



## Göreve Uyumlu Kumanda Yüzeylerinin Geliştirilmesi

**Günümüzdeki uçakların kanatlarında bulunan kontrol yüzeyleri uçakların daha kısa mesafede havalanabilmesi için kanat alanının artırılmasında, uçuş sırasında dönüşlerin yapılmasında, iniş sırasında da hava freninin sağlanmasında rol oynarlar. Konvansiyonel kontrol yüzeyleri genelde flap ve kanatçık adı verilen iki ana grupta toplanır. Gövdeye yakın kontrol yüzeyleri olan flaplar daha çok iniş ve kalkış esnasında, kanat ucuna yakın kontrol yüzeyleri olan kanatçıklar ise dönüşler esnasında kullanılırlar.**

**A**NCAK bu mekanizmalar uçak için birçok olumsuz faktör de yaratırlar. Getirdikleri ilave ağırlık, mekanik karmaşıklık ve arttırdıkları sürtünmeden dolayı uçuş için önemli bir parameter olan kaldırma/sürükleme oranını düşürmeleri bunlar arasında sayılabilir. Bu mekanizmaların karmaşık yapıları uçak için gerekli periyodik bakımların daha zor ve uzun bir süreçte tamamlanmasına neden olur; bu da gerek işletmecilere gerekse de kullanıcılara mali açıdan külfet getirir. Günümüz teknolojisinde kontrol yüzeylerinin daha etkin bir şekilde tasarlanabilmesi ve uygulanabilmesi için çeşitli çalışmalar sürmektedir.

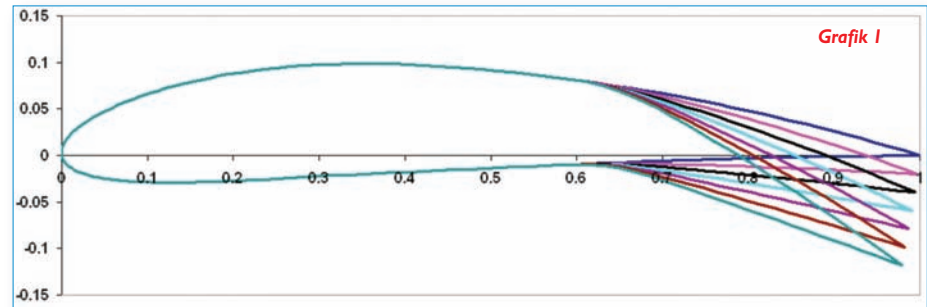
Bu makalede özetlenen çalışma, kontrol yüzeylerinin alışlagelmışin dışında yaklaşım ve yöntemler kullanılarak menteşesiz olarak tasarlandığı ve uçuştaki etkinliklerinin gösterildiği, Türkiye'de yapılan ilk çalışmadır. Çalışmanın amaçları geliştirilen flap ve kanatçık yaklaşımlarının, konvansiyonel flap ve kanat-

çıkların yerine kullanılmasıyla kanatların hafifletilmesi, konvansiyonel yüzeylerdeki girinti ve çıkıntıların ortadan kaldırılmasıyla neden oldukları sürükleme kuvveti ve aerodinamik gürültünün azaltılması, kaldırma/sürükleme kuvveti oranının artırılmasıyla görevi yerine getirmek için daha az yakıtı ihtiyaç duyacak, çevreyi daha az kirletecek, doğayla dost yeşil hava taşıtlarının tasarlanabilmesidir. Buna ilaveten kanat yapılarının günümüzdeki kon-

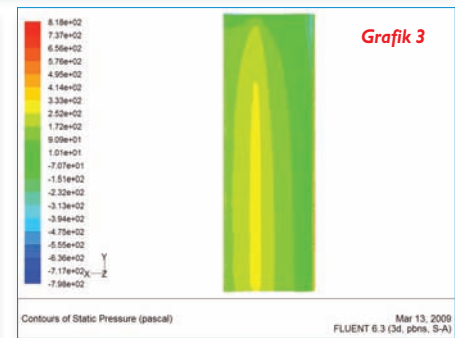
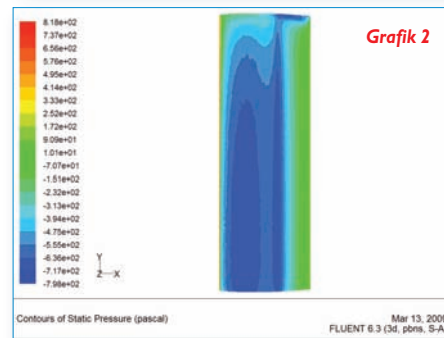
vansiyonel flap ve kanatçıklı yapılara göre basitleştirilmesiyle, bakım süreleri ve bakım maliyetlerinin azaltılarak daha ekonomik bir kullanım olanağı sağlamak ta hedefler arasındadır. Mevcut çalışmanın hedefleri, Avrupa Birliği [AB] tarafından havacılık ve uzay alanında desteklenen araştırma projeleri içinde en büyüğü olan ve uçak kanatlarının yakıt verimini azami şekilde sağlayacak şekilde ve göreve uyumlu olarak tasarlanması hedeflerini güden Clean Sky Projesi kapsamında öne çıkarılan hedeflerle de örtüşmektedir.

