



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

PARÇACIK GÖRÜNTÜLEMELİ HIZ ÖLÇÜMÜ VE SÜPER POZİSYON YÖNTEMLERİ İLE BİR ISITICI KANALIN BİLEŞENLERİNİN AKIŞA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

**ÖZGÜN ÖZER
DİLEK KUMLUTAŞ
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**

**FUNDA KURU
VESTEL BEYAZ EŞYA**

PARÇACIK GÖRÜNTÜLEMELİ HIZ ÖLÇÜMÜ VE SÜPER POZİSYON YÖNTEMLERİ İLE BİR ISITICI KANALIN BİLEŞENLERİNİN AKIŞA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Özgün ÖZER
Dilek KUMLUTAŞ
Funda KURU

ÖZET

Mevcut çalışmada, yıkayıcı kurutucu bir çamaşır makinasının kurutucu sisteminde bulunan ısıtıcı kanal, Stereo Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçümü kullanılarak incelenmiştir. Sistemin oluşturduğu akış yapısının alt bileşenlerinin kaynaklarının tespiti için süper pozisyon prensibine başvurulmuştur. Bu hedefle; Isıtıcı kanal tam model, sadece yönlendirici kanatların olduğu (rezistansın çıkarıldığı) model, ve sadece rezistansın bulunduğu (yönlendirici kanatların çıkarıldığı) model üç prototip hazırlanmıştır. Bu prototipler deneysel olarak incelenerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışmanın sonucunda, prototipteki akış yapısına zarar veren bileşen tespit edilmiş ve gerekli tasarım geliştirilmesi yapılarak akış iyileştirmesi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kurutucu, Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçümü, Süper Pozisyon.

ABSTRACT

In the present study, a heating channel that is inside of a washer dryer machine's dryer system is investigated by Stereo Particle Image Velocimetry. Super Position Method is used for determining the sources of the flow structure's sub-components. For this aim, three prototypes were produced which were whole model, the model with only guiding airfoil (without resistance) and the model with only resistance (without guiding airfoil). These prototypes investigated experimentally and the results were evaluated.

As the result of the study, the component that harms the flow characteristic of the channel determined and necessary design improvement is made for enhancing the flow.

Key Words: Dryer, Particle Image Velocimetry, Super Position.

1. GİRİŞ

Günümüz teknolojisi ve sanayinin en temel gerçeklerinden biri ürünlerin giderek küçülmesidir. Bu durumdan akış sistemleri de etkilenmiştir. Günümüz tasarım süreçlerinde, daha dar ve kısa kanallarda çalışılmaktadır. Ayrıca rezistans, yönlendirici kanatlar vb. birçok bileşenin bu kanallarda beraberce kullanılması gerekmektedir.

Literatürde bu bileşenlerin tek başlarına akışa etkileri hakkında detaylı çalışmalar bulunmakla birlikte, yakın mesafede birbirleri ile farklı şekillerdeki etkileşimleri hakkında çalışmalar bulmak her durum için mümkün olmamaktadır. Böyle bir bilgiye erişilemediği durumda firmalar mevcut sistemlerinin akış karakteristiklerini deneysel yöntemlerle elde etme yoluna gitmektedirler.

Isıtıcı kanal performansını etkileyen en önemli bileşenlerden biri, havanın taşınmasını sağlayan ve rezistanslar üzerinden geçirerek tambura üflenmesini gerçekleştiren fanlardır. Literatürde, bir ısıtıcı kanal sistemi ile birlikte çalıştırılan santrifüj fanlara yönelik makale çalışmalarına rastlanılmamış olmakla birlikte, santrifüj fanların sistemden bağımsız olarak incelendiği deneysel ve sayısal çalışmalar mevcuttur.

Younsi ve diğ., ileriye yatık kanatlı, düzensiz akışlı santrifüj fanlar ve bu fanların akustik davranışlarını sayısal ve deneysel olarak incelemiştir [1, 2]. Bu çalışmalarla düzensiz kanat ölçülerinin, fan kanadı sayısının ve fan çevresi ile fan yuvası arasındaki radyal uzaklığın gürültü ve fan performansı üzerinde etkili olduğunu belirlemiştir. Çalışma sonucunda, duvardaki basınç dalgalanmaları ve uzak bölgedeki ses sinyalleri arasında bir bağıntı çıkarılmıştır.

