



**Bu bir MMO
yayıdır**

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

KLİMA CİHAZI ÜFLEME AĞZI GEOMETRİSİNİN HAVA DAĞILIMLARI ÜZERİNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK ARAŞTIRILMASI

DENİZ YILMAZ
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

HANDE BEZCİ ZEREN
NİŞANTAŞI ÜNİVERSİTESİ

İBRAHİM TİMUÇİN İNCE
AHMET CAN
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ



KLİMA CİHAZI ÜFLEME AĞZI GEOMETRİSİNİN HAVA DAĞILIMLARI ÜZERİNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Hande BEZCİ ZEREN
Deniz YILMAZ
İbrahim Timuçin İNCE
Ahmet CAN

ÖZET

Klima cihazları günümüzde yaşam standartlarının iyileştirilmesi için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat bu durum uzun vadede bazı sağlık sorunları yaratabilmektedir. Sosyal ekonominin hızlı gelişimi ile yaşam standartları yükselmiş ve konut yaşamı önem kazanmıştır. Çağımız insanı vaktinin çoğunu kapalı ortamlarda geçirmeye başlamıştır. Bu kapalı ortamlardaki ısı konfor şartları insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Araştırmalar göstermiştir ki; klima cihazı kullanılan ortamlarda bulunan insanlar uyusukluk, kuru cilt ve baş ağrısından şikâyetçidirler. Bu sebeple yaşanan ortamlarda ki ısı konfor ve hava kalitesi üzerine birçok araştırma yapılmaktadır.

Bu çalışmada, FLUENT ticari yazılımı kullanılarak duvar tipi bir oda klimasıyla şartlandırılan bir oda içerisindeki ısı konfor şartlarını etkileyen en önemli parametrelerden biri olan hava hızlarının ve akış alanlarının iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Literatürde karşılaşılan örnekler uygun olarak 3-boyutlu klima ve oda geometrisi tasarlanmıştır. Akış alanı hesaplama ayrıntısına göre elemanlara ayrıştırılmıştır. Akış türbülanslı (çalkantılı), sürekli ve sıkıştırılmaz olarak kabul edilmiştir. Klima ağız geometrisi ayrıştırma işlemi esnasında çalkantı kaynağı olarak modellenmiştir. Sayısal modellemede hesaplamalar standart k-ε modeli kullanarak yakınsatılmıştır. Hesaplamalar sonunda oda içindeki hız alanları, klima ağızının akış alanına etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Klima, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), Türbülans.

ABSTRACT

Nowadays, air conditioners are commonly used for increasing life standards. But in long term this situation creates some health problems. With rapid development of social economy, a life standard has been increased and indoor life has great significance. In these days, people tend to spend even more time indoors. Indoor environmental quality is important for human health. Researches show that, people that situated in air conditioned environment complaint about sluggishness, dry skin and headache. For that reason a lot of researches have been done about thermal comfort and air quality.

In this research, by using Fluent software, improvement is aimed on air flow field which has one of the most significant effects on thermal comfort requirements in an air-conditioned room. In compliance with examples in the literature, a 3D geometry has been designed and the flow equations are discretized with respect to flow field. Flow is considered as turbulent, continuous and incompressible. The inlet geometry of air conditioner has been modelled as turbulence source during discretization. During the numerical simulation, calculations have been converged by using

standard k-ε turbulence model. As a result of calculations, velocity fields of the airflow and the effect of air conditioner's inlet geometry on the flow field have been examined.

Key Words: Air Conditioner, Computational Fluid Dynamics (CFD), Turbulence.

1. GİRİŞ

Ev tipi klima cihazları ilk olarak 1930'ların başında Amerika'da kullanılmaya başlanmıştır. Çoğunlukla merkezi iklimlendirme sistemlerinin bulunmadığı binalarda ekonomik açıdan uygun bir çözüm olması sebebiyle tercih edilmektedir. Özellikle yeni gelişmekte olan ülkelerde kullanımı gittikçe artmaktadır. Günümüz insanının kapalı ortamlarda daha fazla vakit geçirmesiyle birlikte iç ortam şartlandırılması oldukça önemli bir araştırma alanı olmaya başlamıştır. İç ortam şartlandırılmasında temel unsur konfor şartlarının sağlanmasıdır. Ortamdaki ısı konforunun sağlanması için esas faktörler; standartlarda belirtilen uygun sıcaklık, bağıl nem, radyan sıcaklık ve hava hızı değerlerinin oluşturulmasıdır. İç ortam şartları insan sağlığı üzerinde psikolojik ve fizyolojik problemlere sebep olabildiğinden dolayı oldukça önemli bir konudur. Bu sebeple de daha sağlıklı bir iç ortam için, hava akış alanları ve sıcaklık dağılımlarının iyileştirilmesi gerekliliği vardır.

