

Savonius Rüzgâr Türbini (İkili ve Üçlü) Kanat Çevresi Akışının Sayısal Analizi

Faruk KILIÇ*¹, Mustafa GÖKTAŞ²

^{1,2}Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine Bölümü, 12345, Ankara, Türkiye

(Alınış / Received: 04.04.2018, Kabul / Accepted: 14.11.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 24.12.2018)

Anahtar Kelimeler

Rüzgâr enerjisi,
Savonius rüzgâr türbini,
Hesaplamalı akışkanlar
dinamiği

Yapılan bu çalışmada, ikili ve üçlü kanat dikey tip Savonius rüzgâr türbinlerinin kanat çevresindeki hava akışı Ansys Fluent ticari yazılımı ile sayısal olarak elde edilmiştir. 6 m/s rüzgâr hızı için farklı türbin açılarında (0°, 45° ve 90°) analiz yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda kanat çevresinde farklı hız ve basınç dağılımları incelenmiştir. İkili kanat çevresinde oluşan en yüksek rüzgâr hızı 13,8 m/s iken üçlü kanatta bu hızın 13,4 m/s olduğu gözlenmiştir. Ayrıca ikili kanatta en yüksek basınç oluşumu 28,52 Pa etkin basınçta iken üçlü kanatta 28.92 Pa olduğu tespit edilmiştir.

Savonius Wind Turbine (Double and Triple) Numerical Analysis of Wing Around Flow

Keywords

Wind energy,
Savonius wind turbine,
Computational fluent
dynamics

Abstract: In this study, the air flow around the wings of two and three blade vertical type Savonius wind turbines was numerically obtained with Ansys Fluent commercial software. Analyzes were made at different turbine angles (0°, 45°, and 90°). It was observed that the highest wind velocity around the double blade was 13.8 m/s while this rate was 13.4 m/s in the triple blade. It was also found that the highest pressure formation in the double blade was at 28.52 Pa effective pressure and 28.92 Pa in the triple blade.

1. Giriş

Son zamanlarda, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç yer altı kaynaklarının azalmasından dolayı artmıştır. Yenilenebilir enerjilerin en önemlilerinden biriside rüzgâr enerjisidir. Rüzgâr, Güneş radyasyonunun yer yüzeyini farklı özelliklerinden dolayı aynı değerde ısıtmamasından kaynaklanır. Yer yüzeyinin farklı değerlerde ısınması, havanın neminin, basıncının ve sıcaklığının farklı olmasına sebep olur. Oluşan bu farklı basınç da havanın yer değiştirme hareketi yapmasına neden olur. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2'si rüzgâr enerjisine dönüştürülebilir. Rüzgâr türbinlerinin yaptığı iş hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine dönüştürmektir. Diğer kaynaklara göre az olduğu düşünülebilir fakat bu enerjinin yenilenebilir ve doğadaki karbon salınımı yapmamasından dolayı çok kıymetlidir. Güvenilebilir bir kaynak olup tükenme riski yoktur. İşletme ve bakım maliyetleri düşüktür. Günümüz güç santralleriyle rekabet edebilecek düzeyde maliyete düşmüştür. Ancak kurulum için gerekli olan geniş alan, yüksek kurulum maliyeti ve yüksek rüzgâr hızının gerekliliğinden dolayı yayılma hızı beklenen tahminlerin altında kalmıştır [1].

Rüzgâr enerjisi ile enerji üreten birçok rüzgâr türbini çeşidi vardır. Kanat sayısına göre tek kanatlı rüzgâr türbinleri, çift kanatlı rüzgâr türbinleri, üç kanatlı rüzgâr türbinleri ve çok kanatlı rüzgâr türbinleri olarak sınıflandırılabilir. Eksenlerine göre dikey eksenli rüzgâr türbinleri, eğik eksenli rüzgâr türbinleri ve yatay eksenli rüzgâr türbinleri olarak sınıflandırılabilir. Bunların arasında en önemlilerinden biri de dikey eksenli rüzgâr türbinleridir. Dikey eksenli rüzgâr türbinleri gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Birçok araştırmacı rüzgâr türbinlerinin verimliliğini artırabilmek için çeşitli tasarım denemesi yapmıştır [2-9]. Savonius türbinlerinin performans katsayısı (COP) değeri düşük değerlerde olduğu tespit edilse de [6, 10], savonius rotorlarının düşük başlangıç hızlarında dönmeye başlaması önemli bir avantaj olarak görülmektedir [6, 11, 12]. Savonius kanatları ve rotor torklarını iyileştirmek için geçmişte araştırmacılar tarafından birçok deneysel ve teorik çalışma yapılmıştır [11, 13]. Gökteş M., ve Kılıç F., savonius rüzgâr türbini çevresindeki hava akışının hesaplanabilir akışkanlar dinamiği yöntemi ile analizini yapmıştır [14-16].

