

# Enerji Nakil Hatlarında Ekonomik Nâkil Seçimi

Yazan:  
**Nihat YURDAKUL**  
Elk. Müh. Etibank

## Ö z e t

*Bu yazıda muhtelif gerilimlerde inşa edilecek Enerji Nâkil hatlarında kullanılacak olan Çelik Alüminyum iletkenlerin, taşıma kapasiteleri ve tesislerin maliyetleri gözönünde tutulmak suretiyle taşınacak belirli bir güç için en ekonomik kesitin tesbit edilmesine çalışılmıştır.*

Enerji iletiminde kullanılan enerji nâkil hatlarında en ekonomik, iletken kesitinin seçimini temin konusunda minimum masrafların tayıni iki kısımda incelenebilir. Bunlar:

- Sabit masraflar,
- Kayıp masraflarıdır.

a) Sabit Masraf: Bu masraf, hattın tesis masrafından hesaplanır ve hattın kesitinin buyumesi bu masrafın artmasını icabettirir.

b) **Kayıp Masrafları:** Bu masraf, taşınacak yüke, gerilime, iletkenlerin malzemesine ve kesitine bağlı olarak değişir.

Bu iki maddede belirtilen masrafların toplamının asgarî olmasını sağlayan nâkil ekonomik olacaktır. Bu gerekçeden hareket ederek ekonomik nâkil seçimine tesir eden sabit ve kayıp masraflarının nelerden ibaret olduğunu bulalım.

**I) E. Naldl Hatlarındaki Sabit Masraflar:** ( $M_a$ )

Enerji nakil hattının (km) başına tesis masrafına « $M_s$ » dersek:

$M_s = a + b \cdot q$  (1) formülü ile saptanır. Bu formülde :

MK • Sabit tesis masrafı (TL/km)

- Nâkil kesitine bağlı olmıyan masraf (TL/km)
- Nâkil kesitine bağlı olan masraf (TL/km.mm<sup>2</sup>)
- Faz başına nâkil kesiti (Faz başına toplam Al kesiti) mm<sup>2</sup>

Yıllık sabit masrafı bulmak için lüzumlu olacak olan yıllık sabit masraf yüzdesinin nelerden ibaret olabileceğini inceliyelim:

Yıllık sabit masraf yüzdesi  $p = \%$  (Faiz +

Amortisman + Vergi + Sigorta + İşletme ve Bakım)'m toplamından ibarettir.

154 kV. luk Enerji Nâkil hatlarında yıllık sabit masraf, tesis bedelinin takriben % 12,9 olarak alınır. Bu değerin

- % 8,4 Faiz,
- % 2 ' Amortisman,
- % 0,5 Vergi + Sigorta,
- % 2 İşletme ve Bakım'dan ibarettir.

Yıllık sabit masrafı formüle edersek:  $M_s = M_s \cdot p$  dir.  $M_s$  in 1 nolu formüldeki ifadesini eşitlikte yerine koyarsak:

$M_s = (a + b \cdot q) \cdot p$  (2) elde edilir.

Burada  $M$  TL/km, sene birimi ile E. N. Hattının km başına yıllık sabit masrafıdır.

**II) E. N. Hattının (km) başına yıllık kayıp masrafı:** ( $M_c$ )

$M_c = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot (G_b + t, \dots, e_s)$  (3) formülü ile hesaplanır.

Bu formülde :

- $G_b$  : Takat bedeli (TL/kW)
- $t, m \dots$  : Maksimum kayıp kullanma süresi (saat)
- $e_s$  : Enerji bedeli (TL/kWh)
- $R$  : Hattın direnci (Ohm/km)
- $I$  : Hattan geçen akım (Amper)

Ayrıca (3) No.lu formülde  $I = \frac{N}{\sqrt{3 \cdot U \cdot \cos \theta}}$

ve  $R = \frac{l \cdot CT}{q}$  dür.

