (2009).

Cheng, Q., Russell, H., Sharpe, D., Kenny, F. and Qin, P., “GIS-based statistical and fractal/multifractal analysis of surface stream patterns in the Oak Ridges Moraine”, *Computers & Geosciences*, 27, 513-526, (2001).

Dengiz, O. and Göl, C., “Effect of physiographic factors and some hydro-physical soil properties on river follow in Uludere cathment”, BALWOIS, 27-31 May 2008, Ohrid, Republic of Macedonia, (2008).

Günok, P. ve Pınar, A., “Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) metodolojisinin Sorgun çayı havzası fiziki coğrafyasına uygulanması”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22, 203-217, (2009).

Johnson, L. E., *Geographic Information Systems in Water Resources Engineering*, Boca Raton: CRC Press, (2009).

Lyon, J. G., *GIS for Water Resources and Watershed Managemenet*, London: Taylor & Francis, (2003).

Merz, R. and Blöschl, G., “Flood frequency regionalization-spatial proximity vs. catchment attributes”, *Journal of Hydrology*, 302, 283- 306, (2005).

Meşe, M., “Ege Bölgesi Akarsularının Akım Karakteristiklerinin Havza Fizyografik Parametreleri ile Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2012).

Miliaresis, G. and Illipoulou, P., “Clustering of Zagros ranges from the globe DEM representation”, *Int J Appl Earth Obs Geoinf*, 5, 17-28, (2004).

Orman ve Su İşleri Bakanlığı, “Corine Projesi [online]”, (10 Ekim 2017), <http://corine.ormansu.gov.tr/corineportal/index.html>, (2017).

Peck, R., Olsen, C., Devore, J., *Introduction to Statistics & Data Analysis*, Boston: Brooks/Cole, (2012).

Reis, M., Karademir, N. ve Oğuz, H., “Kahramanmaraş yöresi Keklik Deresi yağış havzasında dere akımlarını etkileyen fizyografik etmenlerin irdelenmesi”, I. Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı, 5-7 Kasım 2009, Bartın Üniversitesi, (2009).

Sanborn, S. C. and Bledsoe, B. P., “Predicting streamflow regime metrics for ungauged streams in Colorado, Washington and Oregon”, *Journal of Hydrology*, 325, 241-261, (2006).

Topaloğlu, F., “Estimation of instantaneous peak flows in Seyhan river basin using regional regression procedures”, *Turk J Agric For*, 26, 47-55, (2002).

Viviroli, D., Mittelbach, H., Gurtz, J. and Weingartner, R., “Continuous simulation for flood estimation in ungauged mezoscale catchments of Switzerland-Part II: Parameter regionalization and flood estimation results”, *Journal of Hydrology*, 377, 208-225, (2009).



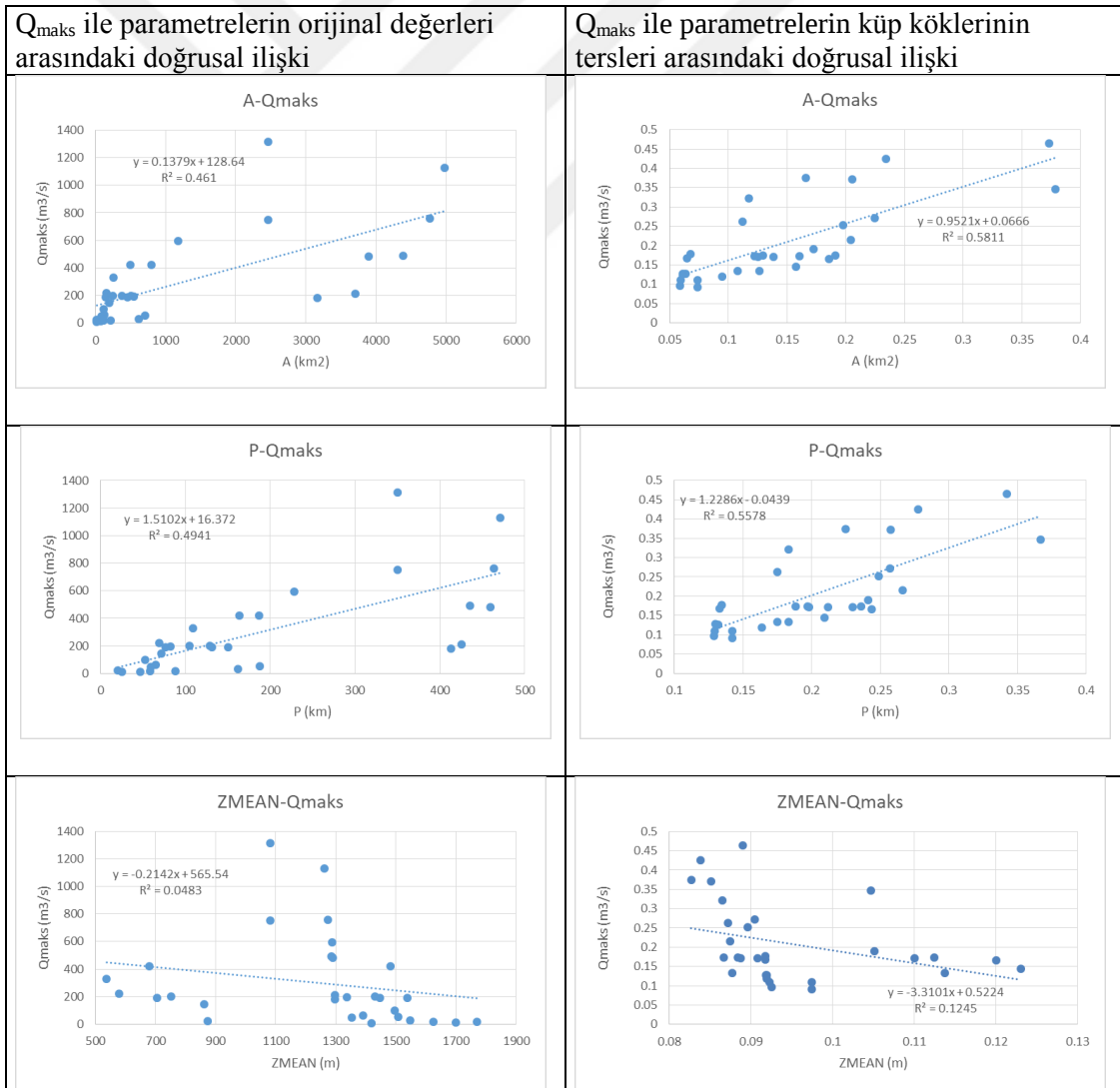
EKLER

7. EKLER

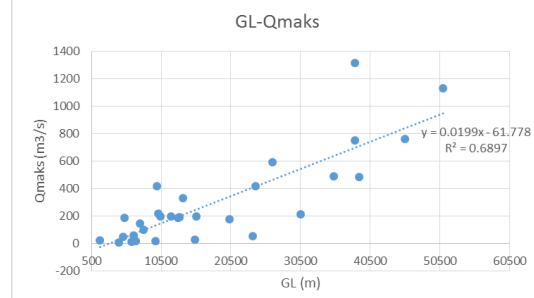
EK A. Saçılım Grafikleri

Tez kapsamında kullanılan Fizyografik Parametreler ve Arazi Kullanım Oranlarının, en büyük debi (Q_{maks}) ve ortalama debi (Q_{ort}) değerleri ile ilişkilerini göstermek amacıyla saçılım grafikleri çizilmiştir. Grafikler üzerinde ayrıca basit doğrusal regresyon denklemi ve determinasyon katsayısı değerleri de verilmiştir.

