

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Doğu Karadeniz’de Debi Süreklilik Eğrilerinin Regresyon Analizi ile
Belirlenmesi ve Akım Tahmini**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet BEŞİKTAŞ**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

**Programı : Hidrolik ve Su Kaynakları
Mühendisliği**

OCAK 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Doğu Karadeniz’de Debi Süreklilik Eğrilerinin Regresyon Analizi ile
Belirlenmesi ve Akım Tahmini**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet BEŞİKTAŞ
(622.02.02)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Aralık 2009
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Ocak 2010**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Necati AĞIRALIOĞLU (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. M. Emin SAVCI (İTÜ)
Doç. Dr. H. Gonca COŞKUN (İTÜ)**

OCAK 2010

ÖNSÖZ

Tez danışmanım sayın Prof. Dr. Necati Ağırlioğlu'na çalışmalarım sırasında bana gösterdiği yakın ilgi nedeniyle teşekkür ederim. Ayrıca, 106M043 nolu TÜBİTAK destekli “Akım Ölçümleri Olmayan Akarsu Havzalarında Teknik Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi” adlı proje kapsamında tezime ilgili yapılan çalışmalarda bana destek olan proje ekibine ve veri teminindeki yardımlarından dolayı DSİ Genel Müdürlüğü'ne, EİE Genel Müdürlüğü'ne ve DMI Genel Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2009

Mehmet Beşiktaş

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 İncelenecek Konu	1
1.2 Konunun Önemi	2
1.3 Kullanılan Metot	3
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
3. SEÇİLEN BÖLGE VE VERİLER	11
3.1 Giriş	11
3.2 Coğrafi Durum	13
3.3 Bitki Örtüsü	14
3.4 Jeolojik ve Tektonik Yapı	15
3.5 İklim	15
3.6 Su Kaynakları	16
3.7 Katı Madde Durumu.....	17
3.8 Planlanmış Tesisler	17
4. DEBİ SÜREKLİLİK EĞRİLERİ.....	19
4.1 Genel	19
4.2 Yöntem	19
4.3 Kullanım Alanı	21
5. KULLANILAN REGRESYON ANALİZİ	25
5.1 Genel	25
5.2 Çoklu Regresyon Analizi	26
5.2.1 Standart hata.....	26
5.2.2 Çoklu belirlilik katsayısı	27
5.2.3 Bağımsız değişkenlerin belirlenmesi	27
5.2.4 Regresyon modellerinin anlamlılığı	28
5.2.5 Kalanların incelenmesi.....	28
5.2.6 Çoklu bağıntı	29
6. AKIM TAHMİNLERİ.....	31
6.1 Genel	31
6.2 Akım Tahmini Uygulamaları	31
6.3 Akım Tahmini Sonuçlarının Değerlendirilmesi	46
6.4 Bulunan Bağlıntıların Uygulanışı.....	49
7. SONUÇLAR	51
KAYNAKLAR	53
EKLER.....	59

KISALTMALAR

A	: Ortalama Alan
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
ANOVA	: Analysis of Variance
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DSE	: Debi Süreklilik Eğrisi
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİE	: Elektrik İşletmeleri Enstitüsü
FDC	: Flow Duration Curve
GIS	: Geographic Information Systems
H	: Ortalama Yükseklik
P	: Ortalama Alan Yağışı
Q	: Debi
R²	: Belirlilik Katsayısı
S	: Ortalama Eğim
SH	: Standart Hata

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Doğu Karadeniz Bölgesi'nde günlük verileri kullanılan 16 istasyona ait bilgiler	13
Çizelge 6.1 : Bazı AGİ'lerin Aylık ve Yıllık Akımlarının Aşılma Olasılıkları.....	33
Çizelge 6.2 : Üç istasyona ait ortalama alan yağışları.	34
Çizelge 6.3 : Üç istasyona ait regresyon değişkenleri.	34
Çizelge 6.4 : Dönüşümsüz A, P, S, H aday değişkenleri ile kurulan bağıntılara ait belirlilik katsayıları (R^2) ile standart hatalar (Kalibrasyon).	35
Çizelge 6.5 : Dönüşümsüz A*P, S, H aday değişkenleri ile kurulan bağıntılara ait belirlilik katsayıları (R^2) ile standart hatalar (Kalibrasyon).	36
Çizelge 6.6 : Logaritmik dönüşümlü A*P, S, H aday değişkenleri ile kurulan bağıntılara ait belirlilik katsayıları (R^2) ile standart hatalar (Kalibrasyon).	39
Çizelge 6.7 : Logaritmik dönüşümlü A*P, P, A, S, H aday değişkenleri ile kurulan bağıntılara ait belirlilik katsayıları (R^2) ile standart hatalar (Kalibrasyon).	39
Çizelge 6.8 : Gözlenen ve tahmin edilen yıllık %5 aşılma olasılıklı debiler ve bağımsız değişkenler	40
Çizelge 6.9 : Yıllık %5 aşılma olasılığı bağıntısındaki R^2 ve SH hesabı	40
Çizelge 6.10 : Tahmin edilen yıllık %5 aşılma olasılığına ilişkin test değerleri	41
Çizelge 6.11 : Çalışma sahasında kullanılmak üzere çıkarılan bağıntılar.	45
Çizelge A.1 : Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı Günlük Akımlar	60
Çizelge A.2 : Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi	61
Çizelge A.2 (devam) : Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi	62
Çizelge A.2 (devam) : Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi	63
Çizelge A.2 (devam) : Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi	64
Çizelge A.2 (devam) : Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi	65
Çizelge A.2 (devam) : Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi	66
Çizelge A.2 (devam) : Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi	67
Çizelge A.2 (devam) : Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi	68
Çizelge A.2 (devam) : Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi	69
Çizelge A.2 (devam) : Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi	70

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Solaklı Vadisi ve bu vadideki yağış ve akım gözlem istasyonlarının konumu.	11
Şekil 3.2 : Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Solaklı Vadisi (22-52,22-57,22-07) ve komşu havzaları.	12
Şekil 4.1 : Debi süreklilik eğrisi örneği.	20
Şekil 4.2 : Su depolamanın debi süreklilik eğrisi üzerindeki etkisi.....	22
Şekil 4.3 : Mississippi'deki Saint Cloud Nehir Barajı için debi süreklilik eğrisi ve güç süreklilik eğrisi örneği.....	22
Şekil 5.1 : Sıklık dağılım histogramı ve normal dağılım örneği	29
Şekil 6.1 : Ögene Alçak Köprü AGİ Debi Süreklilik Eğrisi.....	31
Şekil 6.2 : Haldizen-Şerah AGİ Debi Süreklilik Eğrisi.	32
Şekil 6.3 : Solaklı-Ulucami AGİ Debi Süreklilik Eğrisi.	32
Şekil 6.4 : Kullanılan istasyonların debi süreklilik eğrilerinden elde edilen %5, %50 ve %95 aşılma olasılıklarına karşılık gelen debiler.....	33
Şekil 6.5 : Akımın alan (A) değişkenine göre değişimi.....	35
Şekil 6.6 : Akımın ortalama alan yağışı (P) değişkenine göre değişimi.....	36
Şekil 6.7 : Akımın alan*yağış (P*A) değişkenine göre değişimi.....	36
Şekil 6.8 : %5 Aşılma Olasılığı ile dönüşümsüz A, P, S, H ve A*P, S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R^2 değerlerinin karşılaştırılması. .	37
Şekil 6.9 : %50 Aşılma Olasılığı ile dönüşümsüz A, P, S, H ve A*P, S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R^2 değerlerinin karşılaştırılması.	38
Şekil 6.10 : %95 Aşılma Olasılığı ile dönüşümsüz A, P, S, H ve A*P, S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R^2 değerlerinin karşılaştırılması.	38
Şekil 6.11 : %5 Aşılma Olasılığı ile logaritmik dönüşümlü A, P, S, H ve A*P, P,A,S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R^2 karşılaştırılması.....	41
Şekil 6.12 : %50 Aşılma Olasılığı ile logaritmik dönüşümlü A, P, S, H ve A*P, P,A,S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R^2 değerlerinin karşılaştırılması.	42
Şekil 6.13 : %50 Aşılma Olasılığı ile logaritmik dönüşümlü A, P, S, H ve A*P, P,A,S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R^2 değerlerinin karşılaştırılması.	42
Şekil 6.14 : Yıllık %5 aşılma olasılığı ile regresyon bağıntılarına ait ölçüm-tahmin saçılma grafikleri (Kalibrasyon).	43
Şekil 6.15 : Yıllık %50 aşılma olasılığı ile regresyon bağıntılarına ait ölçüm-tahmin saçılma grafikleri (Kalibrasyon).	43
Şekil 6.16 : Yıllık %95 aşılma olasılığı ile regresyon bağıntılarına ait ölçüm-tahmin saçılma grafikleri (Kalibrasyon).	44
Şekil 6.17 : Tosköy Deresi-Tosköy İstasyonu %5 Aşılma olasılığı validasyon sonuçları.	46
Şekil 6.18 : Tosköy Deresi-Tosköy İstasyonu %50 Aşılma olasılığı validasyon sonuçları.	47

Şekil 6.19 : Tosköy Deresi-Tosköy İstasyonu %95 Aşılma olasılığı validasyon sonuçları.	47
Şekil 6.20 : Sürmene Deresi-Ortaköy İstasyonu %5 Aşılma olasılığı validasyon Sonuçları.....	48
Şekil 6.21 : Sürmene Deresi-Ortaköy İstasyonu %50 Aşılma olasılığı validasyon Sonuçları.....	48
Şekil 6.22 : Sürmene Deresi-Ortaköy İstasyonu %95 Aşılma olasılığı validasyon Sonuçları.....	49

DOĞU KARADENİZ’DE DEBİ SÜREKLİLİK EĞRİLERİNİN REGRESYON ANALİZİ İLE BELİRLENMESİ VE AKIM TAHMİNİ

ÖZET

Bu çalışmada, debi süreklilik eğrilerinin regresyon analizi metodu ile Doğu Karadeniz Bölgesinde mevcut bazı akım gözlem istasyonların verileri kullanılarak, daha önce fiziksel anlamda ölçümü yapılmamış noktalarda debi tahmini yapılması için bulunmasına çalışılmıştır. Öncelikle, 16 akım gözlem istasyonu için mevcut tüm günlük verilerin debi süreklilik değerlerinden aylık ve yıllık ölçekte %5, 50 ve 95 aşılma olasılığına karşılık gelen debiler geliştirilen MS Excell-Makro kodu yardımı ile bulunmuştur. Daha sonra, bölgenin karakteristiklerini ifade eden ortalama havza alanı (A), ortalama alan yağışı (P), ortalama yükseklik (H) ve ortalama eğim (S) bağımsız değişkenleri her bir istasyon için coğrafi bilgi sistemleri yazılımlarıyla hesaplanmıştır. Bu bağımsız değişkenlerin belirlenmesinde A.B.D.’nin Oregon eyaleti için Risley ve diğ. (2008)’nin yaptığı çalışmadan esinlenilmiştir. Belirlenen her bir bağımsız değişkenin aylık ve yıllık olmak üzere %5, 50 ve 95 aşılma olasılıklarına karşılık gelen bağımlı değişken olan debiler üzerindeki etkisini göstermek üzere regresyon eşitlikleri geliştirilmiştir. Eşitlikler sadece 16 istasyondan 14 istasyon için geliştirilmiş, diğer 2 istasyon ise validasyon için bırakılmıştır. Bu regresyon eşitlikleri bölgesel çapta aylık ve yıllık %5, 50 ve 95 aşılma olasılıklarını tahmin eden debi süreklilik eğrisi değerlerini vermiştir. Bazı regresyon bağıntılarında etkisi çok az olan bağımsız değişkenler atılmıştır.

Sonuç olarak elde edilen bağıntılardan bölgesel debi tahmini yapılmış, tahminler literatürde daha önce farklı metotlarla yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Validasyon için kullanılan iki istasyondan günlük veriye sahip yıl sayısı yüksek olan istasyonla yapılan validasyonda daha fazla belirlilik katsayısı değerleri elde edilmiş ve verisi olan yıl sayısı arttıkça bölgeyi daha iyi temsil eden eşitliklerin elde edilebileceği kanısına varılmıştır.

DETERMINATION OF FLOW DURATION CURVES BY REGRESSION ANALYSIS IN THE EASTERN BLACK SEA AND CURRENT ESTIMATION

SUMMARY

In this study, flow duration curves with regression analysis method in the Eastern Black Sea Region by using available some flow observation station data, in the physical meaning, on the earlier unmeasured points, to make flow rate estimation, finding of them were studied. Initially, flow rates relative to monthly and yearly 5%, 50 and 95 exceedance probabilities from flow continuity values in all available daily data for 16 flow observation stations were found by using developed MS Excel Macro code. After that, the indicators of the characteristics of the region, average catchment area (A), average precipitation of area (P), average elevation (H) and average slope (S) independent variables were calculated for each station by geographic information system software. The determination of these independent variables originated from the study made by Risley et al. (2008) for the State of Oregon in USA. Regression equations were developed to show the effects of monthly and yearly 5%, 50 and 95 exceedance probability of for each determined independent variable on the dependent variables that flow rates which against to them. Equations only produced for 14 stations of 16 stations and other two stations have been left for validation. These regression equations gave the flow duration curve values that estimate monthly and yearly 5%, 50 and 95 exceedance probability in the regional perspective. In some regression equations, the slightly effective independent variables extracted.

Finally, regional flow estimation was made from the obtained equations and the estimations compared with earlier studies by different methods in the literature. Upward determination coefficients obtained from one of two stations which used for validation has a higher number of years with daily measurement that caused the opinion obtained that by increasing numbers of years with data could be present better representation of equations for the region.

1. GİRİŞ

1.1 İncelenecek Konu

Ülkemizde ve dünyada, akım tahminleri gerek hidroelektrik enerji santrallerinin yerlerinin tespit edilmesinde, gerekse taşkın ihtimallerinin belirlenmesinde büyük önem arz etmektedir.

Türkiye engebeli bir araziye sahip olduğundan akarsuların düşüm yükseklikleri büyük, dolayısıyla hidroelektrik potansiyelleri çok yüksektir. 2009 yılı sonu verilerine göre Türkiye'nin teknik ve ekonomik hidroelektrik potansiyeli yaklaşık 130 GWh olarak belirlenmiştir. Bu değerin hesaplanmasında, işletmede ve inşaat halinde olan santrallerle birlikte, kesin projesi, planlaması, mastır planı ve ilk etüdü hazır olanlar dikkate alınmıştır. Hesaplanan bu toplam potansiyelin 47.6 GWh'i işletmededir. Bu ise yaklaşık olarak toplam potansiyelin %38'dir. Bununla birlikte ülkenin toplam teorik potansiyeli 433 GWh olarak tahmin edilmektedir. 130 GWh'lik potansiyel belirlenirken planlaması yapılmayan ve projesi ele alınmayan muhtemel santrallerin potansiyeli ile küçük hidroelektrik santrallerin potansiyeli dikkate alınmamıştır. Bunlar da dikkate alındığında Türkiye'deki toplam kullanılabilir potansiyelin 2009 yılında henüz % 38'i değil, daha küçük bir yüzdesinin kullanılmakta olduğu anlaşılr.

Öte yandan Türkiye'de Devlet Su İşleri ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi genel müdürlükleri tarafından 3000'e yakın gözlem istasyonunda akarsu akım ölçümleri yapılmasına rağmen pek çok akarsu ve kollarında akım ölçüm istasyonu yoktur. Üstelik bu akarsu ve kollarının bir kısmına yol bile gitmemektedir. Bunların çoğu yüksek kesimlerde olduğu için kışın uzun bir süre kar altında kalmaktadır. Hâlbuki bu akarsuların hidroelektrik potansiyelinin belirlenmesi için uzun yıllar ölçülmüş debilerine ihtiyaç vardır. Bu yüzden ölçümü olmayan akarsuların hidroelektrik potansiyeli belirlenememekte ve projelendirilememektedir.

Bu çalışmada Doğu Karadeniz'de ölçüm yapılmayan veya akım ölçümleri az olan akarsu havzalarında akım değerlerini belirlemek için debi süreklilik eğrisi değerlerinin regresyon analizi ile belirlenmesine çalışılmıştır. Arazi kullanımı, bitki

örtüsü, havza sınırları, havza alanları, ana akarsu uzunluğu, havzada en yüksek ve en alçak kotlar ile ilgili veriler, uzaktan algılama ve CBS ile analiz edilmiştir. Bulunan havza parametreleri, yağış ve akım verileri kullanılarak bölgeyi temsil edecek, bölgede akım ölçümü olmayan noktalarda akım tahmini yapılmasını sağlayacak bağıntıların çıkarılmasında kullanılmıştır. Doğu Karadeniz’de pilot bölge olarak Solaklı Vadisi ve komşu havzaları seçilmiştir.

Gelecekte ihtiyaç duyulacak hidroelektrik potansiyeli belirleme çalışmalarında kullanılmak üzere akım ölçümleri belli olmayan yerlerdeki akımların tahmini amaçlanmıştır. Çalışma alanında varolan ve bölgeyi homojen olarak temsil eden akım gözlem istasyonlarının günlük veri kayıtlarından yola çıkarak, bölgeyi temsil eden aylık ve yıllık debi süreklilik eğrisi değerlerini veren bağıntıların elde edilişi hakkında detaylı bilgiye yer verilmiştir.

1.2 Konunun Önemi

Belli bir zaman aralığının belli bir yüzdesinde aşılması muhtemel bir debinin belirlenmesi plan ve proje hazırlarken kullanılmaktadır.

Debi süreklilik eğrileri, su kalitesi belirleme çalışmalarında, nehirlerden su taşımak için yapılacak akedüğün boyutlandırılmasında, nehir üzerinde baraj olması durumunda nehrin kurummasını önleme çalışmalarında, düşük akım analizinde ve akarsudaki canlı hayatının incelenmesi çalışmalarında da kullanılan önemli bir araçtır.

Ülkemizdeki uygulamalara bakarsak, debi süreklilik eğrisi (DSE) kullanımına örnek olarak, Memülü Regülatörü ve HES Fizibilite çalışmalarında derede canlı hayatının idamesini sağlamak üzere yatağa bırakılacak cansuyu miktarının tespit edilebilmesi için, her yıl gözlenen en düşük akımlı yedi günün ortalamaları noktalanarak, %95 ihtimalle dereden geçen minimum akım hesaplanmış ve sonuca karşılık gelen can suyu miktarı belirlenmiştir.

Debi süreklilik eğrileri gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında bölgesel çapta debi süreklilik eğrisi elde etmenin yaygın olduğu görülmektedir.

1.3 Kullanılan Metot

Çoklu regresyon bağıntılarıyla hem pilot havza içersindeki yağış-akış istasyonlarının verileri kullanılarak hem de debi-süreklilik eğrisi üzerinde çalışılarak modelleme yapılmıştır. Bu bağıntılarda bağımlı değişken olarak akım, bağımsız değişken olarak ise alan yağışı ve topoğrafik karakteristikler (alan, yükseklik vb) kullanılmıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesinin bir kısmını içine alan veriler kullanılarak oluşturulan ve debi-süreklilik eğrisi bağıntıları olarak adlandırılan formüllerin çıkarılmasına ait regresyon analizi ilgili başlıkta verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Debi süreklilik eğrisi (DSE) ile ilgili dünyada yapılmış pek çok çalışma mevcuttur. Bunların bazılarından, kısa açıklamalarla aşağıda bahsedilmektedir.

Debi süreklilik çizgisinin ilk kullanımı 1880 yılında Clemens Herschel'e ait olduğu tahmin edilmektedir.

ABD'de Illinois Eyaleti için Singh (1971) DSE'ni kullanmıştır. Alan ve debi arasında üstel fonksiyon bulmuş ve fonksiyondaki üstel değerin ve katsayı değerinin havzanın fizyocoğrafik ve alansal faktörlerinin debi değişimi üzerinde etkili olduğu sonucuna varmıştır.

Dingman (1978) New Hampshire'da ölçümü olmayan havzalardaki debi süreklilik eğrilerini belirlemek üzere regresyon denklemleri geliştirmiştir. Bunun için havza alanı ve havza yüksekliği parametrelerini kullanmıştır. Bu parametrelerin her ikisi de bu tez çalışmasında da kullanılmıştır.

Quimpo ve diğ., 1983 yılında debi süreklilik ve havza karakteristiğini kullanarak Filipinler'de ölçümsüz hidroelektrik enerji potansiyeline sahip bölgelerdeki su durumunu hesaplamıştır. Bu çalışmada günlük debi süreklilik çizgilerinin (2.1) ve (2.2) bağıntılarında gösterildiği gibi bir fonksiyon yapısına sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

$$Q=Q_a \cdot \exp(-bD) \quad (2.1)$$

$$Q=aD^{-b} \quad (2.2)$$

Denklemlerde Q debiyi, D debinin zamanın belli yüzdesindeki aşılma olasılığını, a ve b ise pozitif katsayıları ifade etmektedir. Kalanlar en küçük kareler yöntemi ile değerlendirildiğinde üslü yazılan formüle göre (2.2), katsayı şeklinde yazılan formülün (2.1) daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Mimikou ve Kaemaki, 1985 yılında basit bir katlı regresyon kullanarak aylık debi süreklilik karakteristiğini yıllık ortalama alan yağışı, drenaj alanı, hipsometrik çökme ve akarsu uzunluğu cinslerinden parametrelendirmiştir. Bu yazarlar, Yunanistan'ın kuzey bölgesindeki çalışmada Quimpo ve diğ.'nin sonuçlarına ilave olarak üç bağıntı (2.3), (2.4), (2.5) daha denemiştir.

$$Q=a-b \cdot \ln D \quad (2.3)$$

$$Q=a-bD+cD^2 \quad (2.4)$$

$$Q=a-bD+cD^2-dD^3 \quad (2.5)$$

Böylece, her istasyonda en iyi uyan modelin $Q=a-bD+cD^2-dD^3$ bağıntısı ile ifade edilen kübik model olduğunu belirlemişlerdir.

Fennessey ve Vogel (1990), Massachusetts eyaleti için günlük debi süreklilik eğrilerinin aşılma olasılığı %50 ile %100 arasındaki kısmında geçerli iki parametrelili lognormal olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanarak modellemişler ve bu fonksiyonun parametrelerini regresyon modelleri ile elde etmişlerdir.

Leboutilier ve Waylen (1993), DSE tahmini için alternatif bir istatistik yaklaşımı tanımlamışlardır.

Vogel ve Fennessey (1994) yıllık debi süreklilik eğrileri kullanarak DSE tahmininde güvenli aralıkların nasıl seçileceğini göstermişlerdir.

Smakhtin ve Hughes (1996), bir nehir ölçüm istasyonundaki eksik verilerin belirlenmesi için yakındaki diğer havzaların ölçüm istasyonlarından elde edilmiş DSE'leri kullanmışlardır.

Yu ve Yang (1996), Güney Tayvan'da sentetik bölgesel debi süreklilik eğrisinin elde edilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada kümeleme analizi yöntemini kullanmıştır.

Koa J.-J. ve Shyang-Fu B. (1996) mevsimsel deşarj yönetimi programlarında debi süreklilik eğrisi tabanlı risk analizi yapmış ve tasarımlarında düşük akımlar için DSE kullanmıştır.

Gustard ve diğ. (1997) Avrupa genelindeki hidrolojik rejimler üzerindeki analizlerinde %95 aşılma olasılığını ifade eden düşük akım değerlerini analiz etmiştir.

