

Klima Cihazı Üfleme Ağızı Geometrisinin Hava Dağılımları Üzerine Etkisinin Sayısal Olarak Araştırılması

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 ortamlardaki 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 ağızı 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.

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 konforun sağlanması için esas faktörler; standartlarda belirtilen uygun sıcaklık, bağıl nem, radyan sıcaklık ve hava hızı değerlerinin oluşturulmasıdır. İç ortam şartları insan sağlığı üzerinde

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.

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 literatürde yapılmış 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 0,2 m/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 ağız geometrisinin mümkün olduğunca havanın homojen dağı-

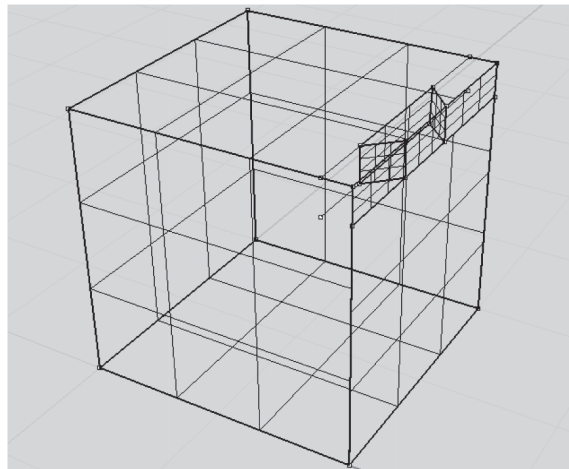
lımına imkân verecek şekilde tasarlanmasıdır. Oda içerisindeki akış alanının düzenlenmesi için yapılmış çalışmalar klima üfleme ağız geometrisinin ve fan seçiminin önemine işaret etmektedirler [6-9].

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

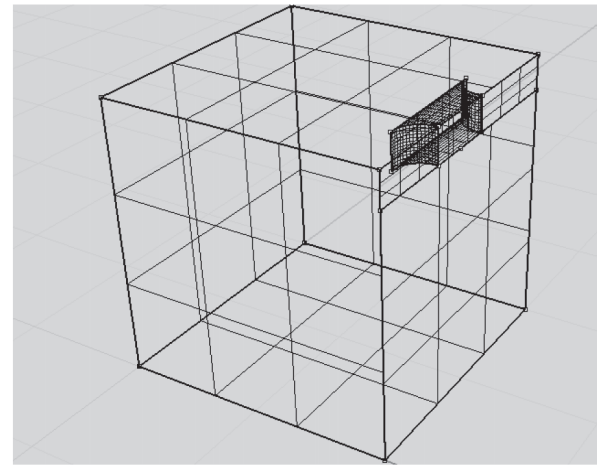
2. MODELLEME VE ÇÖZÜM YÖNTEMİ

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 ağızına 25°'lik bir açı verilmiştir. Bu açı üfleme yönlendiricilerinin (flap) modellenmesi için kullanılmıştır. İkinci bir modelde ise klima üfleme ağızındaki keskin köşelerin ortadan kaldırılması için eğimler verilmiş ve yuvarlatmalar yapılmıştır. Katı model SolidWorks programında oluşturulmuştur. Klima üfleme ağızı boyu 0,8 m olup, eni 0,2 m'dir.

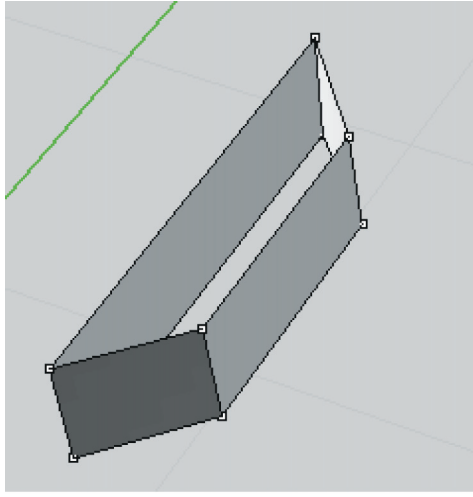


(a)

