

BÜYÜK ÇAPLI AYRILMA GÖRÜLEN AKIŞLARDA YÜZEY TOPOLOJİSİNİN İNCELENME YÖNTEMLERİNİN ÖRNEK BİR UYGULAMA ÜZERİNDE KARŞILAŞTIRILMASI

Batuhan KAYA¹, Murat SARITAŞ² ve Okşan ÇETİNER³
İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, İstanbul

ÖZET

Bu çalışmada, su kanalında yüksek hücum açısındaki bir kanadın yüzey akış topolojisi iki farklı yöntemle ve iki boyutlu-iki bileşenli (2D2C) bir Dijital Parçacık Görüntüleme Hızölçeri (Particle Image Velocimetry - PIV) sistemi kullanılarak elde edilmektedir. Dolayısı ile akışın üç boyutluluğu iki boyutlu görüntüleme yapan bir sistemle incelenmiş, yöntemlerin avantaj ve dezavantajları ile uygulanabilirliği belirlenmiştir. Her ne kadar değişik açılardaki veya manevra halindeki kanatların incelemelerinde kullanımı kısıtlı olacaksa da ayarlamalardaki pratiklik ve sonuçlardaki netlik dolayısıyla ileriki çalışmalarda Scheimpflug bağlantı adaptöründen ziyade daha çok prizma kullanımı tercih edilecektir.

GİRİŞ

Büyük çaplı ayrılma görülen akışlara olan ilgi, çırpın kanat çalışmaları [Jones, Dohring ve Platzer, 1996; Platzer, 2008] ile başlamış olsa da bunu takiben manevra incelemeleri [Stevens, 2016; Jones, 2016] ve son olarak sağanak durumlarının araştırılması ile son yıllarda büyük artış göstermiştir. Öte yandan bu tip akışlarda kuvvet ölçümleri ile birlikte niceliksel akım görüntüleme kullanılması artık standart hale gelmiştir. Ancak üç boyutlu görüntülemeler yüksek maliyetli deneysel yatırım gerektirmekte ve sadece küçük hacimlerde kullanılması [Percin ve van Oudheusden, 2015] mümkün olmaktadır. Hâlbuki iki boyutlu görüntüleme ile kanat yüzeyinde akış topolojisinin çıkarılması delta kanat çalışmalarında başarı ile kullanılmıştır [Goruney ve Rockwell, 2010].

Bu çalışmada, su kanalında yüksek açıda duran bir kanatta iki boyutlu-iki bileşenli (2D2C) Dijital Parçacık Görüntüleme Hızölçeri (Particle Image Velocimetry - PIV) sistemi kullanılarak, Scheimpflug bağlantı adaptörü veya sadece içi su dolu bir prizma ile yüzey topolojisi elde edilmekte ve sonuçlar karşılaştırılmaktadır. İleride hedeflenen bu sonuçların dik bir görüntüleme düzlemi ile birlikte kullanılarak ekonomik olarak üç boyutlu akış incelemelerinin gerçekleştirilmesidir. Çalışma gerçekleştirilebildiği zaman içerisinde yüksek hücum açısında duran bir kanadın sadece basınç yüzeyi üzerinde topoloji belirlenmesi ile kısıtlı kalmıştır. Ancak ileride büyük oranda ayrılma görülen akış ve yüzeylerde, incelenen durumda emme yüzeyinde veri alınması ve topoloji belirlenmesi amaçlanmaktadır.

