

THOMAS-FIERİNG MODELİ İLE SENTETİK AKIŞ SERİLERİNİN HESAPLANMASINDA YENİ BİR YAKLAŞIM

Recep BAKIŞ¹, İlke GÜRKAN²

ÖZET : Baraj hazne hacmi, akarsu aylık su akımları ile aylık su ihtiyaçlarının uzunca bir periyot süresince karşılaştırılması sonucu tespit edilir. Akarsuya ait aylık su akımlarının tahmin edilmesi için eldeki mevcut olan değerlerden gelecekteki aylık akım değerleri sentetik olarak hesaplanabilir.

Bu makalede, 1. mertebe Markov modeli olan Thomas-Fiering modeli kullanılmış ve daha önce akarsuda ölçülmüş olan tarihi aylık akış serilerinden faydalanarak, sentetik aylık akış serileri elde edilmiştir. Çalışmada, Thomas-Fiering modeli, boyutsuz hale dönüştürüldükten sonra kullanılmıştır. Modeldeki $E_{i,j}$ rastgele değişken değeri, akarsu aylık akışlarını elde edebilmek için, gerekli $E_{i,j}$ değerleri olup, bunlar matris formunda tabloda verilmiştir. Tarihi aylık akış serisinden elde edilen $E_{i,j}$ matrisindeki değerler, belli bir düzende, yerleri değiştirilerek, belli sayıda (3 yıl, 5 yıl, gibi ard arda) kurak yılları yada sulak yılları temsil eden kritik dönemler, bu yaklaşımla bulunmuştur. Böylece tarihi seriden elde edilen $E_{i,j}$ matrisi, modifiye edilerek, sentetik aylık akış serileri elde edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında, ortalamaların tarihi gözlem serisinin ortalama değerinden çok farklı olmadığı görülür ve bu seriler kullanılarak, optimum hazne hacmi projelendirmesi yapılabilir.

ANAHTAR KELİMELER : Thomas-Fiering Modeli, Sentetik seri, Kurak ve sulak yıl, Porsuk havzası

A NEW APPROACH IN CALCULATION OF SYNTHETIC STREAM FLOW SEQUENCES USING THE THOMAS-FIERING MODEL

ABSTRACT : Reservoir volume is determined by comparing the river's monthly water flows with the monthly supply needed to fulfill demands over a long period. Monthly flow values can be estimated synthetically from available observation data for a certain period (historical monthly stream flow sequences).

In this paper, the Thomas-Fiering model based on a first order Markov model was used and the synthetic flow series were calculated using observed historical monthly stream flow sequences. In this study, the Thomas-Fiering model was converted into a dimensionless form before using. The random variable $E_{i,j}$ in the model is the $E_{i,j}$ needed for obtaining monthly flows of the river given as a matrix form. The values of the $E_{i,j}$ matrix obtained from historical monthly stream flow sequence were represented in a certain form and number so that their places were changed to represent dry or wet years of the critical periods (as 3 or 5 years in sequence) and this approach was used to find the critical periods representing wet or dry periods. Thus the $E_{i,j}$ matrix obtained from historical sequences was modified and the synthetic monthly flow series were generated. When the obtained results are examined, it can be seen that the mean values of monthly synthetic flow sequences are not very different from the mean values of observed historical monthly stream flow sequences and these synthetic stream flow sequences can be used for analyzing optimal reservoir size.

KEYWORDS : Thomas-Fiering model, Synthetic sequence, Dry and wet year, Porsuk basin

¹ Anadolu Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnşaat Müh. Böl., 26555 İki Eylül Kampüsü ESKİŞEHİR

² İnşaat Yüksek Mühendisi, Anadolu Üniversitesi Fen Bil. Enst., 26470 Yunus Emre Kampüsü ESKİŞEHİR

I. GİRİŞ

Baraj haznesinin projelendirilmesi ve işletilmesi ile ilgili çalışmalarda, genellikle gözlenmiş akarsu aylık akım değerleri kullanılır. Aylık akımlar, hidrolojik bakımdan, rastgele karakter özelliği taşıdığından, akışlara ait istatistiksel özelliklerin belirli bir doğrulukla belirlenmesi için bu akış değerlerine ait büyük bir örneğin, yani gözlem süresi, N , 30 yıldan fazla akış değeri olan bir örneğin bulunması gerekir [1, 2, 3]. Ancak teknik ve ekonomik nedenlerden dolayı mevcut olan akış kayıtlarının durumu kısa, yetersiz ve yer yer ölçülemediğinden, özellikle baraj hazneleriyle ilgili hidrolojik çalışmalarda sıkıntılar yaşanmaktadır. 25~30 yıldan az olan gözlem kayıtları, 50 veya 100 yıllık bir projenin ekonomik ömrü için yeterli değildir. Akarsu üzerine inşa edilen yapılar ve doğal dengedeki değişimlerden dolayı, söz konusu akarsudaki tarihi akışların tekrar gözlenebilme olasılığı çok zayıftır. Ayrıca, kısa gözlem süresinde kritik dönemlerin göz önüne alınabilmesi zordur. Dolayısıyla sadece tarihi gözlem serileriyle çalışılarak sistemin güvenilirliği tam olarak sağlanamaz [3, 4, 5].

Baraj hazne hacmi hesapları, akarsudan gelen akımlar, yağış, akış, buharlaşma ve bunun gibi pek çok meteorolojik ve hidrolojik olaylara bağlıdır. Bilindiği gibi hidrolojik olaylar rastgele karakterde olduğundan, stokastik bir yaklaşım gerekir. Bu stokastik yaklaşımın amacı, gözlenmiş akış serilerine istatistik olarak benzer sentetik akış serileri üretmektir [6, 7]. Bu seriler, söz konusu akarsuda gözlenmiş serilere benzer özelliklere sahip olan ve gelecekte olabilecek mantıklı akış senaryolarını temsil etmelidir [8]. Ayrıca, hazne kapasitesi ile risk arasındaki ilişkiyi belirlemek için gözlenmiş akış serisini kullanmak yeterli olmaz. Akışların stokastik bağımlılığını da ifade eden bir model kurarak türetilen sentetik serileri kullanmak gerekir. Söz konusu sürecin istatistik özelliklerini yeterli bir şekilde ifade edebilmesi için parametre sayısını az seçmek daha uygun olur. Çünkü parametre sayısı arttıkça bu değerlerin eldeki örnekten tahmin edilmesi, güvenilirlik bakımından uygun değildir [1, 3, 7].

Türetilen sentetik serilerde, değişkenin olasılık dağılımı ve iç bağımlılığı, gözlenmiş seridekinden farklı olmamakta ancak olayların diziliş şekilleri gözlenmiş seridekinden farklı olacaktır. Amaç, gözlenmiş akışların ait olduğu toplumdaki kabul edilebilecek daha uzun akış kayıtları elde etmek, çeşitli akış dizilişlerini ortaya çıkararak hazne işletmesinde bu dizilişleri göz önüne alarak verilecek kararlardaki risk düzeyini belirleyebilmektir. Böylelikle gözlenmiş seridekinden daha kurak veya daha

yağışlı devreler de göz önüne alınabilmektedir [2, 3, 7]. Sentetik akış serileri ile ilgili ilk çalışmalar 20. yy. başlarında yapılmıştır. Problemin çözümü ilk defa Hazen (1914) [2, 9-11], daha sonra Barnes (1954) [12], Maass (1962) [13], Thomas-Fiering (1962) [14], Beard (1965) [15] ve Matalas (1967) [16] tarafından araştırılmıştır [17, 18]. Markov modelleri (otoregresif süreçler, AR), akış modelleri arasında en popüler olanıdır. Özellikle 1. ve 2. mertebe Markov modelleri ve bunların parametreleri yıl boyunca periyodik olarak değişen tipi olan Thomas-Fiering tipi modeller yaygın bir uygulama alanı bulmuştur [2, 3, 19-22].

