

# AZALAN EĞRİ YÖNTEMİ İLE KURAK DEVRE AKIM TAHMİNİ YÖNTEMİNİN SARIYAR BARAJ YERİNE UYGULANMASI

UDK: 551.579:627.42:627.8

## ÖZET

Bir baraj gölüne kurak dönemde gelecek suyun debisi önceden kestirilerek santralin en yararlı biçimde çalışması sağlanabilir. Yazıda, Sarıyar Barajında kurak dönem debi tahmininin azalan eğri yöntemi ile nasıl yapıldığı anlatılmaktadır.

## SUMMARY

Hydrolic power plants may be operated at their optimum if the rate of flow of water to the dam during the dry season can be predicted. The article discusses a method of predicting the rate of flow in Sarıyar Dam using a curve fitting technique.

## 1. YÖNTEMİN TANIMLANMASI

Birçok nehirlerin akış miktarı sene içerisinde belirli bir diziye izler.

Genellikle düşük akımlar, akarsu yataklarında her yıl aynı mevsimlerde oluşmaktadır. Yağışsız geçen bir mevsimdeki düşük akımlar evvelce yağmış yağışlarla varlıklarını sürdürmektedir. Düşük akım mevsiminde yağış ve akım arasındaki gecikme nedeni, düşük akım tahminlerinin yapılabilmesini sağlamaktadır.

Olasılık hesabından farklı olarak, bu tahmin hesabında, eldeki verilerin değerlendirilmesi söz konusu olduğundan, gözlem verilerine değer verilmesi gerekmektedir.

Yüzey sularının ve düşük akımların kaynağı yağışlar olduğu halde, tahmin sırasında yatakta bulunan su miktarı ilerde oluşacak akımlarda bir indeks olarak alınabilir. Yataktaki bu su, yeraltı suyu, yeryüzü suları veya kar erimesinden oluşabilir.

Düşük akım tahminlerinin hava tahminleri ile birlikte hesaplanması daha doğru sonuçlar verir. Ancak bugünkü koşullar altındaki çalışmalarda 30 günlük veya daha uzun süreli hava tahminlerinin, güvenilirlik sınırı dardır. Uzun süreli hava tahminleri, düşük akım tahminlerini geliştirecek düzeyde güvenilir olmadığından, hava tahmin çalışmasına (yağışlar açısından) burada yer verilmemiştir.

Sadece bu çalışmamızda havzaya ait bir meteoroloji istasyonundaki günlük yağış miktarları ile yine aynı havzadaki akım hidrograflarının doğruluk derecesi araştırılmıştır (Akışı oluşturan yağışın incelenmesi).

Uzun süreli tahminler, kısa süreli tahminlerden daha az güvenilir olmasına rağmen bu tahminler daha yararlı olmaktadır. Çok toleranslı bir görüşle en fazla 6 ay süreli tahminlerin doğruluk derecesine güvenilebilir.

TEK Planlama ve Koordinasyon Bşk. Yayını,  
PKD-122, Ekim 1974

Elektrik Mühendisliği 216

Genellikle düşük akım tahminlerinin en güvenilirleri seneden seneye mevsimsel farklılıklar göstermeyen ve geniş drenaj alanlı akarsularda yapılabilmektedir.

Kurak dönemlerde, akarsulardaki akımın kaynağı yeraltı sularıdır. Bu yeraltı suyu beslenmesinin yakın gelecek için tahmini, baz akımın oluşturduğu azalma eğrisinden tayin edilebilir.

Taban akımı azalma eğrileri (hidrografları) debilerin istenilen süreye göre noktalanmasından elde edilmektedir.

Nem oranı yüksek olan havzalardaki akarsuların azalan hidrograf eğrilerinin eğimlerinin farklılıklar gösterdiği saptanmıştır.

Buna göre taban akımlarının azalma niteliğinin yaz ve kış dönemi azalma eğrileri şeklinde ayrı ayrı gösterilmesi daha doğru olacaktır.

Kış dönemindeki eğri yüzey suyunu gösterir niteliktedir. Yaz mevsiminin eğrisi ise, nehir akımından evapotransprasyonla su kaybı çıktığından daha dik bir eğri görünümündedir. Ayrıca yaz aylarında evapotransprasyon miktarının değişmesi, azalma eğrilerinin eğiminin değişmesine de yol açmaktadır.