Geriye yatık kanatlı santrifüj fanlarda aerodinamik gürültü kaynaklarının deneysel olarak incelendiği Velarde-Suarez ve diğ. yaptığı çalışmada ise, farklı debiler için fan çıkış ağzındaki akustik basınç ölçümleri ve fan yuvası yüzeylerindeki noktalardan alınan basınç düşümleri ölçümleri yapılmıştır [3]. En güçlü ses kaynağının, dalgalanan havanın kanatları terk ederken fan yuvası yönlendirici dili arasında olan etkileşim sırasında olduğu tespit edilmiştir.

Datong ve diğ.'nin santrifüj fanlarda gürültü seviyesinin düşürülmesi için yaptığı bir diğer benzer deneysel çalışmada, ileriye yatık kanatlı santrifüj fanın performans ve ses karakteristikleri çıkarılarak, literatürde yapılmış geriye ve ileriye yatık kanatlı santrifüj fan ile arasındaki benzerlikler ve farklar karşılaştırılmıştır [4].

Farklı geometrilerdeki fan yuvası konfigürasyonları oluşturularak eğimli fan yuvası yönlendiricisi, fan kanatları açıklığı, merkez hacmi açıklığı ve bunların performans ve ses üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda hem gürültü seviyesinde hem de performansta iyileşmenin görüldüğü modellerin elde edilebileceği görülmüştür.

Akışı görüntülemek ve hız dağılımlarını belirlemek için kullanacağımız Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçümü (PGHÖ) (Particle Image Velocimetry, PIV) yöntemi, bu isimle literatürde ilk kez 1984 yılında yer almış, yeni sayılabilecek ve gelişimi devam eden optik bir yöntemdir [5]. Akış içerisine salınan parçacıkların bir ışık düzleminde geçerken üst üste iki kere görüntülenmesi ve bu görüntülerden elde edilen parçacık yönelimleri kullanılarak hız vektör alanının elde edilmesi ilkesine dayanır. Öncelikli olarak dış akış sorunları için kullanılmaya başlanan bu yöntem, teknolojiyle paralel şekilde gelişerek, günümüzde türbülans yoğunluğu yüksek dış ve iç akışlar, jet akışları gibi karmaşık akış sorunlarının çözülmesinde kullanılır hale gelmiştir [6]. Bricaud ve arkadaşlarının yaptığı, santrifüj fanın kanatları arasındaki akış yapısının incelenmesi çalışması bu tür çalışmalara temel bir örnektir [7].

Fanların akış yapılarının PGHÖ ile incelendiği bir diğer çalışma; J. H. Yoon ve S.j. Lee [8] tarafından yapılan klima dış ünitesinde kullanılan aksenal fanın arkasındaki akışın PGHÖ yöntemiyle üç boyutlu olarak incelenmesi ve kanatlar etrafında oluşan girdapların yerlerinin belirlenmesi üzerinedir. Elde edilen sonuçların tasarım sürecinde sayısal çözümlerinin doğrulanmasında kullanılabileceği tespitini yapmışlardır. Ancak bu çalışmada ısı aktarımı yönünden bir inceleme yapılmamıştır.

PGHÖ'ne, bir ölçüm aracı gibi yaklaşımdan çok, bir deney düzeneği olarak yaklaşılmalıdır. Ölçülmek istenen sistem değişikçe, iki PGHÖ sistemi her ne kadar temel bileşenleri değişmese de birbirinden oldukça farklı bir hale gelebilir.

Buna bir örnek endoskopik PGHÖ (EPGHÖ) yöntemidir. Bu yöntem çeşitli nedenlerden dolayı ulaşılamayan ya da ulaşılması zor bölgelere erişmek için geliştirilmiştir. Bu sistemde bir delik açılarak lazer ya da kamera sistemin içine girer. Dierksheide ve diğ., yaptıkları çalışmada EPGHÖ'nün performansını incelemiştir. Çalışmanın sonucunda hem endoskop kamera, hem de endoskop lazerin başarılı sonuçlar verdiği ortaya konmuştur. Her ne kadar şu anda endüstriyel anlamda çok

olmadığı durum için birer prototip üretilmiş ve her bir prototip stereo PGHÖ yöntemi ile taranarak incelenmiştir. Elde edilen hız düzlemi verilerinin birleştirilmesi ile hacimsel-üç bileşenli hız haritaları oluşturulmuştur. Böylece tüm akış bileşenlerinin tekil ve birlikte akışa olan etkileri elde edilmiştir. Bu bilgiler değerlendirildiğinde; mevcut sistemin tasarımının iyileştirilmesine, sayısal çalışmaların doğrulanmasına ve geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

