ÖHÜ Müh. Bilim. Derg. / OHU J. Eng. Sci.

ISSN: 2564-6605

Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 6, Sayı 2, (2017), 571-580
Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, Volume 6, Issue 2, (2017), 571-580

Araştırma / Research

L−MOMENTLER YÖNTEMİYLE KARADENİZ'E DÖKÜLEN AKARSULARA AİT YILLIK ANLIK MAKSİMUM AKIM DEĞERLERİNİN BÖLGESEL FREKANS ANALİZİ

Hatice ÇITAKOĞLU (ORCID: 0000-0001-7319-6006)*
Vahdettin DEMİR (ORCID: 0000-0002-6590-5658)
Tefaruk HAKTANIR (ORCID: 0000-0002-8343-102X)

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

Geliş / Received: *26.02.2017*
Düzeltmelerin gelişi / Received in revised form: *02.05.2017*
Kabul / Accepted: *02.05.2017*

ÖZ

Bu araştırmada, Karadeniz'e dökülen akarsulardaki 52 adet akım gözlem istasyonuna ait Yıllık Anlık Maksimum Akım (YAMA) verileri kullanılarak L-Momentler yöntemiyle bölgesel frekans analizi yapılmıştır. Hosking tarafından sağlanan bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilen uygulama beş büyük havzayı kapsayan çalışma alanının tek başına bir bütün olarak homojen bir bölge olmadığını ortaya çıkarmıştır (H_1=13,60>>1,0). Bu havzaların fizyografik ve hidrolojik özellikleri göz önüne alınarak ve H_1 kriterine göre, çalışma alanı 11 farklı homojen bölgeye ayrılmıştır. Z^{DIST} uygunluk testi sonuçlarına göre 11 alt bölgenin beşinde Genelleştirilmiş Normal dağılım en uygun olasılık dağılımı olarak belirlenmiştir ve Genelleştirilmiş Ekstrem Değerler, Pearson Tip 3 ve Genelleştirilmiş Lojistik dağılımları sırasıyla üç, iki ve bir alt bölgede en uygun dağılım olarak bulunmuştur. Bu dağılımlarla yapılan indeks–taşkın frekans analizleri sonucunda, çalışma alanı için 2 yıl ile 1000 yıl arası tekerrür periyotlarında grid yöntem ile bölgesel Yıllık Anlık Maksimum Akım haritaları oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: L−Momentler, taşkın, grid yöntem, radyal tabanlı fonksiyon

REGIONAL FREQUENCY ANALYSIS OF ANNUAL FLOOD PEAKS OF NATURAL STREAMS DISCHARGING TO THE BLACK SEA BY THE L-MOMENTS METHOD

ABSTRACT

In this study, Regional Frequency Analysis of annual flood peaks (AFP) series of natural streams discharging to the Black Sea using AFP series recorded 52 stream-gauging stations is done by L-Moments method. Application of method performed by using computer program provided by Hosking reveals that working area including five major basins cannot be treated as a single homogeneous region as a whole (H_1=13.6>>1.0). Taking into consideration physiographical and hydrological peculiarities of these basins and according to H_1 criteria, working area is divided into 11 different homogeneous regions. According to Z^{DIST} goodness-of-fit criterion, Generalized Normal Distribution is determined to be the best probability distribution in five of eleven sub-regions and Generalized Extreme Values, Pearson Type 3, Generalized Logistic distributions are found to be the best in three, two, and one sub-regions, respectively. As a result of index-flood frequency analysis with these distributions, regional annual flood peaks maps covering range of return periods from 2 to 1000 years are produced by grid method for working area.

Keywords: L−Moments, flood, grid method, radial−based function

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 352 207 6666/7515; e-mail / e-posta: hcitakoglu@erciyes.edu.tr

1. GİRİŞ

Yetersiz uzunlukta akım rasatları bulunan veya hiç gözlemi olmayan akarsuların mevcut olduğu bir coğrafik alanda bölgeselleştirilmiş taşkın frekans analizi faydalı bir uygulamadır. Meteorolojik/hidrolojik açıdan coğrafik, topoğrafik, ve iklimsel benzerlikler taşıyan bir bölgede, 30'ar 40'ar yıl gibi anlamlı sayılabilecek uzunlukta ölçülmüş datası bulunan akım gözlem istasyonlarındaki kayıtlı serilerin içerdiği bilgilerin birbirlerini tamamlamaları sonucu o bölge için anlamlı genelleştirmeler yapılabilir. Bu amaçla, ilgili kriterlere göre hidro-meteorolojik özellikler açısından homojen olduğu belirlenen bir coğrafik bölgede anlamlı uzunlukta kayıtları bulunan istasyonlarda ölçülmüş verilerin kullanıldığı bölgesel frekans analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Bölgeselleştirilmiş taşkın frekans analizi için son yıllarda kullanılan en yaygın yöntem L-Momentler metodudur.

L-Momentler yöntemi, olasılık-ağırlıklı momentler yönteminin değişik bir biçimi olarak, bölgesel taşkın frekans analizinde kullanılmak üzere Hosking tarafından 1990 yılında sunulmuş ve Hosking ve Wallis'in 1997 yılında yayınlanan kitabından sonra kullanımı yaygınlaşmış bir yöntemdir [1, 2]. L-Momentler yönteminin, uyumsuz olabilen gözlenmiş serilerin ayıklanması, homojen bölgelerin belirlenmesi, potansiyel olasılık dağılımları parametrelerinin tahmini ve bir homojen bölgeye en uygun dağılımın belirlenmesi için kendine özgü yaklaşımları vardır.

