

DOĞAN İKİ KİŞİLİK GENEL HAVACILIK UÇAĞININ TASARIMI VE ÜRETİMİ

Mehmet Cevat Sunol¹, Doğanay Yıldız²
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
UZAYTEM Müdürlüğü,
SAMSUN

Aydemir Güralp Ural³
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, SAMSUN

ÖZET

Ülkemizde son yıllarda havacılık endüstrisi önemli ölçüde büyümüştür. Askeri ve sivil uçak filolarının sayısı katlanarak artmıştır. Üniversitelerde havacılık ile ilgili bölümler açılmıştır. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ve Savunma Sanayi Müsteşarlığına bağlı Hava Aracı Sertifikasyon birimleri kurulmuştur. Bu gelişmelere rağmen, ülkemizde özgün hava aracı tasarım, üretim ve sertifikasyon çalışmaları istenilen düzeye ulaşamamıştır.

Havacılık endüstrisinde teknoloji ihracatı yapan ülkeler ile ülkemiz karşılaştırıldığında, havacılığın bu ülkelerde daha geniş bir tabana yayıldığı görülmektedir. Çeşitli yaş ve meslek gruplarından birçok insan havacılıkla ilgilenmektedir. Genel havacılık, firmalar, kulüpler, donanımlı sivil toplum kuruluşları ile başlı başına bir sektör haline gelmiştir. Genel havacılık, havacılığa olan ilgiyi arttırmanın yanı sıra, çok sayıda teknoloji firmasının kurulmasına vesile olmakta ve çeşitli seviyelerde uzman profesyoneller ile büyük bir dinamizm yaratmaktadır. Bu durum, havacılık gibi yüksek katma değerli sektörlerin ihtiyaç duyduğu en önemli kaynak olan adanmış, eğitilmiş insan gücünün oluşmasına vesile olmaktadır.

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, havacılığa eğitim-öğretim, Ar-Ge ve üretim açısından geniş bir yelpazede bakmaktadır. Üniversitemiz, ülkemiz açısından önem arz eden stratejik hedeflere ulaşmak amacı ile yatırımlar yapmaktadır [OMU BALLICA KAMPÜSÜ Stratejik Planı 2014-2018, 2013]. Bu hedefler doğrultusunda, Üniversitemiz Genel Havacılık alanında öncülük etmek için DOĞAN "İki Kişilik Sportif Uçak Tasarım Ve Prototip Üretimi" projesini başlatmıştır.

Hususi pilot lisansı sahiplerinin sportif ve seyrüsefer uçuşlarını gerçekleştirilmesi için tasarlanan DOĞAN'ın tasarım, üretim ve sertifikasyon çalışmaları, Üniversitemizin havacılık birimleri, proje paydaşı sanayiciler ve Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ile birlikte gerçekleştirilmektedir. Yenilikçi ve disiplinler arası bir anlayışla yürütülen süreçlerin, ülkemizde genel havacılık uçağı tasarımı konusunda önemli bilgi ve yöntem oluşturacağına ve benzer çalışmaları yaygınlaştıracağına inanıyoruz.

GİRİŞ

Genel Havacılık, askeri ve tarifeli hava yolu uçuşları dışında kalan ticari ve bireysel uçuşları kapsayan havacılık faaliyetlerinin tanımıdır. Kuzey Amerika ve Avrupa ülkelerinde önemli bir pazara sahip olan ve gayri safi milli hâsılaya önemli bir girdisi olan Genel Havacılık sektörü, 90'lı yıllardan itibaren küçülmeye başlamıştır ([PWC LLP 2015; CRIBDA 2015; MacCorkleand Wong 2009; Taxova2014]).

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, UZAYTEM, E-posta: cevatsunol@gmail.com

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, UZAYTEM, E-posta: doganay1986@gmail.com

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi, HUBF, Uçak ve Uzay Müh. Böl, E-posta: guralp.ural@omu.edu.tr

Bu daralmanın temel sebeplerinin başında, askeri ve hava yolu uçağı endüstrilerindeki teknolojik ilerlemenin, Genel Havacılık uçaklarında, özellikle piston motorlu uçaklarda görülmemesi, otomobillerle kıyaslanabilecek bir güvenlik seviyesine ulaşamaması, yakıt fiyatlarının ve işletme maliyetlerinin artması, uygulaması giderek zorlaşan havacılık kuralları ve yüksek eğitim maliyetleri sayılabilir [FAA 2015; Seidenmanand Spanovich,2009].

Ülkelerinde Genel Havacılık sektörünün durgunluktan kurtulup gelişmesi için 1994 yılında Amerika Birleşik Devletleri, NASA önderliğinde Advanced General Aviation Transportation Experiments birliğini kurmuş ve Small Aviation Transportation Systems (SAT) geliştirme çalışmalarına başlamıştır [Grenville and Kleiner,1993]. Bu programların temel hedefi, Genel Havacılık uçaklarının güvenliğini arttırmak ve işletme maliyetlerini düşürmektir. Bu program kapsamında, askeri ve hava yolu uçaklarında olduğu gibi pilot iş yükünü azaltan ve uçuş emniyetini arttıran yeni dijital uçuş, seyrüsefer ve haberleşme sistemlerinin ve işletme maliyetlerini azaltan küçük turbo jet ve dizel piston motorların genel havacılık uçaklarına uygulanması hedeflendi. Program kapsamında üretilen Eclips500 Jet ve CirriusSR20 piston prop uçaklar tasarlanıp üretilmiştir. Bu projeler ortaya çıktığında çok fazla ilgi çekse de ticari olarak çok fazla başarılı olamamıştır.

Amerika Birleşik Devletlerine 11 Eylül 2001 yılında Yolcu Uçakları ile gerçekleştirilen terörist saldırılardan sonra genel havacılık uçuşlarına getirilen sınırlamalar sektörün daha da küçülmesine neden olmuştur. Cessna gibi birçok firma, daha karlı buldukları İş Jeti sektörüne yönelirken, piston motorlu küçük uçak pazarındaki payını daraltmıştır [IATA 2010].

DOĞAN projesi temelde bir Genel Havacılık uçağının tasarım, üretim, test ve sertifikasyon çalışmalarını kapsamaktadır. Söz konusu proje kapsamında, bu süreçlerde gerekli olan nitelikli insan kaynağı, üretim ve test çalışmaları için gerekli tesis alt yapısının oluşturulması da hedeflenmektedir. Bu proje başarı ile tamamlandığında sadece bir uçak değil, bundan sonra da ülkemizde gerçekleştirilecek benzer projelerde kullanılacak yöntem ve tesis ortaya çıkacaktır.