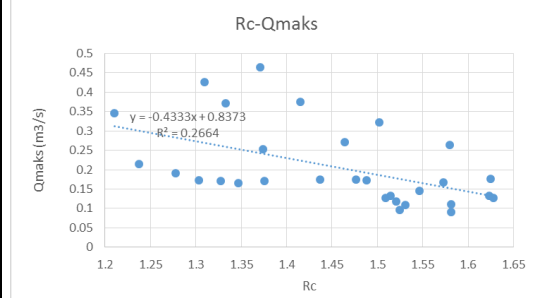
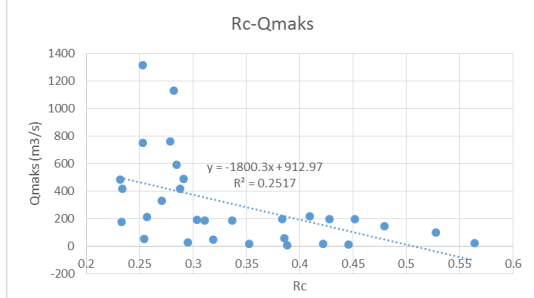
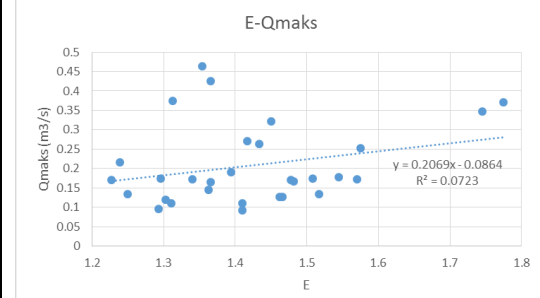
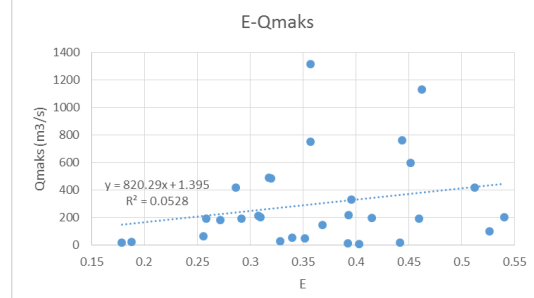
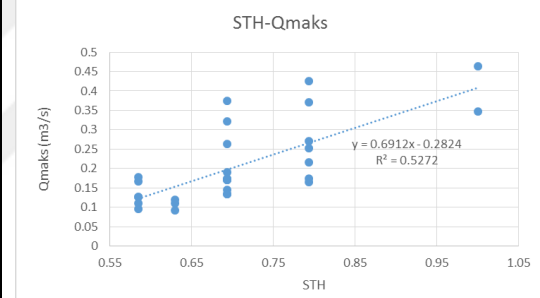
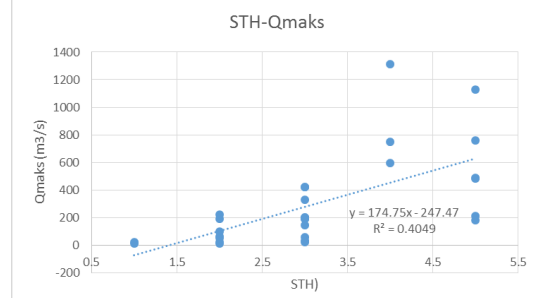
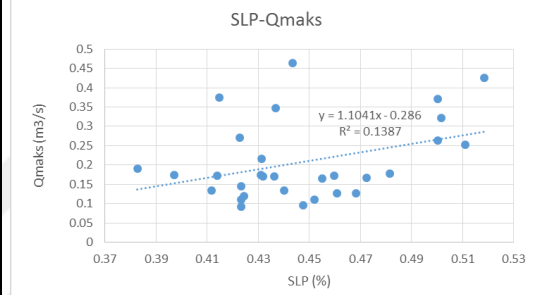
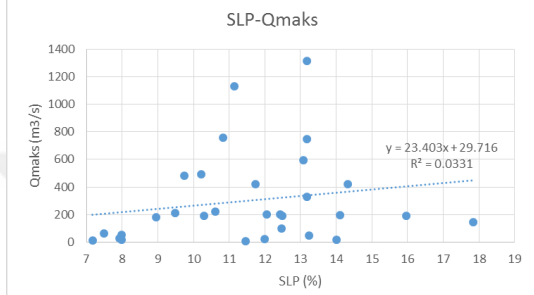
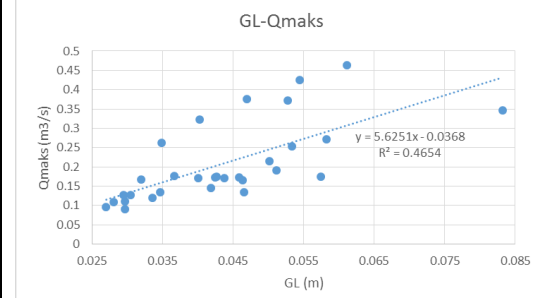
Tablo EK A.1: Fizyografik Parametreler ve Arazi Kullanım Oranları ile Q_{maks} ve Q_{ort} arasındaki saçılım grafikleri



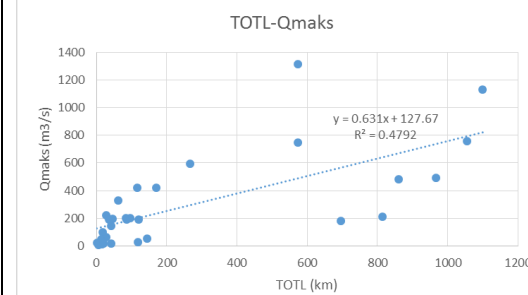
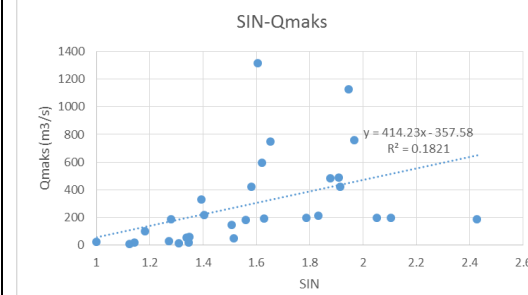
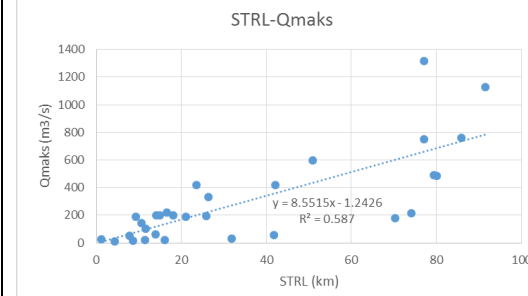
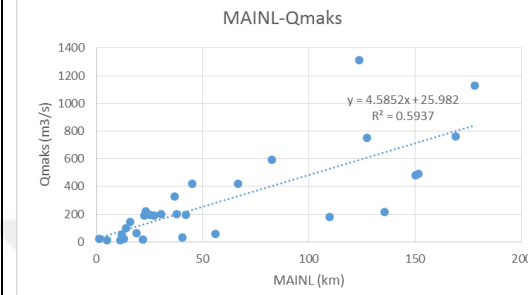
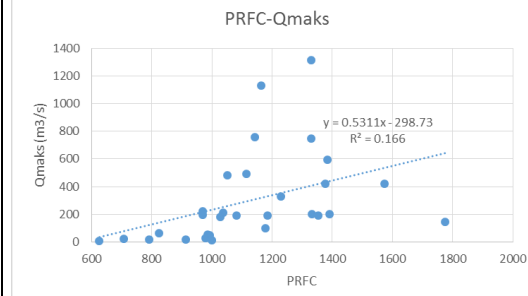
Q_{maks} ile parametrelerin orijinal değerleri arasındaki doğrusal ilişki



