

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

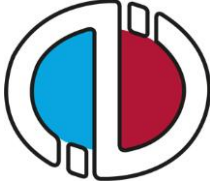
**PORSUK HAVZASINDA KÜÇÜK ÖLÇEKLİ
HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**Güngör GÜNEY
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Recep BAKIŞ**

BİLECİK, 2017

Ref.No:10138535



ANADOLU ÜNİVERSİTESİ



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**PORSUK HAVZASINDA KÜÇÜK ÖLÇEKLİ
HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**Güngör GÜNEY
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Recep BAKIŞ**

BİLECİK, 2017

Ref.No: 10138535



ANADOLU UNIVERSITY



**BILECIK SEYH EDEBALI
UNIVERSITY**

**Bilecik Şeyhedeali University
Graduate School of Sciences
Civil Engineering Program**

**AN INVESTIGATION OF SMALL HYDROPOWER
POTENTIAL OF PORSUK BASIN**

**Güngör GÜNEY
Master's**

**Thesis Advisor
Prof. Dr. Recep BAKIŞ**

BILECIK, 2017



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK LİSANS
JÜRİ ONAY FORMU**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun ...28/2/2017... tarih ve ...68... sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 17.01.2017... tarihinde tez savunma sınavı yapılan Güverir... Güverir...'ın "Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi... Kültür Edebiyatı... Halk Bilimleri... başlıklı 4. Lisans tezi çalışması... Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/ oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE
(TEZ DANIŞMANI): Prof. Dr. Kecer BAKI?

ÜYE: Prof. Dr. Cengiz KOL

ÜYE: Doç. Dr. Hakan SİRİ

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../... tarih ve ... sayılı kararı.

İMZA/ MÜHÜR

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasından meteorolojik verilerin temini için Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğüne, su temin tabloları ve jeoloji haritalarının temini için DSİ 3. Bölge Müdürlüğüne, CBS programı ArcGIS 10.2.2 kullanımı için Deniz AKDENİZ'e, tezimin her safhasında büyük emek ve katkısı olan Sayın Prof. Dr. Recep BAKIŞ'a, Sayın Arş. Gör. Yıldırım BAYAZIT'a ve üzerimde emeği olan tüm hocalarıma çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışmaları sırasında her zaman yanımda olarak desteklerini esirgemeyen aileme ve eşim Kübra KAYA GÜNEY'e teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Enerji, Türkiye için önemlidir. Türkiye, zengin yenilebilir enerji kaynaklarına sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en zengin olanı, su kaynaklarıdır. Türkiye Cumhuriyeti kurulduğundan beri, 700'den fazla baraj inşa edilmiştir. Ülkenin gelişimini sağlamak ve en kısa zamanda en büyük faydayı elde etmek için öncelik, büyük barajların inşaatına verilmişti. O zamanlar, küçük hidroelektrik tesisler, karlı görülmediği için ihmal edilmişti.

Bu tez çalışmasında, enerji açığını kapatmak ve su kaynaklarını etkin kullanmak için, Porsuk havzasının küçük ölçekli hidroelektrik enerji potansiyeli araştırılmıştır. Bu amaçla, Porsuk havzası araştırma alanı seçilmiştir. Tezde, Porsuk havzasının analizi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ArcGIS 10.2.2 yazılımı kullanılmıştır.

Porsuk havzasını kapsayan 1/25.000 ölçekli 290 adet raster ve vektör harita, UTM 36 Zon, European Datum 1950 (ED50) koordinat sisteminde, Harita Genel Komutanlığından alınmıştır. Porsuk havzasının alt havzaları, ArcGIS yazılımı ile elde edilmiştir. Yukarıdaki yazılımı kullanarak, Porsuk havzasının sınırı elde edilmiştir. Havzadaki bütün yağış, sıcaklık ve buharlaşma dağılımları, Ters Ağırlıklandırma Enterpolasyon Yöntemi (IDW) ile belirlenmiştir.

Porsuk havzasının yıllık ortalama yağış değeri 451 mm'dir. Buna göre Porsuk havzasının yıllık ortalama su potansiyeli $11113,66 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 0,451 \text{ m} = 5,01 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'tür. Bu durum, havzanın büyük ölçekli hidroelektrik potansiyeline sahip olmadığını göstermiştir. Ancak, bu küçük ölçekli hidroelektrik potansiyelli tesisler için uygundur. Havzanın yıllık ortalama sıcaklığı 11 °C (min. -32,20 °C, maks. 42,20 °C) ve yıllık buharlaşma ortalama miktarı 152 mm (min. ort. 105 mm , max. ort. 227 mm)'dir.

Porsuk çayının hidroelektrik enerji potansiyelini değerlendirmek için, uygun bir noktada yeni bir baraj tasarlandı. Bu değerlendirmeye göre, Porsuk Çayı üzerinde 1 baraj planlandı. Sonra, barajın üreteceği elektrik enerjisinin ekonomisi hesaplandı.

Planlanan bu barajın maliyeti ve üreteceği elektrik enerjisi, Simahpp yazılımı kullanılarak hesaplandı. Bu barajın toplam fayda ve maliyeti aynı programla belirlendi. Programa göre, barajın toplam fayda ve maliyeti, sırası ile $0,47 \times 10^6$ US\$/yıl ve $4,06 \times 10^6$ US\$ olarak hesaplandı. Bu çalışmada, baraj tipi olarak, beton baraj önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CBS, Hidroelektrik Potansiyel, Küçük Hidroelektrik Santral, Porsuk Havzası

ABSTRACT

Energy is important for Turkey. Turkey has rich renewable energy resources. The richest potential among the renewable resources belongs to water resources. More than 700 dams have been built, for the development of the country, since the establishment of the Turkish Republic. The priority has been given to the construction of large hydropower plants in order to accelerate the country's development and to provide the maximum benefit in the shortest time. Small hydropower plants were neglected since they were not seen profitable at that time.

In this thesis, in order to close the exiting energy gap and to use the country's water resources efficiently, the small hydropower potential of the Porsuk Basin is investigated. For this purpose, Porsuk Basin is selected as the research area. In the thesis, the Geographic Information Systems (GIS) software ArcGIS 10 was used for the spatial analysis of the Porsuk Basin.

290 map sections of 1/25,000 scale raster and vector maps covering the Porsuk Basin were obtained from the Turkish Army of General Command of Mapping in the UTM 36 zone and European Datum 1950 (ED50) coordinate system. ArcGIS software, was used for obtaining the sub-basins of the Porsuk Basin. Also, using the above-mentioned software, the border of the Porsuk Basin were obtained. The precipitation, temperature and evaporation distributions in the whole Porsuk Basin was calculated with the inverse Distance Weighted (IDW) Interpolation Method.

The annual average precipitation of Porsuk Basin is 451 mm. According to this, the total annual average water potential of the Porsuk Basin is $11113,66 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 0,451 \text{ m} = 5,01 \times 10^9 \text{ m}^3$. This shows that there is not sufficient hydropower potential for the utilization of the installed large hydropower plants. But it is suitable for the installment of small hydropower plants. The average annual temperature of the basin is 11 °C (min. -32,20 °C, max. 42,20 °C) and the annual evaporation amount is 152 mm (min. 105 mm, max. 227 mm).

To generate hydroelectric energy potential of the Porsuk Creek, a new dam on a suitable places, was designed. According to these evaluations, 1 dam has been planned on the Porsuk Creek. Then the amount and the economy of the hydroelectric energy of this dam was calculated.

The costs of this 1 planned dam and its' amount of annual hydroelectric energy was calculated by using Simahpp software. The total costs and the benefits of this dam

were determined at the same program. According to the Simahpp program, the total cost and benefit of the dam were found as $4,06 \times 10^6$ US\$ and $0,47 \times 10^6$ US\$/year, respectively. In this thesis the planned dam, concrete dam is recommended as the dam type.

Keywords: GIS, Hydropower Potential, Small Hydropower Plant, Porsuk Basin

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI	
TEŞEKKÜR	
ÖZET.....	I
ABSTRACT	II
İÇİNDEKİLER	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Hidroelektrik Enerji.....	2
1.1.1. Hidroelektrik enerji potansiyeli.....	4
1.2. Hidroelektrik Santraller.....	5
1.2.1. Hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması	6
1.3. Küçük Hidroelektrik Santraller	7
1.3.1. Küçük hidroelektrik santrallerin dünyadaki durumu	9
1.3.2. Küçük hidroelektrik santrallerin Türkiye’deki durumu	13
1.4. Literatür Özeti	17
2. MATERYAL VE METOT	18
2.1. Materyal.....	18
2.1.1. Porsuk havzası akarsuları	20
2.1.2. Porsuk havzasının genel jeolojik durumu	21
2.1.3. Porsuk havzası deprem durumu	22
2.1.4. Porsuk havzası hidrojeoloji	23
2.1.5. Porsuk havzası içinde kalan ovaların hidrojeolojik özellikleri	23
2.1.6. Porsuk havzasındaki dağlar	23
2.2. Yöntem	23
2.2.1. Porsuk havzası, hidrolojik havza sınırlarının belirlenmesi	23
2.2.1.1. Porsuk havzasının alt havzaları ve drenaj ağlarının belirlenmesi ...	25
2.2.1.2. Porsuk havzasının konumsal özellikleri.....	29
2.2.1.3. Porsuk havzasının meteorolojik karakteristikleri.....	29
2.2.1.4. Noktasal meteoroloji verilerinin IDW yöntemiyle havza alanına dağılımı	37
2.2.1.5. Porsuk havzasının akım karakteristikleri	40
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	44
3.1. Porsuk Havzası Hidrolojik Havza Sınırları	44
3.1.2. Porsuk havzasının alt havzaları	44
3.2. Porsuk Havzasının Konumsal Analizi.....	45
3.3. Porsuk Havzası Meteoroloji Dağılım Haritaları.....	47
3.4. Akım Gözlem İstasyonlarının Uzun Dönem Aylık Ortalama Akımları.....	47
3.5. Planlanan Barajın Baraj Yeri Debilerinin Alan-Oranı Metoduyla Bulunması....	48
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI	51
4.1. Havzadaki Mevcut Kurulu Barajların İncelenmesi	51
4.2. Planlanan Baraj Yerinin Belirlenmesi	52
4.2.1. Planlanan barajın hidroelektrik enerji potansiyeli.....	54
5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR	57

EK-1: Ülkemizdeki KHES'ler.....	59
EK-2: İstasyonlar Arası İlişkiler.....	62
EK-3: İstasyonlardaki eksik verilerin doldurulması.....	65
EK-4: Uzun dönem aylık akımlar.....	67
EK-5: Debi-süreklilik eğrileri	69
EK-6 : Porsuk havzasındaki kurulu barajların karakteristik özellikleri	71
EK-7 : Porsuk havzasındaki kurulu barajların adı, mevkisi ve koordinatları.....	72
EK-8 : Ağı maksimum debi ve taşkın tekerrür periyodu	73
EK-9: Bilecik ili ham sıcaklık değerleri.....	77
EK-10: Bilecik ili ham buharlaşma değerleri.....	78
EK-11: Bilecik ili ham yağış değerleri.....	79
EK-12: Eskişehir ili ham sıcaklık değerleri	80
EK-13: Eskişehir ili ham buharlaşma değerleri.....	81
EK-14: Eskişehir ili ham yağış değerleri.....	82
EK-15: Ankara ili ham sıcaklık değerleri.....	83
EK-16: Ankara ili ham buharlaşma değerleri.....	84
EK-17: Ankara ili ham yağış değerleri.....	85
EK-18: Kütahya ili ham sıcaklık değerleri.....	86
EK-19: Kütahya ili ham buharlaşma değerleri.....	87
EK-20: Kütahya ili ham yağış değerleri.....	88
EK-21: Afyonkarahisar ili ham sıcaklık değerleri.....	89
EK-22: Afyonkarahisar ili ham buharlaşma değerleri.....	90
EK-23: Afyonkarahisar ili ham yağış değerleri.....	91
EK-24: Havzaların HES potansiyelleri ve Türkiye'nin hes potansiyel gelişimi	92
ÖZGEÇMİŞ	93

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	: Debi
Δt	: Zaman aralığı (yıl)
$Z(x_i)$	: x_i noktasındaki örnek noktasının değerini
d	: örnek noktası ile tahmini yapılacak nokta arasındaki uzaklığı,
W_i	: x_i noktasındaki örneğin x_0 noktasına göre ters uzaklık ağırlığını,
$Z^*(x_0)$	: x_0 noktasındaki tahminin değerini,
n	: örnek nokta sayısını ifade etmektedir.
p	: üssel değer
K	: Aylık debiye göre değişen akım katsayısı
Tr	: Taşkın Periyodu
t	: zaman
$^{\circ}C$	: Santigrad derece

Kısaltmalar

AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
BHES	: Büyük Hidroelektrik Santral
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	: Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
GW	: Gigawatt
GWh	: Gigawatt saat
Ha	: Hektar
HES	: Hidroelektrik Santral
IDW	: Inverse Distance Weigthing (Uzaklığın Tersine ile Ağırlıklandırma)
MGİ	: Meteoroloji Gözlem İstasyonları
mm	: milimetre
MW	: Megawatt
KHES	: Küçük Hidroelektrik Santral
Simahpp	: Simulation to Evaluate the Feasibility of Hydropower Projects
SHPW	: Small Hydropower World

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1: Dünya hidroelektrik enerji potansiyeli ve gelişme durumu.....	10
Çizelge 1.2: Dünyada KHES'lerin potansiyeli ve kurulu gücü.....	10
Çizelge 1.3: Dünya'da hidroelektrikten en fazla istifade 10 ülke.....	11
Çizelge 1.4: Küçük Hidroelektrik Santrallerin 1983 yılı Durumları.....	14
Çizelge 1.5 : Ülkelerin KHES potansiyeli.....	15
Çizelge 1.6: Elektrik enerjisi talep tahmini.....	16
Çizelge 2.1: Akım gözlem istasyonları.....	41
Çizelge 2.2: AGİ korelasyon ilişkileri.....	43
Çizelge 3.1: Alan oranı metodunda kullanılan Ø ve K katsayıları.....	48
Çizelge 4.1: Planlanan barajın yeri ve karakteristik özellikleri.....	53
Çizelge 4.2: Planlanan baraja ait Simahpp analiz sonuçları.....	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Hidrolojik su çevrimi.....	3
Şekil 1.2: Hidroelektrik enerji üretimi.....	3
Şekil 1.3: Hidroelektrik enerji potansiyeli.....	4
Şekil 1.4: Hidroelektrik santral kesiti.....	6
Şekil 1.5: Hidroelektrik enerji üretimi akım şeması.....	7
Şekil 1.6: Nehir tipi KHES.....	8
Şekil 1.7: Dünya elektrik üretiminde enerji kaynaklarının payları.....	12
Şekil 1.8: Dünyada KHES'lerin potansiyeli ve kurulu gücü.....	12
Şekil 1.9: Elektrik enerjisi ve puant tahmini.....	16
Şekil 2.1: Türkiye'nin 25 ana akarsu havzası haritası.....	18
Şekil 2.2: Porsuk havzası.....	19
Şekil 2.3: Porsuk havzasının Türkiye'deki konumu.....	20
Şekil 2.4: Porsuk Çayı ve kolları.....	20
Şekil 2.5: Porsuk havzası jeoloji haritası.....	21
Şekil 2.6: Porsuk havzasının Türkiye deprem bölgeleri haritasındaki konumu.....	22
Şekil 2.7: DEM'in hücresel şekli ile ifadesi.....	24
Şekil 2.8: Porsuk havzasında kullanılan 1/25.000 ölçekli vektör haritalar.....	25
Şekil 2.9: DEM'de oluşabilecek boşluk.....	26
Şekil 2.10: DEM'de oluşabilecek boşlukların doldurulması.....	26
Şekil 2.11: Su akış yönü.....	27
Şekil 2.12: Akım yönleri.....	27
Şekil 2.13: Akım yönünün matematiksel ifadesi.....	28
Şekil 2.14: Kümülatif akım yönü	28
Şekil 2.15: Porsuk havzasının alt havzaları ve drenaj ağı.....	29
Şekil 2.16: Meteoroloji istasyonlarının konumsal haritaları.....	30
Şekil 2.17: İllere göre aylık nisbi nem değerleri.....	31
Şekil 2.18: İllere göre aylık sıcaklık değerleri	32
Şekil 2.19: İllere göre aylık açık yüzey buharlaşma değerleri.....	34
Şekil 2.20: İllere göre aylık toplam yağış değerleri.....	35
Şekil 2.21: İllere göre aylık kar kalınlığı değerleri.....	36
Şekil 2.22: IDW yöntemi ile meteoroloji değerlerinin analizi.....	39

Şekil 2.23: Porsuk havzasında bulunan Akım Gözlem İstasyonları.....	40
Şekil 2.24: Porsuk havzası AGİ ölçüm yılları	42
Şekil 2.25: İstasyonlar arası matematiksel ilişkiler.....	42
Şekil 2.26: Tüm eksik yılları doldurulmuş AGİ ölçüm yılları.....	43
Şekil 3.1: Porsuk Havzasının bütünü için Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) ve kullanılan 1/25.000'lik vektör haritaları gösterir indeks	44
Şekil 3.2: Porsuk havzasının bölgeleri.....	44
Şekil 3.3: Porsuk havzasının alt havzaları.....	45
Şekil 3.4: Porsuk havzasına ait mekânsal haritalar.....	46
Şekil 3.5: Akım gözlem istasyonları uzun dönem aylık min., ort. ve maks debiler (m ³ /s).....	47
Şekil 3.6: AGİ debi süreklilik eğrileri.....	48
Şekil 3.7: Planlanan baraja giren brüt aylık ortalama debiler	49
Şekil 3.8: Planlanan barajdan çıkan brüt aylık ortalama debiler.....	49
Şekil 4.1: Havzadaki mevcut barajların konumu.....	51
Şekil 4.2: Planlanan barajın uydu görüntüsü ile yeri.....	52
Şekil 4.3: Göl alanının 3 boyutlu görünüşü.....	53
Şekil 4.4: Planlanan baraja ait görünüş ve alan özellikleri.....	53
Şekil 4.5: Planlanan barajın Simahpp sonuçları.....	55

1. GİRİŞ

Bu Tez’de, Porsuk havzasının su kaynaklarını araştırarak havzanın küçük ölçekli hidroelektrik enerji potansiyeli geliştirilmeye çalışılmıştır. Porsuk havzasındaki su potansiyelinin daha verimli kullanılabilmesi açısından, Porsuk Çayı ve yan kolları üzerinde muhtemel planlaması yapılacak bir barajın üretebileceği hidroelektrik potansiyelleri hesaplanmıştır. Türkiye geliştirmekte olan bir ülkedir. Enerji ihtiyacının fazla oluşu ve teknolojinin gelişmesi sonucu günümüzde kişi başına düşen enerji miktarı artmıştır. Bu enerjinin yenilenemeyen enerji kaynaklarından (doğal gaz, petrol, kömür ve nükleer) sağlanması yerine, yenilenebilir enerji kaynaklarından (hidrolik, güneş, jeotermal, rüzgâr, dalga, biyoenerji ve gelgit enerjisi) karşılanması çok önemlidir. Çünkü sudan elektrik enerjisi elde etmek için inşa edilen santrallerin ilk yatırım maliyetleri fazla olmasına karşın uzun vade de düşünüldüğünde diğer enerji kaynakları için yapılan tesislere göre birim enerji başına düşen maliyet daha azdır. Bakım onarım maliyetleri hidroelektrik santrallere göre daha külfetli olan diğer enerji kaynakları için yapılan tesisler, ekonomikliğini yitirmektedir.

Ülkemizde değeriendirmediğimiz hidroelektrik potansiyel oranı %64 civarlarındadır. Türkiye’nin hidroelektrik üretim politikası olarak bu oranı %30 civarlarına düşürebilmek için Porsuk havzası gibi hidroelektrik enerji üretimi açısından değeriendirilmeyen havzaların enerji potansiyelinin değeriendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla 25 büyük havzada bilimsel çalışmalar yapılarak, Türkiye’nin enerji ihtiyacını karşılamada katkı yapılabilir.

Bu çalışmada bazı bilgisayar programları kullanılmıştır. Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı olan ArcGIS10.2.2 programından yararlanılmıştır. Bu program araştırma yapılan havzanın; özelliklerini, hidrolojik havza sınırlarını ve topoğrafik durumunu belirlemede kullanılmıştır. ArcGIS10.2.2 programına tanımlama yapılarak havza hakkında veriler elde edebilmek için Devlet Su İşlerinden ve Harita Genel Komutanlığından havzaya ait çeşitli ölçeklerde sayısal haritalar alınmıştır. Çalışılan havzanın meteorolojik özellikleri, Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğünden (DMİ) alınmıştır. Araştırma havzasına ait meteorolojik veriler (yağış, sıcaklık, buharlaşma, nisbi nem, kar v.b.) DMİ’den temin edilmiştir. Havza içindeki ve havza sınırları dışındaki DMİ ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından işletilen istasyonlara ait 1926-2015 yıllarına ait veriler alınmıştır. Bu veriler düzenlenerek

modellenmiştir. Bu modellemelerden biriside, havza üzerindeki yağışların dağılımı hakkındadır. Yağış dağılımına bakıldığında havza üzerindeki yağışlar fazla değildir.

Havzada yapılan çalışmalar sonucunda Porsuk Çayı potansiyelinin sadece Küçük Hidroelektrik Santraller (KHES) için uygun olduğu görülmüştür. Bunun sonucu olarak Porsuk Çayı üzerinde KHES kurulabilecek muhtemel noktalar tespit edilmiştir. Bu noktalarda çalışmalar yapılarak, bir tanesine KHES kurulmasına karar verilmiştir. Bilindiği gibi KHES'ler 0.5 MW ile 10 MW arasında elektrik üretme kapasitesine sahip, düşük debili ve alçak düşülü ortamlara inşa edilen, ulusal şebekeye önemli ölçüde katkı sağlayamayan ancak inşa edildiği bölgede ulusal şebekenin yükünü azaltan tesislerdir. Birim enerji başına büyük hidroelektrik santrallere (BHES) nazaran daha fazla yatırım maliyeti bulunan KHES'lerin, uzun vadede düşünüldüğünde, BHES'lere göre KHES'lerin düşük işletme giderlerinin oluşu ve bakım-onarım masraflarının daha cüzi oluşu yatırımcıları KHES'lere yöneltmektedir. KHES'lerin amacı akarsulardan gelen sudan maksimum yararlanmayı sağlamaktır.

1.1. Hidroelektrik Enerji

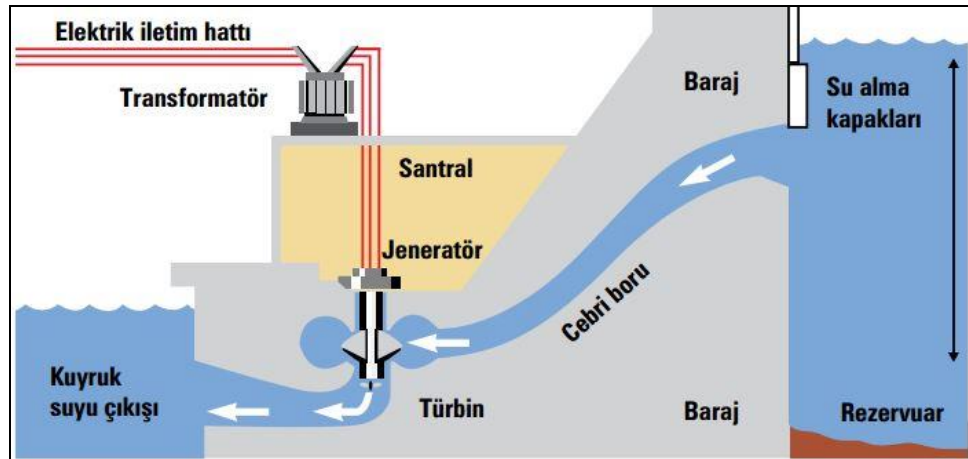
Hidroelektrik enerji, suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile elde edilir. Bu sistem için yükseklik farkından yararlanılarak suyun basınçlı bir şekilde türbin içinden geçirilerek shaftın/alternatörün çevrilmesi sağlanarak elektrik enerjisi üretilir. Sudan elektrik enerjisi elde edilmesinde kullanılan teknoloji diğer kaynaklardan elektrik enerjisi elde edilmesinde kullanılan teknolojilerden daha basittir (TMMOB, 2011).

Hidrolik enerji üretiminde ülkenin su kaynakları kullanıldığından, hidroelektrik santrallerinden elde edilen enerji, yerli ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Çünkü enerji üretiminde kullanılan su doğada bir çevrim halindedir (Şekil 1.1). Enerjisi alınan su, çevrim sayesinde tekrar kullanılmak üzere kaynağa ulaşır.



Şekil 1.1. Hidrolojik su çevrimi (DSİ, 2011).

Hidroelektrik enerji, yüzyıldan fazla bir deneyime sahip, kanıtlanmış ve gelişmiş bir teknolojiye sahiptir (Şekil 1.2). Bugünkü santraller %80-95 dolayında oldukça yüksek bir verimle çalışmaktadır. Bu aynı zamanda önemli bir çevresel faydadır. En gelişmiş fosil kaynaklı santrallerin verimi %60, güneş enerjisinden elektrik üreten PV panellerinin ise %18 dolayındadır. Hidroelektrik diğer büyük ölçekli enerji üretim sistemi seçenekleriyle kıyaslandığında, en düşük işletme maliyetine ve en uzun işletme ömrüne sahiptir (KSO, 2012).

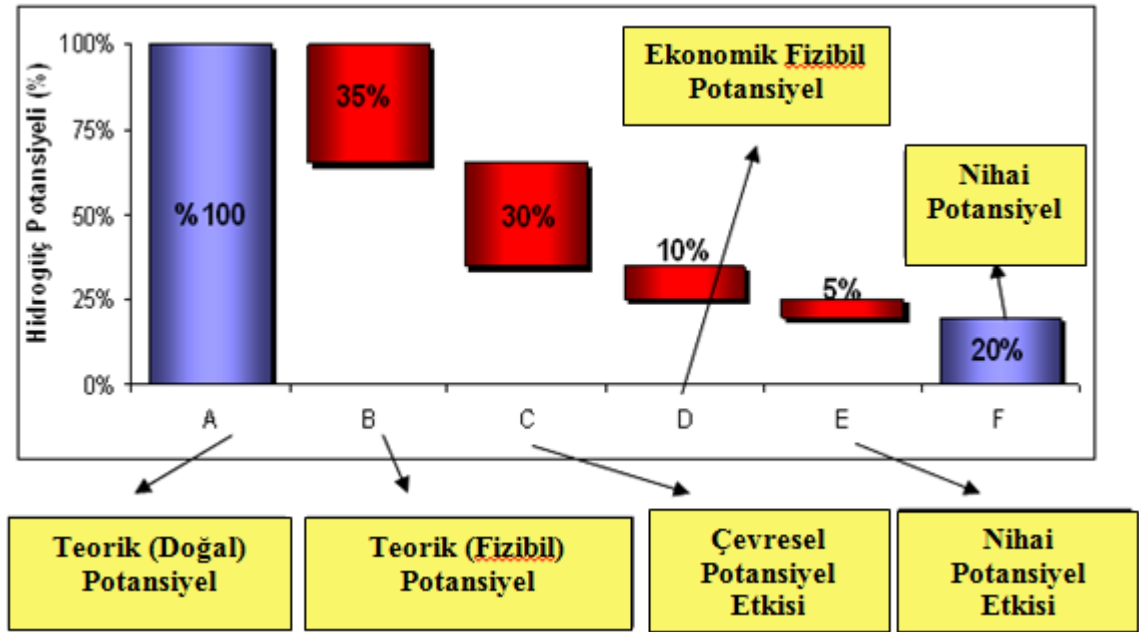


Şekil 1.2. Hidroelektrik enerji üretimi (DSİ, 2011).

1.1.1. Hidroelektrik enerji potansiyeli

Su rejiminin değişken olması ve hidroelektrik santrallerde gerçekleşen verim kayıplarından ötürü hidroelektrik enerji potansiyeli değişkendir.

Hidroelektrik enerji potansiyeli “teorik potansiyel”, “teknik potansiyel” ve “ekonomik potansiyel” olarak bilinir. Ülkedeki doğal akışların yüz de yüz verimle değerlendirildiği varsayımına dayanan potansiyel hesaplaması “brüt teorik hidroelektrik potansiyeli” ortaya koyuyor. Ancak günümüzün teknolojik koşulları göz önünde bulundurulduğunda bu değerin ancak bir kısmından faydalanmak mümkündür ve buna “teknik yapılabilir potansiyel” denir. Fakat teknik potansiyelin de ekonomik koşullar gereği tam olarak değerlendirilmesi mümkün olmayabilir. Bu da “ekonomik potansiyel” olarak bilinir (Şekil 1.3) (Uluatam, 2011).



Şekil 1.3. Hidroelektrik enerji potansiyeli (Kaya, 2011).

Dünya Enerji Konseyi'ne göre, KHES potansiyelleri beş aşamalı olarak değerlendirilmektedir. Bunlar:

-*Teorik (doğal) potansiyel:* Tüm doğal akışların %100 verimle değerlendirildiği varsayımı,

-*Teknik (fizibil) potansiyel:* Teorik potansiyelin teknolojik koşullara göre değerlendirilebilen kısmı,

-*Çevresel potansiyel*: Teorik potansiyelin çevresel etkileşim ile değerlendirilebilen kısmı,

-*Ekonomik fizibil potansiyel*: Teknik potansiyelin ekonomik karlılığa göre değerlendirilebilen kısmı,

-*Nihai potansiyel*: Teknik, ekonomik ve çevresel potansiyelin etkileşimidir.

1.2. Hidroelektrik Santraller

Hidroelektrik santraller, suyun potansiyel ve kinetik enerjisinden faydalanarak türbinleri çevirmesi ile buna bağlı bulunan jeneratör motorunun dönmesi sağlanarak elektrik enerjisi üreten tesislerdir (Şekil 1.4). Bu tesisler, üretilmek istenen enerji miktarına, maliyete ve topoğrafik koşullara göre farklı planlanabilmektedir. Planlamaya göre değişiklik gösterebilecek hidroelektrik santrali oluşturan yapılar;

- Baraj gövdesi; akarsuyun depolanarak gerekli su kotunun elde edinimini sağlar,
- Su alma yapısı; suyun iletim hattına alınmasını, gerektiğinde kapatılmasını sağlar.
- Su iletim hattı; suyun türbinlere ulaşmasını sağlar. Bu hatlar, kanallar, borular yada tüneller vasıtasıyla oluşturulmuştur.
- Santral binası; generatör, elektrik panoları, türbinler gibi elektromekanik cihazların ve kontrol-kumanda odasının bulunduğu yapıdır.
- Santral su bırakma hattı; türbinlere çarparak enerjisi kullanılan suyun akarsu yatağına ulaşmasını sağlayan kanallardır.
- Şalt sahası; iletim hatlarının, topraklama hattının, trafoların, baraların, transformatörün ve yıldırım parafudru gibi enerji elemanlarının bulunduğu sahadır.
- Dip savak; gerektiğinde barajın memba tarafındaki suyun mansap tarafına geçişini sağlayan ve suyun akarsu yatağına ulaşmasını sağlayan yapıdır.
- Dolu savak; aşırı yağış veya taşkın durumlarında baraj gövdesinin zarar görmesini engellemek için fazla suyun akarsu yatağına tahliyesini sağlayan yapıdır.

Yukarıdaki bahsedilen tesisler baraj planlamasına göre değişiklik göstermektedir. Bu tesislerin bazıları planlamaya dahil olmayabilir yada bu tesislere ilave tesislerde (enerji kırıcı havuz, balık geçidi v.b.) yapılabilir.



Şekil 1.4. Hidroelektrik santral kesiti (www.teknikvideo.net).

1.2.1 Hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması

Hidroelektrik santraller ilk aşamada pompajlı veya geleneksel olarak sınıflandırılır. Daha sonra aşağıdaki kıstaslara bakılarak sınıflandırma detaylandırılır.

- *Depolama Yapılarına Göre:*

- Depolamalı (rezervuarlı)
- Nehir tipi (regülatör)

- *Düşülerine Göre:*

- Alçak düşülü ($H < 10$ m)
- Orta düşülü ($H = 10-50$ m arası)
- Yüksek düşülü ($H > 50$ m den büyük düşülü)

- *Kurulu Güçlerine Göre:*

- Çok küçük (mikro) kapasiteli (< 100 kW)
- Küçük (mini) kapasiteli (100-1000 kW; 1MW = 1000kW)
- Orta kapasiteli (1000-10000 kW)
- Büyük kapasiteli (> 10000 kW)

- *Ulusal Elektrik Sisteminin Yükünü Karşılama Durumuna Göre:*

- Baz Yük
- Puant(Pik)Yük
- Hem Baz hem de Puant(Pik)Yük

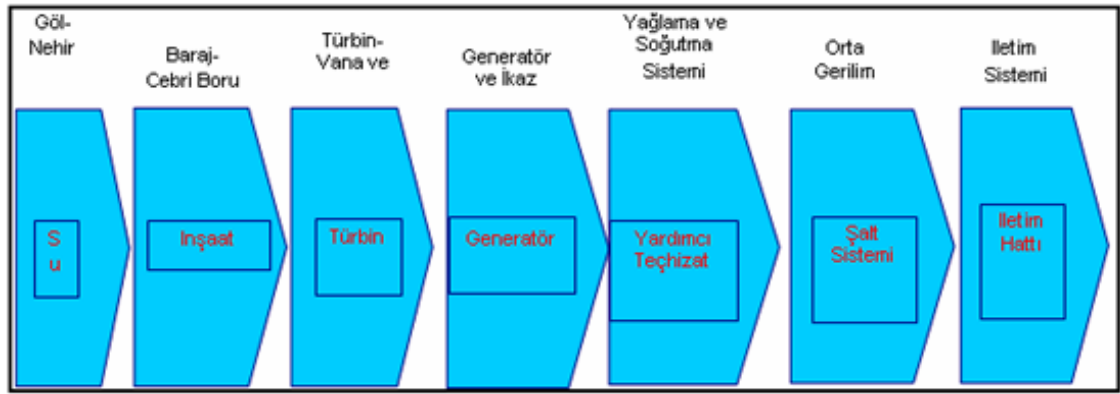
- *Baraj Gövdesinin Tipine Göre:*

- Ağırlıklı beton gövdeli baraj
- Beton kemer gövdeli baraj
- Kaya dolgu gövdeli baraj
- Toprak dolgulu gövdeli vb.,

- *Santral Binasının Konumuna Göre*

- Yer üstü
- Yer altı
- Yarı gömülü veya batık

Yukarıda her ne kadar HES'ler sınıflandırılmış olsa da akım şeması olarak Şekil 1.5'deki gibi benzerdir.



Şekil 1.5. Hidroelektrik enerji üretimi akım şeması (ETKB, 2015).

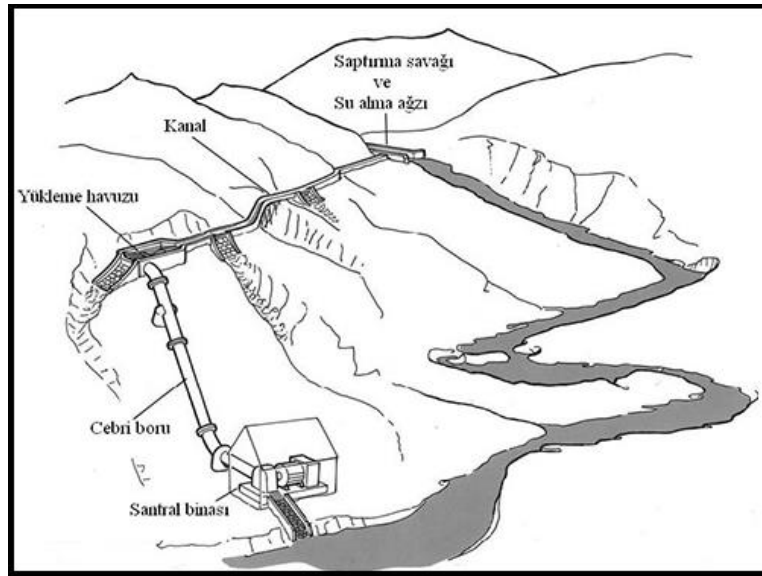
1.3 Küçük Hidroelektrik Santraller

Küçük Hidroelektrik Santral (KHES) ile ilgili uluslararası bir tanım henüz olmamasına karşın, KHES genel olarak 25MW'ta kadar kurulu güce sahip santraller olarak kabul edilmektedir. Farklı ülkelerde, mini ve mikro hidroelektrik santraller için farklı kabuller yapılmıştır. Fakat KHES'ler için genel kabul gören tanım, 10MW'a kadar güç üretebilen hidroelektrik santraller şeklindedir (Kaya, 2011).

Küçük HES'ler genellikle nehir veya kanal santrali olarak tasarlandıklarında ekonomik olmaktadır. Barajlı bir küçük HES'in ekonomik olabilmesi için projenin çok maksatlı olması, yani enerji faydasının yansısı sulama, içme suyu ve taşkından koruma

faidalarının da bulunması gerekir. Sadece enerji faydası olan bir KHES'in nehir santrali olarak tasarlanmasında fayda vardır (Şekil 1.6) (Gençoğlu ve Cebeci, 2001).

Küçük HES'lerin birim yatırım maliyeti projenin özelliklerine göre farklılık göstermekle birlikte, yaklaşık bir değer olarak 1500-2000 \$/kW aralığında alınabilir. Yıllık işletme ve bakım gideri ise yaklaşık 50 \$/kW olarak kabul edilebilir (Gençoğlu ve Cebeci, 2001).



Şekil 1.6. Nehir tipi KHES (İlBank).

