



**ÇORUH HAVZASI
TABAN AKIŞ MODELİ**

Sait TAŞCI

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Hidrolik Bilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Serkan ŞENOCAK
2018
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇORUH HAVZASI TABAN AKIŞ MODELİ

Sait TAŞCI

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Hidrolik Bilim Dalı**

**ERZURUM
2018**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü



TEZ ONAY FORMU

ÇORUH HAVZASI TABAN AKIŞ MODELİ

Dr. Öğretim Üyesi Serkan ŞENOCAK danışmanlığında, Sait TAŞCI tarafından hazırlanan bu çalışma 27.11.18 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı – Hidrolik Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak ~~oybirliği/oyçokluğu (.../...)~~ kabul edilmiştir.

Başkan: Prof.Dr. Reşat ACAR

İmza :

Üye : Dr. Öğr.Ü. Serkan ŞENOCAK

İmza :

Üye : Dr. Öğr.Ü. Fatih TOSUNOĞLU

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun 20.12/2018 tarih ve 51/.../16 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇORUH HAVZASI TABAN AKIŞ MODELİ

Sait TAŞCI

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Hidrolik Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Serkan ŞENOCAK

Su biliminden faydalanılarak kullanım alanına yakın suyun kontrol altında tutulması ve ondan optimum seviyede faydalanılması gerekmektedir. Kullanılabilir su ise dolaysız akış ve dolaylı akış olarak gerçekleşmektedir. Özellikle kurak dönemlerde akarsuda oluşan akımın ne kadarlık kısmının taban akışı olarak gerçekleştiğinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın amacı Çoruh havzası için Taban Akış İndeksi (TAI) ve Taban Akış Debilerinin (Q_b) havza karakteristikleri ve diğer değişkenler yardımıyla model olarak ortaya konulmasıdır. Bu kapsamda İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yumuşatılmış Minimumlar Yöntemi (İHEY) kullanılarak Çoruh havzasında yer alan 10 adet Akım Gözlem İstasyonuna (AGİ) ait taban akışı indeksi ve taban akışı değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler ile havza karakteristikleri ve diğer değişkenlerde kullanılarak Çoruh havzası taban akış modeli oluşturulmuştur. Modele ait TAI modeli determinasyon katsayısı $R^2= 0,842$, Q_b modeli determinasyon katsayısı $R^2= 0,99$ olarak elde edilerek, modelin kullanılabilirliği ispatlanmıştır.

2018, 72 sayfa

Anahtar Kelimeler: Çoruh havzası, havza karakteristikleri, taban akışı, yumuşatılmış minimumlar yöntemi, regresyon modeli

ABSTRACT

MS Thesis

CORUH BASIN BASEFLOW MODEL

Sait TAŞCI

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Department of Hydraulic

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Serkan ŞENOCAK

By making use of water science, it is necessary to keep water near its usage area under control and to use it at optimum level. On the other hand, available water comes as direct flow and indirect flow. It is very important to determine how much part of the flow occurring in stream especially in dry periods comes as a baseflow.

This study aims to present base flow index (BFI) and base flow rate (Q_b) for Coruh Basin as a model with the help of basin characteristics and other variables. In this context, the baseflow index and baseflow values of 10 gauging stations for streamflow observations within Coruh Basin have been calculated by using the smoothed minima method of United Kingdom Institute of Hydrology (UKIH). Coruh Basin baseflow model has been set by using basin characteristics and other variables with these values. The validity of the model has been proved by obtaining BFI model determination coefficient of the model as $R^2= 0,842$ and Q_b model determination coefficient of it as $R^2= 0,99$.

2018, 72 pages

Keywords: Coruh basin, basin characteristics, baseflow, smoothed minima method, regression model

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren, çalışmanın ilerleyiői ve sonuçlandırılmasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Serkan ŞENOCAK'a, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca üstümde emeği olan tüm hocalarıma, çalışmamda bilgi ve yardımlarını esirgemeyen değerli dostum, Erzurum Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi Sayın Fatih TOSUNOĞLU'na, SPSS programı çalışmalarında yardımını esirgemeyen Atatürk Üniversitesi Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Eyüp AKBULUT'a, bugünlere gelmemde hiçbir fedakarlıktan kendilerini esirgemeyen anne ve babama, çalışmamda sayısal haritalama konusunda yardımcı olan kardeşim Harita Mühendisi Serkan TAŞCI'ya, çalışmam boyunca büyük bir sabır ve fedakarlıkla yanımda olan ve sürekli moral veren eőime teşekkürlerimi sunarım.

Sait TAŞCI

Kasım, 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Konusu.....	1
1.2. Çalışmanın Önemi.....	2
1.3. Çalışmanın Amacı.....	3
1.4. Çalışmanın Yöntemi.....	3
2. KURAMSAL TEMELLER.....	4
2.1. Havza.....	4
2.2. Hidrograf Elemanları.....	6
2.3. Hidrografın Çekilme Eğrisi.....	7
2.4. Ortak Çekilme Eğrisi.....	8
2.5. Taban Akışı.....	9
2.6. Taban Akışı Tahmininde Kullanılan Yöntemler.....	10
2.6.1. Grafik yöntemler.....	10
2.6.1.a. Sabit debi yöntemi.....	11
2.6.1.b. Sabit eğim yöntemi.....	11
2.6.1.c. Konkav yöntemi.....	12
2.6.1.d. Değişken eğim yöntemi.....	12
2.6.2. Sürekli taban akışı ayırma yöntemleri.....	12
2.6.2.a. Dijital filtreleme yöntemi (DFY).....	12
2.6.2.b. İngiliz hidroloji enstitüsü yöntemi (İHEY).....	13
2.6.2.c. Revize edilmiş ingiliz hidroloji enstitüsü yöntemi (RİHEY).....	16
2.6.2.d. Filtre edilmiş ingiliz hidroloji enstitüsü yöntemi.....	17
2.6.3. Regresyon analizi.....	17

2.6.4. Çoklu regresyon modelinde yapılan varsayımlar	22
2.6.4.a. Çoklu doğrusal bağlantının olmaması	22
2.6.4.b. Hata terimleri arasında otokorelasyon bulunmaması	23
2.6.4.c. Eş varyanslılık varsayımı.....	24
2.6.4.d. Hata terimlerinin normal dağılması.....	25
2.7. Taban Akış İndeksi.....	26
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	27
3.1. Materyal.....	27
3.1.1. Çalışma alanı	27
3.1.2. Kullanılan veri	28
3.2. Yöntem	32
3.2.1. Çalışmada kullanılan değişkenler.....	33
3.3. Değişkenler Arası İlişki.....	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	39
4.1. Kullanılan Program	39
4.2. Model Kalibrasyonu	48
4.2.1. Taban akış indeksi (TAI) regresyon modeli.....	48
4.2.2. Taban akışı (Q_b) regresyon modeli.....	51
4.3. Model Validasyonu	54
4.3.1. Çoklu doğrusal bağlantının olmaması	55
4.3.2. Tahmin hataları (ϵ) arasında bağımlılık (otokorelasyon) olmaması	55
4.3.3. Tahmin hatalarının (ϵ) varyanslarının eşit olması (Homoskedastisite).....	56
4.3.4. Hataların dağılımının normal olması.....	57
4.3.5. TAI ve Q_b modellerine ait uygulama sonuçları	60
5. SONUÇ	63
KAYNAKLAR	66
EKLER.....	70
EK 1.....	70
EK 2.....	71
ÖZGEÇMİŞ	72

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

\bar{x} ve \bar{y}	Örneklerin aritmetik ortalamaları
a	Regresyon sabiti
b	Regresyon katsayısı
B	Standartlaştırılmamış katsayılar
DW	Durbin Watson
ESS	Tahmin edilen değerlerin kareleri toplamı
F	F test istatistiği
H ₀	Hipotez testi
h ₁	İlgili havzanın en yüksek arazi kotu
H ₁	Karşıt hipotez
h ₂	İlgili havzanın en düşük arazi kotu
h _{maks}	Memba kotu
h _{min}	İlgili AGİ kotu
L _{akarsu}	Akarsu kolu uzunluğu
n _{AGİ}	Gözlem yapılan istasyon sayısı
ρ	Otokorelasyon katsayısı
P	Anlamlılık düzeyi
Q _b	Taban akışı
q _i	i. günde akım
R	Korelasyon katsayısı
R ²	Determinasyon katsayısı
\hat{R}^2	Düzeltilmiş determinasyon katsayısı
RSS	Hataların kareleri toplamı
S _x ve S _y	Örneklerin standart sapmaları
t	t test istatistiği
TSS	Toplam kareler toplamı
VIF	Varyans artış faktörü

X	Bağımsız değişken
Y	Bağımlı değişken
b_i	Kısmi regresyon katsayısı
$st(b_i)$	İlgili kısmi regresyon katsayısının standart hatası
β	Standartlaştırılmış katsayılar
ε	Hata terimi

Kısaltmalar

A	Drenaj alanı
AATU	Akarsu ağı toplam uzunluğu
AGİ	Akım gözlem istasyonu
ANOVA	Varyans analiz tablosu
CBS	Coğrafi bilgi sistemleri
Corine	Coordination of Information on the Environment
DEM	Digital Elevation Model
DFY	Dijital filtreleme yöntemi
DI	Drenaj indeksi
DSİ	Devlet Su İşleri
DY	Drenaj yoğunluğu
EI	Eğim indeksi
ES	Engebelilik sayısı
IDW	Inverse Distance Weighting
II	İklim indeksi
İHEY	İngiliz hidroloji enstitüsü yöntemi
K	Kot
Log	Logaritma
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
OAYE	Ortalama akarsu yatak eğimi
ORM	Ormanlık ve yarı doğal alanlar
OYY	Ortalama yıllık yağış

PASW	Predictive Analytics SoftWare
PET	Potansiyel evapotranspirasyon
P-P	Eklenik – Olasılık grafiği
Q	Debi
RH	Rölatif hata
RİHEY	Revize edilmiş İngiliz hidroloji enstitüsü yöntemi
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
T	Sıcaklık
TAI	Taban akış indeksi
TAR	Tarımsal alanlar
TK	Toplam kabartma

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Akarsu havzaları	4
Şekil 2.2. Havza üzerinde akışın kısımlara ayrılması	6
Şekil 2.3. Bir hidrografın elemanları	7
Şekil 2.4. Çekilme eğrisinin üç bileşene ayrılması	8
Şekil 2.5. Şerit yöntem ile ortak çekilme eğrisi	9
Şekil 2.6. Grafik taban akışı ayırma yöntemleri	11
Şekil 2.7. İHEY modül diyagramı	14
Şekil 2.8. Toplam akıştan taban akışın ayrılması	16
Şekil 2.9. H_0 hipotezi kabul aralıkları grafiği.....	19
Şekil 2.10. Hata terimleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler	24
Şekil 2.11. Eşit ve Değişen Varyanslılık için örnek grafikler.....	25
Şekil 3.1. Çoruh havzası	28
Şekil 3.2. Çoruh havzası corine arazi örtüsü.....	32
Şekil 4.1. Çoruh havzası Ocak ayı ortalama sıcaklık haritası.....	39
Şekil 4.2. Çoruh havzası yıllık ortalama yağış haritası.....	40
Şekil 4.3. Bağımsız değişkenlerin saçılma grafikleri.....	42
Şekil 4.4. SPSS program arayüzü.....	45
Şekil 4.5. SPSS sonuç penceresi	46
Şekil 4.6. SPSS model oluşturma ve kontrol şeması	47
Şekil 4.7. TAI eş varyanslılık kontrolü	56
Şekil 4.8. Q_b eş varyanslılık kontrolü	57
Şekil 4.9. TAI modeli standartlaştırılmış hatalar histogramı	58
Şekil 4.10. Q_b modeli standartlaştırılmış hatalar histogramı	58
Şekil 4.11. TAI eklenik-olasılık (P-P) grafiği.....	59
Şekil 4.12. Q_b eklenik-olasılık (P-P) grafiği	59
Şekil 4.13. Regresyon ve İHEY yöntemi ile hesaplanan TAI değerlerinin karşılaştırılması	62
Şekil 4.14. Regresyon ve İHEY yöntemi ile hesaplanan Q_b değerlerinin karşılaştırılması	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. İHEY'in 2305 nolu istasyona uygulanması örneği.....	15
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan AGİ'lere ait özellikler	29
Çizelge 3.2. AGİ'lere en yakın MGM aylık ortalama sıcaklık değerleri	30
Çizelge 3.3. AGİ'lere en yakın MGM aylık ortalama yağış değerleri	31
Çizelge 3.4. Modellerin oluşturulmasında kullanılan değişkenler.....	33
Çizelge 4.1. Çoruh havzası Ocak ayı sıcaklık değerleri istatistikleri	40
Çizelge 4.2. Çoruh havzası OYY istatistik değerleri.....	41
Çizelge 4.3. Değişkenlere ait istatistiksel değerler	41
Çizelge 4.4. Regresyon modelinde kullanılan bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları	44
Çizelge 4.5. TAI modeli değişkenlerinin istatistikleri	49
Çizelge 4.6. TAI modeli değişkenleri pearson korelasyon katsayıları	49
Çizelge 4.7. TAI Model bilgileri	50
Çizelge 4.8. TAI ANOVA tablosu.....	50
Çizelge 4.9. TAI Model katsayılar.....	51
Çizelge 4.10. Q _b modeli değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri	52
Çizelge 4.11. Q _b modeli değişkenleri pearson korelasyon katsayıları.....	52
Çizelge 4.12. Q _b Model bilgileri	53
Çizelge 4.13. Q _b ANOVA tablosu	53
Çizelge 4.14. Q _b Model katsayıları	54
Çizelge 4.15. Model değişkenlerinin VIF değerleri.....	55
Çizelge 4.16. Modellerin normallik testleri	60
Çizelge 4.17. Modellere ait rölatif hata değerleri	61

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Konusu

Bu çalışmanın amacı taban akışını çeşitli etmenler; havza karakteristikleri, meteorolojik olaylar ve hidrolojik özellikler gibi değişkenler ile tahmin etmektir. Taban akışı, havzaya yağın yağışa, akarsu ağı toplam uzunluğuna, drenaj yoğunluğuna, engebeliğe vb. diğer faktörlere bağlı olduğundan gecikmeli bir akış olarak gerçekleşir. Taban akışı yaz mevsiminde akarsu akışının önemli bir bölümünü, bazen ise tamamını karşılamaktadır. Bundan dolayıdır ki taban akışının bilinmesi hesaplamalarda çok önemlidir.

Yapılan araştırmaların büyük bir çoğunluğunda taban akışı tahmininde hidrograf analizlerinden faydalanılmıştır. Son dönemlerde yapılan çalışmalarda grafik yöntemlerin sık sık kullanımı yerini istatistiksel olarak yapılan çeşitli taban akışı tahmin yöntemlerine bırakmıştır. İstatistiksel olarak yapılan bu çalışmalarda, akım ölçümlerinin yapıldığı ve istasyonların içinde bulunduğu havza karakteristikleri ele alınarak bu karakteristiklerin taban akışı üzerindeki etkisi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu sayede, havza karakteristikleri kullanılarak akım ölçümü yapılmayan noktaların da taban akışı yaklaşık olarak tahmin edilebilecektir. Bu çalışmada istatistiksel analizler sonucu elde edilen veriler, çoklu regresyon yöntemi kullanılarak taban akışı ve diğer değişkenler arasında ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yumuşatılmış Minimumlar Yöntemi (İHEY) kullanılarak Çoruh havzasında yer alan 10 adet Akım Gözlem İstasyonuna (AGİ) ait taban akışı indeksi (TAI) ve taban akışı değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler ile havza karakteristikleri ve diğer değişkenlerde kullanılarak çoklu regresyon modeli geliştirilerek TAI ve taban akış debileri için tahminlerde bulunulmuştur.

1.2. Çalışmanın Önemi

Yeryüzünde suyun dağılımı incelendiğinde Dünya üzerindeki suyun sadece yaklaşık %3'lük kısmının tatlı sudan oluştuğu ve bunun %68,6 lık kısmının buzullarda, insan kullanımına sunulması neredeyse imkânsız olan bir bölgede kaldığı görülmektedir. Tüm bu hususlar göz önünde bulundurulduğunda su bilimi, insan ve canlı hayatı için büyük önem arz etmektedir. Su biliminden faydalanılarak kullanım alanına yakın suyun kontrol altında tutulması ve ondan optimum seviyede faydalanılması gerekmektedir. Tatlı suyun canlı yaşamı için bu denli büyük bir öneme sahip olması onun gelecek nesillere aktarılması ve bu aşamada mevcut su kaynaklarının en verimli şekilde kullanılmasıyla mümkün olacaktır.

İnsan yeryüzündeki yaşayışını sürdürmesi için gerekli olan su ile ilgili bilgileri yüz yıllar önce toplamaya başlamıştır (Bayazıt 1999). İnsanoğlunun suyun kullanımı konusundaki bu bilgi birikimi maalesef günümüzde iklim değişiklikleri, bilinçsiz su tüketimi vb. sebeplerden dolayı suya olan ihtiyacı daha da artırmış, mevcut kaynakların gelecek nesillere aktarımını daha da zorlaştırmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre ülkemiz nüfusunun 2030 yılında 100 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Nüfusun bu oranda arttığı ve mevcut kaynakların hiç zarar görmeden aktarılması durumunda kişi başı kullanılabilir su tüketim miktarı 1519 m³'ten 1120 m³'e düşeceği tahmin edilmektedir (DSİ 2012). Su tüketiminin bu oranda azalması aslında ülkemizin ne kadar büyük miktarda su kıtlığı girdabına doğru adım adım gittiğini göstermektedir. Ayrıca bu yönden bakıldığında uluslararası basın ve yayın organlarında sıkça dile getirilen Ortadoğu su savaşlarının ne kadar yakınımızda olduğu görülmektedir.

Tüm bu sebeplerden dolayı ülkemiz su tüketiminin bilinçli ve planlı olması büyük önem arz etmektedir. Ülkemiz su kaynakları ölçümleri Devlet Su İşleri Kurumu bünyesinde yapılmakta olup, her su kaynağı üzerinde Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) yer almaktadır. Akarsulardaki su miktarlarının ölçümü bu AGİ'ler ile yapılmak ile birlikte akarsu üzerinde her noktada yeterli sayıda AGİ kurulması fayda/maliyet analizi açısından imkânsızdır. Bu da bizi mevcut su hareketlerinin tahmin edilmesine sevk

etmektedir. AGİ bulunmayan noktalardaki su hareketleri bu bölgelerde suyun daha verimli ve elverişli kullanılmasına imkân sağlayacak ve su kaynaklarının gelecek nesillere korunaklı bir şekilde iletilmesine imkân verecektir. Akarsu akımının tahmin edilebilmesi için de akımı oluşturan en önemli bileşen yani taban akışının bilinmesi veya tahmin edilmesi çok önemlidir. Özellikle yaz aylarında akarsu akımının büyük bir kısmını oluşturan taban akışını toplam akıştan ayırarak tahmin etmek, su kaynaklarının verimli kullanılmasını kolaylaştıracaktır.

1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Çoruh havzasındaki 10 adet AGİ'ye ait günlük ortalama akım verileri kullanılarak taban akışı indeksi (TAI) ve taban akışı (Q_b) değerleri hesaplanarak, hesaplanan değerlerin çoklu regresyon modeli yardımı ile çeşitli havza karakteristikleri ile ilişkilendirilmesi amaçlanmıştır.

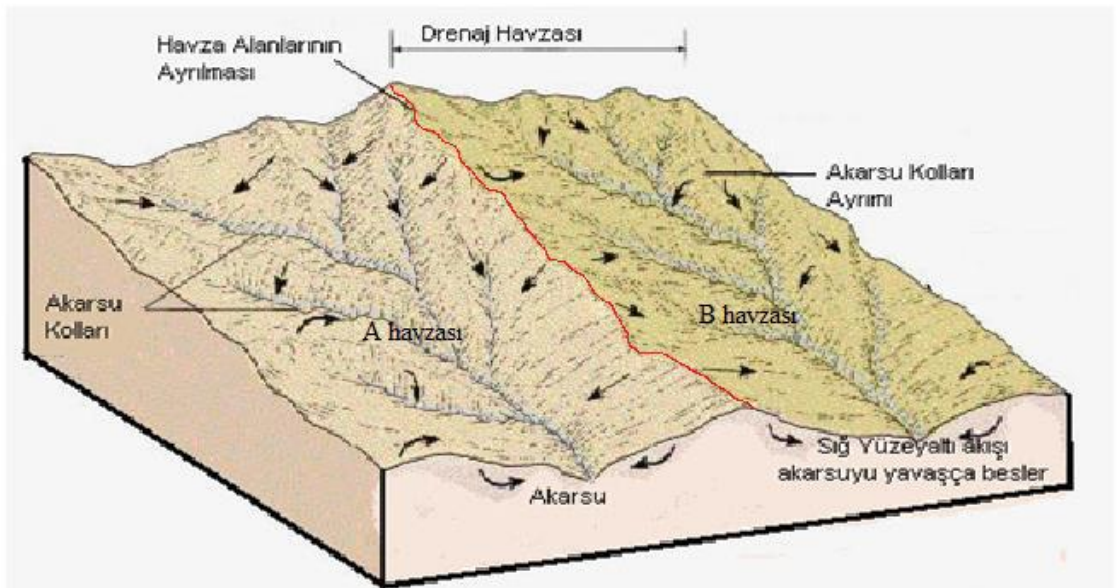
1.4. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada Çoruh havzasında yer alan 10 Adet AGİ'nun geçmiş yıllar günlük ortalama akım verileri kullanılarak daha önceki çalışmalarda kabul görmüş olan İHEY ile TAI ve Q_b değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler ile Çoruh havzasının çeşitli topoğrafik ve hidrometeorolojik karakteristikleri çoklu regresyon modeli ile bir modele dönüştürülmüş böylelikle iki model oluşturulmuştur. Oluşturulan birinci modelde TAI, açıklayıcı olan havza değişkenlerine bağlı, bağımlı değişken olarak kullanılmış ve regresyon modeli kurularak regresyon denklemi oluşturulmuştur. İkinci modelde ise Q_b bağımlı değişken olarak kullanılıp, diğer havza karakteristikleri açıklayıcı değişken olarak kullanılmış ve sonuç olarak ikinci bir regresyon denklemi elde edilmiştir. Modellerin kalibrasyonu aşamasında 8, validasyon aşamasında ise 2 adet AGİ'ye ait veriler kullanılmış, regresyon denklemi sonucunda elde edilen TAI ve Q_b değeri ile İHEY sonucu elde edilen değerler karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Havza

Eşyüksekti eğrileri yardımıyla topoğrafik harita üzerinde en yüksek noktalardan bir hat geçirilerek oluşturulan drenaj alanı içerisinde kalan alan havza olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle çıkış noktasından başlayarak arazideki en yüksek noktalardan geçen alan havza sınırı olarak bilinmektedir (Bayazıt 2013). Havza üzerine düşen yağış havza üzerindeki drenaj (toplama) ağları vasıtasıyla akarsu, nehir, göl veya deniz gibi alanlarda toplanır. Yağışın akıma çevrilmesinde havzanın alanı, eğimi, engebellik durumu, şekli, bitki örtüsü ve sızma indislerinin rolü büyüktür. Bitki örtüsü ve sızma miktarı zamanla değiştiği için değişken karakterler, diğerleri ise sabit karakterler olarak adlandırılabilirler. Havzanın karakteristik özelliklerine bakıldığında havza topoğrafyası, jeolojik yapısı, ormanlık ve yarı doğal alanların havzadaki dağılımı, engebiliği, havza ortalama kotu ve zemin yapısı en önemli havza karakteristikleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir akarsu havzasındaki akarsu ağı ise akarsu yoğunluğu, drenaj yoğunluğu, akarsu ağının şekli ve akarsu enkesiti gibi çeşitli özellikler ile belirlenebilir.

