

YENİLİKÇİ RAM AIR TÜRBİNİ TASARIM, ANALİZ VE TESTİ

Arif Özer¹
Türk Hava Kurumu Üniversitesi, ANKARA

Doç. Dr. Ali Ruhşen Çete²
Türk Hava Kurumu Üniversitesi, ANKARA

ÖZET

Uçaklar, acil durumlarda elektrik enerjisi ihtiyaçlarını, Ram Air Turbine adı verilen sistemler tarafından karşılar. Bu sistemler motorların olası performans kayıplarını dengelemek ve uçakları kontrollü bir şekilde uçurmak için önemli bir destek sağlar. Halihazırda kullanılan modeller hantaldır ve gövdenin aerodinamik performansını düşürmektedir. Bu çalışma, Savonius Türbin baz alınarak RAT sistemi yerine geçebilecek potansiyelde bir sistemin tasarlanması ve performans verilerini incelemektedir.

GİRİŞ

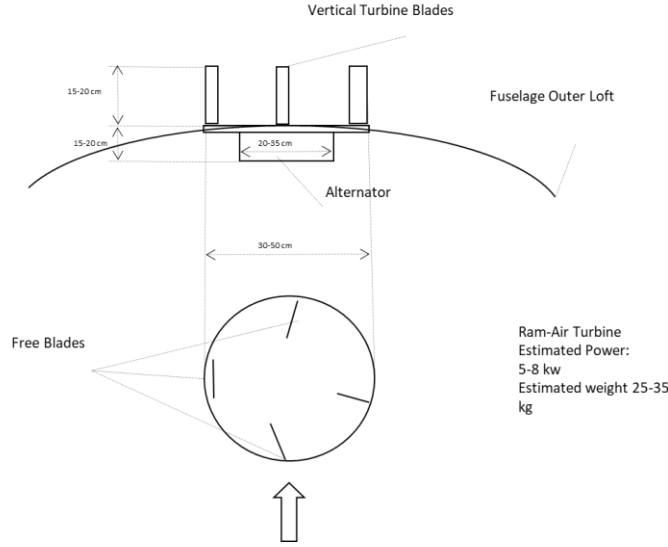
Acil durum güç sistemi olarak hayati öneme sahip olan Ram Air Turbine (RAT) modelleri hava araçlarının kritik bir parçasıdır. Bu cihazlar, hava aracı hızından yani ramair etkisinden faydalanarak elektrik üretmek için kinetik enerjiyi kullanır ve motor arızası veya güç kaybı gibi durumlarda kritik bir yedek çözüm sunar. Faydalı olmalarına rağmen geleneksel RAT modelleri belirli problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu problemler arasında aerodinamik performansın negatif etkilenmesi, yüksek bakım ve operasyon maliyetleri ve hantal yapıları sayılabilir. Bu durum, yeni ve daha efektif bir model tasarlanması çalışmasına ilham olmuştur.

Yeni tasarlanacak model için Sigurd Savonius tarafından icat edilen Savonius Türbin modeli baz alınmıştır. Bu model, basit, ucuz ve değişken akışlara uyum sağlama yeteneği ile ön plana çıkmaktadır. Savonius Türbinleri, iki yarı silindirik yüzeyin hava sürtünmesini kullanarak enerjiyi dönüştürmesi prensibi ile çalışır [Mohamed et al., 2011]. Bu türbinler genelde düşük verimli türbinler olarak bilinmelerine rağmen, verim kavramı ram-air türbinlerde farklılaşmaktadır. Verim, bu türbinlerde oluşturdukları sürüklenme kuvveti ile ilgilidir ve önerilen çözüm minimal sürtünme ile maksimum verim sağlamayı hedeflemektedir.

Bu yenilikçi türbin, uçaklarda artan güç ihtiyacının karşılanması amacıyla ortaya çıkmıştır. Görece başarılı sonuçlar vermesi, düşük verimli elektrik üretim sistemleri yerine geçebileceği olasılığını oluşturmuştur.

¹ Öğrenci, Uçak Müh. Böl., E-posta: arifozr.17@gmail.com

² Doç. Dr. Öğr. Üyesi, Uçak Müh. Böl., E-posta: arcete@thk.edu.tr



Şekil 1 Yenilikçi Ramair türbin tasarım ön çizimi

YÖNTEM

Özgün tasarım, Şekil 2’de görüldüğü gibi dönme serbestliğine sahip dört dikdörtgen kanattan oluşmaktadır. Bir taraf, kanadı tutan çentik sayesinde sürüklenme ile tork oluştururken, diğer taraf serbest kalan kanatlar akıma paralel durarak sürtünmeyi azaltmaktadır. Modelin basit yapısı, güç hesaplarının hem ampirik hem de analitik olarak yapılabilmesini sağlamaktadır.

Ön tasarım, bu güç hesaplarına ve rüzgâr tüneline test edilebilme uygunluğuna göre belirlenmiştir. Bu türbin tasarımı, hava aracına sadece acil durumlarda elektrik enerjisi sağlamakla kalmayıp, operasyon boyunca da gereken elektrik ihtiyacına destek olmak amacıyla yapılmıştır. Ayrıca üzerinde çalışılan tasarım sunduğu basit montaj talimatları ve gereksinimleri ile havacılığın katı regülasyonları ile oluşan zorlukları aşmayı hedeflemektedir.