Çalışma, ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü'nde 1 Ekim '07 tarihinde bir TÜBİTAK projesi olarak başlamış ve Prof. Dr. Yavuz YAMAN, Prof. Dr. Serkan ÖZGEN, Y. Doç. Dr. Melin ŞAHİN, Y. Doç. Dr. Güçlü SEBER, Y. Müh. Levent ÜNLÜSOY, Y. Müh. Erdoğan Tolga İNSUYU ve Y. Müh. Evren SAKARYA'nın bulunduğu bir ekip tarafından tamamlanmıştır. Çalışmada geliştirilen göreve uyumlu kanatlara sahip İnsansız Hava Aracı [İHA] tamamen özgün olarak tasarlanmıştır. Tüm tasarım etkinlikleri ve yapısal testler ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü tarafından, tüm üretim etkinlikleri ve uçuş testleri ise TUSAŞ tarafından gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada öncelikle tasarlanan İHA'nın görev tanımı, bu görevin yapılabilmesi için gerekli olacak kanat, gövde ve kuyruk gibi bileşenlerin kavramsal ve ön tasarım yöntemleri kullanılarak boyutlandırılması yapılmıştır. Daha sonra da Havacılık ve Uzay Mühendisliği disiplinleri göz önünde tutularak uçak bileşenlerinin detay tasarımları gerçekleştirilmiştir. Yapısal analizlerde MSC® Patran/Nastran, aerodinamik analizlerde ANSYS/FLUENT, aeroelastik analizlerde MSC®/Flight Loads and Dynamics paket programları ve proje ekibince geliştirilen hesaplama yöntemleri/arayüzleri kullanılmıştır.

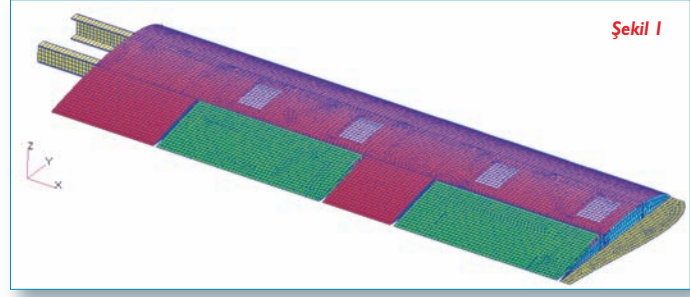


**Bir yolcu uçağı kanadında bulunan kumanda yüzeylerinin [flap ve kanatçıklar] hareketi yukarıda gösterilen mekanizmalar yardımıyla sağlanmaktadır. Yanda üstte yer alan Grafik 1'de NACA4412 kanat kesitinin şekil değişimi [ $\Delta f_k=0.0c$ ,  $\Delta f_k=-0.02c$ ,  $\Delta f_k=-0.04c$ ,  $\Delta f_k=-0.06c$ ,  $\Delta f_k=-0.08c$ ,  $\Delta f_k=-0.10c$ ,  $\Delta f_k=-0.12c$ ,  $c=veter\ boyu$ ] vurgulanırken, yanda [sol tarafta] yer alan Grafik 2'de tasarım sürecindeki üç boyutlu hesaplamalı akışkanlar dinamiği sonuçlarına göre kanat üst yüzeyi basınç dağılımı [ $\Delta f_k=-0.06c$ ], sağtarafta yer alan Grafik 3'de ise tasarım sürecindeki üç boyutlu hesaplamalı akışkanlar dinamiği sonuçlarına göre kanat alt yüzeyi basınç dağılımı [ $\Delta f_k=-0.06c$ ] vurgulanmaktadır.**





5 Mayıs '10, ilk sıçrama testi.



Şekil 1



3 Şubat '11, uçuş testlerinde hazır bulunan tasarım, üretim ve uçuş test ekipleri.



3 Şubat '11, uçuş testlerinden bir enstantane.

Geliştirilen kontrol yüzeylerinin özellikle kanat kamburluğu açısından etkinlik sağlanması hedeflenmiş; bu amaçla bir NACA4412 kesitinin firar kenarı kesit genişliğinin %60'ından itibaren bükülerek, firar kenarının veterin özgün durumuna dik yer değiştirmesi ' $\Delta f_k$ ' olarak tanımlanmıştır. Farklı ' $\Delta f_k$ ' durumları için kanadın modeli Şekil 1'de gösterilmiştir.

Grafik 1'de gösterilen geometriler üç boyutlu hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemleri kullanılarak incelenmiş ve kanadın alt ve üst yüzeylerindeki basınç dağılımları ' $\Delta f_k = -0.06c$ ' durumu göz önünde tutularak Grafik 2 ve Grafik 3'te sunulmuştur. Tasarlanan göreve uyumlu kanada ait sonlu elemanlar modeli ise Şekil 1'de gösterilmiştir.

