

Yatlarda Yapısal Üretim Malzemelerinin Tekne Performansına ve Maliyetine Etkisinin İncelenmesi

*¹Hüseyin Yılmaz ve ²Eray Erol

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Beşiktaş, İstanbul 34349 Türkiye

*²Ark Yat, İçmeler, Bodrum, Muğla, Türkiye

Abstract

Today yacht building industry has become a very important branch of ship building industry. Yacht builders, in order to increase the performance of the yachts get into a variety of scientific studies. Their objectives identify the factors affecting the performance of yachts as well as yachts are manufactured by modifying these factors to increase performance and consolidate its competitiveness in the sector. There are many factors affecting the speed and cost of a yacht, like as structural parameters which are construction elements of a yacht. A number of dimensions of structural elements according to the rules of this type of boat are computed also rules, building materials, will vary depending on boat size. Dimensions of structural elements are calculated according to some rules. In this study, the yachts which is designed by various materials, have been examined the effects of speed and cost of the yacht modifications in structural parameters. In addition, the cost of boats has been calculated in various materials to be designed. Finally, what size you need to construct the boat in which the material in terms of the cost performance as well as will be seen to be more appropriate.

Key words: yacht production material, yacht speed, yacht cost

Özet

Günümüzde yat imalatı gemi inşa sektörünün çok önemli ve karlı bir kolu haline gelmiştir. Yat imalatçıları, yatların performanslarını arttırabilmek için çeşitli bilimsel çalışmaların içine girmektedirler. Amaçları; yatların performanslarını etkileyen faktörleri tespit edip bu faktörleri değiştirerek veya geliştirerek imal ettikleri yatların performansları arttırmak ve sektördeki rekabet güçlerini sağlamaktır. Yatların hızlarını ve maliyetlerini etkileyen birçok etmen vardır. Bu etmenlerden en önemlilerinden biri yapısal parametreleridir. Yapısal parametreler; yatların yapı elemanlarıdır. Bu yapı elemanlarının boyutları birtakım kurallara göre hesaplanır. Bu kurallar tekne tipine, inşa malzemesine, tekne boyutlarına göre değişiklik gösterir. Bu çalışmada, değişik malzemelere göre boyutlandırılması yapılan yatların yapısal parametrelerindeki değişikliklerin hızlarına ve maliyetlerine olan etkileri incelenmiştir. Bunun yanında tasarımları yapılan yatlar değişik malzemelerden üretildiklerindeki maliyetleri de hesaplanmıştır. Sonuç olarak belirli boyut aralığında inşa edilecek yatların gerek hız gerekse de maliyet açısından daha uygun olacağı görülebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Yat üretim malzemeleri, tekne hızı, tekne maliyeti

1. Giriş

Yatların yapısal elemanlarının, yatların hızları ve maliyetleri üzerindeki etkilerinin incelendiği bu

*Corresponding author: Address: Naval Architecture and Maritime Faculty, Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Yıldız Technical University, 34349, Istanbul, TURKEY. E-mail address: hyilmaz@yildiz.edu.tr, Phone: +902123832847 Fax: +902123833021

çalışmada, yat yapım malzemelerinin performans etkisi dolaylı olarak değerlendirilmiştir. Daha önce de birçok bilimsel çalışmada yatların yapısal parametreleri incelenmiş, çok az çalışmada kısmen maliyet ve performans değerlendirilmelerinde bulunulmuştur. Bazı çalışmalarda sadece ahşap tekneler yapısal olarak incelenmiş ve yapısal analiz programlarından yararlanılarak birtakım yapısal incelemelerde bulunulmuştur [1], bazılarında ise gemilerin genel yapısı ve alt yapı elemanlarının boyutlandırılması ve yapısal tasarıma etki eden faktörler anlatılmıştır [2]. Atsüren [3] çalışmasında, proje kavramını anlatmış ve bir megayat projesine başlayabilmek için gerekli ön kavramlar ile mega yat imalatı maliyetleri hakkında bilgiler vermiştir. Akyürek [4] ise çalışmasında, mega yat maliyetlerini etkileyen parametreleri incelemiş ve bir fiyatlama modeli ortaya koymuştur. Maliyet analizi ile ilgili son yıllarda yapılan başka bir çalışmada, kompozit motor yat imalatı üzerine fiyat araştırması yapılarak, 13-24 metre aralığındaki 5 farklı kompozit motor yatın ekonomik modellemesi incelenmiş ve çoklu regresyon analizi ile yardımıyla tahmini kompozit motor yat ekonomik modeli oluşturulmuştur [5]. Bu çalışmada ise, literatürde şimdiye kadar çok fazla yer almayan; 30 m ve altındaki yuvarlak karinalı teknelerde, tekne yapım malzemelerinin teknenin hızı ve maliyetine etkisi incelenmiştir [6]. Çalışmanın amacı; yatların yapısal elemanlarının yatların hızlarına ve maliyetlerine olan etkilerinin incelenmesidir. Yatların yapısal elemanları imal edilecekleri malzeme ile birtakım boyutsal değişiklikler göstermekte ve bu değişiklikler de yatların hızlarını ve maliyetlerini etkilemektedir.

