

GÖLGELEME ARAÇLARININ ETKİSİ İLE DEĞİŞEN İÇ HAVA AKIM HIZLARININ DENEYSEL YOLLA ORTAYA KONULMASI

Neslihan TÜRK MENOĞLU BAYRAKTAR
Vildan OK

ÖZET

Doğal havalandırma yoluyla oluşan iç mekân hava hareketi hızları, gün içerisinde dış sıcaklığın iç hava sıcaklığından düşük olduğu saatlerde iç havanın soğutulması; bina yüzeylerinin soğutulması; insan vücudu üzerindeki taşınım ve buharlaşma yolu ile soğutma etkileri açısından gereklidir.

Binalara etkiyen rüzgâr hızına ve yönüne bağlı olarak mekanda düzgün dağılımlı olmayan hava akımı hızları oluşmaktadır. İç hava hareketi hızları bina cephesindeki açıklık miktarı, konumu ve boyutlarına bağlı olarak değişmektedir.

Binaların bir pasif soğutma sistemi olarak tasarlanmasında, iç mekanların olabildiğince düşük ısı kazanmasının istendiği ESD' de, sıcak ve nemli, ılıman iklim karakteristiklerine sahip yerleşimlerde rüzgâr basıncı nedeniyle havalandırma açıklıklarından iç mekana doğrudan alınan dış hava sıcaklığına sahip hava akımlarının miktarı, hızı; güneşin istenmeyen ısı etkilerinden korunmak üzere cephelerde tasarlanan farklı tiplerde gölgeleme araçlarının geometrik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Gölgeleme araçlarının iç hava hareketi hızlarına etkilerinin ortaya konulması amacıyla 5 alternatif için rüzgâr tüneline 8.6 ms⁻¹ gradyan hızında (motor devir sayısı %40)'da model içinde yer alan ölçüm noktalarında ölçülen hava akımı hızları, GE'lerin bina yüzeyine göre konumları ve oluşturuldukları kanatların durumuna bağlı olarak, mekanın orta aksı C1 kesitinde yer alan 4 noktadaki değerleri ile oluşturulan grafiklerle incelenmiştir.. Bu bildiride gölgeleme araçlarının iç hızlara etkisini ortaya koyan deneysel çalışma sonuçları sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: İç hava hareketi hızı, gölgeleme aracı, doğal havalandırma

ABSTRACT

Interior air velocity dispersion which occur by natural ventilation is needed; in order to cool interior air when outside air temperature is lower than interior air temperature during the day; in order to cool building surfaces; and their effect of cooling on human body by convection and evaporation.

Wind acting on buildings create non-homogeneous airflow velocities on interiors according to its direction and velocity.

Designing the buildings as passive cooling systems, the amount and the velocity of the airflows with outside air temperature, entering interiors from the openings by the effect of wind pressure, change by shading device geometries which are designed on facades with different types in order to get protection from unwanted solar gains, especially on hottest periods when the zones are wanted to gain minimum amount of heat, on locations having hot and humid and temperate climate conditions.

Interior airflow velocities are measured on wind tunnel with a reference velocity of 8.6 m/s, on the vertical interior profiles of 4 points located on the middle axes of the model in order to determine the effects of shading devices for 5 alternatives derived with the situations of their location on facade and their slat opening positions. The results will be presented in this paper

Key Words: Interior air velocity, shading device, natural ventilation

1. GİRİŞ

Doğal havalandırma yoluyla oluşan iç mekan hava hareketi hız dağılımına, gün içerisinde dış sıcaklığın iç hava sıcaklığından düşük olduğu saatlerde iç havanın soğutulması; bina yüzeylerinin soğutulması; insan vücudu üzerindeki taşınım ve buharlaşma yolu ile soğutma etkileri açısından gereksinim duyulmaktadır. Binalara etkiyen rüzgar hızına ve geliş yönüne bağlı olarak iç mekanda düzgün dağılımlı olmayan hava akımı hızları oluşmaktadır. İç hava hareketi hızları bina cephesindeki açıklık miktarı, konumu ve boyutlarına bağlı olarak değişime uğramaktadır. Binaların bir pasif soğutma sistemi olarak tasarlanmasında özellikle iç mekânların olabildiğince düşük ısı kazanmasının istendiği ESD' de, sıcak ve nemli, ılıman iklim karakteristiklerine sahip yerleşimlerde rüzgar basıncı nedeniyle havalandırma açıklıklarından iç mekana doğrudan alınan dış hava sıcaklığına sahip hava akımlarının miktarı, hızı; güneşin istenmeyen ısı etkilerinden korunmak üzere cephelerde tasarlanan farklı tiplerde gölgeleme araçlarının geometrik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu değişimlerin ortaya konulması, iç konfor koşullarına etkisi açısından optimum gölgeleme aracı tasarımında faydalı olacaktır.