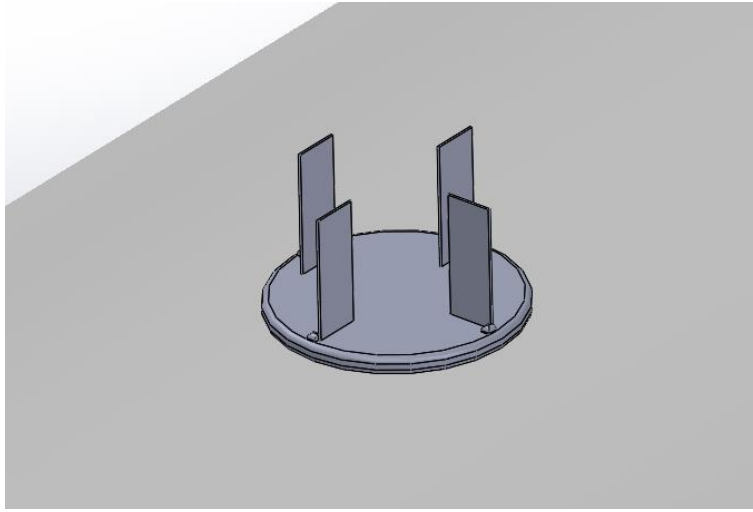
Çalışma kapsamında, verimliliği artırılmış Savonius Ram Hava Türbini modelinin, HAD yöntemleri kullanılarak enerji potansiyeli hesaplanması, uygun bir prototip üretilmesi ve 40 cm x 40 cm deney kesit alanı sunan kapalı çevrim rüzgâr tüneline deneysel çalışmalarının yapılması planlanmıştır. Bir sonraki başlık altında bu çalışmalara dair bulgular ve açıklamalara yer verilmiştir.

UYGULAMALAR VE DEĞERLENDİRME

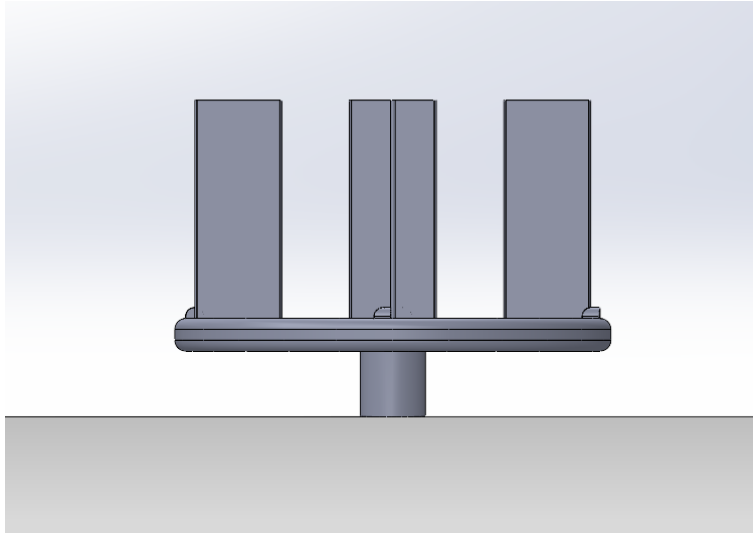
Bu başlık altında çalışmanın kapsamına yani özgün tasarımın CAD modeli, sayısal analiz sonuçları ve hesaplamalara yer verilmiştir.

Tasarım CAD Modeli

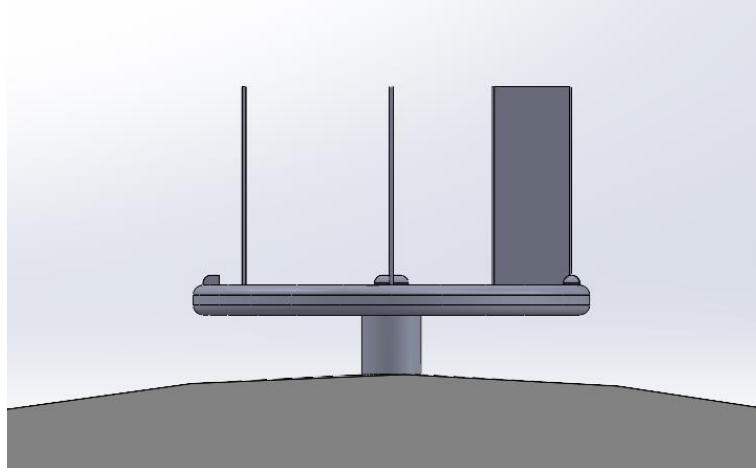
20 cm çapında tasarlanan prototipin 4 adet kanadı bulunmaktadır. Gövdede büyük değişiklik yapılmadan, sadece alternatör ve tabla arasındaki bağlantı milinin geçebileceği boyutta bir delik açılması ile montajı tamamlanabilir. Kanatlar tablanın dönüşü ile kendi eksenleri etrafında dönerek sistemin çalışma yönünün tersine dönmesini engelleyen bir mekanizmaya sahiptir. Aşağıda tasarımın CAD modellerine ve Beechcraft King Air uçağına ait olası montaj görsellerine yer verilmiştir.