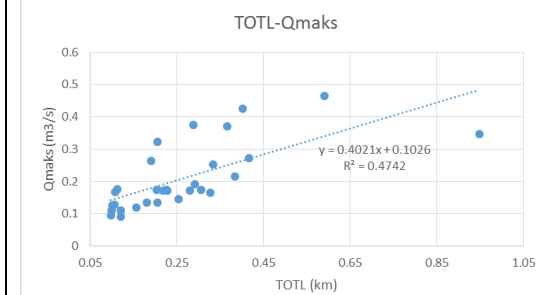
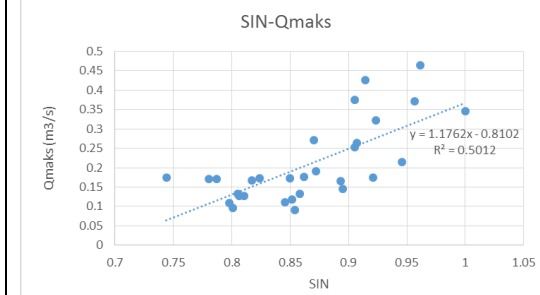
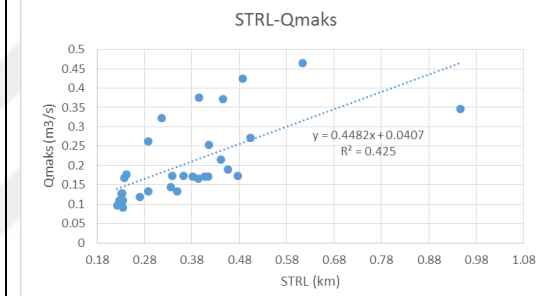
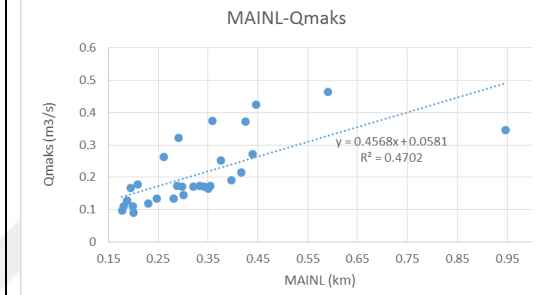
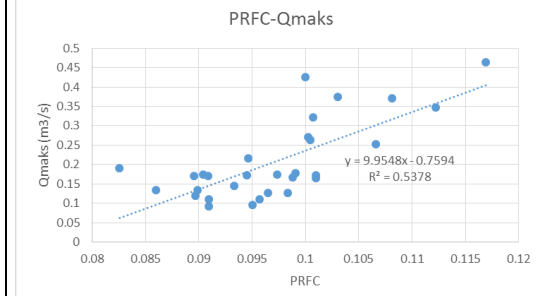
Q_{maks} ile parametrelerin küp köklerinin tersleri arasındaki doğrusal ilişki



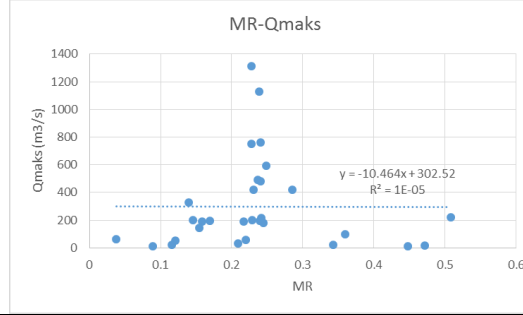
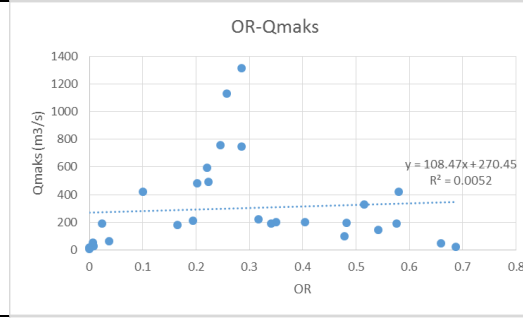
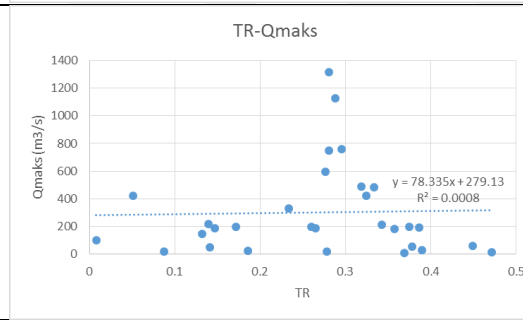
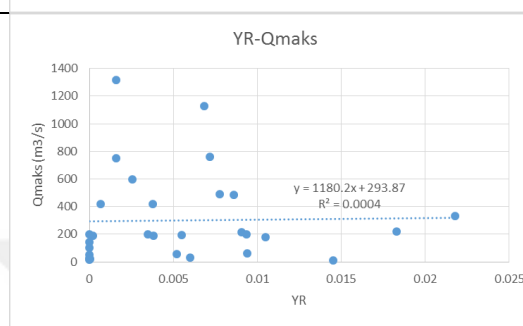
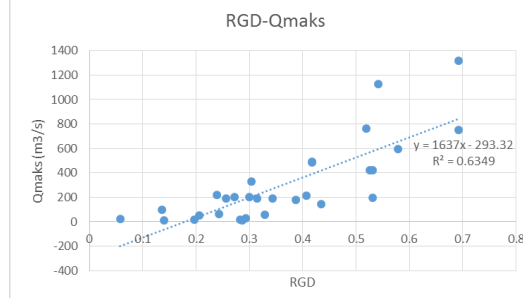
Q_{maks} ile parametrelerin orijinal değerleri arasındaki doğrusal ilişki



