

# Arına Paralel Ahşap Ayak Tahkimatında Sarma Tüketiminin Minimuma İndirilmesi

Ergin ARIOĞLU\*

## 1 GİRİŞ

Pratik çalışmalardan bilindiği gibi arına pa rafeli teşkil edilen ayak tahkimatının tatbi-  
katı oldukça yaygındır. Tavan şartlarına bağlı olarak değişen sarma tüketiminin  
ayak başı maliyeti üzerinde önemli bir etkisi vardır.

Aşağıda verilen genel değerler alınır ve basit, bir maliyet hesabı yapılırsa, tek bir  
sarmanın kömür maliyeti üzerindeki etkisi kolaylıkla görülebilir.

Sanaa Doyu	z	£ <sub>y</sub> , 5
Sarna çapı	:	0\20
Have ilerlemesi	:	İJD
Damar kalınlığı	:	1,8
Sarma maliyeci	:	350 (TL/ra3)

Bir sarma uzunluğuna tekabül eden teorik kömür tonajı :

$$T \sim 25^{ra} \times 1,0 \times 1',s \setminus 1,3^{T \circ n / m^3} = 5.85 \text{ (Ton)}$$

Bir sarmanın malzeme maliyeti :

$$m \cdot - ^ 5 ^ 2 \times \hat{i} T x 2,5^m \times 350^{TL/m^3} \ll 27.475 \text{ (TL)}$$

Malzeme maliyetinin unite kömür tonajı üzerindeki şarjı :

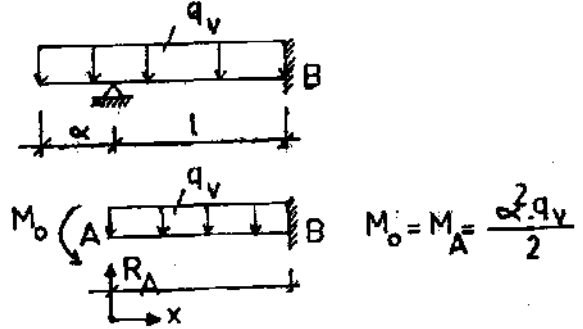
$$\frac{27.475}{5.85} = 4,70 \text{ TL/ton} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Bu çalışmada, yukarıda hesaplanan sarma maliyetinin arına paralel tahkimat siste-  
minde nasıl minimuma indirilebileceği teorik olarak incelenecektir. Ayrıca, sistemin  
boyutlandırma esaslarına temas edilecektir. (Arına paralel sistemin sarma boyut-  
landırma hesabı detaylı olarak (1) referansından temin edilebilir)

\* Maden Y. Müh, (İ.T.U)

## 2. PROBLEMİN TAKDİMİ.

Çalışmada ele alınan sistemin statik eşdeğer modeli geometrik parametreleri ile birlikte Şekil - 1 de görülmektedir.



Şekil - 1

### 2.1. KABULLER

- a — Sarma, 3 çatalla mesnetlenen mütemadi bir kiriştir.
- b — Sarma ve çatallar vasıtasıyla tabana intikal ettirilen tavan basıncı uniform olarak sarmaya etkilemektedir. Tavan basıncının şiddeti (1) formülü ile bellidir. (2) (3) (4),

$$P = Y \cdot t \dots \dots \dots (U)$$

P . . . . . Tavan basıncı (Ton/m<sup>2</sup>)

l y . . . . . Tavan taşının yoğunluğu, (Ton/m<sup>3</sup>)

t . . . . . İstihsal sırasında meydana gelen tavan hareketleri sonucunda ana tavadan ayrılan tavan bloğunun yüksekliği, (m). T yüksekliği ile tariflenen ve ayak tahkimatı tarafından taşınan tavan bloğunun üzerindeki ana tavan kiriş sisteminin statik ağırlığı ayağın bakır kömür kısmı ve göcuğu ile taşınır. (2) Bu nedenle ayak içindeki tahkimat çok büyük bir ihtimalle sadece (1) formülü ile verilen tavan basıncına çalışmaktadır.

