

Atf İçin: Özbakiş Y, Erzincanlı F, Özsoy M, Uğur L, 2022. Merkezi Havalandırma Sistemi Mutfak Davlumbazı Verimliliğinin Artırılması Üzerine Bir Çalışma. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(1): 365-377.

To Cite: Özbakiş Y, Erzincanlı F, Özsoy M, Uğur L, 2022. A Study on Increasing the Efficiency of Central Ventilation System Kitchen Hoods. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(1): 365-377.

Merkezi Havalandırma Sistemi Mutfak Davlumbazı Verimliliğinin Artırılması Üzerine Bir Çalışma

Yusuf ÖZBAKIŞ^{1*}, Fehmi ERZİNCANLI¹, Murat ÖZSOY², Levent UĞUR³

ÖZET: Bu çalışmada, merkezi havalandırma sistemi davlumbaz tasarımının yakalama performansı üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Davlumbaz tasarımını optimize etmek ve yakalama performansını tahmin etmek için ticari hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yazılımı kullanılmıştır. HAD yazılımı sayesinde gerçek ölçülere sahip davlumbaz modellenmiş ve sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Sayısal analizlerde, davlumbaza eklenen hava yönlendirici kılavuz sayesinde davlumbaz kaputunda oluşan türbülanslı akış engellenmiştir. Bu sayede, davlumbaz yakalama hızında ve hava debisinde artış sağlanmıştır. Yapılan HAD analizleri sonucu elde edilen bilgiler ile davlumbaz prototipleri oluşturulmuş ve gerçek ortam deneyleri yapılmıştır. Farklı debi değerlerinde gerçekleştirilen sayısal analizler, deneysel analizler ile doğrulanmıştır. Sonuç olarak HAD analizleri, davlumbaza eklenen hava yönlendirici kılavuzun, hava akışında oluşan türbülansı engellediğini ve davlumbaz performansını artırdığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Merkezi havalandırma sistemi, davlumbaz, yakalama hızı, hava akış kontrol valfi, HAD, türbülans modelleme

A Study on Increasing the Efficiency of Central Ventilation System Kitchen Hoods

ABSTRACT: In this study, it is aimed to investigate the effects of central ventilation system hood design on capture performance. Commercial computational fluid dynamic (CFD) software was used to optimize the hood design and predict capture performance. Thanks to the CFD software, the hood with real dimensions was modeled and numerical analyzes were carried out. In numerical analysis, the turbulent flow in the hood was prevented by the air guide attached to the hood. In this way, an increase was achieved in the hood capture velocity and airflow rate. With the information obtained as a result of CFD analysis, hood prototypes were created and real environment experiments were carried out. Numerical analysis performed at different flow rates were confirmed by experimental analyzes. As a result, CFD analysis showed that the air guide added to the hood prevents turbulence in the air flow and increases the hood performance.

Keywords: Center ventilation system, hood, capture velocity, air flow control valve, CFD, turbulence modeling

¹Yusuf ÖZBAKIŞ ([Orcid ID: 0000-0002-8439-411X](https://orcid.org/0000-0002-8439-411X)), Fehmi ERZİNCANLI ([Orcid ID: 0000-0003-1454-8459](https://orcid.org/0000-0003-1454-8459)), Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye

²Murat ÖZSOY ([Orcid ID: 0000-0003-2400-5212](https://orcid.org/0000-0003-2400-5212)), Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

³Levent UĞUR ([Orcid ID: 0000-0003-3447-3191](https://orcid.org/0000-0003-3447-3191)), Amasya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Amasya, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yusuf ÖZBAKIŞ, e-mail: yusufozbakis@hotmail.com

Bu çalışma Yusuf ÖZBAKIŞ'ın Doktora tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Dünya çapında yemek pişirmek, insan sağlığının temel dayanağı olmuştur (Adamu ve ark., 2017). Mutfaklarda, yemek pişirim esnasında ortama istenmeyen duman ve kokular yayılmaktadır. Ortama yayılan istenmeyen gazlar, bulunduğu ortamdan yakalanarak dış ortama atılmadığında, ortama nüfuz etmektedir. Bu gazlar konutlarda, diğer odalara yayılabilmektedir. Oluşan bu istenmeyen durum, kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkilemektedir (Dominici ve ark., 2006; Anderson ve ark., 2012). Ayrıca literatürde, pişirme işleminden kaynaklanan dumanın, solunum yolu, göz tahrişi, baş ağrısı ve bel ağrısı gibi fiziksel rahatsızlıklara maruz bıraktığı belirtilmiştir (Dherani ve ark., 2008; Tielsch ve ark., 2009).

