



# DEÜ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ

Cilt: 15 No:2 Sayı: 44 sh. 77-87 Mayıs 2013



## SUSURLUK HAVZASI YILLIK AKIMLARININ TREND ANALİZİ VE DEĞİŞİM NOKTASININ ARAŞTIRILMASI

### (*INVESTIGATION OF TREND ANALYSIS AND CHANGE POINT DETECTION FOR ANNUAL MEAN STREAMFLOWS OF SUSURLUK BASIN*)

Cahit YERDELEN<sup>1</sup>

#### ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada Susurluk havzasındaki yıllık ortalama akım verileri istatistiki olarak değerlendirilerek bir trendin ve eğer varsa hidrolojik bir değişim noktasının varlığı araştırılmıştır. Susurluk havzasında istatistiksel olarak değerlendirme yapılabilecek ölçüm süresine sahip Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen 6 ölçüm istasyonunun verileri kullanıldı. Verileri kullanılan akım gözlem istasyonlarının ölçüm süreleri 39 ile 68 yıl arasında değişmektedir. Öncelikle verilerin kendi içinde rasgele olup olmadıkları Run testi kullanılarak tespit edildi. Trend analizi için Mann-Kendall mertebeli korelasyon yöntemi kullanıldı. Trend analizi sonucunda havzadaki nehir akımlarında azalan yönde bir trend belirlendi. Pettitt ve Standart Normal Homojenlik yöntemleri yardımı ile değişim yılı tespit edilmeye çalışıldı. Verisi kullanılan 6 akım gözlem istasyonundan 5'inde % 95 güven aralığında değişim yılı belirlendi. Yıllık ortalama akımların değişim yılını belirlemek için kullanılan iki yöntem birbirleri uyumlu sonuçlar elde etti. Ayrıca homojenlik testi yöntemleri ile elde edilen değişim yılları ile Mann-Kendall mertebeli korelasyon yöntemi tarafından belirlenen trend başlangıç yıllarının uyumlu olduğu gözlemlendi.

*In this study, the annual mean streamflow data in Susurluk Basin were investigated to evaluate statistically presence of a trend and a hydrological change point, if any. Statistically meaningful data from six gauging stations being operated by the State Hydraulic Works (DSI) in Susurluk Basin were used. The data used in this study were measured over a period of 39 to 68 years. First of all, the randomness of the data is evaluated using the Run test. Mann-Kendall rank correlation method was used for trend analysis. Trend analysis identified a decreasing trend of the river flow in the basin. An effort was made to obtain the change year using Pettitt and the Standard Normal Homogeneity Tests. In five of the six gauging stations, the change years were determined in 95% of confidence intervals. Results obtained using the aforementioned two methods were found to be compatible with each other. In addition, the change years obtained by Homogeneity Test were found to be compatible with the initial years of the trend determined using Mann-Kendall rank correlation method.*

#### ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS

Susurluk havzası, Trend analizi, Standart normal homojenlik testi, Pettitt testi  
*Susurluk basin, Trend analysis, Standart normal homogeneity test, Pettitt test*

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Bornova 35100, İZMİR, cahit.yerdelen@ege.edu.tr

## 1. GİRİŞ

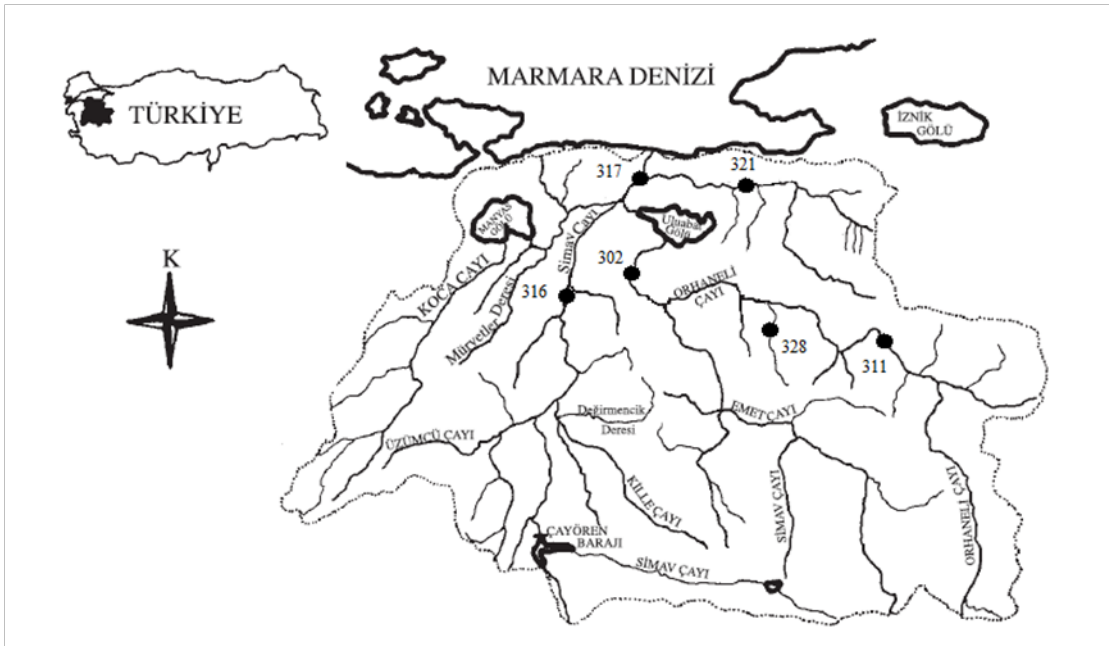
20. yy'ın ikinci yarısında yaşanan hızlı sanayileşme, nüfus artış hızının artması ve modern çağ insanının artan tüketim alışkanlıkları doğal kaynakların hızla kirlenmesine ve tüketilmesine sebep olmuştur. Büyüyen sanayi ile artan karbon salınımları atmosferde sera etkisinin artmasına bu da iklimsel ve meteorolojik şartların değişmesine yol açmıştır. İklim göstergelerinde yaşanan değişimler son yıllarda bilim adamlarının üzerine daha yoğun çalıştıkları bir konudur. Başta su ve iklim bilim insanları olmak üzere birçok farklı alandaki bilim insanı iklim değişikliğinin sebeplerini, etkilerini ve sonuçlarını çeşitli yöntemlerle incelemektedir. İklim değişimini çalışmalarında sıcaklık, yağış, akış gibi hidrolojik ve meteorolojik büyüklüklerin gerek bir tek istasyonda gerekse havza boyutunda incelenmesi mümkündür. İncelenen veriler aylık ve/veya yıllık gözlemlerin değerlendirilmesi ile yapılabilir. İklim değişiminin bir bölge üzerindeki etkileri araştırılırken, incelenen değerlerin artış veya azalış eğilimi irdelenir. Ayrıca bu azalma veya artma trendinin bir hidrolojik değişim noktasını işaret edip etmediği de sorgulanabilir. Havza boyutunda yürütülecek çalışmalarda aynı havzaya ait farklı gözlem istasyonlarından derlenen aynı değerlerin benzer trendlerde olması ve birbirine yakın değişim yılları elde etmesi bulunan sonucu güçlendirir.

