



## SİLİNDİR ARKASINDAKİ DAİMİ OLMAYAN AKIŞ YAPISININ PASİF YÖNTEMLE KONTROLÜ

### CONTROL OF THE UNSTEADY FLOW STRUCTURE BEHIND THE CYLINDER WITH PASSIVE CONTROL METHOD

Mustafa Atakan AKAR<sup>1\*</sup>, Mehmet KÜÇÜK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Makine Eğitimi Bölümü, Tarsus Teknik Eğitim Fakültesi, Mersin Üniversitesi, 33400, Mersin.  
atakanakar@gmail.com, mehmetkucuk1985@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 22.02.2013, Kabul Tarihi/Accepted: 20.05.2013  
\*Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2014.51523

#### Özet

Bu çalışmada,  $D_i=30, 40, 50, 60, 70, 80, 90$  mm olan yedi farklı çapta iç silindir arkasında meydana gelen akış yapısı, etrafına yerleştirilen  $\beta=0.5$  geçirgenlik oranına sahip silindirle kontrol edilmeye çalışılmıştır. Dış silindirin çapı  $D_d=100$  mm olarak seçilmiştir. Silindir üzerine açılan deliklerin çapı  $d=10$  mm'dir. Deneyler süresince su yüksekliği  $h_w=400$  mm'de sabit tutulmuştur. Suyun hızı  $U=100$  mm/s ve buna karşılık dış çapa bağlı Reynolds sayısı  $Re_D=10000$ 'dir. Silindir arkasında meydana gelen akış yapısı PIV tekniği kullanılarak incelenmiştir. PIV deneyleri 200 mm'de orta düzlemde gerçekleştirilmiştir. Delikli silindirin, farklı çaplardaki silindir ( $D_i=30, 40, 50, 60, 70, 80, 90$  mm) arkasında meydana gelen akış yapısında girdap kopmalarının azaldığı gözlenmiştir. Yüksek çap oranlarında ( $D_i/D_d \geq 0.7$ ) delikli dış silindir akış kontrolü üzerindeki etkinliğini kaybetmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Pasif kontrol yöntemi, Girdap kontrolü, Geçirgenlik oranı, Silindir, PIV.

#### Abstract

In this study, it is aimed to control flow structure downstream of inner cylinder with seven different diameters ( $D_i= 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90$ mm) by a surrounding outer cylinder that have  $\beta=0.5$  porosity. The diameter of outer cylinder was chosen as 100mm. The perforation hole diameters of the cylinder were 10mm. The water height was kept constant during experiments as  $h_w=400$ mm. The depth-averaged free stream velocity was  $U=100$ mm/s which corresponded to a Reynolds number  $Re_D=10000$  based on outer cylinder diameter. Flow characteristics downstream of cylinder was investigated by using particle image velocimetry (PIV) technique. PIV experiments were performed at the mid-section of water 200mm. It has been observed that the perforated outer cylinder decreased vortex shedding downstream of inner cylinder with different diameters ( $D_i=30, 40, 50, 60, 70, 80, 90$ mm). For high diameter ratios  $D_i/D_o \geq 0.7$  perforated outer cylinder lost its effect on the flow control.

**Keywords:** Passive control method, Vortex control, Porosity, Cylinder, PIV.

#### 1 Giriş

Çevremize baktığımızda görebileceğimiz birçok mühendislik uygulaması bir akış içinde bulunmaktadır. Cisimlerin üzerine etkileyen bu akış, zamana göre değişen ve karmaşık bir yapı göstermektedir. Meydana gelen akışın şekli ve değişen yapısı birçok araştırmacı tarafından incelenmiş, hem sayısal hem de deneysel çok sayıda çalışma ortaya konmuştur. Akış ortamındaki cisimlerin arkasında meydana gelen girdapların önlenmesi ve oluşabilecek problemlerin önceden engellenmesi için akışın kontrol edilmesi gerekmektedir. Küçük cisimler akış ayrılmalarına, daimi olmayan akışlara ve girdap kopmalarına neden olurlar. Kopan bu girdaplar hem cisim üzerinde hem de bu cisimlerin arkasında bulunan diğer cisimler üzerinde daimi olmayan yükler oluşturarak bu cisimlerde titreşimlere ve yorulmalara neden olmakta ve kullanım ömürlerini kısaltmaktadır. Akış içerisindeki cisimler arkasında meydana gelen girdapların neden oldukları problemlerin önlenmesi için akış yapısının bilinmesi ve girdapların çevreye olan zararlarının azaltılabilmesi için de daimi olmayan girdapların değişik yöntemlerle kontrol altına alınması gerekmektedir. Girdapların kontrol edilmesinde, aktif ve pasif yöntemler olmak üzere iki grupta toplanabilecek çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Aktif yöntemlerde sisteme dışarıdan enerji verilerek akışı kontrol edilmeye çalışılırken, pasif yöntemlerde cisimler üzerinde ya da akış ortamında yapısal değişiklikler ile akış kontrolü sağlanmaya çalışılmaktadır. Literatürde son

