

# Ampitik Bagintılarla Çok Bileşenli Karışımların Damıtılması[1-4]

## KAYNAKLAR

1. J.M. Coulson, J.F. Richardson ve R.K. Sinnott, 1983. Chemical Engineering V: 6, Design, 1st Ed., Pergamon, Oxford.
2. M.S. Peters ve K.D. Timmerhaus, 1985. Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 3rd Ed., McGraw-Hill, New York.
3. R.H. Perry, D. Green, 1984. Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6rd Ed., McGraw-Hill, New York.
4. R. Turton, R.C.Bailie, W.B.Whiting, J.A. Shaeiwitz, 1998. Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes, 1st Ed., Prentice Hall, New Jersey.

# EMPIRİK BAĞINTILAR

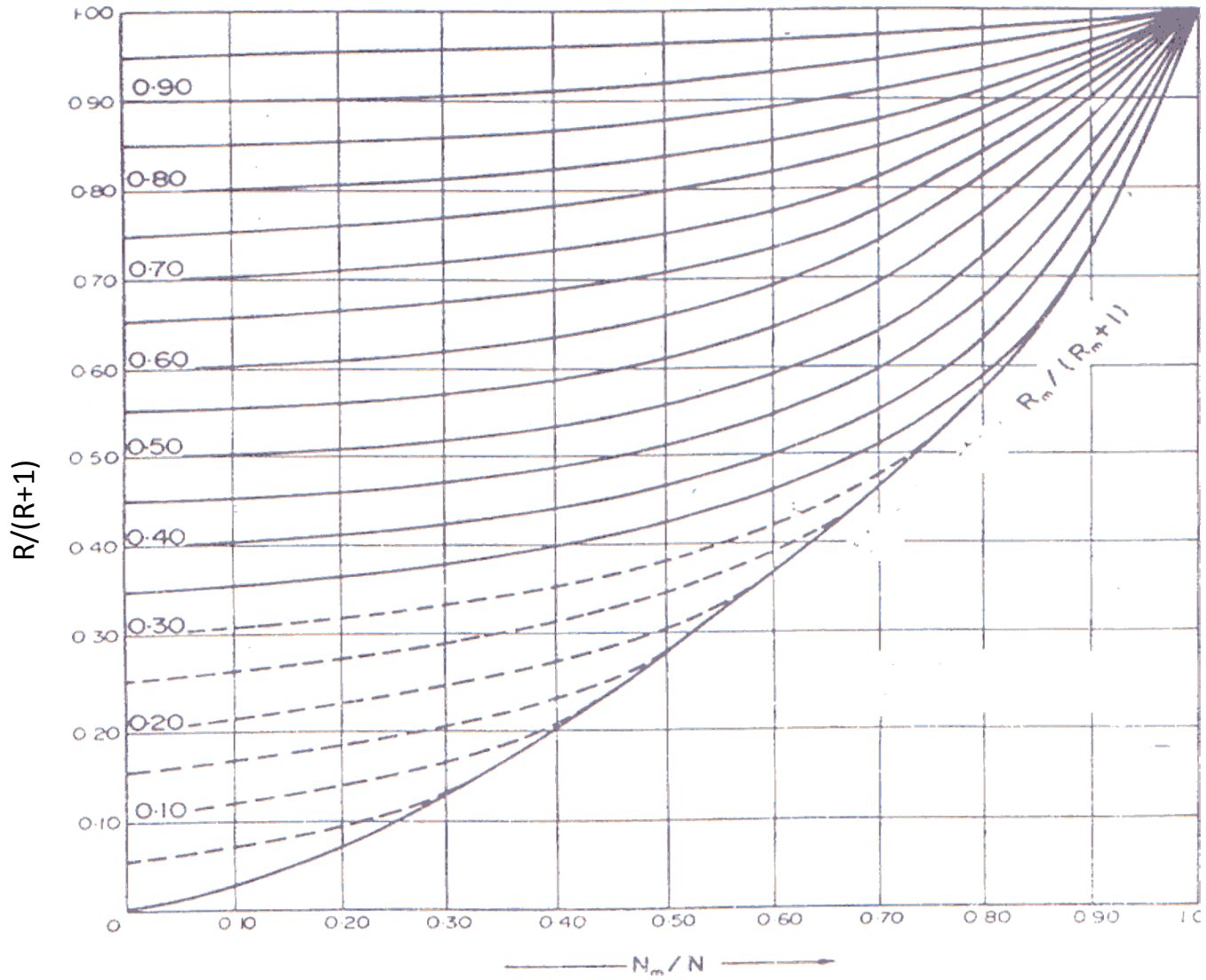
Çok bileşeni karışımlarının ayrılması için gerekli raf sayısının hesaplanması amacıyla en çok kullanılan empirik bağıntılar, **Gilliands ve Erbar Maddox** tarafından verilmiştir.