YÖNTEM

Kavramsal Tasarım

Tasarım İsterlerinin Belirlenmesi: DOĞAN'ın ülkemizde hususi pilot lisansına sahip kişilerin, sportif ve seyrüsefer uçuşlarına yönelik bir Genel Havacılık uçağı olması ve ülkemiz Sivil Havacılık Kuralları çerçevesinde önce Uçuş İzni alması ve ardından Sertifikasyon çalışmalarının başlatılması hedeflenmektedir. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğünün yayınlamış olduğu SHT-HHA-S Hafif Hava Araçlarının Sertifikasyonu talimatında sertifikasyonu gerçekleştirilebilecek hava araçları azami kalkış ağırlıklarına göre 450 kg ile Ultralight, 600 kg ile Light Sportive Aircraft ve 750 kg ile Very Light Aircraft olarak belirtilmiştir [SHGM 2014]. Bu sınıflar incelendiğinde, Azami kalkış ağırlıkları nispeten düşük olan Ultralight ve LSA sınıfları yerine VLA sınıfının uzun mesafeli yüksek hızlı seyrüsefer uçuşlarına daha uygun olduğu görülmüştür. Bu nedenle DOĞAN'ın azami kalkış ağırlığı 750 kg ve koltuk sayısı 2 olarak belirlenmiştir.

Projenin hızlı bir şekilde ticarileşebilmesi ve zorlayıcı sertifikasyon kurallarının bazılarında başlangıç aşamasında azade olabilmek için ilk ürünlerin Amatör İmalat sınıfında, %49 kuralına uygun kitle halinde satılması da ayrıca öngörülmektedir. Gerekli tecrübe ve ticari öngörü sağlandıktan sonra sertifikasyon çalışmalarına başlamak, ticari olarak daha mantıklı olacaktır ki bu Amerika Birleşik Devletlerinde birçok üreticinin sıkça başvurduğu bir yöntemdir.

Yüksek seyir sürati, kıvrak manevra kabiliyeti, düşük sürüklenme, hafif yapı, çekici görünüm vb. isterlerden dolayı DOĞAN, alttan kanatlı ve toplanabilir iniş takımlı olacaktır [Sadraey,2012].

Gelişmiş tasarıma ve yüksek performansa sahip olacak DOĞAN'ın, üretimde maliyet etkinliği sürekli göz önünde tutmak kaydı ile, üretim tekniklerine aşina olduğumuz ve gerekli üretim tesisi alt yapısına sahip olduğumuz ileri kompozit malzemeler ile üretim teknikleri kullanılacaktır.

Rakip Uçakların İncelenmesi: Birçok endüstriyel tasarım sürecinde olduğu gibi DOĞAN'ın tasarım sürecine de, rakip ürünleri incelemek ve pazar beklentilerini anlamaya çalışarak başlandı. Sertifikalı ve amatör imalat Rakip uçaklara ait kütle, boyut, motor gücü ve performans değerleri aşağıdaki Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1: Rakip uçak özellikleri tablosu.

Marka	Model	Koltuk Sayısı	Malzeme	Kanat Tipi	Kalkış Ağırlığı (kg)	Boş Ağırlık (kg)	Motor Gücü (hp)	Kanat Açıklığı (m)	Kanat Alanı (m ²)	Açıklık Oranı
Lancair	Lancair 320	2	Kompozit	Alttan	764	472	160	7,16	7,06	7,26
Lancair	Legacy RG-550	2	Kompozit	Alttan	997	680	310	7,77	7,66	7,88
Lancair	Legacy FG-390	2	Kompozit	Alttan	997	657	210	7,77	7,66	7,88
Glasair	Glasair 3	2	Kompozit	Alttan	1089	703	300	7,09	7,55	6,66
Glasair	Glasair 2 RG	2	Kompozit	Alttan	953	635	180	7,1	7,55	6,68
Suquoia	Falcon	2	Ahşap	Alttan	852	550	160	8	10	6,40
Suquoia	Falcon	2	Ahşap	Alttan	852	550	180	8	10	6,40
Osprey	GP-4	2	Ahşap	Alttan	907	571	225	7,3	9,66	5,52
Panthera	Pantheraexp	2	Kompozit	Alttan	1315	545	210	10,86	11,2	10,53
Pulsar	Pulsar SP100	2	Kompozit	Alttan	634	340	125	7,62	7,43	7,81
Vision	Vision	2	Kompozit	Alttan	725	430	160	6,64	7,9	5,58
Aero	SportShark	2	Kompozit	Alttan	600	300	100	9,2	11,4	7,42
Ortalama					888	534	191	8,28	8,69	8,23

Marka	Model	Stall Hızı m/sn	Seyir Hız Knot	Seyir Hız (km/h)	Tırmanma hızı (m/sn)	Menzil (km)	W/S	We/WTO	l/b	Vc/Vs
Lancair	Lancair 320	28,06	210,46892	386	8,4	1450	1062	0,62	0,89	3,82
Lancair	Legacy RG-550	29,06	242,36641	444,5	13,7	1850	1277	0,68	0,86	4,25
Lancair	Legacy FG-390	29,06	187,78626	344,4	8,62	1730	1277	0,66	0,86	3,29
Glasair	Glasair 3	33,06	254,63468	467	12,2	2092	1415	0,65	0,92	3,92
Glasair	Glasair 2 RG	35,83	184,84188	339	13,7	2815	1238	0,67	0,89	2,63
Suquoia	Falcon	33,61	166,84842	306	5,8	1609	836	0,65	0,81	2,53
Suquoia	Falcon	33,61	173,39149	318	7,62	1480	836	0,65	0,81	2,63
Osprey	GP-4	31,28	223,55507	410	11,15	1770	921	0,63	0,90	3,64
Panthera	Pantheraexp	30,83	182,66085	335	6,1	1600	1152	0,41	0,74	3,02
Pulsar	Pulsar SP100	24,58	197,38277	362	8,6	1250	837	0,54	0,79	4,09
Vision	Vision	24,58	175,57252	322	11,7		900	0,59	0,80	3,64
Aero	SportShark	22,35	114,50382	210	5,8		516	0,50	0,73	2,61
Ortalama		28,6	190,29	349	8,75	1453	1020	0,6	0,81	3,39

Görev Profilinin Belirlenmesi: Rakip uçaklardan elde edilen veriler, DOĞAN'ın hitap edeceği müşterilerinin potansiyel beklentileri ve CS-VLA sertifikasyon yönlendirmeleri doğrultusunda görev tanımı oluşturuldu [EASA, 2009; SHGM, 2014]. Bu çalışma kapsamında özellikle aktif olarak uçan Hususi Pilot Lisansı sahipleri ve tecrübeli Öğretmen Pilotların görüşleri alındı. Yurt dışında çok satan uçakların performans özellikleri incelendi. Ülkemizdeki seyrüsefer ve meydan koşulları göz önünde bulundurularak tasarım çalışmalarına başlandı.