Bu bağıntıları 3 No.lu formülde yerine koyarsak :

$M_c = 3 \cdot I^2 \cdot \frac{CT}{q} \cdot (G_b + t, \dots, e_s)$  elde edilir. (4,

Bu formülde :

a : İletkenin özgül direnci (Ohm/metre)

q: İletkenin kesiti (mm<sup>2</sup>)

154 kV luk gerilim ve 40 C° de Çelik - Alüminyum nâkil için

$$cr = \frac{1}{31} \left( \frac{\text{Ohm. mm}^2}{m} \right) \text{ dir.}$$

(3) No.lu formülde geçen maksimum kayıp kullanma süresi (t<sub>m</sub>) aşağıda tarif edildiği şekilde bulunur :

**Kullanma Süresi:**

Çekilen takat (p) ise :

$$\text{Yük faktörü } k = \frac{\text{Port}}{P_{m}} \text{ dir.}$$

Bir sene 8760 saat olduğuna göre:

P<sub>ort</sub>. 8760 = k. P<sub>m</sub>.x. 8760 eşitliği ile gösterilebilir.

$$\text{Kayıp : } P_{o,2} \cdot 8760. Q = P_{m,2} \cdot t \cdot Q$$

$$t_{m,x} = \frac{\text{Port}^2 - 8760}{\text{max.}} = k^2 \cdot 8760 \text{ a eşit olur.}$$

Maksimum kayıp kullanma süresi:

$$t_{m,x} = k^2 \cdot 8760 \text{ eşit olur.}$$

Çekilen enerji yönünden düşünüldüğünde :

Maksimum yük kullanma süresi: T = k. 8760 olarak elde edilir.

Yukarıdaki bağıntılardan da görülebileceği gibi maksimum kayıp kullanma süresi aynı zamanda t<sub>m</sub>.x. = T. k dir.

**Not:** Bazı ikmâller yapılmak suretiyle bilinen (k) yük kullanma süresi aşağıdaki grafikten elde edilir.

Etibank Genel Müdürlüğünün şebeke tesislerinde mevcut muhtelif gerilimlere göre kullanma süresi ve yük faktörleri aşağıda gösterilen cetveldeki gibidir.

**Şebeke Gerilimi Kullanma Süresi Yük Faktörü**

(kV)	(Saat)	
154	5400	0,61
66	5500	0,62
34,5	6200	0,70

$$\text{Yük Faktörü: } \frac{P_{ort}}{P_{mm}} = \frac{5400}{8760} = 0,61 \text{ gibi}$$

bulunur.

**Enerji Nakil Hattının (km) basma yıllık sabit ve kayıp masraflarının toplamı:**

Toplam Masraf: M = M<sub>3</sub>' + M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>' in ve M<sub>2</sub> in 2 ve (3-4) No.lu formüllerdeki değerlerini koyarsak :

$$M = p (a+b.q) + 3.F. R (Gb+t, \dots, e_b) \text{ TL/km, sene}$$

$$M = p (a+b.q) + 3.12 \cdot \frac{N}{q} (Gb + t, \dots, e_b) \\ = p (a+b.q) + 3 \left( \frac{N}{\sqrt{3}Ü.COS 0} \right) 2 \cdot \frac{a}{q}$$

$$(Gb + t. m \cdot x. e_b)$$

$$M = p (a+b.a) + \frac{N^2}{U^2.Cos^2 \phi} \cdot q.31$$

(Gb + t, m, . e<sub>b</sub>) formülü elde edilir.

$$\text{Eşitlikteki } (Gb + t, \dots, e_b)$$

$$= t, \dots, K_b \text{ dir.}$$

Buna göre yukarıdaki formülde N'e muhtelif değerler vermek suretiyle muayyen q değerleri için M = f (N) eğrisi çizilir. Eğriler Tablo 1... 4'de verilmiştir.

### 34,5 kV LUK (TEK DEVRE)

N (kW)	1/0 AWG M (TL)	3/0 AWG M (TL)	3/0 AWG M (TL)	266.8 MCM M (TL)	266.8 MCM M (TL)	477 MCM M (TL)
50	5464		6207		8397	12.272
250	5495		6226		8409	12.279
500	5592		6284		8448	12.315
750	5753		—		—	—
1000	5984		6527		8599	12.383
1250	6274		—		—	—
1500	6637		6939		8855	12.529
1750	7059		—		—	—
2000	7547		7509		9214	12.730
2250	8102		—		—	—

