

Farklı İklim Bölgelerinde TOKİ Tip Konutlarının Doğal Havalandırma Analizi

Hatice Derya ARSLAN¹  Sümeyye Merve ACAR BİLGİLİ²  Sercan DOĞAN³ 

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Konya, Türkiye

² Mesken Tasarım, Konya, Türkiye

³ Konya Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Makale Bilgisi

ÖZET

Makale Geçmişi

Geliş Tarihi: 01.11.2023

Kabul Tarihi: 25.12.2023

Yayın Tarihi: 30.04.2024

Anahtar kelimeler:

Doğal havalandırma,
Enerji etkin tasarım,
Flow simulation,
Pasif iklimlendirme,
Rüzgâr .

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynağı olarak rüzgârın doğal havalandırmada iç mekâna olan etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Bu kapsamda öncelikle detaylı bir literatür araştırması yapılarak enerji etkin bina tasarımı ve doğal havalandırma kavramları ve kriterleri ile çalışmaya yönelik kavramsal alt yapı oluşturulmuştur. Çalışmanın devamında doğal havalandırma analizleri için Türkiye genelinde en çok uygulanan TOKİ (Toplu Konut İdaresi)'ye ait 2+1 konut projesi seçilmiş ve ilgili birimlerden gerekli dokümanlara erişilmiştir. Seçilen tip projeye ait yapı modeli hazırlanarak Solidworks programı-Flow Simulation eklentisi yardımıyla beş farklı iklim bölgesinde doğal havalandırma analizleri yapılmıştır. Hazırlanan model simülasyonu sürecinde dış mekânda yer alan yapılar ile oluşan hava akımı etkisi göz ardı edilmiş, iç mekânlardaki hava dolaşımına odaklanılmıştır. Analizler sonucunda tüm iklim bölgelerinde yaşama mekânlarında etkin doğal havalandırma sağlandığı ancak mutfak mekânının doğal havalandırmada yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca sıcak iklim bölgelerinde balkon mekânlarının serinletici etki almadığı ve soğuk iklim bölgesinde ise hâkim rüzgârın yapıya geliş yönüne göre ısıtma yükünü artırdığı gözlemlenmiştir.

Natural Ventilation Analysis of TOKİ Type Houses on Different Climate Regions

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 01.11.2023

Accepted: 25.12.2023

Published: 30.04.2024

Keywords:

Energy efficient design,
Flow simulation,
Natural ventilation,
Passive air conditioning,
Wind.

In this study, it was intended to investigate the effect of wind as a renewable energy source on natural ventilation of interior spaces. In this scope, firstly, a comprehensive literature research was conducted and a conceptual infrastructure was created for the study with energy efficient building design and natural ventilation concepts and criteria. In the continuation of the study, the 2+1 housing project of TOKİ (Mass Housing Development Administration), that is the most implemented throughout Turkey, was selected for natural ventilation analysis and the necessary documents were accessed from the relevant units. The building model of the selected type project was prepared and natural ventilation analyzes were carried out in five different climate zones with the help of the Solidworks program-Flow Simulation add-on. During the prepared model simulation process, the air flow effect caused by the buildings located outdoors was neglected and the focus was on the air circulation in the interior spaces. Finally, At the end of the study, it was determined that effective natural ventilation was provided in living spaces in all climatic regions, but the kitchen space was inadequate in natural ventilation. Additionally, in hot climate regions, balcony spaces do not receive cooling supplements, and in cold climate regions, the prevailing wind increases the heating load depending on the direction of arrival of the building.

To cite this article: Arslan, H.D., Acar Bilgili, S.M. & Doğan, S. (2024). Farklı iklim bölgelerinde TOKİ tip konutlarının doğal havalandırma analizi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(1), 21-39. <https://doi.org/10.47112/neufmbd.2024.30>

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hatice Derya Arslan, deryaarslan@erbakan.edu.tr



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Nüfus artışı ile hızlı ve seri yapı üretim süreci sonucu tüketilen enerji miktarı artmakta, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı azalmaktadır. Binalarda ihtiyaç duyulan enerji tüketiminin büyük bir kısmı ısıtma-soğutma ve iklimlendirme için gerekli olmaktadır. Binaların iklimlendirmesinde kullanılan enerji korunumu sağlamayan mekanik sistemler ekosisteme olumsuz etkiler yapmakta ve önemli problemlere neden olmaktadır [1-3]. Ekosisteme zarar veren olumsuz etkileri minimize edebilmek için çevreye zarar vermeyen ve yenilenebilir kaynaklardan desteklenen iklimle uyumlu sistem tasarımları yapılmalıdır. Bu noktada binaların iklimlendirmesinde doğal havalandırma sistemlerinin kullanılması enerji tüketimini azaltmak ve ekosistem dengesini korumak için büyük önem arz etmektedir.

Yapıların üretim süreci itibari ile yaşam döngüsü boyunca farklı aşamalarında enerji kullanımları ihtiyaç olmakta ve yapı sektörü enerji kullanımında yüksek bir orana sahip olmaktadır. Buradan hareketle insanın yaşamında temel ihtiyaç olan barınma gereksinmesi ile başlayan ve farklı fonksiyonlar için tasarlanan tüm binaların, sürdürülebilir tasarımı gündeme gelmektedir. 1970'li yıllar itibari ile gündeme gelmeye başlayan ve günümüze kadar gelişen "sürdürülebilir tasarım" yaklaşımında yapılar; sağlıklı, çevre duyarlılığı yüksek, enerji etkin özelliklere sahip olarak üretilmektedir. Enerjinin korunumu, sarfiyatının azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması sürdürülebilir tasarım anlayışının temelini oluşturmaktadır. Sürdürülebilir mimari tasarım yaklaşımı "enerji etkin bina tasarım ilkeleri" ile desteklenmektedir [4-7]. Enerji etkin tasarım yaklaşımını, binanın tasarım aşaması ile başlayan uygulama ve kullanım sürecine yönelik düzenlenmesi gerekli dış çevre ve bina düzenlenmesine ilişkin faktörler olarak iki grupta incelemek mümkündür [8]. Dış çevreye ilişkin iklimsel veriler doğrultusunda iklimle uyumlu tasarım yapılması önemlidir. Ayrıca binaya ilişkin iç mekân iklimlendirmesinde gerekli enerjinin verimli ve etkin kullanımı için fiziksel ve yapısal çevrenin verileri dikkate alınmalıdır.

Binaların iklimlendirmesinde pasif tasarım ilkelerine destek veren yenilenebilir kaynak kullanımlı çözümler enerji etkin tasarım için temel amaçtır. Doğal havalandırma; iç ve dış mekân arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan yoğunluk farkları ile rüzgâr basıncı sonucunda oluşmaktadır [9]. Çevre dostu enerji etkin binalar tasarlamak için mekânların iklimlendirmesinde bir alt başlık olan havalandırmada doğal çözümlerden faydalanmak binalarda tasarlanan pencere kapı gibi boşluklardan dış ortamdaki rüzgâr basıncının alınması ile sağlanabilmektedir. Binaların soğutulması için kullanılan enerji yükünü azaltılmasına yardımcı olan doğal havalandırma ile enerji etkin tasarımlar yapılabilir.

Doğal enerji kaynağı olarak rüzgâr enerjisi, yapıların doğal havalandırmasında ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Doğal hava hareketi ile sağlanan doğal havalandırma sürdürülebilir ekonomik kalkınma için büyük önem arz etmektedir. Gelişmiş ülkelerde proje kontrollerinde imar yönetmeliklerine uygunluk haricinde hava akımı ve enerji kullanımı kontrolleri de yapılmaktadır. Yapılan bu kontroller sayesinde mekanik sistemlere olan ihtiyaç azalmakta ve fosil enerji kullanımından tasarruf edilebilmektedir. Düzenlemelerde dikkat edilerek enerji sarfiyatının azaltılmasını basit bir örnek; "ısınan havanın yükselme prensibi" ile oluşan geçici akım yardımıyla mekânların ısıtma ve soğutmasının sağlanması gösterilebilir [10].

Mekânlarda doğal havalandırma etkin tasarımlar için hava akımı prensiplerine dikkat edilerek sistem verimliliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Doğal havalandırma etken tasarımlar için binaların tasarım sürecinde günümüz teknolojik imkânların kullanımı ile modeller üzerinden analizlerin yapılması ve elde edilen verilerin tasarım girdisi olarak kullanımı önem arz etmektedir. Ayrıca cephe tasarımlarında zemine yakın yatay açıklıkların düzenlenmesi ve ılıman iklimlere sahip bölgelerde hava akımını artırıcı prensipler yardımıyla baca ve ventüri etkilerinden

faýdalanılmalıdır. Havanın sirkülasyonu için gerekli prensipler; havanın akış hızı, yönü ve binaya etki eden basınç miktarının çeşitli yöntemlerle değişimi sağlanarak doğal havalandırma sistemleri desteklenmelidir.

