T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ SAYISAL YÜKSEKLİK MODELLERİNDEN 1:100.000 ÖLÇEKLİ HAVZA SINIRLARININ BELİRLENMESİ

Bilal KAYRAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Uzaktan Algılama ve CBS Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN

Mayıs, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ SAYISAL YÜKSEKLİK MODELLERİNDEN 1:100.000 ÖLÇEKLİ HAVZA SINIRLARININ BELİRLENMESİ

Bilal KAYRAN tarafından hazırlanan tez çalışması 27.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, Uzaktan Algılama ve CBS Programı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Fatih GÜLGEN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Necla ULUĞTEKİN, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Farklı Çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modellerinden 1:100.000 Ölçekli Havza Sınırlarının Belirlenmesi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Bilal KAYRAN

İmza

Sevgili Ailem'e

TEŞEKKÜR

Bilgi ve tecrübesini hiçbir zaman esirgemeyen, tezin her aşamasında tavsiyeleri ve yol göstericiliği ile destekte bulunan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN' e sonsuz saygılarımı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Tavsiye ve yönlendirmelerinden dolayı Prof. Dr. Naci YASTIKLI, Prof. Dr. Uğur DOĞAN ve Prof. Dr. Doğan Uğur ŞANLI hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Maddi ve manevi olarak beni her zaman destekleyen ve yanımda duran sevgili anneme, babama ve kardeşlerime sonsuz hürmetlerimi sunuyorum.

Eğitim hayatımda emeği bulunan tüm öğretmenlerime şükranlarımı ve saygılarımı sunuyorum.

Eğitim ve meslek hayatım boyunca beraber çalıştığım ve vakit geçirdiğim bütün arkadaşlarıma çok teşekkür ediyorum.

Bilal KAYRAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ viii

KISALTMA LİSTESİ ix

ŞEKİL LİSTESİ xi

TABLO LİSTESİ xii

ÖZET xiii

ABSTRACT xv

1 GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 4

1.3 Hipotez 4

2 TANIMLAR 5

2.1 Akarsu 5

2.2 Havza 5

2.3 Drenaj Yoğunluğu 6

2.4 Havza Eğimi 6

3 HAVZA KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ 8

3.1 Drenaj Ağı ve Havza Çıkarım Yöntemi 8

3.1.1 Çukurların Doldurulması 8

3.1.2 Akış Yönlerinin Belirlenmesi 9

3.1.3 Akış Birikinti Değerlerinin Hesaplanması 10

3.1.4 Eşik Değerin Hesaplanması 11

3.1.5 Akarsu Tanımlama 11

3.1.6 Akarsu Bölümleme 12

3.1.7 Drenaj Çizgilerini Tanımlama 12
3.1.8 Alt Havza Tanımlama ve Geometrik Dönüşüm 12
4 İSTATİSTİKİ YÖNTEMLER 15
4.1 Normallik Analizleri 15
4.1.1 Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Normallik Testleri 15
4.1.2 Histogram Grafiği 16
4.1.3 Kutu-Çizgi Grafiği 16
4.1.4 P-P Plot Grafiği 16
4.1.5 Q-Q Plot Grafiği 16
4.2 Sıralama Ölçekte Örneklemlerin Karşılaştırılması 17
4.2.1 Mann-Whitney U-Testi 17
4.2.2 Kruskal-Wallis H-Testi 18
4.3 Oran Ölçekte Örneklemlerin Karşılaştırılması 18
4.3.1 Bağımsız Örneklemler t-Testi (Student'ın t-Testi) 19
4.3.2 Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) 19
4.4 Regresyon Analizleri 20
4.4.1 Basit Doğrusal Regresyon Modeli 21
4.4.2 Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli 24
5 ÇALIŞMA BÖLGESİ VE MATERYAL 26
5.1 Çalışmada Kullanılan Veriler ve Özellikleri 27
5.1.1 Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) 28
5.1.2 WBD (Watershed Boundary Dataset) 31
5.2 Materyal 31
6 UYGULAMA İŞLEM ADIMLARI 33
6.1 Eşik Değer Tespiti 33
6.2 Çoklu Doğrusal Regresyon ile Eşik Değer Tespiti 34

6.3 Eşik Değer Tespitinde Yeni Bir Yöntem Geliştirilmesi 36
7 BULGULAR 38
7.1 Alt Havzaların Türetilmesinde Kullanılan Eşik Değerler 39
7.2 Çözünürlük ile Eşik Değer Arasındaki İlişki 40
7.3 Eşik Değer ile Drenaj Yoğunluğu Arasındaki İlişki 41
7.4 Eşik Değer ile Alt Havza Sayısı Arasındaki İlişki 41
7.5 Drenaj Yoğunluğu ile Alt Havza Sayısı Arasındaki İlişki 41
7.6 İstatistiksel Analiz Sonuçlarının Yorumlanması 42
7.6.1 Normalliğin Yorumlanması 42
7.6.2 İstatistiksel Anlamlılığın Yorumlanması 46
8 SONUÇ VE ÖNERİLER 53
KAYNAKÇA 57
EK-A
DRENAJ AĞLARI VE HAVZA ŞEKİLLERİ 60
EK-B
NORMALLİK GRAFİKLERİ 63
EK-C
İSTATİSTİKSEL ANALİZ TABLOLARI 96
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 112

SİMGE LİSTESİ

A	Havza Alanı
C	Sınıf Değeri
D	Drenaj Yoğunluğu
df	Degrees of Freedom
H	Havza Ortalama Yüksekliği
K	Mekansal Çözünürlük
M_i	Ortalama Yatay Doğruluk
M_{ij}	Toplam Hücre Sayısı
P	Havza Çevre Uzunluğu
P_i	Hücre Büyüklüğü
P_{ij}	Çalışma Alanını Çevreleyen Hücre Sayısı
S	Havza Eğimi
S_{ij}	Kendisine Akış Olmayan Hücre Sayısı
Std.	Standart Sapma
T	Eşik Değer

KISALTMA LİSTESİ

3DEP	3D Elevation Program
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ASPRS	American Society for Photogrammetry and Remote Sensing
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection
Asym.	Asymptotic
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇDR	Çoklu Doğrusal Regresyon
D8	Eight Direction Flow Model
DEM	Digital Elevation Model
DLR	German Aerospace Center
DOQ	Digital Orthophoto Quadrangles
DRAW	DRainageAxisWay
DRG	Digital Raster Graphics
EGM96	Earth Gravitational Model
HGT	Height Files (DEM)
HUC	Hydrologic Unit Code
inSAR	İnterferometric Synthetic Aperture Radar
K-S	Kolmogorov-Simirnov Test
LIDAR	Light Detection and Ranging
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry
NAD83	North American Datum
NAVD88	North American Vertical Datum
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NED	National Elevation Dataset
NGA	National Geospatial-Intelligence Agency
NHDPlus	National Hydrography Dataset Plus
RST	Resolutional Stream Threshold
RMSE	Root Mean Square Error
Sig.	Significance
SNK	Student-Newman-Keuls
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission

SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
USGS	United States Geological Survey
WBD	Watershed Boundary Dataset
WGS84	World Geodetic System

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Havza [22] 6
Şekil 2.2 Eğim 7
Şekil 3.1 SYM [4] 9
Şekil 3.2 Çukursuz SYM [4] 9
Şekil 3.3 Akış yönleri [4] 10
Şekil 3.4 Akış birikinti değerleri [4] 11
Şekil 3.5 Delta matrisi [4] 13
Şekil 3.6 Başlangıç veri seti [4] 13
Şekil 3.7 Alt havza veri seti [4] 14
Şekil 5.1 Salmon havzası 26
Şekil 5.2 HUC 8 birimindeki, 18010210 birim kodlu salmon havzasının konumu 27
Şekil 5.3 ABD'deki HUC2 birimindeki 21 bölge [36] 32
Şekil 6.1 Uygulama işlem adımları 37

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 5.1 Sayısal yükseklik modelleri ve özellikleri 29

Tablo 6.1 Regresyon modeli özeti 34

Tablo 6.2 Regresyon anova testi 34

Tablo 6.3 Regresyon katsayıları 35

Tablo 6.4 Harici değişkenler 35

Tablo 6.5 Çoklu doğrusal regresyon yöntemi ve RST yöntemiyle hesaplanan eşik değerlerin, deneysel eşik değerlerden farkının ortalaması 36

Tablo 7.1 Çözünürlük ile eşik değer arasındaki ilişki 40

Tablo 7.2 Eşik değer ile drenaj yoğunluğu arasındaki ilişki 41

Tablo 7.3 Eşik değer ile alt havza sayısı arasındaki ilişki 41

Tablo 7.4 Drenaj yoğunluğu ile alt havza sayısı arasındaki ilişki 42

Tablo 7.5 Alan değerlerinin normallik analizi 42

Tablo 7.6 Çevre uzunluğu değerlerinin normallik analizi 43

Tablo 7.7 Drenaj yoğunluklarının normallik analizi 44

Tablo 7.8 Havza eğimlerinin normallik analizi 45

Tablo 8.1 Deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzalar ile NHDPlus alt havzalarının denklik sağladığı havza karakteristikleri 54

Tablo 8.2 Seçme/eleme işlemi sonucu oluşan toplam havza ve boş havza sayıları 55

Tablo 8.3 Mansap noktalarının yatay doğrulukları 56

ÖZET

Farklı Çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modellerinden 1:100.000 Ölçekli Havza Sınırlarının Belirlenmesi

Bilal KAYRAN

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN

Su, canlılığın sürekli olarak ihtiyaç duyduğu en önemli madde olarak ifade edilebilir. Çevre kirliliği, su kaynaklarının bilinçsiz tüketimi, küresel ısınma ve buzulların erimesi gibi problemler su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Gelişmiş ülkelerde su kaynakları yönetimi ve planlamasına büyük önem verilmekte, drenaj ağları ve havza alanlarının tespiti ve korunması amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) analizlerinde, Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) kullanılarak drenaj ağları ve havza alanlarının türetilmesi mümkün olmuştur.

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) tüm ülkeyi kapsayacak şekilde, havzaları birimler halinde (HUC-Hydrologic Unit Codes) ve vektör formatta online olarak yayınlamaktadır. Tez kapsamında, çalışma alanı olarak Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya eyaletinde bulunan salmon alt havzası seçilmiştir. HUC8 (subbasin) birimindeki salmon alt havzası, USGS (United States Geological Survey) tarafından sunulan 1:100.000 ölçeğine uygun NHDPlus veri setini içermektedir. Bu çalışmada, drenaj ağları ve havza alanlarının türetilmesinde en önemli parametre olan eşik değerin tespiti için farklı bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem ile elde edilen eşik değerler, 10 metre çözünürlüklü 3DEP (3D Elevation Program), 30 metre çözünürlüklü 3DEP, ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ve 90 metre çözünürlüklü SRTM sayısal

yükseklik modellerinde uygulanarak 1:100.000 ölçeğine uygun drenaj ağları ve alt havza alanları türetilmiştir.

Türetilen alt havzalar ile salmon havzasında bulunan NHDPlus alt havzaları geometri, drenaj yoğunluğu, alan ve çevre uzunluğu bakımından istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Analiz sonucunda, türetilen alt havzalar ile NHDPlus alt havzaları arasında drenaj yoğunluğu bakımından farklılık, çevre uzunluğu bakımından denklik olduğu, alan bakımından ise NHDPlus havzalarının sadece ASTER 30 metre verisi ile denk olduğu görülmüştür. Ayrıca, türetilen alt havzalar birbirleriyle alan, çevre uzunluğu, drenaj yoğunluğu ve eğim bakımından istatistiksel olarak karşılaştırılmış ve bütün kategorilerde denklik olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Havza, Drenaj Ağı, Sayısal Yükseklik Modeli, Coğrafi Bilgi Sistemleri

ABSTRACT

Determination of 1:100.000 Scale Catchment Boundaries from Different Resolutional Digital Elevation Models

Bilal KAYRAN

Department of Geomatics Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assist. Prof. Dr. Alper ŞEN

Water can be expressed as the most important substance life constantly needs. Problems such as environmental pollution, unconscious consumption of water resources, global warming and melting of glaciers cause water resources to decrease. In developed countries, water resources management and planning are given great importance and studies are carried out in order to identify and protect drainage networks and watershed areas. With the developing technology, it has been possible to derive drainage networks and watershed areas by using Digital Elevation Models (DEM) in Geographic Information Systems (GIS) analysis.

The United States (USA) publishes the basins online in units (HUC-Hydrologic unit codes) and in vector format, covering the entire country. Within the scope of the thesis, The salmon sub-basin, which is located in the California State of the United States of America, was selected as the study area. The salmon sub-basin in the HUC8 (subbasin) unit contains a 1:100.000 scale NHDPlus data set presented by the USGS (United States Geological Survey). In this study, a different method has been developed for the determination of the threshold value which is the most important parameter in the delineation of drainage networks and basin areas. By applying the threshold values obtained by the developed method in 10 meter resolution 3DEP (3D Elevation program), 30 meter resolution 3DEP, ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) and

90 meter resolution SRTM digital elevation models, suitable catchments areas and drainage networks have been delineated.

The delineated catchments and the NHDPlus catchments in the salmon sub-basin were statistically compared in terms of geometry, drainage density, area and perimeter length. As a result of the analysis, it has been observed that the difference between the delineated catchments and the catchments of NHDPlus in terms of drainage density is equal to the length of the environment and the NHDPlus catchments in terms of area is equivalent to only ASTER 30 meters of data. Furthermore, the delineated catchments were statistically compared with each other in terms of area, environmental length, drainage density and slope, and it was observed that there was an equivalence in all categories.

Keywords: Catchment, Drainage Network, Digital Elevation Model, Geographic Information Systems

1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Çevre kirliliği, su kaynaklarının bilinçsiz tüketimi, küresel ısınma ve buzulların erimesi gibi problemler su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Canlılık ve habitatın sürekli olarak ihtiyaç duyduğu en önemli madde su olarak ifade edilebilir. Gelişmiş ülkelerde su kaynakları yönetimi ve planlamasına büyük önem verilmekte, drenaj ağları ve havza alanlarının tespiti ve korunması amacıyla çalışmalar yapılmaktadır.

Chow (1988) tarafından havza, akarsu akışına katkıda bulunan yüzey sularının tek bir çıkış noktasında toplandığı alan olarak tanımlanmıştır [1]. Coğrafi bilgi sistemleri alanındaki teknolojik gelişmeler sayısal yükseklik modelleri kullanılarak havza alanlarının hesaplama verimliği artırılmıştır.

Sayısal yükseklik modelleri kullanılarak drenaj ağları ve havza alanlarının çıkarımı için kullanılan yöntemler ve kavramların büyük çoğunluğu O'Callaghan ve Mark (1984), Mark (1988) ve Jenson ve Domingue (1988) tarafından tanıtılmıştır [2, 3, 4].

Yapılan çalışmaların tümünde çukurların hidrolojik analizlerin doğruluğunu etkilediği ifade edilmektedir. O'Callaghan ve Mark (1984) sayısal yükseklik modelini, bir gezegen yüzeyinin tamamını veya bir kısmını yükseklikler ile temsil eden sayısal veya dijital gösterim olarak tanımlamaktadır. Sayısal yükseklik modelindeki çukurların etkisini gidermek amacıyla çukur içerisindeki yükseklik değerlerinin, çukur çevresindeki yükseklik değerlerine göre yumuşatılarak giderilmesi yöntemini kullanmıştır [2].

Mark (1988), çukurları genellikle bir hücrenin daha büyük yükseklik değerine sahip hücreler tarafından çevrili olduğu durumda oluşan yapay çöküntüler olarak ifade etmektedir. Yatay ölçekte on metrelik veya daha büyük gerçek çukurların doğal dünya topografyasında nadir bulunduğunu, buzullar gibi birkaç özel jeomorfolojik bölgelerle sınırlı olduğunu ifade etmiştir. Mark, çukurları elimine etmek için farklı bir yöntem önermektedir. Bu yöntemde, öncelikle drenaj ağlarının oluşturularak çukurların tespit edilmesi, daha sonra çukurların taşma seviyesine kadar yükseltilmesi önerilmektedir [3].

O'Callaghan ve Mark (1984) ve Mark (1988) tarafından önerilen drenaj ağı tanımlama prosedürü temel olarak çukurların doldurulması ve akış yönü matrisinin hesaplanması, birikinti akış değeri matrisinin hesaplanması, belirlenen eşik değere göre birikinti akış değerini aşan hücrelerin drenaj ağını oluşturması işlem adımlarını içermektedir. Drenaj ağı, bir eşik değerden daha büyük hücrelerin tümü olarak tanımlanmaktadır [2, 3].

Jenson ve Dominque (1988), çukurların analiz sonuçlarına etkisinin giderilmesi amacıyla, Mark (1988) tarafından "taşma prosedürü" olarak önerilen yöntemi bir algoritma ile geliştirmiştir. Yaygın olarak kullanılan bu algoritma çukur içerisindeki yükseklik değerlerinin, akış sağlanana kadar, çukur çevresindeki en düşük kotlu yükseklik değerine (taşma noktasına) kadar yükseltilmesi işlemini esas almıştır. Bu çalışmasında suyun akış yönünü hesaplamada yaygın olarak kullanılan ve "sekiz yönlü akış modeli" olarak da adlandırılan "D8" yöntemini tanıtmıştır. Ayrıca, bu çalışmada havza çıkarımı için gerekli işlem adımları anlatılmıştır. Bu işlem adımları, çukurların doldurulması, akış yönünün hesaplanması, akış birikinti değerlerinin hesaplanması, drenaj ağının oluşturulması ve havzaların otomatik olarak türetilmesi işlemleridir. Drenaj ağı, eşik değerden büyük akış birikinti hücrelerinin birleşmesiyle oluşmaktadır. Burada, her bir hücreye kendisine akan su miktarı kadar bir değer atanır. Akış birikinti değeri sıfır olan hücreler (başka hücrelerin akmadığı) genellikle havza sınırlarını oluşturan sırtlara karşılık gelmektedir. Havzaların otomatik olarak çıkarımı için önceden hesaplanmış akış yönü ve akış birikinti değeri verileri kullanılmıştır. Böylece, akış birikinti değerleri kullanılarak delta olarak adlandırılan bir matris oluşturulmuştur. Delta matrisi ve akış yönü verisi kullanılarak havzalar otomatik olarak türetilmiştir [4]. Moore ve diğ. (1991) tarafından yapılan çalışmada ise akış birikinti değeri genel olarak her bir arazi hücresine akan toplam su miktarı olarak tarif edilmektedir [5].

Akış birikinti eşik değeri, oluşturulacak drenaj ağlarının yoğunluğunu ve havza alanlarının büyüklüğünü doğrudan etkilemektedir. Bu açıdan en önemli aşamalardan biri olup bu konuda birçok farklı çalışma yapılmıştır. Eşik değer belirlemede en çok bilinen üç yöntem, Tang (2000), Olivera ve diğ. (2002), Heine ve diğ. (2004) tarafından tanıtılmıştır.

Tang (2000) tarafından yapılan çalışmada, eşik değer olarak ortalama akış birikinti değeri kullanılmıştır [6]. Olivera ve diğ. (2002) tarafından yapılan çalışmada, eşik değer olarak maksimum akış birikinti değerinin %1'i kullanılmıştır [7]. Heine ve diğ. (2004) tarafından yapılan çalışmada, eşik değer olarak akarsuların başlangıç noktalarındaki akış birikinti değerlerinin ortalaması kullanılmıştır [8]. Gökgöz ve diğ. (2006) tarafından yapılan çalışmada, drenaj ağına katkıda bulunan akarsu kollarının başlangıç hücre değerleri arasındaki yakınlık ve doğrultu ilişkisine göre eşik değer tespit edilmiştir [9].

Bu kapsamda yapılan diğer çalışmalar şöyle sıralanabilir. Grimaldi ve diğ. (2007) tarafından tanıtılan çukur dolum yönteminde, ilk önce tüm çukurlar en düşük yükseklik değerine sahip komşu hücre seviyesine kadar doldurulur ve daha sonra akış yönlendirme için sıfırdan farklı değerler olmak üzere tüm düz alanlara benzersiz değerler atanır. Bu yöntem sonucunda düz alanların oluşmadığı ve bilinen çukur dolum yöntemlerine göre daha doğru eğim ve akış yönlerinin oluşturulduğu ifade edilmiştir [10].

Tarboton ve diğ. (2009) tarafından yapılan çalışmada, çukurların sayısal yükseklik modellerindeki veri hataları ve örnekleme etkileri nedeniyle sıklıkla oluştuğu ifade edilmiştir. Drenaj ağını tanımlamada O'Callaghan ve Mark (1984) tarafından önerilen prosedürü uygulamış ve eşik değer olarak sayısal yükseklik modelindeki tüm hücreler dörtlü şekilde taranarak, dört komşu hücreden en büyük yükseklik değerine sahip hücreler işaretlenmiştir. İşaretlenen hücreler kullanılarak drenaj ağlarının oluşturulduğu ifade edilmiştir [11].

Gökgöz ve Gülgen (2010) tarafından yapılan çalışmada, çukurların doldurulması sonucu oluşan düz alanların elimine edilmesi amacıyla geliştirilen DRainageAxisWay (DRAW) yöntemi tanıtılmıştır. Bu yöntemde paralellik problemleri elimine edilerek düz alanların etkisinin giderildiği ifade edilmiştir [12].

Castronova ve Goodall (2014) tarafından yapılan çalışmada, yüksek işlem ve depolama alanı gerektiren havza tanımlama işlemlerinin daha hızlı yapılmasını sağlayan bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma, akarsu akışlarını ve havzaları grafiksel ağlara dönüştürerek üst ve alt geometriler oluşturulmakta ve tüm alanlar için oluşturulan geometriler birleştirilerek havzalar tanımlanmaktadır [13].

Freitas ve diğ. (2016) tarafından yapılan çalışmada, üçgenli düzensiz ağlara kritik kenarlar eklenerek düz alanların elimine edilmesi sağlanmıştır [14].

Zhang ve diğ. (2017) tarafından yapılan çalışmada, düz alanlar için MW (weight value) yöntemi ve bir labirent algoritması kullanılmıştır. Bu şekilde, düz alanlara akış yönleri atanarak paralel hat problemleri çözülmekte ve akışların sürekliliği sağlanmaktadır [15]. Wu ve diğ. (2017) tarafından yapılan çalışmada, SWAT modeli kullanılarak eşik değer ve çözünürlüğün drenaj ağı ve havza çıkarımı üzerindeki etkileri incelenmiştir [16].

Reddy ve diğ. (2018), tarafından yapılan çalışmada, eşik değer ve drenaj ağı arasındaki ilişkiyi göstermek amacıyla bir korelasyon katsayısı hesaplanmıştır [17].

Gökgöz ve diğ. (2019) tarafından yapılan çalışmada, 1:25,000 ölçekli hidrografya verileri kullanılarak 10 metre çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli ve havza alanları yüksek doğrulukta türetilmiştir [18].

1.2 Tezin Amacı

Tez kapsamında, hidrolojik uygulamalarda kullanılmak üzere ampirik bir eşik değer hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. Hesaplanan eşik değer, farklı kaynaklardan elde edilen farklı çözünürlüklerdeki sayısal yükseklik modellerine, akarsu tanımlama işlem adımında uygulanmıştır. Amaç, hesaplanan eşik değer kullanılarak bir havzaya ait 1:100,000 ölçekli drenaj ağları ve alt havzaların türetilmesi ve türetilen alt havzalar ile USGS tarafından sunulan 1:100,000 ölçeğine uygun NHDPlus alt havzaları arasındaki anlamlılığın istatistiksel olarak tespit edilmesidir.

1.3 Hipotez

Geliştirilen yöntem ile hesaplanacak ampirik eşik değerin akarsu tanımlama işlem adımında kullanılmasıyla, sayısal yükseklik modellerinden 1:100,000 ölçekli gerçek arazi yüzeyi ile uyumlu drenaj ağları ve alt havza alanlarının türetilmesi mümkündür.

2

TANIMLAR

2.1 Akarsu

Akarsu, yer çekimi nedeniyle yüksek rakımdan düşük rakıma doğru hareket eden sulardan oluşmaktadır. Yağmur, kar ya da dolu yağışı sonucunda yeryüzüne düşen su damlaları ya zemine sızmakta ya da akışını sürdürerek akarsu, göl ve denizlere ulaşmaktadırlar. Çoğu arazi düz değildir ya da bir yöne doğru eğimlidir. Yeryüzüne düşen sular yokuş aşağı akarken daha büyük akarsular oluşturmak üzere birleşirler. Akarsular taşkın kontrolü, sulama ve enerji üretimi gibi sosyal ve ekonomik gelişim açısından önemli su kaynaklarıdır [19].

2.2 Havza

Akarsuların bulunduğu konuma ve aktığı miktara bakıldığında anahtar kavram, bulunduğu havzadır. Havza, içine düşen ve içinde akan tüm suları toplayan ve akış boyunca ortak bir çıkış noktasına boşaltan kara parçasıdır (Şekil 2.1). Suyu herhangi bir çıkış noktasına boşaltan kara parçaları o çıkış yeri için bir havzadır. Öyle ki, havza bir ayak izi kadar küçük olabilir. Havzalar tüm yüzey sularından ve tüm yer altı suyu kaynaklarından oluşmaktadır. Havzaya düşen yağışların hepsinin aktığı söylenemez. Toprak özelliği, toprak doygunluğu, bitki örtüsü, arazi eğimi gibi özellikler yüzey sularının havza içerisinde birikmesinde önemli etkenlerdir. Yüzeye düşen yağışların bir kısmı toprak ve bitkiler tarafından emilirken bir kısmı da buharlaşmaktadır. Toprak doygunluk seviyesine ulaştıktan sonra su, yer altı suyu kaynaklarına ulaşmaktadır. Eğimin çok az olduğu yüzeylerde akışın yavaş olması ya da hiç olmaması nedeniyle

suyun buharlaşma süresi azalmaktadır. Ayrıca barajlarda biriken suyun akmaması ve bekletilerek buharlaşmaya neden olması da havzaları oluşturan yüzey sularının kaybına neden olmaktadır [20].

Amerika Birleşik Devletleri'nde havzalar sistematik olarak farklı hidrolojik birimdeki kodlar (HUC) ile temsil edilmektedir. Hidrolojik kodlardan ilk iki birim 'region' (bölge), ilk dört birim 'subregion' (alt bölge), ilk altı birim 'basin' (su toplama alanı), ilk sekiz birim 'subbasin' (alt su toplama alanı), ilk on birim 'watershed' (havza), ilk on iki birim 'subwatershed' (alt havza) olarak adlandırılmaktadır [21].



Şekil 2.1 Havza [22]

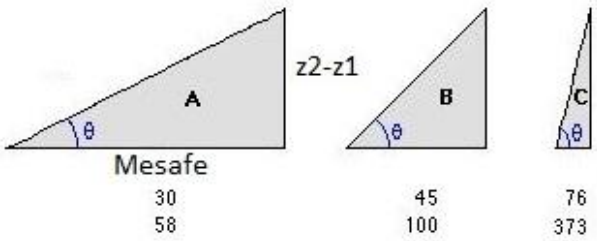
2.3 Drenaj Yoğunluğu

Hidrolojik plan ve projelerde akarsuların havza içerisindeki yoğunluğu büyük önem arz etmektedir. Drenaj yoğunluğu, havza içerisindeki akarsu uzunlukları toplamının havza alanına bölünmesiyle elde edilen değerdir. Drenaj yoğunluğu bir km^2 'ye düşen akarsu uzunluğu olarak da tanımlanabilir [23].

2.4 Havza Eğimi

Havzalarda yapılacak hidrolojik hesaplamalarda ve meydana gelebilecek hidrolojik durumların tespitinde havza eğimi kullanılmaktadır. Havza eğiminin hesaplanmasında

kağıt örneği verilebilir. Havza üzerine yerleştirilen şeffaf bir kağıt üzerine çizilmiş hücre ağı kullanılarak her bir hücre için eğim hesaplanmaktadır. Hesaplanan eğimlerin aritmetik ortalaması havza eğimini vermektedir [23]. Eğim değerleri derece ya da yüzde olarak hesaplanabilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Eğim

Derece türünden eğim (2.1) eşitliğinde gösterildiği gibi hesaplanmaktadır;

$$ArcTan\left(\sqrt{\left(\frac{d_z}{d_x}\right)^2+\left(\frac{d_z}{d_y}\right)^2}\right) \tag{2.1}$$

Yüzde türünden eğim (2.2) eşitliğinde gösterildiği gibi hesaplanmaktadır;

$$ArcTan\left(\sqrt{\left(\frac{d_z}{d_x}\right)^2+\left(\frac{d_z}{d_y}\right)^2}\right)*\frac{180}{\pi} \tag{2.2}$$

3

HAVZA KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Drenaj ağları ve havzalar hidroloji bilimindeki temel kavramlardandır. Havza, akarsu akışına katkıda bulunan yüzey sularının tek bir çıkış noktasında toplandığı alan olarak tanımlanabilir [1]. Drenaj ağları, eğim ya da yer çekimi neticesinde, akış süresince su ve mineral maddelerini hareket ettirerek yer değiştirmesini sağlayan akarsu ya da nehir hatlarıdır. Drenaj ağı ve havza topolojisi ve geometrisi, jeomorfoloji ve hidroloji biliminde önemli çalışma alanlarıdır. Topografik bilgilere erişim, artan teknolojik gelişmeler sayesinde kolaylaşmıştır. Coğrafi bilgi sistemleri alanındaki teknolojik gelişmeler sayesinde sayısal yükseklik modelleri kullanılarak drenaj ağları, drenaj yoğunluğu, havza alanı, havza çevre uzunluğu, havza eğimi gibi havza karakteristiklerinin hesaplama verimliği artmıştır. Geliştirilen algoritmalar ile sayısal yükseklik modelleri kullanılarak, drenaj ağlarının ve havza alanlarının otomatik olarak türetilmesi amacıyla hidrolojik işlem adımları tanıtılmıştır [2, 3, 4].

3.1 Drenaj Ağı ve Havza Çıkarım Yöntemi

3.1.1 Çukurların Doldurulması

Sayısal yükseklik modelleri, her ne kadar arazi yüzeyi hakkında detaylı bilgiler içerse de akış yönlerini engelleyen çukurlar her zaman problem teşkil etmektedir (Şekil 3.1). Drenaj ağlarının türetilmesi aşamasının ilk adımı, yapay çukurlar içeren hücrelerin yükseklik değerlerinin, en düşük yükseklik değerine sahip komşu hücre değerlerine

ulaşılıncaya kadar yükseltilmesi işlemidir [4]. Bu işlem, çukur içerisindeki her hücre için tekrarlanmakta ve çukurlar kaldırılıncaya kadar devam etmektedir (Şekil 3.2). Doldurulan çukurlar sonucu yenilenen sayısal yükseklik modeli, yükseklik ve mesafe ile hesaplanan en fazla eğime göre akış yönünün belirlenmesinde kullanılmaktadır. Çukurlar doldurulmadan yapılacak olan hidrolojik analizlerde, su akış şartının sağlanamaması ya da akışın kesintiye uğraması nedeniyle sürekli döngülerin ya da kesintili drenaj ağlarının oluşması kaçınılmazdır.

778	765	750	740	747	759	765	766	769	776	786	795
770	758	745	737	741	751	753	761	777	789	802	814
777	763	747	736	735	743	750	767	787	806	820	832
786	767	750	737	**729**	739	752	769	785	797	808	822
794	773	756	741	**730**	**732**	744	759	772	779	789	806
799	782	763	750	737	**728**	**732**	745	757	767	782	801
802	788	771	761	751	736	**729**	738	751	764	779	798
799	790	780	772	762	746	733	737	754	770	784	794
811	799	787	771	757	741	728	730	745	765	779	783
823	807	790	774	762	748	733	**724**	733	750	764	763
830	814	801	787	776	761	743	728	725	737	748	751
822	818	811	801	791	776	753	739	726	725	735	751

Şekil 3.1 SYM (Çukurlar kırmızı ile gösterilmiştir) [4]

778	765	750	740	747	759	765	766	769	776	786	795
770	758	745	737	741	751	753	761	777	789	802	814
777	763	747	736	735	743	750	767	787	806	820	832
786	767	750	737	**733**	739	752	769	785	797	808	822
794	773	756	741	**733**	**733**	744	759	772	779	789	806
799	782	763	750	737	**733**	**733**	745	757	767	782	801
802	788	771	761	751	736	**733**	738	751	764	779	798
799	790	780	772	762	746	733	737	754	770	784	794
811	799	787	771	757	741	728	730	745	765	779	783
823	807	790	774	762	748	733	**725**	733	750	764	763
830	814	801	787	776	761	743	728	725	737	748	751
822	818	811	801	791	776	753	739	726	725	735	751

Şekil 3.2 Çukursuz SYM (Doldurulan çukurlar mavi ile gösterilmiştir) [4]

3.1.2 Akış Yönlerinin Belirlenmesi

Akış yönü, drenaj ağını oluşturacak hücrelerde bulunan suyun komşu hücrelerden herhangi birine aktığı yöndür. Her bir hücre için muhtemel sekiz akış yönü bulunmakta

ve su akışı, aşağı yönde en fazla eğime sahip komşu sekiz hücreden biri yönünde olmaktadır (Şekil 3.3).

32	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
32	2	2	4	8	16	16	32	32	64	64	2
32	2	2	4	8	32	16	32	32	64	64	2
32	2	2	2	8	32	16	16	16	8	16	2
32	2	2	2	4	8	32	16	16	16	16	2
32	2	1	2	128	4	8	32	16	16	32	2
32	1	1	1	2	128	8	32	32	32	32	2
32	1	1	1	1	2	8	8	32	16	64	2
32	1	2	2	2	2	4	8	32	16	16	2
32	2	2	1	1	2	2	4	32	16	16	2
32	1	1	1	1	1	2	128	4	32	16	2
32	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	2

Şekil 3.3 Akış yönleri [4]

Bu durum, 1988 yılında Jenson ve Dominque tarafından sekiz yönlü akış modeli olarak tanımlanmış ve kısaca D8 olarak ifade edilmektedir. D8 yönleri, kuzeydoğu, doğu, güneydoğu, güney, güneybatı, batı, kuzeybatı, kuzey olarak ifade edilmekte ve sırasıyla 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 değerleriyle sayısal temsili yapılmaktadır. Örneğin 32 ile tarif edilen akış yönü batı yönünü ifade etmektedir [4]. ESRI tarafından geliştirilen modüllerde ve CBS analizlerinde ise akış yönleri doğu, güneydoğu, güney, güneybatı, batı, kuzeybatı, kuzey, kuzeydoğu olarak tarif edilmekte ve sırasıyla 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 değerleriyle sayısal temsili yapılmaktadır. Bu durumda 32 ile tarif edilen akış yönü ise kuzeybatı olmaktadır [24]. Hidrolojik analizlerle akış yönünün belirlenmesinde, çukur etkisi giderilmiş sayısal yükseklik modelleri kullanılmaktadır. Böylece, oluşturulacak drenaj ağının sürekliliği sağlanmakta ve havza sınırlarının hassasiyeti ve doğruluğu artırılmaktadır.

3.1.3 Akış Birikinti Değerlerinin Hesaplanması

Akış birikinti değeri, daha önce hesaplanmış akış yönü verisine göre her bir hücre için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bu değer, bir hücreye akan toplam su miktarı olarak ifade edilmekte ve her bir hücreye kendisine akan hücrelerin sayısına eşit değerler atanmaktadır [2]. Akış birikinti değeri sıfır olan hücreler, başka bir ifade ile kendisine başka hücrelerin akmadığı hücreler, genellikle havza sınırlarını oluşturan ayrım çizgilerini temsil etmektedir (Şekil 3.4).

0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
0	0	1	2	0	0	3	2	1	1	0	0
0	0	1	2	10	4	2	1	0	0	0	0
0	0	1	2	21	3	0	0	0	0	0	0
0	0	1	5	35	3	1	1	0	2	0	0
0	0	2	2	6	44	4	1	3	2	0	0
0	0	1	2	1	3	62	11	6	2	0	0
0	0	1	0	0	0	64	1	0	0	0	0
0	0	0	1	7	10	76	4	1	0	0	0
0	0	2	4	1	1	3	90	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	95	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	97	0	0

Şekil 3.4 Akış birikinti değerleri (Maksimum akış birikinti değeri kırmızı ile gösterilmiştir) [4]

Hücrelerin tekrarlı olarak birbirine akması sonucu oluşan nihai değer, maksimum akış birikinti değeri olarak adlandırılmaktadır. Bu değer, akarsuları tanımlamak için kullanılacak olan eşik değerin hesaplanmasında en fazla dikkat edilen parametrelerden biridir.