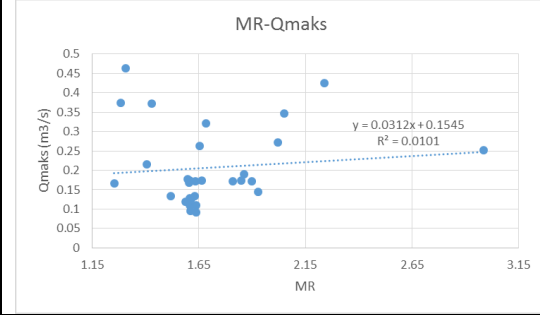
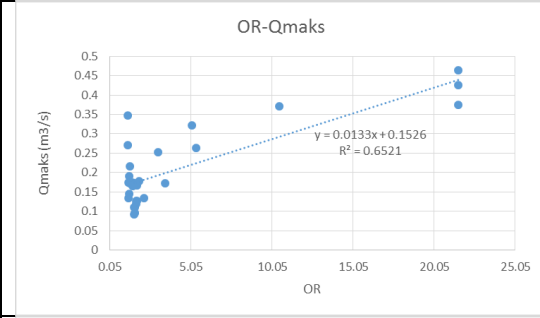
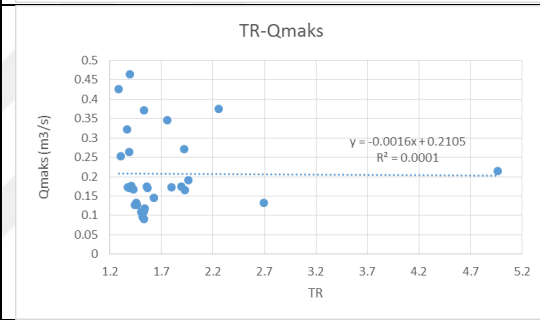
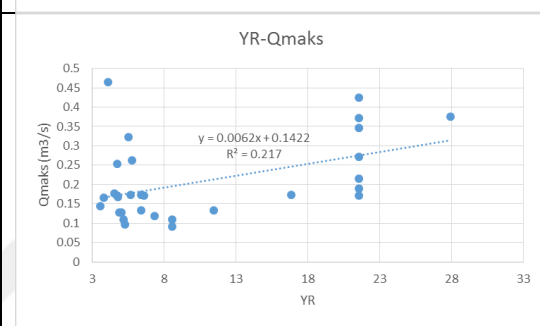
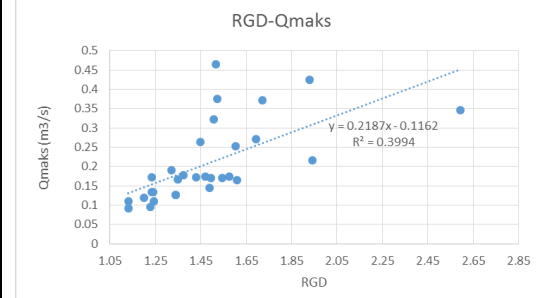
Q_{maks} ile parametrelerin küp köklerinin tersleri arasındaki doğrusal ilişki



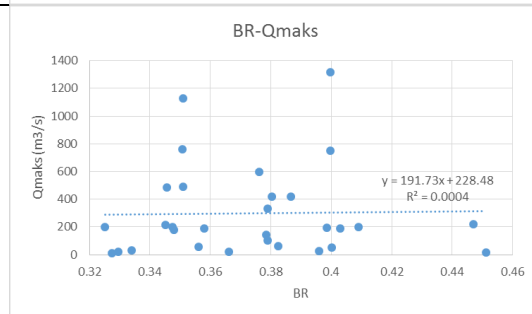
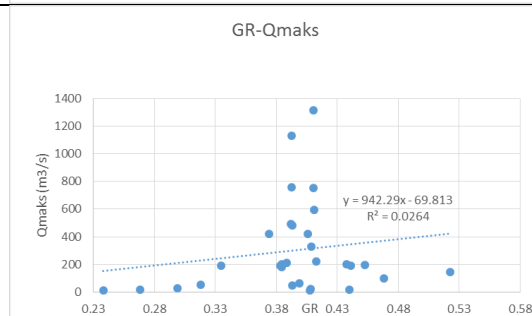
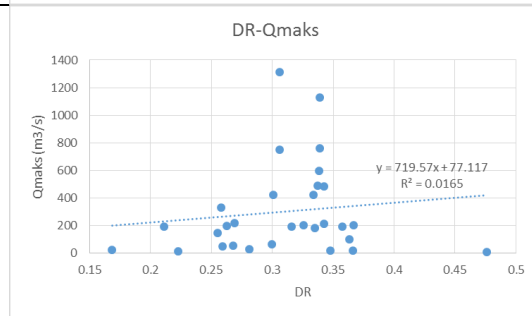
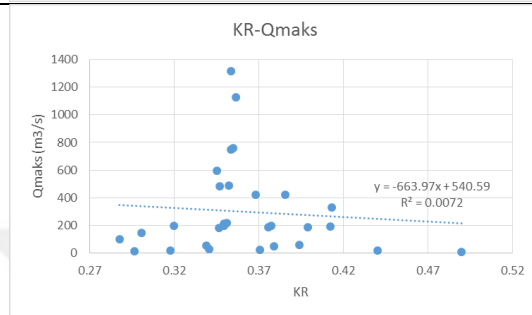
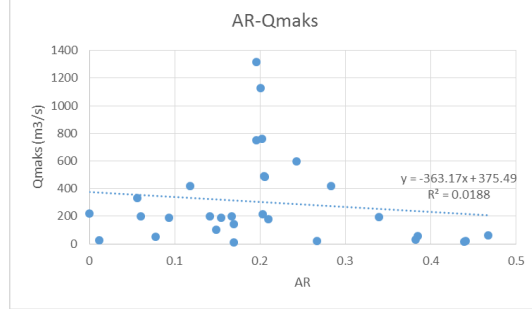
Q_{maks} ile parametrelerin orijinal değerleri arasındaki doğrusal ilişki



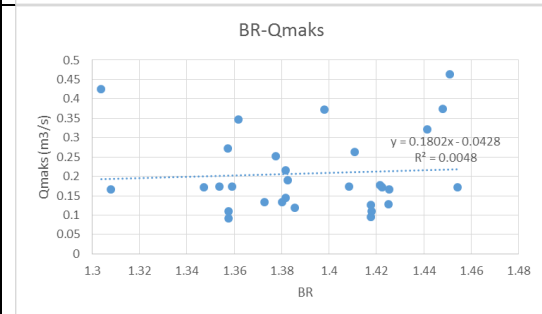
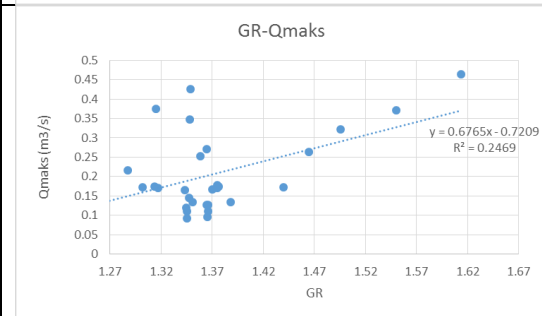
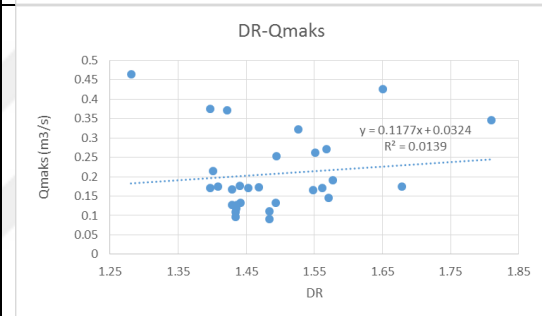
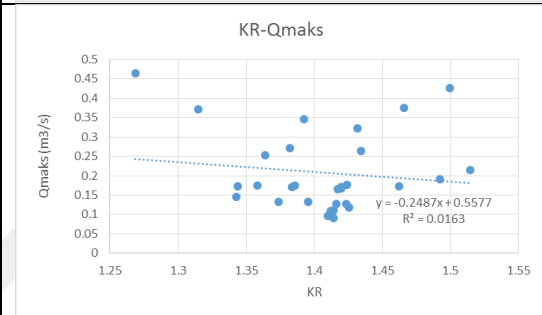
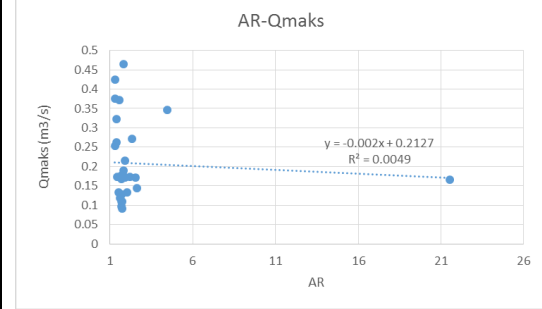
Q_{maks} ile parametrelerin küp köklerinin tersleri arasındaki doğrusal ilişki



