



**Bu bir MMO  
yayıdır**

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

## **BİR SPLIT KLİMA İÇ ÜNİTESİNİN ENDOSKOPIK VE STEREO PGHÖ YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ**

**ÖZGÜN ÖZER  
DİLEK KUMLUTAŞ  
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**

**İLHAMİ GÜMÜŞ  
SONER SUDA  
VESTEL BEYAZ EŞYA**



# BİR SPLIT KLİMA İÇ ÜNİTESİNİN ENDOSKOPIK VE STEREO PGHÖ YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ

Özgün ÖZER  
Dilek KUMLUTAŞ  
İlhami GÜMÜŞ  
Soner SUDA

## ÖZET

Bu çalışmada hızlı prototip cihazı kullanılarak oluşturulan bir split klima iç ünitesi prototipinin iç kısmı, Endoskopik Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçümü (PGHÖ) yöntemi ile incelenmiştir. Tam boy prototipin üflemede yarattığı dış akış ise Stereo PGHÖ yöntemi ile incelenmiştir. Klimanın bu farklı bölgelerinden elde edilen akış yapılarının beraberce değerlendirilmesi sayesinde, split klima iç ünitesinin bütün akış karakteristiği elde edilmiştir. Bu akış karakteristiğinin incelenmesi ile akışta oluşan enerji kayıpları giderilebilmekte ve daha yüksek başarılı klimalar tasarlanabilmektedir. Ayrıca elde edilen bilgi, sayısal çalışmaların doğrulanmasında ve geliştirilmesinde kullanılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Split klima iç ünitesi, Endoskopik parçacık görüntülemeli hız ölçümü, Stereo parçacık görüntülemeli hız ölçümü.

## ABSTRACT

In this study, inside of a prototype split air conditioner indoor unit which is produced by 3D Fast Prototype Device is investigated by using Endoscopic Particle Image Velocimetry (PIV). The out flow of the whole indoor unit at the exit area is investigated by Stereo PIV. The full air flow characteristics were obtained due to combination of the data from these studies. By investigating this flow characteristics, the energy losses can be prevented and higher performance air conditioners can be designed. The data obtained from these experiments also useful for validating and enhancing numerical studies.

**Key Words:** Split air conditioner indoor unit, Endoscopic particle image velocimetry, Stereo particle image velocimetry.

## 1. GİRİŞ

Split Klima cihazları, yurdumuzda ve dünyanın ılık iklim kuşağında özellikle çok kullanılan iklimlendirme cihazlarıdır. Temel anlamda, biri iç mekanda diğeri dış mekanda bulunan iki ayrı ünitelerden oluşan ısı pompalarıdır. Sistemi oluşturan bu iki ünite incelendiğinde, insanların yaşam alanında olması nedeni ile üretici firmalar tarafından iç ünite geliştirilmesine daha fazla ağırlık verilmekte ve estetik, performanslı, az yer kaplayan ürünler yapılmaya çalışılmaktadır.

İç üniteler; ısı değiştiricisi, çapraz akışlı fan ve gövde bileşenlerinden oluşmaktadır. Akışı temel yönlendiren ise, çapraz akışlı fanıdır. Ancak, çapraz akışlı fanın performansını ön gövdedeki girdap duvarı ve arka gövdedeki yönlendirici sırt doğrudan etkilemektedir [1]. Isı transferi ise ısı değiştiricisi

üzerinde gerçekleşmektedir ve bunun performansı, oluşan akışa bağlıdır. Bütün bu durum değerlendirildiğinde tüm bu bileşenlerin birlikte (birbirlerine göre) tasarlanmak zorunda oldukları söylenebilir.

Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçümü (PGHÖ, Particle Image Velocimetry, PIV) yöntemi; tüm akış alanından düzlemsel olarak aynı anda hız ölçebilme kabiliyeti nedeniyle, cihazın emiş ve üfleme bölgelerinin incelenmesi için uygun bir deneysel yöntemdir.

Lazeretto ve ekibi, 2001 ve 2003'te yaptıkları çalışmalar ile bu yöntemi kullanarak, klimanın alt bileşeni olan çapraz akışlı fanların tasarımın parametrelerini incelemişlerdir [2,3]. Bu çalışmaların ardından Lee ve diğ., 2010 yılında split klima iç ünitesinin yarattığı akışı düzlemsel olarak görselleştirmişlerdir [4]. Bu çalışmanın akabinde, mevcut çalışma grubumuz tarafından split klima iç ünitesinin tüm sistem bileşenleri ile yarattığı 3 boyutlu akış yapısı, 2011-2013 yılları arasında yapılan çalışmalar ile incelenmiştir [5,6,7].

Yapılan tüm bu çalışmalar klimaların performansının değerlendirilmesi ve akış yapılarının anlaşılabilirliği açısından önemli bulguları ortaya koymuştur. Ancak klimanın iç kısmında, özellikle ısı değiştiricisi ve fanın arasındaki ürün performansı açısından kritik olan bölgelerin incelenmesi, optik erişimin olmaması nedeniyle normal PGHÖ yöntemleri ile yapılamamaktadır.

Bu tür kapalı bölgeler, ancak Endoskopik PGHÖ adı verilen özel bir yöntemle incelenebilmektedir. Bu yöntemde; lazer, incelenmek istenen bölgeye ışın olarak taşınıp, bu bölgedeki optik bileşenler ile ışık düzlemi oluşturularak aydınlatmayı gerçekleştirmekte, kamera ise akışı bozmayacak bir açıklıktan bu ışık düzlemini görüntüleyerek optik erişimi sağlamaktadır.