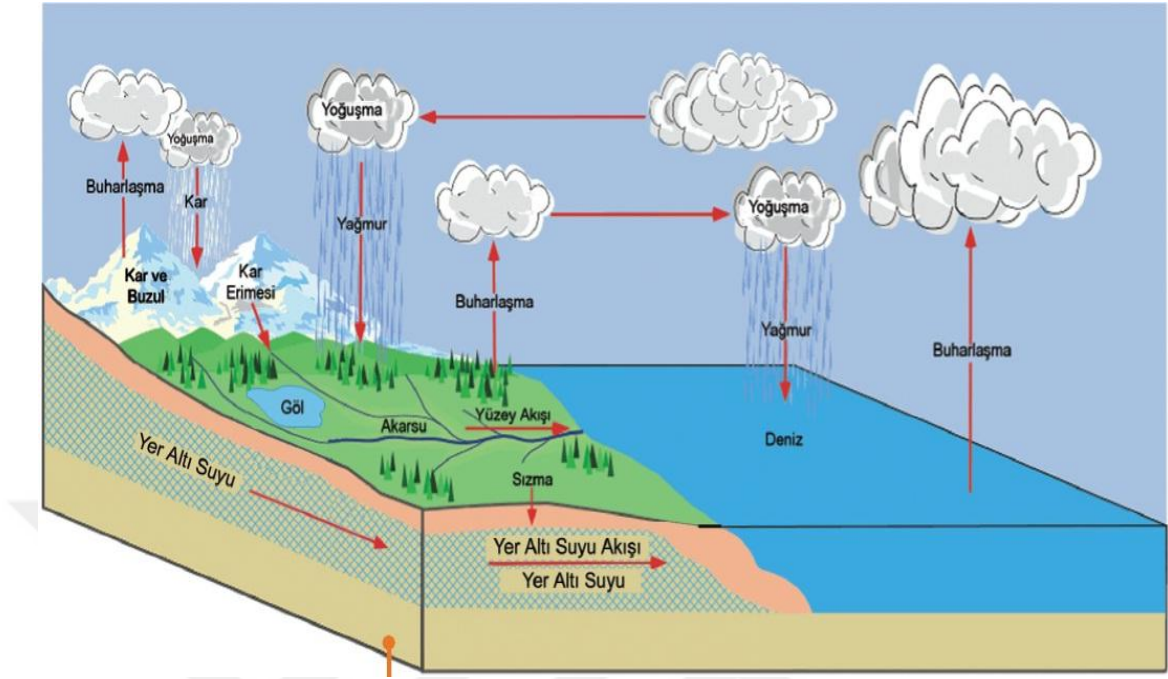


Şekil 2.1. Akarsu havzaları

Havzaya düşen yağışın bir sonucu ve drenaj kanallarında toplanması ile akarsu akımları oluşmaktadır. Havzaya düşen tüm yağış akımları meydana getirmekte ve akım bileşenleri olarak adlandırılmaktadırlar. Bir akarsu en kesitinden geçen akım yüzeysel akım, yüzeyaltı akımı ve yeraltı akımı olarak üç kısımdan oluşur. Yüzeysel akımı; Mevcut yağışın toprak üzerinde bir akış halinde meydana gelme durumudur. Yüzeysel akış hızı, toprağın geçirimsizliğine, toprağın başlangıçtaki nem miktarına ve yağışın hızına bağlıdır (Usul 2013). Yüzeyaltı akımı; Yağışın toprak içerisindeki boşlukları doldurarak yatay olarak hareket etmesi durumudur. Bu akım yeraltı su tablası üzerinde hipodermik akım olarak adlandırılır (Pilgrim et al. 1979). Bu akım havzanın jeolojik özelliklerine göre büyük veya küçük miktarlarda gerçekleşebilir. Yeraltısuyu akımı; Yağışın toprak içerisindeki boşlukları doldurduktan sonra yerçekimi etkisi ile yeraltı su tabakasına kadar inmesi ve burada hareketine devam etmesi durumudur. Bu akıma da yeraltı suyu akımı denir. Bir akarsudaki yüzeyaltı akımını diğerlerinden ayırmak güç olduğundan bir akarsudaki toplam akışı akarsuya varış süresine göre iki parçaya ayırmak gerekir.

1. Dolaysız akış: Yüzeysel akıyla yüzeyaltı akışının gecikmesiz kısmından meydana gelen akıştır. Genellikle yüzeyaltı akışının büyük bir kesimi dolaysız akış içinde düşünülür.
2. Taban akışı: Yeraltı akışı ile yüzeyaltı akışının gecikmeli kısmından meydana gelen akımdır (Bayazıt 1991).

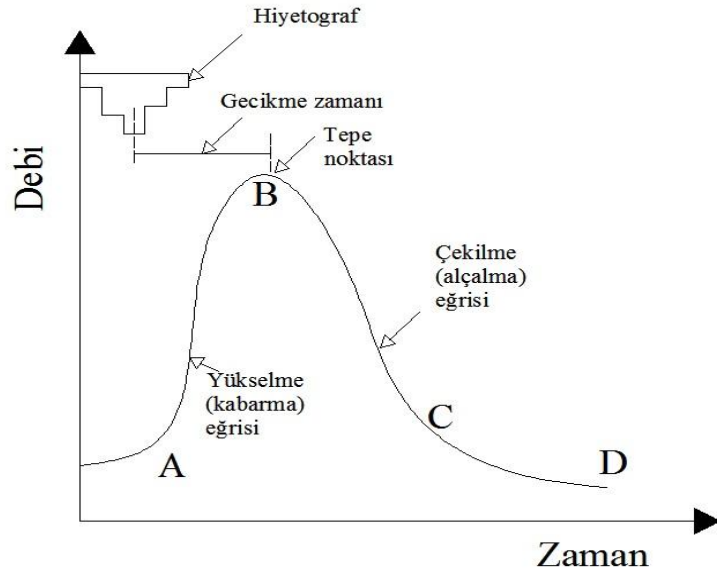
Dolaysız akışın bilinmesi özellikle şiddetli yağışlardan sonra meydana gelebilecek taşkın debisinin tahmininde ve önlem alınmasında önemlidir. Aynı zamanda Taban akışının bilinmesi ise özellikle kurak mevsimlerde akarsu akımını oluşturacağı için büyük önem arz etmektedir. Taban akışının etkisi akarsu üzerinde fazla ise akarsuda kurak dönemde kuruma oluşmayacaktır.



Şekil 2.2. Havza üzerinde akışın kısımlara ayrılması

2.2. Hidrograf Elemanları

Akarsunun bir kesitindeki akış miktarının zamana bağlı olarak değişimini gösteren grafiğe hidrograf denir. Akarsu debisi l/sn olarak ifade edilebildiği gibi genellikle m^3/sn olarak gösterilmektedir. Hidrograf üzerinde debi düşey ekseninde, zaman ise yatay ekseninde gösterilir ve akımın zamanla değişimi belirtilir.



Şekil 2.3. Bir hidrografın elemanları

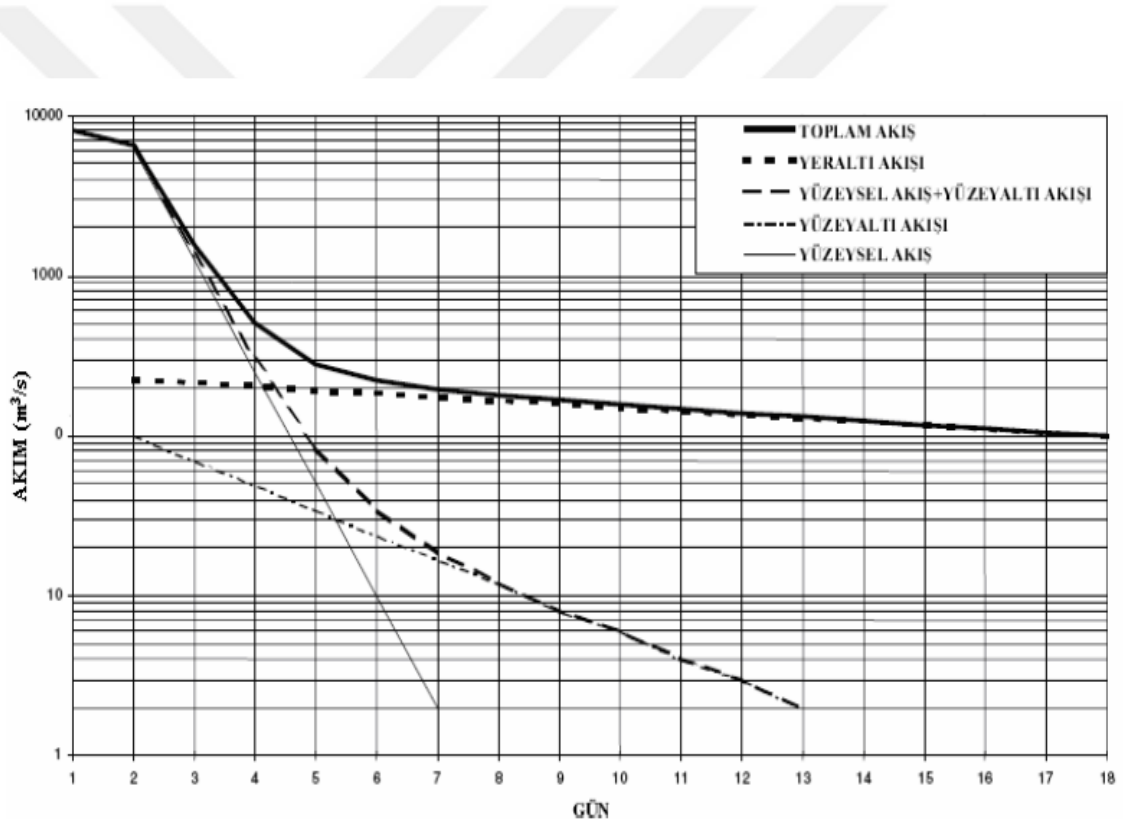
Havzaya yağın yağışın etkisi ile havza üst kısımlarından aşağı doğru gidildikçe AB eğrisi boyunca havzanın yukarı kısımlarından gelecek suların katkısı ile debi sürekli artacaktır. Bu kısım yükselme eğrisini oluşturur. Tepe noktası pik noktası olup bu noktadan itibaren yağışın azalması ile havzada biriken su boşalacak, bununla birlikte akım azalacak ve çekilme eğrisini oluşturacaktır. Gecikme zamanı ve pik debi üzerinde havza biçimini ve akarsu ağı özelliklerinin etkisi bulunmaktadır. Havzanın genişliği membaya doğru arttığında gecikme zamanı büyür (Bayazıt 2013). En son ise akım sabit değerine ulaşacaktır. Yağış ile akış arasındaki ilişki yağışın alan üzerindeki dağılımı ve havza topoğrafyası ile alakalı olup, havza engebeliliği, toprak veya kayaç yapısı, bitki örtüsü gibi faktörler yağışın akışa dönüşmesi ve gecikme zamanının belirlenmesinde büyük önem arz etmektedir.

2.3. Hidrografın Çekilme Eğrisi

Çekilme eğrisi havza içerisinde depolanan suyun yağış sonrası havza içerisinde zamana bağlı olarak boşalmasını ifade etmekte ve çok büyük boyuttaki havzalar dışında yağışa bağlı olarak değişim göstermemektedir. Çekilme eğrisi havza özelliklerine bağlı olarak çeşitli dönemlerde farklılık gösterebilir.

Çekilme eğrisi havzanın drenaj alanı, sızıntı hızı, yer altı su katmanları ve buna benzer birçok özellikle sıkı bağlantı içerisindedir. Dolayısı ile havza üzerinde yapılacak hidrolojik yapıların projelendirilmesinde çekilme eğrisi ile elde edilecek akım tahminleri ve frekans analizleri çok önemlidir.

Barnes 1939 yılında yaptığı çalışmada yüzeysel akış, yüzeyaltı akışı ve yeraltı akışını logaritmik bir kağıta doğru bir şekilde çizmiştir. Logaritmik çizim incelendiğinde üç bileşen farklı eğrilere sahip doğrular olarak ifade edilmektedirler. Bayazıt ve arkadaşları benzer bir çalışma ile çekilme eğrisini üç bileşene aşağıdaki gibi ayırmışlardır.



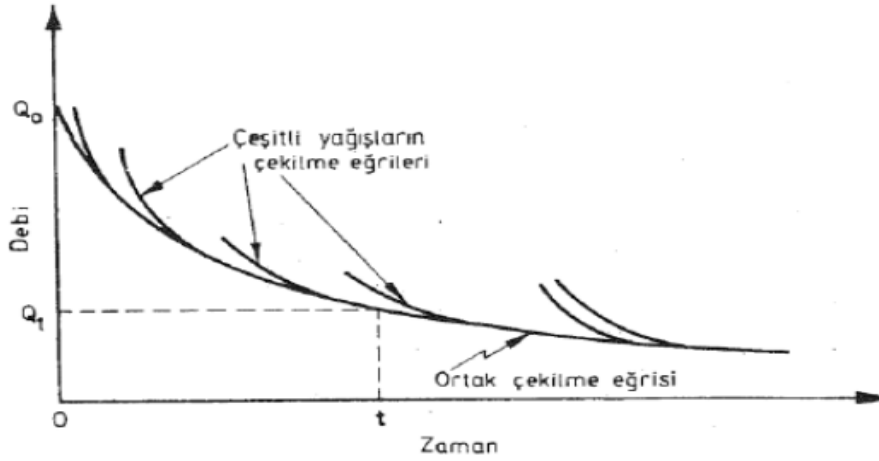
Şekil 2.4. Çekilme eğrisinin üç bileşene ayrılması (Bayazıt 1997)

2.4. Ortak Çekilme Eğrisi

Havzanın çekilme eğrisini oluşturmak için çeşitli bölgelerden çok sayıda hidrograf elde edilmesi gerekir ki bu sayede havza tam anlamı ile temsil edilebilsin (Usul 2013). Çekilme eğrisinin belirlenmesinde genel olarak üç yöntem kullanılmaktadır.

1. Korelasyon Yöntemi: Langbein (1940) tarafından geliştirilen bu yöntemde yeraltı suyu çekilme eğrisinde günlük akım değerleri çift logaritmik grafik kâğıdına işaretlenerek bu noktalardan bir doğru veya eğri geçirilir. Doğru oluşturulmuş ise doğru eğimi $\log K$ 'yı verir (Toebe ve Strang, 1964) ve havzanın çekilme katsayısı elde edilmiş olur.

2. Şerit Yöntemi: Çekilme eğrisinin son değeri en küçük olan değerden başlanarak, sıra ile tüm hidrografların çekilme eğrisi grafik kâğıda çizilir ve eğriler yatay olarak kaydırılarak birbirleri ile üst üste getirilir. Üst üste gelen kısımlardan geçen çekilme eğrisi bu şekilde elde edilmiş olur.



Şekil 2.5. Şerit yöntem ile ortak çekilme eğrisi (Bayazıt 2003)

3. Tablo Yöntemi: Farklı çekilme eğrilerinin günlük ortalama akım verileri alınarak tablo halinde ve sütunlar şeklinde yazılarak değerler birbirlerine yaklaşacak şekilde sıralanır. Her yatay çizgideki debi ortalamaları alınarak ana çekilme eğrisi belirlenmiş olur.

2.5. Taban Akışı

Akarsu, nehir göl v.b. su kaynaklarını yeraltı suyu akışı ile besleyen diğer akımlara göre daha az değişken olan akıştır. Yağışsız mevsim koşullarında akarsuların en önemli

besleyici kaynağını taban akışları oluşturmaktadır. Böyle düşünüldüğünde taban akışı, akışın yeraltı sularından gelen kısmı olarak tabir edilebilir. Taban akışı, havzaya yağın yağışa, akarsu ağı toplam uzunluğuna, drenaj yoğunluğuna, engebeliliğe vb. diğer faktörlere bağlı olduğundan gecikmeli bir akış olarak gerçekleşir. Taban akışı yaz mevsiminde akarsu akışının büyük bir kısmını, bazı durumlarda ise tamamını karşılamaktadır. Taban akışı rejimini bilmek; havza yönetimi stratejileri geliştirmek (özellikle kuraklık durumunda), sudaki organizmalar ve yaşam ortamları arasında ilişkiler kurmak, küçük ve orta dereceli su kaynakları için tahminler yapmak, su kalitesi ve tuzluluk oranının yönetimi, göllerin su bütçelerini hesaplamak vb. durumlar için çok önemlidir (Smakhtin 2001).

2.6. Taban Akışı Tahmininde Kullanılan Yöntemler

Taban akışını tahmin etmede yani taban akışını toplam akıştan ayırmada literatürde çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler üç başlık altında toplanırsa;

- 1) Grafik yöntemler
- 2) Sürekli taban akışı ayırma yöntemleri
- 3) Regresyon analizi,

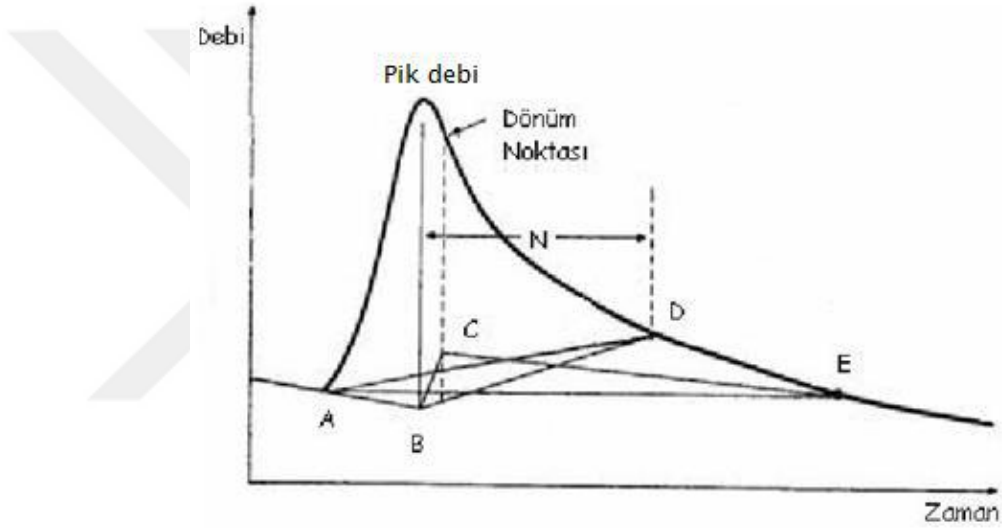
olarak belirtilebilir.

2.6.1. Grafik yöntemler

Toplam akıştan taban akışını ayırmak için kullanılacak en basit yöntemleri grafik yöntemler sağlar.

2.6.1.a. Sabit debi yöntemi

Taban akışının sabit bir değerde akarsu akımdan bağımsız seyrettiği kabulüne dayanır (Linsley et al. 1949). Yükselme eğrisinin başlamasından hemen önceki akarsu akımı sabit değer olarak kabul edilir. Yüzeysel akışın başladığı A noktasından yatay bir doğru çizilir. Bu doğru hidrografın çekilme eğrisini E noktasından keser. Ortaya çıkan AE doğrusunun altında kalan alan taban akışını verir.



Şekil 2.6. Grafik taban akışı ayırma yöntemleri

2.6.1.b. Sabit eğim yöntemi

Sabit eğim yönteminde yağışla birlikte taban akışının hemen değiştiği varsayılır (Brodie and Hostetler 2005). Bu yöntemde Şekil 2.4'de görüldüğü gibi yükselme eğrisinin başladığı A noktası ile debinin pik değere ulaştıktan N gün sonrasına karşılık gelen D noktası birleştirilir. Çizilen AD doğrusu sabit eğim yöntemini temsil eder ve bu doğrunun altında kalan alan taban akışını gösterir.

Pik değerden N sonraki günü hesaplamak için, $N=0,827.A^{0.2}$ ampirik formülü kullanılır (Linsley et al. 1958).