Su kaynaklarının en doğru şekilde değerlendirilebilmesi için biriktirilmiş verilerin doğru şekilde incelenmesi ve analiz edilmesi gerekir. Hidrolojik göstergeler değerlendirilmeye başlamadan önce zamanla değişmeyen oldukları kabulü yapılır (Kalaycı ve Kahya, 2004). Ancak yukarıda bahsettiğimiz olası iklim değişikliğinden dolayı böyle bir kabulün yapılması mümkün değildir. Su kaynaklarının planlanması ile ilgili yapılan birçok çalışmada gerek iklim değişikliğinin gerekse o bölgedeki insan yaşamının etkileri sonucunda akım verilerinde trend ve değişim noktaları ile karşılaşılmıştır (Salarijazi vd., 2012). Karşılaşılan trendin ve değişim noktasının istatistiksel olarak anlamlı olması için veri serisinin yeterli uzunlukta olması gerekir (Kundzewicz ve Kindler, 1995).

Birçok bilim insanı akımların trendleri üzerine hem Türkiye'de hem de dünyada farklı çalışmalar yürütmüşlerdir. Zhang vd., Kanada'daki aylık ortalama akımlarında, özellikle yaz ve sonbahar aylarında daha belirgin olmak üzere güçlü bir azalma olduğunu belirlemiştir (Zhang vd., 2001). Walling ve Fang çalışmalarında dünya üzerindeki nehirlerin % 22'sinde azalma % 9'unda ise artma bulmuşlardır (Walling ve Fang, 2003). Gene 2003 yılında Yang ve Saito yıllık nehir akımlarındaki azalmayı su kullanımındaki büyük depolama ve yoğun kullanıma bağlamaktadırlar (Yang ve Saito, 2003). Akyürek (2003), tez çalışmasında son 50-60 yıllık dönemde Türkiye'nin batı, orta ve güney bölgelerindeki akarsuların özellikle ortalama ve düşük akımlarda anlamlı bir azalma eğilimi olduğunu ortaya koymuştur (Akyürek, 2003). Salarijazi vd. İran'daki Kavur nehir akımları üzerine yaptığı çalışmasında azalan bir trend elde etmiş ve 1978 yılını değişim yılı olarak belirlemiştir (Salarijazi vd., 2012). 2004 yılında Xiong ve Guo yaptıkları çalışmada, Çin'deki Yincyang hidroloji istasyonunun yıllık ortalama ve yıllık minimum akımlarında bir azalma trendi belirlemişler, yıllık minimum akımlar için 1934 yılını yıllık ortalama akımlar içinse 1968 yılını değişim noktası olarak belirlemişlerdir (Xiong ve Guo, 2004). Kalaycı ve Kahya 1970 ile 1994 arasındaki verileri kullanarak Susurluk Havzası nehirlerinde su kalitesi trendlerini araştırdıkları çalışmada debilerde azalma trendi tespit etmişlerdir (Kalaycı ve Kahya, 1998). Çalışma alanı olarak DSİ tarafından sınırları belirlenen Susurluk havzası seçilmiştir. Susurluk havzasında, istatistiki değerlendirme yapabilmek için yeterli uzunluğa sahip, memba tarafında herhangi bir düzenleme yapılmamış 6 adet akım gözlem istasyonunun yıllık ortalama verileri değerlendirmeye tabii tutulmuştur. Bu değerlendirmede ele alınan istasyonlarda istatistiksel olarak anlamlı bir trendin varlığı ve bir değişim noktası araştırılmıştır.