Bu çalışmada; hızlı prototip cihazı kullanılarak oluşturulan bir split klima iç ünitesi prototipinin iç kısmı, Endoskopik PGHÖ yöntemi ile incelenmiştir. Tam boy prototipin üflemede yarattığı dış akış ise Stereo PGHÖ yöntemi ile incelenmiştir. Klimanın bu farklı bölgelerinden elde edilen akış yapılarının beraberce değerlendirilmesi sayesinde split klima iç ünitesinin bütün akış karakteristiği elde edilmiştir. Bu akış karakteristiğinin incelenmesi ile akışta oluşan enerji kayıpları giderilebilmekte ve daha yüksek başarılı klimalar tasarlanabilmektedir. Ayrıca elde edilen bilgi, sayısal çalışmaların doğrulanmasında ve geliştirilmesinde kullanılmaktadır.

## 2. STEREO PGHÖ VE ENDOSKOPIK PGHÖ YÖNTEMLERİ

Mevcut çalışmada, bir split klima iç ünitesi prototipinin incelenmesi için Stereo PGHÖ ve Endoskopik PGHÖ yöntemleri kullanılmıştır. Bu bölümde uygulanan bu yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.

### 2.1 Stereo PGHÖ

PGHÖ yöntemi, temelde gözle görülemeyen akış yapılarını görselleştirmek ve bu yapıları nicel olarak incelemek için tasarlanmıştır.

Bu hedefle akışa takipçi adı verilen parçacıklar eklenir. Daha sonra takipçi parçacıkların hareketleri ardışık olarak fotoğraflar. Elde edilen fotoğraflar inceleme alanlarına bölünür ve bu alanlar, çapraz korelasyon ve veya Hızlı Fourier dönüşümü kullanılarak taneciklerin yer değiştirmeleri elde edilir. Yer değiştirmenin fotoğraflar arasındaki zaman oranlanması ile de hızlar elde edilmiş olur.

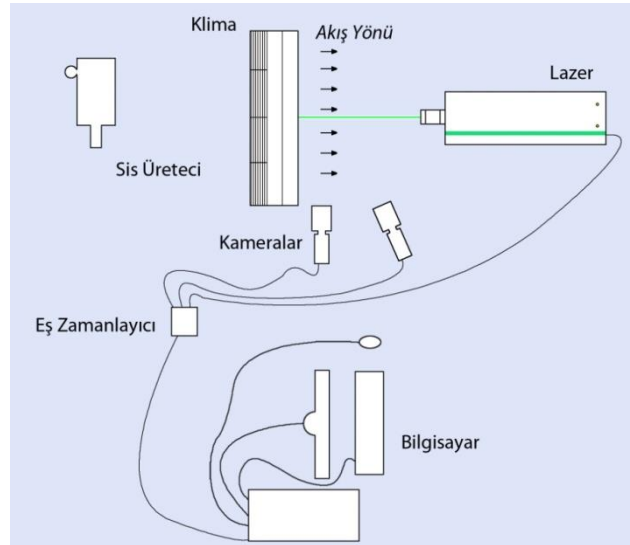
Bu parçacıkların görevi akışla birlikte hareket ederek görünürlüğü sağlamaktır. Bu açıdan yaklaşıldığında PGHÖ, dolaylı bir hız ölçüm yöntemidir. Akışın kendisinin değil, akışla beraber hareket eden parçacıkların hızı ölçülmektedir. Bu bakımdan ölçümün başarısı taneciklerin akışı ne kadar iyi takip ettiği ile doğrudan ilişkilidir. Bu amaçla, tanecikler incelenecek akışkana göre seçilirler.

Akışa en iyi uyum sağlayan parçacıklar oldukça küçüktür. Dolayısı ile bunların kamera tarafından görüntülenebilmesi için oldukça kuvvetli bir şekilde aydınlatılması gerekmektedir. Bu hedefin başarılabilmesi için Lazerler kullanılmaktadır. Lazerde üretilen kuvvetli ışın silindirik bir mercekle tarafından ışık düzlemi haline getirilir ve incelenmek istenen tüm düzlemi aydınlatmak amacı ile kullanılır.

Işık düzlemi oluşturmanın bir diğer nedeni, temel PGHÖ yönteminde tek bir kameranın kullanılmasıdır. Tek kameradan alınan görüntü, hareketin sadece iki bileşenini göstermekte derinlik bileşeni ile ilgili bilgi sağlamamaktadır.

Bu durum, tek kameralı PGHÖ'de yalnızca akışın iki boyutunun görüntülenebildiği, üçüncü boyutunun ise görüntülenemediği şeklinde yorumlanabilir. Ancak akışta incelenen düzlemsel bileşenlere boyut olarak yakın üçüncü boyut bileşeni bulunduğu takdirde, üçüncü boyut bileşenin yarattığı perspektif etkiler nedeniyle düzlem içi bileşenlerin yanlış hesaplanmasına neden olduğu unutulmamalıdır. Bu durum, 2000 yılında Prasad'ın yaptığı çalışmada teorik olarak incelenmiş ve hatanın %30 mertebelerine kadar yükselebildiği öngörülmüştür [8]. 2013'te ise mevcut çalışma grubumuzun yaptığı çalışmada oluşabilecek bu hatalar deneysel olarak sunulmuş ve çözüm yöntemleri tartışılmıştır [9].