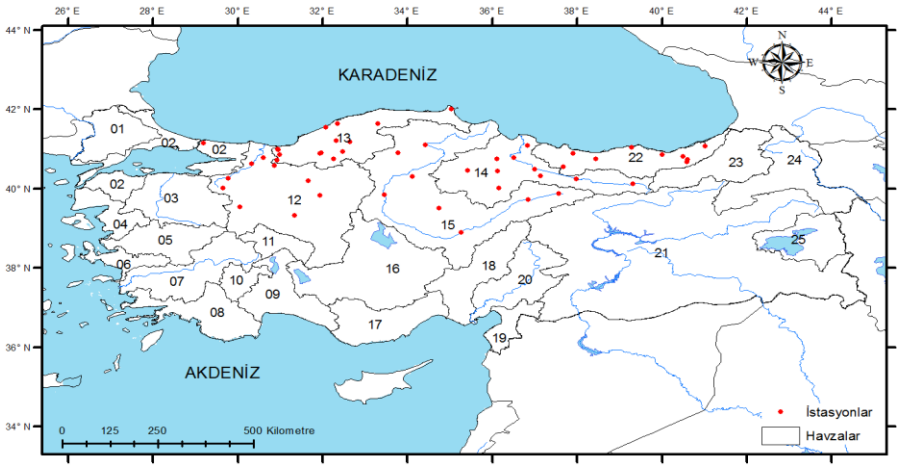
L–Momentler yöntemi, Amerika [3, 4], Avustralya [5, 6], Yeni Zelanda [7], Kanada [8, 9], Portekiz [10], Hindistan [11, 12], Malezya [13], Türkiye [14-18] ve Nil nehri kolları [19] gibi çeşitli ülkelerde kullanılmıştır. Ülkemizdeki ilgili çalışmalardan, Yürekli ve ark. [20] Çekerek çayındaki üç akım gözlem istasyonunda ölçülen 7−günlük minimum akım serilerine L−Momentler yöntemini uygulayarak bölgesel frekans analizi için uygun olasılık dağılımının Genelleştirilmiş Pareto dağılımı (GPA) olduğunu tespit etmişlerdir. Anlı ve ark. [21] Göksu Havzasındaki 10 ölçüm istasyonunu çalışmalarında kullanmış ve sonuçta Göksu Havzası gözlenmiş yıllık anlık maksimum akım (YAMA) serilerinin Genelleştirilmiş Ekstrem dağılım (GEV) ile bölgeselleştirileceğini ifade etmişlerdir. Saf tarafından [14, 15] Batı Akdeniz havzasına ait 47 akım gözlem istasyonunun YAMA serilerini kullanmış ve havzayı üç homojen bölgeye ayırmıştır. Çalışmasının sonunda iki bölgede Pearson Tip 3 (PE3) dağılımının, bir bölgede ise Genelleştirilmiş Normal (GNO) dağılımının uygun olduğunu belirtmiştir. Seçkin ve ark. [17] L−Momentler yöntemini kullanarak Ceyhan havzasında bulunan 19 adet istasyonda gözlenmiş YAMA serilerinin homojenliğini test etmişler ve literatürde yaygın olarak kullanılan potansiyel dağılımlardan Genelleştirilmiş Lojistik (GLO) dağılımının oluşan 2 homojen alt bölge için uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Bu çalışmanın temel amacı, Karadeniz'e dökülen akarsuların yer aldığı (Batı Karadeniz, Sakarya, Kızılırmak, Yeşilırmak, Doğu Karadeniz) kapsayan ve L-Momentler yöntemindeki homojenlik testine göre belirlenen homojen bölgelerde indeks-taşkın modeline göre bölgesel taşkın frekans analizi ifa etmek ve böylece akım ölçümü olmayan akarsu kesitlerinde 2 yıl ile 1000 yıl aralığında çeşitli yinelenme periyotlarında yıllık anlık maksimum akım (YAMA) değerleri için makul tahminler yapabilmektir. Bunun için her homojen alt bölge için geliştirilen regresyon eşitliğinin verdiği ortalama YAMA değeri herhangi bir tekerrür periyotlu boyutsuz YAMA değeriyle çarpılmaktadır. Çalışmanın son aşamasında bütün gözlem istasyonlarının verileri kullanılarak çeşitli tekerrür periyotları için haritalar geliştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Alanı

Türkiye, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) kaynaklarına göre 25 adet büyük ölçekli hidrolojik havzaya ayrılmıştır. Bu havzaların toplam yağış alanı 779.452 km² olup ortalama yıllık akış 186,86 km³'tür. Bu çalışmada ise, 2'nolu Marmara Havzası, 12'nolu Sakarya Havzası, 13'nolu Batı Karadeniz Havzası, 14'nolu Yeşilırmak havzası, 15'nolu Kızılırmak havzası ve 22'nolu Doğu Karadeniz Havzası çalışılan havzalardır. Bu Havzaların alanı yaklaşık olarak 214 115 km² olup, toplam havza alanlarının %27,4'ünü ve ortalama yıllık akışın %27,7'sini oluşturmaktadır. Karadeniz bölgesinde dağlar denize paralel uzanmaktadır, kaynağını dağ sıralarının denize dönük yamaçlarından alan akarsular bol yağış alır ve eğim nedeniyle gürdür. Bu özelliğiyle Karadeniz bölgesi Havzaları ve akarsuları Karadeniz'e dökülen havzalar çalışma alanı, bu havzalar üzerindeki akım gözlem (rasat) istasyonları ise çalışılan istasyonları oluşturmaktadır. Toplamda 52 adet olan istasyonlarda 20 yıl ve daha fazla kayıt uzunluğuna sahip yıllık anlık maksimum akım (YAMA) verileri frekans ve homojen bölgelerin belirlenmesinde kullanılmıştır. Daha kısa kayıtlı istasyonlar istatistiksel anlamlılık açısından yetersiz olduğu kabulü ile alınmamıştır. Bu veriler Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan 52 adet akım gözlem istasyonunun konumları ve Türkiye'deki dağılımları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan akım ölçüm istasyonlarının konumu

2.2. L-Momentler ve L-Katsayılar

L–Momentler yönteminin teorisi ve uygulanması ile ilgili detaylı bilginin pek çok çalışmada ayrıntılı olarak açıklanması nedeniyle [1, 2, 22] burada L-Momentler yöntemiyle indeks–taşkın modeli bu alt bölümde özet olarak verilmektedir. Greenwood ve diğerleri [23] tarafından sunulan olasılık–ağırlıklı momentler aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$\beta_j = \int_0^1 x(F) \cdot F^j \cdot dF \tag{1}$$

Burada; F = F(x), x rastgele değişkeninin kümülatif dağılım fonksiyonu (KDF); x = x(F), değişken fonksiyonu olarak tanımlanan, KDF'nin inversi (tersi); ve β_j, j'ninci olasılık–ağırlıklı momenttir. j=0 iken (1) eşitliğinden görülebileceği gibi 0'ıncı olasılık–ağırlıklı moment dağılımın genel ortalamasına eşittir. Konvansiyonel momentler yöntemine benzer biçimde, dağılımın parametreleri ile βj'ler arasındaki analitik ilişkiler kullanılarak parametreler hesap edilir. Dolayısıyla,3-parametreli dağılımlar için ilk üç β_j (j = 0, 1, 2), 4–parametreli dağılımlar için (örneğin: Kappa dağılımı için) ilk dört βj (j = 0, 1, 2, 3), 5–parametreli Wakeby dağılımı için de ilk beş β_j (j = 0, 1, 2, 3, 4) eldeki mevcut gözlenmiş seriden tahmin edilir.