Bu konuda yapılmış literatürde çok çeşitli çalışmalara rastlanmaktadır. Akış alanını analiz etmek için çoğunlukla sayısal yöntemler kullanılmaktadır [1-2]. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), HVAC çalışmalarında oldukça iyi sonuçlar vermektedir [3-4]. Sayısal yöntemlerin bu çalışmalarda tercih edilmesinin sağlamış olduğu avantajlar Fletcher vd. tarafından sıralanmıştır [5]. Özellikle tasarım aşamasındaki projelerde sayısal analiz yöntemi kullanılarak istenilen konfor şartları ve hava dağılımlarının sağlanması için gerekli düzenlemeler yapılabilir.

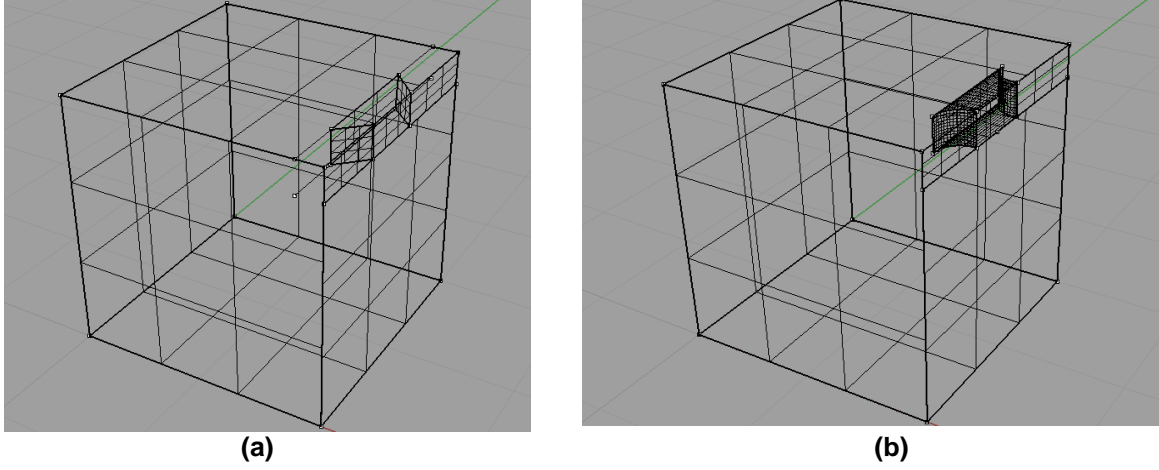
Isıl konfor şartlarının sağlanması açısından oda içerisindeki hava hızlarının 0.2m/s seviyelerini aşmaması gerekir. Ve yine hava dağılımlarının da mümkün olduğunca homojen olması beklenmektedir. Ancak split tip klima gibi ev tipi ünitelerde, belirli bir kesit üzerinden hızla üflenen havanın oda içerisinde homojen dağıtılması oldukça zordur. Bu da konforsuzluğa neden olmaktadır. Burada iki önemli parametre vardır. Bunlardan biri klima cihazının yerinin doğru seçilmiş olması, bir diğeri ise üfleme ağzı geometrisinin mümkün olduğunca havanın homojen dağılımına imkan verecek şekilde tasarlanmasıdır. Oda içerisindeki akış alanının düzenlenmesi için yapılmış çalışmalar klima üfleme ağzı geometrisinin ve fan seçiminin önemine işaret etmektedirler [6-9].

Bu çalışmada klima üfleme ağzı geometrisinin oda içerisindeki hava hareketlerine etkileri sayısal olarak incelenmiştir. Çalışmada iki farklı klima üfleme ağzı geometrisi kullanılmıştır. Birinci geometrik modeldeki keskin köşelerden dolayı akış alanında oluşan olumsuzlukların ortadan kaldırılması için ikinci geometride klima üfleme ağzında iyileştirmeler yapılmıştır.