2500	8722		8243		9672	12.985
2750	9408		—		—	
3500	10978	9.161	9140		10234	13.299
3250	10978	9.675	9651		—	
3500	11856	10.230	10201		10902	13.672
3750		10.823	10791		—	
4000		11.457	11420	11.674	11673	14.130
4250		12.137	12094	12.093	—	
4500		12.856	12808	12.545	12543	14.587
4750		13.614	13561	13.017	—	14.587
5000		14.419	14360	13.521	13.518	15.136
5250			15192	14.045	14.041	15.431
5500			16070	14.596	14.590	15.738
5750			16987	15.172	15.166	16.058
6000				15.775	15.767	16.392
6250					16.395	16.745
6500					17.049	17.111
8750						17.491
7000						17.883
7250						18.295
7500						18.714
7750						19.152
8000						19.603

66 kV TEK DEVRE

154 kV (TEK DEVRE)

N 3/O AWG 266.8 MCM 300 MCM 477 MCM  
(kW) M (TL) M (TL) M (TL) M (TL)

N 266.8 MCM 300 MCM 477 MCM 795 MCM  
<kV) M (TL) M (TL) M (TL) M (TL.)

11250	16850	-- 16850	16640	16225
2250	8740	11715	12090	13389
3750	9330	12096	12427	13600
4875	9990	12508	12791	13828
6000	10812	13026	13250	14116
7500	12168	13885	14009	14592
8250	12950	14380	14450	14870
8500	13240	14565	14610	14970
8750	13520	14740	14770	15070
9000	13810	•14940	-- 14940	15170
9250	14120	15130	15100	15280
9500	14440	15325	15280	-- 15390
9750	14760	15540	15460	15505
10000	15100	15740	15650	15620
10250	15400	15950	15825	15720
10500	15800	16150	16040	15850
10750	16150	16500	16240	15995
11000	16500	16620	16450	16115
11250	16850	-- 16850	16640	16225
11500	17280	17100	16850	16370
11750	17650	17350	17090	16515
12000	18050	17600	17300	16650
12250	18400	17860	17540	16795
12500	18900	18100	17760	16930
12750	19300	18400	18010	17095
13000	19700	18670	18250	17240

5.000	10.389	11.066	14.035	17.967
10.000	10.745	11.385	—	18.087
15.000	11.348	11.917	14.570	—
20.000	12.180	12.650	—	18.572
25.000	13.257	13.618	15.640	—
30.000	14.574	14.784	—	19.373
35.000	16.125	16.167	17.246	—
40.000	—	17.765	—	20.501
45.000	—	19.574	19.387	—
50.000	—	21.596	20.657	21.948
55.000	—	—	22.063	—
60.000	—	—	23.599	23.715
65.000	—	—	25.270	—
70.000	—	—	27.075	25.806"
75.000	—	—	29.016	—
80.000	—	—	31.091	28.220
90.000	—	—	—	30.953
100.000	—	—	—	34.010
110.000	—	—	—	37.387
120.000	—	—	—	41.087
130.000	—	—	—	45.106
140.000	—	—	—	49.449
150.000	—	—	—	54.111