Lineer Momentler (L–Momentler), (1) eşitliğiyle tanımlanan olasılık–ağırlıklı momentlerin lineer kombinezonları olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir [2].

$$\lambda_1 = \beta_0 \tag{2a}$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0 \tag{2b}$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \tag{2c}$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \tag{2d}$$

Burada, λ_j dağılımın j'ninci L–Momentidir. L–Momentlerin oranlanmasıyla dağılımın L–Katsayıları aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır [2].

$$\tau \equiv \text{L–Varyasyon katsayısı} = \lambda_2/\lambda_1 \tag{3}$$

$$\tau_3 \equiv \text{L–Çarpıklık katsayısı} = \lambda_3/\lambda_2 \tag{4}$$

$$\tau_4 \equiv \text{L–Basıklık katsayısı} = \lambda_4/\lambda_2 \tag{5}$$

L–Varyasyon katsayısı τ'nun, konvansiyonel varyasyon katsayısının (standart sapma /μ) işlevini gördüğü, diğer bir deyişle olasılık yoğunluk fonksiyonunun darlığını veya genişliğini nicel olarak yansıttığı Hosking ve

Wallis tarafından [2] açıklanmaktadır. Benzer biçimde, L–Çarpıklık Katsayısı τ_3'ün olasılık yoğunluk fonksiyonunun çarpıklığını ve L–Basıklık Katsayısı τ_4'ün de olasılık yoğunluk fonksiyonu mod bölgesinin basıklığını ve sivriliğini nicel olarak temsil ettiği açıklanmaktadır [2]. Konvansiyonel katsayılar çok geniş aralıklarda değerler alabilirken, L–Katsayılar (–1, +1) aralığında kalmaktadır, ve bunun bir avantaj olduğu belirtilmektedir.

L–Momentler yöntemiyle yapılan bölgeselleştirme çalışmasının temeli her bir istasyonda gözlenmiş serilerden hesaplanan L–Momentler oranlarına dayanmaktadır. L–Varyasyon, L–Çarpıklık ve L–Basıklık katsayıları olarak tanımlanan bu oranların seri uzunluklarına oranlanarak hesaplanan ağırlıklı ortalamaları kullanılarak bölgesel olasılık dağılım parametreleri hesaplanmaktadır [2]. L–Momentler yönteminde de 1960'da Dalrymple'ın [24] sunduğu indeks–taşkın modeli kullanıldığı için baştan her bir kaydedilmiş serinin bütün elemanları kendi ortalama değerine bölünmekte, bölgesel frekans analizinde kullanılabilecek potansiyel olasılık dağılımlarının parametreleri böylece standardize edilen serilerden elde edilen L–Momentler oranları ile hesaplanmaktadır. Aday olasılık dağılımlarından, Z_{DIST} uygunluk testi olarak adlandırılan test ile, L–Basıklık'a karşılık L–Çarpıklık katsayıları ilişkisi teorik ilişkiye en yakın olanı bölgeye en uygun dağılım olarak seçilmektedir. Homojen bölgede herhangi bir noktadaki herhangi ortalama tekerrürlü bir taşkın piki (YAMA) değeri, 'büyüme eğrisi' olarak ta adlandırılan standardize frekans eğrisinin veya bu eğriyi tanımlayan standardize değişken fonksiyonunun verdiği değerin o noktada tahmin edilen ortalama taşkın piki ile çarpılmasıyla elde edilmektedir. Taşkın frekans analizi açısından homojen olduğu belirlenen bir bölge için bölgeselleştirilmiş taşkın frekans analizinde herhangi bir ortalama tekerrür periyotlu YAMA'nın hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır:

$$Q_T = x(F) \times \mu \tag{6}$$

Bu eşitlikte, Q_T, söz konusu coğrafik noktada ortalama tekerrür periyodu T yıl olan YAMA değeri; F, ortalama tekerrür periyoduna F = 1–1/T [veya, T = 1/(1–F)] ifadesi ile ilişkili olan T-yıl ortalama tekerrürlü YAMA'nın küçük-kalma (aşılmama) olasılığı; x(F), ortalaması bire eşit olan (μ=1) standart YAMA değerine homojen bölge için uygun görülen olasılık dağılımı kümülatif fonksiyonunun inversi (değişken fonksiyonu); μ, o coğrafik noktada YAMA'ların ortalamasıdır. Bölgesel indeks–taşkın yönteminin aslını teşkil eden (6) nolu eşitlik Dalrymple ve Hosking–Wallis yöntemlerinde ortaktır [2, 24].

2.3. L–Momentler Yöntemine Göre Uyumsuzluk Ölçütü:

Uyumsuzluk ölçütü, homojen kabul edilen bölgede, L–Katsayıları, uyumlu istasyonların L–Katsayılarının ortalamasından kabul edilemeyecek kadar uzakta olabilen istasyonların belirlenmesi amacı ile kullanılmaktadır. Uyumsuzluk ölçüsü bölgedeki istasyon sayısına bağlıdır. Uyumsuz çıkan bir istasyon söz konusu homojen bölgedeki L–Momentlere dayalı bölgeselleştirme analizlerinden çıkarılmaktadır. Uyumsuzluk ölçütü, istasyon verilerinin L–Katsayıları ile hesaplanmakta olup aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$D_i = (1/3) \cdot N \cdot \left(u_i - \bar{u}\right)^T \cdot A_H{}^{-1} \cdot \left(u_i - \bar{u}\right) \tag{7}$$

Burada; u_i, L–Varyasyon, L–Çarpıklık, L–Basıklık katsayılarının matris hali; T_i, matrisin transpozu; $\bar{u}$, ağırlıksız grup ortalaması; A_H, karelerinin toplamının matrisi ve çapraz çarpımı ve D_i, i istasyonu için uyumsuzluk ölçüsüdür. Homojen bölgedeki istasyon adedi 15'ten büyük ise hesaplanan D_i değeri 3 den büyük olan istasyonun uyumsuz (discordant) olduğu kabul edilmektedir.