2. STEREO PGHÖ YÖNTEMİ

Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçümü (PGHÖ) yöntemi, bir nokta yerine bir düzlemden ölçüm alması nedeniyle etkili bir akış inceleme aracıdır. Bu yöntemde, akışa eklenen ve akışla beraber hareket eden takipçi parçacıklar, kameralar ve parçacıkların kameralar tarafından görülebilmesini sağlayan lazer yardımıyla ardışık olarak görüntülenir. Bu görüntüler kullanılarak, parçacıkların yer değiştirmesi ve görüntülerin çekim süresi arasında geçen süreye oranlanması ile düzlemsel olarak hız haritasına ulaşılır. Böylece akış alanı hakkında geniş bir bilgi, akışa müdahalesiz olarak elde edilmiş olur.

Akışın iki boyutlu olduğu durumlarda sistemde tek kamera kullanılarak deneyler gerçekleştirilebilir. Ancak, üçüncü boyut bileşenleri olduğunda tek kamera yeterli olamamaktadır. Bunun nedeni, sadece üçüncü boyutun görüntülenememesi değil ayrıca görüntülenen akış bileşenlerinde de perspektif hatalar nedeni ile %30'a varabilen hatalar oluşmasıdır. Bu durum teorik olarak Prasad'ın 2000 yılında yayınladığı çalışmada belirtilmiştir [12]. Ayrıca bu hataların varlığı çalışma grubumuz tarafından yapılan bir deneysel çalışma ile de ortaya konulmuştur [13].

Mevcut çalışmada, akış bir santrifüj fan tarafından sürülmektedir ve santrifüj fanlar asimetrik akış yapısı bulunan, başka bir deyişle üçüncü boyut bileşeni kuvvetli olan fanlardır. Dolayısı ile bu çalışmada özellikle stereo PGHÖ yöntemi tercih edilmiştir.

Dikdörtgen kesitli kanalın tüm kesiti boyunca akış alanının incelenmesi için, akış alanı taranarak hacimsel üç boyutlu ortalama hız dağılımı haritası oluşturulmuştur. Bunun sağlanabilmesi için akış kesiti boyunca belirli aralıklarla 20 düzlemden PGHÖ deneyi yapılmıştır. İncelenen her düzlemden stereo kameralar ile 200'er görüntü çifti alınmıştır. Daha sonra bu görüntülerden elde edilen düzlemsel 3 boyutlu hız vektör haritaları interpolate edilerek hacimsel üç boyutlu akış dağılımı elde edilmiştir. Bu yöntemin detayları daha önceki çalışmalarımızda sunulmuştur [14].

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

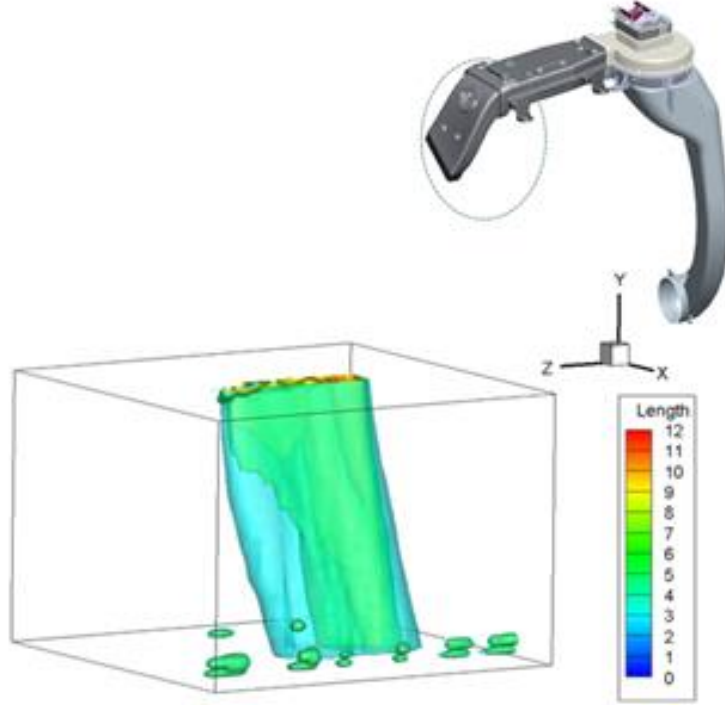
Mevcut çalışmada, öncelikle sistemin tüm akış karakteristiğinin tespit edilebilmesi açısından kurutma sisteminin tüm modelinin çıkış ağzı, Stereo PGHÖ yöntemi ile taranarak incelenmiştir. Daha sonra ise akış yapısındaki sıkıntının tespit edilebilmesi için süper pozisyon yöntemi uygulanmıştır. Bu bölümde bu hedefle yapılan deneysel çalışmalar paylaşılmıştır.