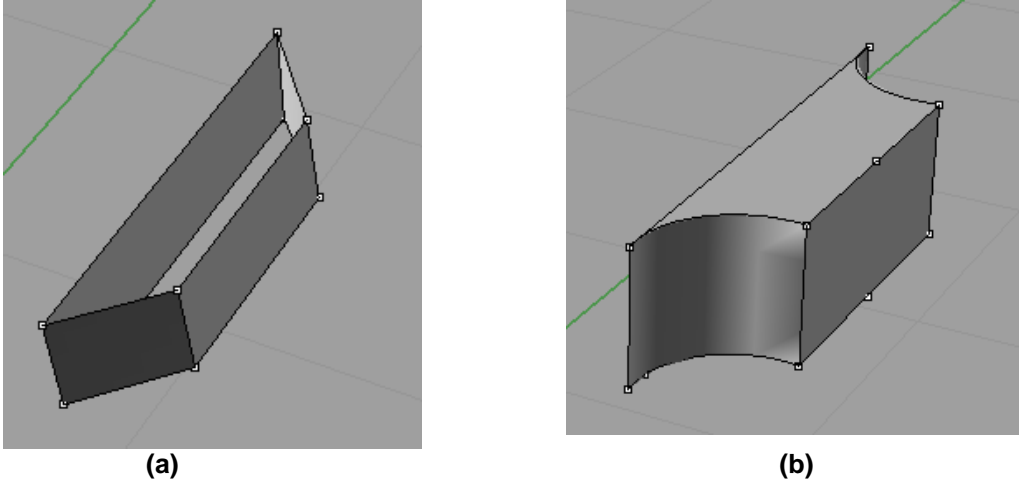
2. MODELLEME VE ÇÖZÜM YÖNTEMİ

2.1. Geometrinin Modellenmesi

Akış analizi yapılacak olan oda 2x2x2 (m) ebatlarındadır (Şekil 1). Oda içerisine yerleştirilen ev tipi klima cihazı duvarı ortalayacak şekilde yerleştirilmiştir ve geometrisi ise Şekil 2'de görülmektedir. Klima üfleme ağzına 25°'lik bir açı verilmiştir. Bu açı üfleme yönlendiricilerinin (flap) modellenmesi için kullanılmıştır. İkinci bir modelde ise klima üfleme ağzındaki keskin köşelerin ortadan kaldırılması için eğimler verilmiş ve yuvarlatmalar yapılmıştır. Katı model SolidWorks programında oluşturulmuştur. Klima üfleme ağzı boyu 0.8m olup, eni 0.2m'dir.



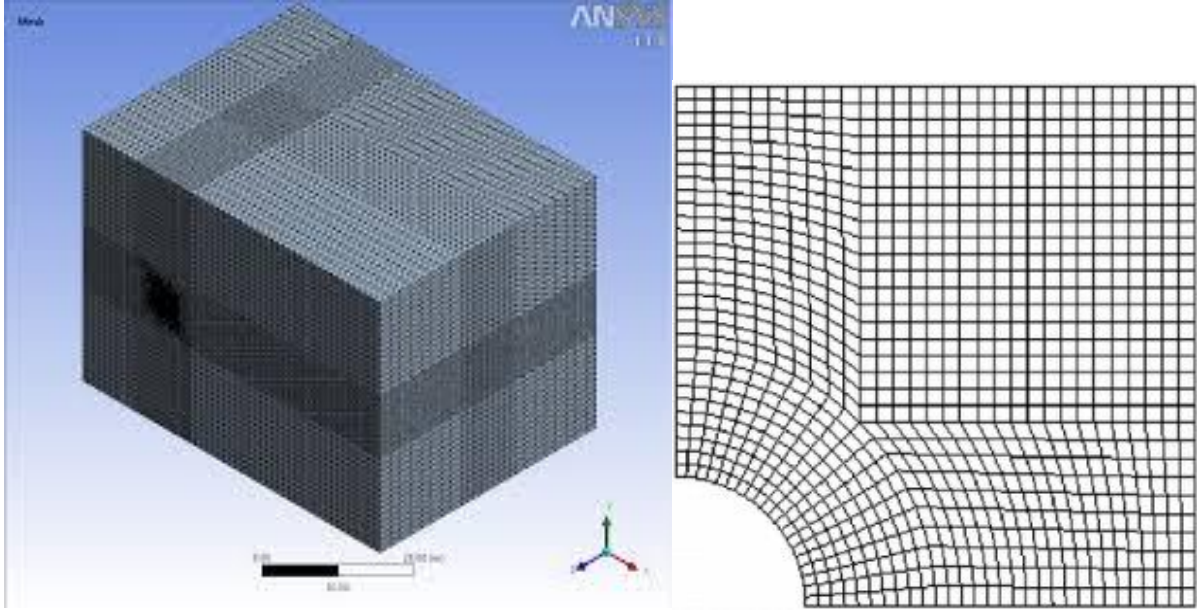
Şekil 1. Geometrik Model (a)İlk Geometri, (b)İyileştirilmiş Geometri.



Şekil 2. Klima Ağız Geometrisi (a)İlk Geometri, (b)İyileştirilmiş Geometri.

2.2. Ağ Yapısı

Hesaplamlarda kullanılan çözüm alanı “unstructured” elemanlardan oluşmaktadır. Oda içerisinde yaklaşık olarak 1,000,000 “unstructured” eleman kullanılmıştır. Klima üfleme ağzının daha doğru çözümlenebilmesi için daha sık ağ kullanılmıştır. Diğer yerlerde daha kaba bir ağ yapısı kullanılmıştır. Sayısal ağ ICEM CFD kullanılarak oluşturulmuştur. Oda ağ yapısı Şekil 3’de gösterilmiştir. Her iki durum için de sayısal ağ yapısı aynıdır.



Şekil 3. Hesaplalarda Kullanılan Ağ Yapısı.