1970'li yıllarda ARIMA adıyla bilinen, Markov (AR) modelleriyle hareketli ortalama (MA) modellerinin karışımı olan genel bir model sınıfı kullanılmaya başlanmıştır [2, 21]. Yeh (1985) [23] ve Yakowitz (1982) [24], optimizasyon modellerini, ayrıntılarıyla, çoğunlukla lineer veya dinamik programlama şeklinde yeniden incelemişlerdir [18, 21, 25].

Baraj haznesi işletme çalışmaları genelde aylık akışlarla yapılmaktadır [1, 2, 5]. Aylık akışlar için en çok kullanılan modellerden biri olan Thomas-Fiering modeli, parametreleri yıl boyunca periyodik olarak değişen bir Markov modelidir. Thomas-Fiering modelinin genel ifadesi [1, 3, 5, 26]:

$$q_{i,j} = \bar{q}_j + \frac{r(j)s_j}{s_{j-1}}(q_{i,j-1} - \bar{q}_{j-1}) + t_{i,j}s_j\sqrt{(1-r(j)^2)} \quad (1)$$

şeklindedir.

Burada; $q_{i,j}$ ve $q_{i,j-1}$, sırasıyla j. ve (j-1). ayın akım değerlerini

\bar{q}_j ve $\bar{q}_{i,j-1}$, sırasıyla j. ve (j-1). aylarındaki akımların ortalamalarını

s_j ve s_{j-1} , sırasıyla j. ve (j-1). aylarındaki standart sapmaları

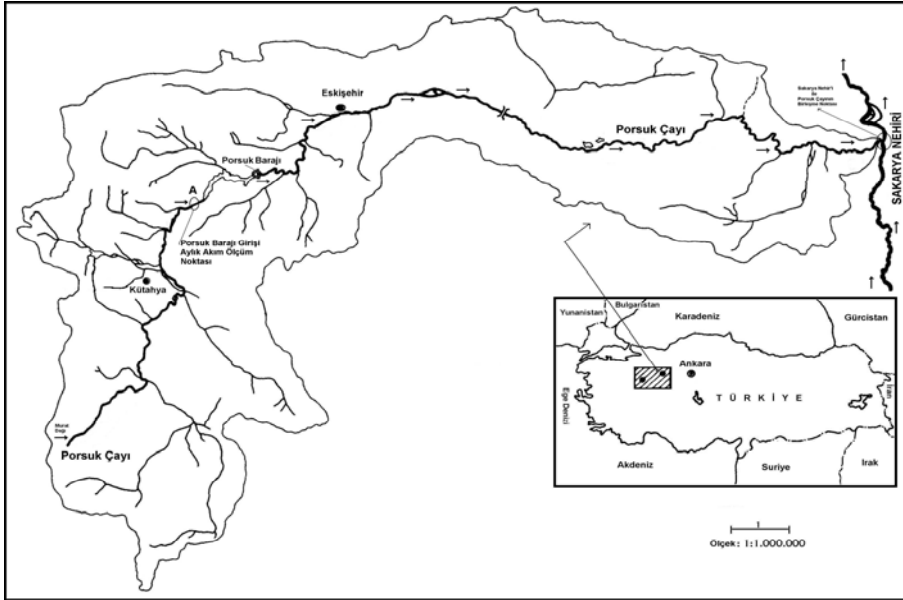
$r(j)$, j. ve (j-1). aylar arasındaki korelasyon katsayısını

$t_{i,j}$, rastgele değişken değerini göstermektedir.

(1) denkleminde, i indisi, yılları (i=1, 2, 3,N) ifade etmektedir ve j indisi (j=1, 2, 3,.....n) ayları göstermektedir (j=1, Ekim ayı; j=2, Kasım ayı;; vb.) [3, 26-29].

II. THOMAS FIERİNG MODELİNİN PORSUK BARAJI AYLIK AKIMLARINA UYGULANMASI

Çalışma alanı olarak, Porsuk havzası ve Porsuk Çayı seçilmiştir. Porsuk havzası, kuzey batı Anadolu'da olup, genel yerleşim planı, şekil 1'de verilmiştir. Porsuk Çayı, doğuda, Sakarya nehrine dökülmektedir. Havza, $29^{\circ}.38'-31^{\circ}.59'$ doğu boylamları ile $38^{\circ}.44'-39^{\circ}.99'$ kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Porsuk çayı, 11188 km^2 'lik bir alanı drene etmektedir. Havza, Doğu-Batı doğrultusunda, 202 km ve Kuzey-Güney doğrultusunda, 135 km uzunluğundadır. İçerisinde, Eskişehir ve Kütahya ile beraber pek çok yerleşim alanı mevcuttur [30, 31].



Şekil 1. Porsuk havzasının genel görünüşü

Bu makalede, tarihi gözlem akım serisi olarak, Porsuk Barajına ait aylık giriş akımları (A noktası)

kullanılmıştır. Ölçümler, 1950-51-2001-02 tarihleri arasında yapılmış olup, 52 yıllıktır [30, 31]. Porsuk Barajı giriş debileri, Tablo 1'de, yıllar itibari ile her ayda meydana gelen aylık akımlar, matris formunda verilmiştir. Porsuk Çayının gelecekte A noktasından geçeceği varsayılan akışlar veya olacağı varsayılan akışları temsil edecek değerler, Thomas-Fiering modeli ile türetilenektir. Thomas-Fiering modeline ait (1) denklemi, boyutsuz hale getirilmiş ve düzenlenerek (2) denklemi ile aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$\frac{q_{i,j+1} - \bar{q}_{j+1}}{SD_{j+1}} = R_{j,j+1} \frac{(q_{i,j} - \bar{q}_j)}{SD_j} + E_{i,j} \left(\sqrt{1 - R_{j,j+1}^2} \right) \quad (2)$$

Burada, $q_{i,j}$ ve $q_{i,j+1}$, sırasıyla j. ve (j+1). ayların akım değerlerini,

\bar{q}_j ve \bar{q}_{j+1} sırasıyla j. ve (j+1). ayların ortalama akım değerlerini,
 SD_j ve SD_{j+1} , sırasıyla j. ve (j+1). ayların, aylık akımlarının standart sapmalarını,
 $R_{j,j+1}$ değeri j. ve (j+1). aylar arasındaki korelasyon katsayısını
 $E_{i,j}$ rastgele değişkeni göstermektedir.

(2) denkleminde de, i indisi, yılları (i=1, 2, 3,N) ve j indisi (j=1, 2, 3,.....n) ayları göstermektedir (j=1, Ekim ayını; j=2, Kasım ayını;; v.b.). Bu çalışmada, N=52 yıllık aylık akış gözlem değerleri kullanılmıştır ve bir yıl içindeki ayların sayısı, n=12'dir.

II.1. Tarihi Gözlem Serisine ait İstatistiksel Parametreler

Şekil 1'de verilen A noktasındaki Porsuk Çayına ait N=52 yıllık, aylık giriş akımları ve bu akımlara ait istatistik parametreler, sırasıyla, aşağıdaki denklemlerle hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Bu hesaplar önce:

1) i. seneye ait aylık akışların istatistik parametreleri, n=12 olmak koşulu ile bulunmuştur [1],

a) Ortalama aylık akışlar,

$$\bar{q}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{j=n} q_{i,j} \quad (3)$$

b) Aylık akışların standart sapması,

$$sd_i = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^{j=n} (q_{i,j} - \bar{q}_i)^2} \quad (4)$$

c) Değişim (Varyasyon) katsayısı,

$$\text{cov}_i = \frac{sd_i}{\bar{q}_i} \quad (5)$$

d) Çarpıklık Katsayısı,

$$as_i = \frac{n \sum_{j=1}^{j=n} (q_{i,j} - \bar{q}_i)^3}{(n-1)(n-2)sd_i^3} \quad (6)$$

e) Korelasyon katsayısı,

$$r_{i,i+1} = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} (q_{i,j} - \bar{q}_i)(q_{i+1,j} - \bar{q}_{i+1})}{\sqrt{\left[\sum_{j=1}^{j=n} (q_{i,j} - \bar{q}_i)^2 \right] \left[\sum_{j=1}^{j=n} (q_{i+1,j} - \bar{q}_{i+1})^2 \right]}} \quad (7)$$

formülleri ile hesaplanmıştır. Bu hesaplanan istatistikler, Tablo 1'in son 5 sütununda görülmektedir.