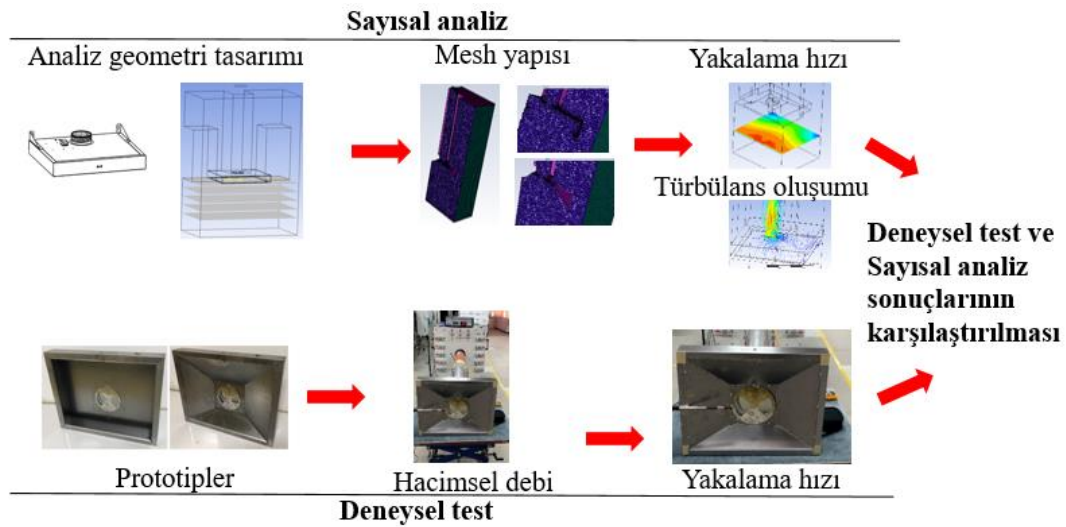
Son zamanlarda, mutfaklarda bulunan kirletici yakalama sistemlerini ayrıntılı olarak anlamak ve yakalama verimliliğini artırmak için sayısal ve deneysel çalışmalar yapılmıştır. Singer ve ark., (2012); deneysel olarak 15 farklı ev tipi mutfak davlumbazını tasarım ve performans açısından test etmişlerdir. Yazarlar çalışmada, kirletici yakalama performansının davlumbaz tasarımı, kurulum konfigürasyonu (yükseklik ve açı) ve debisi ile ilişkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Oh ve ark., (2008); davlumbaza eklenen gaz kılavuz cihazının yakalama hızı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Davlumbaz yakalama verimliliğinin davlumbaz geometrisi ve tasarımı ile ilgili olduğunu vurgulamışlardır. Başka bir çalışmada, mutfak davlumbazına eklenen ayırma plakasının oda içerisindeki sıcaklık dağılımında % 1.4-1.9 ve CO₂ yayılımında % 9.4–11.9 iyileşme olduğu belirtilmiştir (Lim ve Lee, 2008). Diğer bir çalışmada, davlumbaza eklenen hava bariyeri sayesinde, yakalama performansında % 16.8-30.8 artış sağlanmıştır (Özbakiş ve ark., 2020). Chen ve ark., (2018); lokal havalandırma sistemlerinde kullanılan valf tasarımının yakalama hızı ve türbülans yoğunluğu üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yapılan yeni valf tasarımı sayesinde yakalama hızında artış ve türbülans yoğunluğunda azalma sağlanmıştır. Pinelli ve Suman (2014); çalışmalarında, davlumbaz boyutunun yakalama hızı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Huang ve ark., (2016); endüstriyel havalandırma sistemlerinde duman, toz, damlacık ve atık ısı kontrolü üzerine araştırma yapmışlardır. Yapılan çalışma sonucu yazarlar, davlumbaz hacminin yakalama oranında etkili olduğunu göstermişlerdir. Wu ve Liou (2019); ocaktan çıkan CO emisyonlarının, yakalanma verimliliğinin iyileştirilmesinde davlumbaz tasarımının etkisini vurgulamak için sayısal bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada mevcut davlumbaza ek olarak O, S ve V şekilli davlumbaz gövde tasarımları yapmışlardır. Mevcut davlumbaza göre akış hızlarında sırasıyla % 155.6 % 156.9 ve % 159.4 iyileşme sağlamışlardır. Keçel (2017); mutfak içerisinde duman ve sıcaklık dağılımını engellemek için sayısal bir çalışma yapmıştır. Mevcut davlumbaza ters akımlı hava perdeleri eklenerek mutfak içerisindeki buhar-hava karışımlarının dağılımını incelemiştir. Sonuç olarak davlumbaza eklenen ters hava akımı ile ocaktan yayılan buhar-hava karışımı davlumbaz hacmi içerisinde tutulmuştur. Le Hocine ve ark., (2020); davlumbaz debisinin ve fan dönüş hızının yakalama verimliliği, CO₂ dağılımı ve hız profilleri üzerindeki etkisini ayrıntılı olarak araştırmışlardır. 100 cfm akış oranında, ortama salınan CO₂ dağılımının sadece % 65'inin yakalandığını göstermişlerdir. Yi ve ark., (2016); davlumbaz debi miktarının, davlumbaz ısı ve gaz yakalama verimliliği üzerindeki etkisini araştırmak için sayısal ve deneysel çalışma yapmışlardır. Çalışmada 100 cfm ve 350 cfm arasında akış oranları ile deneyler gerçekleştirmişlerdir. Davlumbazın akış hızı arttıkça, hem ısı hem de gaz yakalama verimliliği artmıştır. Zhou ve ark., (2019); itmeli-çekmeli mutfak havalandırma sistemi üzerinde bir saha deneysel çalışması yapmışlardır. Sonuçta, bu havalandırma sisteminin davlumbazın yakalama verimliliği üzerinde etkili olduğunu göstermişlerdir.

Havalandırma sistemi performansı ile ilgili literatürde birçok etkili çözümün var olduğu görülmektedir. Önemli olan, üretilecek olan davlumbazın insanların ihtiyaçlarını karşılayan daha iyi bir ürün olmasıdır.

Yapılan bu çalışmada, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılımı sayesinde, merkezi havalandırma sistemi mutfak davlumbazı tasarım parametrelerinin, yakalama performansı üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, tam ölçekli bir merkezi havalandırma sistemi mutfak davlumbazı ve hava emiş alanı modellenmiştir. Oluşturulan geometri ile sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler, mevcut ve hava yönlendirici kılavuz (HYK) eklenmiş geometriler ile 8 farklı debi koşulunda tekrarlanmıştır. Farklı debi değerlerinde gerçekleştirilen sayısal analizler, deneysel analizler ile karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Merkezi havalandırma sistemi davlumbazlarının kendi üzerinde fan motoru kullanılmamaktadır. Bu davlumbazlar, merkezi sistem fan motoru tarafından havalandırma sisteminde oluşturulan negatif basınç sayesinde (vakum yaparak) ortamda bulunan zararlı gazları yakalamaktadır. Bu çalışmada, merkezi havalandırma sistemi mutfak davlumbazı tasarımının, performans üzerindeki etkisinin gösterilmesi ve sayısal analizlerin ANSYS Fluent programı ile simüle edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, mevcut ve HYK'ya sahip 2 farklı merkezi havalandırma sistemi mutfak davlumbazı ile 8 farklı debi koşulunda sayısal ve deneysel performans testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel sonuçlar ile sayısal analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Kullanılan materyal ve yöntemlerle birlikte deney düzeneğinin ayrıntılı şematik resmi Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Deney kurulumunun detaylı şematik resmi

Deneysel Detay

Çalışmalarda yazarlar, ürün tasarımını; tasarımcının deneyimine, yaratıcı düşüncesine ve bilgi birikimine dayalı problem çözme aktivitesi olarak tanımlamıştır (Goel ve Singh, 1998; Hsiao ve Chou, 2004). Bu çalışmada, merkezi sistemi mutfak davlumbazına eklenen HYK'nın, davlumbaz performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Performans ölçüm testleri, Avrupa Standardına (IEC 61591, 2019) uyumlu ve akredite test laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Test cihazına ait özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Hacimsel debi ve performans ölçüm cihazında davlumbaz debisi ve debi için gerekli olan sistem basınçları ölçülmüştür.

Çizelge 1. Hacimsel hava akış ve performans ölçüm cihazı özellikleri.

