

YELKENLİ YATLARIN DONANIM HESABI

Abdi Kükner¹, Emrah Sürücü²

ÖZET

Günümüzde yelkenli teknelerde tekne formu bir yana arma donanımlarının oldukça önemli olduğu görülmektedir. Yelkenli yatların donanım hesabı başlangıçta yaklaşık bağıntılar yardımıyla yapılmaktadır. Kaynaklarda yaklaşık bağıntıları içeren birçok yöntem geliştirildiği görülmektedir. Bu çalışmada arma donanımı hesapları için NBS, Bureau Veritas ve Skene yöntemleri anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yelkenli tekneler, arma donanım hesaplamaları, NBS, Bureau Veritas

ABSTRACT

“RIG CONSTRUCTION CALCULATIONS OF THE SAILBOATS”

Nowadays it is quite important that rig construction of a sailboat besides its hull form. Especially rig construction has to be light and resisting against to various effects like the wind. Therefore, it is significant to calculate the forces act on the rigs. In this academic study, NBS, Bureau Veritas and Skene methods are used as rig construction calculation methods. These methods are presented as a summary by giving principal formulas. Differences among these methods are mentioned and causes of choosing these methods are explained.

Key Words: Sailboats, rig construction, calculations, NBS, Bureau Veritas, Skene

1. GİRİŞ

Yelkenli yatların donanım hesabı ilk olarak ampirik formüllerle yapılmaktadır. Bu hesaplar için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu çalışmada arma donanımı hesapları için NBS, Bureau Veritas ve Skene yöntemleri anlatılmıştır.

2. ARMA DONANIMI HESAPLARI

2.1 NBS Yöntemi [1]

NBS (Nordic Boat Standart) yönteminin kendine özgü limitleri vardır. Bunlardan ilki $\frac{I*J}{E*P} < 1.6$ limiti, diğeri ise $SA > \frac{RM}{128*HA}$ limitidir. Formüllerdeki boyutlar için ekteki Şekil 3'e bakılabilir. Böyle durumlarda tekne sabit yelkenli motorbot olarak sınıflandırılır. Bu formüllerde RM değeri RM_{30} olarak yani 30° deki doğrulma momenti olarak alınır. NBS yöntemi hem tam hem de kesirli armalar için geçerlidir. Gurcata sayısı da bu yöntem için önemlidir.

2.1.1 Çarmıklar

Çarmıklarda oluşan kuvvetlerin oluşma nedeni yelkenler üzerindeki rüzgâr basıncıdır. Buna ek olarak da rüzgâr ve denizin yaratmış olduğu dinamik etkiler de vardır. Bu noktada iki adet yükleme durumu ortaya çıkar. Bunlardan birincisi arma donanımının sadece ön yelken tarafından zorlandığı

durum, diğeri de ana yelkenin camadan edildiğinde ortaya çıkan yükleme durumudur.

Yukarıda bahsedildiği şekliyle birinci yükleme durumunda sadece ön yelkenin yük yarattığı kabul edilir. Şekil 5'teki T_1 yükü aşağıda verilen denklemle hesaplanır;

$$T_1 = \frac{RM}{a_1} \quad (1)$$

İkinci yükleme durumunda ise camadan vurulmuş bir ana yelken yükü vardır. Camadan vurulmuş ana yelkenin geometrik merkezinden etkileyen Şekil 5'teki T_2 yükü aşağıdaki formülden bulunur.

$$T_2 = \frac{RM}{a_2} \quad (2)$$

Ekteki Şekil 6'da verilenlere göre;

$$T_{hu} = \frac{d_1}{d_1+d_2} * T_{baş} \quad (3)$$

$$T_{hl} = \frac{d_2}{d_1+d_2} * T_{baş} \quad (4)$$

$$T_{bu} = \frac{|BD|}{l_1} * T_{bumba} \quad (5)$$

Olarak elde edilir.

1) İ.T.Ü. Gemi İnş. ve Dz. Bil. Fak. Öğ. Ü. kukner@itu.edu.tr

2) İ.T.Ü. Gemi İnş. ve Dz. Bil. Fak. Öğ. Ü. surucue@itu.edu.tr

Yükleme durumlarına göre oluşan kuvvetler gösterildikten sonra bileşke kuvvetler ayrıntılı olarak Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1 – Boyutlandırma kuvvetleri [1]

Arma Tipi	Birinci Yüklemeye			İkinci Yüklemeye Durumu		
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃
F-0	T ₁	0	0	T _{hu} +T _{bu}	0	0
M-1 / F-1	0	T ₁	0	T _{hl} +T _{bu}	T _{hu}	0
M-2 / F-2 (*)	0	0	T ₁	T _{hl} +T _{bu}	T _{hl}	T _{hu}
M-2 / F-2 (**)	0	0	T ₁	T _{hl} +T _{bu}	T _{hu}	0

(*) Eğer $BD+0.6P > I_1+I_2$ ise

(**) Eğer $BD+0.6P < I_1+I_2$ ise

Tabloda belirtilen birinci ve ikinci yüklemeye durumları daha önce anlatılan durumlardır. Birinci durum için sadece ön yelken yükü, ikinci yüklemeye durumu için camadan vurulmuş yelkenin oluşturduğu yük önemlidir.

F-0 tipi donanımda;

Çarmık gerilmesi (D₁)

$$D_1 = F_1 / \sin\beta_1 \quad (6)$$

Ölçülen yük (P_{D1})

$$P_{D1} = 3 * D_1 \text{ [N]} \quad (7)$$

M-1 ve F-1 tipi donanımda;

Çarmık gerilmesi (D_{1,2}, V₁)

$$D_2 = F_2 / \sin\beta_2 \quad (8)$$

$$V_1 = F_2 / (\cos\gamma_1 * \tan\beta_2) \quad (9)$$

$$C_1 = F_2 - V_1 \sin\gamma_1 \quad (10)$$

$$D_1 = (F_1 + C_1) / \sin\beta_1 \quad (11)$$

Ölçülen yük (P_{D1,D2,V1})

$$P_{D1} = 2.8 * D_1 \text{ [N]} \text{ (Tek alt çarmık)} \quad (12)$$

$$P_{D1} = 2.5 * D_1 \text{ [N]} \text{ (Çift alt çarmık)} \quad (13)$$

$$P_{D2} = 3 * D_2 \text{ [N]} \quad (14)$$

$$P_{V1} = 3 * V_1 \text{ [N]} \quad (15)$$

M-2 ve F-2 tipi donanımda;