2) j.yaya ait aylık akışların istatistik parametreleri de, N=52 yıl olmak koşulu ile bulunmuştur [1],

a) Ortalama aylık akış değerleri,

$$\bar{q}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} q_{i,j} \quad (8)$$

b) Aylık akışların standart sapması,

$$SD_j = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{i=N} (q_{i,j} - \bar{q}_j)^2} \quad (9)$$

c) Değişim (Varyasyon) katsayısı,

$$COV_j = \frac{SD_j}{\bar{q}_j} \quad (10)$$

d) Çarpıklık katsayısı,

$$AS_j = \frac{N \sum_{i=1}^{i=N} (q_{i,j} - \bar{q}_j)^3}{(N-1)(N-2)SD_j^3} \quad (11)$$

e) Korelasyon Katsayısı,

$$R_{j,j+1} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} (q_{i,j} - \bar{q}_j)(q_{i,j+1} - \bar{q}_{j+1})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^{i=N} (q_{i,j} - \bar{q}_j)^2 \right] \left[\sum_{i=1}^{i=N} (q_{i,j+1} - \bar{q}_{j+1})^2 \right]}} \quad (12)$$

Burada,

$q_{i,j}$; i. senenin j. ayındaki aylık akışları,

$q_{i,j+1}$; i. senenin j+1. ayına ait aylık akışları göstermektedir.

Bu formüller ile hesaplanan istatistikler, Tablo 1'in son 5 satırında verilmiştir.

II.2. Thomas-Fiering Modelinde Kullanılacak $E_{i,j}$ Rastgele Değişken Değerinin Tarihi Gözlem Serisinden Hesaplanması

Başlangıçta sentetik akışların türetilmesi sırasında kullanılacak rastgele değişken olan $E_{i,j}$ değerleri bilinmemektedir. $E_{i,j}$ rastgele değişken değeri çeşitli yollarla hesaplanabilir. Bu çalışmada, $E_{i,j}$ değerlerini bilgisayarla rastgele türetmek yerine, tarihi gözlem akış serisinden elde ederek, farklı bir uygulama yapılmıştır. Burada, tarihi gözlem seri değerleri ($q_{i,j}$ ve $q_{i,j+1}$) ve bunlara ait istatistik parametre değerleri (\bar{q}_j , \bar{q}_{j+1} , SD_j , SD_{j+1} , $R_{j,j+1}$) bilinen kabul edilip, denklem (2) kullanılarak, bu denklemden, $E_{i,j}$ değerleri hesaplanmıştır. Bu şekilde hesaplanan $E_{i,j}$ değerleri ve istatistik parametreleri Tablo 2’de matris formunda verilmiştir. Burada görüldüğü gibi, rastgele değişken olan $E_{i,j}$ değerlerinin ortalaması 0 ve standart sapmaları 1 olmaktadır. Böylece farklı ve yeni bir $E_{i,j}$ rastgele değişkeni türetme yöntemi kullanılmıştır. Eğer, $E_{i,j}$ ’nin ortalama değeri 0 ve standart sapmaları 1, olmasaydı, bu türetme yöntemi uygun bir yaklaşım olmayacaktı. $E_{i,j}$ değerlerine ait, ortalama, standart sapma ve korelasyon katsayıları, benzer şekilde, aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır.

a) E rastgele değişkeninin ortalama değeri, $N=52$ olmak üzere;

$$\bar{E}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} E_{i,j} \quad (13)$$

b) E , rastgele değişkeninin standart sapma değeri,

$$ESD_j = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^{i=N} (E_{i,j} - \bar{E}_j)^2} \quad (14)$$

c) E , rastgele değişkeninin korelasyon katsayısı,

$$ER_{j,j+1} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} (E_{i,j} - \bar{E}_j)(E_{i,j+1} - \bar{E}_{j+1})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^{i=N} (E_{i,j} - \bar{E}_j)^2][\sum_{i=1}^{i=N} (E_{i,j+1} - \bar{E}_{j+1})^2]}} \quad (15)$$

formülleri ile hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler, Tablo 2'nin son 3 satırında verilmiştir.

Tablo 1. Aylara ve yıllara göre Porsuk Çayının ortalama akışları ve bu akışlara ait istatistik parametreler

Yıllar	Yıl No.	Aylar												Her bir yıla ait aylık akışların istatistik parametreleri				
		j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11	j=12	\bar{Q}_i	sd _i	cov _i	as _i	r _{i,i+1}
1950-51	i=1	31,431	7,196	9,132	7,765	11,788	5,781	42,140	49,842	60,644	0,725	4,916	8,298	19,972	20,451	1,024	1,092	0,183
1951-52	i=2	10,302	9,250	26,745	31,262	31,982	38,237	35,988	32,130	19,008	5,458	12,873	10,012	21,937	11,980	0,546	-0,029	0,237
1952-53	i=3	8,458	8,471	16,495	24,206	33,944	25,700	52,482	45,336	39,799	24,437	12,270	2,761	24,530	15,790	0,644	0,396	0,670
1953-54	i=4	11,885	10,772	19,581	16,455	11,179	37,632	64,152	33,819	28,805	22,554	10,201	3,117	22,513	16,739	0,744	1,481	0,813
1954-55	i=5	8,363	15,222	23,394	12,433	16,081	21,892	9,601	22,246	12,810	4,866	11,563	6,953	13,785	6,163	0,447	0,356	0,169
1955-56	i=6	10,534	6,075	17,817	22,632	28,470	78,067	58,566	35,131	26,414	26,884	6,358	9,688	27,220	21,764	0,800	1,410	0,337
1956-57	i=7	3,010	8,265	10,773	8,991	5,918	11,141	16,080	12,093	14,496	21,876	15,809	5,924	11,198	5,285	0,472	0,436	0,279
1957-58	i=8	2,730	8,198	9,375	9,432	28,750	23,517	52,307	52,171	23,566	22,142	5,375	2,670	20,019	17,481	0,873	1,023	0,396
1958-59	i=9	5,149	5,810	7,283	16,182	18,731	12,927	51,179	32,231	15,107	24,943	8,984	4,075	16,883	13,746	0,814	1,595	0,906
1959-60	i=10	6,870	7,796	10,249	21,931	86,620	45,673	44,999	28,438	30,735	12,589	5,965	6,732	25,716	24,054	0,935	1,632	0,438
1960-61	i=11	13,052	13,196	26,232	30,054	41,781	34,818	28,340	18,214	16,266	4,462	4,299	5,853	19,714	12,440	0,631	0,324	0,808
1961-62	i=12	12,039	13,870	15,072	15,631	28,670	51,645	32,547	17,510	7,266	7,109	2,067	10,091	17,793	13,732	0,772	1,528	0,772
1962-63	i=13	13,703	12,813	53,064	75,868	109,153	87,217	55,048	76,665	78,237	26,333	9,008	10,024	50,594	35,202	0,696	0,120	0,596

Tablo 1. (Devam) Aylara ve yıllara göre Porsuk Çayının ortalama akışları ve bu akışlara ait istatistik parametreler

