

# Nakayasu sentetik birim hidrograf metodunun Türkiye havzalarında kullanılabilirliğinin incelenmesi: Göksu Nehri Havzası örneği

**Mahsum AYDIN<sup>\*1</sup>, Tamer BAĞATUR<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Böl., Van, 65080, Türkiye

<sup>2</sup> Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Böl., Diyarbakır, 21280, Türkiye

Makale Gönderme Tarihi: 28.01.2016

Makale Kabul Tarihi: 24.05.2016

## Öz

*Köprüler, menfezler, dolusavaklar ve sulama kanalları gibi su yapılarının tasarımında birim hidrograflardan elde edilen veriler kullanılmaktadır. Ancak her zaman akış ve yağış verileri bulunmayabilir veya eksik olabilir bu durumlarda sentetik birim hidrograflar kullanılarak birim hidrograflar elde edilmeye çalışılır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan sentetik birim hidrograf yöntemleri Snyder, Mockus, DSİ gibi yöntemlerdir. Bu yöntemlerin dışında Dr. Nakayasu 1940 yılında Japonya havzaları için Nakayasu sentetik birim hidrograf yöntemini önermiştir. Bu yöntem Uzak Doğu ülkelerinde yaygın olarak kullanılmasına rağmen ülkemizde ve diğer Avrupa ülkelerinde kullanılmamaktadır. Bu çalışmada, Nakayasu sentetik birim hidrograf metodunun ülkemiz havzalarında kullanılabilir olup olmadığı incelenmiştir. Nakayasu sentetik birim hidrograf yönteminin incelenmesinde Göksu nehri havzasında yer alan Kayraktepe, Kırkyalan ve Hamam alt havzalarına ait birim hidrograf verileri*

*kullanılmıştır. Hesaplanan Nakayasu sentetik birim hidrograf değerleri ile gözlenmiş ortalama birim hidrograf değerleri (GOBH) karşılaştırılmış ve pik debi ( $Q_p$ ) değerleri Kırkyalan havzası için % 8.87 ve Hamam havzası için % 17.86 ve Kayraktepe havzası için % 6.90 hata payı oranları hesaplanmıştır. Nakayasu metodunun diğer parametreleri için hata oranları yüksek bulunmuştur. Bu nedenle, Nakayasu formülleri regresyon analizi yardımı ile modifiye edilmiş ve elde edilen yeni denklemler kullanılarak bu havzalara ait birim hidrograflar sentetik olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak modifiye edilen Nakayasu sentetik birim hidrograf metodunun Göksu nehri havzası için kullanılabileceği tespit edilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** Yağış-akış; Sentetik Birim Hidrograf; Nakayasu metodu; Göksu Nehri

## Giriş

Su yapılarının hesap ve tasarımı yapılırken hem gelebilecek olan taşkınlara karşı dayanıklı olarak tasarlanmalı hem de su yapılarının mevcut maliyetleri çok yüksek olduğundan bu maliyetler en düşük olacak şekilde su yapılarının boyutlandırılması gerekmektedir. Bu nedenle su yapılarının yapılacağı yerlerde ölçülmüş birim hidrograf verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak her zaman istenilen ölçümler ve veriler elde olmayabilir veya eksik olabilir. Bu durumda söz konusu yapıların tasarımında kullanılacak olan veriler sentetik birim hidrograf yöntemleri sayesinde elde edilebilir.

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan sentetik birim hidrograf yöntemleri mevcuttur (Snyder, Mockus, DSİ gibi). Bu yöntemlerin kullanılmasında havza parametreleri için bazı katsayıların seçiminde zorluklar vardır. Bu çalışmada, kullanılabilirliğinin araştırıldığı Nakayasu sentetik birim hidrograf metodunun en önemli özelliği uygulamasının ve birim hidrograf parametrelerinin verilen eşitlikler yardımı ile hesaplanması son derece kolay olmaktadır.