Çarmık gerilmesi (D_{1,2,3}, V_{1,2})

$$D_3 = F_3 / \sin\beta_3 \quad (16)$$

$$V_2 = F_3 / (\cos\gamma_2 * \tan\beta_3) \quad (17)$$

$$C_2 = F_3 - V_2 * \sin\gamma_2 \quad (18)$$

$$D_2 = (F_2 + C_2) / \sin\beta_2 \quad (19)$$

$$V_1 = (F_2 + C_2) / (\cos\gamma_1 * \tan\beta_2) + V_2 * \cos\gamma_1 / \cos\gamma_2 \quad (20)$$

$$C_1 = F_2 + C_2 + V_2 * \sin\gamma_2 - V_1 * \sin\gamma_1 \quad (21)$$

$$D_1 = (F_1 + C_1) / \sin\beta_1 \quad (22)$$

Ölçülen yük (P_{D1,D2,D3,V1,V2})

$$P_{D1} = 2.8 * D_1 \text{ [N]} \text{ (Tek alt çarmık)} \quad (23)$$

$$P_{D1} = 2.5 * D_1 \text{ [N]} \text{ (Çift alt çarmık)} \quad (24)$$

$$P_{D2} = 2.3 * D_2 \text{ [N]} \quad (25)$$

$$P_{D3} = 3 * D_3 \text{ [N]} \quad (26)$$

$$P_{V1} = 3.2 * V_1 \text{ [N]} \quad (27)$$

$$P_{V2} = 3 * V_2 \text{ [N]} \quad (28)$$

2.1.2 İstralyalar

NBS yönteminde altı değişik donanım tipi vardır. Ekteki Şekil 9’da verilen ıstralya tiplerinden uygun olanı seçilir.

Ön yelken taşıyan ön ıstralyaların kopma dayanımı en az aşağıdaki kadar olmalıdır:

$$P_{\text{baş}} = 15 * RM / (1 + f_s) \text{ [N]} \quad (29)$$

İç baş ıstralyanın kopma dayanımı en az aşağıdaki kadar olmalıdır:

$$P_{\text{içbaş}} = 12 * RM / (1 + f_s) \text{ [N]} \quad (30)$$

Kıç ıstralyanın kopma dayanımı en az aşağıdaki kadar olmalıdır:

$$P_{\text{kıç}} = P_{\text{baş}} * \sin\beta / \sin\alpha \text{ [N]} \text{ Direk tepesi donanımı (tam donanım)} \quad (31)$$

$$P_{\text{kıç}} = 2.8 * RM / (1_a / \sin\beta) \text{ [N]} \text{ Kesirli donanım} \quad (32)$$

Yukarıdaki denklemlerden hesaplanan dayanımlar güvenlik faktörlerini de içerir ve bu dayanımlar tel halatlar için kullanılabilir. Liftin uskuru ve landa demiri hesaplarında ölçülen yüklerin %25 artırılması uygun olur.

2.1.3 Direk

Direk için gerekli enine atalet momenti aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$I_x = k_1 * m * PT * I(n)^2 \text{ [mm}^4\text{]} \quad (33)$$

$$PT = 1.5 * RM / b \text{ [N]}$$

Direk birden fazla panelden oluşuyorsa aşağıdaki düzeltmeler yapılır;

• Panel 2 için I_x hesaplanacaksa, PT değeri $D_1 * \cos\beta_1$ çarpanı kadar azaltılır.

• Panel 3 için I_x hesaplanacaksa, PT değeri $D_1 * \cos\beta_1 + D_2 * \cos\beta_2$ çarpanı kadar azaltılır.

m değeri alüminyum için 1, ağaç için 7.25 alınır, I(n) değerleri panel uzunluğunu ifade eder.

Tablo 2 – k₁ değerleri [1]

Arma Tipi	Panel 1	Panel 2&3
F-0	2.4*k ₃	-
F-0 kısa gürçatalı	1.6*k ₃	-
M-1	2.5*k ₃	3.50
F-1	2.4*k ₃	3.35
M-2	2.7*k ₃	3.80
F-2	2.6*k ₃	3.80

Direğin boyuna atalet momenti aşağıdaki kadar olmalıdır:

$$I_y = k_2 * k_3 * m * PT * h^2 \text{ [mm}^4\text{]} \quad (34)$$

Tablo 3 – k_2 değerleri [1]

İstralya Çeşitleri	k_2				
	F-0	M-1	F-1	M-2	F-2
çift alt çarmık	-	0.85	0.80	0.90	0.85
tek alt çarmık ve iç ıstralya	-	0.80	0.75	0.85	0.80
hareketli ve iç ıstralya	-	-	0.85	-	0.80
hareketli ve kontrol ıstralyası	-	1.00	0.95	0.95	0.90
tek alt çarmık ve açılı gurcatalar	-	-	1.00	-	0.95
kısa gurcatalı basit donanım	1.05	-	-	-	-
gurcatasız basit donanım	2.00	-	-	-	-

k_3 güverte bitişli direk için 1.35, omurga bitişli direk için 1 alınır. m değeri alüminyum için 1, ağaç için 7.25 alınır. h değeri ekteki Şekil 11'de verilmiştir.

$$PT = 1.5 * RM / b$$

2.1.4 Bumba

Kazboynu için dikey ve yatay kuvvetler aşağıdaki ifadelerden bulunur.

$$F_v = 0.5 * RM * E / (HA * d_1) \text{ [N]} \quad (35)$$

$$F_h = 0.5 * RM * E / (HA * d_2) \text{ [N]} \quad (36)$$

Bumba için gerekli dikey kesit modülü:

$$SM = 600 * RM * (E - d_1) / (\sigma_{0.2} * HA) \quad (37)$$

Yatay kesit modülü en azından dikey kesit modülünün %50 si kadar olmalıdır.

Bumba için gerekli tüm boyutlar ekteki Şekil 12'de verilmiştir.

2.1.5 Gurcatalar

Gurcatanın $s(n)$ uzunluğu için gerekli atalet momenti aşağıdaki ifadeden hesaplanır.

$$I = 0.8 * C(n) * S(n)^2 / (E * \cos \delta) \text{ [mm}^4\text{]} \quad (38)$$

Gurcatanın kesit modülü en az aşağıda verilen ifadedeki değer kadar olmalıdır:

$$SM = k * S(n) * V(n) * \cos \delta \text{ [mm}^3\text{]} \quad (39)$$

Gurcata donanımı aşağıdaki momenti karşılayacak şekilde olmalıdır.

$$M_s = 0.16 * S(n) * V(n) * \cos \delta \text{ [Nmm]} \quad (40)$$

Gurcata için gerekli tüm boyutlar boyutlar ekteki Şekil 13'de verilmiştir.

2.2 Bureau Veritas Yöntemi [2]

Bu yöntem ile ilgili açıklamalar Bureau Veritas'ın 1993 yılında yayınladığı "Rules for the Classification - Certification of Yachts" kural kitabından alınmıştır.

2.2.1 Boyutlar

Doğrultma momentinin (RM) verilmediği durumlarda Bureau Veritas'ın önerdiği şu formüller kullanılabilir.

$$RM = 1.5 * RM_{30} * \frac{\Delta}{\Delta_0} + M \quad (41)$$

Burada $RM_{30} = 30 * RM_1$ olarak verilir.

$$RM_{30} = \frac{4.5 * \Delta * E_{WL}^3 * L_{WL}}{100 * W_0} + \frac{5.5 * W_0^2 * T_K}{\Delta}$$

$$M = 735 * b * (n + 0.5)$$

n : güvertede bulunmasına izin verilen kişi sayısı 2 ya da daha fazla alınacaktır.

