

# YÜKSEK KATLI BİNALARA ETKİYEN RÜZGAR YÜKLERİ SONUCUNDA OLUŞAN DOĞAL HAVALANDIRMANIN HAD ORTAMINDA İNCELENMESİ

**Barış Burak Kanbur\***

Mir Araştırma Geliştirme A.Ş.  
YTÜ Teknoparkı AI Binası, İstanbul  
kanburbarisburak@gmail.com

**Ali Pınarbaşı**

Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi,  
Makine Fakültesi,  
Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul  
pinarbasali@gmail.com

**Alihsan Koca**

Mir Araştırma Geliştirme A.Ş.  
YTÜ Teknoparkı AI Binası, İstanbul  
ihsankoca@mirholding.com.tr

## ÖZET

Bu çalışmada, İstanbul'da kentsel dönüşüm çerçevesinde rüzgar yüklerinin, cam giydirme cephe sistemleriyle donatılmış yüksek katlı binalarda doğal havalandırma imkanı araştırılmış ve bunun sonucunda doğal havalandırma ile binalar için gerekli olan mekanik tesisat gücünün azaltılarak enerji tasarrufu oluşturup oluşturmadığı incelenmiştir. İncelemede Ansys Fluent Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) paket programı kullanılmış olup, analiz sonucunda, binaların çevresinde bölgelerdeki türbülans kinetik enerji, basınç ve hız değişimleri perspektif olarak çıkarılıp, meydana gelen değişimlerin kaynağı yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji tasarrufu, rüzgar yükleri, HAD, yüksek katlı binalar, kentsel dönüşüm

## CFD Investigation of Natural Ventilation That Occured By Wind Loads Which Affect on High Rise Buildings

## ABSTRACT

In this study, the affect of wind loads was investigated numerically, within the framework of urban regeneration in Istanbul to observe the capability of natural ventilation according to the effects of wind loads acting on striking high-rise buildings which have glass curtain wall systems. Ansys Fluent Computational Fluid Dynamics (CFD) software package program is used in this examination, areas of turbulent kinetic energy, pressure and velocity variations results analyzed in perspective and evaluated the changes in the source.

**Keywords:** Energy savings, wind loads, CFD, high rise buildings, urban transformation

\* İletişim yazarı

Geliş tarihi : 14.02.2013

Kabul tarihi : 04.03.2013

Kanbur, B.B., Pınarbaşı, A., Koca, A. 2013. "Yüksek Katlı Binalara Etkiyen Rüzgar Yükleri Sonucunda Oluşan Doğal Havalandırmanın HAD Ortamında İncelenmesi," Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 637, s.44-53

## 1. GİRİŞ

Yüksek katlı binalar, büyükşehir yaşamının giderek yükselen bir simgesi olmuştur. Şehir içerisindeki arazi kıtlığı ve insanların yaşayış biçimlerinin değişmesi sonucunda, yüksek katlı binalar, alçak katlı binalara karşı tercih edilir hâle gelmiştir. Yüksek katlı binaların inşaa edilmeleri, alçak katlı binalar üzerinde uygulanan pek çok mühendislik işleminin yeniden gözden geçirilmesine sebep olmuştur.

Yüksek katlı binalarda yaşayan insanlar, şehir yaşamından uzak olan veya bir apartman dairesinde yaşayan insanlara göre, kapalı bir hacim içerisinde daha çok vakit geçirmektedir. İnsan ihtiyaçlarını giderecek tüm etkenler, günümüzde neredeyse tüm yüksek katlı binalar içerisinde mevcuttur. Bu etkenler, yüksek yapılarda yaşayan insanların işlerini kolaylaştırıp zaman kaybetmelerini engelse de fizyolojik ve sosyolojik açıdan pek çok olumsuz etkiye sebep olmaktadır. Bu olumsuz etkilerden biri de insan sağlığı üzerine olan etkilerdir. Yüksek yapılarda yaşayan, çalışan pek çok insanda astım vb. rahatsızlıklar görülmekte, psikolojik olarak olumsuz etkiler izlenmekte [1] ve önemli ölçüde radon gazı tehlikesiyle [2] karşı karşıya kalmaktadırlar. Ayrıca, yüksek yapılardaki gerekli mekanik tesisat gücü, müstakil bir eve veya bir apartmana göre çok daha fazladır. Bunun sonucunda yüksek bir enerji masrafı ortaya çıkmaktadır.

Doğal havalandırma, yüksek katlı binalardaki gerekli mekanik tesisat gücünü azaltabilecek faydalı bir çözüm olarak görülebilir. Doğal havalandırma sayesinde, insanların yaşadığı mahallerde taze hava değişimi olabilmekte bu da insanların yüksek katlı bir kapalı hacim içerisinde yaşamasının sonucu olarak ortaya çıkan sağlık etkenlerini azaltabilmektedir. Bütün bu etkenler göz önüne alındığında, doğal havalandırma, yüksek yapılardaki insanların konfor şartlarını iyileştirip sağlık sorunlarını azaltacağı gibi, aynı zamanda mekanik tesisatın gerektirdiği gücü azaltarak önemli bir miktarda enerji tasarrufunu sağlayacaktır.

Teknolojinin gelişmesiyle beraber, binaların üzerindeki dış cephe sistemleri için de farklı alternatifler söz konusu olmaya başlamıştır. Cam giydirme cephe sistemleri; daha çok yüksek katlı binalarda tercih edilmek üzere, günümüzde pek çok yapıda kullanılmaktadır. Cam giydirme cephe sistemleri, etkileyici bir dış görünüşün yanı sıra ömürleri ve kolay montajları ile kolay temizlenebilmeleri açısından da yüksek katlı binalar için vazgeçilmez olmuş, nitekim metropol şehirlerde yükselen yüksek katlı yapıların neredeyse tamamında görülür hâle gelmiştir. Bunun yanı sıra cam giydirme cephe sistemleriyle donatılmış binalar, istenildiği takdirde tamamen kapalı bir yaşam haline getirilebildiğinden, insanlar üzerinde ciddi sağlık sorunları oluşabilmektedir.

Bu çalışmada; İstanbul ili içerisinde, cam giydirme cephe sis-

temlerine sahip yüksek katlı yapıların yoğunlaştığı bir bölgede binalar üzerindeki rüzgar yükleri, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) metoduyla incelenmiştir. Buna göre; binalar üzerine, çeşitli yüklere bağlı kalarak hız, basınç ve türbülans kinetik enerji değişimleri incelenmiştir.