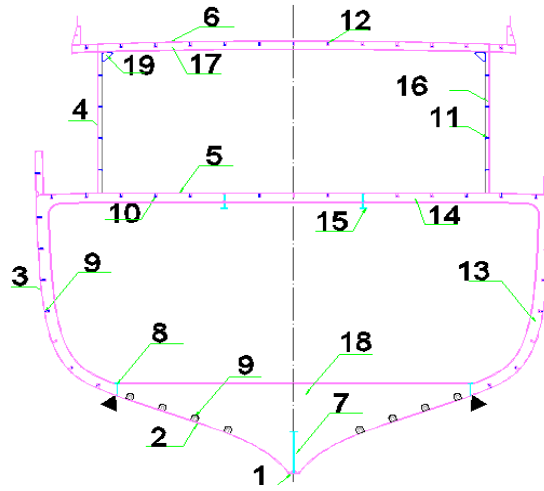
2. Yatların Yapısal Elemanları

Bilindiği gibi yatların yapısal olarak tasarımı çok farklılık göstermektedir. Yapısal süreksizlikler ve doğrusal olmayan çizgiler taşıyan bu yapılar birer mühendislik harikası olarak ortaya çıkarlar. Çok basit yapısal elemanlar kullanılarak başlanılan tekne inşası, tecrübeler, araştırmalar ve geliştirmeler sonucunda daha karmaşık, daha dayanıklı, daha modern ve amaca en uygun yapıda inşa seviyesine ulaşmıştır. Bunun yanında üretim, yöntem ve sistemlerinin geliştirilmesiyle birlikte yatların denize indirilme süreleri kısalmış, güvenilirlikleri artmış ve üretim maliyetleri düşürülmüştür. Yatların yapısal elemanları imal edildikleri malzemeye göre değişiklik gösterir. Amaç olarak aynı olan yapı elemanları malzemelerinden dolayı gerek boyutsal gerekse de işlevsel birtakım değişiklikler içerir.

2.1. Çelik ve Alüminyum Teknelerin Yapısal Elemanları

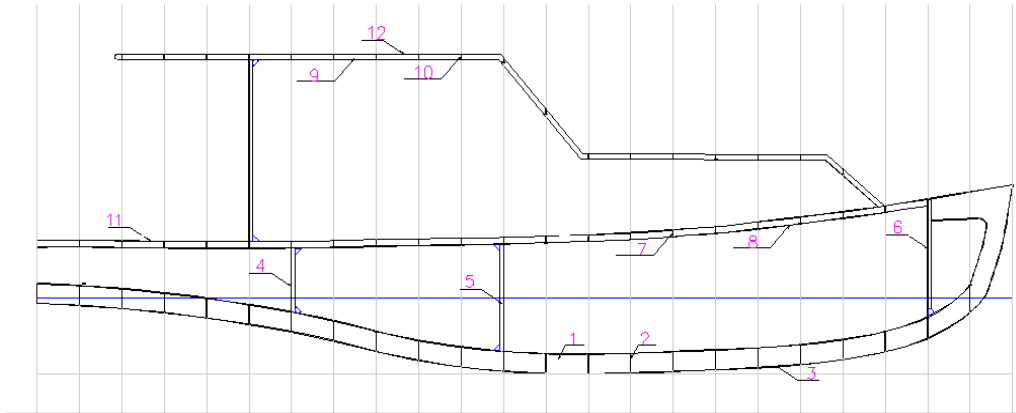
Çelik ve alüminyum konstrüksiyonlar temel olarak aynı tasarım esaslarına dayanırlar. Aralarındaki en büyük fark malzemelerin farklı mukavemet özelliklerinden kaynaklanan boyutsal farklılıklardır.

Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de bir motoryatın orta ve boy kesit resimleri bulunmaktadır. Bu şekillerde çelik ve alüminyum yatların yapısal elemanları görülebilmektedir.