3.1 Sistemin Tümünden Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında ilk olarak sistemin bütününcü incelenmesi ve akış karakteristiğinin belirlenmesi için, sistemin PGHÖ deney düzeneğinde incelenmeye uygun bir prototipi hazırlanmış ve üfleme ağzı, Stereo PGHÖ yöntemi ile incelenmiştir. Yapılan çalışmada, bir önceki bölümde aktarılan yöntemler kullanılarak hacimsel, üç boyutlu ortalama akış yapısı elde edilmiştir. Bu akış yapısından elde edilen eş hız yüzeyleri şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2'deki sonuçlar incelendiğinde; ortalama 7 m/s'lik mertebelerde ve istenilen debiyi sağlar durumda olmakla birlikte kanaldaki akış yapısının bir tarafta 3 m/s'lere kadar düşerken diğer tarafta 10 m/s'lere kadar çıktığı gözlemlenmiştir. Bu kısım, çamaşırların bulunduğu bölüme hava üflenen kısım

olduğundan, her ne kadar türbülanslı akış kurutma açısından fayda sağlayacak bile olsa kanalın bir kısmından bu denli az havanın geçiyor olduğu gerçeği, kanalın daraltılabileceği anlamına gelmektedir. Mevcut ürünün kurutma özelliği olmayan çamaşır makinesi ile aynı boyutta tasarlandığı düşünüldüğünde, kazanılacak bu hacim önemlidir.



Şekil 2. Kurutma grubunun üfleme ağzındaki Stereo PGHÖ metodu ile elde edilen eş hız düzlemleri.

Bu deneyin bir benzeri kondenserin emiş kısmı için de yapılmış ancak emişte homojen bir yapı gözlenmiştir. Bu nedenle, bu deneyler sonucunda cihazın geliştirilmesi için ilk hedef olarak ısıtıcı yuva ve yönlendirici plastik parçalarının bulunduğu üfleme kısmında çalışmalar yapılmasına karar verilmiştir.

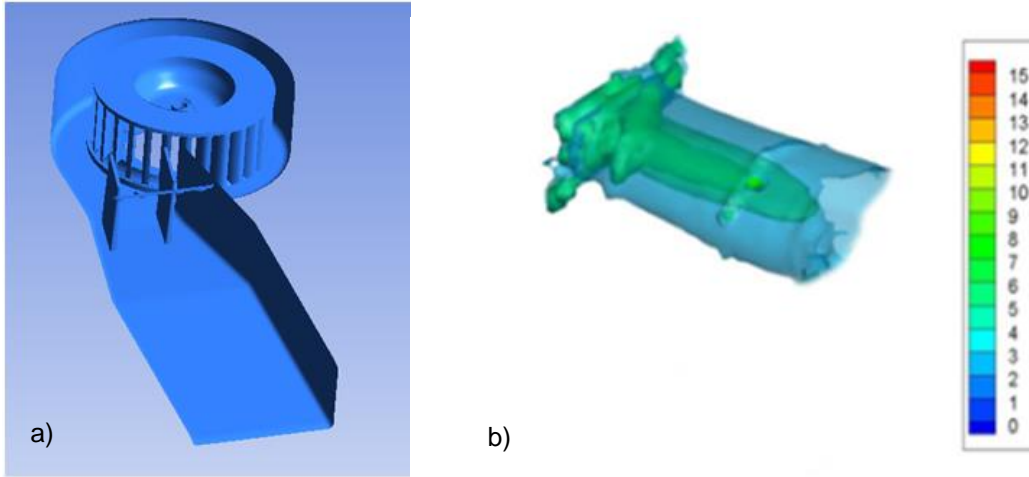
Üfleme kısmı; fan, ısıtıcı kanal ve yönlendirici plastik parçalarından oluşmaktadır. Kusurun fan kısmında olmadığı (bu çalışmayı destekleyen proje kapsamında yapılan önceki çalışmalar) tespit edilmiş olduğu için [15], araştırmalar ısıtıcı kanal ve yönlendirici plastiğe odaklanmıştır.