2.6.1.c. Konkav yöntemi

Konkav yönteminde Şekil 2.4'deki hidrograftan önceki hidrografın taban akışı çekilme eğrisi A noktasından devam ettirilerek pik değer altındaki B noktası ile birleştirilir. Daha sonra B noktası D noktası ile birleştirilir. AB-BD doğrusu altındaki alan taban akışını gösterir.

2.6.1.d. Değişken eğim yöntemi

Değişken eğim yönteminde yine konkav yönteminde olduğu gibi önce A ve B noktaları yukarıda anlatıldığı şekilde birleştirilir. Daha sonra hidrografın yeraltı akışına ait çekilme eğrisi geriye doğru pikten sonraki dönüm noktasının izdüşümünü kesecek şekilde uzatılır. Dönüm noktası çekilme eğrisinin ikinci türevinin sıfır olduğu noktadır. Böylelikle C noktası elde edilmiş olur. AB-BC-CE doğrularının altında kalan alan taban akışını verir (Das 2009).

2.6.2. Sürekli taban akışı ayırma yöntemleri

2.6.2.a. Dijital filtreleme yöntemi (DFY)

DFY yüzeysel akış ile taban akışını frekansları farklı iki sistem olarak kabul ederek yüksek frekanslı yüzeysel akışın, düşük frekanslı taban akışından sinyal analizlerine göre filtre edilerek ayrılmasıdır.

İlk olarak Lyne ve Hollick (1979) tarafından sinyal analizlerinde kullanılmıştır. Daha sonra Nathan ve McMahon (1990) yaptığı çalışmada bu yöntemi akım değerlerine uygulayarak yüzeysel akışı toplam akıştan ayırmış ve böylelikle taban akışını elde etmiştir. Daha sonra ise Arnold et al. (1995) ile Santhi et al. (2008) da bu yöntemi kullanmışlardır.

2.6.2.b. İngiliz hidroloji enstitüsü yöntemi (İHEY)

İngiliz Hidroloji Enstitüsü yuvarlatılmış minimumlar yöntemi olarak da bilinen bu yöntemde günlük ortalama akım zaman serisi verileri kullanılarak taban akışının toplam akıştan ayrılması hedeflenir. Günlük ortalama akım verileri 5'erli gruplara ayrılarak her gruba ait minimum değer alınır bu minimum değer kendinden önceki 5'li grup ile kendinden sonraki 5'li grubun 0,9 katından küçük ise bu değer minimum dönüm noktası olarak kabul edilir. Bu durum matematiksel olarak $0,9q_i < \min(q_{i-1}, q_{i+1})$ şeklinde ifade edilir.

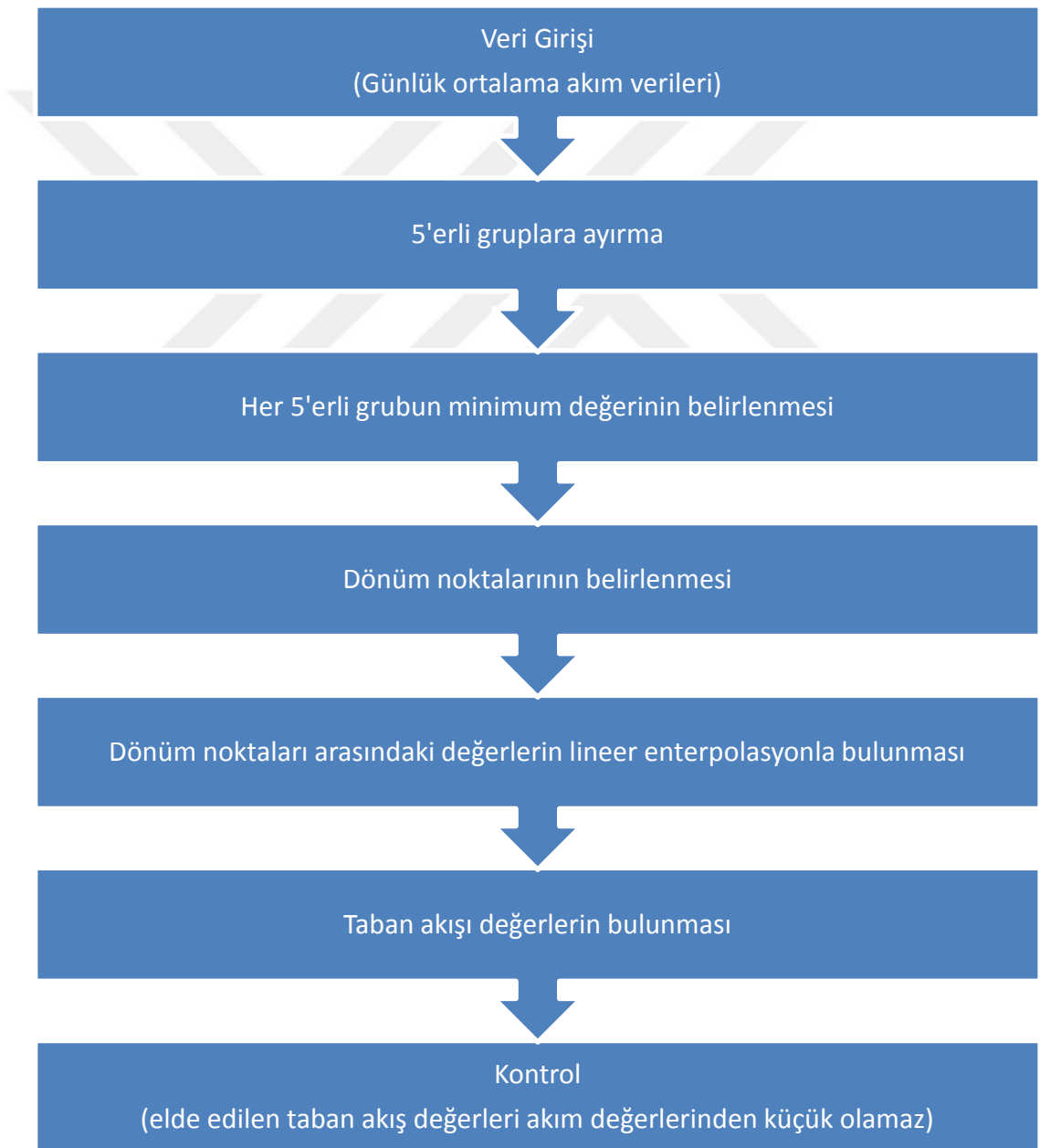
Denklemden kullanılan 0,9 çarpanı taban akışını tahmin etmek için bu yöntemde ait bir katsayıdır (Mazvimavi et al. 2004). Sloto ve Crause (1996) yaptığı çalışmada günlük akım verilerini üçlü, beşli ve yedili gruplara ayırmış ve bu gruplar için Taban Akış İndeksi (TAI) değerlerini sırası ile 0,35, 0,29 ve 0,24 bulmuştur. Daha sonra bu değerleri diğer yöntemler kullanılarak hesaplanan TAI değerleri ile karşılaştırarak en uygun ayırmanın beşerli gruplar halinde olacağını belirtmiştir. Beşerli gruplar aylık olarak gruplara ayrılabilmesi gibi en doğru sonuç tüm veri üzerinde yapılacak gruplandırma ile sağlanacaktır.

Tüm zaman serisine bu uygulama yapılarak dönüm noktaları belirlenir. Dönüm noktaları ve taban akış değerleri yıllık olarak belirlenebildiği gibi tüm zaman serisine tek bir defada uygulanarakta belirlenebilir. Bulunan dönüm noktaları toplam akışın tamamının taban akışından kaynaklandığı günlere karşılık gelmektedir (Piggott et al. 2005). Bu dönüm noktaları arasındaki değerler doğrusal enterpolasyonla belirlenerek toplam akıştan taban akışı ayrılmış olur. Ancak uygulama yapılırken doğrusal enterpolasyon yapıldıktan sonra oluşan değerler kontrol edilerek günlük ortalama akımdan fazla olan değer varsa o değerler maksimum günlük ortalama akım değeri olarak alınmalıdır.

İHEY'in kuruyan akarsularda kullanımında ise $0,9q_i \leq \min(q_{i-1}, q_{i+1})$ koşulu kullanılır (Hisdal et al. 2003; Aksoy vd 2008). Kuruyan akarsularda \leq değeri ile minimum dönüm

noktası kendinden önceki ve sonraki dönüm noktalarının 0,9 katına eşit veya küçük alınarak daha doğru sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

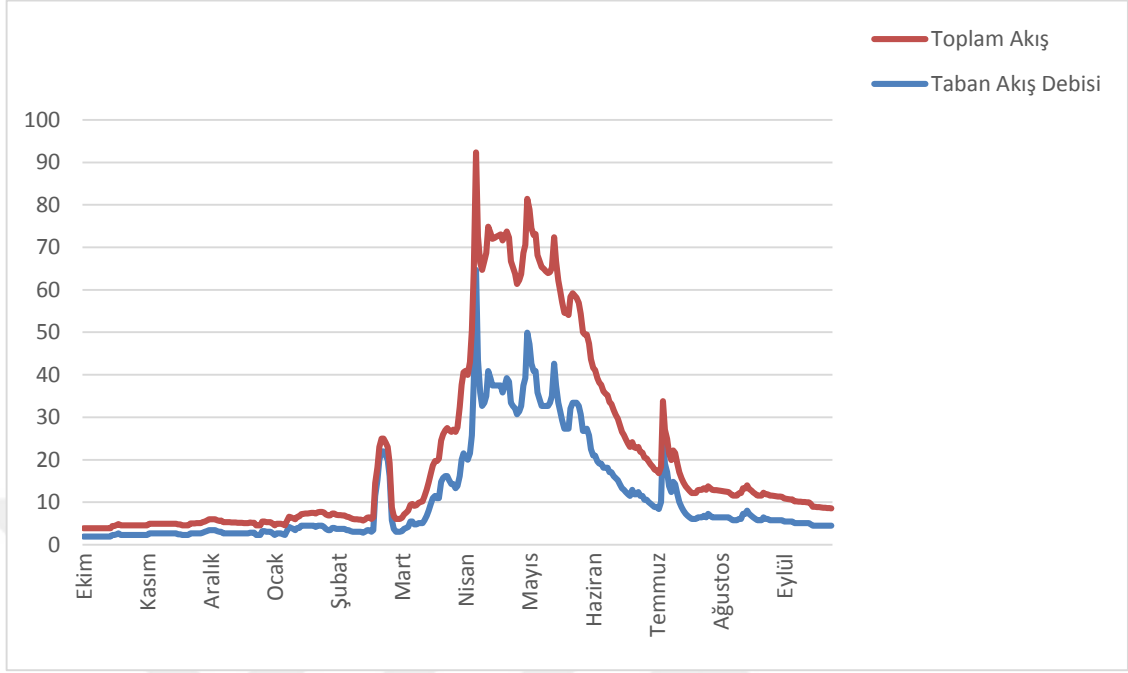
Bu çalışmada kuruyan akarsu bulunmadığı için $0,9q_i < \min(q_{i-1}, q_{i+1})$ denklemi kullanılmış, uygulama yöntemi (Şekil 2.7) ve örneği detaylı olarak verilmiştir (Çizelge 2.1, Şekil 2.8).



Şekil 2.7. İHEY modül diyagramı

Çizelge 2.1. İHEY'in 2305 nolu istasyona uygulanması örneği

Gün	Tarih	Debi (m ³ /s)	Minimumlar (m ³ /s)	Dönüm Noktaları (m ³ /s)	Doğrusal Enterpolasyon (m ³ /s)	Kontrol (m ³ /s)
1	11 Nisan 1963	199				
2	12 Nisan 1963	211				
3	13 Nisan 1963	180	180			
4	14 Nisan 1963	194				
5	15 Nisan 1963	215				
6	16 Nisan 1963	215				
7	17 Nisan 1963	218				
8	18 Nisan 1963	221				
9	19 Nisan 1963	203				
10	20 Nisan 1963	196	196	196	196.00	196.00
11	21 Nisan 1963	205	205	205	205.00	205.00
12	22 Nisan 1963	233			210.54	210.54
13	23 Nisan 1963	272			216.08	216.08
14	24 Nisan 1963	312			221.62	221.62
15	25 Nisan 1963	350			227.15	227.15
16	26 Nisan 1963	336			232.69	232.69
17	27 Nisan 1963	322			238.23	238.23
18	28 Nisan 1963	314			243.77	243.77
19	29 Nisan 1963	303			249.31	249.31
20	30 Nisan 1963	299	299		254.85	254.85
21	1 Mayıs 1963	280			260.39	260.39
22	2 Mayıs 1963	287			265.92	265.92
23	3 Mayıs 1963	277			271.46	271.46
24	4 Mayıs 1963	277	277	277	277.00	277.00
25	5 Mayıs 1963	277			279.50	279.50



Şekil 2.8. Toplam akıştan taban akışın ayrılması

2.6.2.c. Revize edilmiş İngiliz hidroloji enstitüsü yöntemi (RIHEY)

İngiliz hidroloji enstitüsü yönteminde (İHEY) kullanıldığı gibi günlük ortalama akım zaman serileri kullanılır. İlk günden başlanarak birbirleriyle çakışmayacak şekilde beşerli gruplara ayrılarak elde edilen minimumlar ve dönüm noktalarına göre dönüm noktaları belirlenmektedir. Eğer serinin ikinci, üçüncü, dördüncü veya beşinci günden itibaren başlanırsa elde edilen gruplar ve dolayısıyla bu grupların minimumları ve dönüm noktaları birbirinden farklı olacaktır. Başlangıç noktasının bu etkisini ortadan kaldırmak amacıyla Piggott et al. (2005) İHEY'in farklı bir uygulaması yapılarak yöntem revize edilmiştir. Bu yöntem ile 5'erli grupların başlangıcı birinci gün, ikinci gün, üçüncü gün, dördüncü gün ve beşinci günden başlayarak ayrı ayrı gruplar elde edilmiş ve böylelikle 5 farklı taban akışı verisi ortaya çıkmıştır. Elde edilen taban akışı verilerinin ortalaması alınarak taban akışı bulunur. Sonuçlar İHEY ile büyük oranda benzerlik göstermektedir.

2.6.2.d. Filtre edilmiş İngiliz hidroloji enstitüsü yöntemi

İHEY’de doğrusal enterpolasyon sonucu keskin doğrular ortaya çıkabilmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak ve İHEY ile DFY’nin sonuçlarını birbirine yaklaştırmak için Aksoy vd (2009) yaptığı çalışmada İHEY ile DFY yöntemlerinin birlikte kullanılmasını önermiştir. Böylelikle İHEY ile ortaya çıkabilecek keskin doğruların DFY ile daha yumuşak bir hale getirilmesi amaçlanmıştır.

2.6.3. Regresyon analizi

Regresyon analizi, değişkenler arasındaki ilişkinin bir denklem ile ifade edilmesidir. Başka bir deyişle aralarında önemli bir ilişki bulunan X_i ve Y_i değişkenlerinin hangi bağıntı ile birbirlerine bağlı olduğunun belirlenmesidir. İki değişken ile oluşturulan regresyona basit regresyon, ikiden fazla değişken arasındaki bağıntıyı inceleyen regresyon ise çoklu regresyon olarak adlandırılır.

Basit regresyon modeli $Y = a + bX + \varepsilon$, çoklu doğrusal regresyon modeli ise genel olarak,

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_mX_m + \varepsilon \quad (2.1)$$

ile ifade edilir.

Y , bağımsız değişkenler ile tahmin edilmeye çalışılan bağımlı değişkeni, $X_1, X_2, X_3, \dots, X_m$ bağımsız değişkenleri, a regresyon sabitini, $b_1, b_2, b_3, \dots, b_m$ regresyon katsayılarını ve ε ise hata terimini göstermektedir.

a regresyon sabiti tüm bağımsız değişkenler sıfıra eşit olduğu zaman çoklu regresyon düzleminin Y dikey ekseninin kestiği noktayı gösteren sabittir. b_i regresyon katsayıları kısmi regresyon veya kısmi eğim katsayıları olarak da bilinir. b_i , diğer bağımsız

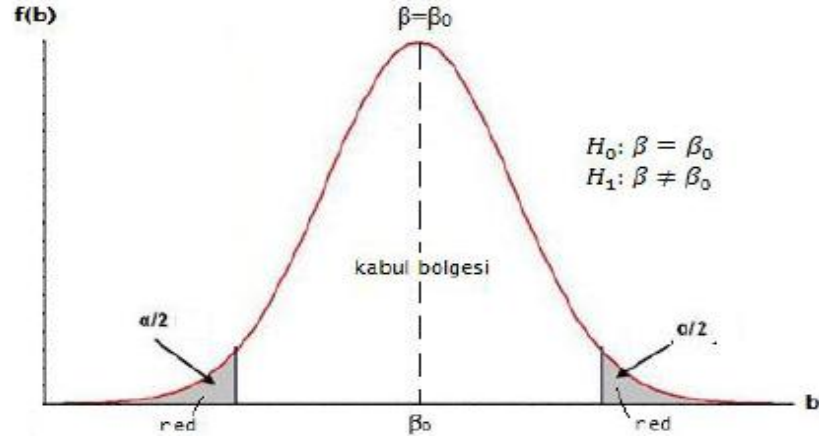
değişkenler sabit tutulurken, X_i 'deki bir birimlik değişmeye karşılık Y 'de meydana gelen değişimi ölçer. Bir başka deyişle X_i 'deki bir birim değişimin Y 'nin üzerindeki doğrudan etkisini, diğer değişkenlerin Y üzerinde olabilecek etkisinden arındırarak ölçer. ε hata terimi ise regresyon denkleminde tahmin edilen değerin (Y_r) gerçek değerle (Y_g) olan farkını göstermektedir. Diğer bir deyişle tahminin sapması olarak adlandırılır.

Regresyon katsayılarını hesaplamak için en küçük kareler yöntemi kullanılır.

$$\min \sum_{i=1}^n u_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - a - b_1 x_{1i} - b_2 x_{2i} - \dots - b_m x_{mi})^2 \quad (2.2)$$

Bu denklem ile regresyon denkleminde ait en uygun katsayılar belirlenerek regresyon denkleminde kullanılır.

Regresyon analizine başlamadan önce her bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki kısmi korelasyon katsayıları hesaplanır. Hesaplanan bu kısmi korelasyon katsayılarının 1'e yakın olup olmadığına bakılır. 1'e yakın olması o bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerinde etkili olduğunu gösterir ve çoklu regresyon analizine katılmasının uygun olduğuna karar verilir. Bağımlı değişkenin en az sayıda bağımsız değişkenle açıklanması gerekmektedir. Çünkü değişken sayısı arttıkça problem karmaşık bir hal almaya başlar. Çoklu regresyon modelinde kullanılacak bağımsız değişkenleri belirlemek için bazı hipotez testleri yapılır. Bu hipotezler, H_0 (sıfır hipotezi) ve H_1 (karşıt hipotezi) hipotezleridir.



Şekil 2.9. H_0 hipotezi kabul aralıkları grafiği

H_0 ve H_1 hipotez testleri sadece katsayıların belirlenmesinde değil aynı zamanda çoklu regresyon analizinde de kullanılmaktadır. Regresyon analizinde hipotezler aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

H_0 : Modelde kullanılan bütün bağımsız değişkenler, bağımlı değişkeni açıklamada istatistiksel olarak anlamsızdır (Denklem 3.11'deki $b_1 = b_2 = b_3 = \dots = b_m = 0$).

H_1 : Modeli oluşturmada kullanılan en az bir bağımsız değişken bağımlı değişkeni açıklamada istatistiksel olarak anlamlıdır (b değerlerinden en az biri 0 değildir).

Regresyon analizinin hipotezi F istatistiği ile test edilir. F istatistiğine karşı gelen anlamlılık değeri Fisher dağılımı tablosundan okunan %1 veya %5 (kişinin tercihinine göre) değerlerinden daha küçük olduğunda H_0 hipotezi reddedilerek H_1 hipotezi kabul edilir ve bağımlı değişkenin en az bir bağımsız değişken tarafından açıklanacağı söylenir. Çoklu regresyon modelinde F istatistiği, hata terimlerinin normal dağıldığı varsayımıyla,

$$ESS = \sum Y_{ri}^2 \quad (2.3)$$

$$RSS = \sum \varepsilon_i^2 \text{ olmak üzere,} \quad (2.4)$$

$$F = \frac{ESS/sd}{RSS/sd} = \frac{ESS/(k-1)}{RSS/(n-k)} \quad (2.5)$$

k , a dahil olmak üzere modeldeki tüm regresyon katsayılarının sayısını, n , gözlem sayısını, ESS, tahmin edilen değerlerin kareleri toplamını, RSS, hataların kareleri toplamını, sd ise serbestlik derecesini göstermektedir.

Model F testi ile sınıandıktan sonra, modeli oluşturacak bağımsız değişkenlerin kısmi regresyon katsayılarının her biri için ayrı ayrı anlamlılık testi t istatistiği ile yapılır ($H_0: b_i=0$, $H_1: b_i \neq 0$ hipotezi). t istatistiği gözlenen ve ortalama regresyon katsayıları arasındaki farkın standart hataya oranı olarak tanımlanmaktadır (Şen 2002). t istatistiği,

$$t = \frac{b_i}{st(b_i)} \text{ formülü ile bulunur} \quad (2.6)$$

Burada b_i kısmi regresyon katsayısına, $st(b_i)$ ise ilgili kısmi regresyon katsayısının standart hatasına karşılık gelmektedir.

t dağılım tablosuna karşılık gelen değer ile hesaplanan t istatistiği karşılaştırılarak anlamlılık düzeyine göre testi geçemeyen katsayılar modelden çıkarılır ve regresyon analizi yeniden yapılır. Bu uygulama ile modele girebilecek bütün bağımsız değişkenlerin modeli açıklamada anlamlı katkı sağladığından emin olunur.

t ve F test istatistikleri normal dağılım ile kabul edilebilirler. Normal dağılımdan uzaklaşılması istatistik testlerin geçerliliğini azaltır ve geliştirilen model anlamlılığını yitirir (Kalaycı 2014). Bunun önüne geçebilmek için normal dağılıma uymayan değişken verileri dönüştürülerek bağımsız değişkenin normal dağılıma yaklaşması sağlanır. Bu bağlamda en fazla kullanılan dönüşüm logaritmik dönüşümdür (Bayazıt ve Oğuz 2013). Bağımsız değişkenler üzerinde logaritmik dönüşüm uygulanarak,

$$\log(Y) = \log a + b_1 \log(x_1) + b_2 \log(x_2) + \dots + b_m \log(x_m) \quad (2.7)$$

değeri elde edilir.