Çok eski zamanlardan beri doğal havalandırmayı dikkate alan binalar inşa edilmektedir. Günümüz teknolojisinin ilerlemesine paralel olarak da doğal havalandırma etkin tasarımlar için cephe ve plan çözümleri geliştirilmektedir [11-12]. Ayrıca uygulaması yapılacak binaya ait verilerin bilgisayar ortamına girişlerinin yapılması ve farklı meslek gruplarından uzmanların bir arada çalışması ile enerji etkin tasarım çözümleri de üretilmektedir. Gelişen yazılımlar ile hazırlanan modeller üzerinden uygulama öncesi gerekli analizler yapılarak elde edilen veriler doğrultusunda uygulamaya yönelik alınan kararlar ile enerji korunumuna yönelik düzenlemeler yapılmaktadır. Mekanik sistemlerin harcadığı enerji miktarı ve çevreye verdiği zarar belirlenerek gerekli tedbirlere göre tasarımlar uygulanmaktadır. Yazılımlarda kullanılan farklı hesaplama yöntemleri ve ara yüzler farklı mühendislik dallarına da hizmet vermektedir. Disiplinler arası çalışmalar ile binaların iklimlendirilmesine yönelik pasif tasarım yaklaşımları ile enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Literatürde doğal havalandırma üzerine yapılan çalışmalarda, özellikle yüksek katlı yapılarda rüzgârın cephedeki basınç üzerine etkisinin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır [13-14]. Bir yapının doğal havalandırma etkin tasarım kararlarının belirlenmesi için binanın konumu, formu, cephe tasarımı ele alınarak analiz çalışmaları yapılmaktadır [14-15]. Geleneksel mimaride enerji etkin tasarım kriterlerinin değerlendirildiği bir çalışmada öncelikle doğal havalandırma ve rüzgâr enerjisi konuları ele alınmıştır. Devamında bina uygulamalarında yenilenebilir kaynak kullanımının sürdürülebilir bir dünya için önem arz ettiği fiziksel ve yapı çevre etmenleri üzerinden vurgulanmıştır [14]. Ayrıca rüzgârın yüksek yapılara olan etkisini araştırmak için farklı yapılara ait model çalışmaları üzerinden analizler yapılmıştır. Şanghay Kulesi (Shanghai Tower) gibi yüksek katlı yapılarda strüktür, yer ve form seçimi gibi parametreler ile rüzgâr etkisinin değiştiği görülmüştür [16]. Türkiye’de bulunan binalarda yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisinin kullanımı üzerine yapılan bir çalışmada ise, çatı ve cephe üzerinden enerji etkin binalar değerlendirilmiştir [17]. Bunlara ilaveten Türkiye’de ve gelişmiş ülkelerde rüzgâr enerjisinin kullanım alanları ve pasif sistem tasarım yaklaşımlarının yapılarda uygulanmasına ilişkin değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalar da bulunmaktadır [18-22]. Kent dokusu üzerine Autodesk CFD, Revit ve Flow Design programlarının kullanımı ile yüksek yapılaşma ve rüzgâr ilişkisinin incelendiği çalışmalar da yer almaktadır. Analizlerde binaların yön, form ve çevresindeki yapılaşma oranlarına göre sonuçların farklılaştığı vurgulanmaktadır [23-25]. Enerji etkin tasarım yaklaşımında enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmalarda, pasif rüzgâr enerji sistemlerine odaklanıldığı dikkat çekmektedir [26-29]. İklimlendirme sistemlerinin çevre kirliliğindeki payının araştırıldığı çalışmalarda ise doğal havalandırmanın geleneksel yapılarda uygulanması örnekler aracılığı ile aktarılmıştır [30-31]. Doğal havalandırmanın sağlandığı mevcut bina sistemleri İstanbul-Beylikdüzü’nde bulunan dört bina üzerinden incelenerek rüzgâr ile olan ilişkileri değerlendirilmiştir [32]. Avlu ve atrium gibi mekânlara özelleşen çalışmalarda rüzgâr etkisinin doğal havalandırmaya katkısı araştırılmıştır [33-36]. Kyoto ve Rio gibi iklimsel değişiklik ile ilgili sözleşmelerin incelendiği çalışmada ise doğal havalandırma sistem çözümlerinin geliştirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır [37]. Çalışmada yüksek yapılarda form ve hâkim rüzgâra göre konumlanmanın birbirini desteklemesi durumunda etkin doğal havalandırmanın sağlandığı belirlenmiştir. Ayrıca dikdörtgen, üçgen gibi köşeli formlara sahip yapılarda köşe noktalarının hâkim rüzgâra göre konumlanmasının üst kotlarda rüzgârın hızını yavaşlattığı görülmüştür. Yapılan çalışma ile yapı sektöründe kullanılan enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik çıkarımlar yapılmıştır.

Yapılan kapsamlı literatür araştırması ile çalışmalarda, rüzgâr enerjisi ve doğal havalandırmaya dair kavramsal bilgilerin aktarıldığı ve konut dışı kullanımlı yapılara odaklanıldığı görülmektedir. Bununla birlikte mekânların doğal havalandırmasına ilişkin çalışmaların eksikliği gözlemlenmiştir. Literatürde tespit edilen bu boşluktan hareketle, çalışma kapsamında, bir yapının enerji kullanımını gerektirmeden doğal havalandırmasının sağlandığı sistemlerin irdelenmesi ve mekânsal olarak analizleri konu edinilmiştir [8]. Çalışma, doğal havalandırma özelinde iklimlendirmenin sağlanmasına dair pasif sistem stratejileri geliştirilebilmesi açısından önemlidir. Yapılarda doğal havalandırmanın gerekliliği, doğal havalandırma yöntemleri ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemi ile yapılan analizler çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Bu çalışma ile ayrıca pandemi döneminde önemi artan kapalı mekânların doğal havalandırılması için simülasyonlar aracılığı ile öneriler getirmek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye genelinde beş farklı iklim bölgesinde TOKİ'nin en çok uyguladığı tip konut projesinin plan ve yerleşimi üzerinden, bina içerisine alınan hava akımının doğal havalandırmaya etkisinin belirlenmesi için analizler yapılmıştır. Elde edilen analiz verileri karşılaştırmalı değerlendirilerek mekânlarda etkin doğal havalandırmaya yönelik sonuç ve önerilere ulaşılmıştır.

MATERYAL VE METOD (MATERIALS AND METHODS)

Doğal Havalandırma Analizleri İçin Seçilen TOKİ Tip Konut Projesi (The TOKİ Type Housing Project Selected for Natural Ventilation Analysis)

Bireylerin en fazla yatırım yaptıkları mülkiyet aracı olan konut, başta barınma ihtiyacını karşılamak ile birlikte birçok açıdan insan yaşamında önemli bir yere sahiptir. Türkiye'de yaşanan hızlı nüfus artışı ile oluşan konut ve kentleşme sorunlarına çözüm olarak seri üretim ve istihdam sağlanması amacıyla, 1981 yılında Toplu Konut ve Kamu Ortaklığı İdaresi Başkanlığı kurulmuştur. Toplu Konut İdaresi Başkanlığının (TOKİ) görevi Türkiye'de hızlı artan konut talebinin planlı bir şekilde karşılanmasıdır [38-42].

Bu makalede TOKİ tarafından tip proje olarak üretilmiş toplu konut projelerinden bir tanesi seçilmiştir. Uygulanan tip projelerde bodrum + zemin + dört normal kat seçilerek çalışmada kat sayısı sınırlandırılmıştır. Ayrıca analiz süresini sınırlandırmak için projedeki konutlar 2+1 olacak şekilde seçilmiştir. Şekil 1'de zemin ve 1. kat planları verilmiştir. Solidworks programındaki Flow Simulation eklentisi ile yapılan analizlerde, planlar üçüncü boyuta aktarılmış, pencere ve kapı boşlukları tanımlanmıştır. Böylece Türkiye'de beş farklı iklim bölgesi için bina iç ve dış ortamında oluşan rüzgâr hareketi örnek bina üzerinden incelenmiştir. Çalışmada yapıların bölgedeki hâkim rüzgâr ile olan ilişkisi, meydana gelen hava akımının; doğal havalandırmaya etkisi kullanılan programdan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Analizler rüzgâr hızı ve yönüne ait verilerin programa girilmesi ile yapılmıştır. Nem ve basınç ile ilgili veriler çalışma sınırları dışında tutulmuştur. Ayrıca vaziyet planına göre çevrede bulunan yapıların oluşturduğu hava akımı da analize dâhil edilmemiştir.