Tek kamerada yaşanan bu sorunların en etkin çözüm yöntemlerinden biri, Stereo PGHÖ yöntemidir. Bu yöntemde; inceleme alanı, farklı iki açıdan iki kamera ile incelenmektedir. Böylece tıpkı insan görüşünde de olduğu gibi üçüncü boyut bileşeni elde edilmektedir. Üçüncü boyut bileşeninin elde edilmesi, diğer iki düzlemin de doğru hesaplanmasını sağlamaktadır. Bu nedenle; Stereo PGHÖ, 2011'deki PGHÖ kongresinin açılış konuşmasında, temel PGHÖ sistemi olarak ifade edilmiştir. Tek kameralı uygulamalar ise Endoskopik PGHÖ gibi kameraların optik erişimin zor olduğu üçüncü boyut bileşeninin bulunmadığı uygulamalarda kullanılmaktadır. Stereo PGHÖ sisteminin genel şematiği şekil 1'de verilmiştir.



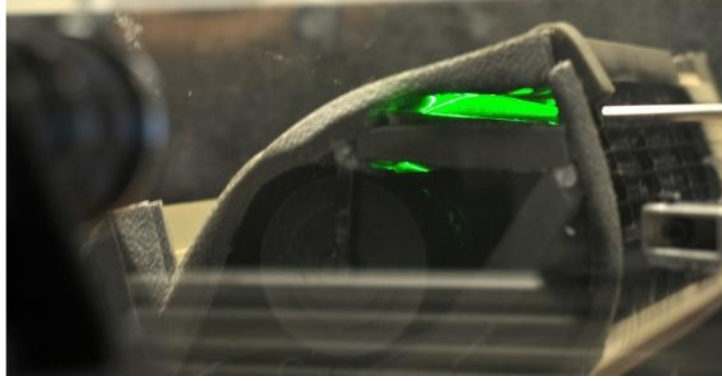
Şekil 1. Stereo PGHÖ ile klima iç ünitesinin incelenmesi [10]

Mevcut çalışmada split klima iç ünitesinin iç kısımlarında Endoskopik PGHÖ uygulanmıştır. Ölçümün doğruluğu ise çıkış ağzında yapılan Stereo PGHÖ yöntemi ile kontrol edilmiştir.

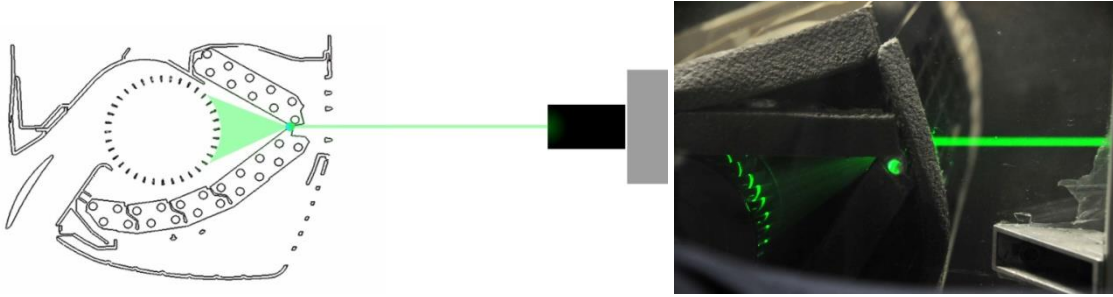
## 2.2 Endoskopik PGHÖ

PGHÖ yöntemi; akışa müdahalesiz, optik bir ölçüm yöntemidir. Dolayısı ile bir önceki bölümde aktarıldığı gibi ölçümün gerçekleşmesi için, inceleme alanına lazer düzleminin ulaştırılabilmesi ve bu düzlemin kameralar ile görüntülenebilmesi gerekmektedir. Ancak, split klima iç ünitesinin iç kısmı gibi optik erişiminin bulunmadığı sistemlerde, yöntemin standart hali ile uygulanması mümkün değildir.

Endoskopik PGHÖ yöntemi, kapalı ve dar bölgelerde PGHÖ'nün uygulanması için tasarlanmış özel bir yöntemdir. Aydınlatmanın, kapalı hacimde sağlanabilmesi için, lazer sistemin içine ışın olarak taşınır ve ışık düzlemi içeride oluşturulur. Bunun uygulanması, endoskop denilen yardımcı ekipmanla yapılabileceği gibi ışının çıplak olarak taşınıp istenilen bölgeye yerleştirilecek bir mercek ile de yapılabilir. Şekil 2'de endoskop kullanımının, şekil 3'te ise lazerin doğrudan gönderildiği durumun örnekleri fotoğraflanmıştır.



**Şekil 2.** Isı Değiştiricisi ve sırt bölgesi arasındaki bölgedeki akış alanının incelenmesi için endoskopta ışık düzleminin oluşturulması [11].



**Şekil 3.** Fan ve Isı Değiştiricisi arasındaki bölgedeki akış alanının incelenmesi için lazerin ısı değiştiricisine yerleştirilen bir silindirik merceğe gönderilmesi ve lazer düzleminin oluşturulması [11].

İki yöntem karşılaştırıldığında, endoskop kullanılması lazerin açık alandan geçmemesi nedeni ile kullanıcı güvenliği açısından avantajlıdır. Ancak, akış alanına bir boru sokma gereksinimi PGHÖ'nün en büyük avantajlarından biri olan akışa müdahalesiz olma özelliğine zarar vermektedir. Ayrıca, endoskopun ucunda lazeri belirli bir açıda açan sabit bir mercek bulunmaktadır. Bazı durumlarda bu açılma açısı, istenilen bölgenin aydınlatılmasında yeterli olmamaktadır. Bu noktada tek çözüm, yeni bir endoskop alınmasıdır. Öte yandan lazerin doğrudan gönderildiği durumda ışın, hem akış alanına etki etmemekte, hem de mercek konusunda daha serbest çalışma şartları sağlamaktadır. Ancak, çıplak lazer ışınının, lazerin en kuvvetli ve tehlikeli hali olduğu unutulmamalıdır. Oluşabilecek bir yansıma, kameraların ya da kullanıcıların zarar görmesine neden olabilir.

