

GYTE ÜÇ KATLI SAVONIUS RÜZGAR TÜRBİNİ MEKANİK TASARIMI

Bahtiyar DURSUN, Cihan GÖKÇÖL, Ercan ERTÜRK

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
Gebze,KOCAELİ

b.dursun@gyte.edu.tr, c.gokcol@gyte.edu.tr, ercanerturk@gyte.edu.tr

ÖZET

Savonius rüzgar türbinleri 1920'li yıllardan beri birçok araştırmacı tarafından üzerinde çalışılan dikey eksenli rüzgar türbinleridir. Savonius rüzgar türbinleri genel olarak sulama, elektrik üretme ve havalandırma amaçlı kullanım alanları bulunmaktadır. Aerodinamik yapılarından dolayı Savonius türbinleri herhangi bir yönden esen rüzgarı alabilirler ve böylece yüksek başlangıç torkuna sahip olurlar.

Bu çalışmada, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nün Muallimköy yerleşkesinde gerçekleştirdiğimiz üç katlı Savonius rüzgar türbininin mekanik tasarımı anlatılacaktır. Ayrıca savonius rüzgar türbininin üretim aşamasında karşılaşılan zorluklara değinilecektir.

Anahtar Kelimeler: Savonius Rüzgar Türbini, Rüzgar Enerjisi, Rüzgar Türbin Tasarımı

1.GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar enerjisi son yıllarda giderek daha bir önem kazanmaya başlamıştır. Söz konusu olan bu artış giderek artan çevre kirliliği, küresel ısınma ve petrol temelli enerji kaynaklarının dünyada tükenmeye yüz tutmasından kaynaklanmaktadır.[1]

Rüzgar türbinleri, rüzgardan elde edilen kinetik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren mekanizmalardır. Rüzgar türbinleri temelde dikey ve yatay eksenli rüzgar türbinleri olmak üzere ikiye ayrılır. Dikey eksenli rüzgar türbinleri de kendi içinde Savonius ve Darrius gibi çeşitli türlere ayrılmaktadır.[2]

Dikey eksenli Savonius rüzgar türbini ilk olarak 1924 yılında Finli mühendis Sigurd Savonius tarafından icat edilmiş olup 1929 yılında patenti alınmıştır. Yapısının basit olması ve kolay inşa edilmesi tüm ilgileri üzerine çekmesini sağlamıştır. Savonius türbinlerinin başlangıç torkları yüksektir. Bunun sebebi aerodinamik yapıları gereği herhangi bir yönde esen rüzgarı alabilme özelliğinden kaynaklanmaktadır. Verimleri yatay eksenli rüzgar türbinlerine göre oldukça düşüktür. Savonius rüzgar türbinlerinin bakımı ve işletmesi oldukça basittir.[2-3]

2. ÜÇ KATLI SAVONIUS RÜZGAR TÜRBİNİ TASARIMI

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde yaptım etmiş olduğumuz Savonius rüzgar türbini üç kattan oluşmaktadır ve her katta iki adet kepeç bulunmaktadır. Kepeçler her katta birbirinden 60° açıklık ofset ile konumlandırılmış. Savonius rüzgar türbinlerinde kepeçlerin iç kenarları arasında belli bir açıklık olması (a) ve bu açıklığın rotorun yarıçapına yani kepeçlerin çapına oranının $a/d = 0.1 - 0.15$ arasında olmasının bu türbinlerin performanslarını arttırdığı bilinmektedir. Fakat kepeçlerin belli bir açıklık ile konumlandırılmaları bir çok üretim ve montaj zorlukları getirdiği için rüzgar türbinimizde kepeçlerin arasında bir açıklık olmamasına yani a/d oranının 0 olmasına karar verilmiştir.

Türbinde kullanılacak herbir kepeçnin çapının 80 cm ve yüksekliğinde 75 cm olması seçilmiştir. Buna göre Savonius türbininin rotor çapı $D = 2d = 160cm$, rotor üç katlı olacağı içinde rotorun yüksekliği $H = 3h = 225cm$ olacaktır. Bu ölçüler ile rotorun alanı $S = 2dh = 36000cm^2 = 3,6m^2$ olarak hesaplanabilir.