## 2.ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

Türkiye DSİ tarafından 26 havzaya bölünmüştür. Bu havzalardan bir tanesi de Susurluk Havzası'dır. Susurluk havzası Türkiye'nin batısında, 39°-40° kuzey enlemleri ile 27°-30° doğu boylamları arasında yer almaktadır. Türkiye'nin alan olarak yaklaşık % 3,11'ini kapsayan havzanın toplam alanı yaklaşık 24349,09 km<sup>2</sup>'dir. Daha çok doğu-batı yönünde uzanan dağ sisteminin görüldüğü havzada Marmara Bölgesi'ne ait en yüksek dağ olan Uludağ bulunmaktadır. Bu çalışmada Susurluk Havzası'nda yer alan DSİ'ne ait 6 akım gözlem istasyonunun yıllık ortalama akım verileri değerlendirilmiştir (Şekil 1). Verileri kullanılan istasyonlara ait bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir. Verisi kullanılan en eski istasyon 1938 yılında en yeni istasyon ise 1967 yılında kurulmuştur. En kısa gözlem süresi 39 yıl, en uzun gözlem süresi ise 68 yıldır. Hidrolojik zaman serisi analizlerinde sonuçların anlamlı olması için ölçüm süresinin minimum 30 yıl olması gerekmektedir (Kahya ve Kalaycı, 2004).



Şekil 1. Susurluk havzası ve değerlendirilen akım gözlem istasyonları

Çizelge 1. Yıllık ortalama akım verileri kullanılan istasyonlara ait bilgiler

Havza	İstasyon	No	Kayıt başlangıcı	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)	Alan (km <sup>2</sup> )
Susurluk	Döllük	302	1938	39°57'41"	28°30'58"	40	9629,20
	Küçükilet	311	1945	39°37'31"	29°27'52"	795	1621,6
	Yahyaköy	316	1953	39°59'10"	28°10'34"	32	6454,00
	Akcasusurluk	317	1953	40°15'51"	28°24'21"	2	21611,2
	Geçitköy	321	1954	40°16'50"	28°56'11"	63	1290,8
	Dereli	328	1967	39°27'44"	29°15'30"	557	1125,6

### 3. YÖNTEM

#### 3.1. Trend Analizi

Bir serinin trendinin belirlenmesi için kullanılan yöntemler, serinin bir dağılıma bağlı olup olmamasına göre; parametrik ve parametrik olmayan yöntemler olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır (Helsel and Hirsch, 1992). Parametrik yöntemlerde seri içerisindeki verinin gerçek değeri önemli olup hesaplamalarda bu değer kullanılır. Ancak parametrik olmayan yöntemlerde verinin gerçek değeri değil, küçükten büyüğe ya da büyükten küçüğe doğru sıralanmasıyla elde edilen sıra sayısı kullanılmaktadır. Verilerin normal dağılıma uyma zorunluluğu olmaksızın parametrik olmayan yöntemlerin parametrik yöntemlere göre etkin sonuç verdiği bilinmektedir (Helsel and Hirsch, 1992). Parametrik istatistik yöntemlerin kullanılabilmesi için verilerin birbirinden bağımsız ve rastgele olması gerekir. İklim verileri her zaman normal dağılıma uymamaktadır. Zaman serilerinde verilerin aynı kümeye ait olmaları büyük önem taşımaktadır. Verilerin aynı kümeye ait olmaları daha güvenli analiz yapılması açısından önemlidir. Serinin homojen olması için verilerin aynı toplumdan gelmesi ve verilerin birbirinden tamamen bağımsız olması gerekmektedir. Serilerin kendi içerisinde homojen olup olmadıklarının belirlenmesinde Run (Swed-Eisenhart, 1943) testi en çok başvurulan testlerden biridir. Bu test verilerin birbirinden bağımsız ve aynı yığına ait olup olmadığını kontrol etmek için uygulanır. Verilerin kendi içerisinde homojen olup olmadıklarının test edilmesine yönelik hipotezler şunlardır; sıfır hipotezi ( $H_0$ ) verilerin aynı kümeye ait olmasıdır, zıt hipotez ( $H_1$ ) ise verilerin aynı gruba ait olmadığını savunur. Run testi uygulanırken veriler küçükten büyüğe doğru sıralanarak bunların medyan değeri bulunur, veri sayısı çift ise ortadaki iki değer ortalaması kullanılır. Verilerin istasyonlara ait kritik değer altında ve üstünde kalan değerler göstergelerle tespit edilir. Böylece kritik değer seviyesinin altında ve üstünde kalan ve birbirini takip eden değerlerin sayısı istasyonlara ait run sayısını verir. Bulunan bu değer, verilen dağılım tablosundaki değerle karşılaştırılarak, verinin belirtilen iki varsayımdan hangisine uyduğuna ve homojen olup olmadığına karar verilir (Swed ve Eisenhart, 1943).

$$Z = \frac{r - \frac{2N_k N_b}{N_k + N_b} + 1}{\sqrt{\frac{2N_k N_b (2N_k N_b - n)}{n^2 (n-1)}}} \quad (1)$$

Bu formülde; z: test değeri, n: veri sayısı,  $N_k$ : medyandan küçük veri sayısı,  $N_b$ : medyandan büyük veri sayısı r: Run sayısıdır. Hesaplanan z değeri ile güven seviyesine göre belirlenen z test değeri karşılaştırılır. Tablo değeri hesaplanan z değerinden mutlak değerinden büyükse  $H_0$  reddedilir, küçükse  $H_1$  reddedilir.

Trend bir değişkenin gözlem süresi içerisindeki hareketinin eğilimi olarak tanımlanır. Trendin yönünü ve şiddetini belirlemek için Mann - Kendalllı mertbe korelasyon istatistiği kullanılabilir. Mann - Kendalllı mertbe korelasyon yönteminde trendin yönü ve yaklaşık olarak başlama ve bitiş zamanı belirlenebilmektedir. Parametrik olmayan Mann-Kendalllı mertbe korelasyon testi hidrometeorolojik zaman serilerinde meydana gelebilecek artma veya azalma yönündeki gidişlerin istatistiksel önemini test etmede oldukça sık kullanılan bir testtir (Yue ve Hashino, 2003). Bu test parametrik olmadığı için dağılımdan etkilenmeyen bir test olup, eksik verilerin varlığına müsamaha edebilmektedir (Helsel ve Hirsch, 1992).