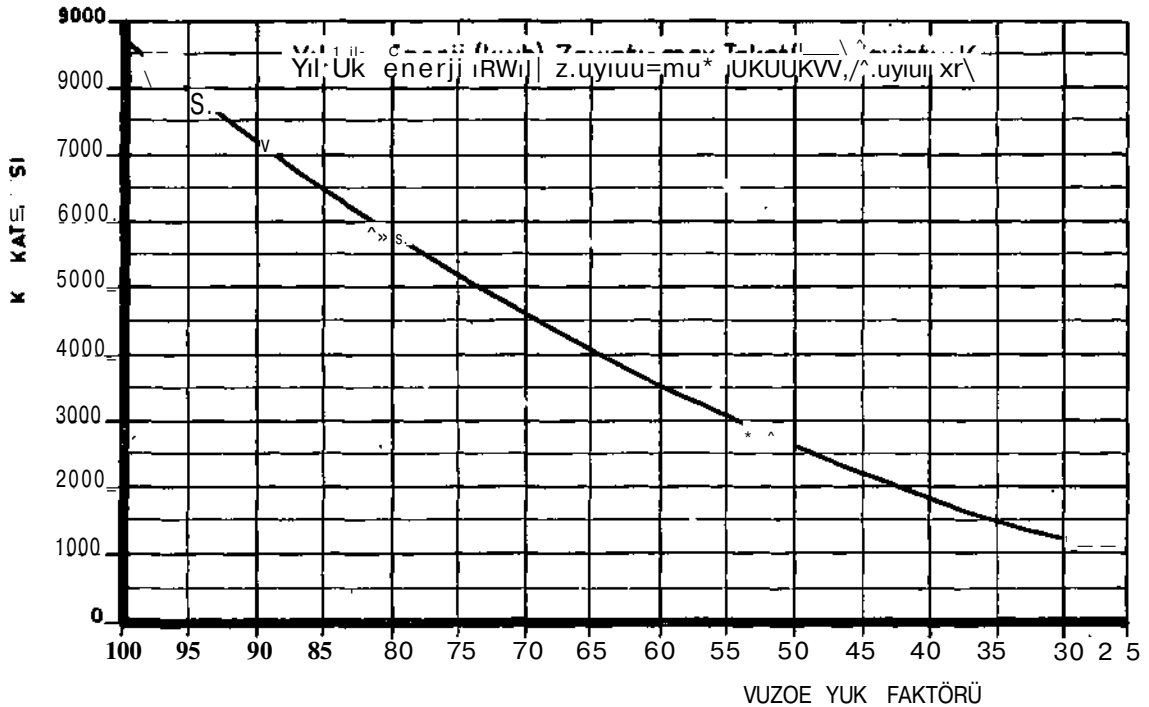
154 KV (Çift devre)					260	—	—	—	81.719
N	266.8 MCM	300 MCM	477 MCM	795 MCM	270	—	—	—	85.993
<mW)	M (TL)	M (TL)	M (TL)	M (TL.)	280	—	—	—	90.420
5	16.817	17.599	—	—	290	—	—	—	95.002
10	16.998	17.760	21.333	27.473	300	—	—	—	99.737
20	17.714	18.396	—	—					
30	18.907	19.462	22.403	—					
40	20.582	20.949	-1	28.682					
50	22.734	22.862	24.544	—					
60	25.363	25.203	—	—					
70	28.474	27.967	27.755	31.334					
80	—	31.159	—	—					
90	—	34.474	32.032	—					
100	—	38.812	34.573	35.434					
110	—	43.278	37.383	—					
120	—	—	40.460	—					
130	—	—	43.802	40.982					
140	—	—	47.413	—					
150	—	—	51.223	—					
160	—	—	55.440	47.978					
170	—	—	—	—					
180	—	—	—	—					
190	—	—	—	56.421					
200	—	—	—	—					
210	—	—	—	—					
220	—	—	—	66.281					
230	—	—	—	69.900					
240	—	—	—	73.711					
250	—	—	—	77.638					

Sonuç:  $M = f(N)$ 'e göre bulunan değerlerin sıhhati formülün açılımından görüleceği gibi.  $M_3$ 'i hesaplarken kullanılan % P ve  $M_3$ 'i hesaplarken kullanılan  $G_b$ ,  $E_b$ ,  $t_{max}$ 'in hesap edilmesinde yapılan hataların yüzdesine bağlıdır. Ayrıca çarpma ve bölme işlemleri yapılırken tamsayıdan sonra yapılan tamsayıya irca işlemlerinden ötürü de bir miktar hata ilâve edilmiş veya çıkarılmıştır.

Güç ve enerji bedellerinin hesaplanmasında Etibank Elektrik İşletmeleri Müessesesinin 1965 yılı için uyguladığı tarife esasları kabul edilmiş ve enerji bedeli ortalama olarak  $E_b = 0,08915$  TL/kWh. alınmıştır.