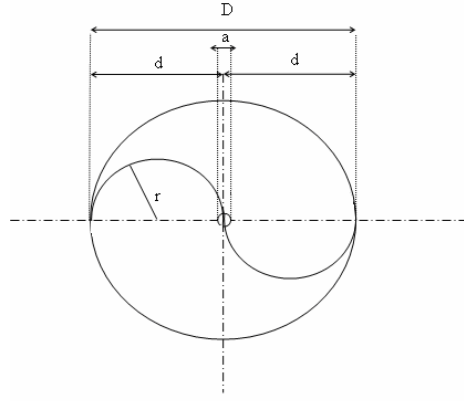
Havanın yoğunluğu için deniz seviyesindeki yoğunluk ($1,25\text{kg/m}^3$), ortalama rüzgar hızıda 9m/s olarak alınırsa türbinin üzerinden geçen havanın gücü

$$P_{\max} = \frac{1}{2} \rho S V^3 = 1640 \text{ W}$$

olarak bulunur. Savonius rüzgar türbinlerinin güç katsayısı oldukça düşüktür. Güç katsayısı için $C_p=0,15$ kullanırsak Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde ürettiğimiz Savonius rüzgar türbininin gücü

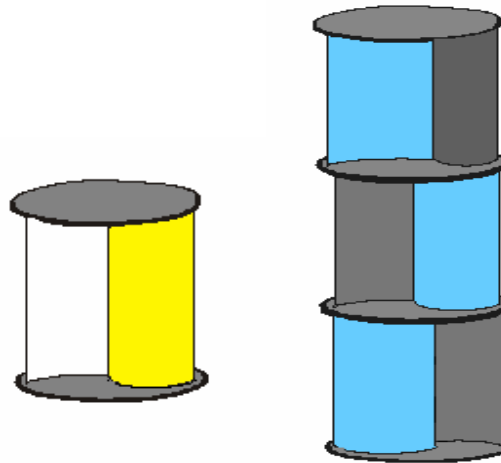
$$P_e = C_p P_{\max} = 246 \text{ W}$$

olarak bulunur.



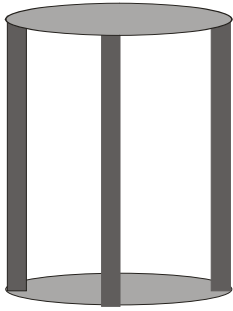
Şekil-1 Savonius Rotor Kesiti

Rüzgar türbinin kanadı için çeşitli malzemeler kullanılabilir (metal, ahşap, epoksi etc.). Güçlü rüzgarlara dayanabilecek kadar sağlam bir yapıya sahip olduğu ve de aynı zamanda hafif dolayısı ile ataleti az olduğu için, üreteceğimiz türbin kanadını fiber katkılı polyester kullanarak yapmaya karar verdik. Kanadı imal etmek için önce bir kalıp çıkarıldı. Bu kalıbın içerisine istenen kalınlığa gelene kadar sırası ile fiber lifler serildi ve sonrada üzerine polyester tatbik edildi. Elde edilen türbin kapakçıkları aralarında 60^0 derecelik açılar bulunan ikişer kapakçıklı katmanlar halinde bir şafta monte edildi.



Şekil-2 Savonius Rüzgar Türbininin Tek katlı ve Üç katlı Tasarımları

Türbin kulesi, içerisinde alternatör, dişli mekanizması ve bunun gibi mekanik elemanların sığabileceği, bir arıza anında içerisine bir insanın girip rahat bir şekilde çalışabileceği göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Kule çapı 1m, yüksekliği 3m olan bir silindir biçimindedir. Hafif ve sağlam olması açısından türbin kulesinde fiber katkılı polyster malzemedan yapılmasına karar verilmiştir. Sağlamlığının artırılması için çelik konstrüksüyon ile desteklenmiştir. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi iki adet 1m çapında 5mm et kalınlığında daire şeklindeki iki çelik parçanın arasına 4 adet 375cm uzunluğunda 4x4cm çelik profil borular yerleştirilmiş ve kaynatılmıştır. Daha sonra bu oluşan çelik konstrüksüyonun üzerine 1cm kalınlığında fiber katkılı polyster plaka bükülerek sarılmıştır. Daha sonrada imal edilmiş olan türbin kulesi boyama işlemine tabi tutulmuştur.