¹ Lisans öğrencisi, Uzay Müh. Böl., E-posta: kayab15@itu.edu.tr

² Öğr. Gör. Y. Müh., Uçak Müh. Böl., E-posta: muratsaritas@itu.edu.tr

³ Prof. Dr., Uzay Müh. Böl., E-posta: cetiner@itu.edu.tr

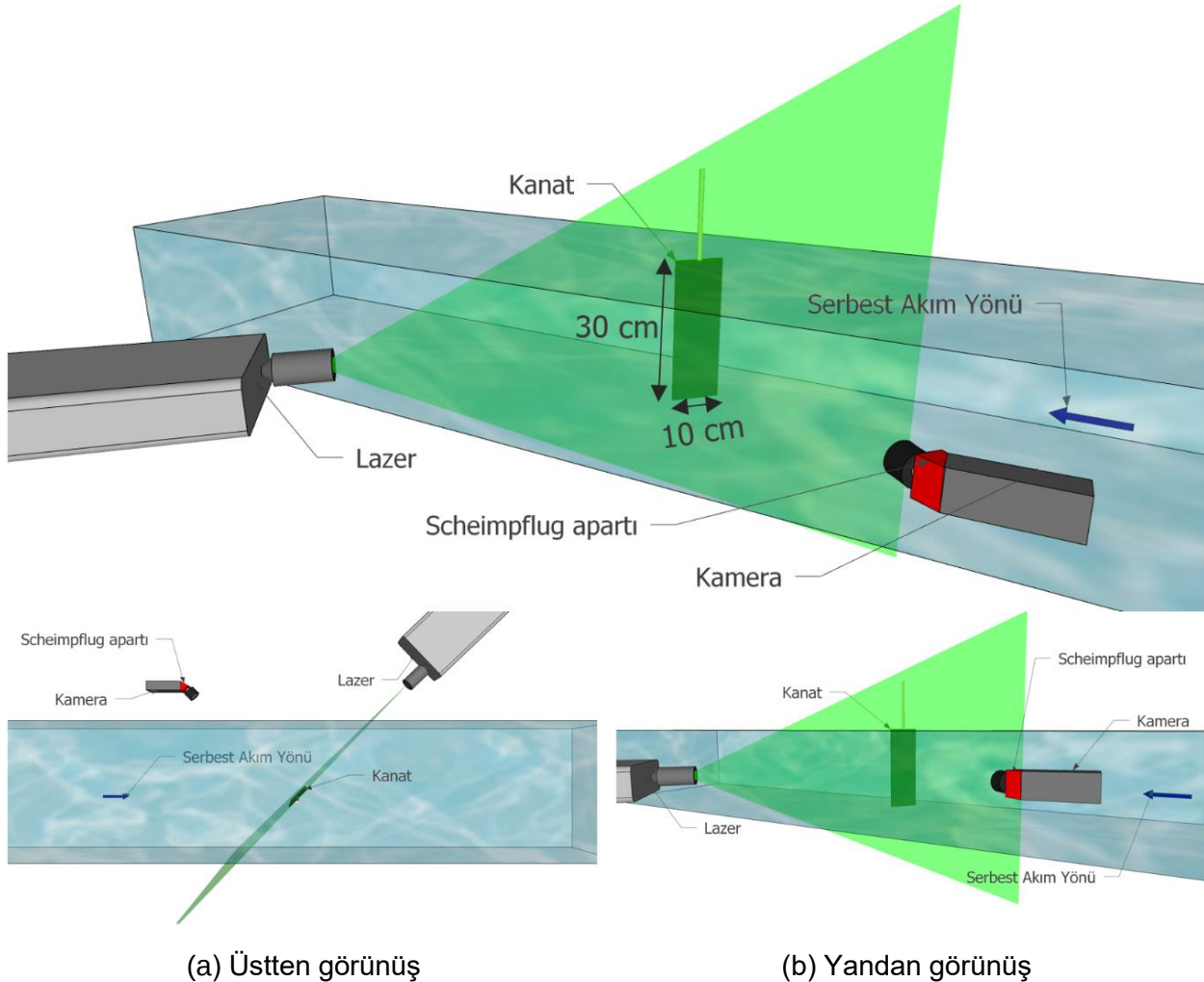
YÖNTEM

Dijital Parçacık Görüntüleme Hızölçeri (Particle Image Velocimetry - PIV) ölçümleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Trisonik Laboratuvarında bulunan kapalı devre, geniş ölçekli, serbest yüzeyli su kanalında gerçekleştirilmiştir. Deney odası kesit boyutları 1010 mm x 790 mm olup akış düzeneğinin ayrıntılı bilgileri Fenercioglu ve Cetiner [2012, 2014]'de verilmektedir.

Model olarak 10 cm veter ve 30 cm açıklığa sahip pleksiglass malzemeden imal edilen levha şeklindeki kanat modeli kullanılmıştır. Model serbest akım yönüne 45 derece açı yapacak şekilde konumlandırılmıştır. PIV görüntüleri alınırken lazerin parlama yapmasını engellemek amaçlı olarak kanat mat siyaha boyanmıştır. Dynamic Studio (Dantec Dynamics A/S) yazılımı kullanan PIV sistemi ile ayrıntılı akış alanı, kanatın yüzeyindeki oluşumlar ve gelişimleri niceliksel olarak kaydedilmiştir.