Lazer düzleminin oluşturulmasının ardından kameraların bu düzlemi göreceği şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Bunun sağlanması için sistemde akışa zarar vermeyecek şekilde pencere açılması söz konusudur. Bu pencereler, genellikle o kadar dardır ki ikinci bir kameranın incelemesine izin vermez. Böyle durumlarda endoskopik uygulamalar tek kamera ile yapılabilir. Tek kameradan elde edilen sonuçların güvenilirliği, mevcut çalışmada Stereo PGHÖ yöntemi ile karşılaştırılarak elde edilmiştir.

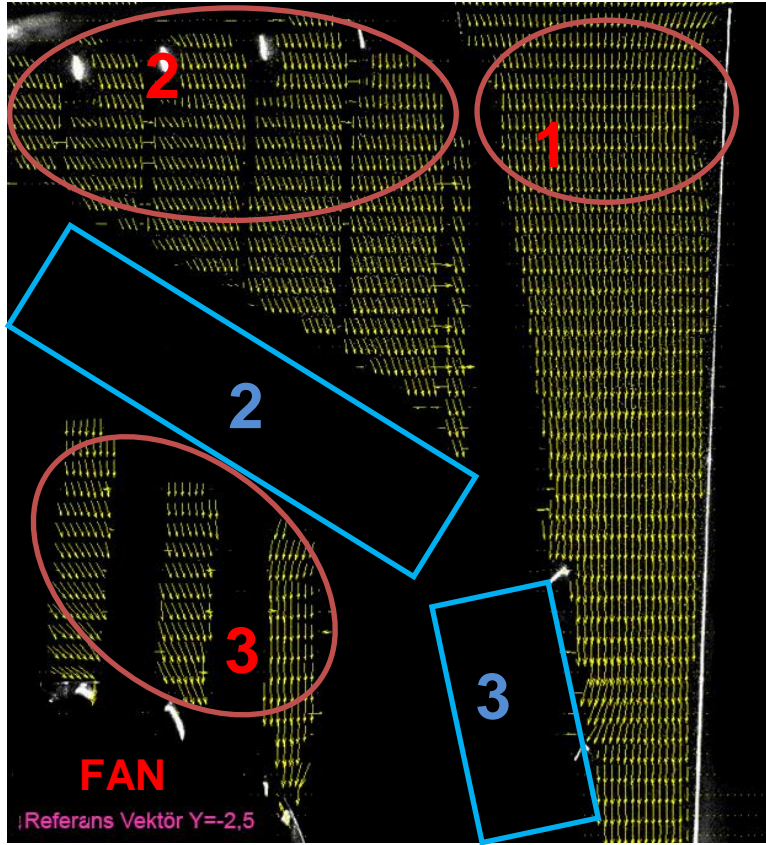
### 3. SONUÇLAR

Mevcut çalışma, TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Dolayısı ile çalışma kapsamında incelenen prototip, klima üreticisi bir firmanın ara prototipidir. Yapılan incelemeler sonucunda ara prototipte gerekli geliştirmeler yapılarak model üretime hazır hale getirilmiştir. Çalışma sonucunda üretilen son ürün, sanayi gizlilik nedeniyle sunulmamaktadır.

Çalışmalarda her inceleme düzlemi için 200'er görüntü çifti alınmış ve ortalama vektör haritaları sunulmuştur.

#### 3.1 Endoskopik PGHÖ Çalışmaları

Endoskopik PGHÖ yönteminde, aynı anda tüm cihazda ışık düzlemi oluşturulamaması nedeniyle sistem bölgelere ayrıştırılarak incelenmiştir. Hızlı prototip cihazı ile üretilen pencere modelde, incelenmek istenilen bölgeye göre ışık düzlemi oluşturulmuştur.



Şekil 4. Klimanın ön kısmından alınan Endoskopik PGHÖ deney sonucunda elde edilen ortalama vektör haritası.

Şekil 4'te, klimanın ön kısmından alınan endoskopik PGHÖ deney sonuçları sunulmuştur. 1 numaralı bölge, klimanın ön kısmında estetik gereği kullanılan kapağın emiş bölgesidir. Stereo PGHÖ ile yapılan emiş deneyi ile paralel olarak, kapağın üst kısmında bir akış ayrımı olduğu tespit edilmiştir. Bu ayrım, akış kesitinin %10 daha az kullanılmasına neden olmaktadır. Bu ayrılmanın gerçekleşmemesi için, kanalın açısı ve genişliği tekrar tasarlanmıştır. Ayrıca, söz konusu kanal boyunca ilerleyen akış incelendiğinde, hızın giderek arttığı tespit edilmiştir. Giriş bölgesinde 2.5 m/s mertebesinde bulunan hızların, kanalın 3 numaralı ısı değiştiricisine akışı taşımak için açılan kanalların ani kesit daralması nedeni ile hız artışı görülmüştür. Bu hız artışı, 3 numaralı ısı değiştiricisine akışı yönlendiren kanalların yeterli boyutta olmadığını göstermektedir. Burada yaşanan

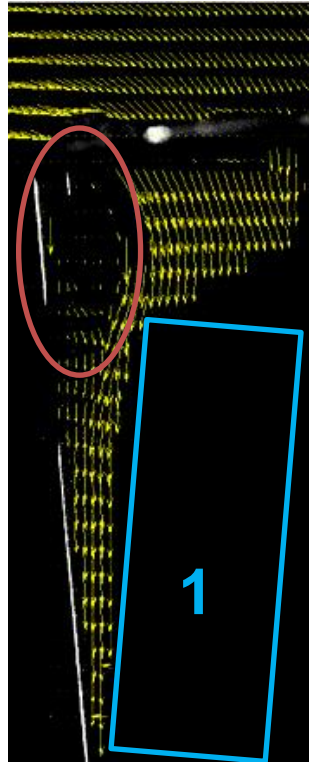
hızlanma ve ardından tekrar yavaşlama, enerji kayıplarına yol açmaktadır. Bunun düzeltilmesi amacı ile kanaldaki açıklıklar tekrar tasarlanmıştır.

