

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE ALTERNATİF SEVK SİSTEMLERİNİN YATLARDA UYGULANMASI

Abdi KÜKNER¹, Candan KAPLAN¹

¹ İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi

RENEWABLE ENERGY SOURCES AND APPLICATION OF ALTERNATIVE PROPULSION SYSTEMS TO THE YACHTS

The reliable Renewable Energy Systems development is being a primary topic in several research areas. This reliability can be achieved chiefly based on the right choice of the used development technology. At the present time, the power is obtained from conventional and renewable energy. Conventional power is produced from fossil fuels. The power obtained from renewable energy is the renewable power considered includes photovoltaic(PV), wind, and concentrated solar power (CSP). Moreover, renewable power usually uses local natural resources and encourages local manufacturing capabilities since fossil fuels are being depleted and nuclear power is not really safe. The power generation from renewable energy is getting more and more attention at the global level. In this study, alternative energy systems and applications to the yachts had been investigated. A detailed description of the system had been explained how to obtain the daily energy to be needed and usage in yacht by harnessing renewable energy from the wind and the Sun.

Anahtar sözcükler: Yenilenebilir enerji kaynakları, Güneş pilleri, Güneş paneli yerleşimi, Yatlarda uçurtma sistemi, Rüzgar enerjisi, Rotor Sevk sistemi

1. GİRİŞ

Dünya var olduğundan beri insanoğlu yeryüzündeki kaynakları bilinçsiz bir şekilde tüketmekte ve insan nüfusunun da artmasıyla birlikte tüketim her geçen gün ivme kazanarak yeryüzündeki kaynaklar sınırlı hale gelmektedir. Kaynakların tükenmeye başlaması ile birlikte çevreye ve canlılara olabildiğince az zarar vermek ve geleceğe olabildiğince yaşanılabilir bir dünya bırakmak adına insanlar ihtiyaç duydukları enerjiyi limitsiz kaynaklardan

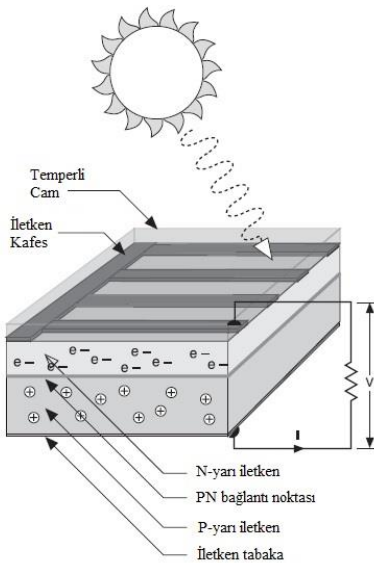
yani güneş ve rüzgardan elde etme yoluna gitmişlerdir. Sadece maliyetin ön planda olduğu ve bundan birkaç yıl öncesine kadar çevre ve canlılara verilen zararın çoğunlukla göz ardı edildiği denizcilik sektöründe de enerji üretiminin minimum zayıfla üretilebilmesi oldukça önemli bir mesele haline gelmiştir. Yüzer yapılarda enerjiye en çok sevk kısmında ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple yenilenebilir enerji teknolojisi her geçen gün bu alanda geliştirilmektedir. Bu çalışmada rüzgar ve güneşten faydalanarak yatlarda gereken günlük enerjinin nasıl elde edilebileceği ve

kullanılan sistemlerin ayrıntılı açıklaması anlatılmakta olup ayrıca yatlarda kullanılan alternatif sevk sistemlerinin neler olduğu anlatılmaktadır.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

2.1. Güneş Pilleri

Güneş pillerinin ilk temelleri 19.yüzyılın başlarında atıldı. İlk olarak A. Edmond Becquerel 1839 yılında platin tabakalar üzerinde yaptığı çalışmalarla fotovoltaik etkiyi keşfetmiştir. Daha sonra 1883 yılında Charles Fritts selenyum ve altın kullanarak güneş ışığını elektriğe dönüştüren ilk solar hücreyi üretmiştir. Hücrenin verimliliği %1'den düşüktür, bu da ışık enerjisinin %1'den daha düşük bir miktarının elektriğe dönüştürülmüş olduğu anlamına gelmektedir. 1954 yılında ise Bell Laboratuvarlarındaki bilim adamları tarafından dünyada bol miktarda bulunan iyon yüklü silisyum (silikon) ile güneş pilleri oluşturularak bugünkü güneş pili teknolojisinin temelleri atılmıştır. [1,2]



Şekil 1. Fotovoltaik Panelin Yapısı

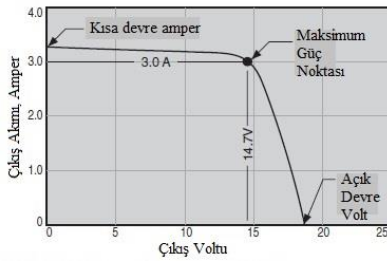
Şekil 1'de bir fotovoltaik panelin temel çalışma prensibi gösterilmektedir. Foton formundaki güneş enerjisi fotovoltaik materyale nüfuz eder. Her foton yeterli enerjiyi elektron salınımı için fotovoltaik atomlara transfer eder. İletken kafesin güneş tarafından aydınlatılan kısmının arka taraftaki iletkene bağlanması durumunda serbest elektronlar dış iletkene doğru akımı sağlayacaklardır. Her serbest elektron yaklaşık 0,6 voltluk bir gerilime sahiptir. Paneller genellikle 30-36 arası hücreden oluşur ve 18'den 22 VCD (doğru akım gerilimi)'ye kadar açık devre gerilimi üretmek üzere seri olarak bağlanırlar. Işık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren bu çevrimdeki maksimum teorik verim yaklaşık 28% civarındadır. [3]

Fotovoltaik kolektörün materyali yaygın olarak üç farklı formda bulunur: monokristal silikon (monocrystalline silicon), çok kristalli silikon (polycrystalline silicon) ve amorf silikon (amorphous silicon). En verimli olanı 14% ile 17% arasında bir değer alan monokristal silikondur. Çok kristalli silikonun verim oranı 13-15% arasındayken amorf silikonun verim oranı ise 5-7% arasında değişir.

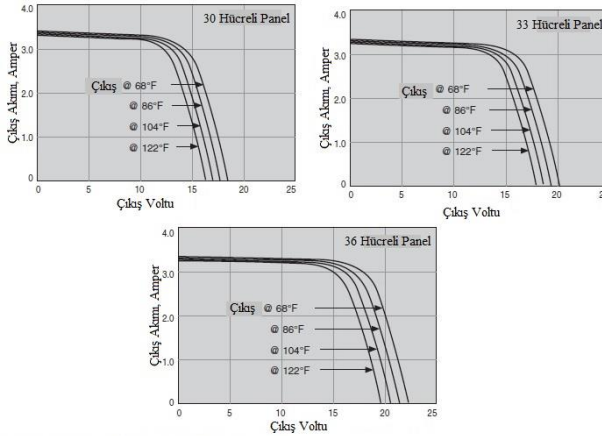
Üç çeşit panel mevcuttur. Bunlar; sabit paneller, yarı esnek paneller ve esnek panellerdir. Sabit paneller alüminyum çerçevelidir ve mataforaya, bimini çerçevelerine ve puntellere montelenebilir. Yarı esnek paneller doğrudan güverteye yapıştırılır. Esnek paneller ise istenilen herhangi bir yere serilebilirler.

Panellerin Verim Eğrilerinin Yorumlanması

Tipik 30 hücreli bir fotovoltaik güneş panelinin tam güneş ışığında gerilim-akım eğrisi Şekil 2'deki gibidir. Maksimum çıkış gücüne eğrinin köşe yaptığı noktada erişilmiş olup bu noktada 3 amper olan nominal akım ile 14,7 volt olan nominal gerilmeyi çarparsak panelin üretebileceği 44 watt'lık maksimum güç elde edilir. [3]



Şekil 2. Tipik Bir Fotovoltaik Panelde Verim Eğrisi



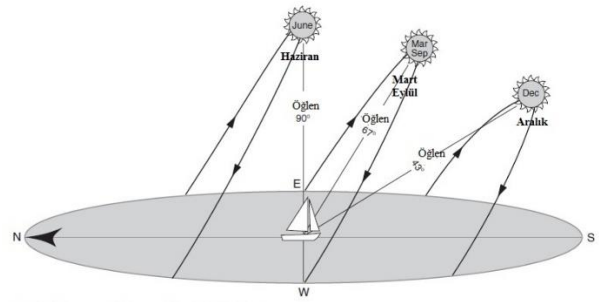
Şekil 3. Fotovoltaiklerde Üretim İle Hücre Sayısı ve Panel Sıcaklığı Karşılaştırması

Şekil 3'te farklı hücre sayılarına sahip panellerin çeşitli sıcaklıklarda çizilmiş gerilim-akım eğrileri verilmiştir. Verilen sıcaklıklar hava sıcaklığı olmayıp panel sıcaklığını belirtmektedir. Sıcaklığın artması durumunda hem voltajın hem de akımın azaldığı grafiklerde görülmektedir. Bu sebepten dolayı paneller çalışma

sıcaklığını minimuma indirmek için serbest hava akımı altında monte edilmelidirler.