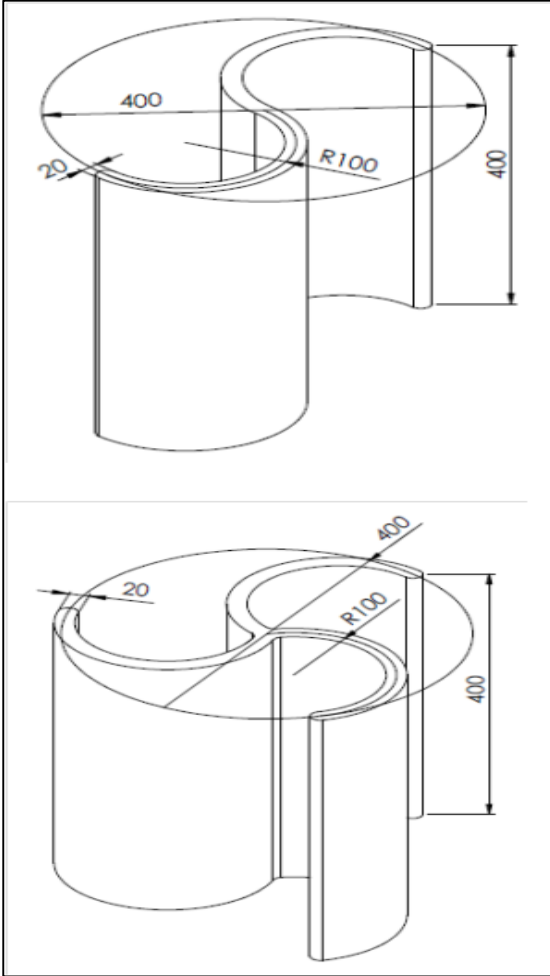
Bu çalışma iki ve üç kanatlı savonius rüzgâr türbinlerinin kanatları sabitlenerek etrafındaki hava

*İlgili yazar: farukkilic@gazi.edu.tr

akışkanının fiziksel özelliklerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır.

2. Sayısal Analiz

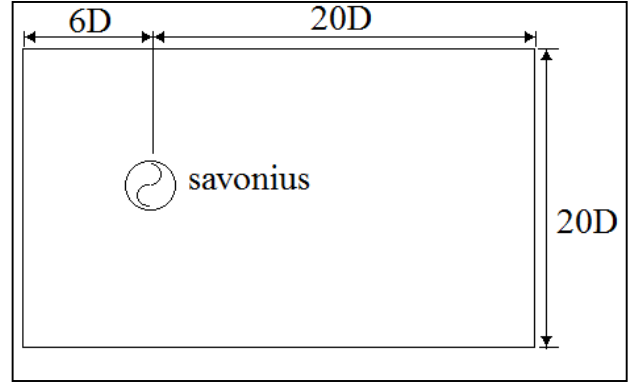
Yapılan bu çalışmada, hava tüneline yerleştirilmiş sabit iki ve üç kanatlı savonius rüzgâr türbini etrafındaki akış Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) kullanılarak Ansys Fluent (R16.1) ticari yazılımı ile hesaplanmıştır. Fluent, kanat hacminin etrafındaki hız değişimlerini farklı geometriler için sonlu hacimler metodu ile çözümlenebilen bir yazılımdır. İkili ve üçlü savonius rüzgâr türbinlerinin fiziksel tasarımı için Autocad programı kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. İki ve üç kanatlı savonius rüzgâr türbini boyutları

Kanatlar arası çap mesafesi (D) merkezleri baz alınırca 400 mm olarak belirlenmiştir. Akış analizi yapılmadan önce akış ortamının boyutlandırılması yapılmıştır.

Tünel giriş-çıkış ağızları kanat çapının 20 katı, tünel girişi ve kanat arası mesafede kanat çapının altı katı olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Fujisawa yaptığı çalışmada hava akışkanının kullanıldığı ortamda kanadın konulacağı en uygun nokta belirlenmiştir [17].