Marka / Tip	ILK Dresden / ILK-B-31
Basınç Ölçüm Aralığı / Hassasiyet	(-5 kPa) – (5 kPa) / 0.1 Pa
Debi Ölçüm Aralığı	18 m ³ h ⁻¹ - 2700 m ³ h ⁻¹
Maksimum Sapma	% 0.2
Şebeke (test odası modülü)	230 V / 50 Hz / 16 A
Menşei	Almanya

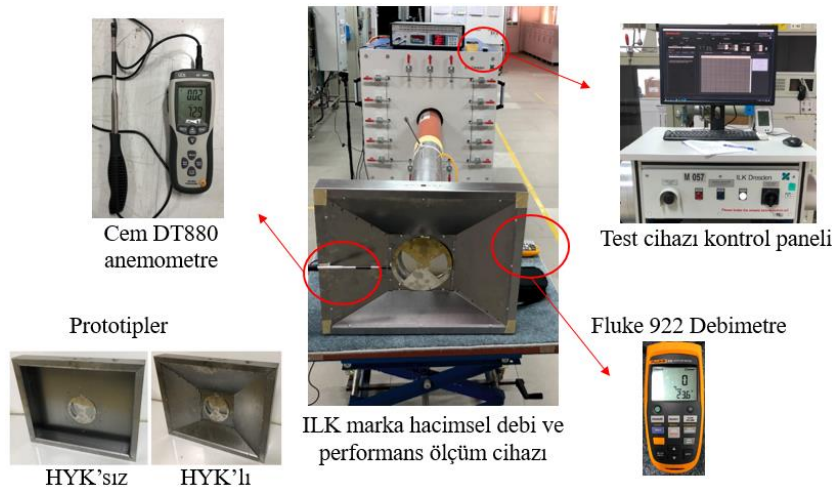
Davlumbazın emiş alanında oluşan yakalama hızları Cem DT880 marka sıcak tel anemometresi ile 2 noktadan ölçülmüştür. Deneysel testlerde kullanılan hız ve sıcaklık ölçüm cihazına ait özellikler Çizelge 2’de verilmiştir. Çıkış basıncının ölçümü için Fluke 922 marka debimetre kullanılmıştır. Deneysel esnasında tüm değerler stabil olana kadar beklenmiş ve daha sonra test sonuçları okunmuştur. Deneysel ölçümler 3 defa tekrarlanmış ve ortalama değerler hesaplanmıştır. Deneysel testlerde kullanılan HYK’lı ve HYK’sız modele ait prototip davlumbazlar Şekil 2’de verilmiştir. Oluşturulan deneysel test sistemi ise Şekil 3’te gösterilmiştir.

Çizelge 2. Hız ve sıcaklık ölçüm cihazı özellikleri

Marka	Cem DT880
Ölçüm birimleri	m s ⁻¹ , km h ⁻¹ , knots, °C
Hava hızı ölçüm hassasiyeti	0.01 m s ⁻¹
Hava sıcaklığı ölçüm aralığı	0 °C ile 501 °C
Hava sıcaklığı hassasiyeti	±1 °C
Ölçüm hassasiyeti	0.1 °C



Şekil 2. Deneysel test için hazırlanan prototipler, a) HYK’sız model, b) HYK’lı model



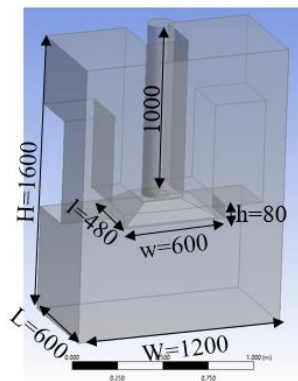
Şekil 3. Deneysel test sistemi

Sayısal Model

Havalandırma sistemlerinde kullanılan cihazların tasarımı ve optimizasyonu için ANSYS'nin hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı kullanılmaktadır. Bu sayede hem zamandan hem de enerjiden tasarruf edilmektedir (Pinelli ve Suman, 2014). ANSYS yazılımı sayesinde, belirli bir alanda optimum hız, kararlılık ve hassasiyet kombinasyonunu hesaplamak için çeşitli formatlar ve değerler seçilebilir. Ayrıca yazılım, çeşitli alanlardaki karmaşık akışların hesaplanmasıyla ilgili sorunları etkin bir şekilde çözebilmektedir (Wu ve Liou, 2019). Bu makalede de gerçek ortam deneylerinin simüle edilebilmesi için ANSYS Fluent yazılımı kullanılmıştır. Yazılım sayesinde, davlumbaz tasarımının hava akışı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Geometrik Model

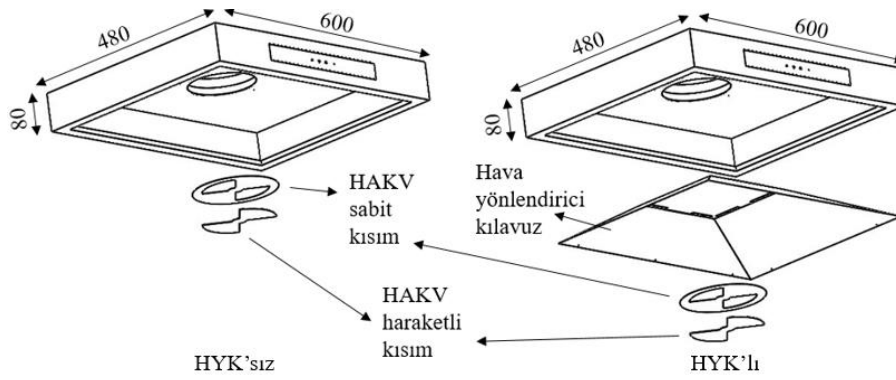
HAD analizleri için 3 boyutlu (3B) model tasarımları SolidWorks v20 software (Dassault Systemes SolidWorks Corp., Waltham, MA, USA) tasarım programı ile yapılmıştır. Analizlerden hızlı sonuç alınabilmesi için, oluşturulan geometri bölgesel olarak davlumbazı ve davlumbaz altında oluşacak hava akış alanını içerisine alacak şekilde; uzunluk: $L=600$ mm, genişlik: $W=1200$ mm ve yükseklik: $H=1600$ mm ebatlarında tasarlanmıştır. Analiz için oluşturulan geometrik model Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Analiz geometrisinin ana ölçüleri

Oluşturulan geometrik modelde davlumbazın boyutları ise; uzunluk: $l=480$ mm, genişlik: $w=600$ mm ve yükseklik: $h=80$ mm dir. Davlumbaz merkezi havalandırma sistemi davlumbazı olduğu için fan motoru içermemektedir. Bunun yerine davlumbazda tam kapanabilir hava akış kontrol valfi (HAKV) kullanılmıştır. Davlumbaz 150 mm çapında ve 1000 mm uzunluğunda çıkış borusuna bağlanmıştır. Davlumbaz eksoz çapı 150 mm olduğu için HAKV çapı 140 mm olarak tasarlanmıştır. Çıkış basıncının tanımlanabilmesi ve hesaplamaların yakınsanabilmesi için davlumbazdan 900 mm uzaklığa basınç ölçüm noktası tanımlanmıştır.