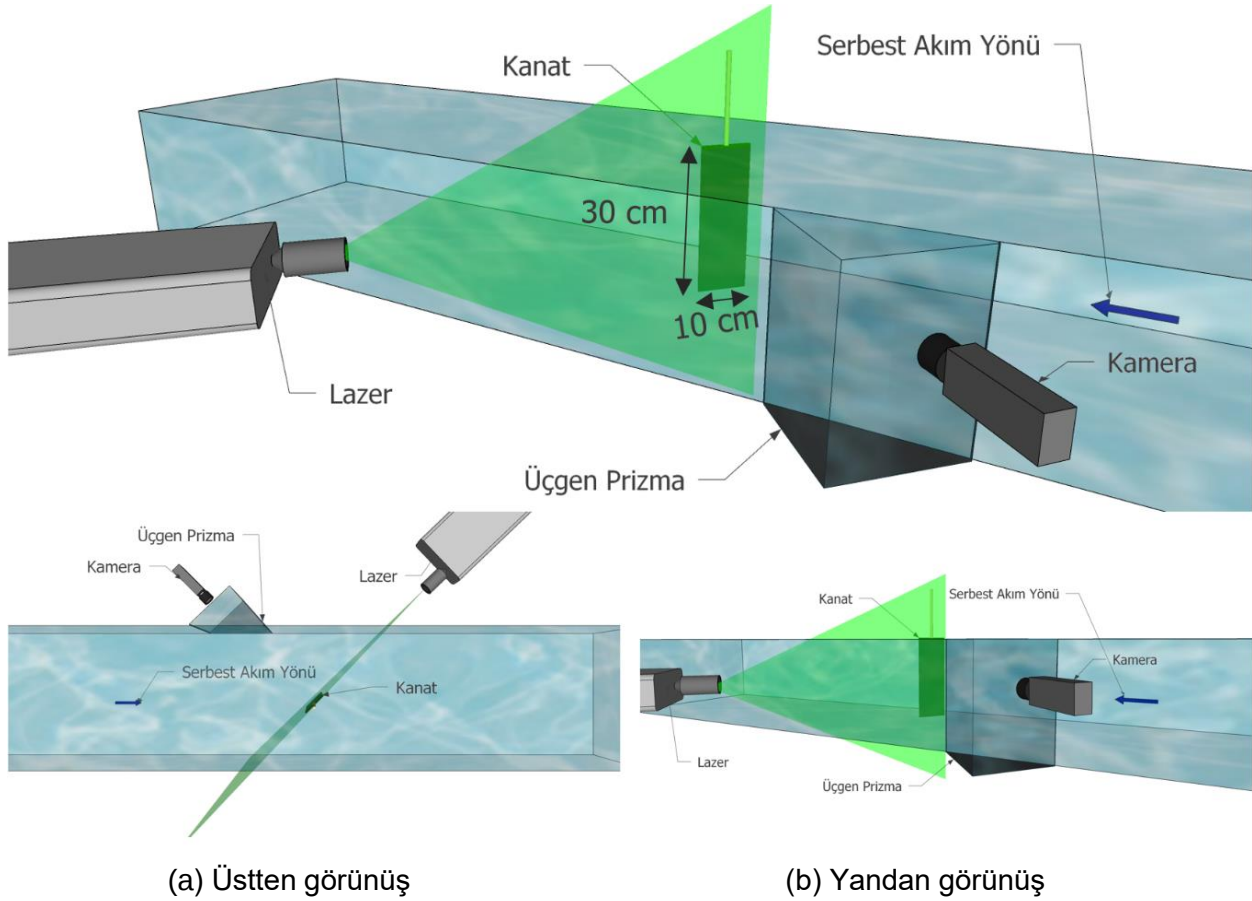
Akış alanı, kanat yüzeyine yakın ve paralel düzlem çift kavite 120mJ/vuruşlu Nd-Yag lazeri ile aydınlatılmış ve su ortalama 50µm çapında polyamid kürecikler ile tohumlanmıştır.