Küçük hidroelektrik santraller enterkonnekte sisteme bölgesel olarak destek sağlayan tesislerdir. Küçük hidroelektrik santrallerin olumlu ve olumsuz yönleri vardır. Bunların bazıları aşağıdaki gibidir,

Olumlu Yönleri:

- Küçük hidroelektrik santrallerde üretilen enerji genellikle bulunduğu bölgenin enerji ihtiyacını karşılamada kullanıldığı için uzun enerji nakil hattına ihtiyaç duymaz. Böylelikle enerji nakil hatlarında kaybolan enerji en aza indirgenmiş olur.
- Kırsal bölgelere ulaşım zorluğu ve ulusal şebekeden enerji ihtiyacını karşılayamama sebeplerinden, yakıt teminine yönelme problemine çözüm sağlar.
- Bakımları kısa zamanlı ve ucuzdur. Bu durum hem bakım-onarım maliyetini azaltır hem de sistemin daha çabuk devreye girmesine olanak sağlayarak kar oranını yükseltir.

- Küçük hidroelektrik santrallerin türbin, jeneratör ve diğer mekanik ekipmanları boyut açısından imal edilebilir hal kazandığından milli endüstriyel işletmelerimizde üretilebilme imkanı sunar. Üretimde standardizasyon sağlandığı takdirde makine ekipmanlarını daha ucuza temin edebilme imkanı sunar.
- Termik santrallere göre işletme, bakım ve onarım maliyetinin düşük olmasının yanında çevreye karbon salınımı azdır.
- Büyük hidroelektrik santrallere göre, santral yapıları daha küçük olduğundan, kurulum aşamasında çevreye verilen zarar daha azdır.

Olumsuz Yönleri:

- Taşkın kontrolü, sulama ve içme suyu sağlamak gibi fonksiyonları yoktur.
- 1 kW enerji üretmek için gerekli olan ilk yatırım maliyeti büyük hidroelektrik santrallerden yüksektir.
- Küçük hidroelektrik santrallerin ilk kurulum aşamasında işletme giderleri ve etüt maliyeti büyük hidroelektrik santrallere göre fazladır.
- Nehir tipi santrallerde göl alanı olmadığından, enerji üretimi akarsuyun rejimine bağlıdır.
- Akarsuyun debisini azaltarak, akarsu çevresindeki fauna ve florayı etkiler. Bu sebepten dolayı canlı yaşamı da olumsuz yönde etkilenir.

1.3.1. Küçük hidroelektrik santrallerin dünyadaki durumu

Hızla gelişmekte olan küresel yapı için enerji ihtiyacı da hızla artmaktadır. Ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için enerji kaynaklarına ihtiyaçları vardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye zararı olmadığı için tercih edilmeleri daha uygundur. Enerji üretiminde çeşitliliği sağlama açısından yenilenemeyen enerji kaynaklarından da yararlanmak gerekir.

Dünyadaki teknik hidroelektrik potansiyel 14.368.000 GWh/yıl, ekonomik hidroelektrik potansiyel ise 8.181.000 GWh/yıl'dır. Teknik potansiyelin %19,25'i, ekonomik hidroelektrik potansiyelin ise %33,82'si değerlendirilebilmiş bulunmaktadır (Çizelge 1.1). Aynı çizelgede kıtalar için üretilen hidroelektrik enerjinin, o kıtanın teknik hidroelektrik potansiyeline oranı da gösterilmiştir. Buna göre,: Afrika %4,8, Asya %12,23, Avustralya /Okyanusya %22,57, Avrupa %48,39, Kuzey ve Orta Amerika %41,84 ve Güney Amerika %19,81'ini geliştirmiştir. Yani kullanılmayan

potansiyelin büyük bir kısmı Afrika, Asya ve Latin Amerika kıtalarında yer almaktadır (Ayla, 2004).

Çizelge 1.1. Dünya hidroelektrik enerji potansiyeli ve gelişme durumu (Ayla, 2004).

	Brüt Teorik HES Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik Yapılabilir HES Potansiyeli (GWh/yıl)	Ekonomik Yapılabilir HES Potansiyeli (GWh/yıl)	İşletmede		İnş. Halinde (MW)	Planlama Aşamasında	Teknik Potansiyelin Kullanım Oranı
				Kurulu Güç (MW)	Ort. Üretim (GWh/yıl)			%
Afrika	~ 4.000.000	~ 1.750.000	~ 1.100.000	~ 21.314	~ 85.300	> 2.914	~72.306	4,80
Asya	~ 19.400.000	~ 6.800.000	~ 3.600.000	~ 246.100	~ 831.630	> 91.979	> 143.920	12,23
Avustralya /Okyanusya	~ 594.000	~ 200.000	~ 90.000	~ 12.788	~ 45.140	> 184	> 150	22,57
Avrupa (Rusya Fed. ve Türkiye hariç)	> 3.200.000	~ 1.140.000	~ 790.000	~ 177.350	~ 551.700	> 2.770	> 11.600	48,39
Kuzey ve Orta Amerika	~ 7.200.000	~ 1.663.000	~ 1.000.000	~ 160.940	~ 695.800	> 3.368	> 17.342	41,84
Güney Amerika	~ 6.200.000	~ 2.815.000	~ 1.600.000	~ 118.950	~ 557.700	> 16.682	> 57.177	19,81
Toplam	~ 41.000.000	~ 14.368.000	~ 8.181.000	~ 737.400	~ 2.767.000	> 100.758	~ 300.000	19,25
Türkiye	433.000	216.000	128.000	12.554	44.155	3.099	21.297	20,00
Dünya Toplamında	%1,06	%1,50	%1,56	%1,73	%1,60	%3,19	%6,04	-

Çizelge 1.1’de 2004 yılında yapılan HES’lere ait bir çalışmanın ürünü olup 2013 yılında, özellikle KHES’lere vurgu yapan, Small Hydropower World (Dünyadaki Küçük Hidrogüç) çalışmasında ise kıtaların KHES’lerin potansiyeli ve kurulu güçlerini Çizelge 1.2’deki gibi sıralamıştır.

Çizelge 1.2. Dünyada KHES’lerin potansiyeli ve kurulu gücü (SHPW, 2013).

Kıtalar	Teknik Potansiyeli (MW)	Kurulu Güç (MW)	Teknik Potansiyelin Kullanımı %
Amerika	22.857,4	10.300,09	45,06
Asya	112.705,49	45.971,86	40,79
Afrika	7.899,72	525,05	6,65
Avrupa	26.219,6	17.812,4	67,93
Okyanusya	1.237,7	412,1	33,3

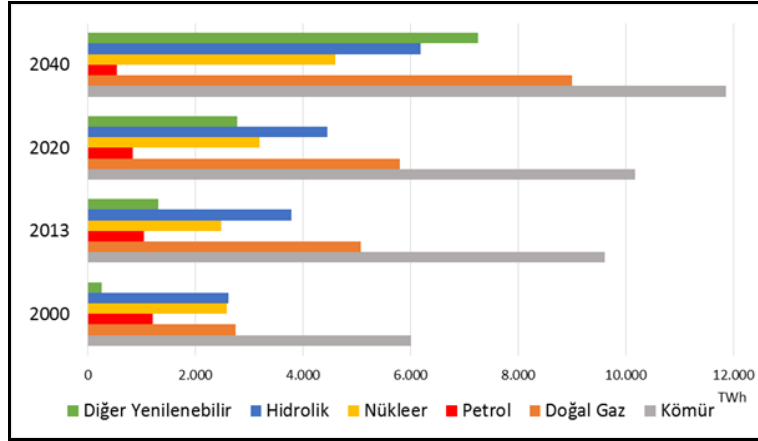
Suyun enerji potansiyelini yüksek oranda kullanan kıtalara bakıldığında ya gelişmiş ülkelere sahip kıtalar ya da gelişmesini tamamlamakta olan ülkelere sahip kıtalar olduğu görülmektedir. Çünkü gelişmenin temel unsurlarından sanayileşme ve teknolojinin hızla ilerlemesi enerji gereksinimini arttırmakta, bununla birlikte ülkeler

enerji ihtiyaçları için milli kaynaklarına daha çok ağırlık vermektedir. Gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler temiz enerji üretme amacı içinde BHES'lerin yanında KHES'lere de önem vermektedir. KHES'lerin kurulumu BHES'lere göre daha az zaman alıcı olduğundan enerji taleplerine daha kısa sürede cevap verebilmekle beraber işletme maliyetleri de düşüktür. HES'lerden büyük ölçüde faydalanan ilk 10 ülkenin, teknik potansiyeli kullanımına göre sıralaması Çizelge 1.3'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 1.3. Dünya'da hidroelektrikten en fazla istifade eden 10 ülke (Ayla, 2004).

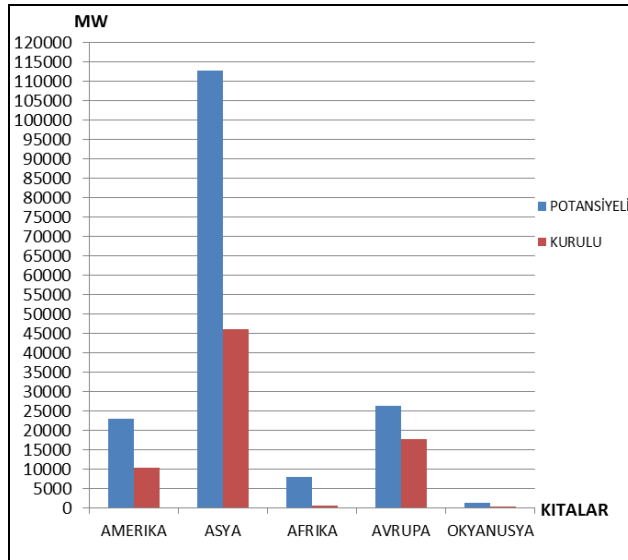
No	Ülke	Kurulu Güç (MW)	Üretim (GWh)	Ortalama Yük Faktörü (%)
1	Kanada	69.205	353.302	60,1
2	ABD	76.000	300.000	45,1
3	Brezilya	67.723	305.000	53,5
4	Çin Halk Cum.	82.700	280.000	35,5
5	Rusya Fed.	45.000	173.849	44,4
6	Norveç	27.628	129.728	50
7	Japonya	21.699	91.893	39,3
8	Fransa	25.200	65.500	35,9
9	Hindistan	29.500	73.954	32,8
10	İsveç	16.200	65.000	45,8
Toplam		456.616	1.818.139	

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan hidroelektrik santraller (HES), dünyadaki elektrik gereksiniminin yaklaşık olarak %22'ni karşılamaktadır. Büyük HES'lerin alt grubu olan küçük ölçekli hidroelektrik santrallerin (KHES) önemi, enerjinin değerli olması sebebi ile günümüzde daha değerli hale gelmiştir (Bakış ve Bayazıt, 2015) .



Şekil 1.7. Dünya elektrik üretiminde enerji kaynaklarının payları (ETKB, 2015).

Gelişmiş ülkelerin çoğunda küçümsemeyecek miktarda küçük hidroelektrik santral bulunmaktadır. Bu santrallerin toplam enerji üretimindeki payı %4 ile %6 arasında bulunmaktadır. Dünya Bankası tarafından yapılan bir araştırmaya göre üçüncü dünya ülkelerindeki hidroelektrik potansiyelin %5 ila %10'unun küçük hidroelektrik santraller tarafından enerjiye dönüştürülebileceği hesaplanmıştır (DSİ, 2011).



Şekil 1.8. Dünyada KHES'lerin potansiyeli ve kurulu gücü (SHPW, 2013).

1.3.2. Küçük hidroelektrik santrallerin Türkiye'deki durumu

Ülkelerin yıllık enerji artış talebi ortalamalarına bakıldığında, Türkiye'nin yıllık enerji talebi artış oranı ortalaması gelişmiş ülkelerin yıllık enerji talebi artış oranı ortalamasından oldukça fazladır. Türkiye'nin yıllık enerji talebi artış oranı ortalaması %7 iken, gelişmiş ülkelerde bu oran %4, dünyada ise %2,5 civarındadır. Gelişmiş ülkelerde kişi başına düşen ortalama elektrik tüketimi 8.900 kWh iken, Türkiye de kişi başına düşen ortalama elektrik tüketimi 2.791 kWh civarlarındadır. Bu verilere göre ülkemizin gelişmekte olan bir ülke olduğu anlaşılmaktadır. Türkiye'nin enerji açığını kapatmak için yeraltı ve yerüstü kaynakları yeterli değildir. Farklı ülkelere enerji hammaddeleri ithal etmek zorundadır. İthal edilen enerji kaynaklarının Türkiye ye yıllık maliyeti 65-70 milyar dolar arasındadır. Bu maliyet, enerji kaynaklarının her geçen gün azalması ve yeni enerji kaynağı rezervlerinin bulunamaması nedeniyle artacaktır. Bu sebeple, milli enerji kaynaklarının geliştirilerek, kullanılması hem dışa bağımlılığı azaltmak hem de maddi açıdan Türkiye'nin kalkınması için oldukça önemlidir. Türkiye enerji kaynaklarını geliştirmeye beyaz kömürü daha fazla ve daha verimli işleterek başlamalıdır. Ayrıca Türkiye, 126 milyar kWh/yıl hidroelektrik potansiyeli varken bu potansiyelinin yaklaşık 45 milyar kWh/yıl (%36) kısmını işletmektedir. Türkiye hidroelektrik su potansiyelini daha fazla kullanabilmesi için mevcut olan su kaynaklarından daha fazla yararlanması gerekmektedir.

Türkiye'de küçük hidroelektrik santraller 1926 yılından itibaren kullanılmaktadır. 1950–1960 yılları arasında büyük bir kısmı inşa edilen bu tip santrallerin yapımına 1972 yılına kadar değişik kuruluşlarca devam edilmiştir. Önceleri enerji üretimi için yaygın bir biçimde kullanılan küçük hidroelektrik santraller, 1960'lı yıllardan sonra yerlerini büyük boyutlu baraj ve hidroelektrik santrallere bırakmışlardır. Diğer birçok ülkede olduğu gibi bu gelişim ülkemizde de gözlenmiştir. Ancak süratle artan enerji talebi karşısında tüm enerji kaynaklarından yararlanma sorunu ortaya çıkmıştır. Bunun sonucu olarak küçük hidroelektrik santrallerden enerji üretilmesi yeniden önem kazanmaya başlamıştır (Buttanrı, 2006).

Çizelge 1.4. Küçük hidroelektrik santrallerin 1983 yılı durumları (Buttanrı, 2006).

Sıra No	Santralin Bulunduğu Yer	İli	Kurulu Gücü (MW)
1	Yerköprü	Konya	10,56
2	Hazar II	Elazığ	10
3	Kovalda I	Isparta	8,25
4	Sızır	Kayseri	6,77
5	Yüregir	Adana	6
6	Murgul	Artvin	4,7
7	Engil	Van	4,6
8	Derne	Malatya	4,5
9	Kayaköy	Kütahya	3,84
10	Ceyhan	K.Maraş	3,6
11	Defne-Harbiye	Hatay	3,2
12	Girlevik	Erzincan	3,04
13	Kiti	Kars	2,76
14	İvriz	Konya	2,1
15	Botan	Siirt	1,58
16	Bünyan	Kayseri	1,52
17	Merkez	Hakkari	1,5
18	Merkez	Kayseri	1,36
19	Denizli	Denizli	1,17
20	Dinar	Afyon	1,12
21	Ermenek	Konya	1,12
22	Visera	Trabzon	1,04

Ülkemizde 1983 yılı verilerine göre 178 adet küçük su santrali vardır. Bunların 70 tanesi mikro, 86 tanesi mini, 22 tanesi de küçük hidroelektrik santraldir (Buttanrı, 2006). Günümüzde ise 825 kurulu barajdan 572 tanesi elektrik üretmekte ve bunlardan 234 tanesi Ek-1’de isimleri, illeri ve kurulu güçleri görüldüğü üzere KHES’dir. Bu KHES’lerin toplam kurulu gücü 1.360,093 MW’dır. Ülkemizde KHES’lerin kurulu güçleri 33 yılda 84,33 MW’dan 1.360,093 yükselmesi KHES’lerin öneminin ne kadar arttığını ispatlamaktadır. Ancak Çizelge 1.5’de görüldüğü üzere bu artış bile KHES potansiyelimizin %21’ini kullanabildiğimiz anlamına gelmektedir. Ayrıca Türkiye KHES potansiyeli olarak dünyada 7. ülke olmasına rağmen KHES kurulu gücünde ilk yirmi ülkesinde arasında dahi değildir.

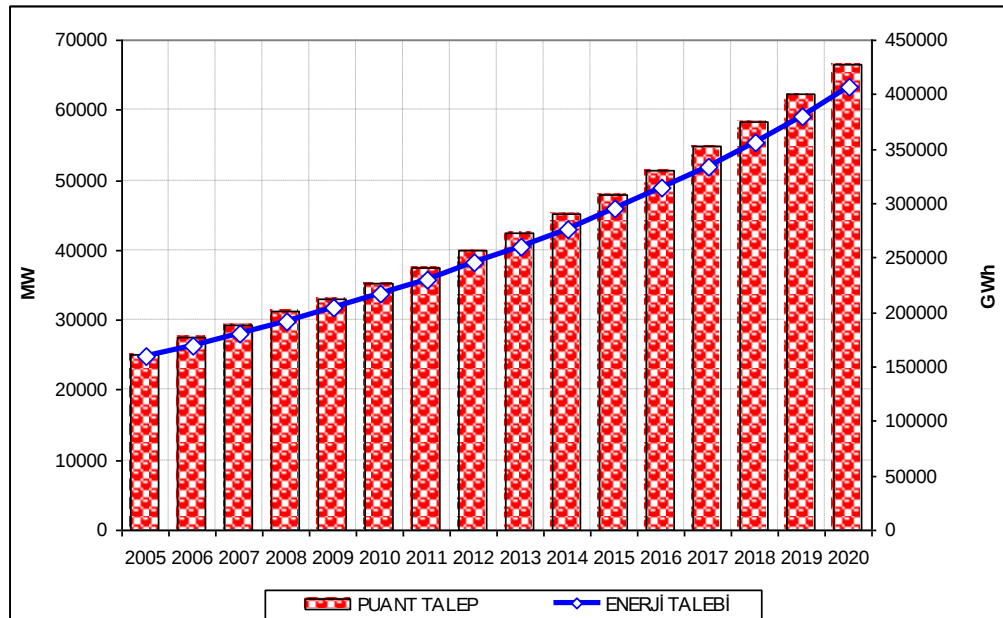
Çizelge 1.5. Ülkelerin KHES potansiyeli (SHPW, 2013).

Ülkeler	KHES Potansiyeli (GW)
Çin	63429,00
Hindistan	15000,00
Japonya	10267,00
Amerika Birleşik Devletleri	8041,00
İtalya	7066,00
Şili	7000,00
Türkiye	6500,00
Meksika	3250,00
Kenya	3000,00
Kazakistan	2707,00

Türkiye Elektrik İletim A.Ş.'nin yayınladığı bilgilere dayanarak günümüzde ülkemizin yıllık elektrik enerjisi tüketimi ortalama olarak 313.599,00 GWh tahmin edilmektedir (Çizelge 1.6). Ülkemizde kişi başına elektrik tüketimi 3.373,00 kWh civarlarındadır. Şu anki beklenen yıllık enerji tüketim artışı %6 olması kişi sayısı artışı ve sanayileşmenin hızlanmasıyla ilerleyen yıllarda daha da fazlalaşacağı anlamına gelmektedir. Bu talebi karşılamada inşası uzun yıllar sürebilecek, doğa tahribatı daha fazla olan büyük barajlar yapmak yerine daha hızlı devreye girebilecek ve doğaya daha az zarar veren KHES'lerin potansiyelinin %21 düzeyinden %75-80 düzeylerine arttırmak daha verimli olacaktır. Bu sayede milli kaynağımız olan beyaz kömür daha fazla işlenmiş olur bununla birlikte ilk yatırım ve işletme maliyetlerini uzun yıllara yayarak ülke ekonomisine daha hızlı katkı sağlar.

Çizelge 1.6. Elektrik enerjisi talep tahmini (TEİAŞ, 2004).

Yıl	Enerji Talebi	
	GWh	Artış (%)
2005	159650	-
2006	169517	6,2
2007	180248	6,3
2008	191677	6,3
2009	203827	6,3
2010	216747	6,3
2011	230399	6,3
2012	244951	6,3
2013	260401	6,3
2014	276799	6,3
2015	294560	6,4
2016	313599	6,5
2017	334297	6,6
2018	356500	6,6
2019	380503	6,7
2020	406533	6,8



Şekil 1.9. Elektrik enerjisi ve puant tahmini (TEİAŞ, 2004).

1.4. Literatür Özeti

Türkiye’deki su kaynaklarının değerlendirilip enerji ihtiyacının milli kaynaklardan temini konusunda akademik yayınlar vardır. Ancak bu yayınlar bir baraj planlamasının sadece bir yan çalışması hakkındadır. Buna istisna olarak Bayazıt, tarafından yüksek lisans tezinde Seydisuyu Havzasının Hidroelektrik Potansiyelinin Araştırılması yapılmış ve Seydisuyu havzasında baraj yerleri belirlenerek, potansiyelleri hesaplanmıştır. Ayrıca Bakış R. tarafından Porsuk Havzasında, Elektrik Üretemeyen Çok Amaçlı Barajlardan Elektrik Üretiminin Araştırılması yapılmış ve havzanın toplam hidroelektrik enerji potansiyeli değerlerine ulaşılmıştır.

Türkiye’de hidroelektrik potansiyel ve baraj planlamalarıyla ilgili çalışmalar;

2009 yılında 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu’nda Akkaya, U. ve arkadaşları “Baraj ve Hidroelektrik Santrallerin (HES) Çevresel Etkilerinin Analizi: Ilısu Barajı Örneği” başlıklı bir bildirisinde Ilısu Barajı üzerinden HES’lerin çevresel etkilerinden bahsederken aynı zamanda Türkiye’nin hidroelektrik potansiyeli hakkında araştırma sonuçları verilmiştir.

Mühendislik jeolojisi bülteni 20. Sayıda Koçbay ve Kılıç tarafından yayınlanan “Obruk Baraj Yerin (Çorum) Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi” isimli bildiride, bir baraj yeri jeolojisi açıdan incelenmiştir.

2012 yılında, Keblout, Ouerdachi ve Boutaghane tarafından Energy Procedia dergisinde yayınlanan “Spatial Interpolation of Annual Precipitation in Annaba-Algeria- Comparison and Evaluation of Methods” isimli makalede yıllık yağış verilerinin konumsal dağılım metotları karşılaştırılıyor.

2009 yılında Bakış ve arkadaşları tarafından yayınlanan “Porsuk Havzasındaki Çok Amaçlı Barajlardan Elektrik Üretiminin Araştırılması” isimli makalede ise Porsuk havzasında bulunan sulama, içme-kullanma ve taşkın amaçlı barajlardan elektrik üretimi amaçlanmıştır.

Literatürde son 10 yılda bu konuya eğilimin arttığı görülmüştür. Bu çalışmada, CBS yazılımlarıyla yeni bir baraj yeri planlaması, hidroelektrik potansiyel hesabı ve maliyet analizleri yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

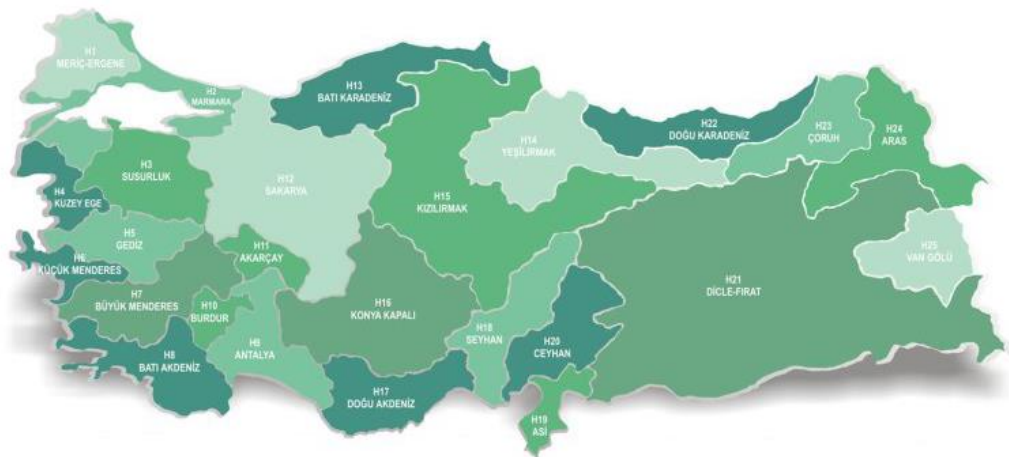
2.1. Materyal

Bu çalışmada, Porsuk havzası ve Porsuk havzasına komşu havzalarında içine alacak şekilde 1/100.000 ölçekli vektör haritaları ve raster haritaları, Harita Genel Komutanlığından ve 1/25.000 ölçekli 54 adet vektör, raster ve jeolojik sayısal haritalar, UTM 36N zonunda European Datum 1950 (ED50) koordinat sisteminde, Devlet Su İşleri III. Bölge Müdürlüğünden (DSİ) temin edilmiştir. Araştırmada, Porsuk havzasının mekânsal analizleri (spatial analysis), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS-ArcGIS 10.2.2-Geographic Information System-GIS) yazılımı ile analiz edilmiştir.

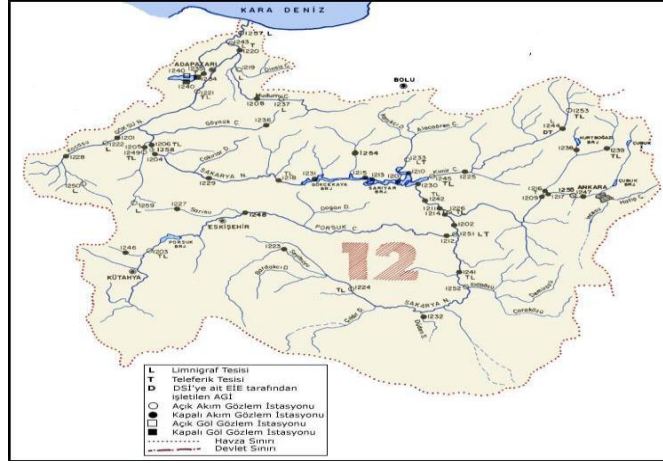
Havzanın meteorolojik özelliklerinin (sıcaklık, nispi nem, buharlaşma, yağış, rüzgâr, vb.) uzun vadede büyüklüklerini belirlenmede Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden (DMİ) veriler temin edilmiştir.

DSİ'nin yapmış olduğu havza çalışmaları sonucunda ülkemizin akarsu havzaları 25 ana havzaya bölünmüştür (Şekil 2.1). Bu havzalardan 12 numaralı olan havza Sakarya Havzasıdır (Şekil 2.2).

Türkiye'nin 25 ana havzasından biri olan 12 nolu Sakarya havzası, EİE ve DSİ tarafından yapılan planlama ve uygulama çalışmaları sonucu Yukarı Sakarya Havzası ve Aşağı Sakarya Havzası olmak üzere iki ayrı bölüme ayrılmıştır. Bu çalışmada Aşağı Sakarya Havzasının alt havzalarından biri olan Porsuk havzasında su kaynakları araştırılıp, su kaynaklarının hidroelektrik enerji potansiyeli incelenmiştir (Şekil 2.4).

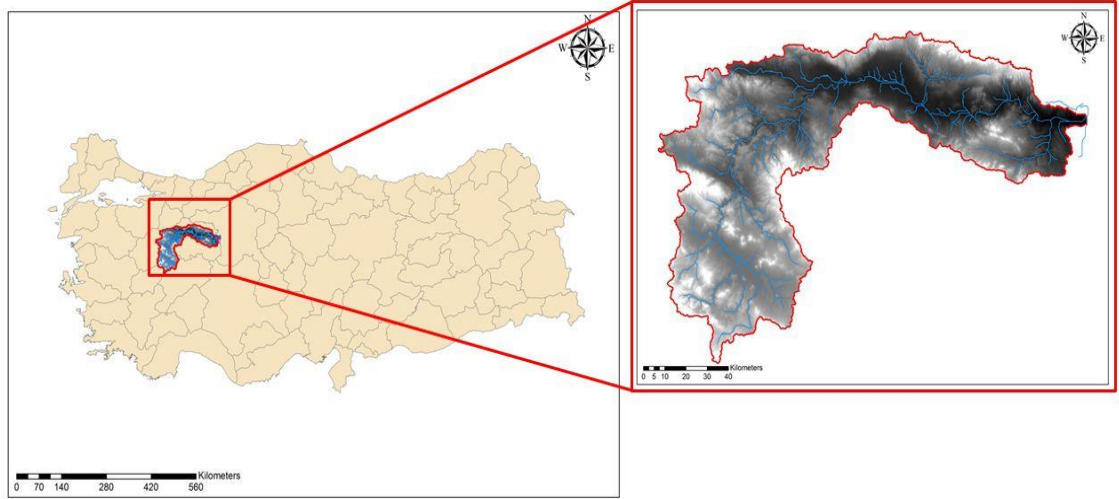


Şekil 2.1. Türkiye'nin 25 ana akarsu havzası haritası.



Şekil 2.2. Sakarya havzası.

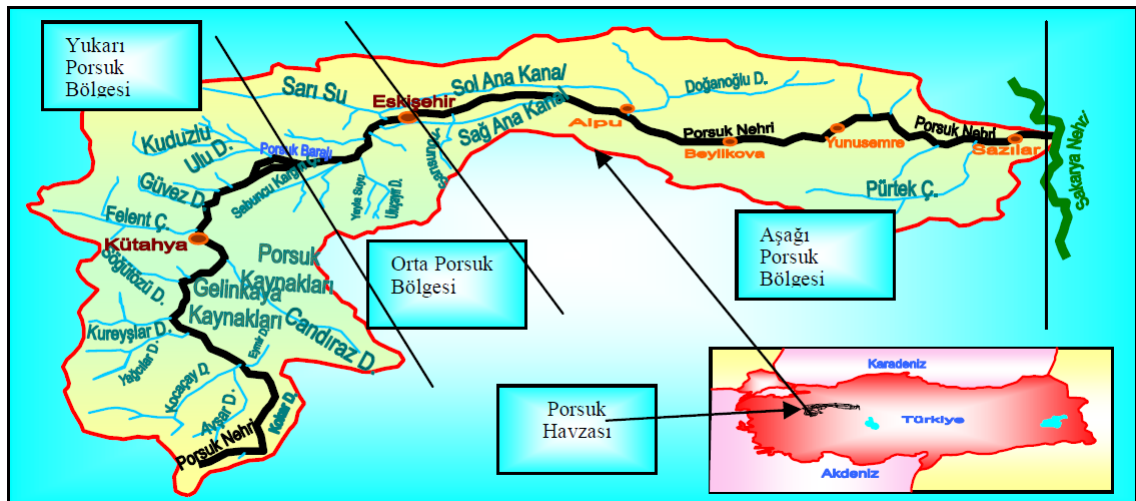
Porsuk Havzası, Sakarya Havzasının bir alt havzası olup, kuzeybatı Anadolu'da 11113,66 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Havza, 29° 38' -31° 59' doğu boylamları ile 38° 44' -39° 99' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Doğu-Batı yönünde 202 km, kuzey-güney yönünde 135 km uzunluğundadır. Porsuk Havzası, Eskişehir ve Kütahya il merkezleri ile bu illere bağlı 7 ilçe merkezini, Ankara, Uşak ve Afyon il sınırları içinde kalan bazı kısımları da ihtiva etmektedir (Şekil 2.3). Havzanın %60'ından fazlası dağlıktır. Porsuk Havzasının yüzey suları, Porsuk Çayı ve yan kolları tarafından toplanır ve havza içinde 436 km yol kat ettikten sonra, Sazılar mevkiinde, 660 m kotunda, Sakarya nehrine dökülür. Porsuk Havzasının uzun süreli yıllık ortalama yağış yüksekliğinin 451 mm olması nedeniyle, su potansiyeli azdır. Havzanın toplam yıllık su potansiyeli 481 hm³'tür (DSİ, 1986; DSİ, 1983). Yani, kurulu gücü büyük olan santrallerin çalışması için yeterli hidrolik potansiyel mevcut değildir. Ancak, küçük hidrolik santrallerin kurulması bakımından uygun bulunmuştur.



Şekil 2.3. Porsuk havzasının Türkiye'deki konumu.

2.1.1. Porsuk havzası akarsuları

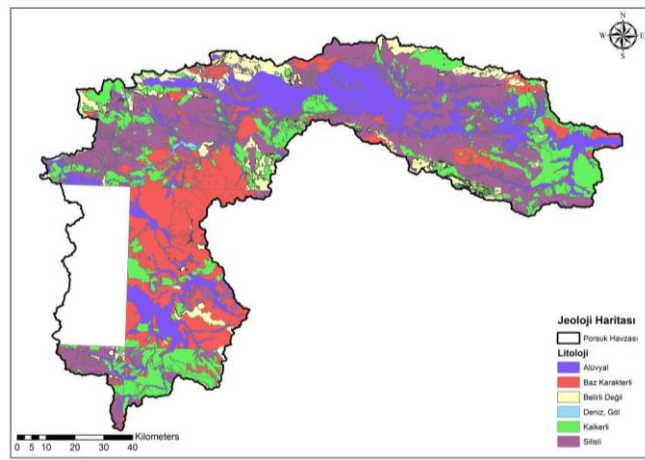
Porsuk Çayı, havzanın güneyinden, Murat Dağı eteklerinden ve Tokul köyü civarlarından doğmakta ve yan kollarla birleşerek bir süre kuzey yönüne doğru akmaktadır. Kütahya ili civarından geçtikten sonra Eskişehir'e doğru kıvrılmakta ve Eskişehir il merkezinden geçtikten sonra doğuya doğru devam ederek, Sakarya Nehrine, yaklaşık 436 km yol kat ettikten sonra dökülmektedir. Porsuk Çayı ana kolunun önemli yan kolları şunlardır: Kokar Çayı, Çat Deresi, Felent Çayı, Kargın Deresi, Sarısu Deresi, Mihaliçcik Deresi ve Pürtek Deresi'dir (Şekil 2.4) (Bakış, vd., 2008).



Şekil 2.4. Porsuk Çayı ve kolları (Bakış, vd., 2008).

2.1.2. Porsuk havzasının genel jeolojik durumu

Porsuk havzası geniş bir bölge olup, 11325 km²'lik bir alana sahiptir. Havzada, farklı amaçlarla pek çok jeolojik ve hidrojeolojik etütler, Devlet Su İşler (DSİ) ve Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından yapılmıştır. Jeolojik çalışmaları genelde MTA Genel Müdürlüğü, hidrojeolojik çalışmalar ise DSİ Genel Müdürlüğü yapmış ve yapılan bu çalışmaların bir kısmı yayınlanmıştır. Bu çalışma kapsamında kullanılan uydu görüntüleri ile havzanın jeolojik yapısı da belirlenmiştir. Porsuk havzasının geneli için, DSİ ve MTA'nın harita ve raporlarından faydalanılmıştır. Ancak boyutlandırmada esas kriter olarak, baraj planlaması için öngörülen noktaların jeolojik yapısı, uydu görüntüleri ve 1/500.000 ölçekli sayısallaştırılmış Türkiye jeoloji haritası (Şekil 2.5) dikkate alınmıştır. Havza için toplam 54 adet raster uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bu çalışmalara göre, Porsuk havzasında, Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler hakimdir. Paleozoyik yaşlı birimler metamorfik kayalar ile temsil edilir. Mesozoyik üst sisteminde altta metamorfikler ve ofiyolit görülür. Üste doğru karbonat ve karbonatlı kayaların hakim olduğu formasyonlar bulunur. Bu üst sistemde ofiyolit yerleşimi de bulunmaktadır. Senozoyik üst sisteminde, daha çok kırıntılardan oluşmuş çökel birimler hakimdir. Bunlar içinde karbonatlı kayalar ile volkanik kayalar da görülmektedir. Bütün bu birimler akarsu vadisi, ovalar ve yamaçlar üzerlerinde güncel çökeller ile örtülmüşlerdir. Bölgede farklı zamanlarda gelişmiş magmatik etkinliklerle granitik sokulumlar, volkanik lav ve piroklastiklerin oluşturduğu birimleri de görmek mümkündür (Bakış, vd., 2008).



Şekil 2.5. Porsuk havzası jeoloji haritası.

2.1.4. Porsuk havzası hidrojeoloji

Porsuk havzasının hidrojeolojik özelliği, havzadaki jeolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri, ovalar ve kaynakların hidrojeolojik özellikleri ise, Havzada stratigrafik temelde yer alan Paleozoyik-Alt Triyas yaşlı Porsuk havzası Metamorfikleri gnays, sist ve mermerler ile temsil edilmektedir. Metamorfikler, sist ve gnays hakim olan yerlerde geçirimsiz-az geçirimli, mermerlerin hakim olduğu yerlerde geçirimlidir. Orta-Üst Triyas yaşlı Karkın Formasyonu kısmen geçirimsiz, az geçirimli, kireçtaşı seviyeleri geçirimlidir. Triyas'da sürüklenme ile bölgeye yerleşmiş olan Ofiyolitler litolojileri gereği geçirimsizdirler (Bakış, vd., 2008).

2.1.5. Porsuk havzası içinde kalan ovaların hidrojeolojik özellikleri

Porsuk havzası içinde güneyde Aslanapa, Altıntaş, Kütahya ve Köprüören ovaları ile kuzeyde İnönü, Eskişehir ile kuzeydoğuda Alpu ve Aşağı Porsuk ovaları yer alır. Altıntaş ovasından doğu-batı yönde Kokar Çayı, batı-doğu yönde Değirmen Dere ile drene edilmekte ve Adaköy civarında birleşerek Porsuk Çayına ulaşmaktadırlar. Köprüören ovasını batı-doğu yönde akan Felent Çayı ve kolları drene etmektedir. Bu çay, Kütahya kuzeyinde Porsuk Çayı ile birleşmektedir. İnönü Ovası batı-doğu yönde akan Sarısu Çayı ve kolları ile drene edilmekte ve bu çay Eskişehir il girişinde Porsuk Çayı'na kavuşmaktadır. Bu ova çayına birçok yan dere birleşmektedir. Bu ovalarda derin ve sığ kuyuları ile sulama için yeraltı suyundan yararlanılmaktadır. Alüvyon ile kaplı ovalarda yeraltı suyu seviyesi yamaçlara doğru derinleşmekte, akarsu yakınlarında yüzeye yaklaşmakta ve yer yer bataklık ortamı oluşturmaktadır. Yine bu ovalardaki kanal sistemi ile yapılan yüzey sulamaları nedeni ile yeraltı suyunda bir miktar artış olabilmektedir (Bakış, vd., 2008).