Güneş panellerinin seçimindeki genel bir hata da tüm voltaj düşüşlerinin hesaplanmasındaki eksikliklerdir. Beklenen çalışma sıcaklığında seçilen panelin nominal gerilimi en az 14,8 volt ise elektrolit bataryaların tam dolumu için gereken voltaj miktarı 14,8volt – 0,4 volt (durdurma diyotu düşüşü) = 14,4 volt olarak hesaplanmalıdır. [3]

Panelin Güneşe Göre Konumlandırılması

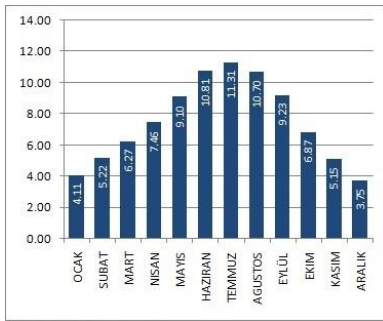


Şekil 4. Gün Ve Yıl Boyunca Güneşin İzlediği Yol

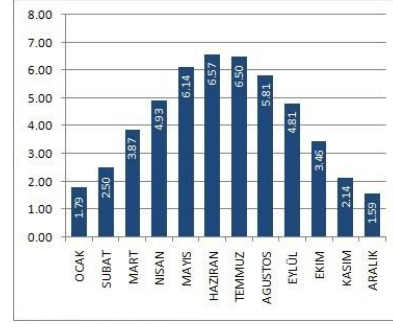
Şekil 4'te 24°K enleminde (Güney Florida) ekinoks (21 Mart ve 21 Eylül) ve gün dönümü (21 Haziran ve 21 Aralık) tarihlerinde güneşin izlediği yol gösterilmektedir. 21 Haziranda güneş azami öğlen yüksekliğine 90° de ulaşır. 21 Aralıkta ise güneşin en düşük öğlen yüksekliği 43° 'dedir. Güneş Haziran ayında yaklaşık 16 saat ufkun üzerindeyken Aralık ayında bu süre sadece 8 saattir. Bu nedenle Haziran ayında güneşten daha fazla yararlanılacağı aşikardır. Panelin üretim miktarını değerlendirirken güneş ışınlarının, panel yüzeyine dik açıyla geldiği varsayılır.

Örneğin, güneş tarlalarında maksimum verim elde edebilmek için panel çerçeveleri güneş yörüngesini devamlı izleyecek şekilde monte edilmiştir. [3]

Bu bilgiler ışığında, yatlarda kullanılan panellerden maksimum verim elde edebilmek için panel eğimlerinin dikkatli şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar ışığında yatay yüzeylerdeki (eğim=0) güneş ışıması ile güneşe enlem açısı kadar eğilmiş yüzeylerin karşılaştırılması 24° Güney (Miami) ve 40° Güney (New York) enlemlerine göre 21 Haziran ve 21 Aralık tarihleri için alınmış ve 21 Haziranda 40° Güney enleminde yatay panelin bünyesinde 119% ışıma topladığı görülmüştür. 21 Aralıkta ise yatay panel %72 oranında ışıma topladığı görülmüştür. Sonuçlara baktığımızda yatay panel ile eğimli panelin performansları birbirine yakın değerlerdedir. Üstelik tekne bağlandığında ya da demirlendiğinde deniz üzerinde sabit bir şekilde duramayacağı için için verilen eğim açısının önemi azalacaktır. Bu durumda teknelerin salınımını göz önünde bulundurduğumuzda uygulanması gereken tek yönelim yatay pozisyonudur. [3]



Şekil 6. Türkiye Güneşlenme Süreleri (saat)



Şekil 7. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (KWh/m²)-gün

Türkiye'deki duruma bakacak olursak: Pusula yönünün etkisi, Şekil 6'da yatay panellerdeki ve kuzey, güney, doğu ve batıya bakan dikey panellerdeki güneş ışımasını için gösterilmektedir. Dikey doğu ve batı paneller sabah ve öğleden sonra kayda değer miktarda ışıma toplamış olmasına rağmen her ikisi de yarım gün ışıma toplayabildikleri için toplamaları küçük kalmaktadır. Sonuç olarak elde edilen verilere göre teknelerdeki en kullanışlı güneş paneli yönelimi yatay olmalıdır. [3]

Üretilen Gücün Hesabı

Türkiye Dünya üzerinde 36°-42° kuzey enlemleri ve 26°-45° doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Türkiye'nin yıllık ortalama güneş ışıması 1303 kWh/m²yıl, ortalama yıllık güneşlenme süresi ise 2623 saattir. Bu rakam günlük 3,6 kWh/m² güce, günde yaklaşık 7,2 saat, toplamda ise 110 günlük bir güneşlenme süresine denk gelmektedir. Şekil 6 ve Şekil 7'de Türkiye'nin aylara göre ortalama güneşlenme süreleri ve ışıma değerleri verilmiştir. Ayrıntılı hesaplar için bu verilerden yararlanarak bir güneş panelinin ortalama üreteceği enerji miktarını hesaplayabilir ve teknenin enerji ihtiyacını

karşılıyacak panel adetini bulabiliriz. Bu hesabı 2 farklı örnekle yapacak olursak; İlk örnekte panel gücü hesabını her zaman güneşli bir bölge olan Miami için yapalım. Miami’de yıllık ortalama ışınım alma süresi 5,62 saattir. Bu durumda 60 watt’lık bir panelden günlük ortalama 60 watt x 5 saat = 337 watt-saat güç üretmesi beklenir. Tüm yıl boyunca 365 x 337 watt-saat = 123 kilowatt-saat üretim yapılacağını bulmuş oluruz. [3]

İkinci hesap örneğinde ise Türkiye için 6 aylık zaman dilimini en düşük ışınım değerine göre diğer 6 aylık zaman dilimini ise en yüksek ışınım değerine göre hesaplayalım. Şekil 7’de gösterilen verilere göre Yaz için en yüksek ışınım değeri Haziran için 6,57 ve kış için Aralık ayında 1,59 olarak alınır. Bu durumda;

$$60 \times 6,57 \times 365 / 2 = 71,9 \text{ kW-saat ve}$$

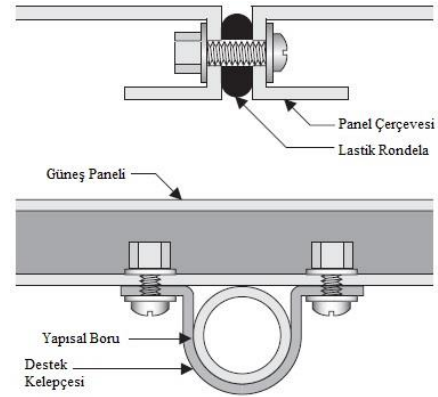
$$60 \times 1,59 \times 365 / 2 = 17,4 \text{ kW-saat ve yıllık}$$

$$\text{toplam} = 89,3 \text{ kW-saat olarak hesaplanır.}$$

Güneş Panelinin Mekanik Montajı

Solar paneller son derece hafif ve sağlamdır. Çekme alüminyum çerçevelerinden sabitlenirler. Birçok panel birbirine Şekil 8’de görüldüğü gibi paslanmaz somunlu vida, kilitleme somunu ve lastik rondela kullanarak bağlanabilir. Panellerin montajı için paslanmaz ya da alüminyum dodger boruları, bimini, radar kesit alanı üzeri ya da matafora (davit) konum olarak tercih edilebilir. Her panel tercihe göre tek tek ya da birden çok sayıda

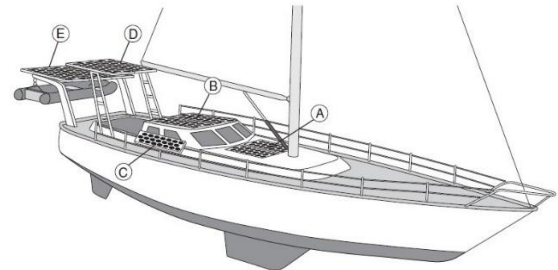
çerçevesiz ve çerçevesiz olarak yat üzerine montajı yapılabilir. [3]



Şekil 8. Bimini ve Dodger Frame için Panel Mengenesi

Panel Yerleşimi

Yelkenli bir yatta beş farklı konum için panel yerleşimi Şekil 9’da gösterilmektedir.



Şekil 9. Panel Yerleşimi

A konumu: Güverte üzerinde ana direğin arkasına yerleştirilmiş olan panel bumba ve direğin gölgesinde kalmakta ve yelkenin kullanılması durumunda panelin veriminde azalmaya neden olmaktadır.

B konumu: Kaptan köşkünün üzerine yerleştirilen panel, A konumuna göre çok daha etkin bir şekilde enerji üretebilmektedir.

C konumu: Panellerin eğilmesine olanak sağladığı için panel üreticileri tarafından

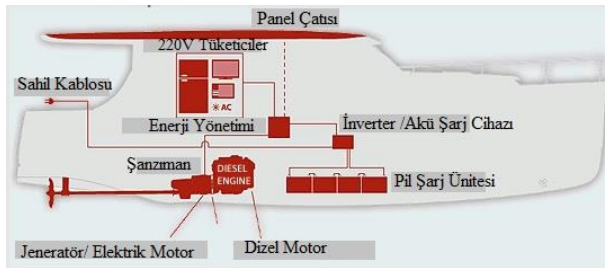
montaj donanımı için önerilen ve sıklıkla kullanılan bölgedir. Ancak daha önce de bahsedildiği gibi panellerin eğilmesinin hiçbir avantajı yoktur, aksine bu şekilde konumlandırılan paneller havuzlama esnasında hasara uğramaktadır.

D konumu: Yatay çerçeve içinde radar arch üzerine yerleştirilen panelin verimini engelleyecek hiçbir etken olmaması sebebiyle oldukça avantajlıdır.

E konumu: Çerçeve içerisinde filika mataforasına bağlanmış olan panel, D konumu gibi gölgeye maruz kalmaması, çevresinde engel teşkil edici her hangi bir yapı bulunmaması ve güvenli olması sebebiyle oldukça doğru bir tercihtir. [3]

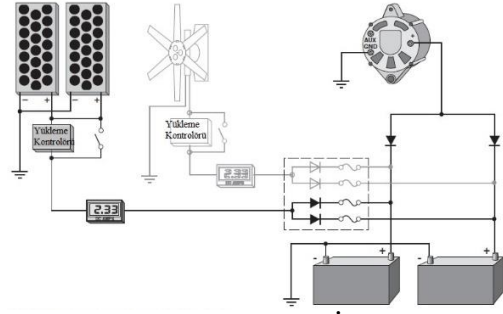
Seçilen bu konumlar yelkenli bir yat için geçerli olup motor yatlarda A ve B konumları da panel kullanım yerleri için doğru tercihler sınıfına girecektir.

