

### Öne Çıkan Sonuçlar:

- Birinci adımda Şen yöntemi kullanılarak iklim değişikliği etkisinde anlık en yüksek debi değerlerinin eğilim çözülmesi yapılmıştır ve bütüncül olmayan artan eğilim sonucuna ulaşılmıştır.
- İkinci aşama ise şekilsel değişimlerin sayısal olarak nasıl davrandığı ihtimal yoğunluk fonksiyonları ile hesaplanmıştır ve birbiriyle kıyaslanmıştır.
- Gerçekleştirilen hesaplamalara göre farklı tekrardaki debi değerlerinde artışlar veya azalışlar meydana gelmiştir.

### Yazışma yazarı:

Yavuz Selim GÜÇLÜ,  
yavuzselim.guclu@medeniyyet.edu.tr

### Referans:

Güçlü, Y.S., (2019), İklim Değişikliğinin Anlık Yüksek Akımlara Etkisi, Su Kaynakları, 4, (1), 23-30

Makale Gönderimi : 16 OCAK 2019  
Online Kabul : 13 ŞUBAT 2019  
Online Basım : 25 MART 2019

Yavuz Selim Güçlü<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Istanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ünal-an-Üsküdar, İstanbul, Türkiye.

**Özet** İklim değişikliği meteoroloji ve hidroloji değişkenlerini ciddi anlamda etkileyen önemli bir etkidir. Öyle ki, birçok yağış-akış zaman dizisinde azalan (negatif) veya artan (pozitif) eğilimler (trendler) meydana gelmiştir. Bu çalışmada iklim değişikliğinin baskısı altında anlık yüksek akımların eğilim ve sıklık hesabı (analizi) yapılmıştır. İlk olarak, bilindik eğilim yöntemleri Mann-Kendall (MK), Spearman's rho (SR) ve doğrusal regresyon yaklaşımı yerine önerilmiş Şen'in 1:1 Doğru (45°) yöntemi ile eğilimler belirlenip ve görselleştirilmiştir. İkinci olarak da veriler 2-yıl, 5-yıl, 10-yıl, 20-yıl, 50-yıl, 100-yıl, 200-yıl ve 500-yıl tekrür süreleri dikkate alınarak sıklık hesabına tabi tutulmuştur ve böylece bu eğilimler sayısallaştırılmıştır. Elde edilen şekiller (grafikler) sayesinde görsel biçimde anlık yüksek akımların azalan veya artan eğilimleri tespit edilmiştir. Bu çalışmada n-yıl tekrüre sahip debiler iki parametrelili Gamma ihtimal yoğunluk fonksiyonu kullanılarak bulunmuştur. Son olarak, Meriç-Ergene Havzasında ana kol olan Ergene Nehri üzerindeki noktada yapılan ölçümler kullanılarak uygulama yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Anlık yüksek akımlar, Eğilim (Trend), 1:1 doğru (45°), Gamma ihtimal yoğunluk fonksiyonu (İYF), İklim değişikliği.

## Climate Change Effect on Instantaneous High Flows

**Abstract** In recent decades, the impact of climate change on hydrometeorological events has increased substantially. Hereby, there are a lot of rainfall-runoff time series have occurred in a negative or positive trend. In this study, the trend of high flows and their frequency analysis were performed under the pressure of climate change. The first step of this paper is to determine and visualize the trends via Şen's 1:1 straight-line (45°) method graphically, which has been proposed instead of the classical methods such as Mann-Kendall (MK), Spearman's rho (SR) and linear regression approaches. The second step is to quantitate these trends with using frequency calculations considering 2-year, 5-year, 10-year, 20-year, 50-year, 100-year, 200-year ve 500-year frequencies. Due to obtained graphs, decreasing or increasing trends of high flows have been identified, visually. N-year frequency discharge values were achieved from the convenient two-parameter Gamma probability density function (PDF). Data set utilized and compared in this study comprises the streamflow records in the station on Ergene River on Meriç-Ergene Basin, Turkey.

**Keywords:** High Flows, Trend, 1:1 Straightline (45°), Gamma PDF, Climate Change.

## 1. Giriş

İklim değişikliği zamanla daha da hissedilir olmaya başlamıştır. Çünkü dünyayı adeta bir battaniye gibi saran sera gazlarında gün geçtikçe sürekli bir artış vardır. Bunun sonucunda da küresel ısınma ortaya çıkmış ve başta hidro-meteorolojik olaylara olmak üzere bir takım etkiler yapmaya başlamıştır. Buna bağlı olarak da bazı uç olaylar olan taşkınlar ve kuraklıklar sıklıkla görülmektedir. Dolayısıyla eğilimler (trendler) dikkate alınmadan su ile ilgili yapılacak her türlü planlama ve tasarım hatalı olacaktır. Bunun yanında, eğilimler göz ardı edilerek yapılan havza ve su kaynakları yönetimi sonuçlarının yanlış olacağı ve telafisi mümkün olmayan kararlar ortaya koyacaktır.

