

SAVONIUS RÜZGAR ÇARKLARININ PERFORMANSININ GELİŞTİRİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

**Mehmet ATILGAN,
Burçin DEDA ALTAN***

Hızla artan dünya nüfusunun sonucunda, teknolojideki ve sanayideki gelişmelerle orantılı olarak enerji tüketimi sürekli olarak artmaktadır. Yıllardan beri kullanılan fosil enerji kaynaklarının rezervleri sınırlı olup, her geçen gün artan enerji talebinin karşısında giderek azalmaktadır. Bunun yanı sıra fosil enerji kaynaklarının rezerv sıkıntılarının yanında çevreye olan olumsuz etkileri, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir. Bu temiz enerji kaynaklarından birisi de rüzgar enerjisidir. Bu çalışmada da rüzgar enerjisinden daha iyi yararlanabilmek için düşey eksenli bir rüzgar çarkı olan Savonius rüzgar çarkının performansını arttırıcı düzenlemeler incelenmiş ve bu konuda yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Anahtar sözcükler : Rüzgar enerjisi, savonius rüzgar çarkı, çark performansı, perdeleme etkisi.

Due to population growth in the world; energy consumption is growing continuously with the technological and industrial development. Since reserves of fossil fuels sources which have been use for ages are limited, growing energy demands and their reserves are exhausted day after day. Besides that the difficulties of the reserves of the energy resources and their environmental impact, clean and renewable energy sources became currently actuality. One of these energy resources is these also wind energy. In this study to get more benefit from wind energy it is investigated performance improving arrangement of Savonius wind rotors which is vertical axis and it is also compared with the other studies in the subject.

Keywords : Wind energy, savonius wind rotors, rotor performance, screen effect.

* Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

GİRİŞ

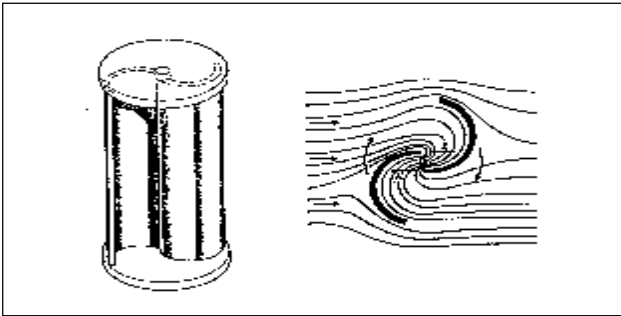
Enerji bir maddenin veya maddeler sisteminin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır. İnsanlar önce ısınmak için enerjiye ihtiyaç duymuşlar, sonra da artan nüfus ve teknolojinin gelişmesi ile enerjiye olan ihtiyaçları artmış ve hızla artmaya devam etmiştir. Dünyada enerji ihtiyacı uzun yıllar fosil yakıtlardan karşılanmıştır. Her geçen gün rezervleri azalan fosil yakıtların giderek pahalılaşması, doğal bitki örtüsünün yanı sıra insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri gibi önemli nedenler; temiz ve aynı zamanda yenilenebilir olan yeni enerji kaynaklarına ilgiyi attırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları; çevre dostu olması, dünyanın her ülkesinde var olabilme özelliği ve sürdürülebilir olması nedeni ile son yıllarda ülkelerin enerji ihtiyacının karşılanmasında ön plana çıkmasında etken olmuştur.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgar enerjisinin belirgin ve önemli bir yeri vardır. Rüzgar enerjisi; fosil yakıtların oluşturduğu asit yağmurlarına ve atmosferik kirlenmeye neden olmayan temiz, bedava ve tükenmeyen bir enerji kaynağıdır. 1980'li yıllarda yeni teknoloji ve malzemelerle yeniden geliştirilerek tasarlanan ve maliyetleri gün geçtikçe düşen rüzgar türbinleri; artan güçleri, iş potansiyelleri ve düşük çevresel etkileri nedeniyle dünyanın enerji geleceğinde de önemli bir sırada yer almıştır. Rüzgar enerjisindeki hızlı gelişimin önemli nedeni; bu kaynağın çevre dostu temiz kaynak oluşudur. Rüzgar enerjisi sistemlerinin geliştirilmesi ve rüzgar çarklarından daha yüksek verim elde etmek için çalışmalar sürdürülmektedir. Bu nedenle de, çok değişik rüzgar çarkı tasarımları geliştirilerek üretilmekte ve kullanılmaktadır. Bu çalışmada da, birçok üstünlüğü bulunmasına rağmen düşük olan aerodinamik performanslarından dolayı çark hızı yüksek türbinler ile Darrieus tipi rüzgar türbinlerine göre daha az kullanılan, Savonius tipi rüzgar çarkı incelenmiş ve çark performansını arttırmak için yapılan çalışma tanıtılmıştır.