2.4. L-Momentler Yöntemine Göre Homojenlik Testi

Noktasal istasyonlarda kaydedilen serilerin homojen bölge içinde genel homojenlik kriterine uyumlu olup olmadığını belirlemek amacıyla, Hosking ve Wallis [2] tarafından geliştirilmiş olan ve aşağıda verilen H_k istatistikleriyle sembolize edilen L–Momentlere dayalı homojenlik testi uygulanmaktadır.

$$H_k = (V_k - \mu_v)/\sigma_v \tag{8}$$

Bu eşitlikte; k = 1, 2, 3 ile üç farklı H_k tanımlanmakta, bunlardan Hosking [1] tecrübelerine göre ve L–Varyasyon katsayısına bağlı olduğu için bunlardan H_1 daha belirleyicidir. H_1 daha önemli olmaktadır. Burada,

V_k k'ıncı L–katsayısının ağırlıklı standart sapması, μ_v ve σ_v 500 adet sentetik seriden elde edilen V_k değerlerinin ortalama ve standart sapmasıdır. Homojenlik istatistiğinin değeri 1'den küçükse ($H_k< 1$) bölge kesin homojen, $1<H_k<2$ ise bölge homojen varsayılabilir ve $H_k>2$ ise bölge kesinlikle heterojen olarak kabul edilmektedir.

2.5. L-Momentler Yöntemine Göre En Uygun Dağılımın Seçilmesi

Homojen bölgeyi temsil edecek en uygun olasılık dağılımın tespiti için önce, parametreleri bölgesel ortalama L–Katsayılardan hesaplanan Kappa dağılımı ile uzunlukları kayıtlı serilerin ortalama uzunluğuna eşit 500 adet sentetik seriler üretilmektedir. Bu serilerden hesaplanan L–Çarpıklık katsayılarına karşılık işaretlenen L–Basıklık katsayıları noktalarının, aday dağılımların teorik L–Çarpıklık katsayısına karşılık L–Basıklık katsayısı eğrilerinden olan nicel farkları belirli bir güven aralığı içinde olan dağılımlar homojen bölgeyi temsil edebilecek potansiyel dağılımlar olarak kabul edilmektedir [2]. Standart normal dağılımlı bir rastgele değişken olduğu varsayılan, Z_{DIST} ile sembolize edilen ve aşağıdaki ifadelerle hesaplanan bu istatistiğin nümerik değeri, % 90 güven aralığı sınırları olan $-1{,}64 < Z^{DIST} < +1{,}64$ eşitsizliğini sağlayan dağılımlar homojen bölgedeki YAMA'ların bölgesel dağılımını temsil edebilecek dağılımlardır. Bu aralıkta kalanlardan, Z^{DIST} değeri sıfıra en yakın olan dağılım bölge için en uygun dağılım olarak kabul edilebilir.

Z_{DIST} istatistiği aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanır:

$$\beta_4 = N_{sim}^{-1} \cdot \sum_{m=1}^{N_{sim}} \left(\tau_4^{[m]} - \tau_4^R \right) \tag{9}$$

$$\sigma_4 = \left\{ \left(N_{sim} - 1 \right)^{-1} \cdot \left[\sum_{m=1}^{N_{sim}} \left(\tau_4^{[m]} - \tau_4^R \right)^2 - N_{sim} \cdot \beta_4^2 \right] \right\}^{0.5} \tag{10}$$

$$Z^{DIST} = \left(\tau_4^{DIST} - \tau_4^R + \beta_4 \right) \Big/ \sigma_4 \tag{11}$$

Bu eşitliklerde; τ_4^R ve $\tau_4^{[m]}$ kayıtlı serilerden ve m'inci simülasyonda hesaplanan bölgesel L–Basıklık katsayıları; β_4, bölgesel ortalama L–Basıklık katsayısı tahminindeki yanlılık için düzeltme terimi; σ_4, kayıtlı serilerden hesaplanan bölgesel ortalama L–Basıklık katsayısının standart sapması; τ_4^{DIST}, aday olasılık dağılımının teorik L–Basıklık katsayısıdır. N_{sim}, Kappa dağılımı ile yapılan simülasyon (sentetik seri) adedidir. Hosking ve Wallis [2] tarafından tavsiye edildiği üzere bu çalışmada N_{sim} 500 alınmıştır.

Bu çalışmada Hosking tarafından geliştirilen bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu program web sitesinde [25] mevcuttur.

Bir homojen bölgede YAMA verilerine uygun dağılımı seçmek için Z^{DIST} testinin yanı sıra görsel bir test de geçerlidir. Burada, bütün potansiyel dağılımlara ait L–Basıklık (τ_4) ile L–Çarpıklık (τ_3) katsayıları arasındaki teorik ilişkiler çizilmekte ve homojen bölge içindeki istasyonlarda gözlenmiş serilerden hesaplanan L–Basıklık (t_4) ile L–Çarpıklık (t_3) katsayıları aynı grafikte işaretlenmektedir. İşaretlenen noktaların, dağılımların teorik eğrilerine en yakın olduğu dağılım genelde Z^{DIST} testi sonucuyla uyumlu olmaktadır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Karadeniz'e dökülen akarsulardaki 52 adet akım gözlem istasyonuna (Şekil 1) ait, 2014 yılına kadar olan Yıllık Anlık Maksimum Akım (YAMA) verileri kullanılmıştır. L–Momentler yöntemiyle yapılan bölgeselleştirme çalışmasının temeli bölgede mevcut bütün istasyonlarda gözlenmiş serilerden hesaplanan L–Momentler oranlarına dayanmaktadır. Bu sebeple çalışmanın başında, 52 adet serinin L–Varyasyon, L–Çarpıklık ve L–Basıklık katsayıları olarak tanımlanan bu oranlar hesaplanmış ve uyumsuzluk ve homojenlik testleri yapılmıştır. Homojenlik testi sonucunda, çalışma bölgesinin tek bir homojen bölge olmadığı, büyük bir H_1 değeriyle bariz heterojen olduğu tespit edilmiştir (H_1=13,6>> 1,0). Dolayısıyla, çalışma alanın H_1 kriterine göre homojen bölgelere ayrılması gerekmektedir. Tablo 1'de görüleceği üzere her birinin H_1 değeri 1'den küçük olacak biçimde Karadeniz'e dökülen akarsular 11 homojen alt bölgeye ayrılmıştır. Çalışma alanının homojen bölgelere ayrılmasında, her bir iklim bölgesinin fizyografik ve hidrolojik özellikleri göz önüne alınmıştır. Ayrıca her istasyonun L–Varyasyon katsayısına bağlı olarak homojen bölgelere ayrılmıştır. Tablo 1'de 11 homojen alt bölge ve bu bölgelerde yer alan akım ölçüm istasyonları verilmektedir. Bölgeselleştirme çalışmasında homojenlik testi dışında, en başta uygulanan birde uyumsuzluk ölçüsü mevcut olup bu çalışma alanı içinde baştan uyumsuzluk testi yapılmıştır. Buna göre 1337 nolu ölçüm istasyonu ile 14A014 nolu Kürtün istasyonu serilerinin 11 homojen alt bölgede uyumsuz olduğu belirlenmiş olup çalışma alanımızdan çıkarılmıştır.