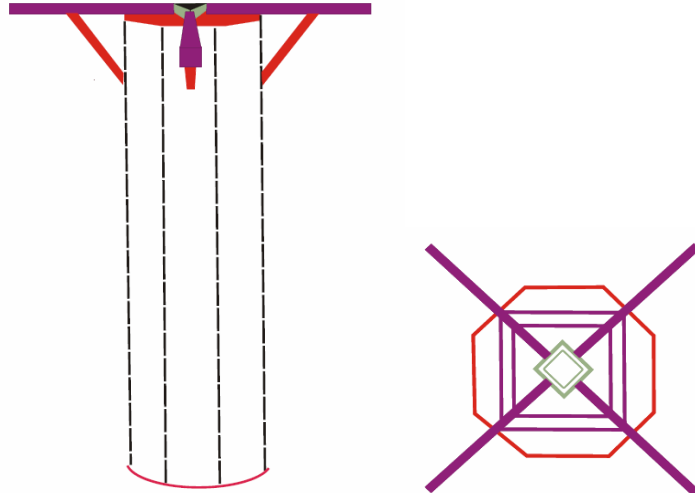


Şekil-3 a) Türbin Kulesi



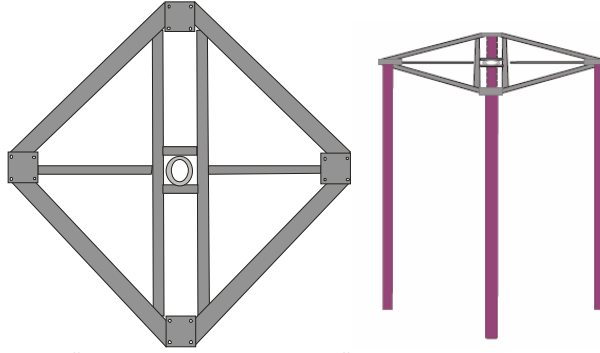
b)Fiber Katkılı Polyster Malzeme

Bir sonraki aşamada türbin rotorunun türbin kulesine bağlantısına ve yataklanmasına geçilmiştir. Türbin kulesinin hemen üst kısmına artı şeklinde bir yine 4x4cm profil borudan oluşan bir parça monte edilmiştir. Bu artı şeklindeki parçanın orta noktasında rotor şaftının oturacağı yatak bulunmaktadır. Bu yatak rotorun ağırlığında taşımaktadır dolayısı ile eksenel yükleri alması için bir adet konik rulman, burkulma momentinide alması için bir adet bilyeli rulman alt alta konmak sureti ile imal edilmiştir.



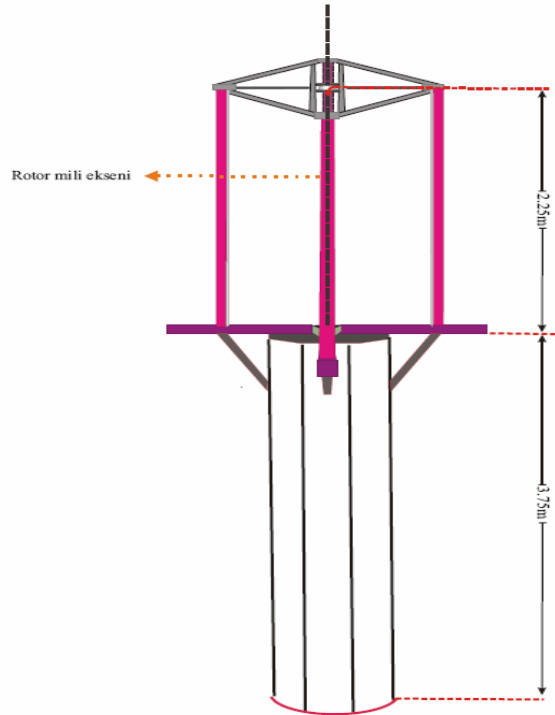
Şekil -4 Kulenin Önden ve Üsten Görünüşü

Türbin rotorunun üst kısmını yataklayabilmek için yine 4x4cm profil borudan kare şeklinde bir ortasında bir adet bilyeli rulman bulunan bir çerçeve imal edilmiştir. Bu çerçeve 225cm uzunluğunda dört adet profil boru ile ortasında dönem rotoru kafes şeklinde saracak şekilde, türbin kulesinin üzerinde bulunan artı şeklindeki parçaya monte edilmiştir.



