

NACA0012 KANAT PROFİLİ ETRAFINDAKİ HAVA AKIŞININ SAYISAL VE DENEYSEL İNCELENMESİ

İlker Yılmaz* ve Cevahir Tarhan⁺
Erciyes Üniversitesi/Sivil Havacılık Yüksekokulu,
Kayseri

ÖZET

Bu çalışmada NACA 0012 kanat profilinin belirlenen 11 farklı hücum açısı (0, 3, 5, 6, 9, 10, 12, 15, 20, 25, 30) değeri için rüzgar tüneline deneysel incelemesi ve sayısal akışkanlar dinamiği programı FLUENT kullanılarak sekiz farklı (0°, 3°, 5°, 6°, 9°, 10°, 12°, 15°) hücum açısında sayısal simülasyonu yapılmıştır. Kanat profilinin hücum açısının arttırılması ile taşıma ve sürükleme katsayısının arttığı tespit edilmiştir. C_L/C_D 'nin yaklaşık 10° hücum açısına kadar arttığı, daha sonra 10°-15° arasında azaldığı görülmüştür. Sayısal simülasyon ve deneysel sonuçların literatürdeki benzer çalışmalarla iyi uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada hızla gelişen bir alan olan havacılık, her geçen yıl taşımacılıktan aldığı payı arttırmaktadır. Özellikle ülkemiz gibi dağlık ve engebeli coğrafyaya sahip bölgelerde havacılık daha büyük önem taşımaktadır. Bu tarz bölgelerde ulaşım yatırımlarında havacılığa ayrılan payın yüksek olması, ulaşım ilk yatırım giderlerin azaltılması için önem arz etmektedir. Bu amaçla ülkemizde havacılık yatırımlarına ve araştırmalara ayrılan kaynakların arttırılması, sanayimizin ve ticaretimizin ana unsurlarından olan taşıma ve ulaşımın gelişmesinde büyük katkı sağlayacaktır.

Hava araçlarının gökyüzündeki hareketlerini inceleyen bir bilim dalı olan aerodinamik de havacılığın gelişmesinde etkili olan faktörlerdendir. Hareket halindeki hava araçlarında inceleme ve gözlem yapmak zor olduğu için bu amaçla aerodinamik incelemelerde kullanılmak üzere gökyüzünde hava araçlarının seyrini ve hava koşullarını simüle eden rüzgâr tünelleri geliştirilmiştir. Rüzgar tünelleri hava gibi hareketli bir gaz içerisinde bulunan katı cisimlere gazın uyguladığı etkilerin incelenmesi, araştırılması ve yorumlanması için tasarlanarak üretilmiş, içerisinde havanın hareket ettirildiği ve hızının ayarlanabildiği tünellerdir. Bu tünel içerisine veya hava çıkışına konumlandırılan hava aracı maketleri; kanat, elevatör, rudder profilleri tarzı taşıyıcı ve hareket kontrolü sağlayıcı yüzeylerin küçültülmüş modellerinin hava akışına verdikleri tepkilerin incelenmesi rüzgâr tünellerinde yapılan aerodinamik incelemelerin temelini oluşturmaktadır.

*Doç. Dr., Uçak Gövde Motor Bölümü, E-posta: iyilmaz@erciyes.edu.tr

⁺Öğr. Gör., Uçak Gövde Motor Bölümü, E-posta: ctarhan@erciyes.edu.tr

Hava akımının profiller üzerinde yaptığı etkilerin rüzgâr tüneline incelenmesinde sıcak-tel anemometresi ile hava hızı ölçümü, parçacık görüntüleme ile hava hızı ölçümü (PIV), lazer dopler anemometresi (LDA) gibi farklı teknikler mevcuttur. Bu tekniklerden sıcak-tel anemometresi ile hava hızı ölçüm tekniğinde, ortam sıcaklığının üzerindeki bir sıcaklığa kadar ısıtılan ince bir telin üzerinden geçen havanın telin direncinde yaptığı değişimlerden faydalanılarak, akan havanın hızının ölçülmesi prensibine dayanmaktadır.

Kanat profili etrafındaki akışın incelenmesi ile uygun kanat profili belirlenmektedir. Hava araçlarının kullanım maksadına bağlı olarak ne kadar bir taşıma kuvvetine ihtiyaç olduğu yine kanat profilinin taşıma katsayısının belirlenmesi ile mümkündür. Akış sırasında sürüklemenin minimum olması kanat profilinin optimum kullanımına imkan sağlayacaktır. Bu yüzden taşımanın maksimum, sürüklemenin minimum olduğu bir kanat profili tercih edilmektedir.