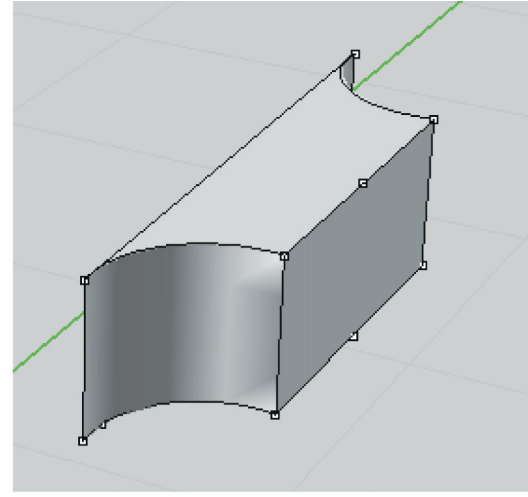


(b)

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



(a)



(b)

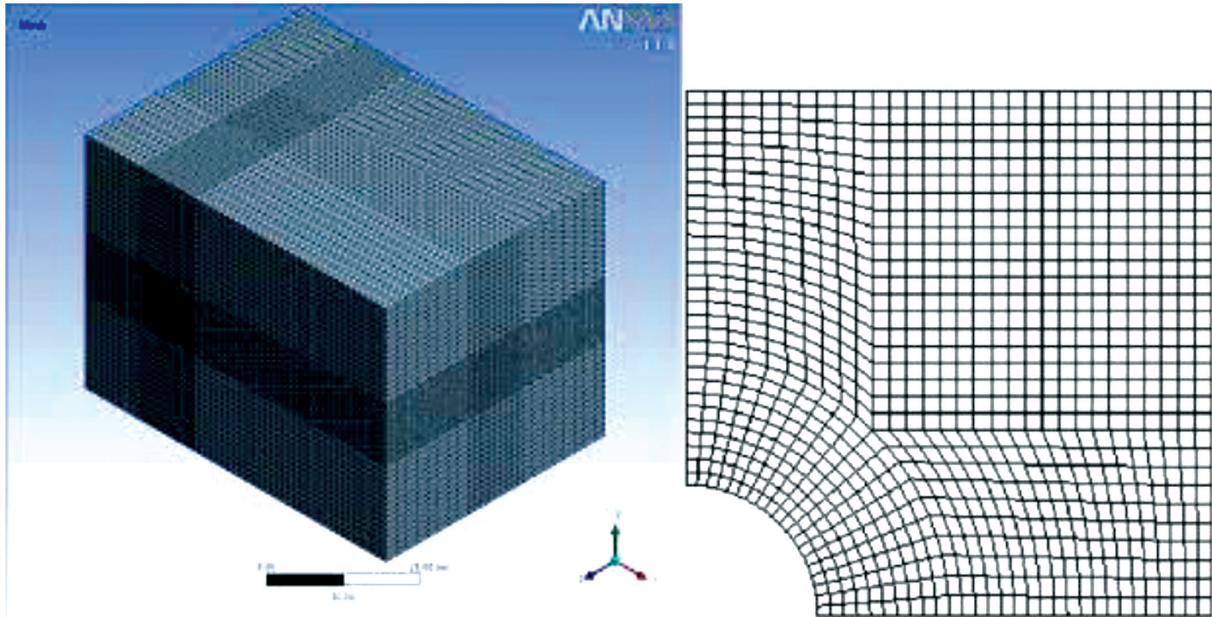
Şekil 2. Klima Ağız Geometrisi (a)İlk Geometri, (b)İyileştirilmiş Geometri

2.2. Ağ Yapısı

Hesaplamalarda 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.