3.1.4 Eşik Değerin Hesaplanması

Eşik değer, akarsu ya da drenaj ağlarının belirlenmesinde kullanılan en önemli parametredir. Eşik değerden daha büyük akış birikinti değerine sahip hücrelerin ardışık birleşimi ile drenaj ağı oluşmaktadır. Eşik değer ne kadar küçük olursa oluşacak drenaj ağı o kadar yoğun olmaktadır ve eşik değer ne kadar büyük olursa oluşacak drenaj ağı o kadar seyrek olmaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri ve hidroloji uygulamalarında eşik değer olarak genellikle maksimum akış birikinti değerinin %1'i kullanılmaktadır [7].

3.1.5 Akarsu Tanımlama

Belirlenen eşik değerden daha büyük akış birikinti değerine sahip hücrelerin artan sırada birleşerek oluşturduğu hat, drenaj ağı veya akarsu olarak ifade edilmektedir. Kullanılacak eşik değer ne kadar küçük olursa, oluşacak akarsu sayısı da o kadar fazla olmaktadır, bu durumun tersi de doğru kabul edilmektedir.

3.1.6 Akarsu Bölümleme

Tanımlanmış akarsu verisi kullanılarak akarsuların, başlangıç ve bitiş noktasına göre gruplandırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Böylece, drenaj ağını temsil eden toplam akarsu sayısı, toplam akarsu uzunluğu ve her bir akarsuyu oluşturan toplam hücre sayısının (akış birikinti değerine sahip) hesaplanması mümkün olmaktadır. Raster formatta oluşturulan akarsu bölümlerinin daha sonra vektör formata dönüştürülmesi ve hidrolojik analizler için uygun hale getirilmesi mümkündür.

3.1.7 Drenaj Çizgilerini Tanımlama

Drenaj ağlarının hidrolojik analiz ve hesaplamalarda kullanılabilmesi amacıyla, raster formattaki bölümlenmiş akarsu verisinin vektör formata dönüştürülmesi ile akarsuların çizgi olarak tanımlanması işlemidir. Bu sayede, havzaların en önemli parametrelerinden biri olan drenaj yoğunluğunun hesaplanması mümkün olmaktadır. Türetilen drenaj ağı, her bir akarsuyun uzunluk ve sayısı ile akarsuların başlangıç noktasını temsil eden ‘from node’ ve bitiş noktasını temsil eden ‘to node’ bilgisini içermektedir.

3.1.8 Alt Havza Tanımlama ve Geometrik Dönüşüm

Hidrolojik analizlerde, akış yönü verisi ve bölümlenmiş akarsu verisi kullanılarak alt havzaların türetilmesi mümkündür. Türetilen alt havza sayısı ve her bir havzanın toplam hücre sayısı gibi veriler analiz sonucunda elde edilmektedir. Havzaların raster formattan vektör formata dönüştürülmesi ile her bir havzanın alan, çevre uzunluğu, eğim, drenaj yoğunluğu gibi karakteristik özellikleri hesaplanabilmektedir. Bu veriler, çalışma bölgesi ile ilgili hidrolojik plan ve projelerde önemli avantajlar sağlamaktadır. Jenson ve Dominque tarafından yapılan çalışmada, havzaların otomatik olarak türetilebilmesi için delta olarak adlandırılan bir matris hesaplanmıştır. Delta matrisi, akış birikinti değerlerine göre hesaplanmaktadır. Akış birikinti matrisindeki her bir hücre ile bu hücrenin aktığı hücre arasındaki mutlak fark hesaplanarak, delta matrisi oluşturulmaktadır (Şekil 3.5).

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	8	10	10	1	1	1	1	1	0
0	1	1	19	11	6	1	1	1	1	1	0
0	1	1	19	14	18	3	1	1	2	2	0
0	1	4	30	9	41	2	3	1	1	2	0
0	2	3	4	29	18	58	3	8	4	2	0
0	2	1	4	2	41	2	51	5	4	2	0
0	1	1	1	3	64	12	3	1	1	2	0
0	1	1	6	3	66	14	86	3	1	1	0
0	2	2	3	9	2	87	5	89	94	1	0
0	2	4	1	1	3	1	89	2	94	97	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 3.5 Delta matrisi [4]

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	3	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	4	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	5	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Şekil 3.6 Başlangıç veri seti (Mansap hücreleri kırmızı ile gösterilmiştir.) [4]

Her bir hücre için ayrı ayrı hesaplanan delta değerlerinin ve aynı hücrelere ait akış birikinti değerlerinin her ikisinin de eşik değerden büyük olduğu hücreler, havzaların mansap noktalarını oluşturmaktadır. Bu mansap noktalarına benzersiz pozitif değerler atanırken, diğer hücreler -1 ile gösterilir. Bu şekilde, otomatik havza üretimi için başlangıç matrisi oluşturulmuş olur (Şekil 3.6). Başlangıç matrisinde, en az bir akış birikinti değerine sahip hücreler akış yönüne göre hangi mansap hücresine katkıda bulunuyorsa, -1 ile gösterilen o hücre değerine aktığı mansap hücre değeri verilmektedir. Bu şekilde, en az bir akış birikinti değerine sahip hücreler birbirinden benzersiz olarak pozitif değerler ile temsil edilmektedirler (Şekil 3.7). Hesaplanan her bir benzersiz pozitif değerler kümesi bir havza olarak tanımlanır ve havzaların otomatik olarak türetilmesi işlemi tamamlanmış olur [4].

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	2	2	4	3	3	0
0	2	2	2	2	2	2	4	4	3	3	0
0	2	2	2	2	2	4	4	3	3	3	0
0	2	2	2	2	2	4	3	3	3	3	0
0	2	2	2	2	4	4	0	0	0	0	0
0	2	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0
0	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 3.7 Alt havza veri seti [4]

4

İSTATİSTİKİ YÖNTEMLER

İstatistik bilimi, verilerin mantıksal olarak yorumlanmasına olanak sağlayan sayısal analizler bütünüdür. Gelişen teknoloji ve artan şehirleşme ile birlikte mekansal istatistiğin önemi ortaya çıkmıştır. Koordinatlar ile temsil edilebilen nokta, çizgi ve alan gibi mekansal bilgiler istatistiksel analizlerle betimlenerek, coğrafi özellikler ve olaylar hakkında hipotezler geliştirilmesine olanak sağlamıştır [25].

4.1 Normallik Analizleri

Farklı veri grupları arasındaki ilişkinin analizi için öncelikle grupların normal dağılımlı olup olmadığının test edilmesi gerekmektedir. Normal dağılım gösteren veri gruplarının karşılaştırılması bağımsız örneklemler t-testi ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) gibi parametrik testler ile yapılırken; normal dağılım göstermeyen veri gruplarının karşılaştırılması Mann-Whitney U-testi ve Kruskal-Wallis H-testi gibi parametrik olmayan testler ile yapılabilir.

4.1.1 Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Normallik Testleri

Normalliğin test edilebilmesi için yaygın olarak Kolmogorov-Simirnov testi (K-S testi) ve Shapiro-Wilk testi kullanılır. Test sonucunda hesaplanan anlamlılık (significance) değeri 0,05'ten küçük veya eşitse gruplar normal dağılımlı değildir; büyükse gruplar normal dağılımlıdır sonucuna ulaşılır [26].

4.1.2 Histogram Grafiği

Histogram, tablolar ile temsil edilebilen sayısal verilerin dikdörtgen sütunlar ile grafik olarak gösterilmesidir. Histogram üzerindeki eksenler ile verilerin dağılımı ve frekansları hakkında bilgi alınabilir. Grafikteki x ekseni verilerin dağılımı hakkında bilgi verirken, y ekseni ise verilerin hangi sıklıkta kullanıldığı hakkında bilgi vermektedir. Normal dağılımlı bir veri grubunda histogram eğrisi simetrik olarak çan şeklinde olup sağa veya sola yatık değildir [25].

4.1.3 Kutu-Çizgi Grafiği

Sayısal olarak temsil edilebilen verilerin normalliği ve dağılımı hakkında yorum yapılabilmesine olanak sağlayan betimleyici grafiklerdir. Grafik içerisindeki dikdörtgen kutu verilerin %50'sini yansıtmaktadır. Yansıtılan veriler, ortanca (medyan) değeri temsil eden yatay çizgi ile bölünerek iki çeyrek şeklinde gösterilmektedir. Kutudan sapmalar aykırı değerleri, kutu içerisindeki yatay çizgi ortanca (medyan) değeri, kutu üst çizgisi aşırı olmayan en büyük makul değeri, kutu alt çizgisi aşırı olmayan en küçük makul değeri göstermektedir [25].

4.1.4 P-P Plot Grafiği

P-P Plot grafikleri, bir veri grubunun normal dağılımlı olup olmadığının görsel olarak ifade edilmesinde kullanılır. Beklenen ve gözlemlenen değerlerin bir doğru üzerinde kesişmesi veya doğrudan sapmasının gösterildiği grafiktir. Normalliğin oluşabilmesi için eksen üzerindeki değerlerin normalliği temsil eden doğru üzerinde bulunması gerekmektedir. Değerlerin doğru üzerinde kesişmemesi verinin normal dağılımlı olmadığının göstergesidir [25].

4.1.5 Q-Q Plot Grafiği

Q-Q Plot grafikleri, bir veri grubunun normal dağılımlı olup olmadığının görsel olarak ifade edilmesinde kullanılır. Gözlemlenen değerler ve beklenen değerler eksenleri ile dağılımın normalliği tespit edilir. Normalliğin oluşabilmesi için eksen üzerindeki değerlerin normalliği temsil eden doğru üzerinde bulunması gerekmektedir [25].

4.2 Sıralama Ölçekte Örneklemlerin Karşılaştırılması

Sıralama ölçekteki veri gurupları arasında matematiksel olarak bağlantı bulunması şartı aranmamaktadır. Gurupların belli bir kritere göre sıralanmış ve etiketlenmiş olması gerekmektedir. Guruplar arasında sadece büyüklük-küçüklük ilişkisinin bulunması yeterli ölçüttür. Sıralama ölçekte veri guruplarının karşılaştırılmasında yaygın olarak Mann-Whitney U-testi ve Kruskal-Wallis H-testi kullanılır. Man-Whitney U-testi, iki veri gurubu arasındaki ilişkinin ölçülmesinde kullanılırken, Kruskal-Wallis H-testi ise iki ya da daha fazla gurup arasındaki ilişkinin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [25].

4.2.1 Mann-Whitney U-Testi

Parametrik olmayan iki veri grubunun denk olup olmadığı ya da aralarındaki farkın anlamlı olup olmadığının tespit edilmesinde yaygın olarak Mann-Whitney U-testi kullanılmaktadır. Testin uygulanmasında gözlemler arasında büyüklük-küçüklük ilişkisinin olması yeterli ölçüt olup gözlem sayılarının eşit olması şartı aranmaz. Test, iki gurubun ortanca (medyan) değerlerinin karşılaştırılmasına dayanır. Mann-Whitney U-testi normal dağılımlı veri guruplarının analizinde de uygulanabilir, ancak parametrik verilerde bağımsız örneklemler t-testi kadar etkili değildir. Testin uygulanabilmesi için verilerin büyükten küçüğe doğru sıralanmış olması gerekmektedir. Karşılaştırılan veriler ayrı ayrı toplanmışsa, öncelikle verilerin birleştirilmesi ve sıralandıktan sonra testin uygulanması gerekmektedir. Mann-Whitney U-testinde esas olan U istatistiğidir. Hesaplanan U-istatistiği değerine göre iki gurubun denk olup olmadığı ya da aynı kitleden gelip gelmediği belirlenir [25]. Burada:

Yokluk Hipotezi (H_0): İki veri gurubu aynı kitleden gelmektedir ve aralarında fark yoktur.

Alternatif Hipotez (H_A): İki veri gurubu farklı kitlelerden gelmektedir ve geldikleri kitlelerin ortanca değerleri farklıdır.

İki veri gurubu arasındaki ilişkinin anlamlı olabilmesi ya da aynı kitleden geldiğinin söylenebilmesi için yokluk hipotezinin reddedilmesi gerekmektedir.

U-istatistiğine göre hesaplanan Sig. değeri, anlamlılık (Asymptotic Significance) değeri olarak bilinen 0,05'ten küçük veya eşitse gözlemler arasındaki fark %95 güven

düzeyinde anlamlıdır; büyükse gözlemler arasında %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık yoktur sonucuna ulaşılır. Bu değer, çalışmada Asymp. Sig. veya sadece Sig. değeri olarak isimlendirilmiştir.

4.2.2 Kruskal-Wallis H-Testi

Normal dağılım göstermeyen iki ya da daha fazla veri grubunun karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis H-testi yaygın olarak kullanılmaktadır. Testin uygulanmasında gözlemler arasındaki büyüklük-küçüklük ilişkisi yeterli ölçüt olup gözlem sayılarının eşit olması şartı aranmaz.

Test, iki gurubun dağılımlarının karşılaştırılmasına dayanır. Testin uygulanabilmesi için verilerin büyükten küçüğe doğru sıralanmış olması gerekmektedir. Karşılaştırılan veriler ayrı ayrı toplanmışsa öncelikle verilerin birleştirilmesi ve sıralanması, daha sonra testin uygulanması gerekmektedir. Kruskal-Wallis H-testinde esas olan H istatistiğidir. Hesaplanan H istatistiğine göre, karşılaştırılan veri guruplarının denk olup olmadığı ya da aynı kitleden gelip gelmedikleri belirlenir [25]. Burada:

Yokluk Hipotezi (H_0): Karşılaştırılan veri gurupları aynı kitleden gelmektedir ve aralarında fark yoktur.

Alternatif Hipotez (H_A): Karşılaştırılan veri gurupları farklı kitlelerden gelmektedir ve aralarında fark vardır.

Veri gurupları arasındaki ilişkinin anlamlı olabilmesi ya da aynı kitleden geldiğinin söylenebilmesi için yokluk hipotezinin reddedilmesi gerekmektedir. Test sonucunda hesaplanan chi-square değeri Kruskal-Wallis değeridir ve bu değer kullanılarak veri grupları arasındaki farklılığı gösteren Sig. (Significance) değeri hesaplanmaktadır. Test sonucunda hesaplanan Sig. değeri 0,05'ten küçük veya eşitse gözlemler arasındaki fark %95 güven düzeyinde anlamlıdır; büyükse gözlemler arasında %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık yoktur sonucuna ulaşılır.

4.3 Oran Ölçekte Örneklemlerin Karşılaştırılması

Normal dağılımlı veri guruplarının karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılan iki test bulunmaktadır. Bu testler, student'ın t-testi olarak da bilinen bağımsız örneklemler t-testi ve ANOVA olarak da bilinen tek yönlü varyans analizidir. Bağımsız örneklemler t-

testi, bağımsız iki veri gurubunun bir değişkene ait ortalamalarının karşılaştırılmasında kullanılırken; tek yönlü varyans analizi ise iki ya da daha fazla veri gurubunun bir ya da iki değişkene ait ortalamalarının karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır [25].

4.3.1 Bağımsız Örneklemler t-Testi (Student'ın t-Testi)

Bağımsız iki veri grubunun bir değişkene ait ortalamalarının karşılaştırılmasında bağımsız örneklemler t-testi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bağımsız örneklemler t-testi parametrik bir test olduğundan testin uygulanması için veri guruplarının normal dağılıma sahip olması gerekmektedir. Ayrıca, adından da anlaşılacağı üzere karşılaştırılan veri guruplarının bağımsız olması gerekmektedir. Amaç, karşılaştırılan veri gruplarının aynı kitleden gelip gelmediği ya da aralarındaki benzerliğin ne derecede olduğunun tespit edilmesidir. Testin uygulanmasında dikkat edilmesi gereken bir başka durum ise karşılaştırılan guruplardaki varyansların eş olup olmadığıdır. Eğer bir gurubun standart sapma değeri, diğer grubun standart sapma değerinin iki katından fazla değilse varyanslarının eş olduğu söylenebilir. Analiz sonucu hesaplanan t değerinin istatistiksel açıdan anlamlılığı hipotez testi ile kontrol edilir [25]. Burada:

Yokluk Hipotezi (H_0): İki veri gurubu normal dağılıma sahip olup aynı kitleden gelmektedir ve ortalamaları aynıdır.

Alternatif Hipotez (H_A): İki veri gurubu normal dağılıma sahip olup farklı kitleden gelmektedir ve ortalamaları farklıdır.

İki veri gurubu arasındaki ilişkinin anlamlı olabilmesi ya da aynı kitleden geldiğinin söylenebilmesi için yokluk hipotezinin reddedilmesi gerekmektedir.

4.3.2 Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA)

İki ya da daha fazla bağımsız veri gurubunun bir ya da iki değişkene ait ortalamalarının karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle, ikiden fazla veri gurubunun karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi kullanılırken, iki veri gurubunun karşılaştırılmasında bağımsız örneklemler t-testi tercih edilmelidir. Varyans analizinde, karşılaştırılan gurupların standart sapmalarının eşit olduğu varsayılmaktadır. En büyük standart sapma değeri ile en küçük standart sapma

değeri arasında iki kattan fazla fark yoksa varyans analizi kullanılabilir. Amaç, karşılaştırılan veri guruplarının aynı kitleden gelip gelmediğinin tespit edilmesidir. Varyans analizinde t-istatistiği yerine F-istatistiği kullanılmaktadır. Analiz sonucunda hesaplanan F-istatistiğinin istatistiksel açıdan anlamlılığı hipotez testi ile kontrol edilir [25]. Burada:

Yokluk Hipotezi (H_0): İki veri gurubu normal dağılıma sahip olup aynı kitleden gelmektedir ve ortalamaları aynıdır.

Alternatif Hipotez (H_A): İki veri gurubu normal dağılıma sahip olup farklı kitleden gelmektedir ve ortalamaları farklıdır.

Veri gurupları arasındaki ilişkinin anlamlı olabilmesi ya da aynı kitleden geldiğinin söylenebilmesi için yokluk hipotezinin reddedilmesi gerekmektedir.

Anova testi sonucunda, guruplar arasında fark olup olmadığı yorumlanabilir; ancak farkın hangi iki gurup arasında olduğu belirsizdir. Bu durumda anova testinden sonra yapılacak post-hoc analizleri ile farkın hangi guruplar arasında olduğunu tespit etmek mümkündür. Varyansların eşit olduğu durumlarda, Tukey, Bonferroni, SNK (Student-Newman-Keuls), LSD (Least Significant Difference), Sidak, Hochberg's GT2, Gabriel ve Scheffe gibi post-hoc analizleri kullanılırken; varyansların eşit olmadığı durumlarda ise Games-Howell, Tamhane's T2, Tamhane's T3, Dunnet's C ve Dunnet's T3 gibi post-hoc analizleri kullanılmaktadır. Tukey analizinde karşılaştırılan veri guruplarındaki örneklem sayısının eşit olması şartı aranırken, t-testi ile benzerlik gösteren ve yaygın olarak kullanılan Bonferroni analizinde karşılaştırılan veri guruplarındaki örneklem sayısının eşit olması şartı gerekmemektedir [27].

4.4 Regresyon Analizleri

Regresyon analizi, değişkenler arasındaki ilişkiyi fonksiyonel olarak açıklamak için kullanılan model ya da bir bağımlı değişkenin bir veya birden fazla bağımsız değişken parametresi ile tahmin edildiği modeldir. Bağımlı değişken, regresyon analizinde açıklanan değerdir ve "y" olarak gösterilir. Bağımsız değişken ise regresyon modelindeki bağımlı değişkenin tahmin edilmesinde kullanılan açıklayıcı değerdir ve "x" olarak gösterilir. Bir regresyon modelinde tek bağımlı değişken bulunurken birden fazla bağımsız değişken bulunabilmektedir. Tek bağımsız değişken kullanılarak bağımlı

değişkenin tahmin edildiği model, basit doğrusal regresyon modeli olarak ifade edilirken; birden fazla bağımsız değişken kullanılarak bağımlı değişkenin tahmin edildiği model, çoklu doğrusal regresyon modeli olarak ifade edilmektedir [28, 29].

4.4.1 Basit Doğrusal Regresyon Modeli

Bağımlı değişkenin tek bağımsız değişken kullanılarak tahmin edildiği model olarak ifade edilmektedir. (4.1) eşitliğinde gösterildiği gibi "x" bağımsız değişkeni kullanılarak "y" bağımlı değişkeni tahmin edilmektedir [28, 29].

$$y = \beta_0 + \beta x + \varepsilon \tag{4.1}$$

Burada:

x: Bağımsız (açıklayıcı) değişken,

y: Bağımlı (açıklanan) değişken,

β_0: x değeri sıfır olduğunda bağımlı değişkenin alacağı değer,

β: Regresyon katsayısı,

ε: Hata terimi, olarak ifade edilebilir.

Regresyon katsayısı, bağımsız değişkende meydana gelen bir birimlik değişimin bağımlı değişkende oluşturacağı ortalama değişimi gösterirken; hata değeri (4.2) eşitliğinde gösterildiği gibi her gözlem çiftinde bulunan bağımlı değişkene ait gerçek değer ile regresyon modelinden tahmin edilen değer arasındaki fark olarak ifade edilmektedir.

$$\varepsilon_i = (\beta_0 + \beta_1 x) - y_i \tag{4.2}$$

Basit doğrusal regresyon analizi sonucunda istatistiksel açıdan anlamlılık hipotez testi ile kontrol edilir. Burada:

Yokluk Hipotezi (H_0): y bağımlı değişkenini açıklamak için x bağımsız değişkenine gerek yoktur.

Alternatif Hipotez (H_A): y bağımlı değişkenini açıklamak için x bağımsız değişkenine gerek vardır.

Tanımlanan basit doğrusal regresyon modeli, kitleden seçilen n gözlemli örneklem için (4.3) eşitliğinde gösterildiği gibidir. Bu modeldeki gözlemler (4.4) eşitliğinde gösterildiği gibi hesaplanabilmektedir.

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \tag{4.3}$$

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \qquad i = 1, \dots, n \tag{4.4}$$

Güvenilir bir regresyon modelindeki amaç, gerçek gözlem değerleri ile tahmin edilen değerler arasındaki farkın minimum olması ya da hiç fark olmamasıdır. Bu doğrultuda kullanılan tahmin yöntemlerinden biri (4.5) eşitliğinde gösterilen en küçük kareler yöntemidir.

$$\sum_{i=1}^{n} {e_i}^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2 \tag{4.5}$$

En küçük kareler yöntemi ile bulunan tahminler (4.6) eşitliği ve (4.7) eşitliği kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$\beta_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - (n\bar{x}\bar{y})}{\sum_{i=1}^{n} {x_i}^2 - (n\bar{x}^2)} \tag{4.6}$$

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x} \tag{4.7}$$

Değişkenler birlikte artıyor ya da azalıyorsa β_1 pozitif, değişkenlerden biri artarken diğeri azalıyorsa β_1 negatif olmaktadır.

Doğrusal ilişkinin tahmini, x ve y parametreleri ile oluşturulan koordinat düzlemindeki noktaların dağılımları ile yapılabilmektedir. Bu tahminin tutarlı olup olmadığının araştırılması ise regresyon katsayısının önem kontrolü ile yapılmaktadır. Bu şekilde doğrusallıktan ayrılış kontrol edilmektedir. XOAKT (x ortalamadan ayrılış kareler toplamı) (4.8) eşitliği ile, YOAKT (y ortalamadan ayrılış kareler toplamı) (4.9) eşitliği ile, XYÇT (xy çarpımlar toplamı) (4.10) eşitliği ile, RKT (regresyon kareler toplamı) (4.11) eşitliği ile, RAKT (regresyondan ayrılış kareler toplamı) (4.12) eşitliği ile hesaplanabilmektedir [28, 29].

$$XOAKT = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^{n} {x_i}^2 - n\bar{x}^2 \quad \text{Serbestlik derecesi} = (n-1) \tag{4.8}$$

$$YOAKT = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^{n} {y_i}^2 - n\bar{y}^2 \quad \text{Serbestlik derecesi} = (n-1) \tag{4.9}$$

$$XYÇT = \sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^{n}(x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}) \quad (4.10)$$

$$RKT = \sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - \bar{y})^2 = \frac{(XYÇT)^2}{XOAKT} = (\beta_1 XYÇT) \quad (4.11)$$

RKT'nin serbetlik derecesi 1'dir.

$$RAKT = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2 = YOAKT - RKT \quad (4.12)$$

RAKT'nin serbestlik derecesi (n-2)'dir.

Basit doğrusal regresyon modelinde iki hipotez test edilir. Bu hipotezlerden biri doğrusallıktan ayrılışın önem kontrolüdür. Burada:

Yokluk Hipotezi (H_0): Gözlenen noktaların regresyon doğrusuna uyumu önemsizdir veya model geçerlidir.

Alternatif Hipotez (H_A): Gözlenen noktalar regresyon modeli ile tanımlanabilir veya model geçersizdir.

Bu hipotez testi (4.13) eşitliğinde gösterildiği gibi regresyon kareler toplamının, regresyondan ayrılış kareler toplamına oranı ile bulunan F_H istatistiğidir.

$$F_H = \frac{RKO}{RAKO} \quad (4.13)$$

1 ve (n-2) serbestlik derecesinde ve α anlamlılık düzeyinde $F_{(1;n-2;\alpha)}$ tablo değeri bulunabilmektedir.

Eğer $F_H > F_{(1;n-2;\alpha)}$ ise H_0 hipotezi reddedilir.

İkinci hipotez;

Yokluk Hipotezi (H_0): Regresyon katsayısı önemsizidir veya $\beta_1=0$,

Alternatif Hipotez (H_A): Regresyon katsayısı önemlidir veya $\beta_1 \neq 0$ olarak ifade edilebilir.

Regresyon katsayısının önemsizliği, bağımsız değişkende meydana gelebilecek değişimin bağımlı değişkeni etkilemediği durum olarak ifade edilebilir.

Test istatistiği, (4.14) eşitliği ve (4.15) eşitliğinde gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$t_h \frac{b_1-(\beta_1=0)}{S_{b1}} \tag{4.14}$$

$$S_{b1} = \sqrt{\frac{RAKO}{XOAKT}} \tag{4.15}$$

(n-2) serbestlik derecesinde ve α anlamlılık düzeyinde $t_{(n-2;\alpha)}$ tablo değeri bulunabilmektedir.

Eğer $t_h > t_{(n-2;\alpha)}$ ise H_0 hipotezi reddedilir. Daha sonra ise regresyon katsayısının önemi yorumlanabilmektedir.

Tek bağımsız değişkenli regresyon analizlerinde, (4.16) eşitliğinde gösterildiği gibi t ve F dağılımları arasında eşitlik durumu oluşmaktadır.

$$t_h{}^2 = F_h \tag{4.16}$$

Regresyon analizlerinde bir diğer önemli değer, açıklama (belirlilik) katsayısı olarak isimlendirilen R^2 değeridir. Bu değer (4.17) eşitliğinde gösterildiği gibi hesaplanabilmektedir.

$$R^2 = \frac{RKT}{YOAKT} \tag{4.17}$$

Açıklama katsayısı, 0 ile 1 aralığında değerler alabilmektedir. Bu değer 1'e ne kadar yakın olursa, bağımlı değişkenin bağımsız değişken tarafından açıklanabilirliği o derece hassas olur yorumu yapılabilmektedir.

4.4.2 Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli

Birden fazla bağımsız değişken kullanılarak bağımlı değişkenin açıklandığı modele çoklu doğrusal regresyon modeli denilmektedir. Bu modeldeki bağımlı değişken, (4.18) eşitliğinde gösterildiği hesaplanmaktadır [28, 29].

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_n x_n + \varepsilon \tag{4.18}$$

Burada:

x_i: Bağımsız (açıklayıcı) değişkenler,

y: Bağımlı (açıklanan) değişken,

β_0: x değerleri sıfır olduğunda bağımlı değişkenin alacağı değer,

β_i: Regresyon katsayıları,

ε: Hata değeri, olarak ifade edilebilir.

Çoklu doğrusal regresyon analizi sonucunda istatistiksel açıdan anlamlılık hipotez testi ile kontrol edilir. Burada:

Yokluk Hipotezi (H_0): y bağımlı değişkenini açıklamak için x_1, x_2,…, x_n bağımsız değişkenlerine gerek yoktur.

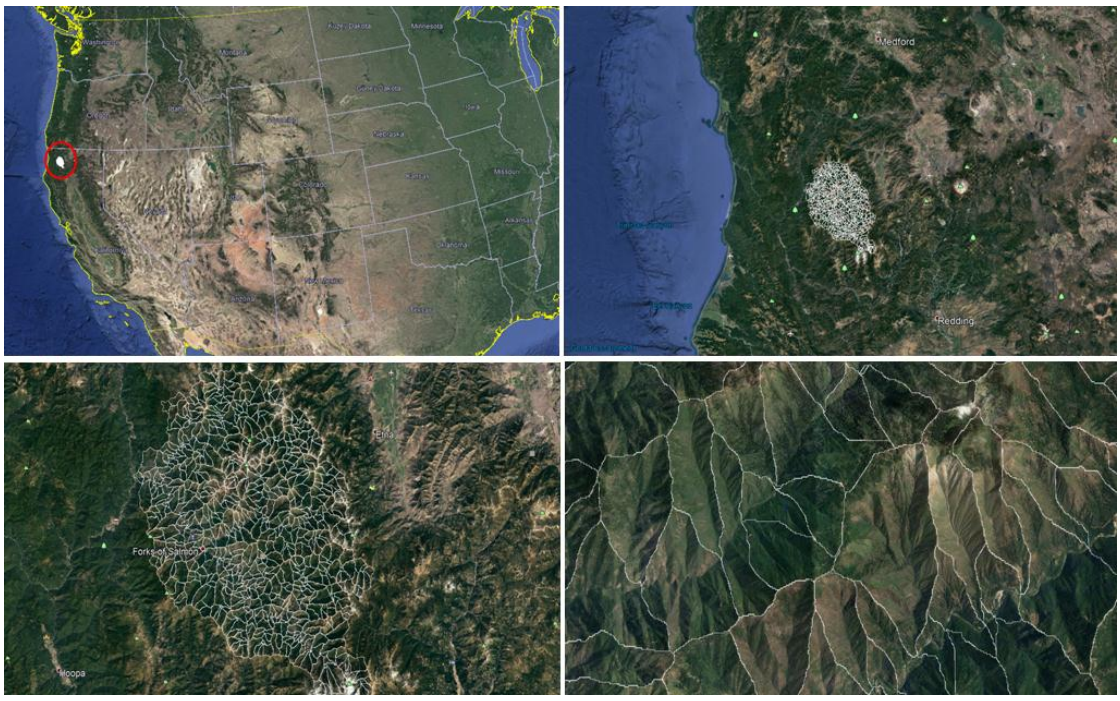
Alternatif Hipotez (H_A): y bağımlı değişkenini açıklamak için x_1, x_2,…, x_n bağımsız değişkenlerine gerek vardır.

Parametrelerin ayrı ayrı istatistiklerinin anlamlılığı t-istatistiği ile, modelin bütün olarak anlamlılığı F istatistiği sonucuna göre belirlenmektedir. Açıklama katsayısı (R^2) değeri, bağımlı değişkenin yüzdelik olarak ne kadarının bağımsız değişkenler tarafından açıklandığı değerdir ve bağımsız değişken sayısı arttıkça açıklama katsayısı artmaktadır. Ancak, bağımsız değişkenin artması maliyet ve zaman bakımından dezavantaj oluşturmaktadır. Bu nedenle amaç, modelin en az bağımsız değişken ile ifade edilmesi olmalıdır. Bu modelin analizinde ‘enter’, ‘stepwise’, ‘forward’ ve ‘backward’ yöntemleri kullanılmaktadır. En fazla kullanılan ‘enter’ yönteminde bağımlı değişken tüm bağımsız değişkenler tarafından ifade edilmektedir. Stepwise yöntemi, bağımsız değişkenlerin hangi sırayla modele ekleneceğine karar veren yöntemdir. Bu yöntemde, ya öncelikle bir bağımsız değişken eklenip ‘forward’ yapılarak diğer bağımsız değişkenler eklenir, ya da tüm bağımsız değişkenler eklenerek ‘backward’ yapılarak modeldeki bağımsız değişkenler azaltılır ve son olarak en uygun modele karar verilir [28, 29].

5

ÇALIŞMA BÖLGESİ VE MATERYAL

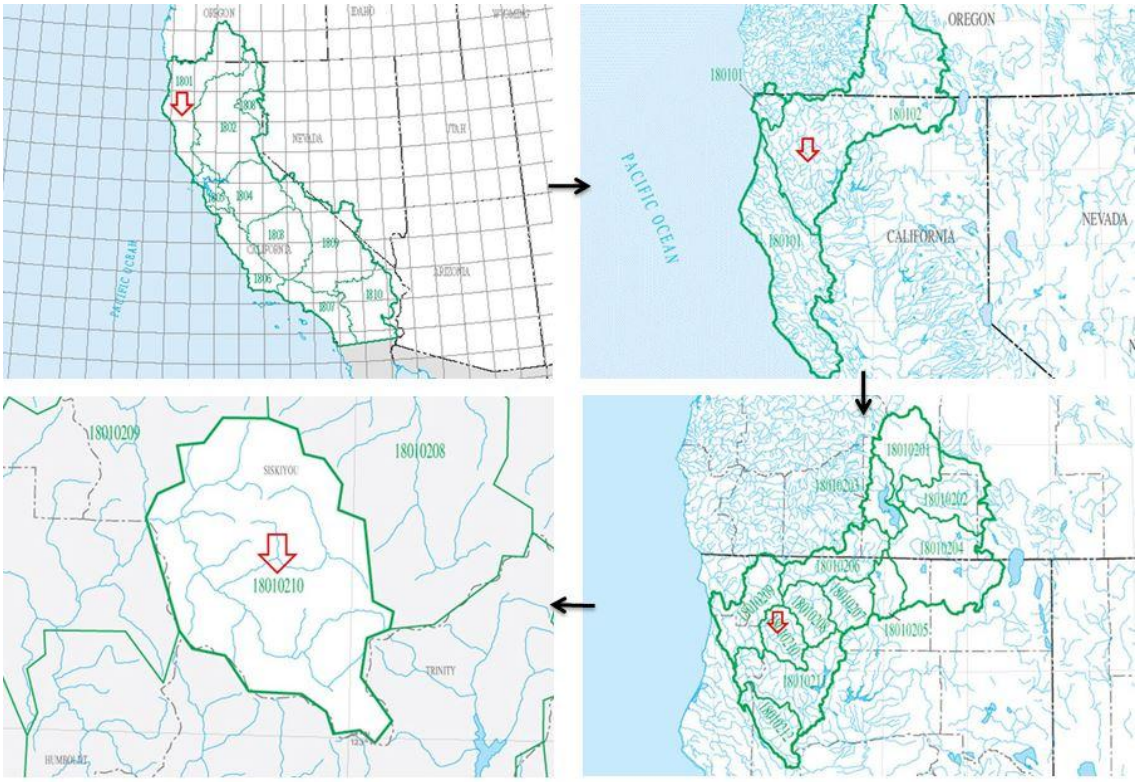
Bu çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya eyaleti sınırları içerisinde bulunan salmon havzası seçilmiştir. Kaliforniya eyaletinin kuzeyinde bulunan Siskiyou bölgesinin güneybatısında yer alan salmon havzası, ismini içinde uzanan 32 km uzunluğundaki salmon nehrinden almaktadır. Salmon nehrinin kuzey ve güney kollarının birleştiği yer salmon çatalları (forks of salmon) olarak adlandırılmaktadır. Salmon havzası 40°59′32″ – 41°33′58″ kuzey enlemleri ile 122°53′53″ – 123°29′47″ batı boylamları arasında kalmakta olup yaklaşık 1944 km^2 alana sahiptir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Salmon havzası

5.1 Çalışmada Kullanılan Veriler ve Özellikleri

Drenaj ağlarının ve havza alanlarının türetilmesi amacıyla, çalışma alanını kapsayan beş farklı sayısal yükseklik modeli verisi kullanılmıştır. Kullanılan veriler, 10 metre çözünürlüklü 3DEP, 30 metre çözünürlüklü 3DEP, ASTER, SRTM ve 90 metre çözünürlüklü SRTM sayısal yükseklik modeli verileridir (Tablo 5.1). Sayısal yükseklik modeli kullanılarak türetilen alt havzaların doğruluk analizlerinin yapılabilmesi amacıyla, USGS tarafından sunulan NHDPlus veri setindeki salmon havzasını temsil eden ve 18010210 olarak kodlanan HUC8 birimindeki alt havza (subbasin) verisi online olarak indirilmiştir. İndirilen NHDPlus verisindeki salmon havzası 1:100,000 ölçeğine uygun drenaj ağları ve 767 adet alt havza içermektedir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 HUC 8 birimindeki, 18010210 birim kodlu salmon havzasının konumu.