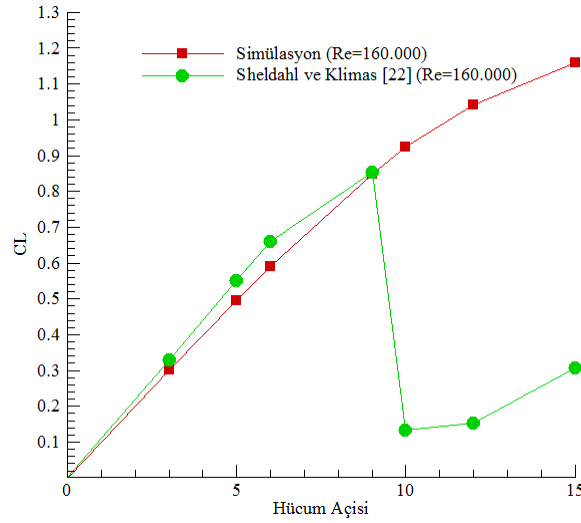
Literatürde NACA 0012 kanat profilinin taşıma ve sürüklenme katsayısının tespiti amacıyla 51.000 ve 160.000 gibi görece düşük Reynolds sayılarında yapılmış yalnızca birer çalışmanın bulunması bu çalışmanın ortaya konmasındaki temel nedendir. Bu çalışma sayesinde söz konusu kanat profili ile ilgili verilerin doğruluğunun sınanması ve güvenilirliğinin artırılması amaçlanmaktadır.

UYGULAMALAR

Sayısal Simülasyon:

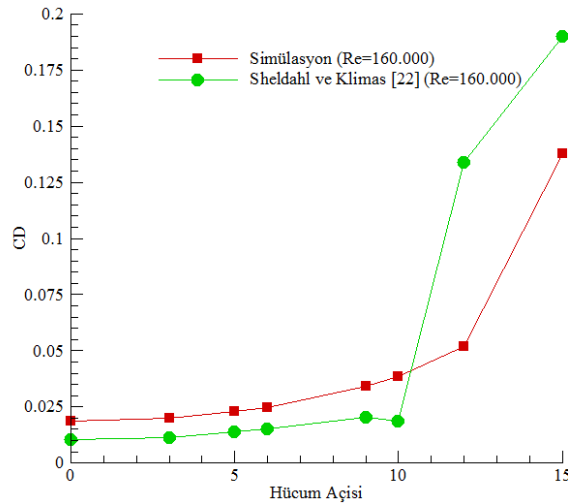
Bu kısımda NACA 0012 kanat profilinin farklı hücum açılarında (0°, 3°, 5°, 6°, 9°, 10°, 12°, 15°) konumlandırılmasıyla yapılan sayısal simülasyonlardan elde edilen profilin taşıma katsayısı, sürüklenme katsayısı değerleri ve bu değerlerin daha önce yapılmış farklı deneysel çalışmalarla karşılaştırılması sunulmaktadır.

Şekil 1'de simülasyon sonucunda bulunan C_L değerleri ile Sheldahl ve Klimas [Sheldahl ve Klimas,1981] tarafından bulunan değerlerin 9°'lik hücum açısına kadar büyük ölçüde uyum içerisinde olduğu görülmektedir. 10°'lik hücum açısında Sheldahl ve Klimas'ın [Sheldahl ve Klimas,1981] çalışmasında taşıma katsayısı belirgin bir biçimde düşmekte, sayısal simülasyonda ise taşıma katsayısı değerindeki artış devam etmektedir. 10° ve 15°'lik hücum açıları arasında kalan değerlerde iki çalışma arasında bazı farklar olduğu görülmektedir.