Şekil 2 Montaj Edilen Modelin İzometrik Görünümü



Şekil 3 Modelin Yan Görünümü

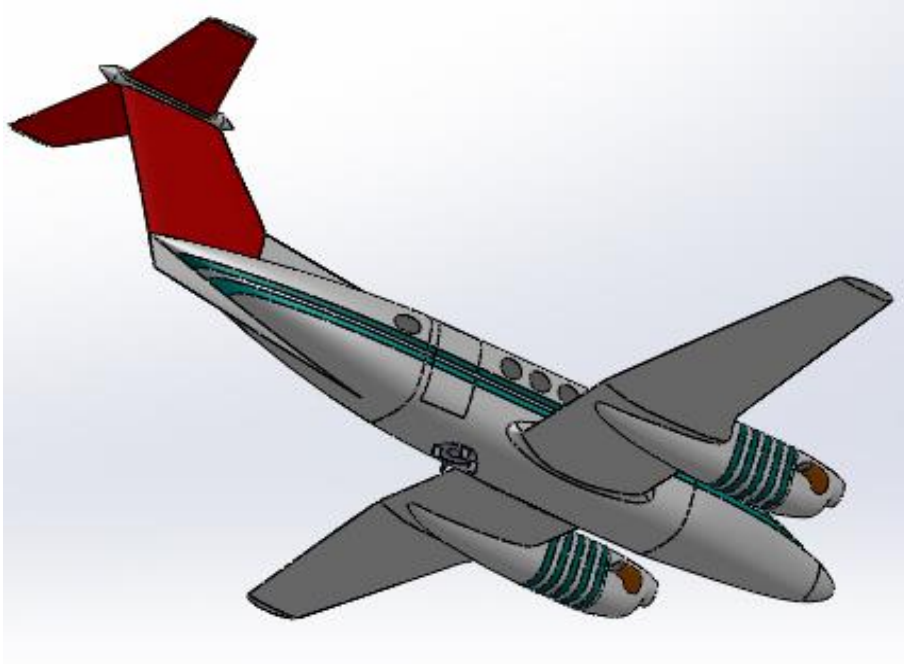


Şekil 4 Modelin Ön Görünümü

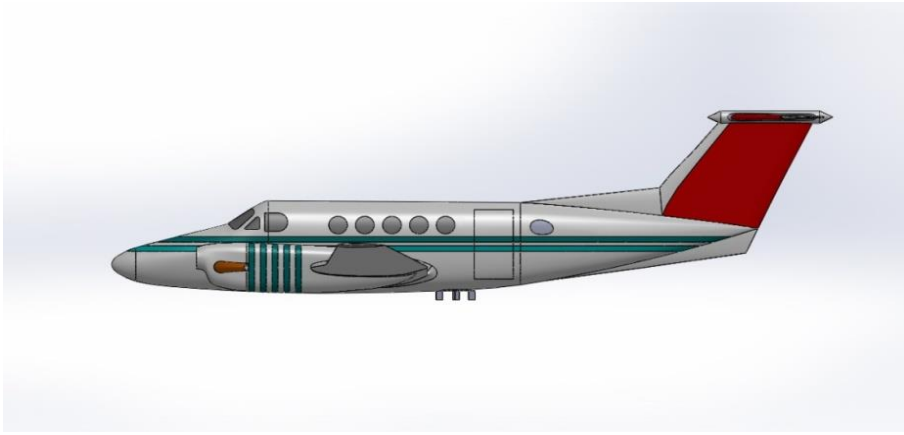
Şekil 2,3 ve 4'te türbine ait CAD görselleri yer almaktadır. Sistem rüzgâr etkisiyle oluşan sürtünme kuvveti ile kendi etrafında dönerek güç oluşturmaktadır, şekil 4'te sağ tarafta konumlanan her bir kanatçık yine sürtünme etkisi ile tam bir tur boyunca kendi ekseninde dönerek istenmeyen sürtünme kuvvetlerinin önüne geçecektir.



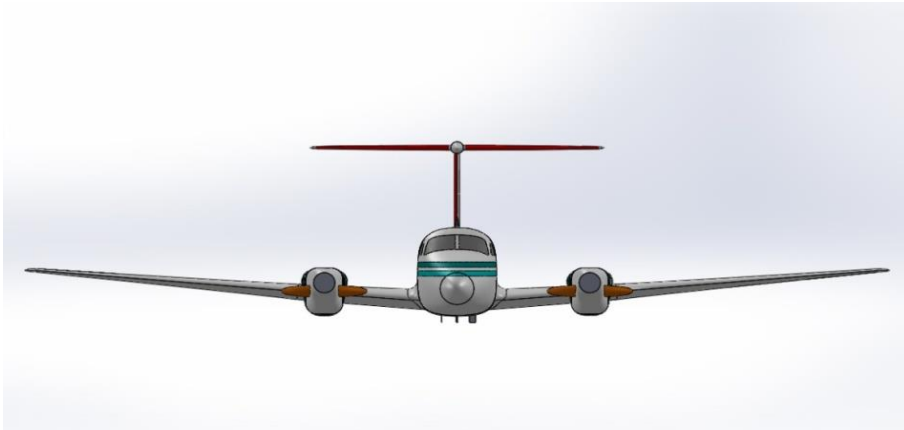
Şekil 5 Beechcraft King Air gövdesinde olası türbin konumu