2.1.6. Porsuk havzasındaki dağlar

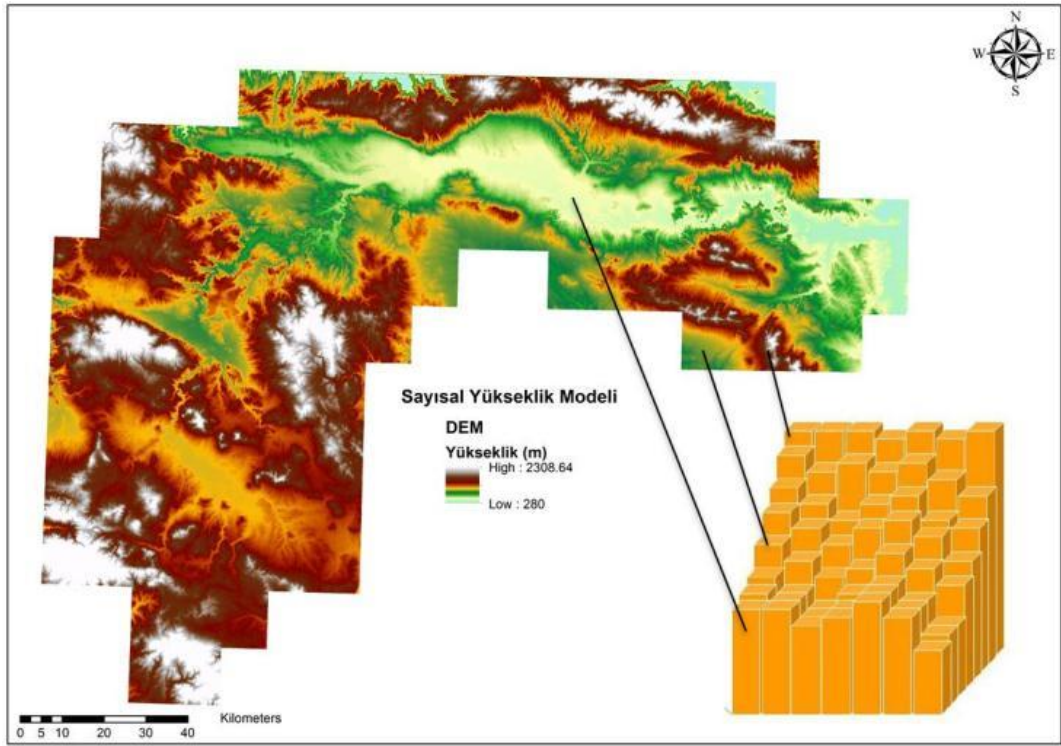
Porsuk havzasının batısı ve güneyi, daha yüksek kotlu ve dağlık bir nitelik gösterirler. Bu kesimde ormanlık araziler daha fazla, ovalık araziler daha azdır. Havzanın doğu kesimleri ise daha düz ve az ormanlık bir nitelik ihtiva etmektedir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Porsuk havzası, hidrolojik havza sınırlarının belirlenmesi

Havza, suyun akışını sürdürüp, belirli bir drenaj ağına sahip olarak kendi sınırını oluşturan karasal alandır. Su kaynaklarının planlanması ve yönetilmesi hususlarında

havza yapıları, özellikleri ve sınırları önem arz etmektedir. Bundan dolayı Porsuk havzasında meteorolojik veriler ile tahmin işlemleri ve yüzey analizleri işlemleri için havzanın hidrolojik sınırlarının belirlenmesi ve havza yüzey analizleri verilerinin elde edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, Porsuk havzasına ait özellikler, sayısal verilere sahip haritalar ile belirlenmiştir. Porsuk havzasının Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model-DEM), 1/25.000 ölçekli sayısallaştırılmış vektör haritalardan yararlanılarak çıkartılmıştır. Sayısal yükseklik modeli (DEM) yeryüzü topoğrafik yüzeyini 3 boyutlu gösteren bir haritadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. DEM'in hücresel şekli ile ifadesi.

Sayısal yükseklik modeli, 3 boyutlu uygulamalarda kullanılan veri kaynağıdır. Bu model, düzenli veya düzensiz aralıklarla ölçüm yapılarak, raster verilere sahip olup arazi yüzeyini belirler. Kısaca, raster haritada her pikselin yükseklik (kot) değerleri vardır ve bu değerler sayesinde sürekli yüzeyler elde edilir. Sonraki işlemler 10 adımda gerçekleşir bunlar; DEM oluşturma, boşlukların doldurması, akım yönü belirlenmesi, toplam akımın hesaplanması, nehirlerin tanımlanması, nehir ayırma, su toplama Alanının oluşturulması, alanların poligonlaştırılması, drenaj ağının belirlenmesi, drenaj

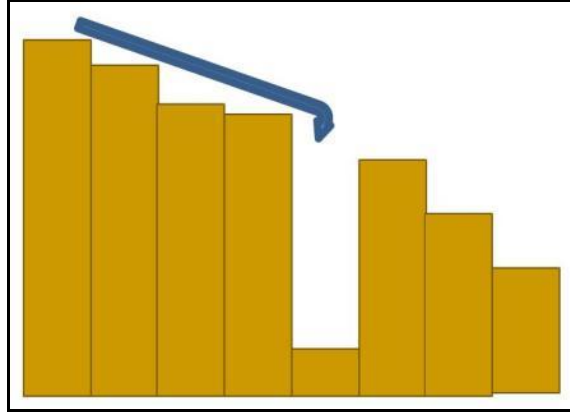
noktasının belirlenmesidir. Bu işlemler yapıldıktan sonra havza sınırı belirlenmiş olur (Şekil 2.8). Yüzey analizlerini işlemeye, sayısal yükseklik modeli havza sınırına göre kesilip, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarından biri olan ArcGIS 10.2.2 yazılımı analizlerinde yararlanılmıştır.



Şekil 2.8. Porsuk havzasında kullanılan 1/25.000 ölçekli vektör haritalar.

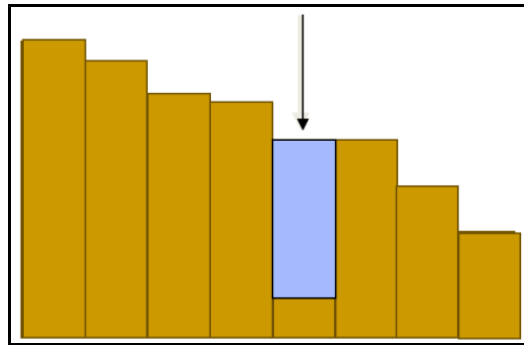
2.2.1.1. Porsuk havzasının alt havzaları ve drenaj ağlarının belirlenmesi

CBS yazılımı ile elde edilen DEM kullanılarak, Porsuk havzasını oluşturan alt havzalar belirlenmiştir. DEM’de yer alan boşluk hataları giderilmiştir. Bir hücre daha fazla yükseklik değerine sahip olan hücreler ile çevrildiği takdirde su, yükseklik değeri az olan bu hücreye doğru akacaktır (Şekil 2.9).



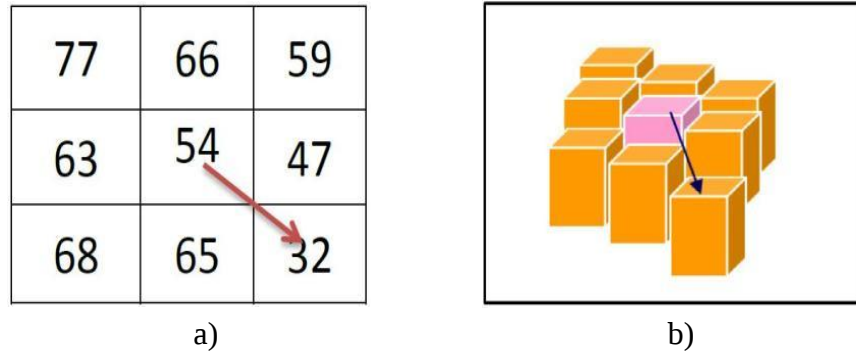
Şekil 2.9. DEM'de oluşabilecek boşluk.

DEM'de yer alan boşluklar doldurulmadığı takdirde yüzey akışı oluşamaz. Bu nedenle boşlukların doldurulması gereklidir. Fonksiyon bu problemi ortadan kaldırmak için yükseklik değerlerini yeniden düzenler (Şekil 2.10).



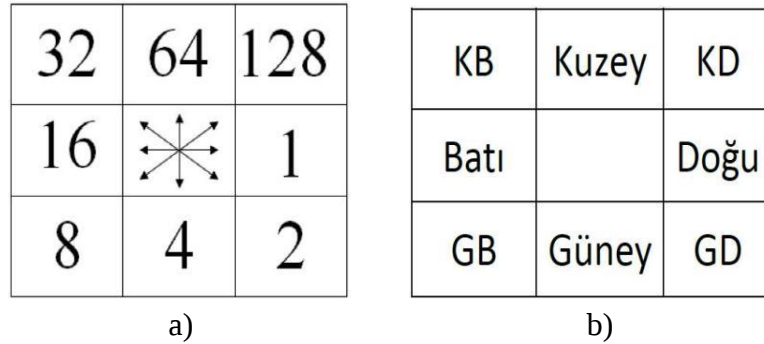
Şekil 2.10. DEM'de oluşabilecek boşlukların doldurulması.

Fiil yani doldurma işlemi tamamlandıktan sonra akım yönünü belirleme işlemine geçildi. Hücrede yer alan yükseklik değeri, bu hücreye komşu 8 hücreden yükseklik değeri en az olan hücreye doğru su akım yönünü göstermektedir. Şekil 2.11a'da görüldüğü gibi her bir hücrede yükseklik değeri yer almaktadır. Su akışı en düşük yükseklik değerine sahip hücreye doğru olacaktır (Şekil 2.11.).



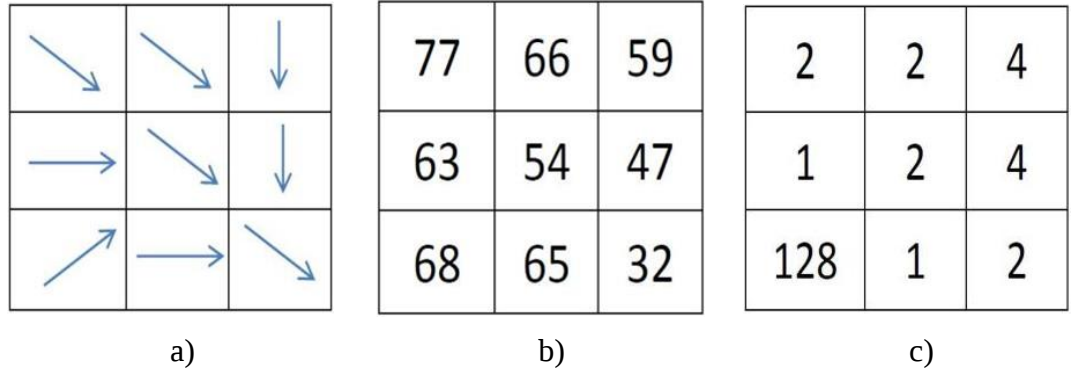
Şekil 2.11. Su akış yönü: a) Yükseklik değeri. b) Yüksekliğin kademe gösterimi.

Akış yönünü bilgisayar ortamında ifade etmek için “8 yönlü akım modeli” kullanılmaktadır. Gridin akım yönünü göstermek için Şekil 2.12’de yönler bağli olarak gösterilen rakamsal değler kullanılmaktadır. Örneğın bir hücreden akımın doğu yönünde olduğunu belirtmek için 1, kuzeybatı yönünde olduğunu belirtmek için 32, güneydoğı yönünde olduğunu belirtmek için 2 kullanılır.



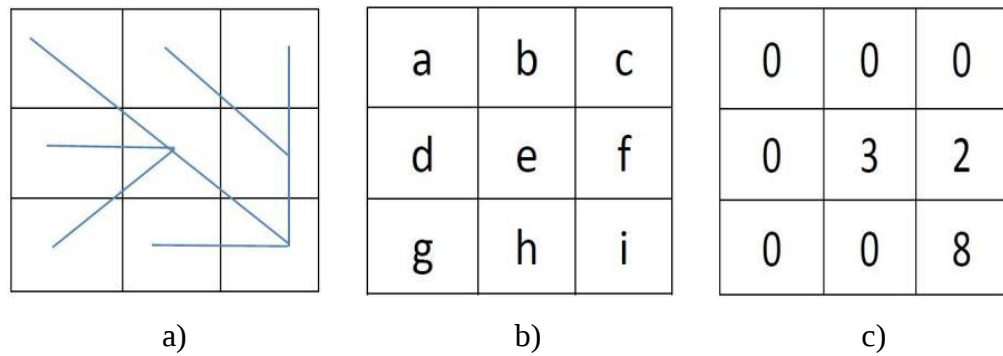
Şekil 2.12. Akım yönleri: a) Yönlerin sayısal ifadesi. b) Yönler.

Aşağıdaki Şekil 2.13a’da akım yönleri, Şekil 2.13b’de hücrelere ait yükseklik değleri ve Şekil 2.13c’de ise bu yönlerin ArcHydro programında kullanılacak olan veri tablosu görölmektedir.



Şekil 2.13. Akım yönünün matematiksel ifadesi: a) Akım yönleri. b) Hücrelere ait yükseklik değerleri. c) Veri tablosu.

Akım yönleri belirlendikten sonra toplam akımın hesaplanmasına geçilir. Bir hücrenin su toplama alanında yer alan hücre sayısı hesaplanır. Böylece su toplama alanı ve nehir kolları belirlenmeye başlar. Şekil 2.14a’da akım yönüne bağlı olarak hücreler arası akım ilişkileri görülmektedir. a,b,c,d,g ve h hücrelerine (Şekil 2.14b) doğru akım oluşmayacağından bu hücrelere 0 girilir. e hücrelerine 3 hücreden, f hücrelerine ise 2 hücreden akış olmaktadır. i hücrelerine ise en düşük yükseklik değerine sahip olduğundan 8 hücreden de akış gerçekleşmektedir. Böylece her bir hücrenin su toplama alanında kalan hücre sayısı belirlenir (Şekil 2.14c).

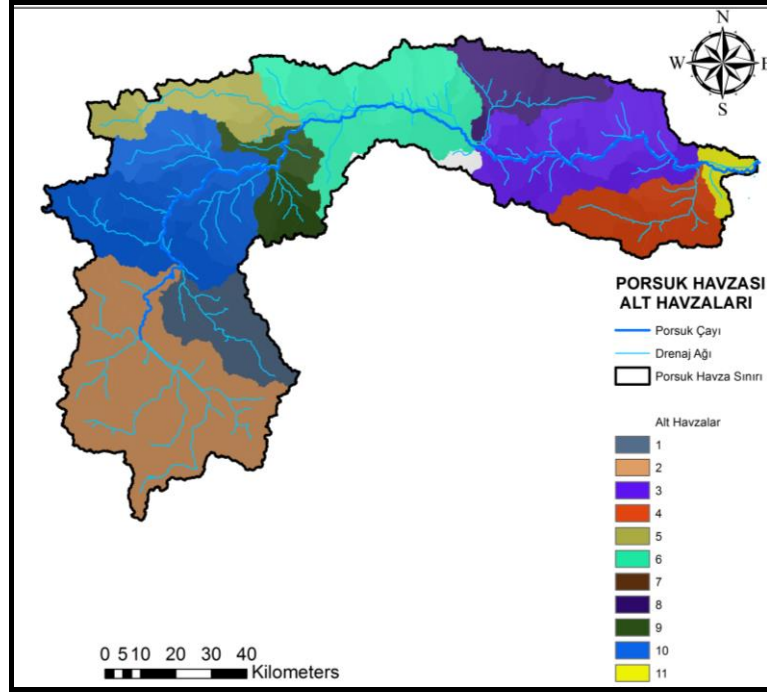


Şekil 2.14. Kümülatif akım yönü: a) Hücreler arası akım ilişkilerinin çizgisel gösterimi. b) Hücreler arası akım ilişkilerinin harflerle gösterimi. c) Hücreler arası akım ilişkilerin sayısal gösterimi.

Böylelikle DEM kullanılarak, ArcHydro Tools 10.2.2 komutundan yararlanıp havzanın drenaj ağı ve alt havzaları oluşturulmuştur (Şekil 2.15). Oluşturulmuş alt

havzaların ana akarsu ve kolları da bu analiz sayesinde belirlenmiştir. Ana kol (Porsuk Çayı) uzunluğu 436 km'dir.

Bu araştırmada, her bir alt havzadaki ana akarsuyun ve diğer derelerin sayısı, toplam dere uzunlukları, her bir derenin eğimi gibi önemli veriler de elde edilmiştir.



Şekil 2.15. Porsuk havzasının alt havzaları ve drenaj ağı.

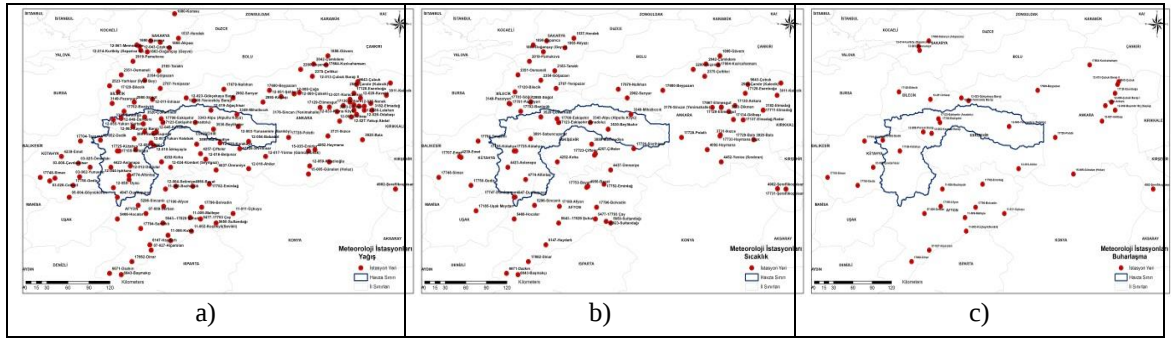
2.2.1.2. Porsuk havzasının konumsal özellikleri

Porsuk Havzanın DEM'i kullanılarak, havzaya ait yükseklik, eğim, bakı, gölgeli kabartma haritası ve buna benzer daha pek çok veri ve haritanın elde edilmesi ile havza ait mekânsal özellikler çıkarılmıştır. Her bir veri, baraj planlamasında önemli bir bilgi demektir. Havzaya ait mekânsal özellikler, jeo-istatistik yöntemle sınıflandırılarak, Bölüm 3.4'de gösterilmiştir.

2.2.1.3. Porsuk havzasının meteorolojik karakteristikleri

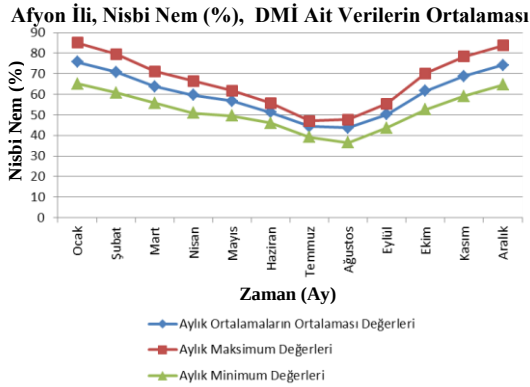
Porsuk Havzası İç Anadolu Bölgesinin karakteristik iklim özelliklerini (Karasal iklimi) yansıtır. Ancak, az da olsa Ege bölgesinin (Akdeniz iklimi) tesiri altına girmektedir. Havzanın batısı ile doğu kesimleri arasında iklimsel farklılıklar bulunmaktadır. Genelde, Porsuk Havzası'nın yazları kurak ve sıcak, kışları soğuk ve

yağışlıdır. Havzayı etkileyen, Eskişehir, Kütahya, Afyon, Bilecik ve Ankara illerinde bulunan Meteoroloji Gözlem İstasyonlarına (MGI) ait yağış (mm), sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), buharlaşma (mm) gibi uzun yıllara dayanan ölçülmüş aylık ortalama meteorolojik verilerin 1926-2015 yılları arasında (89 yıl) değerleri alınmıştır. Bu ham veriler, düzenlenerek aylık ortalama, minimum ve maksimum meteorolojik verileri elde edilmiştir.

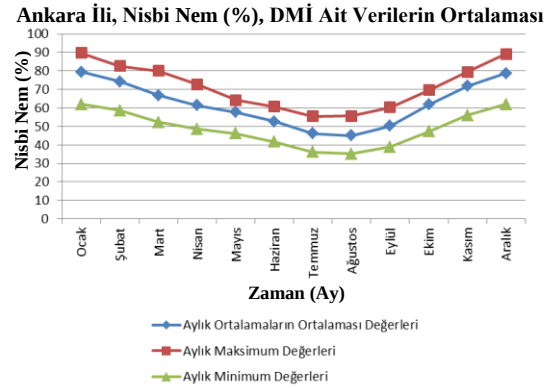


Şekil 2.16. Meteoroloji istasyonlarının konumsal haritaları: a) Yağış ölçen meteoroloji istasyonları. b) Sıcaklık ölçen meteoroloji istasyonları. c) Buharlaşma ölçen meteoroloji istasyonları.

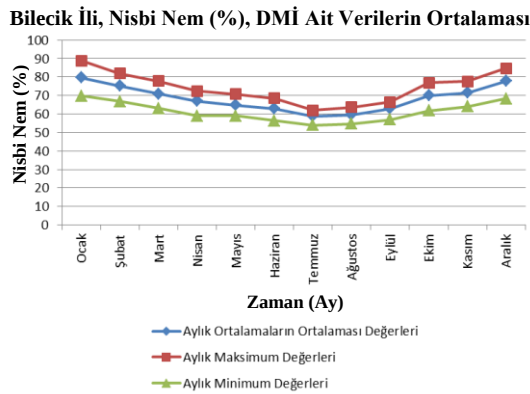
Nisbi nem 89 yıllık aylık uzun dönem ortalamaları;



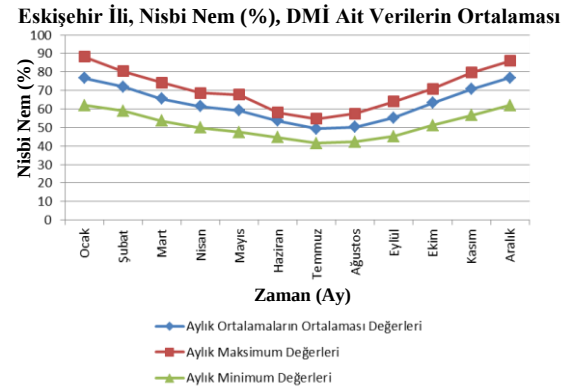
a)



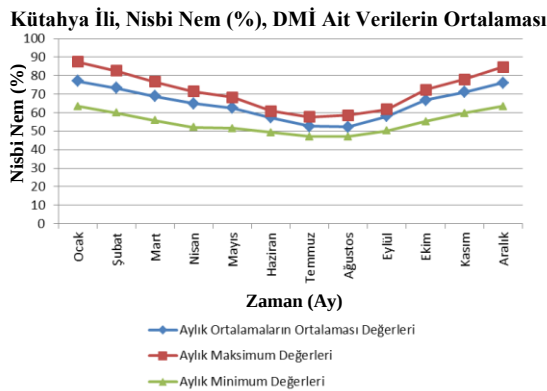
b)



c)



d)

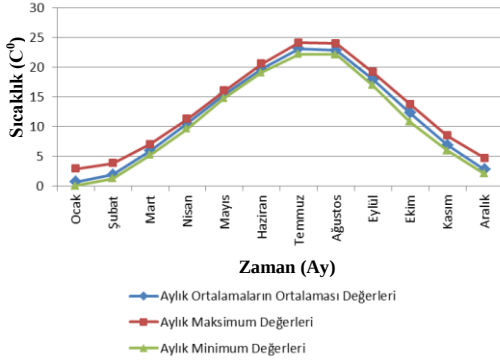


e)

Şekil 2.17. İllere göre aylık nisbi nem değerleri: a) Afyon ili aylık nisbi nem değerleri. b) Ankara ili aylık nisbi nem değerleri. c) Bilecik ili aylık nisbi nem değerleri. d) Eskişehir ili aylık nisbi nem değerleri. e) Bilecik ili aylık nisbi nem değerleri.

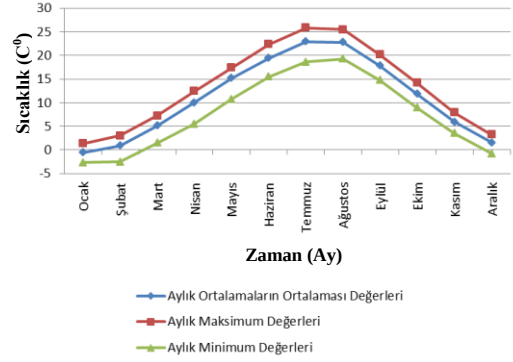
Sıcaklık 89 yıllık aylık uzun dönem ortalamaları;

Afyon İli, Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), DMİ Ait Verilerin Ortalaması



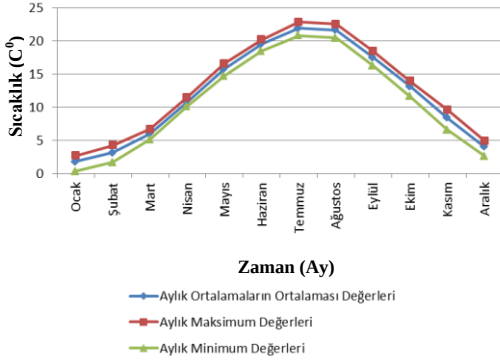
a)

Ankara İli, Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), DMİ Ait Verilerin Ortalaması



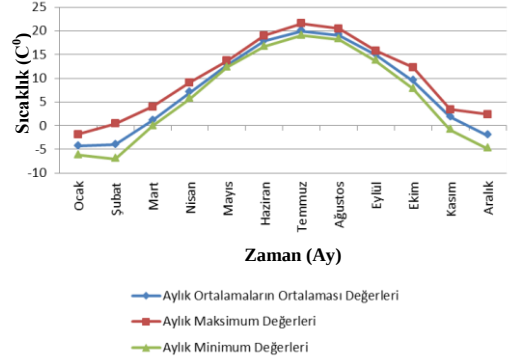
b)

Bilecik İli, Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), DMİ Ait Verilerin Ortalaması



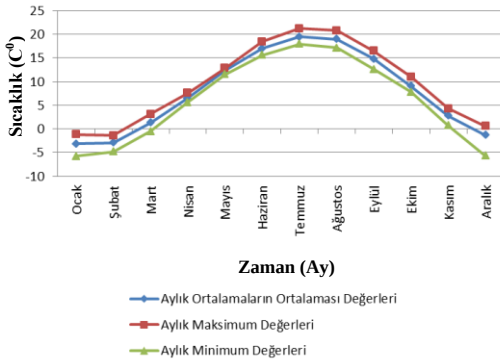
c)

Eskişehir İli, Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), DMİ Ait Verilerin Ortalaması



d)

Kütahya İli, Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), DMİ Ait Verilerin Ortalaması

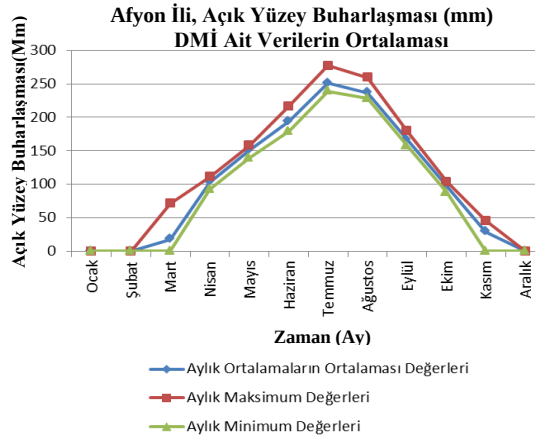


e)

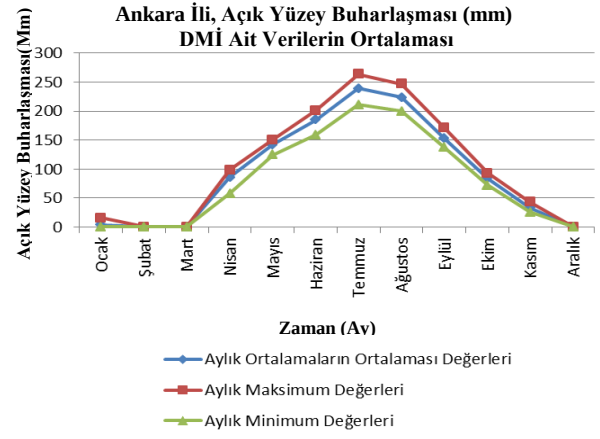
Şekil 2.18. İllere göre aylık sıcaklık değerleri: a) Afyon ili sıcaklık değerleri
b) Ankara ili sıcaklık değerleri. c) Bilecik ili sıcaklık değerleri. d) Eskişehir ili sıcaklık değerleri. e) Kütahya ili sıcaklık değerleri.

Açık yüzey buharlaşma 89 yıllık aylık uzun dönem ortalamaları;

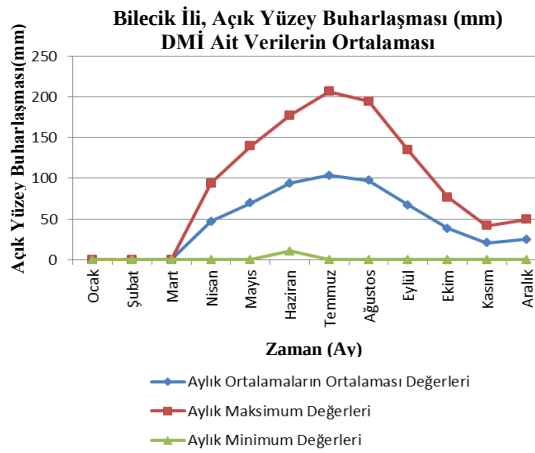
Açık yüzey buharlaşması; tabiatta suyun döngüsünde önemli bir unsuru teşkil eden buharlaşma, yeryüzünde sıvı ve katı halde değişik şekil ve şartlarda bulunan suyun meteorolojik faktörler etkisiyle atmosfere gaz halinde dönüşü olarak tarif edilir. Yeryüzünde suyu ihtiva eden her yüzey, atmosferdeki su buharının kaynağıdır. Denizler, göller, akarsular, nemli topraklar, karla örtülü veya buzla kaplı yüzeyler, ormanlar, bitki örtüsüne sahip araziler üzerinde devamlı buharlaşma meydana gelmektedir. Hidrometeorolojik ve hidrolojik açıdan açık su yüzeyinde yapılan buharlaşma ölçümleri baraj planlamasında önemlidir.



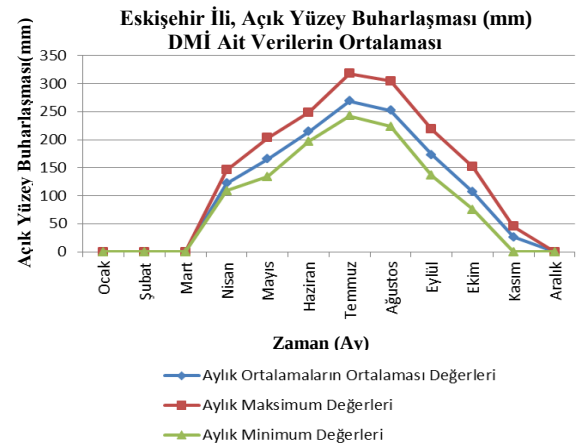
a)



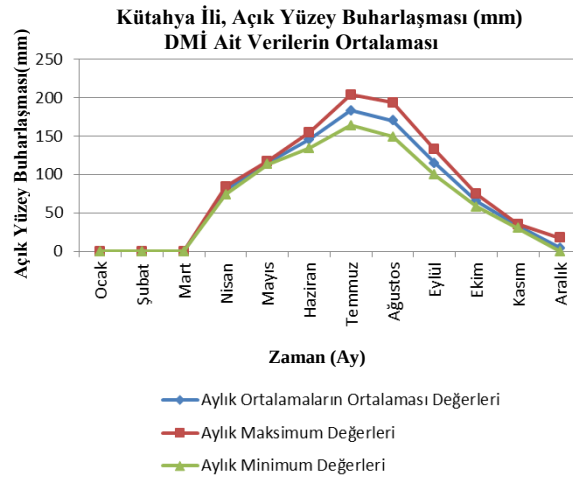
b)



c)



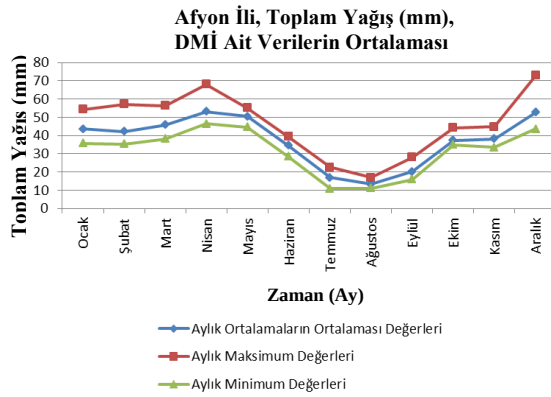
d)



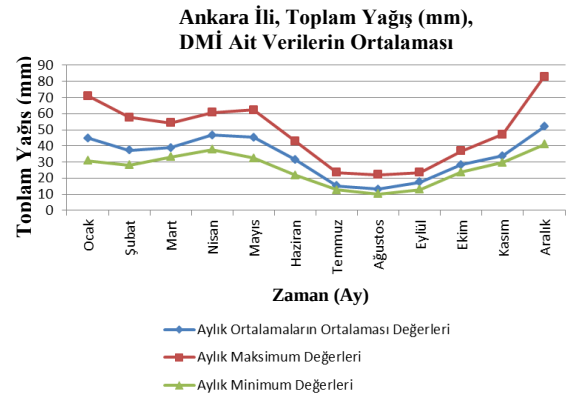
e)

Şekil 2.19. İllere göre aylık açık yüzey buharlaşma değerleri: a) Afyon ili aylık açık yüzey buharlaşma değerleri. b) Ankara ili aylık açık yüzey buharlaşma değerleri. c) Bilecik ili aylık açık yüzey buharlaşma değerleri. d) Eskişehir ili aylık açık yüzey buharlaşma değerleri. e) Kütahya ili aylık açık yüzey buharlaşma değerleri.

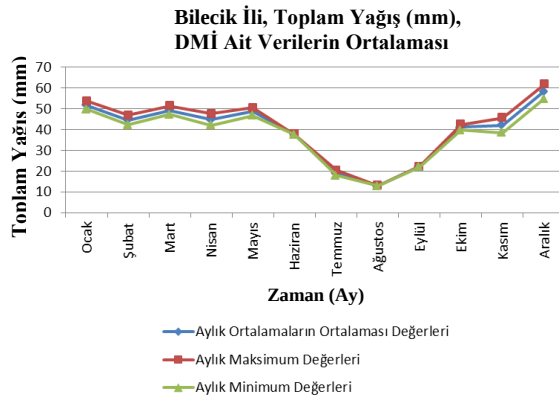
Yağış 89 yıllık aylık uzun dönem ortalamaları;



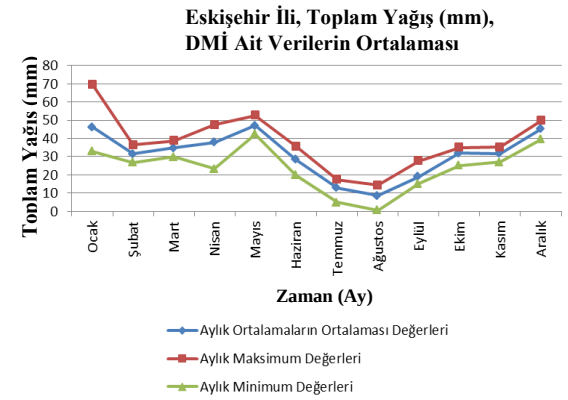
a)



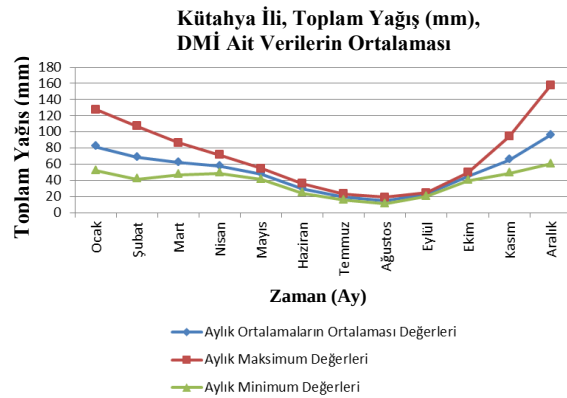
b)



c)



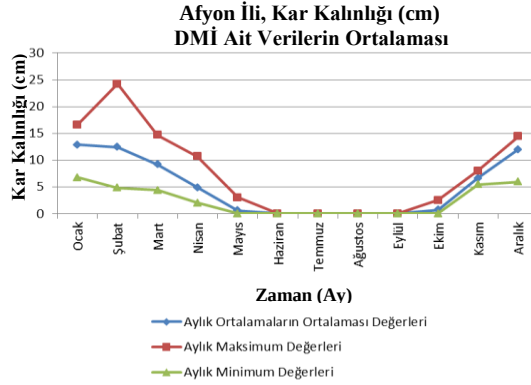
d)



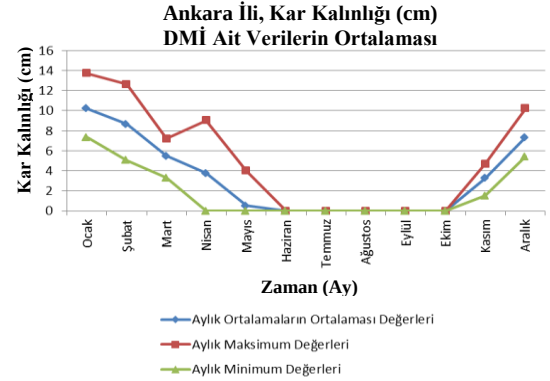
e)

Şekil 2.20. İllere göre aylık toplam yağış değerleri: a) Afyon ili aylık toplam yağış değerleri. b) Ankara ili aylık toplam yağış değerleri. c) Bilecik ili aylık toplam yağış değerleri. d) Eskişehir ili aylık toplam yağış değerleri. e) Kütahya ili aylık toplam yağış değerleri.