Şekil 1:DOĞAN'ın görev tanımı

İlk Kütle Hesaplaması: Havacılık endüstrisinde kullanılmaya başlayan yeni üretim yöntemleri ve malzemeler her geçen gün hava araçlarının Boş Ağırlık/Azami Kalkış Ağırlığı oranlarını düşürmektedir. Ancak her yeni teknik, kullanılmaya başlandığı ilk dönemlerde çoğunlukla beraberinde yüksek maliyetlerle gelmektedir. DOĞAN'ın üretiminde karbon elyaf takviyeli polimer matrisli kompozit malzemeler kullanılacaktır. Ancak malzeme seçiminde özellikle yerli üreticilerin ürünlerine ve üretim tekniği olarak düşük ön yatırım ile gerçekleştirilebilen Otoklavsız tekniklere başvurulacaktır. Bu durum göz önünde bulundurularak, bazı rakiplerde görülen çok yüksek faydalı yük/kalkış ağırlığı oranlarının elde edilmesi beklenmemektedir.

İlk ürünlerde denenmiş, kolay tedarik edilebilen ve teknik ekibimizin aşına olduğu ekipman ve tekniklerle çalışmak, projenin sağlıklı şekilde ve belirli bir süre zarfında tamamlanabilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle DOĞAN'ın ilk sürümünün motor seçiminde düşük yakıt sarfiyatı olan yeni dizel motorlar yerine, halen yaygın olarak kullanılan ve yüksek yakıt sarfiyatlı AVGAS kullanan bir motor kullanılması tercih edilmiştir.

Bu unsurlar göz önünde bulundurularak iteratif yöntemle yapılan ön kütle hesaplamalarından aşağıdaki değerler elde edilmiştir. [Sadraey,2012, Raymer,1992]

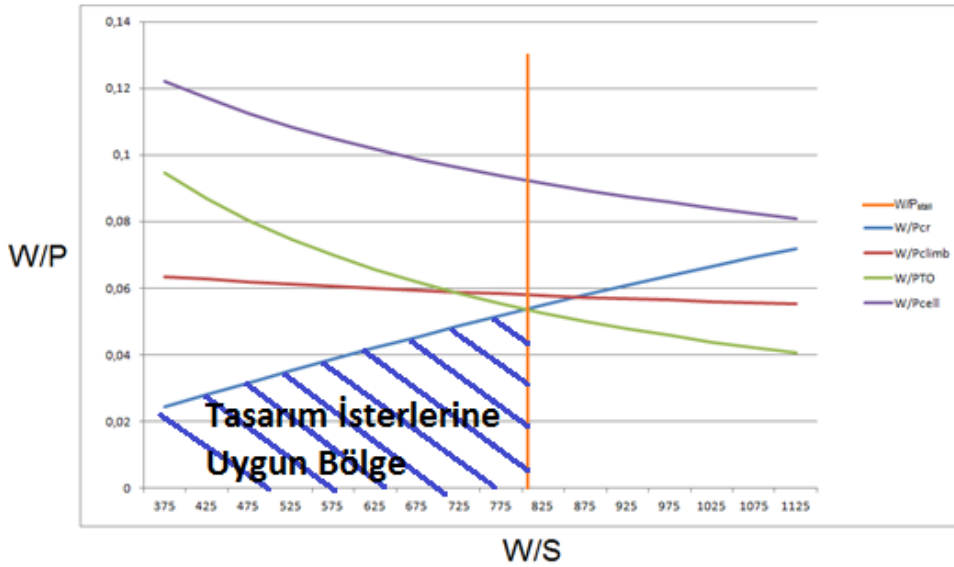
Çizelge 2: DOĞAN ön kütle hesaplama sonuçları

Kalkış Ağırlığı	W_{TO}	750 kg
Paralı Yük	W_P	200 kg
Yakıt Ağırlığı	W_f	140 kg
Boş Ağırlık	W_e	410 kg
Boş Ağırlık/Dolu Ağırlık	W_e/W_{TO}	0,546

Kanat ve Güç Yükleme Hesaplaması: Kavramsal tasarım çalışmasında ilk kütle kestirimi çalışmasının ardından, kalkış, tırmanma, seyir, uçuş tavanı ve asgari tutunma hızı gibi performans isterlerine göre kanat alanı ve motor gücü başına düşen ağırlık yüklemeleri incelenmiştir. Yapılan hesaplamaların sonucunda, DOĞAN'ın istenilen 150 knot seyir hızını elde edebilmek için, asgari tutunma hızını CS-VLA ve SHT-HHA-S Hafif Hava Araçlarının Sertifikasyonu talimatında belirtilen 45 knot süratin %13 üzerinde, yaklaşık 51 knot civarında olabildiği görülmüştür [EASA, 2009; SHGM, 2014]. Rakip uçaklar incelendiğinde birçok yüksek performanslı uçakta benzer şekilde 51-53 Knot'un civarında asgari tutunma hızı olduğu fark edilmiştir. Konu öğretmen pilotlar ve Hususi Pilot Lisansı sahibi tecrübeli pilotlar ile de tartışılıp, bu tarz bir uçak için 50-55 knot arasındaki asgari tutunma hızının normal olduğuna karar verilmiş ve bu değerle tasarıma devam edilmiştir.

Projede kullanılacak motor olarak, UZAYTEM bünyesinde bulunan eğitim uçaklarında da kullanılan Lycoming O-360 motoru tercih edilmiştir. İstenilen yüksek tırmanma ve seyir performansını elde edebilmek için değişken hatveli pervane kullanılmasına karar verilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu aşağıda grafikte ifade edilen kanat alanı ve motor gücü başına düşen ağırlık oranları elde edilmiştir.