- | | |
|----------------------------|----------------------------------|
| 1.Levha Omurga | 11.Üst Bina Tülanisi |
| 2.Dip Kaplama Sacı | 12.Üst Bina Üst Güverte Tülanisi |
| 3.Borda Kaplama Sacı | 13.Derin Posta |
| 4.Üst Bina Kaplama Sacı | 14.Derin Kemere |
| 5.Güverte Kaplama Sacı | 15.Derin Tülani |
| 6.Üst Güverte Kaplama Sacı | 16.Üst Bina Derin Postası |
| 7.Merkez İç Tülani | 17.Üst Güverte Derin Kemerisi |
| 8. Yan İç Tülani | 18.Dolu Döşek |
| 9.Dip Tülanisi | 19.Braket |
| 10.Güverte Tülanisi | |

Şekil 2.1. Çelik bir motor yatın orta kesit görünümü



- | | |
|------------------------|----------------------------|
| 1.Merkez İç Omurga | 7.Derin Kemere |
| 2.Dolu Döşek | 8.Tülani |
| 3.Levha Omurga | 9.Üst Bina Tülanisi |
| 4.Su Geçmez Perde | 10.Üst Bina Derin Kemerisi |
| 5.Perde Derin Stifneri | 11.Güverte Kaplama Sacı |
| 6.Baş Çatışma Perdesi | 12.Üst Güverte Sacı |

Şekil 2.2. Çelik bir motor yatın boy kesit görünümü

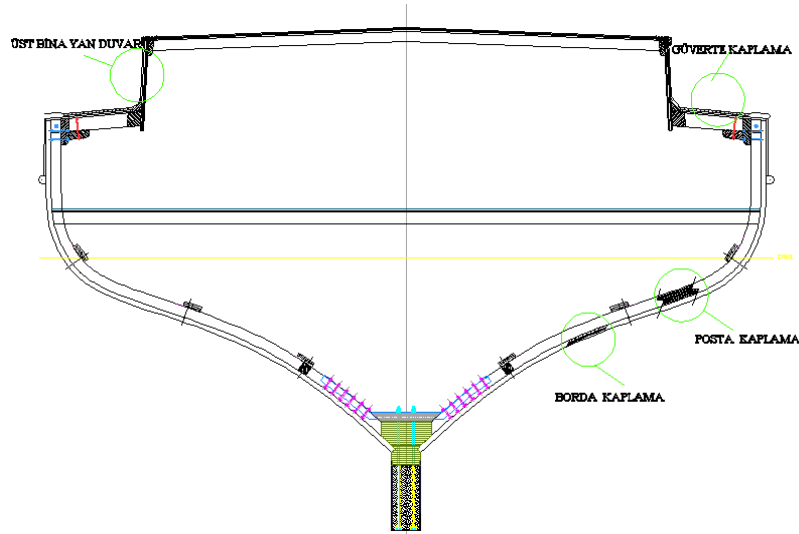
2.2.Ahşap Teknelerin Yapısal Elemanları

Ahşap tekneler, deniz içinde kullanıldıklarından dolayı açık hava koşullarına dolayısıyla, güneş, yağmur, deniz suyu, dalga kuvveti, rüzgâr vb. birçok olumsuz faktörün etkisine maruz kalmaktadırlar. Bu nedenle, uzun yıllar hizmet verebilmeleri için konstrüksiyonel olarak sağlam olmaları, üretimlerinde dayanıklı malzemelerin kullanılması ve iyi bir işçiliğin uygulanması gerekmektedir [7].

Ahşap tekne imalatında birincil ham madde olan ahşap malzemenin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken birtakım konular vardır. Tekne yapımında kullanılacak ahşap malzeme, ağır iklim koşullarına (yağmur, dolu, rüzgâr vb.) ve hava rutubetinin bozucu etkilerine karşı dayanıklı olmalıdır. Yani tekne imalatında, fiziksel olarak daralma ve genişleme yüzdeleri düşük ağaç türleri tercih edilmelidir. Kullanım yerinde, tekne iskeletini oluşturan taşıyıcı elemanlar (omurga, postalar, döşekler vb.) sürtünme, çarpma ve aşınma gibi mekanik etkilere maruzdur. Bu nedenle özellikle taşıyıcı görevini üstlenen ahşap elemanların fiziksel ve mekaniksel direnç özellikleri yüksek olmalıdır.

Ahşap tekne, denizde yaşayan ve ağaç malzemeyi tahrip eden biyolojik odun zararlılarının da tehdidine maruz kalmaktadır. Bu canlılar, gerek beslenmek ve gerekse barınmak amacıyla oduna arız olmakta ve odun içerisinde açtıkları yollarla odunu tahrip etmektedirler. Bu canlıların olumsuz etkilerini engellemek amacıyla, özellikle suyla temas eden ahşap kısımlar katran yağı ya da epoksi reçinesiyle emprenye edilmektedir. Buradan da anlaşılabileceği üzere, tekne yapımında kullanılacak ahşap malzemenin koruyucu maddelerle emprenye edilebilme özelliğinin yüksek olması gerekmektedir. Ancak emprenye işleminin yapışma direnci ile ilişkisi de önemlidir. Nitekim yapılan araştırmalar emprenye işleminin yapışma direncini azalttığını göstermektedir.