Bu testte gözlemlerin değerlerinden çok bunların seri içindeki sıra numarası dikkate alınır. Dikkate alınan bu sıra değerleri yardımıyla test istatistiği olan "t" hesaplanır.

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (2)$$

Bulunan “t”lerin ortalaması;  $E(t) = i(i - 1)/4$ , varyansı;  $var(t) = i(i - 1)(2i + 5)/72$  ile bulunduktan sonra Mann-Kendall test istatistiği  $u(t)$  ise:

$$U(t) = [t - E(t)]/\sqrt{var(t)} \quad (3)$$

kullanılarak hesaplanır.

Geriye doğru Mann-Kendall test istatistiği  $u'(t)$  de benzer şekilde hesaplanır. Yıllık ortalama akımlarda zaman içinde anlamlı bir trend olup olmadığını ve trendin yönünü Mann-Kendall test istatistiği  $u(t)$  belirler. Grafikselsel olarak,  $u(t)$ 'nin ve  $u'(t)$  ilk kesişim noktaları değişimin başladığı yeri belirler. Daha sonra birbirlerine yaklaşıp veya uzaklaşabilirler. Kesişme olmaksızın geçen zaman trendin kuvvetini belirler. Eğer seri içinde herhangi bir trend yok ise,  $u(t)$  ve  $u'(t)$  birbirlerine bir çok defa yaklaşarak neredeyse paralel bir yol izlerler. (Chrysoulakis vd., 2002).

### 3.2. Değişim Noktası

Hidrolojik veya meteorolojik bir serinin homojenliği istatistiki yöntemlerle test edilerek bir değişim noktasının varlığı sorgulanabilir. Pettitt testi (PT) ve Standard Normal Homojenlik testi (SNHT) değişim noktasının belirlenmesi için en yoğun kullanılan yöntemlerden ikisidir (Pettitt, 1979; Alexandersson, 1986). Sıfır hipotezi ( $H_0$ ) incelenen serinin homojen olduğunu kabul eder, karşıt durum ise alternatif hipotezdir ( $H_1$ ). PT ve SNHT için sıfır hipotezi yıllık ortalama akışların homojenliğinin bozulduğu yılı elde eder. Wijngaard vd., 2003 yılında yayınladığı eserinde SNHT'nin serinin başında ve sonunda, PT'nin ise serinin ortalarında değişim noktaları belirlemede daha hassas olduğunu belirtmiştir (Wijngaard vd., 2003). SNHT serinin normal dağıldığını kabul ederken PT için böyle bir kabul yoktur.

#### 3.2.1. Pettit Testi

Bir zaman serisindeki değişim noktasını belirlemek için Pettitt (1979) tarafından geliştirilen parametrik olmayan bu yöntem aylık veya yıllık ölçekte değişim noktasını bulabilmektedir (Pettitt, 1979). Sıfır hipotezi serinin bağımsız ve rasgele dağılımının olduğunu belirtirken alternatif hipotez ani bir değişim olma durumunu belirtir. Test istatistiği Mann-Whitney istatistiği ile ilişkilidir (Wijngaard vd., 2003). Bu testin kritik değerleri Çizelge 2'de verilmiştir (Pettitt, 1979).

$Y_1, \dots, Y_n$  değerleri  $r_1, \dots, r_n$  olarak sıralanır.

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n + 1) \quad k=1,2,\dots,n \quad (4)$$

$X_k$  değerleri grafik olarak çizilir.  $X_k$  'nın mutlak maksimum değeri değişim noktasını belirler.

$$X_E = \max_{1 \leq k \leq n} |X_k| \quad (5)$$

Çizelge 2. Veri sayısına bağlı % 95 güven seviyesinde  $X_E$  test değerleri

n	20	30	40	50	70	100
5%	57	107	167	235	393	677

### 3.2.2. Standart Normal Homojenlik Testi

Alexandersson tarafından geliştirilen bu yöntem birçok iklimsel ve hidrolojik büyüklüğün test edilmesinde başarı ile kullanılmıştır (Alexandersson, 1986). Bu yöntemin esnek ve basit bir kullanımı vardır. Alexandersson incelenen serinin bir “c” noktasını referans olarak ikiye böler ve T(c) değerini hesaplar;

$$T(c) = c \cdot \bar{z}_1^2 + (n - c) \cdot c \cdot \bar{z}_2^2 \quad c=1, \dots, n \quad (6)$$

Burada  $\bar{z}_1 = (\sum_{i=1}^c (y_i - \bar{y})/\sigma)/c$  ve  $\bar{z}_2 = (\sum_{i=1+c}^n (y_i - \bar{y})/\sigma)/(n - c)$ 'dir.

Değişim eğer bir “h” noktasında meydana gelirse, c=h noktasında T(c) maksimum değerine ulaşır.  $T_0$  test istatistiği

$$T_0 = \max_{1 \leq c \leq n} T(c) \quad (7)$$

olarak tanımlanır.

