



# OFİS İÇİ ISIL KONFOR ŞARTLARININ HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

*Investigation Of Thermal Comfort Conditions Of The Office By Computational Fluid Dynamics Method*

Ezgi YAPICI  
Türkey GENÇER  
Uğur AY

## ÖZET

Bu çalışmada, Tepekule Kongre ve İş Merkezi'nde yer alan  $50 m^2$  yüzey alanına sahip bir ofisin, belirli koşullardaki ısı konforu hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) çalışması yaparak incelenmiştir. Yapılan çalışmada birebir ölçülerdeki ofis geometrisi ANSYS SpaceClaim, sayısal analizler için gerekli olan sayısal ağ ANSYS Meshing ile oluşturulmuştur. Yapılan analizlerde ANSYS Fluent çözücü olarak kullanılmıştır.

Ofis konforunu etkileyen ısı faktörleri olarak güneş yükü, dış ortam sıcaklığı, klima, bilgisayar, insan ve çeşitli ofis araçları tanımlanarak yaz ve kış durumları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Çalışmada güneşin ofis içerisine olan etkisinin çalışma alanlarına olan olumsuz etkileri, klimalardan üflenen havanın oluşturduğu soğuk ve sıcak alan bölgeleri, çalışma bilgisayarlarının kullanıcıya olan etkileri detaylı olarak incelenmiştir.

HAD çalışması ile yapılan değerlendirmeler sonucunda yaşam alanlarına etkiyen olumsuz faktörlerin giderilmesine yönelik çözüm önerileri sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** CFD, HAD, Isıl, Analiz, ANSYS, Fluent, HVAC

## ABSTRACT

In this study, thermal comfort of an office with a surface area of  $50 m^2$  located in Tepekule Congress and Business Center, has been investigated by computational fluid dynamics (CFD). One-to-one office geometry was designed by using ANSYS SpaceClaim and mesh was created by using ANSYS Meshing software.

Thermal factors affecting the comfort of the office, solar load, outdoor temperature, air conditioning, computers, people and various office tools were defined and evaluated separately for summer and winter situations. In the study, the effect of the sun on the office area, the cold and hot areas of air blown from the air conditioner and the effects of working computers on the users are examined in detail.

As a result of the evaluations made by the CFD study, suggestions for solving the negative factors affecting the living spaces are presented.

**Key Words:** CFD, HAD, Thermal, Analysis, ANSYS, Fluent, HVAC



## 1. GİRİŞ

Isıl konfor, genel olarak bir ortamda bulunan kişilerin büyük çoğunluğunun sıcaklık, nem, hava akımı gibi iklim koşulları açısından gerek bedensel gerekse zihinsel faaliyetlerini sürdürürken belli bir rahatlık içinde bulunma durumlarını ifade eder.[6]

Havalandırma sistemlerinin temel unsurları, sıcaklık, hava hızı ve hava temizliğidir. Bu temel unsurlar dikkate alınarak iç mahalin ısıl konforunun dış hava şartlarından etkilenmeyecek bir değerde sabit tutulması amaçlanır. Bu durumun gerçekte sağlanabilmesi için uygun bir sistemin kurulmasına özen gösterilmelidir ve sistemin yıl boyunca çalışması kontrol edilmelidir.

Çalışma ortamlarındaki ısı etkilenmeleri ve konforsuz ortam şartları, verimin düşmesine sebep olmaktadır. Ofislerde çalışan kişilerin haftalık 45 saat çalıştığı göz önünde bulundurulursa günlük yaşamlarının ortalama %37.5'si ofis içerisinde geçmektedir.[5] Bu sebeple kişinin rahat bir ortamda çalışması, yaşam ve iş kalitesi açısından oldukça önemlidir.

## 2. İKLİMLENDİRME YÜKÜ HESABI [2]

Isıl konforun sağlanabilmesi için, havalandırma cihazlarının seçimi öncesinde iklimlendirme yükü hesabı yapılmalıdır.

İklimlendirme yükü hesabında iç ısı kaynaklarından elde edilen değerlerin yanı sıra belirlenmiş bir tasarım gününde, dışarıdan iç ortamı etkileyen ısısında hesaba alınması gerekmektedir.

### 2.1 Dış Yükler

1- *Pencerelerden gelen güneş ışınımı* : Pencerelere düşen güneş ışınımı mahal içerisine girerek belirli yüzeyler tarafından soğurulduktan sonra, zamanla mahal havasına karışır ve bir soğutma yükü bileşeni oluşturur.