Cıgızoğlu (1997), çalışmasında debi süreklilik eğrisinin elde edilmesinde kullanılan matematiksel modelleri değerlendirmiştir. Çalışmada, debi süreklilik eğrisini etkileyen bileşenler belirlenmiş ve bu bileşenlerin debi süreklilik eğrisi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Burada stasyoner (yıllık) ve periyodik (aylık ve günlük) akımların debi süreklilik eğrileri ayrı ayrı incelenmiştir. Debi süreklilik eğrisinin akım modelleri ile ilgisi incelenmiş ve bir akım modeli verildiğinde süreklilik eğrisini elde etmek için algoritmalar gösterilmiştir. Uygulama olarak da Türkiye'deki bazı nehir akım ölçüm istasyonları için çeşitli metotlar kullanılarak debi süreklilik eğrileri elde edilerek birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda akım ölçümü

olmayan veya yetersiz kesitlerde debi süreklilik eğrisinin tahmini konusunda yardımcı olacak grafik ve tablolar elde edilmiştir.

Richard M. Vogel ve diğ. (1998) A.B.D.'nde yıllık akışlardan bölgesel regresyon modelleri geliştirmişlerdir.

Piechota ve diğ.(2001) aşılma olasılıklarının akım tahmininde kullanılmasının faydalı olacağını vurgulamıştır.

Singh ve diğ. (2001), yaptıkları çalışmada, Hindistan'ın Himalya bölgesinde akım gözlem istasyonu olmayan küçük su işleri ve yetersiz miktardaki verileri dikkate alarak bu havzalar için debi süreklilik eğrilerinin modellemesini yapmıştır. Çalışmada 1200 örnekleme alanı kullanılmıştır ve her bir bölgenin hidro meteorolojik açıdan homojen olduğu kabul edilmiştir. Model, boyutsuz akım serileri mevcut ölçüm istasyonları olan havzalardan, ölçüm istasyonu olmayan havzalara normal, lognormal ve üssel dönüşümlerle taşınarak kurulmuştur.

Yu ve diğ. (2002) Tayvan'daki Cho-Shuei Creek bölgesinde yaptıkları çalışmada debi süreklilik eğrisini elde etmek için polinom ve alan-indeks yöntemlerini kullanmıştır. Debi süreklilik eğrileri elde edilirken, alan-indeks yönteminde değişken olarak sadece drenaj alanı kullanılırken; polinom yönteminde ise, havza yüksekliği ve drenaj alanı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda polinom yönteminin alan-indeks yöntemine göre daha iyi netice verdiği ifade edilmiştir.

Holmes ve diğ.(2002) Birleşik Krallık'ta bölgesel debi süreklilik eğrisi elde edilmesinde havza sınıflandırması üzerinde çalışmıştır.

Crocker ve diğ. (2003), Portekiz'in bir kısmında akım ölçümü olmayan havzalar için debi süreklilik eğrisinin tahminine yönelik bölgesel bir model oluşturmayı amaçlamıştır. Bunun için, 67 adet havzadan elde edilmiş verileri kullanmıştır. Akımın kurumadığı döneme ait debi süreklilik eğrisinin tahmininde kullanılan model ile akarsuyun kurak olduğu zaman yüzdesini tahmin eden bir modeli birleştirmek için toplam olasılık teorisini kullanmıştır.

Cole ve diğ. (2003), yaptıkları çalışmada akım verilerinin güvenilir olarak kullanılabilmesi için kullanıcıların bağımsız bir kalite göstergesine ihtiyaç duyduklarını belirtmiş ve veri kalite göstergesi olarak uzun dönem debi süreklilik eğrilerinin kullanımını tavsiye etmiştir. Bu yöntem, akım verilerindeki düzensizlikler konusunda kullanıcıya yol göstermekte olup, hatanın yerini ve şeklini vermektedir. Bu yöntem Kuzey İrlanda'ya ait verilere uygulanmıştır.

Post (2004), debi süreklilik eğrilerinin belirlenmesinde alan, ortalama yıllık yağış, drenaj yoğunluğu ve toplam nehir uzunluğu unsurlarını dikkate almıştır. Sonuç olarak debi süreklilik eğrilerinin havzanın düşük akım analizi ile doğanın yansıtma kanunu gereği yüksek akımların belirlenebileceğini bulmuştur.

Yanık (2004), yaptığı çalışmada bölgesel ölçekte hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde akım ölçümü olmayan veya eksik olan yerlerde proje debisinin belirlenmesi için hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan kümeleme analizi kullanarak bölgesel debi süreklilik eğrilerinin elde edilebileceği ortaya koymuştur. Kümeleme analiziyle oluşturulan homojen bölgelere ait sınırların, veri olarak kullanılan özgül debi değerlerinin standart hale getirilip getirilmemesine, özgül debi-süreklilik eğrisinin kullanılan aralığına ve kümeleme analiz yöntemine bağlı olarak değiştiğini belirlemiştir. Nehir içi santraller için debi süreklilik eğrisinin aşılma olasılığı %30-%100 olan aralığının kullanılmasının uygun olması sebebiyle bu aralıktaki veriler standart hale getirilerek kümeleme analiziyle bölgesel debi süreklilik eğrileri elde edilmiştir.

Castellarin ve diğ. (2004), Doğu İtalya'daki geniş bir bölge için yaptıkları çalışmada, günlük akımlardan elde edilmiş debi süreklilik eğrilerinin çeşitli bölgesel modellerini geliştirmiş ve modellerin verimliliğini test etmiştir. Ayrıca burada bölgesel yaklaşımların güvenilirliğini de değerlendirmiştir.

Krasovskaia ve diğ. (2006), yaptıkları çalışmada ölçümü olmayan havzaların debi süreklilik eğrisi tahmini için bir yöntem geliştirmiştir. Çalışmada, Costa Rica'nın günlük akım kayıtları kullanılmıştır. Tahmin hataları, %85'den daha uzun bir zaman yüzdesi için bağıl olarak (yaklaşık %30) yüksek iken, %20'den küçük zaman yüzdelinde (yaklaşık %10) ve debi süreklilik eğrisinin merkez bölümlerinde (yaklaşık %8) küçülmektedir. Ölçümlerden ve model tahminlerinden oluşturulan debi süreklilik eğrileri arasındaki farklar küçük çıkmış, buna rağmen debi süreklilik eğrisinin merkez kısımlarında daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Bari ve Shafiul İslam (2006), çalışmalarında bir takvim yılına ait debi süreklilik eğrisini elde edebilmek için stokastik bir yaklaşım uygulamıştır. Stokastik debi süreklilik eğrisinin teorik gelişimini ve ortalama günlük debinin dağılımına uygun olasılık dağılımını araştırmıştır. Bu model, Bangladeş'in dört nehrine uygulanmıştır.

Masih ve diğ. (2008), İran'ın Karkheh nehir havzasında ölçümü olan 11 istasyonun fiziki karakteristikleri ve logaritmik debi süreklilik eğrisi model parametreleri

arasındaki bölgesel regresyon ilişkilerinden faydalanarak ölçümü olmayan istasyonlarda kullanılabilir debi süreklilik eğrileri elde etmiştir.

Mohamoud (2008), A.B.D.'de Mid-Atlantic bölgesinde akım ölçümü olmayan havzalarda debi süreklilik eğrisi ve akım tahmini ile ilgili çalışmasında üç yaklaşım geliştirip, bunları birbirleriyle kıyaslamıştır. Bu yaklaşımlar, çoklu regresyon analizi, iklim ve bölgenin fiziki ve coğrafi yapısı ile ilgili değerlendirme ve bölgesel debi süreklilik eğrisi modelidir. Bu bölgede seçilen 29 adet havzada çalışma yapılmıştır ve çalışma sonucunda debi süreklilik eğrisine dayalı yöntemin akım ölçümü olmayan havzalardaki akım tahmini hakkında daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Işık ve Singh (2008) Türkiye'nin 26 havzası için toptan hiyerarşik kümeleme algoritmasıyla homojen bölgelerin sayısını hesaplamış ve k ortalamaları metodunu kullanarak homojen bölgeleri belirlemiş ve debi süreklilik eğrisi metodu ile ölçümü olmayan homojen alanlarda akımı hesaplamıştır. Bunun sonucunda 1410 akım ölçüm istasyonundan oluşan 26 havzanın 6 homojen bölgeye ayrılabilceğini bulmuştur. Bu homojen bölgeler için elde edilen debi süreklilik eğrilerinin test edilen istasyonların çoğunda yüksek korelasyon katsayısı verdiği görülmüştür.

Risley ve diğ. (2008), 466 akım gözlem istasyonundan elde edilen günlük ortalama debi kayıtları ile istasyonlardaki meteorolojik ve fiziksel havza karakteristikleri hesaplamış ve bunlara bağlı olarak ölçülmemiş bölgelerde akım tahmini için regresyon eşitlikleri geliştirilmişlerdir. Oregon'a ait on bölgede, %5, 10, 25, 50 ve 95 aşılma olasılıklarına karşılık gelen akım ve düşük akım frekans istatistikleri (10 yıl ve 2 yıl içerisinde en düşük akımlı 7 günler) tahmini için toplam 910 adet yıllık ve aylık regresyon eşitliği oluşturulmuştur. Bu eşitliklerle akım verilerinin olmadığı yakın bölgelerde doğal akım değerleri tahmin edilmiştir. Bu tezin hazırlanmasında Risley ve diğerlerinin yöntemlerinden esinlenilmiştir.

Ayaz ve Ağırlioğlu (2009) TÜBİTAK destekli "akım ölçümleri olmayan akarsu havzalarında teknik hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi" başlıklı proje çerçevesinde Doğu Karadeniz'de Solaklı Havzası için debi süreklilik eğrilerinin normalleştirilmesi üzerinde çalışmış aylık ve yıllık değerler için uygulanabilir sonuçlar elde etmesine rağmen günlük verilerin normalleştirilememesi nedeniyle bölge için tam uygulanabilir sonuçlar alamamıştır.

Ağırlioğlu ve diğ. (2009), TÜBİTAK destekli "akım ölçümleri olmayan akarsu havzalarında teknik hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi" başlıklı projede normalleştirme yöntemi ile debi süreklilik eğrisinden akım belirlenmesi ve debi

sürekli lik eğrilerinden regresyonla akım bulunması yöntemini uygulamıştır. Debi sürekli lik eğrilerinden regresyonla akım bulunması yöntemi bu çalışmanın aslını oluşturmaktadır.

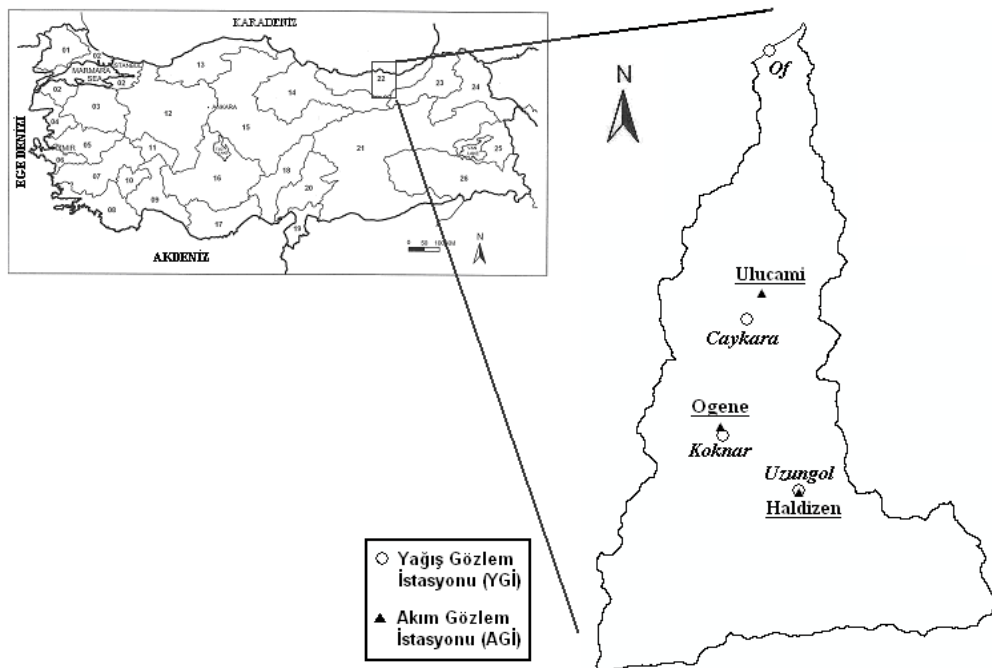
Buradaki bahsedilen çalışmaların dışında literatürde konu ile ilgili daha fazla örnek vermek mümkündür.

3. SEÇİLEN BÖLGE VE VERİLER

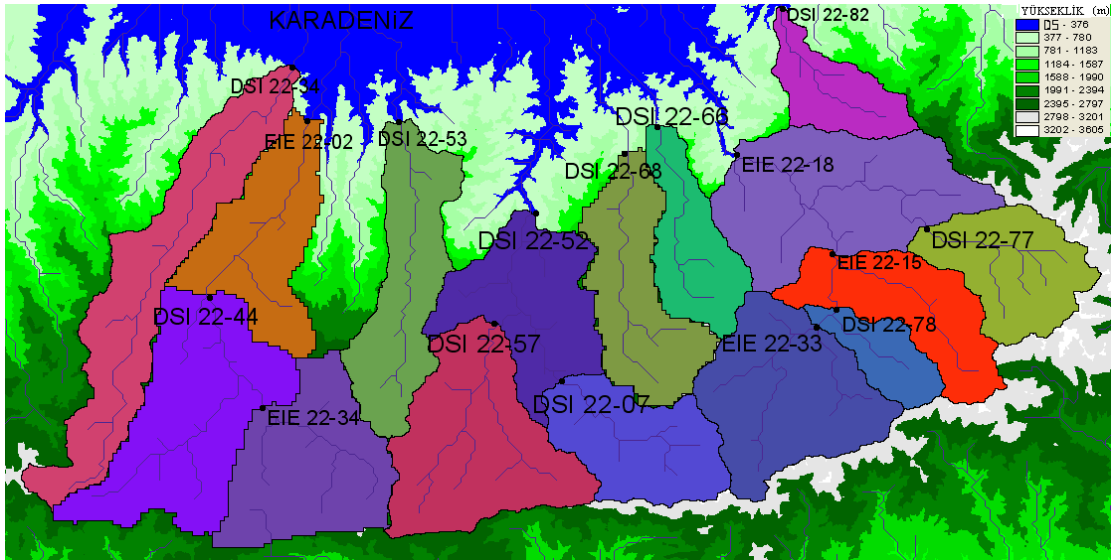
3.1 Giriş

TÜBİTAK destekli 106M043 nolu “akım ölçümleri olmayan akarsu havzalarında teknik hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi” başlıklı proje çerçevesinde Solaklı Vadisi ve komşu havzaları çalışma alanı olarak seçilmiştir. Solaklı Vadisi daha önce proje kapsamında Ayaz (2009) tarafından normalleştirme yöntemiyle incelenmiş ve havza için tam verimli sonuçlar elde edilmediği için, regresyon analizi ile bölgesel debi süreklilik eğrilerinin elde edilebilmesi için, Solaklı vadisi komşu havzaları da çalışma alanına katılmıştır.

Proje sahası genelde Doğu Karadeniz Bölgesi olmakla beraber pilot bölge olarak Solaklı Vadisi seçilmiştir. Burada ilk planda proje sahası olarak Solaklı Vadisi tanıtılmış olup Doğu Karadeniz Bölgesi genel çerçevede değerlendirilmiştir. Bununla birlikte bu tezde incelenen asıl proje alanı Solaklı Vadisi (Şekil 3.1) ve komşu havzalarıdır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1 : Doğu Karadeniz Bölgesi’nde Solaklı Vadisi ve bu vadideki yağış ve akım gözlem istasyonlarının konumu.



Şekil 3.2 : Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Solaklı Vadisi (22-52,22-57,22-07) ve komşu havzaları.

Doğu Karadeniz Bölgesinde önceden belirlenen AGİ'ler için debi-süreklilik eğrileri elde edilmiş ve bu eğriler yardımıyla belirli aşılma olasılıklarına karşı gelen akımlar çıkarılmıştır. Bu akımlar ile çalışılan bölgedeki topoğrafik değişkenlerle regresyon bağıntıları kurulmuştur.

Toplamda 16 AGİ' nin günlük akım verileri elde edilmiş olup bu istasyonların konumları Şekil 3.2'de ve istasyonlara ait bilgiler ise Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Doğu Karadeniz Bölgesi'nde günlük verileri kullanılan 16 istasyona ait bilgiler

No	İşleten Kurum	İstasyon Adı	Koordinatlar	Akım Alanı (km ²)	Kot (m)	Günlük akımlı yıl sayısı
22-57	DSİ	Ögene Alçak Köprü	40 40 19N 40 12 52E	242,6	700	15
22-52	DSİ	Solaklı D.- Ulucami	40 45 58N 40 15 50E	576,8	260	19
22-07	DSİ	Haldizen Şerah	40 37 18N 40 17 23E	154,7	1170	25
22-53	DSİ	Sürmene D.-Ortaköy.	40 50 46N 40 06 38E	173,6	150	17
22-02	EİE	Kara D.-Ağnas	40 50 58N 40 00 25E	635,7	78	48
22-44	DSİ	Kara D.-Aytaş	40 41 50N 39 53 41E	421,2	510	12
22-34	EİE	Kara D.-Araklı	40 36 14N 39 57 10E	227	1362	6
22-68	DSİ	Baltacı D.-Yeniköy	40 48 58N 40 21 53E	171,6	470	14
22-66	DSİ	Maki D.-Cevizlik	40 50 21N 40 24 08E	115,9	400	14
22-18	EİE	İyi D.-Şimşirli	40 48 56N 40 29 33E	834,9	308	17
22-15	EİE	Çamlı D.-Dereköy	40 43 44N 40 35 52E	445,2	942	36
22-77	DSİ	Cimil D.-Cimil	40 44 56N 40 42 19E	141,2	1650	9
22-78	DSİ	Tosköy D.-Tosköy	40 40 51N 40 36 06E	284,3	1000	10
22-33	EİE	Tosköy D.-Tosköy	40 39 57N 40 34 44E	223,1	1296	36
22-82	DSİ	Salarha D.-Kömürcüler	40 56 20N 40 32 45E	83,3	250	16
22-34	DSİ	Yanbolu D.-Fındıklı	40 53 40N 39 59 26E	258,6	90	23

3.2 Coğrafi Durum

Öncelikli proje sahası, ülkemizin kuzeyinde, Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon il sınırları içerisindeki Solaklı havzasıdır. Proje alanı Trabzon G 44 ve H44 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritalarda yer almakta ve 13 paftayı içermektedir.

Trabzon, Doğu Karadeniz Bölgesinde yer almakta ve 4.685 km² 'lik yüzölçümüyle ülke topraklarının % 0,6'sını oluşturmaktadır. Trabzon, Doğu Anadolu'nun kuzeydoğusunda, Karadeniz'in tabii bir limanı kıyısında, Asya ve Ortadoğu transit yolunun başında kurulmuş bir şehirdir. 41° kuzey enleminde ve 39° 43' doğu boylamında bulunur.

Trabzon ili doğuda Rize, güneydoğuda Bayburt, güneyde Gümüşhane, batıda Giresun illeri, kuzeyde Karadeniz ile çevrilidir. Trabzon topraklarının %30'u dağlık %60'ı kıyından içeriye doğru gittikçe yükselen ve ortalama 25-30 m arası değişen bir eğim gösteren alanlar biçimindedir. Ancak %10'u düzlük olan il toprakları genellikle engebeldir.

Proje alanının güney kesimini doğu-batı doğrultusunda uzanan Haldizen ve Soğanlı dağları sınırlar. Yer yer 3000 m'yi aşan bu dağların yüksek kesimleri doğal sınırı oluşturur. Havzanın en yüksek noktası güneydoğudaki Haldizen dağında 3376 m ile Demirkapı Tepesidir. Havza sularını toplayan başlıca akarsu Solaklı Çayıdır. Fazla yağış, gevşek ve kaygan arazi yapısı ve akarsuların derin biçimde yardığı bazı dik yamaçlardaki cılız bitki örtüsü ilin çeşitli yörelerinde zaman zaman can ve mal kaybına yol açan sel ve heyelanlara neden olur.

Solaklı havzası üç farklı ilçedeki topraklardan meydana gelir. Bunlar Kuzeyden başlayarak Of, Dernekpazarı ve Çaykara'dır. Bunların içinde güneydeki Çaykara en geniştir.

Çaykara İlçesi, Karadeniz Bölgesinin doğu bölümünde, Trabzon İlinin Güneydoğusunda, 40° 33' – 40° 55' kuzey enlemleri ile 40° 15' - 40° 30' doğu boylamları arasında yer alır. İlçenin doğusunda Rize ilinin İkizdere İlçesi, güneyde Bayburt İli, Batıda Sürmene İlçesi, Kuzeyde Dernekpazarı İlçesi, kuzey doğusunda Of İlçesi ile çevrilmiştir. Trabzon iline 75 km uzaklıktadır. İlçe merkezi denizden 280 m yükseklikte ve 25 km içeridedir. Of ilçesinden Bayburt ili istikametine uzanan vadinin içinde kurulmuştur. Solaklı Çayı'nın yatağı dar olduğundan, bu çayın kenarında bulunan Çaykara İlçesi'nin yerleşim alanı da dardır.

3.3 Bitki Örtüsü

Doğu Karadeniz sıradağlarına bağlı kıyı dağlarının yüksek kesimlerinden Karadeniz kıyısına kadar uzanan Trabzon ilinin doğal bitki örtüsü, doğu ve batıda komşusu olan iller gibi çok zengindir. Kuzeye bakan kesimleri bol yağış alan bu dağlar kızılğaç, gürgen, kestane, kayın, köknar ve ladinden oluşan yoğun bir orman örtüsü ile kaplıdır. İlin güneydoğusundaki Haldizen Dağı'nın güneye bakan yamaçlarında ise sarıçam ormanları vardır. Ormanın üst sınırının geçtiğı 2000–2100 m yükseklikten sonra rastlanan Alp tipi Sultanmurat gibi çayırlarla kaplı yaylalar yer alır. Trabzon İlinde ormanlık alan 176 055 ha olup, il arazisinin % 38'ini; çayır ve mera alanı ise 111 628 ha olup, il arazisinin %24'ünü oluşturmaktadır.

Solaklı Havzası'nda hemen hemen bütün mevsimlerde yağışın görülmesi, bitki örtüsünün gür ormanlarla kaplı olmasına neden olmuştur. 900 m yüksekliğe kadar nemi seven geniş yapraklı (kayın, gürgen, meşe, çam, sarıçam kızılğaç, kestane, ceviz ve çeşitli meyve ağaçları), 900-1300 m arası ise iğne yapraklı ile kayın karışık

ormanlar, 1300-2200 m ye kadar iğne yapraklı (karaçam- köknar gibi) ağaçlar mevcuttur. Genellikle ağaç türleri Çaykara ilçe merkezinden yukarıya doğru kestane, kızılâğaç, gürgen, ladin, kayın, sarıçam, köknar, akağaç, saf ve karışık meşeler yer alır. İlçe genelinde ormanın üst sınırı Demirkapı'da 2200 m'ye ulaşır. Havzada mevcut ormanlar özellikle Uzungöl yöresinin ormanlarıdır. Bitki örtüsü, yaban hayatı bakımından elverişli ve zengin oluşu, doğa güzelliğinin olması nedenleriyle Uzungöl çevresi “ Tabiatı Koruma Parkı” olarak ilan edilmiştir (Trabzon Valiliği, 2004; Kaya, 2007).