Dünyanın farklı yerlerinde yapılan hidrolojik ve meteorolojik ölçümlerin bazılarında artış bazılarında da azalışlar görülmektedir. Bahsi geçen azalış veya artışları belirlemek adına araştırmacılar eğilim çözümüleme (analiz) yöntemleri önermişlerdir (Mann, 1945; Kendall, 1975; Sen, 1968; Haan, 1977). Bu yöntemleri benimseyen çok fazla araştırmacı yağış, akış, buharlaşma, sıcaklık, nem, yeraltı suyu gibi hidrolojik ve meteorolojik verileri için eğilim çözümüleme yapmışlardır (Chiew ve McMahon, 1993; Burn, 1994; Hamed ve Rao, 1998; Helsel ve Hirsch, 2002; Jhajharia, 2009; Nalley ve diğ., 2013; James ve diğ., 2015; Lopez ve diğ., 2015; Bezak ve diğ., 2016; Dabanli ve diğ., 2016; Güçlü, 2018a,b). Ancak bu yöntemlerin tamamı bazı kabuller yapılarak zaman dizilerine uygulanmaktadır.

Şekilsel (grafiksel) eğilim çözümlene yöntemi olarak önerilen 1:1 doğru ( $45^{\circ}$ ) yöntemi (Şen, 2012) her türlü zaman dizisine uygulanabilmektedir çünkü bu yöntemin kullanımında herhangi bir kabul yapılmamaktadır. Nitekim bu üstünlüğü sayesinde birçok araştırmacı çalışmalarında bu yeni yöntemi kullanmışlardır (Sonali ve Kumar, 2013; Markus, 2013; Şen, 2014; Saplioglu ve diğ., 2014; Mishra ve Coulbaly, 2014; Dabanli ve diğ., 2016; Güçlü, 2018a,b,c). Ayrıca bu yöntem sayesinde zaman dizisindeki eğilim bütüncül (monotonic) veya bütüncül olmayan (non-monotonic) şeklinde gösterilebilmektedir.

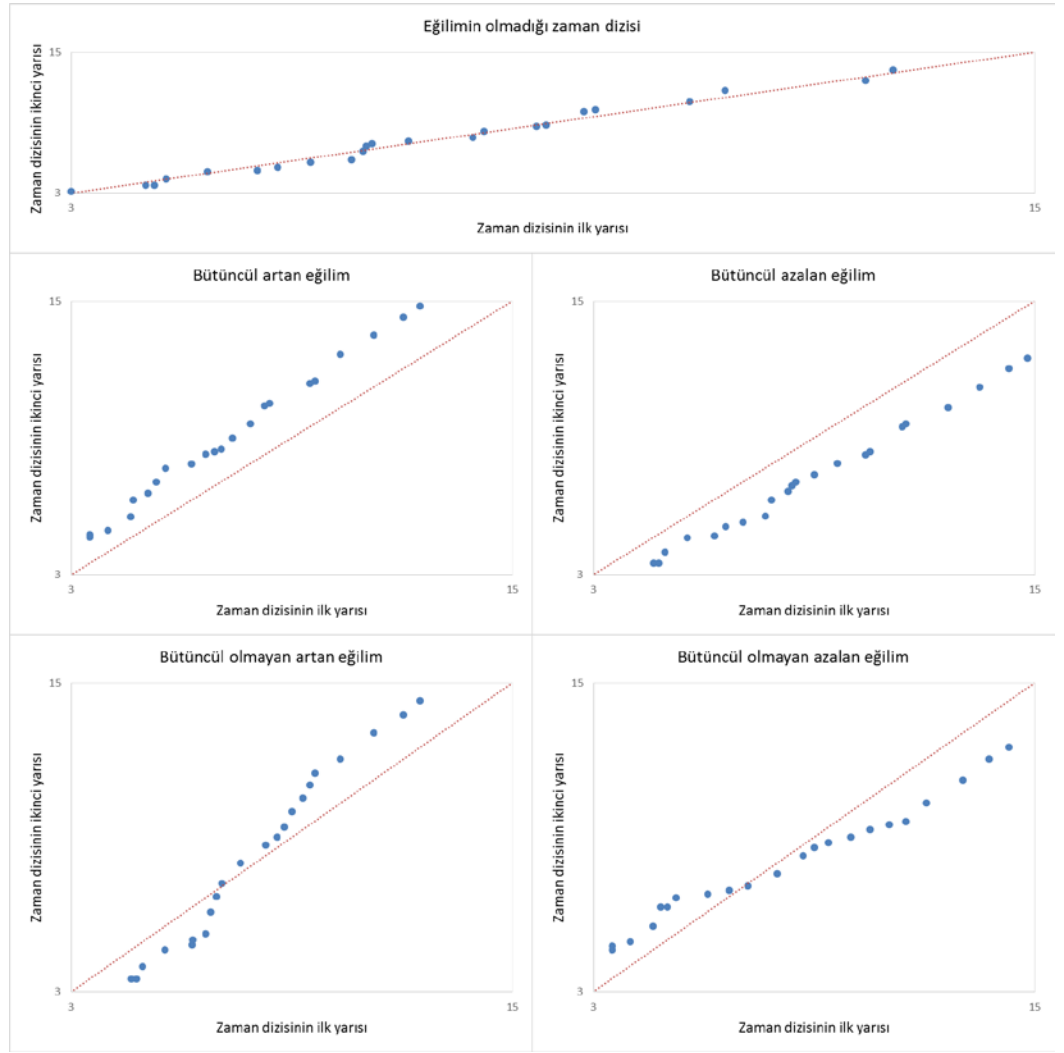
Bu çalışma iki adımdan müteşekkildir ve ilk adımda Şen'in yöntemi kullanılarak eğilim çözümlene yapılacaktır. Dolayısıyla eğilimler şekillerle görselleştirilerek sunulacaktır. İkinci adımda ise iklim değişikliği baskısı altındaki anlık yüksek akımların debi değerleri 2-yıl, 5-yıl, 10-yıl, 20-yıl, 50-yıl, 100-yıl, 200-yıl ve 500-yıl tekerrür aralıkları dikkate alınarak hesaplanacaktır. Dolayısıyla İhtimal Yoğunluk Fonksiyonu (İYF) kullanarak yapılan sıklık hesapları sayesinde eğilimler ve değişimler sayısallaştırılacaktır. Bu çalışmanın uygulaması Meriç-Ergene Havzasında ana kol olan Ergene Nehri üzerindeki noktada yapılan ölçümler için yapılarak ortaya koyulmuştur.