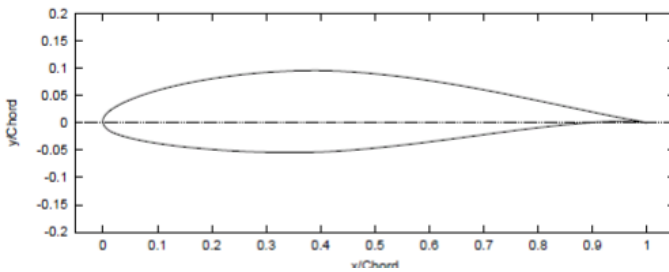
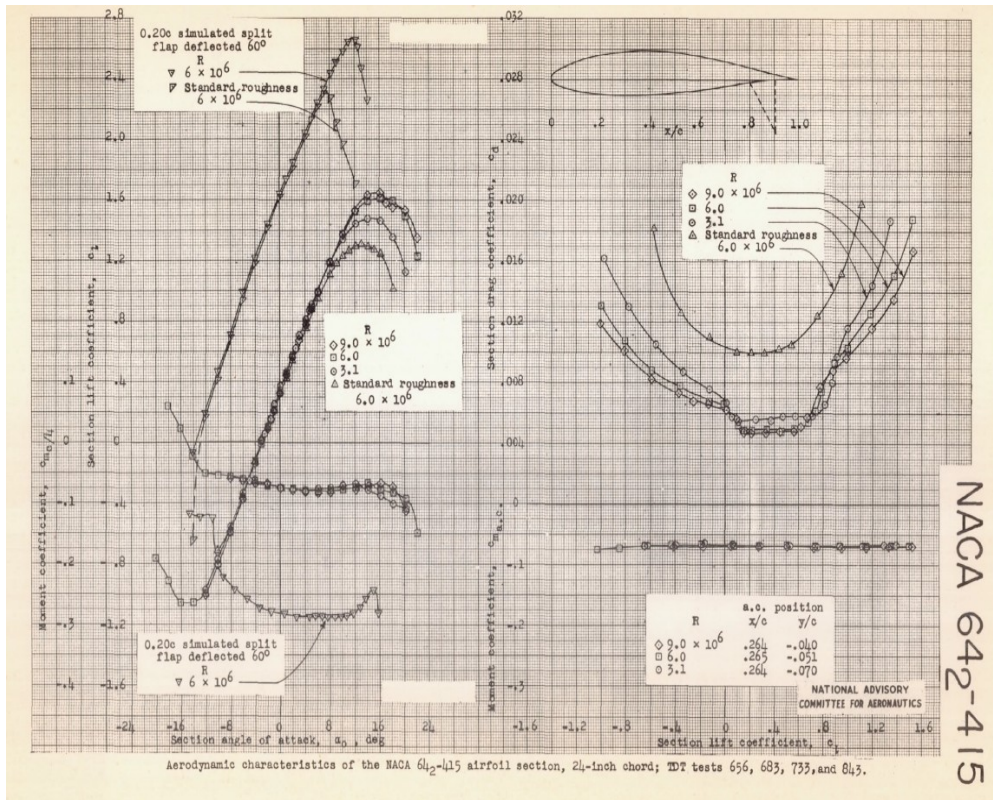
Şekil 2: W/P-W/S kanat yüklemesi güç yüklemesi grafiği.

Kanat Tasarımı: Uçağın en önemli aerodinamik elemanı olan kanadın tasarımında, kanat geometrisi ve boyutları hesaplanmıştır. Kanadın iz düşüm geometrisi, kanat üzerindeki üç boyutlu akımların kanat köküne doğru yönelmesinden dolayı tutunma kaybının daha çok kanat kökünde başladığı, kanat üzerinde eliptiğe yakın taşıma dağılımının elde edildiği, firar kenarı ileri ok açılı trapez geometri seçilmiştir. Sivrilme oranı olarak 0,55 değeri seçilmiş ve kanat kökünden ucuna, üretimi çok zorlamayan 3° burulma ve 4° dihedral açısı verilmiştir [Sadraey,2012; Raymer, 1992].

Kanat profili olarak, DOĞAN yüksek seyir hızına sahip bir uçak olacağı ve üretimde yüksek yüzey kalitesi ve düşük pürüzlülük veren kompozit malzemeler kullanılacağı için, daha önce birçok tasarım ve uçakta denenmiş laminer akım 6 haneli NACA profillerinden birinin seçilmesine karar verilmiştir. Uçuş emniyeti açısından profilin tutunma kaybına geçişinin yumuşak olması önemlidir. Kanatların ağırlığını düşük tutabilmek için kalınlık oranının olabildiğince yüksek olması faydalı olacaktır. Kanatta kullanılacak profilin yüksek seyir sürati için düşük sürükleme katsayısına sahip olması, düşük asgari tutunma hızı için yüksek azami taşıma katsayısına sahip olması gerekmektedir. Düşük kuyruk alanı ve dolayısı ile düşük ıslak alan için kanatta kullanılacak profilin düşük yunuslama momentine sahip olması gerekmektedir. Kanat tasarımında tüm bu kısıtları karşılayan ve yunuslama momenti nispeten diğer 6 haneli benzer profillerden düşük olan NACA 64₂415 profilinin kullanılmasına karar verilmiştir. Taşıma arttırıcı ekipman olarak imalatı çok güç olmayan ve yüksek ilave taşıma sağlayan %50 kanat boyu, %25 veter boyu alana sahip slotlu flap kullanılmasına karar verilmiştir. Flaptan geri kalan alan ise kanatçık için ayrılmıştır. Kanat uçlarında ise kanat ucu kullanılarak kanat verimliliği yükseltilecektir.

Çizelge 3: Uygun 6 haneli NACA profillerinin performans değerlerinin karşılaştırılması.