SAVONIUS RÜZGAR ÇARKI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Düşey eksenli bir rüzgar çarkı olan, Savonius rüzgar çarkı 1925 yılında Finlandiya'lı bir mühendis olan Sigurd Savonius tarafından keşfedilmiştir [1]. İki yatay disk arasına yerleştirilmiş ve merkezleri

birbirine göre simetrik olarak kaydırılmış kanat adı verilen iki yarım silindirden oluşur. Savonius rüzgar çarkının çalışma prensibine göre; belirli bir hızla gelen rüzgarın etkisiyle, çarkı oluşturan silindirin iç kısmında pozitif ve dış kısmında negatif bir moment oluşmaktadır. İç kısımda oluşan pozitif moment, dış kısımda oluşan negatif momentten daha büyük olduğundan, dönme hareketi pozitif moment yönünde sağlanır. Şekil 1'de Savonius rüzgar çarkının basit bir şekli gösterilmiştir.



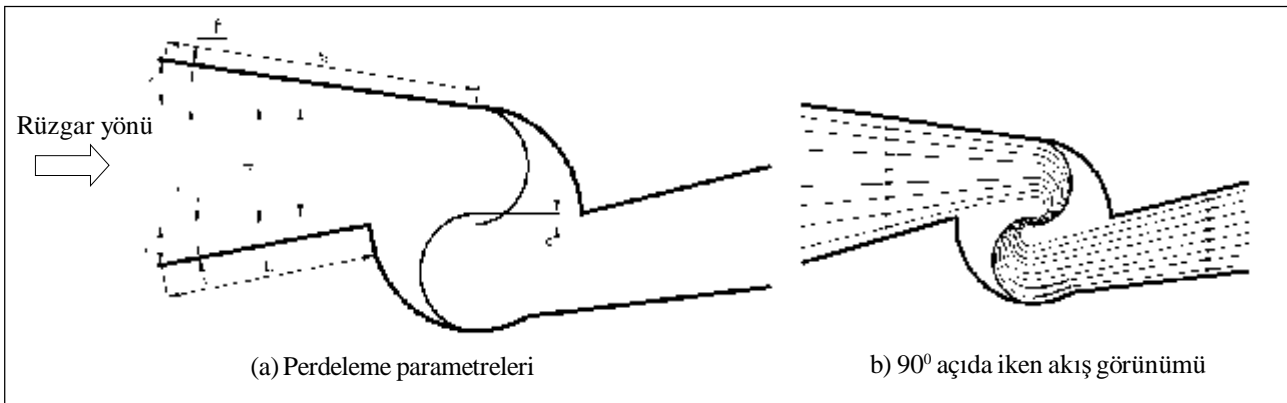
Şekil 1. Savonius Rüzgar Çarkı Modeli [2].

Diğer dişey eksenli rüzgar çarklarına göre; düşük rüzgar hızlarında iyi başlangıç karakteristiklerine sahip olması, yapımının kolay ve ucuz olması, rüzgarın yönünden bağımsız olması ve kendi kendine ilk harekete başlaması gibi birçok üstünlüklere sahip olan Savonius rüzgar çarklarının, aerodinamik performansı düşük olduğu için ilk uygulamaları; havalandırma, su pompalama gibi çok kısıtlı alanlarda olmuştur. Son yıllardaki gelişmelere bağlı olarak, Savonius rüzgar çarklarının kullanım alanları artmış, Darrieus rüzgar çarkı gibi diğer dişey eksenli rüzgar çarklarının ilk

harekete geçirilmesinde yardımcı düzenek olarak kullanılmaya başlanmasının yanında gelişmekte olan ülkelerin kırsal kesimlerindeki küçük güç ihtiyaçlarının karşılanmasında, küçük çiftlik ve bahçelerde sulama ve elektrik ihtiyacının karşılanmasında da kullanılmaya başlanmıştır.