2- *Dış duvarlardan ve çatıdan iletimle ısı kazancı*

3- *Dış duvarlar ve çatı dışındaki yüzeylerden iletimle ısı kazancı*

4- *Hava sızması*

5- *Havalandırma için gerekli dış hava*

### 2.2 İç Yükler

1-*İnsanlar* : İnsanlar buldukları ortama belirli miktar karbondioksit gazı, ısı, su buharı ve çeşitli kokular bırakırlar.

2- *Aydınlatma* : Sahip oldukları elektrik enerjisini, ışık ve ısıya dönüştürürler ve bu enerji çevreye ısı olarak geçer.

3- *Cihazlar ve makineler* : İç mahallerde, farklı ihtiyaçlar için kullanılan elektrik enerjisi, gaz yakıt veya buhar ile çalışan tüm makineler çevreye belirli miktarlarda ısı yayarlar.

4- *Sıcak akışkan boruları ve tankları*

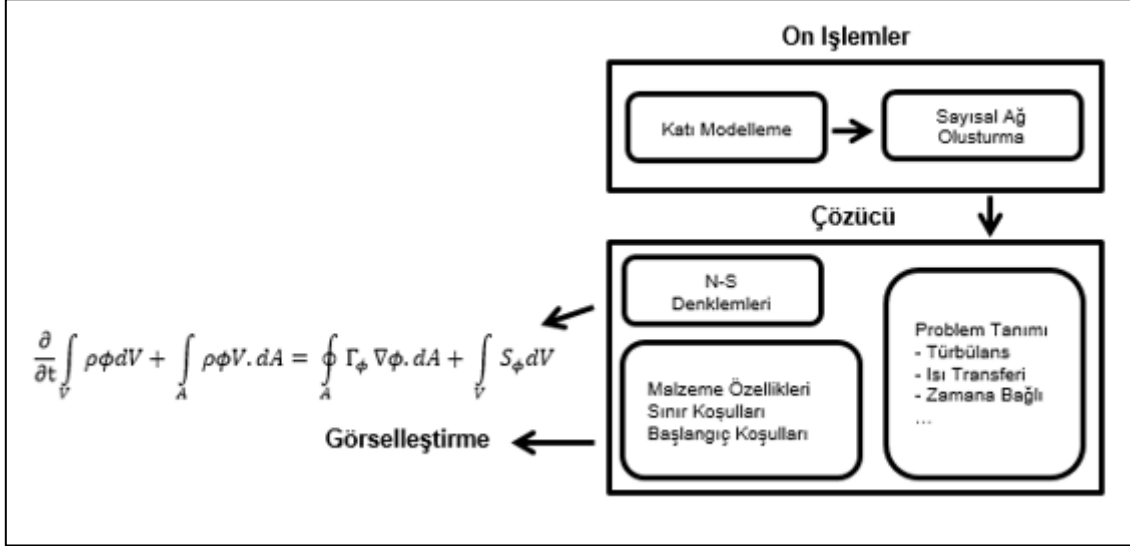
5- *İklimlendirme sistemi elemanları*

6- *Diğer Kaynaklar*

Tüm bu hesaplamalar ile birlikte, ofiste çalışan kişi sayısı, çalışan kişilerin oturma düzenleri, ısı kaynağı olabilecek bilgisayarların konuşlandırılması vb. faktörler, ısıl konforu etkileyen etmenlerdir.

### 3. ANALİZ ADIMLARI

ANSYS modülleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizlerinin, basit akış şeması Şekil 1'de gösterilmiştir.