Şekil 2. Savonius türbininin akış alanındaki pozisyonu [18]

Akış alanı içindeki akışkan havanın hız vektörlerinin daha ayrıntılı görülmesi istenilen bölgeler daha küçük çözüm ağı (mesh) yapısı ile tasarlanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çözüm ağı (mesh) yapısı sayısal değerleri

Genel Sayısal Ağ Boyutları	En Küçük Boyut	0,0015
	En Büyük Yüzey Boyutu	0,3
	En büyük Boyut	0,38
Sınır Tabaka Boyutları	Katman Sayısı	18
	Büyüme Oranı	1,08
Kenar Boyutları	Eleman Boyutu	0,0022
	Büyüme Oranı	1,01
Yüzey/Gövde Boyutları	Eleman Boyutu	0,06

Hava akış modeli olarak türbülans modeli kullanılmıştır. Sınır şartları, iterasyon sayısı ve yakınsama değeri tanımlanmıştır. Kütle ve momentum denklemleri Fluent programı ile çözülmüştür.

Süreklilik denklemi

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0 \quad (1)$$

Momentum denklemi

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j - \tau_{ij}) = \frac{\partial p}{\partial x_j} + s_i \quad (2)$$

Bu iki eşitlikte

x_j = kartezyen koordinat ($j = 1, 2, 3$)

u_i = x_i yönündeki mutlak hız bileşenleri

(P_s = statik basınç, ρ_o = referans yoğunluk

$x_m = \rho_o$ nun tanımlandığı yerdeki koordinat

g = yerçekim ivmesi)

S (piezometrik basınç) = $-\rho_o g x_m$

τ_{ij} = gerilme tensörünün (stress tensor) bileşenleri

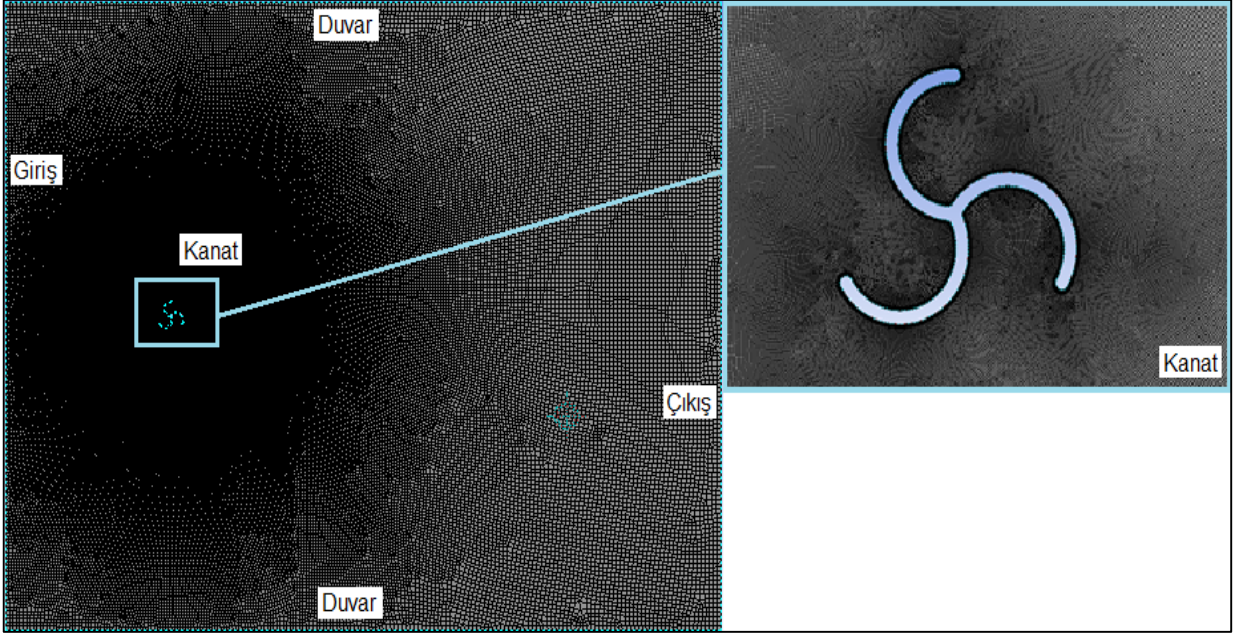
Türbülanslı akış çözümü için standart k- ϵ türbülans modeli hesaplama yöntemi olarak kullanılmıştır. Hızın x ve y bileşenleri, momentum denklemi, türbülans dağılım oranı (ϵ) ve türbülansın kinetik enerjisi (k) Fluent yazılımı ile çözümlenmiştir. Çözümlenen senaryolar iterasyon metodu ve ikincil interpolasyon kullanılarak yüksek güvenilirlikte tutulmuştur (Şekil 3).

