BERTA ÇAYI HAVZASI'NIN YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİSİNİN HEC-HMS İLE MODELLENMESİ

ARJİN ATA

OCAK 2022

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BERTA ÇAYI HAVZASI'NIN YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİSİNİN HEC-HMS İLE MODELLENMESİ

ARJİN ATA

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
HİDROLİK VE SU KAYNAKLARI MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

OCAK 2022

DİYARBAKIR

BERTA ÇAYI HAVZASI'NIN YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİSİNİN HEC-HMS İLE MODELLENMESİ

Arjin ATA tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ _____
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Prof. Dr. Fevzi ÖNEN _____
Danışman, **İnşaat Mühendisliği Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Prof. Dr. Fevzi ÖNEN (*, **) _____
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Necati KAYAALP _____
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Gökmen ÖZTÜRKMEN _____
Teknik Bilimler MYO, Gaziantep Üniversitesi

ONAY

Savunma Tarihi: 31 / 01 / 2022

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.
(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Anneme…

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılayıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Arjin ATA

İmza:

TEŞEKKÜR

Öncelikle danışmanım Prof. Dr. Fevzi ÖNEN' e çalışmanın daha fikir aşamasından, örnekleme, modelleme oluşturma, analizlerin yorumlanması ve tez taslağındaki düzeltmeler konularına kadar gösterdiği destek, anlayış ve sabır için teşekkür ederim. Jüri üyelerime de bu tezin daha nitelikli bir hale gelmesi için yaptıkları eleştiri, katkı ve öneriler için teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez konusunu seçmemde bana yardımcı olan Doç. Dr. Necati KAYAALP' e ve Öğr. Gör. Dr. Ali EM' e teşekkür ederim. Onların yardımına ve desteğine her ihtiyaç duyduğumda engin bilgilerini hiç esirgemediler.

Ayrıca arkadaşlarıma, özellikle Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans öğrencisi arkadaşım Yunus YAMAN' a ve Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi'nde doktora öğrencisi arkadaşım Diyar TEKÇE' ye teşekkür etmek istiyorum. Bu arkadaşlarım araştırmam sırasında bana çok yardımcı oldular, sadece araştırma bilgileriyle değil, aynı zamanda araştırma yaptığımda da beni cesaretlendirdiler.

En önemlisi, kendime bazı zamanlar inanmasam da bana inandıkları için özellikle anneme sonra babama ve kız kardeşim aynı zamanda ikizim Berfin'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER LİSTESİ ix
TABLOLAR LİSTESİ xii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ xiii
ÖZET xiv
ABSTRACT xv
1. GİRİŞ 1
1.1 Yağış ve Akış 1
1.2 Akarsu Havzaları ve Özellikleri 1
1.3 Tezin Önemi ve Kapsamı 3
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI 5
3. BU ÇALIŞMADA KULLANILAN YAZILIMLAR 8
3.1 Hidrolojik Modelleme Sistemleri 8
3.1.1 Tarihçe 8
3.1.2 HEC-HMS özellikleri 9
3.1.3 Havza fiziksel tanımı 9
3.1.4 Meteorolojik model 10
3.1.5 Hidrolojik simülasyon 10
3.1.6 Parametre tahmini 11
3.1.7 Gelecekteki akışları tahmin etme 11
3.1.8 CBS bağlantısı 11
4. MATERYAL 12
4.1 Çalışma Alanı 12

4.1.1 Topoğrafya 13
4.1.2 Kayaçlar 14
4.1.3 Bitki örtüsü 14
4.2 Kullanılan Veriler 15
4.2.1 Yağış verileri 15
4.2.2 Akım verileri 23
4.2.3 Jeomorfolojik veriler 30
5. METODOLOJİ 32
5.1 Kayıp Yöntemi (Loss Method) 32
5.1.1 Toprak koruma hizmeti eğri numarası (SCS CN) yöntemi 33
5.2 Dönüşüm (Transform) Metodu 35
5.2.1 Toprak koruma hizmeti birim hidrograf yöntemi 36
6. HEC-HMS MODEL SİMÜLASYONU 38
6.1 Program Arayüzü 38
6.2 Yeni Bir HEC-HMS Projesi Oluşturma 38
6.3 Havza Modeli Oluşturma 39
6.4 Arazi Verisi Oluşturma 40
6.5 Havzada Uygulanacak Yöntemleri Seçme 41
6.6 GIS Ön işlemi Uygulaması 42
6.6.1 Çıkış noktası ve drenaj ağı ön işleme 42
6.6.2 Akış tanımlama 43
6.6.3 Çıkış noktası belirleme ve alt havzalar oluşturma 44
6.6.4 Alt havzaları birleştirme 45
6.7 Kayıp Metodu Parametrelerini Belirleme 46
6.8 Dönüşüm Metodu Parametrelerini Belirleme 46
6.9 Meteorolojik Model Oluşturma 48

6.10 Kontrol Özellikleri 54
6.11 Simülasyonun Çalıştırılması 54
7. BULGULAR 56
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 62
KAYNAKLAR 65
ÖZGEÇMİŞ 67

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Mühendislik hidrolojisi açısından hidrolojik çevrim (Bayazıt,1998) 3
Şekil 4.1 Berta Havzası' nın Türkiye Haritası'ndaki Konumu 12
Şekil 4.2 Berta Havzası'nın konumu ve sınırları 13
Şekil 4.3 CHRS Veri Portalı web sayfası ana ekranı 16
Şekil 4.4 Havzanın hücrelere bölünmüş haritası 16
Şekil 4.5 2006 yılı Ocak ayı yağış verisi 17
Şekil 4.6 2006 yılı Şubat ayı yağış verisi 17
Şekil 4.7 2006 yılı Mart ayı yağış verisi 18
Şekil 4.8 2006 yılı Nisan ayı yağış verisi 18
Şekil 4.9 2006 yılı Mayıs ayı yağış verisi 19
Şekil 4.10 2006 yılı Haziran ayı yağış verisi 19
Şekil 4.11 2006 yılı Temmuz ayı yağış verisi 20
Şekil 4.12 2006 yılı Ağustos ayı yağış verisi 20
Şekil 4.13 2006 yılı Eylül ayı yağış verisi 21
Şekil 4.14 2006 yılı Ekim ayı yağış verisi 21
Şekil 4.15 2006 yılı Kasım ayı yağış verisi 22
Şekil 4.16 2006 yılı Aralık ayı yağış verisi 22
Şekil 4.17 Berta Havzası'nda kullanılan AGİ haritası 23
Şekil 4.18 2006 yılı Ocak ayı akım verisi 24
Şekil 4.19 2006 yılı Şubat ayı akım verisi 24
Şekil 4.20 2006 yılı Mart ayı akım verisi 25
Şekil 4.21 2006 yılı Nisan ayı akım verisi 25
Şekil 4.22 2006 yılı Mayıs ayı akım verisi 26
Şekil 4.23 2006 yılı Haziran ayı akım verisi 26
Şekil 4.24 2006 yılı Temmuz ayı akım verisi 27
Şekil 4.25 2006 yılı Ağustos ayı akım verisi 27
Şekil 4.26 2006 yılı Eylül ayı akım verisi 28
Şekil 4.27 2006 yılı Ekim ayı akım verisi 28
Şekil 4.28 2006 yılı Kasım ayı akım verisi 29
Şekil 4.29 2006 yılı Aralık ayı akım verisi 29

Şekil 4.30 Artvin bölgesinin sayısal yükseklik modeli haritası 30
Şekil 4.31 Berta çayı havzası sınırlarının belirlenmesi 31
Şekil 4.32 Havzanın sayısal yükseklik modeli (DEM) haritası 31
Şekil 6.1 HEC-HMS programı ara yüzü 38
Şekil 6.2 Yeni proje oluşturma ekranı 39
Şekil 6.3 Havza oluşturma ekranı 39
Şekil 6.4 Havza verisi oluşturma ekranı 40
Şekil 6.5 Raster doyası yükleme ekranı 40
Şekil 6.6 Havzanın DEM haritası 41
Şekil 6.7 Havzada uygulanacak yöntemler ekranı 42
Şekil 6.8 Düzenlenmiş drenaj ağı haritası 43
Şekil 6.9 Alt havzalar için drenaj alanı seçimi ekranı 44
Şekil 6.10 Havza çıkış noktası belirleme ekranı 44
Şekil 6.11 Alt havzalar ve akış ağı 45
Şekil 6.12 Alt havzaların birleştirilmeden önceki halinin görüntüsü 45
Şekil 6.13 Alt havzaların birleştirilmiş halinin görüntüsü 46
Şekil 6.14 Alt havzalara ait karakteristik değerleri 47
Şekil 6.15 Alt havzaların gecikme süresi değerleri tablosu 48
Şekil 6.16 Zaman aralığı ve yağış verileri tablosu 49
Şekil 6.17 2006 yılına ait 12 aylık yağış hiyetografı 49
Şekil 6.18 Akım verilerine ait zaman aralığı ekranı 50
Şekil 6.19 2326 nolu Dutlu AGİ akım verileri 51
Şekil 6.20 2326 nolu Dutlu AGİ' ye ait 2006 yılı akım hidrografı 51
Şekil 6.21 2333 nolu Köprükaya AGİ akım verileri 52
Şekil 6.22 2333 nolu Köprükaya AGİ' ye ait 2006 yılı akım hidrografı 52
Şekil 6.23 2334 nolu Bağlık AGİ akım verileri 53
Şekil 6.24 2334 nolu Bağlık AGİ' ye ait 2006 yılı akım hidrografı 53
Şekil 6.25 Modele ait kontrol özellikleri penceresi 54
Şekil 6.26 Simülasyon Sonuç Ekranı 55
Şekil 7.1 Kalibre edilmiş model performans değerleri 56
Şekil 7.2 Bağlık alt havzasına ait akım verilerinin regresyon grafiği 57
Şekil 7.3 Bağlık alt havzasına ait akım hidrografı 57

Şekil 7.4 Dutlu alt havzasına ait akım verilerinin regresyon grafiği 58
Şekil 7.5 Dutlu alt havzasına ait akım hidrografı..... 58
Şekil 7.6 Köprükaya alt havzasına ait akım verilerinin regresyon grafiği..... 59
Şekil 7.7 Köprükaya alt havzasına ait akım hidrografı 59
Şekil 7.8 Havza çıkış noktası hidrografı 60
Şekil 7.9 Havza çıkış noktası simülasyon sonuçları 60
Şekil 7.10 Alt havzalar ve diğer havza elemanlarının pik debi değerleri 61

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 4.1 Berta Çayı Havzası'nda eğim gruplarının dağılımı 14
Tablo 4.2 Mevcut meteorolojik yöntemler 15
Tablo 5.1 Olay bazlı ve sürekli simülasyonlar için kayıp yöntemleri 32
Tablo 5.2 HEC-HMS model yazılımında yer alan kayıp (loss) yöntemleri 33
Tablo 5.3 HEC-HMS programı dönüşüm (transform) yöntemleri 36
Tablo 6.1 Alt havzalara ait eğri numarası değerleri 46
Tablo 6.2 Toplanma süresinde kullanılan parametre değerleri 48

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltma	Açıklama
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
ASF	Alaska Satellite Facility
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CN	Curve Number
DEM	Digital Elevation Model
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
HEC	Hydrologic Engineering Center
HMS	Hydrologic Modeling System
NSE	Nash Sutcliffe Efficiency
R^2	Determinasyon Katsayısı
REW	Representative Elementary Watershed
SCS	Soil Conservation Service
USACE	US Army Corps of Engineers
WMS	Watershed Modeling System
vd.	ve diğerleri

ÖZET

BERTA ÇAYI HAVZASI'NIN YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİSİNİN HEC-HMS İLE MODELLENMESİ

Ata, Arjin
Yüksek Lisans, Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Bölümü
Danışman: Prof. Dr. Fevzi Önen
Ocak 2022, 84 sayfa

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan Berta Çayı Havzası'nda akım ölçümü alınan 2334 nolu Bağlık, 2333 nolu Köprükaya ve 2326 nolu Dutlu akım gözlem istasyonu verileri ve Kaliforniya Üniversitesi' ne bağlı Hidrometeoroloji ve Uzaktan Algılama Merkezi (CHRS Data Portal) yağış verileri kullanılarak yağış-akış ilişkisi modellenmiştir. Bunun için Berta Çayı Havzası 1/25000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak Alaska Satellite Facility (ASF)-ALOS PALSAR yardımıyla 12.5 x12.5 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş ve Bağlık çıkış noktası alınarak havza modellenmiştir. Havzanın sayısal yükseklik modeli ve akış yönleri kullanılarak havzanın drenaj ağı oluşturulmuştur.

Berta Havzası'nın yağış-akış ilişkisi HEC-HMS hidrolojik modeli kullanılarak incelenmiştir. Havzada etkili yağış, havzanın zemin tipi ve arazi kullanımını dikkate alan SCS eğri numarası yöntemi ile hesaplamalar yapılmıştır. Etkili yağıştan akışa dönüşüm için SCS birim hidrografı yöntemi seçilmiştir. Kümeleme analizinde ise, değişken olarak her bir alt havza için eğri sayısı, gecikme süresi ve yağış verileri kullanılmıştır. Toplanma süresi ve gecikme süresi gibi dönüşüm metodu parametreleri literatürde kullanılan bazı yaklaşımlar dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Model performansını belirlemek için Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) ve Determinasyon Katsayısı (R^2) istatiksel ölçütleri kullanılmıştır. Bu çalışmada, 2334 nolu Bağlık akım gözlem istasyonunun bulunduğu havza çıkış noktasında NSE değeri 0.81, R^2 değeri 0.88 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak performans indeksi olan NSE ve R^2 değerlerine bakıldığında başarılı sonuçlar elde edilmiş ve SCS Eğri Numarası ve SCS Birim hidrograf yöntemlerinin havzayı iyi bir şekilde temsil ettiği sonucuna varılmıştır. Gözlem ve HEC-HMS hidrolojik model değerleri arasında iyi bir uyum elde edilmiştir.

Yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar uygulamalı hidroloji alanında bir örnek ve Berta Çayı Havzası için bir öngörü niteliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Berta Çayı Havzası, Yağış-Akış İlişkisi, HEC-HMS, SCS-CN

ABSTRACT

MODELING OF RAINFLOW-RUNOFF RELATIONSHIP WITH HEC-HMS IN BERTA RIVER BASIN

Ata, Arjin
Master of Science in Department of Hydraulic and Water Resources Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Fevzi Önen
January 2022, 84 pages

In this study; The rainfall-runoff relationship of the basin was modeled by using the data of the Bağlık, Köprükaya and Dutlu Stream Observation Stations, where flow measurements were taken in the Berta Stream Basin located in the Eastern Black Sea Basin, and the precipitation data of the Hydrometeorology and Remote Sensing Center (CHRS Data Portal) of the University of California. For this, a digital elevation model with a resolution of 12.5x12.5 m was created with the Alaska Satellite Facility (ASF)-ALOS PALSAR using 1/25000 scale topographic maps of the Berta Stream Basin and the basin was modeled by taking the Bağlık exit point. The drainage network of the basin was created by using the digital elevation model and flow directions of the basin.

The rainfall-runoff relationship of the Berta Basin was investigated using the HEC-HMS hydrological model. The effective precipitation in the basin was calculated by the SCS curve number method, which takes into account the soil type and land use of the basin. The SCS unit hydrograph method was chosen for effective precipitation-to-flow conversion. In the cluster analysis, the number of curves, lag time and precipitation data for each sub-basin are used as variables. Conversion method parameters such as time of concentration and time of lag were calculated by considering some approaches used in the literature.

Statistical measures of Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) and Coefficient of Determination (R^2) were used to determine model performance. In this study, NSE was calculated as 0.81, R^2 as 0.88 at the basin outlet point. As a result, when the statistical criteria NSE and R^2 values were examined, successful results were obtained and it was concluded that the SCS Curve Number and SCS Unit hydrograph methods represented the basin well. A good agreement was obtained between the observation and HEC-HMS hydrological model values.

The study performed and the results achieved serve as examples in applied hydrology and have a prediction value for Berta Basin.

Keywords: Berta Stream Basin, Rainfall-Runoff Modeling, HEC-HMS, SCS-CN

1. GİRİŞ

Su canlıların yaşam döngüsü bakımından hayati öneme sahip bir gereksinimdir. Bütün biyolojik yaşamın ana unsurlarından biri sudur. Dünya yüzeyinin % 70′ini kaplayan su, insan vücudunun da önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Fakat yeryüzündeki su kaynaklarının yaklaşık % 0.3′ü içilebilir ve kullanılabilmektedir.

Canlı yaşamı için önemli bir kaynak olan su, kaynakların gün geçtikçe kirletilmesi ve miktar yönünden kullanılabilir su kaynaklarının azalması sorunlarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Bu açıdan, mevcut su kaynaklarından daha fazla yararlanılabilmesi ve çevresel sorunların azaltılabilmesi bakımından "Havza Bazında Su Kaynaklarının Yönetimi" tüm dünyada önem kazanmaktadır.

Dünya nüfusunun artması ve bunun yanında su kaynaklarının sınırlı kalması nedeniyle bütün canlı yaşam için su ihtiyacı artmaktadır ve buna bağlı olarak su yönetimi ön plana çıkarılarak kapsamlı bir yaklaşımla mevcut durum ortaya konulmakta ve sorunlara çözüm aranmaktadır.

Su miktarının azalmasına yönelik durum tespiti yapılması ve sorunlara çözüm aranması teknolojik gelişmelere bağlı olarak günümüzde yağış-akış ilişkisine dayandırılan hidrolojik modelleme çalışmaları ile yapılmaktadır.

1.1 Yağış ve Akış

Atmosfere yükselen su buharının yoğunlaşarak bulutlardan kar, yağmur ve dolu olarak düşen su formlarına yağış, bu yağışların arazinin topografik özelliklerine bağlı olarak yapmış olduğu su hareketlerine akış denir.

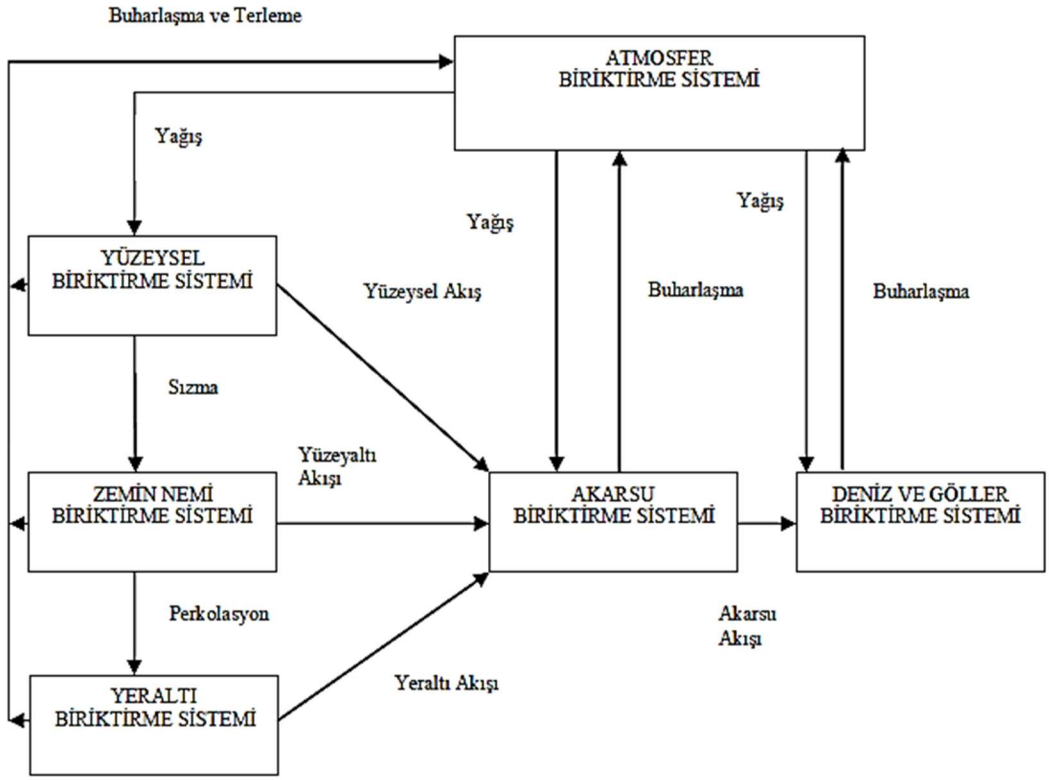
1.2 Akarsu Havzaları ve Özellikleri

Hidrolojide kullanılan coğrafi birim olan akarsu havzası (su toplama havzası, drenaj havzası) akışını bir yüzeysel suyolu (akarsu) üzerinde alınan bir çıkış noktasına gönderen yüzey olarak tanımlanır. Bu şekilde tanımlanan akarsu havzasına; üzerine düşen yağışı çıkış noktasında akış haline dönüştüren sistem gözüyle bakılabilir (Bayazıt, 1995).

Suyun katı, sıvı ve gaz hallerinde bir halden diğerine geçerek yeryüzünde ve atmosferde sürekli dönüp dolaşmasına ise hidrolojik çevrim denir.

Atmosferden yeryüzüne ulaşan suyun büyük bir kısmı buharlaşma ve bitkilerden terleme yoluyla denizlere ulaşamadan atmosfere geri dönerken bir kısmı da bitki örtüsü tarafından tutulur. Zemine düşen yağmur damlaları önce toprağı ıslatır, yüzeyde ince bir toprak tabakası doygun hale gelince bir su filmi (tabakası) oluşur ve bu su tabakasının kalınlığı giderek artar. Yer çekimi kuvvetleri, yüzey gerilim ve viskozite kuvvetlerini yenecek büyüklüğe ulaşınca yüzeyde bir su hareketi başlar. Buna yüzeysel akış denir. Yüzeysel akışa geçen su öncelikle zemindeki çukurları doldurur. Ardından da havzaya yayılmış olan akarsu ağına ulaşır. Bir yandan yüzeysel akış devam ederken üst toprak tabakasındaki su aşağılara doğru sızmaya başlar. Sızan suyun bir kısmı yeraltında şartlar uygun ise akarsu ağına geri dönerek yüzeysel akışa katılır. Bunlara ara akımlar denir. Bir miktar su daha derinlere sızarak geçirimsiz bir zemin tabakası üzerinde biriken yeraltı suyuna katılır (Hamidi, 1984).

Yeraltında biriken suyun bir kısmı zemin içindeki boşluklarda akışa geçerek havza ve zemin özelliklerine bağlı olarak geçecek bir sürenin sonunda yüzeysel akışa katılır ve taban akımı adını alır. Mühendislik hidrolojisi açısından hidrolojik çevrim Şekil 1.1'de verilmiştir (Bayazıt, 1998).



Şekil 1.1 Mühendislik hidrolojisi açısından hidrolojik çevrim (Bayazıt,1998)

1.3 Tezin Önemi ve Kapsamı

Hidrolojideki ana araştırma zorluklarından biri, bir havzanın yağış-akış ilişkisini doğru bir şekilde simüle edebilen hesaplama modellerinin geliştirilmesidir. Bununla birlikte, yağışın deşarja dönüşümünü içeren çeşitli etkileşimli süreçler karmaşık ve değişken olduğundan, bu yağış-akış modellerini kullanarak gerçek hidrolojik olayları simüle etmek oldukça karmaşık ve zor olmaktadır.

Hidrologlar bu modelleme sorununu iki farklı bakış açısından ele almaya çalışmışlardır: bilgi odaklı modelleme ve veri odaklı modelleme. Bilgiye dayalı yağış-akış modellemesi, gerçek dünyadaki hidrolojik sistemi ve davranışını fiziksel olmayan gerçekçi bir şekilde yeniden üretmeyi amaçlar. Bu nedenle, yağış-akış modellemesinin bu yolu, sistemin ayrıntılı açıklamalarına ve yüzey akışının üretilmesine dahil olan süreçlere dayanmaktadır. Bilgiye dayalı modellemenin en iyi örnekleri, genellikle uzaysal olarak dağıtılmış bir model alanında kütle, momentum ve enerji korunumu denklemlerine dayalı bir matematiksel çerçeve ve doğrudan havza özellikleriyle ilgili parametre değerleri kullanan fiziksel tabanlı model yaklaşımlarıdır. Akış süreçleri

diferansiyel denklemlerle tanımlandığından, bu modeller başlangıç ve sınır koşullarının girilmesini gerektirir (Rientjes, 2004). Fiziksel tabanlı yağış-akış modelleme örnekleri, HEC-HMS (USACE, 2006), System Hydrologique European (SHE) modeli (Abbott vd. 1986) ve Representative Elementary Watershed (REW) modelidir (Reggiani vd. 2000; Reggiani ve Rientjes, 2005). Hidrolojik Mühendislik Merkezi - Hidrolojik Modelleme Sistemi (HEC-HMS) (USACE, 2006), ABD Ordusu Mühendisler Birliği tarafından geliştirilen ve halka ücretsiz olarak sunulan, kanıtlanmış hidrolojik modelleme aracıdır. HEC-HMS, havza sistemlerinin yağış akış süreçlerini simüle etmek için tasarlanmıştır. Özellikle HEC-HMS, büyük nehir havzası su kaynağının deşarj yönlendirmesi, taşkın hidrolojisi veya küçük kentsel veya doğal havza akışı gibi çok çeşitli hidrolojik sorunları çözmek için uygulanabilir. HEC-HMS' nin ücretsiz kullanılabilirliği ve HEC-GeoHMS gibi ArcGIS genişletme programının yetenekleri, HMS' yi hidrolojik modelleme ihtiyaçları için etkili bir araç haline getirmektedir. Bu gerçeği göz önünde bulundurarak, Berta Çayı Havzası için HEC-HMS modelini kalibre etmek ve doğrulamak için bir çalışma yapılmıştır.

Çoruh Havzası, Mescit Dağları'ndan doğup Bayburt'ta Kurt Çayı ve daha sonra Büyük Çay ile birleşerek Karadeniz'e dökülen toplam 431 km uzunluğundaki Çoruh Nehri'ni çevreleyen bir havzadır. Havzada farklı yaş ve tipteki volkanik kayaçlar egemen olmakla birlikte değişik birçok ana kaya çeşitleri bulunmaktadır. Havzada bulunan toprak çeşitleri sarp topoğrafyayı yansıtacak şekilde 4, 5 ve 6. derece arazi kabiliyet sınıfında yer alır. Ayrıca Türkiye'nin en hızlı akan nehri olan Çoruh, yılda 5,8 milyon m^3 tortu taşımaktadır. Tüm bu veriler modern tarımı imkânsız kılmaktadır. Bu sebeple Berta Çayı Havzası'nın su kaynaklarının modellenmesi gelecekte havzanın kullanım planlanması açısından önemlidir. Bu çalışmada Çoruh Nehri'nin önemli kollarından biri olan Berta Çayı'nın oluşturduğu havza ele alınmıştır. Bu çalışmanın amacı Berta Havzası'nda bulunan Göknar Nehri'nin Şavşat Çayı ile birleştiği noktanın mansabında bulunan EİE 034 No'lu Akım Gözlem İstasyonu'nun (AGİ) alanı yaklaşık 1500 km^2 olan su toplama havzasındaki yüzey sularının modellenmesidir. Bu çalışmada üzerinde çalışılan Berta Havzası'nın yağış-akış ilişkisi Amerika Birleşik Devletleri Ordu Mühendisleri Birliği (U.S. Army Corps of Engineers) tarafından geliştirilmiş olan Hydrologic Engineering Computer-Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Farklı toprak ve iklim koşulları altında farklı bölgelerde HEC-HMS modeli kullanılarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Chu ve Stenman tarafından çalışmada, batı Michigan'daki Mona Gölü Havzası'nda hem olay hem de sürekli hidrolojik modelleme için HEC-HMS modelini kullanmıştır. Chu ve Steinman, bu çalışmada Michigan'daki su toplama alanı 191,64 km^2 olan Mona Gölü Havzası'nın hidrolojik modelini HEC-HMS programı kullanarak geliştirmişler ve geliştirilen modellerin hem olay bazlı (event based) hem de sürekli (continuous) simülasyonlarda elde ettikleri model değerlerinin gözlemlenmiş değerlere yakın çıktığını belirtmişlerdir (Chu ve Steinman, 2009).

Stobnica Nehri (Polonya) üzerindeki bir havzada yağış kaynaklı taşkınların HEC-HMS programı ile uygulanabilirliğini test edilmiştir. Bu çalışmada, 1998'de meydana gelen taşkın olayı için hesaplamalar yapılmıştır. Bu amaçla, çalışmada HEC-HMS programındaki dört farklı yüzeysel akış modeli kullanılarak, hesaplamaların sonuçlarına göre bu bölgede uygulanabilecek en iyi yöntemin Snyder Sentetik Birim Hidrograf olduğu ve bu yaklaşım ile tutarlı bulgular elde edildiğini ortaya koymuştur (Walega, 2013).