## 2. Yöntem

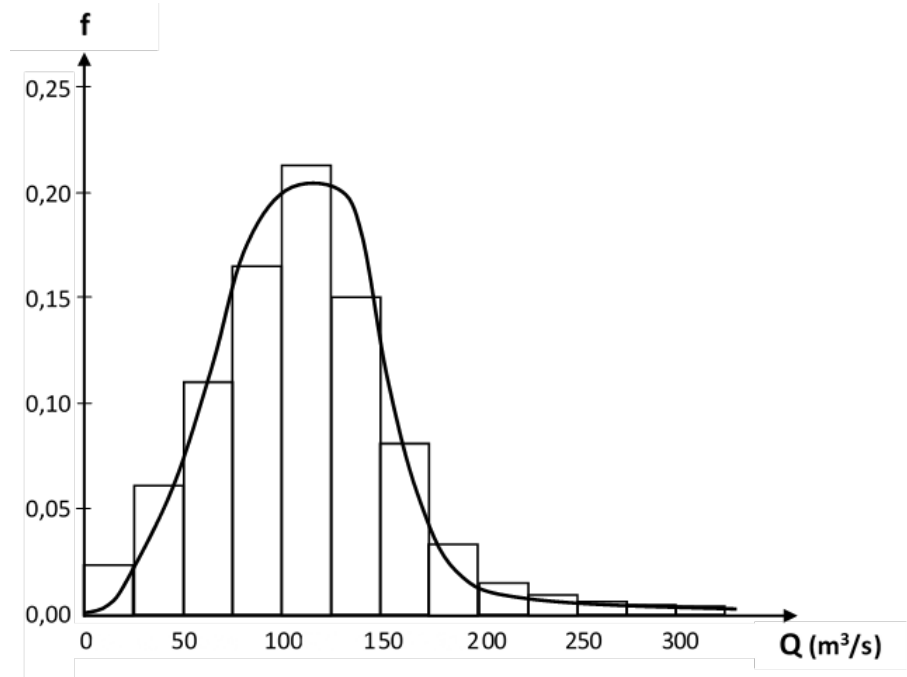
Birçok araştırmacı tarafından uygulaması yapılan 1:1 Doğru yöntemi (2012) bu çalışmada eğilimi belirlemek için kullanılmıştır. Oldukça basit olan bu yöntemin uygulama adımlarını şu şekilde sıralamak mümkündür. Öncelikle elde edilen herhangi bir veri dizisi zamansal olarak önceki ve sonraki yarım olmak üzere ikiye ayrılır. İkinci olarak da, her bir yarım veri seti küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe sıralanır. Sonra Kartezyen koordinat sisteminde yatay eksene önceki yarımın verileri, düşey eksene de sonraki yarım verileri koyularak saçılma diyagramı oluşturulur. Son olarak, saçılan verilerin 1:1 doğruya göre konumuna bakarak zaman dizisinde eğilimin olup olmadığına, eğilim varsa hangi yapıda olduğuna karar verilir. Şekil 1'de zaman dizilerinde olabilecek tüm eğilim durumları açık bir şekilde gösterilmiştir.