Tekne konstrüksiyonunda, yapıştırıcı maddeler yardımıyla birbirlerine çeşitli birleştirme şekilleriyle yapıştırılan ağaç malzemelerin, kullanılan yapıştırıcı maddelerle iyi uyum sağlaması ve çok sağlam bir yapışma direnci göstermesi gerekir. Şekil 2.3’de ahşap bir teknenin orta kesiti ve kaplama çeşitlerini gösteren bir çizim bulunmaktadır.



Şekil 2.3. Ahşap bir teknenin orta kesiti ve kaplama çeşitleri

3. Yatların Boyutlandırılması ve Performans Değerlendirmeleri

Yatların yapısal tasarımında deneysel yaklaşımlar son derece yaygın uygulanmaya gelmiştir. Bu yaklaşımlar, çoğunlukla gözlemlerin, deneyimlerin sonucunda oturmuş ve tasarım kodları, kural manzumeleri olarak geniş bir uygulama alanı bulmuşlardır. Bu kurallar yapıların boyutlandırılmasında hem tasarımcının, hem de tasarımcının ürününü denetleyerek onayan ve böylelikle belli bir sorumluluk üstlenen yapılanmaların (klâs kuruluşları, sigorta şirketleri, vb.) işlerini hızlandırıcı ve kolaylaştırıcı bir işlev üstlenirler.

Klâs kuruluşları teknik standartları koymak ve uygulamak için kurulmuşlardır. Bu standartlar klâs kuruluşları tarafından yayınlanırlar. Bir yat veya gemi bu kurallara göre tasarlanır ve klâs sertifikalandırmalarını bu kurallar çerçevesinde verir. Klâs uygun kontrolleri yaptıktan sonra sertifikaları verir. Dolayısıyla bu klâs kuruluşlarının herhangi birinin kurallarına göre inşa edilen tekneler uluslararası geçerliliği olan sertifikalara sahip olurlar.

Bu çalışmada; 10 m, 15 m, 22 m ve 26 m boyundaki yatlar, İtalyan Loydu (RINA)'nın özel yatlar için olan kuralları kullanılarak, önce çelik daha sonra alüminyum ve son olarak da ahşap malzeme kurallarına göre boyutlandırılmıştır. Bu üç farklı malzeme kuralı kullanılarak boyutlandırılan yatlar, boyutlandırma sonuçlarına göre performansları açısından değerlendirilmişlerdir.

Çalışmada Kullanılan Yatların Karakteristik Özellikleri

Çalışmada yuvarlak karinalı, yarı deplasman tipi yatlar kullanılmıştır. Maxsurf programı yardımıyla tasarlanan teknelerin ana boyutları aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Çizelge 3.1'de çalışmada kullanılan dört adet yatın ana boyutları bulunmaktadır.

Çizelge 3.1. Dizayn edilen yatların ana boyutları

ANA BOYUTLAR	1 NOLU YAT	2 NOLU YAT	3NOLU YAT	4 NOLU YAT
Su hattı boyu, L_{WL}	10,25 m	15,128 m	22,35 m	26,64 m
Genişlik, B	3,9 m	5,5 m	6m	6,59 m
Yükseklik, D	2,03 m	2,16 m	2,65 m	3,13 m
Su çekimi, T	1,2 m	1,5 m	1,95 m	2,25 m
Hız, V	14 kn	14 kn	14 kn	14 kn
Blok Katsayısı, CB	0,24	0,226	0,25	0,244

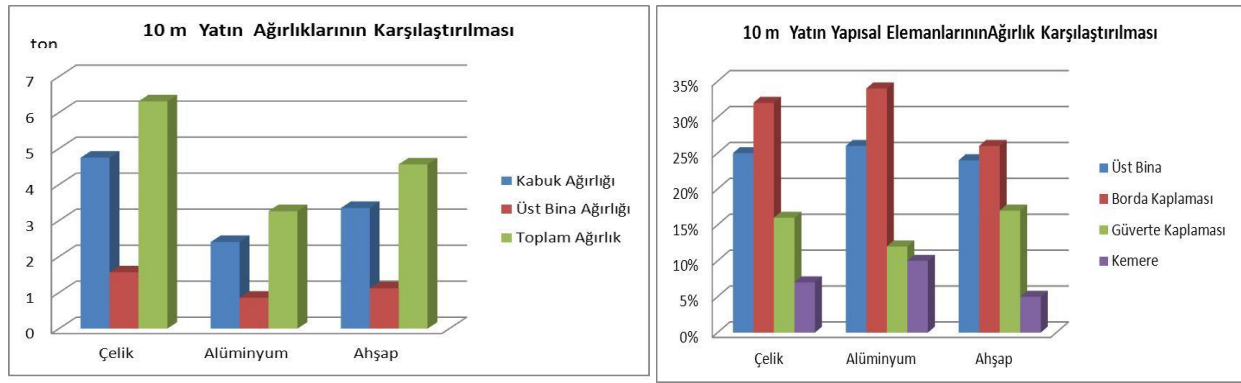
3.1. Teknelerin Ağırlıklarının Hesaplanması