Halwatura ve Najim, Sri-Lanka'da bulunan tropikal bir havzada yağış-akış ilişkisi modellemesi için HEC-HMS programını kullanmıştır. Akış simülasyonu için giriş verileri olarak ihtiyaç duyulan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) katmanları Arc-GIS programı desteğiyle derlenmiştir. Bu havzadaki çalışmada üç farklı modelleme yöntemi (SCS-CN, Synder Birim Hidrograf ve Clark Birim Hidrograf) kullanılmıştır. Model performans ölçütleri istatistiksel olarak birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre SCS-CN metodu ile iyi sonuçlar elde edilmezken, diğer iki yöntemin bu havzada daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Bu iki yöntem birbirleriyle kıyaslandığında Snyder Birim Hidrograf yönteminin Clark Birim Hidrograf yaklaşımına göre daha güvenilir bir şekilde yağış-akış ilişkisini simüle ettiği sonucuna varılmıştır (Halwatura ve Najim, 2013) .

Du vd. şehirleşmenin Çin'deki Qinhuai nehrinin yıllık akımlarına ve sel olaylarına etkisini araştırmak HEC-HMS yazılımını kullanılmıştır (Du vd., 2012).

HEC-HMS modeli Anderson vd. tarafından atmosfer modellemesi sonuçları ile birlikte kullanılarak sel olayı uyarı ve önlem sistemi tahmin sürecinde kullanılmıştır (Anderson vd., 2002).

Arekhi, yapmış olduğu çalışmada yağış kayıp oranlarını belirlemek amacıyla üç farklı yöntemi (Deficit & Constant, Green & Ampt, Initial & Constant) karşılaştırmıştır. Çalışmada pik deşarj ve toplam debi hacmindeki hatalar en aza indirilmek suretiyle bu üç kayıp oran metotları karşılaştırılmıştır. Initial & Constant yönteminin en iyi sonuçları verdiğini ifade etmiştir. (Arekhi, 2012).

Chea ve Oeurng HEC-HMS programını kullanarak Kamboçya'da bulunan Tonle Sap Gölü Havzası'ndaki yağış-akış ilişkisini modellemiş ve kurulan modelin başarılı sonuçlar ürettiğini vurgulamışlardır (Chea ve Oeurng, 2017).

Al-Zahrani vd. HEC-HMS modelini WMS modelleme yazılımı ile beraber kullanarak SCS Eğri numarası metoduna dayalı olarak kurak havzalarda yağış akış modellemesinde kullanımını gerçekleştirmişlerdir (Al-Zahrani vd., 2017).

Jin vd. Çin'in kuzey bölgelerinde HEC-HMS modelini kullanarak yarı kurak ve yarı nemli iklime sahip bölgelerin yağış-akış ilişkisini simüle etmiştirler. Bu amaçla, Jianghe Havzası seçilmiş olup, modeldeki farklı bileşenlerin uygunluğu araştırılmıştır. Sonuçlar, akım gözlemleri ile karşılaştırıldığında, havzadaki hidrolojik özelliklere, coğrafi topografyaya, toprak tipi ve arazi kullanımına bağlı olmakla birlikte SCS-CN modelinin bu iklime sahip bölgede daha iyi performans gösterdiği raporlanmıştır (Jin vd., 2015).

Torma vd. tarafından yapılan çalışmada modelleme için HEC-HMS programı ile toprak nemi kayıp metodu Clark birim hidrograf dönüşüm metodu ve recession taban akımı yöntemi kullanılmıştır. Uzun süreli günlük yağış kullanılarak kalibre edilmiş parametrelere sahip model havza çıkışında akımı tahmin etmek için kullanılmıştır. Bu çalışmada tropikal havzalarda HEC-HMS ile akış tahminin başarılı bir şekilde yapılabilir olduğu sonucuna varılmıştır (Torma vd., 2014).

HEC-HMS programı Türkiye'deki bazı havzalarda yağış-akış ilişkisini modellemede kullanılmıştır.

Koçyiğit vd. Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Kocanaz havzası için HEC-HMS yazılımı ile bir hidrolojik model kurarak havzanın hidrolojik parametrelerini tahmin etmişlerdir (Koçyigit vd., 2017).

Bora vd. tarafından yapılan çalışmada belirli zamanlarda gözlenmiş pik taşkın debileri HEC-HMS ile simüle edilmiştir. Modelde kayıp metodu olarak SCS-CN yöntemi, dönüşüm metodu olarak SCS birim hidrograf metodu kullanılmıştır. Simüle edilen ve gözlemlenen taşkın hidrografları arasındaki uyum Güvenç Havzası için oluşturulan taşkın modelin bu alandaki taşkın riskini değerlendirmek için kullanılabilir olduğunu göstermiştir (Bora ve Onuşluel Gül, 2019).

Mesta vd. tarafından yapılan çalışmada Ergene Nehri üzerinde bulunan Yenicegörüce havzası HEC-HMS programı kullanılarak ölçülmüş olan günlük yağış ve sıcaklık verileri ile günlük akış verileri toplanarak model kurulmuş kalibrasyon ve doğrulaması yapılmıştır. Modelde SCS-CN yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada Nash-Stucliffe Etkinlik Katsayısı (NSE) 0.75 olarak elde edilmiş ve modelin genel anlamda iyi bir performansta çalıştığı raporlanmıştır. Ayrıca modelde düşük performansa sahip 2 alt havza ile ilgili yeni veriler eklenerek alt havza performansının iyileştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Mesta vd., 2019).

Yener vd. tarafından Türkiye'nin Marmara Bölgesi'nde bulunan Yuvacık Havzası'nda hidrolojik modelleme çalışmaları yapılmıştır. Çalışma alanı üç alt havzaya bölünerek (Kirazdere, Kazandere ve Serindere) HEC-HMS vasıtasıyla hidrolojik süreç simüle edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, Yener vd. bu modelin Yuvacık barajı işletiminde kullanılabileceğini vurgulamışlardır (Yener vd., 2007).

3. BU ÇALIŞMADA KULLANILAN YAZILIMLAR

3.1 Hidrolojik Modelleme Sistemleri

HEC-HMS (Hidrolojik Modelleme Sistemi), ABD Ordusu Mühendisler Birliği Hidrolojik Mühendislik Merkezi tarafından geliştirilen bir hidrolojik modelleme bilgisayar yazılımıdır. Dendritik (havzanın nehir ağının ağaç benzeri dallanma biçimi) su havzası sistemlerinin yağış-akış süreçlerini simüle etmek için tasarlanmıştır. Büyük nehir havzaları veya küçük kentsel havzalar için kullanılabilir. Program rezervuar dolusavak tasarımı, taşkın hasarının azaltılması, taşkın yatağı düzenlemesi ve sistem işletim çalışmaları için kullanılabilir.

3.1.1 Tarihçe

İlk program sürümü Sürüm 1.0 olarak adlandırılmakta ve HEC-1 programının olay simülasyon yeteneklerinin çoğunu kapamaktadır. Sınırsız sayıda hidrograf koordinatı ve ızgaralı akış gösterimi dahil olmak üzere önceki yazılım üzerinde birkaç dikkate değer iyileştirme yapılmıştır. Optimizasyon ile parametre tahmini için araçlar önceki programlardan çok daha esnek olmaktadır. İlk sürüm aynı zamanda HEC için C++ dilinde nesne yönelimli geliştirme ve grafik kullanıcı arayüzüne sahip bir programda çoklu platform desteği de dahil olmak üzere bir dizi "ilk" içermektedir.

İkinci ana sürüm, sürüm 2.0 olarak adlandırılmakta ve sürekli simülasyona odaklanmaktadır. Toprak nemi hesaplama yönteminin eklenmesi, programı bir olay simülasyon paketinden olay veya sürekli simülasyon uygulamalarıyla eşit derecede iyi çalışabilen bir pakete genişletilmiştir. Rezervuar elemanı ayrıca bir çıkış, dolusavak ve taşkın için fiziksel açıklamaları içerecek şekilde genişletilmiştir. Baraj yıkılması seçeneği de eklenmiştir.

Üçüncü ana sürüm, sürüm 3.0 olarak adlandırılmakta ve yeni hesaplama özellikleri ve yepyeni bir grafik kullanıcı arabirimi tanıtılmıştır. Meteorolojik model, kar erimesi ve potansiyel buharlaşma-terleme simülasyonu için yeni yöntemlerle geliştirildi. Havza modeli, alt havza elemanındaki sızmayı temsil etmek için derivasyon ve rezervuar elemanlarındaki ek hesaplama seçenekleri ile geliştirilmiştir. Yeni grafik kullanıcı arabirimi, hidrolojik simülasyon için ihtiyaç duyulan birçok veri türünü oluşturmayı

ve daha iyi entegre edilmiş bir çalışma ortamıyla kullanıcı verimliliğini artırmak için tasarlanmıştır.

Dördüncü ana sürüm, 4.0 sürümü olarak adlandırılmakta ve öncelikle yeni hesaplama özelliklerine odaklanmaktadır. Alt havza, kaynak, rezervuar ve diğer unsurlara çok çeşitli yüzey erozyonu ve tortu taşıma özellikleri eklenmiştir. Son olarak, gerçek zamanlı tahmin işlemlerini kolaylaştırmak için yeni bir simülasyon bileşeni eklenmiştir.

Programın geliştirilmesi hala devam etmektedir. Hidrolojik Modelleme Sisteminin (HEC-HMS) 4.3 sürümü, Kasım 2018'de tamamlanmıştır ve kısa bir süre sonra genel kullanım için yayınlanmıştır. 2018'den beri bir dizi yeni yetenek geliştirilmektedir. Programa yapılan en önemli ekleme, alt havza ve erişim tanımlaması için yeni CBS araç takımıdır. Yeni tanımlama araçları arazi bilgilerini, dijital yükseklik modellerini işler ve modelleyicinin alt havzayı özelleştirmesine ve eleman bağlantısını korurken çıkışlara erişmesine olanak tanımaktadır. HEC-HMS ekibi, benzer işlevleri HEC-GeoHMS' den doğrudan HEC-HMS' ye taşımaktadır. HEC-HMS sürüm 4.4, modelleyicilerin her bir alt havza elemanı ve yeni buharlaşma seçenekleri için kar erimesi parametrelerini tanımlamasına olanak tanımaktadır. Son olarak, HEC-HMS sürüm 4.4, simülasyon çalışma süresinde gözle görülür azalmalara dönüşmesi gereken simülasyon çerçevesinde iyileştirmeler içermektedir.

HEC-HMS’ nin son sürümü olan 4.9.0 sürümü, beta testlerinden sonra 06 Mayıs 2021 tarihinde yayınlanmıştır.

3.1.2 HEC-HMS özellikleri

Program, hidrolojik modelleme için geniş bir yetenek yelpazesine sahiptir. Hidroloji mühendisliğindeki en yaygın kullanılan yöntemlerin çoğu, kullanımı kolay olacak şekilde programa eklenmiştir. Program kullanıcıyı havza ortamını en iyi nasıl temsil edeceğine yoğunlaşmakta özgür bırakır.

3.1.3 Havza fiziksel tanımı

Bir havzanın fiziksel temsili bir havza modeli ile gerçekleştirilir. Hidrolojik elemanlar, akış süreçlerini simüle etmek için dendritik (havzanın nehir ağının ağaç benzeri

dallanma biçimi) bir ağda bağlanır. Mevcut elemanlar şunlardır: alt havza, nehir, bağlantı, rezervuar, kaynak ve çıkış noktası. Hesaplama, yukarı yöndeki elemanlardan aşağı yönde ilerler.

Sızma kayıplarını modellemek için bir dizi farklı yöntem bulunmaktadır. Olay modelleme seçenekleri; initial constant, SCS curve number, exponential, Green Ampt, and Smith Parlange yöntemlerini içerir. Tek katmanlı açık sabiti yöntemi, basit sürekli modelleme için kullanılabilir. Üç katmanlı toprak nemi hesaplama yöntemi, karmaşık sızma ve buharlaşma ortamlarının sürekli modellenmesi için kullanılabilir.

HEC-HMS programı alt havza çıkışına yüzey akışının katkılarını temsil etmek için beş yöntem bulunur. Çekilme (recession) yöntemi, tek bir olaydan veya birden çok ardışık olaydan üstel olarak azalan bir yüzey akışı verir. Sabit aylık (constant monthly) yöntemi, sürekli simülasyon için iyi çalışabilir. Doğrusal rezervuar yöntemi, sızan yağışı kanala yönlendirerek kütleyi korur.

3.1.4 Meteorolojik model

Meteorolojik veri analizi, meteorolojik model tarafından gerçekleştirilir ve kısa dalga radyasyonu, uzun dalga radyasyonu, yağış, terleme-buharlaşma ve kar erimesini içermektedir. Tüm simülasyonlar için bu bileşenlerin tümü gerekli değildir. Basit olaylı simülasyonlar için yalnızca yağış gerekirken, sürekli simülasyon için ek olarak terleme-buharlaşma gerekir. Genel olarak, kar erimesi soğuk iklimlerdeki havzalarda çalışırken gerekli olabilir.

3.1.5 Hidrolojik simülasyon

Bir simülasyonun zaman aralığı, kontrol koşulları tarafından kontrol edilir. Kontrol özellikleri, bir başlangıç tarihi ve saati, bitiş tarihi ve saati ve bir zaman aralığı içerir.

Havza modeli, meteorolojik model ve kontrol koşulları birleştirilerek bir simülasyon oluşturulur.

Simülasyon sonuçları havza haritasından görüntülenebilir. Genel özet tabloları; pik akış, toplam hacim ve diğer değişkenlerle ilgili bilgileri içermektedir. Öğeler için bir zaman serisi tablosu ve grafiği mevcuttur. Birden çok öğeden ve birden çok

simülasyon çalışmasından elde edilen sonuçlar da görüntülenebilir. Tüm grafikler ve tablolar yazdırılabilir.

3.1.6 Parametre tahmini

Alt havza ve akarsu elemanlarına dahil edilen yöntemler için çoğu parametre, optimizasyon denemeleri kullanılarak otomatik olarak tahmin edilebilir. Optimizasyon başlamadan önce gözlemlenen deşarj en az bir öğe için mevcut olmalıdır. Hesaplanan sonuçlar ve gözlemlenen deşarj arasındaki uyumu tahmin etmek için minimizasyon hedefleriyle kullanım için on dört farklı amaç fonksiyonu ve maksimizasyon için beş farklı amaç fonksiyonu mevcuttur. Amaç fonksiyonunu deterministik olarak optimize etmek için iki farklı arama metodu kullanılabilir. Arama metodunun parametre alanını sınırlamak için kısıtlamalar uygulanabilir.

3.1.7 Gelecekteki akışları tahmin etme

Havza modeli, gerçek zamanlı çalışma modunda gelecekteki akış tahminlerinin verimliliğini artırmak için tasarlanmış özellikler içerir. Benzer hidrolojik koşullar veya bölgesel özellikler temelinde grup alt havzalarının bir araya geldiği bölgeler oluşturulabilir. Bölgeler; kayıp oranı, dönüşüm ve yüzey akışı için ayrı ayrı atanabilir. Tahmin seçeneği, gelecekteki akışları tahmin etmek için kontrol parametreleriyle birlikte bir havza modeli ve meteorolojik model kullanan bir simülasyon türüdür. Parametre değerleri bölgeye göre ayarlanabilir.

3.1.8 CBS bağlantısı

Programın gücü ve hızı, havzaları yüzlerce hidrolojik faktörle temsil etmeyi mümkün kılmaktadır. Geleneksel olarak, bu faktörler bir topografik harita incelenerek ve drenaj sınırlarının manuel olarak belirlenmesiyle tanımlanır. Bu yöntem etkili olmakla birlikte, havzanın birçok unsurla temsil edilmesi çok zaman almaktadır. Coğrafi bilgi sistemi (CBS), aynı görevi çok daha hızlı bir şekilde gerçekleştirmek için yükseklik verilerini ve geometrik algoritmaları kullanabilmektedir. CBS araçları doğrudan HEC-HMS içine entegre edilmiştir. Mevcut yetenek, bir arazi veri setinden alt havzaları ve erişimleri tanımlama seçeneklerini içerir. Modelleyicilerin fiziksel özellikleri hesaplamasına ve CBS veri kümelerinden model parametrelerini tahmin etmesine olanak tanıyan yazılıma ek olarak CBS araçları da eklenilmiştir.

4. MATERYAL

4.1 Çalışma Alanı

Çoruh Havzası, Mescit Dağları'ndan doğup Bayburt'ta Kurt Çayı ve daha sonra Büyük Çay ile birleşerek Karadeniz'e dökülen toplam 431 km uzunluğundaki Çoruh Nehri'ni çevreleyen bir havzadır. Havzada değişik yaş ve tipteki volkanik kayaçlar hakim olmakla birlikte değişik ana kaya çeşitleri bulunmaktadır. Bayburt'un batı tepelerinde kısmen de olsa alüvyon topraklar bulunmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin en hızlı akan nehri olan Çoruh, yılda 5,8 milyon m^3 katı madde (tortu) taşımaktadır. Tüm bu veriler modern tarımı imkânsız kılmaktadır. Bu nedenle havzanın su kaynaklarının modellenmesi gelecekte havzanın kullanım planlanması açısından önem teşkil etmektedir. Bu çalışmada Çoruh Nehri'nin önemli kollarından biri olan Berta Çayının oluşturduğu havza ele alınmıştır.

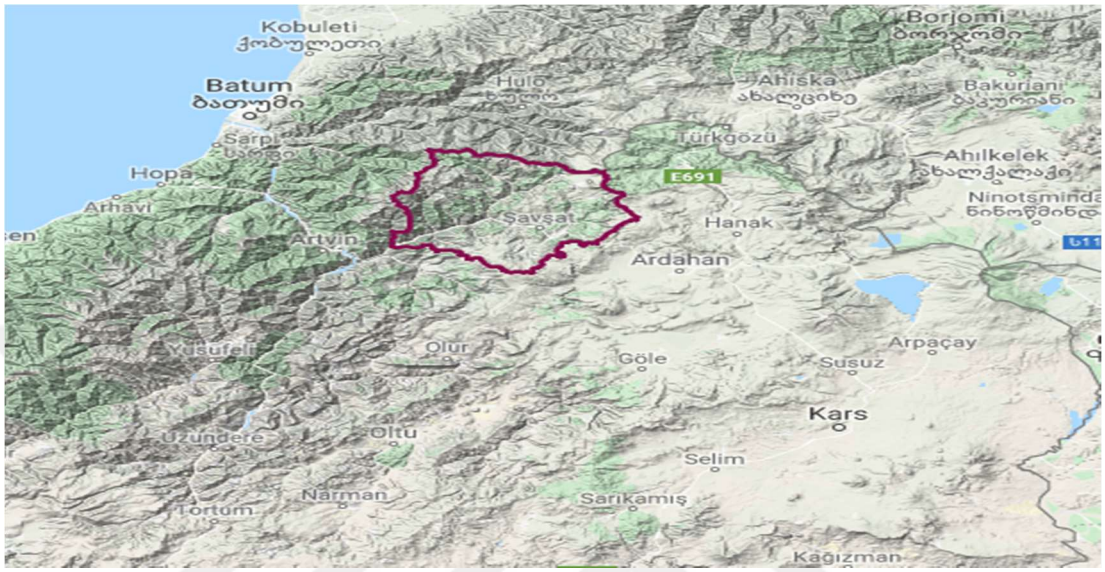
Berta Havzası, Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölümü sınırları içerisinde ve Artvin il merkezinin yaklaşık 30 km doğusunda yer almaktadır (Şekil 4.1).

Havza 41º 28' - 41º 07' kuzey enlemleri ile 42º 02' - 42º 38' doğu boylamları arasında yer almaktadır. 1500 km^2 drenaj alanına sahip olan havzanın kuzeyinde Türkiye-Gürcistan sınırı; güneybatısında Ardanuç ilçesi; güneydoğusunda Şavşat ilçesi yer almaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1 Berta Havzası' nın Türkiye Haritası'ndaki Konumu

Havza sınırları içerisindeki Göknar (Meydancık) Deresi ve Şavşat Çayı'nın Okçular mahallesinde birleşmesi sonucu Berta (Okçular) Çayı oluşur. Her ne kadar Berta Çayı olarak bilinse de çayın yeni adı Okçular'dır. Ancak birçok harita ve literatür çalışmasında Berta Çayı ismi halen kullanılmaktadır (Sever, 2001).



Şekil 4.2 Berta Havzası'nın konumu ve sınırları

4.1.1 Topoğrafya

Berta Çayı Havzası; batı ve kuzeybatıda Karçal Dağları, güney, güneydoğu ve doğuda ise Yalnızçam Dağları olarak bilinen ve aynı yönde uzanış gösteren iki büyük sıradağ ile çevrilmiştir. Bu iki büyük sıradağlar üzerinde değişik yükseltilerde tepeler ve buzul topoğrafyasına ait şekillerde bulunur. Doğu Karadeniz Dağları'nın devamı olan bu dağlardan Karçal Dağları kıyı kuşağı Yalnızçam Dağları da iç sıradağların son uzantısıdır.

Berta Çayı'nın Karçal Dağları'na yakın kesiminde vadi sıklığı çok fazladır. Vadiler genellikle doğu-batı ve kuzey-güney yönünde oluşmuş olup enine profil bakımından asimetriktir. Yaşlı ve dirençli kayaçlar yüzey sularının yeraltına sızmasını büyük ölçüde engellediğinden yeraltı suları geçici ve daimi akarsular şeklinde Berta Çayı ve Meydancık Çayı'na ulaşır. Tektonik hareketler ve dik eğimden dolayı dar ve derin vadiler meydana gelmiştir. Berta Havzası'nda bulunan Ortaköy, Karçal, Yanıklı ve Göknar vadilerinde genel olarak eğim değerleri % 70-80 arasındadır. Öte yandan Berta

Çayı Havzası bir bütün olarak değerlendirildiğinde eğim değerlerinin oldukça yüksek olması dikkat çekmektedir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Berta Çayı Havzası'nda eğim gruplarının dağılımı

Eğim Derecesi(%)	**%**
5	2
10	9
15-35	40
40 ve üstü	49

4.1.2 Kayaçlar

Berta Çayı Havzası'nda Paleozoyik yaşlı kayaçlar bulunmamıştır (Yılmaz vd., 1998). Berta köprüsü yakınlarında yer yer asit ve bazik intrüzifler bulunmaktadır. Bu kayaçların bulunduğu bölge, Jura-Kretase ve Üst Kretase-Eosen volkanik serisiyle çevrilidir.

Berta Vadisi'nin yukarı kesimlerinde Üst Kretase yaşlı bazalt lavları, orta kesimde Kaçkar granitoyidleri, havzanın bittiği yerde ise yaşlı Jura volkanitleri (bazalt, lav, piroklasltlar ve andezit) bulunmaktadır. Bundan dolayı daha az dirençli volkanitlein bulunduğu kesimlerde vadi tabanı geniş, granit ve granitoyidlerindlerin bulunduğu nispeten daha dirençli orta kesimlerde vadi dik yamaçlardan meydana gelmektedir (Sever, 2001).

4.1.3 Bitki örtüsü

Dağlık ve engebeli arazi yapısına sahip olan Artvin il arazisinin (7436 km^2) % 52,5'i (3904 km^2) ormanlarla kaplıdır. Bu ormanların % 33,6'sı normal koru, % 37,4'ü bozuk koru, % 1,7'si normal baltalık ve % 27,4'ü bozuk baltalık durumundadır.

Berta Havzası, Karadeniz fitocoğrafya bölgesinin kolşik (colchic) alt bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Doğu Karadeniz florası olarak da bilinen bu kuşakta; paleoboreal Avrupa florasına yakınlık gösterir (Erinç, 1977).

Berta Çayı Havzası'nda bitki türü zenginliği bakımından önemli olan ormanlık alanlar yanında vadideki yükselti farkından dolayı kolşik flora, Alpin ve Subalpin çayırlar ile değişik ve zengin bitki toplulukları meydana gelmiştir.

4.2 Kullanılan Veriler

4.2.1 Yağış verileri

HEC-HMS ile bir havza modellenirken kuşkusuz önemli bileşenlerden biri meteorolojik verilerdir. Meteorolojik model yapılırken yağış, buharlaşma ve kar erimesi olmak üzere üç parametrik bileşen kullanılabilir. Bu üç parametrenin her biri içeresinde birçok yöntem içermektedir. Bu çalışmada sadece yağış bileşeni kullanılmıştır. Yağış bileşeninde SCS yağış (SCS storm) yöntemi, belirtilmiş hyetograf (specified hyetograph), standart proje yağış (standard project storm) yöntemi gibi bir birçok yöntem bulunmaktadır (Tablo 4.2).

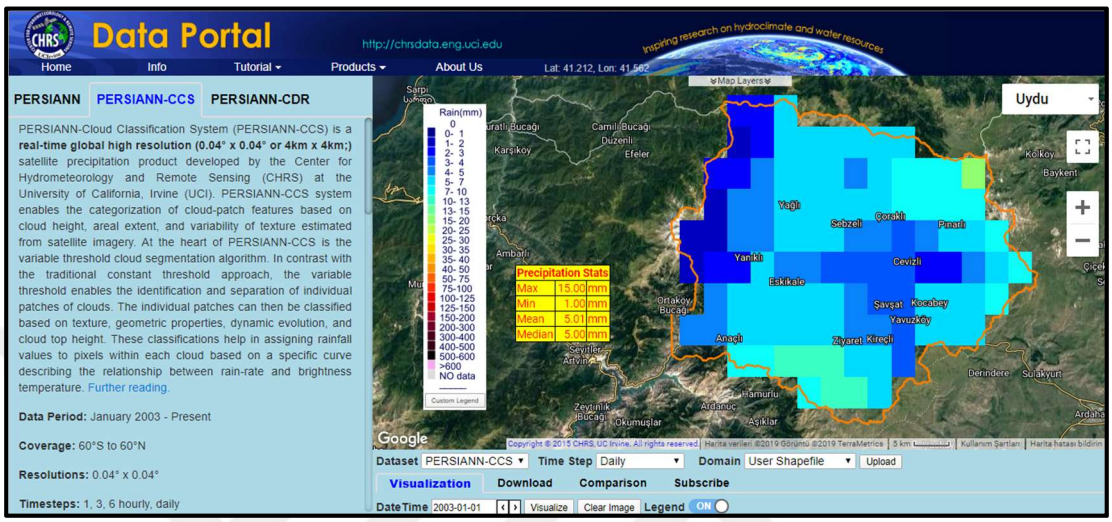
Tablo 4.2 Mevcut meteorolojik yöntemler

Meteorolojik Yöntemler
Yağış
Frequency storm
Gage weights
Gridded precipitation
Inverse distance
SCS storm
Specified hyetograph
Standard project storm
Buharlaşma-Terleme
Gridded Priestley-Taylor
Monthly Average
Priestley-Taylor
Kar Erimesi
Gridded Temperature Index
Temperature Index

Berta Havzası gibi engebeli arazilerde meteorolojik istasyonların sayısı arazi koşulları nedeniyle ve ekonomik açıdan seyrektir. Meteorolojik istasyonların yetersizliği, istasyonların yeterince havzayı temsil edememesine neden olmaktadır. Meteorolojik istasyonların yetersiz olması ve veri hassasiyetinin düşük olması nedeniyle gelişen teknolojiye bağlı olarak uydu verilerine ilgiyi arttırmıştır.