Çalışmada kullanılan NHDPlus verisi, NAD 1983 datumunda UTM koordinat sistemindedir. 6 derecelik dilimde, dilim numarası 10N ve dilim orta meridyeninin boylamı -123 derecededir. Ölçek faktörü (0.9996) ile küçültülen Gauss-Krüger ordinatı değerine 500,000 metre eklenmiştir. Çalışmada kullanılan diğer sayısal yükseklik modelleri de bu sisteme dönüştürülmüştür.

5.1.1 Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM)

O'Callaghan ve Mark (1984), sayısal yükseklik modelini bir gezegen yüzeyinin tamamı veya bir kısmını yükseklikler ile temsil eden, sayısal veya dijital gösterim olarak tanımlamaktadır [2]. Sayısal yükseklik modelleri, araziye ait konum ve yükseklik verilerinin üç boyutlu olarak detaylı şekilde gösterildiği dijital yüzeylerdir [30,31]. Sayısal yükseklik modelleri, herhangi bir noktadaki eğim, bakı, yön gibi arazi özelliklerini belirlemede, drenaj ağları ve havza alanlarının tespitinde, hidrolojik ve jeolojik analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sayısal yükseklik modelleri, fotogrametrik yöntem ile elde edilen hava fotoğrafları, SRTM DEM gibi interferometrik sentetik açıklık radar (inSAR), ASTER GDEM gibi stereo uydu görüntüleri ve 3DEP gibi arazi yüzeyini lazer tarama tekniğiyle modelleyen LIDAR (Light Detection And Ranging) sistemi ile üretilebilmektedir. Ayrıca, bir bölgede yapılan jeodezik ölçmeler sonucu türetilen eş yükseklik eğrileri kullanılarak da sayısal yükseklik modeli üretmek mümkündür. SYM verileri, üretim ve kullanım amacına göre, sayısal yükseklik modeli, sayısal yüzey modeli, sayısal arazi modeli olmak üzere üç farklı tanıma sahiptir [32].

Sayısal yükseklik modeli: Bitki örtüsü, bina ve ağaç gibi özelliklerin elimine edildiği ve sadece çıplak arazi yüzeyinin temsil edildiği modeldir.

Sayısal yüzey modeli: Arazi yüzeyini tüm özellikleri ile temsil eden, bitki örtüsü, bina, ağaç gibi özellikleri de muhteva eden modeldir.

Sayısal arazi modeli: Bölgesel olarak değişebilen iki farklı tanımı vardır. Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde fotogrametrik yöntem ile üretilen, düzenli aralıklarla oluşturulmuş noktalardan oluşan ve sırtlar gibi doğal ayırım çizgilerini içeren bir vektör veri kümesi olarak tanımlanmakta olup, diğer ülkelerde ise sayısal yükseklik modeli ile eş anlam taşımaktadır.

5.1.1.1 ASTER GDEM

Japonya Ekonomi ve Ticaret Bakanlığı (METI) ve Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık Uzay Ajansı (NASA) tarafından geliştirilen ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), Haziran 2009'da piyasaya sürülmüş ve NASA'ya ait Terra uydusu üzerine monte edilmiş yüksek çözünürlüklü aygıttır. ASTER

tarafından toplanan stereo çift görüntüler kullanılarak, 9.34 metre RMSE (Root Mean Square Error) değerine sahip ASTER GDEM'in ilk sürümü V1 üretilmiştir. İkinci sürümü ise Ekim 2011'de yayınlanmış ve 260.000 ek stereo çift görüntü eklenerek kapsama alanı iyileştirilmiş ve yapay nesnelerin oluşumu azaltılmış olup RMSE değeri 8,68 metre olmuştur. ASTER GDEM'in kapsama alanı, dünya topraklarının %99'unu kapsamakta olup, 83 derece kuzey enleminden 83 derece güney enlemine kadar uzanmaktadır. Bu kapsama alanında, küresel çapta yayımlanan en yüksek çözünürlüklü ASTER GDEM verisi, 30 metre (1 arc-second) piksel çözünürlüğe sahip olup GeoTIFF formatındadır [33].

Tablo 5.1 Sayısal yükseklik modelleri ve özellikleri

Veri	ASTER GDEM	SRTM DEM	3DEP (NED)
Üretim şekli	Stereo uydu görüntüleri	RADAR	LIDAR, inSAR, Fotogrametri, Yükseklik eğrileri
Koordinat sistemi	Coğrafi enlem ve boylam	Coğrafi enlem ve boylam	Coğrafi enlem ve boylam
Datum	WGS84/EGM96	WGS84/EGM96	NAD83/NAVD88
Mekansal çözünürlük	1 arc-second	1 arc-second 3 arc-second	1/3 arc-second 1 arc-second
Kapsama alanı	83 derece kuzey enlemi / 83 derece güney enlemi	60 derece kuzey enlemi / 56 derece güney enlemi	ABD, Hawaii, Kanada, Meksika, Alaska
Coğrafi boyutlar	1 x 1 derece	1 x 1 derece	1 x 1 derece
Piksel boyutu	30 metre	30 metre 90 metre	10 metre 30 metre
RMSE (1 arc-second)	8.68 metre	4.01 metre	1.84 metre
Format	GeoTIFF	GeoTIFF ve HGT	Erdas img, grid float, ESRI arc-grid
Veri tipi	16-bit signed integer	16-bit signed integer	32-bit floating point

5.1.1.2 SRTM DEM

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), Ulusal Jeo-Uzay İstihbarat Ajansı (NGA) ve Ulusal Havacılık Uzay Ajansı (NASA) tarafından geliştirilen uluslararası bir proje olup, Şubat 2000'de 11 günlük veri toplama sürecine başlamıştır. Küresel çapta sayısal yükseklik modelleri üretilmesi amacıyla, tek geçiş yöntemi kullanılarak C band ve X band (SIR-C ve X-SAR) olmak üzere iki tip anten içermektedir. RMSE değeri 4.01 metre olan SRTM sayısal yükseklik modelleri, C band radar verisi kullanılarak oluşturulmuş ve USGS veri merkezi (United States Geological Survey's EROS Data Center) tarafından yayınlanmaktadır. X band radar verileri, yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli üretmek için kullanılmakta ve Alman Havacılık ve Uzay Merkezi (DLR) tarafından yayınlanmaktadır. SRTM DEM'in kapsama alanı dünya topraklarının %80'ini kapsamakta olup, 60 derece kuzey enleminden 56 derece güney enlemine kadar uzanmaktadır. Küresel çapta yayımlanan en yüksek çözünürlüklü SRTM DEM verisi, 30 metre (1 arc-second) piksel çözünürlüğe sahip olup GeoTIFF ve HGT formatındadır [34].

5.1.1.3 NED (3DEP)

NED (The National Elevation Dataset), 1999 yılından bu yana Amerika Birleşik Devletleri ve adaları, Hawaii, Alaska, Kanada ve Meksika'nın dahil olduğu bölge için USGS tarafından üretilen ve paylaşılan, yükseklik, koordinat sistemi, datum, piksel boyutu gibi bilgileri içeren sayısal yükseklik modelidir. 2015 yılında ise NED'in yerini üç boyutlu yükseklik programı olan 3DEP (3D Elevation Program) almıştır. 3DEP, bina, ağaç ve bitki örtüsü gibi unsurların dahil edilmediği çıplak arazi yüzeyini temsil etmektedir. 3DEP verileri hava fotoğrafları, sayısallaştırılmış yükseklik eğrileri, LIDAR ve inSAR teknolojisiyle üretilmektedirler. 3DEP verileri, proje bazlı ve sürekli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Proje bazlı yükseklik verileri 1 m, 3 m ve 5 m çözünürlükte olup, ulusal olarak yapılan özel çalışmalarda kullanılmakta ve yayınlanmamaktadır. Sürekli olan veriler ise 10 m, 30 m ve 60 m çözünürlükte olmak üzere kesintisiz olarak yayınlanmaktadırlar. 1 metre çözünürlüklü veriler 2015 yılında belirli bölgeler için LIDAR teknolojisi ile üretilmiştir. 5 metre çözünürlüklü veriler sadece Alaska bölgesi için inSAR ile üretilmiştir. 10 metre çözünürlüklü yükseklik verileri ABD ve adaları, Hawaii ve Alaska için üretilen verilerdir. 30 metre çözünürlüklü veriler ABD, Meksika

ve Kanada'nın büyük çoğunluğunu kapsamaktadır. 60 metre çözünürlüklü yükseklik verileri ise sadece Alaska bölgesi için üretilmiştir. 3DEP sayısal yükseklik modelleri, coğrafi koordinat sisteminde, NAD83 yatay ve NAVD88 düşey datumunda, img, grid float ve arc-grid veri formatlarında yayınlanmaktadır. 10 metre ve 30 metre çözünürlüklü 3DEP verilerinin RMSE değerleri sırasıyla 1.55 m ve 1.84 metredir [35].

5.1.2 WBD (Watershed Boundary Dataset)

WBD verileri, Amerika Birleşik Devletleri'nde, hidrolojik birim koduna (HUC) sahip havza verileridir. WBD verileri, HUC2, HUC4, HUC6, HUC8, HUC10, HUC12, HUC14 ve HUC16 olmak üzere toplamda 8 hidrolojik birim ile tarif edilir. Burada; ilk iki birim 'region' (bölge), ilk dört birim 'subregion' (alt bölge), ilk altı birim 'basin' (su toplama alanı), ilk sekiz birim 'subbasin' (alt su toplama alanı), ilk on birim 'watershed' (havza), ilk on iki birim 'subwatershed' (alt havza) olarak adlandırılmaktadır. ABD'de toplamda 21 adet bölge (Şekil 5.3), 222 adet alt bölge, 370 adet su toplama alanı, 2.270 adet alt su toplama alanı, 20.000 adet havza, 100.000 adet alt havza bulunmaktadır. Ancak, 14 birim ve 16 birim için kullanılan herhangi bir havza alanı ve tanım bulunmamaktadır. Örneğin 'HUC8' olarak adlandırılan bir havza 'subbasin' olarak tanımlanmaktadır. Hidrolojik birim sınırlarının tanımlanması ve sayısallaştırılması için 1:24,000 ölçekli Digital Raster Graphics (DRG), güncellenmiş USGS topografik haritaları ve Digital Orthophoto Quadrangles (DOQ) veya DOQQs gibi ortofotolar kullanılmaktadır. Düşük havza alanlarına sahip hidrolojik birim sınırlarının tespitinde ve güncellemesinde LIDAR ve inSAR verileri kullanılmaktadır [21].

5.2 Materyal

Çalışma kapsamında kullanılan bilgisayarın özellikleri:

- İşlemci: Intel Core i5
- GHz: 3.20
- RAM: 4 GB
- Hard Disk: 500 GB
- Sistem türü: 64 bit İşletim Sistemi

Çalışma kapsamında kullanılan programlar:

- ArcGIS
- Microsoft Excel
- SPSS
- Matlab



Şekil 5.3 ABD'deki HUC2 birimindeki 21 bölge [36]

6

UYGULAMA İŞLEM ADIMLARI

ArcGIS 10.6 yazılımında, 5 farklı sayısal yükseklik modeli için uygulanan işlem adımları Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Veri modeli, Texas Üniversitesi'nin su kaynakları araştırma merkezinde geliştirilen ArcHydro modülünde [37] uygulanan işlem adımları beyaz renk ile, "Slope" ve "Zonal Statistics as Table" araçları tarafından uygulanan işlem adımları gri renk ile gösterilmiştir.

6.1 Eşik Değer Tespiti

Bu çalışmada, eşik değerin tespiti için yeni bir yöntem üzerinde çalışılmıştır. Yöntemin amacı, sayısal yükseklik modelleri kullanılarak gerçek arazi ya da topografya ile en fazla benzerlik gösteren, drenaj ağları ve havza alanlarının türetilmesi için, en uygun eşik değerin tespit edilmesidir. Deneysel eşik değerler her bir çözünürlükteki havza için 10'ar artırılarak tespit edilmiştir. Bu yöntemde, deneysel bulgular gözlemlenerek eşik değerin tespit edilmesinde kullanılan parametreler; toplam hücre sayısı, kendisine akış olmayan hücre sayısı, çalışma alanını çevreleyen hücre sayısı ve kullanılan sayısal yükseklik modelinin mekansal çözünürlüğü (arc-second) olarak belirlenmiştir. Deneysel bulgular gözlemlenerek elde edilen eşik değerler ve parametreler, çoklu doğrusal regresyon yöntemi ile değerlendirilmiş ve eşik değer tespitine uygun bir yaklaşım geliştirilmiştir. Böylece, gözlemlere dayanarak eşik değer tespitine uygun ampirik bir eşitlik önerilmiştir. Önerilen eşitlik "Resolutional Stream Threshold" olarak isimlendirilmiş ve kısaca RST olarak kullanılmıştır. RST yöntemi ile elde edilen eşik değerler, çoklu doğrusal regresyona kıyasla deneysel olarak tespit edilen eşik değerlere daha yakındır.

6.2 Çoklu Doğrusal Regresyon ile Eşik Değer Tespiti

Eşik değer tespitinde kullanılacak bağımsız değişken sayısı birden fazla olduğu için çoklu doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır. Bu modelde, R^2 değerinin 1 çıktığı görülmektedir. Bu durum, modeldeki bağımsız değişken parametreleri kullanılarak bağımlı değişkenin %100'ü açıklanabilir anlamına gelmektedir (Tablo 6.1).

Tablo 6.1 Regresyon modeli özeti

Model Summary									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	1,000[a]	1,000	1,000	39,60969	1,000	37637,268	3	1	0,004
a. Predictors: (Constant), K, S, P									

ANOVA testi sonucunda görüldüğü üzere, Significance (anlamlılık) değeri 0,025'ten (α/2) küçük olduğu için regresyon modeli S, P ve K bağımsız değerleri için bir bütün olarak anlamlıdır (Tablo 6.2).

Tablo 6.2 Regresyon anova testi

ANOVA[a]						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	177150431,073	3	59050143,691	37637,268	0,004[b]
	Residual	1568,927	1	1568,927		
	Total	177152000,000	4			
a. Dependent Variable: T b. Predictors: (Constant), K, S, P						

Regresyon modelinde sabit terim katsayısı -5661,328 olarak, anlamlılık değeri 0,122 olarak hesaplanmıştır. Sabit terimin anlamlılık değeri, 0,025'ten (α/2) büyük olduğu için modelde tek başına anlamlılık sağlamamaktadır.

Akış sağlanmayan hücre sayısı değerine ait katsayı 0,001 olarak, anlamlılık değeri, 0,270 olarak hesaplanmıştır. Anlamlılık değeri 0,025'ten büyük olduğu için modelde tek başına anlamlılık sağlamamaktadır.

Havza çevresi hücre sayısı değerine ait katsayı 0,461 olarak, anlamlılık değeri 0,117 olarak hesaplanmıştır. Anlamlılık değeri, 0,025'ten büyük olduğu için modelde tek başına anlamlılık sağlamamaktadır.

Mekansal çözünürlük değerine ait katsayı 1320,047 olarak, anlamlılık değeri 0,128 olarak hesaplanmıştır. Anlamlılık değeri, 0,025'ten büyük olduğu için modelde tek başına anlamlılık sağlamamaktadır (Tablo 6.3).

Tablo 6.3 Regresyon katsayıları

Coefficients[a]						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-5661,328	1101,854		-5,138	0,122
	S	0,001	0,000	0,289	2,217	0,270
	P	0,461	0,086	0,848	5,370	0,117
	K	1320,047	268,619	0,201	4,914	0,128
a. Dependent Variable: T						

Regresyon modelinde, toplam hücre sayısının belirleyici parametre olarak modele dahil edilmediği görülmektedir. Çoklu doğrusal regresyon sonucu elde edilen denklem (6.1) eşitliğinde gösterildiği gibidir.

Tablo 6.4 Harici değişkenler

Excluded Variables[a]						
Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	M	1,000[b]	-	-	1,000	8,853E-006
a. Dependent Variable: T						
b. Predictors in the Model: (Constant), K, S, P						

$$T = 0{,}001 * S + 0{,}461 * P + 1320{,}047 * K - 5661{,}328 \qquad (6.1)$$

T : Eşik değer

K : Mekansal çözünürlük (arc-second)

M_{ij} : Toplam hücre sayısı (Piksel)

S_{ij} : Kendisine akış olmayan hücre sayısı (Piksel)

P_{ij} : Çalışma alanını çevreleyen hücre sayısı (Piksel)

6.3 Eşik Değer Tespitinde Yeni Bir Yöntem Geliştirilmesi

Deneysel bulgular gözlemlenerek eşik değer tespitine uygun olarak geliştirilen ampirik yöntem (6.2) eşitliğinde sunulmuştur.

$$T = \frac{10}{K} * \frac{(M_{ij} - S_{ij})}{P_{ij}} \tag{6.2}$$

T : Eşik değer

K : Mekansal çözünürlük (arc-second)

M_{ij} : Toplam hücre sayısı (Piksel)

S_{ij} : Kendisine akış olmayan hücre sayısı (Piksel)

P_{ij} : Çalışma alanını çevreleyen hücre sayısı (Piksel)

Tablo 6.5 Çoklu doğrusal regresyon yöntemi ve RST yöntemiyle hesaplanan eşik değerlerin, deneysel eşik değerlerden farkının ortalaması

Deneysel Eşik	M	S	P	K	ÇDR	RST	|Eşik-ÇDR|	|Eşik-RST|
16200	24404704	5082677	36332	0,33	16606,02	15954	406	246
1800	2711768	477323	12381	1	1843,68	1804	44	4
1800	2711780	573083	12233	1	1871,22	1748	71	52
1800	2711766	540027	12179	1	1813,27	1783	13	17
200	300477	94707	3935	3	207,56	174	8	26
Ortalama							**108,40**	**69**

Tablo 6.5'de görüldüğü üzere M, S, P, K parametreleri kullanılarak RST (Resolutional Stream Threshold) yöntemine göre hesaplanan eşik değerlerin, deneysel eşik değerlerden farkının ortalaması 69 olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde ÇDR (Çoklu Doğrusal Regresyon) yöntemine göre hesaplanan eşik değerlerin, deneysel eşik değerlerden farkının ortalaması 108,40 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak RST yöntemi, ÇDR yöntemine göre deneysel eşik değerlere daha yakın sonuç vermektedir.



Şekil 6.1 Uygulama işlem adımları (ArcHydro işlemleri beyaz ile gösterilmiştir.)

7

BULGULAR

Çalışma sonucunda, deneysel eşik değerlerle türetilen alt havza sayısı 3DEP 10m, 3DEP 30m, ASTER 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri için sırasıyla, 761, 757, 776, 753, 740 adet, maksimum akış birikinti değerinin %1'ine karşılık gelen eşik değer ile türetilen alt havza sayısı sırasıyla 63, 63, 63, 63, 69 adettir. Toplam 5 farklı sayısal yükseklik modelinin, 4 farklı havza karakteristik verisi (alan, çevre, drenaj yoğunluğu, eğim) 2 farklı eşik değer yöntemi ile hesaplanarak toplamda 40 farklı havza verisi türetilmiştir. Ayrıca, 767 adet alt havzadan oluşan 1:100,000 ölçeğine uygun veriye ait alan, çevre uzunluğu ve drenaj yoğunluğu değerleri hesaplanmıştır. Bu şekilde, deneysel eşik değerlerle toplam 4554 satır ve 4 sütundan oluşan alan, çevre uzunluğu, drenaj yoğunluğu ve eğim verisi ile %1 eşik değeriyle 321 satır ve 3 sütundan oluşan alan, çevre uzunluğu ve drenaj yoğunluğu değerleri hesaplanmıştır. Türetilen alt havzalar ile 1:100,000 ölçeğine uygun verilerden elde edilen alt havzaların Excel programında düzenlenmesi için uygulanan işlem adımları aşağıdaki şekildedir.

- ArcGIS programı kullanılarak, her sayısal yükseklik modeli için ayrı ayrı türetilmiş olan havza karakteristikleri '.dbf' formatına çevrilerek Excel programına yüklenmiştir.
- Deneysel eşik değerlerle türetilen havzalar ile maksimum akış birikinti değerinin %1'i olarak hesaplanan eşik değer ile türetilen havzalar, ayrı ayrı klasörler şeklinde düzenlenmiştir.
- Havza karakteristikleri, sayısal yükseklik modeline göre ayrı ayrı küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır.

- Sıralanan havza karakteristiklerine, sayısal yükseklik modellerine göre tek bir Excel dosyasında birbirinden farklı etiket değerleri atanmıştır.

Excel yardımıyla düzenlenen havza karakteristikleri, SPSS programında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. SPSS programında uygulanan işlem adımları aşağıdaki şekildedir.

- İlk olarak Kolmogorov-Simirnov (K-S) testi ve Shapiro-Wilk normallik testleri yapılarak verilerin parametrik olup olmadığı tespit edilmiştir.
- Her veri gurubu için histogram grafikleri oluşturularak verilerin normallik durumu gözlemlenmiştir.
- Kutu-Çizgi grafikleri oluşturularak verilerin ortanca değeri, çeyrek dilimleri ve aşırı sapma durumları görsel olarak betimlenmiştir.
- P-P Plot grafikleri oluşturularak verilerin normalliği incelenmiştir.
- Q-Q plot grafikleri oluşturularak verilerin, normalliği temsil eden doğrudan sapma durumları incelenmiştir.
- Parametrik veriler için Student'ın t-testi olarak da bilinen bağımsız örneklemler t-testi ile Anova olarak da adlandırılan tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Ayrıca, eğer varsa farklılığın hangi guruplar arasında olduğunu tespit etmek amacıyla Bonferroni testi uygulanmıştır.
- Parametrik olmayan veriler için bağımsız örneklemler t-testinin parametrik olmayan karşılığı olarak bilinen Mann-Whitney U-testi ile tek yönlü varyans analizinin parametrik olmayan karşılığı olarak bilinen Kruskal-Wallis H-testi uygulanmıştır.
- Uygulanan bütün testlere ait sonuçlar, grafik ve tablolar şeklinde görselleştirilmiştir.

7.1 Alt Havzaların Türetilmesinde Kullanılan Eşik Değerler

Sunulan çalışma kapsamında, kullanılan sayısal yükseklik modellerinin çözünürlüğüne göre farklı eşik değerler kullanılmıştır. Deneysel olarak, her yükseklik modelinin eşik değeri ayrı ayrı tespit edilmiştir. Deneysel eşik değerler, 10 metre çözünürlüklü 3DEP, 30 metre çözünürlüklü 3DEP, ASTER, SRTM ve 90 metre çözünürlüklü SRTM sayısal yükseklik modelleri için sırasıyla 16200, 1800, 1800, 1800, 200 olarak tespit edilmiştir. Geliştirilen yöntemle (RST) hesaplanan eşik değerler ise sırasıyla 15954, 1804, 1748,

1783, 174 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca maksimum akış birikinti sayısının %1'i olarak hesaplanan eşik değerler sırasıyla 243868, 27115, 27091, 27101, 2507'dir. Çalışmada, çözünürlük, eşik değer, drenaj yoğunluğu ve alt havza sayısı arasında orantı olduğu görülmüştür.

7.2 Çözünürlük ile Eşik Değer Arasındaki İlişki

Çalışma sonucunda, farklı çözünürlüklerdeki sayısal yükseklik modelleri kullanılarak benzer sonuçların alınabilmesi için çözünürlük arttıkça, eşik değerin artması gerektiği görülmüştür (Tablo 7.1).

Tablo 7.1 Çözünürlük ile eşik değer arasındaki ilişki

SYM	Mekansal Çözünürlük	Deneysel Eşik Değerler
3DEP 10m	1/3 arc-second	16200
3DEP 30m	1 arc-second	1800
ASTER 30m	1 arc-second	1800
SRTM 30m	1 arc-second	1800
SRTM 90m	3 arc-second	200

Ayrıca Tablo 7.1'de görüldüğü üzere, çözünürlük ile deneysel eşik değer arasında karesel olarak orantı olduğu tespit edilmiştir. (7.1) eşitliğine göre, çözünürlükteki artış çarpanının karesinin, eşik değerin artış çarpanıyla doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir.

$Eğer\ M_1 \leq M_2\ \left(M_1^{'} in\ çözünürlüğü\ M_2^{'} nin\ çözünürlüğünden\ büyükse\right);$

$$\left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2 = \frac{T_2}{T_1} \tag{7.1}$$

T : Eşik değer

K : Mekansal çözünürlük (arc-second)

7.3 Eşik Değer ile Drenaj Yoğunluğu Arasındaki İlişki

Sabit çözünürlükteki bir sayısal yükseklik modelinde, eşik değer arttıkça drenaj yoğunluğunun azaldığı, eşik değer azaldıkça drenaj yoğunluğunun arttığı, eşik değer sabit tutulduğunda, çözünürlük arttıkça drenaj yoğunluğunun arttığı, çözünürlük azaldıkça drenaj yoğunluğunun azaldığı görülmüştür (Tablo 7.2).

Tablo 7.2 Eşik değer ile drenaj yoğunluğu arasındaki ilişki

SYM	Eşik Değer	Drenaj Yoğunluğu
3DEP 10m	1800	1,62/km
ASTER 30m	1800	0,59/km
ASTER 30m	27091	0,17/km

7.4 Eşik Değer ile Alt Havza Sayısı Arasındaki İlişki

Sabit çözünürlükteki bir sayısal yükseklik modelinde, eşik değer arttıkça alt havza sayısının azaldığı, eşik değer azaldıkça alt havza sayısının arttığı görülmüştür (Tablo 7.3).

Tablo 7.3 Eşik değer ile alt havza sayısı arasındaki ilişki

	Deneysel Eşik Değerler		%1 Eşik Değeri	
VERİ	Eşik Değer	Alt Havza Sayısı	Eşik Değer	Alt Havza Sayısı
1:100,000	-	767	-	767
3DEP 10m	16200	761	243868	63
3DEP 30m	1800	757	27115	63
ASTER 30m	1800	776	27091	63
SRTM 30m	1800	753	27101	63
SRTM 90m	200	740	2507	69

7.5 Drenaj Yoğunluğu ile Alt Havza Sayısı Arasındaki İlişki

Sabit çözünürlükte, drenaj yoğunluğu arttıkça alt havza sayısının arttığı, drenaj yoğunluğu azaldıkça alt havza sayısının arttığı görülmüştür (Tablo 7.4).

Tablo 7.4 Drenaj yoğunluğu ile alt havza sayısı arasındaki ilişki

SYM	Drenaj Yoğunluğu	Alt Havza Sayısı
ASTER 30m	0,59/km	776
ASTER 30m	0,17/km	63

7.6 İstatistiksel Analiz Sonuçlarının Yorumlanması

7.6.1 Normalliğin Yorumlanması

7.6.1.1 Havza Alanlarının Normalliği

İki farklı eşik değer yöntemiyle türetilen alt havza alanlarının normalliği 0,05 anlamlılık düzeyinde incelenmiştir. Alt havza alanlarına, Kolmogorov-Simirnov (K-S) testi ile Shapiro-Wilk normallik testleri uygulanmıştır (Tablo 7.5).

Tablo 7.5 Alan değerlerinin normallik analizi

TEST / SYM	Deneysel eşik değerler ile türetilen alt havza alanları ve 1:100,000 ölçeğine uygun alt havza alanlarının normalliği					
	Kolmogorov-Smirnov			**Shapiro-Wilk**		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1:100,000	0,145	767	0,000	0,829	767	0,000
3DEP 10m	0,119	761	0,000	0,870	761	0,000
3DEP 30m	0,120	757	0,000	0,871	757	0,000
ASTER 30m	0,119	776	0,000	0,877	776	0,000
SRTM 30m	0,129	753	0,000	0,860	753	0,000
SRTM 90m	0,125	740	0,000	0,871	740	0,000
TEST / SYM	%1 eşik değer ile türetilen alt havza alanları ve 1:100,000 ölçeğine uygun alt havza alanlarının normalliği					
	Kolmogorov-Smirnov			**Shapiro-Wilk**		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1:100,000	0,145	767	0,000	0,829	767	0,000
3DEP 10m	0,114	63	0,040	0,959	63	0,036
3DEP 30m	0,115	63	0,039	0,959	63	0,035
ASTER 30m	0,112	63	0,049	0,958	63	0,032
SRTM 30m	0,097	63	0,200	0,959	63	0,036
SRTM 90m	0,132	69	0,005	0,915	69	0,000

Test sonucunda:

- Deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzaların alan değerlerinin normal dağılımlı olmadığı,
- Maksimum akış birikinti değerinin %1'ine karşılık gelen eşik değer kullanılarak türetilen alt havzaların alan değerlerinin normal dağılımlı olmadığı, sadece SRTM 30 metre verisine ait alt havzaların alan değerlerinin normal dağılımlı olduğu,
- 1:100,000 ölçeğine uygun verilerden elde edilen alt havzaların alan değerlerinin normal dağılımlı olmadığı görülmüştür.

7.6.1.2 Çevre Uzunluklarının Normalliği

İki farklı eşik değer yöntemiyle türetilen alt havzaların çevre uzunluklarının normalliği 0,05 anlamlılık düzeyinde incelenmiştir. Alt havza çevre uzunluklarına Kolmogorov-Simirnov (K-S) testi ile Shapiro-Wilk normallik testleri uygulanmıştır (Tablo 7.6).

Tablo 7.6 Çevre uzunluğu değerlerinin normallik analizi

TEST / SYM	Deneysel eşik değerler ile türetilen alt havza çevre uzunlukları ve 1:100,000 ölçeğine uygun alt havza çevre uzunluklarının normalliği					
	Kolmogorov-Smirnov			**Shapiro-Wilk**		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1:100,000	0,052	767	0,000	0,977	767	0,000
3DEP 10m	0,056	761	0,000	0,979	761	0,000
3DEP 30m	0,057	757	0,000	0,980	757	0,000
ASTER 30m	0,057	776	0,000	0,983	776	0,000
SRTM 30m	0,057	753	0,000	0,979	753	0,000
SRTM 90m	0,063	740	0,000	0,974	740	0,000
TEST / SYM	%1 eşik değer ile türetilen alt havza çevre uzunlukları ve 1:100,000 ölçeğine uygun alt havza çevre uzunluklarının normalliği					
	Kolmogorov-Smirnov			**Shapiro-Wilk**		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1:100,000	0,052	767	0,000	0,977	769	0,000
3DEP 10m	0,042	63	0,200	0,987	63	0,761
3DEP 30m	0,047	63	0,200	0,988	63	0,785
ASTER 30m	0,047	63	0,200	0,986	63	0,712
SRTM 30m	0,050	63	0,200	0,988	63	0,803
SRTM 90m	0,103	69	0,067	0,959	69	0,022

Test sonucunda:

- Deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzaların çevre uzunluğu değerlerinin normal dağılımlı olmadığı,
- Maksimum akış birikinti değerinin %1'ine karşılık gelen eşik değer kullanılarak türetilen alt havzaların çevre uzunluğu değerlerinin normal dağılımlı olduğu,
- 1:100,000 ölçeğine uygun verilerden elde edilen alt havzaların çevre uzunluğu değerlerinin normal dağılımlı olmadığı görülmüştür.

7.6.1.3 Drenaj Yoğunluklarının Normalliği

İki farklı eşik değer yöntemiyle türetilen alt havzaların drenaj yoğunluğu değerlerinin normalliği 0,05 anlamlılık düzeyinde incelenmiştir. Alt havzaların drenaj yoğunluklarına Kolmogorov-Simirnov (K-S) testi ile Shapiro-Wilk normallik testleri uygulanmıştır (Tablo 7.7).

Tablo 7.7 Drenaj yoğunluklarının normallik analizi

TEST / SYM	Deneysel eşik değerler ile türetilen alt havza drenaj yoğunlukları ve 1:100,000 ölçeğine uygun alt havza drenaj yoğunluklarının normalliği					
	Kolmogorov-Smirnov			**Shapiro-Wilk**		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1:100,000	0,354	767	0,000	0,221	767	0,000
3DEP 10m	0,265	761	0,000	0,562	761	0,000
3DEP 30m	0,259	757	0,000	0,533	757	0,000
ASTER 30m	0,302	776	0,000	0,339	776	0,000
SRTM 30m	0,279	753	0,000	0,336	753	0,000
SRTM 90m	0,245	740	0,000	0,555	740	0,000
TEST / SYM	%1 eşik değer ile türetilen alt havza drenaj yoğunlukları ve 1:100,000 ölçeğine uygun alt havza drenaj yoğunluklarının normalliği					
	Kolmogorov-Smirnov			**Shapiro-Wilk**		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1:100,000	0,354	767	0,000	0,221	767	0,000
3DEP 10m	0,326	63	0,000	0,435	63	0,000
3DEP 30m	0,324	63	0,000	0,427	63	0,000
ASTER 30m	0,330	63	0,000	0,407	63	0,000
SRTM 30m	0,319	63	0,000	0,399	63	0,000
SRTM 90m	0,354	69	0,000	0,362	69	0,000

Test sonucunda:

- Deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzaların drenaj yoğunluğu değerlerinin normal dağılımlı olmadığı,
- Maksimum akış birikinti değerinin %1'ine karşılık gelen eşik değer kullanılarak türetilen alt havzaların, drenaj yoğunluğu değerlerinin normal dağılımlı olmadığı,
- 1:100,000 ölçeğine uygun verilerden elde edilen alt havzaların, drenaj yoğunluğu değerlerinin normal dağılımlı olmadığı görülmüştür.

7.6.1.4 Havza Eğimlerinin Normalliği

İki farklı eşik değer yöntemiyle türetilen alt havzaların eğim değerlerinin normalliği 0,05 anlamlılık düzeyinde incelenmiştir. Alt havzaların eğim değerlerine, Kolmogorov-Simirnov (K-S) testi ile Shapiro-Wilk normallik testleri uygulanmıştır (Tablo 7.8).

Tablo 7.8 Havza eğimlerinin normallik analizi

TEST / SYM	Deneysel eşik değerler ile türetilen alt havza eğimleri ve 1:100,000 ölçeğine uygun alt havza eğimlerinin normalliği					
	Kolmogorov-Smirnov			**Shapiro-Wilk**		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
3DEP 10m	0,025	761	0,200	0,991	761	0,000
3DEP 30m	0,022	757	0,200	0,993	757	0,002
ASTER 30m	0,030	776	0,100	0,989	776	0,000
SRTM 30m	0,027	753	0,200	0,992	753	0,000
SRTM 90m	0,026	740	0,200	0,991	740	0,000
TEST / SYM	%1 eşik değer ile türetilen alt havza eğimleri ve 1:100,000 ölçeğine uygun alt havza eğimlerinin normalliği					
	Kolmogorov-Smirnov			**Shapiro-Wilk**		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
3DEP 10m	0,078	63	0,200	0,982	63	0,486
3DEP 30m	0,074	63	0,200	0,981	63	0,429
ASTER 30m	0,085	63	0,200	0,989	63	0,832
SRTM 30m	0,070	63	0,200	0,990	63	0,882
SRTM 90m	0,076	69	0,200	0,974	69	0,151

Test sonucunda:

- Deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzaların eğim değerlerinin K-S testine göre normal dağılımlı olduğu, ancak Shapiro-Wilk testine göre normal dağılımlı olmadığı,

- Maksimum akış birikinti değerinin %1'ine karşılık gelen eşik değer kullanılarak türetilen alt havzaların eğim değerlerinin normal dağılımlı olduğu görülmüştür.

7.6.2 İstatistiksel Anlamlılığın Yorumlanması

7.6.2.1 Havza Alanlarının Yorumlanması

Normallik analizleri sonucunda, alt havzaların alan değerlerinin her iki eşik değer için de normal dağılımlı olmadığı görülmüştür. Bu nedenle, alt havzaların alan değerlerine parametrik olmayan en az iki veri gurubuna uygulanan Kruskall-Wallis H-testi ile iki gurubun karşılaştırılmasında uygulanan Mann-Whitney U-testi uygulanmıştır.

Deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzaların alan değerlerine uygulanan Kruskal-Wallis H-testi sonucunda:

- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile ASTER 30 metre verisi arasında, %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile 3DEP 10m, 3DEP 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri arasında, %95 güven düzeyinde farklılık olduğu ve farklı kitlelerden geldiği,
- Türetilen havzalar arasında, %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- Türetilen havzalar arasında en fazla denkliğin 3DEP 30m ile SRTM 30m verileri arasında; en az denkliğin ise ASTER 30m ile SRTM 90m verileri arasında olduğu görülmüştür.