2.3. HAD Yöntemi ve Matematiksel Model

Çözümler için FLUENT Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılımı kullanılmıştır. Oda içerisindeki akış için Reynolds Ortalamalı Navier Stokes (RANS), momentum ve süreklilik denklemleri çözülmüştür. Türbülans modeli olarak Standart k-ε modeli kullanılmıştır. Hesaplalarda yer çekimi etkisi göz önüne alınmıştır. Yakınsama kriteri olarak türbülans ve hız için 10^{-6} alınmıştır. Diferansiyel denklemlerin çözülmesinde birinci dereceden ayrıklaştırma (first order upwind) kullanılmıştır.

Akışkan hareketinin Eulerian tanımı için korunum yasasının genel denklemi [10-12];

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \phi dV + \oint_A \rho \phi V dA = \oint_A \Gamma \nabla \phi dA + \int_V S_\phi dV \quad (2.1)$$

Genel korunum denklemi sırasıyla zamana bağlı terim, konveksiyon, difüzyon ve üretim terimlerinden oluşmaktadır.

Kütle Korunumu:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho U) = 0 \quad (2.2)$$

Momentum Korunumu:

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = \text{div} \tau + \rho f \quad (2.3)$$

$$\tau_{kk} = -p + \lambda \text{div} v + 2\mu \frac{\partial v_k}{\partial x_k} \quad (2.4)$$

$$\tau_{kk} = -p + \lambda \text{div} v + 2\mu \frac{\partial v_k}{\partial x_k} \quad (2.5)$$

x-momentum:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \text{div}(\rho u u) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \text{div}(\mu \nabla u) + S_{Mx} \quad (2.6)$$

y-momentum:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \text{div}(\rho v u) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \text{div}(\mu \nabla v) + S_{My} \quad (2.7)$$

z-momentum:

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \text{div}(\rho w u) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \text{div}(\mu \nabla w) + S_{Mz} \quad (2.8)$$

Bu denklemlerdeki S_{Mxyz} terimleri kaynak terimlerini ifade etmektedir.

Standard k- ϵ Türbülans Modeli

Prandtl formülü: $v_t = C_\mu \frac{k^2}{\epsilon}$ (2.9)

Türbülans kinetik enerjisi: $k = \frac{1}{2} \sum_i \overline{u_i^2}$ (2.10)

Türbülans enerji yayılımı oluşur ve ϵ yayılma oranıyla yayılır;

$$\frac{Dk}{D\tau} = D + P - \epsilon \quad (2.11)$$

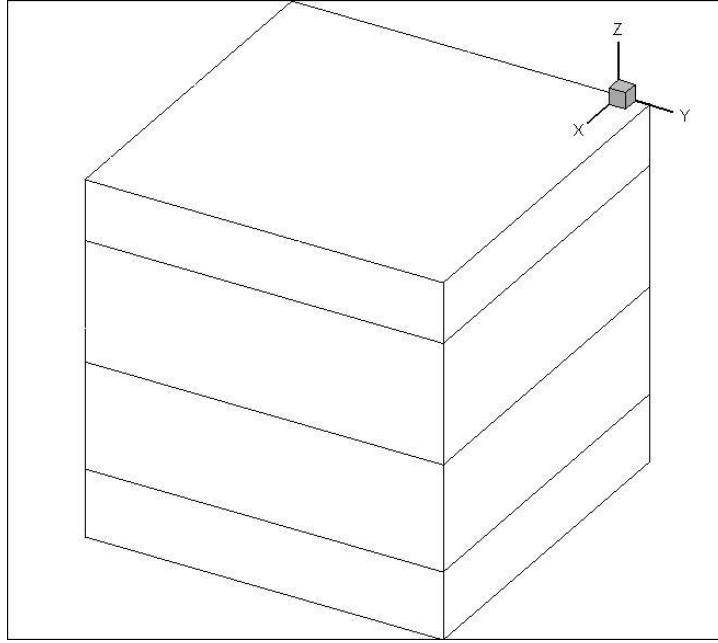
Yayılım oranı denklemi: $\frac{D\epsilon}{D\tau} = D_\epsilon + P_\epsilon - \epsilon_\epsilon$ (2.12)

2.4. Sınır Koşulları

Hesaplamalarda odanın bütün yüzeyleri ve klima üfleme ağız dışında kalan yüzeylere “wall” sınır koşulu verilmiştir. Klima üfleme ağız ise “velocity inlet” sınır koşulu verilmiş ve hız sabit olarak 0.5m/s olarak tanımlanmıştır. Çözümler zamana bağlıdır.