Davlumbaz emme alanında oluşacak türbülanslı akış, debiyi olumsuz yönde etkileyecektir (Chen ve ark., 2018). Bu çalışmada da, davlumbaz kaput kenarlarında oluşan türbülansı engellemek için davlumbaz kaputuna HYK eklenmiştir. Davlumbaz emiş alanında oluşan türbülanslı akışın önüne geçilerek, debi artışı sağlanması amaçlanmıştır. Deneylerde kullanılan davlumbaz ve HAKV'ne ait 3B tasarımları Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Davlumbazların genişletilmiş görünümleri

Sayısal Yöntem

Bu çalışma kapsamında yapılan sayısal analizlerde, 3B Reynolds-ortalama Navier-Stokes denklemlerini çözerek akışı tahmin etmek için sonlu hacim yöntemini kullanma imkânı tanıyan, ANSYS Fluent analiz programı kullanılmıştır. Davlumbazlar ile ilgili yapılan çalışmalarda bazı yazarlar $k-\omega$ türbülans modelini (Liu ve ark., 2014; Le Hocine ve ark., 2020), kullanarak deneysel verilere kıyasla tatmin edici sonuçlar elde etmişlerdir. Bu çalışma kapsamında yapılan sayısal analizlerde de standart $k-\omega$ türbülans modeli kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan akışkan, mükemmel bir gaz olarak kabul edilen havadır.

Analizlerde, simülasyonlar sabit ve sıkıştırılmaz olarak kabul edilmiştir. Sayısal analizlerde kullanılan akışkanların hareketini tanımlayan, standart $k-\omega$ model taşınım denklemleri ve enerji korunum denkleminde ait eşitlikler aşağıda verilmiştir (Wilcox, 2007).

Standart $k-\omega$ modeli için taşıma denklemleri:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + G_k - Y_k + S_k \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \omega) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \omega u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_\omega \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) + G_\omega - Y_\omega + S_\omega \quad (2)$$

Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'de, k ; türbülans kinetik enerjisi, ω ; özgül dağılım oranını, ρ ; ortalama yoğunluğu, u_i ; ortalama hızı, t ve x_i zaman ve uzaysal koordinat vektörünü, G_k ; ortalama hız gradyanlarından dolayı türbülans kinetik enerjisinin üretimini temsil eder. G_ω ; ω üretimini temsil eder. Γ_k ve Γ_ω ; sırasıyla k ve ω 'nin etkin yayılımını temsil eder. Y_k ve Y_ω ; türbülansın dolayı k ve ω 'nin dağılımını temsil eder. S_k ve S_ω kullanıcı tanımlı kaynak terimlerdir.

Enerji korunumu denklemi:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \nabla \cdot (\rho h \vec{v}) = -\nabla \cdot [(k + k_t) \nabla T] + S_h$$

(3Hata!
Belgede
belirtilen
stilde metne
rastlanmadı.)

Eşitlik 3'te h ; entalpi, k ; moleküler iletkenlik, k_t ; türbülanslı taşımadan kaynaklanan iletkenlik ($k_t = Cp^\mu t / Pr_t$), ve S_h ; tanımlanmış hacimsel ısı kaynaklarını içerir.

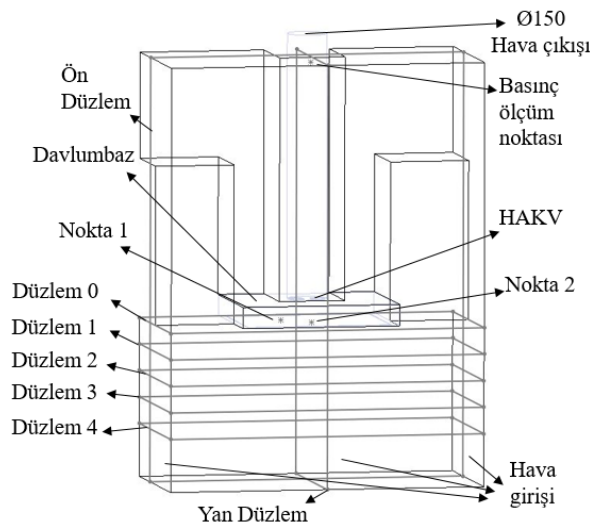
Sınır Koşulları ve Mesh Model

Matematiksel modellemeye uygun sınır koşullarını belirlemek için, bu makaledeki fiziksel parametrelerde bazı varsayımlar yapılmıştır:

1) Analiz geometrisinde davlumbaz, duvara monte edilmiş olarak modellendiği için analiz geometrisinin üç yüzeyi hava girişi ve davlumbaz egzoz çıkışı tek hava akımı çıkışıdır;

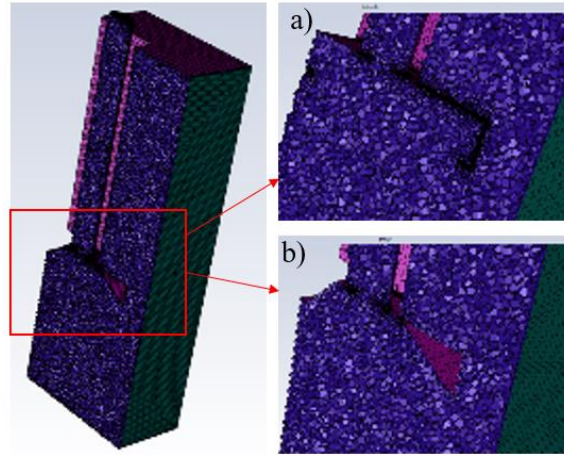
2) Hesaplama alanına ait sınır koşulu olarak ortam basıncı 1 atm (101325 Pa) ve ortam sıcaklığı 23 °C olarak kabul edilmiştir.

Hesaplama alanına ait sınır koşulları Şekil 6'da gösterilmiştir. Merkezi havalandırma davlumbazı maksimum açıklıkta tipik bir çalışma koşulunu temsil etmektedir. Davlumbaz çıkış alanına davlumbaz emme kapasitesini ($50 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ile $400 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ arası) simüle eden çıkış basıncı tanımlanmıştır. Analiz sonucu karşılaştırma verilerini elde edebilmek için, tasarlanan geometride davlumbaz hava akış alanına 100 mm aralıklarla düzlem tanımlanmıştır. Ayrıca davlumbaz kaput bölgesinde oluşan hava akışının karşılaştırılması için davlumbaz merkezinden geçen, ön ve yan düzlemler tanımlanmıştır. Yakalama hızı ölçümleri için davlumbaz emiş alanına ölçüm noktaları tanımlanmıştır. Davlumbaz çıkış basıncı ölçümü için HAKV'nin 900 mm ilerisine basınç ölçüm noktası tanımlanmıştır.