Bu çalışmada oluşturulan yatlar form tasarımı tamamlandıktan sonra RINA kurallarına göre sırasıyla çelik, alüminyum ve ahşap olarak boyutlandırılmıştır. Bu boyutlandırma sonucunda yapısal elemanlarının boyutları belirlenerek elemanların ağırlıkları hesaplanmıştır.

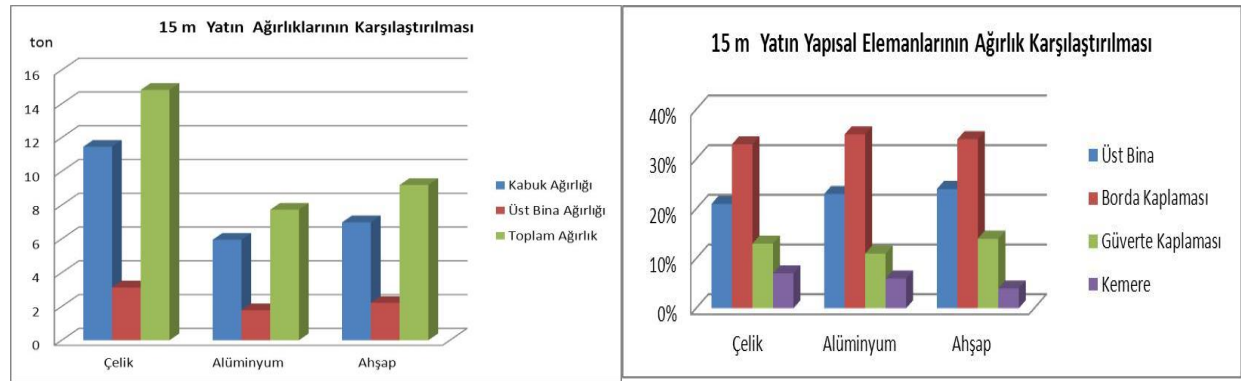
Günümüzde devamlı olarak teknelerin performanslarını arttırmak amaçlı birtakım çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarla hedeflenen; daha denizci, daha hızlı tekneler üretmektir. Bu

çalışmamızdaki amaç yapısal elemanların tekne performanslarına etkilerini incelemek olduğundan yapısal elemanlara tasarım aşamasında ne gibi müdahaleler yapılabileceği de görülebilmektedir. Bazı yapısal elemanların ağırlıklarının oranları toplam tekne ağırlığında önemli bir yer tutmaktadır. Bu yapı elemanlarının ağırlıklarının düşürülmesine yönelik tasarım esnasında yapılacak çalışmalar; tekne ağırlığına dolayısıyla hızına direkt olarak etki eder. Örnek olarak tasarlanan dört teknenin de bütün malzeme tipleri içinde en önemli ağırlık oranını borda kaplaması oluşturmaktadır. Buradan yola çıkarak borda kaplama kalınlığını dolayısıyla ağırlığını düşürmek için yapılacak tasarım ve çalışmalar teknenin ağırlığını azaltmak için çok etkili bir çalışma olur.

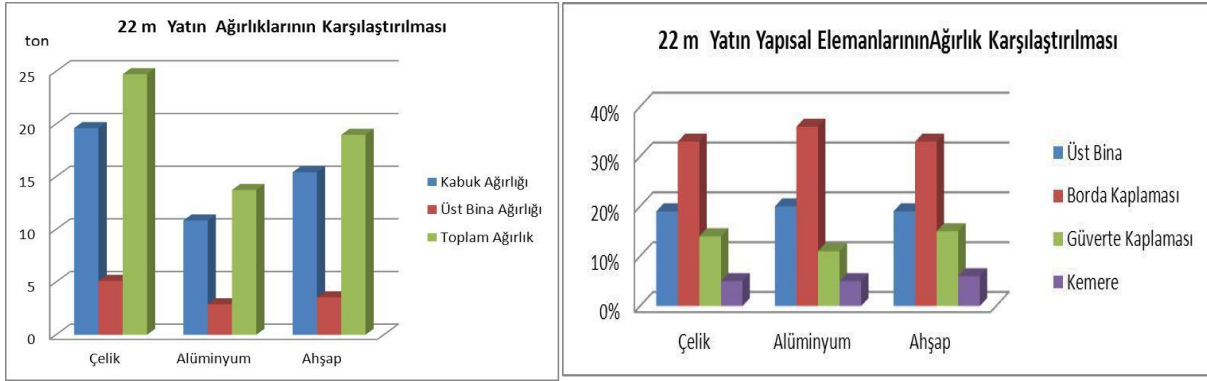
Şekil 3.1 ile Şekil 3.4 arasında üç farklı üretim malzemesi için her boyuttaki yatların yapısal elemanlarının ağırlık oranlarının karşılaştırmalarını içeren grafikler bulunmaktadır. Ayrıca Şekil 3.5'te tekne boyu ve ağırlıklar arasındaki ilişki görülmektedir.