Yeraltı suyu depolamasının boşalma süresi büyük oranda hacmine bağlıdır. Bundan dolayı yeraltı suyu boşalma eğrisi (azalan eğri) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$Q_t = Q_0 e^{-at^n} \quad (1)$$

$Q_t$  : t zamanındaki yeraltı suyu debisi

$Q_0$  : t=0 anındaki yeraltı suyu debisi

a ve n : hesap edilecek parametreler

Azalma eğrisinin, düşük akım süresindeki çözümlenmesi, yeraltı suları rejiminin incelenmesinde büyük yararlar sağlamaktadır. Azalma eğrisinden (1) denklemi ile düşük akım süresine ait yeraltı suyu akım hacmi önceden saptanabilir.

Hatta bazı durumlarda çok geniş sürelerdeki akımı da bu ilkeler altında önceden saptayabiliriz.

## 2. YÖNTEMİN SARIYAR BARAJ YERİNE UYGULANMASI

Barajlı bir hidroelektrik santralın türbo-generatör birimini minimum göl işletme seviyesinde ya da daha düşük seviyelerde çalıştırmanın teknik yönden birtakım sakıncaları olduğu bilinmektedir. Bu sakıncaların doğmaması için minimum göl seviyelerinde işletme çalışmalarının daha fazla bir titizlikle yapılması gerekmektedir.

Kurak, yağışsız bir dönemde baraj gölüne girmesi muhtemel suyun önceden tahmini çalışması yukarıda anlatılan yöntem gereğince yapılabileceğinden, bu görüş altında Sarıyar hidroelektrik santrali baraj gölüne gelecek akımın tahmini çalışmasına geçilmiştir.

Bu çalışmada önce, baraj gölüne giren akım hidrograflarından yararlanma düşünülmüştür. Ancak bu debi hidrograflarında düzgün olmayan dalgalanmalar görülmüştür. Bunun üzerine göle gelen suyu verebilecek olan ve havzayı da belirleyebilen 3 akım rasat istasyonunun günlük ortalama debi değerlerinden yararlanılmıştır. 3 istasyonda aynı güne ait debiler toplamı baraj gölüne giren debi olarak alınmıştır.

Bu istasyonlar EİE tarafından çalıştırılmakta olup Sakarya nehrinin baraj gölünü besliyen kolları üzerindedir. Sarıyar Baraj işletmesince hesaplanan günlük göle giren debilerle çizilen hidrografla, bu 3 akım rasat istasyonunun toplam debileri arasında çizilen hidrografın karşılaştırılması sonucu 3 istasyonun toplam debi hidrograflarının kullanılmasının daha uygun olduğu görülmüştür.

Bu 3 akım rasat istasyonu (ARİ) sırasıyla Sakarya nehrinin kolu, Aladağ çayı üzerinde 1233 No'lu Kayaköy, Sakarya nehri üzerinde 1242 No'lu Kargı ve Kırmır çayı üzerindeki 1245 No'lu Taksir köprüsü akım rasat istasyonlarıdır. Bu istasyonların aynı zaman bazındaki toplam debilerden elde edilen hidrograf, çalışmamızda temel alınmıştır.

Bu istasyonların yağış alanları sırasıyla şöyledir:

1233 No'lu Kayaköy ARİ 1948,8 Km<sup>2</sup>

1242 No'lu Kargı ARİ 33847,2 Km<sup>2</sup> ve

1245 No'lu Taksir köprüsü ARİ ise 3941,6 Km<sup>2</sup> olmak üzere toplam 39773,6 Km<sup>2</sup>'dir. 43000 Km<sup>2</sup>'lik Sarıyar Baraj havzası ile bu toplam havza büyüklükleri arasındaki yakınlık istasyonlara ait toplam hidrografın baraj gölüne giren hidrografa yaklaşık olarak eşit olacağı görüşünü doğrulamaktadır.

3 istasyonun 1961 yılından itibaren ortak değerleri bulunduğundan, bu yıldan itibaren hidrograflar ayrı ayrı çizilerek havzaya ait ortak parametre saptanmasına çalışılmıştır.

Yöntem gereğince, kurak mevsimin başlangıcındaki en üst debi ile gelecekteki sulu sürenin başlangıcından önceki en alt debi arasında bir bağıntı olduğu saptanmıştır.

Buna göre :

$$Q_t = Q_0 e^{at} \quad \text{bağıntısında}$$

$n = 0$  : Başlangıç debisi tepe değeri olarak alınır.

