

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK VE DÜŞÜK AKIMLARIN MEVSİMSELLİĞİ
ORTA FIRAT HAVZASI UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜH. Aslıhan ALBOSTAN
(301051001)**

Programı: Enerji Bilimi ve Teknolojileri

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ

ARALIK 2007

ÖNSÖZ

Su yaşamımızın en temel kaynağıdır. Su kaynaklarının etkin ve verimli kullanımı insanlık tarihi boyunca önemini hiçbir zaman yitirmemiştir. Tarihte su için yapılmış savaşlar mevcut olmakla birlikte, su kullanım maksatları bakımından alternatifi olmayan bir kaynaktır. Bu çalışma, iklim değişiminin de etkisini gösterdiği günümüz koşullarında akımların mevsimsellik ölçütleri belirlenerek Orta Fırat Havza'sındaki Su kaynaklarının etkin kullanımına yardımcı bilgiler içermektedir. Türkiye'de daha önce böyle bir çalışma yapılmamış olup su kaynakları mühendisliği açısından verimli sonuçlara ulaşılmıştır. Beni böyle bir çalışmaya teşvik ederek, çalışmam süresince ilgisini, desteğini ve güler yüzünü benden esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Bihrat Önöz'e Mutluluğumu paylaşmada gündüz, kusurlarımı örtmede gece gibi olan sevgili aileme, çalışma boyunca bütün sorunlarda desteklerini ve ilgilerini benden esirgemeyip değerli vakitlerini bana ayıran, Yar. Doc. Dr. Burak Barutçu'ya, Müh. Serdal Erol'a Müh. Barış Altıparmak'a binlerce teşekkür az kalır

Aslıhan Albostan

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SUMMARY	x
1 GİRİŞ	1
2 KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3 YÖNTEM	5
3.1 Debi Süreklilik Çizgisi	6
3.2 Mevsimsellik Ölçütleri	7
3.2.1 Yönel Analiz Kullanılarak Mevsimsellik Analiz	8
3.2.2 Rölatif Frekanslar Kullanılarak Yapılan Mevsimsellik Analizi	9
4 UYGULAMA	11
4.1 Uygulama Bölgesi:	11
4.2 Çalışmada Kullanılan Veri:	14
4.3 Uygulama Sonuçları	16
5. SONUÇLAR	43
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	64

KISALTMALAR

H	: Homojen
HD	: Homojen Deęil
Jul Date	: Julian Date
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
DSİ	: Devlet Su İşleri İdaresi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1: İstasyonların Fiziksel Özellikleri	14
Tablo 4.2: İstasyonlara Ait İstatistik Veriler	14
Tablo 4.3: İstasyonların Mevsimsellik İndisleri	19
Tablo 4.4: İstasyonlar Arası Öklid Mesafeleri	36
Tablo 4.5: İstasyonlar Arası Havza Benzerliği	38
Tablo 4.6: İstasyonların Çeşitli Yüzdeleri İçin Hesaplanan d_2 Değerleri	40
Tablo 4.7: Rölatif Frekanslar Yönetimi ile Hesaplanan Homojenlik Tablosu	41
Tablo 4.8: Yüksek ve Düşük Akımlar İçin Ortak Homojenlik	42

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 4.1: Orta Fırat Havzası	13
Şekil 4.2: 2102 Numaralı Özgül Debi Süreklilik Çizgisi	16
Şekil 4.3: 2164 Numaralı İstasyonun Özgül Debi Süreklilik Çizgisi	17
Şekil 4.4: 2157 Numaralı İstasyonun Özgül Debi Çizgisi	17
Şekil 4.5: 2158 Numaralı İstasyonun Özgül Debi Süreklilik Çizgisi	18
Şekil 4.6: 2122 Numaralı İstasyonun Özgül Debi Süreklilik Çizgisi	18
Şekil 4.7: Mevsimsellik Uzayı	20
Şekil 4.8: %5 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği	21
Şekil 4.9: %25 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği	22
Şekil 4.10: %50 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği	22
Şekil 4.11: %75 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği	23
Şekil 4.12: %95 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği	23
Şekil 4.13: %95 Aşılma Olasılığı ve Altında Kalan Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği	24
Şekil 4.14: Bütün Yüzdeler İçin Mevsimsellik Grafiği	25
Şekil 4.15: 2102 Numaralı İstasyon Yüksek Akım Günlerinin Mevsimselliği	27
Şekil 4.16: 2164 Numaralı İstasyon Yüksek Akım Günlerinin Mevsimselliği	28
Şekil 4.17: 2157 Numaralı İstasyon Yüksek Akım Günlerinin Mevsimselliği	29

Şekil 4.18: 2158 Numaralı İstasyon Yüksek Akım Günlerinin Mevsimselliği	29
Şekil 4.19: 2158 Numaralı İstasyon Yüksek Akım Günlerinin Mevsimselliği	30
Şekil 4.20: 2102 Numaralı İstasyon Düşük Akım Günlerinin Mevsimselliği	31
Şekil 4.21: 2164 Numaralı İstasyon Düşük Akım Günlerinin Mevsimselliği	31
Şekil 4.22: 2157 Numaralı İstasyon Düşük Akım Günlerinin Mevsimselliği	32
Şekil 4.23: 2158 Numaralı İstasyon Düşük Akım Günlerinin Mevsimselliği	32
Şekil 4.24: 2122 Numaralı İstasyon Düşük Akım Günlerinin Mevsimselliği	33
Şekil 4.25: İstasyonların Mevsimsel İstatistiklerinin Coğrafi Görünümü	34
Şekil 4.26: İstasyonların Yüksek ve Düşük Akımlarının Mevsimsel İstatistiklerinin Coğrafi Görünümü	35

SEMBOL LİSTESİ

\bar{x}	: x rastgele değişkenin ortalaması
σ_x	: Standart sapma
C_{vx}	: Değişim katsayısı
C_{sx}	: Çarpıklık katsayısı
r	: Mevsimsel homojenlik parametresi
θ	: Akımın oluşma tarihinin açısal ifadesi
n	: Oluşan akım sayısı
d_s^{ij}	: Mevsimsel benzerlik mesafesi
f_k^i	: Ayarlanmış frekans değeri
d_2^{ij}	: Göreceli frekans benzerlik mesafesi

YÜKSEK VE DÜŞÜK AKIMLARIN MEVSİMSELLİĞİ ORTA FIRAT HAVZASI UYGULAMASI

ÖZET

Bu çalışmada esas olarak yüksek ve düşük akımların mevsimsellik analizi yapılmıştır. Yüksek ve düşük akımların yöntem içerisinde incelenmesinin en önemli sebebi ise, bu akımların karakterlerinin taşkın, hidroelektrik potansiyel ve kuraklık gibi su kaynakları işletiminin en temel unsurlarını oluşturmalarıdır. Mevsimsellik analizi sayesinde, bu akımların bölgesel olarak hidrolojik karakterleri arasındaki benzerlikler elde edilerek, genel bir işletme politikası ile birçok havza yönetilebilecektir.

Çalışma bölgesi olarak seçilen Fırat nehri, Murat kolundaki Elektrik İşleri Etüd İdaresi'ne ait 5 adet akım istasyonundan, 30 yıllık ölçülmüş günlük akım değerleri kullanılarak bu verileri işleyen bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Her bir istasyon için boyutsuzlaştırılmış debi süreklilik eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen eğrilerin belirli yüzdelere karşılık gelen akım değerleri tarihlerine göre ayrılmış ve bu ayrılan tarihler geliştirilen yeni bir yöntem uygulanarak debilerin ortalama oluşma süresi ve doğrultusu bulunmuştur. Hesaplanan mevsimsel istatistikler her istasyon için harita üzerine yerleştirilmiş ve ortalama oluşma tarihlerinin yönü sayesinde havzaların benzerlikleri belirlenebilecektir. Bu gözlenen benzerlik, istasyonlar arası hidrolojik benzerlik ile de ilişkilendirilip havzaların hidrolojik karakterleri hakkında da yorum yapılmasını sağlamıştır..

Bu tür bir çalışma, bugüne kadar Türkiye'de yapılmamış olup, çalışmanın sonuçları Su kaynakları mühendisliğini ilgilendiren projelerin geleceği açısından önem taşımaktadır.

SEASONALITY MEASUREMENTS OF LOW AND HIGH FLOWS

APPLICATION ON FIRAT CATCHMENT

SUMMARY

In this study mainly the seasonality measurements of high and low flows have been analyzed. High and low flow characteristics are observed in the method to form the main components of Water Resource Management such as; flood, hydroelectric potential and drought. By seasonality analyses, regional hydrological similarities shall be determined to manage many catchments with a common management policy.

In the study, a soft ware program has been prepared to manipulate the 30-yearred observed daily flow data's of General Directorate of Electrical Power Resources Survey and Development Administration's 5 observation station on the selected study area of Firat River, Murat Branch. Non-dimensional flow duration charts were get for every station. Flow duration chart were separated into specific percentages and their occurrence dates were pointed and the mean flow dates and their directions were observed by applying a new developed method.

Computed seasonality statistics of each station were figured on the map and the similarity between basins were observed by the directions of mean-occurrence dates. Due to the strict relationship between observed similarity and hydrological similarity; observed similarities provide to make a comment about hydrological similarities of basins.

In Turkey this kind of research has not studied yet and the results of the research will be useful for further projects in water resource engineering.

1 GİRİŞ

Su en önemli yaşamsal kaynaklardan biridir. 20. yüzyılda dünya nüfusu 19.yüzyıla oranla üç kata yakın artmasına rağmen, su kaynaklarının kullanımı altı kat artmıştır. Su krizinin, bir milyanın üzerindeki insanın sağlıklı içme suyuna yeterli erişim sağlayamaması ve dünya nüfusunun yarısının da yeterli su ve atık su altyapısına sahip olmaması şeklinde tanımlanacak olursa, önümüzdeki yıllarda tüm dünyada su krizinin kaçınılmaz olduğu açıktır. Hatta su sorununun yaşanmakta olduğu Ortadoğu'da, nüfusun büyüme oranı birçok ülkede %3'ü aşmakta, yeni nesil sayıca bir öncekini ikiye katlamaktadır. (Türkan,2005)

Bir ülkeye yağın yağışlarla beslenen su potansiyeli nüfusa bölündüğünde, kişi başına düşen, yıllık ortalama su miktarına ulaşılır. Ancak bir ülkedeki su potansiyeli, her zaman faydalanılabilir nitelikte değildir. Nehirleri düzensiz bir su akışına sahip olan ülkelerde toplam su potansiyeli ile faydalanılabilir su potansiyeli arasında önemli bir fark vardır. Türkiye'nin 779.425 km² lik yüzölçümünün 765.152 km² lik kısmı kara, 14.300 km² lik bölümü ise su ile kaplı yüzey oluşturmaktadır. (DSİ). Türkiye'de yıllık ortalama yağış miktarı 643 mm dir (DSİ). Su kaynakları bakımından sanıldığı kadar zengin bir ülke olmadığımız açıkça gözlenmektedir. İleri de bütün dünyayı bekleyen su krizi ülkemizi de etkileyeceği açıktır. İklim değişiminin önem kazandığı günümüzde su kaynaklarının verimli kullanımı ve akıllı politikalar ile işletilmesi gitgide daha da önem kazanmaktadır. Su kaynaklarının geliştirilmesi, işletilmesi, kullanımı ileride hem dünyamızı hem de ülkemizi tehdit edecek olan su krizi ile mücadelenin temel çözümü halini almıştır

Su aynı zamanda bir enerji kaynağıdır. Küresel ısınma tehdidiyle yenilenebilir birincil enerji kaynaklarının etkin kullanımı kalkınmanın sürdürülebilir kılınması açısından çok büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en önemli yeri olan hidroelektrik potansiyelden etkin olarak faydalanılamamaktadır. Su kaynaklarımızın verimli şekilde kullanılması, geleceğe yönelik su kaynakları sistemlerinin doğru şekilde planlanması ve işletilmesine bağlıdır.

Bunlara sera gazı emisyonlarının yarattığı küresel ısınma ile mevsimlerdeki değişimler de eklenince su kaynaklarımızın kullanımı için akıllı işletim politikaları geliştirmek büyük önem arz etmeye başlamıştır.

Ülkemizdeki mevcut su kaynaklarının verimli şekilde kullanılması, su kaynakları sistemlerinin geleceğe yönelik, doğru şekilde planlanması ve işletilmesine bağlıdır. Bu nedenle, su kaynaklarımıza ait verilerin doğru şekilde ölçülmesine ve doğru analizine ihtiyaç vardır. Su kaynakları yönetiminin birçok dalında düşük ve yüksek akımların güvenilir tahminlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut ölçümler ise özellikle ülkemizde yetersiz olup birçok akarsu havzasında ölçüm bulunmamaktadır. Bu nedenle mevcut ölçümlerden yararlanılarak tahminler yapılmaya çalışılmaktadır. Ayrıca bölgesel analiz ile de ölçüm olmayan havzalarda akım tahminleri yapılabilmektedir. Bölgeselleştirmenin asıl amacı havzaları yeterli benzerliklere sahip gruplara ayırarak akımların bölge içindeki aktarımını sağlamaktır. Yüksek ve düşük akım verilerinin klasik inceleme yöntemlerinin yanı sıra iklim değişiminin önem kazandığı günümüzde mevsimselliğinin incelenmesi birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır.

Görüldüğü üzere, ülkemizde ve dünyada mevcut ölçümlerin yetersizliği su kaynaklarının verimli kullanımı açısından, bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut ölçümlerden yararlanılarak havzalarda akım tahminleri yapmak giderek önem arz etmektedir. Bu konuda ülkemizde literatürde kaynak sıkıntısı olduğu açıkça gözlenmektedir.

Düşük akımlar kullanılarak, havza benzerlikleri üzerine dünyada değişik yöntemlerle uygulamalar mevcuttur. Bu çalışmada; Orta Fırat havzasında, Fırat Nehri'nin Murat kolu üzerinde günlük akımlar kullanılarak yüksek ve düşük akımların yıl içindeki mevsimselliği belirlenmiş olacaktır. Sonuçlar özellikle biriktirmesiz hidroelektrik tesislerin planlanmasında, işletilmesinde, kurulu güç belirlenmesinde, taşkın ve kuraklık analizinde, ayrıca havzada ölçüm olmayan noktalarda akımların tahmin edilebilmesinde, sulama gibi su kaynakları mühendisliğini ilgilendiren birçok projenin geleceği açısından önem taşımaktadır

2 KAYNAK ARAŞTIRMASI

Homojen alt bölgelerin belirlenmesi, mevsimsellik analizi ve bu yöntemler kullanılarak eksik verilerin tamamlanmasına ait yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan bir kısmı aşağıda özetlenmektedir. Ancak; bu çalışmada da uygulaması yapılmış olan debi süreklilik eğrisi üzerinden homojen alt bölgelerin oluşturulması ve mevsimsellik araştırılması ile ilgili dikkate değer bir çalışmaya rastlanamamıştır.

Düşük akımların mevsimsellik analizi ile ilgili az sayıda çalışma mevcut olup Schreiber ve Demuth (1997) , Güneybatı Almanya'da 10 günlük ortalama deşarj ölçümleri ile 169 havza için aylık akımlar için mevsimsellik araştırması yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda; uygulanan yöntemin bulunduğu bölgeden tahmin edilen veriler ile ölçülmüş veriler arasında yakın benzerlikler olduğu sonucuna varılmıştır

Homojen bölgelerin belirlenmesiyle ilgili Burn ve Goel (2000), taşkın frekans analizinde homojen bölgelerin L-momentleri kullanılarak belirlenebileceği ifade edilmiştir (Burn ve Goel, 2000).

Diğer bir çalışma düşük akımların bölgeselleştirmesi için Laaha ve Blöschl, tarafından 2006 yılında yapılmıştır. Avusturya 'da havza alanı 7-963 km² arasında değişen 325 havzada çalışma yürütülmüştür. Çalışmada 3 farklı mevsimsellik indisi ile düşük akımların bölgeselleştirilmesi yapılmıştır. Bu indisler; Düşük akımların aylık dağılımı, SI: düşük akımların ortalama zamanını gösteren mevsimsellik indisi, ve SR: yaz ve kış döneminin oranını oluşturan mevsimsellik indisidir. Düşük akım olarak zamanın % 95 'inde aşılacak debi esas alınmıştır. Çalışmada ilk olarak, bu üç indis karşılaştırılmıştır. Bölgesel örnekler bu üç indis ile hidrolojik olarak anlamlı sonuçlar vermiştir. İkinci olarak; bu üç indis kullanılarak havza alanı 2 ve 3 bölgeye ayrılmış ve her bölge üzerinde yapılmış bireysel regresyon analizi ile en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmanın sonucu olarak, havzalar üzerinde ayrı ayrı uygulanan regresyon analizi havzaların düşük akım karakteristiklerini göstermek için en uygun yöntem olarak bulunmuştur (Laaha G.ve Blöschl G. ,2003).

B. Yanık tarafından yapılan "Doğal Akışlı Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesinde Bölgesel Analiz Yaklaşımı" başlıklı doktora tez çalışmasında, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde seçilen örnek bir bölge üzerinde bölgesel debi süreklilik eğrisi elde edilmesine yönelik küme analizi uygulaması yapılarak ortaya çıkan sonuçlar doğal akışlı hidroelektrik santral potansiyelinin belirlenmesi için yorumlanmıştır (Yanık, Avcı,2004).

Mc Cuen ve Beighley'nin yaptıkları çalışmada Amerika'da Maryland bölgesinin doğu sahilinde ölçülmüş akım verileri kullanılarak 4 mevsimlik, mevsimsellik analizi yöntemini uygulayarak mevsimsel deşarjlar ile yıllık deşarjlar arasında çok büyük farklar olduğunu gözlemişlerdir. Buradan, ölçüm yapılmamış bölgelerdeki eksik verilerlileri tamamlamak için mevsimsellik analizinin daha güvenilir sonuçlar verdiği sonucuna ulaşmışlardır (Mc Cuen H. ve Beighley R. ,2003)

Burn (1997) Kanada'nın Saskatchewan, Manito bo bölgesinde 59 havza için taşkın analizinde, taşkınların mevsimsellik araştırmasını yapmış ve hidrolojik olarak benzerlik gösteren havzaları belirlemiştir. Bu çalışmada daha öncekilerden farklı olarak taşkınların büyüklükleri kullanılmamıştır.Ayrıca kullanılan yöntemin istasyonların dışında ölçüm olmayan benzer havzalarda mevsimsellik istatistiklerin tahmininde kullanılabileceğini belirtmiştir (Burn D. H. ,1997).

Quarda, Cunderlic, St-Hilaire , Barbet M. , Bruneau . ve Bobee . 2006 yılında Kanda Quebec bölgesinde yaptıkları çalışmada; üç farklı taşkın mevsimselliği bölgelendirme metodunu bir veri tabanı hazırlayarak incelemişlerdir. Sonuçlar, havza benzerliğinde kullanılan geleneksel bölgeselleştirme yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Bu güne kadar çeşitli amaçlar için, homojen bölgelerin belirlenmesine yönelik bir çok çalışma yapılmış olmasına rağmen debi süreklilik eğrisi üzerinde homojen alt bölgelerin oluşturulması ve mevsimsellik analizi üzerine yapılmış bir çalışmaya henüz rastlanmamıştır. Bu tür bir çalışma, bugüne kadar Türkiye'de yapılmamış olup, çalışmanın sonuçları Su kaynakları mühendisliğini ilgilendiren projelerin geleceği açısından önem taşımaktadır.

