

Bodrum Guletlerinin Temel Konstrüksiyon Elemanları

Alparslan TEKOĞLU (*)

GİRİŞ

Ülkemizde yat turizminin son yıllardaki büyük gelişmesine paralel olarak, yat inşaa sektörü de giderek önem kazanan bir sanayi dalı olmuştur.

Yat inşaa sayısındaki hızlı artışa karşın, inşaa tekniği ve tekne formunun asırlardır süregelen özelliklerden ayrılmaması, gelişen teknolojiyi çok yavaş adımlarla ve çok kenarından izlemesi düşündürücü bir noktadır.

İnşaa tekniği ve form açısından ortaya çıkan bu gelişmemişlik bir takım nedenlere bağlıdır. Tekne yapan ve alanların muhafazakar olmaları, Türkiye'de tekne sahibi olabilecek nitelikteki kişilerin çokluk denizciliği bilmemesi, böylece denizdeki hareketi sırasında, teknesinin bünyesel aksaklıklarını saptayamaması, mühendise yeterli değer ve önemin verilmesi, mühendislerin bu konudaki müca-delelerini yeni yeni ortaya koyuyor olmaları hemen sayılabilecek sebeplerden bir kaçıdır.

Bodrum tipi teknelerin inşaatına mühendisçe yaklaşabilmek ve konstrüksiyon elemanlarının boyutlandırılmalarına ilişkin Lloyd kurallarını tanıtmak amacıyla 1986 yılında yapılmış olan çalışmanın özü sunulmuştur.

MÜHENDİSLİK MALZEMESİ OLARAK AĞAÇ

Ahşabın tekne inşaat malzemesi olarak kullanılması bazı avantajlarının ol-

masından kaynaklanmaktadır. Bu avantajlar, diğer malzemelere oranla inşaatının daha kolay ve ucuz olması, basit makina ve el aletleriyle kolaylıkla kesilip şekillendirilebilir olması, inşaatı çalışacak ustaların komplike bilgilere ihtiyaç duymaması, ayrıca ahşabın doğal görünümü sebebiyle diğer malzemelere oranla daha sıcak ve estetik olmasıdır.

Mühendislik açısından ağacın en önemli yararları, fiziksel bazı karakteristiklerinden kaynaklanmaktadır. Bu karakteristikler ağacın katılığı ve hafifliğidir.

Tekne inşaatında ahşap kullanımının yararlarının yanısıra azımsanmayacak dezavantajları da vardır. Ahşap dış etkenler ve kurtlanma etkisiyle çürüyebilen bir malzemedir. Nem ve sıcaklık değişimleriyle çekip şişerek çeşitli deformasyonlara uğrar. Nem absorbesinden sonra mukavemet ve sertliğinin bir kısmını kaybeder.

Tekne İnşaatında Yapısal Problemler : Teknelerin suyun basınç kuvvetine, denize indirilirken, yedek çekerken ya da denizdeki bir cisme çarptıklarında doğacak fazla yük binmelerine dayanabilmeleri için mukavim, katı (katılık, yüksek gerilmelere çok büyük deformasyon vermeden dayanabilme özelliğidir.) ve hafif mühendislik malzemelerinden yapılması gerekmektedir.

(*) Gemi İnşaatı Y. Müh., İzmir.

Tekne ne kadar hafif ve katı olursa, dayanıklılık ve performans o kadar fazla olacaktır. Ağırlığın azaltılması aynı makina gücüyle daha yüksek tekne sürati sağlayacaktır. Genel olarak «teknenin mukavemeti ve katılığı, kaplama kalınlığının arttırılmasıyla sağlanabilir» düşüncesi doğruysa da bu durumda hacimsel kayıpların ve ağırlığın artacağı unutulmamalıdır.

Bu konuda en önemli nokta maksimum kalınlığın en az ağırlıkla nasıl sağlanacağıdır. Bu da ağacın kullanılmasıyla sağlanabilmektedir.