2 numaralı bölge, klimanın üst kısmında emiş yapılan bölümdür. Buradaki akış beklendiği gibi düzenli bir yapıdadır. Ancak akış, klimanın ön kısmına doğru yönelmiş durumdadır. Bu açıdan bakıldığında ısı değiştiricisi 2'nin açısı, akışın açısına yakın bir açıya sahiptir. Bu akışın yönelmesi, hem arkadan emilen hava hem de 2 numaralı ısı değiştiricisinin yarattığı direnç nedeniyledir.

Burayı takip eden akış, 3 numaralı ısı değiştiricisine diklemesine girmektedir. Bu bölgede hız, 1 ile 2 m/s arasında değişmektedir. Akış, 3 nolu ısı değiştiricisine yaklaştığında, kesit daralması nedeni ile hız artmaktadır (2 m/s'ye yaklaşmakta). 3 numaralı ısı değiştiricisine arkasından dahil olan akış da değerlendirildiğinde, bu ısı değiştiricisinin verimli olarak çalışması beklenmektedir. Daha sonra firma bünyesinde yapılan performans testlerinde bu öngörü doğrulanmıştır.

2 Numaralı inceleme bölgesinde vektör bulunmayan ince çizgiler klimanın üst kısmında bulunan mazgal nedeniyledir. Arada veri alınamayan bölgeler interpolasyon ile doldurulabilir. Ancak, mevcut çalışmada ham verinin paylaşılması tercih edilmiştir.

3 numaralı inceleme bölgesi, ısı değiştiricisi ile fan arasındaki bölgedir. 2 numaralı bölgeye benzer şekilde, ısı değiştiricisi borularının yarattığı gölgeler, fan ile ısı değiştiricisi arasındaki bölgede, vektör kayıplarının oluşmasına neden olmuştur. Bu nedenle burası ayrıca incelenmiştir. Bu bölgede akış, ilk önce fana doğru ilerleyip fanın akış yapısına dahil olmaktadır.

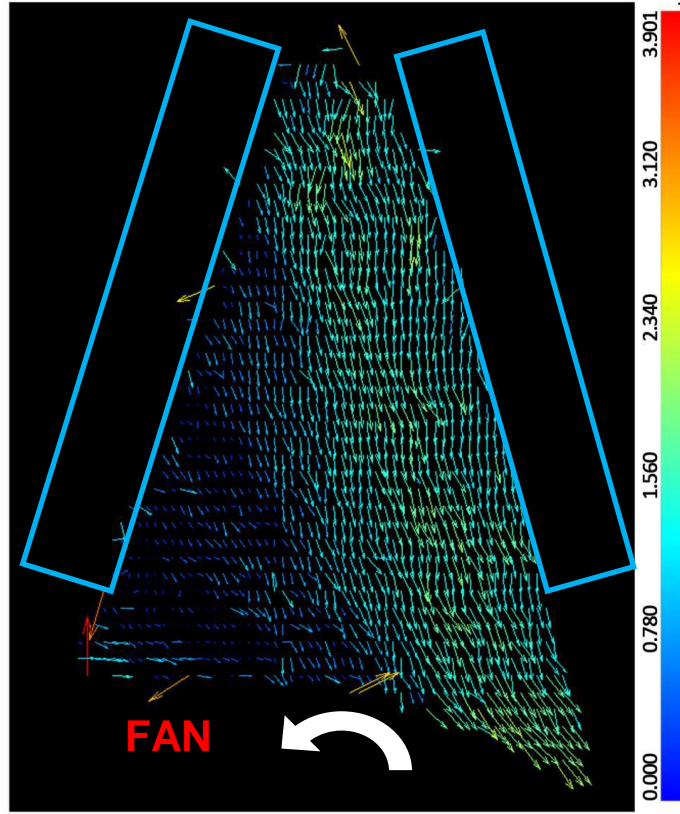


**Şekil 5.** Klimanın arka kısmında sırt ile 1 numaralı ısı değiştiricisi arasındaki bölgeden Endoskopik PGHÖ deney sonucunda elde edilen ortalama vektör haritası.

Şekil 5'te klimanın arka kısmında sırt ile 1 numaralı ısı değiştiricisi arasında kalan havanın hareketi gösterilmiştir. Akış alanına emilerek yukarıdan katılan hızlar ise, bu bölgede 1 m/s mertebesindedir. Kırmızı elips ile işaretlenen bölgede, ön kısma benzer bir şekilde akış yapısında ayrılma olduğu tespit edilmektedir. Bunun nedeni, prototipte sırt ile mazgal arasındaki birleşme şeklidir. Bunun düzenlenmesi ile problem çözülmüştür.