Nakayasu sentetik birim hidrograf metodunun ülkemiz havzalarında uygulanabilirliğini belirleyebilmek için Göksu nehri havzasında bulunan Kırkyalan, Hamam ve Kayraktepe alt havzalarına ait ölçülmüş birim hidrograf verileri kullanılmıştır. Kullanılacak materyallerin havza özellikleri ve gözlenmiş ortalama birim hidrograflar değerleri (1977-1984 yılları)

Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) Genel Müdürlüğü verilerinden sağlanmıştır (Sezen, 1988; Haktanır ve Sezen, 1990). Bu veriler kullanılarak Nakayasu sentetik birim hidrograf yöntemi ile taşkın debileri ve hidrograf parametreleri hesaplanmıştır.

## Materyal

Göksu nehri kaynağından Akdeniz'e döküldüğü yere kadar toplam 10000 km<sup>2</sup>'lik bir yağış alanına sahiptir. 3000 m yükseklikteki Toros dağlarına düşen yağışlar ve bu dağların yamaçlarındaki kaynaklarla beslenmektedir. En önemli iki kolu olan Ermenek suyu ve Mut suyu Mut'un güneyinde Suçatı mevkiinde birleşmektedir.

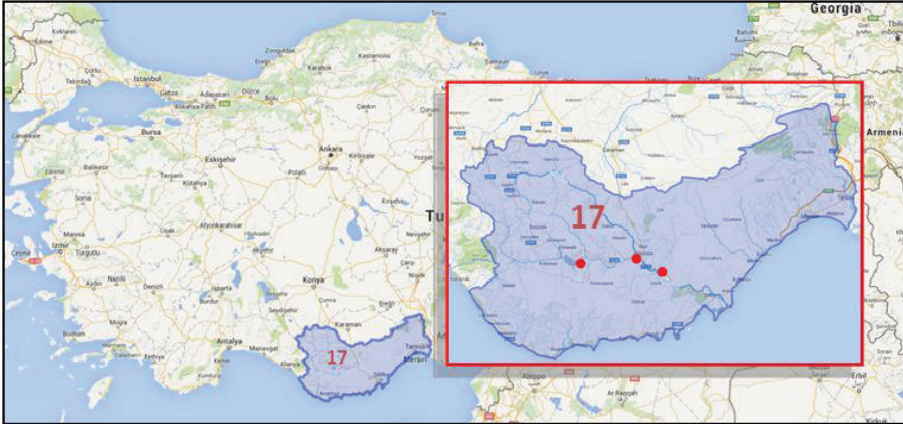
Toplam 250 km uzunluğundaki Göksu nehrinde yıllık ortalama akım 3.5 milyar m<sup>3</sup>, yıllık minimum akım 30 m<sup>3</sup>/s ve maksimum akımda 1000 m<sup>3</sup>/s'dir (Pınar, 1990).

Araştırmamızın uygulandığı Kırkyalan alt havzası Akdeniz bölgesinde, Göksu Nehrinin güney kolunun mansabında 17 nolu Doğu Akdeniz Havzası üzerinde yer almaktadır. Havza alanı 3545 km<sup>2</sup>'dir. Hamam alt havzası Akdeniz bölgesinde, Göksu Nehrinin kuzey kolu olan Göksu üzerinde 17 nolu Doğu Akdeniz Havzasındadır. Havza alanı 4300 km<sup>2</sup>'dir. Kayraktepe alt havzası Akdeniz bölgesinde, Göksu Nehrinin mansap kısmında 17 nolu Doğu Akdeniz Havzası üzerinde yer almaktadır. Havza alanı 9867 km<sup>2</sup>'dir (Sezen, 1988). Alt havzaların coğrafi konumu Şekil 1'de gösterilmektedir. Havzalara ait karakteristik özellikler ise Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Seçilen alt havzalara ait havza özellikleri ve gözlenmiş ortalama birim hidrograflar

Havza	Havza alanı A (km <sup>2</sup> )	Havza uzunluğu L (km)	Pik debi Q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /s mm)	Yağış t <sub>r</sub> (saat)	Pik zamanı T <sub>p</sub> (saat)	Taban zamanı T <sub>b</sub> (saat)	Gecikme zamanı T <sub>g</sub> (saat)
Kırkyalan	9867	231	40.1	8	22	92.75	15.6
Hamam	4300	161	41.7	8	24	100	17.6
Kayraktepe	3545	148	110.1	8	28	116	21.6

*Nakayasu sentetik birim hidrograf metodunun Türkiye havzalarında kullanılabilirliğinin incelenmesi:  
Göksu Nehri Havzası örneği*