Kanat çevresinde (4a) ve kanat sınır tabakasındaki (4b) çözüm ağı yapısı görülmektedir (Şekil 4). 15 katman 1,1 büyüme oranı ile büyütülerek çözüm ağı oluşturulmuştur.

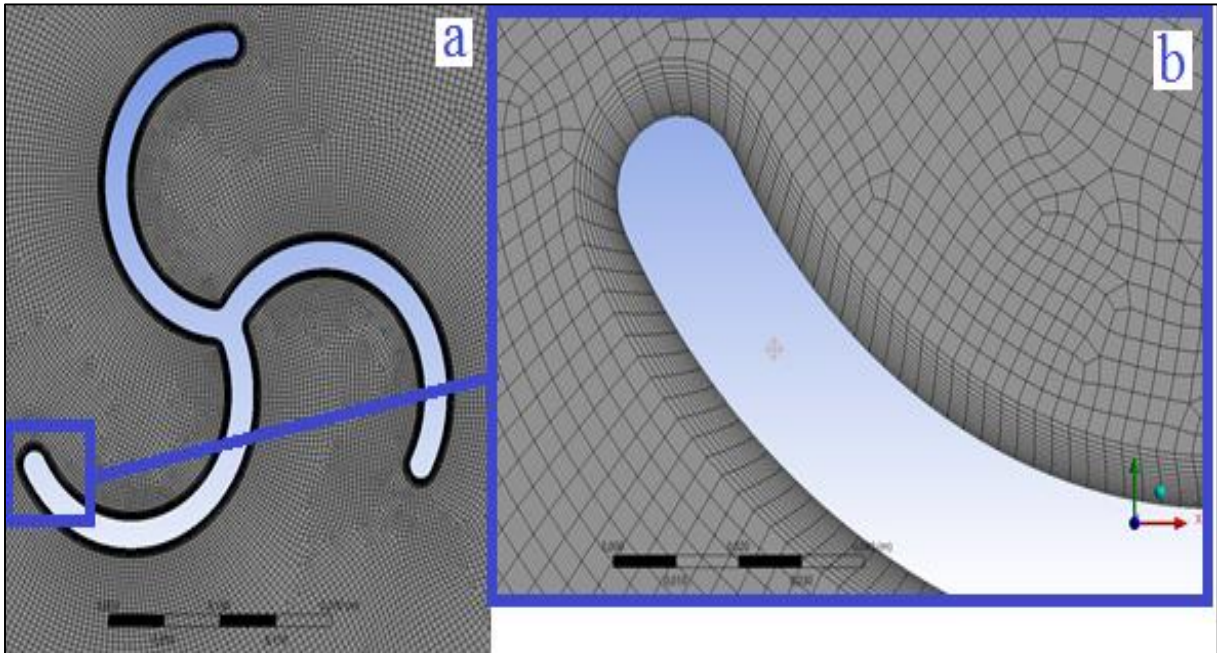
Çözüm ağları oluşturulurken ikili ve üçlü kanat için aynı özellikler atanmasına dikkat edilmiştir. Sayısal çözümün sayısal ağdan bağımsız hale getirilebilmesi için beş nokta (P1, P2, P3, P4 ve P5) belirlenmiştir (Şekil 5).

Şekil 6'da görüldüğü gibi eleman sayısı 78000 civarından sonra mesh'den bağımsız hale gelmiştir. Analizler 78000 civarındaki mesh sıklığı ile gerçekleştirilmiştir.