İncelemede kullanılan ilk yöntemde Stereo Dijital Parçacık Görüntüleme Hızölçeri (Particle Image Velocimetry – PIV) sistemlerinde kullanılan Scheimpflug bağlantı adaptörü ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Şekil 1’de görüldüğü gibi akış alanını gözlemleyebilmek için kullanılan 1600x1200 piksel çözünürlüklü 10-bit kameranın lens düzlemi görüntüleme düzlemine paralel olacak şekilde yerleştirilmiştir. Görüş alanını genişletmek için Nikon 28mm f/2.8 AF NIKKOR lensler kullanılmıştır. Öte yandan kamera CCD düzlemi, ışığın havada ve suda katettiği yolu eşlemek üzere Scheimpflug bağlantı adaptörü kullanılarak açılardırılmıştır.



Şekil 1: Deney Düzeneği – Yöntem I

İncelemede kullanılan ikinci yöntemde de akış alanını gözlemleyebilmek için bir adet 1600x1200 piksel çözünürlüklü 10-bit kamera kullanılmış ve serbest akım yönüne 45 derece açı yapacak şekilde konumlandırılmış olan kanat modeline dik bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Görüş alanını genişletmek için bu kamerada da Nikon 28mm f/2.8 AF NIKKOR lens kullanılmıştır. Kırılma etkilerini en aza indirmek ve böylece parçacıkların görüntü kalitesini optimize etmek için, Şekil 2'de gösterildiği gibi su kanalının test bölümünün dış kısmına bir prizma takılmıştır. Prizma 10 mm kalınlığında 3 parça pleksiglastan oluşmaktadır. Bu parçaları bağlayacak olan destek elemanları 3D yazıcı ile yapılmıştır. Parçalar birbirine vidalanıp sızdırmazlık için de kenarları silikonlanmıştır.



Şekil 2: Deney düzeneği – Yöntem II

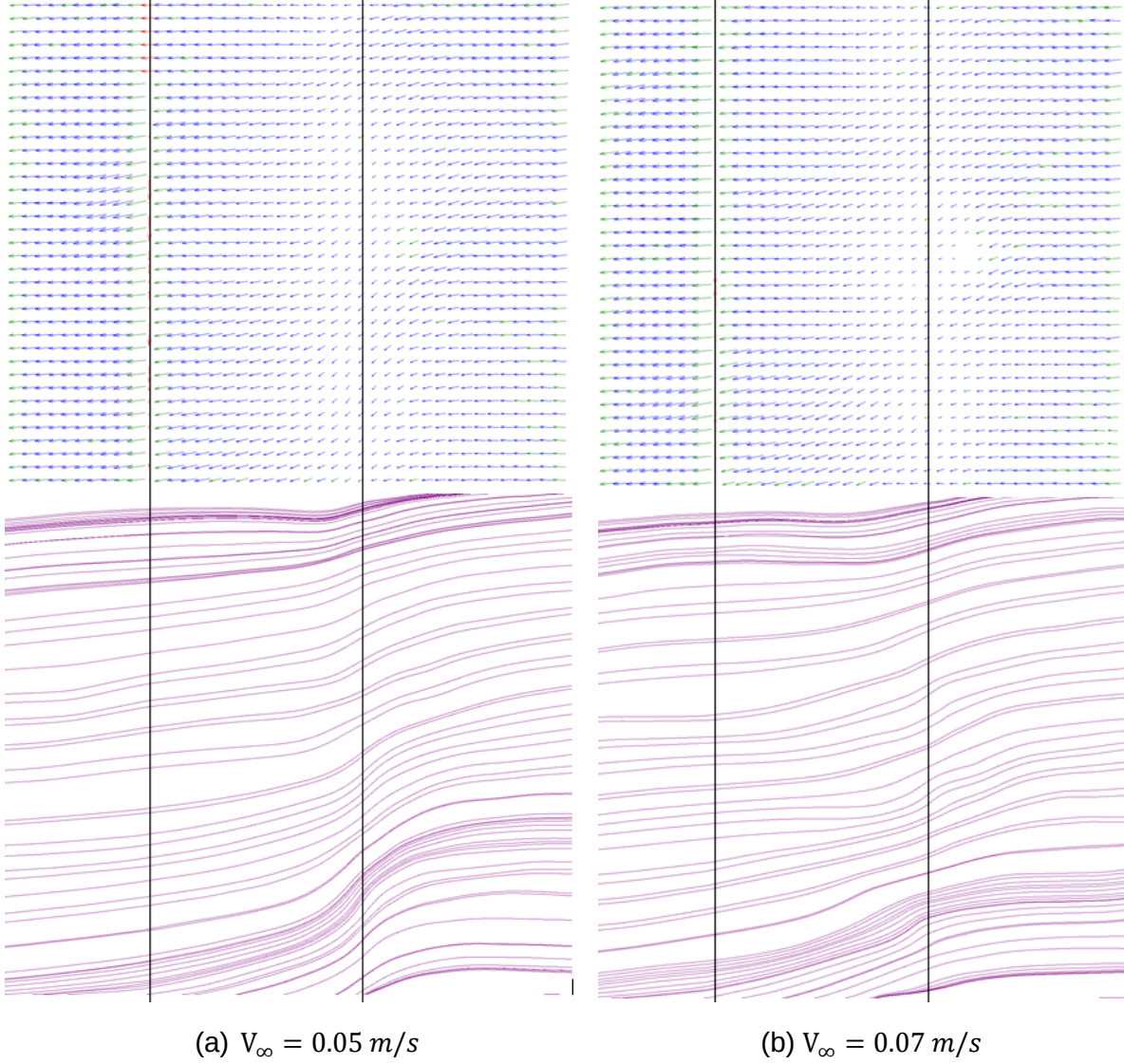
PIV post prosesi anlamında, sunulan sonuçlarda, hız alanları elde edildikten sonra şüpheli vektörler temizlenmeksizin sadece kaydırmalı ortalama kullanılmıştır. Scheimpflug bağlantı adaptörü kullanılan deneylerde vektörler elde edilirken adaptif korelasyon, prizma kullanılan deneylerde ise vektörler elde edilirken yaklaşık 1000 veri ile averaj korelasyon uygulanmıştır.