Şekil 6 Olası konumlandırmayı gösteren CAD çizimi



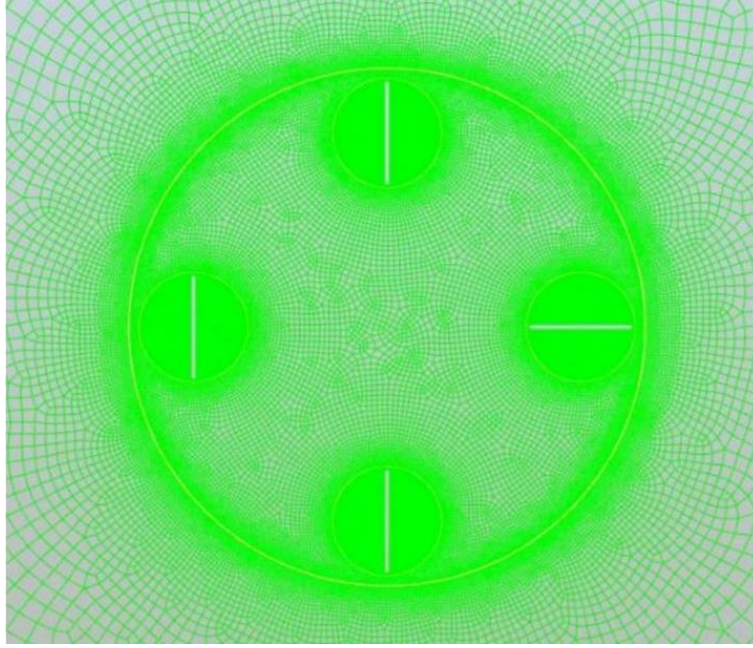
Şekil 7 Olası konumlandırmayı gösteren CAD çizimi yan görünüş



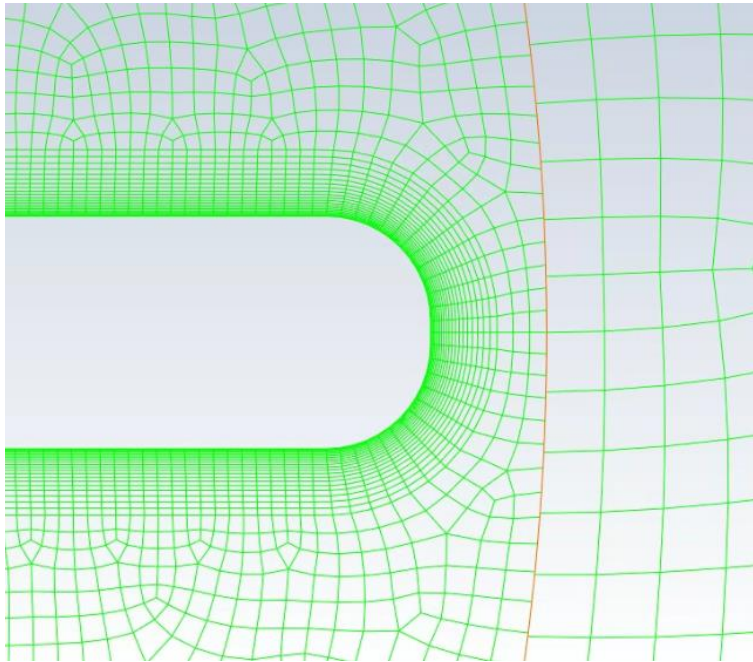
Şekil 8 Olası konumlandırmayı gösteren CAD çizimi ön görünüş

Sayısal Analiz ve Hesaplanmış Verimlilik Sonuçları

Bu çalışmanın sayısal analizinde kullanılan çözüm ağı yapısı Ansys Gambit programında yapılmıştır. Çözüm ağı yapısı dörtgen elemanlardan oluşmakta olup 150000, 200000 ve 250000 elemanlı farklı denemeler yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda 3 vakada sonuçlar arasındaki hata oranı %1 dolaylarında olduğundan, hesaplama maliyetlerini düşürmek için 150000 elemanlı çözüm ağı kullanılması kararlaştırılmıştır. Türbülans modeli olarak ise görece daha uyumlu sonuçlar elde edilebilen Spalart- Almaras tercih edilmiştir. Ağ yapısı 6 bölümden oluşmaktadır. Bunlar dış ortamı temsil eden dış ağ, her bir kanadın etrafındaki akışı incelemek amaçlı oluşturulan dört adet kanat ağları ve tablayı temsil eden disk ağıdır. Aşağıdaki görsellerde ağ yapısına ve kanatlar etrafındaki sınır tabaka ağı yapısının detaylı görsellerine yer verilmiştir.