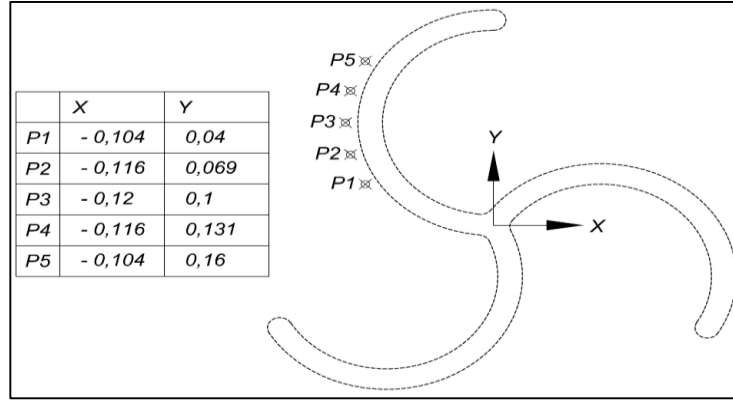
50 iterasyon sonra bulunan sonuçlar yakınsamıştır (Şekil 7).



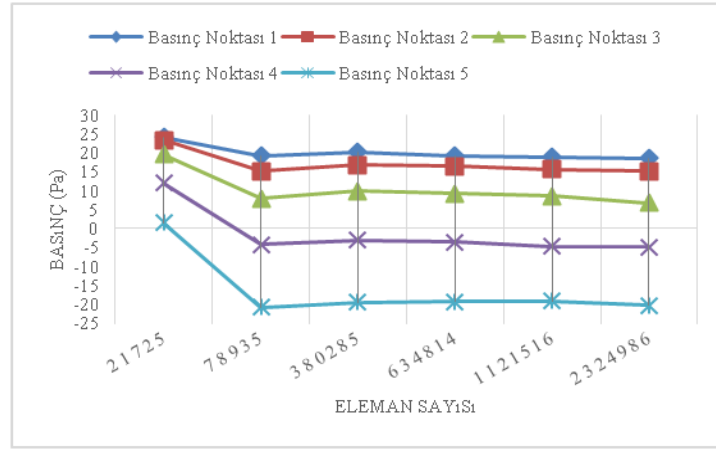
Şekil 3. Akış alanındaki savonius türbini nümerik modeli



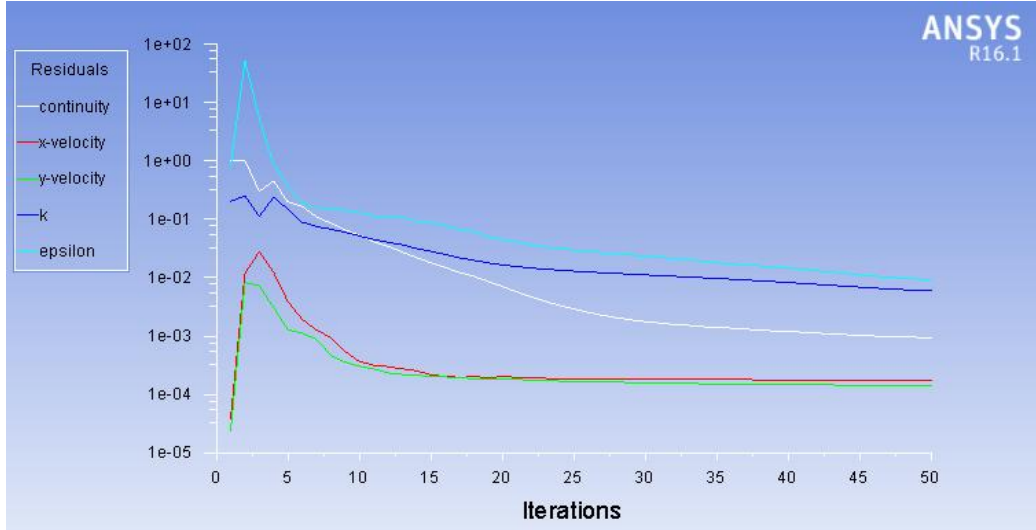
Şekil 4. Sayısal analiz için oluşturulmuş hücre yapısı