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. Hesaplamalarda yer çekimi etkisi gözönüne alınmıştır. Yakınsama kriteri olarak türbülans ve hız için 10^{-6} alınmıştır. Diferansiyel denklemlerin çözülmesinde birinci dereceden ayrık-



Şekil 3. Hesaplamalarda Kullanılan Ağ Yapısı

laştırma (first order upwind) kullanılmıştır.

Φ

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

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

Genel korunum denklemi sırasıyla zamana bağlı te-rim, konveksiyon, difüzyon ve üretim terimlerinden oluşmaktadır.

Kütle Korunumu:

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

Momentum Korunumu:

$$\rho \frac{D\mathbf{v}}{Dt} = \text{div} \boldsymbol{\tau} + \rho \mathbf{f} \quad (2.3)$$

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

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

x-momentum:

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

y-momentum:

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

z-momentum:

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

Bu denklemlerdeki $S_{M_{xyz}}$ terimleri kaynak terimlerini ifade etmektedir.

Standard k-ε Türbülans Modeli

Prandtl formülü:

$$v_t = C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (2.9)$$

Türbülans kinetik enerjisi:

$$k = \frac{1}{2} \sum_i u_i^2 \quad (2.10)$$

Türbülans enerji yayılımı oluşur ve ε yayılma oranıyla yayılır;

$$\frac{Dk}{Dt} = D + P - \varepsilon \quad (2.11)$$

Yayılm oranı denklemi:

$$\frac{D\varepsilon}{Dt} = D_\varepsilon + P_\varepsilon - \varepsilon_\varepsilon \quad (2.12)$$

2.4. Sınır Koşulları

Hesaplamalarda odanın bütün yüzeyleri ve klima üfleme ağzı dışında kalan yüzeylere “wall” sınır koşulu verilmiştir. Klima üfleme ağzı ise “velocity inlet” sınır koşulu verilmiş ve hız sabit olarak 0,5 m/s olarak tanımlanmıştır. Çözümler zamana bağlıdır.

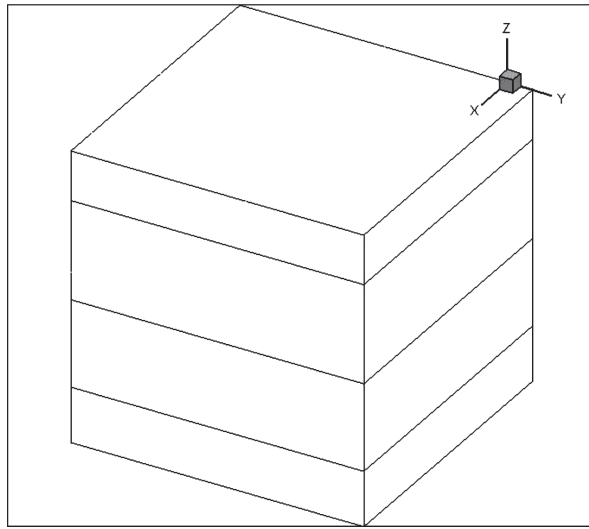
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sayısal Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği analizlerinden elde edilen hız dağılımları X-Y düzlemi için farklı Z mesafelerinde (Şekil 4, Z= 0,12 m (alt), Z= 1 m (orta) ve Z= 1,6 m (üst)) Şekil 5-6-7’de görülmektedir.