Şekil 6. Hesaplama alanına ait 3B tasarım

Solidworks tasarım programı yardımı ile hazırlanan geometriler, analiz hacminin çıkarılması için ANSYS Spaceclaim modülüne aktarılmıştır. Sayısal ağ yapılandırması Fluent Meshing ile hazırlanmıştır. Sayısal ağ, sonlu elemanlar çözüm metodunun uygulanabilmesi için geometrinin küçük çözüm hücrelerine bölünmesi işlemidir. Mesh aşamasında çözüm sonuçlarının kalite beklentisi doğrultusunda eleman sayısı belirlenmektedir. Analiz için Fluent Meshing programının en etkili mesh yapısı olan, Polyhedral mesh yapısı kullanılmıştır. Bu mesh yapısı daha az eleman sayısı ile karmaşık geometrilerde, her mesh kalitesinde eleman oluşturabilme imkânı sağlamaktadır. Tüm modeldeki toplam mesh eleman sayısı yaklaşık 1.2 milyondur. Uygulanan mesh model ağının kalitesinin bir parametresi olan 'skewness' değeri 0 ile 1 arasında belirlenir ve 0.95 altındaki skewness değerleri kabul edilebilir görülmüştür. Yapılan mesh model sonucu maksimum skewness değeri 0.79 olmuştur. Optimum mesh eleman sayısı için yaklaşık 280 bin ile 3 milyon hücre arasında duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucu hücre sayısının hacimsel debi ve yakalama hızı değeri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yaklaşık 1.2 milyon eleman sayısı sonrası değerlerin duyarsızlaştığı görülmüştür. Yapılan duyarlılık analizi sonucu en iyi yakınsamayı sağlayan 1.2 milyon mesh eleman yapısı sayısal analizlerde kullanılmıştır. Oluşturulan mesh işlemi sonucu, mesh yapısı Şekil 7'de gösterilmiştir.

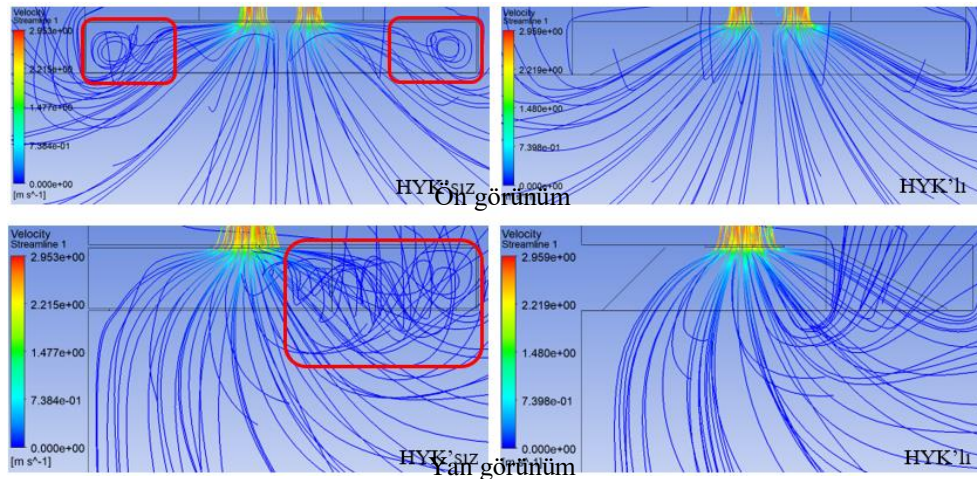


Şekil 7. Mesh dağılımı, a) HYK'sız model, b) HYK'lı model

BULGULAR VE TARTIŞMA

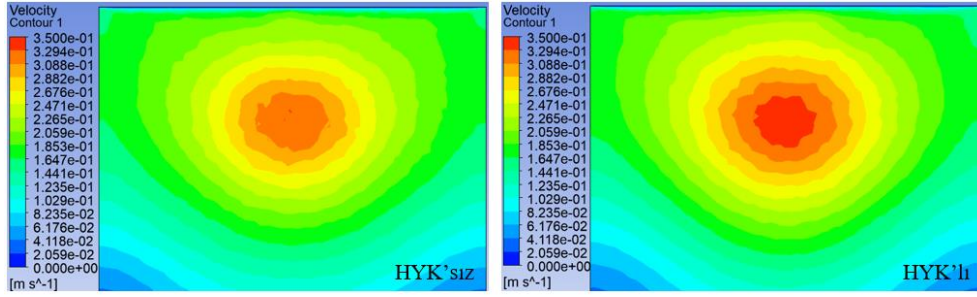
Sayısal Analiz Sonuçları

Sayısal analizler, her 2 geometri ve 8 farklı hacimsel debi için tekrarlanmıştır. Analizlerde, davlumbaz emiş alanında oluşan hava akışı, yakalama hızı ve hacimsel debi için gerekli olan sistem basıncı açısından incelenmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında HYK'sız davlumbaz giriş alanında düşük basınç bölgelerinin (vakum) oluştuğu ve bu bölgelerde türbülanslı akışların meydana geldiği görülmüştür. Davlumbaza eklenen HYK ile yapılan analiz sonuçları incelendiğinde, akışta istenmeyen türbülanslı akış bölgelerinin ortadan kalktığı görülmüştür. Yapılan analizlere ait hava akışı ve hava akışında oluşan türbülanslar, streamline yardımı ile Şekil 8'de gösterilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde, türbülanslı akışların davlumbaz kaputu kenarlarında oluştuğu görülmektedir. Oluşan türbülanslı akışın, hava akışını bozduğu görülmektedir.