T değerinin hesaplanması için literatürde birçok formüller teklif edilmiştir. Bundan en popüler olanı aşağıda verilmiştir. (3) (4) (5)

$$t = \frac{h}{K - 1} \dots \dots \dots (2)$$

K — 1

Burada,

h . . . . . Damar yüksekliği, (m)

k . . . . . Tavan taşının göçük içindeki kapladığı hacim ile ilgili katsayı. Bu değer değişimi tavan taşının litolojisine ve taşın kırılma ebatına bağlıdır Ortalama olarak (1.2-1,4) arasında değişir. (2)

(2) ve (1) bağıntıları vasıtasıyla, sarma üzerine etkiyen birim uzunluktaki yük kolaylıkla hesaplanır. (2)

$$q_v = \frac{\gamma \cdot h}{k-1} \cdot a \quad (\text{Ton/m}) \quad \dots \dots \quad (3)$$

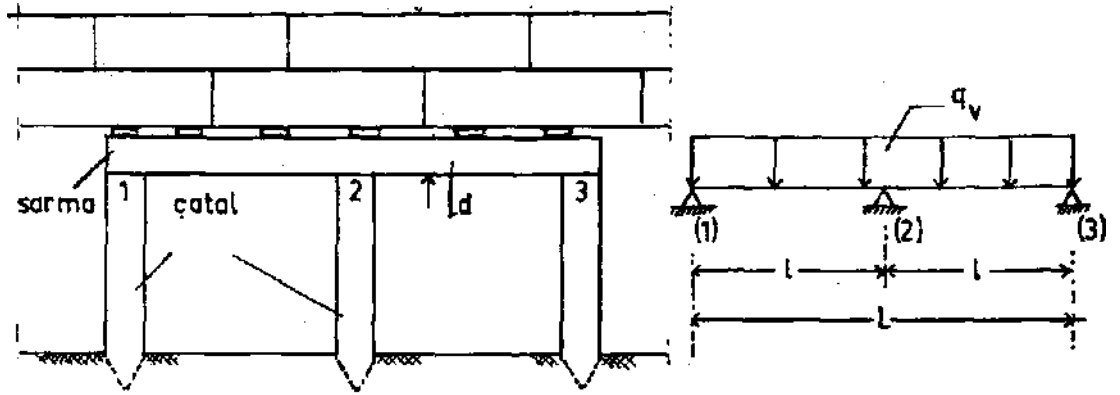
a . . . . . Sarmalar arasındaki mesafe, (m) (= have mesafesi)

c — Çatalların yani mesnetlerin çökmediği kabul edilmiştir. Aslında, çatallar yüklem karşısında taban içine doğru girmek ister. Pratikte bu amacı sağlamak için bilhassa sert tabanlarda çatalların ucu sivri yapılır. Ve sistemin çökmesi sağlanır. Mesnetlerin eşit miktarda çökme yapması halinde, bu çökme sistemin eğilme momenti ve makaslama kuvveti üzerinde etkisi olmayacaktır. Mesnetlerin (çatal) farklı oturmaları halinde ise, eğilme momenti ve makaslama kuvvetinde bir hissedebilir değişim vuku gelebilir. Takdir edileceği gibi, farklı oturmaların genel olarak tesbittir çok güçtür. Bu bakımdan, çökmeler sıfır alınmıştır.