3 YÖNTEM

Bu çalışmada esas olarak yüksek ve düşük akımların mevsimsellik analizi yapılmıştır. Yüksek ve düşük akımların yöntem içerisinde incelenmesinin en önemli sebebi ise, bu akımların karakterlerinin taşkın, hidroelektrik potansiyel ve kuraklık gibi su kaynakları işletiminin en temel unsurlarını oluşturmalarıdır. Mevsimsellik analizi sayesinde, bu akımların bölgesel olarak hidrolojik karakterleri arasındaki benzerlikler elde edilerek, genel bir işletme politikası ile birçok havza yönetilebilecektir. Ülkemizdeki akım ölçümlerindeki yetersiz kalışı göz önünde bulundurulursa, bu yöntem su kaynaklarının etkin ve akıllı işletme politikalar ile yönetimi için faydalı sonuçlar verecektir.

Çalışma bölgesi olarak seçilen Fırat nehri, Murat kolundaki Elektrik İşleri Etüd İdaresi'ne ait 5 adet akım istasyonundan, 30 yıllık ölçülmüş günlük akım değerleri alınarak bu verileri işleyen bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Her bir istasyon için boyutsuzlaştırılmış debi süreklilik eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen eğrilerin belirli yüzdelere karşılık gelen akım değerleri tarihlerine göre ayrılmış ve bu ayrılan tarihler yeni bir yöntem uygulanarak debilerin ortalama oluşma süresi ve doğrultusu bulunmuştur. Bu ortalama oluşma süresinin x ve y koordinatları hesaplanarak bir eğri üzerine oturtulmuş ve eğriden elde edilecek sonuçlar ile istasyonlar arası benzerlik incelenmiştir. Hesaplanan mevsimsel istatistikler sayesinde debilerin değişkenliğinin ortalamanın tarihi üzerine etkisi belirlenerek havzaların benzerliğini hakkında fikir sahibi olunması sağlanmıştır. Bu amaçla havzaların mevsimsellik uzayında ayrımını yapabilmek için "Öklid" mesafeleri hesaplanmıştır. Bu mesafe değeri; havzaların hidrolojik karakter benzerlikleri hakkında fikir sahibi olmamızı sağlamaktadır

Öklid mesafelerine ek olarak, akımların aylık frekansları hesaplanmıştır. Frekansların aralıklarının aylık seçilmesinin en önemli nedeni, daha uzun ve kısa süreli zaman süreçlerinde akım karakterlerinin değişimlerinin gözlenememesidir. Aylık frekanslardan bağlı frekanslara geçilerek frekanslar temelinde oluşturulan yeni bir benzerlik katsayısı bulunmuştur. Öklid mesafesi ile karşılaştırılacak olan bu yeni

benzerlik katsayısı havza benzerliklerinin belirlenmesinde Öklid mesafesi ile kıyas sağlayarak daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu gözlenen benzerlik, istasyonlar arası hidrolojik benzerlik ile de ilişkilendirilip havzaların hidrolojik karakterleri hakkında da yorum yapılmasını sağlamıştır.

3.1 Debi Süreklilik Çizgisi

Debi, bir akarsuyun belirli bir kesitinden birim zamanda geçen suyun hacmidir. Debi süreklilik çizgisi ise belli bir istasyondaki günlük, haftalık, aylık (veya bir başka zaman aralığı) akımların miktarı ve frekansı arasındaki ilişkidir ve belli bir zaman aralığı boyunca verilmiş akım değerine eşit olduğu veya aşıldığı zaman yüzdesini göstermektedir. Eldeki bir debi gidiş çizgisinden faydalanılarak debinin belli bir değere eşit ya da ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanıp düşey eksene debiler, yatay eksene zaman yüzdeleri taşınırsa debi süreklilik çizgisi elde edilir. Debi süreklilik çizgisini elde ederken gün, hafta, ay, yıl gibi değişik zaman birimlerindeki debilerle çalışılabilir. Zaman biriminin seçimi eğrinin kullanım amacına bağlıdır. Debinin geçtiği kesit alanına bölünmesi ile elde edilen debi “özümlü debi” ‘dir. Çalışma bölgesindeki havzaların büyüklüklerinin birbirinden farklı olduğu göz önünde bulundurulursa; özümlü debiler kullanılarak elde edilen debi süreklilik eğrisi üzerinde çalışmak, havzaların karşılaştırılmasında daha verimli sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Debi süreklilik eğrisi, bir akarsuda belirli bir zaman yüzdesinde debinin bulunma olasılığını göstermektedir. Akarsu üzerindeki yıldan küçük zamandaki akımlar istatistik olarak zamanla değişen bir süreç gösterirler. Bu sebeple, ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı gibi istatistik özellikleri zamanla değişkendir. Bu nedenle, günlük akım değerlerinin belirli bir değeri aşma olasılığı yıl içinde bulunan güne bağlıdır.

Debi süreklilik eğrisi üzerinde, aşılma olasılıkları %0-%5’ arasında kalan bölge ve üzerinde kalan debi değerleri çok yüksek olmasına rağmen zamanın çok küçük bir döneminde meydana gelmektedir. Zamanın düşük bir yüzdesinde oluşması sebebiyle, akımların oluşma tarihleri düzenli bir davranış sergileyebilmektedir. Bu bölgedeki akımlar, taşkın analizlerinde kullanılabildikleri gibi günümüzde biriktirmesiz hidroelektrik santrallerinin kurulu güç hesaplarında kullanılabilmektedir. Bu

bölgeden hesaplanan kurulu güçler çok yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Ülkemizin enerji gereksinimi göz önünde bulundurulduğunda, zamanın çok küçük bir kısmında da olsa bu büyük güçlere ulaşmak günümüzde projelendirilen tesislerde daha çok tercih edilmektedir.

%5-%95 arasında kalan ikinci bölgede ise akımlar ilk bölgeye göre daha kararlı davranış sergilemektedir. Zamanın büyük bölümünde oluşan bu bölgede akım karakterleri birinci bölgeye göre daha kararlı fakat zaman içindeki dağılımı daha değişkendir.

Zamanın %95 i ve %95'inden küçük debilerin oluşturduğu 3. kısım ise; yüzey altı depolama, yeraltı suyu ve kuraklık analizlerinde kullanılan bölgedir. Bu bölgede akımların karakterlerinde havzanın jeolojik yapısı da çok etkili olmaktadır ve hidroelektrik santrallerin güvenilir enerji miktarının belirlenmesinde bu bölgedeki akımlar kullanılabilir.

Görüldüğü üzere; debi süreklilik eğrisinin su kaynakları mühendisliği açısından çok çeşitli kullanımları mevcuttur. Belirli uygulama bölgesi üzerinde bölgeselleştirme yapılırken debi süreklilik eğrisi üzerinden çalışmanın daha verimli sonuçlar vereceği söylenebilir.

3.2 Mevsimsellik Ölçütleri

Akımların oluşum tarihleri ve düzenliliği havzaların hidrolojik karakterlerindeki benzerliğin de göstergesidir. Akımların, oluşma zamanlarında meydana gelen mevsimsel davranışlar aynı zamanda havzaların fiziksel, coğrafik ve meteorolojik karakterlerinin de benzerliği olarak yorumlanmaktadır. Bu benzerliğe sahip havzalar, aynı zaman diliminde gelen akımlara karşı benzer özellikler göstermektedir. (Burn, 1997).

Ölçüm verilerindeki eksiklerin su kaynakları yönetiminde problem olduğu günümüzde bu benzerlikler eksik verilerin tamamlanması ve benzer havzaların incelenmesi açısından çok verimli sonuçlar doğurmaktadır.

3.2.1 Yönsel Analiz Kullanılarak Mevsimsellik Analiz

Belirli aşılma olasılıklarına sahip akımların tarihlerinin belirlenecek olursa; bu tarihlerin radyan cinsinden açısal değeri hesaplanabilir. Ocak 1. gün, 31 Aralık 365. gün kabul edilerek, akımın oluşma tarihinin açısal değeri;

$$\theta = (JULDATE)_i \times \frac{2 \times \pi}{365} \text{ olarak hesaplanır.} \quad (3.1)$$

Burada θ ; herhangi bir akımın oluşma tarihinin radyan cinsinden açısal değeridir. Akım tarihi birim uzunlukta ve θ yönünde vektöre çevrilebilir. Birim vektörün x ve y koordinatları n sayıda akım için;

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \cos(\theta_i) \quad (3.2)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \sin(\theta_i) \quad (3.3)$$

formülleriyle hesaplanır.

Bu koordinatlardan akım tarihlerinin ortalama yönleri

$$\bar{\theta} = \arctan\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right) \quad (\text{Kartezyen koordinat düzleminin 1. ve 4. bölgesi için: } x > 0) \quad (3.4)$$

$$\bar{\theta} = \arctan\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right) + \pi \quad (\text{Kartezyen koordinat düzleminin 2. ve 3. bölgesi için: } x < 0) \quad (3.5)$$

$\bar{\theta}$ değeri tekrar güne çevrilecek olursa;

$$MD = \bar{\theta} \times \frac{365}{2 \times \pi} \quad (3.6)$$

Burada MD akımların ortalama tarihlerini gösteren gündür. MD değerleri benzer olan havzalar diğer hidrolojik karakterler açısından da benzer davranışlar gösterdiği söylenebilir. Ortalama günler, havzanın boyutuna ve bulunduğu coğrafik bölgeye bağlıdır. Örneğin; kar erimelerinden dolayı meydana gelecek taşkın olayları yüksek akımların ortalama günlerine bakılarak önceden tahmin edilebilir. Ayrıca bu tahmin benzer MD'lere sahip diğer bölgeler içinde geçerli olmaktadır.

n adet akımın; ortalama değer etrafındaki değişkenliği ise;

$$\bar{r} = \sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2} \quad (3.7)$$

formülü ile hesaplanılabılır.

Burada r verinin ortalama günler etrafında saçılmasının boyutsuz bir ölçüsüdür. r değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. r değerinin 1'e eşit olması akımların aynı günler içerisinde meydana geldiğini göstermektedir. Bu nedenle 1'e yaklaşan r değerlerine sahip akımlar oluşma zamanları açısından düzenlilik göstermektedir. r değerinin 0'a yakınsaması ise, akımların oluşma günleri arasındaki düzensizliğin bir göstergesidir.

Yukarıda anlatılan mevsimsellik uygulaması aynı zamanda havzalar arasındaki farklılığının hesaplanması içinde bir yöntem oluşturmaktadır. Bu yöntem ile havzaların mevsimsellik uzayındaki dağılımın ölçüsünü gösterecek nümerik bir değer elde edilebilir. Bu değer;

$$d_i^{ij} = \left[(\bar{x}_i^2 + \bar{x}_j^2) + (\bar{y}_i^2 + \bar{y}_j^2) \right]^{0.5} \quad (3.8)$$

formülüyle hesaplanabilmektedir. Bu ifade iki havza arasındaki "Öklid" mesafesini göstermektedir. d_s^{ij} değerinin küçük olması havzalar arasındaki benzerliği göstermektedir. Bu değer ne kadar küçükse karşılaştırılan iki havza akımların davranışları bakımından özellikleri o kadar fazladır.

3.2.2 Rölatif Frekanslar Kullanılarak Yapılan Mevsimsellik Analizi

Akımların oluşma günlerinin takvim aylarına göre kümelenmesi daha detaylı mevsimsellik araştırmasına temel oluşturabilmektedir. Seçilen aralık 1 ay olmalıdır zira; daha kısa zaman aralıklarında taşkın rejimlerinin düzenliliği azalım göstermekte daha uzun aralıklar kullanıldığı takdirde ise, tipik bir ayırt etme gözlenememektedir (Cunderlik ve Burn , 2002).

Bu yöntemde; akımların oluşma günleri aylar içinde gruplanarak; her bir ay için rölatif frekanslar hesaplanmıştır. Mardia'nın 1972 yılında yaptığı çalışmaya göre; bir yıl 360 gün kabul edilerek daire üzerinde her 1 derece 1 güne karşılık gelmektedir. Bunun sonucu olarak; aylık frekansları üzerinde yeniden bir düzeltme yapılması gerekmektedir. Bunun için gözlenmiş frekanslar 31 günlük aylar için 30/31, Şubat ayı için ise (normal ya da artık yıl olmasına bağlı olarak) 30/28 veya 30/29 katsayıları ile çarpılarak 365 günlük bir yıl 360 güne indirgenecektir. Bu durumda

orijinal frekansların (f_i) toplamı (s) düzenlenmiş frekansların (f'_i) toplamı (s')'ne eşit olmayacaktır. Bu eşitliği sağlamak için;

$$\sum_{i=1}^{12} f'_i = \sum_{i=1}^{12} f_i \left(\frac{s}{s'} \right) \quad (3.9)$$

formülü kullanılmaktadır.

Taşkın veya yağmur oluşumunu gösteren 12 aylık bağlı frekans değeri yıl içi mevsimsellik değerinin belirlenmesi için kullanılabilir. Bunun ötesinde, bu tarz rejim tanımlayıcıları hidrolojik olaylara uygulanacak modeller için değişkenlik göstermemektedir (Cunderlic v.d. 2006).

Veri kümesi içerisinde iki havzanın (i ve j) benzerliği ölçülürken; hesaplanmış 12 düzenlenmiş frekanslar kullanılarak

$$d_2 = \sqrt{\sum_{k=1}^{12} (f_k^i - f_k^j)^2} \quad (3.10)$$

İfadesi kullanılır. Buradaki "f"ler düzenlenmiş frekans değeridir. Öklid mesafesine benzer şekilde "d₂" değeri ne kadar küçük ise havzalar hidrolojik karakter bakımından birbirine o kadar benzerdir.

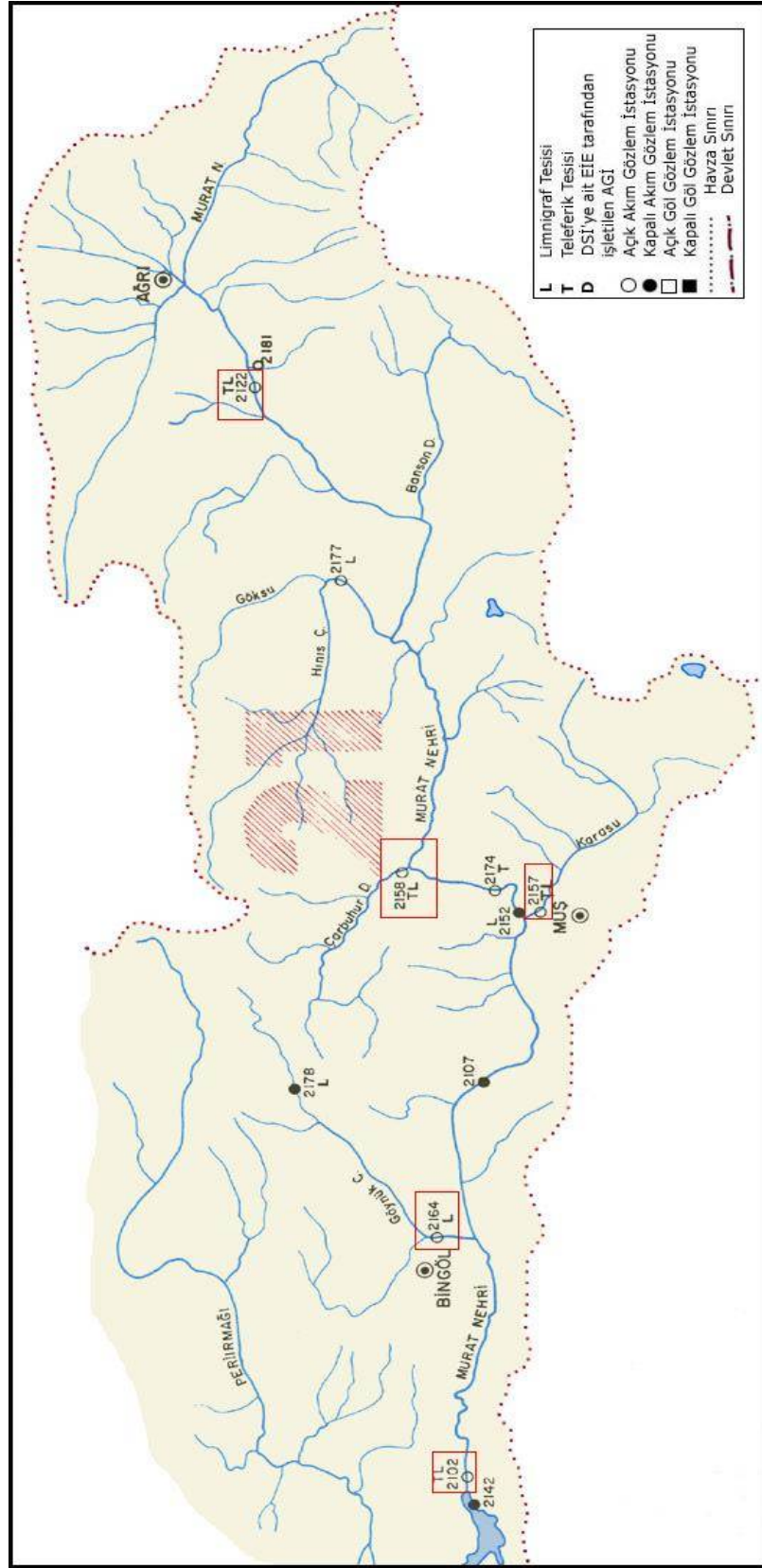
4 UYGULAMA

Yukarda tanımlanan yöntemler Fırat nehrinin Murat kolunda bulunana Elektrik İşleri Etüt İdaresine ait akım gözlem istasyonlarında ölçülmüş günlük akımlara uygulanmıştır. Mevsimsellik ölçütlerinin belirlenmesinde kullanılan iki yöntem sayesinde, havzaların mevsimselliğe göre benzerliği sağlama ile belirlenecektir. Benzerliğin belirlenmesinde hem “Öklid” mesafesi hem de “rölatif frekanslar ile hesaplanan benzerlik kullanılarak iki türlü benzerlik hesaplaması yapılacaktır. Havzaların benzerliği, su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmalarında tek bir politika uygulanabilmesi kadar ölçüm olmayan havzalar hakkında da fikir sahibi olmamızı sağlayabilecektir.

4.1 Uygulama Bölgesi:

Fırat nehrinin kolları olan Murat Irmağı ile Karasu, Keban İlçesinin kuzeyinde birleşir. Bu noktadan sonra oluşan Fırat Nehri, önce güneybatı yönünde akar. Toplam uzunluğu 2.800 km.dir. Murat ile Karasu gibi iki büyük kolun birleşmesiyle oluşan Fırat, Türkiye'nin en uzun akarsuyudur. Murat Nehri, kaynağını Aladağ'lardan alır. Malazgirt ve Muş ovalarından geçerek batıya yönelir ve Palu yakınlarında Keban Baraj gölüne ulaşır. Erzurum yakınlarındaki dağlardan inen birçok kolun birleşmesiyle oluşan Karasu, Fırat'ın asıl kolu sayılır. Batıya doğru akıp Erzincan Ovası'na giren Karasu, Tunceli çevresindeki derin boğazlardan geçerek, Keban Baraj gölüne dökülür. Keban Barajı yapılmadan önce Murat ve Karasu, Elazığ'ın kuzeybatısında doğrudan birleşiyordu. Şimdi, her biri baraj gölüne ayrı ayrı dökülmektedir. Türkiye'deki akarsular içinde en fazla suyu Fırat taşır. Fırat, aynı zamanda Türkiye'nin en önemli hidroelektrik enerji üretim kapasitesine sahiptir. Atatürk, Keban ve Karakaya gibi, ülkemizin en büyük barajları ile hidroelektrik santralleri bu akarsuyumuz üzerinde kurulmuştur. Murat Nehri (*Murat Suyu* veya *Murat Irmağı*), Doğu Anadolu'da Fırat ırmağının iki kolundan uzun olanıdır. Uzunluğu 722 km'dir. Van Gölü'nün kuzeyinde Aladağ'dan ve Muratbaşı Dağı'ndan çıkan kolların birleşmesiyle oluşur. Ağrı (Karaköse) şehri

yakınlarında Eleşkirt yöresinden gelen kolları aldıktan sonra güneybatıya doğru akarak Malazgirt Ovası'na gelir. Bingöl Dağları'ndan inen Hınıs Suyu'nu aldıktan sonra sert dirsekler çizerek Muş Ovası'na kuzeyden girer ve burada Nemrut Dağı'ndan gelen Karasu'yu alır. Batıya doğru akarak dar boğazlardan ve Palu önünden geçer. Soldan Elazığ'ın Ulu Ovası'ndan gelen Harinket Suyu'nu ve sağdan da Tunceli'nin Munzur-Peri Suyu'nu (en önemli kol) alarak Keban yakasında Fırat'ın öteki kolu Karasu ile birleşir. Murat nehrinin Palu İlçesi civarında Keban Baraj Gölü'ne karıştığı noktaya kadar olan uzaklığı yaklaşık 500 Km.dir. 42.000 km²'lik akaçlama havzasıyla, Fırat'ın en önemli koludur. Murat Nehri üzerinde ve kollarında Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından işletilen 4 tanesi kapalı, 8 tanesi açık toplam 12 tane akım gözlem istasyonu bulunmaktadır.