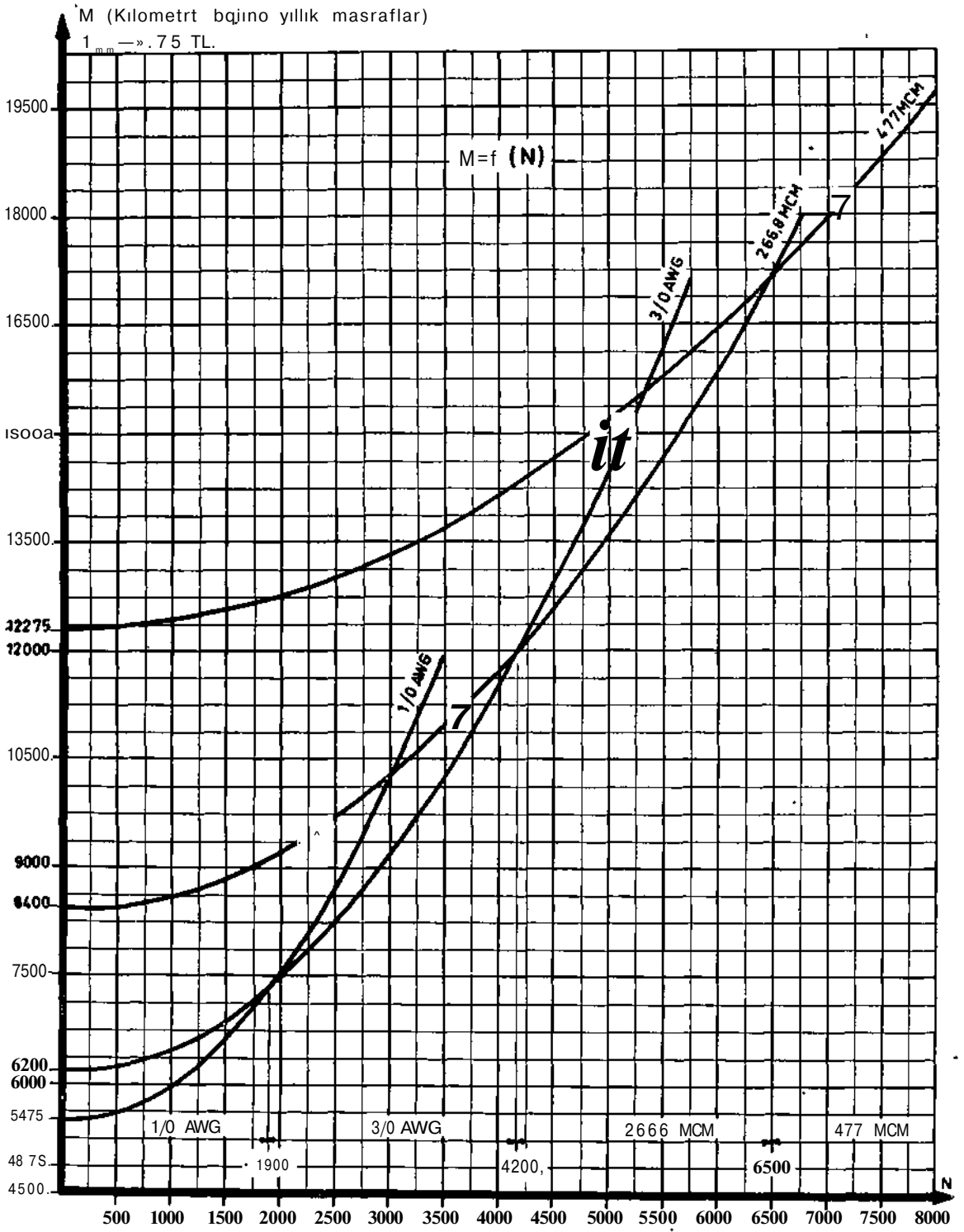
Ayrıca, ( $M_3$ ) sabit tesis masraflarının hesaplanmasında kullanılan (a) nâkil kesitine bağlı olmayan masraf ve (b) nâkil kesitine bağlı masraf miktarları hesaplanırken 1965 yılı Otibank Şebeke Tesis Müdürlüğünün yapmış olduğu E.N.H'larının maliyet ortalamaları nazarı dikkate alınarak bulunan rayiçler kullanılmıştır.