Çalışmada iklim bölgelerine göre değişen rüzgâr hızı ve yönü Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. Solidworks programındaki modelin oluşturulması ve ardından oluşturulan modelin Flow Simulation analiz programına aktarılması devamında analizler yapılmıştır. Çalışmada belirlenen sınır şartlar tanımlanmış ve ağ yapısı oluşturularak seçilen 2+1 konutta meydana gelen hava akımının doğal havalandırmaya olan etkisi irdelenmiştir. Analizlerden elde edilen veriler, rüzgâr hızı ve rüzgârın iç mekândaki hareketine bağlı olarak yorumlanmıştır.

Yapının tasarımında seçilen mimari elemanlar (cephe ve çatı bileşenleri vs.) ile konum ve yönlendirmede iklimle uyumlu kararların alınması ve uygulanması doğrultusunda doğal havalandırma etken tasarımlar yapmak mümkündür [8]. Etkin bir doğal havalandırmada hava akımının hızını ve

çeşidini bilmek son derece önemlidir. Bu açıdan yapının imal edilmeden önce gelişmiş sonlu elemanlar yazılımları ile modellenerek yapıda rüzgârın oluşturduğu etkinin değerlendirilmesi tasarımcı için oldukça önemlidir. Bu açıdan rüzgârın akışını modelleyebilen akışkanlar mekaniği hesaplamaları ile çeşitli analizler yapabilen programların kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu programlar genellikle “Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) analiz programları” olarak isimlendirilmektedir. Bu programlarla iki ve üç boyutlu analizler simule edilebilmektedir.



Şekil 1. Analizlerde Ele Alınan Konut Tipi Zemin ve 1. Kat Planı

Günümüzde Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) adı verilen bir takım yazılımlarla kütle analiz edilebilmektedir. Böylece ön tasarımda kritik kararlar verilebilmekte ve uzun vadede kullanıcı için oluşabilecek bazı olumsuzlukların da önüne geçilebilmektedir. Elde edilen veriler tasarım aşamasında kullanılarak pasif sistemsel kurgularla enerji etkin tasarımlar yapılabilmektedir. Bu çalışma kapsamında Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) programından yararlanılarak pasif sistemler ile doğal havalandırma sağlamaya yönelik ilgili analizler yapılmıştır. Doğal hava akışını etkileyen faktörler rüzgârın hızı, hâkim rüzgâr yönü, rüzgâr hızı ve yönündeki günlük ve mevsimsel değişim ve doğal ve yapılı çevredir. Bu çalışmada ise sadece rüzgâr hızı ve yönüne ait veriler analiz kapsamına alınmıştır. Analizlerde binada bulunan pencerelerin hepsi çift kanatlı ve açık kabul edilmiştir. Kullanılan tip projede yatak odalarında 140x120 cm ve 140x130 cm, salonda 250x220 cm, mutfakta 275x 220 cm pencere, balkonda ise 80x220 cm kapı kullanılmıştır.

HAD Analiz Yöntemi (CFD Analysis Method)

Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), Akışkanlar Mekaniği problemlerin çözümünde günümüzde önemli bir araştırma alanıdır. Akış alanının incelenmesi için akış ile ilgili kurulan denklem kümelerinin (kütle, enerji ve momentum korunumu vs.) çözümlenebilmesi gerekir [43]. Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği oldukça karmaşık olan bu denklemlerin çözümlenmesinde yardımcıdır.

Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği yöntemi projenin tasarım sürecinde yapının iç ve dış mekânında oluşan rüzgâr etkisini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Hava akımının tipi, hızı ve çevre binalarla etkileşimi Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği ile belirlenebilmektedir. Böylece Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği ile mimari tasarımda fiziksel özellikler belirlenebilmektedir. Özellikle yapıya iç ve dış mekânda etki eden yükler, iklimlendirme durumu, aydınlatma, enerjide meydana gelen kazanç ve kayıplar vs. gibi verilere ulaşılabilmektedir. Belirtilen faydalarından dolayı bu çalışmada Solidworks Flow Simulation seçilmiştir. Program ile ilgili kısa bilgi ise aşağıda verilmiştir.

Solidworks Flow Simulation (Solidworks Flow Simulation)

Bir akışkanlar dinamiği programı olan Solidworks Flow Simulation hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), Akışkanlar Mekaniği problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Özellikle mimaride projelendirilen bir binanın yakın çevresinde oluşan hava hareketleri, bina ile etkileşen hava akımı ve tipi gibi değerler üzerinden analizler yapılabilmektedir [44]. Flow Simulation, laboratuvar ortamında doğal havalandırma amacıyla fiziksel olarak rüzgâr tüneli etkisinin denenerek modelin oluşturulmasını sağlayan bir yazılımdır. Oluşturulan rüzgâr tünelinin formu ve hava akışının oluşturduğu etki kaydedilmekte ve iç ve dış mekânda rüzgârın kullanımının nasıl olması gerektiğine dair yorumlamalar ve çıkarımlar yapılmasını sağlamaktadır. Solidworks, pek çok bilim dalında kullanılmaktadır [45]. Simülasyon programı ile yapılan bir analiz sonucunda, yapıya etki eden rüzgâr ve rüzgâr etkisini üzerinde yorumlamalar yapılmaktadır.

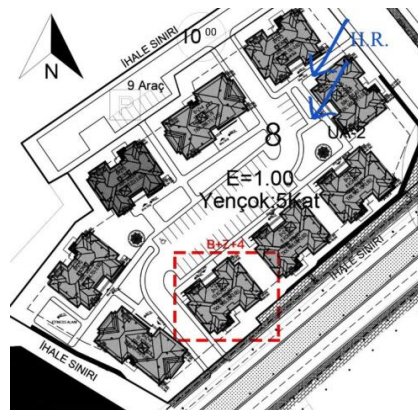
Solidworks Flow Simulation kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada analizler üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Öncelikle binaların katı modelleri Solidworks programında hazırlanmıştır. Daha sonra, katı model etrafında rüzgâr simülasyonunu modellemek amacıyla yeterince büyük bir akış hacmi oluşturulmuştur. Akış yönü simülasyon yapılacak olan ildeki hâkim rüzgârın geliş yönüne göre belirlenmiştir. Akış hacmi oluşturulduktan sonra Flow Simulation modülünde bir ağ yapısı oluşturulmuştur. Daha sonra sınır şartları girilerek analizler tüm iller için ayrı ayrı yapılmıştır. Analizlerde giriş sınır şartı olarak akış hızı kullanılmıştır. Farklı iller için hâkim rüzgâra göre hızlar programa girilmiştir. Çıkış sınır şartı olarak atmosfer çıkışı alınmıştır. Analizlerde akış olarak hava ve türbülanslı yapıyı çözmek için programda mevcut olan k- ϵ türbülans modeli kullanılmıştır. Analizler sonucunda farklı iller için hız konturları alınarak etkili doğal havalandırma üzerine kıyaslamalar yapılmıştır. Analizlerle elde edilen görsellerden dış-iç mekânda rüzgâr hızının ve yönünün değişimi ile mekânlarda meydana gelen hava sirkülasyonları hakkında da yorumlara yer verilmiştir.

BULGULAR (RESULTS)

Doğal Havalandırma Analizi (Natural Ventilation Analysis)