Şekil 4.1: Orta Fırat Havzası

4.2 Çalışmada Kullanılan Veri:

Çalışmada; Murat Nehri üzerindeki 2102, 2122, 2157, 2158, 2164 numaralı akım gözlem istasyonlarında, 1970-2003 yılları arasındaki 33 yıllık günlük akım verileri EİE'den temin edilmiştir. Kullanılan veriler aynı zaman dilimi içinde bulunup istasyonlarda eksik veri bulunmamaktadır. Bunun yanında; istasyonların yağış alanlarının birbirinden çok farklı olmasından dolayı, debi süreklilik eğrileri elde edilirken ölçülmüş akımlar havza alanlarına bölünerek özgül debiler ile debi süreklilik eğrileri elde edilip karşılaştırmalar alandan bağımsızlaştırılarak yapılmıştır.

Tablo 4.1: İstasyonların Fiziksel Özellikleri

İstasyon adı	İst. No.	Yağış Alanı (km ²)	Kot (m)
Murat S- Palu	2102	25514,6	859
Göynük Ç- Kahta	2164	2232	998
Karasu-Karaköprü	2157	2098,4	1250
Bingöl Ç.- Abdurrahman Paşa K.	2158	1577,6	1310
Murat-Tutak	2122	5882,4	1552

Tablo 4.2: İstasyonlara Ait İstatistik Veriler

İst. No	max. Deb (m ³ /s)	min. deb. (m ³ /s)	Ortalama μ	Standart Sapma σ	Çarpıklık Katsayısı C_{sx}	Değişim Katsayısı (C_v)
2102	3291	6,36	530,08	582,04	1,392	1,09
2102	3291	6,36	530,08	582,04	1,39	1,09
2164	639	0,45	69,35	99,07	2,46	1,43
2157	440	0,25	55,94	73,99	2,34	1,32
2158	338	1,30	40,98	49,05	2,14	1,97
2122	688	1,97	104,19	127,87	1,80	1,23

Yukarıdaki Tablo 4.2'de görüldüğü üzere en yüksek debi (3291m³/s) 2102, en düşük debi ise (338 m³/s) 2158 numaralı istasyondan geçmektedir. 2102 numaralı istasyon Keban barajının hemen girişinde yer almasından dolayı en yüksek akım değerleri buradadır. Gene tablodan açıkça görüleceği üzere, istasyonların en büyük ve en küçük akımları arasındaki fark çok büyüktür. Bu durum, bu bölgelerde kurulacak su

kaynakları sistemlerinin planlama çalışmalarında mevsimselliğin önemini açıkça göstermektedir. Örneğin, bölgede kurulacak nehir tipi hidroelektrik santralinin gücü belirlenirken bu gücün hangi zaman aralığında gelecek debiye göre seçileceği, ülkemizin enerji gereksiniminin karşılanması için oluşturulan genel enerji politikasını da etkilemektedir.

Mevsimsellik araştırması yapılırken Murat Nehri'nin seçilmesinin en önemli nedeni, Fırat Nehri'nin en uzun kolu olmasına rağmen bölgede henüz bir hidroelektrik santral kurulmamış olmasıdır.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından Şubat 2007'de yayınlanan rapora göre, 300MW, 293MW, 20MW kurulu güçlere sahip sırasıyla; Beyhan Kaleköy Palu hidroelektrik santral projeleri ilk etüde çalışmaları hazır olanlardandır (EİE, 2007).

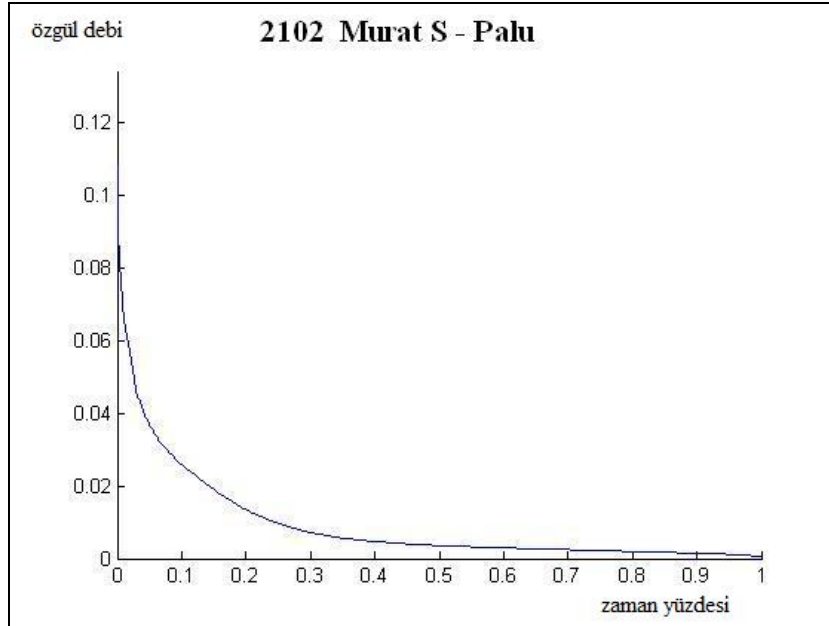
İstasyonların akımlarının ortalamaları ve standart sapmaları ise değişim göstermektedir. Genel olarak, standart sapmanın küçük olması; ortalamadan sapmaların az olduğunun, büyük olması ise; ortalamadan sapmaların çok olduğunun ve değişkenliğin göstergesidir. İstasyonların çarpıklık katsayılarının hepsi pozitifdir ve bu istasyonların akımların dağılımlarının sağa çarpıklığının bir göstergesidir. Değişim katsayısı ise; birimleri farklı olan değişkenlerin yayılmalarını karşılaştırmak için değişim katsayıları kullanılabilir. Değişim katsayısı, standart sapmanın ortalamaya oranının yüzde olarak ifadesidir. Kısaca Cv ile gösterilir. Değişim katsayısı, genellikle ölçüm doğruluğunu test etmek için kullanılır. Değişim katsayısının 1'den büyük olması debilerin büyük değişkenliğe sahip olduklarının bir göstergesidir.

4.3 Uygulama Sonuçları

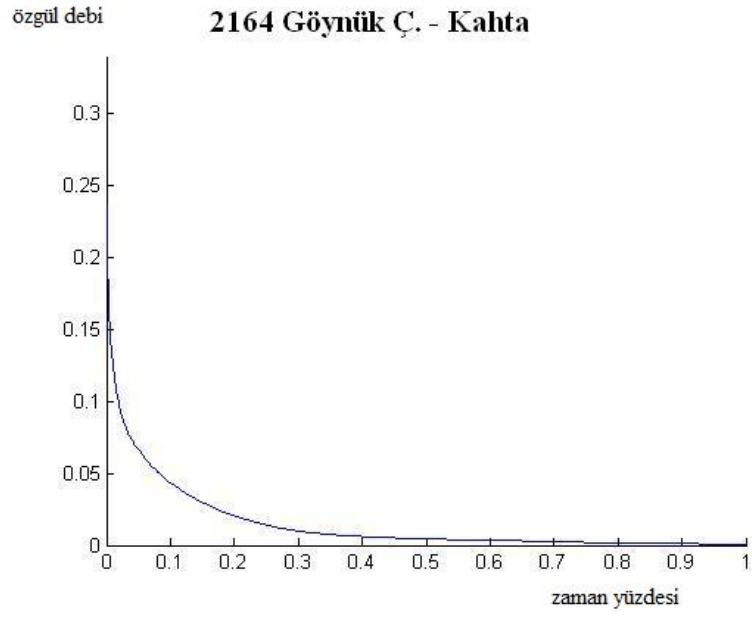
Çalışmada EİE 'den temin edilen 2102, 2122, 2157, 2158, 2164 numaralı istasyonlarının günlük akım verileri kullanılarak bölgesel debi süreklilik eğrisi elde edilmiştir. Havza alanının mevsimsellik üzerinde bir etkisi olmadığı düşünülerek, istasyonların akım değerleri drenaj alanlarına bölünerek her bir istasyon için boyutsuzlaştırılmış özgül debi süreklilik eğrisi elde edilmiştir.

Özgül debi süreklilik eğrisi üzerinden, su kaynakları sistemlerinin planlama ve işletimi için önemli bölümlerini oluşturan belirli aşılma yüzdeleri ve üzerinde kalan bölümler üzerinde mevsimsellik uygulaması yapılmıştır.

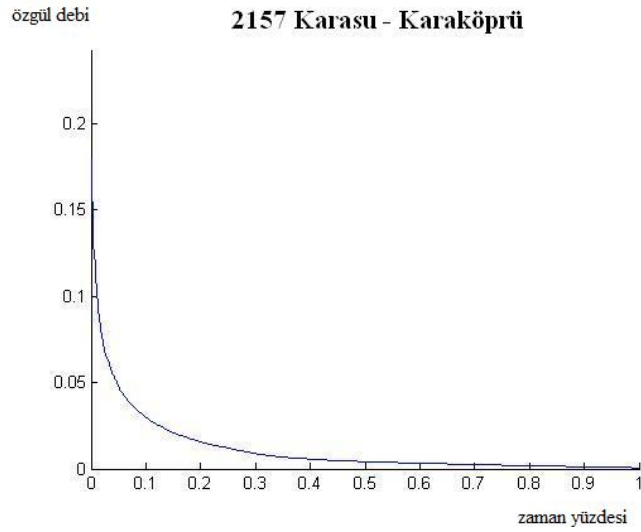
İstasyonların debi süreklilik eğrileri (4.2)- (4.6) numaralı şekillerde görülmektedir



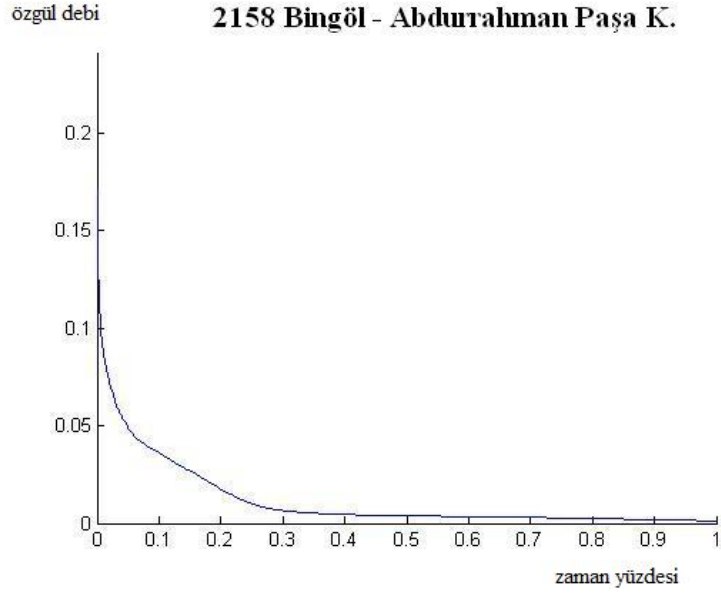
Şekil 4.2: 2102 Numaralı Özgül Debi Süreklilik Çizgisi



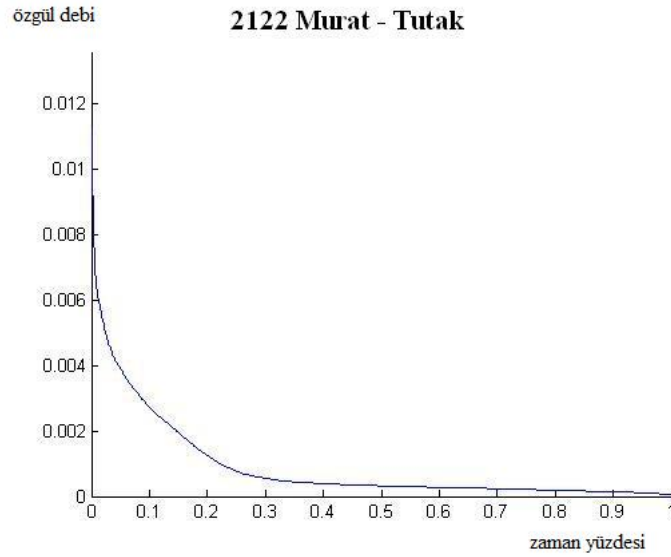
Şekil 4.3: 2164 Numaralı İstasyonun Özgül Debi Süreklilik Çizgisi



Şekil 4.4: 2157 Numaralı İstasyonun Özgül Debi Çizgisi



Şekil 4.5: 2158 Numaralı İstasyonun Özgül Debi Süreklilik Çizgisi



Şekil 4.6: 2122 Numaralı İstasyonun Özgül Debi Süreklilik Çizgisi

Bu eğrilerden, % 5, %25, %50, %75, %95 aşılma olasılıklarının üstünde kalan debi değerleri ile %95 aşılma olasılığının altında kalan debi değerleri inceleme altına alınmıştır. %5 aşılma olasılığının üzerinde kalan debiler yüksek akımların incelenmesinde önemli rol oynarken %95 aşılma olasılığının altında kalan debiler ise, düşük akımların karakterini belirlemek açısından önemlidir. Diğer aşılma olasılıkları ise, su kaynakları planlama ve işletim politikalarında önemli görülebilecek yüzde

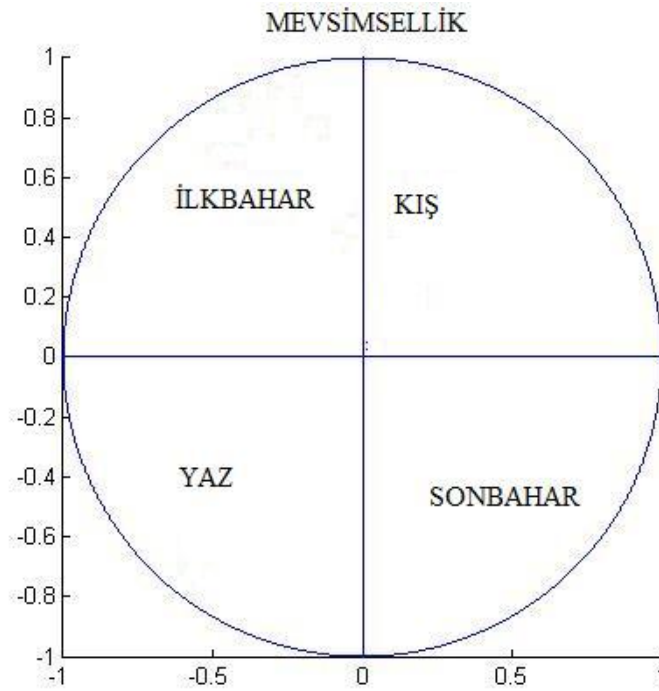
değerleri olduğu için inceleme altına alınmıştır. Mevsimsellik incelemesi altında, bütün bu yüzdelerin incelenmesi karşılaştırma açısından daha anlamlı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Bu debi değerlerinin tarihleri belirlemek, akımların yıl içindeki dağılımlarını gözlemek açısından önemlidir. İstasyonlardaki debi süreklilik eğrilerinden okunan belirli aşılma yüzdelerine karşılık gelen akımların mevsimsellik indisleri (3.1) -(3.6) numaralı formülle hesaplanarak Tablo 4.3' te gösterilmiştir.

Tablo 4.3: İstasyonların Mevsimsellik İndisleri

İST. NO.	ASILMA OLASILIĞI	x	v	Ø	MD	r
2102	5%	-0.35009	0.889141	1.945891863	113.0399	0.955580001
	25%	-0.34282	0.746267	2.001419765	116.2656	0.821242084
	50%	-0.02431	0.445483	1.62530815	274.4167	0.446145352
	75%	0.111207	0.227666	1.116419144	64.85452	0.253374456
	95%	0.02886	0.039446	0.939151018	54.55674	0.04887604
	%95'İN ALTINDA	-0.54639	-0.74681	4.080743671	237.0567	0.925349737
2164	5%	-0.27234	0.859035	1.877802687	109.0845	0.90117149
	25%	-0.18679	0.73825	1.818618947	105.6464	0.761515383
	50%	0.119261	0.466965	1.320745816	76.72418	0.481954252
	75%	0.178893	0.22597	0.901157781	52.34966	0.28820975
	95%	0.029112	0.037012	0.904302227	52.53232	0.047089128
	%95'İN ALTINDA	-0.56514	-0.6885	4.025073548	233.8228	0.890735371
2157	5%	-0.22947	0.916818	1.816050058	105.4972	0.945099461
	25%	-0.16363	0.755936	1.7839683	103.6335	0.773443471
	50%	0.113484	0.448466	1.322948941	76.85216	0.462601846
	75%	0.184819	0.20879	0.846222033	49.15835	0.278839313
	95%	0.036081	0.032093	0.726968636	42.23074	0.048288769
	%95'İN ALTINDA	-0.67966	-0.60454	3.868561289	224.7307	0.909618467
2158	5%	-0.43544	0.833345	2.052297426	119.2211	0.940250976
	25%	-0.44168	0.678994	2.147517952	124.7527	0.810009055
	50%	-0.07186	0.394626	1.750914567	101.7133	0.401115247
	75%	0.09966	0.231788	1.164730991	67.66103	0.25230443
	95%	0.02751	0.039412	0.961396334	55.84901	0.04806357
	%95'İN ALTINDA	-0.52033	-0.74396	4.102062775	238.2952	0.907869051
2122	5%	-0.43464	0.850328	2.043321628	118.6997	0.95497193
	25%	-0.48308	0.691345	2.18068966	126.6797	0.843402494
	50%	-0.10491	0.35704	1.856580259	107.8516	0.372133874
	75%	0.06831	0.172915	1.194566321	69.39421	0.185919159
	95%	0.030183	0.033251	0.833727348	48.43252	0.044906485

Tablo 4.3'te gösterilmekte olan x ve y değerleri akımların günlerinin radyan cinsinden değerinin Kartezyen düzlemdeki koordinatlarını göstermektedir. Bu koordinatlar; Kartezyen düzlemin merkezine oturtulan birim çember üzerine yerleştirilirse akımların günlerinin çember üzerinde denk geldiği bölgeye bakarak mevsimselliği görülebilir. Ayrıca; çember üzerindeki kümelenmeden farklı istasyonların aynı yüzdeler dilimlerde benzer koordinatlara sahip olduğu gözlenebilmektedir.