UYGULAMALAR

Deneyler her iki yöntem için de iki kanal hızında gerçekleştirilmiştir: 0.05m/s ve 0.07m/s. Bu değerler kullanılan düz levha kanat için sırasıyla $Re=5000$ ve $Re=7000$ olmaktadır.

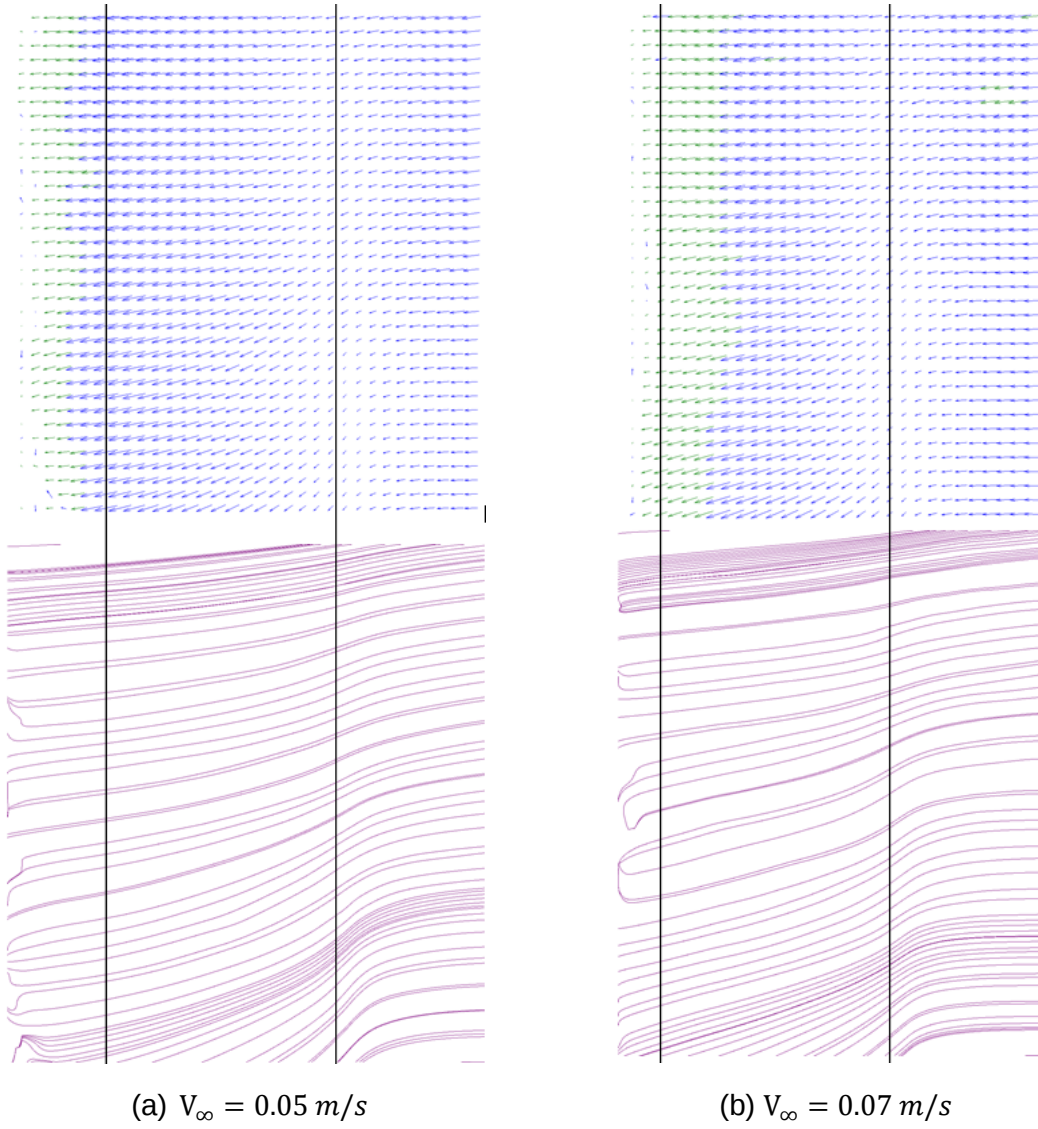
Şekil 3'de ilk yöntemle yani Scheimpflug bağlantı adaptörü kullanılarak elde edilen sonuçlar verilmektedir. Daha önce değinildiği gibi lazer düzlemi kanadın ayrılma beklenmeyen basınç yüzeyine paraleldir ve yüzeyden yaklaşık olarak 1cm uzaklıktadır. Şekil 3'de üstte hız alanları altta ise bu veriden elde edilen akım çizgileri görülmektedir. Her durum için bu gösterimler üzerinde yer alan sağdaki siyah dikey çizgi kanadın hücum kenarının, soldaki siyah dikey çizgi ise kanadın firar kenarının nerede olduğunu işaret etmektedir. Gösterimlerin üst yüzeyleri serbest yüzeyin hemen altındadır. Sonuçlarda beklendiği gibi ayrılma görülmemektedir. Ancak gösterimlerin aşağı

tarafında kalan kanat ucu ve dolayısıyla buradaki kanat ucu vorteksi nedeni yine aynı bölgeye doğru artan şekilde akım çizgilerinin dışa doğru eğrilik kazandığı görülmektedir. Tam firar kenarında sağlıklı veri elde edilememesinin de sebebi firar