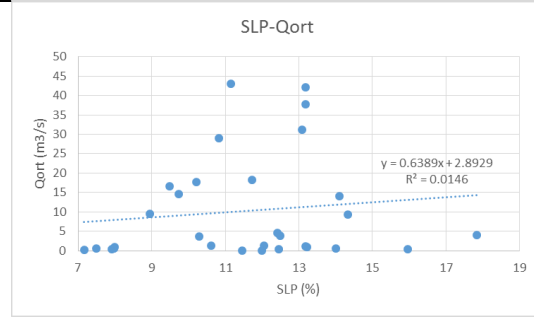
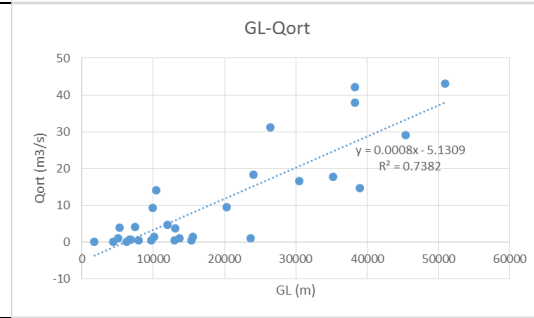
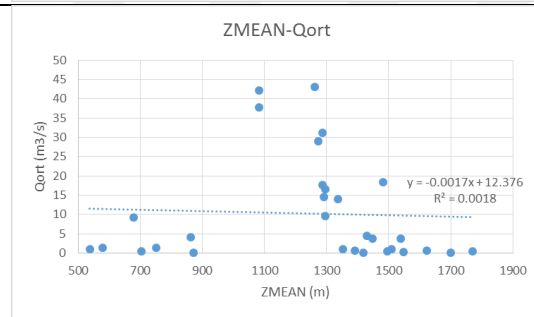
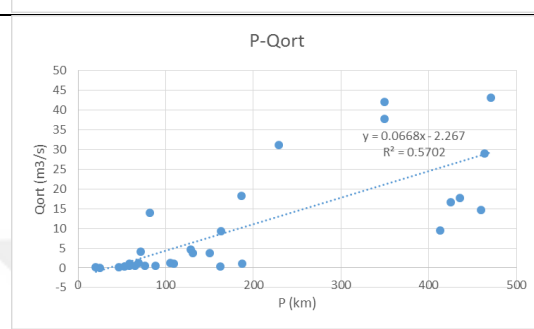
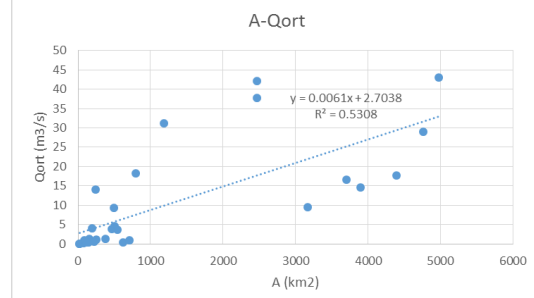
Q_{maks} ile parametrelerin orijinal değerleri arasındaki doğrusal ilişki



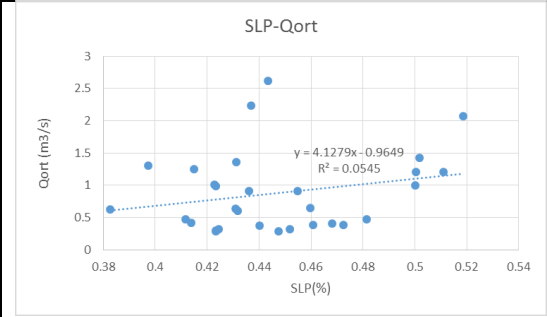
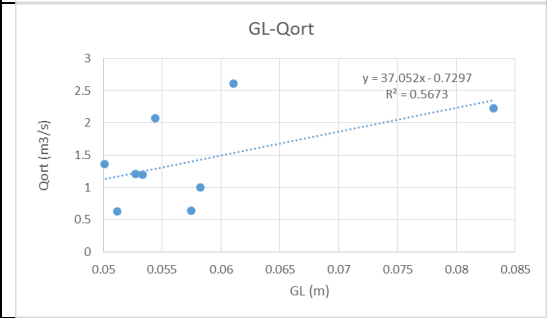
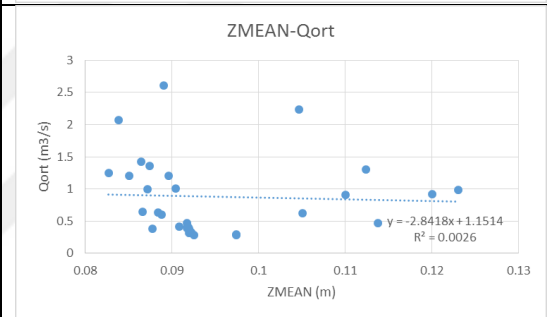
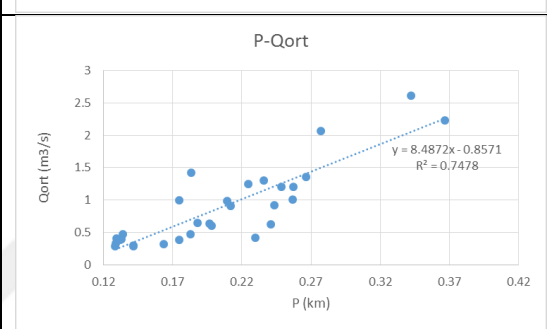
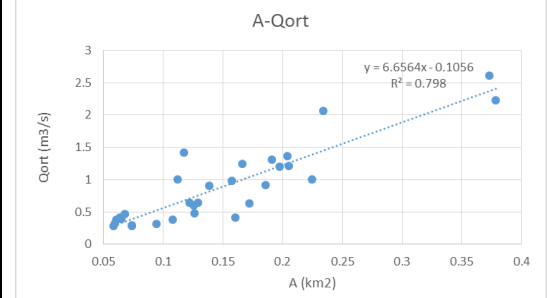
Q_{maks} ile parametrelerin küp köklerinin tersleri arasındaki doğrusal ilişki