2.2.2 Arma Boyutlandırma

Arma boyutlandırma bölümünde öncelikle hesaplanacak arma tipi seçilmelidir. Bu arma tipleri ekteki Şekil 16, 17, 18, 19 ve 20'de verilmiştir.

2.2.2.1 Çarmıklar

Çarmıkların kopma mukavemeti en azından aşağıdaki kadar olmalıdır:

$$R = k * f_1 * RM \quad (42)$$

f_1 değerleri çift alt gurcata için 0.85, diğer durumlar için 1 alınır.

Tablo 4 – k değerleri [2]

Çarmık	1	2	3	4
Tip				
I	$\frac{2.5}{(P_1 + d) \sin \alpha_1}$	-	-	-
I-1	$\frac{1.35}{a * \sin \alpha_1}$	$\frac{2}{(P + d) \sin \alpha_2}$	-	-
I-2	$\frac{1.35}{a * \sin \alpha_1}$	$\frac{2}{(P + d - P_0) \sin \alpha_2}$	-	-
II-1	$\frac{1.6}{a * \sin \alpha_1}$	$\frac{2.5}{(P + d) \sin \alpha_2}$	$\frac{2}{(P + d) \sin \alpha_3}$	2+3
II-2	$\frac{1.6}{a * \sin \alpha_1}$	$\frac{2.5}{(P + d - P_0) \sin \alpha_2}$	$\frac{2.5}{(P + d - P_0) \sin \alpha_3}$	2+3

2.2.2.2 İstralyalar

Baş ıstralya için kopma mukavemeti en az aşağıdaki kadar olmalıdır:

$$R = 1200 * S \quad (43)$$

S :Baş ıstralyanın taşıdığı yelken alanı(m²)

Baş ıstralya için hesaplanan kopma mukavemeti denklem 43'de hesaplanan değerden küçük olamaz.

K₂ : İstalyanın kopma mukavemeti, en az baş ıstalya için gereken kopma mukavemetinin katı kadar olmalıdır.

Çatı için ıstalya kullanılması durumunda, her küçük ıstalya için gereken en az kopma mukavemeti, tek ıstalya kullanılması durumunda gereken kopma mukavemetinin %60'ından az olmalıdır.

2.2.2.3 Direk

Direk için gereken atalet momentleri en az aşağıdaki kadar olmalıdır:

$$I_s = Q \cdot F^2 \cdot K_2 \cdot 10^{-4} \text{ (cm}^4\text{)} \quad (44)$$

$$I_L = Q \cdot L^2 \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot 10^{-4} \text{ (cm}^4\text{)} \quad (45)$$

$$Q = \frac{RM \cdot (P+c)}{b \cdot (P+d)} + \frac{1}{3} \cdot \frac{R \cdot \sin(\gamma+\beta)}{\sin \gamma} \quad (46)$$

K₂ : Güverte bitişli direk için 1.3, omurga bitişli direk için 1 alınır.

F: Panel uzunluğu

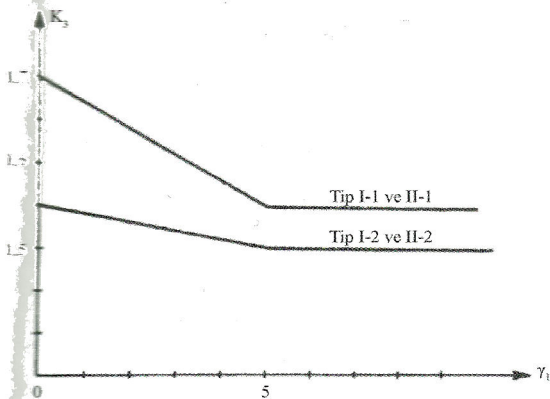
L: Baş ıstalyadan direğin bitişine kadar olan uzaklık.

R: Denklem 43'ten elde edilen değer

K₃: Şekil 1'deki tablodan elde edilir.

Tablo 5 - K₂ değerleri [3]

Arma Tipi	Alt Panel	Diğer Paneller
I	1.7*K ₁	-
I-1	1.4*K ₁	1.8
I-2	1.4*K ₁	1.8
II-1	1.65*K ₁	1.8
II-2	1.65*K ₁	1.8



Şekil 1 - K₃ değerleri [2]

P, c, b, d değerleri ekteki Şekil 14 ve 15'de verilmiştir.

2.2.2.4 Bumba

Bumba için gerekli kesit modülü en az aşağıdaki kadar olmalıdır:

$$Z_y = \frac{49 \cdot F_b \cdot E_b \cdot P}{\sigma_y} \quad (47)$$

σ_y: Malzemenin akma gerilmesi, N/mm²

Bumbanın enine kesit modülü Z_x > 0.4*Z_y koşulunu sağlamalıdır.

2.2.2.5 Gurcata

Gurcataların orta kesit atalet momentleri en az aşağıdaki kadar olmalıdır:

$$I_s = 2.3 \cdot s^2 \cdot K_4 \cdot \sin \alpha \cdot 10^{-4} \text{ (cm}^4\text{)} \quad (48)$$

Gurcataların kesit alanı en az aşağıdaki kadar olmalıdır:

$$A_s = 1.6 \cdot s \cdot \sin \alpha \text{ (mm}^2\text{)} \quad (49)$$

K₄: Gurcata direğe ankastre olarak bağlanmışsa 0.75, basit mesnet olarak bağlanmışsa 1 alınır.

s: Gurcata boyu [m]

R: Denklem 43'ten bulunan değer

2.3 Skene Yöntemi [3, 4]

Skene yöntemi, arma donanımı hesaplarındaki kullanımı en basit yöntemdir. Bu yöntemde direk için gerekli atalet momentleri hesaplanır ve eğrilerden direk kesidi seçilir. Direk bir kiriş gibi kabul edilip çarmık yükleri bulunabilir. Skene yönteminde uzunluklar feet cinsinden ağırlıklar pound cinsinden verilmektedir. Atalet momentleri ise inç⁴ olarak bulunur. Eğriler de bu boyutlara göre verilmiştir. Bu yüzden formüller verildikten sonra 1cm⁴ = 0.024*inç⁴ dönüşümü yapılmalıdır.