*Şekil 1. 17 nolu Doğu Akdeniz Havzası üzerinde yer alan Kayraktepe, Kırkyalan ve Hamam alt havzalarının coğrafi konumu*

## Yöntem

Dr. Nakayasu'nun 1940'lı yıllarda Japonya'daki nehirler üzerine yapmış olduğu çalışmalar sonucu bir sentetik birim hidrograf yöntemi geliştirmiştir (Soemarto, 1987; Yoon vd., 2004; Safarina, 2012, Safarina ve Ramli, 2015). Nakayasu sentetik birim hidrograf metodunun parametreleri Şekil 2'deki gibidir. Bu yöntemde sentetik birim hidrograf parametrelerini hesaplamak için kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir.

Pik zamanı ( $T_p$ ), gecikme zamanı ( $t_g$ )'nin ve etkili yağış süresinin ( $t_r$ ) fonksiyonu olarak aşağıdaki şekildeki gibi verilmektedir.

$$T_p = t_g + 0.8 t_r \quad (1)$$

Bu denklemde,  $\alpha$  değerleri ise havza karakteristiklerine bağlı olarak aşağıdaki gibi alınmaktadır.

Normal hidrograflar için:  $\alpha = 2$

Yavaş çıkışlı, hızlı inişli eğimlere sahip hidrograflar için:  $\alpha = 1,5$

Hızlı çıkışlı, yavaş inişli eğimlere sahip hidrograflar için:  $\alpha = 3$  seçilmektedir (Safarina, 2011).

Gecikme zamanı ( $t_g$ ) akarsu uzunluğu 15 km'den kısa olduğu durumlarda aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$t_g = 0.21 L^{0.7} \quad (2)$$

Akarsu uzunluğu (L) 15 km'den fazla olduğu durumlarda ise aşağıdaki gibi verilmektedir.

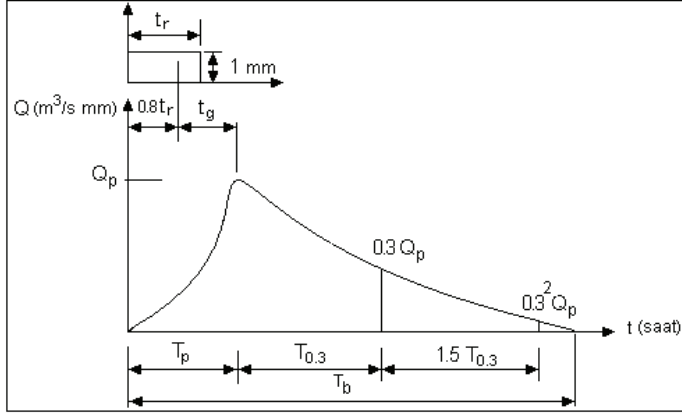
$$t_g = 0.4 + 0.058 L \quad (3)$$

Nakayasu yönteminde pik debinin % 30'luk kısmı için gerekli zaman ( $T_{0.3}$ ) aşağıdaki verilen eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$T_{0.3} = \alpha t_g \quad (4)$$

Pik debi ( $Q_p$ ), havza alanının (A), yağış katsayısının (C), birim yağışın ( $R_0$ ), pik zamanının ( $T_p$ ), pik debinin % 30 una kadar azalması için gerekli zamanın ( $T_{0.3}$ ) bir fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_0}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \quad (5)$$



Şekil 2. Nakayasu metodunun parametreleri

Yükseliş eğrisi debisi ( $Q_a$ ), pik debinin ( $Q_p$ ), zamanın ( $t$ ) ve pik zamanının ( $T_p$ ) fonksiyonudur. Buna göre yükseliş eğrisinin denklemi aşağıdaki gibidir:

$$Q_a = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (6)$$

İniş eğrisi debisi ( $Q_d$ ) ise, pik debinin ( $Q_p$ ), zamanın ( $t$ ), pik zamanının ( $T_p$ ) ve pik debinin % 30 una kadar azalması için gerekli zamanın ( $T_{0.3}$ ) fonksiyonudur. Buna göre iniş eğrisinin denklemi aşağıdaki gibi verilmektedir (Safarina, 2012):

$$Q_d > 0,3Q_p \rightarrow Q_d = Q_p \cdot 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}} \quad (7)$$

$$0,3Q_p > Q_d > 0,3^2Q_p \rightarrow Q_d = Q_p \cdot 0,3^{\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}} \quad (8)$$

$$Q_d < 0,3^2Q_p \rightarrow Q_d = Q_p \cdot 0,3^{\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}} \quad (9)$$