Elektrik Tesisatı



Şekil 10. Yat üzerinde Elektrik Bağlantı Şeması

Şekil 10'da yat üzerinde genel hatlarıyla elektrik bağlantı şeması görülmektedir. Şekil 11'de ise solar paneller için tipik bir elektrik bağlantısının ayrıntıları verilmiştir. Bu devredeki önemli parçalar şunlardır:



Şekil 11. Solar Paneller İçin Elektrik Bağlantısı (Rüzgar türbini seçime bağlıdır)

Sigorta veya devre kesici: Bu elemanlar tarafından alternatör dışında tüm şarj kaynaklarının pozitif uçları, aşırı gerilimden korunarak mümkün olduğunca akü kapatılır. Bunun nedeni korunmasız kabloların kısa devre yapması, iletken izolasyonunun erimesi, akülerin hasar görmesi ve yangın çıkma ihtimalleridir. Güneş panelinde elektrik devresinin çıkış akımı iletken kapasitesinin sınırını aştığında yüklem kontrolörü sigortalı olmalıdır.

Durdurma Diyotu: Devrede, geceleri ters akışı önlemek için akü ve panelin pozitif uçları arasında durdurma diyotu olmalıdır. Durdurma diyotları, çift voltaj düşüşünü engellemek için alternatördeki herhangi bir izolasyon diyotunun pil tarafına bağlanmalıdır.

Yüklem Kontrolörü: Akülerin aşırı şarj olmasını engellemek için gerekli bir parçadır. [3]

Güneş Panellerinin Avantajları

- 10 yıl ve üzeri süren ömürleri boyunca tek seferlik yatırımlardır.

- Motor çalıştırılmak istenmediği durumlarda akülerin boşalmasını engeller.
- Yakıttan büyük oranda tasarruf sağlanır.
- İşletim maliyeti hemen hemen sıfırdır. (gerekli durumlardaki bakım maliyetleri hariç)
- Elektriksel kayıplar azdır.
- Montajı kolaydır
- Şebekeye bağımlılık söz konusu değildir.
- İhtiyaca göre AC/DC elektrik üretebilme seçeneği vardır. [4]

2.2. Uçurtma Sistemi

Açık denizlerde rüzgar en ucuz, güçlü ve en temiz enerji kaynağıdır. Bundan yola çıkarak geliştirilen sistem, çekme uçurtması ile donatılmış olup güç kaynağı olarak rüzgarı kullanan ve yakıt, maliyet tasarrufunun yanı sıra emisyonu azaltmayı hedefleyen bir teknolojidir. Şekil 12’de görülen otomatikleştirilmiş geniş uçurtmalar olan sistem, rüzgar gücünü kullanarak geminin sevkini sağlar. Bu sistemi geliştiren şirket olan Skysails GmbH 2001 yılında kurulmuş olup bu sistemi ağırlıklı olarak modern kargo gemilerinde ve balıkçı teknelerinde kullanmaktadır. Yatlarda uygulanabilirliği için ise çalışmaları devam etmektedir. Başlangıçta 6-10 m² olan yelken alanı gelişerek, 320m² ‘lik bir yelken alanı 2MW’lık ana makine sevk gücünü karşılayabilir duruma gelmiştir. Çekme uçurtması sevk sistemi rüzgar koşullarının elverişli olması durumunda ana makinaya destek olmak için kullanılır.



Şekil 12. Uçurtma Sisteminin Temel Elemanları

Çekme uçurtması rüzgar sevki üç ana bileşenden oluşur: halatlı çekme uçurtması, otomatik işletim için kontrol sistemi, bırakma ve geri toplama sistemi.

Yatlarda Uçurtma Sistemi

Şekil 13’te de görüldüğü üzere son zamanlarda yatlarda da uygulama alanı bulmakta olan uçurtma sistemi şimdiye kadar ağırlıklı olarak konteyner gemilerinde kullanıldığı için bu sistem ile ilgili bulunan veriler de yine konteyner gemileri üzerinden olmaktadır. Bu nedenle bu bölümde toplanan bilgilerin ağırlıklı olarak bu tip gemilerden elde edildiği dikkate alınmalıdır.



Şekil 13. Yatlarda Uçurtma Sistemi Uygulaması

Sevk Gücü

Gemilerin sevk sisteminde kullanılan uçurtma sevk sistemi geleneksel yelken sevkine göre yelken alanında metrekare başına yaklaşık olarak 5 ile 25 kat daha fazla itme gücü sağlar. Bu da olumlu rüzgar koşullarında 2,000 kW'a kadar sevk gücü anlamına gelir. Bunun iki sebebi vardır:

İlk olarak, gemi sevk uçurtma sistemi dinamik olarak yönlendirilir ve aynı zamanda uçurtmanın uçuş manevra performansı oto-pilot tarafından kontrol edilir.

Diğer sebep ise uçurtma sevk sisteminin güçlü ve sürekli rüzgarlar altında ve 100 ile 500 metre arası yüksekliklerde etkili bir şekilde çalışabilir olmasıdır.

Ayrıca çekme uçurtmasının geleneksel yelken sevkine göre daha fazla sevk gücü sağlayabiliyor olması kullanılan yelken alanının nispeten küçülmesine olanak sağlayan önemli bir kazanımdır. Örnek olarak; 109 metrelik 4 direkli 'Sea Cloud' yelkenli gemisinin toplam yelken alanı 3,000 m² iken aynı uzunlukta ve aynı sevk gücünü sağlayacak olan bir modern kargo gemisinde ihtiyaç duyulan çekme uçurtmasının alanı sadece 150 m²'dir. [5]

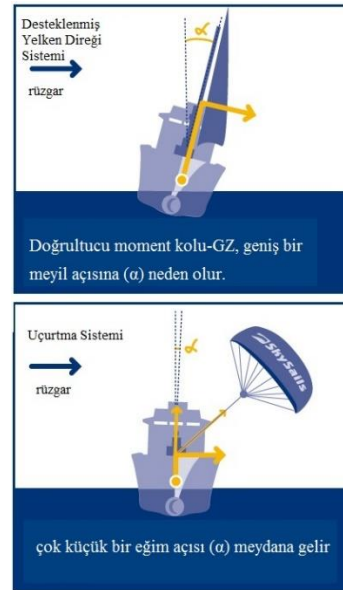
Genel Özellikleri

Çekme uçurtması uçuş modundayken oto-pilot tarafından kontrol edilir. Çekme uçurtmasının bırakma ve toplama işlemleri büyük ölçüde otomatik olarak yapılır. Bu sistem için ek personele ihtiyaç duyulmaz.

Çekme uçurtma sisteminin köprü güvertesindeki kontrol paneli hariç tüm bileşenleri teknenin baş kısmına yerleştirildiği için tekne hacminde küçülmeye neden olmaz. 400 m²'lik bir uçurtmanın katlanmış hali sadece bir telefon kulübesi büyüklüğünde yer kaplar ve baş kasarada kolaylıkla depolanabilir. Ayrıca limanda yükleme boşaltma yapılmasını engelleyecek bir üst yapısı yoktur. [5]

Doğrultucu Moment Kolu-GZ Üzerine Etkisi

Rüzgar sevkine alışılmış formlarından (örn: desteklenmiş yelken direği sistemi) farklı olarak, çekme uçurtması sisteminden kaynaklanan meyil durumu, gemi güvenliği ve işletimi açısından çok küçük olup ihmal edilebilir. Uçurtmanın çekme kuvvetleri gemiye güverte seviyesinden iletilir. Şekil 14'te de görüldüğü üzere konvansiyonel yelkenli gemilerinde, gemiyi meyil ettiren moment kolu böylece kısalmış olur. [5]



Şekil 14. Uçurtma Sisteminin GZ etkisi

Halatlı Çekme Uçurtmasının Genel Yapısı

Çekme uçurtması, 300 m²'nin üzerinde yelken alanına sahip olmasının yanı sıra yüksek mukavemetli ve kötü hava koşullarına karşı dayanıklı dokuma kumaşlarından üretilir.

Çift duvar profili, çekme uçurtmasına uçak kanatlarının aerodinamik özellikleriyle benzer olmasını sağlar. Böylece Şekil 15'te de açık bir şekilde görüldüğü gibi çekme uçurtması sistemi sadece gemi rotası ile rüzgar aynı yönde olunca değil ters yönde 50°'lik açı ile gelen rüzgarlarda dahi etkin pozisyona gelebilir. [5]



Şekil 15. Rüzgar yönüne göre uçurtmanın rotası

Çekme kuvveti gemiye yüksek mukavemetli ve ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilenden yapılmış Dyneema® fiber halatlar ile iletilir. Uçurtma dümen mekanizmasının enerji beslemesi çekme halatının içine entegre edilmiş özel kablolar vasıtasıyla sağlanır.

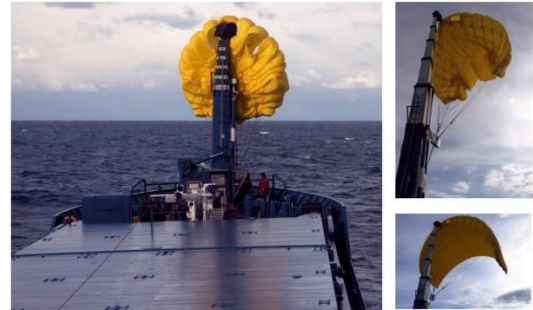
Çekme uçurtmasının bırakma ve toplamasında halat deposu görevini de gören vinç kullanılır. Çekme kuvveti ölçümü vinçe önceden yüklenmiştir. Vinç hızı seçilir böylece çekme uçurtması rüzgar

şartları değişken olduğu zamanlarda dahi her zaman dengelenebilir.