Regresyon modelinde determinasyon katsayısının (R^2) bilinmesinde büyük önem arz etmektedir. R^2 , geliştirilen modelde bağımlı değişkenin, bağımsız değişkenle hangi oranda ilişkili olduğunu gösteren bir katsayıdır.

Çok değişkenli bir regresyonda R^2 ,

$$TSS = \sum Y_i^2 \text{ olmak üzere,} \quad (2.8)$$

$$R^2 = \frac{ESS}{TSS} \text{ ile açıklanır.} \quad (2.9)$$

TSS, toplam kareler toplamını göstermektedir.

R^2 'nin değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. R^2 değeri 1'e yaklaştıkça seçilen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama kabiliyeti artmış olacaktır. Örneğin $R^2=0,9$ için seçilen bağımsız değişkenler bağımlı değişkeni %90 oranında açıklıyor demektir. Bu durumda R^2 1'e ne kadar yakınsa modelin uyumu da o kadar iyi demektir. Ancak tüm hipotez testlerinden geçen değişkenler kullanıldığında artan R^2 değeri bizim için geçerli sonucu oluşturmalıdır. Eğer R^2 değeri 0 olursa bağımlı değişkeni bağımsız değişkenlerin açıklamadığı anlamı ortaya çıkacaktır.

Bağımlı değişkeni aynı ama bağımsız değişken sayısı farklı olan iki regresyon modelini karşılaştırıp, R^2 değeri yüksek olan model seçilirken düzeltilmiş \hat{R}^2 değeri alınmalıdır. Bunun için modellere giren bağımsız değişken sayıları hesaba katılmalı ve düzeltilmiş \hat{R}^2 değeri hesaplanmalıdır.

Düzeltilmiş \hat{R}^2 ,

$$\hat{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-k} \text{ ile bulunur} \quad (2.10)$$

2.6.4. Çoklu regresyon modelinde yapılan varsayımlar

Bu model ile yapılan tahminlerin anlamlı olması bazı varsayımların durumuna bağlıdır. Verilerin dikkatle incelenmesi daha iyi tahmin ve çok boyutlu uzayı daha gerçekçi değerlendirmeyi sağlamaktadır (Sharma 1996). Basitçe söylemek gerekirse bu varsayımların geçerliliği modelin doğruluğunu oluşturmaktadır. İlişki analizleri için kullanılan varsayımlar şu şekilde özetlenebilir. Bu varsayımlar;

1. Bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı yani bağımlılık olmamalıdır.
2. Tahmin hataları (ϵ) arasında bağımlılık (otokorelasyon) olmamalıdır.
3. Tahmin hatalarının (ϵ) varyansları eşit olmalı
4. Hataların dağılımı normal olmalıdır (Işık 2006).

2.6.4.a. Çoklu doğrusal bağlantının olmaması

Çoklu doğrusal bağlantı bağımsız değişken sayısının birden çok olması durumunda ortaya çıkar. Bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde 1'e yakın değer çıkıyorsa bağımsız değişkenlerin birbirine bağımlı olduğu yani birbirlerini istatistiksel olarak etkilediği anlaşılır. Çoklu doğrusal bağlantı olması durumunda; herhangi bir bağımsız değişkenin modele dâhil edilmesi veya çıkarılması modele ait kısmi regresyon katsayılarını büyük ölçüde değiştirir, testler anlamsız sonuç verir ve model tam olarak ifade edilemez. Çoklu doğrusal bağlantının belirlenmesinde Varyans Artış Faktörü (VIF) adı verilen bir bağlantı kullanılmaktadır.

$$VIF = \frac{1}{1 - R_i^2} \quad (2.11)$$

Burada R^2 ; i bağımsız değişkeni ile diğer bağımsız değişkenler arasındaki çoklu korelasyon katsayısının karesidir. VIF'nin değerinin 1'e yakın olması bağımsız değişkenlerle doğrusal ilişkisinin olmadığını gösterir (Işık 2006).

2.6.4.b. Hata terimleri arasında otokorelasyon bulunmaması

Bir modelde otokorelasyonunun oluşmasının çeşitli nedenleri olabilir (Gujarati 1995). Hataların bağımsızlığı (otokorelasyon) herhangi bir zaman serisi veya eşleştirilmiş zaman serilerinin değerleri arasındaki korelasyondur (Kalaycı 2014). Anlamlı korelasyon modelin yanlış tanımlandığını gösterebilir. Yani modelde önemli bir değişken unutulmuş veya fonksiyonel ilişki yanlış tanımlanmış olabilir. Modele bazı açıklayıcı değişkenlerin alınmaması, yanlış matematiksel kalıp kullanılması, bağımlı değişkenin hatalı ölçülmesi, aynı bölgelerden gözlem yapılması gibi faktörler otokorelasyona neden olabilir. Otokorelasyonun olup olmadığını tespiti için Durbin – Watson (DW) testi yaygın olarak kullanılır.

DW istatistiği otokorelasyon katsayısı (ρ) ardışık hatalar fonksiyonu ile gösterilirse,

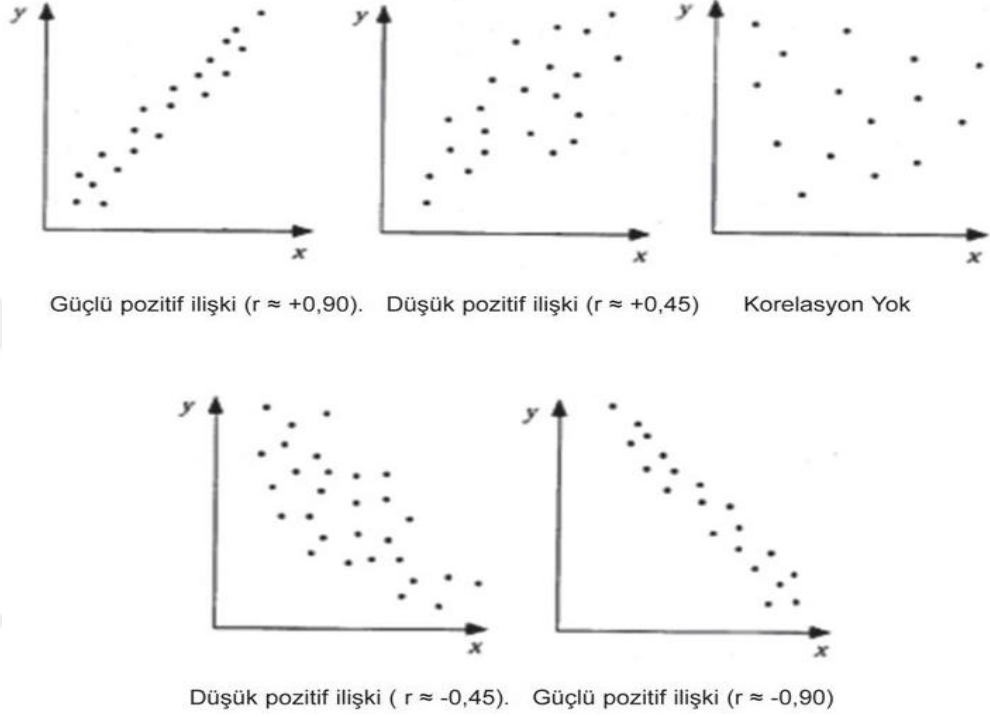
$$\rho = \frac{\sum_{t=2}^n e_t - e_{t-1}}{\sum_{t=2}^n e_{t-1}^2} \quad (2.12)$$

ve

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})}{\sum_{t=2}^n (e_t^2)} = 2(1 - \rho) \quad (2.13)$$

İle hesaplanmakta ve ρ 'nın aldığı değerlere göre DW istatistiği 0 ile 4 arasında değişmektedir.

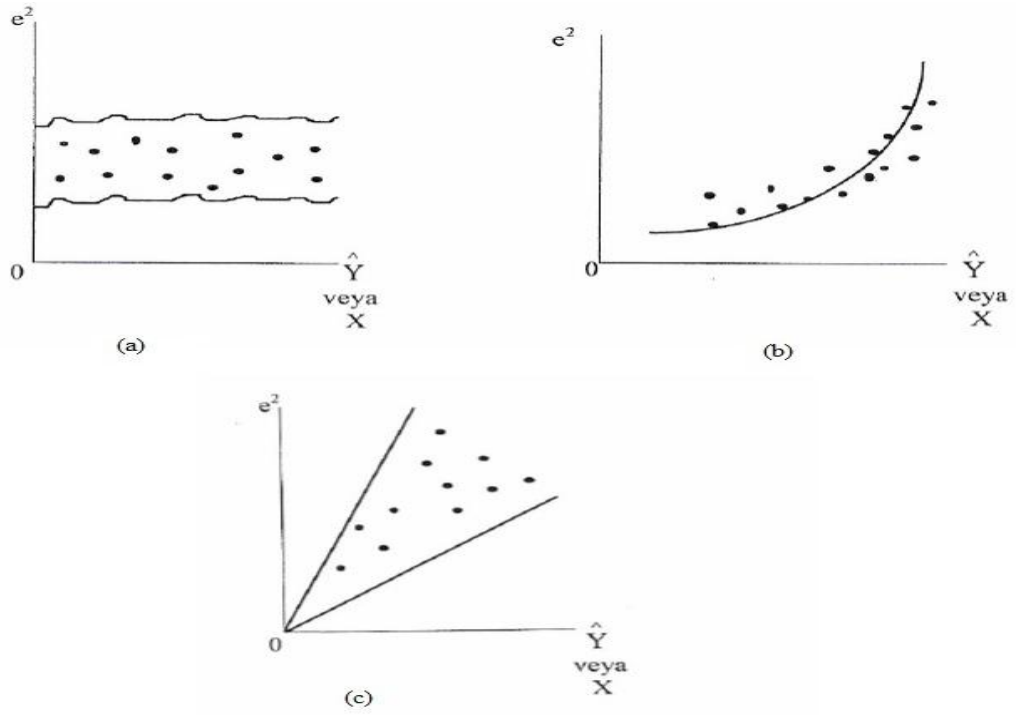
$\rho=-1$ için $DW=4$, $\rho=+1$ için $DW=0$ olacağından DW katsayısı 0 ile 4 arasında değişmektedir. Literatürde DW istatistiğinin 1,5-2,5 aralığında olması ile otokorelasyon olmadığı varsayımı kabul edilir (Kalaycı 2014).



Şekil 2.10. Hata terimleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler

2.6.4.c. Eş varyanslılık varsayımı

Modeli oluşturan bağımsız değişkenlerin hata terimlerinin aynı varyansa sahip olması durumunda eşit varyanslılık oluşur. Eşit varyanslılık çoklu regresyon için aranan bir başka varsayım olup, hata terimi varyansı değerinin sabit olduğundan kuşku duyulduğu durumlarda regresyon modelinin farklı varyanslı olduğu söylenir ki bu istenmeyen bir durumdur. Şekil 2.11’de eşit varyanslılık (a) ve değişen varyanslılık (b) - (c) grafikleri görülmektedir.



Şekil 2.11. Eşit ve Değişen Varyanslılık için örnek grafikler

2.6.4.d. Hata terimlerinin normal dağılımı

Hata terimlerinin ortalamaları sıfır olması ve belli bir standart aralıkta dağılımı normal dağılım özelliği olduğunu göstermektedir. Bu varsayım regresyon analizi için çok önemli varsayımlar arasında yer almakta olup, t ve F istatistiklerinin doğruluğu için çok önemlidir. Normallikten sapma durumunda bu testler anlamlılıklarını yitirecek ve model sonuçlarının güvenilirliği azalacaktır (Gujarati and Porter 2008).

Hata terimlerinin normal dağılımının kontrolü için bazı grafik testleri yapılır. Çalışmada histogram ve P-P grafik testleri kullanılmıştır. Histogram grafikleri ile verilerin hangi sıklıkla tekrar edildiği gösterilir (Kalaycı 2014). Histogram grafiklerinde yatay ekseninde sınıf sınırları, dikey ekseninde ise kategorilere ait yüzde ve frekanslarına ait dikey çubuklar bulunmaktadır. Hata terimlerinin histogramda standart dağılıma uyması: ortalaması sıfır, varyansı 1 olması demektir. Bununla birlikte basıklık katsayısının 3, çarpıklık katsayısının 0 olması ve simetrik bir dağılım göstermesi beklenir.

Hata terimlerinin analitik olarak uygunluğunu kontrol için ise Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro – Wilk testleri kullanılır. Test istatistiklerinin anlamlılık değeri %5 ten büyük olduğunda hataların normal dağılıma sahip olduklarına karar verilir. Örnek sayısı az ise Shapiro – Wilk, örnek sayısı çok ise Kolmogorov – Smirnov testleri daha doğru sonuçlar vermektedir.

2.7. Taban Akış İndeksi

İngiliz Hidroloji Enstitüsü tarafından 1980 yılında akarsu düşük akım karakteristiklerini belirlemek için geliştirilen ve yüzey altı akışının gecikmeli kısmı ile yeraltı akışından oluşan bir değer olup, toplam akıştan taban akışını ayırmak için kullanılan bir terimdir. Bu terim,

$$TAI = \frac{\int_{t_1}^{t_2} Q_{tabanakış}(t) dt}{\int_{t_1}^{t_2} toplamakış(t) dt} \quad (2.14)$$

formülü ile bulunabilir.

Bu terim 0 ila 1 arasında değişken bir değerdir. Yani belirli gözlem süreleri arasındaki taban akış değeri belirlenebilir. Özellikle kurak aylarda bu değer 1'e çok yakın olabilirken yağışlı mevsimlerde daha düşük değerler alabilir. Bu da bize söz konusu akarsu yatağındaki akışın ne kadarlık bir kısmının taban akışından oluştuğu bilgisini verir. Bu değer yıllık olarak bulunup ortalaması alınabileceği gibi, tüm akım değerleri toplanıp ortalaması alınarak da bulunabilir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanı

Uygulama alanı olarak ülkemizin kuzeydoğusunda kalmakta olan ve Doğu Anadolu Bölgesi için büyük önem arzeden Çoruh nehrine ait havza kullanılmış olup, havza alanı 19654,4 km² ve yıllık ortalama yağış yüksekliği 540 mm'dir. Sayısal yükseklik haritasının Arcgis programı ile uygulanması sonucunda havza alanı 20047 km² ve yıllık ortalama yağış yüksekliği 531,61 mm bulunmuştur. Oluşan bu fark DEM verisinin 30 m çözünürlük ile üretilmesi sonucunda oluşan piksel farkından kaynaklanmaktadır. İklim karakteristiği olarak hem Doğu Anadolu, hem Doğu Karadeniz özellikleri taşımaktadır. Bölge genel olarak yüksek rakımlı alanlar üzerinde kalmakta, yağışın büyük bir kısmı kar olarak düşmekte ve kar yılın büyük bir bölümünde kendini göstermektedir. Dolayısı ile akımın önemli bir kısmı kar erimesine bağlı olarak Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında gerçekleşmektedir. Havza sınırları içerisinde Bayburt, Erzurum ve Artvin illeri yer almaktadır. Çoruh nehri 431 km uzunluğa sahip olup nehrin 411 km'si ülkemiz sınırları içerisinde, 20 km'si ise Gürcistan sınırları içerisinde kalmakta ve Karadeniz'e dökülmektedir. Nehir yılda ortalama 5,8 milyon m³ rusubat taşımakta ve bu özelliği ile Çoruh havzası en fazla erozyona maruz kalan havzalardan biri olmaktadır. Ayrıca Çoruh nehri ülkemizin en hızlı akan nehri özelliğini de taşımaktadır.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan AGİ'lere ait özellikler

Havza	AGİ	Akarsu ve İstasyon	Coğrafi Koordinatlar			Kot (m)	Gözlem Süresi (yıl)
			Kuzey (° 1 11)	Doğu (° 1 11)	Yağış Alanı (km ²)		
ÇORUH	2304	Çoruh – Bayburt	40 15 32	40 13 36	1794.32	1550	43
	2305	Çoruh - Peterek	40 44 38	41 29 5	7290.72	660	42
	2315	Çoruh - Karşıköy	41 27 7	41 42 38	20047.54	57	37
	2316	Çoruh – İspir Köprü	40 27 37	40 57 53	5455.26	1180	40
	2320	Çoruh - Laleli	40 23 31	40 36 16	4749.83	1377	34
	2321	Altıparmak Çayı – Parhal Deresi	40 53 24	41 31 35	591.15	710	33
	2323	Oltu Çayı – İşhan Köprü	40 46 50	41 41 54	7067.54	579	39
	2325	Oltu Çayı - Aşağıkumlu	40 38 2	42 7 48	1846.99	1142	31
	2326	Tortum Çayı - Büyükçay	40 28 39	41 18 47	111.22	1834	23
	2330	Çoruh - Çamlıkaya	40 38 12	41 10 32	118.29	992	22

Çizelge 3.2. AGİ'lere en yakın MGM aylık ortalama sıcaklık değerleri (C°)

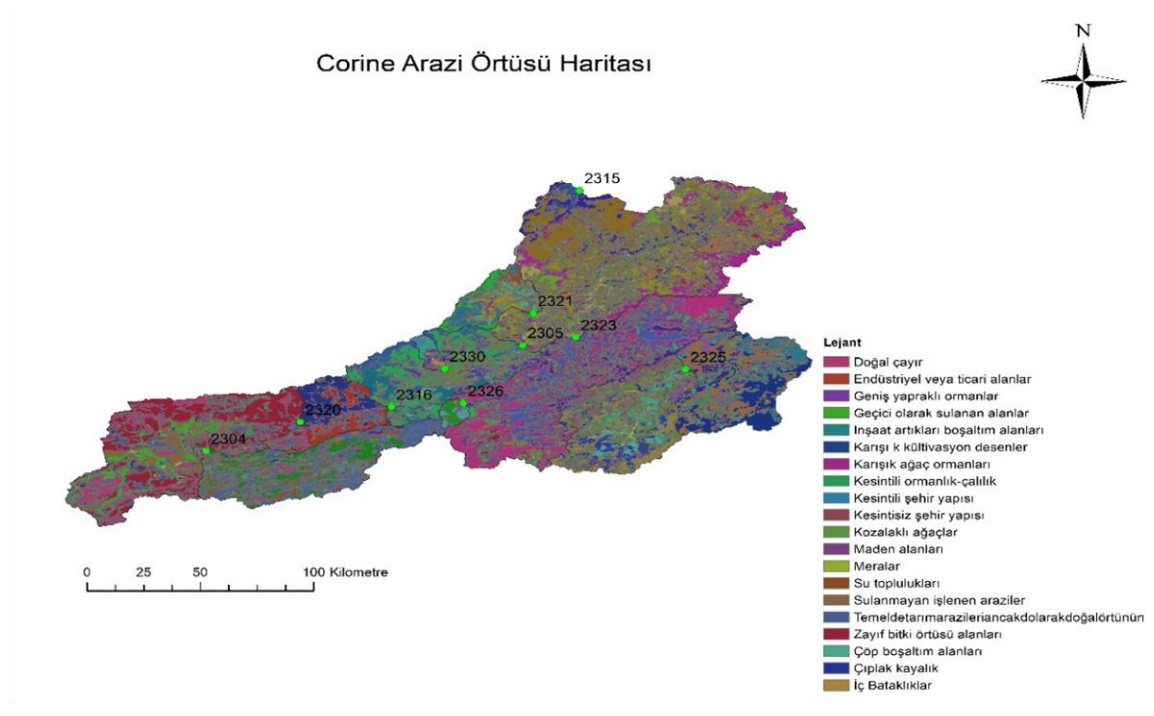
İstasyon Adı	İstasyon No	İlgili AGİ'ler	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Bayburt	17089	2304	-6.4	-5.0	0.2	7.0	11.8	17.8	19.1	18.9	14.8	9.2	2.6	-3.3
İspir	17666	2316-2326-2330	-3.1	-1.6	3.8	10.1	14.8	19.2	23.4	23.4	18.6	11.8	5.0	-0.6
Oltu	17668	2323-2325	-3.6	-1.5	3.8	9.9	14.4	18.5	22.7	22.8	18.2	11.6	4.7	-1.2
Tortum	17688	2323-2326	-3.5	-2.2	1.8	7.8	12.4	16.4	20.1	19.9	15.6	9.8	3.7	-1.5
Yusufeli	1645	2323-2321-2305	1.0	2.9	8.2	14.9	19.1	22.6	25.7	25.7	22.2	16.0	8.6	2.7
Muratlı	820	2315	4.2	4.8	7.6	11.7	15.5	18.6	20.8	20.5	18.1	13.5	9.6	5.7
Borçka	911	2315	4.1	5.1	8.3	13.2	16.5	20.1	22.6	22.6	18.9	14.8	9.5	6.1
Şavşat	1026	2315	-1.9	-0.5	3.9	9.7	14.2	17.5	20.3	20.6	16.8	11.6	5.2	0.3
Ardanuç	1166	2315	1.5	3.1	7.9	13.0	17.1	20.3	23.8	24.0	19.7	14.2	7.7	2.8
Olur	1651	2323-2325	-2.1	-0.4	3.9	9.5	14.1	18.4	22.1	22.7	18.3	12.1	4.8	-1.0
Aydıntepe	2280	2304-2320	-6.3	-7.5	-0.8	7.1	10.9	14.7	17.8	18.4	14.1	9.5	2.1	-4.0
Kırık	2460	2320-2316-2304	-9.9	-8.8	-4.0	3.3	8.4	12.2	15.9	15.8	11.3	5.7	-1.2	-7.4
Artvin	17045	2315	2.6	3.9	7.0	11.8	15.7	18.6	20.7	20.8	18.0	14.0	8.9	4.4