yıllarda yapılan silindir arkasında oluşan akış yapısının pasif yöntemle kontrolü ile ilgili [Gözmen ve diğ. (2011a-2011b), Kunze ve diğ. (2012), Özkan ve diğ. (2011), Özkan ve diğ. (2012), Paydaş ve diğ. (2007a ve 2007b), Pınar ve diğ., (2011a ve 2011b), Pınar ve diğ., (2012)] [2]-[13] çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Gözmen ve diğ. (2011a) [2], sıg suda silindir arkasına farklı yüksekliklerde ve mesafelerde plakalar yerleştirerek incelemişlerdir. Özkan ve diğ. (2011) [7], yaptıkları çalışmada  $d=50$  mm çaplı silindir etrafına dört farklı geçirgenlik oranında ( $\beta=0.4, 0.5, 0.6, 0.7$ ) ve beş farklı çapta ( $D=60, 70, 80, 90, 100$  mm) ağ yapılı ikinci bir silindiri eş merkezli olarak yerleştirmişler ve sıg suda incelemişlerdir. Özkan ve diğ., (2012) [8], sıg suda  $d=50$  mm çaplı silindir etrafına beş farklı çapta ( $D=60, 70, 80, 90, 100$  mm) ve dört farklı geçirgenlik oranında ( $\beta=0.4, 0.5, 0.6, 0.7$ ) delikli silindirler yerleştirerek incelemişlerdir. Paydaş ve diğ. (2007a) [9], sıg suda  $D=90$  mm çaplı silindir üzerine  $d=2.5, 5, 10$  mm olmak üzere üç farklı çapta delikler açarak  $\beta=0.14-0.61$  aralığında yedi farklı geçirgenlik oranında incelemişlerdir. Pınar ve diğ. (2012) [13], yaptıkları çalışmada derin suda 60 mm çaplı silindir etrafına farklı geçirgenlik oranlarında delikli ikinci bir silindir yerleştirerek kontrol sağlamaya çalışmışlardır. Çalışmalarında  $D_i/D_d=0.6$  çap oranında silindirleri  $Re_D=10000$  değerinde  $U=100$  mm/s hızda PIV tekniğini kullanarak incelemişler,  $\beta=0.5$  geçirgenlik oranını kontrol sağlanan en iyi oran olarak belirlemişlerdir.

Kumar ve diğ. (2008) [4], yaptıkları çalışmada; ısı değiştiriciler, deniz yapıları, köprüler, enerji nakil hatları vb. birçok alanda karşılaşılan girdaplardan kaynaklanan titreşimlerin pasif yöntemlerle giderilmesiyle ilgili yapılan çalışmaların bir derlemesini sunmuşlardır. Kunze ve Brücker, (2012) [5], çalışmada, dairesel silindir arkasındaki hareketli ince plakalar kullanarak deneysel olarak incelemiştir. Çalışmada plakaların hareketini ve akış dinamiğini PIV tekniğini kullanarak araştırmışlardır. Çalışmalarında PIV deneylerini  $5000 < Re < 31000$  aralığında gerçekleştirmişler ve ince plakaların hareketini anlık olarak kayıt etmişlerdir. Plakaların girdap kopmasını değiştirdiğini ve akış yapısındaki salınımın plakasız duruma göre akış yönünde % 42 ve akış eninde % 35 oranında azaldığını ifade etmişlerdir.