kenarındaki ayrılma dolayısıyla parçacıkların lazer düzleminde hızla dike yakın şekilde emme yüzeyi tarafına doğru geçmesidir. İncelenen iki hızda da sonuçlar benzer olmakla beraber, hız arttıkça özellikle firar kenarı civarındaki sağlıklı veri elde edememe durumu artmaktadır. Hatta benzer durum hücum kenarında da görülmeye başlanmış ve artan hız ile burada da sağlıklı veri elde edilememiştir.



Şekil 3: Scheimpflug bağlantı adaptörü ile gerçekleştirilen deneyler (Yöntem I)

Prizma kullanılarak yapılan deneylerin sonuçları ise Şekil 4'de görülmektedir. Öncelikle çalışmanın başında yapılan prizma boyut hesapları 60mm lens kullanılacağı varsayımıyla gerçekleştirildiği belirtilmelidir. Ancak ilk deneyler Scheimpflug bağlantı adaptörü ile gerçekleştirilmiş ve görüntü alanını arttırmak amaçlı 28mm lens kullanılması uygun bulunmuştur. Bu nedenle prizmanın uygun olmayan boyutları görüntülerin sağ tarafında lazer düzleminde yansımalar yol açmış, bunun sonucu olarak da gösterimlerin sol tarafında düzgün veri elde etmekte zorluk yaşanmıştır. Nitekim hız artırıldığında görüntü alanının bu tarafında veri alınabilen bölge iyice azalmıştır.