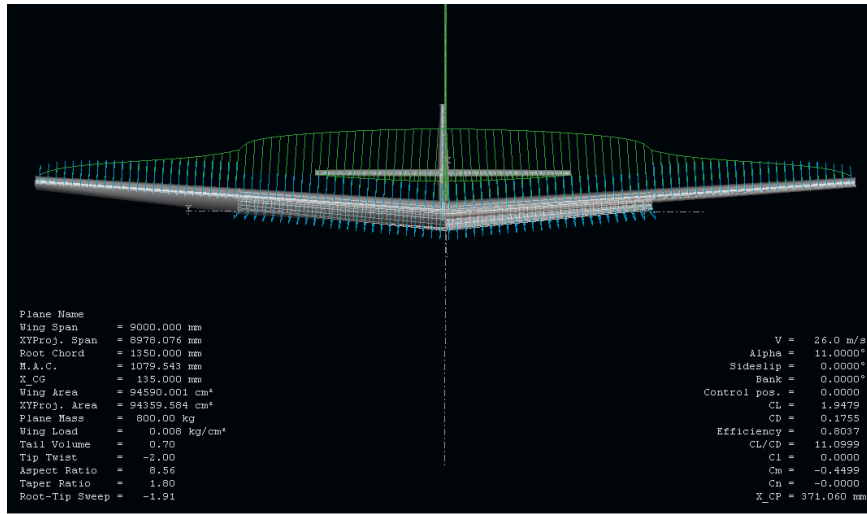
No	NACA	C_{dmin}	C_{mo}	$(C_l/C_D)_{max}$	C_{Li}	C_{Lmax}	Tutunma Kaybı
1	63 ₁ -412	0,0049	-0,075	120	0,4	1,7	Vasat
2	63 ₂ -415	0,0049	-0,063	120	0,4	1,62	Yumuşak
3	64 ₁ -412	0,005	-0,074	111	0,4	1,68	Keskin
4	64 ₂ -415	0,005	-0,056	120	0,4	1,6	Yumuşak
5	65 ₂ -415	0,0044	-0,068	150	0,4	1,55	Vasat



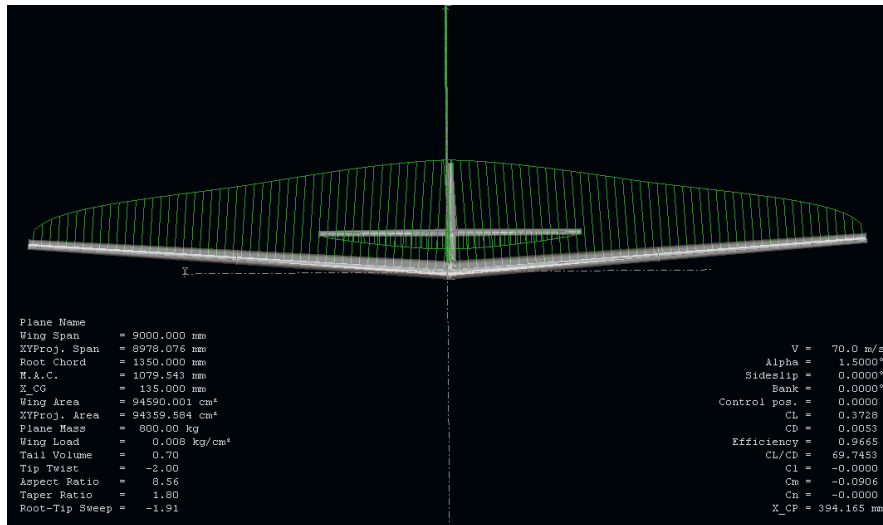
SLOTTED FLAP

Şekil 3: NACA 64₂-415 profilinin aerodinamik ve geometrik karakteristiği ve slotlu flap kesiti.

Geometrik tasarımı gerçekleştirilen kanadın aerodinamik performansı, kullanımı kolay ve hızlı sonuç veren XFOil programında incelenmiş, flaplar tam açık olarak asgari tutunma hızında ve flaplar kapalı durumda seyir hızında taşıma dağılımı, taşıma ve sürükleme ve moment katsayıları irdelenmiş tasarım beklentilerini büyük ölçüde karşıladığı görülmüştür.



Şekil 4: Asgari tutunma kaybı süratinde kanat üzerinde taşıma dağılımı.



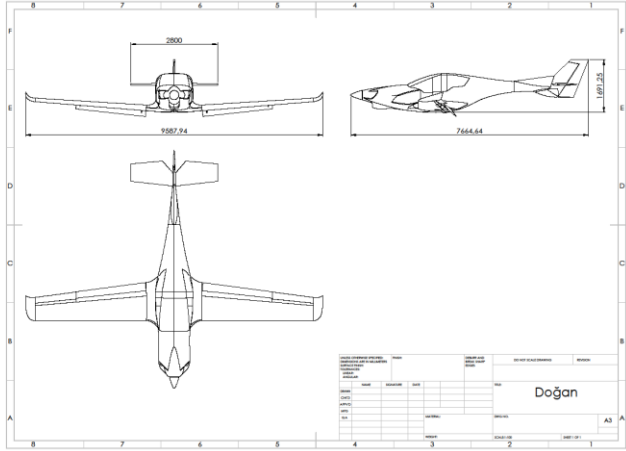
Şekil 5: Seyir süratinde kanat üzerinde taşıma dağılımı.

Kuyruk Tasarımı: DOĞAN için, birçok genel havacılık uçağında kullanılan, kararlılığı yüksek ve üretimi kolay konvansiyonel kuyruk tipi seçilmiştir. Yatay kuyruğun kanada göre dikey eksendeki konumu, pervane akımının içinde kalacak şekilde ve tutunma kaybı durumunda kanadın oluşturduğu bozuk akımın içinde kalmayacak şekilde belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece DOĞAN'ın tutunma kaybı durumundan gaz açılarak ve elevatör yardımı ile burun aşağı verilerek çıkabilecektir. Dikey kuyruğun dikey ekseninde yatay kuyruğa göre konumu ise, dümenin belirli bir kısmı spin durumunda yatay kuyruğun yarattığı bozuk hava akımının dışında kalacak şekilde belirlenmiştir. Bu sayede DOĞAN Spin burgusunu dümeni kullanarak durdurabilecektir. Dikey kuyruğun açıklık oranı özellikle düşük seçilmiş, dorsal ve vertical fin kullanılarak, DOĞAN'ın yan rüzgârda iniş performansı yükseltilmeye çalışılmıştır. Kalkış, yan rüzgâr inişi ve manevra ihtiyaçlarına göre yatay ve dikey kuyrukta %45 veter boyunda elevatör ve dümen alanı belirlenmiştir.