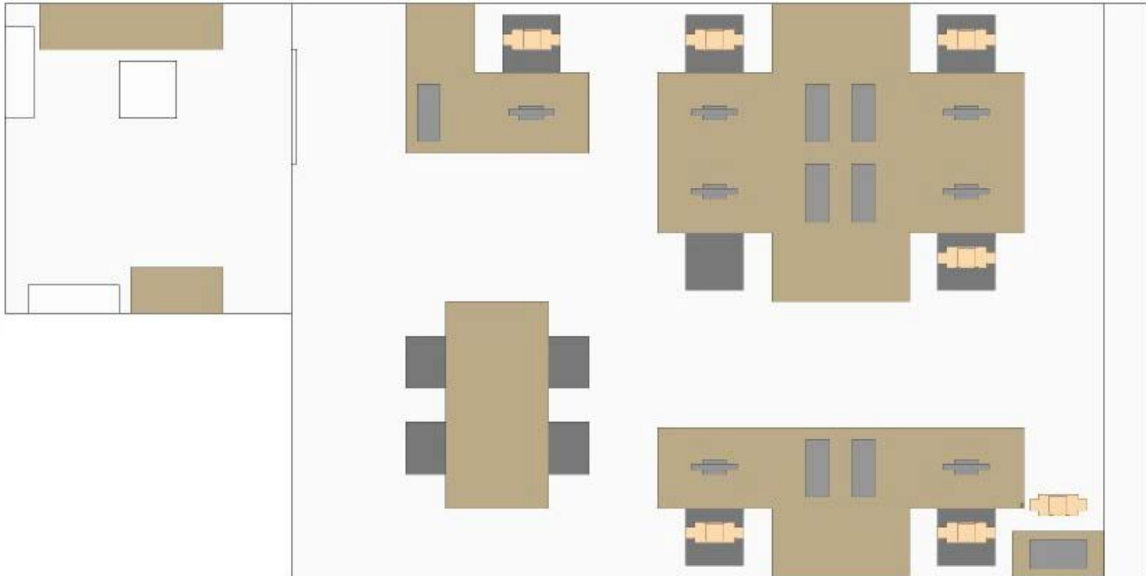


Şekil 1. Analiz Akış Şeması

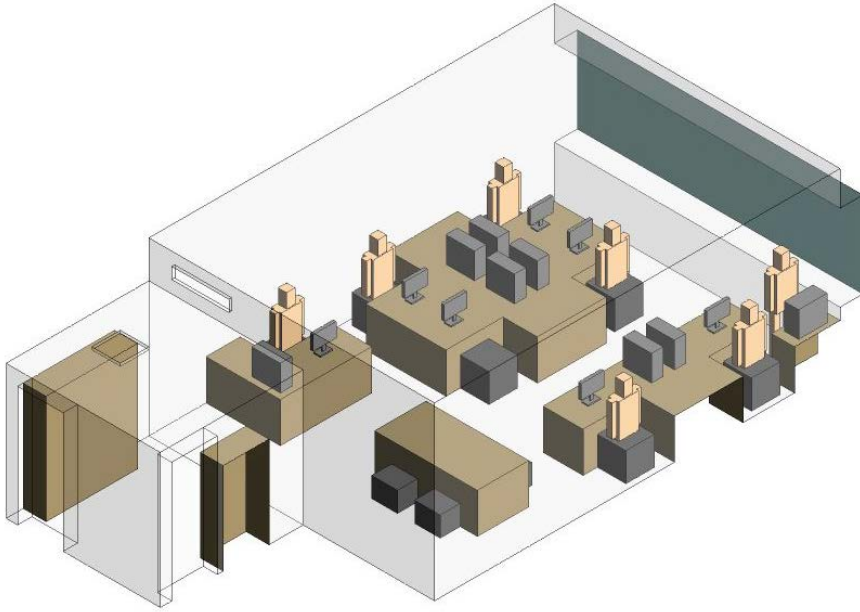
#### 3.1. Geometri Oluşturulması

Yapılan çalışmada, Tepekule Kongre ve İş Merkezi'nde Güney-Batı cephesinde yer alan bir ofis, belirli sadeleştirmeler ve kabuller yapılarak birebir ölçülerde ANSYS-SpaceClaim modülü kullanılarak oluşturulmuştur.

Geometriye, ofis çalışanları, ısı kaynağı olduğu düşünülen bilgisayar kasaları, yer kapladığı ve akışı yönlendirici veya kesici etkisi olacak belirli ofis mobilyaları eklenmiştir. Oluşturulan geometri Şekil 2 ve 3'te gösterilmektedir.



Şekil 2. Ofis Akış Hacmi Üstten Görünüm



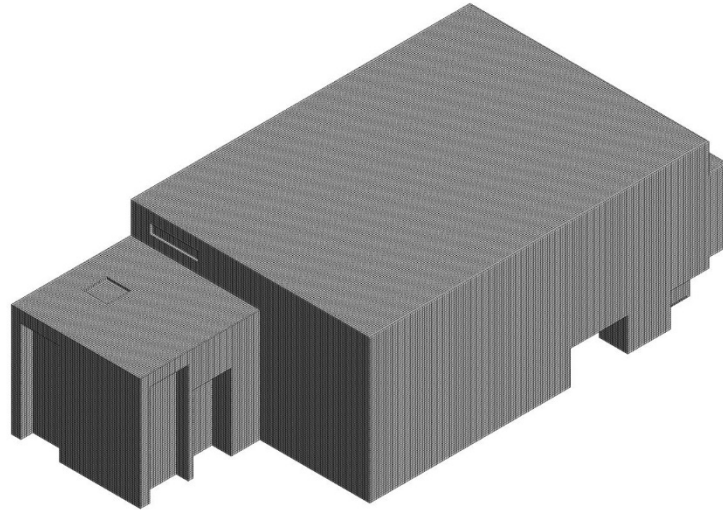
**Şekil 3.** Ofis Akış Hacmi İzometrik Görünüm