Bu çalışma iki adımdan meydana gelmiştir. Birinci adımını teşkil eden eğilim yapısını belirleme yukarıda aktarılan aşamalardan geçilerek uygulanmıştır. Burada uygulanan eğilim yöntemi şekilsel bir yöntem özelliğinden ötürü eğilimin sayısallaştırılmaya ihtiyacı vardır. Dolayısıyla çalışmanın ikinci adımında, eğilimin sayısal olarak nasıl değiştiği İYF sonuçlarına göre ifade edilmiştir. Bu çalışmada ensek yapıya sahip ve birtakım dağılım fonksiyonlarını ihtiva eden İki parametrelili Gamma İYF tercih edilmiştir. Sayısallaştırma için ölçülmüş verilerle öncelikle histogramlar elde edilir ve bu histogramlara İYF'lar uydurulur. Şekil 2'de örnek bir histogram üzerinde İYF'dan elde edilmiş eğri görülmektedir.

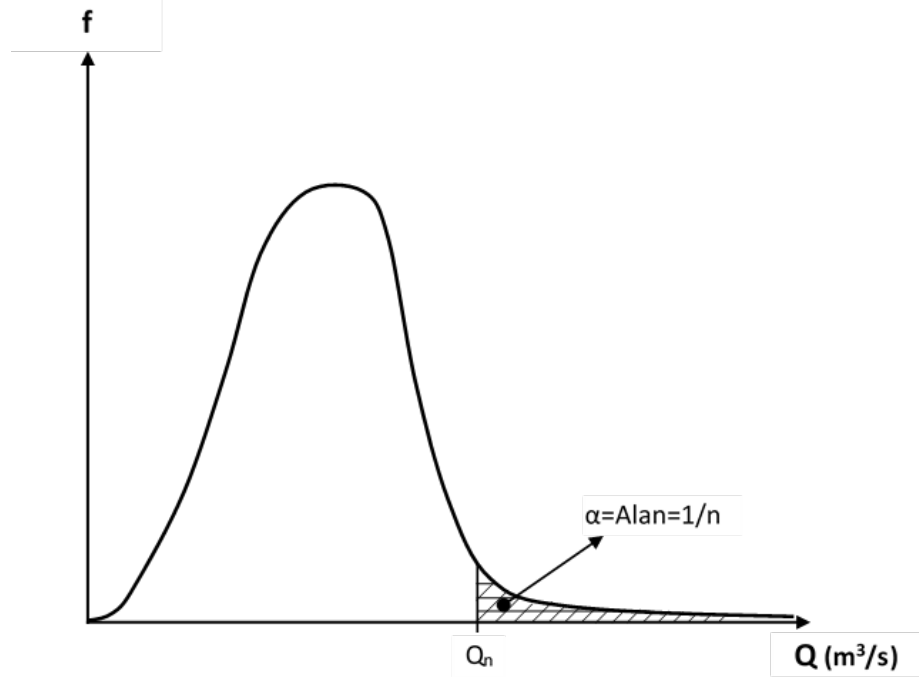
Bu aşamadan sonra seçilen sıklık değerlerine göre debi değerleri belirlenir. Örneğin, n yıllık sıklık (f) için  $\alpha=1/n$  denklemi kullanılarak dağılımın sağ kuyruğu göz önünde tutulur ve yapılan hesaplamalarla debiler (Q) elde edilir (Şekil 3).



Şekil 1. 1:1 Doğrusuna göre eğilim durumları (Şen, 2012).



Şekil 2. Örnek histogram ve uydurulmuş İYF.



Şekil 3. Örnek İYF ile n yıllık sıklığa sahip debi değerinin hesaplanması.

Olasılık kuramı ve istatistik bilim dallarında iki parametrelili gamma dağılımı sahip olduğu parametreler sayesinde normal dağılıma göre esnek ve çarpık şekiller alan bir olasılık dağılım çeşididir. Bu parametrelerden biri ölçek parametresi  $\theta$ , diğeri ise şekil parametresi olan  $k$ 'dir. Gamma olasılık dağılım fonksiyonu aşağıdaki denklem 1'le ifade edilir.

$$y = f(x; k, \theta) = \begin{cases} \frac{x^{k-1} e^{-x/\theta}}{\theta^k \Gamma(k)} & x > 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Burada  $\Gamma$  gamma fonksiyonudur (denklem 2). Denklem 2'de  $k$  pozitif tamsayı ise o zaman denklem 3 elde edilir ( $k = \alpha$ ).

$$\Gamma(k) = \int_0^{\infty} y^{k-1} e^{-y} dy \quad x > 0 \quad (2)$$

$$\Gamma(\alpha) = (\alpha - 1)! \quad (3)$$

Gamma dağılım fonksiyonu esnek ve çarpık olmakla birlikte bazı özel halleriyle kendisinde bazı olasılık dağılım fonksiyonlarını barındırır. Örneğin  $k=1$  için üstel dağılım elde edilmektedir.