2. GÖLGELEME ARAÇLARININ İÇ HAVA HAREKETİ HIZLARINA ETKİLERİ

İç hareketi hızlarına, bina formu,[1, 2, 3]; rüzgarın geliş açısı, [4]; pencere açıklıklarının boyutları, [5, 6]; cephedeki yerleşimleri ve birbirlerine bağlı olarak konumları, [5, 7, 8, 9, 10, 11] etki etmektedir.

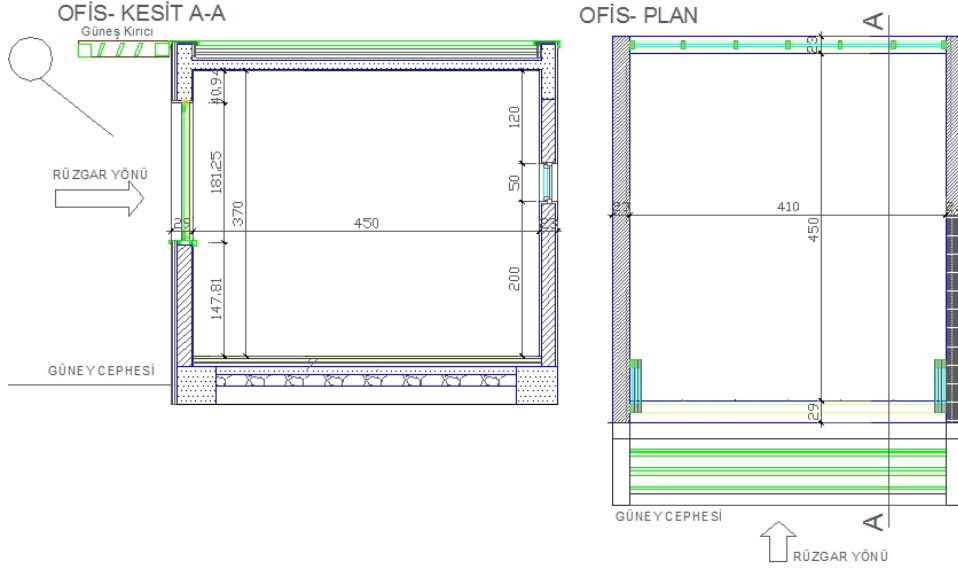
İç hızların bina formuna, rüzgar yönüne, açıklık, boyut, cephedeki yerleşim, birbirine göre konumuna bağlı değişimlerinin büyük oranda rüzgar tüneli deneyleri ile ortaya konulduğu görülmektedir [1, 4,10,9]. Rüzgar zamana bağlı olarak sürekli değişim göstermesi sebebi ile davranışlarının tahmin edilmesini güçleştirmektedir. Bu konu ile ilgili teorik altyapının oluşması için mümkün olduğunca farklı durumlarda rüzgar davranışlarının deneysel çalışmalarla ortaya konulması gerekmektedir. Literatürde ele alınan çalışmaların bir kısmı farklı senaryolar için rüzgar tüneline gerçekleştirilmiş çalışma sonuçlarını sunmaktadır. Bir kısmı yeni geliştirilen CFD programlarında yürütülen aynı tip çalışmaların testini rüzgar tüneline yapılan deneysel çalışmalarla gerçekleştirmektedir. Bir kısım çalışmanın da rüzgar tüneline gerçekleştirilen deneysel çalışma sonuçlarına bağlı olarak belli durumlar için ölçüm yapılmasını gerektirmeyecek sayısal hesaplamaların geliştirilmesi yönünde gerçekleştirildiği görülmektedir.