Çizelge 3.3. AGİ'lere en yakın MGM aylık ortalama yağış değerleri (mm)

İstasyon Adı	İstasyon No	İlgili AGİ'ler	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Bayburt	17089	2304	26.5	27.5	40.0	62.7	68.3	50.8	20.6	15.5	21.8	44.5	33.6	28.7
İspir	17666	2316-2326-2330	32.6	36.6	42.8	60.9	61.2	43.6	26.1	17.1	23.1	45.4	44.4	41.3
Oltu	17668	2323-2325	17.3	19.4	27.9	48.0	61.2	55.1	37.5	23.9	19.5	34.9	24.5	21.3
Tortum	17688	2323-2326	25.8	30.1	42.8	59.7	67.7	59.0	40.1	26.5	22.4	44.6	39.7	29.9
Yusufeli	1645	2323-2321-2305	20.1	19.7	21.9	33.1	36.7	40.7	23.1	18.3	15.6	25.1	27.8	28.6
Muratlı	820	2315	140.4	133.6	101.1	92.6	66.3	107.9	82.6	102.9	139.7	202.1	185.0	237.2
Borçka	911	2315	203	116.8	83.2	50.6	52.7	63.1	46	59.6	97.8	154.2	182.2	160.0
Şavşat	1026	2315	48.7	41.8	37.1	63.5	67.7	80.1	43.5	29.1	36.9	50.0	59.3	55.5
Ardanuç	1166	2315	32.5	34.4	38.5	43.7	43.2	47.5	33.3	24.1	28.1	43.2	55.3	46.6
Olur	1651	2323-2325	19.3	14.9	34.3	59.6	59.2	54.2	60.1	26.7	20.1	45.4	32.5	26.8
Aydıntepe	2280	2304-2320	18.7	31.0	40.1	57.7	72.3	49.9	21.7	8.6	17.8	49.3	44.3	31.7
Kırık	2460	2315-2323	40	37.8	40.4	65.2	75.6	58.1	24.8	17.9	20.1	49.2	46.3	40.9
Artvin	17045	2315-2323	85	70.5	60.7	57.5	53	50.6	31.1	31.0	34.6	62.4	79.8	94.0

3.2. Yöntem

Söz konusu havzaya ait özellikler çeşitli çalışmalarda da kullanılan yöntemler ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla belirlenmiştir. CBS çalışmaları ile konuma dayalı olarak gözlemsel verilerin sayısal ifadelerle derlenmesi ve 3. Şahıslara sunulması ile büyük bir kolaylık ve yaygın bir kullanım alanına kavuşmuştur. CBS ile meteorolojik, hidrolojik, topografik, ulaşım v.b. sahalarda kullanımı açısından kolaylık ve aynı zamanda zaman, işçilik ve ekonomik olarak faydalar sağlamaktadır. <https://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> internet adresi üzerinden Çoruh havzasının bulunduğu bölgeye ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), verileri indirilmiş ve bu sayısal yükseklik modeli verilerine istinaden Arcgis programı ile havzaya ait akarsu yatak eğimi, uzunluğu, havza alanı, kot, rölyef, engebililik ve drenaj alanları belirlenmiştir. Ayrıca <http://rasatlar.dsi.gov.tr/> ve <http://geodata.ormansu.gov.tr/> adresi üzerinden söz konusu havza çalışma alanında yer alan AGİ'ler, bölgenin coğrafi yapısı, arazi örtüsü, akarsu ağı gibi verilere erişilmiştir. Şekil 3.2'de <http://corine.ormansu.gov.tr/> adresinden elde edilen Çoruh havzasına ait bazı bilgiler görülmektedir.



Şekil 3.2. Çoruh havzası corine arazi örtüsü

3.2.1. Çalışmada kullanılan değişkenler

Yapılan çalışmada Çoruh havzasına ait taban akış oranını tahmin edebilmek için havzanın topoğrafik, meteorolojik ve hidrolojik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan değişkenler Çizelge 3.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Modellerin oluşturulmasında kullanılan değişkenler

Değişken	Birim	Sembol
Drenaj Alanı	km ²	<i>A</i>
Akarsu Ağı Toplam Uzunluğu	km	<i>AATU</i>
Akarsu Debisi	m ³ /s	<i>Q</i>
Drenaj Yoğunluğu	km ⁻¹	<i>DY</i>
Drenaj İndeksi	-	<i>DI</i>
Eğim İndeksi	-	<i>EI</i>
Ortalama Akarsu Yatak Eğimi	-	<i>OAYE</i>
Toplam Kabartma (Rölyef)	m	<i>TK</i>
Engebelilik Sayısı	-	<i>ES</i>
Yıllık Ortalama Sıcaklık	°C	<i>T</i>
Yıllık Potansiyel Evapotranspirasyon	mm	<i>PET</i>
Ortalama Yıllık Yağış	mm	<i>OYY</i>
İklim İndeksi	-	<i>II</i>
Kot	m	<i>K</i>
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	%	<i>ORM</i>
Tarımsal Alanlar	%	<i>TAR</i>

Drenaj alanı (A):

Drenaj alanı tüm AGİ'ler için ayrı ayrı belirlenmiş ve Çizelge 3.1'de yağış alanı olarak gösterilmiştir.

Akarsu ağı toplam uzunluğu(AATU):

CBS programı yardımıyla belirlenmiştir ve havza içerisinde kalan her bir AGİ için o istasyonu besleyen tüm akarsu kollarının uzunluğundan oluşmaktadır. Söz konusu akarsu kollarının belirlenmesinde Arcgis programı için threshold (eşikdeğer) değeri program tarafından havza büyüklüğüne istinaden otomatik alınmaktadır. Eşik değeri artırılıp azaltılarak hangi akarsunun mevsimlik hangi akarsunun sürekli olduğuna karar verilebilir. Seçilen eşik değerinin doğruluğu gözlemler ile kontrol edilmelidir.

Akarsu debisi (Q) :

Akarsuya ait günlük ortalama akım verileri DSİ Genel Müdürlüğü Rasatlar Şube Müdürlüğünden alınmıştır.

Drenaj yoğunluğu (DY):

AGİ'ye ait istasyon havzası içerisindeki tüm akarsu kolları toplam uzunluğunun (AATU), drenaj alanına (A) bölünmesi ile elde edilir. Basit tabir ile 1 km²'de ki ortalama akarsu uzunluğudur.

$$DY = \frac{AATU}{A} \quad (3.1)$$

Drenaj indeksi (DI):

Akarsu ağı toplam uzunluğu drenaj alanı kareköküne bölünerek drenaj indeksi elde edilmektedir.

$$DI = \frac{AATU}{\sqrt{A}} \quad (3.2)$$

Eğim indeksi (EI):

İstasyon rakımının(K) drenaj alanının kareköküne bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$EI = \frac{K}{\sqrt{A}} \quad (3.3)$$

Ortalama akarsu yatak eğimi (OAYE):

Kaynak ile AGİ arasındaki eğimin hesaplanması matematiksel ifadeler yardımıyla bulunur. Bu yöntemde kaynak veya memba kotundan (h_{maks}), akım gözlem istasyonu kotu(h_{min}) çıkarılarak bulunan sonuç akarsu uzunluğuna bölünür ve OAYE hesaplanmış olur.

$$OAYE = \frac{h_{maks} - h_{min}}{L_{Akarsu}} \quad (3.4)$$

Toplam kabartma (Rölyef):

Havza içersindeki AGİ'yi kapsayan arazinin en yüksek kotu (h_1) ile en düşük kotu (h_2) arasındaki farkı gösteren değere toplam kabartma (TK) denir.

$$TK = h_1 - h_2 \quad (3.5)$$

Engebelilik sayısı (ES):

Havza engebelliginin drenaj ile ilişkisini göstermektedir.

$$ES = DY * TK \quad (3.6)$$

Yıllık ortalama sıcaklık (T):

Her bir AGİ için yıllık ortalama sıcaklık (T) değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) alınan aylık ortalama sıcaklıklara (T_m) istinaden bulunur. Eldeki bütün sıcaklık verileri bir excel dosyası yardımı ile arcgis programına meteoroloji istasyonu koordinatlarına göre aktarılır. Arcgis içerisindeki arc toolbox araç kutusu yardımı ile spatial analyst tools ve zonal uygulamaları kullanılarak Kriging enterpolasyon yöntemi ile hesaplanmıştır. Kriging enterpolasyon yöntemi, AGİ'lere yakın mevcut meteorolojik noktaların verileri kullanılarak diğer noktalardaki verilerin optimum değerlerini hesaplayan bir yöntemdir. Bununla birlikte literatürde IDW (Ters mesafe ağırlıklı) enterpolasyon yöntemi, Theissen metodu v.b. metodlar kullanılmaktadır. Kriging yöntemini diğer enterpolasyon yöntemlerinden ayıran en önemli özellik, tahmin edilen her bir nokta veya alan için bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir ki bu tahmin edilen değerlerin güven derecesinin bir ölçüsüdür (Taylan ve Damçayırı 2016).

$$T = \frac{\sum T_m}{12} \quad (3.7)$$

Yıllık potansiyel evapotranspirasyon (PET):

Yıllık Potansiyel Evapotranspirasyon değerleri Turc formülü kullanılarak her bir AGİ için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$PET = \frac{OYY}{\sqrt{\left[0,9 + \frac{OYY^2}{(300+25T+0,05T^3)^2}\right]}} \quad (3.8)$$

Ortalama yıllık yağış (OYY):

Meteoroloji Genel Müdürlüğü yağış ölçüm istasyonlarından alınan geçmiş dönem periyodundaki uzun sürelere ait aylık yağış miktarları kullanılarak Arcgis programına aktarılır, Arcgis ortamında elde edilen havzalara ait aylık yağış değerleri toplanarak 12'ye bölünür ve ortalama yıllık yağış değerleri elde edilmiş olur. Haritaların ve havza bazlı verilerin üretilmesinde sıcaklık hesaplamalarındaki uygulamalar aynen uygulanmıştır.

$$OYY = \frac{\sum_{m=1}^{12} OYY_m}{12} \quad (3.9)$$

İklim İndeksi (II):

Yıllık yağışın ortalama değerinin, yıllık potansiyel evapotranspirasyon değerine bölünmesiyle bulunur.

$$II = \frac{OYY}{PET} \quad (3.10)$$

3.3. Değişkenler Arası İlişki

Değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkileri incelenerek aralarındaki bağ araştırılır. Değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini gösteren katsayıya korelasyon katsayısı adı verilir. Bu katsayının değeri - 1 ile + 1 arasında değişir. Katsayının "0" olması değişkenler arasında ilişkinin olmadığını gösterir (Işık 2006). Değerin 1 olması iki değişken arasındaki ilişkinin çok kuvvetli olduğunu göstermektedir. Değer + ise ilişki pozitif, - ise negatif bir ilişki söz konusu olmaktadır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson korelasyon katsayısı formülü kullanılır.

$$R = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left[\frac{x_i - \bar{x}}{s_x} \right] \left[\frac{y_i - \bar{y}}{s_y} \right] \quad (3.11)$$

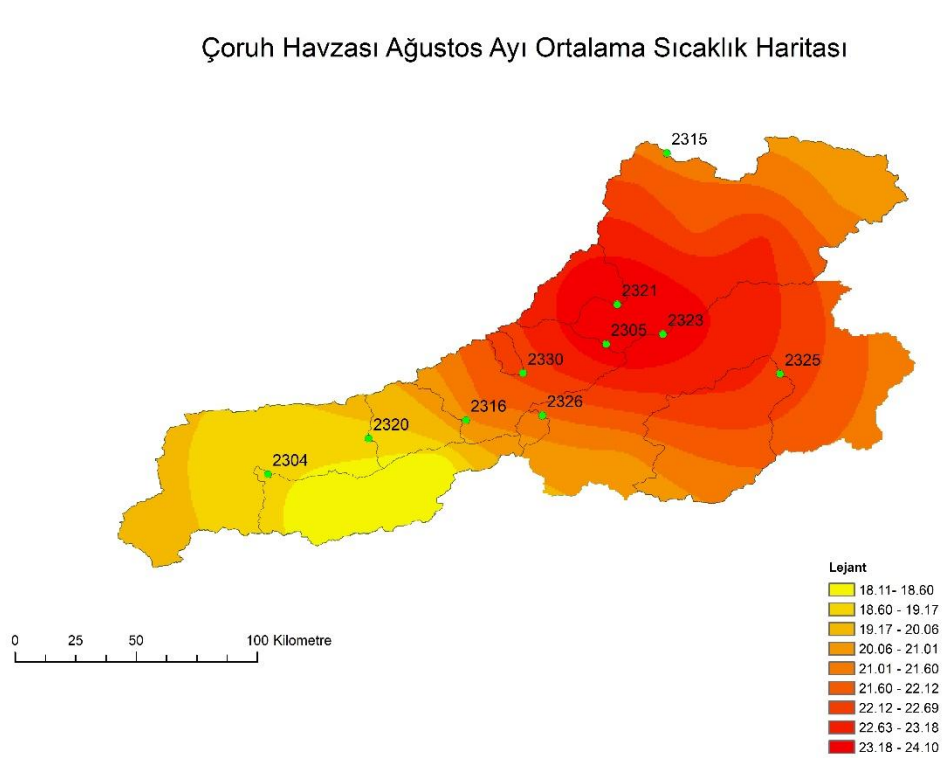
N elemanlı bir örnekte, R korelasyon katsayısı olmak üzere; \bar{x} ve \bar{y} örneklerin aritmetik ortalamasını, s_x ve s_y örneklerin standart sapmalarını ve x_i ile y_i ise örneklerin i'inci elemanlarını simgelemektedir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi daha iyi görebilmek adına saçılma diyagramları çizilerek değişkenler arasındaki ilişki gözlemlenebilmektedir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Kullanılan Program

Uygulama alanında sayısal haritaların oluşturulması ve bu haritalardan havzanın karakteristik özelliklerinin belirlenmesinde Arcgis programı kullanılmış olup, Şekil 4.1’de Kriging enterpolasyon yöntemi ile hesaplanmış Çoruh havzasına ait Ocak ayı ortalama sıcaklık haritası ve Çizelge 4.1’de ise Kriging yöntemi ve zonal istatistik modülü kullanılarak hesaplanmış Çoruh havzası sıcaklık değerleri görülmektedir.

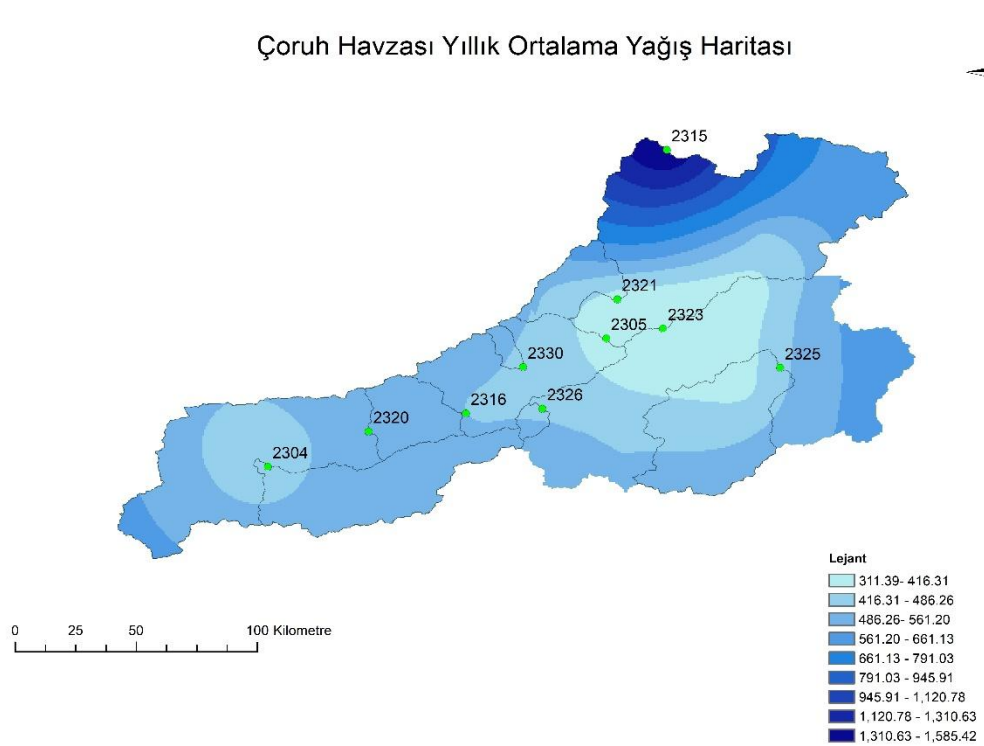


Şekil 4.1. Çoruh havzası Ağustos ayı ortalama sıcaklık haritası

Çizelge 4.1. Çoruh havzası Ocak ayı sıcaklık değerleri istatistikleri (Kriging)

Sıra No	İstasyon No	Min	Max	Aralık	Ortalama	Std
1	2304	-9.886	-3.989	5.896	-7.984	1.170
2	2305	-6.361	0.484	6.845	-1.952	1.450
3	2315	-3.325	4.196	7.521	1.052	1.865
4	2316	-8.581	-4.356	4.225	-6.581	1.075
5	2320	-8.506	-4.867	3.639	-6.211	0.655
6	2321	-0.253	2.562	2.816	1.371	0.639
7	2323	-5.650	0.365	6.015	-2.206	1.279
8	2325	-4.458	-2.037	2.421	-3.607	0.546
9	2326	-4.518	-2.651	1.867	-3.437	0.432
10	2330	-1.667	-0.705	0.962	-1.173	0.231

Arcgis programı ile elde edilen diğer bir değişken ise yağış değerleridir. Kriging yöntemi ile elde edilen Çoruh havzası yağış haritası Şekil 4.2’de, istatistik değerleri ise Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

**Şekil 4.2.** Çoruh havzası yıllık ortalama yağış haritası

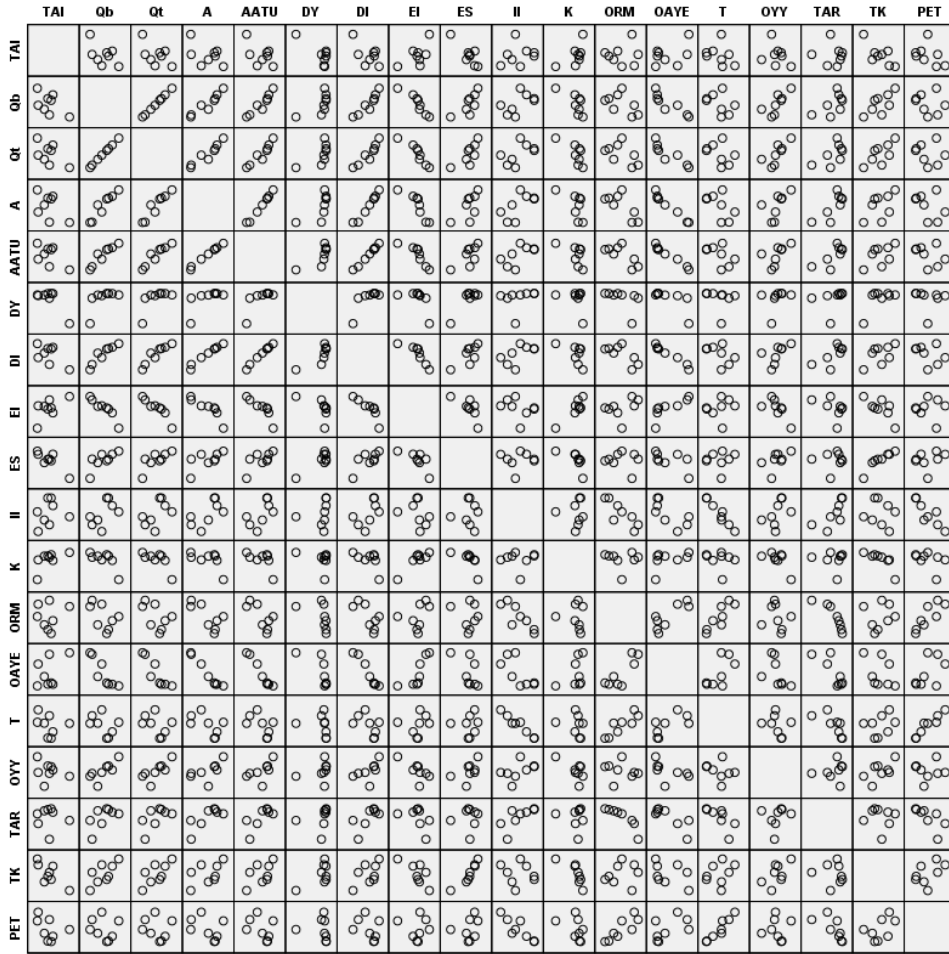
Çizelge 4.2. Çoruh havzası OYY istatistik değerleri

Sıra No	İstasyon No	Min	Max	Aralık	Ortalama	Std
1	2304	440.658	561.268	120.610	518.832	23.858
2	2305	355.430	538.795	183.364	473.206	36.050
3	2315	311.399	1585.429	1274.030	659.943	250.876
4	2316	487.456	539.914	52.457	520.229	9.346
5	2320	441.072	584.369	143.296	502.496	34.216
6	2321	380.990	669.674	288.684	495.726	54.356
7	2323	320.554	579.938	259.383	436.913	63.106
8	2325	378.520	545.164	166.644	465.963	43.593
9	2326	476.518	501.713	25.195	487.355	5.988
10	2330	474.295	519.237	44.941	493.526	11.086

Arcgis programı yardımı ile havzaya ait tüm karakteristik değerler ile bunlara bağlı diğer değişkenler formüller yardımı ile hesaplanmış ve çalışmada kullanılmak üzere değişkenlere ait istatistiksel değerler Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Değişkenlere ait istatistiksel değerler

Değişken	Minimum	Ortalama	Medyan	Maksimum	Standart Sapma
A (km^2)	111.22	4907,29	3298,41	20047,54	5995,56
AATU (km)	9,47	876,70	599,45	3549,49	1064,90
Q (m^3/sn)	1.8780	41,83	22,26	207,15	61,58
DY km^{-1}	0.0851	0.1675	0.1757	0.1839	0.0296
DI	0.8980	10.3522	10.1227	25.0689	7.4245
EI	0.0004	0.0408	0.0233	0.1739	0.0532
ES	0.1187	0.4153	0.4045	0.6758	0.1569
OAYE	0.0066	0.0281	0.0125	0.09	0.0313
TK (m)	1395	2423,7	2342	3818	754,46
T ($^{\circ}C$)	5.63	8.91	9.42	13.28	2.40
PET (mm)	347.28	380,79	378,00	428.53	26,39
OYY (mm)	465.96	498,65	498,46	531.61	20,00
II	1.1568	1.3155	1.2911	1.494	0.1110
K (m)	57	1008,1	1067	1834	522,64
ORM (%)	77.21	87.67	86.54	99.54	7.46
TAR (%)	0.45	12.16	13,16	22.49	7,35



Şekil 4.3. Bağımsız değişkenlerin saçılma grafikleri

Çizelge 4.4’de ki korelasyon katsayıları incelendiğinde TAI ve Q_b üzerinde negatif ve pozitif etkiye sahip değişkenler gözlemlenmiştir. TAI için EI, II, K, ORM ve OAYE pozitif etkiye sahipken diğer bağımsız değişkenlerin negatif olarak etki ettikleri görülmektedir. Q_b için ise EI, K, ORM, OAYE, T ve PET negatif etki ederken diğer bağımsız değişkenlerin pozitif olarak etki ettikleri görülmüştür. Bu durum havza bazlı olarak değişiklik gösterebilir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde bu durum genellikle aynı olduğu görülmüştür. Örneğin Mwakalila ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışma ile drenaj yoğunluğunun TAI üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ahiablame et al. (2013) tarafından yapılan çalışmada ise drenaj alanının artması ile taban akışının da artma eğiliminde olduğu ortaya konmuştur. Haberland et al. (2001) tarafından yapılan çalışmada PET’in TAI üzerinde negatif etkisi olduğu

görülmüştür. Mazvimavi et al. (2004) tarafından Zimbabwe için yapılan çalışmada yüzeyde meydana gelen buharlaşma ve terlemenin yüzey altı suyunu azalttığı belirlenmiştir.