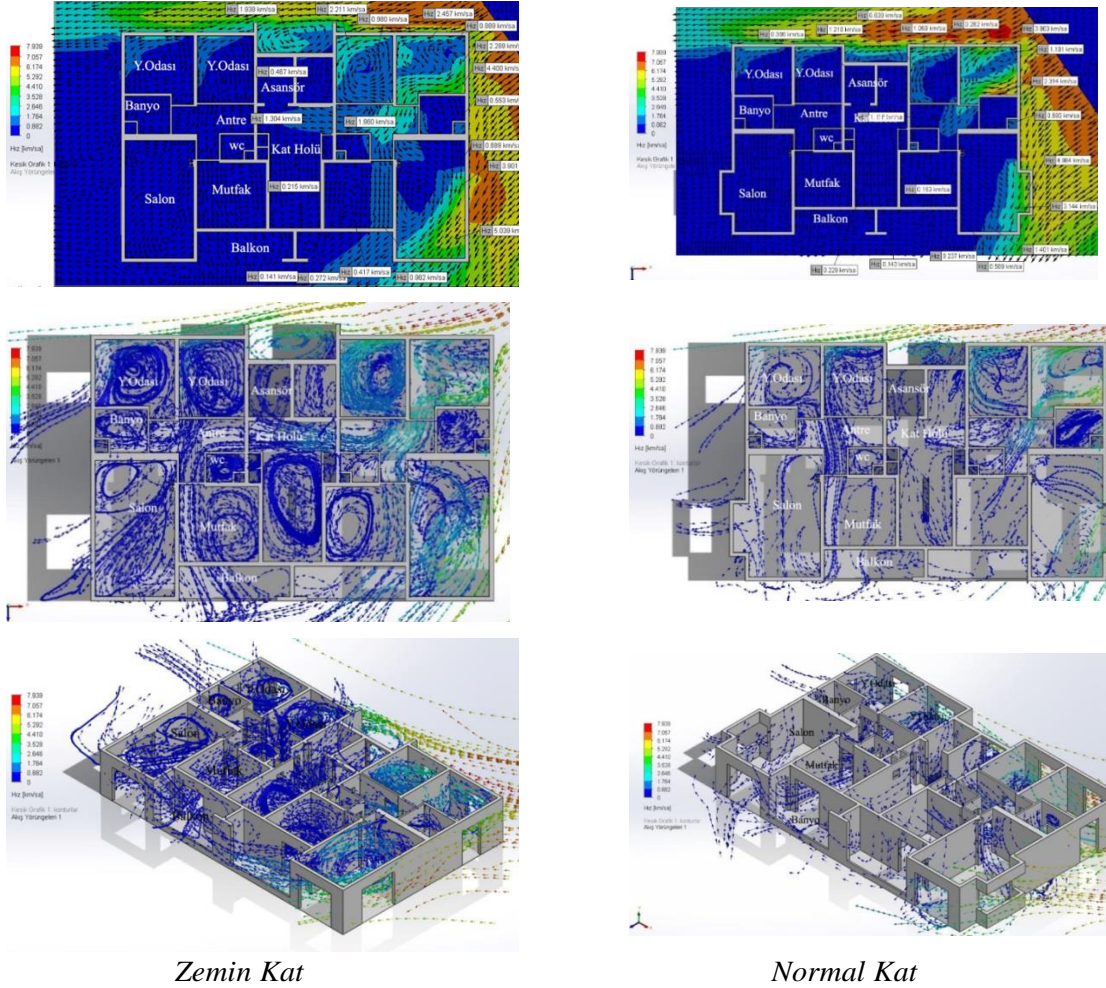
Sıcak-Kuru İklim Bölgesi: Gaziantep İli Örneği (Hot-Dry Climate Zone: Example of Gaziantep Province)

Sıcak kuru iklim bölgesi özelinde Gaziantep İli, Şehitkamil İlçesi Kuzeyşehir 5.Etap 646 konuttan oluşan proje seçilmiştir. Seçilen bölgede kuzey-doğu yönünde 6 km/h'lik hız ile esen rüzgâr etkisi altında analizler gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de ilgili tip proje vaziyet planı ve hâkim rüzgâr yönü (HR) gösterilmiştir.



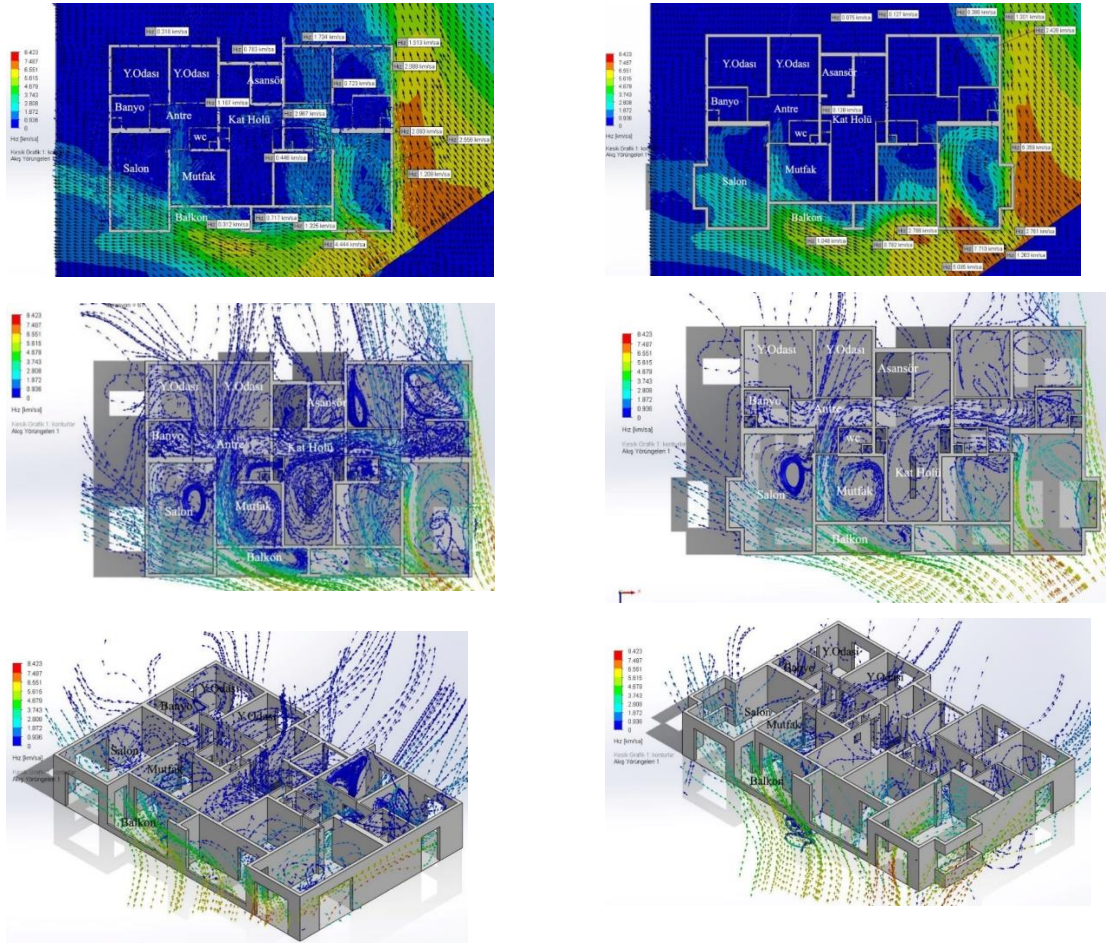
Şekil 2. Vaziyet Planı ve HR yönü

Projenin plan çözümünde zemin kat ve normal kat arasında farklılık olması sebebi ile zemin kat ve normal kat ayrı ayrı modellenerek analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına ait hız konturları ve akım çizgisi modelleri, Şekil 3'te görülmektedir. Rüzgâr yönüne çapraz olarak yerleştirilen konutta hava akımı öncelikle sivri köşe ile karşılaştığı için enerjisinde azalma meydana gelmiştir. Böylece, rüzgârın bina cephesindeki etkisi azaltılmıştır. İlgili projede bina girişi hâkim rüzgâr yönüne direkt açılmamıştır. Bina girişine eklenen rüzgârlık ile daha kontrollü bir hava girişi sağlanmıştır. Şekil 3'ten de görüleceği gibi bina girişine ulaşan hava yavaşlayarak girdap etkisi oluşturmakta ve iklimin sıcak etkisi azaltılmaktadır. Kat holüne giren hava, merdiven kovanından baca etkisi ve girişten gelen hava akımı ile katlar arasında etkin havalandırma sağlanmaktadır.



Şekil 3. Kat planları ve perspektifi üzerinden doğal havalandırma analizi

Binaya çapraz olarak pencerelerden giren hava akımının antreden salona ulaşması ile etkin doğal havalandırma sağlanmaktadır. Bununla beraber mutfakta hava akımının düzensizleştiği ve oda içerisinde dönümlü bir akış olduğu görülmektedir. Seçilen projede antreden ve odalardan mutfaka yoğun hava akışı ulaşmaktadır ve bu sayede kirli hava balkondan doğrudan atılmaktadır. Yatak odalarından iç mekâna alınan hâkim rüzgâr kapı açıklıkları ile antreye iletilirken mekânda doğal hava sirkülasyonunu da sağlanmaktadır. Banyoda ise hava akımının hızı düşmekte ve mekândan hava çıkışı sağlanamamaktadır. Yarı açık mekân olan balkon ise ihtiyaç duyulan rüzgârı almamaktadır. Kat holünde bulunan pencereler ve düşey sirkülasyon elamanı merdiven açıklığı, sayesinde doğal havalandırma zemin kata nazaran daha etkin sağlanmaktadır.