Jaruskova bu test istatistiği üzerine aşağıdaki eşitliği geliştirmiştir.

$$T_0 = \left( n \cdot (T(n))^2 \right) / \left( n - 2 + (T(n))^2 \right) \quad (8)$$

$T_0$  test istatistiği değerini aşarsa sıfır hipotezi reddedilir. Kritik değerler % 95 güven seviyesi için Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Veri sayısına bağlı % 95 güven seviyesinde  $T_0$  test değerleri

n	20	30	40	50	70	100
5%	6.95	7.65	8.10	8.45	8.80	9.15

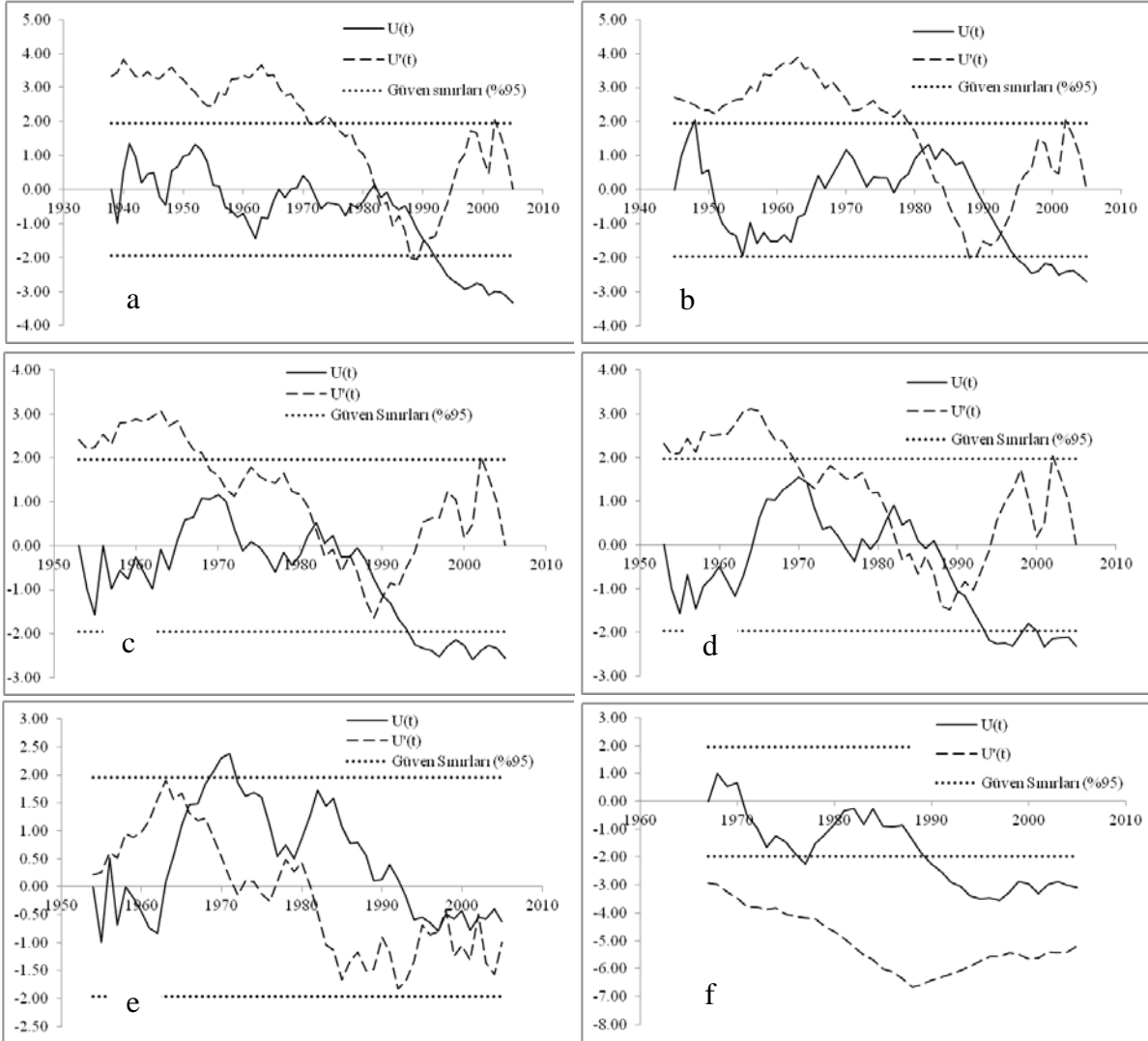
## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada değerlendirmeye alınan akım istasyonları verilerinin aynı kümeye ait olup olmadığını belirlemek için önce Run testi uygulanmıştır. Testte kullanılan güven seviyesi % 95'tir. Çalışma alanı içinde değerlendirmeye alınan akım istasyonlarının Run testi sonuçları Çizelge 4'de sunulmuştur. Bu test sonuçlarına göre yıllık ortalama akım verileri aynı kümeye aittir. Bu da bundan sonra yapılacak havza akımlarının değerlendirilmesi adına önemli bir sonuçtur. Yeterli uzunlukta ve memba tarafında bir düzenleme olmayan akım serileri yardımı ile elde edilen sonuçlar, havzanın veri süresi daha kısa veya hiç olmayan bölgelerdeki su planlamalarında aynı şartların geçerliliğinin kabulüne yardım eder.