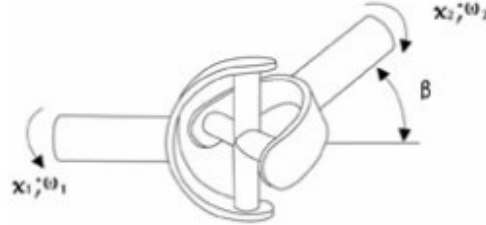
Şekil-5 a) Türbin Üst Çerçevesi b) Türbin Üst Çerçeve ile tutturulmuş Profil Borular

Türbin kulesi ve üzerinde bulunan kafesi sabitleye bilmek için hem türbin kulesinin üzerindeki artı şeklindeki parçaya hemde kafesin üzerinde bulunan kare şeklindeki çerçeve dörder adet çelik gergi halat ile toprağa sabitlenmiştir.



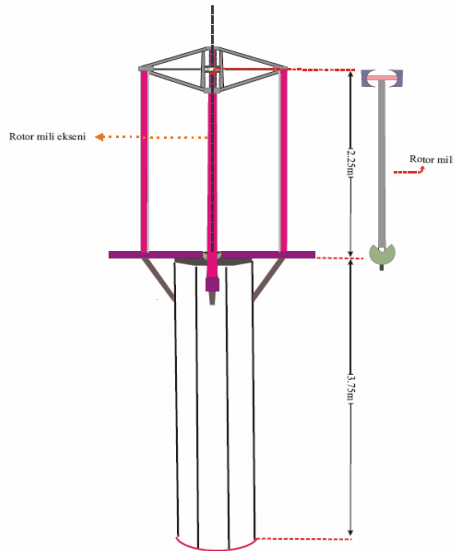
Şekil-6 Türbin Çerçevesi ile Kule Arasındaki Bağlantı

İmal edilen Savonius rüzgar türbini bir vinç vasıtası ile dikildi. Türbin rotorun rahat dönebilmesi için alttaki yatak ile üstteki yatağın aynı eksende olması gerekmektedir. Türbin rotorunun altındaki ve üzerindeki yataklar aynı eksende olacak şekilde çelik halatlar gerildi ve türbinimiz rüzgar ile dönmeye başladı. Fakat zaman içerisinde rotor beklendiği gibi rahat dönmemeye başladı. Bunun sebebi araştırıldığında görüldüğü her ne kadar çelik halatlar gerginde olsa rotorun üstünde bulunan kare şeklindeki çerçeveyi gerektiği kadar sabitlemek mümkün olamamaktadır. Bunun sonucunda rotorun altındaki ve üstündeki yataklar aynı eksende ayrılmakta ve rotor sıkışarak dönmemektedir. Bu problemi gidermek için akla gelen ilk çözüm türbin direğinin üzerindeki artı şeklindeki parça ile rotorun üstünde bulunan kare şeklindeki çerçeveyi birbirlerine daha kalın profiller ile tutturmak oldu. Yani rotorun çevresinde kafes şeklindeki yapının daha mukavemetli yapılacaktır. Bu yapı alttaki yatak ile üstteki yatağı birbirine bağlamaktadır. Bu kafes daha mukavemetli olur ise çelik gergi halatlarının yardımı ile esen sert rüzgarlarda bükülmemesi sağlanmış olur. Fakat istenen mukavemetin sağlanması için profil kalınlıkları artırıldığı zaman bu rotorun üzerinden akan havayı engelleyecektir ve bir kayıp oluşturacaktır. Bunun üzerine farklı bir çözüm üretme yoluna gidildi. Problem tam olarak şu idi, sert rüzgarlarda rotorun altındaki ve üstündeki yatakları birbirine bağlayan profiller yeterince mukavemetli olmadığı için bu iki yatağı aynı eksende tutmak mümkün olmuyordu. Akla gelen çözüm şu oldu; madem her iki yatağı aynı eksende tutamıyoruz o zaman çözüm olarak yatakları aynı eksende olmasını istemeyen bir rotor kullanılabilir idi. Bunun üzerine türbin rotoru yeniden imal edildi, daha önce kullanılan düz bir şaft yerine bir kardan şaftı kullanıldı.