Kontrol sistemi otomatik olarak çalışır. Çekme uçurtması, uygun sevk gücünü elde etmek için rüzgarın yönü ve kuvvetine, geminin rotası ve hızına göre hizalanır. Kontrol sistemi, kontrol kolu ve kontrol bilgisayarından oluşur. [5]

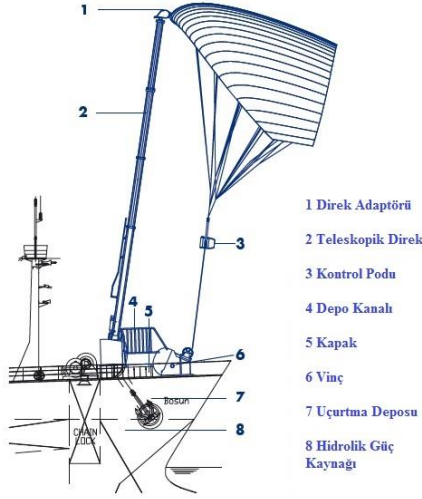
Bırakma ve Geri Toplama Sistemi

Şekil 17 ve Şekil 18'de de görülen bırakma ve geri toplama sistemi, çekme uçurtmasının konumunu ve alçaltılmasını kontrol eder. Uçurtmanın konumu, baş kasara üzerindeki teleskopik direk vasıtasıyla kontrol edilir. Bırakma ve geri toplama sistemi, hidrolik akım kaynağı ile tahrik edilir. [5]



Şekil 17. Bırakma ve Toplama Sistemi

Çekme uçurtması baş kasarada uçurtma istifleme bölmesinde saklanır. Bırakma anında teleskopik direk, çekme uçurtmasını vinç ile depolama alanı arasında yükseltir. Akabinde teleskopik direk ulaşabileceği maksimum yüksekliğe kadar uzatılır. Ardından çekme uçurtması tam boyutuna gelecek şekilde açılır ve fırlatılır. Tüm bırakma ve toplama işlemleri yaklaşık olarak 15'er dakikada tamamlanır.



Şekil 18. Bırakma ve Toplama Sistemi Şeması

Bırakma ve toplama işlemlerinin yönetimi; bırakma ve toplama direğinin kontrolü, vinç kontrolü ve direk adaptörünün kontrolü işlemlerini içerir. PLC (Programmable Logic Controller) şeklindeki bu yarı-otomatik mekanizma tüm bırakma ve toplama sürecini işletir. [5]

Çalışma Sistemi

Çekme uçurtması sistemi Bofor skalasına (Beaufort scale) göre genelde 3 ile 8 arasındaki rüzgar kuvvetlerinin etkin olduğu deniz koşullarında çalışmak üzere dizayn edilmiştir. 3 Bofor ve altındaki rüzgar kuvvetlerinde sistem geri toplanabilir ancak uçurtma sistemi kullanılamaz. [5]

Güvenlik Sistemi

Çekme uçurtma sistemi açık durumdayken geminin manevra kabiliyeti etkilenmez. Çok katmanlı güvenlik ve yedek sistemler ile geminin emniyetle çalışması sağlanır. Otomatik kuvvet kontrol mekanizması, uçurtma sevk sisteminin çekme kuvvetini

ani güçlü rüzgarlar ve durgun hava koşullarına göre ayarlar. Acil durumlarda müdahaleler köprüden düğmeye basılarak başlatılabilir.

Aniden rüzgar gücünün artması halinde oto-pilot çekme uçurtmasını 30 saniye içerisinde nötr zenit pozisyonuna getirir. Bu pozisyondayken çekme uçurtması gemi üzerinde çok küçük bir kuvvet sarf ederek güçlü rüzgarların etkisinde dahi güvenli bir şekilde uçurtmayı geri toplayabilir.

Alarm sistemi, tehlikeli durumları köprüdeki mürettebata bildirir ve ilgili düğmeye basılarak uçurtma nötr zenit pozisyonuna (Şekil 19) getirilir ve/ veya uçurtma toplanır. Eğer baş kasara mürettebat için hava koşulları nedeniyle ulaşılamaz durumda olursa bu sefer çekme uçurtması indirildikten sonra teleskopik direkte takılı kalabilir.



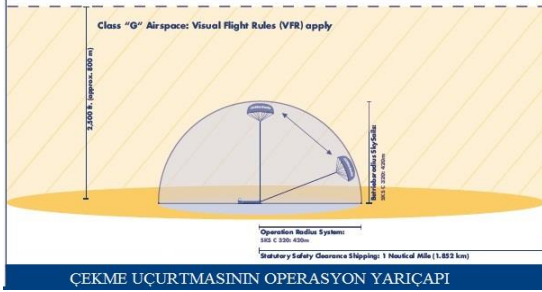
Şekil 19. Nötr Zenit Pozisyonu

Olağanüstü durumlarda ise köprüden gerekli düğmeye basılarak çekme uçurtması komple bırakılabilir. [5]

Denizcilik ve Havacılık Güvenliği

Şekil 20'de görülmekte olan çekme uçurtmasının hareket yarıçapı, yasal olarak gemilere en yakın yaklaşma noktası bir

deniz milinden çok daha küçüktür. Eğer bu minimum açıklık korunamazsa çekme uçurtması maksimum 30 saniyede nötr zenit pozisyonuna getirilebilir.



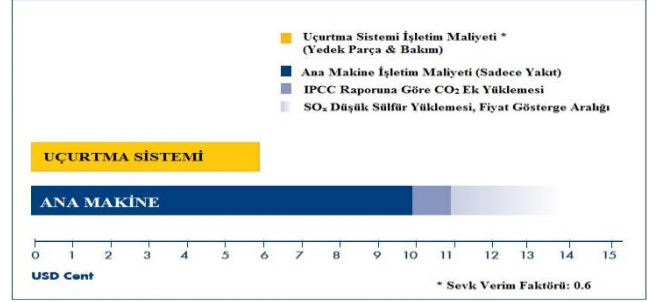
Şekil 20. Uçurtmanın Hareket Yarıçapı

Çekme uçurtması sistemleri açık denizde UNCLOS (United Nations Convention on the Law of the Sea) kuralları altında ve G sınıfında 2.500 feet (800 m) hava sahası altında çalıştırılır. Çekme uçurtması sistemi günışığında ve gece uçarken, uçurtmanın boyutu ve sarı rengi sayesinde kolayca fark edilebilir. [5]

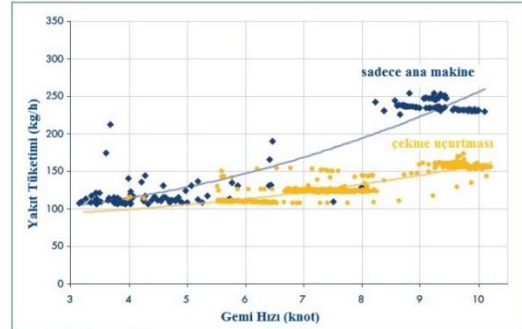
Klasifikasyonu Klas Kuruluşuna göre yapılır.

Maliyet

SkySails şirketinin verilerine göre (Şekil 21 ve Şekil 22) 1 kWh uçurtma gücünün fiyatı sadece 6 USD Cent yada başka bir deyişle uçurtmadan elde edilen 1kWh'lik gücü ana makineden elde edilen 1 kWh'lik güç için harcanan meblanın yarısına mal edilebilmektedir. Yine şirket tarafından açıklanan verilere göre çekme uçurtması kullanarak yakıtta her yıl ortalama 10-15% arasında tasarruf sağlanmaktadır.



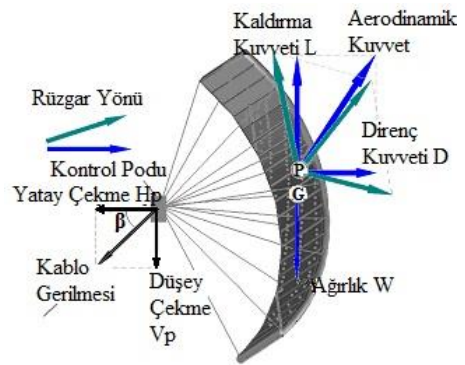
Şekil 21. kWh Başına Sevk Maliyeti Grafiği



Şekil 22. MV Theseus gemisinde çekme uçurtması kullanıldığı ve kullanılmadığı zamanlarda elde edilmiş hıza bağlı yakıt tüketimi grafiği

Uçurtmaya Etkiyen Kuvvetlerin Hesaplanması

Bir kanat yüzeyi gibi nitelendirilebilen uçurtmaya Şekil 23'te gösterildiği gibi üç kuvvet etki eder: ağırlık, çekme halatındaki gerilme, aerodinamik kuvvet.



Şekil 23. Uçurtmaya Etki Eden Kuvvetler

Ağırlık (W) her zaman ağırlık merkezinden yeryüzünün merkezine doğru etkir.

Aerodinamik kuvvet genelde iki bileşene ayrılır: rüzgara dik yönde etki eden kaldırma kuvveti (L) ve rüzgar yönünde etki eden direnç kuvveti (F_w).

Aerodinamik kuvvet basınç merkezine doğru etki eder. Zemine yakın bölgede dünyanın uç katmanlarında, rüzgar türbülans dolaylı girdap ve sağanak oluşturabilir. Fakat zeminden uzaklaştıkça rüzgar tamamıyla sabit ve neredeyse dünyanın yüzeyine paralel olur. Bu durumda şekilde de görüldüğü gibi kaldırma kuvveti ağırlığa zıt yönde meydana gelir.