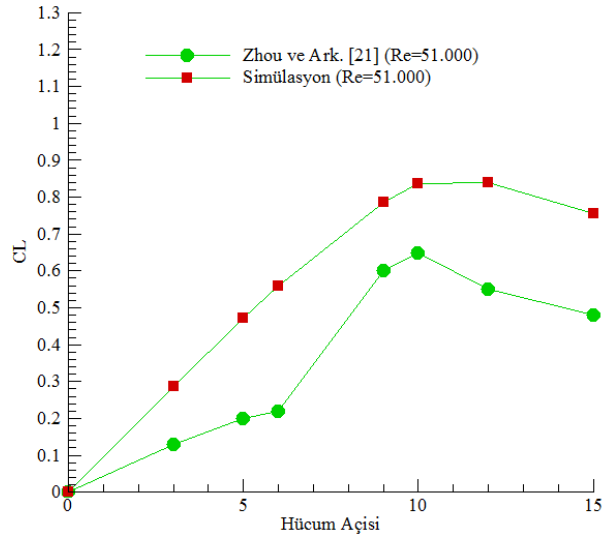
Şekil 1: Re=160.000'de C_L değerlerinin karşılaştırması

Şekil 2'de simülasyon sonucunda bulunan C_D değerleri ile Sheldahl ve Klimas [Sheldahl ve Klimas,1981] tarafından bulunan değerlerin 10° 'ye kadar çok iyi uyumlu olduğu, 10° 'den sonraki hücum açıları için ise değerler arasında farklılıklar olduğu görülmektedir.



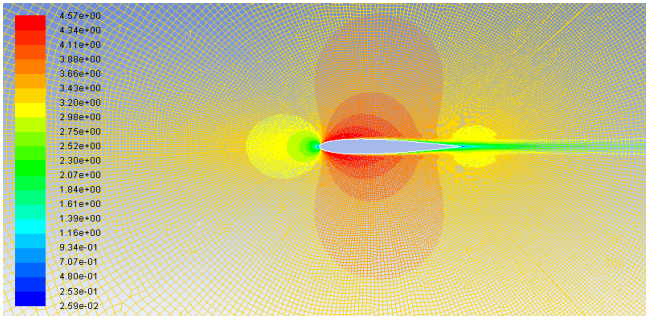
Şekil 2: Re=160.000'de C_D değerlerinin karşılaştırması

Şekil 3'te simülasyon sonucunda bulunan C_L değerleri ile Zhou ve Ark. [Zhou, Alam, Yang, Guo, Wood, 2011] tarafından bulunan değerlerin uyumlu olduğu görülmektedir. Yalnızca 10° 'nin üzerindeki hücum açılarında küçük farklılıklar olduğu görülmektedir.

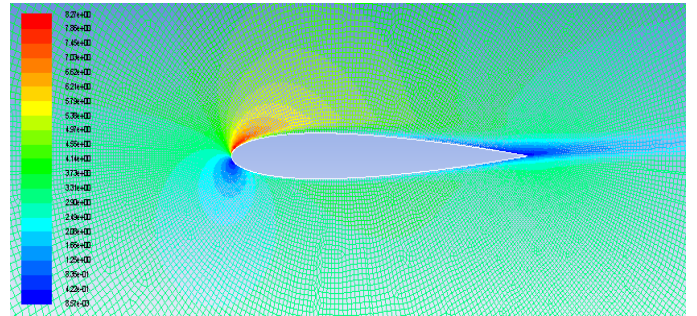


Şekil 3: Re=51.000'de C_L değerlerinin karşılaştırılması

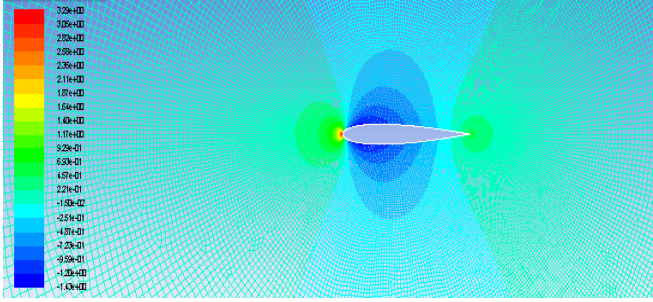
ekil 4-15 arasında dinamik basınç, statik basınç ve basınç katsayısının hücum açısıyla değişimi verilmektedir. Grafiklerden hücum açısı arttıkça, ile birlikte tabanmaya neden olan profilin üst yüzeyindeki düşük statik basınç ve alt yüzeyindeki yüksek statik basınç bölgeleri görülmektedir.