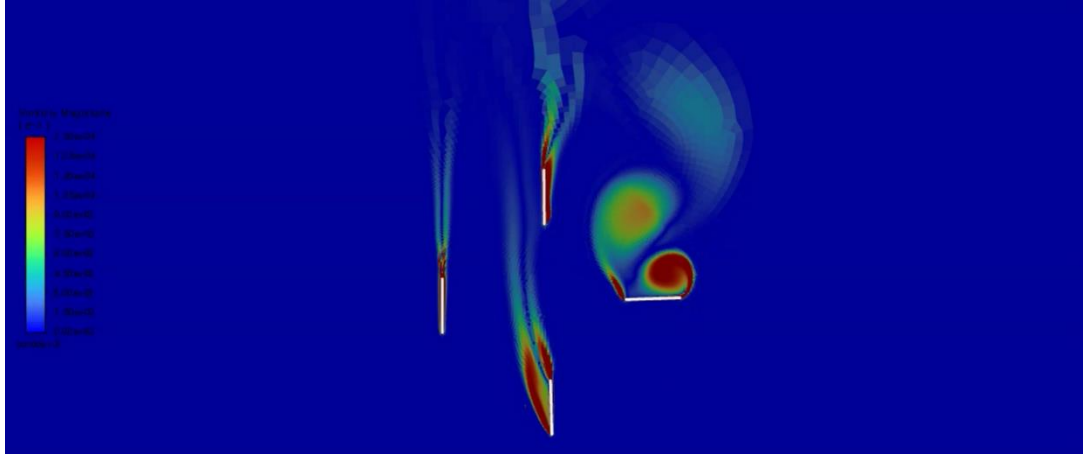


Şekil 9 Daimi olmayan HAD analizi çözüm ağı, bu yapıda analiz esnasında kanatlar ve tabla zamana bağlı olarak kendi etrafında dönmektedir.

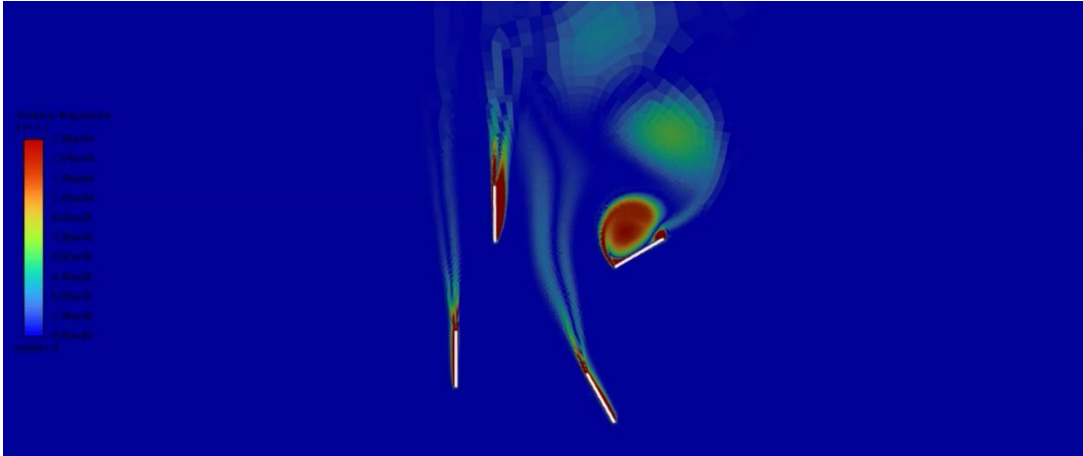


Şekil 10 20 katmandan oluşan sınır tabaka ağı yapısı

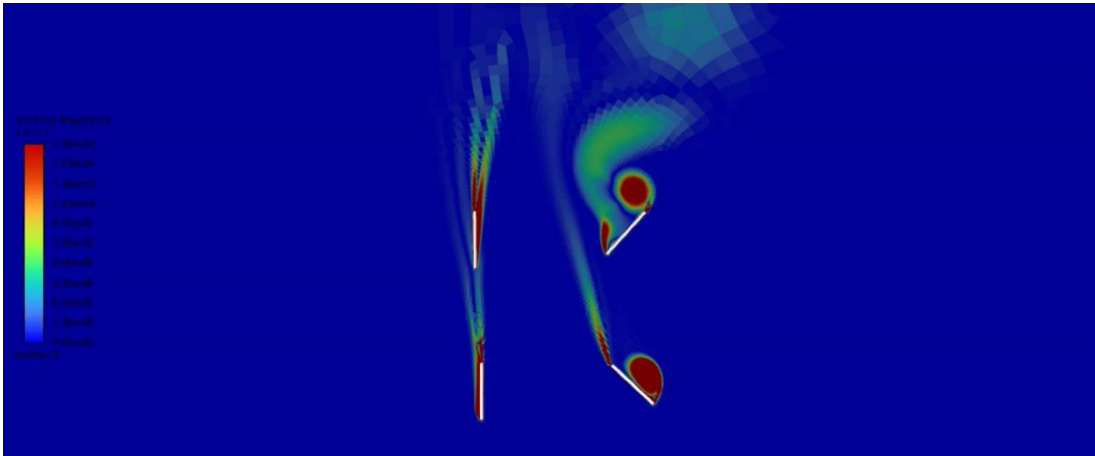
Aşağıdaki şekil 11, 12 ve 13'te yapılan analizler sonucu görselleştirilmiş olan vortisite grafiklerine yer verilmiştir. Görseller dönüş esnasında başlangıç konumundan yani 0 dereceden 45 dereceye kadar geçen dönüşü numaralandırma sırasıyla temsil etmektedir.