PERDELİ VE PERDESİZ SAVONİUS RÜZGAR ÇARKLARININ GÜÇ PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

Savonius rüzgar çarklarının verimlerini yükseltmek için en önemli parametre; çarkın çalışma prensibinde de belirtildiği gibi, çalışma esnasında, rüzgar yönüne ters yönde hareket eden dış bükey kanat üzerinde dönme hareketine ters yönde oluşan momentin değerini, azaltmak ya da mümkünse ortadan kaldırmaktır. Savonius rüzgar çarkının performansını geliştirmek için sürdürdüğümüz çalışma ile; çarkın çevresine, rüzgar yönüne bağlı olarak yön değiştiren ve negatif yöndeki momenti engelleyebilecek bir rüzgar perdesi oluşturularak ve ayrıca rüzgar hızını arttırmak için daralan bir giriş kesiti ile rüzgar çark verimini ve gücünü arttırmak amaçlanmıştır [2]. Tasarlanan perde sayesinde, perdeye ilk girişteki süpürme alanına göre çarka hemen girişteki süpürme alanı çok daha küçük olacaktır. Buna bağlı olarak çarkın önündeki hız artacak ve dolayısıyla çarkın gücü de hızın küpü ile orantılı olduğundan güçte de önemli bir artış olacaktır. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmada dış bükey yüzeye gelen momenti azaltmak amacıyla Şekil 2a' da görüldüğü gibi rüzgar yönüne göre



Şekil 2. Savonius Rüzgar Çarkında Negatif Momenti Engelliyici Perde Tasarımı [2].

yön değiştirebilen perde tasarlanmıştır [2]. Böylelikle aerodinamik açıdan düşük olan çark verimi arttırılarak, diğer düşey eksenli rüzgar çarklarına göre önemli birçok üstünlüğü bulunan Savonius rüzgar çarklarının kullanım alanlarının arttırılması sağlanacaktır. Şekil 2b'de etrafına perde tasarlanmış Savonius rüzgar çarkının 900 açıyla durması halinde, akışın alacağı durum gösterilmiştir.

Perde uygulanmış Savonius rüzgar çarklarında meydana gelen güç artışını belirlemek için perdeli ve perdesiz çarklarda oluşan güç ifadeleri incelenmiştir. Bunun için Savonius rüzgar çarklarında güç ve performans ifadelerinin hesaplanmasında, kepçe üzerine gelen kuvvetlerin hesaplanması kabul görmüş bir yaklaşımdır [2]. Buna göre güç ifadesi;

$$P = \frac{1}{2} \cdot c \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \cdot v \quad (1)$$

şeklinde verilir.

h yüksekliğindeki bir Savonius rüzgar çarkının S süpürme alanının değeri $(2 \cdot d - e) \cdot h$ şeklinde yazılabilir. İç bükey ve dış bükey yüzey için direnç katsayıları sırası ile c_1 : 2,3 ve c_2 : 1,2 şeklindedir. Burada küresel kepçeli rüzgar çarkının iç bükey yüzeyi üzerinde P^+ ve dış bükey yüzeyi üzerinde P^- güç ifadeleri kullanılabilir.