## 2.2. SARMA TÜKETİMİNİN MİNİMUMA İNDİRİLMESİ.

Eğer (A) ve (C) çatalları, şekil - 2 de gösterildiği gibi sarmanın altına yerleştirilirse sistemin (B) mesnetindeki mesnet momenti küçülür. Bir başka deyişle, sarmanın mukavemet momenti (W) küçülecek ve hissedebilir mertebede malzeme tasarrufunun elde edilmesini sağlayacaktır. Bu düşünce ile hareket edildiğinde bilinmesi gereken sorun şu olmaktadır :

(A) ve (C) çatallarının hangi mesafede sarma altına yerleştirilsin ki, ( $M_B$ ) mesnet momenti minimum olsun



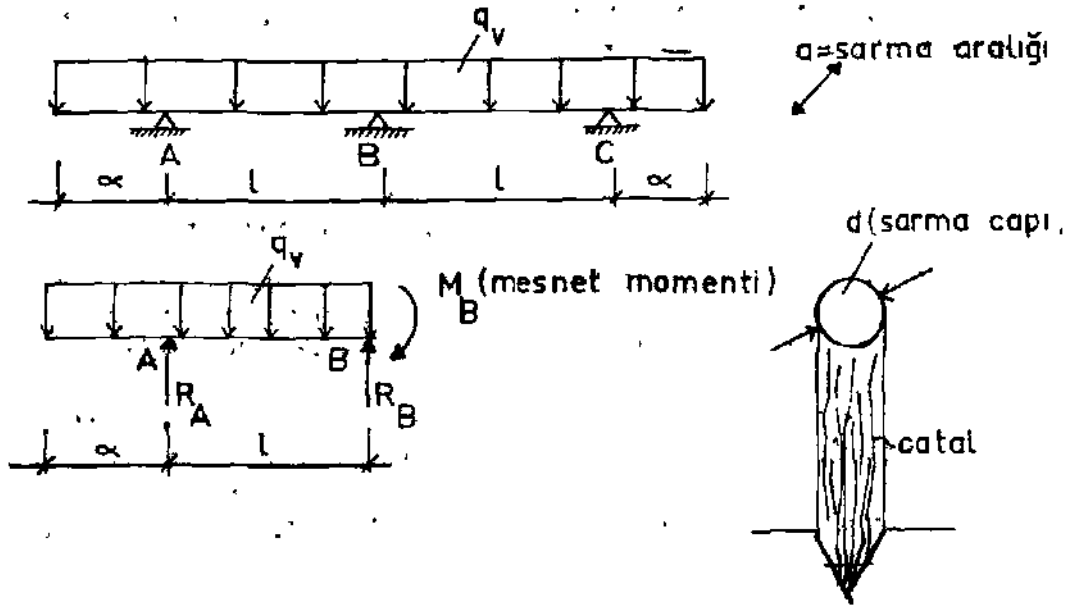
a- sistemin boyuna kesiti

b-sistemin statik modeli

Şekil-2

İlk etapta,  $M_A$  ve  $M_B$  momentlerini a ve l bağılı olarak hesaplayalım.  $M_B$  eğilme momentinin yazılabilmesi için  $R_A$  mesnet reaksiyonunun önceden hesaplanması

gerekmektedir. Şekil 2 de sol alt köşede verilen sistem statikçe aşağıda verilen sisteme eş değerdir. (Şekil - 3)



Şekil - 3

Şekil - 3 de verilen sistem birinci dereceden hiperstatik bir sistemdir. Bilinmeyen olarak A'daki "RA" reaksiyonu seçilir. İş prensibi tatbik edilirse RA reaksiyon bulunur. Minimum iş prensibinin başka bir tatbikatı (6) referansında verilmiştir.

Sistemin x kesitindeki eğilme momenti

$$M = R_A \cdot x - \frac{q_v \cdot x^2}{2} - M_B \quad (4)$$

ifadesiyle bellidir. Minimum iş prensibine göre, A noktasındaki çökme

$$\Delta_A = \frac{1}{EI} \int_x M \cdot \frac{\partial M}{\partial R_A} \cdot dx \quad (5)$$

ifadesiyle bellidir. Çökmenin  $\Delta_A = 0$  olduğu hatırlanır gerekli nümerik işlemler yapılırsa :

$$0 = \int_0^l (R_A \cdot x - \frac{q_v \cdot x^2}{2} - \frac{\alpha^2 q_v}{2}) \cdot dx,$$

RA reaksiyonu :

$$R_A = \frac{3}{8} q_v \cdot l + \frac{3}{2} \frac{\alpha^2}{2} \frac{q_v}{1} \quad (6)$$

ile hesaplanır .