Yıllar	Yıl No.	Aylar												Her bir yıla ait aylık akışların istatistik parametreleri				
		j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11	j=12	\bar{Q}_i	sd _i	cov _i	as _i	r _{i,i+1}
1963-64	i=14	15,512	10,940	26,581	17,839	33,375	88,840	30,677	22,389	32,584	8,000	5,650	8,170	25,046	22,422	0,895	2,319	0,645
1964-65	i=15	13,010	18,220	35,920	35,360	53,600	93,440	76,863	21,520	30,960	17,247	12,400	12,607	35,096	26,637	0,759	1,333	0,866
1965-66	i=16	19,546	26,302	29,411	75,867	51,413	78,872	69,120	44,255	32,735	10,220	10,120	13,997	38,488	25,214	0,655	0,541	0,832
1966-67	i=17	17,328	22,329	31,862	34,966	28,972	37,462	39,557	35,464	17,975	15,275	12,562	11,232	25,415	10,405	0,409	-0,021	0,885
1967-68	i=18	13,235	14,604	13,523	50,061	70,485	161,819	76,226	49,673	34,602	16,743	18,926	19,936	44,986	43,125	0,959	2,032	0,656
1968-69	i=19	19,146	21,298	35,971	66,603	108,277	107,010	87,290	78,232	42,443	25,746	21,295	18,922	52,686	34,943	0,663	0,587	0,851
1969-70	i=20	21,166	24,017	42,125	37,727	16,163	121,765	101,133	50,683	14,496	27,799	19,355	20,289	41,393	34,793	0,841	1,713	0,634
1970-71	i=21	24,445	23,003	26,923	32,387	21,417	45,000	44,813	33,888	26,426	14,100	15,049	13,230	26,723	10,744	0,402	0,554	0,866
1971-72	i=22	16,258	18,764	29,229	18,185	26,485	34,643	27,779	21,665	25,793	17,554	10,747	10,425	21,461	7,477	0,348	0,102	0,743
1972-73	i=23	16,044	16,841	15,510	16,494	15,860	35,890	31,977	22,013	13,830	11,945	8,833	6,814	17,671	8,590	0,486	1,174	0,765
1973-74	i=24	11,542	13,023	23,582	15,472	35,776	48,293	35,689	35,052	22,003	11,032	10,718	10,491	22,723	12,960	0,570	0,759	0,835
1974-75	i=25	12,536	12,525	16,161	18,212	19,848	38,060	28,882	44,380	29,305	11,519	12,012	10,849	21,191	11,354	0,536	1,045	0,829
1975-76	i=26	17,013	22,625	22,008	32,949	40,208	46,989	46,531	30,321	14,207	5,932	5,421	6,040	24,187	15,265	0,631	0,245	0,626

Tablo 1. (Devam) Aylara ve yıllara göre Porsuk Çayının ortalama akışları ve bu akışlara ait istatistik parametreler

Yıllar	Yıl No.	Aylar												Her bir yıla ait aylık akışların istatistik parametreleri				
		j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11	j=12	\bar{Q}_i	sd _i	cov _i	as _i	r _{i,i+1}
1976-77	i=27	8,320	11,447	24,138	21,990	25,112	20,642	19,082	15,460	9,160	8,523	7,770	5,891	14,795	7,080	0,479	0,239	0,805
1977-78	i=28	9,535	12,632	17,510	51,296	122,016	89,365	81,666	43,039	17,773	10,221	6,735	11,081	39,406	38,775	0,984	1,154	0,755
1978-79	i=29	10,761	6,553	15,842	74,296	58,218	36,543	32,705	45,266	38,463	13,776	5,414	7,472	28,776	22,544	0,783	0,771	0,686
1979-80	i=30	8,384	12,738	22,455	54,979	51,566	64,605	72,187	38,265	20,113	10,495	3,264	3,479	30,211	24,959	0,826	0,537	0,743
1980-81	i=31	15,805	10,948	37,574	59,111	63,808	101,946	43,892	43,619	24,279	16,260	12,066	10,078	36,616	27,931	0,763	1,208	0,853
1981-82	i=32	13,537	16,010	51,040	46,642	34,903	41,147	41,879	39,122	31,279	15,993	12,044	7,732	29,277	15,282	0,522	-0,102	0,726
1982-83	i=33	12,674	10,167	14,198	16,000	17,842	30,974	31,546	18,691	18,595	14,027	6,970	5,621	16,442	8,104	0,493	0,839	0,669
1983-84	i=34	9,636	20,613	35,154	32,415	56,913	69,687	114,924	63,150	19,501	9,088	12,599	4,040	37,310	33,068	0,886	1,268	0,871
1984-85	i=35	6,542	7,088	12,435	34,238	35,338	56,769	55,871	34,571	22,860	12,533	7,822	5,986	24,338	18,773	0,771	0,726	0,895
1985-86	i=36	9,028	11,298	13,521	24,297	34,904	32,772	15,251	10,137	13,089	3,021	3,540	6,073	14,744	10,579	0,718	1,006	0,701
1986-87	i=37	7,024	8,124	24,744	54,475	37,944	49,379	45,828	38,531	16,708	7,069	7,583	6,959	25,364	18,764	0,740	0,354	0,763
1987-88	i=38	9,976	12,852	15,222	17,037	16,148	27,544	28,523	19,138	11,445	7,981	6,848	4,968	14,807	7,515	0,508	0,722	0,854
1988-89	i=39	10,541	13,024	15,194	12,615	11,386	9,953	4,846	6,626	3,498	2,235	2,548	3,197	7,972	4,653	0,584	0,098	0,303
1989-90	i=40	4,916	7,087	14,507	12,956	15,635	14,284	13,977	10,852	4,390	3,380	0,859	6,841	9,140	5,135	0,562	-0,181	0,610

Tablo 1. (Devam) Aylara ve yıllara göre Porsuk Çayının ortalama akışları ve bu akışlara ait istatistik parametreler

Yıllar	Yıl No.	Aylar												Her bir yıla ait aylık akışların istatistik parametreleri				
		j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11	j=12	\bar{Q}_i	sd _i	cov _i	as _i	r _{i,i+1}
1990-91	i=41	5,900	7,066	13,300	10,433	21,314	21,531	23,322	13,503	9,151	4,268	3,826	2,970	11,382	7,295	0,641	0,590	0,850
1991-92	i=42	5,506	5,717	8,379	9,271	10,914	19,133	22,796	7,392	6,991	3,083	3,228	2,297	8,726	6,318	0,724	1,403	0,910
1992-93	i=43	4,877	8,338	9,254	10,365	22,959	32,548	16,005	18,448	7,326	1,255	0,636	0,943	11,080	9,783	0,883	1,007	0,768
1993-94	i=44	2,512	8,452	10,494	11,160	12,187	16,092	12,479	7,548	3,860	1,834	5,182	3,822	7,969	4,576	0,574	0,223	0,845
1994-95	i=45	4,398	7,888	13,128	19,540	14,312	24,787	38,052	9,983	4,644	3,238	0,645	2,516	11,928	11,013	0,923	1,356	0,818
1995-96	i=46	7,410	7,958	11,700	13,330	33,638	41,696	48,110	21,180	8,244	2,980	5,064	4,631	17,162	15,538	0,905	1,155	0,889
1996-97	i=47	8,193	8,220	10,686	14,260	11,297	10,420	29,516	21,801	14,508	5,542	6,521	4,994	12,163	7,187	0,591	1,519	0,671
1997-98	i=48	9,187	9,186	17,504	16,828	26,920	24,260	41,370	40,680	28,362	9,672	6,435	5,583	19,666	12,677	0,645	0,653	0,905
1998-99	i=49	8,124	9,688	13,335	22,145	57,702	60,488	52,461	18,358	14,480	8,925	6,845	7,555	23,342	20,803	0,891	1,178	0,614
1999-00	i=50	10,520	9,151	8,752	12,404	14,911	34,407	61,302	53,586	18,196	10,361	11,122	10,304	21,251	18,363	0,864	1,599	0,539
2000-01	i=51	9,550	7,747	10,008	10,084	10,145	12,406	15,767	13,933	6,109	3,305	2,352	2,066	8,623	4,456	0,517	-0,144	0,743
2001-02	i=52	4,096	7,564	66,038	50,853	50,100	45,900	99,313	44,587	17,464	15,148	9,694	13,649	35,367	29,067	0,822	0,915	0,761