Bu bağıntılar yardımıyla verilen bir geri akma oranındaki ayırma için gerekli raf sayısı, toplam geri akma ve minimum geri akma için gerekli raf sayılarına bağlı olarak hesaplanabilir.

Minimum raf sayısı **Fenske Bağıntısından**,

Minimum geri akma oranı ise **Underwood bağıntısından** hesaplanabilir.

Bu bağıntılar hakkındaki açıklamalar aşağıda verilmiştir.



Erbar-Maddox Korelasyonu

# MINİMUM RAF SAYISI; FENSKE BAĞINTISI

Toplam geri akma oranı için gerekli raf sayısı (minimum raf)

Fenske bağıntısı kullanılarak hesaplanır.

Bu bağıntı çok bileşenli sistemlere de şu şekilde uygulanabilir,

$$\left[ \frac{x_i}{x_r} \right]_d = \alpha_i^{N_m} \left[ \frac{x_i}{x_r} \right]_b \quad (18)$$
$$N_m = \frac{\log \left[ \frac{x_{LK}}{x_{HK}} \right]_d \left[ \frac{x_{HK}}{x_{LK}} \right]_b}{\log \alpha_{LK}} \quad (18)$$

$x_i/x_r$  : Herhangi bir i bileşeninin derişiminin bir, referans bileşeninin derişimine oranıdır(r için ağır anahtar bileşen alınır)

d : Üst ürün.

b : Dip ürün.

$N_m$  : Toplam geri akmada minimum raf sayısı (kazan dahil)

$\alpha_{LK}$  : Hafif anahtarın ağır anahtar bileşene göre ortalama bağıl uçuculuğudur.

$\alpha_{LK}$  : i bileşeninin, r referans bileşene göre ortalama bağıl uçuculuğu.

$\alpha_{LK}^i$   $x_{LK}$   $x_{HK}$ : Hafif ve ağır anahtar bileşenlerin derişimleridir.

- Bağıl uçuculuk olarak, kolon üst ve alt sıcaklıklarındaki değerlerinin geometrik ortalaması alınır;

$$\alpha_{\text{ort}} = ( \alpha_{\text{üst}} \cdot \alpha_{\text{alt}} )^{1/2} \quad (19)$$

Bu değer sıcaklıkları hesaplamak için başlangıçta bileşimlerin hesaplanması gerekir, böylece **Fenske bağıntısından** minimum raf sayısı deneme yanılma yöntemiyle bulunur

Eğer raf sayısı biliniyorsa, toplam geri akma koşulunda (18) bağıntısı kullanılarak kolonun üst ve dip kısımları arasında bileşenlerin ayrılma oranları hesaplanabilir. Böylece bileşenlerin ayrılma oranlarını daha uygun bir şekilde ifade etmek mümkün olur.

$$\frac{d_i}{b_i} = \alpha_i^{N_m} \left[ \frac{d_r}{b_r} \right] \quad \text{Refrans olarak seçilen bileşeni gösterir} \quad d_i + b_i = f_i \quad (20)$$

## MINİMUM GERİ AKMA ORANI

Minimum geri akma oranınının saptanması için Colburn ve Underwood tarafından türetilmiş bağıntılar kullanılabilir. Daha yaygın olarak kullanılanı Underwood'un verdiği bağıntıdır.

$$\sum \frac{\alpha_i x_{i,d}}{\alpha_i - \theta} = R_m + 1 \qquad \sum \frac{\alpha_i x_{i,f}}{\alpha_i - \theta} = 1 - q \qquad (21)$$

(Bu denklemden  $\theta$  bulunur)

$\alpha_i$  : i bileşenin bir referans bileşene göre relatif uçuculuğu (genellikle ağır anahtar bileşen referans bileşen olarak alınır.)

$R_m$  : Minimum geri akma oranı.