2.3.1 Direk

Direk için enine atalet momentleri aşağıdaki ifadede bulunur.

$$I_{TT} = C_T \cdot L_T^2 \cdot P \cdot 1.422 \cdot 10^{-7} \text{ (cm}^4\text{)} \quad (50)$$

Direk için boyuna atalet momentleri aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$I_{LL} = C_L \cdot L_L^2 \cdot P \cdot 1.422 \cdot 10^{-7} \text{ (cm}^4\text{)} \quad (51)$$

$$PT = 1.5 \cdot (kg)$$

$$P = 1.85 \cdot PT \text{ (kg)}$$

Tablo 6 - C_T ve C_L katsayıları [3]

Paneller	Direk Çıkışı	Malzeme	C _T		C _L		7/8 Ön Yelken
			Tek Gurcata	Çift Gurcata	Tam Arma		
					Kısa	Uzun	
Alt Kısımlar	Salma	Ladin	93.3	111.6	53.7	57.8	51.5
		Alüminyum	12.9	15.1	7.6	8	7.2
	Güverte	Ladin	117.8	140.3	58.2	68	64.7
		Alüminyum	16.2	19.4	8.3	9.4	8.9
Üst Kısımlar		Ladin	150.2	167.9	-	-	-
		Alüminyum	20.9	23.3	-	-	-

L_T: Panel uzunluğu [cm]

L_L: Baş ıstalyadan direğin bitişine kadar olan uzaklık [cm]

b: çarmıkların güverteye bağlandığı yerden direğe dik uzaklık [cm]

Enine ve boyuna atalet değerleri kullanılarak ekteki Şekil 22, 23, 24 ve 25'te verilen direk eğrileri kullanılır ve buna göre direk kesitleri seçilir.

2.3.2 Çarmıklar

Skene yönteminde çarmık boyutlandırması çarmıklar bir-

er kiriş gibi ele alınarak yapılır. Ana yelken alanı, direk uzunluğuna bölünerek direk üzerine gelecek yayılı yük bulunur. Şekil 2'de verildiği gibi P yayılı yükü her bir panele uzunluğu oranında paylaşılır ve paylaştırılan yayılı yükler F_1 , F_2 ve F_3 tekil yüklerine dönüştürülür. Herbir panel üzerine etkiyen bu tekil yükler, panellerin başlangıç ve bitiş noktalarına eşit olarak dağıtılır. A noktasına $F_1/2$ yükü etki ederken, B noktasına $F_1/2 + F_2/2$ yükü etki eder. C noktasına $F_2/2 + F_3/2$ yükü etki ederken, D noktasına sadece $F_3/2$ yükü etki eder. Eğer ön yelken varsa ön yelken alanı l_3 panel uzunluğuna bölünerek l_3 paneline etkiyecek yayılı yük bulunur. Bu yayılı yük J tekil yüküne dönüştürülür. J tekil yükü de A noktasına $J*a_1/(a_1+a_2)$ olarak, B noktasına ise $J*a_2/(a_1+a_2)$ olarak etki eder. Sonuç olarak :

$$A \text{ noktasına etkiyen kuvvet } T_1 = F_1/2 + J*a_1/(a_1+a_2) \quad (52)$$

$$B \text{ noktasına etkiyen kuvvet } T_2 = F_1/2 + F_2/2 + J*a_2/(a_1+a_2) + T_1 \quad (53)$$

$$C \text{ noktasına etkiyen kuvvet } T_3 = F_2/2 + F_3/2 + T_2 \quad (54)$$

$$D \text{ noktasına etkiyen kuvvet } T_4 = F_3/2 + T_3 \quad (55)$$

olarak bulunur.

Bu kuvvetler bulunduktan sonra çarmıklara gelen yükler bulunmalıdır. Üst çarmık, orta çarmık ve alt çarmığa gelen yükler uzunluklarına ve alttan bağlı oldukları gurcataların uzunluklarına bağlıdır. Çarmığa gelen yük aşağıdaki formülle bulunur:

$$\text{Çarmık gerilmesi} = \frac{\text{Yük} \times \text{Çarmık Uzunluğu}}{\text{Gurcata uzunluğu}} \quad (56)$$

Örnek olması için Şekil 2'deki üst çarmık (d_1 uzunluklu) ele alınırsa:

$$\text{Gerilme} = \frac{T_1 \times d_1}{B \text{ noktasındaki gurcata uzunluğu}} \quad (57)$$

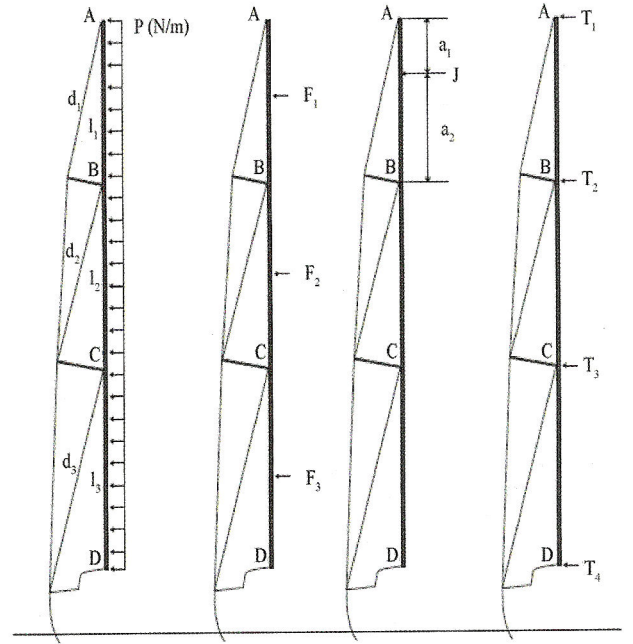
Buradan bulunan değer güvenlik faktörü olan 4.4 ile çarpılır. Orta çarmık (d_2 uzunluklu) ele alınırsa:

$$\text{Gerilme} = \frac{T_2 \times d_2}{C' \text{deki gurcata uzunluğu}} \quad (58)$$

Buradan bulunan değer güvenlik faktörü olan 4 ile çarpılır. Alt çarmık (d_3 uzunluklu) ele alınırsa:

$$\text{Gerilme} = \frac{T_3 \times d_3}{D' \text{deki genişlik}} \quad (59)$$

Buradan bulunan değer güvenlik faktörü olan 4 ile çarpılır. Böylelikle çarmık yükleri belirlenmiş olur. Gerekli tablolar-dan çarmık telleri seçildikten sonra gurcata hesabına geçilir.



Şekil 2 - Çarmık hesabı için gereken boyutlar ve kuvvetler

2.3.3 Gurcatalar

Bu bölümdeki hesaplar ladin gurcatalar için geçerlidir. Çarmık kuvvetleri bulunduktan sonra her bir çarmığın altındaki gurcata için kesit seçilir. B noktasındaki gurcatayı ele alırsak, d_1 uzunluğundaki çarmığın etkisinde kaldığı görülür. Buna göre d_1 uzunluğundaki çarmığa etkiyen gerilme değeri uzunluk oranı nispetinde gurcataya da etkiyecektir. Buna göre B gurcatasına gelecek yük:

$$\text{Yük} = \frac{d_1' \text{deki yük} \times \text{direğe dik uzaklık}}{d_1 \text{ çarmığının uzunluğu}} \quad (60)$$

olur. Buradan belirlenen yük pound cinsinden ve gurcataların uzunluğu inç cinsinden alınırsa ekteki Şekil 21'de gurcatalar için verilen eğri kullanılarak kesit seçilir.