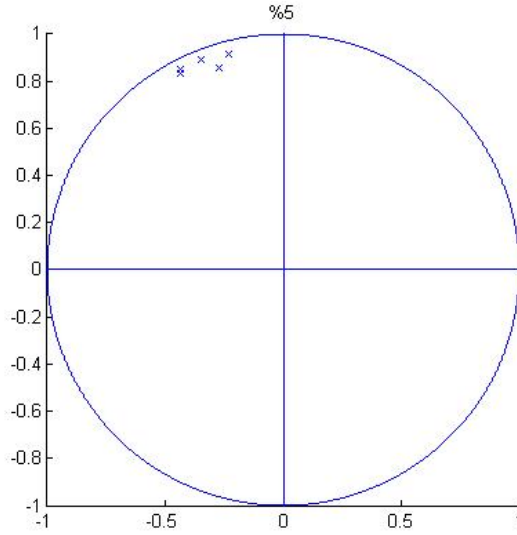
Şekil 4.7'de Kartezyen koordinat düzlemi merkezine oturtulan birim çember, her bir derece bir güne karşılık gelecek şekilde hesaplanırsa; yılın ilk 3 ayı kış mevsimi olacak şekilde Kartezyen düzlemin 4 bölgesi yaklaşık olarak 4 mevsimi temsil edecek şekilde düzenlenmiştir



Şekil 4.7: Mevsimsellik Uzayı

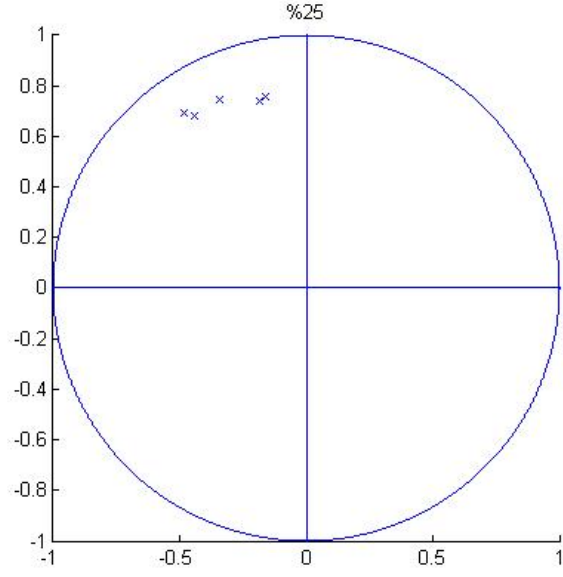
Akımların aynı zaman dilimi içerisinde oluşması, yani benzer mevsimsellik özelliği göstermesi, havzaların hidrolojik olarak da benzer davranışlar göstermesinin bir kanıtıdır. Mevsimsellik uzayı üzerinde akımların hangi zaman dilimi arasında kümелendiği rahatça gözlenebilmektedir. Aynı bölgede kümelenme bizlere hidrolojik karakter benzerliğinin yanı sıra, akımların neden o bölgede kümелendiği hakkında da fikir yürümemizi sağlayabilmektedir.

Belirli aşılma yüzdelerine karşılık gelen akımların mevsimselliğinin daha özgün karşılaştırılması açısından, her bir yüzde için ayrı ayrı grafikler elde edilmiştir. Mevsimsellik uzayı incelemesi bütün yüzdeler için yapılmış ve her bir yüzde de istasyonlara ait akım günlerinin belirli belgede kümелendiği gözlenmiştir. Bu kümelenme (4.8)-(4.14) numaralı şekillerde gösterilmektedir.

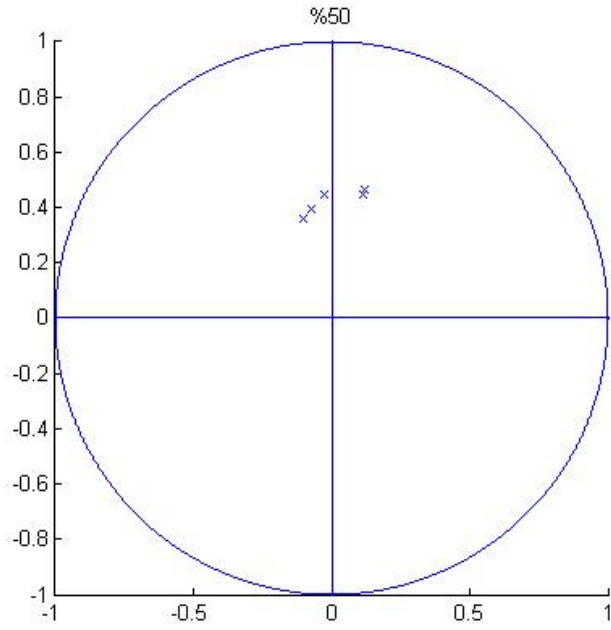


Şekil 4.8: %5 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği

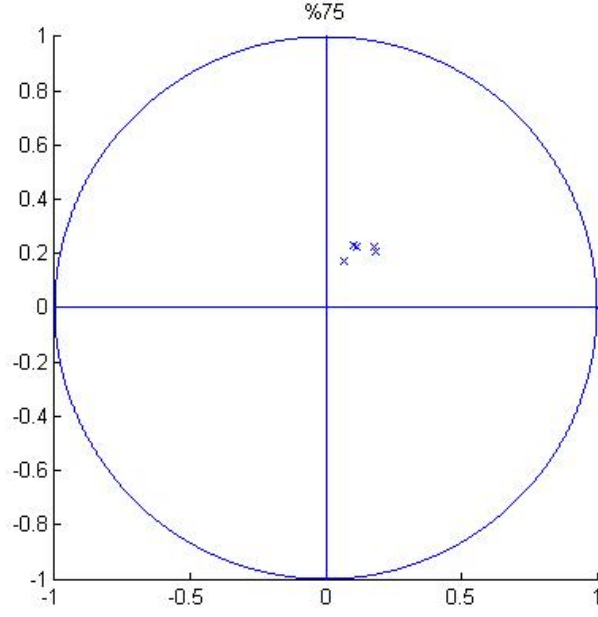
Yüksek akımları temsil ettiği kabul edilen %5'lik zaman yüzdesi ve üzerinde kalan bölgedeki akımlar 90.(Mart 30) gün ve 180.(Mayıs 30) gün arasında yani ilkbahar döneminde yoğunlaştığı açıkça gözlenmektedir. Bu yoğunlaşmaya ilkbahar dönemindeki kar erimelerinin sebebiyet verdiği düşünülebilir. Erimenin zaman içerisinde erken veya geç olması ise, istasyonların kotları ile ilgilidir. Düşük kotlarda yer alan istasyonlarda kar erimleri daha erken olacaktır.



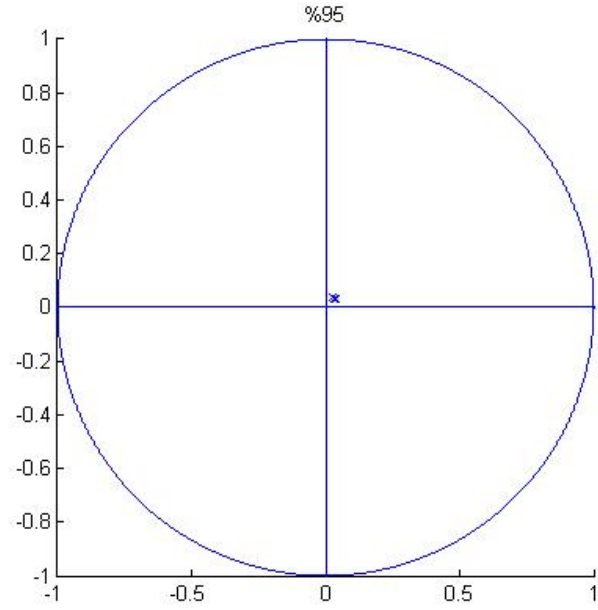
Şekil 4.9: %25 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği



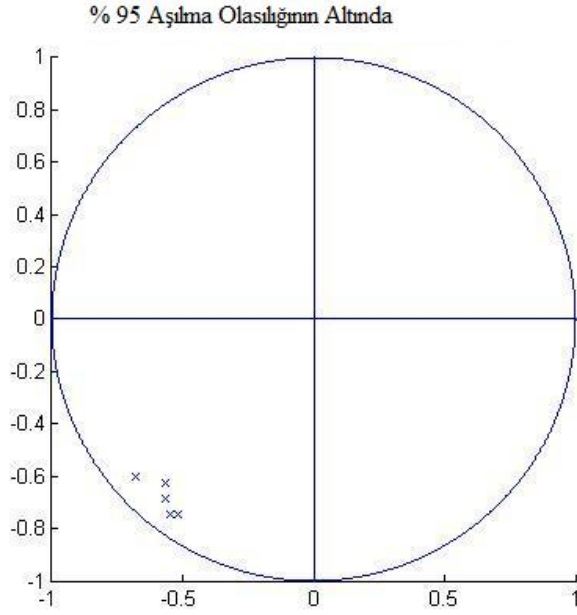
Şekil 4.10: %50 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği



Şekil 4.11: %75 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği



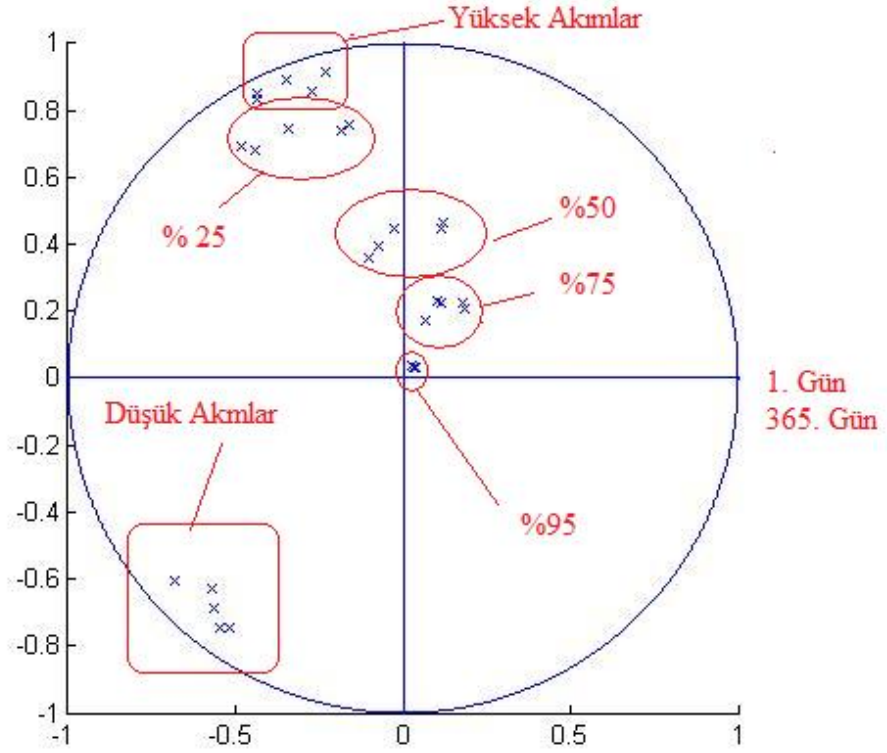
Şekil 4.12: %95 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği



Şekil 4.13: %95 Aşılma Olasılığı ve Altında Kalan Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği

Gene aynı şekil üzerinden; 180. (Mayıs 30) gün ve 270. (Ağustos 30) günler arasında kalan %95'lik aşılma olasılığının altında kalan düşük akımların ise yaz döneminde yoğunlaştığı gözlenmektedir. Bu grafikte; düşük akımların kümелendiği zaman bölümü havzaları en kurak zamanlarını göstermektedir.

Şekil 4.14 ise, bütün istasyonlardan elde edilen debi süreklilik eğrisinin %5, %25, %50, %75, %95 aşılma olasılıklarının üzerinde kalan ve %95 aşılma olasılığının altında kalan bütün yüzdeler tek bir düzlem üzerinde gösterilmiştir. Bu bütün gösterim; belirli aşılma olasılıklarına sahip akımların kendi içlerinde büyük oranda mevsimsellik davranışını görmemizi sağlamaktadır.



Şekil 4.14: Bütün Yüzdeler İçin Mevsimsellik Grafiği

Mevsimsellik grafikleri üzerinde akımların tarihlerinin merkeze veya kenara yakınlığı (3.7) formülü ile hesaplanan “r” ’nin göstergesidir. Akımların, mevsimsellik düzleminde merkeze yakınlık göstermesi, o aşılma yüzdesi için r değerinin 0’a yakın olması anlamına gelmektedir. “r” verinin ortalama günler etrafında saçılmasının boyutsuz bir ölçüsüdür. r değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. r değerinin 1 eşit olması akımların aynı günler içerisinde geldiğini göstermektedir. Bu nedenle 1’ e yaklaşan r değerlerine sahip akımlar oluşma zamanları açısından düzenlilik göstermektedir. r değerinin 0 ‘a yakınsaması ise, akımların oluşma günleri arasındaki düzensizliğin bir göstergesidir. r aynı zamanda mevsimsellik uzayı üzerinde çizilmiş olan birim daire üzerinde dağılmış olan akımların tarihlerinin mevsimsellik kümelerinin yarıçaplarının bir ölçüsüdür. Şekil 4.12’te de açıkça görüleceği üzere, aşılma olasılığı %95 in üzerinde olan akımların tarihleri birim dairenin merkezine en yakın konumdayken, aşılma olasılığı Şekil 4.8’de %5 in üzerinde olan akımların tarihleri ise merkeze en uzak konumdadır. Bu durum aynı zamanda debilerin düzenliliğinin de bir göstergesidir. Aşılma olasılığı %5’in üzerinde kalan bölgedeki akımların düzenlilik mevcuttur Aynı düzenlilik

aşılma olasılığı %95'in altında kalan akımlar için de gözlenmektedir Aşılma olasılığı %95'in üzerinde kalan değerler ise mevsimsellik düzleminde şekil 4.12'de merkeze en yakın konumda bulunmaktadır. Bu durum Tablo 4.3'te de görülmektedir. r değerinin 0'ya çok yakın olmaması akımların kendi içindeki düzensizliğin bir göstergesidir. Akımların oluşma zamanının büyük çoğunluğunda olduğu için oluşan bu düzensizlik normaldir. Bu sebeple, akımların yıl içindeki tarihlerinin açısıl değerinin x ve y koordinatları şekil 4.12'de merkeze en yakın konumdadır. Havza içerisinde yüksek ve düşük akımların bu derece kuvvetli mevsimsellik göstermesi, bölgedeki su kaynakları sistemlerinin planlama ve işletimi açısından önemli bir bilgidir.

Yüksek akımların kuvvetli mevsimsellik davranışı göstermesi, taşkın analizleri ve kurulacak olan hidroelektrik santral projeleri açısından bizlere birçok anlam ifade etmektedir. Düşük akımların da aynı şekilde güçlü mevsimsellik göstermesi ise, gene bölgede gezlenecek kurak dönemi açıkça gözler önüne sermektedir.

Sonuç olarak bölge, Mart, Nisan ve Mayıs aylarını içine alan ilkbahar döneminde en yüksek Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarını içeren yaz döneminde ise en düşük akım seviyelerine sahiptir.

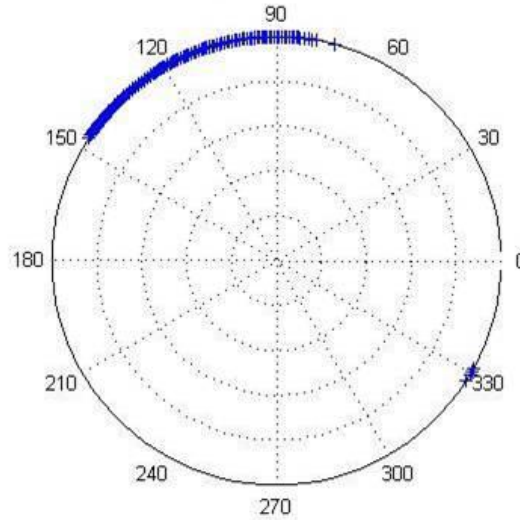
Mevsimsellik analizi aynı zamanda bölgelerin hidrolojik karakterleri arasındaki benzerlik hakkında da fikir vermektedir. Benzer mevsimsellik ölçümüne sahip bölgeler benzer hidrolojik karakterlere sahiplerdir. Bu benzerliğin gözlenmesi için istasyonlar için, (3.4) ve (3.5) formülleri ile hesaplanan akımların tarihlerinin açısıl değeri olan θ ' ye göre çizilen bölgesel mevsimsellik daireleri elde edilmiştir.

Her bir istasyon için ayrı ayrı elde edilen şekillerde, debi süreklilik eğrisinden okunan aşılma olasılığı %5 in üzerinde olan debiler ve aşılma olasılığı %95'in altında kalan debi değerleri kullanılmıştır. Debi süreklilik eğrisinden elde edilen bu değerlerden aşılma olasılığı %5 'in üzerinde kalan debi değerleri istasyonlardaki yüksek akımları, aşılma olasılığı %95'in altında kalan debi değerleri ise düşük akımları ifade etmektedir. Yüksek ve düşük akımların mevsimsellik analizi havza içerisindeki benzerlikleri görmek açısından önemli iki örnek teşkil eden akım değerleridir. Bu akımlar zamanın çok küçük kısmında meydana geldikleri için bu akımların kendi içlerinde gösterecekleri düzenlilik ve mevsimsellik, havza içindeki bölgelerin de mevsimselliğini temsil etmektedir. Havza içerisinde gözlenecek benzer

mevsimsellik özellikleri de, havzaların kendi içlerindeki hidrolojik benzerliklerinin bir sonucudur.

Grafiklerden mevsimsellik okuması yapılırken yıl 365 gün kabul edilmiştir. Bu durumda; dairenin toplamda 360 derece olduğu düşünülerek her 1 derece 1 günü ifade etmektedir. Şekiller istasyonların kot sıralarına göre düzenlenmiştir. En düşük kota (859m) sahip olan 2102 numaralı Murat S.- Palu istasyonu ilk sırada yer alırken en yüksek kota (1552m) sahip 2122 numaralı Murat-Tutak istasyonu en sonda yer almaktadır İstasyonların kota göre sıralanmasının sebebi, yüksek akımları meydana gelmesinin en önemli faktörü olan kar erimelerinin rahat olarak gözlenmesidir. (4.15)-(4.20) şekillerinde de gözlenebileceği üzere, yüksek akımların meydana geldiği günler çember üzerinde 90 derecelik bölüme doğru yani sağa doğru bir kayış göstermektedir. Bu durum akımların oluşma zamanının erkenleştiğinin bir göstergesidir.

2102 Yüksek Debiler

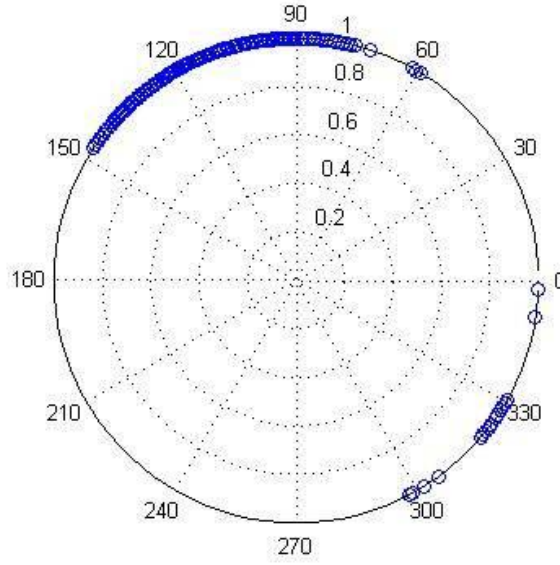


Şekil 4.15: 2102 numaralı istasyon yüksek akım günlerinin mevsimselliği

Şekil 4.15'ten gözleneceği üzere yüksek akımlar bu bölgede; kış aylarının sonuna denk gelen Şubat ayında başlamış ve ilk bahar aylarından Mart 30' a kadar devam etmiş. Bu bölgede kümelenen yüksek akımlara kar erimelerinin yanı sıra ilkbahar yağışları da sebebiyet vermektedir. 330 derece civarında gözlenen küçük kümelenme ise Kasım ayına denk gelen sonbahar yağmurlarının göstergesidir. 2102 istasyon aynı zamanda en düşük kotta ve Keban Barajı'nın hemen girişindeki bölgede yer

almaktadır. Bu nedenle bölge aynı zamanda en yüksek akım değerlerine sahip olan istasyondur.