Yüzde bir eşik değer kullanılarak türetilen alt havzaların alan değerlerine uygulanan Kruskal-Wallis H-testi sonucunda:

- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile türetilen, 3DEP 10m, 3DEP 30m, ASTER 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri arasında %95 güven düzeyinde farklılık olduğu ve farklı kitlelerden geldiği,
- Türetilen havzalar arasında %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,

- Türetilen alt havzalar arasında en fazla denkliğin 3DEP 10m ile 3DEP 30m verileri arasında; en az denkliğin ise SRTM 30m ile SRTM 90m verileri arasında olduğu görülmüştür.

Deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzaların alan değerlerine uygulanan Mann-Whitney U-testi sonucunda:

- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile ASTER 30m verisi arasında %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile 3DEP10m, 3DEP 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri arasında %95 güven düzeyinde farklılık olduğu ve farklı kitlelerden geldiği,
- Türetilen alt havzalar arasında %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- Türetilen alt havzalar arasındaki en fazla denkliğin 3DEP 30m ile SRTM 30m verileri arasında; en az denkliğin ise ASTER 30m ile SRTM 90m verileri arasında olduğu görülmüştür.

Yüzde bir eşik değer kullanılarak türetilen alt havzaların alan değerlerine uygulanan Mann-Whitney U-testi sonucunda:

- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile 3DEP 10m, 3DEP 30m, ASTER 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri arasında %95 güven düzeyinde farklılık olduğu ve farklı kitlelerden geldiği,
- Türetilen alt havzalar arasında %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- Türetilen alt havzaların alan değerleri arasında en fazla denkliğin 3DEP 10m ile 3DEP 30m verileri ve 3DEP 10m ile SRTM 30m arasında; en az denkliğin ise ASTER 30m ile SRTM 90m verileri arasında olduğu görülmüştür.

7.6.2.2 Çevre Uzunluklarının Yorumlanması

Normallik analizleri sonucunda, deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzaların çevre uzunluğu değerlerinin normal dağılımlı olmaması nedeniyle, bu değerlere parametrik olmayan en az iki veri gurubunun karşılaştırılmasında kullanılan Kruskall-Wallis H-testi

ile parametrik olmayan iki gurubun karşılaştırılmasında kullanılan Mann-Whitney U-testi uygulanmıştır.

Deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzaların çevre uzunluğu değerlerine uygulanan Kruskal-Wallis H-testi sonucunda:

- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile 3DEP 10m, 3DEP 30m, ASTER 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri arasında %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- 1:100,000 ölçeğine uygun verilerin %95 güven düzeyinde en fazla 3DEP 30m verisi ile denklik sağladığı,
- Türetilen çevre uzunlukları arasında %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- Türetilen çevre uzunlukları arasında en fazla denkliğin SRTM 30m ile SRTM 90m verileri arasında; en az denkliğin ise 3DEP 30m ile SRTM 30m verileri arasında olduğu görülmüştür.

Deneysel eşik değerler kullanılarak türetilen alt havzaların çevre uzunluğu değerlerine uygulanan Mann-Whitney U-testi sonucunda:

- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile 3DEP 10m, 3DEP 30m, ASTER 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri arasında %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- 1:100,000 ölçeğine uygun verilerin, %95 güven düzeyinde en fazla 3DEP 30m verisi ile denklik sağladığı,
- Türetilen çevre uzunlukları arasında %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- Türetilen çevre uzunlukları arasında en fazla denkliğin 3DEP 10m ile ASTER 30m verileri arasında; en az denkliğin ise 3DEP 30m ile SRTM 30m verileri arasında olduğu görülmüştür.

Normallik analizleri sonucunda, maksimum akış birikinti değerinin %1'ine karşılık gelen eşik değer yöntemiyle türetilen alt havzaların çevre uzunluğu değerlerinin normal dağılımlı olması nedeniyle, bu değerlere parametrik olan en az iki veri gurubunun karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Bonferroni post-hoc analizi

ile parametrik olmayan iki gurubun karşılaştırılmasında kullanılan bağımsız örneklemler t-testi uygulanmıştır.

Yüzde bir eşik değer kullanılarak türetilen alt havzaların çevre uzunluğu değerlerine uygulanan tek yönlü varyans analizi ve Bonferroni post-hoc analizi sonucunda:

- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile 3DEP 10m, 3DEP 30m, ASTER 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri arasında %95 güven düzeyinde denklik olmadığı ve farklı kitlelerden geldiği,
- Türetilen çevre uzunlukları arasında %95 güven düzeyinde tamamen denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği görülmüştür.

Yüzde bir eşik değerler kullanılarak türetilen alt havzaların çevre uzunluğu değerlerine uygulanan bağımsız örneklemler t-testi sonucunda:

- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile 3DEP 10m, 3DEP 30m, ASTER 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri arasında %95 güven düzeyinde denklik olmadığı ve farklı kitlelerden geldiği,
- Türetilen çevre uzunlukları arasında %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- Türetilen çevre uzunlukları arasında en fazla denkliğin ASTER 30m ile SRTM 30m ve 3DEP 10m ile ASTER 30m verileri arasında; en az denkliğin ise 3DEP 10m ile SRTM 90m verileri arasında olduğu görülmüştür.

7.6.2.3 Drenaj Yoğunluklarının Yorumlanması

Normallik analizleri sonucunda, drenaj yoğunluğu değerlerinin her iki eşik değer için de normal dağılımlı olmadığı görülmüştür. Bu nedenle, drenaj yoğunluğu değerlerine parametrik olmayan en az iki veri gurubuna uygulanan Kruskall-Wallis H-testi ile iki gurubun karşılaştırılmasında uygulanan Mann-Whitney U-testi uygulanmıştır.

Deneysel eşik değerler kullanılarak türetilen alt havzaların drenaj yoğunluğu değerlerine uygulanan Kruskal-Wallis H-testi sonucunda:

- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile 3DEP 10m, 3DEP 30m, ASTER 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri arasında %95 güven düzeyinde denklik olmadığı ve farklı kitlelerden geldiği,

- Türetilen drenaj yoğunlukları arasında %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- Türetilen drenaj yoğunlukları arasında en fazla denkliğin 3DEP 30m ile ASTER 30m verileri arasında; en az denkliğin ise 3DEP 10m ile SRTM 90m verileri arasında olduğu görülmüştür.

Yüzde bir eşik değer kullanılarak türetilen drenaj yoğunluğu değerlerine uygulanan Kruskal-Wallis H-testi sonucunda:

- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile 3DEP10m, 3DEP 30m, ASTER 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri arasında %95 güven düzeyinde denklik olmadığı ve farklı kitlelerden geldiği,
- Türetilen drenaj yoğunlukları arasında %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- Türetilen drenaj yoğunlukları arasında, en fazla denkliğin 3DEP 10m ile 3DEP 30m ve ASTER 30m ile SRTM 30 verileri arasında; en az denkliğin ise 3DEP 10m ile ASTER 30m verileri arasında olduğu görülmüştür.

Deneysel eşik değerler kullanılarak türetilen drenaj yoğunluğu değerlerine uygulanan Mann-Whitney U-testi sonucunda:

- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile 3DEP 10m, 3DEP 30m, ASTER 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri arasında %95 güven düzeyinde denklik olmadığı ve farklı kitlelerden geldiği,
- Türetilen drenaj yoğunlukları arasında %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- Türetilen drenaj yoğunlukları arasında en fazla denkliğin 3DEP 30m ile ASTER 30m verileri arasında; en az denkliğin ise 3DEP 10m ile SRTM 90m verileri arasında olduğu görülmüştür.

Yüzde bir eşik değer kullanılarak türetilen alt havzaların drenaj yoğunluğu değerlerine uygulanan Mann-Whitney U-testi sonucunda:

- 1:100,000 ölçeğine uygun veriler ile 3DEP 10m, 3DEP 30m, ASTER 30m, SRTM 30m, SRTM 90m verileri arasında %95 güven düzeyinde denklik olmadığı ve farklı kitlelerden geldiği,

- Türetilen drenaj yoğunlukları arasında, %95 güven düzeyinde denklik olduğu ve aynı kitleden geldiği,
- Türetilen drenaj yoğunlukları arasında en fazla denkliğin 3DEP 10m ile 3DEP 30m ve ASTER 30m ile SRTM 30m verileri arasında; en az denkliğin ise 3DEP 10m ile ASTER 30m verileri arasında olduğu görülmüştür.

7.6.2.4 Havza Eğimlerinin Yorumlanması

Normallik analizleri sonucunda, türetilen alt havzaların eğim değerlerinin her iki eşik değer için de normal dağılımlı olduğu görülmüştür. Bu nedenle, eğim değerlerine parametrik olan en az iki veri gurubunun karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve bonferroni post-hoc analizi ile parametrik olmayan iki gurubun karşılaştırılmasında kullanılan bağımsız örneklemler t-testi uygulanmıştır.

Deneysel eşik değerler kullanılarak türetilen alt havzaların eğim değerlerine uygulanan tek yönlü varyans analizi ve bonferroni post-hoc analizi sonucunda:

- Türetilen alt havza eğimleri arasında %95 güven düzeyinde sadece 3DEP 30m ile ASTER 30m verileri arasında denklik olduğu ve aynı kitlelerden geldiği görülmüştür.

Deneysel eşik değerler kullanılarak türetilen alt havzaların eğim değerlerine uygulanan bağımsız örneklemler t-testi sonucunda:

- Türetilen drenaj yoğunlukları arasında %95 güven düzeyinde denklik olmadığı ve verilerin farklı kitlelerden geldiği görülmüştür.

Yüzde bir eşik değer yöntemi kullanılarak türetilen alt havzaların eğim değerlerine uygulanan tek yönlü varyans analizi ve bonferroni post-hoc analizi sonucunda:

- Türetilen alt havza eğimleri arasında %95 güven düzeyinde sadece 3DEP 10m ile SRTM 30m, 3DEP 30m ile SRTM 30m ve 3DEP 30m ile ASTER 30m verileri arasında denklik olduğu ve aynı kitlelerden geldiği görülmüştür.

Yüzde bir eşik değer yöntemi kullanılarak türetilen alt havzaların eğim değerlerine uygulanan bağımsız örneklemler t-testi sonucunda:

- Türetilen alt havzaların eğim değerleri arasında %95 güven düzeyinde sadece 3DEP 30m ile ASTER 30m verileri arasında denklik olduğu ve aynı kitlelerden geldiği görülmüştür.

8

SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel ısınma, buzul erimesi, yer altı su kaynaklarının azalması ve su kaynaklarının bilinçsiz tüketimi gibi problemlerden dolayı, zamanla su kaynaklarının azaldığı bilinmektedir. Bu nedenle, su kaynakları yönetimi ve planlaması gelecek için büyük önem taşımaktadır. Su kaynaklarının korunması amacıyla yapılacak çalışmaların en önemli aşamasını, havza alanlarının tespiti ve korunması oluşturmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte, coğrafi bilgi sistemleri analizlerinde sayısal yükseklik modelleri kullanılarak drenaj ağları ve havza alanlarının türetilmesi mümkün olmuştur.

Akış birikinti eşik değeri, oluşturulacak drenaj ağlarının yoğunluğunu ve havza alanlarının büyüklüğünü doğrudan etkilemektedir. Bu açıdan en önemli aşamalardan biridir. Bu çalışmada, yapılan uygulama süresince, yüzden fazla deneysel eşik değer kullanılarak drenaj ağları ve alt havza alanları türetilmiş ve çalışma bölgesi için en uygun deneysel eşik değerler hesaplanmıştır. Deneysel eşik değerler kullanılarak türetilen alt havza alanları, 1:100,000 ölçeğine uygun alt havzalar ile karşılaştırılmış ve RST olarak adlandırılan eşik değer hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. RST yönteminde kullanılan parametreler kolaylıkla elde edilebilir olduğu için eşik değerin tespiti zaman bakımından avantaj sağlamaktadır.

Yapılan uygulamada, hidrolojik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan maksimum akış birikinti değerinin yüzde birine karşılık gelen eşik değerler ve deneysel olarak elde edilen eşik değerler kullanılarak alt havzalar türetilmiştir. Türetilen alt havzalar, 1:100,000 ölçekli NHDPlus veri setiyle, Kruskal-Wallis H-testi, Mann Whitney U-testi, Bağımsız Örneklemler t-testi ve ANOVA testleri ile karşılaştırılmıştır.

Yüzde bir eşik değerleriyle türetilen alt havzaların, alan, çevre uzunluğu ve drenaj yoğunluğu bakımından 1:100,000 ölçeğine uygun olmadığı görülmüştür.

Deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzaların, çevre uzunluğu bakımından, 1:100,000 ölçeğine uygun olduğu, drenaj yoğunluğu bakımından 1:100,000 ölçeğine uygun olmadığı görülmüştür. Alan bakımından ise sadece ASTER 30 metre verisinin 1:100,000 ölçeğine uygun olduğu görülmüştür.

Deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzaların kendi içerisinde alan, çevre uzunluğu, drenaj yoğunluğu ve eğim bakımından denk olduğu görülmüştür. Tablo 8.1'de, deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzalar ile 1:100,000 ölçekli NHDPlus alt havzalarının, 4. bölümde anlatılan istatistiklere göre denklik sağladığı havza karakteristikleri gösterilmiştir.

Tablo 8.1 Deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzalar ile NHDPlus alt havzalarının denklik sağladığı havza karakteristikleri

	NHDPlus 1:100,000	3DEP 10m	3DEP 30m	ASTER 30m	SRTM 30m	SRTM 90m
NHDPlus 1:100,000	---	Çevre	Çevre	Alan Çevre	Çevre	Çevre
3DEP 10m	Çevre	---	Alan Çevre Drenaj Y.	Alan Çevre Drenaj Y.	Alan Çevre Drenaj Y.	Alan Çevre Drenaj Y.
3DEP 30m	Çevre	Alan Çevre Drenaj Y.	---	Alan Çevre Drenaj Y. Eğim	Alan Çevre Drenaj Y.	Alan Çevre Drenaj Y.
ASTER 30m	Alan Çevre	Alan Çevre Drenaj Y.	Alan Çevre Drenaj Y. Eğim	---	Alan Çevre Drenaj Y.	Alan Çevre Drenaj Y.
SRTM 30m	Çevre	Alan Çevre Drenaj Y.	Alan Çevre Drenaj Y.	Alan Çevre Drenaj Y.	---	Alan Çevre Drenaj Y.
SRTM 90m	Çevre	Alan Çevre Drenaj Y.	Alan Çevre Drenaj Y.	Alan Çevre Drenaj Y.	Alan Çevre Drenaj Y.	---

SRTM 90 metre çözünürlüklü sayısal yükseklik modelinden deneysel eşik değerlerle türetilen drenaj ağları ve havza sınırlarında bozulmalar olduğu tespit edilmiştir. Bu bozulmaların veri kaynağının hatalı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

RST yöntemi, başka bir bölgeye ait 3DEP 30 metre çözünürlüklü sayısal yükseklik modelinde de uygulanmış ve 1:100,000 ölçekli NHDPlus alt havza verisinin %94'ü oranında uygun alt havzalar türetilmiştir.

Genelleştirmede seçme/eleme işlemi açısından NHDFlowline akarsu kollarının ve deneysel eşik değerlerle türetilen alt havzaların %93 oranında örtüştüğü gözlemlenmiştir. Tablo 8.2'de, türetilen alt havza sayıları ve akarsu kollarının örtüşmediği havza sayıları (boş havza sayısı) gösterilmektedir.

Tablo 8.2 Seçme/eleme işlemi sonucu oluşan toplam havza ve boş havza sayıları

	Toplam Havza Sayısı	**Boş Havza Sayısı**
3DEP 10m	761	52
3DEP 30m	757	52
ASTER 30m	776	55
SRTM 30m	753	54
SRTM 90m	740	48

RST yöntemi sayesinde, eşik değer hesaplamasında çözünürlük etkisi giderilmiştir. Böylece, çalışma bölgesine ait verinin çözünürlüğü ne olursa olsun, RST yöntemi kullanılarak çalışma bölgesi için 1:100,000 ölçeğine uygun eşik değer hesaplanıp drenaj ağlarının ve alt havzaların türetilmesi mümkündür. İstenildiği takdirde, idari sınırlar içerisinde kalan havzalar birleştirilerek istenilen ölçekte havzalar elde edilebilir.

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) standartlarına göre, ortalama yatay konum doğruluğu (8.1) eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$M_i = CxP_i \tag{8.1}$$

Burada; M_i, ortalama yatay konum doğruluğu, C, sınıf değeri ve P_i, sayısal yükseklik modelinin hücre büyüklüğüdür. ASPRS'e göre standart harita ve CBS çalışmaları ikinci sınıf çalışma olarak ifade edilmektedir. Bu durumda C değeri, 2 olarak kullanılmaktadır [18].

Matlab programlama dilinde oluşturulan bir kod yardımıyla, deneysel eşik değerlerle türetilen drenaj ağları ve alt havzalara ait mansap noktalarının yatay konumdaki standart sapma, ortalama, minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan yatay

konumdaki standart sapma değerlerinin ASPRS standartlarında olduğu görülmüştür (Tablo 8.3).

Tablo 8.3 Mansap noktalarının yatay doğrulukları

	Yatay Std. (m)	**Yatay min. mesafe (m)**	**Yatay max. mesafe (m)**	**Ort. (m)**
3DEP 10m	18,266 ($M_i = 20$)	1,701	98,706	25,648
3DEP 30m	17,506 ($M_i = 60$)	1,815	95,193	24,821
ASTER 30m	22,132 ($M_i = 60$)	4,137	99,984	45,120
SRTM 30m	23,603 ($M_i = 60$)	2,338	98,434	43,882
SRTM 90m	23,425 ($M_i = 180$)	2,654	98,309	54,520

Çalışma bölgesinin tepelik olması nedeniyle akarsular ağaçsı formdadır. Bu nedenle, düz alanlar ve paralel çizgiler oluşmamış ve bu konuda düzeltmeler yapılmamıştır. Gelecek çalışmalarda, düz alanlar içeren bölgelerde paralellik ve düz alan etkisi giderilerek havza alanlarının türetilmesi amacıyla çalışmalar yapılması planlanmaktadır. Ayrıca, RST yöntemine ölçek parametresi eklenerek 1:24,000 ölçeğine uygun yeni bir eşik değer hesaplama yönteminin geliştirilmesi düşünülmektedir. Geliştirilen ampirik formüle alternatif bir model, yapay zeka yöntemlerinden faydalanılarak kurgulanabilir.

KAYNAKÇA

[1] V. T. Chow, *Anolied hydrology*. New York: McGraw-Hill Professional, 1988.

[2] J. F. Ocallaghan and D. M. Mark, "The extraction of drainage networks from digital elevation data," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 28, 3, 323–344, 1984.

[3] D. M. Mark, "Network models in geomorphology. In: M. G. Anderson (Eds.), *Modelling Geomorphological Systems*. Wiley, New York, 73-97, 1988.

[4] S. K. Jenson and J. O. Dominque, "Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, 11, 1593-1600, 1988.

[5] I. D. Moore, R. B. Grayson, and A. R. Ladson, "Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications," *Hydrological Processes*, 5, 1, 3–30, 1991.

[6] G. Tang, *A research on the accuracy of digital elevation models*. Beijing: Science Press, 2000.

[7] F. Olivera, J. Furmans, D. R. Maidment, D. Djokic, and Z. Ye, *Arc Hydro: GIS for water resources*. D. R. Maidment (Eds.). Redlands: ESRI, 2002.

[8] R. A. Heine, C. L. Lant, and R. R. Sengupta, "Development and Comparison of Approaches for Automated Mapping of Stream Channel Networks," *Annals of the Association of American Geographers*, 94, 3, 477–490, 2004.

[9] T. Gökgöz, N. Uluğtekin, M. Başaraner, F. Gülgen, A. Ö. Doğru, S. Bilgi, M. A. Yücel, S. Çetinkaya, M. Selçuk and D. Uçar, "Watershed Delineation from Grid DEMs in GIS: Effects of Drainage Lines and Resolution, Proceedings of 10th International Specialised Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management, Istanbul, Turkey, 2006.

[10] S. Grimaldi, F. Nardi, F. D. Benedetto, E. Istanbulluoglu, and R. L. Bras, "A physically-based method for removing pits in digital elevation models," *Advances in Water Resources*, 30, 10, 2151–2158, 2007.

[11] D. G. Tarboton, R. L. Bras, and I. Rodriguez-Iturbe, "On the extraction of channel networks from digital elevation data," *Hydrological Processes*, 5, 1, 81–100, 1991.

[12] F. Gülgen and T. Gökgöz, "A new algorithm for extraction of continuous channel networks without problematic parallels from hydrologically corrected DEMs," *Boletim de Ciencias Geodesicas*, 16, 1, 20-38, 2010.

[13] A. M. Castronova and J. L. Goodall, "A Hierarchical Network-Based Algorithm For Multi-Scale Watershed Delineation," *Computers & Geosciences*, 72, 156-166, 2014.

[14] H. R. D. A. Freitas, C. D. C. Freitas, S. Rosim, and J. R. D. F. Oliveira, "Drainage networks and watersheds delineation derived from TIN-based digital elevation models," *Computers & Geosciences*, 92, 21–37, 2016.

[15] H. Zhang, Z. Yao, Q. Yang, S. Li, J. E. Baartman, L. Gai, M. Yao, X. Yang, C. J. Ritsema, and V. Geissen, "An integrated algorithm to evaluate flow direction and flow accumulation in flat regions of hydrologically corrected DEMs," *Catena*, 151, 174–181, 2017.

[16] M. Wu, P. Shi, A. Chen, C. Shen, and P. Wang, "Impacts of DEM resolution and area threshold value uncertainty on the drainage network derived using SWAT," *Water SA*, 43, 3, 450, 2017.

[17] G. O. Reddy, N. Kumar, N. Sahu, and S. Singh, "Evaluation of automatic drainage extraction thresholds using ASTER GDEM and Cartosat-1 DEM: A case study from basaltic terrain of Central India," *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21, 1, 95–104, 2018.

[18] T. Gökgöz, M. Erdoğan, K. Seyrek, İ. M. Ozulu "Batı Akdeniz Havzası Sınırlarının Yüksek Doğrulukla Belirlenmesi," *TEKNIK DERGI*, 30, 3, 1-33, 2019.

[19] https://water.usgs.gov/edu/earthrivers.html (20 Ocak 2019)

[20] https://water.usgs.gov/edu/watershed.html (20 Ocak 2019)

[21] https://pubs.usgs.gov/tm/11/a3/pdf/tm11-a3_3ed.pdf (21 Ocak 2019)

[22] http://canacopegdl.com/synonym/catchment-area.html (21 Ocak 2019)

[23] C. Erkek ve N. Ağıralioğlu, *Su Kaynakları Mühendisliği*. İstanbul: İTÜ, 2006.

[24] https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-flow-accumulation-works.htm (24 Ocak 2019)

[25] K. M. Çubukçu, *Planlamada ve Coğrafyada Temel İstatistik ve Mekansal İstatistik*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 2015.

[26] F. J. Massey, "The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit," *Journal of the American Statistical Association*, 46, 253, 68–78, 1951.

[27] M. Kayri, "Araştırmalarda Gruplar Arası Farkın Belirlenmesine Yönelik Çoklu Karşılaştırma (Post-Hoc) Teknikler," *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19, 1, 51-64, 2009.

[28] N. Spiers, B. Manktelow and M. J. Hewitt, *PracticalStatistics Using SPSS*. England: National Institude for Health Research NHS, 2009.

[29] A. Field, *Discovering Statistics using SPSS*. London: SAGE Publications, 2005.

[30] M. F. Hutchinson, J. C. Gallant, "Digital elevation models and representation of terrain shape. In: John P. Wilson, John C. Gallant (Eds.), *Terrain Analiysis: Principles and Aplications*, Wiley, New York, 2, 29-50, 2000.

[31] M. F. Hutchinson, "Adding the Z-dimension. In: J. P. Wilson and A. S. Fotheringham (Eds.)," *Handbook of Geographic Information Science*, Blackwell, 144-168, 2008.

[32] https://gisgeography.com/dem-dsm-dtm-differences/ (12 Şubat 2019)

[33] https://lpdaac.usgs.gov/node/1079 (12 Şubat 2019)

[34] https://lpdaac.usgs.gov/node/527 (12 Şubat 2019)

[35] https://www.usgs.gov/core-science-systems/ngp/3dep/about-3dep-products-services (13 Şubat 2019)

[36] https://water.usgs.gov/wsc/watershed_finder.html (13 Şubat 2019)

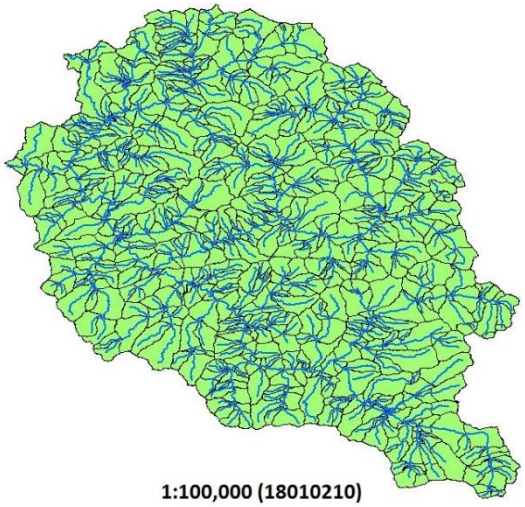
[37] L. E. Johnson, *Geographic Information Systems in Water Resources Engineering*. New York: CRC Press, 2009.

EK-A

DRENAJ AĞLARI VE HAVZA ŞEKİLLERİ

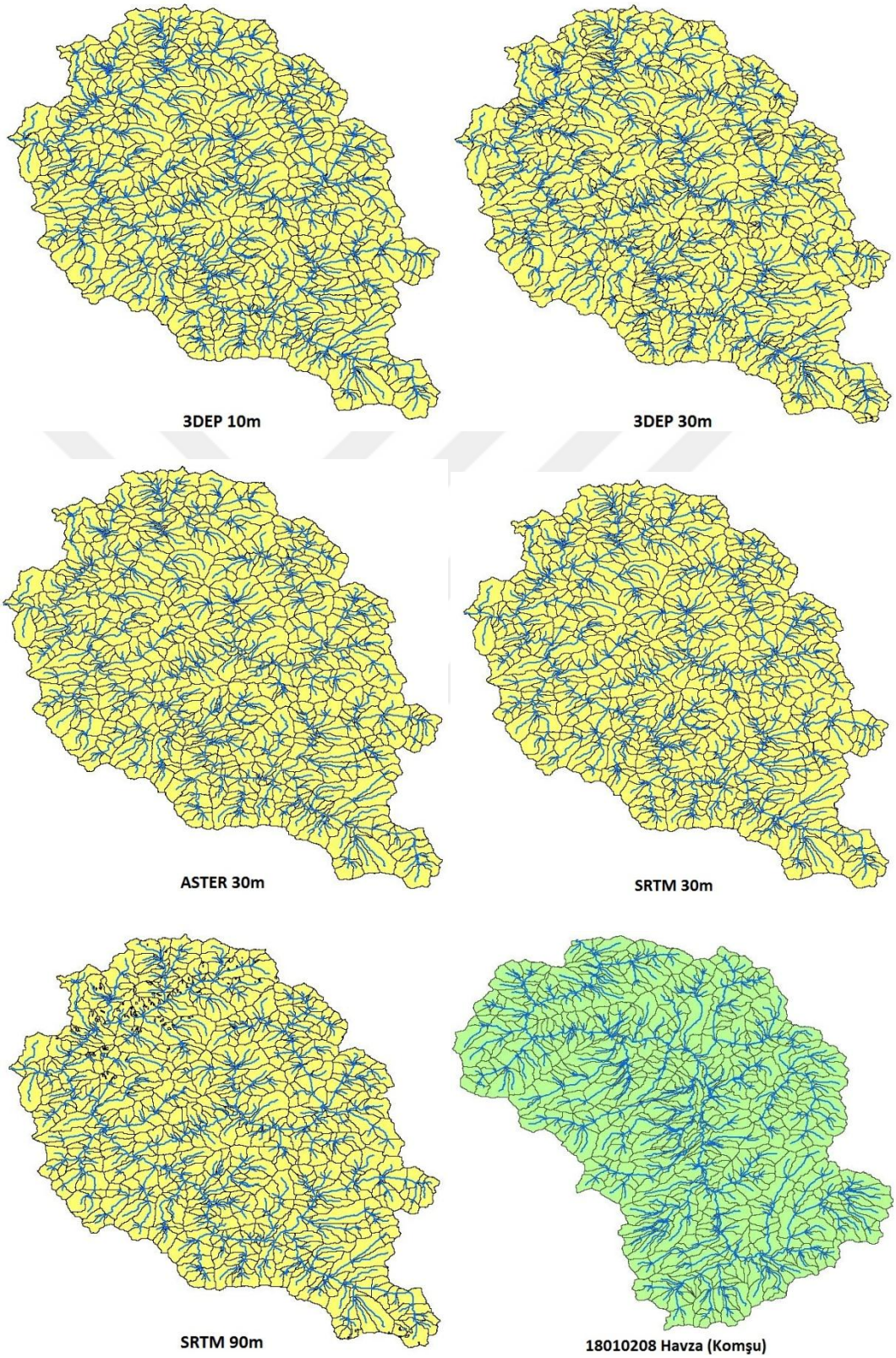
1:100,000 ölçeğine uygun salmon alt havzaları ve drenaj ağları ile deneysel eşik değerler ve %1 eşik değerler ile türetilen alt havzalar ve drenaj ağları aşağıda gösterildiği gibidir.

- 1:100,000 ölçeğine uygun 18010210 nolu havza ve alt havzaları;



1:100,000 (18010210)

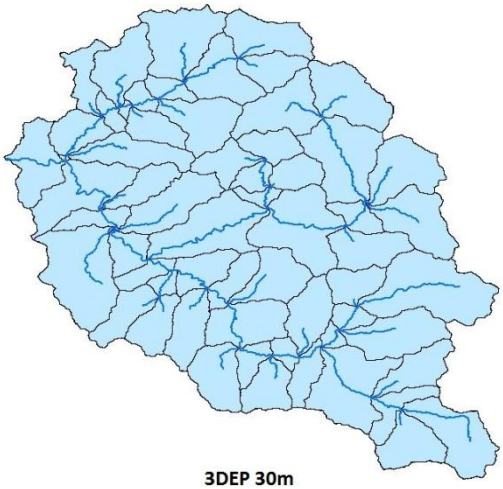
- Deneysel eşik değerler ile türetilen alt havzalar ve drenaj ağları;



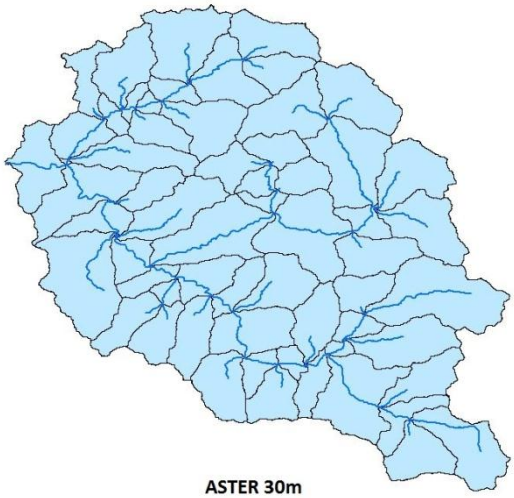
- %1 eşik değerler ile türetilen alt havzalar ve drenaj ağları;



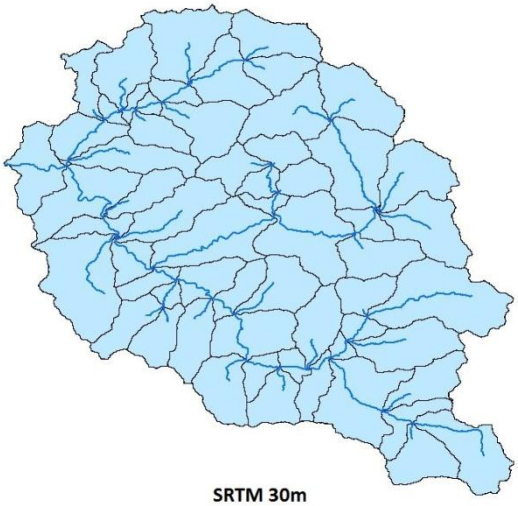
3DEP 10m



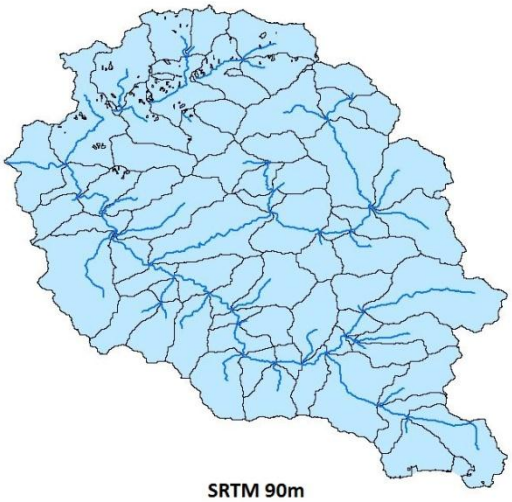
3DEP 30m



ASTER 30m



SRTM 30m



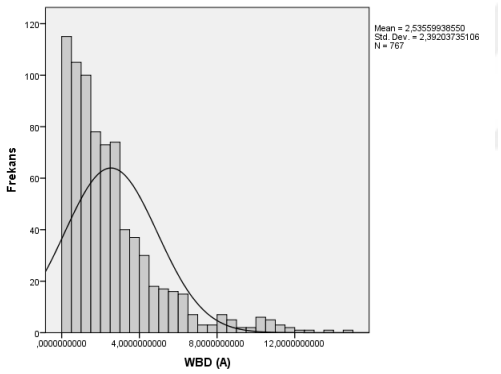
SRTM 90m

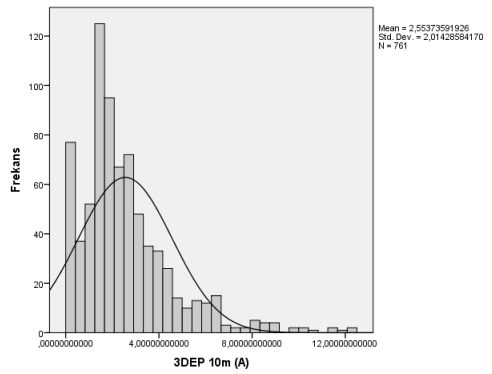
EK-B

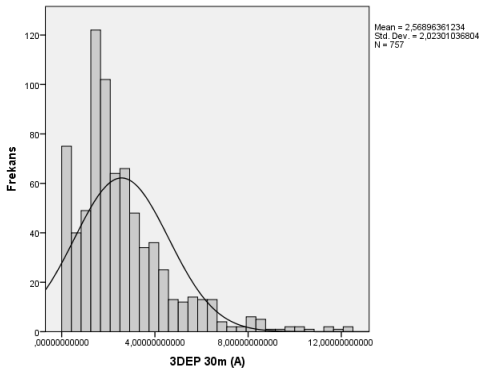
NORMALLİK GRAFİKLERİ

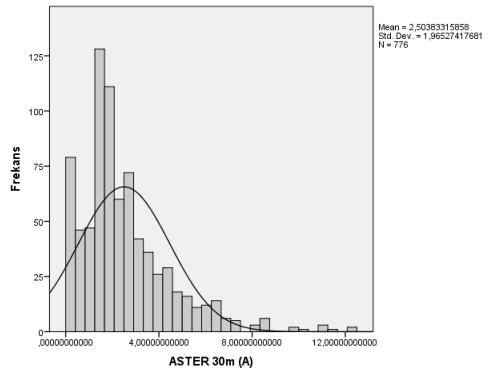
Deneysel eşik değerler ile türetilen havzaların normallik grafikleri aşağıda gösterildiği gibidir.