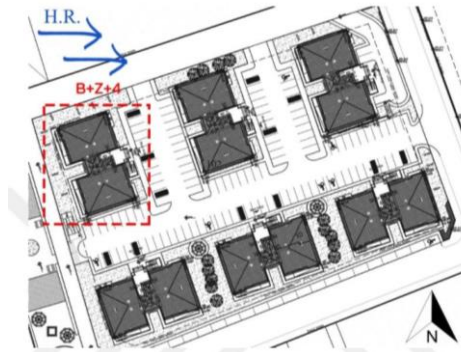
Zemin Kat

Normal Kat

Şekil 7. Kat planları ve perspektifi üzerinden doğal havalandırma analizi

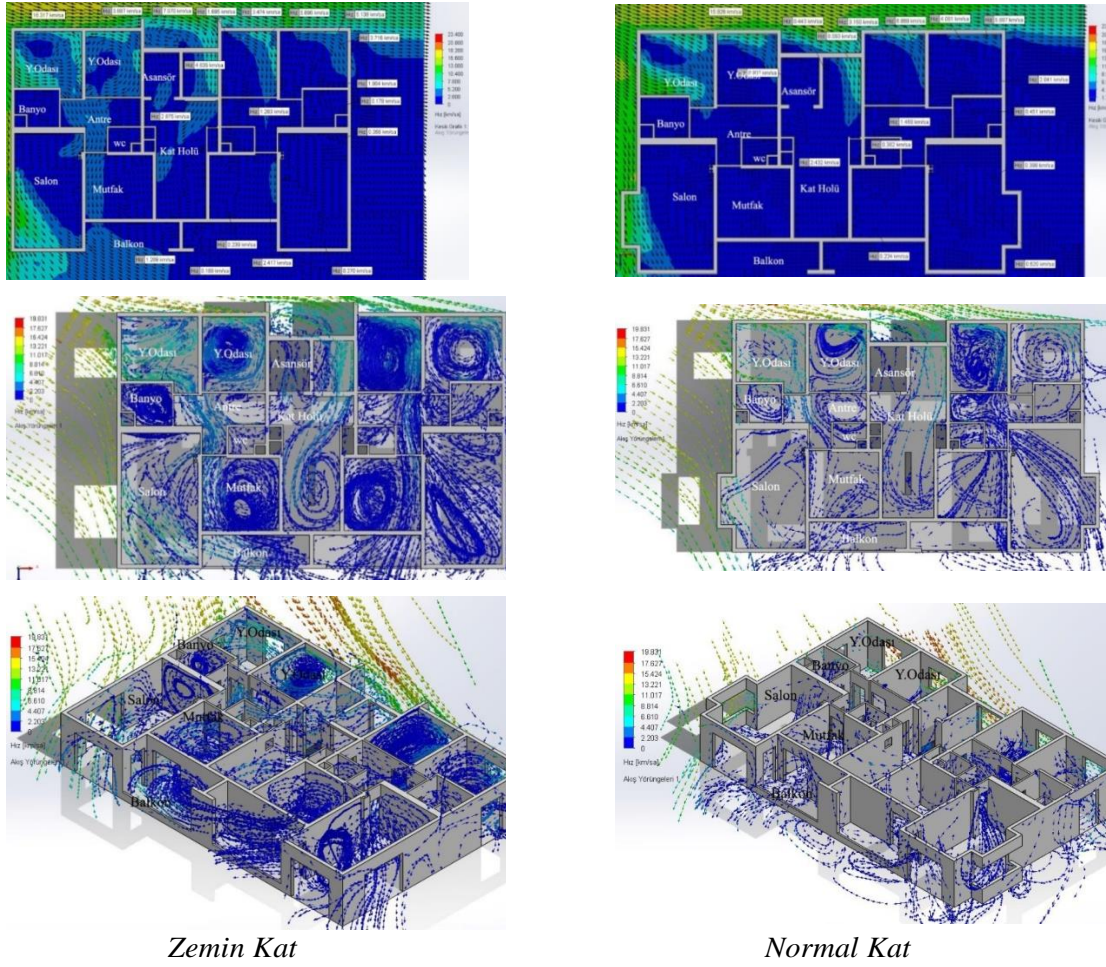
Sıcak-Nemli İklim Bölgesi: Mersin İli Örneği (Hot-Humid Climate Region: Mersin Province Example)

Sıcak nemli iklim bölgesi özelinde Mersin, Mezitli, Mezitli Mahallesi 262 Adet Konuttan oluşan proje seçilmiştir. Seçilen bölgede rüzgâr, yaklaşık 14 km/h'lık hız ile batı yönünde esmektedir. Şekil 8'de ilgili tip proje vaziyet planı ve HR gösterilmiştir.



Şekil 8. Vaziyet Planı ve HR yönü

Analiz sonuçlarına ait hız konturları ve akım çizgisi modelleri görsel olarak Şekil 9'da verilmiştir.

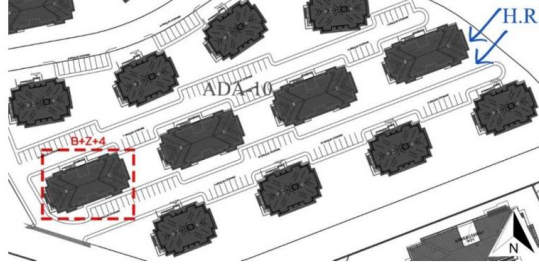


Şekil 9. Kat planları ve perspektifi üzerinden doğal havalandırma analizi

İncelenen bu binada hâkim rüzgârın yapının köşesinden bina içine dağıldığı görülmektedir. Temiz hava bina girişinden alınmakta ve buradan da kat hollerine aktarılmaktadır. Binanın salonunda bulunan pencerelerden giren hâkim rüzgâr hava kalitesini artırmaktadır fakat diğer mekânlardan antreye ve buradan da salona gelen hava gerekli taze hava miktarını düşürmektedir. Mutfak ise yatma birimlerinden gelen ve antrede toplanan havanın sirkülasyonu ile havalanmaktadır. Bu mekânda yeterli hava akımı dolaşımı olmamaktadır. Bu durumda mutfak mekânında rahatsız edici koku ve yüksek ısının oluşumuna neden olmaktadır. Yatak birimindeki hava alışverişindeki süreklilik ile doğal havalandırma meydana gelmektedir. Ebeveyn yatak odasında ise meydana gelen girdap etkisi ve hava akımındaki hız değişimi kullanıcı konforunu etkilemektedir. Özellikle sıcaklık artışlarında daha konforlu bir mekân meydana gelmektedir. Balkonların yarı açık olarak tasarlanmış olması bu mekânlara havanın doğrudan ulaşmamasına ve havalandırma konforunun düşmesine neden olmaktadır. Banyoda ise hava girişlerinin ve çıkışlarının düzenli bir aks üzerinden meydana geldiği görülmektedir. Kat holüne pencere açıklığından taze hava gelirken zemin kattaki havanın merdiven boşluğunda oluşan baca etkisiyle de bu katlara ulaştığı görülmektedir. Bu açıdan sıcak ve nemli iklim bölgelerinde tasarlanacak olan yapılarda katların havalandırılması ve temiz havanın dairelere dağılması oldukça önemlidir ve bu durum olumlu bir etki olarak değerlendirilmiştir.

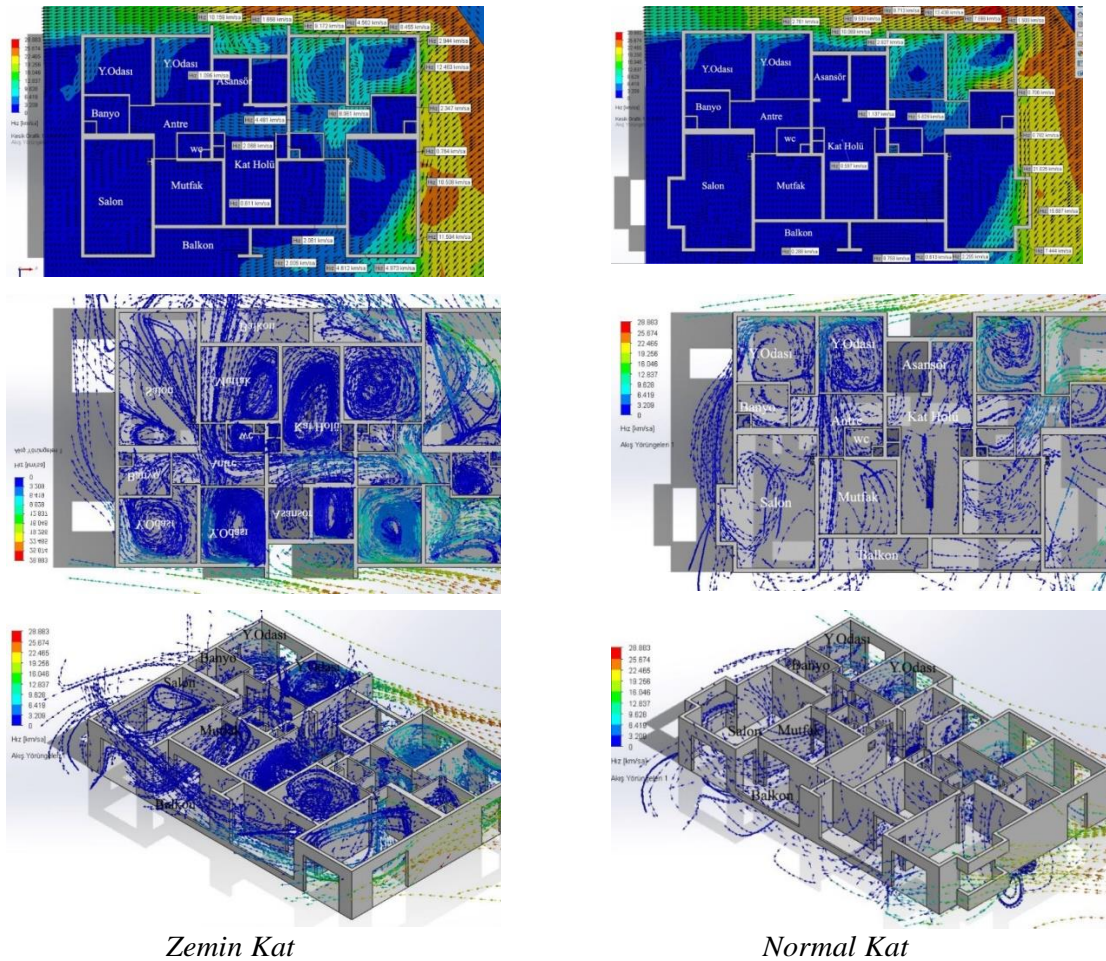
Ilımlı-Nemli İklim Bölgesi: Balıkesir İli Örneği (Moderate-Humid Climate Zone: Example of Balıkesir Province)