3.2 Isıtıcı Kanalın İncelenmesi

Kurutma sisteminin çıkış ağzındaki asimetric üflemenin nedeninin belirlenmesi için, bileşenlerin ayrı ayrı ve beraber yarattıkları akış yapılarının incelenmesine karar verilmiştir. Buna göre, ısıtıcı yuvanın akışı süren fan ile birlikte bir prototipi hazırlanmıştır.

Isıtıcı yuva içinde akışı etkileyebilecek iki yapı bulunmaktadır. Bunlar akışı yönlendirmek için tasarlanan kanatlar ve havanın çamaşırlardan daha iyi nem almasını sağlamak için havayı ısıtan rezistanstır.

İncelemenin yapılması için üç ayrı prototip hazırlanmıştır. Bunlar; tam model, sadece yönlendirici kanatların olduğu (rezistansın çıkarıldığı) model ve yönlendirici kanatların çıkarılıp sadece rezistansın bulunduğu modeldir.

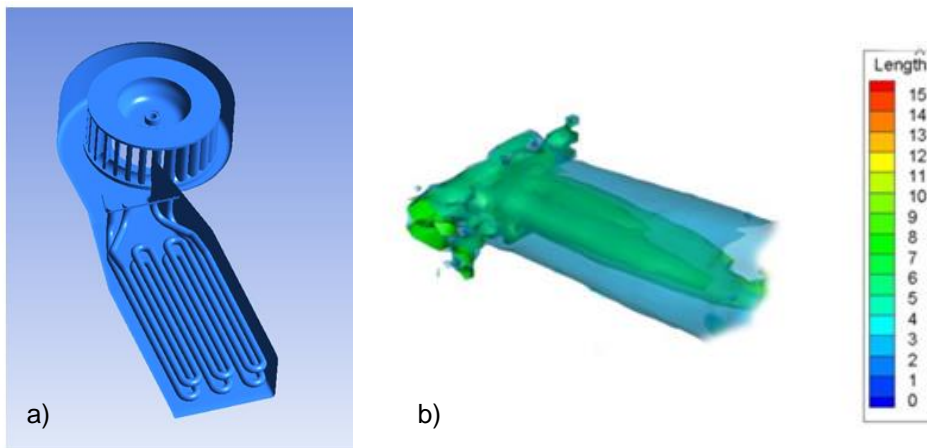


Şekil 3. Sadece yönlendirici kanatların olduğu (rezistansın çıkarıldığı) ısıtıcı kanal modeli, **a-**İncelenen prototipin 3d modeli, **b-**Üfleme ağzın çıkışında Stereo PGHÖ metodu ve tarama yöntemi ile elde edilen eş hız düzlemleri.

Şekil 3'te rezistansın bulunmadığı kanal geometrisi çıkışındaki eş hız yüzeyleri sunulmuştur. Merkezde, jetin çekirdeğinin bulunduğu bölgede 8 m/s olmak üzere, çekirdekten dışarı doğru 7 m/s ve en dışta 3 m/s için eş hız düzlemleri çizdirilmiştir.

Bu sonuç incelendiğinde, akışı yönlendirmek için tasarlanan kanatların büyük oranda akışı merkezlediği ve santrifüj fanın doğası gereği asimetrik olan akış yapısını düzelttiği sonucuna varılmıştır. Bu durumda, sistemin çıkışındaki akış profilindeki asimetrinin temel nedeninin akış yönlendirici kanatlar olmadığı görülmekte, hatta tam aksine düzeltici bir etkisi olduğu anlaşılmaktadır.

Çıkıştaki akış yapısındaki asimetrinin araştırılmasına, rezistansın etkilerinin incelenmesi ile devam edilmiştir. Bu çalışmanın sonucu şekil 4'te gösterilmiştir. Karşılaştırma kolaylığı açısından PGHÖ sonuçlarında aynı skala ve yöntem kullanılmıştır (merkezden itibaren 8 m/s olmak üzere dışa doğru 7 m/s ve 3 m/s'lik eş hız düzlemleri çizdirilmiştir).