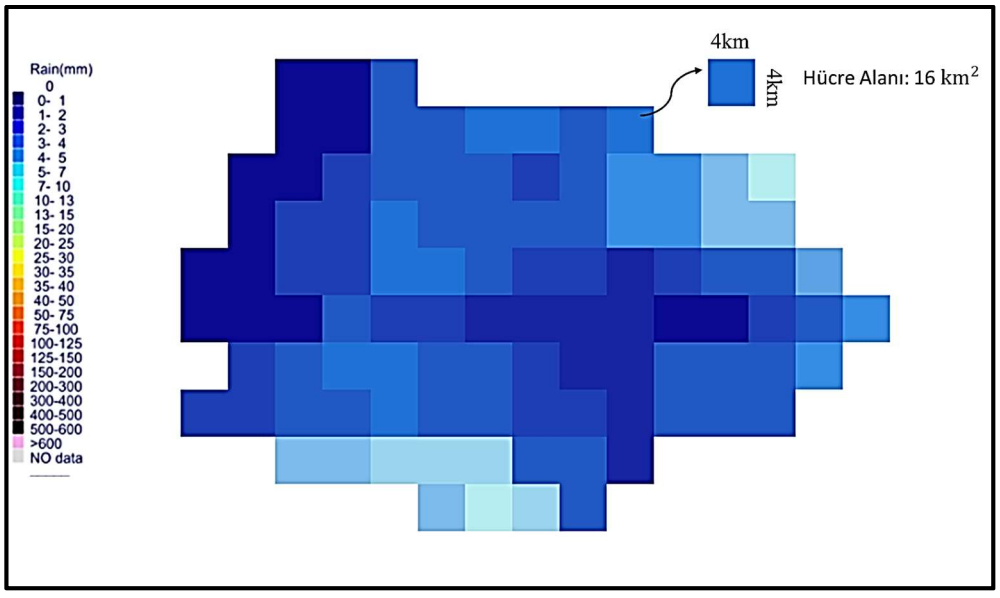
Yağış verileri, Kaliforniya Üniversitesi'ne bağlı Hidrometeoroloji ve Uzaktan Algılama Merkezi (CHRS Data Portal) tarafından elde edilmiştir. Bu merkezde üç farklı veri seti mevcuttur. Bunlar; Yapay Sinir Ağları Kullanarak Uzaktan Algılanan

Bilgiden Yağış Tahmini (Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks) (PERSIANN), Bulut Sınıflandırma Sistemi (Cloud Classification System) (PERSIANN-CCS) ve İklim Verileri Kaydı (Climate Data Record) (PERSIANN-CDR) veri setleridir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 CHRS Veri Portalı web sayfası ana ekranı

Bu çalışmada PERSIANN-CCS (bulut sınıflandırma sistemi) veri seti kullanılmıştır. Havza, veri seri tarafından her birinin alanı 16 km^2 olan toplam 102 hücreye bölünmüştür (Şekil 4.4).

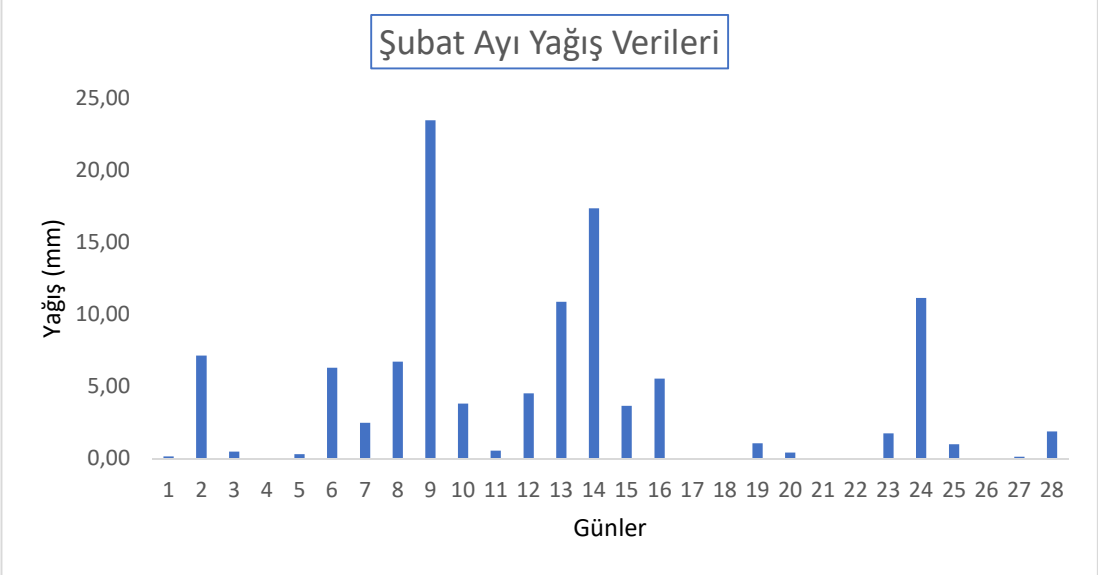


Şekil 4.4 Havzanın hücrelere bölünmüş haritası

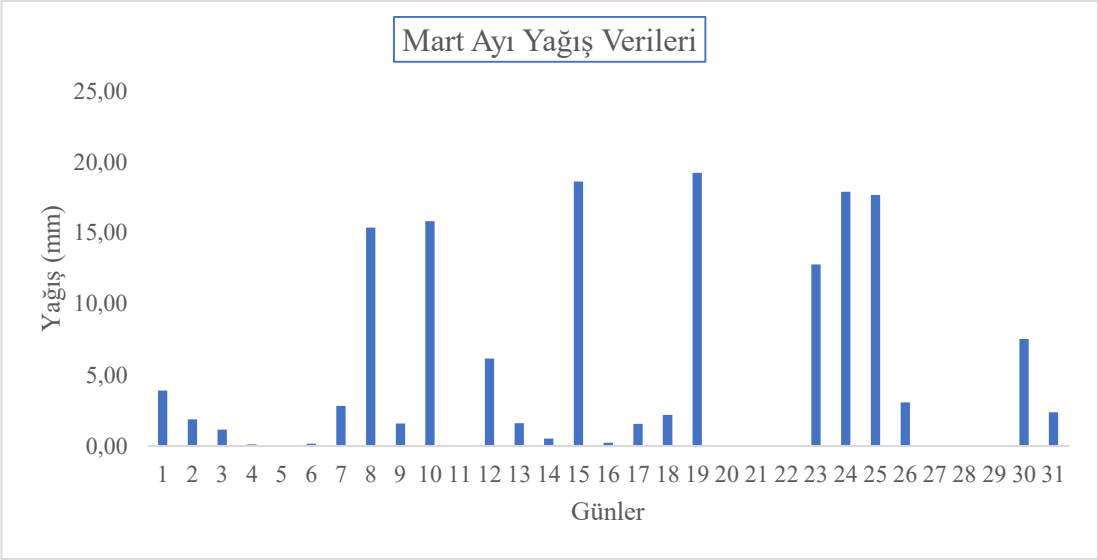
Her bir hücreden elde edilen anlamlı verilerin ortalaması alınarak yağış yükseklik verileri elde edilmiştir. Kullanılan aylara ait yağış yükseklik verileri aşağıdaki tablolarda belirtilmektedir.



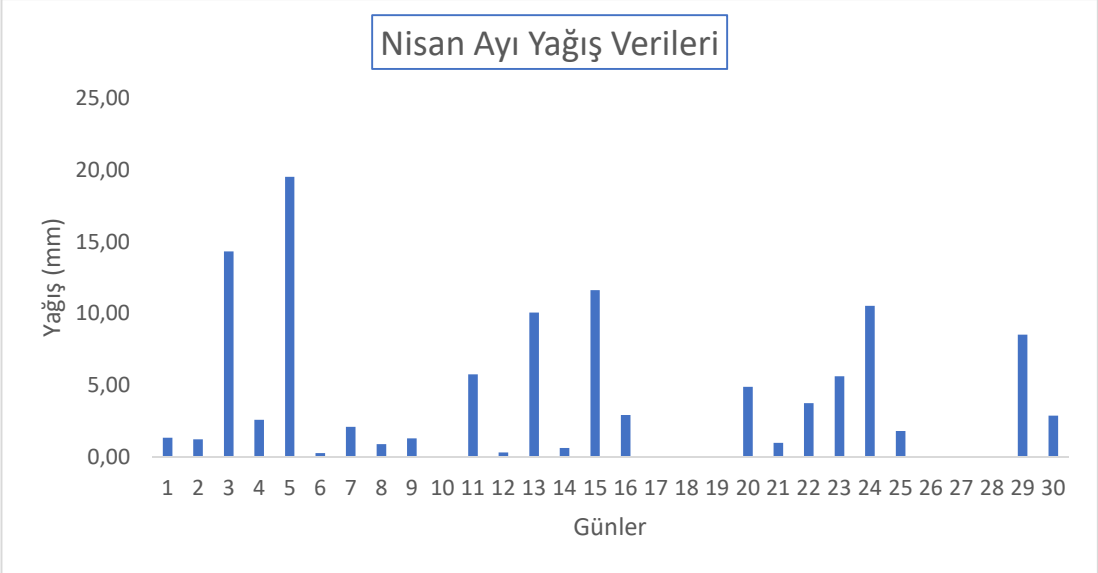
Şekil 4.5 2006 yılı Ocak ayı yağış verisi



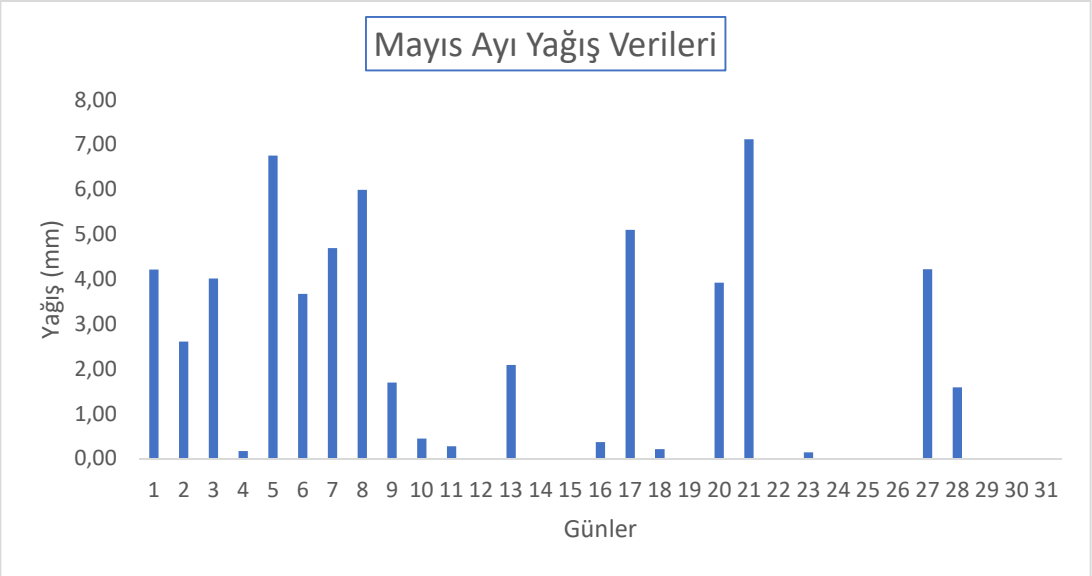
Şekil 4.6 2006 yılı Şubat ayı yağış verisi



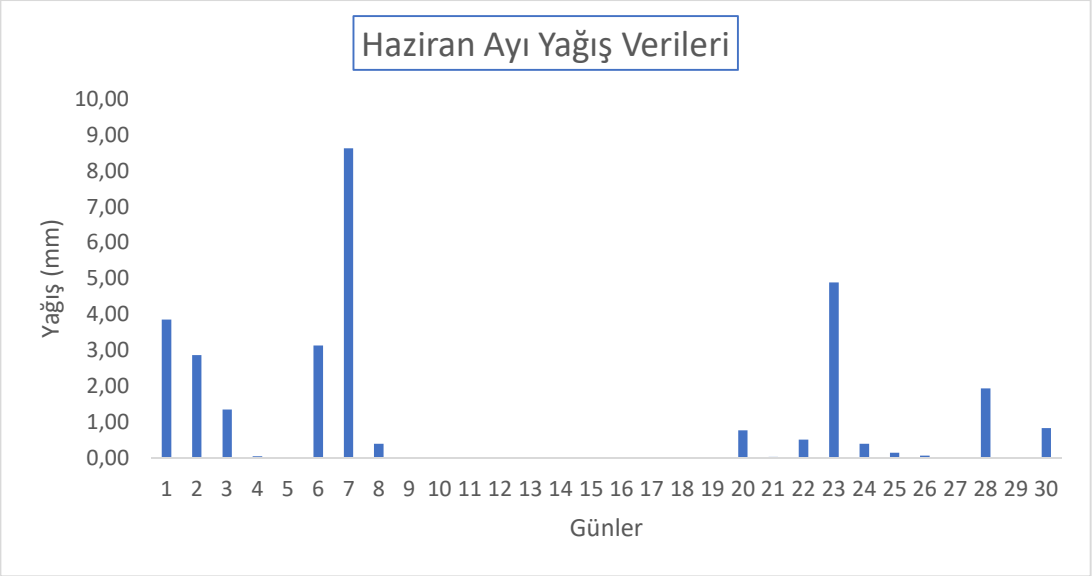
Şekil 4.7 2006 yılı Mart ayı yağış verisi



Şekil 4.8 2006 yılı Nisan ayı yağış verisi



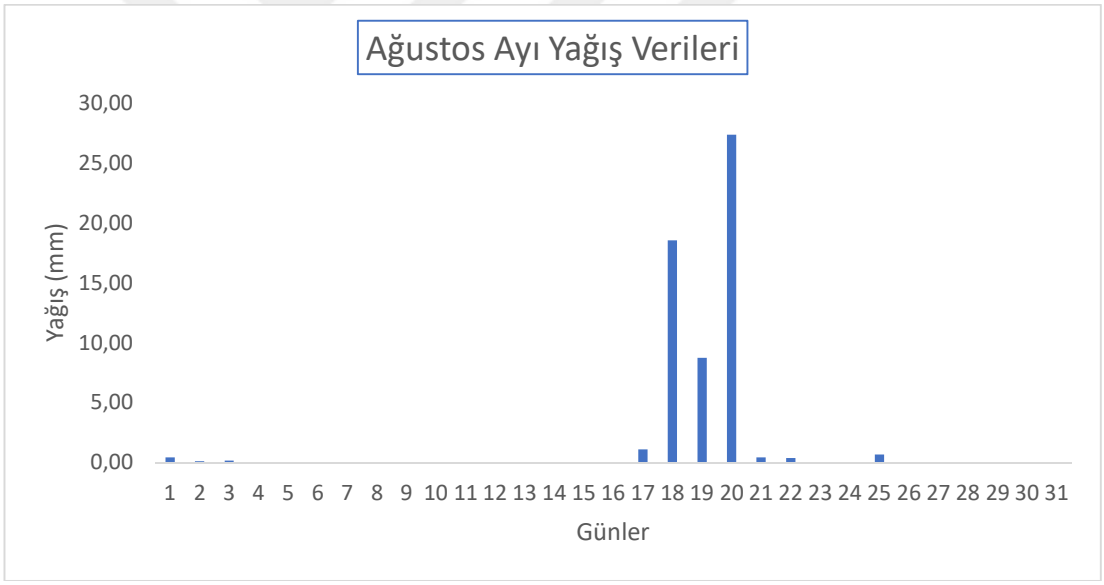
Şekil 4.9 2006 yılı Mayıs ayı yağış verisi



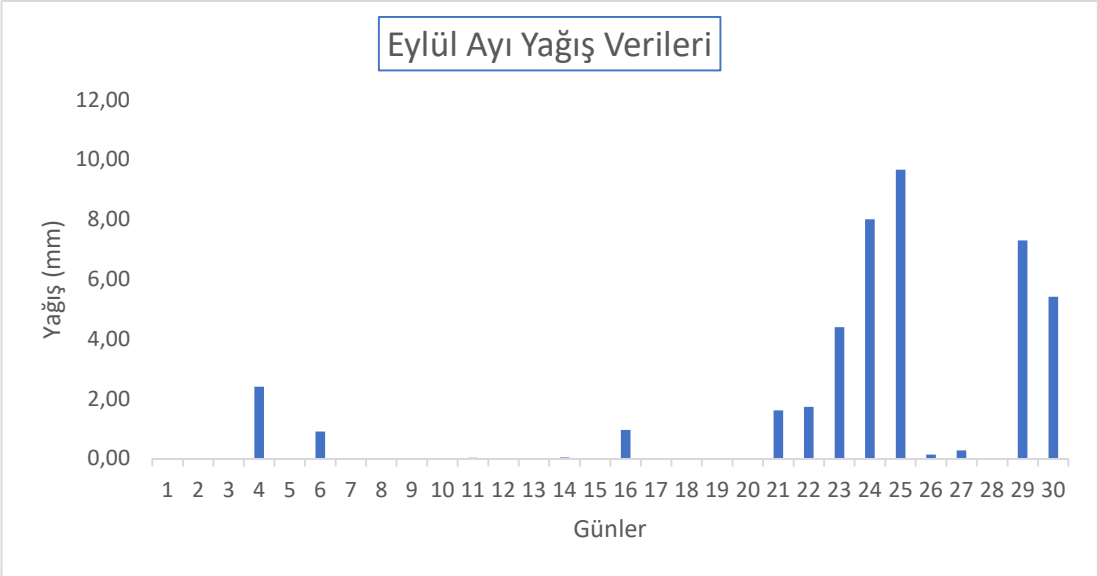
Şekil 4.10 2006 yılı Haziran ayı yağış verisi



Şekil 4.11 2006 yılı Temmuz ayı yağış verisi



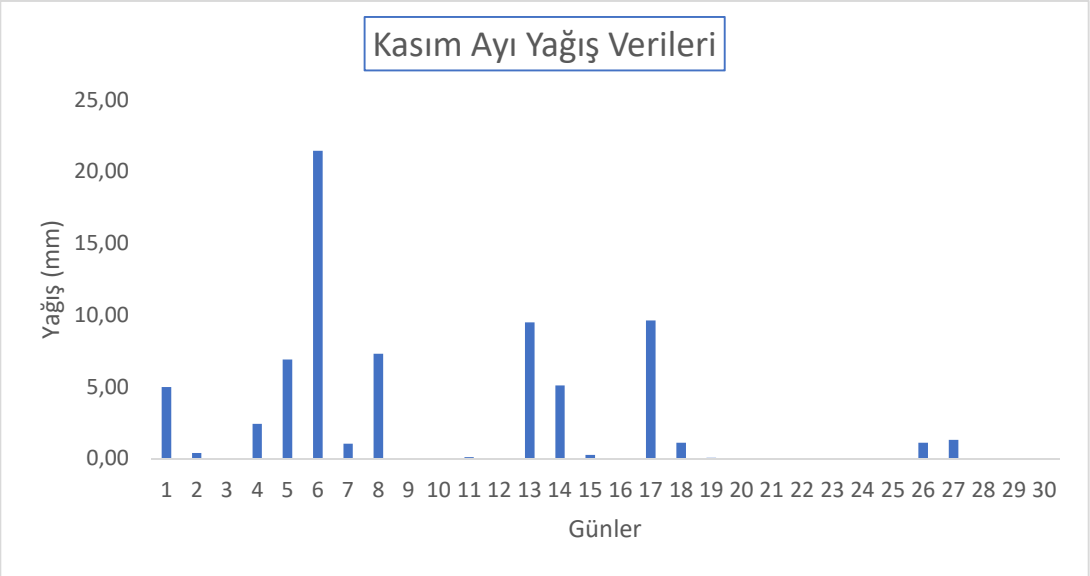
Şekil 4.12 2006 yılı Ağustos ayı yağış verisi



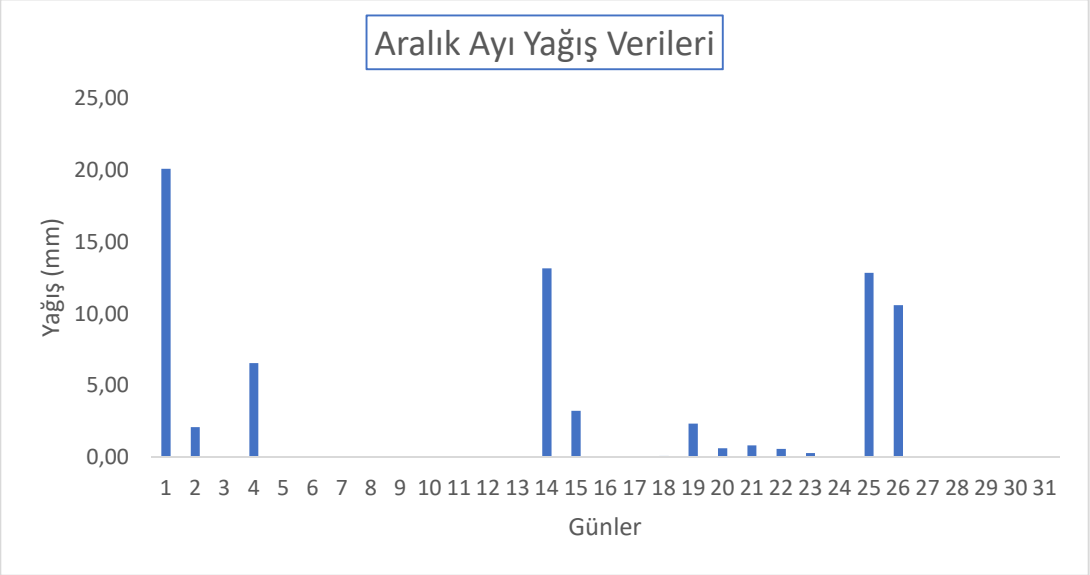
Şekil 4.13 2006 yılı Eylül ayı yağış verisi



Şekil 4.14 2006 yılı Ekim ayı yağış verisi



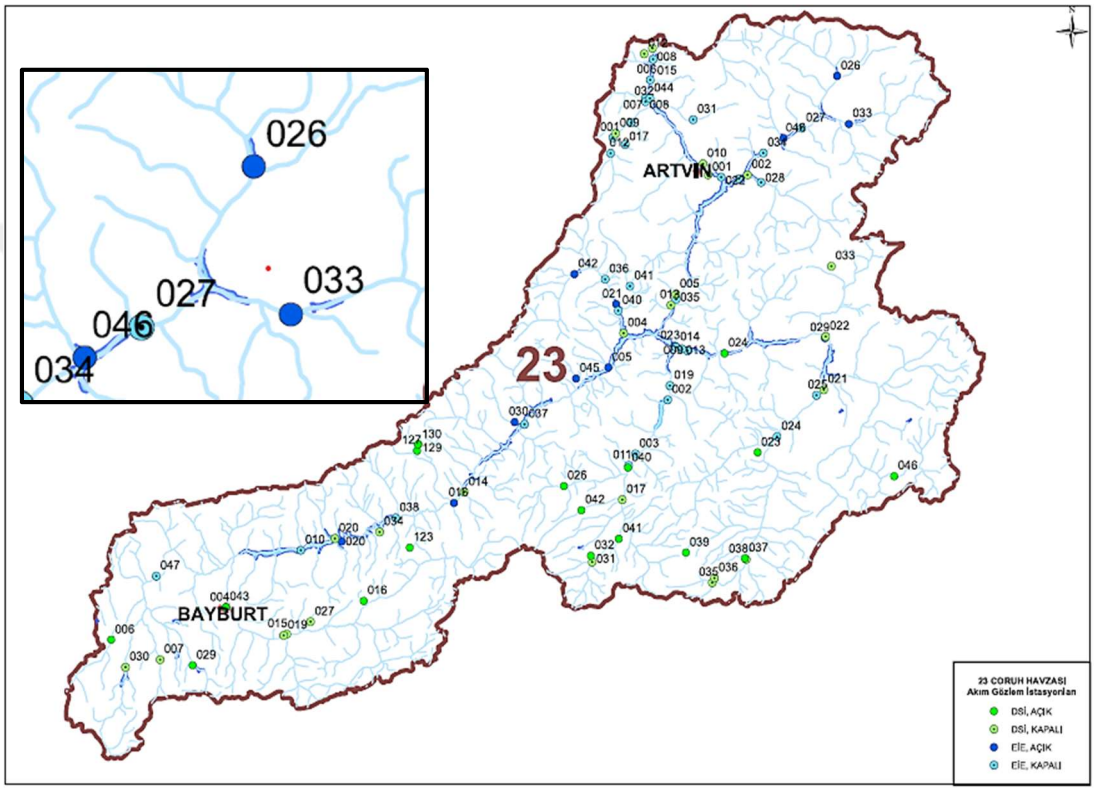
Şekil 4.15 2006 yılı Kasım ayı yağış verisi



Şekil 4.16 2006 yılı Aralık ayı yağış verisi

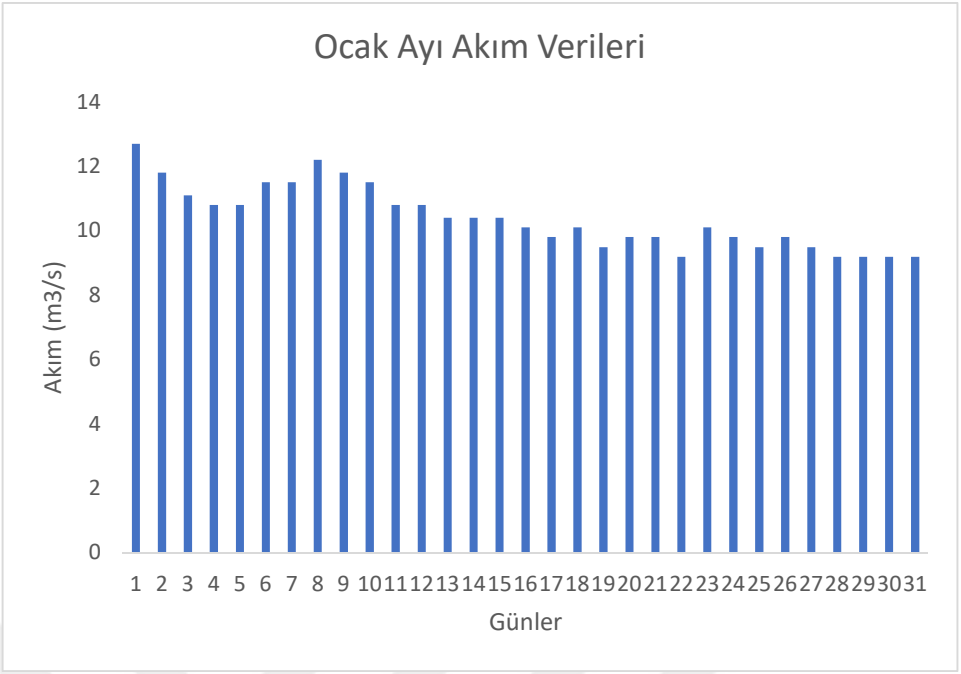
4.2.2 Akım verileri

Bu çalışmada, Berta Havzası' nda bulunan Meydancık Deresi üzerindeki 2326 nolu Dutlu akım gözlem istasyonu verileri, Mansurat Deresi üzerindeki 2333 nolu Köprükaya akım gözlem istasyonu verileri ve Bağlık mevkiinde yer alan 2334 nolu Bağlık akım gözlem istasyonu verileri kullanılmıştır (Şekil 4.17)

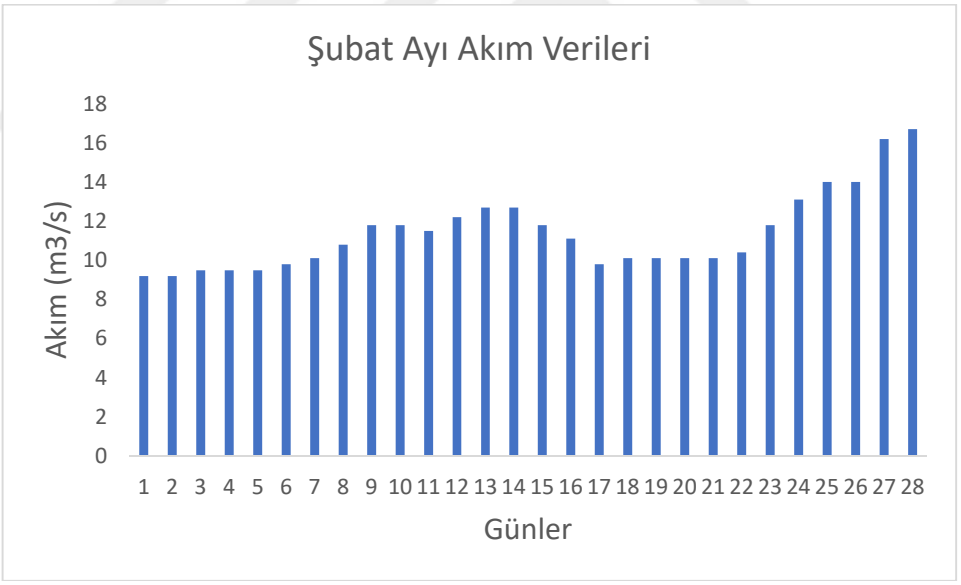


Şekil 4.17 Berta Havzası'nda kullanılan AGİ haritası

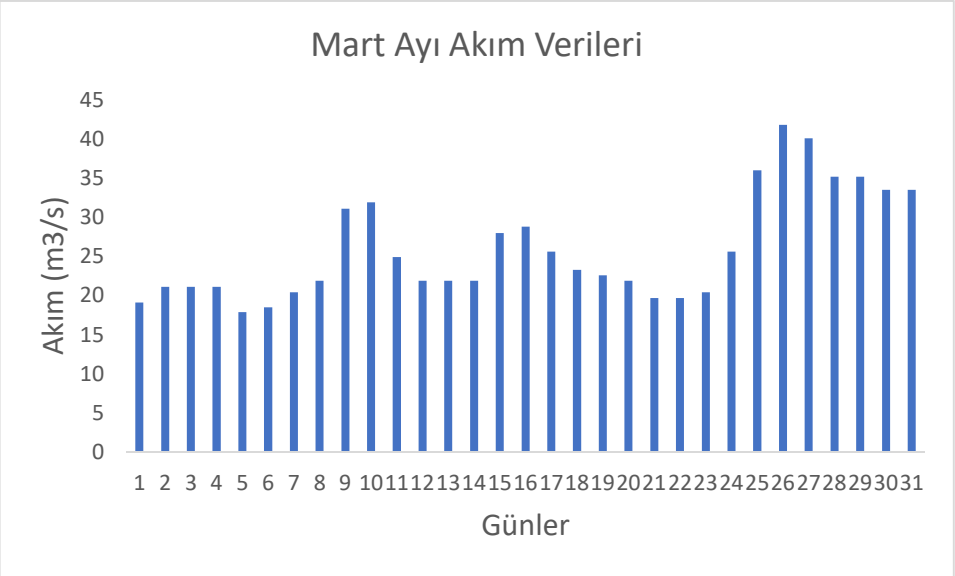
Bu çalışmada 01/Ocak/2006-31/Aralık/2006 tarihleri arası günlük yağış verileri kullanılmıştır. Havzada çıkış noktası olarak belirlenen 2334 nolu Bağlık akım gözlem istasyonuna ait 2006 yılı akım verileri aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir.