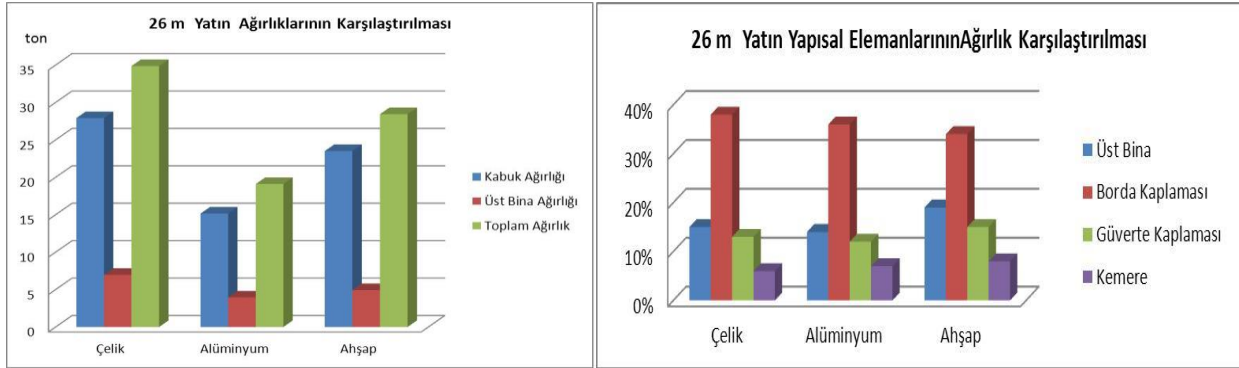
Şekil 3.1. 10 m yat için ağırlıkların karşılaştırılması



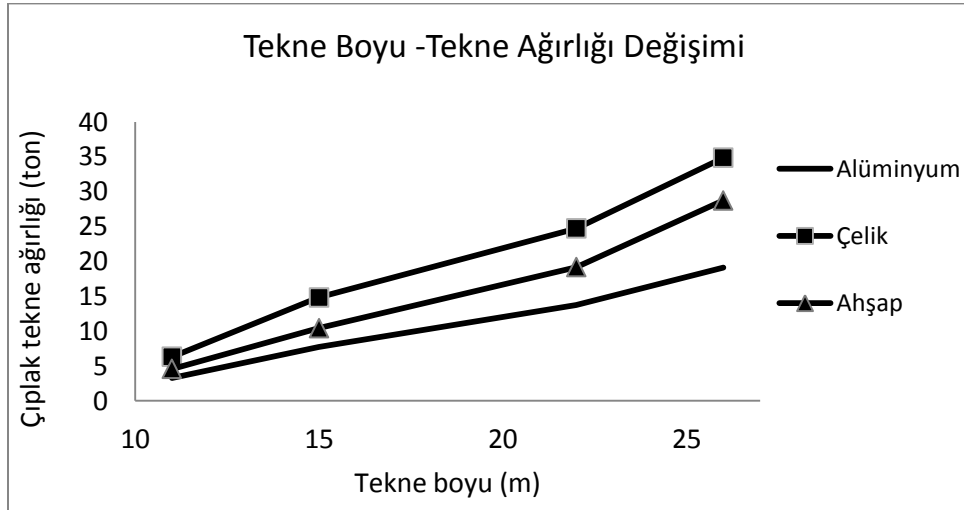
Şekil 3.2. 15 m yat için ağırlıkların karşılaştırılması