RA'nın bulunmasıyla, "MB" momenti kolaylıkla hesaplanır.

$$M_B = (\frac{3}{8} q_v \cdot l + \frac{3}{4} \alpha^2 \frac{q_v}{1}) l - \frac{q_v \cdot l^2}{2} - \frac{\alpha^2 \cdot q_v}{2} \quad (7 a)$$

gerekli kısaltmalar yapılırsa, MB2 momenti

$$M_B = q_v \cdot (-\frac{1}{8} l^2 + \frac{\alpha^2}{4}) \quad (7 b)$$

ifadesi ile bellidir. A mesnetinin sağında alınan herhangi bir x noktasındaki eğilme momenti aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$M_x = -\frac{q_v \cdot (x+\alpha)^2}{2} + R_A \cdot x \quad (8)$$

Şekil - 2 de sol alt köşede verilen sistemin (B) ye göre momenti, bu sistem için A noktasındaki reaksiyon (R) verecektir.  $\Sigma M = 0$  şartından ,

$$R.l - \frac{q_v(\alpha+1)^2}{2} \cdot l = 0$$

ifadesi elde edilir.

$$R.l - \frac{q_v \alpha^2}{2} - q_v \cdot \alpha \cdot l - \frac{q_v l^2}{2} + \frac{1}{8} q_v l^2 - \frac{q_v \alpha^2}{4} = 0$$

yukarıdaki eşitlikten " R " reaksiyonu yalnız bırakılırsa,

$$R = q_v \left( \frac{3}{4} \frac{\alpha^2}{1} + \alpha + \frac{3}{8} l \right) \dots \dots \dots (9)$$

bağıntısı yazılır.

(9) ifadesinde  $\alpha = 0$  ise, yani sistem şekil - 1 deki

(b) halinde kurulmuş ise, A noktasındaki reaksiyon

$$R_A = \frac{3}{8} l \cdot q_v \dots \dots \dots (10)$$

ile bellidir. (9) ifadesi, (8) moment ifadesinde yerine koyulur ve "x" göre türevi alınıp eğilme momentini maksimum yapan "x" elde edilirse:

$$M_x = - \frac{q_v(x+\alpha)^2}{2} + q_v \left( \frac{3}{4} \frac{\alpha^2}{1} + \alpha + \frac{3}{8} l \right) x$$

$$\frac{\partial M_x}{\partial x} = 0 \quad \text{dan}$$

$$x = \frac{3}{4} \frac{\alpha^2}{1} + \frac{3}{8} l \dots \dots \dots (11)$$

elde edilir. Bu "x" apsisine tekabül eden max eğilme momenti. " $M_{max}$ " aşağıdaki ifade ile verilir.