3.4 Jeolojik ve Tektonik Yapı

Kayaç birimlerinin yaş ve stratigrafik konumları, düşey ve yanal ilişkilere göre belirlenmiştir. İnceleme alanındaki stratigrafik istif alttan üste doğru Üst Kretase yaşlı Bazik Volkanik-Sedimenter Seri (bazalt, andezit, andezitik tuf ve bunları piroklastikleri ile magmatizmada meydana gelen aralarda oluşan tüflü kumtaşları ve kırmızı kireç taşları) ve Kuvaterner-Holosen yaşlı yamaç molozu-eski alüvyon ve yeni alüvyon olarak sıralanmaktadır.

3.5 İklim

Trabzon İlinde, yumuşak bir deniz iklimi hâkimdir. En sıcak ay ortalaması 23 °C (Ağustos), en soğuk ay (Şubat) ortalaması 7 °C dir. Ortalama yağış miktarı metrekareye 830 mm. dir. Yılda 51 gün açık, 174 gün parçalı bulutlu ve 140 gün de kapalı olarak geçmektedir.

Çaykara İlçesinde, ılıman serin iklim görülmekle birlikte ortalama sıcaklıklar sahil kesiminden 4 -7 °C daha düşük düzeyde seyretmektedir. Ayrıca çok yüksek kesimlerde (dağ köyleri ve yaylalarda) geçiş iklimi görülmektedir. İlçe arazisi doğu Karadeniz sıradağlarının eteklerinde ve yamaçlarında yer alması nedeniyle yılın büyük bir bölümü sisli ve yağışlı geçmektedir.

Solaklı Deresi havzasının coğrafi konumu nedeni ile iklim özellikleri, genellikle Karadeniz iklimi tesiri altında olmasına rağmen havzanın üst kısımlarına gidildikçe Karadeniz ikliminden uzaklaşılır. İç kesimlere gidildikçe yağış miktarı azalır. Bunda en büyük etken kıyıya paralel uzanan dağların yağışı kesmesidir.

Yağış alanına kuzeyden gelen sistemlerinin beraberinde getirdiği nemli hava kütleleri, alan üzerinde hareket ederken yağış alanındaki dağların topoğrafik etkisi ile neminin önemli bölümünü bol yağış olarak bırakır. Proje alanının ortalarında yer alan Çaykara'nın yıllık ortalama yağışı 980 mm civarındadır. Membadaki Uzungöl meteoroloji istasyonunda yıllık ortalama yağış miktarı 1028 mm civarındadır.

Çaykara Meteoroloji İstasyonu'nda yağış rasatları 1957 başlamış 1998 yılında istasyon kapanıncaya kadar devam etmiştir. Uzungöl Meteoroloji İstasyonu'nda ise yağış rasatları 1969 yılında başlamış olup halen devam etmektedir (Merge Enerji, 2005).

Proje alanı ve projenin yer aldığı Solaklı Dere Havzası'nda yukarı kesimlere doğru çıkıldıkça kot yükselmesinden ve karasal iklim etkisi ile sıcaklık azalmaktadır. Proje yerini temsil ettiği kabul edilen en yakın sıcaklık rasadı yapan meteoroloji istasyonu Trabzon Meteoroloji İstasyonu'nun 1929-2005 yılları arasını kapsayan ortalama sıcaklık değeri 15 °C dir. Bölgede her 100 m yükselmede sıcaklığın ortalama 0.5 °C azaldığı bilinmektedir.

3.6 Su Kaynakları

Akarsular: Projenin su kaynağı Solaklı dere ve kollarıdır. Solaklı Deresi, Ögene Deresi ile Haldizen Deresi'nin birleşmesinden oluşur. Haldizen Deresi 3376 m yükseklikteki Demirkapı Tepesi'nden doğar. Akışını önce kuzeybatı yönünde sürdürür. Tabii güzelliklere sahip ve turistik Uzungöl'e ulaşır. Uzungöl'den sonra soldan Ögene Deresi'ni aldıktan sonra Solaklı Deresi adını alır ve yönünü kuzeye dönerek akışını sürdürür. Daha sonra ise Çaykara ilçesine ulaşır. Buradan sonra akışını kuzey yönünde sürdürerek Of ilçesi içinden Karadeniz'e dökülür.

Göller: Havza göller bakımından da zengindir. Başta Uzungöl dikkati çekmektedir. Demirkapı Köyü ve yaylasında Balık Gölü, Aygır Gölü, Sarıgöl, Karagöl, Pirömer Gölü, Küçükgöl ve Buzlu Göl gibi buzul gölleri vardır. Ayrıca Multat Yaylasında bulunan Karagöl sayılabilir. Bunlardan başka genellikle 3000 m üzerlerinde, büyüklü küçüklü bazıları peş peşe birbirine bağlı, alanları 100-1900 m² genişliğinde değişen bazı buzul ve buzul göllerine rastlanır.

3.7 Katı Madde Durumu

Yağış fazla ve yükseltisi büyük olan Doğu Karadeniz Bölgesindeki akarsularda çok yoğun katı madde hareketi vardır. Özellikle taşkınlar zamanında adeta sular çamur şeklinde akmaktadır. Bu bölgede yapılmış katı madde ölçümleri pek bulunmamaktadır. Bunun için ölçümlere dayalı olarak katı madde miktarlarını tahmin etmek oldukça zordur. Bununla birlikte bazı benzer bölgelerdeki verilerden ve Uzungöl'deki katı madde bentlerinden katı madde miktarı tahmin edilmiştir. Buna göre yaklaşık 152 km² havza alanı olan bu bölgede yılda 20000 m³ katı madde geldiği bentlerdeki değerlendirmelerden anlaşılmıştır. Bu değer yardımıyla birim havza alanı oranı yöntemi kullanılarak her havza veya alt havza için katı madde miktarı kabaca belirlenebilir. Emniyetli tarafta kalmak üzere 200 m³/km²/yıl katı madde verimi esas alınabilir.

3.8 Planlanmış Tesisler

İncelenen havzada DSI tarafından 2000 yılında bazı baraj ve hidroelektrik tesisleri planlanmıştır. Bu tesislerden henüz hiçbirisi gerçekleştirilmemiştir. Ancak 26.06.2003 Tarih ve 25150 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren 'Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Anlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik' hükümleri uyarınca bölgede ve seçilen havzada (Solaklı) yeni bazı HES projeleri hazırlanmıştır. Bu projelerin bir kısmının inşaatı devam etmektedir.

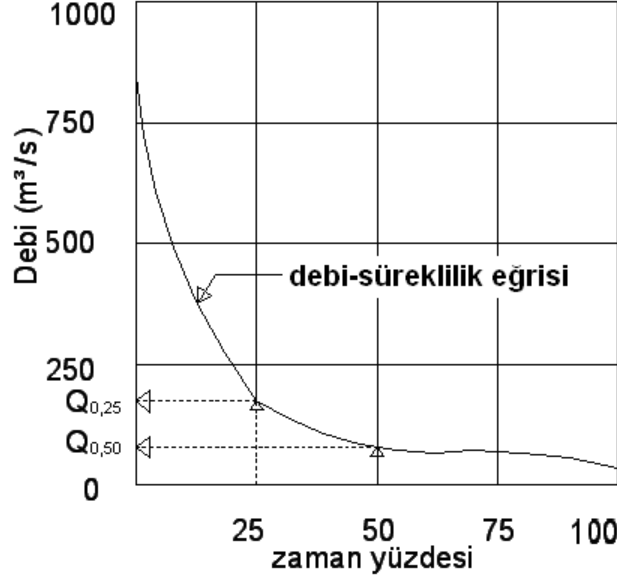
4. DEBİ SÜREKLİLİK EĞRİLERİ

4.1 Genel

Debi süreklilik eğrisi hidrolojik çalışmalarda gerek Türkiye’de gerekse Dünyada sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bazı araştırmacılar debi-süreklilik eğrilerine matematiksel bir model uydurmaya çalışmış (Cıgızoğlu ve Bayazıt, 2000; Best ve diğ., 2003), kimi araştırmacılar ise debi-süreklilik eğrisinden yararlanarak belli aşılma olasılıklarına karşı gelen akımlar için regresyon bağıntıları geliştirmiştir (Risley ve diğ., 2008).

4.2 Yöntem

Debi süreklilik eğrisi, düşey eksene debiler yatay eksene ise debinin belli bir değere eşit veya büyük olduğu zaman yüzdelerinin işaretlenmesiyle elde edilir. Bu eğriden zamanın belli bir yüzdesine karşılık gelen debi okunabilir (Bayazıt, 1999). Debi süreklilik eğrisi elde etmek için önce eldeki debi değerleri büyükten küçüğe sıralanır. Daha sonra her bir debinin aşılma yüzdesini göstermek için debi sıra numarasının toplam sıra numarasının bir fazlasına bölünmesiyle aşılma yüzdeleri elde edilir. Sıralamada bu yüzdelere karşılık gelen debiler belli yüzde aşılma olasılığına karşılık gelen debi olarak adlandırılır. Örnek bir debi süreklilik eğrisi Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Debi süreklilik eğrisi örneği.

Şekildeki debi süreklilik eğrisi incelendiğinde yatay eksenindeki zaman yüzdesi aşılma olasılığını ifade etmektedir. Eldeki tüm günlük verilerin %50 aşılma olasılığı zamanın yarısında aşılması muhtemel debiyi vermektedir. Yine zamanın %25'ine denk gelen debiye baktığımızda aşılması muhtemel debinin arttığı gözlenmektedir.

Bu çalışmada %5, %50 ve %95 aşılma olasılıkları hesaplanmıştır. Ek A.1'de örnek olması bakımından mevcut akım gözlem istasyonlarından Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 yılı günlük verilerinden %5, %50 ve %95 aşılma olasılıklarına karşılık gelen debilerin çıkarılması çizelgelerle gösterilmiştir. Önce, Çizelge A.1'deki Ögene Alçak Köprü Akım Gözlem İstasyonunun günlük debi değerleri Çizelge A.2'de görüldüğü gibi büyükten küçüğe sıralanmıştır. Daha sonra debi sütununun yanına aşılma olasılığı sütunu çizilmiştir. Her bir debi değeri için belli aşılma olasılıkları elde edilmiştir. Elde edilen bu aşılma olasılıklarından net %5,50 ve 95 aşılma olasılıklarının bulunması için Excel – Makro kodu geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Çünkü günlük verilerin bir yıl için 365 adet olduğu düşünüldüğünde, 48 yıllık günlük veri ile istasyonlar arasında en çok verisi olan Kara Dere Ağnas akım gözlem istasyonu için yaklaşık 17520 adet günlük debi elde edilir. Bu kadar çok debi arasında %5,50 ve 95 aşılma olasılığına karşılık gelen debilerin bulunması iterasyon işlemi ile ancak mümkün olmuştur. İterasyon değerlerinin hesaplanması için MS Excel-Makro kodu geliştirilmiştir. Çizelge A.2'de 2001 yılı için Ögene Alçak Köprü akım gözlem istasyonuna ait günlük verilerden yıllık %5,50 ve 95 aşılma olasılıklarına karşılık gelen debiler Excel Makro kodu yardımıyla iterasyonla

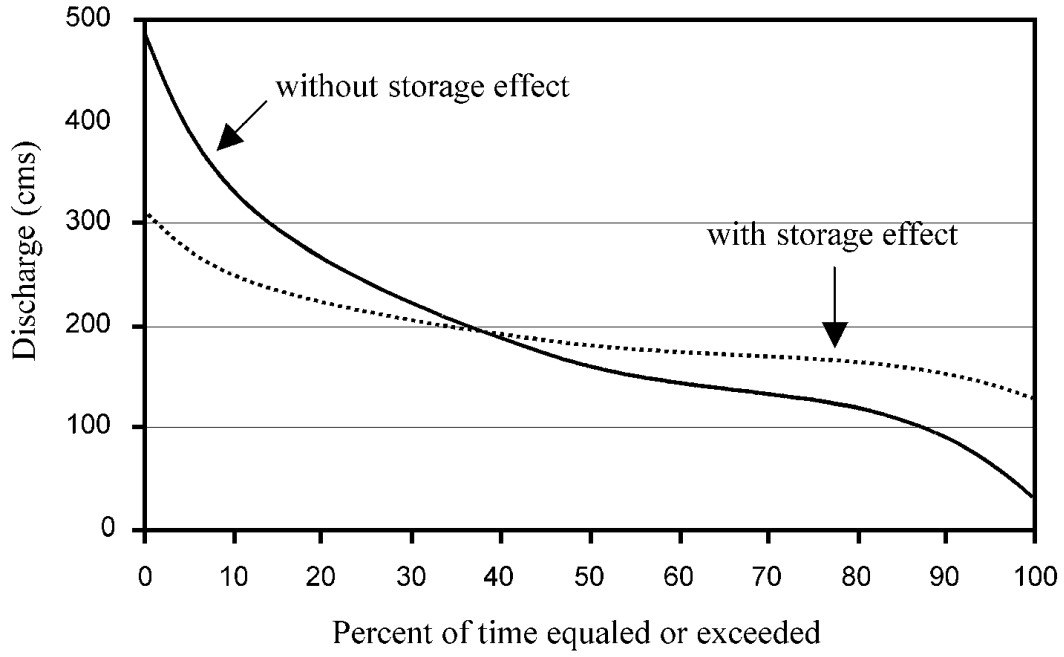
bulunarak verilmiştir. Burada yalnızca örnek olması açısından bir yıllık aşılma olasılığına karşılık gelen debilerin bulunuşu gösterilmiştir. Aynı işlemler aylık ve yıllık bazda her bir istasyonun mevcut tüm verilerine uygulanmıştır.

4.3 Kullanım Alanı

Hidroelektrik projelerinin planlanmasında kullanılmak üzere akım ölçümü bulunmayan özellikle dağlık havzalar için bölgesel debi süreklilik eğrileri elde edilerek bu eğrilere göre akım tahminleri yapılmaktadır.

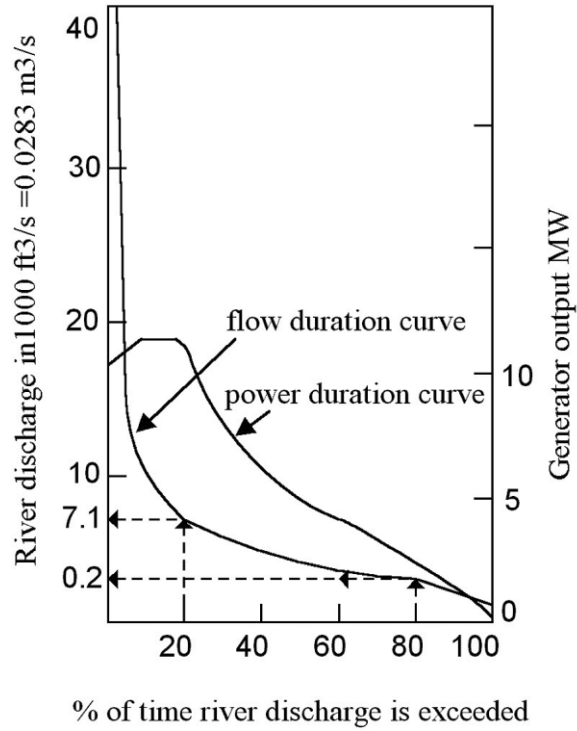
Debi-süreklilik bağıntılarının geliştirilmesinde %5, %50 ve %95 aşılma olasılıklarına karşılık gelen debiler kullanılmıştır. Bu debiler her bir AGİ için aylık ve yıllık olmak üzere çıkarılmıştır. Regresyon bağıntıları için bağımsız değişkenler olarak ortalama havza alanı (A), ortalama alan yağışı (P), ortalama yükseklik (H), ortalama eğim (S) seçilmiştir. Ortalama alan yağışı, debi gibi yine aylık ve yıllık olmak üzere eşyağış eğrileri kullanılarak hesaplanmıştır.

Debi süreklilik eğrisi belirlendikten sonra, bu eğri üzerinde zamanın belli bir yüzdesine karşı gelen debi seçilir. Bu debi kullanılarak santralin hidrolik kapasitesi (türbinlerden geçecek maksimum debi) belirlenir. Daha sonra bu hidrolik kapasiteye göre, önceden belirlenmiş (verilmiş) olan düşüm-akım diyagramları kullanılarak net düşüm belirlenir. Debi süreklilik eğrisinin üzerinde bulunan noktalara, su gücü denklemleri uygulanır ve böylece güç süreklilik eğrisi elde edilir. Güç süreklilik eğrisinin altında kalan alan bölgenin hidroelektrik enerji potansiyelini verir (US Army Corps of Engineers, 1985). Debi süreklilik eğrilerinde aşılma olasılığı değerlerine karşılık gelen debi değerleri güç denklemleri uygulanarak enerji değerlerine dönüştürülebilir. Mississippi'deki Saint Cloud Nehir Barajı için debi süreklilik eğrisi ve güç süreklilik eğrisi Şekil 4.3'te örnek olması açısından verilmiştir (Gulliver ve diğ.,1991). Bu enerji değerleri bulunurken nehirde canlı yaşamı için gerekli minimum su miktarı çıkarılır. Nehir hidroelektrik santrallerinde doğal yaşama mümkün olduğunca az zarar vermek amacıyla balık geçitleri inşa edilmelidir. Bunun için gerekli su miktarları debi süreklilik eğrileri yardımıyla bulunabilir.



Şekil 4.2 : Su depolamanın debi süreklilik eğrisi üzerindeki etkisi

Şekil 4.2’de biriktirmeli hidro elektrik santrallerde debi süreklilik eğrisinin kullanımı pekiştirilmiştir. Nehirlerde biriktirmeli hidroelektrik santraller kurulursa güvenilir enerji şeklindeki gibi artırılabilir. Bu enerji değerlerinin bulunmasında debi süreklilik eğrileri önemli göreve sahiptir.



Şekil 4.3 : Mississippi’deki Saint Cloud Nehir Barajı için debi süreklilik eğrisi ve güç süreklilik eğrisi örneği

Akarsuyun belli bir noktasından alınabilecek su ile ilgili olarak da bu debi süreklilik eğrisi kullanılmaktadır. Akarsuda gerçek akımlar zamanla değişir; debi süreklilik eğrisi bu dağılımı gösterir. Doğal akım şartlarında çoğu bölgelerde, ortalama debi, zamanın yarısından daha az zamanda mevcuttur. Bu bakımdan bir havzanın veya bir bölgenin kullanılabilir su kaynaklarının daha gerçekçi bir ifadesi zamanın büyük bir kısmında, mesela zamanın %95 'inde bulunan q_{95} esas alınarak belirlenir. Bu debi havzanın (safe yield) güvenli verimi (debisi) olarak anılır. Bununla birlikte $q < q_{95}$ debisinin tipik bir yılın 18 gününde bulunmadığı ve bir havzadaki minimum debinin 0 olduğu (yani %100 alınabilecek debi 0 'dır. $q_1 = 0$) hatırlanmalıdır.

Debi süreklilik eğrileri, havzaların karakteristiklerini karşılaştırmak için de kullanılırlar. Bunun için bir akarsu havzasında bulunan AGİ'leri için çizilen debi süreklilik eğrileri aynı eksen takımında gösterildikten sonra bunların aritmetik ortalaması alınarak, o havzayı temsil edecek bir ortalama debi süreklilik eğrisine ulaşılabilir. Benzer işlemlerle başka havzaların da ortalama debi süreklilik eğrileri elde edilerek bunların da aynı eksen takımında gösterilmesi ile havzaların kıyaslamalı yorumlarının yapılabileceği bir grafik elde edilir.

Debi süreklilik eğrileri nehir rejimi hakkında da bilgi verir. Kurak ve sulak dönemler, debinin eşit veya fazla olduğunu gösteren bu eğrilere bakılarak belirlenebilir. Debi süreklilik eğrileri nehirdeki ortalama akım ve medyan akım hakkında bilgi sağlar. Nehrin yaygın ya da yaygın olmayan aşırı akış durumlarını gösterir. Debi süreklilik eğrileri logaritma olasılık kağıdına çizildiğinde düz çizgi olarak görünür. Bu eğrinin şekli ve eğimi genellikle havzanın hidrolojik ve jeolojik karakteristiklerini ifade eder. Eğrinin eğiminin birden bire artması ani ve çok yüklü bir miktarda direkt veya yüzey altı akışın olduğu anlamına gelir. Eğrinin düz olması ise havzanın birincil su kaynağının yer altı suyu olduğuna işaret eder (Silins,2007).

5. KULLANILAN REGRESYON ANALİZİ

5.1 Genel

Regresyon analizi, debi süreklilik eğrileri ile bölgesel anlamda yapılan hidrolojik çalışmalarda kullanılan araçlardan biridir. Regresyon analizi, bağımlı veya açıklanan değişken Y ile bağımsız veya açıklayıcı değişken X (ya da X'ler) arasındaki ilişkiyi tanımlama ve bu ilişkinin derecesini hesaplama ile ilgilidir.

Regresyon analizi, bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişki ile uğraşmakla birlikte; mutlaka bir nedensellik ilişkisi ifade etmez. Yani, mutlaka bağımsız değişkenin sebep ve bağımlı değişkenin sonuç olduğu anlamına gelmez.

Regresyon analizinin amaçları:

- 1- Bağımsız değişkenlerin verilen değerleri ile bağımlı değişkenin ortalama değerini tahmin etmek (estimate),
- 2-Bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişken üzerinde önemli bir etkiye sahip olup olmadığını araştırmak (test etmek),
- 3-Bağımsız değişkenlerin verilen değerleri ile bağımlı değişkenin ortalama değerini öngörmek (predict) veya gelecekte alacağı değeri tahmin etmek (forecast)tir.

Literatürde bağımlı (Y) ve bağımsız değişken (X)'lerin çok farklı söylenişleri vardır. Bağımlı değişken; açıklanan, etkilenen, içsel ve amaç değişken olarak da ifade edilmektedir. Bağımsız değişken ise; açıklayıcı, etkileyici, dışsal ve araç değişken olarak isimlendirilmektedir. Bunlardan en çok kullanılanı, bağımlı ve bağımsız değişken ayrımıdır.

Bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki fonksiyonel ilişki,

$$Y=f(X) \quad (5.1)$$

olarak gösterilir. Burada, Y, X'in bir fonksiyonudur. Yani X'te meydana gelen değişimler, Y'deki değişimleri etkilemektedir. Ancak bu kapalı bir fonksiyonel ilişkidir. Bunu açık bir fonksiyonel ilişki olarak,

$$Y=b_0+b_1X \quad (5.2)$$

veya

$$Y = b_0 + b_1X + e \quad (5.3)$$

Biçiminde ifade etmek mümkündür. Burada, b_0 katsayı, $X=0$ olduğunda Y 'nin sahip olacağı değeri ve b_1 katsayı ise, X 'te meydana gelecek bir birimlik değişme karşısında Y 'de kaç birimlik bir değişme olacağını gösterir. b_0 , sabit terim veya kesişme noktası katsayı olarak adlandırılmaktadır. Yukarıdaki eşitliklerden birincisi kesin (deterministic) veya matematiksel ilişki, ikincisi de olasılıklı (probabilistic, stochastic) veya istatistiksel ilişki olarak adlandırılmaktadır. Stokastik modelde yer alan “e” terimi, çeşitli X değerleri için, regresyon denkleminde göre bulunacak tahmini Y değerleri ile gerçek Y değerleri arasındaki farkları gösterir ve hata terimi olarak adlandırılır. Esasen regresyon analizi de bu hata teriminin analizine dayanır. Regresyon analizi, Y ile X arasındaki kesin ilişkiyi değil; olasılık ilkelerine dayalı ortalama ilişkiyi bulmaya çalışmaktadır. (Tarı,1999)

Bu tez çalışmasında birden çok bağımsız değişken kullanıldığı için çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. Çoklu regresyonla ilgili açıklamalar ilgili başlıkta verilmiştir.