Şekil 5. Sayısal ağdan bağımsızlaştırma için ölçüm noktaları



Şekil 6. Sayısal ağdan bağımsızlaştırma



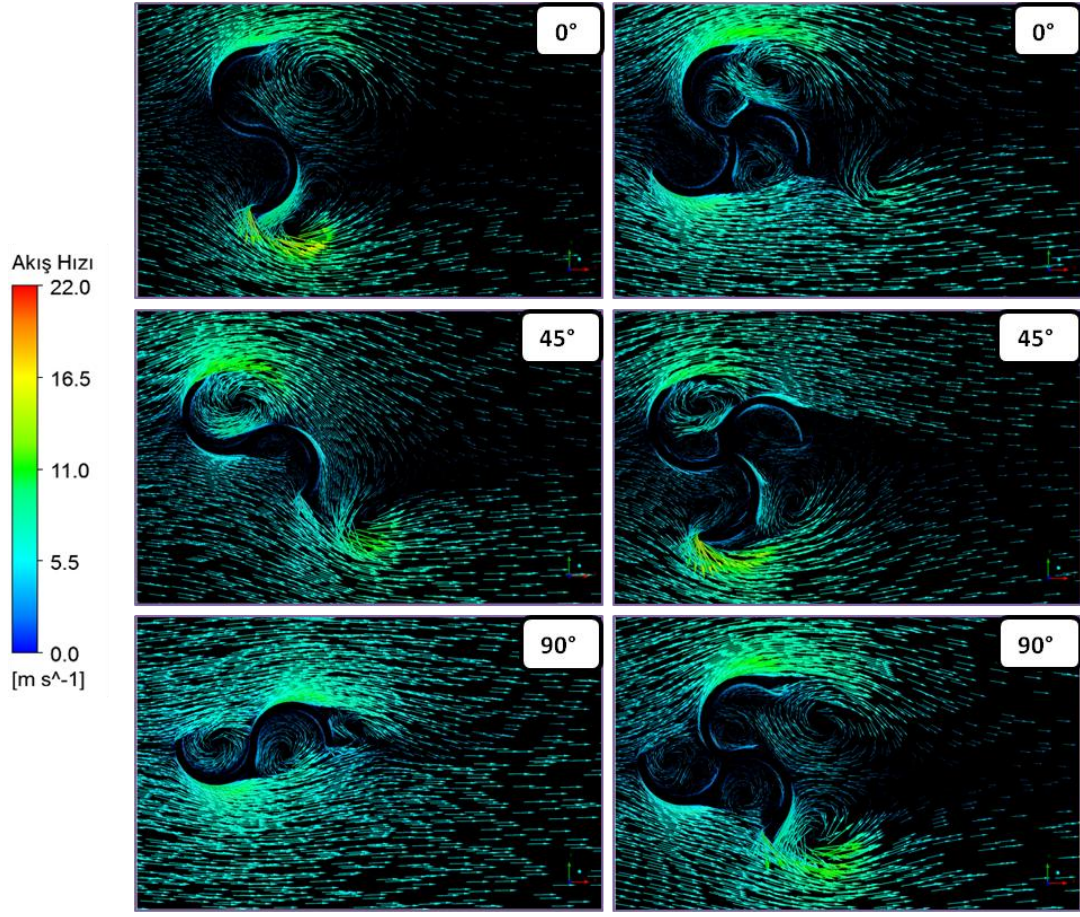
Şekil 7. Yakınsama grafiği

3. Bulgular ve Tartışma

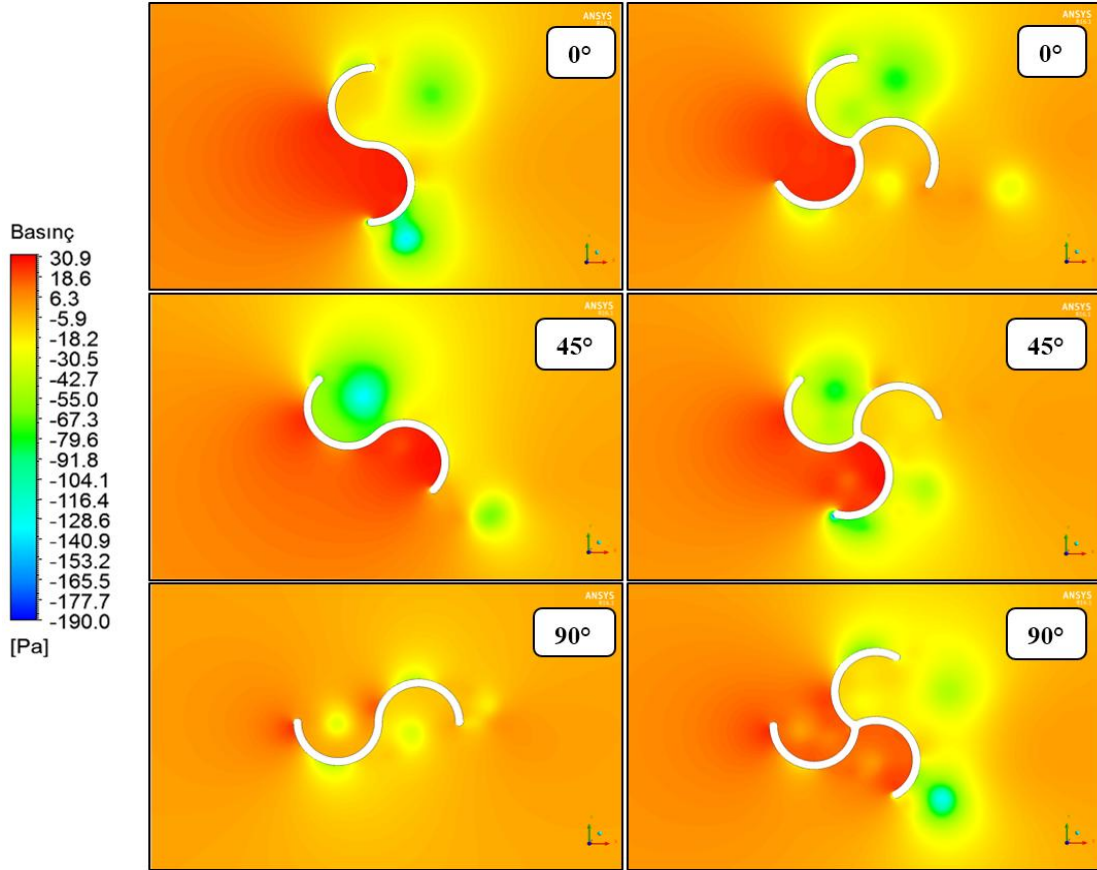
Dikey eksenli savonius rüzgâr türbini kanat çevresi akışı numerik olarak incelenmiştir. Tünel girişine 6 m/s rüzgâr hızı ve üç farklı (0° - 45° ve 90°) kanat açısı için üç farklı senaryo uygulanmış ve vektörel hız grafikleri elde edilmiştir (Şekil 8).

Bu duruma ek olarak üç senaryo için de basınç dağılımı grafikleri de elde edilmiş toplam on iki senaryo incelenmiştir (Şekil 9).

Kanat etrafındaki hız ve basınç dağılımları için yapılan senaryoların her biri için yapılan çözümler sonucunda çıkan sonucun hız dağılımı ve basınç görüntü renk ölçeği barları farklı aralıklarda çıkmıştır. Her senaryonun renk barlarının farklı aralıkta olması grafiklerin birbirlerine göre yorumlanmasını daha zor hale getirmiştir. Bu sorunu çözmek için tüm grafiklerin aralıklarını aynı aralıkta göstererek birbirlerine göre de kıyaslama yapılması kolaylaştırılmıştır.



Şekil 8. Kanat etrafındaki hız dağılımları



Şekil 9. Kanat etrafındaki basınç dağılımları

4. Sonuç

Kanat yüzey alanı hava akış yönüne dik alanı en yüksek olan iki kanatlı rüzgâr türbini 0° de art izi bölgesinde en uzun kuyruk akıntısı oluşmuştur (Şekil 8). Kanat etrafındaki hız dağılımlarının tamamı için kanat bölgesinin arka yüzeylerinde ve kanat cidarında hava hızının sıfıra yaklaştığı görülmektedir. İki kanatlı 0° de iç büyük kanat bölgesinin uc kısmında (saat 4 yönünde) yerel olarak en fazla rüzgâr hızı $13,8$ m/s olduğu gözlenmiştir. 