Çizelge 4. Susurluk Havzası Run Testi sonuçları

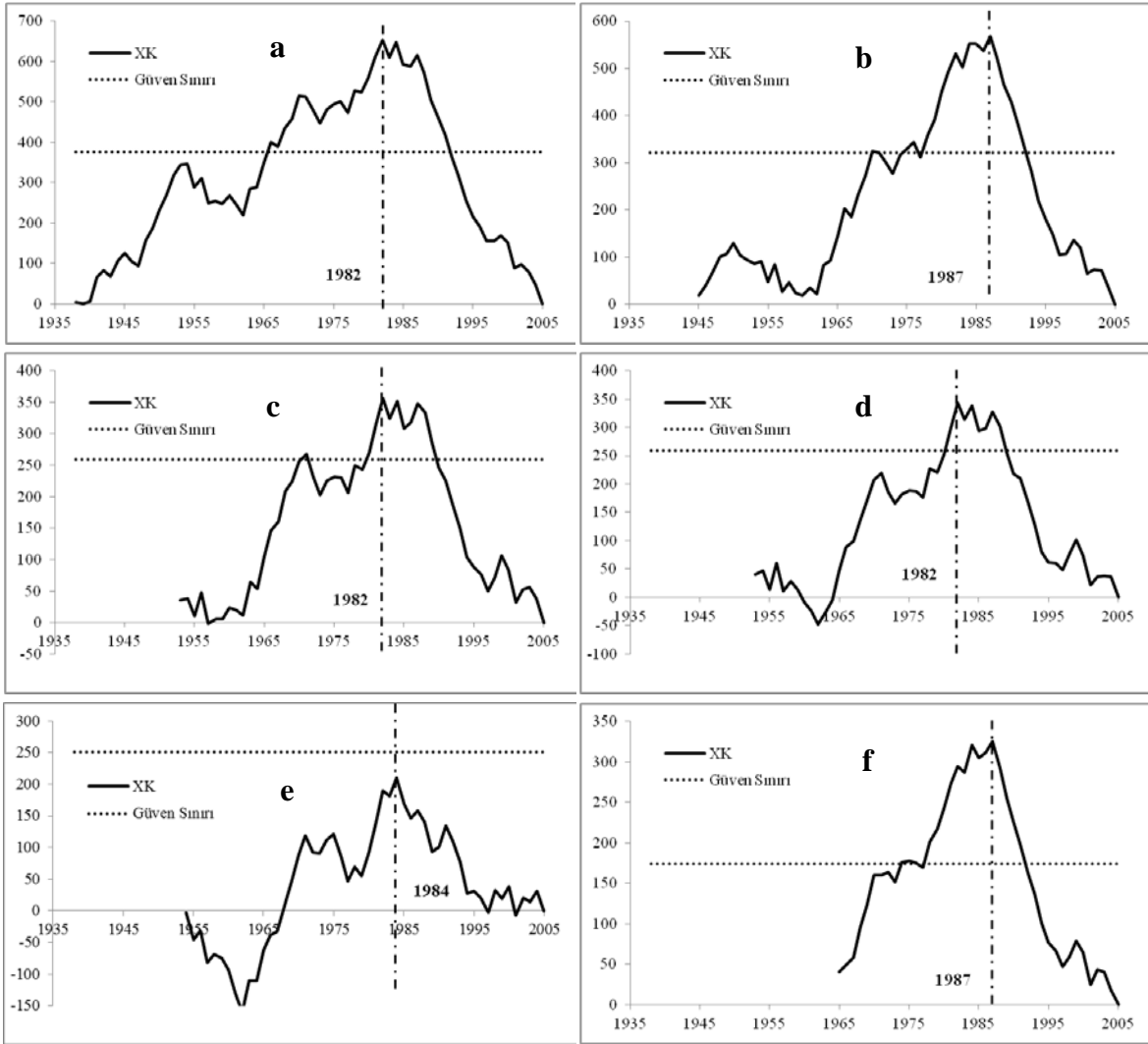
İstasyon No	Ölçüm Süresi	Medyan	RUN (r)	$N_k$	$N_b$	z	Hipotez (H0)
302	68	52,3	31	34	34	-0.488	+
311	61	5,60	26	31	30	-0.902	+
316	53	40,2	26	27	26	0.141	+
317	53	118,00	22	27	26	-0.969	+
321	52	14.50	29	26	26	1.120	+
328	39	5.60	14	20	19	-1.457	+

Mann-Kendall mertebeli korelasyon yöntemi ile yapılan trend analizi sonucunda Susurluk Havzasındaki 6 akım gözlem istasyonu için elde edilen sonuçlar Şekil 2’de sunulmuştur. Şekil 2 incelendiğinde bütün akım gözlem istasyonlarında azalan bir akım trendi görülmektedir. 302, 311, 317 nolu istasyonlarda 1981 yılı, 316 nolu istasyonda 1982 yılı, 321 nolu istasyonda 1965 yılı trend başlangıç yılı olarak belirlenirken 328 nolu istasyonda başlangıç yılı belirlenmemiştir.



Şekil 2- Susurluk Havzası Akım Gözlem İstasyonlarının Mann-Kendall Trend Analizi sonuçları (a-302, b-311, c-316, d-317, e-321, f-328 Nolu istasyon)