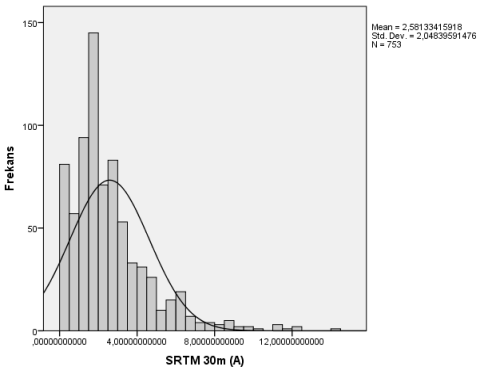
- Alt havza alanları;

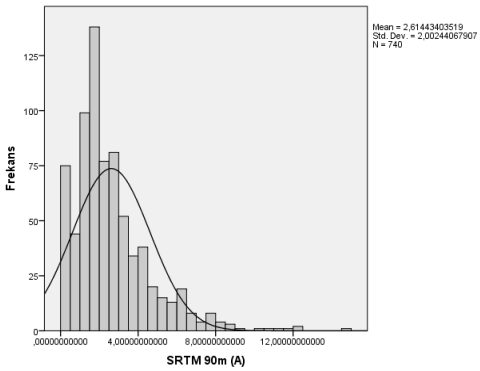


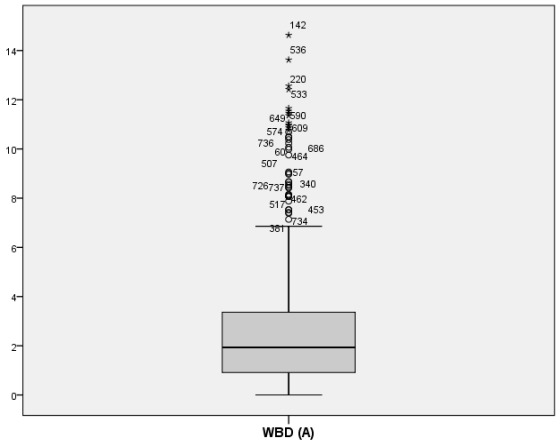


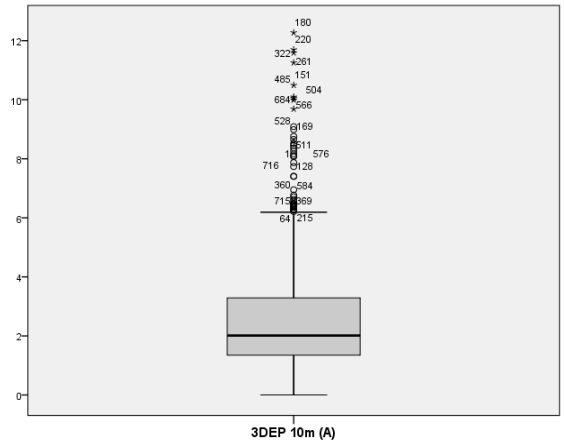


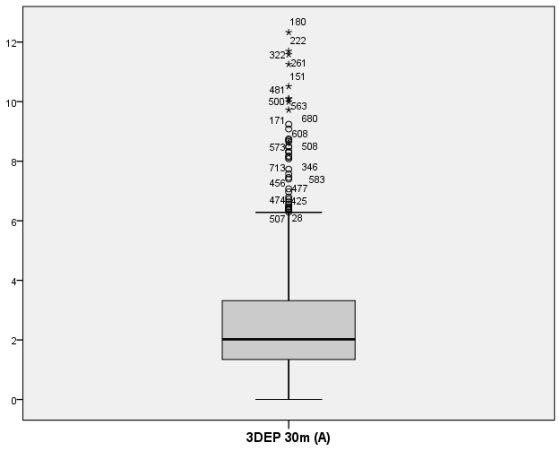


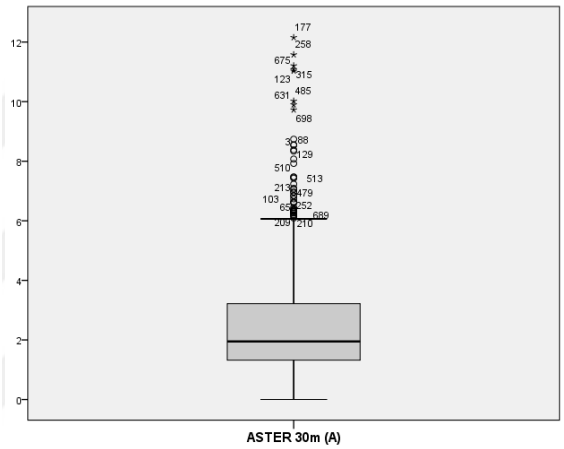

Mean = 2,58133415918
Std. Dev. = 2,04839591476
N = 753
Frekans
150
100
50
0
,00000000000
4,00000000000
8,00000000000
12,00000000000
SRTM 30m (A)

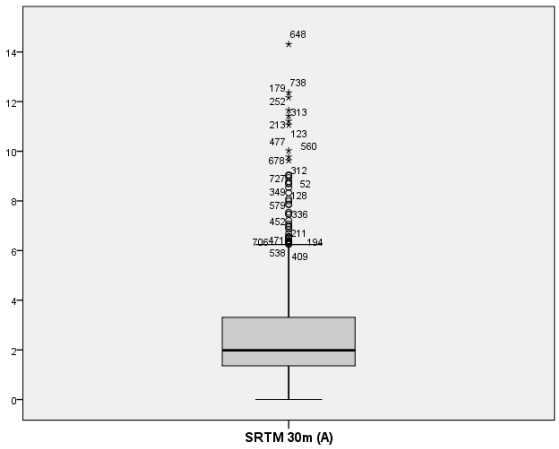

Mean = 2,61443403519
Std. Dev. = 2,00244067907
N = 740
Frekans
125
100
75
50
25
0
,00000000000
4,00000000000
8,00000000000
12,00000000000
SRTM 90m (A)

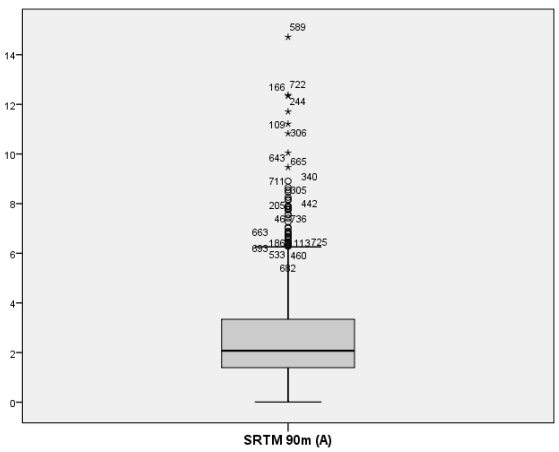

WBD (A)

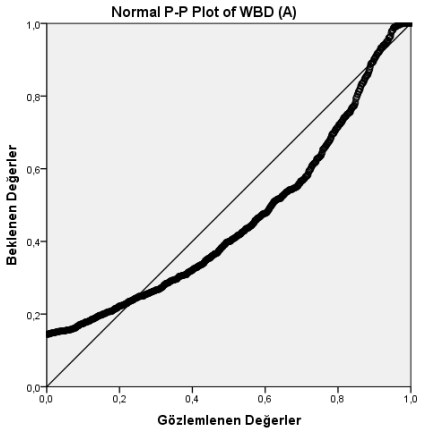

3DEP 10m (A)

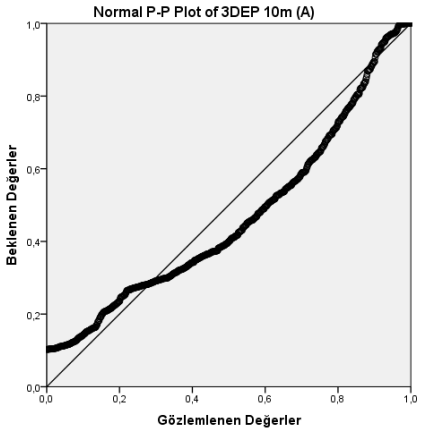

3DEP 30m (A)

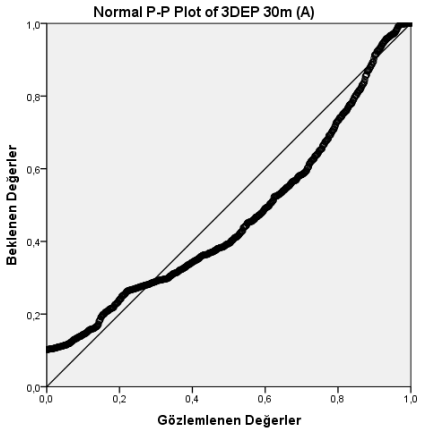

ASTER 30m (A)

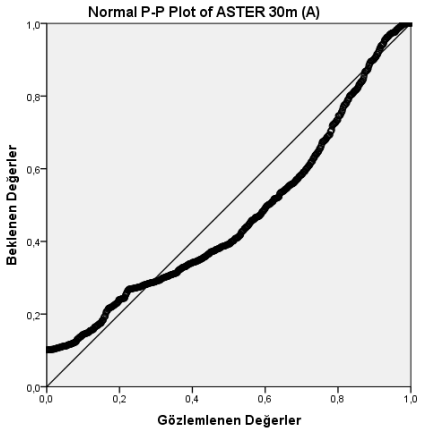

SRTM 30m (A)

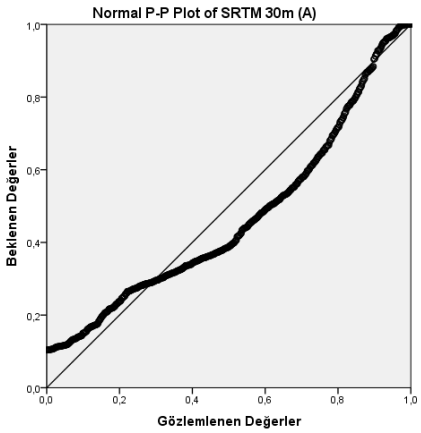

SRTM 90m (A)

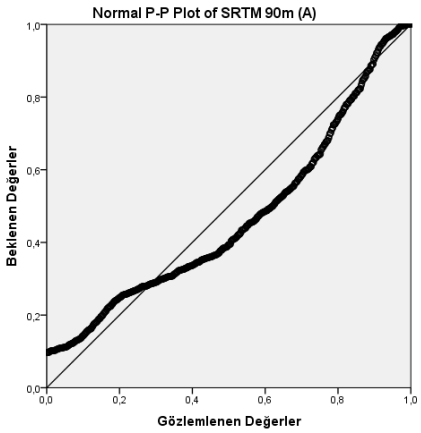

Normal P-P Plot of WBD (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

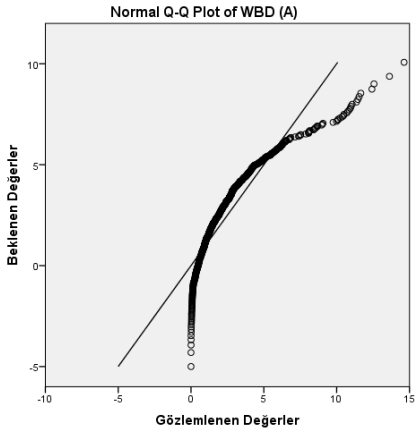

Normal P-P Plot of 3DEP 10m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

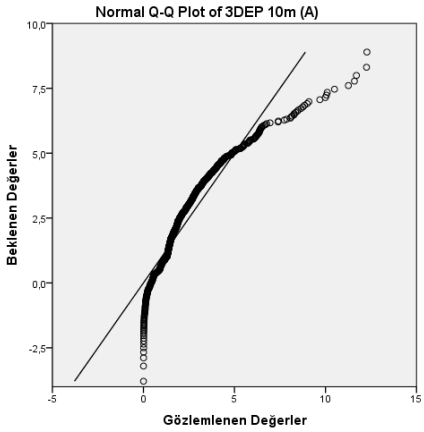

Normal P-P Plot of 3DEP 30m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

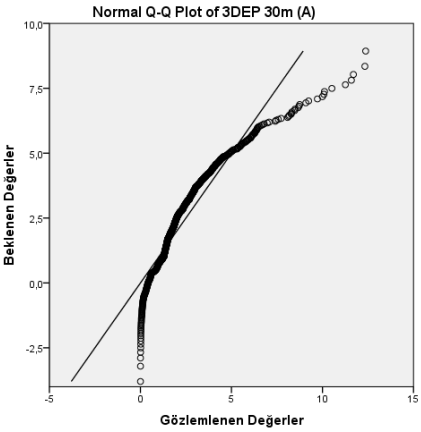

Normal P-P Plot of ASTER 30m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

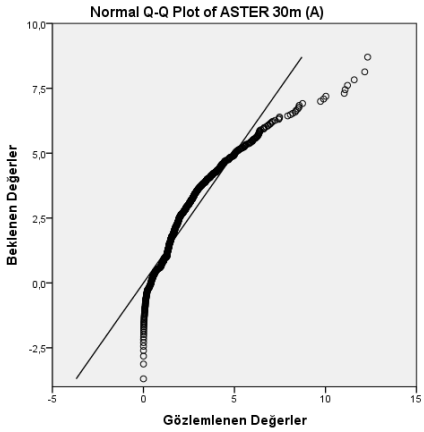

Normal P-P Plot of SRTM 30m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

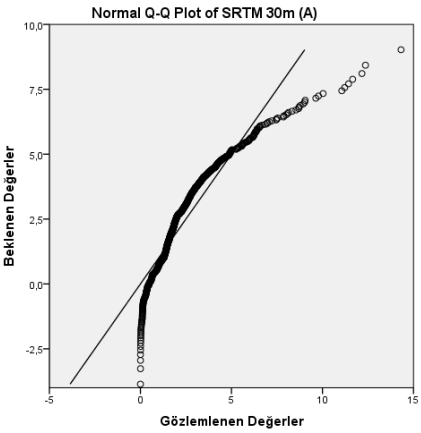

Normal P-P Plot of SRTM 90m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

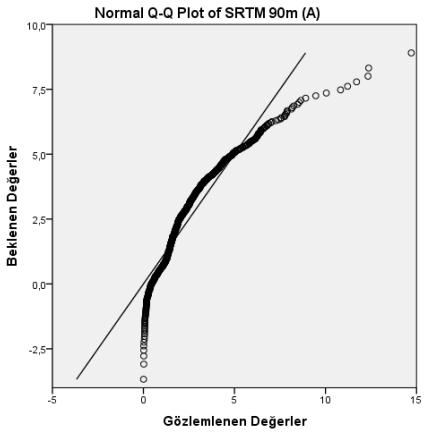

Normal Q-Q Plot of WBD (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler


Normal Q-Q Plot of 3DEP 10m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

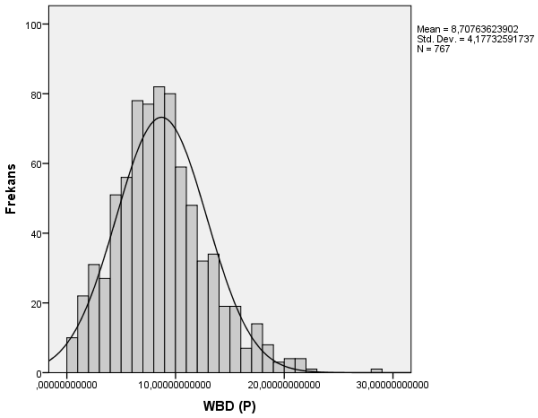

Normal Q-Q Plot of 3DEP 30m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

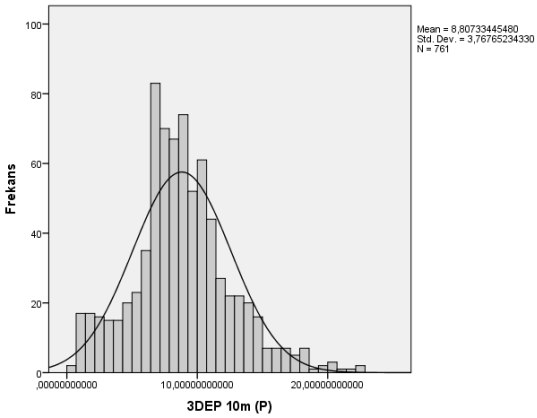

Normal Q-Q Plot of ASTER 30m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

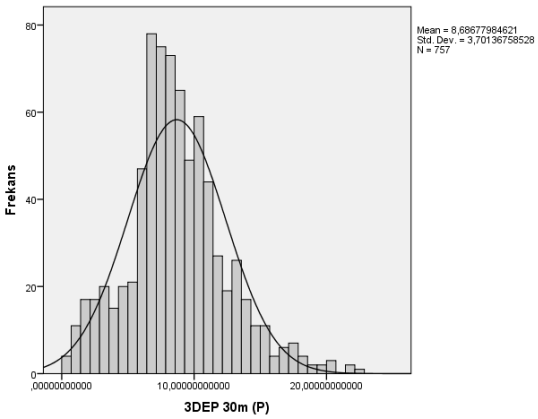

Normal Q-Q Plot of SRTM 30m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

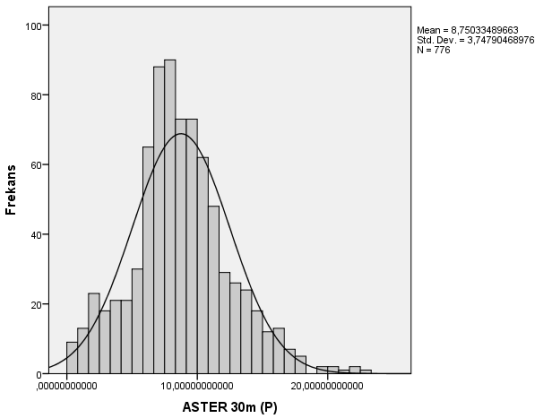

Normal Q-Q Plot of SRTM 90m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

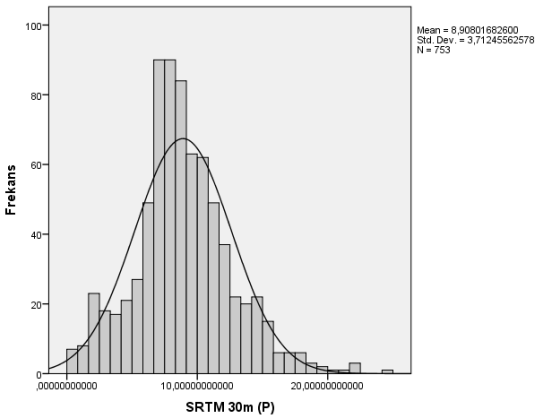
- Alt havza çevre uzunlukları;

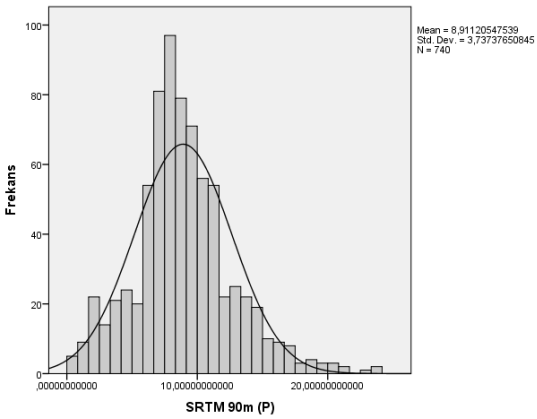


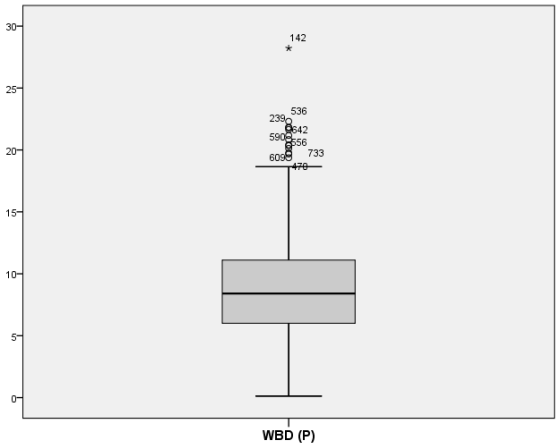


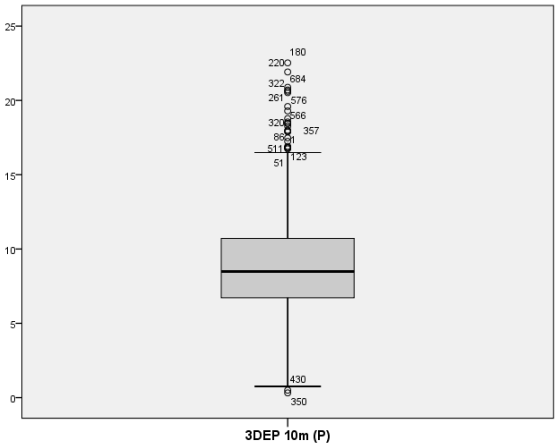


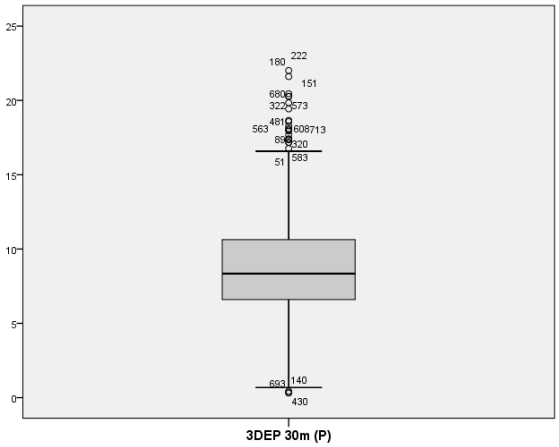


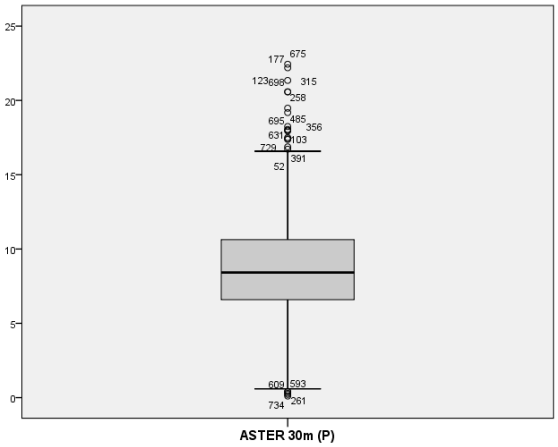


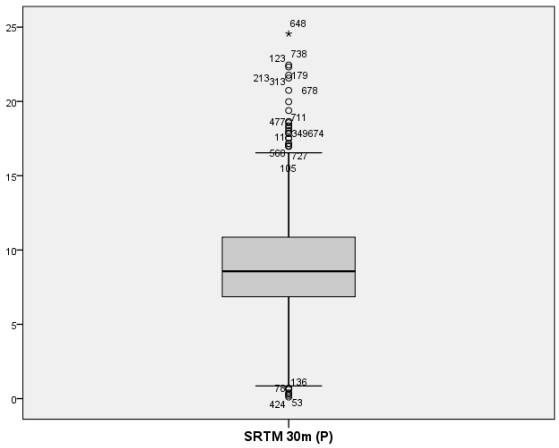


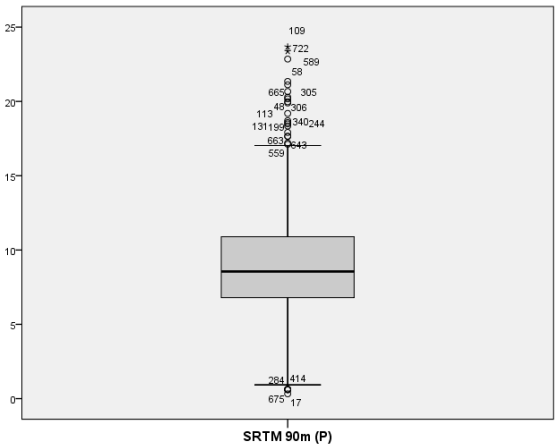

WBD (P)

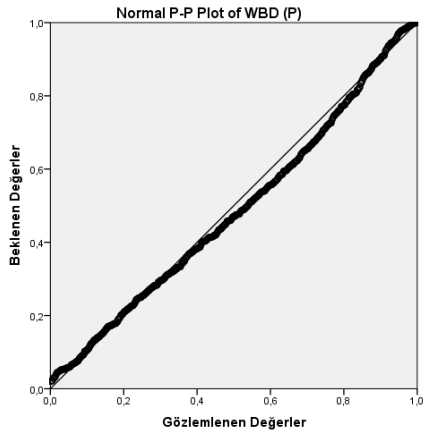

3DEP 10m (P)

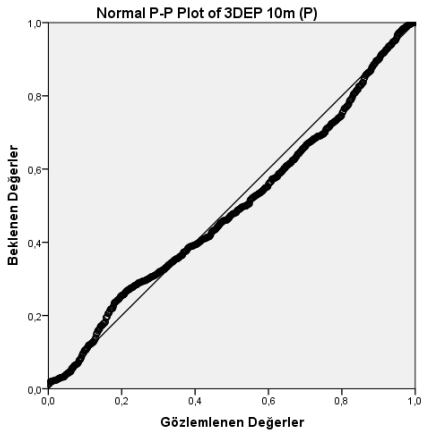

3DEP 30m (P)

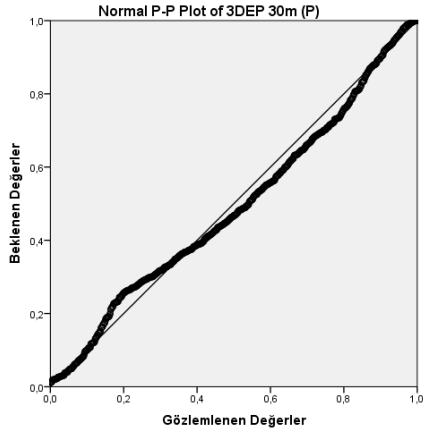

ASTER 30m (P)

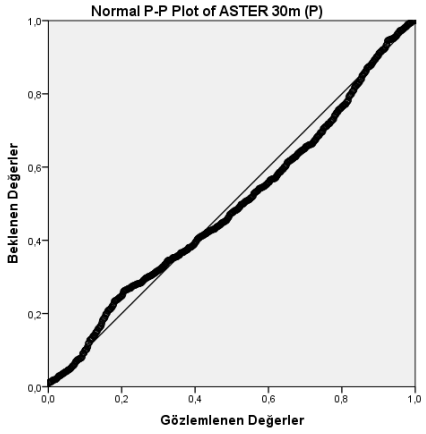

SRTM 30m (P)

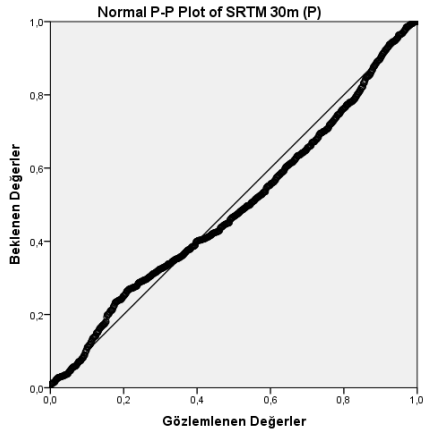

SRTM 90m (P)

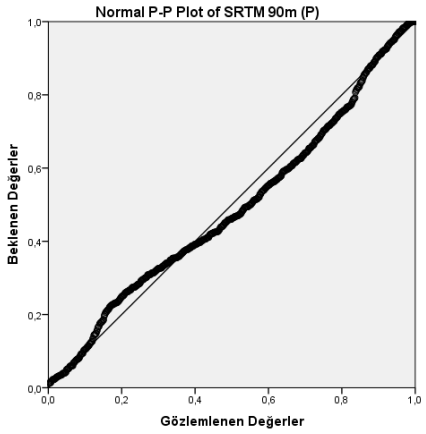

Normal P-P Plot of WBD (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

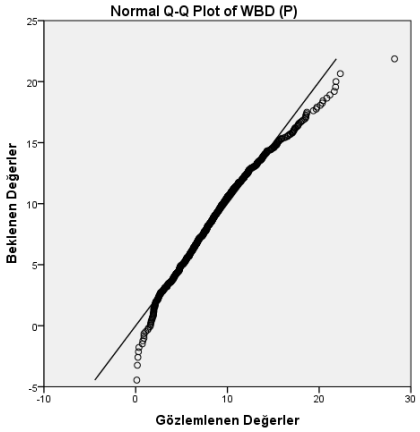

Normal P-P Plot of 3DEP 10m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

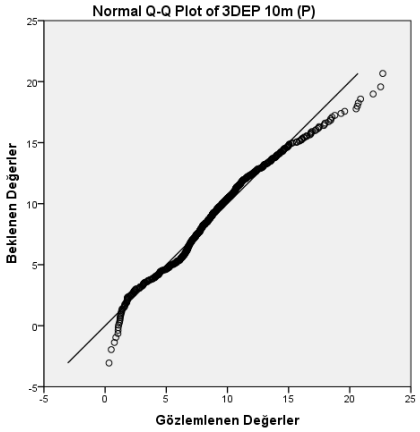

Normal P-P Plot of 3DEP 30m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

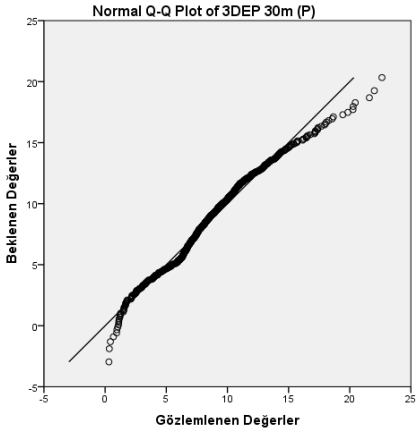

Normal P-P Plot of ASTER 30m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

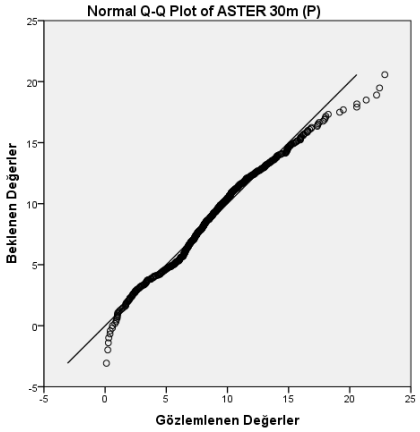

Normal P-P Plot of SRTM 30m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

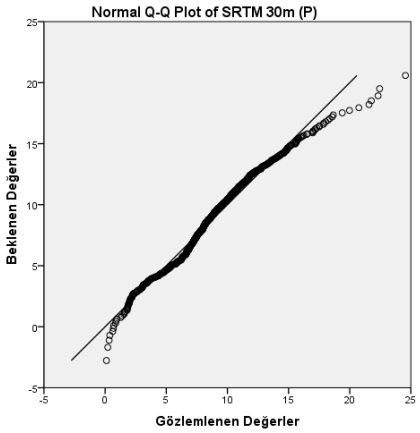

Normal P-P Plot of SRTM 90m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

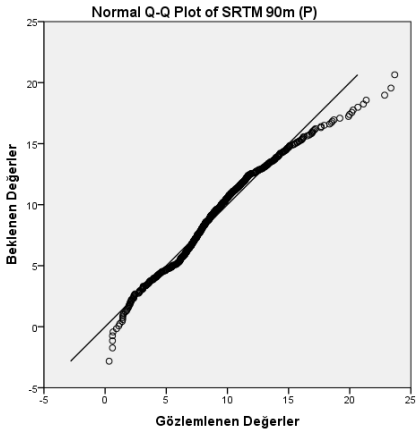

Normal Q-Q Plot of WBD (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler


Normal Q-Q Plot of 3DEP 10m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

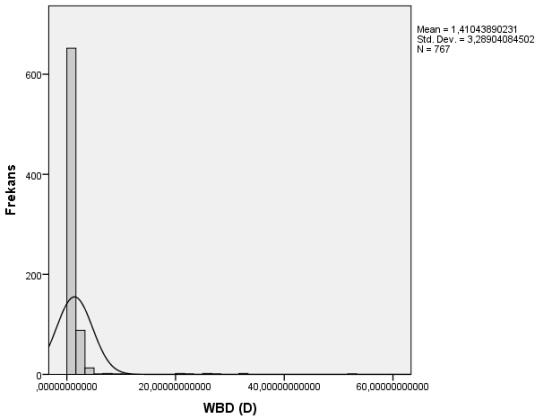

Normal Q-Q Plot of 3DEP 30m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

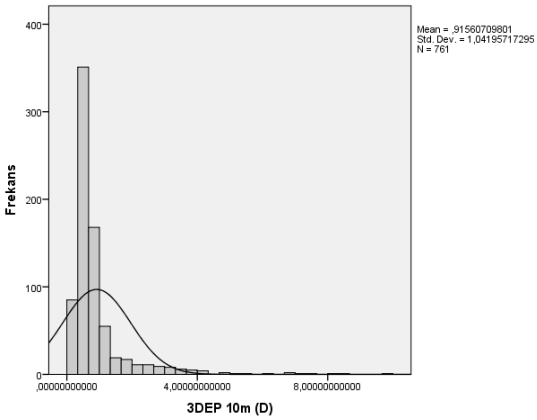

Normal Q-Q Plot of ASTER 30m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

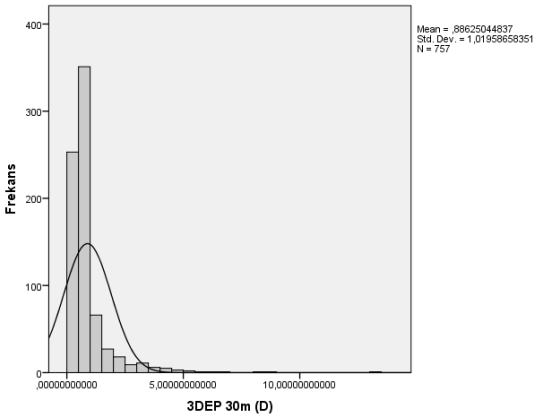

Normal Q-Q Plot of SRTM 30m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

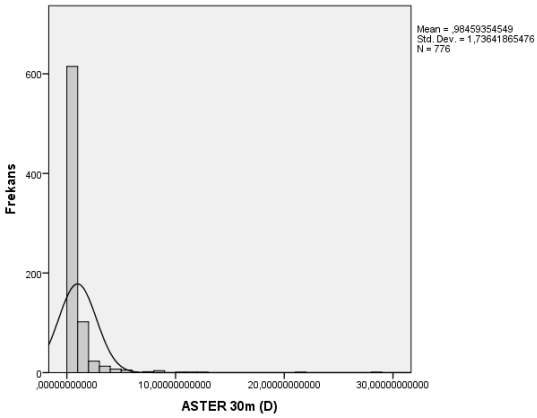

Normal Q-Q Plot of SRTM 90m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

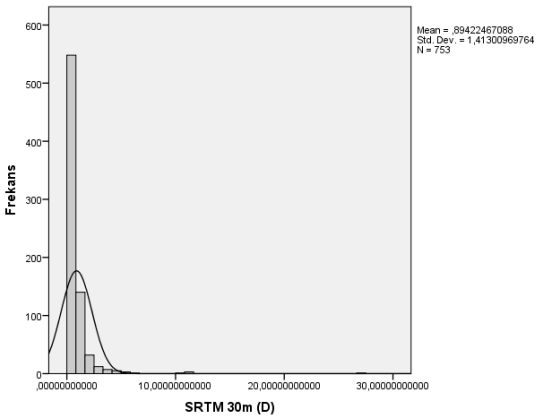
- Alt havza drenaj yoğunlukları;