$x_{i,d}$  : Minimum geri akma koşulunda i bileşenin üst ürünlerdeki derişimi.

$\theta$  : Denklem kökü.

$x_{i,f}$  : i bileşenin besleme akımı içerisindeki derişimi.

$q$  : Besleme akımının molar duyulan ısı başına 1 mol besleme akımını buharlaştırmak için verilen ısı. Besleme akımının koşullarına bağlıdır.

$\theta$ 'nın değeri hafif ve ağır anahtarların relatif uğuculukları arasındadır. Deneme yanılma yöntemiyle bulunur. (21) nolu bağıntılarda bağıl uğuculuklar sabit olarak alınır.

Üst ve alt kolon sıcaklıklarında hesaplanmış değerlerin geometrik ortalaması kullanılmalıdır.

Her ne kadar bu bağıntıdaki bileşimler minimum geri akma oranı koşulundaki bileşimler olmalıysa da, toplam geri akma koşulunda Fenske bağıntısının uygulanmasıyla hesaplanmış değerlerdir. Daha iyi bir sonuç elde etmek için, (20) nolu Bağıntıdaki toplam geri akma koşulu için verilen raf sayısının gerçek raf sayısı ile değiştirilerek kullanılması önerilir.

Bu genellikle,  $N_m/0,6$ 'ya eşittir.

# BESLEME NOKTASININ YERİ

Kirkbridge C.G. (1994) tarafından verilen empirik bağıntıdan hesaplanabilir.

$$\log \frac{N_r}{N_s} = 0,206 \log \left[ \frac{B}{D} \frac{x_{f,HK}}{x_{f,LK}} \left( \frac{x_{b,LK}}{x_{d,HK}} \right)^2 \right] \quad (22)$$



# ANAHTAR OLMAYAN BİLEŞENLERİN DAĞILIMI (Grafik Yöntem)

Fenske bağıntısını temel alan ve Hengstebeck tarafından önerilen bu grafik yöntem, alt ve üst ürünler içerisindeki bileşenlerin dağılımını hesaplamak amacıyla kullanılır. Hengstebeck ve Geddes

Fenske bağıntısının

$$\frac{d_i}{b_i} = \alpha_i^{N_m} \left[ \frac{d_r}{b_r} \right]$$

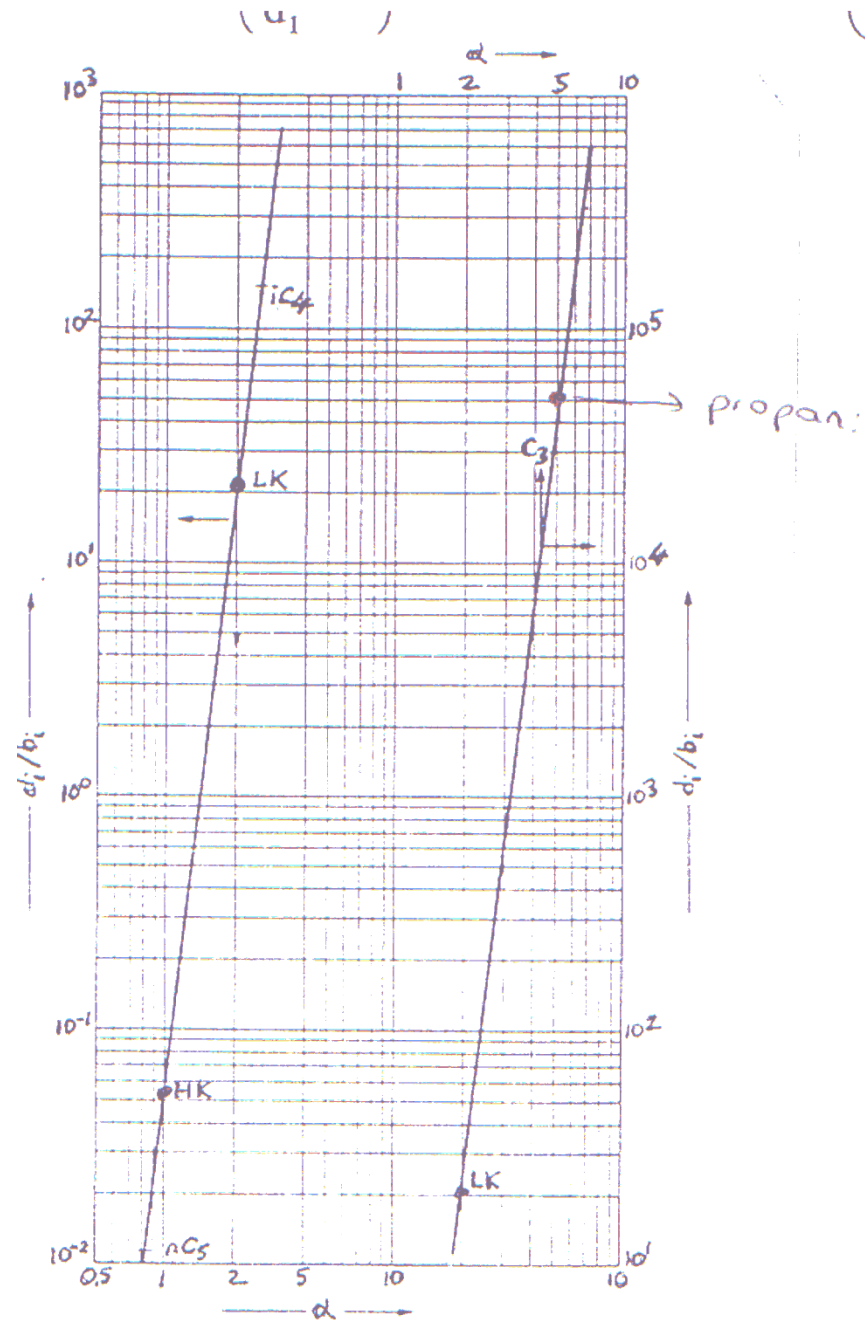
aşağıdaki şekilde yazılabileceğini göstermiştir;