### 3.2 Sayısal Ağın Oluşturulması

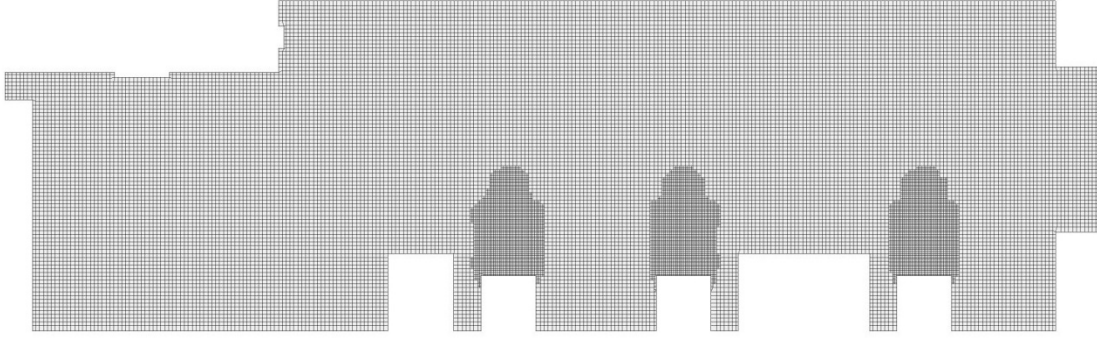
Sayısal ağ, ANSYS Meshing'te cut-cell mesh seçeneği ile oluşturulmuştur. Sayısal ağa ait özellikler aşağıdaki Tablo 1'de paylaşılmıştır.

**Tablo 1.** Sayısal Ağ Özellikleri

Eleman Sayısı	2683067
Maksimum Çarpıklık Değeri (Skewness)	0.95119
Minimum Orthogonal Kalite Değeri	0.26232



**Şekil 4.** Sayısal Ağ Gösterimi



Şekil 5. Sayısal Ağ Kesit Gösterimi

### 3.3 Sınır Koşullarının Belirlenmesi

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi ile hem yaz hem de kış hava şartları için, ofis ortamının ısı konfor analizleri gerçekleştirilmiştir.

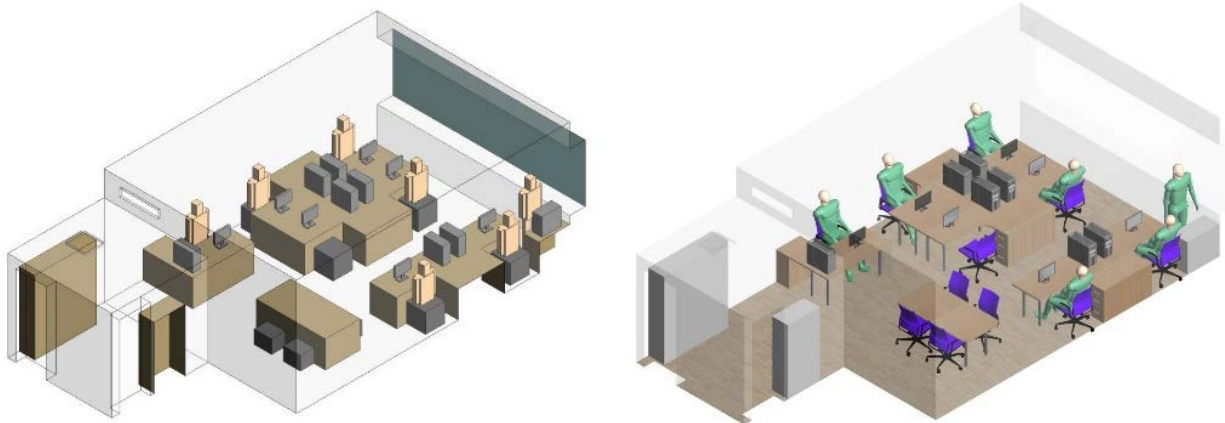
Tablo 2. Sınır Koşulları

Yaz Sınır Şartı		Kış Sınır Şartı	
Seçilen Gün	21 Haziran	Seçilen Gün	21 Aralık
Saat	16:00	Saat	16:00
Giriş Menfez Hız - Sıcaklık	3 [m/s] – 291 [K]	Giriş Menfez Hız - Sıcaklık	3 [m/s] – 297 [K]
Çıkış Menfez Basınç	0 [Pa]	Çıkış Menfez Basınç	0 [Pa]
İnsan Vücut Sıcaklığı	310 [K]	İnsan Vücut Sıcaklığı	310 [K]
Bilgisayar Kasaları Isıl Değer - Fan Debi Değeri	50 [Watt] – 0.001 [kg/s]	Bilgisayar Kasaları Isıl Değer - Fan Debi Değeri	50 [Watt] – 0.001 [kg/s]
Ofis duvarları – Taşınım Sınır Şartı	5 [Watt / m <sup>2</sup> K]	Ofis duvarları – Taşınım Sınır Şartı	5 [Watt / m <sup>2</sup> K]