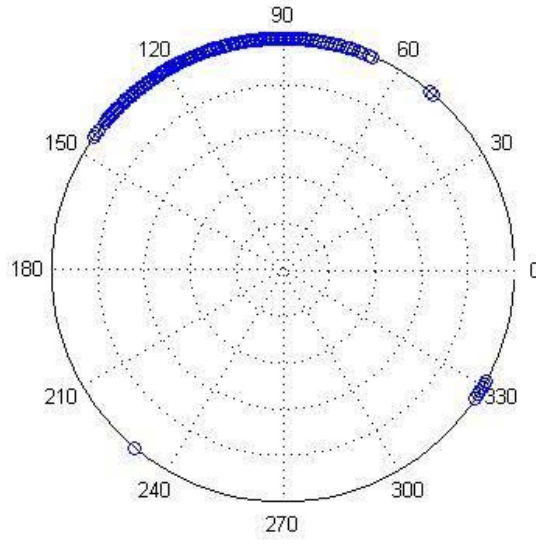
2164 Yüksek Debiler



Şekil 4.16: 2164 numaralı istasyon yüksek akım günlerinin mevsimselliği

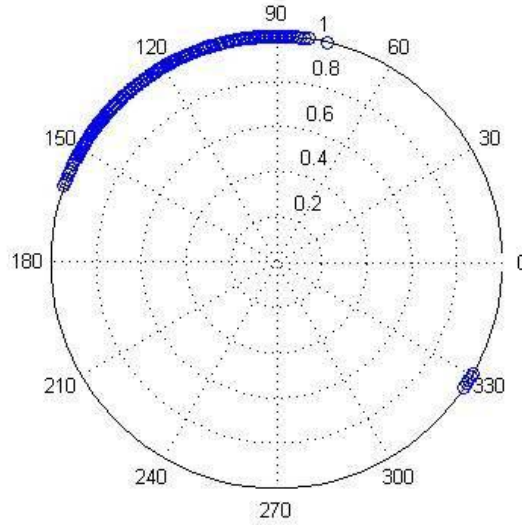
2164 numaralı istasyonda diğer istasyondan farklı olarak sonbahar döneminde de kümelenme görülmektedir. Bölge kar erimelerinin yanı sıra sonbahar döneminde de yağış aldığını ve nehir akımlarının bu sebeple yükseldiğinin bir göstergesidir.

2157 Yüksek Debiler



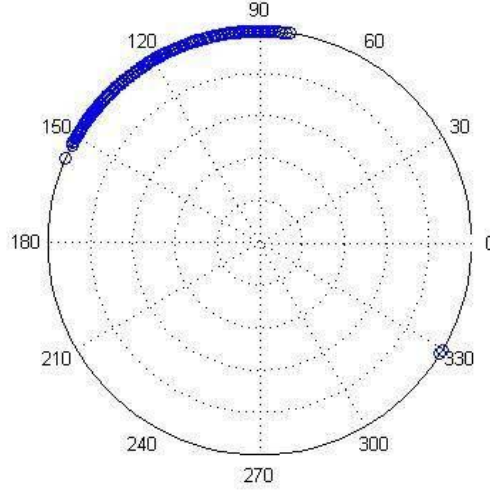
Şekil 4.17: 2157 numaralı istasyon yüksek akım günlerinin mevsimselliği

2158 Yüksek Debiler



Şekil 4.18: 2158 numaralı istasyon yüksek akım günlerinin mevsimselliği

2122 Yüksek Debiler

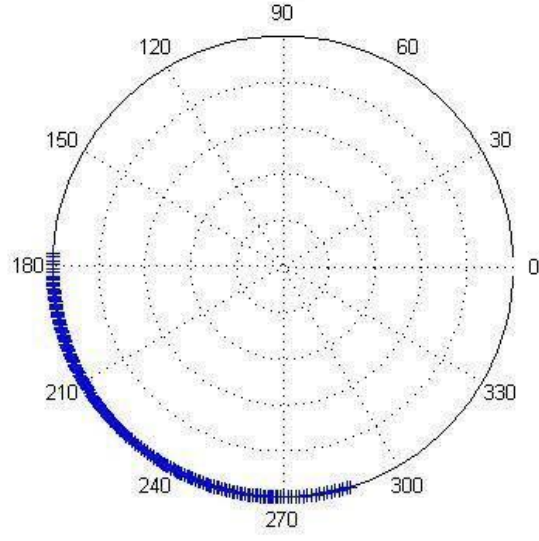


Şekil 4.19: 2158 numaralı istasyon yüksek akım günlerinin mevsimselliği

Şekillerden görüleceği üzere aşılma olasılığı %5'in üzerinde olan yüksek akımlar için 5 bölge birbirine çok yakın mevsimsel özellikler göstermektedir. Yüksek akımlar genel olarak ilkbahar döneminde yoğunluk göstermektedir. Buna ek olarak bazı istasyonlarda gözlenen sonbahar dönemi yağışları da gene aynı dönemde Kasım ayı civarında meydana gelmektedir.

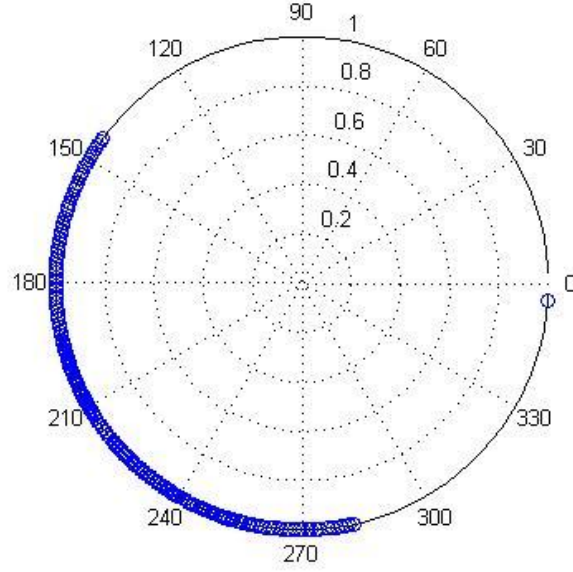
Çalışma bölgesinde; yüksek akımların yanı sıra düşük akımlar da inceleme altına alınmıştır. Sonuçlar 4.21-4.23 numaralı şekillerde gösterilmiştir.

2102 Düşük Debiler



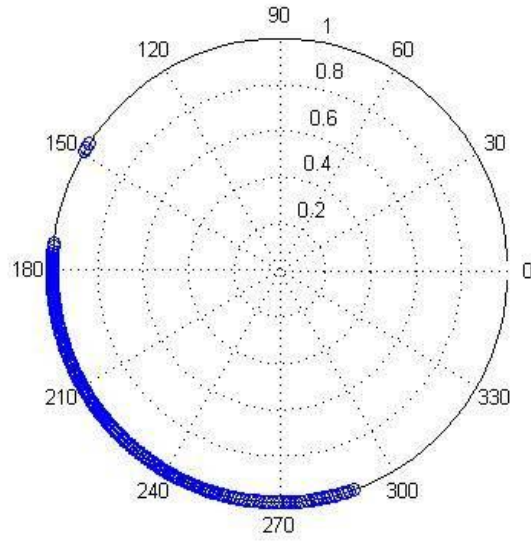
Şekil 4.20: 2102 numaralı istasyon düşük akım günlerinin mevsimselliği

2164 Düşük Debiler



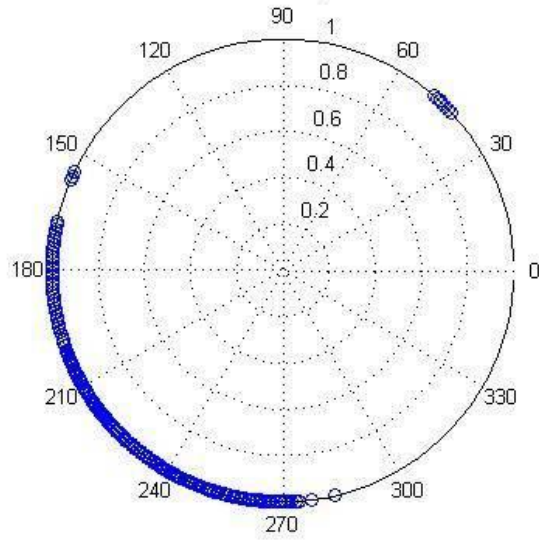
Şekil 4.21: 2164 numaralı istasyon düşük akım günlerinin mevsimselliği

2157 Düşük Debiler



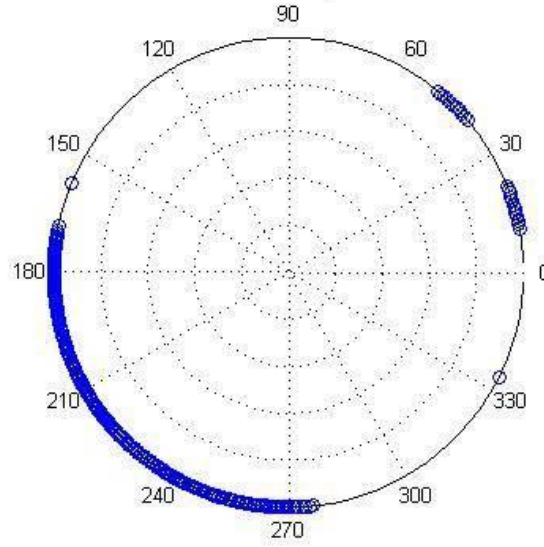
Şekil 4.22: 2157 numaralı istasyon düşük akım günlerinin mevsimselliği

2158 Düşük Debiler



Şekil 4.23: 2158 numaralı istasyon düşük akım günlerinin mevsimselliği

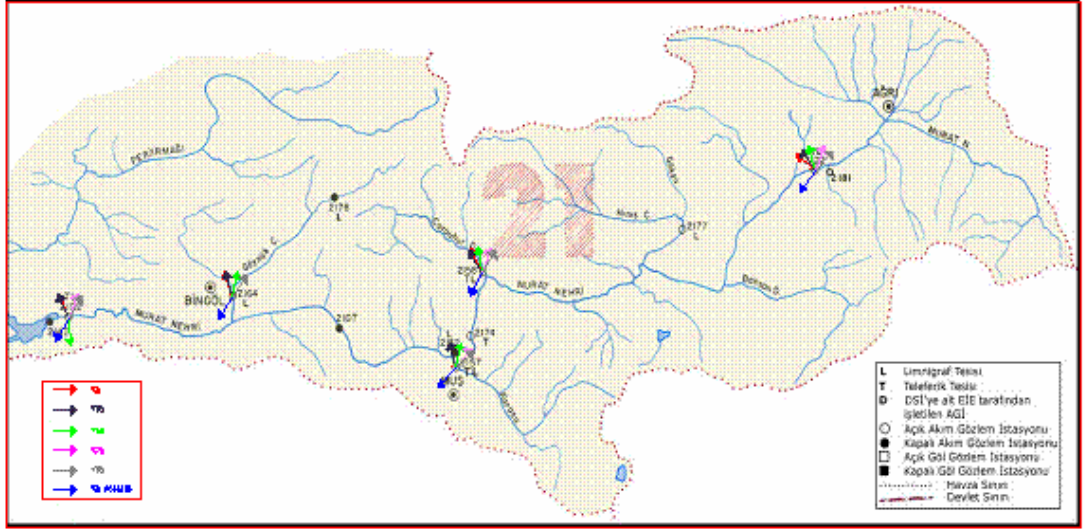
2122 Düşük Debiler



Şekil 4.24: 2122 numaralı istasyon düşük akım günlerinin mevsimselliği

Yukarıdaki grafiklerden de havzaların birbirlerine benzer mevsimsellik gösterdiği açıkça gözlenebilmektedir. Buna ek olarak, bu grafikler benzerliğin bölgedeki akımların kendi içlerinde mevsimsellik davranışlarını da göstermektedir. Örneğin; yaz aylarında beklenen düşük akımların bir kısmı; 2122 ve 2158 numaralı istasyonlarda Ocak dönemine gelen kış döneminde gözlenmektedir. Bu durum bölgenin iklim koşulları ve istasyonların bölge içindeki coğrafi koşulları göz önünde bulundurularak bu aylar içerisinde don olayının meydana geldiği sonucu çıkarılmaktadır.

Mevsimsellik ölçümleri sayesinde, gerek bölgesel gerekse istasyon bazında havzalardaki akımların oluşma günleri hakkında birçok bilgiye sahip olunabilmektedir. Bunun yanında, mevsimsellik ölçümleri içerisinde havzaların ortalama günleri(MD)'nin yönleri her biri bir dereceye karşılık gelerek havza üzerinde çizilirse her bir istasyonun coğrafi kotları hakkında fikir sahibi olunabilir.

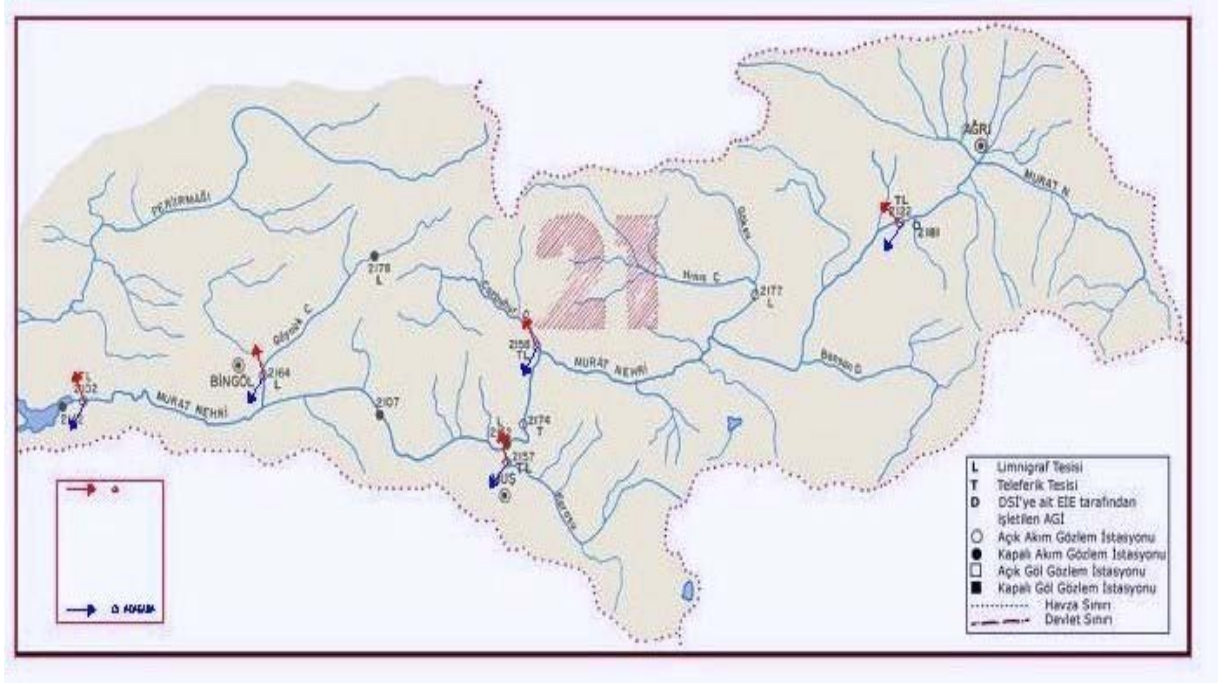


Şekil 4.25: İstasyonların mevsimsel istatistiklerinin coğrafi görünümü

Şekil 4.24; her bir istasyon için ortalama günlerin yönlerini coğrafi olarak konumlandırmaktadır. Burada, okların yönü ortalama günlerin (MD) açısal olarak yönünü göstermektedir. Okların boyları ise verilerinin mevsimsellik uzayında saçılmasının ölçütü olan (r) ile doğru orantılı olarak belirlenmiştir. Bu gösterim ile; istasyonlarda akımların oluşma günlerinin erken veya geç oluşumu coğrafi konumları üzerinde gözlenmektedir.

Şekil 4.24'de mavi oklar istasyonlardaki düşük akımları, kırmızı oklar ise istasyonlardaki yüksek akımların yönünü ifade etmektedir. Havza, düşük akımlar açısından bölgeler arası benzerlikler gösterirken, yüksek akımlar da bu durum biraz farklılaşmaktadır. Örneğin; 2122 numaralı istasyon Orta Fırat Havza'sının daha kuzeyinde yer aldığı için, yüksek akımların ortalama gününü belirleyen kırmızı ok diğer istasyonlara göre daha sağa dönüktür. Bu durum bize, yüksek akımların oluşma zamanının daha geç olduğunu göstermektedir. Bu da, o istasyonun coğrafi olarak daha kuzeyde yer almasının bir sonucu olarak açıklanabilir.

İstasyonlarda yüksek ve düşük akımların ayrı gösterimi şekil 4.25'te tekrar gözlenebilmektedir



Şekil 4.26: İstasyonların yüksek ve düşük akımlarının mevsimsel istatistiklerinin coğrafi görünümü

Şekil 4.25'te; yüksek akımları temsil eden akımlar kırmızı oklarla, düşük akımlar ise mavi oklarla gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, kırmızı okların yönü istasyonların kotlar yükseldikçe sola doğru kaymaktadır. Okların mevsimsellik uzayında yer aldığı ve 90 derecelik açı ile dik durmaları halinin yılın 90. gününe denk geleceği düşünülerek bu sola kayış yüksek akımların oluşma zamanının Mart ayının ilerisine yani bahar ayına kayışı ifade etmektedir. Bu durum, bölgedeki yüksek akımlara daha çok kar erimelerinin sebebiyet verdiği ve kotlar yükseldikçe bu erimelerinin yani yüksek akımların oluşumunun geciktiğinin açıkça ifadesidir. Mavi oklarla gösterilmiş olan mavi akımlarda ise durum tam tersidir. Yükselti arttıkça mavi okların yönü sağa doğru kaymaktadır. Fakat oklar yönleri dolayısıyla mevsimsellik uzayının 3. bölgesinde yani yılın yaz aylarına denk gelen bölgeye dönüktür. Yükselti arttıkça düşük akımların oluşma zamanı yani yılın en kurak dönemi yaz aylarının sonuna kaymaktadır. Havzaların hidrolojik benzerlikleri belirlenirken; akım değerlerinin oluşma zamanlarının yanı sıra (3.8) formülü ile hesaplanmış d_1 "Öklid mesafesi" de kullanılabilir. Hesaplanan bu değerler

Tablo 4.4: İstasyonlar Arası Öklid Mesafeleri

(d₁) Öklid Mesafesi (%5)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102	0				
2122	0.093	0			
2157	0.123	0.215	0		
2158	0.101	0.017	0.222	0	
2164	0.083	0.162	0.072	0.165	0
(d₁) Öklid Mesafesi (%25)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102	0				
2122	0.150	0			
2157	0.179	0.325	0		
2158	0.119	0.043	0.288	0	
2164	0.156	0.299	0.029	0.261	0
(d₁) Öklid Mesafesi (%50)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102	0				
2122	0.119	0			
2157	0.137	0.236	0		
2158	0.069	0.050	0.193	0	
2164	0.145	0.249	0.019	0.204	0
(d₁) Öklid Mesafesi (%75)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102	0				
2122	0.069	0			
2157	0.075	0.121	0		
2158	0.012	0.066	0.088	0	
2164	0.067	0.122	0.018	0.079	0
(d₁) Öklid Mesafesi (%95)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102	0				
2122	0.006	0			
2157	0.010	0.006	0		
2158	0.001	0.006	0.011	0	
2164	0.002	0.003	0.008	0.002	0
(d₁) Öklid Mesafesi (%5aşağıda)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102	0				
2122	0.122	0			
2157	0.194	0.113	0		
2158	0.026	0.127	0.211	0	
2164	0.061	0.062	0.141	0.071	0

Tablo 4.4 'ten de rahatça gözleneceği üzere istasyonlar değişik zaman yüzdeleri için değişik Öklid mesafelerine sahiptirler. “ d_1 ” ile simgelenen havzalar arası Öklid mesafesinin havza benzerliğinin bir göstergesi olduğu göz önünde bulundurulursa bu değer ne kadar küçük ise havzalar o kadar benzerdir. Tablo 4.4 incelendiğinde d_1 değerleri en düşük %75 ve %95 için olduğu görülmektedir. Ysni; tüm istasyonların havzaları birbiriyle çok büyük benzerlik göstermektedir. Örneğin; % 5 aşılma olasılığında birbirine en benzer havzalar 2122 ile 2158 numaralı istasyonların bulunduğu bölge olurken % 95 aşılma olasılığının altında kalan değerler için ise, 2102 ve 2158 numaralı istasyonlardır.

