

AMFİBİ İHA GÖVDE PARAMETRELERİNİN SÜRÜKLEME KATSAYISI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Emre Sazak¹
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara
TUSAŞ Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş., Ankara

Doç. Dr. D. Funda Kurtuluş²
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

ÖZET

Amfibi hava araçları, konvansiyonel hava araçlarının maruz kaldığı aerodinamik etkilerin yanı sıra, sudan kalkış ve suya iniş koşullarında hidrodinamik etkilere maruz kalmakta, bu sebeple geometrileri hem aerodinamik hem de hidrodinamik etkiler göz önüne alınarak eniyilenmektedir. Çalışmada, hidrodinamik sürüklenme kuvvetini azaltmak için gereken basamak yüksekliği ile güvenli ve verimli iniş ve kalkış için gerekli dümen bodoslama açısı gibi, literatürde hidrodinamik performans gereksinimleri doğrultusunda deneysel olarak elde edilmiş sınırlarda değişen parametrelerin, genel bir gövde şekline sahip amfibi hava aracının seyir koşulundaki gövde aerodinamik sürüklenme katsayısına olan etkisi Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemi ile araştırılmıştır.

GİRİŞ

Amfibi hava araçları, su yüzeyinden kalkabilen ve su yüzeyine iniş yapabilen hava araçlarıdır [Mutlu, 2012, 2013; Yayla, 2013]. Örnek olarak, en yaygın kullanılan tipleri olan deniz uçakları verilebilir. Havacılığın ilk zamanlarında oldukça popüler olan deniz uçaklarının günümüze dek kullanımları giderek azalmıştır. Bu durumun temel sebebi olarak, deniz uçaklarının hidrodinamik gereksinimler sebebiyle ihtiyaç duydukları geometrik özellikler neticesinde zaman içinde aerodinamik olarak konvansiyonel uçaklara kıyasla verimsiz kalmaları verilebilir; zira deniz uçaklarının kullanım avantajları, birçok durumda görece yüksek yakıt tüketimlerini ve düşük hız ve menzillerini kompanse etmemektedir. İkinci Dünya Savaşı'nın bitimi ile birlikte pistlerin hızla yaygınlaşması ve uzunluklarının artması sonucu kullanımları oldukça azalan deniz uçaklarının, radar, helikopter ve uçak gemisi gibi platformların geliştirilmesi neticesinde askeri kullanımları da hemen hemen ortadan kalkmıştır. Günümüzde halen Kuzey Amerika ülkeleri başta olmak üzere ABD, Kanada, Yunanistan, Portekiz, Fransa, İtalya, İspanya ve Rusya gibi ülkelerde yangınla mücadelede, yerel su kütlelerinin bulunduğu ücra yerlere ulaşımında ve arama-kurtarma çalışmalarında kullanılan amfibi hava araçlarının, insansız hava araçlarındaki yakın zamanlı gelişmeler, korozyona dayanıklı kompozit malzemelerin gelişmesi ve hava trafiğindeki ivmelenen artış neticesinde tekrar yaygın kullanımları için çalışmalar yapılmaktadır [Odedra, Hope ve Kennell, 2004; Eubank, 2012; Canamar, 2012].

Son dönemlerde insansız hava aracı çalışmaları hızla artmıştır [Kurtuluş vd., 2010; Kurtuluş, 2011]. İnsansız hava araçlarında çırpın kanatlı sistemler [Kurtuluş vd., 2004, 2005, 2006, 2008; Kurtuluş, 2005, 2015, 2016], döner kanatlı sistemler [Kaya, 2016], dikey iniş kalkış yapabilen sistemler [Önen, 2014; Tekinalp, 2015; Güçlü, 2016] ve sabit kanatlı sistemler [Şenipek, 2012;

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Havacılık ve Uzay Müh. Böl./Teknik Uzman, E-posta: emre.sazak@metu.edu.tr

² Doç. Dr., Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: dfunda@ae.metu.edu.tr

Yayla, 2014] önemli yer tutmakta olup, ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği bölümünde bu sistemler üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Sabit kanatlı sistemlerden sudan iniş kalkış yapabilen insansız hava aracı çalışmaları da amfibik özellikleri sebebi ile önem taşımakta ve ülkemizde bulunan yüzlerce gölden ve hatta deniz kenarından bu sistemlerin kalkış ve iniş yapabilmelerine olanak sağlamaktadır [Mutlu, 2012, 2013; Yayla, 2013].

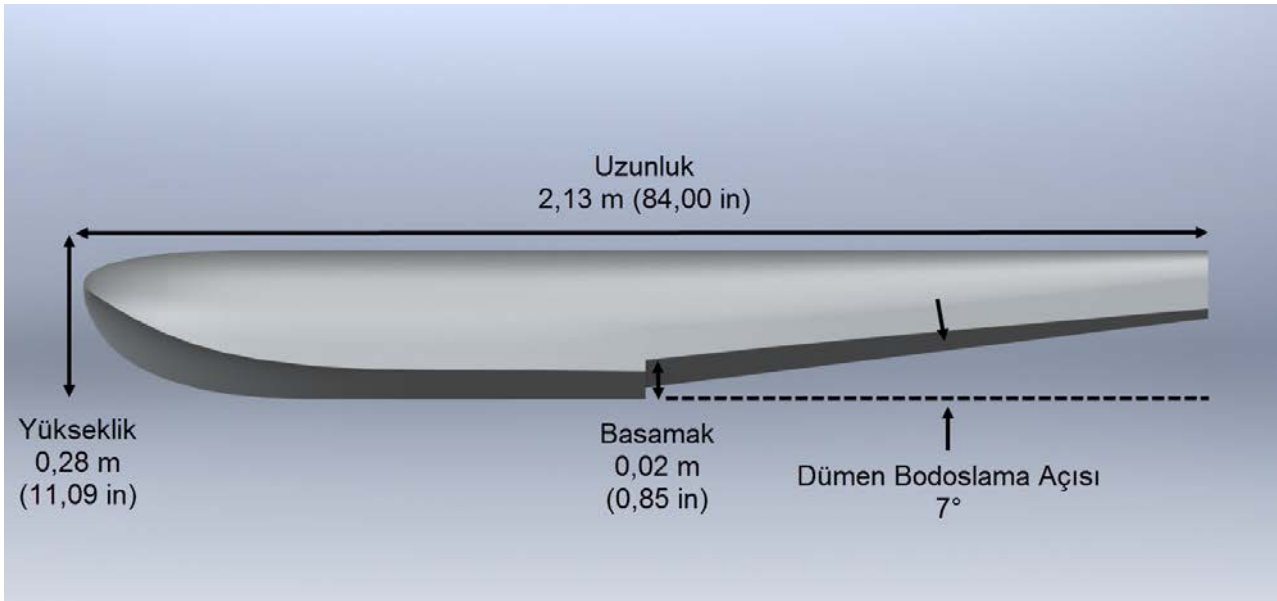
Gövde şekilleri itibariyle amfibi hava araçları, yüzen uçak (floatplane) ve uçan bot (flying boat) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yüzen uçaklarda gövde altında bulunan ve batmazlık sağlayan şamandıralar bulunurken, uçan botlarda tekne biçimli gövde batmazlık sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Bu çalışmada amfibi bir hava aracı gövdesinin sayısal olarak analizi yapılmış, gövde geometrik parametrelerinin sürüklenme kuvvetine etkisi incelenmiş ve literatürdeki deney verileri ile karşılaştırılmıştır.