Şekil 11 HAD analizleri vortisite grafiği

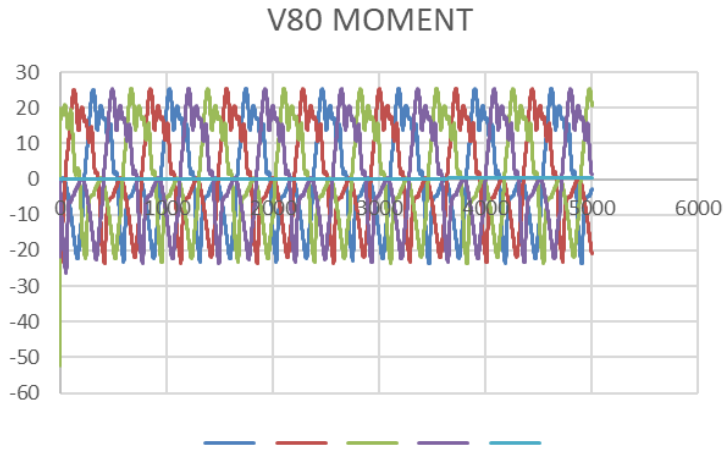


Şekil 12 HAD analizleri vortisite grafiği

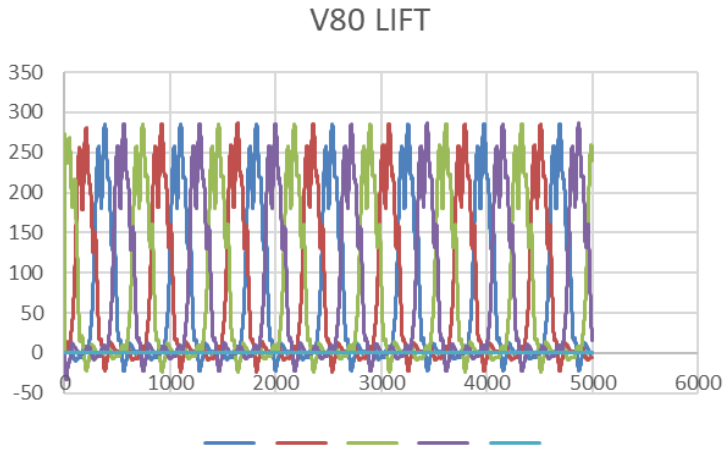


Şekil 13 HAD analizleri vortisite grafiği

Aşağıdaki şekil 14,15 ve 16'da 80 m/s, şekil 17,18 ve 19'da 100 m/s ve şekil 20, 21 ve 22'de 120 m/s akış hızlarında elde edilen moment, taşıma ve sürüklenme kuvvetinin zaman bağlı değişimlerinin grafiklerine yer verilmiştir.



Şekil 14 80m/s hızda modelin ürettiği moment kuvvetlerinin zamana bağlı grafiği



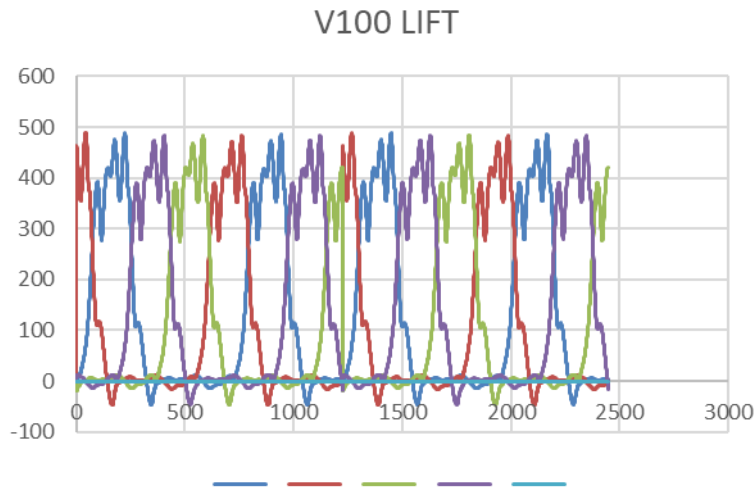
Şekil 15 80m/s hızda modelin ürettiği taşıma kuvvetlerinin zamana bağlı grafiği