$$\log \frac{d_i}{b_i} = A + C \log \alpha_i \quad (23)$$

Anahtar bileşenlerin ayrılmasını spesifik olarak ederek denklemden **A** ve **C** sabitleri tayin edilebilir.

## Anahtar olmayan bileşenlerin dağılımı;

Anahtar bileşenlerin dağılımını, bağıl uçuculuklarına karşı logaritmik (log-log) grafik kağıdına geçirdikten sonra, bu iki noktadan geçen bir doğru çizilerek ve elde edilen diyagramdan yararlanarak bulunabilir



## Örnek 2

Örnek 1'de verilen problem için, Hengstebeck-Geddes yöntemini kullanarak bileşen dağılımını hesaplayınız.

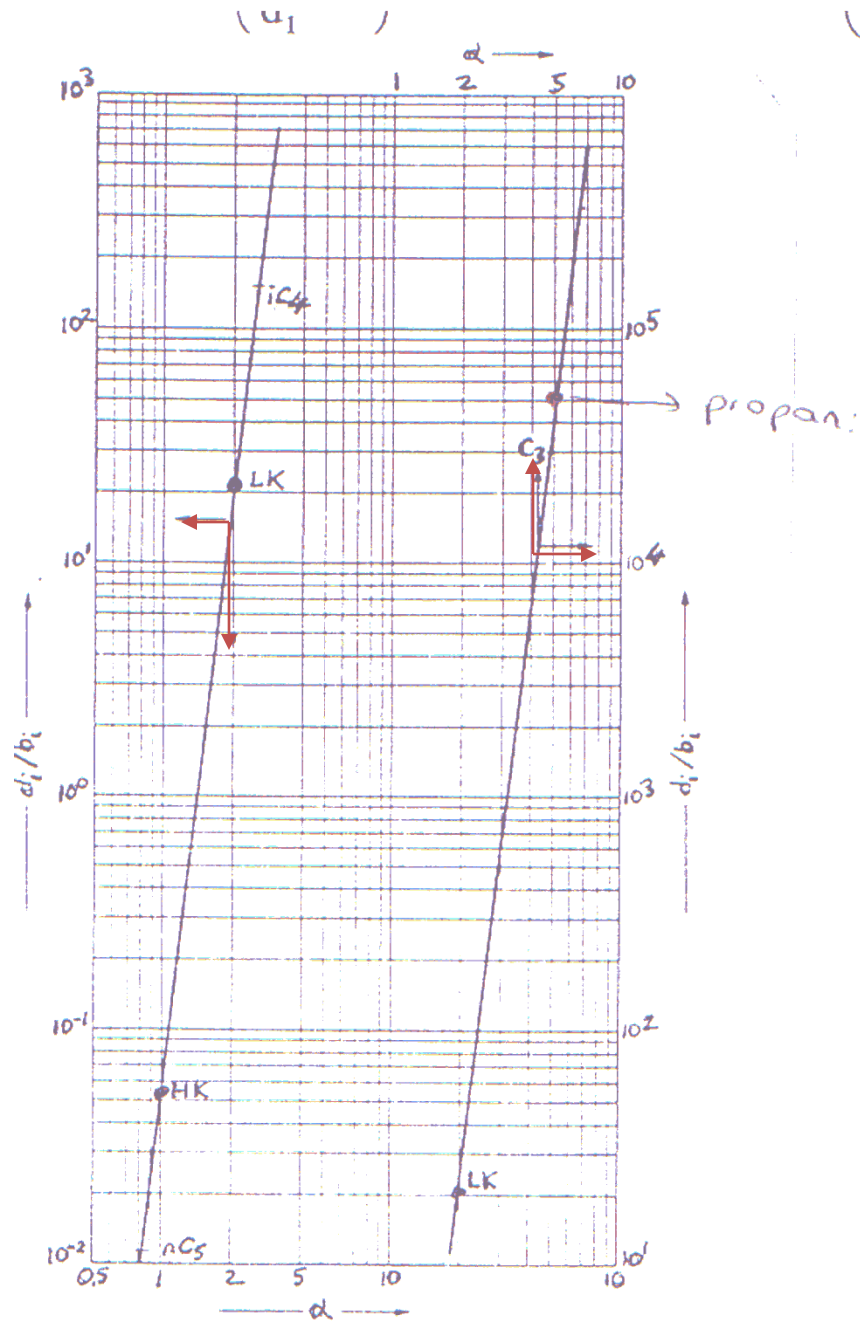
Bileşen	Besleme, f	Üst Ürün, d	Alt Ürün, b	$\alpha_i$
Propan, C3	5	5	0	5
i-bütan i-C4	15	15	0	2.6
n-bütan n-C4 <sub>(LK)</sub>	25	24	1	2.0
i-pentan i-C5 <sub>(HK)</sub>	20	1	19	1.0
n-pentan n-C5	35	0	35	0.85
Toplam, kmol	100	45	55	

Hafif anahtar için,  $\frac{d_i}{b_i} = \frac{24}{1} = 24$

Ağır anahtar için;  $\frac{d_i}{b_i} = \frac{1}{19} = 0,053$

	$\alpha_i$	$\frac{d_i}{b_i}$
Hafif anahtar için, A noktası	2,0	24
Ağır anahtar için, B noktası	1,0	0,053