45° kanat açısında ise 0° deki gibi $13-13,5$ m/s aralığında hava hızı oluşumu vardır ancak 0° kanat açısında tek bölgede oluşan nispi yüksek hızlı bölge görüntüsü 45° de iki bölgede de oluşmuştur. Üst bölgedeki kanat ucunda hilal şeklinde bir nispi yüksek hız bölgesi oluşmuştur. 45° kanat açısındaki senaryoda en yüksek rüzgâr hızı $11,5$ m/s'dir. Girdap oluşumu üçlü kanatta daha fazla sayıda görülmüştür. İkili kanat 0° de rüzgâra karşı en yüksek dik alana sahip olduğundan ön bölgesinde üçlü kanada göre de en yüksek basınç bölgesini oluşturmuştur (Şekil 9). Ancak 90° deki pozisyonda 0° de olduğu kadar nispi yüksek basınç bölgesi gözlenmemiştir. Bu nispi yüksek basınç bölgesinin olmaması veya azalması kanat milindeki tork oluşumunu da düzensizleşmesine sebep olmaktadır [19]. İkili kanatta en yüksek basınç oluşumu $28,52$ Pa iken üçlü kanatta $28,92$ Pa olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmadan sonra yapılan çalışmalar için sayısal analizi yapıp yorumlanan savonius rüzgâr türbini farklı kanat tasarımlarıyla iyileştirilebilir. Optimal aerodinamik kanat tasarımı yapıp tork değerleri elde edilip uygun malzeme ve fiziksel tasarımı sonucunda katma değeri yüksek bir üretim eldesi sağlanabilir.