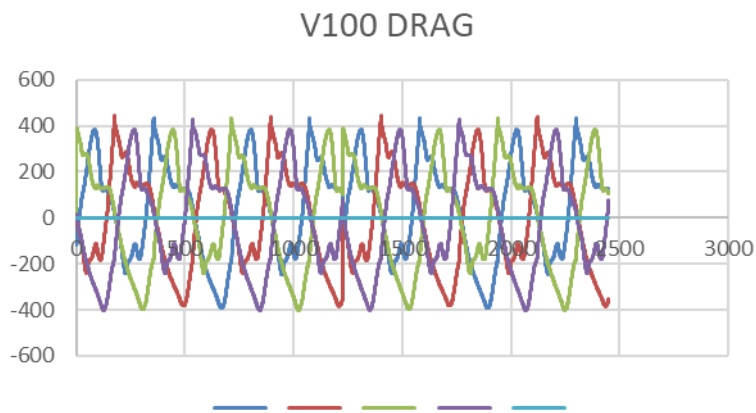
Şekil 16 80m/s hızda modelin ürettiği sürüklenme kuvvetlerinin zamana bağlı grafiği



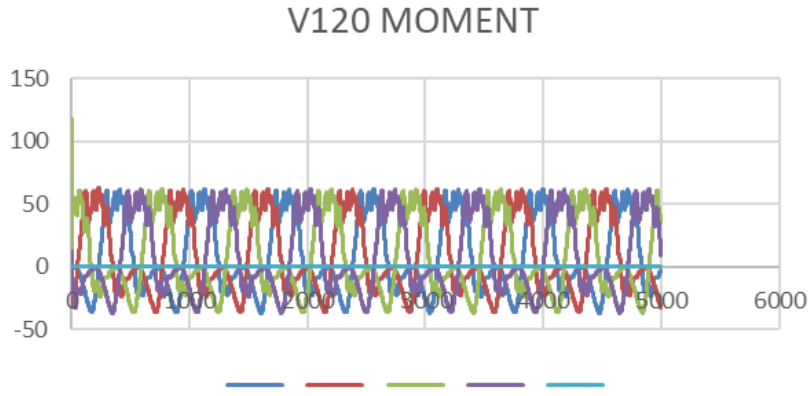
Şekil 17 100 m/s hızda modelin ürettiği moment kuvvetlerinin zamana bağlı grafiği



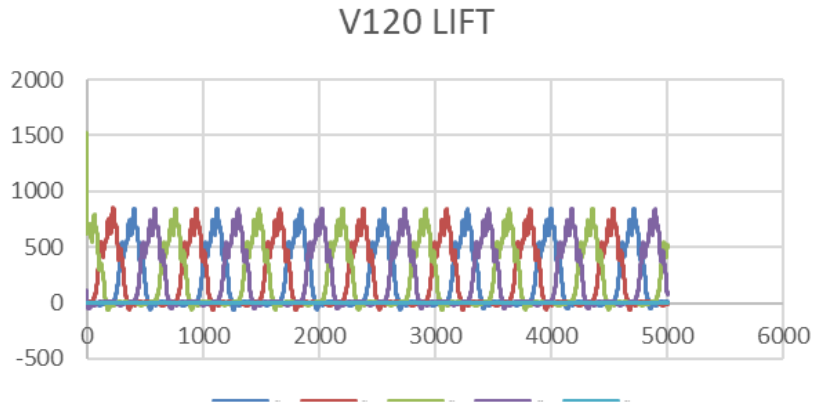
Şekil 18 100m/s hızda modelin ürettiği taşıma kuvvetlerinin zamana bağlı grafiği



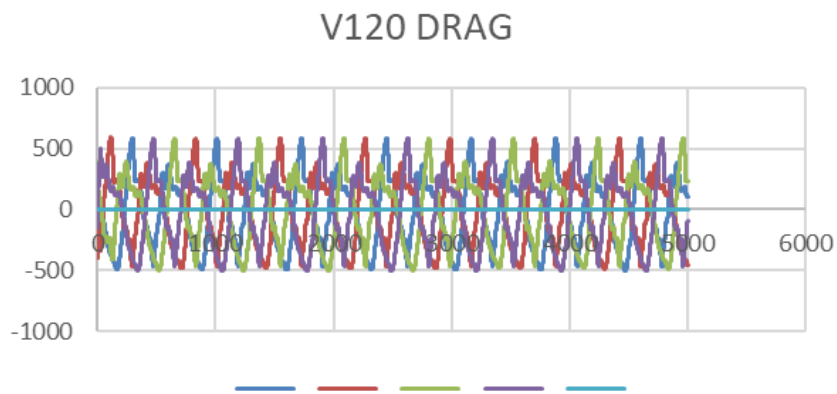
Şekil 19 100m/s hızda modelin ürettiği sürüklenme kuvvetlerinin zamana bağlı grafiği



Şekil 20 120 m/s hızda modelin ürettiği moment kuvvetlerinin zamana bağlı grafiği



Şekil 21 120 m/s hızda modelin ürettiği taşıma kuvvetlerinin zamana bağlı grafiği



Şekil 22 120 m/s hızda modelin ürettiği sürükleme kuvvetlerinin zamana bağlı grafiği

Aşağı bu çalışmada kullanılan verimlilik denklemine yer verilmiştir. Bu denklemde w açılma hızı, T bar ortalama torku, D bar ortalama sürüklenme kuvvetini ve V ise akış hızını temsil etmektedir.

$$\varepsilon = \frac{\bar{T}w}{DV}$$

Bu denklem ile daha önceki sayfalarda yer verilen sayısal analizler sonuçları işlendiğinde aşağıdaki tablo elde edilmektedir.