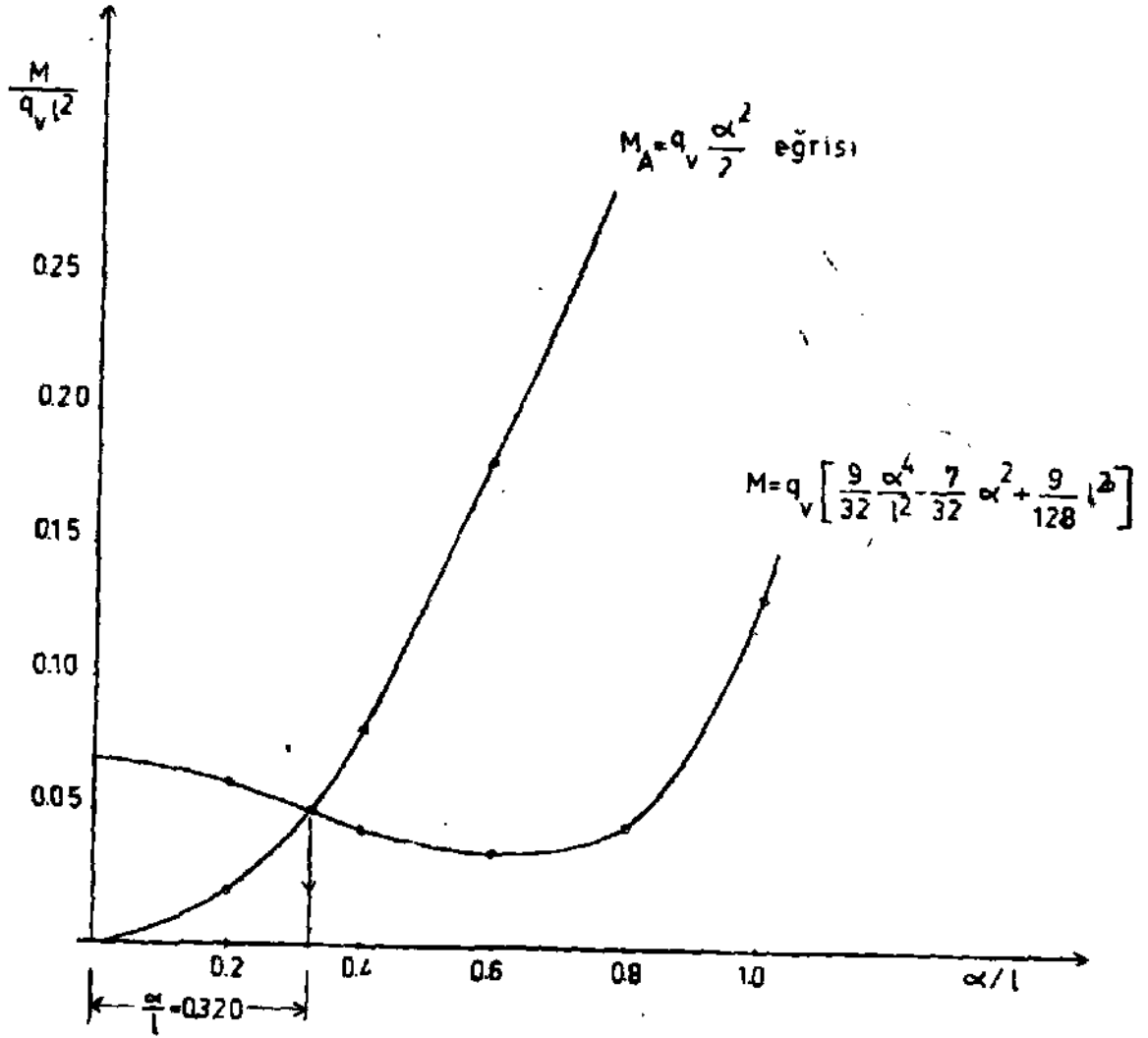
$$M_{max} = q_v \left( \frac{9}{32} \frac{\alpha^4}{1} - \frac{7}{32} \alpha^2 + \frac{9}{128} l^2 \right) \dots \dots \dots (12)$$

aranan " $\alpha$ " mesafesi, kolaylıkla görülebileceği gibi

$$M_{max} = M_A = \frac{\alpha \cdot q_v l^2}{2} \dots \dots \dots (13)$$

şartından analitik olarak elde edilir.

(13) ifadesinin analitik olarak çözümü oldukça zahmetlidir. Bu bakımdan " $\alpha$ " değerinin, grafik olarak uygun bir sıhhatlilik derecesi ile elde edilmesi daha kolay olacaktır. (Şekil - 4) Şekilden görüldüğü gibi iki eğrinin kesim noktasının apsisi aranan " $\alpha$ " değerini vermektedir.