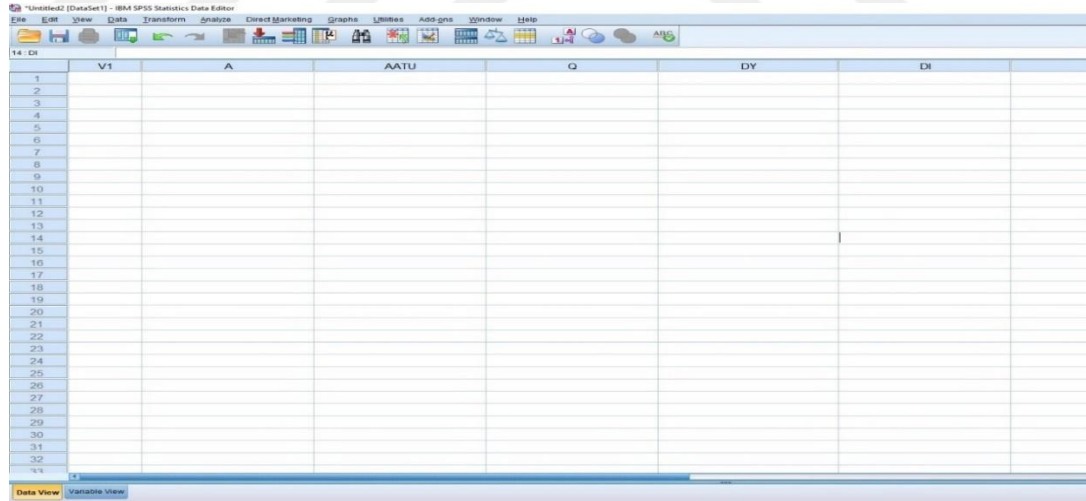


Çizelge 4.4. Regresyon modelinde kullanılan bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları

	TAI	Qb	Qt	A	AATU	DY	DI	EI	ES	II	K	ORM	OAYE	T	OYY	TAR	TK	PET
TAI	1																	
Qb	-0,537	1																
Qt	-0,554	1,000	1															
A	-0,497	0,948	0,948	1														
AATU	-0,553	0,945	0,946	0,996	1													
DY	-0,796	0,629	0,640	0,661	0,727	1												
DI	-0,596	0,935	0,937	0,986	0,997	0,778	1											
EI	0,629	-0,927	-0,930	-0,873	-0,866	-0,545	-0,853	1										
ES	-0,857	0,739	0,750	0,634	0,688	0,878	0,728	-0,723	1									
II	0,208	0,541	0,529	0,644	0,618	0,235	0,592	-0,321	0,036	1								
K	0,614	-0,711	-0,717	-0,575	-0,566	-0,327	-0,555	0,901	-0,649	0,035	1							
ORM	0,093	-0,525	-0,520	-0,739	-0,733	-0,467	-0,724	0,352	-0,138	-0,836	-0,068	1						
OAYE	0,444	-0,886	-0,885	-0,982	-0,983	-0,694	-0,978	0,772	-0,580	-0,712	0,421	0,838	1					
T	-0,289	-0,409	-0,396	-0,560	-0,536	-0,199	-0,513	0,172	0,076	-0,978	-0,210	0,871	0,659	1				
OYY	-0,293	0,759	0,756	0,583	0,568	0,288	0,552	-0,706	0,514	0,472	-0,666	-0,172	-0,480	-0,281	1			
TAR	-0,065	0,598	0,592	0,773	0,740	0,266	0,707	-0,462	0,076	0,709	-0,087	-0,886	-0,820	-0,726	0,177	1		
TK	-0,758	0,699	0,709	0,503	0,538	0,630	0,563	-0,739	0,925	-0,129	-0,793	0,148	-0,389	0,281	0,605	-0,089	1	
PET	-0,399	-0,191	-0,179	-0,406	-0,384	-0,106	-0,363	-0,030	0,246	-0,871	-0,411	0,852	0,539	0,952	0,022	-0,705	0,484	1

Değişkenlere ait bilgilerin Arcgis programı ile elde edilmesi ve istatistiki değerlerinin belirlenmesinden sonra istatistiksel analizlerin yapılması için eski adı PASW istatistik olan, SPSS programı kullanılmıştır. Program genel olarak temel ve çok değişkenli istatistik tekniklerini uygulayabilme imkânı sunmaktadır. SPSS programı, verileri anlamak ve doğru tahminler yapmak için istatistik analiz imkânlarından yararlanma olanağı sunar. Genel olarak sosyal bilimciler için bir veri işleme programı olan ve aslen bu amaç için üretilmiş olan SPSS programı diğer birçok akademiksel ve kurumsal alanda da haklı olarak yer edinmiştir. SPSS tahmine dayalı analitik yazılımıyla akıllı kararlar alabilmek, sorunları çözebilmek ve sonuçları geliştirebilmek için bir sonraki adımda ne olacağını rahatlıkla tahmin edilmesine yarayan bir programdır (SPSS Inc 2017).

Program arayüzünde yer alan menüler yardımı ile çok sayıda farklı analitik işlem çok kolay bir şekilde yapılabilir.



Şekil 4.4. SPSS program arayüzü

Çalışmada SPSS programı yardımı ile Çoruh havzasının karakteristik özellikleri kullanılarak çok değişkenli regresyon modeli oluşturulmaya çalışılmış ve bu model yardımı ile taban akış indeksi ile taban akışı tahmin edilmiştir. Modellerin tahmin edilmesi, validasyon ve kalibrasyonu aşamalarında SPSS programı tercih edilerek

karmaşık ve uzun süreçli analiz işlemleri hızlı bir şekilde yapılmıştır. Ayrıca çalışmanın belirli bölümlerinde excel istatistik fonksiyonları kullanılarak işlemler basitleştirilmiştir. Modelin kalibrasyonu için 8 AGİ, Validasyon aşamasında ise 2 AGİ (2304 ve 2323) kullanılmıştır. Söz konusu havza için veriler programa aktarıldıktan sonra SPSS programı kullanılarak korelasyon, normallik testi, logaritmik dönüşüm, grafik çizimleri, parametric ve parametric olmayan testler gibi bir çok test gerçekleştirilmiştir. Testler gerçekleştirildikten sonra model oluşturma aşamasında korelasyon analizi ile elde edilen bağımlılık düzeylerine göre modele katılacak değişkenler ve istediğimiz modele ait (TAI veya Q_b) parametler SPSS menülerinde yer alan Lineer Regresyon kısmına eklenir. Burada dependent kısmına bağımlı değişken, Independent(s) kısmına ise bağımsız değişken eklenir. İlk eklenen bağımsız değişken bağımlı değişken ile en yüksek otokorelasyona sahip olan seçilir ve diğer bağımsız değişkenler modele anlamlı bir katkı sağlayıp sağlamadığına bakılarak modele eklenmeye çalışılır. Eğer anlamlı derecede katkı sağlamıyorsa modelden çıkartılır. Bu uygulama SPSS te method kısmı adım adım regresyon methodu seçilerek yapılır. Daha sonra regresyon analizi gerçekleştikten sonra bir arayüz karşımıza çıkar ve bu arayüzde gelen sonuçlar yardımı ile model yorumlanır.

Model Summary^a

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	.943 ^a	.900	.883	235492662	.950	53.717	1	6	.000	
2	.967 ^b	.956	.952	156726191	.056	9.646	1	5	.027	
3	.995 ^c	.996	.992	691176193	.024	9.695	1	4	.036	2.591

a. Predictors: (Constant), A
b. Predictors: (Constant), A, TK
c. Predictors: (Constant), A, TK, OYV
d. Dependent Variable: Qb

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2,979	1	2,979	53,717	.000 ^a
	Residual	.333	6	.055		
	Total	3,312	7			
2	Regression	3,196	2	1,599	73,364	.000 ^a
	Residual	.114	6	.023		
	Total	3,312	7			
3	Regression	3,278	3	1,093	131,458	.000 ^a
	Residual	.033	4	.008		
	Total	3,312	7			

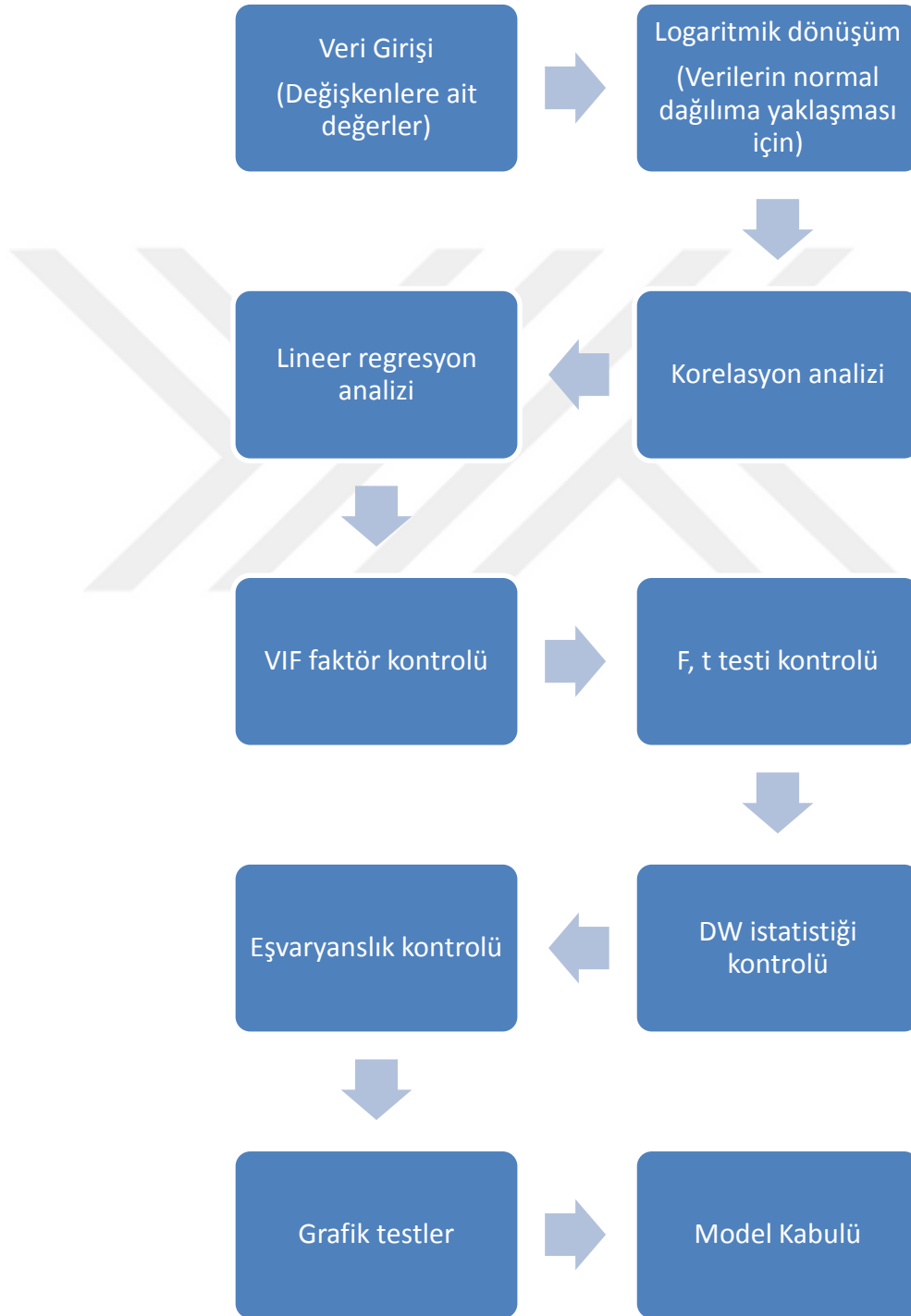
a. Dependent Variable: Qb
b. Predictors: (Constant), A
c. Predictors: (Constant), A, TK
d. Predictors: (Constant), A, TK, OYV

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Zero-order	Partial	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-1.302	.363		-3.603	.008				
	A	.775	.108	.943	7.233	.000	.948	.948	.948	1.000
2	(Constant)	-1.497	.229		-6.538	.001				
	A	.663	.078	.769	8.334	.000	.848	.696	.630	.747
	TK	1.433	.461	.568	3.108	.027	.699	.612	.257	.747
3	(Constant)	-24.983	7.543		-3.307	.035				
	A	.669	.062	.719	11.345	.000	.848	.885	.598	.825
	TK	1.082	.312	.309	3.216	.032	.699	.649	.181	.569
	OYV	8.835	2.842	.314	3.109	.038	.789	.641	.156	.838

Şekil 4.5. SPSS sonuç penceresi

Yukarıda ki sonuç penceresi incelenerek R, R², F, Sig, t istatistik değerleri ile hangi modelin daha uygun olduğu kullanıcı tarafından yorumlanır ve B katsayıları kullanılarak model oluşturulur.



Şekil 4.6. SPSS model oluşturma ve kontrol şeması

4.2. Model Kalibrasyonu

Havzanın topoğrafik ve hidrometeorolojik özellikleri kullanılarak elde edilen taban akış indeksi (TAI) ve taban akışı (Q_b) modelleri bu çalışma sonucunda oluşturulmuştur. Regresyon modellerinin oluşturulması aşamasında Çoruh havzasına ait 10 akım gözlem istasyonunun 8 tanesi kalibrasyon, kalan 2 tanesi ise validasyon aşamasında kullanılmıştır. Bu 2 akım gözlem istasyonu yukarıda da belirtildiği üzere rastgele seçilmiştir. SPSS programı yardımı ile oluşturulan modeller;

$$TAI = 10^{-0,135} \cdot DY^{-0,131} \cdot T^{-0,070} \quad (4.1)$$

$$Q_b = 10^{-24,963} \cdot A^{0,588} \cdot TK^{1,002} \cdot OYY^{8,835} \quad (4.2)$$

olarak belirlenmiştir. Taban akış indeksinin tahmini için kurulan modelde drenaj yoğunluğu ve sıcaklık bağımsız değişken olarak yer alırken, taban akış modelinin tahmininde drenaj alanı, toplam kabarma ve ortalama yıllık yağış verileri kullanılmıştır.

4.2.1. Taban akış indeksi (TAI) regresyon modeli

TAI'nin tahmininde kullanılan DY ve T bağımsız değişkenlerinin tanımlayıcı istatistiksel parametreleri Çizelge 4.5'te gösterilmektedir. Ayrıca model oluşturulmadan önce parametrelerin normal bir dağılım göstermelerini sağlamak amacıyla bağımsız değişkenlere logaritmik dönüşüm uygulanmış olup, değerler logaritmik olarak görülmektedir.

Çizelge 4.5. TAI modeli değişkenlerinin istatistikleri

Değişkenler	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Log TAI	-0,1168	-0,0633	-0,0977	0,0168
Log DY	-1,0700	-0,7354	-0,7916	0,1138
Log T	0,8076	1,1230	0,9516	0,1123

Modeli oluşturan parametrelerin korelasyon katsayıları Çizelge 4.6.'da gösterilmiştir. Çizelgede de görüleceği üzere TAI, DY ile kuvvetli, T ile orta-zayıf derecede bir ilişkiye sahip olup, modele T'nin katılmasının sebebi modeli anlamlı derecede etkilemesidir. Değişkenlerin ortak kullanılması ile model daha iyi bir şekilde temsil edilmiştir.

Çizelge 4.6. TAI modeli değişkenleri pearson korelasyon katsayıları

	Log TAI	Log DY	Log T
Log TAI	1	-0,796*	-0,289
Log DY	-0,796*	1	-0,199
Log T	-0,289	-0,199	1

Çizelge 4.7 incelendiğinde modele ait genel bilgiler görülmektedir. Modele ait determinasyon katsayısı, düzeltilmiş determinasyon katsayısı ve tahmin edilen modelin standart hatası bu çizelge ile verilmiştir. Modele ait determinasyon katsayısı, o modelin yüzdesel olarak hangi oranda modele giren bağımsız değişkenler ile ifade edildiğini ortaya koymaktadır. Buna göre modelimizin %84,2'lık kısmı bağımsız değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Kalan kısım ise modele dahil edilmeyen değişkenlerden oluşmaktadır.

Çizelge 4.7. TAI Model bilgileri

R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahmin Edilen modelin Standart hatası
0,842	0,779	0,007912

Çizelge 4.8’de ise modele ait ANOVA (varyans analiz tablosu) görülmektedir. İstatistiksel olarak F istatistiğinin ve modelin anlamlılık düzeyinin irdelendiği bu tablo ile modele giren değişkenlerin bir bütün olarak anlamlılığı test edilmektedir. Tablo incelendiğinde $F=13,352$ ve bu değer anlamlılık düzeyi $p=0,010$ bulunduğu için başlangıçta kabul edilen H_0 hipotezi %5-10 anlamlılık düzeyleri için reddedilir. Yani modelimizin yukarıda belirtilen DY ve T değişkenlerinden en az biri ile tahmini mümkündür denilebilir.

Çizelge 4.8. TAI ANOVA tablosu

Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık ρ
Regresyon	0,001672	2	0,000836	13,352	0,010
Hata	0,000313	5	0,000063		
Toplam	0,001985	7			

Modele ait kısmi regresyon katsayıları, standartlaştırılmış beta katsayıları, t istatistik değerleri ve p değerleri Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Çizelgede gösterilen t istatistiği ve ona ait anlamlılık değerlerine bakıldığında modeli oluşturan bütün bağımsız değişkenlerin anlamlılık değerinin 0,05’in altında kaldığı görülmüş ve modele dâhil edilmiştir. Bu bağımsız değişkenlerin modele anlamlı bir katkı sağladığı kabul edilmiştir. SPSS programı ile modelleme çalışması yapılırken oluşabilecek bütün modeller değerlendirilmiş, bütün bağımsız değişkenlerin anlamlılık değerine bakılmış ve anlamlılık değeri 0,05’in üzerinde olanlar modelden çıkarılarak modeli tam

anlamıyla ifade eden değişkenlerin modelde kalması sağlanmıştır. Standartlaştırılmış beta katsayıları ise modeli oluşturan parametrelerin önem sırasını göstermektedir. Modeldeki en önemli değişken DY, ikinci en önemli değişken ise T'dir.

Çizelge 4.9. TAI Model katsayılar

Modeldeki Değişkenler	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	ρ
	B	Standart Hata	β		
(Sabit)	-0,135	0,030		-4,491	0,006
DY	-0,131	0,027	-0,889	-4,904	0,004
T	-0,070	0,027	-0,466	-2,573	0,050

Denklemini oluşturan katsayılar standartlaştırılmamış regresyon katsayılarıdır ve bu katsayılar ile modelimiz tanımlanmaktadır. TAI denklemini

$$\text{Log TAI} = -0,135 - 0,131 * \text{Log DY} - 0,070 * \text{Log T} \quad (4.3)$$

olarak ifade edilebilir. Bu denklem aynı zamanda denklem (4.1)'in logaritmik halidir.