Her bir aya ait istatistik parametreler	\bar{q}_j	10,986	12,096	21,156	28,038	35,444	46,185	44,281	31,593	21,173	11,571	8,277	7,691
	SD_j	5,659	5,351	12,522	19,048	26,220	32,170	24,687	16,989	14,006	7,624	4,764	4,444
	COV_j	0,515	0,442	0,592	0,679	0,740	0,697	0,557	0,538	0,662	0,659	0,576	0,578
	AS_j	1,193	1,060	1,576	1,177	1,675	1,428	0,865	0,680	1,758	0,608	0,658	1,062
	$R_{j,j+1}$	0,772	0,629	0,482	0,621	0,731	0,652	0,668	0,717	0,726	0,494	0,644	0,718

Tablo 2. Tarihi akışlar ile hesaplanan $E_{i,j}$ değerleri ve bu değerlere ait istatistik parametreler

Yıllar	Yıl No.	Aylar											
		j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11	j=12
1950-51	i=1	-4,1015	-0,5920	-0,5972	-0,1826	-0,8807	1,0097	1,6292	2,9653	-3,2362	0,2747	0,9244	-0,3555
1951-52	i=2	-0,5863	0,8025	-0,1376	-0,3744	-0,2123	-0,2297	0,3905	-0,2584	-0,8343	1,9349	-0,2454	-1,3356
1952-53	i=3	-0,5099	-0,0519	0,0382	0,1315	-0,7906	1,0172	0,8185	1,0800	1,1855	-0,3240	-2,4596	1,5954
1953-54	i=4	-0,4468	-0,0074	-0,6760	-0,7046	0,4450	1,3195	-0,6391	0,6544	1,3472	-0,6837	-1,8962	0,5199
1954-55	i=5	1,1266	-0,1178	-1,1865	-0,2050	-0,3610	-1,2098	0,6546	-0,2873	-0,6723	1,6409	-0,9508	0,0760
1955-56	i=6	-1,3827	0,3153	-0,1508	-0,0859	1,5356	-0,1115	-0,2959	0,3243	2,0972	-2,2153	1,0614	-2,7606
1956-57	i=7	0,2196	-0,5524	-0,6188	-0,5793	-0,4685	-0,5576	-0,4719	0,5197	1,8250	0,9291	-2,2036	-1,8111
1957-58	i=8	0,2436	-0,6729	-0,5009	0,6711	-0,7098	1,0685	1,4026	-1,0319	1,4974	-1,9618	-0,9951	-0,2510
1958-59	i=9	-0,6764	-0,6179	0,0834	-0,2675	-0,8154	1,3023	-0,2332	-0,6700	2,2629	-1,2810	-1,3227	-0,1564
1959-60	i=10	-0,4451	-0,5519	0,2808	3,2011	-1,6989	0,0533	-0,2961	1,1898	-0,2341	-0,7463	0,1907	0,8358
1960-61	i=11	-0,0310	0,3495	-0,1860	0,2407	-0,6737	-0,5505	-0,4656	0,3227	-0,8734	-0,3067	0,2674	0,7943
1961-62	i=12	0,2759	-0,7374	-0,4461	0,3185	0,4459	-0,7906	-0,7001	-0,5686	-0,1092	-1,2109	2,1215	0,0999

Tablo 2. (Devam) Tarihi akışlar ile hesaplanan E_{ij} değerleri ve bu değerlere ait istatistik parametreler

Yıllar	Yıl No.	Aylar											
		j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11	j=12
1962-63	i=13	-0,2162	2,8353	1,1851	1,4304	-0,7346	-0,5579	3,3556	3,1241	-0,0869	-1,4277	0,5959	0,6207
1963-64	i=14	-0,9251	0,6136	-1,0261	0,4573	1,8164	-1,9291	-0,2105	1,7583	-1,0013	-0,3265	0,7239	0,4317
1964-65	i=15	1,1827	0,7157	-0,4434	0,6028	1,3419	0,4555	-2,2061	1,6436	0,4593	0,5048	0,6962	1,0364
1965-66	i=16	2,1909	-0,7097	2,6809	-1,7942	0,8164	0,4403	0,0348	0,4133	-0,6726	0,6546	1,6398	0,0409
1966-67	i=17	1,5530	-0,0773	-0,2131	-0,7505	-0,1454	-0,0139	0,5233	-0,5732	0,6883	0,7667	0,2165	-0,3415
1967-68	i=18	0,2813	-0,9541	1,9575	0,7202	3,5913	-1,4851	0,1963	0,2702	0,2357	2,3502	1,6523	-1,0750
1968-69	i=19	1,0452	0,4035	1,6456	1,9018	0,1054	0,6446	2,1460	-0,6923	1,2757	2,0069	0,8111	-0,2371
1969-70	i=20	1,4100	0,6847	-0,6773	-1,6209	3,7304	0,9865	-0,7551	-1,8816	2,7184	1,2483	1,6735	0,3007
1970-71	i=21	0,6973	-0,5970	-0,0735	-1,0276	0,4113	0,0619	0,1716	0,4029	0,1685	1,5784	0,3237	-0,0470
1971-72	i=22	0,8490	0,0496	-1,1704	0,0530	-0,1794	-0,5761	-0,1510	1,0978	0,7151	0,0176	0,3488	0,6591
1972-73	i=23	0,4174	-1,0032	-0,4160	-0,4454	0,2201	-0,3825	-0,2964	-0,1668	0,3541	0,1113	-0,4042	0,3940
1973-74	i=24	0,1433	0,1257	-0,9949	0,7243	0,0755	-0,5263	0,6495	-0,1290	-0,1150	0,7290	0,3764	-0,3335
1974-75	i=25	-0,1185	-0,4996	-0,3421	-0,3192	0,1783	-0,6114	1,7201	0,0492	-0,3376	1,0302	0,2118	0,8125
1975-76	i=26	1,6692	-1,0062	0,2750	-0,0097	-0,1232	0,1000	-0,2010	-0,6446	-0,5682	-0,1612	0,0848	-0,2899
1976-77	i=27	0,2252	0,3386	-0,5936	-0,2373	-0,7083	-0,6591	-0,3127	-0,2442	0,0273	0,1973	-0,4724	0,0883
1977-78	i=28	0,3364	-0,3876	1,7881	3,5288	-1,0683	0,8304	-0,5900	-1,0655	-0,0658	-0,2739	1,4302	-0,9876
1978-79	i=29	-1,3003	0,0860	3,4338	-1,3260	-1,1419	-0,3611	1,6357	0,9455	-0,3684	-1,0283	0,5494	-0,6629
1979-80	i=30	0,5264	0,0523	1,7220	-0,6126	0,2265	1,0048	-0,5983	-0,5253	-0,1194	-1,2561	-0,2761	2,4884
1980-81	i=31	-0,9651	1,6150	1,0425	-0,1610	1,3559	-1,5755	1,0311	-0,4256	0,5813	0,5221	-0,0492	0,0573
1981-82	i=32	0,5761	2,3217	-0,6441	-1,0750	-0,1888	0,0097	0,7354	0,5815	0,2572	0,5455	-0,8031	0,4579

Tablo 2. (Devam) Tarihi akışlar ile hesaplanan E_{ij} değerleri ve bu değerlere ait istatistik parametreler