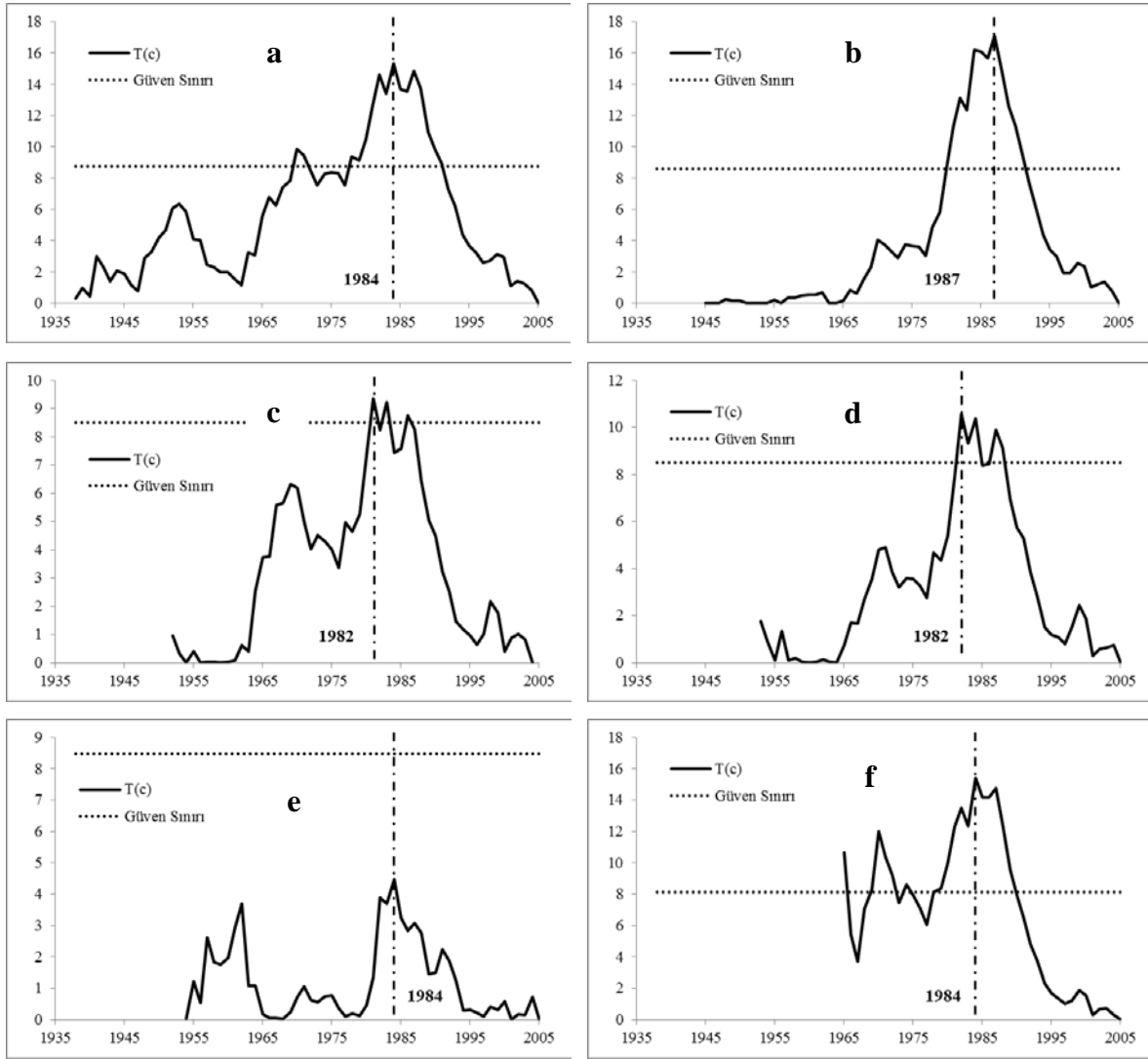
Akım verileri kullanılan istasyonların yıllık ortalama akımlarında bir değişim noktası belirlemek için kullanılan Pettitt yöntemi ile elde edilen sonuçlar test değerleri ile beraber Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. PT sonuçları ve değişim yılları (a-302, b-311, c-316, d-317, e-321, f-328 Nolu istasyon)

Susurluk havzasında PT ile havzanın batı tarafındaki 3 istasyonda (istasyon no: 302-3016-317) 1982 yılı, güney doğusundaki 2 istasyonda (istasyon no: 311- 328) 1987 yılı, % 95 güven sınırının üstünde yıllık ortalama akımların değişim yılı olarak elde edilmiştir. Kuzeydoğusundaki istasyonda (istasyon no: 321) 1984 yılı değişim yılı olarak belirlense de bu değer güvenlik sınırının altındadır.





Şekil 4. SNHT test sonuçları ve değişim yılları (a-302, b-311, c-316, d-317, e-321, f-328 328 Nolu istasyon)

SNHT uygulanarak elde edilen değişim yılları grafik gösterimi ile Şekil 5’de verilmiştir. Bu değerlendirmeye göre 1984 yılı 302, 311, 328 nolu istasyonlar için, 1982 yılı 316 ve 317 nolu istasyonlar için istatistiksel olarak anlamlı seviyenin üzerinde değişim yıllarıdır. 321 nolu istasyonda akımlar için değişim yılı 1984 olarak belirlense de %95 güven seviyesinde değildir.

## 5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Susurluk havzası bulunan DSİ tarafından işletilen 6 akım gözlem istasyonuna ait yıllık ortalama akım verilerinin trendleri ve değişim yılları araştırılmıştır. Değerlendirmeye tabi tutulan akım gözlem istasyonlarında gözlem süreleri 41 ile 68 yıl arasında değişmektedir.

Çalışmada verilere önce Run Testi uygulanarak istasyon bazında verilenin aynı kümeye ait olup oldukları, daha sonra trend analizi yöntemlerinden parametrik olmayan Mann- Kendall mertbe korelasyon yöntemi uygulanarak trendleri araştırılmıştır. Ardından Pettitt ve Standart Normal Homojenlik Testi uygulanarak değişim yılı varsa belirlenmeye çalışılmıştır.