Tablo 1. Karadeniz'e dökülen akarsulardaki 52 İstasyona ait Yıllık Anlık Maksimum Akım verileri için homojenlik ve Z^{DIST} uygunluk testlerinin özeti

Bölgeler	Bölgedeki İstasyonlar Kodları	Homojenlik Testi	Potansiyel Dağılımların Z^{DIST} İstatistikleri				
		H_1 İstatistiği	GLO	GEV	GNO	PE3	GPA
1. Bölge	1219–1221–1222	-0,45<1	2,86	1,30	1,09	*0,53**	-2,14
2. Bölge	1224–1226–1233	0,32<1	2,11	1,47	0,90	*-0,09**	-0,31
3. Bölge	1302–1307–1314–1327 1334–1339–1340	0,94<1	1,58	0,23	*-0,22**	-1,07	-2,95
4. Bölge	1319–1331–1335–1336 1338	-0,67<1	0,95	0,34	*-0,24**	-1,24	-1,41
5. Bölge	1332–1401–1402–1413 1414–1418	0,97<1	2,12	-0,83	*-0,44**	-0,63	-6,58
6. Bölge	1422–1424–1427	-0,31<1	1,31	0,36	*0,08**	-0,47	-1,85
7. Bölge	1501–1535–1536–1539	0,59<1	0,71	*-0,69**	-0,83	-1,27	-3,71
8. Bölge	1517–1541–1503–1538 1412	0,56<1	2,03	0,80	*0,31**	-0,60	-2,18
9. Bölge	2215–2232–2233	0,48<1	*-0,16**	-0,75	-1,07	-1,63	-2,25
10. Bölge	2202–2213–2218–2228 2238–2245–2247	0,85<1	0,94	*-0,09**	-0,74	-1,87	-2,77
11. Bölge	1203–1237–1250–1330	-1,02<1	0,29	*-0,02**	-0,67	-1,79	-1,13

*****İtalik değerler sıfıra en yakın olduğu için en uygun dağılıma aittir değerlendirmesi yapılmıştır.

Uyumsuzluk ve homojenlik testi aşamalarından sonra, noktasal katsayıların, tek seri uzunluğunun toplam seriler uzunluğuna oranlanmasıyla elde edilen ağırlık katsayılarıyla ortalamaları alınarak, bölgesel L–Varyasyon (t_2^R), L–Çarpıklık (t_3^R), L–Basıklık (t_4^R) katsayıları hesaplanmıştır. Genel bir ana dağılım olduğu ve 3–parametreli potansiyel dağılımların onun özel biçimleri olduğu gerçeğinden hareketle, parametre değerleri bölgesel L–katsayılar kullanılarak belirlenen 4 parametreli Kappa dağılımı ile sentetik seriler türetilmiştir. 500 sentetik seri simülasyonu yapıldıktan sonra Z^{DIST} istatistiği bütün aday dağılımlar için (10) nolu eşitlik ile hesaplanmaktadır. Tablo 1'de 3.üncü sütundan sonrasında GLO, GEV, GNO, PE3 ve GPA dağılımlarına ait Z^{DIST} istatistiği değerleri mevcuttur.

Bir olasılık dağılımının bir homojen bölgeyi temsil edebilmesi için onun Z^{DIST} istatistiği $-1,64 < Z^{DIST} < +1,64$ aralığında olmalıdır. Bu şartı sağlayan dağılımlar arasında Z^{DIST} istatistik değeri en küçük olanı en uygun dağılımdır. Bu nedenle başlangıçta Z^{DIST} istatistik değeri en küçük dağılımlar seçilmiştir. Tablo 1'de görüleceği üzere 1. Homojen Bölge için Z_{DIST} istatistiği, diğerlerine göre en küçük olan 0,53 değeri ile PE3 dağılımı en uygun dağılımdır. Z^{DIST} istatistikleri diğer dağılımlarınkilerden daha küçük olduğundan dolayı, GNO dağılımı 3., 4., 5., 6., ve 8. bölgelerde en uygun dağılım, GEV dağılımı 7., 10. ve 11. bölgelerde en uygun dağılım, PE3 dağılımı, 1. ve 2. bölgelerde en uygun dağılım, GLO dağılımı ise 9. bölgede en uygun dağılımdır. Tablo 2'de 11 homojen alt bölgeye ait uygun dağılımların, bölgesel L–katsayılar kullanılarak hesaplanan bölgesel parametreleri verilmektedir.