Gölgeleme araçlarının iç hava hareketi hızlarına etkisini inceleyen Chiang vd.[12], Hien [13], Prianto ve Depecker [3], Altuntaş.[14]'a ait çalışmalar CFD programlarında gerçekleştirilmiştir. Gölgeleme araçlarının iç hava hareketi hızlarına etkilerinin rüzgar tüneline ölçülmesi bu konuda daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi ve CFD programlarının daha gerçeğe yakın sonuçlar vermek üzere geliştirilmesi konusunda katkı sağlayacaktır.

2.1. Gölgeleme Araçlarının İç Hava Hareketi Hızlarına Etkilerinin Deneysel Çalışma İle Ortaya Konulması

Rüzgar çok değişkenli bir çevresel eleman olduğundan binayla ilişkilerini incelerken kuramsal metodlardan çok, deneysel çalışmalar yapmak, ele alınan parametrelerin değişimini incelemek

açısından daha gerçekçi sonuçlara ulaştırmaktadır. Bu nedenle planlanan çalışmada; güneş kontrol elemanlarının bina içerisinde rüzgar basıncı nedeniyle oluşan bina içi hava akımına etkisi, rüzgar tüneline sabit hız, değişken konumda; güneş kontrol elemanının biçim boyut konum gibi geometrik değişkenliklerinde deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışma öncesinde örnek olarak ele alınan tek katlı ofis binasına ait geometrik özellikler, malzeme bilgileri, duvar katman oluşumu gibi değişkenler oluşturulmuştur. Rüzgar tüneline boyutları göz önüne alınarak ele alınan örnek binanın 1/12.5 ölçekli modeli ve ön açıklığı önüne gelen gölgeleme araç tipleri türetilmiştir. Rüzgar tüneline model içinde belirlenen noktalarda hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir[15].



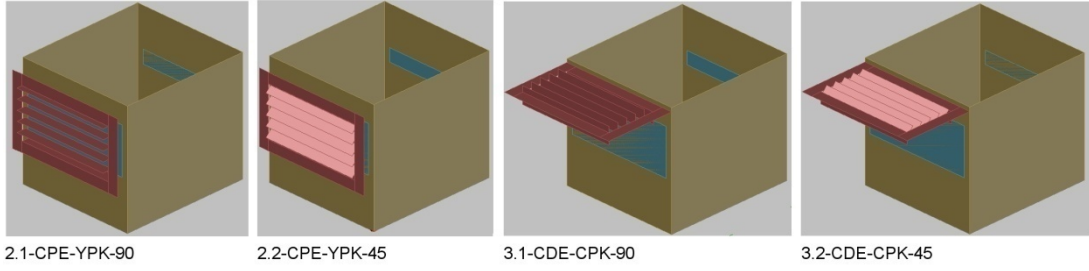
Şekil 1. Örnek Ofisin Plan ve Kesiti

2.1.1. Bina Geometrisinin Tanımlanması

Ele alınan örnek bina tek katlı, iç ölçüleri 4.50*4.10 m olan bir ofis katından ibarettir. Ön cephede 4.10*1.80 m boyutları ile 7.4 m² ve arka cephede 4.10*0.5 boyutları ile 2.05 m² alana sahip, mekanın çapraz havalandırılmasını sağlayan pencere açıklıkları yer almaktadır. (Şekil 1). Örnek olarak ele alınan mekanın ön cephesine rüzgar dik olarak gelmektedir. Oda kapısı sürekli kapalıdır. Odada mobilya, aydınlatma, ofis ekipmanlarının, kullanıcıların olmadığı ve mekanın İstanbul'da düz kırsal bir alanda yer aldığı farz edilmiştir. Gölgeleme aracının yüzeye dik ve paralel yerleştirilmesi ve kanatlarının 45° ve 90° açılarına göre değiştirilmesi ile alternatifler üretilmiştir.

2.1.2. İncelenen Gölgeleme Aracı Alternatifleri

Yatay kanatlara sahip gölgeleme aracının cepheye paralel, cepheye dik yerleşimlerinde, kanatların 90-45° açık olduğu, boş durum dahil olmak üzere 5 alternatif türetilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Gölgeleme Aracının Cephedeki Yerleşimi ve Kanat Açılarının Değiştirilmesi İle Türetilmiş Alternatifleri

Alternatifler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

1. 1-Bos durum-pencere açık
2. 2.1-CPE-YPK-90-Cepheye paralel eleman-Yere paralel kanat90- pencere açık
3. 2.2-CPE-YPK-45-Cepheye paralel eleman-Yere paralel kanat45- pencere açık
4. 3.1-CDE-CPK-90-Cepheye dik eleman-Cepheye paralel kanat90-pencere açık
5. 3.2-CDE-CPK-45-Cepheye dik eleman-Cepheye paralel kanat45- pencere açık olarak sınıflandırılmıştır[15] .