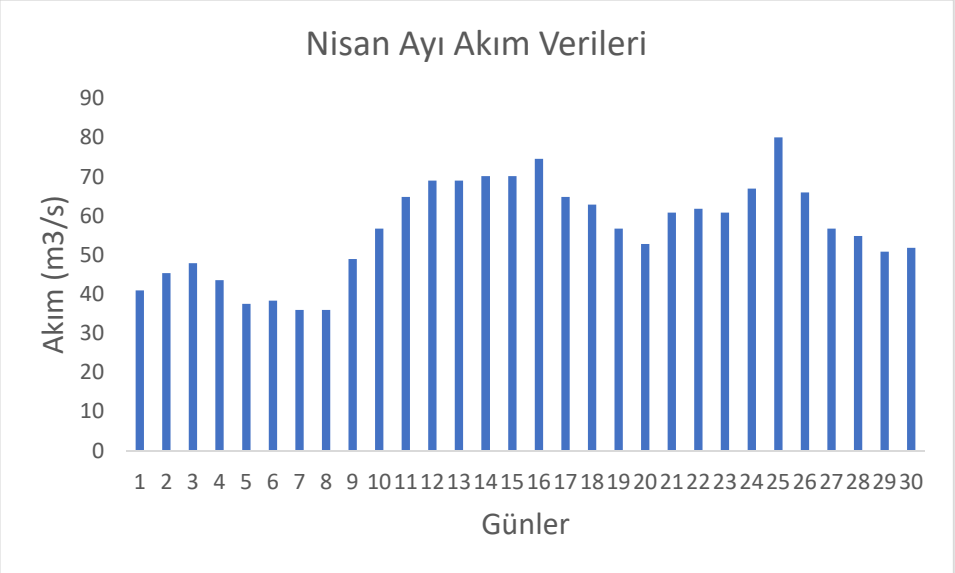
Şekil 4.18 2006 yılı Ocak ayı akım verisi



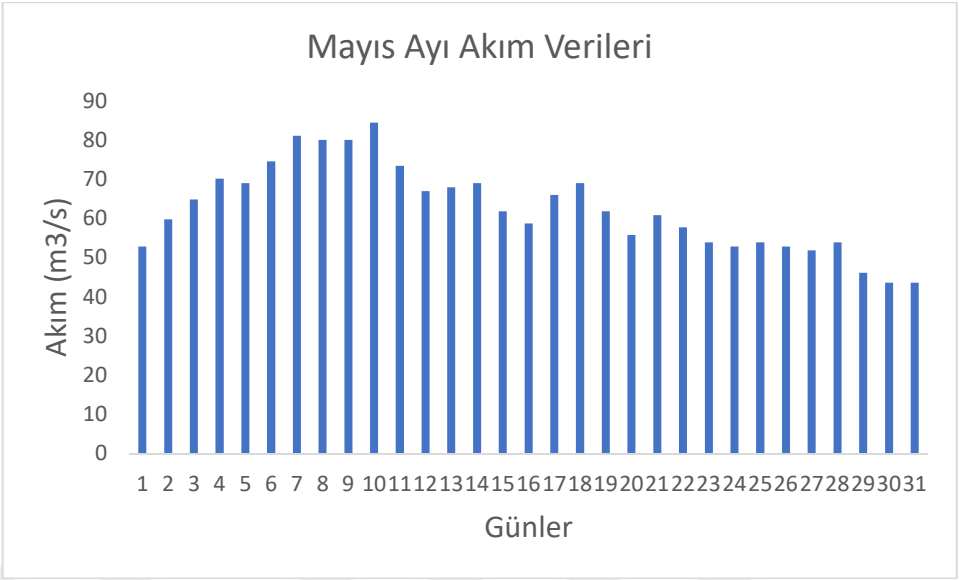
Şekil 4.19 2006 yılı Şubat ayı akım verisi



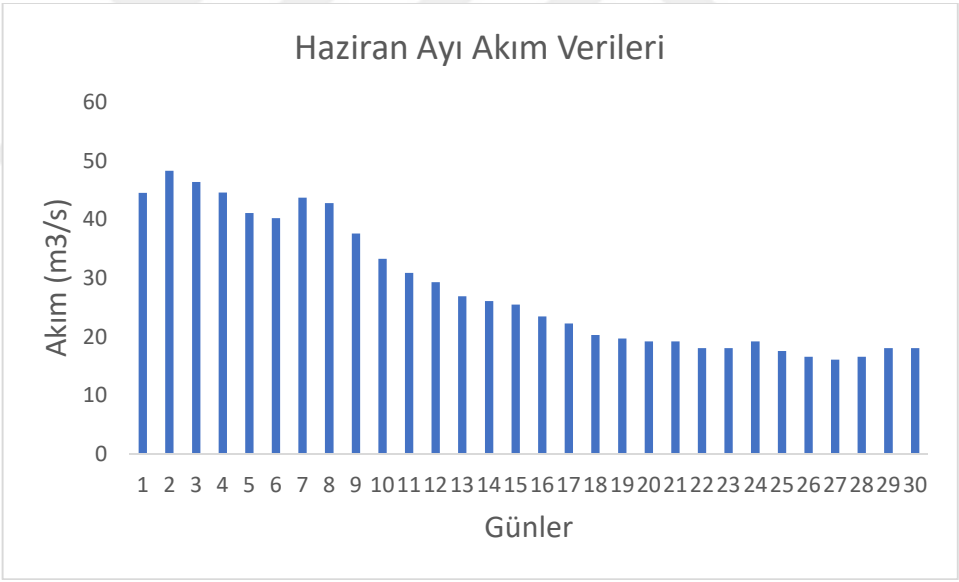
Şekil 4.20 2006 yılı Mart ayı akım verisi



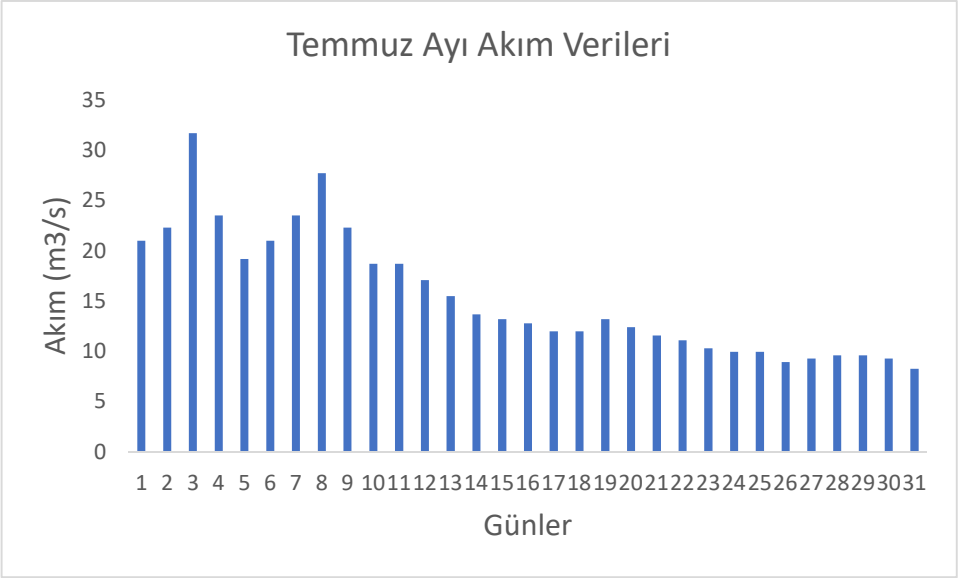
Şekil 4.21 2006 yılı Nisan ayı akım verisi



Şekil 4.22 2006 yılı Mayıs ayı akım verisi



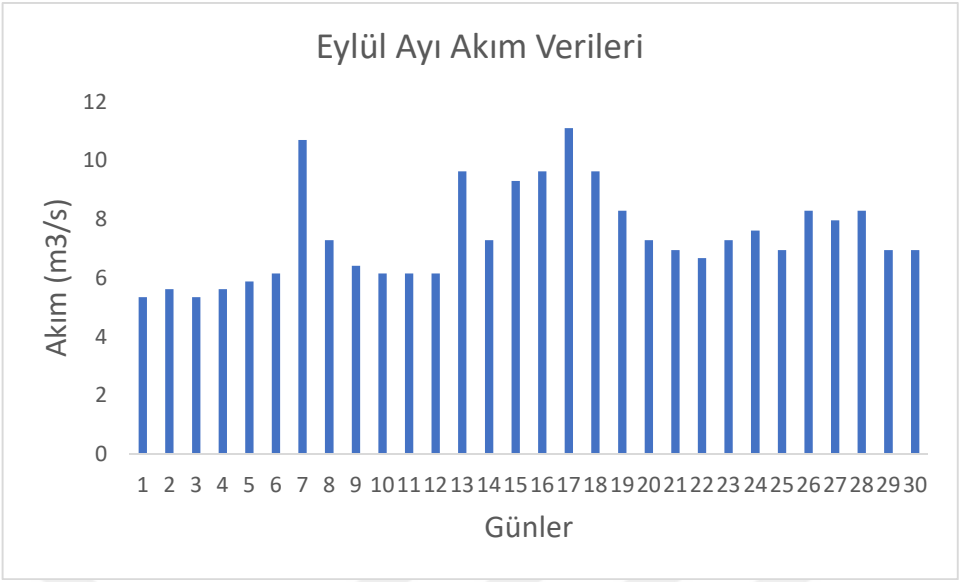
Şekil 4.23 2006 yılı Haziran ayı akım verisi



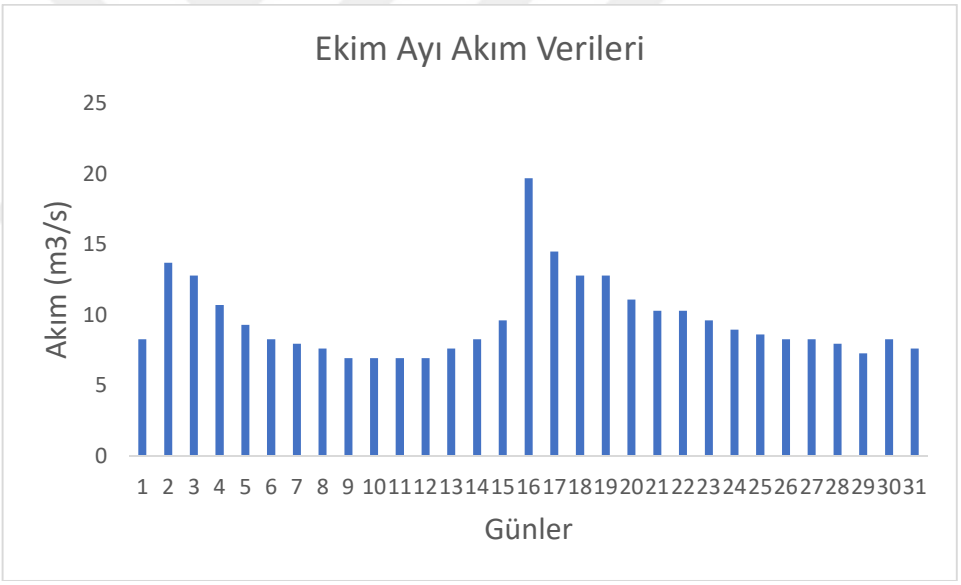
Şekil 4.24 2006 yılı Temmuz ayı akım verisi



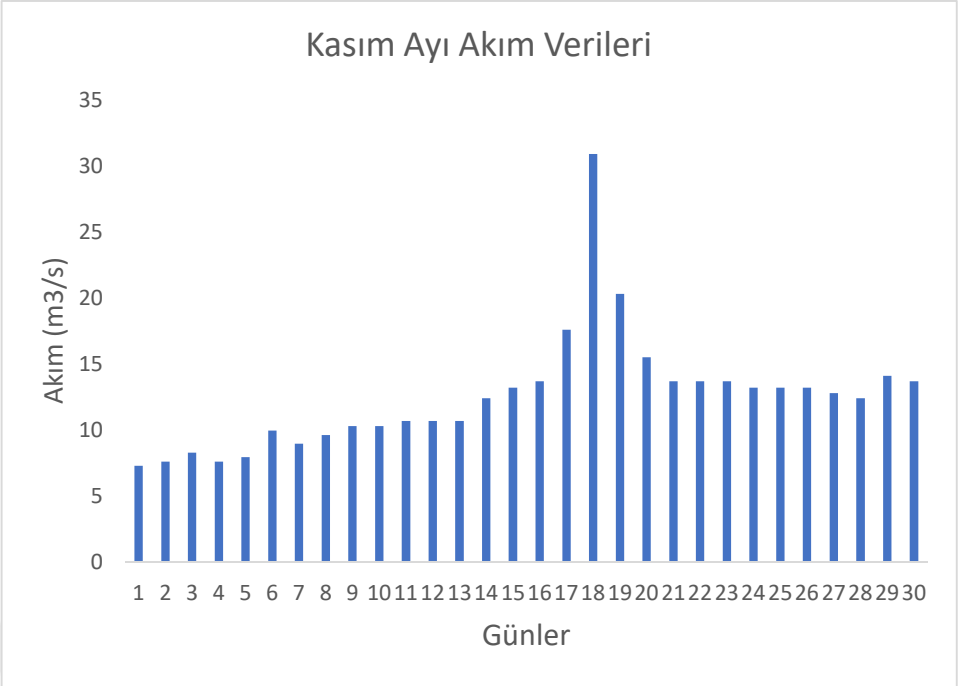
Şekil 4.25 2006 yılı Ağustos ayı akım verisi



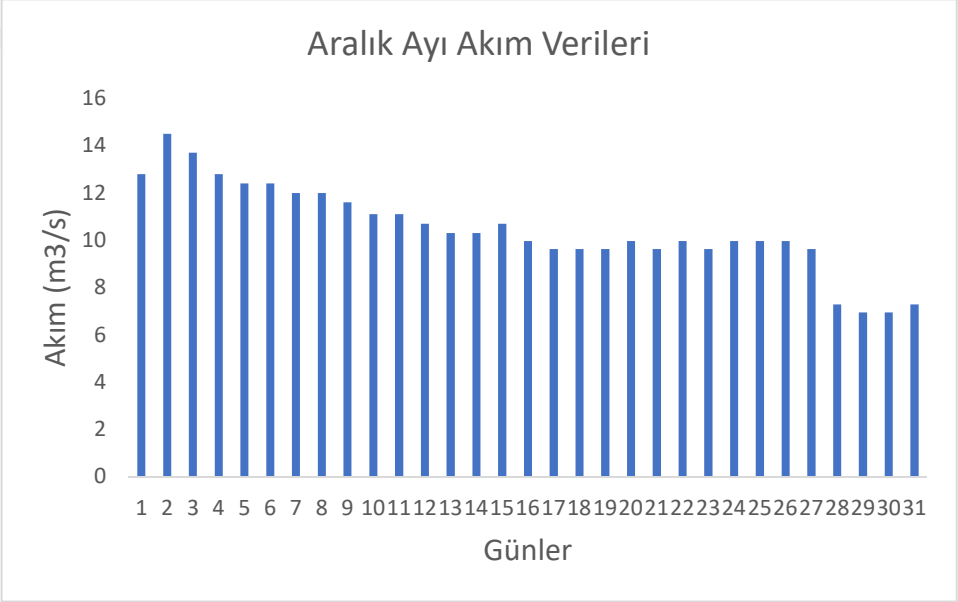
Şekil 4.26 2006 yılı Eylül ayı akım verisi



Şekil 4.27 2006 yılı Ekim ayı akım verisi



Şekil 4.28 2006 yılı Kasım ayı akım verisi

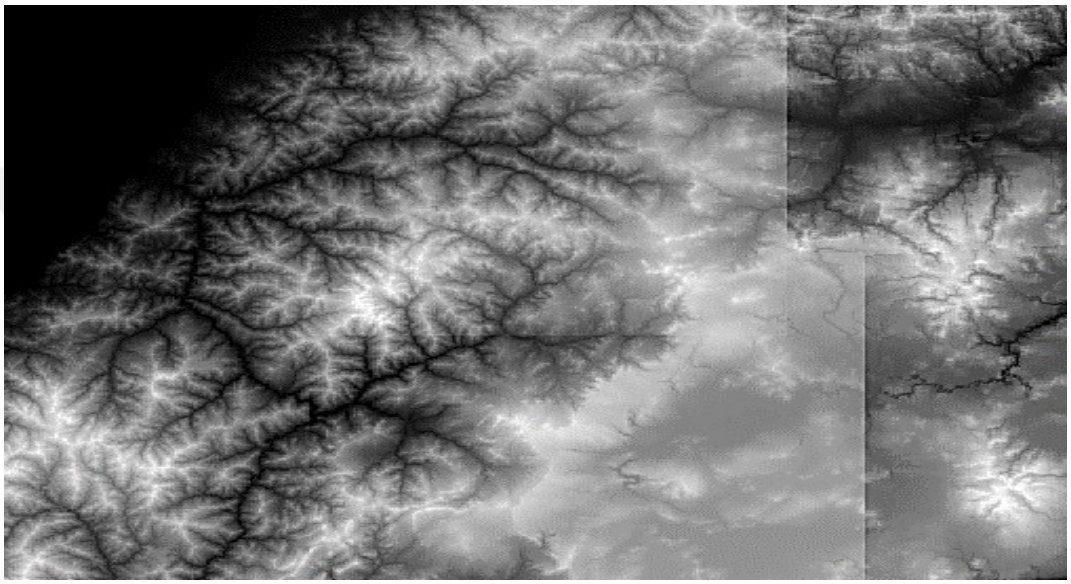


Şekil 4.29 2006 yılı Aralık ayı akım verisi

4.2.3 Jeomorfolojik veriler

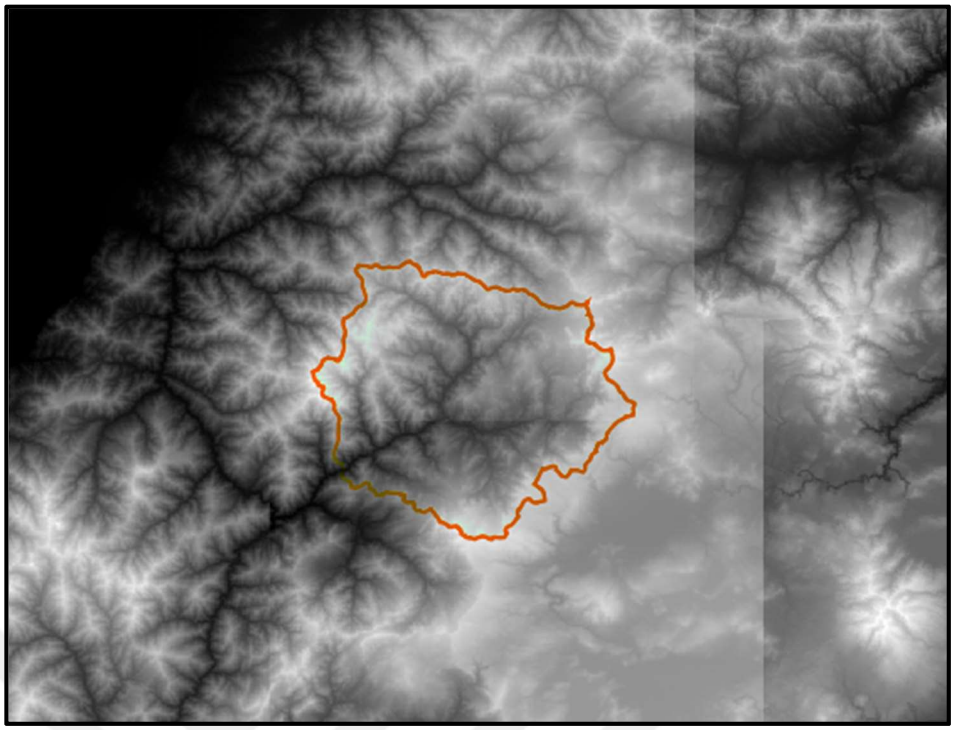
Bu çalışmada, Alaska Üniversitesi'ne ait Alaska Uydu Tesisi (ASF) tarafından sağlanan ALOS PALSAR veri setinin 12,5 m x12,5 çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (DEM) kullanılmıştır.

ALOS PALSAR veri setinden Artvin bölgesinden elde edilen sayısal yükseklik modeli Şekil 4.30'da gösterilmektedir.



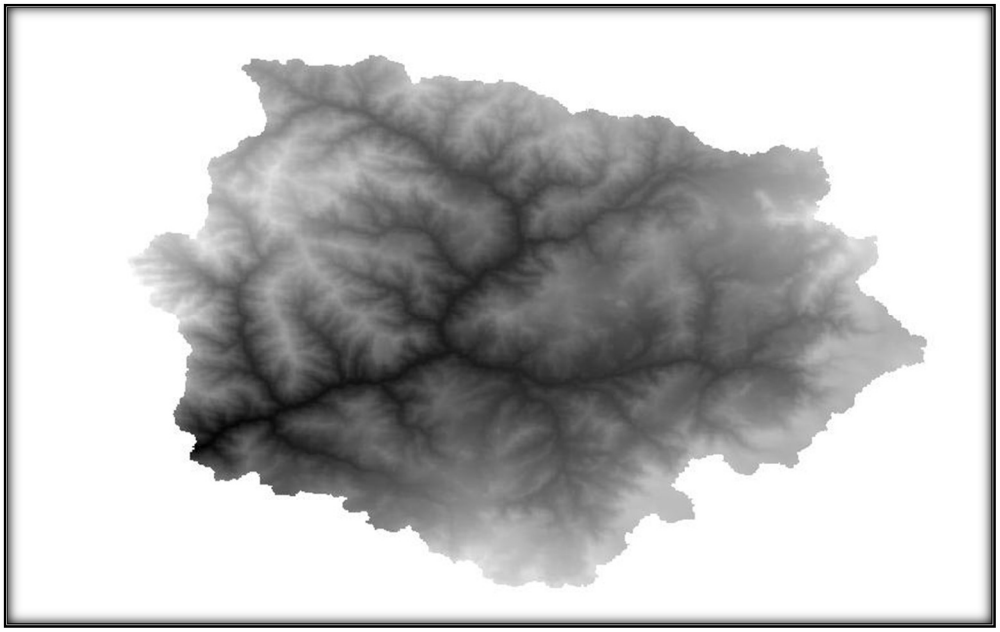
Şekil 4.30 Artvin bölgesinin sayısal yükseklik modeli haritası

Elde edilen sayısal yükseklik modeli, ArcGIS programı yardımıyla çeşitli aşamalardan geçilerek işlenir. Yapılan çalışmada ArcGIS programının hidrolojik analiz araçları kullanılarak havza çıkış noktası EİE - 2334 nolu AGİ olacak şekilde havza sınırları belirlenmiştir. Havza sınırları Şekil 4.31'de gösterilmiştir.



Şekil 4.31 Berta çayı havzası sınırlarının belirlenmesi

Havza sınırları belirlendikten sonra ArcGIS programında mask (maskeleme) işlemiyle Şekil 4.32'de görüldüğü gibi ayrılmaktadır.



Şekil 4.32 Havzanın sayısal yükseklik modeli (DEM) haritası

5. METODOLOJİ

Hidrolojik model, girdiler (yağış, kar erimesi vb.) ile çıktılar (buharlaşma, terleme, akış çıkışı, sızma vb.) arasında bir ilişki oluşturulur. Bu ilişkiler için genellikle birçok parametreye ihtiyaç vardır ve ayrıca modellerin doğruluğu bu parametrelere bağlıdır. Belirli bir alan için uygun ve uygulanabilir model ayrıca değişken zaman verileri ve sayısına da bağlıdır.

5.1 Kayıp Yöntemi (Loss Method)

Bir alt havza unsuru kavramsal olarak sızma, yüzeysel akış ve birlikte etkileşim halindeki yeraltı süreçlerini temsil ederken, gerçek sızma hesaplamaları alt havza içinde yer alan bir kayıp yöntemi ile gerçekleştirilir. Hec-HMS' nin son sürümü olan sürüm 4.9, kullanıcılara toplam 12 kayıp yöntemi kullanma seçeneği sağlamaktadır. Yöntemlerden bazıları öncelikle olay bazlı simülasyon için tasarlanırken, diğerleri sürekli simülasyon için tasarlanmıştır. Tüm kayıp yöntemlerinde kütle korunur. Yani, sızma ve yüzeyde kalan yağış toplamı her zaman gelen toplam yağışa eşit olmaktadır. Olay bazlı ve sürekli simülasyon için çeşitli yöntemlerin uygunluğu Tablo 5.1'de gösterilmiştir. Bu tezde yağış-akış ilişkisinin modellenmesi için Toprak Koruma Hizmeti Eğri Numarası (SCS-CN) kayıp yöntemi seçilmiştir.

Tablo 5.1 Olay bazlı ve sürekli simülasyonlar için kayıp yöntemleri

Kayıp Modeli	Olay Bazlı	Sürekli
Exponential	✓	
Green and Ampt	✓	
Gridded Green and Ampt	✓	
Gridded SCS curve number	✓	
Initial and constant	✓	
SCS curve number	✓	
Smith Parlange	✓	
Deficit and constant		✓
Gridded deficit and constant		✓
Gridded soil moisture accounting		✓
Layered Green and Ampt		✓
Soil moisture accounting		✓

5.1.1 Toprak koruma hizmeti eğri numarası (SCS CN) yöntemi

SCS eğri numarası yöntemi, belirli bir alanda yağıştan kaynaklanan yaklaşık akış miktarını belirlemek için basit, yaygın olarak kullanılan ve verimli bir yöntemdir. SCS Eğri Numarası yöntemi, olay tabanlı bir yöntemdir, bu nedenle büyük ölçüde taşkın hidrografları oluşturmak için kullanılır. HEC-HMS programında on iki farklı kayıp yöntemiyle modelleme yapma imkânı vardır. Tablo 5.2'de gösterildiği gibi bazı yöntemler olay bazlı modelleme yöntemi, diğerleri ise sürekli simülasyon için tasarlanmıştır.

Tablo 5.2 HEC-HMS model yazılımında yer alan kayıp (loss) yöntemleri

Kayıp Yöntemleri	Kategori
Initial and Constant Rate	Olay bazlı Topaklı(lumped) Deneysel Uygun parametre
SCS Curve Number	Olay bazlı Topaklı(lumped) Deneysel Uygun parametre
Gridded SCS CN	Olay bazlı Dağılımlı(distributed) Deneysel Uygun parametre
Green and Ampt	Olay bazlı Dağılımlı(distributed) Deneysel Uygun parametre
Deficit and Constant Rate	Sürekli Topaklı(lumped) Deneysel Uygun parametre
Soil Moisture Accounting(SMA)	Sürekli Topaklı(lumped) Deneysel Uygun parametre
Gridded SMA	Sürekli Dağılımlı(distributed) Deneysel Uygun parametre

Kayıp yöntemi olay bazlı durumlar için tasarlanmış olsa da, ortalama yıllık akış değerlerini bulmak için kullanılabilir. Bu yöntem için gereksinimler çok sınırlı olabilir. Sadece yağış miktarı ve eğri numarası bağlı kalarak modelleme yapmak mümkün. Eğri numarası, alanın hidrolojik toprak grubuna, arazi kullanımına ve nem durumuna bağlıdır. Yöntemin amacı, belirli bir yağış ve toprak verilerine karşılık gelen, basit ve yeterince doğru akış oranları elde etmektir. Yöntem USDA tarafından kontrol havuzlarında yapılan binlerce sızma testi ile oluşturulmuştur (Woodward vd., 2002).