Şekil- 8 Kardan mili mekanizması

Kardan mili 30° ye kadar olan açılarda bile hareketi farklı eksene rahatlıkla iletebilmektedir. Bildiğimiz kadarı ile şu ana kadar Savonius rüzgar türbinlerinde kardan şaftı kullanımı, ürettiğimiz türbin ile literatürde bir ilk olmuştur. Şu anda türbin rotorunun üst yatağı çeşitli yönlerden esen sert rüzgarlarda rüzgar yönünde azda olsa hareket etmektedir fakat bu hareket kullanılan kardan mili sayesinde rotorun dönmesini engellemektedir. Rotor her türlü eksenel kaymalarda dahi rahatlıkla dönmektedir.



Şekil-9 Savonius Rüzgar Türbini Son Hali

3. GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (GYTE)'DE YÜRÜTÜLEN RÜZGAR ENERJİSİ ÇALIŞMALARI

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümünde rüzgar enerjisi üzerine çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Bölümümüzde şu ana kadar üç katlı kardan milli bir Savonius rüzgar türbini, 40 metrelik bir rüzgar ölçüm direği ve bir Darrieus rüzgar türbini tasarlanıp imal edilmiştir.

GYTE Muallimköy kampüsünün rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla bir rüzgar ölçüm direği üretilip dikilmiştir. Ölçüm direğinin boyu 40 metre olup, 40-30 ve 20. metrelerde rüzgar hızını ölçmek amacı ile birer anemometre yerleştirilmiştir. Direğin 40. ve 30. metrelerinde rüzgar yönünü belirleyen belirteçler bulunmaktadır. Nem ölçer, basınç sensörü ve sıcaklık sensörü de ölçüm direğimize monte edilerek bu sensörlerden alınan bilgiler data kaydedici ile depolanmaktadır. Data kaydedici her 10 dakikada bir data kaydetmektedir. Rüzgar ölçüm direğinden rüzgar dataları alınmaya halen devam edilmektedir.

Ayrıca bir adet Darrieus rüzgar türbini tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmektedir. NACA 0021 kanat profilinden H tipi üç kanatlı bir türbin tasarlanmıştır. Direk boyu 18m olup, türbin tepe noktasından zemine çelik gerdirme halatları ile sabitlenmiştir.

Halen şu anda 10 KW'lık yatay eksenli bir rüzgar türbin tasarımı devam etmekte ve buna ilavetende bir PM alternatör tasarımı da deneme aşamasındadır.

GYTE Muallimköy Kampüsü rüzgar parkında türbinlerden üretilen elektrik enerjisi, merkezi depolama ünitelerinde depolanarak enerji ihtiyacı olan bölgelerin enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılacaktır. Bölümümüzde yüksek lisans seviyesinde bir çok rüzgar enerjisi araştırmaları sürdürülmektedir.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Literatürde bir ilk olarak kardan milli bir Savonius rüzgar türbini tasarlanmış ve imal edilmiştir. İmal edilen rüzgar türbini halen Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Muallimköy Yerleşkesinde açık hava testlerine tabi tutulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1]Oğulata R.T., “Energy Sector and Wind Energy Potential in Turkey”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 7 (2003) 469–484
- [2] Mojola O.O. “On The Aerodynamic Design of The Savonius Windmill Rotor”, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 21 (1985) 223-231
- [3]Gipe P., “Wind Power-Renewable Energy for Home,Farm and Business”, Chelsea Green Publishing Company,2004