Endüstriyel Tasarım

Kanat, kuyruk ve motora dair boyut ve geometrilere göre DOĞAN'ın iki boyutlu taslak çizimi oluşturulmuştur.

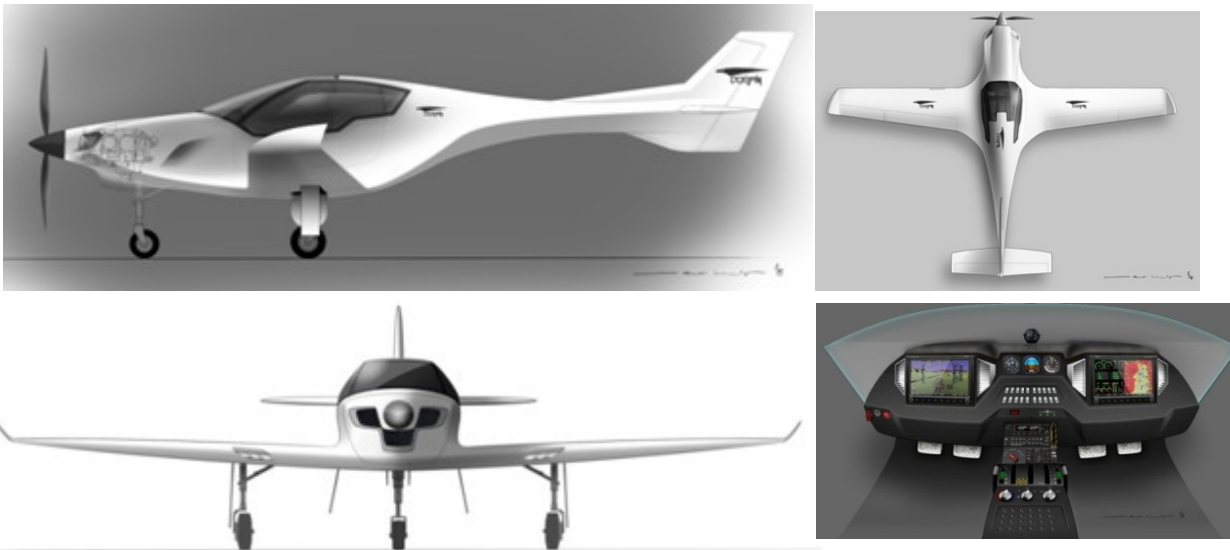
Genel Ölçüler:



Uçak Boyu	7,66 m
Kanat açıklığı	9m
Kanat alanı,	9,5 m ²
Açıklık oranı	8,56
Kök veteri	1,35 m
Uçveteri	0,75 m
Ortalama veter	1,08 m
Kanat Profili	NACA 64 ₂ 415
Kanat burulması	-3°
Dihedral	4°
Flap	%50 span boyunda, %25 c sloted flap

Şekil 6: DOĞAN'ın genel ölçüleri ve geometrisi.

Tasarım İsterlerinin Belirlenmesi: Günümüzde pek çok sektörde son kullanıcıların ürünlerin endüstriyel tasarımından beklentileri yükselmiştir. Özellikle Otomotiv endüstrisindeki hızlı gelişimle beraber yeni tasarım yaklaşımlarının yoğun kullanımı ve son kullanıcıya sürekli olarak yeni fikirlerin sunulması, diğer birçok endüstride de benzer beklentileri doğurmuştur. Son kullanıcının basit bir mutfak robotunda dahi iddialı çizgiler görmek istediği günümüzde, kullanıcıya saygınlık sağlaması beklenen bir hava aracının, basit çizgilere sahip olması düşünülemez. Bu şartlar altında DOĞAN'ın tasarım hedefleri uçuş emniyeti, konfor ve yenilikçilik olarak sıralanmıştır. Uçuş emniyeti ile ilgili şartlar büyük ölçüde kavramsal tasarım aşamasında oluşturulmaya çalışılmıştır. Konfor ve yenilikçilik için gerekli şartlar ise endüstriyel tasarım ve 3 Boyutlu modelleme çalışmaları sırasında oluşturulmaya çalışılacaktır. Konfor ve yenilikçilik için Uçak Mühendislerinin tecrübe ve kabiliyetleri birçok noktada yetersiz kalabilmektedir. Bundan ötürü, iç ve dış hatların tasarımında, diğer sektörlerde göre daha gelişmiş ve yenilikçi tasarım yöntem ve ekipmanlar kullanılan otomotiv endüstrisinde deneyimli endüstriyel tasarımcılardan destek alınmıştır.



Şekil 7: DOĞAN'ın ilk eskizleri.

Ses altı hızlarda uçan hava araçlarının çoğu, aerodinamik karakteristikleri ve uçak mühendislerinin tasarımdaki baskın rolü nedeni ile yumuşak ve yuvarlak hatlara sahiptirler. Akım çizgilerinin olabildiğince az bozulması ve sürüklemenin asgari seviyeye indirilmesi için genelde tüm geçişler yumuşak eğriler ve yuvarlak hatlar ile gerçekleştirilir. Bu durum uçağın tasarımında karakteristik özelliklerin yok olmasına ve tüm tasarımların birbirine benzemesine neden olmaktadır.