2.3.4 İstralyalar

İstralyalar için ayrıntılı bir hesap Skene yönteminde ele alınmamıştır. En büyük çarmıktan daha büyük olması gerektiğinden başka bir hesap yoktur.2

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada üç yöntem göz önüne alınmıştır. Bu yöntemler NBS, Bureau Veritas ve Skene yöntemleri olup bunlar ile ilgili hesaplar bir özet halinde verilmiştir.

Yat üretimi ve dizaynı yapan kuruluşlarla yapılan görüşmelerde ve edinilen bilgiler ışığında yelkenli yatların donanım hesaplarının genellikle yelkenli tekne üreticisi tarafından değil, direk ve bumba gibi elemanların üreticileri tarafından yapılmakta olduğudur. Tekne üreticileri ise yapılan hesapları kontrol için bilinen birkaç yöntemi kullanmaktadırlar. Bu yöntem de genellikle teknenin klaslanmasında kolaylık olması ve hesapların belli bir sıra takip ederek yapılmasından dolayı Bureau Veritas yöntemi olmaktadır. Ancak diğer yöntemler de klas kuruluşları tarafından kabul edilmektedir.

Bu çalışmada üç yönteme de yer verilmesinin temel amacı bir tekne için hesap yapılırken bulunan değerlerin karşılaştırılabilmesidir. Ancak şunu belirtmekte yarar vardır ki Skene yöntemi pratik bir yöntemdir ve bu yöntemde guncata eğrileri sadece ladin guncatalar için verildiğinden farklı malzemeler (örneğin alüminyum gibi) seçilmesi durumunda yöntem yetersiz kalmaktadır. Ancak bu yöntemin farklı guncata malzemeleri için kullanılması gerekirse o zaman ladin için bulunan guncata kesitinin kesit modülünü karşılayacak başka malzemenin kesiti seçilebilir. Ayrıca unutulmamalıdır ki bu hesaplar ampirik formüllere dayanmaktadır bu yüzden donanımlar bulunan değerlerden daha mukavemetli seçilmektedir.

Örnek bir yelkenli tekne için Bureau Veritas ve NBS yöntemlerine göre yapılan donanım hesaplarında direk, bumba ve guncata değerleri iki yöntemde de oldukça benzerdir. Çarmık ve ıstralya değerlerinde farklar bulunmaktadır. Özellikle ıstralya hesabında NBS yöntemiyle bulunan değer ile BV yöntemiyle bulunan değer arasında farklar bulunmaktadır. ıstralya hesabında NBS yönteminin tercih edilmesi uygun olur.

Kaynaklar

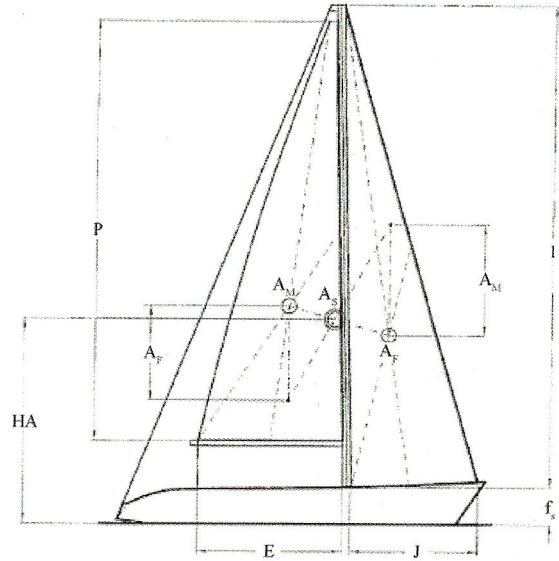
- [1] Larsson, L., Eliasson, R.E., 2000. *Principles of Yacht Design*, 2. Ed., Adlard Coles Nautical, London.
- [2] Bureau Veritas, 1993, *Rules for the Classification - Certification of Yachts*, Section 5-5.
- [3] Claughton, Wellicome, Sheno., 1998, *Sailing Yacht Design : Theory*, Addison Wesley Longman Limited, Essex, England.
- [4] Kinney, F.S, 1977. *Skene's Elements of Yacht Design*, A&C Black, London.

Özgeçmiş

Abdi KÜKNER, 1975 yılında İ.T.Ü. Gemi İnşaatı Fakültesi'nden lisans derecesi alan Prof.Dr.Abdi Kükner, yüksek lisans derecesini 1977 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nden, ikinci yüksek lisans derecesini California Üniversitesi'nden (1980) ve Doktora derecesini ise Stevens Teknoloji Enstitüsü'nden almıştır (1984). İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi'nde 1988 yılında Doçent, 1998 yılından bu yana profesör olarak öğretim üyeliği yapmaktadır. Lisans ve lisansüstü öğretimde verdiği dersler arasında gemi hidrodinamiği, yelkenli tekneler, dalga mekaniği, deniz yapılarının dinamiği, hesaplamalı akışkanlar mekaniği, küçük teknelerin yapım malzemeleri ve üretim teknikleri yer almaktadır.

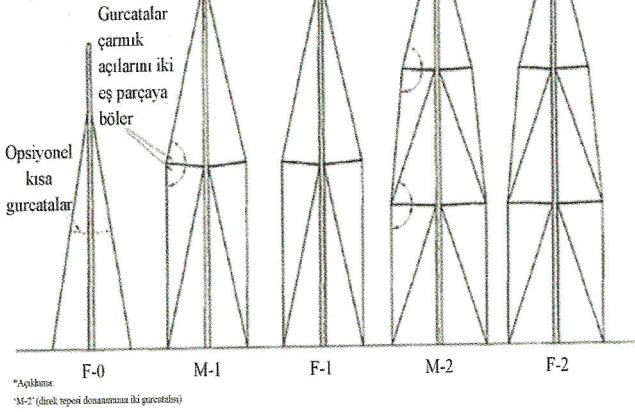
Emrah SÜRÜCÜ, 1987 yılında İzmir'de doğdu. Orta öğrenimini İzmir Atatürk Anadolu Lisesi'nde 2005 yılında tamamladı. 2006 yılında başladığı İTÜ Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği öğrenimini 2011 yılında birincilikle tamamladı. Bitirme çalışmasını yelkenli yatların donanım hesabı üzerine yapan Sürücü, yelkenli donanımları ile ilgili çalışmalarını sürdürmektedir.