Logaritmik grafik kağıdına  $\alpha_i$  ye karşı  $d_i/b_i$  değerleri grafiğe geçirilir ve AB doğrusu çizilir. Bu grafik şekil-4 de verilmiştir



Şekil 4. Ürün dağılımı

Anahtar olmayan bileşenlerin dağılımları, grafikte üzerinde bu bileşenlerin bağıl uçuculuklarına karşı gelen  $d_i/b_i$  değerleri okunarak saptanır ve her bir bileşenin akış hızı aşağıdaki bağıntılardan hesaplanır.

$$d_i + b_i = f_i \quad d_i = f_i \left( \frac{b_i}{d_i} + 1 \right) \quad (A)$$

$$b_i = f_i \left( \frac{d_i}{b_i} + 1 \right) \quad (B)$$

Yukarıdaki grafikten okunan  $d_i / b_i$  değerleri ile (A) ve (B) bağıntıları kullanılarak  $d_i$  ve  $b_i$  değerleri hesaplanmış, sonuçlar aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Bileşen	$\alpha_i$	$f_i$	$d_i / b_i$	$d_i$	$b_i$
Propan C3	5	5	40000	5	0,0
i-bütan i-C4	2,6	15	150	14,9	0,1
n-bütan n-C4 LK	2,0	25	21	24,0	1
i-pentan i-C5 HK	1,0	20	0,053	1,0	19
n-pentan n-C5	0,85	35	0,011	0,4	34,6
		100		D = 45,3	B = 54,7

### **Örnek–3**

Örnek–1 de istenilen ayırma gerçekleştirmek için geri akma oranının ayırma için gerekli raf sayısı üzerine etkisini Erbar Maddox yöntemini uygulayarak araştırınız.