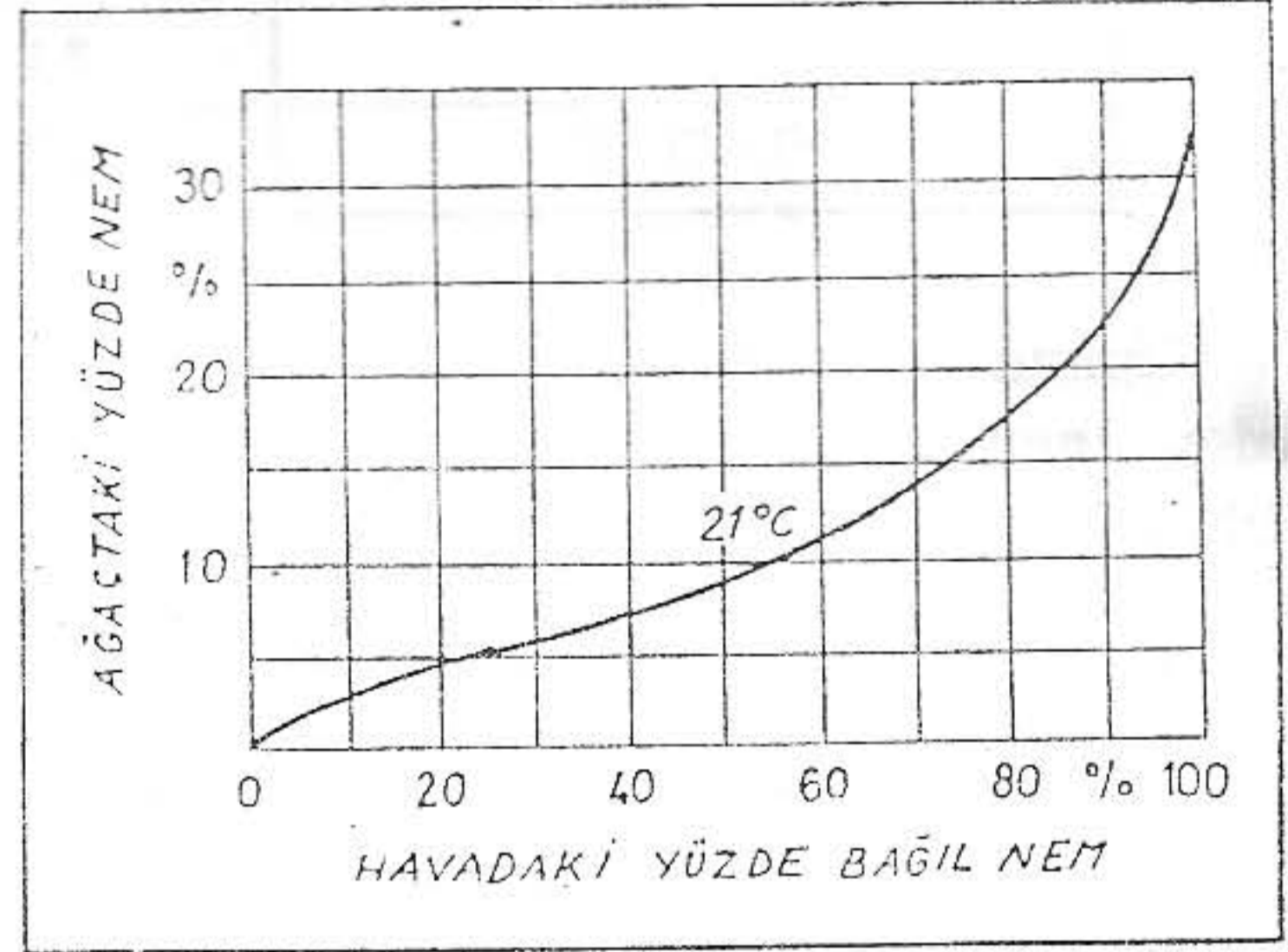
Ahşap diğer malzemeler yanında daha çeşitli türlere sahip olduğundan, mekanik özellikleri daha geniş bir alana yayılmıştır. Kullanım alanındaki bu esneklik dizaynere ahşabın kullanılmasında çeşitli

MALZEME	KÖKNAR	ÇELİK	ALÜMİNYUM	FİBERGLAS
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	0.52	7.8	2.7	1.9
Basma Gerilmesi (kg/cm ²)	528	7917	2744	1900
Çekme Gerilmesi (kg/cm ²)	718	10767	3723	2623
Elastisite Modülü (kg/cm ²)	0.14×10 ⁶	2.1×10 ⁶	0.7×10 ⁶	0.5×10 ⁶

avantajlar sağlar. Yukarıdaki tabloda ahşabın diğer malzemelerle mukavemet özelliklerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Yandaki diyagram 21°C de atmosferdeki nem oranına bağlı olarak ağaç içindeki nem miktarını göstermektedir.