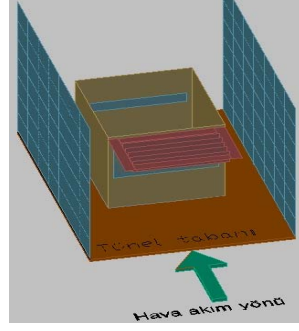
2.1.3. Deneysel Çalışmada Kullanılan Araçların Tanıtımı

Farklı gölgeleme araçlarının rüzgarın mekana girişindeki direnç etkisini gerçekçi biçimde ortaya koymak üzere, 8.6 m/s lik hava hızı elde edilen rüzgar tüneline, bina modeli ve buna monte edilen farklı tipteki gölgeleme araçları ile deneysel çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmada kullanılan İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi F.Ç.K. Laboratuvarında yer alan rüzgar tüneli; açık dönüşlü-kapalı jet, Eiffel tipi bir ses altı tüneldir. Söz konusu rüzgar tüneli, emişli bir tüneldir.

Tünelde hava girişi 2.50x2.50x0.30 m. lik bir çan ağızıyla sağlanmaktadır. Gözlem odası 1.00x1.00x3.00 m. boyutlarındadır. Ölçüm ucunu taşıyan traversing kollarının yürütüleceği yırtıklar, düşey ve yatay yüzlerde oluşturulmuştur. Gözlem odasından 1.05x1.05 m.lik kare kesitten $r = 1.64$ m. çapındaki dairesel kesite geçişi sağlayan difüzör toplam 5.96 m. uzunluğundadır. Fan, 0.52 m çaplı aksenal bir fanıdır. Fanı döndüren motorun gücü 4 kW., devir sayısı 2905 devir/dk dır. Gözlem odasına ait maketli yada maketsiz hız dağılımlarını elde etmek için DANTEC firması tarafından üretilmiş mini CTA (Sabit sıcaklık) Hot-wire (sıcak tel) tipi anemometre kullanılmıştır.

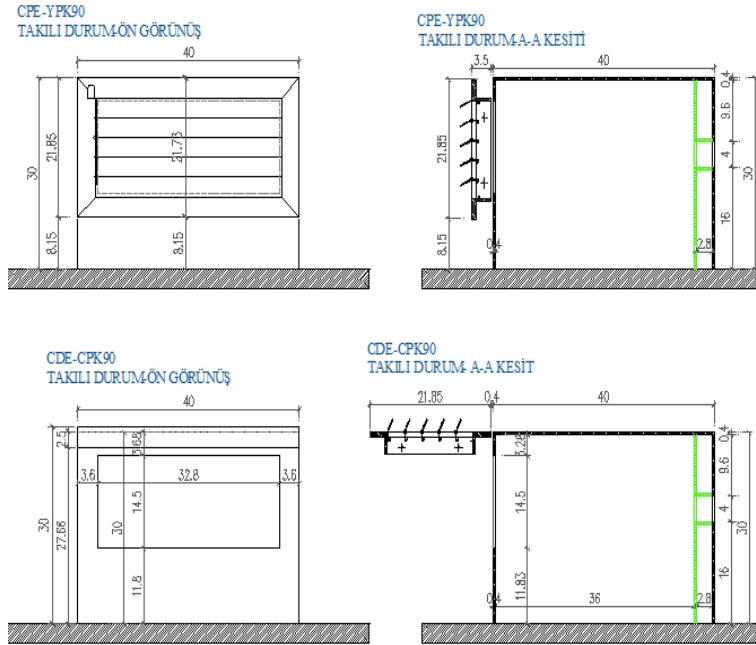
2.1.4. Model Ölçeği Benzetişimi- Model ve Gölgeleme Aracı Boyutları

