

## Yüksek Yapı Çalışmalarında Bir Verimlilik Faktörü: Rüzgâr

S. Ümit Dikmen<sup>1</sup>, Sadık Yiğit<sup>2</sup>,  
Murat Aksel<sup>3</sup>, Murat Sönmez<sup>4</sup>, Bahar Şener<sup>5</sup>

### Özet

Rüzgârın, insanların konforu yönünden dikkate alındığında, bilhassa yaya konforu açısından, ciddi etkileri olduğu bilinen bir gerçektir. Bu konuda uzun yıllara dayanan çok değerli araştırmalar gerçekleştirilmiş ve yayınlar yapılmıştır. Benzer bağlamda rüzgârın şantiye çalışmalarında da, hem vinç gibi ekipmanlar olsun, hem de işçilerin verimliliği üzerinde olumsuz etkileri vardır. Diğer yandan günümüzde bilhassa İstanbul'da arsa sıkıntısı gibi nedenlerle yüksek katlı bina inşaatları ivme kazanmıştır. Bu çalışmanın amacı yüksek katlı yapılarda ve İstanbul'un iklim şartlarında rüzgârın inşaat çalışmalarına olan etkilerinin analitik olarak incelenmesidir.

**Anahtar sözcükler:** Rüzgâr, Verimlilik, Yüksek Katlı Yapılar.

### Giriş

Artan nüfus ve kentleşme oranları şehirleri sürekli olarak büyümeye zorlamaktadır. Kentlerin büyümesi yatay boyutta olduğu gibi coğrafi kısıtlar, gayrimenkul piyasasının dinamikleri gibi çeşitli nedenlerle dikey boyutta da gerçekleşmektedir. Bu bağlamda gelişen teknolojiyle birlikte her geçen gün daha yüksek binaların inşa edildiği görülmektedir.

İstanbul bu duruma en güzel örneklerden birini teşkil etmektedir. Şehrin bir yanda sürekli göç alması nedeniyle büyüyen nüfusu, diğer yanda ise şehrin ormanlar ve denizler dolayısıyla var olan fiziki kısıtlar gayrimenkul fiyatlarının bilhassa da arsa fiyatlarının artmasına yol açmaktadır. Sonuç olarak; İstanbul'da şehrin çeşitli yerlerinde çok sayıda yüksek katlı yapı inşa edilmiş veya edilmektedir. Bu yapılar bazen Maslak,

1 İstanbul Kültür Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul,  
Tel: (212) 498 42 04, E-Posta: u.dikmen@iku.edu.tr

2 İstanbul Kültür Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., İstanbul, Tel: (212) 498 42 04,  
E-Posta: s.yigit@iku.edu.tr

3 İstanbul Kültür Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., İstanbul, Tel: (212) 498 42 04,  
E-Posta: m.aksel@iku.edu.tr

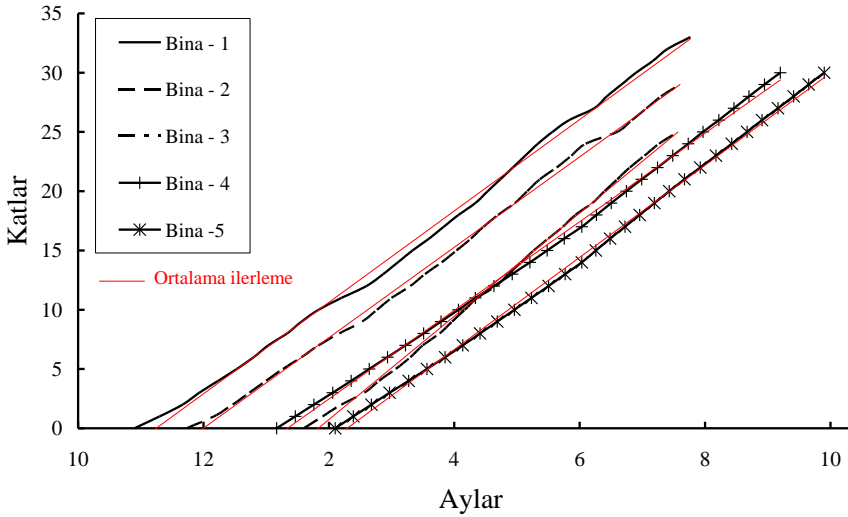
4 Hadeka İnşaat Ltd, Kartal, İstanbul, E-Posta: murat.sonmez@hadeka.com.tr

5 İstanbul Kültür Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., İstanbul, Tel: (212) 498 42 04,  
E-Posta: senerbahar@hotmail.com

Ayazağa, 4. Levent, Esentepe gibi semtlerde olduğu gibi bir noktada çok sayıda kümelenmiş olabildiği gibi Avcılar, Beylikdüzü, Kartal, Acıbadem gibi semtlerde tekil olarak da bulunabilmektedir.

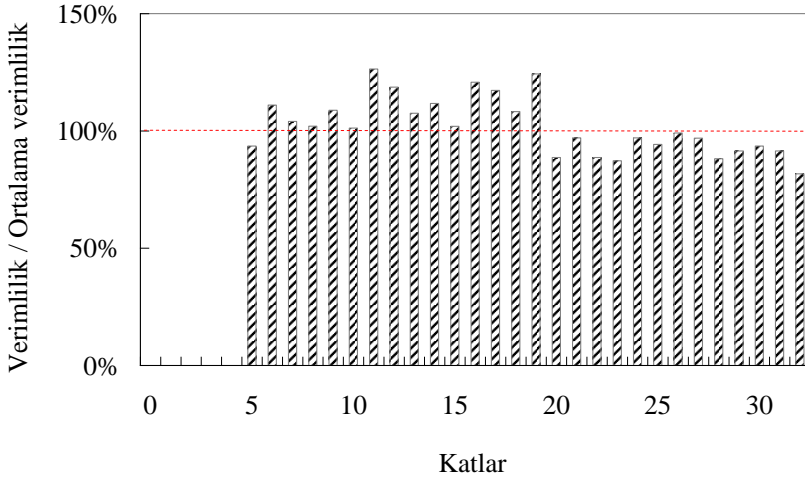
Diğer yandan, sektör gözetmeksizin bir projenin başarılı olması, projenin belirlenen kapsamda, hesaplanan bütçeyi aşmadan, planlanan zaman içerisinde ve istenen kalitede tamamlanmasına bağlıdır. Ancak, diğer birçok projeden farklı olarak inşaat sektöründe projelerin büyük çoğunluğu açık alanlarda yürütülmektedir. Şantiyeler farklı hava koşullarına açıktır ve de saha işleri bu koşullardan işin niteliğine bağlı olarak az veya çok etkilenebilmektedir. Bu bağlamda, inşaat projelerini etkileyen olumsuz hava koşulları; yoğun yağış, yoğun kar, aşırı sıcak/soğuk ve yüksek rüzgâr hızları olarak sıralanabilir (Khan, 2005). İnşaat projeleri bilhassa beklenmedik veya hazırlık aşamalarında dikkate alınmamış olumsuz hava koşulları nedeniyle hem öngörülenden uzun sürebilmekte, hem de iş sağlığı ve güvenliği olumsuz yönde etkilenebilmektedir.

Şekil 1’de İstanbul’da son birkaç yılda inşa edilmiş olan 5 adet yüksek katlı betonarme yapının zemin kotu üzerindeki kaba inşaat ilerlemeleri gösterilmiştir. Yapıların yükseklikleri 25 ila 33 kat arasında değişmektedir. Bu yapılardan 3’ü İstanbul’un batı yakasında 2’si ise doğu yakasındadır. Şekilden de görüleceği üzere inşaatlar yılın farklı aylarında başlamış ve bitirilmiştir. İncelenen bu inşaatlarda bina bazında ortalama ilerleme hızı 7.2 ila 8.1 gün/kat arasında değişkenlik göstermektedir. Şekil dikkatli incelendiğinde bu aylarda imalatın diğer aylara nazaran kısmen de olsa yavaş ilerlediği görülmektedir. Bu yavaşlık rüzgâr etkisi ile olabileceği gibi soğuk ve rutubet gibi mevsimler şartları nedeniyle olabilmektedir.



**Şekil 1.** İstanbul’da İnşa Edilmiş 5 Adet Betonarme Yapının Kaba Yapı İnşaatı İlerlemeleri

İnşaatları kış aylarında başlamış ve de inşaatın ciddi bir kısmı kış şartlarının hakim olduğu aylara (Kasım – Nisan) rastlayan 1 ve 2 no'lu binalar en düşük ilerleme hızına sahip yapılardır. Şekil 2'de 1 No'lu yapının 5 ve üzeri katlarında kaba inşaat işçilik verimliliğinin ortalama kaba inşaat işçiliği verimliliğe oranları gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere İstanbul'da kış şartlarının yaşandığı Ocak – Nisan arasına denk gelen 5'inci kattan 20'inci kata kadar olan kaba inşaat imalatında işçilik verimliliği hava şartlarının daha iyi olduğu üst katlardaki verimliliğe nazaran daha düşüktür. Bu dönemde işçilik oranları %25'e varan oranlarda ortalamadan yüksek, diğer dönemlerde ise %12'ye varan oranlarda ortalamadan düşüktür.



**Şekil 2.** 1 No'lu Binanın Katlar Bazında Kaba İnşaat Verimliliği Oranları

Yukarıda sunulan örneklerden de açıkça görüleceği gibi hava şartlarının kaba inşaat işçiliği verimliliği üzerinde önemli etkisi olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, İstanbul'un rüzgâr şartlarında, yüksek katlı yapı inşaatlarında, rüzgârın inşaat çalışmalarına olan etkilerinin analitik olarak incelenmesidir. Bu bildiride ilgi konuda devam etmekte olan geniş çaplı bir çalışmanın ön sonuçları sunulacaktır.

### Önceki Çalışmalar

İnsan konforu; basit bir şekilde, insanların performansını etkileyen koşullar olarak tanımlanabilir. Dış mekânlarda insan konforu sıcaklık, nem, yağış, rüzgâr ve gürültü seviyesi gibi koşullara bağlıdır. Tüm bu faktörler elbette açık havada çalışan kişilerin verimliliklerini etkilemektedir.

Aşırı sıcak hava ve soğuk hava çalışanları hem fiziksel, hem de psikolojik olarak etkilemektedir. Bu bağlamda çalışanlar, psikolojik olarak, rahat olmayan çalışma ortamlarına maruz kalmak istemezler. Fizyolojik olarak ise, bilhassa aşırı soğuğa maruz

kalan kişilerde çeşitli fiziki zedelenmelere veya rahatsızlıklara uğrama riski vardır (Koehn and Brown, 1985). A.B.D'deki işçi tazminatları verilerine göre soğuktan yaralanmaların %75'inin nedeni parmak, el, ayak parmağı, ayak, kulak ve burun gibi uzuvlarda donmadır (Koehn and Brown, 1985).

Olumsuz hava koşulları arasında olan yüksek hızlı rüzgârlar, bir yandan vinçlerin çalışmalarını engelleyebilmekte, diğer yandan ise açık alanlarda çalışan işçilerin hem verimlilikleri hem de güvenliklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu bağlamda bilhassa kaba yapı inşaatları özellikle de kalıp işleri bu durumdan olumsuz etkilenmektedir.

Bugünkü ileri teknoloji rüzgâr ölçüm aletlerinin olmadığı 18. yüzyılın başlarında rüzgârın şiddetinin görsel gözlem yoluyla tespit edilebilmesi amacıyla Beaufort skalası sadeleştirilmiş bir yol gösterici skala olarak geliştirilmiştir. Skala esas itibarıyla denizciler için geliştirilmiştir. Ancak rüzgârın karadaki insanlar üzerindeki etkilerine karar vermekte de kullanılabilir (NOAA, 2010). Skala sakin hava koşullarından kasırgaya kadar 12 seviyeden oluşmaktadır (Tablo 1). Tablodan da görüleceği gibi, 7 ve üzerindeki Beaufort şiddeti seviyelerde ki rüzgâr hızları dış mekânlardaki insanlar için çok tehlikeli olarak nitelendirilmektedir.

Diğer yandan, muhtelif araştırmacılar tarafından rüzgârlı hava şartlarında insan konforuna ilişkin çeşitli çalışmalar yürütülmüş ve yayınlanmıştır. Arazi ölçümleri ve/veya rüzgâr tüneline yapılan deneyler ile yayaların rüzgâra bağlı olan konfor kriterleri oluşturulmuştur (ASCE, 2003; NOAA, 2010).

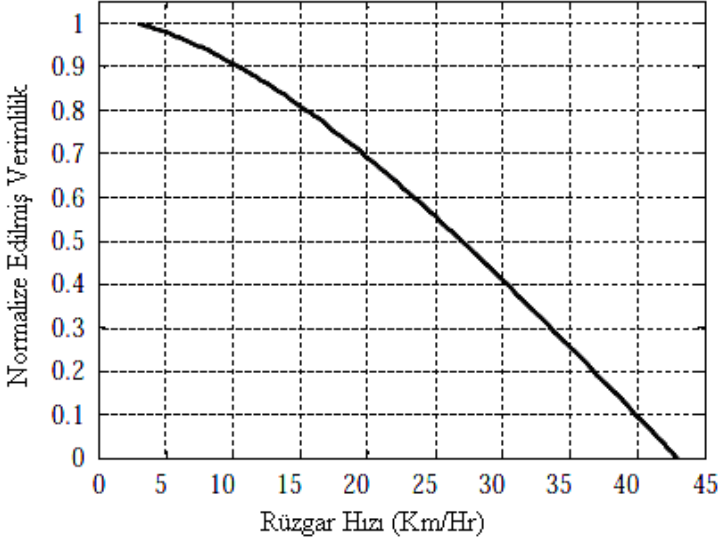
Hava koşullarının inşaat işçilerinin performansı ve verimliliği üzerindeki etkileri ile ilgili de çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Jensen tarafından yapılan bir çalışmada verimliliğe yaptığı negatif etkilere ek olarak, rüzgâr hızının aynı zamanda çalışanların sağlığına ve güvenliğine de etki ettiği ortaya konmuştur (Jensen, 1983). Aynı çalışmaya göre, düşük hava sıcaklığı ve yüksek hızlı rüzgârın kombinasyonu işçilerin yaralanmasına sebep olabilmektedir.

Tablo 1. Beaufort Skalası

Beaufort Şiddeti	Saatlik Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Saatlik Ortalama Rüzgâr Hızı (km/sa)	Rüzgârın Tanımı	Rüzgârın Etkisi
0	< 0.3	<1.0	Durgun	Duman Dik Olarak Yükselir
1	0.3 - 1.5	1.1 – 5.5	Esinti	Dumanın sürüklenme yönü rüzgârın yönünü belirtir.
2	1.6 - 3.4	5.6 -11	Hafif Meltem	Yüzde hissedilir, Yapraklar hışırdar, Rüzgâr gülü döner
3	3.4 - 5.6	12 – 19	Zayıf Meltem	Yapraklar ve dallar sürekli hareket eder, Bayraklar hafif hafif dalgalanır.
4	5.5 – 7.9	20 – 28	Orta Meltem	Tozlar ve kâğıtlar havalanır, İnce dallar sallanır.
5	8.0 – 10.7	29 – 38	Sert Meltem	Yapraklı küçük dallar sallanır, suda dalgalar oluşur.
6	10.8 – 13.8	39 – 49	Kuvvetli Rüzgar	Büyük dallar sallanır, Telefon telleri ıslık sesi çıkarır
7	13.9 - 17.1	50 – 61	Mutedil Fırtına	Tüm ağaçlar sallanır, Rüzgâra karşı yürürken direnç hissedilir
8	17.2 – 20.7	62 – 72	Fırtına	Ağaçların ince dalları kırılır. Rüzgâra karşı yürümek imkansızlaşır.
9	20.8 – 24.4	75 – 88	Kuvvetli Fırtına	Bazı binalarda hasarlar olur. Baca kapakları sökülür, kiremitler uçar.
10	24.5 – 28.4	89 – 102	Büyük Fırtına	Ağaçları köklerinden söker, binalarda büyük hasar oluşur.
11	28.5 – 32.6	103 – 107	Bora	Yaptığı hasar çok geniştir. Karada pek rastlanmaz
12	> 32.7	> 118	Kasırga	Büyük ve müthiş tahribat yapar. Daha çok ekvatorial bölgelerde rastlanır.

Moselhi ve Kahn 2000’li yılların başında Kanada’nın Montreal şehrindeki 2 büyük şantiyeden elde edilen verilere kullanılarak hava şartlarının işçilik verimliliği üzerindeki

etkisini incelemişlerdir (Moselhi ve Kahn, 2010). Bu çalışmanın sonuçlarından biri olan rüzgâr hızı ve verimlilik arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 3'te sunulmuştur. Bu sonuçlara göre 15,00 km/sa (4,20 m/s) üzerindeki rüzgâr hızlarının erimliliği %20'nin üzerinde bir oranda düşürdüğü görülmektedir. Diğer bir tanımla bu rüzgâr Beaufort skalasına göre 3 şiddetinde bir rüzgârdır.



Şekil 3. Verimlilik – Rüzgâr Hızı İlişkisi (Moselhi ve Kahn, 2010)

## Yöntem

Rüzgâr 3 boyutta ve zamana bağlı değişkenlik gösteren bir hava olayıdır. Bu bağlamda verilen bir noktada rüzgâr hızları yakın çevrede olan yapılar nedeniyle de değişkenlik gösterebilmektedir (Dikmen vd., 2010). Bu değişkenlik çevredeki büyük yapıların etkisiyle olabileceği gibi aynı zamanda katlardaki kolon ve perde duvar yerleşimlerinden de etkilenebilmektedir. Bilhassa perde duvarlar rüzgârın yönüne bağlı olarak bir yandan perdeleyici bir etki gösterirken diğer yandan uç noktalarda rüzgârın hızlanmasına da yol açabilmektedir (Dikmen vd., 2011).

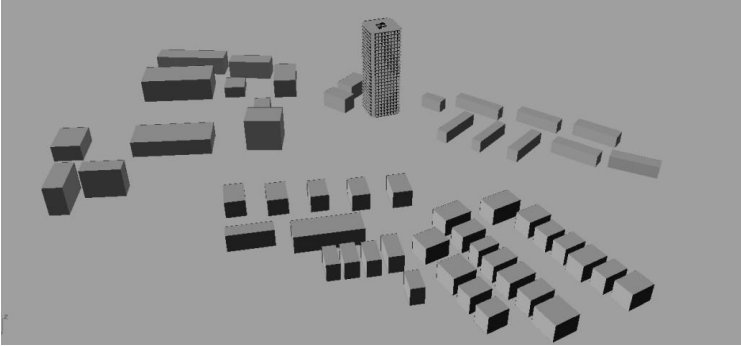
Çalışmada, yüksek binaların inşasında çalışma ortamını etkileyebilecek rüzgâr hızlarının belirlenmesi hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalar, ticari bir yazılım olan ANSYS'in 3 boyutlu hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizleri yapabilen FLUENT yazılımı ile gerçekleştirilmiştir (ANSYS, 2006). Elde edilen değerler ayrıca İstanbul'da inşaatı tamamlanmış 5 adet yüksek bina şantiyesinden elde edilen veriler ışığında da değerlendirilecektir.

## Analiz Modeli

Analizin her aşamasında gerekli 3 boyutlu modelin oluşturulmasında ve türbülans modelinin seçiminde bu tür çalışmalarda genel kabul gören “Best Practice Guideline for the CFD Simulation of Flows in the Urban Environment developed in the COST” başlıklı kitapçıkta önerilen kural ve yöntemler kullanılmıştır (Franke et al. 2007).

Analizler için 100,00 m yüksekliğinde ve planda 35,00\*35,00 m ölçülerinde İstanbul’da mevcut olan bir bina ve çevresi seçilmiştir. Yapı betonarme taşıyıcı sistemine sahip olup, merkezinde asansör ve merdiven shaftlarının oluşturduğu bir çekirdek bulunmaktadır. Kolonlar yapının dış kenarlarına 4,00 m aralıklarla sıralanmıştır. Yapının ön kısmında takriben 25,00 m genişliğinde bir cadde bulunmaktadır. Analizi yapılan binanın çevresinde 12,00 – 30,00 m yüksekliğinde çeşitli yapılar mevcuttur. Mevcut olan bu şehir ortamının modellenmesi amacıyla 600\*350\*400 m boyutlarında bahsi geçen çevredeki tüm yapıları içeren bir model hacmi oluşturulmuştur (Şekil 4).

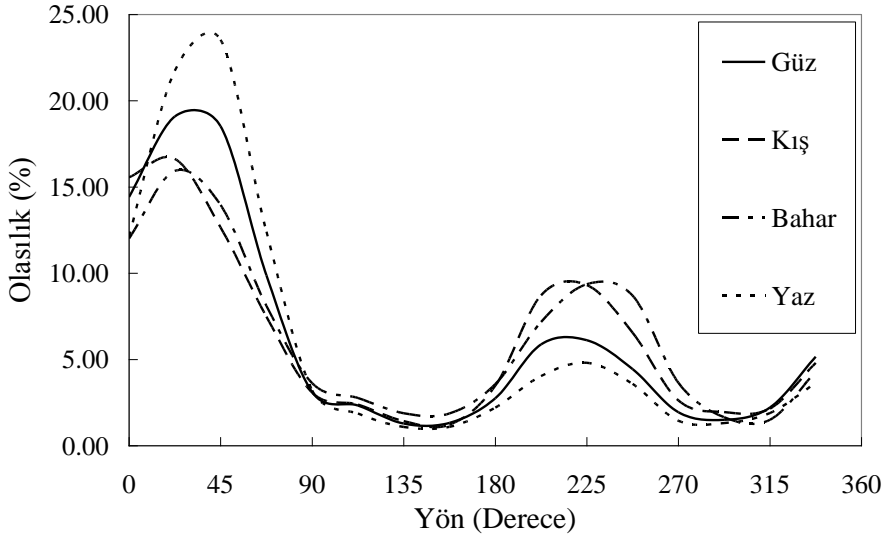
Rüzgârın etkileri bilhassa kaba inşaat döneminde etkin olabilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada HAD analizleri yalnızca kaba inşaat aşaması için gerçekleştirilmiştir. Rüzgârın farklı yüksekliklerdeki etkisinin irdelenmesi amacıyla incelenen yapı 4 farklı yükseklik için ayrı ayrı modellenmiştir. Bu kat yükseklikleri sırasıyla 18,00; 36,00; 54,00 ve 72,00 m olarak seçilmiştir. Bu yükseklikler yapının 5, 10, 15 ve 20. katlarına karşı gelmektedir.



Şekil 4. Analiz Modeli

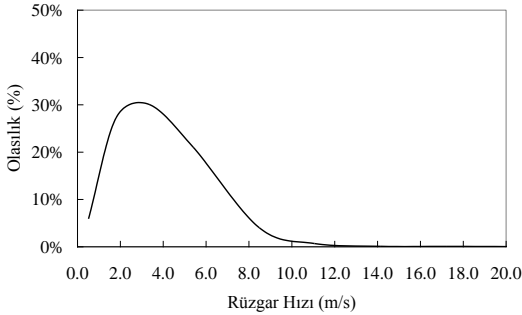
## Rüzgar Verileri

Çalışma için ihtiyaç duyulan 1974 – 2010 arasındaki İstanbul bölgesi rüzgâr verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden temin edilmiştir (DMİ, 2011). Bu verilerin analizi sonucu elde edilen mevsimler itibariyle İstanbul’da rüzgârın yön olasılıkları Şekil 5’te verilmiştir.



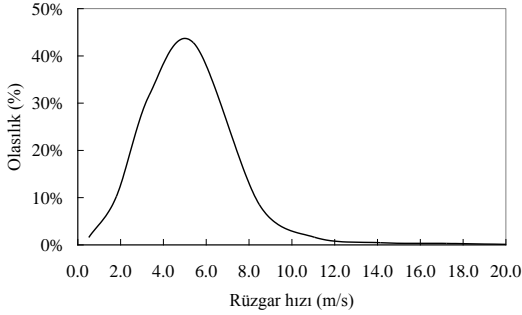
Şekil 5. İstanbul'daki Rüzgârın Olasılıkları

Şekilden de görüleceği üzere İstanbul'da hakim rüzgâr yönleri tüm mevsimler için K, KD ve KKD yönleridir. Rüzgâr ağırlıklı olarak %60 - %65 oranında bu yönlerden, kalan zamanlarda ise G, GB ve GGB yönlerinden esmektedir. Rüzgâr hızı olasılıkları ise tüm yönler ve KKD yönü için ayrı ayrı olarak Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu olasılık grafiklerine göre İstanbul'da tüm yönler için medyan rüzgâr hızı 3,50 m/s, KKD yönü için ise 5,50 m/s'dir. Bu veriler Moselhi'nin çalışması dikkate alındığında kalıp işçiliği verimliliğinin ortalama olarak %20 veya daha yüksek oranda düşük olacağına işaret etmektedir. Bu çalışmada KKD yönünden gelen rüzgârların etkileri sunulacaktır.



a. Tüm yönler





b. KKD yönü

Şekil 6. İstanbul İçin Rüzgâr Hızı Olasılıkları

### Rüzgâr profilinin hesabı

Yükseklik arttıkça rüzgâr hızları eksponansiyel olarak artış gösterir. Bu nedenle yukarıda bahsi geçen 10,00 m yükseklikte elde edilmiş olan hızlardan yüksekliğe bağlı rüzgâr hızı profilinin oluşturulması gerekir. Bu çalışma için gereken rüzgâr profilinin hesabı için kuvvet yasası denklemi kullanılmıştır. Kuvvet kanunu denklemi dikey rüzgâr profilinin tahmininde kullanılan basit bir yöntemdir. Bu yöntem 1916'da Hellman tarafından önerilmiştir (Spera ve Richards, 1979). Denklem geneli formu aşağıdaki gibidir;

$$V_2 = V_1 \left( \frac{z_2}{z_1} \right)^\alpha \quad (1)$$

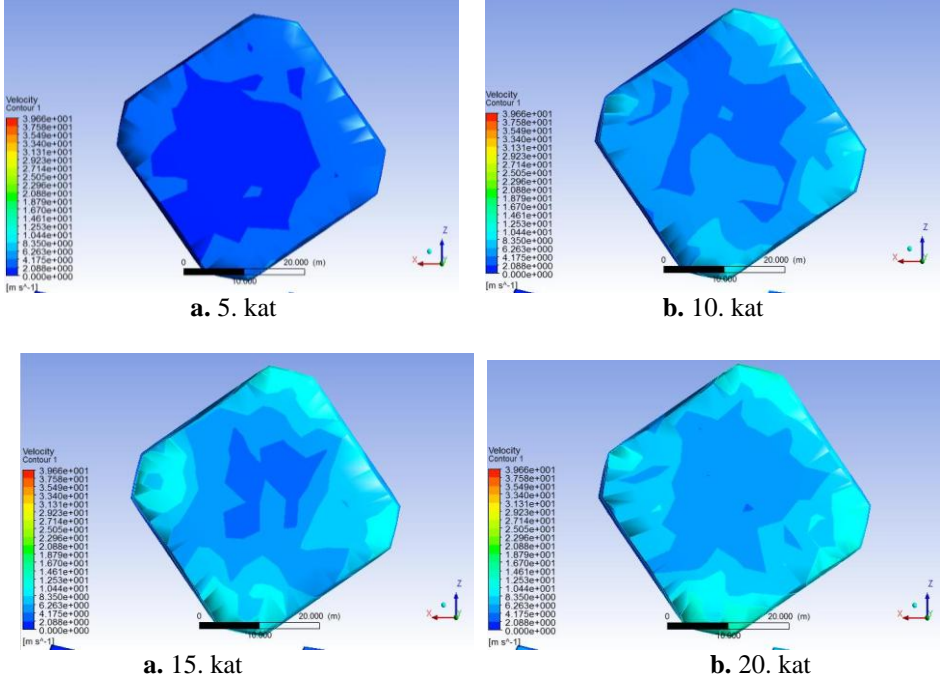
Denklemde,  $V_1$  ve  $V_2$  sırasıyla  $Z_1$  ve  $Z_2$  yüksekliklerinde olan rüzgâr hızlarıdır. Rüzgâr ölçüm istasyonları genellikle verilerin çevre şartlarından en az etkilenmesi amacıyla yapılaşmanın az olduğu düz arazilerde kurulmaktadır. Bu nedenle denklem 1'deki  $\alpha$  katsayısı çevre topografyasına bağlı bir katsayıdır. Değerinin ise deneyler sonucu bulunması önerilmektedir. Ancak, elde deney sonuçlarının olmaması durumunda Tablo 2'de verilen değerlerin kullanılması genel olarak kabul gören bir uygulamadır.

**Tablo 2.  $\alpha$  Katsayısı Değerleri**

Arazi	A
Deniz, çamur tabakası, karla kaplı düz araziler vb.	0.10 – 0.13
Kırsal bölgeler, ekili tarlalar, çitler ve birkaç ağaç vb.	0.14 – 0.20
Yoğun ağaçlık arazi, konut alanı, banliyö	0.20 – 0.25
Şehir	0.25 – 0.30
Büyük şehir merkezi	0.30 – 0.50

#### **HAD Analizi Sonuçları**

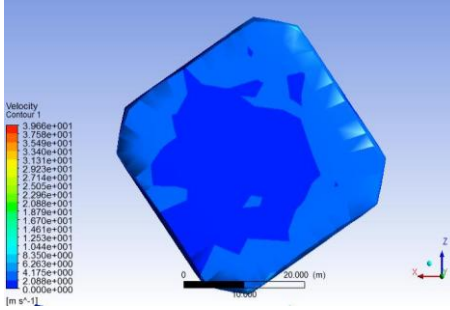
Yukarıda sunulduğu üzere 4 farklı bina yüksekliği (5, 10, 15, 20 katlı) için hazırlanan modellere üzerinde KKD yönünden 10,00 m yükseklikte 4,00; 6.00; 8.00 ve 10,00 m/s hızla esen rüzgâr profilleri etkilmiştir. Yapılan analizlerde öncelikle bir üst katın kolon ve perdelerinin henüz olmadığı durum incelenmiştir. Yapılan HAD analizlerinin sonuçları, 4,00 m/s rüzgâr hızı için Şekil 6'da farklı yükseklikler için sunulmuştur.



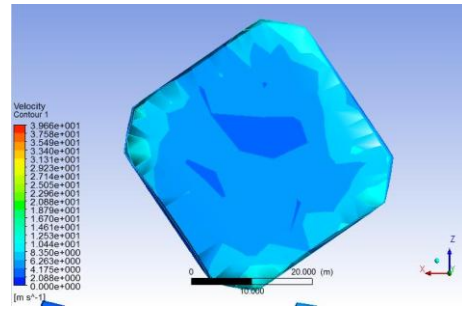
**Şekil 6.** 4,00 m/s Rüzgâr İçin Model Yapının Farklı Yüksekliklerinde Oluşan Rüzgâr Hızları

Şekil 7 ve 8'de 5. ve 20. kat seviyelerinde farklı rüzgâr hızları sonucunda oluşan lokal rüzgâr hızları gösterilmiştir. Şekillerde gösterilen rüzgâr hızları döşeme kotunun 1,50 m üzerindedir. Bu yükseklik çalışanların takriben göğüs hizasına denk gelen bir yüksekliktir.

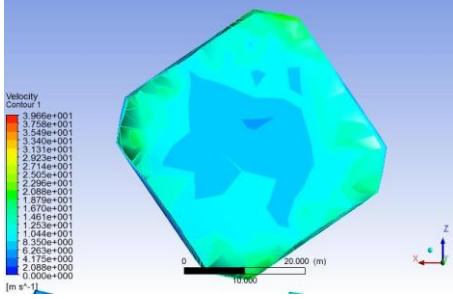
Şekil 7'den de görüldüğü üzere, yapılan analizlerin sonucunda 5 kat yükseklikte 4,00 m/s rüzgâr hızında 0 – 5,00 m/s; 6,00 m/s'de 3,00 – 12,00 m/s; 8,00 m/s'de 6,00 – 20,00 m/s ve 10,00 m/s'de 12,00 – 30,00 m/s noktasal rüzgâr hızları hesaplanmıştır. Yani bu denli düşük rüzgâr hızında dahi noktasal tehlikeli alanlar oluşabilmektedir. 5 katlı yapının yüksekliği çevre binaların yüksekliklerine yakın olması sebebiyle hızlar 10, 15 ve 20 katlı bina analizlerine oranla daha düşüktür.



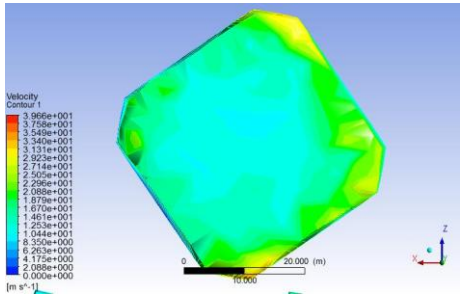
a. 4.0 m/s



b. 6.0 m/s

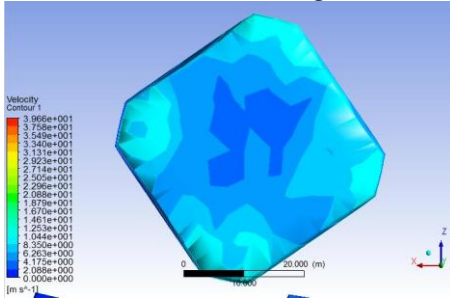


c. 8.0 m/s

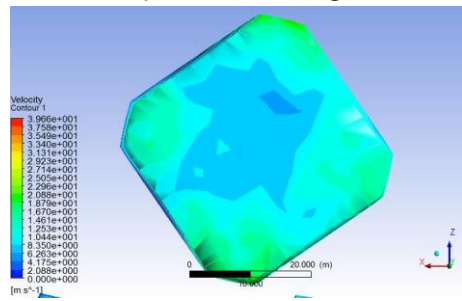


d. 10.0 m/s

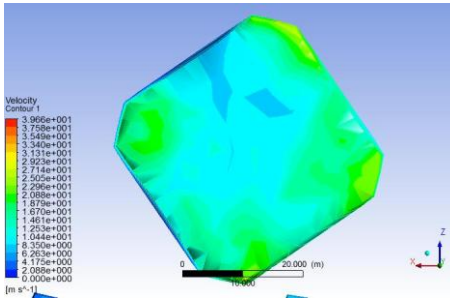
**Şekil 7.** 5. Katta Farklı Rüzgâr Hızları Sonucunda Oluşan Noktasal Rüzgâr Hızları



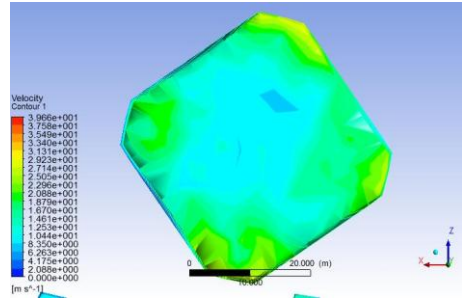
a. 4.0 m/s



b. 6.0 m/s



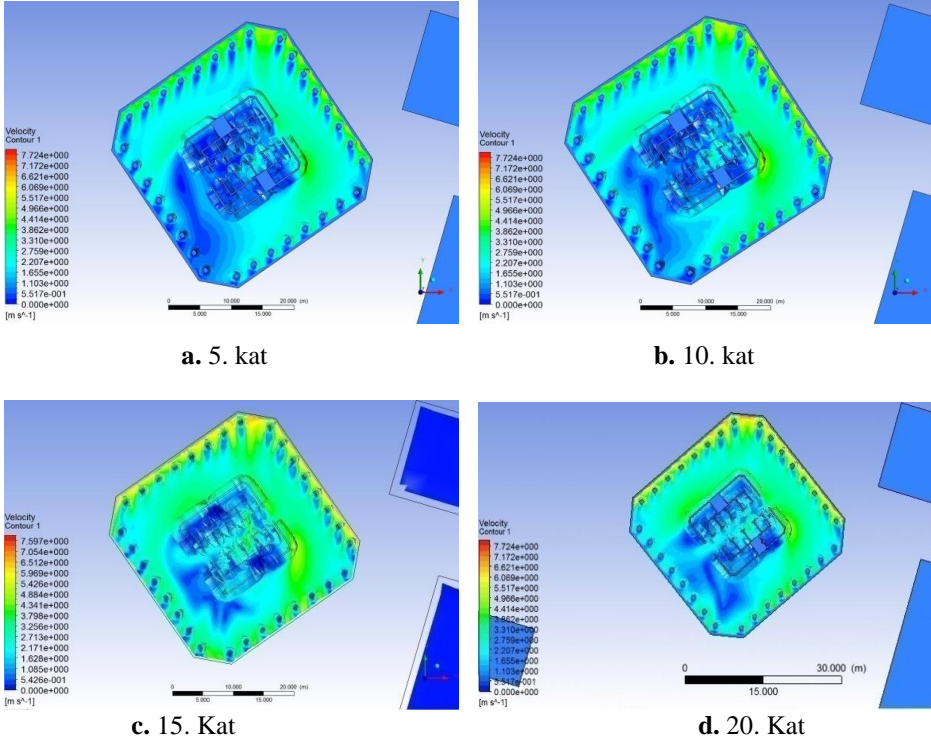
c. 8.0 m/s



d. 10.0 m/s

**Şekil 8.** 20. Katta Farklı Rüzgâr Hızları Sonucunda Oluşan Noktasal Rüzgâr Hızları

Yine şekillerden de görüleceği üzere döşemenin dış kenarlarına isabet eden yerlerde rüzgâr hızlarında artış oluşmaktadır. Betonarme yapıların hemen hepsinde dış kenarda bir sıra kolon olması olağandır. Bu bağlamda oluşan rüzgâr hızındaki bu artışın döşeme kenarındaki kalıp işlerini etkileyeceği açıktır. Bu nedenle 4,00 m/s rüzgâr hızında yapılan analizler bir kezde tüm perde ve kolonların olduğu durum için tekrarlanmıştır. Sonuçları Şekil 9’da özetlenen bu analizlerden de görüleceği üzere kolonlar nedeniyle dış noktalarda rüzgâr hızları artmış içi kısımlarda ise perde duvarların perdelemesi neticesinde rüzgâr tarafında olmayan noktalarda düşmüştür. Yine şekilden görüleceği üzere bina üzerindeki çalışma ortamında rüzgâr hızları 0,50 m/s – 6,00 m/s arasındadır. Rüzgârın çekirdeki tarafından önlendiği bölgelerde rüzgâr hızları 0,50 m/s hızı kadar düşmekte kenarlarda ise noktasal olarak 6,00 m/s’ye kadar ulaşmaktadır.



**Şekil 9.** Model Yapının Farklı Yüksekliklerinde Oluşan Rüzgâr Hızları  
(Kolon ve perdelerin mevcut olduğu durum)

10 katlı yapı analizinde ise rüzgâr hızları ise 5 katlı bina analizi sonuçlarına benzer olarak 0,05 m/s ile 6,00 m/s arasında değişiklik göstermektedir. Şekil 9c’de görüldüğü gibi 15 katlı yapının analizinde ise rüzgâr hızlarının kolonların rüzgâr cephesinde 7,00 m/s’ye kadar ulaştığı görülmektedir. Son olarak 20 katlı binanın analiz sonuçları rüzgâr

hızlarının 1,00 m/s ile 7,50 m/s arasında olduğu hesaplanmıştır. Yüksek hızlar yine kolonların rüzgâr cephesinde oluşmaktadır. Tüm analizlerde en düşük rüzgâr hızlarının çekirdek perdelerinin arkasında kalan bölgelerde, maksimum rüzgâr hızlarının ise kenarlarda gerçekleştiği görülmüştür.

Bu sonuç aynı zamanda, hem verimliliğin artırılması hem de çok daha önemli bir konu olan güvenli çalışmanın sağlanması açısından güncel iş programlamasının rüzgâr yönüne bakılarak yapılması gereğine işaret etmektedir.

## Sonuç

Bu çalışmada sayısal olarak rüzgârın yüksek betonarme yapıların kaba inşaat safhasındaki olası etkileri sayısal olarak incelenmiştir. Yapılan çalışma, günlük iş programlamalarında rüzgâr yönü ve şiddetinin dikkate alınması gereğini göstermektedir. Bunun şantiyelerde hem verimlilik hem de iş güvenliği olarak pozitif etkileri olacaktır. Diğer yandan, İstanbul'daki rüzgârların medyan hızlarının tüm yönler için 3,50 m /s, KKD yönü için ise 5,50m/s olması ve de bu hızların kat yüksekliği ve çevre faktörleri nedeniyle artabilmesinden dolayı, kalıp işçiliği verimliliğinin Moselhi'nin önerdiği verimlilik eğrisine göre 0 kotunda ve 0 rüzgâr hızında çalışmaya nazaran çalışmaların %50'sinden fazla bir zamanda %20'nin üzerinde düşük verimli olacağına işaret etmektedir. Çalışmanın ilerleyen safhalarında bu değerler daha detaylı bir şekilde formülize edilecektir.

## Kaynaklar

ANSYS (2006). FLUENT ver. 6.3 User's Guide, ANSYS Inc., Canonsburg, PA, ABD

ASCE, American Society of Civil Engineers (2003). "Outdoor Human Comfort and Its Assessment", Dış mekanlarda insan konforuna aerodinamiğin etkileri ASCE özel komisyonu raporu.

Dikmen, S.Ü., Aksel, M., Yiğit, S. (2010) "A Study of the Effects of Tall Buildings on the Pedestrian Wind Comfort in Istanbul", CENG'10: 6<sup>th</sup> International Symposium on Civil and Environmental Engineering bildiriler kitabı, Kasım 2010, Lefke, Kıbrıs

Dikmen, S.Ü., Yiğit, S., Aksel, M., (2011) "Effects of Wind in the Construction Activities at Highrise Buildings", CITC VI, 6<sup>th</sup> International Conference on Construction in the 21<sup>st</sup> Century "Construction Challenges in the New Decade" bildiriler kitabı, Temmuz 5-7, Kuala Lumpur, Malezya

DMİ, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, (2011) Ankara, Türkiye. Web adresi: <http://www.dmi.gov.tr/en-US/about.aspx>

- Franke, J., Hellsten, A., Schlünzen, H., Carrissimo, B. (2007). "COST, Best Practice Guideline for the CFD Simulation of Flows in the Urban Environment", Mayıs 2007
- Hellman, G. (1916), "Über die Bewegung der Luft in den Untersten Schichten der Atmosphäre," Meteorol. Z., 34, 273.
- Jensen, Roger C (1983), "Workers Compensation Claims Relating to Heat and Cold Exposure," Professional Safety, Eylül.
- Khan, Z.U. (2005), "Modeling and parameter ranking of construction labour productivity", Master tezi, Yapı, İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Concordia Üniversitesi, Montreal.
- Koehn, E. and Brown, G. (1985). "Climatic Effects on Construction". ASCE Journal of Construction Engineering and Management, Vol. I, No. 2, Haziran, 1985.
- Moselhi, O., and Kahn, Z. (2010). "Analysis of labour productivity of formwork operations in building construction". Construction Innovation Vol. 10 No. 3, pp. 286-303.
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, USA, (2010), Web adresi: [www.spc.noaa.gov/faq/tornado/beaufort.html](http://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/beaufort.html)
- Spera, D. A. and Richards, T.R., (1979) "Modified Power Law Equations for Vertical Wind Profiles", NASA Lewis Research Center Cleveland, Ohio, US.