Şekil - 4

Yaklaşık olarak  $\alpha = 0,320$  1 olarak tesbit edilebilir.

--- • a\*1 dan

$$L - 2,64 \text{ 1} \dots \dots \dots (14)$$

olduğu kolaylıkla görülür.

MB (mesnet momenti) a • 0.320 1 değeri için eşitlik (7b) • den

$$MB - - 0,0994 q^1 l^2 \dots \dots \dots (15)$$

olduğu görülür. VEya, aynı ifade (14) bağıntısı gereğince "L" cinsinden

$$MB - - 0,0142 q_v L^2 \dots \dots \dots (16)$$

yazılabilir. Eğer» çatallar klasik tarzda sarma altına tesbit ediliyorsa, bir başka deyişle a s 0 ise, M<sub>b</sub> momentinin

$$MB - - 0,125 q_v \cdot l^2 \dots \dots \dots (17)$$

olacağı, (7b) bağıntısıyla görülebilir. (17) ifadesi keza "L" cinsinden ifade edilebilir. (18) ifadesi)

$$M_B = - 0,03125 q_v \cdot L^2 \dots\dots\dots (18)$$

### SARMANIN EĞİLMEYE KARŞI BOYUTLANDIRILMASI

maximum eğilme momenti bilindikten sonra, kesitin hesaplanması aşağıdaki tarzda yapılır. Boyutlandırma şartı olarak

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} \leq \sigma_{em} \dots\dots\dots (19)$$

yazılır, ve M. ve W değerleri (19) ifadesine koyulursa, yeni sistem için (Bu hal için moment (18) bağıntısı ile bellidir)

$$\sigma_{em} = \frac{0,0142 q_v \cdot L^2 \times 100000}{\frac{\pi d^3}{32}}$$

Buradan, sarma çapı yalnız bırakılırsa : yeni sistem için gerekli çap

$$d = 24,35 \sqrt[3]{\frac{q_v \cdot L^2}{\sigma_{em}}} \dots\dots\dots (19)$$

ifadesiyle hesaplanır.

klasik tarz için benzer hesap yapılırsa, gerekli sarma çapı

$$d = 31,69 \sqrt[3]{\frac{q_v L^2}{\sigma_{em}}} \dots\dots\dots (20)$$

ifadesi ile hesaplanır.

Formüllerde kullanılma sembollerin manası ve birimleri aşağıda topluca verilmiştir.

d .....Sarma çapı, (cm)

$q_v$  .....Birim yük\* şiddeti, (Ton /m)

L .....Sarma uzunluğu (m)

$a_{em}$  .....Sarma malzemesinin eğilmeye göre emniyet gerilmesi, (kg/cm<sup>2</sup>),  $a_{em}^*$  in değerleri (2).ve (7) referansından elde edilebilir.

Yukarıda çıkartılan "d" sarma çaplarına dikkat edilirse yeni sistem için sarma çapı büyük miktarda küçülmektedir. Bu yeni sistemin sağladığı önemli bir avantajdır. Bu özellikten istifade etmek suretiyle, sarma tüketimini uyakta büyük ölçüde azaltılabilir. Çatalların (en dış çatalların) "a" mesafesinde sarma altına tespiti, arına paralel tahkimat sistemi için pratik mahzur teşkil etmeyecektir. Çünkü bu sistemde sarma mesafesi değişmeyecektir. Bir başka deyişle, ayak içi adam ve nakliyat sirkülasyon rahatlığı klasik sistemde olduğu gibidir.

Sistemin serbest uçları konsol kiriş gibi olacağından seçilen kesit geometrisi. a ve av değerleri bağlı olarak serbest uçlar çökecektir. Bu çökmelerin mertebesi çok kere 1 cm'nin altındadır-Böyle çökmelerin-' hissedilm.es\* sistemin, erçniyetî bakımından bir mahzur teşkil etmiyecektir.