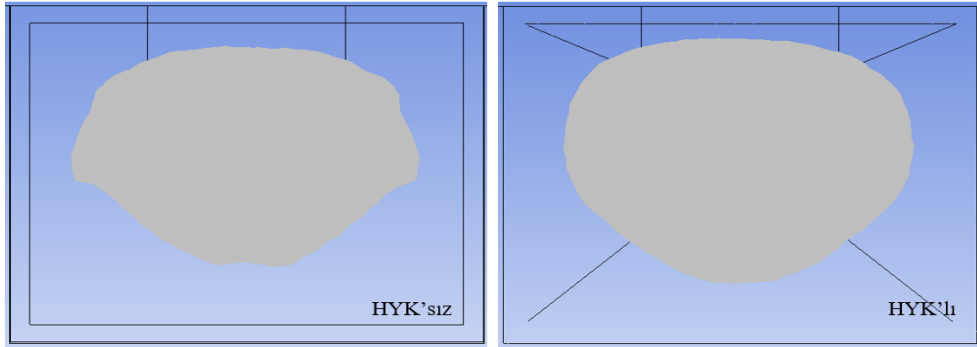


Şekil 8. Ön ve yan görünümde davlumbaz hava akışı

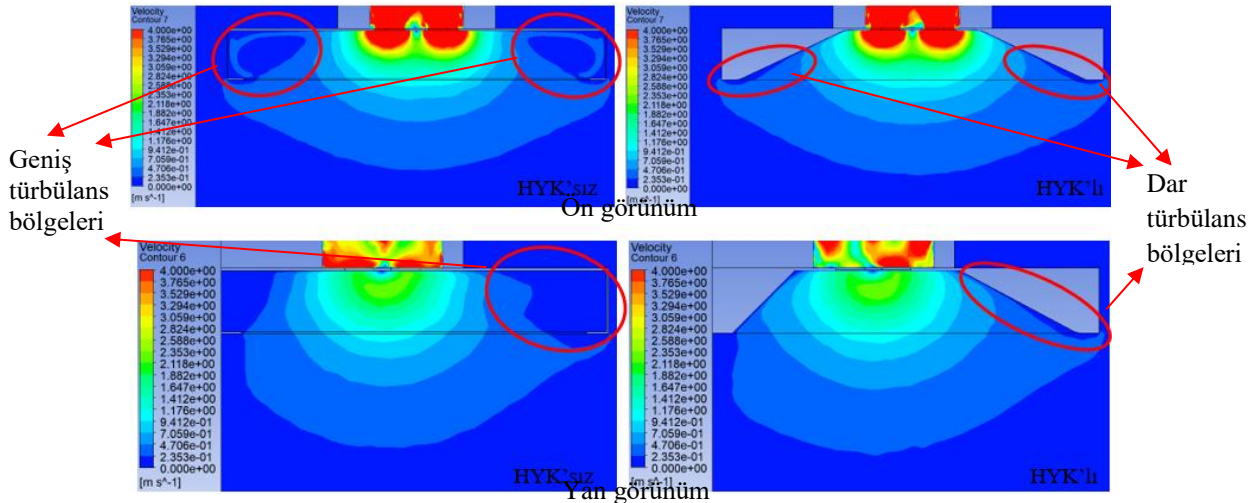
Şekil 9, $250 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ debide, Düzlem 1 üzerinde oluşan hava hızı dağılımını göstermektedir. Şekil 9 incelendiğinde, davlumbaza eklenen HYK sayesinde yakalama hızında oluşan artış görülmektedir. Şekil 10, $250 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ debide Düzlem 0'da oluşan 0.35 m s^{-1} ve üzeri hızların dağılımını göstermektedir. Bu hızların, HYK'sız modelde 0.1022 m^2 ve HYK'lı modelde 0.1213 m^2 alana yayıldığı görülmektedir. Şekil 10 incelendiğinde, HYK'lı modelde hava hızlarının daha homojen dağıldığı görülmektedir. Davlumbaza eklenen HYK sayesinde, davlumbaz emiş alanı (0.35 m s^{-1} ve üzeri oluşan hızlarda) %16 arttırılmıştır.



Şekil 9. Düzlem 1'de oluşan hava hızı dağılımı

Şekil 10. Düzlem 0'da oluşan 0.35 m s^{-1} ve üzeri hava hızı dağılım alanı

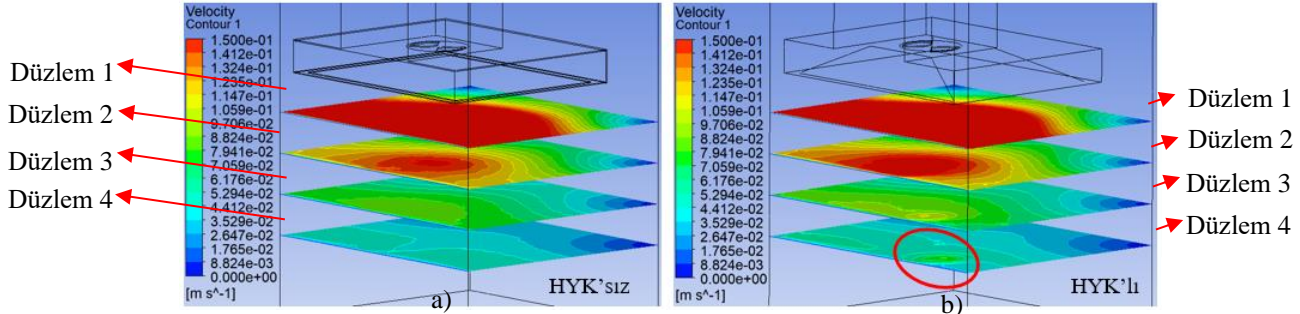
Analiz geometrisi ortasında oluşturulan, ön ve yan düzlemler üzerinde oluşan hava hızı dağılımları Şekil 11'de gösterilmiştir. HYK'sız modelde oluşan hava hızı dağılımı incelendiğinde, türbülanslı bölge net olarak görülmektedir. HYK'lı modelde oluşan hava hızı dağılımları incelendiğinde, daha homojen bir hava hızı dağılımı görülmektedir. Literatüre (Pinelli ve Suman, 2014; Logachev ve ark., 2018) benzer olarak, davlumbaza eklenen HYK kenarlarında dar türbülans bölgeleri oluşmuştur. Bu bölgede oluşan türbülans, HYK konumlandırma açısından kaynaklı sürtünme kuvveti sonucu oluşmuştur.



Şekil 11. Ön ve yan görünümünden davlumbaz hava hızı dağılımı

Yapılan analizler sonucu davlumbaz yakalama alanında oluşan hava akışını görebilmek için davlumbaz alt kısmına 4 adet düzlem tanımlanmıştır. Şekil 12.a ve b, düzlemlerde oluşan hava hızı dağılımını göstermektedir. Şekil 12.a incelendiğinde, davlumbazdan 400 mm aşağıda olan düzlemde (Düzlem 4) hava akışının ayrımı daha net görülmektedir. Analiz sonucu tüm düzlemlerde, HYK eklenmiş olan modelde (Şekil 12.b) hava hızlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Analizler sonucu, yakalama hızları incelendiğinde literatüre benzer olarak, davlumbaz merkezinden uzaklaştıkça

hava hızlarının azaldığı görülmüştür (Chen ve ark., 2018). Literatür araştırmaları sonucu, davlumbaz performansında emiş alanında oluşan partikül yakalama hızının etkili olduğu görülmüştür. Yapılan tasarım optimizasyonu sonucu, davlumbaza eklenen HYK sayesinde davlumbaz hava emiş alanında yakalama hızının arttığı görülmektedir.