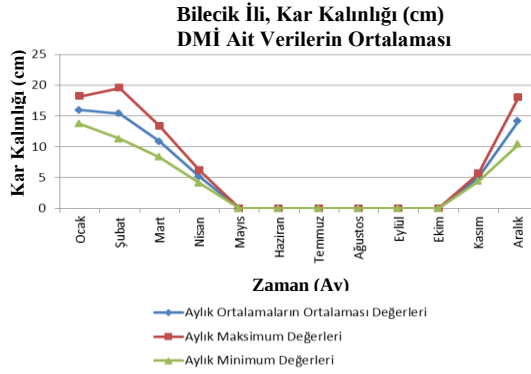
Mevcut kar kalınlığı 89 yıllık aylık uzun dönem ortalamaları;



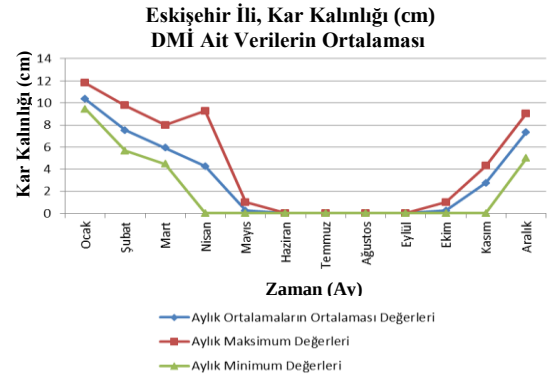
a)



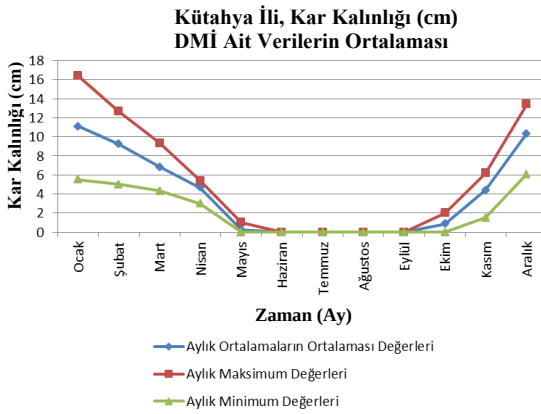
b)



c)



d)



e)

Şekil 2.21. İllere göre aylık kar kalınlığı değerleri: a) Afyon ili aylık ortalama kar kalınlığı değerleri. b) Ankara ili aylık ortalama kar kalınlığı değerleri. c) Bilecik ili aylık ortalama kar kalınlığı değerleri. d) Eskişehir ili aylık ortalama kar kalınlığı değerleri.

2.2.1.4. Noktasal meteoroloji verilerinin IDW yöntemiyle havza alanına dağılımı

Çalışmaya, ilk olarak havzanın yağış ve buharlaşma gibi meteorolojik özelliklerinin değerlendirilmesiyle başlanmıştır. Havza içi ve civarındaki meteoroloji gözlem istasyonlarından alınan veriler alansal bazda interpolasyona tabi tutularak, havzanın yağış ve buharlaşma dağılım haritaları oluşturulmuştur (haritalar burada verilmemiştir). Çalışmada kullanılan CBS yazılımı (ArcGIS Inverse Distance Weighted, IDW- Uzaklığın Tersisi Ağırlıklandırma) metodu kullanılmıştır. Bu metot, örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir (Bakış, vd., 2012, 2013).

Tahminleme bir serideki eksik verilerin hesaplanabilmesi için geliştirilen matematiksel yöntem olarak tanımlanmaktadır. Belirli noktalardaki veriler baz alınarak yeni verilerin hesap yolu ile türetilmesini sağlayan tahminleme, bu hesabın yapılabilmesi için gerekli olan fonksiyonu hesaplama sürecidir. Günümüzde CBS uygulamalarında koordinatları bilinen noktalardan toplanan, yani noktasal olarak referanslandırılmış, verinin alansal olarak ifade edilmesi için uzaklığa bağlı konumsal tahminleme yöntemleri kullanılmaktadır. Tahminleme sonucunda nokta geometrileri üzerine tanımlanmış vektör verilerden raster yüzeyler hesaplanmaktadır. Konuma ve uzaklığa bağlı tahminleme yöntemleri (IDW, Natural Neighbors, Spline, Kriging vb.) değeri bilinmeyen noktalarda değer tahmin etmeye çalışır. Modellenen veri türüne göre seçilen tahminleme yöntemleri daha doğru modeller ortaya koyar. Bu çalışmada IDW yönteminin verilere uygulanabilirliği araştırılarak elde edilen raster yüzeyler havza sınırlarına kesilerek (clip) havza için yağış, sıcaklık ve buharlaşma dağılım haritaları modellenmiştir.

Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma, yakın noktalara uzak noktalardan daha yüksek ağırlık değeri atayan ve mümkün olan tüm örnek noktalarını dikkate alan bir tahminleme yöntemidir. Her örnek noktası, değeri tahmin edilecek noktaya olan uzaklığına göre ters oranda ağırlık değeri alır. x_0 noktasındaki tahmini değer Denklem 2’de gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$W_i = \frac{\frac{1}{d_i^p(x_i)}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p(x_i)}} \quad (2.1)$$

$$Z^*(x_0) = \sum W_i \cdot Z(x_i) \quad (2.2)$$

Burada;

$Z^*(x_0)$: x_0 noktasındaki tahminin değerini,

$Z(x_i)$: x_i noktasındaki örnek noktasının değerini,

W_i : x_i noktasındaki örneğin x_0 noktasına göre ters uzaklık ağırlığını,

d : örnek noktası ile tahmini yapılacak nokta arasındaki uzaklığı,

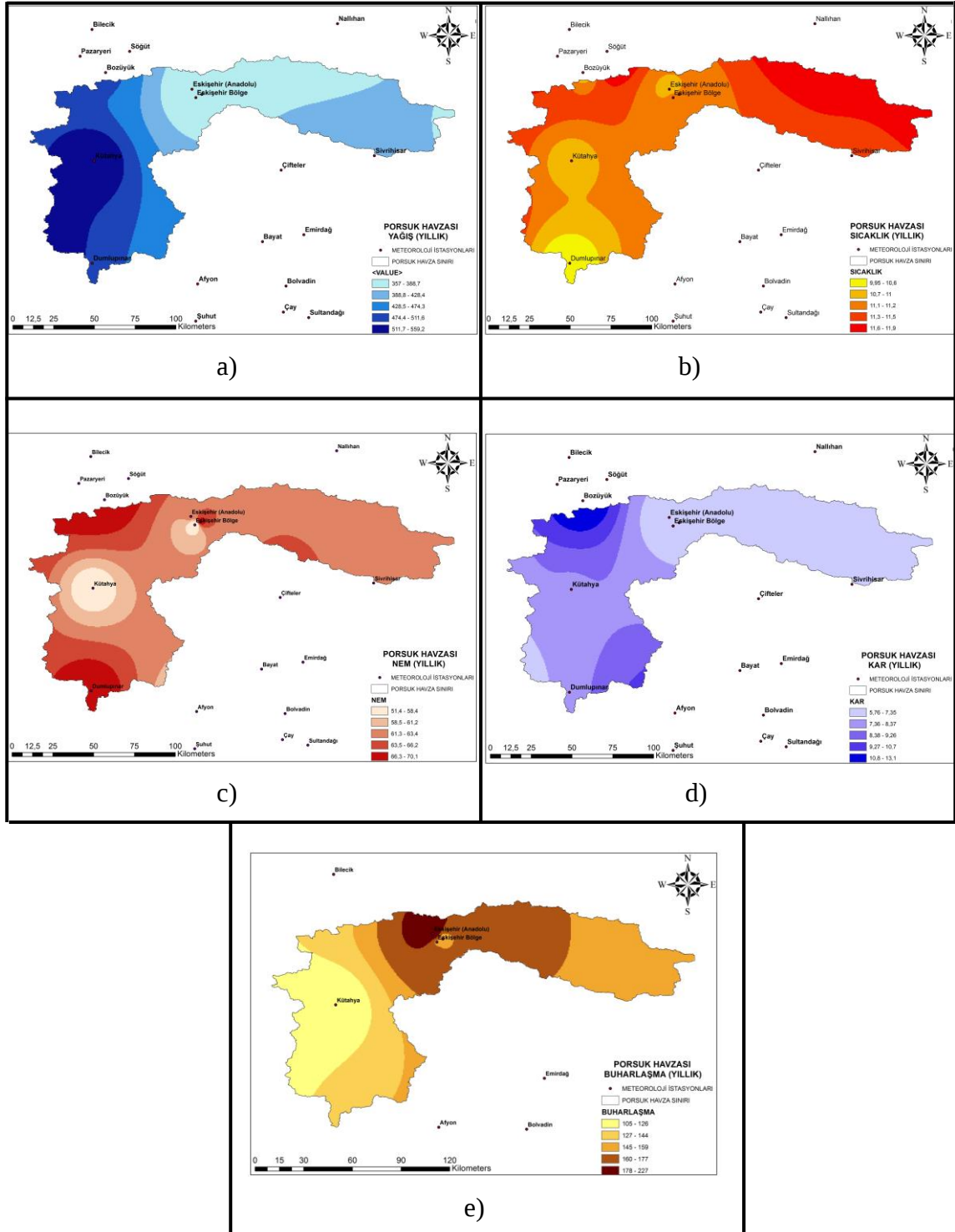
p : üssel değeri,

n : örnek nokta sayısını ifade etmektedir.

Meteoroloji verilerinin (yağış, sıcaklık, buharlaşma) ölçüldüğü istasyonların coğrafi konumları Şekil 2.22’de gösterilmiştir.

Ek-9 ile Ek-23 arasındaki verilen ham veriler, istatistiksel olarak normal dağılıma göstermediği için verilerin normalleştirilmesi, amacıyla dönüşümler yapılmış ve normal dağılıma dönüştürülmüştür. Dönüştürülmüş verilerin histogramları oluşturulmuş ve istatistiksel olarak tekrar değerlendirilmiştir. Daha sonra uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak, havza üzerindeki dağılım haritaları modellenmiştir. Modelleme sonuçları Şekil 2.22’de verilmiştir.

Tahminleme sonucu elde edilen haritalar, dönüşüm uygulanmış verilerle elde edildiğinden gerçek değerlere dönüştürülmesi gerekir. Bu nedenle yağış ve buharlaşma verilerinde raster calculator kullanılarak, değerler, gerçek meteoroloji değerlerine dönüştürülmüştür. Sıcaklık dağılımına ait veriler ise, geri dönüştürülürken bölgenin sayısal yükseklik modeli verisiyle birlikte işleme sokulmuştur. Bu yöntem izlenirken sayısal yükseklik modeli verisi 100 m aralıklarla sıcaklık değerleri cinsinden yeniden sınıflandırılmış ve deniz seviyesindeki sıcaklık değerinden çıkartılarak gerçek sıcaklık değerlerini gösteren sıcaklık haritası elde edilmiştir (Şekil 2.22.).



Şekil 2.22. IDW yöntemi ile meteoroloji değerlerinin analizi: a) IDW yöntemi ile yağış dağılımı. b) IDW yöntemi ile sıcaklık dağılımı. c) IDW yöntemi ile nem dağılımı d) IDW yöntemi ile kar dağılımı. e) IDW yöntemi ile buharlaşma dağılımı.

Çizelge 2.1. Akım gözlem istasyonları.

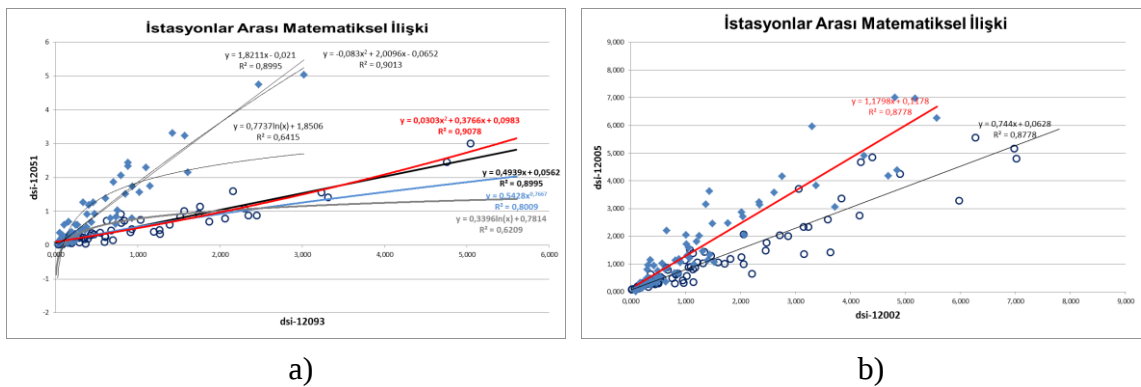
DSİ ve EİE Akım Gözlem İstasyonları				
İstasyon No	İstasyon Adı	Koordinat	Yağış Alanı (km ²)	Mevcut Aylık Ölçülen Veri Durumu
DSI-12002	Sazova	30°26'72" D-39°45'59" K	643	1961-1962,1964-1971 (10 yıl)
DSI-12005	Sobran	30°09'58" D-39°40'50" K	435	1961-1969 (9 yıl)
DSI-12006	Porsuk D.D.Y.Drk	30°40'50" D-39°36'18" K	320.8	1960-1968,1969-1971,1973-1977,1983-1986,1988-1990,1994,1997,1999 (27 yıl)
DSI-12019	Regülatör Çıkış	29°58'19" D-39°12'14" K	5628	1960 (1 yıl)
DSI-12033	Porsuk Çiftliği	30°02'00" D-39°21'00" K	2432	1963-1984,1987,1989,1991-2008,2010-2013 (46 yıl)
DSI-12034	Baraj Çıkışı	30°46'00" D-39°38'00" K	465.5	1963-2005,2007-2013 (49 yıl)
DSI-12051	Genişler	30°07'40" D-39°01'29" K	152.5	1965-1967,1969-1973 (8 yıl)
DSI-12054	Esenkara	30°25'00" D-39°44'00" K	5169	1964-2004,2006-2013 (49 yıl)
DSI-12055	Akçaköy	30°02'00" D-39°03'00" K	297	1965-1986,1988-1989,1991-2007-2011-2013 (45 yıl)
DSI-12059	Yoncalı-Felenk Ç.	29°50'36" D-39°28'56" K	275.8	1964-1966,1968-1971 (7 yıl)
DSI-12063	Uluçayır	30°24'00" D-39°38'00" K	290.7	1965-2008,2011-2013 (46 yıl)
DSI-12093	Eyice	30°10'00" D-38°53'00" K	153.1	1967-1986,1988-1989,1991-1994,1996-1998,2001,2003-2013 (41 yıl)
DSI-12134	Yesildon	31°01'00" D-39°44'00" K	7580	1977,1979-1984,1988-1990,1995-1998 (14 yıl)
DSI-12143	Yoncalı	29°50'00" D-39°29'00" K	44.15	1977,1979-1984,1989,1995-1996 (10 yıl)
DSI-12173	Gökçekısık	30°24'00" D-39°39'01" K	5425	1984-1993,1995-1996,1998-2000 (15 yıl)
DSI-12181	Yenibosna	30°07'00" D-39°28'00" K	3810.5	1986-1995,1997,1999-2009,2011-2012 (24 yıl)
DSI-12182	Memik	31°30'00" D-39°33'00" K	177.1	1988-1997,2001-2009,2011-2013 (21 yıl)
DSI-12196	Yoncalı-Felent Ç.	29°49'00" D-39°29'00" K	246.85	1989-1990,1994-1996 (5 yıl)
DSI-12215	Parsibey	31°09'00" D-39°41'00" K	867.1	2013 (1 yıl)
EIE-12051	Kıranharmanı	31°57'56" D-39°40'19" K	10955.4	1989-2008,2010 (21 yıl)

Bu çalışmada DSİ'den havza içerisinde kalan AGİ'lerin uzun yıllar aylık ortalama su temin tabloları alınmıştır. Çizelge 2.1.'de görüldüğü gibi bazı istasyonların ölçüm süresi kısıyken DSİ-12034 istasyonunun ölçüm süresi en uzundur.



Şekil 2.24. Porsuk havzası AGİ ölçüm yılları.

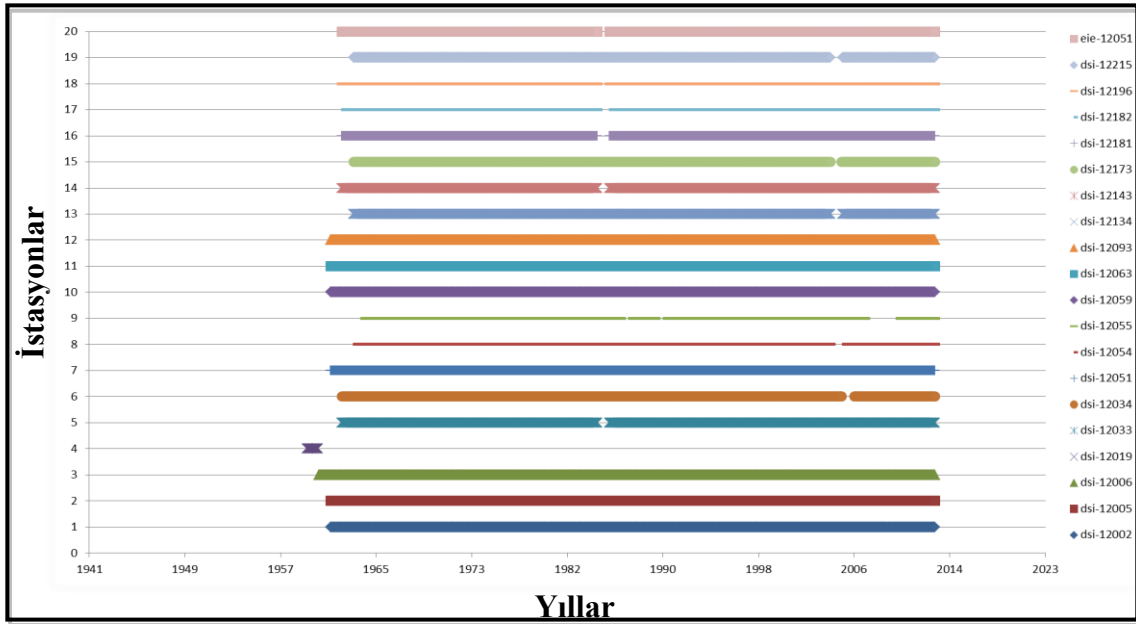
Şekil 2.24.'de görülen eksik akımların en uzun periyoda göre (49 yıl) tamamlanması gerekir. Bunun için ilk olarak AGİ'lerin akım verilerinin birbirleriyle olan korelasyon ilişkisinin değerlendirilmesi gerekir. İstasyonlar arası korelasyon matrisi oluşturulur (Çizelge 2.2). Bu şekilde birbirleriyle en iyi ilişkiye sahip iki istasyon seçilerek eksik akım verileri olan istasyonun debi korelasyon matrisi yüksek olan istasyonun akım verilerinden yararlanılarak tamamlanır (Şekil 2.26). Şekil 2.25'de örnek olarak gösterilen iki istasyon arasındaki matematiksel ilişkileri gösterilmiştir. Ayrıca tüm istasyonların matematiksel ilişkileri Ek-2 ile Ek-3'de sunulmuştur.



Şekil 2.25. İstasyonlar arası matematiksel ilişkiler: a) dsi-12051 ile dsi-12093 istasyonları arasındaki matematiksel ilişki. b) dsi-12005 ile dsi-12002 istasyonları arasındaki matematiksel ilişki.

Çizelge 2.2. AGİ korelasyon ilişkileri.

	dsi-12002	dsi-12005	dsi-12006	dsi-12019	dsi-12033	dsi-12034	dsi-12051	dsi-12054	dsi-12055	dsi-12059	dsi-12063	dsi-12093	dsi-12134	dsi-12143	dsi-12173	dsi-12181	dsi-12182	dsi-12196	dsi-12215	eie-12051
dsi-12002	1																			
dsi-12005	0,936907	1																		
dsi-12006	0,712726	0,857569	1																	
dsi-12019	-	-	-	1																
dsi-12033	0,864022	0,920052	0,813974	-	1															
dsi-12034	0,626431	0,685432	0,487075	-	0,386061	1														
dsi-12051	0,794636	0,751487	0,720201	-	0,873609	0,550058	1													
dsi-12054	0,773014	0,846052	0,546201	-	0,494174	0,957663	0,671175	1												
dsi-12055	0,834992	0,835963	0,709669	-	0,88358	0,186047	0,911958	0,305346	1											
dsi-12059	0,863606	0,86063	0,686114	-	0,873314	0,80387	0,713209	0,850944	0,781701	1										
dsi-12063	0,933497	0,926673	0,678352	-	0,795078	0,160714	0,83943	0,307015	0,798408	0,836225	1									
dsi-12093	0,90323	0,899118	0,641355	-	0,857548	0,075035	0,948421	0,196177	0,891082	0,84677	0,794871	1								
dsi-12134	-	-	0,042183	-	0,375454	0,77762	-	0,820419	0,202836	-	0,190928	0,070191	1							
dsi-12143	-	-	0,495063	-	0,820767	-0,01048	-	0,060673	0,699569	-	0,625555	0,669835	0,380086	1						
dsi-12173	-	-	-0,37432	-	0,056306	0,954305	-	0,955308	-0,12134	-	-0,11798	-0,11076	0,702167	0,162047	1					
dsi-12181	-	-	0,123415	-	0,943202	0,120189	-	0,203329	0,832628	-	0,742974	0,836255	0,097444	0,818268	-0,06422	1				
dsi-12182	-	-	0,182454	-	0,625525	0,101278	-	0,149086	0,542938	-	0,445287	0,595847	0,124914	0,805758	-0,31026	0,596058	1			
dsi-12196	-	-	0,435589	-	0,73771	-0,3373	-	-0,27818	0,745542	-	0,698306	0,721374	0,210435	0,745992	-0,25029	0,630614	0,452969	1		
dsi-12215	-	-	#SAYI/0!	-	-0,50639	0,947758	-	0,956324	-0,32353	-	-0,60036	-0,30443	-	-	-	-0,61955	-	1		
eie-12051	-	-	0,340824	-	0,607231	0,239027	-	0,282364	0,495448	-	0,480865	0,46691	0,510669	0,642576	0,125766	0,667736	0,546922	0,365831	-	1

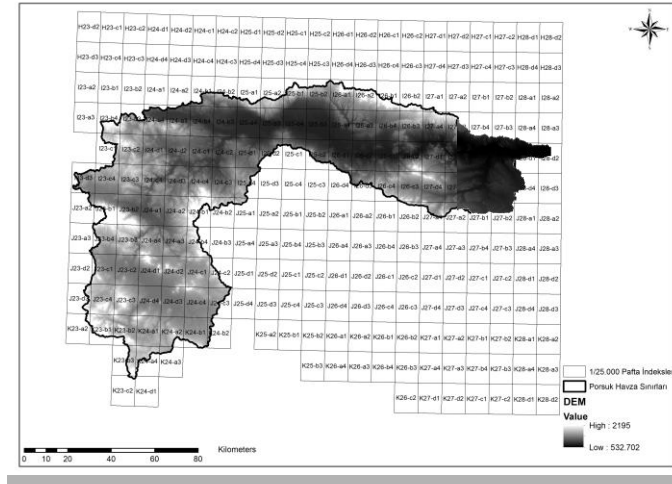


Şekil 2.26. Tüm eksik yılları doldurulmuş AGİ ölçüm yılları.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Porsuk Havzası Hidrolojik Havza Sınırları

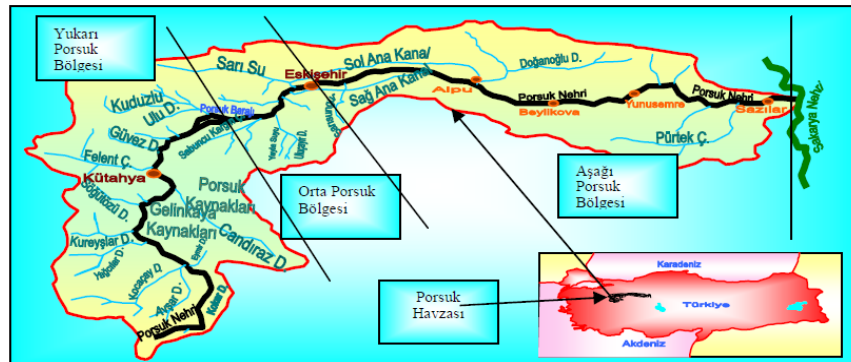
DSİ ‘den alınan sayısal haritalar kullanılarak ArcGIS yazılımında Bölüm 3.2.2’ de verilen yöntemle Porsuk havzasının hidrolojik havza sınırları oluşturulmuştur. Porsuk havzasına ait DEM ve pafta indeksleri Şekil 3.1 ’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Porsuk Havzasının bütünü için Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) ve kullanılan 1/25.000'lik vektör haritaları gösterir indeks.

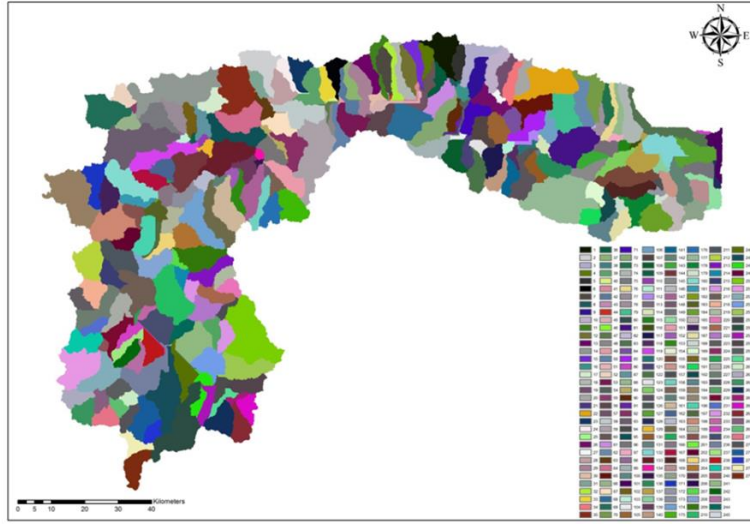
3.1.2. Porsuk havzasının alt havzaları

Porsuk havzası; yukarı porsuk bölgesi, orta porsuk bölgesi ve aşağı porsuk bölgesi olarak üç bölümde tanımlanabilir. Yukarı Porsuk bölgesi havzasının güney kısmını yani Porsuk Çayının doğduğu bölgeyi temsil eder, orta Porsuk bölgesi Porsuk barajının bulunduğu bölgeyi temsil eder ve aşağı Porsuk bölgesi Porsuk Çayının Sakarya Nehri ile birleştiği yani havzanın kuzey kısmını temsil eder (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Porsuk havzasının bölgeleri.

Porsuk havzasının hidrolojik sınırları belirlendikten sonra, havzanın DEM'i kullanılarak Bölüm 2.2.1.1'de anlatılan yöntemle alt havza drenaj alanları bulunmuştur (Şekil 3.3).

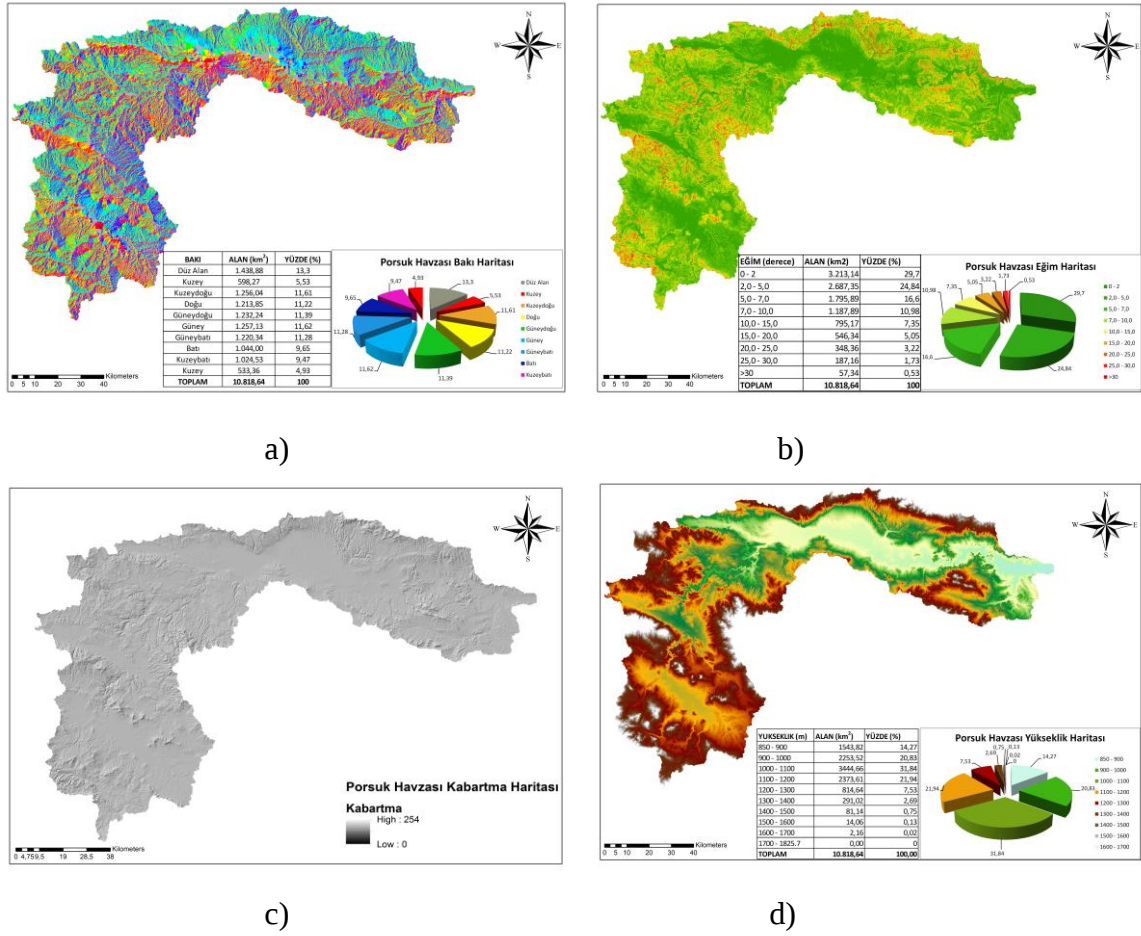


Şekil 3.3. Porsuk havzasının alt havzaları.

Hidrolojik bakımdan Porsuk havzasının toplam alanı 11113,66 km²'dir. Porsuk havzası 275 küçük alt havzadan meydana gelmektedir. Bunlar büyük havza olarak analiz edildiğinde, Şekil 2.15'deki, 11 büyük havzayı oluşturur ve bunlardan en büyüğü 2 nolu havza girişidir.

3.2. Porsuk Havzasının Konumsal Analizi

Porsuk Havzasının konumsal analizi daha önce Bölüm 2.2.1'de bahsedildiği gibi ArcGIS yazılımının 3D Analyst modülü yardımıyla yapılmıştır.



Şekil 3.4. Porsuk havzasına ait mekânsal haritalar: a) Bakı haritası. b) Eğim haritası. c) Gölge kabartma haritası. d) Yükseklik (topoğrafya) haritası.

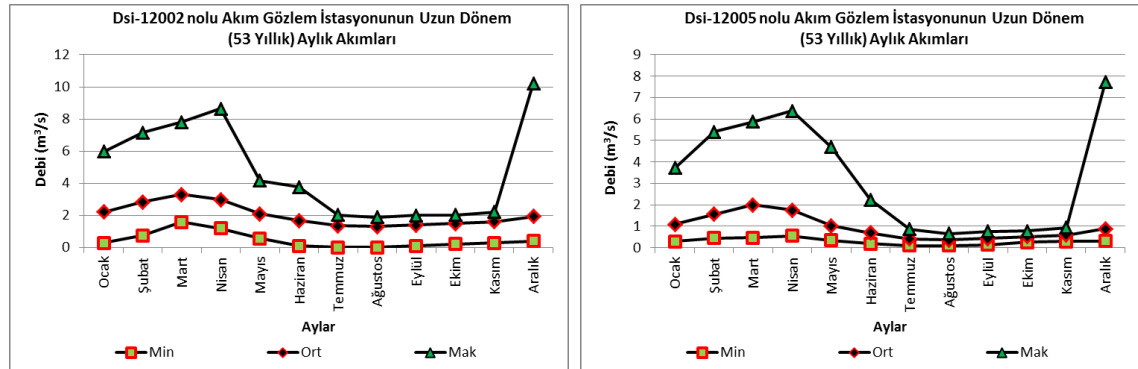
Porsuk havzasının topoğrafik haritaları incelendiğinde yüksekliğin 850-1826 m arasında değiştiği görülmektedir. 900-1100 m arasındaki havza alanı, toplam alanın %52,7'sini (5698,2 km²'sini) oluşturmaktadır (Şekil 3.4.d). Havza eğimi, 0-10 derece arasında %82,12 (8884,27 km²) olup, havzanın büyük kısmının düz alanlardan oluştuğu görülmektedir. Daha yüksek kısımlar, havzanın batı kısımlarında bulunmaktadır. Havzanın >30 derece' den fazla alan yüzdesi %0,53 (57,34 km²) olup, havzanın küçük bir alanını temsil etmektedir (Şekil 3.4.b). Bakı analizleri, yüzeyin kuzeyle yaptığı coğrafik açı olup, araştırma alanının yaklaşık %22,61'i (2446,09 km²) Doğu-Güneydoğu yönüne bakan yamaçlardan oluşmaktadır (Şekil 3.4.a). Şekil 3.4.c'de verilen gölge kabartma haritasından, genel olarak havzanın yapısı ve düz alanlarını daha net görünmek mümkündür.

3.3. Porsuk Havzası Meteoroloji Dağılım Haritaları

Su kaynaklarının değerlendirilmesinde, yeni bir barajın planlanmasında meteorolojik faktörlerin iyi analiz edilmesi gerekir. Barajın kurulacağı bölgenin yağış, buharlaşma, sıcaklık, rüzgar gibi verileri oldukça önemlidir. Bu nedenle Bölüm 2.2.1.3 başlığı altında anlatılan yöntemlerle Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınan veriler incelenmiştir. Sonuç olarak havzaya ait yağış, sıcaklık ve buharlaşma gibi haritaları elde edilmiştir. Bu haritalardan havza içerisinde planlanabilecek bir barajın rezervuarında ne kadarlık bir buharlaşma kaybı olabileceğini, ne kadarlık bir yağış düşebileceğini hesaplayabilmek mümkündür.

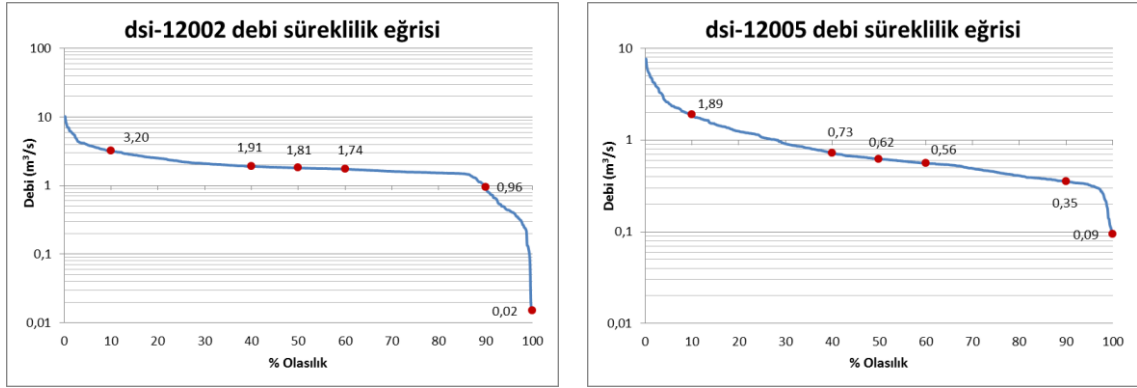
3.4. Akım Gözlem İstasyonlarının Uzun Dönem Aylık Ortalama Akımları

DSİ'den alınan AGİ'lerin uzun dönem aylık ortalama, minimum ve maksimum debileri (m^3/s) hesaplanmıştır (Şekil 3.5). İstasyonların tamamının aylık ortalama, minimum ve maksimum debileri Ek-4' de sunulmuştur.



Şekil 3.5. Akım gözlem istasyonları uzun dönem aylık min., ort. ve maks debiler (m^3/s).

Bölüm 2.2.1.5'de bahsedildiği yöntemle eksik olan akım verilerinin doldurulmasından sonra AGİ'lerin debi süreklilik eğrileri çizilmiştir (Şekil 3.6). İstasyonların tamamının debi-süreklilik eğrileri Ek-5' de sunulmuştur.