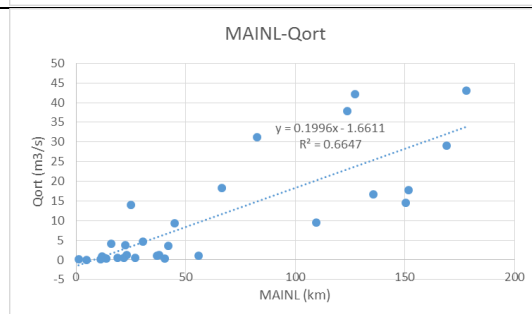
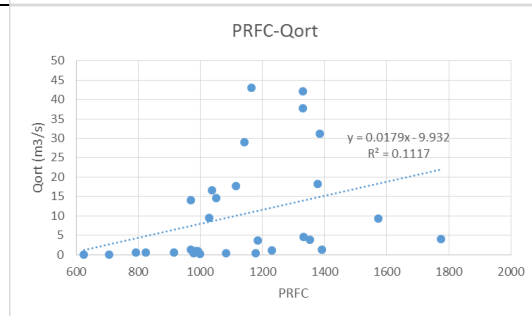
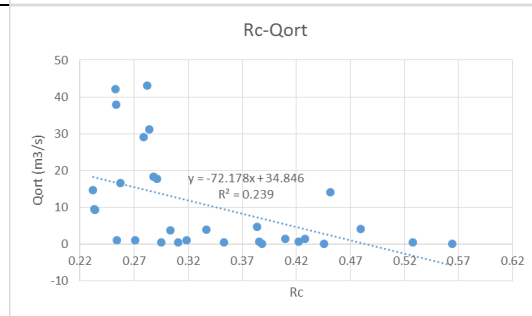
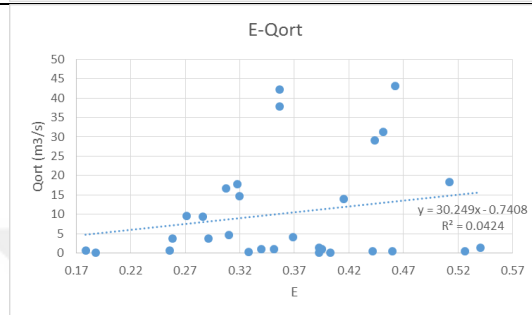
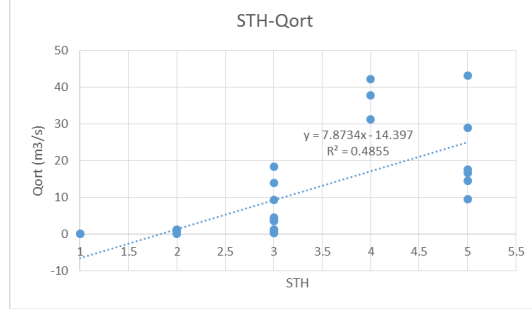
Q_{ort} ile parametrelerin orijinal değerleri arasındaki doğrusal ilişki



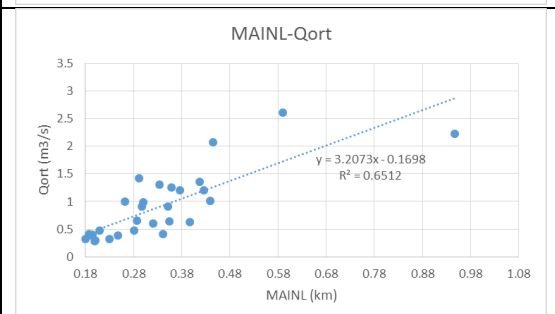
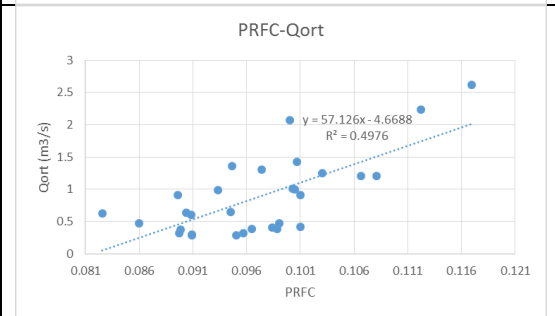
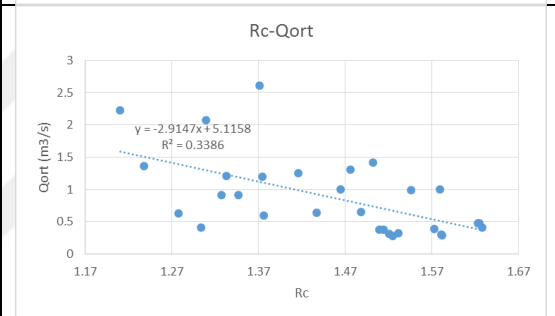
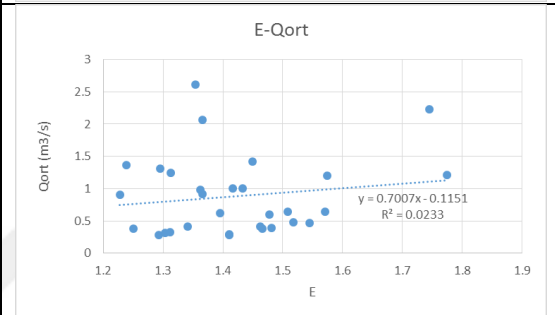
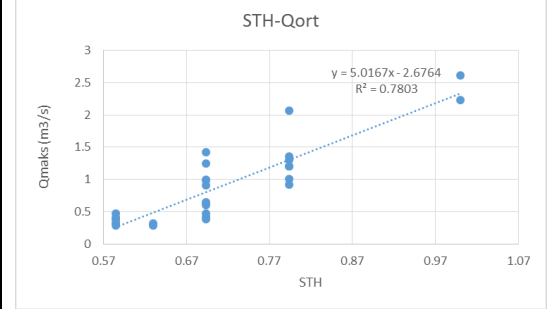
Q_{ort} ile parametrelerin küp köklerinin tersleri arasındaki doğrusal ilişki