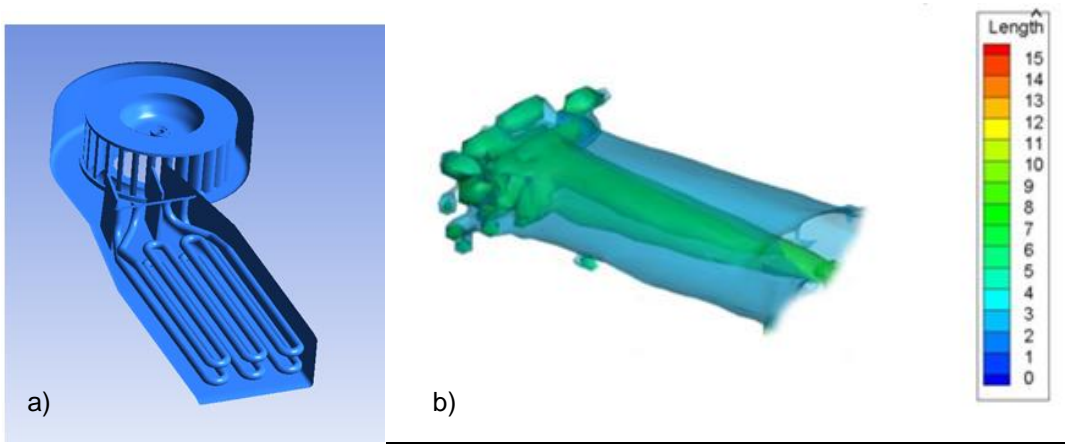


Şekil 4. Sadece rezistansın olduğu (yönlendirici kanatların çıkarıldığı) ısıtıcı kanal modeli, **a-**İncelenen prototipin 3d modeli, **b-**Üfleme ağzın çıkışında Stereo PGHÖ metodu ve tarama yöntemi ile elde edilen eş hız düzlemleri.

Sadece rezistansın olduğu prototipten alınan sonuçlar incelendiğinde, kanal ağzından elde edilen akış yapısının, santrifüj fanın oluşturduğu asimetrik akış yapısında olduğu, ancak rezistansın yarattığı enerji kayıpları nedeniyle hızların bir miktar daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Rezistansın, akışın şekline fazla etkisinin olmayışının temel nedeninin rezistansın akışa paralel olan yerleşimi olduğu düşünülmektedir.

Son olarak, iki bileşenin birlikte etkisinin görülebilmesi için tam model incelenmiştir. Şekil 5'te elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Yine karşılaştırma kolaylığı açısından aynı skala ve yöntem kullanılmıştır.

Tam modelde oluşan akış yapısı incelendiğinde, akışın yönleşiminin yönlendirici kanatların tek başına bulunduğu deney ile aynı olduğu ama rezistansın yarattığı enerji kayıpları nedeni ile jetin çekirdeğinin daraldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Tam ısıtıcı kanal modeli, **a-**İncelenen prototipin 3d modeli, **b-**Üfleme ağzın çıkışında Stereo PGHÖ metodu ve tarama yöntemi ile elde edilen eş hız düzlemleri.

Yapılan tüm deneyler beraberce değerlendirildiğinde, rezistansın akışın yönlenmesinde ve profilinde büyük değişiklikler yaratmadığı, ancak akış engelleyici rolü nedeni ile akışın bir miktar enerjisinin kaybolmasına yol açtığı tespit edilmiştir. Akışı yönlendirmek için akışa eklenen kanatların ise akış profilini değiştirerek akışı merkezlediği tespit edilmiştir.

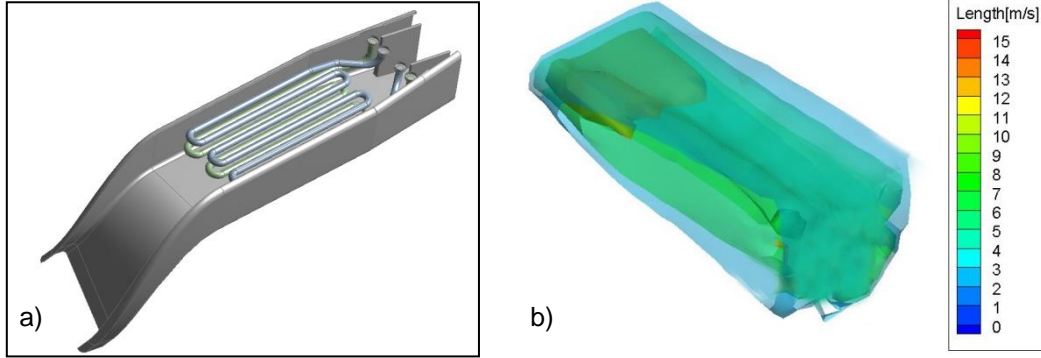
Dolayısı ile yönlendirici plastik parçasına giren akışın, merkezlenmiş ve homojene yakın bir akış profili sergilediği halde, çıkan akışın çarpık profile sahip oluşu, sistemin çıkışındaki akış profilinin oluşma sebebinin yönlendirici plastik olduğunu göstermektedir.