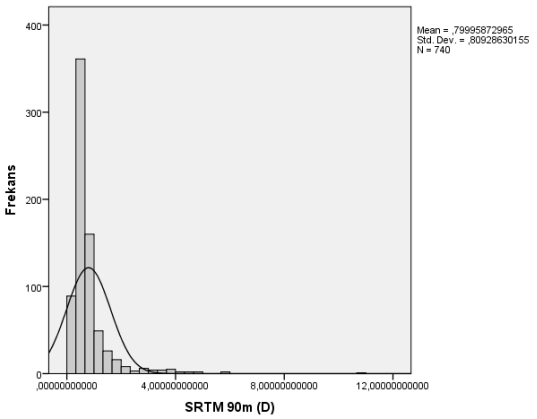


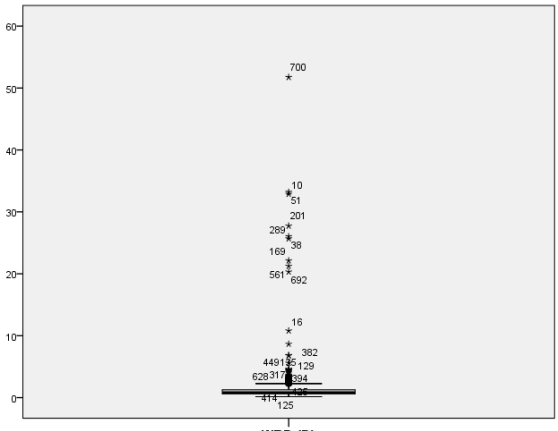


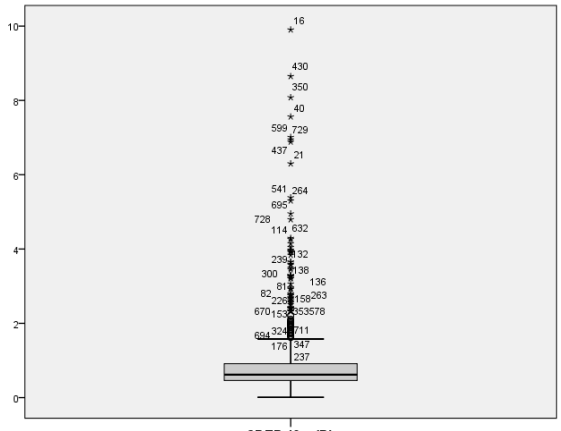


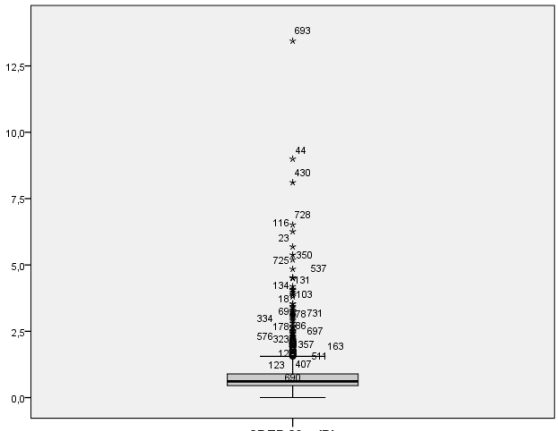


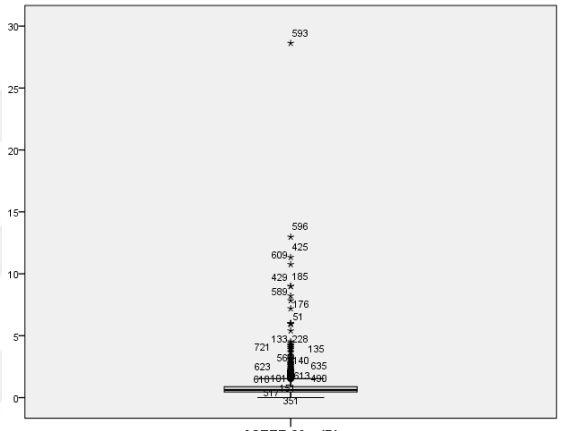


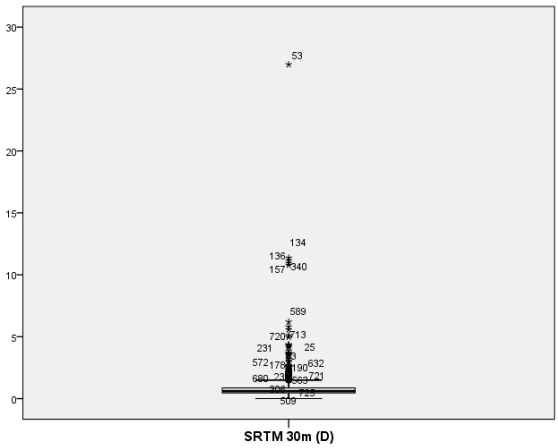


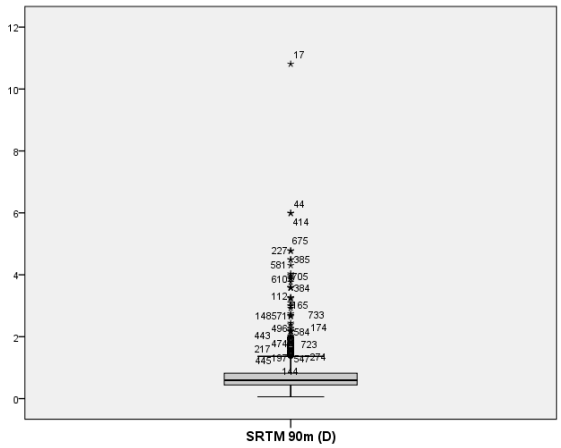

WBD (D)

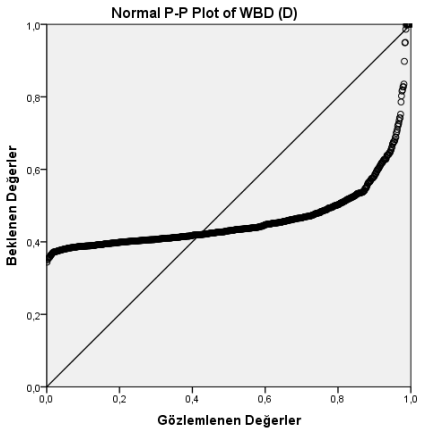

3DEP 10m (D)

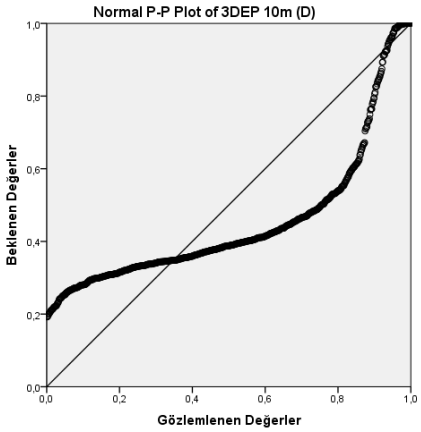

3DEP 30m (D)

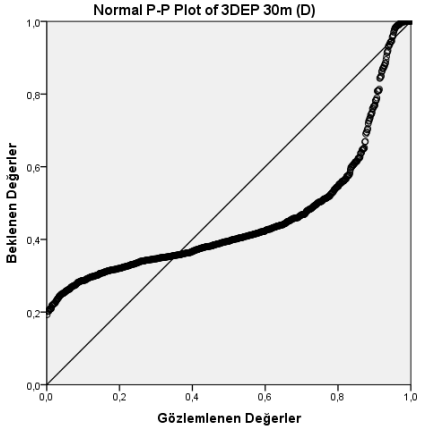

ASTER 30m (D)

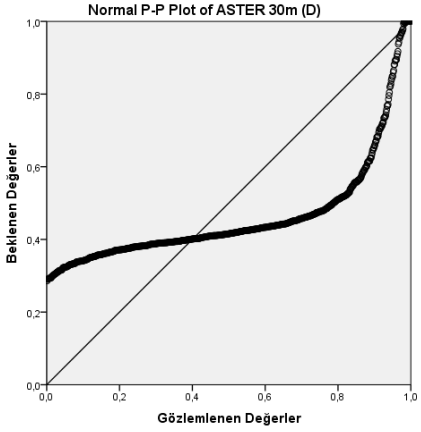

SRTM 30m (D)

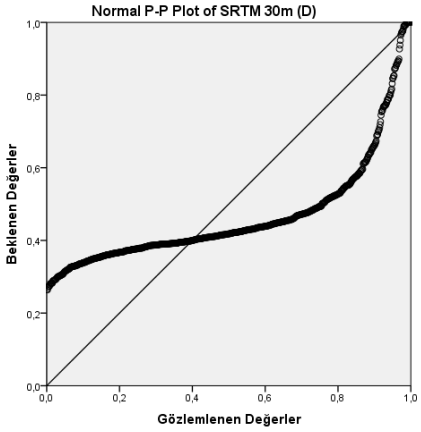

SRTM 90m (D)

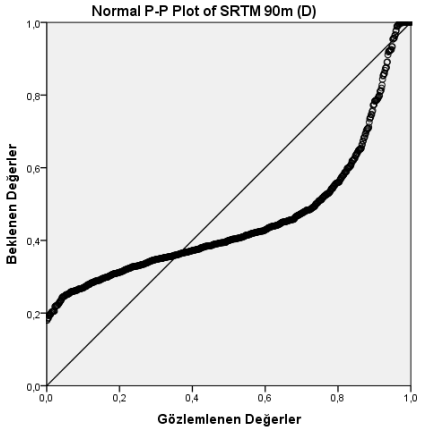

Normal P-P Plot of WBD (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

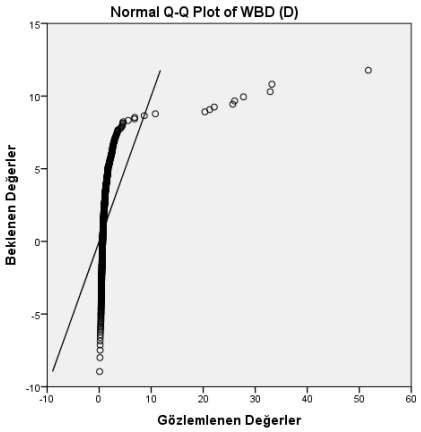

Normal P-P Plot of 3DEP 10m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

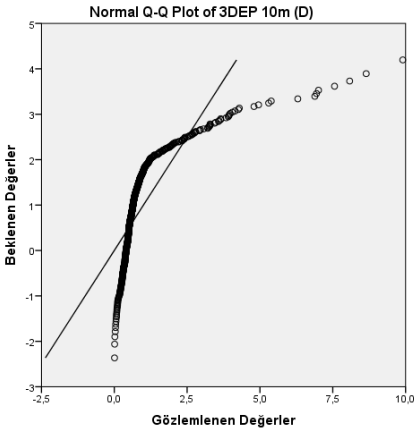

Normal P-P Plot of 3DEP 30m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

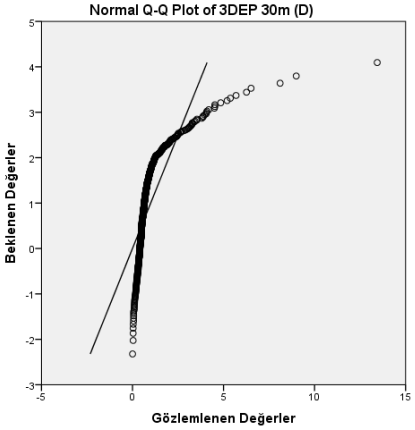

Normal P-P Plot of ASTER 30m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

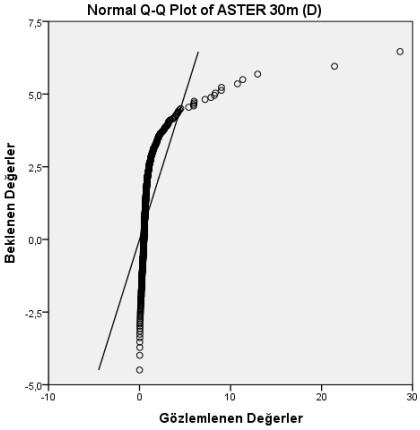

Normal P-P Plot of SRTM 30m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

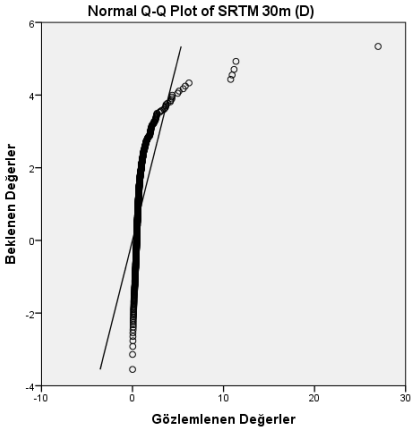

Normal P-P Plot of SRTM 90m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

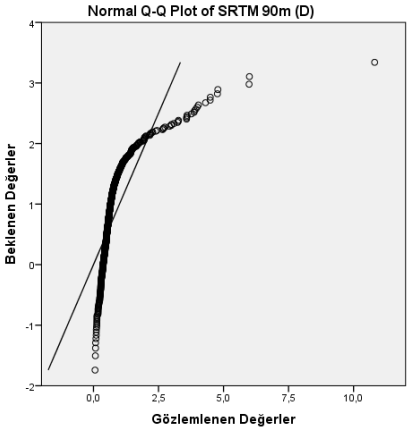

Normal Q-Q Plot of WBD (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler


Normal Q-Q Plot of 3DEP 10m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

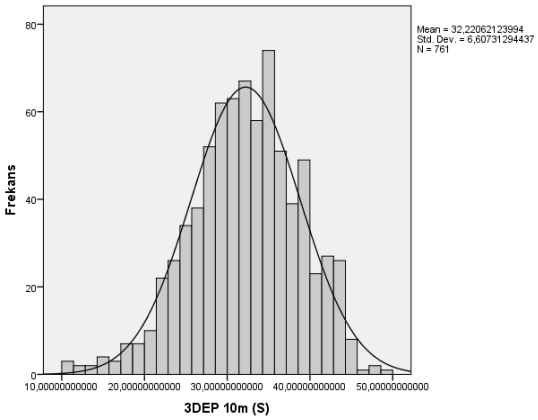

Normal Q-Q Plot of 3DEP 30m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

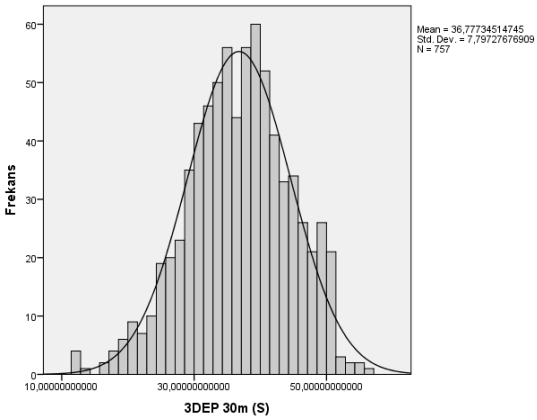

Normal Q-Q Plot of ASTER 30m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

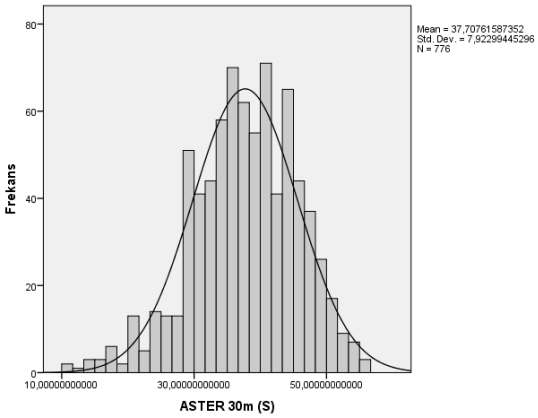

Normal Q-Q Plot of SRTM 30m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

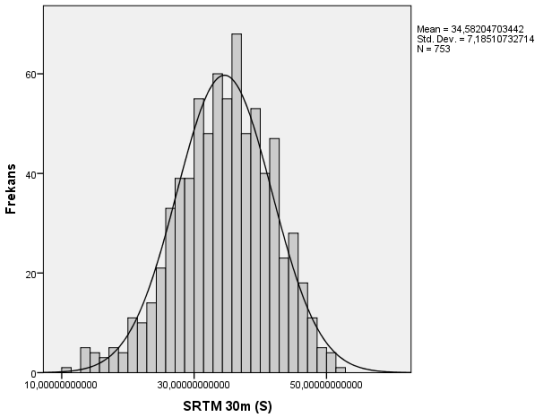

Normal Q-Q Plot of SRTM 90m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

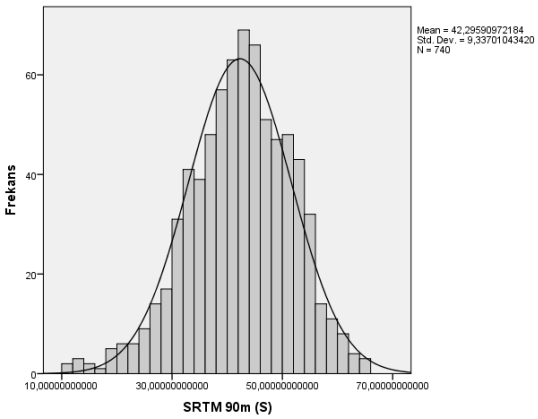
- Alt havza eğim değerleri;

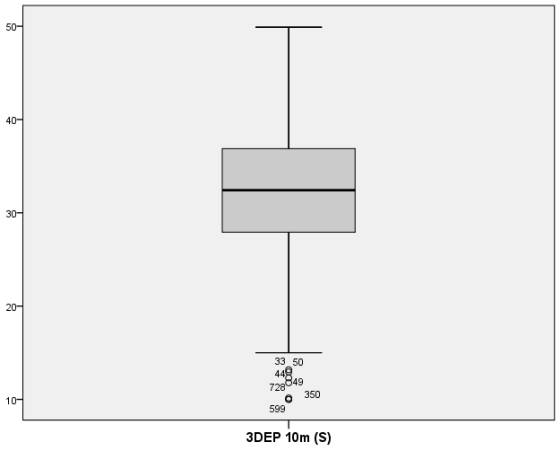




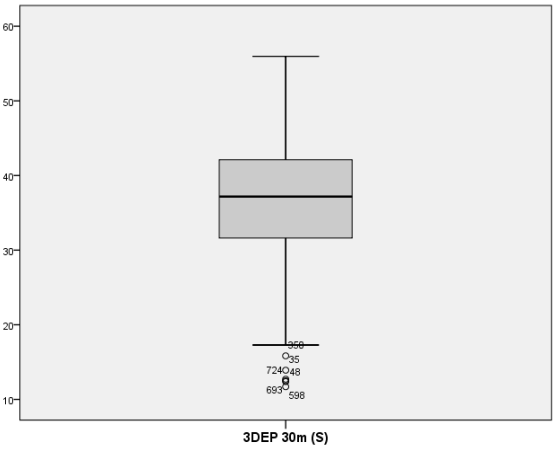




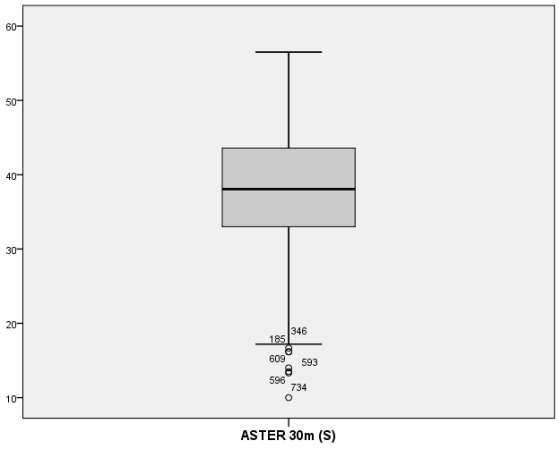




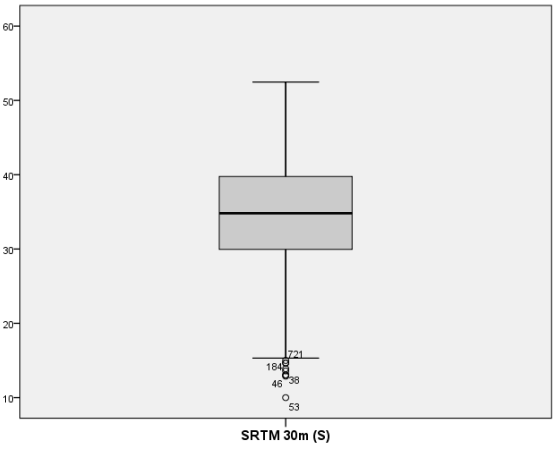
3DEP 10m (S)



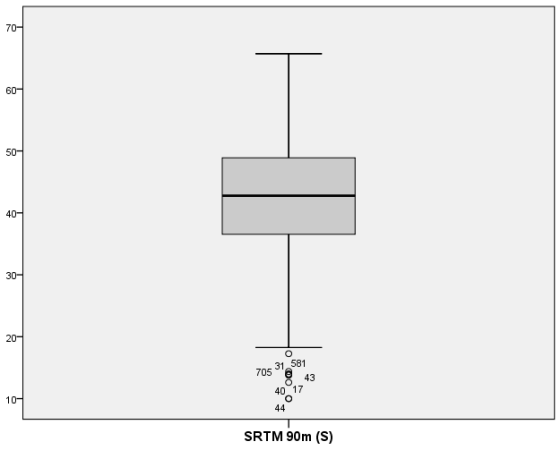
3DEP 30m (S)



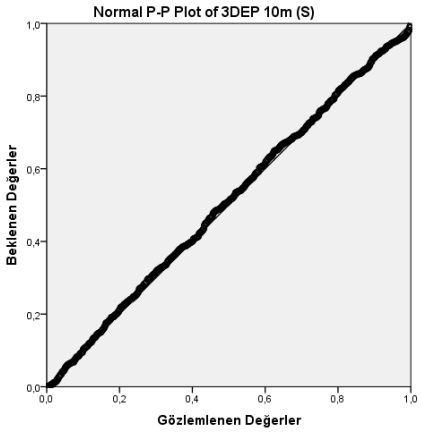
ASTER 30m (S)

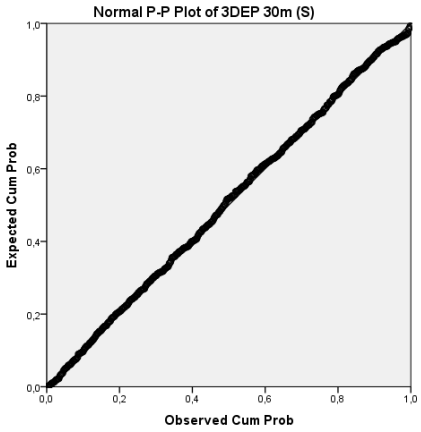


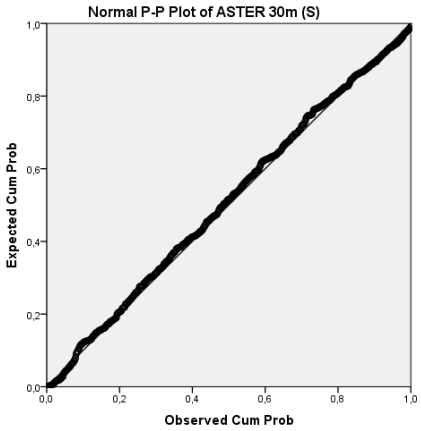
SRTM 30m (S)

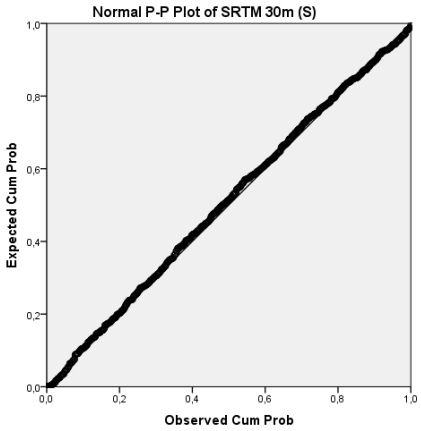


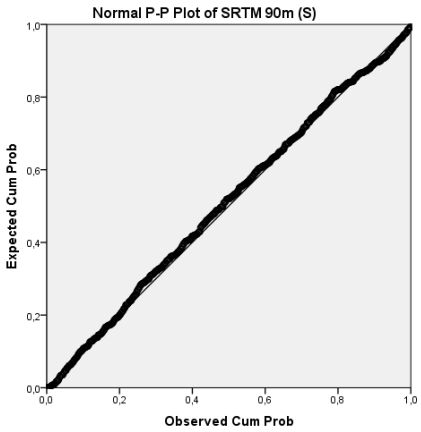
SRTM 90m (S)

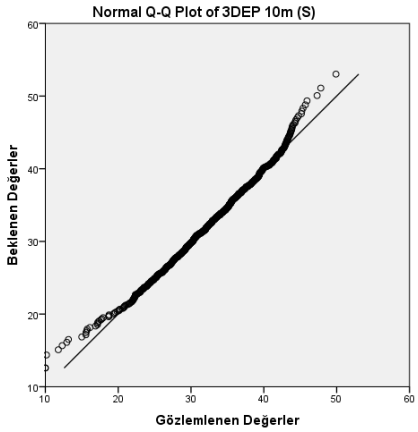

Normal P-P Plot of 3DEP 10m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

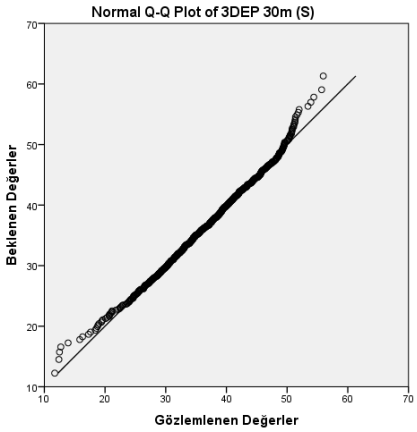

Normal P-P Plot of 3DEP 30m (S)
Expected Cum Prob
Observed Cum Prob
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

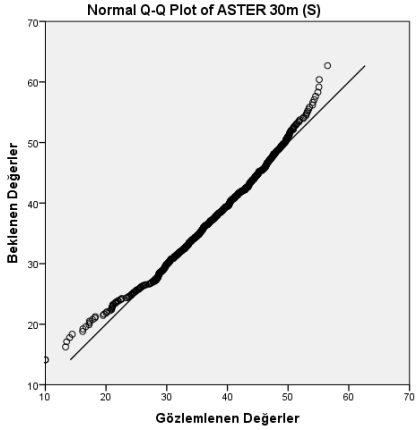

Normal P-P Plot of ASTER 30m (S)
Expected Cum Prob
Observed Cum Prob
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

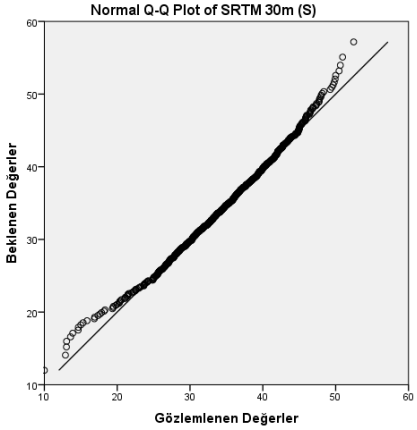

Normal P-P Plot of SRTM 30m (S)
Expected Cum Prob
Observed Cum Prob
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

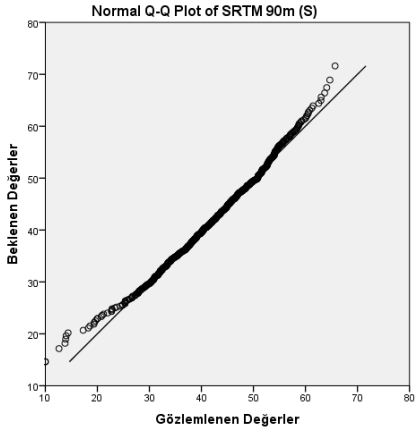

Normal P-P Plot of SRTM 90m (S)
Expected Cum Prob
Observed Cum Prob
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0


Normal Q-Q Plot of 3DEP 10m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler


Normal Q-Q Plot of 3DEP 30m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

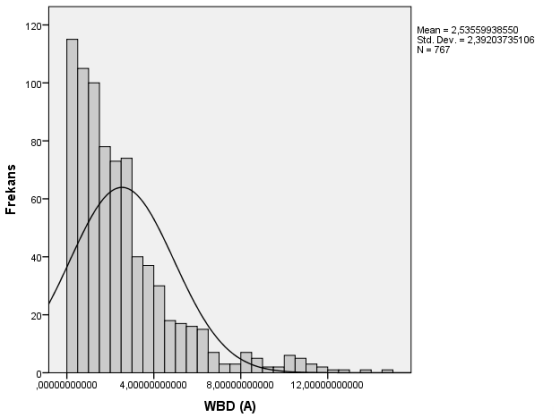

Normal Q-Q Plot of ASTER 30m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

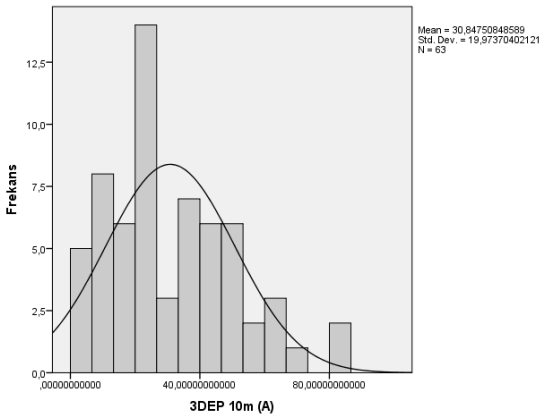

Normal Q-Q Plot of SRTM 30m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

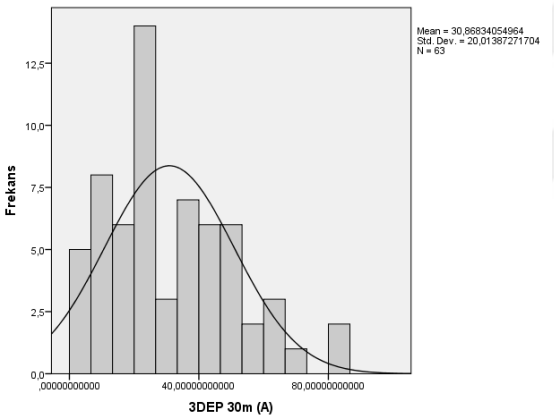

Normal Q-Q Plot of SRTM 90m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

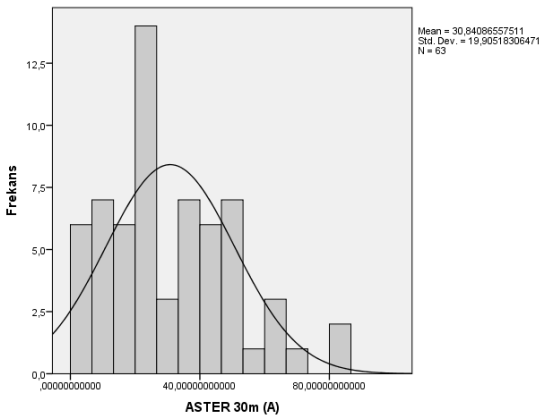
%1 eşik değerler ile türetilen alt havzaların normallik grafikleri aşağıda gösterildiği gibidir.

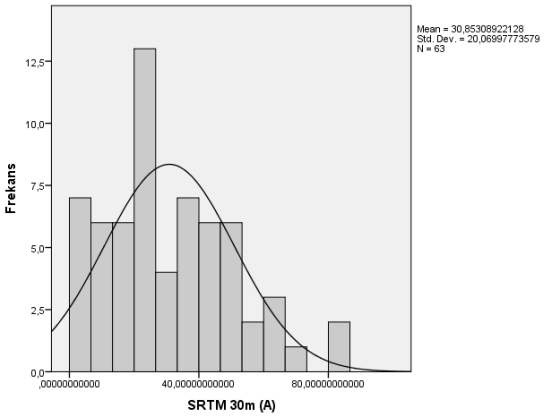
- Alt havza alanları;

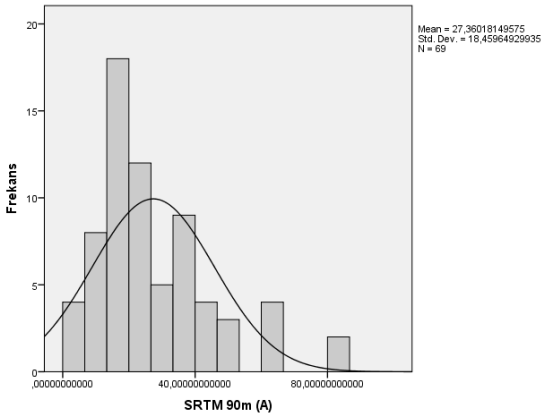


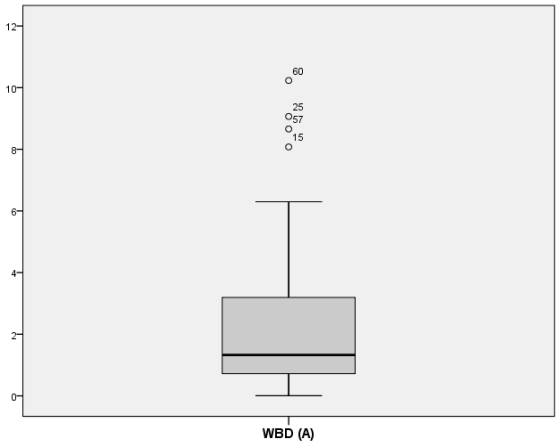


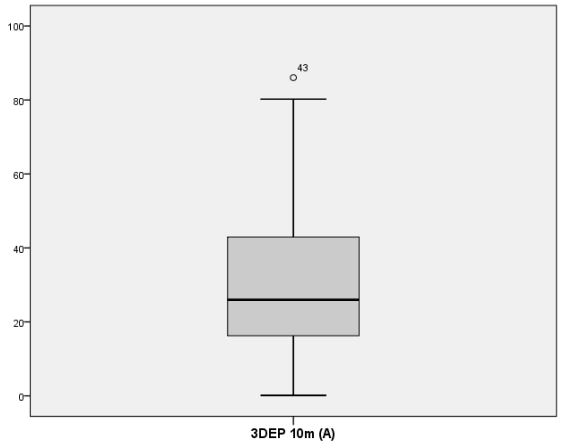


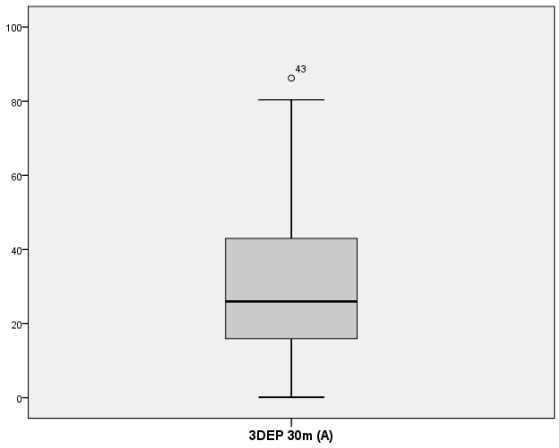




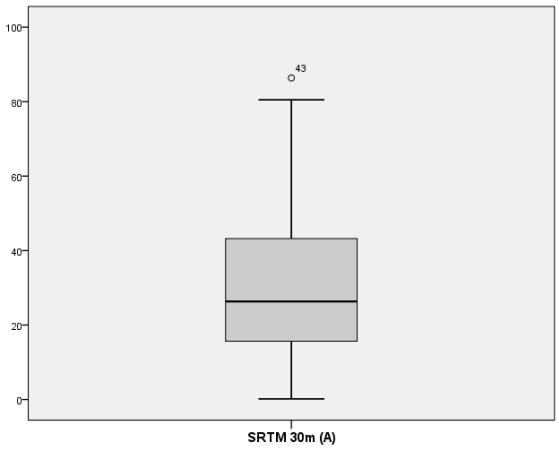


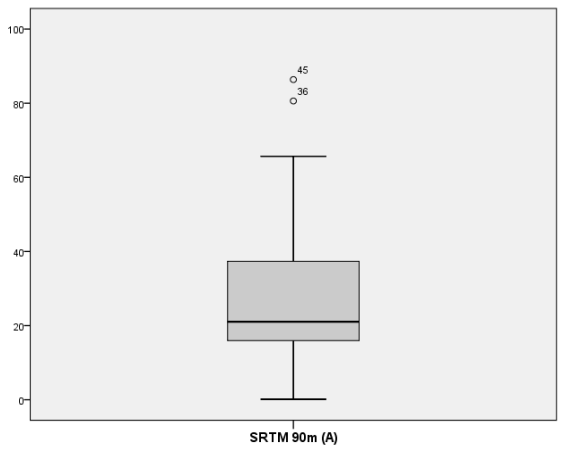

12
10
8
6
4
2
0
60
25
57
15
WBD (A)

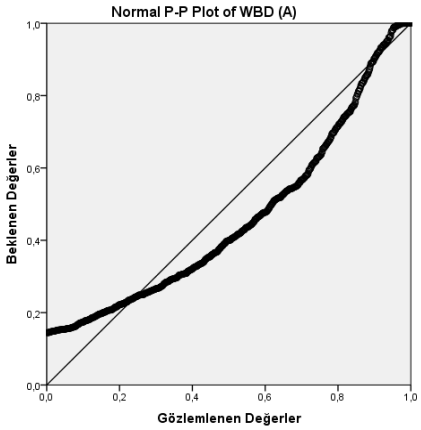

100
80
60
40
20
0
43
3DEP 10m (A)

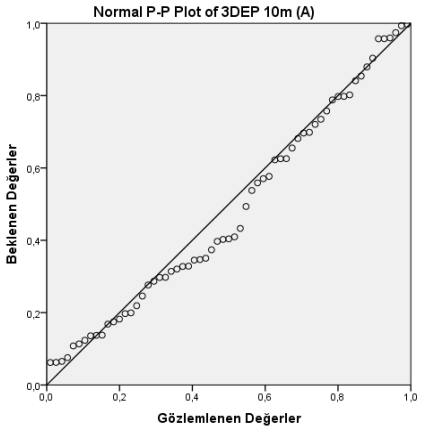

100
80
60
40
20
0
43
3DEP 30m (A)