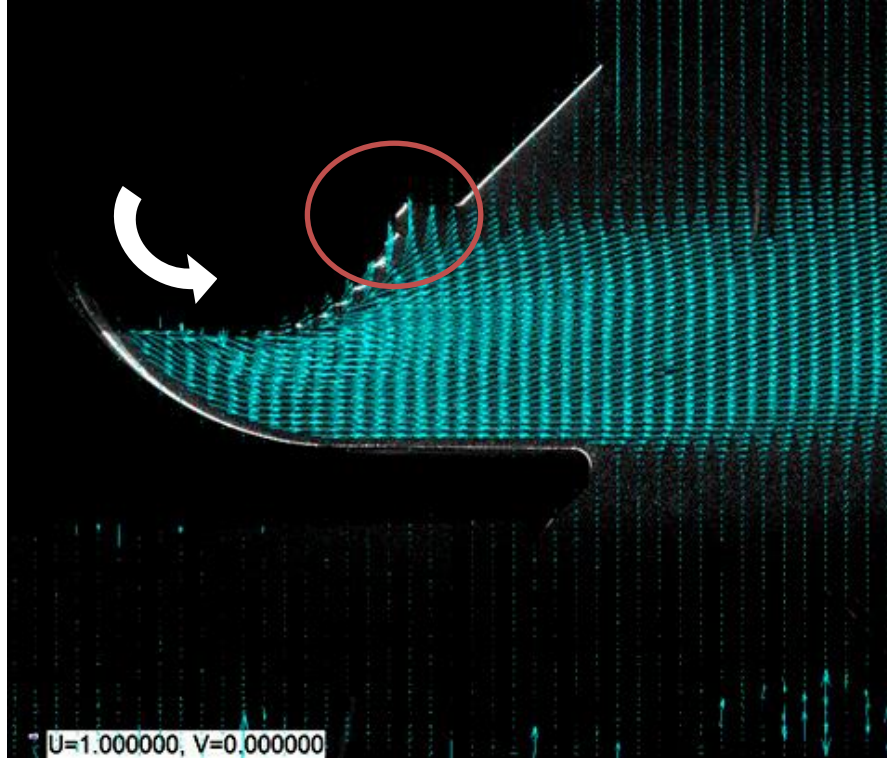
Ayrıca, şekil 5'te sunulan 1 numaralı ısı değiştiricisine giren hava incelendiğinde, akışın ısı değiştiricisine dik girdiği ve fanın etkisi ile arkadan çekildiği görülmektedir. Akışın ısı değiştiricisine diklemesine girmesi, alt kısımlarının daha verimsiz kullanılmasına yol açmaktadır. Öte yandan, arkadan dolanarak ısı değiştiricisine aşağıdan giren akışın hızının, yine kesit daralması nedeni ile arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum, hem olası by pass havası oranını arttırmakta hem de akışta enerji kayıplarına yol açmaktadır. 1 numaralı ısı değiştiricisinin konumu tekrar tasarlanmış ve tespit edilen enerji kayıpları çözülmüş, hatta avantaja çevrilmiştir.



**Şekil 6.** Isı değiştiriciler ile fan arasında kalan bölgeden Endoskopik PGHÖ deney sonucunda elde edilen ortalama vektör haritası.

Şekil 6'da, ısı değiştiriciler ile fan arasında kalan bölgeden, Endoskopik PGHÖ deney sonucunda elde edilen ortalama vektör haritası sunulmuştur. Vektör haritası incelendiğinde, akışın klimanın ön kısmına doğru yöneldiği gözlemlenmektedir. Bu noktada en önemli tespitlerden biri, akışın yönlenmesinin fanın dönüş yönüne ters olduğunun gözlenmesidir. Bunun nedeni, fanın alt kısmında girdap duvarı tarafından oluşan basınç düşümüdür. Bu sonuç, Eck'in kitabında da teorik olarak belirtilen, çapraz akışlı fanların, akışı kanatların itmesinden çok eksantrik girdabın yarattığı basınç düşümü ile sürdüğü fenomenini deneysel olarak doğrulamaktadır [1].

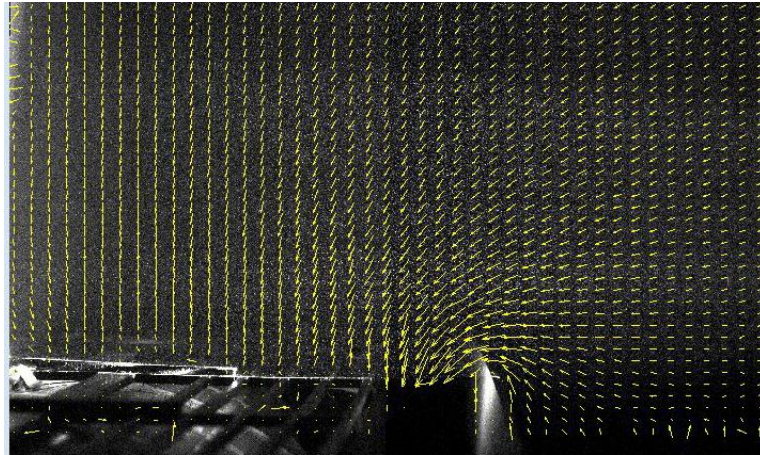
Şekil 7'de klimanın üfleme ağız bölgesinden, Endoskopik PGHÖ deney sonucunda elde edilen ortalama vektör haritası sunulmuştur. Kırmızı ile işaretlenen bölgede, girdap duvarı ile fan karşılaşmakta ve eksantrik girdap oluşmaktadır. Akış, klimanın sırtını takip ederek çıkış ağızını terk etmektedir. Bu da klimanın aerodinamik tasarımı açısından sırt geometrisinin önemini ortaya koymaktadır.