Galvao ve diğ. (2008) [15], akış yapısını kontrol etmek, girdaplardan kaynaklanan titreşimleri azaltmak ve sürüklenme katsayısını düşürmek için dairesel silindir etrafına iki boyutlu kanatçık yerleştirilmişlerdir. PIV tekniği ile deneysel olarak incelemiştir. Silindir etrafına yerleştirilen kanatçıklar yardımıyla silindir üzerinde oluşan titreşimlerin tamamen etkisizleştirildiğini ve alt kritik Reynolds sayısı için sürüklenme katsayısının  $C_D=0.5$ 'e kadar düşürülebileceği ifade etmişlerdir. Gim ve diğ. (2011) [16], farklı boyutlardaki kontrol çubuklarını dairesel silindir arkasına yerleştirerek oluşan akış yapısını PIV tekniği kullanarak incelemiştir. Deneyleri  $Re=5000-20000$  arasında değişen dört farklı değeri ve  $D=50$  mm çapa sahip silindir için, dört farklı kontrol çubuğu boyutunda gerçekleştirmişlerdir. Zaman ortalama hız alanı, türbülans şiddeti ve Reynolds kayma gerilmeleri gibi akış karakteristiklerini elde etmişlerdir. Sonuç olarak; silindir art izinin, kontrol çubuklarının varlığından önemli ölçüde etkilendiğini, akış kontrolü için optimum bir çubuk boyutu ve Reynolds sayısı değerinin olmadığı, her durum için farklı akış karakteristiklerinin elde edildiği sonucuna ulaşıldığını ifade etmişlerdir. Kuo ve Chen, (2009) [17], iki küçük kontrol silindiri ile kontrol edilen bir dairesel silindir arkasındaki akış yapısını incelemiştir. Büyük silindir üzerindeki kaldırma ve sürüklenmenin azalmasını sağlayan mekanizmayı ortaya koymuşlardır. Kontrol silindirlerinin  $0.8 \leq X_c/D \leq 3.0$  aralığında, girdap caddesi tamamen baskılamadan büyük silindir üzerindeki karasızlığın % 70-80 oranında azaldığını ifade etmişlerdir. Kuo ve diğ. (2007) [18], dairesel silindir arkasındaki akışın kontrolünü iz bölgesine simetrik olarak yerleştirdikleri iki adet dairesel kontrol çubuğu kullanarak incelemiştir.  $Re=80-300$  aralığında, kaldırma ve sürüklenme kuvvetinin değerleri artan  $Re$  sayısı ile azaldığını ve akış kontrol elemanı arasından geçerek simetrik yapı oluşturduğunu ifade etmişlerdir. Oluşan akış silindir yüzeyinde ayrılmayı önleyerek, iz eksen çizgisi üzerinde birleşen, gelişen bir momentum oluşturmaktadır. İz bölgesinin genişliğinin ve sürüklenme kuvvetinin azaldığını ifade etmişlerdir. Lim ve Lee, (2004) [19], silindir üzerine o-ringler monte etmişler, sürüklenmenin ve girdap frekansının azaldığını gözlemlemişlerdir. Çalışmalarında iz bölgesi kontrolünde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Zhao ve diğ. (2010) [20], dairesel silindir etrafına gözenekli yapı yerleştirerek akış yapısının kontrolünü sağlamaya çalışmışlardır. Gözenekli yapı için öncelikle sayısal sonuçlardan yararlanarak sonlu eleman modeli oluşturmuşlar, sonra oluşturulan modeli kullanarak gözenekli tabakanın kaldırma kuvvetinin azaltılması üzerine etkisini sayısal olarak incelemiştir. Kaldırma katsayısındaki azalmanın, uygun bir şekilde seçilen gözenekli malzemeyle sağlanabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, kaldırma katsayısındaki azalmanın

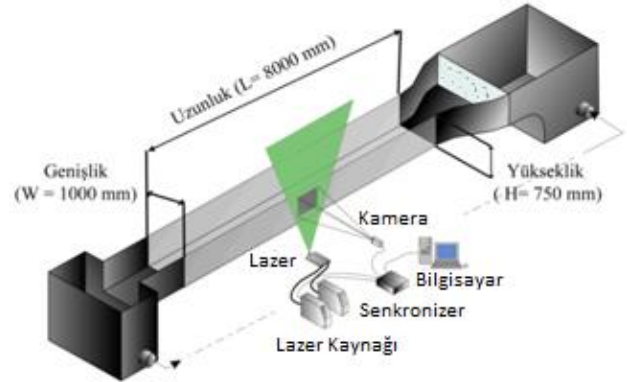
Reynolds sayısına ve geçirgenlik oranına bağlı olduğunu belirlemişlerdir.

Yapılan son çalışmalar dairesel silindir üzerinde yoğunlaşmıştır. Dairesel silindir basit geometrisi ve üzerinde oluşan akış yapısının periyodik girdap oluşturmaktan dolayı, en çok tercih edilen geometrilerden birisidir. Silindir benzeri cisimler etrafındaki akış, makine, uzay-havacılık, inşaat gibi birçok mühendislik dalında karşımıza çıkmaktadır. Silindir benzeri bu yapılara örnek olarak; yüksek binalar, sanayi bacaları, köprülerin taşıyıcı bağlantıları ve ayakları, açık denizlerdeki petrol-doğal gaz arama platformlarının ayakları, boru hatları gibi çok sayıda uygulama sıralanabilir.

Sunulan bu çalışmada, farklı çaplara ( $D_i=30, 40, 50, 60, 70, 80$  ve  $90$  mm) sahip olan silindir etrafına  $\beta=0.5$  geçirgenlik oranına sahip delikli silindir yerleştirilerek akış yapısı kontrol edilmeye çalışılmıştır. Parçacık görüntülemeli hız ölçme (PIV) tekniği kullanılarak detaylı incelemeler gerçekleştirilmiştir.

## 2 Deney Düzenegi

Bu deneysel çalışma, Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Akışkanlar Mekaniği Laboratuvarında kurulu bulunan kaplı devre açık su kanalında gerçekleştirilmiştir. Su kanalı iki adet depo ve bu iki depo arasında bulunan boyutları  $750 \times 1000 \times 8000$  mm yükseklik-genişlik-uzunluk olan pleksiglas malzemeden yapılmış kısımdan oluşmaktadır. Girişteki su deposu ile deney kesiti arasında 2:1 oranında daralma kesiti mevcuttur. Kanal içinde bulunan suyun akışı, bir hız kontrol ünitesi aracılığıyla değişik devirlerde çalışan pompa ile sağlanmaktadır. Şekil 1'de su kanalının gösterimi şematik olarak sunulmuştur.