İç bükey yüzey için ;

$$P^+ = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot [c_1 \cdot (V - v)^2] v \quad (2)$$

Dış bükey yüzey için;

$$P^- = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot [c_2 \cdot (V + v)^2] v \quad (3)$$

şeklinde ifade edilir. Buradan $P_{net} = P^+ - P^-$ işlemi yapılarak;

$$P_{net} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v \cdot [V^2 \cdot (c_1 - c_2) - 2 \cdot V \cdot v \cdot (c_1 + c_2) + v^2 \cdot (c_1 - c_2)] \quad (4)$$

olarak bulunur. Bu ifadeye göre optimum güç elde etmek için optimum çark hızı $v_{opt} = \frac{1}{3} V$ olarak belirlenerek, optimum net güç ifadesi yazılacak olursa, perde

uygulanmamış klasik Savonius rüzgar çarklarında optimum güç ;

$$P_{opt} = \frac{2}{27} \cdot \rho \cdot c_1 \cdot h \cdot (2 \cdot d - e) \cdot V^3 \quad (5)$$

şeklinde elde edilir.

Şekil 2a'da gösterilen perdelemenin etkisi ile dış bükey yüzey üzerinde herhangi bir kuvvet oluşmayacağından $P^+ = P_{net}$ olacaktır [2]. Dolayısı ile,

$$P^+ = P_{net} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot c_1 \cdot (v \cdot V^2 - 2 \cdot V \cdot v^2 + v^3) \quad (6)$$

ifadesi elde edilir. Etrafına perde tasarlanmış Savonius rüzgar çarkının perde giriş süpürme alanı S' ;

$$S' = (L_1 + L_2 + L) \cdot h \quad (7)$$

şeklinde [2]. Burada perde giriş uzunlukları I_1 , I_2 ve perde giriş açıları a ve b dir. $L_1 = I_1 \cdot \sin \alpha$, $L_2 = I_2 \cdot \sin \beta$, ve $L = d - \frac{e}{2}$ şeklinde ifade edilir. Eğer $I_1 = I_2 = I$ ve $a = b = \theta$ olarak kabul edilir ve bu değerler denklem (7)'de yerine yazılırsa perdeli çarkın S' süpürme alanı şu şekilde elde edilebilir,

$$S' = (2 \cdot I \cdot \sin \theta + d - \frac{e}{2}) \cdot h \quad (8)$$

Eğer; çark hızı $v = \frac{V}{3}$ ise $P_{netopt} = P_{netopt}^+$ eşitliği gerçekleşir. Denklem (6)'da çark hızı ve süpürme alanının değeri yerine yazılırsa net optimum güç değeri;

$$P_{netopt} = \frac{2}{27} \cdot \rho \cdot \left(2 \cdot I \cdot \sin \theta + d - \frac{e}{2} \right) \cdot h \cdot c_1 \cdot V^3 \quad (9)$$

şeklinde elde edilir. Perdeleme işlemi yapıldıktan sonra iç bükey yüzey üzerinde oluşan net güç kadar dış bükey

kanadın iç bükey yüzeyinde de bir güç oluşabilir. Bundan dolayı dış bükey kanadın iç bükey yüzeyinde oluşabilecek güç göz önüne alınmadığında perdeleme yapıldıktan sonra oluşan optimum net güç denklem (9)'daki gibi oluşacaktır. Buna göre perdeli ve perdesiz Savonius rüzgar çarklarının güç ifadeleri karşılaştırıldığında, denklem (9); denklem (5)'e bölünürse;

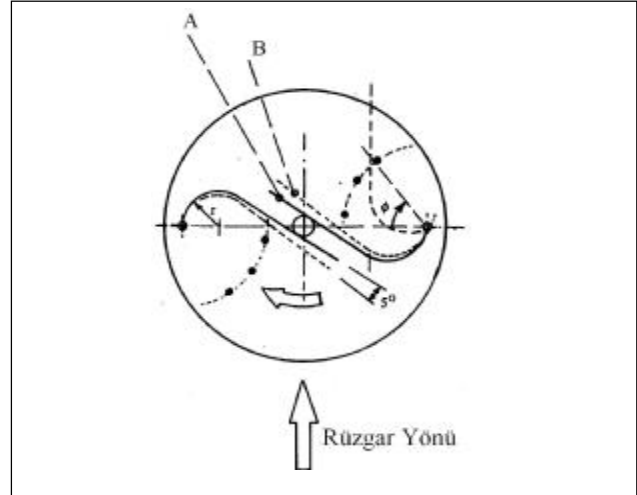
$$\frac{P_{\text{perdeli}}}{P_{\text{perdesiz}}} = \frac{(2.I.\text{Sin}\theta + d - \frac{e}{2})}{(2.d - e)} \quad (10)$$

elde edilir.