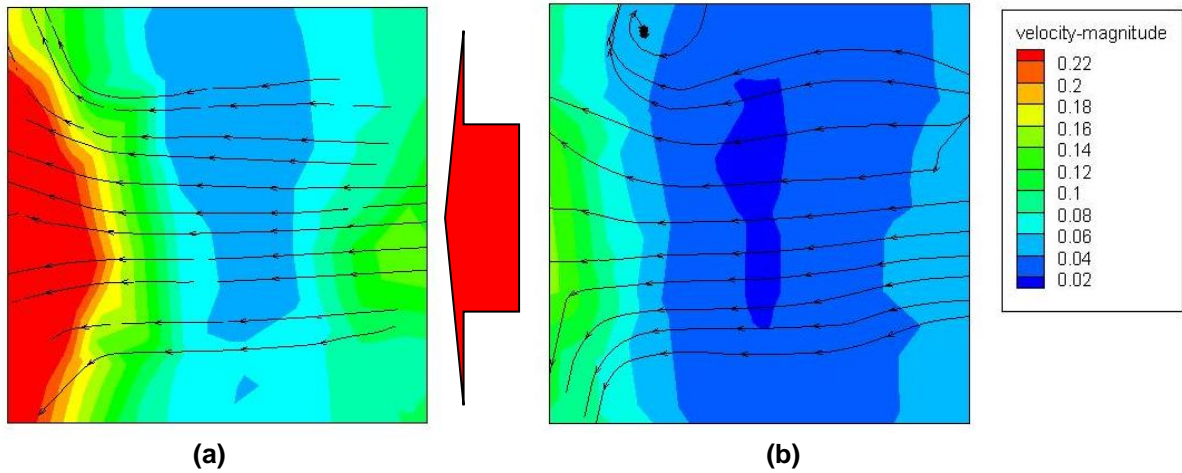
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sayısal Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği analizlerinden elde edilen hız dağılımları X-Y düzlemi için farklı Z mesafelerinde (Şekil4, Z=0.12m (alt), Z=1m(orta) ve Z=1.6m(üst)) Şekil 5-6-7’de görülmektedir.



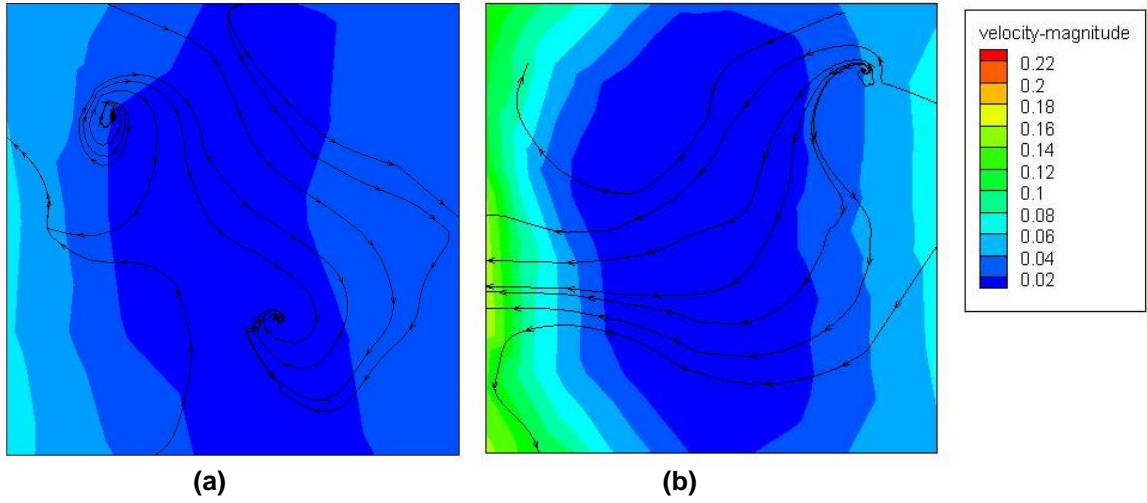
Şekil 4. Z Ekseninde X-Y Düzlemleri.

Şekil 5’de odanın üst kısmı ($Z=1.6m$) için alınan X-Y düzlemindeki akış çizgileri ve hız dağılımları görülmektedir. Klima üfleme yüzeyine denk gelen bu kesitte akım çizgileri incelendiğinde hareketin düzenli akış şartlarını sağladığı görülmektedir. Hız dağılımları modellemeye beklendiği gibi düzenli bir yol izlemektedir. Birinci durumda akış yüksek hızlarla çevrıntiler halinde karşı duvara ulaştığından o bölgede yüksek hızlar hesaplanmıştır (bu durum literatürde “Von Kármán vortex sheet” olarak geçmektedir). İkinci durumda üfleme ağzında yapılan düzeltmeler ile yüksek hız alanları kaybolmuştur.