Aşağıdaki tablo benzer yapıya sahip bir grup ağacın nem miktarındaki % 1 azalmasında, ortalama fiziksel özelliklerinin yüzde değişimini göstermektedir.



Statik Eğilme

Lifteki Normal Gerilme :	% 5
Kırmaya Mukavemet :	% 4
Elastisite Modülü :	% 2
Ağaç Bünyesindeki Şekil Değişimi :	% 8
Maks. Yüklemede Şekil Değişimi :	% 0.5

Darbe Eğilmesi

Lifteki Normal Gerilme :	% 3
Ağaç Bünyesindeki Şekil Değişimi :	% 4

Ağaç Damarlarına Paralel Basınç

Lifteki Normal Gerilme :	% 5
Ezilmeye Mukavemet :	% 6

Ağaç Damarlarına Dik Basıncı

Lifteki Normal Gerilme :	% 5.5
Yüzey Sertliği (damar sonunda) :	% 4
Yüzey Sertliği (damar ortasında) :	% 2.5
Damarlar Dik Normal Gerilme :	% 1.5
Damarlara Paralel Kesme Gerilmesi :	% 3

Ağacın katılık potansiyelini örneklemek için, tekne inşaatında kullanılan diğer mühendislik malzemeleri ile eğme deneyine tabi tutulup karşılaştırılmaları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

kilde su içerirler. Nem ağaçta iki şekilde tutulur. Hücre boşlukları arasındaki serbest su ve hücre duvarları arasında emilen hidroskopik nem.

MALZEME	ÇÖKME MİKTARI cm.		ÖZGÜL AĞIRLIK gr/cm ³	US \$ / kg
	200 gr. Ağırlık	500 gr. Ağırlık		
FİBEFGLAS - POLYESTER (% 50 Fiber Hacmi)	25.4	KIRILMA	1.52	4.12
ALÜMİNYUM	24.1	KIRILMA	2.70	2.75
GRAFİT - FİBER EPOKSİ (% 50 Fiber Hacmi)	4.3	10.2	1.54	44.05
DİŞBUDAK	4.3	10.2	0.64	1.03
ÇAM	2.1	4.6	0.38	1.39
SEDİR AĞACI	1.7	4.1	0.31	1.81

Eğilme deneyine tabi tutulan örneklerden her biri 25 gram ağırlığında, 610×13×t (mm) boyutlarındadır. Tabloda görüleceği gibi yalnızca «grafit fiber epoksi» ağaç türleriyle rekabet edebilmekte ancak fiyat açısından 30 katlık bir fark ortaya çıkmaktadır.

Büyüme Halkaları : Mevsim değişikliklerinin ekstrem olduğu kuzey bölgelerde ağacın büyümesi oluşan halkalardan bellidir. Ağaçlar birkaç ay yeni hücreler üretirken birkaç ay uyusuk kalırlar. Büyüme mevsimi baharda başlar, bu sırada hücre tabakaları incedir, büyük boşluklar vardır, renkler açıktır. Büyüme yavaşladığında hücre tabakaları kalınlaşır, boşluklar küçülür, renk koyulaşır. Bu zamanda kesilen ağaçların kütükleri daha ağır ve daha güçlüdür. Mukavemet artışı, ağırlık artışından daha fazladır.

Nemlilik ve Etkileri : Yaşayan tüm ağaçlar atmosfer basıncı ile dengeli se-

Kesilen ağaçta nem miktarı azalır ve öncelikle serbest su kaybolur. Çoğu türlerde serbest su kaybolduktan sonra ağaç bünyesinde % 25 oranında nem kaldığı gözlenmiştir. Kuruluk arttıkça mukavemet artar.

Ağaç Seçimi : Ağaç seçiminde en önemli unsur, ağacın kullanılacağı yerde gerekli fiziksel özellikleri sağlayacak bir tür olmasıdır.