Yıllar	Yıl No.	Aylar											
		j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11	j=12
1982-83	i=33	-0,7051	-0,4359	-0,3661	-0,3070	-0,0464	-0,2689	-0,5588	0,5350	0,4749	-0,6293	-0,3864	0,1901
1983-84	i=34	2,2405	0,3995	-0,5921	0,9532	0,2595	3,1884	-0,2769	-2,1374	-0,3068	1,4594	-2,1173	-0,2379
1984-85	i=35	-0,5684	-0,2797	0,9667	-0,3541	0,4373	0,3355	-0,2310	-0,0101	0,0767	-0,2308	-0,4529	-0,0784
1985-86	i=36	0,0882	-0,6140	0,2323	0,1800	-0,5321	-1,2056	-0,6025	0,4952	-0,9619	-0,3560	0,5030	-0,6589
1986-87	i=37	-0,3883	0,7359	1,5435	-1,3451	0,0490	-0,0049	0,5212	-0,8956	-0,4981	0,3064	-0,0865	-0,0806
1987-88	i=38	0,3262	-0,6189	-0,3614	-0,4598	-0,1315	-0,3378	-0,3952	-0,2357	-0,1471	0,0042	-0,5711	0,6197
1988-89	i=39	0,2867	-0,6392	-0,6558	-0,4774	-0,6965	-1,1357	-0,4657	-0,2828	-0,6916	-0,5413	-0,2121	-0,4595
1989-90	i=40	-0,3361	-0,0907	-0,5895	-0,2593	-0,6582	-0,7596	-0,4891	-0,4531	-0,5551	-1,1308	1,3323	-1,1807
1990-91	i=41	-0,4819	-0,1986	-0,6821	0,1996	-0,5474	-0,4532	-0,6543	-0,1234	-0,6142	-0,4151	-0,5624	-0,2337
1991-92	i=42	-0,7498	-0,5084	-0,4487	-0,3160	-0,3047	-0,4149	-1,1481	0,0324	-0,7054	-0,4484	-0,6505	-0,2247
1992-93	i=43	-0,0298	-0,6984	-0,4308	0,2953	-0,1497	-1,1583	0,0675	-0,6207	-0,9947	-0,9576	-0,5267	-0,5122
1993-94	i=44	0,3358	-0,5971	-0,4560	-0,3510	-0,4711	-0,8915	-0,7056	-0,3026	-0,7668	0,2253	-0,5807	-0,7740
1994-95	i=45	-0,0695	-0,2989	-0,0614	-0,7029	-0,1843	0,2575	-1,5644	-0,3726	-0,5868	-1,1739	-0,0200	0,4191
1995-96	i=46	-0,4834	-0,4363	-0,3869	0,7252	-0,1248	0,3334	-1,0381	-0,6953	-0,7717	0,0665	-0,2935	0,0594
1996-97	i=47	-0,5323	-0,5557	-0,2605	-0,5748	-0,6744	0,1935	-0,2118	-0,0832	-0,6392	0,1835	-0,4919	0,2365
1997-98	i=48	-0,4423	-0,0335	-0,5197	0,1535	-0,6193	0,4527	0,8881	0,1814	-0,5779	-0,2956	-0,2827	-0,2196
1998-99	i=49	-0,1696	-0,4653	0,1000	1,5741	-0,1434	0,0463	-1,4573	0,1282	-0,1278	-0,1008	0,2661	-0,0922

Tablo 2. (Devam) Tarihi akışlar ile hesaplanan $E_{i,j}$ değerleri ve bu değerlere ait istatistik parametreler

Yıllar	Yıl No.	Aylar											
		j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11	j=12
2000-01	i=51	-0,8401	-0,5688	-0,4973	-0,4046	-0,5552	-0,6099	-0,3036	-0,4662	-0,6361	-0,7131	-0,5354	-0,3787
2001-02	i=52	-0,1042	4,5585	-1,3106	-0,4628	-0,4922	3,0021	-1,1938	-1,1939	0,6899	-0,0058	1,6195	4,0536
Rastgele değişkene ait istatistikler	\bar{E}_j	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	ESDj	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	ER _{j,j+1}	0,214	0,001	-0,061	0,063	-0,223	-0,111	-0,069	0,259	-0,264	-0,039	0,035	-0,001

II.3. Sentetik Serinin Türetilmesi

$E_{i,j}$ değerleri elde edildikten sonra, matris formunda, sentetik akış serisi türetme çalışması yapılabilir. Sentetik seri türetilirken, $q_{i,j}$ başlangıç değeri, keyfi bir değer alınabilir. Buradaki matrisin boyutu, $i=52, j=12$ 'dir. Şekil 2'de, sentetik seri türetmek için kullanılan tarihi gözlem serisi değerlerinden oluşan $q_{i,j}$ matrisi ve tarihi gözlem seriden türetilen rastgele değişken olan $E_{i,j}$ matrisi görülmektedir.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cccccc}
 & \mathbf{q_{i,j} \text{ Matrisi}} & & & & \\
 \left(\begin{array}{cccccc}
 q_{1,1} & q_{1,2} & q_{1,2} & \dots & & q_{1,12} \\
 q_{2,1} & q_{2,2} & q_{2,2} & \dots & & q_{2,12} \\
 : & : & : & : & : & \dots \\
 : & : & : & : & : & \dots \\
 q_{52,1} & q_{52,2} & q_{52,2} & \dots & & q_{52,12} \\
 \bar{q}_1 & \bar{q}_2 & \bar{q}_3 & \dots & & \bar{q}_{12} \\
 SD_1 & SD_2 & SD_3 & \dots & & SD_{12} \\
 R_{12,1} & R_{1,2} & R_{2,3} & \dots & & R_{11,12}
 \end{array} \right)
 \end{array}
 \end{array}
 ;
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{cccccc}
 & \mathbf{E_{i,j} \text{ Matrisi}} & & & & \\
 \left(\begin{array}{cccccc}
 E_{1,1} & E_{1,2} & E_{1,3} & \dots & \dots & E_{1,12} \\
 E_{2,1} & E_{2,2} & E_{2,3} & \dots & \dots & E_{2,12} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 E_{52,1} & E_{52,2} & E_{52,3} & \dots & \dots & E_{52,12}
 \end{array} \right)
 \end{array}
 \end{array}$$

Şekil 2. Sentetik akış serisi türeme şeması

$q_{1,1}$ aylık akış değerlerinin türetilmesi,

$$\frac{q_{1,1} - \bar{q}_1}{SD_1} = R_{12,1} \frac{(q_{52,12} - \bar{q}_{12})}{SD_{12}} + E_{52,12} \sqrt{(1 - R_{12,1}^2)} \quad (16)$$

vb , gibi.

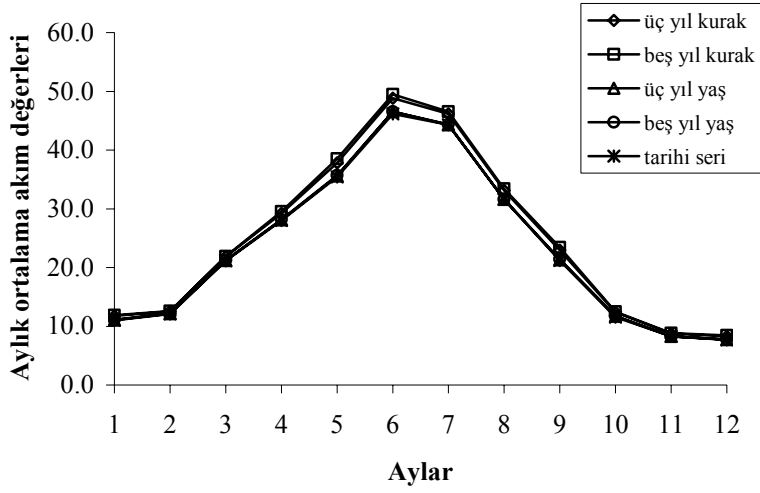
Bu çalışmada, baraj biriktirme hazneleri için kritik dönemler olan, kurak ve sulak dönemler için sentetik akış serileri, aşağıda, hesaplanan şekilde türetilmiştir. Bu dönemleri elde edebilmek için $E_{i,j}$ değerlerinde gerekli sıralama değişiklikleri yapıldı. Bu düzenleme yapılırken, j . aya ait $E_{i,j}$ değerlerinin dizilişleri, belli bir düzende sıraları değiştirildi. Kurak aylar istenildiğinde, $E_{i,j}$ 'lerin en küçükleri; sulak aylar istenildiğinde,

$E_{i,j}$ 'lerin en büyükleri alınarak, kurak veya sulak geçmesini arzu ettiğimiz aylara konuldu. Böylece, bütün yıl boyunca, kuraklık veya sulaklık temin edildi.