$t$  : zaman

Çalışmamızda  $t = 10$  günlük zaman aralıkları alınmıştır.

Elimizde 8 yıllık yararlanılabilir veri olduğundan 1968 senesine kadarki dönemi kapsayan debi çözümlerleriyle, (1) denklemindeki  $a$  ve  $n$  parametrelerinin hesabı yapılabilmıştır.

Bu yıllara ait hesaplanan parametreler ile gerçek en üst debiler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Yıllar	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
$\langle W \rangle$	463	445	436	322	437	360	287	1100
$\frac{(ms^3/sn)}{a}$	0,15	0,25	0,15	0,34	0,092	0,18	0,064	0,096
$a$	0,70	0,57	0,70	0,47	0,78	0,57	0,93	0,78

Tablo 1.

$a$  ve  $n$  parametrelerinin aritmetik ortalamaları hesaplanmış ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

$$a_{ort} = 1,322/8 = 0,165$$

$$n_{ort} = 5,10/8 = 0,63$$

(1) denklemine göre; değerler log-log kağıdına noktalandığında (Grafik 9) elde edilen doğruların eğimleri ortalaması ortalama  $n$  değerini verir. Ampirik bir formülle de grafikteki ortalama doğrudan,  $a_{ort}$  değeri bulunmuştur.

$$a_{ort} = 0,133$$

$$n_{ort} = 0,65$$

Her iki yöntemle bulunan ortalama değerler birbirine yakındır. Buna göre; akarsuda yukardaki tepe değerler (Tablo 1) arasında bir tepe oluştuğunda

$$a_{ort} = 0,15$$

$n_{ort} = 0,65$  değerlerinin hidrografı belirleyebileceği sonucuna varılmıştır.

Bu arada önemle belirtebiliriz ki; gözlem süresi arttıkça hesaplamada  $a$  ve  $n$  parametrelerinin ortalamalarının güvenilirliği artar.

### 3. SONUÇ

Bu çalışmalar sonucunda Sarıyar Barajı havzasında  $a$  ve  $n$  parametrelerine bağlı kalarak hidrografların tepe debiden sonra, azalma dönemindeki (yağışsız devre veya yağışın akıma etkisinin az olduğu devre) debi ve hacim hesabı (istenilen zaman aralığında) yapılabilir. Gözlenen ve hesaplanan debiler arasındaki karşılaştırmada bu 2 grup arasındaki benzerliğin, yıllara göre değişiminin % 10 - % 25 farkla yaklaştığı görülmüştür.

Ayrıca  $a_{ort}$   $n_{ort}$  ile hesaplanan debilerin de gerçek debilerle karşılaştırılması Tablo 2'de gösterilmiştir. Bu 2 grup arasındaki benzeşim çıranı da % 10 - % 20 arasındadır.

Yöntemimizin bu havza için seçerlilik derecesini daha iyi saptayabilmek için hesaplamalara 1970 sonrasında da devam edildi.

1968 yılına kadarki gerçek değerlere bağlı kalarak havza ortalaması olarak tayin ettiğimiz  $a_{ort} = 0,15$  ve  $n_{ort} = 0,65$  değerleri ile, 1970, 1971 ve 1972 yıllarına ait gerçek debiler hesaplanıp Tablo 3'te gösterildi.

Bu 2 grup arasındaki uygunluğu bulmak amacıyla her iki gruba ait debilerin standart sapması ve değişim (sapma) katsayısı bulundu.

Bununla ilgili sonuçlar Tablo 4'de gösterilmiştir.