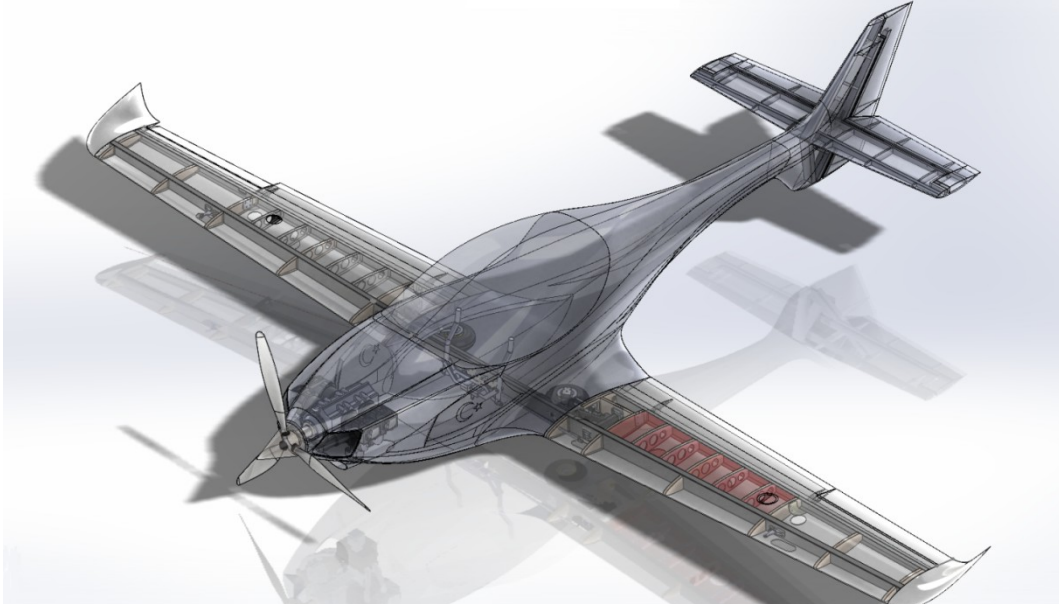
Aerodinamik performansından ödün vermeden, DOĞAN'ın belirgin karakteristik çizgileri olması ve aynı sınıftaki uçaklardan daha farklı ve çekici görünmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla daha kavramsal tasarımın en başından itibaren, endüstriyel tasarımcılardan destekle eskiz ve tasarım çalışmalarını yürütülmeye başlanmıştır. Bu çalışmalarda uçağın kanat ve kuyruğun geometrisi, boyut ve konumu, uçağın boyu, motor, iniş takımları vs. gibi ana elemanların konumu gibi ana konular dışında endüstriyel tasarımı olabildiğince serbest bırakılmıştır. DOĞAN'ın ana hatları ve karakterini oluşturan çizgileri ortaya çıkarken, pilotun konumu, görüş alanı, kokpit ergonomisi, kanopi mekanizması gibi detaylarda belirlenmeye başlanmıştır.

Tasarımın her aşamasında uçuş okulumuzun ve havacılık kulüplerinin deneyimli pilot ve teknisyenlerinden aviyonik sistemler, kokpit ergonomisi, pilotaj gibi konularda görüş ve öneri alınmıştır. DOĞAN'ın gösterge ve seyrüsefer sistemlerinde, günümüzün uçaklarında yaygın olarak kullanılan, tüm verileri tasnifli bir şekilde pilota sunan ve iş yükünü büyük ölçüde azaltan yeni dijital gösterge sistemlerinin kullanılması tercih edilmiştir. Birçok ürün arasından uygun olanı seçebilmek için, farklı dijital kokpit sistemlerine sahip uçaklarla uçuşlar gerçekleştirilmiş, fuarlarda bu ürünler incelenmiştir.



Şekil 8: DOĞAN'ın nihai gövde tasarımı.

Eskiz ve kavramsal tasarım çalışmalarının ardından bilgisayar ortamında üç boyutlu modelleme çalışmaları gerçekleştirildi. Yüzey modelleme konusunda uzman endüstriyel tasarımcılar tarafından bilgisayar ortamında DOĞAN'ın üç boyutlu çizimleri oluşturuldu. Ortaya çıkan modellerin ölçekli kopyaları 3B yazıcılarda üretildi ve tasarım detayları tartışıldı. Oluşturulan 3D model ile sadece dış yüzeyler değil, tüm yapısal parçalar, kontrol mekanizmaları ve pilotlar modellendi ve bilgisayar ortamında kokpit ergonomisi, montaj detayları ve hareketli parçaların çalışmaları kontrol edildi.



Şekil 9: DOĞAN'ın 3 Boyutlu detay çizimleri.

UYGULAMALAR

Üretim Çalışmaları

Proje kapsamında yüksek nitelikli kompozit parça üretimi konusunda deneyimli mühendis ve üretim ara elemanı yetiştirmek de hedeflenmektedir. Bu kapsamda, UZAYTEM Müdürlüğü bünyesinde üretim çalışmalarını yürütecek mühendis ve teknisyen ekibine 4 ay süren teorik ve pratik eğitim verilmiş ve beraber üretim çalışmalarına başlanmıştır.



Şekil 10: DOĞAN'ın kanat kalıp ve parça üretim fotoğrafları.

Üretim çalışmaları iki açıdan ele alınarak yürütülmektedir. Bir yandan üretimde kullanılması planlanan tekniklere uygun olarak üretilecek parçaların model ve kalıpları 3 boyutlu olarak bilgisayar ortamında tasarlanmaktadır. Tasarımı tamamlanan modeller farklı teknik ve makineler ile üretilmekte ve üretilen modellerden kompozit kalıplar alınmaktadır. Ön yatırım ve üretim maliyetlerini düşük tutabilmek için otoklav ve prepreg malzemeler ile üretim yerine, görece daha düşük maliyetli üretim ve ön yatırımı olan vakum infüzyon ile parça üretim tekniği tercih edilmiştir. Uygulaması daha az teknik bilgi gerektiren ve performans açısından tatmin edici sonuçlar veren ve havacılığın yanı sıra, denizcilik ve rüzgâr enerjisi alanında yoğun olarak kullanılan vakum infüzyon yöntemi ile üretilen parçalar, sıcaklık kontrollü post kür fırınımızda ısıl işleme tabi tutularak, termal dayanımları ve mukavemetleri yükseltilmektedir. [Gurit,2016, Kleineberg,2002].

Model ve kalıp üretim çalışmaları ile eş zamanlı olarak, üretilecek parçaların laminasyon şemaları hazırlanıp, prototip üretimde kullanılacak teknikleri ile numune parçalar üretilmektedir. Numune parçaların ağırlıkları ölçülerek, DOĞAN'ın ağırlık merkezi hesaplamaları sürekli olarak yenilenmektedir. DOĞAN'ın üretilen parçalarının ağırlıkları da numune parçaların ağırlığı ile karşılaştırılmakta ve hesaplar tekrar revize edilmektedir. Üretilen kanat kuyruk gövde gibi ana elemanlar yapısal olarak test edilip, ihtiyaç durumunda laminasyon şemaları revize edilmektedir.

Başlıca proje hedeflerinden birini de, ticari olarak da rekabetçi, sürdürülebilir üretim tekniğine sahip ve ülkemiz sanayisine azami katkı sağlayacak bir uçağın tasarım ve üretimini oluşturmaktadır. Bu maksatla üretimde kullanılan epoksi reçineler, karbon fiber malzemeler, boya ve sonlandırma sistemleri gibi ana ve yardımcı malzemeler ve hizmet tedarikçileri olabildiğince yerli firmalar arasından seçilmiştir.