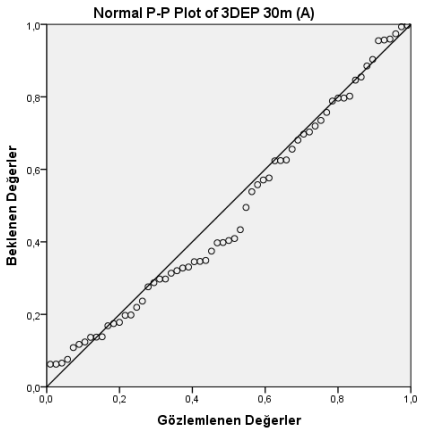

100
80
60
40
20
0
43
ASTER 30m (A)

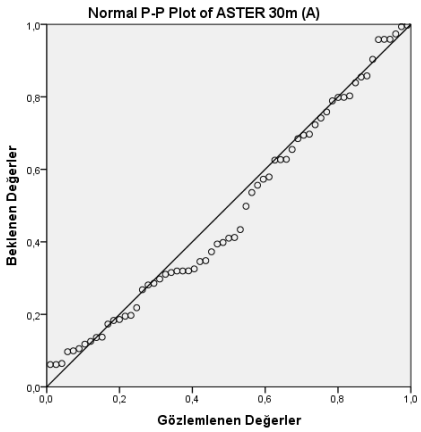

100
80
60
40
20
0
43
SRTM 30m (A)

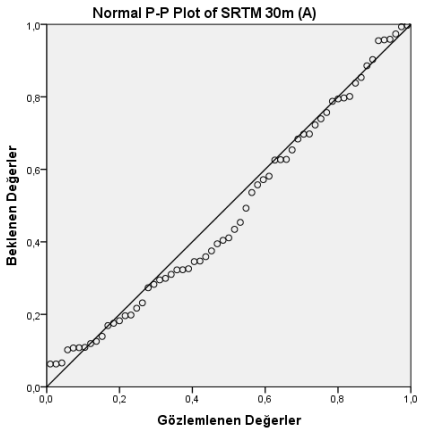

100
80
60
40
20
0
45
36
SRTM 90m (A)

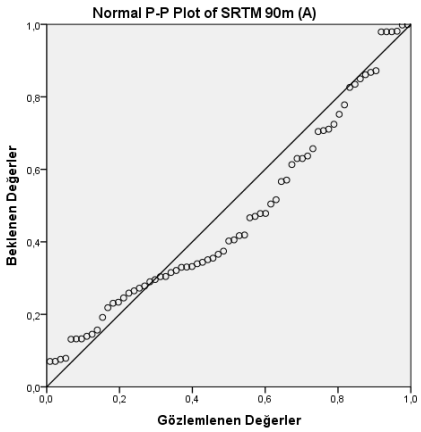

Normal P-P Plot of WBD (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

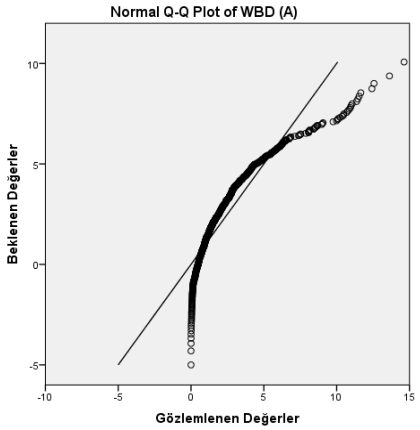

Normal P-P Plot of 3DEP 10m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

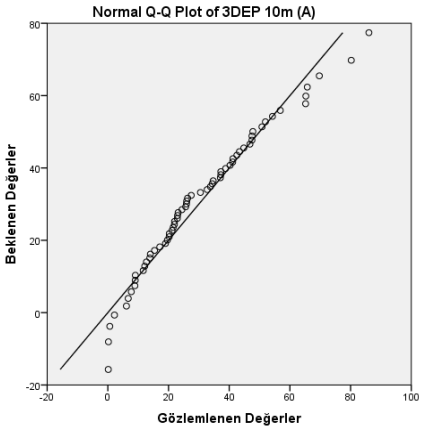

Normal P-P Plot of 3DEP 30m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

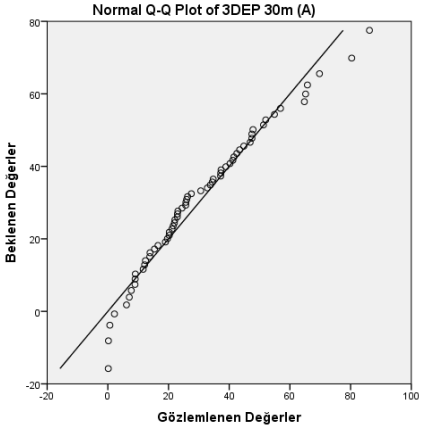

Normal P-P Plot of ASTER 30m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

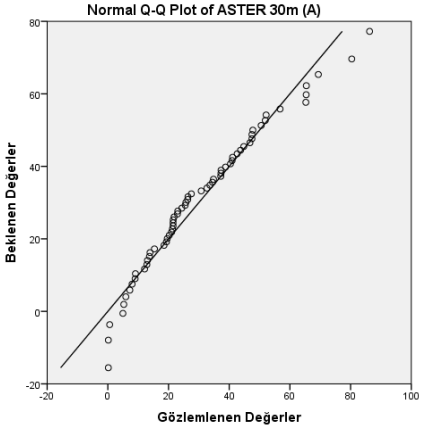

Normal P-P Plot of SRTM 30m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

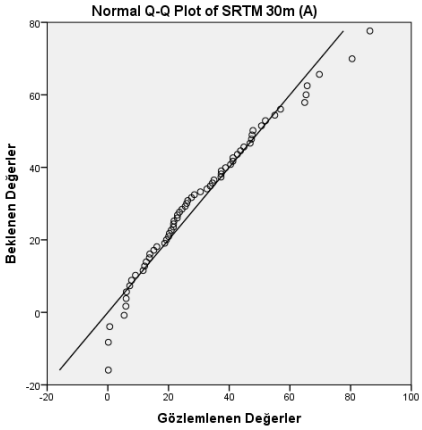

Normal P-P Plot of SRTM 90m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

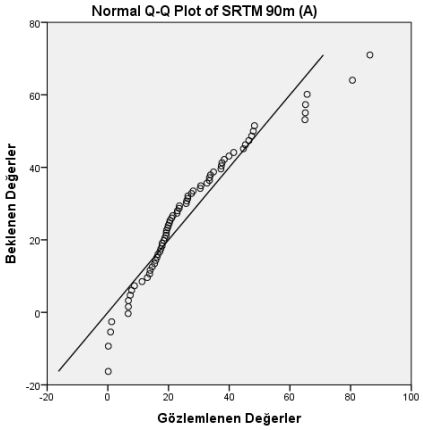

Normal Q-Q Plot of WBD (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler


Normal Q-Q Plot of 3DEP 10m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

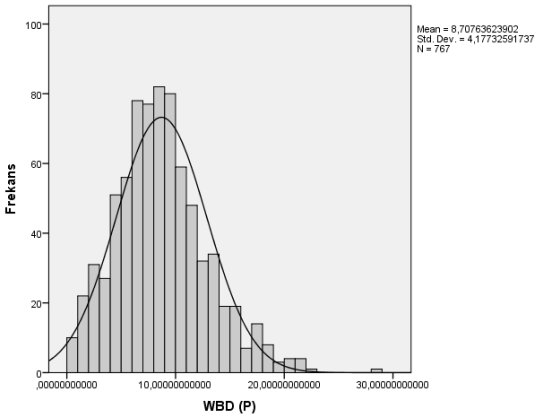

Normal Q-Q Plot of 3DEP 30m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

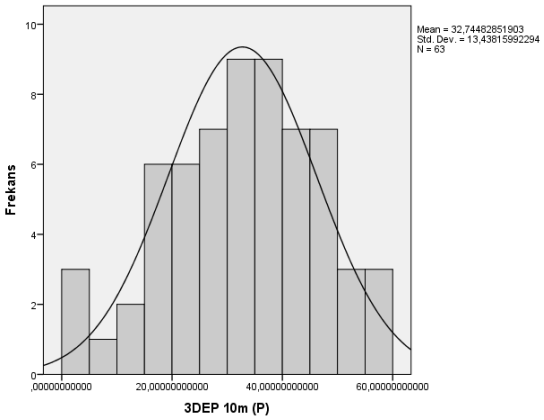

Normal Q-Q Plot of ASTER 30m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

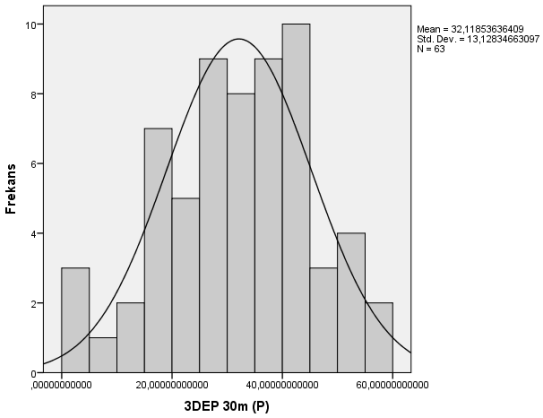

Normal Q-Q Plot of SRTM 30m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

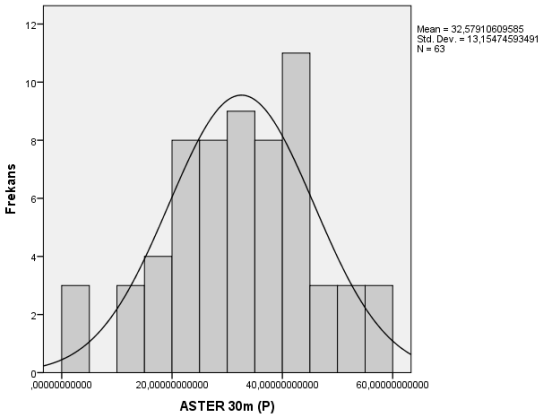

Normal Q-Q Plot of SRTM 90m (A)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

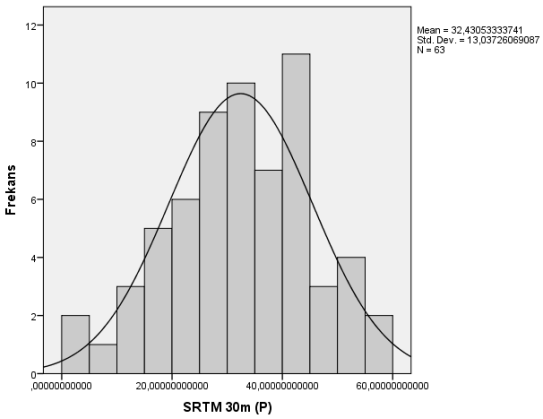
- Alt havza çevre uzunlukları;

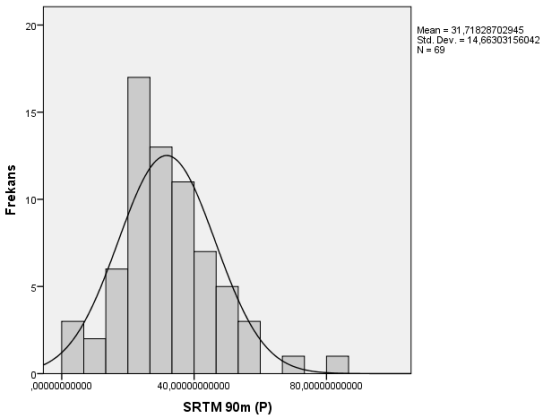




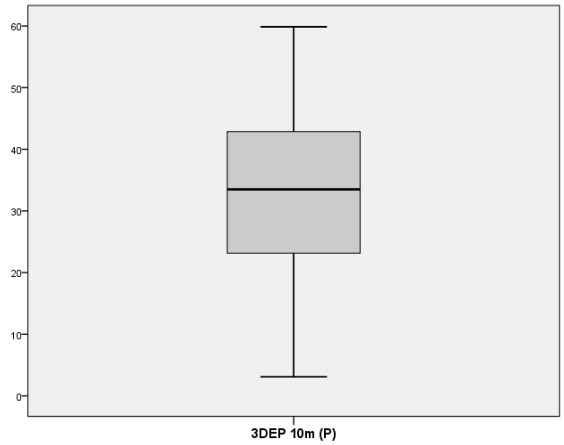


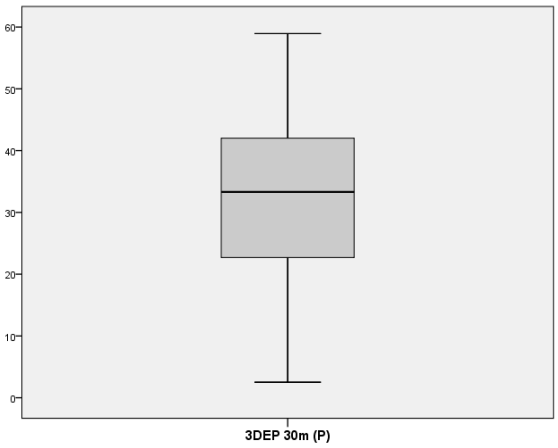


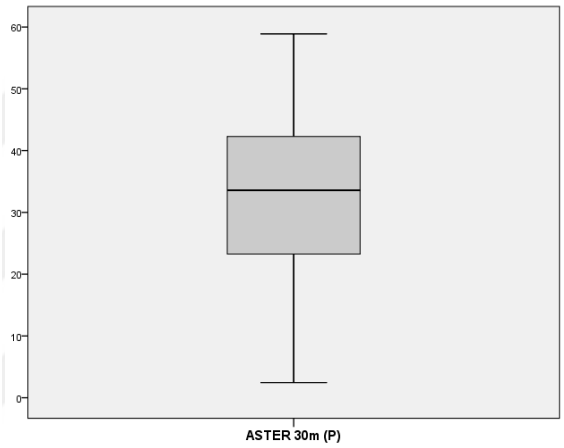


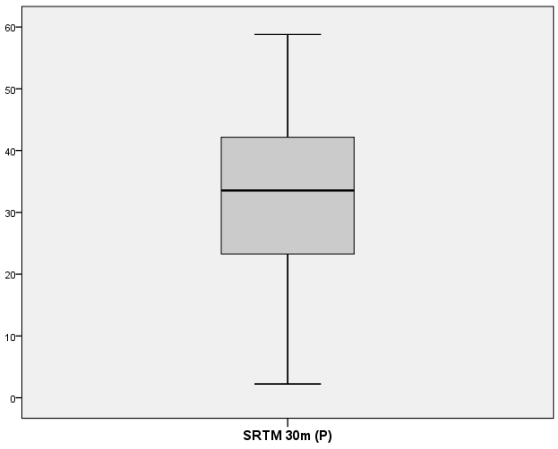



20
15
10
5
0
WBD (P)

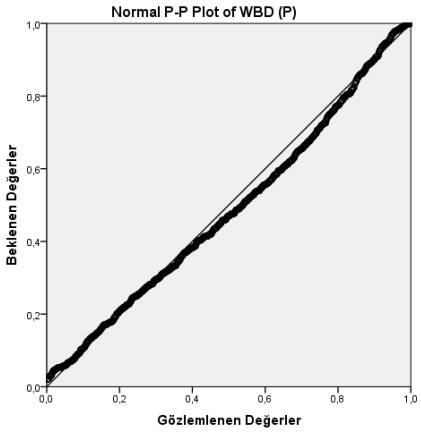

60
50
40
30
20
10
0
3DEP 10m (P)

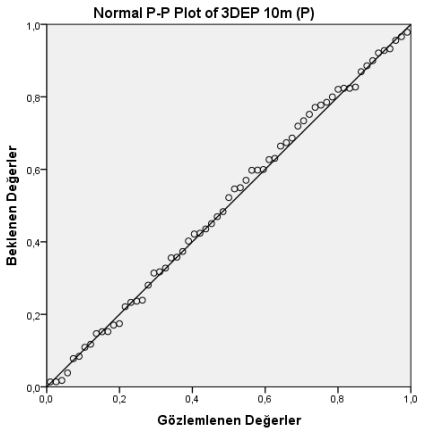

60
50
40
30
20
10
0
3DEP 30m (P)

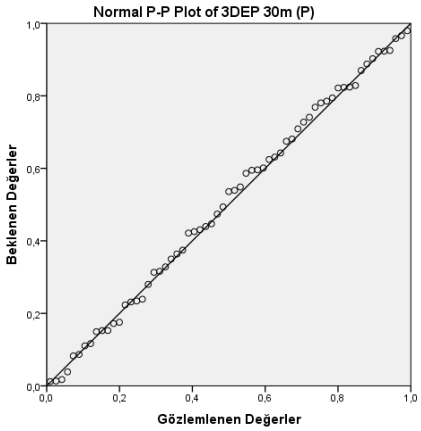

60
50
40
30
20
10
0
ASTER 30m (P)

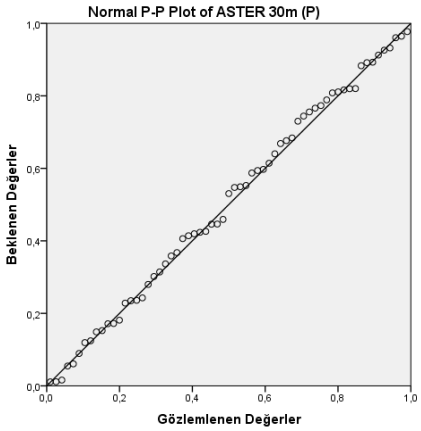

60
50
40
30
20
10
0
SRTM 30m (P)

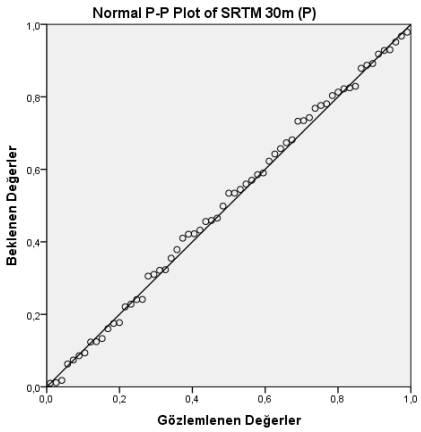

100
80
60
40
20
0
9
4
SRTM 90m (P)

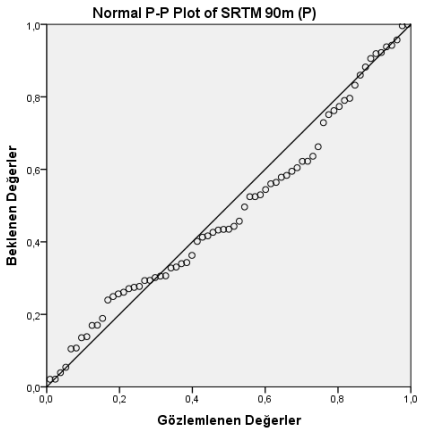

Normal P-P Plot of WBD (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

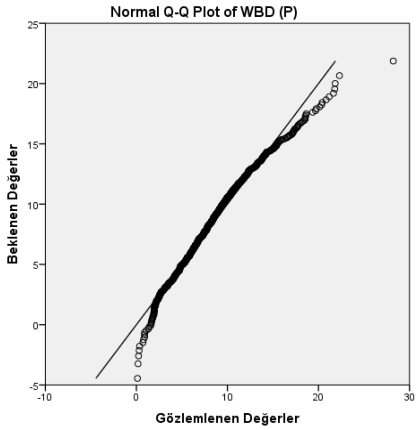

Normal P-P Plot of 3DEP 10m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

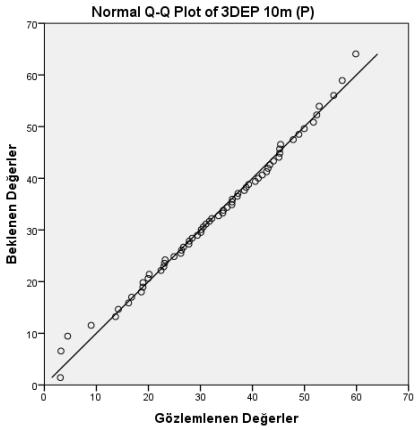

Normal P-P Plot of 3DEP 30m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

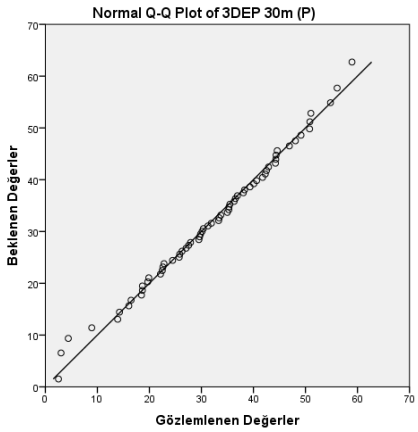

Normal P-P Plot of ASTER 30m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

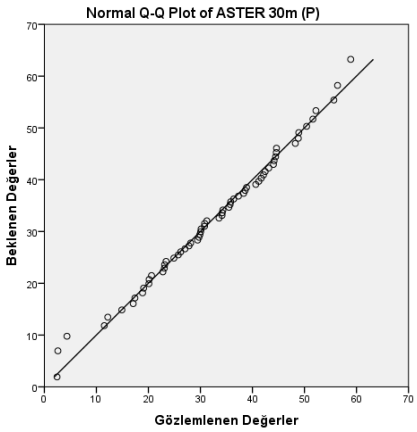

Normal P-P Plot of SRTM 30m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

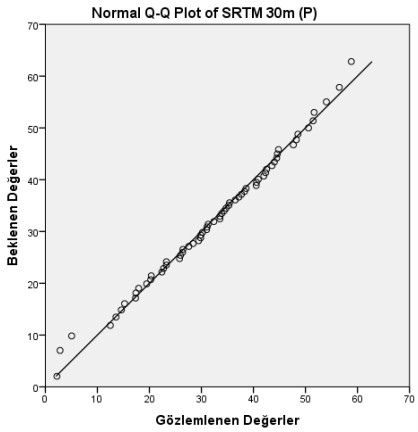

Normal P-P Plot of SRTM 90m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

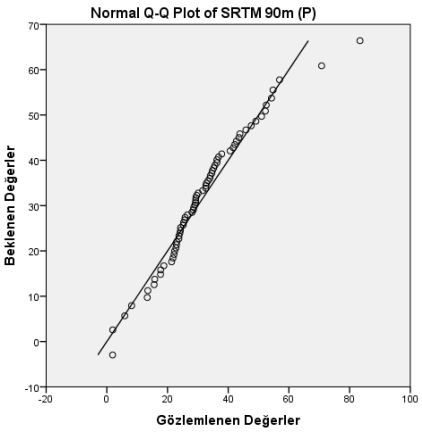

Normal Q-Q Plot of WBD (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler


Normal Q-Q Plot of 3DEP 10m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

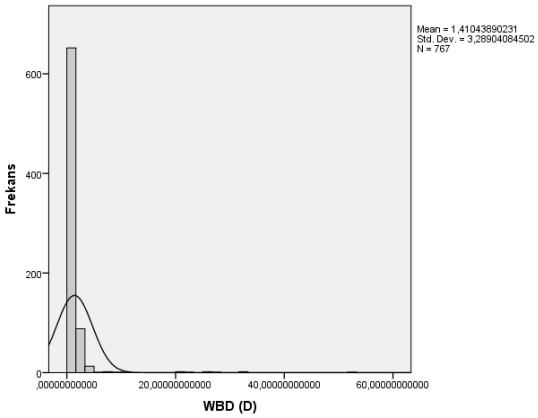

Normal Q-Q Plot of 3DEP 30m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

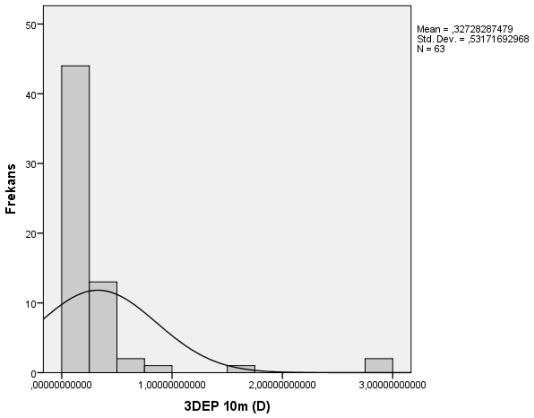

Normal Q-Q Plot of ASTER 30m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

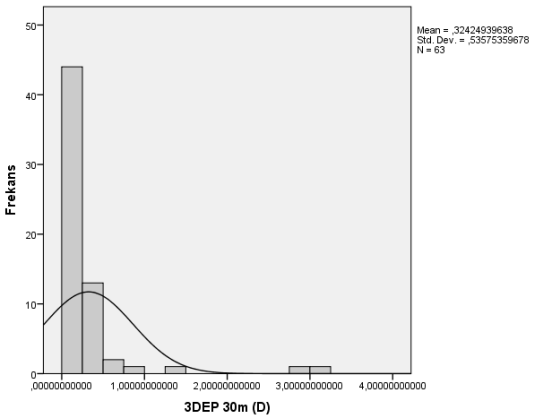

Normal Q-Q Plot of SRTM 30m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

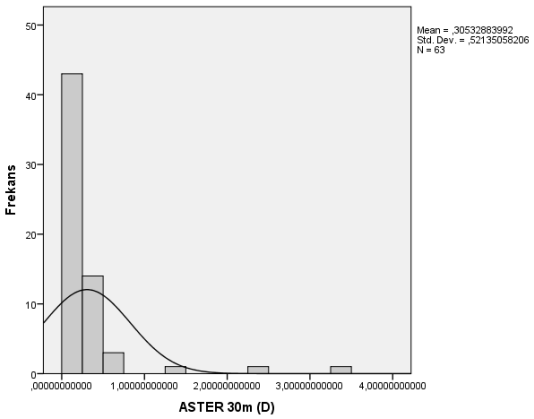

Normal Q-Q Plot of SRTM 90m (P)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

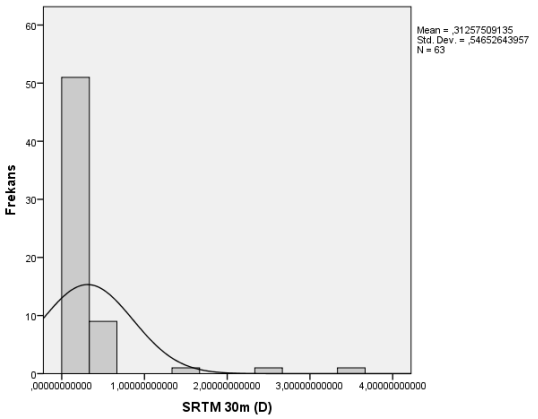
- Alt havza drenaj yoğunlukları;

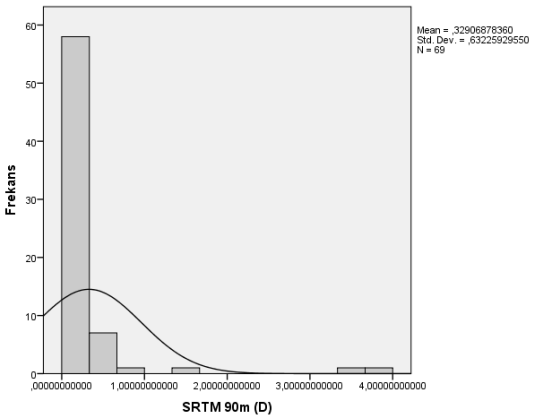


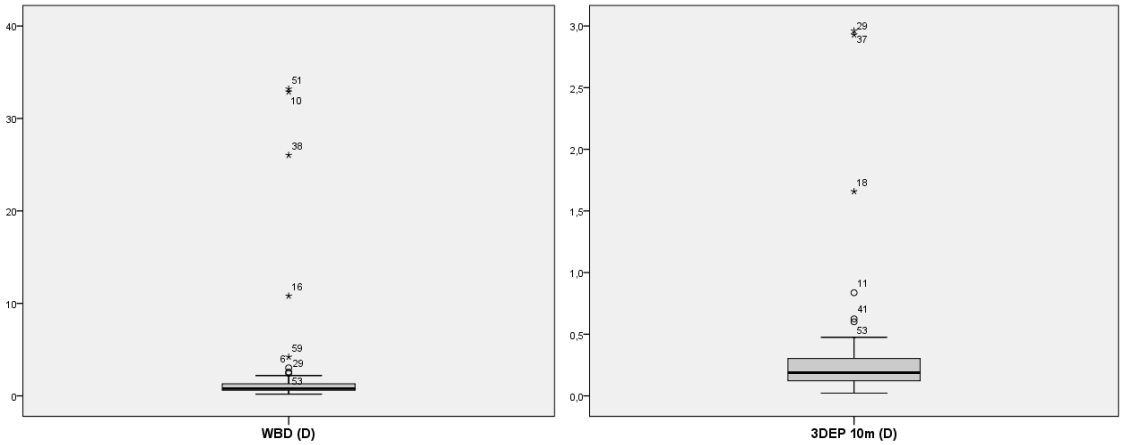


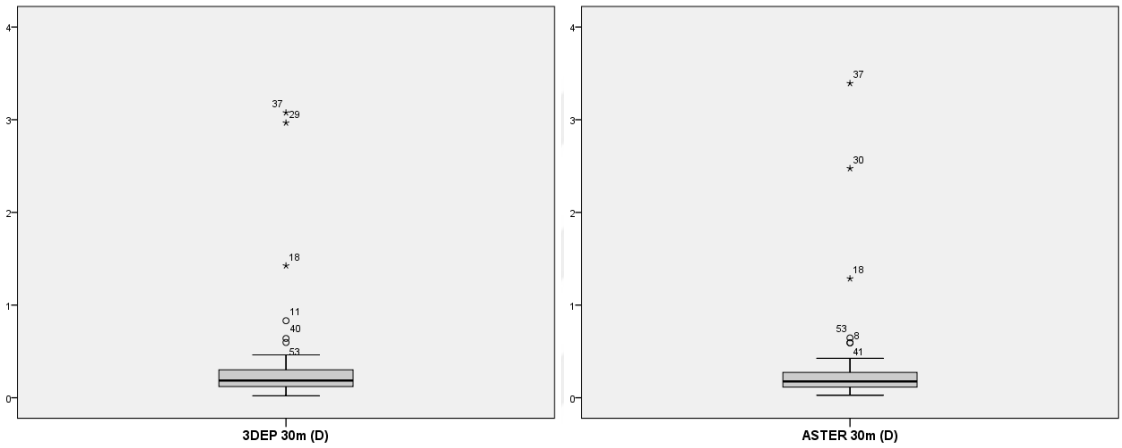


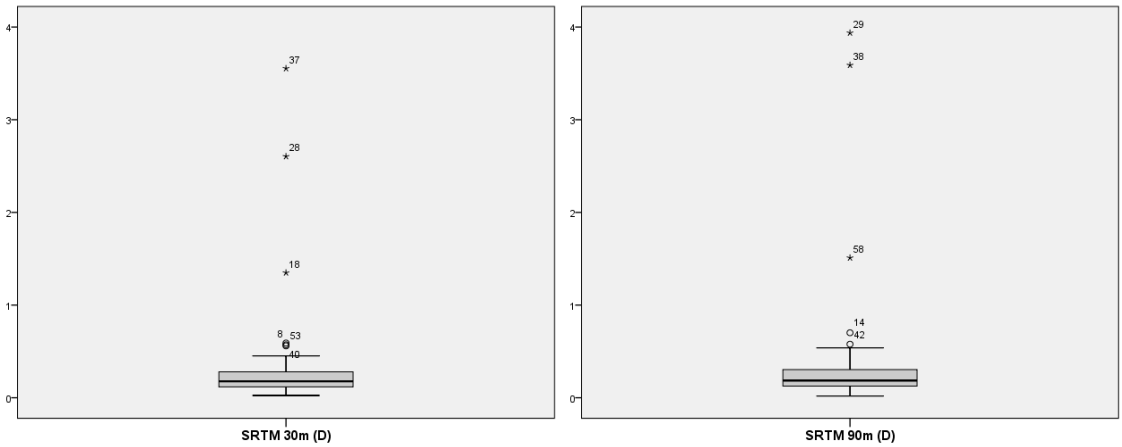


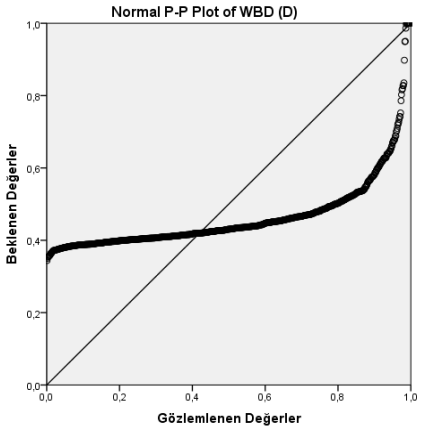


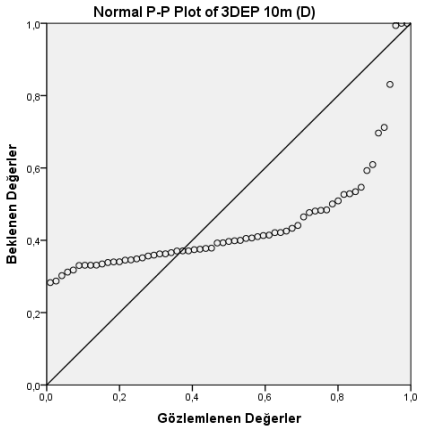


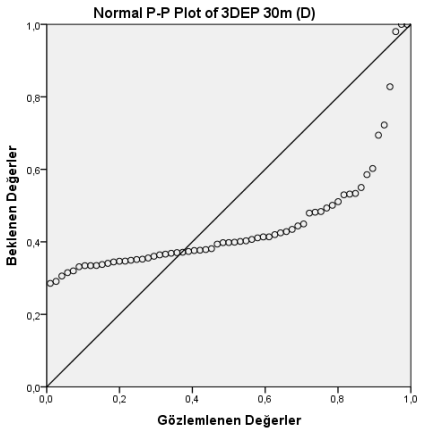

WBD (D)
3DEP 10m (D)

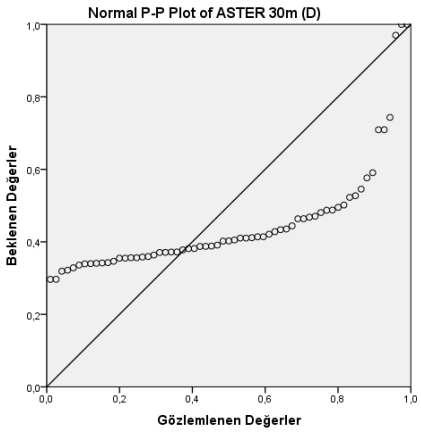

3DEP 30m (D)
ASTER 30m (D)

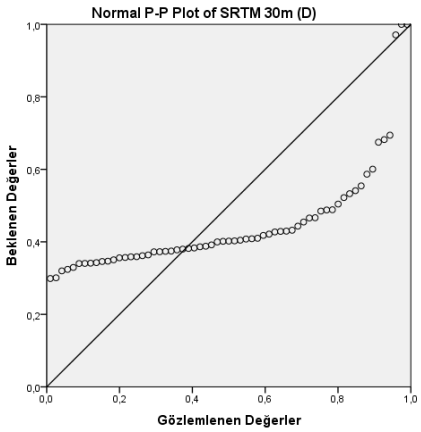

SRTM 30m (D)
SRTM 90m (D)