5.1.1.1 Temel kavramlar ve denklemler

Toprak Koruma Hizmeti Eğri Numarası (SCS-CN) modeli, aşağıdaki denklemi kullanarak kümülatif yağış, toprak örtüsü, arazi kullanımı ve toprak ön neminin bir fonksiyonu olarak akış hacmini tahmin eder.

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a)+S} \tag{5.1}$$

Burada;

'Q' t zamanda meydana gelen akış yüksekliği (mm); 'P (precipitation)' t zamandaki yağış miktarı; 'I_a'(initial abstraction) akıştan önceki tüm kayıpları hesaba katan parametre; 'S' mm cinsinden ise akış başladıktan sonra potansiyel maksimum tutulan yağış miktarıdır.

Birçok küçük deneysel havzadan elde edilen analizlerden sonra SCS tarafından I_a ve S arasında aşağıdaki gibi ampirik bir ilişki geliştirilmiştir. I_a, S'nin bir yüzdesi olarak tanımlanabilir.

$$I_a = 0.2S \tag{5.2}$$

Bu nedenle 5.3 denklemi, daha basitleştirilmiş bir şekilde yazılabilir.

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)} \tag{5.3}$$

CN parametresi, S parametresinin bir dönüşümüdür ve aşağıdaki gibi ilişkilendirilebilir.

$$S = \frac{25400-254Cn}{Cn} \tag{5.4}$$

Denklem 5.4' te CN, 0 ila 100 arasında boyutsuz bir değişkendir. CN değerinin 100'e eşit olması; yağış olayında toprakta sızma gerçekleşmediği, yağış yüksekliğinin akışa eşit olduğunu gösterir.

5.2 Dönüşüm (Transform) Metodu

HEC-HMS, yüzey akış hesaplamalarını gerçekleştirmek için yedi farklı dönüşüm yöntemine sahiptir: Clark' ın Birim Hidrografı, Kinematik Dalga, ModClark, SCS Birim Hidrografı, Snyder' in Birim Hidrografı, kullanıcı tanımlı S-grafiği ve kullanıcı tanımlı Birim Hidrografı. Bazı yöntemler tümsel (lumped) ve bazı yöntemler de dağılımlı (distributed) olmak üzere programda sunulan toplam sekiz farklı dönüşüm yöntemi mevcuttur. Bu dönüşüm yöntemleri Tablo 5.3'te belirtilmiştir.

Tablo 5.3 HEC-HMS programı dönüşüm (transform) yöntemleri

Dönüşüm Yöntemleri	**Kategori**
User-Specified Unit Hydrograph (UH)	✓ Olay bazlı ✓ Tümsel (lumped) ✓ Deneysel ✓ Uygun parametre
Clark's UH	✓ Olay bazlı ✓ Tümsel (lumped) ✓ Deneysel ✓ Uygun parametre
Synders's UH	✓ Olay bazlı ✓ Tümsel (lumped) ✓ Deneysel ✓ Uygun parametre
SCS UH	✓ Olay bazlı ✓ Tümsel (lumped) ✓ Deneysel ✓ Uygun parametre
Mod Clark	✓ Olay bazlı ✓ Dağılımlı (distributed) ✓ Deneysel ✓ Uygun parametre
Kinematic Wave	✓ Olay bazlı ✓ Tümsel (lumped) ✓ Deneysel ✓ Ölçülü parametre

5.2.1 Toprak koruma hizmeti birim hidrograf yöntemi

Havza modelinde dönüşüm metodu için SCS Birim Hidrograf yöntemi (SCS Unit Hydrograph) uygulanmıştır. Bu yöntem için gerekli faktör, Denklem 5.6' dan elde edilen gecikme süresidir. Bu çalışmanın amacı ve havzanın akış simülasyonunda S ve CN değerlerinin önemi göz önünde bulundurularak bu denklem kullanılmıştır.

$$t_c = \frac{\left(0.26878 * L^{0.8} * (S+25.4)^{0.7}\right)}{1140 * y^{0.5}} \tag{5.5}$$

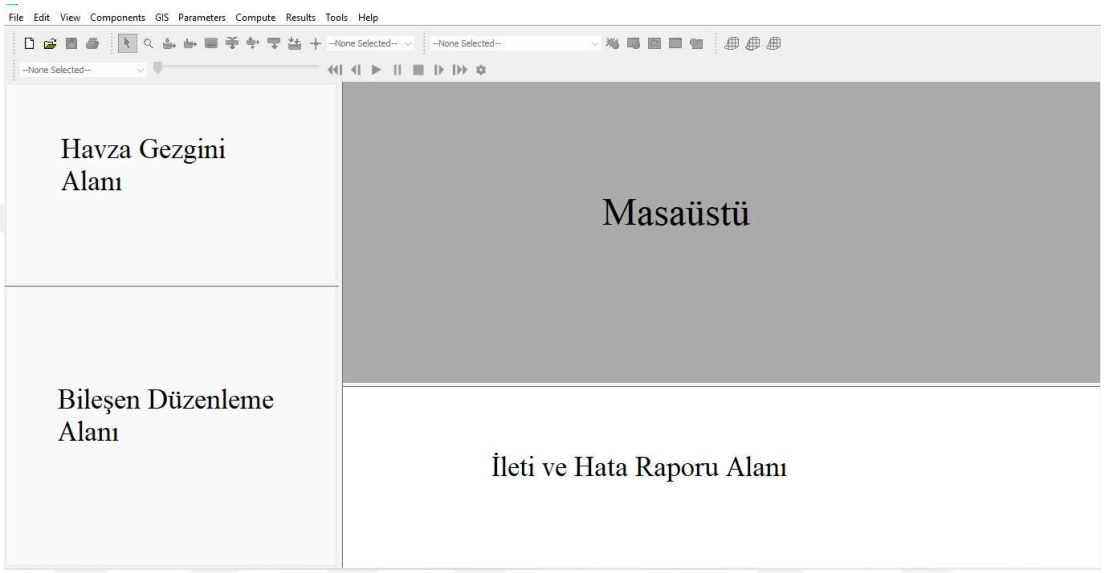
$$t_{lag} = 0.6 * t_c \tag{5.6}$$

Bu denklemde ‘L’ akarsu havzasının m cinsinden uzunluğu; ‘y’ yüzde olarak akarsuyun eğimi; ‘t_c’ saat cinsinden konsantrasyon süresi; ‘t_{lag}’ saat cinsinden gecikme süresi ve ‘S’ mm cinsinden potansiyel maksimum tutulan yağış miktarıdır. S değeri, Denklem 5.4’ te belirtildiği gibi eğri numarası (CN) değerine bağlıdır.

6. HEC-HMS MODEL SİMÜLASYONU

6.1 Program Arayüzü

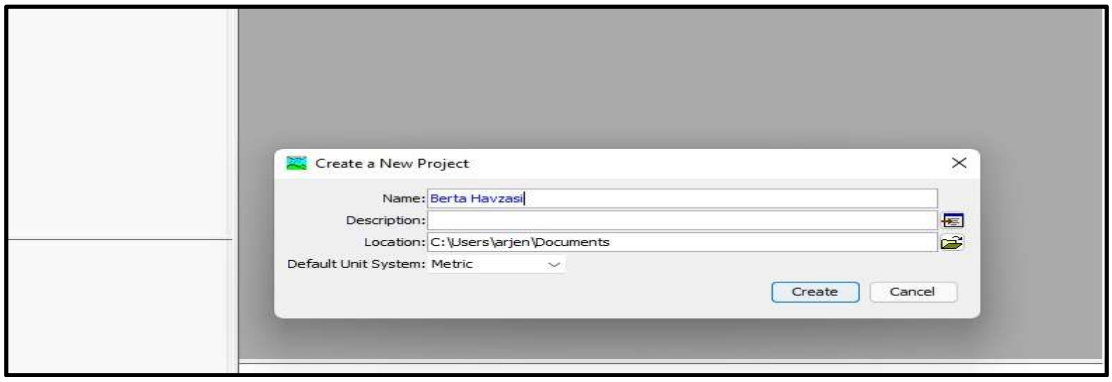
HEC-HMS arayüzü bir menü çubuğu, araç çubuğu ve dört bölmeden oluşur. Bu bölmeler, Şekil 6.1'de gösterildiği gibi Havza Dosya Gezgini Alanı (Watershed Explorer), Bileşen Düzenleme Alanı (Component Editor), İleti Bölümü (Message Log) ve Masaüstü Alanı (Desktop) olarak adlandırılır.



Şekil 6.1 HEC-HMS programı ara yüzü

6.2 Yeni Bir HEC-HMS Projesi Oluşturma

Ana menüde dosya (file) kısmında yeni (new) sekmesine tıklanır. Projeyi kaydetmek istediğimiz yer belirlenir ve oluşturulan projeye Berta Havzası ismi verilmiştir. Projede kullanılan veriler metrik sistemde olduğu için varsayılan birim sistemi metrik olarak seçilmiştir (Şekil 6.2).

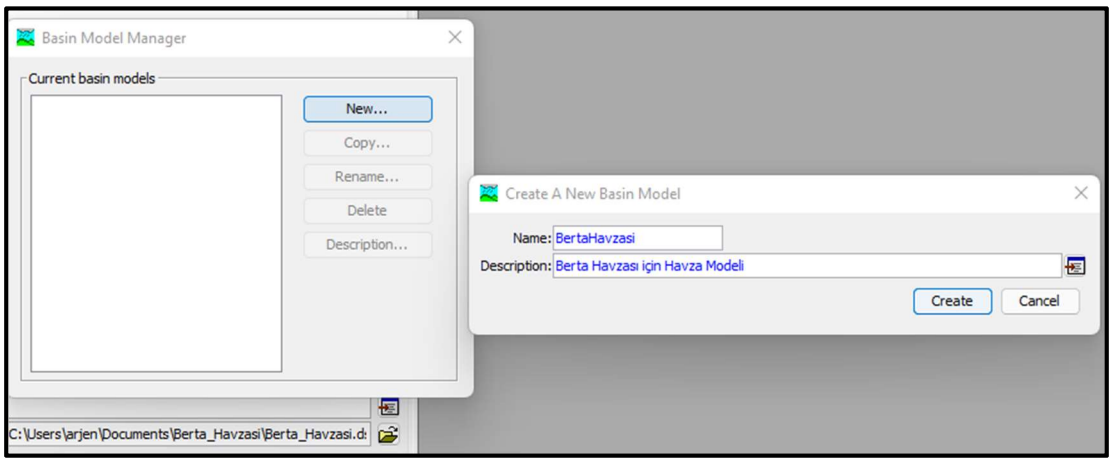


Şekil 6.2 Yeni proje oluşturma ekranı

6.3 Havza Modeli Oluşturma

Bir havza modeli, bir HEC-HMS projesinde havzanın fiziksel tanımını temsil eder. İlk olarak, boş bir havza modeli oluşturulur ve daha sonra bir havzanın tam tanımını oluşturmak için gereken tüm gerekli bilgilerle doldurulur. Bir havza modeli, fiziksel tanımlamaya ek olarak, havzanın hidrolojisini simüle etmede kullanılacak matematiksel yöntemler (veya denklemler) ve bu denklemlerdeki tüm değişkenler için değerler hakkında bilgiler de içerir. Tüm denklemlerdeki değişkenlerin yani parametrelerin değerlerini değiştirerek modelden farklı sonuçlar elde edilir.

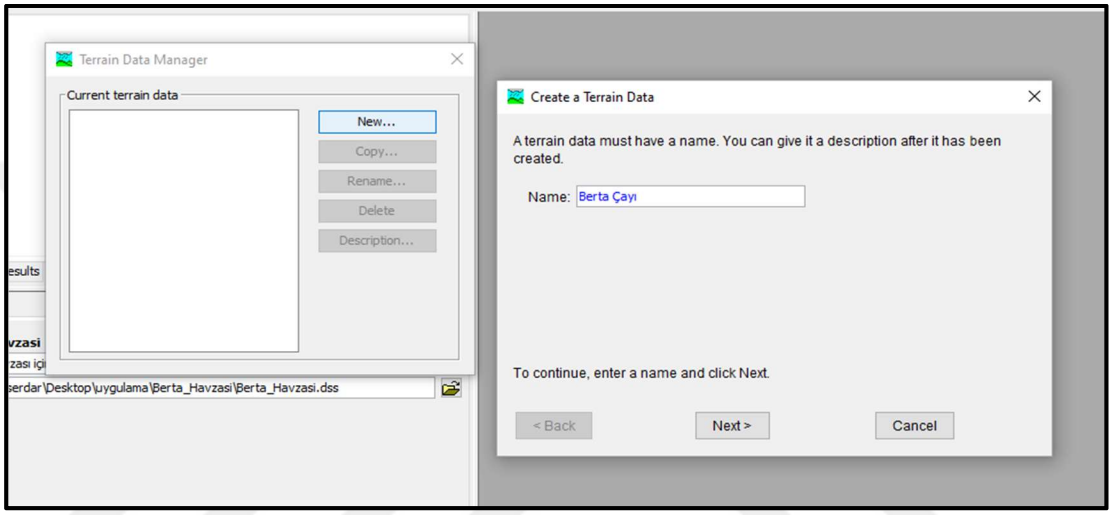
Bir havza modeli oluşturmak için, Şekil 6.3' te gösterildiği gibi bileşenler (component) bölümünde havza model yöneticisi (Basin Model Manager) sekmesi seçilir. Ardından yeni'ye (new) tıklanır ve aşağıda gösterildiği gibi havzanın adı ve bazı temel açıklamalar girilir ve oluştur'a (Create) tıklanır.



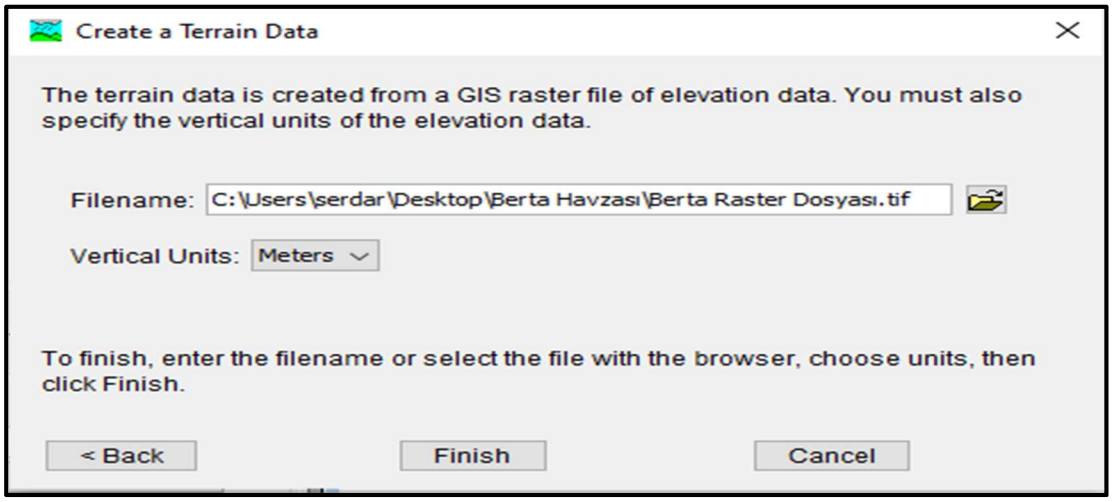
Şekil 6.3 Havza oluşturma ekranı

6.4 Arazi Verisi Oluşturma

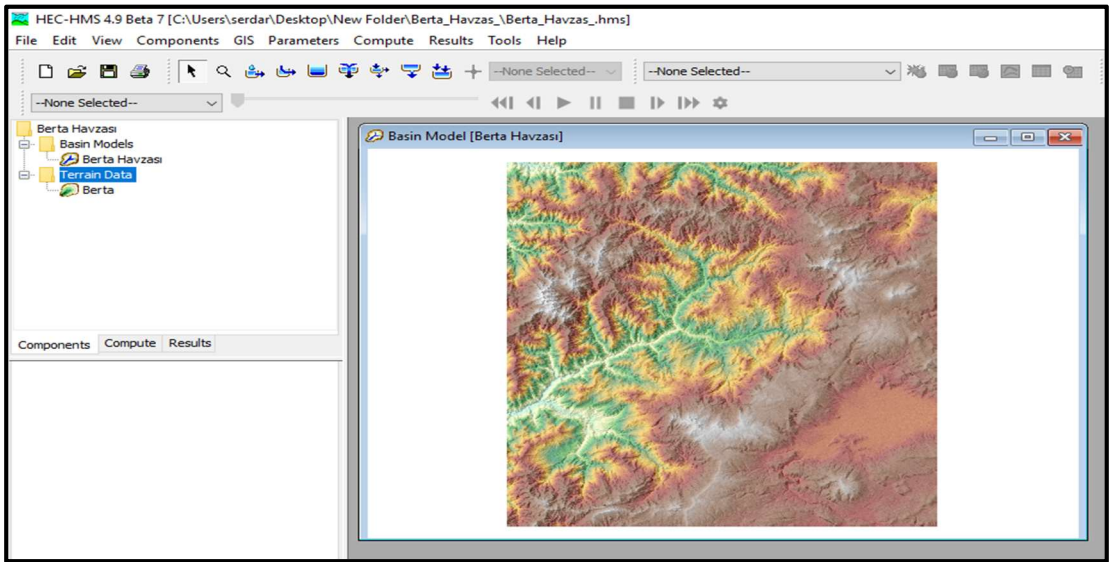
Arazi verilerini programa eklemek için, Bileşenler (Component) bölümünde Arazi Verisi (Terrain Data Manager) sekmesi seçilir. Daha sonra Yeni'ye (New) tıklanır ve Şekil 6.4'te gösterildiği gibi arazinin adı girilir ve sonraki (next) sekmesine tıklanır. Daha sonra havzanın sayısal yükseklik verilerini içeren raster dosyası programa yüklenir. Şekil 6.5'te görüldüğü gibi raster dosyası yükledikten sonra Şekil 6.6'da görüldüğü gibi havzanın renkli bir DEM haritası elde edilir.



Şekil 6.4 Havza verisi oluşturma ekranı



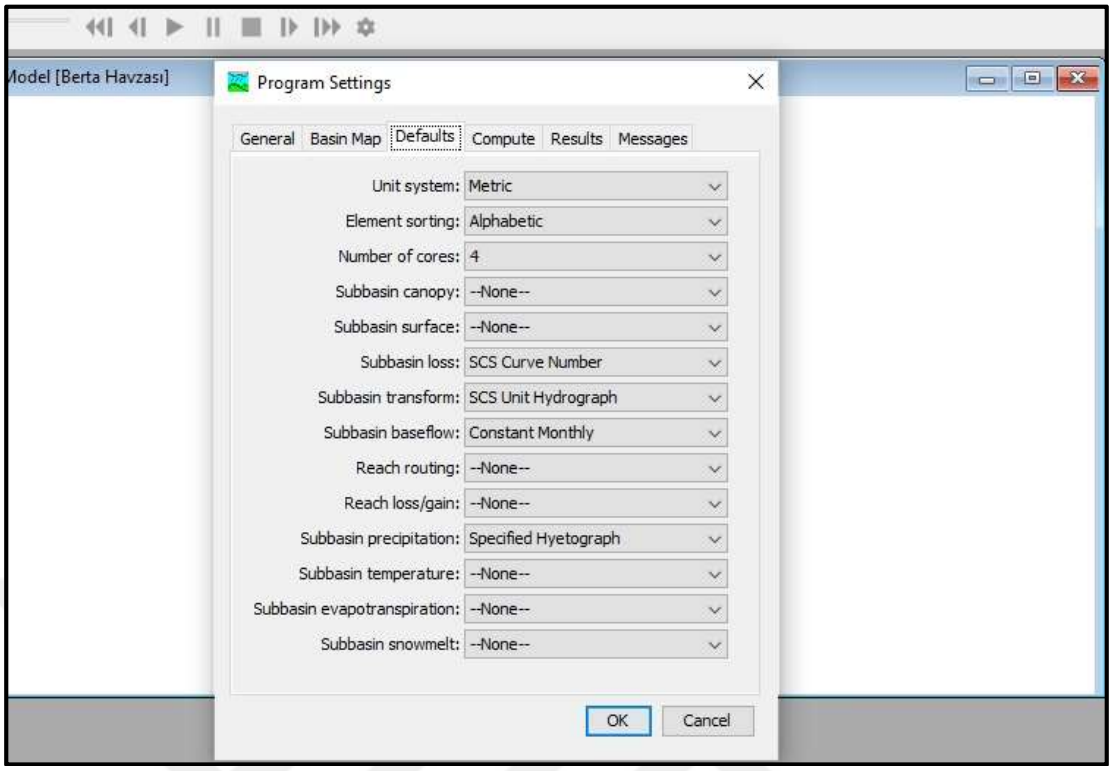
Şekil 6.5 Raster dosyası yükleme ekranı



Şekil 6.6 Havzanın DEM haritası

6.5 Havzada Uygulanacak Yöntemleri Seçme

Program ayarlarındaki her seçenek (Şekil 6.7), havza modelindeki bir "yöntem" ile ilgilidir. Her bir yöntem hidrolojik bir süreci temsil etmektedir. Canopy yöntemi, kullanıcıların havzadaki buharlaşmayı modellemesine olanak tanır. Bu havza için bu yöntemi görmezden geleceğiz. Yüzey (Surface) yöntemi, kullanıcıların havzadaki su birikintilerinde, hendeklerde ve zemin yüzeyindeki diğer çöküntülerde tutulan suyun temsil etmesine olanak tanır. Yine, bu havza için yüzey yöntemini göz ardı edeceğiz. Sonraki yöntem, kullanıcıların yağıştan kaynaklanan kayıpları (sızma nedeniyle kaybedilen su) temsil etmesine olanak tanır. Bir kısmı sızma nedeniyle kaybolduğu için tüm yağışların akış haline gelmediğini biliyoruz. Kayıp (Loss) yöntemi, kullanıcıların bu sızıntıyı çeşitli denklemler kullanarak modellemesine olanak tanır. Bu havzada 12 kayıp yönteminden biri olan SCS Curve Number yöntemi kullanılmıştır. Bir sonraki yöntem olan Dönüşüm (Transform) yönteminde, SCS Unit Hydrograph metodu kullanılmıştır. Yağış seçeneğinde Specified Hyetograph metodu tercih edilmiştir. Bunların dışındaki yöntemleri bu havzada göz ardı edilmiştir.



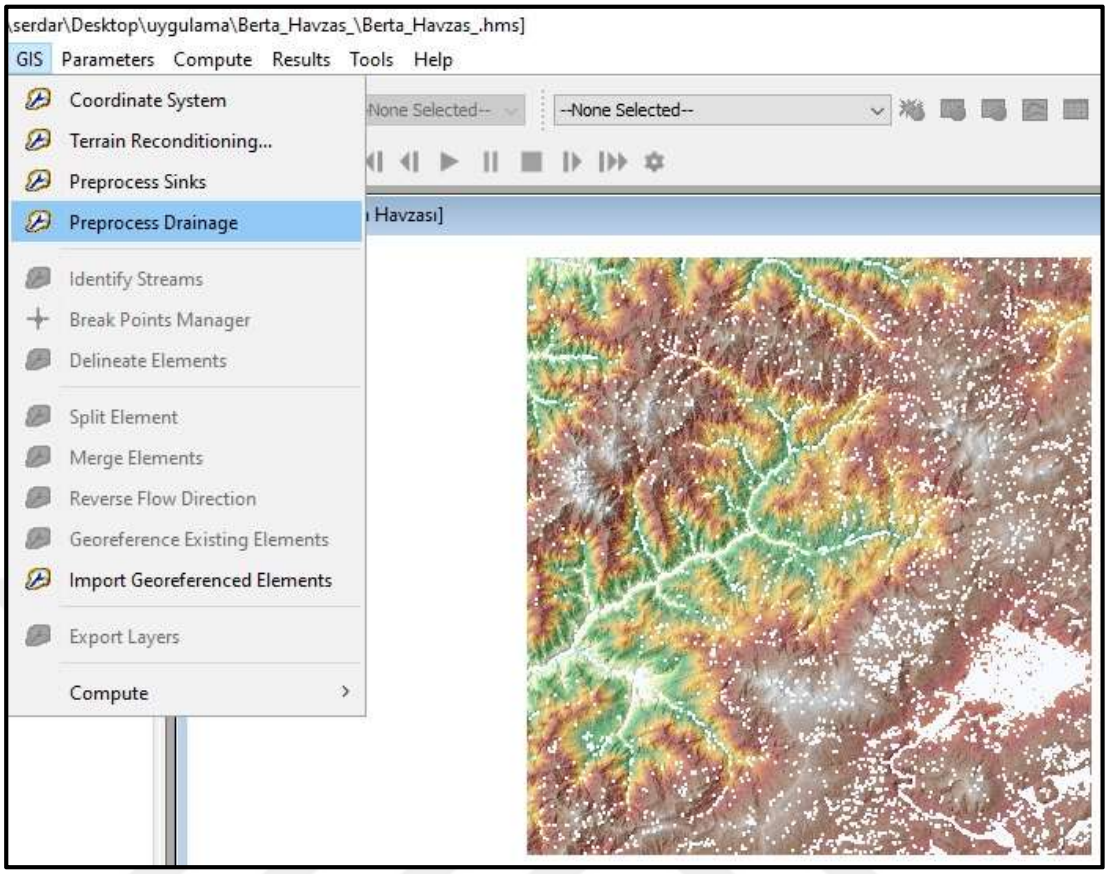
Şekil 6.7 Havzada uygulanacak yöntemler ekranı

6.6 GIS Ön işlemi Uygulaması

6.6.1 Çıkış noktası ve drenaj ağı ön işleme

Programın GIS bileşeninde çıkış noktası (preprocess sinks) ve drenaj ağının ön işlemi (preprocess drainage) sekmesinin seçilmesi, hidrolojik olarak düzeltilmiş sayısal yükseklik modeli (DEM) ve raster haritası elde etmek için gereklidir (Bkz. Şekil 6.8). Havza modeline atanan arazi verileri hidrolojik olarak düzeltilmiş bir DEM ise bu adım gerekli değildir.

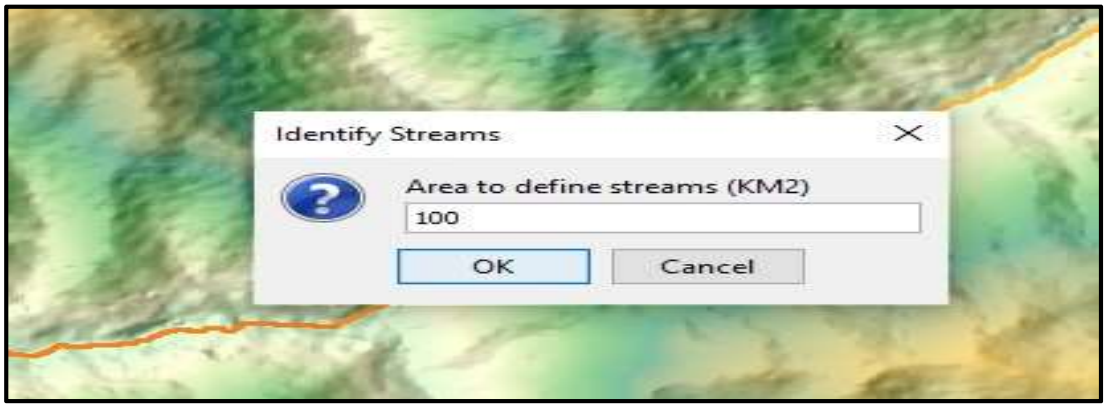
Programın GIS bileşeninde drenaj ağının ön işleminin (preprocess drainage) seçilmesi, arazi veri rasterindeki her ızgara hücresi için akış yönünü ve akış birikimini belirlemek için bir algoritma çalıştıracaktır. Bu işlemden önce 'Preprocess Sink' komutunun çalıştırılması bu algoritmanın hidrolojik olarak düzeltilmiş DEM kullanılmasına olanak sağlayacaktır. Bu nedenle bu işlemlerin sırasıyla yapılması programın sağlıklı çalışması açısından önemlidir.