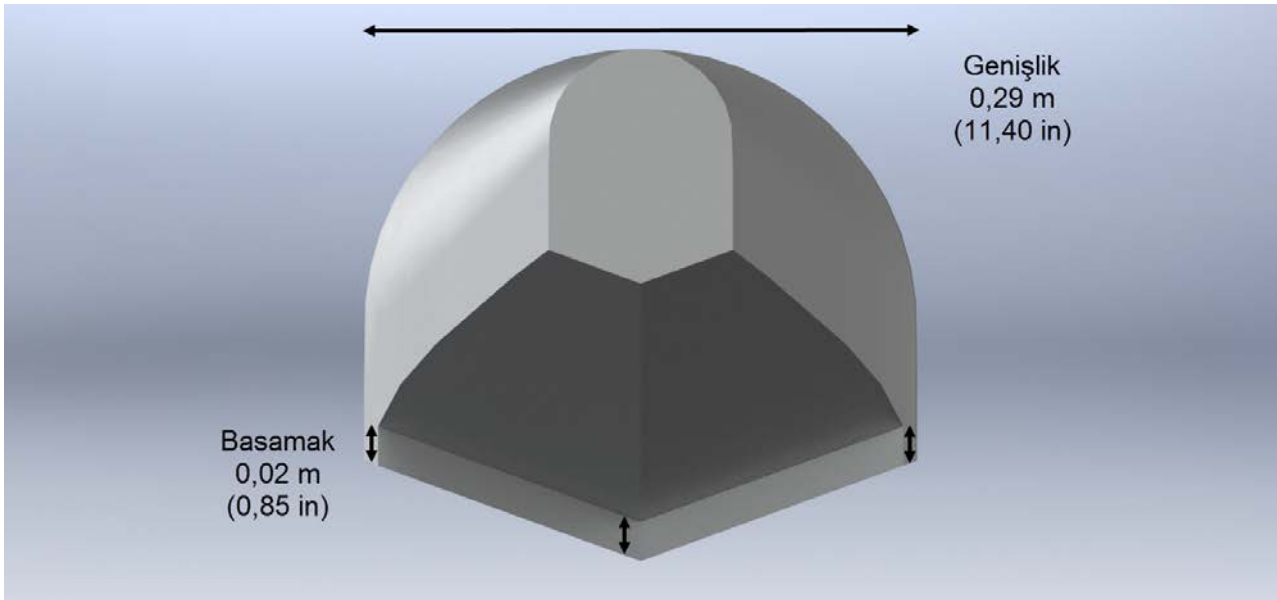
YÖNTEM

Amfibi hava araçları hem suda, hem de havada görev yapmaları sebebiyle performansları büyük oranda biçimlerinin eniyilenmesinden etkilenmektedir. Gövde şekli, güvenli ve verimli kalkış ve iniş için gerekli hidrodinamik performans gereksinimleri ile kısıtlanmakta, bu da hava aracının özellikle seyir halindeki aerodinamik performansına etki etmektedir.

Genel bir amfibi hava aracı gövdesinin geometrik parametreleri, NACA 57-A gövdesinin üç boyutlu CAD modeli üzerinde yan görünüşten ve arka görünüşten olmak üzere Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1: NACA Model 57-A Gövdesinin CAD modeli yan görünümü ve geometrik parametreleri

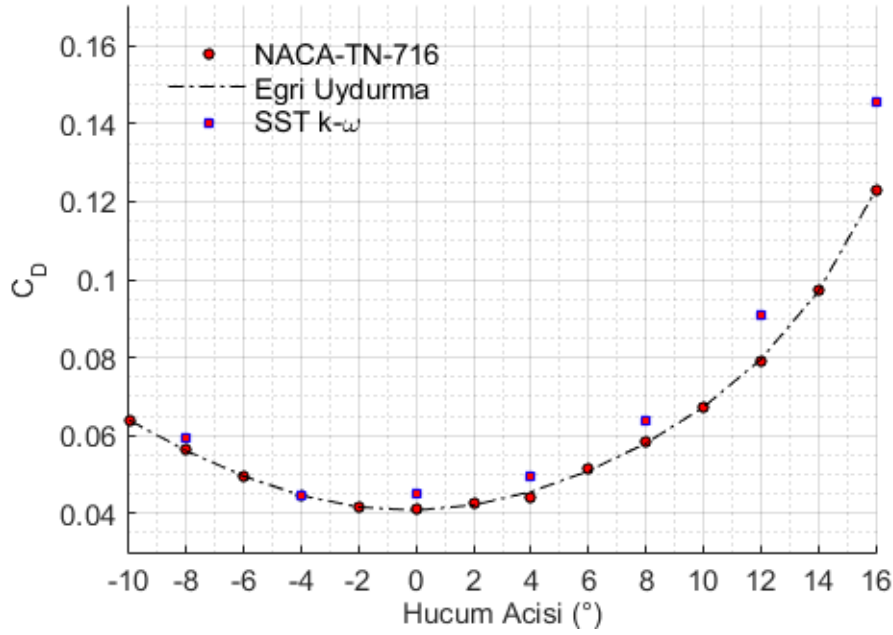


Şekil 2: NACA Model 57-A Gövdenin CAD modeli arka görünümü ve geometrik parametreleri

Basamak (step), gövdenin altında bulunan ve kalkış sırasında suyun oluşturduğu vakum sebebiyle oluşan hidrodinamik sürüklenme kuvvetini yenmek için gereken, gövde şeklindeki düşey kesintidir. Dümen bodoslama (sternpost) açısı ise, gövdenin arka kısmının yatayla yaptığı ve kalkış ve iniş esnasında suyla temasını engelleyerek hidrodinamik sürüklenme kuvvetini azaltmak için gerekli açıdır. Bu gibi geometrik parametrelerin seyir halindeki sürüklenme kuvvetine olan etkilerini incelemek amacıyla, NACA Teknik Not No. 716'da tanımlanan, genel bir tek basamaklı gövde şeklinin (NACA Model 57-A) SolidWorks programı kullanılarak modellenen üç boyutlu CAD modeli üzerinde HAD analizleri gerçekleştirilmiştir [Gudmundsson, 2013; Raymer, 2012; Parkinson, Olson ve House, 1939].

UYGULAMALAR

Daha önce yapılan çalışmalarda NACA Teknik Not No. 716'da verilen, NACA 7x10 Fit Rüzgar Tüneli'nde alınan sürüklenme katsayısı sonuçları ile zamanla değişmeyen, sıkışamayan akım varsayımları altında ANSYS Fluent 3D, RANS (Reynolds Averaged Navier Stokes) çözücü ve Spalart-Allmaras, SST k- ω ve Realizable k- ϵ türbülans modelleri kullanılarak alınan nümerik sonuçlar karşılaştırılmış, güçlü akım ayrılmasının mevcut olduğu durumlarda beklendiği gibi SST k- ω türbülans modelinin görece en yakın sonuçları verdiği görülmüştür. Bu nedenle sonraki çalışmalarda SST k- ω türbülans modeli kullanılmıştır. Ayrıca gövde üzerinde sınır tabakanın viskoz alt tabakasının hassas çözümlenebilmesi amacıyla boyutsuz cidar mesafesi $y^+ \approx 1$ olmak üzere sabit tutularak yapılan sayısal ağ iyileştirme çalışmasında, 8,12 milyon eleman sayısına sahip düzensiz ağ ile aşırı CPU zamanı gerektirmeyen, uygun hassasiyette sonuçlar elde edilmiştir [Sazak ve Kurtulus, 2016].