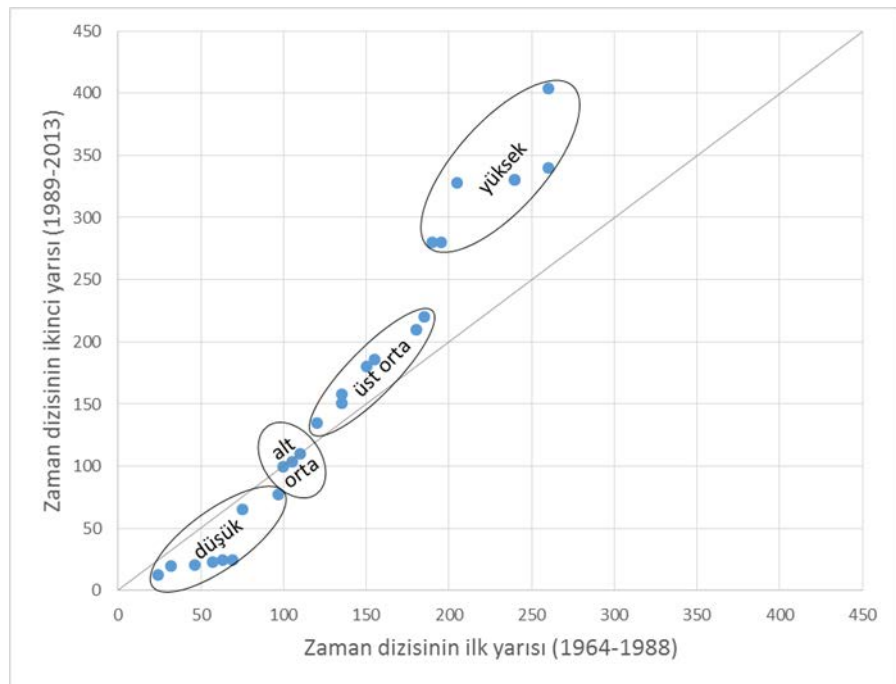
### 3. Uygulama

Bu çalışmada kullanılan veriler Devlet Su İşleri'nden alınmıştır. Meriç-Ergene Havzasında ana kol olan Ergene Nehri üzerindeki noktada yapılan ölçümler kullanılarak uygulama yapılmıştır (Şekil 4). Ölçümler 1964-2013 arasındaki her bir yılın en yüksek debi değerleri olarak seçilmiştir. Sonuçta toplam 50 tane debi değerine göre eğilim çözümlemesi yapılmış ve değişimler sıklık hesapları ile sayısallaştırılmıştır.

İlk olarak, veriler zamansal olarak 25'erli iki yarım parçaya ayrılmıştır. 1964-1988 arasında ölçülen veriler "ilk yarım" olarak adlandırılırken 1989-2013 arasında ölçülen veriler ise "ikinci yarım" olarak adlandırılmıştır. Her bir yarımdaki değerler büyükten küçüğe sıralandıktan sonra eğilim çözümlemesine geçilmiştir. Sonuçta, Şen'in yöntemi kullanılarak Şekil 5'te anlık en büyük debi değerlerinin nasıl bir eğilime sahip olduğu gösterilmiştir.



Şekil 4. DSİ İnanlı akım gözlem noktası.