Uçurtmanın bağlantı noktası üzerindeki kontrol podu (tutma noktası-bridle point) boyunca oluşan halat gerilmesi iki bileşene ayrılır: dikey çekme kuvveti V_p ve yatay çekme kuvveti H_p. [6]

Newton'un birinci hareket yasası olan eylemsizlik prensibine göre uçurtmanın stabil uçuşu sırasında uçurtma üzerine hiçbir dış kuvvet etki etmez ve etkiyen kuvvet sabit olmaya devam eder.

Yatay ve dikey kuvvetler için temel fiziksel eşitlikleri yazarsak; [7]

$$V_p + W - L = 0 \quad [2.1]$$

$$H_p - F_w = 0 \quad [2.2]$$

Tutma noktasına yakın eğimli hatta oluşan açığa tutma açısı (β) denir. Bu açının büyüklüğü gerilme bileşenlerinin büyüklükleri ile ilişkilidir.

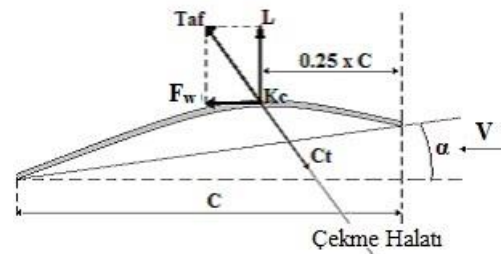
$$\tan\beta = V_p / H_p \quad [2.3]$$

Tutma açısı, halat uzunluğu ve halat ağırlığının bilinmesi durumunda uçurtmanın ne kadar yükseklikte uçacağı tahmini yapılabilir.

Newton'un hareket yasasında tanımlandığı şekilde kuvvetin görelî büyüklüğü uçurtmanın hareketini belirler. Eğer uçurtmaya ani rüzgar vurursa kaldırma ve sürüklemeye artış meydana gelir. Bu durumda kaldırma kuvveti, ağırlığı ve dikey çekme kuvvetini aşacağı için uçurtma dikey yönde hareket eder ve sürüklemeye artacağı için gerilme kuvveti de artar.

Sonuç olarak yeni denge noktası belirlenmiş ve uçurtma farklı bir stabil duruma erişmiş olur. Aerodinamik kuvvet ve ağırlık kuvvetindeki görelî büyüklüklerin değişimi yüzünden uçurtma, torku dengede tutmak için tutma noktası civarında döner. [6]

Toplam Aerodinamik Kuvvetin Hesaplanması



Şekil 24. Çekme aerodinamik kuvveti ve halat gerilmesi

Aerodinamik kuvvetin bileşenleri Şekil 24'te kesit üzerinde gösterilmiş olup şu şekilde formülize edilmektedir;

F_w = Direnç Kuvveti

L = Kaldırma Kuvveti

T_{af} = Toplam aerodinamik kuvvet

C = Kanat genişliği

C_t = Çekme halatındaki gerilme (Bu değer T_{af} değerine eşittir.)

α = Rüzgarın geliş açısı

V = Rüzgar hızı

K_c = Kuvvetin uygulanma merkezi

C_L = Kaldırma Katsayısı

C_D = Sürüklenme Katsayısı

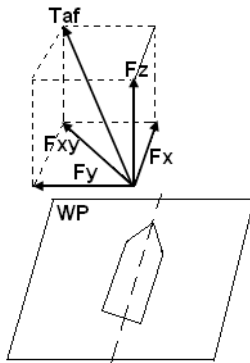
A_k = Toplam Uçurtma Alanı

$$L = \frac{1}{2} \rho C_L w^2 A_k \quad [2.4]$$

$$D = \frac{1}{2} \rho C_D w^2 A_k \quad [2.5]$$

$$T_{af} = \sqrt{L^2 + D^2} \quad [2.6]$$

Aerodinamik kuvvet olan T_{af} 'nin su yüzeyi (WP) üzerindeki izdüşümü Şekil 25'teki gibidir. F_z kaldırma kuvveti geminin ağırlığı göz önünde bulundurulduğunda ihmal edilebilir büyüklüktedir ve F_y direnç kuvveti ise rotadan sapmaya neden olur. [6]

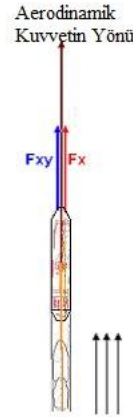


Şekil 25.
Aerodinamik
Kuvvetin WP
Üzerine İzdüşümü

Toplam Aerodinamik Kuvvetin Gemi Rotası Üzerindeki Etkisi

Bu bölümde toplam aerodinamik kuvvetin gemi rotası üzerindeki etkisi, rüzgar kuvvetinin pozitif hücum açısıyla geldiği ve tek yönlü olduğu düşünülerek ele alınacaktır.

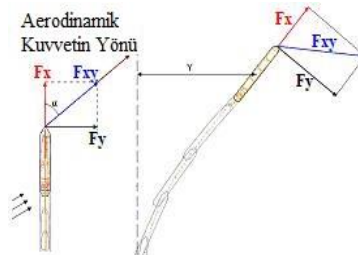
Şekil 26'ya göre rüzgar yönü kıç taraftan başa doğru ve uçurtma kuvvetinin su düzlemi üzerindeki izdüşümü ise $F_x = F_{xy}$ olarak alınmıştır. F_y kuvvetinin değeri geminin normal rotası olan sıfır ya da yaklaşık sıfır değerinden sapmasına neden olmuştur. Gemi başlangıç rotasında devam etmektedir ve hızı 0,5 ile 0,9 knot arasındadır.



Şekil 26. 180°'lik rüzgar yönü için T_{af} ve F_w kuvvetleri

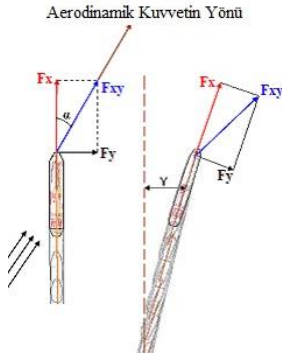
Şekil 27'ye göre, rüzgar yönü gemi ekseninden itibaren 30° olarak alınmıştır. Çekme kuvveti F_x , F_y 'den daha büyüktür. F_y kuvvetinin değeri çok büyük olmamakla birlikte gemi başlangıç rotasından sapmıştır ve hızı 0,6 ile 0,7 knot arasındadır. Sapma değeri (Y) ise yaklaşık 1 cable (185,2 metre ya da 608ft)'dir.

$$F_{xy} = F_w ; F_y = F_w \sin \alpha ; F_x = F_w \cos \alpha$$



Şekil 27.
210°'lik
rüzgar yönü
için T_{af} ve F_w
kuvvetleri

Şekil 28'e göre, rüzgar yönü gemi ekseninden itibaren 60° olarak alınmıştır. Çekme kuvveti F_x önceki durumundan daha küçük ve F_y ise daha büyüktür. Gemi hızı yaklaşık 0,7 knot ve sapma değeri (Y) 2 ile 3 cable arasındadır.



Şekil 28. 240° 'lik rüzgar yönü için T_{af} ve F_w kuvvetleri

Tüm durumlar göz önüne alındığında, geminin başlangıç hızı sıfırdır. Uçurtma çekme etkilerinden biri geminin dümen kullanımıyla azaltılan sapmasıdır. Fakat düşük hızlarda çekme kuvvetine ilişkin elde edilen sonuçlarda dümenin etkisiz olduğu ve geminin düz bir rotaya gelebilmesi için ana makine kullanımının gerekli olduğu belirlenmiştir. [6]

Ayrıntılı Hesaplama

Çekme uçurtması enine rüzgar doğrultusunda çekme kuvvetini büyük ölçüde artırmak için periyodik döngü içerisinde uçabilir. Bu döngülerin optimizasyonu yapılarak yatın hedefi doğrultusundaki maksimum ortalama çekme kuvvetine ulaşılabilir. Bu amaç için dayanıklı optimum kontrol paketi MUSCOD II kullanılarak ardışık ikinci dereceden programlama algoritmasına dayanan çözümlerle, problem her yat için optimize edilerek gerçek değerlere ulaşılabilir. [8]

2.3. Rüzgar Türbini

Rüzgar enerjisinin yatlarda uygulanabilirliği fotovoltaik panellerin uygulanmasından çok daha karmaşık olmasına rağmen genel kıstaslar aynı kalmaktadır. Rüzgar gücünün teknede kullanımı, en azından yılın altı ayı limandan uzakta kalacak şekilde ve rüzgarın aktif olduğu bölgelerde bulunulması durumunda verimli olmaktadır. Yılın sadece bir ayında teknenin kullanılması halinde gereksiz bir yatırım olacaktır. [3]

Rüzgardan Elde Edilebilecek Olan Enerji

Rüzgar türbininden elde edilebilecek olan enerji aşağıdaki şekilde hesaplanabilir;

$$P = K * E * D^2 * V^3 \quad [2.7]$$

P: Güç (watt)

K: 0,0653

E: Mekanik verim (%)

D: Pervane çapı (m)

V: Rüzgar hızı (knot)

Örnek: 5 feet (1,52 metre) çapında 30% verime sahip ve sabit 10 knot (5,14 m/s) rüzgar hızında bulunan bir rüzgar türbinin gücünü hesaplamak istersek;

$$P = 0,0653 * 0,30 * 1,52^2 * 10^3 = 45 \text{ watt}$$

Bu eşitlikten de açıkça anlaşılacağı gibi rüzgar türbininin teknenin elektrik ihtiyacına cevap verebilme kapasitesi onun boyutlarıyla doğrudan ilişkilidir.