Yapılan pek çok çalışmada, deneysel veya Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ortamında, yüksek, alçak veya yüksek ve alçak binaların bir arada olduğu bölgeler için rüzgar yükü analizleri yapılmış ve çeşitli sonuçlar elde edilmiştir. Roberson ve Crowe [3] türbülanslı akış şartı için, bir binadaki basınç dağılımlarını deneysel olarak incelemişlerdir. Ahmad ve Kumar [4], alçak binalardaki rüzgar yüklerini incelemiştir. Aynı yazarlar (Ahmad ve Kumar) [5], [4] numaralı çalışmadaki aynı alçak binalar için, geometrinin basınç üzerine etkisini incelemişlerdir. Aygün ve Başkaya [6], çok katlı bir bina etrafındaki rüzgar akışının oluşturduğu yüzey basınçlarını deneysel olarak incelemişlerdir. Mendis ve arkadaşları [7], yüksek katlı binalardaki rüzgar yükünü, Avustralya şartlarına göre deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Holmes ve arkadaşları [8], Asya-Pasifik bölgesindeki 15 farklı bölge için, yüksek, orta ve düşük katlı binalardaki rüzgar yüklerini araştırmışlardır. Şafak [9], rüzgar yükü için statik ve dinamik yük hesaplarının ana yaklaşım ve kabullerinden bahsetmiştir. Huang ve arkadaşları [10], yüksek çelik konstrüksiyonlu binalardaki rüzgar yüklerinin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) vasıtasıyla sayısal analizini yapmışlardır. Liang ve arkadaşları [11], yüksek ve dikdörtgen binalardaki dinamik burulmaya etki eden rüzgar yüklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Huang ve Chen [12], eş frekanslı basınç ölçümleri temel alınarak uzun binalardaki rüzgar ve statik yüklerini incelemiştir. Tominaga ve arkadaşları [13], belirli bir bölge içindeki binaların çevresindeki rüzgar etkilerini HAD yöntemiyle incelemiştir. Huang ve arkadaşları [14], yüksek katlı binalar için, rüzgar yükünün RANS metodu ile analizini ve kinematik simülasyonu incelemiştir. Cheung ve Liu [15], çalışmalarında yüksek katlı binalardaki havalandırma işleminin HAD analizini yapmışlardır. Blocken ve arkadaşları [16], Eindhoven Teknik Üniversitesi binalarını HAD ortamında modelleyerek, birbirleri üzerine etkileyen yükleri HAD analiziyle incelemişlerdir. Ayrıca binalardaki dış cephe sistemlerinin, bina üzerindeki performanslarını inceleyen pek çok çalışma bulunmaktadır. Lakot Alemdağ ve Aydın [17] hastanelerde cam giydirme cephe sistemlerinin konfora etkisini araştırmış, Trabzon ve Giresun illeri dahilinde anket çalışmasında bulunmuşlardır. Aynı yazarlar (Lakot Alemdağ ve Aydın), [18] numaralı çalışmalarında ise, dış cephe sistemlerine enerji verimliliği ve konfor şartlarını incelemişlerdir.

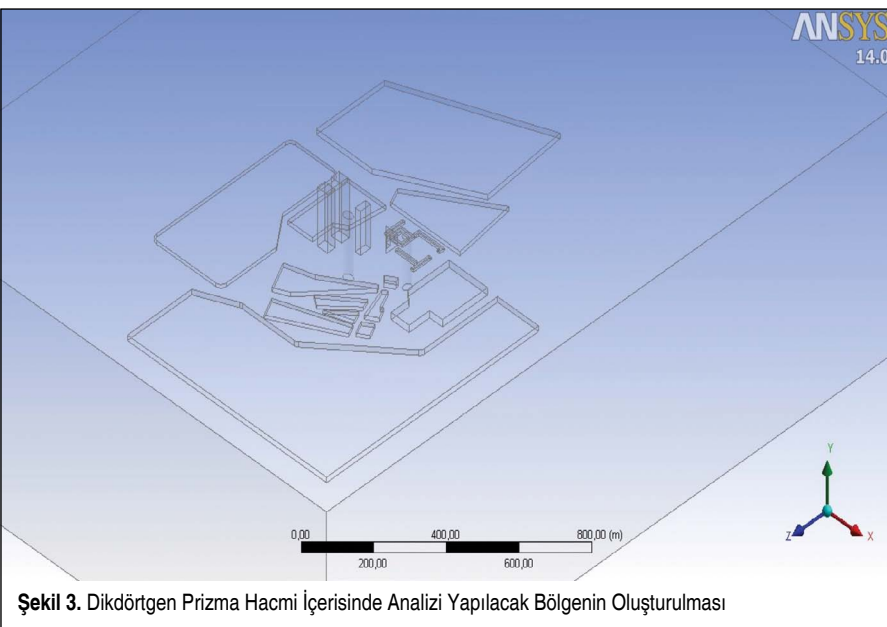
Bu çalışmada, İstanbul il sınırları içerisinde, cam giydirme cephe sistemleriyle donatılmış yüksek katlı yapıların, sık ve birbirine yakın olduğu bir bölge HAD yöntemiyle rüzgar yükleri açısından incelenmiştir. ANSYS Fluent paket prog-



Şekil 1. Paket Programda Modelleneyecek Bölgenin Uydu Görüntüsü



Şekil 2. Rüzgar Yönlerinin Uydu Görüntüsü Üzerinden Tarifi



Şekil 3. Dikdörtgen Prizma Hacmi İçerisinde Analizi Yapılacak Bölgenin Oluşturulması

ramı kullanılarak yapılan bu analizde, yüksek katlı yapıların etrafında oluşan basınç kayıpları, hız değişkenleri ve türbülans kinetik enerji ifadeleri başta olmak üzere çeşitli özellikler göz önüne alınmıştır. Bu sonuçlara göre yapının yüksek katlarındaki rüzgar yüklerinin doğal havalandırmaya katkısı ve bu katkının enerji tasarrufunu nasıl etkileyeceği tartışılmıştır.

## 2. SAYISAL YÖNTEMİN İNCELENMESİ VE UYGULANMASI

Bu çalışmada, ANSYS Fluent paket programı içerisinde, bölge için ideal çözüm ağları oluşturulmuş, analiz koşulları ve çözüm yöntemleri arasında, uygun olduğuna karar verilen çözüm yöntemi seçilerek bir analiz verilmiştir. Çalışmada analizi yapılacak olan alan, Şekil 1 ve 2’de uydu görüntüsü verilen bölge seçilmiştir.

### 2.1 Bölgenin Modellenmesi

Bölgenin uydudan alınan görüntüleri ve ölçekli haritalara göre binalar arası mesafelere göre ölçüler belirlenmiş ve geometriler oluşturulmuştur. Alçak katlı binaların birbirleri arasındaki mesafeleri ve ara sokakların genişlikleri genel geometriye göre ihmal edilebilecek kadar küçük olduğundan, alçak katlı binaların birbirleri arası mesafesi ve ara sokaklar ihmal edilerek, alçı katlı binaların bulunduğu bölgeler, tek bir katı hacim gibi gösterilmiştir.

ANSYS Design Modeller modülünde hazırlanan bölgenin yakından görünümü Şekil 3’te görülmektedir. Analizi yapılacak bölge, kendisinden belirli bir ölçüde büyük olan bir dikdörtgen prizma hacmin içinde oluşturulmuştur. Prizmanın 4 farklı yanal yüzeyi farklı yönleri temsil edecektir.

Bölge modellendikten sonra incelenmesi gereken her bir katı hacim için çeşitli harfler atanmıştır. Bu harfler, analiz aşamasında, bölgelerdeki değişkenleri

görmemiz amacıyla bize kolaylık sağlayacaktır (Şekil 4).

Harflendirilen bu hacimlerin yükseklik değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

### 2.2 Çözüm Ağı

Oluşturulan geometrinin analizinde; geometriyi düzgün bir şekilde örmesi için, bir çözüm ağına ihtiyaç vardır. Bu çözüm ağı farklı metotlarla ANSYS Meshing modülünde oluşturulabilir. Bu çalışmada da ANSYS Meshing modülünde bir çözüm ağı oluşturulmuş ve ağ kalitesi de istenen kalite sınırları içerisinde elde edilmiştir. Şekil 5 ve Şekil 6’da, geometriye uygulanan ağların sırasıyla izometrik ve alttan görünümü gösterilmiştir.

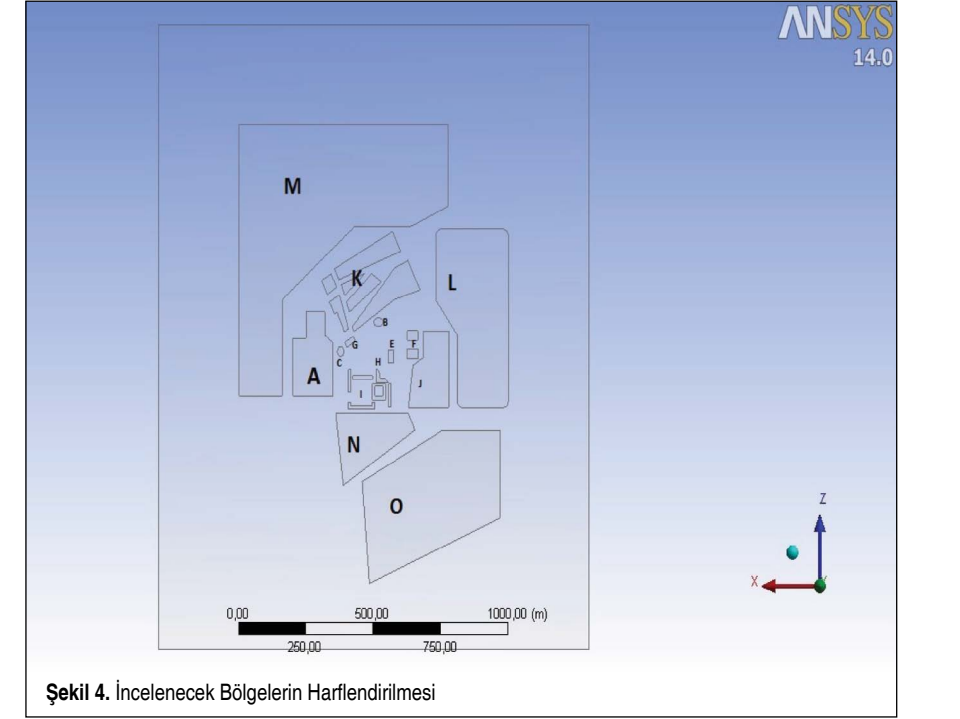
Şekil 6, oluşturulan geometri içerisinde binaların buldukları bölgelerdeki çözüm ağlarının ne kadar sık olduğunu göstermektedir. Rüzgar yükü analizleri, yüksek katlı binaların bulunduğu bölgelerde daha fazla bir önem kazanacağından, yüksek katlı binaların buldukları bölgelere yoğun çözüm ağları uygulanmıştır.

### 2.3 Analiz

Çözüm ağının uygulanmasından sonra ANSYS Fluent paket programı içerisinde analiz hazır hâle gelmiştir. Modeli düşündüğümüzde, hacmin üzerine tek bir yönden gelecek (güneydoğu) olan rüzgar, hızıyla birlikte en önemli parametredir.

Rüzgar hızları için, Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) haritası referans alınmıştır. REPA’nın 100 m yükseklikteki hız değerlerini verdiği Türkiye haritası değerlendirildiğinde, (Şekil 7) İstanbul bölgesi için bir hız değeri okunabilmektedir.

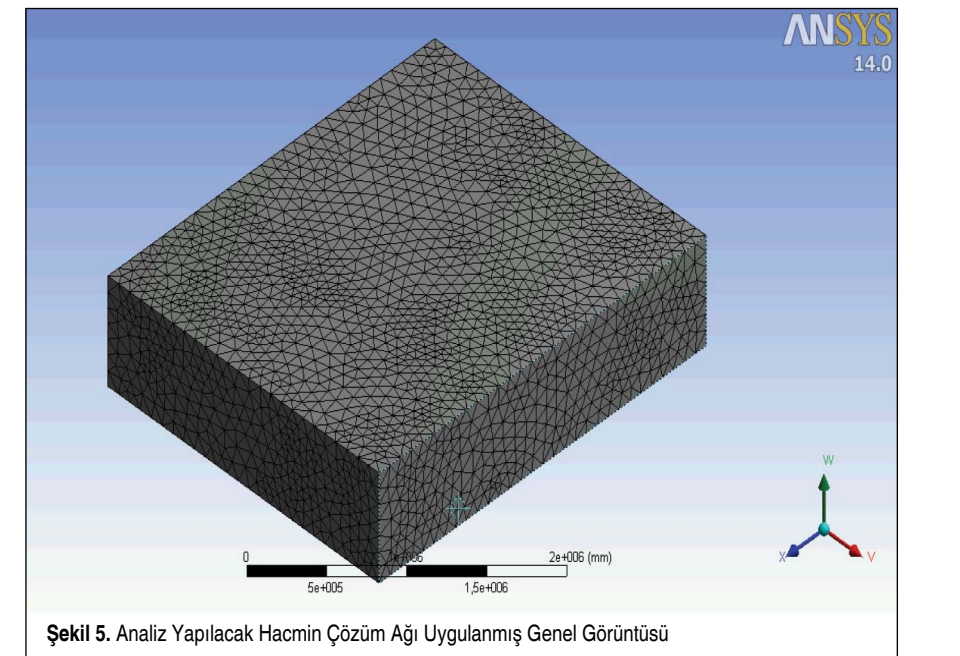
REPA haritasına göre İstanbul için belirlenen hız değerleri, 100 m yükseklik için geçerli olduğundan, bizim modelimizdeki 100m üzeri yüksekliğe sahip binalar için hız değerleri aşağıdaki formülasyonla bulunabilir [20].



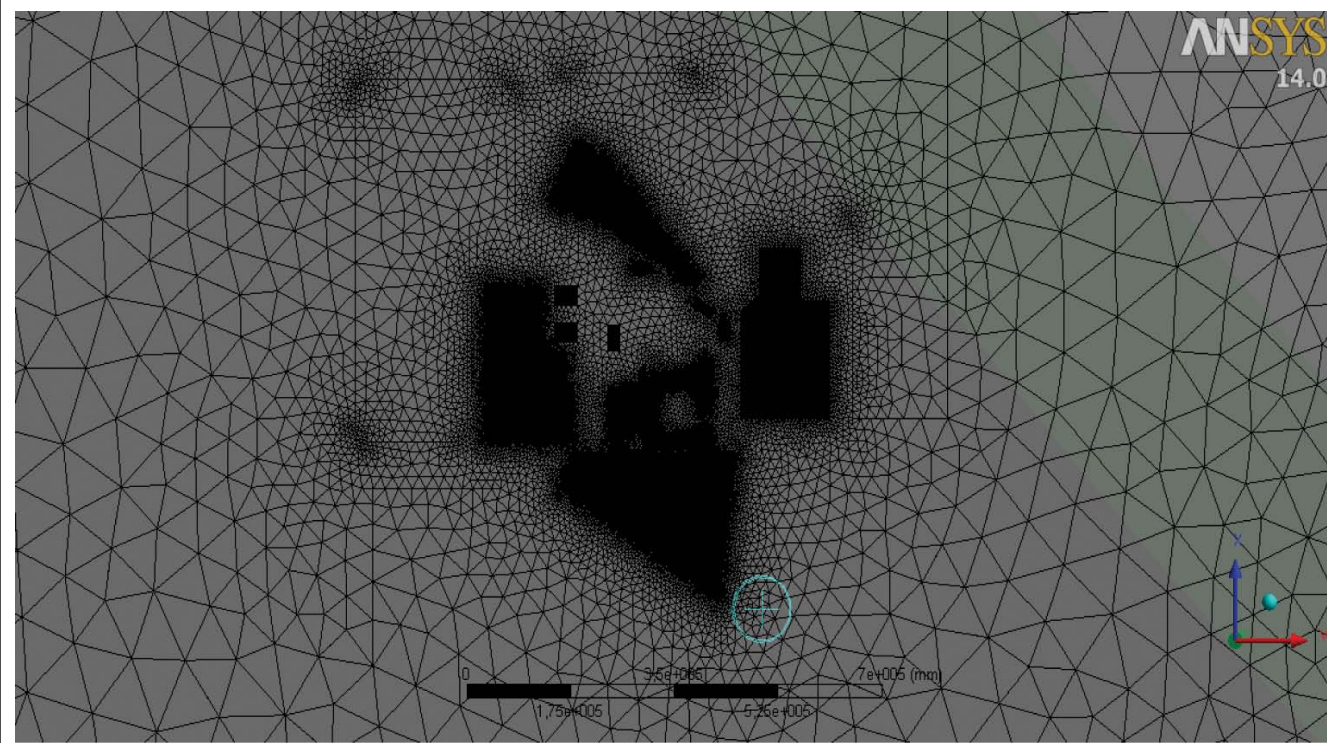
Şekil 4. İncelenecek Bölgelerin Harflendirilmesi

Tablo 1. İncelenecek Bölgedeki Bina Yükseklikleri

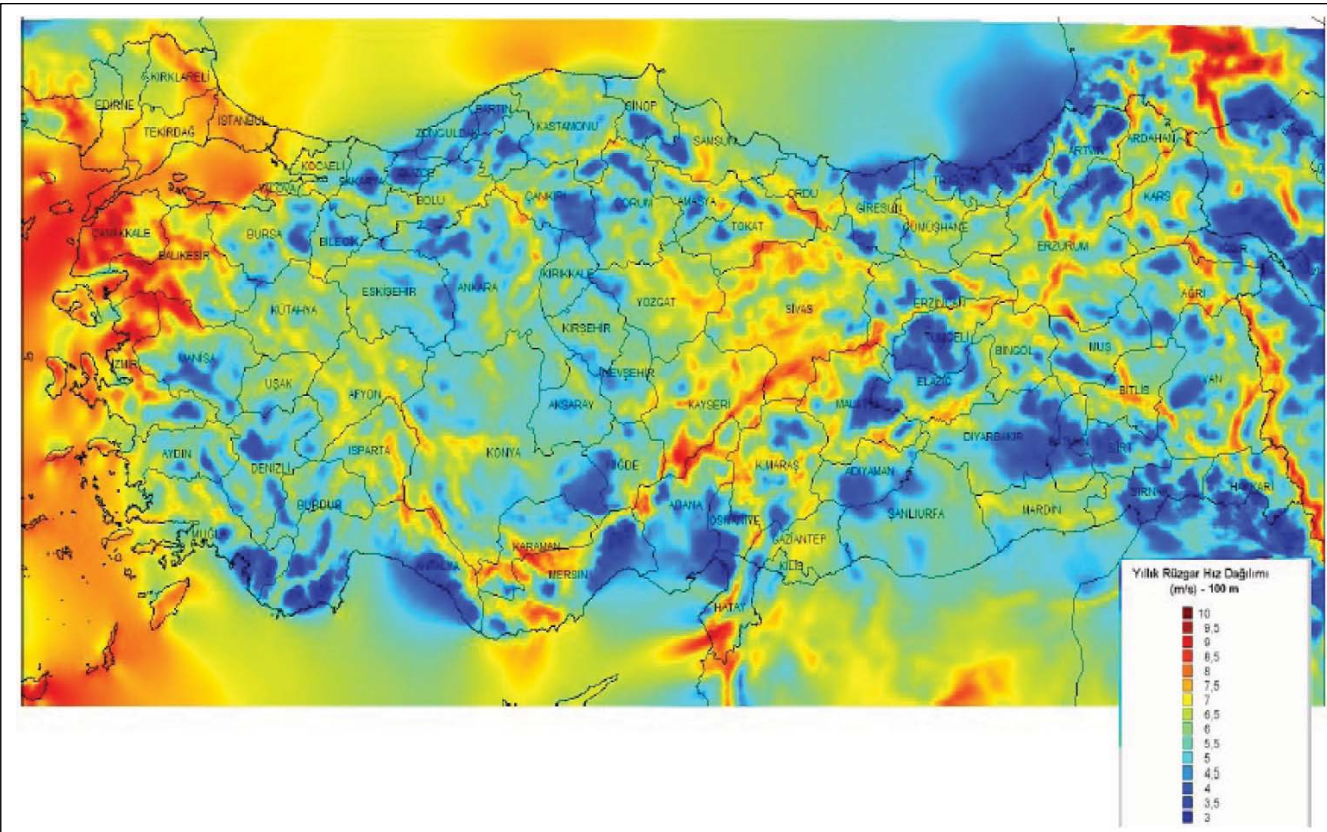
Bölge Adı	Yükseklik (m)	Bölge Adı	Yükseklik (m)
A	20	H	30
B	170	I	6
C	140	J	12
E	120	K	12
F	160	L	10
G	20	M	15
N	12	O	15



Şekil 5. Analiz Yapılacak Hacmin Çözüm Ağı Uygulanmış Genel Görüntüsü



Şekil 6. Hacmin Alt Kısımında, Binaların Yoğun Olduğu Bölgedeki Çözüm Ağları



Şekil 7. 100 m Yükseklikte Türkiye Geneli Rüzgar Hızları, REPA Atlası [19]

$$v = v_{ref} \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)} \quad (1)$$

$v$ = yerden  $z$  seviyesindeki rüzgar hızı (m/s)

$v_{ref}$  =  $z_{ref}$  seviyesinde referans rüzgar hızı (m/s)

$z$ = bulunacak rüzgar hızının ( $v$ ) estiği yükseklik (m)

$z_0$  = rüzgar yönündeki pürüzlülük uzunluğu (m)

$z_{ref}$  = referans ( $v_{ref}$  hızı ile esen rüzgarın) yüksekliği (m)

Pürüzlülük uzunluğu ( $z_0$ ) şehir merkezleri ve 15 m üzeri yapılarla katlı alanlar için 1 (bir) olarak belirlenmiştir [9].

REPA Türkiye haritası referans alındığında; 100 m referans yükseklik ve o yükseklikteki haritadan okunan hız değerleri değerlendirildiğinde Şekil 8'deki yüksekliğe göre, değişiklik gösteren hız grafiği elde edilir.

Hız değerinin elde edilmesinin ardından, yönlerin de tayin edilmesiyle analiz aşamasına geçilmiştir. Rüzgar hızının, türbülanslı olduğu Şekil 8'de elde görülen parabolik eğriden bir ortalama hız değeri belirlenerek ve belirlenen ortalama hız değeri için model boyutuna göre Reynolds sayısı hesaplanarak anlaşılmıştır. Rüzgar yükleri, İstanbul ilinde, en yüksek rüzgar hızları güneydoğu yönünde olduğundan, güneydoğudan esen rüzgar için analiz edilmiştir. Rüzgarın türbülanslı model HAD analizi ise Large Eddy Simulation (LES) yöntemiyle yapılmıştır.

HAD analizinde, süreklilik denklemi ve her 3 kartezyen koordinat doğrultusu için momentum denklemleri [21];

Süreklilik Denklemi:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0 \quad (2)$$

x yönünde momentum denklemi:

$$\rho \left[ u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right] = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left[ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] \quad (3)$$

y yönünde momentum denklemi:

$$\rho \left[ u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right] = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left[ \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right] \quad (4)$$

z yönünde momentum denklemi:

$$\rho \left[ u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right] = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left[ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right] \quad (5)$$

2,3,4 ve 5 numaralı temel denklemler HAD analizinin temelini oluştururken, LES modeli, türbülanslı, daha doğru bir analiz yapılmasını sağlar. Rüzgarın hızının oluşturduğu akış, türbülanslı bir akış olduğu için, bu akışın incelenmesini sağlayan türbülans kinetik enerji denklemi aşağıdaki gibi verilmiştir.

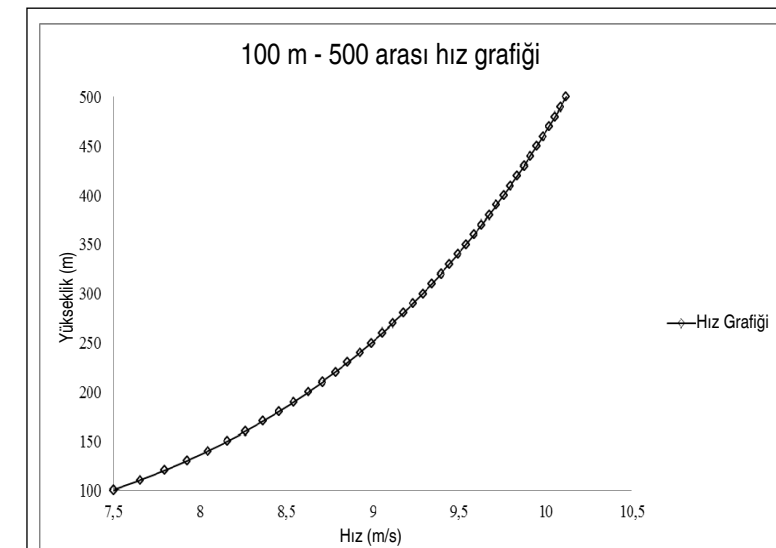
$$\rho \frac{\partial k}{\partial t} + \rho \frac{\partial}{\partial x_j} (U_j k) = \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \mu \frac{\partial u_i}{\partial x_k} \frac{\partial u_i}{\partial x_k} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \mu \frac{\partial}{\partial x_j} - \frac{1}{2} \rho \overline{u_i' u_i'} - \overline{\rho' u_i'} \right) \quad (6)$$

LES türbülans modeli, gerçeğe daha yakın sonuçlar vermekle birlikte, zamana bağlı olması ve RANS'a göre çok daha çözüm ağı gerektirdiğinden analizi daha çok zaman almakta ve endüstriyel uygulamalarda RANS'a göre daha az tercih edilmektedir. Bu çalışmada, binalar etrafındaki değişimleri daha iyi görmek ve daha doğru sonuçlar almak için LES türbülans modeli kullanılmıştır. Çalışmada, binalar etrafındaki basınç, hız ve türbülans kinetik enerjileri, güneydoğu yönünden etki eden rüzgar hızlarına göre incelenmiştir.

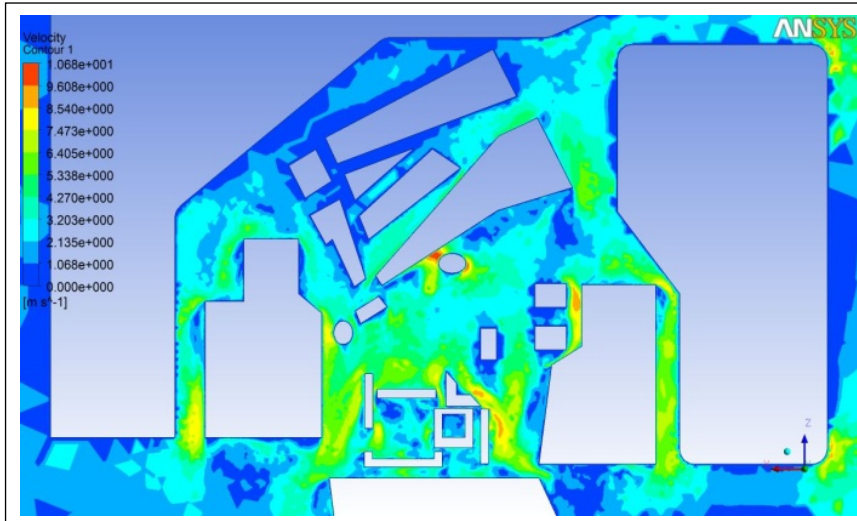
### 3. ANALİZ SONUÇLARININ İNCELENMESİ

Analiz sonuçları ANSYS CFD Post modülünde incelenmiştir. Güneydoğu yönünde, basınç, türbülans kinetik enerji ve hız değerleri incelenmiştir. Analiz edilen geometri göz önüne alınarak, yerden 5 m, 30 m ve 100 m yükseklikte incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmada A,M,K,L,O ve N geometrilerinin arasında bulunan C,B,G,E,F,H,I ve J geometrilerinin birbirleri etrafında olan değişimleri incelenmiştir.

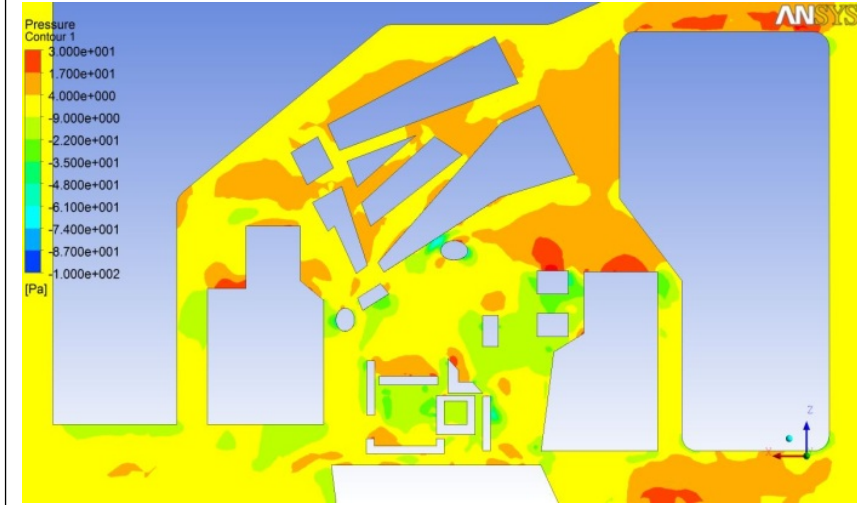
Rüzgarın oluşturduğu hava akımı binanın yan yüzleri ve çevresi tarafından vorteks kümeleriyle sarmalanır. Vorteksler değişken olarak rüzgarın binaya çarptığı yüzeyin yanal yüzleriyle, akımın yüzeyden ayrıştığı bölgede meydana gelmektedir. Dolayısıyla vortekslerin yarattığı dinamik yükler de değişken yönlü olup



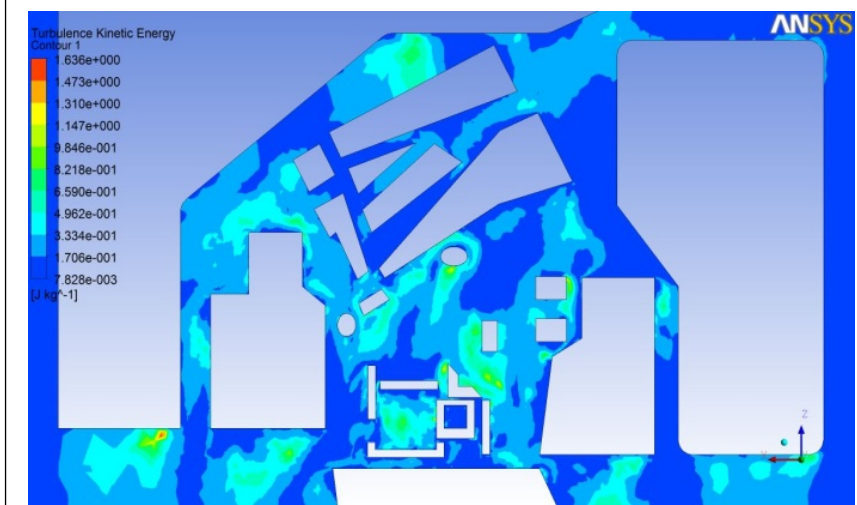
Şekil 8. İstanbul İli İçin Hız-Yükseklik Grafiği



(a) Hız



(b) Basınç



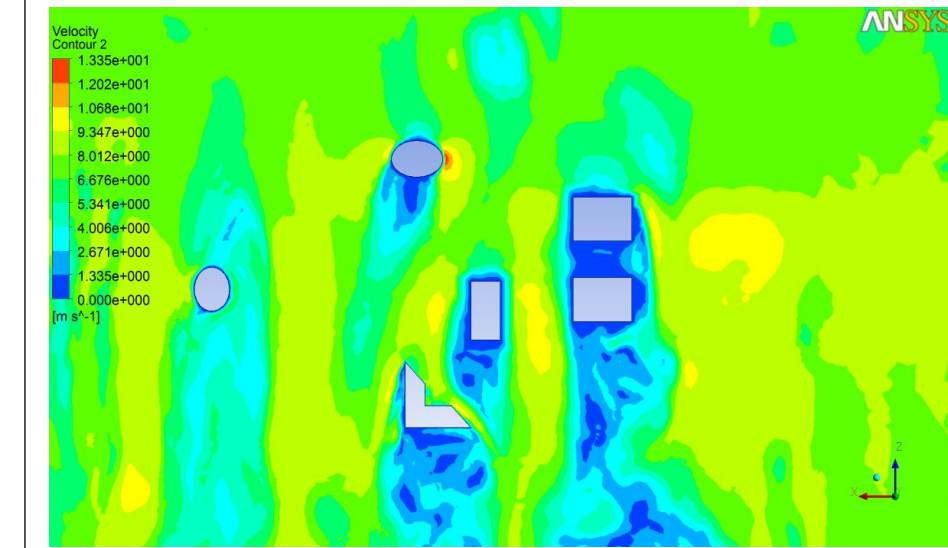
(c) Türbülans Kinetik Enerji

Şekil 9. 5 Metre Yükseklikte Hız, Basınç ve Türbülans Kinetik Enerji Değişimi

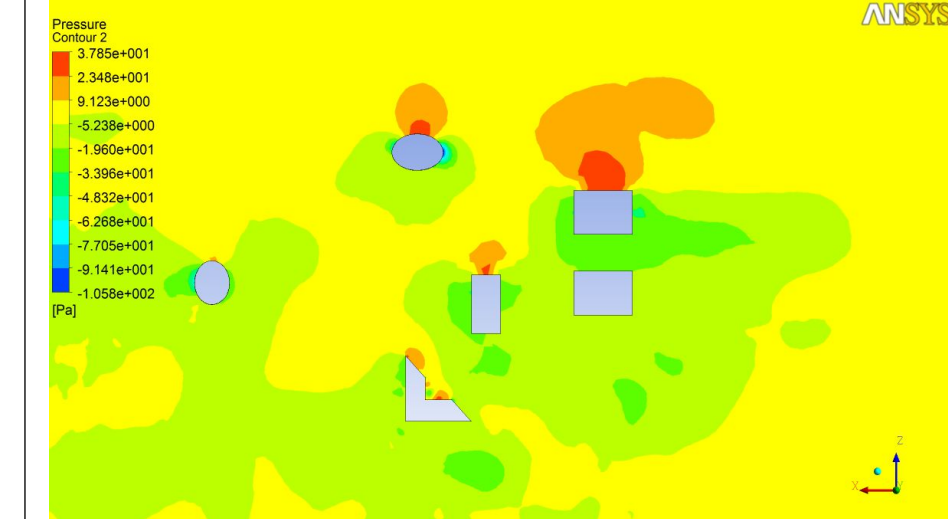
rüzgar akış yönüne dik doğrultuda etkiler. Vorteks yükleri çok belirgin ve dar bir frekans bandında etkilediği için sinüzoidal bir yük olarak tanımlanabilirler. Vorteks yüklerinin frekansı, binanın rüzgara dik doğrultudaki doğal frekansına yakın ise yüksek binalarda bu doğrultuda büyük genlikli titreşimler oluşabileceği gibi, büyüklüğü aynı zamanda rüzgar yönüyle de değişim gösterdiği bilinen bir gerçektir.

### 3.1 5 Metre Yükseklik İçin Hız, Basınç ve Türbülans Kinetik Enerjinin İncelenmesi

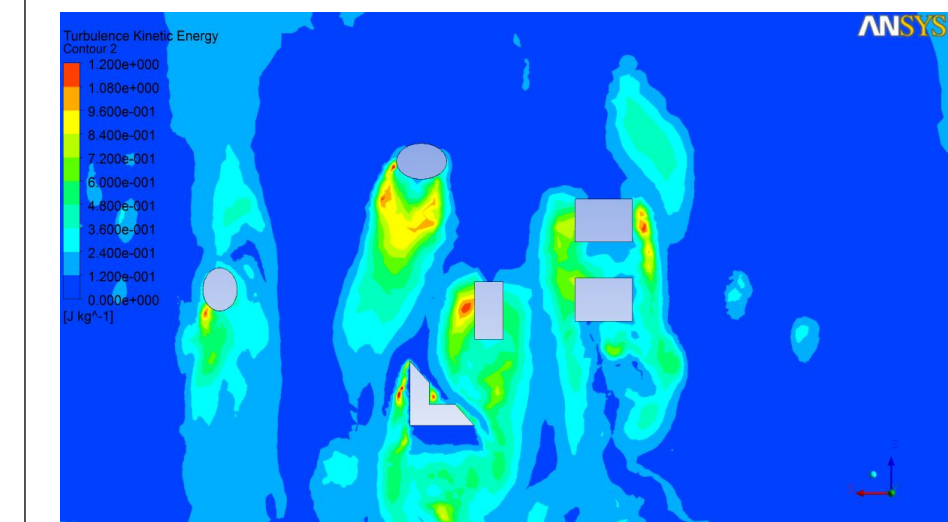
5 m yükseklikteki hız, basınç ve türbülans kinetik enerji değişimleri sırasıyla Şekil 9 a,b, ve c'de verilmiştir. Hız değerlerine göz atıldığında, 5 m yükseklikte I ve H bölgelerinin dışında hız gradyanlarının arttığı, maksimum hızların B geometrisi etrafında olduğu görülmektedir. Maksimum hız, yaklaşık olarak 10, 5 m/s olarak gözlemlenmiştir. Yüksek katlı binaların olduğu bölge içerisinde ise, 5 m yükseklik için hız değerleri genel olarak 3-8 m/s arasında değişiklik göstermektedir. Basınç değerlerine göz atıldığında yüksek yapıların yoğunlaştığı bölgede maksimum basınçların F geometrisinin güneydoğu bölümü etrafında olduğu gözlemlenmiştir. F geometrisinin geri kalan bölgeleri ve E bölgesinin etrafında negatif basınç bölgeleri oluşmuştur. F bölgesinin bir yönünde maksimum basınç gözlemlenirken diğer yönlerinde negatif basınç gözlemlenmesi, bina içerisinde yaşayan insanların sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir. 5 m yükseklikteki türbülans kinetik enerji değişimini gözlemlediğimizde ise (Şekil 9c), alçak katlı binalar etrafındaki türbülans kinetik enerji değerinin, yüksek katlı binalara doğru yaklaştıkça yükseldiği gözlemlenmektedir. Yüksek katlı binalar etrafındaki türbülans kinetik enerjiyle alçak katlı binalar etrafındaki türbülans kinetik enerji değeri arasında yaklaşık 0.45 J/kg'lık bir fark vardır ve bu da, bize 5 m yükseklikte dahi, yüksek katlı binalar etrafındaki türbülans kinetik enerjisinin, diğer bölgelere göre kayda değer biçimde artmasından dolayı doğal havalandırma imkanı sunmaktadır.



(a) Hız



(b) Basınç



(c) Türbülans Kinetik Enerji

Şekil 10. 30 Metre Yükseklikte Hız, Basınç ve Türbülans Kinetik Enerji Değişimi

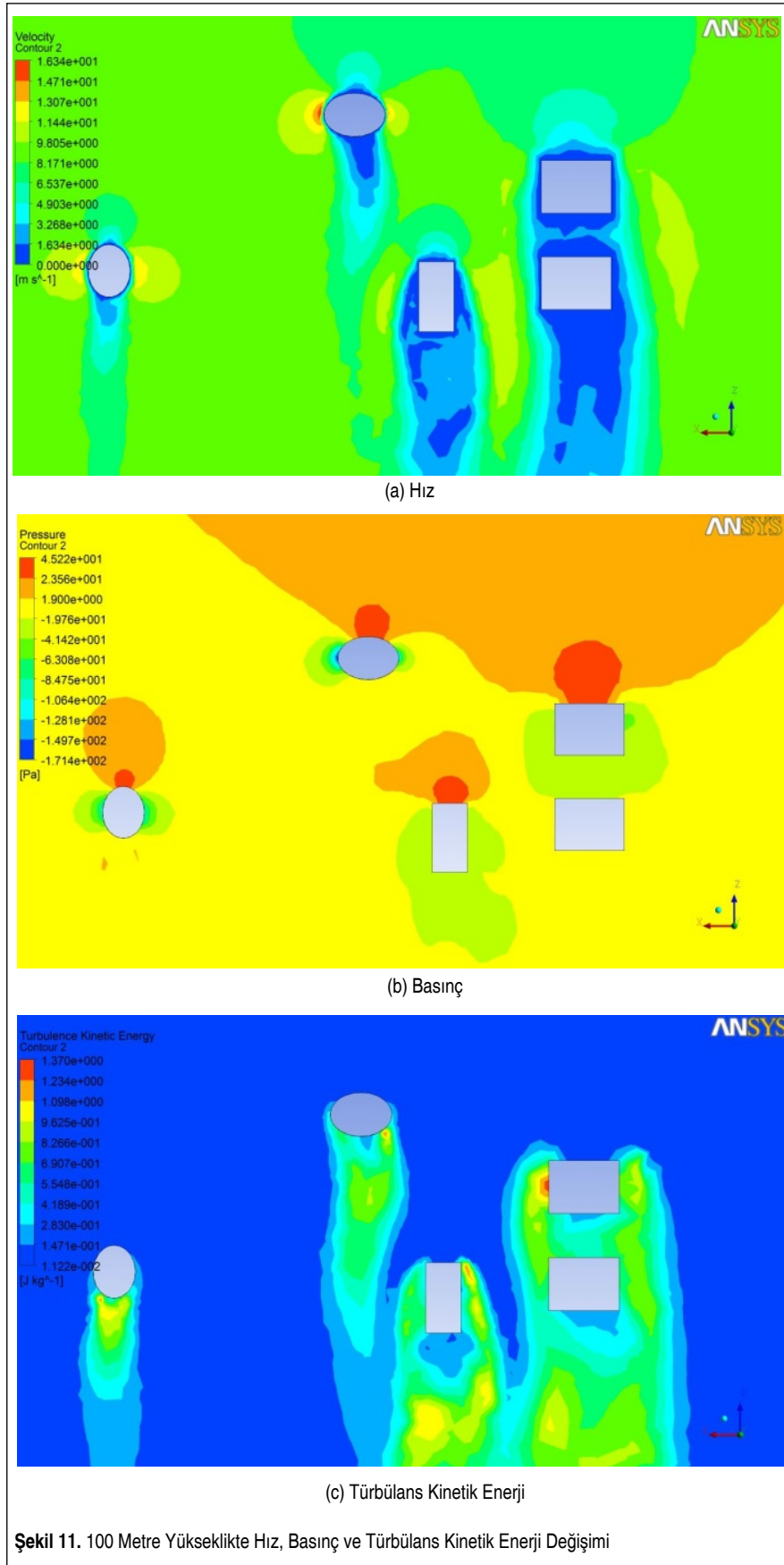
### 3.2 30 Metre Yükseklik İçin Hız, Basınç ve Türbülans Kinetik Enerjinin İncelenmesi

30 m yükseklikteki hız, basınç ve türbülans kinetik enerji değişimleri sırasıyla Şekil 10 a,b, ve c'de verilmiştir. 30 m yükseklikte, alçak katlı binaların etkisi daha az hissedildiğinden hız, basınç ve türbülans kinetik enerji gradyanları daha düzenli bir dağılım göstermektedir. Şekil 10a incelendiğinde; tüm geometrilerin kuzeybatı yönlerinde, hız düşüşlerinin olduğu gözlemlenmektedir. 10b'de, tüm geometrilerin güneydoğu yönlerinde basınçlar maksimum değerlerini almışken, kuzeybatı yönünde ciddi basınç düşüşleri meydana gelmiştir. 10c'de ise, binaların kuzeybatı yönüne bakan bölgelerinde türbülans kinetik enerjisi önemli derecede artmış; E geometrisinin kuzeydoğu yönünde ise maksimum değeri almıştır. Türbülans kinetik enerjideki bu değişim, 30 m yükseklikte, doğal havalandırma imkanının 5 m yükseklikteki durumundan daha efektif olduğunu göstermektedir.

Şekil 10'a bakıldığında; hız, basınç ve türbülans kinetik enerji değişimlerinde genel olarak 5 m yükseklikteki değerlere göre artışların meydana geldiği gözükmemektedir. Bu artışlar göz önüne alındığında, doğal havalandırma uygulanarak, mekanik tesisatın gücünün azaltılabileceği anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra taze hava değişimi ve insanların ihtiyacı olan konfor şartları yüksek katlarda, düşük katlara göre daha fazla önem arz ettiğinden, insanlar üzerindeki olumsuz sağlık etkilerinin de azalmasına katkı sağlayacaktır.

### 3.3 100 Metre Yükseklik İçin Hız, Basınç ve Türbülans Kinetik Enerjinin İncelenmesi

Şekil 11'de 100 m yükseklikteki hız, basınç ve türbülans kinetik



enerjisi değişimleri incelenmiştir. Yükseklik arttıkça, bu üç parametrede önemli artışların olduğu görülmüştür. Hız değeri, B geometrisinin kuzeydoğu yönünde yaklaşık 16 m/s olarak maksimum değere ulaşmıştır. Ayrıca tüm geometrilerin kuzeybatı yönünde, 30 m ve 5 m’de olduğu gibi hızlar minimum değerleri almaktadır. Basınç değerleri incelendiğinde, güneydoğu yönünde maksimum değerler oluşurken, tüm geometrilerin güneydoğu hariç bütün yönlerinde ciddi basınç düşüşleri gözlemlenmektedir. 100 m yükseklikte, yüksek katlı binaların neredeyse tüm yönlerinde türbülans kinetik enerjisinde önemli artışlar meydana gelmektedir. Bu da göstermektedir ki; 100 m yükseklikte doğal havalandırma alçak mesafelere göre daha verimli olacaktır.

#### 4. SONUÇLAR

1. Bu çalışmada cam giydirme cephe sistemleriyle donatılmış yüksek katlı binaların etrafındaki rüzgar yüklerinden faydalanarak, doğal havalandırma imkanı araştırılmış ve bu sayede enerji tasarrufu ve insan sağlığı üzerine bir katkısı olup olmayacağı incelenmiştir.
2. Çalışmada İstanbul ili Şişli ilçesinde bulunan cam giydirme cephe sistemleriyle kuşatılmış yüksek katlı binaların rüzgar etkileşimleri, yönleri de dikkate alınıp CFD paket programı kullanarak LES analizi kullanmak suretiyle sayısal olarak incelenmiştir.
3. CFD analizinden elde edilen 5, 30 ve 100 m yükseklikteki hız değişimlerinden de görüldüğü üzere güneydoğu yönünden esen rüzgarda, etkin bir şekilde sirkülasyon hakim olduğu ve bunun sonucu olarak yüksek katlı binaların çevresinde bir sarmal şeklinde, salınımların yoğun olduğu tabakalı akım görülmektedir. Özellikle düşük enerjili vorteks hareketlerinin sergilendiği bina çevresi akımların, bitişik binalarda etkileşimleri sönümlenmiş olarak görülmüştür.

de, ayrıık binalarda dinamik yükler olarak karşımıza çıkmaktadır.

4. Türbülans kinetik enerji salınımları yüksek değerlerde görülmekle birlikte, bunun sebepleri olarak belirtilen yöndeki düşük hız gradyanından dolayı meydana gelen wake tarzı türbülans salınımların olduğu düşünülmektedir.
5. Rakım arttıkça hız, basınç ve türbülans kinetik enerji parametrelerindeki artışların sonucu olarak doğal havalandırma uygulamasının daha verimli olduğu gözlemlenmiştir.
6. Doğal havalandırma uygulamasıyla, özellikle yüksek katlarda enerji tasarrufu önemli ölçüde sağlanabilir.
7. Taze hava değişiminin önemi göz önüne alındığında, özellikle yüksek rakımlardaki doğal havalandırma sonucu insanların temiz hava ihtiyacı karşılanabilir ve insanlar gün boyunca şartlandırılmış hava soluyarak fizyolojik ve sosyolojik olumsuzluklardan kurtulabilir.

#### KAYNAKÇA

1. **Kırkan, H.S.** 2005. “Çok Katlı Yüksek Yapıların Tasarımına Etki Eden Faktörlerin İrdelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
2. **Kavsat, İ.** 2012. “Görünmeyen Tehlike; Kanserojen Radon Gazı,” <http://www.dunya.com/gorunmeyen-tehlike-kanserojen-radon-gazi-146934h.htm>, son erişim tarihi: 08.02.2012.
3. **Roberson, J.A., Crowe, C.T.** 1978. “Pressure Distribution on Model Buildings at Small Angles of Attack in Turbulent Flow.” Proc. 3<sup>rd</sup> U.S. Natl.Conf. on Wind Engineering Research, University of Florida, USA.
4. **Ahmad, S., Kumar, K.** 2001. “Interference Effect of Wind Loads on Low-Rise Hip Roof Buildings,” Engineering Structures, vol.23, no. 12, p.1577-1589.
5. **Ahmad, S., Kumar, K.** 2002. “Effect of Geometry on Wind Pressures on Low-Rise Hip Roof Buildings,” Journal of Wind Engineering and Industrial. Aerodynamics, vol.90, no. 7, p.755-779.
6. **Aygün, C., Başkaya, Ş.** 2003. “Çok Katlı Bir Bina Etrafındaki Rüzgar Akışının Oluşturduğu Yüzey Basınçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi,” Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Dergisi, cilt 18, sayı 4, s.15-31.
7. **Mendis, P., Ngo, T., Haritos, N., Hira, A., Samali, B., Cheung, J.** 2007. “Wind Loads on Tall Buildings,” Ejse Special Issues:Loading on Structures, p.41-54.
8. **Holmes, J.D., Tamura, Y., Krishna, P.** 2008. “Wind Loads on Low, Medium and High Rise Buildings by Asia-Pacific Codes,” The 4<sup>th</sup> International Conference on Advances in Wind and Structures, Jeju, Korea.
9. **Şafak, E.** 2011. “Yüksek Yapılardaki Rüzgar Yüklerinin Hesabı,” TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 4. Ulusal Çelik Yapılar Sempozyumu, İstanbul.
10. **Huang, S., Li, Q.S., Xu, S.** 2006. “Numerical Evolution of Wind Effects on a Tall Steel Building by CFD,” Journal of Constructional Steel Research, vol.63, no. 5, p.612-627.
11. **Liang, S., Li, Q.S., Liu, S., Zhang, L., Gu, M.** 2004. “Torsional Dynamic Wind Loads on Rectangular Tall Buildings,” Engineering Structures, vol.26, no.1, p.129-137.
12. **Huang, G., Chen, X.** 2007. “Wind Load Effects and Equivalent Static Wind Loads of Tall Buildings Based on Synchronous Pressure Measurements,” Engineering Structures, vol.29, no.10, p.2641-2653.
13. **Tominaga, Y., Mochida, A., Yoshie, R., Kataoka, H., Nozu, T., Yoshikawa, M., Shirasawa, T.** 2008. “AIJ Guidelines for Practical Applications of CFD to Pedestrian Wind Environment Around Buildings,” Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol.96, no.10-11, p.1749-1761.
14. **Huang, M.F., Lau, I.W.H., Chan, C.M., Kwok, K.C.S., Li, G.** 2011. “A Hybrid RANS and Kinematic Simulation of Wind Load Effects on Full Scale Tall Buildings,” Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol.99, no.11, p.1126-1138.
15. **Cheung, J.O.P., Liu, C.H.** 2011. “CFD Simulations of Natural Ventilation Behaviour in High-Rise Buildings in Regular and Staggered Arrangements at Various Spacings,” Energy and Buildings, vol.43, no.5, p.1149-1158.
16. **Blocken, B., Janssen, W.D., van Hoof, T.** 2012. “CFD Simulation for Pedestrian Wind Comfort and Wind Safety in Urban Areas: General Decision Framework and Case Study for the Eindhoven University Campus,” Environmental Modelling & Software, vol.30, no. April 2012, p.15-34.
17. **Lakot Alemdağ, E., Aydın, Ö.** 2011. “Hastanelerde Cam Giydirmeye Cephe Sistemlerinin Konfor Koşullarına Etkisi,” Tesisat Mühendisliği Dergisi, cilt 126, sayı Kasım/Aralık 2011, s.55-67.
18. **Lakot Alemdağ, E., Aydın, Ö.** 2009. “Structural Comfort and Energy Efficiency of Curtain Wall Systems: KTU Faculty of Arts and Science as a Case,” Livenarch IV, Trabzon.
19. **Malkoç, Y.** 2008. “Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Enerji Pofilimizdeki Yeri,” Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, [http://130.226.17.201/extra/web\\_docs/turkey/TurkishWindData.pdf](http://130.226.17.201/extra/web_docs/turkey/TurkishWindData.pdf), son erişim tarihi: 30.01.2013.
20. **Ağçay, M., Attay, F.** 2007. “Türkiye’nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Rüzgar Elektrik Santrali Tasarımı RES’in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&Simulink ile Yazılan Programda Yapılması,” YTÜ Bitirme Tezi-EMO Proje Yarışması, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
21. ANSYS Technical Staff. 2012. ANSYS Fluent Turbulence Modeling Overview, ANSYS Inc., Canonsburg/Pennsylvania, USA.