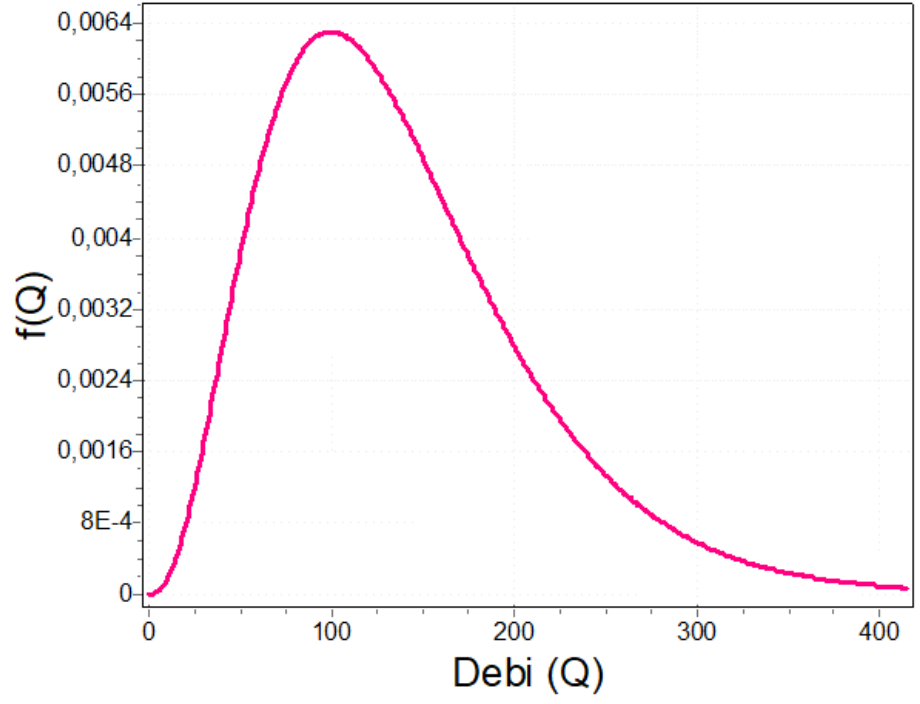


Şekil 5. Anlık debi değerlerinin Şen yöntemine göre eğilim durumu.

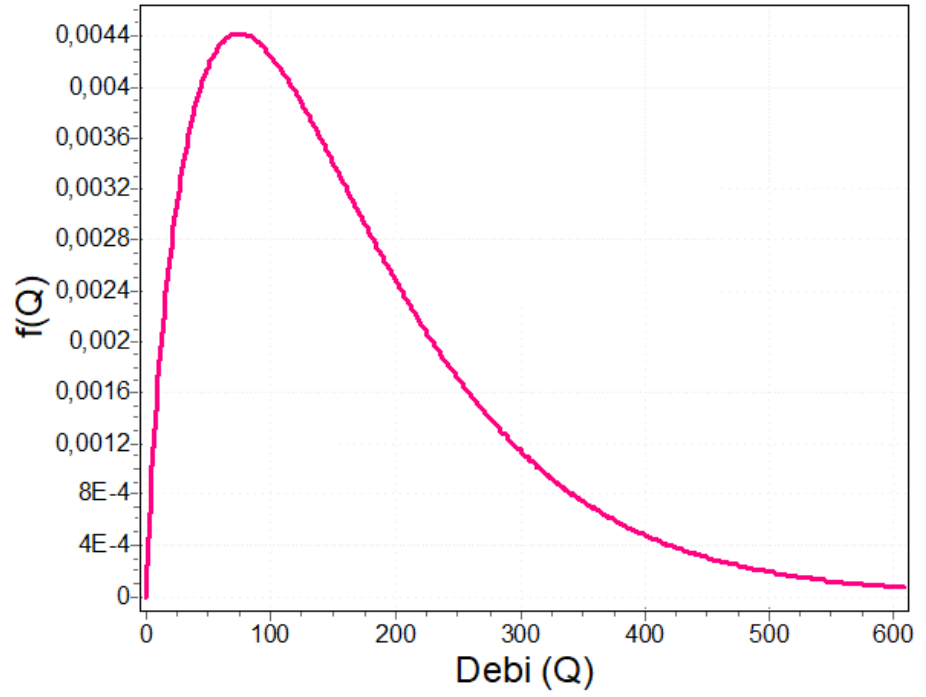
Yukarıdaki şekilden görüleceği üzere eğilimin genel hali “bütüncül olmayan artan eğilim” şeklinde ortaya çıkmıştır. Yine aynı şekilden yola çıkarak, şekil üzerindeki noktalar dört farklı topluluğa (gruba) ayrılarak değerlendirilebilir ve yorumlanabilir. Düşük değerler dikkate alındığında küçük bir miktar da olsa azalan bir eğilimden bahsetmek mümkündür. Bir üst değer topluluğuna bakılacak olursa herhangi bir eğilime rastlanmamaktadır. Üst orta değerler de ise artan eğilim olsa bile eğilimin olmadığı duruma bir yakınlık söz konusudur. Yüksek değerlere gelindiğinde hissedilir derecede artan eğilim ortaya çıkmıştır. 1:1 doğru yönteminin uygulamasıyla birlikte eğilim durumu açık olarak görselleştirilmiştir. Bundan sonraki aşamada sayısal olarak değişimler vurgulanacaktır.

Bu aşamadan sonra Gamma İYF sonuçlarına göre sıklık değerlerine karşılık debiler tahmin edilecektir. Öncelikle her iki yarımın değerlerinden meydana getirilmiş histogramlara iki parametrelili Gamma İYF'ları uydurulmuştur (Şekil 6 ve 7). Ayrıca bu iki eğri bir şekil üzerinde konumlandırılarak ortaya çıkan değişim tekrar gösterilmiştir (Şekil 8). Son olarak da 2-yıl, 5-yıl, 10-yıl, 20-yıl, 50-yıl, 100-yıl, 200-yıl ve 500-yıl sıklığa sahip debi değerleri hesaplanarak Çizelge 1'de yazılmıştır.