Şekil 3: Çeşitli hücum açılarında NACA Model 57-A gövdesi için deneysel ve HAD sürüklenme katsayısı sonuçları

Çizelge 1: 0° hücum açısında çeşitli türbülans modelleri kullanılarak 8,12 milyon elemanlı sayısal ağda alınan sürüklenme katsayısı sonuçları ile deneysel sonuçların karşılaştırılması

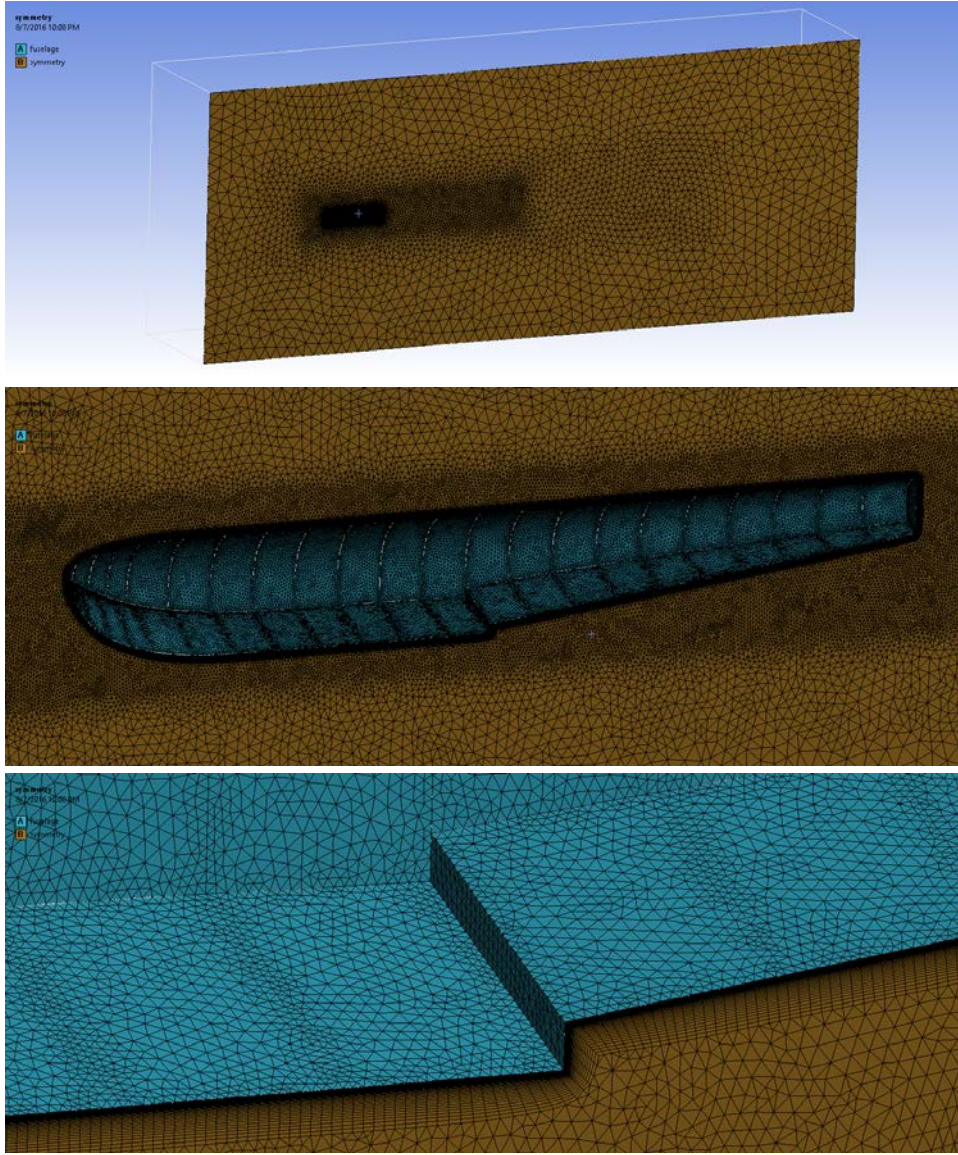
Türbülans Modeli	C _D
Deneysel (NACA-TN-716)	0,04101
Spalart-Allmaras	0,05025
Realizable k-ε	0,06510
SST k-ω	0,04523

Çizelge 2: Farklı sayısal ağ çözünürlüklerinde alınan sürüklenme katsayısı sonuçları

Sayısal Ağ Çözünürlüğü (Milyon Element)	C _D
Deneysel (NACA-TN-716)	0,04101
Çok Seyrek (2,74)	0,04830
Seyrek (4,54)	0,04667
Orta (6,33)	0,04591
Sık (8,12)	0,04523
Çok Sık (9,85)	0,04499

Sınır koşulları, 1,225 kg/m³'lük hava özkütlesi ile birlikte deneysel dinamik basınç değeri olan 262,22 kg/m³'ü (16,37 lb/ft³) sağlayan 35,78 m/s'lik (80,04 mph) hız giriş sınır koşulu, atmosferik basınca karşılık gelen çıkış statik basınç sınır koşulu, simetri sınır koşulu ve gövde üzerinde kaymama (no-slip) sınır koşulu olmak üzere hesaplama bölgesinin uygun sınırlarına uygulanmıştır. NACA Teknik Not No. 716'da verilen deneysel veriler, 2,13 metreye 3,05 metre kesit alanlı test odasına sahip NACA 7x10 fit rüzgar tüneline alınmıştır.

Sayısal ağın simetri düzleminden görünüşü Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4: Gövde üzerinde ve simetri düzleminde sayısal ağ görünümü

Literatürde gövde genişliğinin yüzde 4'ü ile yüzde 8'i arasında değişen basamak yüksekliği ile 7° ile 9° olarak değişen dümen bodoslama açısı parametrelerinin gövde aerodinamik sürüklenme katsayısına olan etkileri incelenmiş, elde edilen sonuçlar Çizelge 3 ve Çizelge 4'te verilmiştir [Stinton, 1985; Gudmundsson, 2013]. Söz konusu parametrelerdeki değişimin gövde hacmine etkisi ise Çizelge 5 ve Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3: Değişen basamak yükseklikleri ve dümen bodoslama açılarında alınan sürüklenme katsayısı değerleri

C _D Basamak Yüksekliği	Dümen Bodoslama Açısı		
	7°	8°	9°
0,513 inç (0,045 x genişlik)	0,04307	0,04271	0,04236
0,627 inç (0,055 x genişlik)	0,04345	0,04320	0,04293
0,741 inç (0,065 x genişlik)	0,04433	0,04420	0,04390
0,850 inç (0,075 x genişlik)	0,04523	0,04531	0,04571