Şekil 3.6. AGİ debi-süreklilik eğrileri.

3.5. Planlanan Barajın Baraj Yeri Debilerinin Alan-Oranı Metoduyla Bulunması

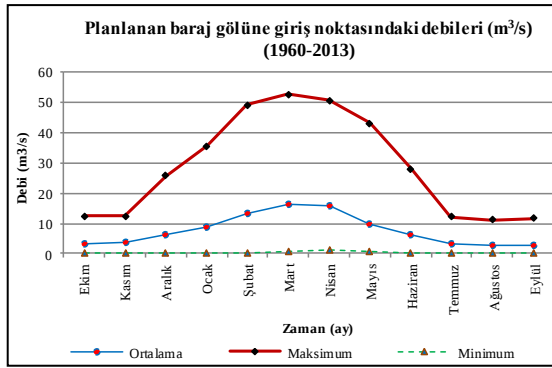
Tüm eksik yılları tamamlanan AGİ akım verileri incelendikten sonra akım ölçümü yapılmayan bir noktadaki (planlanan baraj yeri) akım verilerinin tespit edilmesi için alan-oranı metodu uygulanmıştır. Bu metot, drenaj alanı ve akım verileri bilinen bir noktadan (DSİ'den alınmış AGİ akım verileri) drenaj alanı bilinen fakat akım verileri bilinmeyen bir noktadaki akımları tespit etmekte kullanılır. Bu metoda göre havza karakteristiklerinin bir yansıması olan $\bar{\phi}$ ve K (akım katsayıları), DSİ 12-051 ve DSİ 12-033 AGİ'lerin akımları kullanılarak bulunmuştur. Buna göre, ortalama $\bar{\phi} = 0,7212$ ve $K = 1,6101$ bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 3.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1. Alan oranı metodunda kullanılan $\bar{\phi}$ ve K katsayıları.

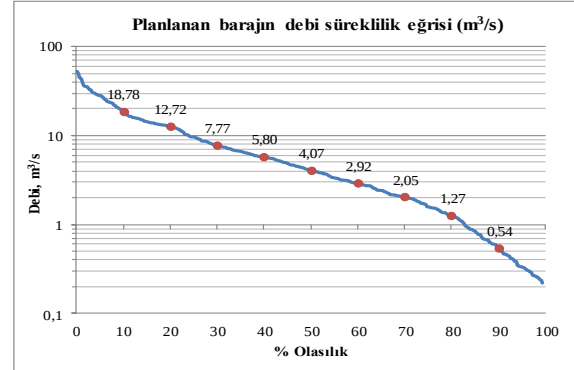
AGİ, İst. No	DSİ-12-051	DSİ-12-033	Toplam ϕ_i	$_{12}K_i$	$_{21}K_i$	Toplam K_i
Yağış Alanı (km ²)	152,5	2432	ϕ_{ort}	Aylık debiye göre değişiyor	Aylık debiye göre değişiyor	K_{ort}
ϕ_{ort} , K_{ort}			0,7212			1,6101

Baraj aks yerindeki debilerin hesaplanmasında akım şartları bozulmamış akım gözlem istasyonlarına ait (AGİ) doğal debiler kullanılmalıdır. Baraj yerine en yakın DSİ 12-033 nolu AGİ'ye ait debileri bu şartı sağladığı için alan oranı metodu ile planlanan baraj yerine taşınmıştır. Planlanan barajın drenaj alanı 9654,396 km²'dir. Planlanan

baraj gölüne giren brüt debi-süreklilik eğrisi, Şekil 3.7’de verilmiştir. Ayrıca, planlanan baraj gölüne giren brüt aylık ortalama (ort.), maksimum (maks.) ve minimum (min.) debiler gösterilmiştir. Min. debilerin ortalaması $0,37 \text{ m}^3/\text{s}$, ort. debilerin ortalaması $7,77 \text{ m}^3/\text{s}$ ve maks. debilerin ortalaması $28,69 \text{ m}^3/\text{s}$ bulunmuştur. Baraj çıkışı net debileri ve barajdan çıkan net debi-süreklilik eğrisi, Şekil 3.8’de verilmiştir.

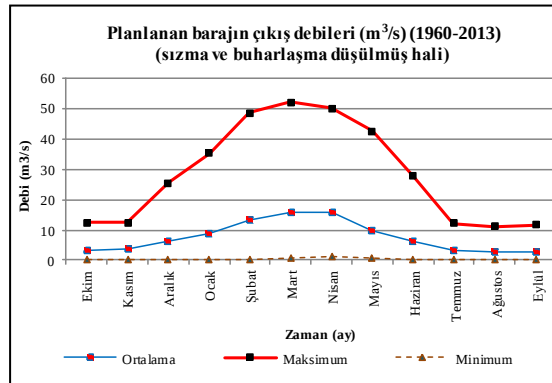


a)

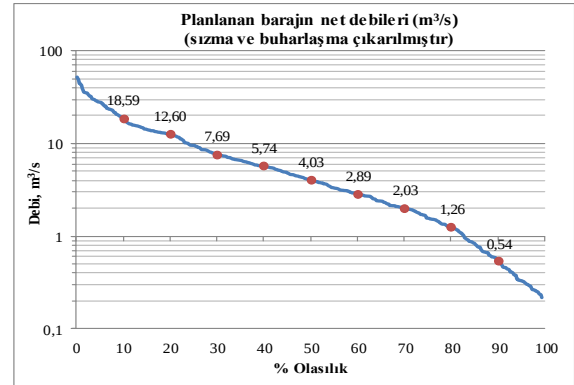


b)

Şekil 3.7. Planlanan baraja giren brüt aylık ortalama debiler: a) Planlanan barajın brüt giriş debileri(m^3/s). b) Planlanan baraj giriş debi-süreklilik eğrisi.



a)



b)

Şekil 3.8. Planlanan barajdan çıkan net aylık ortalama debiler: a) Planlanan barajın net çıkış debileri (Türbine giden su) (m^3/s). b) Planlanan baraj çıkış net debi-süreklilik eğrisi (kayıplar düşülmüş hali).

Baraj maksimum göl alanında meydana gelen gerçek buharlaşma miktarının hesabı için tava katsayısı 0.7 alınmış ve buharlaşma miktarı (m^3/s) hesaplanmıştır.

Ayrıca, toplam göl aynasında meydana gelen sızma kayıpları %10 kabul edilerek, her ay meydana gelen toplam sızma kayıpları hesaplanmıştır. Baraj gölüne giren brüt debilerden (Şekil 3.7, a, b), toplam kayıplar çıkarılmış ve net debiler bulunmuştur (Şekil 3.8). Böylece baraj aks noktasından, çıkması beklenen net debiler, enerji hesabında kullanılmıştır. Bu net debiler, elektrik üretimi için türbine verilen net sulardır. Barajın maksimum göl alanına göre, CBS ortamında ArcGIS yazılımında, ArcMap 10.2.2 ve ArcScene 10.2.2 modülleriyle barajın 3 boyutlu modellemesi yapılmıştır. Planlanan barajın 3 boyutlu görünüşü ile harita üzerinde maks. göl alanının kapladığı alan (km^2) ve bu baraja ait hacim-alan eğrisi Bölüm 4.2’de verilmiştir. Planlanan barajın maksimum göl seviyesinde, 720 m kotunda, barajın su hacmi $50,12 \times 10^6 \text{ m}^3$, baraj gölalanı $5,01 \times 10^6 \text{ m}^2$ hesaplanmıştır. Bütün sonuçlar ArcGIS yazılımı ile bulunmuştur.

Ayrıca Porsuk havzasında mevcut kurulu yada inşaatı devam eden çok amaçlı barajların, adı, bulunduğu pafta numarası, mevkisi koordinatları ve baraj karakteristikleri Ek-6 ve Ek-7'deki çizelgelerden görülebilir.

4.2. Planlanan Baraj Yerinin Belirlenmesi

Araştırmalara, Porsuk havzasına ait 1/25.000'lik haritalardan başlanmıştır. Bu haritalardan, koordinatı; 31°39'37,799" D, 39°41'48,141" K, üst kotları 720 m ve daha aşağısında olabilecek bir baraj yeri tespit edilmiştir. 720 m kotlarında baraj yapımına uygun olduğu düşünülen bu noktada, nispeten dar bir vadi (Şekil 4.2) mevcuttur. Barajın kret kotu 720 m ve kret uzunluğu, 410 m civarında olmaktadır. Bu noktada akarsu talveg kotu 710 m'dir. Burada, 710 m kotlarında baraj planlanır ise 10 m yüksekliğinde küçük bir baraj (regülatör) yapılabilir. Barajın yeri ve karakteristik özellikleri Çizelge 4.1'de özetlenmiştir. Bütün sonuçlar, CBS programı ile elde edilmiştir. Alternatif çalışmalarda, farklı baraj aks yerleri araştırılmış ancak, jeolojik ve topoğrafik yapının uygun olmaması nedeni ile elenmişlerdir.

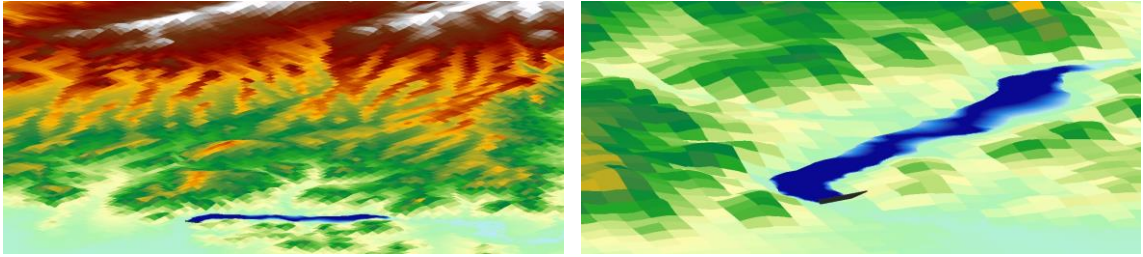


Şekil 4.2. Planlanan barajın uydu görüntüsü ile yeri.

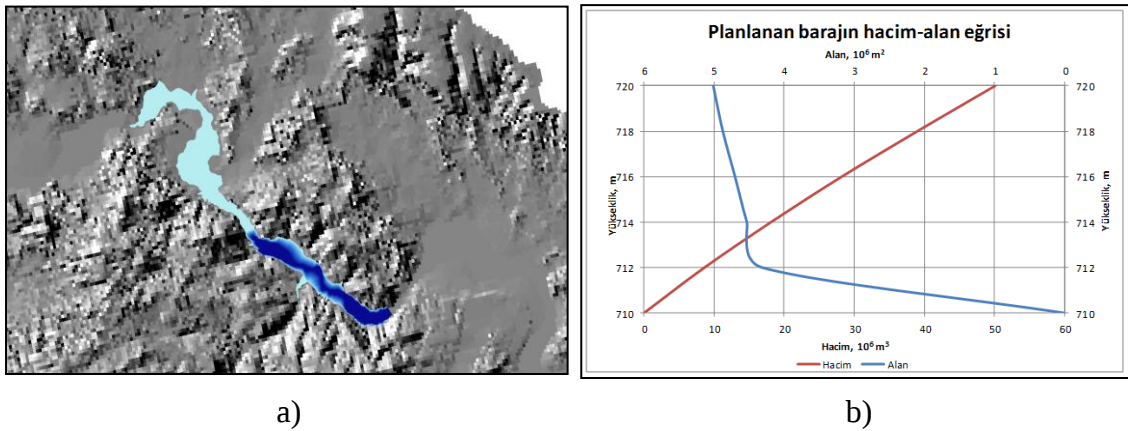
Çizelge 4.1. Planlanan barajın yeri ve karakteristik özellikleri.

Baraj Adı (No)	Koordinatları	Düşünülen Kret Kotu (m)	Akarsu Talveg Kotu (m)	Yaklaşık Baraj Yüksekliği (m)	Kret Uzunluğu (m)	Yağış alanı (Drenaj Alanı) (km ²)
1Nolu Baraj	31°39'37,79" D 39°41'48,14" K	Baraj Kret Kotu: 720 m Maksimum Hazne Kotu: 717 m	710 m	Talvegden: 10 m Mamba Su Yüksekliği: 7 m	Kret Uzunluğu, 410 m Kret Genişliği, 5 m Taban Genişliği, 35 m Mamba: Düşey2/Yatay3 Mansap: 2/3	9655km ² , Yaklaşık Kotu: 710 m

Barajın net debilerinin belirlenmesinden sonra, planlanan baraja ait 3 boyutlu görünüş, arazide göl alanının kapladığı alan (Şekil 4.3) ve bu baraja ait hacim-alan eğrisi (Şekil 4.4), CBS yazılımı ile belirlenmiş. Bu şekle göre, 720 m kotunda barajın su hacmi $50,12 \times 10^6 \text{ m}^3$, baraj gölalanı $5,01 \times 10^6 \text{ m}^2$ olmaktadır.



Şekil 4.3. Göl alanının 3 boyutlu görünüşü.



Şekil 4.4. Planlanan baraja ait görünüş ve alan özellikleri: a) Göl alanı topoğrafik yapısı. b) Planlanan baraja ait hacim-alan eğrisi.

4.2.1. Planlanan barajın hidroelektrik enerji potansiyeli

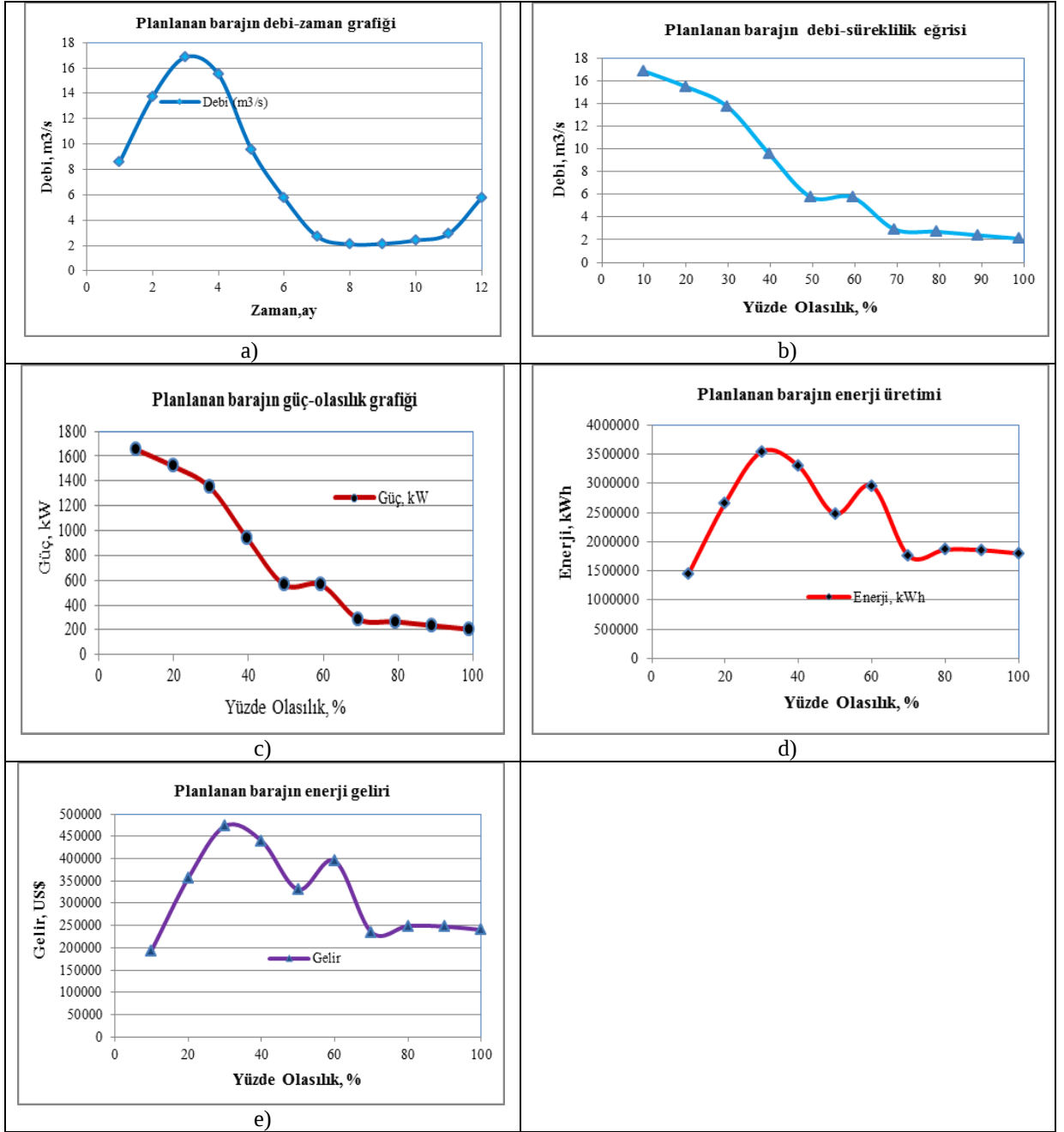
Planlanan baraja ait topoğrafik, jeolojik ve hidrolojik çalışmaların yapılmasından sonra, barajın toplam maliyeti, yılda üreteceği elektrik enerjisi miktarı, enerjinin toplam parasal değeri ve kendini kaç yılda ödeyeceği gibi veriler Simahpp yazılımı ile (Simulation to Evaluate the Feasibility of Hydropower Projects, www.hydroxpert.com) hesaplanmıştır. Sonuçlar, Çizelge 4.2’de verilmiştir. Yazılım sonuçlarına ait grafikler, toplu halde Şekil 4.5’de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Planlanan baraja ait Simahpp analiz sonuçları.

Project(s) Characteristics :		
Project Characteristics	1	
Net Head (m)	10.000	
Design Flow (m ³ /s)	13.743	
Design Time of Operation (%)	30	
Power Production(kW)	1348.188	
Energy Production (kWh/Year)	3543038.852	
Energy Revenue (USD/Year)	472797.347	
Emission Reduction (tCo ₂ /Year)-Coal	2125.823	
Emission Reduction (tCo ₂ /Year)-Gas	708.608	
Emission Reduction (tCo ₂ /Year)-fuel	1133.772	
Carbon Market (USD/Year)-Mean	15872.812	
Investment Cost (USD)	4056879.643	
Investment Cost/kW (USD/kW)	3009.135	
Investment Cost/kWh (USD/kWh)	1.145	
O&M Cost (USD/Year)	48682.556	
NVP: Net Present Value (USD)	7873731.623	
IRR: Internal Rate of Return (%)	10	
Payback Period (Years)	9.566	
Amortization Plan (Yearly)	149613.185	
Suggested Turbine Type	Francis	
Exchange Rate (19.11.2016), 1 EUR =	1.059269 USD	

Planlanan Baraj

Dizayn debisi	: 13.743 m ³ /s
Kurulu Güç	: 1.3 MW
Yıllık Enerji Üretimi	: 3.54 GWh/yıl
Yıllık Enerji Parasal Getirisi	: 0,47x10 ⁶ US\$
kW Başına Yatırım Bedeli	: 3009 US\$
Kendini Ödeme Süresi	: 9.57 yıl



Şekil 4.5. Planlanan barajın Simahpp sonuçları: a) Planlanan barajın debi-zaman grafiği. b) Planlanan barajın debi-süreklilik eğrisi. c) Planlanan barajın güç-olasılık grafiği. d) Planlanan barajın enerji üretimi grafiği. e) Planlanan barajın enerji geliri grafiği.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu tezde, Porsuk havzasında planlanan bir adet enerji üretme amaçlı barajdan, toplam üretilebilecek hidroelektrik enerji miktarı araştırılmıştır. Bu çalışma, Porsuk havzasının elektrik ihtiyacını karşılamada bir örnek çözüm olarak incelenmiştir. Türkiye’de Porsuk havzası gibi KHES potansiyeline sahip birçok havza vardır. Benzer düşüncelerle, Türkiye genelinde, bu tip barajların elektrik üretim potansiyelleri araştırılabilir. Bu barajlardan elde edilecek enerji miktarları göz ardı edilmeyecek büyüklüktedir. Bu tip tesislerden elektrik üretimi yapmak çok daha kolay ve ucuzdur. Ortalama, $4,06 \times 10^6$ US\$ bir yatırımla 1,35 MW kurulu güç elde edilecektir. Daha önceleri karlı görülmeyen havzalardaki akarsuların hidroelektrik enerji potansiyellerinin yeniden değerlendirilmesi amacı ile yapılacak baraj planlamalarında CBS’nin kullanımının etkin bir şekilde yapılması ve değerlendirilmesi için bu çalışma rehber bir konu olarak düşünülebilir. Sonuç olarak, Porsuk havzasından, dizayn debisi 13,743 m³/sn, kurulu güç miktarı 1,35 MW, kW başına yatırım bedeli 3009 US\$/kW, üretebileceği elektrik enerjisi su potansiyelinin %30 olması halinde bile 3,54 GWh/yıl, yatırım maliyeti $4,06 \times 10^6$ US\$, yıllık kazancı $0,47 \times 10^6$ US\$/yıl, kendini ödeme süresi 9,57 yıl olan bir baraj planlanmıştır. Enerjinin gelecekte daha da pahalı olacağı öngörüldüğünden, yatırım maliyetlerini daha kısa zamanda amorti edeceği açıktır. Bu planlamanın gerçekleştirilmesi halinde, bölgeye ve ülkeye tarım, enerji, çevre ve işsizlik alanlarında önemli katkıları olacaktır. Benzer şekilde ülkemizin diğer havzalarında da bu tür planlamaların yapılıp, uygulanması durumunda ülke ekonomisine katkı sağlanabilir ve enerjide bağımsızlaşabiliriz.

KAYNAKLAR

- Ayla, T., “Barajlar ve Hidroelektrik Santraller”, *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı Enerji Şube Müdürlüğü*, 2-3 (2004).
- Bakış, R., Bilgin, M., Tuncan, A., Altan, M., Önsoy H., “Porsuk Havzasında, Elektrik Üretemeyen Çok Amaçlı Barajlardan Elektrik Üretiminin Araştırılması”, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, İstanbul, 467-478 (2008).
- Bakış, R., Altan, M., Gümüşlüoğlu, E., Tuncan, A., Ayday, C., Önsoy H., Olgun, K., “Porsuk Havzası Su Potansiyelinin Hidroelektrik Enerji Üretimi Yönünden İncelenmesi” *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2 :16-42(2009).
- Bakış, R., Bayazıt, Y., Uyguçgil, H., “Porsuk Havzasındaki Yağış, Sıcaklık ve Buharlaştırma Dağılımlarının Uzaklığa Bağlı Tahminleme Yöntemleri ile Haritalanması”, *İnşaat Mühendisleri Odası Tashın ve Heyelan Sempozyumu*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 45-57 (2012).
- Bakış, R. ve Bayazıt, Y., “Sakarya Havzasında Küçük Ölçekli Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Araştırılması”, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, 16(3):367-384 (2015).
- Bayazıt, Y., Karakurt, C. ve Kurban, M. “Küçük Ölçekli Hidroelektrik Santrallerin Türkiye’deki Durumu ve Değerlendirilmesi”, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Girne K.K.T.C (2013).
- Bayazıt, Y., “Porsuk Havzasının Hidroelektrik Potansiyelinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir (2013).
- Buttanrı, B., “Türkiye’de küçük hidroelektrik santrallerin tarihsel gelişimi ve bugünkü durum”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2006).
- DSİ, “Porsuk Eskişehir Projesi Beylikova Depolama Tesisi ve Sulaması Projesi Planlama Raporu”, *DSİ III. Bölge Müdürlüğü*, Eskişehir (1983).
- Devlet Su İşleri, “Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik”, *D.S.İ, Ankara* (2011).
- Devlet Su İşleri, “Türkiye’deki Barajlar”, *DSİ Raporu, Ankara* (2014).
- DSİ, ”Porsuk-Eskişehir Darıdere Barajı İlave Sahalar Planlama Raporu”, DSİ Genel Müdürlüğü, III. Bölge Müdürlüğü, Eskişehir (1986).
- Enerji Uzmanları Derneği, “Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması ve Hidrolik Türbin Çeşitleri”, *Enerji Piyasası Bülteni*, 24: 61 (2012)

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Gençoğlu, M.T. ve Cebeci, M., “Büyük Hidroelektrik Santraller İle Küçük Hidroelektrik Santrallerin Karşılaştırılması”, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, İzmir, 265-271 (2001)
- İller Bankası A.Ş., “Hidroelektrik Santraller”,
<http://www.ilbank.gov.tr/index.php?Sayfa=htmlsayfa&hid=2162>
 (Ziyaret Edilme Tarihi, 09.07.2016)
- Kaya, T., “Türkiye’de Su Gücü ve Küçük Hidroelektrik Santraller”, *Nevşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1:214 (2011)
- Kamuenenerji, “Gergoes Hidroelektrik Santrali”,
<http://www.teknikvideo.net/gorges-pompa-tipi-santral.html>
 (Ziyaret Edilme Tarihi, 09.07.2016)
- Konya Sanayi Odası, “Konya’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Malzeme Üretilebilirlik Araştırması”, *KSO, Konya*, (2012).
- Uluatam, E., “Türkiye’de Hidroelektrik Politikaları ve Yatırımlarına Bakış”, *Ekonomik Forum*, 63-64 (2011).
- SHPW. Small Hydropower World. SHPW <http://www.smallhydropowerworld.org/>
 (Ziyaret Edilme Tarihi, 08.03.2016)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Hidroelektrik Enerjisi Nedir?”,
http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx
 (Ziyaret Edilme Tarihi, 03.07.2016)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Temiz Enerji”,
http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx
 (Ziyaret Edilme Tarihi, 03.07.2016)
- Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü, “Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim Planlama Çalışması”, *TEİAŞ Raporu, Ankara* (2004)
- Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, “Hidroelektrik Santraller Raporu”, *TMMOB, Ankara*, (2011)

EKLER

EK-1: Ülkemizdeki KHES'ler

SIR A NO	ADI	İLİ	KURULU GÜCÜ (MW)
1	Dağbaşı HES	Mersin	10,00
2	Karasu 4-2 HES	Erzincan	10,00
3	Üçgen 2 HES	Ordu	10,00
4	Berdan HES	Mersin	10,00
5	Duru HES	Amasya	10,00
6	Gök HES	Mersin	10,00
7	Boğazköy HES	Bursa	10,00
8	Yeşilvadi HES	Hatay	9,98
9	Sölperen HES	Erzincan	9,76
10	Kıran HES	Giresun	9,74
11	Adasu HES	Sakarya	9,60
12	Kale HES	Rize	9,57
13	Çataloluk Hes	K.Maraş	9,54
14	Berke HES	Kastamonu	9,38
15	Kadahor HES	Trabzon	9,36
16	Hasanlar HES	Düzce	9,35
17	Esendurak HES	Erzurum	9,33
18	Pamukova HES	Sakarya	9,30
19	Kozdere HES	Antalya	9,27
20	Kısıklı HES	K.Maraş	9,26
21	Çınar 1 HES	Düzce	9,26
22	Yanıköprü HES	Erzurum	9,20
23	Balkodu 1 HES	Trabzon	9,19
24	Merek HES	Giresun	9,18
25	Çanakçı HES	Trabzon	9,16
26	Günayşe HES	Trabzon	9,10
27	Yanbolu HES	Trabzon	9,08
28	Köroğlu HES	Osmaniye	9,06
29	Bayra HES	Iğdır	9,05
30	Osmancık HES	Amasya	9,02
31	Akpınar HES	K.Maraş	9,01
32	Karakaya HES	Trabzon	9,01
33	Yaprak HES	Antalya	8,97
34	Yağmur HES	Trabzon	8,95
35	Araklı 4 HES	Trabzon	8,91
36	Sakarya HES	Bilecik	8,91

37	Soğukpınar HES	Giresun	8,90
38	Feslek HES	Aydın	8,84
39	Serhat HES	Giresun	8,84
40	Hamzabey HES	Rize	8,82
41	Kandil HES	Adıyaman	8,81
42	Selimoğlu HES	Trabzon	8,80
43	Hanak HES	Ardahan	8,78
44	Çaldere HES	Muğla	8,74
45	Telli HES	Giresun	8,72
46	Bucakköy HES	Antalya	8,70
47	Mursal 1 ve 2 HES	Sivas	8,68
48	Paşa HES	Bolu	8,68
49	Keklice HES	Malatya	8,67
50	Çakmak 2 HES	K.Maraş	8,63
51	Vizara HES	Trabzon	8,58
52	Sukenarı HES	Trabzon	8,57
53	Horu HES	Osmaniye	8,48
54	Kabaca HES	Artvin	8,48
55	Demirciler HES	Denizli	8,44
56	Tuzköy HES	Nevşehir	8,44
57	Cuniş HES	Trabzon	8,40
58	Koçköprü HES	Van	8,39
59	Tokat Suçatı HES	Tokat	8,32
60	Çay HES	Giresun	8,29
61	Kovada 1 HES	Isparta	8,25
62	Çeşmebaşı HES	Ankara	8,20
63	Güzelçay 1 ve 2 HES	Sinop	8,10
64	Sarıkavak HES	Mersin	8,06
65	Kökner HES	Düzce	8,02
66	Dağdelen HES	K.Maraş	8,00
67	Kartalkaya HES	K.Maraş	8,00
68	Gemciler HES	Adıyaman	7,98
69	Yunuslar HES	Kastamonu	7,96
70	Köprübaşı HES	Trabzon	7,95
71	Çiftköprü HES	Artvin	7,77
72	Tınaztepe HES	Antalya	7,69
73	Çalkışla HES	Erzincan	7,66
74	Ekincik HES	Sivas	7,52

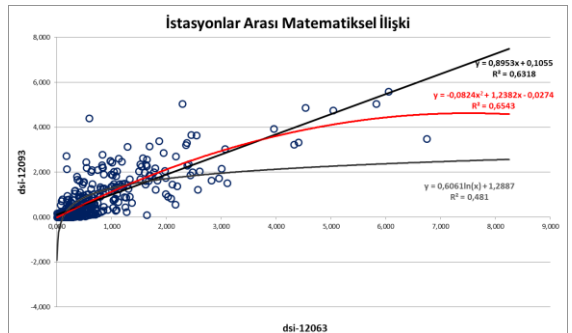
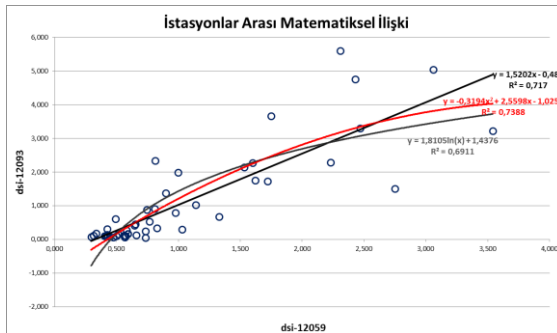
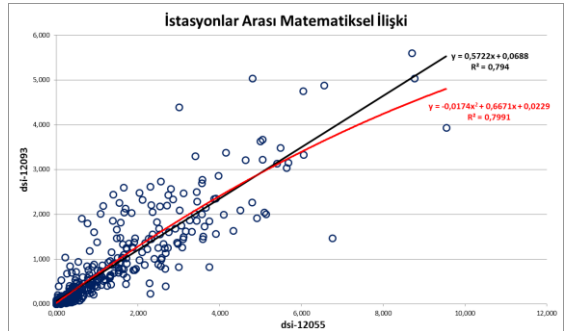
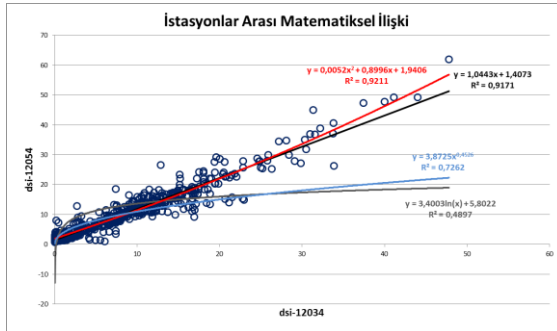
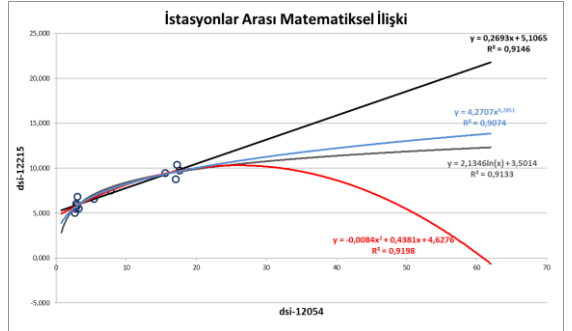
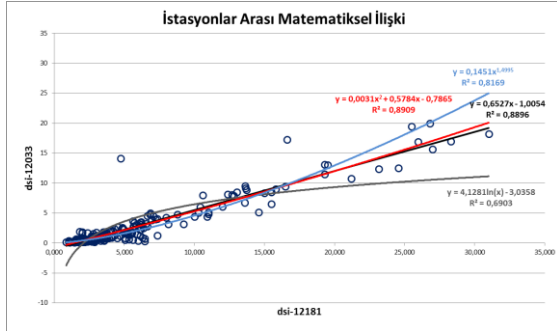
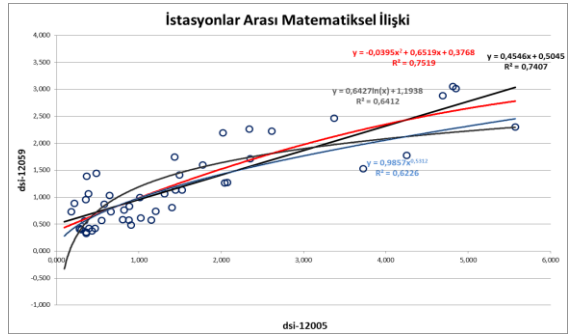
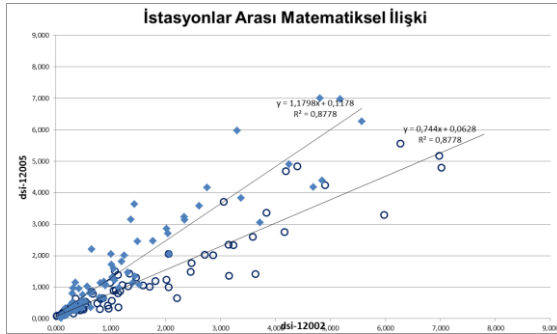
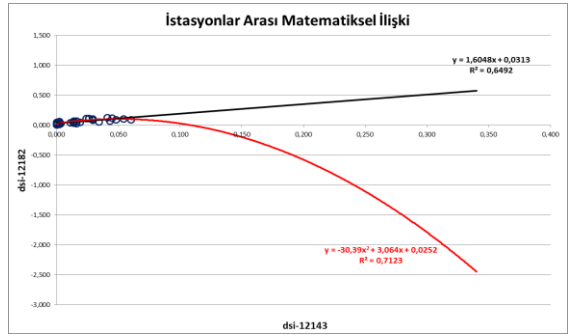
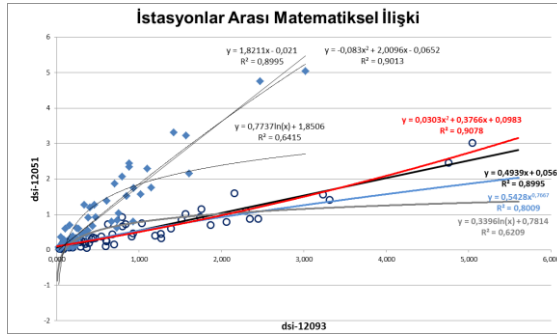
75	Seyhan 2 HES	Adana	7,50
76	Akdere HES	Bursa	7,48
77	Tuana HES	Erzurum	7,39
78	Aladereçam HES	Giresun	7,35
79	Sabunsuyu 2 HES	Osmaniye	7,35
80	Güdül HES	Malatya	7,24
81	Defne HES	Düzce	7,23
82	Fırmıs HES	K.Maraş	7,22
83	Çilehane HES	Tokat	7,20
84	Kahta HES	Adıyaman	7,12
85	Susuz HES	Artvin	7,11
86	Manahoz HES	Trabzon	7,08
87	Bulam HES	Adıyaman	7,03
88	Paşalı HES	Giresun	7,00
89	Suçatı HES	K.Maraş	7,00
90	Çakırman HES	Erzincan	6,98
91	Çamlıkaya HES	Trabzon	6,93
92	İncebel HES	Erzurum	6,93
93	Suluköy HES	Bursa	6,92
94	Gelinkaya HES	Erzurum	6,87
95	Başak HES	Bartın	6,85
96	Değirmen HES	Antalya	6,82
97	Akçakoyun HES	Osmaniye	6,79
98	Sızır HES	Sivas	6,78
99	Doğanşar HES	Sivas	6,77
100	Şifrin HES	Adıyaman	6,74
101	Güneyyaka HES	Konya	6,63
102	Mor 2 HES	Gümüşhane	6,63
103	Yazılı HES	Mersin	6,62
104	Erik HES	Karaman	6,61
105	Polat HES	Sivas	6,56
106	Erfelek HES	Sinop	6,45
107	Haymeana 1 ve 2 HES	Kütahya	6,40
108	Yeşilırmak 2 HES	Tokat	6,24
109	Söğütlükaya HES	Ardahan	6,13
110	İkiler HES	Karabük	6,12
111	Çağlayan HES	Trabzon	6,00
112	Kepez 2 HES	Antalya	6,00
113	Sarıhdır HES	Nevşehir	6,00
114	Sırma HES	Aydın	6,00
115	Yüreğir HES	Adana	6,00
116	Doğu HES	Bingöl	5,99