Eğer gerekli fiziksel özellikleri sağlayan birden fazla tür varsa, bunlardan kolay temin edilebilir ve fiyatça daha uygun olanı seçilmelidir. Ayrıca kullanılacak ağaç kuru (nem oranı % 12 den az), budaksız, çatlaksız ve kurt vurmamış olmalıdır. Bunun yanında fiziksel vasıfları artırıcı kimyasal işleme tutulmuş malzeme tercih edilmelidir.

Aşağıdaki tablolarda çeşitli tür ağaçların fiziksel özellikleriyle, kullanılmaya elverişli oldukları elemanlar görülebilir.

AĞAÇ TÜRLERİ	Köknar	Sedir	Kara çam	Çıralı çam	Beyaz meşe	Meşe	Çam	Tik	
Dayanıklılık	C	B	C	C	B	B	D	A	
Emme kabiliyeti	c	c	c	b	d	d	c	d	
Yapı Elemanları	Omurga, bodoslama	—	—	—	II	II	—	I	
	Kıç	—	—	—	II	II	—	I	
	Sintine stringeri	III	—	II	—	—	III	I	
	Döşekler	—	—	—	—	II	—	I	
	Kesme postalar	—	—	II*	—	II	—	I	
	Kaplama	Su altında	III	—	II	I	II	III	I
		Su üstünde	III	—	III	II	—	III	I
	Güverte kaplaması	II	III	—	II	—	—	III	I
	Kemereler	II	—	II	II	II	II	III	I
	Braket	Düşey	—	—	II	—	II	—	—
		Yatay	—	—	II	—	I	—	—

Tabloda kullanılan semboller :

Dayanıklılık, A : Çok dayanıklı

B : Dayanıklı

C : Orta dayanıklı

D : Dayanıksız

Koruyucu maddeleri emme kabiliyeti,

b : Yüksek

c : Orta

d : Düşük

Kullanım için uygunluk,

I : Çok uygun

II : Orta derecede uygun

III : Nadiren uygun

* : Yalnızca ağacın tabakalı kullanımı için geçerlidir.

Kemereler :

$$\text{Genişlik} = 0,17 \cdot (\text{III}) \quad (\text{inch})$$

$$\text{Derinlik} = 0,28 \cdot (\text{IV}) \quad (\text{inch})$$

Ağız Kuşağı :

$$\text{Kalınlık} = \text{Güverte kaplama kalınlığı} \quad (\text{inch})$$

$$\text{Genişlik, (Eğrilikli güvertede)} = 0,38 \cdot (\text{II}) \quad (\text{inch})$$

$$\text{(Doğrusal güvertede)} = 0,42 \cdot (\text{II}) \quad (\text{inch})$$

Güverte Kaplaması :

$$\text{Kalınlık, (Çam)} = 0,105 \cdot (\text{II}) \quad (\text{inch})$$

$$\text{(Tik)} = 0,075 \cdot (\text{II}) \quad (\text{inch})$$

İç Kaplama :

$$\text{Kalınlık} = 0,025 \cdot (\text{II}) + 0,20 \quad (\text{inch})$$

Kamara Taban Döşemesi :

$$\text{Kalınlık} = 0,035 \cdot (\text{II}) + 0,20 \quad (\text{inch})$$

HERRESHOFF KURALLARI

$$L_{wl} = 14.30 \text{ m.} = 46.92 \text{ feet. (Su hattı boyu)}$$

$$L_{oA} = 18.30 \text{ m.} = 60.04 \text{ feet. (Tam boy)}$$

$$B = 5.25 \text{ m.} = 17.22 \text{ feet. (Maks. genişlik)}$$

$$d = 1.57 \text{ m.} = 5.15 \text{ feet. (Draft)}$$

$$d_h = 2.60 \text{ m.} = 8.53 \text{ feet. (Derinlik)}$$

$$D = 35.36 \text{ m.}^3 = 1248.70 \text{ feet.}^3 \text{ (Deplasman hacmi)}$$

Tabloların Kullanımı İçin Hesaplar :

$$L = \frac{I_{oA} \cdot 2L_{wl}}{8} = 51.29$$

$$L/d_h = 6.01$$

$$D \times B = 21502.61$$

$$\sqrt[3]{D} = 10.80$$

$$\sqrt[2]{D \times B} = 146.60$$

$$\sqrt[4]{D \times B} = 12.10$$

Tablolardan Elde Edilen Değerler :