**Şekil 7.** Klimanın üfleme bölgesinden Endoskopik PGHÖ deney sonucunda elde edilen ortalama vektör haritası.

### 3.2 Stereo PGHÖ Çalışmaları

Mevcut çalışma kapsamında; Endoskopik PGHÖ verilerinin doğrulanması amacıyla, Stereo PGHÖ deneyleri yapılmıştır. Ayrıca yapılan deneyler, çalışmayı destekleyen proje kapsamında yapılan CFD analizlerinin doğrulanması ve CFD'de modellenemeyen üç boyut etkilerinin saptanarak prototipte iyileştirilmeler yapılması amacıyla da kullanılmıştır.

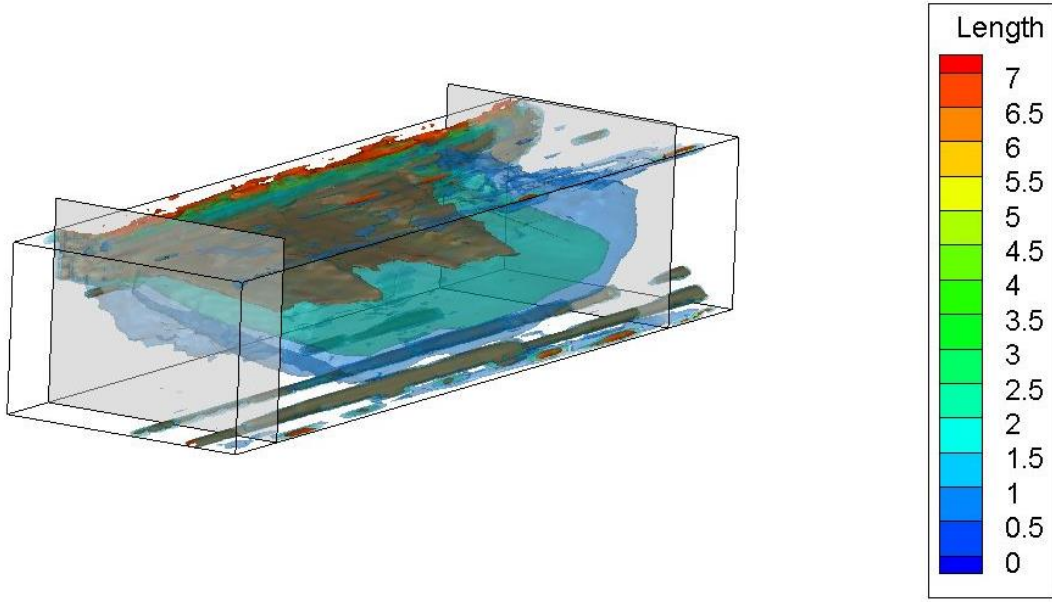


**Şekil 8.** Klimanın üst bölgesinden elde edilen Stereo PGHÖ deney sonucunda elde edilen ortalama vektör haritası.

Şekil 8'de klimanın üst kısmından elde edilen Stereo PGHÖ deney sonucu sunulmuştur. Sonuçlar Şekil 3 ve Şekil 4 ile karşılaştırıldığında, hızların ve akış yapısının uyduğu görülmektedir. Bu da Endoskopik PGHÖ ile elde edilen sonuçların, Stereo PGHÖ ile tutarlı olduğu anlamına gelmektedir.

Çıkış bölümündeki akışın doğrulanması amacıyla ise üfleme ağzının hacimsel üç boyutlu hız dağılımı haritası elde edilmiştir. Bunun sağlanması için, klimanın kesiti boyunca 30 düzlemden Stereo PGHÖ deneyi yapılmıştır. Her bir deneyden elde edilen ortalama hız dağılımı haritası, interpolate edilerek hacimsel veriye ulaşılmıştır. Yöntemin detayları önceki çalışmalarda açıklanmıştır [6]. Elde edilen hacimsel veri, şekil 9'da eş hız yüzeyleri olarak verilmiştir.

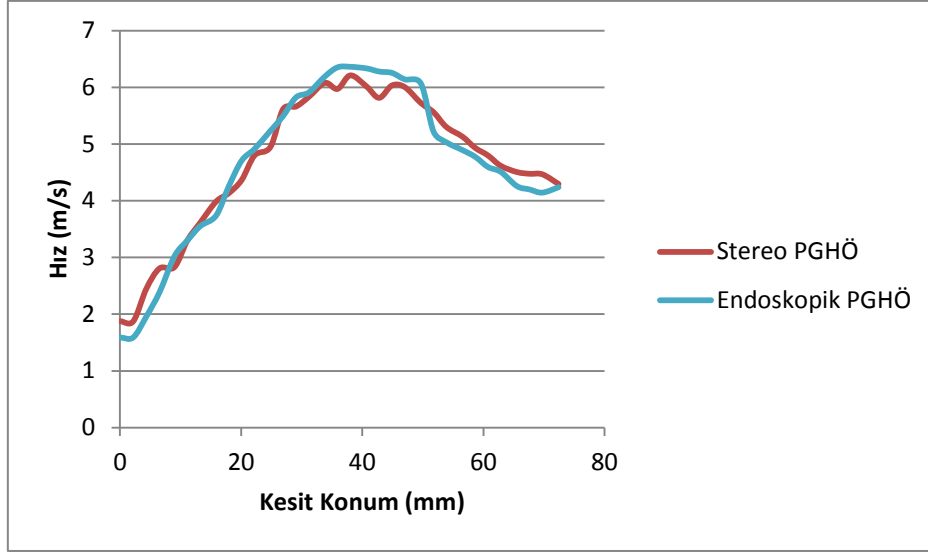
En iç kısımdaki eş hız yüzeyi, split klima iç ünitesinin yarattığı jetin çekirdeğini göstermektedir. Jet çekirdeğinin 7 m/s hızlarda olması, kuvvetli bir üfleme anlamına gelmektedir. Ayrıca iklimlendirilen havanın, oda hacmine daha kuvvetli bir şekilde nüfuz edeceği anlamına gelmektedir. Jetin çekirdeği incelendiğinde, iki tepeli bir akış yapısı gözlemlenmektedir. Bu yapıya önceki çalışmalarda da rastlanılmıştır ve oluşumunun nedeni, jetin durağan havada oluşturduğu ikincil akış bileşenleri olarak saptanmıştır [6].