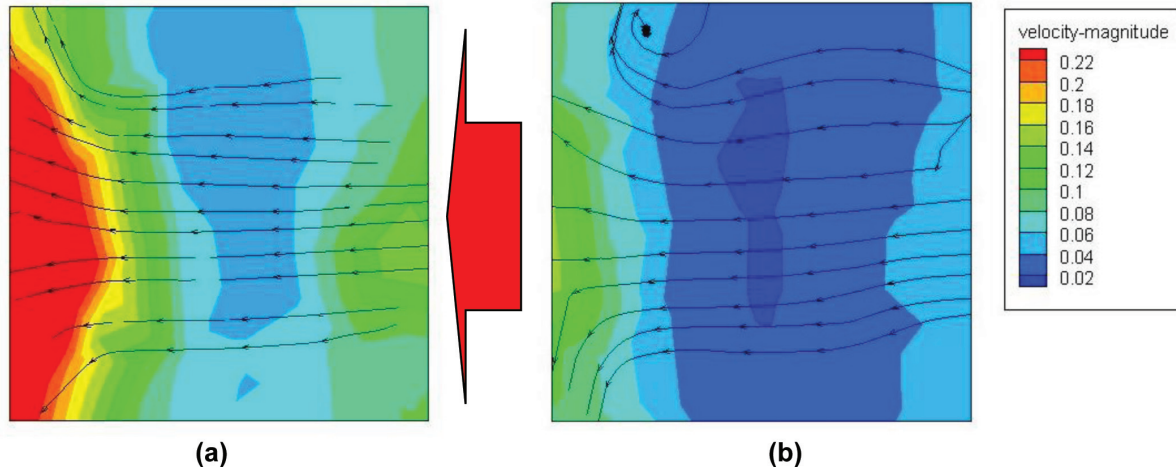
Şekil 5’de odanın üst kısmı (Z= 1,6m) için alınan X-Y düzlemindeki akış çizgileri ve hız dağılımları görülmektedir. Klima üfleme yüzeyine denk gelen bu kesitte akım çizgileri incelendiğinde hareketin düzenli akış şartlarını sağladığı görülmektedir. Hız dağılımları modellemede beklendiği gibi düzenli bir yol izlemektedir. Birinci durumda akış yüksek hızlarla çevrıntiler halinde karşı duvara ulaştığından o bölgede yüksek hızlar hesaplanmıştır (bu durum lite-

ratürde “Von Kármán vortex sheet” olarak geçmektedir). İkinci durumda üfleme ağzında yapılan düzeltmeler ile yüksek hız alanları kaybolmuştur.

Şekil 6’da odanın orta kısmı ($Z= 1$ m) 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 du-



Şekil 4. Z Ekseninde X-Y Düzlemleri



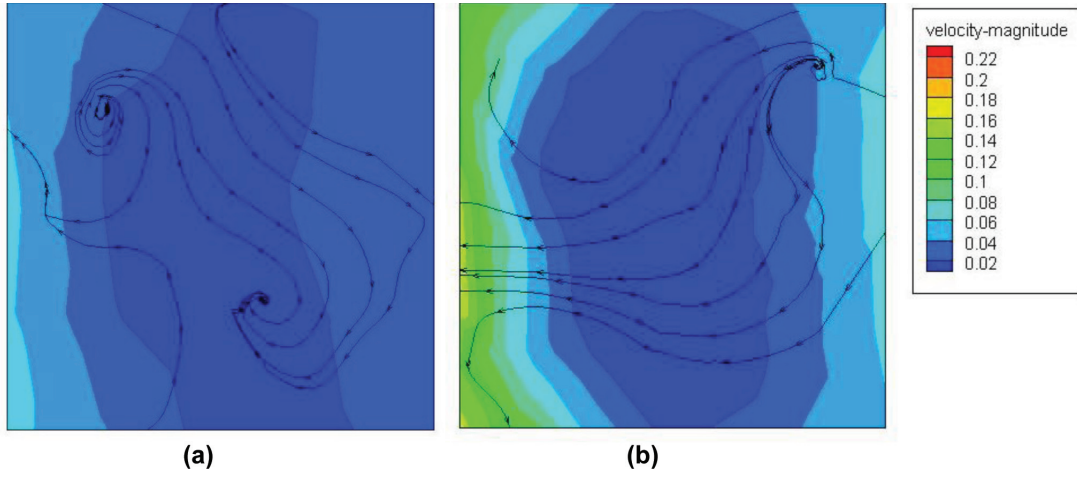
Şekil 5. X-Y Düzleminde Hız Dağılımları (m/s) ve Akış Çizgileri ($Z= 1,6$ m)
(a) İlk Geometri, (b) İyileştirilmiş Geometri

rum olduğu için akış alanı düzenlenmesiyle ortadan kaldırılabılır. 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.