5.2 Çoklu Regresyon Analizi

Çoklu regresyon yukarıda ifade edilen basit regresyon analizinin bir uzantısıdır. Çoklu regresyonda birden fazla bağımsız değişken ($X_1, X_2, \dots, X_n$) ile bir bağımlı değişken (Y) arasındaki ilişki incelenmektedir.

$$Y_i = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + e_i \quad (5.4)$$

Denklemdaki (5.4) fonksiyondaki $b_0, b_1, \dots, b_n$ katsayılarının hesabı için en küçük kareler yönteminden yararlanarak gerçek Y değerleri ile teorik Y değerleri arasındaki farklar minimize edilmektedir. Gerçek değerlerle, en küçük kareler yöntemi ile bulunan Y değerleri arasında farklar bulunmaktadır.

5.2.1 Standart hata

Gerçek Y değerlerinin regresyon yüzeyi etrafında ne kadar uzağa dağıldıkları standart hata (SH) ile ölçülebilir. Parametre tahminlerinin anlamlılık testlerinin yapılabilmesi için, standart hatalarının da bilinmesi gerekmektedir. Parametre tahminlerinin standart hataları hesaplanırken önce, tahminin standart hatası bulunmalıdır. Standart hata varyansın karekökü olduğundan, önce varyanslar hesaplanır ve sonra karekökleri alınarak standart hatalar elde edilir.

5.2.2 Çoklu belirlilik katsayısı

Çoklu belirlilik katsayısı R^2 ile ifade edilir. Birden çok bağımsız değişkenli modellerde , bağımlı değişkende meydana gelen değişmelerin, modeldeki bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilen oranını verir. Başka bir ifadeyle R^2 , Y'deki değişimin X'lerdeki değişmelerle açıklanan yüzdesini verir. R^2 'nin değeri 0 ile 1 arasında değişir. R^2 büyüdükçe, Y'deki değişimin modelin bağımsız değişkenleri ile açıklanan yüzdesi de büyür ve regresyon doğrusunun, gözlemlere uyumunun iyiliği artar. R^2 küçüldükçe bu uyum da bozulmaktadır.

R^2 değeri modelin gözlemlere uygunluğunun bir ölçüsü olmakla beraber, bu her zaman güvenilen tam bir ölçü olmayıp, sadece kısmi bir ölçü olmaktadır. R^2 'nin yüksek olması arzu edilirken, bu yüksekliğin ölçüsü konusunda tam bir fikir birliği yoktur. Genellikle, 0.50'nin altında bir R^2 değeri zayıf, 0.50 ile 0.70 arasında orta ve 0.70'in üzerinde iyi bir uyum ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Ancak, trend etkisinden dolayı, zaman serilerinde R^2 değeri yüksek çıkarken, öte yandan yatay kesit verilerinde model uygun olduğu halde R^2 değeri düşük çıkabilmektedir. Ayrıca regresyon sabiti olmayan modellerde R^2 anlamını kaybetmektedir (Tarı,1999).

5.2.3 Bağımsız değişkenlerin belirlenmesi

Çoklu regresyonda kullanılan bağımsız değişkenler içersinde modele katkısı en fazla olan daha az sayıdaki değişken veya değişkenler çeşitli yöntemler yardımıyla belirlenebilir. Söz konusu yöntemler arasında; adım adım regresyon yöntemi (stepwise), ileriye doğru seçim (forward selection), geriye doğru eleme (backward elimination) gibi yöntemler bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında bu üç regresyon yönteminden açıklayıcılık değeri en fazla olanı her regresyon işlemi için ayrı ayrı belirlenmiştir. Tüm eleme yöntemleri kullanılmıştır. Bağımsız değişkenler arasında açıklayıcılık değerleri yüksek olan değişkenlerle kurulan bağıntılar seçilmiştir. Her bir adım anlamlılık testleriyle kontrol edilmiştir.

Bu tez çalışmasında bağımsız değişkenler ortalama havza alanı, ortalama alan yağıışı, ortalama eğim ve ortalama yükseklik değerleri olmuştur.

5.2.4 Regresyon modellerinin anlamlılığı

Regresyon modellerinin ve model parametrelerinin anlamlılığı F ve t testine göre belirlenmiştir. Her bir model ya da parametre için hesaplanmış F ya da t istatistiği belirlenen kritik değerden büyükse, “kurulan model anlamlıdır” ya da “seçilen değişken varyansın büyük bir kısmını açıklamaktadır ve modelde mutlaka yer alması gerekmektedir” sonucuna varılabilir.

Regresyon testi sonucunda, varyans analizinde (ANOVA) F testi için F-değeri sayısı büyük ve F-önemi sayısı küçük olur ise regresyon modelindeki terimlerin anlamlılığı yüksek olur (Steppan ve diğ. 1998).

Çoklu regresyon modelinde her parametrenin tek tek anlamlılık testi, örnek büyüklüğüne bağlı olarak, t veya Z testi ile yapılmaktadır. Genellikle küçük örneklerde t testi, büyük örneklerde ise Z testi yapılmaktadır.

Çoklu regresyonda, regresyon sabiti dışındaki bütün parametrelerin anlamlı olup olmadığını, yani açıklayıcı değişkenlerin, açıklanan değişken üzerinde etkili olup olmadıklarını anlamak için F testi uygulanmaktadır (Tarı,1999)..

5.2.5 Kalanların incelenmesi

Çoklu regresyon bağıntılarında kalanlar (e_i) normal dağılıma uymalı ve birbirlerinden bağımsız olmalıdır. Ayrıca kalanların ortalaması sıfır olmalıdır. Kalanların normal dağılımlı olup olmadığı Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk, Anderson-Darling gibi testlerle, kalanların bağımsızlığı ise Durbin-Watson testiyle belirlenebilir.

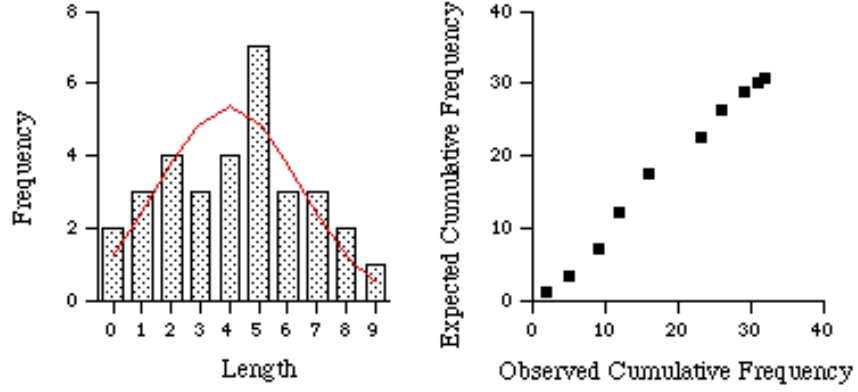
Kolmogorov-Smirnov testinde aşağıdaki hipotez kurulur.

H_0 : Bağımlı değişkene ait verilerin dağılımı ile normal dağılım arasında fark yoktur.

H_s : Bağımlı değişkene ait verilerin dağılımı ile normal dağılım arasında fark vardır.

Bu testle normal dağılım sınaması için sıklık dağılım histogramına bakılır (Şekil 5.1).

Gözlenen toplamalı sıklık değerleri, beklenen sıklık değerlerine karşı x-y düzleminde çizilirse 45 derecelik doğrusal çizgiye yakın değerler normal dağılım olduğunu gösterir. Dönüşümsüz değerler logaritmik dönüşümlü değerlere dönüştürülürse normale yakınlık artar.



Şekil 5.1 : Sıklık dağılım histogramı ve normal dağılım örneği

Shapiro-Wilk testi eleman sayısı 50’den az olan durumlarda Kolmogorov-Smirnov testine göre daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov testlerinde yukarıdaki hipotez kullanılabilir. Bu testlere ait sonuçlar istatistik programları ile bulunabilmektedir. Bu programlardaki sonuçlarda anlamlılık değerine (Significance) bakmak gerekir. Significance değeri $\alpha=0,05$ ’den büyük ise H_0 hipotezi kabul edilir. Yani, bağımlı değişkene ait verilerin dağılımı ile normal dağılım arasında fark olmadığını %95 güvenilrlikle söylenebilir.

Öte yandan, Anderson-Darling sınavasının pratikte veriler için normal dağılımdan ayrılıp ayrılmadığını incelemek için kullanılan normallik sınavası yöntemleri arasında bulunan en güçlü sınavalardan biri olduğu iddia edilmektedir. Hem çok küçük örneklem sayılı veriler için hem de hacmi 200’ü aşan sanayi kalite kontrol verileri için başarıyla normallik sınavası için kullanıldığı bildirilmiştir.

Kalanların bağımsızlığı konusunda, Durbin Watson test istatistiği, bir regresyon modeli tahmin edildikten sonra artık terimlerin korelasyon halinde olup olmadığını test etmeye yarayan bir sayıdır. Bu sayının 2 civarında çıkması, "otokorelasyon vardır" boş hipotezini reddedemeyeceğimizi gösterir. Çoklu regresyon analizinde “otokorelasyon yoktur” varsayımı yapılmaktadır.

5.2.6 Çoklu bağıntı

Çoklu regresyonda kullanılan bağımsız değişkenler arasında “çoklu bağıntı” (multicollinearity) görülmemelidir. Çoklu bağıntı, bağımsız değişkenlerin birbirleriyle ilişkili olduğunu gösterir. Bağımsız değişkenler arasında böyle bir ilişkinin olması, değişkenlerden birinin modele ek bir katkı getirmediğine dikkat çeker.

Multicollinearity VIF (variance inflation factor) deęerleri ile belirlenebilir. Bu deęerin genellikle 10'dan dūřuk olması istenir.

Ayrıca oklu bağıntı tolerans değeri ile de belirlenebilir. Tolerans değeri sıfıra yakın ise çoklu bağıntı vardır. Tolerans değeri sıfırdan uzak ise çoklu bağıntı yoktur.

Çoklu bağıntının yorumlanmasına yönelik diğer yöntemlerde bulunmaktadır. Bunlar “zdeğerler tersleri toplamı” ve “koşul indeksi” yöntemleridir.

zdeğerler tersleri toplamına göre bakıldığında eigenvalue değerleri özdeğerlerdir ve özdeğerler hem çoklu bağlantının varlığı hemde kaç tane çoklu bağlantının olacağı hakkında bilgi verir. Burada da eigenvalue değerinin sıfıra yakın olması çoklu bağıntının olduğu anlamına gelir.

Koşul indeksine göre çoklu bağıntı yorumlanmasında ise varyans değeri %80'den büyük olan değişken var ise “oklu bağıntı var” yorumu yapılabilir.

6. AKIM TAHMİNLERİ

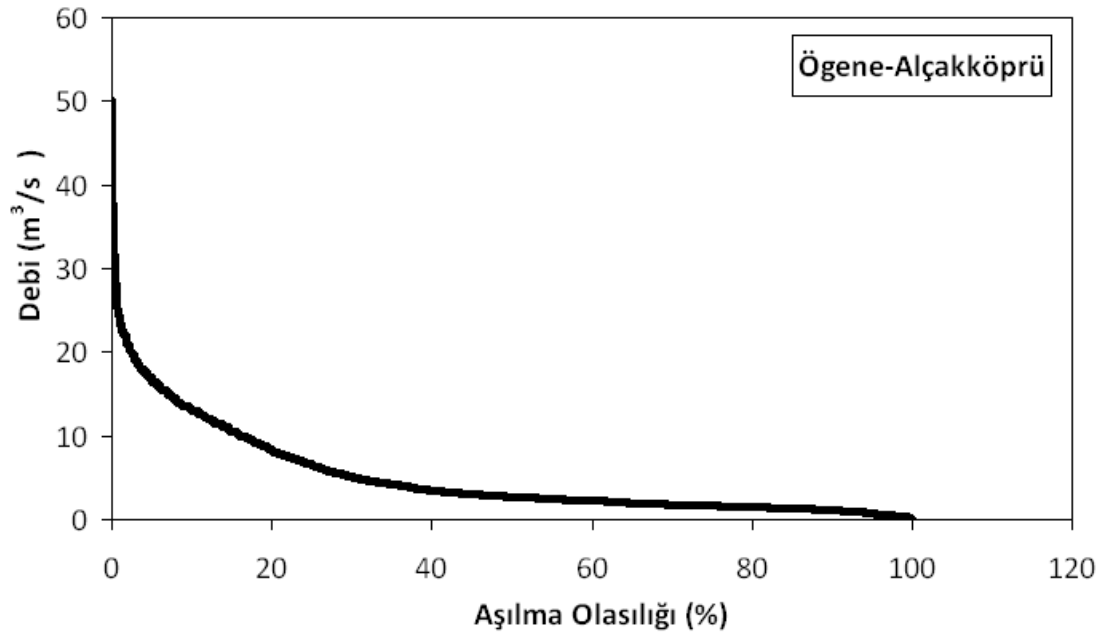
6.1 Genel

Akım tahminleri hidrolojik çalışmalarda sıkça kullanılan yöntemlerden biridir. Mevcut ölçümler özellikle ülkemizde yetersiz olup birçok akarsu havzasında ölçüm bulunmamaktadır. Bu nedenle mevcut ölçümlerden yararlanılarak tahminler yapılmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla bölgesel analiz ile ölçüm olmayan havzalarda akım tahminleri yapılmaktadır.

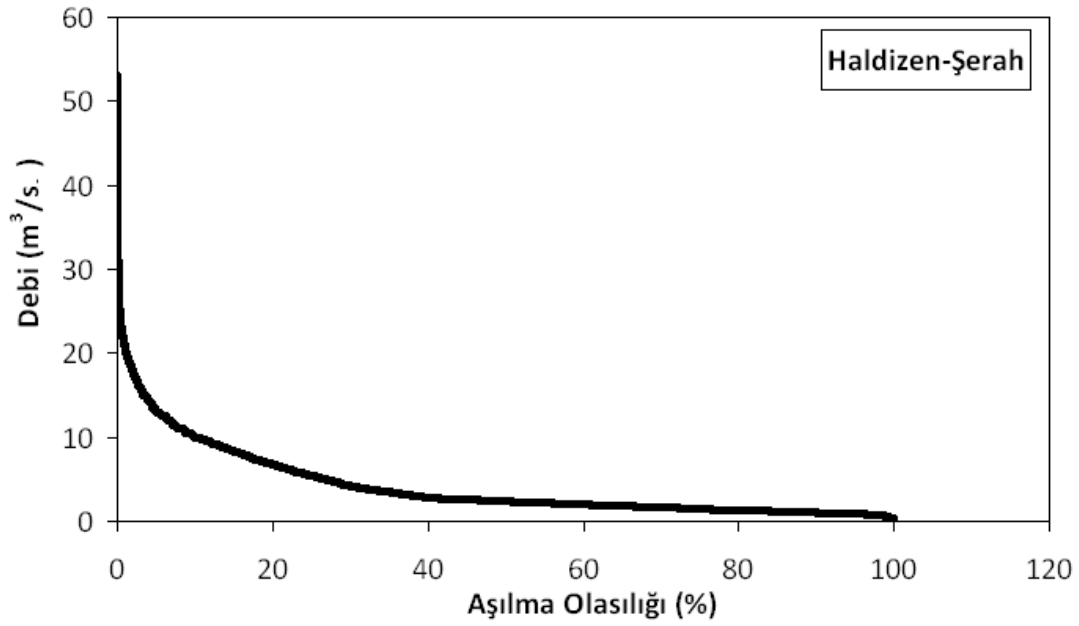
Akım tahmini uygulamaları debi süreklilik eğrilerine ait bağıntıların bölgesel regresyon analizi ile bulunmasını kapsamaktadır.

6.2 Akım Tahmini Uygulamaları

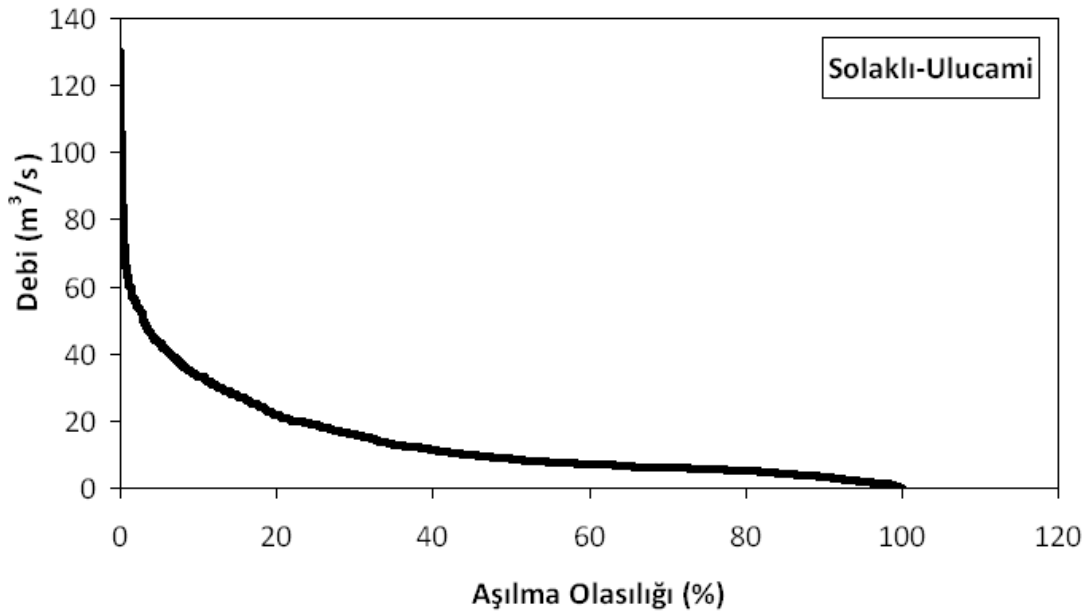
En çok 48 yıllık ve en az 6 yıllık günlük akım bilgileri olan 16 istasyon için öncelikle mevcut tüm günlük veriler kullanılarak debi-süreklilik eğrileri çizilmiştir. Bu eğrilerden bazıları Ögene, Haldizen ve Solaklı AGİ'leri için sırasıyla Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'te verilmiştir.



Şekil 6.1 : Ögene Alçak Köprü AGİ Debi Süreklilik Eğrisi.



Şekil 6.2 : Haldizen-Şerah AGİ Debi Süreklilik Eğrisi.

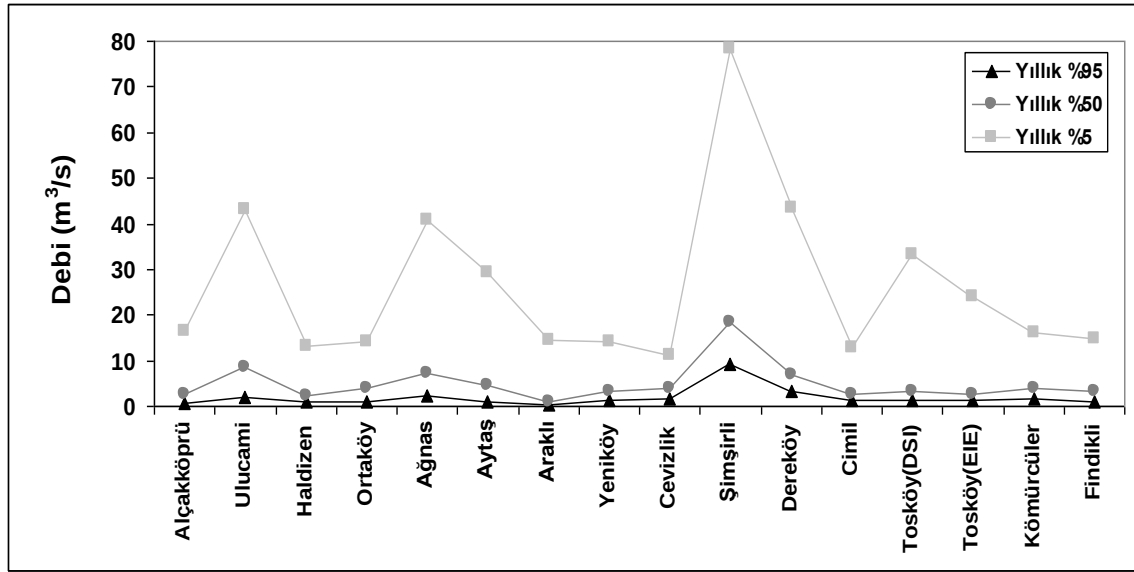


Şekil 6.3 : Solaklı-Ulucami AGİ Debi Süreklilik Eğrisi.

Bu eğrilerden %5, %50 ve %95 aşılma olasılıklarına karşılık gelen debilerin çıkarılması güç olduğundan, Excel-Makro kodu geliştirilmiş ve bu kod yardımı ile her bir istasyon için aylık ve yıllık olarak aşılma olasılıklarına karşılık gelen debiler hesaplanmıştır. Sonuçların bir kısmı örnek olması açısından Çizelge 6.1’de verilmiştir. Tüm istasyonlara ait debiler için çizilen grafik ise Şekil 6.4’te görülmektedir.

Çizelge 6.1 : Bazı AGİ'lerin Aylık ve Yıllık Akımlarının Aşılma Olasılıkları.

Aşılma Olasılığı	Ögene Alçak Köprü 22-57			Solaklı-Ulucami 22-52			Haldizen Şerah 22-07		
	%5	%50	%95	%5	%50	%95	%5	%50	%95
Yıllık	16,5	2,7	0,76	43	8,7	2	13,1	2,4	0,88
Ekim	6,03	1,55	0,54	21,75	6,88	1,45	5,08	1,9	0,88
Kasım	7,35	2,7	0,86	24,53	8,75	2	4,3	2,1	0,9
Aralık	4,95	2,5	0,54	15	6,6	1,8	2,6	1,7	0,88
Ocak	3,31	1,7	0,54	9,4	5,48	1,3	2,3	1,3	0,7
Şubat	3,28	1,76	0,59	9,41	5,8	1,3	2,6	1,25	0,4
Mart	8	2,95	1,1	25,1	8,1	1,95	4,2	1,8	0,9
Nisan	21,73	10,5	4,6	57,52	23,25	5,12	15,68	5,26	2,073
Mayıs	26,4	15	10	59,3	35	19,6	20	10,5	5,4
Haziran	18	9,02	4,2	54	24	12,31	20,5	9,77	5
Temmuz	8,3	3,5	1,11	31,5	12,3	5,14	11	5,26	2,25
Ağustos	4,58	1,9	0,82	22	7,15	1,4	5,64	2,55	1,2
Eylül	4,25	1,54	0,47	16,5	6,2	1,25	3,3	1,7	0,88



Şekil 6.4 : Kullanılan istasyonların debi süreklilik eğrilerinden elde edilen %5, %50 ve %95 aşılma olasılıklarına karşılık gelen debiler.