#### **Çözüm :**

Çözüm için örnek 1’de hesaplanan bağıl uçuculuktan ve

örnek 2’de hesaplanan bileşen dağılımından yararlanılır.

önce Fenske bağıntısı kullanılarak minimum raf sayısı hesaplanır.



$$N_m = \frac{\log \left[ \frac{x_{LK}}{x_{HK}} \right]_d \left[ \frac{x_{HK}}{x_{LK}} \right]_b}{\log \alpha_{LK}}$$

$$N_m = \frac{\log \left[ \frac{24}{1} \right]_d \left[ \frac{19}{1} \right]_b}{\log 2} = 8,83$$

Minimum geri akma oranı, Underwood bağıntıları (21 nolu bağıntılardan ) kullanılarak hesaplanır. Besleme akımı kaynama sıcaklığında olduğu durum için  $q = 1$  dir.

$$\sum \frac{\alpha_i x_{i,f}}{\alpha_i - \theta} = 1 - q$$

$$q = 1;$$

$$\sum \frac{\alpha_i x_{i,f}}{\alpha_i - \theta} = 0$$

Bu eşitliği sağlayan en uygun  $\theta$  değeri deneme yanılma yapılarak bulunur.

Bu örnek için uygulama aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

$x_{i,f}$	$\alpha_i$	$\alpha_i x_{i,f}$	$\theta = 1.5$	$\theta = 1.3$	$\theta = 1.35$
0,05	5,0	0,25	0,071	0,068	0,068
0,15	2,6	0,39	0,355	0,300	0,312
0,25	2,0	0,50	1,000	0,714	0,769
0,20	1,0	0,20	-0,400	-0,667	-0,571
0,35	0,85	0,30	-0,462	-0,667	-0,600
		$\sum \frac{\alpha_i x_{i,f}}{\alpha_i - \theta}$	0.564	-0,252	-0,022

Görüldüğü gibi sıfıra en yakın değer  $\theta=1,35$  için elde edilmiştir.  
 $\theta=1,35$  için (21) no.lu bağıntı da kullanılarak

$x_{i,d}$	$\alpha_i$	$\alpha_i x_{i,d}$	$\sum \frac{\alpha_i x_{i,d}}{\alpha_i - 1.35}$
0,11	5,0	0,55	0,15
0,33	2,6	0,86	0,69
0,53	2,0	1,08	1,69
0,02	1,0	0,02	-0,06
0,01	0,85	0,01	-0,02
			2,42

$$\sum \frac{\alpha_i x_{i,d}}{\alpha_i - \theta} = R_m + 1$$

$$2,42 = R_m + 1$$

$$R_m = 1,42$$

Örneğin istenilen geri akma oranı  $R=2$  olduğunda  $R/(R + 1) = 2 / (2+1) = 0.66$