**Şekil 9.** Split klima iç ünitesinin üfleme ağzından elde edilen hacimsel üç boyutlu hız dağılımı haritası eş hız yüzeyleri.

Yapılan deney sonucunda, incelenen prototipin dış akış yapısı elde edilmiştir. Ayrıca, buradan elde edilen veri, Endoskopik PGHÖ deneyinin doğrulanması için de kullanılmıştır. Şekil 10'da Endoskopik PGHÖ ve Stereo PGHÖ kullanılarak ayrı ayrı elde edilen akış profilleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Profiller incelendiğinde ortalama farkın 0,02 m/s olduğu görülmüştür.

Bu durumun bir diğer anlamı, endoskopik olarak incelenen bölgede üçüncü boyut hız bileşeninin baskın olmadığıdır. Dolayısı ile bölge sayısal çalışmalarda, ısı değiştiricisinin etkileri değerlendirilmek koşulu ile, iki boyutlu olarak incelenebilir.



Şekil 10. Endoskopik PGHÖ ve Stereo PGHÖ'den elde edilen akış profillerinin karşılaştırılması.

#### 4. DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışmalar sonucunda, bir split klima iç ünitesinin içinde ve dışında oluşan hava akış yapısı incelenmiştir. Yapılan araştırma sayesinde incelenen ön prototipin akış açısından geliştirilebilecek bölgeleri tespit edilmiş ve gerekli tasarım değişikliği yapılmıştır.

Ayrıca, Split klima iç ünitesi içerisinde oluşan akış konusunda bilgi alt yapısı oluşturulmuştur. Bu bilgi alt yapısının kullanılması, daha yüksek performanslı cihazların yapılmasına ön ayak olacaktır.

Çalışmanın bir diğer önemli noktası, PGHÖ ve PGHÖ'nün üst yöntemlerinin sanayide uygulamasına bir örnek oluşturmaktadır. Özellikle Endoskopik PGHÖ konusunda uygulama yöntemi önermektedir.

Bu çalışma 3130591 nolu TEYDEB Projesi ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Eck, B. "Design and operation of centrifugal axial flow and cross flow fans." Oxford: Pergamon Press, 1973.
- [2] Lazarotto L., Lazaretto A., Martegani A.D., Macor A. "On cross-flow fan similarity: effects of casing shape" Fluid Eng.-T. ASME, Vol. 123, P. 523–531, 2001.
- [3] A. Lazaretto, A. Toffolo, A.D. Martegani "A systematic experimental approach to cross-flow fan design", Fluid Eng.-T. ASME, Vol. 125, P. 579-597, 2003.
- [4] Lee S. H., Na S. U., Kang G. & Ko H. S. "Study on flow distribution for room air conditioner using visualization technique." The Visualization Society of Japan (2010)
- [5] KARADENİZ Z. H., KUMLUTAŞ D., ÖZER Ö., "Parçacık görüntülemeli hız ölçümü yöntemi: split klima iç ünitesi örneği" 10. Ulusal Tesisat Mühendisliği kongresi, İzmir, 2011
- [6] KARADENİZ 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.



- [7] KARADENİZ Z. H., KUMLUTAŞ D., ÖZER Ö. “The effect of the angular position of the directing airfoil on the room air conditioner outflow characteristics” 9th International Symposium on Particle Image Velocimetry, Kobe, Japonya, 2011.
- [8] Prasad, A. K. “Stereoscopic particle image velocimetry. Experiments in Fluids”, Vol .29, P. 103-116, 2000.
- [9] Özer Ö., KUMLUTAŞ D., KARADENİZ Z. H. “Parçacık görüntülemeli hız ölçümü yöntemine etki eden perspektif hatalar ve çözüm yöntemleri” 19. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Samsun, 2013.
- [10] KARADENİZ Z. H., KUMLUTAŞ D., ÖZER Ö., KURU F., “İklimlendirilen Hacimlerin Akış Dağılımının İncelenmesinde Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçümü Verilerinin Sayısal Oda Modeline Uygulanması”, Ulusal İklimlendirme Kongresi, Antalya, 2011.
- [11] ÖZER Ö., “Experimental investigation of velocity and temperature distribution inside a split air conditioners indoor unit” Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2011.

## 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.

### İlhami GÜMÜŞ

28 Ocak 1986 Manisa doğumludur. İlk ve orta öğrenimini Manisa'da sırasıyla Necatibey İÖO, Şehitler İÖO ve Manisa Süper Lisesi'nde gördü. Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 2009 yılında mezun oldu. Şu an Vestel Beyaz Eşya A.Ş. Klima Fabrikası AR-GE'de mekanik tasarım ve PIV analiz mühendisi olarak çalışmaktadır.

### Soner SUDA

1980 doğumludur. 2005'te Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirdi. BMC Sanayi ve Ticaret A.Ş., Gates Powertrain ve Johnson Controls şirketlerinde çalıştı. Şu anda Vestel Beyaz Eşya A.Ş. Klima Fabrikası, AR-GE Bölümünde Senior Design Architect olarak çalışmaktadır.