Şekil 3.3. 22 m yat için ağırlıkların karşılaştırılması



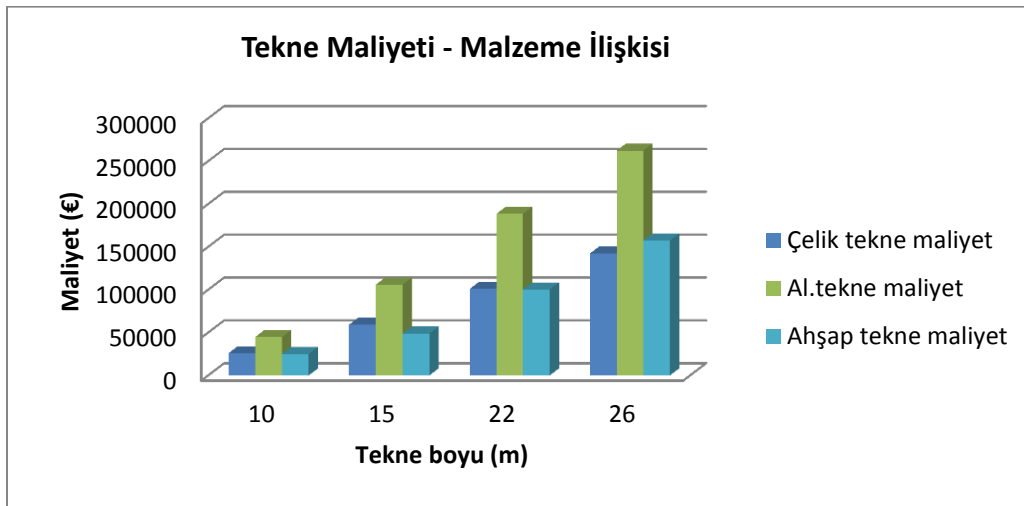
Şekil 3.4. 26 m yat için ağırlıkların karşılaştırılması



Şekil 3.5 Tekne boyu - Tekne çıplak ağırlığı değişimi

3.3. Teknelerin Maliyetlerinin Hesaplanması

Bir teknenin konstrüksiyon ağırlığı teknenin maliyetini direkt olarak etkileyen faktörlerin başında gelir. Doğru tasarım ve hesaplamalar sonunda teknenin maliyetini önemli ölçüde azaltabiliriz. Teknenin ilk yatırım maliyetlerinin en büyük bölümünü tekne inşa maliyetleri oluşturur. Tekne inşa maliyetlerinin de teknenin ağırlığıyla hesaplandığını düşünürsek; yapısal elemanlarının boyutlandırılmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Tekne inşa maliyetlerini hesaplarken öncelikle kullanılacak malzeme hesaplanır. Bundan sonra işleme fiyatlarının hesaplanması kalır. Bu işleme fiyatlarının belirlenmesi tekne yapı malzemesine göre değişiklik gösterir. Tekne maliyeti kullanılan malzemeyle doğrudan bir ilişki içindedir. Kullanılan malzeme ve üretim tekniklerine göre tekne inşa maliyetleri değişir. Aşağıda, tekne maliyetlerinin tekne inşa malzemeleriyle olan ilişkisi Şekil 3.6’da görülmektedir.