Verim (E) hiçbir zaman 100% olamaz. Eğer öyle olsaydı kanatların, rüzgarın kinetik enerjisinin tamamını alıp kullanabilmesi gerekirdi. Rüzgar türbininin maksimum teorik havacılıktaki verimi 59,3%'dur, ancak üretim bobini, rotor yatağı ve transmisyon dişlisindeki kayıp nedeniyle gerçek verim 30% civarındadır. [3]

2.3.3. Günlük Tahmini Üretim

Türbin kanatlarının taradığı dairenin alanı $\pi * D^2 / 4$ olduğu göz önünde bulundurulduğunda;

$$\text{Watt} = \pi * D^2 * E * P / 4 \quad [2.8]$$

$$\pi = 3,14$$

$$D = \text{Kanat çapı (metre)}$$

$$E_w = \text{Rüzgar türbini verimi, } 0,00 \sim 1,00$$

$$P_w = \text{Yıllık rüzgar gücü (W / m}^2\text{)}$$

Eğer $E_w = 0,30$ (30%) ise;

$$\text{Watt} = 0,24 D^2 * P_w$$

$$\text{kWh / yıl} = 2,10 D^2 * P_w$$

$$\text{Ah / gün} = 0,44 D^2 * P_w$$

Örnek olarak 5 feet (1,52 metre) kanat çapına sahip, 30% verimle çalışan rüzgar türbininin Türkiye'de Ege bölgesinde yaz mevsiminde üretebileceği tahmini enerji miktarı şu şekilde hesaplanabilir; [3]

Seçilen bölgede ortalama rüzgar gücü yaz mevsiminde yaklaşık 150 W / m^2 'dir. Bu gücün 60%'ının kullanılabilir olduğunu varsayarsak

$$\text{Watt} = 0,24 D^2 * P_w$$

$$= 0,24 * 1,52^2 * 0,6 * 150$$

$$= 50 \text{ watt}$$

$$\text{kWh / yıl} = 2,10 D^2 * P_w$$

$$= 2,10 * 1,52^2 * 0,6 * 150$$

$$= 436 \text{ kilovat-saat}$$

$$\text{Ah / gün} = 0,44 D^2 * P_w$$

$$= 0,44 * 1,52^2 * 0,6 * 150$$

$$= 92 \text{ kilovat-saat}$$

Teknik Özellikler

Teorik olarak rüzgar türbinin verimiyle kanat sayısı birbiriyle ilişkisi olmayan değişkenlerdir. İki kanatlı bir türbin, altı kanatlı bir türbinle eş değer verime sahip olabilir. Ancak gürültü seviyesi, kanat sayısı ve kanat çapının artışına bağlı olarak azalır. Tüm altı kanatlı türbinler, iki veya üç kanatlı türbinlere kıyasla çok daha sessizdir.

Güç çıkışı çapın karesine göre değişkenlik gösterir bu sebeple büyük güç çıkışı için geniş çaplı kanatlar gerekmektedir. Buna karşılık çapın artmasıyla birlikte ağırlık, gürültü ve olası tehlikelerde de artış gözlenmektedir.

Ağırlığın hafif olması makinenin kontrol edebilme kabiliyetini artırırken aynı zamanda bu durum yapının dayanıksız olması ve devamlı nominal gücün küçük olmasını da beraberinde getirmektedir. [3]

Bu özelliklerin dışında rüzgar türbinlerinin diğer teknik özelliklerinden biri de voltajdır. Bazı makineler sabit voltaj üretimi için ayarlanmıştır. Öyleyse akü

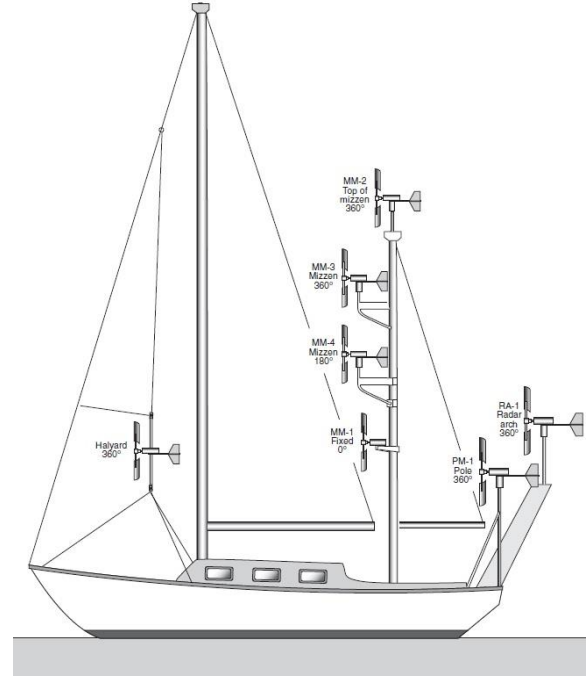
tipine göre ayarlanmış bir regülatör seçilebilir. Türbinlerde dikkat edilmesi gereken diğer bir özellik ise fırçalardır. Eğer makine sürekli kullanılıyorsa, her yıl yeni fırçalara gerek duyulabilir. Bu durumdan kaçınmak için fırçasız makinalar tercih edilebilir. [3]

Elektrik Tesisatı

Rüzgar türbini için elektrik bağlantı şeması solar paneller bölümündeki şema ile aynıdır. Şekilde güneş paneli ve rüzgar türbinin beraber gösterilmesinin sebebi, rüzgar türbini ile güneş panelleri birbirini tamamlayıcı sistemler olarak düşünülüp genellikle birlikte kullanılmasından ileri gelmektedir. Güneş panel bağlantısının iptal edilmesi durumunda devrede bir değişiklik olmamaktadır.

Rüzgar Türbinlerinin Tekne Üzerinde Yerleştirilme Şekilleri

Şekil 29'da rüzgar türbinlerinin mümkün montaj yeri seçeneklerinden yaygın olanları 35 feetlik (10,7 metre) bir ketch üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 29. Rüzgar Jeneratörü Montaj Seçenekleri

Rüzgar türbinlerinin teknede en çok tercih edilen yerleştirilme şekli Şekil 29'da PM-1 ile kıçta direk üzerinde gösterilen montaj şekliyle verilmektedir. Bu direk genellikle 2 inçlik (0,0508 metre) ve Schedule-40 veya 80 olarak tanımlanan borulardan yapılır. Güverteye destekleme, rijid paslanmaz iki parça boru vasıtasıyla ya da kış ıstralya ile takviye borusu tarafından sağlanır. Rüzgar türbininin kıçta direk üzerine yerleştirilmesinin avantajı, seyir halindeyken kullanma olanağı sağlayarak güverte üzerinden erişilebilir olmasıdır. Dezavantajı ise, konumunun alçakta olması nedeniyle, daha yüksek konumlara yerleştirilmiş rüzgar türbinlerine göre veriminin düşük olmasıdır. Ayrıca yüksek gürültü seviyesi ve mürettebatın dikkatsiz olması durumunda potansiyel bir tehlike oluşturması söz konusudur.

Rüzgar türbini için seçilebilecek diğer bir konum ise mizana direği üzeridir (Şekil

29'da MM-1, MM-2, MM-3, MM-4 ile gösterilen konumlar). Bu seçenekte verim çok daha yüksek ve oluşabilecek tehlikeler çok daha azdır. Türbin kanatlarının direk ile olan mesafesi gürültü seviyesinin azaltılmasında önemli rol oynar. Mizana direği üzerine yapılabilen dört tip yerleştirme, rüzgarda dönme gücünde farklılıklara yol açar. Bunlar; 0° (ileri yöne doğru sabitlenmiş), 180°, 360° (limitsiz)'dir. Sabitlenmiş konum son derece sınırlayıcı olup sadece yat bağlandığında ya da demirlediğinde kullanışlı olabilmektedir. 180° konumda ise rüzgar yönündeki hareket dışında, tüm rüzgar yönlerinde türbinin verimli çalışmasına olanak sağlar. Buradaki ufak bir dezavantaj ise görünür rüzgar hızı teknenin hızı tarafından azaltılmaktadır. [3]

Rüzgar türbininin yerleştirilmesini yapmak için diğer bir seçenek ise çördek halatı (halyard) üzeridir (Şekil 29'da Halyard ile gösterilen konum). Tekne her demirlediğinde kurulum ve saklama gerekliliği oluşacağından dolayı, rüzgar türbininin çördek halatı üzerine yerleştirilmesini daha az tercih edilebilir hale getirmektedir.

Son zamanlarda en çok tercih edilen yerleştirme yeri ise matafora ya da radar arch olarak tanımlanan yapı üzerine konumlandırılır (Şekil 29'da RA-1 ile gösterilen konum).

Güvenlikten sonra rüzgar türbinleri ile ilgili yaşanan en büyük sorun, türbininin yüksek rüzgar hızlarında oluşan gürültü seviyesidir. Bu problemin iyileştirilmesine

yönelik son yıllarda yapılan çalışmalar günümüzde hala devam etmektedir. Gürültü seviyesini azaltmak üzere başlıca üç yöntem uygulanabilir;

İlk olarak, daha önce de belirtildiği gibi kanat sayısının azaltılması gürültü seviyesini yükseltmektedir. Bu sebeple, iki kanatlı türbinler yerine üç ya da altı kanatlı olanları tercih edilmektedir.

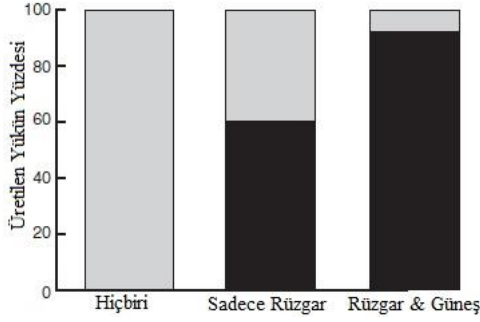
Diğer bir yöntem ise uçak kanatlarında olduğu gibi türbin kanatlarında da aerodinamik performans artırılarak gürültü seviyesi azaltılabilir. Üretilen yeni tip türbinlerin kanatları, uçak pervaneleri ile bire bir aynı yapıdadır.