Şekil 6.8 Düzenlenmiş drenaj ağı haritası

6.6.2 Akış tanımlama

Bir havza modelinde ilk kez 'Akışları Tanımla' (Identify Streams) öğesinin seçilmesi, bir akışın nerede başladığını tanımlayacak drenaj birikim eşiğini girmemizi gerektiren bir komut istemi üretecektir (Bkz. Şekil 6.9). Rasterin çözünürlüğüne bağlı olarak bir varsayılan sağlanır. Girdiğimiz değer, ortaya çıkan alt havza elemanları için yaklaşık drenaj alanı olacaktır. Bu çalışma için 100 km^2'lik drenaj alanı seçilmiştir.

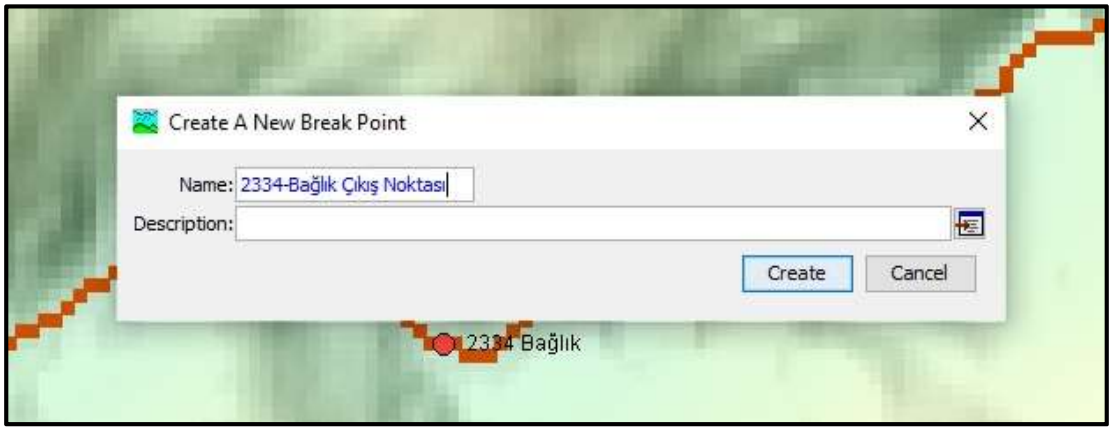


Şekil 6.9 Alt havzalar için drenaj alanı seçimi ekranı

6.6.3 Çıkış noktası belirleme ve alt havzalar oluşturma

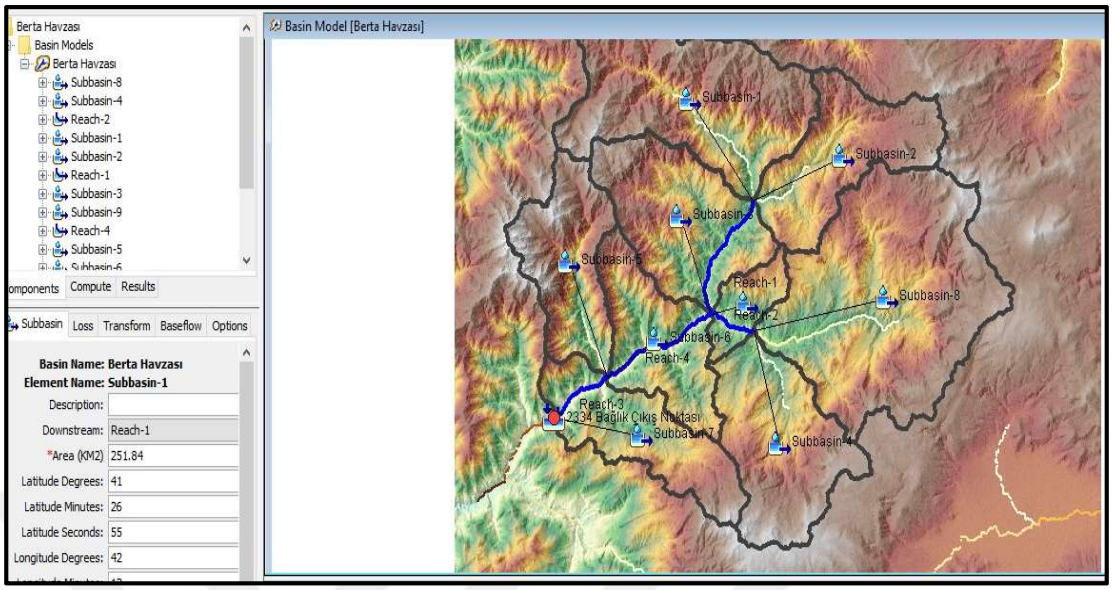
Çıkış noktası belirleme sekmesi, havza modelinde tanımlanan herhangi bir kırılma noktasının açıklamasını görüntülememize, yeniden adlandırmamıza, silmemize veya değiştirmemize olanak tanır. Varsayılan olarak, bir havza modeli herhangi bir kırılma noktası içermez. Bir havza tanımlamasını gerçekleştirmek için bir havza çıkışını tanımlayan en az bir kırılma noktası gereklidir. Ek kırılma noktaları, o konumda bir alt havza elemanının tanımlanmasını zorlayacaktır.

Bu çalışmada, çıkış noktası olarak 42° 02' 00" D - 41° 12' 35" K koordinatlı Bağlık mevkiindeki 2334 nolu akım gözlem istasyonu, çıkış noktası olarak belirlenmiştir (Bkz. Şekil 6.10).



Şekil 6.10 Havza çıkış noktası belirleme ekranı

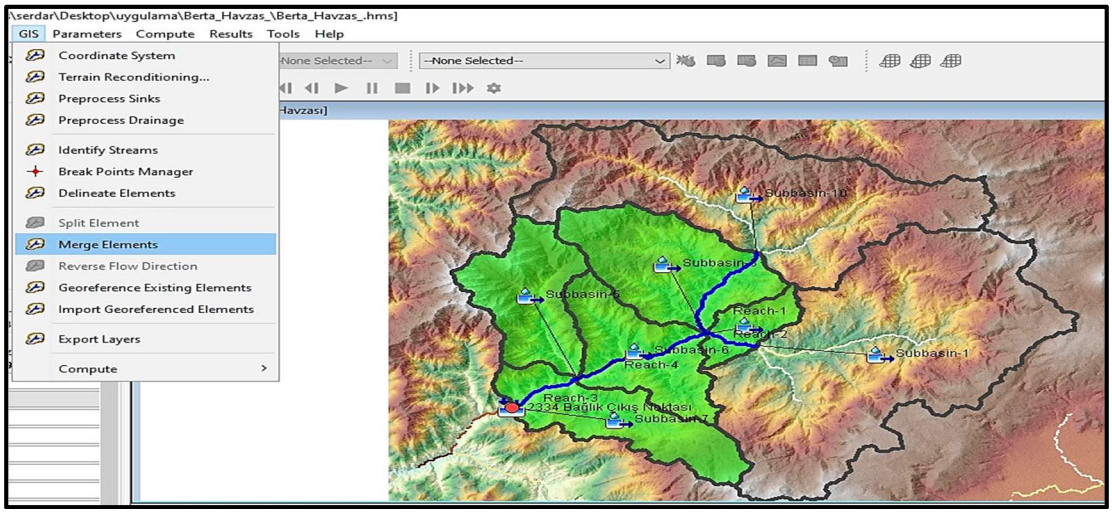
Bu işlemden sonra havzada; alt havzalar ve akış ağı meydana geldi (Bkz. Şekil 6.11).



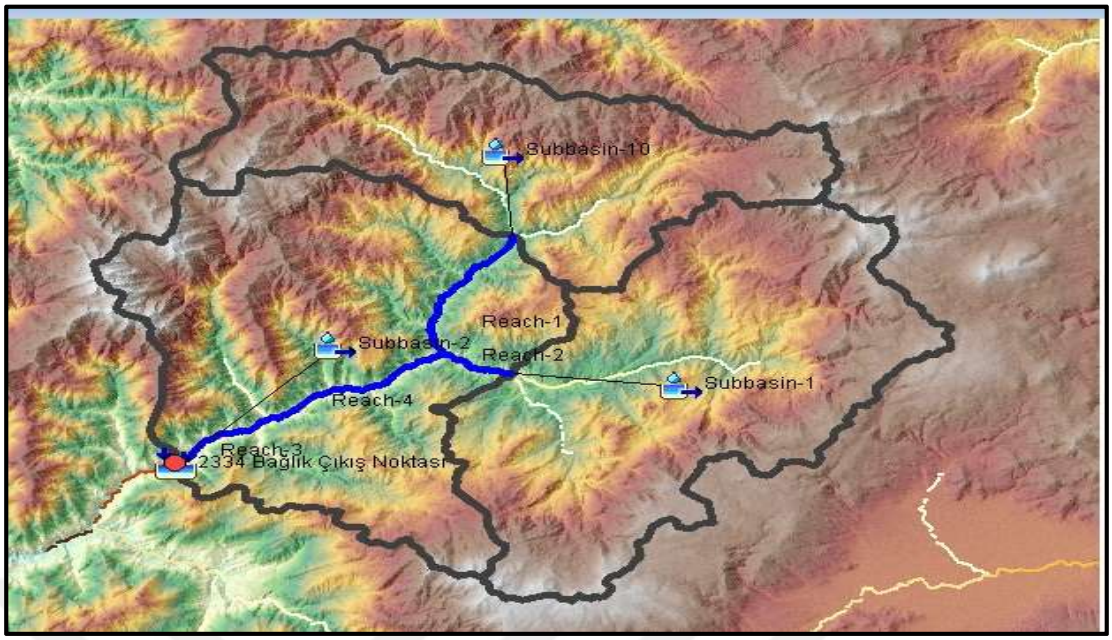
Şekil 6.11 Alt havzalar ve akış ağı

6.6.4 Alt havzaları birleştirme

Bu programın bize sunduğu avantajlardan biri de deneme yanılma yoluyla modelleme üzerinde değişikler yapabilme imkanı sağlamasıdır. Hem yapılan denemelerden elde edilen sonuçlardan hem de elimizde bulunan verilerden dolayı 8 alt havzayı birleştirerek üç alt havza üzerinde üzerinde çalışmak daha verimli sonuçlar elde etmek açısında uygun olmuştur (Bkz. Şekil 6.12 ve Şekil 6.13).



Şekil 6.12 Alt havzaların birleştirilmeden önceki halinin görüntüsü



Şekil 6.13 Alt havzaların birleştirilmiş halinin görüntüsü

6.7 Kayıp Metodu Parametrelerini Belirleme

Bu çalışmada, Berta Havzası' nın yağış-akış ilişkisinin modellenmesi için Kayıp (Loss) yöntemilerinden biri olan SCS Curve Number metodu kullanılmıştır. SCS Curve Number metodu için gerekli olan eğri numarası (CN) değeri, HEC-HMS' te oluşturulan alt havzaların veri dosyaları ArcGIS programına yüklenerek elde edilmiştir (Bkz. Tablo 6.1).

Tablo 6.1 Alt havzalara ait eğri numarası değerleri

Alt Havzalar	Eğri Numarası (CN)
2334 nolu Bağlık Alt havzası	65
2333 nolu Köprükaya alt havzası	70
2326 nolu Dutlu Alt havzası	68

6.8 Dönüşüm Metodu Parametrelerini Belirleme

Bu çalışmada, Berta Havzası' nın yağış-akış ilişkisinin modellenmesi için Dönüşüm (Transform) yöntemlerinden biri olan SCS Unit Hydrograph metodu kullanılmıştır. Bu metod için ihtiyaç olan parametre (6.2) formülünde ifade edilen gecikme süresi (lag

time) değeridir. Gecikme süresini bulabilmek için (6.1) formülünde belirtildiği gibi toplanma süresine ihtiyaç vardır. Toplanma süresi (time of concentration) havzadaki suyun en uzak noktadan çıkış noktasına gelene kadar geçen süreyi saat olarak temsil etmektedir.

$$t_c = \frac{\left(0.26878 * L^{0.8} * (S+25.4)^{0.7}\right)}{1140 * y^{0.5}} \tag{6.1}$$

$$t_{lag} = 0.6 * t_c \tag{6.2}$$

Toplanma süresi (t_c) formülünde yer alan parametre değerleri, HEC-HMS programının parametreler gezgininin karakteristikler bölümünde tablo şeklinde elde edilmektedir (Bkz. Şekil 6.14).

Subbasin Characteristics [Basin]

Filter: --None--

Subbasin	Longest Flowpath Length (KM)	Longest Flowpath Slope	Centroidal Flowpath Length (KM)	Centroidal Flowpath Slope	10-85 Flowpath Length (KM)	10-85 Flowpath Slope	Basin Slope	Basin Relief (M)	Relief Ratio	Elongation Ratio	Drainage Density (KM/KM²)
Subbasin-1	50,82410	0,05215	14,10225	0,01486	38,11807	0,03246	0,51214	3021,00000	0,05944	0,54257	0,07998
Subbasin-2	38,50109	0,04941	11,55142	0,02143	28,87582	0,05006	0,34026	2362,00000	0,06135	0,68915	0,05064
Subbasin-3	34,83444	0,06064	6,62359	0,03344	26,12583	0,04687	0,45562	2277,00000	0,06537	0,64845	0,05916

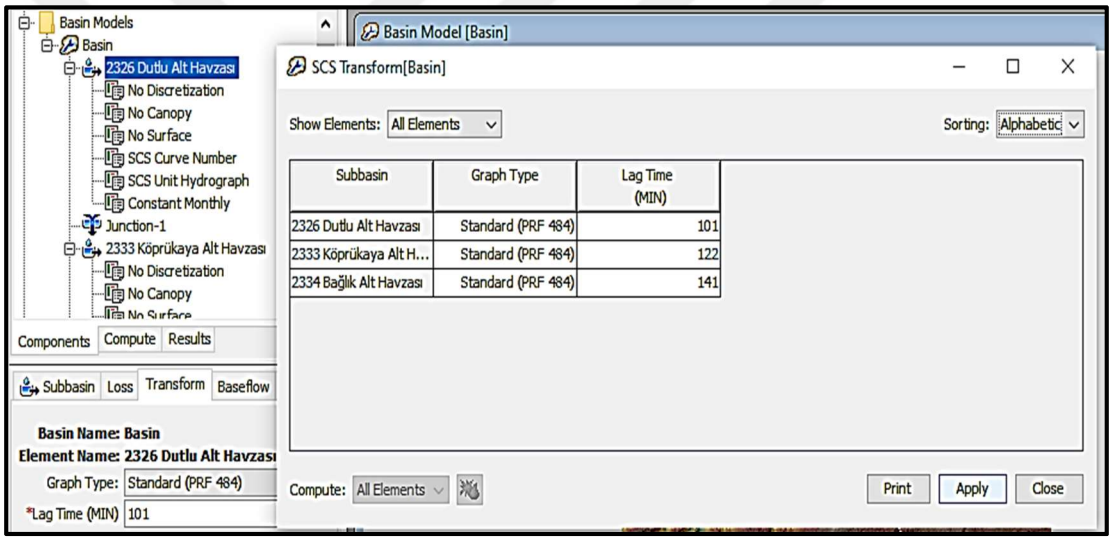
Şekil 6.14 Alt havzalara ait karakteristik değerleri

Şekil 6.14' ten elde edilen parametre değerleri (6.1) formülünde yerine bırakıldığında Tablo 6.2' deki değerler elde edilir.

Tablo 6.2 Toplanma süresinde kullanılan parametre değerleri

Subbasin	Curve Number	L(flow lenght(km))	Y(Slope)	S	L(ft)	Y(%)	Tc	Lag(h)	Lag(min)
2334	65	50,00	0,51	5,38	160442	51	3,94	2,36	141,78
2333	70	38,00	0,34	4,29	121935,92	34	3,39	2,04	122,15
2326	68	34,00	0,46	4,71	109100,56	46	2,82	1,69	101,36

Tablo 6.2' den görüleceği 2334 Bağlık alt havzası, 2333 Köprükaya alt havzası ve 2326 Dutlu alt havzası için gecikme süresi (t_{lag}) srasıyla 141, 122 ve 101 dakika olarak bulunmuştur. Bu gecikme süresi değerleri manuel olarak HEC-HMS programına eklenmiştir (Bkz. Şekil 6.15).

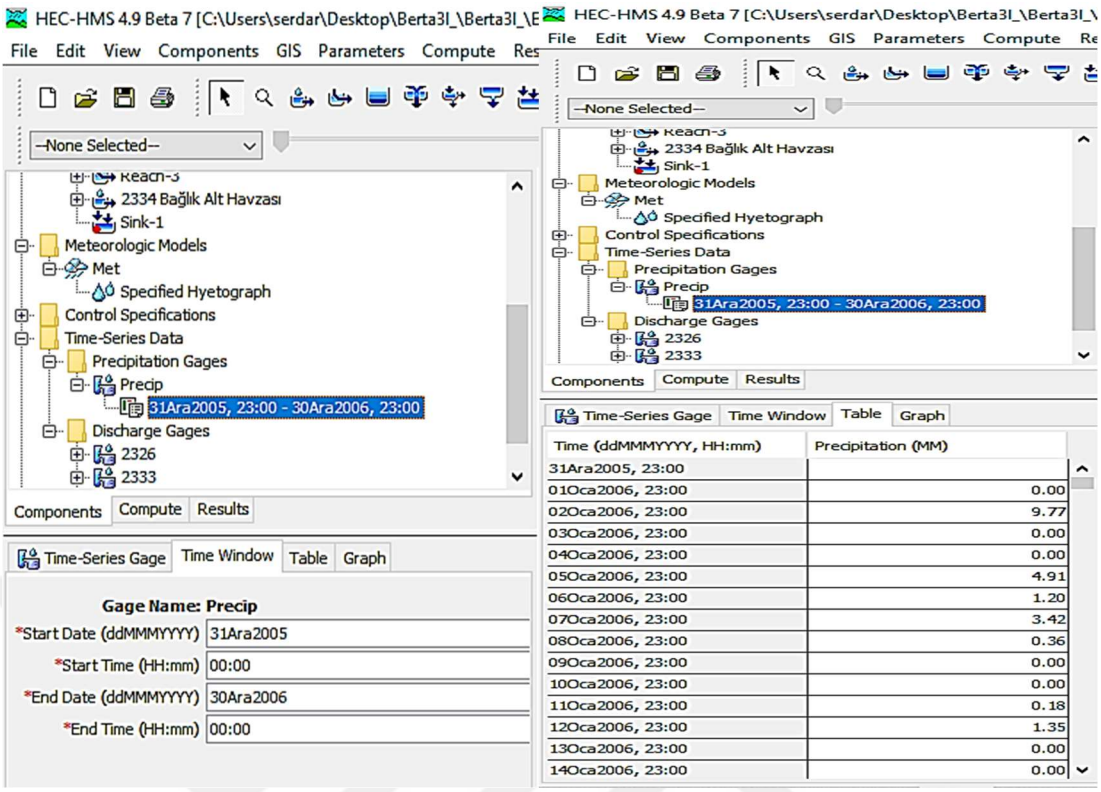


Şekil 6.15 Alt havzaların gecikme süresi değerleri tablosu

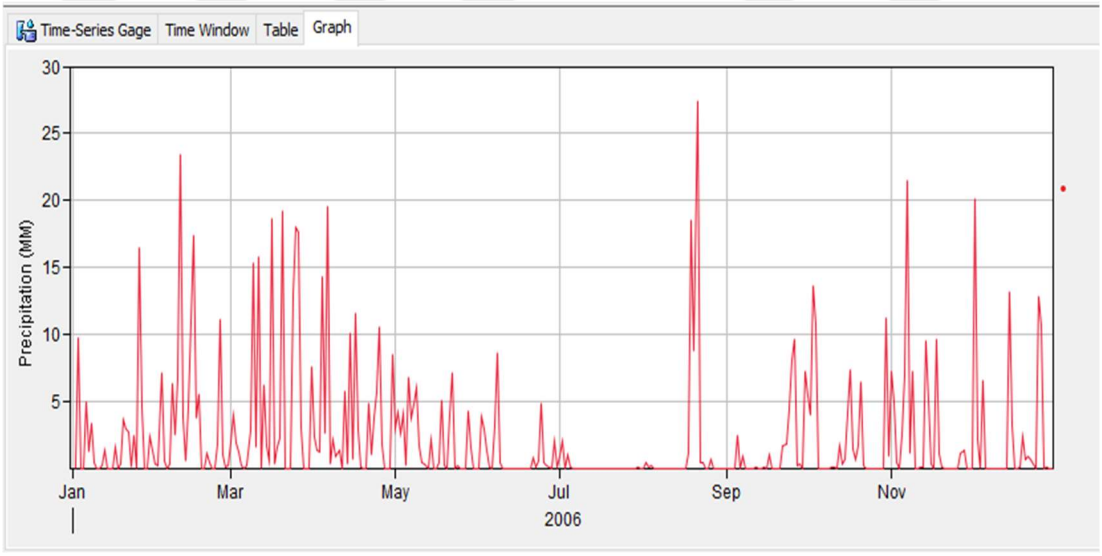
6.9 Meteorolojik Model Oluşturma

HEC-HMS programında modelleme için dakikalık, saatlik ve günlük gibi zaman aralığı seçme imkânı vardır.

Bu çalışmada 01/Ocak/2006-31/Aralık/2006 tarihleri arası günlük yağış verileri kullanılmıştır. Yağış verileri, HEC-HMS programının zaman serisi veri yönetici bölümünde işlenir. Bu bölümde veri türü olarak yağış seçildikten sonra zaman aralığı ve periyodu seçilir (Bkz. Şekil 6.16).



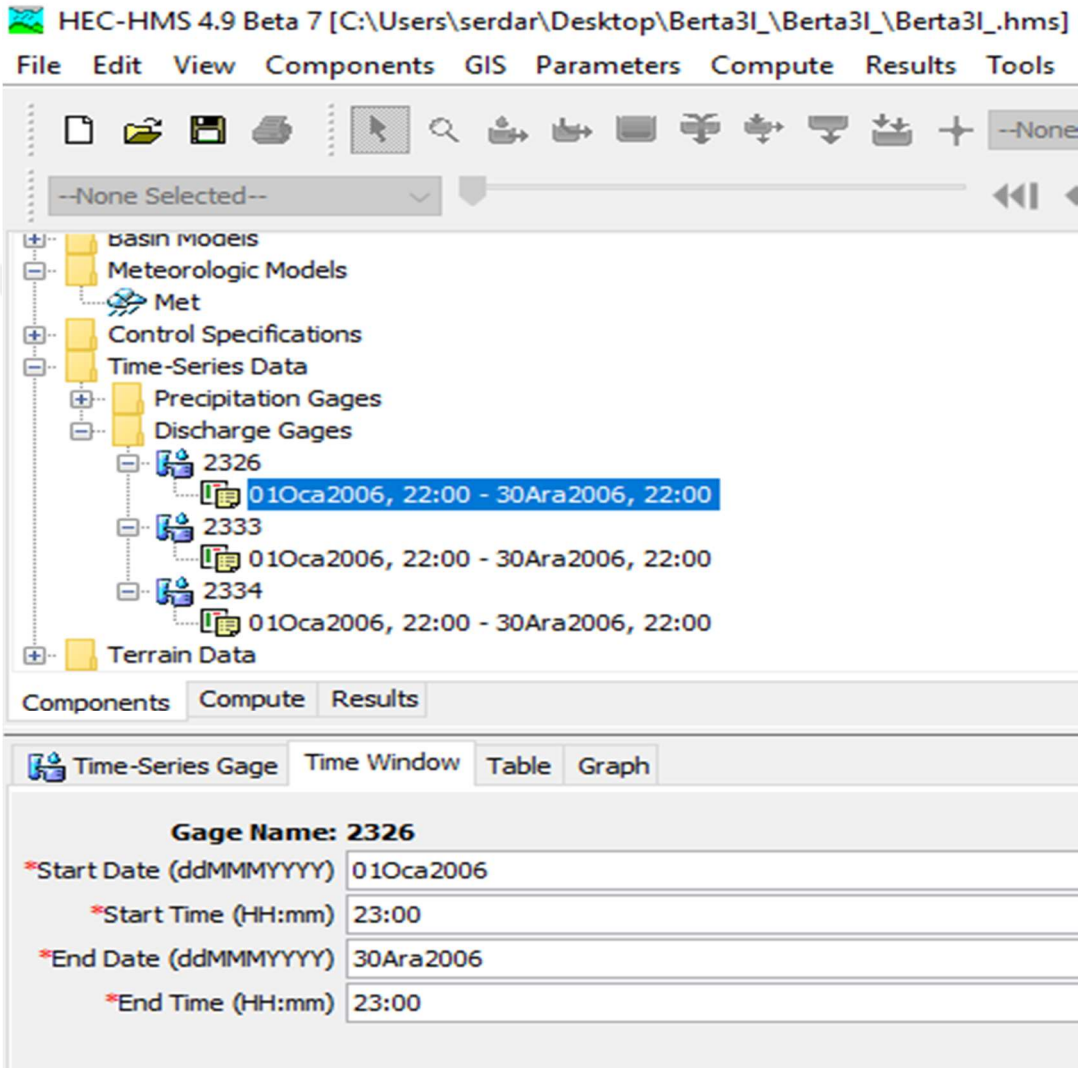
Şekil 6.16 Zaman aralığı ve yağış verileri tablosu



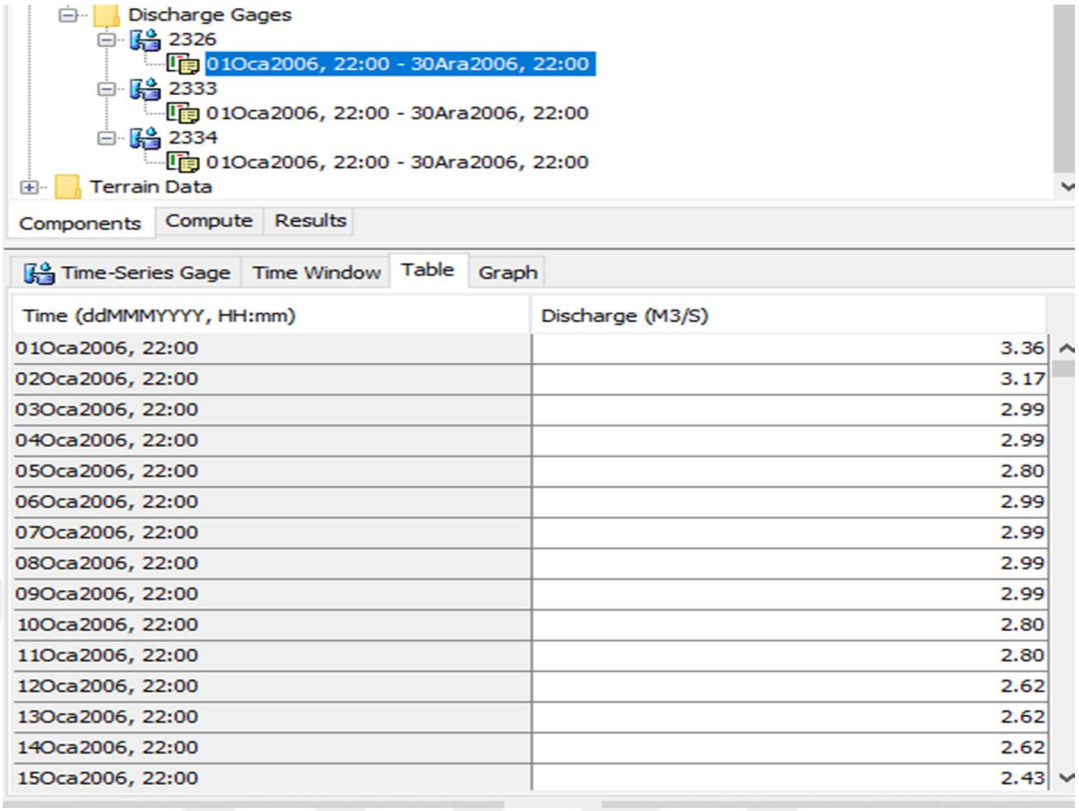
Şekil 6.17 2006 yılına ait 12 aylık yağış hiyetografı

Yağış verilerinin girilmesinin ardından 2334 nolu Bağlık, 2333 nolu Köprükaya ve 2326 nolu Dutlu akım gözlem istasyonlarından elde edilen akım verileri, zaman serisi veri yöneticisi gezgininin deşarj bölümünde tabloya eklenir. Yağış verilerinde olduğu

gibi deşarj bölümünde de zaman periyodu ve zaman aralığı seçilir (Bkz. Şekil 6.18). 2326 Dutlu akım gözlem istasyonuna ait akış verileri tablosu Şekil 6.19 ve akış grafiği Şekil 6.20'de; 2333 Köprükaya akım gözlem istasyonuna ait akış verileri tablosu Şekil 6.21 ve akış grafiği Şekil 6.22'de; 2334 Bağlık akım gözlem istasyonuna ait akış verileri tablosu Şekil 6.23 ve akış grafiği Şekil 6.24'de gösterilmiştir.