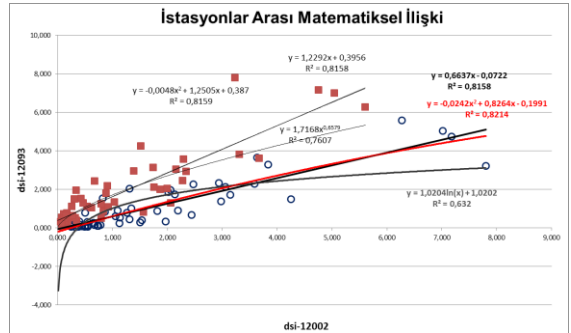
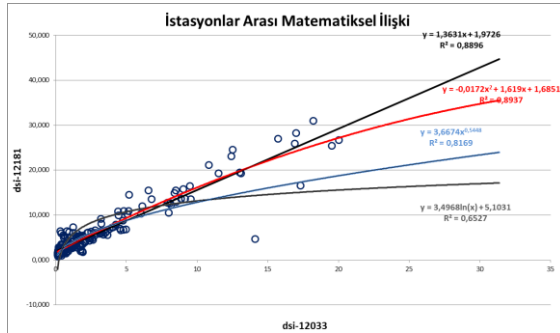
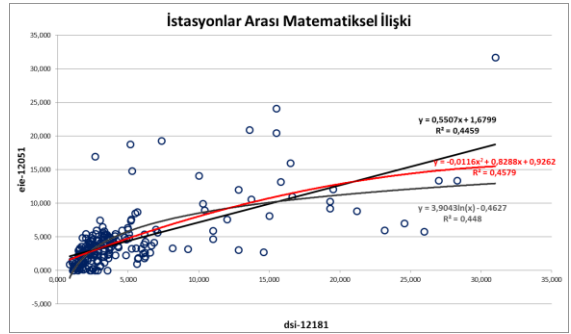
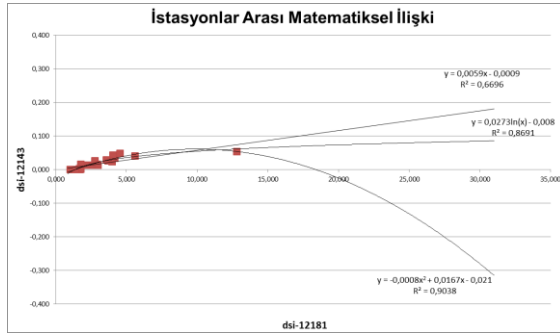
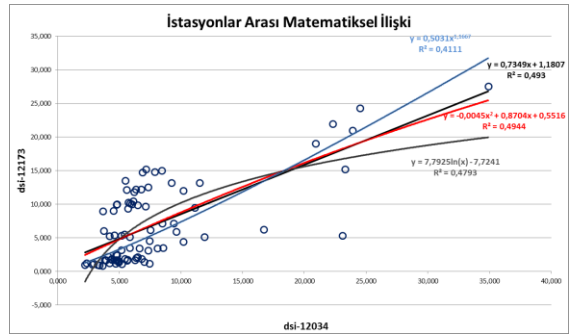
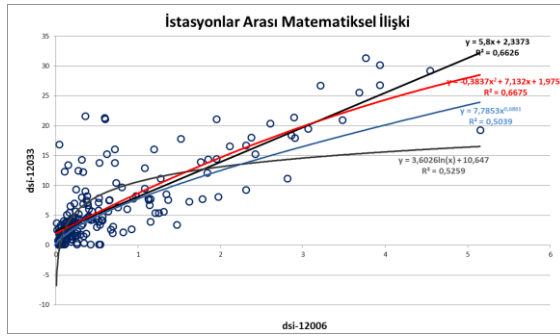
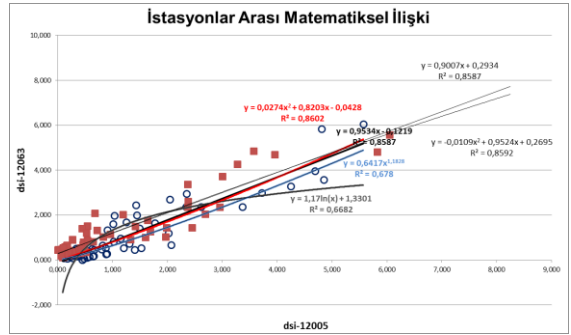
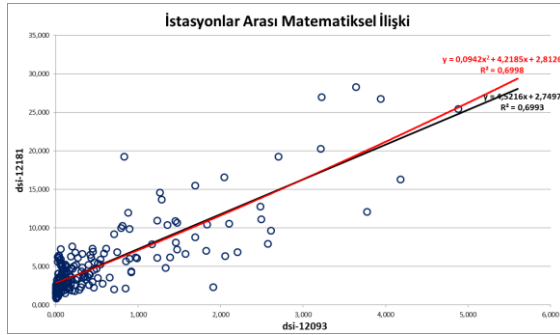
117	General HES	Ordu	5,95
118	Yavuz HES	Kastamonu	5,80
119	Aksu HES	Malatya	5,77
120	Kayalık HES	Erzincan	5,76
121	Irmak HES	Ordu	5,74
122	Çenger HES	Antalya	5,69
123	Horyan HES	Trabzon	5,68
124	Ekinözü 1 ve 2 HES	Sivas	5,66
125	Sütlüce HES	Sivas	5,64
126	Ataköy HES	Tokat	5,53
127	Yamaç HES	Osmaniye	5,46
128	Zala HES	Kastamonu	5,42
129	Hasankale HES	Nevşehir	5,29
130	Çayaltı HES	Zonguldak	5,28
131	Aksu HES	Giresun	5,20
132	Zeytin HES	K.Maraş	5,20
133	Alçe HES	Sivas	5,14
134	Yaylabel HES	Isparta	5,09
135	Gökboyun HES	Osmaniye	5,00
136	Keban Deresi HES	Elazığ	5,00
137	Sarıtepe HES	Adana	4,90
138	Ataköy HES	Trabzon	4,89
139	Havva HES	Erzurum	4,78
140	Tocak 1 HES	Antalya	4,76
141	Arısu HES	Trabzon	4,68
142	Hasanlar HES	Düzce	4,68
143	Yayla HES	Artvin	4,67
144	Kesme HES	K.Maraş	4,61
145	Çaygören HES	Balıkesir	4,60
146	Karasu 4-3 HES	Erzincan	4,60
147	Süleymanlı HES	K.Maraş	4,60
148	Derme HES	Malatya	4,50
149	Engil HES	Van	4,50
150	Ayvassıl HES	Rize	4,44
151	Dinar HES	Tunceli	4,44
152	Akkaya HES	Kastamonu	4,40
153	Kozak HES	K.Maraş	4,40
154	Ağkolu HES	Ordu	4,38
155	Ahiköy 1 ve 2 HES	Sivas	4,20
156	Bahçelik HES	Kayseri	4,17
157	Dodurgalar 1 ve 2 HES	Denizli	4,14
158	Karasu 5 HES	Erzincan	4,10

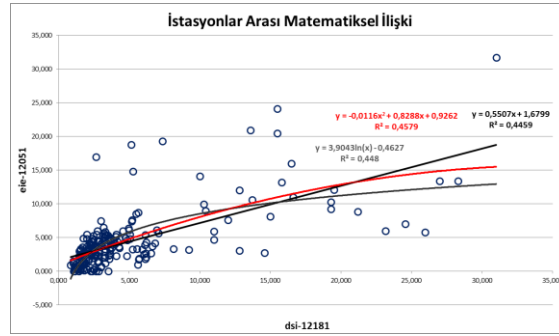
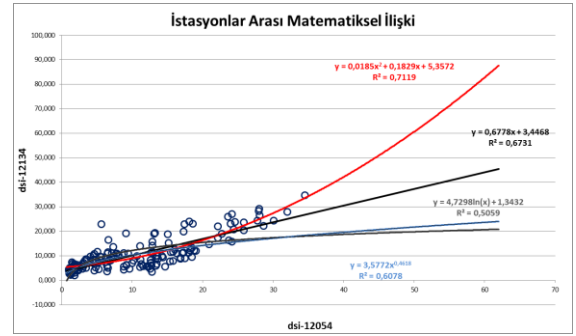
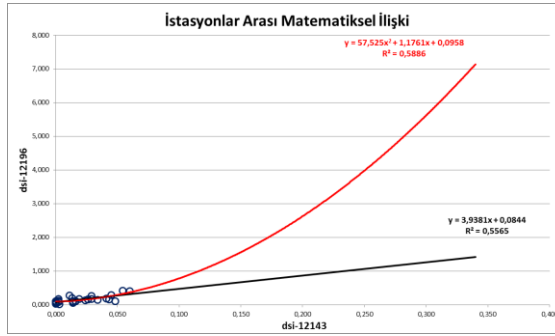
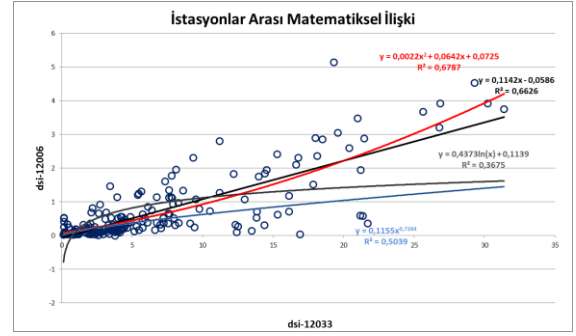
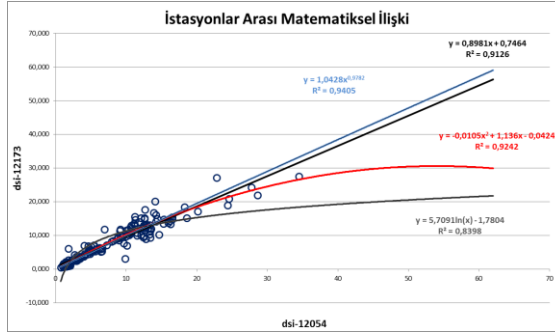
159	Piro HES	Ordu	4,06
160	Gözede 2 HES	Bursa	4,00
161	Kozan HES	Adana	4,00
162	Dumlu HES	Erzurum	3,98
163	Zekere HES	Giresun	3,98
164	Karasu 1 HES	Erzurum	3,84
165	Yaşıl HES	K.Maraş	3,79
166	Arpacık HES	Giresun	3,77
167	Anak HES	Antalya	3,76
168	Kamer HES	Muş	3,75
169	Yeşilköy HES	Rize	3,72
170	Bereket HES	Denizli	3,70
171	Çukurçayı HES	Isparta	3,60
172	Bektemur HES	Amasya	3,49
173	Tokmadın HES	Giresun	3,43
174	Cevizlidere HES	Bolu	3,40
175	Sekiyaka 2 HES	Muğla	3,39
176	Üçgen HES	Osmaniye	3,39
177	Hoşap HES	Van	3,38
178	Molu HES	Kayseri	3,25
179	Gökböğüt HES	Isparta	3,18
180	Sarımehmet HES	Van	3,10
181	Gecür HES	Giresun	3,10
182	Vanazit HES	Giresun	3,09
183	Karasu 2 HES	Erzurum	3,08
184	Darıveren HES	Denizli	3,07
185	Erem HES	Osmaniye	3,05
186	Girlevik HES	Erzincan	3,04
187	Koruköy HES	Adıyaman	3,03
188	Dinar 2 HES	Afyonkarahisar	3,00
189	Karaköy HES	Ankara	3,00
190	Gökmen HES	Yozgat	2,87
191	Kiti HES	Iğdır	2,76
192	Kaleköy HES	Adıyaman	2,74
193	Poyraz HES	K.Maraş	2,66
194	Eskiköy HES	Antalya	2,63
195	Çoraklı HES	Adana	2,60
196	Demir HES	Erzincan	2,60
197	Kayaköy HES	Kütahya	2,56
198	Çal HES	Denizli	2,50
199	Tonya HES	Trabzon	2,50
200	Açma HES	Trabzon	2,40
201	Gözede HES	Bursa	2,40

202	Karasu HES	K.Maraş	2,40
203	Gürgen HES	Rize	2,36
204	Suuçtu HES	Bursa	2,30
205	Sütçüler HES	Isparta	2,22
206	Çeltikdere HES	Bolu	2,15
207	Alakır HES	Antalya	2,06
208	Taşova HES	Amasya	1,98
209	Dinç HES	Mersin	1,97
210	Remsu HES	Mersin	1,96
211	Hızır HES	Artvin	1,96
212	Eğer HES	Kütahya	1,92
213	Oylat HES	Bursa	1,90
214	Can 1 HES	Kars	1,84
215	Güneşli HES	K.Maraş	1,80
216	Çandır HES	Antalya	1,71
217	Tuztaş HES	Sivas	1,61
218	Karşıyaka HES	Gaziantep	1,59
219	Botan HES	Siirt	1,58
220	Teleme HES	K.Maraş	1,57
221	Kahraman HES	Giresun	1,42
222	Bünyan HES	Kayseri	1,36
223	Eğerci HES	Zonguldak	1,34
224	Kızılçam HES	Kastamonu	1,32
225	Otluca HES	Hakkari	1,28
226	Malazgirt HES	Muş	1,22
227	Yıldızlı HES	Trabzon	1,20
228	İnegöl Cerrah HES	Bursa	1,18
229	Ermenek HES	Karaman	1,12
230	Yazı HES	Çankırı	1,11
231	Köyobaşı HES	K.Maraş	1,07
232	İvriz HES	Konya	1,04
233	Üçkaya HES	K.Maraş	1,04
234	Visera HES	Trabzon	1,00
TOPLAM			1341,68 MW

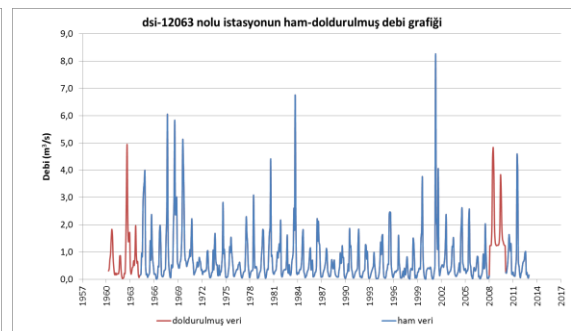
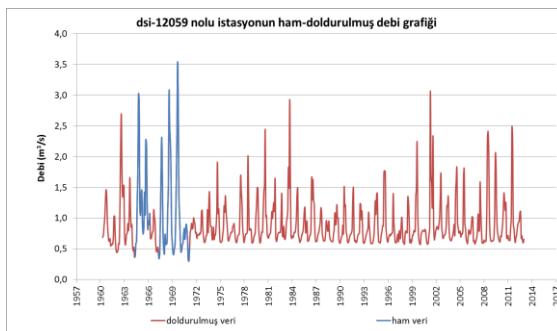
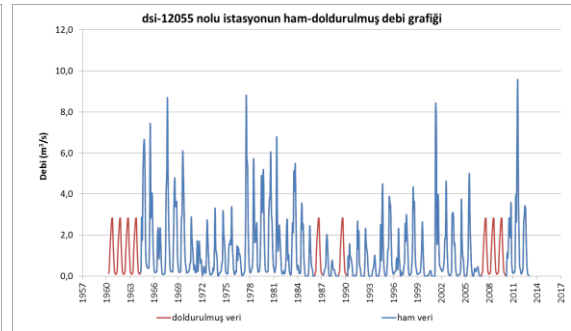
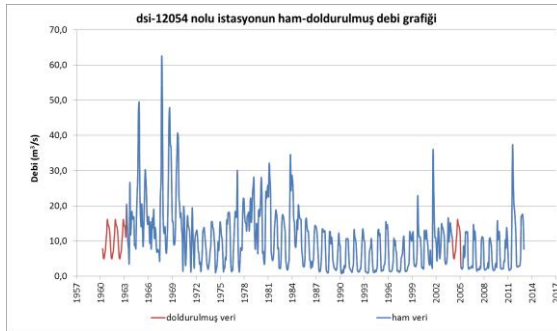
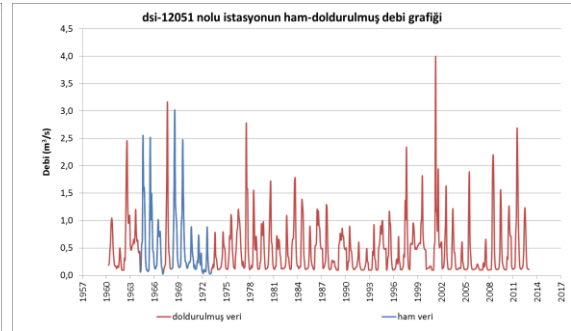
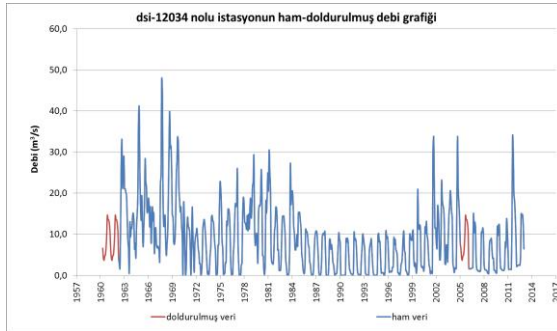
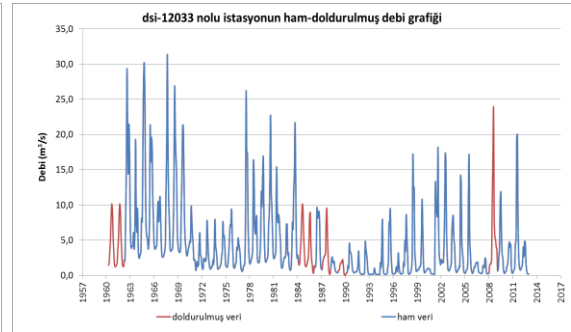
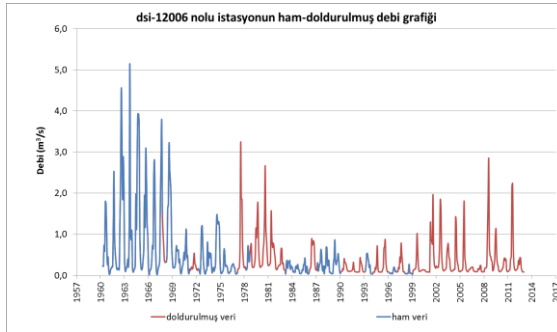
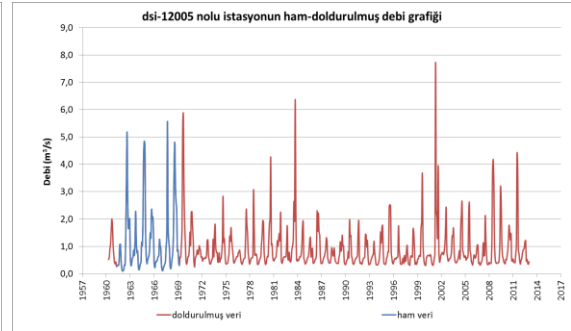
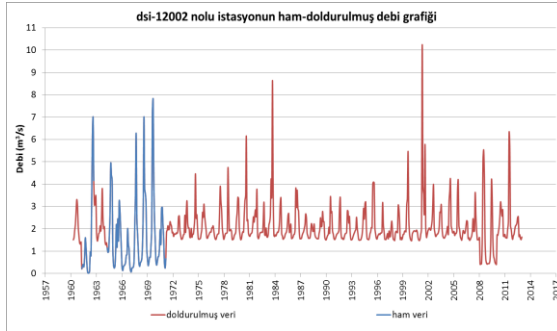
EK-2: İstasyonlar arası ilişkiler

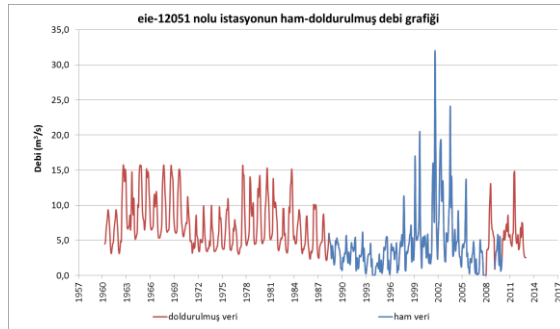
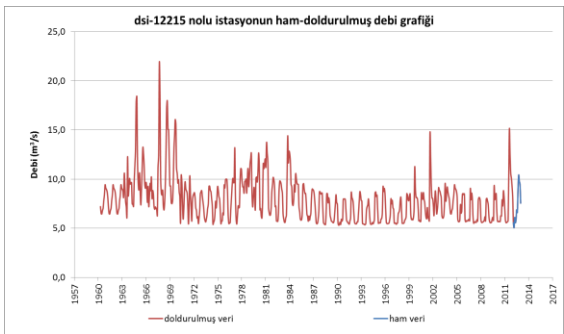
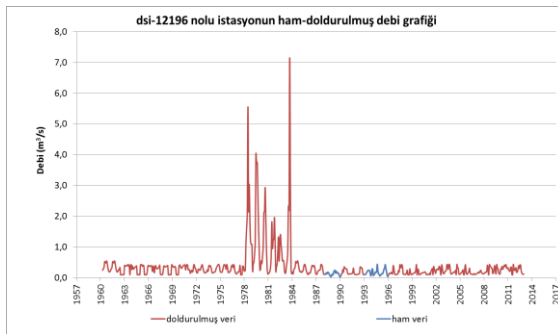
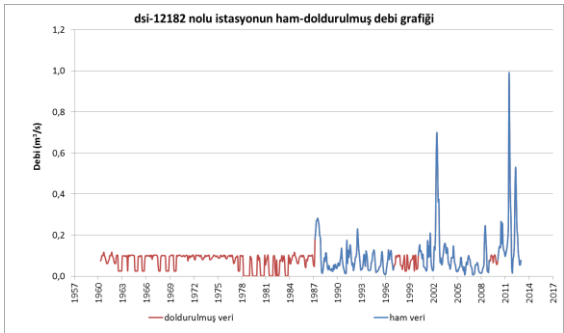
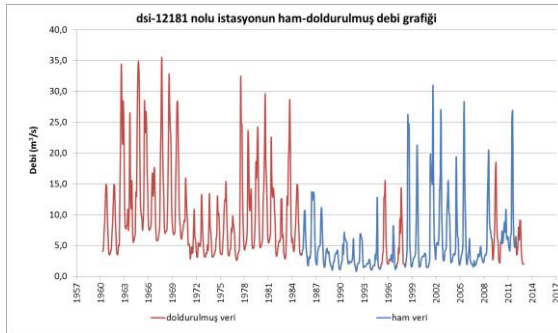
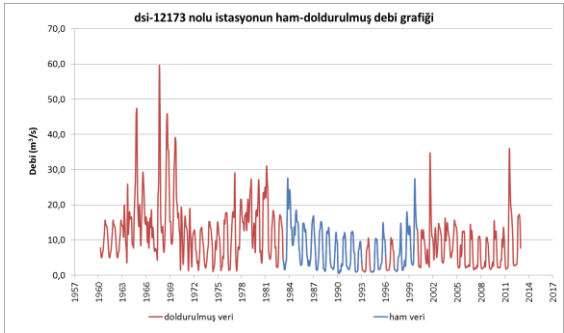
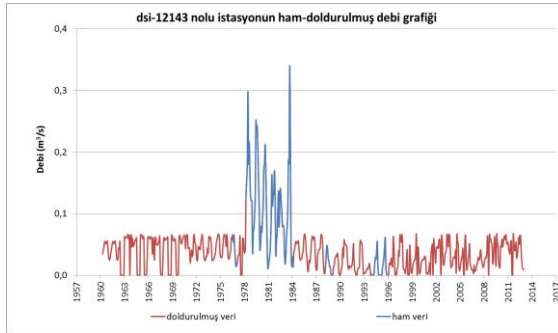
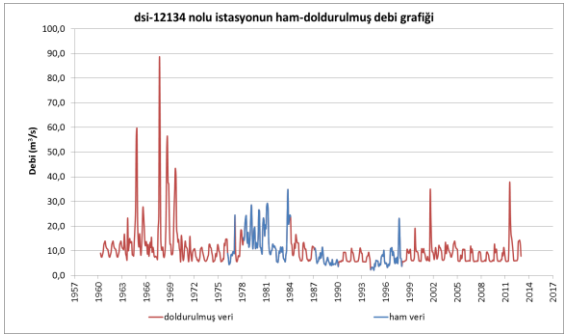
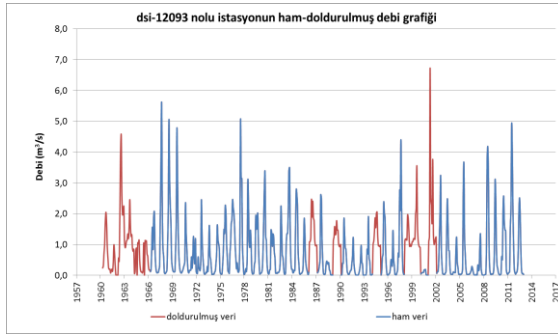




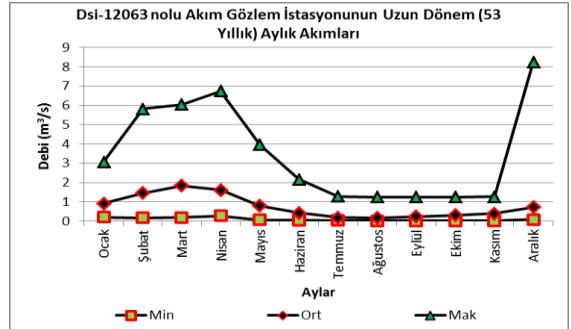
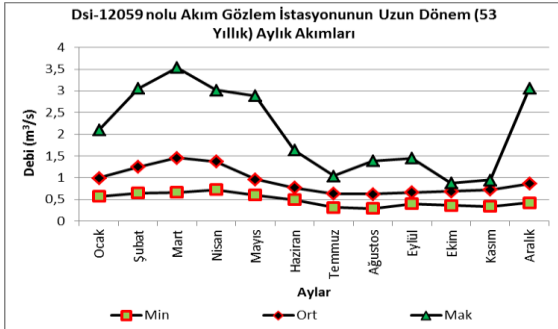
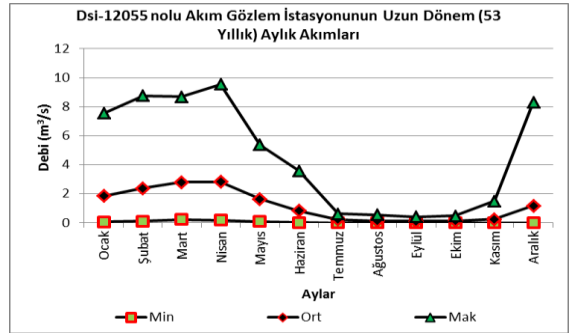
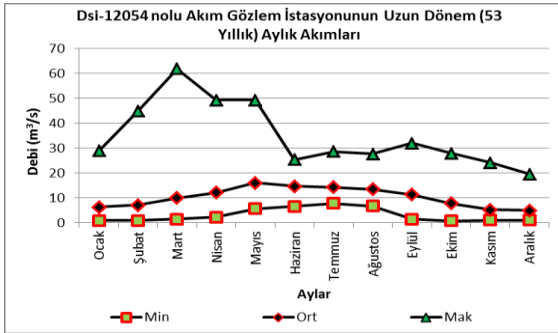
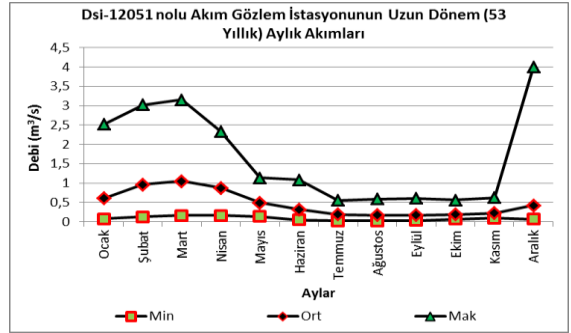
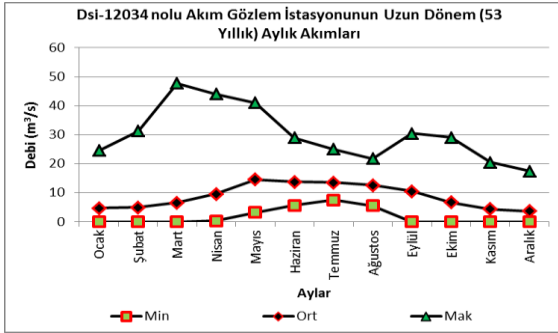
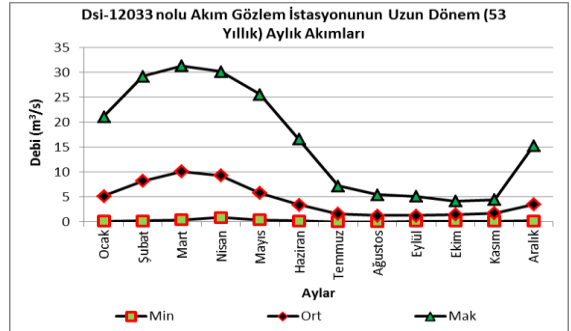
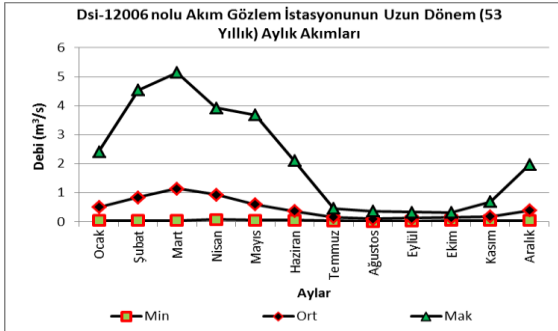
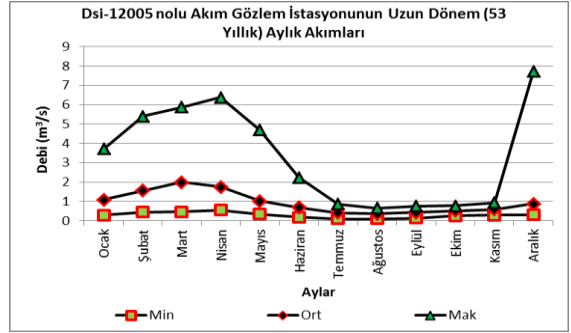
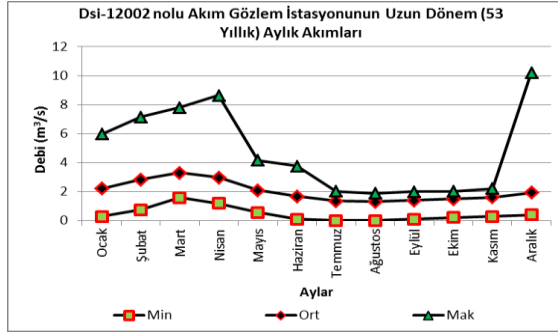


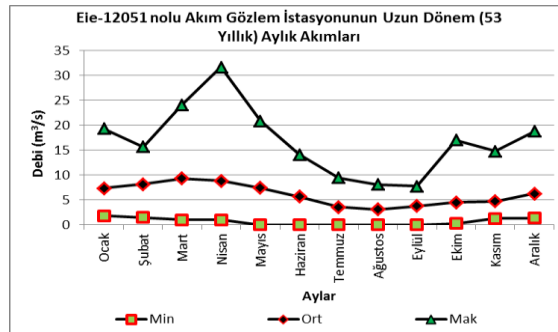
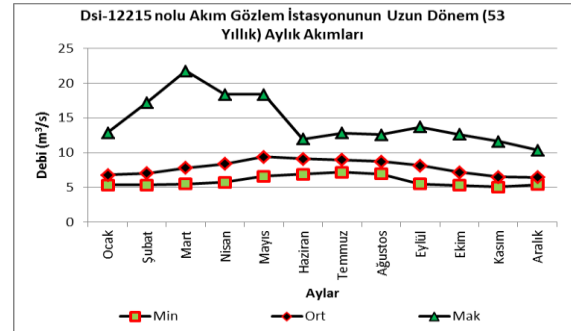
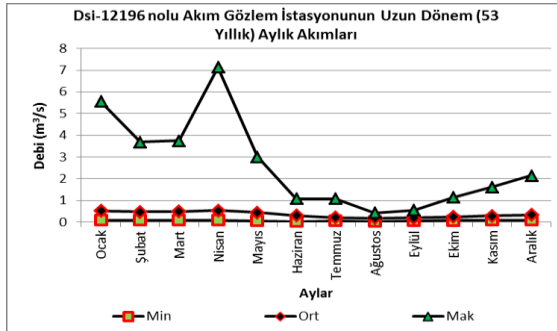
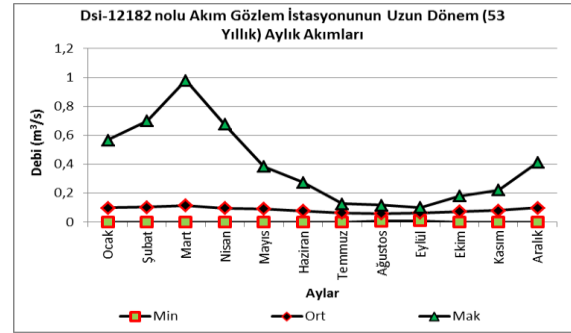
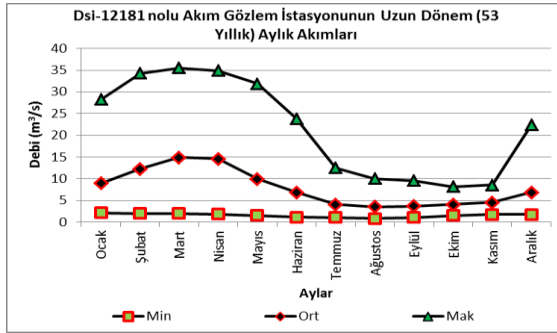
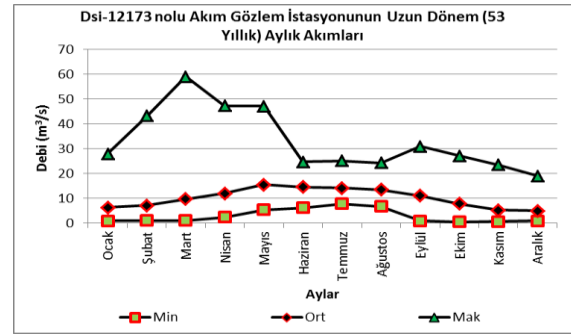
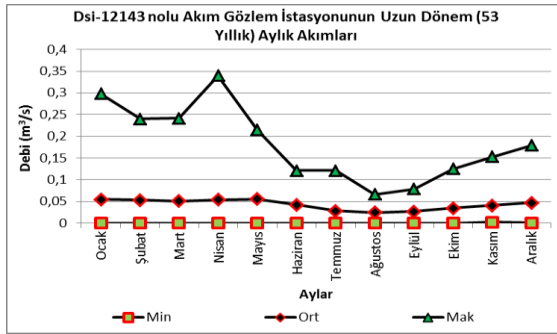
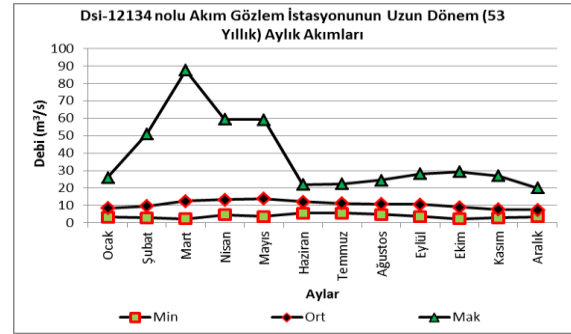
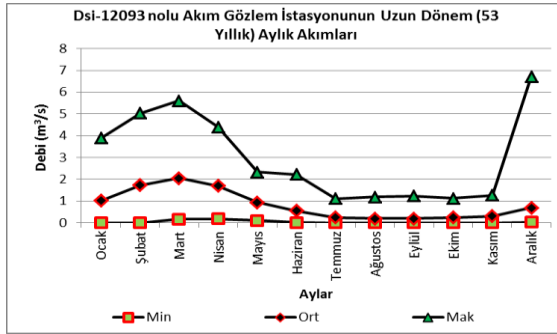
EK-3: İstasyonlardaki eksik verilerin doldurulması