Çizelge 4: Değişen basamak yükseklikleri ve dümen bodoslama açılarında alınan sürüklenme katsayısı değerlerinin baz model ile % farkları

Baz Model İle % Fark Basamak Yüksekliği	Dümen Bodoslama Açısı		
	7°	8°	9°
0,513 inç (0,045 x genişlik)	-4,79	-5,57	-6,36
0,627 inç (0,055 x genişlik)	-3,95	-4,50	-5,10
0,741 inç (0,065 x genişlik)	-2,01	-2,30	-2,95
0,850 inç (0,075 x genişlik)	0	0,16	1,06

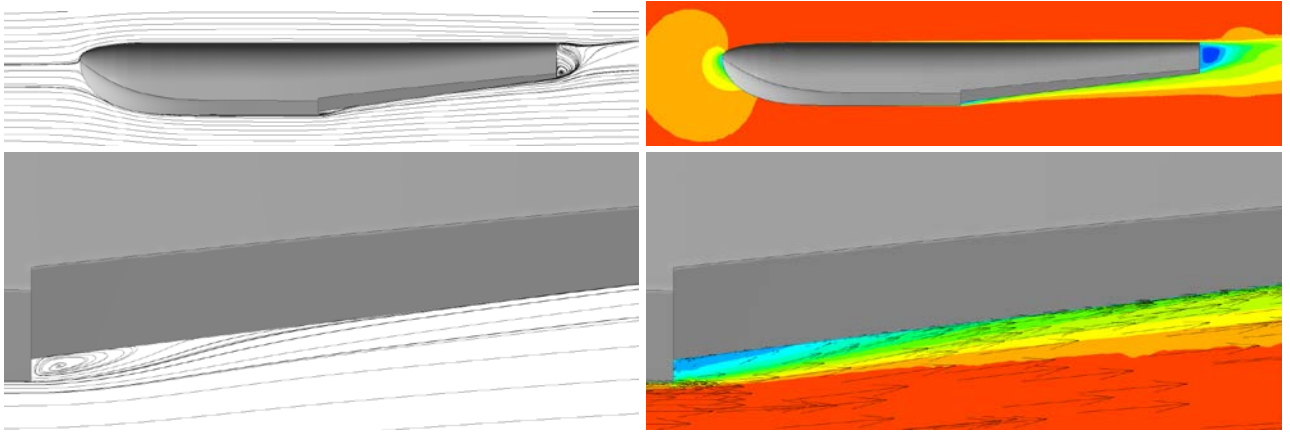
Çizelge 5: Değişen basamak yükseklikleri ve dümen bodoslama açılarında hesaplanan gövde hacmi değerleri

Gövde Hacmi (in ³) Basamak Yüksekliği	Dümen Bodoslama Açısı		
	7°	8°	9°
0,513 inç (0,045 x genişlik)	6.050,58	5.943,77	5.835,33
0,627 inç (0,055 x genişlik)	6.012,00	5.904,72	5.796,28
0,741 inç (0,065 x genişlik)	5.972,94	5.865,67	5.757,22
0,850 inç (0,075 x genişlik)	5.935,60	5.828,33	5.719,88

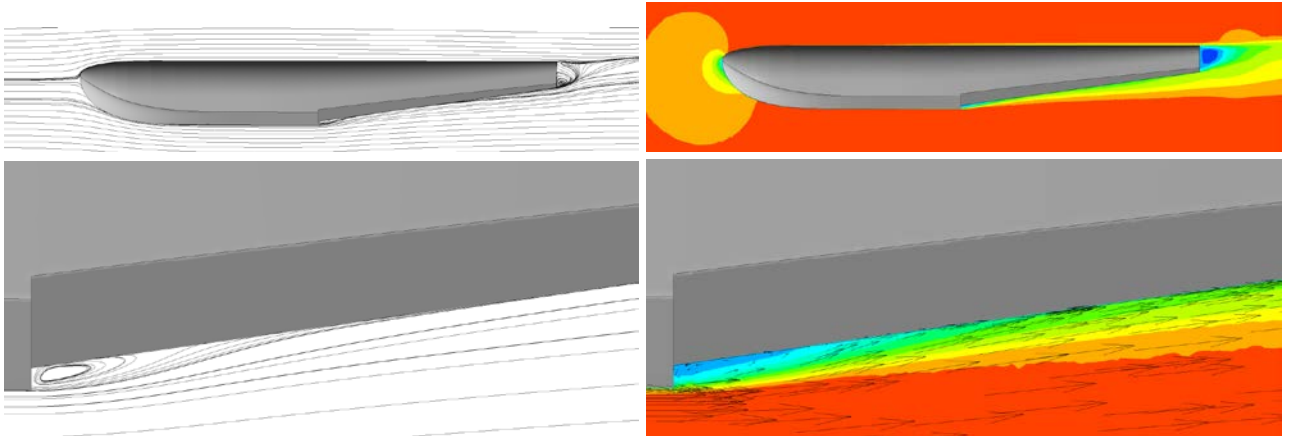
Çizelge 6: Değişen basamak yükseklikleri ve dümen bodoslama açılarında hesaplanan gövde hacmi değerlerinin baz model ile % farkları

Baz Model İle % Fark Basamak Yüksekliği	Dümen Bodoslama Açısı		
	7°	8°	9°
0,513 inç (0,045 x genişlik)	1,94	0,14	-1,69
0,627 inç (0,055 x genişlik)	1,29	-0,52	-2,35
0,741 inç (0,065 x genişlik)	0,63	-1,18	-3,01
0,850 inç (0,075 x genişlik)	0	-1,81	-3,63

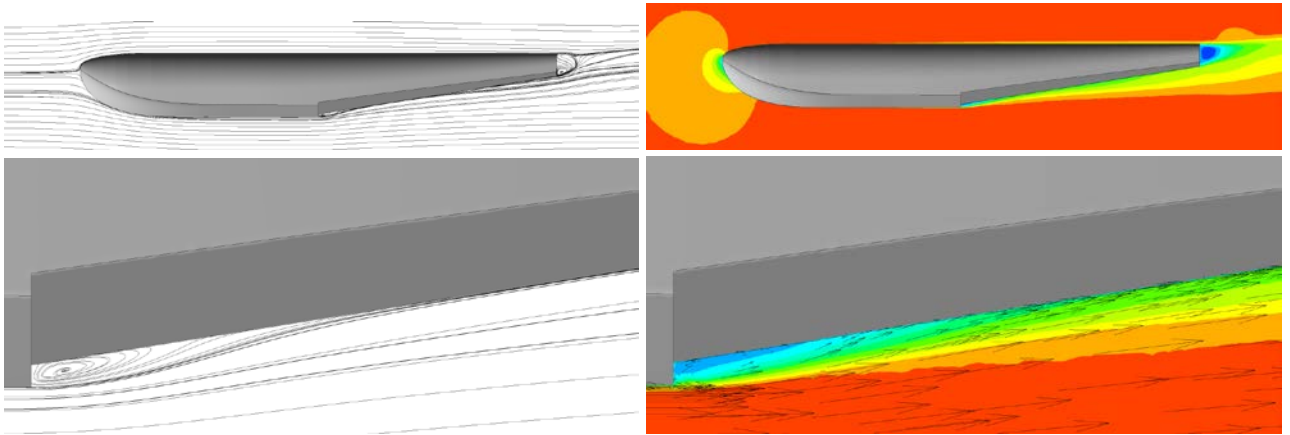
Farklı durumlara ait akım çizgileri ve u-yönündeki hız dağılımları Şekil 5 – Şekil 8’de verilmiştir.