Önceden belirtildiği üzere çoklu regresyon bağıntılarının kurulmasında bağımlı değişkenler olarak %5, 50 ve 95 aşılma olasılıklarına karşı gelen akımlar kullanılırken, bağımsız değişkenler olarak havza alanı (A), ortalama alan yağışı (P), ortalama yükseklik (H) ve ortalama eğim (S) seçilmiştir. Havzalara ait alan, yükseklik, eğim gibi değişkenler CBS yazılımları (ArcGIS, ArcMap vb.) ile kolayca hesaplanmıştır. Ortalama alan yağışı ise her bir havza için önceden aylık ve yıllık ölçekte çizilmiş eşyağış haritaları kullanılarak elde edilmiştir. Yağış değerleri ve

topoğrafik parametreler örnek olması açısından yine Solaklı Havzası'nda bulunan 3 AGİ için Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3'te sırasıyla verilmiştir.

Çizelge 6.2 : Üç istasyona ait ortalama alan yağışları.

	Ortalama alan yağışı (mm)		
	Ögene Alçakköprü	Solaklı Ulucami	Haldizen Şerah
Yıllık	946,13	992,89	1171,74
Ekim	116,28	107,73	103,02
Kasım	96,20	96,26	98,16
Aralık	53,38	63,77	76,51
Ocak	44,94	58,61	78,17
Şubat	52,18	58,42	60,61
Mart	59,56	61,35	62,03
Nisan	77,87	79,88	83,43
Mayıs	97,06	98,39	104,93
Haziran	100,11	99,56	100,51
Temmuz	68,19	67,30	71,97
Ağustos	76,02	72,95	81,26
Eylül	85,55	77,43	72,68

Çizelge 6.3 : Üç istasyona ait regresyon değişkenleri.

	Alan (km ²)	Ortalama Eğim	Ortalama Yükseklik (m)
Ögene Alçakköprü	243,67	20,86	2033,74
Solaklı Ulucami	570,15	23,12	1907,67
Haldizen Şerah	152,94	24,68	2280,94

Bağıntıların çıkarılmasında kullanılan toplam 16 adet AGİ'den 2 tanesi; “22-33 EİE Tosköy Deresi, Tosköy” ve “22-53 Sürmene Deresi Ortaköy” istasyonları validasyon aşamasında kullanılmıştır.

İlk adımda regresyon bağıntıları kurulurken değişkenlere herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır. Regresyon bağıntılarındaki değişkenlerin anlamlılıkları önceden söz edilen F testine (t test) göre incelenmiş ve hesaplar adım adım (stepwise) regresyon yöntemine göre yapılmıştır. Bu nedenle regresyon bağıntılarında tüm değişkenler yer almamakla birlikte yalnızca testlere göre anlamlılığı kanıtlanan değişkenler bulunmaktadır.

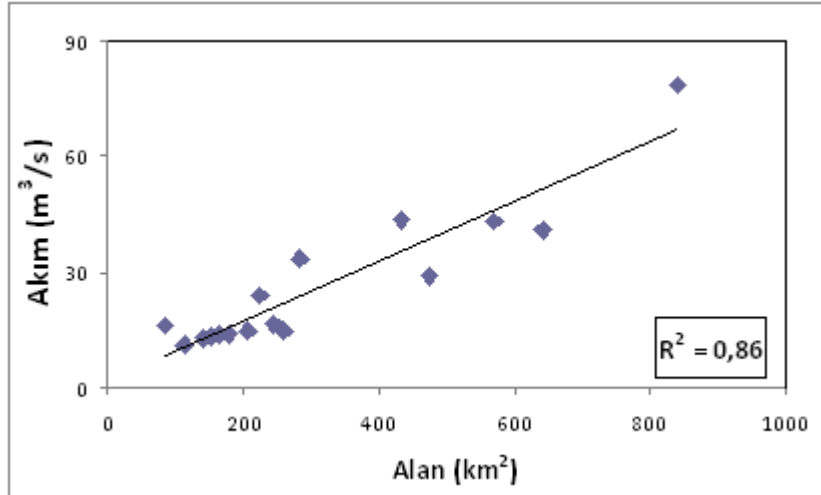
Dönüşümsüz aday bağımsız değişkenlerle kurulmuş bağıntılara ait belirlilik (determinasyon) katsayıları (R^2) ile standart hatalar (SH, m³/s cinsinde) kalibrasyon istasyonları için Çizelge 6.4'te görülmektedir. Bu değerlerin bulunmasında Essential Regression97 MS Excel eklentisi kullanılmıştır. Çizelgeden anlaşılabacağı üzere en düşük R^2 değeri 0.60'tır ve sonuçlar tatmin edici görünmektedir.

Çizelge 6.4 : Dönüşümsüz A, P, S, H aday değişkenleri ile kurulan bağıntılara ait belirlilik katsayıları (R^2) ile standart hatalar (Kalibrasyon).

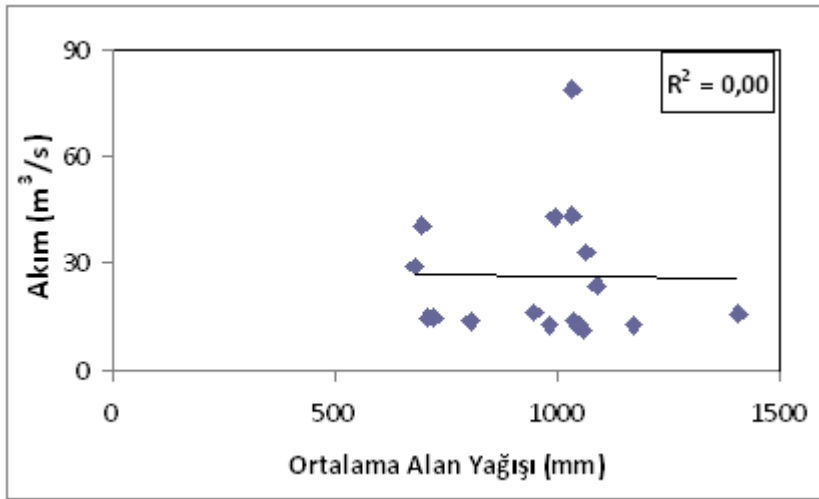
	EKM	KASM	ARLK	OCK	ŞUBT	MART	NSN	MAYS	HAZ	TEM	AĞUS	EYL	YILLIK	
5%	0,618	0,896	0,910	0,876	0,872	0,919	0,948	0,937	0,814	0,887	0,674	0,691	0,947	R^2
	7,281	3,281	1,791	1,505	1,875	3,529	5,331	7,256	12,15	6,021	6,088	5,494	4,762	SH
50%	0,653	0,866	0,912	0,899	0,912	0,913	0,956	0,972	0,856	0,843	0,784	0,752	0,885	R^2
	2,766	1,756	1,030	0,932	0,881	1,249	2,214	2,919	7,147	3,609	1,914	1,699	1,593	SH
95%	0,600	0,638	0,816	0,728	0,680	0,670	0,809	0,930	0,855	0,808	0,615	0,603	0,729	R^2
	1,415	1,303	1,029	1,018	1,267	1,438	2,051	2,527	3,846	1,994	1,604	1,385	1,227	SH

Bağıntıların geliştirilmesi ve daha iyi sonuç alınması bakımından alan ve yağış değişkenlerinin ayrı ayrı kullanılması yerine bu iki değişkenin çarpımının kullanılması uygun görülmüştür. Nitekim akımın alanla değiştiği fiziksel olarak bilinmektedir (Şekil 6.5). Buna karşın ortalama alan yağışının akım ile değişimi daha dağınıktır (Şekil 6.6). Bu iki değişkenin etkileşiminin (interaction) daha iyi sonuç vereceği düşünülerek ikinci aşamada S ve H değişkenlerine ek olarak P*A değişkeni de işleme katılmıştır (Şekil 6.7). Bu halde kurulan regresyon bağıntılarına ait R^2 ve SH değerleri ise Çizelge 6.5'te verilmiştir.

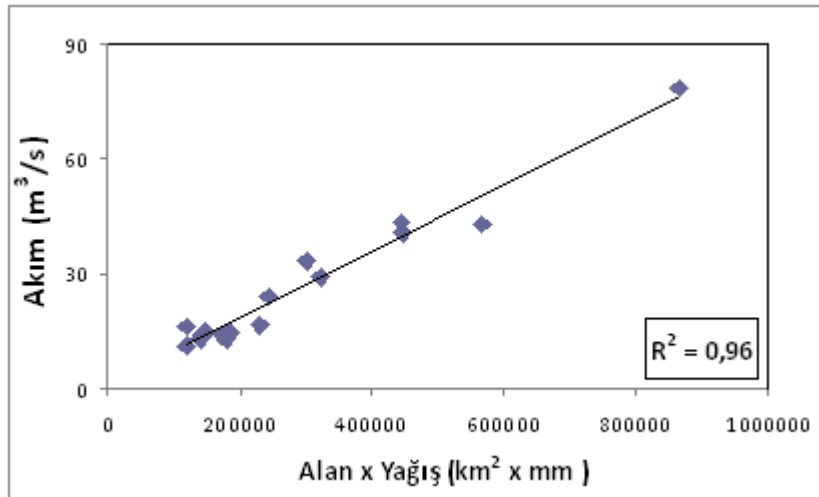
Ayrıca şekilden görüldüğü üzere P*A değişkeni ile kurulan bağıntılar genel olarak P ve A değişkenlerinin ayrı ayrı kullanıldığı bağıntılara göre daha iyi sonuç vermiştir.



Şekil 6.5 : Akımın alan (A) değişkenine göre değişimi.



Şekil 6.6 : Akımın ortalama alan yağışı (P) değişkenine göre değişimi.



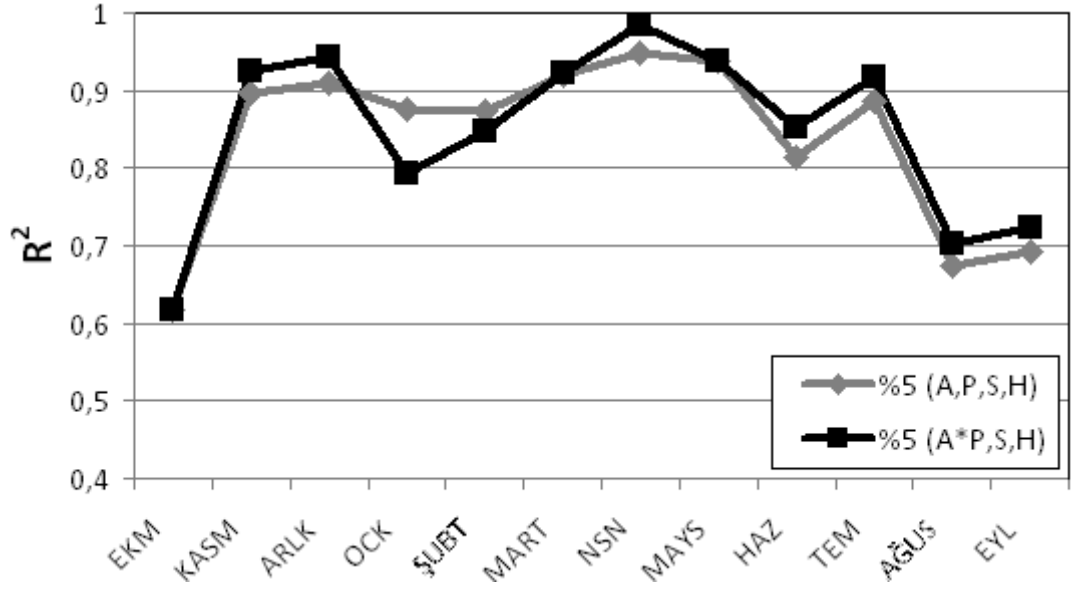
Şekil 6.7 : Akımın alan*yağış (P*A) değişkenine göre değişimi.

Yukarıdaki şekilden de anlaşılacağı gibi ortalama alan bağımsız değişkeni ortalama alan yağışı bağımsız değişkenine göre daha etkilidir. Bu iki değişkenin çarpımı tek bir değişken olarak düşünüldüğünde daha yüksek belirlilik katsayısı vermektedir.

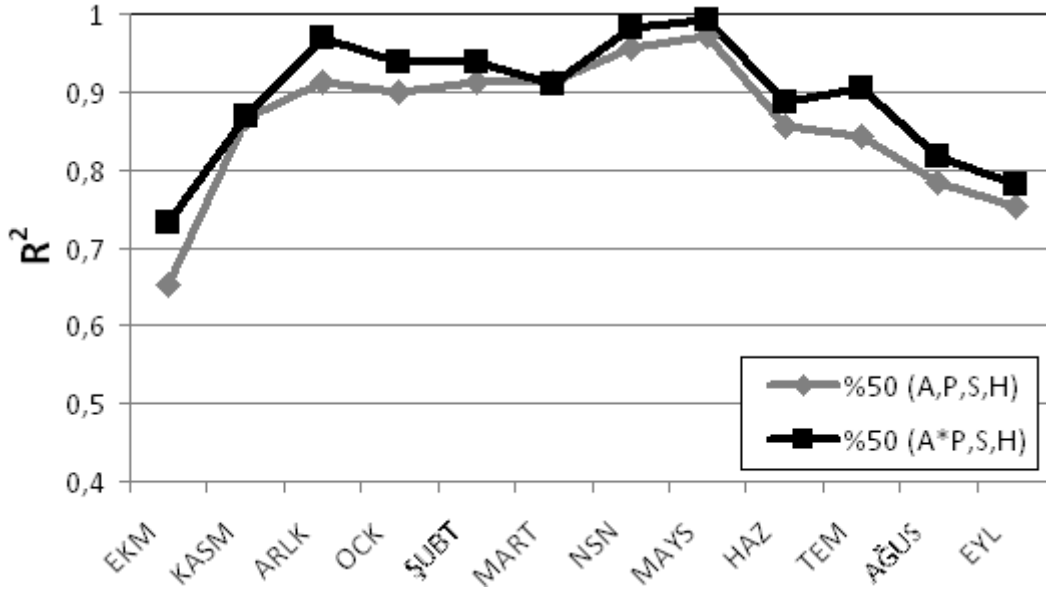
Çizelge 6.5 : Dönüşümsüz A*P, S, H aday değişkenleri ile kurulan bağıntılara ait belirlilik katsayıları (R^2) ile standart hatalar (Kalibrasyon).

	EKM	KASM	ARLK	OCK	ŞUBT	MART	NSN	MAYS	HAZ	TEM	AĞUS	EYL	YILLIK	
5%	0,617	0,924	0,943	0,793	0,848	0,923	0,984	0,939	0,853	0,916	0,703	0,723	0,964	R^2
	7,290	2,799	1,430	1,944	2,047	3,439	3,090	6,856	10,77	4,965	5,812	5,458	3,766	SH
50%	0,731	0,868	0,968	0,939	0,938	0,910	0,983	0,991	0,886	0,905	0,818	0,780	0,881	R^2
	2,434	1,666	0,617	0,690	0,736	1,268	1,494	1,564	6,363	2,671	1,756	1,602	1,550	SH
95%	0,702	0,708	0,832	0,809	0,711	0,710	0,792	0,963	0,887	0,861	0,634	0,491	0,712	R^2
	1,222	1,170	0,898	0,816	1,153	1,348	2,145	1,753	3,386	1,617	1,563	1,502	1,211	SH

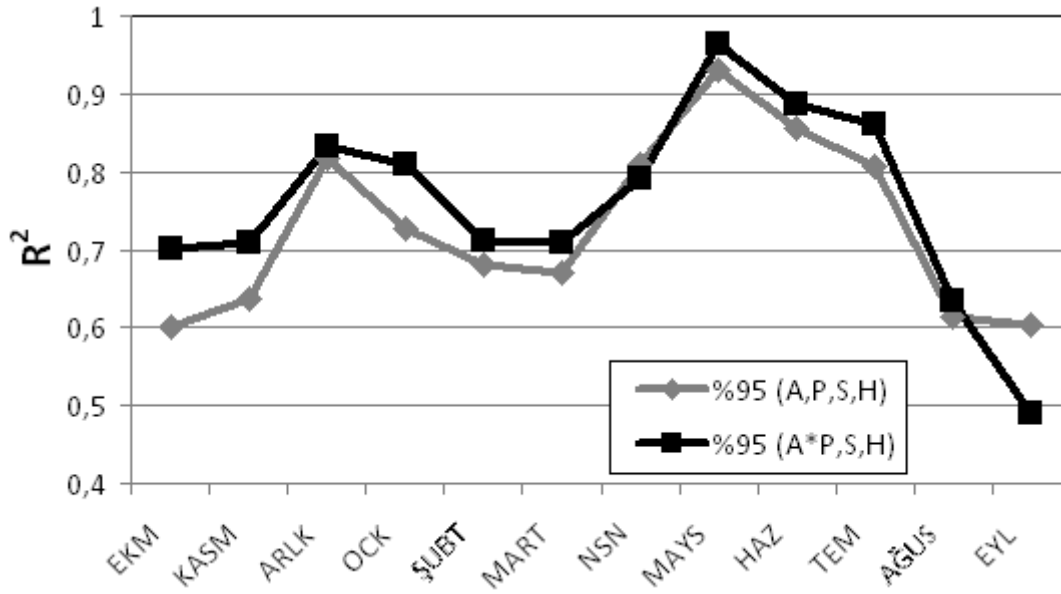
A*P'nin tek değişken olarak eklendiği bağıntılardaki belirlilik katsayısını göstermek üzere dönüşümsüz A, P, S, H ve A*P, S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R^2 değerlerinin karşılaştırılması için Şekil 6.8, Şekil 6.9 ve Şekil 6.10 çizilmiştir. Bu şekillerde görüldüğü üzere ortalama alan ve ortalama alan yağışı değişkenlerinin tek bir bağımsız değişken olarak kullanılması ve ayrı ayrı bağımsız değişken olarak kullanılması belirlilik katsayısı üzerinde büyük etkiye sahiptir.



Şekil 6.8 : %5 Aşılma Olasılığı ile dönüşümsüz A, P, S, H ve A*P, S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R^2 değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.9 : %50 Aşılma Olasılığı ile dönüşümsüz A, P, S, H ve A*P, S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R^2 değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.10 : %95 Aşılma Olasılığı ile dönüşümsüz A, P, S, H ve A*P, S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R^2 değerlerinin karşılaştırılması.

Her iki çizelge de de gri ile işaretlenmiş hücreler kalibrasyon aşamasında eksi debi değeri veren bağıntıları göstermektedir. Her ne kadar ikinci aşamada kullanılan yağış-alan etkileşimi; sonuçları iyileştirse ve eksi değer veren bağıntıları azaltsa da tamamıyla yok edememiştir. Bu durumu ortadan kaldıracılabilmek amacıyla ikinci aşamada kurulan regresyon bağıntılarına ait değişkenlerin logaritmaları alınarak yeniden bağıntılar kurulmuştur. Bu bağıntılara ait R^2 ve SH değerleri Çizelge 6.6'da görülmektedir. Çizelgeden anlaşılacağı üzere eksi değerler bu dönüşüm yardımıyla tamamıyla ortadan kalkmıştır.

Çizelge 6.6 : Logaritmik dönüşümlü A*P, S, H aday değişkenleri ile kurulan bağıntılara ait belirlilik katsayıları (R^2) ile standart hatalar (Kalibrasyon).

	EKM	KASM	ARLK	OCK	ŞUBT	MART	NSN	MAYS	HAZ	TEM	AĞUS	EYL	YILLIK	
5%	0,620	0,943	0,913	0,609	0,781	0,897	0,967	0,931	0,869	0,936	0,734	0,728	0,957	R^2
	7,982	2,703	1,794	2,621	2,500	4,371	4,675	7,615	10,312	4,491	5,942	5,571	4,456	SH
50%	0,741	0,893	0,961	0,886	0,945	0,883	0,963	0,994	0,954	0,964	0,820	0,786	0,878	R^2
	2,507	1,644	0,696	1,058	0,707	1,612	2,382	1,423	4,585	1,758	1,969	1,841	1,868	SH
95%	0,727	0,735	0,898	0,816	0,756	0,694	0,776	0,980	0,971	0,943	0,640	0,608	0,719	R^2
	1,407	1,294	0,713	0,874	1,252	1,621	2,391	1,349	1,926	1,404	1,806	1,677	1,481	SH

Son aşamada A*P, S, H aday değişkenlerine A ve P değişkenleri ayrı ayrı katılarak sonuçlar iyileştirilmiş ve nihai bağıntılara ulaşılmıştır. Nihai bağıntılara ait standart hata ve belirlilik katsayıları biraz daha iyileştirilmiş halde Çizelge 6.7’de verilmiştir. Şekil 6.11, Şekil 6.12 ve Şekil 6.13’de ise dönüşüm uygulanmış bağıntılara ait R^2 değerlerinin karşılaştırmaları gösterilmiştir.

Çizelge 6.7 : Logaritmik dönüşümlü A*P, P, A, S, H aday değişkenleri ile kurulan bağıntılara ait belirlilik katsayıları (R^2) ile standart hatalar (Kalibrasyon).