Bu aşamada boyutları ön cephe genişliği 4.10 m, derinliği 4.50 m, yüksekliği ise 3.70 m, ön cephe açıklık boyutu 4.10*1.80 m olan tek katlı bina iç hacmini temsil etmek üzere takılır sökülür model hazırlanmıştır. Model 1/12.5 ölçeğine göre, 40*40*30 cm boyutlarındadır. Akım görünürlülüğü sağlaması için 4 mm kalınlıkta pleksiglas malzemeden üretilmiştir. Model rüzgar tüneli 1*1*1 m kesit alanına sahip gözlem odasında ortalanarak yerleştirilmiştir. Maket ön yüzeyi hava akımı yönüne gelecek şekilde rüzgar tüneline yerleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Modelin Tünelde Yerleşimi

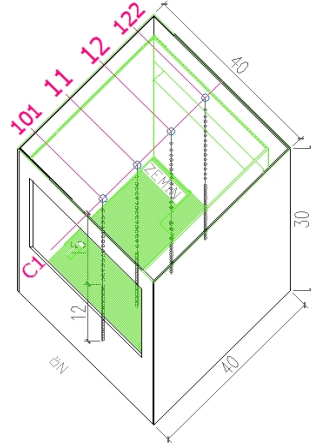
Alüminyum malzeme ile üretilmiş gölgeleme elemanı modeli, 20*40 cm boyutlarındadır. İstenilen açığa göre döndürülebilen, yatay kanatlara sahiptir. Deneyde araştırılan gölgeleme araç tipleri bu kanatların cephedeki konumu ve kanat açıklıkları ile ifade edilmiştir. Şekil 4' te gölgeleme aracının cephedeki yerleşimi görülmektedir.



Şekil 4. Gölgeleme Aracının Cephedeki Yerleşimi

2.1.5. Modelde İç Hız Ölçüm Noktaları

Hız ölçümlerini yapan problemleri taşımak ve hareketini sağlamak üzere kullanılan teçhizatın maket içine istenilen yüksekliklerde girişini sağlamak üzere model tavanında yaklaşık 1 cm çaplı delikler açılmıştır. Ölçümlerin yapıldığı profil noktaları binanın ortasından geçen C1 aksında sırasıyla c1-101, c1-11, c1-12, c1-122 isimlerini almaktadır. Seçilmiş gölgeleme aracı alternatifleri takılı durumda mekanın yüksekliği boyunca yer alan 41 noktada, 'problemler vasıtasıyla hızlar ölçülmüştür. Ölçümlerin hassas olmasını sağlamak üzere hava hareketlerinin fazla olduğu tahmin edildiği pencere altı kısımlarda ölçüm yükseklik aralıkları ilk 120 mm'ye kadar 5 mm ara ile yapılırken pencere 270 mm yüksekliğe kadar 10 mm aralıklarla devam edilmiştir. Ölçüm noktalarının konumları Şekil 5' de görülmektedir.



Şekil 5. Maket İçinde Dikine Ölçüm Noktaları

2.2. Deneysel Çalışma Bulguları

Gölgeleme elemanlarının 5 alternatifi için 8.6 ms^{-1} gradyan hızda model içinde yer alan ölçüm noktalarında hava akımı hızları ölçülmüştür. Hız değişimleri; gölgeleme elemanlarının bina yüzeyine göre konumları ve oluşturuldukları kanatların durumuna, deney yapılan gradyan hızlarına göre eşleştirilerek, orta aks C1 kesitinde yer alan 4 noktadaki etkileri ile oluşturulan grafiklerle sunulmuştur.

Model bina rüzgâr üstü yüzeyinin simetri aksı olan C1 ölçüm aksı bulguları; gölgeleme elemanı seçeneklerinin iç hızlara etkilerini ortaya koymak bakımından öncelikle gölgeleme elemansız boş durumda bina içinde oluşan hızlar ile gölgeleme aracı alternatiflerinin cephe önüne yerleştirilmesi ile elde edilen iç hız ölçüm bulguları Matlab programında görselleştirilmiştir[15].