TilUr	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968		
DEBİLER (m <sup>3</sup> /sn)	n (An.n)	OB (ImpUI)	Q <sub>ort.</sub>	% Q <sub>ort.</sub>	% Q <sub>ort.</sub>	Q <sub>G</sub> Q <sub>H</sub> <ort.	Q <sub>G</sub> Q <sub>H</sub> <ort.	% % "ort.	Q <sub>G</sub> Q <sub>H</sub> "ort.	"o % V <sub>t</sub>
t = 10 gün Q10	143	221	235	172 177 225	172 190 220	152 121 164	260 251,3 222	180 183,6 183	175 166,46 146	325 624,28 560
t = 20 gün Q20	168	143	164	112 106 156	160 133 156	106 80 113	162 166 153	120 135 126	150 102,17 100	360 404,8 386
t = 30 [1h O]	90	91	115	94 77 112	104 93,7 109	80 57 81	120 118 109	80 102 90	60 63,7 69	370 279,4 275
t = 40 gün Q40	56	64	88	14 54 85	64 62 84	64 44 62	80 89,15 84	( 120 83 69 )	42 39,03 53	260 196 210
t = 50 gta Q50	44	44	66	44 43 64	54 41,4 63	76 34 47	64 64,67 63	( 140 66 52 )	32 25,25 40	210 157 158
t = 60 gta Q60	32	35	55	28 34 53	56 33,6 53	70 28 38	50 46,32 52,5	52 55 43,5	30 14,63 33	130 104,5 132
t = 70 gün Q70	36	24	41	28 25 40	56 24,9 40	(5) 25 29	40 33,21 39,4	42 48 32,5	28 11 26	100 78 99
t = 80 gün Q80	-	-	-	-	-	-	-	40 47 25	22 9,2 21,8	98 59 84
t = 90 gta Q90	-	-	-	-	-	-	-	-	20 6,8 17,6	60 33 55
t = 100 gUn Q100	-	-	-	-	-	(6) 13 14	-	-	-	50 26,4 48,5
W.		463 a <sup>3</sup> /»		445 "Vin	436 « <sup>3</sup> /tn	322 « <sup>3</sup> /n	437 « <sup>3</sup> /«n	360 u <sup>3</sup> /D	287 « <sup>3</sup> /n	1100 « <sup>3</sup> /n
•		0,148		0,25	0,14	0,345	0,092	0,18	1,064	0,096
o		tgo * n 35° o» 0,70		ego 30° n- 0,57	egaz35° n. 0,70	tgo «25° u 0,466	tgo. 38° n= 0,78	CGO. 30° n= 0,57	ega. 43° n. 0,93	ega. 38° r- 0,781

Tablo 2.

Bu yil da  
numaralı değerler  
etaa oluor.

°G : Gözlenen

°H : Hesapla

0<sub>ort</sub> : a ve T parametrelerinin havza  
havza ortalaması alınarak  
bulunan debilerdir.

Yıllar	1970		1971		1972	
Debiler (m <sup>3</sup> /sn)	"Gerçek	"Hesap	"Gerçek	"Hesap	"Gerçek	"Hesap
t = 10 gUn	290	410	197	197	53	97
"20	219	280	143	136	37	67
"30	139	200	139	98	43	48
"40	112	154	102	75	36	37
"50	69	116	87	56	40	28
"60	73	97	124	47	31	23
"70	73	97	121	35	28	17
"80	59	61	93	35	-	-
"90	56	50	47	24	-	-
"100	46	41	14	20	-	-
"110	46	35	22	17	-	-
"120	40	28	30	13	-	-
	0 ^ : 809 m <sup>3</sup> /«n		W <sup>39t</sup> m <sup>3</sup> /sn		W <sup>192</sup> .1 <sup>3</sup> /sn	

Tablo 3.

Hesaplamalarda kullanılan simgeler :

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N} \quad \text{aritmetik ortalama}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2}{N}} \quad \text{standart sapma}$$

$$C = \frac{S}{\bar{Q}} \quad \text{sapma (değişim) katsayısı!}$$

Kaba bir yaklaşımla, havza ortalaması olarak bu 3 yıla ait sapma katsayılarının aritmetik ortalamalarını alarak:

$$\frac{0,12 + 0,34 + 0,38}{3} = \frac{0,84}{3} = 0,28 = \% 28$$

lik bir sapmayla yöntemimizin geçerliliğini söyleyebiliriz.

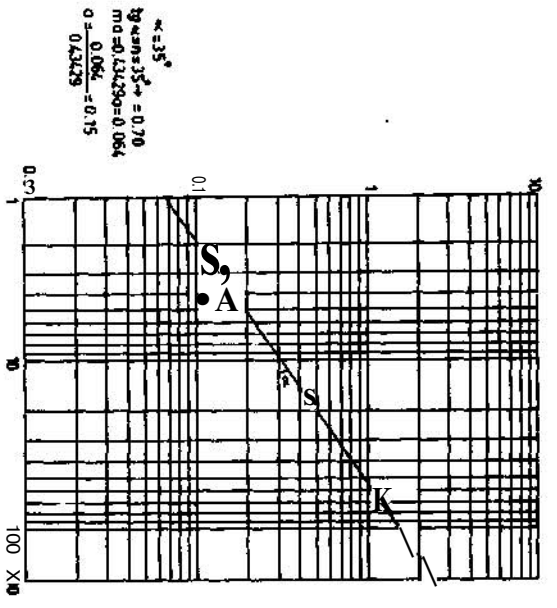
#### 4. ÖNERİLER

Bir baraj gölüne veya herhangi bir akarsu kesitine kurak sürede gelecek suyun debisi ya da hacmini önceden tahmin edip bu hacme göre tasarımını yapabiliriz. Bu tahmin sonucunda bir hidroelektrik santralı besleyen su kaynağından güvenilir bir şekilde optimum yarar sağlanabilir.