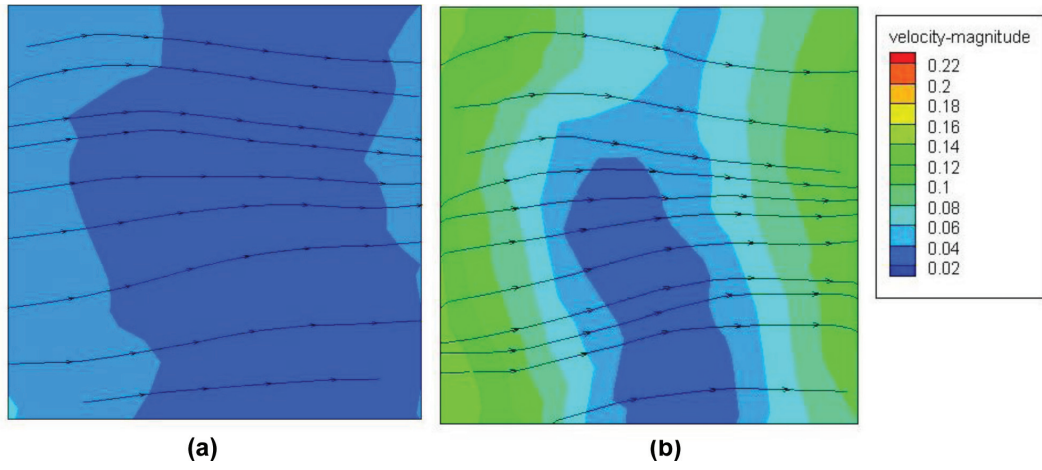
Şekil 7’de ise odanın alt kısmı ($Z= 0,12$ m) için alınan X-Y düzlemindeki akış çizgileri ve hız dağılımları görülmektedir. En alt kesite ait dağılımlarda orta ekseninde oluşan çevrıntilerin etkisiyle akış tamamen ters dönmekte ve yön değiştirmektedir. Bu şekilde akış en alt kısımda tam tersi davranmaktadır. Yani kaynaktan uzaklaştıkça kötü etkiler maksimum değerlerine ulaşmaktadır. Burada akış çizgilerinin ise yine uniform dağıldığı görülmektedir.

Şekil 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 ağzı ekseninde hızlardaki yükselme net şekilde görülmektedir. İyileştirme durumunda hız dağılımları çok daha homojendir.

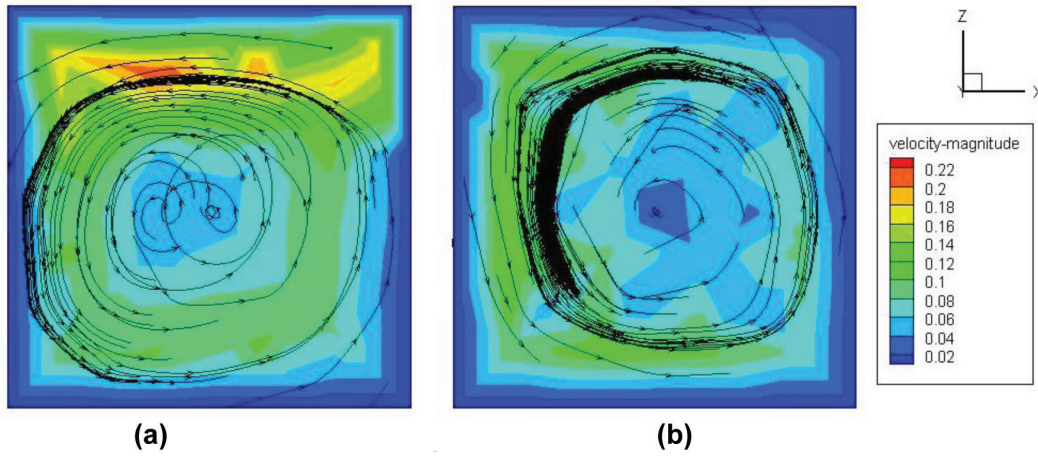
Yüksek hızlardan kaynaklanan basınç yükselteleri de Şekil 9’da gösterilmiştir. Klima üfleme ağzının bulunduğu bölgede basınçlar en yüksek seviyelerdedir.