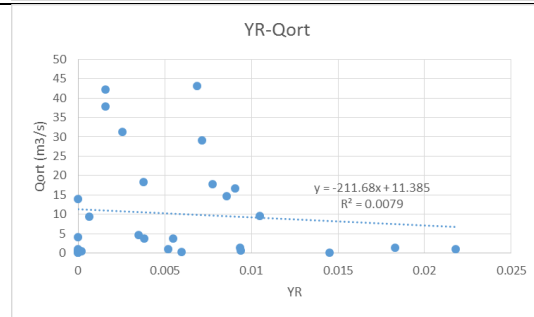
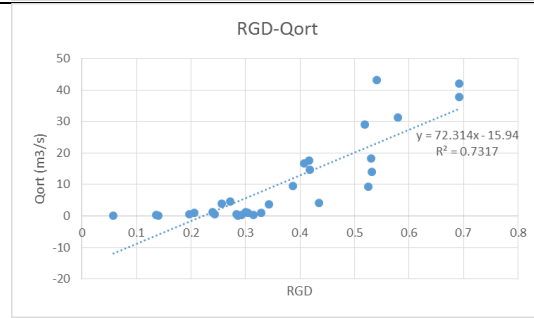
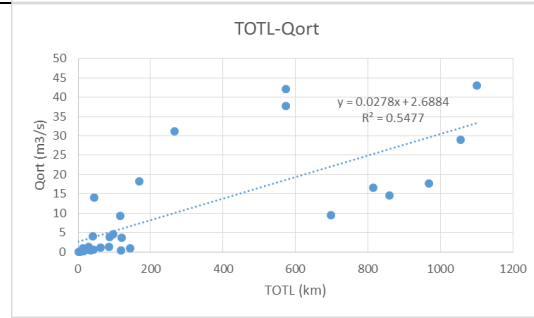
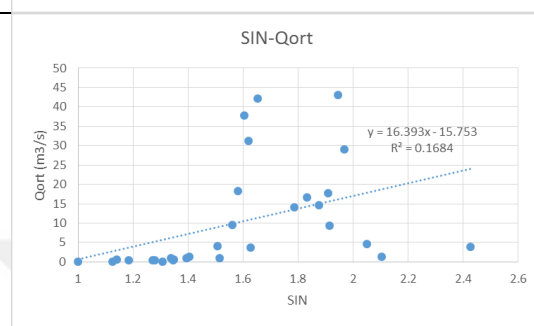
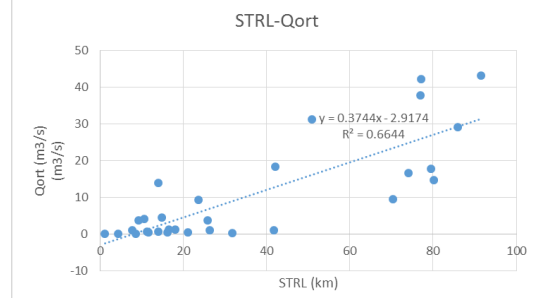
Q_{ort} ile parametrelerin orijinal değerleri arasındaki doğrusal ilişki



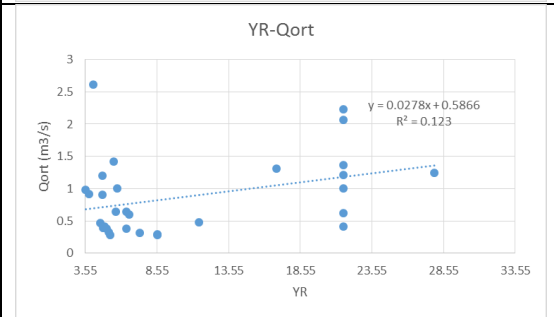
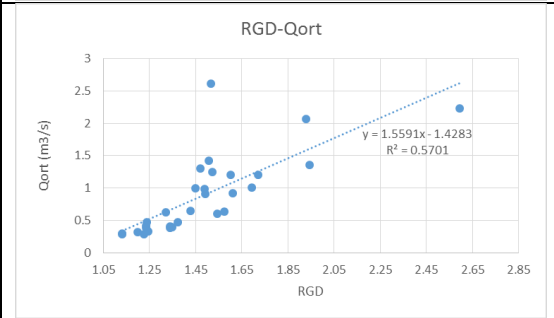
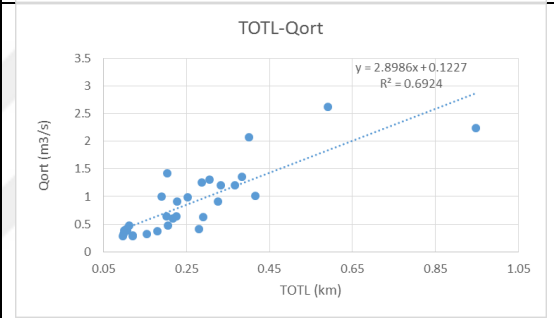
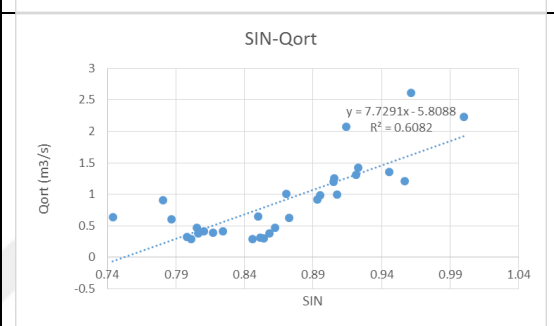
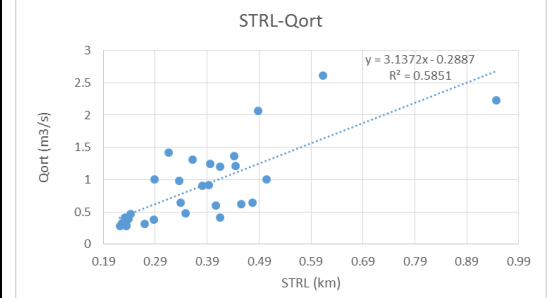
Q_{ort} ile parametrelerin küp köklerinin tersleri arasındaki doğrusal ilişki



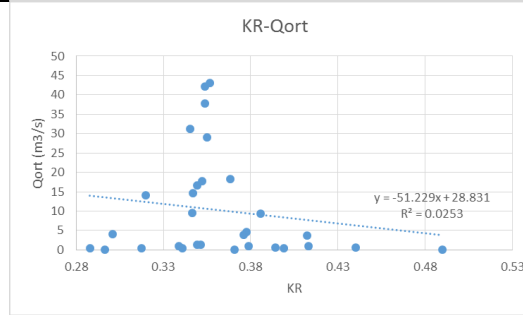
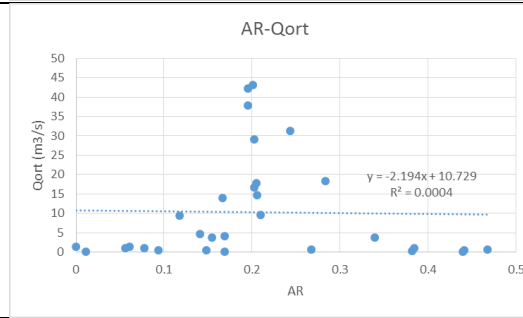
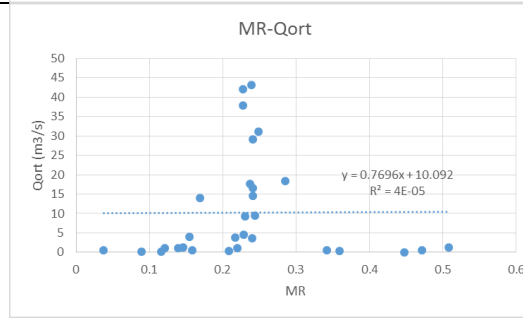
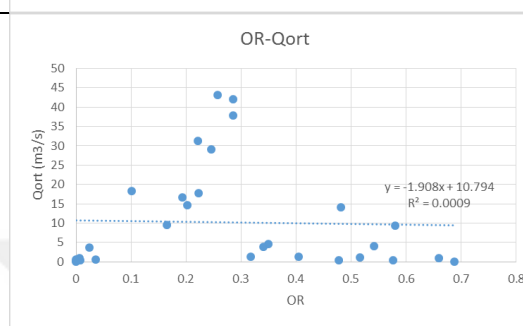
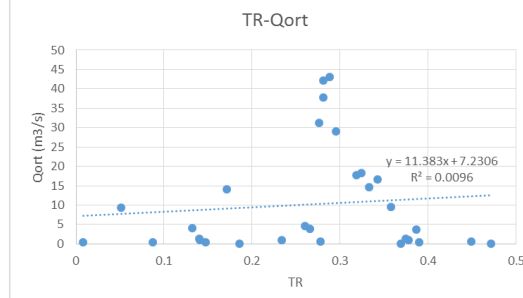
Q_{ort} ile parametrelerin orijinal değerleri arasındaki doğrusal ilişki