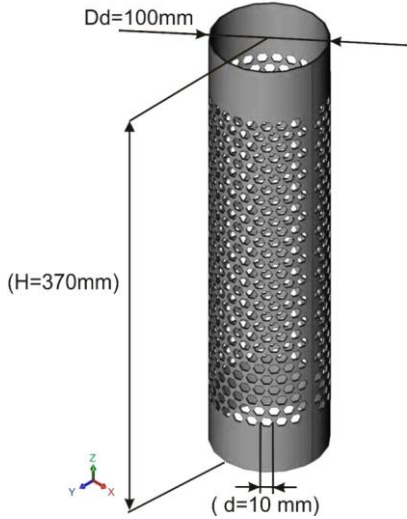


Şekil 1: Su kanalının şematik gösterimi.

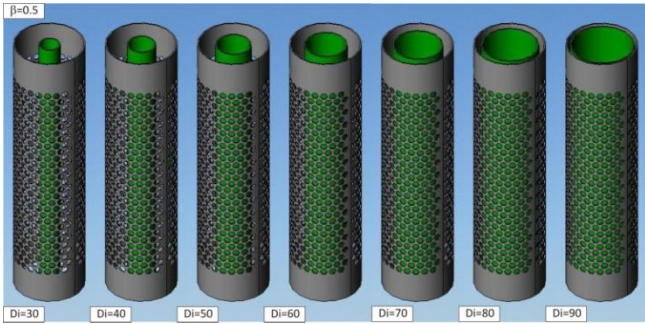
Deneylerde kullanılan dış silindirler üzerine açılan deliklerin yerleri geçirgenlik oranına bağlı olarak AutoCAD programıyla çizilerek belirlenmiştir. Bu çizimlere göre lazer makinesinde kesim işlemi sonucunda delikli levhaların imalatı yapılmıştır. Kullanılan levhalar  $t=1.5$  mm kalınlığında paslanmaz çelik malzeme ve üzerine açılan altgen deliklerin çapı  $d=10$  mm olarak seçilmiştir. Levhalar delik açma işleminden sonra kıvrılarak  $\beta=0.5$  geçirgenlik oranına sahip  $D_d=100$  mm çaplı silindir haline getirilmiştir. İç silindir çapları ise  $D_i=30, 40, 50, 60, 70, 80, 90$  mm olarak belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan altgen delikli dış silindirin ölçüleri Şekil 2'de ve kullanılan iç silindirlerle dış silindir Şekil 3'te şematik olarak gösterilmiştir.

Deneylerde kullanılan dış silindirler  $\beta=0.5$  geçirgenlik oranına sahiptir. Deneyler su kanalına yerleştirilen bir platform üzerinde yapılmaktadır. Şekil 4 ve Şekil 5'te deney düzenegi gösterilmiştir. Deneyler için kanalın tabanı yerine platform seçilmesinin nedeni platform sayesinde istenilen Reynolds

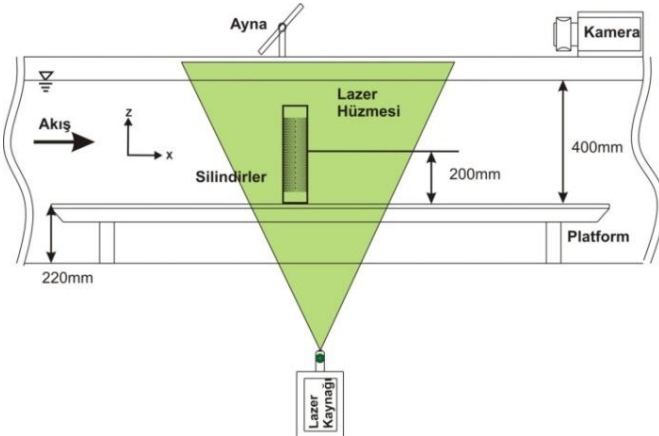
sayısını sağlayacak akış hızının bu şekilde elde edilmesidir. Bu platformun uzunluğu 2300 mm, genişliği 980 mm ve platformun üst yüzeyinin platformun kanal tabanından yüksekliği 220 mm olarak ayarlanmış, platform yüzeyi ile su yüzeyi arasındaki mesafe 400 mm olarak seçilmiş ve lazer kaynağından gönderilen lazer hüzmesi 200 mm yükseklikte gönderilmiştir. Deneyler süresince her bir çap oranı için 350 adet anlık görüntü kayıt edilmiştir. Kayıt edilen görüntülerin prosesleri gerçekleştirilerek hız vektörleri hesaplanmıştır. Bu verilerden yararlanılarak akış karakteristikleri belirlenmiştir.



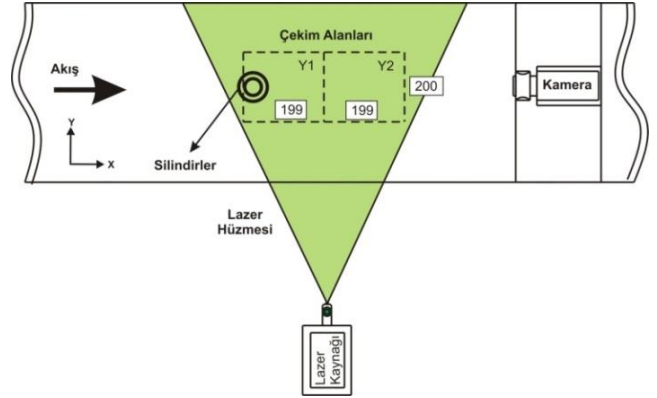
Şekil 2: Deneylerde kullanılan delikli dış silindirin şematik gösterimi.