	EKM	KASM	ARLK	OCK	ŞUBT	MART	NSN	MAYS	HAZ	TEM	AĞUS	EYL	YILLIK	
5%	0,581	0,939	0,952	0,724	0,846	0,925	0,978	0,941	0,869	0,942	0,718	0,625	0,964	R^2
	7,960	2,852	1,328	2,211	2,090	4,009	4,095	6,811	10,329	4,497	6,144	6,483	4,004	SH
50%	0,738	0,928	0,970	0,940	0,932	0,864	0,974	0,991	0,946	0,965	0,829	0,795	0,906	R^2
	2,536	1,367	0,611	0,704	0,789	1,724	2,068	1,591	4,892	1,864	1,944	1,808	1,618	SH
95%	0,715	0,726	0,906	0,821	0,779	0,735	0,746	0,977	0,951	0,955	0,652	0,625	0,781	R^2
	1,445	1,320	0,707	0,823	1,229	1,520	2,567	1,527	2,360	1,380	1,797	1,658	1,293	SH

Yukarıdaki çizelgelerdeki logaritmik dönüşümlü değişkenlerin belirlilik katsayısı ve standart hatalarının direkt olarak bulunması kullanılan Essential Regression97 MS Excel eklentisi ile mümkün olmamıştır. Tahmin edilen ve ölçülen debi değerleri arasında yapılan korelasyon işleminin karesi alınarak belirlilik katsayısı bulunmuştur. Örnek olması açısından yıllık %5 aşılma olasılığına etki eden bağımsız değişkenler olan ortalama alan (A) ve ortalama alan yağışı (P) değerleri Çizelge 6.8’de verilmiştir. Belirlilik katsayıları ve standart hatanın hesabı bu çizelgeden yola çıkılarak hesaplanmış ve Çizelge 6.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.8 : Gözlenen ve tahmin edilen yıllık %5 aşılma olasılıklı debiler ve bağımsız değişkenler

İstasyon No	İşleten Kurum	P (mm)	A (km ²)	Q _{Ölçülen} %5 (m ³ /s)	Q _{Tahmin} %5 (m ³ /s)	(Q _{Ölçülen} %5 - Q _{Tahmin} %5) ²
22-57	DSİ	946,13	243,67	16,50	20,91	19,44
22-52	DSİ	992,89	570,15	43,00	49,94	48,11
22-07	DSİ	1171,74	152,95	13,10	17,15	16,41
22-02	EİE	695,33	642,63	40,70	37,04	13,39
22-44	DSİ	678,97	474,30	29,15	26,93	4,92
22-34	EİE	721,38	206,80	14,60	13,04	2,43
22-68	DSİ	1038,41	165,18	14,00	16,05	4,20
22-66	DSİ	1055,42	113,31	11,20	11,40	0,04
22-18	EİE	1032,19	838,93	78,50	75,63	8,23
22-15	EİE	1030,87	431,85	43,40	39,97	11,78
22-77	DSİ	980,05	142,00	13,00	12,98	0,00
22-78	DSİ	1064,26	284,45	33,30	27,80	30,27
22-82	DSİ	1405,33	84,44	16,00	11,99	16,11
22-34	DSİ	707,49	260,85	14,90	15,93	1,06

Çizelge 6.9 : Yıllık %5 aşılma olasılığı bağıntısındaki R² ve SH hesabı

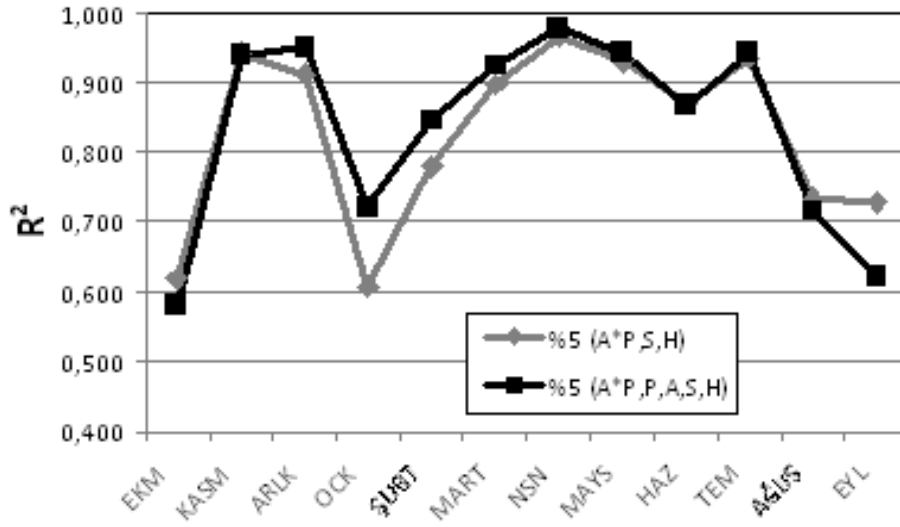
Fark Kareleri Toplamı	$\sum(Q_{\text{Ölçülen}}\%5 - Q_{\text{Tahmin}}\%5)^2$	176,37
(Fark Kareleri Toplamı) / (İstasyon Sayısı- Katsayı adeti)	(176,37)/(14-3)	16,03
Standart hata	(16,03)^(0,5)	4,00
Belirlilik katsayısı R ²	((KORELASYON(ÖlçülenQ;TahminQ))) ²	0,96

Çoklu regresyon analizlerini içeren, katsayıların standart hata, t istatistiği, F istatistiği, Variance Inflation Factor ve ANOVA değerleri yine örnek olması açısından Çizelge 6.10’da verilmiştir. Bağıntıdaki katsayı değerleri 10 üslü şekile çevirtilerek logaritmik dönüşümlü halden çıkarılmıştır.

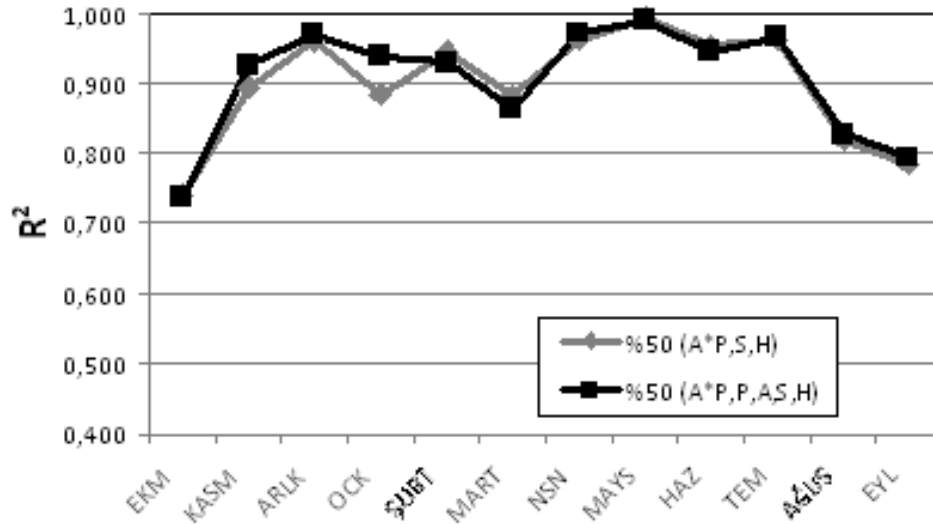
Çizelge 6.10 : Tahmin edilen yıllık %5 aşılma olasılığına ilişkin test değerleri

$Q_{\text{yillik}\%5} = 10^{(-4,42022846027745)} * P^{(1,16043911261704)} * A^{(0,958246521261867)}$							
		P değeri	Standard hata	-95%	95%	t İstatistiği	VIF
b0	-4,420	0,000286	0,847	-6,284	-2,556	-5,219	
b1	1,160	0,000691	0,249	0,613	1,708	4,662	1,290
b2	0,958	9,12923E-08	0,07800	0,787	1,130	12,29	1,290

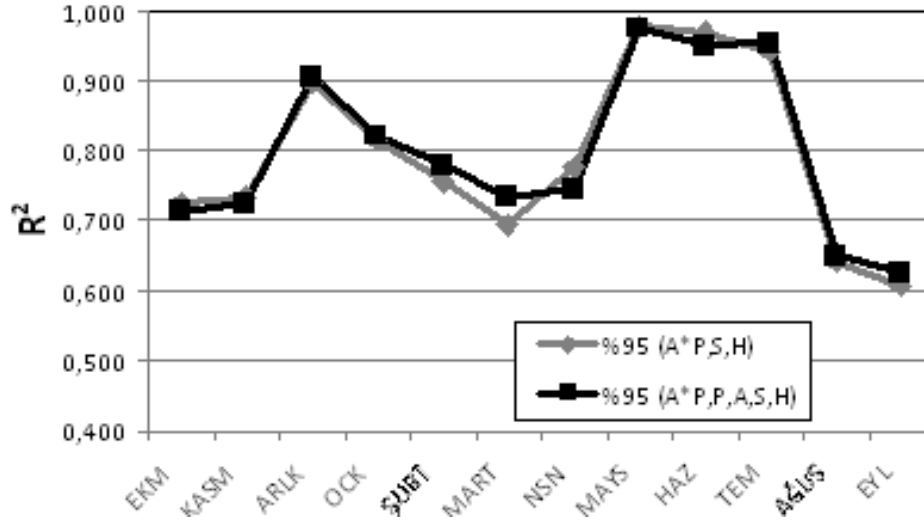
ANOVA						
Kaynak	Kareler Toplamı(SS)	SS%	Karelerin ortalaması (MS)	F	F Signif	df
Regresyon	0,855	93	0,427	76,35	3,55245E-07	2
Kalanlar	0,06159	7	0,00560			11
Toplam	0,916	100				13



Şekil 6.11 : %5 Aşılma Olasılığı ile logaritmik dönüşümlü A, P, S, H ve A*P, P,A,S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R² karşılaştırılması.

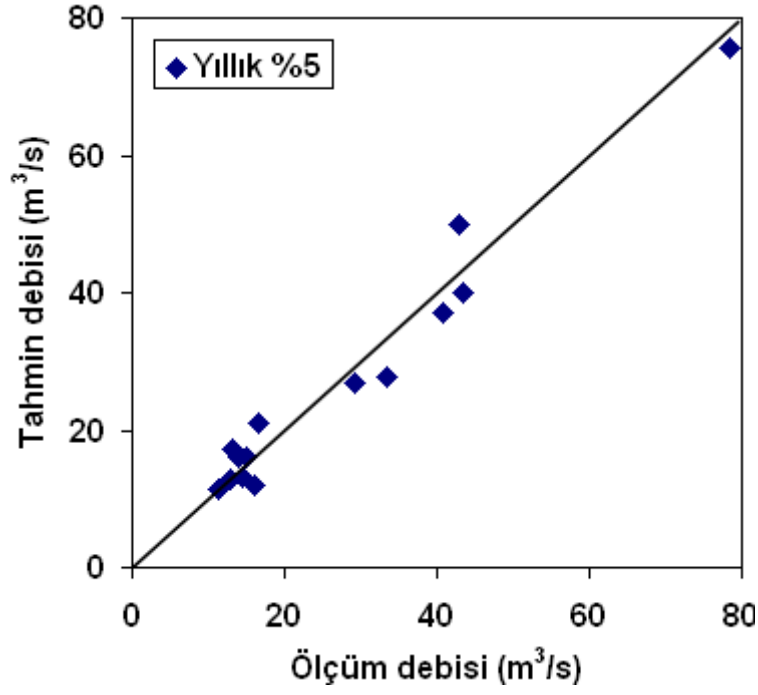


Şekil 6.12 : %50 Aşılma Olasılığı ile logaritmik dönüşümlü A, P, S, H ve A*P, P,A,S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R^2 değerlerinin karşılaştırılması.

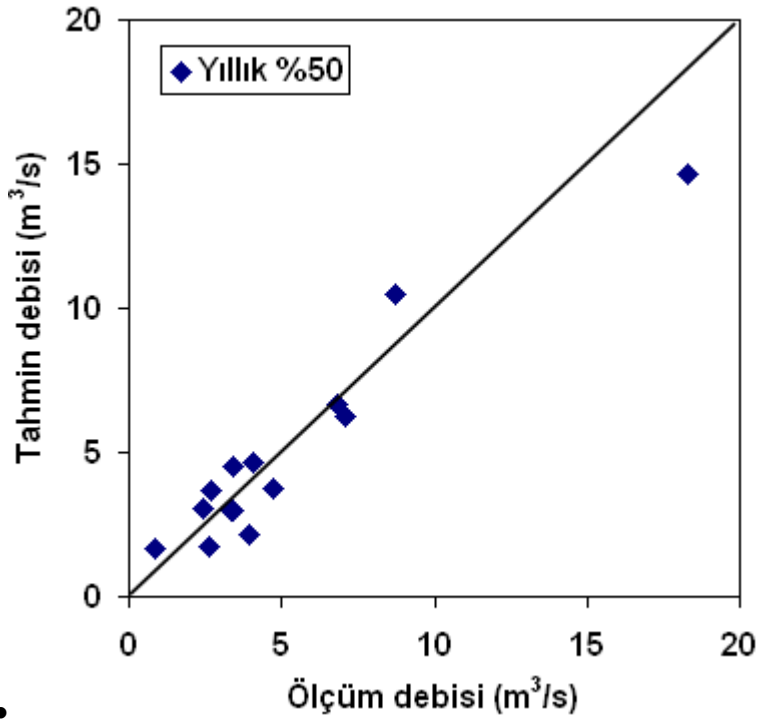


Şekil 6.13 : %95 Aşılma Olasılığı ile logaritmik dönüşümlü A, P, S, H ve A*P, P,A,S, H değişkenleriyle kurulan bağıntılara ait R^2 değerlerinin karşılaştırılması.

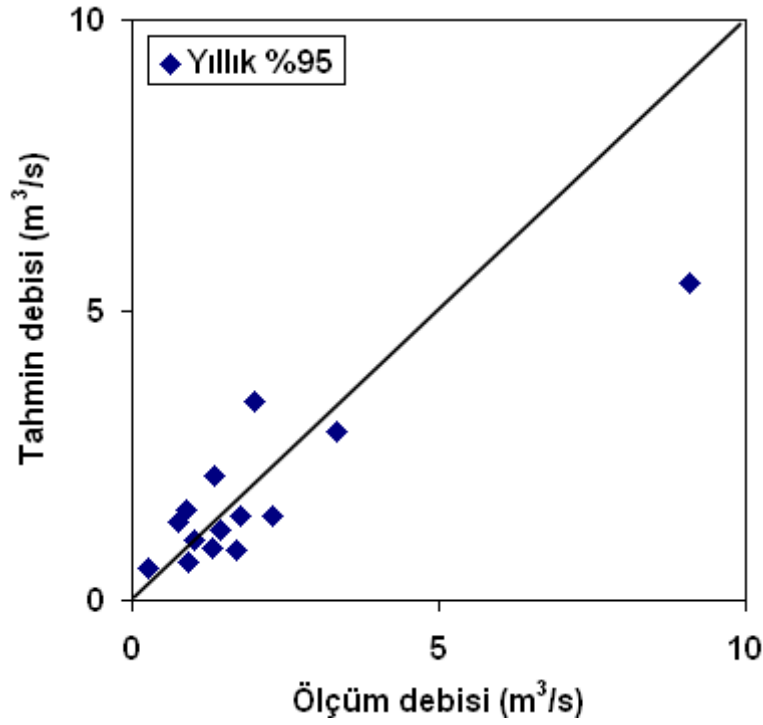
Nihai bağıntıların kalibrasyon aşamasına ait ölçüm-tahmin saçılma grafikleri yine örnek olması açısından yalnızca yıllık değerler için Şekil 6.14, Şekil 6.15 ve Şekil 6.16'da verilmiştir. En iyi dağılımın yıllık %5 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar için olduğu görülmektedir.



Şekil 6.14 : Yıllık %5 aşılma olasılığı ile regresyon bağıntılarına ait ölçüm-tahmin saçılma grafikleri (Kalibrasyon).



Şekil 6.15 : Yıllık %50 aşılma olasılığı ile regresyon bağıntılarına ait ölçüm-tahmin saçılma grafikleri (Kalibrasyon).



Şekil 6.16 : Yıllık %95 aşılma olasılığı ile regresyon bağıntılarına ait ölçüm-tahmin saçılma grafikleri (Kalibrasyon).

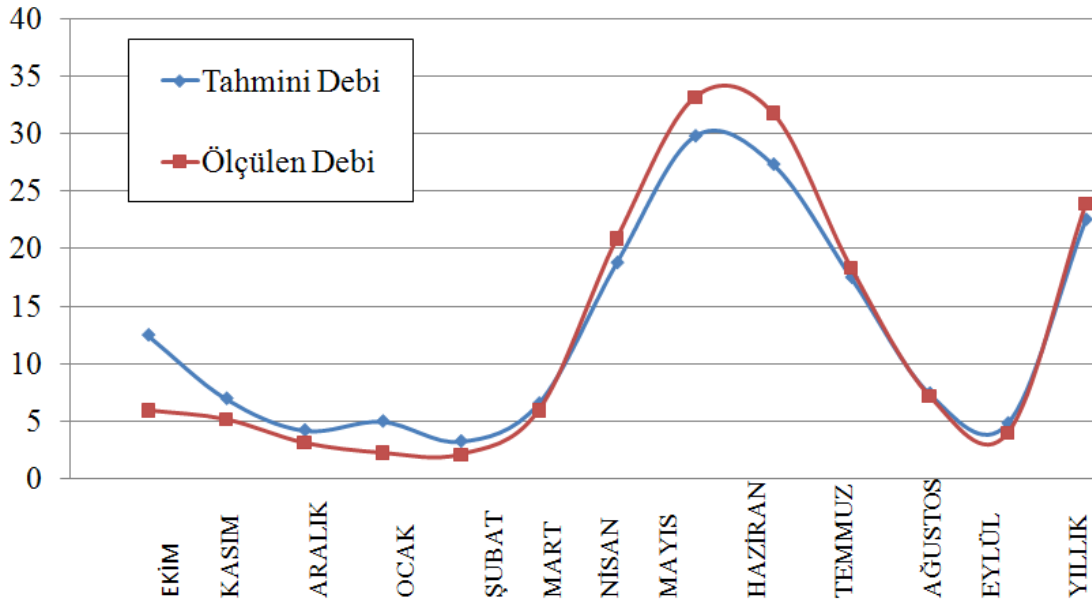
Böylece 39 40 39 E, 40 29 11N - 40 54 23E, 40 56 13N koordinatları arasında kalan alan içersindeki bölgede kullanılmak üzere çıkarılan bağıntıların son hali Çizelge 6.11’de görülmektedir. Çizelgeden de anlaşıldığı gibi, ortalama alan ve ortalama alan yağıışı bağımsız değişkenleri hemen hemen tüm bağıntılarda mevcuttur. Bazı bağıntılarda ortalama eğim veya ortalama yükseklik değerleri akımı ters orantılı olarak etkilemiştir. Bunun sebebi bu aylarda bölgede görülen kar örtüsüdür.

Çizelge 6.11 : Çalışma sahasında kullanılmak üzere çıkarılan bağıntılar.

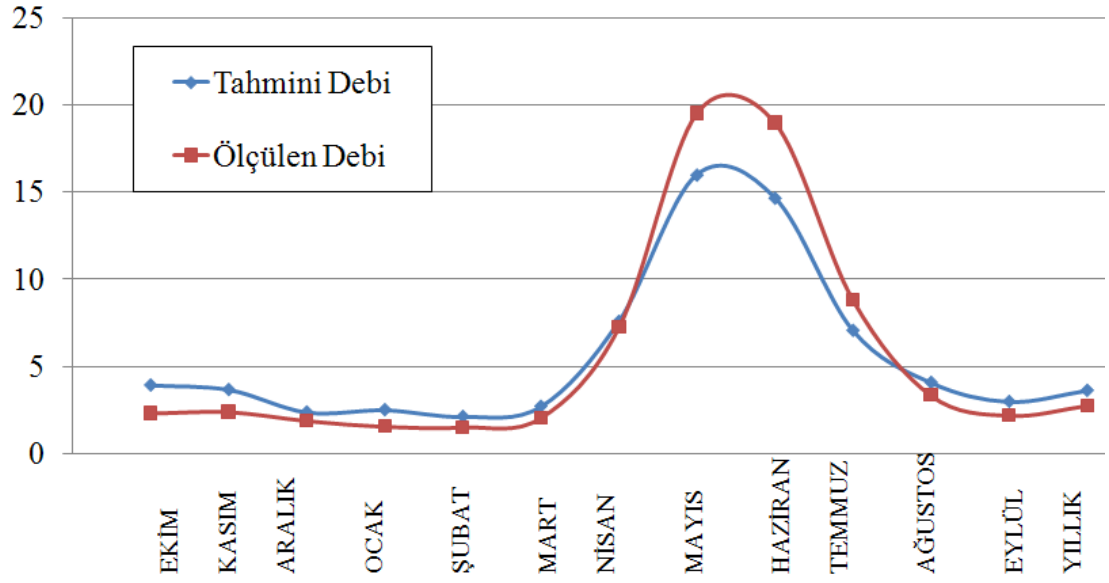
Ay (Yıl)- Aşılma Olasılığı	Bağıntılar
Ekm %5	$Q = 10^{-4,69} * S^{1,93} * (P * A)^{0,72}$
Ekm %50	$Q = 10^{-5,2} * (P * A)^{0,79} * S^{1,71}$
Ekm %95	$Q = 10^{-4,95} * (P * A)^{0,68} * S^{1,59}$
Ksm %5	$Q = 10^{0,08} * (P * A)^{0,92} * H^{-1,38} * S^{1,06}$
Ksm %50	$Q = 10^{-7,73} * P^{2,21} * A^{1,01} * S^{1,12}$
Ksm %95	$Q = 10^{-5,03} * (P * A)^{0,73} * S^{1,51}$
Ark %5	$Q = 10^{0,97} * (P * A)^{1,01} * H^{-1,35}$
Ark %50	$Q = 10^{-1,87} * (P * A)^{1,09} * H^{-0,68}$
Ark %95	$Q = 10^{-6,5} * P^{2,07} * A^{1,2}$
Ock %5	$Q = 10^{-2,81} * (P * A)^{0,84}$
Ock %50	$Q = 10^{-3,83} * (P * A)^{1,02}$
Ock %95	$Q = 10^{-4,52} * (P * A)^{1,11}$
Sbt %5	$Q = 10^{0,88} * (P * A)^{1,04} * H^{-1,36}$
Sbt %50	$Q = 10^{-5,79} * P^{2,01} * A^{1,12}$
Sbt %95	$Q = 10^{-6,33} * P^{2,21} * A^{1,06}$
Mrt %5	$Q = 10^{-0,72} * P^{1,91} * A^{1,08} * H^{-1,28}$
Mrt %50	$Q = 10^{0,76} * (P * A)^{0,92} * H^{-1,21}$
Mrt %95	$Q = 10^{-7,03} * P^{2,72} * A^{1,01}$
Nsn %5	$Q = 10^{-0,68} * A^{0,95} * S^{-0,64} * H^{-1,43} * P^{2,84}$
Nsn %50	$Q = 10^{-0,75} * A^{1,01} * S^{-0,6} * H^{-1,32} * P^{2,38}$
Nsn %95	$Q = 10^{2,6} * A^{0,91} * H^{-1,26}$
Mys %5	$Q = 10^{-2,7} * (P * A)^{0,95}$
Mys %50	$Q = 10^{-3,28} * (P * A)^{1,02}$
Mys %95	$Q = 10^{-4,43} * A^{0,99} * S^{-0,45} * P^{1,79}$
Hzn %5	$Q = 10^{-3,93} * (P * A)^{0,92} * S^{1,02}$
Hzn %50	$Q = 10^{-10,25} * P^{2,3} * A^{1,07} * S^{0,92} * H^{0,91}$
Hzn %95	$Q = 10^{-15,95} * A^{1,16} * P^{4,08} * S^{1,46} * H^{1,17}$
Tmz %5	$Q = 10^{-4,84} * P^{1,5} * A^{0,83} * S^{0,99}$
Tmz %50	$Q = 10^{-6,32} * P^{1,53} * A^{0,95} * S^{1,53}$
Tmz %95	$Q = 10^{-7,85} * A^{0,87} * S^{1,76} * P^{2,08}$
Ags %5	$Q = 10^{2,3} * S^{1,45} * H^{-1,81} * (P * A)^{0,65}$
Ags %50	$Q = 10^{-4,88} * S^{1,84} * (P * A)^{0,71}$
Ags %95	$Q = 10^{-5,22} * S^{1,92} * (P * A)^{0,67}$
Eyl %5	$Q = 10^{6,5} * A^{0,68} * S^{1,62} * H^{-2,83}$
Eyl %50	$Q = 10^{-4,61} * (P * A)^{0,72} * S^{1,5}$
Eyl %95	$Q = 10^{-4,91} * S^{1,74} * (P * A)^{0,63}$
Ylk %5	$Q = 10^{-4,42} * P^{1,16} * A^{0,96}$
Ylk %50	$Q = 10^{-4,27} * P^{1,96} * H^{-1,05} * A^{1,04}$
Ylk %95	$Q = 10^{-10,2} * P^{2,71} * A^{0,94}$

6.3 Akım Tahmini Sonuçlarının Değerlendirilmesi

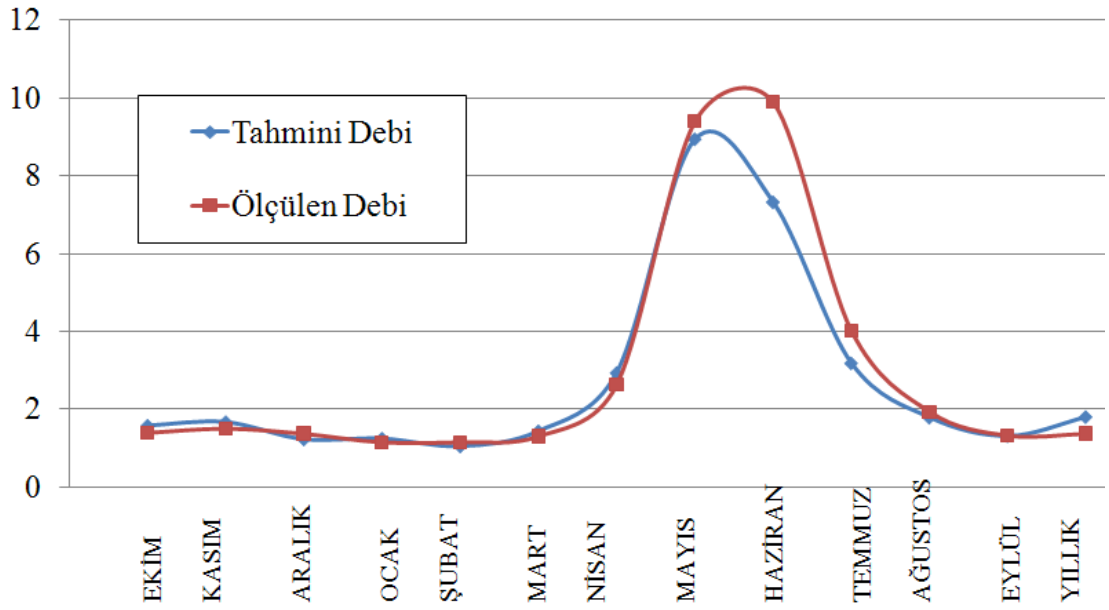
Validasyon aşaması için ayrılan Tosköy ve Sürmene Deresi AGİ'lerinin tahmini debi ve ölçülen debi değerleri aylık ve yıllık bazda %5,50 ve 95 aşılma olasılıkları için Şekil 6.17, Şekil 6.18, Şekil 6.19, Şekil 6.20, Şekil 6.21 ve Şekil 6.22'de m³/s cinsinden verilmiştir. Bu şekillerde görülen tahmini debi değerleri yukarıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanan debidir. Ölçülen debi ise validasyon istasyonunun mevcut günlük verilerinden elde edilmiş zamanın belli yüzdelerinde aşılması gereken debi değeridir.