Diğer yüzdelerde ise; %25 aşılma olasılığı ve üzerinde 2157 ve 2164, %50 aşılma olasılığı ve üzerindeki yüzdelerde 2157 ve 2158, %75 aşılma olasılığı ve üzerindeki yüzdelerde 2158 ile 2102 ve son olarak %95 aşılma olasılığı ve üzerindeki değerlerde gene 2158 ve 2102 istasyonları en küçük değerlere sahip olmaktadır. Genel olarak; Tablo 4.4'teki değerlerin hepsi matematiksel olarak çok küçük değerlerdir. Fakat istasyonlar arası benzerliği net şekilde ifade edebilmek için bir aralık belirlenmesi daha uygun olacaktır. Örneğin; 0-0.1 arasında kalan d_1 değerlerine sahip istasyonlar homojen, 0.1 ve yukarısındaki değerlere sahip istasyonlar ise homojen olmayan olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma sonucunda, istasyonları birbirleri ile karşılaştırarak benzerlik yakalamak istersek; en büyük benzerliğin %95 aşılma olasılığının üzerinde kalan akım değerleri için 2158-2102 istasyonlarında olduğunu görürüz. Bu yüzdede elde edilen d_1 değeri Tablo 4.4'ten 0.001 olarak okunmakta ve bu değer sifıra en yakın değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum; zamanın büyük bir çoğunluğundan bu iki istasyonun hidrolojik olarak benzer davranış gösterdiğini kanıtlamaktadır. Fakat zamanın daha küçük yüzdelerine ve aşılma olasılıklarına bakılacak olursa iki istasyon aynı benzerlik oranına sahip olmamaktadır.

Tablo 4.5: İstasyonlar Arası Havza Benzerliği

Havza Benzerliği (%5)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102					
2122	H				
2157	HD	HD			
2158	HD	H	HD		
2164	H	HD	H	HD	
Havza Benzerliği (%25)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102					
2122	HD				
2157	HD	HD			
2158	HD	H	HD		
2164	HD	HD	H	HD	
Havza Benzerliği (%50)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102					
2122	HD				
2157	HD	HD			
2158	H	H	HD		
2164	HD	HD	H	HD	
Havza Benzerliği (%75)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102	H				
2122	H				
2157	H	HD			
2158	H	H	H		
2164	H	HD	H	H	
Havza Benzerliği (%95)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102					
2122	H				
2157	H	H			
2158	H	H	H		
2164	H	H	H	H	
Havza Benzerliği (%95 aşılma olasılığı ve altı)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102					
2122	HD				
2157	HD	HD			
2158	H	HD	HD		
2164	H	H	HD	H	

Bu durum; havza benzerliğinde debi süreklilik eğrisi kullanılarak çalışılacak yüzdenin seçiminin önemini bir kere daha vurgulamaktadır. Örneğin; zamanın %5'i ve üzerinde kalan yüksek akım değerleri bölgede taşkınlara sebebiyet verebilmektedir. Bu durumda, bu yüzdelerde benzer olan havzalar için ortak bir politika ile taşkına karşı korunma sağlanabilir. Bunun yanında; bölgede kurulması planlanan bir hidroelektrik santral için seçilen kurulum debisi benzer olan havzalar için de seçilebilir ya da bölgede beklenen kuraklık için zamanın %95 ve altındaki bölümdeki benzerliklere bakılarak tedbir alınabilir. Havza benzerliği, su kaynakları işletme politikalarının belirlenmesinin yanı sıra eksik ölçümlerin tamamlanması açısından da çok önemlidir. Benzer havzaların benzer hidrolojik davranışlar gösterdiği göz önünde bulundurulursa, ölçüm olmayan havzalarda verilerin tamamlanması için ölçüm yapılmış benzer havzalardan elde edilen veriler kullanılabilir. Havzaların birbirleriyle olan benzerliğini çapraz karşılaştırması Tablo 4.5'te belirtilmektedir. Tablo 4.5'de birbirine benzer olan havzalar için homojenliği sembolize eden H sembolü, benzer özellikler göstermeyen havzalar için ise homojen olmadığını gösteren HD sembolü kullanılmıştır.

Tablo 4.5'i çalışmanın ana kısmını oluşturan yüksek ve düşük akım değerleri açısından inceleyecek olursa; %5 aşılma olasılığı ve üzerinde kalan akım değerleri için 2102 numaralı istasyon 2122 ve 2164 numaralı istasyonlarla benzerlik göstermektedir. 2122 numaralı istasyon ise, 2102 numaralı istasyonun yanı sıra 2158 numaralı istasyon ile de benzer özellik göstermektedir. 2158 numaralı istasyon ise 2157 numaralı istasyon ile benzerlik göstermektedir. 2164 numaralı istasyona gelinecek olursa; 2102 ve 2157 numaralı istasyon ile benzerlik göstermektedir.

Bu durum %95 aşılma olasılığı ve altında kalan akım değerleri yani düşük akımlar için ise; 2102 numaralı istasyon 2158 ve 2164 numaralı istasyon ile benzerlik göstermekte, 2122 numaralı istasyon ise bir tek 2164 numaralı istasyon ile benzerlik göstermekte, 2158 numaralı istasyon 2164 ve 2102 numaralı istasyonlara benzerken 2157 numaralı istasyon hiçbir istasyona benzememektedir. Sonuç olarak, 2157 numaralı istasyonun kuraklık dönemindeki hidrolojik davranışının bölgeden tamamen farklı olduğunun bir göstergesidir.

Bunun yanında; istasyonların harita üzerinde yerlerinin gösterildiği Şekil 4.1'den hatırlanacağı üzere; benzer istasyonlar coğrafik olarak komşu olmak zorunda değildirler. Örneğin birbirine birçok yüzde de benzer çıkan 2102 ve 2158 numaralı

istasyonların arasında 2 istasyon bulunmaktadır. Bu durum havzaların hidrolojik benzerlikleri ile coğrafi yakınlıkları arasında bir ilişki olmadığını gözler önüne sermektedir.

Yönel istatistik yöntemi uygulanarak belirlenen havza benzerliği, aylık frekans yöntemi ile de hesaplanabilmektedir. Formül (3.2) uygulanarak bulunan d_2 aylık frekanslar kullanılarak havza benzerliğini göstermektedir.

Hesaplanan istasyonların çeşitli yüzdelerine karşılık gelen akımlar için hesaplanan bağlı frekanslar ve bu frekanslardan yola çıkılarak hesaplanan istasyonlar arası benzerlik değerleri Tablo 4.6'da gösterilmektedir. Rölatif frekanslar kullanılarak hesaplanan benzerlik bu çalışmanın esas inceleme alanını oluşturan yüksek ve düşük akım

karakterleri için belirlenmiştir. Çalışma içerisinde aynı zamanda; yönel istatistik yöntemi ile rölatif frekanslar yöntemi ile belirlenen benzerlikler birbiriyle karşılaştırılarak ortak benzerlikler de belirlenecektir.

Tablo 4.6: İstasyonların Çeşitli Yüzdeleri İçin Hesaplanan d_2 Değerleri

%5 Aşılma olasılığı ve üzeri		d_2			
	2102	2122	2157	2158	2164
2102	0				
2122	0.055216	0			
2157	0.043023	0.088771	0		
2158	0.045480	0.016694	0.077535	0	
2164	0.021189	0.070518	0.024715	0.059208	0
%5 Aşılma olasılığı ve altı		d_2			
	2102	2122	2157	2158	2164
2102	0				
2122	0.025492	0			
2157	0.070399	0.055862	0		
2158	0.030768	0.047834	0.099189	0	
2164	0.020646	0.023364	0.076052	0.031279	0

Tablo 4.6 göz önünde bulundurularak frekansların benzerliğinde en büyük değer 0.099 değeriyle 2157-2158 istasyonları arasında %5 aşılma olasılığı ve altındaki değerler için bulunmuştur. En küçük değer ise, 0.016'dır 2122-2158 numaralı

istasyonlar arasında %5 aşılma olasılığı ve altındaki değerlerde bulunmuştur. Bu aralıkta; 0.04 değeri ve üzerindeki değerler için havzaların benzer olduğu kabulü yapılmıştır. Bu duruma göre hesaplanan havzalar arası Tablo 4.7’de verilmektedir.

Tablo 4.7’de birbirine benzer olan havzalar için homojenliği sembolize eden H sembolü, benzer özellikler göstermeyen havzalar için ise homojen olmadığını gösteren HD sembolü kullanılmıştır.

Tablo 4.7: Rölatif frekanslar yönetimi ile hesaplanan homojenlik tablosu

% 5 Aşılma olasılığı ve üzeri		d₂			
	2102	2122	2157	2158	2164
2102					
2122	HD				
2157	HD	HD			
2158	HD	H	HD		
2164	H	HD	H	HD	
%95 Aşılma olasılığı ve altı		d₂			
	2102	2122	2157	2158	2164
2102					
2122	H				
2157	HD	HD			
2158	H	HD	HD		

Aylık mevsimsellik baz alınarak hesaplanan rölatif frekanslar yöntemi ile bulunan havza benzerliği sonucunda; yüksek akım karakterleri için 2102 numaralı istasyon 2164 numaralı istasyon ile benzer çıkarken 2122 numaralı istasyon ise; 2158 numaralı istasyon ile benzeşmektedir. 2157 numaralı istasyon 2164 numaralı istasyon ile benzemektedir. En çok ortak benzerliğe sahip olan istasyon 2164’tür ve bu istasyon hem 2102 hem de 2157 numaralı istasyon ile hidrolojik olarak benzerlik göstermektedir.

Düşük akım karakterlerinde durum biraz daha farklı bir hal almaktadır. Örneğin ; yüksek akım karakterlerinde en fazla benzerliğe sahip olan 2164 numaralı istasyonken, düşük akım karakterlerin en çok ortak benzerliğe sahip olan istasyon 2102 numaralı istasyondur ve 2122,2158 ve 2164 numaralı istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Bunu yanında 2157 numaralı istasyonunda zamanın bu yüzdesinde hiçbir istasyon ile benzemediği açıkça görülmektedir.

2157 numaralı istasyon rölâtif frekanslar da olduğu üzere, yönsel istatistik yöntemi ile hesaplanan Öklid mesafesinde de hiçbir istasyona benzememektedir.

Her iki yöntem kullanılarak bölgede ortak bir benzerlik tablosu oluşturulacak olursa, bölgenin hidrolojik karakteri daha etkin bir biçimde belirlenmiş olacaktır. Bu benzerlik Tablo 4.8 ile gösterilmektedir.

Tablo 4.8: Yüksek ve Düşük Akımlar İçin Ortak Homojenlik

Ortak Benzerlik (%5)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102					
2122					
2157	HD	HD			
2158	HD	H	HD		
2164	H	HD	H	HD	
Ortak Benzerlik (%95 aşılma olasılığı ve altı)					
	2102	2122	2157	2158	2164
2102					
2122					
2157	HD	HD			
2158	H	HD	HD		
2164	H	H	HD	H	

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Orta Fırat Havzasındaki Fırat Nehri'nin Murat kolu üzerinde Elektrik İşleri Etüt İdaresine ait 5 adet akım gözlem istasyonlarından temin edilen 30 yıllık günlük akım verileri kullanılmıştır. İstasyonlar için ayrı ayrı elde edilen debi süreklilik eğrilerinden % 5 aşılma olasılığı ve üzerindeki değerlerin yüksek akımları, %95 aşılma olasılığı ve altındaki değerlerin ise, düşük akımları temsil ettiği kabulü ile bu iki karakterdeki akımlar için mevsimsellik uygulaması yapılmıştır. Yönel analiz ve rölatif frekans analizi yöntemleri ile incelenen mevsimsellik analizi sayesinde istasyonlar arası hidrolojik benzerlikler belirlenmiştir.

Diğer mevsimsellik analizi çalışmalarından farklı olarak bu çalışmada debi süreklilik eğrisinden faydalanılmış ve günlük akım verileri kullanılmıştır. Havzaların drenaj alanlarının akımların oluşma tarihleri üzerinde herhangi bir etkide bulunmadığı düşünüldüğünden elde edilen debi süreklilik eğrileri boyutsuzlaştırılmıştır. Yüksek akımları temsil ettiği kabul edilen %5'lik zaman yüzdesi ve üzerinde kalan bölgedeki akımlar 90.(Mart 30) gün ve 150.(Mayıs 30) gün arasında yani ilkbahar döneminde yoğunlaştığı gözlenmiştir. Bu oluşuma ilkbahar dönemindeki kar erimelerinin sebebiyet verdiği düşünülmektedir. Erimenin zaman içerisinde erken veya geç olması ise, istasyonların kotları ile ilgilidir. Düşük kotlarda yer alan istasyonlarda kar erimleri daha erken olurken yüksek kotlardaki erimler gecikme göstermektedir.

Aşılma olasılığı %5'in üzerinde olan yüksek akımlar için 5 bölge birbirine çok yakın mevsimsel özellikler göstermektedir. Yüksek akımlar genel olarak ilkbahar döneminde yoğunluk göstermektedir. Buna ek olarak bazı istasyonlarda gözlenen sonbahar dönemi yağışları da gene aynı dönemde Kasım ayı civarında meydana gelmektedir.

180. (Mayıs 30) gün ve 270. (Ağustos 30) günler arasında kalan %95'lik aşılma olasılığının altında kalan düşük akımların ise yaz döneminde yoğunlaştığı gözlenmektedir. Bu zaman bölümü havzaların en kurak dönemini göstermektedir.

Mevsimsellik istatistikleri belirlenirken kullanılan yöntem sayesinde belirli bir bölgedeki akımların düzenliliği de belirlenebilmektedir. Çalışma bölgesinde, aşılma olasılığı %5'in üzerinde kalan bölgedeki akımlar da belirgin bir düzenlilik mevcuttur. Aynı düzenlilik aşılma olasılığı %95'in altında kalan akımlar için de gözlenmektedir. Havza içerisinde yüksek ve düşük akımların bu derece kuvvetli düzenlilik göstermesi, bölgedeki Su kaynakları sistemlerinin planlama ve işletimi açısından önemli bir bilgidir.

Yüksek akımların kuvvetli mevsimsellik davranışı göstermesi, taşkın analizleri ve kurulacak olan hidroelektrik santral projeleri açısından birçok önemli bilgi içermektedir. Düşük akımların da aynı şekilde güçlü mevsimsellik göstermesi ise, gene bölgede gözlenecek kurak dönemi açıkça gözler önüne sermektedir

Aşılma olasılığı %5'in üzerinde olan yüksek akımlar için 5 bölge birbirine çok yakın mevsimsel özellikler göstermektedir. Yüksek akımlar genel olarak ilkbahar döneminde yoğunluk göstermektedir. Buna ek olarak bazı istasyonlarda gözlenen sonbahar dönemi yağışları da gene aynı dönemde Kasım ayı civarında meydana gelmektedir.

Sonuç olarak bölge, Mart, Nisan ve Mayıs aylarını içine alan ilkbahar döneminde en yüksek Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarını içeren yaz döneminde ise en düşük akım seviyelerine sahiptir.

Çalışma da akımların mevsimselliğinin belirlenmesinin yanı sıra, rölatif frekanslar ile istasyonlar arası benzerlik de araştırılmıştır. Aylık mevsimsellik baz alınarak hesaplanan rölatif frekanslar yöntemi ile bulunan havza benzerliği sonucunda; yüksek akım karakterleri için 2102 numaralı istasyon 2164 numaralı istasyon ile benzer çıkarken 2122 numaralı istasyon ise; 2158 numaralı istasyon ile benzeşmektedir. 2157 numaralı istasyon 2164 numaralı istasyon ile benzeşmektedir. En çok ortak benzerliğe sahip olan istasyon 2164'tür ve bu istasyon hem 2102 hem de 2157 numaralı istasyon ile hidrolojik olarak benzerlik göstermektedir.

Düşük akım karakterlerinde durum biraz daha farklı bir hal almaktadır. Örneğin; yüksek akım karakterlerinde en fazla benzerliğe sahip olan 2164 numaralı

istasyonken, düşük akım karakterlerin en çok ortak benzerliğe sahip olan istasyon 2102 numaralı istasyondur ve 2122,2158 ve 2164 numaralı istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Bunu yanında 2157 numaralı istasyonunda zamanın bu yüzdesinde hiçbir istasyon ile benzemediği açıkça görülmektedir.

2157 numaralı istasyon rölatif frekanslar da olduğu üzere, yönsel istatistik yöntemi ile hesaplanan Öklid mesafesinde de hiçbir istasyona benzememektedir.

Her iki yöntem kullanılarak bölgede ortak bir benzerlik tablosu oluşturulacak olursa, bölgenin hidrolojik karakteri daha etkin bir biçimde belirlenmiş olacaktır. Bu benzerlik Tablo 4.8 ile gösterilmektedir. Yüksek akım değerleri için; 2164 numaralı istasyon; 2102 ve 2157 numaralı istasyon ile benzerlik gösterirken , %95 aşılma olasılığı ve altındaki değerleri sembolize eden düşük akımlarda ise 2164 numaralı istasyon; 2102, 2122, 2158 numaralı istasyonlarla benzerlik göstermektedir.

İstasyonların kotları ve buldukları bölgeler göz önünde bulundurulduğu zaman, hidrolojik benzerliğin coğrafi olarak komşuluk ve benzerlikle ilişkili olmadığı açıkça görülmektedir. Örneğin; 2102 numaralı istasyon 859m'lik en düşük kotta Keban Barajı'nın hemen girişinde yer alırken 2122 numaralı 1552m kottaki 2122 numaralı istasyon ile düşük akım karakterlerinde hidrolojik olarak benzerlik göstermektedir. Havzalar arasındaki bu benzerlik sayesinde eksik veya olmayan veriler tamamlanabilecektir. Bu durum, ölçüm yapılmamış veya eksik ölçümlere sahip bölgelerde su kaynakları yönetimini kolaylaştırabilecektir. Örneğin 1152 m kottaki 2122 numaralı istasyonda kayıt alınamaması gibi bir durumda eksik veriler 859 m kottaki 2102 numaralı istasyon sayesinde tamamlanabilecektir.

Aynı şekilde yüksek akım karakterleri açısından hidrolojik benzerliğe sahip olan; 2102 2164 ve 2157 numaralı istasyonlarda taşkınlara karşı ortak tedbirler alınabilecektir.