4.2.2. Taban akışı (Q_b) regresyon modeli

Q_b'nin tahmininde ise A, TK ve OYY, bağımsız değişkenleri kullanılmış olup bu değişkenlere ait tanımlayıcı istatistik parametreleri Çizelge 4.10'da sunulmuştur. Model oluşturulmadan önce diğer modelde olduğu gibi bağımsız değişkenlere logaritmik dönüşüm uygulanmış ve değerlerin normal dağılıma yaklaşması sağlanmıştır. Çizelgede görünen değerler logaritmik değerlerdir.

Çizelge 4.10. Q_b modeli değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Log Q _b	0,2104	2,1994	1,1416	0,6878
Log A	2,0461	4,3022	3,2169	0,8414
Log TK	0,1445	0,5818	0,3759	0,1428
Log OYY	2,6683	2,7255	2,6980	0,0166

Modelin korelasyon katsayılarını gösteren Çizelge 4.11’de görülebileceği gibi Q_b, A ile kuvvetli, OYY ile orta derecede bir ilişkiye sahip olup, TK ile ise zayıf bir ilişki içindedir. Modele TK’nın katılmasının sebebi modeli anlamlı derecede etkilemesidir. Değişkenlerin ortak kullanılması ile model daha iyi bir şekilde temsil edilmiştir.

Çizelge 4.11. Q_b modeli değişkenleri pearson korelasyon katsayıları

	Q _b	A	TK	OYY
Q _b	1	0,948**	0,699	0,759*
A	0,948**	1	0,503	0,583
TK	0,699	0,503	1	0,605
OYY	0,759*	0,583	0,605	1

Çizelge 4.12’de modelin genel bilgileri yer almaktadır. Modele ait determinasyon katsayısı, düzeltilmiş determinasyon katsayısı ve tahmin edilen modelin standart hatası bu çizelge ile verilmiştir. Modele ait determinasyon katsayısı, o modelin yüzdesel olarak hangi oranda modele giren bağımsız değişkenler ile ifade edildiğini ortaya koymaktadır. Buna göre modelimizin %99’luk kısmı bağımsız değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Kalan kısım ise modele dahil edilmeyen değişkenlerden oluşmaktadır.

Çizelge 4.12. Q_b Model bilgileri

R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahmin Edilen modelin Standart hatası
0,99	0,982	0,091176

Çizelge 4.13’de Taban akışı modeline ait ANOVA (varyans analiz tablosu) görülmektedir. Tablo da modelin F=131,458 ve bu değer anlamlılık düzeyi p=0,000 bulunduğu için başlangıçta kabul edilen H₀ hipotezi %5-10 anlamlılık düzeyleri için reddedilir. Modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu kabul edilir. Modelin A, TK ve OYY değişkenlerinden en az biri ile tahmini mümkündür denilebilir.

Çizelge 4.13. Q_b ANOVA tablosu

Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık ρ
Regresyon	3,278	3	1,093	131,458	0,000
Hata	0,033	4	0,008		
Toplam	3,312	7			

Modelin regresyon katsayıları, standartlaştırılmamış katsayılar, standartlaştırılmış beta katsayıları, t istatistiği ve p değerleri Çizelge 4.14’te gösterilmiştir. TAI modelinde olduğu gibi t istatistiği ve ona ait anlamlılık değerlerine bakıldığında Q_b modelini oluşturan A, TK ve OYY bağımsız değişkenlerinin anlamlılık değerinin 0,05’in altında kaldığı görülmüş ve modele dahil edilmiştir. Bu bağımsız değişkenlerin modele anlamlı bir katkı sağladığı kabul edilmiştir. Standartlaştırılmış beta katsayıları ile model parametrelerin önem sırasına bakıldığında modeli oluşturan en önemli değişkenin 0,719 ile A olduğu, onu 0,214 β katsayısı ile OYY’nin takip ettiği ve en az öneme sahip değişkenin ise 0,208 β katsayısı ile TK olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.14. Qb Model katsayıları

Modeldeki Değişkenler	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	ρ
	B	Standart Hata	β		
(Sabit)	-24,963	7,549		-3,307	0,030
A	0,588	0,052	0,719	11,345	0,000
TK	1,002	0,312	0,208	3,216	0,032
OYY	8,835	2,842	0,214	3,109	0,036

Denklemini oluşturan katsayılar standartlaştırılmamış regresyon katsayılarıdır ve bu katsayılar ile modelimiz tanımlanmaktadır. Qb denklemi

$$\text{Log } Qb = -24,963 + 0,585 \cdot \text{Log } A + 1,002 \cdot \text{Log } TK + 8,835 \cdot \text{Log } OYY \quad (4.4)$$

olarak ifade edilebilir. Bu denklem aynı zamanda denklem (4.2)'nin logaritmik halidir.

4.3. Model Validasyonu

Oluşturulan modelin doğruluğunu sınamak maksadıyla model kalibrasyon ve validasyon aşamalarından geçirilir. Öncelikle validasyon için yani yöntemin kesin olarak ve sürekli bir şekilde bekleneni gerçekleştirdiğini kanıtlamak için kalibrasyon çalışması yapılarak modelimiz kurulur. Bu aşamada modelin doğruluğunu ispat edebilmek için literatürde sıkça kullanılan varsayımlardan faydalanılır.

Çoklu regresyon modelindeki ilişki analizleri için kullanılan varsayımlar şu şekilde özetlenebilir.

4.3.1. Çoklu doğrusal bağlantının olmaması

Modele ait çoklu doğrusal bağlantı kontrolü için SPSS programı ile varyans artış faktörleri (VIF) hesaplanmış ve Çizelge 4.15’de her iki modeli oluşturan bağımsız değişkenlerin VIF değerleri gösterilmiştir. Ayrıca çoklu regresyon modellerinde çoklu doğrusal bağlantının tespiti için öncelikli olarak her bağımsız değişken birbirleri ile olan korelasyon katsayıları incelendiğinde katsayıların 0,7 den küçük olduğu ve çoklu bağlantının olmadığına karar verilmiştir (Durmuş vd 2016). İkinci kriter olarak modele katılan bütün bağımsız değişkenlerin VIF değerlerine bakıldığında tümünün 10 dan küçük olduğu ve dolayısı ile modellerde çoklu bağıntı olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.15. Model değişkenlerinin VIF değerleri

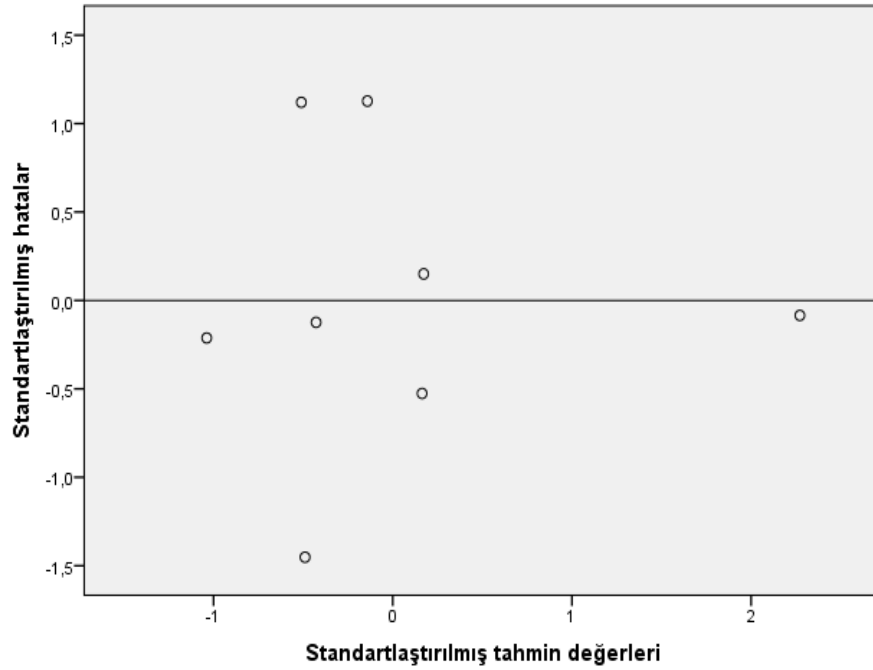
	Bağımsız Değişkenler	VIF
Model TAI	Log DY	1,041
	Log T	1,041
Model Q _b	Log A	1,600
	Log TK	1,669
	Log OYY	1,887

4.3.2. Tahmin hataları (ϵ) arasında bağımlılık (otokorelasyon) olmaması

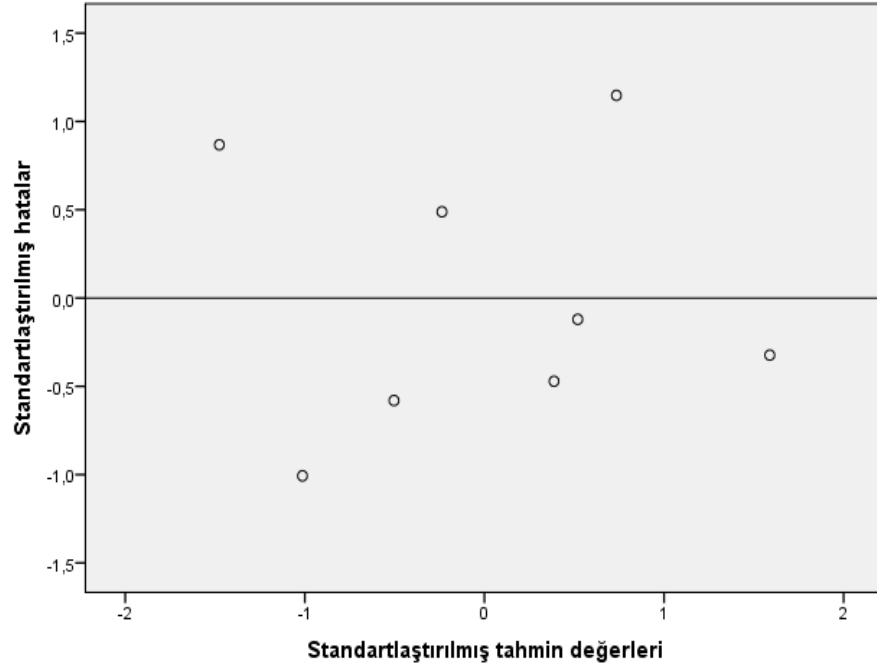
Otokorelasyonun tahmini için Durbin-Watson istatistiği kullanılmış ve her iki model için sırasıyla DW istatistiğinin 1,912 ile 2,501 olduğu gözlemlenmiştir. DW istatistiğinin 1,5–2,5 civarında bir test değeri otokorelasyon olmadığını göstermektedir (Kalaycı 2014). Bu şartlar altında Q_b modelinin DW istatistiği 2,5’e çok yakın bir değer olduğundan ve diğer varsayımların da uygulanması ile birlikte hata terimleri arasında otokorelasyon olmadığı kabul edilmiştir.

4.3.3. Tahmin hatalarının (ϵ) varyanslarının eşit olması (Homoskedastisite)

Tahmin hatalarının (ϵ) varyansları eşit olup olmadığının kontrolünü yapabilmek için hata değerleri için çizilmiş olan standartlaştırılmış tahmin değerleri grafiklerine bakılmalıdır. Hata terimleri sıfır eksenini altında rastgele dağılım gösterdiği durumlarda eş varyanslık söz konusu olmaktadır. Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de gösterilen her iki model için incelenmiş ve hata terimlerinin sıfır eksenini etrafında rastgele dağılım gösterdiği görülmüştür. Bu sebeple eş varyanslılık varsayımı kabul edilmiştir.



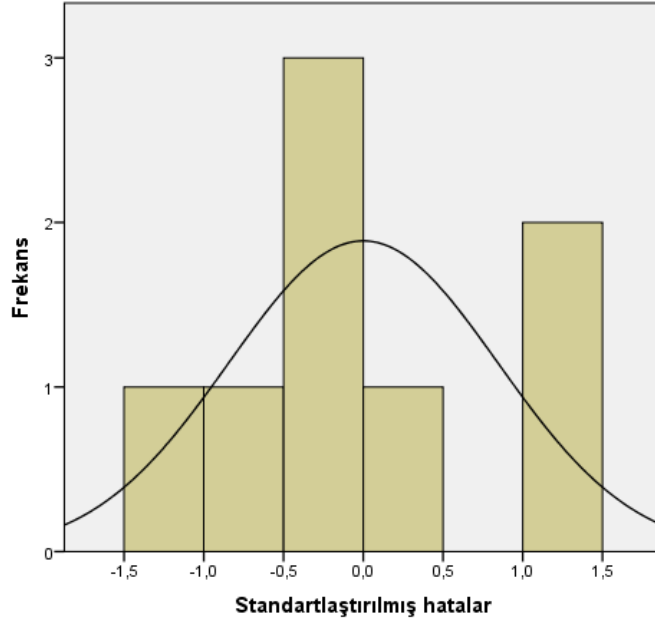
Şekil 4.7. TAI eş varyanslık kontrolü



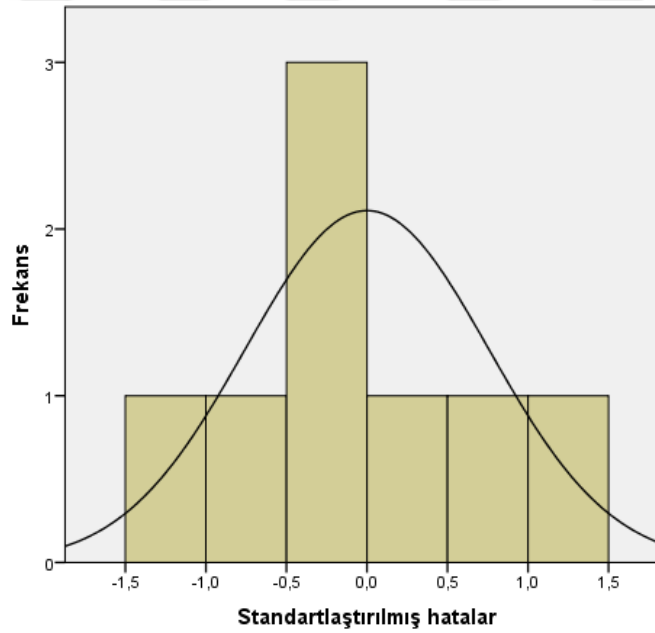
Şekil 4.8. Q_b eş varyanslık kontrolü

4.3.4. Hataların dağılımının normal olması

Hata terimlerinin normal dağılım gösterip göstermediklerinin kontrolünü yapabilmek için hataların histogramına ve P-P (eklenik-olasılık) grafik yöntemlerinden faydalanılmalıdır. Ayrıca Kolmogrov-Smirnov ve Shapiro-Wilk test sonuçlarına bakılmalıdır. Modellerin standartlaştırılmış hatalarının histogram grafiklerine bakıldığında TAI modelinin normallik eğrisinin ortalamasının 0, standart sapmasının ise 0,845 olduğu (Şekil 4.9), Q_b modelinin normallik eğrisi çizdirildiğinde ise eğri ortalamasının 0, standart sapmasının ise 0,756 olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.10). Ayrıca hataların normal dağılıma uygunluğu için çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) katsayıları bulunmuştur. Katsayılar bulunurken çarpıklık ve basıklık değerleri kendi standart hatalarına bölünerek katsayılar elde edilmiştir. TAI için çarpıklık değeri 1,5 ve basıklık değeri 1,422, Q_b için çarpıklık değeri 0,081 ve basıklık değeri -0,658 olarak bulunmuştur. Normal dağılımdaki değerlerin %95'i ortalamadan +1,96 ile -1,96 standart sapma aralığında yer aldığı için bu bilgiler ışığında hataların normale yakın dağıldığı söylenebilir.



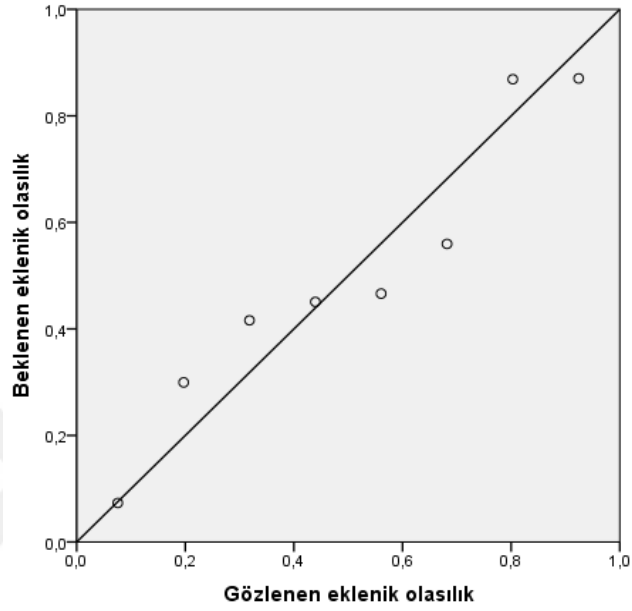
Şekil 4.9. TAI modeli standartlaştırılmış hatalar histogramı



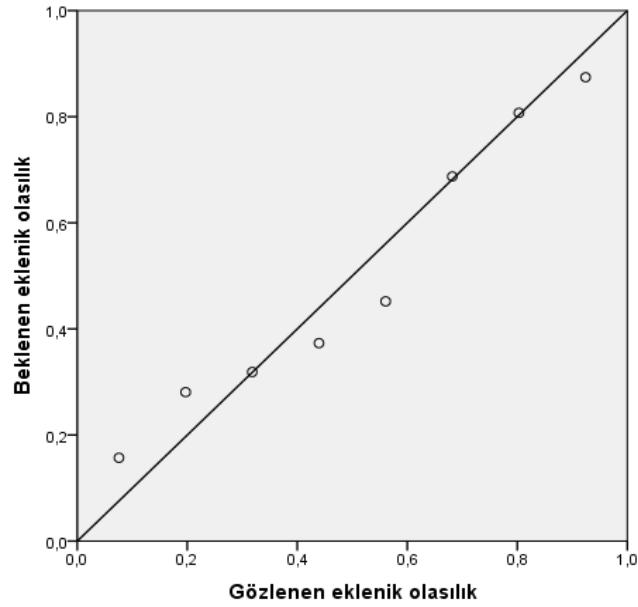
Şekil 4.10. Q_b modeli standartlaştırılmış hatalar histogramı

Eklenik – olasılık (P-P) grafiğine bakılarak ayrıca hata terimlerinin normal dağılımı kontrol edilir. Değerlerin normal dağılım gösterebilmesi için dağılımın köşegenler

doğrultusunda oluşacak bir doğru etrafında oluşması gerekmektedir. Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de P-P grafiklerine bakıldığında normal dağılım gösterdiği görülebilmektedir.



Şekil 4.11. TAI eklenik-olasılık (P-P) grafiği



Şekil 4.12. Q_b eklenik-olasılık (P-P) grafiği

Çizelge 4.16’da Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk normallik testlerine ait istatistiksel değerler ve anlamlılık dereceleri gösterilmiştir. Her iki model içinde anlamlılık değeri %5’ten büyük olduğu için en başta kabulü yapılan H_0 hipotezi yani hataların normal dağıldığı kabul edilmiştir.

Çizelge 4.16. Modellerin normallik testleri

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık	İstatistik	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık
TAI	0,220	8	0,200*	0,900	8	0,286
Q _b	0,127	8	0,200*	0,971	8	0,905

4.3.5. TAI ve Q_b modellerine ait uygulama sonuçları

Modellerin oluşturulmasında kullanılan 8 adet AGİ ile model kalibrasyonu oluşturulmuş 2 adet AGİ (2304-2323) ile ise model validasyonu sınaması yapılmıştır. Çalışma yapılırken gözlem yapılan AGİ sayısı ve veri sayısının kısıtlı olmasından dolayı 8 adet AGİ kalibrasyon, 2 adet AGİ validasyon aşamasında kullanılmıştır. Kalibrasyon ve validasyon aşamasında elde edilen TAI ve Q_b değerlerinin rölatif hata değerlendirmesi yapılmıştır. Rölatif hata belirlenirken,

$$RH(\%) = \frac{\text{Tahmin edilen} - \text{Gözlenen}}{\text{Gözlenen}} \times 100 \quad (4.5)$$

formülü kullanılmıştır.

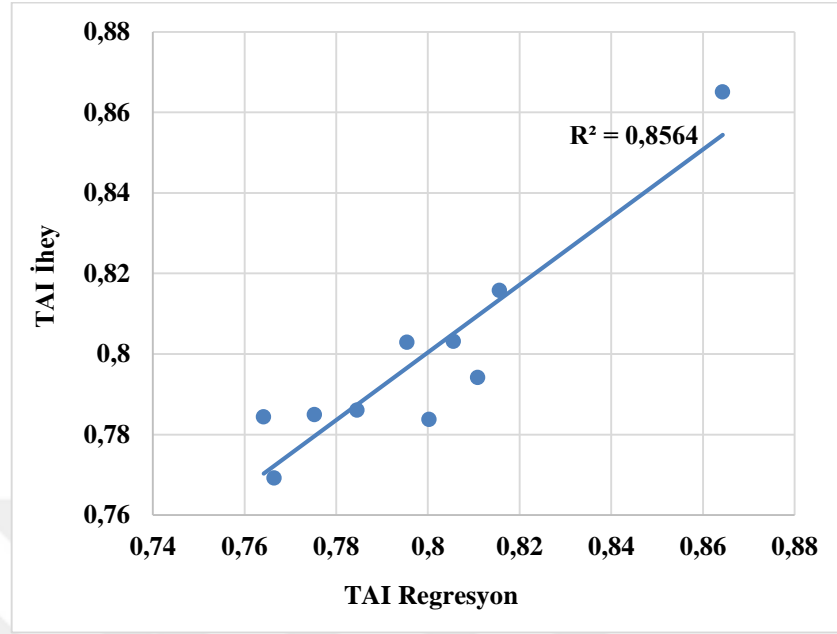
TAI’ye ait rölatif hata değerleri kalibrasyon aşamasında %-2,06 ile %2,65 aralığında kalmakta iken validasyon aşamasında elde edilen rölatif hata değerleri %0,02 ile %1,25 aralığında kalmıştır. Q_b’ye ait rölatif hata değerleri ise kalibrasyon aşamasında %-21,19 ile %23,75 aralığında iken validasyon aşamasında elde edilen rölatif hata değerleri %-

11,49 ile %12,64 aralığında kalmaktadır. Elde edilen sonuçlar rölatif hata değerleri açısından modelin kullanılabilir olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.17).