Kurak dönemlerin elde edilmesi için $E_{i,j}$ 'lerin en küçük değerleri (örneğin birinci beş yıl arka arkaya kurak dönem elde edilmesi için ve birinci ay için -4.1015, -1.3827, -1.3003, -0.9651 ve -0.9251 değerleri; ikinci ay için -1.0062, -1.0032, -0.9541, -0.8278 ve -0.7374 v.s. değerleri kullanılmıştır.) sıra ile ilk beş yıl, ikinci beş yıl, vb gibi, olacak şekilde; ilk beş yıla, ikinci beş yıla, v.s. bu $E_{i,j}$ değerleri konularak çalışma yapıldı ve sentetik seriler türetildi. Sulak dönemler için $E_{i,j}$ 'lerin en büyük değerleri alınmıştır. Örneğin birinci beş yıl arka arkaya sulak dönem elde etmek için ve birinci ay için 2.2405, 2.1909, 1.6692, 1.5530, 1.4100; ikinci ay için 4.5585, 2.8353, 2.3217, 1.6150, 0.8025 v.s. değerleri alınmalıdır. Üç yıl arka arkaya kurak, üç yıl arka arkaya sulak, beş yıl arka arkaya kurak, beş yıl arka arkaya sulak olma durumları için ayrı ayrı türetilen sentetik serilerin aylık ortalama akış değerleri ve o aya ait standart sapma değerleri, tarihi akış serinin aylık ortalama akım değerleri ve standart sapmaları ile karşılaştırılması, şekil 3 ve şekil 4'te görülmektedir.

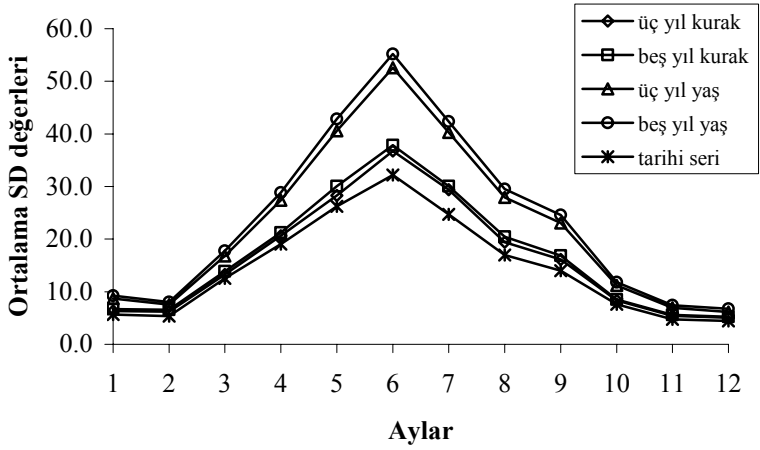
Tarihi seri ve sentetik serinin aylık ortalama akış değerlerinin bir birine yakın olduğu ancak standart sapmalarda, tarihi seri ile sentetik seriler arasında önemli farklılıkların olduğu görülmektedir.

Şekil 3 ve Şekil 4'teki grafiklerde ifade edilen, 3 yıl kurak, 5 yıl kurak, 3 yıl sulak, 5 yıl sulak gibi büyüklüklerin elde edilmesi için, işlemler kısaca şu şekilde yapılmıştır. 3 yıl kurak işleminin yapılması için, tarihi seri (Tablo 1)'den hesaplanmış olan ve Tablo 2'de verilen $E_{i,j}$ değerleri, sentetik serinin ilk 3 yılında, arka arkaya kuraklığın sağlanması amacıyla, $E_{i,j}$ değerlerinin en küçükleri alınır ve küçükten büyüğe doğru, birinci 3 yıl için sıralanır. Böylece, ilk 3 yılın kuraklığını sağlamak için gerekli $E_{i,j}$ değerleri kullanılır ve birinci 52 yıllık sentetik seri türetilir. Bu sentetik serinin, $j=1, 2, \dots, 12$ aylarındaki ortalama akışlar (\bar{q}_j) ve standart sapmalar (SD_j) değerleri bulunur.



Daha sonra, sentetik seride, ikinci 3 yıllık kuraklığın sağlanması için gerekli olan en küçük E_{ij} değerleri yine Tablo 2'den alınır (ki bu en küçük rakamlar, birinci 3 yıllıkta seçilenlerin aynısıdır).

Şekil 3. Tarihi gözlem serisi ve sentetik serilerin, kurak ve yaş yıllarının aylık ortalama akış değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4. Tarihi gözlem serisi ve sentetik serilerin, kurak ve sulak yıllarının aylık ortalama akımların standart sapma değerlerinin karşılaştırılması

Ancak, ikinci 3 yıllığa bu değerler konulurken, ikinci 3 yıllıkta bulunan rakamlar, o, en küçük, değerlerin yerine tekrar yazılması gerekir) ve alınan her rakamın yerine değiştirilen rakam yazılır. İkinci 3 yıllığa konulur. Böylece, yeni bir 52 yıllık sentetik seri türetilir. Burada da, (\bar{q}_j) , (SD_j) değerleri hesaplanır. Böylece bu işlemler ard arda yapılarak, $(N/3)$ yaklaşık, 17 defa tekrarlanırsa, 17 adet sentetik seri türetilmiş olur. Bu 17 adet sentetik serinin her birisine ait olan (\bar{q}_j) , (SD_j) değerlerinin de ortalaması alınmış, “3 yıllık kurak periyot” için, ortalama akım ve ortalama standart sapma değerleri bulunmuştur. Şekil 3 ve şekil 4’te gösterilen 3 yıl kurak, 5 yıl kurak ve 3 yıl sulak, 5 yıl sulak periyotlar için aynı işlemler yapılmış ve bütün bu sonuçlar, yukarıdaki şekillerde toplu olarak gösterilmiştir.

III. SONUÇLAR

Porsuk Çayının tarihi gözlemlenmiş akış serilerinden faydalanarak hesaplanan ortalama akışları (\bar{q}_i) ve bu akışlara göre her bir yıla ait hesaplanan istatistik parametreleri Tablo 1’in son 5 kolonunda verilmiştir. Bu sonuçlara göre, her bir yıla ait aylık ortalama akım değerleri (\bar{q}_i) birbirinden farklı ve seneler arasında, bazı yıllar hariç, akışlar arasında doğrusal bir korelasyon ilişkisi yoktur. Yani, korelasyon katsayıları genelde 0,7 civarında bulunmuştur. Değişim (Varyasyon) katsayısı (cov_i) değerleri yüksek çıktığından, dağılıma ait değerlerin daha geniş bir aralığa yayıldığı söylenebilir. Çarpıklık katsayısı (as_i) , genelde >0 olduğundan, dağılım pozitif çarpık (dağılımın sağa doğru uzayan bir kuyruğu) olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, aylık ortalama akışlar ve bu akışlar için hesaplanan istatistik parametreler, Tablo 1’in son 5 satırında verilmiştir. Buna göre, her bir aya ait aylık ortalama akım değerleri (\bar{q}_j) birbirinden farklı ve aylar arasında, iyi bir doğrusal korelasyon $(R_{j,j+1})$ olmadığı görülmektedir. Korelasyon katsayısının 0,65 civarında olduğu, Tablo 1’den görülmektedir. Değişim (varyasyon) katsayısı (COV_j) değerleri yine büyük çıkmıştır. Çarpıklık katsayısı (AS_j) , >0 olduğundan, dağılım pozitif çarpıktır (dağılımın sağa doğru uzayan bir kuyruğu vardır).