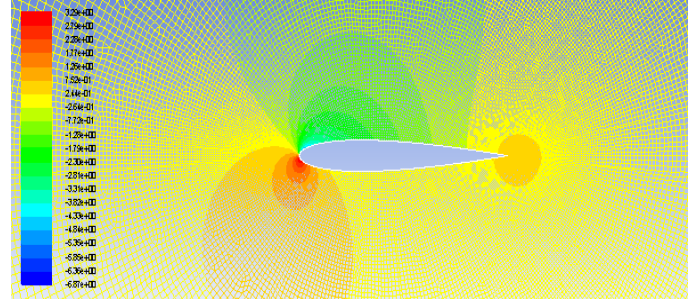
ekil 4: 0° hücum açısında dinamik basınç dağılımı



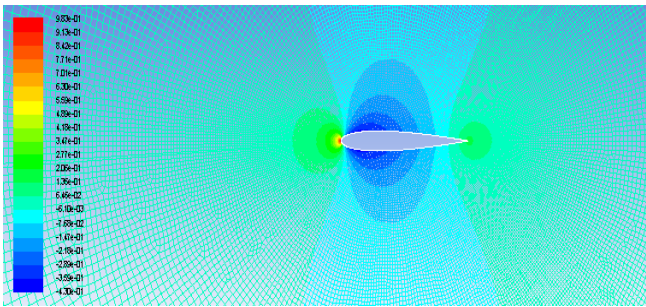
ekil 5: 1.5° hücum açısında dinamik basınç dağılımı



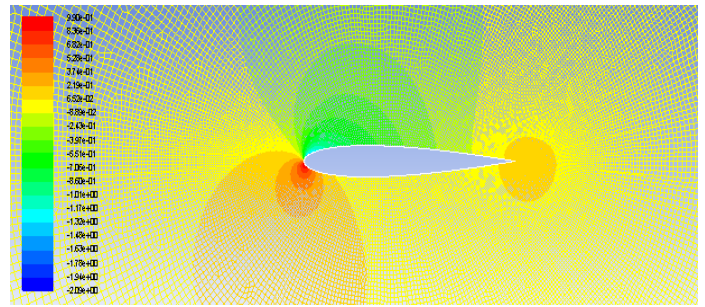
ekil 6: 0° hücum aç,s,nda statik bas,ıç da ,l,m,



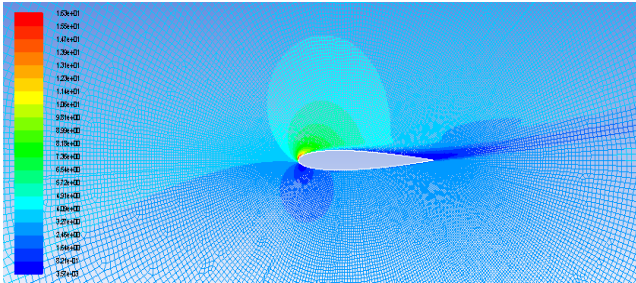
ekil 7: 5° hücum aç,s,nda statik bas,ıç da ,l,m,



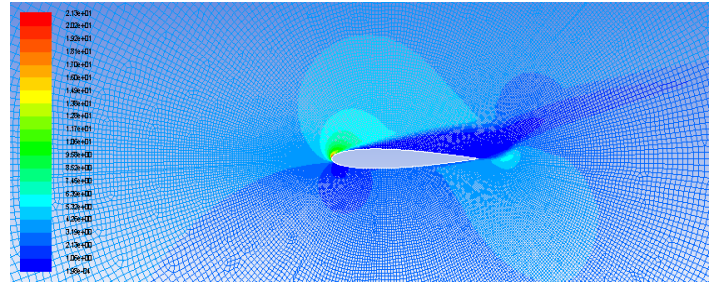
ekil 8: 0° hücum aç,s,nda bas,ıç katsay,s, da ,l,m,



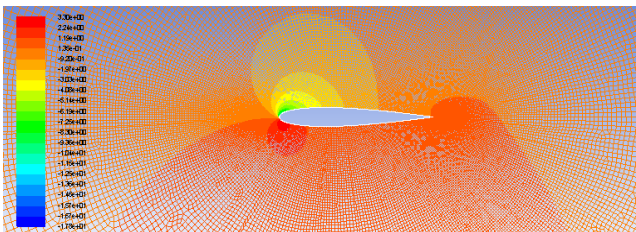
ekil 9: 5° hücum aç,s,nda bas,ıç katsay,s, da ,l,m,