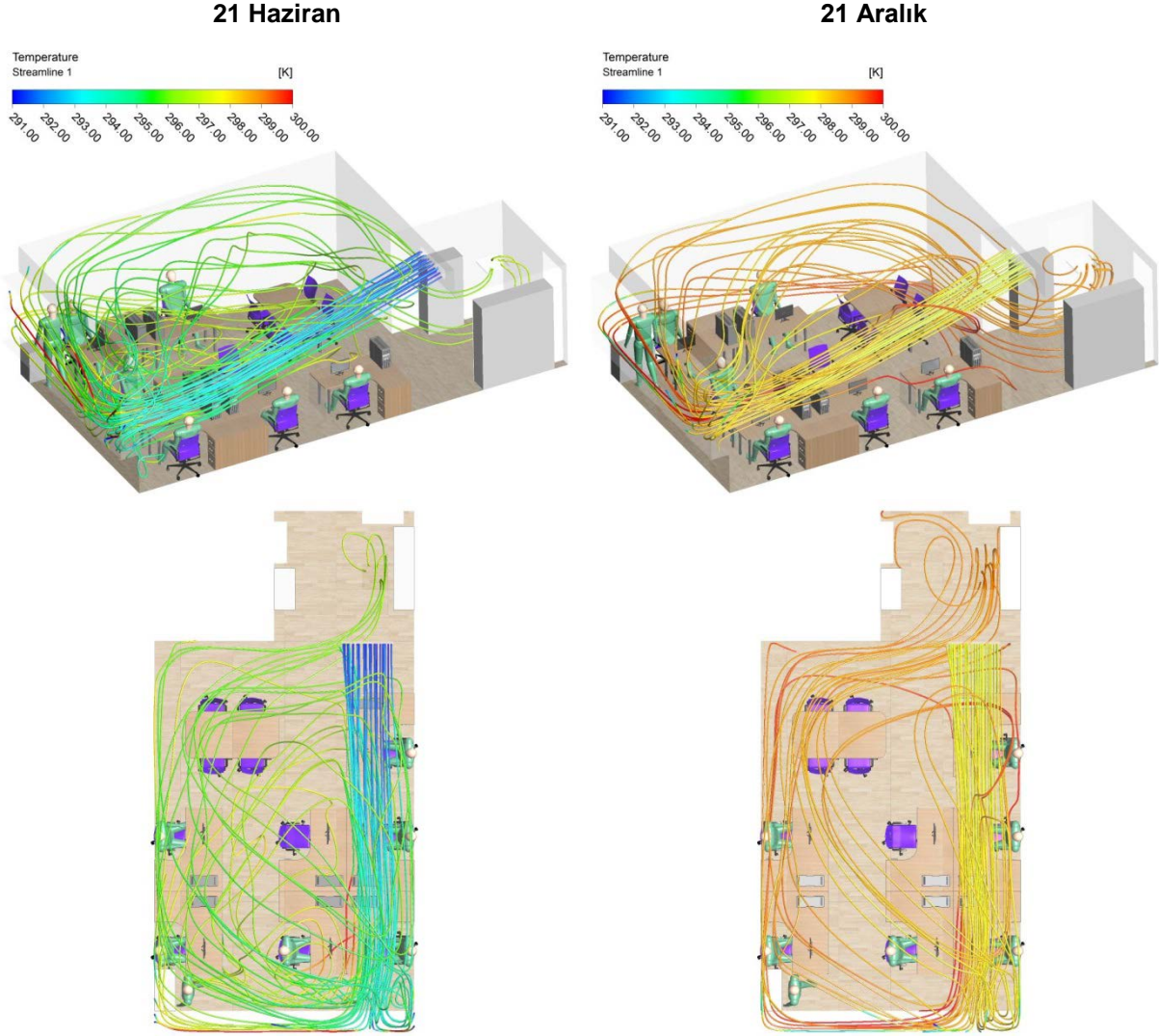
ANSYS Fluent içerisinde bulunan Isıl Yük Hesabı yardımıyla, belirlenen parametreler sonucunda pencerelerden gelen güneş ışınımı hesaplanıp analize dahil edilmiştir.

### 4.SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Sonuç kısmında yer alan görsellerde, gerçekçi ofis ortamı modellenmesi adına render işlemi uygulanmıştır.