Şekil 3:  $\beta=0.5$  geçirgenlik oranına sahip dış silindir ve farklı çaplara ( $D_i=30$  mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm, 70 mm, 80 mm, ve 90 mm) sahip olan iç silindirlerin birlikte şematik gösterimi.



Şekil 4: Deney düzeneğinin yan görünüşü şematik gösterimi.



Şekil 5: Deney düzeneğinin üst görünüşünün gösterimi.

Parçacık görüntülemeli hız ölçme (PIV) tekniğiyle akış içerisinde akış ile aynı hızda hareket eden gümüş kaplı partikül hızlarının ölçülmesi ile akış yapısı hakkında anlık ve ortalama bilgi elde edilmektedir. Bu teknik ile iki boyutlu hız ölçümü yapabilmek için su içerisinde 10-20 mikrometre çapında, yoğunluğu suyun yoğunluğuna yakın gümüş kaplı partiküller eklenmektedir. Partiküllerin yoğunlukları suyun yoğunluğundan nispeten büyük olmasına rağmen (yaklaşık  $1100 \text{ kg/m}^3$ ) boyutları mikron mertebesinde olduğu için su ile aynı hızda hareket etmektedir. Çift darbeli 120mJ gücündeki Nd:YAG lazer kaynağı tarafından üretilen lazer ışınları optik araçlar kullanılarak istenilen kalınlıkta ve genişlikte lazer hüzmesi halinde gönderilmektedir. Lazer kaynağı saniyede en fazla 15 lazer çift gönderilebilmektedir. Lazer hüzmesi ile aydınlatılan akış alanı içinde hareket eden partiküllerin mili saniye boyutunda ( $\Delta t$ ) zaman aralıklarında dijital kamera (Sony DRC-TR355E) aracılığı ile çekilen iki adet fotoğraf piksel piksel küçük alt bölgelere bölünerek her bir alt bölgedeki partiküllerin çekilen iki fotoğraf arasındaki yer değiştirmeleri bulunmaktadır. Bilgisayara aktarılan fotoğrafların prosesi sonucunda anlık hız vektörleri belirlenmektedir. Lazer kaynağı darbeli olduğu için lazerle kamera eş zamanlı olarak çalışması senkronizer (eş zamanlayıcı) ile sağlanmakta ve bilgisayar yardımıyla kontrol edilmektedir. Bilgisayara aktarılan bu fotoğraflar 32x32 piksel küçük alt bölgelere bölünmekte ve Hızlı Fourier dönüşümü kullanılarak her bir alt bölgedeki partiküllerin çekilen iki görüntü arasındaki yer değiştirmeleri bulunmaktadır. Vektör sayısını arttırmak ve Nyquist kriterini sağlamak için hız vektörü hesaplanarak ağ yapısı % 50 üst üste bindirilerek kaydırılmıştır. Bilgisayara aktarılan bu fotoğrafların prosesi neticesinde anlık hız vektörleri hesaplanmaktadır. Bu ölçme yönteminde kullanılan matematiksel ifadeler ve gerekli bilgiler Westerweel ve diğ., (1993) [14] ve Adrian ve diğ., (1991) [1]'in çalışmalarında verilmiştir.

### 3 Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, iç çap/dış çap oranı  $D_i/D_d=0.3-0.9$  aralığında 0.1 artımlarla yedi farklı oranda incelenmiştir. Delikli silindir  $\beta=0.5$  geçirgenlik oranına sahiptir. Silindir arkasında meydana gelen akış yapısı, etrafına yerleştirilen altıgen delikli silindirle kontrol edilmeye çalışılmış, PIV tekniği kullanılarak araştırılmıştır. İç silindirlerin tek oldukları durum için meydana gelen akış yapısı Şekil 6'da gösterilmiştir. İç silindirle delikli dış silindirden oluşan silindir çifti arkasında meydana gelen akış yapısı Şekil 7'de görülmektedir. Şekil 6 ve Şekil 7'de birinci sütunda girdap konturları  $\langle w \rangle$  belirlenirken minimum değerleri  $\pm 1$  artırım oranı 1 ve ikinci sütunda Reynolds gerilmeleri  $\langle uv \rangle$  belirlenirken minimum değerleri  $\pm 0.001$