GRAFİK: i



$$\text{Yüzde yuh fulttoru} = \frac{M_{max} - tokot}{K \cdot U_{nom} \cdot sur} \cdot (s \cdot ot) = 8760$$

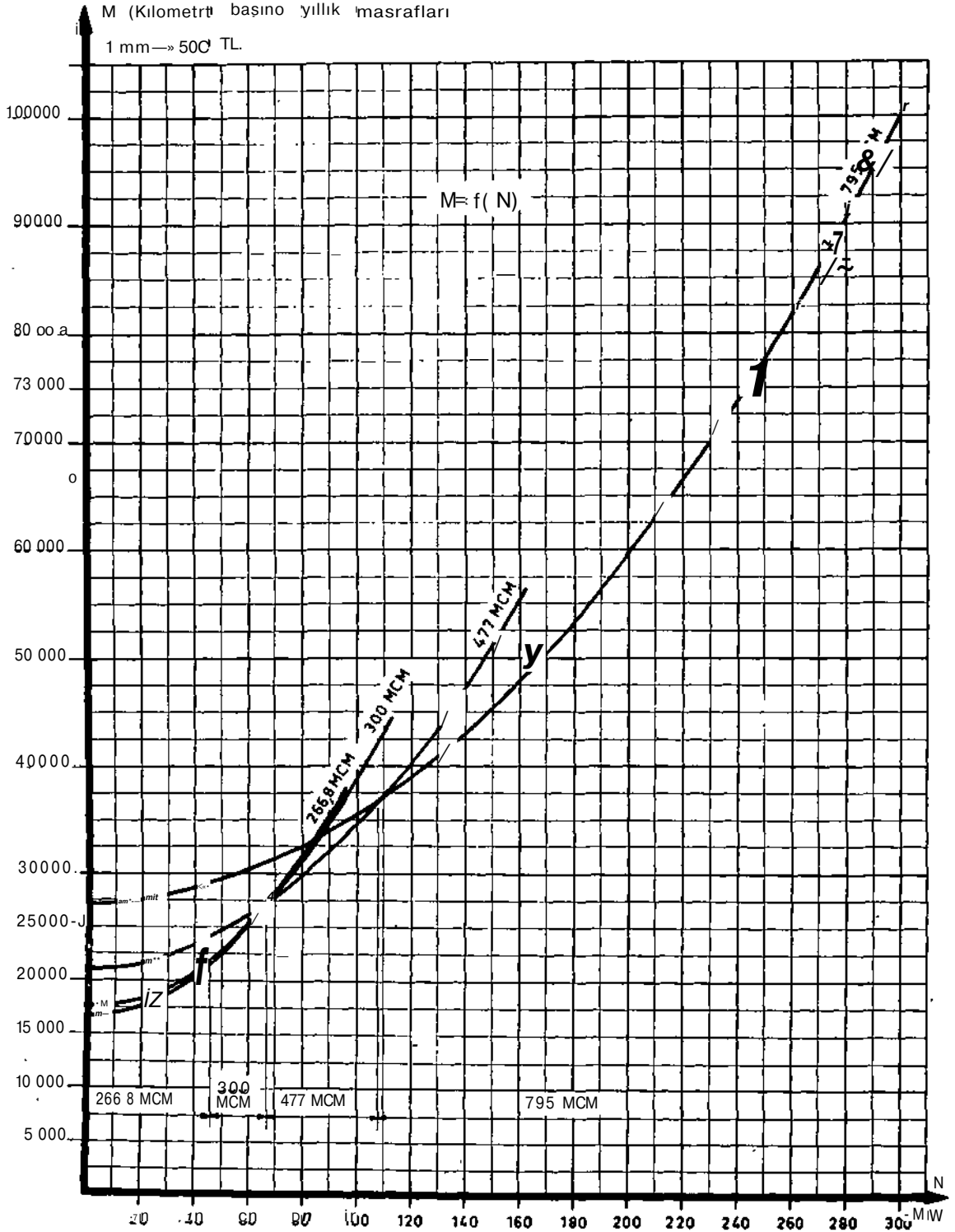
$$= \frac{\text{Yıllık ortolomo tokot (kw)}}{\text{YılıU max tokat (kw)}}$$