Şekil 6. Render Gösterimi



**Şekil 7.** Sıcaklığa Bağlı Akış Çizgileri

Şekil 7’de sıcaklığa bağlı değişen akış çizgileri gösterilmiştir. Havalandırmanın yönlendirmesine ve konuşlanmasına bağlı olarak ofis içerisinde havanın homojen dağılmadığı gözlemlenmiştir.

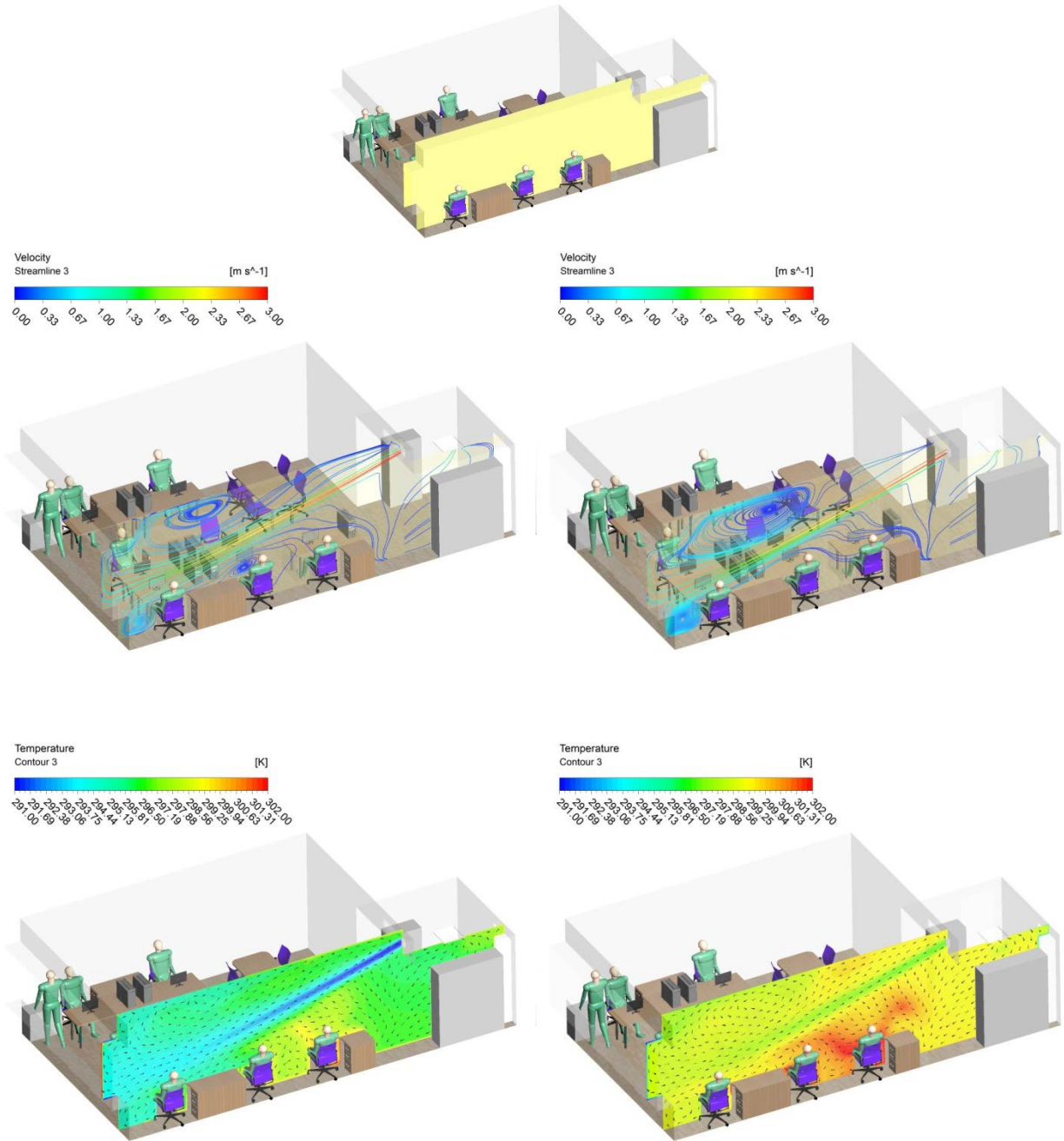
Cam kenarına yakın oturan ofis çalışanına direkt olarak etki ettiği, kapı tarafına yakın oturan ofis çalışanına ise hiç etki etmediği gözlemlenmiştir.

Bu durum ile birlikte cam kenarında oturan kişiye sürekli olarak hava üfleme durumunun birkaç fiziksel rahatsızlığı tetikleyebileceği kanısına varılmıştır. Örnek verilecek olursa; baş ağrısı, migren atağı vb. ilk olarak akla gelen rahatsızlıklardandır.