Şekil 12. Davlumbaz yakalama alanında oluşan hava hızı dağılımı, a) HYK'sız model b) HYK'lı model

Deneysel Sonuçlar

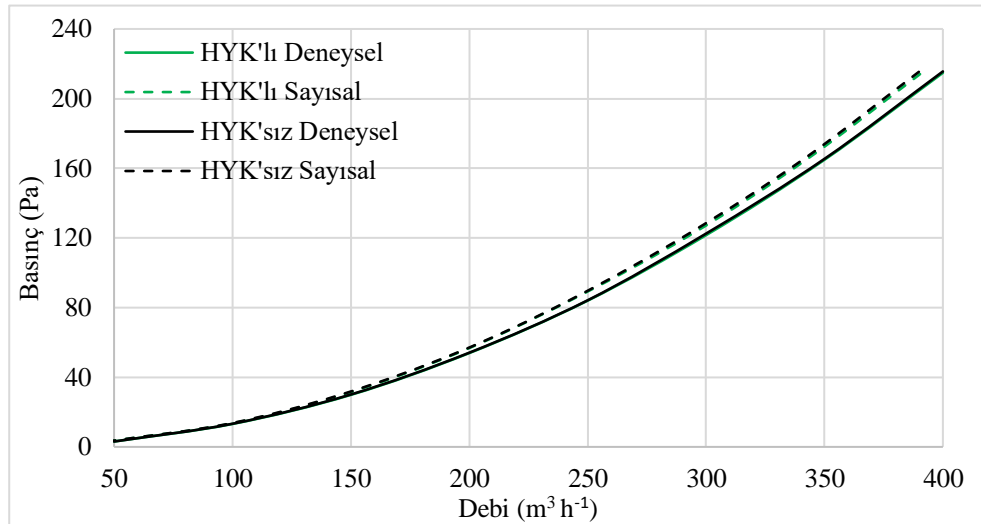
Davlumbaza eklenen HYK sayesinde, davlumbaz performansının arttığı sayısal analizlerde görülmüştür. Yapılan sayısal analizlerin doğrulanması için, 2 farklı davlumbaz modeli ile 8 farklı hacimsel debi değerinde, HAKV tam açık pozisyonda deneysel ölçümler (Çizelge 3) yapılmıştır. Deneyler için 2 farklı modele ait davlumbaz prototipleri (Şekil 2) hazırlanmıştır. Davlumbazlar sırası ile debi ve performans ölçüm test cihazına bağlanmıştır. Debi ve performans ölçümleri Şekil 3'te gösterildiği gibi, Avrupa Standardı'na (IEC 61591, 2019) uygun akredite bir laboratuvarda yapılmıştır. Deneylerde, sistem stabil olarak çalışana kadar beklenmiş ve daha sonra ölçümler yapılmıştır. Her bir deney 3'er defa tekrarlanmış ve ortalama değerler hesaplanmıştır.

Çizelge 3. Deneysel analiz sonuçları.

Deney numarası	Model	Valf pozisyonu	Debi ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)	Basınç (Pa)	Yakalama hızı (m s^{-1})
1	HYK'sız	Tam açık	50	3.1	0.13
2			100	13.3	0.28
3			150	30.1	0.41
4			200	54.1	0.54
5			250	84.2	0.70
6			300	122.5	0.83
7			350	165.4	0.93
8			400	215.6	1.09
9	HYK'lı	Tam açık	50	3.1	0.13
10			100	13.2	0.30
11			150	29.9	0.44
12			200	53.9	0.58
13			250	84.0	0.75
14			300	121.6	0.89
15			350	164.9	0.98
16			400	214.8	1.15

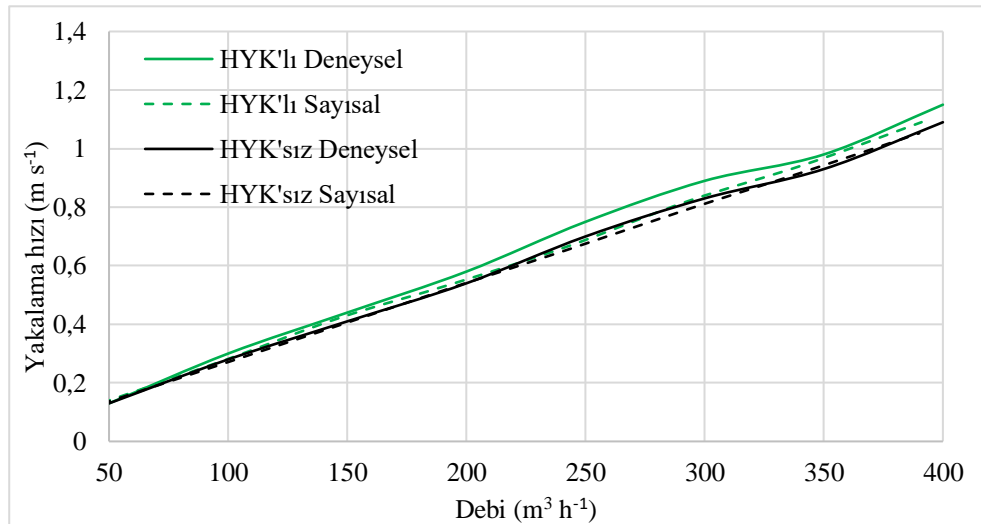
Deneyler sonucu, davlumbaza eklenen HYK sayesinde, $50 \text{ m}^3 \text{h}^{-1}$ debi harici tüm debi koşullarında, davlumbaz yakalama hızında yaklaşık %6 artış sağlanmıştır. Deneylerde, yakalama hızı ile debi arasında güçlü bir korelasyon gözlemlenmiştir. Debinin arttırılması, yapılan diğer çalışmalara (Yi ve ark., 2016; Le Hocine ve ark., 2020) benzer olarak yakalama hızında doğrusal bir artışa yol açmıştır. Ayrıca HYK sayesinde, aynı debide, yakalama hızında artış sağlanırken gerekli olan sistem basıncında da tasarruf sağlanmıştır.

Şekil 13, deneyler sonucu her iki model için farklı debilerde gerekli olan sistem basınçlarını göstermektedir. Grafik incelendiğinde, aynı debi değeri için HYK'sız modelin daha fazla basınca ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Bu gereksinim hem sayısal hem de deneysel sonuçlar ile doğrulanmıştır. Debi için gerekli olan sistem basıncı, deneysel ve sayısal analiz sonuçları (Şekil 13) karşılaştırıldığında, maksimum sapma %6 olmuştur.



Şekil 13. Deneysel ve sayısal analizler sonucu oluşan hacimsel debi-basınç değişimi

Şekil 14, deneyler sonucu her iki model için farklı debilerde hesaplanmış yakalama hızı sonuçlarını göstermektedir. Yapılan analizler sonucu davlumbaza eklenen HYK sayesinde, hava akış alanındaki istenmeyen ve akışı bozucu türbülans bölgelerinin oluşumu engellenerek davlumbaz yakalama performansında artış sağlanmıştır. Bu artış hem deneysel sonuçlarda hem de sayısal sonuçlarda rahatlıkla görülmektedir.



Şekil 14. Deneysel ve sayısal analizler sonucu oluşan hacimsel debi-yakalama hızı değişimi

SONUÇ

Bu çalışmada, merkezi sistem mutfak davlumbazı 8 farklı debi koşulunda, gerekli sistem basıncı ve yakalama hızı sayısal analiz sonuçları incelenmiş ve deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. ANSYS Fluent yazılımı kullanılarak, davlumbaz debisinin ve tasarım parametrelerinin, davlumbaz hava akışı üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak araştırılmıştır.