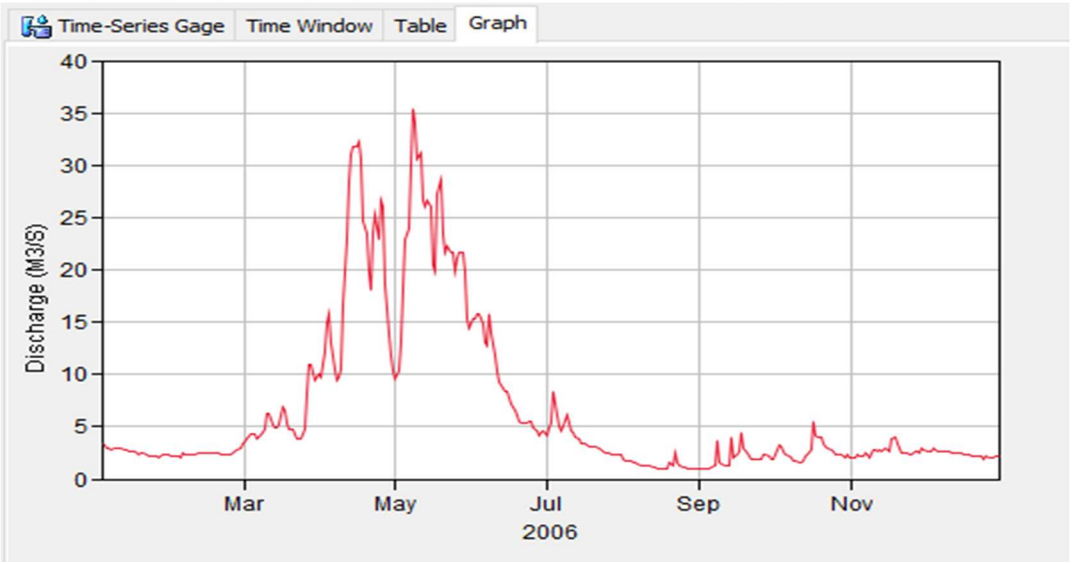


Şekil 6.18 Akım verilerine ait zaman aralığı ekranı

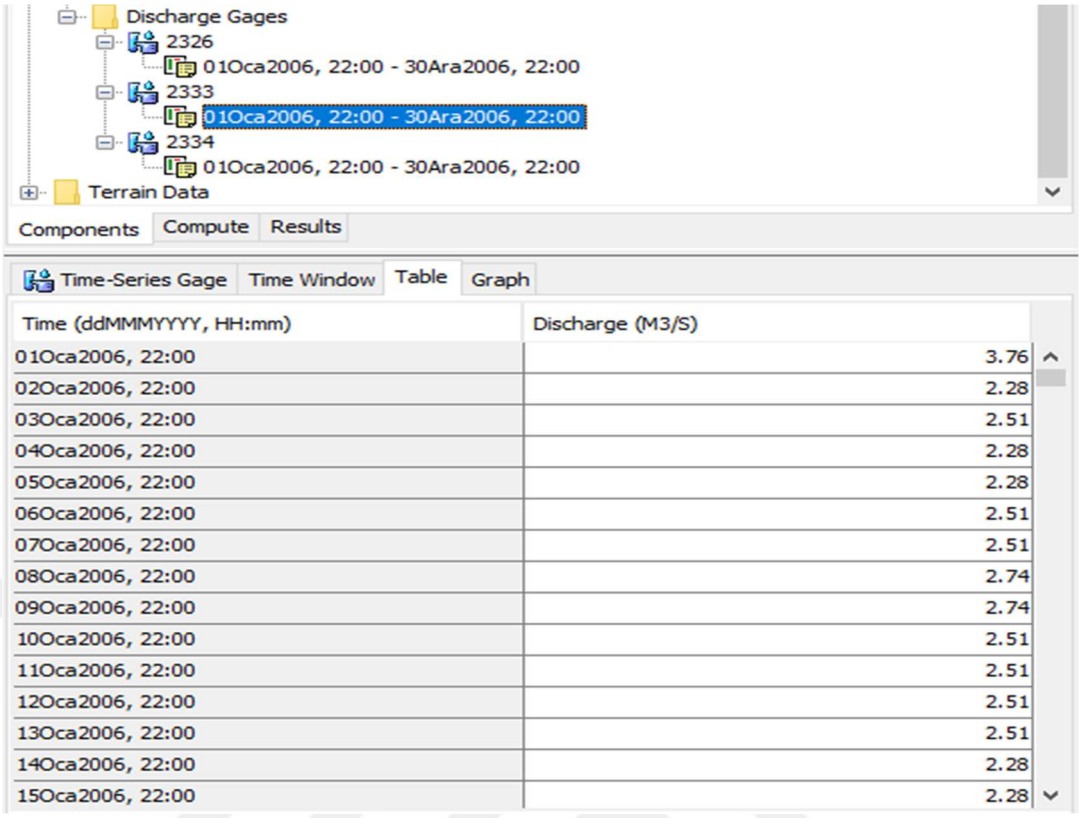


Time (ddMMMYYYY, HH:mm)	Discharge (M3/S)
01Oca2006, 22:00	3.36
02Oca2006, 22:00	3.17
03Oca2006, 22:00	2.99
04Oca2006, 22:00	2.99
05Oca2006, 22:00	2.80
06Oca2006, 22:00	2.99
07Oca2006, 22:00	2.99
08Oca2006, 22:00	2.99
09Oca2006, 22:00	2.99
10Oca2006, 22:00	2.80
11Oca2006, 22:00	2.80
12Oca2006, 22:00	2.62
13Oca2006, 22:00	2.62
14Oca2006, 22:00	2.62
15Oca2006, 22:00	2.43

Şekil 6.19 2326 nolu Dutlu AGİ akım verileri

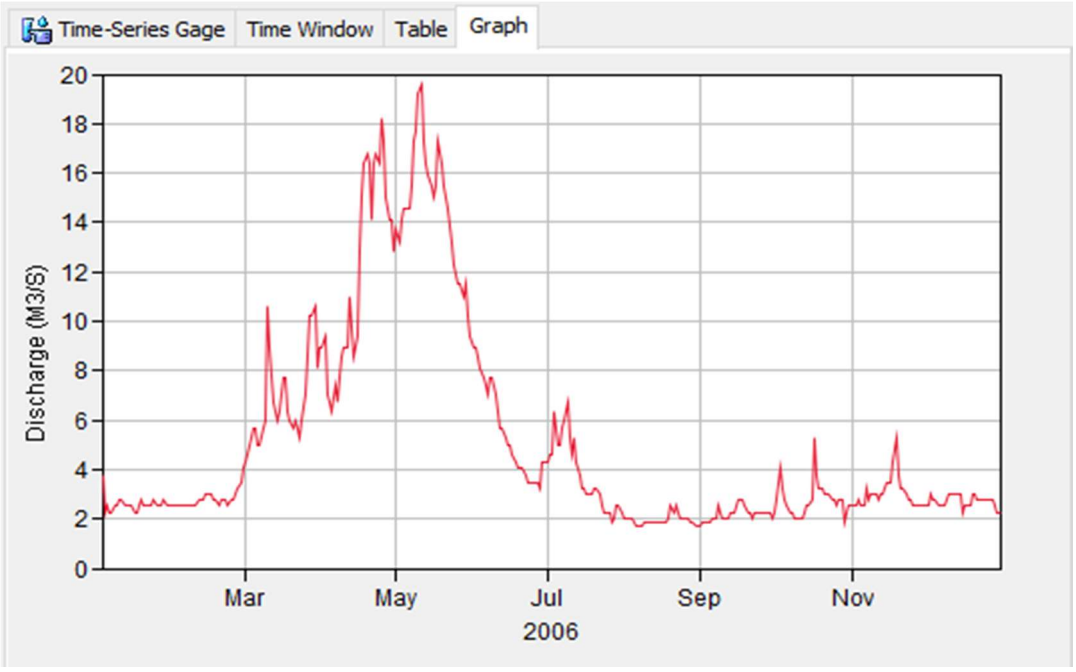


Şekil 6.20 2326 nolu Dutlu AGİ' ye ait 2006 yılı akım hidrografı

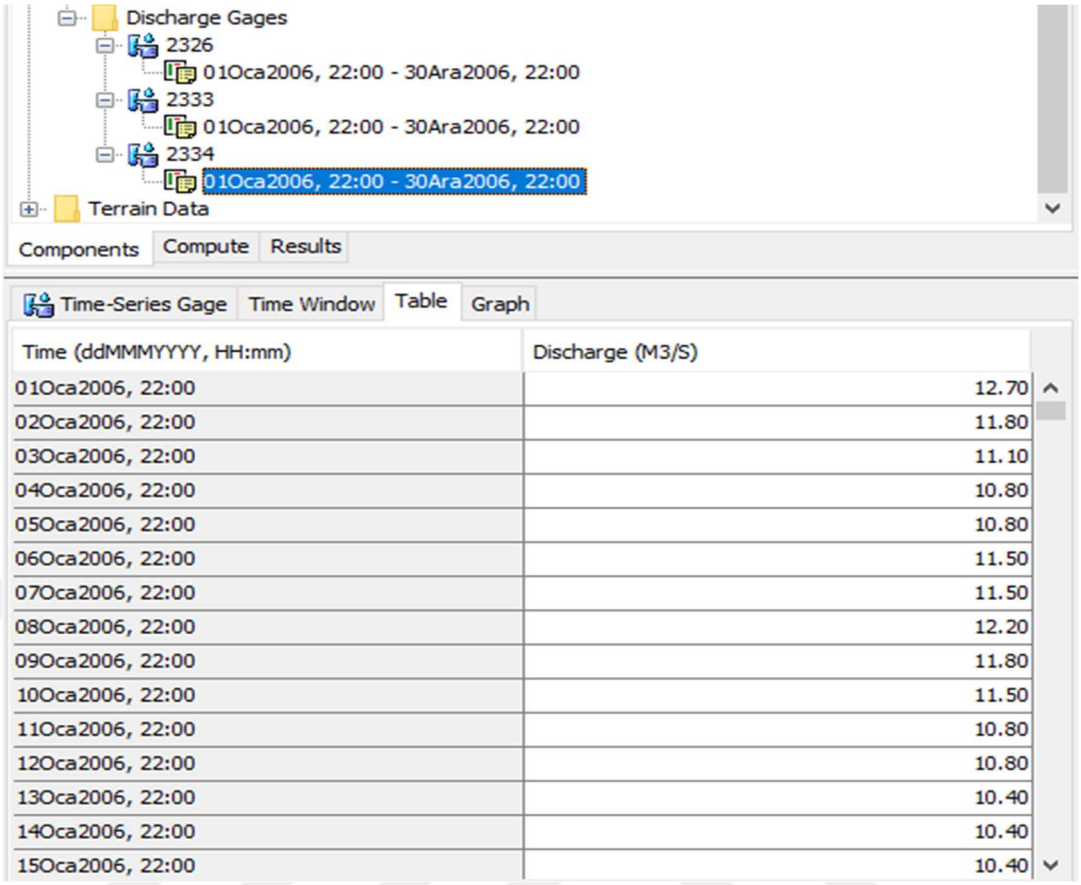


Time (ddMMMYYYY, HH:mm)	Discharge (M3/S)
01Oca2006, 22:00	3.76
02Oca2006, 22:00	2.28
03Oca2006, 22:00	2.51
04Oca2006, 22:00	2.28
05Oca2006, 22:00	2.28
06Oca2006, 22:00	2.51
07Oca2006, 22:00	2.51
08Oca2006, 22:00	2.74
09Oca2006, 22:00	2.74
10Oca2006, 22:00	2.51
11Oca2006, 22:00	2.51
12Oca2006, 22:00	2.51
13Oca2006, 22:00	2.51
14Oca2006, 22:00	2.28
15Oca2006, 22:00	2.28

Şekil 6.21 2333 nolu Köprükaya AGİ akım verileri

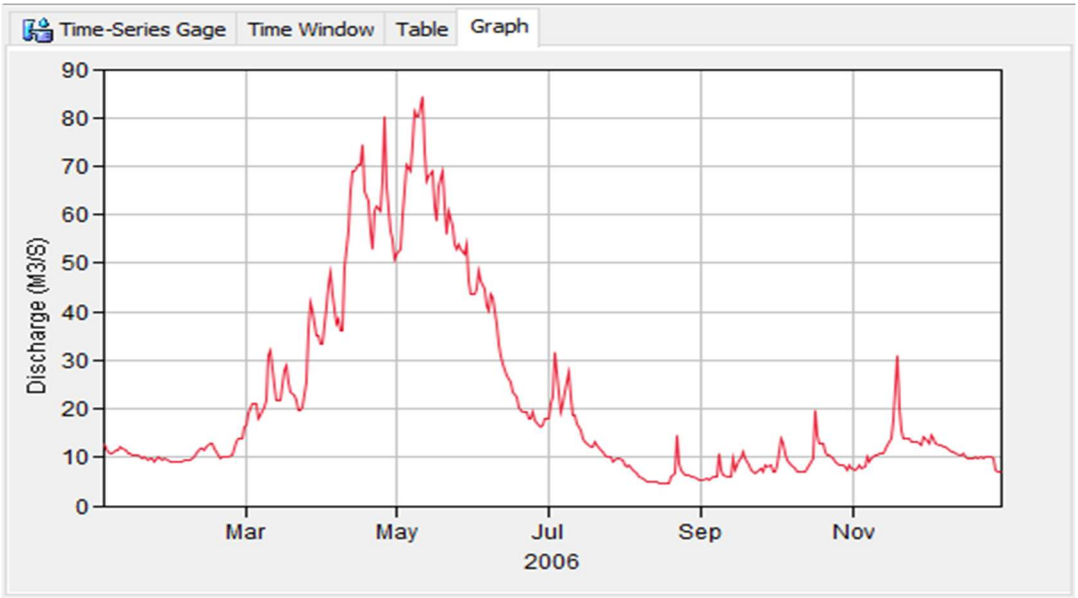


Şekil 6.22 2333 nolu Köprükaya AGİ' ye ait 2006 yılı akım hidrografı



Time (ddMMMYYYY, HH:mm)	Discharge (M3/S)
01Oca2006, 22:00	12.70
02Oca2006, 22:00	11.80
03Oca2006, 22:00	11.10
04Oca2006, 22:00	10.80
05Oca2006, 22:00	10.80
06Oca2006, 22:00	11.50
07Oca2006, 22:00	11.50
08Oca2006, 22:00	12.20
09Oca2006, 22:00	11.80
10Oca2006, 22:00	11.50
11Oca2006, 22:00	10.80
12Oca2006, 22:00	10.80
13Oca2006, 22:00	10.40
14Oca2006, 22:00	10.40
15Oca2006, 22:00	10.40

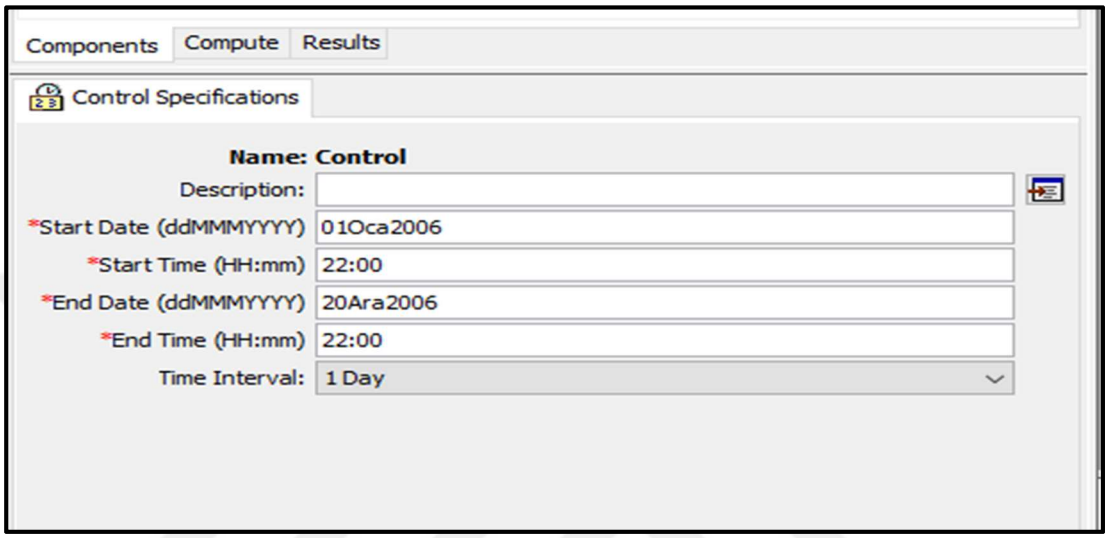
Şekil 6.23 2334 nolu Bağlık AGİ akım verileri



Şekil 6.24 2334 nolu Bağlık AGİ' ye ait 2006 yılı akım hidrografı

6.10 Kontrol Özellikleri

Kontrol Özellikleri (Control Specification) gezgini, HEC-HMS modelleme sisteminde ana bileşenlerdin biridir. Kontrol özellikleri bölümünde, girilen verilere göre modellemenin hangi zaman aralığında başlayacağını ve biteceğini ayrıca zaman periyodu belirlenir (Bkz. Şekil 6.25).

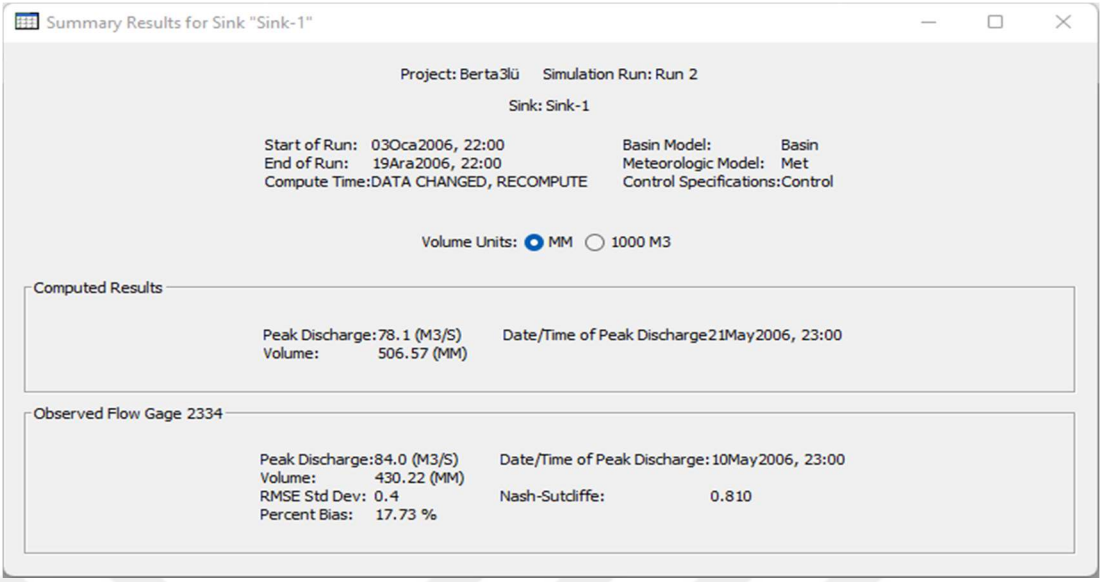


Şekil 6.25 Modele ait kontrol özellikleri penceresi

6.11 Simülasyonun Çalıştırılması

Bu çalışmada belirtilen Bağlık, Köprükaya ve Dutlu alt havzalarının her biri için havza modeli, eğri numarası değeri, gecikme süresi, meteorolojik model ve kontrol özellikleri gibi ana HEC-HMS programının ana bileşenleri oluşturulduktan sonra simülasyon çalıştırma işlemi uygulanır. Simülasyon sonucunda pik debi, toplam yağış miktarı, hesaplanan ve öngörülen akım hacimlerini belirten grafik ve tablolar elde edilir. Ayrıca simülasyonun başarılı bir şekilde çalışıp çalışmadığını gösteren bir kriter olan NSE ve R^2 değerleri simülasyon sonucunda oluşturulur (Bkz. Şekil 6.26).

.



Şekil 6.26 Simülasyon Sonuç Ekranı

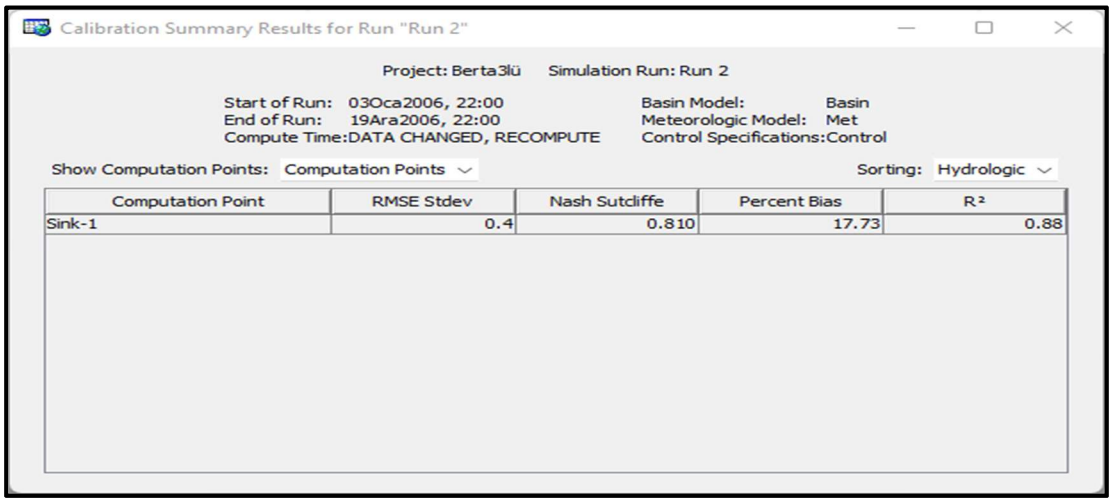
7. BULGULAR

Bu çalışma kapsamında su toplama havzası yaklaşık 1500 km^2 ve çıkışında Berta Çayı Havzası AGİ bulunan havza için HEC-HMS yazılımı kullanılarak bir hidrolojik model kurulmuştur. Modelde Bağlık, Köprükaya ve Dutlu alt-havzaları tanımlanmıştır. NSE eksi sonsuz ile bir arasında değerler alabilir ve R^2 değeri sıfır ile bir arasında değerler alabilir. Her iki model verimlilik katsayısı için en iyi değer birdir.

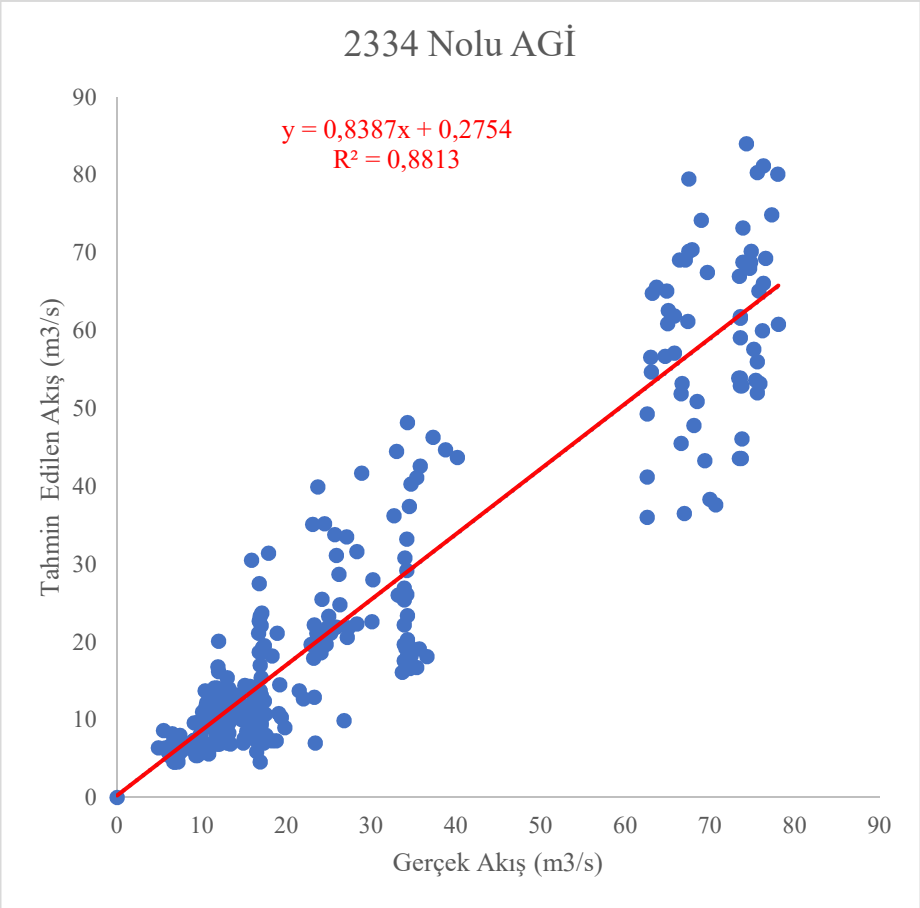
Moriasi vd., havza modelleri kullanılan farklı hidrolojik çalışmaları derlemişlerdir. Çalışmalarında genellikle 0.50-0.65 arasında hesaplanan NSE değerlerinin kabul edilebilir, 0,65-0,75 arasındaki değerlerinde ise iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir (Moriasi vd., 2007). Santhi vd. ise 0,6'dan büyük R^2 değerlerinin kabul edilebilir olduğunu belirtmiştir (Santhi vd., 2001).

Havzanın çıkış noktasında NSE değeri 0.81 ve R^2 değeri 0,88 olarak hesaplanmıştır (Şekil 7.1). EİE-2326 nolu akım gözlem istasyonun bulunduğu Dutlu alt havzası ve EİE-2333 nolu akım gözlem istasyonun bulunduğu Köprükaya alt havzasına ait R^2 değerleri Şekil 7.4 ve Şekil 7.6'da görüldüğü gibi sırasıyla 0,82 ve 0,78 olarak hesaplanmıştır.

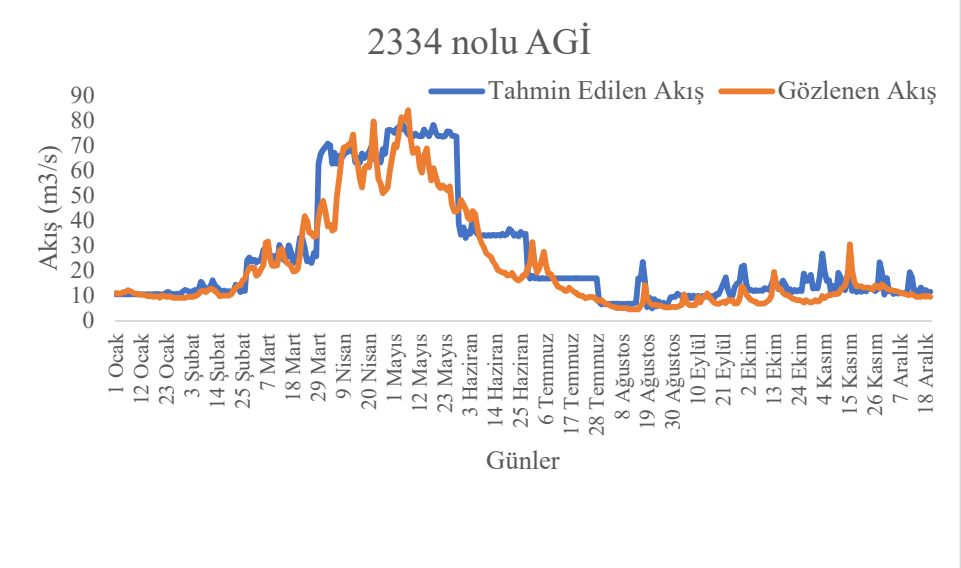
Şekil 7.9'da görüldüğü gibi hesaplanan pik debi değeri 21 Mayıs 2006 tarihinde 78,1 m^3/s ve gözlenen pik debi değeri 10 Mayıs 2006 tarihinde 84,0 m^3/s olarak hesaplanmıştır.