## Uygulama

Bu çalışmada, Nakayasu sentetik birim hidrograf metoduna ait yukarıda verilen eşitlikler yardımıyla havzaların karakteristik özellikleri kullanılarak seçilen havzalara ait pik debileri ve diğer birim hidrograf parametreleri hesaplanmıştır. Hesap sonuçları tablo 2'de özetlenmiştir. Nakayasu metodu ile bulunan sentetik hidrograf sonuçları gözlenmiş hidrograf

değerleri ile kıyaslanmıştır (Tablo 3). Yapılan karşılaştırma sonucu hata oranları belirlenmiştir.

Tablo 3'te hesaplanan Nakayasu sentetik birim hidrograf değerleri ile gözlenmiş ortalama birim hidrograf değerleri (GOBH) karşılaştırılmış ve pik debi ( $Q_p$ ) değerleri Kırkyalan havzası için % 8.87, Hamam havzası için % 17.86 ve Kayraktepe havzası için % 6.90 hata payı oranları hesaplanmıştır. Nakayasu metodunun diğer parametreleri için hata oranları oldukça yüksek bulunmuştur. Bu nedenle, Nakayasu formülleri regresyon analizi yardımı ile kalibrasyon amaçlı olarak modifiye edilmiş ve elde edilen yeni denklemler kullanılarak bu havzalara ait birim hidrograflar sentetik olarak elde edilmiştir.

Nakayasu yönteminde  $t_g$ 'nin L'ye bağlı eşitliği havzalara ait veriler ile yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen denklem aşağıda verilmiştir.

Modifiye edilmiş Nakayasu eşitliği (10) nolu denklem ile tanımlanmıştır:

$$t_g = 6.16 + 0.067 L \quad (10)$$

Nakayasu metodunun 4'nolu denkleminde tanımlanan alfa ( $\alpha$ ) katsayısı için herhangi bir formül önerilmemektedir. Bu çalışmada, alfa ( $\alpha$ ) katsayısı için aşağıdaki denklem geliştirilmiştir.

*Nakayasu sentetik birim hidrograf metodunun Türkiye havzalarında kullanılabilirliğinin incelenmesi: Gökse Nehri Havzası örneği*

$$\alpha = 1.768 - 0.023 (A/L) \quad (11)$$

Hidrografın taban zamanı  $T_b$  değerini hesaplamak için elde edilen denklem aşağıda verilmiştir.

$$T_b = 29.5 (A/L)^{0.365} \quad (12)$$

Yükseliş eğrisi debisi ( $Q_a$ ), için yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen denklem aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

Modifiye edilmiş Nakayasu eşitliği:

$$Q_a = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2.424253} + 3.517363 \quad (13)$$

Üç farklı bölge için verilen iniş eğrisi debisi denklemleri:

$Q_d > 0,3Q_p$  olması durumunda aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Modifiye edilmiş Nakayasu eşitliği:

$$Q_d = Q_p \cdot 0,3 \left( \frac{t - T_p}{T_{0,3}} \right)^{*(0.869144)} \quad (14)$$

$0,3Q_p > Q_d > 0,3^2Q_p$  olması durumunda;

Modifiye edilmiş Nakayasu eşitliği:

$$Q_d = Q_p \cdot 0,3 \left( \frac{t - T_p + 0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right)^{*(1.040764)} \quad (15)$$

$Q_d < 0,3^2Q_p$  için;

Modifiye edilmiş Nakayasu eşitliği aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$Q_d = (Q_p \cdot 0,3 \left( \frac{t - T_p + 1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right)^{*(0,873687)}) - 2.716748 \quad (16)$$

Elde edilen yeni denklemler kullanılarak Kayraktepe, Kırkyılan ve Hamam'a ait birim hidrograf parametreleri ve pik debileri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler tablo 4'de verilmiştir. Nakayasu yöntemi ile hesapladığımız hidrograf parametreleri ile GOBH parametrelerinin karşılaştırması ve hesaplanan değerler ile gözlemlenen değerler arasındaki farklar tablo 5'de gösterilmiştir. Şekil 3, şekil 4 ve şekil 5'de Nakayasu yöntemi ve modifiye edilmiş Nakayasu yöntemi ile elde edilen birim hidrograflar ile gözlemlenen değerler karşılaştırılmıştır.