Perdesiz ve perdeli Savonius rüzgar çarkının net güçlerinde etkili olan parametrelerin sadece süpürme alanlarına bağlı olduğu, uygulanacak perdenin perde giriş uzunluğu arttıkça süpürme alanı ve dolayısıyla aynı boyuttaki çark için elde edilebilecek güç miktarının daha fazla olacağı denklem (10) dan görülmektedir. Bu çalışmada; perdeli ve perdesiz Savonius rüzgar çarklarının güç ifadeleri karşılaştırılmış ve perdeli durumdaki Savonius rüzgar çarkı gücünün daha fazla olduğu teorik olarak saptanmış ve ayrıca güç ifadesinin artışının perde parametrelerine bağlı olduğu da görülmüştür [2,3].

AERODİNAMİK PERFORMANSI ARTTIRMAK İÇİN YAPILAN DİĞER ÇALIŞMALAR

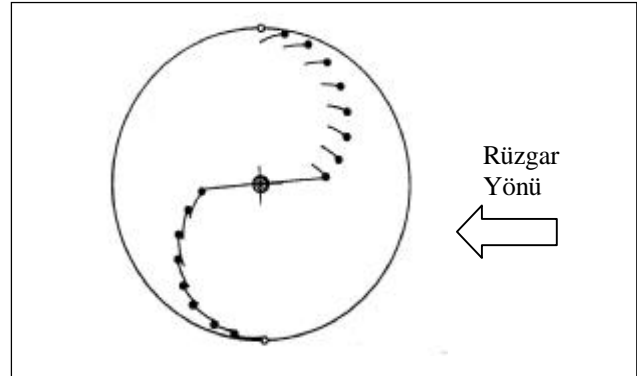
Savonius rüzgar çarklarının birçok üstünlüğü bulunmasına rağmen, aerodinamik performanslarının düşük olmasından dolayı çok fazla kullanılmaması nedeniyle, son yıllarda yapılan çalışmalar Savonius rüzgar çarkının aerodinamik performansını geliştirme yönünde olmuştur. Bu konuda yapılan teorik ve deneysel çalışmalar çeşitli bilim adamları tarafından sürdürülmüştür [4-8]. Yapılan çalışmaların sonucunda Savonius rüzgar çarklarının güç ve moment



Şekil 3. Sallanan Kanatlı Savonius Çark Modeli [9].

performanslarının iyileştirilmesinde büyük gelişmeler sağlanmıştır.

Aldoss ve Najjar, Savonius rüzgar çarkı performansı üzerine Şekil 3'de gösterilen sallanan kanatlı çark kullanarak deneysel bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında Savonius rüzgar çarkının performansını, hem rüzgarın gerisinde hem de rüzgara doğru, çark kanatlarının bir optimum açı ile geri doğru salınmasına müsaade ederek geliştirmişlerdir [9].



Şekil 4. Parçalı Kanatlı Savonius Rüzgar Çarkı Modeli [10].

Reupke ve Probert, Savonius rüzgar çarkının çalışma etkinliğini arttırmak için, Şekil 4'de gösterildiği gibi türbin kanatlarının kavisli kısımlarının yerine bir sıra menteşelenmiş kanatçıklar yerleştirerek, kanatçıkların rüzgara doğru ilerlediğinde rüzgar basıncının etkisinde, otomatik olarak açılarak daha az akış direncinin elde

edildiğini ve yeniden ilk konuma geldiğinde, tekrar otomatik olarak kapandığını tespit ederek, düzeltilmiş parçalı kanatlı çarklardan çok düşük uç hız oranlarında, klasik Savonius rüzgar çarklarından daha yüksek momentler elde edildiğini belirlemişlerdir [10].