Şekil 11: DOĞAN'ın gövde model ve kalıplarının üretim çalışmaları.

Havacılık ve uçak üretimi konusunda bölgesel farkındalık yaratmak ve özel sektör firmalarının sektöre ilgisini çekebilme amacı ile kompozit parçaların üretimi dışındaki bütün çalışmalar, olabildiğince özel sektör firmalarının desteği ile gerçekleştirilmektedir. Sanayi Odaları, Makine Mühendisleri Odası ve diğer kuruluşlar aracılığı ile özel sektör firmalarına, Savunma Sanayi Müsteşarlığı aracılığı ile savunma sanayi firmalarına düzenli olarak projedeki gelişmeler hakkında bilgilendirme sunumları yapılmaktadır.

Sertifikasyon Çalışmaları

Proje hedeflerinin başında, ülkemizde uçak tasarım ve sertifikasyonu konusunda bilgi birikimi ve tecrübenin artırılması gelmektedir. Bu sebeple projenin başından beri Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ile işbirliği içerisinde uyumlu bir şekilde çalışılmakta, gelişmeler ile ilgili düzenli olarak bilgi verilip görüş alınmaktadır.

DOĞAN ilk aşamada deneysel olarak üretilip, amatör imalat olarak üretilmek için kit olarak ticarileştirilecektir. İleri aşamalarda ise DOĞAN'ın CS-VLA sertifikasyonuna tabi tutulması hedeflenmektedir [EASA, 2009; SHGM, 2014].

Sertifikasyon çalışmaları kapsamında üretilen sol kanat numunesi, SHGM uzmanları gözetiminde statik yükleme testine tabi tutulmuştur. Elde edilen şekil değişim ve kırılma verileri ışığında laminasyon ve parça tasarım iyileştirilmiş ve nihai kanatlar üretilmeye başlanmıştır. Üretilen kanatlar gövdeye monte edildikten sonra nihai olarak tekrar statik yükleme testine tabi tutulacaktır.



Şekil 12: DOĞAN'ın kanat statik yükleme testi.

Dokümantasyon Çalışmaları

Gerek sertifikasyon çalışmaları için gerekse projede ürün kalitesinin güvence altına alınması için yapılan tüm tasarım, üretim ve eğitim çalışmaları belirli bir kalite politikası çerçevesinde, havacılık ve uluslararası kalite normlarına uygun olarak kayıt altına alınmaktadır [ISO 9001-2008].

Dokümantasyon çalışması kapsamında DOĞAN projesine ait Tasarım El Kitabı, Üretim El Kitabı, Malzeme El Kitabı, Personel El Kitabı, Kompozit Parça Üretim Rehberi gibi dokümanlar oluşturulmaktadır. Projenin ilerlemesi ve sertifikasyon aşamasına geçilmesi ile beraber bu dokümanlar sertifikasyon isterlerini karşılayacak düzeye çıkarılacaktır.

SONUÇ

Bu çalışma ile hafif uçak tasarım üretim ve sertifikasyonu konusunda bilgi birikimi ve tecrübeli teknik eleman oluşturulması amaçlanmaktadır. Proje kapsamında kurulan işbirlikleri ve tanıtım çalışmaları ile özel sektörün ilgisi havacılığa ve hafif uçak üretimine çekilmeye çalışılmaktadır. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ile koordineli yürütülen çalışma, hafif uçakların sertifikasyonu konusunda da bilgi birikimi oluşturmayı hedeflemektedir. Bu çalışmanın devamında, DOĞAN'ın özel sektör üniversite işbirliği ile ticarileşmesi ve uluslararası pazarda rekabetçi bir ürüne dönüştürülmesi, yerli aviyonik sistemler ve motor üretimi ile donatılması için gerekli çalışmaların başlatılması hedeflenmektedir. Yürütülen bu proje ve oluşturulan teknik alt yapı ile Üniversitemiz Ondokuz Mayıs, havacılık alanında üreten üniversite olma yolunda önemli bir adım atmıştır. Benzer ve devam niteliğinde projelerin başarıya ulaşması, sayılarının ve niteliklerinin yükselmesinin mühendislik eğitiminde hedefimiz olduğunu düşünüyoruz.

DOĞAN "İki Kişilik Sportif Uçak Tasarım Ve Prototip Üretimi" projesi Ondokuz Mayıs Üniversitesi bünyesinde PYO. HAF.1906.14.001 numarasıyla Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmektedir. Çalışmalarımız sırasında yardımlarını esirgemeyen deneyimli endüstriyel tasarımcı Murat ARIKUT ve Serhat NAMLİ başta olmak üzere ve diğer tüm resmi, özel kurum ve kişilere teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- CRIBDA, 2015. Aerospace Industry in the Czech Rep, Czech Republic Investment and Business Dev. A.
- EASA, 2009. CS-VLA Certification Specifications for Very Light Aeroplanes, European Aviation Safety Agency.
- FAA, 2015. Aerospace Forecast Fiscal Years 2015-2035, Federal Aviation Administration
- Grenville, D., Kleiner, B. M., 1993. AGATE the Turning Point of General Aviation, Department of Industrial and Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- GURIT, 2016. WE Handbook for composites
- IATA, 2010. The Impact of September 11, 2001 on Aviation, International Air Transport Association
- Kleineberg, M., 2002. Advanced Liquid Resin Infusion A New Perspective for Space Structures, DLR German Aerospace Center
- MacCorkle, J., Wong, T., 2009. General Aviation In China Seizing Growth Opportunities, Booz & Company, 25 Haziran, 2009.
- OMU BALLICA KAMPÜSÜ Stratejik Planı 2014-2018, 2013.
- PWC LLP, 2015. Contribution of General Aviation to the US Economy in 2013, Price Waterhouse Coopers.
- Raymer, D. P., 1992. Aircraft Design: A Conceptual Approach.
- Sadraey, M., 2012. Aircraft Design: A Systems Engineering Approach.
- Seidenman, P., Spanovich, D.J., 2009. General Aviation in the United States.
- SHGM, 2014. SHGM Sektörel Talimatlar SHT-AS ve SHT-HHA-S.
- Taxova, M., 2014. Aerospace Market Profile of Czech Republic, the Canadian Trade Commissioner Service.