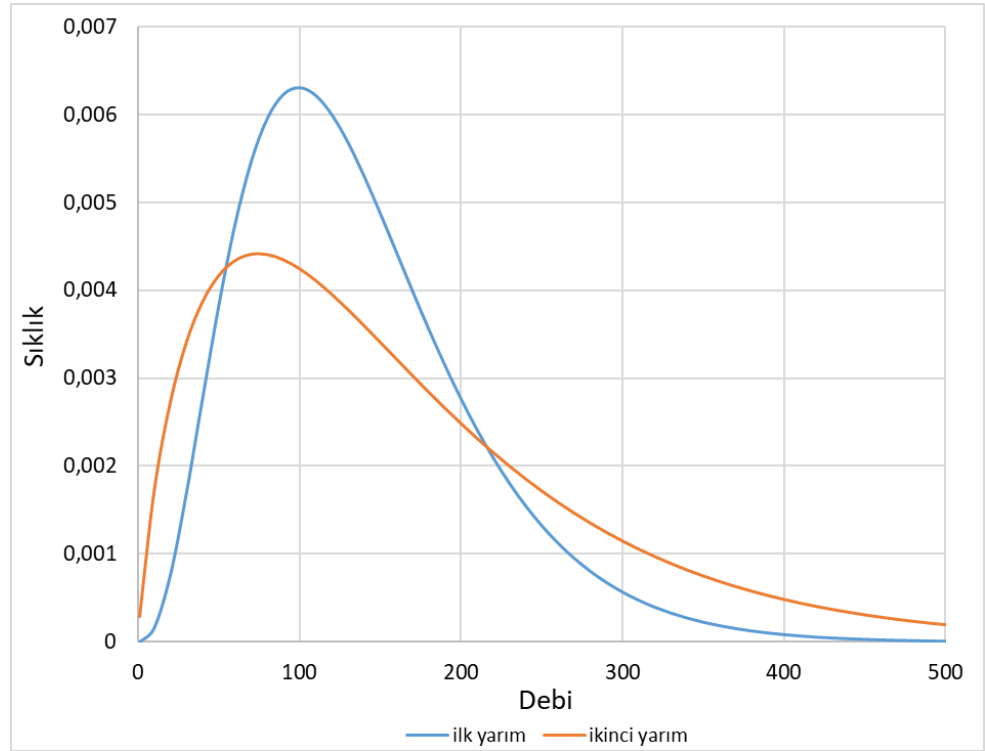
Şekil 8'de İYF'lerden elde edilen eğriler karşılaştırıldığında değişim açık bir şekilde gözükmemektedir. Bununla birlikte yapılacak tahminlerin farklı olacağı öngörülebilmektedir. Nitekim Çizelge 1'de sonuçlar arasındaki hissedilir farklılıklar dikkat çekmektedir. Bunun önemli bir sebebi yüksek değerlerdeki artan eğilimler olmuştur.



Şekil 6. Zaman dizisine ait ilk yarımın İYF'u.



Şekil 7. Zaman dizisine ait ikinci yarımın İYF'u.



Şekil 8. İlk ve ikinci yarım verilerine uydurulan İYF'ların karşılaştırması.

Çizelge 1. İYF'lar ile elde edilen debi değerleri.

Tekerrür (yıl)	İlk yarım (m <sup>3</sup> /s)	İkinci yarım (m <sup>3</sup> /s)
2	124,75	135,69
5	191,22	248,94
10	233,63	326,89
20	272,84	401,65
50	321,65	497,46
100	357,00	568,37
200	391,37	638,32
500	435,62	729,62

## 4. Sonuç

Bu çalışma iki aşamadan müteşekkildir. İlk aşamasında Şen yöntemi kullanılarak iklim değişikliği etkisinde anlık en büyük debi değerlerinin eğilim çözümü yapılmıştır. Genel durumun bütüncül olmayan artan eğilim olduğu gösterilmiştir. Parça temelinde inceleme yapıldığında, düşük değerlerin azalan, üst orta değerlerin artan ve yüksek değerlerin ise çok artan eğilime sahip olduğu anlaşılmıştır. Alt orta değerlerde ise eğilimden bahsetmek mümkün değildir. İkinci aşama ise şekilsel değişimlerin sayısal olarak nasıl davranacağını hesaplanacağı aşamadır. Diğer bir deyişle, ikinci adımda her bir yarım için İYF'lar çizdirilerek 2-yıl, 5-yıl, 10-yıl, 20-yıl, 50-yıl, 100-yıl, 200-yıl ve 500-yıl sıklığa sahip debi değerleri hesaplanmış ve değişimler sayısal hale getirilmiştir.