**Tablo 2.** Hesaplanan Nakayasu sentetik birim hidrograf parametreleri

Alt Havzalar	Nakayasu sentetik birim hidrograf parametreleri					
	tg	Tp	Qp	□	T0.3	Tb
Kırkyılan	8.98	15.38	43.65	2	17.96	260
Hamam	9.74	16.14	49.14	2	19.48	285
Kayraktepe	13.79	20.20	102.56	1.5	20.68	331

**Tablo 4.** Hesaplanan modifiye edilmiş Nakayasu metodu sonuçları

Alt Havzalar	Modifiye edilmiş Nakayasu sentetik birim hidrograf parametreleri					
	t <sub>r</sub>	t <sub>g</sub>	T <sub>p</sub>	T <sub>0,3</sub>	Q <sub>p</sub>	T <sub>b</sub>
Kırkyılan	8	16.08	22.48	19.46	37.61	94.03
Hamam	8	17.00	23.35	19.55	45.01	98.00
Kayraktepe	8	21.64	28.04	16.88	108.45	116.14

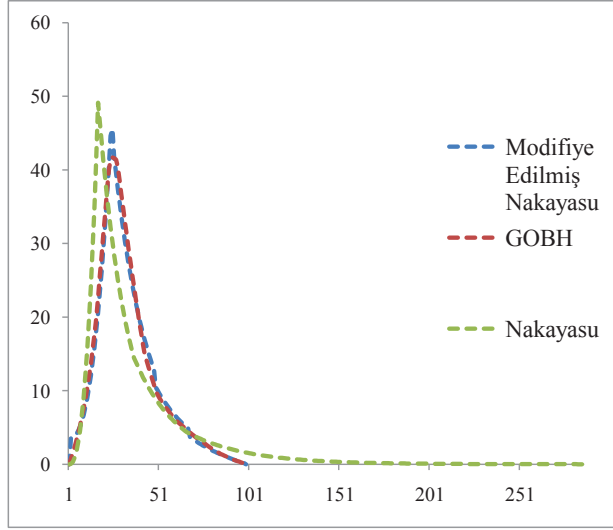
**Tablo 3.** Hesaplanan Nakayasu metodu parametreleri ile gözlenen hidrograf parametrelerinin kıyaslanması

Parametreler	Durum	Alt Havzalar		
		Kırkyalan	Hamam	Kayraktepe
Q <sub>p</sub>	Gözlenen	40.1	41.7	110.1
	Nakayasu	43.65	49.14	102.56
	Fark	3.55	7.44	7.54
	Hata (%)	8.85	17.84	8.30
T <sub>p</sub>	Gözlenen	22	24	28
	Nakayasu	15.38	16.14	20.20
	Fark	6.62	7.86	7.8
	Hata (%)	30.09	32.75	27.86
t <sub>g</sub>	Gözlenen	15.6	17.6	21.6
	Nakayasu	8.98	9.74	13.79
	Fark	6.62	7.86	7.81
	Hata (%)	42.44	44.66	36.16
T <sub>0.3</sub>	Gözlenen	17.94	21.45	16.5
	Nakayasu	17.96	19.48	20.68
	Fark	0.02	1.97	4.18
	Hata (%)	0.11	9.18	25.33
T <sub>b</sub>	Gözlenen	92.75	100	116
	Nakayasu	260	285	331
	Fark	167.25	185	215
	Hata (%)	180.32	185	185.34