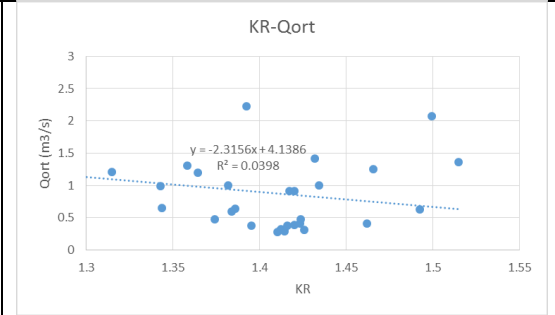
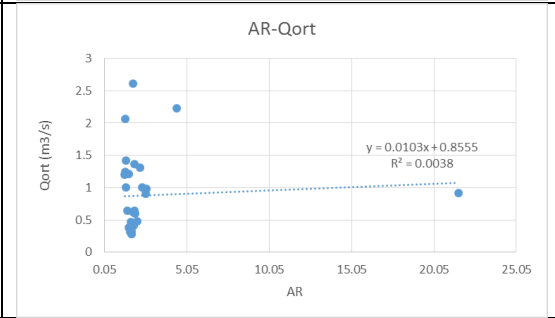
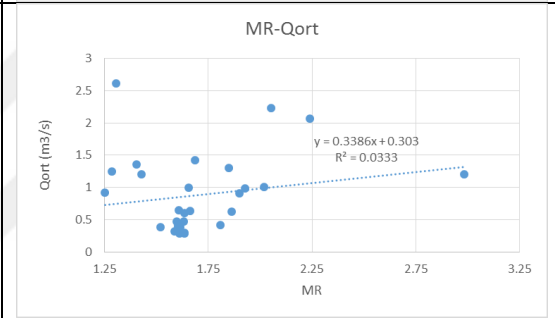
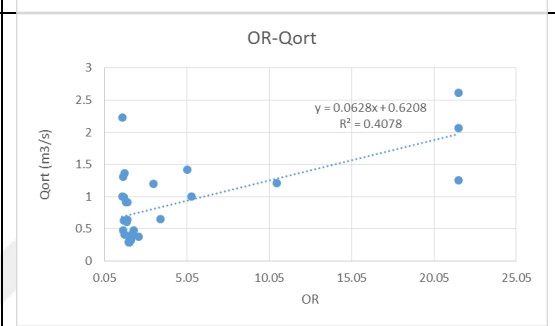
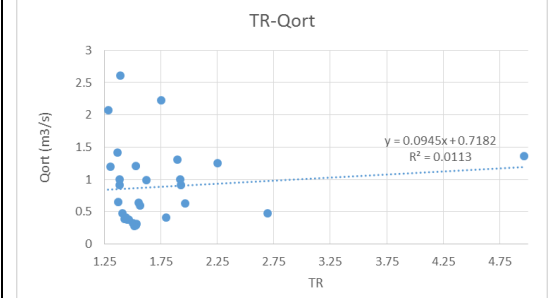
Q_{ort} ile parametrelerin küp köklerinin tersleri arasındaki doğrusal ilişki



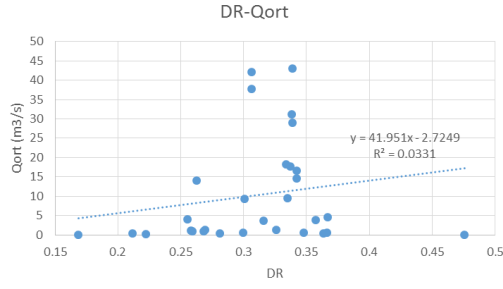
Q_{ort} ile parametrelerin orijinal değerleri arasındaki doğrusal ilişki



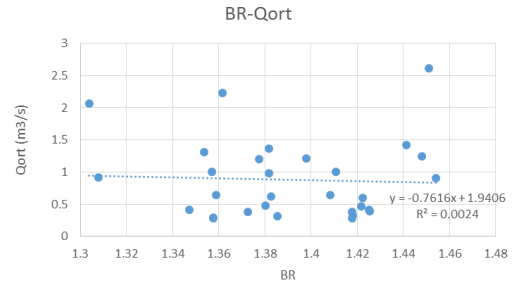
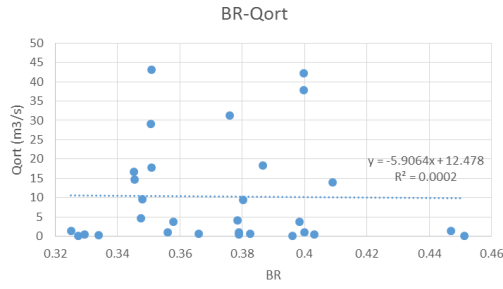
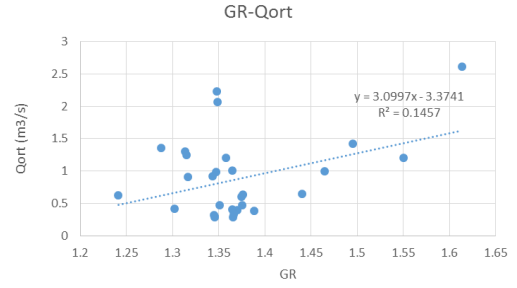
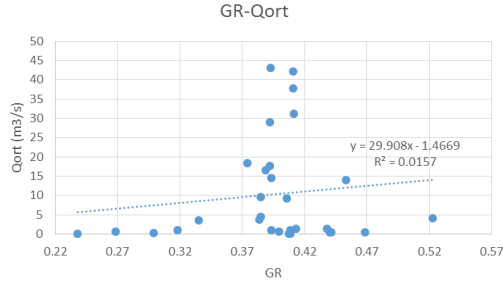
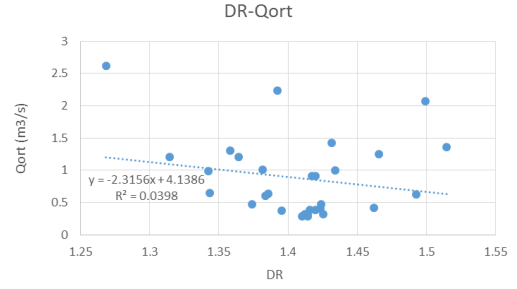
Q_{ort} ile parametrelerin küp köklerinin tersleri arasındaki doğrusal ilişki



Q_{ort} ile parametrelerin orijinal değerleri arasındaki doğrusal ilişki



Q_{ort} ile parametrelerin küp köklerinin tersleri arasındaki doğrusal ilişki



8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa DOĞMAZ

Doğum Yeri ve Tarihi : 20.11.1988 AFC Hamburg

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : mustafadogmaz@hotmail.com

İletişim Adresi : Dokuzkavaklar Mahallesi 2049/3 Sokak No:19
Kat 2 Pamukkale/DENİZLİ