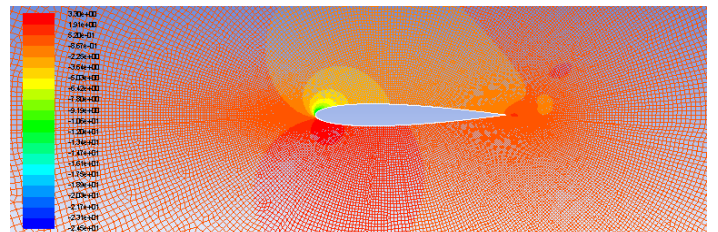
ekil 10: 10° hücum aç,s,nda dinamik bas,ıç da ,l,m,



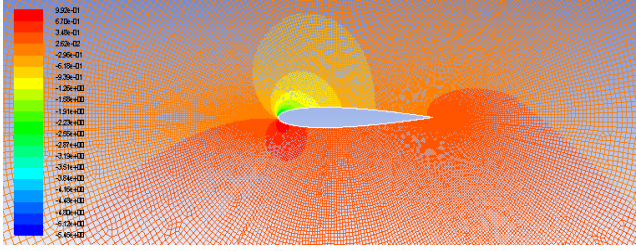
ekil 11: 15° hücum aç,s,nda dinamik bas,ıç da ,l,m,



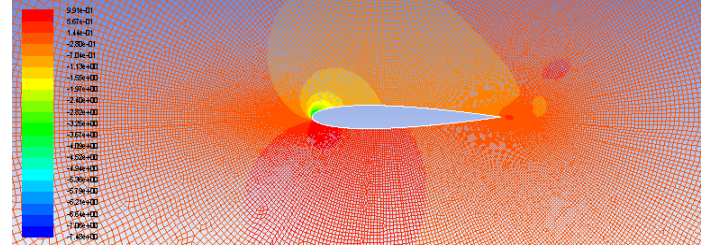
ekil 12: 10° hücum aç,s,nda statik bas,ıç da ,l,m,



ekil 13: 15° hücum aç,s,nda statik bas,ıç da ,l,m,



ekil 14: 10° hücum aç,s,nda bas,nc katsay,s, da ,l,m,

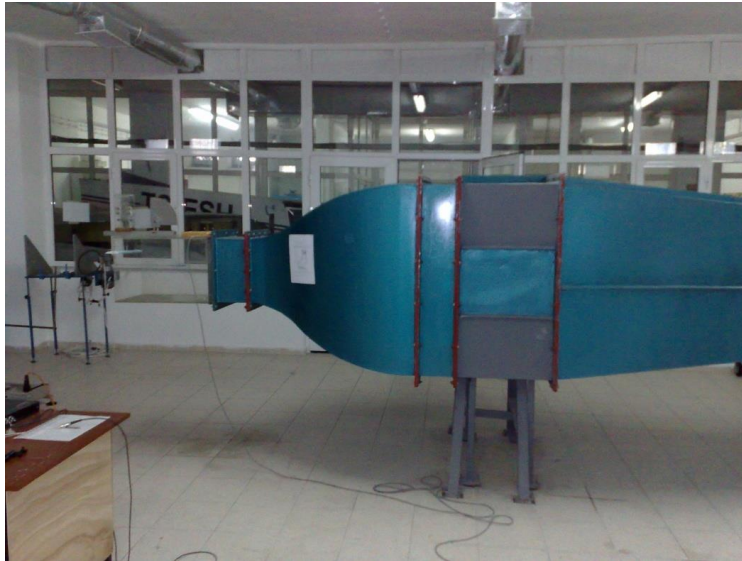


ekil 15: 15° hücum aç,s,nda bas,nc katsay,s, da ,l,m,

Deneysel Çalışma:

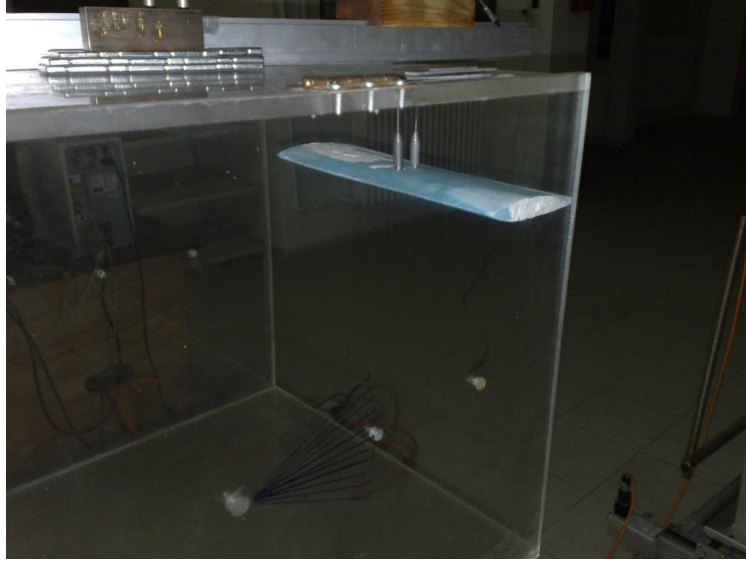
Bu kısımda NACA 0012 kanat profilinin farklı hücum açılarınd (0°, 3°, 5°, 6°, 9°, 10°, 12°, 15°, 20°, 25°, 30°) konumlandırılmasıyla yapılan deneysel ölçümlerin sonuçları ve literatürdeki benzer deneysel çalışmalar ile karşılaştırılması sunulmuştur.

Deneyler şekil 16'da fotoğrafı verilen 400 mm x 400 mm kare kesitli bir test bölgesine sahip açık devre bir ses altı rüzgar tüneline yapılmıştır. Tünel; motor ve hız ayar ünitesi, yayıcı kısım, akış düzenleyici bölge, daralma konisi ve test bölgesi olmak üzere beş temel kısımdan oluşmaktadır.



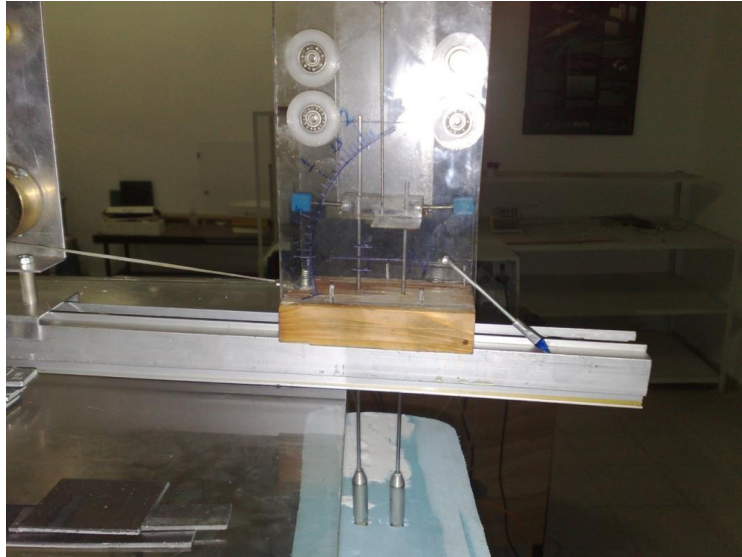
Şekil 16: Deneylerde kullanılan rüzgâr tüneli

Taşıma ve sürükleme katsayısı değerlerinin tespiti için NACA 0012 kanat profilinin şekil 5'te gösterilen 12 cm x 29 cm boyutlarında bir modeli hazırlanmış ve bu model üzerinde oluşan dikey ve yatay yönlü kuvvetleri belirlemek için şekil 6'da görülen ikili bir yay mekanizmasına ince metal çubuklar vasıtası ile bağlanmıştır.



Şekil 17: NACA 0012 kanat profili modeli

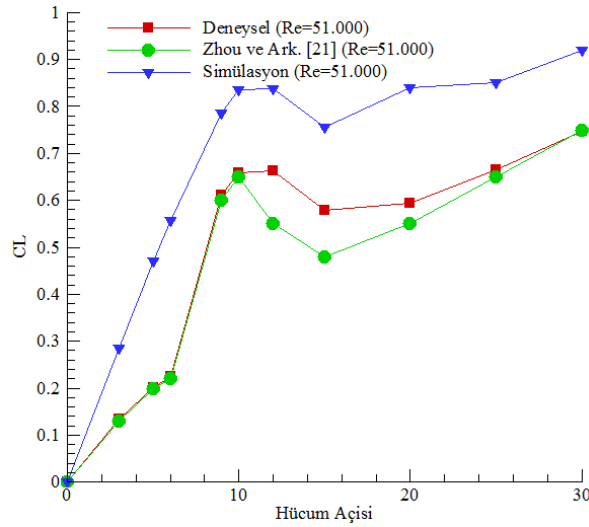
Şekil 17'deki sistem model üzerinde oluşan dikey yönlü taşıma kuvvetini çubuklar vasıtası ile içerisindeki yaya aktarmakta ve bu yay üzerinde meydana gelen uzama ve kısaltmaların ölçümü ile modelin taşıma kuvvetinin tespiti sağlanmaktadır. Şekil 18'de görülen dikey yöndeki hareket ölçüm sistemi bir ray üzerine oturtulmuş ve modelin sürüklemenin etkisi ile yatay yönde yapacağı hareketlerin etkisiyle ray üzerinde hareket etmesi sağlanmıştır. Yine aynı ray üzerinde dikey hareket ölçüm ekipmanına metal bir tel vasıtasıyla bağlanmış bir kuvvetölçer sayesinde yatay yönde oluşan sürüklenme kuvvetinin ölçümü yapılabilmektedir.