Ilımlı nemli iklim bölgesi özelinde Marmara ve Ege denizine kıyısı bulunan Balıkesir İli, Altı Eylül İlçesi, Gaziosmanpaşa Mahallesi, 726 konuttan oluşan proje seçilmiştir. Ele alınan bölgede rüzgâr, yaklaşık 23 km/h'lik hız ile kuzey-doğu yönünde esmektedir. Şekil 10'da ilgili tip proje vaziyet planı ve HR gösterilmiştir.



Şekil 10. Vaziyet Planı ve HR yönü

Bina girişinin hâkim rüzgâr yönünde konumlanması, açık doğal havalandırmaya neden olması ve nemin dağıtılması açısından yapının girişindeki kullanıcı konforunu etkilemektedir. Ayrıca girişte yer alan rüzgârlık hava akımının kontrol edilmesini de sağlamaktadır. Analiz sonuçlarına ait hız konturları ve akım çizgisi modelleri Şekil 11'de sunulmuştur.



Zemin Kat

Normal Kat

Şekil 11. Kat planları ve perspektifi üzerinden doğal havalandırma analizi

Bu yapıdaki salon açıklıkları hava giriş çıkışının oldukça etkili olmasına neden olmakta ve ilgili mekân çapraz havalanmaktadır. Bu sayede de temiz rüzgâr akımı ilgili birime girmekte ve kullanıcı için de konforlu bir havalandırma oluşmaktadır. Yatak odasında bulunan pencere açıklıklarının yere kadar inmesi ve açıklığın hâkim rüzgâra açılması mekâna taze hava akımını getirmekte ve akım kapı boşluğundan antreye aktarılmaktadır. Çocuk yatak odasında meydana gelen girdap etkisi ve rüzgârın hızı sorun oluşturabilmektedir. Banyodaki hava dönümlü bir akış haline gelmektedir ve her yüzeye ulaşarak atılmakta bu şekilde de nemin giderilmesi sağlanmaktadır.

Mutfak mekânı yeterli olarak havalanmamaktadır. Antreden gelen hava ebeveyn yatak odasından çapraz olarak gelen hava ile oldukça iyi bir doğal ventilasyon sağlamamaktadır. Meydana gelen girdap etkisi ve ayrıca balkondan dışarı çıkan hava nem ve kokunun bertaraf edilmesini sağlamaktadır. Balkon birimi, korunaklı olması nedeniyle etkili bir doğal havalandırmaya sahip değildir. Ayrıca kat holüne pencerelerden ve merdiven kovanından etkili temiz hava ulaşmamaktadır.

TARTIŞMA (DISCUSSION)

Çalışma kapsamında belirlenen projelerin modelleri oluşturulup veri girişleri yapılarak mekânların doğal havalandırma simülasyonları elde edilmiştir. Farklı iklim bölgeleri için yapılan analizler sonucunda mekânların doğal havalandırma düzeylerinin farklılaştığı tespit edilmiştir. Farklı iklim bölgelerinde konumlanan projeler, etkin doğal havalandırma analizleri üzerinden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ve tablolaştırılmıştır (Tablo 1). Elde edilen analiz görselleri üzerinde havalandırma her mekânda bulunmakta fakat girdap etkisi veya yetersiz hava gibi nedenlerden dolayı tabloda “x” simgesi ile işaretlenen mekânlarda etkili ve sağlıklı bir havalandırmanın olmadığı, tabloda “√” simgesi ile işaretlenen mekânlarda sağlıklı bir havalandırmanın olduğu ifade edilmektedir.

Tablo 1. İklim bölgeleri-iç mekân doğal havalandırma matrisi

İKLİM BÖLGESİ	RÜZGÂR HIZI (KM/H)	GİRİŞ VE KAT HOLLERİ	ANTRE	MUTFAK	SALON	YATAK ODASI	Ç. YATAK ODASI	BANYO	BALKON
Sıcak-Kuru	6	✓	✓	X	✓	✓	✓	X	X
Ilımlı-Kuru	7	X	✓	X	✓	X	X	✓	X
Soğuk	6	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X
Sıcak-Nemli	14	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	X
Ilımlı-Nemli	23	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	X

Sıcak-kuru iklim bölgesi Gaziantep ilinde, bina girişinin hâkim rüzgâr yönünden verilmesi kuvvetli hava akımının iç mekâna alınmasını sağlayarak etkin doğal havalandırmanın sağlanmasında faydalı olmuştur. Ilımlı-kuru iklim bölgesi Karaman ilinde ise bina girişinin hâkim rüzgârın tersinde kalması dolayısıyla iç mekâna yeterli hava akımı ulaşmamaktadır. Ilımlı kuru iklim bölgesinde bina girişinin hâkim rüzgâra açılması aranırken soğuk-kuru iklim bölgesi Van ilinde bina girişinin hâkim rüzgâra ters tasarlanması; şiddetli rüzgâr, kar yağışı, don etkisi gibi bulunduğu iklim koşulların olumsuz etkilerinden korunmayı sağlaması sebebi ile olumlu değerlendirilmektedir. Sıcak-nemli iklim bölgesi Mersin ilinde ise hâkim rüzgâr yönünde bina girişinin verilmesi doğal havanın katlara dağılmasını ve rüzgârın serinletici etkisinden faydalanılmasını sağladığı için tercih edilmektedir. Ilımlı-nemli iklim bölgesi Balıkesir ilinde de bina girişinden hâkim rüzgâr iç mekâna alınarak hava akımı daire içlerine ve katlara ulaşmakta ve doğal havalandırmada etkili olmaktadır. Sıcak-kuru, ılımlı-nemli iklim bölgelerinde iç mekân hava akımı antrede sirküle ederek değişmekte ve bina içinde ve kat holündeki oluşan farklı basınç etkisi ile doğal havalandırma sağlanmaktadır. Soğuk-kuru iklim bölgesinde bulunan Van ili haricinde

mutfakta etkin doğal havalandırma sağlanmamaktadır. Mutfak biriminin havalandırılmasında mekanik sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Farklı iklim bölgelerinde bulunan aynı plan şemasına sahip projenin hâkim rüzgâr verileri doğrultusunda değerlendirmesinde soğuk kuru iklim bölgesi haricinde mutfak birimlerinin etkin doğal havalandırma sağlanmadığı tespit edilmiştir.

Farklı iklim bölgelerinde yapılan doğal havalandırma analizlerinden elde edilen veriler yaşama birimlerinin etkin doğal havalandırıldığını göstermektedir. Binaların cephe tasarımlarında pencere açılımlarının çapraz ve karşılıklı havalandırmaya imkân verecek şekilde düzenlenmesi analizlere de olumlu olarak yansımıştır. İç mekânların etkin doğal havalandırması insan sağlığı için büyük önem arz etmektedir.

Banyo birimlerinin doğal havalandırmasında kapı ve baca boşlukları yeterli olmaktadır. İklim bölgelerinin genelinde yatak odası pencerelerinin hava akımını iç mekâna alacak şekilde düzenlenmesi ile iç mekânda hava akımının dolaşımı sağlanmaktadır. Balkonlar ılımlı-nemli ve sıcak-nemli iklim bölgelerinde serinleme amacıyla ihtiyaç duyulan mekânlardır. Balkon birimlerinde doğal havalandırma için hava akımının sirküle edemediği ve etkin doğal havalandırmanın sağlanmadığı analiz görselleri üzerinden görülmektedir. Soğuk iklim bölgesinde balkonların doğrudan hâkim rüzgâra açılması, sıcak-nemli ve ılıman bölgelerde ise hâkim rüzgâra ters konumlanmasından dolayı balkonlar etkin doğal havalandırma ve kullanıcı konforu açısından olumsuz değerlendirilmiştir. Binaların kat hollerinde bulunan pencereler ve havalandırma bacasından gelen hava akımı merdiven kovalarından düşey yönde iletilmektedir. İncelenen örneklerin bulunduğu illerde hâkim rüzgâr fraklı yönlerden mekâna alınarak hava akışı sağlanırken, ısıtma ve soğutma problemleri göz ardı edilmiştir. İklim bölgeleri özelinde ısıtma ve soğutma yükünü azaltıcı tasarım yaklaşımlarının uygulanması da enerji sarfiyatı açısından dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur.