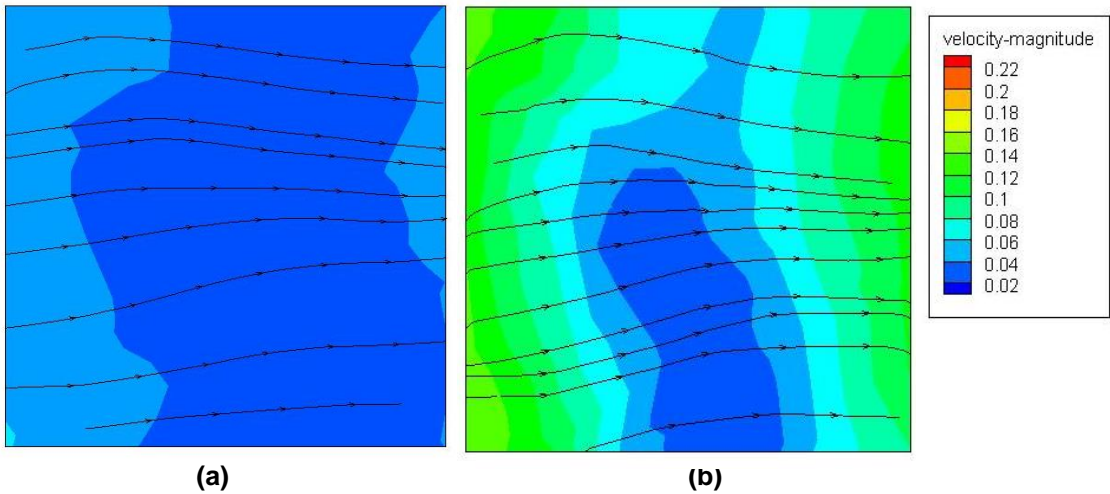
Şekil 5. X-Y Düzleminde Hız Dağılımları (m/s) ve Akış Çizgileri ($Z=1.6m$).
(a) İlk Geometri, (b) İyileştirilmiş Geometri.

Şekil 6’da odanın orta kısmı ($Z=1m$) için alınan X-Y düzlemindeki akış çizgileri ve hız dağılımları görülmektedir. İlk durumda, odanın orta kısımlarında görüldüğü üzere çevrıntiler oluşmaktadır. Bu çevrıntiler sebebiyle duvarlara gerekli ısı iletimi sağlanamamaktadır. Hız dağılımlarını incelediğimizde çevrıntilerin olduğu bölgelerde hız artışları görülmektedir. Yine akış vektörleri de ters yönde hareket etmektedir. Çevrinti akış alanında istenmeyen bir durum olduğu için akış alanı düzenlenmesiyle ortadan kaldırılabilir. İkinci durumda ise klima üfleme ağzında yapılan iyileştirme ile çevrıntiler kaybolurken, hızlarda artış olduğu görülmektedir. Klima ağzındaki kıvrımların keskin köşelerinin etkisi alt tabakalarda hız artışı ile görülmektedir.



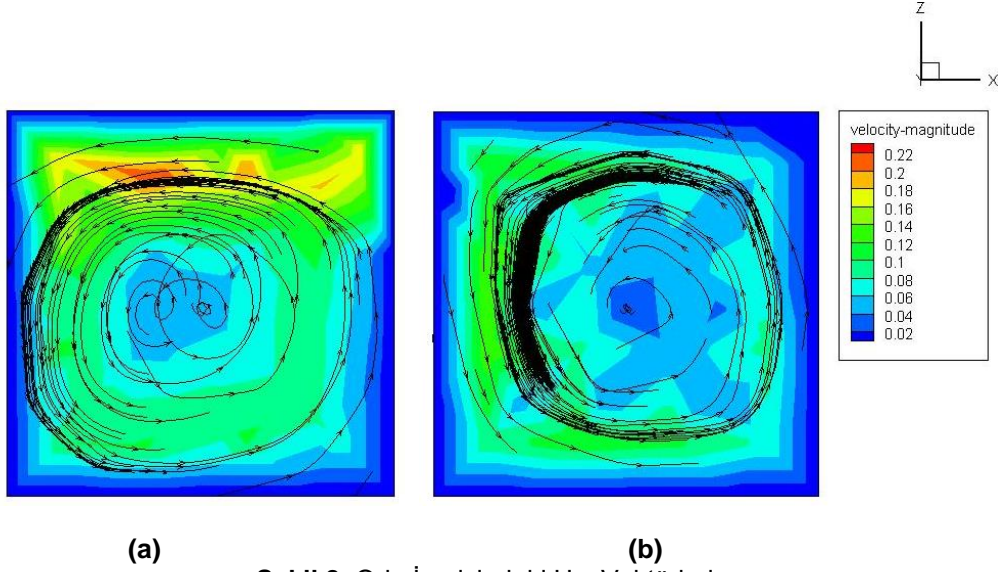
Şekil 6. X-Y Düzleminde Hız Dağılımları (m/s) ve Akış Çizgileri (Z=1m).
(a)İlk Geometri, (b)İyileştirilmiş Geometri.