EK



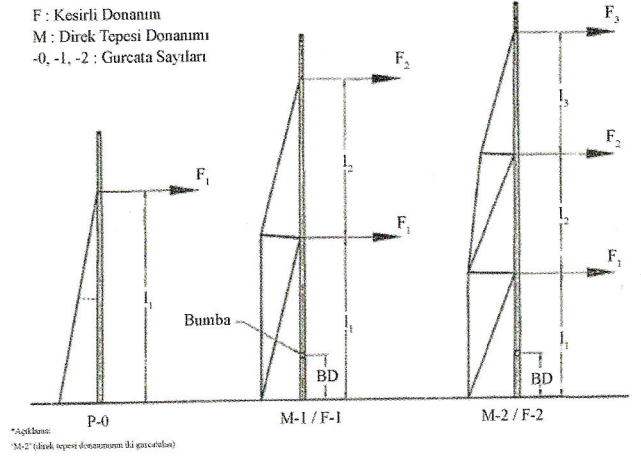
Şekil 3 – Bir yelkenlinin donanım boyutları [1]

F : Kesirli Donanım
M : Direk Tepesi Donanımı
-0, -1, -2 : Gurcata Sayıları

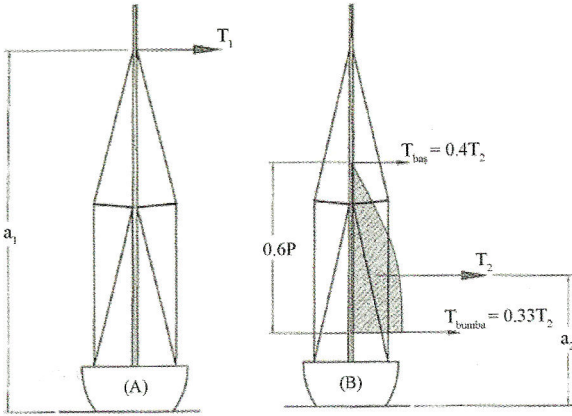


Şekil 4 – Donanım Tipleri [1]

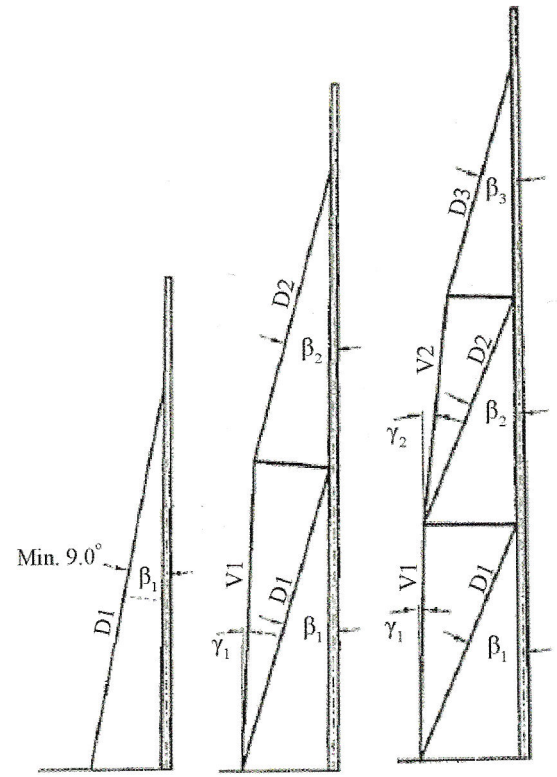
F : Kesirli Donanım
M : Direk Tepesi Donanımı
-0, -1, -2 : Gurcata Sayıları



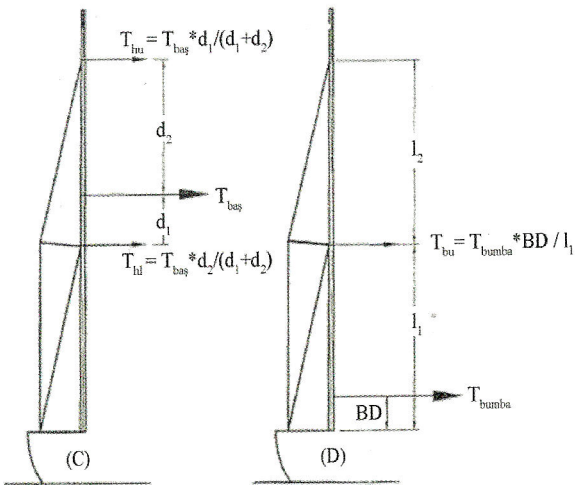
Şekil 7 - Kuvvetlerin son halleri [1]



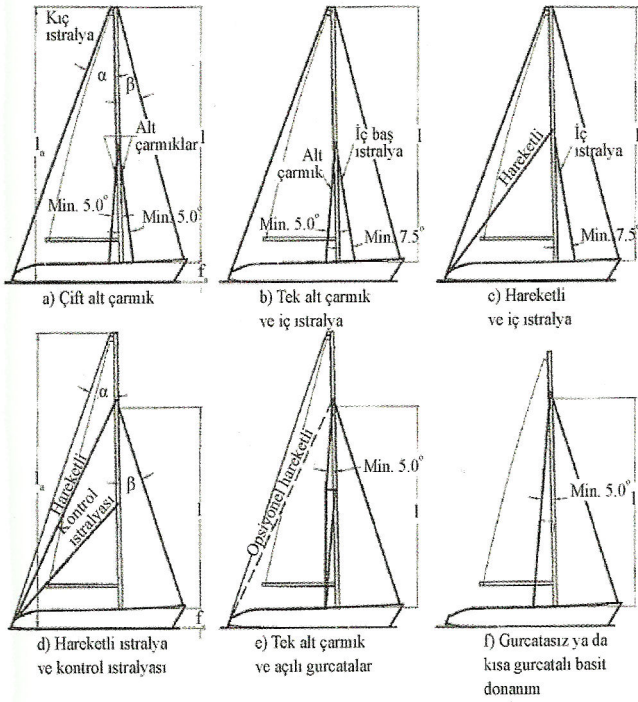
Şekil 5 - Birinci (A) ve ikinci (B) yükleme durumları [1]



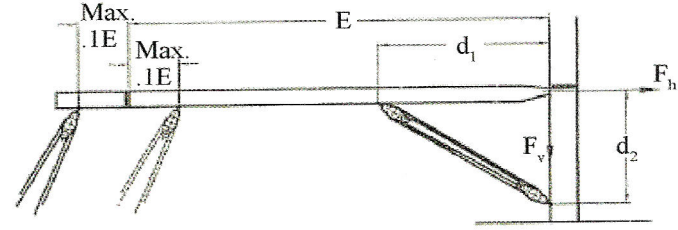
Şekil 8 - Çarmık yükleri için boyutlar [1]



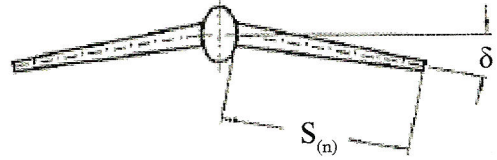
Şekil 6 - İkinci yükleme durumunda kuvvetlerin dağılımı [1]