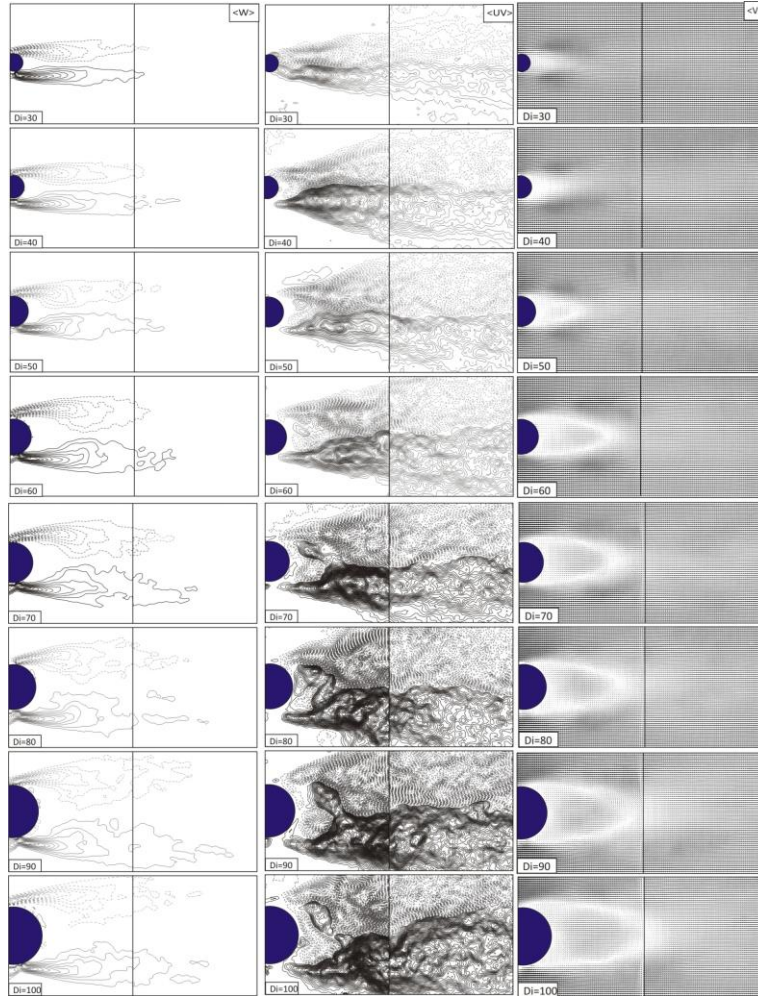
artırım oranı 0.001 olarak alınmıştır. Üçüncü sütunda hız alanları  $\langle v \rangle$  gösterilmiştir. Deneylemlerden elde edilen Y1 ve Y2 çekim alanları tek bir çekim alanı halinde verilmiştir.

Kontrol elemanı olan delikli silindirin bulunmadığı durum Şekil 6'da sunulmuş, birinci sütunda iç silindirler için girdap konturları gösterilmiştir. Pozitif ve negatif girdap konturlarının silindirin her iki yanında küme halinde yoğunlaştığı gözlenmiştir. Çap artışıyla birlikte girdapların birbirine yönelimlerinin arttığı görülmüştür. Şekil 6'nın ikinci sütununda Reynolds gerilmelerindeki artışın momentum transferinden kaynaklandığı açıktır. Reynolds gerilmelerinin  $D_i \leq 60$  mm'e kadar iki küme halinde akış doğrultusunda ilerlediği görülürken,  $D_i \geq 70$  mm'den sonra ise gerilmelerin çap artışına paralel arttığı gözlenmiştir. Şekil 6'da üçüncü sütunda, hız alanlarına bakıldığında iz bölgesinin çap artışıyla silindir arkasında akış doğrultusunda uzadığı görülmektedir.

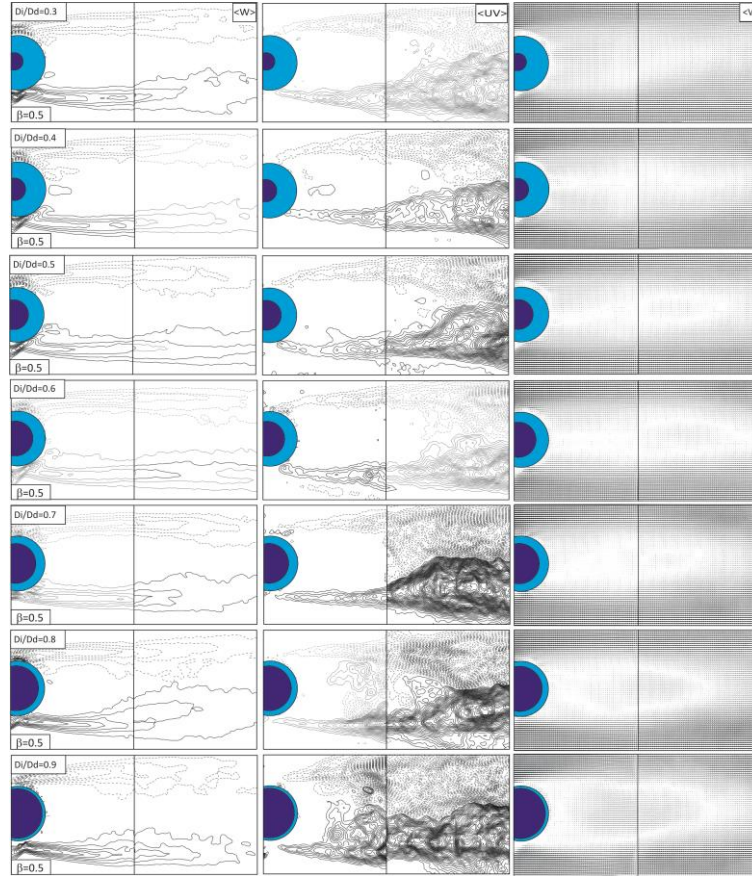
Silindirlerin birlikte gösterildiği Şekil 7'de, farklı iç çap/dış çap oranlarında ( $D_i/D_a=0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$ ) silindir çifti arkasında meydana gelen akış yapısı gösterilmiştir. Şekil 7'de delikli dış silindirin üzerindeki deliklerden çıkan jet akışın etkisiyle silindirin iki tarafında meydana gelen girdapların birbiri ile etkileşimi engellenerek, ölü akış bölgesine momentum girişi azalmaktadır. Şekil 7'de birinci sütunda gösterilen girdap konturlarına bakıldığında birbirine simetrik olarak silindir arkasında akış doğrultusunda, delikli silindirin