$$\sqrt[3]{D} = 10.80 \quad (\text{I}) = 18.73, \quad (\text{III}) = 13.70$$

$$L/d_h = 6.01 \quad a = 1.24$$

$$a \times (\text{III}) = 16.99 \quad (\text{II}) = 16.99$$

$$\sqrt[4]{D \times B} = 12.10 \quad (\text{IV}) = 15.53$$

**Tablo Değerlerinden Yararlanarak
Boyutlandırma :**

- Posta aralığı : $s =$ (I) = 476 mm.
- Omurga : Genişlik = 0.55 × (II) = 237 mm.
Derinlik = 0.35 × (II) = 151 mm.
- Baş bodoslama : Genişlik = 0.50 × (III) = 174 mm.
Derinlik = 0.70 × (III) = 244 mm.
- Kıç ayna : Kaplama kalınlığı = 0.095 × (II) = 41 mm.
Takviye kalınlığı = 0.18 × (II) = 78 mm.

(I)	(III) ve (IV) inch	(I)	(III) ve (IV) inch	(I)	(III) ve (IV) inch	(I)	(III) ve (IV) inch
3.0	5.91 3.35 1.14	6.0	11.03 7.18 1.24	9.0	15.89 11.21 1.31	12.0	20.59 15.38 1.36
.1	6.09 3.47 1.15	.1	11.20 7.31 1.25	.1	16.05 11.35 1.31	.1	20.75 15.53 1.36
.2	6.27 3.59 1.15	.2	11.36 7.44 1.25	.2	16.21 11.49 1.31	.2	20.90 15.67 1.36
.3	6.44 3.72 1.15	.3	11.53 7.57 1.25	.3	16.37 11.62 1.31	.3	21.05 15.81 1.36
.4	6.62 3.84 1.16	.4	11.69 7.70 1.25	.4	16.53 11.76 1.32	.4	21.21 15.95 1.36
.5	6.79 3.97 1.16	.5	11.86 7.84 1.26	.5	16.69 11.90 1.32	.5	21.36 16.09 1.36
.6	6.97 4.09 1.17	.6	12.02 7.97 1.26	.6	16.85 12.04 1.32	.6	21.52 16.23 1.36
.7	7.14 4.22 1.17	.7	12.19 8.10 1.26	.7	17.00 12.17 1.32	.7	21.67 16.38 1.37
.8	7.31 4.34 1.18	.8	12.35 8.24 1.26	.8	17.16 12.31 1.32	.8	21.82 16.52 1.37
3.9	7.49 4.47 1.18	6.9	12.51 8.37 1.27	9.9	17.32 12.45 1.33	12.9	21.98 16.66 1.37
4.0	7.66 4.60 1.18	7.0	12.68 8.50 1.27	10.0	17.48 12.59 1.33	13.0	22.13 16.80 1.37
.1	7.83 4.72 1.19	.1	12.84 8.64 1.27	.1	17.63 12.73 1.33	.1	22.28 16.94 1.37
.2	8.00 4.85 1.19	.2	13.00 8.77 1.27	.2	17.79 12.87 1.33	.2	22.43 17.08 1.37
.3	8.17 4.97 1.19	.3	13.17 8.90 1.28	.3	17.95 13.01 1.33	.3	22.59 17.23 1.37
.4	8.35 5.10 1.20	.4	13.33 9.04 1.28	.4	18.10 13.14 1.33	.4	22.74 17.37 1.37
.5	8.52 5.23 1.20	.5	13.49 9.17 1.28	.5	18.26 13.28 1.33	.5	22.89 17.51 1.37
.6	8.69 5.36 1.20	.6	13.65 9.31 1.28	.6	18.42 13.42 1.34	.6	23.05 17.66 1.38
.7	8.86 5.49 1.21	.7	13.81 9.44 1.28	.7	18.57 13.56 1.34	.7	23.20 17.80 1.38
.8	9.03 5.61 1.21	.8	13.97 9.58 1.29	.8	18.73 13.70 1.34	.8	23.35 17.94 1.38
4.9	9.20 5.74 1.21	7.9	14.13 9.71 1.29	10.9	18.88 13.84 1.34	13.9	23.65 18.23 1.38
5.0	9.36 5.87 1.22	8.0	14.30 9.85 1.29	11.0	19.04 13.98 1.34	14.0	23.65 18.23 1.38
.1	9.53 6.00 1.22	.1	14.46 9.98 1.29	.1	19.20 14.12 1.34	.1	23.81 18.37 1.38
.2	9.70 6.13 1.22	.2	14.62 10.12 1.29	.2	19.35 14.26 1.34	.2	23.96 18.51 1.38
.3	9.87 6.26 1.22	.3	14.78 10.26 1.30	.3	19.51 14.40 1.34	.3	24.11 18.66 1.38
.4	10.04 6.39 1.23	.4	14.94 10.39 1.30	.4	19.66 14.54 1.35	.4	24.26 18.80 1.38
.5	10.20 6.52 1.23	.5	15.10 10.53 1.30	.5	19.82 14.68 1.35	.5	24.41 18.94 1.39
.6	10.37 6.65 1.23	.6	15.26 10.66 1.30	.6	19.97 14.82 1.35	.6	24.57 19.09 1.39
.7	10.54 6.78 1.24	.7	15.42 10.80 1.30	.7	20.13 14.96 1.35	.7	24.72 19.23 1.39
.8	10.70 6.91 1.24	.8	15.58 10.94 1.30	.8	20.28 15.10 1.35	.8	24.87 19.38 1.39
5.9	10.87 7.04 1.24	8.9	15.74 11.07 1.31	11.9	20.44 15.24 1.35	14.9	25.12 19.52 1.39