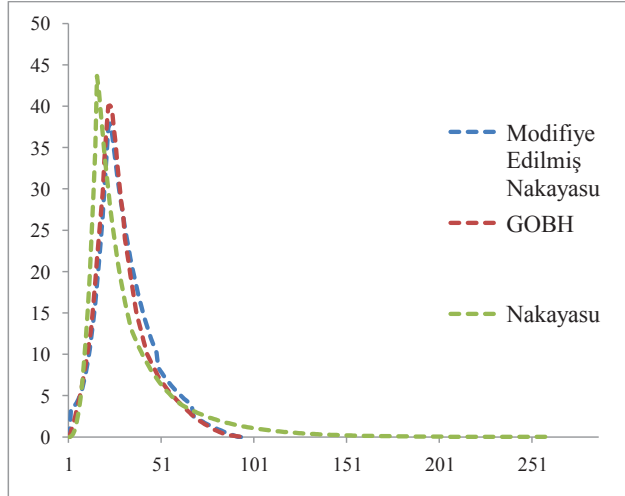
**Tablo 5.** Modifiye edilmiş Nakayasu yöntemi ile hesaplanan sonuçlar ile gözlenen değerlerin karşılaştırması

Parametreler	Durum	Alt Havzalar		
		Kırkyalan	Hamam	Kayraktepe
Q <sub>p</sub>	Gözlenen	40.10	41.70	110.10
	Mod. Nakayasu	37.61	45.01	108.45
	Fark	2.49	3.31	1.65
	Hata (%)	6.21	7.94	1.49
T <sub>p</sub>	Gözlenen	22.00	24.00	28.00
	Mod. Nakayasu	22.48	23.35	28.04
	Fark	0.48	0.65	0.04
	Hata (%)	2.18	2.70	0.14
t <sub>g</sub>	Gözlenen	15.60	17.60	21.60
	Mod. Nakayasu	16.08	17.00	21.64
	Fark	0.48	0.60	0.04
	Hata (%)	3.07	3.40	0.18
T <sub>0.3</sub>	Gözlenen	17.94	21.45	16.42
	Mod. Nakayasu	19.46	19.55	16.88
	Fark	1.52	1.92	0.46
	Hata (%)	8.47	8.94	2.80
T <sub>b</sub>	Gözlenen	92.75	100.00	116.00
	Mod. Nakayasu	94.03	98.00	116.14
	Fark	1.28	2.100	0.14
	Hata (%)	1.38	2.00	0.12

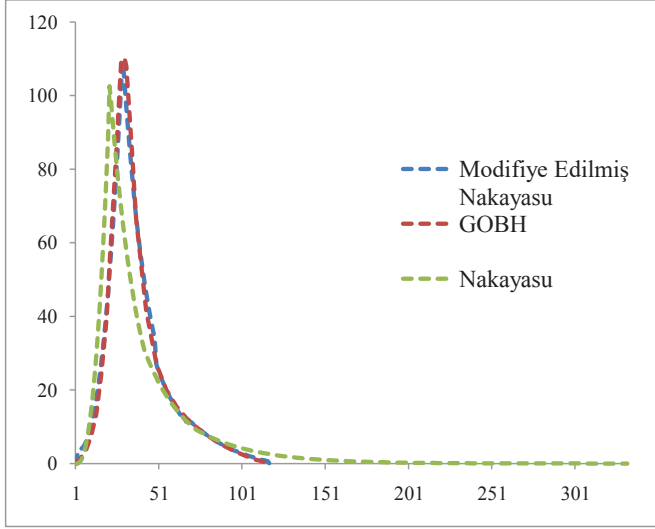
*Nakayasu sentetik birim hidrograf metodunun Türkiye havzalarında kullanılabilirliğinin incelenmesi: Göksu Nehri Havzası örneği*



*Şekil 3. Kırkalan alt havzası GOBH'ları ve Nakayasu SBH'lerinin karşılaştırılması*



*Şekil 4. Hamam alt havzası GOBH'ları ve Nakayasu SBH'lerinin karşılaştırılması*



Şekil 5. Kayraktepe alt havzası GOBH'ları ve Nakayasu SBH'larının karşılaştırılması

## Sonuçlar

Bu çalışmada 17 nolu Doğu Akdeniz havzası Göksu Nehri üzerinde bulunan 3 adet alt havzaya ait veriler kullanılmış olup bu veriler kullanılarak Nakayasu Sentetik Birim Hidrograf yöntemi eşitlikleri modifiye edilerek elde edilen yeni denklemlerle yapılan hesaplamalar sonucu bu alt havzalara ait birim hidrograf parametreleri sentetik olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan  $Q_p$  değerleri ile GOBH'lara ait  $Q_p$  değerleri Kayraktepe için % 1.49, Kırkyalan için % 6.21, Hamam için % 7.94 hata oranı ile hesaplanmıştır. Bu oranlar kabul edilebilir oranlardır.