Run testi sonucunda Susurluk Havzası'ndaki tüm akım gözlem istasyonunun yıllık ortalama akımlarının % 95 güven seviyesinde homojen olduğu belirlenmiştir. Trend analizi sonuçlarına göre genel olarak havzada akımlarda bir azalış trendi görülmektedir. Genellikle 1980'li yılların ilk yarısında başlayan azalış eğilimleri belirlenmiştir. Bu azalış trenleri genellikle gözlem periyodu sonuna kadar güven düzeyinin üstünde veya civarında seyretmiştir. Döllük (İst. No: 302) ile Yahyaköy (316) istasyonlarında 1982 yılında, Küçükilet (311) ile Akcasusurluk (317) istasyonlarında 1981 yılında ve Geçitköy (321) istasyonunda 1965 yılında azalma trendinin başladığı tespit edilmiştir. Dereli (328) istasyonunda ise azalma trendi görülmesine rağmen trend başlangıç yılı belirlenememiştir.

PT ve SNHT kullanarak yaptığımız değerlendirme sonucunda elde ettiğimiz sonuçlar Çizelge 5'de özetlenmiştir. Her iki yöntemle elde edilen sonuçlar birbirine yakın değerlerdir. Hem trend analizleri hem de homojenlik testleri yıllık ortalama akımlarda 1980'li yılların ilk yarısında değişim yılı belirlemiştir. Elde edilen sonuçlar literatür bölümünde verilen çalışmaların sonuçları ile paralellik göstermektedir. Akyürek, Kalaycı ve Kahya'nın çalışmalarında elde edilen trend analizi sonuçlarının, daha uzun veri kullanarak yaptığımız çalışmanın sonuçları ile benzer olması, azalma trendinin devam ettiğinin bir göstergesidir (Akyürek, 2003; Kalaycı ve Kahya, 1998).

Çizelge 5. Yıllık ortalama akımların değişim yılları

İstasyon No	302	311	316	317	321	328
PT	1982	1987	1982	1982	-	1987
SNHT	1984	1987	1982	1982	-	1984

Bu çalışmada yıllık ortalama akımlar değerlendirilerek ortaya konan değişimler, mevsimsel ve aylık ölçeklerde de yapılarak ve diğer iklimsel göstergelere de (yağış, sıcaklık vb.) uygulanarak daha kapsamlı bir sonuç elde edilebilir. Benzer çalışmalar Türkiye'nin diğer havzaları ve hidrolojik ve klimatolojik elemanları için de yapılabilir. Böylece iklim değişikliklerinin oluşumu ve etkileri daha geniş ölçekte gözlenerek yüzey suları ile yapılacak planlamalara önemli bir katkı sağlanabilir.

## KAYNAKÇA

- Akyürek M. (2003): "Türkiye Ortalama Yıllık Akımların Trend Analizi", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Alexandersson H. (1986): "A Homogeneity Test Applied to Precipitation Data", Journal of Climatology, Cilt 6, s.661-675.
- Chrysoulakis N., Proedrou M., Cartalis C. (2002): "Variation and Trends in Annual and Seasonal Means of Precipitable Water in Greece as Decoded from Radiosonde Measurements", Toxicological and Environmental Chemistry, Cilt 84, No. 1-4, s.1-6.
- Helsel D. R., Hirsch R. M. (1992): "Statistical Methods in Water Resources. Studies in Environmental Science 49", New York: Elsevier.
- Kahya E., Kalaycı S. (2004): "Trend Analysis of streamflow in Turkey", Journal of Hydrology, Cilt 289, s.128-144.
- Kalaycı S., Kahya E. (1998): "Susurluk Havzası'ndaki Akarsularda Su Kalitesi Trendlerinin Analizi", Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, Cilt 22, No. 6, s.503-514.
- Kundzewicz Z. W., Kindler J. (1995): "Multiple Criteria for Evaluation of Reliability Aspects of Water Resource Systems", Modelling and Management of Sustainable Basin-scale

- Water Resource Systems (Proceedings of a Boulder Symposium, July 1995). IAHS Publ. No. 231, s.217-224.
- Pettitt A. N. (1979), "A Non-Parametric Approach to the Change-Point Detection", Applied Statistics, Cilt 28, s.126-135.
- Salarijazi M., Akhond A. A., Adib A., Daneshkhah A. (2012): "Trend and Change-Point Detection for the Annual Stream-Flow Series of the Karun River at the Ahvaz Hydrometric Station", African Journal of Agricultural Research, Cilt 7, No. 32, s.4540-4552.
- Swed F. S., Eisenhart C. (1943): "Tables for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives", Annals of Mathematical Statistics, Cilt 14, s.66-87.
- Walling D. E., Fang D. (2003): "Recent Trends in the Suspended Sediment Loads of the World's Rivers", Global and Planetary Change, Cilt 39, s.111-126.
- Wijngaard J. B. , Tank A. M. G. K., Können G. P. (2003): "Homogeneity of 20th Century European Daily Temperature and Precipitation Series", International Journal of Climatololgy, Cilt 23, s.679-692.
- Xiong L., Guo S. (2004): "Trend Test and Change-Point Detection for the Annual Discharge Series of the Yangtze River at the Yichang Hydrological Station", Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques, Cilt 49, No. 1, s.99-112.
- Yang Z., Saito Y. (2003): "Response of the Huanghe (Yellow River) Delta Evolution to the Human Activities and Precipitation Changes", Geophys. Res. Abstracts, Cilt 5.
- Yue S., Hashino M. (2003): "Long Term Trends of Annual and Monthly Precipitation in Japan", Journal of the American Water Resources Association, Cilt 39, No. 3, s.587-596.
- Zhang X., Harvey K. D., Hogg W. D., Yuzyk T. R. (2001): "Trends in Canadian Streamflow", Water Resources Research, Cilt 37, No. 4, s.987-998.