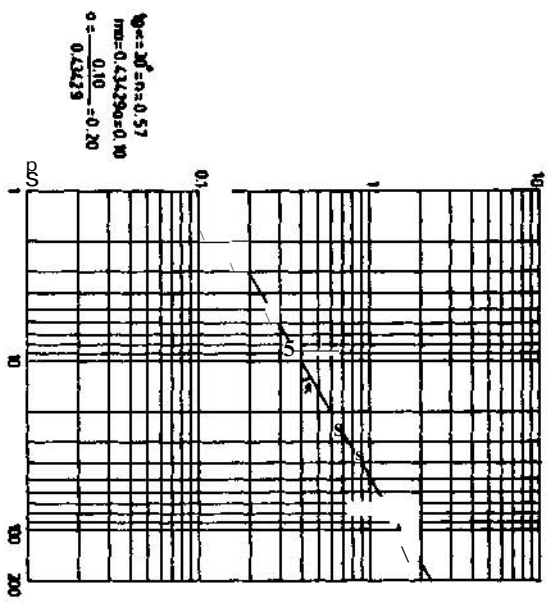
Havza koşulları ve akarsu niteliğine uyuyorsa, azalan eğri yöntemi ile yapılan tahmin sonuçlarına bağlı kalarak işletme çalışmaları geliştirilebilir.

İl il i r	1970		1971		1972	
	<Wk	S...P	"Crç.k	"u...p	"crç.k	%...»
Topluluęun Ortalaauı	102	131	95,7	62,5	38,3	«5,3
Topluluęun StauUrc Sapauı S	74	111	50	54	7,6	26,2
D.İl il. (S <sup>2</sup> P <sup>2</sup> -> Katayııı	0,72	0,84	0,52	0,86	0,19	0,57
r i i i	0,84-0,72 = 0,12		0,86-0,52 = 0,34		0,57-0,19 = 0,38	
I	I 12		Z 34		Z 38	

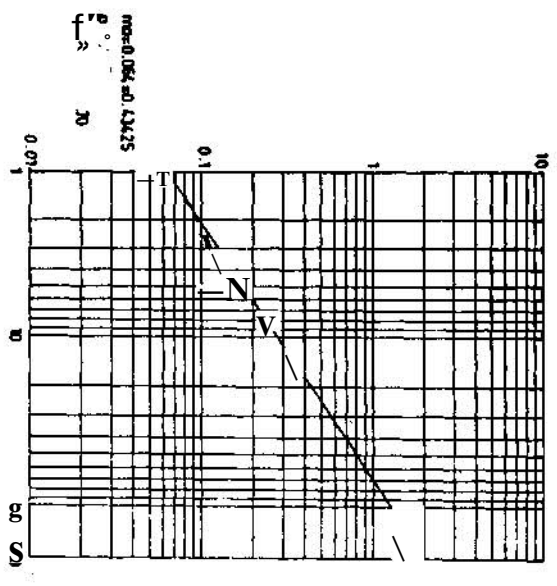
Tablo 4.



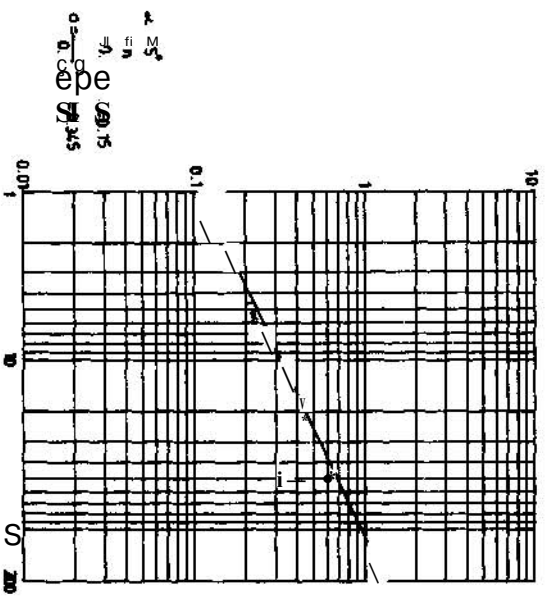
Grafik 1. 1961 yılı hidrografı ve n parametreleri