Böylece, bu çalışmanın tamamlanması ile kurutucu sisteminin tüm bileşenleri bir bütün olarak ve ayrı ayrı incelenmiş ve sistemde geliştirilmeye en uygun parça tespit edilmiştir. Buradan elde edilen bilgiler ışığında tasarım geliştirme çalışmalarına geçilmiştir.

3.3 Tasarım Geliştirme Çalışmaları

Sistemdeki geliştirilebilecek bileşenin tespit edilmesinin ardından bu sorunun çözümüne yönelik tasarım geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Buradan elde edilen bilgiler ışığında başlayan tasarım geliştirme çalışmaları kapsamında, yönlendirici plastik parça yerine tek parçalı ısıtıcı yuvası tasarımı geliştirilmiştir. Bu tasarım geliştirme çalışmalarında mevcut deneysel sonuçların yanı sıra HAD çalışmaları yapılmıştır. Ancak yapılan sayısal çalışmanın genişliği nedeni ile sayısal çalışma sonuçları başka bir çalışma olarak sunulmuştur. Dolayısı ile mevcut çalışmada, sadece sayısal çalışmanın sonucunda elde edilen model, sayısal ve deneysel çalışmanın ortak sonucu olarak paylaşılmıştır.

Tasarım çalışmaları sonucunda elde edilen prototip üretilmiş ve Şekil 2’de verilen tüm kurutma grubunun üfleme ağzındaki akış yapısı ile karşılaştırmak üzere PGHÖ deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda, 2 numaralı bölümde belirtilen yöntemler ile hacimsel üç boyutlu akış yapısı elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Yeni tasarlanan ısıtıcı kanal modeli, **a-**İncelenen prototipin 3d modeli, **b-**Üfleme ağzın çıkışında Stereo PGHÖ metodu ve tarama yöntemi ile elde edilen eş hız düzlemleri.

Şekil 6’da verilen yeni tasarım, Şekil 2’de verilen eski tasarım ile karşılaştırıldığında, yeni tasarımın oldukça homojen bir üfleme yapısına sahip olduğu ve bir önceki prototipte asimetri durumunun tamamen çözüldüğü görülmektedir. Ayrıca, 10 m/s mertebesindeki jet çekirdeğinin tüm keside yayılması, üfleme debisinin de arttığını göstermektedir. Artan debi, kurutma süresinin kısaltılması için kullanılabileceği gibi fan devrinin azaltılması ile enerjiden ve sestten avantaj sağlanabilir.

4. DEĞERLENDİRME

Mevcut çalışma kapsamında birçok bileşeni olan ve karmaşık akış bileşenlerine sahip bir ısıtıcı kanal, süper pozisyon ilkesi ve PGHÖ yöntemlerinin kullanılması ile alt akış bileşenlerine ayrıştırılmıştır. Elde edilen bu alt akış yapıları incelenmiş ve akışta sorun yaratan kısım tespit edilmiştir. Son olarak, sorunun çözümüne yönelik yeni yapılan tasarım deneysel olarak incelenmiş ve tespit edilen sorunun çözüldüğü deneysel olarak doğrulanmıştır.

Bu noktadan yaklaşılarak süper pozisyon ilkesinin ve Stereo PGHÖ yöntemi ile beraberce kullanılmasıyla sanayi uygulamalarında sıkça karşılaşılan karmaşık akış yapılarının çözümlenebildiği ortaya konulmuştur.

Ayrıca akış yönlendirici kanatların santrifüj fanların asimetric olan akış yapısını kısa mesafede düzenlemek için kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar, sayısal çalışmalar için sınır koşul ve doğrulama verisi olarak kullanılabilecektir.

Bu çalışma, 00998.STZ.2011-2 kod numaralı SAN-TEZ Projesi kapsamında, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Younsi M., Bakır F., Koudri S., Rey R., “Influence of Impeller Geometry on The Unsteady Flow in a Centrifugal Fan: Numerical and Experimental Analysis”, International Journal of Rotating Machinery, ID:34901, 2007.
- [2] Younsi M., Bakır F., Koudri S., Rey R., “3D Unsteady Flow in a Centrifugal Fan: Impeller – Volute Interaction”, Journal of Computational and Applied Mechanics, Vol. 8, P. 211-223, 2007.