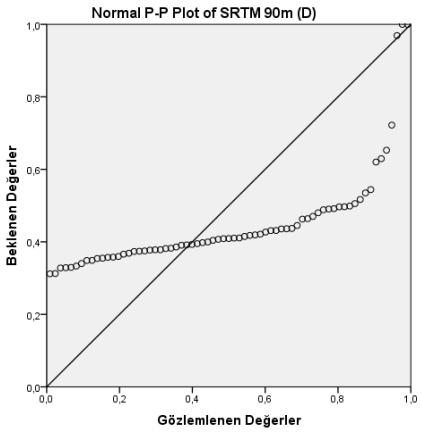

Normal P-P Plot of WBD (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

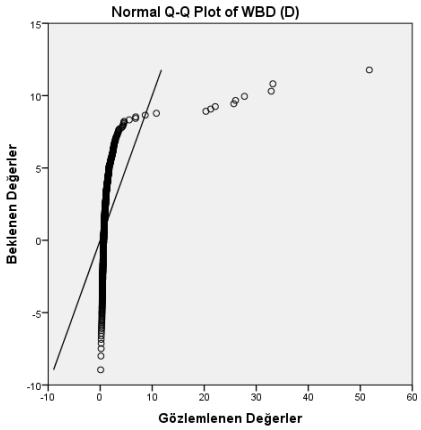

Normal P-P Plot of 3DEP 10m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

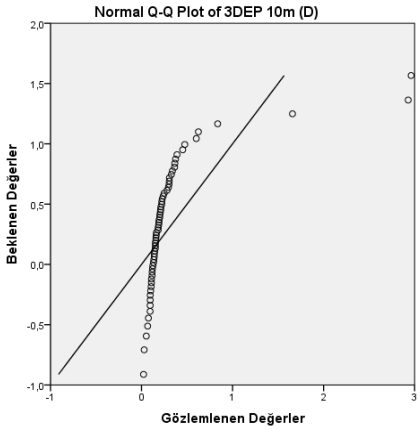

Normal P-P Plot of 3DEP 30m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

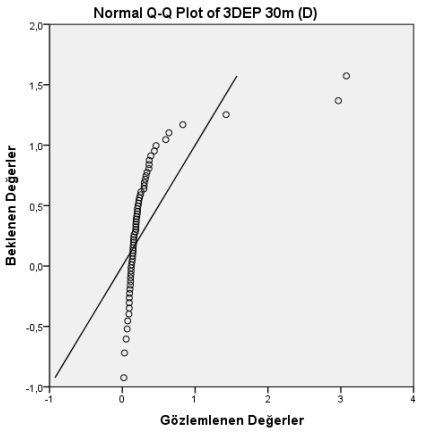

Normal P-P Plot of ASTER 30m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

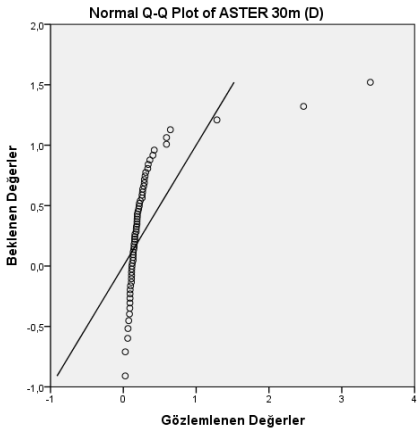

Normal P-P Plot of SRTM 30m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

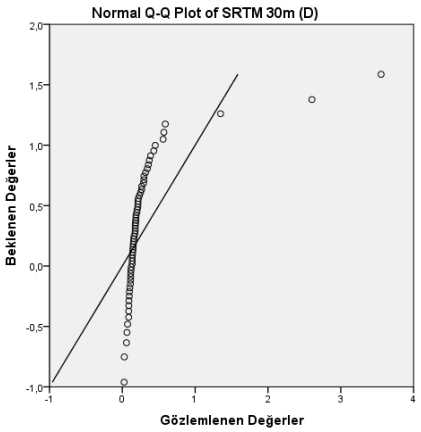

Normal P-P Plot of SRTM 90m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

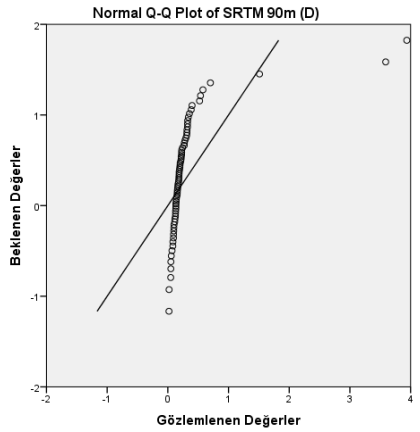

Normal Q-Q Plot of WBD (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler


Normal Q-Q Plot of 3DEP 10m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

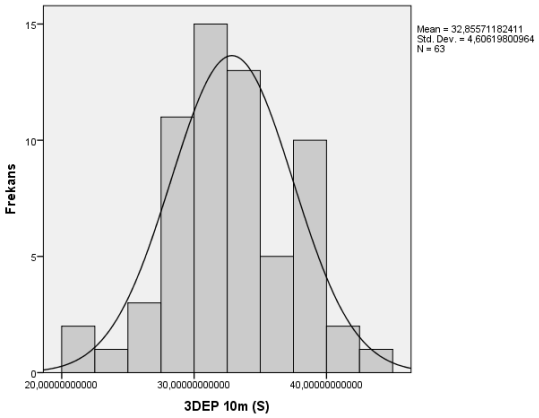

Normal Q-Q Plot of 3DEP 30m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

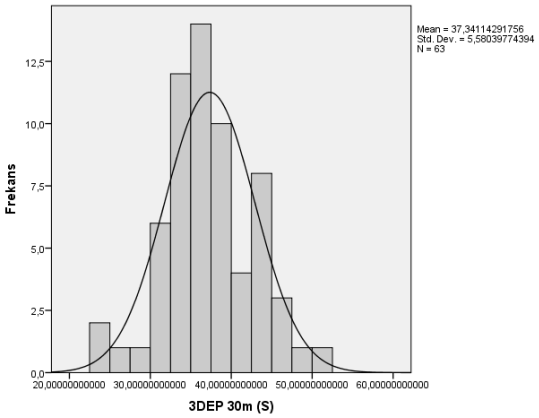

Normal Q-Q Plot of ASTER 30m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

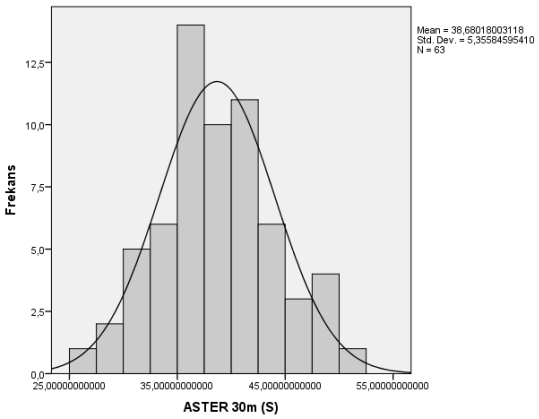

Normal Q-Q Plot of SRTM 30m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

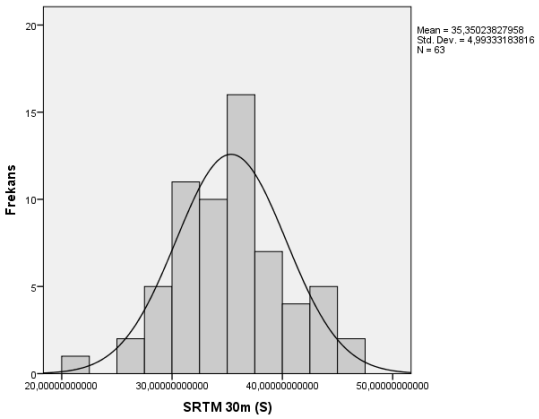

Normal Q-Q Plot of SRTM 90m (D)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

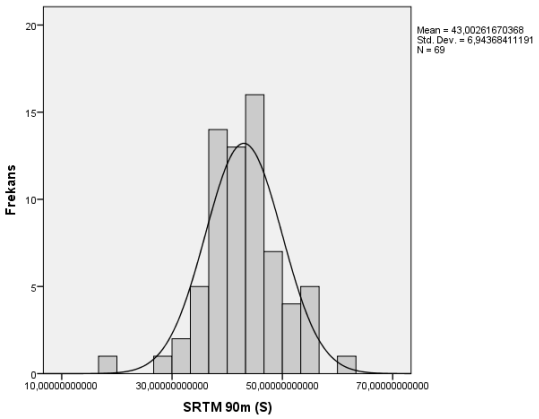
- Alt havza eğim değerleri;

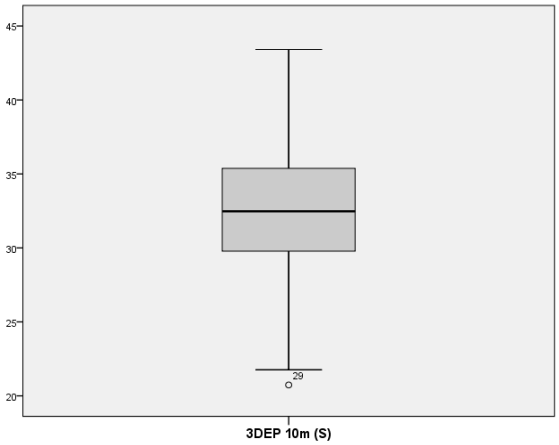


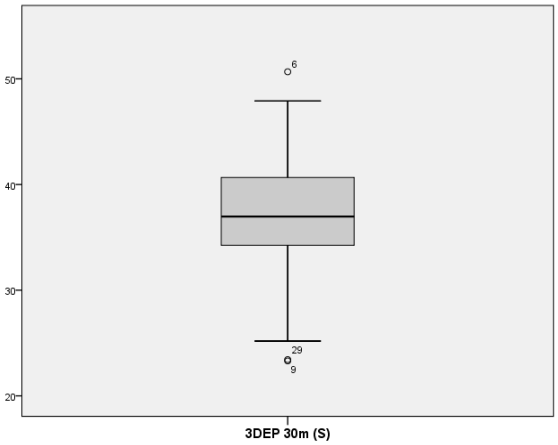


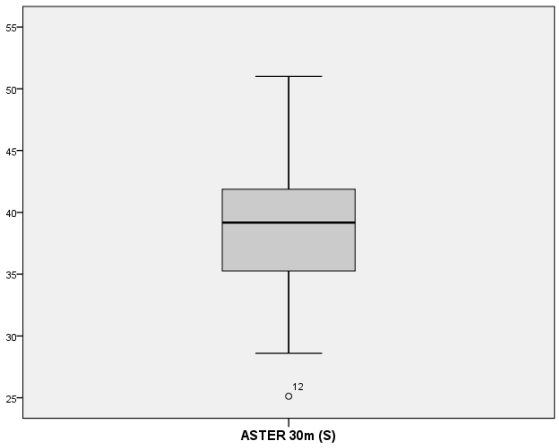


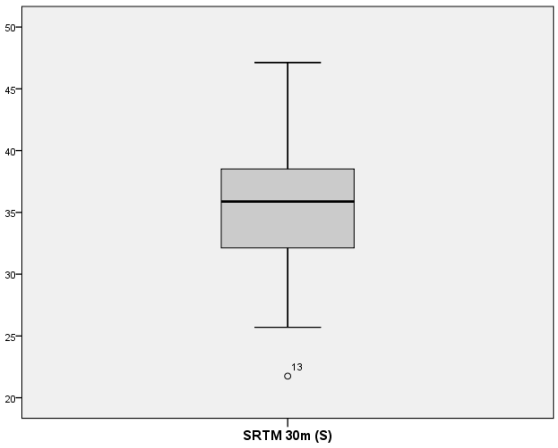




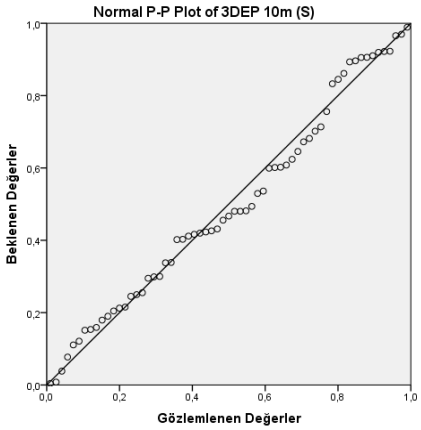

45
40
35
30
25
20
29
3DEP 10m (S)

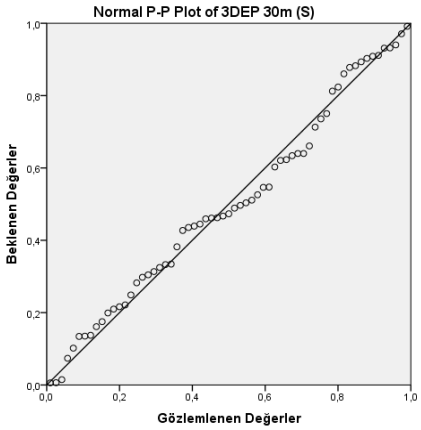

50
40
30
20
6
29
9
3DEP 30m (S)

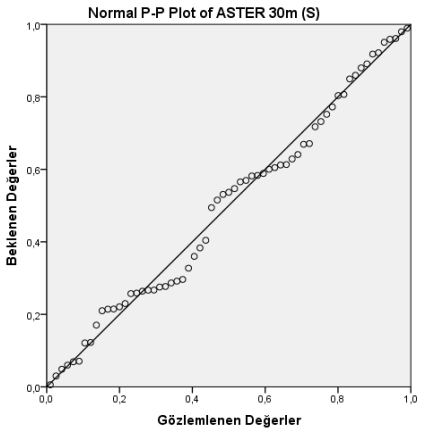

55
50
45
40
35
30
25
12
ASTER 30m (S)

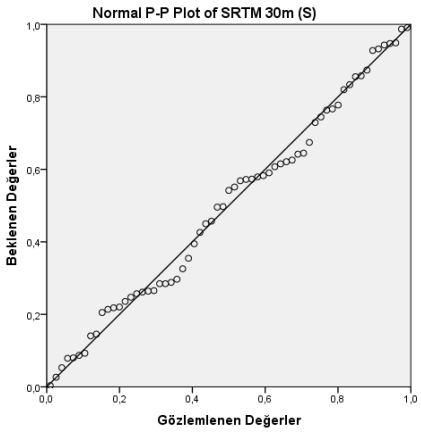

50
45
40
35
30
25
20
13
SRTM 30m (S)

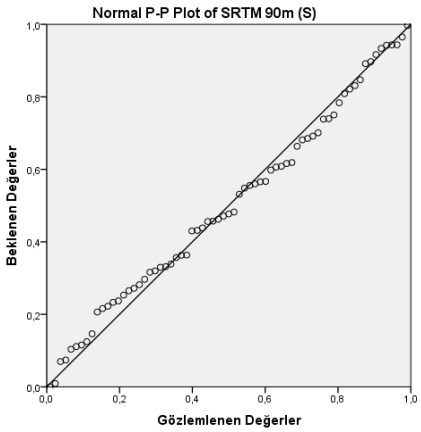

70
60
50
40
30
20
10
35
29
SRTM 90m (S)

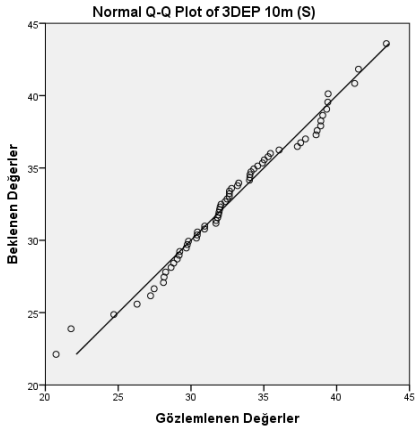

Normal P-P Plot of 3DEP 10m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

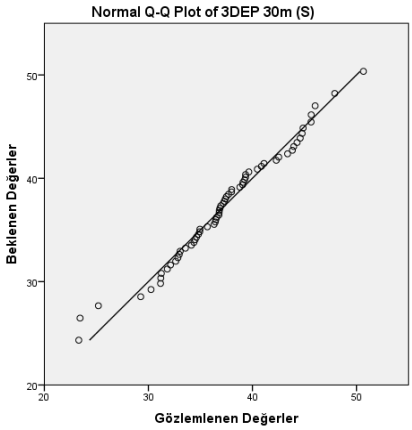

Normal P-P Plot of 3DEP 30m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

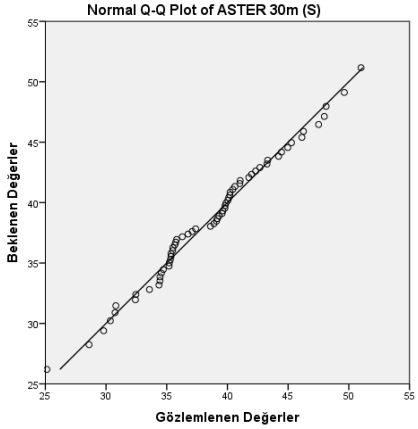

Normal P-P Plot of ASTER 30m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

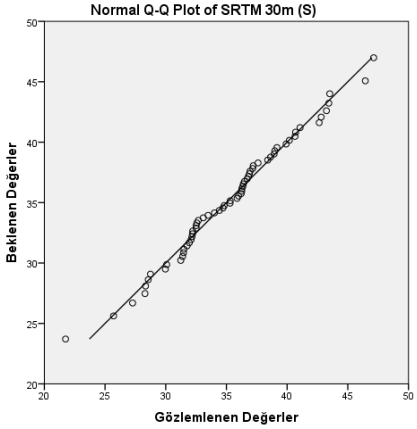

Normal P-P Plot of SRTM 30m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0

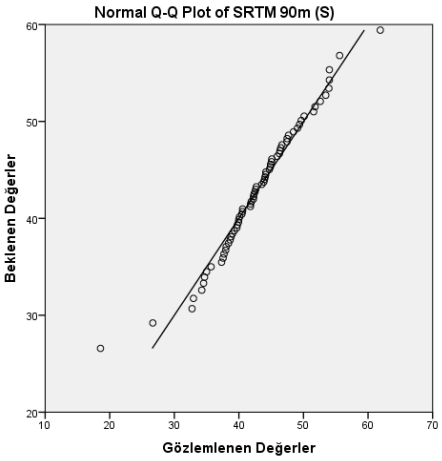

Normal P-P Plot of SRTM 90m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0


Normal Q-Q Plot of 3DEP 10m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler


Normal Q-Q Plot of 3DEP 30m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler


Normal Q-Q Plot of ASTER 30m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler


Normal Q-Q Plot of SRTM 30m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler


Normal Q-Q Plot of SRTM 90m (S)
Beklenen Değerler
Gözlemlenen Değerler

EK-C

İSTATİSTİKSEL ANALİZ TABLOLARI

Deneysel eşik değerler ile türetilen alt havzaların analiz tabloları aşağıda gösterildiği gibidir.

- Alt havza alanları;

Kruskal Wallis H-testi	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.
1:100,000 - 3DEP 10m	-149,939	67,270	-2,229	0,026
1:100,000 - 3DEP 30m	-159,716	67,359	-2,371	0,018
1:100,000 - ASTER 30m	-118,198	66,943	-1,766	0,077
1:100,000 - SRTM 30m	-165,502	67,449	-2,454	0,014
1:100,000 - SRTM 90m	-205,924	67,747	-3,040	0,002
3DEP 10m - 3DEP 30m	-9,777	67,491	-0,145	0,885
3DEP 10m - ASTER 30m	31,741	67,075	0,473	0,636
3DEP 10m - SRTM 30m	-15,563	67,581	-0,230	0,818
3DEP 10m - SRTM 90m	-55,985	67,879	-0,825	0,409
3DEP 30m - ASTER 30m	41,518	67,165	0,618	0,536
3DEP 30m - SRTM 30m	-5,786	67,670	-0,085	0,932
3DEP 30m - SRTM 90m	-46,208	67,967	-0,680	0,497
ASTER 30m - SRTM 30m	-47,304	67,255	-0,703	0,482
ASTER 30m - SRTM 90m	-87,726	67,554	-1,299	0,194
SRTM 30m - SRTM 90m	-40,422	68,056	-0,594	0,553

Mann Whitney U-testi	Mann Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig.
1:100,000 - 3DEP 10m	272621	567149	-2,229	0,026
1:100,000 - 3DEP 30m	270086	564614	-2,354	0,019
1:100,000 - ASTER 30m	281632	576160	-1,824	0,068
1:100,000 - SRTM 30m	267969	562497	-2,432	0,015
1:100,000 - SRTM 90m	258323	552851	-3,015	0,003
3DEP 10m - 3DEP 30m	286721	576662	-0,154	0,877
3DEP 10m - ASTER 30m	291074	592550	-0,482	0,630
3DEP 10m - SRTM 30m	284559	574500	-0,230	0,818
3DEP 10m - SRTM 90m	274644	564585	-0,825	0,409
3DEP 30m - ASTER 30m	288266	589742	-0,629	0,529
3DEP 30m - SRTM 30m	284294	571197	-0,085	0,933
3DEP 30m - SRTM 90m	274363	561266	-0,685	0,493
ASTER 30m - SRTM 30m	285948	587424	-0,720	0,471
ASTER 30m - SRTM 90m	275861	577337	-1,321	0,186
SRTM 30m - SRTM 90m	273709	557590	-0,588	0,556

- Alt havza çevre uzunlukları;

Kruskal Wallis H-testi	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.
1:100,000 - 3DEP 10m	-77,634	67,329	-1,153	0,249
1:100,000 - 3DEP 30m	-29,682	67,418	-0,440	0,660
1:100,000 - ASTER 30m	-58,182	67,002	-0,868	0,385
1:100,000 - SRTM 30m	-117,676	67,508	-1,743	0,081
1:100,000 - SRTM 90m	-105,795	67,807	-1,560	0,119
3DEP 10m - 3DEP 30m	47,952	67,550	0,710	0,478
3DEP 10m - ASTER 30m	19,452	67,134	0,290	0,772
3DEP 10m - SRTM 30m	-40,041	67,640	-0,592	0,554
3DEP 10m - SRTM 90m	-28,161	67,938	-0,414	0,679
3DEP 30m - ASTER 30m	-28,500	67,224	-0,424	0,672
3DEP 30m - SRTM 30m	-87,993	67,729	-1,299	0,194
3DEP 30m - SRTM 90m	-76,112	68,027	-1,119	0,263
ASTER 30m - SRTM 30m	-59,493	67,314	-0,884	0,377
ASTER 30m - SRTM 90m	-47,612	67,614	-0,704	0,481
SRTM 30m - SRTM 90m	11,881	68,116	0,174	0,862

Mann Whitney U-testi	Mann Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig.
1:100,000 - 3DEP 10m	281993	576521	-1,142	0,253
1:100,000 - 3DEP 30m	285886	580414	-0,515	0,607
1:100,000 - ASTER 30m	289768	584296	-0,895	0,371
1:100,000 - SRTM 30m	274429	568957	-1,677	0,094
1:100,000 - SRTM 90m	270776	565304	-1,541	0,123
3DEP 10m - 3DEP 30m	281753	568656	-0,736	0,462
3DEP 10m - ASTER 30m	292685	594161	-0,297	0,767
3DEP 10m - SRTM 30m	281317	571258	-0,611	0,541
3DEP 10m - SRTM 90m	278071	568012	-0,417	0,677
3DEP 30m - ASTER 30m	290071	576974	-0,421	0,674
3DEP 30m - SRTM 30m	273819	560722	-1,321	0,187
3DEP 30m - SRTM 90m	270469	557372	-1,151	0,250
ASTER 30m - SRTM 30m	284429	585905	-0,896	0,370
ASTER 30m - SRTM 90m	281993	576521	-1,142	0,253
SRTM 30m - SRTM 90m	285886	580414	-0,515	0,607

- Alt havza drenaj yoğunlukları;

Kruskal Wallis H-testi	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.
1:100,000 - 3DEP 10m	695,218	67,270	10,335	0,000
1:100,000 - 3DEP 30m	717,942	67,359	10,658	0,000
1:100,000 - ASTER 30m	716,030	66,943	10,696	0,000
1:100,000 - SRTM 30m	748,153	67,449	11,092	0,000
1:100,000 - SRTM 90m	813,352	67,747	12,006	0,000
3DEP 10m - 3DEP 30m	22,715	67,476	0,337	0,736
3DEP 10m - ASTER 30m	20,801	67,061	0,310	0,756
3DEP 10m - SRTM 30m	52,911	67,566	0,783	0,434
3DEP 10m - SRTM 90m	118,086	67,864	1,740	0,082
3DEP 30m - ASTER 30m	-1,914	67,150	-0,029	0,977
3DEP 30m - SRTM 30m	30,195	67,655	0,446	0,655
3DEP 30m - SRTM 90m	95,371	67,952	1,404	0,160
ASTER 30m - SRTM 30m	32,110	67,240	0,478	0,633
ASTER 30m - SRTM 90m	97,285	67,539	1,440	0,150
SRTM 30m - SRTM 90m	65,175	68,041	0,958	0,338

Mann Whitney U-testi	Mann Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig.
1:100,000 - 3DEP 10m	203650	493591	-10,227	0,000
1:100,000 - 3DEP 30m	199236	486139	-10,602	0,000
1:100,000 - ASTER 30m	205200	506676	-10,558	0,000
1:100,000 - SRTM 30m	193507	477388	-11,135	0,000
1:100,000 - SRTM 90m	180244	454414	-12,261	0,000
3DEP 10m - 3DEP 30m	285297	572200	-0,321	0,748
3DEP 10m - ASTER 30m	292566	594042	-0,311	0,756
3DEP 10m - SRTM 30m	280090	563971	-0,756	0,450
3DEP 10m - SRTM 90m	267510	541680	-1,675	0,094
3DEP 30m - ASTER 30m	293598	580501	-0,014	0,989
3DEP 30m - SRTM 30m	281542	565423	-0,409	0,682
3DEP 30m - SRTM 90m	268764	542934	-1,354	0,176
ASTER 30m - SRTM 30m	288264	572145	-0,452	0,651
ASTER 30m - SRTM 90m	275681	549851	-1,343	0,179
SRTM 30m - SRTM 90m	271016	545186	-0,912	0,362

- Alt havza eğim değerleri;

ANOVA					
	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Gruplar arası	42611,865	4	10652,966	174,383	0,000
Grup içi	231040,082	3782	61,089		
Toplam	273651,947	3786			

(Post Hoc / Bonferroni)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
3DEP 10m - 3DEP 30m	-4,556724	0,401216	0,000
3DEP 10m - ASTER 30m	-5,486995	0,398746	0,000
3DEP 10m - SRTM 30m	-2,361426	0,401750	0,000
3DEP 10m - SRTM 90m	-10,075288	0,403520	0,000
3DEP 30m - ASTER 30m	-0,930271	0,399278	0,199
3DEP 30m - SRTM 30m	2,195298	0,402278	0,000
3DEP 30m - SRTM 90m	-5,518565	0,404045	0,000
ASTER 30m - SRTM 30m	3,125569	0,399814	0,000
ASTER 30m - SRTM 90m	-4,588294	0,401593	0,000
SRTM 30m - SRTM 90m	-7,713863	0,404575	0,000

Bağımsız Örneklemler t-Testi	F	t	df	Sig.
3DEP 10m - 3DEP 30m	19,890	-12,280	1473,757	0,000
3DEP 10m - ASTER 30m	21,704	-14,757	1496,499	0,000
3DEP 10m - SRTM 30m	4,796	-6,654	1498,708	0,000
3DEP 10m - SRTM 90m	71,882	-24,072	1327,794	0,000
3DEP 30m - ASTER 30m	0,054	-2,317	1530,881	0,021
3DEP 30m - SRTM 30m	5,121	5,690	1499,272	0,000
3DEP 30m - SRTM 90m	18,455	-12,398	1437,144	0,000
ASTER 30m - SRTM 30m	6,157	8,085	1520,080	0,000
ASTER 30m - SRTM 90m	16,542	-10,293	1450,273	0,000
SRTM 30m - SRTM 90m	41,152	-17,868	1387,592	0,000

%1 eşik değerler ile türetilen havzaların istatistiksel analiz tabloları aşağıda gösterildiği gibidir.

- Alt havza alanları;

Kruskal Wallis H-testi	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.
1:100,000 - 3DEP 10m	-489,928	41,182	-11897	0,000
1:100,000 - 3DEP 30m	-490,024	41,182	-11,899	0,000
1:100,000 - ASTER 30m	-492,516	41,182	-11,959	0,000
1:100,000 - SRTM 30m	-492,659	41,182	-11,963	0,000
1:100,000 - SRTM 90m	-472,857	-39,493	-11,973	0,000
3DEP 10m - 3DEP 30m	-0,095	55,935	-0,002	0,999
3DEP 10m - ASTER 30m	-2,571	55,935	-0,046	0,963
3DEP 10m - SRTM 30m	-2,714	55,935	-0,049	0,961
3DEP 10m - SRTM 90m	17,077	54,705	0,312	0,755
3DEP 30m - ASTER 30m	-2,476	55,935	-0,044	0,965
3DEP 30m - SRTM 30m	-2,619	55,935	-0,047	0,963
3DEP 30m - SRTM 90m	17,172	54,705	0,314	0,754
ASTER 30m - SRTM 30m	-0,143	55,935	-0,003	0,998
ASTER 30m - SRTM 90m	19,648	54,705	0,359	0,719
SRTM 30m - SRTM 90m	19,791	54,705	0,362	0,718

Mann Whitney U-testi	Mann Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig.
1:100,000 - 3DEP 10m	2611	297139	-11,780	0,000
1:100,000 - 3DEP 30m	2605	297133	-11,784	0,000
1:100,000 - ASTER 30m	2428	296956	-11,880	0,000
1:100,000 - SRTM 30m	2436	296964	-11,876	0,000
1:100,000 - SRTM 90m	2746	297274	-12,343	0,000
3DEP 10m - 3DEP 30m	1984	4000	-0,002	0,998
3DEP 10m - ASTER 30m	1979	3995	-0,027	0,979
3DEP 10m - SRTM 30m	1984	4000	-0,002	0,998
3DEP 10m - SRTM 90m	1920	4335	-1,155	0,248
3DEP 30m - ASTER 30m	1982	3998	-0,012	0,990
3DEP 30m - SRTM 30m	1981	3997	-0,017	0,986
3DEP 30m - SRTM 90m	1922	4337	-1,146	0,252
ASTER 30m - SRTM 30m	1971	3987	-0,066	0,947
ASTER 30m - SRTM 90m	1914	4329	-1,182	0,237
SRTM 30m - SRTM 90m	1929	4344	-1,114	0,265

- Alt havza çevre uzunlukları;

ANOVA					
	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Gruplar arası	126073,787	5	25214,757	383,523	0,000
Grup içi	71136,264	1082	65,745		
Toplam	197210,051	1087			

(Post Hoc / Bonferroni)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
1:100,000 – 3DEP 10m	-24,037192	1,062681	0,000
1:100,000 - 3DEP 30m	-23,410900	1,062681	0,000
1:100,000 - ASTER 30m	-23,871470	1,062681	0,000
1:100,000 - SRTM 30m	-23,722897	1,062681	0,000
1:100,000 - SRTM 90m	-23,010651	1,019091	0,000
3DEP 10m - 3DEP 30m	0,626292	1,444696	1,000
3DEP 10m - ASTER 30m	0,165722	1,444696	1,000
3DEP 10m - SRTM 30m	0,314295	1,444696	1,000
3DEP 10m - SRTM 90m	1,026541	1,412941	1,000
3DEP 30m - ASTER 30m	-0,460570	1,444696	1,000
3DEP 30m - SRTM 30m	-0,311997	1,444696	1,000
3DEP 30m - SRTM 90m	0,400249	1,412941	1,000
ASTER 30m - SRTM 30m	0,148573	1,444696	1,000
ASTER 30m - SRTM 90m	0,860819	1,412941	1,000
SRTM 30m - SRTM 90m	0,712246	1,412941	1,000

Bağımsız Örneklemler t-Testi	F	t	df	Sig.
1:100,000 – 3DEP 10m	309,978	-14,142	62,988	0,000
1:100,000 - 3DEP 30m	290,007	-14,095	63,035	0,000
1:100,000 - ASTER 30m	292,866	-14,344	63,031	0,000
1:100,000 - SRTM 30m	278,810	-14,382	63,050	0,000
1:100,000 - SRTM 90m	265,635	-12,988	68,996	0,000
3DEP 10m - 3DEP 30m	0,046	0,265	124	0,792
3DEP 10m - ASTER 30m	0,036	0,070	124	0,944
3DEP 10m - SRTM 30m	0,097	0,133	124	0,894
3DEP 10m - SRTM 90m	0,001	0,418	130	0,677
3DEP 30m - ASTER 30m	0,001	-0,197	124	0,844
3DEP 30m - SRTM 30m	0,009	-0,134	124	0,894
3DEP 30m - SRTM 90m	0,049	0,165	130	0,869
ASTER 30m - SRTM 30m	0,015	0,064	124	0,949
ASTER 30m - SRTM 90m	0,039	0,354	130	0,724
SRTM 30m - SRTM 90m	0,094	0,294	130	0,769

- Alt havza drenaj yoğunlukları;

Kruskal Wallis H-testi	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.
1:100,000 - 3DEP 10m	465,518	41,182	11,304	0,000
1:100,000 - 3DEP 30m	468,042	41,182	11,365	0,000
1:100,000 - ASTER 30m	481,724	41,182	11,697	0,000
1:100,000 - SRTM 30m	480,915	41,182	11,678	0,000
1:100,000 - SRTM 90m	477,509	39,493	12,091	0,000
3DEP 10m - 3DEP 30m	2,524	55,986	0,045	0,964
3DEP 10m - ASTER 30m	16,206	55,986	0,289	0,772
3DEP 10m - SRTM 30m	15,397	55,986	0,275	0,783
3DEP 10m - SRTM 90m	11,991	54,756	0,219	0,827
3DEP 30m - ASTER 30m	13,683	55,986	0,244	0,807
3DEP 30m - SRTM 30m	12,873	55,986	0,230	0,818
3DEP 30m - SRTM 90m	9,467	54,756	0,173	0,863
ASTER 30m - SRTM 30m	-0,810	55,986	-0,014	0,988
ASTER 30m - SRTM 90m	-4,215	54,756	-0,077	0,939
SRTM 30m - SRTM 90m	-3,406	54,756	-0,062	0,950

Mann Whitney U-testi	Mann Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig.
1:100,000 - 3DEP 10m	3355	5371	-11,374	0,000
1:100,000 - 3DEP 30m	3291	5307	-11,409	0,000
1:100,000 - ASTER 30m	2948	4964	-11,596	0,000
1:100,000 - SRTM 30m	2908	4924	-11,618	0,000
1:100,000 - SRTM 90m	3159	5574	-12,129	0,000
3DEP 10m - 3DEP 30m	1969	3985	-0,076	0,940
3DEP 10m - ASTER 30m	1856	3872	-0,627	0,531
3DEP 10m - SRTM 30m	1881	3897	-0,505	0,614
3DEP 10m - SRTM 90m	2118	4533	-0,253	0,800
3DEP 30m - ASTER 30m	1883	3899	-0,495	0,620
3DEP 30m - SRTM 30m	1899	3915	-0,417	0,677
3DEP 30m - SRTM 90m	2137	4552	-0,166	0,868
ASTER 30m - SRTM 30m	1967	3983	-0,085	0,932
ASTER 30m- SRTM 90m	2110	4126	-0,289	0,772
SRTM 30m - SRTM 90m	2125	4141	-0,221	0,825

- Alt havza eğim değerleri;

ANOVA					
	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Gruplar arası	3827,803	4	956,951	30,703	0,000
Grup içi	9849,136	316	31,168		
Toplam	13676,939	320			

(Post Hoc / Bonferroni)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
3DEP 10m - 3DEP 30m	-4,485431	0,994719	0,000
3DEP 10m - ASTER 30m	-5,824468	0,994719	0,000
3DEP 10m - SRTM 30m	-2,494526	0,994719	0,127
3DEP 10m - SRTM 90m	-10,146905	0,972854	0,000
3DEP 30m - ASTER 30m	-1,339037	0,994719	1,000
3DEP 30m - SRTM 30m	1,990905	0,994719	0,462
3DEP 30m - SRTM 90m	-5,661474	0,972854	0,000
ASTER 30m - SRTM 30m	3,329942	0,994719	0,009
ASTER 30m - SRTM 90m	-4,322437	0,972854	0,000
SRTM 30m - SRTM 90m	-7,652378	0,972854	0,000

Bağımsız Örneklemler t-Testi	F	t	df	Sig.
3DEP 10m - 3DEP 30m	1,291	-4,920	124	0,000
3DEP 10m - ASTER 30m	1,715	-6,544	124	0,000
3DEP 10m - SRTM 30m	0,481	-2,915	124	0,004
3DEP 10m - SRTM 90m	5,862	-9,795	130	0,000
3DEP 30m - ASTER 30m	0,006	-1,374	124	0,172
3DEP 30m - SRTM 30m	0,246	2,110	124	0,037
3DEP 30m - SRTM 90m	1,798	-5,132	130	0,000
ASTER 30m - SRTM 30m	0,382	0,538	124	0,000
ASTER 30m - SRTM 90m	1,765	-3,977	130	0,000
SRTM 30m - SRTM 90m	3,420	-7,209	130	0,000

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

İletişim Bilgisi: kayranbilal@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. B. Kayran and A. Şen, "Sayısal Yükseklik Modelleri Kullanılarak Havza Sınırlarının Belirlenmesi ve İstatistiksel Olarak Karşılaştırılması," *Ejons International Journal on Mathematics, Engineering and Natural Sciences, 6th International Congress on Mathematics, Engineering, Natural and Medical Sciences*, 70-84, Adana, Turkey, 8-10 March 2019.