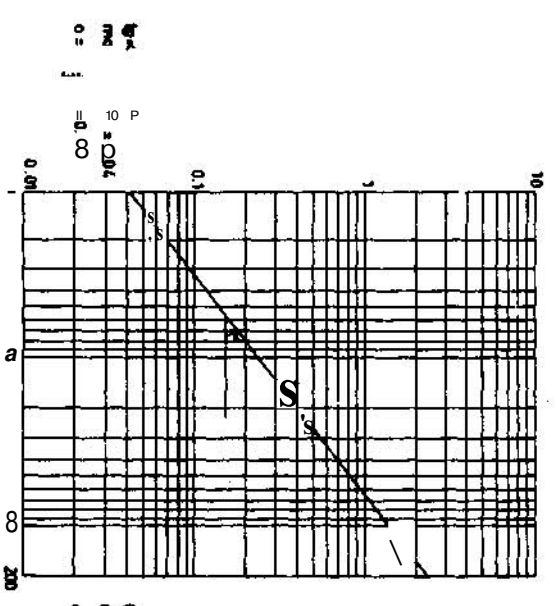
Grafik 2. 1962 yılı hidrografı ve n parametreleri



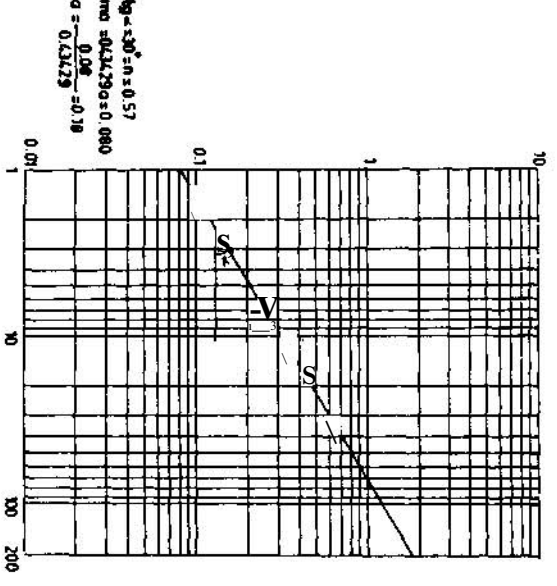
Grafik 3. 1963 yılı 25 ağustos (hidrografı) ve n parametreleri



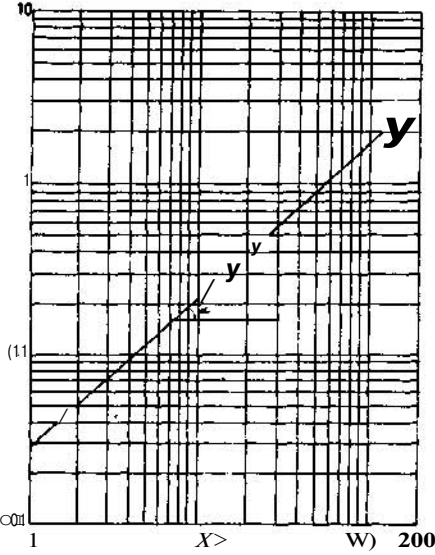
Grafik 4. 1964 yılı (20 Ocak - 23 Temmuz) hidrografı ve n parametreleri