a) 7° dümen bodoslama açısı

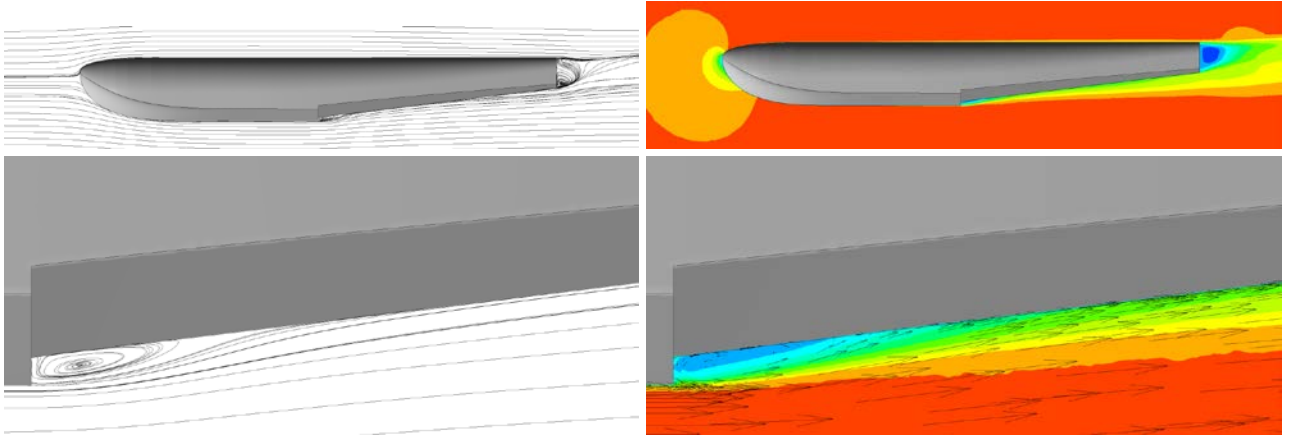


b) 8° dümen bodoslama açısı

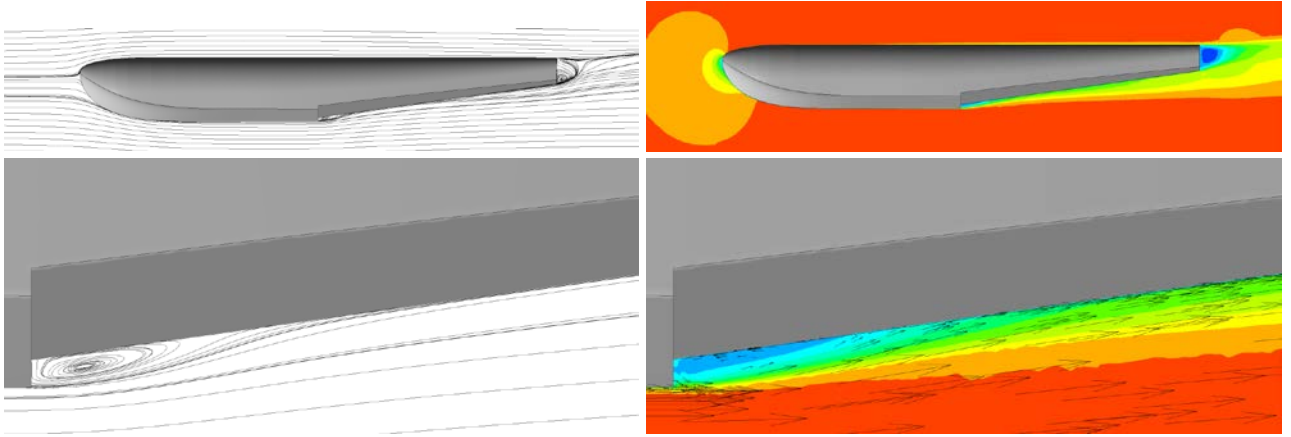


c) 9° dümen bodoslama açısı

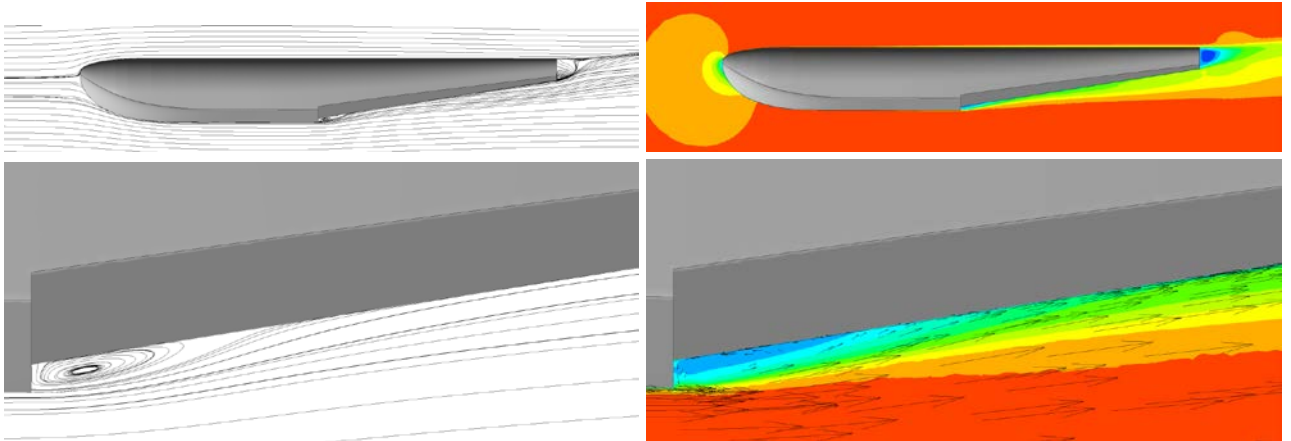
Şekil 5: 0,513 inç basamak yüksekliği ve değişen dümen bodoslama açılarında akım çizgileri ve u-yönündeki hız dağılımı