Kapı tarafına yakın oturan ofis çalışanın ise hem yaz hem de kış durumunda havalandırmadan yararlanamadığı gözlemlenmiştir. Çalışanın bulunduğu yer itibarıyla her zaman için daha yüksek sıcaklığa sahip bölgede oturması ısı konforu açısından sorun teşkil etmektedir.

21 Haziran

21 Aralık



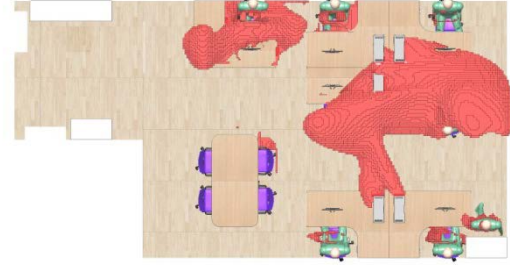
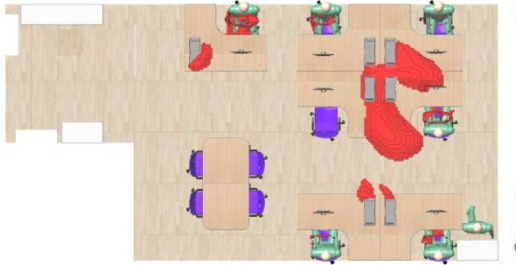
**Şekil 8.** Düzlem Üzerinde Hıza Bağlı Akış Çizgileri- Sıcaklığa Bağlı Kontur, Hız Vektörleri

Şekil 8'de örnek bir düzlem üzerinde ilk olarak hıza bağlı akış çizgileri gösterilmiştir, bu görselden yola çıkarak cam kenarına yakın oturan ofis çalışanının alt tarafında bir hava girdabına maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Bu etki bir süre sonra ofis çalışanını rahatsız edecek ve ısı konfor bakımından konforsuz hissetmesine sebebiyet verecektir.

Aynı düzlem üzerinde sıcaklık konturu alınmış ve üzerinde hız vektörleri gösterilmiştir.

21 Haziran

21 Aralık

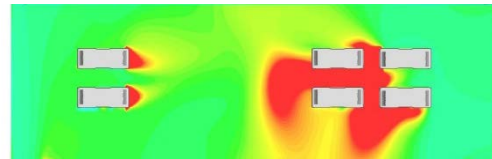
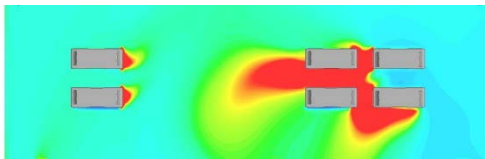
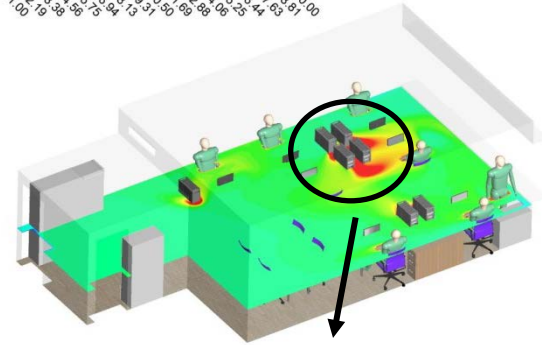
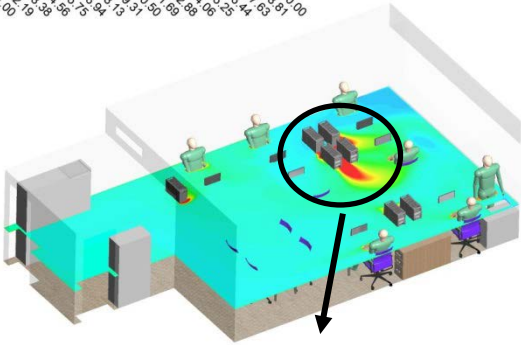
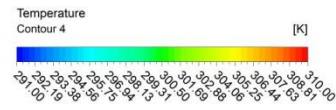
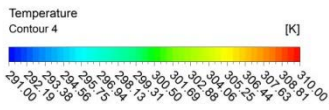


Şekil 9. 28 °C Üzerinde Olan Bölgeler

Şekil 9'da 28 °C üzerinde bulunan bölgeler gösterilmiştir. 28 °C üzeri bölgeler kişilerin hem yaz hem de kış sınır şartı için ısıl konfor bakımından konforsuz hissedecekleri sıcaklık olarak belirlenmiştir.