Kanat ve gövdede kullanılan kabuk yapılar ıslak serme kompozit malzemeler kullanılarak tasarlanmış ve üretilmiştir. Kanat içi parçalarda ve kontrol yüzeylerinde değişik özelliklerde alüminyum malzemeler kullanılmıştır. Tasarlanan ilk kanat TUSAŞ tarafından üretilmiş ve tasarım doğrulama çalışmaları, ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü'nde kanat üzerinde yapılan yer titreşim testleriyle tamamlanmıştır. Yer titreşim testleri sürecinde özellikle deneylerin tekrarlanabilir olmasına dikkat edilmiştir. Rezonans değerlerinin uyumu deneylerin doğruluğunu açıkça göstermektedir.

Kanat kutusunun tasarlanan modelinden hesaplanan doğal frekans değerlerinin ve deneysel olarak belirlenen rezonans frekanslarının teorik ve deneysel sonuçlarla örtüşmesiyle tasarım çalışmalarının hassasiyeti ve doğruluğu sınanmıştır.

İHA'nın üretimi TUSAŞ-Akıncı tesislerinde

yapılmıştır. İHA, TUSAŞ Uçuş İşlemleri Müdürlüğü'nün verdiği teknik destekle; Akıncı'daki tesislerde 17 Mart '10 tarihinde ilk taksi testlerini, 5 Mayıs '10 tarihinde de taksi ve ilk sıçrama testlerini yapmıştır.

Geliştirilen, özgün ve göreve uyumlu kanatlara sahip, İHA ilk uçuşunu 26 Mayıs '10 tarihinde yapmıştır. Kalkış, meydan turu ve iniş olarak gerçekleşen bu ilk uçuşun değerlendirme sonucu uçakların pilotaj karakteristiklerinin değerlendirilmesinde kullanılan Cooper-Harper ölçeğine göre yapılmıştır. Pilot

değerlendirmesine göre uçakta temel bir revizyon gerekmemektedir ve bu da uçağın tasarım-üretim evrelerinde büyük bir başarıya erişildiğini göstermektedir.

26 Mayıs '10 tarihli uçuşun ardından ağırlığı azaltmak amacıyla göreve uyumlu kanat tekrar tasarlanmış ve toplam kalkış ağırlığı 34kg düzeyine indirilmiştir. Bu da ilk uçuşa göre yaklaşık %8 bir ağırlık azalmasına karşılık gelmektedir. 3 Şubat '11 tarihinde gerçekleştirilen son uçuş testleri kapsamında birincisi yaklaşık 4 dakika 50 saniye, ikincisi ise yaklaşık 7 dakika 10 saniye süren iki uçuş yapılmıştır. Uçağın üstüne yerleştirilen bir kamera ile sağ kanat hareketleri uçuşlar boyunca kaydedilmiş ve İHA'nın performansını doğrulayıcı dönüşlerle geliştirilen flap ve kanatçıkların etkinliği gösterilmiştir. Çizim tahtasından uçuşa kadar olan süreçte izlenen üniversite-sanayi işbirliği politikası, hem özgün bir tasarımın ortaya çıkmasını sağlamış, hem de gelecekte yapılacak işbirlikleri için sağlam bir temel oluşturmuştur. Bu çalışmayla, havacılık alanındaki dünya devlerinin, sektörün yarınlarına yön verecek fikirlerini oluşturduğu kulvarlarda, Türk üniversitelerinin ve ulusal havacılık endüstrimizin de başarıyla yer alabileceği gösterilmiştir.

#### Yazarlar

ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü'nden; Prof. Dr. Yavuz YAMAN, Prof. Dr. Serkan ÖZGEN, Y. Doç. Dr. Melin ŞAHİN, Y. Doç. Dr. Güçlü SEBER, Y. Müh. Levent ÜNLÜSOY, Y. Müh. Erdoğan Tolga İNSUYU ve Y. Müh. Evren SAKARYA **S&H**



#### Prof. Dr. Yavuz YAMAN

ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

Yavuz YAMAN 1981 yılında ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümünden Lisans, '84 yılında ise aynı bölümden Yüksek Lisans derecesini aldı. YAMAN, Doktora eğitimini '89 yılında İngiltere, Southampton Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bölümü'nde tamamladı.

1991 yılından bu yana ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü'nde çalışan Yavuz YAMAN, '01 yılından bu güne Profesör olarak görev yapmaktadır. Yapısal Dinamik, Havacılık ve Uzay Yapıları, Aktif Titreşim Kontrolü, Akıllı Yapılar, Aeroelastisite, Şekil Değiştiren Havacılık Yapıları üzerine çalışan Prof. Dr. Yavuz YAMAN'ın Ulusal ve Uluslararası hakemli dergilerde basılan veya Ulusal ve Uluslararası kongrelerde sunulan 95 adet bilimsel yayını bulunmaktadır. Prof. Dr. Yavuz YAMAN evli ve bir erkek çocuk babasıdır.