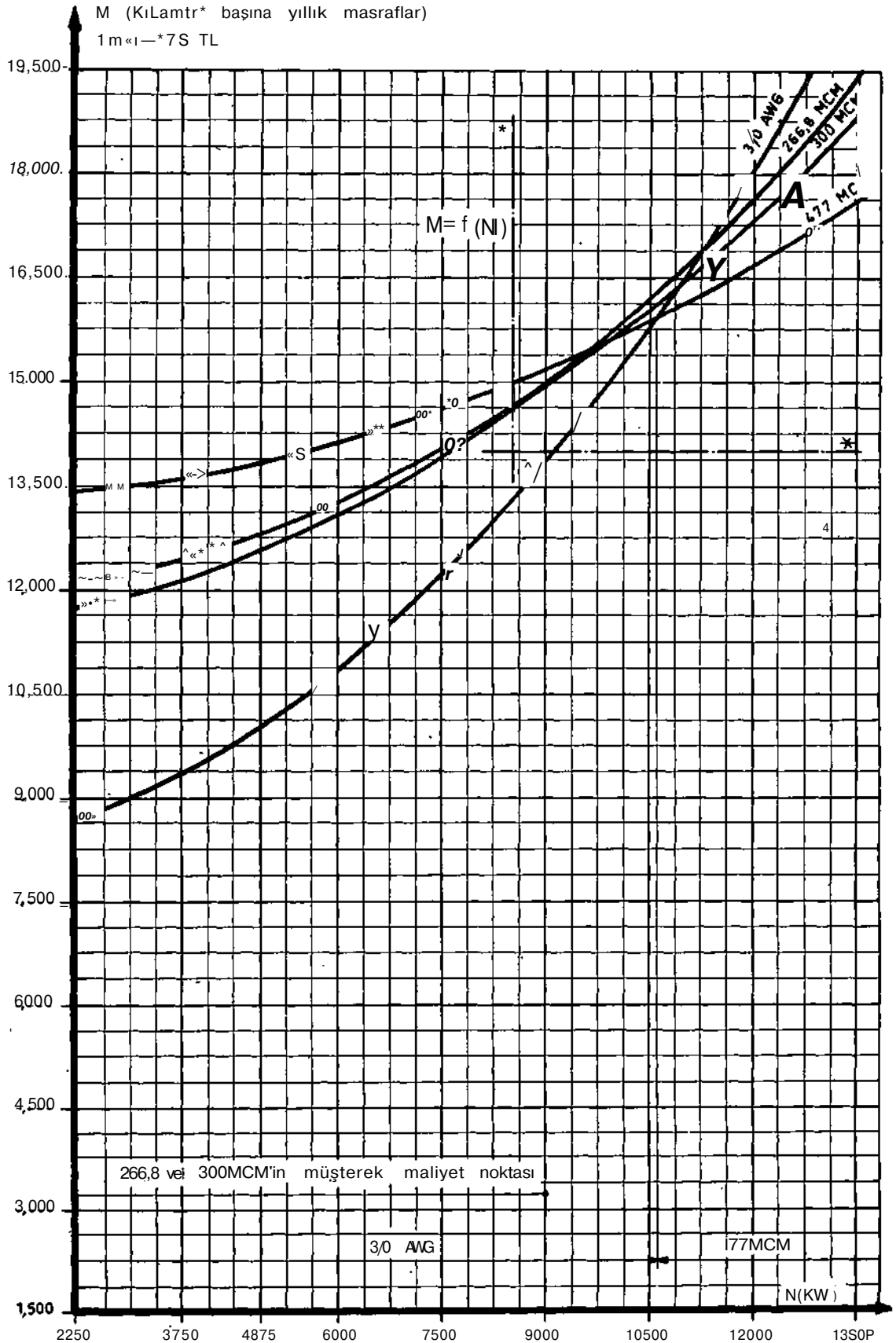
TABLO: 1

34,5kV'luk Çelik-Alüminyum nakilli tek devre E.N. H.nın ekonomik yük eğrisi





TABLO : 3  
154 kV luk Çelik—Alüminyum nakıllı çift devre E.N.H.nin ekonomik yük eğrisi



\* Eksenler onuindo kolan kısım tablo (4-a) do bOyiliülerek

ctzRmİ5tlr

1mm-«.75KW

TABLO: \*