Bu makalede, sentetik serilerin Thomas Fiering modeli ile türetilmesinde farklı bir yaklaşım ele alınmıştır. Aylık akım modellemesinde, 1. mertebe Markov modeli olan

Thomas-Fiering modeli, (2) denklemindeki $E_{i,j}$ rastgele sayıları için farklı bir yaklaşım ileri sürülmüştür. Bu yaklaşımda, $E_{i,j}$ değerlerini mevcut bir tablodan rastgele seçmek veya bilgisayardan türetmek yerine, tarihi gözlem akış serisi değerlerinin Thomas-Fiering modeli ile elde edilebilmesi için gerekli rastgele değişken değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan $E_{i,j}$ matrisindeki sütunlarda bulunan $E_{i,j}$ değerlerinin belli bir düzen içinde yerleri değiştirilerek, hazne hacminin bulunması esnasında kritik olan dönemler, bu yaklaşımla temsil edilmiştir. Kurak veya sulak dönemler arka arkaya gelecek şekilde (3 yıl, 5 yıl, vb.) düzenlenmesi suretiyle sentetik seri türetme çalışması yapılmıştır. Bu türetilen serilerden çizilen Şekil 3 ve Şekil 4'teki sonuçlara bakıldığında, ortalamaların tarihi gözlem serisinin ortalama değerinden çok farklılık göstermediği gözlenmiştir. Ancak, kurak dönemlerin ortalaması, tarihi gözlem serisinin ortalama değerlerinden uzaklaştığı halde, standart sapmaları yakınlaşmaktadır. Benzer şekilde sulak dönemlerin ortalaması, tarihi seriye yakınlaştıkça standart sapmaları uzaklaşmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Bayazıt, M., Hidrolojide İstatistik Yöntemler, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul, 1981.
- [2] Bayazıt, M., Sentetik Hidrolojiye Eleştirci Bir Bakış, Birinci Ulusal Hidroloji Kongresi, ss.1-17, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1979.
- [3] Gürkan, İ., Sentetik Akış Serileri Kullanılarak Hazne Hacmi Bulunması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniv., Fen Bil., Enst., ss. 97, Eskişehir, 2004.
- [4] Gupta, R. S., Hydrology and Hydraulic Systems, Waveland Press Inc., Illinois, USA, 2001.
- [5] Bilgin, M., Baraj Hazne Hacminin Bulunması, Eskişehir Devlet Müh. ve Mim. Akademisi Yayınları, No: 25, Eskişehir, 1979.
- [6] Sharma, A., Tarboton, D.G. and Lall, U., Stream flow simulation: a non-parametric approach, Water Resources Research 33, 2, pp. 291-308, 1997.
- [7] Bayazıt, M., Hidroloji, İTÜ İnş. Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1999.

- [8] Tarboton, D.G., Sharma, A. and Lall, U., Disaggregation Procedures for Stochastic Hydrology Based on Nonparametric Density Estimation, *Water Resources Research* 34, 1, pp. 107-119, 1998.
- [9] Hazen, A., Storage to be provided in impounding reservoirs for municipal water systems, *Trans. Amer. Soc. Civ. Eng.*, 77 1539, 1914.
- [10] Linsley, R.K., Kohler, M.A. and Paulhus, J.L.H., *Hydrology for Engineers*, McGraw-Hill Book Company, London, UK, 1988.
- [11] Koutsoyiannis, D., Stochastic Simulation of Hydrosystem (SW-913), *The Encyclopedia of Water*, Edited by J. H. Lehr, New York (in print), 2004.
(<http://www.itia.ntua.gr/getfile/541/2004EncyclStochSiimulPP.pdf>)
- [12] Barnes, F.B., Storage required for a city water supply, *J. Inst. Eng. Australia*, 26 (9) 198-203, 1954.
- [13] Maass, A., M. M. Hufschmidt, R. Dorfman, H. A. Thomas Jr., S. A. Marglin, and G. M. Fair, *Design of water Resources System*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1962.
- [14] Thomas, H.A., and M.B. Fiering, Mathematical synthesis of streamflow sequences for the analysis of river basin by simulation, in *Design of Water Resource Systems*, by A. Maass, M. M. Hufschmidt, R. Dorfman, H. A. Thomas Jr., S.A. Marglin, and G. M. Fair, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1962.
- [15] Beard, L. R., Use of interrelated record to simulate streamflow, *Proc. ASCE, J. Hydraul. Div.*, 91 (HY5) 13-22, 1965.
- [16] Matalas, N.C., Mathematical assessment of synthetic hydrology, *Water Resour. Res.*, 3 (4), 937-945, 1967.
- [17] Koutsoyiannis, D., A Generalized Mathematical Framework for Stochastic Simulation and Forecast of Hydrologic Time Series, *Water Resources Research* 36, 6, pp.1519-1533, 2000.
- [18] Vasiliadis, H. V. and Karamouz, M., Demand-driven Operation of Reservoirs Using Uncertainty-based Optimal Operating Policies, *J. of Water Resour. Plan. and Manage* 120, 1, pp.101-114, 1994.

- [19] Şen, Z. and Eljadid, A.G., Regional wet and Dry Period Statistics of Libyan Rainfall. Near East University, Proceeding of International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, Volume I, pp. 25-23-31, 1997.
- [20] Kahya, E. and Karabörk, Ç., Autoregressive Modeling of Annual and Monthly Streamflows, Near East University, Proceeding of International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, Volume I, pp. 33-41, 1997.
- [21] Aksoy, H., Markov Chain-Based modeling technique for stochastic generation of daily intermittent streamflows. *Advances in Water Resources* 26, pp. 663-671, 2003.
- [22] Bazuahir, A.S, AlGohani, A. and Şen, Z., Determination of monthly wet and dry periods in Saudi Arabia. *International journal of Climatology* 17 (3), pp. 303-311, 1997.
- [23] Yeh, W.W-G., Reservoir management and operation models: A state of-the-art review, *Water Resour. Res.*, 21 (12), 1797-1818, 1985.
- [24] Yakowitz, S., Dynamic programming applications in water resources, *Water Resour.*, 18 (4), 673-696, 1982.
- [25] Tejada-Guibert, J.A., Johnson, S.A. and Stedinger, J.R., The value of hydrologic information in stochastic dynamic programming models of a multireservoir system, *Water Resour.*, 31 (10), 2571-2579, 1995.
- [26] Bayazıt, M. ve Şen, Z., Hidroelektrik Tesislerinde Hazne Projelendirme ve İşletme Problemlerine Stokastik bir Yaklaşım, İTÜ İnş. Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1978.
- [27] Bayazıt, M., Avcı, İ. ve Şen, Z., Hidroloji Uygulamaları, İTÜ İnş. Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1991.
- [28] Fiering, M.B. and Jackson, B.B., Synthetic Streamflows, *Water Resources Monograph*, American Geophysical Union, Washington, D.C., 1971.
- [29] Shaw, E.M., *Hydrology in Practice*, Chapman & Hall, London, UK, 1983.
- [30] DSİ III. Bölge Müdürlüğü, Porsuk Havzası Su Yönetim Planı Projesi, Hidrolojik Raporu, Hazırlayan: Suyapı Müh. ve Müş. A.Ş., Ankara, 2001.
- [31] DSİ III. Bölge Müdürlüğü, Porsuk Havzası Su Yönetim Planı Projesi, Nihai Rapor 1/3, Hazırlayan: Suyapı Müh. ve Müş. A.Ş., Ankara, 2001.