İklim bölgeleri özelinde yapılan doğal havalandırma analizleri doğrultusunda hâkim rüzgârın iç mekâna alınması ve hava akışının sürekliliğinin sağlanması ile etkin doğal havalandırmanın ılımlı-nemli iklim bölgesinde sağlandığı tespit edilmiştir. Diğer iklim bölgelerinde ise etkin doğal havalandırma için binanın konumu, formu ve cephe tasarımında pencere kapı düzenlemeleri gibi farklı çözümler ile daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

Bir yapının yer alacağı iklim bölgesi ile uyumlu tasarımların yapılması rüzgâr enerjisinden olumlu yararlanmayı ve aynı zamanda rüzgârın olumsuz etkilerinden de korunacak şekilde çözümler üretmeyi sağlamaktadır. Hem havalandırma hem de serinletme amaçlı mekân ve cephe tasarımlarında yer verilen açıklıkların pasif sistem ilkeleri doğrultusunda hava sirkülasyonunu sağlayacak şekilde düzenlenmesi enerji verimliliği için de önemlidir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynağı olarak rüzgârın toplu konut özelinde doğal havalandırmadaki etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Türkiye’de yaygın olarak uygulanan TOKİ’ye ait 2+1 tip konut projesi seçilmiştir. Türkiye genelinde beş farklı iklim bölgesinde bulunan TOKİ tip konut proje modelleri üzerinden Solidworks programında yer alan Flow Simulation eklentisi ile doğal havalandırma analizleri yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir:

- Rüzgârın iç mekâna alınarak hava akışının sürekliliğinin sağlanması açısından ılımlı-nemli iklim bölgesinde etkin doğal havalandırmanın sağlandığı tespit edilmiştir.
- Soğuk-kuru iklim bölgesi (Van) hariç diğer tüm bölgelerde binalar HR alacak şekilde tasarlandıkları için doğal havalandırma oluşmaktadır. Van ilinde ise bu durum şiddetli

rüzgâr, kar yağışı ve don etkisi gibi iklim verilerinin negatif etkisini azaltmaktadır.

- Bina girişleri hâkim rüzgâr yönünde konumlanan yapılarda giriş esnasında kullanıcı konforu olumsuz etkilenmekle birlikte bina içinde daha etkin bir havalandırma sağlanmaktadır.
- Seçilen projelerde bina cephesinde yer alan pencere boşluklarının hava sirkülasyonuna izin verecek şekilde tasarlanmış olmasının da etkisi görülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçlar beş farklı iklim bölgesinde yer alan tek tip TOKİ projesi ile sınırlı olduğu için planlarda yapılacak değişikliklerin de sonuçlara etki edeceği açıktır.
- Solidworks programında yer alan Flow Simulation eklentisinin kullanımının özellikle planlama ve mekânların doğal havalandırmasına etkin parametrelerin tespiti için etkin ve önemli olduğu görülmüştür.

Çalışma kapsamında yapılan analizler ışığında etkin doğal havalandırma için yeni tasarlanacak yapıların tasarım kurgusu için aşağıdaki önerilerde bulunulabilir;

a) Projelendirme detaylarında etkin doğal havalandırma için öneriler;

- Soğuk iklim bölgelerinde bina tasarımlarının bütüncül kareye yakın veya kısa kenarları hâkim rüzgâra dönük olarak tasarlanması, enerji tasarrufu açısından iklim bölgesi ile uyumlu olmasını sağlar. Ayrıca bina girişlerinin doğrudan hâkim rüzgâra açıldığı durumlarda rüzgârın kontrollü olarak mekâna alınması ve rüzgârlık gibi bir ara mekân ile binaya girilmesi rüzgârın olumsuz etkisinden korunmak için tercih edilmelidir. Kat hollerinde merdiven kovanında oluşan baca etkisinin, cephede oluşturulan açıklık ile desteklenmesi hava sirkülasyonu imkân vererek etkin doğal havalandırmayı sağlar.
- Ilıman-nemli ve sıcak-nemli iklim bölgelerinde, bina tasarımlarında binanın uzun kenarının hâkim rüzgâra yönelmesi ve bu cephede düzenlenen pencerelerden havanın doğrudan iç mekâna alınması etkin doğal havalandırma için tercih edilmelidir. Cephe tasarımlarında karşılıklı ve çapraz havalandırmayı kuvvetlendirecek düzenlemeler yapılmalıdır.
- Tüm iklim bölgeleri için mutfak havalandırmasında mekanik sistemlere çok ihtiyaç olmayacak şekilde çapraz havalandırma imkânlı düzenlemelerle etkin doğal havalandırma sağlanmalıdır. Benzer şekilde hava sirkülasyonun yön değiştirmesine imkân sağlayacak şekilde pencere açıklıkları düzenlenmeli, giriş kapıları karşısında açıklık tasarlanmamalıdır.
- Rüzgârın cephelerde oluşturduğu burgaçlar cephede aşınmalara ve malzeme kopmalarına sebep olabilmektedir. Bu noktalarda dayanıklı malzeme kullanılmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca cephelerde girdapların yoğunlaştığı bölgelerde kullanıcı konforunu olumsuz etkileyen akustik problemler oluşabilir. Bu durumlarda gürültü yalıtımlı ve aşınmaya dayanıklı uygun malzeme kullanımı ve form seçimi yapılması uygun olur.

b) Projelendirmede etkin doğal havalandırma için genel öneriler;

- Yeni tasarımlar yapılırken, rüzgârdan pasif olarak yararlanılmaya çalışılmalı ve cephe tasarımlarında pencere düzeni, ebatları, rüzgârın geliş yönü, hızı ve iç duvarların düzeni analizler ile değerlendirilerek kararlar verilmeli ve doğal havalandırma etkin tasarımların yapılması için gerekli düzenlemeler ve kontroller de imar mevzuatlarınca desteklenmelidir.

- İklim bölgeleri özelinde hava akımı iç mekâna kontrollü olarak alınmalıdır. Soğuk ve ılımlı-kuru iklim bölgelerinde hâkim rüzgâra direk açılan tasarımlara yer verilmemelidir.
- İleriki çalışmalarda farklı iklim bölgelerinde hâkim rüzgâr yönüne göre aynı konumlanmış tip projelerin analizi yapılarak iklim bölgesi özelinde rüzgârın etkin doğal havalandırmadaki rolü daha net görülebilecektir.
- Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar sadece rüzgâr hızı ve yönüne ait verilere bağlı değerlendirilmiştir. Gelecek çalışmalarda nem, sıcaklık ve basınç gibi iç ortam mekân kalitesine dair parametreler de dikkate alınarak yeni çalışmalar kurgulanabilir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Yazarlar, çalışmanın analiz kısmında yardımları için enerji sistemleri mühendisliği yüksek lisans öğrencisi Tunahan TÜRK'e teşekkür ederler.

Çıkar çatışması (Conflict of interest)

Yazarların bu çalışma için beyan ettikleri herhangi bir çıkar çatışması yoktur. (The authors have no conflicts of interest to disclose for this study.)