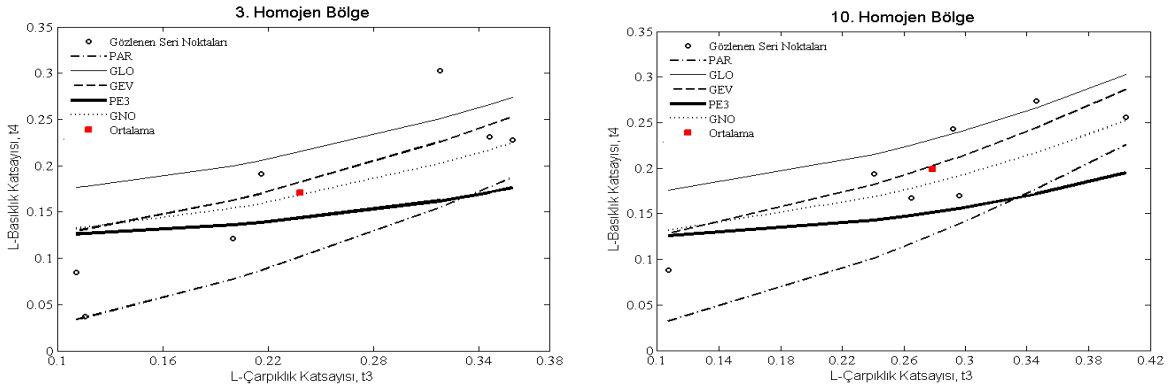
Z^{DIST} istatistiği yanı sıra $t_4 \leftrightarrow t_3$ noktaları ve bu noktasal değerlerin ortalama noktası kullanılarak oluşturulan Şekil 2 ile de görsel olarak uygun dağılım belirlenmiştir. Şekil 2'de, 3. ve 10. Homojen bölgelerin YAMA verileri için, dağılımlara her bir istasyona ait $\tau_4 \leftrightarrow \tau_3$ eğrileri 7 istasyondaki verilerden hesaplanan $t_4 \leftrightarrow t_3$ noktaları ve bu noktasal değerlerin ortalama noktası verilmektedir. Bu şekillerden görülebileceği üzere serilere (her bir istasyona) ait $t_4 \leftrightarrow t_3$ noktalarının ortalamaları hangi dağılıma ait $\tau_4 \leftrightarrow \tau_3$ eğrisine daha yakınsa o dağılımın en uygun dağılım olduğu yorumu yapılmaktadır. 3. homojen bölgede YAMA verileri için en uygun dağılımın GNO dağılımı ve 10. homojen bölgede YAMA verileri için en uygun dağılımın GEV dağılımı olduğu bu şekilde de görsel olarak belirlenmektedir.

Eşitlik (6)'dan görüleceği üzere, bir akarsuyun belirli bir kesitindeki T-yıl tekerrürlü YAMA değerinin hesabında, o kesitteki ortalama YAMA değeri, olasılık dağılımının verdiği standardize değişken değeri kadar önemlidir. Rasatı olmayan akarsu kesitlerinden kullanılmak üzere, ortalama YAMA değerleri ise anlamlı regresyon ile hesaplanmaktadır. Bunun için t istatistiği değerleri anlamlı olan katsayılara sahip ve dolayısıyla ortalama YAMA tahminine önemli katkı sağlayacak açıklayıcı bağımsız değişkenler seçilmiştir. Karadeniz'e

dökülen akarsulardaki 52 istasyona ait ortalama YAMA tahmininde bağımsız değişkenler olarak, o akarsu kesitinin enlem, boylam, kotu ve kesitin drenaj alanı verileri kullanılmıştır. Ortalama YAMA'lar için elde edilen regresyon eşitliklerini sunan Tablo 3'ten görüleceği üzere, 11 homojen bölgenin çoğunluğunda farklı regresyon ifadeleri elde edilmiştir. 1., 6., 7. ve 9. homojen bölgelerde sadece drenaj alanı bağımsız değişken, 2. bölgede sadece boylam bağımsız değişken olarak kullanılırken, 3. ve 10. homojen bölgelerde drenaj alanı, enlem, boylam bağımsız değişken, 4. homojen bölgede alan ve boylam bağımsız değişken, 5. homojen bölgede alan, enlem ve kot bağımsız değişken, 8. homojen bölgede alan ve enlem bağımsız değişken, 11. homojen bölgede ise enlem ve boylam bağımsız değişkendir.

Tablo 2. 11 Homojen bölge ait uygun dağılımlar ve parametrelerinin değerleri

Homojen Bölgeler	Uygun Dağılım	Konum (c)	Ölçek (b)	Şekil (a)	Homojen Bölgeler	Uygun Dağılım	Konum (c)	Ölçek (b)	Şekil (a)
1. Bölge	PE3	1,000	0,500	1,066	7. Bölge	GEV	0,804	0,342	0,005
2. Bölge	PE3	1,000	0,676	1,883	8. Bölge	GNO	0,856	0,549	-0,492
3. Bölge	GNO	0,896	0,422	-0,464	9. Bölge	GLO	0,930	0,149	-0,262
4. Bölge	GNO	0,807	0,517	-0,666	10. Bölge	GEV	0,741	0,340	-0,160
5. Bölge	GNO	0,968	0,394	-0,161	11. Bölge	GEV	0,605	0,362	-0,346
6. Bölge	GNO	0,894	0,453	-0,446					



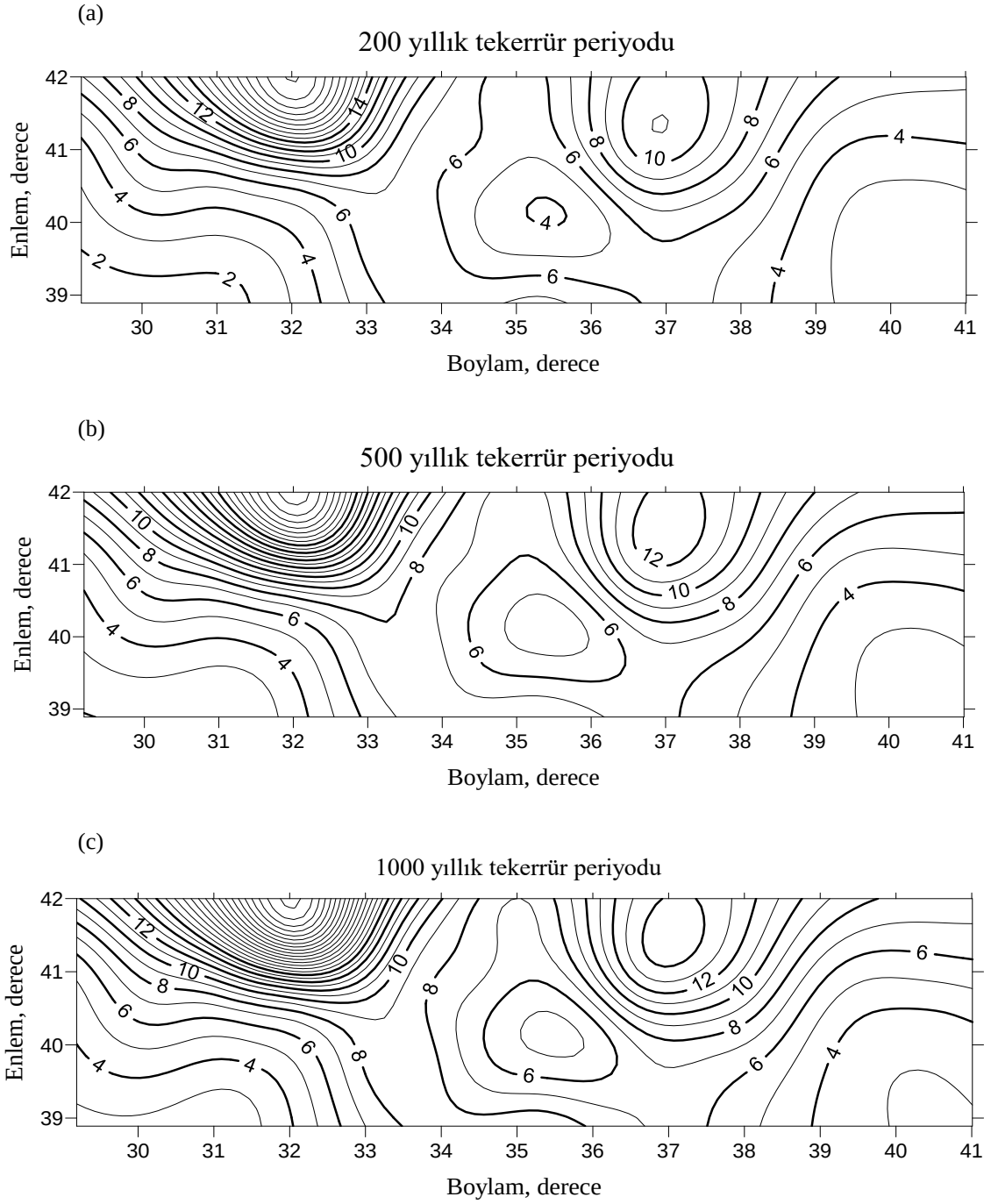
(a) (b)