eklenmesiyle kontrolün olmadığı duruma kıyasla uzamıştır. Çap oranının artmasına bağlı olarak dış silindir ile iç silindir arasındaki boşluk oranı azaldığından dolayı dış silindir kontrol üzerindeki etkisini kaybetmeye başlamıştır. Bundan dolayı pozitif ve negatif girdap çiftinin  $D_i/D_a \geq 0.7$ 'den itibaren birbirine doğru yöneldiği gözlenmiştir. Şekil 7'de Reynolds gerilmelerinin gösterildiği ikinci sütunda, delikli silindir eklenmesi ile maksimum gerilmeler ikinci çekim alanında gözlenmiştir.  $D_i/D_a \geq 0.7$ 'ye kadar akış doğrultusunda yoğunluğu azalan Reynolds gerilmeleri bu orandan itibaren silindire yakın bölgede yoğunluğunun arttığı görülmektedir. Şekil 7'de üçüncü sütunda gösterilen tüm çap oranları ( $D_i/D_a=0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$ ) için çekim alanında değişme gözlenmemiştir. Şekil 7 incelendiğinde iç çap/dış çap oranının artmasıyla silindirler arasındaki boşluk oranının azalmasına bağlı olarak delikli dış silindirin kontrol üzerindeki etkinliğinin azaldığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak;  $\beta=0.5$  geçirgenlik oranına sahip altıgen delikli silindirin tüm çap oranlarında etkili olduğu gözlenmiştir. Ancak çap oranındaki artışla silindirler arasındaki boşluk azaldığı için dış silindirin akış kontrolü üzerindeki etkinliğinin azaldığı belirlenmiştir.  $D_i/D_a \geq 0.7$  oranından itibaren iç silindirle dış silindir arasındaki boşluğun azalmasına bağlı olarak dış silindir kontrol üzerindeki etkinliğini kaybetmeye başlamıştır.



Şekil 6: Farklı çaplardaki iç silindirler arkasında meydana gelen akış yapısı.



Şekil 7: Geçirgenlik oranı  $\beta=0.5$  değeri için farklı iç çap/dış çap ( $D_i/D_d$ ) oranlarındaki silindir çifti arkasında meydana gelen akış yapısı.

#### 4 Sonuçlar ve Öneriler

Yapılan bu çalışmada,  $D_i/D_d=0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$  olarak yedi farklı çap oranında silindir çifti arkasında meydana gelen akış yapısı PIV tekniği kullanılarak incelenmiştir. Deneylede kullanılan altıgen delikli silindir  $\beta=0.5$  geçirgenlik oranına sahiptir. Delikli silindirler paslanmaz çelik levhalardan belirlenen geçirgenlik oranında lazerle  $d=10$  mm delikler açıldıktan sonra kıvrılarak  $D_d=100$  mm silindir haline getirilmiştir. Deneyle süresince su yüksekliği  $h_w=400$  mm sabit tutulmuştur. PIV ölçümleri 200mm yükseklikten orta düzlemde gerçekleştirilmiştir. Deneyle süresince suyun hızı  $U=100$  mm/s ( $\Delta t=1750$ , dış çapına bağlı Reynolds sayısı  $Re_D=10000$ ) olarak alınmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda, üzerine delik açılmış silindirin tüm çap oranlarında etkili olduğu gözlenmiştir. Silindir arkasında meydana gelen akış yapısı pasif yöntemle kontrol edilmiştir. Çap oranının artmasıyla iç ve dış silindir arasındaki boşluğun azalmasından dolayı dış silindirin akış yapısının kontrol üzerinde etkinliğinin azaldığı gözlenmiştir.  $D_i/D_d \geq 0.7$ 'den itibaren dış silindirin etkisinin azalmaya başladığı belirlenmiştir.