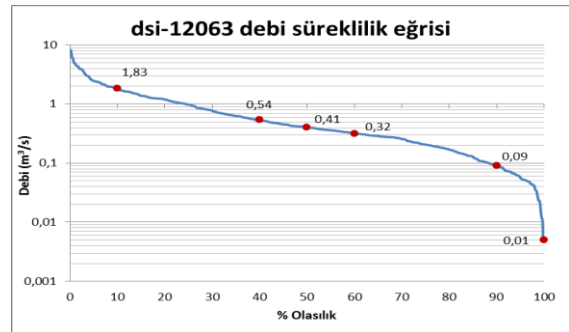
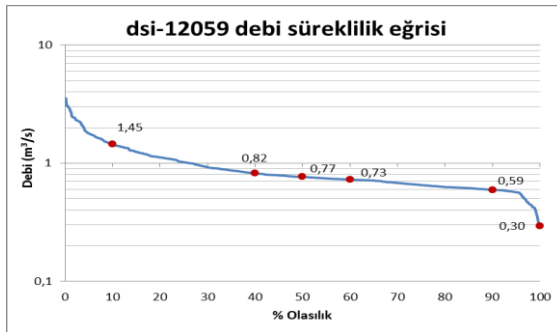
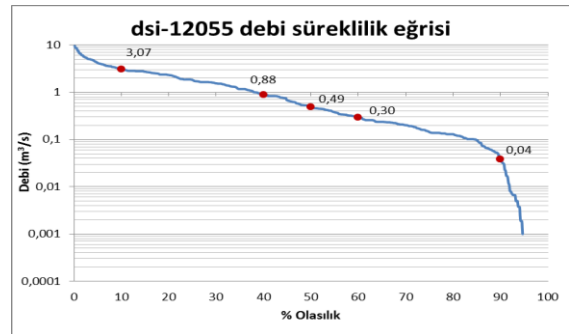
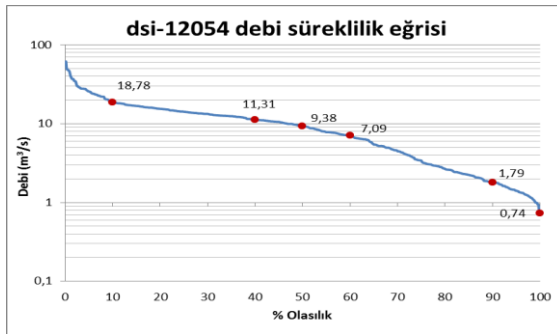
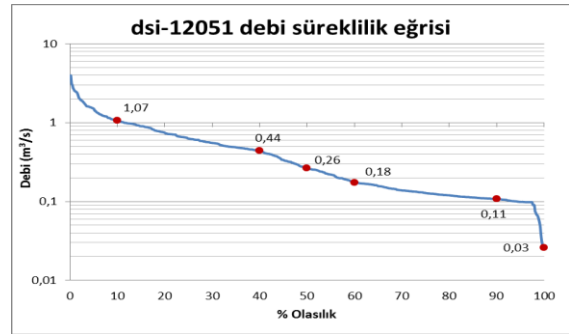
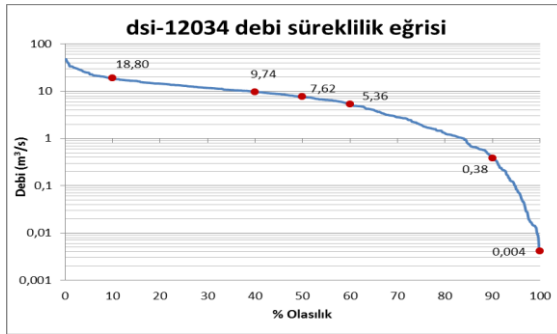
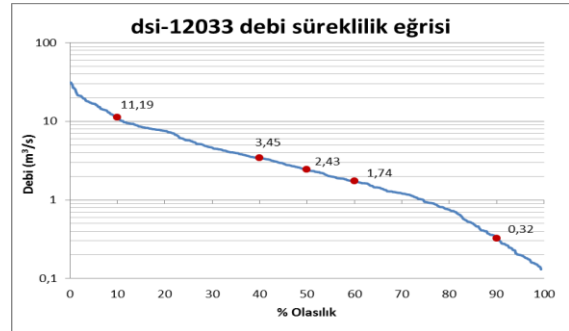
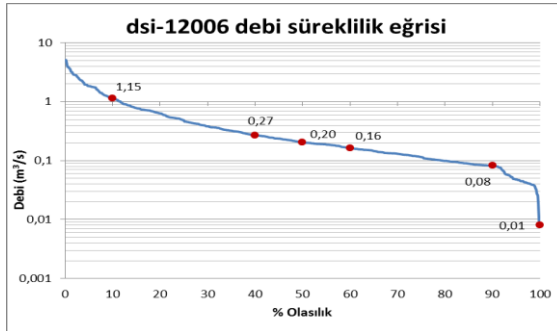
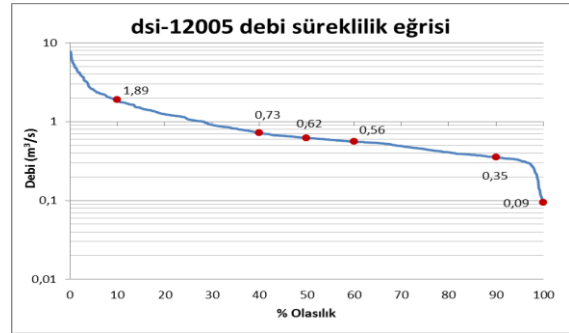
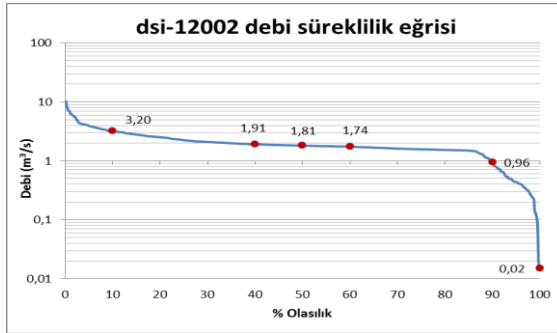


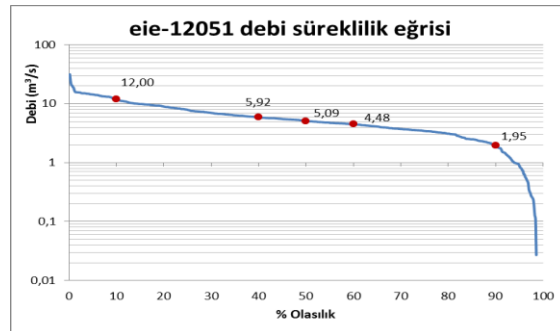
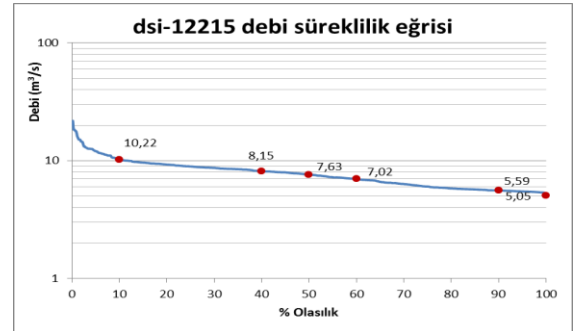
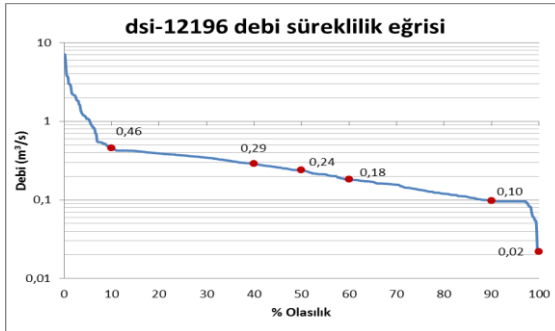
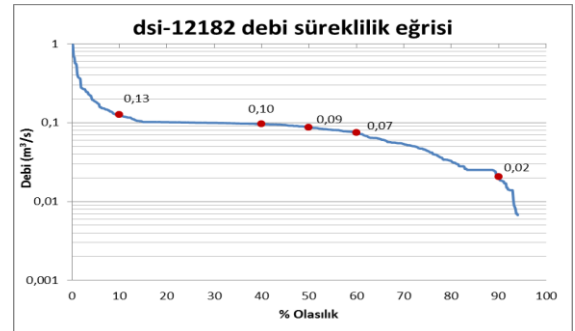
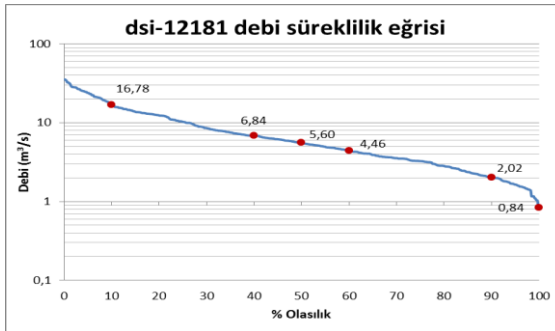
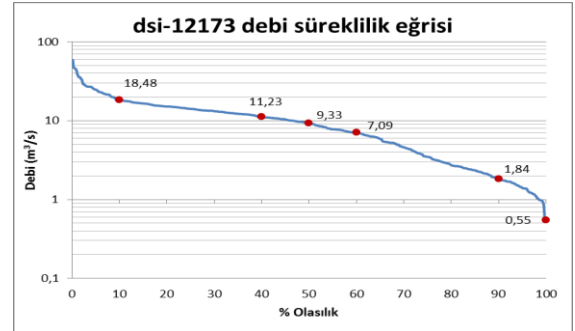
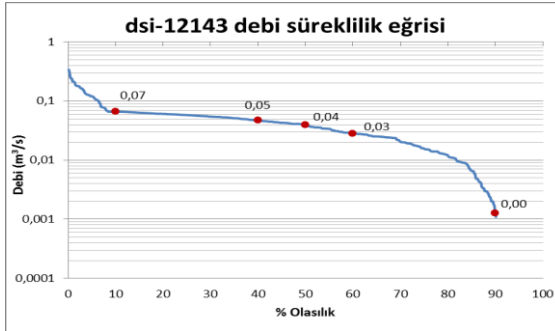
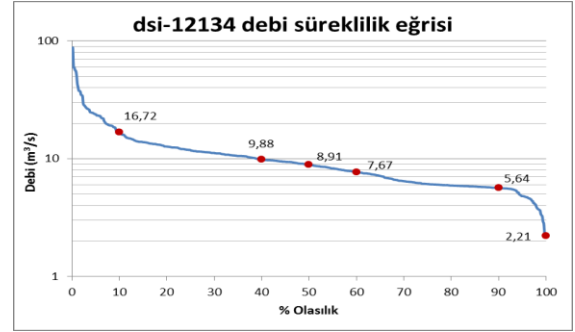
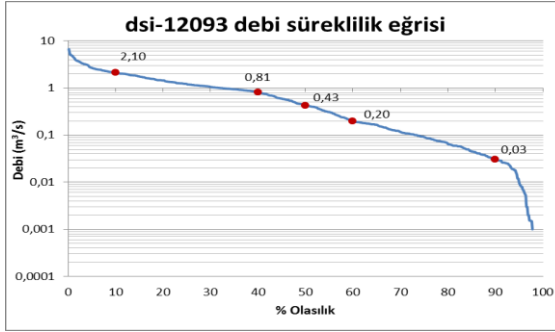
EK-4: Uzun dönem aylık akımlar





EK-5: Debi-süreklilik eğrileri





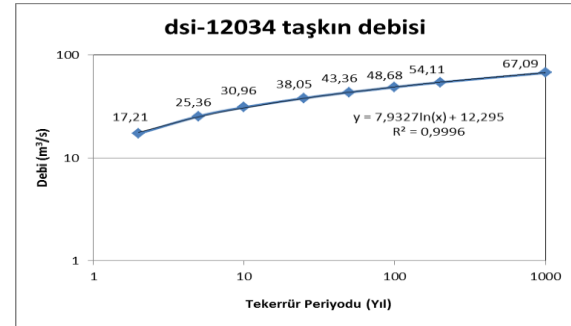
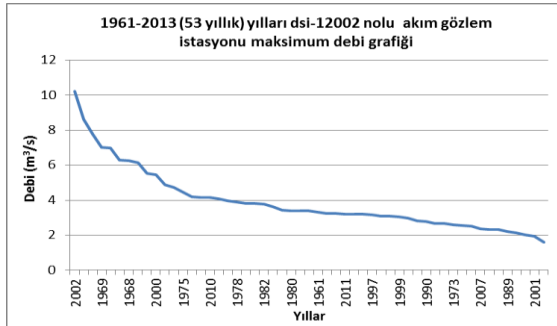
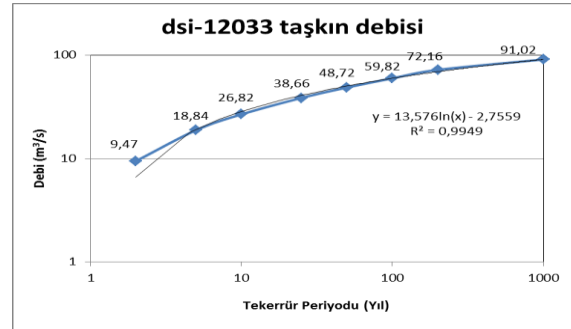
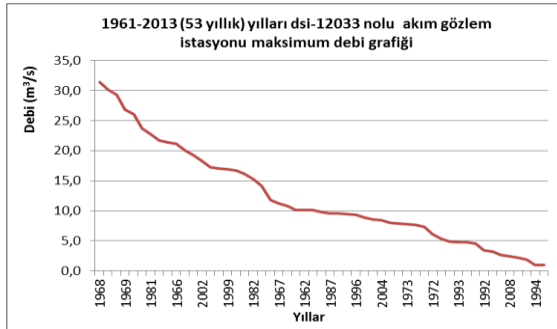
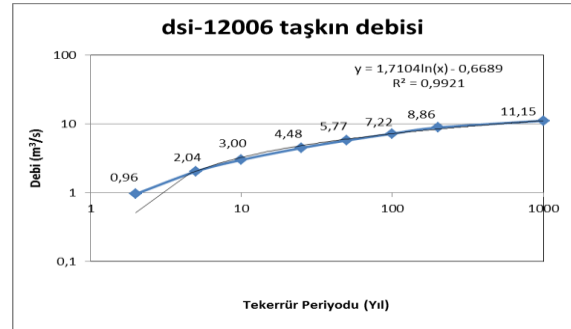
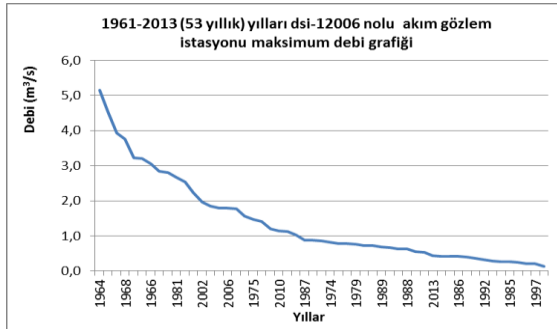
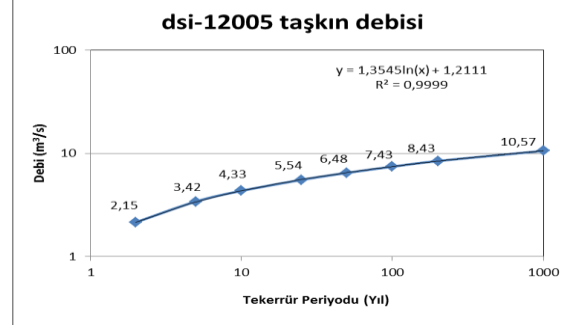
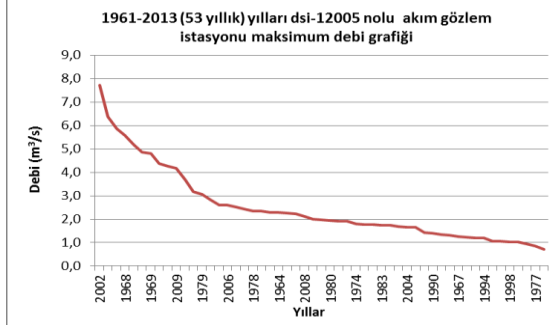
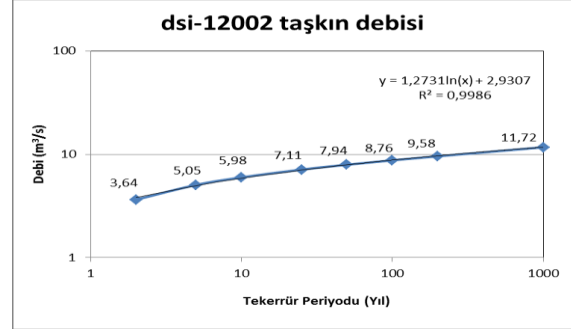
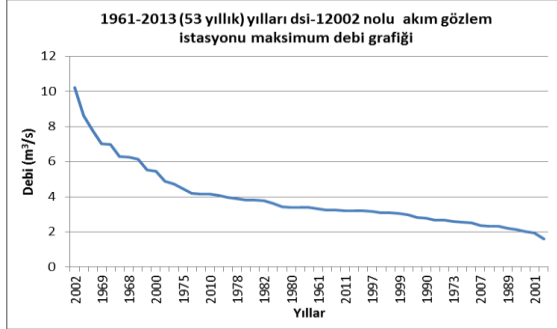
EK-6 : Porsuk havzasındaki kurulu barajların karakteristik özellikleri

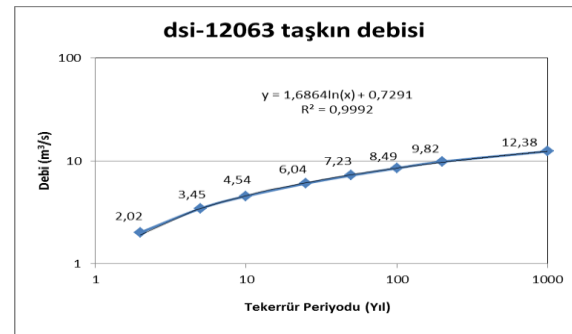
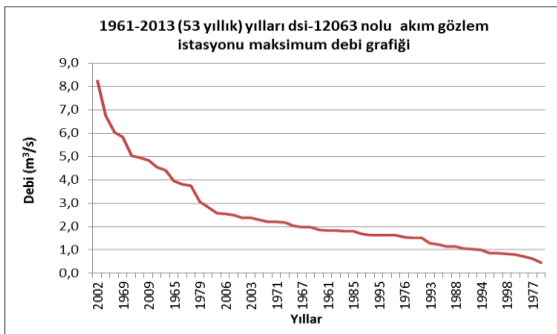
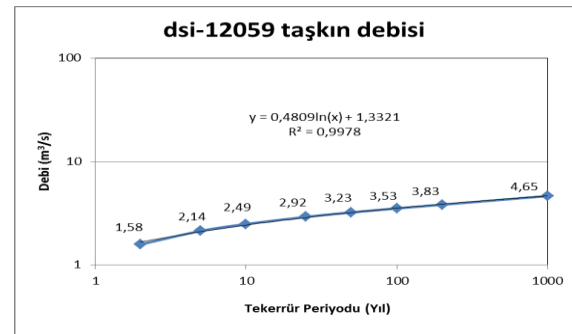
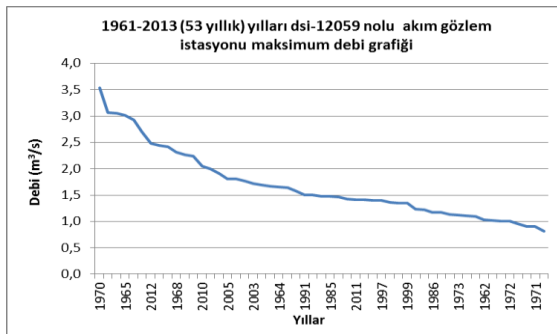
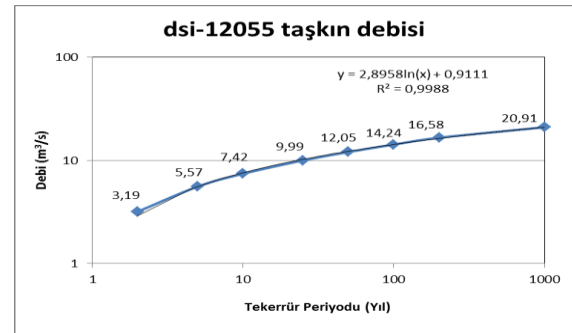
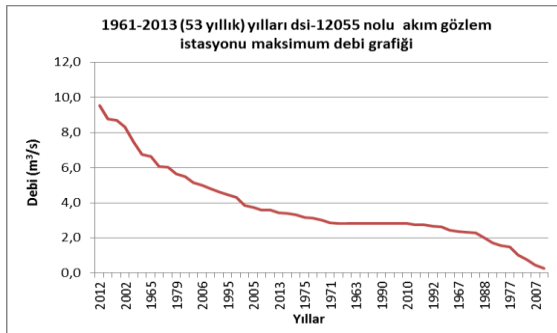
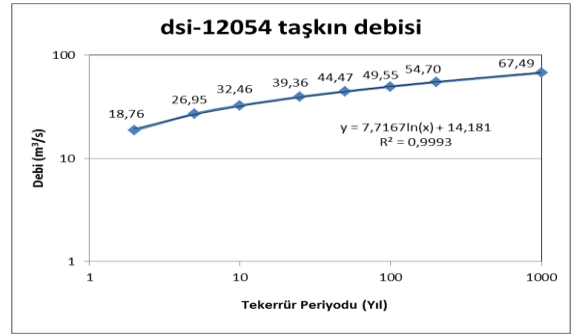
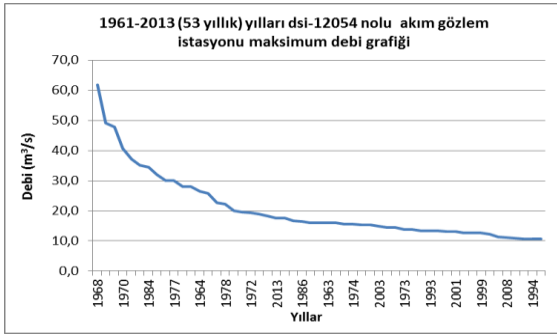
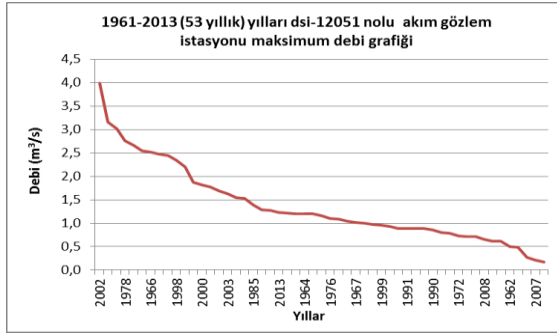
Karakteristik	Beşkarış Barajı	Enne Barajı	Kureysler Barajı	Akçaköy Barajı	Aşağı Kuzfındık Barajı	Dodurga (Dardere) Barajı	Porsuk Barajı	Musaözü Barajı	Karacaşehir Regülatörü
Amacı	Sulama	Seytömer Termik Santrali'ne Su Temini	Sulama	Sulama	Sulama	Sulama	İçme Kullanma, Taşkın, Sulama	Sulama	Sulama
Yağış Alanı (km ²)	216	291	112,70	300+152.50	156,7	-	5018	43	5150
Tipi	Toprak Dolgu	Toprak Dolgu	Zonlu toprak dolgu	Toprak Dolgu	Zonlu toprak dolgu	Zonlu Toprak Dolgu	Beton Ağırlık	Toprak Dolgu	Betonarme
Talveg Kotu (m)	1075,00	974,00	1091,0	1025,00	957,0	-	844,65	885	803
Yükseklik (m)	54,35	24,00	40,92	26,6	30,76	26,9	49,70	19,00	7
Ölü Hacim (x10 ⁶ m ³)	2,1	2,3	1,50	2,3	1,2	-	-	-	-
Aktif Hacim (x10 ⁶ m ³)	73,50	4,555	28,0	140,1	19,80	21,72	431	1,67	-
Toplam Depolama Hacmi (x10 ⁶)	75,6	6,85	29,2	142,4	21,1	31,586	431	1,67	-
Maksimum Rezervuar Alanı	5,12 km ²	100 ha	2,5 km ²	11,40 km ²	2,9 km ²	2,45 km ²	23,4 km ²	0,43 km ²	-
Kret Kotu (m)	1129,35	988,50	1131,92	1051,6	987,76	1057,42	894,35	904	810
Kret Uzunluğu	393	250	215,0	287	348	215	258	250	20

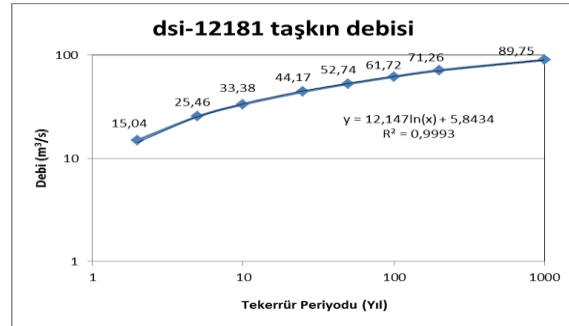
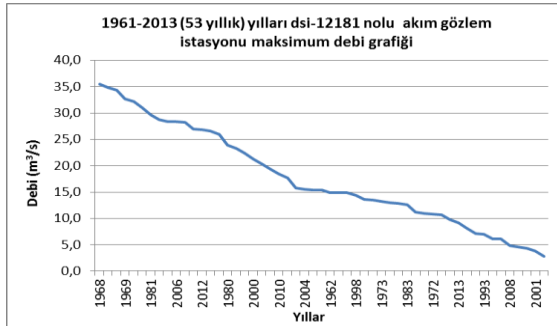
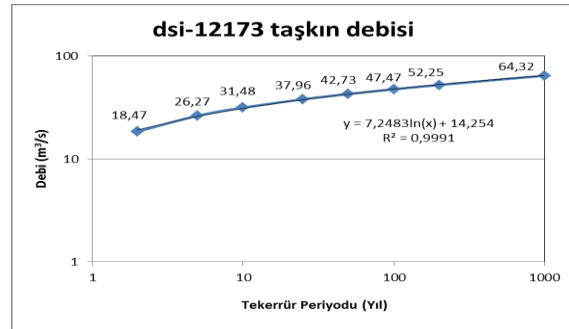
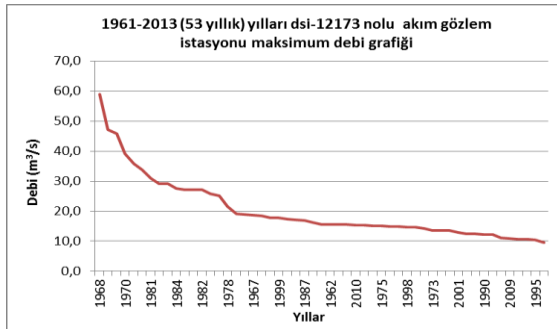
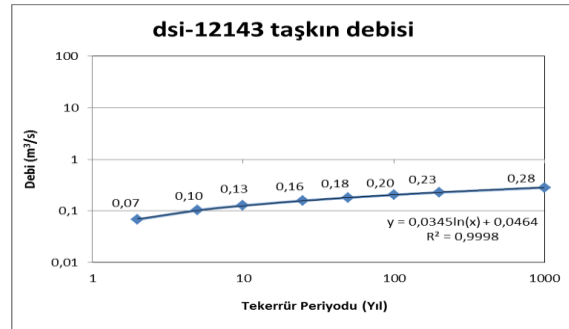
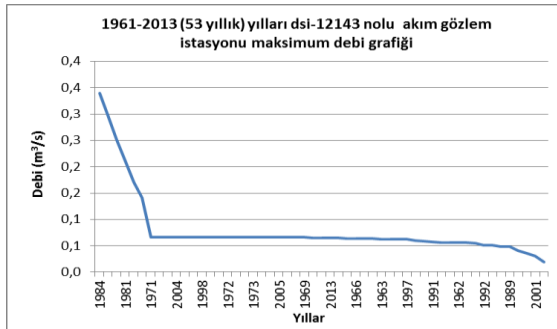
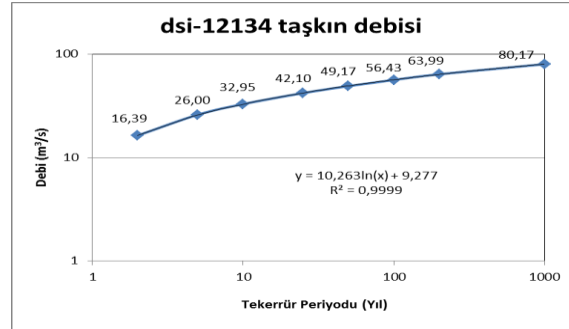
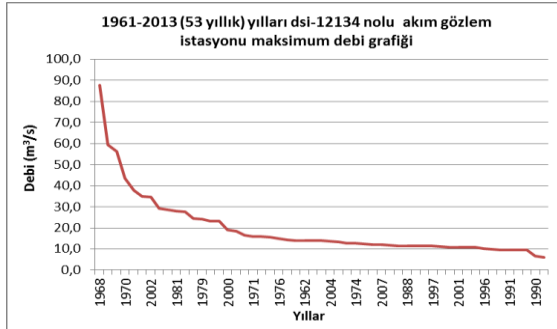
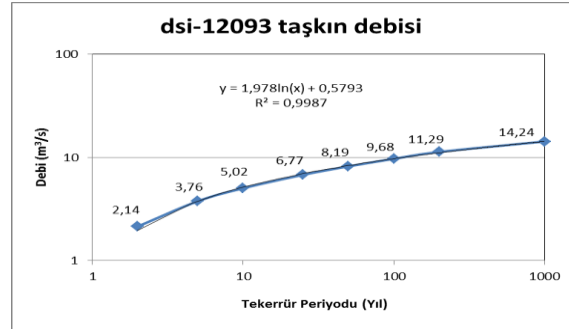
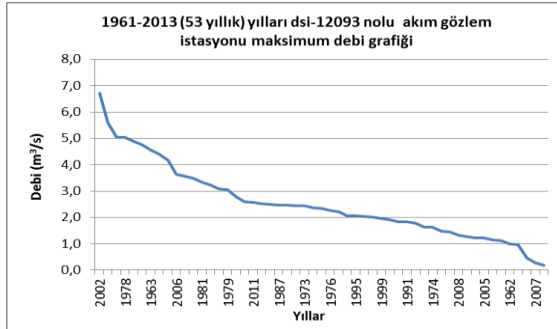
EK-7 : Porsuk havzasındaki kurulu barajların adı, mevki ve koordinatları

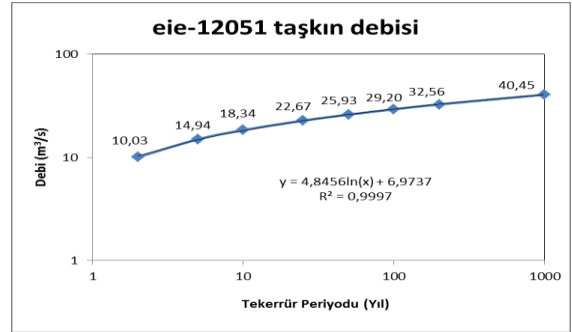
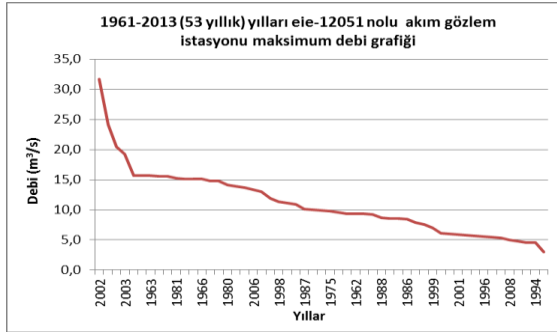
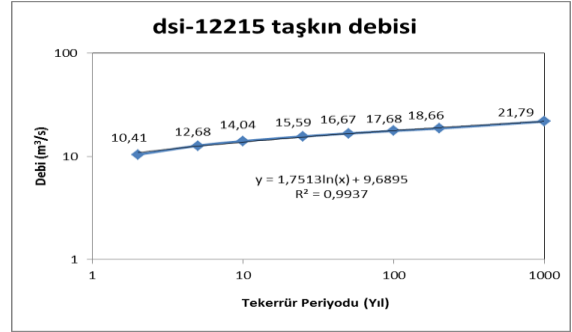
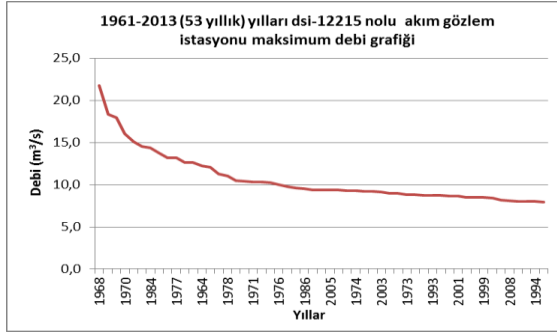
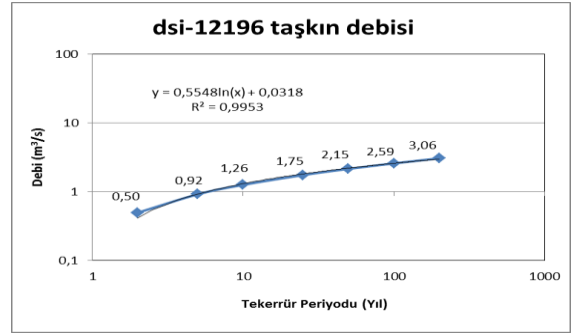
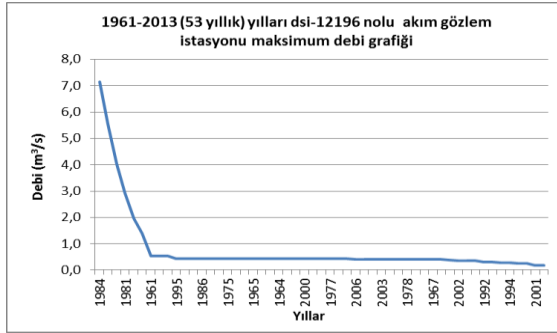
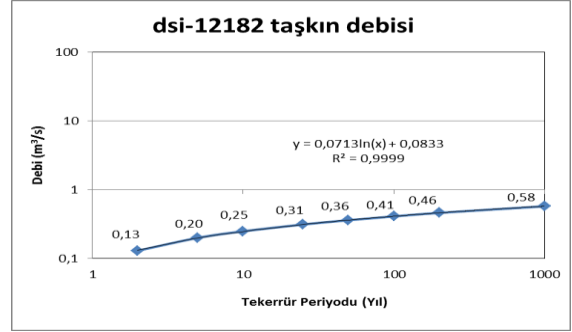
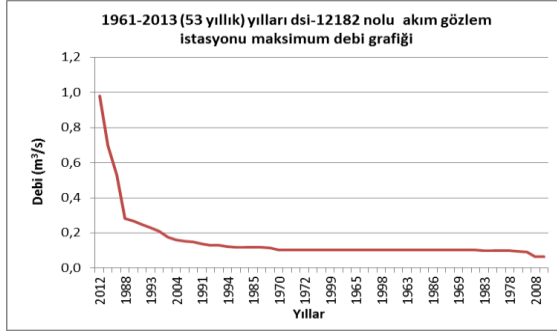
Baraj Adı	Bulunduğu Pafta	Mevkii	Koordinatları
Akçaköy Barajı	Eskişehir J24-d4	Akçaköy civarı	30°02.495D, 39°03.527K
Kureyşler Barajı	Kütahya J23-b4	Kureyşler Köyü	<u>29°849722D,</u> <u>39°30.278K</u>
Beşkarış Barajı	Afyon k24-a2	Beşkarış Köyü	X=253250, Y= 4317400
Enne Barajı	Kütahya J23-b1	Yoncalı civarı	29°52.003D, 30°28.283K
Dodurga (Darıdere) Barajı	Kütahya İ23-b3	Dodurga kasabası	29°57986D, 39°47.540K
Aşağıkuzfindık Barajı	Eskişehirİ24-d1	Aşağıkuzfindık köyü	30°03064D, 49°41.567K
Porsuk Barajı	Eskişehir İ24-c1-d2	Eskişehir	30°46'47D, 39°38'.630K
Musaözü Barajı	Eskişehir İ24-c1	Eskişehir	30°19444D, 39°41.845 K
Karacaşehir Regülâtörü	Eskişehir İ24-c2	Eskişehir	30°27959 D, 39°44650 K

EK-8 : AGİ maksimum debi ve taşkın tekerrür periyodu









EK-9: Bilecik ili ham sıcaklık değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)												
İSTASYON ADI/NO: BİLECİK / 17120												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1995	4.2	6.2	7.3	10.5	16.8	22.0	21.2	21.8	18.9	11.5	4.8	5.1
1996	1.8	4.7	3.2	9.1	18.6	19.8	22.8	22.0	17.2	11.9	10.7	7.8
1997	4.0	1.9	3.6	7.6	17.6	20.2	22.1	19.5	15.3	13.2	9.3	4.8
1998	3.2	4.6	4.2	14.5	15.2	19.7	23.2	23.7	18.4	15.4	9.8	4.4
1999	4.8	4.2	7.7	12.8	17.0	20.0	23.3	22.8	19.1	14.7	8.6	7.6
2000	-1.2	2.3	5.5	13.6	15.9	19.5	24.4	22.0	19.3	13.2	11.5	5.3
2001	5.3	5.1	12.3	12.1	15.5	21.1	24.4	23.3	20.1	14.2	7.8	2.7
2002	-0.4	7.1	8.4	10.2	16.0	20.5	24.7	22.2	18.6	14.3	10.4	1.8
2003	6.5	0.0	2.9	8.9	19.0	21.5	22.8	23.4	16.8	14.6	8.6	3.4
2004	1.6	3.4	8.1	12.1	15.4	19.9	22.0	21.8	19.6	15.9	8.4	4.5
2005	4.2	3.9	6.3	12.2	16.6	19.2	23.2	23.8	18.8	12.1	7.5	5.7
2006	0.7	1.9	7.9	12.6	16.5	20.5	21.8	25.4	18.1	14.0	7.1	3.6
2007	4.7	4.9		9.7	19.3	22.4	24.6	24.8		15.3	8.0	3.8
2008	0.1	3.2	10.8	13.9	16.6	21.4	23.0	24.2	18.4	14.4	10.2	5.2
2009	4.1	5.4	6.7	11.7	16.6	21.9	23.2	22.0	18.5	17.2	9.6	7.5
2010	4.0	7.5	8.1	12.5	18.4	20.8	24.1	26.4	20.2	12.5	14.7	7.9
2011	3.5	4.3	6.5	8.6	15.2	19.4	24.0	21.4	19.8	11.1	4.4	4.9
2012	0.2	0.0	4.8	14.3	16.3	22.3	24.8	22.9	20.9	17.0	10.6	5.0
2013	4.7	7.5	9.3	12.8	19.6	21.0	22.3	23.5	18.7	12.4	10.4	1.7
2014	6.0	7.1	9.1	13.7	17.0	20.6	23.8	24.2	18.9	14.3	9.3	7.2
2015	2.6	4.6	7.2	10.0								