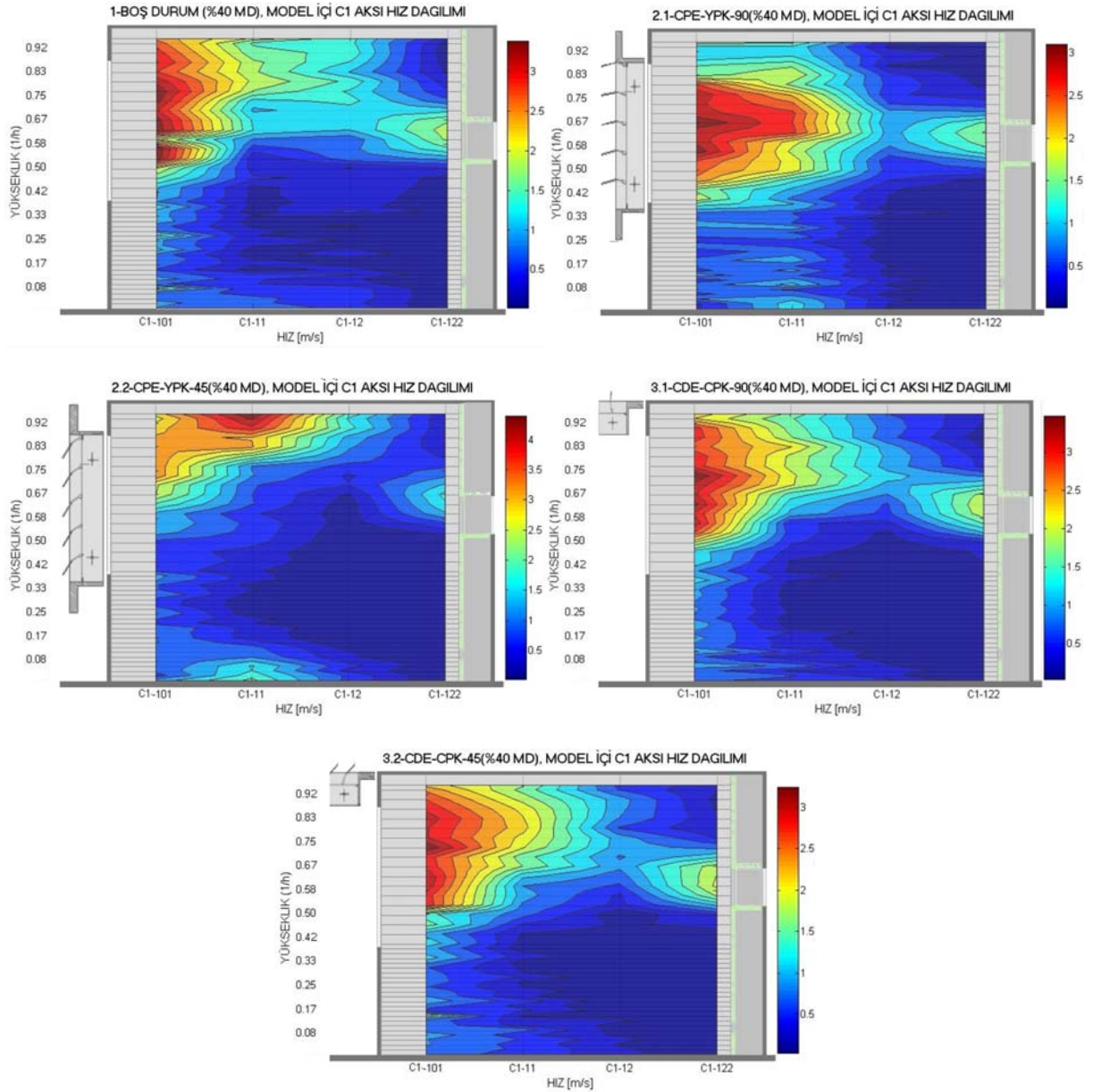
2.2.1. 8.6 m/s GH'da Model İçi Referans Noktalarda Hız Dağılımları

Ölçüm profillerinde 4 aksta yer alan noktalarda yükseklik boyunca 41 noktada hız değerleri, rüzgâr tüneline oluşturulan 8.6 m/s gradyan hızda ölçülmüştür[15]. Aşağıda Matlab programında hız ölçüm bulguları ile oluşturulmuş model içi hız dağılım grafikleri yer almaktadır. Boş durumda ön açıklıktan giren hava akımları 3.5 m/s hızlara ulaşmakta ve arka cephede yer alan açıklıktan ortalama 2 m/s hız ile dışarı çıkmaktadır. Pencere altı kısımlarda girdaplanmalar gözlenmektedir.

2.1 nolu alternatifte 3 m/s ile en yüksek hızlar pencere hizasında oluşmakta ve yüksek hız dağılımlarının, gölgeleme aracının yarattığı küçük boşluk alanlardan geçen hava akımlarının 'venturi' etkisi yaratması sebebi ile boş duruma nazaran model orta akslarında oluştuğu görülmektedir.