Birim hidrograf parametrelerinden biri olan  $T_p$  değerleri Kayraktepe alt havzası için 28.04 saat olarak hesaplanmış ve bu değer gözlenmiş değer olan 28 saat değerine oranla % 0.14'lik bir hata payı ile hesaplanmıştır. Kırkyalan havzası için  $T_p$  değeri 22.48 saat olarak hesaplanmış ve bu değer gözlenmiş değer olan 22 saat değerine oranla % 2.18'lik bir hata payıyla hesaplanmıştır. Hamam alt havzası için  $T_p$  değeri 23.35 saat olarak hesaplanmış ve bu değer gözlenmiş değer olan 24 saat değerine

oranla %2.70'lik bir hata payıyla hesaplanmıştır.

$T_g$  değerleri Kayraktepe alt havzası için 21.64 saat olarak hesaplanmıştır bu değer gözlenmiş değer olan 21.60 saat değerine oranla % 0.18'lik bir hata payıyla hesaplanmıştır. Kırkyalan alt havzası için 16.08 saat olarak hesaplanmıştır ve bu değer gözlenmiş değer olan 15.60 saat değerine oranla % 3.07'lik bir hata payıyla hesaplanmıştır. Hamam alt havzası için 17.00 saat olarak hesaplanmıştır ve bu değer gözlenmiş değer olan 17.60 saat değerine oranla % 3.40'lik bir hata payıyla hesaplanmıştır.

$T_{0.3}$  değerleri Kayraktepe alt havzası için 16.46 saat olarak hesaplanmıştır ve bu değer gözlenmiş değer olan 16.50 saat değerine oranla % 2.80'lik bir hata payıyla hesaplanmıştır. Kırkyalan alt havzası için 19.46 saat olarak hesaplanmıştır ve bu değer 17.94 saat olan gözlenmiş değere oranla % 8.47'lik bir hata payıyla hesaplanmıştır. Hamam alt havzası için 19.55 saat olarak hesaplanmıştır ve bu değer gözlenmiş değer olan 21.47 saat değerine oranla % 8.94'lik bir hata payıyla hesaplanmıştır.



*Nakayasu sentetik birim hidrograf metodunun Türkiye havzalarında kullanılabilirliğinin incelenmesi: Göksu Nehri Havzası örneği*

$T_b$  değerleri Kayraktepe alt havzası için 116.140 saat olarak hesaplanmıştır ve bu değer gözlenmiş değer olan 116 saat değerine oranla % 0.12'lik bir hata payıyla hesaplanmıştır. Kırkyalan alt havzası için 94.03 saat olarak hesaplanmıştır ve bu değer gözlenmiş değer olan 92.75 saat değerine oranla % 1.38'lik bir hata payıyla hesaplanmıştır. Hamam alt havzası için 98 saat olarak hesaplanmıştır ve bu değer gözlenmiş değer olan 100 saat değerine oranla % 2'lik bir hata payıyla hesaplanmıştır.

Elde edilen tüm bu sonuçlar incelendiğinde birim hidrografa ait  $Q_p$ ,  $T_p$ ,  $t_g$ ,  $T_{0.3}$  ve  $T_b$  gibi parametreler modifiye ettiğimiz nakayasu yöntemi ile çok düşük hata oranları ile hesaplanmıştır.

Elde edilen parametreler ve denklemler kullanılarak çizilen sentetik birim hidrograflar ile GOBH'ların çok iyi bir şekilde örtüştüğü görülmüştür. Sonuç olarak modifiye edilmiş Nakayasu Sentetik birim hidrograf yönteminin Göksu Nehri havzası için uygun sonuçlar verdiği ve bu yöntemin kullanılmasının uygun ve güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır.

## **Kaynaklar**

General Directorate of Electrical Works Planning of Government of Turkey, (1977). "Engineering Hydrology Report for Kayraktepe Reservoir on Goksu River", Report no: 77-79, Ankara, Turkey.