Şekil 7’de ise odanın alt kısmı (Z=0.12m) için alınan X-Y düzlemindeki akış çizgileri ve hız dağılımları görülmektedir. En alt kesite ait dağılımlarda orta ekseninde oluşan çevrintilerin etkisiyle akış tamamen ters dönmekte ve yön değiştirmektedir. Bu şekilde akış en alt kısımda tam tersi davranmaktadır. Yani kaynaktan uzaklaştıkça kötü etkiler maksimum değerlerine ulaşmaktadır. Burada akış çizgilerinin ise yine uniform dağıldığı görülmektedir.



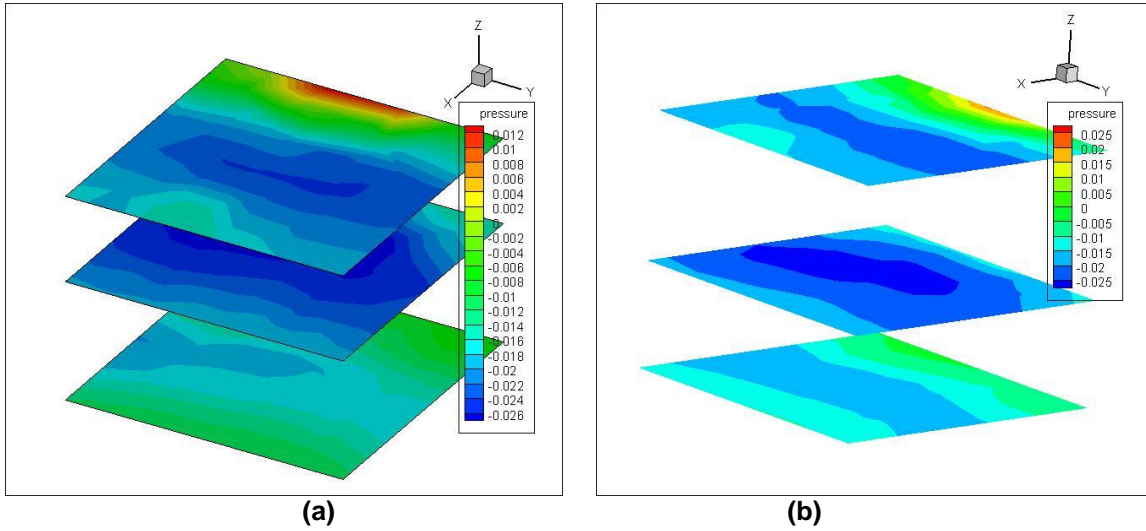
Şekil 7. X-Y Düzleminde Hız Dağılımları (m/s) ve Akış Çizgileri (Z=0.12m).
(a)İlk Geometri, (b)İyileştirilmiş Geometri.

Şekil 8’de oda içerisindeki hız vektörleri görülmektedir. İlk durumda çevrintide kopukluklar ve küçük girdaplar görülürken ikinci durumda bu girdaplar kaybolmuştur. Yine ilk durumda klima üfleme ağız ekseninde hızlardaki yükselme net şekilde görülmektedir. İyileştirme durumunda hız dağılımları çok daha homojendir.



Şekil 8. Oda İçerisindeki Hız Vektörleri
(a)İlk Geometri, (b)iyileştirilmiş Geometri.

Yüksek hızlardan kaynaklanan basınç yükseltmeleri de Şekil 9'da gösterilmiştir. Klima üfleme ağzının bulunduğu bölgede basınçlar en yüksek seviyelerdedir.



Şekil 9. Oda İçerisindeki Basınç Dağılımları (Z=0.12m, Z=1m, Z=1.6m)
(a)İlk Geometri, (b)iyileştirilmiş Geometri.

SONUÇ

İki farklı üfleme ağı geometrisi çalışılmıştır. Bunlardan iyileştirilmiş ikinci geometri ile sayısal olarak daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sayede klimanın üflediği havanın oda içerisindeki yayılımının bağlı olduğu parametrelerden birinin üfleme ağı geometrisi olduğu saptanmıştır.

Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak, oluşan çervintiler ve bu çervintilerin sebep olduğu yüksek hız ve basınç alanları ve ters akım çizgilerinin önüne geçmek için klima üfleme ağzında bulunan keskin köşeleri en aza indirmek ve klima lokasyonu üzerinde çalışmak gerekmektedir. Akım çizgilerinin düzenlenmesi için bu çalışmayla birlikte eş zamanlı olarak farklı sınır şartları ve farklı türbülans