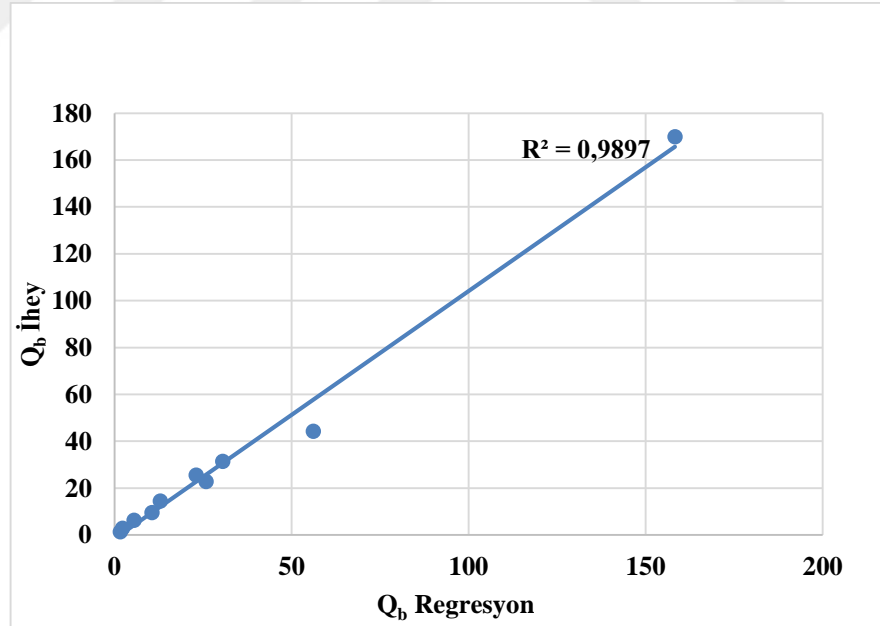
Çizelge 4.17. Modellere ait rölatif hata değerleri

Model Aşaması	İstasyon No	TAI İHEY	TAI Regresyon	Rölatif Hata	Q _b İHEY	Q _b Regresyon	Rölatif Hata
KALIBRASYON	2305	0,8108	0,7942	-2,06	56,1143	44,2236	-21,19
	2315	0,7641	0,7844	2,65	158,2954	169,9199	7,34
	2316	0,7954	0,8029	0,94	30,6183	31,4902	2,84
	2320	0,8055	0,8031	-0,29	23,0990	25,5687	10,69
	2321	0,7664	0,7691	0,35	10,5727	9,5631	-9,59
	2325	0,7845	0,7861	0,19	5,5451	6,2794	13,24
	2326	0,8643	0,8651	0,09	1,6235	1,3556	-16,51
	2330	0,8002	0,7837	-2,05	2,2711	2,8106	23,75
VALIDASYON	2304	0,8156	0,8157	0,02	12,9151	14,5478	12,64
	2323	0,7752	0,7849	1,25	25,8345	22,8654	-11,49

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’de gösterilen grafiklerde tahmin edilen ve gözlenen değerlerin bir doğru etrafında çok saçılmadan dağılması ve kalibrasyonla üretilen model değerleri ile validasyonla üretilen model değerleri arasındaki otokorelasyondan dolayı modelin gerçeğe yakın sonuçlar verdiği kabul edilebilir.



Şekil 4.13. Regresyon ve İHEY yöntemi ile hesaplanan TAI değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.14. Regresyon ve İHEY yöntemi ile hesaplanan Q_b değerlerinin karşılaştırılması

5. SONUÇ

Taban akışı, havzaya yağın yağışa, akarsu ağı toplam uzunluğuna, drenaj yoğunluğuna, engebeliğe vb. diğer faktörlere bağlı olduğundan gecikmeli bir akış olarak gerçekleşir. Taban akışı yaz mevsiminde akarsu akışının önemli bir bölümünü, bazen ise tamamını karşılamaktadır. Bundan dolayıdır ki taban akışının bilinmesi hesaplamalarda çok önemlidir.

Çoruh havzasında taban akışının çeşitli etmenler; havza karakteristikleri, meteorolojik olaylar ve hidrolojik özellikler gibi değişkenler ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsam da modeller üretmek için havzanın çeşitli topoğrafik, meteorolojik ve hidrolojik özelliklerinden faydalanılmış ve model için 8 adet AGİ kalibrasyonda, 2 adet AGİ validasyonda kullanılmıştır.

Kullanılan yöntemler ve uygulamalar sonucunda;

- 1) Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak Çoruh havzasına ait havza karakteristikleri ve değişkenler elde edilmiştir. Sonuçların daha önce Çoruh havzasında yapılan çalışmalarla uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Hassas çözünürlüklerde Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmasıyla doğruluk derecesinin arttığı, bunun sonucunda hem iş yükü hem de hata oranını azalttığı gözlemlenmiştir.
- 2) Havzaya ait sıcaklık ve yağış haritaları Kriging yöntemi ve Zonal istatistik kullanılarak elde edilmiştir.
- 3) Havza karakteristikleri ve değişkenler ile Taban Akışı İndeksi (TAI) arasındaki korelasyon incelenmiş Eğim İndeksi (EI), İklim İndeksi (II), Kot (K), Ormanlık Alanlar Yüzdesi (ORM), ve Ortalama Akarsu Yatak Eğimi (OAYE)'nin pozitif etkiye sahip olduğu, diğer bağımsız değişkenlerin ise negatif etki ettikleri gözlemlenmiştir.
- 4) Taban Akış İndeksi debinin ne kadarının taban akışı olarak gerçekleştiğinin bilinmesi açısından büyük önem arz etmekte olup, modelin negatif korelasyona sahip değişkenlerle kurulması havzada taban akışına etki eden en önemli faktörlerin havza

karakteristikleri olduğunu göstermektedir. Yani havzaya etki eden meteorolojik olaylardan çok havzanın topoğrafik özellikleri Taban Akış İndeksi modelini oluşturmada etkili olmuştur.

5) Havza karakteristikleri ve değişkenler ile Taban Akışı (Q_b) arasındaki korelasyon incelenmiş, Eğim İndeksi (EI), Kot (K), Ormanlık Alanlar Yüzdesi (ORM), Ortalama Akarsu Yatak Eğimi (OAYE), Sıcaklık (T) ve Potansiyel Evapotranspirasyon (PET)'un negatif etkiye sahip olduğu, diğer bağımsız değişkenlerin ise pozitif etki ettikleri belirlenmiştir.

6) Taban Akışı yağışla birlikte artacağı için yağış ve yağış alan alanlar Taban akış modelini oluşturmada pozitif olarak en önemli unsurlar olmuş, taban akışın azalmasını sağlayan arazi yüzey şekilleri ile ilişkili Toplam Kabartma ise modele negatif olarak en fazla etki eden değişken olarak belirlenmiştir.

7) Çoruh havzasına ait Taban Akış İndeksi (TAI) drenaj yoğunluğu (DY) ve sıcaklık (T), Taban Akışı (Q_b) ise drenaj alanı (A), rölyef (TK) ve yıllık ortalama yağış (OYY) gibi meteorolojik, hidrolojik ve topoğrafik faktörlere bağlı olarak açıklanmıştır. Yapılan modellemede Taban Akış İndeksi denklemi için $R^2 = 0,842$, Taban Akışı (Q_b) denklemi için $R^2 = 0,99$ olarak belirlenmiştir. Elde edilen denklemler;

$$TAI = 10^{-0,135} * DY^{-0,131} * T^{-0,070} \quad (5.1)$$

$$Q_b = 10^{-24,963} * A^{0,588} * TK^{1,002} * OYY^{8,835} \quad (5.2)$$

8) Regresyon ile üretilen modeller ve İHEY ile elde edilen değerlerin karşılaştırılması sonucunda Çoruh havzasındaki akışın yaklaşık olarak %80'nin taban akışı olarak gerçekleştiği görülmüştür.

$$\frac{\sum TAI(iHEY)}{n_{AGI}} \quad (5.3)$$

$$\frac{\sum TAI(\text{REGRESYON})}{n_{AGI}} \quad (5.4)$$

Burada n_{AGI} gözlem istasyonu sayısını göstermektedir.

9) Validasyon aşamasında üretilen modellerin rölatif hata değerlerinin kalibrasyon aşamasında üretilen modellerin rölatif hata aralığında kalması ve yapılan varsayımlar ile elde edilen sonuçlar neticesinde oluşturulan modellerin Çoruh havzası için kullanılabilir olduğu gösterilmiştir.

10) Yapılan çalışmada Çoruh havzası için İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yuvarlatılmış Minimumlar yöntemi (İHEY) ve Regresyon Analizi yöntemleri karşılaştırılmış, çıkan sonuçlar neticesinde Çoruh havzası için her iki yöntemde kullanılabilirliği ve doğruluk oranları gözlemlenmiştir. Regresyon analizinin işlem karmaşıklığı ve çalışma için harcanan zaman göz önünde bulundurularak İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yuvarlatılmış Minimumlar yöntemi (İHEY)'nin Çoruh havzası için kullanılabilirlik açısından daha kolay bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ahiablame, L., Chaubey I., Engel B., Cherkauer K. ve Merwade V. (2013). Estimation of annual baseflow at ungauged sites in Indiana USA, *J. Hydrol.* 476, 13-27.
- Akbaş, A.İ., (2010). Türkiye Alansal Yağış Hesaplaması, Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Aksoy, H., (2015). Hidrolojik Modelleme Çalışmaları, Türkiye Su Bütçesinin Belirlenmesi Çalıştayı ve TUHK Toplantısı, İstanbul.
- Aksoy, H., Kurt, I. ve Eris, E. (2009). Filtered smoothed minima baseflow separation method, *J. Hydrol.* 372 (1-4), 94-101.
- Aksoy, H., Unal, N.E. ve Pektaş, A.O., (2008). Smoother minima baseflow separation tool for perennial and intermittent streams, *Hydrol. Process.* 22 (22), 4467-4476.
- Arcgis Spatial Analyst yazılımı kitapçığı, İşlem Şirketler Grubu, 2003.
- Arnold, J. G., P. M. Allen, R. Muttiah, and G. Bernhardt. 1995a. Automated baseflow separation and recession analysis techniques. *Ground Water* 33(6): 1010-1018.
- Arnold, J.G. ve Allen, P.M. (1999). Automated methods for estimating baseflow and ground water recharge from streamflow records, *J. Am. Water Resour. Assoc.* 35 (2), 411-424.
- Arslan, İ., (2017). R ile istatistiksel Programlama, genişletilmiş ikinci baskı, Pusula Yayınları, İstanbul.
- Aydın, D., (2014). Uygulamalı Regresyon Analizi / Kavramlar ve R Hesaplamaları, Nobel yayınları, Ankara.
- Aydoğdu, M., Özdemir, Ş., Dedeoğlu, F., Mermer, A., (2012). Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak Ankara ili Yenimahalle ilçesindeki tarım alanlarının amaç dışı kullanımının belirlenmesi, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21 (2): 57-64.
- Bakış, R., Bayazıt, Y., Uyguçgil, H., (2013) Porsuk havzasındaki yağış, sıcaklık ve buharlaşma dağılımlarının uzaklığa bağlı tahminleme yöntemleri ile haritalanması, *Taşkın ve Heyelan Sempozyumu*, Trabzon.
- Barnes, B.S., (1939). The structure of discarghe-recession curves, *Trans, Am, Gepohys, Union*, 20, 721-725.
- Başıyigit, L., (2004). Corıne arazi kullanımını sınıflandırma sistemine göre arazi kullanım haritasının hazırlanması: Isparta örneği, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10 (4) 366-374.
- Bayazıt, M., (1991). Hidroloji, Genişletilmiş Beşinci Baskı, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M., (1999). Hidroloji, Yedinci Baskı, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M., (2003). Hidroloji, üçüncü basım, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Bayazıt, M., (2006). Çok değişkenli istatistik analiz ve hidrolojide uygulamaları, Su vakfı, İstanbul.
- Bayazıt, M., (2013). Hidroloji, genişletilmiş baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Bayazıt, M., Avcı, İ. ve Şen Z. (1997). Hidroloji uygulamaları, Dördüncü baskı, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M., Avcı, İ. ve Şen Z. (2012). Hidroloji uygulamaları, beşinci baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Bayazıt, M., YEĞEN OĞUZ, E.B., (2013). Mühendisler için İstatistik, üçüncü baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

- Bednar, J.M., (2013). Interaction of Groundwater and Surface Water in the Williston and Powder River Structural Basins, doktora tezi, Güney Dakota
- Beran, M.A. ve Gustard, A. (1977). A study into the low-flow characteristics of British rivers. *J. Hydrol.* 35, 147-157.
- Brodie, R.S., Baskaran, S. and Hostetler, S. (2005). Tools for assessing groundwater-surface water interactions: a case study in the Lower Richmond catchment, NSW. Bureau of Rural Sciences, Canberra.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. ve Mays, L.W. (1988). *Applied hydrology*, McGraw Hill Book Company, New York.
- Dattolo, P. (2013). *Analysis of multiple dependent variables*, Oxford University Press 66
- Das, G. (2009). *Hydrology and soil conservation engineering*, 2nd edition, PHI, pp 126-128.
- Durmuş, B., Yurtkoru, E.S., Çinko M., (2016). *Sosyal Bilimlerde SPSS ile veri analizi*, altıncı baskı, Beta Basım A.Ş., İstanbul
- DSİ. (2012). *Türkiye'nin su kaynakları*, Ankara.
- Erkek C., Ağralıoğlu N., (2010). *Su Kaynakları Mühendisliği Uygulamaları*, Beta Basım A.Ş., İstanbul.
- Eslamian, S., (2014). *Handbook of engineering Hydrology: Fundamentals and applications*, CRC Press.
- Ghosh, D., (2015). *Base flow recession Analysis for streamflow and spring flow*, doktora tezi, Florida.
- Gujarati, D. N. (1995). *Basic econometrics*, 3rd ed., McGraw-Hill, New York
- Gujarati, D., Porter, D., (2008). *Basic econometrics*, 5th Edition.
- Güreşçi, N.G., Seyrek, K., Sargın. A.H., (2012). *Coğrafi Bilgi Sistemleri ile hidroloji uygulamaları*, DSİ Genel Müdürlüğü CBS Şube Müdürlüğü.
- Haberlandt, U., Klöcking, B., Krysanova, V., Becker, A. (2001). Regionalization of the baseflow index from dynamically simulated flow components: a case study in the Elbe River Basin, *J. Hydrol.*, 248, 35–53.
- Hisdal, H., Tallaksen, L. M., (2003) Estimation of Regional Meteorological and Hydrological Drought Characteristics, *Journal Of Hydrology*, 280, 230-247.
- Institute of Hydrology, (1980). *Low flow studies*, Research report, Institute of Hydrology, Wallingford, U.K.
- Işık, A., (2006). *İstatistik – I*, Beta Basım A.Ş., İstanbul
- Işık, A., (2006). *İstatistik – II*, Beta Basım A.Ş., İstanbul
- Kalaycı, Ş. (2014). *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*, altıncı baskı, Asil yayınları, Ankara.
- Kayan, G., (2014). *Sakarya ve Batı Karadeniz akarsu havzaları için taban akışı ayırma modeli*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi.
- Kurt, İ. (2007). *Filtre edilmiş yuvarlatılmış minimumlar taban akışı ayırma yöntemi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi.
- Langbein, W.B., (1940). *Flood hydrograph analysis*, U.S. Geological Survey, Washington.
- Linsley, R. K., Jr., Kohler, M. A., and Paulhus, J. L. H. (1949). *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, 67, 399-400.
- Linsley, R. K., Jr., Kohler, M. A., and Paulhus, J. L. H. (1958). *Hydrology for engineers*, McGraw-Hill Book Co., Newyork

- Lyne, V.D. ve Hollick, M. (1979). Stochastic time-variable rainfall runoff modeling, hydro. and water resources symposium institution of engineers, Perth, Australia, pp. 89–92.
- Mazmimavi, D., Meijerink, A.M.J., Stein, A., (2004). Prediction of base flows from basin characteristics: A case study from Zimbabwe, *Hydrol, Sci, J.*, 49(4), 703-715.
- Mwakalila, S., Wyseure, G., Feyen, J., (2002) The influence of physical catchment properties on baseflow in semi-arid environments, *Journal Of Environments*, 52(2), 245-258.
- Nathan, R.J. ve McMahon, T.A. (1990). Evaluation of automated techniques for baseflow and recession analyses, *Water Resour. Res.*, 26 (7), 1465-1786.
- Novita, E., Wahyuningsih, S., (2016). Preliminary study on baseflow separation at watersheds in east java regions, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 538-550.
- Önusluel, G., Buharlaşma, Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Ders notları, İzmir.
- Piggott, A.R., Moin, S., Southam, C., (2005). A revised approach to the UKIH method for the calculation baseflow, *Hydrol, Sci, J.*, 50(5), 911-920.
- Pilgrim, DH, Cordery, I. & Doran, DG (1979) Assessment of runoff characteristics in arid western New South Wales, Australia. In: *The Hydrology of Areas of Low Precipitation* (Proc. Canberra Symp., December 1979), 141-150. IAHS Publ. no. 128.
- Price, B.M., (2010). Recharge and baseflow of a first order stream in the piedmont, doktora tezi, Atina.
- Santhi, C., Allen, P.M., Muttiah, R.S., Arnold, J.G. ve Tuppap, P. (2008). Regional estimation of baseflow for the conterminous United States by hydrologic landscape regions, *J. Hydrol.* 351, 139–153.
- Sharma, S., (1996). *Applied Multivariate Techniques*, John Wiley & Sons inc., Newyork.
- Sloto, R.A. and Crouse, M.Y., (1996). HYSEP: A Computer program for streamflow hydrograph separation and analysis, U.S Geological Survey, Water-Resources investigations report 96 -4040, Lemoyne, PA, 46pp.
- Smakhtin, V.U., (2001) Estimating continuous monthly baseflow time series and their possible applications in the context of the ecological reserve, *Water SA*, 27(2), 213-217.
- Smakhtin, V.U., (2001). Low flow hydrology: a review, *J. Hydrol.* 240, 147–186.
- SPSS Statistics 20. (2017). SPSS Inc.
- Szilagy, J., Harvey, F.E., Ayers, J.F., (2003). Baseflow separation based on analytical solutions of the boussinesq equation, *J.Hydrol.*, 204, 254-260.
- Şen, Z., (2002). Hidrolojide veri işlem yorumlama ve tasarım, Su Vakfı, İstanbul
- Şen, Z., (2002). İstatistik veri işleme yöntemleri (Hidroloji ve meteoroloji), Su Vakfı, İstanbul
- Şen, Z., (2002). Su bilimi temel konular, Su Vakfı, İstanbul
- Şen, Z., (2003). Su bilimi ve yöntemleri, Su Vakfı, İstanbul
- Tallaksen, L.M. (1995). A Review of baseflow recession analysis, *J. Hydrol.*, 165, 349-370.

- Taylan, E.D., Damçayırı, D., (2016). Isparta bölgesi yağış değerlerinin IDW ve Kriging Enterpolasyon yöntemleri ile tahmini, İmo Teknik dergi, 7551-7559.
- Toebes, C., Strang, C.C., (1964). On recession curves, 1-REcession equations, J. Hydrol.(New Zealand), 3(2), 2-15.
- Tosunoğlu, F., (2012). Hidroloji ders notları, Erzurum.
- Tosunoğlu, F., (2012). Su Mühendisliğine giriş ders notları, Erzurum.
- Url-1 <<http://www.geodata.ormansu.gov.tr>>, alındığı tarih: 2017.
- Url-2 <<http://www.mgm.gov.tr>>, alındığı tarih: 2017.
- Url-3 <<http://www.dsi.gov.tr>>, alındığı tarih: 2017.
- Url-4 <<http://www.corine.ormansu.gov.tr>>, alındığı tarih: 2017.
- Url-5 <<https://gdex.cr.usgs.gov/gdex>>, alındığı tarih: 2017.
- Url-6 <<http://rasatlar.dsi.gov.tr>>, alındığı tarih: 2017.
- Uşul, N. (2013). Mühendislik hidrolojisi, ikinci basım, ODTÜ yayıncılık, Ankara.
- Üstüntaş, T., (2006). Sayısal arazi modellerinde bazı enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması, Teknik-online dergi, Cilt 5, Sayı: 2-2006.
- Yıldırım, Ü., (2013). Yükselti verisi üzerinden akarsu havzalarının belirlenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Coğrafya Bölümü ders notları, Afyon.
- Zaifoğlu, H., (2013). Fırat akarsu havzası için topoğrafik ve hidrometeorolojik veriye dayanan taban akışı ayırma modeli, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi.

ÖZGEÇMİŞ

3 Kasım 1981 Erzurum doğumlu olan Sait TAŞCI ilkokul, ortaokul ve liseyi baba mesleğinden dolayı yurdun çeşitli bölgelerinde tamamlamıştır. 1999 yılında Atatürk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde eğitimine başlayıp, 2003 yılında mezun olmuştur. 2004 yılında Oltu Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğünde İnşaat Mühendisi olarak çalışmaya başlamıştır. 2013 yılında açılan sınava müracaat ederek Oltu Meslek Yüksekokuluna öğretim görevlisi olarak atanmıştır. 2013 yılı güz dönemi Yüksek lisans müracaatı döneminde Hidrolik A.B.D.'da yüksek lisans çalışmasına başlamıştır. Atatürk Üniversitesi Oltu Meslek Yüksekokulunda Öğretim görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.