Sistem vasıtasıyla elde edilen malzeme tasarrufunu hesaplamadan önce, (20) ve (19) formüllerini damar kalınlığı cinsinden ifade etmek pratik bakımdan elverişli olacaktır. Tekrar. qv (3).ifadesi yazdır ve y == 2,5Tbn/m3, k = İ;3değerleri'konulursa,"

$$q_v = 8.33 h.a \quad (\text{Ton/m}) \quad \dots \dots \dots (21)$$

elde edilir. (211 ifadesi sırasıyla (19) ve (20) formüllerinde yazılırsa, "d" sarma çapları damar kalınlığı "h" cinsinden

$$\text{Yeni sistem için} \dots d = 49.30 \frac{A}{O g m} \dots \dots \dots (22)$$

$$\text{Eski sistem için} \dots d \gg 64.17 \frac{3}{n*a*L} \dots \dots \dots (23)$$

ifadeleri ile hesaplanır (22), (23) ifadelerinin diğer bir ilginç neticesi, sarma çapının d. a hv3 şeklinde artmasıdır. Bu teorik netice pratikle mükemmel bir çakışma halindedir.

Şimdi, yeni sistemle elde edilecek malzeme tasarrufunu damar kalınlığına bağlı olarak hesaplayalım. Problemi, daha nümerik bir hale getirmek pratik amaçlar bakımından elverişli olacaktır. Bu bakımdan aşağıdaki pratik değerler esas alınmıştır.

Tavan taşı . . . . . Tabakalı kumtaşı , K - 1.3 \*  
damir kalınlığı, h - 2.20 m, h - 2.0, h\* 1.8, h- 1.6 h- 1.4\*"  
Sarma aralığı, (have mesafesi) , a - 1.00m  
Sarma uzunluğu, L - 2,5 m  
Sarmanın emniyet eğilme gerilmesi, Om\* 110 kg/cm2 (meşe II.sınıf  
Sarmanın birim kubrajın fiyatı , 350 İL

Hesapların neticesi toplu olarak Tablo -1 de verilmiştir.

Damar (h)					
Kalınlığı	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4
(Yeni sistem) Sarma çapı (cm)	25	24	23	22	21
(Eski sis. Sarma çapı	32	21	30	29	28
Malzeme tasarrufu					
2,5 m sarma uzunlu.	0,078	0,075	0,072	0,069	0,067
(m3)					
Mal. Tas. 2,5 m Sar. için (TL)	27,3	26,25	25,20	24,15	23,45
Net tasarruf beher ton kö. mür için (TL.)	3,81	4,04	4,31	4,64	5,15

(Tablo-1) V 8,32 S 2.025



Tablo - 1 den takip edildiği her iki kol için teorik sarma çapları pratik değerlerden biraz üzerindedir. Bunun sebebi seçilen "k" değeri ile ilgilidir, k = 1.3 değeri için tekabül eden ortalama ayak basıncı dip nottan görüldüğü gibi P = 15 Ton/m<sup>2</sup> dir. Böyle bir basınç değeri, tavan şartları oldukça kötü olan ayaklarda hissedilebilir.

Normal tavan şartları için genellikle t = 2xh ite verilmektedir. (2). Bu halde ayak basıncı h = 1.8 için P = 9 (Ton/m<sup>2</sup>) olmaktadır. Ve gerekli sarma çapının her iki hal için azalacağı genel formüllerden görülebilir.