Kaynakça

- [1] Tabatabaeikia, S., et al. 2016. Computational and experimental optimization of the exhaust air energy recovery wind turbine generator. *Energy Conversion and Management*, 126, 862-874.
- [2] Altan, B.D. and Atilgan, M. 2008. An experimental and numerical study on the improvement of the performance of Savonius wind rotor. *Energy Conversion and Management*, 49(12), 3425-3432.
- [3] Altan, B.D., Atilgan, M. and Ozdamar, A. 2008. An experimental study on improvement of a Savonius rotor performance with curtaining. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 32(8), 1673-1678.
- [4] Golecha, K., Eldho, T.I. and Prabhu, S.V. 2011. Influence of the deflector plate on the performance of modified Savonius water turbine. *Applied Energy*, 88(9), 3207-3217.
- [5] Roy, S. and Saha, U.K. 2013. Review of experimental investigations into the design, performance and optimization of the Savonius

- rotor. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part a-Journal of Power and Energy*, 227(4), 528-542.
- [6] Mohamed, M.H., et al. 2011. Optimal blade shape of a modified Savonius turbine using an obstacle shielding the returning blade. *Energy Conversion and Management*, 52(1), 236-242.
- [7] Mohamed, M.H., et al. 2010. Optimization of Savonius turbines using an obstacle shielding the returning blade. *Renewable Energy*, 35(11), 2618-2626.
- [8] Tartuferi, M., et al. 2015. Enhancement of Savonius wind rotor aerodynamic performance: a computational study of new blade shapes and curtain systems. *Energy*, 79, 371-384.
- [9] Shaughnessy, B.M. and Probert, S.D. 1992. Partially-Blocked Savonius Rotor. *Applied Energy*, 43(4), 239-249.
- [10] Reupke, P. and S.D. 1991. Probert, Slatted-Blade Savonius Wind-Rotors. *Applied Energy*, 40(1), 65-75.
- [11] Altan, B.D. and Atilgan, 2010. M. The use of a curtain design to increase the performance level of a Savonius wind rotors. *Renewable Energy*, 35(4), 821-829.
- [12] Menet, J.L. 2004. A double-step Savonius rotor for local production of electricity: a design study. *Renewable Energy*, 29(11), 1843-1862.
- [13] Kılıç, F. 2009. Helezonik Savonius Rüzgâr Türbini İmalatı ve Denenmesi. Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek Lisans Tezi, 47s, Karabük.
- [14] Göktaş, M., Kılıç, F. Savonius Rüzgâr Türbini Çevresindeki Hava Akışının Hesaplanabilir Akışkanlar Dinamiği Yöntemi İle Analizi. *Politeknik Dergisi*, DOI:10.2339/politeknik.417753.
- [15] Kılıç, F., Göktaş, M., 2017. Savonius Rüzgâr Türbini Çevresindeki Hava Akışının Hesaplanabilir Akışkanlar Dinamiği Yöntemi İle Analizi, 2. International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia, 11-13 Ekim, Nevşehir, 357-360.
- [16] Kılıç, F., Göktaş, M., 2017. İki Ve Üç Kanatlı Savonius Rüzgâr Türbinlerinin Sayısal Analizi, 2. International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia, 11-13 Ekim, Nevşehir, 361-363.
- [17] Fujisawa, N. 1992. On the Torque Mechanism of Savonius Rotors. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 40(3), 277-292.
- [18] Gad, H.E. 2014. A New Design of Savonius Wind Turbine: Numerical Study. *CFD Letters*, 144-158.
- [19] Deda Altan, B., Altan, G. and Kovan, V. 2016. Investigation of 3D printed Savonius rotor performance. *Renewable Energy*, 99, 584-591.