EK-10: Bilecik ili ham buharlaşma değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Toplam Açık Yüzey Buharlaşması (mm)												
İSTASYON ADI/NO: BILECİK / 17120												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1995					149.5	175.9	169.7	168.2	124.5	63.1		
1996				56.2	132.2	158.7	185.2	155.5	106.0	52.8		
1997				54.2	138.0	144.9	173.1	112.8	102.9	68.0		
1998				104.6	85.6	136.1	196.4	206.0	131.0	90.3		
1999				92.8	144.3	140.3	201.3	208.4	131.8	74.9		
2000				111.7	137.8	173.0	243.6	179.6	148.0	73.0		
2001				79.4	125.5	217.5	227.6	192.0	160.5	86.6		
2002				61.6	158.3	162.0	197.5	181.9	112.6	70.2		
2003				66.3	160.7	212.8	212.4	211.0	107.4	89.0		
2004				98.3	134.0	145.5	223.3	168.7	144.0	86.6		
2005				100.9	126.2	167.3	190.2	192.7	136.5	67.5		
2006				108.9	154.5	212.8	221.9	248.6	124.9	71.6		
2007				127.2	229.7	246.3	318.3	280.8	188.6	102.8		
2008				114.2	158.2	219.3	269.7	257.8	136.1	62.5	29.9	
2009				87.4	151.6	216.5	225.5	207.5	111.2	99.8		
2010				85.4	163.3	145.9	210.9	233.0	126.2	42.6	61.1	
2011				47.4	93.7	142.7	203.7	188.8	140.5	46.6		
2012				87.7	92.8	193.2	232.7	200.5	143.7	85.6	35.1	
2013				74.1	155.2	174.2	167.6	194.2	118.2	72.0	37.7	
2014				84.7	127.0	149.9	187.9	171.7	101.2	60.6		
2015				83.6	142.5							

EK-11: Bilecik ili ham yağış değerleri

ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Toplam Yağış (mm)												
-9999: Yağış Yoktur. // Boşluk: Yağış Ölçümü Yapılmamıştır.												
İSTASYON ADI/NO: BİLECİK / 17120												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1995	85.6	4.9	80.4	41.6	10.8	22.6	52.4	4.6	49.7	44.3	53.5	20.8
1996	46.0	22.0	64.5	50.3	43.9	30.3	4.6	1.8	37.0	82.7	11.3	58.5
1997	46.0	32.7	38.1	87.9	28.5	51.9	8.8	45.9	10.9	128.9	22.8	76.3
1998	43.2	28.5	58.0	38.6	111.0	60.4	16.3	-9999	17.4	37.6	58.0	77.4
1999	23.5	66.8	52.0	40.5	19.5	86.6	18.8	16.0	25.4	9.0	49.6	18.8
2000	64.5	32.8	82.5	145.4	42.8	12.0	10.5	13.8	11.8	36.5	10.8	32.5
2001	10.1	35.0	31.0	81.8	51.3	21.4	6.4	23.4	6.4	2.5	89.0	177.8
2002	37.7	25.0	35.5	54.1	29.2	20.9	43.6	9.2	73.5	34.9	35.1	29.5
2003	44.2	86.9	30.7	38.7	35.2	2.8	-9999	6.4	35.7	93.2	13.7	63.9
2004	74.0	57.3	45.9	59.1	22.1	62.1	10.3	6.9	0.2	21.6	46.3	24.7
2005	53.0	46.7	47.8	40.5	12.4	26.6	55.2	4.1	47.1	16.1	54.2	25.5
2006	59.1	48.4	37.3	6.1	32.1	13.3	8.5	2.5	51.4	20.6	36.1	16.5
2007	82.2	6.8		17.8	41.8	67.6	4.6	3.2	0.4	33.0	75.8	71.7
2008	30.8	15.1	77.3	52.2	26.6	45.3	-9999	0.6	72.1	26.4	55.7	43.0
2009	47.7	78.4	48.5	31.1	16.4	58.3	2.0	8.1	20.9	16.7	38.6	62.1
2010	65.0	90.8	52.9	48.4	24.3	30.3	1.3	0.8	35.0	238.7	7.0	74.2
2011	26.6	26.5	52.1	94.9	53.4	67.5	10.0	15.0	9.0	39.4	0.4	54.2
2012	74.4	79.7	87.1	42.4	90.3	26.4	-9999	15.1	-9999	30.9	30.2	77.7
2013	27.3	31.1	67.3	38.0	16.9	25.0	6.3	2.2	3.8	104.6	18.8	22.2
2014	11.4	16.7	46.7	55.9	77.5	70.1	53.6	31.7	64.3	40.4	40.0	99.3
2015	88.9	80.2	61.1	57.0								

EK-12: Eskişehir ili ham sıcaklık değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)												
İSTASYON ADI/NO: ESKİSEHİR BLG / 17126												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1985	2.0	-3.4	2.3	11.4	17.5	19.2	20.0	22.6	16.8	9.7	8.6	1.9
1986	2.9	3.4	5.8	13.6	12.8	19.1	22.2	23.6	18.9	11.5	3.8	0.3
1987	1.4	3.6	0.6	8.0	15.1	19.1	23.4	20.7	19.0	11.0	6.4	2.0
1988	1.5	2.1	4.8	10.9	15.8	19.3	23.0	22.1	17.2	10.7	3.9	3.1
1989	-2.3	1.1	8.6	16.0	14.9	19.3	21.2	22.7	17.5	10.4	6.0	0.3
1990	-3.1	1.6	7.1	10.7	14.5	18.8	22.3	20.9				
2007	1.1	2.7	7.0	9.0	19.0	21.7	24.9	24.5	18.9	13.9	6.0	1.6
2008	-2.4	1.5	9.8	13.0	15.5	21.4	22.9	24.3	18.1	13.2	8.8	2.6
2009	2.1	4.1	5.6	11.1	16.0	21.6	22.9	21.6	17.6	16.0	7.8	5.5
2010	2.7	6.4	7.9	11.2	18.0	20.0	23.9	26.2	19.9	11.8	12.0	6.0
2011	2.0	2.5	5.8	9.0	14.7	19.4	23.8	21.5	19.3	10.4	3.5	2.9
2012	-1.7	-3.5	3.4	13.9	16.2	22.4	24.7	22.5	20.7	15.9	9.1	3.5
2013	2.6	5.8	7.9	11.5	18.8	20.5	21.9	22.9	17.6	10.9	8.5	-1.0
2014	3.8	6.2	8.1	13.2	16.6	20.2	23.8	24.0	18.3	13.4	7.7	5.8
2015	0.2	3.4	6.5	9.3								

EK-13: Eskişehir ili ham buharlaşma değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Toplam Açık Yüzey Buharlaşması (mm)												
İSTASYON ADI/NO: ESKİSEHIR BLG / 17126												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1962				98.4	171.3	209.1	211.0	282.0	178.4	75.5	42.0	
1963				121.8	126.0	153.2	201.2	213.8	130.9	81.4		
1964				125.4	150.3	135.0	210.4	187.8	123.2	101.0		
1965					125.6	185.7	203.5	190.3	138.8			
1966					154.9	144.9	220.2	201.6	143.8	105.3	48.2	
1967				103.1	129.4	187.7	223.4	215.1	150.5	89.7		
1968					192.7	182.2	278.8	221.9	161.0	76.7		
1969					179.9	237.2	243.6	278.3	189.5	106.8		
1970				129.0	168.8	213.8	280.9	265.2	184.4			
1971				97.6	138.6	213.9	254.3	244.3	185.2			
1972				124.4	194.7	199.4	224.1	228.1	160.8			
1973				107.3	179.3	202.2	266.9	229.5	190.6	76.3		
1974					165.6	202.5	266.7	219.5	164.0	123.8		
1975				122.3	136.9	174.0	265.1	228.9	175.7			
1976				122.0	152.0	199.3	282.1	213.2	168.7	101.1		
1977				122.8	183.0	212.0	268.9	256.9	160.8	74.9		
1978				91.3	189.3							
1981						281.0	247.3	234.1	194.4	101.7		
1990				91.9	135.5	211.7	271.8	197.5				

EK-14: Eskişehir ili ham yağış değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Toplam Yağış (mm)												
-9999: Yağış Yoktur. // Boşluk: Yağış Ölçümü Yapılmamıştır.												
İSTASYON ADI/NO: ESKİSEHİR BLG / 17126												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1965	25.3	47.5	59.1	67.7	108.7	10.7	16.1	8.2	0.0	5.8	36.3	63.8
1972	20.0	12.4	32.5	35.4	10.4	71.7	47.4	20.9	34.7	60.2	15.7	0.9
1973	11.8	39.4	20.6	59.6	29.4	78.3	64.2	17.8	1.6	42.8	45.5	62.2
1974	13.5	49.2	45.3	50.5	70.8	29.1	0.6	19.5	10.6	27.2	30.1	37.2
1975	49.3	28.9	41.0	29.0	126.9	32.6	0.2	15.2	1.6	7.5	40.3	42.4
1976	43.3	24.6	27.2	33.2	87.4	47.3	10.6	3.5	3.8	37.3	17.5	62.4
1977	32.7	18.0	30.3	61.3	16.8	35.2	7.0	39.7	16.3	38.9	29.8	56.3
1978	100.7	70.4	54.4	66.6	52.1							
1981						8.7	12.1	18.5	4.8	40.5	27.8	68.3
1982	37.3	22.1	29.5	64.1	58.6	11.1	16.9	8.1	3.4	26.3	3.3	26.5
1983	34.3	26.4	11.5	28.9	80.6	41.8	16.6	8.6	1.8	18.9	72.9	51.1
1984	30.5	39.7	62.1	117.4	30.5	3.7	28.3	7.4	0.8	0.1	24.0	5.5
1985	64.5	51.1	48.8	34.8	18.8	5.3	3.8	0.2	1.6	29.3	47.4	39.7
1986	49.0	44.6	7.3	14.8	19.5	37.9	4.2	5.5	2.5	16.3	8.2	86.0
1987	95.0	9.6	52.5	40.8	44.2	22.9	0.4	7.6	3.8	9.0	30.8	52.7
1988	14.6	26.9	46.3	44.6	65.1	60.8	1.4	2.0	1.7	52.8	51.1	31.8
1989	7.9	10.3	18.7	8.9	41.4	33.5	29.1	7.7	2.5	55.1	60.1	57.9
1990	9.0	16.1	11.8	52.9	17.7	16.5	20.3	3.6				

EK-15: Ankara ili ham sıcaklık değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)												
İSTASYON ADI/NO: ANKARA / 17130												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1995	3.3	5.2	6.7	9.9	17.6	21.8	20.8	23.4	19.0	11.6	3.4	2.9
1996	1.8	4.8	3.8	9.3	17.9	20.2	25.2	23.4	17.3	11.5	8.0	6.5
1997	2.3	0.7	3.4	7.5	17.4	20.2	22.7	20.8	15.9	12.9	7.2	3.6
1998	2.1	3.2	3.9	13.5	16.0	20.2	24.6	25.2	19.3	14.5	8.5	4.5
1999	3.3	3.3	6.6	12.1	16.9	20.0	24.4	23.8	18.8	13.9	6.7	5.0
2000	-3.4	-1.1	4.5	13.0	15.5	19.8	26.5	22.8	18.9	12.2	8.7	2.2
2001	3.0	4.1	11.5	12.6	14.8	21.9	26.3	24.7	20.8	13.2	6.9	2.5
2002	-3.8	5.0	8.6	10.4	16.7	20.8	24.8	22.5	18.3	13.3	8.0	-0.8
2003	5.4	-0.3	3.2	10.3	19.0	22.6	23.5	24.3	18.0	14.4	8.0	1.9
2004	0.2	2.4	7.2	11.5	15.8	20.0	23.6	22.9	19.3	14.2	7.2	2.3
2005	3.5	2.5	6.1	11.6	16.6	19.5	25.0	25.4	18.7	10.8	6.1	3.0
2006	-1.7	0.4	7.5	13.1	16.6	21.6	23.2	27.2	18.2	13.6	5.6	1.1
2007	1.2	2.5	7.3	9.6	21.0	23.1	27.3	26.7	21.2			2.0
2008	-3.9	0.2	10.3	14.0	16.0	22.3	25.2	27.2	20.1	13.3	8.7	2.1
2009	2.6	4.2	5.5	11.4	16.2	22.6	24.0	23.7	18.5	16.6	7.4	5.4
2010	3.1	6.5	8.5	12.2	18.4	21.5	26.2	28.4	22.5	12.2	11.2	6.1
2011	2.4	3.2	6.0	10.0	15.2	19.7	25.6	23.8	20.1	10.9	3.3	3.8
2012	-0.9	-1.9	3.7	14.9	17.5	24.2	27.0	24.0	22.1	16.6	9.1	4.3
2013	3.3	6.4	8.7	13.4	20.0	21.9	23.9	24.5	18.5	11.5	8.3	-0.9
2014	3.3	5.8	8.5	13.5	16.6	20.2	25.9	26.0	19.4	13.3	7.5	5.7
2015	1.2	3.3	7.1	9.5								

EK-16: Ankara ili ham buharlaşma değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Toplam Açık Yüzey Buharlaşması (mm)												
İSTASYON ADI/NO: ANKARA / 17130												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1987					83.9	118.4	149.4	214.1	203.6	166.1	81.3	
1988					90.6	136.0	142.0	193.8	214.5	144.7	62.8	
1989						148.2	167.6	225.8	219.1	158.6	68.5	
1990						128.6	185.4	226.8	200.1	150.7	91.0	
1991					77.8	132.0	184.1	268.7	257.6	161.4	80.8	
1992						183.6	159.2	187.9	243.2	163.4	100.3	
1993					121.8	142.4	193.4	276.9	262.5	190.6	132.8	
1994					144.1	179.8	267.1	319.1	279.9	212.8	113.7	
1995						187.8	220.0	234.2	232.4	177.2	101.1	
1996						182.1	233.6	332.8				
1999						190.7	186.0	284.4	259.5	150.2	81.6	
2000					101.0	145.1	167.3	284.3	250.0	158.2	85.3	
2001					107.6	138.1	227.0	253.6	238.4	170.0	111.6	
2002					68.8	166.4	205.7	222.4	200.1	129.4	79.1	35.7
2003						182.5	255.7	265.0	258.2	147.2	93.6	
2004					109.7	152.2	182.6	281.1	238.2	184.1	104.2	
2005						164.8	192.0	253.9	253.0	160.9	88.8	
2006					138.8	168.7	217.9	248.0	285.9	138.2	75.8	
2007					109.9	193.4	214.9	301.3	266.6	181.0	104.7	26.5

EK-17: Ankara ili ham yağış değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Toplam Yağış (mm)												
-9999: Yağış Yoktur. // Boşluk: Yağış Ölçümü Yapılmamıştır.												
İSTASYON ADI/NO: ANKARA / 17130												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1995	33.6	10.8	92.6	61.6	30.8	60.8	107.2	3.7	12.7	27.8	61.6	22.3
1996	30.1	38.1	79.2	36.2	83.4	3.2	4.4	22.6	63.1	44.5	8.7	65.1
1997	37.1	17.2	15.2	91.3	71.4	122.4	1.4	29.5	0.2	60.0	36.9	65.5
1998	10.9	52.8	45.8	71.1	64.3	47.6	18.0	-9999	8.4	30.9	37.7	54.7
1999	27.9	86.2	54.5	14.2	7.3	35.4	44.7	31.0	20.8	43.3	31.1	38.9
2000	47.3	42.6	41.4	75.6	17.3	34.6	-9999	24.4	4.5	20.5	7.4	31.0
2001	6.8	43.0	32.8	27.3	110.0	0.0	2.5	19.3	13.0	1.0	64.8	116.9
2002	29.8	11.8	23.0	101.1	38.7	29.0	35.3	6.6	54.7	22.7	19.0	16.2
2003	42.0	54.6	8.6	70.3	18.0	0.0	3.0	0.2	15.1	29.8	5.2	61.5
2004	46.1	18.3	13.0	38.0	33.8	25.6	6.2	12.6	2.7	10.9	35.2	8.7
2005	19.3	27.4	67.6	78.6	86.7	37.1	11.9	0.1	42.6	28.0	48.1	14.4
2006	35.5	67.2	40.4	29.4	29.5	31.8	2.2	0.1	78.3	37.1	19.0	1.3
2007	39.0	16.4	37.5	23.8	17.9	31.7	3.9	9.8	-9999			44.4
2008	20.1	6.5	54.9	32.7	45.4	10.3	0.0	0.7	61.6	18.6	43.6	28.8
2009	61.5	69.5	55.6	71.0	24.8	28.0	13.9	0.4	10.3	13.7	43.1	68.0
2010	63.0	65.1	44.6	37.5	31.0	57.8	25.7	0.4	1.5	167.6	32.0	67.3
2011	42.0	24.3	57.5	50.1	73.1	44.4	10.7	21.1	0.6	62.4	10.9	39.3
2012	93.3	47.7	43.0	24.8	65.1	1.2	4.6	7.4	3.6	18.6	36.4	86.4
2013	45.3	35.0	60.7	44.5	21.7	22.3	17.0	1.6	2.0	23.8	19.9	3.9
2014	32.7	15.0	58.0	43.2	88.0	65.0	8.7	48.1	59.1	41.7	27.3	44.3
2015	54.3	39.0	92.1	25.0								

EK-18: Kütahya ili ham sıcaklık değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)												
İSTASYON ADI/NO: KUTAHYA / 17155												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1995	2.7	4.9	5.6	8.4	15.6	19.8	19.5	20.5	17.1	9.4	2.6	3.1
1996	-0.5	3.6	2.2	7.6	16.5	18.1	21.4	20.5	14.9	10.2	7.8	5.9
1997	2.5	0.2	2.1	5.6	16.1	18.6	20.3	17.9	13.7	10.9	7.0	3.5
1998	1.3	3.2	2.3	12.3	13.6	17.8	21.8	22.7	16.8	12.8	8.3	3.0
1999	2.9	2.5	5.7	11.1	15.7	18.5	21.8	21.0	16.6	12.5	6.8	5.3
2000	-3.9	-0.2	4.1	11.8	14.2	18.1	22.8	20.2	16.5	10.9	8.4	2.2
2001	2.9	3.0	10.7	10.5	13.5	19.4	23.2	22.1	18.0	11.4	5.9	1.2
2002	-3.9	4.4	6.9	9.1	14.8	19.1	22.5	20.4	16.2	12.3	7.1	-0.9
2003	5.3	-1.8	1.4	7.9	16.9	20.0	21.3	21.8	15.8	13.8	7.4	1.5
2004	0.5	2.7	6.7	10.5	14.1	18.2	21.3	20.3	17.9	13.9	6.8	2.8
2005	2.3	1.6	5.4	10.0	15.0	17.8	21.9	22.1	16.5	9.9	5.9	3.9
2006	-1.5	0.6	6.9	11.4	14.5	19.1	20.6	23.5	16.3	12.9	6.0	2.0
2007	2.2	3.3	6.3	8.6	18.0	20.6	23.8	23.6		13.2	6.2	1.2
2008	-2.2	1.2	9.0	12.5	14.8	20.4	22.6	23.7	17.3	12.2	8.3	2.9
2009	2.2	3.4	4.9	10.2	15.0	20.7	22.0	21.0	16.5	14.8	7.1	5.8
2010	3.4	6.5	7.7	10.7	16.7	19.1	23.3	25.3	19.1	11.1	11.5	6.6
2011	1.5	2.3	5.9	8.8	14.1	18.8	23.0	20.9	18.1	9.0	2.2	2.4
2012	-2.1	-2.6	3.1	12.9	14.7	21.0	23.5	21.3	19.4	14.6	8.7	3.6
2013	2.6	5.0	7.5	10.9	17.9	19.4	20.9	21.9	16.6	10.2	8.1	-1.1
2014	4.0	5.7	7.0	12.0	15.3	19.0	23.0	23.3	16.9	12.5	7.4	5.8
2015	0.0	2.7	6.3	8.3								

EK-19: Kütahya ili ham buharlaşma değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Toplam Açık Yüzey Buharlaşması (mm)												
İSTASYON ADI/NO: KUTAHYA / 17155												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1962					104.6	153.2	199.5	248.5	256.5	132.2	56.0	42.2
1963					94.4	113.6	149.7	196.1	212.8	123.0	67.8	38.0
1964					126.8	132.6	147.6	210.8	172.3	116.9	90.0	
1965					94.7	122.7	188.9	197.3	175.0	130.6	56.9	
1966					82.9	133.1	145.6	188.8	151.6	102.4	70.2	41.4
1967					74.5	109.9	159.2	180.3	165.6	110.5	63.0	22.0
1968					89.6	143.5	130.4	185.3	137.4	97.1	48.5	22.2
1969						127.6	165.7	156.8	171.0	117.0	70.6	41.8
1970					99.0	139.1	122.9	156.4	138.8	90.0	53.3	
1972						101.9	105.5	102.2	119.1	76.0		
1973						99.7	116.3	143.0	119.3	88.8	45.5	
1974						88.7	104.7	136.7	114.3	83.4		
1975					60.5	63.7	89.6	123.0	112.7	77.0	41.6	
1976					59.1	69.8	101.2	127.3	90.9	82.6	41.0	
1977					64.3	107.1	105.7	137.7	145.1	82.1		
1978					61.9	107.8	115.4	132.7	106.1	78.6	45.5	

EK-20: Kütahya ili ham yağış değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Toplam Yağış (mm)												
-9999: Yağış Yoktur. // Boşluk: Yağış Ölçümü Yapılmamıştır.												
İSTASYON ADI/NO: KUTAHYA / 17155												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1995	69.7	9.6	83.3	60.8	29.3	27.7	33.3	9.6	20.6	55.0	63.7	69.9
1996	58.9	57.2	83.4	41.8	35.0	6.6	36.5	1.9	48.7	32.5	21.7	96.7
1997	35.3	20.0	24.7	96.4	50.9	54.8	12.7	79.0	16.3	104.5	23.6	85.5
1998	36.2	50.6	80.2	58.6	115.6	77.1	2.0	-9999	16.3	41.5	62.9	79.7
1999	90.0	111.6	58.1	20.0	11.9	24.3	46.5	25.5	15.1	15.8	41.6	25.2
2000	70.7	95.5	64.2	126.0	60.1	3.2	7.2	37.0	18.2	28.9	12.6	64.1
2001	16.2	38.9	43.3	64.3	55.8	1.0	5.7	14.8	3.9	3.2	180.6	255.8
2002	67.6	17.0	68.8	113.9	28.7	4.2	77.2	21.0	97.5	43.7	48.9	44.2
2003	40.3	138.2	25.8	92.5	39.4	7.9	-9999	14.0	8.8	60.4	5.9	103.8
2004	64.4	36.2	30.5	60.4	75.2	10.1	4.8	27.7	0.2	8.2	68.4	21.0
2005	40.5	67.6	92.8	59.1	46.6	25.5	36.6	17.4	35.0	12.6	57.0	49.9
2006	101.1	46.9	45.7	4.4	37.2	18.5	8.7	-9999	64.1	87.1	32.2	7.6
2007	56.8	12.6	36.2	27.6	54.6	61.0	0.0	15.6	10.0	42.6	125.0	65.2
2008	2.8	6.6	83.4	28.2	28.8	17.1	2.2	9.6	62.1	14.6	45.0	39.0
2009	76.6	138.6	60.0	56.0	67.4	10.2	20.8	4.4	43.4	18.2	53.2	84.0
2010	64.4	76.1	41.6	23.4	29.5	67.2	3.7	26.0	20.6	88.6	18.8	66.6
2011	53.9	14.6	27.0	89.4	98.6	85.9	1.4	11.6	23.4	99.0	0.2	91.4
2012	184.2	74.8	62.8	57.0	68.6	22.5	30.2	4.5	1.5	46.9	26.4	103.1
2013	67.1	57.8	63.2	30.5	28.2	47.8	22.0	4.8	1.7	51.2	22.8	7.2
2014	35.1	20.3	34.5	54.3	89.2	77.2	6.7	7.0	134.5	59.3	42.2	121.2
2015	81.2	84.4	36.0	63.8								

EK-21: Afyonkarahisar ili ham sıcaklık değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)												
İSTASYON ADI/NO: AFYONKARAHISAR / 17190												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1995	3.0	4.4	5.5	8.9	16.6	21.1	20.5	22.1	18.8	10.4	2.6	2.6
1996	-0.5	3.7	3.0	8.1	17.3	19.3	22.9	21.8	16.9	10.6	8.2	5.9
1997	2.3	0.2	2.5	6.3	16.6	19.3	21.8	19.2	15.5	12.1	7.0	3.5
1998	1.4	3.3	2.3	12.5	14.6	18.9	23.8	24.5	18.4	14.0	8.8	3.6
1999	2.7	2.8	5.7	11.2	17.0	18.9	23.3	22.8	17.9	13.4	7.1	5.4
2000	-4.0	-0.4	3.9	12.0	14.7	19.5	24.7	21.9	18.3	11.6	8.6	2.5
2001	3.2	3.3	11.3	11.3	14.6	21.2	24.5	23.5	20.2	12.5	6.3	2.2
2002	-4.6	4.5	7.8	9.6	15.2	20.1	24.0	21.9	17.2	12.7	7.6	-1.4
2003	5.5	-1.9	2.3	9.4	17.2	20.5	22.5	23.2	16.9	14.0	7.0	0.4
2004	-0.2	2.2	6.4	10.2	15.0	19.4	22.7	21.6	18.4	14.1	6.6	2.7
2005	2.7	1.7	6.0	10.2	15.7	18.8	23.7	23.4	17.5	10.5	5.9	4.0
2006	-2.1	0.8	6.7	12.0	15.4	20.0	22.2	25.9	17.5	12.9	5.7	1.8
2007					18.6	21.4	25.1	24.8	18.9	13.3	7.0	0.8
2008	-1.7	0.4	9.1	12.6	14.6		23.6	25.2	18.7	12.0	8.5	2.1
2009	2.3		4.7	10.2	15.0	21.1	22.8	22.1	17.2	14.8	7.1	5.6
2010	3.4	6.2	8.2	11.0	17.1			27.0	20.9	12.2	12.3	6.9
2011	1.8	1.7	6.0	9.5	13.8	18.6	24.6	22.6	19.6	10.2	3.3	3.2
2012	-2.1	-2.2	3.9	13.7	15.3	22.5	25.1	22.1	20.8	15.0	8.4	4.2
2013	2.6	5.3	7.9	11.4	18.2	21.0	22.1	23.0	17.9	10.3	8.4	-1.0
2014	3.8	5.8	7.2	12.4	15.4	19.3	24.1	24.5	17.7	12.4	7.0	5.7
2015	0.6	2.3	6.3	8.6								

EK-22: Afyonkarahisar ili ham buharlaşma değerleri

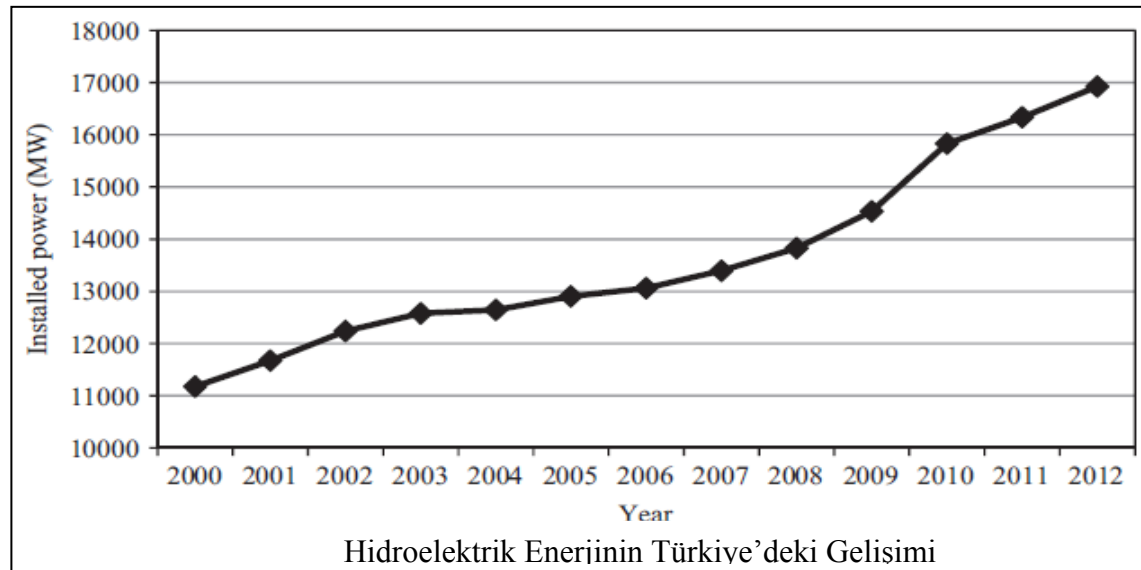
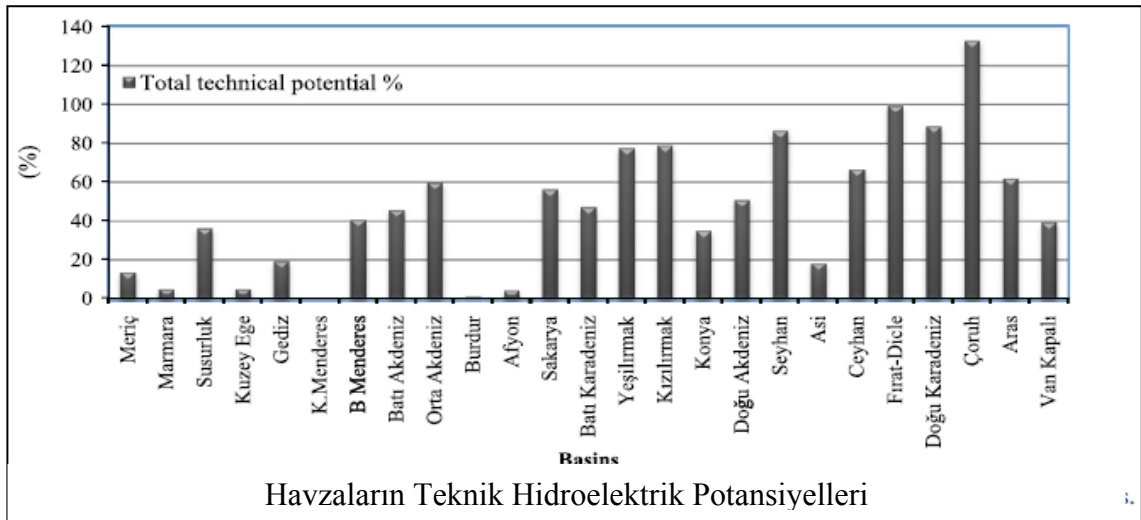
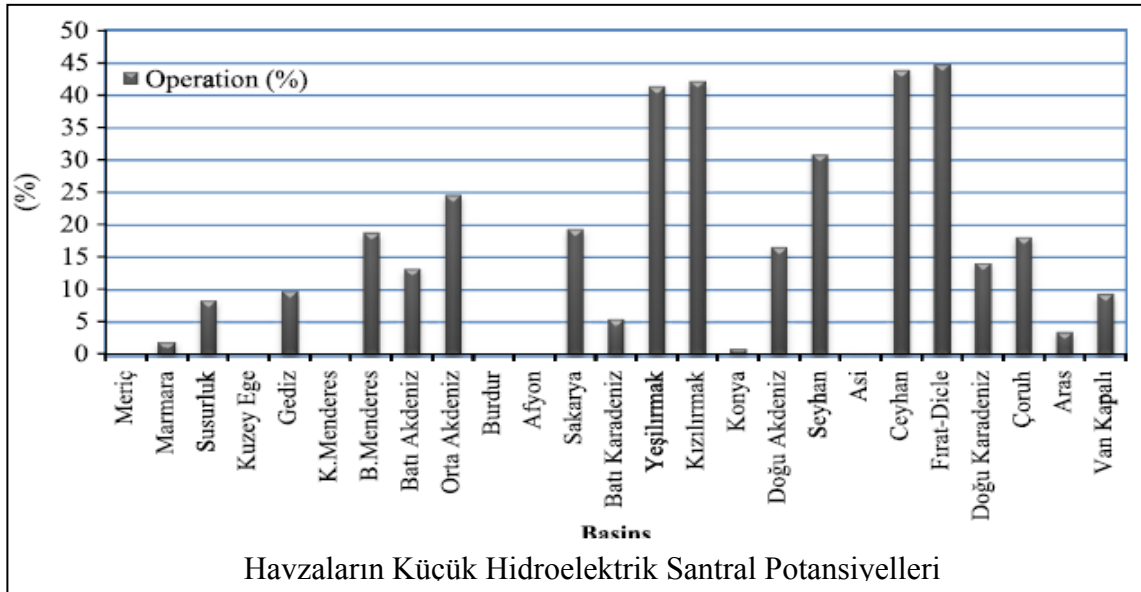
T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Toplam Açık Yüzey Buharlaşması (mm)												
İSTASYON ADI/NO: AFYONKARAHISAR / 17190												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1994						278.4	295.2	244.7	209.9	117.1		
1995					188.4	260.3	206.7	247.9	180.3	78.5		
1996					166.7	183.9	239.2	180.7	134.7	57.4		
1997					147.8	168.5	211.0	153.7	134.0	78.3		
1998					88.0	160.1	272.5	276.6	154.8	102.6	44.4	
1999					173.8	150.3	212.8	193.4	123.0	93.6		
2000					117.5	171.0	241.9	213.0	139.7	78.2		
2001					151.1	220.9	272.3	220.6	179.2			
2002					171.7	197.1	230.6	207.3	128.6	95.4		
2003					163.6	234.5	286.4	253.0	175.6	131.2		
2004					165.9	201.3	287.8	248.9	186.9	115.7		
2005					139.4	179.8	265.3	273.6	148.1			
2006				95.5	136.0	193.0	224.8	266.1	125.7	80.1		
2007					182.2	189.5	265.0	235.6	163.7	90.1		
2008					131.5	211.9	300.9	280.9	172.6	91.3		
2009				116.2	165.4	259.3	270.3	254.7	147.5			
2010				107.0	191.2	184.7	258.7	294.9	197.1	67.0		
2011				84.4	111.8	145.7	277.2	233.0	188.9			
2012				122.9	142.6	226.6	289.2	231.7	179.6	98.3		
2013				101.0	191.8	237.3	250.1	235.1	166.5			
2014					137.7	188.1	266.6	249.2	123.2			

EK-23: Afyonkarahisar ili ham yağış değerleri

T.C.
ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Aylık Toplam Yağış (mm)												
-9999: Yağış Yoktur. // Boşluk: Yağış Ölçümü Yapılmamıştır.												
İSTASYON ADI/NO: AFYONKARAHISAR / 17190												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1995	31.3	11.9	91.6	31.4	20.4	23.3	44.7	6.2	1.9	33.6	50.2	22.7
1996	63.3	30.3	67.9	30.0	44.1	6.0	101.4	12.9	29.9	34.0	7.5	51.7
1997	20.0	41.8	24.0	63.1	26.8	59.6	11.0	71.2	1.7	64.9	37.8	35.0
1998	26.2	24.4	103.0	73.9	71.4	24.1	9.0	0.9	12.5	34.4	40.6	74.7
1999	38.4	73.1	67.6	64.6	1.4	31.7	20.1	50.2	30.3	10.9	28.3	23.5
2000	57.9	50.3	54.0	54.4	70.8	25.4	7.6	15.6	18.2	22.0	9.7	56.1
2001	4.3	45.4	50.9	38.4	53.6	-9999	21.6	19.7	0.4	0.9	70.9	151.7
2002	85.1	12.8	32.1	91.3	41.3	15.5	35.8	9.8	53.2	34.3	14.0	48.9
2003	23.9	98.1	29.4	56.1	58.5	14.4	-9999	4.5	4.4	68.0	3.2	79.5
2004	42.8	33.7	11.1	63.7	18.0	14.9	10.0	7.0	0.2	32.0	31.6	6.1
2005	28.2	33.9	47.7	47.6	34.3	43.7	13.5	1.8	29.7	42.2	58.3	13.1
2006	60.7	43.5	51.8	24.7	52.6	22.3	6.1	0.2	93.3	76.9	38.2	4.7
2007					8.9	33.7	0.4	9.9	-9999	25.1	87.4	70.0
2008	12.6	18.2	53.7	32.6	28.3	27.0	-9999	7.6	92.7	58.0	37.2	27.2
2009	81.3	64.1	52.3	66.4	42.0	3.4	13.5	12.9	36.2	28.9	38.6	82.0
2010	46.6	85.5	26.8	85.9	10.9	79.6		2.4	0.2	88.6	9.7	57.8
2011	42.4	33.3	45.1	47.1	124.2	92.0	-9999	1.5	6.2	76.7	2.1	36.5
2012	123.4	48.3	29.4	18.5	41.9	6.0	15.2	21.5	2.5	27.3	54.1	83.3
2013	32.1	30.5	29.2	62.7	48.7	17.4	40.5	3.6	0.2	47.4	17.4	6.6
2014	26.0	7.4	25.7	26.1	96.0	33.1	4.6	12.6	111.7	62.9	15.5	47.5
2015	84.9	92.5	77.4	77.6								

EK-24: Havzaların hes potansiyelleri ve türkiye'nin hes potansiyel gelişimi

Ek-25: Özgeçmiş

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Güngör GÜNEY
Doğum Yeri ve Tarihi : Samsun / 11.12.1988



Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Karadeniz Teknik Üniversitesi
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce
Bilimsel Faaliyetleri :

İş Deneyimi

Stajlar : Çok Katlı Yapıların Güçlendirme Projeleri
Projeler : Gölbaşı Belediyesi Hizmet Binası Yapımı
Çalıştığı Kurumlar : Ankara Gölbaşı Belediyesi

İletişim

Adres : Seğmenler Mah. 927. Sok. No:10/3 Gölbaşı/ANKARA
Tel : 05543727672
E-Posta Adresi : g_guney2010@hotmail.com

Akademik Çalışmaları

- Bakış, R., Bayazıt, Y., **Güney, G.** (2016). “Porsuk Havzasında Mini Hidroelektrik Santral Potansiyeline Sahip Yerlerin Cbs İle Belirlenmesi”, VI. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 05-07 Ekim, ss. 968-973, Adana.
- Bayazıt, Y., Bakış, R., **Güney, G.** (2016). “Porsuk Havzasında Heyelan Risk Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Oluşturulması”, VI. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 05-07 Ekim, ss. 974-979, Adana.

Tarih:...../...../.....