Tablo - 1 den takip edildiği gibi, sabit kömür kalınlığı için yeni sistemle elde edilen tasarruf ihmal edilmeyecek mertebededir. Teorik hesaplara göre elde edilen tasarruf (TL/Ton) damar kalınlığına bağlı olarak artmaktadır. Ortalama olarak bu tasarruf 4.00 TL/Ton kabul edilirse : 120 metrelik bir ayaktan elde edilebilecek bir günlük sarma (malzeme) tasarrufu :

$$\text{Tasarruf} = \frac{120 \times 1.8 \times 1.3 \times 15 \text{ Ton/m}^2}{4.00 \text{ TL/Ton}} = 864 \text{ TL}$$

olmaktadır. Varılan bu netice, bir ayak için önemlidir. Bütün bir rovak için senelik bu tasarruf hesaplandığı vakit, tasarrufun birkaç milyon TL.'sı mertebesinde olacağı kolaylıkla görülebilir. Buna paralel olarak milli servetimiz olan ve oldukça limitli bulunan orman ürünlerimizde daha rasyonel olarak değerlendirilmiş olunacaktır.

### 3 NETİCE

Çalışmada elde edilen önemli neticeler şöyle sıranabilir :

- Arına paralel ayak tahkimat, sarma çapı (klasik sistem için) (19) formülü ile, hesaplanabilir. Çıkarılan formül genel olup, tavan şartlarına ve sistem geometrisi ve kullanılan ahşap kalitesine bağlı olarak, sarma çapının emince boyutlandırılmasını sağlar.
- Eğer dış çatallar (A ve C) sarma altına a = 0.320 m mesafesinde yerleştirilirse M<sub>1</sub> mesnet momenti klasik sisteme nazaran % 20.48 nispetinde azalmaktadır. Bundan dolayı: bu tarz çatal yerleşimi ile, eğilme gerilmesi için gerekli "d" sarma çapı küçülmektedir.

Tablo 1 de hesaplandığı gibi elde edilen net malzeme tasarrufu (sabit kömür kalınlığı için) ihmal edilmeyecek mertebededir. Sistemin bu tarzda kullanılması, ayrıca pratik bakımdan hiçbir mahzur hasıl etmeyecektir.

(\*) K = 1.3 değerine tekabül eden ana tavan sisteminden ayrılmış tavan bloğunun yüksekliği h = 3,33 m (11 ft) dir. Normal bir damar kalınlığı için (h\* 1.80<sup>13</sup>) bu değer t = 3,33x1,8 = 6 m olmaktadır ve tavan basıncı P = 15\*1,8 = 27 (Ton/m<sup>2</sup>) 'dir.

(\*\*) Hesaplar sürgülü cetvel prezisyonunda olup, neticeler tablo değerleri olarak alınmıştır.

## REFERANSLAR

- (1. ARIÖĐLU, E. : Zemin mekaniği teorisine göre ayak içinde kullanılan ahşap tahkimatin boyutlandırılması, G.Lİ. Bülteni, Sahife - (17-23), (1971)
- (2. ARIÖĐLU E : Yeraltı İşletme Metotları, (Hazırlanan Telif Kitap)
- (3. BİRÖN, C. ARIÖĐLU, E. : Garp Linyitleri İşletmesi Soma Bölgesi için Betonarme Suni Tavanlı Rambelli İşletme Projesi, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, MAG - 240 projesi, (1971)
- (4. STARON, T. : Wysokose strefy zawulu i spekan and eksploato Wanym zlozem, Rudy i metule niezelażne, R8, number. 12 (1963) (Polonyaca)
- (5. TİNCELİN, E. : Pression de Terrains Mesures Rsultuts, (Doktora Tezi), Paris Maden Müh. Mektebi (1958),
- (6. ARIÖĐLU, E. : Su ile katı l a şan malzemeden yapılmışramble duvarının genişliğinin bir statik modelle boyutlandırılması, Madencilik Dergisi, Mad. Müh Odasının Yayın organı, (Baskıda) 1975
- (7. ARIÖĐLU, E. : Trapez Profilli Ađaç Galeri Tahkimatinin statik olarak boyutlandırılması. Madencilik Mad. Müh. Odası dergisi, Sayı 5, CHT IX, (1970).