Yüksek akım değerleri taşkınların yanı sıra günümüz enerji politikalarında büyük yeri olan hidrolik güç açısından da büyük öneme sahiptir. Günümüzde popülerliği sürekli artan nehir tipi hidroelektrik santrallerin kurulu güçleri belirlenirken yüksek akım değerleri etkin rol oynamaktadır. Mevsimsellik analizi ile oluşma zamanını belirlediğimiz yüksek ve düşük akımların oluşma zamanları ile bölgede kurulu olan veya kurulması planlanan hidroelektrik santrallerin işletme politikaları daha kolay şekillendirilebilecektir. Enerji santrallerinin akılcı işletme politikaları ile yönetilmesi

kadar enerji kaynaklarının da bir o kadar etkin ve verimli yönetilmesi gerektiği günümüzde daha da önemli hale gelmiştir.

Sonuç olarak; Orta Fırat Havzasında belirlenen bölgede yapılan mevsimsellik ve bölgesellik araştırması ile; taşkın ve kuraklıkların zamanları belirlenmiş ve bu konuda alınacak tedbirler için yardımcı olacak bilgilere ulaşılmıştır. Belirlenen mevsimsellik; buradaki su kaynakları sistemlerinin diğer maksatlarının etkin kullanımını açısından faydalı olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Bayazıt, M.**, 1994. Su Kaynakları Sistemleri, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M.**, 1994. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Burn, D. H.**, 1997. Catchment similarity for regional flood frequency analysis using seasonality measures, *Journal of Hydrology*, 202, 212-230
- Burn, D.H. ve Goel, N.K.**, 2000. The formation of groups for regional flood frequency analysis, *Hydrological Sciences Journal*, 45(1), 97-112
- Castellerian A., Burn H.** ,”Assesing the effectivness of similarity measures for flood frequency anlysis”, *Journal of Hydrology* , 2001, Elsevier.
- Cunderlik, J.M., Ouarda, T.B.M.J., Bobee, B.**, 2004. Determination of flood sesonality from hydrological records, *Hydrological-Sciences- Journal-des Sciences Hydrologiques*, 49(3), 511-526
- Devlet Su İşleri**, İnternet Sitesi, <http://www.dsi.gov.tr>
- EİEİ**, 2007. *Elektrik işleri Etüd İdaresi Büyük Akarsu Havzaları Haritası*
- EİEİ**, EİE Tarafından Mühendislik Hizmetleri Yürütülen Hidroelektrik Santral Projeleri Şubat-2007
- Laaha G. , Blöschl G.**, “Seasonality indices for regionalizing low flows”, *Hydrological Processes*
- McCuen R. H. , Beighley E. R.** , “Seasonal low frequency anlysis” , *Journal of Hydrology* 2003, Elsevier.

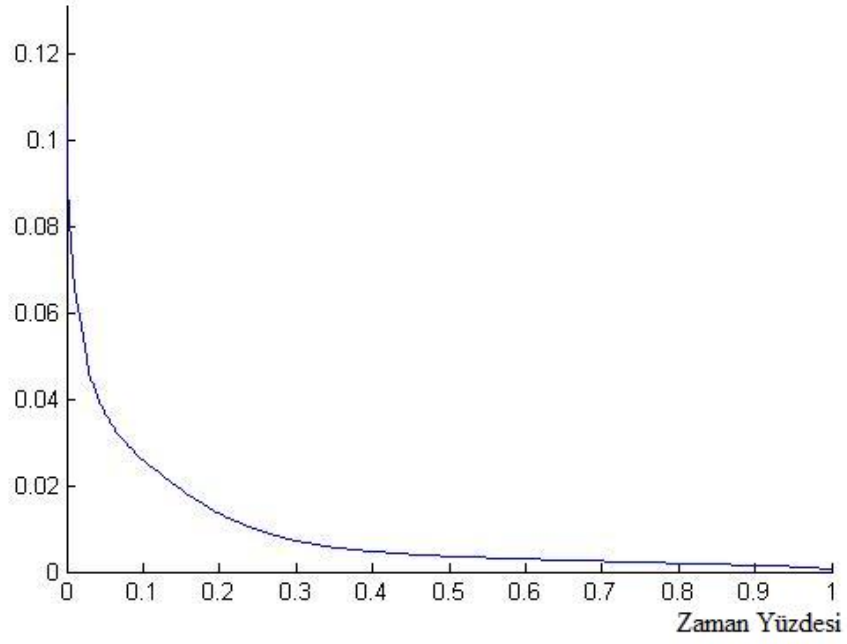
Schriber ve Demuth , “Regionalisation of low flows in Southwest Germany” ,
Hydrological Science Journal

Yanık, B. ve Avcı, İ., 2005. Bölgesel debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi.
İTÜdergisi/d mühendislik, **5**, 19-30.

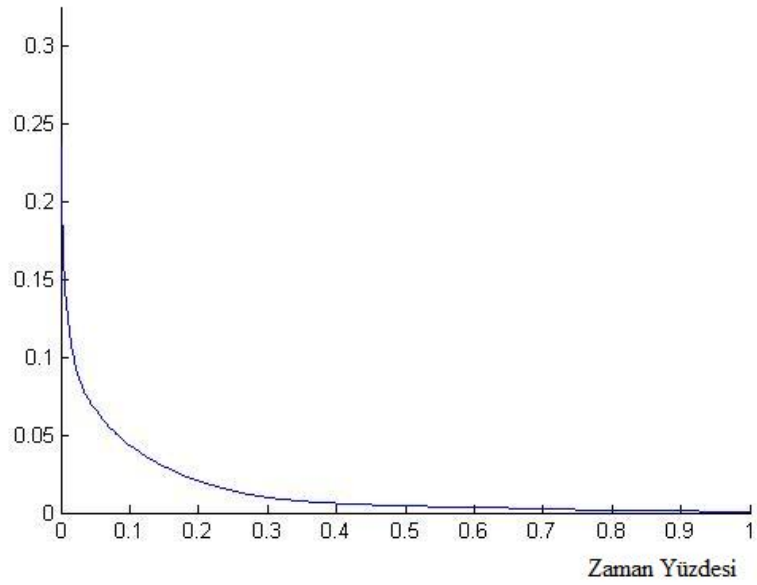
EKLER

EK-A

**Orta Fırat Havzası, Murat Nehri Son 10 yıllık akım
değerlerinin Mevsimsellik Değerleri**



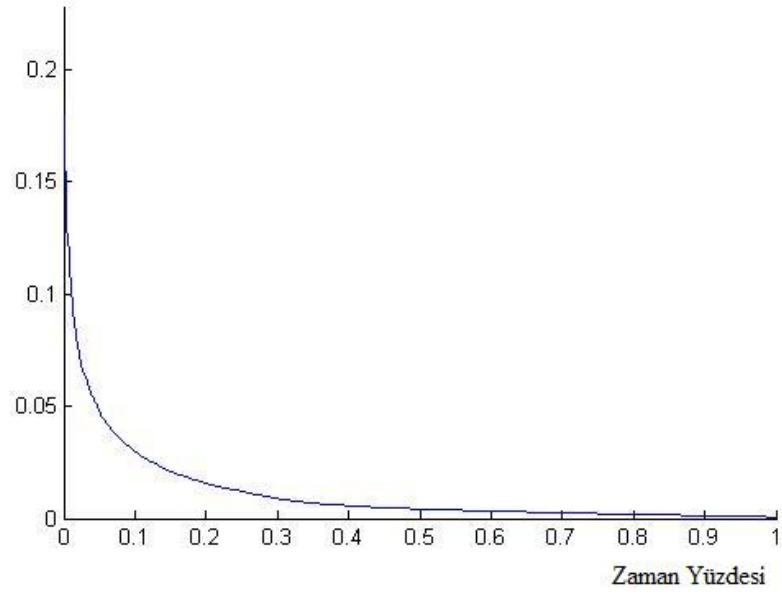
Şekil A.1 : 2102 numaralı istasyon özgül debi süreklilik eğrisi



Şekil A.2: 2164 numaralı istasyon özgül debi süreklilik eğrisi

Özgül Debi

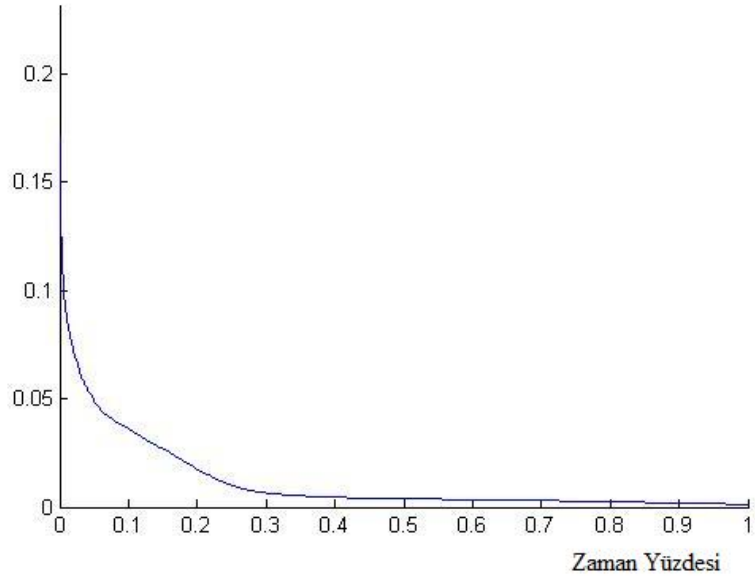
2157 Karasu-Karaköprü



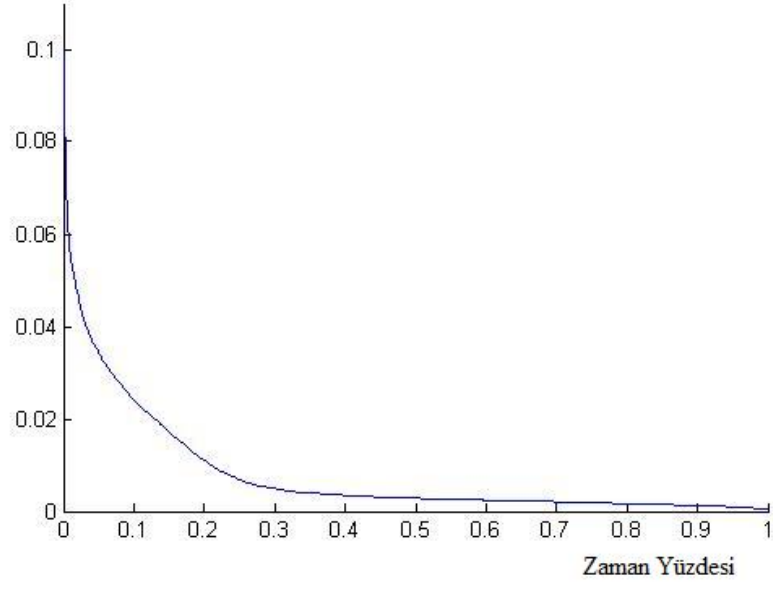
Şekil A.3: 2157 numaralı istasyon özgül debi süreklilik eğrisi

Özgül Debi

2158 Bingöl Ç.-Abdurrahman Pasa K.



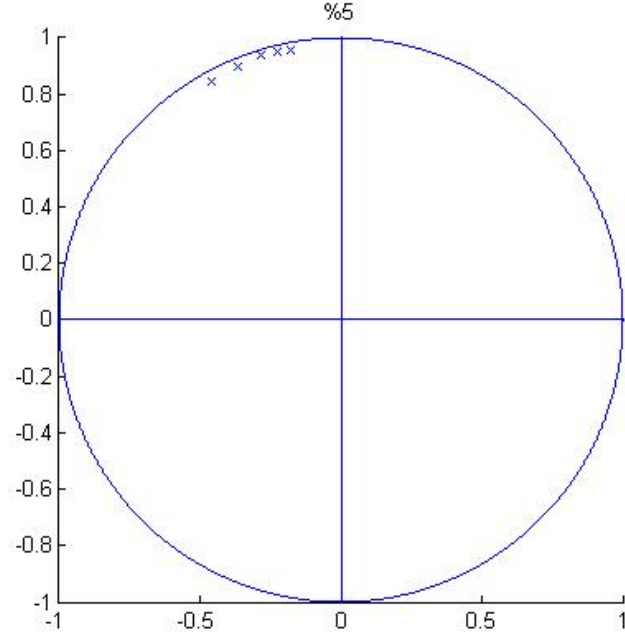
Şekil A.4: 2158 numaralı istasyon özgül debi süreklilik eğrisi



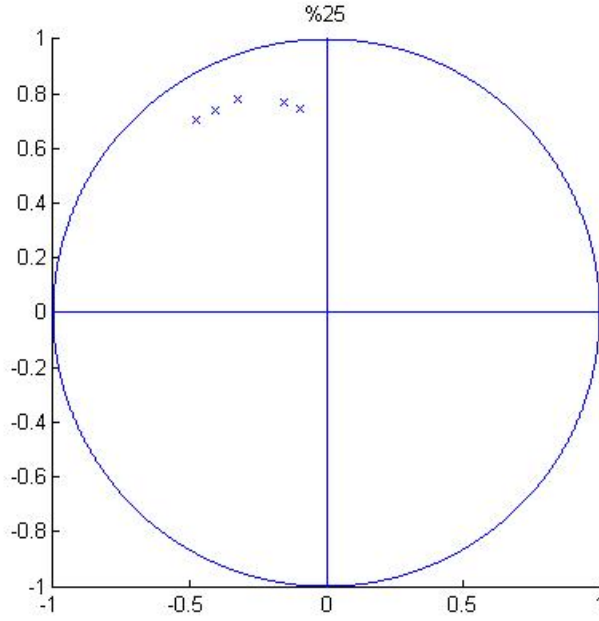
Şekil A.5: 2122 numaralı istasyon özgül debi süreklilik eğrisi

Tablo: A.1 Belirli Aşılma Yüzdeleri için Hesaplanmış Mevsimsellik İndisleri

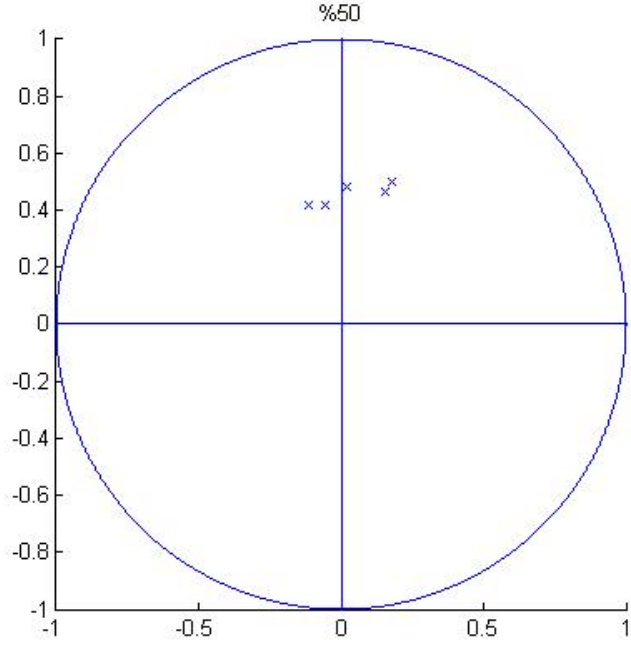
2102	x	y	Ø	MD	r
5%	-0.28144	0.940945	1.861426	108.1331	0.982132
25%	-0.3228	0.779848	1.963252	114.0483	0.844017
50%	0.022922	0.480134	1.523092	88.47878	0.48068
75%	0.119919	0.227008	1.084797	63.01754	0.256736
95%	0.029108	0.039272	0.932953	54.19669	0.048883
%95 aşağısı	-0.55175	-0.74427	4.074457	236.6915	0.926484
2164	x	y	Ø	MD	r
5%	-0.22699	0.94768	1.805884	104.9066	0.974484
25%	-0.15374	0.767962	1.768373	102.7275	0.783199
50%	0.177219	0.497858	1.22882	71.38405	0.52846
75%	0.186936	0.220935	0.868563	50.45619	0.289409
95%	0.031341	0.043408	0.945448	54.92254	0.053539
%95 aşağısı	-0.53525	-0.74121	4.086961	237.4179	0.91427
2157	x	y	Ø	MD	r
5%	-0.17964	0.958348	1.756094	102.0142	0.975039
25%	-0.09576	0.743799	1.69884	98.68827	0.749938
50%	0.155285	0.463095	1.247259	72.45523	0.488436
75%	0.193805	0.219845	0.848267	49.27717	0.293074
95%	0.035461	0.033337	0.754527	43.83167	0.04867
%95 aşağısı	-0.66042	-0.62623	3.900427	226.5818	0.91012
2158	x	y	Ø	MD	r
5%	-0.36391	0.896497	1.956401	113.6504	0.967542
25%	-0.40922	0.738518	2.076786	120.6437	0.844315
50%	-0.05613	0.418726	1.704047	98.99072	0.422471
75%	0.121502	0.259818	1.133368	65.83912	0.286824
95%	0.031952	0.043037	0.932158	54.15053	0.053601
%95 aşağısı	-0.57053	-0.7638	4.070831	236.4809	0.953358
2122	x	y	Ø	MD	r
5%	-0.45831	0.843093	2.068713	120.1748	0.95961
25%	-0.47574	0.705356	2.16418	125.7206	0.850797
50%	-0.114	0.417729	1.837206	106.7262	0.433004
75%	0.101541	0.219211	1.137009	66.05062	0.241587
95%	0.035728	0.046492	0.915569	53.18682	0.058634
%95 aşağısı	-0.55202	-0.71816	4.057056	235.6807	0.905804



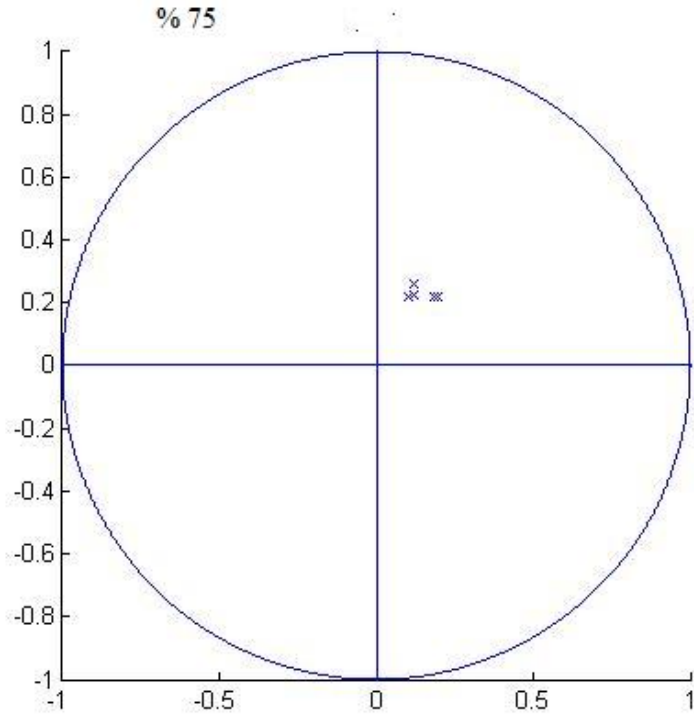
Şekil A.6 %5 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği



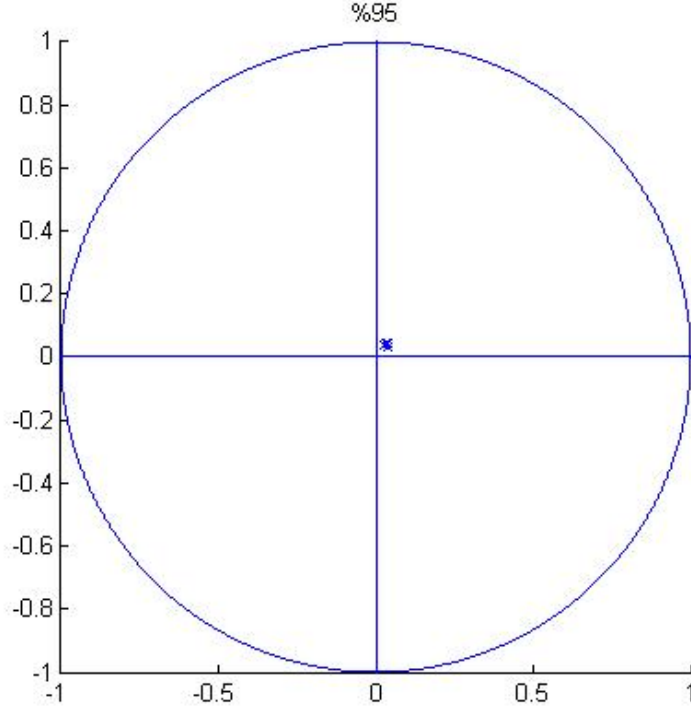
Şekil A.7: %25 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği



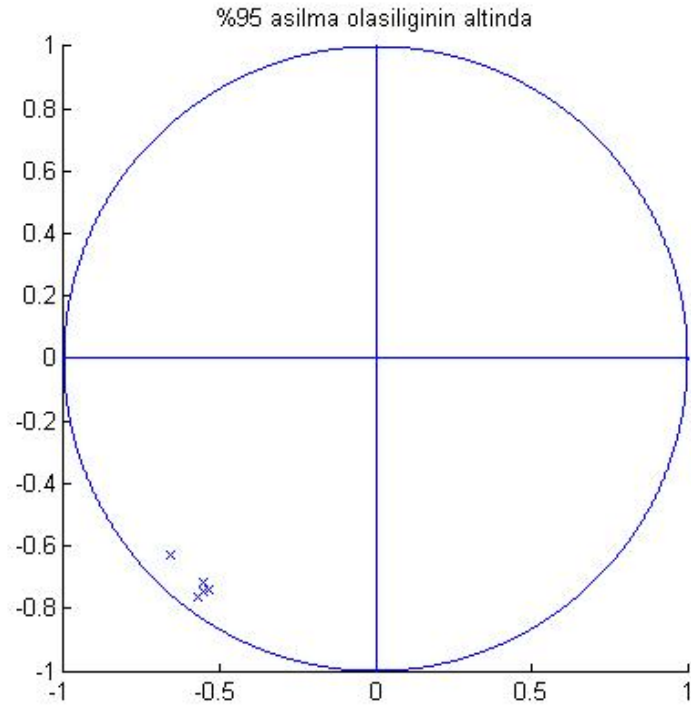
Şekil A.8: %50 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği



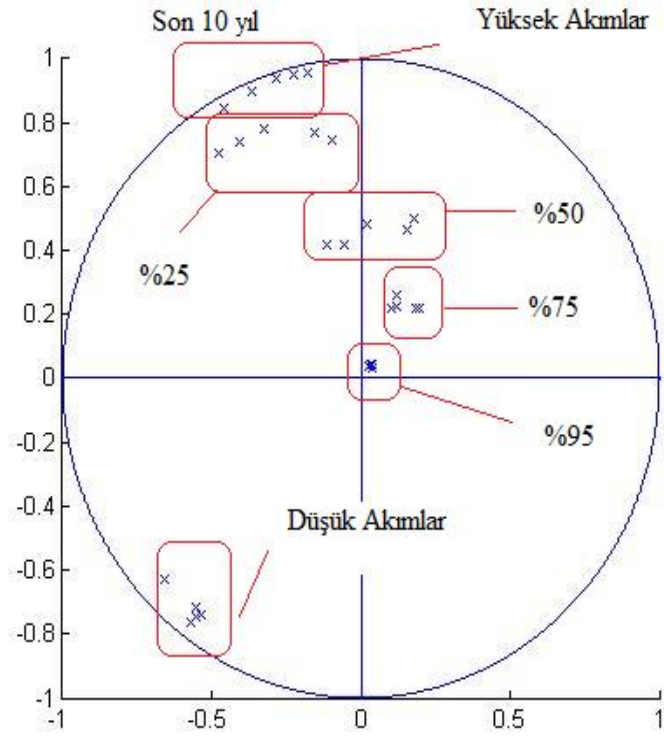
Şekil A.9: %75 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği



Şekil A.10: %95 Aşılma Olasılığı ve Üzerindeki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği

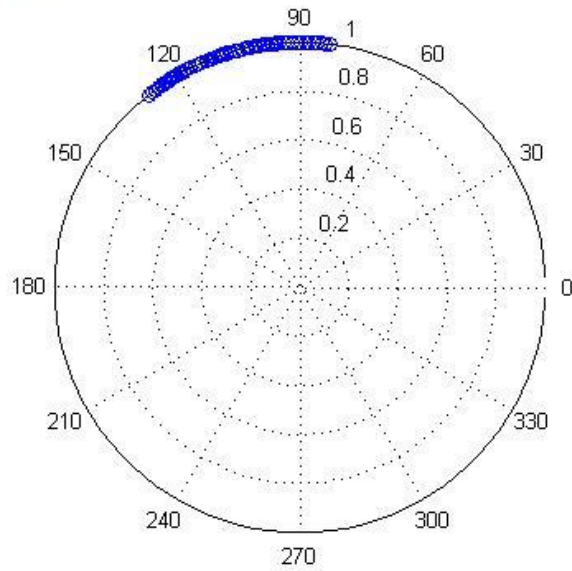


Şekil A.11: %95 Aşılma Olasılığı ve Altındaki Akım Değerleri İçin Mevsimsellik Grafiği



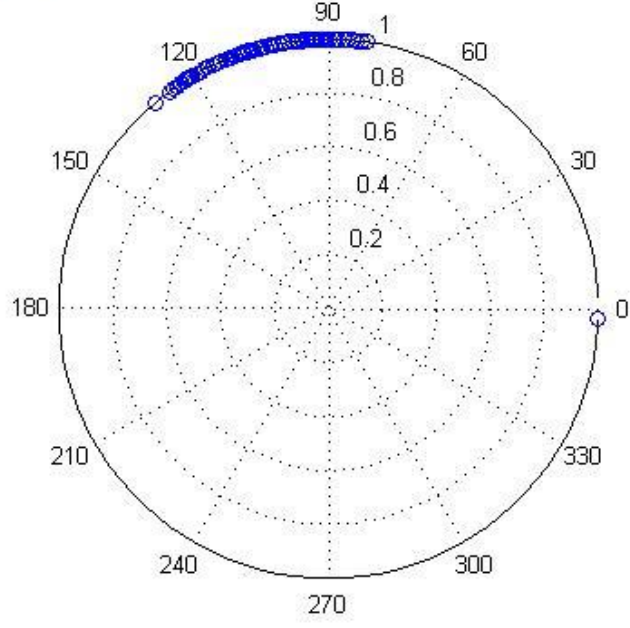
Şekil A.12: Bütün Yüzdeler için Mevsimsellik Grafiği

2102 Yüksek Debiler



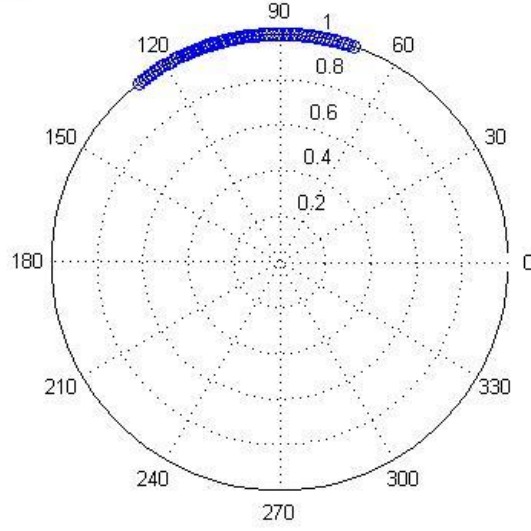
Şekil A.13: 2102 numaralı istasyonun mevsimsellik günleri grafiği

2164 Yüksek Debiler



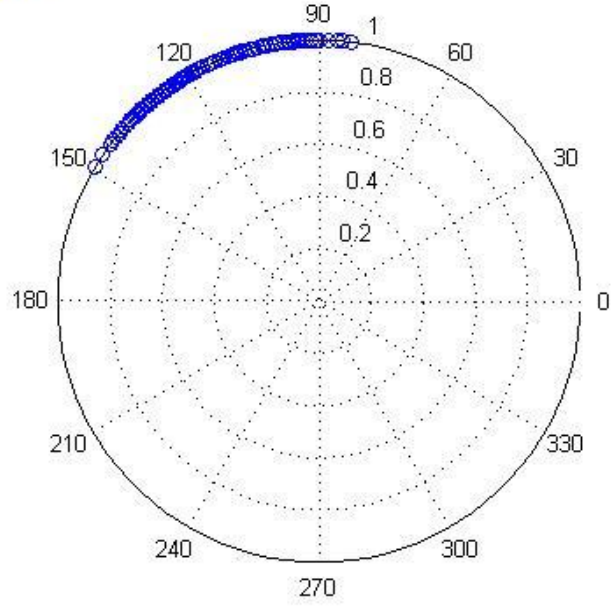
Şekil A.14: 2164 numaralı istasyonun mevsimsellik günleri grafiği

2157 Yüksek Debiler



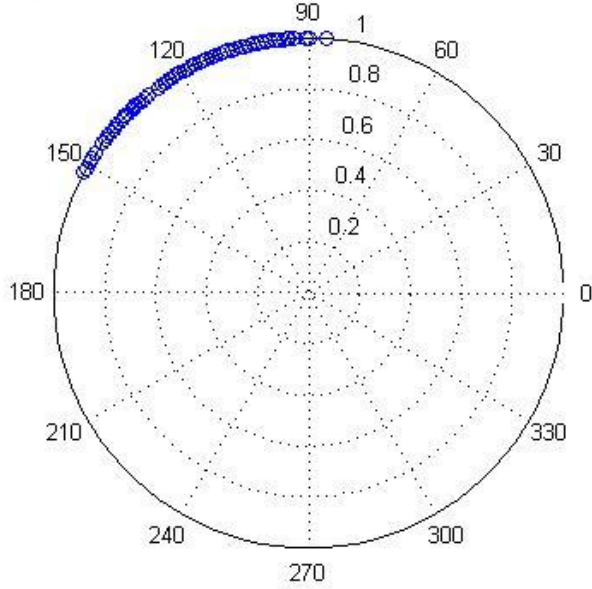
Şekil A.15: 2157 numaralı istasyonun mevsimsellik günleri grafiği

2158 Yüksek Debiler



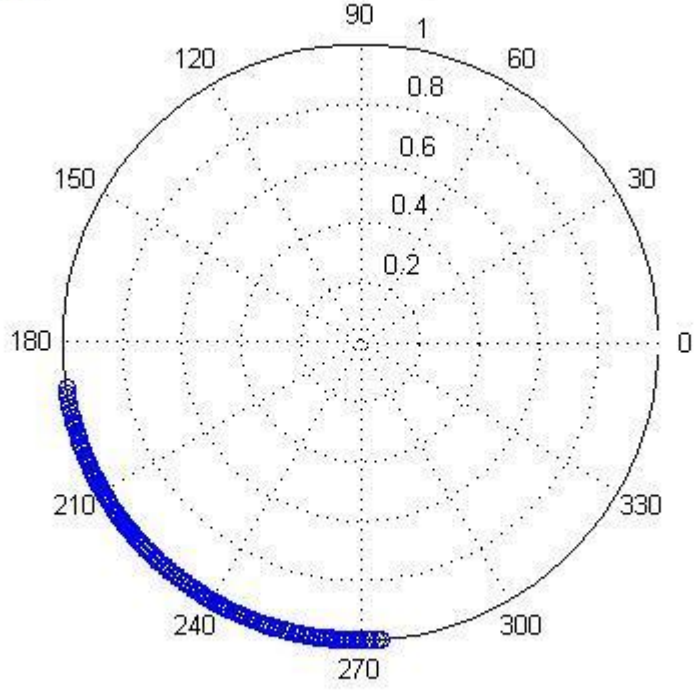
Şekil A.16: 2158 numaralı istasyonun mevsimsellik günleri grafiği

2122 Yüksek Debiler



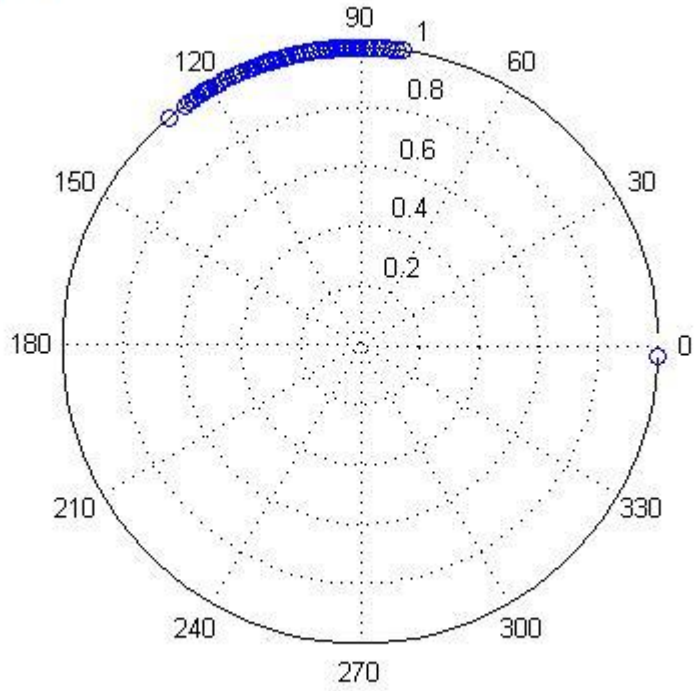
Şekil A.17: 2122 numaralı istasyonun mevsimsellik günleri grafiği

2102 Düşük Debiler

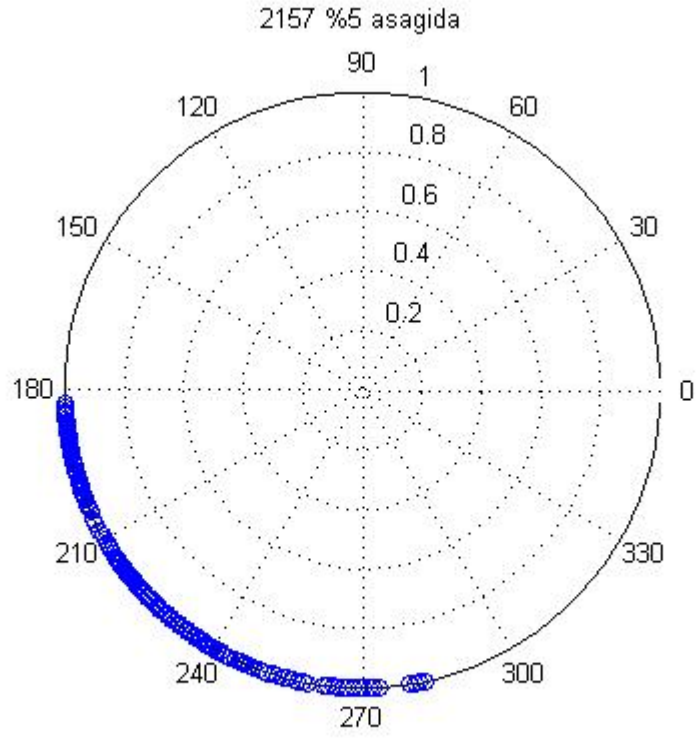


Şekil A.18: 2102 numaralı istasyonun mevsimsellik günleri grafiği

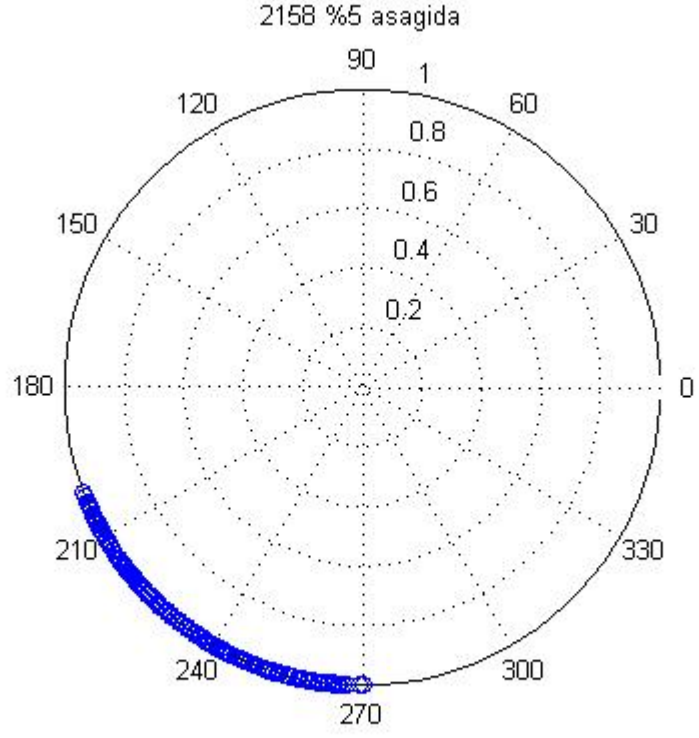
2164 Yüksek Debiler



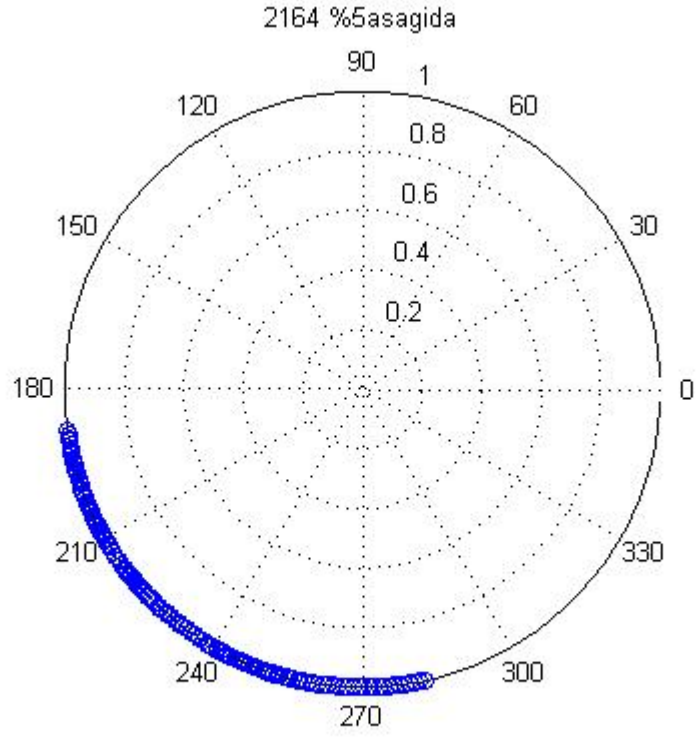
Şekil A.19: 2164 numaralı istasyonun mevsimsellik günleri grafiği



Şekil A.20: 2157 numaralı istasyonun mevsimsellik günleri grafiği



Şekil A.21: 2158 numaralı istasyonun mevsimsellik günleri grafiği



Şekil A.22: 2122 numaralı istasyonun mevsimsellik günleri grafiği

ÖZGEÇMİŞ

Aslıhan ALBOSTAN 26 Temmuz 1982 tarihinde Ankara'da doğdu. 2005 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Programı'nda yüksek lisans eğitimine başlamış ve halen devam etmektedir. Adı geçen kurumda 2005 Aralık ayından beri araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.