- [3] Velarde-Suarez S., Ballesteros-Tajadura R., Hurtado-Cruz J. P., Santolaria-Morros C., “Experimental Determination of The Tonal Noise Sources in a Centrifugal Fan”, Journal of Sound and Vibration, Vol. 295, P. 781-796, 2006.
- [4] Datong Q., Yijun M., Xiaoliang L., Minjian Y., “Experimental Study on The Noise Reduction of an Industrial Forward-Curved Blades Centrifugal Fan”, Applied Acoustics, Vol. 70, P. 1041–1050 2009.
- [5] Adrian R.J., “Twenty Years of Particle Image Velocimetry”, Experiments in Fluids, Vol. 39, P. 159-169, 2005.
- [6] Krause N., Zahringer K., Pap E.. “Time-Resolved Particle Imaging Velocimetry For The Investigation Of Rotating Stall in a Radial Pump”, Experiments in Fluids, Vol. 39, 2005.
- [7] Bricaud C., Richter B., Dullenkopf K., Bauer H. J.. “Stereo PIV Measurements in An Enclosed Rotor Stator System With Pre-Swirled Cooling Air”, Experiments in Fluids, Vol. 39, 2005.
- [8] Yoon J. H., Lee S.J.. “Stereoscopic PIV Measurements Of Flow Behind An Isolated Low-Speed Axial-Fan”, Experimental Thermal And Fluid Science, Vol. 28, 2004.
- [9] Dierksheide U., Meyer P., Hovestadt T., Hentschel W., “Endoscopic 2d Particle Image Velocimetry (PIV) Flow Field Measurements in Ic Engines”, Experiments in Fluids, Vol. 33, 2002.
- [10] Auteri F., Belan M., Ceccon S., Gibertini G., Quadrio M., “Endoscopic PIV in A Helical Pipe Coil”, Dipartimento Di Ingegneria Aerospaziale Politecnico Di Milano Via La Masa 34, 20156 Milano, 2006.
- [11] Alava I., Onederra U., Marin R., Laresgoiti A., “Comparison Between PIV Measurements and CFD Modelling On A Domestic Gas Oven”, In Pivnet2 Workshop On PIV Application To Appliances 2003.
- [12] Prasad, A. K. “Stereoscopic particle image velocimetry. Experiments in Fluids”, Vol .29, P. 103-116, 2000.
- [13] Özer Ö., Kumlutaş D., Karadeniz Z. H. “Parçacık görüntülemeli hız ölçümü yöntemine etki eden perspektif hatalar ve çözüm yöntemleri” 19. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Samsun, 2013.
- [14] Karadeniz Z. H., Kumlutaş D., Özer Ö. “Experimental visualization of the flow characteristics of the outflow of a split air conditioner indoor unit by meshed infrared thermography and stereo particle image velocimetry”, Experimental Thermal and Fluid Science, Vol. 44, P.334-344, 2013.
- [15] Özer Ö., Kumlutaş D., Karadeniz Z. H., “Bir santrifüj fanın parçacık görüntülemeli hız ölçümü (PIV) yöntemi ile incelenmesi”, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2013.

ÖZGEÇMİŞ

Özgün ÖZER

1984 İzmir doğumludur. Sırası ile Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü, Anadolu Üniversitesi Fotoğrafçılık ve Kameramanlık Bölümünü, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Enerji Yüksek Lisans programını tamamlamıştır. Şu anda Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Enerji Doktora programına devam etmektedir. Ayrıca İzmir Fotoğrafçılar Odasında 2005 yılından beri gönüllü uzman fotoğraf eğitmeni olarak çalışmaktadır.

Dilek KUMLUTAŞ

İzmir doğumludur. 1990 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Aynı Üniversite'nin Enerji Anabilim dalında 1994 yılında Yüksek Lisans, 1999 yılında Doktora Eğitimini tamamlamıştır. 1990-1999 yılları arasında Araştırma Görevlisi, 1999-2007 yılları arasında Yardımcı Doçent, 2007-2013 Doçent olarak görev yapmıştır. 2013 yılından beri Makina Bölümü'nde Profesör olarak çalışmaktadır.

Funda KURU

1985, Eskişehir doğumlu olan Funda Kuru 2003 yılında TED Aliağa Kolejinden mezun olmuştur. 2003-2007 yıllarında DEÜ Makina Mühendisliği Bölümü'nde lisans, 2007-2010 yılları arasında ise aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Yüksek Lisans Programı'nı tamamlamıştır. 2011 yılı itibariyle Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Doktora Programında eğitimine devam etmekte olup Vestel Beyaz Eşya Fabrikası'nda Ar-Ge Mühendisi olarak çalışmaktadır. .