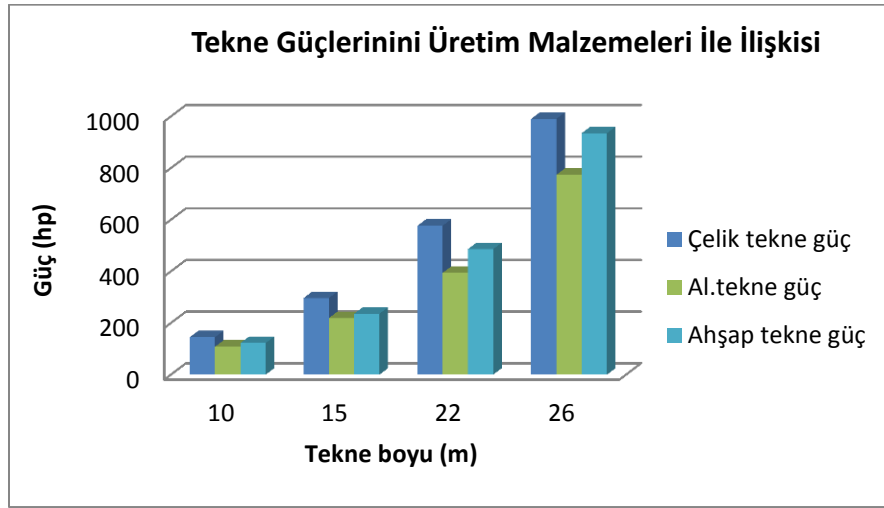


Şekil 3.6. Tekne maliyetlerinin üretim malzemeleriyle ilişkileri

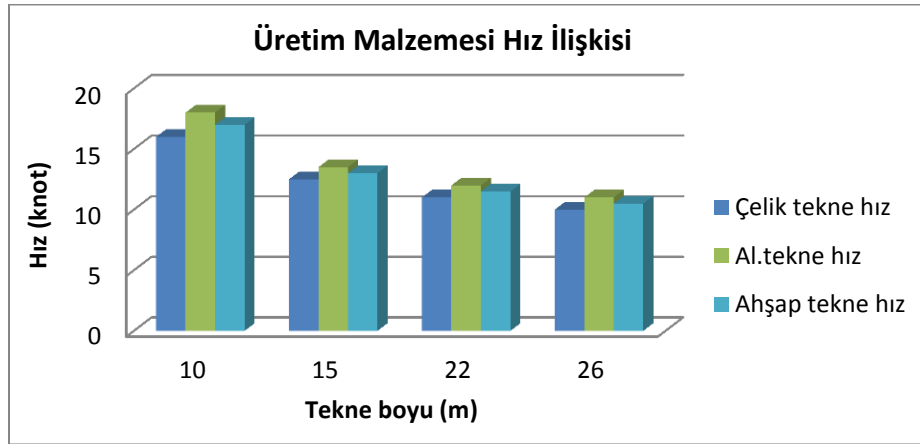
3.4. Teknelerin Hızları

Bugün teknelerin form tasarımları ve mühendislik hesapları artık bilgisayar destekli programlarla hızlı ve güvenilir bir biçimde yapılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan teknelerin form tasarımlarında Maxsurf, hız- güç analizlerinde ise Hullspeed programından yararlanılmıştır. Bu program sayesinde oluşturulan dört farklı tekne formu için hız-güç hesapları yapılmıştır. Bu dört farklı teknenin farklı malzemeler kullanılmasından kaynaklanan yapısal değişikliklerinin hızlarına olan etkileri incelenmiştir. Çıkan sonuçlarda hangi boy aralığında hangi malzemeden tekne imal etmenin hız ve maliyet açısından daha avantajlı olacağı görülmektedir.

Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de çelik, alüminyum ve ahşap teknelerin tekne boyları ile güç ve hızın değişimleri görülmektedir.



Şekil 3.7. Teknelerin 14 knot hız için ihtiyaç duydukları güçlerin üretim malzemeleri ile değişimi



Şekil 3.8. 200 Hp sabit güç ile tekne hızlarının üretim malzemelerine göre değişimi

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, yatların yapısal elemanlarının yatların hızları ve maliyetleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Özellikle malzeme seçiminin yapısal elemanların boyutlarını ve ağırlıklarını doğrudan etkilediği ve dolayısıyla yatın hızlarını da doğrudan etkilediği ortaya çıkmıştır. 10 m ve 30 m arasında değişik malzemelerden tasarlanan yatlarda malzeme seçimi ile hızın nasıl değiştiği saptanmıştır. Bu sonuçlara göre malzemenin hafifliğinin verdiği avantajla alüminyum tekne imalatı her boyut aralığı için hız bakımından en iyi sonuçları vermiştir. Bunun yanında

maliyetinin yüksek olmasından dolayı tercihi müşteriye bırakılacak bir husustur. Çelik malzeme seçiminin 10 m ve 15 m arasındaki yarı deplasman tipi tekneler için, hız ve maliyet bakımından çok uygun olmadığı görülmüştür. Bu boyutlardaki çelik teknelerin üretilebilirlik esaslarından dolayı malzemelerinin seçimindeki bazı şartlar teknelerin ahşap ve alüminyuma göre çok daha ağır çıkmasına neden olmaktadır. Bu ağırlık da aynı makine gücünde çelik teknelerle daha az hız yapılmasına neden olmaktadır. Bunun yanında boyutlar 20 m ve üzerine çıktığında ahşap ve çeliğin ağırlık ve aynı güçte gösterdikleri hız bakımından farklılıkları azalmaktadır. Üretilebilirlik ve maliyet göz önüne alındığında 20 m ve üzeri yarı deplasman tipi teknelerde çelik tekne imalatı gerek maliyet gerekse de hızı açısından daha uygundur.

Kaynaklar

- [1] Türe Y., (2006). Ahşap Teknelerin Yapısal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] Ölmez H., [2008], Gemilerin Yapısal Tasarımı ve Yapı Analiz Yöntemlerinin İncelenmesi , Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- [3] Atsüren C.V., [2004], Yat İnşaa Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Bilgi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul
- [4] Akyürek E., [2013], Pricing of Mega Yachts, Yüksek Lisans Tezi, Bilgi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul
- [5] Gümüş S.A., (2012). Motor Yat Ön Dizayni Ve Ekonomik Analizine Etki Eden Parametreler, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] Erol, E., (2012). Yatlarda Yapısal Üretim Malzemelerinin Tekne Hızı ve Maliyetine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] Kaygın, B. ve Aytekin, A.,(2005). Ahşap Tekne Konstrüksiyonu, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:7, 7 (105): 14-23.