a) 7° dümen bodoslama açısı

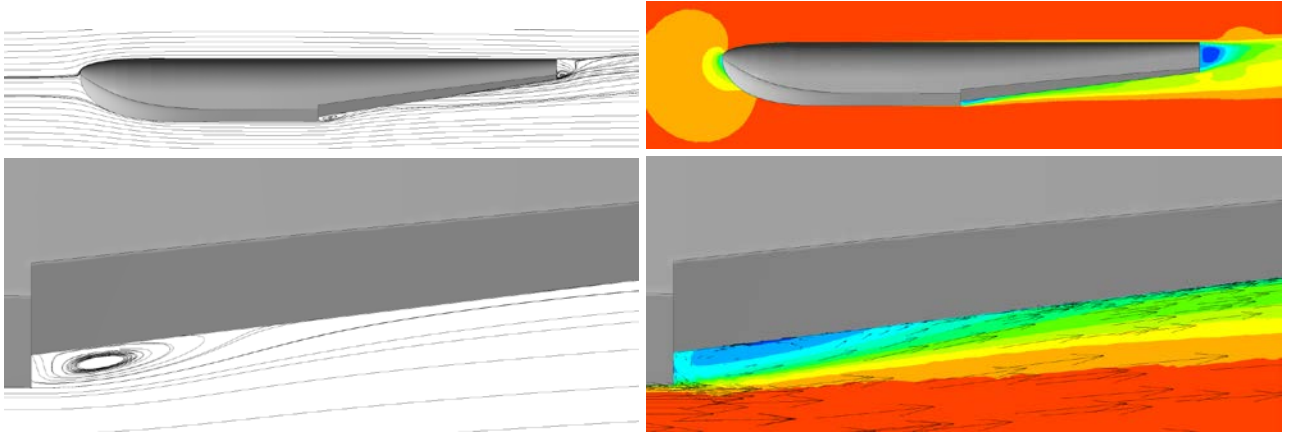


b) 8° dümen bodoslama açısı

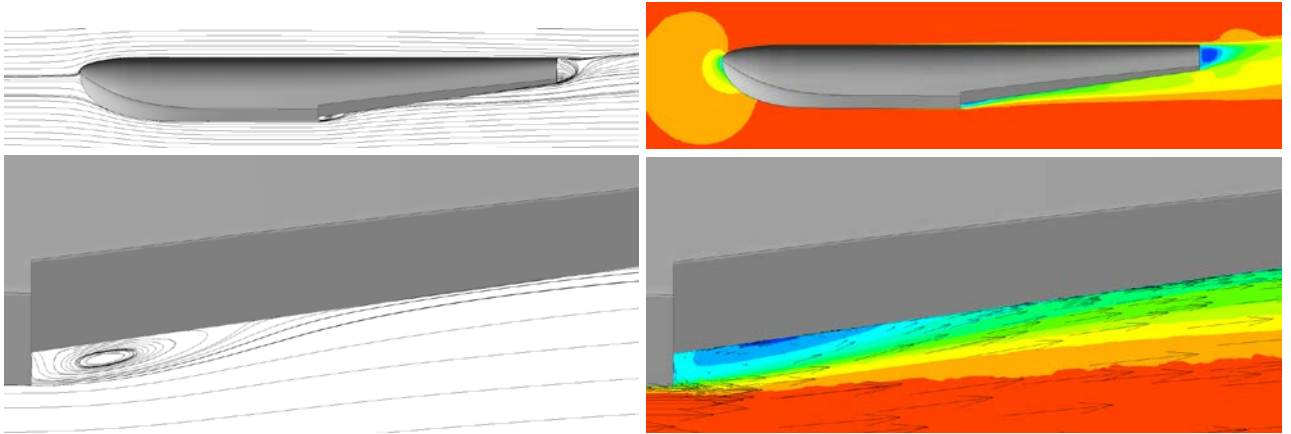


c) 9° dümen bodoslama açısı

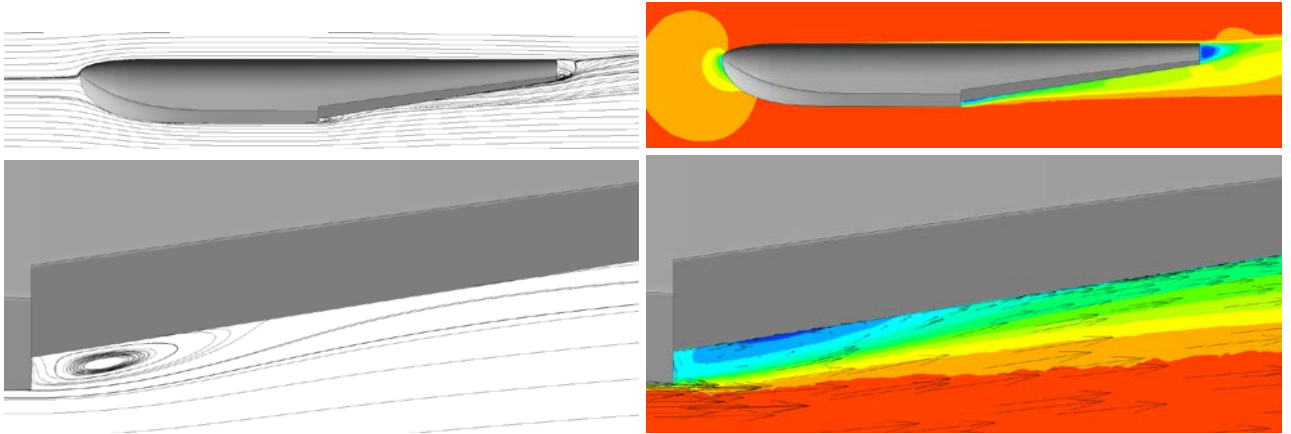
Şekil 6: 0,627 inç basamak yüksekliği ve değişen dümen bodoslama açılarında akım çizgileri ve u-yönündeki hız dağılımı