- Haktanır, T. ve Sezen, N., (1990). "Suitability of two-parameter gamma and three-parameter beta distributions as synthetic unit hydrographs in Anatolia", Hydrological Sciences Journal, 35, 2, 167-184.
- Pınar, A., (1990). "Göksu Nehri sol mansabının (Silifke-Susanoğlu-Akarsuağzı) fiziki coğrafyası", Y. Lisans tezi, Selçuk Ün. Fen Bil. Ens..
- Safarina, A. B., (2012). "Modified Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph Method For Meso Scale Ungauge Watersheds", International Journal of Engineering Research and Applications, Int. J. Eng. Res. and Appl., 2, 4, 649-654.
- Safarina, A. B. ve Ramli, C., (2015). "River Benchmarking Flood Analysis Based on Threshold of Total Rainfall", IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology, 4, 4, 659-663.
- Sezen, N., (1988). "Gama ve Beta olasılık dağılımı yoğunluk fonksiyonlarının birim hidrograf olarak kullanma imkânlarının araştırılması ve bundan yararlanarak Anadolu havzalarında uygun sentetik birim hidrograflar elde edilmesi", Y. Lisans tezi, Çukurova Ün., Fen Bil. Ens.
- Soemarto, C. D., (1987). "Engineering Hidrology", Usaha Nasional, Surabaya, Indonesia.
- Yoon, T.H., Kim, S.T., Kim, I.D., (2004). "Redefining of parameters of Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph", J. Korean Society Civil Eng. Mag., 24, 5B, 403-412.

## Examination of usability of Nakayasu synthetic unit hydrograph method on Turkish basins: An example of Goksu River Basin

### Extended Abstract

The data obtained from unit hydrograph are being used to design of water structures like bridges, culverts, dams, irrigation channels etc. But when flow and precipitation data are incomplete or not available synthetic unit hydrographs are being used. The synthetic unit hydrograph methods commonly used in our country are Snyder, Mockus, DSI synthetic methods. The synthetic unit hydrograph method which supposed by Dr. Nakayasu in 1940, is the method which will be examined in this study. Although this method has been commonly used in Far East country it is not being used in our country and European countries. In this study the usability of synthetic unit hydrograph supposed by Dr. Nakayasu in our country's sub-basins is examined. Unit hydrograph data of Kayraktepe, Kirkyalan and Hamam which are in Goksu river sub-basins are used for modifying given equation of Nakayasu synthetic unit hydrograph methods. Given equations by Nakayasu are modified by using regression analysis and synthetic unit hydrographs of these sub-basins are obtained by using the new equations.

The obtained unit hydrographs and observed average unit hydrographs are compared and  $Q_p$  values for Kayraktepe sub-basin is calculated as  $109,253 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$ , this value is calculated by a 0,769% error rate when compared to observed value of  $110,1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$ . The  $Q_p$  values for Kirkyalan sub-basin is calculated as  $37,909 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$ , this value is calculated by a 5,464% error rate when compared to observed value of  $40.1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$  and the  $Q_p$  values for Hamam sub-basin is calculated as  $45,555 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$ , this value is calculated by a 9,244% error rate when compared to observed value of  $41,7 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$ .

The value of  $T_p$  is calculated for Kayraktepe as 28,037 hours, for Kirkyalan 22,476 hours, for Hamam 23,347 hours. The error rates of  $T_p$  values for these watersheds are respectively 0,132%, 2,164% and 2,721%.

The value of  $T_g$  is calculated for Kayraktepe as 21,637 hours, for Kirkyalan 16,076 hours, for Hamam 16,947 hours. The error rates of  $T_g$  values for these sub-basins are respectively 0,171%, 3,051% and 3,710%.

The value of  $T_b$  is calculated for Kayraktepe as 116,140 hours, for Kirkyalan 94,034 hours, for Hamam 97,847 hours. The error rates of  $T_b$  values for these sub-basins are respectively 0,121%, 1,384% and 2,153%.

When these all results examined, the  $Q_p$ ,  $T_p$ ,  $t_g$ ,  $T_{0.3}$ ,  $T_b$  parameters of unit hydrograph are calculated with very low error rates by using modified Nakayasu synthetic unit hydrograph method. As a result, we can say that these values are usable for Goksu River basin.

**Keywords:** Rainfall-runoff, Nakayasu, synthetic unit hydrograph, Goksu River