Şekil 2. (a) 3. homojen bölgenin YAMA verileri için dağılımların teorik $\tau_4 \leftrightarrow \tau_3$ eğrileri ve serilerin $t_4 \leftrightarrow t_3$ değerleri, (b) 10. homojen bölgenin YAMA verileri için dağılımların teorik $\tau_4 \leftrightarrow \tau_3$ eğrileri ve serilerin $t_4 \leftrightarrow t_3$ değerleri

Tablo 3. 11 Homojen bölge ait ortalama YAMA değerleri için geliştirilen regresyon eşitlikleri

Homojen Bölgeler	$YAMA_{ort}$ için elde edilen regresyon eşitlikleri	R^2
1. Bölge	$16{,}93 \cdot Alan^{0{,}30}$	0,998
2. Bölge	$-9300 + 237 \cdot Boylam$	0,876
3. Bölge	$-2945 + 0{,}0576 \cdot Alan - 69{,}3 \cdot Enlem + 127 \cdot Boylam$	0,844
4. Bölge	$-20127 + 0{,}0455 \cdot Alan + 493 \cdot Boylam$	0,998
5. Bölge	$-9889 + 0{,}00846 \cdot Alan + 284 \cdot Enlem - 0{,}625 \cdot Yukseklik$	0,978
6. Bölge	$0{,}156 \cdot Alan^{0{,}819}$	0,990
7. Bölge	$51{,}726 \cdot Alan^{0{,}2012}$	0,746
8. Bölge	$2295 + 0{,}00469 \cdot Alan - 64{,}7 \cdot Enlem$	0,844
9. Bölge	$0{,}0493 \cdot Alan^{1{,}233}$	0,990
10. Bölge	$-12445 + 0{,}168 \cdot Alan - 36{,}9 \cdot Enlem + 341 \cdot Boylam$	0,916
11. Bölge	$-667 + 26{,}9 \cdot Enlem - 2{,}4 \cdot Boylam$	0,801

Çalışmanın son kısmında indeks–taşkın frekans analizleri sonucunda, Karadeniz'e dökülen akarsulardan, 2 yıl ile 1000 yıl arası muhtelif tekerrür periyotlarında grid yöntem ile bölgesel ortalaması sıfır olan standardize Yıllık Anlık Maksimum Akım değerleri haritaları oluşturulmuştur. Herhangi bir akarsuyun herhangi bir kesiti için bu haritadan alınacak standardize YAMA değeri, o coğrafik noktada Tablo 3'te verilen regresyon ifadesi ile hesaplanan ortalama YAMA değeri ile çarpılarak istenen tekerrürlü taşkın pik değeri tahmin edilmiş olur. 2 yıl ile 1000 yıl arası muhtelif tekerrür periyotlarına ait haritalar oluşturulurken radyal tabanlı fonksiyonlardan yararlanılmıştır. 11 yıllık tekerrür periyotlarının haritalarının tamamının çalışmada gösterilmesi yer kaplayacağından dolayı haritalama işlemlerinin detayına girilmemiş olup 200, 500 ve 1000 yıllık tekerrür periyotlarına ait haritalar Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. (a) 200 yıllık tekerrür periyodunda standardize YAMA değerlerinin tahmin haritaları, (b) 500 yıllık tekerrür periyodunda standardize YAMA değerlerinin tahmin haritaları, (c) 1000 yıllık tekerrür periyodunda standardize YAMA değerlerinin tahmin haritaları