Yazar katkı oranı (Authorship contribution statement)

H.D.A.: Fikir/Kavram (Conceptualization), Denetleme/Danışmanlık (Supervision), Analiz ve/veya Yorum (Formal Analysis), Yazı Yazan (Writing - Original Draft), Eleştirel İnceleme (Writing - Review & Editing), **S.M.A.B.:** Tasarım ve Dizayn (Methodology), Yazılım (Software), Malzemeler (Resources), Veri Toplama ve/veya İşleme (Data Curation), Analiz ve/veya Yorum (Formal Analysis), Literatür Taraması (Investigation), **S.D.:** Yazılım (Software), Analiz ve/veya Yorum (Formal Analysis), Eleştirel İnceleme (Writing - Review & Editing)

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] P.O. Akadiri, A.E. Chinyio, O.P. Olomolaiye, Design of a sustainable building: a conceptual framework for implementing sustainability in the building sector, *Buildings*. 2 (2012), 126-152. doi:10.3390/buildings2020126
- [2] M. Bell, Energy Efficiency in Existing Building: The Role of Building Regulations, içinde: *COBRA 2004 - The international construction research conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors*, London, England, 2004, 7-8.
- [3] H. Bennetts, A. Radford, T. Williamson, Understanding Sustainable Architecture (1st ed.), *Taylor & Francis*, 2002. doi:10.4324/9780203217290
- [4] Z. D. Arsan, Enerji etkin mimarlık yaklaşımları üzerine bir eleştiri. Dosya: bir tasarım konusu olarak enerji etkin mimarlık, *Ege Mimarlık Dergisi*. 68 (2009), 18-24.
- [5] R. Janssen, Towards energy efficient buildings in Europe, Final Report, *The European Alliance of Companies for Energy Efficiency in Buildings*, 2004.
- [6] H.D. Arslan, E. Gülşeker, Evaluation of Sustainable Education Buildings on Samples, içinde: Fırat S., Kinuthia J., Abid A.T.(Ed), *Lecture Notes in Civil Engineering*, Springer, 2018: ss.296-308. doi:10.1007/978-3-319-63709-9_23
- [7] H.D. Arslan, E. Gülşeker, LEED Sertifikasyon Sisteminde Eğitim Yapısı Değerlendirmesi, içinde Kasmıo R., Kudumovic L. (Ed.), *Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Teori ve Araştırmalar, Gece Kitaplığı Basım*, 2020: ss.135-162
- [8] S.M. Bilgili Acar, Farklı İklim Bölgelerinde Doğal Havalandırma Yöntemlerinin TOKİ Tıp Konutları Üzerinden Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı*, Konya, 2023.
- [9] B.Ü. Karaca, İlkokul dersliklerinde iç hava kalitesinin iyileştirilmesi üzerine bir araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 33 (2022), 60-67. doi:10.31590/ejosat.1018560
- [10] G. Harputlugil, B. Kılınç, Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri El Kitabı, EuropeAid/134786/IH/SER/TR Sözleşme No: TR2011/0315.20-01/001, Ankara, (2016).
- [11] Y. Zhang, J. Mo, J. R. Cheng, Developing a sustainable indoor air environment: problems, considerations and suggestions (in China). *Chinese Science Bulletin*. 60 (2015), 1651–1660.
- [12] P. Jones, Housing: From low energy to zero carbon. The SAGE Handbook of Housing Studies, *SAGE Publications*, 2012. doi:10.4135/9781446247570.n18
- [13] T. Schulze, Natural Ventilation of High-Rise Buildings A Methodology For Planning With Different Analysis Tools and Case-Study Integration, Ph.D. Thesis, *Istanbul Technical University, Graduate School Of Science Engineering and Technology, Department of Architecture- Construction Sciences Programme Department of Energy - Energetics Programme*, İstanbul, 2015.
- [14] E. Türkmen, Yapılarda Enerji Etkinliği Sağlayan Tasarım Kriterlerinin Geleneksel Mimari Bağlamında (Ayvalık) Küçükköy Örneğinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimari Tasarım Programı*, İstanbul, 2017.
- [15] R. Darçın, A. Balanlı, Yapılarda doğal havalandırma sağlanmasına yönelik ilkeler. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*. 128 (2012), 33-42.
- [16] G. Aşçı, Yüksek Yapılarda Doğal Havalandırma Sistemlerinin Araştırılması, İstanbul Örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı*, İstanbul, 2015.
- [17] P.U. Erkınay, Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisinin Türkiye’de binalarda kullanımı üzerine bir inceleme, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2012.

- [18] S. Çakır, Binalarda Doğal Ventilasyon Sisteminin Değerlendirmesine Yönelik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2003.
- [19] M.A. Özgür, Review of Turkey's renewable energy potential, *Renewable Energy*. 33(11) (2008), 2345-2356.
- [20] H. Balat, Contribution of green energy sources to electrical power production of turkey: a review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 12(6) (2008), 1652-1666.
- [21] Z. İlkılıç, Türkiye’de rüzgâr enerjisi ve rüzgâr enerji sistemlerinin gelişimi, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*. 6(2/2) (2016), 1-13.
- [22] H. D. Arslan, Konya Sonsuz Şükran Köyü Konutlarının Ekolojik Yönden İncelenmesi, içinde: Çabuk A., Aşıkutlu H.S.(Ed.), *Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Yeni Trendler, Duvar Yayınevi*, 2022: ss. 75–97.
- [23] Ö. Şabanoğlu, Toplu Konut Yerleşimlerindeki Açık Alanlarda Rüzgârın Kullanıcı Konforuna Etkisinin Analizi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı*, İstanbul, 2018.
- [24] B.L. da Silva, R. Chakravarty, D. Sumner, D.J. Bergstrom, Aerodynamic forces and three-dimensional flow structures in the mean wake of a surface-mounted finiteheight square prism, *International Journal of Heat and Fluid Flow*. 83 (2020), 108569.
- [25] N. N. Ziarani, M.J. Cook, F. Freidooni, P.D. O'Sullivan, The role of near-façade flow in wind-dominant single-sided natural ventilation for an isolated three-storey building: An LES study, *Building and Environment*. (2023), 235.
- [26] Ş. Boduroğlu, S. Karıptaş, Akıllı Binalarda Enerji Etkin Kabuk Tasarımı, *Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi*, 2010, 1-7.
- [27] G. Yeşilli, Gelişmiş Cephe Sistemlerinin Ekolojik Enerji Etkin Tasarım Çerçevesinde İncelenmesi, İklim Verilerine Göre Değişimi ve Geleceğe Yönelik Öngörüler, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı*, Ankara, 2016.
- [28] Z. Zhai, Application of computational fluid dynamics in building design: aspects and trends, *Indoor Built Environment*. 15(4) (2006), 307.
- [29] E. Gündoğdu, H.D. Arslan, Mimaride enerji etkin cephe ve biyomimikri. *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, Part C: Tasarım ve Teknoloji (GU J Sci, Part C)*. 8(4) (2020) 922-935. doi: 10.29109/GUJSC.799424
- [30] İ. Yüksek, T. Esin, Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, Türkiye, 2011, 205-221.
- [31] N. Javadi, Mimari Tasarımda Güneş, Işık ve Doğal Havalandırma Uygulanması, İran Örneği, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı*, İstanbul, 2017.
- [32] İ. Yuyucu, Bilgisayar Analiz Yöntemleriyle, Yapılarda Doğal Havalandırma Sistemlerinin Örnekler Üzerinden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Bilim Dalı*, İstanbul, 2016.
- [33] E. Yaşa, Avlulu Binalarda Doğal Havalandırma ve Soğutma Açısından Rüzgâr Etkisi ile Oluşacak Hava Akımlarına Yüzey Açıklıklarının Etkisinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı*, İstanbul, 2004.
- [34] V. Ok, E. Yaşa, M. Özgünler, Avlu içi hava akımlarına bina cephesi açıklıklarının etkisi. *İTÜ Dergisi Seri A: Mimarlık, Planlama, Tasarım*. 8(1) (2009), 15- 27.
- [35] C. Yetiş, M. Tuna, Atriumlu Yapılarda Isıl Konfor ve Doğal Havalandırma İlkelerinin İncelenmesi, *II. Uluslararası ICONTECH Pozitif Bilimlerde Yenilikçi Araştırmalar Sempozyumu (ICONTECH 2020)*, 2020.

- [36] N. Sevim, N. Engin, Atriyumlu ofislerde doğal havalandırma ‘İlman iklim örneği’, *Online Journal of Art and Design*.7(2) (2019), 16-26
- [37] S. Zargari, Yeşil Binalarda Enerji Tasarrufu ve Geleneksel Yöntem Olarak Rüzgâr Bacası, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul*, 2015.
- [38] T. Sowell, The Housing Boom and Bust Revised Edition, *Basic Books Publishing, USA*, 2010.
- [39] S.S. Durduran, Konut seçimi sürecinin AHP temelli TOPSIS yöntemi ile analizi, *Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering*. 2(2) (2020), 12-21.
- [40] R. Akkaş, İstanbul örneğinden hareketle bir arada yaşama kültürü üzerine kavramsal bir çerçeve, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*. 4(2) (2022), 202-219.
- [41] T. Alkan, S.S. Durduran, Konut Seçimi Sürecinin AHP Temelli TOPSIS Yöntemi ile Analizi, *Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering*, 2(2) (2020), 12-21.
- [42] E. Yılmaz, Konut Sorunu ve Toplu Konut Üretiminde TOKİ’nin ve Belediyelerin Rolü. *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(7) (2016), 31-50 .
- [43] Ö. Kaplankıran, F. Ünal, Mini insansız hava aracı etrafındaki akışın sayısal olarak incelenmesi, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*. 3(4) (2009), 1- 12.
- [44] A. Jonuskaite, Flow simulation with SolidWorks, Bachelor Thesis, Arcada University of Applied Sciences, Plastics Technology, Helsinki, 2017.
- [45] SolidWorks, “SOLIDWORKS Flow Simulation,” Dassault Systemes, [Online]. Available: <https://www.solidworks.com/sw/products/simulation/flow-simulation.htm>(erişim23Ekim2023).