Bu çalışmadan da anlaşılacağı üzere, iklim değişikliği hidrolojik olaylar üzerinde son derece etkili olmaktadır. Yapılan hesaplamalara göre farklı sıklıktaki debi değerlerinde bu çalışmada olduğu gibi ya artışlar veya azalışlar meydana gelmektedir. Dolayısıyla değişimler dikkate alınmadan su ile ilgili yapılacak her türlü planlama, tasarım, havza ve su kaynakları yönetimi hatalı olacaktır. Örneğin, birinci yarıma göre yaklaşık 200 yılda bir gelmesi muhtemel debi değeri ikinci yarıma göre değerlendirildiğinde yaklaşık 20 yıl gibi kısa sürede beklenmektedir. Bu sebeple, telafisi mümkün olmayan durumların ortaya çıkmaması için çalışmalar titizlikle yürütülmeli, eğilimler ve değişimler daima dikkate alınmalıdır.

## 5. Teşekkür

Bu çalışma 28-30 Nisan 2015 tarihleri arasında İstanbul'da düzenlenen Atmosfer Bilimleri Sempozyumunda (ATMOS 2015) sunulmuştur ve Su Vakfı bünyesinde basılan Su Kaynakları dergisinde yayınlanmak üzere seçilmiştir.

## 6. Kaynaklar

Bezák, N., Brilly, M., & Šraj, M. (2016). Flood frequency analyses, statistical trends and seasonality analyses of discharge data: a case study of the L itija station on the S ava R iver. *Journal of Flood Risk Management*, 9(2), 154-168.

- Burn, D. H. (1994). Hydrologic effects of climatic change in west-central Canada. *Journal of Hydrology*, 160(1-4), 53-70.
- Chiew, F. H. S., & McMahon, T. A. (1993). Detection of trend or change in annual flow of Australian rivers. *International Journal of Climatology*, 13(6), 643-653.
- Dabanlı, İ., Şen, Z., Yeleğen, M. Ö., Şişman, E., Selek, B., & Güçlü, Y. S. (2016). Trend assessment by the innovative-Şen method. *Water resources management*, 30(14), 5193-5203.
- Güçlü, Y. S. (2018a). Alternative trend analysis: half time series methodology. *Water Resources Management*, 32(7), 2489-2504.
- Güçlü, Y. S. (2018b). Multiple Şen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test. *Journal of Hydrology*, 566, 685-704.
- Güçlü, Y. S. (2018c). Kıyaslamalı Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi Temelleri ve Uygulamaları, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi* 4(2), 182-191.
- Haan, C. T. (1977). *Statistical methods in hydrology*. The Iowa State University Press.
- Hamed, K. H., & Rao, A. R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of hydrology*, 204(1-4), 182-196.
- Helsel, D. R., & Hirsch, R. M. (2002). *Statistical methods in water resources: US Geological Survey Techniques of Water Resources Investigations*, book 4, chapter A3.
- Jhajharia, D., Shrivastava, S. K., Sarkar, D. S. A. S., & Sarkar, S. (2009). Temporal characteristics of pan evaporation trends under the humid conditions of northeast India. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(5), 763-770.
- Jones, J. R., Schwartz, J. S., Ellis, K. N., Hathaway, J. M., & Jawdy, C. M. (2015). Temporal variability of precipitation in the Upper Tennessee Valley. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3, 125-138.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods*. Charles Griffin, London.
- Lopez, B., Baran, N., & Bourguine, B. (2015). An innovative procedure to assess multi-scale temporal trends in groundwater quality: Example of the nitrate in the Seine-Normandy basin, France. *Journal of Hydrology*, 522, 1-10.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 245-259.
- Markus, M., Demissie, M., Short, M. B., Verma, S., & Cooke, R. A. (2013). Sensitivity analysis of annual nitrate loads and the corresponding trends in the lower Illinois River. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3), 533-543.
- Mishra, A. K., & Coulibaly, P. (2014). Variability in Canadian seasonal streamflow information and its implication for hydrometric network design. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(8), 05014003.
- Nalley, D., Adamowski, J., Khalil, B., & Ozga-Zielinski, B. (2013). Trend detection in surface air temperature in Ontario and Quebec, Canada during 1967–2006 using the discrete wavelet transform. *Atmospheric Research*, 132, 375-398.
- Saplıoğlu, K., Kilit, M., & Yavuz, B. K. (2014). Trend analysis of streams in the western Mediterranean basin of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23, 1a.
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American statistical association*, 63(324), 1379-1389.
- Sonali, P., & Kumar, D. N. (2013). Review of trend detection methods and their application to detect temperature changes in India. *Journal of Hydrology*, 476, 212-227.
- Şen, Z. (2014). Trend identification simulation and application. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3), 635-642.
- Şen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046.