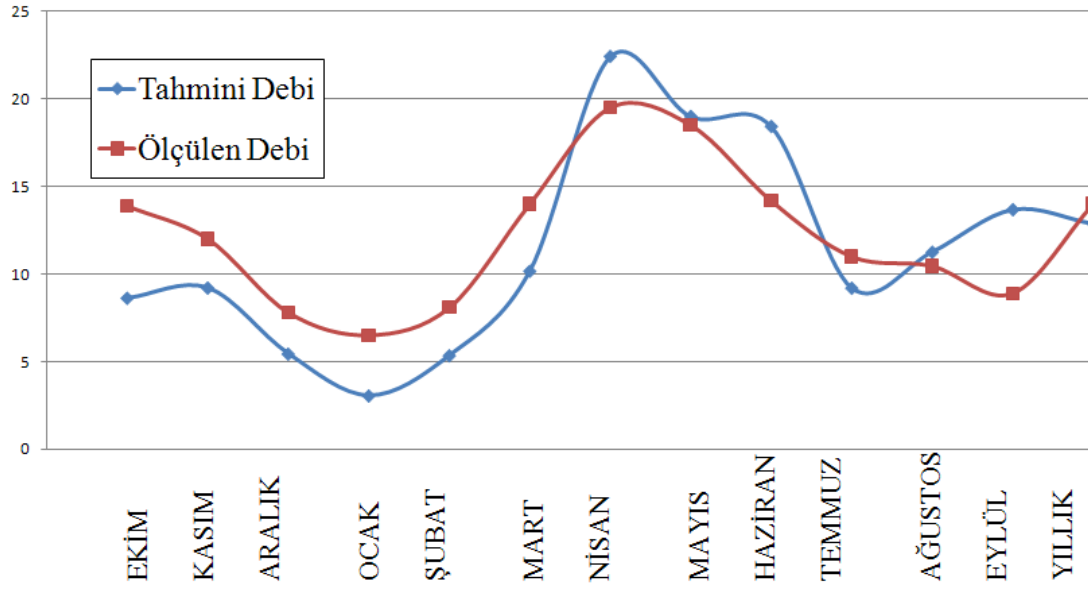
Şekil 6.17 : Tosköy Deresi-Tosköy İstasyonu %5 Aşılma olasılığı validasyon sonuçları.



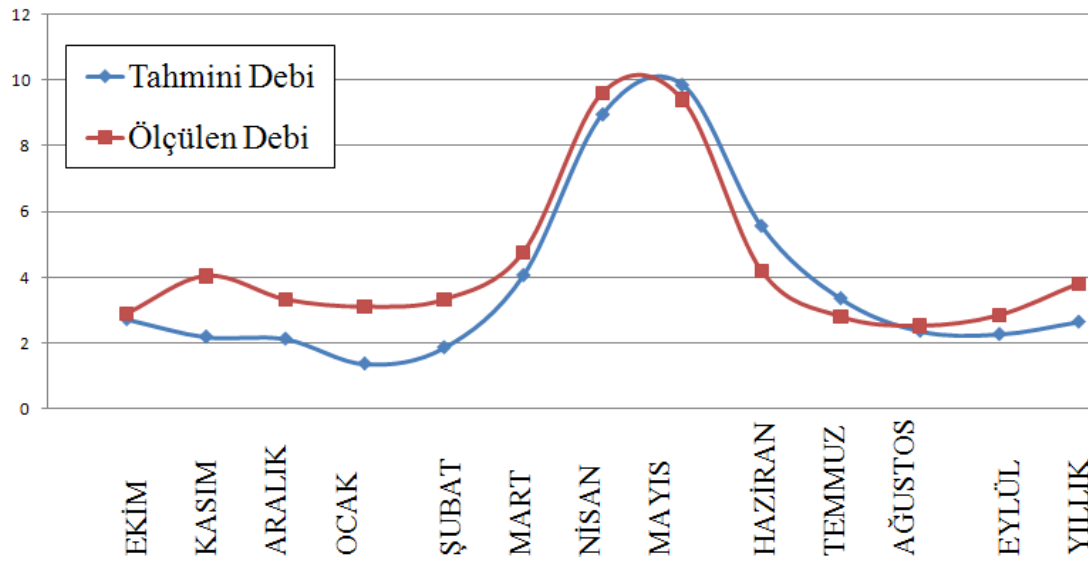
Şekil 6.18 : Tosköy Deresi-Tosköy İstasyonu %50 A ılma olasılığı validasyon sonuçları.



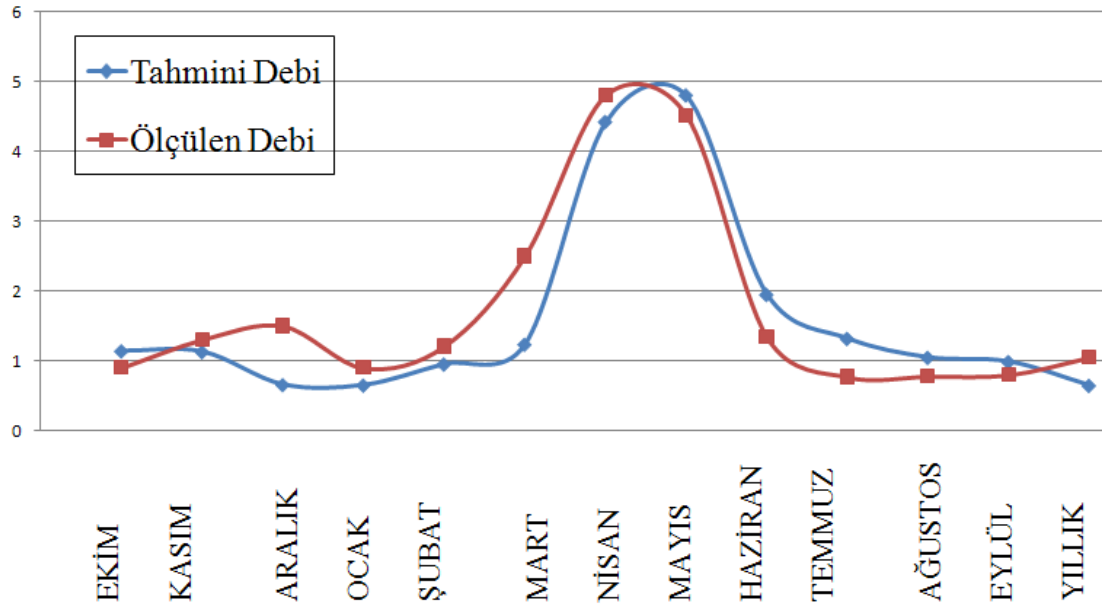
Şekil 6.19 : Tosköy Deresi-Tosköy İstasyonu %95 A ılma olasılığı validasyon sonuçları.



Şekil 6.20 : Sürmene Deresi-Ortaköy İstasyonu %5 Aşılma olasılığı validasyon Sonuçları.



Şekil 6.21 : Sürmene Deresi-Ortaköy İstasyonu %50 Aşılma olasılığı validasyon Sonuçları.



Şekil 6.22 : Sürmene Deresi-Ortaköy İstasyonu %95 Aşılma olasılığı validasyon Sonuçları.

6.4 Bulunan Bağlıntıların Uygulanışı

Doğu Karadeniz bölgesindeki akım ölçümü olmayan bölgelerde akım tahmini yapmak için bulunan bağıntılardan yıllık %5, 50 ve 95 aşılma olasılıklarına denk gelen debi değerlerinin bulunmasını bir örnekle açıklayalım.

Bölgede bulunan bir havzanın su toplama alanı Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımları ile 243,67 km² olarak hesaplanmış olsun. Havzanın ortalama yükseklik değeri 2033,74 m ve havzanın ortalama yıllık alan yağışı 946,13 mm olarak ölçülmüş olsun. Bu değerler ve çalışma alanı için bulunan bağıntılar yardımıyla yıllık %5,50 ve 95 aşılma olasılıklarına karşılık gelen debi (Q) miktarlarını tahmin edelim.

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Yıllık \%5}} &= 10^{-4,42} \cdot P^{1,16} \cdot A^{0,96} \\
 &= 10^{-4,42} \cdot 946,13^{1,16} \cdot 243,67^{0,96} \\
 &= 21,05 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Yıllık \%50}} &= 10^{-4,27} \cdot P^{1,96} \cdot H^{-1,05} \cdot A^{1,04} \\
 &= 10^{-4,27} \cdot 946,13^{1,96} \cdot 2033,74^{-1,05} \cdot 243,67^{1,04} \\
 &= 3,73 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Yıllık \%95}} &= 10^{-10,2} \cdot P^{2,71} \cdot A^{0,94} \\
 &= 10^{-10,2} \cdot 946,13^{2,71} \cdot 243,67^{0,94} \\
 &= 1,28 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

7. SONUÇLAR

Bu çalışma ile Doğu Karadeniz bölgesindeki bazı akım gözlem istasyonlarının mevcut günlük verilerinden yola çıkılarak %5,50 ve 95 aşılma olasılıklarına karşılık gelen debiler aylık ve yıllık bazda çıkarılmıştır. Bu debilerin ortalama alan, ortalama alan yağıışı, ortalama eğim ve ortalama yükseklik bağımsız değişkenleriyle açıklanabilirliği ilişkisi araştırılmıştır. Bunun için çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Çoklu regresyon analizi ile önce bağıntılar dönüşümsüz olarak incelenmiş ve dönüşümsüz regresyon ilişkilerinin eksi tahmini değerler verdiği gözlemlenmiştir. Bu eksi değerleri yok etmek üzere logaritmik dönüşüm uygulamış ve tahmin değerlerindeki eksi değerler ortadan kaldırılmıştır. Bu logaritmik dönüşüm sonucunda Doğu Karadeniz bölgesinde akım olmayan bölgelerde tahminlerde kısmen kullanılabilir bağıntılar elde edilmiştir. Bu bağıntılar son olarak validasyon işlemine tabi tutulmuştur.

Validasyon için kullanılan istasyonlardan Tosköy Deresi istasyonunun 36 yıllık günlük verisi, Sürmene Deresi istasyonunun ise 17 yıllık günlük verisi mevcut olduğundan karşılaştırma için verisi çok olan istasyonu kullandığımızda;

%95 aşılma olasılığı için Haziran ve Temmuz ayları hariç diğer ayların çok az hata verdiği,

%50 aşılma olasılığı için Mayıs, Haziran ve Temmuz ayları dışındaki ayların çok az hata verdiği,

%5 aşılma olasılığı için ise Ekim, Ocak, Haziran ve Temmuz ayları dışındaki ayların çok az hata verdiği görülmektedir.

Doğrulama için, verisi az olan istasyona göre, verisi çok olan istasyonda hata oranı azalmaktadır.

Risley ve diğ. (2008) de benzer çalışma yapmıştır. Fakat istasyon sayıları ve kullandıkları bağımsız değişken sayıları bu çalışmadan daha fazla olduğu için hata miktarları daha az olmuş ve daha iyi sonuçlar elde etmiştir. Bu çalışmadaki bağımsız değişkenlere ek olarak, onlar yüksek geçirgenlikli akifer ve jeolojik birimleri, minimum, maksimum ve ortalama hava sıcaklığı, drenaj yoğunluğu, ormanla kaplı

alan oranı, geçirimsiz yüzey alanı oranı, ocak ayı minimum ve maksimum hava sıcaklığı, kabarıklık, toprak tutma kapasitesi ve geçirimsizliği parametrelerini de denemiş ve sonuç olarak debiye en çok etki eden parametrelerin alan ve yağış olduğunu görmüştür.

Genelleme yaparsak, çoklu regresyon bağıntılarının, Türkiye’de sıklıkla uygulama alanı bulan havza alan oranı yöntemine göre daha doğru sonuçlar verdiği düşünülmektedir. Çünkü havza alan oranı yönteminde yağışın havza üzerinde üniform dağıldığı ve yine havza üzerinde yağıştan akışa geçen oranın da değişmediği kabul edilmektedir. Oysa bu kabul doğada gerçekleşmesi hemen hemen mümkün olmayan bir kabuldür. Ancak çok basit olması ve Türkiye gibi ülkelerde onun yerini tutacak alternatif kolay uygulanabilir bir çözümün bulunmaması nedeniyle uygulamada tercih edilmektedir.

Bölgesel çapta akım tahminlerinde kullanılan debi süreklilik eğrilerinin dünyada önemi gittikçe artmaktadır. Güvenilir bağıntıların elde edilmesi için bağımsız değişken sayısının arttırılması önemlidir. Ancak, bu çalışmada kullanılan bağımsız değişkenler oldukça sınırlı kalmıştır. Diğer yandan akım ölçümü olan istasyonların sayısı çok ise daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Akıma etki eden bağımsız faktörlerin arttırılması ve ölçümü olan istasyon sayısının çoğaltılmasıyla havzayı daha iyi temsil eden bağıntılar elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- Ağralıoğlu, N., Eriş, E., Algancı, U., Toprak, Z. F., Yılmaz, L., Cıgızoğlu, K. H., Coşkun, G. H., Andiç, G., 2008. Akım Ölçümü Az Olan Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi: Doğu Karadeniz Bölgesi, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci, Türkiye Bölgesel Su Toplantısı, Su ve Enerji Konferansı, Artvin, *Bildiriler Kitabı II*: 1-32.
- Ağralıoğlu, N., Cıgızoğlu, K., Yılmaz, L., Coşkun, H.G., Aksoy, H., Toprak, F., Eriş, E., Algancı, U., Andiç, G., Usta, G., Beşiktaş, M., Ülken, İ., 2009. Akım ölçümleri olmayan akarsu havzalarında teknik hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi, İstanbul, *TÜBİTAK Sonuç Raporu*.
- Algancı, U., Coşkun, H. G., Ağralıoğlu, N., Usta, G., Cıgızoğlu, H. K., Aksoy, H., Yılmaz, L., Eriş, E., and Dağcı, M. , 2008. Hydrological modeling of ungauged basins using Remote Sensing and GIS: a case study of Solaklı Watershed in Turkey” ,*28th EARSeL Symposium and Workshops ,Remote Sensing for a Changing Europe, Istanbul-Turkey, Abstract Book*.
- Algancı, U., Coşkun, H. G., Eriş, E., Ağralıoğlu, N., Cıgızoğlu, K., Yılmaz, L., Toprak, Z. F., 2009. Akım Ölçümleri Olmayan Akarsu Havzalarında Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesine Yönelik Uzaktan Algılama ve CBS ile Hidrolojik Modelleme, *12. Türkiye Bilimsel Harita ve Teknik Kurultayı, Ankara, Özet Kitabı*, 144-145.
- Andiç, G., 2007. Akım Ölçümleri Yetersiz Havzalarda Aylık Akımların ve Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi, (*Yüksek Lisans Tezi*), *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*,
- Ayaz, E., 2009. Solaklı Havzasında Aylık ve Yıllık Debi Süreklilik Eğrilerinin Normalleştirme Yöntemiyle İncelenmesi, (*Yüksek Lisans Tezi*), *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*,
- Bari, M. F. Ve Shafiul İslam, K. M., 2006. Stochastic model of flow duration curves for selected rivers in Bangladesh, *Climate Variability and Change—Hydrological Impacts (Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba,)* *IAHS-AISH publication*, 308: 99-104,
- Bayazıt, M., 1999. Hidroloji, *İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası*, İstanbul.
- Hydrology, ed: Singh V. P., 1995. *Water Resources Publications, Littleton, Colo.*, pp: 563–594.
- Gulliver, J.S. and R.E.A. Arndt, eds. 1991. *Hydropower Engineering Handbook*, McGraw-Hill, New York, NY.

- Gustard, A., Rees, H. G., Croker K. M., Dixon J. M.,**1997. Using regional hydrology for assessing European water resources, *FRIEND '97Regional Hydrology; Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management*, IAHS Publ. no. 246, pp.107-115.
- Castellarin, A., Galeati, G., Brandirmate, L., Montanari, A., Brath, A.,** 2004. Regional Flow-Duration Curves: Realibility for Ungauged Basins, *Advances in Water Resources*, 27 (10): 953-965,
- Cheng, Q., Ko, C., Yuan, Y., Ge, Y., Zhang, S.,** 2006. GIS Modeling for Predicting River Runoff Volume in Ungauged Drainages in Greater Toronto Area, Canada, *Computers and Geosciences*, 32, 1108-1119.
- Cıgızoğlu, H. K.,** 1997. Debi süreklilik çizgisinin matematik modelleri, *Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Cıgızoğlu, H. K., and Bayazıt, M.,** 2000. A Generalized Seasonal Model for Flow Duration Curve. *Hydrological Processes*. 14(6), 1053-1067.
- Cole, R. A. J. , Johnston, H. T., Robinson, D.J.,** 2003. The use of flow duration curves as a data quality tool, *Hydrol Sci J*, 48:939–951.
- Croker, K. M., Young A. R., Zaidman M. D.,** 2003. Flow duration curve estimation in ephemeral catchments in Portugal, *Hydrol Sci J*, 48(3):427–439.
- Cutore, P., Cristaudo, G., Campisano, A., Modica, C., Cancelliere, A., Rossi, G.,** 2007.Regional Models for the Estimation of Streamflow Series in Ungauged Basins, *Water Resources Management*, 21 (5): 789-900.
- Dingman, S. L.,** 2008.Physical Hydrology, *Waveland Pr Inc; 2nd edition*, 656 p.
- Dingman, S. L.,** 1978. Synthesis of flow-duration curves for unregulated streams in New Hampshire, *Water Resour. Bull.*, 14 (6):1481–1502.
- DSİ,** 2009. www.dsi.gov.tr, *erişim* Temmuz 2009.
- EİE,** 2009. www.eie.gov.tr, *erişim* Mayıs 2009.
- Fennessey, N., Vogel, R. M.,** 1990. Regional Flow Duration Curves for Ungauged Sites in Massachusetts, *Journal of Water Resources Plan. Manag.*, 116(4), 530-549.
- Helsel, D. R., Hirsch, R. M.,** 2002. Statistical Methods in Water Resources, Techniques of Water Resources Investigations, Book 4, chapter A3. *U.S. Geological Survey*, Pp:522.
- Holmes M.G.R., Young A.R., Gustard A. and Grew R.,** 2002 A region of influence approach to predicting flow duration curves within ungauged catchments, *Hydrology and Earth System Sciences*, 6(4),721-731.
- Işık, S., And Singh, V. P.,** 2008. Hydrologic Regionalization of Watersheds in Turkey *J. Hydrologic Engrg.* 13, 824.
- Kao J.-J., Shyang-Fu B.,** 1996. Risk analysis for flow duration curve baes seasonal discharge management programs, *Water Research*, Volume 30, number 6, pp.1369-1376.

- Kaya, D.**, 2007. Biriktirmeli ve Biriktirmesiz Hidroelektrik Tesislerin Teknik Olarak Karşılaştırılması (*Yüksek Lisans Tezi*), *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Koçak, K., Bali, A., Bektaşoğlu, B.**, 2007. Prediction of Monthly Flows by Using Chaotic Approach, *International Congress River Basin Management, Volume II, DSI, Antalya-Turkey*.
- Krasovskaia I., Gottschalk L., Leblois E., Pacheco A.**, 2006. Regionalization of flow duration curves, *Climate Variability and Change—Hydrological Impacts (Proceedings of the Fifth Friend World Conference held at Havana, Cuba, IAHS-AISH publication, 308: 105-110*.
- Kumar, A., Singhal, M. K.**, 1999. Hydropower Assessment for Small Ungauged Catchments in Himalayan Region Using GIS Techniques, *Workshop on GIS Applications in Power Sector, Map India*.
- Lawrance, A. J., Kottegoda, N.T.**, 1977. Stochastic Modelling of Riverflow Time Series, *J. R. Statist. Soc. A*, 140(1), 1-47.
- Lebouthillier D. W., Waylen, P. R.**, 1993. Stochastic Model of Flow Duration Curves, *Water Resources Research*, 29 (10): 3535-3541.
- Masih, I., Uhlenbrook, S., Ahmad M. D., Maskey S.**, 2008. Regionalization of a conceptual rainfall runoff model based on similarity of the flow duration curve: a case study from Karkheh river basin, Iran, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2008-A-00226.
- Merge Enerji**, 2005.Çambaşı Barajı ve HES, *AKSA Enerji Üretim AŞ*.
- Mimikou, M., Kaemaki, S.**, 1985. Regionalization of Flow Duration Characteristics, *Journal of Hydrology*, 82, 77-91.
- Mohamoud, Y. M.**, 2008. Prediction of daily flow duration curves and streamflow for ungauged catchments using regional flow duration curves, *Hydrological Sciences*, (53) 4, 706-724.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., Vining, G. G.**, 2006. Introduction to Linear Regression Analysis, *Wiley*, pp: 612.
- Mwakalila, S.**, 2003. Estimation of Stream Flows of Ungauged Catchments for River Basin Management, *Physics and Chemistry of the Earth*, 28, 935–942.
- Önöz, B., Albostan,A.**, 2007. Hidroelektrik santral planlama ve işletmesinde yüksek akımların mevsimselliğinin belirlenmesi, *TMMOB Türkiye VI. Enerji Sempozyumu- Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye Gerçeği*, pp.196
- Quimpo, R. G., Alejandrino, A. A., McNally, T. A.**, 1983. Regionalized Flow Duration for Philippines, *Journal of Water Resources Plan. Manag.*, 109(4), 320-330.
- Piechota C. T., Francis H. S. Chiew, John A. Dracup, and Thomas A. McMahon, Quimpo, R. G., Alejandrino, A. A., McNally, T. A.**, 2001. Development of exceedance probability streamflow forecast, *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. 6, No. 1. pp.20-28.

