

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİMDALI
MİMARLIK BİLİM DALI

**YÜKSEK YAPILARDA DOĞAL HAVALANDIRMA
SİSTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI, İSTANBUL
ÖRNEĞİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:
Gizem AŞCI

İSTANBUL, 2015

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİMDALI
MİMARLIK BİLİM DALI

**YÜKSEK YAPILARDA DOĞAL HAVALANDIRMA
SİSTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI, İSTANBUL
ÖRNEĞİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:

Gizem AŞCI

Öğrenci No:

130807011

Danışman:

Prof. Dr. Sercan ÖZGENCİL YILDIRIM

İSTANBUL, 2015

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ Yüksek Yapılarda Doğal Havalandırma Sisteminin Araştırılması , İstanbul Örneği ” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarla gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 25/12/2015

Aday: Gizem AŞCI



T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi **130807011** no'lu **Gizem AŞÇI**'nin **25/12/2015** tarihinde yapılan tez savunma sınavı¹ sonucunda **45'** dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında² oybirliği / oyçokluğu ile, **bayan** kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

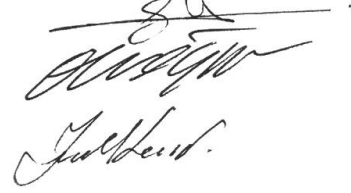
Anabilim Dalı : Mimarlık
Programı : Mimarlık
Tez Başlığı³ : Yüksek Yapılarda Doğal Havalandırma Sistemlerinin Araştırılması, İstanbul Örneği

Tez Sınav Jürisi

Öğretim Üyesi

Danışman : Prof. Dr. Sercan ÖZGENCİL YILDIRIM
Üye : Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU
Üye : Yrd. Doç. Dr. Zülal Nurdan KORUR

İmza



¹ Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

² Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında "kabul", "düzeltme" veya "red" kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

³ İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

YÜKSEK YAPILARDA DOĞAL HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI, İSTANBUL ÖRNEĞİ

Tezi Hazırlayan: **Gizem AŞCI**

ÖZET

Günümüzde yüksek yapı kavramı gün geçtikte daha da önem kazanmaktadır. Yüksek yapılar enerji kullanımını bakımından az katlı yapılara göre daha çok enerji harcayan yapı tipleridir. Bu enerjinin büyük kısmı da ısıtma, soğutma yüklerinden kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı yüksek yapılarda enerji tasarrufuna önem vermeye başlanılmıştır. Hatta çevre dostu, yeşil bina sertifikasını birçok yüksek yapı almaya hak kazanmıştır.

Bu çalışmada da İstanbul da bulunan yüksek yapıların doğal havalandırma açısından etkinliği irdelenmiştir. İlk olarak doğal havalandırmanın ne olduğu, doğal havalandırmanın sağlanabilmesi için gereken yöntemler detaylı şekilde literatür araştırması yapılmıştır. Aynı zamanda bu tez de İstanbul'un iklim özellikleri ve İstanbul rüzgâr yönetmeliği ele alınmıştır. Doğal havalandırmanın temel prensibi olan rüzgarın yüksek yapılar ile olan ilişkisi İstanbul'da bulunan beş yüksek yapı kullanılarak bilgisayar ortamında analiz edilmiştir. Bu analizler doğrultusunda doğal havalandırmanın bu yapılarda uygunluğu ve yapıların hakim rüzgarlara göre yerleşimi irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal Havalandırma, İklimlendirme, Yüksek Yapılar

THE RESEARCH OF NATURAL VENTILATION SYSTEMS OF TALL BUILDINGS IN İSTANBUL

Presented By: **Gizem AŞCI**

ABSTRACT

In contemporary world, conception of tall buildings is gaining importance rapidly. Tall buildings have more disadvantages than buildings with fewer floors in the case of energy consumption. The big proportion of consumed energy is used for heating and cooling. As a result of this consumption, developing saving energy strategies is vital for tall buildings. With these strategies most of the tall buildings in Istanbul are qualified with the environment friendly and green building certificates.

In this study, tall buildings in İstanbul are investigated in the case of natural ventilation efficiency. Firstly, the concept of natural ventilation is explained and the methods of providing natural ventilation are mentioned in literature review. Additionally, in this dissertation, the properties of climate and wind regulations for tall buildings in Istanbul are also stated. The relationship between the main component of wind in natural ventilation and tall buildings is examined with using computer analyses for five different tall buildings in İstanbul. In the light of these analyses the conveniences of natural ventilation in these five buildings and location of them are studied in the circumstance of prevailing winds in İstanbul.

Key Words: Natural Ventilation, Tall buildings, Air Conditioning

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No.
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. DOĞAL HAVALANDIRMA TANIMI	3
2.1. Yapılarda Kullanılan Doğal Havalandırma Yöntemleri	4
2.1.1. Yapıda bulunan açıklıklar.....	4
2.1.2. Yapının Formu.....	4
2.1.3. Rüzgar Bacası ve Kelepçesi	5
2.1.4. Atriumlar	5
2.2. Doğal Havalandırma Etki Eden Kuvvetler	5
2.2.1. Rüzgar Hızının Etkisi.....	5
2.2.2. Yoğunluk Farklarının Etkisi (Baca Etkisi)	6
2.3. Doğal Havalandırmanın Etkin Şekilde Uygulanabilmesi İçin Gerekli Olan Koşullar	6
2.4. İç Mekan Hava Kalitesi.....	6
2.5. Doğal Havalandırma Kullanılmış Yapı Örnekleri	7
2.5.1. Harran Evleri:.....	7
2.5.2. Tjibaou Kültür Merkezi.....	9
2.6. Rüzgar Etkisinin Binaya Etkisinde Kat Adedi Faktörü.....	11
2.6.1. Avlulu Yapılar.....	12
2.6.2. Noktasal Olarak Yükselen Yapılar	13
2.7. Yüksek Yapılarda Sürdürülebilirlik.....	15
2.7.1. Yüksek Yapılarda Doğal Havalandırma Stratejileri	15
2.7.2. Yüksek Yapılarda Rüzgarın Biçimlendirmeye Etkisi.....	16
2.8. İstanbul'un İklimsel Özellikleri	17
2.8.1. İstanbul da Rüzgar Yapı İlişkisi	18
2.8.2. İstanbul Yüksek Yapılar Rüzgar Yönetmeliği	18

3. YEŞİL BİNA SERTİFİKA SİSTEMLERİ	22
3.1. Yeşil Bina Sertifika Sistemi ve Havalandırma Kriterleri:	22
3.1.1. LEED Sertifika Sistemi:.....	23
4. İSTANBULDA BULUNAN BEŞ ADET YÜKSEK YAPIDA UYGULANAN RÜZGAR ANALİZİ HAKKINDA GENEL BİLGİ	24
4.1. Torun Tower Binası Ve Proje Özellikleri	25
4.1.1. Torun Tower Rüzgar Analizi	28
4.1.2. Yüksek Katlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi	28
4.1.3. Yapının Zemin Kat İle 8. Kat Arasındaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi	29
4.1.4. Yapının Dikey Yöndeki Rüzgar Analizi	30
4.1.5. Torun Tower da kullanılan Doğal Havalandırma ve Mekanik Havalandırma Sistemleri	32
4.1.5.1. Doğal Havalandırma Sistemi	32
4.1.5.2. Mekanik Havalandırma Sistemi	33
4.1.5.3. Torun Tower LEED Sertifikası Havalandırma Standartları	34
4.1.6. Ara Değerlendirme 1	36
4.2. Trump Tower Binası Ve Proje Özellikleri	37
4.2.1. Trump Tower Binası Ve Çevre Analizi	39
4.2.2. Trump Tower Rüzgar Analizi	40
4.2.3. Yüksek Katlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi	41
4.2.4. Yapıların Zemin Kat İle Podyum Kat Arasındaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi	42
4.2.5. Yapının Dikey Yöndeki Rüzgar Analizi	44
4.2.6. Trumb Tower da Kullanılan Doğal Havalandırma ve Mekanik Havalandırma Sistemleri	46
4.2.6.1 Doğal Havalandırma Sistemi	46
4.2.6.2. Mekanik Havalandırma Sistemi	48
4.2.7. Ara Değerlendirme 2	49
4.3. Nurol Tower Binası Ve Proje Özellikleri	50
4.3.1. Nurol Tower Rüzgar Analizi	52
4.3.2. Yüksek Katlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi	52
4.3.3. Yapının Zemin Kat İle Podyum Kat Arasındaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi	53
4.3.4. Yapının Dikey Yöndeki Rüzgar Analizi	54

4.3.5. Torun Tower da kullanılan Doğal Havalandırma Ve Mekanik Havalandırma Sistemleri	55
4.3.5.1. Doğal Havalandırma Sistemi	55
4.3.5.2. Mekanik Havalandırma Sistemi.....	57
4.3.6. Ara Değerlendirme 3	58
4.4. Palladium Tower Binası ve Proje Özellikleri.....	58
4.4.1. Torun Tower Rüzgar Analizi	60
4.4.2. Yüksek Katlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi	61
4.4.3. Zemin Kat Ve 22. Kat Arası Rüzgar Analizi	62
4.4.4. 31. Ve 42. Kat Arası Rüzgar Analizi	63
4.4.5. Alt Kotlardaki Yönde Rüzgar Analizi	63
4.4.6. Dikey Yöndeki Rüzgar Hareketi	64
4.4.7. Palladium Tower da Kullanılan Doğal Havalandırma ve Mekanik Havalandırma Sistemleri	64
4.4.7.1. Doğal Havalandırma Sistemi	64
4.4.7.2. Mekanik Havalandırma Sistemi.....	66
4.4.8. Ara Değerlendirme 4	66
4.5. Rönesans Tower Proje Özellikleri.....	67
4.5.1. Rönesans Tower Rüzgar Analizi	69
4.5.2. Yüksek Katlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi	69
4.5.3. Alt Kotlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi	71
4.5.4. Rönesans Tower da kullanılan Doğal Havalandırma Ve Mekanik Havalandırma Sistemleri	72
4.5.4.1. Doğal Havalandırma Sistemi	72
4.5.4.2. Mekanik Havalandırma Sistemi.....	72
4.5.5. Ara Değerlendirme 5	72
5.SONUÇ	73
KAYNAKÇA	75
EKLER	79
EK-1: İstanbul Yüksek Yapılar Rüzgar Yönetmeliği	79

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa No.
Tablo 1. LEED Sertifika Puan Tablosu.....	23
Tablo 2. LEED Sertifikasına Göre Puanlaması	33

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No.
Şekil 1. Rüzgar Hareketi	3
Şekil 2. Harran Evleri	8
Şekil 3. Harran Evleri Doğal Havalandırma Sisteminin Gösterimi.....	8
Şekil 4. Tjibaou Kültür Merkezi	9
Şekil 5. Tjibaou Kültür Merkezi Doğal Havalandırma Stretejisi	10
Şekil 6. Tjibaou Kültür Merkezi Doğal Havalandırma Stretejisi	10
Şekil 7. Tjibaou Kültür Merkezi Doğal Havalandırma Stretejisi	11
Şekil 8. Avluların ısınma ve soğutması (Yaşa, 2004).....	12
Şekil 9. Dünyadaki yüksek yapılar	14
Şekil 10. Yüksek Yapılarda Açıklık Bırakılarak Uygulanan Havalandırma Yöntemlerinin Şematik Çizimi.....	16
Şekil 11. Dikdörtgen Yapıda Rüzgar Hareketi	17
Şekil 12. Silindir Yapıda Rüzgar Hareketi	17
Şekil 13. Rüzgar Yüklerinin Düşey Doğrultuda Değişiminin Göz önüne Alınması .	20
Şekil 14. Vorteks yüklerinin oluşumu.	20
Şekil 15. Rüzgar Gülü İle Hakim Rüzgar Yönü Gösterimi	25
Şekil 16. Torun Tower Binası.....	26
Şekil 17. Torun Tower Binası Konumu.....	27
Şekil 18. Torun Tower Bina Kesiti.....	27
Şekil 19. Torun Tower Binası Konumu Ve Hakim Rüzgar Yönün Gösterimi	28
Şekil 20. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi.....	28
Şekil 21. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi.....	29
Şekil 22. Yapının Alt Kotlarındaki Rüzgar Hareketi	29
Şekil 23. Yapının Alt Kotlarındaki Rüzgar Hareketi	30
Şekil 24. Yapıdaki Dikey Yöndeki Rüzgar Hareketi	30
Şekil 25. Torun Tower Çevre Binalarla İlişkisi Ve Hakim Rüzgar Gösterimi	31
Şekil 26. Torun Tower Binası Ve Hakim Rüzgar Gösterimi	31
Şekil 27. Cam Doğrama Birleşiminde Açılan yarıklar	32
Şekil 28. Açılabilir Pencereleer	32
Şekil 29. Havalandırma Sistemi.....	34
Şekil 30. Isıtma Ve Soğutma Sisteminin Mekana Dağılışı	35

Şekil 31. Isıtma Ve Soğutma Sisteminin Mekana Dağılışı	35
Şekil 32. Torun Tower Pencere Konumu Gösterimi	36
Şekil 33. Trump Tower Kuleleri	38
Şekil 34. Kule Formları	38
Şekil 35. Vaziyet Planı ve Kule Girişleri	39
Şekil 36. Rezidans Kat Planları	39
Şekil 37. Trump Towers ve Hakim Rüzgar Yönü Gösterimi	40
Şekil 38. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi.....	41
Şekil 39. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi.....	41
Şekil 40. Yapının Alt Kotlarındaki Rüzgar Hareketi	42
Şekil 41. Yapı Konumlandırılması ve Hakim Rüzgar.....	42
Şekil 42. Yapının Alt Kotlarındaki Rüzgar Hareketi	43
Şekil 43. Yapıların Giriş Katındaki Rüzgar Hareketi.....	44
Şekil 44. Yapılardaki Dikey Yöndeki Rüzgar Hareketi	44
Şekil 45. Trumb Tower Kütle Modeli , Hakim Rüzgarın Yönü Ve Kuleler Üzerindeki Etkisi.....	45
Şekil 46. Trump Towers Açılabilir Pencereleler	46
Şekil 47. Trump Towers Açılabilir Pencere Detayları	47
Şekil 48. Trump Towers Açılabilir Pencere Ve Hava Akış Detayı.....	47
Şekil 49. Trumb Tower Açılabilir Pencere Sistem Detayı (Gür, 2014)	48
Şekil 50. Podyum alanı ,yukarıdan aşağıya doğru olan hava akımı (Yaşa, 2004)	49
Şekil 51. Nurol Tower Binası.....	50
Şekil 52. Nurol Tower Konumu	51
Şekil 53. Nurol Tower Vaziyet Planı.....	51
Şekil 54. Nurol Tower Konumu Ve Hakim Rüzgar Yönü	52
Şekil 55. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi.....	52
Şekil 56. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi.....	53
Şekil 57. Yapının Alt Kotlarındaki Rüzgar Hareketi	53
Şekil 58. Yapının Alt Kotlarındaki Rüzgar Hareketi	54
Şekil 59. Yapıdaki Dikey Yöndeki Rüzgar Hareketi	54
Şekil 60. Nurol Tower Kütle Modeli Ve Hakim Rüzgar	55
Şekil 61. Nurol Tower Binası Açılabilir Pencereleler.....	55
Şekil 62. Yüksek Katlardaki Açılabilir Pencereleler	56
Şekil 63. Nurol Tower da Kullanılan Pencere Detayı	56

Şekil 64. Nurol Tower da Kullanılan Pencere Detayı(Ching)	57
Şekil 65. Palladium Tower Binası.....	59
Şekil 66. Palladium Tower Binası ve Çevre Binalar.....	59
Şekil 67. Palladium Tower Binası Ve Hakim Rüzgar	60
Şekil 68. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi.....	61
Şekil 69. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi.....	61
Şekil 70. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi.....	62
Şekil 71. Zemin Kat ve 22. Kat Arası Rüzgar Analizi	62
Şekil 72. 31. Ve 42. Kat Arası Rüzgar Analizi.....	63
Şekil 73. Alt Kotlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi.....	63
Şekil 74. Yüksek Katlardaki Dikey Yöndeki Rüzgar Analizi.....	64
Şekil 75. Kat Planı Ve Kat Terasının Gösterimi.....	65
Şekil 76. Kat Planı Ve Açık Teras Gösterimi	65
Şekil 77. Kat Planı Ve Açık Teras Gösterimi	66
Şekil 78. Rönesans Tower.....	67
Şekil 79. Rönesans Tower Ve Çevre Yapılar.....	68
Şekil 80. Rönesans Tower Ve Hakim Rüzgar Gösterimi	69
Şekil 81. Rönesans Tower Tepe Noktasındaki Rüzgar Hareketi.....	69
Şekil 82. Rönesans Tower Tepe Ara Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Hareketi.....	70
Şekil 83. Rönesans Tower Ara Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Hareketi	70
Şekil 84. Rönesans Tower Zemin Katdaki Yatay Yöndeki Rüzgar Hareketi.....	71
Şekil 85. Rönesans Tower Binası Ve Hakim Rüzgar Hareketi	71

KISALTMALAR

ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating, Air- Conditioning Engineers

BIM : Building Information Modeling

BREAM : Building Information Modeling

HVAC : Heating, Ventilation and Air Conditioning

LEED : Leadership in Energy and Enviromental Desing

1. GİRİŞ

Günümüzde enerjinin yeri giderek artmaktadır. Enerji kısaca tanımlamak gerekirse; iş yapma kapasitesi veya değişiklik meydana getirme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Enerji formları; elektrik enerjisi, ısı enerjisi, kimyasal enerji ve nükleer enerji olarak ayrıldığı görülür.

Enerji kaynakları, yenilenebilir enerji ve yenilenemeyen enerji olarak ikiye ayrılır. Yenilenebilir enerji; sürekli kullanılabilen, tükenmeyen enerji türü olarak geçmektedir. Bunlar; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ve hidrolik enerji olarak ayrılmaktadır. Yenilenemeyen enerji ise zaman içerisinde yeniden oluşmayan enerji türüdür. Bunlar ise fosil kökenli yakıtlar yani petrol, doğal gaz, kömür gibi enerji türleridir.

Türkiye de enerjinin yaklaşık yüzde kırkına kadar olan bir bölümü inşa edilmiş çevrelerde kullanılır. Tüketilen enerjinin yaklaşık yüzde sekseni ısıtma ve soğutmaya harcanır. Geriye kalan yüzde yirmi ise aydınlatma ve elektrikli cihazlarda kullanılır. Bu bağlamda binaların doğal enerji kaynaklarını kullanması hayati bir önem taşır. Sürdürülebilir politikaların izlenmesi, bu nedenle, enerji tüketimi az doğa dostu çevrelerin yaratılmasının önemi giderek artmaktadır.

Sürdürülebilirlik toplumların gelecek yüzyıllarda var olabilmelerini amaçlamaktır. Bu kapsamda, ekosistem dengeleri bozulmadan çevre kalitesinin iyileştirilebilmesi sürdürülebilir yapı tasarımını temel hedefi olarak almaktadır. Sürdürülebilirlik konusu birçok uluslararası konferanslarda irdelenmektedir.

Yapılaşma yoğunluğundan dolayı enerji maliyetleri artışa geçmiştir. Yüksek yapılar da bu maliyetin artmasında en büyük etkendir. Yüksek yapılarda en çok enerji harcanması ısıtma ve soğutma yüklerinden olduğu araştırmalarda ortaya çıkmıştır. Bundan dolayı da yüksek yapılarda doğal iklimlendirmeye önem verilmeye başlanmıştır.

Binaların doğal iklimlendirme sistemine göre tasarlanmasındaki amaç ise insanın iklimsel gereksinimlerini doğal koşullar yardımıyla en az mekanik enerji getirecek şekilde karşılanmasıdır. Buna bağlı olarak en az enerji gerektiren en az kirli

atık ve çevre kirliliği, kaynakların optimum kullanımı ve sürdürülebilir bir yaşam alanı yaratılmasıdır.

Günümüzde teknolojinin gelişimiyle birlikte, doğal havalandırma yüksek katlı yapılarda da kullanılabilir hale gelmiştir. Dolayısıyla iç hava kalitesi daha yüksek, enerji tüketimi daha az çevreler yaratmak mümkündür.

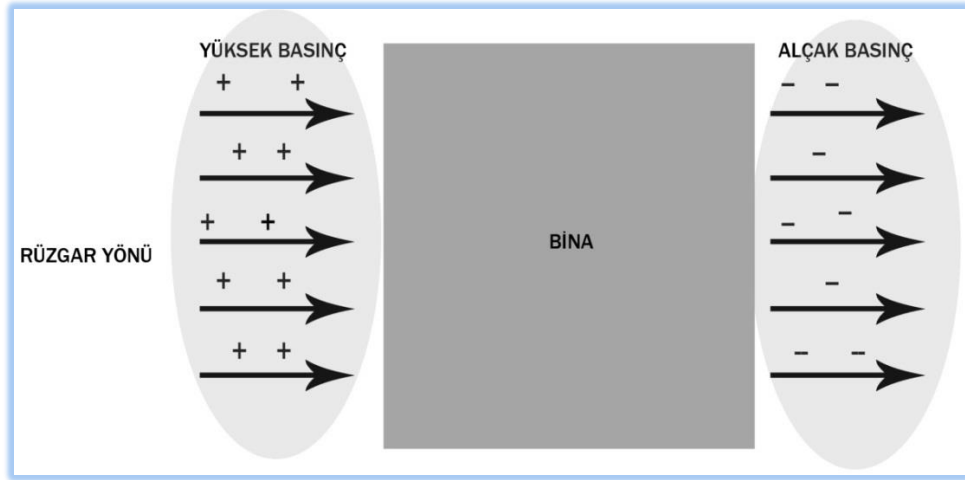
Araştırmada, birinci bölüm konuya ait kavramların açıklımına ayrılmıştır. İkinci bölümde ise İstanbul İl sınırlarında, belli merkezler içinde inşa edilmiş beş adet yüksek bina- Nuro Tower, Torun Tower, Rönesans Tower, Palladium Tower ve Trump Tower- araştırılmasına ayrılmıştır. Bu binaların, önemli bir dış etken olarak rüzgar hareketine karşı davranışları bilgisayar ortamında analiz edilmiştir. Doğal havalandırmanın yenilenebilir enerji olan rüzgar ve yoğunluk farkları sayesinde sağlanmakta olması nedeniyle öncelikli olarak rüzgar enerjisi üzerine çalışılmıştır. Özellikle yüksek yapılar da doğal havalandırma prensiplerinden olan rüzgar önemli bir yer tutmaktadır. Bunun sebebi ise yapı yüksekliği arttıkça maruz kaldığı rüzgar hızının da artmasıdır. Araştırma kapsamı içine alınan binaların bilgisayar ortamında analizleri yapılarak form ve yönlendirme açısından hakim rüzgara göre tasarlanıp, tasarlanmadığı konusu ve doğal havalandırma etkinliği irdelenmiştir.

2. DOĞAL HAVALANDIRMA TANIMI

Doğal havalandırma, kapalı mekanlar da taze havanın mekanik bir sisteme gerek kalmadan ortama alınıp, içerideki kirli havanın dışarı atılmasını sağlamaktır. Bu şekilde havalandırma yapılırken de rüzgar hareketlerinden faydalanılmaktadır. Doğal havalandırma rüzgarın oluşturduğu basınç farklılığı sayesinde yapı da bulunan açıklıklardan tarafından sağlanabilmektedir (Çakmanus ve Öztürk 2005).

Doğal havalandırma sayesinde de iç hava kalitesi artırılarak kullanıcıların konforu yüksek seviyeye getirilmektedir. Aynı zaman da hem ekonomiye hem de çevreye fayda sağlanmaktadır.

Doğal havalandırma için gerekli olan rüzgar yapıyla karşılaştığı kısımda pozitif basınç yaratırken, yapının arka kısmında negatif basınç oluşturur (Darcın ve Balanlı 2011). Bundan dolayı elde edilen hava akımı düzeni, havanın hızından çok yapının formu ve yönelimi etkilemektedir (Ching, s.2.09).



Şekil 1. Rüzgar Hareketi

Burada binanın formu; atmosferik etkilere maruz kalan bina yüzey alanı ile doğrudan ilişkilidir. Binanın yönü, bina hacmi ve yüzey alanı oranı; yapı kabuğundan ısı kayıp ve kazançlarının, dolayısı ile binanın ısıtma ve soğutma yüklerinin miktarını etkileyen önemli bir faktördür (Çakmanus, 2015).

2.1. Yapılarda Kullanılan Doğal Havalandırma Yöntemleri

Mekanik havalandırmanın mimari avantajları olmasına rağmen, doğal havalandırma 1990'lı yıllarda kullanımı yaygınlaşmış olup, bu konuda yeni teknikler geliştirilmiştir (Bulgurcu, 2015). Bu yöntemler hava hareketinin temel prensiplerine dayalı olarak farklı şekillerde yapılmaktadır. Uygun havalandırma tekniği seçimi iklimsel koşullara göre değişiklik göstermektedir (Yüksek ve Esin, 2011).

Binaların tasarımları doğal havalandırmayı sağlayacak şekilde yapılması durumunda yapıda, havalandırma, iklimlendirme, ısıtma ve soğutma maliyetlerini azaltılarak enerji tasarrufu da sağlanabilecektir (Dikmen, 2011).

Doğal havalandırma için yapılarda birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlar:

- Yapıda bulunan açıklıklar (pencere ve kapılar)
- Yapının formu
- Rüzgar bacası ve rüzgar kelepçesi
- Yapıda Atrium tasarlanması (Erkınay, 2012).

2.1.1. Yapıda bulunan açıklıklar

Yapılar da doğal havalandırma için kullanılan açıklıklar (pencere ve kapılar) en sık rastlanan yöntemdir. Bu yöntem ülkemizde M.Ö yapılan Harran evlerine kadar dayanmaktadır. Günümüzde de pencereler havalandırma için çok sık kullanılan bir yöntem olup, aynı zamanda yapının doğal ışık ve dışarıyı görüş ihtiyacını karşılamaktadır (Gür 2014).

2.1.2. Yapının Formu

Yapının formu, yapı yüksekliği, biçimi, cephenin eğimi gibi yapıya ilişkin geometrik değişkenler aracılığıyla tanımlanabilir. Bu değişkenlerin biçim ve organizasyona bağlı olarak, doğal ısıtma ve soğutma ile yapı ısı kayıplarının azaltılması sağlanabilmektedir (Alparslan, Gültekin ve Dikmen, 2009).

2.1.3. Rüzgar Bacası ve Kelepçesi

Rüzgar bacası ve kelepçesi konutlardan sanayi tesislerine kadar her türlü yapıda kullanılabilen basit bir düzenektir. Esen rüzgar ağızı daraltılmış bir düzenekten geçerken hızlanmaktadır. Bu esintinin düşey yöndeki kanal ile iç mekana temiz hava girmesini sağlamaktadır. İç mekandaki kirli hava ise ısınıp yükseltmekte ve rüzgar bacası denilen yine ağızı daraltılmış bir düzenekten, rüzgarın bu kez yatayda geçiş yaparken yarattığı vakum aracılığı ile dışarıya atılması sağlanmaktadır. Bu sistem manuel olarak kullanılabilen gibi sensörler yardımıyla otomasyon sistemine de bağlanabilmektedir (Aykal, Gümüş ve Akça, 2009).

2.1.4. Atriumlar

Hakim rüzgar yönüne göre tasarlanmış atriumlar sayesinde etkili şekilde doğal havalandırma sağlanabilmektedir. Bina içine alınan soğuk havanın sirkülasyonu, karşılıklı açılan boşluklar sayesinde sağlanmakta, ısınan hava ise atrium içine alınmaktadır. Bu arada hava genişmekte, yükseltmekte ve bu doğal sirkülasyon kulesinden dışarı atılmaktadır (Boduroğlu, Kariptaş, 2011).

2.2. Doğal Havalandırmayı Etki Eden Kuvvetler

Doğal havalandırma için yapıda rüzgar ve yoğunluk farkından oluşacak itici kuvvetler vardır. Doğal havalandırma etkisi de, havalandırmayı sağlayan bu itici kuvvetlerle havanın karşılaştığı dirence bağlı olarak sağlanmaktadır (Özbalta ve Çakmanus, 2008).

2.2.1. Rüzgar Hızının Etkisi

Rüzgar yapıların doğal havalandırmasında ve pasif soğutulmasında büyük bir öneme sahiptir. Şehir içerisindeki rüzgar, yapıların formu, arazi durumu, yapıların yerleşimi ve peyzaj konumlandırılmasından dolayı düzenli olmayan bir akış göstermektedir, yani rüzgar hızı dış yapılaşmaya göre şekil almaktadır. Bundan

dolayı da rüzgar hızı hesaplamaları yapılmaktadır ve bu hesaplamalar için de çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Özbalta ve Çakmanus, 2008)

2.2.2. Yoğunluk Farklarının Etkisi (Baca Etkisi)

Havanın sıcaklığı arttıkça yoğunluk azalmaktadır. Bina çevresindeki sıcaklık dağılımı radyasyon dengesinden ve bina yüzeyleri ile çevre arasındaki ışıma, taşınım ve iletim ile ısı transferinden önemli derece de etkilenir. Isı değişimi, kullanılan malzemelerin ısıl ve optik niteliklerine bağlıdır (Özbalta ve Çakmanus, 2008).

2.3. Doğal Havalandırmanın Etkin Şekilde Uygulanabilmesi İçin Gerekli Olan Koşullar

Doğal havalandırmanın etkin kullanılması için alanlarda uzun dönemli ortalama rüzgar hızının yüksek olduğu, iç ve dış hava sıcaklığının yüksek olduğu iklim koşullarında önerilmektedir. Sadece yapının cephelerindeki açıklıkla doğal havalandırma sağlanıyorsa etkinliği için hakim rüzgar yönü ve hava açıklıkları ile yapının parselde doğru şekilde konumlandırılması gerektiği unutulmamalıdır. (Kahraman, 2015) Doğal havalandırma tasarımı yapılırken aynı zamanda akustik problemler, yapıdaki bulunan açıklıkların güvenliği, açıklıklarının her hava durumu göz önüne alınarak tasarlanması gibi detaylara dikkat edilerek tasarlanması gerekmektedir (Kahraman, 2015).

2.4. İç Mekan Hava Kalitesi

İnsanlar zamanlarının büyük bir kısmını iç ortamda geçirmektedir. Bundan dolayı da iç mekan hava kalitesi yapıdaki kullanıcıların konforları ve sağlıkları için büyük önem taşımaktadır. Fakat iç ortam hava kalitesi iç ve dış kaynaklı kirleticilerden dolayı bozulmaktadır.

Yapı içerisindeki havanın, insan sağlığına zarar verebilecek şekilde çeşitli gazlarla partikül ölçekli kirleticilerle kirlendiği birçok araştırma ile kanıtlanmıştır. (ekoyapıdergisi.org, 2013).

İç ortam kirleticilerine kısaca değinmek gerekirse:

- Yapı malzemelerinin yapımında kullanılan kimyasalların çoğundan çıkan insan sağlığına zararlı zehirli gaz açığa çıkması
- İç ortamdaki rutubet ve sıcaklık etkenleri
- Doğal ve mekanik iç ve dış ortam hava değıştircileri

Aynı zamanda yapının kullanım amacı da önem kazanmaktadır. Çok sayıda kişinin bulunduğu (eğitim yapıları, ticari yapılar) mekanlarda çok daha fazla zararlı organizma ortaya çıkmaktadır ve bu tür yapılarda daha çok temiz havaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Dış ortamdaki iç ortama karışan hava miktarının artırılmasında iç ortamdaki hava kirleticilerinin konsantrasyonları azalmasını sağlamaktadır(ekoyapıdergisi.org, 2013). Bu sebepten dolayı da hava kirliliğinin giderilmesi için etkin bir doğal havalandırma sağlanması gerekmektedir.

İç hava kalitesinin sebep olduğu hasta bina sendromu olarak bilinen ve kullanıcıya rahatsızlık veren sağlık semptomlarının azalmasında da doğal havalandırma önemini göstermektedir (Gür, 2014).

2.5. Doğal Havalandırma Kullanılmış Yapı Örnekleri

Doğal havalandırma eski yıllardan beri yapılarda kullanılmıştır. Ülkemizden örnek vermek gerekirse Harran Evleri'ni gösterebiliriz

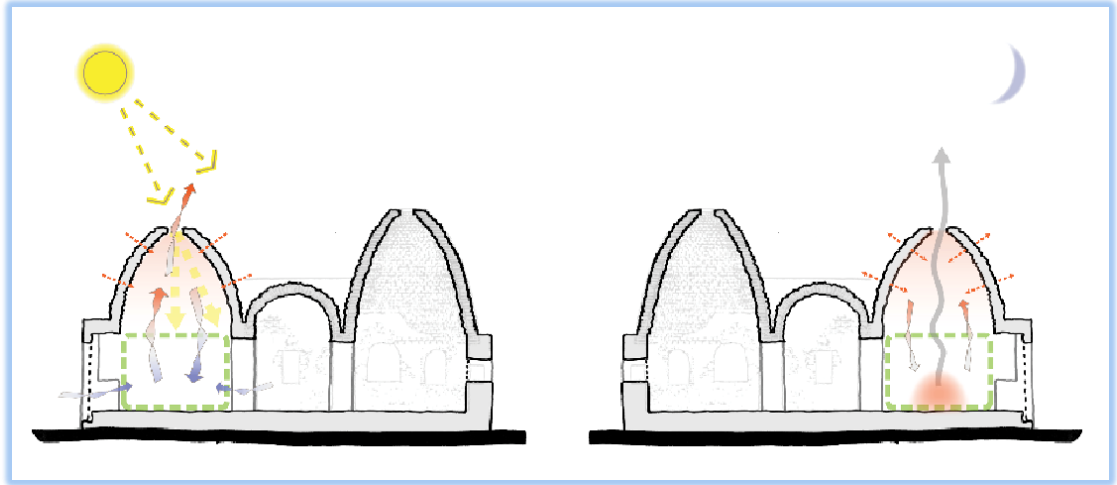
2.5.1. Harran Evleri:

Harran Evleri Şanlıurfa'nın Harran ilçesinde yer almaktadır. Harran Evleri kısmen toprakla bütünleşmiş olup, kalın duvarlara sahiptir. Bu evlerde tipik olarak tekrarlanan kubbelerin en üstteki delikleri sayesinde etkili bir havalandırma düzeni oluşturmaktadır. Kubbeye çarpan güneş ışınları, kubbe içindeki havanın ısınarak yükselip tepe penceresinden atılması sağlanmaktadır. Dışarıya atılan havanın yerine, kapı ve pencere açıklıkları sayesinde içeriye taze hava alımı sağlanmaktadır (yeşilintonları.wordpress.com, 23.01.2016).



Şekil 2. Harran Evleri

(www.gapgundemi.com, 23.01.2016)



Şekil 3. Harran Evleri Doğal Havalandırma Sisteminin Gösterimi

(www.mimdap.org , 23.01.2016)

Yakın tarihte ve günümüzde de doğal havalandırma için yeni teknolojiler geliştirilip, kullanımı daha da sıklaştırılmıştır. Doğal havalandırma sistemi kullanılan bir başka yapı olarak Tjibaou Kültür Merkezini örnek gösterebiliriz.

2.5.2. Tjibaou Kültür Merkezi

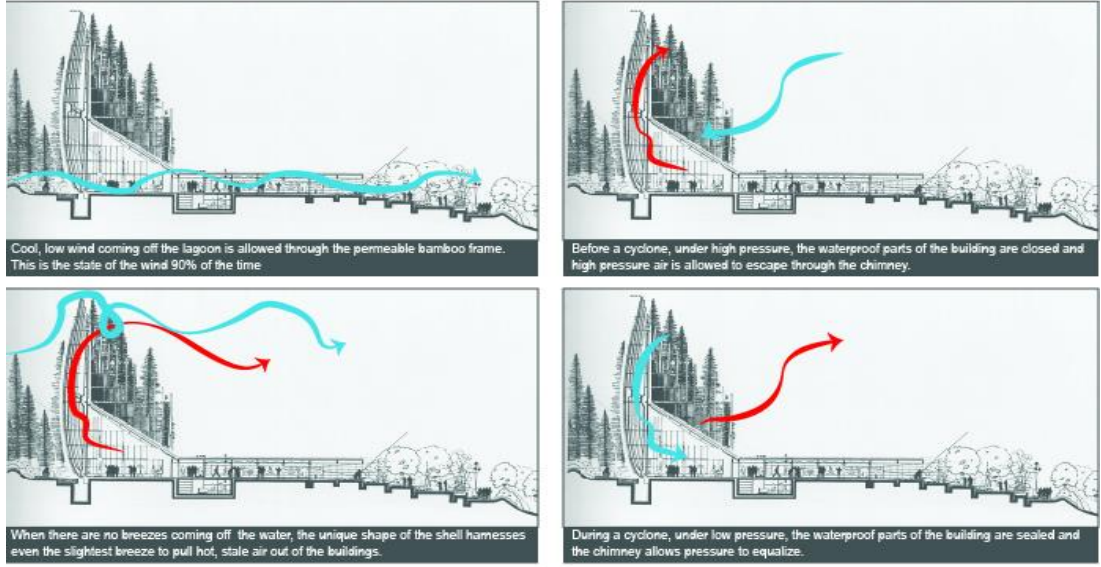
Tjibaou Kültür Merkezi, Avustralya'nın doğu kıyı açıklarında halen Fransız toprağı kabul edilen Yeni Kaledonya, Noumea da bulunmaktadır.



Şekil 4. Tjibaou Kültür Merkezi

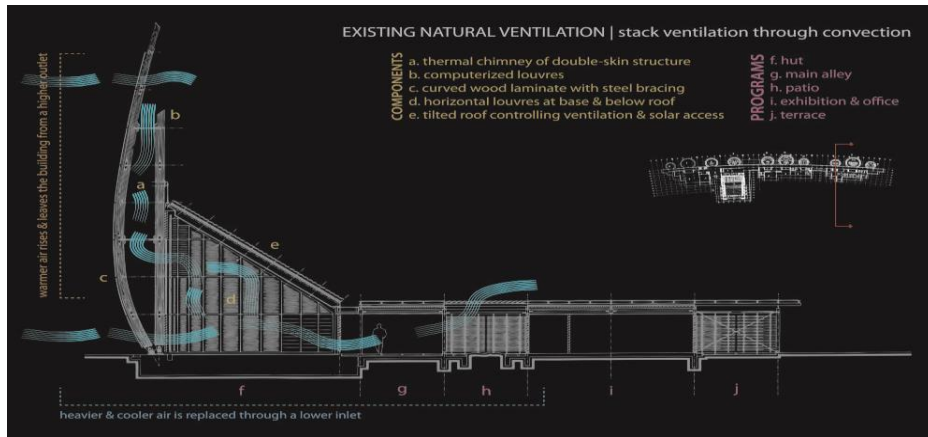
(inhabitat.com, 23.01.2016)

Renzo Piano tarafından yapılmıştır ve 1998 yılında yapımı tamamlanmıştır. Kültür merkezi, tepelik bir yarımada üzerinde, yüzü denize dönük on kulübeden oluşmaktadır. Kulübeler yarımada eğrisini takip eden bir koridor boyunca birbirine bağlanmakta ve her bir kulübenin farklı fonksiyonu bulunmaktadır. Afrika'dan getirilen ve her türlü çürümeye dayanıklı iroka ahŐabı ve paslanmaz çelikten yapılmıştır (<http://v3.arkitera.com/> ,23.01.2016). Kulübenin en yükseği 28 m dir. Tüm kompleks bilgisayarlarca yönetilen iklimlendirme sistemi ile havalandırılmaktadır.



Şekil 5. Tjibaou Kültür Merkezi Doğal Havalandırma Stratejisi

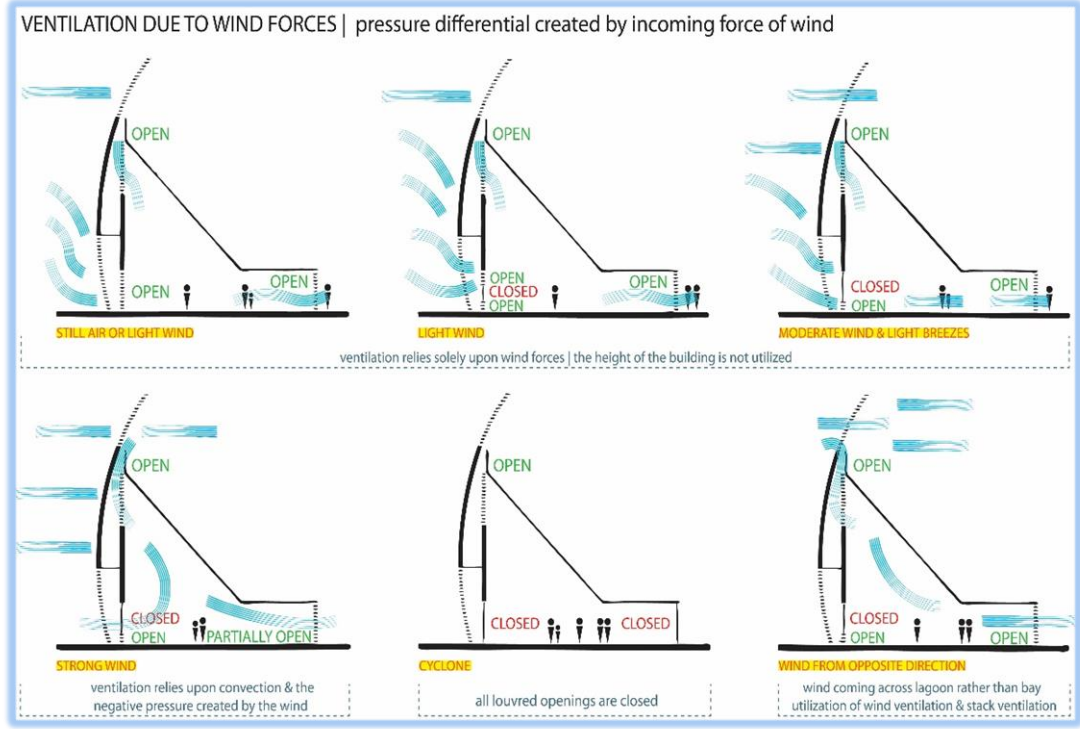
(<https://ssblukegates.wordpress.com>, 23.01.2016)



Şekil 6. Tjibaou Kültür Merkezi Doğal Havalandırma Stratejisi

(<https://pzarch14.wordpress.com>, 23.01.2016)

Yapıdaki latalar rüzgarın yönü ve yoğunluğuna göre açılıp kapanarak çatıların en üst noktasından dışarıya atılan esintilerin hacimlerde dolaşmasını sağlamaktadır. Bu latalar kanak kültürünü sembolize etmesine rağmen, asıl amacı iklimlendirmeyi sağlamasıdır (Uçak, 2006). Kültür merkezinin tasarımında doğal havalandırmanın iki temel prensibi kullanılmıştır. Bunlar baca havalandırması ve rüzgar gücüne bağlı havalandırma. Latalar rüzgarın yapıya girmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda bu latalar konveksiyona yukarı akım sağlamakta ve tepe noktasından kirli hava atımını sağlamaktadır.



Şekil 7. Tjibaou Kültür Merkezi Doğal Havalandırma Stratejisi

(<https://pzarch14.wordpress.com>, 23.01.2016)

Şekil 7 de rüzgar kuvvetlerine göre doğal havalandırma mekanizmasının çalışması gösterilmiştir. Sırası ile rüzgar kuvvetleri; Durgun yada hafif rüzgar, hafif rüzgar, hafif meltem, sert rüzgar, dönen şiddetli fırtına ve ters rüzgar.

Bu rüzgar çeşitlerine göre yapının iç katmanında duruma göre açılıp kapanabilir pencereler ile etkin bir doğal havalandırma sağlanabilmektedir. Aynı zamanda bu pencereler güneş ışığının girişini kontrol eden gölgelendirme aracı olarak ta kullanılmaktadır (<https://pzarch14.wordpress.com>, 23.01.2016)

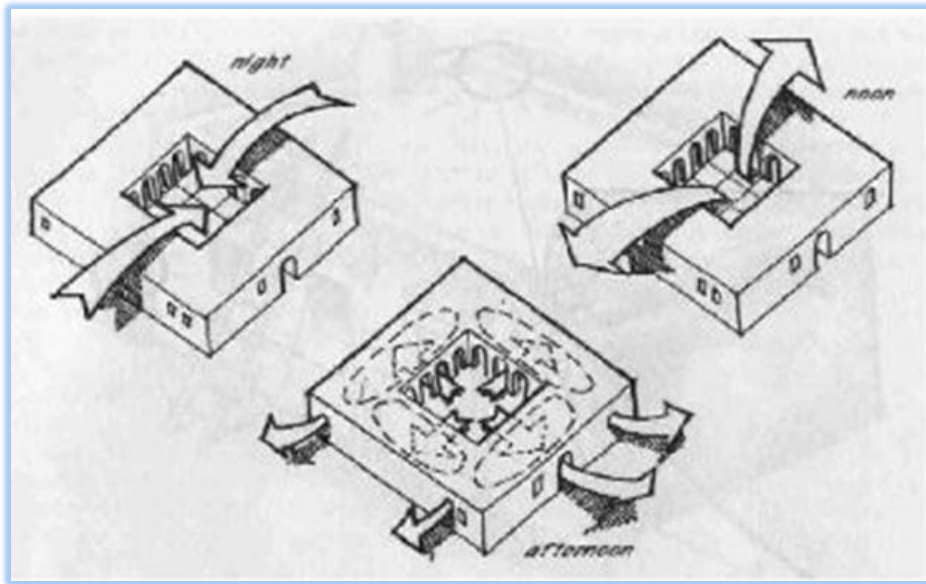
2.6. Rüzgar Etkisinin Binaya Etkisinde Kat Adedi Faktörü

Yapılar da yükseklik artıçça yapı daha fazla rüzgar şiddetine maruz kalmaktadır. Rüzgar hızı alt kotlarda rüzgarın engellerle karşılaşması nedeniyle yavaşlamaktadır. Kat yüksekliği az olan yapılar ise rüzgar hızından çok etkilenmemektedir. Bundan dolayı az katlı yapılar geleneksel yöntemlerle(pencerelerle) kısmen de olsa doğal havalandırma yapılmaktadır. Fakat

yüksek yapı tasarımları rüzgar etkisi göz önüne alınarak tasarlanmalı ve yapının bulunduğu yerin iklim özellikleri dikkate alınarak tasarlanmalıdır.

2.6.1. Avlulu Yapılar

“Avlu; yapıların orta kısmında bulunan, tercihe göre üstü açık ya da kapalı olan geniş bölümdür. Mimarlıkta atriyum olarak da adlandırılmaktadır. Türk mimarisinde avlular genelde üstü açık şekilde bırakılmaktadır.” (<https://tr.wikipedia.org/wiki/Avlu> 16.12.2015). Avlulu yapılar, mikro klimayı düzenleyici bir sistemdir. Bu sistem çok eski yıllarda ve günümüzde mekanik aletler olmadan mekanı tamamen doğal olarak ısıtıp soğutan pasif bir yöntemdir. Bölgesel olarak bakıldığında sıcak ve kuru iklim görülen yerlerde daha fazla kullanılmaktadır (Yaşa, 2004). Ülkemizde güneydoğu Anadolu bölgesinde avlulu yapılar büyük önem taşımaktadır.



Şekil 8. Avluların ısınma ve soğutması (Yaşa, 2004)

Avlulu yapıların çalışma prensibi kısaca; rüzgar öncelikle yatay olarak hareket etmektedir. Dolayısıyla avluda bulunan yatay açıklıklardan rüzgar rahatça girmekte ve iç mekanlara ulaşmaktadır (Yaşa, 2004). Avlulu yapılarda bulunan açıklıklardan dolayı rüzgar hareketinin istenildiği gibi kontrol edilebilmekte ve doğal havalandırmayı maksimum şekilde uygulanabilir kılmaktadır.

2.6.2. Noktasal Olarak Yükselen Yapılar

Yükseklikleri itibariyle taşıyıcı sistemleri, sirkülasyon çözümleri, servis sistemleri, aydınlatma, ısıtma, havalandırma ve soğutma sistemleri az katlı yapılara oranla çok daha fazla enerji kullanımını gerektirmektedir . Bu enerjinin % 94.4'ü kullanım sırasında %25 HVAC (ısıtma/havalandırma/iklimlendirme) sistemleri için tüketilmektedir (Demir, 2012).

Yüksek yapı, genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, kent dokusu ve her türlü kentsel altyapı yönünden etkileyen bir yapı (bina) türüdür.

Son kat tavan döşeme kotu 30.80 metreyi ve/veya bodrum kat dahil olmak üzere toplam kat adedi 13'ü aşan (13 kat hariç) yapılar Yüksek Yapı olarak kabul edilir (Yüksek yapı yönetmeliği, 14.12.2015).

İlk yüksek yapılar daha çok simgesel yapılardır. Yüksek yapıların tarihi için ilk başta Chicago ve New York olmak üzere ABD'ye bakmak gerekmektedir. Çeliğin endüstriyel bir şekilde üretilmesi, cam ve betonarmenin gelişmesi asansörün, öteki kaldırma araçlarının ve su pompalarının geliştirilmesi, bunlara ek olarak kent merkezlerinde toprağın az ve pahalı olması, insanların yüksek yapı yapma tutkusunu, başta Chicago ve NY City olmak üzere ABD'de gökdelenler yarışı başlamıştır (Hasol , 2007).



Şekil 9. Dünyadaki yüksek yapılar

Ülkemizde gökdelen sayılabilecek ilk yüksek yapı Ankara’da Kızılay Meydanı’nda yapılmış olan Kızılay Emek İşhanı’dır. 1959-65 arasında Mimar Enver Tokay tarafından tasarlanan yapı 24 katlı ve 76 m. yüksekliğindedir. 1976 yılında ise İstanbul’daki Odakule açılmıştır. Bu yapılar denendikleri tarihte, Türkiye’de henüz yüksek yapılara uygun teknoloji ve malzeme bulunmamaktaydı. Sağlıklı bir giydirme cephe sistemi, doğru çözümlenmiş iklimlendirme sistemleri gibi teknolojik gelişmelerin ilk denemeleri Mersin Metropol, Sabancı Kuleleri, İş Kuleleri izlemiştir ve şimdilerde Dubai Kulelerine kadar gelinmiştir (Hasol, 2007).

“Çok katlı bir yapı yüksekliği veya kat adedi ile tanımlanamaz. En önemli faktör, tasarımın yükseklik tarafından etkilenip etkilenmediğidir. Gökdelen, belli bir zaman aralığında, yüksekliği ile tasarım, yapım ve işletme açısından sıradan yapılara göre farklılık yaratandır.” (L.S. Beedle).

Yapı sektöründe enerji ve kaynak kullanımı söz konusu olduğunda, yüksek yapılar ön plana geçmektedir. Bu yapıların yapımı, kullanımı ve yıkım süreçlerinde kaynak ve enerji tüketimi orta yükseklikteki yapılara göre daha fazladır. Çok katlı yapılar kendine has tasarım koşulları içermektedir (Sev, 2009).

2.7. Yüksek Yapılarda Sürdürülebilirlik

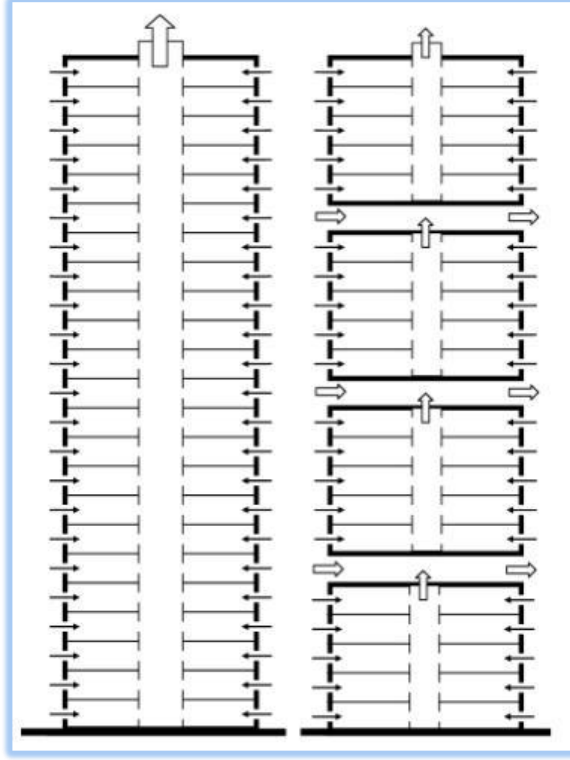
Yüksek yapılarda, gerek duyulan ısıtma soğutma-havalandırma, mekanik, sirkülasyon ve aydınlatma sistemleri açısından hem ilk yatırım maliyeti hem de yapının kullanımı sırasındaki giderleri diğer binalara göre daha yüksek olan bina türleridir (Begeç, 2013).

Sürdürülebilir yüksek yapı tasarımında farklı yönelimlerin olduğu görülmektedir. Bunlar yenilenebilir doğal kaynaklardan aktif ve pasif olarak faydalanılması ile ortaya çıkan yönelimlerdir. Doğal kaynaklardan pasif biçimde faydalanılan bu yönelimin ana kriterleri, iklimle dengeli tasarım, doğal havalandırma ve doğal aydınlatma, binanın konumu ve formunun güneşe göre yönlendirilmesidir (Begeç, 2013). Düşük enerjili yapılar, aktif ve pasif sistemlerin bir arada kullanıldığı, enerji verimlilik düzeyinin geleneksel yapılara oranla oldukça yüksek olduğu binalardır.

2.7.1. Yüksek Yapılarda Doğal Havalandırma Stratejileri

Yüksek yapılarda doğal havalandırma, yapının bütünüyle beraber ele alınması gerekmektedir. Tasarımında havalandırma sağlanması açısından hava akımı ilkelerine dayanılmaktadır. Doğal olarak havalandırılan binalarda genel olarak açılabilen pencereler, hava bacaları, hava giriş ve çıkış kanalları ve fanları kullanılmaktadır.

Yüksek yapılarda doğal havalandırma için açılabilir pencereler tasarlanabilmektedir. Etkin bir havalandırma için pencereler hakim rüzgar yönüne paralel ve dik doğrultularda açılabilmesi gerekmektedir. Açılabilir pencereler sayesinde hava akımı istenildiği gibi yapı içerisinde dağıtılabilmektedir (Sev, 2009). Yüksek katlarda rüzgar hızı arttığı için pencere açılımı zorlaşabilmektedir. Bundan dolayı da tasarım aşamasında bina formuna ve konumlandırılmasına dikkate edilerek bu sorun çözümlenebilmektedir.



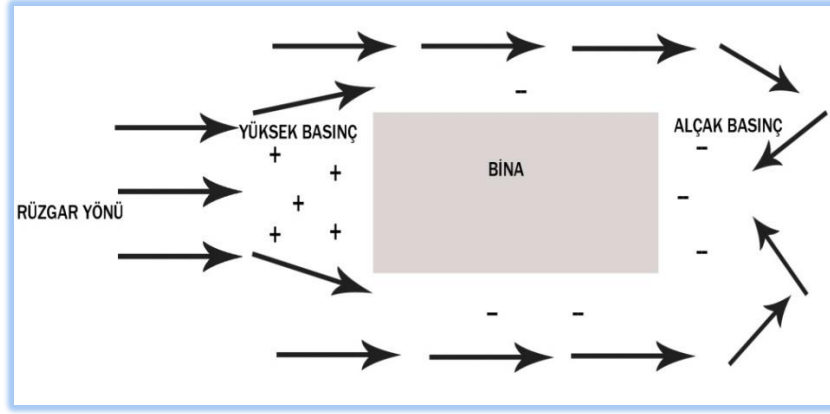
Şekil 10. Yüksek Yapılarda Açıklık Bırakılarak Uygulanan Havalandırma Yöntemlerinin Şematik Çizimi

Kaynak :Demir, 2012

2.7.2. Yüksek Yapılarda Rüzgarın Biçimlendirmeye Etkisi

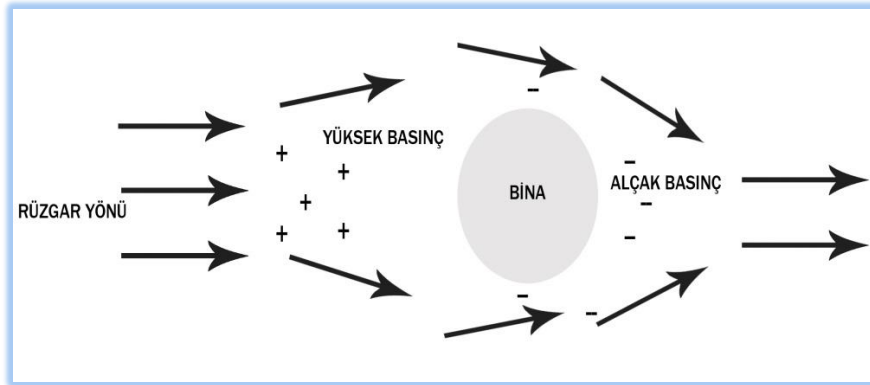
Yapı biçimi ve çevresi rüzgar hareketlerin de farklı tepkimeler vermektedir. Yüksek yapılarda bu durum daha da önem kazanmaktadır. Yapı yüksekliğinin zorunlu olduğu hallerde yapının hakim rüzgar yönü dikkate alınarak konumlandırılması rüzgarın serinletici ve iklimlendirici etkisinden yararlanılabilmesini sağlamaktadır (Yüksek ve Esin 2011).

Yapının biçimi, konumu hakim rüzgar göre doğru konumlandırıldığı da doğal havalandırma için gerekli olan açıklıklardan hava giriş çıkışı rahatlıkla sağlanabilmektedir.



Şekil 11. Dikdörtgen Yapıda Rüzgar Hareketi

Dikdörtgen biçimli bir binanın yüzeyinden giren rüzgar, karşılaştığı yüzeyde pozitif, arka yüzeylerde negatif basınç yaratmaktadır. Dolayısıyla hava pozitif basınç olan yüzeydeki açıklıklardan içeri girmek, negatif olan yüzeydeki açıklıklardan dışarı çıkmak isteyecektir (Balanlı 2011).



Şekil 12. Silindir Yapıda Rüzgar Hareketi

Silindir formda ki yapılar ısı kayıplarını en az seviye de tutan ideal bir formdur. Doğal havalandırma için kullanılan açıklık en rahat bu yapı formunda kullanılabilir.

2.8. İstanbul'un İklimsel Özellikleri

İstanbul 41° K, 29° D koordinatlarında yer almaktadır. Batı Çatalca yarımadası, doğu da Kocaeli yarım adası oluşmaktadır.

İstanbul'un iklimi Karadeniz iklimi ile Akdeniz iklimi arasında geçiş özelliği gösteren bir iklimdir, dolayısıyla İstanbul iklimi ılımandır. İstanbul'un yazları sıcak ve nemli kışları ise soğuk, yağış bazen ise karlıdır.

Şehir oldukça rüzgârlıdır; rüzgârın ortalama hızı saatte 17 km dir. (tr.wikipedia.org/wiki/İstanbul, 20.012016)

İstanbul da hakim rüzgar ise kuzeydoğudan güneybatıya doğrudur.

2.8.1. İstanbul da Rüzgar Yapı İlişkisi

İstanbul da son on yılda yüksek yapılar artmıştır ve artık günümüzde de bu yapılar tasarımından itibaren enerji verimliliğine önem vermeye başlanmıştır. Yapılan bazı yüksek yapılar da yenilenebilir enerji kullanımı artırılıp, ekonomiye ve çevreye katkı sağlanmıştır.

2.8.2. İstanbul Yüksek Yapılar Rüzgar Yönetmeliği

İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Boğaziçi Üniversitesi- Kandilli rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü- Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı "İstanbul Yüksek Binalar Rüzgar Yönetmeliği " isimli yönetmelik üzerinde çalışılmıştır ve 2009 yılında yönetmelik yürürlüğe geçmiştir. Bu yönetmelik İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir.

Kapsam;

Yüksek binaların ana taşıyıcı sistemlerinin, dış cephe elemanlarının ve rüzgar yüklerine maruz yapısal ve yapısal olmayan diğer elemanların rüzgara karşı tasarımında kullanılacak minimum rüzgar yüklerini belirlemektedir.

Yönetmelikte rüzgar yüklerine ilişkin genel hükümlere yer verilmiştir. Bu hükümlerden kısaca bahsetmek gerekirse;

- Yönetmelikte verilen rüzgar yükleri, binanın rüzgar altında yaptığı statik ve maksimum dinamik yer değiştirmenin toplamına eşit statik yer değiştirmeye karşı gelen eşdeğer statik yükler olarak ifade edilmiştir.

- Binanın ana taşıyıcı sistemine gelen toplam rüzgar yükü, binanın tüm yüzeylerine gelen rüzgar yüklerinin vektörel toplamından oluşmaktadır.

Yönetmelik içerisinde de rüzgar hızı hesaplamalarında detaylı şekilde yer verilmiştir.

Temel Rüzgar Hızı; Açık bir arazide (örneğin hava alanları gibi), yerden 10m yükseklikte herhangi bir yönde ölçülen 10 dakikalık ortalama rüzgar hızlarından 50 yılda en az bir kere aşılma olasılığına karşı gelen rüzgar hızıdır. İstanbul Atatürk Havaalanı'nda sürekli olarak 1 dakika ara ile yapılan rüzgar hızı ölçüm verilerinin analizi sonucunda, İstanbul ve civarı için temel rüzgar hızı $V_b = 25 \text{ m/s}$ olarak tanımlanmıştır.

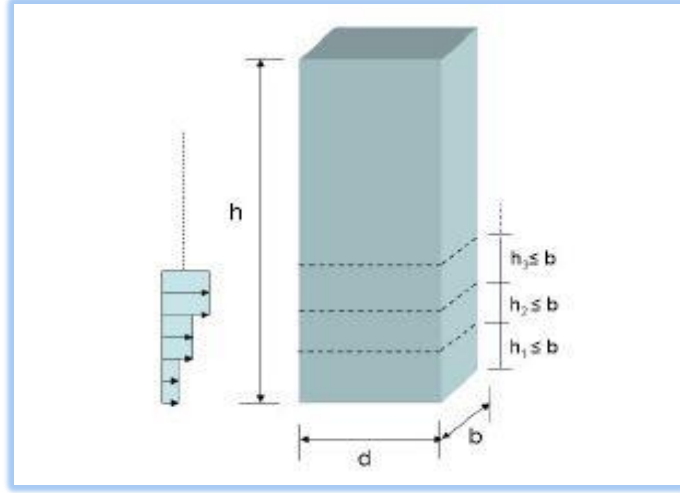
Rüzgar hızı bazı değişkenlere göre yapı üzerindeki etkisi değişiklik göstermektedir.

Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkisi

Şehir merkezlerinde (Arazi tipi IV) etrafı daha alçak yapılarla çevrili yüksek bir yapıya gelen rüzgar yüklerinin hesabında, rüzgarın alçak yapılar tarafından bloke edilmesinin etkisi, zemin seviyesini fiktif olarak yükselterek göz önüne alınmalıdır.

Yönetmelikte yapının formuna göre hesaplama kriterleri verilmiştir. Planda dikdörtgen kesitli binalara etkiyen rüzgar yükleri ve dikdörtgen kesitli olmayan binalara etkiyen rüzgar yükleri detayları ele alınmıştır.

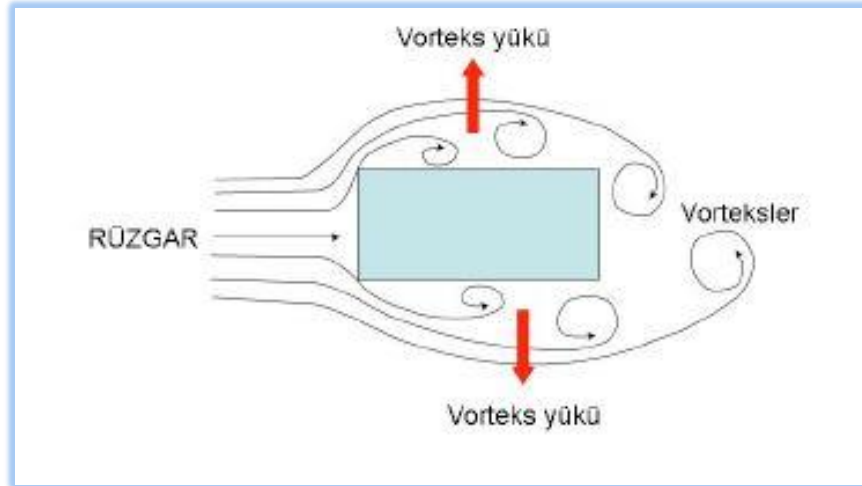
Örnek olan dikdörtgen bir yapının kısa ve uzun kenarına gelen rüzgar hesabı formülleri verilmiştir. Aynı zamanda yönetmelikte rüzgar yüklerinin düşey doğrultuda değişiminin detaylarının hesaplamasına da yer verilmiştir.



Şekil 13. Rüzgar Yüklerinin Düşey Doğrultuda Değişiminin Göz önüne Alınması

(<http://www.koeri.boun.edu.tr/> , 23.01.2016)

Rüzgarın oluşturduğu hava akımı binanın yan yüzleri etrafından geçerken **Şekil 14**'de şematik olarak gösterildiği türde vorteksler oluşur. Vorteksler değişken olarak (önce bir yan yüzde, sonra diğer yan yüzde) oluştuğu için vortekslerin yarattığı dinamik yükler de değişken yönlü olup rüzgar akış yönüne dik doğrultuda etkirler. Vorteks yükleri çok belirgin ve dar bir frekans bandında etkidiği için sinüzoidal bir yük olarak tanımlanabilirler.



Şekil 14. Vorteks yüklerinin oluşumu.

(<http://www.koeri.boun.edu.tr/> , 23.01.2016)

Yönetmelikte aynı zamanda rüzgar tüneli deneyinden belli sonuçların alınması gerektiği maddeler yer almaktadır.

Bağımsız tasarım kontrolü konusunda uzman kişiler tarafından ve belli deneyimde kişiler olması gerektiği yönetmelikte yer almıştır.

Sonuç olarak bu yönetmelikte yüksek yapıların tasarımında rüzgar hızının;

- Kat adedi faktörüne
- Çevre yapıların etkisine
- Yapının formuna etkisine göre uyulması gereken temel hesaplamalara yer verilmiştir.

3. YEŞİL BİNA SERTİFİKA SİSTEMLERİ

Yeşil bina kavramı, genel olarak kaynakları daha az tüketen daha az atık oluşturan ve kullanıcı konforunu sağlayan çevre dostu binaları ifade etmektedir.

Yeşil bina sertifikasyonu binaların geleneksel binalardan farklı olarak, kanun ve yönetmeliklerin üzerinde bir performans sağlayacak şekilde tasarlanmalarını gerektirir. Bu sayede yapılarda kalite, enerji etkinliği, çevreye duyarlılık ve iç ortam kalitesinin artırılması sağlanır. Bu sertifikasyon sistemleri tasarım ve inşaat sürecinde çeşitli ulusal ve uluslararası standartlar eşik değer olarak alınır, başvuran binaların bu standartlara göre benzeriyle karşılaştırılmasına olanak tanır. Böylece sertifikalı bina benzerleri arasında öne çıkmış olur. Uluslararası önem kazanmış olan yeşil bina sertifikaları, binanın uluslararası sertifikalı binalar listesinde yer alarak tanınmasını sağlayarak değerini artırır (Ekobina , 23.01.2016)

Yeşil sertifikalı bina kavramı ise, 20 yy' ın sonunda ilk olarak Avrupa da BREAM le ve hemen arkasından Amerika da LEED le ortaya çıkan diğer ülkelerde de benzeri sertifika sistemi olan belirli kurallara ve puanlamaya bağlı olarak binalara verilen sertifikalardır (Yılmaz ve Demir 2012).

BREAM açılımı (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)

LEED açılımı (Leadership in Energy and Environmental Design) (Çedbik, 2013)

3.1. Yeşil Bina Sertifika Sistemi ve Havalandırma Kriterleri:

Yeşil bina sertifika sistemlerinde amaç, doğal veya mekanik her iki havalandırma yönteminde iç mekan konforunu sağlayacak ölçüde taze hava girişini ve böylece kullanıcı konforunu sağlamaktır (Çedbik, 2013).

Bu sertifika sistemlerinde mümkün olduğunca doğal havalandırma sistemleri, mekanik havalandırmaya göre daha önemlidir fakat doğal havalandırmanın mümkün olmadığı zamanlarda enerji tasarruflu, insan sağlığını düşünen mekanik sistemin kullanılması gerektiğini yönetmelikte yerini almıştır.

Doğal havalandırma yöntemlerine öncelik verilmeli, bunun için bina açıklıklarının hakim rüzgar yönüne göre tasarlanmasına dikkat edilmelidir (Çedbik, 2013).

3.1.1. LEED Sertifika Sistemi:

LEED sertifikası, dünyada en çok tercih edilen çevreye duyarlı yapı sertifikasıdır.

LEED (Leadership in Energy and Enviromental Design) Türkçe açılımı; Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik) Amerikan Yeşil Binalar Konseyi tarafından oluşturulmuş yeşil bina sertifikasyonudur.

Bu sistemin amacı ise insana ve doğaya saygılı yeşil binalar ve yerleşim alanları oluşturularak dünyamızın daha yaşanabilir olmasını sağlamaktadır.

Gönüllü bir sertifika sistemi olan“ Yeşil Bina Derecelendirme Sistemi” ile yapılarda ölçülebilir oranda verimliliği arttığı bilimsel verilerle ortaya konulmuştur (leed.sertifikası, 2014).

Tablo 1. LEED Sertifika Puan Tablosu



4. İSTANBULDA BULUNAN BEŞ ADET YÜKSEK YAPIDA UYGULANAN RÜZGAR ANALİZİ HAKKINDA GENEL BİLGİ

Bu bölümde İstanbul Anadolu ve Avrupa yakası içerisinde bulunan beş farklı kule binası üzerinde rüzgar analizi yapılmıştır. Bu kule binalarının dört tanesi LEED sertifikası almaya hak kazanmıştır ve birbirlerinden farklı geometrilere sahip yapılardır. Diğer kule yapısı ise herhangi bir sertifika özelliği bulunmamakta ve iki bloktan oluşmaktadır. Seçilen bu yapılarda doğal havalandırma stratejilerinden olan rüzgarın yapıyla olan ilişkisini ve yapıyla karşılaştığındaki tepkimesini Autodesk yazılımı olan Revit ve Flow Desing programlarıyla analizi yapılmaktadır.

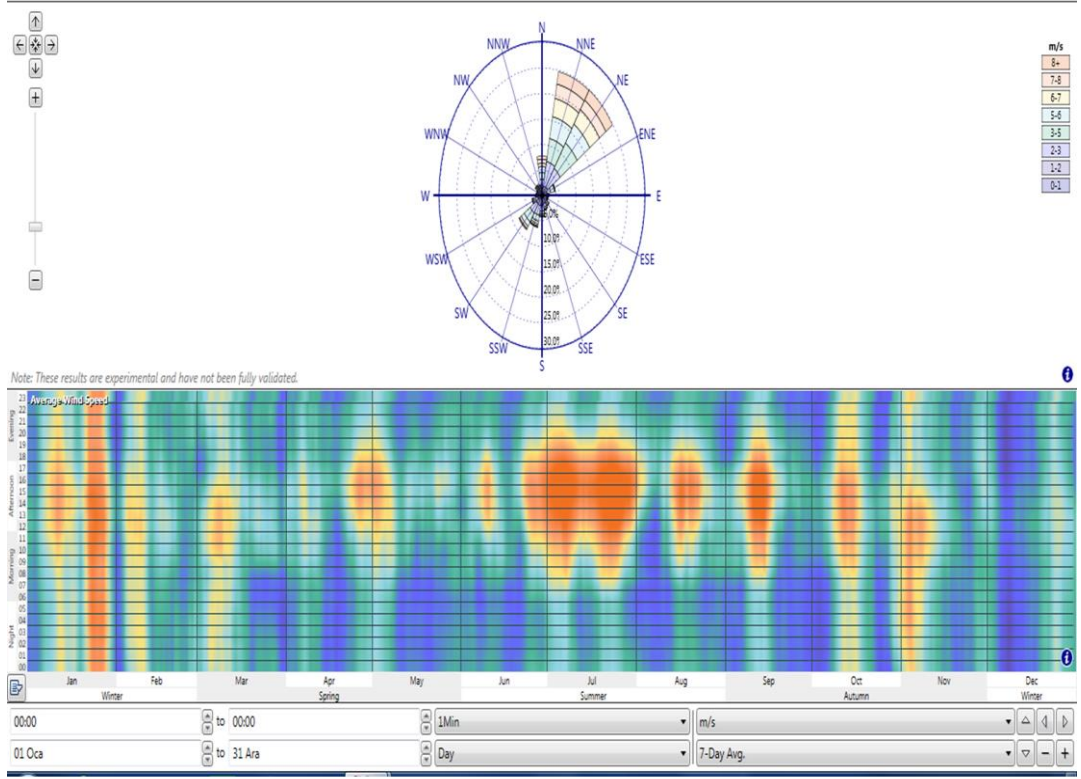
Revit, mimari tasarım ve projelendirme için geliştirilen Autodesk Revit, tasarım ve dokümantasyonun tüm evreleri için araçlar içeren bir bilgisayar yazılımıdır. Aynı zaman da BIM(Building Information Modeling) Türkçe açılımıyla, yapı bilgi sisteminin bir parçasıdır. BIM, bir binanın kavramsal tasarım aşamasından yıkılmasına kadarki tüm yaşam döngüsü boyunca alınacak kararlar için güvenilir bir temel oluşturan ve sürecin tüm disiplinler tarafından paylaşılan bir bilgi kaynağıdır. (Baykal ve Aydın, 2014)

Bu arada da ilk olan seçilen projelerin planları üzerinden Revit programında yapıların kütle modellemesi yapılmaktadır. Daha sonrasında ise Revit programı ile bağlı çalışabilen Flow Design programında hem dikey hem de yatay yönde olmak üzere rüzgar hareketi analizi yapılmıştır.

Bilgisayar destekli rüzgar analizi amacı ise rüzgar analizi doğrultusunda tasarlanan yapı etrafındaki rüzgar tüneli aracılığıyla hava akımı dinamik bir biçimde gösterilebilmektedir. Bu sayede tasarım aşamasından itibaren binalarda rüzgardan faydalanılarak, hava akımını kontrolü yapılarak doğal havalandırma sağlanabilmesi için yol gösterici olmaktadır.

Daha öncesinde de bahsettiğimiz gibi rüzgar faktörü yapı da kat adedi artıkça önemi daha artmaktadır. Çünkü rüzgar yükseldikçe gücünü artırmaktadır. Engebeli arazi ve yoğun yapılaşmada da hızı yavaşlamaktadır. Rüzgar engelle karşılaştığın da ise hareketini aynı yönde engel çevresinde sürdürmektedir (Ofloğlu, 2015). Burada da yapılan analizlerde de yüksek katlı yapılarda rüzgarın yapıda ve çevresinde oluşturduğu hareketler irdelenmektedir.

İstanbul da hakim rüzgar yönü kuzey doğudan güneybatıya doğru esmektedir.



Şekil 15. Rüzgar Gülü İle Hakim Rüzgar Yönü Gösterimi

Şekil 15 te İstanbul hakim rüzgar yönü gösterilmektedir. Autodesk yazılımı olan Vasari programı ile gösterimi yapılmıştır. Rüzgargülü arsalardaki rüzgar düzenini görselleştirmektedir.

Rüzgar gülü belirli kesimlerdeki rüzgarın esme sıklığını göstermektedir.

4.1. Torun Tower Binası Ve Proje Özellikleri

İstanbul – Gayrettepe’de Büyükdere Caddesi üzerinde bulunan Torun Tower binası, 15000m²lik arsa üzerinde yaklaşık 10000m² oturma alanına sahip olup bunun 1600m²’lik kısmında kule bloğu olarak yükselmektedir.

Toplam inşaat alanı 108000m²dir. 66000m² ofis alanına sahiptir. 6 bodrum, zemin kat olmak üzere toplam 41 kattan oluşmaktadır.

Kuledeki, zemin katta restoranlar ve lobi bulunmaktadır. Binada kat bahçeleri, çekirdeklerde mutfak ve 3 ayrı katta dua odası bulunmaktadır.

Yapının mimari projesi Arquitectonica mimarlık ofisi tarafından çizilmiştir. Mimari ruhsat ve uygulama projeleri Piramit Mim. Şeh. Müh. Ltd. Şti.' ye ait iken taşıyıcı sistemi, betonarme ve çelik olarak İTÜ'den Prof. Dr. Zekai Celep ve Prof. Dr. Kadir Güler danışmanlığında Yapı Teknik tarafından tasarlanmıştır.

A sınıfı ofis projesi olarak bilinen yapının yatırım bedeli 400 milyon TL'dir. Yatırım bedel payı %100 Torunlar GYO' ya aittir.

İnşaat Aralık 2011'de başlayıp Haziran 2014'te bitirilmiştir.

Binanın tasarımında Rüzgar yükleri "İstanbul Yüksek Yapılar Rüzgar Yönetmeliği" esasına göre alınmıştır (<http://toruntower.com/>, 1.12.2015).



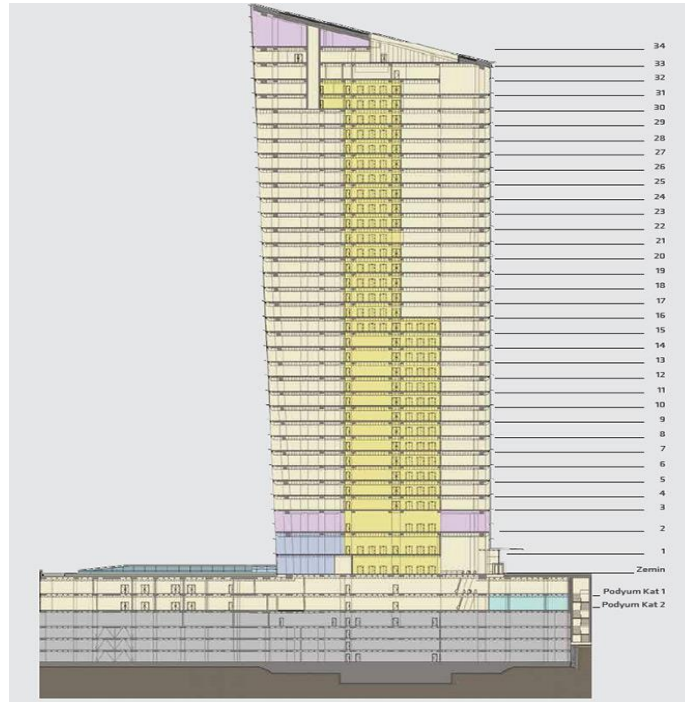
Şekil 16. Torun Tower Binası

(<http://toruntower.com/kriterler.html>, 1.12.2015)



Şekil 17. Torun Tower Binası Konumu

Podyum katlarında net 3.50m, kule normal katlarında net 2.7m ve giriş katında net 6m kat yüksekliği vardır. Ayrıca giriş katta 6m yüksekliğinde tesisat katı bulunmaktadır. Bütün bunların sonucunda binanın toplam yüksekliği 177.6m'dir. 6.5.4.3. bodrum katlar otopark katı, 1. ve 2. bodrum katlar ise podyum ofis katlarıdır. 2. bodrum kattan metro ile bağlantı sağlanmıştır. Kuledeki, zemin katta restoranlar ve lobi bulunmaktadır.

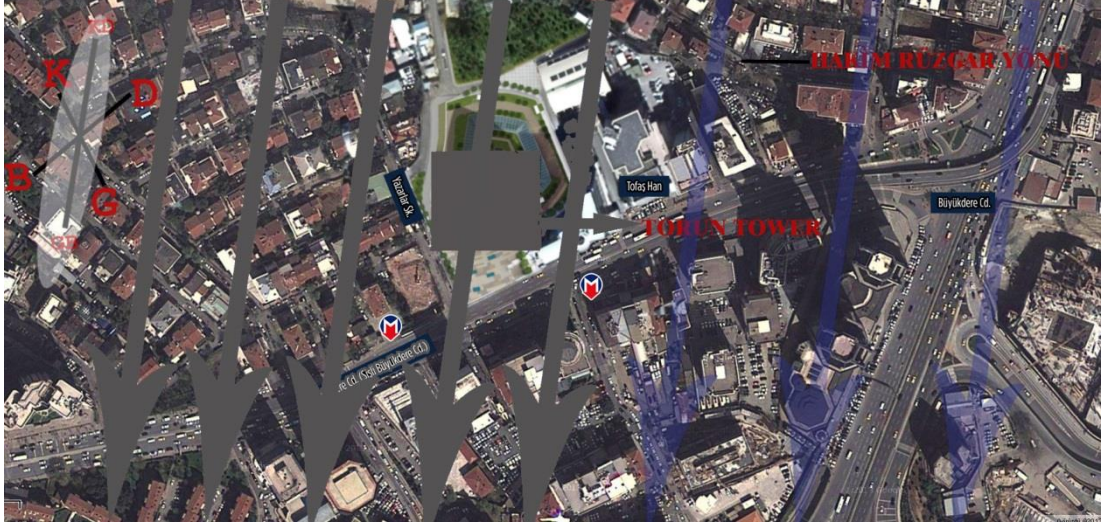


Şekil 18. Torun Tower Bina Kesiti

(http://toruntower.com/metrekaire_verimlilik.html,1.12.2015)

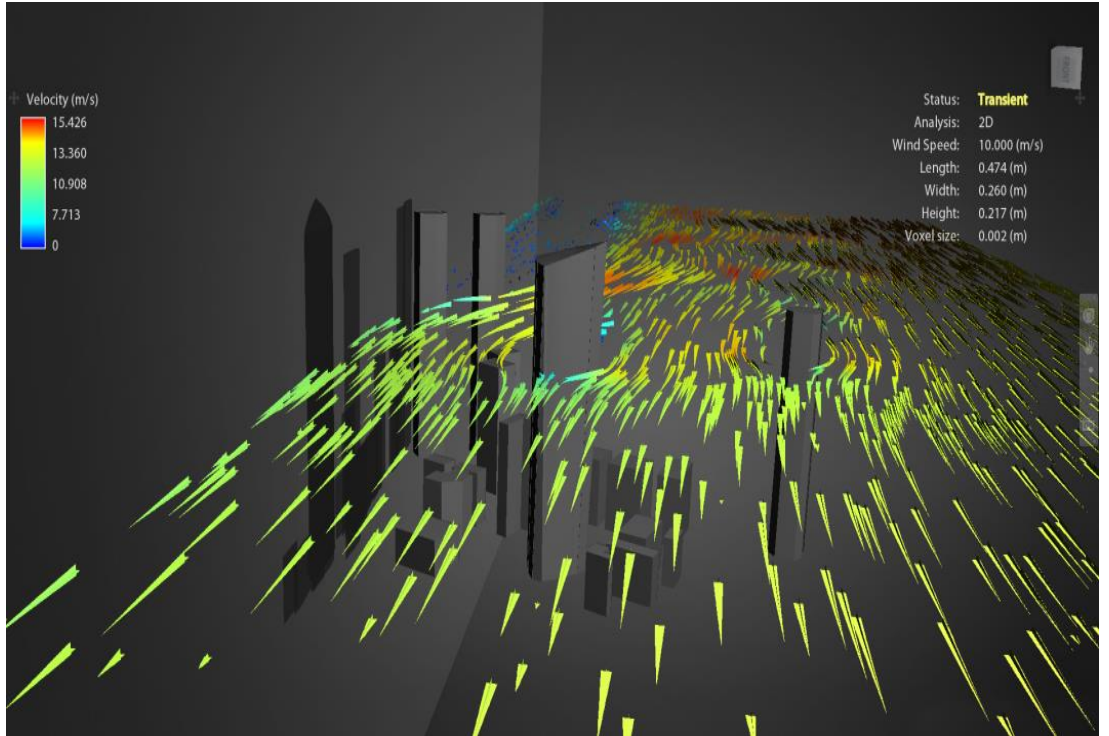
4.1.1. Torun Tower Rüzgar Analizi

İstanbul da hakim rüzgar yönü kuzeydoğu dan güneybatı ya doğrudur.



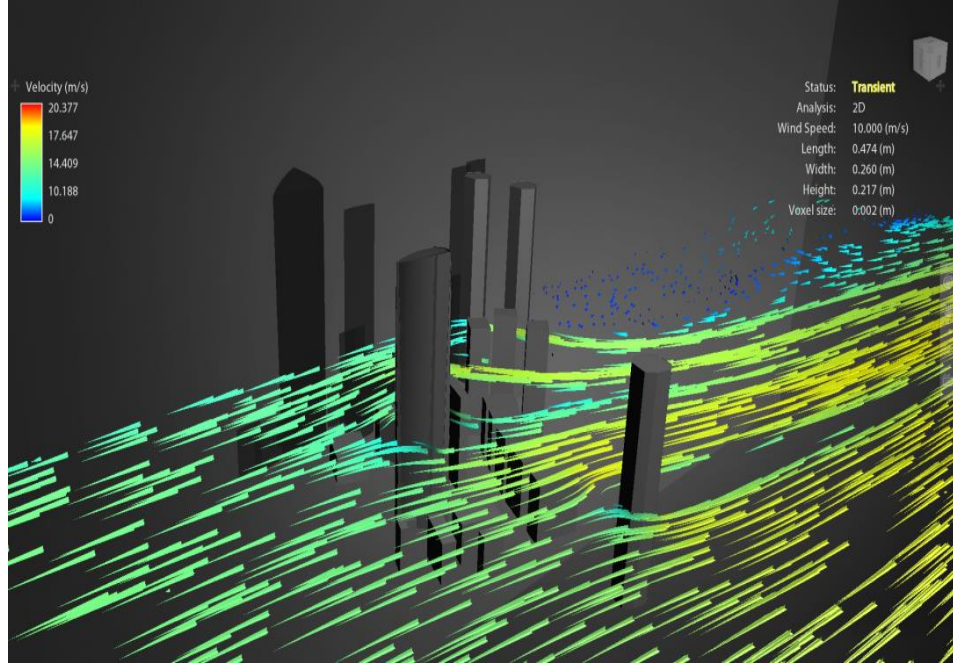
Şekil 19. Torun Tower Binası Konumu ve Hakim Rüzgar Yönün Gösterimi

4.1.2. Yüksek Katlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi



Şekil 20. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi

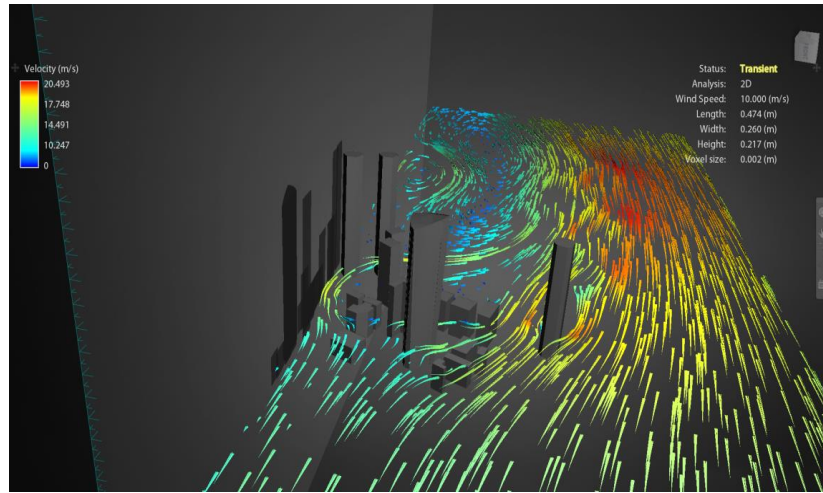
Tasarlanan bina etrafındaki hava akımını dinamik olarak görüntülenmektedir.



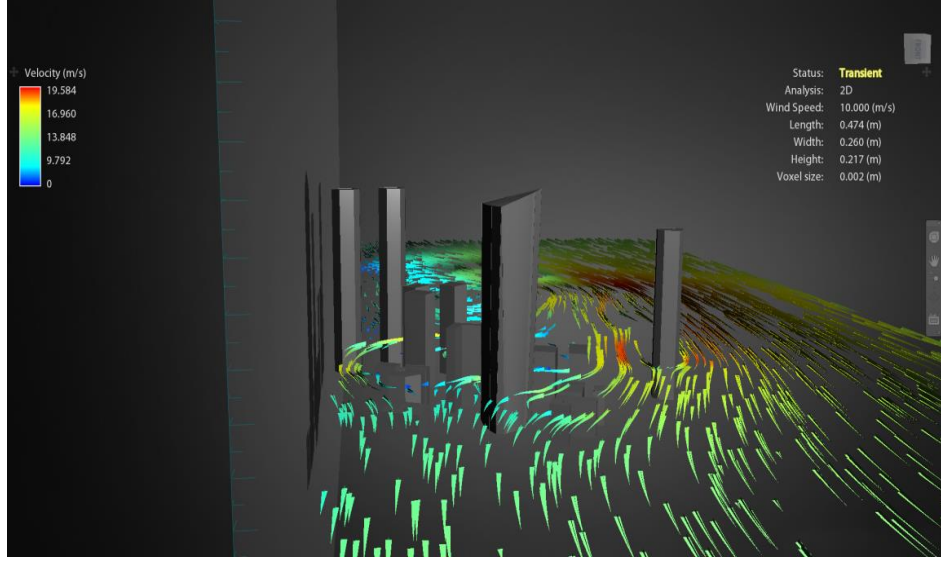
Şekil 21. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi

Şekil 20 ve Şekil 21 de görüldüğü gibi yapının yüksek katlarında rüzgar hareketlerinin itme ve çekme hareketlerini görmekteyiz. Analiz sonucunu bakıldığında yatay yönde gelen hakim rüzgar yapıyla karşılaştığında yapının üçgen formundan dolayı yapının cephelerini yalayarak geçmekte ve tekrar aynı şekilde rüzgar hareketi devam etmektedir.

4.1.3. Yapının Zemin Kat İle 8. Kat Arasındaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi



Şekil 22. Yapının Alt Kotlarındaki Rüzgar Hareketi

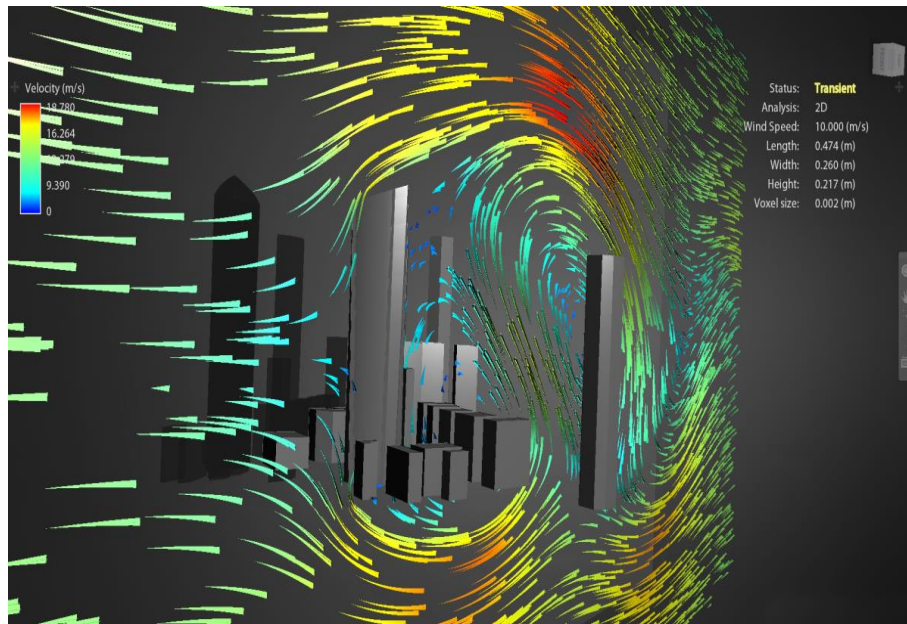


Şekil 23. Yapının Alt Katlarındaki Rüzgar Hareketi

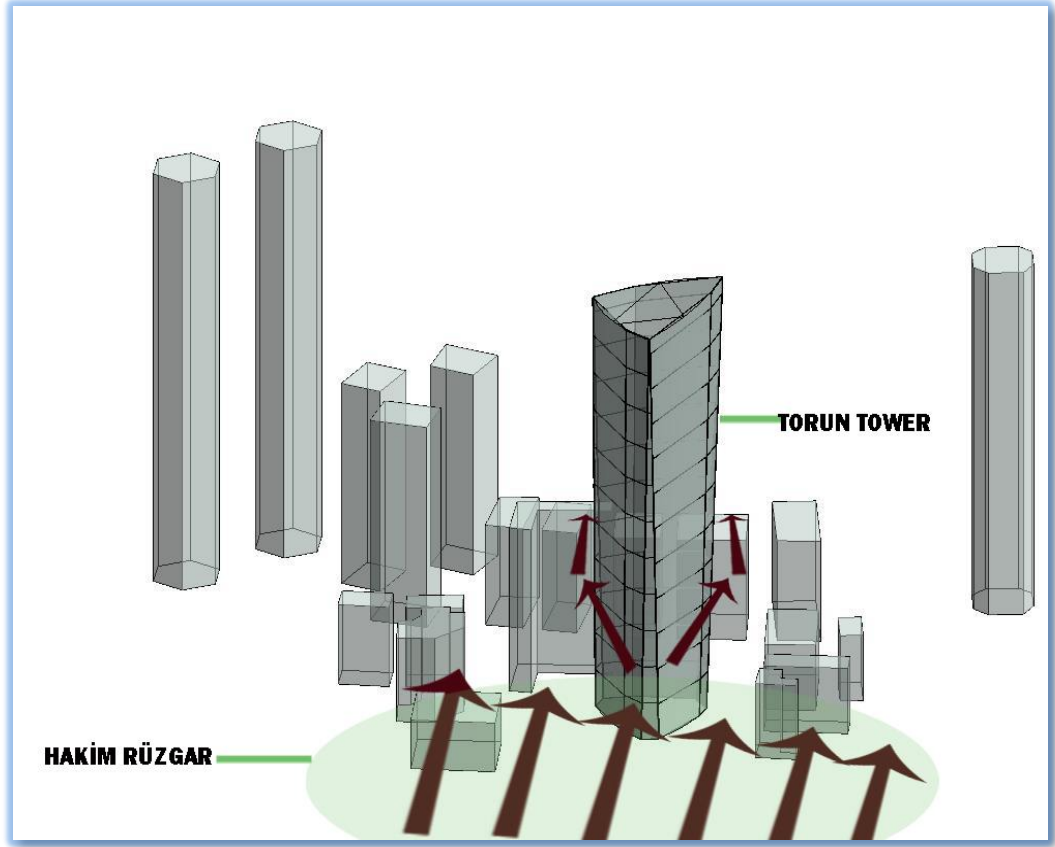
Şekil 22 ve Şekil 23 da yatay yöndeki hakim rüzgarın yapıda ve yapının çevresinde oluşan rüzgar hareketlerini görmekteyiz.

Bu analizde de üst katlarda olduğu gibi alt katlarda da rüzgar yapının cephelerini yalayarak geçmektedir. Buradaki bina şeklinden dolayı rüzgar hareketi çevre binalara karşı olumsuz rüzgar etkisi sağlamamaktadır.

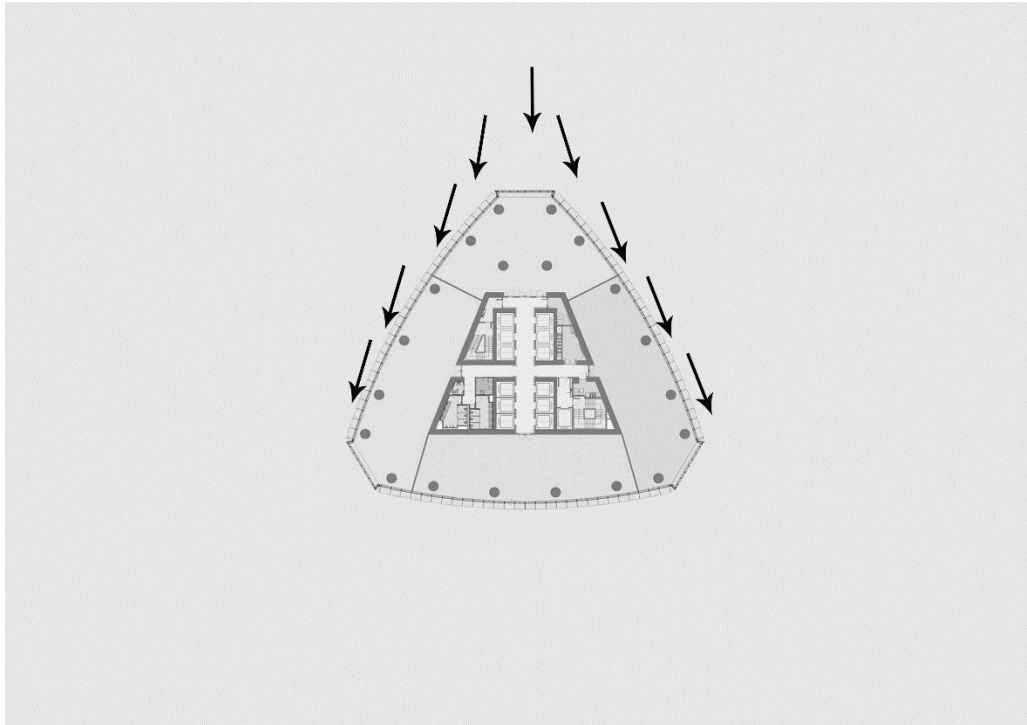
4.1.4. Yapının Dikey Yöndeki Rüzgar Analizi



Şekil 24. Yapıdaki Dikey Yöndeki Rüzgar Hareketi



Şekil 25. Torun Tower Çevre Binalarla İlişkisi ve Hakim Rüzgar Gösterimi



Şekil 26. Torun Tower Binası ve Hakim Rüzgar Gösterimi

4.1.5. Torun Tower da kullanılan Doğal Havalandırma ve Mekanik Havalandırma Sistemleri

4.1.5.1. Doğal Havalandırma Sistemi

Kulenin yükselen tüm katlarında cam doğrama alt birleşimlerinde açılan yarıklar sayesinde doğal havanın katlara kontrollü bir şekilde alınarak aşağıdan yukarıya (ısınan hava aşağıdan yukarıya ilerler) doğal hava sirkülasyonunun yapılması amaçlanmıştır. Buradaki havalandırma sızıntı şeklinde ve devamlı olarak sağlanmaktadır.



Şekil 27. Cam Doğrama Birleşiminde Açılan yarıklar




Şekil 28. Açılabilir Pencereler

Yapının cephesinde açılır pencerelerin olması da doğal hava sirkülasyonun sağlanmasına büyük katkıda bulunmaktadır.

4.1.5.2. Mekanik Havalandırma Sistemi

Torun Tower LEED gold sertifikasını almıştır. Yapının tasarımı da sertifika kriterlerine göre yapılmıştır.

Tablo 2. LEED Sertifikasına Göre Puanlaması

MALZEME VE KAYNAKLAR		6 TOPLAM 13	
MRc1	Bina yeniden - duvarlar, zemin ve çatı mevcut korumak	0/5	
MRc2	İnşaat atık yönetimi	2/2	
MRc3	Malzemeler yeniden	0/1	
MRc4	Geri dönüşümlü içerik	2/2	
MRC5	Bölgesel malzemeler	2/2	
MRc6	Sertifikalı ahşap	0/1	
KAPALI ÇEVRESEL KALITE		12 5	
EQc1	Açık hava teslim izleme	0/1	
EQc2	Artan ventilasyon	1/1	
EQc3	İnşaat IAQ yönetim planı - inşaat sırasında	0/1	
EQc4.1	Yapıştırıcı ve sızdırmazlık - malzemeler Düşük yayan	0/1	
EQc4.2	Boya ve kaplamalar - malzemeler Düşük yayan	0/1	
EQc4.3	Düşük yayan malzemeler - döşeme sistemleri	0/1	
EQc4.4	Düşük yayan malzemeler - kompozit ahşap ve agrifiber ürünleri	0/1	
EQc5	Kapalı ve kimyasal kirlenme kaynak kontrolü	1/1	
EQc6	Sistemlerin Kontrol edilebilirlik - termal konfor	1/1	
EQc7	Isıl konfor - Tasarım	1/1	
EQc8.1	Gün IşığI ve Gösterim - gündüz	1/1	
EQc8.2	Gün IşığI ve Gösterim - Gösterim	0/1	

4.1.5.3. Torun Tower LEED Sertifikasi Havalandırma Standartları

İç mekân hava kalitesinin korunması için tüm klima santrallerinde yüksek verimli filtreler kullanılırken ASHRAE 62.1.2007 standardına göre bina içerisine %30 daha fazla taze hava verilmektedir. Temizlik odası ve otoparklarda negatif basınçlandırma yapılarak kirli havanın temiz havayla karışıp bina havalandırma sistemine girişi engellenmektedir. Kullanım yoğunluğu yüksek olan food court alanlarında ve otoparklarda karbon sensörleri kullanılarak iç mekân hava kalitesi kontrol altında tutulmaktadır.

Kule ve podyum katlarında HRV cihazlarından yararlanılarak havalandırma sistemi tasarlanmıştır. HRV cihazları temiz havayı kendi mekanizmasında işleyerek bulunduğu katın havalandırılmasını üstlenen bir sistemdir. Her 7m²'ye bir kişi kabulü ile kişi başı 36 m³/h taze hava kapasitesi sağlanmaktadır. Otopark ve ortak alanlarda duman tahliyesi ve egzoz havalandırması jet fan sistemi ile yapılmaktadır. Bu gibi yapılan çalışmalarla yapı, LEED sertifikasının iç mekan kalitesi kategorisinin arttırılarak havalandırma alt başlığından 1/1 puan almıştır.

(http://toruntower.com/Teknik_Ozellikler.html,1.12.2015)



Şekil 29. Havalandırma Sistemi

Kule katlarında ısıtma ve soğutma, hava soğutmalı 3 borulu VRV sistemi ile yapılmıştır. Dış üniteler 2.kat, 21.kat ve çatı kattaki tesisat odalarına koyulmuş olup borular çekirdekte bırakılan şafttan katlara ulaştırılmıştır. Podyum katlarda ısıtma ve soğutma, aynı şekilde hava soğutmalı 3 borulu VRV sistemi ile yapılmıştır. Dış üniteler zemin kat teraslarına yerleştirilip, borular uygun yerlerden indirilerek ofislere ulaştırılmıştır. Fakat bu yapılanlar, sertifikanın enerji ve atmosfer kategorisinin geliştirilmiş soğutma yönetimi kriterinden puan almak için yeterli gelmemiştir.



Şekil 30. Isıtma Ve Soğutma Sisteminin Mekana Dağılışı

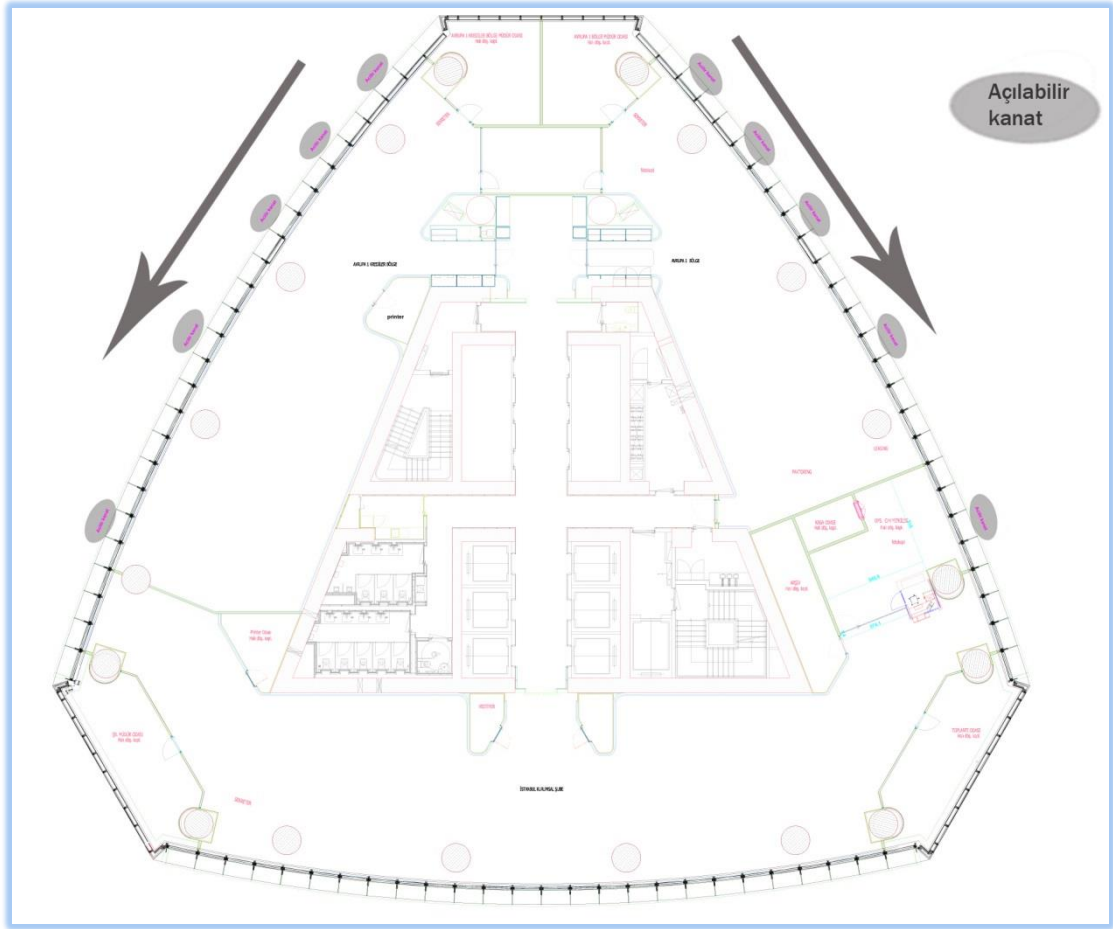


Şekil 31. Isıtma Ve Soğutma Sisteminin Mekana Dağılışı

4.1.6. Ara Değerlendirme 1

Yapılan analizlerde hakim rüzgarın yapı formundaki olumlu ve olumsuz hareketleri incelenmiştir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında ise Torun Tower binası hakim rüzgar yönü dikkate alınarak üçgen forma göre tasarlanmıştır. Yapının formundan dolayı, rüzgarın olumlu etkisi yapı da kısmen de olsa doğal havalandırmaya olanak sağlamıştır.



Şekil 32. Torun Tower Pencere Konumu Gösterimi

Şekil 32 de gösterildiği hakim rüzgarın paralel olarak geldiği cephelerde açılabilir pencereler konumlandırılabilmiştir. Yapı açık ofis olarak tasarlandığı için rüzgardan maksimum şekilde faydalanılmıştır. Fakat bu ofis binası için doğal havalandırma yetersiz geldiği için LEED sertifikası koşullarına bağlı kalınarak az enerji tüketimi yapan, ısı geri dönüşümlü mekanik sisteme de yer verilmiştir.

4.2. Trump Tower Binası Ve Proje Özellikleri

İstanbul Mecidiyeköy de bulunan Trump Tower 23.370 m² arsa üzerinde 260.000 m² toplam inşaat alanına sahiptir. 39 katlı konut, 37 katlı ofis kulesinden oluşmaktadır. Bodrum katın büyük bölümünde otopark ve alışveriş merkezini içeren karma kullanımlı bir projedir.

Yaklaşık 70x340 m ebatlarındaki arsa kuzey-güney doğrultusunda E5'e dik bir biçimde konumlanmıştır. Bina ana caddeden 30 m geri çekilerek, büyük bir podyum üzerinde yükselen iki kuleden oluşmaktadır. Arsadaki 30 m kot farkı sebebiyle alışveriş merkezi zemin kat seviyesi ve altında oluşturulmuştur. Belli bölgelerde dışardan ışık alma imkanı bu şekilde sağlanabilmektedir. Kuleler, podyumdan yükselen kolonlar üzerinde cephe geri çekilerek, asimetric biçimde, mümkün mertebe birbirinin önünü kapatmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Ön kule konut, arka kule ofis kulesidir.

Yapının mimari projesi Brigitte Weber tarafından çizilmiştir. Danışman, Servotel Corporation işveren ise Ortadoğu Otomotiv ve Ticaret AŞ.

Proje tarihi, 2006 – 2011 yapımı ise 2007 – 2011 tarihin tamamlanmıştır.

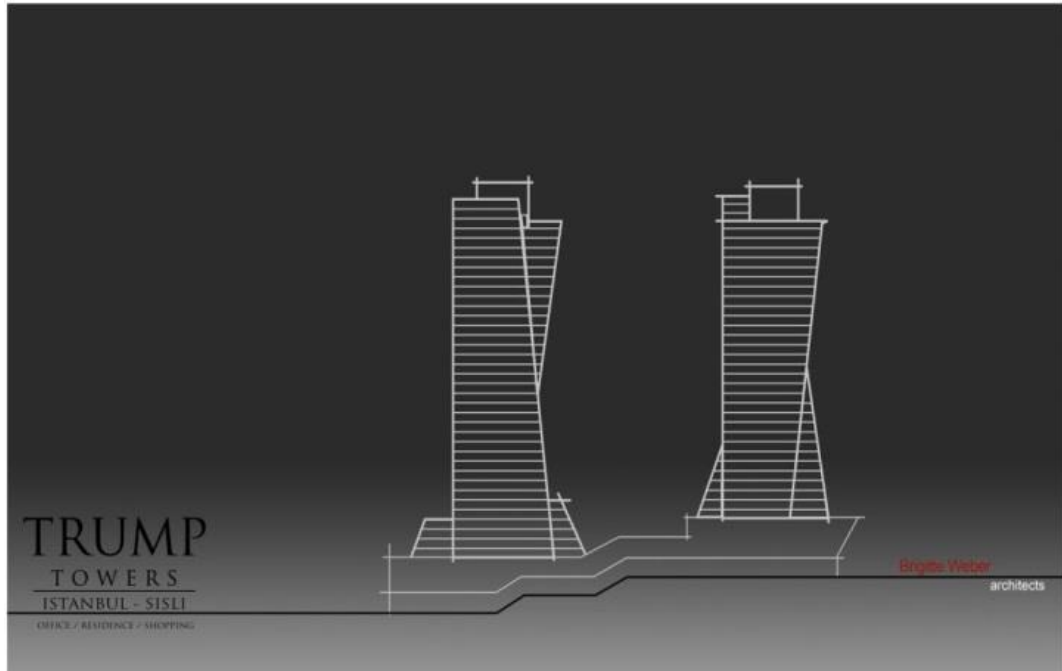
Trump Towers'ın inşa edildiği arsanın merkezi konumu göz önüne alınarak alışveriş merkezi girişi ile birlikte bir meydan da tasarlanmıştır. Brüt 76.000 m²'lik alışveriş merkezi 5 kattan oluşuyor ve podyumla bağlantılıdır.

Podyum üzerindeki yaklaşık 6.000 m²'lik yeşil teras, restoranlar ve kiosklar konut ve ofis kullanıcılarıyla birlikte herkesin kullanımına açık olarak tasarlanmıştır.(<http://www.arkiv.com.tr/proje/trump-towers/463,15.01.2015>)



Şekil 33. Trump Tower Kuleleri

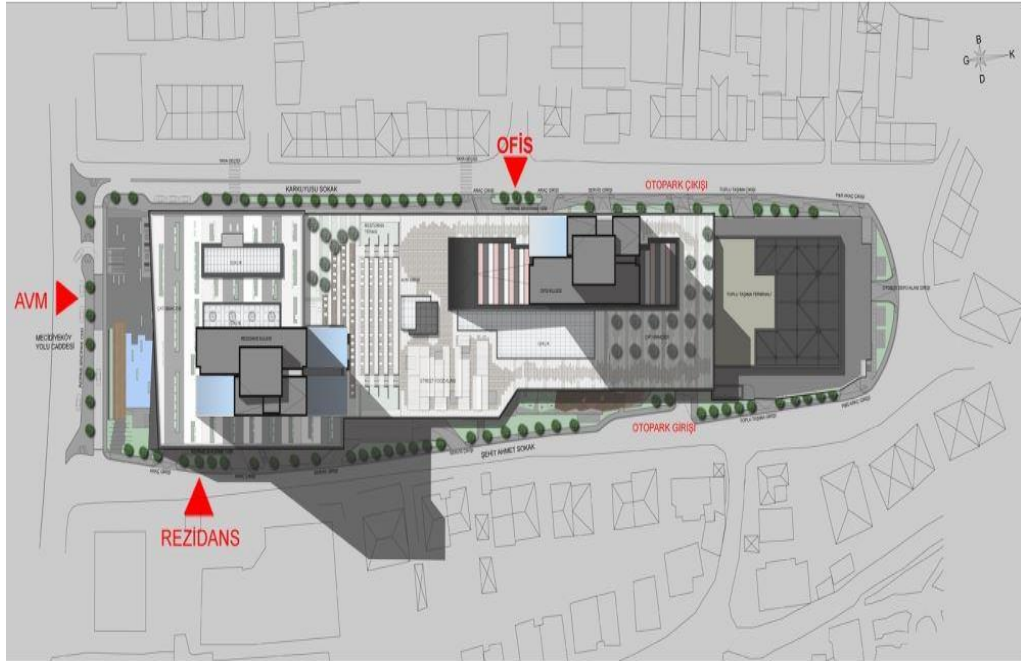
(<http://www.mimartuba.com/trump-towers/>,15.01.2015)



Şekil 34. Kule Formları

(<http://www.mimartuba.com/trump-towers/>,15.01.2015)

4.2.1. Trump Tower Binası Ve Çevre Analizi



Şekil 35. Vaziyet Planı ve Kule Girişleri

(<http://v2.arkiv.com.tr/p10898-trump-towers.html>,15.01.2015)

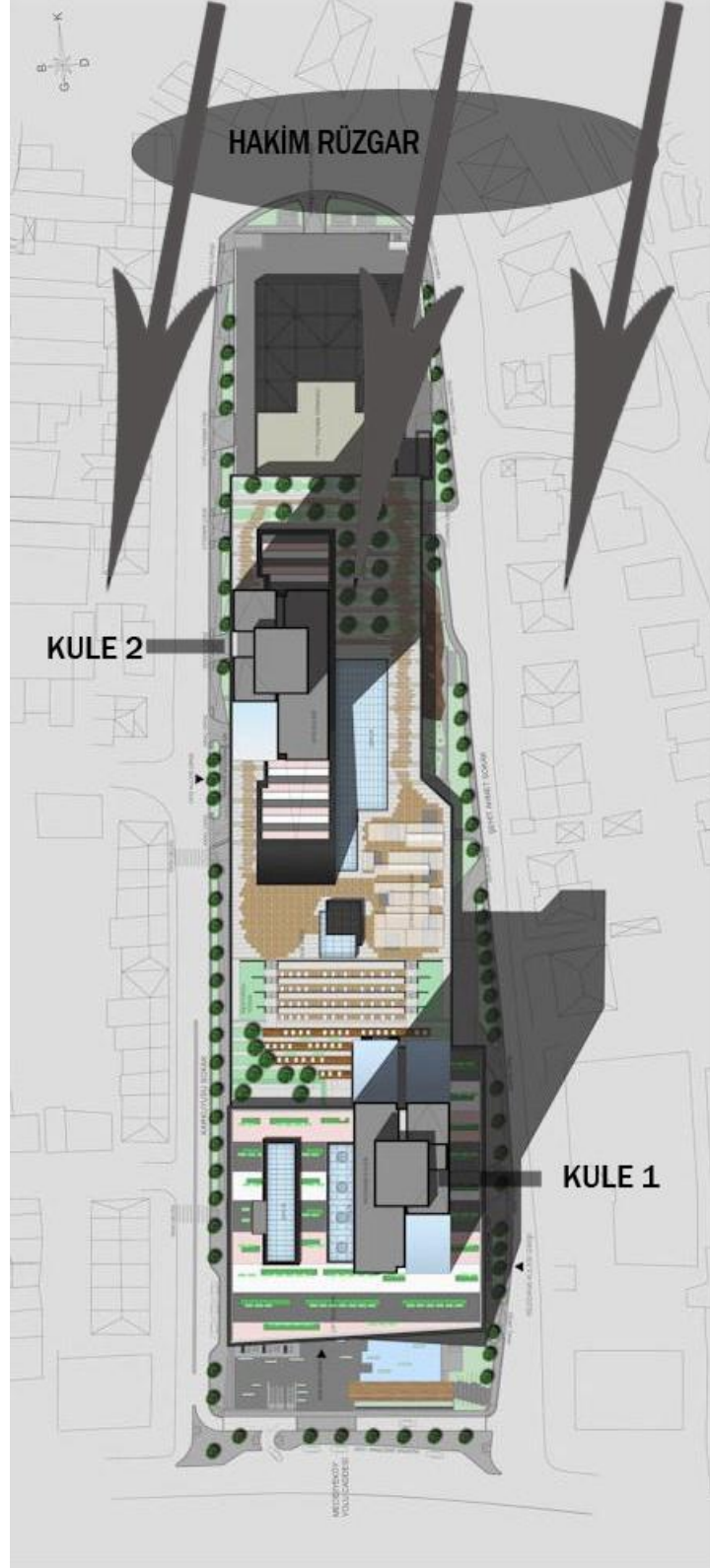
Vaziyet planında da gözüktüğü gibi birbirlerinin önünü kapatmayacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 36. Rezidans Kat Planları

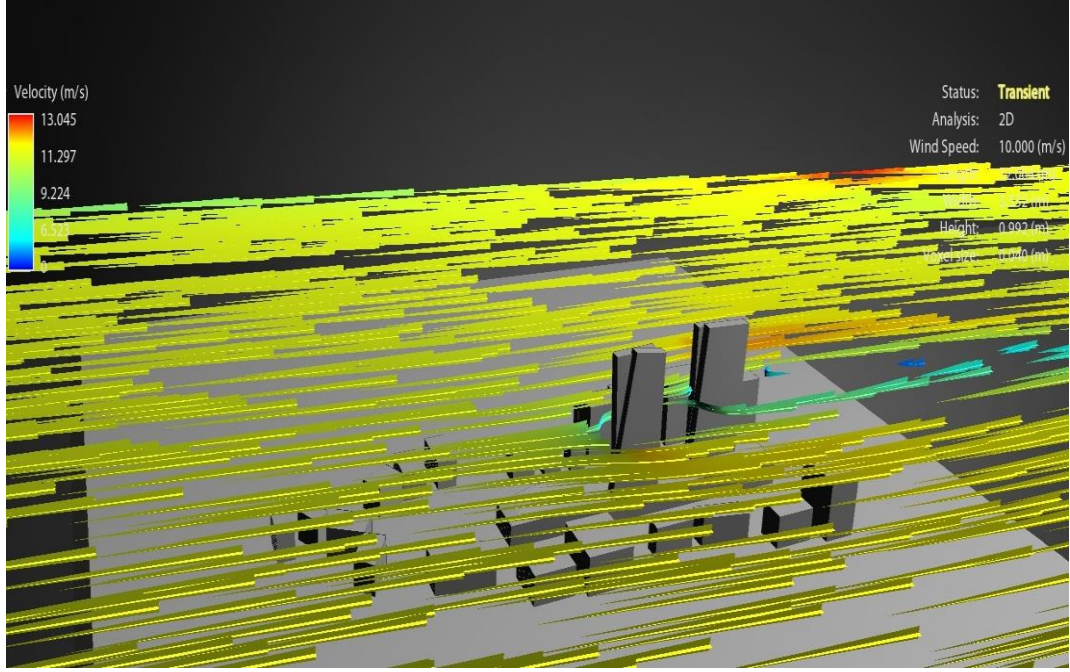
(<http://v2.arkiv.com.tr/p10898-trump-towers.html>,15.01.2015)

4.2.2. Trump Tower Rüzgar Analizi

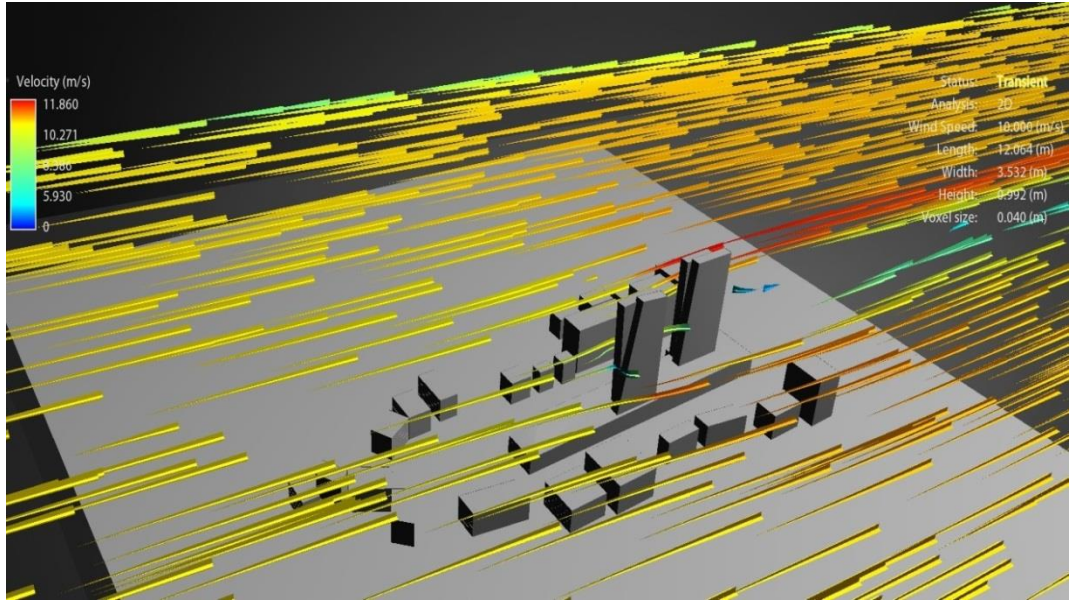


Şekil 37. Trump Towers ve Hakim Rüzgar Yönü Gösterimi

4.2.3. Yüksek Katlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi



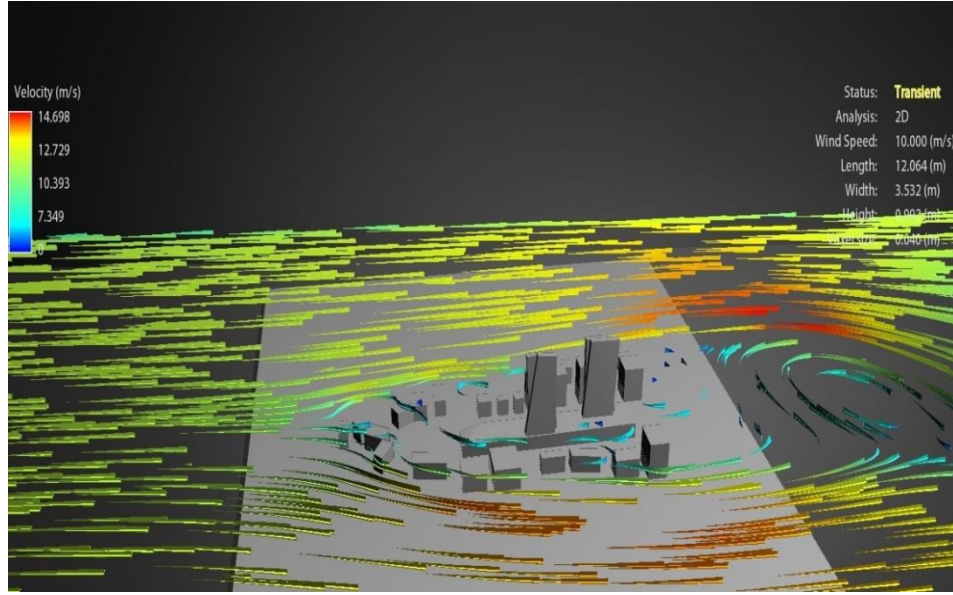
Şekil 38. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi



Şekil 39. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi

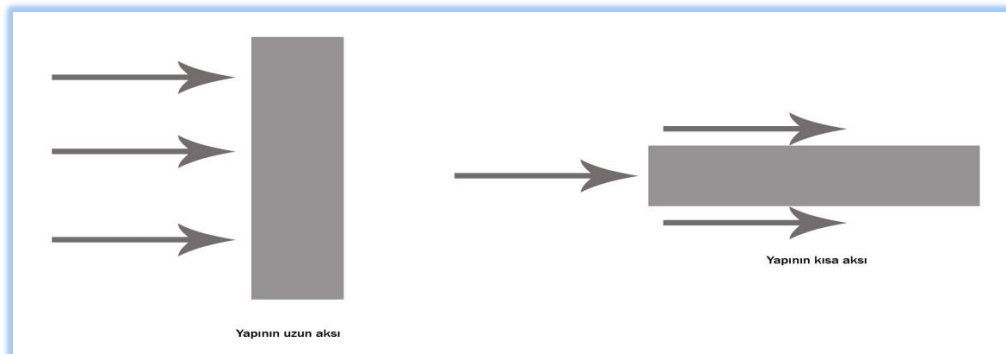
Şekil 38 ve şekil 39 de yüksek katlarda yatay yöndeki rüzgar hareketi analizi yapılmıştır. Analizde görüldüğü gibi kütleler birbirinin önüne konumlandırılmadığı için iki yapı birbirinin rüzgarını kesmemektedir ve iki kütlede hakim rüzgardan aynı şekil de faydalanmaktadır.

4.2.4. Yapıların Zemin Kat İle Podyum Kat Arasındaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi



Şekil 40. Yapının Alt Kotlarındaki Rüzgar Hareketi

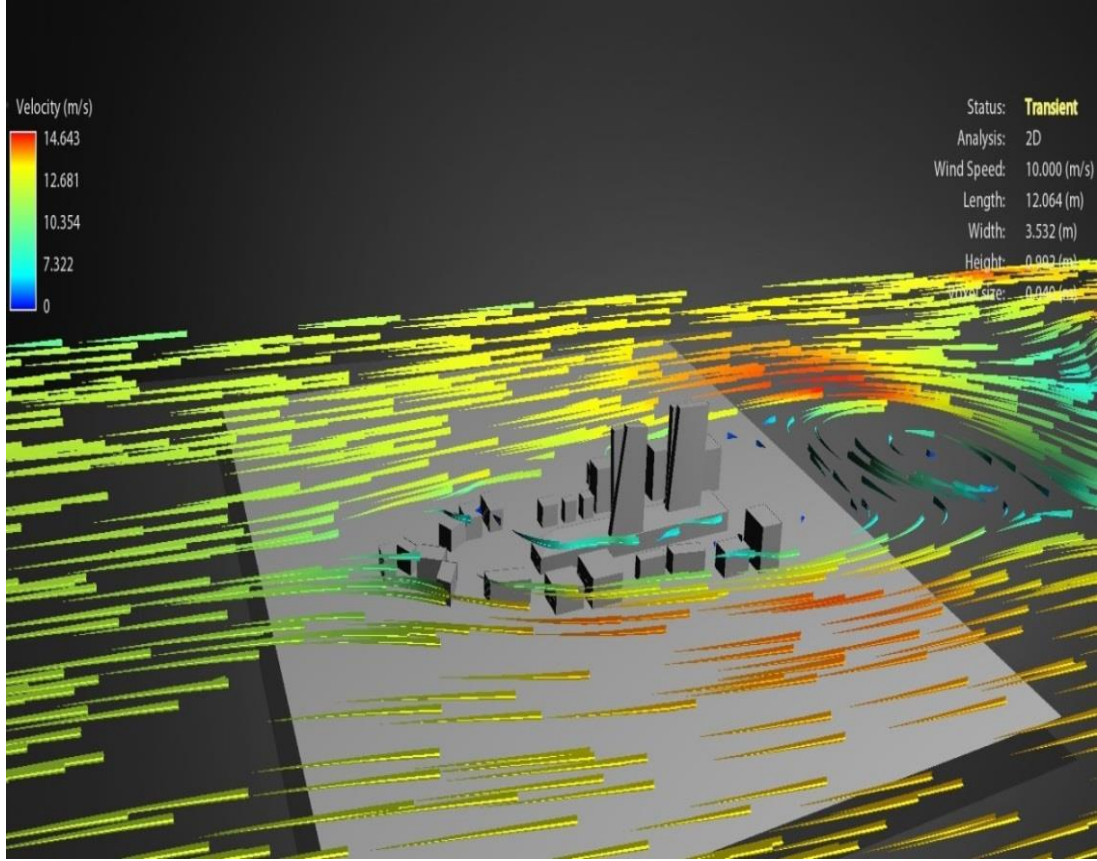
Binanın kısa aksı hakim rüzgara verildiğinde en yüksek havalandırma sağlanır (Oflluoğlu, 2015).



Şekil 41. Yapı Konumlandırılması ve Hakim Rüzgar

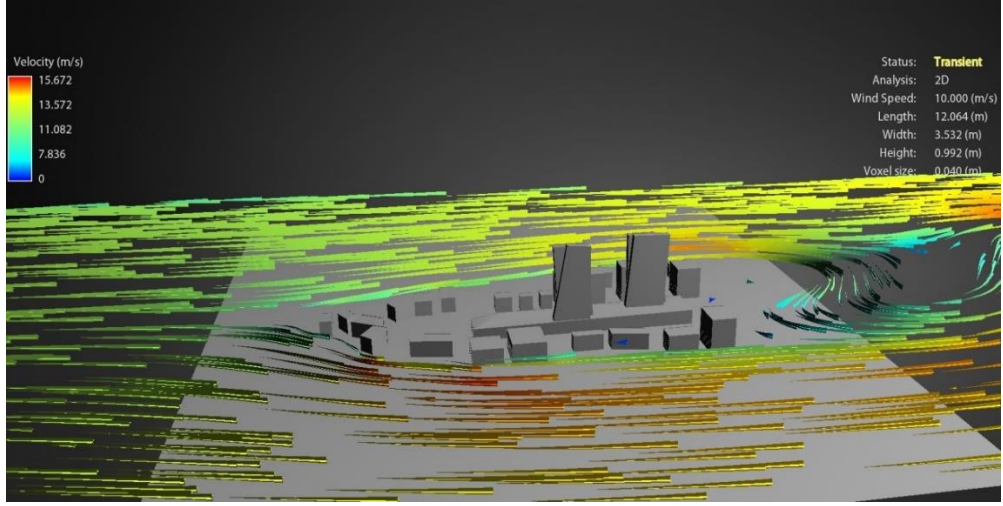
Bu yapılarda da yapıların kısa aksı hakim rüzgara göre konumlandırılmış olup hakim rüzgardan maksimum şekilde faydalanılmıştır.

Yapı podyum kat üzerine oturulduğu için aşağıya doğru olan hava akımlarının bir kısmını zemin alanına ulaşmadan önce uzaklaştırılmıştır. Fakat yine de yaya boyutunda burgu hareketi oluşmaktadır. Bu da yay boyutundaki kısmı rahatsız edebilmektedir.



şekil 42. Yapının Alt Kotlarındaki Rüzgar Hareketi

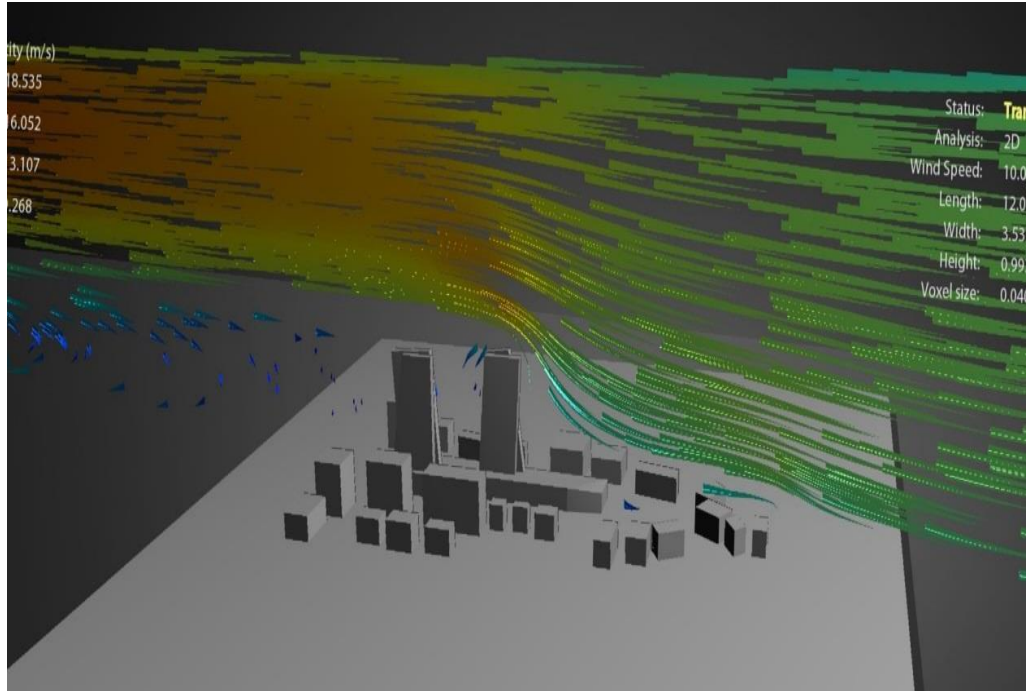
şekiller de görüldüğü üzere podyum katta çevre binaların etkisiyle ters rüzgar etkisi yapmıştır. Bu da kuleler ve çevre binalar arasında yaya boyutunda az da olumsuz rüzgar etkisi oluşmuştur.



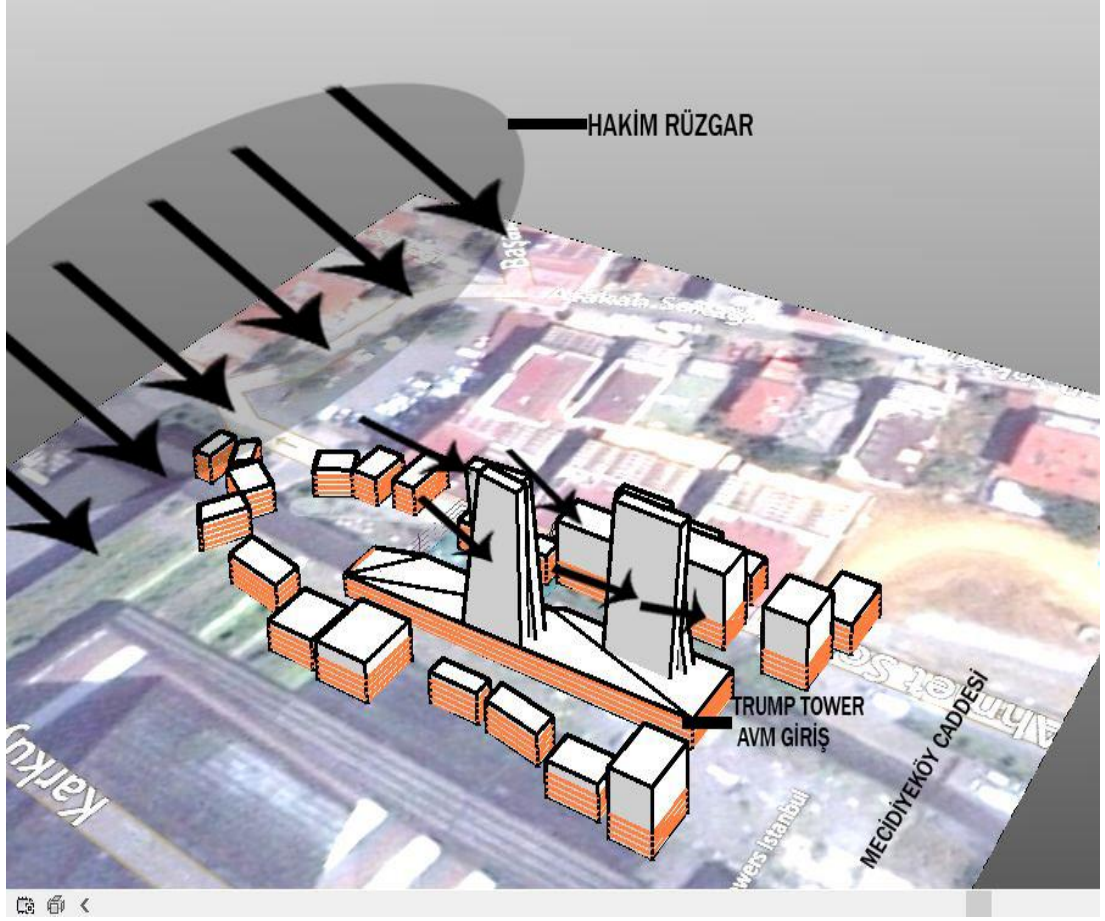
Şekil 43. Yapıların Giriş Katındaki Rüzgar Hareketi

Zemin katta çevre binaların yoğunluğundan dolayı kulelerin zemin katındaki hakim rüzgar etkisini kesmektedir.

4.2.5. Yapının Dikey Yöndeki Rüzgar Analizi



Şekil 44. Yapılardaki Dikey Yöndeki Rüzgar Hareketi



Şekil 45. Trumb Tower Kütle Modeli , Hakim Rüzgarın Yönü Ve Kuleler Üzerindeki Etkisi

Modelde gösterildiği üzere iki kulede de hakim rüzgar yapıların geniş cephelerini yalayarak geçmektedir. Bu da yapının büyük bir bölümün hakim rüzgardan faydalandığını göstermektedir.

4.2.6. Trumb Tower da Kullanılan Doğal Havalandırma ve Mekanik Havalandırma Sistemleri

4.2.6.1 Doğal Havalandırma Sistemi



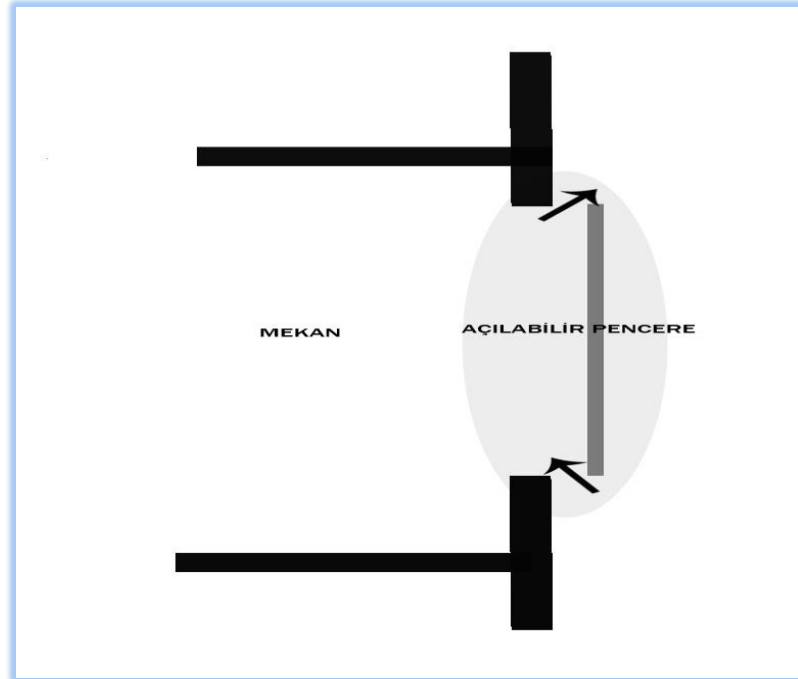
Şekil 46. Trump Towers Açılabilir Pencere

Kuleler de doğal havalandırmaya katkı sağlaması açısından yapının geniş cephelerinde açılabilir pencereler konumlandırılmıştır.

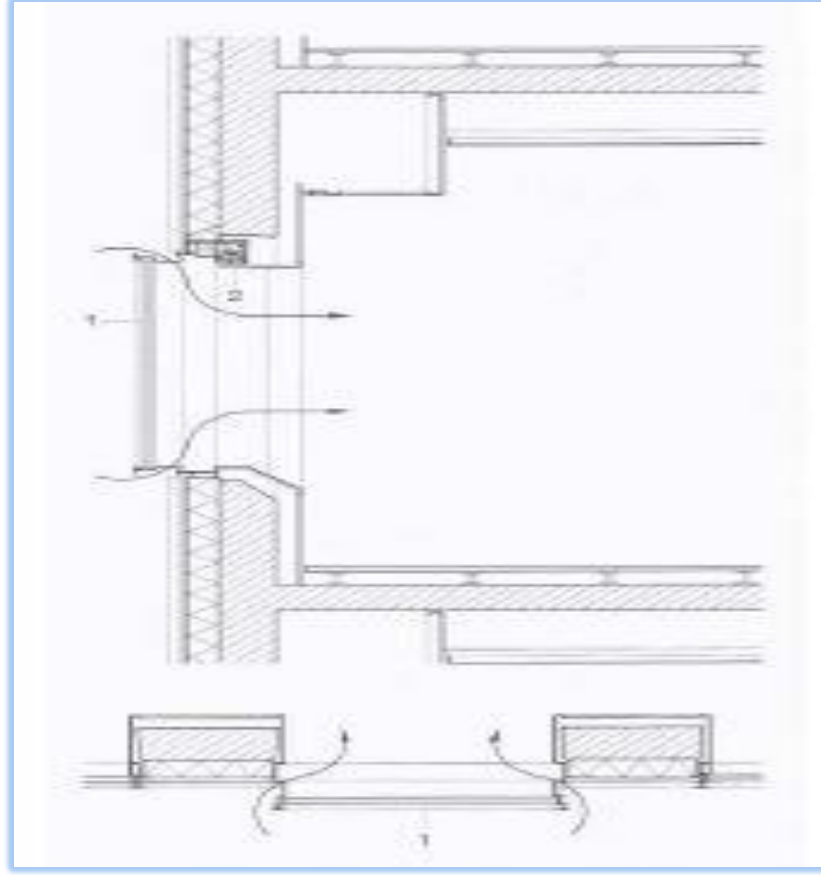


Şekil 47. Trump Towers Açılabilir Pencere Detayları

Analizler de olduğu gibi hakim rüzgar geniş cepheleri yaladığı için en üst kotlarda dahi açılabilir pencereler rahatlıkla kullanılabilmiştir.



Şekil 48. Trump Towers Açılabilir Pencere ve Hava Akış Detayı



Şekil 49. Trumb Tower Açılabilir Pencere Sistem Detayı (Gür, 2014)

Trumb Tower paralel açılımlı havalandırma pencereleri bulunan tek kabuklu cephe olarak tasarlanmıştır.

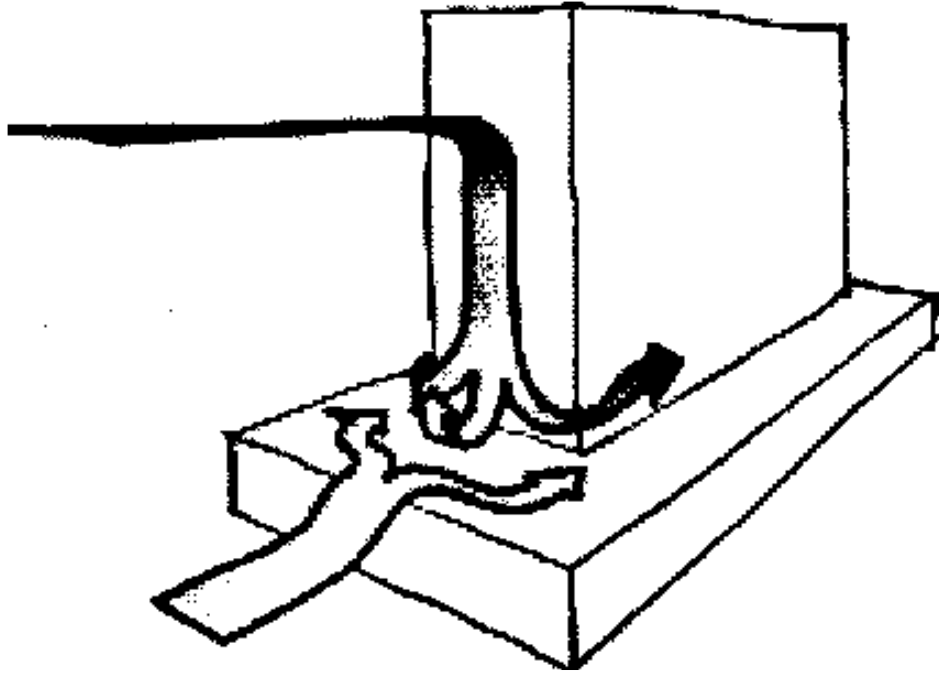
4.2.6.2. Mekanik Havalandırma Sistemi

Rezidans kulesinde her daireye, ofis kulesinde ise her ofis katına ısı geri kazanımlı taze hava santralleri ile taze hava sağlanmaktadır. Yine her iki kulede hava kalitesini dengelemek için sabit ve değişken debili VAV – CAV cihazları kullanılmıştır. AVM ortak alanları karışım havalı klima santralleri ile iklimlendirilmekte, mağaza alanlarına ise yine rezidans ve ofis kulelerinde olduğu gibi ısı geri kazanımlı klima santralleri ile taze hava sağlanmaktadır. Otopark alanlarında havalandırma CO dedektörlerine bağlı olarak çalışan jet-fanlarla yapılmaktadır (<http://www.trumpistanbul.com.tr/oteknik.aspx>,15.01.2015).

4.2.7. Ara Değerlendirme 2

Trumb Towers birbirine zıt iki kütlede oluşmaktadır. Tasarımında, yapıların konumlandırılmasında rüzgar hareketi göz önüne alınarak yapılmıştır. Bu sayede kullanıcı konforu için açılabilir pencerelere olanak sağlanmıştır. Fakat sadece açılabilir pencere havalandırma için yetersiz olduğu için mekanik sisteme de yer verilmiştir. Kullanılan mekanik sistem ise enerji tasarruflu ve taze hava girişi sağlayabilen yapı için uygun bir sistemdir.

Yüksek yapılar da daha fazla rüzgâr basınç farklılığı oluşmaktadır. Bu olaya da, “Etek girdabı etkisi” (downwash) denilmektedir. Dikdörtgen geometriye sahip bina bu etkiden dolayı rüzgâr alan binanın zemininde artan rüzgâr hızı bölgesine sahip olacaktır. Binalar üzerinde yukarıdan aşağıya doğru sokak seviyesinde rüzgâr akımına neden olmaktadır (Yaşa, 2004). Trumb Tower binasına da bakıldığında alt katında podyum katta sahip olmasından dolayı aşağı doğru gelen rüzgarın etkisi azalmaktadır. Bu neden dolayı yapının pozitif basınç bölgesinde yaya seviyesinde oluşacak konforsuzluğu da aza indirmektedir.



Şekil 50. Podyum alanı ,yukarıdan aşağıya doğru olan hava akımı (Yaşa, 2004)

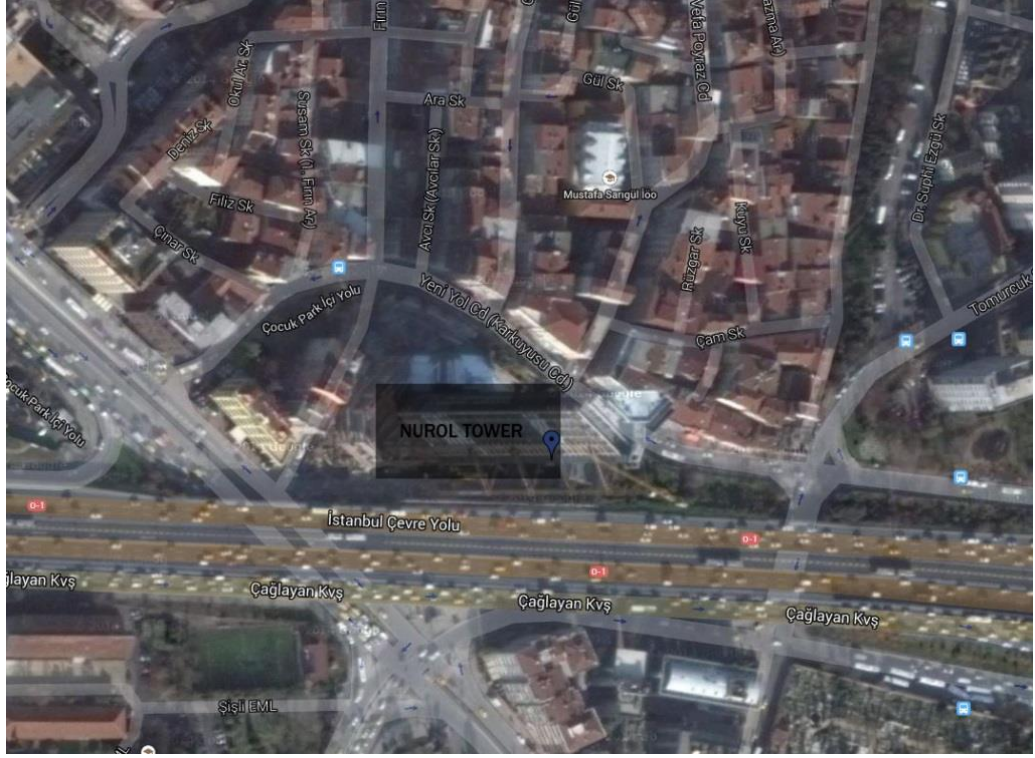
4.3. Nurol Tower Binası Ve Proje Özellikleri

İstanbul şişli bölgesinde yer alan Nurol Tower inşaat Alanı 68.612 metrekareye sahip olup, yüksekliği 142 metredir. Yapı 30 katlı ve birimlerin kat yüksekliği 4m dir. Yapının mimari projesi piramit mimarlık tarafından çizilmiştir. İşveren Nurol Gyo dur. Kullanım amacı ise rezidans, iş merkezi ve avm şeklindedir. Nurol Tower binası LEED gold sertifikasının tüm kriterlerine uyarak tasarlanmıştır. (http://www.nurolgyo.com.tr/tr/images/pdf/nurol_tower_projesi_30aralik2014.pdf, 15.12.2015)

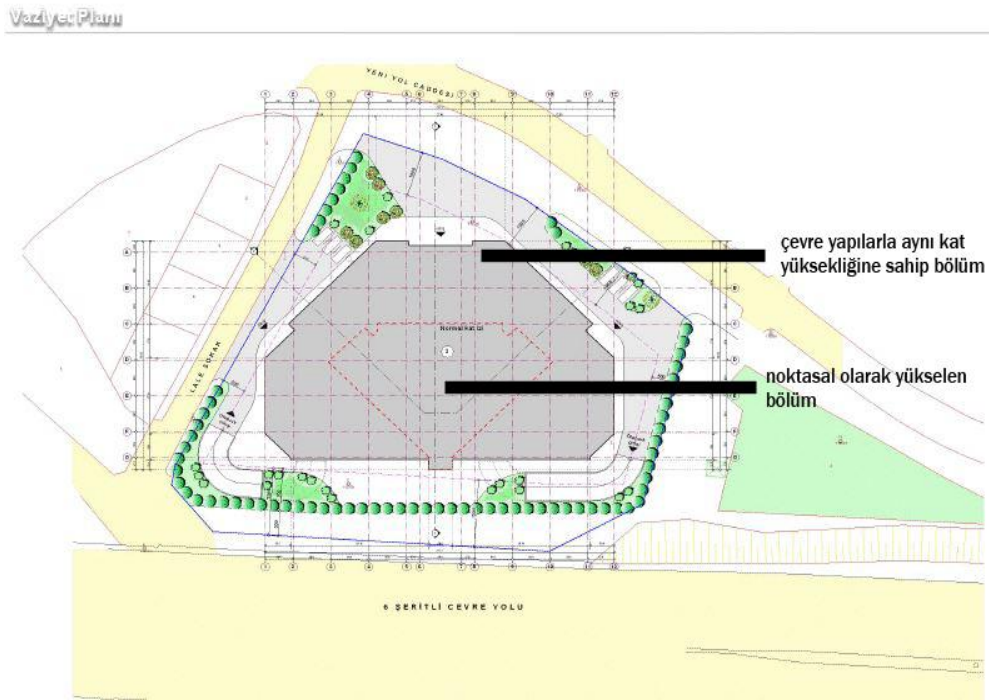


Şekil 51. Nurol Tower Binası

(<http://www.nuroltower.com.tr/tr/galeri/default/GALERI/5/0/0>,15.12.2015)



Şekil 52. Nurol Tower Konumu



Şekil 53. Nurol Tower Vaziyet Planı

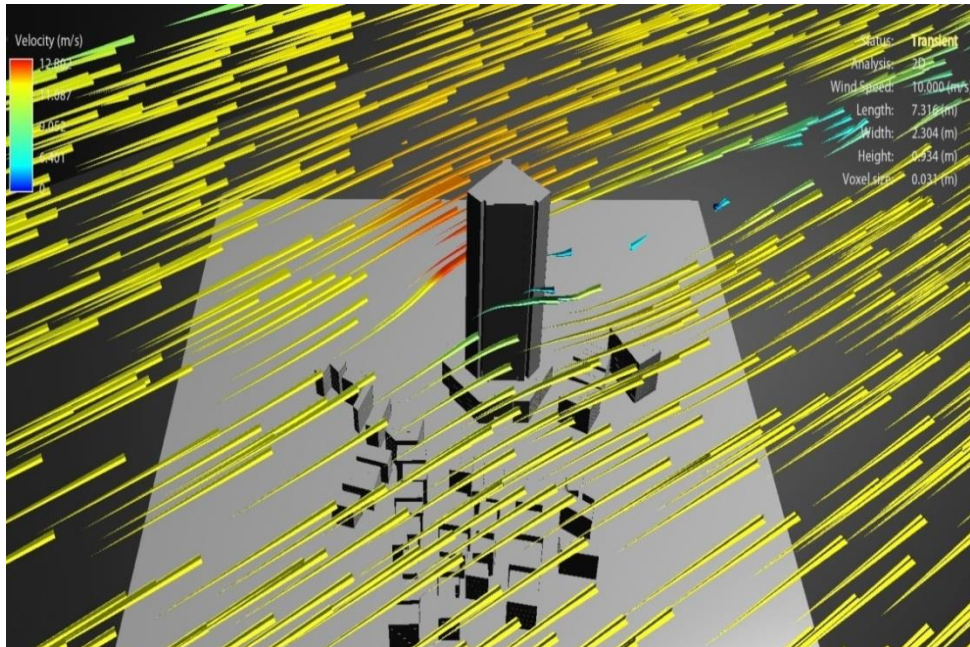
4.3.1. Nurol Tower Rüzgar Analizi



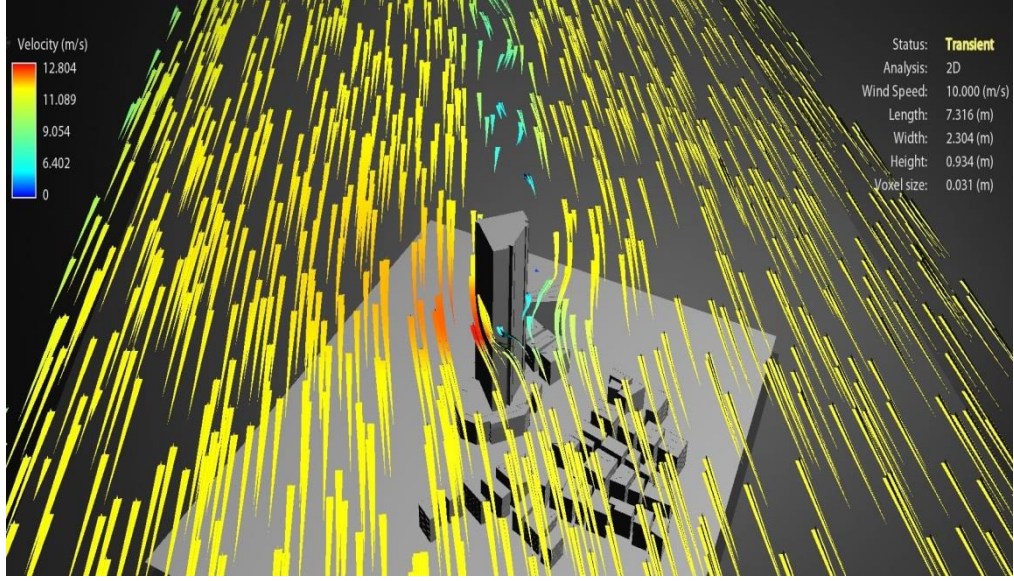
Şekil 54. Nurol Tower Konumu Ve Hakim Rüzgar Yönü

(<http://www.nuroltower.com.tr/tr/>, 23.01.2016)

4.3.2. Yüksek Katlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi



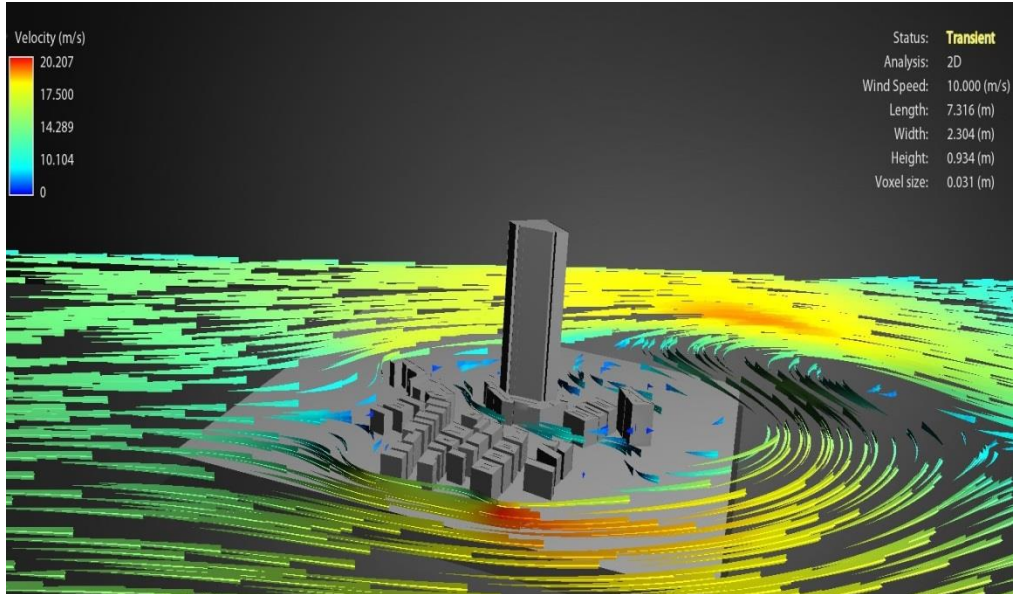
Şekil 55. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi



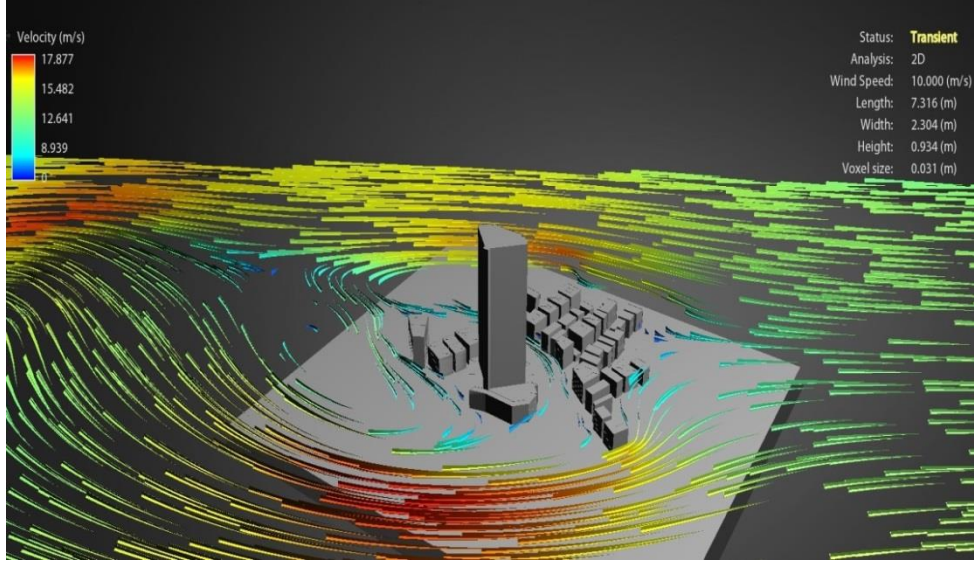
Şekil 56. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi

Nurol Tower üçgen formda tasarlanmıştır. Şekildeki analizlerde yapıda oluşan rüzgar hareketleri gösterilmektedir. Formundan dolayı yapıya gelen rüzgar cepheleri yalayarak geçmektedir. Yapı bu neden dolayı şiddetli rüzgara maruz kalmamaktadır.

4.3.3. Yapının Zemin Kat İle Podyum Kat Arasındaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi



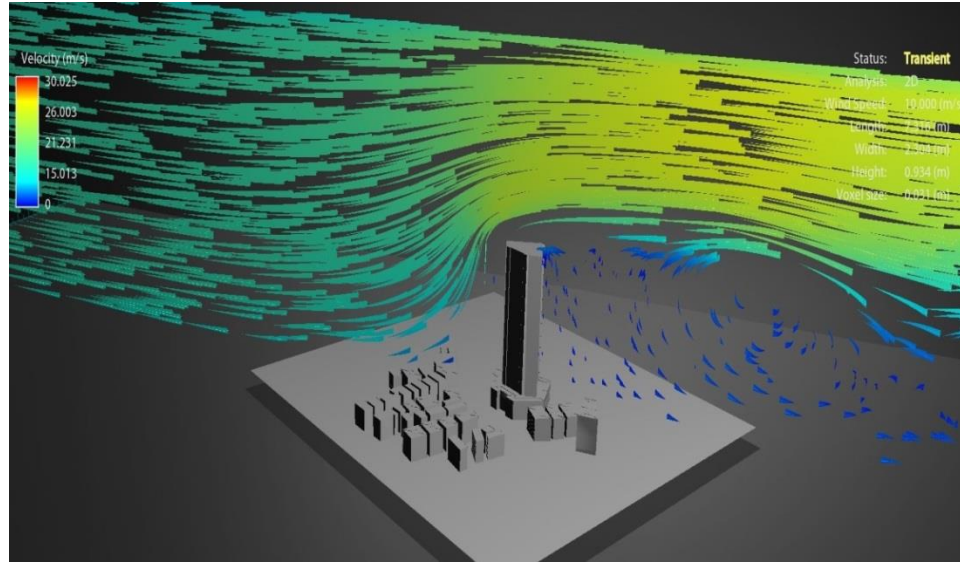
Şekil 57. Yapının Alt Kotlarındaki Rüzgar Hareketi



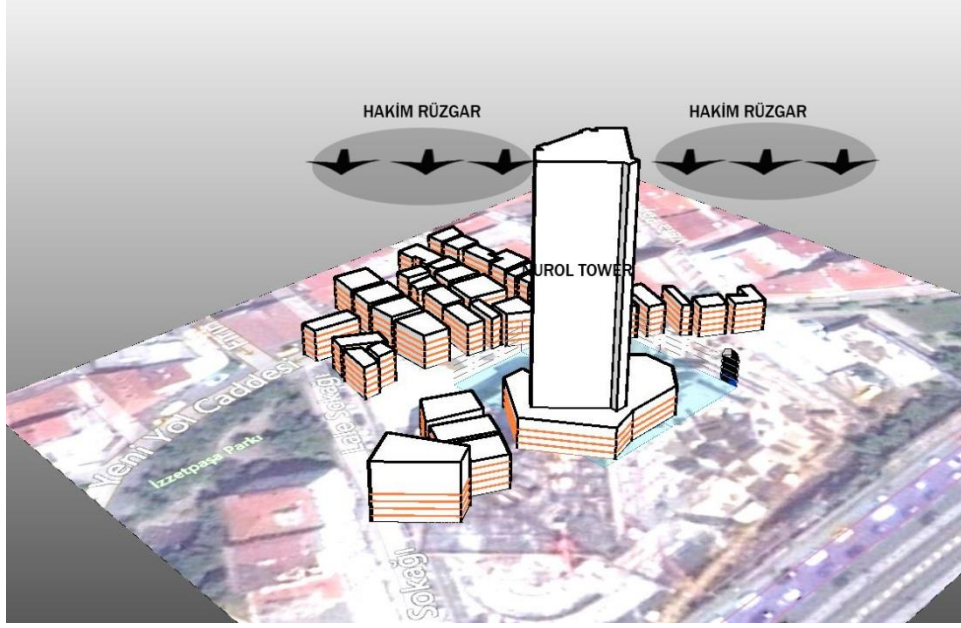
Şekil 58. Yapının Alt Kotlarındaki Rüzgar Hareketi

Şekiller de yapının giriş katındaki rüzgar hareketi ve çevre yapılarla ilişkisi gösterilmektedir. Analize göre çevredeki yapılar gelen hakim rüzgarı kırmaktadır. Bu nedenle de yapının çevresinde negatif basınç oluşmaktadır.

4.3.4. Yapının Dikey Yöndeki Rüzgar Analizi



Şekil 59. Yapıdaki Dikey Yöndeki Rüzgar Hareketi



Şekil 60. Nurol Tower Kütle Modeli Ve Hakim Rüzgar

4.3.5. Torun Tower da kullanılan Doğal Havalandırma Ve Mekanik Havalandırma Sistemleri

4.3.5.1. Doğal Havalandırma Sistemi

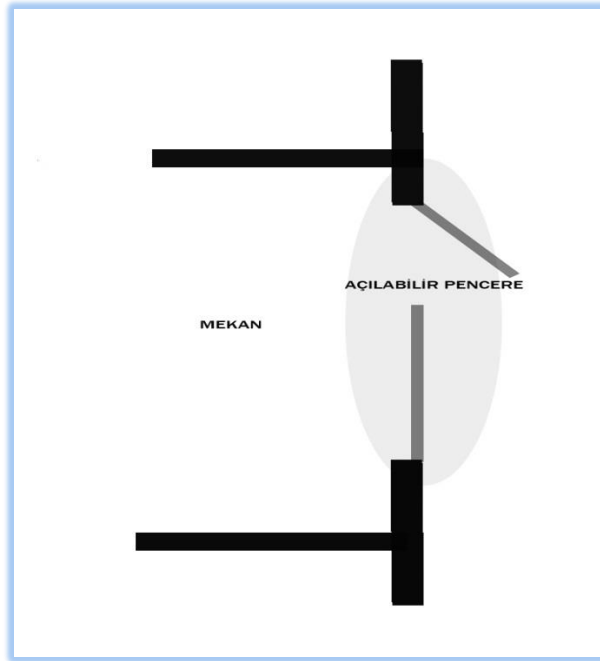


Şekil 61. Nurol Tower Binası Açılabilir Pencereleer

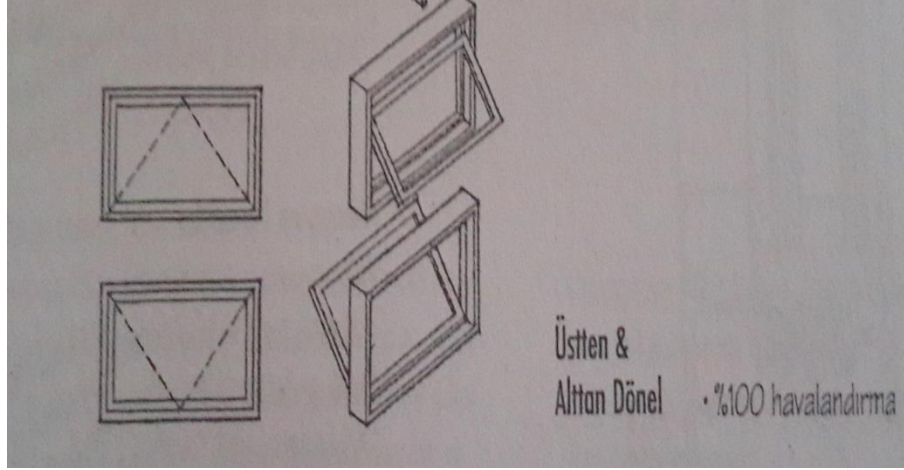


Şekil 62. Yüksek Katlardaki Açılabilir Pencere

“Nurol Tower binasında doğal havalandırma için her katta açılabilir pencereler bulunmaktadır.



Şekil 63. Nurol Tower da Kullanılan Pencere Detayı



Şekil 64. Nuro Tower da Kullanılan Pencere Detayı(Ching)

Üst başlıktan asma pencereler, çerçevelerinin üstüne yerleştirilen menteşeler yardımıyla dışarı açılan hareketli kanatlara sahiptir. Kanat açıldığında havalandırma yönlendirilmektedir. (Ching)

4.3.5.2. Mekanik Havalandırma Sistemi

Nuro Tower binası LEED gold sertifikası kriterlerindeki havalandırma standartları göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Kullanıcıların yoğun olduğu mahallerde CO2 sensörleri kullanılarak taze hava kalitesi izlenecektir.

ASHRAE 55 standardına uygun olarak yapılan termal konfor tasarımı ile kullanıcıların yaz ve kış dönemlerinde ihtiyaç duydukları sıcaklık konfor değerleri sağlanacaktır.

Proje kapsamında soğutma sistemlerinde ozon tabakasına zarar vermeyen, çevre dostu soğutucu akışkanlar tercih edilmiştir. Temiz hava merkezi santraller veya kat santralleri ile ortama filtre edilmiş, şartlandırılmış olarak verilecektir. Santraller ısı geri kazanımlı olacaktır. Otopark katlarında duman tahliye sistemi olacaktır. Havalandırma cihazlarına yangın damperleri koyularak otomasyon sistemine entegre edilecektir. (<http://www.nuroltower.com.tr/tr/ayricaliklarimiz/default/AYRICALIKLARIMIZ/2/0/0>, 15.12.2015)

4.3.6. Ara Değerlendirme 3

Nurol Tower üçgen form da tasarlanmıştır. Formu itibariyle hakim rüzgardan maksimum yüzeyde faydalanabilmektedir. Yapının formu nedeniyle gelen rüzgarın bina çevresinde dönmesini sağlamak ve yapı üzerindeki baskı azalmaktadır. Binanın çevresinde hava akımları oluşması nedeniyle cephede basınç farkları oluşmakta ve binanın doğal havalandırılması sağlanmaktadır. Yüksek yapı olmasına rağmen en üst katlarda bile açılabilir pencereler olması büyük avantaj sağlamaktadır.

Yapıda üniteler güney-doğu ve güney-batı yönüne bakacak şekilde tasarlanıp, güneşten de maksimum derecede faydalanması sağlanmıştır.

LEED gold sertifikası standartlarına göre tasarlandığından mekanik havalandırmada da enerji kazanımlı sistemler kullanılmıştır. Kullanıcı konforu ön planda tutulmuştur. Nurol Tower binası etrafın da düşeyde yoğunlaşmış yerleşim dokusu bulunmaktadır. Bundan dolayı da bu çevrede etek ve köşe girdapları oluşabilmektedir. Fakat bu girdaplar yapının çevre binalar seviyesindeki üçgen formu podyum katı sayesinde minimuma indirilmesi sağlanmıştır. Çevre yapıları ve yaya seviyesini rüzgarın olumsuz etkisinden korunmuş olmaktadır.

4.4. Palladium Tower Binası ve Proje Özellikleri

İstanbul Anadolu yakası Ataşehir de bulunan Palladium Tower toplam inşaat alanı 100.00 m2 alana konumlanmıştır. Kule yapımı 2011 de başlatılıp, 2014te teslim edilmiş olan bir iş merkezi projesidir. Arsa sahibi Gürşen Gayrimenkul A.Ş olup Geliştirici, Tahincioğlu Gayrimenkul İnşaat ve Turizm A.Ş ve Ana Yüklenici: Nida İnşaat Turizm A.Ş dir.

Mimari proje ise Swanke Hayden Connel Mimarlık tarafından tasarlanmıştır. Kule toplam 43 katlı olup, brüt kat yüksekliği ise 3.90 m dir. Palladium Tower LEED gold sertifikası almaya hak kazanmıştır.(http://www.palladiumtower.com/wp-content/uploads/2015/07/palladium_tower_sunum_tr.pdf, 15.01.2015)



Şekil 65. Palladium Tower Binası



Şekil 66. Palladium Tower Binası ve Çevre Binalar

(<http://www.altensis.com/proje/palladium-tower/>, 15.01.2015)

Cephe iç mekanlarda maksimum gün ışığından faydalanılacak şekilde tasarlanmıştır. Cephede kullanılan boyalı cam paneller üst katlarda kesintisiz panoramik manzara elde edilebilmesi için yatay olarak konumlandırılmıştır.

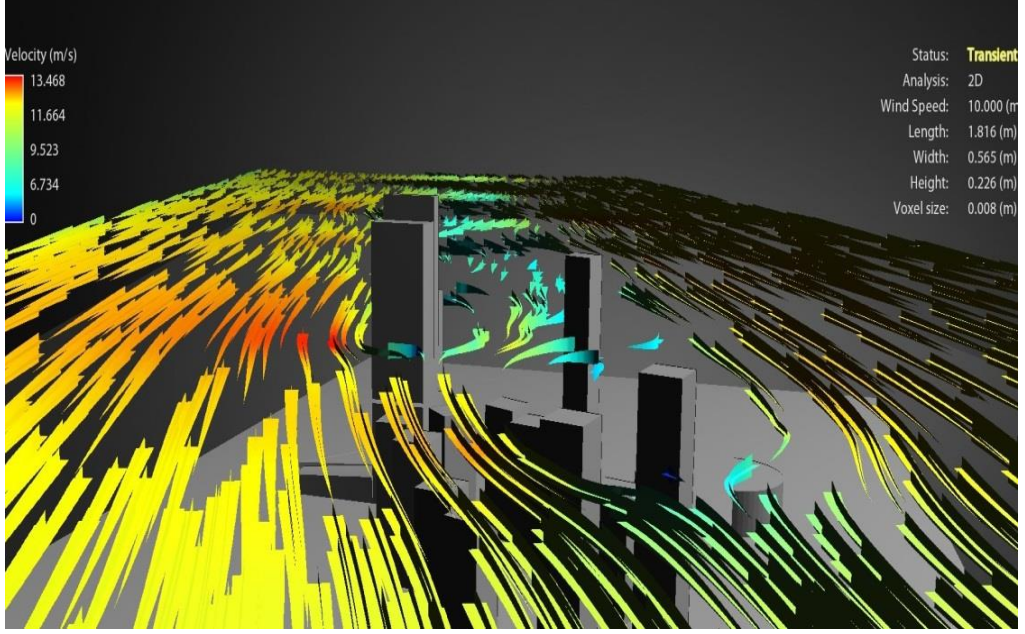
Zeminden başlayarak gökyüzüne yükselen yeşil kat bahçeleri plan şemaları ile uyumlu çalışan zarif bir kütle oluşturmaktadır. Seçilen cephe rengi binaya farklı bir etki katarken cephede kat bahçeleri boyunca yer alan lineer aydınlatma binanın formunu gece de vurgulamaktadır.(<https://www.projepedia.com/sirket/tahincioglu-gayrimenkul/projeler/palladium-tower,1116.html>, 15.01.2015)

4.4.1. Torun Tower Rüzgar Analizi



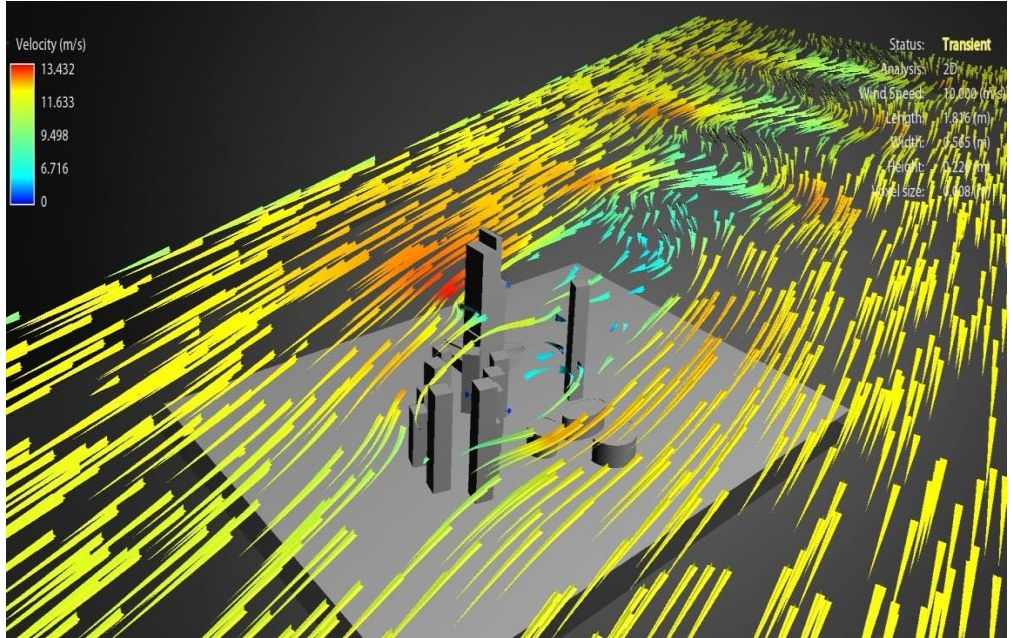
Şekil 67. Palladium Tower Binası Ve Hakim Rüzgar

4.4.2. Yüksek Katlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi

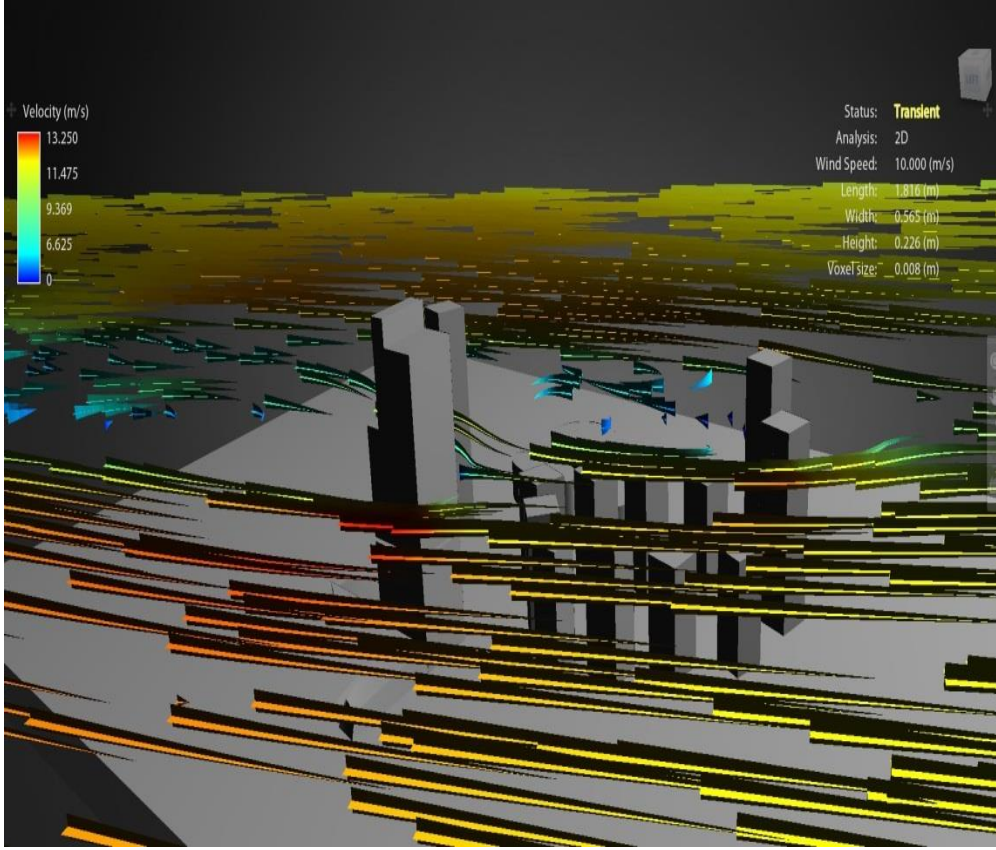


Şekil 68. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi

Analiz de görüldüğü üzere dikdörtgen formlu kule hakim rüzgara göre araziye çapraz şekilde konumlandırılmıştır. Budan dolayı da rüzgar cepheleri yalayıp geçmektedir.

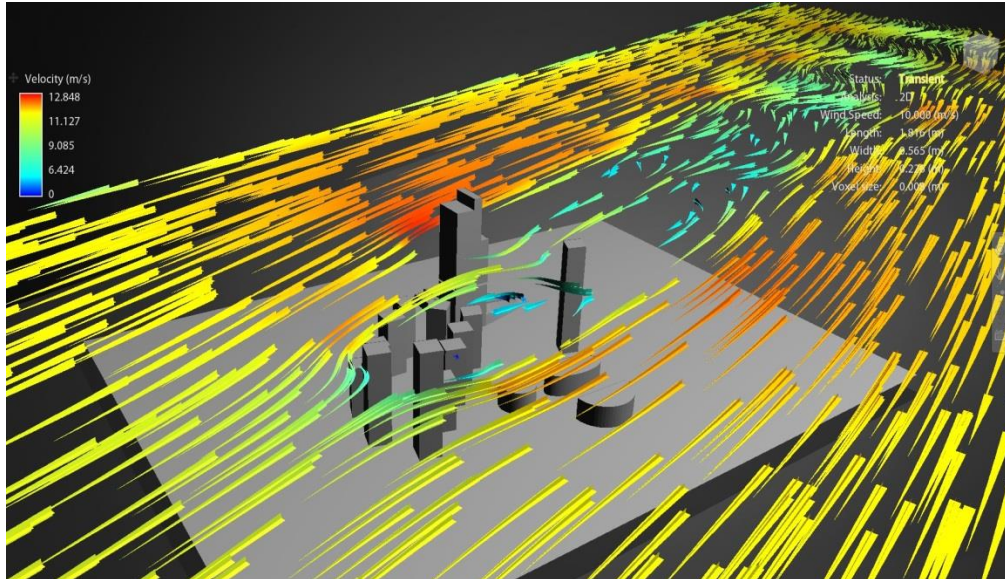


Şekil 69. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi



Şekil 70. Yüksek Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi

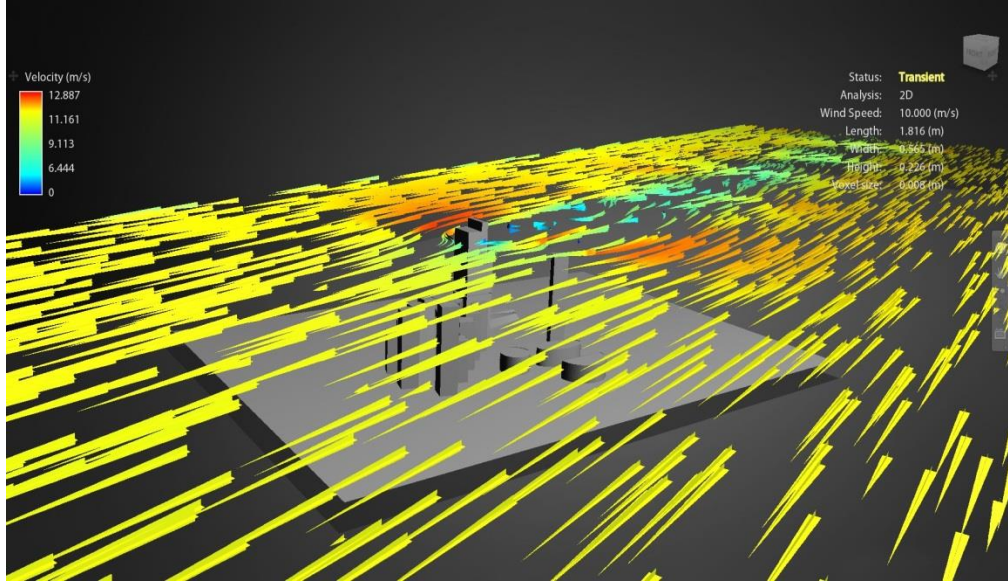
4.4.3. Zemin Kat Ve 22. Kat Arası Rüzgar Analizi



Şekil 71. Zemin Kat ve 22. Kat Arası Rüzgar Analizi

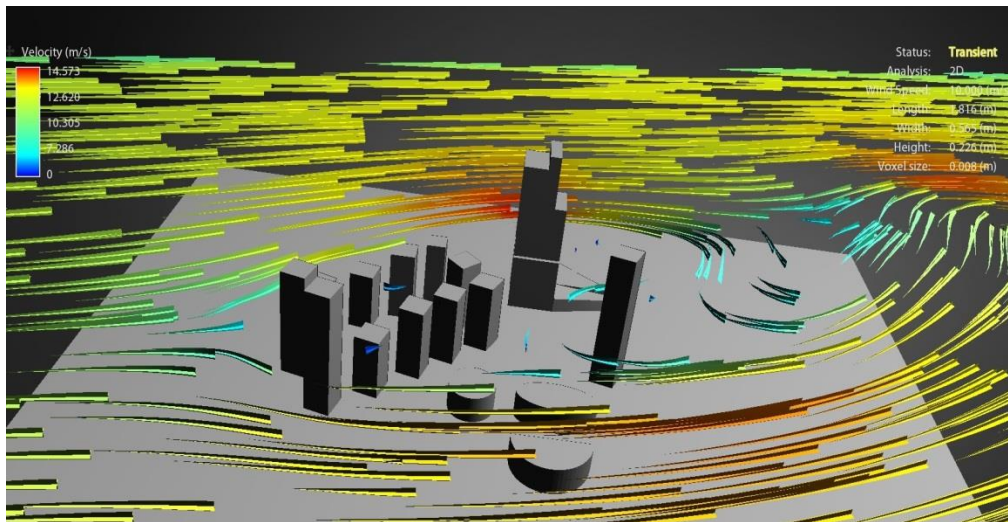
Analizde çevre binalar hakim rüzgarı bir kısım bölmesine rağmen kule hakim rüzgardan olumlu şekilde faydalanmaktadır.

4.4.4. 31. Ve 42. Kat Arası Rüzgar Analizi



Şekil 72. 31. Ve 42. Kat Arası Rüzgar Analizi

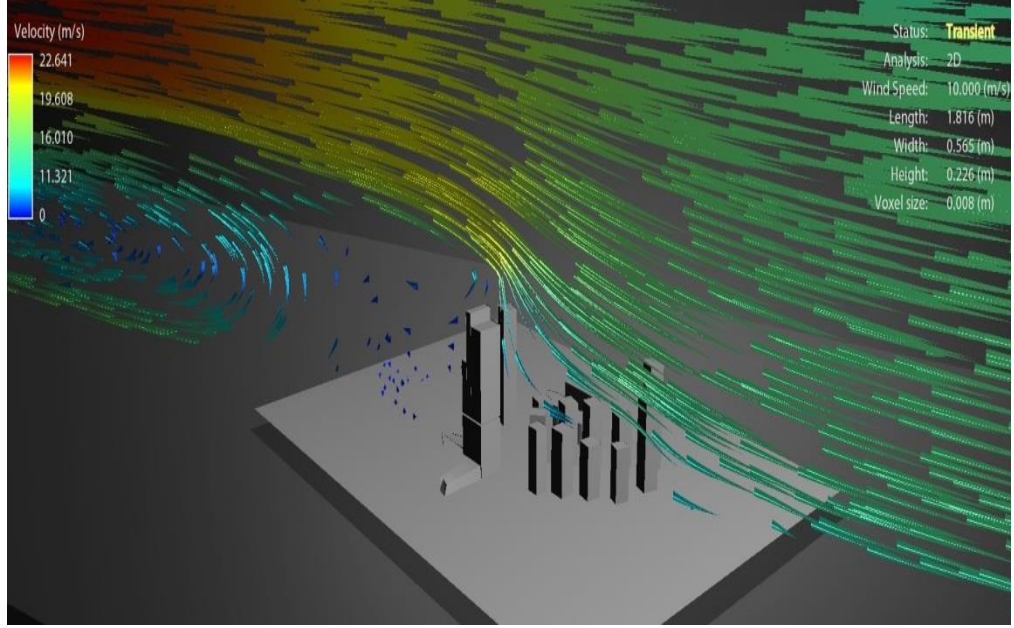
4.4.5. Alt Kotlardaki Yönde Rüzgar Analizi



Şekil 73. Alt Kotlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi

Analizde yapının podyum katında hakim rüzgardan çevre yapıların etkisiyle çok fazla faydalanılamamaktadır. Kule yanlarında negatif basınç bölgesi oluşmaktadır.

4.4.6. Dikey Yöndeki Rüzgar Hareketi

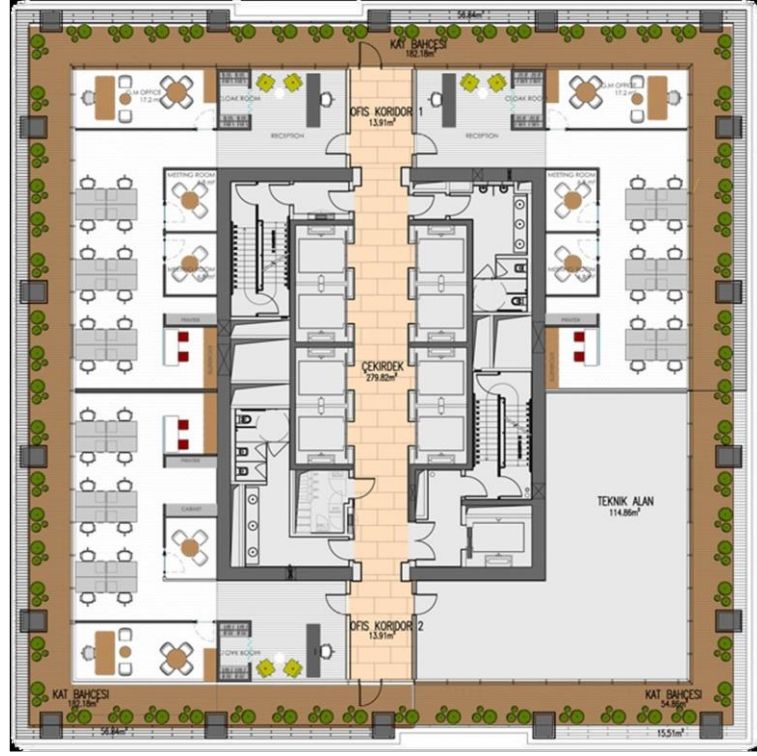


Şekil 74. Yüksek Katlardaki Dikey Yöndeki Rüzgar Analizi

4.4.7. Palladium Tower da Kullanılan Doğal Havalandırma ve Mekanik Havalandırma Sistemleri

4.4.7.1. Doğal Havalandırma Sistemi

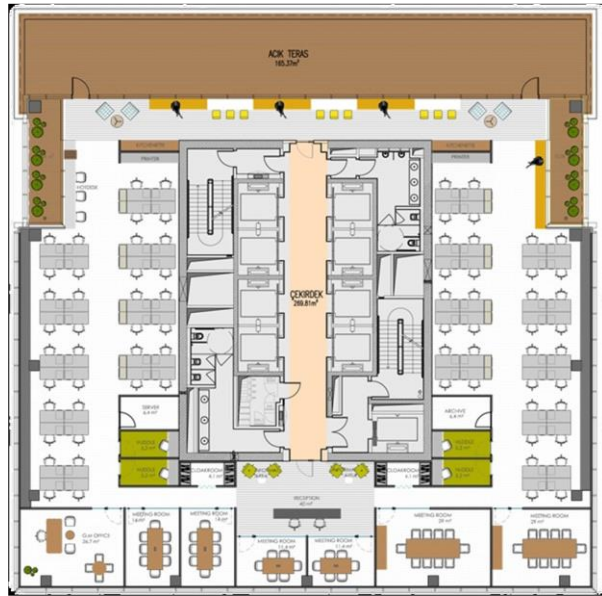
Kule kat terasları ve açık teras bulunmaktadır. Bu teraslar sayesinde kullanıcıya taze hava sirkülasyonu sağlanabilmektedir.



Şekil 75. Kat Planı Ve Kat Terasının Gösterimi

(<http://www.palladiumtower.com/>,23.01.2016)

Kat terası 22. Katta bulunmaktadır.



Şekil 76. Kat Planı Ve Açık Teras Gösterimi

(<http://www.palladiumtower.com/>,23.01.2016)

Açık teras 35. Katta bulunmaktadır.



Şekil 77. Kat Planı Ve Açık Teras Gösterimi

(<http://www.palladiumtower.com/>,23.01.2016)

Aynı zaman her katta küçük kat bahçeleri bulunmaktadır.

4.4.7.2. Mekanik Havalandırma Sistemi

Palladium Tower LEED gold sertifikasına göre tasarlanmıştır. Buna göre mekanik havalandırma sistemi LEED sertifikasına göre seçilmiştir. Yine bu sistem enerji tasarruflu mekanik bir sistemdir (<http://www.palladiumtower.com/>,23.01.2016)

4.4.8. Ara Değerlendirme 4

Palladium Tower, yüksek arsa kotu sayesinde en alt katlardan itibaren ferah, peyzajı ve 46. Kata kadar yükselen kat bahçeleri konumlandırılmıştır.

Kat bahçeleri hakim rüzgar avantajı ile konumlandırılabilmiştir ve yapıda doğal havalandırmaya olanak sağlanmıştır. Yapı da iç mekan hava kalitesine çok önem verilmiştir. Bina kullanıcılarının konforu ve sağlığı için LEED sisteminin değerlendirdiği temel öğedendir. İç mekan havalandırması için Amerikan Enerji Verimliliği (ASHRAE 62.1) standartlarına uygun şekilde tasarıma entegre edilmiştir.

4.5. Rönesans Tower Proje Özellikleri

Rönesans Tower İstanbul Anadolu yakasında Ataşehir bölgesinde yer almaktadır. Mimari tasarımı, Fx Fowle Architects / USA aittir. Yapının brüt kat alanı 900m²-1400m² dir. Döşemeden döşemeye kat yüksekliği 4m dir. . Toplam inşaat alanı 85.00 m² dir. Toplam da 44 kata sahip olup A+ sınıf ofis binası olarak tasarlanmıştır. LEED platinum sertifikasını almaya hak kazanmıştır. Bina yüksekliği ise 205m dir. (http://tower.ronesansbiz.com/?page_id=819, 10.12.2015)



Şekil 78. Rönesans Tower

(<http://www.ronesansbiz.com/kozyatagi.htm>, 10.12.2015)



Şekil 79. Rönesans Tower Ve Çevre Yapılar

(http://tower.ronesansbiz.com/?page_id=481, 10.12.2015)

Rönesans Tower binasının cephesi güneşe duyarlı bir şekilde tasarlanmıştır. Yapılan gün-ışığı modellemesi, kulenin tabandan 33 derece döndürülmesinin optimum güneş kontrolünü sağladığı gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Binanın bu döner formuna, genel geometriyi meydana getirecek şekilde gök açılım düzlemleri uygulanmıştır. (http://tower.ronesansbiz.com/?page_id=770, 10.12.2015)

Yapının giydirme cam cephesinin doğu, güney ve batı cepheleri, pasif güneş kontrol sistemi olan delikli güneş panellerine uygun şekilde tasarlanmıştır.

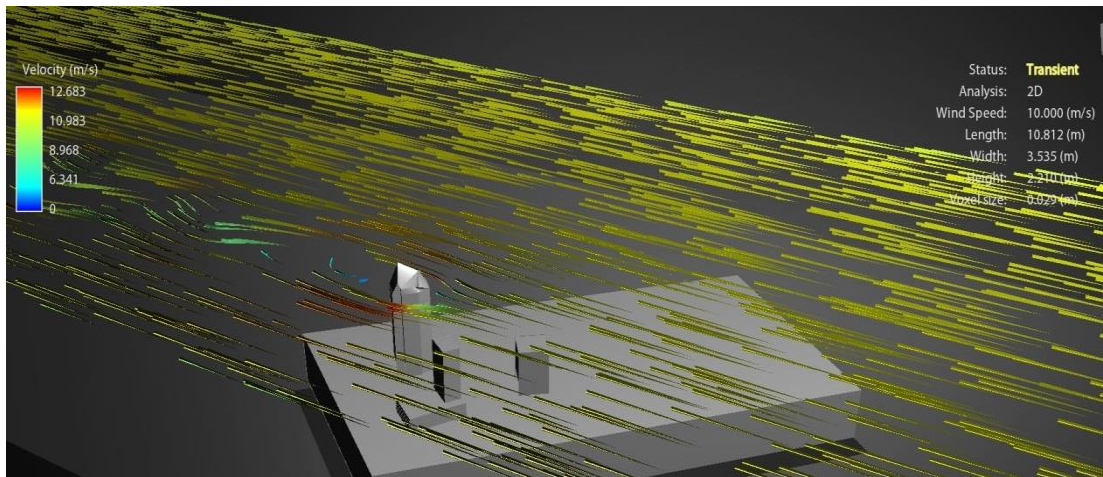
Cephe sistemi üzerinde gerçekleşebilecek rüzgâr yükleri ve tepkilerini proje aşamasında görmek açısından bir Rüzgâr Tüneli Testi gerçekleştirilmiştir. Bu teste tasarım yükleri, saniyede 25 metreye eş olan 90 kilometre/saatlik bir rüzgâr hızına göre hesaplanmıştır. Beaufort ölçeğine göre bu değer, ağaçların kırılıp köklerinden söküldüğü, dolayısıyla binaların da kayda değer bir hasar gördüğü ağır fırtına durumu olarak sınıflandırılmıştır.

4.5.1. Rönesans Tower Rüzgar Analizi

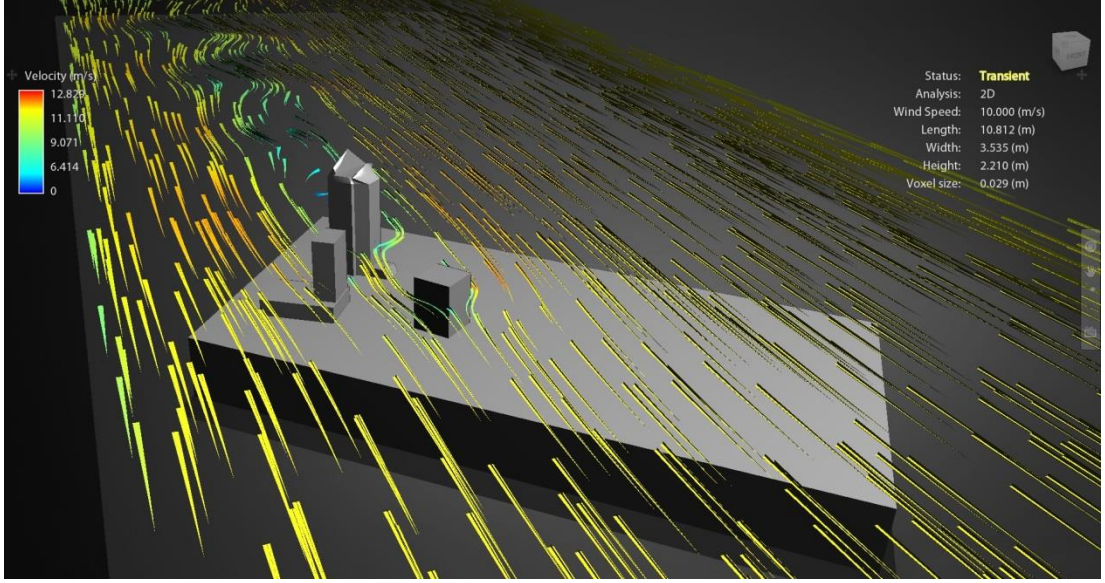


Şekil 80. Rönesans Tower Ve Hakim Rüzgar Gösterimi

4.5.2. Yüksek Katlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi

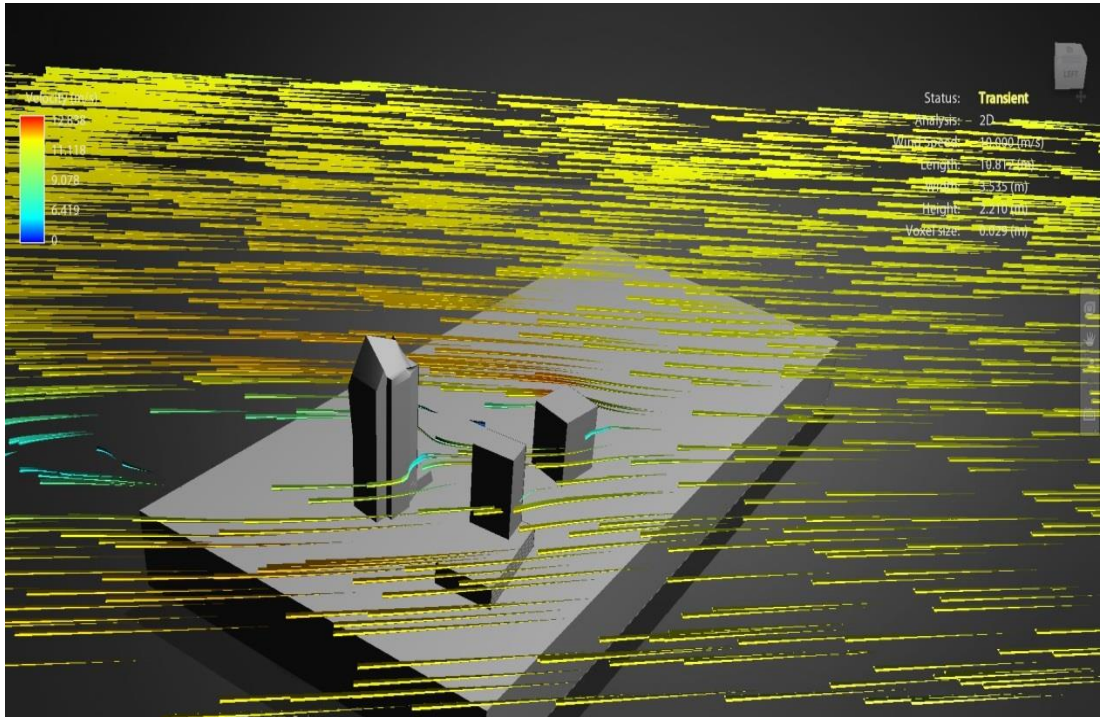


Şekil 81. Rönesans Tower Tepe Noktasındaki Rüzgar Hareketi



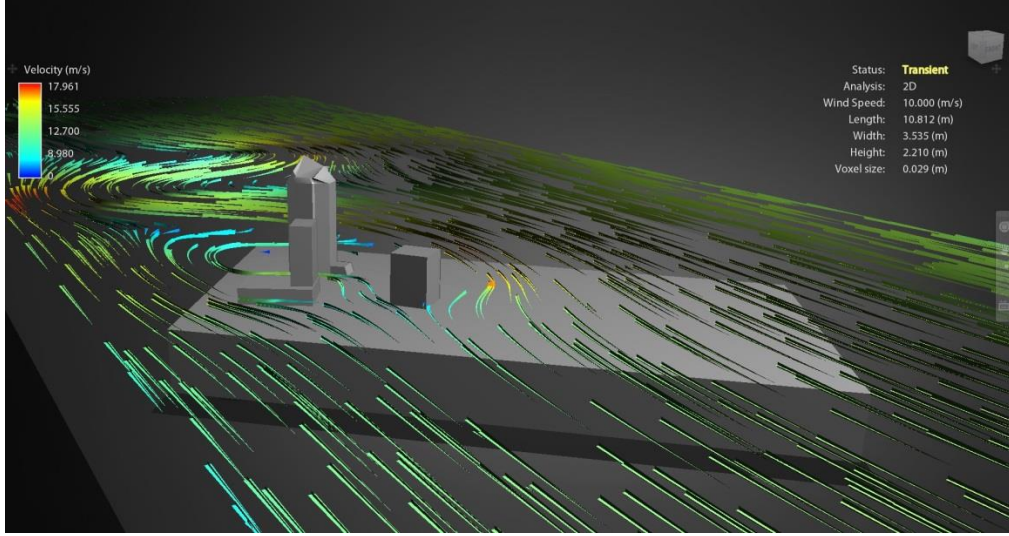
Şekil 82. Rönesans Tower Tepe Ara Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Hareketi

Rönesans Tower'ın aerodinamik formu sebebiyle yatay yöndeki rüzgar hareketi yapı üzerinde olumsuz bir etki yaratmamıştır. Formu sebebiyle yapı üzerindeki baskı azalmıştır.



Şekil 83. Rönesans Tower Ara Katlardaki Yatay Yöndeki Rüzgar Hareketi

4.5.3. Alt Kotlarda Yatay Yöndeki Rüzgar Analizi



Şekil 84. Rönesans Tower Zemin Katdaki Yatay Yöndeki Rüzgar Hareketi

Rönesans Tower çevresinde yapılaşmanın sık olmaması sebebiyle yüksek rüzgar hızına maruz kalmaktadır. Bu etki de tasarım aşamasından itibaren dikkate alınmıştır.



Şekil 85. Rönesans Tower Binası Ve Hakim Rüzgar Hareketi

4.5.4. Rönesans Tower da kullanılan Doğal Havalandırma Ve Mekanik Havalandırma Sistemleri

4.5.4.1. Doğal Havalandırma Sistemi

Rönesans Tower da bulunan her biri bitişik olan iki katta bulunan kat bahçeleri ofis kullanıcılarına temiz hava sağlamaktadır. Aynı zamanda iç ve dış alanlar arasında termal bir tampon görevi yapmaktadır.

4.5.4.2. Mekanik Havalandırma Sistemi

Bu yapıda Türkiye de ilk kez kullanılan yerden deplasmanlı havalandırma sistemi kullanılmıştır. Bu sistemde yükseltilmiş döşemeyi 'plenum' diye tabir edilen bir temiz hava deposu olarak kullanılmaktadır. Böylelikle çok düşük bir enerji sarfiyatıyla, düşük kapasiteli fan coil'lerle temiz hava yerden kat içinde kullanıcıya ulaşmakta ve bu sayede çok iyi seviyede bir iç hava kalitesi sağlanmıştır. Bu sistemin en güzel yanı da temiz havanın istenilen yere istenildiği kadar verilmesidir. Bu sistemle beraber hem enerji sarfiyatını, hem de işletme maliyetlerini düşürmüştür. (<http://www.yesilbinadergisi.com/?pid=30692#.VnHBaUqyNBc> 10.12.2015)

4.5.5. Ara Değerlendirme 5

Rönesans Tower binası tasarım aşamasından itibaren çevreye duyarlı bir yapı olmaktadır. LEED platinum sertifikası alarakta bunu katlamıştır. Yapı tasarımın da enerji modellenmesi, gün ışığı modellenmesi ve rüzgar analizleri yapılarak farklı tasarım kriterleri geliştirilerek yapılmıştır. Bu analizler sayesinde yapıya taze hava girişi sağlanmış olup, doğal havalandırma için kat bahçelerine olanak sağlanmıştır.

5.SONUÇ

Ara Değerlendirme 1, 2, 3, 4, 5 üzerinden elde edilen değerlendirme;

İstanbul da bulunan beş farklı yüksek yapı modellemeleri üzerinde rüzgar analizi yapılmıştır. Bu analizde rüzgarın yapı üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir. Burada analiz yapılma sebebi bu beş yapının hem form olarak hem de yönlendirme olarak hakim rüzgara göre tasarım yapıp, yapılmadığı araştırılmıştır.

Analiz sonuçlarına bakıldığında da yüksek binaların hepsi hakim rüzgar yönüne göre konumlandırılmıştır. Form açısından irdelendiğinde ise üçgen forma sahip olan Nurol Tower, Torun Tower ve silindirik eğrilere sahip olan Rönesans Tower yapıları formları sayesinde şiddetli rüzgar etkisine maruz kalmamaktadırlar. Trump Tower ve Palladium Tower binaları dikdörtgene yakın formlara sahip olmasına rağmen rüzgara karşı doğru konumlandırılmalarından dolayı şiddetli rüzgar etkisinden korunmaktadırlar. Torun Tower binası, açık ofis olarak tasarlanmıştır ve karşılıklı açılabilen kanatlara sahip olması sayesinde bina da doğal havalandırma kullanımı sağlanabilmiştir. Trump Towers binaları ise ofis kulesi ve rezidans kulesi olarak tasarlanmıştır. Ofis kulesi açık ofis olarak kullanılmaktadır. Bu binalarda da kullanılan pencere seçimi sayesinde etkin bir doğal havalandırma sağlanabilmiştir. Nurol Tower ev ofis ev konseptiyle tasarlanmıştır ve projede de doğal havalandırmayı maksimum sağlayan vasistas pencere tipi kullanılmıştır. Rönesans Tower ve Palladium Tower yapılarına bakıldığında ise kulelerde kat bahçesi kullanılması yapı içerisinde hava sirkülasyonunun sağlanmasına olanak vermiştir.

Nurol Tower, Torun Tower, Palladium Tower ve Rönesans Tower LEED sertifikası almaya hak kazanarak enerji verimliliği sağlayan binalar olduklarını kanıtlamışlardır. Bu yapılarda doğal havalandırma sistemi verimli şekilde kullanılmaya çalışılmıştır. Mekanik sistem olarakta LEED sertifikasının önerdiği enerji tasarruflu sistemler kullanılmaktadır. Bu yapılar arasında sadece Trumb Tower sertifika alamamıştır. Buna rağmen binalar da doğal havalandırmaya önem verilip, açılabilir pencereler kullanılarak ve rüzgara göre konumlandırılması avantajıyla doğal havalandırma sağlanabilmiştir.

Doğal havalandırmanın temel prensibi rüzgarın doğru şekilde yönlendirilmesidir. Bina yüksekliği arttıkça bina dışındaki hava akımı karakterini

değiştirmektedir. Bundan dolayı da yapının yan cephelerinde ve yapı üzerinden geçen rüzgarın hızı artmaktadır. Rüzgar hızının artması sebebiyle yüksek yapılarda doğal havalandırma kullanımı zorlaşmaktadır. Fakat yüksek yapıları hakim rüzgar yönüne göre yönlendirilmesi ve form açısından tasarımına dikkat edilerek bu problem çözülebilmektedir. Daha önce bahsettiğimiz beş yapının bilgisayar programları sayesinde form ve yönlendirme açısından hakim rüzgara dikkat edilip, edilmediği analizler sonucunda değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda beş yapıda hem yönlendirme hem de form açısından doğal havalandırma etkinliği için tasarımlarına dikkat edilmiştir. Türkiye deki çok katlı yapılara bakıldığında ise genellikle pencere sistemiyle kısmen doğal havalandırmaya dikkat edilmeye başlanmış olduğu ancak çözümlerin, az katlı binalardaki olumlu gelişmelerin aksine, yetersiz kaldığı söylenebilir.

Genel Değerlendirme;

Dünya geneline bakıldığında doğal havalandırmaya daha çok önem veren, hatta tasarımda ilk öncelik olarak doğal havalandırmayı hedef alan kule yapıları incelendiğinde hem doğal havalandırma hem de doğal aydınlatmaya tasarım ilkelerini kaybetmeden etkin bir şekilde kullanılması hedeflendiği görülür.

Günümüz de İstanbul da inşa edilmiş çevrenin oranı önemli derecede artış göstermektedir. Nüfus yoğunluğunun artması, arazi maliyetlerindeki artış, prestij açısından yüksek binalar olan yönelimi arttırmaktadır. Yüksek binaların tasarımı, yapımı ve yapım sonrası kullanımında yüksek teknolojiler gerektirmektedir ve bu aşamalarda önemli derecede enerji kullanımı yapılmaktadır. Zamanla çevre bilincinin kısmen de olsa artmasıyla beraber çevreye duyarlı ve insan konforunu düşünen binalar yapılmaya başlanmıştır. Bu bina tiplerinin kategorisine yüksek yapılarda dahil olmaktadır. Bu yapılarda iklimlendirme, ısıtma ve soğutma sistemlerinde en fazla enerji tüketimi yapılmaktadır.

Bu araştırmada, tasarımı ve yapımı çok az masraf gerektiren, kullanımında ise enerji gerektirmeyen doğal havalandırma sistemlerinin kullanımının önerilmesiyle etkin sonuçlara varılabileceği görülmektedir. Doğal havalandırmanın enerji tasarrufu sağlayan ve insan konforu için gereken bir sistem olduğu sonucuna varılmakta ve yüksek yapılarda da kullanılmasının gereği üzerinde durulmaktadır.

KAYNAKÇA

1. Çakmanus, İ. ve Özbalta T. (2008). Binalarda Sürdürülebilirlik: Ömür Boyu Maliyete İlişkin Yaklaşımlar: Doğa Sektörel Yayın Grubu
2. Balanlı, A. ve Darcın, P. (2011) . Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler : X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 13-16 Nisan 2011/İZMİR
3. Ching, F. Çizimlerle bina yapım rehberi yapı yayın : Yapı Yayın . Çeviri: Tuğçe Selin Tağmat
4. Bulgurcu, H. (2015). Havalandırma Yöntemleri: Ders Konuları. Balıkesir
5. Yüksek, İ ve Esin, T. (2011). Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi. Tesisat Mühendisliği Dergisi- Sayı:125 TMMOB
6. Dikmen, Ç. (2011). Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi: Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic Cilt:14 Sayı: 2
7. Erkinay, P. (2012). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından rüzgar Enerjisinin Türkiye de Binalarda Kullanımı Üzerine Bir İnceleme: Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi: Cilt:27-1
8. Gür, V. (2014). Nefes Alan Yapı Kabukları : 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3– 4 Nisan Yıldız Teknik Üniversitesi
9. Alparslan, P. ,Gültekin, A. ve Dikmen, Ç. (2009). Ekolojik Yapı Tasarım Ölçütlerinin Türkiye’deki Güneş Evleri Kapsamında İncelenmesi: 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, Türkiye
10. Aykal, F. , Gümüş, F. ve Akça, Y. (2009). Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir ve Etkin Enerji Kullanımlarının Yapılarda Uygulanması: V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır
11. Boduroğlu, Ş. (2011). Yenilebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgar Enerjisinin Konutlarda Kullanılması: Yeşilbina, Sürdürülebilir Yapı Teknolojileri Dergisi, S-6
12. Kahraman, İ. (2015). Sürdürebilir Yapı Tasarımı: Mimarlar Odası İzmir Şubesi Yayınları
13. Beğçeç, H.(2013). Sürdürülebilir Yüksek Yapı Tasarımında Yönelimler: Ege Mimarlık, Mimarlar Odası İzmir Şubesi

14. Öztürk, K. (2005). Konutlarda Doğal ve Zorlanmış Havalandırma Sistemleri: Tesisat Mühendisliği Dergisi Sayı: 89
15. Sev, A. (2009). Sürdürülebilir Mimarlık: Yem Yayınları
16. Hasol, D. (2007). Yüksek, Daha Yüksek, En Yüksek : Mimarlık Tarihi Yapı Dergisi Yem Yayınları
17. Darçın, P. (2010). Yapılarda Doğal Havalandırma İlkeleri ve Sürdürülebilirlik: Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi
18. Ok, V. (2012). Sağlıklı Kentler İçin Pasif İklimlendirme Ve Yapı Aerodinamiği: VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi
19. Yılmaz, Z. ve Demir, Ö. (2012). Yeşil Binalar Ve Yeşil Sertifikalı Binalar: Ekoyapı Dergisi
20. Yaşa, E. (2009). Avlulu Binaların Ekolojik Ve Peyzaj Elemanı Olarak Doğal Havalandırma Açısından Değerlendirilmesi – Avlu İçi Rüzgar Durumu: 21. Uluslararası Yapı ve Yaşam Kongresi
21. Demir, D. (2012)Yüksek Yapılar Ve Sürdürülebilir Enerji: Yüksek Lisans Tezi
22. Yelmen, B. ve Çakır, T. (2011). Yenilebilir ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması: 2. Uluslararası Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı
23. Arıncı, V. , Giran, Ö. ve Demir, İ. (2012). Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri İle Türkiye’deki Bina Enerji Verimliliği Uygulaması: e-Journal of New World Sciences Academy
24. Baykal, G. ve Aydın, U. (2014). Temel Autodesk Revit Architecture: Pusula Yayın
25. Çelik, E. (2009). Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin İncelenmesi Türkiye’de Uygulanabilirliklerinin Değerlendirilmesi.
26. Çakmanus, İ. Doğal Havalandırma Sistemleri ve Seçim Kriterleri <http://www.cakmanus.com.tr/> (14.12.2015)
27. İstanbulRüzgarYönetmeliği: <http://www.koeri.boun.edu.tr/depremmuh/eski/IYBRY-Version%20V.pdf> (14.12.2015)
28. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Avlu> (16.12.2015)
29. <https://yesilintonlari.wordpress.com/2012/03/27/yoresel-mimari-sicak-kuru-iklim/> (23.01.2016)

30. Mimaride Enerji Verimliliği: <http://www.mimdap.org/?p=138561> (23.01.2016)
31. https://www.izmir.bel.tr/YuklenenDosyalar/Dokumanlar/23.12.2013%2014_31_05_yuksekyapi.pdf (23.01.2016)
32. Kanakların Sessiz Elleri: Tjibaou Kültür Merkezi: <http://v3.arkitera.com/h12001-kanaklarin-sessiz-elleri-tjibaou-kultur-merkezi.html> (23.01.2016)
33. <http://www.mimdap.org/?p=2785&page=8> (23.01.2016)
34. <https://pzarch14.wordpress.com/2012/11/15/jean-marie-tjibaou-cultural-center-renzo-piano/> (23.01.2016)
35. <https://ssblukegates.wordpress.com/2012/11/13/assignment-8-jean-marie-tjibaou-cultural-center-analysis/> (23.01.2016)
36. <http://www.cedbik.org/imagess/yesilkonutsertifikasi.pdf> (15.12.2015)
37. <http://www.xn--leedsertifikas-jgc.com/leed.html> (15.12.2015)
38. <http://leed.xn--sertifikas-6ub.com/nedir/> (15.12.2015)
39. <http://www.ekobina.com.tr/portfolio/leed-sertifikasi-nedir/> (15.12.2015)
40. <http://www.ekoyapidergisi.org/325-ic-mekan-hava-kalitesi-insan-sagligi-etkilesimi.html> (15.12.2015)
41. Ofluoğlu, S. <http://sayisalmimar.com/2015/01/autodesk-yapi-tasarimi-atolyesi-5/> (12.12.2015)
42. <http://toruntower.com/> (1.12.2015)
43. <http://toruntower.com/kriterler.html> 1.12.2015
44. <http://www.xn--leedsertifikas-jgc.com/> (14.12.2015)
45. <http://toruntower.com/kriterler.html> 1.12.2015
46. http://toruntower.com/metrekafe_verimlilik.html (1.12.2015)
47. http://toruntower.com/Teknik_Ozellikler.html (1.12.2015)
48. <http://www.arkiv.com.tr/proje/trump-towers/463> (15.01.2015)
49. <http://www.mimartuba.com/trump-towers/> (15.01.2015)
50. (http://www.nurolgyo.com.tr/tr/images/pdf/nurol_tower_projesi_30aralik2014.pdf) (15.12.2015)
51. <http://www.nuroltower.com.tr/tr/galeri/default/GALERI/5/0/0> (15.12.2015)
52. (http://www.nuroltower.com.tr/tr/ayricaliklarimiz/default/AYRICALIKLARI_MIZ/2/0/0) (15.12.2015)

53. http://www.palladiumtower.com/wp-content/uploads/2015/07/palladium_tower_sunum_tr.pdf (15.01.2015)
54. <https://www.projepedia.com/sirket/tahincioglu-gayrimenkul/projeler/palladium-tower,1116.html> (15.01.2015)
55. http://tower.ronesansbiz.com/?page_id=819 (10.12.2015)
56. <http://www.ronesansbiz.com/kozyatagi.html> (10.12.2015)
57. http://tower.ronesansbiz.com/?page_id=481 (10.12.2015)
58. http://tower.ronesansbiz.com/?page_id=770 (10.12.2015)
59. <http://www.yesilbinadergisi.com/?pid=30692#.VnHBaUqyNBc> (10.12.2015)
60. <http://www.palladiumtower.com/>,23.01.2016)
61. <http://www.altensis.com/proje/palladium-tower/>, 15.01.2015)

EKLER

EK-1: İstanbul Yüksek Yapılar Rüzgar Yönetmeliği



**İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ
İMAR MÜDÜRLÜĞÜ**

İSTANBUL YÜKSEK BİNALAR RÜZGAR YÖNETMELİĞİ



**Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
Boğaziçi Üniversitesi
Çengelköy, İstanbul**

Versiyon – V

Ağustos 2009

İSTANBUL YÜKSEK BİNALAR RÜZGAR YÖNETMELİĞİ (İYBRY)

VERSİYON – V
Ağustos 2009

İÇİNDEKİLER

1. GENEL HÜKÜMLER

1.1. SİMGELER

1.2. KAPSAM

2. RÜZGAR YÜKLERİNE İLİŞKİN GENEL HÜKÜMLER

3. RÜZGAR HIZI

3.1. ORTALAMA RÜZGAR HIZI

3.1.1. Temel rüzgar hızı

3.1.2. Yüzey pürüzlülük katsayısı

3.1.3. C_t topoğrafya katsayısı

3.1.4. Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkisi

3.2. DİNAMİK RÜZGAR HIZI (RÜZGAR TÜRBÜLANSI)

3.2.1. Türbülans şiddeti

3.2.2. Türbülans uzunluğu

3.2.3. Türbülans Güç Yoğunluk Fonksiyonu

3.3. MAKSİMUM RÜZGAR HIZI

4. RÜZGAR BASINCI

4.1. BİR NOKTAYA ETKİYEN MAKSİMUM RÜZGAR BASINCI

4.2. BİR YÜZEYE ETKİYEN MAKSİMUM RÜZGAR YÜKÜ

5. BİNALARA ETKİYEN RÜZGAR YÜKLERİ

5.1. PLANDA DIKDÖRTGEN KESİTLİ BİNALARA ETKİYEN RÜZGAR YÜKLERİ

5.2. PLANDA DIKDÖRTGEN KESİTLİ OLMAYAN BİNALARA ETKİYEN
RÜZGAR YÜKLERİ

6. BİNADA RÜZGARDAN OLUŞAN MAKSİMUM YERDEĞİŞTİRMELER VE İVMELER

7. VORTEKS TİTREŞİMLERİ

8. RÜZGAR KUYRUĞU ETKİLERİ

9. RÜZGAR TÜNELİ DENEYLERİ

10. BAĞIMSIZ TASARIM KONTROLU

10.1. BAĞIMSIZ KONTROL KURULU

10.2. BAĞIMSIZ UZMANLARIN NİTELİKLERİ

10.3. İSTANBUL YÜKSEK BİNALAR MÜHENDİSLİK ÜST KURULU

11. YÜRÜRLÜK

1. GENEL HÜKÜMLER

1.1. SİMGELER

- A = Yüzey alanı
 b = Binanın rüzgara dik doğrultudaki genişliği (m)
 B^2 = Korelasyon faktörü
 C_d = Rezonans katsayısı
 $C_e(z)$ = Zemin yüzeyinden ölçülen yükseklikle değişen yüzey pürüzlülük katsayısı
 C_p = Yüzey basınç katsayısı
 $C_q(z)$ = Zemin yüzeyinden ölçülen yükseklikle değişen etkilenme katsayısı
 C_s = Yük korelasyon katsayısı
 C_t = Topoğrafya katsayısı
 d = Binanın rüzgara paralel doğrultudaki genişliği (m)
 F = Planda dikdörtgen kesitli bir binaya etkiyen toplam rüzgar yükü
 $f_L(z,f)$ = Normalize edilmiş boyutsuz frekans (Hz)
 f_o = Binanın birinci doğal titreşim frekansı (Hz)
 h = Binanın yüksekliğini (m)
 h_y = Zemin seviyesini fiktif olarak yükseltmek için tanımlanan düşey mesafe
 $I_w(z)$ = Zemin yüzeyinden ölçülen yükseklikle değişen türbülans şiddeti
 $L(z)$ = Zemin yüzeyinden ölçülen yükseklikle değişen türbülans uzunluğu
 $Q(z)$ = Rüzgara dik doğrultudaki düzlemde z yüksekliğindeki bir yüzeye etkiyen maksimum rüzgar yükü
 q_b = Temel rüzgar basıncı
 $q_p(z)$ = Rüzgara dik doğrultudaki düzlemde z yüksekliğindeki bir birim alana gelen maksimum rüzgar basıncı
 R^2 = Rezonans faktörü
 $R_b(\eta_b)$ = Yatay doğrultudaki aerodinamik kabul fonksiyonu
 $R_h(\eta_h)$ = Düşey doğrultudaki aerodinamik kabul fonksiyonu
 $S_L(z,f)$ = Türbülans Güç Spektrumu Yoğunluk Fonksiyonu
 S_t = *Strouhal sayısı*
 V_b = Temel rüzgar hızı
 $V(z,t)$ = Zemin yüzeyinden ölçülen yükseklik z 'ye ve zamana (t) bağlı olarak tanımlanan toplam rüzgar hızı
 $|V(z,t)|_{\max}$ = z yüksekliğinde etki eden maksimum rüzgar hızı
 V_{cr} = Kritik rüzgar hızı (m/s)
 $V_m(z)$ = Zemin yüzeyinden ölçülen yükseklik z 'ye bağlı olarak tanımlanan ortalama rüzgar hızı
 $w(z,t)$ = Ortalama değer etrafındaki hız değişimlerini (türbülans) ifade eden dinamik rüzgar hızı
 \bar{w}_{\max} = Maksimum türbülans rüzgar hızı,
 z_o = Yüzey pürüzlülük uzunluğu (m)
 z_{\min} = Yüzey pürüzlülük katsayısının sabit olduğu minimum yükseklik (m)
 δ = Binanın birinci moduna karşı gelen logaritmik azalım katsayısı
 Δ = Yapının bulunduğu yerin deniz seviyesinden olan yüksekliği (m)
 ξ_o = Binanın birinci moduna karşı gelen sönüm katsayısı
 ρ = Havanın yoğunluğu ($\rho = 1.25 \text{ N/m}^3$)
 σ_w = Türbülansın standart sapması

1.2. KAPSAM

Bu yönetmelik, yüksek binaların ana taşıyıcı sistemlerinin, dış cephe elemanlarının ve rüzgar yüklerine maruz yapısal ve yapısal olmayan diğer elemanların rüzgara karşı tasarımında kullanılacak minimum rüzgar yüklerini belirler.

2. RÜZGAR YÜKLERİNE İLİŞKİN GENEL HÜKÜMLER

2.1 – Rüzgar yükleri statik ve dinamik olmak üzere iki kısımdan oluşur. Bu yönetmelikte verilen rüzgar yükleri, binanın rüzgar altında yaptığı statik ve maksimum dinamik yerdeğiştirmelerin toplamına eşit statik yerdeğiştirmeye karşı gelen eşdeğer statik yükler olarak ifade edilmiştir.

2.2 – Binaların ana taşıyıcı sistemine gelen toplam rüzgar yükü, binanın tüm yüzeylerine gelen rüzgar yüklerinin vektörel toplamından oluşur.

2.3 – Binaların ana taşıyıcı sistemine, dış cephe kaplamalarına ve rüzgara maruz yapısal ve yapısal olmayan diğer elemanlara gelen rüzgar yükleri 0.5 kN/m^2 den daha az olamaz.

3. RÜZGAR HIZI

Binaya etkiyen rüzgar hızı genel olarak **Denk.(3.1)** ile tanımlanır.

$$V(z,t) = V_m(z) + w(z,t) \quad (3.1)$$

Bu bağıntıda $V(z,t)$, hem zemin yüzeyinden ölçülen yükseklik z 'ye, hem de zamana (t) bağlı olarak tanımlanan *toplam rüzgar hızı*'ni göstermektedir. *Ortalama rüzgar hızı* $V_m(z)$, rüzgarın statik bileşeni olarak adlandırılır ve binaya etki eden rüzgar hızlarının seçilen bir zaman aralığındaki ortalamasına karşı gelir. $w(z,t)$ ise ortalama değer etrafındaki hız değişimlerini (türbülans) ifade eden *dinamik rüzgar hızı*'dir.

3.1. ORTALAMA RÜZGAR HIZI

Herhangi bir bölge ve yükseklikteki ortalama rüzgar hızı $V_m(z)$ aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$V_m(z) = C_e(z) C_t V_b \quad (3.2)$$

Bu bağıntıda V_b *temel rüzgar hızı*'ni, $C_e(z)$ yükseklikle değişen *yüzey pürüzlülük katsayısı*'ni ve C_t *topoğrafya katsayısı*'ni göstermektedir.

3.1.1. Temel rüzgar hızı

Temel rüzgar hızı açık bir arazide (örneğin hava alanları gibi), yerden 10 m yükseklikte herhangi bir yönde ölçülen 10 dakikalık ortalama rüzgar hızlarından 50 yılda en az bir kere aşılma olasılığına karşı gelen rüzgar hızıdır. İstanbul Atatürk Havaalanı'nda sürekli olarak 1 dakika ara ile yapılan rüzgar hızı ölçüm verilerinin analizi sonucunda, İstanbul ve civarı için temel rüzgar hızı $V_b = 25 \text{ m/s}$ olarak tanımlanmıştır.

3.1.2. Yüzey pürüzlülük katsayısı

Yüzey pürüzlülük katsayısı, rüzgarın geldiği doğrultudaki yüzey pürüzlülüğünün ortalama rüzgar hızına ve hızın yükseklikle değişimine yaptığı etkileri tanımlayan bir katsayıdır. Bu katsayı aşağıdaki bağıntılarla tanımlanır:

$$\begin{aligned} z > z_{\min} \text{ için } C_e(z) &= k_r \ln\left(\frac{z}{z_o}\right) & ; & \quad k_r = 0.23(z_o)^{0.07} \\ z \leq z_{\min} \text{ için } C_e(z) &= C_e(z_{\min}) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Yukarıdaki bağıntılarda z_o yüzey pürüzlülük uzunluğu'nu (m), z_{\min} ise yüzey pürüzlülük katsayısının sabit olduğu minimum yüksekliği (m) göstermektedir. Beş değişik arazi tipi için z_o ve z_{\min} değerleri Tablo 3.1 de verilmiştir.

Tablo 3.1. Yüzey pürüzlülük uzunlukları (z_o) ve minimum yükseklikler (z_{\min})

Arazi Tip No	Arazi Tipi	z_o (m)	z_{\min} (m)
0	Denize açık kıyı şeritleri	0.003	1
I	Göl çevreleri veya engebesiz düz ve geniş alanlar	0.01	1
II	Seyrek ağaçların ve yapıların olduğu ova, çayır tipi alanlar (engebe aralıkları ortalama engebe yüksekliğinin 20 katından fazla)	0.05	2
III	Köyler, banliyöler, ormanlık alanlar (engebe aralıkları ortalama engebe yüksekliğinin 20 katından az)	0.3	5
IV	Şehir merkezleri ve benzeri en az %15 oranında ortalama yüksekliği 15m ve üzeri yapılarla kaplı alanlar.	1.0	10

3.1.3. C_t topoğrafya katsayısı

İstanbul'daki bütün bölgeler için topoğrafya katsayısı aşağıdaki gibi alınacaktır:

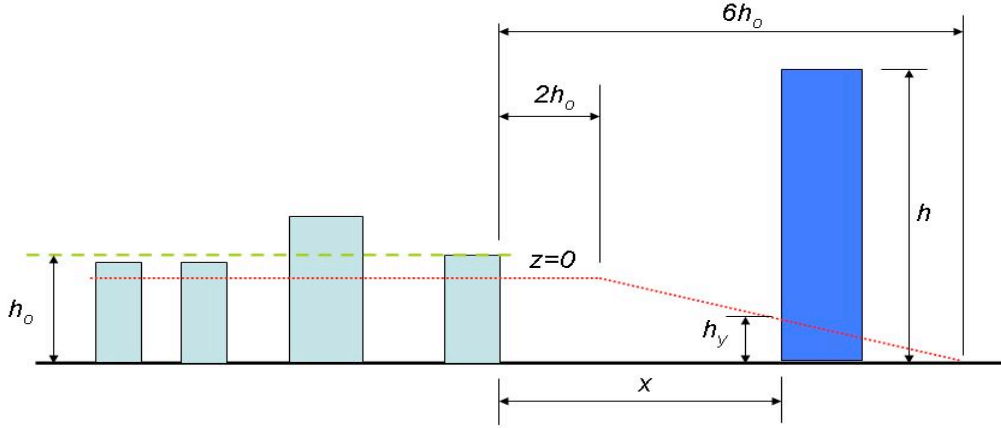
$$C_t = 1.0 + 0.001 \Delta \quad (3.4)$$

Bu bağıntıda Δ yapının bulunduğu yerin m cinsinden deniz seviyesinden olan yüksekliğini gösterir.

3.1.4. Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkisi

Şehir merkezlerinde (Arazi tipi IV) etrafı daha alçak yapılarla çevrili yüksek bir yapıya gelen rüzgar yüklerinin hesabında, rüzgarın alçak yapılar tarafından bloke edilmesinin etkisi, zemin seviyesini fiktif olarak yükselterek gözönüne alınır. Yükseltme ile ilgili kurallar aşağıda **Denk.(3.5)** ve **Şekil 3.1**'de verilmiştir. Yüksek yapının rüzgar hesabı normal koşullarda yapıya etkiyen rüzgar profili ve yüklerini düşey yönde h_y kadar öteleyerek yapılır.

$$\begin{aligned}
x \leq 2h_o & \text{ ise } h_y = \min [0.8h_o, 0.6h] \\
2h_o < x < 6h_o & \text{ ise } h_y = \min [1.2h_o - 0.2x, 0.6h] \\
x \geq 6h_o & \text{ ise } h_y = 0
\end{aligned} \tag{3.5}$$



Şekil 3.1. Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkisi

Çevre yapıların yüksekliği konusunda detaylı bilginin olmadığı durumlarda $h_o=15 \text{ m}$ alınacaktır.

3.2. DİNAMİK RÜZGAR HIZI (RÜZGAR TÜRBÜLANSI)

Dinamik rüzgar hızı *rüzgar türbülansı* olarak adlandırılır. Rüzgar türbülansı, ortalama değeri sıfır olan normal dağılımlı rastgele (random) süreç olarak modellenir ve türbülansın standart sapması σ_w cinsinden aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$\sigma_w = k_r V_b \tag{3.6}$$

Binalara etkisi açısından, ortalama maksimum türbülans rüzgar hızı, \bar{w}_{\max} , standart sapmanın 3.5 katı olarak alınır:

$$\bar{w}_{\max} = 3.5 \sigma_w \tag{3.7}$$

3.2.1. Türbülans şiddeti

Türbülansın ortalama rüzgar hızına göre relatif genliği, aşağıda tanımlanan ve yükseklikle değişen *türbülans şiddeti* $I_w(z)$ cinsinden belirlenir.

$$\begin{aligned}
z > z_{\min} & \text{ için } I_w(z) = \frac{\sigma_w}{V_m(z)} = \frac{1}{C_t \ln(z/z_o)} \\
z \leq z_{\min} & \text{ için } I_w(z) = I_w(z_{\min})
\end{aligned} \tag{3.8}$$

z_o ve z_{\min} değerleri yukarıda **Tablo 3.1**'de verilmiştir.

3.2.2. Türbülans uzunluğu

Türbülansın büyüklüğünü tanımlayan ikinci parametre, türbülans uzunluğudur. *Türbülans uzunluğu*, $L(z)$, türbülansı yaratan rüzgar dalgalarının ortalama dalga boyunu gösterir ve yaklaşık olarak aşağıdaki bağıntılardan hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} z \geq z_{\min} \text{ için } L(z) &= 300 \left(\frac{z}{200} \right)^{\alpha} & ; & \quad \alpha = 0.67 + 0.05 \ln(z_0) \\ z < z_{\min} \text{ için } L(z) &= L(z_{\min}) \end{aligned} \quad (3.9)$$

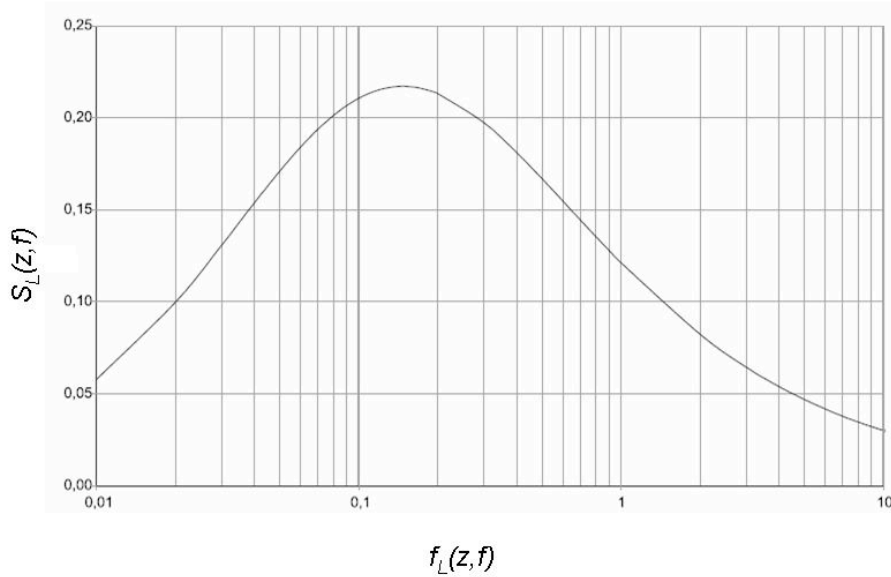
z_0 ve z_{\min} değerleri yukarıda **Tablo 3.1**'de verilmiştir.

3.2.3. Türbülans Güç Yoğunluk Fonksiyonu

Türbülans enerjisinin frekans tanım alanındaki dağılımı, yükseklikle değişen *Türbülans Güç Spektrumu Yoğunluk Fonksiyonu* $S_L(z,f)$ ile *normalize edilmiş boyutsuz frekans* $f_L(z,f)$ cinsinden aşağıdaki şekilde tanımlanır :

$$S_L(z,f) = \frac{6.8 f_L(z,f)}{[1 + 10.2 f_L(z,f)]^{5/3}} & ; & \quad f_L(z,f) = \frac{f L(z)}{V_m(z)} \quad (3.10)$$

Burada f frekansı (Hz) göstermektedir. $S_L(z,f)$ 'nin $f_L(z,f)$ 'e göre değişimi **Şekil 3.2**'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Türbülans güç spektrumu yoğunluk fonksiyonunun normalize edilmiş frekansla değişimi.

3.3. MAKSİMUM RÜZGAR HIZI

Denk.(3.1) ve **Denk.(3.7)**'den yararlanılarak maksimum rüzgar hızı $|V(z,t)|_{\max}$ aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$|V(z,t)|_{\max} = V_m(z) + \bar{w}_{\max} \quad (3.11)$$

4. RÜZGAR BASINCI

4.1. BİR NOKTAYA ETKİYEN MAKSİMUM RÜZGAR BASINCI

Rüzgar basıncı havanın kütle yoğunluğu ve rüzgar hızının karesi ile orantılıdır. Rüzgara dik doğrultudaki düzlemde z yüksekliğindeki bir birim alana gelen maksimum rüzgar basıncı $q_p(z)$ **Denk.(4.1)** ile hesaplanır:

$$q_p(z) = \frac{1}{2} \rho |V(z,t)|_{\max}^2 \quad (4.1)$$

Yukarıdaki bağıntıda, $|V(z,t)|_{\max}$ **Denk.(3.11)**'e göre z yüksekliğinde etki eden maksimum rüzgar hızını, ρ ise havanın yoğunluğunu göstermektedir ($\rho = 1.25 \text{ N/m}^3$). **Denk.(3.11)** **Denk.(4.1)**'de yerine konular ve $\bar{w}_{\max} = V_m(z)$ olduğu gözönüne alınırsa, maximum rüzgar basıncı için aşağıdaki bağıntı yazılabilir:

$$q_p(z) \approx \frac{1}{2} \rho V_m^2(z) + \rho V_m(z) \cdot \bar{w}_{\max} \quad (4.2)$$

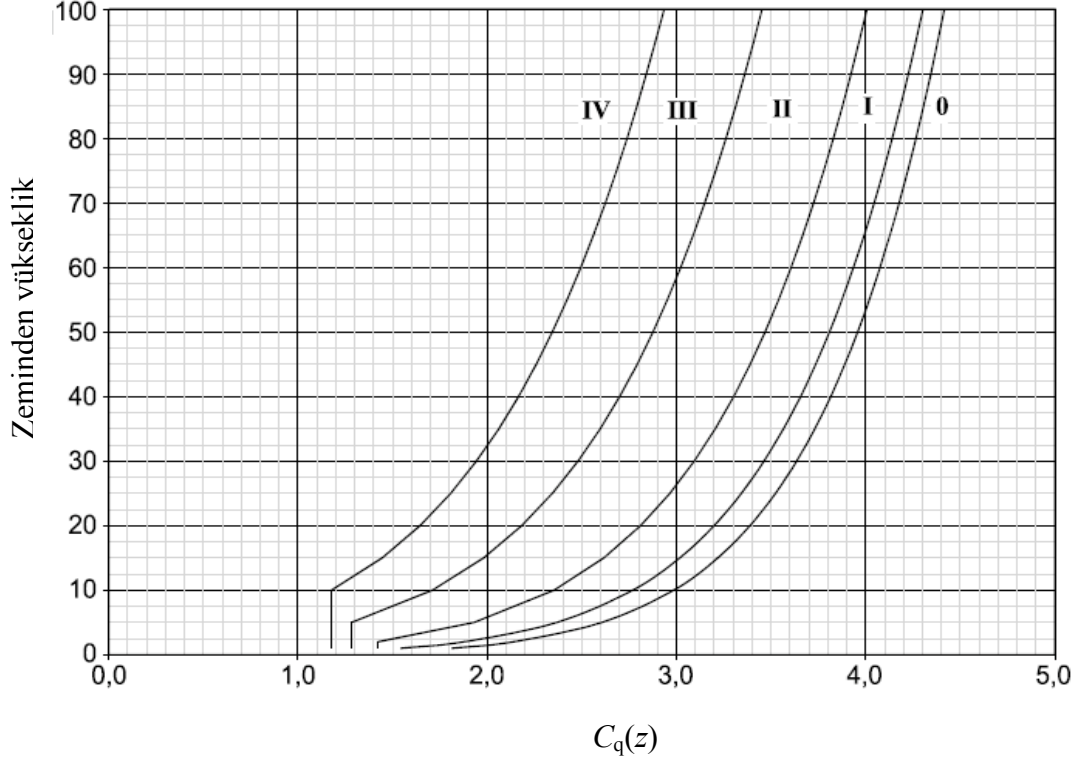
Denk.(3.7) ve **Denk.(3.8)**'den yararlanılarak

$$q_p(z) \approx \frac{1}{2} \rho V_m^2(z) [1 + 7 I_w(z)] \quad \rightarrow \quad q_p(z) \approx C_q(z) q_b \quad (4.3)$$

Bu bağıntıda yer alan *temel rüzgar basıncı* q_b ve yükseklikle değişen *etkilenme katsayısı* $C_q(z)$, **Denk.(3.2)**'den yararlanılarak aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho V_b^2(z) \quad ; \quad C_q(z) = C_e^2(z) C_t^2 [1 + 7 I_w(z)] \quad (4.4)$$

Tablo 3.1'de verilen beş arazi tipi için $C_q(z)$ 'nin yükseklikle değişimi, C_t topoğrafya katsayısı 1.0 kabul edilerek, **Şekil 4.1**'de verilmiştir.



Şekil 4.1. $C_q(z)$ 'nin yükseklikle değişimi (topoğrafya katsayısı $C_t =1$ alınmıştır)

4.2. BİR YÜZEYE ETKİYEN MAKSİMUM RÜZGAR YÜKÜ

Rüzgara dik doğrultudaki düzlemde z yüksekliğindeki bir yüzeye etkiyen maksimum rüzgar yükü $Q(z)$, maksimum rüzgar basıncı $q_p(z)$ 'nin yüzey alanı A ve yüzey basınç katsayısı C_p ile çarpılmasıyla bulunur:

$$Q(z) = q_p(z) C_p A \quad (4.5)$$

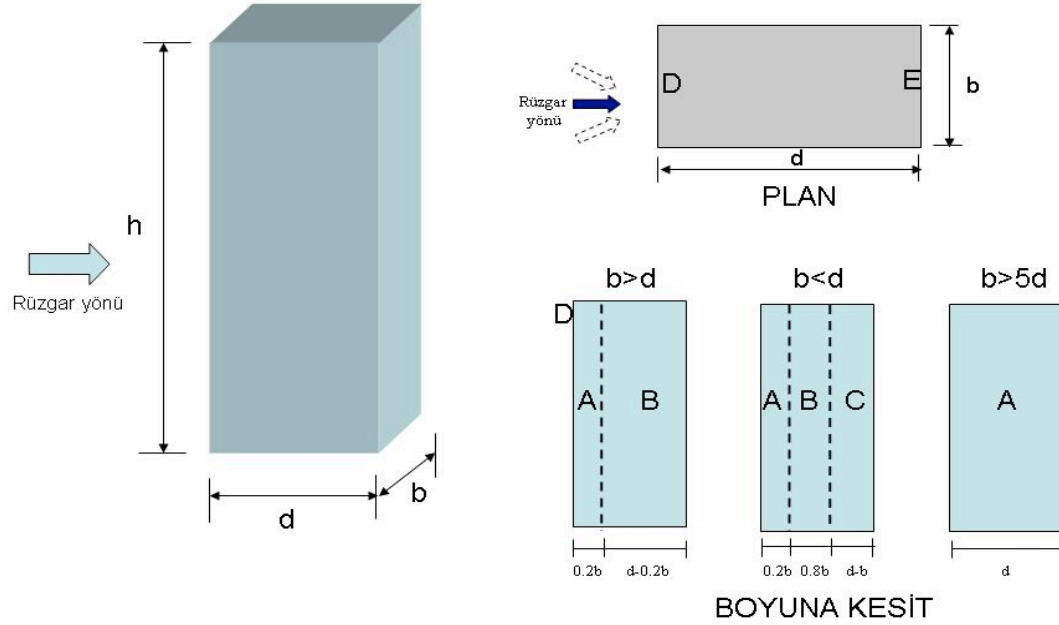
C_p katsayısının değeri ve işareti yüzeyin binadaki konumuna göre (örneğin, binanın rüzgara göre ön yüzünde, arka yüzünde, yan yüzünde, çatıda, veya yapının içinde olmasına göre) değişir. Artı işaretli katsayılar yüzeye dik doğrultudaki basıncı, eksi işaretli katsayılar ise yüzeye dik doğrultudaki çekmeyi gösterir.

Binaya ve bina elemanlarına gelen rüzgar yüklerinin hesabında kullanılacak C_p katsayısının değeri rüzgara maruz yüzeyin büyüklüğüne göre değişir. $1.0 m^2$ veya daha küçük alanlar için $C_{p,1}$ katsayısı, $10.0 m^2$ veya daha büyük alanlar için $C_{p,10}$ katsayısı kullanılır. Aradaki alan değerlerine karşı gelen $C_{p,A}$ değerleri logaritmik interpolasyonla aşağıdaki denklemde gösterildiği şekilde bulunur :

$$C_{p,A} = C_{p,1} - (C_{p,1} - C_{p,10}) \log_{10} A \quad (1m^2 \leq A \leq 10m^2) \quad (4.6)$$

Genel olarak, $C_{p,1}$ katsayısı yapısal olmayan elemanlara ve bağlantılarına gelen rüzgar yüklerinin hesabında, $C_{p,10}$ katsayısı ise yapının taşıyıcı sistemine gelen yüklerin hesabında kullanılır.

Dikdörtgen kesitli yapılar için yapının rüzgar yükleri açısından değişik bölgeleri Şekil 4.2’de, her bölgeye karşı gelen $C_{p,1}$ ve $C_{p,10}$ katsayıları ise Tablo 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Dikdörtgen kesitli binalar için basınç katsayısı bölgeleri

TABLO 4.1. Dikdörtgen kesitli binalar için basınç katsayıları

h/d	A (yan yüz)		B (yan yüz)		C (yan yüz)		D (ön yüz)		E (arka yüz)	
	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$
5	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5	-	+0.8	+1.0	-0.7	-
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5	-	+0.8	+1.0	-0.5	-

Not: h/d nin ara değerlerine karşı gelen katsayılar interpolasyonla bulunur. $h/d > 5$ için $h/d=5$ değerleri kullanılabilir.

4.3. ÇATILARA VE DİĞER YÜZEYLERE ETKİYEN RÜZGAR YÜKLERİ

Çatılara ve diğer yüzeylere (parapetler, tabelalar, vb. gibi) gelen rüzgar yüklerinin hesabı Eurocode [1] de verilen esaslar dahilinde yapılacaktır.

5. BİNALARA ETKİYEN RÜZGAR YÜKLERİ

5.1. PLANDA DİKDÖRTGEN KESİTLİ BİNALARA ETKİYEN RÜZGAR YÜKLERİ

Planda dikdörtgen kesitli bir binaya etkiyen toplam rüzgar yükü F aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$F = F_{ex} + F_{in} + F_{fr}$$

ve

(5.1)

$$F_{ex} = C_s \cdot C_d \cdot \sum_{\text{yüzey alanı}} q_p(z_e) C_{pe} A_{ex}$$

$$F_{in} = \sum_{\text{yüzey alanı}} q_p(z_i) C_{pi} A_{in}$$

$$F_{fr} = \sum_{\text{yüzey alanı}} q_p(z_e) C_{fr} A_{fr}$$

burada

F_{ex} = Dış yüzeylere etkiyen yükler

F_{in} = İç yüzeylere etkiyen yükler

F_{fr} = Yan yüzlelere etkiyen sürtünme yükleri

C_s = Yük korelasyon katsayısı

C_d = Dinamik rezonans katsayısı

$q_p(z_e)$ = Dış yükseklik z_e deki maksimum basınç

$q_p(z_i)$ = İç yükseklik z_i deki maksimum basınç

C_{pe} = Dış basınç katsayısı

C_{pi} = İç basınç katsayısı

C_{fr} = Sürtünme katsayısı

A_{ex} = Referans dış yüzey alanı

A_{in} = Referans iç yüzey alanı

A_{fr} = Referans yan yüzey alanı (referans sürtünme alanı)

İç basınç katsayıları bina yüzündeki açıklıkların boyutu ve sıklığı ile değişir. Bir yüzdeki açıklıklar diğer yüzdeki açıklıkların en az iki katı veya daha fazla ise, o yüz iç basınçlar açısından binanın hakim yüzü olarak adlandırılır. Hesaplarda pencere ve kapı boşluklarının

açık olacağı kabul edilir. İç basınç katsayıları açıklık oranına bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanır:

Eğer yüzeydeki açık alanlar diğer yüzeylerdeki açık alanların toplamının en az iki katı ise:

$$C_{pi} = 0.75C_{pe}$$

Eğer yüzeydeki açık alanlar diğer yüzeylerdeki açık alanların toplamının en az üç katı ise:

$$C_{pi} = 0.90C_{pe}$$

Burada C_{pe} hakim yüzdeki dış basınç katsayısını gösterir. Eğer açık alanlar değişik basınç katsayısına sahip bölgelerde ise, C_{pe} alan-ağırlıklı ortalama alınarak hesaplanır.

Duvarlar, parapetler, ve çatı yüzeyleri için sürtünme katsayıları aşağıda verildiği gibi hesaplanır:

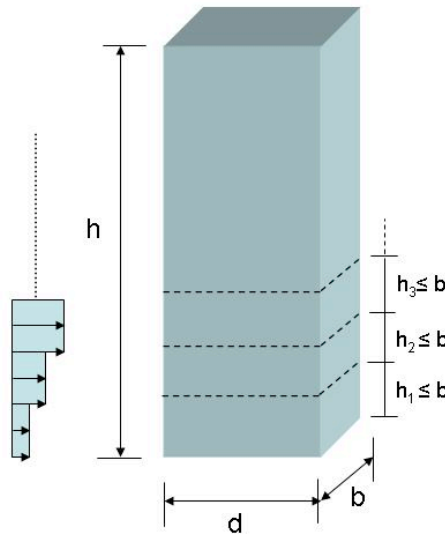
$C_{fr} = 0.01$ - pürüzsüz yüzeyler için (örn., çelik, düzgün beton gibi)

$C_{fr} = 0.02$ - pürüzlü yüzeyler için (örn., düzgün olmayan beton, asfalt kaplamalı yüzeyler gibi)

$C_{fr} = 0.04$ - Çok pürüzlü yüzeyler için (örn., ondelalı çatı kaplamaları gibi)

Sürtünme yüzeyi rüzgar yönü doğrultusundaki dış yüzeylerden oluşur. Düşey duvarlar için, sürtünme alanı rüzgar yönündeki toplam düşey duvar alanıdır. Çatılar için sürtünme alanı rüzgarın geldiği taraftaki çatı kenarından ($2 \times$ ön yüz genişliği) veya ($4 \times$ çatı yüksekliği) değerlerinden küçük olan kadar uzaklaştıktan sonra geriye kalan çatı alanıdır.

Binaya gelen toplam yükleri hesaplarırken bina düşey doğrultuda **Şekil 5.1**'de gösterildiği gibi dilimlere ayrılır ve her dilime gelen yükler ayrı ayrı hesaplanır. Dilimlerin yüksekliği rüzgara dik yöndeki bina genişliğinden daha fazla olmamalıdır. Yatay doğrultuda yüklerin düzgün olarak dağıldığı kabul edilecektir.



Şekil 5.1. Rüzgar yüklerinin düşey doğrultuda değişiminin gözönüne alınması

C_s katsayısı ile, maksimum rüzgar yüklerinin bina yüzeyine her noktada aynı anda (tam korelasyonlu) etki etmediği gözönüne alınır. C_d katsayısı ise, dinamik rüzgar yükleri altında yapının dinamik davranışı (titreşimi) ve rezonans nedeniyle yerdeğiştirmelerde meydana gelen artışı gözönüne alır. C_s ve C_d katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$C_s = \frac{1 + 7I_w(z_r)\sqrt{B^2}}{1 + 7I_w(z_r)} \quad ; \quad C_d = \frac{1 + 7I_w(z_r)\sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7I_w(z_r)\sqrt{B^2}} \quad (5.2)$$

veya

$$C_s C_d = \frac{1 + 7I_w(z_r)\sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7I_w(z_r)}$$

Yukarıdaki bağıntılarda z_r referans yüksekliği (m) (toplam yüksekliğin %60'ı olarak alınabilir $z_r = 0.6h$), $I_w(z_r)$ referans yükseklikteki türbülans şiddetini (Bkz. **Denk.(3.8)**), B^2 korelasyon faktörü'nü ve R^2 ise rezonans faktörü'nü göstermektedir. Yukarıdaki bağıntılar, rüzgar doğrultusundaki titreşimlere birinci modun hakim olduğu planda dikdörtgen binalar için geçerlidir. Korelasyon faktörü B^2 aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0.9 \left[\frac{b+h}{L(z_r)} \right]^{0.63}} \quad (5.3)$$

Bu bağıntıda, b binanın rüzgara dik doğrultudaki genişliğini (m), h binanın yüksekliğini (m), $L(z_r)$ ise referans yükseklik z_r 'deki ($z_r = 0.6h$) türbülans uzunluğunu (m) göstermektedir (Bkz. **Denk.(3.9)**). Rezonans faktörü R^2 aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2\delta} \cdot S_L(z_r, f_o) \cdot R_h(\eta_h) \cdot R_b(\eta_b) \quad (5.4)$$

Bu bağıntıda, δ binanın birinci moduna karşı gelen *logaritmik azalım katsayısı*'nı, f_o binanın *birinci doğal titreşim frekansı*'nı (Hz), $S_L(z_r, f_o)$ türbülans güç spektrumu yoğunluk fonksiyonunun z_r ve f_o 'daki değeri (Bkz. **Denk.(3.10)**), $R_h(\eta_h)$ düşey doğrultudaki *aerodinamik kabul fonksiyonu*'nu, $R_b(\eta_b)$ ise yatay doğrultudaki *aerodinamik kabul fonksiyonu*'nu göstermektedir. Logaritmik azalım katsayısı δ , binanın birinci moduna karşı gelen sönüm katsayısı ξ_o cinsinden aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\delta = \frac{2\pi\xi_o}{\sqrt{1 - \xi_o^2}} \approx 2\pi\xi_o \quad (5.5)$$

Birinci modun hakim olduğu bina titreşimleri için $R_h(\eta_h)$ ve $R_b(\eta_b)$ fonksiyonları aşağıdaki bağıntılardan elde edilir:

$$\begin{aligned}
R_h(\eta_h) &= \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2\eta_h^2} (1 - e^{-2\eta_h}) \quad ; \quad \eta_h = \frac{4.6h}{L(z_r)} f_L(z_r, f_o) \quad [\eta_h = 0 \text{ ise } R_h(\eta_h) = 1] \\
R_b(\eta_b) &= \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2\eta_b^2} (1 - e^{-2\eta_b}) \quad ; \quad \eta_b = \frac{4.6b}{L(z_r)} f_L(z_r, f_o) \quad [\eta_b = 0 \text{ ise } R_b(\eta_b) = 1]
\end{aligned}
\tag{5.6}$$

Yukarıdaki bağıntılarda h binanın yüksekliğini (m), b rüzgara dik doğrultudaki genişliğini (m), z_r referans yüksekliği ($z_r = 0.6h$), $f_L(z_r, f_o)$ normalize edilmiş boyutsuz frekansı (Bkz. **Denk.(3.10)**), $L(z_r)$ ise referans yükseklik z_r 'deki ($z_r = 0.6h$) türbülans uzunluğunu (m) göstermektedir (Bkz. **Denk.(3.9)**).

5.2. DAİRESEL KESİTLİ BİNALARA ETKİYEN RÜZGAR YÜKLERİ

Dairesel kesitli binalara etkiyen rüzgar yükleri dikdörtgen kesitli binalara etkiyen rüzgar yüklerine benzer şekilde hesaplanır. Tek fark basınç katsayısı C_p nin hesabındaki değişikliktir.

Dairesel kesitlerde, basınç katsayısı C_p aşağıdaki denklemden hesaplanır:

$$C_p = C_{p,0} \cdot \psi_\alpha \tag{5.7}$$

Burada

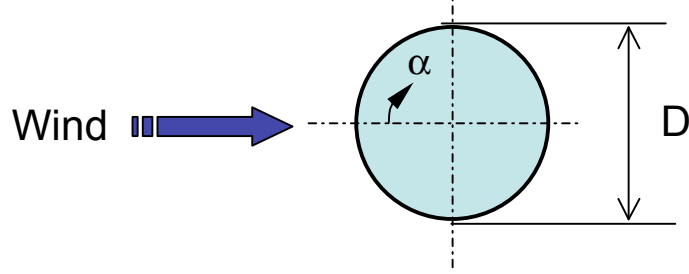
$C_{p,0}$: *End - Effect*'siz basınç katsayısı.

ψ_α : *End - Effect* faktörü

End-Effect faktörü dairesel kesitte α açısına bağlıdır (Bk. **Şekil 5.2**) ve aşağıda verildiği şekilde tanımlanır:

$$\begin{aligned}
0^\circ \leq \alpha \leq \alpha_{\min} & : \quad \psi_\alpha = 1 \\
\alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_A & : \quad \psi_\alpha = \psi_A + (1 - \psi_A) \cdot \cos \left[\frac{\pi}{2} \cdot \left(\frac{\alpha - \alpha_{\min}}{\alpha_A - \alpha_{\min}} \right) \right] \\
\alpha_A \leq \alpha \leq 180^\circ & : \quad \psi_\alpha = \psi_A
\end{aligned}
\tag{5.8}$$

α_{\min} ve α_A minimum basınç ve akımın ayrılma noktalarına karşı gelen α değerlerini gösterir. Bu değerler **Tablo 5.1** de verilmiştir.



Şekil 5.2. Dairesel kesitlerde rüzgar akımı.

Tablo 5.1. Dairesel kesitlerde basınç dağılımını kontrol eden parametreler.

α_{min}	$C_{p0,min}$	α_A	$C_{p0,A}$
75	-1.5	105	-0.8

5.3. PLANDA DİKDÖRTGEN VEYA DAİRESEL OLMAYAN BİNALARA ETKİYEN RÜZGAR YÜKLERİ

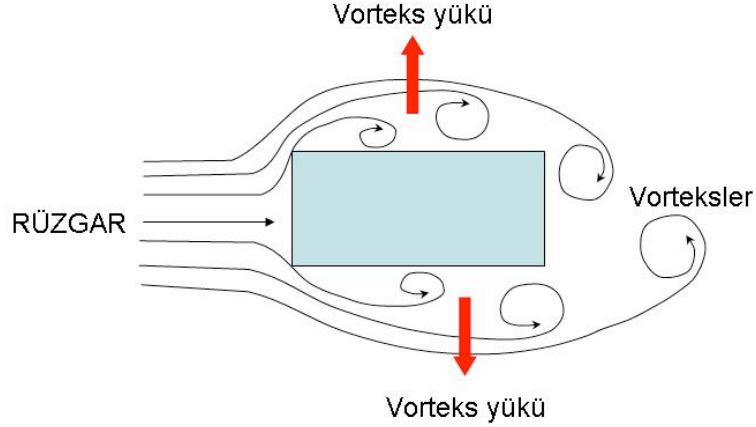
Planda dikdörtgen veya dairesel olmayan yüksek yapılara gelen rüzgar yüklerinin hesabı daha detaylı analiz gerektirir. Bu analizler mevcut literatürde kabul edilmiş yöntemleri kullanarak veya özel tipteki yapılar için rüzgar tüneli testleri ile yapılabilir.

6. BİNADA RÜZGARDAN OLUŞAN MAKSİMUM YERDEĞİŞTİRMELER VE İVMELER

Binadaki en büyük rüzgar yerdeğiştirmesi, yukarıda verilen rüzgar yüklerini yapıya statik yük olarak uygulayarak hesaplanır. Binadaki titreşimlerinin dinamik özelliklerinin de hesaplanması gerektiğinde (örneğin, oturanların konforunu açısından binadaki en büyük ivme değeri istendiğinde) detaylı dinamik analiz yapılması gerekir. Titreşimleri yaratan türbülans yükleri gelişigüzel yükler olduğu ve ancak istatistiki yöntemlerle (örneğin, güç spektral yoğunluk fonksiyonu ile) tanımlanabildiği için dinamik analiz genelde Gelişigüzel Titreşim Teorisi (*Random Vibration Theory*) yöntemleri kullanılarak yapılır.

7. VORTEKS TİTREŞİMLERİ

Rüzgarın oluşturduğu hava akımı binanın yan yüzleri etrafından geçerken **Şekil 7.1**'de şematik olarak gösterildiği türde vorteksler oluşur. Vorteksler değişken olarak (önce bir yan yüzde, sonra diğer yan yüzde) oluştuğu için vortekslerin yarattığı dinamik yükler de değişken yönlü olup rüzgar akış yönüne dik doğrultuda etkilir. Vorteks yükleri çok belirgin ve dar bir frekans bandında etkidiği için sinüzoidal bir yük olarak tanımlanabilirler.



Şekil 7.1. Vorteks yüklerinin oluşumu.

Vorteks yüklerinin frekansı, binanın rüzgara dik doğrultudaki doğal frekansına yakın ise yüksek binalarda bu doğrultuda büyük genlikli titreşimler oluşabilir. Aşağıdaki durumlarda vorteks titreşimleri ihmal edilebilir:

$$\begin{aligned} h/d_{\min} &< 6 \\ V_{cr} &> 1.25V_m(H) \end{aligned} \quad (7.1)$$

Bu bağıntılarda h binanın yüksekliğini, d_{\min} rüzgara dik doğrultudaki en kısa genişliğini, $V_m(H)$ binanın tepesindeki ortalama rüzgar hızını (m/s), V_{cr} ise aşağıda tanımlanan *kritik rüzgar hızı*'ni (m/s) göstermektedir.

$$V_{cr} = \frac{b f_{oy}}{S_t} \quad (7.2)$$

Bu bağıntıda, b rüzgarın geldiği yüzdeki genişliğini (m), f_{oy} binanın rüzgara dik doğrultudaki doğal frekansını (Hz), S_t ise *Strouhal sayısı*'ni göstermektedir. Planda dairesel binalar için Strouhal sayısı 0.18 dir. Enkesiti keskin köşeli dikdörtgen yapılar için Strouhal sayısı kesitin *derinlik/genişlik* (d/b) oranına göre aşağıdaki **Tablo 7.1**'de verilmiştir. Ara d/b değerleri için lineer interpolasyon yapılabilir.

TABLO 7.1. *Strouhal sayısı*'nın kesitin *derinlik/genişlik (d/b)* oranına göre değişimi

<i>d/b</i>	1	2	3	3.5	5	10
<i>S_t</i>	0.12	0.06	0.06	0.15	0.11	0.09

Vorteks titreşimleri rezonant tipi titreşimler olduğu için, genlikleri çok yüksek değerlere ulaşabilir. Yukarıdaki kriterler çerçevesinde vorteks olasılığı varsa, binaya vortekslerin oluşmasını önleyici aerodinamik elemanlar veya vorteks titreşimlerinin genliğini azaltıcı sönüm sistemleri eklenir.

Vorteks titreşimlerinin yaratacağı maksimum ivme ve yerdeğiştirmeler için literatürde hesap yöntemleri mevcuttur. Detaylı analiz bir uzman yardımını gerektirir.

8. RÜZGAR KUYRUĞU ETKİLERİ

Yüksekliğinin genişliğine oranı 4 veya daha büyük ve başka bir yüksek binanın arkasında yer alan yüksek binalar, öndeki binanın rüzgar akışında yaptığı etkiler nedeniyle ilave türbülans etkilerine maruz kalırlar. Bu etki *Rüzgar Kuyruğu Etkileri* (İngilizcede *Wake Buffeting*) olarak adlandırılır.

Rüzgar kuyruğu etkileri aşağıdaki iki koşuldaki birinin sağlandığı durumlarda ihmal edilebilir:

- (a) İki bina arasındaki uzaklığın, öndeki binanın rüzgara dik doğrultudaki genişliğinin 25 katından daha fazla olması durumu,
- (b) Binanın (arkadaki bina) doğal frekansının 1.0 Hz'den daha büyük olması durumu.

Aksi taktirde rüzgar kuyruğu etkileri gözönüne alınmalıdır. Çözüm için rüzgar tüneli deneyleri veya uzman tavsiyesi gerekebilir.

9. RÜZGAR TÜNELİ DENEYLERİ

Mimarisi, yapısal özellikleri veya konumu nedeniyle (örneğin geometrisi, yüksekliği, kesiti, kullanılan malzeme, bulunduğu mevki veya çevresindeki yapılar gibi) standard olmayan yüksek yapıların rüzgar davranışının ortaya çıkarılabilmesi için genelde rüzgar tüneli deneyleri gerekir. Bunlar arasında aşağıdaki bina tiplerini sayabiliriz:

- (a) Çok yüksek ve düzgün olmayan en kesitlere sahip binalar.
- (b) Çok esnek binalar (örn. tabii frekansı 1,0 Hz ün altında olan binalar).
- (c) Vorteks titreşimlerine, kuyruk çarpmalarına, ve benzer aerodinamik stabilite problemlerine maruz olabilecek binalar.
- (d) İçinde yaşayanları rahatsız edecek ölçüde titreşim yapması beklenen binalar.
- (e) Yapısal sisteme ve elemanlarına gelen rüzgar yüklerinin çok daha hassas olarak hesaplanmasını gerektiren binalar.

Rüzgar tüneli deneylerinde aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır:

- (a) Rüzgar tüneli, binanın bulunduğu bölgedeki atmosferik sınır tabakasını, yani rüzgar hızının yükseklikle değişimini modelleyebilmelidir.
- (b) Türbülansın makro (integral) ve mikro ölçekteki uzunlukları tüneldeki modelde sağlanmalıdır.
- (c) Bina, etrafındaki yapılar ve bölgenin topoğrafyası geometrik olarak gerçektekine benzer şekilde modellenmelidir.
- (d) Model binanın ve etrafındaki yapıların rüzgar doğrultusundaki projeksiyonunun alanı toplam tünel alanının %8 inden fazla olmamalıdır.
- (e) Rüzgar basıncının tünel boyunca değişimi gözönüne alınmalıdır.
- (f) Reynolds sayısının rüzgar basınç ve yüklerindeki etkisi en aza indirilmelidir.
- (g) Deneyde kullanılan ölçme sensörleri ölçülen değerlerin gerektirdiği özelliklere ve hassasiyete sahip olmalıdır.
- (h) Rüzgar yüklerinin yanı sıra binanın dinamik davranışı da ölçülecekse, dinamik davranışı kontrol eden parametreler (kütle, rijitlik, sönüm gibi) modelde gerçekçi şekilde temsil edilmelidir.

Rüzgar tüneli deneyleri yukarıda verilen bütün hesap yöntemlerine alternatif olarak kullanılabilir.

10. BAĞIMSIZ TASARIM KONTROLU

10.1. BAĞIMSIZ KONTROL KURULU

Yüksek binaların bu yönetmelik kapsamında yapılacak rüzgar yüklerine göre tasarımlarının, bu alanda teorik ve pratik bilgi ve deneyim sahibi bağımsız uzmanlardan oluşan bir *Bağımsız Kontrol Kurulu* tarafından tasarımın başlangıcından (taşıyıcı sistem seçimi aşamasından) itibaren bütün aşamalarında kontrol edilerek onaylanması zorunludur. Bu onayın alınmaması durumunda inşaat ruhsatı tanzim edilmeyecektir.

Bağımsız Kontrol Kurulu, projenin boyutu ve özelliğine bağlı olarak iki veya üç bağımsız uzmandan oluşur. Bağımsız uzmanlar, *İstanbul Yüksek Binalar Mühendislik Üst Kurulu* tarafından oluşturulacak bir havuzdan seçilerek yine aynı kurul tarafından proje bazında atanır. Bağımsız uzmanların hizmet karşılıklarına ilişkin hususlar ayrı bir yönetmelikle düzenlenir.

10.2. BAĞIMSIZ UZMANLARIN NİTELİKLERİ

Bağımsız Kontrol Kurulları'nı oluşturacak uzmanların asgari koşul olarak, yapı veya deprem mühendisliği bakımından önemli yapı projelerinde tasarımcı veya danışman olarak en az 10 yıllık deneyim sahibi olmaları ve bunu belgelemeleri gereklidir. Uzmanların ayrıca yapı veya deprem mühendisliği konusunda master/doktora yapmış olmaları ve master/doktora tezi yönetmiş olmaları tercih nedeni olabilir.

10.3. İSTANBUL YÜKSEK BINALAR MÜHENDİSLİK ÜST KURULU

İstanbul Yüksek Binalar Deprem ve Rüzgar Yönetmelikleri'nin zaman içinde bilimsel gelişmelere paralel olarak geliştirilmesi, revize edilmesi, yenilenmesi, uygulamada ortaya çıkacak sorunların giderilmesi, *Bağımsız Kontrol Kurulları*'nı oluşturacak uzmanların seçilmesi ve proje bazında atanması, ilgili yönetmelik çerçevesinde hizmet karşılıklarının belirlenmesi vb gibi konularda sürekli olarak görev yapmak üzere, deprem ve rüzgar mühendisliği konularında birikim ve deneyim sahibi üniversite öğretim üyelerinden oluşan 7 kişilik *İstanbul Yüksek Binalar Mühendislik Üst Kurulu* oluşturulur. Bu kurul ayrıca yüksek binaların genel anlamda tasarımı ve yapımı ile ilgili diğer yönetmeliklerin oluşturulması, uygulamada ortaya çıkacak ihtilaf konusu hususların çözümü için İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne danışmanlık görevi yapar. *İstanbul Yüksek Binalar Mühendislik Üst Kurulu*'nun görevlendirme ve çalışma esasları ayrı bir yönetmelikle düzenlenir.

11. YÜRÜRLÜK

11.1 – Bu Yönetmelik, yayını tarihinden itibaren bir yıl sonra yürürlüğe girer.

11.2 – Bu Yönetmelik, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Müdürlüğü tarafından yürütülür.

ÖZGEÇMİŞ

15 Nisan 1990 tarihi, Afyon doğumluyum. İlk, orta ve liseyi Antalya ili Alanya ilçesinde tamamladıktan sonra, Yakın Doğu Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, mimarlık bölümüne kaydoldum. Bu bölümden 2013 yılında mezun olduktan sonra, Alanya'ya dönerek bir mimarlık ofisinde mimar olarak bir süre çalıştım. 2014 yılında da İstanbul'a gelerek, Beykent Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladım.

Aday: Gizem AŞCI