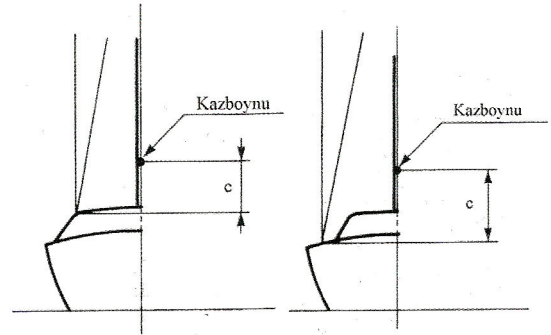
Şekil 9 - Istralıya yerleşim tipleri [1]



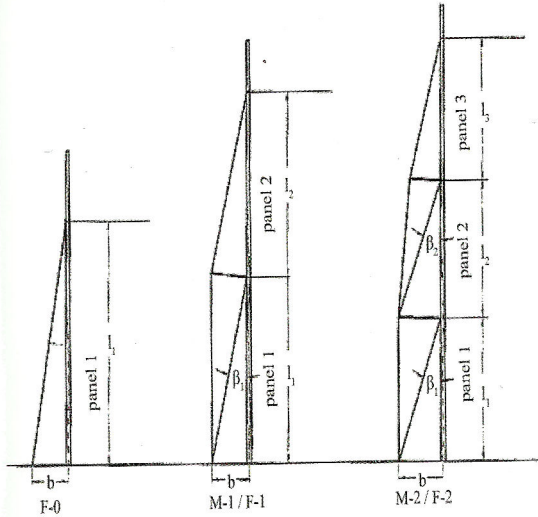
Şekil 12 - Bumba boyutları [1]



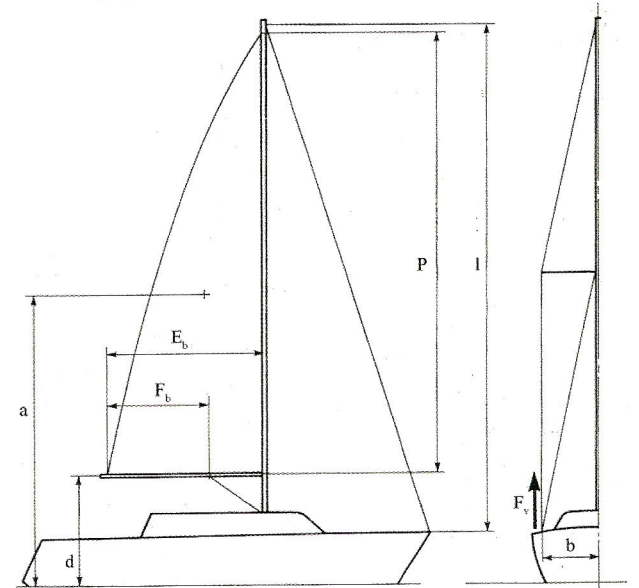
Şekil 13 - Gurcata boyutları [1]



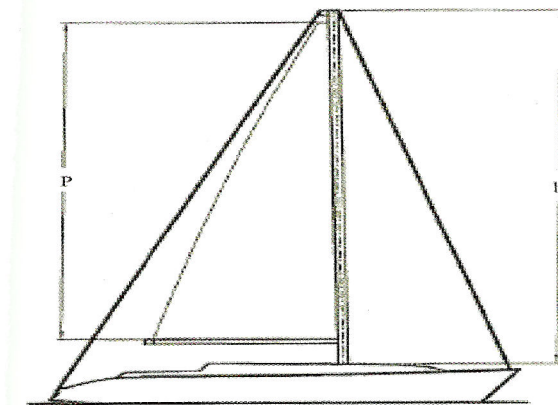
Şekil 14 - Kazboynu ile çarmıkların bağlandığı yer arası uzaklık [2]



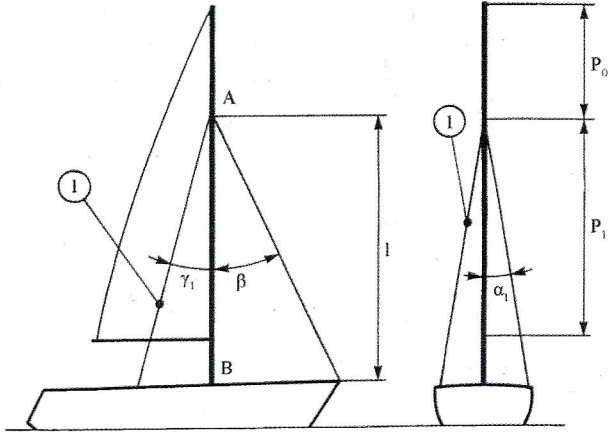
Şekil 10 - Direğin enine atalet momentini bulmak için gerekli boyutlar [1]



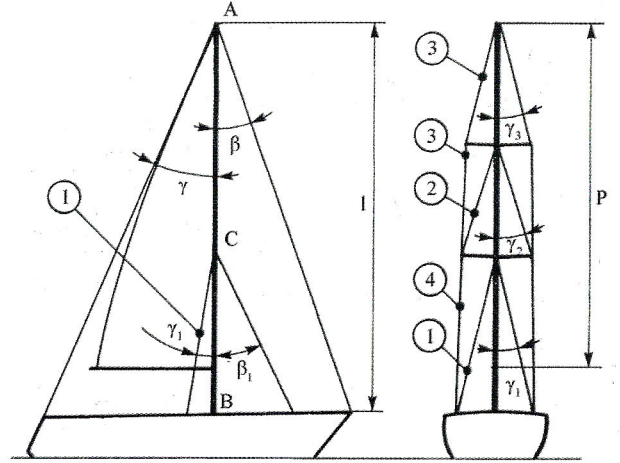
Şekil 15 - Hesaplar için gerekli boyutlar



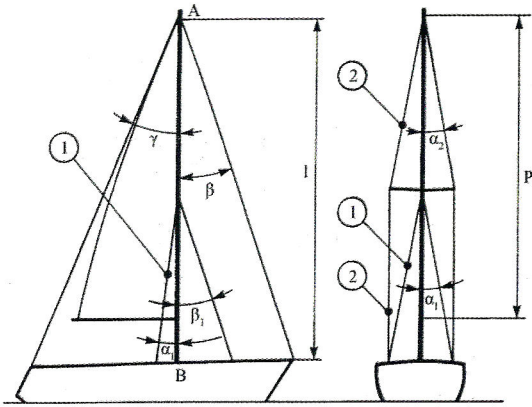
Şekil 11 - Boyuna direk boyutları [1]



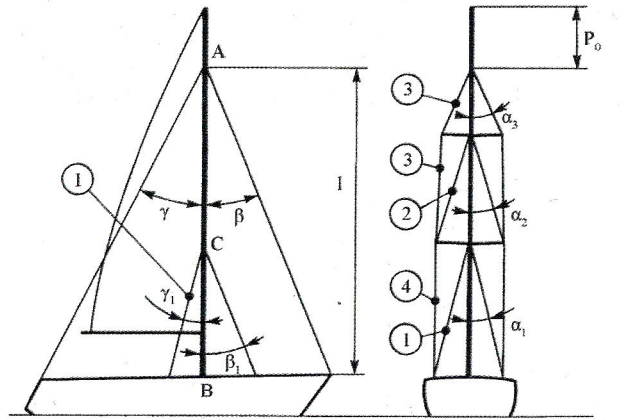
Şekil 16 - Tip I, basit destekli direk [2]