modelleriyle de simülasyonlar yapılmaktadır. Bu sayede fanın performans eğrileri çıkarılıp ona göre de optimum bir tasarım noktası belirlenecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Avara, A., Daneshgar, E., Optimum placement of condensing units of split-type air-conditioners by numerical simulation, *Energy and Buildings*, 40 (7), 2008, 1268-1272.
- [2] Chung I.P., Dunn-Rankin D., Using numerical simulation to predict ventilation efficiency in a model room, *Energy and Buildings* 28(1), 1998, 43 – 50.
- [3] Wang S.W., Chen Y.M., A novel and simple building load calculation model for building and system dynamic simulation, *Applied Thermal Engineering* 21, 6, 2001, 683 – 702.
- [4] Chow W.K., Application of computational fluid dynamics in building services engineering, *Buildings and Environment*, 31(5), 1996, 425 – 436.
- [5] Fletcher C.A.J., Mayer I.F., Eghlimi A., Wee K.H.A., CFD as a building services engineering tool, *International Journal on Architectural Science*, 2(3), 2001, 67 – 82.
- [6] Wang, S., Zhu, D., Application of CFD in retrofitting air-conditioning systems in industrial buildings, *Energy and Buildings*, 35(9), 2003, 893-902.
- [7] M.B. Botros, D.F. Hanna, J.E. Boulos, M.C. Lai, New apparatus and blower centrifugal fan design features to improve its performance, *ASME Fluids Engineering Division (Publication), FED 250*, ASME, 14–19 November 1999, 89–99.
- [8] Karadeniz, Z., 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*, 44, 2013, 334-344.
- [9] Wu, J.C., Liu, D.P., Pan, J., A study of the aerodynamic and acoustic performance of an indoor unit of a DC-inverter split air-conditioner, *Applied Acoustics*, 73(4), 2012, 415-422.
- [10] Hamelman, J., *Bread, A Baker's Book of Techniques and Recipes*, John Wiley & Sons Inc, 2004.
- [11] Pope, S.B., *Turbulent Flows*, Cambridge University Press, 2003.
- [12] Bergman, T.L., Lavine A.S., Incropera F.P., DeWitt D.P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 7th edition, John Wiley & Sons Inc.

ÖZGEÇMİŞ

Hande BEZCİ ZEREN

1984 İzmir doğumludur. İlk ve orta öğrenimini İzmir’de tamamlamıştır. 2006 senesinde İTÜ Fizik Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 2009 yılında İTÜ Makine Mühendisliği bölümünden Yüksek Mühendis unvanını almıştır. Aynı yıl İTÜ Makine Mühendisliği Bölümünde doktora başlamıştır. Halen doktora çalışmalarına devam etmektedir. Nişantaşı Üniversitesinde de öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

Deniz YILMAZ

1980 yılı İstanbul doğumludur. 2000 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden 2003 yılında Yüksek Mühendis, İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünden 2011 yılında Doktor unvanını almıştır. 2011 yılında İstanbul AREL Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi



olarak çalışmaya başlamış, 2012 yılında aynı üniversitede Yrd. Doç. Dr. olarak atanmıştır. Termodinamik, Isı Tekniği ve Tesisat konularında çalışmaktadır.

İbrahim Timuçin İNCE

1982 yılında Kara Harp Okulu ve 1986 yılında Boğaziçi Üniversitesinden lisans derecelerini, 1988 yılında Boğaziçi Üniversitesinden Yüksek Lisans derecesini aldı. 2008 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Bölümünde Doktora eğitimini tamamlayarak Doktor unvanını aldı. Kara Harp Okulunda 1988-2004 yılları arasında öğretim elemanı olarak görev yaptı. 2010 yılında Türk Silahlı Kuvvetlerinden emekli oluncaya kadar silahlı kuvvetlerin imalat ve yönetim kurumlarının çeşitli kademelerinde yöneticilik yaptı. 2011 yılında İstanbul AREL Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde Yrd. Doç. Dr. olarak çalışmaya başladı. Termodinamik, Isı Transferi ve Akışkanlar Mekaniği konularında çalışmaktadır.

Ahmet CAN

19.02.1953 Tekirdağ doğumlu. 1974 yılında Yıldız Devlet Müh. Mim. Akademisinden "Mak. Müh" unvanı ile mezun oldu. 1976 yılında Isı ve Proses Opsiyonundan "Yük. Mak. Müh" unvanı aldı. 1977 yılında 1 yıl asistanlık yaptı. 1978 - 1984 yılları arasında T.C. 1416 sayılı kanuna tabi devlet burslusu olarak Almanya'da 1978 -1981 yılları arasında Ord. Prof. Dr.-Ing.hab. Theodor GAST'ın nezdinde Technische Universitaet BERLİN, Fachbereich Energie und Verfahrenstechnik-Diplom Ingenieur (Dipl.-Ing.) unvanı ve 1982 - 1984 yılları arasında Doktor Ingenieur (Dr.- Ing.) unvanı aldı. Türkiye Cumhuriyeti Devletine mecburi hizmeti sebebiyle Trakya Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümüne Ocak 1985'te Yardımcı Doçent olarak atandı. Kasım 1989'da Termodinamik Bilim Dalı Doçenti oldu. Ocak 1997'de Termodinamik Bilim Dalında Profesör oldu. 18 Aralık 2012 tarihinde naklen Türk Alman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Sistem Mühendisliği Bölümüne Profesör olarak atandı. Halen İstanbul AREL Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi ve Mühendislik Fakültesi Dekanı olarak görev yapmaktadır.