a) 7° dümen bodoslama açısı

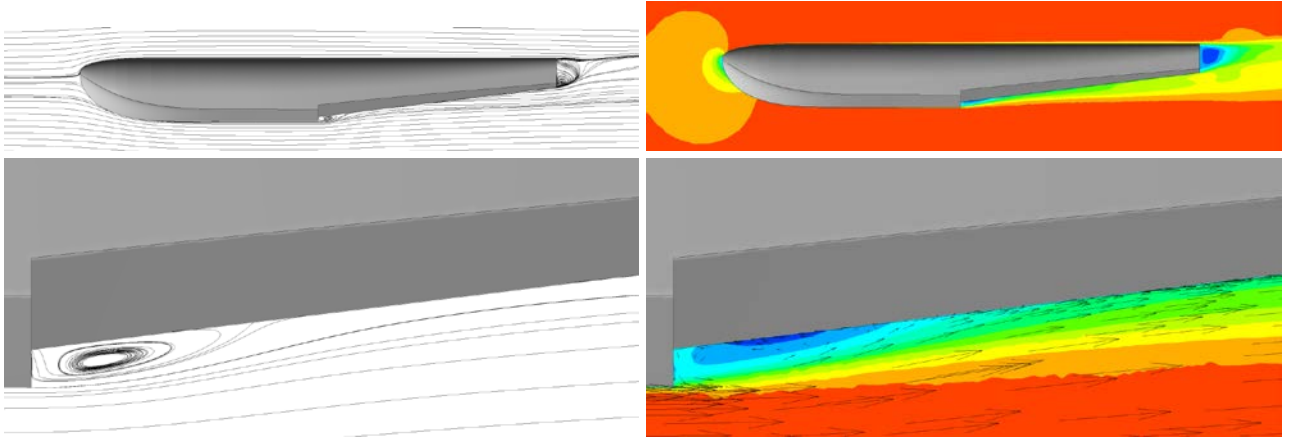


b) 8° dümen bodoslama açısı

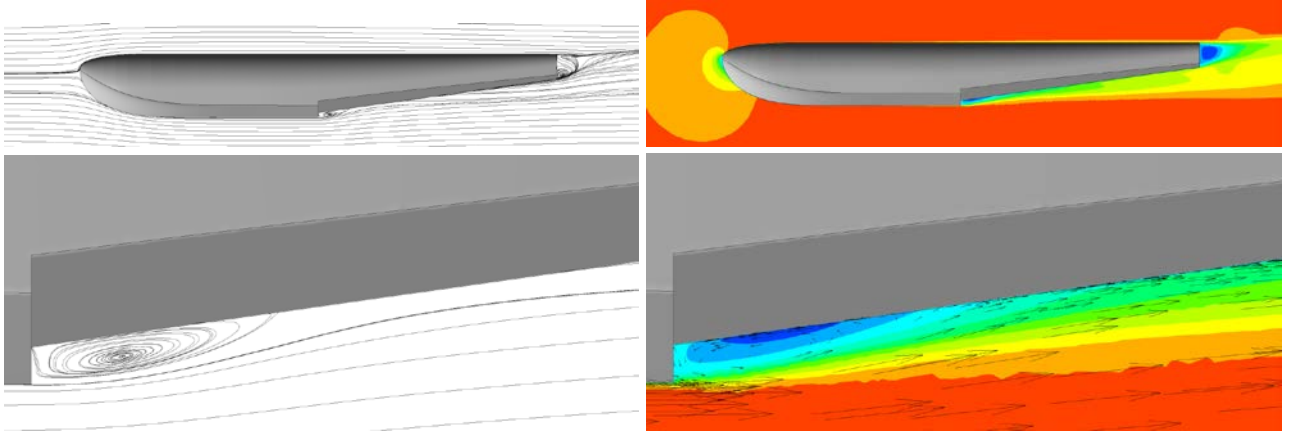


c) 9° dümen bodoslama açısı

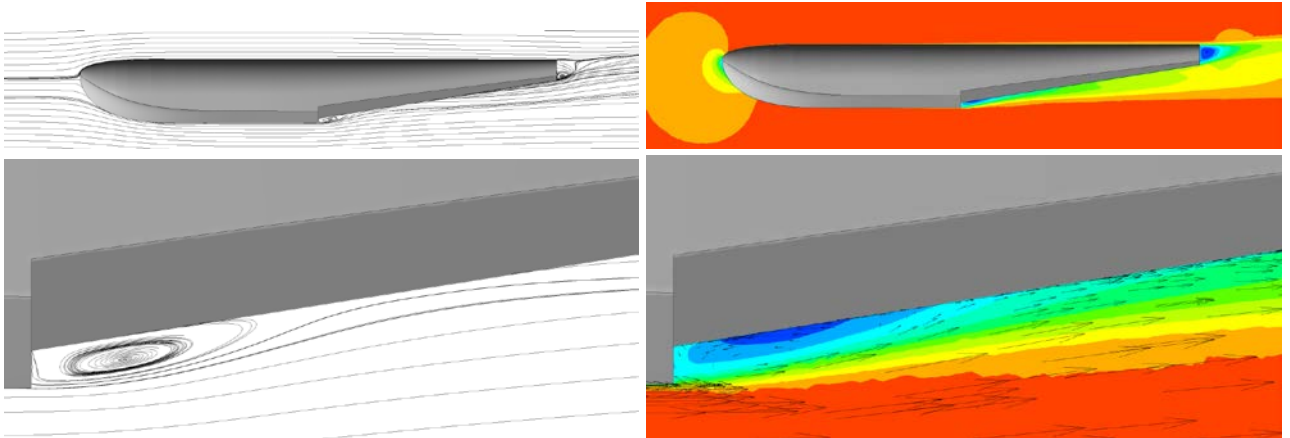
Şekil 7: 0,741 inç basamak yüksekliği ve değişen dümen bodoslama açılarında akım çizgileri ve u-yönündeki hız dağılımı



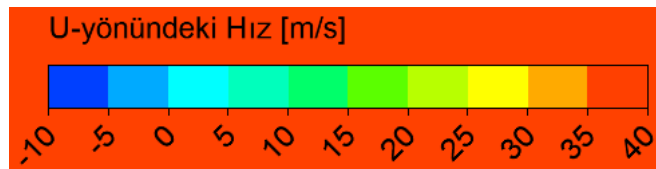
a) 7° dümen bodoslama açısı



b) 8° dümen bodoslama açısı



c) 9° dümen bodoslama açısı



Şekil 8: 0,850 inç basamak yüksekliği ve değişen dümen bodoslama açılarında akım çizgileri ve u-yönündeki hız dağılımı

SONUÇ

Elde edilen sonuçlarda, özellikle basamak ve gövde ardında akımda ayrılma ve çevrintinin baskın olduğu, ve bu gibi akımlarda literatürde sıklıkla kullanılan SST k- ω türbülans modelinin görece uygun sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Deneysel ve hesaplamalı sonuçlar arasındaki farklar kısmen, üç boyutlu modelin NACA Teknik Not No. 716'da verilen gövde kesit profillerinin birleştirilerek yüzeyler oluşturulması ile hazırlanması sebebiyle meydana gelmektedir.

Hidrodinamik gereksinimlerle sınırlanan gövde parametrelerinden basamak yüksekliğinin azaltılması ile birlikte dümen bodoslama açısının artırılması sonucu sürüklenme kuvvetinde yüzde 6,36'lık bir azalma sağlanabildiği görülmüştür. Baz modelin 7°'lik dümen bodoslama açısı sabit tutulmak istendiğinde basamak yüksekliğindeki azalma, seyir sürüklenme kuvvetinde yüzde 4,79'a kadar düşüşe sebep olmaktadır. Ayrıca düşük basamak yüksekliklerinde dümen bodoslama açısındaki değişimlerin, yüksek basamak yüksekliklerine oranla sürüklenme katsayısı üzerinde daha az etkili olduğu görülmektedir. Bu açıdan basamak yüksekliğinin gövde sürüklenme kuvveti üzerinde daha fazla etkisi olduğu söylenebilir.