#### 5 Teşekkür

Bu çalışma, Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından BAP-FBE MEEE (MK) 2012-3 YL'nolu proje tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmadaki deneyleler Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü Akışkanlar Mekanik Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

#### 6 Simgeler Dizini

$\beta$	: Geçirgenlik oranı,
$\Delta t$	: Zaman,
$d$	: Delik çapı,
$D_d$	: Dış silindir çapı,
$D_i$	: İç silindir çapı,
$D_i/D_d$	: İç silindir çapının dış silindir çapına oranı,
$h_w$	: Su yüksekliği,
$Re_D$	: Dış çapa bağlı Reynolds sayısı,
$U$	: Suyun hızı,
$\langle uv \rangle$	: Reynolds gerilme,
$\langle v \rangle$	: Zaman ortalama hız alanları,
$\langle w \rangle$	: Ortalama girdap konturları,
$Y_1$	: Birinci çekim alanı,
$Y_2$	: İkinci çekim alanı.

#### 7 Kaynaklar

- [1] Adria, R. J., "Particle-imaging techniques for experimental fluid mechanics", *Annual Review of Fluid Mechanics*, 23, 261-304, 1991.
- [2] Gözmen, B., Akıllı, H., Şahin, B., "Sığ Suda Silindir Arkasındaki Akışın Değişik Yükseklikteki Plakalar Yardımı ile Kontrolü", *18. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Zonguldak*, 2011a, 88-93.
- [3] Gözmen, B., Akıllı, H., Şahin, B., "Control of circular cylinder wake via splitter plate in shallow flow", *6th Ankara International Aerospace Conference*, Ankara, 2011b.

- [4] Kumar, R, A, Shon, C. and Gowda, B. H. L., "Passive Control of vortex-induced vibrations: An Overview", *Recent Patents on Mechanical Engineering*, 2008, 1: 1-11.
- [5] Kunze, S., Brücker, C., "Control of vortex shedding on circular cylinder using self-adaptive hairy-flaps", *C. R. Mecanique*, 340, 41-56, 2012.
- [6] Özkan, G. M., "Sığ Suda Ağ Yapılı Silindir Vasıtasıyla Dairesel Silindirin Akış Kontrolü", Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99 s., 2011.
- [7] Özkan, G.M., Pınar, E., Akıllı, H., Şahin, B., "Silindir Etrafındaki Akış Yapısının Ağ Yapılı Silindir ile Kontrolü", *18. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Zonguldak, 2011, 94-98.
- [8] Özkan, G.M., Oruç, V., Akıllı, H., Şahin, B., "Flow around a cylinder surrounded by a permeable cylinder in shallow water", *Experiment in Fluids*, 2012.
- [9] Paydaş, K., Akar, A., Karakuş, C., Akıllı, H., Şahin, B., "Delikli Silindir Arkasında Oluşan Akış Yapısının Sığ Suda İncelenmesi", *16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Kayseri, 2007a.
- [10] Paydaş, K., Akıllı, H., Şahin, B., "Flow Structure Behind a Perforated Circular Cylinder in Shallow Water", *4th Ankara International Aerospace Conference*, Ankara, 2007b.
- [11] Pınar, E., Özkan, G.M., Akıllı, H., Şahin, B., "Sığ Suda Silindir Arkasında Oluşan Girdabın Delikli Silindir Yardımıyla Kontrol Edilmesi", *18. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Zonguldak, 2011a, 76-81.
- [12] Pınar, E., Özkan, G.M., Akıllı, H., Şahin, B., "Flow Control Downstream of a circular cylinder via a surrounding perforated cylinder", *6th Ankara International Aerospace Conference*, Ankara, 2011b.
- [13] Pınar, E., Özkan, G.M., Aksoy, M., Akıllı, H., Şahin, B., "Derin suda silindir arkasında oluşan girdabın delikli silindir yardımıyla kontrol edilmesi", *4. Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı*, İstanbul, 2012.
- [14] Westerweel, J., *Digital particle image velocimetry, Theory and Application*, Delft University Press, 1993.
- [15] Galvao, R., Lee, E., Farrell, D., Hovera, F., Triantafyllou, M., Kitney, N., Beynet, P., "Flow control in flow-structure interaction", *Journal of Fluids and Structures*, 24, 1216-1226, 2008.
- [16] Gim, O., HyunKim, S., Lee, G., "Flow control behind a circular cylinder by control rods in uniform stream", *Ocean Engineering*, 38, 2171-2184, 2011.
- [17] Kuo, C.-H., Chen, C.-C., "Passive control of wake flow by two small control cylinders at Reynolds number 80", *Journal of Fluids and Structures*, Taiwan, 25, 1021-1028, (2009).
- [18] Kuo, C.H., Chiou, C. and Chen, C., "Wake flow pattern modified by small control cylinders at low reynolds number", *Journal Of Fluids And Structures*, 23, 938-956, 2007.
- [19] Lim Hee-Chang, Lee Sang-Joon, "Flow control of a circular cylinder with o-rings", *Fluid Dynamics Research*, 35, 107-122, 2004.
- [20] Zhao, M., Cheng, L., "Finite element analysis of flow control using porous media", *Ocean Engineering*, 37, 1357-136, 2010.