SONUÇLAR

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan rüzgar enerjisinden daha iyi yararlanabilmek için, sağladıkları düşük güç ve çark verimlerinden dolayı çok fazla kullanım alanı bulamayan Savonius rüzgar çarkları ile ilgili yapmış olduğumuz çalışma tanıtılmış ve performanslarının artırılması ile ilgili olarak yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır [2]. Yapılan bu çalışmada; Savonius rüzgar çarkının orijinal şekli bozulmadan çark çevresine rüzgara göre yön değiştirebilen bir perde tasarlanarak negatif yönde oluşan moment ortadan kaldırılarak ve aynı zamanda çark önünde daralan bir giriş kesiti oluşturularak çark performansını artırma yoluna gidilmiştir. Ayrıca bu çalışmada diğer performans artırıcı yöntemlerden, Aldoss ve Najjar [9] ile Reupke ve Probert'in [10] yaptıkları çalışmalar da incelenmiştir. Yapılan bu iki çalışmada Savonius rüzgar çarkının orijinal şekli bozularak, üzerinde değişiklikler yapılmıştır. Bu çalışmalarda kanatçıkların sürekli açılıp kapanmasından dolayı hareketli kısımlarda bilhassa kanat bağlantı elemanlarında daha çabuk aşınmalar meydana geleceği ve çarkın fazla uzun ömürlü olamayacağı sonucuna varılmıştır. Bundan dolayı çark çevresine tasarladığımız rüzgara göre yön değiştirebilen perdeleme yönteminin, düşük olan Savonius rüzgar çarklarının performanslarının artırılmasında yapılan bu iki çalışmaya göre çok daha kullanılabilir olabileceği görülmüştür. Özellikle Savonius rüzgar çarklarının aerodinamik performanslarının artırılması ile, düşük rüzgar hızlarında iyi başlangıç karakteristiklerine sahip olmasından dolayı, ülkemizin düşük rüzgar hızı ortalaması (2.54 m/s) göz önüne alındığında, her geçen gün artan enerji ihtiyacının

karşılansında rüzgar enerjisinden daha iyi yararlanabilmek amacıyla iyi bir uygulama olacağı sonucuna varılmıştır [11].

KAYNAKÇA

1. **Ushiyama, I. and Nagai, H.**, Optimum Design Configurations and Performance of Savonius Rotors, Wind Engineering Vol. 12 (1), 59-75, 1988.
2. **Deda B.**, Rüzgar Enerjisi ve Savonius Rüzgar Çarklarının Performanslarının Arttırılması, PAÜ, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 2000.
3. **Deda B., Atılgan M., ve Öztürk H.K.**, Savonius Rüzgar Çarklarının Performanslarının İncelenmesi, III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, Cilt I, 15-17 Kasım 2000.
4. **Newman, B.G.**, Measurements on Savonius Rotor with Variable Gap, Proceedings of the University of Sherbrooke Conference on Wind Energy, Sherbrooke, Quebec, 116s, Canada, 1974.
5. **Khan, M.H.**, Model and Prototype Performance Characteristics of Savonius Rotor Windmill, Wind Engineering, Vol.2(2), 75-85, 1978.
6. **Sheldahl, R.E., Blackwell, B.F. and Feltz, L.V.**, Wind Tunnel Performance Data for Two and Three Bucket Savonius Rotors, Journal of Energy, Vol.2(3),160-164, 1978.
7. **Sivasegaram, S.**, Concentration Augmentation of Power in a Savonius Type Wind Rotor, Wind Engineering, Vol.3(1), 52-61, 1979.
8. **Modi, V.J. and Fernando, M.S.U.K.**, On The Performance of The Savonius Wind Turbine, Journal of Solar Energy Engineering, Vol.111, 71-81, 1989.
9. **Aldoss, T.K., ve Najjar, Y.S.H.**, Further Development of the Swinging-Blade Savonius Rotor, Wind Engineering, Vol. 9, No.3, 1985.
10. **Reupke, P., ve Probert, S.D.**, Slatted-Blade Savonius Wind-Rotors, Applied Energy, Vol.40, 1991.
11. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), Rüzgar Enerjisi, Ankara, 1992.