Son olarak türbinin, doğrudan güverteye bağlanmış olan direklere yerleştirilmesi sonucunda titreşim doğrudan güverteye iletilmektedir. Bu durumda güverte, sesi yükselterek bir davul derisi gibi davranır. Bazı üreticiler titreşimin güverteye ulaşmasını engellemek için kauçuk şok bağlantısı kullanarak bu duruma çözüm getirmektedir. [3]

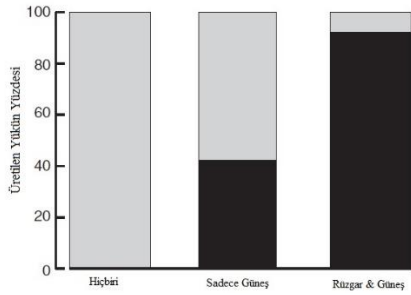
Rüzgar Enerjisi ve Solar Panellerin Karşılaştırmalı Üretim Yüzdeleri

Şekil 30 ve Şekil 31'de Florida ve Bahamalar 'da yapılan bir çalışmaya göre fotovoltaik panellere ve rüzgar türbinlerine sahip 71 adet kotranın günlük elektrik yükü tedarikinin rüzgar enerjisinden ve güneş enerjisinden karşılanma yüzdeleri gözlemler sonucu ortaya konmuştur. Rüzgar türbinlerinin büyük çoğunluğu birbirinden farklı ve 60 inch (1,524 metre) çapında pervane kanadına sahiptir. Güneş

ve rüzgar sistemlerinin ikisine de sahip olan yatlarda günlük yükün ortalama 96%'sı tedarik edilebilirken sadece rüzgar sistemi kullanılan yatlarda günlük yükün yaklaşık 60%'ı temin edilebilmiş, sadece güneş sistemi kullanılan kotralar ise 40% oranında enerji depolayabilmişlerdir. [3]



Şekil 30. Rüzgar Enerjisi Üretim Yüzdesi



Şekil 31. Güneş Enerjisi Üretim Yüzdesi

3. ALTERNATİF SEVK SİSTEMLERİ

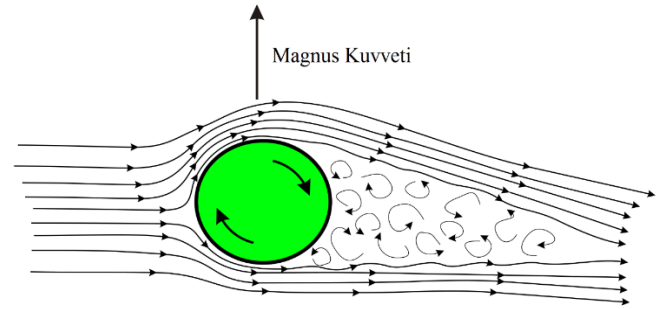
Yatlarda kullanılan başlıca alternatif sevk sistemleri ise rotor sevk sistemi, su jeti sistemi, çeşitli pervane sistemleri, yelken ve uçurtma sistemidir.

3.1.Rotor Sevk Sistemi (Flettner Rotoru)

Magnus Etkisi Nedir?

1850'lerde Alman kimyacı ve fizikçi Heinrich Gustav Magnus tarafından yapılan deneyler sonucunda hava akımı içinde döndürülen silindirik bir cismin üzerinde kaldırma kuvveti oluştuğu

gözlemlenmiştir. Oluşan bu kuvvet Bernoulli Prensibine dayanmaktadır. 1920'lerde ise Alman mühendis Antonio Flettner, rüzgardan enerji elde edebilmek için bir çok farklı metot geliştirmiş ve yaptığı çalışmalar sonucunda dönen silindirde oluşan Magnus etkisinin gemilerin sevki için kullanılabileceğini keşfetmiştir. [9,10]



Şekil 32. Magnus Etkisi

Magnus etkisi (Şekil 32) kısaca şu şekilde açıklanabilir; hava veya su gibi bir akışkan içerisinde, kendi eksenini etrafında dönerken aynı zamanda akışkanın akış yönüne (akım hatlarına) ters doğrultuda ilerleyen silindirik bir cisim üzerinde, akım hatlarına dik doğrultuda bir kaldırma kuvveti oluşur. Silindirin dönme hızı arttıkça dönüş yönüne bağlı olarak silindirin bir tarafındaki akış ile ortam akışının karıştığı bölgede basınç düşer, diğer tarafında ise artar. Böylece silindir etrafındaki simetrik olmayan bu hız alanı ve basınç dağılımı, akım hatlarına dik doğrultuda bir kaldırma kuvveti oluşmasına neden olur. [9]



Şekil 33. Trimarın Teknede Rotor Uygulaması

Flettner Rotoru, yelkenli gemilere ana yelken ile birlikte kullanılan jib veya staysails yerine rotor kullanılarak uygulanabilir. Uygun rüzgar açılarındaki, gerektiğinde kullanılmak üzere, fora veya mayna edilebilecek şekilde teknenin baş tarafında uygun bir yere konuşturılacak bir rotor ile daha küçük sürüklenme açılarındaki daha fazla hız elde edilebilir.

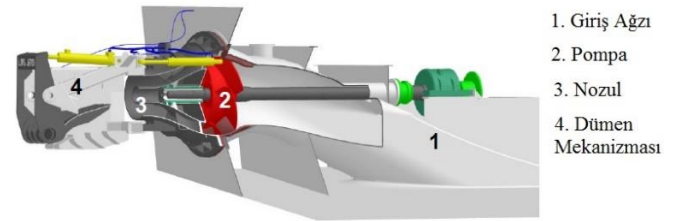
3.2. Su Jeti Sevk Sistemi

Su jeti sevk sisteminin kökeni 17. yüzyıla kadar dayanmaktadır. İngiltere’de 1661 yılında Toogood ve Hayes, Archimedes’in su vidasını kullanarak bu sevk sisteminin patentini almışlardır. Archimedes’in vidası hidrodinamik aletler gibi antik çağlardan beri bilinen buluşlardır. Gemilerden pompayla su atılmasına yarayan Archimedes’in (M.Ö. 287-212) bu icadının temeli ise Mısırlıların 22. Hanedanlığındaki (~M.Ö. 945) bulunmuş olan benzer bir icada dayanmaktadır. Bu icat hala Mısır’da sulama amaçlı kullanılmaktadır. [11]

Toogood ve Hayes’in buldukları sistemin kullanımı ilk olarak küçük yüksek süratli eğlence gemileri ve yüksek manevra kabiliyetine ihtiyaç duyulan iş tekneleri ile

sınırlı kaldı. Ancak zamanla daha büyük yüksek süratli teknelerde kullanılmaya başlamış ve son zamanlarda da önemi oldukça artmıştır. [12]

Günümüzde kullanılmakta olan su jeti sevk sistemlerinin çalışma mekanizması ise şu şekilde açıklanabilir; nozul sistemi içerisinde tulumba ile çekilen suyun enerjisi ivme kazandırılarak artırılır. Bu şekilde meydana gelen su jeti yüksek süratli itmeye neden olmaktadır.



Şekil 34. Su Jeti Ana Elemanları

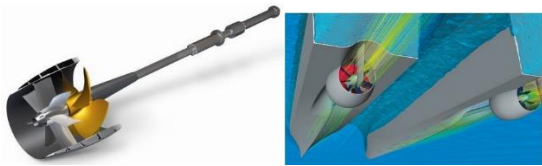
Su Jeti Sevk Sisteminin Avantajları

- Su çekimi azdır (gövde yapısına bağlı olarak)
- Manevra kabiliyetini artırır
- Tüm tekne hızlarında hassas dümen kontrolü sağlar
- Geri vites mekanizmasına ihtiyaç duyulmaz
- Verilen güçte, geminin hız aralığında tork sabit kalır.
- Düşük tekne hızında tam güçle çalışma olanağı sağlar
- Fren mesafesi düşüktür
- Yüksek hızlarda [25knot (12,86m/s) üzeri] güç gereksinimi azdır
- Yüksek hızlarda yakıt tüketimi düşüktür
- Titreşimi azdır
- Gemi içindeki ses azdır

- Verim yüksektir
- Montajı kolaydır

3.3. Voith Doğrusal Jet

Şekil 35'te gösterilmekte olan Voith Doğrusal Jet (Voith Linear Jet - VLJ) son teknoloji pervane sistemlerinden biri olup konvansiyonel pervanenin ve konvansiyonel su jetinin üstün özelliklerinin kombine edilmesiyle oluşturulmuş bir sistemdir. Pervane, bilgisayar ortamında dizayn edilmiş ve geliştirilmiş olup CFD (Computational Fluid Dynamics) metodu uygulanmıştır. Pervane tamamen su içine batmış şekilde çalışır. Geleneksel su jetlerinin verimli olabilmesi için teknenin 35 knot (18 m/s) üzerinde hız yapması gerekmektedir. VLJ'nin manevra kabiliyetinin mükemmelleştirilebilmesi için itme dağılımı algoritmaları geliştirilmiştir ve itme dağılımı algoritmaları, belirli tekne parametrelerine göre (rüzgar ve su yüzeyi alanı, dümen yüzeyi ve profili gibi) optimize edilmiştir.[13,14]

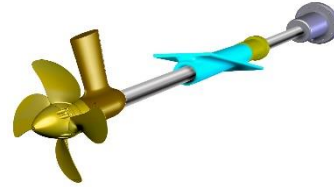


Şekil 35. Voith Doğrusal Jetin Su Dışında ve İçindeki Görünümü

Voith Doğrusal Jet üreticilerine göre; VLJ'nin çekme gücü, diğer su jetlerine göre yaklaşık 50% ve diğer konvansiyonel pervanelere göre de yaklaşık 30% daha yüksektir. Montajı karmaşık değildir, denize karşı hassasiyeti düşüktür, çekme gücü yüksek ve yüksek verim oranına sahiptir. [14]

3.4. Yatlarda Kullanılan Pervane Çeşitleri

Adım (Hatve) Kontrollü Pervaneler (Controllable Pitch Propellers, CPP)



Şekil 36. Hatve kontrollü Pervane

Şekil 36'da görülen adım kontrollü pervaneler, sabit adımlı pervanelerden farklı olarak kanatların açısını değiştirebilme özellikleri sayesinde fazladan bir serbestlik derecesi sağlamaktadır.