Şekil 18: Taşıma kuvveti ölçüm sistemi

NACA 0012 kanat profilinin taşıma özellikleri ile ilgili Zhou ve Ark. [Zhou, Alam, Yang, Guo, Wood, 2011] yapmış olduğu deneysel çalışma ile bu çalışmadaki deneyler ve simülasyonlar sonucunda bulunan değerlerin karşılaştırılması şekil 7'de sunulmuştur.

Şekil 19’da rüzgar tüneline yapılan deneyler sonucunda bulunan C_L değerleri ile Zhou ve Ark. [Zhou, Alam, Yang, Guo, Wood, 2011] tarafından bulunan değerlerin çok iyi uyum gösterdiği görülmektedir. Sayısal simülasyon sonucunda bulunan değerlerin ise iki deneysel çalışmadan biraz daha yüksek çıkmakla birlikte taşıma katsayısındaki değişimlerin diğer iki çalışma ile uyumlu olduğu görülmektedir. Sayısal simülasyonda kullanılan modeller, türbülans şiddeti ve grid yapısı gibi faktörlerin etkisi nedeniyle deneysel değerlerle simülasyon sonuçlarının küçük farklılıklar gösterdiği düşünülmektedir.



Şekil 19: Re=51.000 için bulunan C_L değerlerinin kıyaslaması

SONUÇLAR

Yapılan sayısal simülasyonlarda ve rüzgar tüneline yapılan deneysel incelemelerde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- NACA 0012 kanat profilinin hücum açısı 0° 'den 15° 'ye arttırıldığında, profilin taşıma katsayısı değerinin düzenli bir şekilde arttığı, 15° hücum açısında ise ani büyük çaplı bir azalma gösterip (stall meydana geldiği) 15° ile 30° arasındaki hücum açılarında ise tekrar artmaya başladığı tespit edilmiştir.
- NACA 0012 kanat profilinin hücum açısı 0° 'den 15° 'ye arttırıldığında, profilin sürüklenme katsayısı değerinin düzenli bir artış gösterdiği, 15° 'lik hücum açısında ise sürüklenme katsayısında ani, belirgin bir artışın gerçekleştiği (stall meydana geldiği) belirlenmiştir.
- NACA 0012 kanat profilinin değişik hücum açılarında Erciyes Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu açık devre rüzgar tüneline ölçülen taşıma katsayısı değerlerinin literatürdeki Zhou ve Ark. [Zhou, Alam, Yang, Guo, Wood, 2011] ve Sheldahl ve Klimas'ın [Sheldahl ve Klimas,1981] benzer çalışmaları ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

- NACA 0012 kanat profilinin hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı ANSYS FLUENT ile yapılan sayısal modellemesi sonucunda bulunan taşıma ve sürüklenme katsayıları değerlerinin bu çalışmadaki deneylerle ve literatürdeki benzer çalışmalarla [Zhou, Alam, Yang, Guo, Wood, 2011], [Sheldahl ve Klimas,1981] uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Teşekkür:

Bu çalışmayı FBY-12-3873 kodlu proje ile destekleyen Kayseri Erciyes Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimine katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abbott, I.H., Von Doenhoff A.E., 1959. *Theory of wing sections*. Dover Publishing, New York.
- Ahmed, N.,Yilbaş, B.S., Buddair M.O., 1998. *Computational study into the flow field developed around a cascade of NACA 0012 airfoils*. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 167, 17-32.
- Amiralaei, M.R., Alighanbarin, H., Hashemi, S.M., 2010. *An investigation into the effects of unsteady parameters on the aerodynamics of a low reynolds number pitching airfoil*, Journal of Fluids and Structures, 26, 979–993.
- Anyss Fluent 12.0, Theory Guide.
- Baker, T.J., 2005. *Mesh generation: art or science?* Progress in Aerospace Sciences, 41, 29–63.
- Balendra, T., Shah, D.A., Tey, K.L., Kong S.K., 2002. *Evaluation of flow characteristics in the NUS-HDB wind tunnel*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 90, 675–688.
- Daud, H.A., Li, Q., Bég, O.A., AbdulGhani S.A.A., 2011. *Numerical investigations of wall-bounded turbulence. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 225, 1163-1174.
- Eleni, D.C., Athanasios, T.I., Dionisios, M.P., 2012. *Evolution of the turbulence models for the simulation of the flow over a National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) 0012 airfoil*. Journal of Mechanical Engineering Research, 4(3), 100-111.
- Güleren, K.M., Demir, S.,2010. *Rüzgar türbinleri için düşük hücum açılarında farklı kanat profillerinin performans analizi*. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 31, 2, 51-59.
- Hirahara, H., Hossain, M.Z. Kawahashi, M., Nonomura, Y., 2005. *Testing basic performance of a very small wind turbine designed for multi-purposes*. Renewable Energy, 30, 1279–1297.
- Hölzer A., Sommerfeld, M., 2009. *Lattice Boltzmann simulations to determine drag, lift and torque acting on non-spherical particles*. Computers & Fluids, 38, 572–589.
- Kamoun, B., Afungchui, D., Chauvin, A, 2005. *A wind turbine blade profile analysis code based on the singularities method*. Renewable Energy, 30, 339–352.
- Kishinami, K., Taniguchi, H., Suzuki, J., Imano, H., Kazunou, T., Turuhami, M., 2005. *Theoretical and experimental study on the aerodynamic characteristics of a horizontal axis wind turbine*, Energy, 30, 2089–2100.

- Liu, G., Xuan, J., Park, S., 2003. *A new method to calculate wind profile parameters of the wind tunnel boundary layer*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 91: 1155–1162
- McCroskey, W. J., 1987. *A Critical assessment of wind tunnel results for the NACA0012 airfoil*. NASA Technical Memorandum, 100019.
- Merabet, A., Necib, B., 2003. *Characterisation of wings with NACA 0012 airfoils*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 131-137
- Moonen, P., Blocken, B., Carmeliet, J., 2007. *Indicators for the evaluation of wind tunnel test section flow quality and application to a numerical closed-circuit wind tunnel*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 95, 1289–1314.
- Moonen, P., Blocken, B., Roels, S., Carmeliet J., 2006. *Numerical modeling of the flow conditions in a closed-circuit low-speed wind tunnel*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 94, 699–723.
- Owen, F.K., Owen, A.K., 2008. *Measurement and assessment of wind tunnel flow quality*. Progress in Aerospace Sciences, 44, 315– 348.
- Shan, H., Jiang, L., Liu, C., Love, M., Maines, B., 2008. *Numerical study of passive and active flow separation control over a NACA0012 airfoil*. Computers & Fluids, 37, 975–992
- Shan, H., Jiang, L., Liu, C., 2005. *Direct numerical simulation of flow separation around a NACA 0012 airfoil*, Computers & Fluids, 34, 1096–1114.
- Sheldehl, R.E., Klimas, P.C., 1981. *Aerodynamic characteristics of seven symmetrical airfoil sections through 180-degree angle of attack for use in aerodynamic analysis of vertical axis wind turbines*. Sandia National Laboratories Energy Report, 2114.
- Wang, F., Baia, L., Fletcher, J., Whiteford, J., Cullen, D., 2008. *The methodology for aerodynamic study on a small domestic wind turbine with scoop*, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 96.
- (Web Page: http://en.wikipedia.org/wiki/File:NACA_2412.png#filelinks, (Erişim Tarihi: Mart 2012).
- (Web Page: http://www.mathworks.com/matlabcentral/figure_files/23241/1/naca5.png, (Erişim Tarihi: Mart 2012).
- Wittwer, A.R., Moller, S.V., 2000. *Characteristics of the low-speed wind tunnel of the UNNE*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 84, 307-320.
- Zhou, Y. , Alam, M., Yang, H.X., Guo, H., Wood, D.H., ,2011. *Fluid forces on a very low Reynolds number airfoil and their prediction*. International Journal of Heat and Fluid Flow, 32, 329–339.