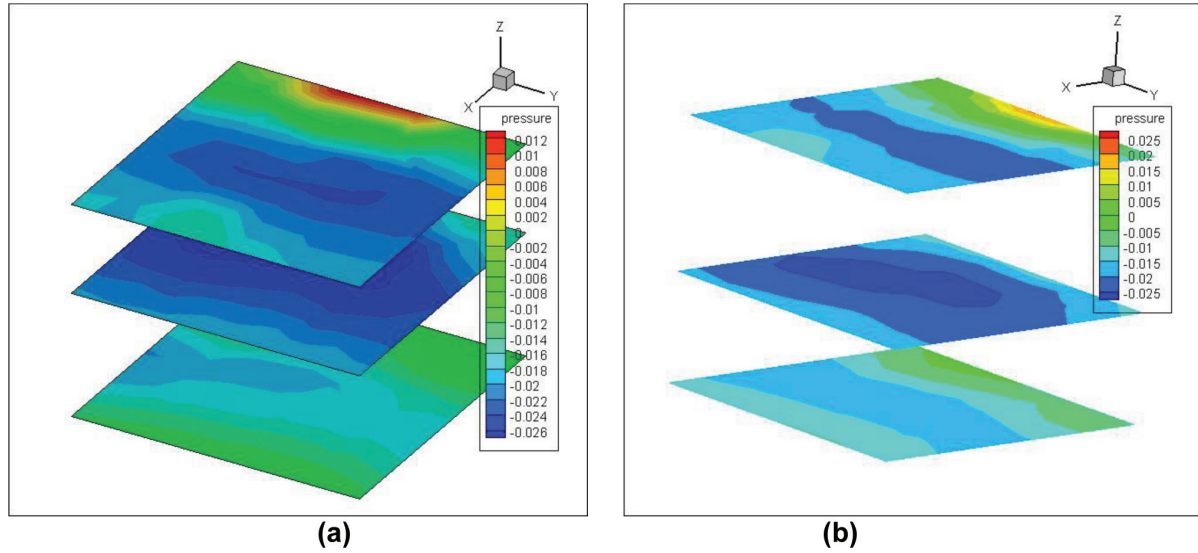
Şekil 6. X-Y Düzleminde Hız Dağılımları (m/s) ve Akış Çizgileri (Z= 1 m)
(a) İlk Geometri, (b) İyileştirilmiş Geometri



Şekil 7. X-Y Düzleminde Hız Dağılımları (m/s) ve Akış Çizgileri (Z= 0,12 m)
(a) İlk Geometri, (b) İyileştirilmiş Geometri



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



Şekil 9. Oda İçerisindeki Basınç Dağılımları ($Z= 0,12 m, Z= 1 m, Z= 1,6 m$)
(a) İlk Geometri, (b) İyileştirilmiş Geometri.

SONUÇ

İki farklı üfleme ağız 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 ağız geometrisi olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak, oluşan çevrıntiler ve bu çevrıntilerin sebep olduğu yüksek hız ve basınç alanları ve ters akım çizgilerinin önüne geçmek için klima üfleme ağızında 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, Expe-

- rimental 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.