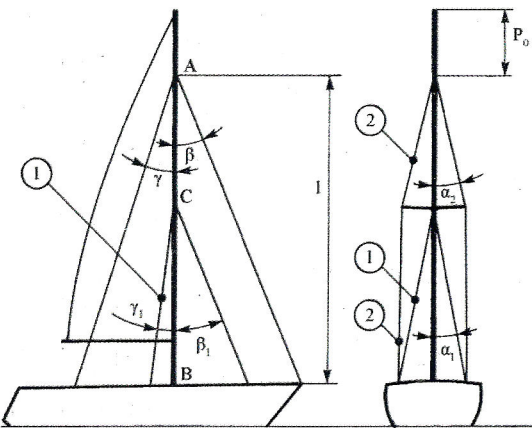
Şekil 19 - Tip II-1, çift gurcatalı, direk tepesi [2]



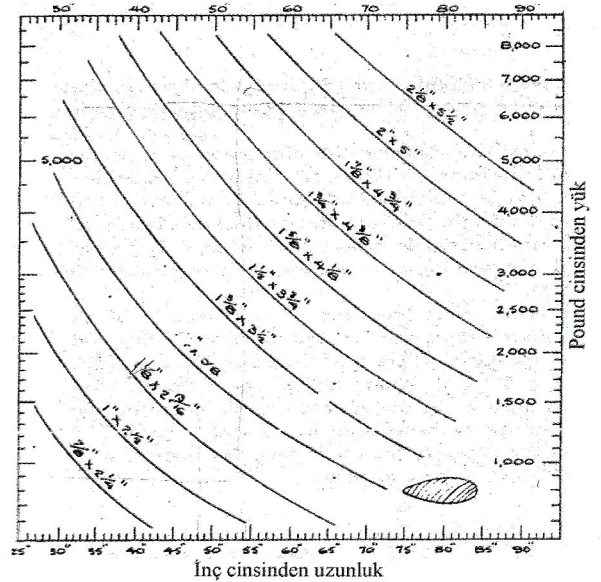
Şekil 17 - Tip I-1, tek gurcata, direk tepesi [2]



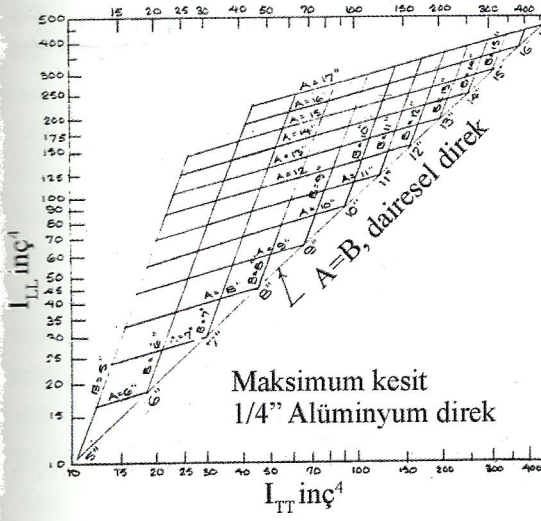
Şekil 20 - Tip II-2, çift gurcata, 7/8 veya 5/6 kesirli [2]



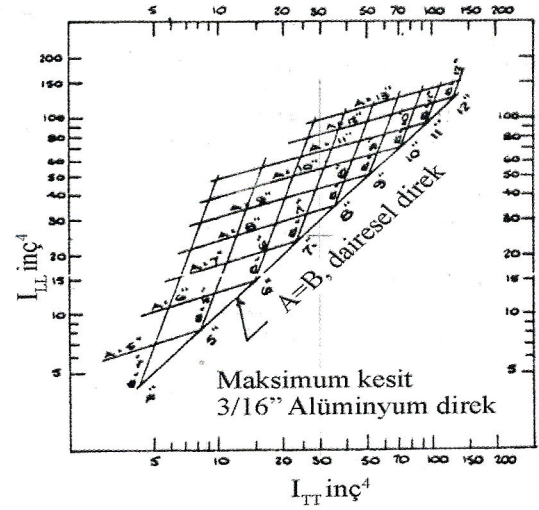
Şekil 18 - Tip I-2, tek gurcatalı, 7/8 ya da 5/6 kesirli [2]



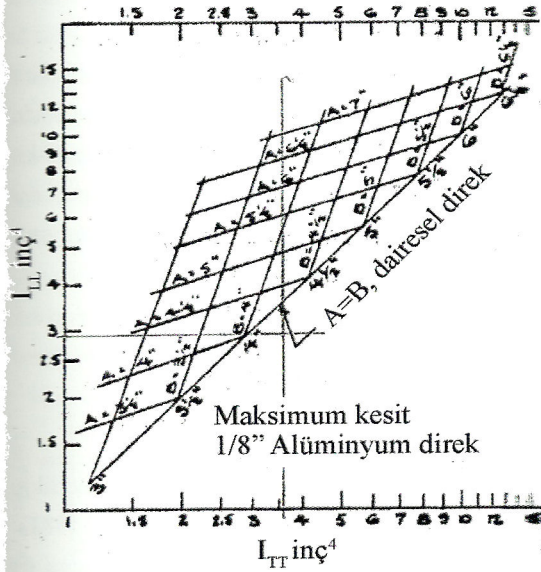
Şekil 21- Ladin gurcata eğrileri [4]



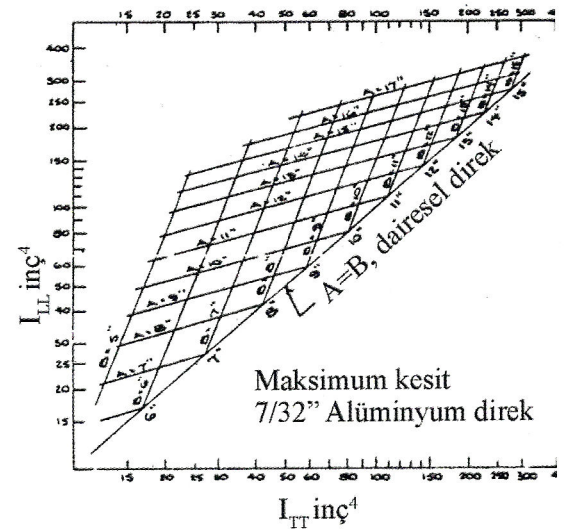
Şekil 22 – Alüminyum direk kesit eğrisi [4]



Şekil 24 - Alüminyum direk kesit eğrisi [4]



Şekil 23 - Alüminyum direk kesit eğrisi [4]



Şekil 25- Alüminyum direk kesit eğrisi [4]