Grafik 5. 1965 yılı (5 Mayıs - 14 Temmuz) hidrografı ve n parametreleri

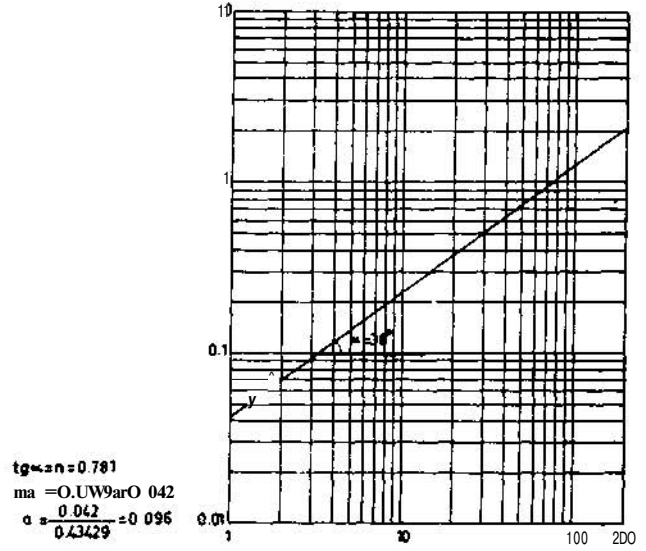


Grafik 6. 1966 yılı (20 Eylül - 5 Ekim) hidrografı ve n parametreleri



tg α = 0.93  
ma = 0.028 = 0.43429a  
a = 0.065

Grafik 7. 1967 yılı (5 Mayıs - 4 Temmuz) hidrografına ait a ve n parametreleri

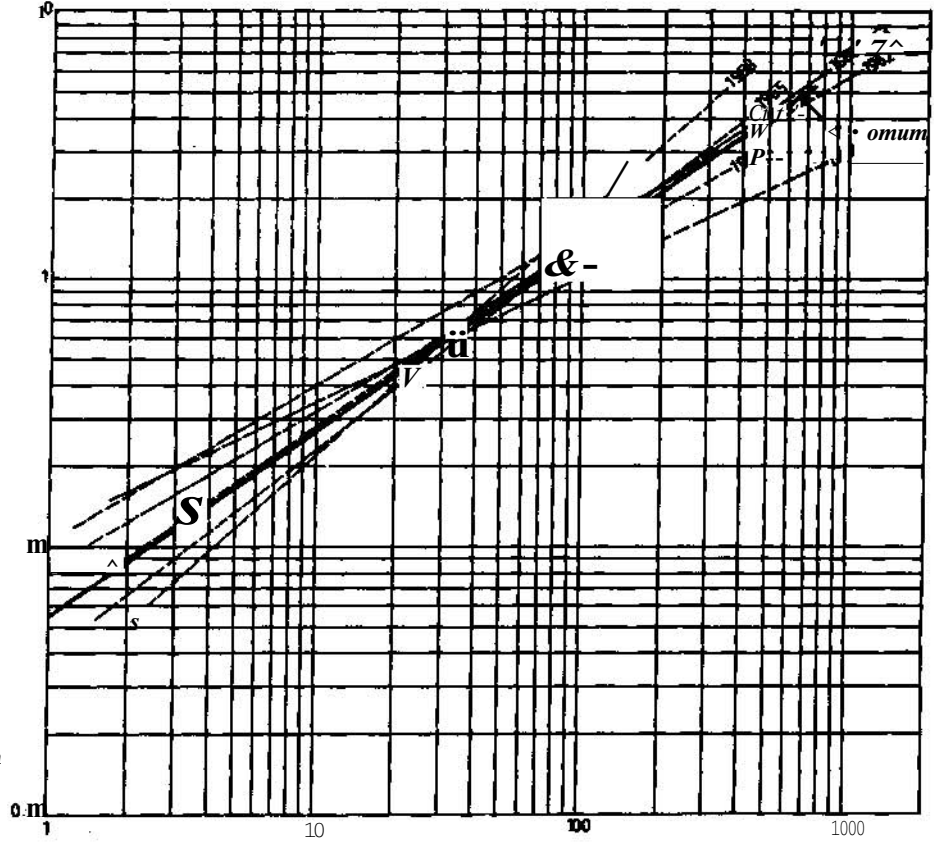


tg α = 0.781  
ma = 0.042 = 0.096a  
a = 0.43429

Grafik 8. 1968 yılı hidrografına ait a ve n parametreleri

tg α = 0.649  
ma = 0.056 = 0.13a  
a = 0.43429

Grafik 9. Grafiksel olarak a ve n parametrelerinin 1961-1968 yıllarına ait değerlerinin ortalaması



#### KAYNAKLAR

1. EİE Akın' Yıllıkları
2. DMİ Yağış Bültenleri
3. "Hydrological Forecasting" B.A. Apollou ve başkaları
4. "Methods of Hydrological Forecasting for The

utilization of Water Resources" W.M.O. Water Resources Series No: 27 (1964)

5. "Hydrological Forecasting" W.M.O. No: 92 Technical Note
6. "Probability and Statistics in Hydrology" Vujica Yevjevich