- Post, D. A.** 2004. A new method for estimating flow duration curves : an application to the Burdekin River Catchment, North Queensland, Australia. *IEMSs 2004 Proceedings of the International Environmental Modelling and Software Society, Osnabruck, Germany, 14-17 June, 2004*, International Environmental Modelling and Software Society, 1195-1200. ISBN:88-900787-1-5.
<http://www.iemss.org/iemss2004/pdf/ungauged/postanew.pdf>
- Risley, J., Stonewall, A., Haluska, T.,** 2008. Estimating Flow-Duration and Low-Flow Frequency Statistics for Unregulated Streams in Oregon, U.S. Department of the Interior, *U.S. Geological Survey, Scientific Investigations Report*.
- Silins, U.,** 2007. University of Alberta, Renewable Resources 350 *Physical Hydrology 2nd Term – 2006/2007 Lecture Notes*, pp1-11.
- Singh, K. P.,** 1971. Model Flow Duration And Streamflow Variability, *Water Resources Research*, 7:1031-1036.
- Singh, V. P.,** 1995. Watershed Modeling, Computer Models of Watershed Hydrology, ed: Singh V.P., *Water Resources Publications*, Littleton, Chapter 1, 1-22.
- Singh, R. D., Mishra, S. K., Chowdhary, H.,** 2001. Regional Flow-Duration Models for Large Number of Ungauged Himalayan Catchments for Planning Microhydro Projects, *J. of Hydrologic Engineering*, 6(4), 310-316,
- Singh, V. P., Woolhiser, D. A.,** 2002. Mathematical Modeling of Watershed Hydrology, *J. of Hydrologic Eng.*, 7, 4, 270-292.
- Smakhtin V., Hughes, D. A.,** 1996. Regional daily flow time series patching or extension: a spatial interpolation approach based on flow duration curves, *Hydrological Sciences -Journal- des Sciences Hydrologiques*,41(6).
- Steppan D. D., Werner J., Yeater R. P.,** 1998. Essential Regression and Experimental Design for Chemists and Engineers. *Essential Regression97 MS Excel eklentisi*.
- Tarı, R.,** 1999. Ekonometri Kitabı, *ALFA Basım Yayım dağıtım Ltd.*
- Trabzon Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü,** 2004. *Trabzon İl Çevre Durum Raporu*, Trabzon.
- U.S. Army Corps of Engineers,** 1985. *Hydropower Engineering and Design*, EM 1110-2-1701, Washington, DC.
- Vogel, R. M., Fennessey, N. M.,** 1994. Flow-duration curves. I: New interpretation and confidence intervals, *J. Water Resour. Plann. Manage. ASCE* 120 (4): 485–504.
- Vogel M. Richard, Wilson L., Daly C.** 1998. Regional regression models of annual streamflow for the United States. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol.125, No.3, pp.148-157.
- Yanık, B., Avcı,İ.,** 2004. Bölgesel debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi. *İTÜ dergisi*, Cilt.4, Sayı.5, 19-30.

- Yu, P.S., Yang, T.C.** 1996. Synthetic regional flow duration curve for Southern Taiwan, *Hydrological Processes*, 10, 373-391.
- Yu, P.S., Yang, T.C. and Wang, Y.C.,** 2002. Uncertainty analysis of regional flow duration curves, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 128(6), 424-430.
- ZTM Mühendislik Müşavirlik LTD. ŞTİ., H.H.K. Enerji Elektrik Üretim LTD. ŞTİ, DSİ, Çevre ve Orman Bakanlığı,** 2008. *Memülü Regülatörü ve HES Fizibilite Raporu*, pp.4-13,16.

EKLER

EK A.1 : Çizelgeler

EK A.1

Çizelge A.1: Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı Günlük Akımlar

ÖGENE ALÇAK KÖPRÜ AGİ-2001 YILINDA GÜNLÜK AKIMLAR (m³/s)												
GÜN/AY	EKM	KSM	ARL	OÇK	SBT	MRT	NSN	MYS	HZR	TMZ	AGS	EYL
1	10,30	8,72	2,58	1,60	0,93	2,65	9,16	10,70	11,80	3,94	1,62	0,80
2	7,52	8,10	2,05	1,45	0,93	6,10	15,90	10,70	11,50	3,94	1,47	0,72
3	5,50	7,50	1,90	1,45	0,93	4,66	22,50	10,70	11,50	3,70	1,35	0,72
4	4,83	6,63	1,60	1,60	0,93	3,49	19,60	10,30	11,10	3,49	1,62	0,63
5	4,14	6,09	1,60	1,45	0,93	3,94	18,60	13,40	10,70	3,49	1,47	0,63
6	3,50	5,55	1,45	1,45	0,83	4,90	19,60	14,20	10,70	3,70	1,35	0,63
7	2,95	5,07	1,60	1,32	1,06	4,90	16,30	14,20	9,50	3,70	1,23	0,63
8	2,58	4,59	1,75	1,32	1,06	4,42	13,40	13,80	8,48	4,42	1,23	0,54
9	2,40	4,14	1,45	1,32	0,93	3,49	11,50	13,80	7,80	4,42	1,12	0,54
10	2,23	4,35	1,32	1,32	0,83	2,65	10,30	14,70	7,52	3,70	1,12	0,63
11	2,40	4,14	1,45	1,32	0,83	2,47	9,50	15,50	7,24	3,07	1,12	0,63
12	2,58	4,59	1,32	1,32	1,18	2,47	9,50	15,50	6,96	2,86	1,00	0,54
13	2,23	4,83	1,45	1,18	1,18	2,47	8,14	16,30	6,68	2,65	0,90	0,54
14	2,23	4,14	1,45	1,18	1,18	2,86	7,52	17,60	6,68	2,47	0,90	0,54
15	2,05	4,14	1,32	1,06	1,18	3,49	7,52	20,10	6,68	2,28	1,23	0,54
16	1,75	3,93	1,32	1,06	0,93	3,70	7,52	20,10	6,96	2,28	1,35	0,54
17	1,90	3,50	1,45	1,06	0,93	3,07	7,24	17,60	13,00	2,28	1,35	0,54
18	2,58	3,13	1,60	1,06	0,93	2,86	7,24	15,90	15,50	1,93	1,76	0,47
19	2,23	3,13	2,40	1,06	0,83	3,28	9,16	14,70	11,80	1,76	2,10	0,47
20	2,95	2,95	2,05	1,06	0,93	4,42	8,82	13,40	9,50	1,76	1,47	0,47
21	6,63	2,95	1,90	1,06	0,72	6,68	8,48	13,80	8,14	1,76	1,12	0,40
22	6,09	2,77	1,75	0,93	0,93	6,40	8,82	12,20	7,52	1,62	1,00	0,47
23	7,20	2,58	1,60	0,93	0,93	6,96	11,80	11,80	6,96	1,47	1,00	0,47
24	7,50	2,40	1,60	0,93	1,18	6,40	14,70	16,80	6,40	1,47	1,00	0,47
25	8,40	2,23	1,60	0,83	1,35	5,50	14,20	15,10	6,10	1,35	0,90	0,40
26	9,04	1,90	1,60	0,93	1,62	5,50	13,80	13,80	6,40	1,35	0,90	0,40
27	7,80	1,75	1,60	0,83	1,76	7,24	13,40	13,80	5,50	1,47	0,90	0,40
28	6,90	1,90	1,60	0,83	1,93	9,50	12,20	13,80	4,90	1,47	0,90	0,40
29	6,63	2,05	1,75	0,83	//	9,89	11,50	13,00	4,66	1,47	0,80	0,47
30	8,10	1,90	1,75	0,93	//	7,80	11,10	12,60	3,94	1,47	0,80	0,47
31	10,40	//	1,75	1,06	//	7,52	//	13,40	//	1,62	0,80	//

Çizelge A.2: Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi

Gün	Debi (m ³ /s)	% Aşılma Olasılığı: 100*(Gün No/(365+1))	Yüzde Tamsayı	Makro Modülü Hesap Sonuçları	(m ³ /s)
1	22,50	0,273224044	0	Q%5	14,7
2	20,10	0,546448087	0	Q%50	2,4
3	20,10	0,819672131	0	Q%95	0,54
4	19,60	1,092896175	1		
5	19,60	1,366120219	1		
6	18,60	1,639344262	1		
7	17,60	1,912568306	1		
8	17,60	2,18579235	2		
9	16,80	2,459016393	2		
10	16,30	2,732240437	2		
11	16,30	3,005464481	3		
12	15,90	3,278688525	3		
13	15,90	3,551912568	3		
14	15,50	3,825136612	3		
15	15,50	4,098360656	4		
16	15,50	4,371584699	4		
17	15,10	4,644808743	4		
18	14,70	4,918032787	4		
19	14,70	5,191256831	5		
20	14,70	5,464480874	5		
21	14,20	5,737704918	5		
22	14,20	6,010928962	6		
23	14,20	6,284153005	6		
24	13,80	6,557377049	6		
25	13,80	6,830601093	6		
26	13,80	7,103825137	7		
27	13,80	7,37704918	7		
28	13,80	7,650273224	7		
29	13,80	7,923497268	7		
30	13,80	8,196721311	8		
31	13,40	8,469945355	8		
32	13,40	8,743169399	8		
33	13,40	9,016393443	9		
34	13,40	9,289617486	9		
35	13,40	9,56284153	9		
36	13,00	9,836065574	9		
37	13,00	10,10928962	10		
38	12,60	10,38251366	10		
39	12,20	10,6557377	10		

Çizelge A.2 (devam): Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi

Gün	Debi (m ³ /s)	% Aşılma Olasılığı: 100*(Gün No/(365+1))	Yüzde Tamsayı
40	12,20	10,92896175	10
41	11,80	11,20218579	11
42	11,80	11,47540984	11
43	11,80	11,74863388	11
44	11,80	12,02185792	12
45	11,50	12,29508197	12
46	11,50	12,56830601	12
47	11,50	12,84153005	12
48	11,50	13,1147541	13
49	11,10	13,38797814	13
50	11,10	13,66120219	13
51	10,70	13,93442623	13
52	10,70	14,20765027	14
53	10,70	14,48087432	14
54	10,70	14,75409836	14
55	10,70	15,0273224	15
56	10,40	15,30054645	15
57	10,30	15,57377049	15
58	10,30	15,84699454	15
59	10,30	16,12021858	16
60	9,89	16,39344262	16
61	9,50	16,66666667	16
62	9,50	16,93989071	16
63	9,50	17,21311475	17
64	9,50	17,4863388	17
65	9,50	17,75956284	17
66	9,16	18,03278689	18
67	9,16	18,30601093	18
68	9,04	18,57923497	18
69	8,82	18,85245902	18
70	8,82	19,12568306	19
71	8,72	19,3989071	19
72	8,48	19,67213115	19
73	8,48	19,94535519	19
74	8,40	20,21857923	20
75	8,14	20,49180328	20
76	8,14	20,76502732	20
77	8,10	21,03825137	21

Çizelge A.2 (devam): Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi

Gün	Debi (m ³ /s)	% Aşılma Olasılığı: 100*(Gün No/(365+1))	Yüzde Tamsayı
78	8,10	21,31147541	21
79	7,80	21,58469945	21
80	7,80	21,8579235	21
81	7,80	22,13114754	22
82	7,52	22,40437158	22
83	7,52	22,67759563	22
84	7,52	22,95081967	22
85	7,52	23,22404372	23
86	7,52	23,49726776	23
87	7,52	23,7704918	23
88	7,52	24,04371585	24
89	7,50	24,31693989	24
90	7,50	24,59016393	24
91	7,24	24,86338798	24
92	7,24	25,13661202	25
93	7,24	25,40983607	25
94	7,24	25,68306011	25
95	7,20	25,95628415	25
96	6,96	26,2295082	26
97	6,96	26,50273224	26
98	6,96	26,77595628	26
99	6,96	27,04918033	27
100	6,90	27,32240437	27
101	6,68	27,59562842	27
102	6,68	27,86885246	27
103	6,68	28,1420765	28
104	6,68	28,41530055	28
105	6,63	28,68852459	28
106	6,63	28,96174863	28
107	6,63	29,23497268	29
108	6,40	29,50819672	29
109	6,40	29,78142077	29
110	6,40	30,05464481	30
111	6,40	30,32786885	30
112	6,10	30,6010929	30
113	6,10	30,87431694	30
114	6,09	31,14754098	31
115	6,09	31,42076503	31

Çizelge A.2 (devam): Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi

Gün	Debi (m ³ /s)	% Aşılma Olasılığı: 100*(Gün No/(365+1))	Yüzde Tamsayı
116	5,55	31,69398907	31
117	5,50	31,96721311	31
118	5,50	32,24043716	32
119	5,50	32,5136612	32
120	5,50	32,78688525	32
121	5,07	33,06010929	33
122	4,90	33,33333333	33
123	4,90	33,60655738	33
124	4,90	33,87978142	33
125	4,83	34,15300546	34
126	4,83	34,42622951	34
127	4,66	34,69945355	34
128	4,66	34,9726776	34
129	4,59	35,24590164	35
130	4,59	35,51912568	35
131	4,42	35,79234973	35
132	4,42	36,06557377	36
133	4,42	36,33879781	36
134	4,42	36,61202186	36
135	4,35	36,8852459	36
136	4,14	37,15846995	37
137	4,14	37,43169399	37
138	4,14	37,70491803	37
139	4,14	37,97814208	37
140	4,14	38,25136612	38
141	3,94	38,52459016	38
142	3,94	38,79781421	38
143	3,94	39,07103825	39
144	3,94	39,3442623	39
145	3,93	39,61748634	39
146	3,70	39,89071038	39
147	3,70	40,16393443	40
148	3,70	40,43715847	40
149	3,70	40,71038251	40
150	3,70	40,98360656	40
151	3,50	41,2568306	41
152	3,50	41,53005464	41
153	3,49	41,80327869	41

Çizelge A.2 (devam): Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi

Gün	Debi (m ³ /s)	% Aşılma Olasılığı: 100*(Gün No/(365+1))	Yüzde Tamsayı
154	3,49	42,07650273	42
155	3,49	42,34972678	42
156	3,49	42,62295082	42
157	3,49	42,89617486	42
158	3,28	43,16939891	43
159	3,13	43,44262295	43
160	3,13	43,71584699	43
161	3,07	43,98907104	43
162	3,07	44,26229508	44
163	2,95	44,53551913	44
164	2,95	44,80874317	44
165	2,95	45,08196721	45
166	2,95	45,35519126	45
167	2,86	45,6284153	45
168	2,86	45,90163934	45
169	2,86	46,17486339	46
170	2,77	46,44808743	46
171	2,65	46,72131148	46
172	2,65	46,99453552	46
173	2,65	47,26775956	47
174	2,58	47,54098361	47
175	2,58	47,81420765	47
176	2,58	48,08743169	48
177	2,58	48,36065574	48
178	2,58	48,63387978	48
179	2,47	48,90710383	48
180	2,47	49,18032787	49
181	2,47	49,45355191	49
182	2,47	49,72677596	49
183	2,40	50	50
184	2,40	50,27322404	50
185	2,40	50,54644809	50
186	2,40	50,81967213	50
187	2,28	51,09289617	51
188	2,28	51,36612022	51
189	2,28	51,63934426	51
190	2,23	51,91256831	51
191	2,23	52,18579235	52

Çizelge A.2 (devam): Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi

Gün	Debi (m ³ /s)	% Aşılma Olasılığı: 100*(Gün No/(365+1))	Yüzde Tamsayı
192	2,23	52,45901639	52
193	2,23	52,73224044	52
194	2,23	53,00546448	53
195	2,10	53,27868852	53
196	2,05	53,55191257	53
197	2,05	53,82513661	53
198	2,05	54,09836066	54
199	2,05	54,3715847	54
200	1,93	54,64480874	54
201	1,93	54,91803279	54
202	1,90	55,19125683	55
203	1,90	55,46448087	55
204	1,90	55,73770492	55
205	1,90	56,01092896	56
206	1,90	56,28415301	56
207	1,90	56,55737705	56
208	1,76	56,83060109	56
209	1,76	57,10382514	57
210	1,76	57,37704918	57
211	1,76	57,65027322	57
212	1,76	57,92349727	57
213	1,75	58,19672131	58
214	1,75	58,46994536	58
215	1,75	58,7431694	58
216	1,75	59,01639344	59
217	1,75	59,28961749	59
218	1,75	59,56284153	59
219	1,75	59,83606557	59
220	1,62	60,10928962	60
221	1,62	60,38251366	60
222	1,62	60,6557377	60
223	1,62	60,92896175	60
224	1,62	61,20218579	61
225	1,60	61,47540984	61
226	1,60	61,74863388	61
227	1,60	62,02185792	62
228	1,60	62,29508197	62
229	1,60	62,56830601	62

Çizelge A.2 (devam): Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi

Gün	Debi (m ³ /s)	% Aşılma Olasılığı: 100*(Gün No/(365+1))	Yüzde Tamsayı
230	1,60	62,84153005	62
231	1,60	63,1147541	63
232	1,60	63,38797814	63
233	1,60	63,66120219	63
234	1,60	63,93442623	63
235	1,60	64,20765027	64
236	1,60	64,48087432	64
237	1,47	64,75409836	64
238	1,47	65,0273224	65
239	1,47	65,30054645	65
240	1,47	65,57377049	65
241	1,47	65,84699454	65
242	1,47	66,12021858	66
243	1,47	66,39344262	66
244	1,47	66,66666667	66
245	1,47	66,93989071	66
246	1,45	67,21311475	67
247	1,45	67,4863388	67
248	1,45	67,75956284	67
249	1,45	68,03278689	68
250	1,45	68,30601093	68
251	1,45	68,57923497	68
252	1,45	68,85245902	68
253	1,45	69,12568306	69
254	1,45	69,3989071	69
255	1,45	69,67213115	69
256	1,35	69,94535519	69
257	1,35	70,21857923	70
258	1,35	70,49180328	70
259	1,35	70,76502732	70
260	1,35	71,03825137	71
261	1,35	71,31147541	71
262	1,35	71,58469945	71
263	1,32	71,8579235	71
264	1,32	72,13114754	72
265	1,32	72,40437158	72
266	1,32	72,67759563	72
267	1,32	72,95081967	72

Çizelge A.2 (devam): Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi

Gün	Debi (m ³ /s)	% Aşılma Olasılığı: 100*(Gün No/(365+1))	Yüzde Tamsayı
268	1,32	73,22404372	73
269	1,32	73,49726776	73
270	1,32	73,7704918	73
271	1,32	74,04371585	74
272	1,32	74,31693989	74
273	1,23	74,59016393	74
274	1,23	74,86338798	74
275	1,23	75,13661202	75
276	1,18	75,40983607	75
277	1,18	75,68306011	75
278	1,18	75,95628415	75
279	1,18	76,2295082	76
280	1,18	76,50273224	76
281	1,18	76,77595628	76
282	1,18	77,04918033	77
283	1,12	77,32240437	77
284	1,12	77,59562842	77
285	1,12	77,86885246	77
286	1,12	78,1420765	78
287	1,06	78,41530055	78
288	1,06	78,68852459	78
289	1,06	78,96174863	78
290	1,06	79,23497268	79
291	1,06	79,50819672	79
292	1,06	79,78142077	79
293	1,06	80,05464481	80
294	1,06	80,32786885	80
295	1,06	80,6010929	80
296	1,06	80,87431694	80
297	1,00	81,14754098	81
298	1,00	81,42076503	81
299	1,00	81,69398907	81
300	1,00	81,96721311	81
301	0,93	82,24043716	82
302	0,93	82,5136612	82
303	0,93	82,78688525	82
304	0,93	83,06010929	83
305	0,93	83,33333333	83

Çizelge A.2 (devam): Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi

Gün	Debi (m ³ /s)	% Aşılma Olasılığı: 100*(Gün No/(365+1))	Yüzde Tamsayı
306	0,93	83,60655738	83
307	0,93	83,87978142	83
308	0,93	84,15300546	84
309	0,93	84,42622951	84
310	0,93	84,69945355	84
311	0,93	84,9726776	84
312	0,93	85,24590164	85
313	0,93	85,51912568	85
314	0,93	85,79234973	85
315	0,93	86,06557377	86
316	0,93	86,33879781	86
317	0,93	86,61202186	86
318	0,90	86,8852459	86
319	0,90	87,15846995	87
320	0,90	87,43169399	87
321	0,90	87,70491803	87
322	0,90	87,97814208	87
323	0,90	88,25136612	88
324	0,83	88,52459016	88
325	0,83	88,79781421	88
326	0,83	89,07103825	89
327	0,83	89,3442623	89
328	0,83	89,61748634	89
329	0,83	89,89071038	89
330	0,83	90,16393443	90
331	0,83	90,43715847	90
332	0,80	90,71038251	90
333	0,80	90,98360656	90
334	0,80	91,2568306	91
335	0,80	91,53005464	91
336	0,72	91,80327869	91
337	0,72	92,07650273	92
338	0,72	92,34972678	92
339	0,63	92,62295082	92
340	0,63	92,89617486	92
341	0,63	93,16939891	93
342	0,63	93,44262295	93
343	0,63	93,71584699	93

Çizelge A.2 (devam): Ögene Alçak Köprü AGİ 2001 Yılı %5,%50 ve %95 Aşılma Olasılıklarını Gösteren Makro Modülü Çizelgesi

Gün	Debi (m ³ /s)	% Aşılma Olasılığı: 100*(Gün No/(365+1))	Yüzde Tamsayı
344	0,63	93,98907104	93
345	0,54	94,26229508	94
346	0,54	94,53551913	94
347	0,54	94,80874317	94
348	0,54	95,08196721	95
349	0,54	95,35519126	95
350	0,54	95,6284153	95
351	0,54	95,90163934	95
352	0,54	96,17486339	96
353	0,47	96,44808743	96
354	0,47	96,72131148	96
355	0,47	96,99453552	96
356	0,47	97,26775956	97
357	0,47	97,54098361	97
358	0,47	97,81420765	97
359	0,47	98,08743169	98
360	0,47	98,36065574	98
361	0,40	98,63387978	98
362	0,40	98,90710383	98
363	0,40	99,18032787	99
364	0,40	99,45355191	99
365	0,40	99,72677596	99

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Mehmet BEŞİKTAŞ

Doğum Yeri ve Tarihi: Kartal - 1984

Lisans Üniversitesi: Süleyman Demirel Üniversitesi

Yayın Listesi:

Ağıralıoğlu, N., Cıgızoğlu, K., Yılmaz, L., Coşkun, H.G., Aksoy, H., Toprak, F., Eriş, E., Algancı, U., Andiç, G., Usta, G., **Beşiktaş, M.**, Ülken, İ., 2009. Akım ölçümleri olmayan akarsu havzalarında teknik hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi, İstanbul, *TÜBİTAK Sonuç Raporu*.