4. SONUÇLAR

Karadeniz'e dökülen, batıdan doğuya, Sakarya, Batı Karadeniz Müteferrik, Kızılırmak, Yeşilırmak, Doğu Karadeniz Müteferrik Havzalarında, 20'yıldan daha uzun süreli 52 adet akım gözlem istasyonunda gözlenmiş yıllık anlık maksimum akım (YAMA) serileri kullanılarak, son yıllarda yaygınlık kazanmış olan L-Momentler esaslı indeks–taşkın modeli ile bölgesel taşkın frekans analizi yapılmıştır. Çalışma bölgesi 11 homojen alt bölgeye ayrılmış, bunlara uygun olasılık dağılımları olarak, beşinde Genelleştirilmiş Normal Dağılımı (GNO), üçünde Genelleştirilmiş Ekstrem Değerler Dağılımı (GEV), ikisinde Pearson Tip 3 (PE3) Dağılımı ve bir bölgede Genelleştirilmiş Lojistik (GLO) Dağılımının uygun olduğu belirlenmiştir. Bu dağılımlara göre 2 yıl ile 1000 yıl arası muhtelif tekerrür periyotlarında boyutsuz taşkın (standardize YAMA) değerleri hesaplanmıştır. Karadeniz'e dökülen akarsulardaki 52 istasyonda gözlenmiş YAMA ortalamalarının tahmininde bağımsız değişken olarak enlem, boylam, kot (yükseklik) ve drenaj alanı verileri kullanılmış ve 11 homojen alt bölgenin her biri için regresyon ifadeleri elde edilmiştir. Çalışmanın son kısmında, indeks–taşkın frekans analizleri sonucunda, Karadeniz Bölgesinde, 2 yıl ile 1000 yıl arası muhtelif tekerrür periyotlarında grid yöntem ile bölgesel standardize YAMA haritaları oluşturulmuştur. Böylece yetersiz uzunlukta akım gözlemleri bulunan veya hiç gözlemi olmayan akarsuların verilen aralıkta muhtelif tekerrürlü Yıllık Anlık Maksimum Akım büyüklükleri tahmin edilebilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] HOSKING, J.R., M., "L–Moments: Analysis and Estimation of Distributions Using Linear Combinations of Order Statistics", Journal of the Royal Statistical Society Series B, 52, 105–124, 1990.

[2] HOSKING, J.R., M., WALLIS, J. R., Regional Frequency Analysis an Approach Based on L−Moments, Cambridge University Press, Britain, 1997.

[3] VOGEL, R.M., THOMAS, W.O., MCMAHON, T.A., "Flood–Flow Frequency Model Selection in Southwestern United States", J. Water Resource Planning and Management, 119(3), 353–366, 1993.

[4] PITLICK, J., "Relation Between Peak Flows, Precipitation, and Physiography for Five Mountains Regions in The Western USA", Journal of Hydrology, 158, 219–240, 1994.

[5] PEARSON, C.P., "Regional Frequency Analysis of Low Flows in New Zealand Rivers", The New Zealand Hydrological Society, J. Hydrol., 33(2), 94–122, 1995.

[6] PEARSON, C.P., "New Zealand Regional Flood Frequency Analysis Using L–Moments, The New Zealand Hydrological Society", J. Hydrol., 30(2), 53–64, 1991.

[7] MADSEN, H., PEARSON, C.P., ROSBJERG, D., "Comparison of Annual Maximum Series and Partial Duration Methods for Modelling Extreme Hydrologic Events 2. Regional Modelling", Water Resources Research, 33(4), 759–769, 1997.

[8] YUE, S., WANG, C.Y., "Regional Probability Distributions of Canadian Flood Flows by L−Moments", J. Hydrol., 43(1), 59–73, 2004.

[9] YUE, S., WANG, C.Y., "Possible Regional Probability Distribution Type of Canadian Annual Streamflow by L−Moments", Water Resources Management, 18, 425−438, 2004.

[10] PORTELA, M.M., DIAS, A.T., "Application of The Index−Flood Method to the Regionalization of Flood Peak Discharges on the Portugal Mainland", River Basin Management, 83, 475-485, 2005.

[11] RAKESH, K., CHATTERJEE, C., KUMAR, S., LOHANI, A.K., SINGH, R.D., "Development of Regional Flood Frequency Relationships Using L−Moments for Middle Ganga Plains Subzone 1(f) of India", Water Resources Management, 17, 243−257, 2003.

[12] PARIDA, B.P., KACHROO R.K., SHRESTHA D.B., "Regional Flood Frequency Analysis of Mahi-Sabarmati Basin (Subzone 3-a) Using Index Flood Procedure with L–Moments", Water Resources Management, 12, 1–12, 1998.

[13] LIM, Y.H. ve LYE, L.M., "Regional Flood Estimation for Ungauged Basins in Sarawak, Malaysia Hydrological Sciences", 48(1), 79−94, 2003.

[14] SAF, B., "Batı Akdeniz Havzalarının L-Momentlere Dayalı Bölgesel Taskın Frekans Analizi", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15,2,153–165, 2009.

[15] SAF, B. "Regional Flood Frequency Analysis Using L–Moments for The West Mediterranean Region of Turkey", Water Resources Management, 23, 531–551, 2009.

[16] SAF, B., "Regional Flood Frequency Analysis Using L−Moments for The Büyük and Kücük Menderes River Basins of Turkey", Journal of Hydrologic Engineering, 14(8), 783–794, 2009c.

[17] SECKIN, N., YURTAL, R, HAKTANIR, T., TOPALOĞLU, F., "Regional Flood Frequency Analysis of Ceyhan River Basin in Turkey Using L–Moments Method", Fresenius Environmental Bulletin 19(11a), 2616–2624, 2010.
[18] SECKIN, N., HAKTANIR T., YURTAL R., "Flood Frequency Analysis of Turkey Using L−Moments Method", Hydrological Processes, 25(22), 3499–3505, 2011.
[19] ATIEM, A., HARMANCIOGLU, N.B., "Assessment of Regional Floods Using L−Moments Approach: The Case of the River Nile", Water Resources Management, 20, 723–747, 2006.
[20] YUREKLI K, KURUNC A., GUL, S., "Frequency Analysis of Low Flow Series from Çekerek Stream Basin", Tarım Bilimleri Dergisi 11(1), 72–77, 2005.
[21] ANLI, A.S., APAYDIN H., ÖZTÜRK F., "Regional Flood Frequency Estimation for the Göksu River Basin Through L–Moments", International River Basin Management Conference, State Hydraulic Works, pp 424–438, Gloria Golf Resort Hotel, Belek, Antalya, Türkiye 2007.
[22] STEDINGER, J.R., VOGEL, R.M., GEORGIOU, E.F., Frequency Analysis of Extreme Events in D. R. Maidment (Ed), Handbook of Hydrology, Chap. 18, (pp. 1-68), McGraw-Hill, 1993.
[23] GREENWOOD, J.A., LANDWEHR, J.M., MATALAS, N.C., WALLIS, J.R., "Probability Weighted Moments: Definition and Relation to Parameters of Several Distributions Expressible in Inverse Form", Water Resource Res., 15(5), 1049–1054, 1979.
[24] DALRYMPLE, T., "Flood Frequency Analysis", Water Supply Paper 1543-A, U.S. Geological Survey, Washington, D.C., 1960.
[25] http://lib.stat.cmu.edu/general/lmoments (erişim tarihi 02.07.2013).