2.2 nolu 45° yere paralel açık kanatlı, yüzeye paralel eleman takılı pozisyonda, 4 m/s 'yi aşan yüksek hız değerleri, gölgeleme aracının kanat eğiminden kaynaklanan yönlendirme etkisi ile model tavanına yakın kısımlarda ölçülmüştür. 90° cepheye paralel açık kanatlı, yüzeye dik eleman [3.1] takılı pozisyonda hava akımı tavana doğru kaymış ve hızlar 2.1 nolu alternatifte göre daha yüksek hızlar ölçülmüştür.

3.2 nolu alternatifte iç hava akımının pencere üst kısımlarında yoğunlaştığı ve 3 m/s 'yi aşan hızlara ulaştığı görülmektedir (Şekil 6). Ölçüm sonuçlarına göre yüzeye dik elemanların iç hızları artırması gölgeleme araçlarının iç hızlara etkisini inceleyen çalışmalarında Chand (1971) ve Sobin (1983) tarafından da ortaya konulmuştur [1]. Bu alternatiflerde binaya etkiyen hava akımları bina üst kısmını yalayıp geçmeden gölgeleme aracı tarafından bina içine yönlendirilmekte ve hız değerleri boş duruma nazaran artış göstermektedir.



Şekil 6. Mekanda Ölçülmüş Hız Dağılım Grafikleri

SONUÇ

Çalışmada elde edilen bulgulara göre gölgeleme araçları iç hava hareketi hızlarını genel dağılımda gölgeleme aracı olmadığı durumlara nazaran azaltmakta, eleman tipine bağlı olarak örneğin yüzeye paralel yatay kanatçıklı gölgeleme araç tipleri farklı olduğu durumlarda ise 'venturi' etkisine bağlı bölgesel olarak arttırmaktadır. Ayrıca kanat açıklıklarının iç hava hareketi hız dağılımlarına yönlendirme açısından büyük etkisi vardır. Örneğin yüzeye paralel 45° açık yatay kanatçıklı gölgeleme araç tipi takılı olduğu durumda yüksek hızların tavan yüzeyine doğru gerçekleştiği görülmektedir.

Sonuç olarak tüm alternatiflerle elde edilmiş hız dağılımlarının kullanıcı aktivitelerinin gerçekleştiği düşünülen konumlarda konfor şartlarına uygunluğunun incelenmesi mümkündür. Ölçümlerin daha sık aralıklarla gerçekleştirilmesi daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır. Elde edilen

sonuçların benzer koşullarda Fluent programı ile gerçekleştirilmiş Altuntaş [14] e ait çalışmanın bulguları ile karşılaştırılma yapıma yoluyla CFD programlarının değerlendirilmesi yapılabilecektir.