Sayısal analizlerin doğruluğunu kontrol etmek için, sayısal ve deneysel analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapılan doğrulama deneylerinde aynı ortam koşulunda debi sonuçlarında maksimum % 6 sapma olmuştur. Hem deneysel hem de sayısal analiz sonuçları uyumlu olduğundan oluşturulan sayısal yöntem güvenle kullanılabilir.

HYK'sız model davlumbaz emiş alanında türbülanslı akış oluşmuştur. Davlumbaza eklenen HYK sayesinde, hava akış alanındaki istenmeyen ve akışı bozucu türbülans bölgelerinin oluşumu engellenerek davlumbaz emiş alanında daha homojen bir hava hızı dağılımı olduğu görülmüştür.

250 m³ h⁻¹ debide Düzlem 0'da oluşan 0.35 m s⁻¹ ve üzeri hızların, HYK'sız modelde 0.1022 m² ve HYK'lı modelde 0.1213 m² alana yayıldığı görülmektedir. Davlumbaza eklenen HYK sayesinde, davlumbaz emiş alanı (0.35 m s⁻¹ ve üzeri oluşan hızlarda) %16 arttırılmıştır.

Deneyler sonucu, davlumbaza eklenen HYK sayesinde, 50 m³ h⁻¹ debi harici tüm debi koşullarında, davlumbaz yakalama hızında yaklaşık %6 artış sağlanmıştır. Deneylerde, yakalama hızı ile hacimsel debi arasında güçlü bir korelasyon gözlemlenmiştir. Ayrıca HYK sayesinde, aynı debide, yakalama hızında artış sağlanırken gerekli olan sistem basıncında da tasarruf sağlanmıştır.

İleriki çalışmalarda HAKV'nin tasarım parametrelerinin ve farklı açıklık konumlarında (1/2 açık 1/4 açık vb.) çalıştırılmasının performans üzerindeki etkilerinin araştırılması önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada hiçbir yardımı esirgemeyen Silverline Endüstri AŞ'ye ve çalışanlarına, ayrıca desteklerinden dolayı Ar-Ge analiz ve simülasyon süreç yöneticisi Halil KARTAL'a teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Adamu BM, Yerima E, Bello MM, Umaru AN, 2017. Energy utilization in residential kitchens in bauchi, Nigeria. *Economic and Environmental Studies*, 17: 149-163.
- Anderson JO, Thundiyil JG, Stolbach A, 2012. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *Journal of Medical Toxicology*, 8: 166-175.
- Chen W, Liu J, Mak CM, Wang P, Zhao L, Wong HM, 2018. Near fields of annular slotted hoods measured via 2D-PIV. *Building and Environment*, 144: 1-8.
- Cooking Fume Extractors – Methods for Measuring Performance. In. 2019. IEC International: Standart.
- Dherani M, Pope D, Mascarenhas M, Smith KR, Weber M, Bruce N, 2008. Indoor air pollution from unprocessed solid fuel use and pneumonia risk in children aged under five years: a systematic review and meta-analysis. *Bulletin of the World Health Organization*, 86: 390-398C.
- Dominici F, Peng RD, Bell ML, Pham L, McDermott A, Zeger SL, Samet JM, 2006. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *Jama*, 295: 1127-1134.
- Goel PS, Singh N, 1998. Creativity and innovation in durable product development. *Computers & industrial engineering*, 35:, 5-8.
- Hsiao SW, Chou JR, 2004. A creativity-based design process for innovative product design. *International journal of industrial ergonomics*, 34: 421-443.

- Huang Y, Wang Y, Ren X, Yang Y, Gao J, Zou Y, 2016. Ventilation guidelines for controlling smoke, dust, droplets and waste heat: Four representative case studies in Chinese industrial buildings. *Energy and buildings*, 128: 834-844.
- Kecel S, 2017. Preventing odor diffusion: an innovative hood design. *Gazi University Journal of Science*, 30: 1-13.
- Le Hocine AEB, Poncet S, Fellouah H, 2020. CFD modeling of the CO₂ capture by range hood in a full-scale kitchen. *Building and Environment*, 183: 107168.
- Lim K, Lee C, 2008. A numerical study on the characteristics of flow field, temperature and concentration distribution according to changing the shape of separation plate of kitchen hood system. *Energy and buildings*, 40: 175-184.
- Liu X, Wang X, Xi G, 2014. Orthogonal design on range hood with air curtain and its effects on kitchen environment. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 11: 186-199.
- Logachev K, Ziganshin A, Averkova O, Logachev A, 2018. A survey of separated airflow patterns at inlet of circular exhaust hoods. *Energy and buildings*, 173: 58-70.
- Oh YK, Kim YS, Yoon HS, 2008. A study on improvement capture velocity for increasing inhalation efficiency of hood in local ventilation system. Paper presented at the *Advanced Materials Research*, 47: 1039-1042.
- Özbaşı Y, Erzincanlı F, Nas E, Çeviksever T, 2020. The effect of the barrier mounted on the kitchen hood suitable for central ventilation systems on the odour extraction performance. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7: 1015-1025.
- Pinelli M, Suman A. 2014. A numerical method for the efficient design of free opening hoods in industrial and domestic applications. *Energy*, 74: 484-493.
- Singer BC, Delp WW, Price P, Apte M, 2012. Performance of installed cooking exhaust devices. *Indoor Air*, 22: 224-234.
- Tielsch JM, Katz J, Thulasiraj RD, Coles CL, Sheeladevi S, Yanik EL, Rahmathullah L, 2009. Exposure to indoor biomass fuel and tobacco smoke and risk of adverse reproductive outcomes, mortality, respiratory morbidity and growth among newborn infants in south India. *International journal of epidemiology*, 38: 1351-1363.
- Wilcox D. C. "Formulation of the $k-\omega$ turbulence model revisited". 45th AIAA Aerospace Sciences Meeting. Reno, NV, USA. AIAA Paper 2007-1408. 2007.
- Wu WC, Liou JY, 2019. Numerical simulation of harmful gas distribution in a range hood with an improved flow channel. *Microelectronics Reliability*, 99: 245-261.
- Yi KW, Kim YI, Bae GN, 2016. Effect of air flow rates on concurrent supply and exhaust kitchen ventilation system. *Indoor and Built Environment*, 25: 180-190.
- Zhou B, Wei P, Tan M, Xu Y, Ding L, Mao X, Kosonen R, 2019. Capture efficiency and thermal comfort in Chinese residential kitchen with push-pull ventilation system in winter-a field study. *Building and Environment*, 149: 182-195.