Erbar Maddox bağıntısı için verilen diagramdan  $R_m/(R_m+1)=0.59$

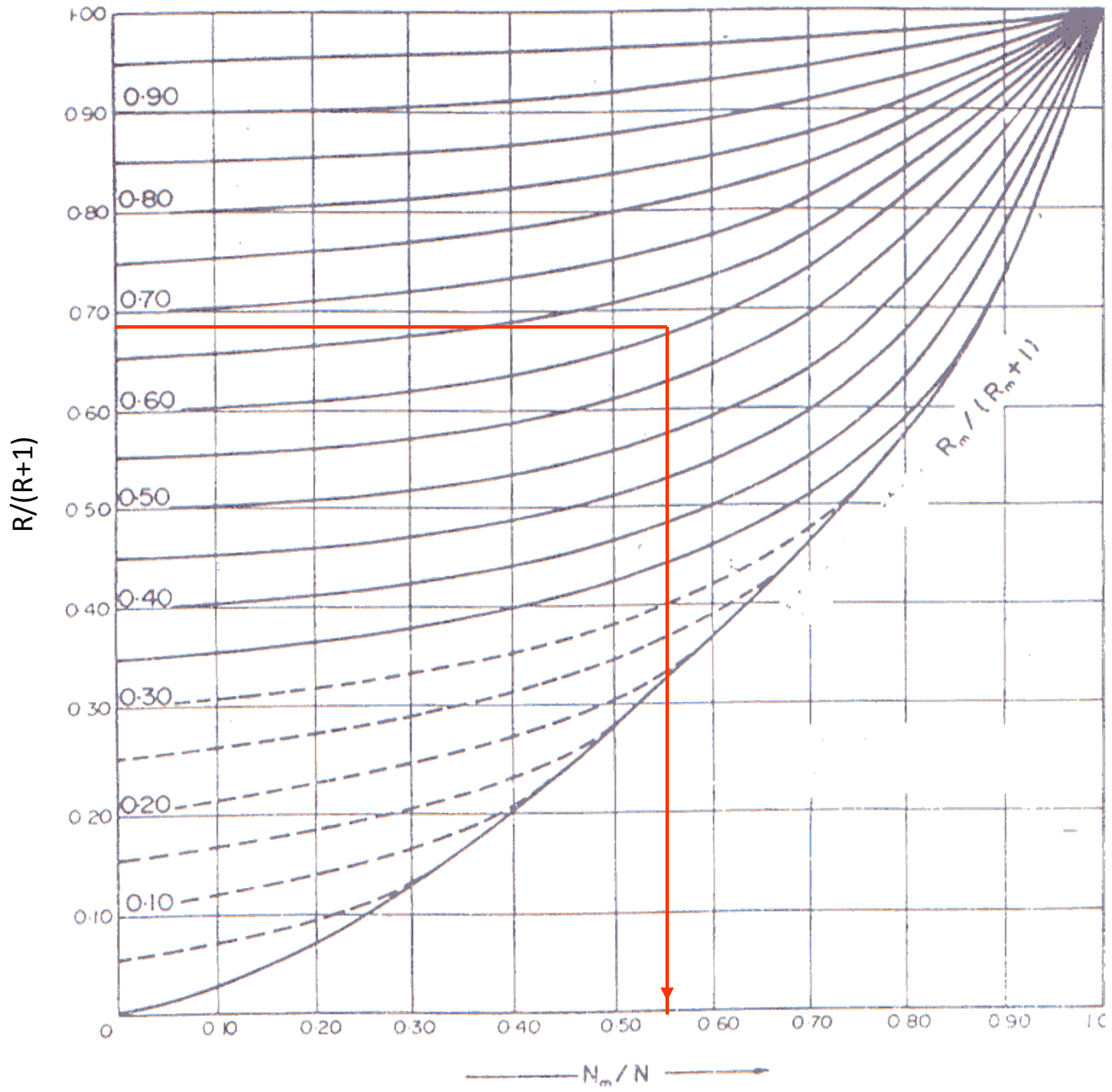
$R/(R+1)=0.66$  için

$N_m/N = 0.56$  okunur.  $N=N_m/0.56$ ,  $N= 15,7$

Geri akma oranı, R nin farklı değerleri için;

R	2	3	4	5	6
$R/(R+1)$	0.66	0.75	0.80	0.83	0.86
N	15.7	11.9	10.7	10.4	10.1

Geri akma oranı 4'ün üzerine çıktığında raf sayısında önemli bir değişiklik olmadığı görülmektedir.  $R=4$  optimum geri akma oranı olarak alınabilir.



## Örnek- 4

Örnek–3 deki ayırma için ve geri akma oranını R=3 alarak besleme rafının yerini tayin ediniz.

**Çözüm:** Ürün dağılımı için gerekli veriler örnek-2'den alınır ve Kirkbridge bağıntısı kullanılır.

$$\log \frac{N_r}{N_s} = 0,206 \log \left[ \frac{B}{D} \frac{x_{f,HK}}{x_{f,LK}} \left( \frac{x_{b,LK}}{x_{d,HK}} \right)^2 \right] = 0,206 \log \left[ \frac{54,7}{45,3} \frac{0,20}{0,25} \left( \frac{1/54,7}{1/45,3} \right)^2 \right]$$

$N_r / N_s = 0.91$  dir Örnek–3 de  $R = 3$  için  $N = 12$  bulunmuştu.

Kazan hariç olmak üzere toplam 11 raf vardır.

$$N_r + N_s = 11$$

$$N_s = 11 - N_r$$

$$N_s = 11 - 0.91 N_s$$

$$N_s = 5.76$$

Sıyırma bölgesinde 6 raf vardır.