Aynı çalışmanın farklı rüzgar hızları ve farklı gölgeleme araç tipleri içinde gerçekleştirilmesi ve bulgularla oluşturulacak sayısal hesaplama yöntemleri ile tasarım aşamasında gölgeleme araç tipi seçiminde kullanılabilir standart verilerin oluşması sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Ernest, D. R., "Predicting wind induced indoor air motion, occupant comfort and cooling loads in naturally ventilated buildings.", PhD Thesis, University of California –Berkeley. 1991.
- [2] Kindangen, J., Krauss, G. and Depecker, P., "Effects of roof shapes on wind-induced air motion inside buildings", Building and Environment, Vol. 32, no. 1, pp. 1-11. 1997.
- [3] Prianto, E. and Depecker P., "Characteristic of airflow as the effect of balcony, opening design and internal division on indoor velocity: A case study of traditional dwelling in urban living quarter in tropical humid region", Energy and Buildings, Vol. 34, no. 4, pp. 401-409. 2002.
- [4] Eftekhari, M. M., Marjanovic, D. L. and Pinnock, J.D., "Airflow distribution in and around a single sided naturally ventilated room, Building and Environment, Vol. 38, no. 3, pp. 389-397. 2003.
- [5] Givoni, B., "Climate considerations in building and urban design", Wiley, New York. 1998.
- [6] Melaragno, M., "Wind in Architectural and Environmental Design", Van Nostrand Reinhold. 1982.
- [7] Evola, G. and Popov, V., "Computational Analysis of Wind Driven Natural Ventilation in Buildings", Energy and Buildings, Vol. 38, pp. 491-501. 2006.
- [8] Chang, W. R., "Effect of Porous Hedge on Cross Ventilation of a Residential Building", Building and Environment, Vol. 41, no. 5, pp. 549-556. 2006.
- [9] Jiang, Y. and Chen, Q., "Study of natural ventilation in buildings by large eddy simulation", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 89, no. 13, pp. 1155-1178. 2001.
- [10] Kato, S., Murakami, S., Mochida, A., Akabayashi, S. and Tominaga, Y., "Velocity-pressure Field of Cross Ventilation with Open Windows Analyzed by Wind Tunnel and Numerical Simulation", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 44, no. 1-3, pp. 2575-2586. 1992
- [11] Koinakis, C. J., "The Effect of the Use of Openings on Interzonal air flows in Buildings: an Experimental and Simulation Approach", Energy and Buildings, Vol. 37, no.8, pp. 813-823. 2005.
- [12] Chiang, C., Chen, N., Chou, P., Li, Y. and Lien, I., "A study on the influence of horizontal louvers on natural ventilation in a dwelling unit", Proceeding of the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, 4-9 September, Beijing, China. 2005.
- [13] Hien, W. N., "Effects of External Shading Devices on Daylighting and Natural Ventilation", 8th International IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands, August 11-14. 2003.
- [14] Altuntaş, E., "The Effect of Exterior Shading Devices in Flow Mechanism of Building Facade", M.sc Thesis, İ.T.Ü. Institute of Science and Technology. 2006.
- [15] Bayraktar, T. N. "Gölgeleme Araçlarının Toplam Soğutma Yükleri Açısından Etkinliklerinin Değerlendirilmesinde Geliştirilen Yöntem", PhD Thesis, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. 2008.

ÖZGEÇMİŞ

Neslihan TÜRK MENOĞLU BAYRAKTAR

1973 yılında İstanbul'da doğdu. 1996 yılında Eskişehir Anadolu Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nden mezun oldu. 1999 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Yüksek Lisans programını bitirdi. 1996- 1997 yılları arasında Beta İnşaat' ta teknik ofiste yardımcı mimar, 1997- 2001 yılları arasında Yüksel İnşaat firmasında Teknik ofis şefi olarak, 2002-2005 yılları arasında Beykent

Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak görev yaptı. 2002 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü Yapı Bilimleri Doktora Programına başladı. Aynı Üniversiteden 2009 yılında Doktor ünvanını almıştır. Kocaeli Üniversitesi Mimarlık Bölümünde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.

Vildan OK

Mayıs 1952'de Bursa'da doğan Vildan Ok, İ.T.Ü.MMF. Mimarlık bölümü ardından İ.T.Ü.FBE'nden Y. Mimar (Şehirci) olarak mezun olduğu 1977 yılından beri İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Fiziksel Çevre Kontrolü Birimi'nde, 1984'te Öğrt. Gör.Dr.1985'te Y. Doç. Dr., 1988'de Doç. Dr., 1996'da Prof. Dr. Unvanlarını alarak görev yapmaktadır. Öğretim elemanı olarak 1983 yılında tamamladığı doktora çalışmasıyla başladığı bina iklimi, kent iklimi, doğal iklimlendirme, enerji tasarrufu, güneş kontrolü konusunda bilgisayar destekli sayısal, 1980'lerden buyana kuruculuğunu üstlendiği rüzgar tüneline rüzgar kontrolü konusunda deneysel çalışma ve araştırmalarını sürdürmektedir. Bunların yanı sıra birçok kent ve bina ölçeğinde tasarım çalışmalarına katılmış, danışmanlık, yayın, fakülte içi birçok ortak görev, çeşitli atölye, laboratuvar çalışma grubu yürütücülükleri yapmıştır. İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi'nde lisans düzeyinde, Mimarlık ile Şehir ve Bölge Planlama Bölüm'lerinde, konuyla ilgili zorunlu ve seçme, İ.T.Ü.Fen Bilimleri ve Enerji Enstitü'lerinde lisansüstü dersleri ve tez danışmanlıkları yürütmektedir. İ.T.Ü. dışında ise M. S. Ü.'nde on yedi yıl, K. Ü.'nde üç yıl süreyle Fiziksel Çevre Kontrolü dersi vermiştir.