Yüzey Yarıcı Pervaneler

Sürat teknelerinde kullanılan bir diğer pervane çeşidi ise yüzey yarıcı pervaneler yani diğer bir deyişle kısmi batmış pervanelerdir. Kavitasyon nedeni ile erozyonu ve verim kayıplarını azaltmak için kanat kesit profilleri genellikle süper kavitasyonlu pervanelerinki gibi seçilir. Bu tip pervaneler tam batmış pervanelere göre daha fazla gerilme (stres) değişimine uğrarlar. [15]

3.5. Yelken Sevk Sistemi

İlk yelkenli teknelerde kare yelken kullanılmıştır (MÖ 3000 – MS 900 yılları arasında). Bu tekneler şekil itibariyle dezavantajlı olmasına rağmen binlerce yıl boydan boya Nil Nehri ve denizleri başarıyla geçmişlerdir. Kare yelkenler rüzgar ile itilirler ve yalnızca rüzgar

yönünde seyredebilirler. Bu durumda tüm kuvvetler aynı yönlüdür.

- Rüzgar Kuvveti + Sürüklenme Kuvveti = Tekne Kütlesi * İvme

Rüzgar kuvveti teknenin sürüklenme kuvvetini aşmıştır.

- Sürüklenme Kuvveti = Su Basıncı * Omurga Alanı + Hava Basıncı * Açıkta Kalan Tekne Alanı

Sürüklenmenin büyük bir kısmı omurganın su içerisindeki hareketinden dolayı oluşur. Yelkenler, direk, mürettebat ve kargo da rüzgar direncine ayrıca eklenmelidir. [16]

- Rüzgar Kuvveti = Rüzgar Basıncı * Yelken Alanı

Üçgen yelkenler ise 2000 yıl önce ortaya çıkmışlardır. Uygun bir yönlendirme ile bu yelkenler herhangi bir yönden gelen rüzgar gücünü ileriye doğru itmeye dönüştürebilirler. Yelken, rüzgar kuvveti sayesinde itme veya çekme gücü yaratabilir, ancak çekme itmeden çok daha zordur. 18. yüzyılda çekme kuvveti 'kaldırma' olarak tanımlanmış olup kavisli bir yüzey üzerindeki, aerodinamik profil, akışkan akımı tarafından üretildiği keşfedilmiştir. Bu durumda, aerodinamik profil üzerindeki kaldırma olayını açıklayan iki teori vardır: Bernoulli ve Euler. [16]

Bernoulli denklemi;

Belirli koşullar altında, akışkan sistemindeki enerjinin sabit olduğu Edmund Bernoulli tarafından 1738 yılında kuram haline getirilmiştir.

$$P_f + \frac{1}{2} \rho V_f^2 + gh = c \quad [3.1]$$

P_f = Akışkan Basıncı [N / m²]

ρ = Akışkanın yoğunluğu [kg / m³]

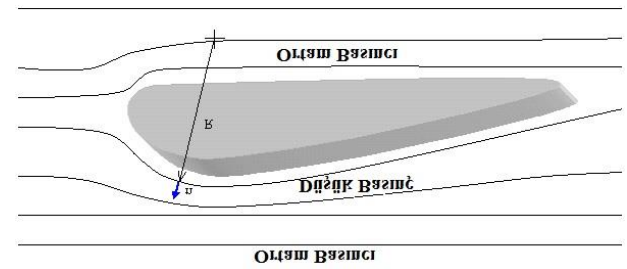
V_f = Akışkanın hızı [m / s]

g = Yerçekimi ivmesi sabiti [N / m²]

h = Yükseklik [m]

c = Sabit

Akışkan, Şekil 37'de de görüldüğü üzere sınır tabakanın dışında aktığında Bernoulli prensibi uygulanabilir. Ayrıca akışın sıkıştırılmaz, kararlı ve sürtünmesiz olarak modellenmesi gerekir. [16]



Şekil 37. Bernoulli Aerodinamik Profil

Euler denklemi ise;

$$dP_f/dn = \rho * V_f^2 / R \quad [3.2]$$

P_f = Akışkan Basıncı [N / m²]

n = akım hattı eğrisinde normal vektör

ρ = Akışkanın yoğunluğu [kg / m³]

V_f = Akışkanın hızı [m / s]

r = Akım hattının eğrilik yarıçapı [metre]

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi yadsınamaz boyuttadır. Yeşil enerji kullanımının gerek çevreye olan zararsızlığı gerekse verim ve maliyet üzerindeki pozitif etkilerine bir kez daha dikkat çekmek üzere hazırlanmış bu çalışmada, yenilenebilir enerji

kaynakları kullanan sistemlerin, emisyonu ekstrasından sebebiyet vermemeleri, mevcut emisyon düzeyini azaltmayı hedeflemeleri, ayrıca güneş ve rüzgar gibi sonsuz olarak kabul edilen kaynakları kullanmaları gibi sebeplerle çevre üzerinde hiçbir negatif etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Verim açısından göz önünde bulundurulduğunda ise güneş panelleri ve rüzgar türbinleri birlikte kullanıldığında günlük enerji ihtiyacının tamamına yakınının karşılanmakta olduğu ilgili bölümlerdeki grafiklerde belirtilmiş olup yine bu sistemler tek başına uygulandığında da büyük ölçüde enerji ihtiyacının karşılanmakta olduğu açıkça görülmektedir. Diğer sistemlere nazaran çok daha yeni bir teknoloji olan uçurtma sevk sisteminin veriminde de yine sistemin kullanılmadığı teknelerle kıyaslandığında oldukça iyi sonuçlar elde edilmekte olup yine ilgili bölümlerde sayısal değerlerle belirtilmiştir. Bu sistemler maliyet açısından değerlendirildiğinde ise her bir sistemde ilk yatırım maliyeti yüksektir ancak, sistem kendi maliyetini kısa süre içerisinde çıkartabilmekte ve kullanıcılara büyük ölçüde tasarruf sağlamaktadır.

Alternatif sevk sistemlerinden rotor sistemi, yüksek verim elde edilebilir bir sistem olmasına rağmen estetik kaygısı nedeniyle günümüzde pek tercih edilmemektedir. Su jeti sevk sisteminin tekneye kazandırdığı en büyük özellik yüksek manevra kabiliyetidir. Pervane tiplerinden adım kontrollü pervane ve yüzey yarıcı pervanelerin de yatlarda kullanımları oldukça yaygındır. Yatlarda

sevk sistemi denilince akla ilk gelen sistem olan yelkenler de geçmişten günümüze yüzyıllardır kullanımı devam etmektedir.

KAYNAKLAR

[1] **Güneş Enerjisinin Temelleri**, <http://www.yinglisolar.com/tr/solar-basics/#>, Erişim Tarihi: 10 Mart 2015.

[2] **Güneş Pilleri Nasıl Çalışır?**, <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/gunes-pilleri-nasil-calisir/10272#ad-image-0>,

Erişim Tarihi: 10 Mart 2015.

[3] **Wing, C.**, Boatowner's Illustrated Electrical Handbook, İkinci Baskı, International Marine, McGraw-Hill.

[4] **Güneş Enerjili Tekne Uygulamaları**, <http://www.3de3enerji.com/?pnum=41&pt=Marine+%2F+Tekne+ve+Yat+G%C3%B1ne%C5%9F+Paneli+Sistemi>, Erişim Tarihi: 11 Nisan 2015.

[5] **SkySails GmbH & Co. KG Company**, <http://www.skysails.info/>

[6] **Groşan, N. and Dinu, D.**, (tarih yok), Considerations Regarding Kite Towed Ship's Manoeuvring, Proceedings of the 3rd International Conference on Maritime and Naval Science and Engineering, Constanta Maritime University, Romania.

[7] **National Aeronautics and Space Administration**, <http://www.nasa.gov/>

[8] **Houska, B. and Diehl, M.**, (tarih yok), 'Optimal Control of Towing Kites'.

[9]] **Kahyaođlu, N.**, (tarih yok), Magnus Etkisi ve Deniz Teknolojisinde Uygulama Alanları.

[10] **Kahyaođlu, N.**, (tarih yok), ‘An Alternative Technique for The Utilization of Wind Energy for Marine Propulsion: Magnus Effect’, Yachting Technology’95.

[11] **Allison, J.**, ‘Marine Waterjet Propulsion’, SNAME Transactions, Vol. 101, 1993, s. 275-335

[12] **Carlton, J.S.**, 2012. Marine Propellers and Propulsion, üçüncü baskı, Elsevier Ltd., USA.

[13] **Voith GmbH**, <http://www.voith.com/en/products-services/power-transmission/voith-linear-jet-40389.html>, Erişim Tarihi: 23 Nisan 2015.

[14] **Green Car Congress**, <http://www.greencarcongress.com/2015/02/20150205-voith.html>, Erişim Tarihi: 23 Nisan 2015.

[15] **Anıl, K.A.**, 2009. Alternatif Sevk Cihazları.

[16] **How A Sail Boat Sails Into The Wind**, (Tarih yok). http://web.mit.edu/2.972/www/reports/sail_boat/sail_boat.html, Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2015.