Tablo 1 Verimlilik hesabı sonuç tablosu

Akış Hızı [m/s]	Uç Hız Oranı	Verimlilik
80	0.625	43.4
100	0.5	44.6
120	0.41	41.1

Görüldüğü üzere model hareketli olduğundan dolayı indükleniş drag temelli tork yaratmaktadır. Bu da modelin sürüklenme bazlı çalışan türbinlerden daha verimli sonuçlar sunmasını sağlamaktadır. Ayrıca yine tablo 1'de görüldüğü üzere en verimli olduğu hız 100 m/s olarak belirlenmiştir. Analiz sonuçlarından güç hesaplaması yapılması için aşağıdaki denklem kullanılabilir. Bu denklemde P gücü, w açılma hızı ve T torku temsil etmektedir.

$$P = w * T$$

Denklem kullanıldığında aşağıdaki tablo elde edilmektedir.

Tablo 2 Üretilen gücün hız ile kıyaslama tablosu

Akış Hızı [m/s]	Güç [kW]
80	2.5
100	4
120	5

SONUÇ

Bu proje, uçaklarda gerekli elektrik üretimini daha verimli hale getirmek ve elektrik güç kaynağını motor sistemlerinde bağımsız hale getirmeyi hedeflemektedir. Bir üst başlıkta verilen hesaplama sonuçları incelendiğinde tasarımın kullanılması hedeflenen Beechcraft King Air uçağı 6 kW güce ihtiyaç duymaktadır [Beechcraft Corporation, 2015]. Bu da bu modelin takribi %66,66 oranında ihtiyaç duyulan gücü sağlayabildiğini göstermektedir. Bu durumda hedef uçak için optimize edilecek bir yeni nesil ramair türbini tasarımının hava aracına ihtiyaç duyduğu gücü kolayca sağlayabileceği görülebilmektedir.

Bulgular ele alındığında bu çalışmada yapılan işlerin gelecekte uçakların elektrik ihtiyacını karşılamak adına büyük önem arz edebileceğini göstermekte olup, sürdürülebilir enerji üretimi konusuna farklı ve verimli bir çözüm ürettiği aşikardır.

Kaynaklar

- [1] Beechcraft Corporation. (2015). King Air 350i: Specification and description (Units FL-1031 to TBD). Beechcraft Aircraft Corporation.
- [2] CESSNA MODEL 172S NAV III AVIONICS OPTION- GFC 700 AFCS SERIALS 172S10468, 172S10507, 172S10640.
- [3] Dighe, Vinit, et al. "Ducted wind turbines in yawed flow: A numerical study."
- [4] Genç, M. S.; Koca, K.; Acikel, H. H. (2019). Investigation of pre-stall flow control on wind turbine blade airfoil using roughness element. *Energy*, 176, 320-334.
- [5] Jansuya, P.; Kumsuwan, Y. Design of MATLAB/Simulink Modeling of Fixed-pitch Angle Wind Turbine Simulator. *Energy Procedia* 2013, 34, 362–370.
- [6] Koca, K.; Genç, M. S.; Açikel, H. H.; Çağdaş, M.; Bodur, T. M. (2018). Identification of flow phenomena over NACA 4412 wind turbine airfoil at low Reynolds numbers and role of laminar separation bubble on flow evolution. *Energy*, 144, 750-764.
- [7] Li, Q.a.; Maeda, T.; Kamada, Y.; Murata, J.; Kawabata, T.; Shimizu, K., et al. Wind tunnel and numerical study of a straight-bladed vertical axis wind turbine in three-dimensional analysis (Part I: For predicting aerodynamic loads and performance). *Energy*. 106 (2016) 443-52.
- [8] Mohamed, M.H.; Janiga, G.; Pap, E.; Thévenin, D. Optimal blade shape of a modified Savonius turbine using an obstacle shielding the returning blade. *Energy Convers. Manag.* 2011, 52, 236–242.
- [9] Ricci, R.; Vitali, D.; Montelpare, S. (2014). An innovative wind–solar hybrid street light: development and early testing of a prototype. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 10(4), 420-429.
- [10] Radhakrishnan, Jayakrishnan, and Dhruv Suri. "Design and Optimisation of a Low Reynolds Number Airfoil for Small Horizontal Axis Wind Turbines." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 377. No. 1. IOP Publishing, 2018.
- [11] Suri, Dhruv. "Design of an Optimized Inlet Shroud for a Flanged Diffuser." (2019).
- [12] Tian, W.; Song, B.; VanZwieten, J.H.; Pyakurel, P. Computational Fluid Dynamics Prediction of a Modified Savonius Wind Turbine with Novel Blade Shapes. *Energies* 2015, 8, 7915–7929.