Temel faktörler.

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÖRÜŞLERİ

Sonuçların değerlendirilmesi yapılırken, bir ağaç tekneyi konstrüksiyon açısından etkileyen temel faktörler göz önüne alınmıştır.

Örnek olarak seçilen Bodrum Guletlerinin çeşitli klâs kuruluşlarınca verilmiş kurallara göre konstrüksiyon elemanları boyutlandırılmış ve temel konstrüksiyon elemanlarının inşa edilmiş Guletlere ait konstrüksiyon elemanlarıyla hacimsel karşılaştırılması yapılmıştır.

Karşılaştırmaya göre, elemanların toplam hacminde, İtalyan loydu ile boyutlandırma yapıldığında % 30, Herreshoff kuralları ile boyutlandırma yapıldığında % 12, Nevin kurallarıyla boyutlandırma yapıldığında % 10 azalma, Türk loyduna göre boyutlandırma yapıldığında % 15, Norveç loyduna göre boyutlandırma yapıldığında ise % 35 artış görülmüştür.

Ele alınan birinci temel faktörde şu görüşlere yer verilebilir: Kullanılan malzemenin, konstrüksiyon hesabında İtalyan loydu ve Nevin kurallarının uygulanmasıyla, kâr edilmesine rağmen, İtalyan

loydunda postaların sık olması ve Nevin kurallarında omurga derinliğinin fazla olması sebebiyle klasik Bodrum Guleti İnşa tarzına uygun olmamaktadır. Türk loydu ve Norveç loyduna göre yapılan hesaplamalarda kullanılan malzeme daha fazla olmasına rağmen, eleman boyut oranlarının uygunluğu sebebiyle kullanılacak yöntemlerdir. En uygun olarak, bazı elemanlarda (örneğin posta) klasik konstrüksiyon tarzıyla uyum göstermemesine karşın, kullanılan malzeme açısından kâr sağladığı için, Herreshoff kuralları ortaya çıkmaktadır.

İnşa edilmiş Guletlere ait konstrüksiyon elemanlarıyla, çeşitli klâs kuruluşlarına göre elde edilen konstrüksiyon elemanları ayrıca işçilik açısından karşılaştırılmış ve İtalyan loydu dışında kalan klâs kuruluşları kurallarıyla inşa edilecek bir Guletin işçiliğinde bir fark oluşturmayacağı görülmüştür. İtalyan loydu kurallarında ise, kullanılacak malzemedeki % 30 azalma olmasına karşın, posta adedinin % 60 fazla olması sebebiyle, ağaç tekne işçiliğinde en önemli yeri tutan posta, işçilikte % 60 lık bir artış oluşturmaktadır.