Kaynaklar

- Canamar, A. L., 2012. *Seaplane Conceptual Design and Sizing*, Glasgow Üniversitesi, Yüksek lisans tezi, Havacılık Bilimleri Böl.
- Çıray, C., 2013. *Akışkanlar Mekaniğine Giriş*, ODTÜ Yayıncılık, Cilt.3, s.262-280.
- Eubank, R. D., 2012. *Autonomous Flight, Fault, and Energy Management of the Flying Fish Solar-Powered Seaplane*, Michigan Üniversitesi, Doktora tezi, Havacılık ve Uzay Müh. Böl.
- Gobbi, G., Smrcek, L., Galbraith, R., Lightning, B., Strater, B. ve Majka, A., 2011. *Report on Current Strength and Weaknesses of Existing Seaplane/Amphibian Transport System As Well As Future Opportunities Including Workshop Analysis*, FUSETRA (Future Seaplane Traffic).
- Guclu, A., Kurtulus, D. F., Arıkan, K. B., 2016. *Attitude and Altitude Stabilization of Fixed Wing VTOL Unmanned Air Vehicle*, AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference, Washington, D.C., ABD, 13-17 Haziran, AIAA 2016-3378.
- Gudmundsson, S., 2013. *General Aviation Aircraft Design*, Butterworth-Heinemann, Ek.C3, s.1-32.
- Kaya, D., Kutay, A. T., Kurtulus, D. F., Tekinalp, O., Simsek, I., Soysal, S. ve Hosgit, G., 2016. *Propulsion System Selection and Modeling for a Quadrotor with Search and Rescue Mission*, 54th AIAA Aerospace Sciences Meeting, San Diego, California, ABD, 9-13 Ocak, AIAA-2016-1528.
- Kurtulus, D. F., Farcy, A. ve Alemdaroglu, N., 2004. *Numerical Calculation and Analytical Modelization of Flapping Motion*, Proceeding of 1st European Micro Air Vehicle Conference and Flight Competition, Braunschweig, Almanya, 13-14 Temmuz.
- Kurtulus, D. F., Farcy, A. ve Alemdaroglu, N., 2005. *Unsteady Aerodynamics of Flapping Airfoil in Hovering Flight at Low Reynolds Numbers.*, 43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, Nevada, ABD, 10-13 Ocak, AIAA-2005-1356.
- Kurtulus, D. F., 2005. *Numerical and Experimental Analysis of Flapping Motion in Hover. Application to Micro Air Vehicles*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Poitiers Üniversitesi, Doktora tezi, Havacılık ve Uzay Müh. Böl.
- Kurtulus, D. F., David, L., Farcy, A. ve Alemdaroglu, N., 2006. *Laser Sheet Visualization for Flapping Motion in Hover*, 44rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, Nevada, ABD, 9-12 Ocak, AIAA-2006-0254.
- Kurtulus, D. F., David, L., Farcy, A. ve Alemdaroglu, N., 2006. *A Parametrical Study with Laser Sheet Visualization for an Unsteady Flapping Motion*, 36th AIAA Fluid Dynamics Conference and Exhibit, San Francisco, California, ABD, 5-8 Haziran, AIAA-2006-3917.
- Kurtulus, D. F., David, L., Farcy, A. ve Alemdaroglu, N., 2008. *Aerodynamic Characteristics of Flapping Motion in Hover*, Experiments in Fluids, Cilt.44, s.23-36.
- Kurtulus, D. F. ve Tekinalp, O., 2010. *İnsansız Hava Araçlarına bir Bakış*, SSM Gündemi Dergisi, 2010/2, No:12, s.53-58.

- Kurtulus, D. F., 2011. *Introduction to micro air vehicles: concepts, design and applications*, VKI LS 2011-04, Recent developments in unmanned aircraft systems (UAS, including UAV and MAV), Nisan, s.1-30.
- Kurtulus, D. F., 2015. *On the unsteady behavior of the flow around NACA 0012 airfoil with steady external conditions at $Re=1000$* , International Journal of Micro Air Vehicles, Cilt.7, No.3, s.301-326.
- Kurtulus, D. F., 2016. *On the wake pattern of symmetric airfoils for different incidence angles at $Re=1000$* , International Journal of Micro Air Vehicles, Cilt.8, No.2, s.109-139.
- Mutlu, T., Çoşgun, V., Kurtulus, B., Tunca, E., Kurtulus, D. F. ve Tekinalp, O., 2012. *Su Bulanıklığı Dinamiği ve Su Parametrelerini Ölçme Kabiliyeti olan İnsansız Hava Aracı Platformunun Geliştirilmesi*, UHAT 2012, I. Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi, İzmir, Türkiye, 20-22 Aralık.
- Mutlu, T., Çoşgun, V., Esin, E., Yayla, M., Kurtulus, B., Tunca, E., Kurtulus, D. F. ve Tekinalp, O., 2013. *Uzaktan Algılama Amaçlı Amfibi İnsansız Hava Aracı Uçuş Performans ve Otopilot Testleri*, 7. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı, TMMOB MMO, Eskişehir, Türkiye, 3-4 Mayıs.
- Odedra, J., Hope, G. ve Kennell, C., 2004. *Use of Seaplanes and Integration within a Sea Base*, NSWCCD (Naval Surface Warfare Center Carderock Division), Teknik Rapor No. NSWCCD-20-TR-2004/08.
- Onen, A. S., Cevher, L., Mutlu, T., Uzunlar, I. O., Kurtulus, D. F. ve Tekinalp, O., 2014. *Konvansiyonel Olarak Kalkış ve İniş Yapan bir İnsansız Hava Aracına Dikey İniş ve Kalkış Yeteneğinin Kazandırılması*, SAVTEK, 7. Savunma Teknolojileri Kongresi, 25-27 Haziran.
- Parkinson, J. B., Olson, R. E. ve House, R. O., 1939. *Hydrodynamic and Aerodynamic Tests of a Family of Models of Seaplane Floats with Varying Angles of Dead Rise*, NACA, Teknik Not No. 716.
- Raymer, D. P., 2012. *Aircraft Design: A Conceptual Approach, 5th ed.*, AIAA, s.378-380.
- Sazak, E. ve Kurtulus, D. F., 2016. *Parametric Investigation of Hull Shaped Fuselage for an Amphibious UAV*, ICCFD9, 9th International Conference on Computational Fluid Dynamics, İstanbul, Türkiye, 11-15 Temmuz, ICCFD9-2016-226.
- Senipek, M., Yayla, M., Limon, A. U., Rouzbar, R., Yosheph, Y., Kalkan, U., Senol, N., Akel, E., Gungor, O., Hos, B., Usta, A., Uzunlar, I. O., Sarsılmaz, S. B. ve Kurtulus, D. F., 2013. *Design Process of an UAV Aircraft for AIAA DBF 2013 Competition*, AIAC, 7th Ankara International Aerospace Conference, Ankara, Türkiye, 11-13 Eylül, AIAC-2013-105.
- Stinton, D., 1985. *The Design of the Aeroplane*, BSP Professional Books, s.356-359.
- Tekinalp, O., Onen, A. S., Kurtulus, D. F., Cevher, L., Senipek, M., Mutlu, T., Gungor, O. ve Uzunlar, I. O., 2015. *Modeling and Controller Design of a VTOL UAV*, ICUAS'15, Proceedings of the 2015 International Conference on Unmanned Aircraft Systems, Denver, Colorado, ABD, 9-12 Haziran.
- Yayla, M., Sarsılmaz, S. B., Mutlu, T., Coşgun, V., Kurtulus, B., Kurtulus, D. F. ve Tekinalp, O., 2013. *Dynamic Stability Flight Tests of Remote Sensing Measurement Capable Amphibious Unmanned Aerial Vehicle (AUAV)*, AIAC, 7th Ankara International Aerospace Conference, Ankara, Türkiye, 11-13 Eylül, AIAC-2013-108.
- Yayla, M., Ergin, U., Mutlu, T. ve Kurtulus, D. F., 2014. *Bir Muharip İnsansız Uçak Sistemi için Performans Gereksinimlerinin Belirlenmesi*, HİTEK, III. Ulusal Havacılıkta İleri Teknolojiler Konferansı, İstanbul, Türkiye, 18-19 Haziran, HİTEK-2014-024.