Şekil 4: Prizma kullanılarak gerçekleştirilen deneyler (Yöntem II)

İki yöntemle de elde edilen sonuçlar incelendiğinde benzer şartlarda benzer akım çizgileri topolojisi elde edildiği söylenebilir.

SONUÇ

Yapılan incelemelerde, su kanalında yüksek hücum açısındaki bir kanadın yüzey akış topolojisi iki farklı yöntemle ve iki boyutlu-iki bileşenli (2D2C) bir Dijital Parçacık Görüntüleme Hızölçeri (Particle Image Velocimetry - PIV) sistemi kullanılarak elde edilmiştir. Her iki yöntemde de amaç ışığın havada ve suda katettiği yolu eşlemektir. Bunun için ilkinde stereo sistemlerde kullanılan Scheimpflug bağlantı adaptörü, diğerinde ise kamera lens düzlemini su hacmi sınırlarına paralel hale getirecek içi su dolu bir prizma kullanılmıştır.

Scheimpflug bağlantı adaptörü kullanımında her ne kadar ön ayarlar zaman alıcı ve itina gerektirici olsa da, her açıdaki düzleme uygulanabilir olması nedeni ile avantaj sağlamaktadır. Böylece ilk yöntem değişik hücum açılarındaki veya manevra halinde değişken açılardaki bir kanat için kullanım kolaylığı getirmektedir. Ancak sonuçta parçacıkların dairesel iz bırakmaması ve ayarlamaların çok zahmetli olması düzgün veri alımını ciddi anlamda zorlaştırmaktadır. Öte yandan yapılan ayarın değişken kanat açılarındaki değişme durumu da ayrıca incelenmelidir.

Sıvı dolu prizma kullanımında deney ön ayarlamaları daha kolay olmaktadır. Ayrıca parçacıklar dairesel iz bıraktığı için düzgün veri elde edilmesi de Scheimpflug bağlantı adaptörü kullanımına göre daha az zahmetlidir. Ancak prizmanın tek açıdaki düzlem incelemelerine imkân tanınması

yöntemin başlıca dezavantajıdır. Yine de kullanıcı açısından ileriki çalışmalarda incelenecek hücum açıları için ayrı ayrı prizma üretimi hızlı kurulum/ayar ve daha kolay düzgün veri alımı için tercih edilecektir.

Kaynaklar

- Fenercioglu, I., ve Cetiner, O., 2012. "Categorization of Flow Structures around a Pitching and Plunging Airfoil." *Journal of Fluids and Structures* Vol. 31, pp. 92–102.
- Fenercioglu, I. and Cetiner, O., 2014. "Effect of unequal flapping frequencies on flow structures" *Aerospace Science and Technology*, Vol. 35, pp. 39–53.
- Goruney, T., and Rockwell, D., 2010. "Effect of pitch rate on near-surface topology on a delta wing." *AIAA Journal*, Vol. 48, No. 6, pp. 1207-1220.
- Jones, A.R., Manar, F., Phillips, N., Nakata, T., Bomphrey, R.J., Ringuette, M., Percin, M., van Oudheusden, B., Palmer, J. L., 2016. "Leading Edge Vortex Evolution and Lift Production on Rotating Wings" *AIAA Journal*.
- Jones, K.D., Dohring, C.M., Platzer, M.F., 1996. "Wake structures behind plunging airfoils - A comparison of numerical and experimental results." *AIAA Journal*.
- Percin, M., van Oudheusden, B.W., 2015. "Three-dimensional flow structures and unsteady forces on pitching and surging revolving flat plates." *Experiments in Fluids*, Vol. 56, No. 47.
- Platzer, M.F., Jones, K.D., Young, J., Lai, C.S., 2008. "Flapping Wing Aerodynamics: Progress and Challenges" *AIAA Journal*, Vol. 46, No. 9.
- Stevens, P.R.R.J., Babinsky, H., Manar, F., Mancini, P., Jones, A.R., Granlund, K.O., Ol, M.V., Nakata, T., Phillips, N., Bomphrey, R.J., Gozukara, A.C., 2016. "Low Reynolds Number Acceleration of Flat Plate Wings at High Incidence" *AIAA Journal*.