21 Haziran

21 Aralık



Şekil 10. Düzlem Üzerinde Sıcaklık Konturu



Giyinik olarak 23-27 °C sıcaklıkları arasındaki bir ortamda hareketsiz olarak bulunan bir insan ortam ile denge sıcaklığındadır ve ortamı konforlu bulmaktadır. [4]

Çalışma ortamlarının ısı konfor durumları, yaz sınır şartı için 23-27 °C aralığında, kış sınır şartı için 20-24 °C aralığında olması gerekmektedir. [8]

Çalışmada yaz durumu için ortalama sıcaklık değeri 23 °C, kış durumu için 26 °C olarak hesaplanmıştır. Yaz sınır şartı için elde edilen ortalama sıcaklık değeri, belirlenen sınırlar içerisinde kalmasına rağmen kış durumu için 2 °C yüksek bir ortalama sıcaklık değeri elde edilmiştir.

Yaz durumu için havalandırmanın yeterli soğutma işlemini gerçekleştirdiği gözlenmiştir. Kış durumunda ise ısı kayıplarının az olması, çalışan kişi sayısının çokluğu ve Şekil 10'da gösterildiği üzere yüksek işlem gücüne sahip bilgisayarların yaydığı ısı miktarının fazla olması ofis içindeki sıcaklığın termal konfor şartlarından 2 °C fazla değerde olduğu gözlemlenmiştir.

Giriş kısmına yakın oturan ofis çalışanın yaz ve kış durumlarında her ikisinde de termal konfor bakımından yetersiz bir bölgede çalıştığı gözlemlenmiştir. Sıcaklığın bu bölgede her zaman daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu tür etkileri önlemek adına havalandırma yeri değiştirilebilir veya belirli yönlendiriciler ile havanın daha homojen bir şekilde ofiste dağılması sağlanabilir.

Tamamlanan çalışma sonrasında, HAD yöntemi kullanılarak belirlenen iç mahal için yapılacak ısı konfor analizlerinin, oldukça faydalı ön bilgi sağladığı gözlemlenmiştir. Yerleşim öncesi yapılacak olan hesaplama ve nümerik çözüm yöntemlerinin kullanılmasıyla ısı konfor bakımından belirlenen kriterlere uygun iç mahal tasarımları geliştirilebilir olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] ANSYS Help
- [2] TMMOB Makine Mühendisleri Odası "Klima Tesisatı" Yayın No : MMO/296-4
- [3] TMMOB Makine Mühendisleri Odası "Kalorifer Tesisatı Yayın No : MMO/352-4
- [4] ASRAE Handbook – Fundamentals (1993), "Physiological Principles And Thermal Comfort1, Atlanta.
- [5] 22.5.2003 ve 4857 Sayılı İş Kanunu
- [6] Termal Konfor Şartları, C. Tırak ,M. Tırak, M. Türkyılmaz
- [7] Dünya'da ve Türkiye'de Isıl konfor Çalışmaları, A. Yiğit, İ. Atmaca
- [8] Yüksel, N. (2005), "Günümüz Kamu Kurumlarında Yapısal Konfor Koşullarının Tespit Edilmesine Yönelik Bir Çalışma" Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Vol.10, No,2 Pp, 21-31.
- [9] Yılmaz, D. (2001), "Tavandan Soğutulan Bir Hacimde Sıcaklık Ve Nem Dağılımının Deneysel Ve Sayısal Analizi1 İTÜ-Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Haziran İstanbul
- [10] Yakut Z. M , Selbaş R, Yakut G. (2013) "Ofis Ortamında İklimlendirmenin Çalışanlara Etkisi" Süleyman Demirel Üniversitesi-Sosyal Bilimleri Enstitüsü

## ÖZGEÇMİŞ

### Ezgi YAPICI

1994 yılı İzmir doğumludur. 2017 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. Yine aynı üniversite de 2018 yılında Makine Mühendisliği – Termodinamik Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Numesys İleri Mühendislik Hizmetleri şirketinde HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) Uygulama Mühendisi olarak görev almaktadır.



### **Türkey GENÇER**

1991 yılı Merzifon doğumludur. 2014 yılında TOBB Ekonomik ve Teknoloji Üniversitesinden mezun olmuştur. 2016 yılında Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği – Enerji Anabilim dalında yüksek lisans öğrenime başlamıştır. Anova Mühendislik şirketinde Uzman HAD Uygulama Mühendisi görevini Numesys İleri Mühendislik Hizmetleri Şirketinde Kıdemli HAD Uygulama Mühendisi olarak devam ettirmektedir.

### **Uğur AY**

1984 yılı Merzifon doğumludur. 2008 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 2008 – 2018 yılları arasında Anova Mühendislik Şirketinde Kıdemli (HAD) Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Uygulama Mühendisi olarak çalışmıştır. Şuan Numesys İleri Mühendislik Hizmetleri şirketinden HAD Ekip Teknik Müdürü olarak görev almaktadır.