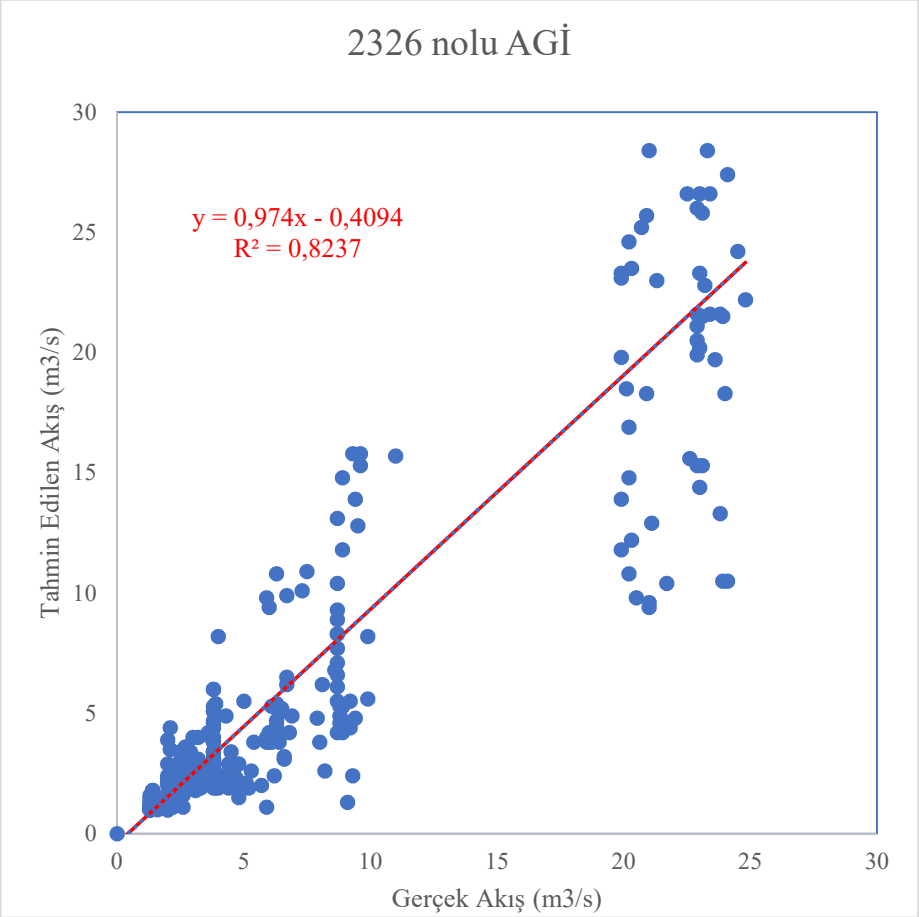
Şekil 7.1 Kalibre edilmiş model performans değerleri



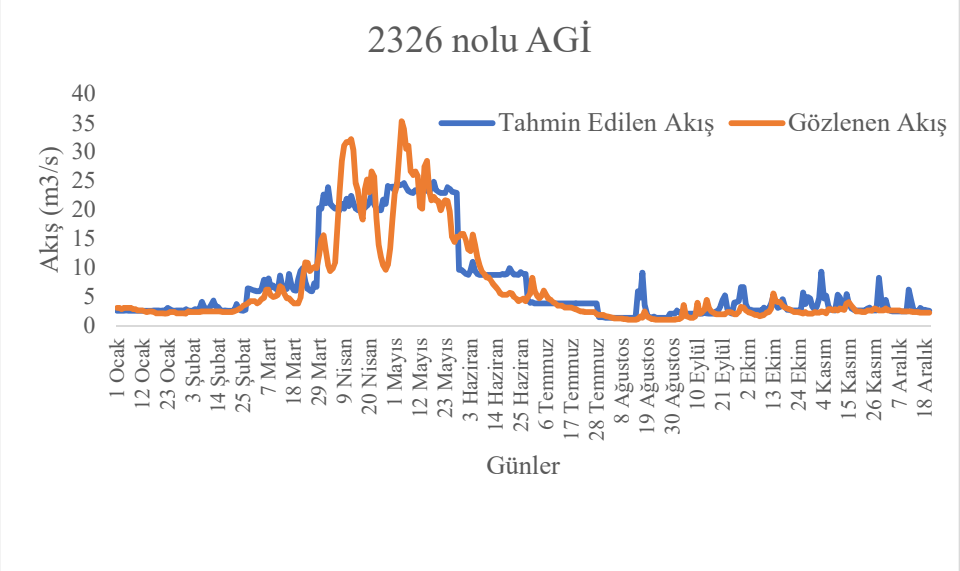
Şekil 7.2 Bağlık alt havzasına ait akım verilerinin regresyon grafiği



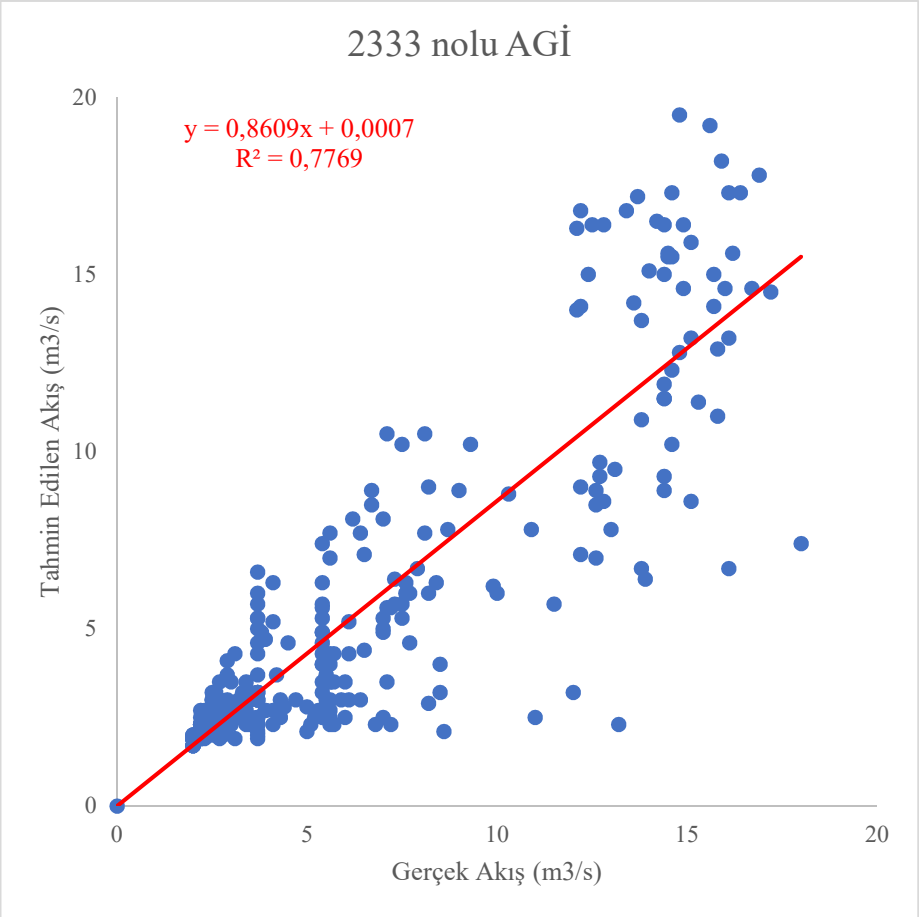
Şekil 7.3 Bağlık alt havzasına ait akım hidrografı



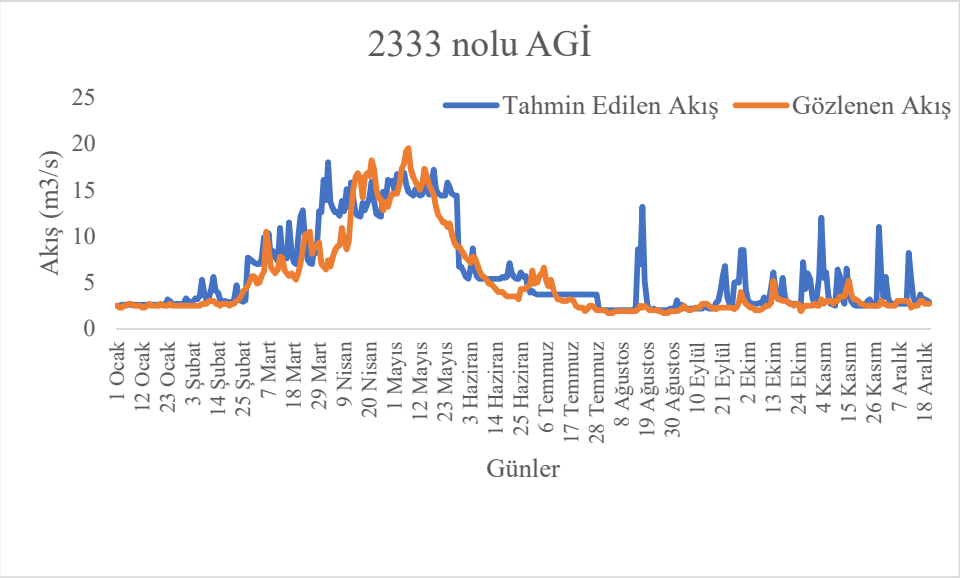
Şekil 7.4 Dutlu alt havzasına ait akım verilerinin regresyon grafiği



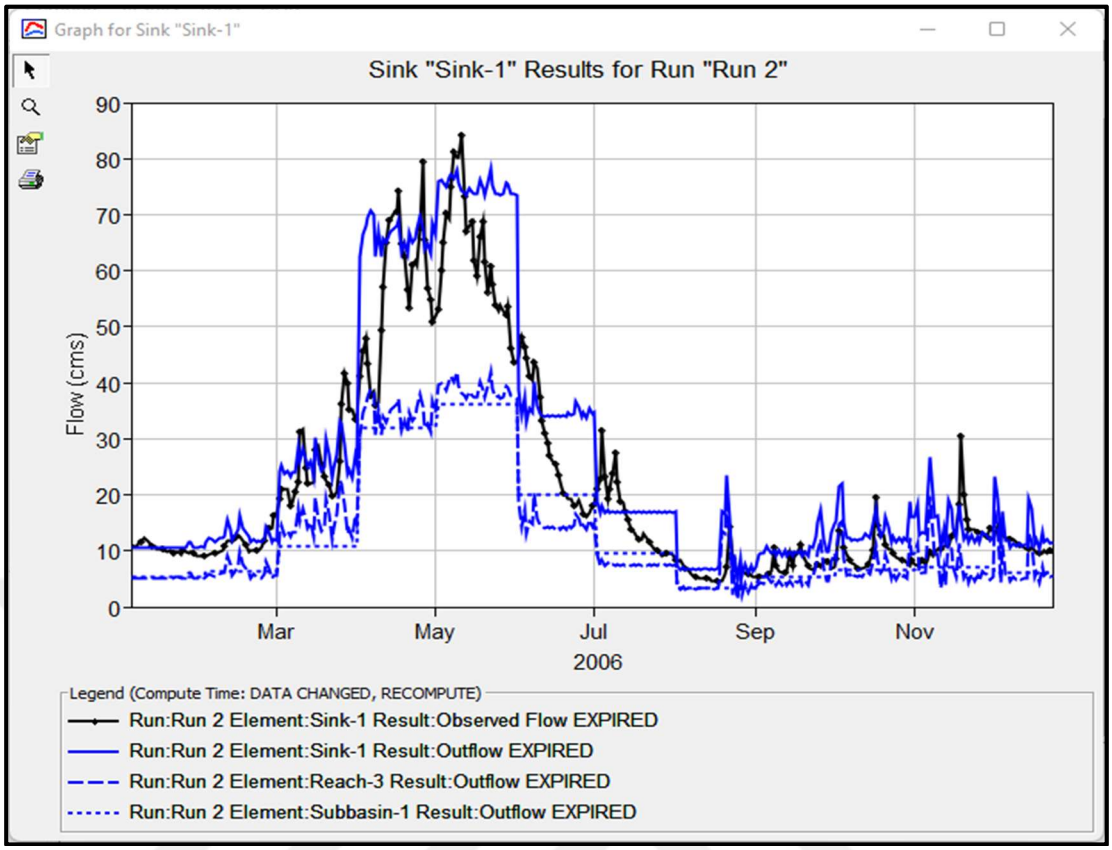
Şekil 7.5 Dutlu alt havzasına ait akım hidrografi



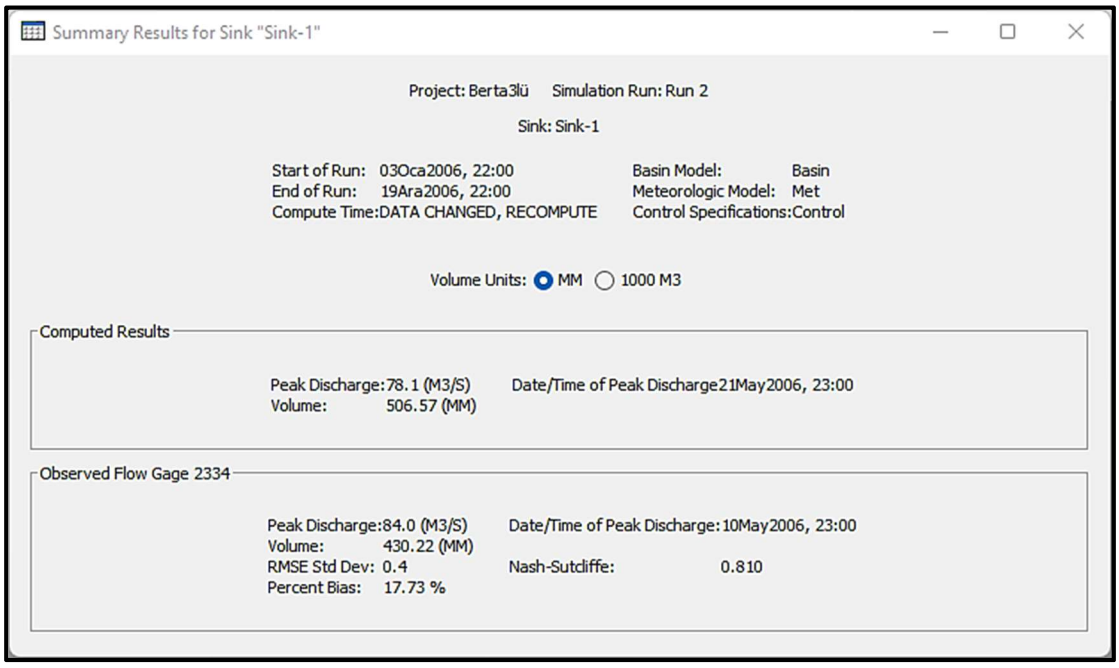
Şekil 7.6 Köprükaya alt havzasına ait akım verilerinin regresyon grafiği



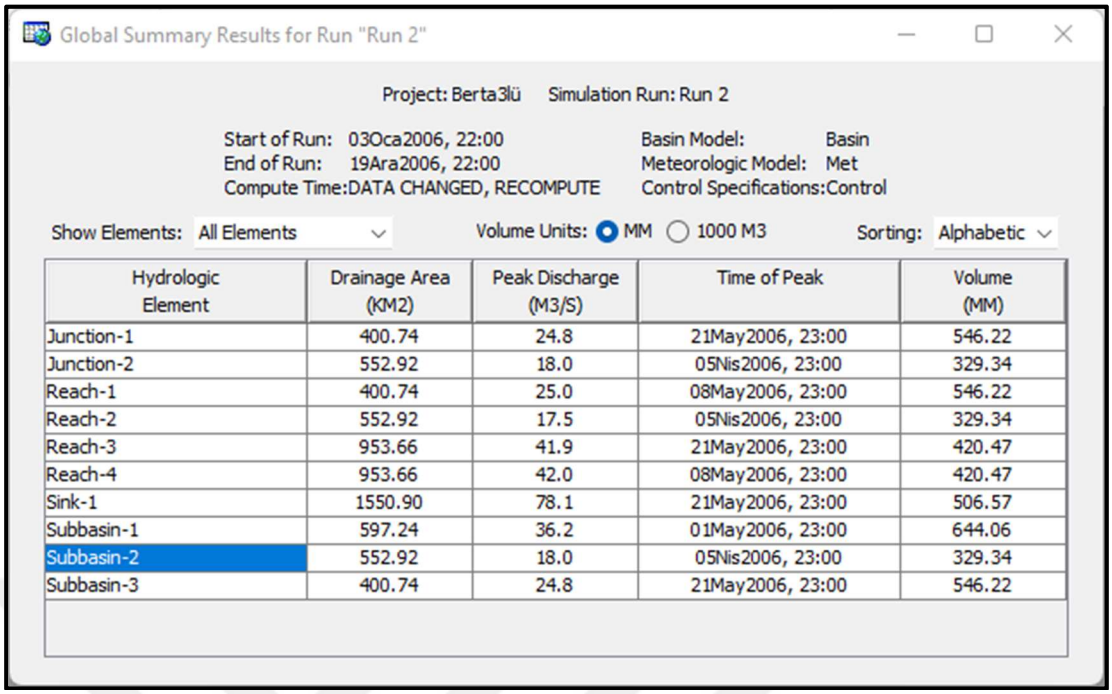
Şekil 7.7 Köprükaya alt havzasına ait akım hidrografi



Şekil 7.8 Havza çıkış noktası hidrografı



Şekil 7.9 Havza çıkış noktası simülasyon sonuçları



Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Junction-1	400.74	24.8	21May2006, 23:00	546.22
Junction-2	552.92	18.0	05Nis2006, 23:00	329.34
Reach-1	400.74	25.0	08May2006, 23:00	546.22
Reach-2	552.92	17.5	05Nis2006, 23:00	329.34
Reach-3	953.66	41.9	21May2006, 23:00	420.47
Reach-4	953.66	42.0	08May2006, 23:00	420.47
Sink-1	1550.90	78.1	21May2006, 23:00	506.57
Subbasin-1	597.24	36.2	01May2006, 23:00	644.06
Subbasin-2	552.92	18.0	05Nis2006, 23:00	329.34
Subbasin-3	400.74	24.8	21May2006, 23:00	546.22

Şekil 7.10 Alt havzalar ve diğer havza elemanlarının pik debi değerleri

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Berta Havzası'na HEC-HMS 4.9 Beta 7 sürümü uygulanarak havzanın günlük yağış verileriyle modelleme çalışması yapılmıştır. En sağlıklı yağış verileri 2006 yılına ait olduğu için akım tahmin çalışmaları bu yıl üzerinde yapılmıştır.

Bu araştırmada, havzaların farklı şekillerini ve coğrafi konum dağılımındaki farklılıkları ele alınmıştır. Bu nedenle bu çalışmada havzadaki doğru fizyografik faktörleri elde etmek için Berta Çayı Havzası üç alt havzaya bölünmüştür.

Berta Çayı Havzası 1/25000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak Alaska Satellite Facility (ASF)-ALOS PALSAR yardımıyla 12.5x12.5 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş ve Bağlık çıkış noktası alınarak havza modellenmiştir. Havzanın sayısal yükseklik modeli ve akış yönleri kullanılarak havzanın drenaj ağı oluşturulmuştur.

Bu çalışmadaki hidrolojik yöntemler, alt havzalar için kayıp yöntemini ve dönüşüm yöntemini içeriyor. Bu çalışmada kayıp yöntemi olarak SCS Eğri Numarası ve dönüşüm yöntemi olarak SCS Birim Hidrografı yöntemi kullanılmıştır. SCS Birim Hidrografı yönteminde, parametre olarak gecikme süresi (t_c) kullanılmıştır. Gecikme süresi değerleri, alt havzalardan elde edilen karakteristik değerlerden yararlanarak elde edilmiştir. SCS Eğri Numarası (SCS-CN) yönteminde, eğri numarası (CN) ve akıştan önceki tutulan yağış miktarı (I_a) parametreleri kullanılmıştır. Berta Havzası' nda modellenen her üç alt havza için gerekli eğri numarası (CN) değerleri, HEC-HMS' te oluşturulan alt havzaların veri dosyaları ArcGIS programına yüklenerek elde edilmiştir.

Bir çalışmada model sonuçları ve gözlemlenen sonuçlar arasındaki benzerlikler veya farklar, model performansının tatmin edici sonuçlar verip vermediğini göstermek üzere birkaç farklı istatistiksel ifade kullanılarak hesaplanır. Model performans değerlendirmesinde kullanılan istatistiksel performans indeksleri Nash-Sutcliffe Model Verimliliği (NSE) ve Korelasyon katsayısı (R^2)' dır. Sonuçlar kalibrasyon döneminde, en yüksek NSE değeri 0.81 ve R^2 değeri 0.88 olarak elde edilmiştir. Bu

sonuçlar, yağış parametresine bağlı olarak havzanın modelleme tarafından iyi bir şekilde temsil edildiğini göstermektedir.

Berta Havzası üzerinde yapılması muhtemel gelecek çalışmalarda daha iyi bir model performansı için akım gözlem istasyonlarındaki veriler güncellenebilir. Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü' nün yetersiz yağış gözlem istasyonlarından dolayı Kaliforniya Üniversitesi' ne bağlı Hidrometeoroloji ve Uzaktan Algılama Merkezi (CHRS Data Portal) yağış verileri kullanılmıştır. Bu nedenle yağış gözlem verilerine ihtiyaç olmadan teknolojik gelişmelere bağlı olarak hızla gelişen uzaktan algılama ile yağış verileri kullanılarak havza modellenebilir ve taşkın, kuraklık gibi doğal afetler önceden tahmin edilebilir.

Bu çalışmada başlangıç toprak nemi dağılımı verileri kullanılmamıştır. Gelecekteki olası çalışmalarda, bölgedeki başlangıç toprak nemi dağılımı dikkate alınarak modelin daha iyi performansı için model parametreleri güncellenebilir.

Kötü çözünürlüklü haritalar, havzanın iyi bir şekilde görünmemesine ve eğri numarası değeri üzerinde olumsuz bir etki oluşmasına neden olmaktadır. Kayıp yönteminde kullanılan CN parametresi, sızma miktarı ve toprak grupları ile ilgili bilgilerde önemli bir etkendir. Bu amaçla yüksek çözünürlüklü haritalar, daha sağlıklı eğri numarası (CN) elde edilmesine ve buna bağlı olarak modelin iyi bir performans göstermesine neden olabilmektedir.

SCS Curve Number metodu her ne kadar olay bazlı modellemeler için tasarlanmış olsa da, bu çalışma da olduğu gibi uzun süreli hidrograflarda bu metodun kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Modelde yağış-akış parametreleri kullanılarak başarılı bir hidrolojik modelleme çalışması saptanmaya çalışılmıştır. Ayrıca aynı havza üzerinde yapılacak bir hidrolojik modelleme çalışmasında tam dağılımlı (gridded) bir metot kullanılarak başarı oranları kıyaslanabilir.

Geliştirilen bu model çalışması ile Deriner Barajı (Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzeydoğu kesiminde yer alan) ve yapılması planlanan hidroelektrik santrallerin (HES) işletilmesinde ve yönetiminde bir karar destek aracı olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Al-Zahrani, M., Al-Areeq, A., & Sharif, H. (2017). Estimating urban flooding potential near the outlet of an arid catchment in Saudi Arabia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk, 8*(2), 672-688.

Anderson, M., Chen, Z. Q., & Kavvas, M. L. (2002). HEC-HMS with atmospheric models for prediction of watershed runoff. *Journal of Hydrologic Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE)*, 312-318.

Arekhi, S. (2012). Runoff modeling by HEC-HMS Model. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4*(23), 1807-1811.

Bayazıt, M. (1995). *Hidroloji.* İstanbul: İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası.

Bayazıt, M. (1998). *Hidrolojik Modeller.* İstanbul: İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası.

Bora, E., & Onuşluel Gül, G. (2019). Modeling of Floods in Güvenç Basin, Ankara Using HEC-HMS. *Turkish Journal of Water Science and Management, 3*(1), 44-47.

Chea, S., & Oeurng, C. (2017). Flow simulation in an ungaged catchment of Tonle Sap Lake Basin in Cambodia: Application of the HEC-HMS model. *Water Utility Journal*(17), 3-17.

Chu, X., & Steinman, A. (2009). Event and Continuous Hydrologic Modeling with HEC-HMS. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*(135), 119-124.

Du, J., Qian, L., Rui, H., Zuo, T., Zheng, D., Xu, Y., & Xu, C. (2012). Assessing the effect of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrologic modeling system for Qinhuai River basin, China. *Journal of Hydrology*, 127-139.

Erinç, S. (1977). Vejetasyon Coğrafyası. S. Erinç içinde, *Vejetasyon Coğrafyası* (s. 133). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü.

Halwatura, D., & Najim, M. (2013). Application of the HEC-HMS model for runoff simulation in a tropical catchment. *Environmental Modelling and Software*, 155-162.

Hamidi, N. (1984). *İki boyutlu birim hidrograf belirlenmesinde lineer programlama.* İstanbul: İTÜ.

Jin, H., Liang, R., Wang, Y., & Tumula, P. (2015). Flood-Runoff in Semi-Arid and Sub-Humid Regions, a Case Study: A Simulation of Jianghe Watershed in Northern China. *Water, 7*(9), 4155-5172.

Koçyigit, M. B., Akay, H., & Yanmaz, A. M. (2017). Estimation of hydrologic parameters of Kocanaz Watershed by a hydrologic model. *International Journal of Engineering and Applied Sciences, 9*(4), 42-50.

Mesta, B., Kargı, P., Tezyapar, İ., Ayvaz, M., Göktaş, R., Kentel, E., & Tezel, U. (2019). Yenicegörüce Havzası'ndaki Yağış-Akış İlişkisinin HEC-HMS Hidrolojik Modeli ile Belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25*(8), 949-955.

Moriasi, D., Arnold, J., Liew, M. W., Bingner, R. L., & Harmel, R. D. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *American Society of Agricultural and Biological Engineers, 500*(3), 885-900.

Santhi, C., Arnold, J. G., Williams, J. R., Duga, W. A., Srinivasan, R., & Srinivasan, L. M. (2001). Validation of the SWAT model on a larve river basin with point and nonpoint sources. *Journal of American Water Resources Association,, 37*(5), 1169-1188.

Sever, R. (2001). *Berta (Okçular) Havzası'nın Fiziki Coğrafyası.* Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınları.

Torma, P., Szeles, B., & Hajnal, G. (2014). Applicability of Different Hydrological Model Concepts on Small-Catchments: Case Study of Bükkös Creek, Hungary. *Acta Silvatica Lignaria Hungarica, 10*(11), 77-90.

Walega, A. (2013). Application of HEC-HMS Programme for the Reconstruction of a Flood Event in an Uncontrolled Basin. *Journal of Water and Land Development*(18), 13-20.

Woodward, D., Hawkins, R. H., Quan, Q. D., & Mullem, J. A. (2002). *Curve Number Method: Origins, Applications and Limitations.* USDA Natural Resources Conservation Service: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044212.doc adresinden alındı

Yener, M., Sorman, A. U., Sorman, A. A., Sensoy, A., & Gezgin, T. (2007). Modeling studies with HEC-HMS and runoff scenarios in Yuvacik Basin, Turkey. *International Congress on River Basin Management.* Antalya: ministry of energy and Natural Resources General Directorate of State Hydraulic Works.

Yılmaz, B., Gülibrahimoğlu, İ., Yazıcı, E., Yaprak, S., Saraloğlu, A., Konak, O., & Köse, Z. (1998). *Artvin İlinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları.* Artvin: MTA Genel Müd. jeoloji Etüdleri Dairesi.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad	ARJİN ATA
Web sayfası (Research Gate, Academia, vs.)	https://independent.academia.edu/ArjinAta

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Fakültesi Hidrolik ve Su Kaynakları Anabilim Dalı	2022
Lisans	Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşat Mühendisliği	2018
Lise	85. Yıl Milli Egemenlik Anadolu Lisesi	2012

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2021	TEKBAŞARI Yapı İnş. San. ve Tic. Ltd.Şti.	Saha Mühendisi
2019	NSB Yapı San. ve Tic. A.Ş	Saha Mühendisi
2017	Çeysa Yapı	Stajyer Saha Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1.
2.
3.
4.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Arjin Ata		
Öğrenci No	18806202		
Ana Bilim Dalı	Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği/İnşaat		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Prof. Dr. Fevzi Önen		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)			
Tez Başlığı	BERTA ÇAYI HAVZASI'NIN YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİSİNİN HEC-HMS İLE MODELLENMESİ		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	84		
Raporlama Tarihi	25.02.2022		
Benzerlik Oranı (%)	% 24		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 84 sayfalık kısmına ilişkin, 25/02/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 24 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç

☐Kaynaklar hariç

☐Alıntılar hariç

☒Diğer (Her şey dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Arjin Ata
Tarih: 28.02.2022
İmza:

Danışman Adı, Soyadı: Prof. Dr. Fevzi Önen Tarih: 28.02.2022	İmza:
Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Prof. Dr. Z. Fuat Toprak Tarih: 28.02.2022	İmza: