Çeşitli Yapılara Etkiyen Rüzgâr Yükü Tesirlerinin ASCE, AIJ, AS/NZS Ve Eurocode Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması

Muhammed Karagöz

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs 2018

Comparison Of Effective Wind Loads Of Various Structures According To ASCE, AIJ, AS/NZS And Eurocode Regulations

Muhammed KARAGÖZ

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Civil Engineering

May 2018

Çeşitli Yapılara Etkiyen Rüzgâr Yükü Tesirlerinin ASCE, AIJ, AS/NZS Ve Eurocode Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması

Muhammed Karagöz

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Mekanik Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hasan Selim Şengel

Mayıs 2018

ONAY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Muhammed Karagöz'ün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Çeşitli Yapılara Etkiyen Rüzgâr Yükü Tesirlerinin ASCE, AIJ, AS/NZS Ve Eurocode Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman **:** Dr. Öğretim Üyesi Hasan Selim ŞENGEL

İkinci Danışman :

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Hasan Selim ŞENGEL

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Uğur ALBAYRAK

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Mustafa Haluk SARAÇOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğretim Üyesi Hasan Selim ŞENGEL danışmanlığında hazırlamış olduğum 'Çeşitli Yapılara Etkiyen Rüzgâr Yükü Tesirlerinin ASCE, AIJ, AS/NZS ve Eurocode Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması' başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 28.05.2018

Muhammed KARAGÖZ

İmza

ÖZET

Mühendisler tarafından inşa edilen yapılar yaşam süreleri boyunca karşılaşacakları yükleri güvenli şekilde taşıyabilecek şekilde tasarlanırlar. Deprem yükleri, sabit yükler, hareketli yükler, kar yükleri, rüzgâr yükleri gibi yükler çok çeşitli hesaplamalar ve yaklaşımlar gerektiren yük çeşitleridir. Dünyada ve ülkemizde nüfusun sürekli artması ve arazilerin kısıtlı olması gibi nedenler mühendisleri yeni yapım teknikleri ve yapı şekilleri tasarlamaya teşvik etmiştir. Ülkemizin deprem aktivitesine bağlı olarak, yapılan binaların tasarımında deprem yükleri daha çok ön planda olmasına rağmen, yüksek yapı olarak nitelendirilebilecek yapılar için rüzgâr yükleri deprem yükleri kadar önem arz etmektedir. Bu tez çalışmasında dünya yönetmeliklerinden Eurocode 1-4, ASCE 7-05, AIJ ve AS/NZS 1170.2:2011 yönetmeliklerinin rüzgâr yükleri kısımları incelenmiş, farklı yapılar üzerinde çözümlemeler yapılmış ve sonuçlar üzerinde değerlendirmeler ile birlikte farklılıklar bildirilmiştir.

Tezin birinci bölümünde kısaca rüzgârın tanımı ve binalar üzerinde meydana getirdiği etkilere değinilmiştir. İkinci bölümde ise rüzgâr ile ilgili lüteratürde yer alan çalışmalara değinilmiştir. Üçüncü bölümde Avrupa'da kullanılan Eurocode 1.4 yönetmeliği, Amerika'da kullanılan ASCE yönetmeliği Japonya'da kullanılan AIJ yönetmeliği ve Avustralya'da kullanılan AS/NZS yönetmeliği ile ilgili formül ve grafikler kullanılarak rüzgar yükünün tayini anlatılmaya çalışılmıştır.

Tezin 4. bölümünde dört farklı yüksek yapı örneği dört farklı yönetmelik ile çözülmüştür. Dikdörtgen taban alanı olan, tonoz çatıya sahip bir yapının üzerine etkiyen rüzgâr yükleri belirlenmiştir. Reklam veya trafik panosu üzerinde meydana gelen yük tesirleri elde edilmeye çalışılmıştır.

5. bölümde ise yüksek yapıların yüksekliklerindeki değişimin tabanda meydana getirdiği yük etkilerini nasıl etkilediği hakkında bilgiler verilmiş, tonoz çatısı bulunan binaların cepheleri ve çatı yüzeylerindeki yüklerin ve reklam panosu benzeri yapılara etkiyen rüzgâr yüklerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgâr yükleri, taban kesme kuvveti ve moment değerleri, tonoz çatı rüzgâr basınçları, reklam panoları, Eurocode 1.4, ASCE, AIJ, AS/NZS

SUMMARY

The structures which builts by engineers are designed to carry loads safely during their life. Earthquake loads, dead loads, live loads, wind loads are requires wide variety of calculations and approaches in engineering. Reasons such as regeneration and restricted land in our country have been encouraged by engineers to design new construction techniques and new structure types. Although earthquake loads and effects are predominant in the design of constructed buildings but wind loads are as important as earthquake loads for constructions which can be described as high structure.

In the scope of this study the wind load parts of Eurocode, ASCE, AIJ and AS/NZS regulations of the world regulations were examined, different types of structures were analyzed, differences were reported with the evaluations on the results.

In the first chapter of this study, briefly the description of the wind and its effects on the buildings are mentioned. In the second chapter, the studies on the wind related literature are mentioned. In the third chapter, Eurocode 1.4 regulation used in Europe, ASCE regulation used in America, AIJ regulation used in Japan, and AS / NZS regulation used in Australia were tried to explain the determination of wind load by using formulas and graphics.

In the fourth chapter of the thesis, four different high building examples are solved with four different regulations. The wind loads acting on a structure with a rectangular floor area and a vaulted roof were determined. Attempts have been made to avoid loading effects on the advertisement panel.

Keywords: Wind loads, base shear force and moment values, vaulted roof, wind pressure, advertisement boards, Eurocode 1.4, ASCE, AIJ, AS/NZS

TEŞEKKÜR

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Mekanik Ana bilim dalı yüksek lisans çalışması olarak sunulan bu çalışmayı yöneten, yakın ilgisini, yüksek bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, tecrübesi ile her daim destek olan danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Hasan Selim ŞENGEL hocama saygılarımı sunar ve katkılarından dolayı teşekkürü borç bilirim. Yüksek lisans çalışmam boyunca tezime önemli katkılarda bulunan Dr. Öğretim Üyesi Uğur ALBAYRAK hocama ve tez boyunca maddi manevi desteğini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

Muhammed KARAGÖZ
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **vi**
SUMMARY ..... **vii**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xiii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xvi**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xx**
1. GİRİŞ VE AMAÇ **1**
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **7**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **9**
3.1 Eurocode 1-4' e Göre Rüzgâr Yükleri 9
3.1.1 Temel rüzgâr hızı 9
3.1.2 Ortalama Rüzgâr Hızı (V_{mz}) 9
3.1.3 Arazi Pürüzlülüğü $C_{r(z)}$ 10
3.1.4 Arazi Orografisi $C_{0(Z)}$ 11
3.1.5 Rüzgâr Türbülansı $Iv_{(Z)}$ 11
3.1.6 Tepe Rüzgâr Basıncı $q_{p(Z)}$ 12
3.1.7 Eurocode 1-4'e Göre Rüzgâr Yük Etkileri 13
3.1.8 Yüzeylerde Meydana Gelen Rüzgâr Basıncı 13
3.1.9 Dış Basınç Katsayısı C_{pe} 14
3.1.10 Dikdörtgen Planlı Binaların Düşey Duvarları 15
3.1.11 Tonoz Çatılara Ait Dış Basınç Katsayıları 18
3.1.12 İşaret ve Reklam Panoları İçin Basınç Katsayıları 18
3.1.13 Rüzgâr Yükleri 19
3.1.14 Yapısal Katsayı C_sC_d 20
3.1.15 Yapı Veya Yapısal Elemanlar İçin Kuvvet Katsayısı C_f 24
3.2 ASCE 7-05' e Göre Rüzgâr Yükleri 27
3.2.1 Tanımlar 27

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.2.2 Binalara Etkiyen Rüzgâr Hız Basınç Hesabı 28
3.2.3 Analitik Yönteme Göre Rüzgâr Hız Basıncı Tasarımı 29
3.2.4 ASCE 7-05'e Göre Rüzgâr Yük Etkileri 32
3.2.5 Yapılar İçin Tasarım Basınçlarının Hesabı 35
3.3 Japonya Yapı Yönetmeliğine (AIJ) Göre Rüzgâr Yük Etkileri 38
3.3.1 Tasarım Rüzgâr Hız Basıncı (q_H) 39
3.3.2 Tasarım Rüzgâr Hızı (U_H) 39
3.3.3 Basit Rüzgâr Hızı - U_0 (m/sn) 40
3.3.4 Rüzgâr Yön Faktörü - K_D 40
3.3.5 Rüzgâr Hız Profili Katsayısı -E_h 40
3.3.6 Dönüş Periyodu Çevirme Katsayısı – k_{rw} 42
3.3.7 Basınç Katsayıları 42
3.3.8 Fırtına Etkisi Faktörü -G_d 45
3.3.9 Türbülans Yoğunluğu ve Türbülans Uzunluğu 46
3.4.Avustralya Yeni Zelanda(As/Nzs) Yapı Yönetmeliğine Göre Rüzgâr Yükü Etkileri 47
3.4.1 Bölgenin Rüzgâr Hızı Tayini – $V_{des,\Theta}$ 48
3.4.2 Rüzgâr Hız Basıncı – ρ 52
3.4.3 Aerodinamik Şekil Faktörü - C_{fig} 53
3.4.4 Dikdörtgen Kesitli Binalar İçin Dış Basınç Katsayısı 53
3.4.5 Rüzgâr Yükleri 56
3.4.6 Dinamik Etki Faktörü - C_{dyn} 56
3.4.7 Türbülans Yoğunluğu 59
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 60
4.1 Eurocode 1-4'e Göre Yüksek Bina Örnek Çözümleri 61
4.1.1 50mx70mx100 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 61
4.1.2 50mx70mx120 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 70
4.1.3 50mx70mx140 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 79

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.1.4 50mx70mx160 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 88

4.2 ASCE 7-05'e Göre Yüksek Bina Örnek Çözümleri 100

4.2.1 50mx70mx100 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 100

4.2.2 50mx70mx120 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 109

4.2.3 50mx70mx140 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 117

4.2.4 50mx70mx160 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 125

4.3 AIJ' ye Göre Yüksek Bina Örnek Çözümleri 135

4.3.1 50mx70mx100 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 135

4.3.2 50mx70mx120 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 143

4.3.3 50mx70mx140 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 150

4.3.4 50mx70mx160 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 158

4.4 AS/NZS ye Göre Yüksek Bina Örnek Çözümleri 167

4.4.1 50mx70mx100m boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 167

4.4.2 50mx70mx120 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 174

4.4.3 50mx70mx140 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 180

4.4.4 50mx70mx160 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması 187

4.5 Eurocode, ASCE, AIJ ve AS/NZS Yönetmeliklerine Göre Yapılan Yüksek Bina Örnek Çözümlerin İrdelenmesi 195

4.6 Taban Alanı Dikdörtgen Olan Tonoz Çatıya Sahip Binaya Gelen Rüzgâr Yüklerinin Dört Farklı Yönetmelik İle Hesaplanması 199

4.6.1 Eurocode 1.4 'e Göre Rüzgar Yüklerinin Hesaplanması 199

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.6.2 ASCE'ye Göre Rüzgâr Yüklerinin Hesaplanması 204
4.6.3 AIJ'ye Göre Rüzgâr Yüklerinin Hesaplanması 209
4.6.4 AS/NZS 'ye Göre Rüzgâr Yüklerinin Hesaplanması 212
4.6.5 Tonoz Çatıya Sahip Örneklerin Sonuçlarının İrdelenmesi 216
4.7 4m x 10m Boyutlarındaki Reklam Panosuna Gelen Rüzgâr Yüklerinin Dört Farklı Yönetmelik İle Hesaplanması 218
4.7.1 Eurocode 1.4 'e Göre Rüzgar Yüklerinin Hesaplanması 218
4.7.2 ASCE 7-05'e Göre Rüzgâr Yüklerinin Hesaplanması 220
4.7.3 AIJ'ye Göre Rüzgâr Yüklerinin Hesaplanması 222
4.7.4 AS/NZS'ye Göre Rüzgâr Yüklerinin Hesaplanması 223
4.7.5 Reklam Panosunda Meydana Gelen Yük Etkilerinin İrdelenmesi 225
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 227
5.1 Sonuç ve Öneriler 227
KAYNAKLAR DİZİNİ 229

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

1.1 Rüzgâr esme yönüne göre yapıda meydana gelen yük etkileri 3
1.2 Vorteks Tesirleri (Şafak, E.,2011)..... 4
1.3 Yamaç Üzerindeki Rüzgârın İzlediği Yol(Holmes, J.D., 2003)..... 4
1.4 Rüzgârın Akımında Meydana Gelen Ayrışma(Holmes, J.D., 2003)..... 5
3.1 K_1=1.0 Ve $C_{0(Z)}$ =1.0 Durumu İçin $C_{e(Z)}$ Maruz Kalma Katsayısı(Eurocode1.4 syf 23) 13
3.2 Pozitif ve Negatif Basınç Yönleri..... 14
3.3 h ve b değerlerine bağlı z_e referans yüksekliği ve buna karşılık gelen hız kaynaklı rüzgâr basıncı profili (Eurocode 1.4 sayfa 35) 16
3.4 Düşey duvarlar için adlandırmalar ve açıklamalar (Eurocode 1.4 sayfa 36)..... 17
3.5 Tonoz çatılı dikdörtgen kesitli binaların çatı yüzeyindeki basınç katsayıları (Eurocode 1.4 sayfa 50) 18
3.6 Direkli işaret levhaları ve reklam panoları için dış kuvvet katsayısı(Eurocode 1.4 sayfa 65)..... 19
3.7 Tasarım işleri kapsamında olan genel yapı şekilleri (Eurocode 1.4 sayfa 29) 22
3.8 Keskin kenarlı ve serbest uç akımı olmayan kesitler için $C_{f,0}$ katsayısı 25
3.9 Yuvarlatılmış köşeli kare kesit için ψ_r azaltma katsayısı 25
3.10 Bina şekillerine göre λ narinlik katsayıları (Eurocode 1.4 sayfa 83) 26
3.11 λ narinlik değerine karşılık gelen φ doluluk oranının bir fonksiyonu olarak uç tesir katsayısı ψ_λ' nin gösterge niteliğindeki değerleri (Eurocode 1.4 sayfa 84)..... 26
3.12 Doluluk Oranının Tanımı 27
3.13 K_{zt} için parametreler (ASCE 7.05 sayfa 45)..... 31
3.14 Panolar için kuvvet katsayısı değişkenleri 38
3.15 Avustralya İçin Belirlenmiş Rüzgâr Bölgeleri(ASNZS 1170.2:2011 sayfa 16) 49
3.16 Yeni Zelanda İçin Belirlenmiş Rüzgar Bölgeleri (ASNZS 1170.2:2011 sayfa 17) 50
3.17 Dikdörtgen Kesitli Binalar İçin Adlandırmalar ve Tanımlar (ASNZS 1170.2:2011 sayfa 32) 53
3.18 Kavisli Çatı Yüzeyine Sahip Bina İçin Tamınlar (ASNZS 1170.2:2011 sayfa 64) 55
3.19 Pano ve duvar elemanı için tanımlar (ASNZS 1170.2:2011 sayfa 69) 56
4.1 Yüksek Bina Örnekleri..... 60
4.2 Bina en-boy ve yüksekliği (Örnek 1-Rüzgarın 50 m lik duvara dik geldiği durum)..... 61
4.3 Durst Eğrisi (ASCE 7-05 Figure C 6-4 sayfa 308)..... 62
4.4 $C_{f,0}$ kuvvet katsayısının belirlenmesi 65
4.4 deki grafikten $C_{f,0}$ kuvvet katsayısı elde edilir..... 65
4.5 Uç tesir katsayısı (ψ_λ) ve doluluk oranı ilişkisi 66
4.6 Binanın 50 m genişliği olan cephesine etkiyen rüzgar hız basınç değerleri..... 66
4.7 Bina en, boy ve yüksekliği(Örnek1-Rüzgarın 70m lik duvara dik geldiği durum)..... 67

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Sekil **Sayfa**

4.8 Binanın 70 m genişliği olan cephesine etkidiği durum için hız basınç değerleri 69
4.9 Bina en, boy ve yüksekliği (Örnek 2 Rüzgarın 50m lik duvara dik geldiği durum) 70
4.10 Rüzgârın 50m lik duvara dik geldiği durum için cephedeki hız basınç dağılımı 74
4.11 Rüzgârın 70m lik duvara dik geldiği durum (Örnek 2-Eurocode) 75
4.12 Rüzgârın 70 m lik yöne dik geldiği durum için hız basıncı dağılımı 78
4.13 Rüzgârın 50m lik duvara dik geldiği durum (Örnek 3 Eurocode)..... 79
4.14 Rüzgârın 50 m lik duvara dik geldiği durum için duvar yüzeyinde oluşan hız basıncı yükleme durumu 83
4.15 Rüzgârın 70m lik duvara dik geldiği durum (Örnek 3) 84
4.16 Rüzgârın 70m lik duvara dik geldiği durum için rüzgâr hız basınç profili 88
4.17 Rüzgârın 50m lik duvara dik gelmesi durumu (Örnek 4)..... 89
4.18 Rüzgârın 50m lik cepheye geldiği durum için rüzgâr hız basıncı profili 92
4.19 Rüzgârın 70m lik duvara dik gelmesi durumu(Örnek 4 Eurocode) 94
4.20 Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için cephede meydana gelen rüzgâr basınçları (Örnek 4 Eurocode)..... 97
4.21 Rüzgârın 50 m lik duvara dik etkidiği durum(Örnek 1 ASCE)..... 100
4.22 Rüzgârın 50 metrelik cepheye etkidiği durum için ön cephede meydana gelen yükleme durumu(Örnek 1 ASCE) 103
4.23 Rüzgârın 70m lik duvara dik gelmesi durumu (Örnek 1 ASCE) 105
4.24 Rüzgârın 70 m lik cepheye dik geldiği durum için cephede meydana gelen rüzgâr hız basınç yüklemesi..... 107
4.25 Rüzgârın 50 m lik duvara etkidiği durum(Örnek 2 ASCE)..... 109
4.26 Rüzgârın 70m lik duvara dik gelmesi durumu(Örnek 2 ASCE) 113
4.27 Rüzgârın 50 m lik duvara etkidiği durum(Örnek 3 ASCE)..... 117
4.28 Rüzgârın 50m lik duvara dik geldiği durum (Örnek 3 ASCE)..... 121
4.29 Rüzgârın 50m lik duvara dik geldiği durum(Örnek 4 ASCE)..... 125
4.30 Rüzgârın 70m lik duvara etkidiği durum(Örnek 4 ASCE)..... 130
4.31 Rüzgârın 50m lik duvara dik etkidiği durum(Örnek 1 AIJ) 135
4.32 Rüzgârın 70m lik duvara etkidiği durum(AIJ Örnek 1) 139
4.33 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durum (AIJ Örnek 2) 143
4.34 Rüzgârın 70m lik duvara etkidiği durum (AIJ Örnek 2) 147
4.35 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durum (AIJ Örnek 3) 151
4.36 Rüzgârın 70m lik duvara dik etkidiği durum (AIJ Örnek 3) 155
4.37 Rüzgârın 50m lik duvara dik etkidiği durum (AIJ Örnek 4) 159
4.38 Rüzgârın 70m lik duvara dik gelmesi durumu (AIJ Örnek 4)..... 163
4.39 Rüzgârın 50m lik duvara dik geldiği durum(Örnek 1 AS/NZS) 168
4.40 Rüzgârın 70m lik duvara dik gelmesi durumu(Örnek 1 AS/NZS)..... 171
4.41 Rüzgârın 50 m lik cepheye dik geldiği durum(Örnek 2 AS/NZS)..... 174
4.42 Rüzgârın 70 m lik duvara etkidiği durum(Örnek 2 AS/NZS) 177
4.43 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durum(Örnek 3 AS/NZS) 180

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Sekil **Sayfa**

4.44 Rüzgârın 70m lik duvara dik geldiği durum(Örnek 3 ASNZS) 184
4.45 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durum(Örnek 4 ASNZS) 187
4.46 Rüzgârın 70m lik duvara etkidiği durum(Örnek 4 ASNZS) 190
4.47 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durumda tabanda oluşan yük değerleri grafiği a) taban kesme değerleri Ftaban (MN) b) taban moment değerleri Mtaban(MNm) . 198
4.48 Rüzgârın 70m lik duvara etkidiği durumda tabanda oluşan yük etkileri grafiği a) Taban kesme değerleri Ftaban(MN) b) taban moment değerleri Mtaban (MNm) 199
4.49 Tonoz çatısı olan dikdörtgen taban alanına sahip yapı örneği..... 199
4.50 Rüzgârın 30 m lik duvara dik geldiği durum için bina cephelerindeki dış basınç katsayıları 201
4.51 Rüzgarın 30 metrelik yüzeye dik gelmesi durumu için çatı yüzeyindeki basınç katsayısı bölgeleri..... 202
4.52 Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için dış basınç katsayıları..... 203
4.53 Çatı yüzeyine ait dış basınç katsayıları ve bileşke kuvvetlerin gösterimi 203
4.54 Tonoz çatıya sahip dikdörtgen taban alanına sahip yapı 204
4.55 Rüzgârın 30 m lik duvara dik geldiği durum için bina duvarlarında meydana gelen dış basınç katsayıları..... 205
4.56 Rüzgarın 65 m lik cephey dik gelmesi durumu için bina duvarlarında meydana gelen dış basınç katsayıları..... 207
4.57 Çatı yüzeyinde meydana gelen rüzgâr dış basınç katsayıları 208
4.58 Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için duvar yüzeylerinde meydana gelen dış basınç katsayıları..... 210
4.59 Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina duvararında meydana gelen dış basınç katsayıları..... 211
4.60 Rüzgârın 65 m ye dik gelmesi durumu için çatı yüzeyinde meydana gelen dış basınç katsayıları 212
4.61 Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için duvarlarda meydana gelen dış basınç katsayıları..... 213
4.62 Rüzgârın 65 m lik duvara dik geldiği durum için duvarlarda meydana gelen dış basınç katsayısı..... 214
4.63 Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için çatı yüzeylerinde meydaa gelen dış basınç katsayıları..... 215
4.64 Tonoz çatılı yapıya etkiyen yüklerin gösterildiği grafik a) F taban b) M taban..... 217
4.65 Reklam panosu boyutları..... 218
4.66 Eurocode'a göre reklam panosu rüzgar yükü dağılımı..... 220
4.67 Reklam panosuna etkiyen kesme kuvveti değerleri grafiği..... 225
4.68 Reklam panosuna etkiyen taban moment değerleri grafiği 226

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

3.1 Arazi kategorileri ve parametreleri 11
3.2 Dikdörtgen planlı binaların düşey duvarları için dış basınç katsayıları 17
3.3 Arazi kategorileri ve tanımları 28
3.4 Arazi Kategorisine Bağlı Bazı Değerler 30
3.5 K_1 için değerler 30
3.6 Rüzgar Doğrultu Katsayısı K_d 31
3.7 Yapı Önem Katsayısı - I - 32
3.8 İç basınç Katsayıları (ASCE 7-05) 35
3.9 Dış Basınç Katsayıları 36
3.10 Çatı Dış Basınç Katsayıları (ASCE 7.05 sayfa 49) 37
3.11 Tonoz çatı için dış basınç katsayıları 37
3.12 Reklam panosu ve serbest duvarlar için dış basınç katsayısı 38
3.13 Arazi Tanımları 41
3.14 Arazi Parametreleri 41
3.15 Dikdörtgen Kesitli Bir Binanın Cephe ve Çatı Basınç Katsayıları(45 metreden yüksek binalar için) 43
3.16 Tonoz çatı yüzeyindeki basınç katsayıları(45 m yük. az binalar için AIJ tablo A6.9(2)) 44
3.17 İşaret ve reklam panosu gibi yapılar için rüzgâr kuvvet katsayısı 44
3.18 Farklı Bölgeler İçin M_d Katsayıları 48
3.19 Arazi kategorileri ve tanımları 51
3.20 Arazi / Yükseklik Çarpanı (BÖLGE A1—A7, W ve B için) 51
3.21 Arazi /Yükseklik Katsayısı (Bölge C ve D için) 52
3.22 Dikdörtgen Kesitli Binaların Ön cephesi için Dış Basınç Katsayısı ($C_{p,e}$) 54
3.23 Dikdörtgen Kesitli Binaların Arka Cephesi için Dış Basınç Katsayıları 54
3.24 Dikdörtgen Kesitli Binaların Yan Cepheleri İçin Dış Basınç Katsayısı 55
3.25 Kavisli Çatı Yüzeyine Sahip Binalar için Çatı Dış Basınç Katsayısı 55
3.26 İlan panoları ve serbest duvarlar için rüzgarın dik geldiği durumdaki rüzgar basınç katsayıları 56
3.27 Arazi yüksekliği ve arazi kategorisine bağlı türbülans yoğunluğu değerleri 59
4.1 Tabanda meydana gelen yük etkileri (Rüzgarın 50 m lik yüzeye dik geldiği durum) .. 67
4.2 Tabanda meydana gelen yük etkileri (Rüzgarın 50 mlik yüzeye dik geldiği durum) ... 70
4.3 Rüzgarın bina tabanında meydana getirdiği toplam kesme ve moment değerleri(Örnek 2-50 m lik duvara dik etkidiği durum için) 74
4.4 Rüzgarın 70 m lik cepheye dik geldiği durum için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvveti ve moment değerleri(Örnek 2 Eurocode) 79

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge **Sayfa**

4.5 Rüzgarın 50 mlik yüzeye dik geldiği durum için tabanda oluşan yük etkileri(Örnek 3 Eurocode) 83
4.6 Rüzgarın 70m lik duvara dik geldiği durum için oluşan yük etkileri 88
4.7 Rüzgârın 50 m lik duvar yüzeyine dik gelmesi durumu için kesme kuvveti ve moment değerleri 93
4.8 70 metrelik duvara rüzgârın dik etkimesi sonucu tabanda meydana gelen kesme ve moment değerleri 98
4.9 Dört örneğin Eurocode 1.4 e göre çözümü sonucu elde edilen yük değerleri ve yüklerin artış oranları 99
4.10 Rüzgârın 50 metrelik duvara dik geldiği durum için tabanda meydana gelen taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri 103
4.11 Rüzgârın 70 m lik duvara etkidiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri 108
4.12 Rüzgârın 50 m lik duvara etkimesi durumu için bina tabanında meydana gelen yük etkileri (Örnek 2 ASCE) 111
4.13 Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için tabanda meydana gelen yük etkileri 115
4.14 Rüzgârın 50 m lik yüzeye dik geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti ve moment yükleri 119
4.15 Rüzgârın 70 m lik duvara dik geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti ve moment yük değerleri 124
4.16 Rüzgârın 50 m lik duvara dik geldiği durum için rüzgâr kaynaklı taban kesme kuvveti ve moment değerleri 128
4.17 Rüzgârın 70 m lik cepheye geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti kuvveti ve moment değerleri 132
4.18 Dört örneğin ASCE rüzgâr yönetmeliğine taban kesme kuvveti ve momentdeğerleri 134
4.19 Rüzgârın 50 m lik duvara dik gelme durumu için taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri 138
4.20 Rüzgârın 70 m lik duvar yüzeyine dik geldiği durum için bina tabanında oluşan yük etkileri 142
4.21 Rüzgârın 50m lik duvar yüzeyine dik geldiği durum için bina tabanında oluşan yük etkileri 145
4.22 Rüzgârın 70m lik duvar yüzeyine dik etkidiği durum için taban kesme kuvveti ve moment değerleri 149
4.23 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durum için bina tabanıda meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri 153

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge **Sayfa**

4.24 Rüzgârın 70m lik duvara dik etkidiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri 157
4.25 Rüzgârın 50m lik duvara dik etkidiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri 161
4.26 Rüzgârın 70m lik duvara dik etkidiği durum için bina tabanıda meydana gelen toplam kesme kuvveti ve moment değerleri 165
4.27 Dört örnek için tabanda meydana gelen yükler ve değişim oranları 167
4.28 Rüzgârın 50 m lik duvara dik gelmesi durumu için taban kesme kuvveti ve moment değerleri 170
4.29 Rüzgârın 70 m lik cepheye dik geldiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri 173
4.30 Rüzgârın 50 m lik cepheye dik geldiği durum için oluşan yük değerleri 176
4.31 Rüzgârın 70 m lik duvara dik geldiği durum için tabanda meydana gelen yük etkileri 179
4.32 Rüzgârın 50 m lik duvara dik geldiği durum için taban yüklerinin hesaplanması 182
4.33 Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için tabanda meydana gelen kesme kuvveti ve moment değerleri 185
4.34 Rüzgârın 50 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen toplam kesme kuvveti ve moment değerleri 189
4.35 Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen yük etkileri 192
4.36 Dört örnek için bina tabanında meydana gelen yük etkileri ve artış oranları 194
4.37 Eurocode, ASCE, AIJ ve ASNZS yönetmelikleri için elde edilen taban kesme kuvveti ve moment değerleri 195
4.38 Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen kesme kuvveti ve moment değerleri 206
4.39 Rüzgarın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment yükleri 207
4.40 Rüzgârın 30 metrelik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen kesme kuvveti ve moment değerleri 210
4.41 Rüzgarın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri 211
4.42 Rüzgarın 30 lik duvara dik gelmesi durumunda bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri 214
4.43 Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen toplam taban kesme kuvveti ve moment değeri 215
4.44 Taban Alanı 30m*65m Olan Tonoz Çatısı Bulunan Yapıya Etkiyen Rüzgar Yükü Değerleri 217
4.45 Reklam panosuna gelen toplam yatay yük ve toplam moment değeri 220

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge **Sayfa**

4.46 Rüzgârın reklam panosuna etkidiği durum için pano tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri 221
4.47 Reklam panosuna gelen rüzgârın pano tabanında meydana getirdiği toplam kesme kuvveti ve moment değerleri 223
4.48 Reklam panosuna etki eden toplam kesme kuvveti ve pano tabanında meydana gelen toplam moment değerleri 224
4.49 Reklam Panosu Üzerine Etkiyen Rüzgar Hızının Pano Tabanında Meydana Getirdiği Yük Etkileri 225

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
ρ	Hava yoğunluğu (kg/m^3)

Kısaltmalar	**Açıklama**
AIJ	Architectural Institute of Japan (Japonya Mimari Enstitüsü)
ASCE	American Society of Civil Engineers (Amerikan İnşaat Mühendisleri Topluluğu)
AS/NZS	Australian / New Zealand Standard (Avustralya/Yeni Zelanda Standardı)
MWFRS	Mean Wind Force Resisting System (Ortalama Rüzgâr Dayanım Sistemi

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüzde yüksek yapı miktarında belirgin bir artış göze çarpmaktadır. Bu artış hem ülkemizde hem de küresel anlamda gözlenebilmektedir Yüksek yapıların tasarımında rüzgâr yükleri, yapı üzerinde etkisi göz önünde bulundurulması gereken en önemli unsurlardan birisidir. Çünkü rüzgâr esnek kabul edebileceğimiz yapılar ile etkileşime girebilmekte ve bina üzerinde meydana gelen rüzgâr yüklerini ciddi anlamda artırmaktadır. Ayrıca rüzgârdan kaynaklanan salınım etkisi ile konfor şartlarının belirli bir sınır içinde tutulması zorlaşmaktadır.

Yüksek yapılar 20. yüzyılın başlarında yapılmaya başlanılmıştır ve bu binaların tasarımı ile ilgili deneyim ve bilgi birikimimiz günden güne artmaktadır. Şu anki bilgi birikimi, teknik imkân ve deneyim ile birlikte dünyanın birçok bölgesinde 100 kata kadar yapılmış yüksek binalar bulunmaktadır. Dünya çapında yüksek yapı sayısının artmasındaki etmenler arasında kentsel alanlar içinde bulunan kısıtlı arazilerin daha etkili kullanılması amacı yatmaktadır. Böylelikle binaların kat sayısının artması insanlar için daha çok sosyal alan, daha çok yeşil bölge anlamına gelmektedir. Aynı kullanım alanına sahip tek katlı bina ile daha küçük oturum alanına sahip, kullanım alanı aynı olan yüksek katlı binaları karşılaştırdığımızda ise çok katlı binaların yapım maliyetlerinin alçak katlı binalara göre ciddi anlamda yüksek olduğu görülmüştür. Yapım maliyeti fazla olan yüksek katlı binaların kullanım amaçları incelendiğinde büyük oranının iş amaçlı kullanıldığı görülmekte, konut ve barınma amaçlı olanların oranının ise az olduğu göze çarpmaktadır. Çünkü şirket merkezlerinin, ofislerin sembolik yapılar olan yüksek binalarda olması bir nevi statü göstergesi olarak algılanmaktadır. Bu yüzden yüksek binaların sahip olduğu gösteriş, şatafat çoğu zaman yüksek maliyetlerin ikinci plana atılmasına sebep olabilmektedir. Yani şirketlerin imaj yaratma duygusu, güç ve zenginlik göstergesi yaratma isteği, yüksek yapı sayısının dünyada ve ülkemizde giderek artmasına sebep olan başlıca etmenlerden biridir. 18.yüzyılda çeliğin üretilmesi ile taşıyıcı sistemi olan binaların yapılmaya başlanılması, malzeme özelliklerinin giderek iyileştirilmesi, teknolojik imkânların artması ile yapım tekniklerinin uygulamayı kolaylaştırması sebeplerinden dolayı yüksek katlı bina sayısının önümüzdeki yıllar boyunca sürekli artacağı anlaşılmaktadır.

Yüksek yapıların yaygınlaşması mühendisler için çözüme kavuşturulacak yeni problemler doğurmuştur. Bu gereklilik ülkeler ve mühendisler tarafından incelenmiş ve yüksek yapıların rüzgârdan etkilenmemesi için yönetmelikler hazırlanılmıştır. Bu çalışmanın amacı ise binalara etkiyen rüzgârın binada oluşturduğu yük etkilerinin tespit edilmesi ve dünyadaki farklı ülkeler tarafından kullanılan yapı yönetmelikleri kullanılarak örneklerin çözümünün yapılması ve sonuçlarının karşılaştırılmasıdır.

Rüzgâr; alçak basınç ile yüksek basınç bölgesi arasında yer değiştirmekte olan hava akımına denir. Rüzgârın yönü daima yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine doğrudur. Rüzgârın hızını belirleyen en önemli etken ise iki bölge arasındaki basınç farkıdır. Fark ne kadar büyükse rüzgâr hızı o kadar büyüktür ve akış fark eşitlenene kadar devam eder. Rüzgârın esme yönünü bölgedeki dağlar, vadiler, ovalar yani yeryüzü şekilleri değiştirebilir. Yeryüzü şekillerinin dağınık ve değişken yükseklikte olduğu bölgelerde rüzgârın yüzeye sürtünme etkisi artacağından rüzgâr hızı düşüktür. Ama göl, deniz ve okyanus gibi yüzeylerde sürtünme etkisi az olacağından rüzgâr hızı artar. Rüzgâr hızı sayısal bir niceliktir ve anemometre ile ölçülür.

Herhangi bir binaya etkiyen rüzgâr basıncı rüzgâr hızıyla birlikte havanın yoğunluğuna bağlıdır. Rüzgâr hareketli bir etmen olduğu için kinetik enerjisi kadarıyla bina üzerinde bir etki oluşturabilir. Rüzgârın sahip olduğu kinetik enerjisinin tamamının basınca dönüştüğü düşünülürse basınç formülü aşağıda verilen denklem ile hesaplanabilir.

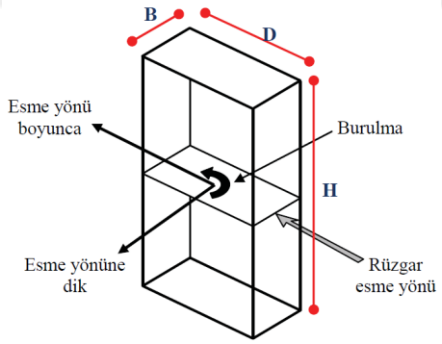
$$q = 1/2 * \rho * V^2 \qquad (1.1)$$

Yukarıdaki eşitlikte ‘ρ’ havanın yoğunluğunu, ‘V’ ise rüzgârın hızını simgelemektedir. Tabi ki rüzgarın hızının bilinmesi ve yukarıdaki (1.1) formülü ile basınca dönüştürülmesi tasarım basınçları elde etmek için yeterli değildir. Binanın fiziksel özelliklerinin de basınç hesapları yapılırken göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Rüzgâr yükleri statik ve dinamik yükler olmak üzere iki gruptan oluşur. Binaya etkiyen toplam rüzgâr yükü bu iki grubun oluşturduğu yüklerin toplanması ile elde edilir. Statik yükten oluşacak bina yük ve deplasmanları statik analiz

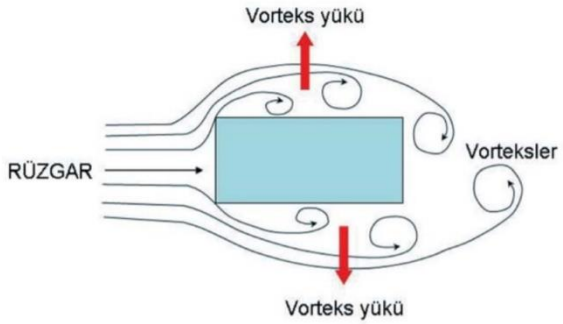
yöntemleri kullanılarak elde edilir. Dinamik rüzgâr yüklerinin etkisi yönetmeliklerde eşdeğer statik yük yaklaşımı kullanılarak göz önüne alınır. Eşdeğer statik yük, statik rüzgar yükünü statik ve dinamik rüzgar yüklerinde oluşan toplam deplasmana eşdeğer bir deplasman yaratacak şekilde elde edilir. Bu artırma katsayısı türbülans faktörü (gust factor) olarak bilinir. Eşdeğer statik yükleri kullanılarak binada rüzgârdan oluşan toplam deplasmanlar statik analiz yöntemleri kullanılarak hesaplanır. Binanın taşıyıcı sistemine gelen toplam rüzgâr yükü binanın tüm yüzeylerine gelen yüklerin vektörel olarak toplanmasından oluşur.

Rüzgâr; hızı ve yönü zamana göre çok değişkenlik gösteren oldukça karmaşık bir doğa olayıdır. Rüzgâr, atmosfer içerisindeki yüksekliğine bağlı olarak farklı istatistiksel özellikler sergileyen dinamik bir yapı olarak gösterilebilir. Ortalama rüzgar hızı statik bir yük oluştururken, türbülans ani ve zamanla değişken bir etki ile yapılar üzerinde dinamik bir etki oluşturur. Tabii ki türbülans etkisi yapının boyut ve dinamik karakterine de bağlıdır. Dinamik etkilere maruz kalan yüksek yapılarda rüzgârın esme doğrultusunda ve rüzgârın esme doğrultusuna dik olmak üzere burulma titreşimi meydana gelir.



Şekil 1.1 Rüzgâr esme yönüne göre yapıda meydana gelen yük etkileri

Rüzgârın estiği doğrultuda meydana gelen yük tesirleri, rüzgârın etkidiği yüzey ve tam arkasındaki yüzeyde meydana gelen basınç veya emme etkilerinin bir sonucudur. Esme yönüne dik olarak gerçekleşen yük etkilerinin sebebi ise yüzeylerde meydana gelen vorteks etkileri ve diğer gerilmelerin sonucudur. Binanın tüm yüzeylerinde oluşan gerilmelerin düzensizliği ve değer olarak farklılığı ise burulma etkisini meydana getirir.

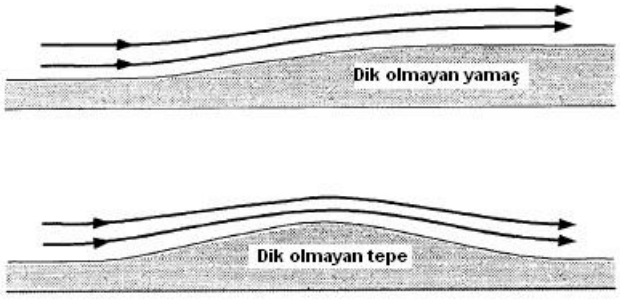


Şekil 1.2 Vorteks Tesirleri (Şafak, E.,2011)

Rüzgârın bina yüzeyine etkimesi ile yan yüzeylerde Şekil 1.2 de gösterilen vorteksler meydana gelmektedir. Vortekslerin davranışları değişken olarak değerlendirilmektedir ve rüzgârın esme yönüne dik yönde etki ve titreşimler meydana getirir.

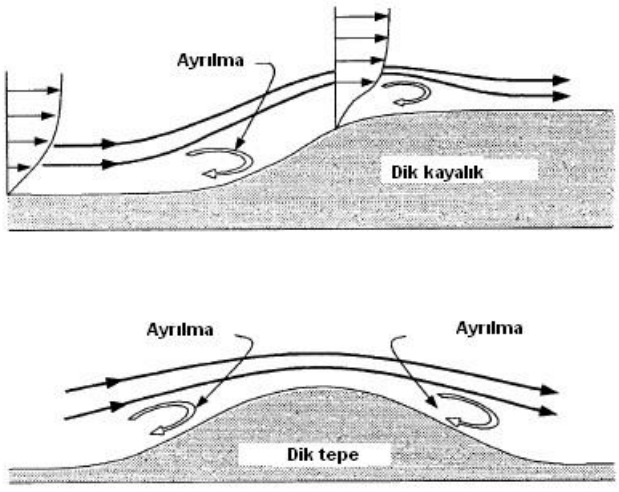
Arazi üzerinde bulunan tepeler, uçurumlar ve falezler, tepe, vadi gibi yüzey şekilleri veya insan yapısı olan binalar ani rüzgâr hızında ciddi anlamda değişikliklere neden olabilmektedirler. Bu konunun irdelenmesi, açıklık ve izahat getirilmesi araştırmacılar ve akademisyenlerin gündemini 1950 li yıllardan beri meşgul etmektedir. Günümüzdeki teknolojik imkânlar ve rüzgâr tüneli deneyi gibi olanaklar ile birlikte rüzgârın yeryüzü şekilleri ile karşılaştığında gösterdiği davranış büyük ölçüde anlaşılmıştır.

Çok dik olmayan bir yamaca yaklaşan rüzgâr, eğimin başladığı yer ile karşılaştığında hızında düşük bir miktar azalma meydana gelir ve eğim yönünde ilerleyerek hızını artırmaktadır. Tepe noktasına ulaştığında ise hızı maksimum yüzeye çıkar ve iniş esnasında hızı giderek azalır.



Şekil 1.3 Yamaç Üzerindeki Rüzgârın İzlediği Yol(Holmes, J.D., 2003)

Dik özelliğe sahip arazi üzerinde eğimin başladığı yerde rüzgârın akımında azalma oluşur ve ‘ayrılma’ adı verilen parçalar meydana gelmektedir. Bu parçalar hem rüzgârın geliş yönünde eğimin başladığı noktada hem de tepeyi aştıktan sonra aşağı iniş bölgesinde meydana gelir. Arazi orografisinin rüzgâr üzerindeki tesirini açıklayan denklem ve tanımlamalar ülkelerin yayınladığı ulusal eklerde bulunmaktadır.



Şekil 1.4 Rüzgârın Akımında Meydana Gelen Ayrışma(Holmes, J.D., 2003)

Mimarisi, fiziksel özellikleri(yüksekliği, en kesit alanı, kullanılan malzemesi, bulunduğu çevre itibari ile rüzgâr hızına tesir edecek etkiler, şekil itibari ile belirli bir formu olmayan, formüle edilemeyecek kenar köşe şekillerine sahip) standart olmayan yüksek yapıların rüzgâr karşısında gösterdiği etkilerin anlaşılabilmesi için bu binaların statik hesapları rüzgâr tüneli deneylerinden elde edilecek verilere göre yapılmalıdır.

Aşağıda belirtilen özelliklere sahip binaların rüzgâra karşı tasarımı mutlaka rüzgâr tüneli deneyi sonuçları kullanılarak yapılmalıdır.

- Düzgün olmayan en kesitlere sahip çok yüksek binalar
- Doğal frekansı 1,0 Hz in altında olan esnek binalar
- Etrafındaki diğer binalar veya bulunduğu arazi nedeniyle ekstra rüzgâr etkisine maruz kalacak binalar.
- Vorteks titreşimlerine maruz kalacak binalar

- İçinde yaşamını sürdürecek canlıları rahatsız edecek derecede titreşim yapması beklenen yapılar.
- Taşıyıcı sisteme ve sistem üzerindeki elemanlara gelecek yüklerin daha hassas hesaplanması gereken durumlarda (örneğim cam giydirme cephelerde kullanılacak bağlantı elemanları gibi)

Rüzgâr tüneli deneyi yapılırken dikkat edilecek hususlar;

- Rüzgâr tüneli, yapının yapılacağı arazinin atmosferik sınır tabakasını iyi derecede tasvir edebilmelidir.
- Türbülans şartları rüzgâr tünelindeki modelde de sağlanmalıdır.
- Binanın yapılacağı çevredeki komşu binalar ve arazi topoğrafyası gerçek şartlara benzer şekilde tasvir edilmelidir.
- Yapılacak binanın ve etrafındaki diğer binaların rüzgârın esme doğrultusundaki projeksiyonunun alanı toplam tünel alanının %8 inden fazla olmamalıdır.
- Tünel içinde oluşacak basıncın tünel boyunca değişeceği göz önünde bulundurulmalıdır.
- Reynold sayısının rüzgâr basınç ve yüklerindeki etkisi en aza indirilmelidir.
- Deneyde kullanılan sensörler ölçülen değerlerin gerektirdiği hassasiyette olmalıdır.
- Deneyde dinamik davranışlar da ölçülecekse, model dinamik davranışı kontrol eden parametrelerin niteliklerini taşımalıdır.(sönüm oranı, rijitlik ve kütle)

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Rüzgârın dinamik davranışının ve rüzgâr türbülansının karakteristik özelliklerinin anlaşılabilmesi rüzgârın yapılar üzerindeki etkisinin ortaya konulabilmesi açısından son derece önemlidir. Teknoloji ile birlikte hesaplama ve deney olanaklarının gelişmesi sonucunda rüzgâr ile ilgili çalışmalar 1950 li yılların başında başlamıştır. Davenport(1961) 1961 yılında atmosferik türbülans modelini öne sürmüş ve rüzgarın dinamik özelliklerini ortaya koymak için çeşitli yöntemler geliştirmiştir. Davenport' un temel amacı rüzgârın meydana getirdiği ani yük etkilerini tespit etmek ve bu etkilere ait eşdeğer statik yüklerin yapı üzerindeki etkisini ortaya koymaktı. Davenport(1960), Avustralya ve İngiltere'de 12 metre ile 150 metre arasında değişen yüksekliklere ait rüzgâr hız kayıtlarını kullanmış ve 70 farklı güç spektrum yoğunluk fonksiyonu elde etmiştir. Bu çalışma sonucunda yükselik ile spektrum ilişkisini incelemiş ve güç spektrum yoğunluk fonksiyonu denklemi elde etmiştir.

Ani rüzgâr etkileri üzerine literatürde çok sayıda çalışma yer almaktadır. Durst(1960) İngiltere'deki rüzgâr verilerine dayanarak açık alan ve engebe bulunmayan bir bölgedeki maksimum rüzgâr hızı verilerini kullanarak çeşitli rüzgâr hızı ortalamaları ile saatlik ortalama rüzgâr hızı arasında bağıntıyı ortaya koymuştur. Ashcroft (1994) rüzgâr hızının arazi pürüzlülüğüne bağlı olduğunu ortaya koymuş ve ani rüzgâr etkisinin artan yüzey pürüzleri ile azaldığını göstermiştir.

Geçmiş yıllarda rüzgâr ile ilgili bilgi birikiminin artması ve rüzgâr tüneli deneylerinin kullanılmaya başlanması ile birlikte rüzgâra maruz kalan yüksek binalar üzerindeki yükler çok daha hassas bir şekilde ortaya konulabilmektedir. Ancak yapılan ilk çalışmalar rüzgâr boyunca (alongwind) meydana gelen yük etkilerini içermekte, rüzgâr yönüne dik(acrosswind) yönde meydana gelen etkileri ele almamaktadır. Rüzgâr yönüne dik meydana gelen yük etkilerinin neden olduğu titreşimler konfor şartlarını direk olarak etkidiğinden bu etkilerin önemi ilk Koten (1967) tarafından ortaya konulmuştur. Bu çalışma akışkanlar mekaniği prensibine dayandırılarak elde edilmeye çalışılmıştır. Ancak son zamanlarda rüzgâr tüneli deneyleri yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve sonuçlar yüksek doğruluk payı ile elde edilmektedir.

Tamura (2005), çalışmalarında rüzgâr yönündeki yükleri, rüzgâr yönüne dik yöndeki bileşenleri, birleşik etkileri ve dinamik etkilerini de ele almıştır. Kurç ve diğ.(2012), binanın rüzgâr etkisi altındaki tepkisini, rezonan ve geri plan bileşenini Ankara Rüzgâr Tünellini kullanarak hesaplamışlar ve çıkan sonuçları ASCE, Eurocode ve İstanbul Yüksek Binalar Rüzgâr Yönetmeliğini kullanarak karşılaştırmışlardır.

Rüzgâr yönünde bina cephesine etkiyen yükler fırtına etkisi faktörü (gust effect) ile doğru şekilde hesaplanabilirken, rüzgâra dik yönde oluşan etkiler hesaplanamamaktadır. Zhou ve diğ.(2003), yüksek yapıların rüzgâr yönünde ve rüzgâra dik yöndeki tepkilerinin hesabı için bir program geliştirmişler ve kullanıcıların hizmetine çevrimiçi olarak sunmuşlardır. Bu program farklı kesite sahip yüksek binalara etkiyen yükleri rüzgâr tüneli deneyleri ile elde ediliş veriler kullanılarak elde etmektedir. Kwon ve diğ.(2008), bu programın yeni versiyonunu (NALD 2.0) yayınlamışlardır.

Kwon ve Kareem (2013), yüksek yapılar üzerine etkiyen rüzgâr yüklerini farklı arazi şartlarında dünya ülkelerinin kullandığı ona yakın yönetmelik ile çözmüş ve hem rüzgâr yönünde hemde rüzgâr yönüne dik meydana gelen yük tesirlerini elde etmiş ve bu değerleri karşılaştırmıştır.

Polat(2010) ve Gürses(2012), seçtikleri yüksek yapı örnekleri üzerine etkiyen rüzgâr yükü etkilerini ASCE, Eurocode ve TS 498 yönetmeliklerini kullanarak elde etmeye çalışmışlardır. Elde ettikleri sonuçları ise karşılarştırmışlar ve yönetmelikler arasındaki farklılıkları açıklamışlardır.

Umut (2014), ülkemizdeki meteoroloji istasyonlarını ve ölçülmüş değerleri kullanarak ülkemizin basit rüzgâr hızı haritasını çıkarmıştır. Ayrıca çelik ve betonarme özelliklerde farklı kesit ve yüksekliğe sahip yüksek yapı örneklerini NALD 2.0 programını kullanarak çözmüş sonuçları karşılaştırmıştır. Ayrıca rüzgârın etkidiği cephe ile rüzgâr yönüne paralel olan cephe uzunlukları arasındaki bağlantıyı açıklamaya çalışmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Eurocode 1-4' e Göre Rüzgâr Yükleri

Eurocode'un 1-4 bölümünde üst yapı grubuna giren, 200 metre yüksekliği aşmayan binaların ve 200 metre açıklık uzunluğunu geçmeyen köprülerin rüzgâr etkisi altında meydana gelen yük etkileri ile ilgili hesap yöntemleri verilmiş ve rüzgâr yükleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bunun yanında reklam panoları ve sanayi bacaları gibi yapılarında rüzgâr yüklerinin tayin edilebilmesi için formülizasyon ve grafikler içermektedir.

3.1.1 Temel rüzgâr hızı

Eurocode 1-4 e göre temel rüzgâr hızı değeri V_{b0};

Açık bir arazide ve çimen türü bir bitki örtüsü ile kaplı, yüzeyde bulunan pürüzler arası mesafenin ise pürüz yüksekliğinin en az 20 katı mesafe olan bir arazide yerden 10 metre yükseklikte ve 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızı değeri olarak belirlenmiştir.

Temel rüzgâr hızı tasarım değeri V_b, rüzgâr yönü ve mevsim katsayısına bağlıdır ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo} \quad (3.1)$$

C_{dir} rüzgâr yönü katsayısıdır. Bazı özel durumlarda kullanılabilir ve C_{dir} kaysayısına ait değerler ülkelerin yayınladığı ulusal eklerde bulunabilir. Eurocode bu değerin '1' (bir) olarak kullanılmasını önermektedir.

C_{season} mevsim katsayısıdır ve sadece belirli mevsimlerde kullanılacak çadır veya prefabrik yapılar gibi üst yapıların hizmet süresi boyunca belirli mevsim etkisi altında kalacağı rüzgâr hızı ve yükünü elde etmek adına kullanılır. Eurocode için önerilen değeri '1' (bir) dir. Değişik ve farklı değerler ülkelerin ulusal eklerinde yer alabilir.

3.1.2 Ortalama Rüzgâr Hızı (V_{mz})

Ortalama rüzgâr hızı (V_{mz});

Yerden z metre yükseklikte ölçülen ve arazi pürüzlülüğüne ($C_{r(z)}$), arazinin yüzey şekilleri anlamında tepede veya tepenin sırt bölgesinde bulunmasına ($C_{0(z)}$) ve o bölgedeki temel rüzgâr hızı değerine (V_b) bağlıdır ve aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b \qquad (3.2)$$

$C_{r(z)}$ ve $C_{0(z)}$ değerleri hazır değerler olarak ülkelerin ulusal eklerinde verilmiş olabilir. Eurocode bu değerler için '1' (bir) kullanılması önerilmektedir.

3.1.3 Arazi Pürüzlülüğü $C_{r(z)}$

Arazi pürüzlülüğü $C_{r(z)}$ yapının bulunduğu alanın yerden yüksekliğine ve rüzgârın binaya yaklaştığı yüzeydeki arazi pürüzlülüğüne bağlıdır ve $C_{r(z)}$ aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \qquad z_{en\ küçük} \leq z \leq z_{en\ büyük}$$

$$C_{r(z)} = C_{r(z_{enküçük})} \qquad z < z_{en\ küçük} \qquad (3.3)$$

Yukarıdaki ifadelerden;

z_0 Arazi yüzey pürüz yüksekliğidir ve çizelge 3.1 de verilen değerlerden seçilir.

k_r Aşağıdaki eşitlik ile elde edilen z_0 a bağlı arazi katsayısıdır.

$$k_r = 0{,}19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0{,}07} \qquad (3.4)$$

$z_{0,II}$ 0,05 dir. Yönetmelik tarafından önerilen bu değer II numaralı arazi kategorisine ait minimum pürüz yüksekliğidir.

$z_{en\ küçük}$; Çizelge 3.1 de tanımlanan ve farklı arazi kategorisine göre belirlenen değerdir. Değer tablodan seçilerek kullanılır.

$z_{en\ büyük}$; Maksimum yapı yüksekliğidir. Yönetmelik 200 metreye kadar olan binaların rüzgâr yüklerini hesaplamak için kullanıldığından $z_{en\ büyük}$=200 m dir.

Çizelge 3.1 Arazi kategorileri ve parametreleri

Arazi Kategorisi		z_0 (m)	$z_{en\ küçük}$ (m)
0	Açık deniz tesirinde kalan kıyı şeridi	0,003	1
I	Göller, açık, engebeli olmayan düz alanlar	0,01	1
II	Çayır gibi bitki örtüsüne sahip ve aralarında engel yüksekliğinin en az 20 katı uzaklık bulunan araziler(ağaçlar, binalar)	0,05	2
III	Düzgün şekilde bitki örtüsüne veya binalara sahip ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı mesafe bulunan bölgeler(kasabalar, banliyö bölgeleri, ormanlar)	0,3	5
IV	Yüzeyinin %15'i yükseklik ortalaması 15 metreyi aşan yapılarla kaplı alanlar	1,0	10

3.1.4 Arazi Orografisi $C_{0(Z)}$

Arazideki yüzey şekilleri nedeni ile rüzgâr hızının en az %5 oranında arttığı durumlarda arazi orografisi katsayısı $C_{0(z)}$ kullanılarak rüzgâr etkisi göz önüne alınır.

Rüzgârın yaklaştığı yöndeki ortalama arazi eğiminin 3(üç) dereceden az olduğu durumlarda bu etki ihmal edilebilir.

3.1.5 Rüzgâr Türbülansı $I_{v(Z)}$

z metre yükseklikteki türbülans şiddeti $I_{v(z)}$ türbülansın standart sapmasının ortalama rüzgar hızına oranı olarak tanımlanmıştır.

Rüzgar hızının türbülans şiddetinin ortalama değeri '0' sıfırdır. Standart sapma değeri ise σ_v dir. Türbülansın sapma değeri aşağıda bulunan eşitlikten faydalanılarak bulunabilir.

$$\sigma_v = k_r * V_b * k_1 \qquad (3.5)$$

Burada;

k_r arazi katsayısı eşitlik (3.4) ye göre hesaplanır.

V_b temel rüzgâr hızı eşitlik (3.1) e göre hesaplanır.

k_1 türbülans katsayısı

$$I_{v(z)} = \frac{\sigma_v}{v_{m(z)}} = \frac{k_1}{c_{0(z)} * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \qquad z_{en\ küçük} \leq z \leq z_{en\ büyük}$$

$$I_{v(z)} = I_{v(z_{min})} \qquad z < z_{\ enküçük} \qquad (3.6)$$

k_1 türbülans katsayısı. Ülkelere ait ulusal eklerde bu değişkene ait farklı değerler verilmiş olabilir. Eurocode göre tavsiye dilen değer '1' (bir) dir.

Buradan;

$C_{o(z)}$ Orografi Katsayısı

z yapı yüksekliği.

z_0 arazi engebe uzunluğu. Araziye ait bu değer Çizelge 3.1 den alınabilir.

3.1.6 Tepe Rüzgâr Basıncı $q_{p(Z)}$

Tepe rüzgâr basıncı $q_{p(z)}$ z metre yükseklikteki ortalama ve kısa süreli hız değişikliklerini içeren değerdir ve aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$q_{p(z)} = [1+ 7\ I_{v(z)}] * \frac{1}{2} * \rho\ * V^2_{m(z)} = C_{e(z)} * q_b \qquad (3.7)$$

ρ hava yoğunluğudur ve önerilen değeri 1,25 kg/m^3 dür.

$I_{v(z)}$ rüzgar türbülans değeridir ve (3.6) eşitsizliği ile hesaplanır.

$V_{m(z)}$ temel rüzgar hız basınç değeri (3.2) eşitsizliği ile belirlenir.

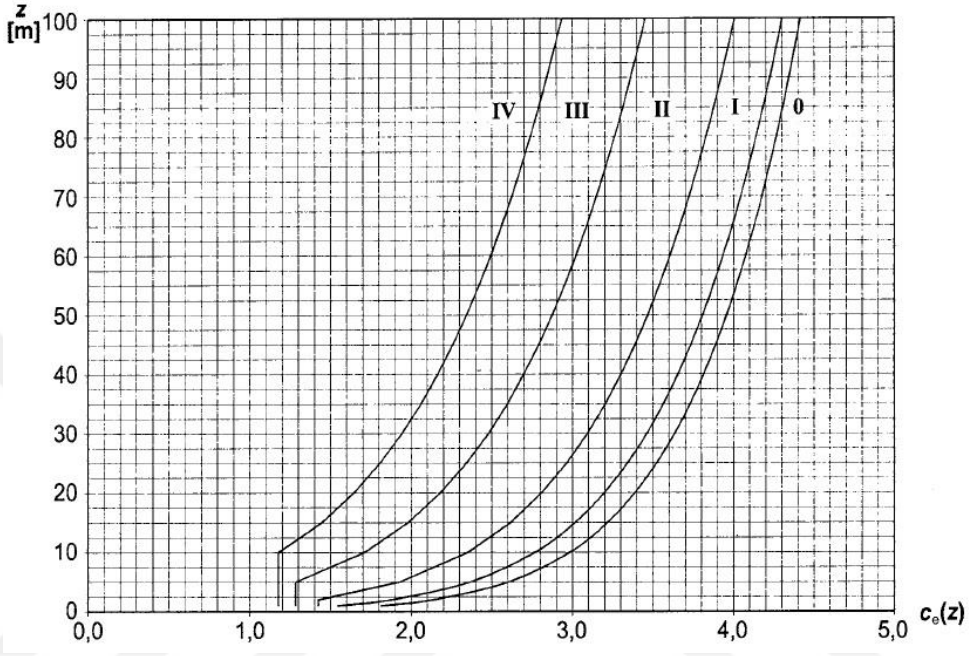
$C_{e(z)}$ maruz kalma katsayısıdır. Aşağıdaki eşitlik ile belirlenir.

$$C_{e(z)} = \frac{q_{p(z)}}{q_b} \qquad (3.8)$$

q_b basit rüzgâr hızına ait basınç değeri

$$q_b = ½ * \rho * V_b^2 \quad (3.9)$$

Arazi orografisi $C_{0(z)}$ =1 olan durumlar için $C_{e(z)}$ katsayısı yer seviyesinden yüksekliğin ve arazi pürüzlülüğünün bir fonksiyonu olarak aşağıdaki grafikten elde edilebilir.



Şekil 3.1 K_1=1.0 Ve $C_{0(Z)}$ =1.0 Durumları İçin $C_{e(Z)}$ Maruz Kalma Katsayısı(Eurocode 1.4 syf 23)

3.1.7 Eurocode 1-4'e Göre Rüzgâr Yük Etkileri

Yapıların veya yapısal elemanların üzerinde rüzgâr kaynaklı meydana gelen rüzgâr yük etkileri iç basınç ve dış rüzgâr basınçlarının her ikisi de göz önünde bulundurularak hesaplanmalıdır.

3.1.8 Yüzeylerde Meydana Gelen Rüzgâr Basıncı

Dış yüzeylere etkiyen rüzgâr basıncı W_e aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$W_e = q_{p(ze)} * C_{pe} \quad (3.10)$$

$q_{p(ze)}$ tepe rüzgâr basıncı. Eşitlik (3.7) ile bulunur.

z_e dış basınç için referans yüksekliği

C_{pe} dış basınç katsayısı

İç yüzeylere etkiyen rüzgar basıncı W_i aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

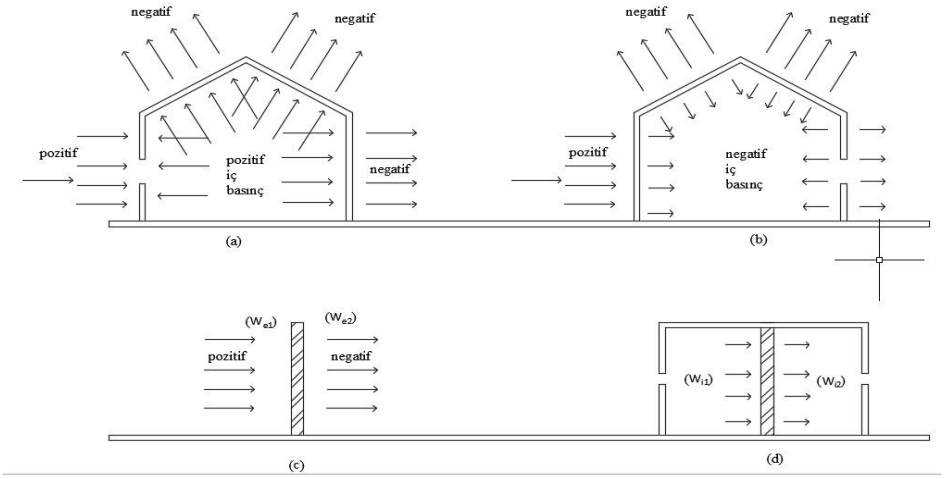
$$W_i = q_{p(zi)} * C_{pi} \quad (3.11)$$

$q_{p(ze)}$ tepe rüzgar basıncı. Eşitlik (3.7) ile bulunur.

z_i iç basınç için verilen referans yükseklik

C_{pi} iç basınç katsayısı

Bir binaya, binanın çatısına veya bina elemanlarına etkiyen net basınç bu elemanların zıt yüzeylerinde oluşan basınçların yönleri (işaretleri) de dikkate alınarak hesaplanan değerlerin farkına eşittir. Yüzeye yönelen basınçlar pozitif, yüzeyden uzaklaşan basınçlar ise negatif olarak değerlendirilir. Aşağıda basınç yönleri şekil ile ifade edilmiştir.



Şekil 3.2 Pozitif ve Negatif Basınç Yönleri

3.1.9 Dış Basınç Katsayısı C_{pe}

Dış basınç katsayıları genel katsayılar ve kısmi katsayılar olmak üzere ikiye ayrılır. Kısmi katsayılar 1 m^2 lik yüklenmiş alanlar için basınç katsayısını verir. Bunlar küçük elemanların ve sabitleme elemanlarının tasarımında kullanılabilir. Genel katsayılar 10 m^2 lik yüklenmiş alanlar için basınç katsayısını verir. Bunlar 10 m^2 den büyük yüklenmiş alanlar için de kullanılabilir.

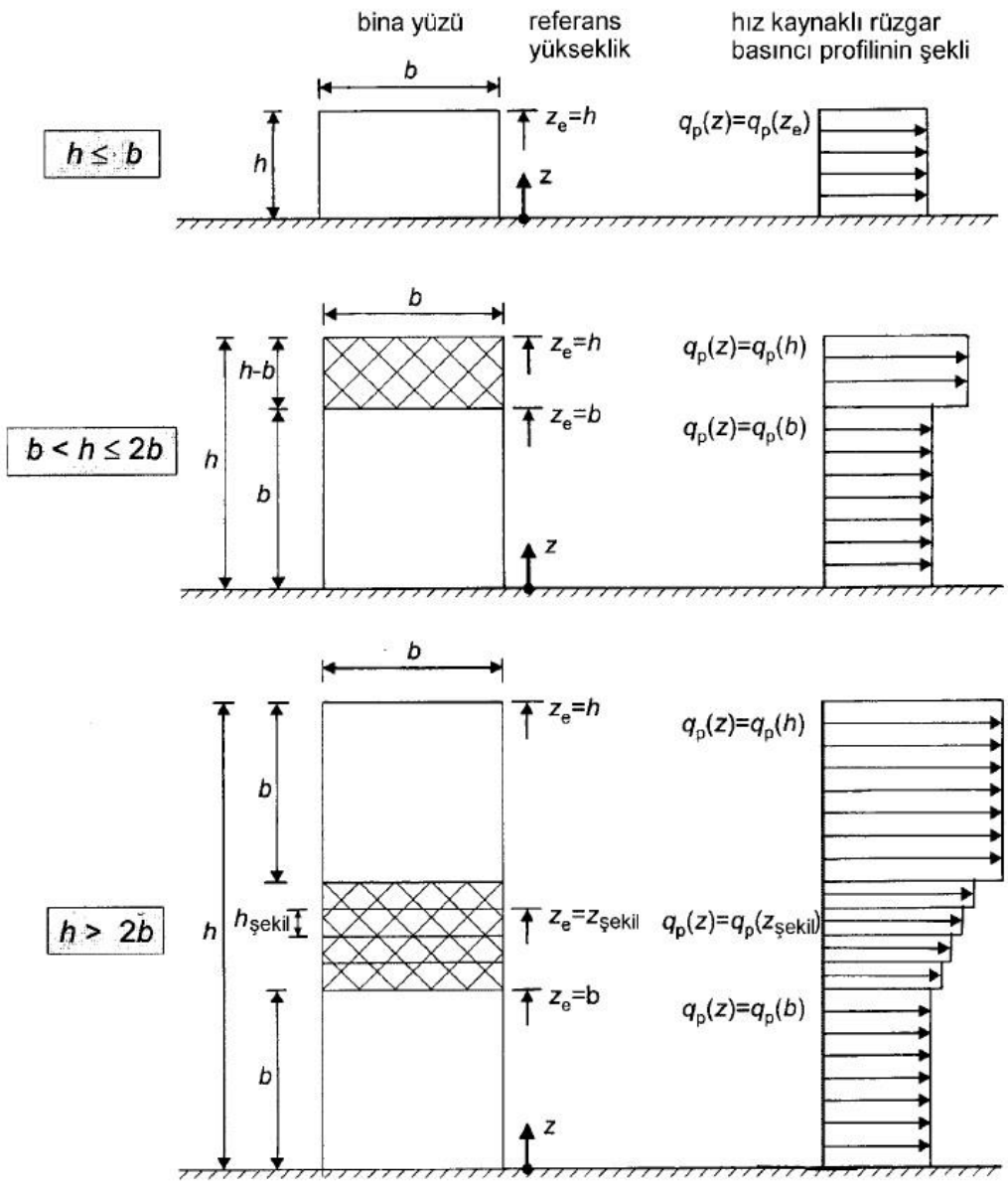
Binalar ve bina bölümleri için dış basınç katsayısı C_{pe} hesaplama yapılacak kesitteki rüzgâr etkisini oluşturan yüklenmiş yapı alanı A'nın boyutuna bağlıdır. Dış basınç katsayıları, uygun bina şekilleri için çizelgelerde, değeri 1 m^2 olan yüklenmiş alan için kısmi katsayı Cpe_1 olarak, değeri 10 m^2 olan yüklenmiş alan A için genel katsayı Cpe_{10} olarak verilmiştir.

Cpe_1 değerleri cephe ve çatı kaplama elemanları gibi alanı 1 m^2 veya daha az olan küçük elemanlar ve sabitleme elemanlarının tasarımında kullanılmak üzere dikkate alınır. Cpe_{10} değerleri binanın yük taşıyıcı kısmının tamamının tasarımında kullanılabilir.

3.1.10 Dikdörtgen Planlı Binaların Düşey Duvarları

Dikdörtgen planlı binaların rüzgârın yaklaştığı yöndeki duvarları için rüzgâr etkisi (Bkz. Şekil 3.4, D Bölgesi) z_e referans yükseklikleri h/b görünüm oranına bağlıdır ve her zaman duvarların değişik kısmındaki en büyük yüksekliğe eşittir. Bu yükseklikler aşağıdaki üç durum için Şekil 3.3 de verilmiştir.

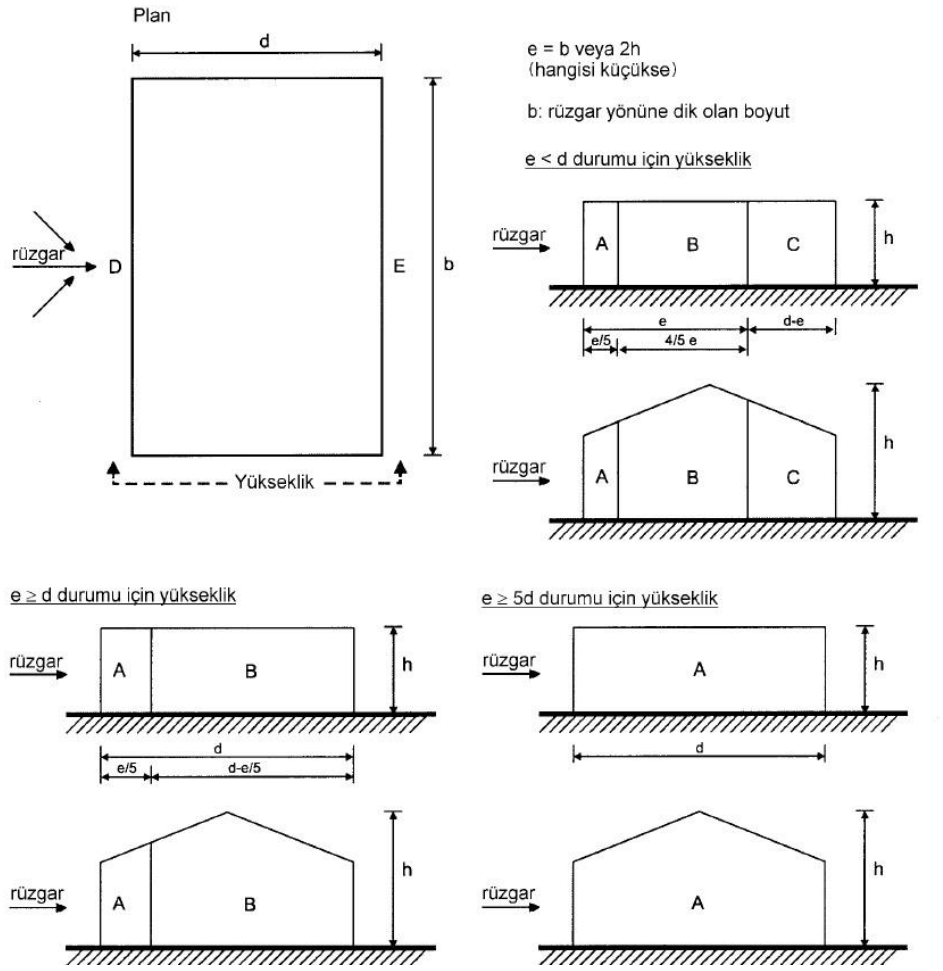
- h yüksekliği b den daha az veya eşitbir bina tek parça olarak değerlendirilmelidir.
- h yüksekliği b den büyük ancak 2b den daha az veya eşit bina, yer seviyesinden b yüksekliğine kadar olan alt bölümü bir parça ve geri kalan üst bölümü diğer parça olan iki parçalı bina olarak değerlendirilir.
- h yüksekliği 2b den büyük olan bir bina, yer seviyesinden b yüksekliğine kadar olan alt bölümü; binanın en üstünden aşağıya doğru b yüksekliği kadar uzanan üst bölümü ve üst ve alt bölümlerin arasında Şekil 3.3 te gösterdiği gibi $h_{şekil}$ yüksekliğinde yatay şeritlere bölünebilen orta bölümü içeren çok parçalı bina olarak değerlendirilebilir.



Şekil 3.3 h ve b değerlerine bağlı z_e referans yüksekliği ve buna karşılık gelen hız kaynaklı rüzgâr basıncı profili (Eurocode 1.4 sayfa 35)

Dikkate alınan her yatay şerit için hız kaynaklı rüzgâr basıncının düzgün yayılı olarak etkidiği kabul edilmelidir.

A, B, C, D ve E bölgeleri için dış basınç katsayıları $C_{pe}10$ ve $C_{pe}1$ Şekil 3.4 de tanımlanmıştır.



Şekil 3.4 Düşey duvarlar için adlandırmalar ve açıklamalar (Eurocode 1.4 sayfa 36)

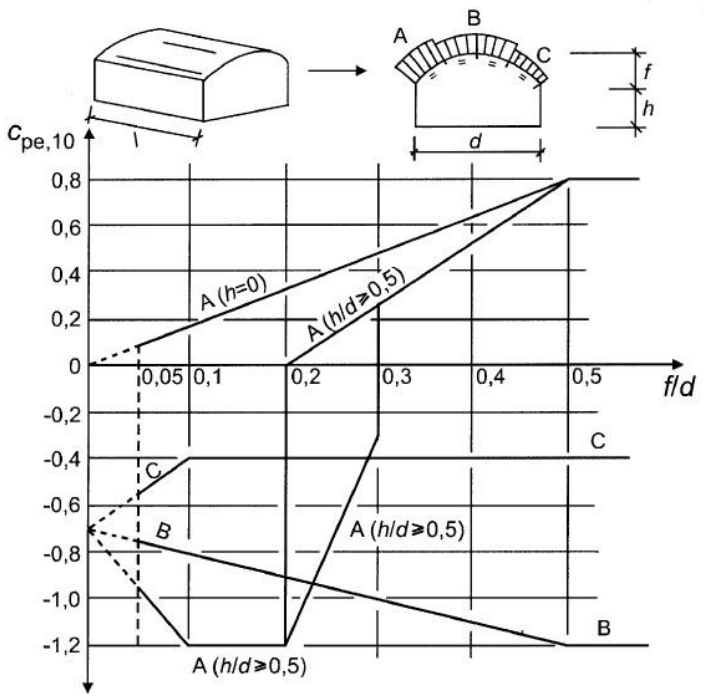
Bina yüzeylerine ait dış basınç katsayıları için tavsiye dilen değerler $\frac{h}{b}$ oranına bağlı olarak çizelge 3.2 de verilmiştir. $\frac{h}{b}$ Oranının ara değerleri için doğrusal interpolasyon uygulanabilir.

Çizelge 3.2 Dikdörtgen planlı binaların düşey duvarları için dış basınç katsayıları

Bölge	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
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	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

3.1.11 Tonoz Çatılara Ait Dış Basınç Katsayıları

Kavisli çatılara sahip dikdörtgen kesitli binaların çatılarına gelen yükleri hesaplamak için çatıya ait dış basınç katsayıları aşağıda verilen Şekil 3.5 den faydalanılarak bulunabilir. Referans yüksekliği z_e=h+f olarak alınmalıdır.



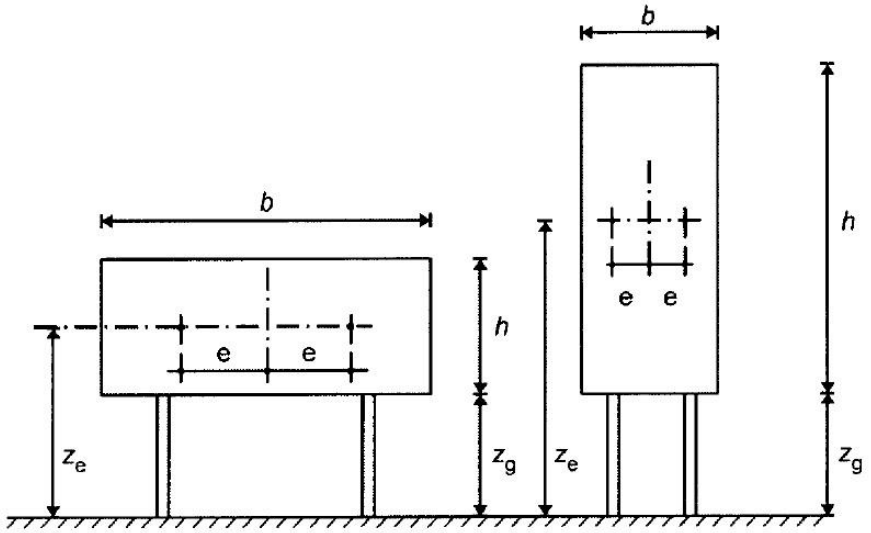
Şekil 3.5 Tonoz çatılı dikdörtgen kesitli binaların çatı yüzeyindeki basınç katsayıları (Eurocode 1.4 sayfa 50)

0<h/d<0,5 aralığında C_{pe10} doğrusal interpolasyon ile elde edilir. $0,2 \leq \frac{f}{d} \leq 0,3$ ve $\frac{h}{d} \geq 0,5$ aralığı için C_{pe10} un iki değeri dikkate alınmalıdır. Bu grafik düz çatılar için geçerli değildir.

3.1.12 İşaret ve Reklam Panoları İçin Basınç Katsayıları

Zeminden ölçülen z_g yüksekliği $\frac{h}{4}$ den daha büyük olan direkli işaret levhaları için basınç katsayısı C_f= 1,8 olarak alınabilir. Bu değer aynı zamanda z_g yüksekliğinin $\frac{h}{4}$ den küçük ve $\frac{b}{h} \leq 1$ olduğu durumlarda da kullanılabilir. (Şekil 3.6)

Zeminden ölçülen z_g yüksekliği $\frac{h}{4}$ den daha küçük ve $\frac{b}{h} > 1$ olduğu durumlarda direkli işaret levhaları serbest duran sınır duvarları olarak kabul edilmelidir ve çözümler sınır duvarı kabulüne göre yapılmalıdır.



Şekil 3.6 Direkli işaret levhaları ve reklam panoları için dış kuvvet katsayısı(Eurocode 1.4 sayfa 65)

3.1.13 Rüzgâr Yükleri

Yapının tümü veya bir yapısal bileşeni için rüzgâr kuvvetleri şu şekilde belirlenmelidir.

- Kuvvetlerin kuvvet katsayıları kullanılarak hesaplanması ile
- Kuvvetlerin yüzey basınçları yardımıyla hesaplanması ile

Bir yapıya veya yapının bir bileşenine etkiyen rüzgâr kuvveti F_w doğrudan aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$F_w = C_sC_d * C_f * q_{p(ze)} * A_{ref} \quad (3.12)$$

Veya her bir yapısal eleman için vektörel toplama yapılarak aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$F_w = C_sC_d * \sum_{elemanlar} C_f * q_{p(ze)} * A_{ref} \quad (3.13)$$

C_sC_d Yapısal katsayı

C_f Yapı veya yapısal elemanlar için kuvvet katsayısı

$q_{p(ze)}$ z referans yüksekliğindeki rüzgâr hızı basıncı

A_{ref} Yapının veya yapısal elemanın referans alanı

Bir yapıya veya yapının bir bileşenine etkiyen rüzgar kuvveti F_w, eşitlikler (3.14) ve (3.15) kullanılarak dış ve iç basınçlardan hesaplanan $F_{w,e}$, $F_{w,i}$ ve F_{fr} kuvvetleri ile eşitlik (3.16) kullanılarak hesaplanan dış yüzeylere paralel rüzgar sürtünmelerinden kaynaklanan sürtünme kuvvetlerinin vektörel olarak toplanmasıyla belirlenebilir.

Dış kuvvetler $F_{w,e} = C_sC_d * \sum_{alanlar} W_e * A_{ref}$ (3.14)

İç kuvvetler $F_{w,i} = \sum_{alanlar} W_i * A_{ref}$ (3.15)

Sürtünme kuvvetleri $F_{fr} = C_{fr} * q_{p(ze)} * A_{fr}$ (3.16)

C_{fr} sürtünme katsayısı, A_{fr} ise rüzgâra paralel dış yüzey alanıdır.

3.1.14 Yapısal Katsayı C_sC_d

Yapısal katsayı C_sC_d' nin hesaplanmasında, türbülansa bağlı yapı titreşim tesirleriyle (C_d) beraber yüzeydeki en yüksek rüzgâr basıncının (C_s) eşzamanlı olarak meydana gelmemesi nedeniyle rüzgâr etkileri üzerindeki tesisleri hesaba katılmalıdır.

Yapısal katsayı C_sC_d, boyut katsayısı Cs ve dinamik katsayı Cd olarak ikiye ayrılabilir.

C_sC_d' nin Belirlenmesi

- Yüksekliği 15 metreden az olan binalarda C_sC_d değeri 1 alınabilir.

- Doğal frekansı 5 Hz den yüksek olan cephe ve çatı elemanları için C_sC_d değeri '1' alınabilir.

- Taşıyıcı duvarları olan yüksekliği 100 metreden az ve bu yüksekliğin rüzgâr doğrultusundaki yapı derinliğinin 4 katından daha az olduğu çerçeve sistemli binalar için C_sC_d değeri '1' alınabilir.

-Yüksekliği 60 metreden ve bu yüksekliği çapının 6,5 katından daha az olan dairesel kesitli bacalar için C_sC_d değeri '1' alınabilir.

-Yukarıda belirtilen durumların haricinde C_sC_d değeri aşağıda verilen eşitsizlik ile de belirlenebilir.

$$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}} \quad (3.17)$$

z_e Yapısal katsayıyı belirlemek için referans yükseklik (Şekil 3.7)

k_p Yapının tepkisinin değişim gösteren bölümündeki en yüksek değerinin standart sapmasına oranı olarak hesaplanan tepe katsayısı

I_v Rüzgar türbülans şiddeti

B^2 Yapı yüzeyindeki basıncın tam korelasyonunun eksikliğine izin veren geri plan katsayısı

R^2 Türbülansın titreşim moduyla rezonansına izin veren rezonans tepki katsayısı

* Boyut katsayısı C_s ile yüzey üzerindeki tepe rüzgâr basıncının eş zamanlı meydana gelemeyişine bağlı olarak rüzgâr etkilerindeki azalma tesirleri hesaba katılır ve bu katsayı aşağıdaki eşitsizlik kullanılarak elde edilir.

$$C_s = \frac{1+7*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2}}{1+7*I_{v(ze)}} \quad (3.18)$$

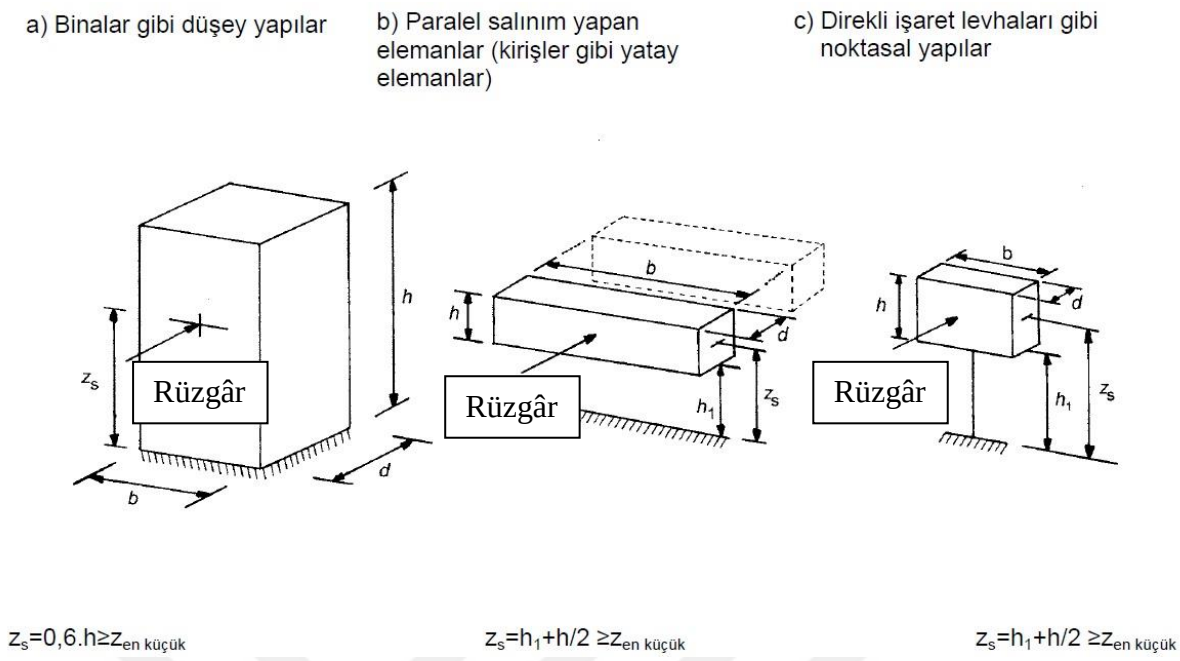
* Dinamik katsayı C_d ile yapıyla rezonansa giren türbülansın neden olduğu titreşimlerin artırıcı tesirini hesaba katar ve bu katsayı aşağıdaki eşitlik ile belirlenir.

$$C_d = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2}} \quad (3.19)$$

C_sC_d (Eşitlik 3.17) yapısal katsayı sadece aşağıda belirtilen gereklerin sağlandığı durumda kullanılmalıdır.

- Yapının şekil 3.7 de gösterilen genel biçimlerden birine uygun olması,
- Sadece temel moddaki rüzgâr doğrultusundaki titreşimin baskın olması ve bu mod şeklinin sabit olması.

Not: Rüzgâr doğrultusundaki ikinci ve daha yüksek dereceli titreşim modlarının yapı tepkisine katkısı ihmal edilebilir.



Şekil 3.7 Tasarım işleri kapsamında olan genel yapı şekilleri (Eurocode 1.4 sayfa 29)

CsCd' nin Belirlenmesi İçin Bulunması Gereken Değerler;

Rüzgâr türbülansı uzunluğu $L_{(Z)}$;

Türbülans uzunluk ölçeği $L_{(z)}$ doğal rüzgârlar için ortalama hamle büyüklüğünü temsil eder. Bina yüksekliği 200 metreden az olanlar için aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir.

$$L_{(z)} = \begin{cases} L_t * \left(\frac{z}{z_t}\right)^a & z \geq z_{en\ küçük} \\ L_{(z\ en\ küçük)} & z < z_{en\ küçük} \end{cases} \quad (3.20)$$

z_t referans yüksekliği 200 metre

L_t referans uzunluk ölçüsü 300 metre

$a = 0,67+0,05\ln(z_0)$ z_0 arazi engebelilik yüksekliğidir ve Çizelge 3.1 de verilmiştir.

Boyutsuz güç spektral yoğunluk fonsiyonu $S_L(z,n)$;

$$S_{L(z,n)} = \frac{6,8*fL(z,n)}{\{1+10,2*fL(z,n)\}^{5/3}} \quad (3.21)$$

$$f_{L(z,n)} = \frac{n*L(z)}{Vm_{(z)}} \quad (3.22)$$

$f_L(z,n)$ Yapının Hz birimli doğal frekansı

$V_m(z)$ Ortalama rüzgâr Hızı

L(z) Türbülans uzunluğu

n Yapının doğal frekansı

Geri plan tepki katsayısı B^2 ;

Yapı yüzeyi üzerindeki basıncın tam korelasyon eksikliğini dikkate almak için kullanılan geri plan tepki katsayısı B^2 aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$B^2=\frac{1}{1+0,9\left[\frac{b+h}{L_{z(e)}}\right]^{0,63}} \quad (3.23)$$

b ve h yapının genişliği ve yüksekliği

$L_{z(e)}$ rüzgar türbülans uzunluğu

B^2 nin '1' alındığı durumlarda $L_z(s)$ emniyetli tarafta kalmaktadır.

Tepe katsayısı K_P ;

Tepkinin dalgalı bölümünün en büyük değerinin onun standart sapmasına oranı olarak tanımlanan tepe katsayısı aşağıdaki eşitlik ile elde edilebilir.

$$k_p=\sqrt{2*\ln(\upsilon*T)}+\frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(\upsilon*T)}} \quad (3.24)$$

T Ortalama rüzgâr hızı için ortalama süre (*T*=600 sn)

υ Üst geçiş katsayısı - aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir.

$$\upsilon = n_{1,x}*\sqrt{\frac{R^2}{B^2*R^2}} \qquad n_{1,x} = 0,2 \text{ Hz} \quad \upsilon \geq 0,08 \text{ Hz olmalıdır.} \quad (3.25)$$

B^2 geri plan tepki katsayısı

$n_{1,x}$ yapı doğal frekansı

R^2 rezonans tepki katsayısı

Rezonans tepki katsayısı R^2 ;

Yapının titreşim modunu dikkate alan rezonansta türbülansı hesaba katan rezonans tepki katsayısı R^2 aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2*\delta} * S_{L(z_e,n_{1,x})} * R_h(\eta_h) * R_b(\eta_b) \quad (3.26)$$

δ sönümlemenin toplam logaritmik azalımı

S_L boyutsuz spektral güç yoğunluk fonksiyonu

R_h, R_b aerodinamik kabul fonksiyonları

$$R_h = \frac{1}{n_h} - \frac{1}{2*{n_h}^2}(1 - e^{-2n_h}) \quad R_h = 1 \; için \; n_h = 0$$

$$R_b = \frac{1}{n_b} - \frac{1}{2*{n_b}^2}(1 - e^{-2n_b}) \quad R_h = 1 \; için \; n_b = 0 \quad (3.27)$$

$$n_h = \frac{4{,}6*h}{L_{(ze)}} f_L(z_e, n_{1,x}) \quad ve \quad n_b = \frac{4{,}6*b}{L_{(ze)}} f_L(z_e, n_{1,x})$$

3.1.15 Yapı Veya Yapısal Elemanlar İçin Kuvvet Katsayısı C_f

Dikdörtgen kesitli yapı elemanları için kuvvet katsayısı;

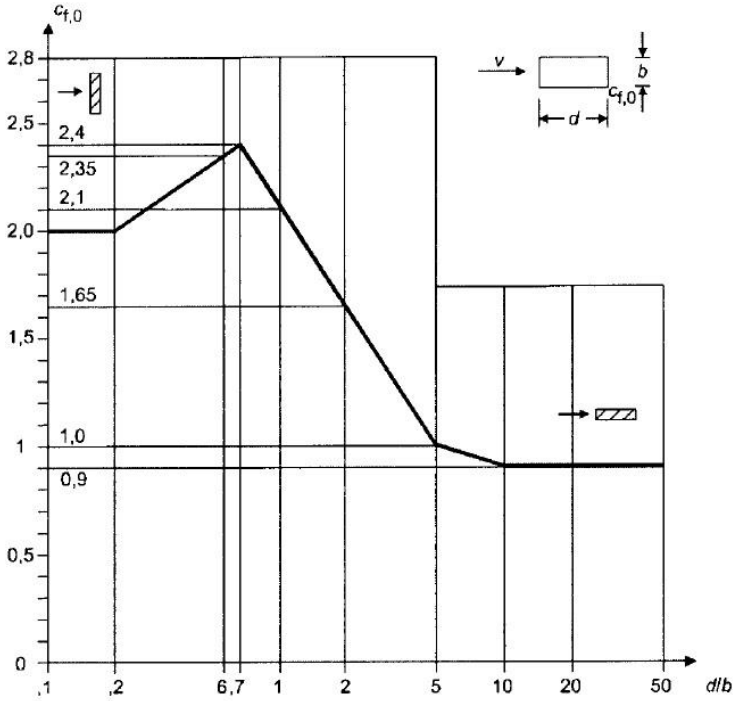
Rüzgârın yüzeye dik estiği dikdörtgen kesitli yapı elemanları için kuvvet katsayısı C_f aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$c_f = c_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda \quad (3.28)$$

$C_{f,0}$ keskin köşeli dikdörtgen kesitler için kuvvet katsayısı

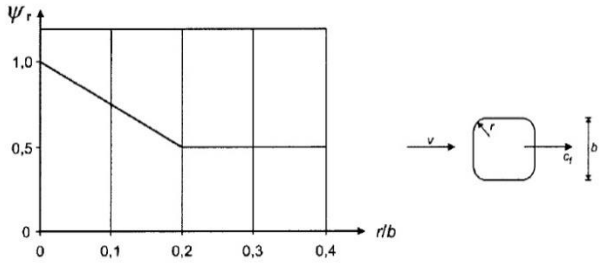
ψ_r yuvarlatılmış köşeli kare kesitler için azaltma katsayısı

ψ_λ serbest uç akımı olan elemanlar için uç tesir katsayısı



Şekil 3.8 Keskin kenarlı ve serbest uç akımı olmayan kesitler için $C_{f,0}$ katsayısı

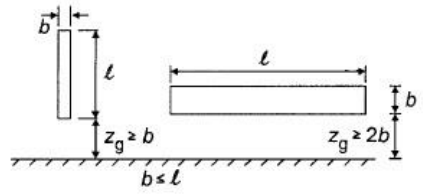
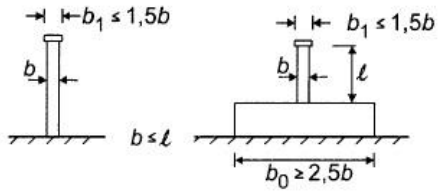
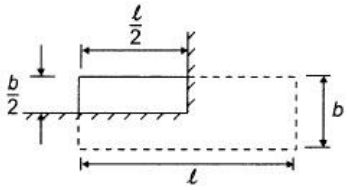
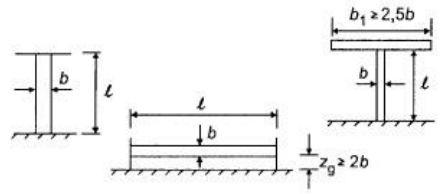
ψ_r değerleri ülkelerin ulusal eklerinde verilebilir. ψ_r'nin tavsiye edilen üst sınır değerleri Şekil 3.9 da verilen grafik ile gösterilmiştir. Bu grafik $\frac{h}{d} > 5$ olan binalar için de kullanılabilir.



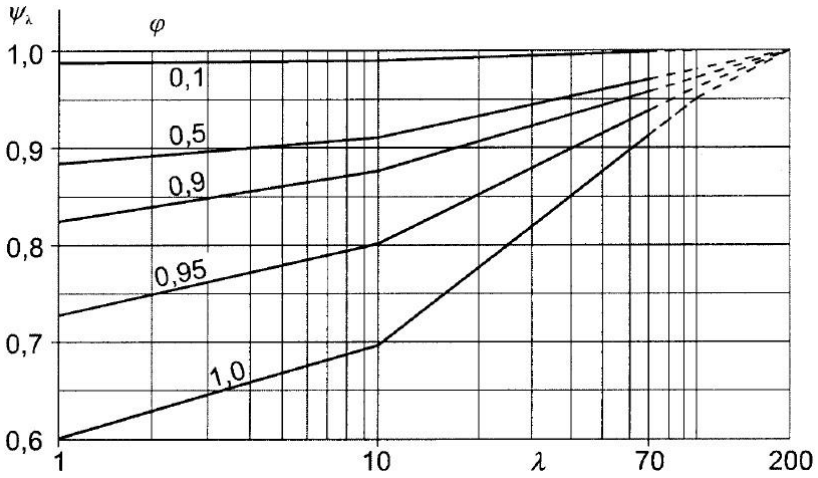
Şekil 3.9 Yuvarlatılmış köşeli kare kesit için ψ_r azaltma katsayısı

Etkili narinlik(λ) ve uç tesir katsayısı (ψ_λ) ;

Etkili narinlik katsayısı λ, yapının boyutlarına ve konumuna bağlı olarak tanımlanmalıdır. λ ve ψ_λ değerleri ulusal eklerde verilebilir. Tavsiye edilen λ değerleri Şekil 3.10 da verilmiştir.

No.	Yapının konumu, rüzgâr sayfa düzlemine dik	Etkili narinlik λ
1		Çokgen, dikdörtgen ve keskin kenerlı kesitler ve kafes yapılar için: ℓ ≥ 50 m için, λ = 1,4 ℓ/b veya λ = 70'den küçük olanı ℓ < 15 m için, λ = 2 ℓ/b veya λ = 70'den küçük olanı Dairesel kesitli silindirler için: ℓ ≥ 50 m için, λ = 0,7 ℓ/b veya λ = 70'den küçük olanı ℓ < 15 m için, λ = ℓ/b veya λ = 70'den küçük olanı ℓ'nin ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılmalıdır.
2		
3		
4		ℓ ≥ 50 m için, λ = 0,7 ℓ/b veya λ = 70'den büyük olanı ℓ < 15 m için, λ = ℓ/b veya λ = 70'den büyük olanı ℓ'nin ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılmalıdır.

Şekil 3.10 Bina şekillerine göre λ narinlik katsayıları (Eurocode 1.4 sayfa 83)



Şekil 3.11 λ narinlik değerine karşılık gelen φ doluluk oranının bir fonksiyonu olarak uç tesir katsayısı ψλ' nin gösterge niteliğindeki değerleri (Eurocode 1.4 sayfa 84)

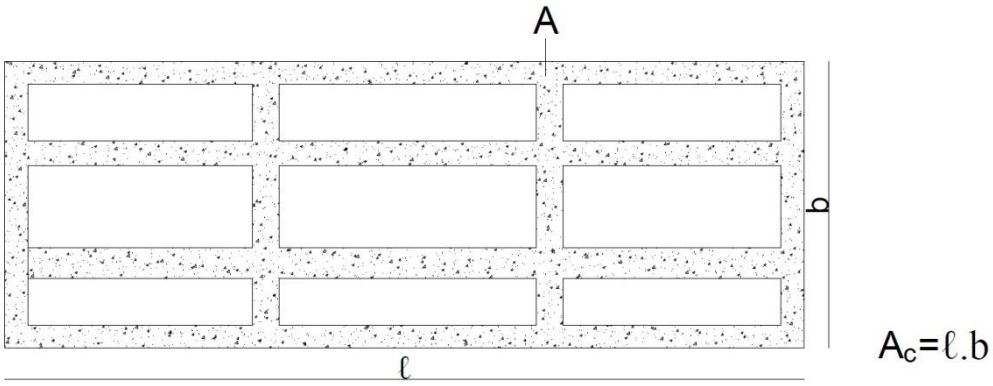
Doluluk Oranı φ nin değeri aşağıdaki eşitlik ile bulunabilir.

$$\varphi = \frac{A}{A_c} \tag{3.29}$$

Buradan;

A Elemanların iz düşüm alanlarının toplamı

A_C Toplam yüzey alanı (A_C= ℓ.b)



Şekil 3.12 Doluluk Oranının Tanımı

3.2 ASCE 7-05' e Göre Rüzgâr Yükleri

Bu standartta yapılara veya yapılara ait diğer elemanlara ve yüzey kaplamalarına etkiyen rüzgâr yüklerine ait tasarım ilkeleri ele alınmaktadır.

Bu standartta yapıya veya elemanları ve bileşenlerine etkiyen yüklerin tespiti için 3 farklı yöntem önerilmektedir.

1- Basitleştirilmiş Yöntem

2- Analitik Yöntem

3- Rüzgâr Tüneli Yöntemi

3.2.1 Tanımlar

Temel Rüzgâr Hızı : C kategorisinde bulunan bir arazide ve yerden 10 metre yükseklikte ölçülen rüzgâr hızıdır.

Esnek Yapılar : Doğal frekans değeri 1(bir) Hz den az olan yapılara denir.

Yüksek Yapı Kabul Edilmeyen Yapılar :Ortalama çatı yüksekliği 18 metreden az olan veya çatı yüksekliği en küçük yatay uzunluğu geçmeyen yapılara denir.

Açık Yapılar :Yapının herhangi bir duvarındaki açık olarak kabul edilen duvar oranı toplam duvar alanının %80 inden fazla ise bu bina tipine açık binalar denir.

Kapalı Yapılar :Yapının herhangi bir duvarındaki pozitif basınç etkisi altında kalan duvar alanının, negatif basınca maruz kalan diğer yüzey alanlarına oranı %10 dan büyük olduğu binalardır. Genel olarak bütün yüzeylerdeki açık alanların toplamının yapının brüt alanı ile oranı %20 yi geçmeyen yapılar olarak ifade edilebilir.

Şekli Düzgün Yapılar :Düzgün geometrik şekillere sahip binalara denir. (Kare, dikdörtgen, daire, beşgen gibi)

Rijit Yapılar :Frekans değeri 1(bir) Hz den büyük olan yapılara denir.

Çizelge 3.3 Arazi kategorileri ve tanımları

Arazi Kategorisi	Tanımı
B	Kent merkezleri ve banliyö bölgeleri, ağaçlık alanlar
C	9.1 m den küçük engeller bulunan bölgeler, çim kaplı açık alanlar, su yüzeyleri
D	Kasırga ihtimali düşük olan bölgeler, çamur kaplı alanlar, kırılmamış buz yüzeyi olan göller, açık alanlardaki su birikintileri

3.2.2 Binalara Etkiyen Rüzgâr Hız Basınç Hesabı

Binalara etkiyen rüzgâr hız basıncını elde etmek için ASCE 7-05 üç yöntem önermektedir.

1- Basitleştirilmiş Yöntem : 18 m (60 ft) ye kadar olan binalar için kullanılması önerilmektedir.

2- Analitik Yöntem :200 metreye kadar olan binalar için önerilmiştir. Bu tip binalarda meydana gelen rüzgâr etkileri üzerine yoğunlaşacağız.

3- Rüzgâr Tüneli Yöntemi :Her yükseklik ve her şekle sahip binalar için kullanılabilir.

3.2.3 Analitik Yönteme Göre Rüzgâr Hız Basıncı Tasarımı

z metre yükseklikte meydana gelen rüzgar kaynaklı hız basıncı (q_z)formülü aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$q_z = 0{,}613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I \ (N/m^2); (V \ m/sn) \tag{3.30}$$

Burada;

q_z z metre yükseklikte meydana gelen rüzgâr hız basıncı

K_z Rüzgâr basıncına maruz katma katsayısı

K_{zt} Topoğrafya katsayısı

K_d Rüzgâr doğrultu katsayısı

V Basit rüzgâr hızı

I Yapı önem katsayısı

Rüzgâr hız basıncına maruz kalma katsayısı K_z ;

K_z katsayısı yapının yüksekliğine, yapının bulunduğu arazi kategorisine ve engebeliliğine bağlıdır. K_z katsayısı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$K_z = \begin{cases} 2{,}01 * \left(\frac{z}{z_g}\right)^{\frac{2}{\alpha}} & 4{,}57m \leq z \leq z_g \\ 2{,}01 * \left(\frac{4{,}57}{z_g}\right)^{\frac{2}{\alpha}} & z < 4{,}57\ m \end{cases} \tag{3.31}$$

Burada;

z Bina yüksekliği

z_g ve α Yapının arazi kategorisine bağlı bir değer (çizelge 3.4 den alınabilir.)

Çizelge 3.4 Arazi Kategorisine Bağlı Bazı Değerler

Arazi Kategorisi	α	z_g(m)	$\hat{\alpha}$	$\hat{b}$	$\bar{\alpha}$	$\bar{b}$	c	$\ell_{(m)}$	$\bar{\in}$	$z_{enküçük}$(m)
B	7	365,76	1/7	0,84	1/4	0,45	0,30	97,54	1/3	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8	2,13

Topoğrafik faktör K_{zt} ;

Rüzgâr hızı etkisi altındaki binanın tepe veya sırt gibi bölgelerde bulunabilmesi nedeniyle rüzgâr hızında meydana gelebilecek değişimi ifade eden faktördür. Aşağıdaki eşitlik ile ifade edilebilir.

$$K_{zt} = (1+ K_1*K_2*K_3)^2 \quad (3.32)$$

Burada;

K_1 topoğrafik şekil faktörü (Çizelge 3.5 kullanılarak hesaplanabilir.)

Çizelge 3.5 K_1 için değerler

Tepeler ve Yamaçlar için Hız Artırım Parametreleri						
Tepe Şekli	$K_1(H/L_h)$			γ	μ	
	B	C	D		rüzgâra karşı	rüzgâr yönü
2 boyutlu sırtlar veya vadiler	1,3	1,45	1,55	3	1,5	1,5
3 boyutlu yamaçlar	0,75	0,85	0,95	2,5	1,5	4
3 boyutlu tepeler	0,95	1,05	1,15	4	1,5	1,5

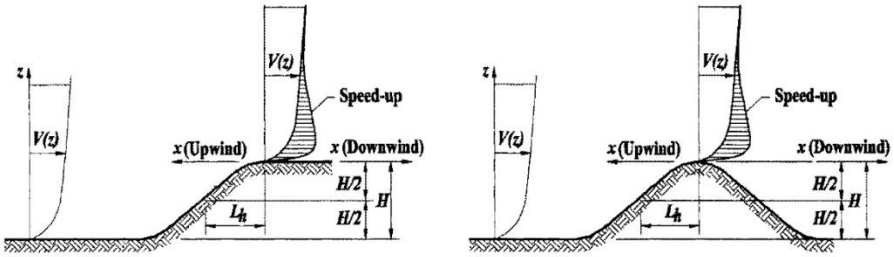
K_2 Azaltma Faktörü (Aşağıdaki eşitlik ve çizelge 3.5 deki değerlerden faydalanılarak bulunabilir)

$$K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu * L_h}\right) \quad (3.33)$$

K_3 Bu katsayı için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir.

$$K_3 = e^{-\gamma z / L_h} \quad (3.34)$$

K_{zt} faktörünü bulmak için kullanılacak ifadeler aşağıdaki şekilden alınabilir.



Şekil 3.13 K_{zt} için parametreler (ASCE 7.05 sayfa 45)

Rüzgâr doğrultu katsayısı k_d ;

Rüzgâr doğrultu katsayısı; herhangi bir doğrultudan gelen maksimum rüzgâr olasılığını azaltmak veya herhangi bir rüzgâr doğrultusunda meydana gelebilecek maksimum rüzgâr basıncını azaltmak için kullanılır. Yapı tipine göre farklı değerler alabilir ve çizelge 3.6 den elde edilir.

Çizelge 3.6 Rüzgar Doğrultu Katsayısı K_d

Yapı Tipi	Rüzgar Doğrultu Katsayısı, K_d
Binalar	
MWFRS (Ana Rüzgar Gücü Direnci Sistemleri)	0,85
Elemanlar ve Kaplama	0,85
Kemer Çatılar	0,85
Baca, tank ve benzeri yapılar	
Kare	0,90
Altıgen	0,95
Daire	0,95
İşaret Levhaları	0,85
Boşluklu Levhalar ve Kafes Çerçeve	0,85
Kuleler	
Üçgen, kare ve dikdörtgen	0,85
Diğer Kesitler	0,95

Yapı önem katsayısı -I- ;

Yapının kategorisine göre Çizelge 3.7 den seçilen katsayıdır.

Çizelge 3.7 Yapı Önem Katsayısı - I -

Kategori	Kasırga etkisi olan ve olmayan bölgeler ve Alaska	Kasırga etkisi olan bölgeler
	V = 38 - 45 m/sn	V > 45 m/sn
I	0,87	0,77
II	1,00	1,00
III	1,15	1,15
IV	1,15	1,15

3.2.4 ASCE 7-05'e Göre Rüzgâr Yük Etkileri

Yapılara etkiyen rüzgârın oluşturduğu yük etkisi aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanabilir.

$$F = q_z * G * C_f * A_f \quad (N) \tag{3.35}$$

Burada;

q_z z yüksekliğine göre değişen rüzgâr hızı basıncı (Bölüm 3.2.3 de detaylı şekilde anlatılmıştır.)

G fırtına etkisi faktörü

C_f yapılar için kuvvet katsayısı

A_f referans yüzey alanı

Fırtına etkisi faktörü G ;

Rijit yapılar için fırtına etkisi faktörü 0,85 olarak kullanılabilir veya aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir.

$$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7*g_Q\, I_{\bar{z}}*Q}{1+1.7*g_v I_{\bar{z}}}\right) \tag{3.36}$$

Esnek olarak kabul edilen ve dinamik etkilere karşı hassas binalar için fırtına etkisi faktörü aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanabilir.

$$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\, I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 * Q^2 + g_R^2 * R^2}}{1+1.7 * g_v I_{\bar{z}}} \right) \quad (3.37)$$

Burada;

I_z z metre yükseklikteki türbülans yoğunluğu

g_Q Asce 7-05 tarafından 3,4 alınması önerilmiştir.

G_V Asce 7-05 tarafından 3,4 alınması önerilmiştir.

Q Arka plan tepki katsayısı

R Rezonans tepki faktörü

g_R Tepe katsayısı

Arka plan tepki katsayısı Q ;

Arka plan tepki katsayısı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0{,}63}}} \quad (3.38)$$

Burada;

B Rüzgârın etkidiği bina yüzeyinin genişliği

h Binanın yüksekliği

L_z Türbülans uzunluğu (Aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanabilir.)

$$L_{\bar{z}} = \ell * \left(\frac{\overline{z}}{10}\right)^{\bar{\epsilon}} \quad (3.39)$$

$\bar{z}$ Yapının referans yüksekliğidir. Bu yükseklik yapının %60' ı olarak tanımlanır. ($\bar{z}$ =0,6 h)

ℓ ve $\bar{\epsilon}$ değerleri çizelge 3.4 den alınabilir.

Tepe faktörü katsayısı g_R ;

Tepe faktörü katsayısı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * n_1)} + \frac{0,577}{\sqrt{2*\ln(3600*n_1)}} \quad (3.40)$$

n_1 katsayısı doğal yapı frekansıdır.

Türbülans yoğunluğu değeri I_Z ;

Türbülans yoğunluğu (I_z) aşağıdaki eşitlik ile bulunabilir.

$$I_{\bar{z}} = c * \left(\frac{10}{\bar{z}}\right)^{\frac{1}{6}} \quad (3.41)$$

$\bar{z}$ Yapının referans yüksekliğidir. Bu yükseklik yapının %60' ı olarak tanımlanır. ($\bar{z}$ =0,6 h)

c Yapı arazi tipine göre değişen bu değer çizelge 3.4 den alınabilir.

Rezonans tepki faktörü R ;

Rezonans tepki faktörü aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} * R_n * R_h * R_b * (0,53 + 0,47 * R_L)} \quad (3.42)$$

$$\text{Rn} = \frac{7.47*N1}{(1+10,3N1)^{\frac{5}{3}}} \quad (3.43)$$

$$\text{N}_1 = \frac{n_1*L_z}{\overline{V}\hat{z}} \quad (3.44)$$

n_1 yapı doğal frekansı

$\overline{V}\hat{z}$ z yüksekliğindeki ortalama rüzgar hızı. Aşağıdaki eşitlik ile bulunabilir.

$$\bar{V}_{\bar{z}} = \bar{b} * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{a}} * V \qquad \text{(V; m/sn z; metre)} \quad (3.45)$$

R_1 değeri n > 0 durumu için aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir.

$$R_l = \frac{1}{n} - \frac{1}{2*n^2}(1 - e^{-2n}) \qquad n > 0 \; için \quad (3.46)$$

$R_\ell = R_h$ için $\eta = 4,6*n_1*h/\overline{V}\hat{z}$

$R_\ell = R_B$ için $\eta = 4{,}6 * n_1 * B/\overline{V}\hat{z}$

$R_\ell = R_L$ için $\eta = 15{,}4 * n_1 * L/\overline{V}\hat{z}$

h= Yapı yüksekliği

B= Rüzgârın etkidiği cephenin genişliği

L= Rüzgârın geldiği yön ile paralel olan bina uzunluğu

3.2.5 Yapılar İçin Tasarım Basınçlarının Hesabı

İç basınç katsayısı;

Ana Rüzgâr Dayanım Sistemi (MWFRS) de rijit yapıların bütün yükseklikleri için tasarım rüzgâr basıncı aşağıda verilen eşitlik ile bulunabilir.

$$P = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \tag{3.47}$$

Burada q_i iç basınca bağlı rüzgâr hız basıncı, C_{pi} iç basınç katsayısı, G fırtına faktörü, q_z z yüksekliğindeki rüzgâr hızı basıncını ifade etmektedir. Yapılara gelen rüzgâr hız basıncı hesabında iç basınç q_i, ortalama çatı yüksekliğindeki basınç q_h olarak kullanılabilir. Yapı sınıflarına bağlı iç basınç katsayı değerleri Çizelge 3.8 de verilmiştir.

Çizelge 3.8 İç basınç Katsayıları (ASCE 7-05)

Yapı Sınıflandırılması	GC_{pi}
Açık yapılar	0,00
Kısmi kapalı yapılar	+0,55 -0,55
Kapalı yapılar	+0,18 -0,18

Dış basınç katsayısı;

Ana Rüzgâr Dayanım Sistemi için basınç katsayıları rüzgârın doğrultusuna dik geldiği yüzey ile rüzgâra paralel olan bina uzunluğuna bağlı olarak değişen bir fonksiyondur. Yan duvarlar ve arka duvarlar için ortalama çatı yüksekliğindeki basınç

kullanılır. Rüzgâra dik yüzeyde ise her bir yükseklik için ayrı ayrı basınç hesabı yapılmaktadır.

Rüzgarın dik geldiği duvar ile arka ve yan duvarlar için verilen dış basınç katsayıları çizelge 3.9 da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Dış Basınç Katsayıları

Duvar Basınç Katsayısı, C_p			
Yüzey	L/B	C_p	Hız basıncı
Rüzgara dik duvar	Tüm değerler	0,8	q_z
Arka duvar	0-1	-0,5	q_h
	2	-0,3	
	≥4	-0,2	
Yan Duvarlar	Tüm değerler	-0,7	q_h

Çatı yüzeylerinde meydana gelen dış basınç katsayıları ;

Çatılardaki dış basınç katsayılarını hesaplamak için kullanılacak değerler Çizelge 3.10 de verilmiştir. Bu katsayılar çatı eğimine ve rüzgârın dik olarak etkidiği duvar ile rüzgârın yönünün paralel olduğu duvarın uzunluklarına bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca çatı basınçları hesabında ortalama çatı yüksekliğindeki q_h basınçları kullanılmaktadır. Çatı eğimleri arasındaki açılarda interpolasyon yapılarak ara değerler bulunabilir.

Çizelge 3.10 Çatı Dış Basınç Katsayıları (ASCE 7.05 sayfa 49)

Çatı basınç katsayıları, C_p, (sadece q_h için)												
Rüzgar yönü		Rüzgara dik duvar								Arka duvar		
		Açı, θ								Açı, θ		
	h/L	10	15	20	25	30	35	45	≥60#	10	15	≥20
Çatı sırtına dik θ>10°	≥ 0,25	-0,7 -0,18	-0,5 0	-0,3 0,2	-0,2 0,3	-0,2 0,3	0 0,4	0,4	0,01θ	-0,3	0,5	-0,6
	0,5	-0,9 -0,18	-0,7 -0,18	-0,4 0	-0,3 0,2	-0,2 0,2	-0,2 0,3	0 0,4	0,01θ	-0,5	- 0,5	-0,6
	≥ 1,0	-1,3 -0,18	-1 -0,18	-0,7 -0,18	-0,5 0	-0,3 0,2	-0,2 0,2	0 0,3	0,01θ	-0,7	- 0,6	-0,6

Çatı Sırtına Dik θ < 10 Ve Çatı Sırtına paralel		Rüzgara dik duvara yatay mesafe	C_p		0,0 değeri interpolasyon için verilmiştir.	
	<0,5	0 - h/2	-0,9	-0,18		
		h/2 - h	-0,9	-0,18		
		h - 2h	-0,5	-0,18		
		>2h	-0,3	-0,18	Alan	Azaltma Katsayısı
	≥1,0	0 - h/2	-1,3	-0,18	9,3 m^2	1
		> h/2	-0,7	-0,18	23,2 m^2	0,9
					92,9 m^2	0,8

Tonoz çatı yüzeylerine basınç katsayıları;

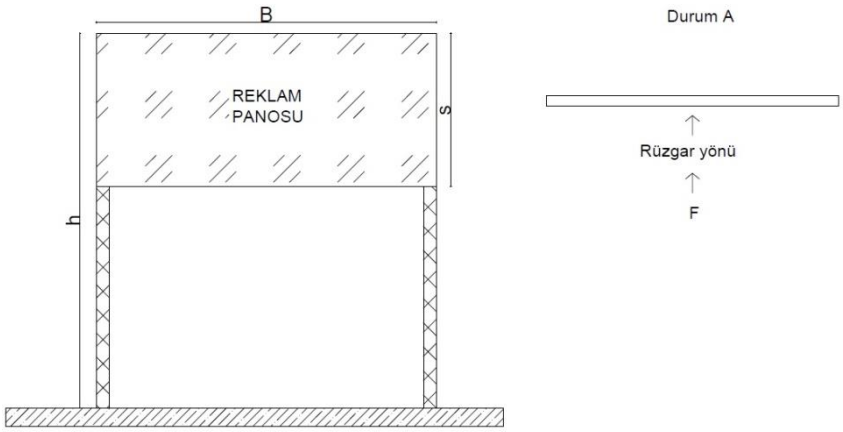
Tonoz çatılar için dış basınç katsayıları tonoz çatı yüksekliği ve rüzgâr yönüne paralel olan bina boyutunun oranına bağlı olarak değişir. Tonoz çatılar için dış basınç katsayıları Çizelge 3.11 da verilmiştir.

Çizelge 3.11 Tonoz çatı için dış basınç katsayıları

Durumlar	Yükseklik-açıklık oranı,r=f/D	C_p		
		Rüzgar yönü çeyreği	Merkez ortası	Arka çeyrek
Belli bir yükseklikteki binanın çatısı olan tonozlar	0<r<0,2	-0,9	-0,7 - r	-0,5
	0,2≤r<0,3*	1,5r - 0,3	-0,7 - r	-0,5
	0,3≤r≤0,6	2,75r - 0,7	-0,7 - r	-0,5
Zemin seviyesinden başlayan tonozlar	0<r≤0,6	1,4r	-0,7 - r	-0,5

Reklam, işaret panoları ve serbest duvarlar için basınç katsayıları;

İşaret levhaları ve serbest duran duvarlar için kuvvet katsayısı yapının en, boy oranına ve eğer yapı işaret levhası ise yerden yüksekliğine bağlıdır.



Şekil 3.14 Panolar için kuvvet katsayısı değişkenleri

Reklam, işaret levhaları ve serbest duran duvarlar için kuvvet katsayısı çizelge 3.12 dan alınır.

Çizelge 3.12 Reklam panosu ve serbest duvarlar için dış basınç katsayısı

S/h Oranı	B/S Oranı											
	≤0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	4	5	10	20	30	≥45
1,0	1,80	1,70	1,65	1,55	1,45	1,40	1,35	1,35	1,30	1,30	1,30	1,30
0,9	1,85	1,75	1,70	1,60	1,55	1,50	1,45	1,45	1,40	1,40	1,40	1,40
0,7	1,90	1,85	1,75	1,70	1,65	1,60	1,60	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55
0,5	1,95	1,85	1,80	1,75	1,75	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,75
0,3	1,95	1,90	1,85	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,85	1,85	1,85
0,2	1,95	1,90	1,85	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,85	1,90	1,90	1,95
≤0,16	1,95	1,90	1,85	1,85	1,80	1,80	1,85	1,85	1,85	1,90	1,90	1,95

Tablodaki ara değerler için interpolasyon yapılabilir.

3.3 Japonya Yapı Yönetmeliğine (AIJ) Göre Rüzgâr Yük Etkileri

Japonya yapı yönetmeliğine göre binalara gelen rüzgârın meydana getirdiği yük etkisi aşağıda verilen eşitlik ile belirlenebilir.

$$W_D = q_H * C_D * G_D * A \quad (3.48)$$

Buradan;

W_D z metre yükseklikte rüzgâr doğrultusunda meydana gelen yük (N)

q_H Rüzgâr hız basıncı (N/m^2)

C_D Rüzgâr kuvvet katsayısı

G_D Fırtına etkisi faktörü

A Referans alan (m^2)

Rüzgârdan dolayı bina çatılarına gelen yük etkileri ise aşağıda verilen eşitlik ile belirlenebilir.

$$W_R = q_H * C_R * G_R * A_R \quad (3.49)$$

Buradan;

W_R Bina çatılarına gelen rüzgâr yükü

q_H Rüzgâr hız basıncı (N/m^2)

C_R Rüzgâr kuvvet katsayısı

G_R Fırtına etkisi faktörü (Çatılar için)

A_R Rüzgârın etkidiği çatı yüzeyi (m^2)

3.3.1 Tasarım Rüzgâr Hız Basıncı (q_H)

Rüzgârdan kaynaklanan tasarım hız basınç değeri ($q_{H;\ N/m^2}$) aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanabilir.

$$q_H = 1/2 * \rho * U_H^2 \quad (3.50)$$

ρ Hava yoğunluğu (kg/m^3)

U_H Tasarım rüzgâr hızı (m/sn)

3.3.2 Tasarım Rüzgâr Hızı (U_H)

Binaların bulunduğu bölgedeki tasarım rüzgâr hızı değeri (m/sn) aşağıda verilen eşitlik ile bulunabilir.

$$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW} \quad (3.51)$$

Buradan;

U_H Tasarım rüzgâr hızı değeri (m/sn)

U_0 Basit rüzgâr hızı (m/sn); yapının bulunduğu yerin coğrafi özelliklerine bağlıdır)

K_D Rüzgâr yön katsayısı

E_H Referans yükseklikteki rüzgâr hız profili katsayısı

k_{rW} Rüzgâr dönüş periyodu katsayısı

3.3.3 Basit Rüzgâr Hızı - U_0 (m/sn)

Basit rüzgâr hızı değeri U_0 (m/sn) açık düz bir arazide 10 metre yükseklikte ve 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızıdır. Bu değerin dönüş periyodu ise 100 yıldır. Japonya ülkesine ait bölgelerin basit rüzgâr hız değerleri yönetmelikte verilmiştir.

3.3.4 Rüzgâr Yön Faktörü - K_D

Rüzgâr yön katsayısı K_D; yapının yapılacağı alanın topoğrafik özellikleri ve geometrik şekillerine bağlı olarak rüzgârın şiddetinde meydana gelen değişimi imgeleyen bir değerdir. Rüzgârın bina yüzeylerinde oluşturduğu basınç ve yük etkilerini rüzgâr tüneli deneylerinden elde edilen aerodinamik şekil faktörü değerleri sayesinde elde ederiz. Japonya yapı yönetmeliği tarafından kullanıma sunulan K_D yön faktörü ile sadece ana dört yön için değil, ara yönler için de değerler verilmiştir. Tabii ki bu değerlerinde kaynağı rüzgâr tüneli testlerinden alınan sonuçlardır. 8 adet yöne ait K_D değerleri Japonya yapı yönetmeliğinden alınabilir. Bina cephe kaplamaları ve bileşenleri için kullanılacak K_D katsayısı '1' alınabilir.

3.3.5 Rüzgâr Hız Profili Katsayısı -E_h

Rüzgâr hız profili katsayısı aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanabilir.

$$E = E_r * E_g \tag{3.52}$$

Buradan;

Er Arazi parametrelerine bağlı katsayı

Eg Topoğrafya faktörü

Çizelge 3.13 Arazi Tanımları

	Kategori	Arazi Şartları
Pürüzsüz ↑	I	Açık, önemli pürüz ve engel olmayan araziler. Göl, deniz gibi
	II	Açık, biraz engel bulunan, çimen kaplı tarım arazileri
	III	Kenar mahalle, banliyö bölgeleri, ağaçlık alan, birkaç tane 4 ile 9 kat arası yapılar bulunan yerler
↓ Pürüzlü	IV	Şehir merkezleri, 4 ile 9 kat arası yapıların olduğu yerler
	V	10ve daha fazla katlı binaların bulunduğu şehir merkezleri

E_r arazi katsayısı aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanabilir.

$$E_r = \begin{cases} 1{,}7\left(\frac{z}{z_g}\right)^{a} & Z_b < Z \leq Z_G \\ 1{,}7\left(\frac{Z_b}{Z_G}\right)^{a} & Z \leq Z_b \end{cases} \tag{3.53}$$

z Binanın yerden yüksekliği (m)

Z_b, Z_G, α Arazi tipine bağlı parametreler. Çizelge 3.14 den alınabilir.

Çizelge 3.14 Arazi Parametreleri

Kategori	I	II	III	IV	V
Z_b	5	5	10	20	30
Z_G	250	350	450	550	650
α	0.1	0.15	0.2	0.27	0.35

Eg; Topografya Faktörü ise yapının bulunduğu arazinin tepe bölgesinde veya sırt bölgesinde olması durumlarında rüzgârın hızında meydana gelecek artı veya eksi yöndeki etkinin yansıtılması için kullanılan katsayıdır. Bu etkilerin incelenmesinde yönetmeliklerin ulusal eklerinde yayınladıkları yöntemler uygulanarak rüzgârın değişimi göz önünde bulundurulur.

3.3.6 Dönüş Periyodu Çevirme Katsayısı – k_{rw}

Dönüş periyodu katsayısı aşağıda verilen eşitlik ile elde edilebilir.

$$k_{rw} = 0{,}63(\lambda_U\text{-}1)\ln(r) - 2.9\,\lambda_U + 3.9 \quad (3.54)$$

$$\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_0}$$

Burada;

U_{500} 10 metre yükseklik ve 10 metre ortalama süredeki, 500 yıllık dönüş periyoduna sahip rüzgâr hızı (m/sn)

U_0 Basit rüzgâr hızı (m/sn)

r Dönüş Periyodu (yıl)

3.3.7 Basınç Katsayıları

Dış basınç katsayıları bina ön, sağ ve sol, arka ve yan cephelerdeki basınç değerlerinin bulunmasında veya bina cephe bileşenleri ve kaplamalarındaki basınç değerlerini bulmak için kullanılan katsayılardır. İç basınç katsayıları ise rüzgârın cephede bulunan açıklıklar, geçirgen yüzey gibi rüzgârı iletebilen yüzeylere etkidiği durumlarda bina iç kısımlarında oluşan basınç katsayılarıdır. Bu katsayıların elde edilmesinde rüzgâr tüneli deneylerinde yapılan çalışmalardan faydalanılmıştır.

Binaya Etkiyen Yatay Rüzgâr Yükü İçin Basınç Katsayısı -C_D-

$C_D = C_{pe1} - C_{pe2}$

C_{pe1} Rüzgârın etkidiği bina cephesindeki dış basınç katsayısı

C_{pe2} Rüzgârın etkidiği yüzeyin tam arkasındaki cephedeki dış basınç katsayısı

Binaların Çatılarına Etkiyen Rüzgâr Yükü İçin Basınç Katsayısı –C_R-

$C_R = C_{pe} - C_{pi}$

C_{pe} Çatıya etkiyen dış basınç katsayısı

C_{pi} Çatı iç kısmında etkili olan iç basınç katsayısı

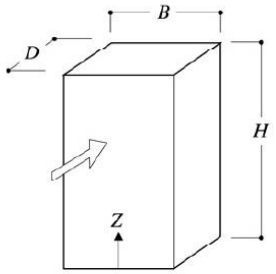
Dikdörtgen kesitli binaların dış yüzeylerine etkiyen rüzgârın oluşturduğu dış basınç katsayıları rüzgârın geldiği duvar ve tam arkasındaki duvar için çizelge 3.15 de verilmiştir. (yüksekliği 45 metreden yüksek binalar için)

Çizelge 3.15 Dikdörtgen Kesitli Bir Binanın Cephe ve Çatı Basınç Katsayıları(45 metreden yüksek binalar için)

i) DUVAR

Dış Basınç Katsayısı	C_{pe}	
	$D/B \le 1$	$D/B > 1$
Rüzgarın Etkidiği Yüzey C_{pe1}	$0.8\,k_Z$	
Rüzgarın Etkidiği Yüzevin Arkası C_{pe2}	−0.5	−0.35

Düşey Profil Faktörü	k_Z	
$Z \le Z_b$	$Z_b < Z < 0.8H$	$Z \ge 0.8H$
$(Z_b / H)^{2\alpha}$	$(Z/H)^{2\alpha}$	$0.8^{2\alpha}$



B(m): Bina Genişliği

D(m): Bina Derinliği

H(m): Referans Yükseklik

Z(m): Binanın yerden Yüksekliği

Z_b (m): Arazi tipin bağlı değişkenler

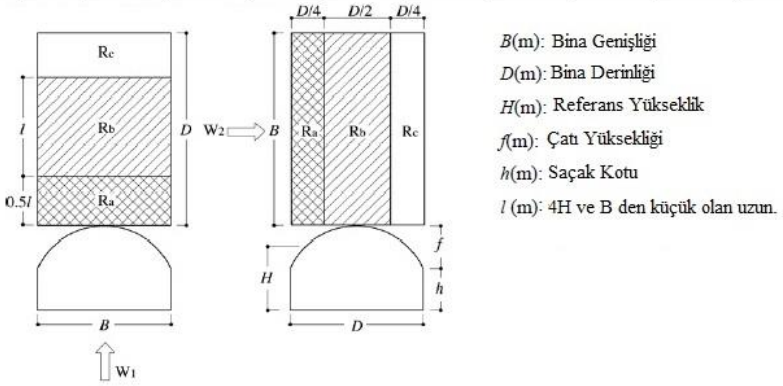
α :

Dikdörtgen taban alanı olan tonoz çatıya sahip binaların çatı yüzeylerinde meydana gelen basınç katsayıları çizelge 3.16 alınabilir.

Çizelge 3.16 Tonoz çatı yüzeyindeki basınç katsayıları(45 m yük. az binalar için AIJ tablo A6.9(2))

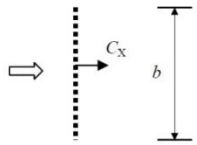
ii) Çatı

Rüz. Yönü	f/B	Alan R_a			Alan R_b			Alan R_c		
		h/B=0	h/B=0.3	h/B=0.7	h/B=0	h/B=0.3	h/B=0.7	h/B=0	h/B=0.3	h/B=0.7
W_1	0	−0.4	−0.9	−0.8	−0.4	−0.5	−0.4	−0.4	−0.3	−0.2
	0.1	−1.2	−1.1	−1.1	−0.7	−0.5	−0.5	−0.4	−0.4	−0.4
	0.3	−1.1	−1.1	−1.1	−0.6	−0.5	−0.5	−0.4	−0.4	−0.4
	0.4	−1.1	−1.1	−1.1	−0.5	−0.5	−0.5	−0.4	−0.4	−0.4
Rüz. Yönü	f/D	Alan R_a			Alan R_b			Alan R_c		
		h/D=0	h/D=0.3	h/D=0.7	h/D=0	h/D=0.3	h/D=0.7	h/D=0	h/D=0.3	h/D=0.7
W_2	0	−0.4	−1.0	−0.9	−0.4	−1.0	−0.9	−0.4	−0.6	−0.9
	0.1	−0.5	−1.2	−1.5	−0.9	−1.0	−1.0	−0.5	−0.5	−0.5
	0.3	−0.1	−0.4	−0.9	−1.2	−1.4	−1.5	−0.5	−0.5	−0.5
	0.4	0.2	0	−0.5	−1.2	−1.3	−1.4	−0.5	−0.5	−0.5



Japonya yapı yönetmeliğinde işaret ve raklam panosu gibi elemanlar için rüzgar kuvvet katsayısı Çizelge 3.17 den alınabilir.

Çizelge 3.17 İşaret ve reklam panosu gibi yapılar için rüzgâr kuvvet katsayısı



Doluluk Oranı φ	C_X
0	2
0.2	2
0.6	2.7
≥0.9	2

Burada;

φ doluluk oranı

b elemanın genişliği

3.3.8 Fırtına Etkisi Faktörü -G_d

Fırtına etkisi faktörü aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanabilir.

$$G_D = 1+g_D * \frac{C'_g}{Cg} * \sqrt{1 + \emptyset_D^2 * R_D} \quad (3.55)$$

$$g_D = \sqrt{2 * \ln(600_{vD}) + 1{,}2} \quad (3.56)$$

$$C_g = \frac{1}{3+3\alpha} + \frac{1}{6} \quad (3.57)$$

$$C'_g = 2*I_H * \frac{0{,}49-0{,}14a}{\left\{1+\frac{0{,}63*\left(\sqrt{BH}/L_H\right)^{0{,}56}}{(H/B)^k}\right\}} \quad (3.58)$$

$$R_D = \frac{\pi*F_D}{4*\delta_D} \quad (3.59)$$

$$V_D = f_D * \sqrt{\frac{R_D}{1+R_D}} \quad (3.60)$$

$$F_D = \frac{I_H^2*F*S_D(0{,}57-0{,}35a+2R\sqrt{0{,}053-0{,}042a)}}{C_g'^2} \quad (3.61)$$

$$R = \frac{1}{1+20\frac{f_D*B}{U_H}} \quad (3.62)$$

$$F = \frac{4\frac{f_D L_H}{U_H}}{\left[1+71\left(\frac{f_D L_H}{U_H}\right)^2\right]^{5/6}} \quad (3.63)$$

$$S_D = \frac{0{,}9}{\left(1+6\left(\frac{f_D*H}{U_H}\right)^2\right)^{0{,}5}\left(1+3\frac{f_D*B}{U_H}\right)} \quad (3.64)$$

Buradan;

$\emptyset_D$ mod düzeltme faktörü

f_D doğal yapı frekansı(Hz)

δ_D kritik sönüm oranı (1. Mod için)

H referans yükseklik(m)

B bina genişliği(m)

U_H tasarım rüzgâr hızı(m/sn)

I_H H yüksekliğindeki türbülans yoğunluğu

L_H h yüksekliğindeki türbülans uzunluğu

α arazi tipine göre değişen katsayı

3.3.9 Türbülans Yoğunluğu ve Türbülans Uzunluğu

Türbülans Yoğunluğu I_Z;

Türbülans yoğunluğu aşağıda verilen eşitlik kullanılarak bulunabilir.

$$I_Z = I_{rZ} * E_{gI} \tag{3.65}$$

I_{rZ} z yüksekliğindeki türbülans yoğunluğu

$$I_{rz} = \begin{cases} 0{,}1\left(\frac{Z}{Z_G}\right)^{-\alpha-0{,}05} & Z_b < Z \leq Z_G \\ 0{,}1\left(\frac{Z_b}{Z_G}\right)^{-\alpha-0{,}05} & Z \leq Z_b \end{cases} \tag{3.66}$$

z binanın yerden yüksekliği (m)

Z_b, Z_G, α arazi tipine bağlı değerler

E_{gI} Türlülans Yoğunluğu İçin Topoğrafya faktörü

Yapının bulunduğu arazinin tepe veya sırt gibi arazi yüzey değişkenliklerinin bulunduğu yerlerde bulunmasının türbülans üzerindeki etkisini imgeleyen değerdir. Bu değişkenin elde edilmesi için izlenecek işlem ve yönergeler yönetmeliğin ulusal eklerinde verilmiştir.

Türbülans Uzunluğu - L_Z

Turbulans uzunluğu değerinin bulunması için aşağıda verilen eşitlik kullanılabilir.

$$L_z = \begin{cases} 100\left(\frac{Z}{30}\right)^{0,5} & 30m < Z \leq Z_G \\ 100 & Z \leq 30m \end{cases} \tag{3.67}$$

Buradan;

z binanın yerden yüksekliği (m)

Z_G arazi kategorisine bağlı katsayı

Mod Düzeltme Faktörü - $Ø_D$

Mode düzeltme faktörü normal ve geleneksel binalar için aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanabilir.

$$\emptyset_D = \frac{1}{2+\beta} \frac{M}{M_D} \lambda \quad (3.68)$$

$$\lambda = 1 - 0.4 * ln\beta \quad (3.69)$$

Buradan;

β Mod şekil katsayısı

M Binanın toplam kütlesi(kg)

M_D Binanın genelleştirilmiş kütlesi(kg) (Chopra, K., Anil)

3.4.Avustralya Yeni Zelanda(As/Nzs) Yapı Yönetmeliğine Göre Rüzgâr Yükü Etkileri

Avustralya Yeni Zelanda yönetmeliği binalara etkiyen rüzgâr yüklerini aşağıda verilen binalar için tespit etmektedir.

- Yüksekliği 200 metreye eşit veya daha az yükseklikteki binalar için.
- Çatı açıklığı 100 metreyi aşmayan binalar.
- Açık denizlerde olmayan binalar, köprüler ve iletişim kulelerinin dışındaki binalar.

Ayrıca bu yönetmelik ile çözümleme yapılacak binaların doğal frekansları 1 Hz den küçük ise dinamik etkilerde göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yönetmelik yüksek binaların altındaki podyum (baza) binaların çatılarını kapsamaz.

3.4.1 Bölgenin Rüzgâr Hızı Tayini – $V_{des,\Theta}$

Yapının yapılacağı bölgeye ait rüzgâr hızı tayini aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanabilir.

$$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t) \quad (3.70)$$

Buradan;

V_R bölgesel olarak 3-saniyelik ortalama süre ile ölçülen rüzgâr hızı

M_d rüzgâr yön katsayısı

Yapının bulunduğu bölge ve baskın rüzgâr yönüne göre seçilen değerdir. Çizelge 3.18 kullanılarak elde edilir. Avustralya ve Yeni Zelanda ulusal eklerinde M_d katsayısının alacağı değerler tablolar halinde verilmiştir.

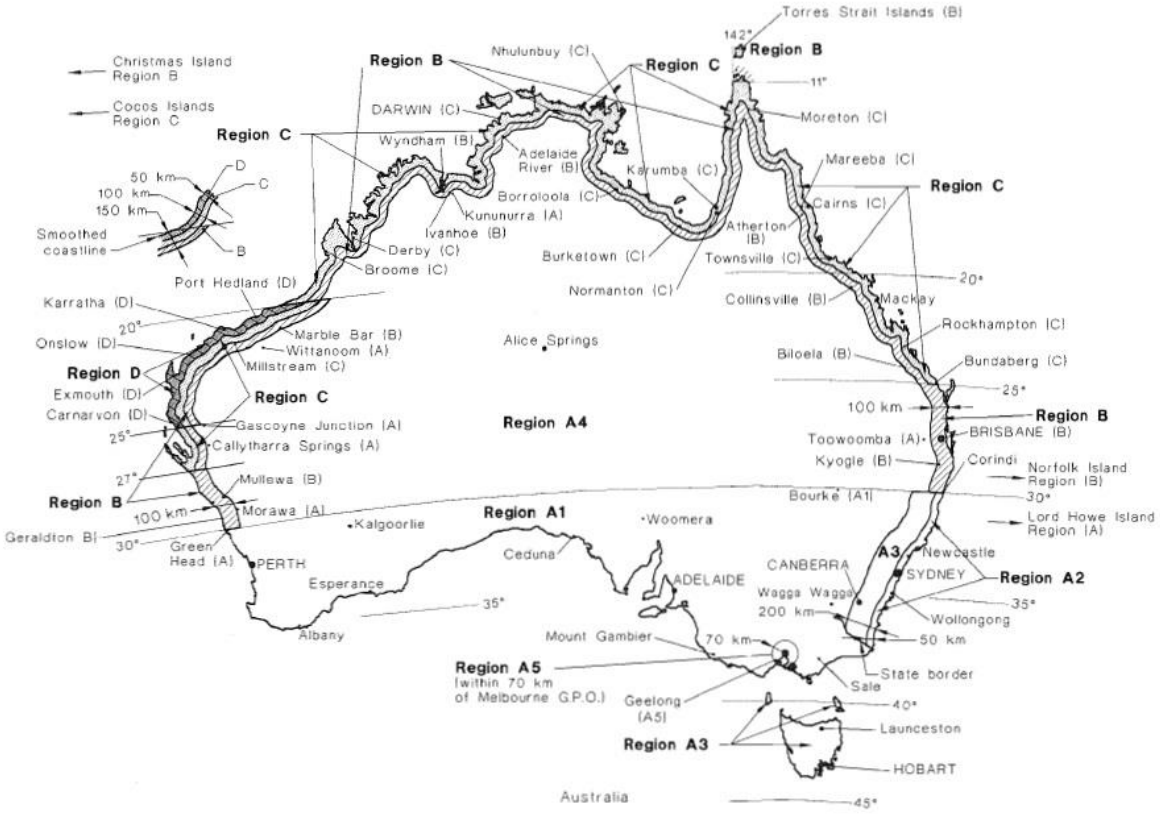
Avustralya ve Yeni Zelanda ülkelerindeki bölgeler A(A1 den A7 ye kadar), B, C, D, W olmak üzere gruplandırılmışlardır.

A ve W bölgelerinde bulunan yapılar için kullanılacak M_d değerleri aşağıda verilen tablolardan alınabilir.

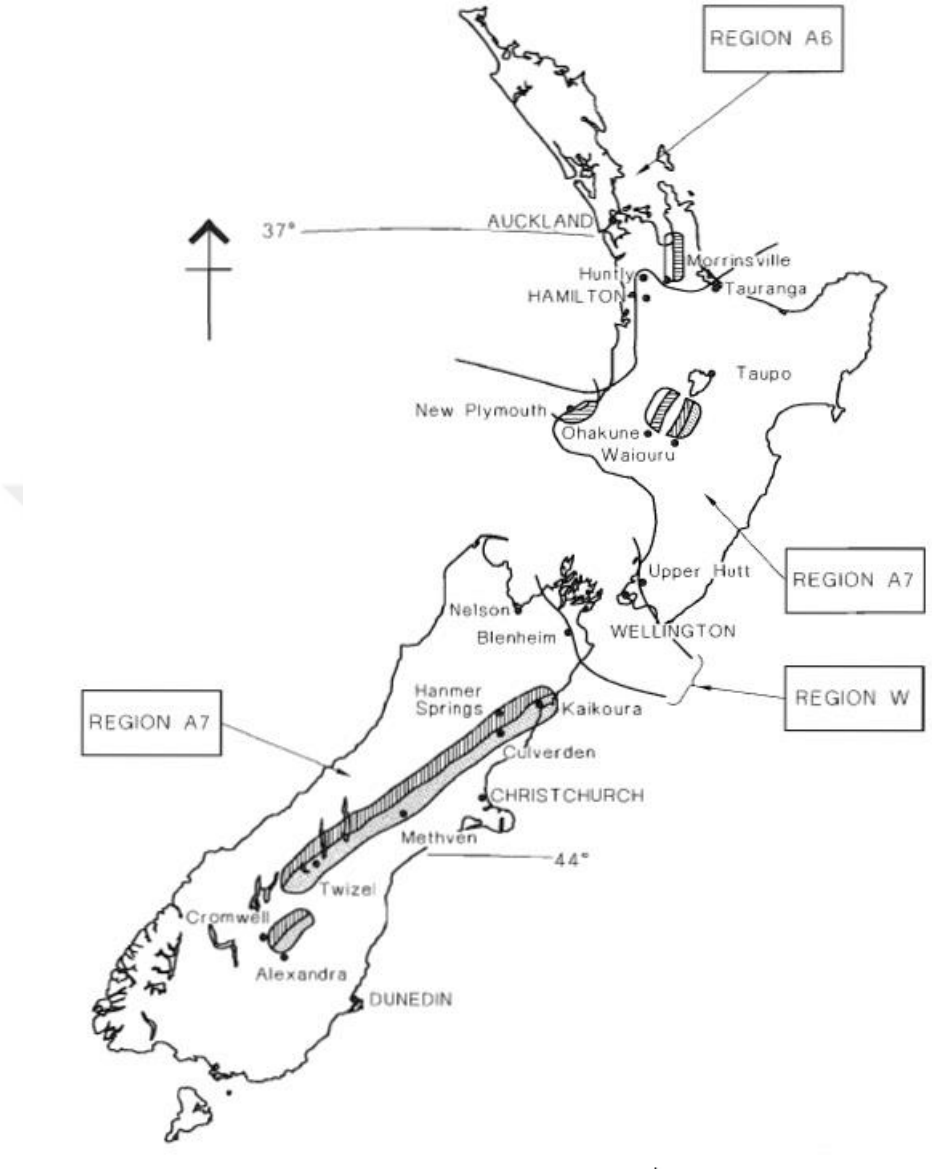
Çizelge 3.18 Farklı Bölgeler İçin M_d Katsayıları

Ana Yönler	BÖLGE A1	BÖLGE A2	BÖLGE A3	BÖLGE A4	BÖLGE A5	BÖLGE A6	BÖLGE A7	BÖLGE W
N	0.90	0.80	0.85	0.90	1.00	0.85	0.90	1.00
NE	0.80	0.80	0.80	0.85	0.85	0.95	0.90	0.95
E	0.80	0.80	0.80	0.90	0.80	1.00	0.80	0.80
SE	0.80	0.95	0.80	0.90	0.80	0.95	0.90	0.90
S	0.85	0.90	0.80	0.95	0.85	0.85	0.90	1.00
SW	0.95	0.95	0.85	0.95	0.90	0.95	0.90	1.00
W	1.00	1.00	0.90	0.95	1.00	1.00	1.00	0.90
NW	0.95	0.95	1.00	0.90	0.95	0.95	1.00	0.95
Herhangi Bir Yön İçin	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

B, C ve D bölgelerinde bulunan yapılarda rüzgâr kuvveti ve moment hesaplamalarında M_d katsayısı ‘0,95’ olarak alınabilir. Diğer cephe kaplama ve bileşenleri için M_d katsayısı ‘1,0’ olarak kullanılabilir.



Şekil 3.15 Avustralya İçin Belirlenmiş Rüzgâr Bölgeleri(ASNZS 1170.2:2011 sayfa 16)



Şekil 3.16 Yeni Zelanda İçin Belirlenmiş Rüzgar Bölgeleri (ASNZS 1170.2:2011 sayfa 17)

Arazi ve Yükseklik Çarpanı $M_{z,cat}$

Avustralya-Yeni Zelanda yönetmeliğinde arazi tipleri dört kategoriye ayırılmıştır ve bu tiplere ait tanımlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.19 Arazi kategorileri ve tanımları

Kategori	Arazi Tanımları
Kategori I	Açık bir arazide çok az veya hiç engel bulunmayan bölgeler
Kategori II	Açık alan, çimenlikli ve engellerin yüzeye iyi dağıldığı ve engel boylarının 1,5 m ile 10 m arasında olan araziler
Kategori III	Yükseklikleri 3m ile 5 m arasında olan ve birbirine yakın şekilde çok sayıda engel bulunan banliyö bölgeleri, mahalleler.
Kategori IV	10 m ile 30 metre arasında birbirine yakın çok sayıda engelin olduğu büyük şehir merkezleri ve iyi gelişmiş sanayi bölgeleri.

$M_{z,cat}$ arazi katsayısı z yüksekliğine bağlı bir değişkendir ve çizelge 3.20 ve çizelge 3.21 den alınabilir. Farklı yükseklik ve arazi tipleri için interpolasyon kullanılarak ara değerlere ulaşılabilir. Arazi kategorileri ise çizelge 3.19 da tanımlanmıştır.

Çizelge 3.20 Arazi / Yükseklik Çarpanı (BÖLGE A1—A7, W ve B için)

YÜKSEKLİK (z) m	ARAZİ / YÜKSEKLİK ÇARPANI ($M_{z,cat}$)			
	ARAZİ KATEGORİSİ 1	ARAZİ KATEGORİSİ 2	ARAZİ KATEGORİSİ 3	ARAZİ KATEGORİSİ 4
≤3	0.99	0.91	0.83	0.75
5	1.05	0.91	0.83	0.75
10	1.12	1.00	0.83	0.75
15	1.16	1.05	0.89	0.75
20	1.19	1.08	0.94	0.75
30	1.22	1.12	1.00	0.80
40	1.24	1.16	1.04	0.85
50	1.25	1.18	1.07	0.90
75	1.27	1.22	1.12	0.98
100	1.29	1.24	1.16	1.03
150	1.31	1.27	1.21	1.11
200	1.32	1.29	1.24	1.16

Çizelge 3.21 Arazi /Yükseklik Katsayısı (Bölge C ve D için)

YÜKSEKLİK (z) m	KATSAYI ($M_{z,cat}$)	
	ARAZİ KATEGORİSİ 1 VE 2	ARAZİ KATEGORİSİ 3 VE 4
≤3	0.90	0.80
5	0.95	0.80
10	1.00	0.89
15	1.07	0.95
20	1.13	1.05
30	1.20	1.15
40	1.25	1.25
50	1.29	1.29
75	1.35	1.35
≥100	1.40	1.40

M_s; Engelleyici Etki Çarpanı

Bir yapının etrafında bulunan diğer yapılar ve arazi şartlarının incelenmek istenilen yapı üzerinde oluşturduğu olumlu veya olumsuz etki çarpanına denir. Unutulmamalıdır ki bir yüksek yapının etrafında bulunan diğer yüksek yapılar incelenmek istenilen bina üzerindeki rüzgâr etkisini artırmaktadır. Bu etkinin irdelenmesi için gerekli yönergeler yönetmeliklerin ulusal eklerinde verilmiştir.

M_t ; Topoğrafya Çarpanı

Bir yapının bulunduğu bölgenin tepe veya sırt bölgesinde kalması durumları için kullanılan katsayıya topoğrafya katsayısı denir. Topoğrafya katsayısının elde edilmesi için izlenecek yönergeler yönetmeliklerin ulusal eklerinde yer verilmiştir.

3.4.2 Rüzgâr Hız Basıncı – ρ

Yapılar için rüzgâr kaynaklı hız basıncı değeri (ρ;pascal) aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanabilir.

$$\rho = (0{,}5 * \rho_{air}) [V_{des,\Theta}]^2 * C_{fig} * C_{dyn} \quad (3.71)$$

Buradan;

ρ rüzgâr kaynaklı basınç değeri (pozitif basınçlar yüzeye doğru etkiyen basınçlar, negatif basınçlar ise yüzeyden uzaklaşan yöndeki basınçlardır.)

ρ_{air} hava yoğunluğu (önerilen değer 1,2 kg/m^3)

$V_{des,\Theta}$ tasarım rüzgâr hızı değeri (m/sn)

C_{fig} aerodinamik şekil faktörü

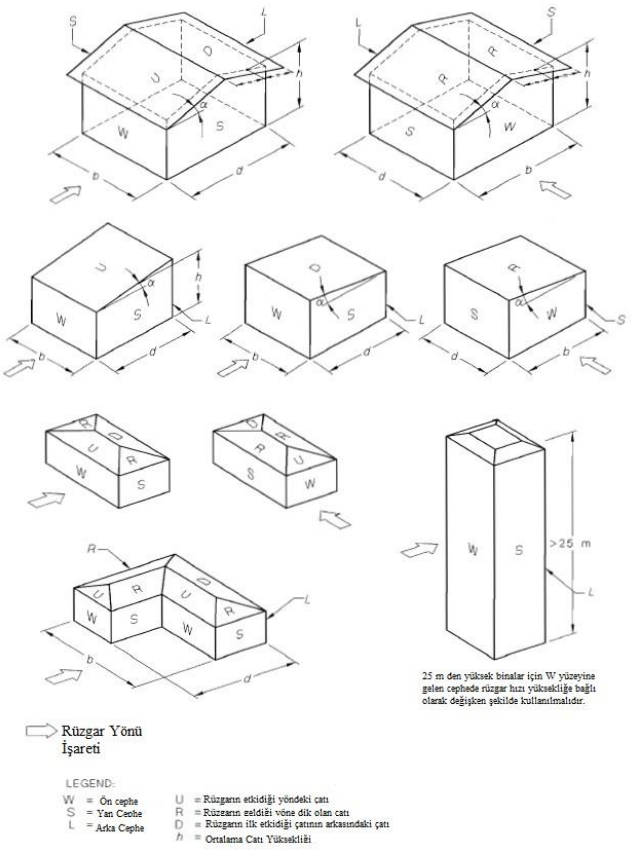
C_{dyn} dinamik etki faktörü (dinamik olarak hassas kabul edilmeyen binalar için bu değer ‘1’ olarak alınabilir.)

3.4.3 Aerodinamik Şekil Faktörü - C_{fig}

Aerodinamik şekil faktörü yapı veya yapı elemanlarına etki eden rüzgâr basınç değerlerini hesaplamak için kullanılan bir katsayıdır. Aerodinamik şekil katsayısının yönü rüzgârın yönü bina yüzeyine doğru ise pozitif, bina yüzey ve elemanından uzaklaşır yönde ise negatiftir.

3.4.4 Dikdörtgen Kesitli Binalar İçin Dış Basınç Katsayısı

Dikdörtgen kesitli binaların dış yüzeylerinde meydana gelen basınçların belirlenebilmesi için farklı şekil ve çatı tiplerinin gösterildiği yapılar Şekil 3.17 de verilmiştir.



Şekil 3.17 Dikdörtgen Kesitli Binalar İçin Adlandırmalar ve Tanımlar (ASNZS 1170.2:2011 sayfa 32)

Binaların arka cephesi, yan cephesi ve çatı yüzeylerinde referans yükseklik bina yüksekliği olarak alınacaktır. Referans yükseklik değeri ise çatının ortalama hizasından alınabilir. Binaların ön cephesindeki dış basınç katsayıları çizelge 3.22 den, arka cephelerindeki basınç katsayısı ise çizelge 3.23 den alınabilir. Rüzgâr yönüne paralel olan bina sağ ve sol cephelerde meydana gelen basınç katsayısı değerleri ise çizelge 3.24 de verilmiştir.

Çizelge 3.22 Dikdörtgen Kesitli Binaların Ön cephesi için Dış Basınç Katsayısı ($C_{p,e}$)

h	Dış Basınç Katsayısı ($C_{p,e}$)
> 25.0 m	0.8 (rüzgâr hızı yükseklik ile değişken)
≤ 25.0 m	Normal binalar için 0.8 (rüzgâr hızı yükseklik ile değiştiğinde) veya 0,7 (rüzgar hızı z=h olarak kullanıldığında)
	Yükseltilmiş yapılar için (viyadük gibi yapılar) 0.8 (h yüksekliğindeki rüzgâr hızı kullanılacak)

Çizelge 3.23 Dikdörtgen Kesitli Binaların Arka Cephesi için Dış Basınç Katsayıları

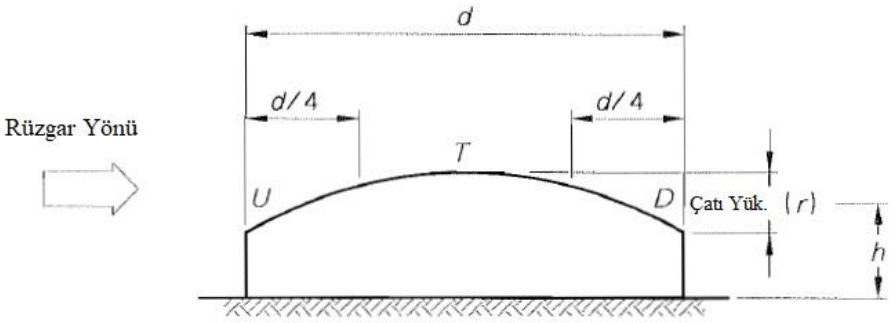
Rüzgar Açısı	Çatı Tipi	Çatı Eğimi (derece)	d/b	Dış Basınç Katsayısı ($C_{p,e}$)
0	Dört Kırım veya İki kırım	<10	≤1 2 ≤4	-0,5 -0,3 -0,2
0	Dört Kırım veya İki kırım	10 15 20	Tüm Değerler	-0,3 -0,3 -0,4
0	Dört Kırım veya İki kırım	≥25	≤0.1 ≥0.3	-0,75 -0,5
90	İki Kırım	Tüm değerler	≤1 2 ≤4	-0,5 -0,3 -0,2

Çizelge 3.24 Dikdörtgen Kesitli Binaların Yan Cepheleri İçin Dış Basınç Katsayısı

Rüzgârı dik etkidiği cepheye yatay uzaklık	Dış Basınç Katsayısı $C_{p,e}$
0 - 1h	-0,65
1h-2h	-0,5
2h-3h	-0,3
>3h	-0,2

Çizelge 3.25 Kavisli Çatı Yüzeyine Sahip Binalar için Çatı Dış Basınç Katsayısı

Çatı yük. Ve açıklık oranı (r/d)	Rüzgârın geldiği yöndeki çatı alanının ¼ ü (U)	Çatı orta bölgesi (T)	Arka cepheye yakın çatı alanının ¼ ü (D)
0,18	(0,3-0,4h/r) veya 0,0	-(0,55+0,2h/r) veya 0,0	-0,25(+0,2h/r) veya 0,0
0,5	(0,5-0,4h/r) veya 0,0		-(0,1+0,2h/r) veya 0,0



Şekil 3.18 Kavisli Çatı Yüzeyine Sahip Bina İçin Tamınlar (ASNZS 1170.2:2011 sayfa 64)

Kavisli çatı yüzeyine sahip binaların çatı yüzeyindeki basınç katsayıları çizelge 3.25 den alınabilir.

h Ortalama çatı yüksekliği

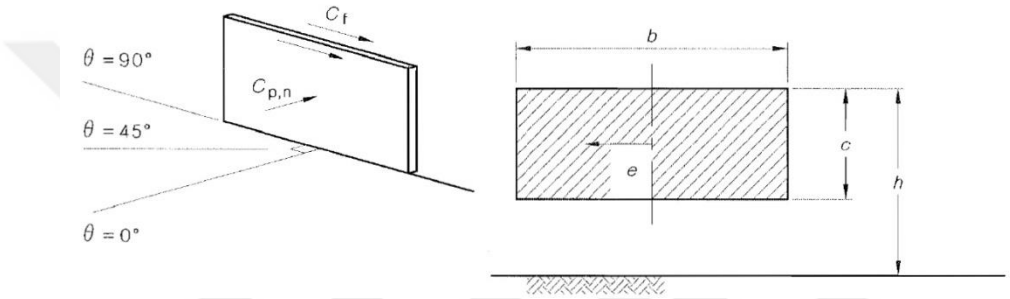
r Çatı kavis yüksekliği

h/r > 2 h/r=2 olarak Çizelge 3.25 kullanılabilir

Serbest halde duran ilan panoları ve duvarlar için rüzgar basınç katsayısı çizelge 3.26 dan alınabilir.

Çizelge 3.26 İlan panoları ve serbest duvarlar için rüzgarın dik geldiği durumdaki rüzgar basınç katsayıları

b/c	*c/h*	$C_{p,n}$	*e*
0.5 to 5	0.2 to 1	$1.3 + 0.5(0.3 + \log_{10}(b/c))(0.8 - c/h)$	0
>5		$1.7 - 0.5\ c/h$	0
all	<0.2	$1.4 + 0.3\log_{10}(b/c)$	0



Şekil 3.19 Pano ve duvar elemanı için tanımlar (ASNZS 1170.2:2011 sayfa 69)

3.4.5 Rüzgâr Yükleri

Rüzgârın binada meydana getirdiği yük etkisi aşağıda verilen eşitlik ile bulunabilir.

$$F = (0{,}5 * \rho_{air}) [V_{des,\Theta}]^2 * C_{fig} * C_{dyn} * A_z \qquad (3.72)$$

A_z Referans alan(m^2)

Binaya etkiyen toplam yük her bir referans alana etkiyen kuvvetlerin bulunması ve toplanması ile elde edilir. Toplam moment ise bulunan yüklerin devrilme noktasına olan uzaklık ile çarpılması ve bu değerlerin toplanması ile elde edilir.

3.4.6 Dinamik Etki Faktörü - C_{dyn}

Yapının ve yapı elemanları için dinamik etki faktörü (C_{dyn}) binanın doğal birinci faktörüne bağlı olarak aşağıda belirtilen şartlara göre belirlenebilir.

a) Doğal birinci mod eğer 1 Hz den büyükse $C_{dyn} = 1$ alınabilir.

b) Eğer 1 Hz den küçükse

Yüksek binalar ve kuleler için

-Eğer 0.2 Hz den küçük ise bu yönetmelikte bu durum ele alınmamıştır.

-Eğer 0.2 ile 1 Hz arasında ise C_{dyn} ileride verilecek denklem ve tanımlara göre hesaplanacaktır.

Eğer bir bina veya yapı bileşenlerine etki eden eğilme momenti, kesme kuvveti ve tekil yükler bulunmak istenilyorsa, oyükseklikteki rüzgâr basıncı C_{dyn} katsayısı ile çarpılır. Dinamik etki faktörü hem bina yüksekliğine hem de referans yüksekliğine bağlıdır. Eğer binanın taban moment değeri, deplasmanlar ve ivmeler bulunmak isteniliyorsa kullanılacak yükseklik bina yüksekliği olarak alınmalıdır. C_{dyn} katsayısı hesaplanırken yapı yüksekliği kullanılarak bulunan $V_{des,\Theta}$ değeri kullanılır.

Dinamik Etki Faktörü aşağıda verilen denklem ile hesaplanabilir.

$$C_{dyn} = \frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2*B_S+\frac{H_S*g_R^2*S*E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v*I_H)} \tag{3.73}$$

Buradan;

s rüzgar hesabının yapılması istenilen seviyenin yerden yüksekliği

h ortalama çatı yüksekliği veya bir kulenin en üst noktası

I_h türbülans yoğunluğu

g_v tepe etki faktörü

ζ yapı sönüm oranı

B_s geri plan tepki katsayısı

$$Bs = \frac{1}{1+\frac{\sqrt{\left(0.26(h-s)^2+0.46b_{sh}^2\right)}}{L_h}} \tag{3.74}$$

b_{sh} binanın ortalama genişliği

L_h h yüksekliğindeki türbülans uzunluğu (m)

$$L_h = 85*\left(\frac{h}{10}\right)^{0,25} \quad (3.75)$$

H_s resonant etki faktörü

$$H_s = 1+\left(\frac{s}{h}\right)^2 \quad (3.76)$$

g_R tepe faktörü (10 dak. periyod için)

$$g_R=\sqrt{2log_e(600n_a)} \quad (3.77)$$

S boyut indirgeme katsayısı

$$S = \frac{1}{\left[1+\frac{3,5n_a h(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta}}\right]*\left[1+\frac{4n_a b_{0h}(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta}}\right]} \quad (3.78)$$

n_a; birinci mod doğal frekansı

b_{0h}; ortalama bina genişliği

$$E_1 = \frac{\pi*N}{(1+70,8N^2)^{5/6}} \quad (3.79)$$

N; indirgenmiş frekans

$$N= n_a*L_h*[1+(g_v*I_h)] / V_{des,\Theta} \quad (3.80)$$

n_a; birinci mod doğal frekansı

$V_{des,\Theta}$; bina yüksekliğinde (h) hesaplanmış tasarım rüzgâr hızı değeri

NOTLAR:

- Çelik binalar için kullanılabilecek sönüm oranı maksimum 0,02, betonarme binalar için sönüm oranı ise maksimum 0,03 alınmalıdır.
- Tabi ki birçok yapı çeşidine, boyutlarına ve yapım tekniğine bağlı olarak değişebilecek bu değer diğerin kaynaklardan da faydalanılarak seçilmesi tavsiye edilmektedir.

3.4.7 Türbülans Yoğunluğu

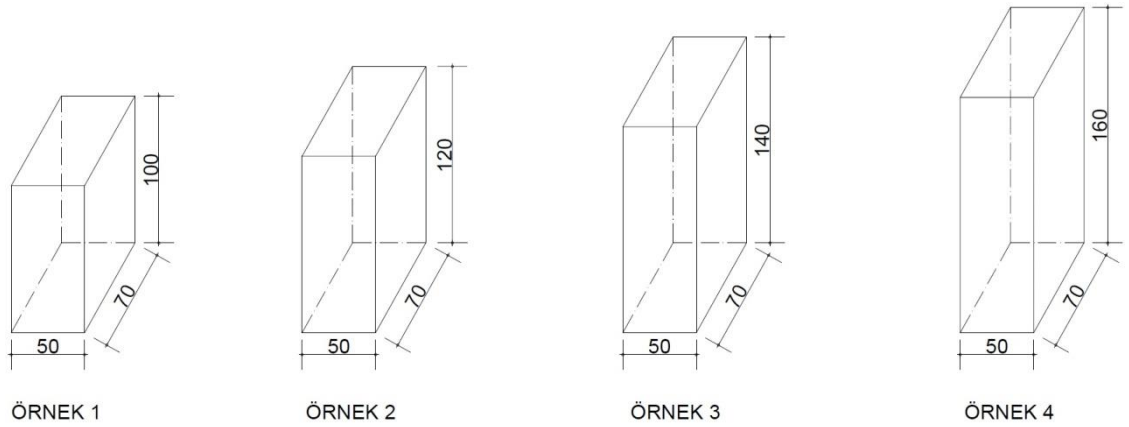
Dinamik etki faktörü hesaplanırken kullanılacak türbülans yoğunluğu değeri aşağıda verilen çizelge 3.27 den yapı yüksekliğine ve arazi tipine bağlı olarak seçilebilir. Yükseklik ve türbülans yoğunluğu ara değerler için doğrusal interpolasyon yöntemi ile elde edilebilir.

Çizelge 3.27 Arazi yüksekliği ve arazi kategorisine bağlı türbülans yoğunluğu değerleri

Yükseklik(m)	Arazi Kategorileri (Tüm Bölgeler İçin)			
	Arazi Kategorisi 1	Arazi Kategorisi 2	Arazi Kategorisi 3	Arazi Kategorisi 4
≤ 3	0,171	0,207	0,271	0,342
5	0,165	0,196	0,271	0,342
10	0,157	0,183	0,239	0,342
15	0,152	0,176	0,225	0,342
20	0,147	0,171	0,215	0,342
30	0,140	0,162	0,203	0,305
40	0,133	0,156	0,195	0,285
50	0,125	0,151	0,188	0,270
70	0,118	0,140	0,176	0,248
100	0,108	0,131	0,166	0,233
150	0,095	0,117	0,150	0,210
200	0,085	0,107	0,139	0,196

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tezin önceki bölümlerinde anlatılan rüzgâr yönetmeliklerinin uygulamalarının gösterilmesi için taban alanları 50m x 70m olan, farklı yüksekliklere sahip dört bina EUROCODE, ASCE, AIJ ve AS/NZS rüzgâr yönetmeliklerine göre çözülmüştür. Yapılan çözümde rüzgârın hem 50 m lik cepheye, hem de 70m lik cepheye dik etkidiği iki durumda ele alınmıştır. Yapılan çözüm ile bina tabanlarında meydana gelen taban kesme ve moment değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 4.1 Yüksek Bina Örnekleri

Bina fiziksel özellikleri;

b= 50 metre d= 70 metre h_1=100 metre, h_2=120 metre, h_3=140 metre, h_4=160 metre

Kat yüksekliği 4 metre

Doğal yapı periyodu n_1=0,46 Hz n_2=0,38 Hz n_3=0,33 Hz n_4=0,29 Hz

Bina sönüm oranı %1

Bina yoğunluğu 180 kg/m^3

Hava yoğunluğu 1.22 kg/m^3

Basit rüzgâr hızı = 40 m/sn (3 sn lik ölçüm periyoduna göre ölçülen değer)

Arazi tipi; çayır, çimen gibi bitki örtüsüne sahip, aralarında engel yüksekliğinin en az 20 katı mesafe bulunan araziler. Binanın bahsedilen arazi tipine sahip bir bölgeye yapıldığı

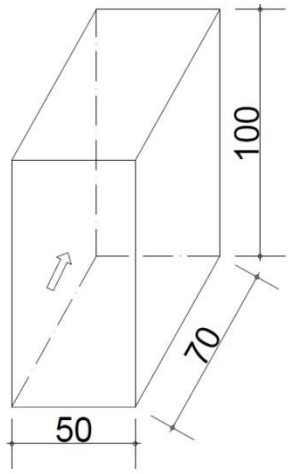
düşünülmüştür. Tanımı yapılan arazi tipi Eurocode'un belirlediği arazi tiplerinden II numaralı arazi tipine denk gelmektedir.

4.1 Eurocode 1-4'e Göre Yüksek Bina Örnek Çözümleri

4.1.1 50mx70mx100 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 1- b=50 metre d=70 metre h_1=100 metre Arazi Kategorisi II

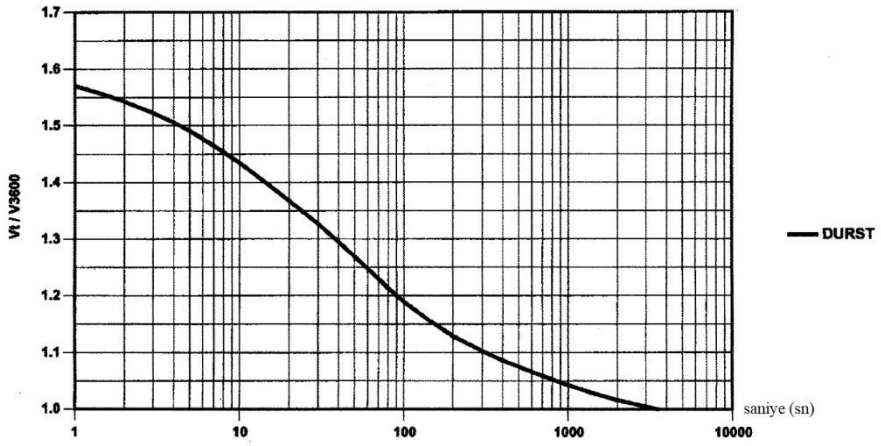


ÖRNEK 1

Şekil 4.2 Bina en-boy ve yüksekliği (Örnek 1-Rüzgarın 50 m lik duvara dik geldiği durum)

Bina ile ilgili verilen bilgilerde basit rüzgâr hızının 40 m/sn olarak 3 sn lik ölçüm periyodu ile ölçülen rüzgâr hızı olarak verildiği görülmektedir. Fakat Eurocode basit rüzgâr hızının tanımını yaparken bu değeri 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızı olarak belirlemiştir. Dolayısıyla yapılan karşılaştırmanın aynı şartlarda yapılabilmesi ve sonuçların değerlendirilebilmesi için 40 m/sn (3 sn) lik rüzgâr hızının 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızı değerine dönüştürülmesi gerekmektedir.

Bu dönüşümüm yapılması için Durst Eğrisi kullanılmıştır.



Şekil 4.3 Durst Eğrisi (ASCE 7-05 Figure C 6-4 sayfa 308)

Basit Rüzgâr Hızı V_b = 40 m/sn (3 sn) V_b=? (10 dk)

Şekil 4.3 den $\frac{V\ (3\ sn)}{V(3600\ sn)} = \frac{1{,}52}{1}$ Şekil 4.3 den $\frac{V\ (600\ sn)}{V\ (3600\ sn)} = \frac{1{,}07}{1}$

$\frac{V\ (3\ sn)}{1{,}52} = \frac{V\ (600\ sn)}{1{,}07}$ $\frac{40\ m/sn\ (3\ sn)}{1{,}52} = \frac{V\ (600\ sn)}{1{,}07}$ $V_{(600\ sn\ =\ 10\ dak.)}$ = 28,1 m/sn

$V_{(3sn)}$ = 40 m/sn

$V_{(10\ dk.)}$ = 28,1 m/sn

Temel rüzgar hızı; $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo}$ $C_{dir} = C_{season} = 1$ (önerilen değer)

V_b= 1* 1 * 28,1 m/sn (10 dk.) V_b= 28,1 m/sn

Ortalama rüzgâr hızı; $V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $C_{0(z)} = 1$

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ z=100 metre, z_0 =0.05(II. Arazi kategorisi için)

$k_r = 0{,}19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0{,}07}$ z_0=0,05 (II arazi kategorisi) $z_{0,II}$ = 0,05 (Eurocode tarafından verilen değer)

k_r = 0,19 $C_{r(z)}$ = 1,444

$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $V_{m(z)}$ = 1.444 * 1* 28,1 m/sn

$V_{m(z)}$ = 40,58 m/sn (100 metre yükseklikteki ortalama rüzgar hızı)

Referans yapı yüksekliği Eurocode için 0.6h=60 m olarak belirlenmiştir.

Referans yüksekliğindeki rüzgar hızı ; z=60 m z_0=0,05 için

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ $C_{r(z)} = 0{,}19 * \ln\left(\frac{60}{0{,}05}\right)$ $C_{r(z)} = 1{,}3471$

$V_{m(z=60\ metre)} = 1{,}3471 * 1 * 28{,}1$ m/sn $V_{m(z=60\ metre)} = 37{,}8539$ m/sn

Rüzgar Türbülansı;

$I_{v(z)} = \frac{\sigma_v}{v_{m(z)}} = \frac{k_1}{c_{0(z)} * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$ k_1= 1 (eurocode önerilen değer) $C_{0(z)} = 1$ z=100 m z_0=0,05

$I_{v(z=100\ m)} = 0{,}13156$ $I_{v(z=60\ m)} = 0{,}141$

Tepe Rüzgar Hız Basıncı;

$q_{p(z)} = [1+ 7\ I_{v(z)}] * \frac{1}{2} * \rho * V^2_{m(z)} = C_{e(z)} * q_b$

$q_{p(z)} = [1+ 7 * 0{,}13156] * \frac{1}{2} * 1{,}22 * (40{,}58\ m/sn)^2$ $q_{p(z=100\ m)} = 1{,}929\ KN/m^2$

Rüzgar Yükleri; $F_w = C_sC_d * C_f * q_{p(ze)} * A_{ref}$

C_sC_d = Yapısal katsayı

C_f =Kuvvet Katsayısı

A_{ref} = Referans alan (m^2)

C_sC_d Yapısal katsayının belirlenmesi;

$$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}}$$

Rüzgar türbülans uzunluğu; $L_{(z)} = L_t * \left(\frac{z}{zt}\right)^a$ α=0,67 + 0,05*ln(z_0)

L_t = 300 (Eurocode önerilen değer), z_t= 200 (önerilen değer)

z_0 = 0,05 (II. Tip arazi kat.) z=0.6 h =100*0.6 = 60 m

$L_{(z)}$ = 160,40 metre

$f_{L(z,n)} = \frac{n*L(z)}{Vm_{(z)}}$ n=doğal frekans =0.46 Hz $V_{m(z=60)}$ = ref. yük. rüzgar hızı=37,85 m/sn

$f_{L(z,n)} = \frac{0,46*160,40}{37,85}$= 1,949

$S_{L(z,n)} = \frac{6,8*fL(z,n)}{\{1+10,2*fL(z,n)\}^{5/3}}$ = $\frac{6,8*1,949}{\{1+10,2*1,949\}^{5/3}}$ = 0,0837

Geri plan tepki katsayısı;

$B^2=\frac{1}{1+0,9\left[\frac{b+h}{L_{z(s)}}\right]^{0,63}}$ b=50 m, h=100 m $L_{(z)}$ = 160,40 m

B^2= 0,536

Rezonans Tepki Katsayısı;

$R^2 = \frac{\pi^2}{2*\delta} * S_{L(z_s,n_{1,x})} * R_h(\eta_h) * R_b(\eta_b)$

δ=2*π*x_i x_i = sönüm oranı

δ=2*π*0,01 δ=0,0628

$R_h = \frac{1}{n_h} - \frac{1}{2*{n_h}^2}(1 - e^{-2n_h})$ $n_h = 0\ R_h = 1\ için$

$R_b = \frac{1}{n_b} - \frac{1}{2*{n_b}^2}(1 - e^{-2n_b})$ $n_b = 0\ R_h = 1\ için$

$n_h = \frac{4,6*h}{L_{(ze)}}\ f_L(z_e, n_{1,x})$ ve $n_b = \frac{4,6*b}{L_{(ze)}}\ f_L(z_e, n_{1,x})$

R^2 = 0,3150

Tepe katsayısı – k_p;

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ k_p = 3 den küçük çıkarsa 3 alınır.

υ = $n_{1,x} * \sqrt{\frac{R^2}{B^2*R^2}}$ $n_{1,x}$ = 0,46 Hz υ ≥ 0,08 Hz olmalıdır.

υ = 0,279

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ $k_p = \sqrt{2 * \ln(0,279 * 600)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(0,279*600)}}$

k_p = 3,388

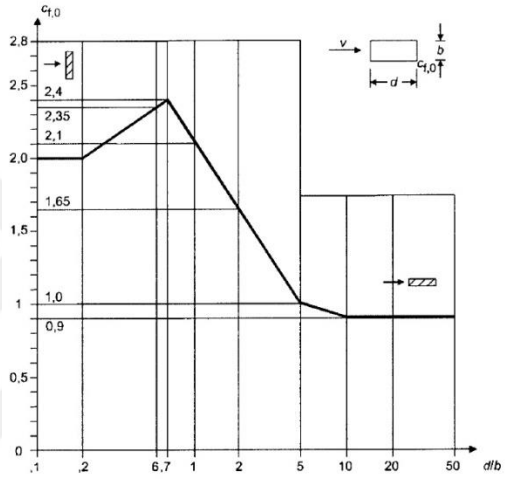
$$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}} = \frac{1+2*3,247*0,141*\sqrt{0,5368+0,3150}}{1+7*0,141}$$

C_sC_d =0,9471

C_f Kuvvet Katsayısının Belirlenmesi;

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$

$C_{f,0}$ = keskin köşeli dikdörtgenler için kuvvet katsayısı



Şekil 4.4 $C_{f,0}$ kuvvet katsayısının belirlenmesi

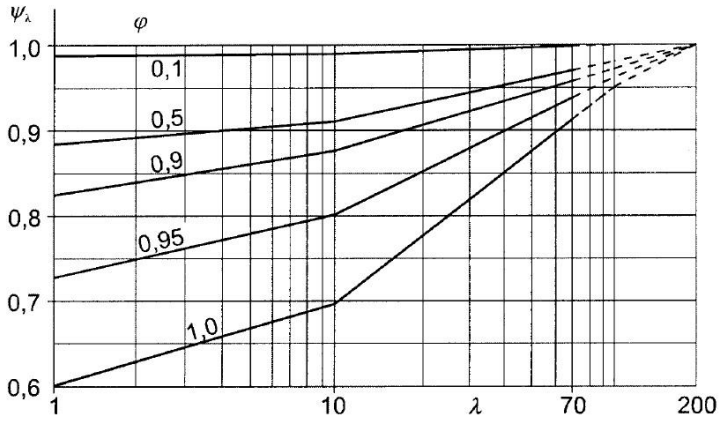
Şekil 4.4 deki grafikten $C_{f,0}$ kuvvet katsayısı elde edilir.

$\frac{d}{b} = \frac{70}{50}$= 1,4 grafikten $C_{f,0}$ = 1,85 olarak elde edilir.

ψ_r = Bina kenarları yuvarlatılmış binalar için kullanılan katsayı. Örnekte bina kenarları keskin köşeli olduğu için ψ_r =1 alındı.

ψ_λ = Uç tesir katsayısı

λ =1,4 *$\frac{l}{b}$ = 1,4 * $\frac{100}{50}$ =2,8



Şekil 4.5 Uç tesir katsayısı (ψ_λ) ve doluluk oranı ilişkisi

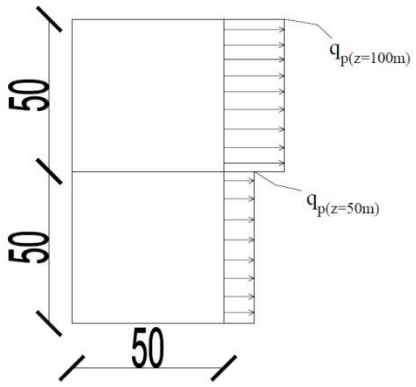
λ =2,8 için grafiğin doluluk oranı φ=1 çizgisi üzerinden ψ_λ =0,64 olarak belirlenir.

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$ $C_f = 1,85 * 1 * 0,64$

C_f = 1,184 olarak elde edilir.

Binaya Etkiyen Rüzgâr Yüklerinin Belirlenmesi;

Binanın cephesinde meydana gelen rüzgar yüklerinin hesabı Şekil 4.6 de kabulü yapılan şekilde hesaplanır. Yani ilk 50 metreye kadar yükseklikte 50. Metredeki rüzgâr hız basıncı değeri kullanılır. 50. Metreden bina yüksekliği olan 100. metreye kadar ise 100. metrede meydana gelen rüzgâr hız basıncı kullanılır.



Şekil 4.6 Binanın 50 m genişliği olan cephesine etkiyen rüzgar hız basınç değerleri

Binaya etkiyen yatay yükün bulunması için 0 metre ile 50 metre arasındaki yüzey alanı 50. metredeki rüzgâr hız basıncı ile çarpılmalı, ikinci 50 metrelik yüzey alanı da 100. metredeki rüzgâr hız basıncı ile çarpılmalı ve bu değerler toplanmalıdır.

Çizelge 4.1 Tabanda meydana gelen yük etkileri (Rüzgarın 50 m lik yüzeye dik geldiği durum)

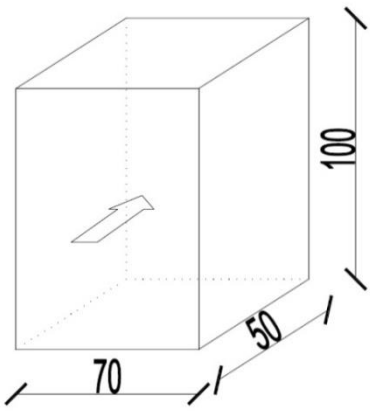
Bina yük(m)	q_p (KN/m2)	C_sC_d	C_f	A_{ref} (m^2)	$F_w(kN)=C_sC_d*C_f*qp_{(ze)}*A_{ref}$		h(m)	M_{taban} (kNm) = F_w*h
0-50	1,67048	0,9471	1,184	50*50	4683,0760		25	117076,9006
50-100	1,92972	0,9471	1,184	50*50	5409,8109		75	405735,8164
					Toplam	10092,8869 KN 10,092 MN	Toplam	522812 KNm 522,812 MNm

İlk 50 metrelik yüzeyde meydana gelen rüzgâr yükü ile bu geometrik alanın merkezinin bina tabanına olan uzunluğu (25 m) ile çarpılması sonucu ilk 50 metreye gelen yatay rüzgâr yükünün tabanda meydana getirdiği moment elde edilmiştir. İkinci 50 metrede meydana gelen yatay rüzgâr yükünün tabanda meydana getirdiği moment değeri ise 50m-100 m arasında kalan alanın merkezinin bina tabanına olan uzunluğu (75 m) ile çarpılması sonucu tabanda meydana gelen moment değeri bulunmuştur.

Rüzgârın binanın 50 m lik cephesine dik etkimesi durumunda tabanda meydana gelen yatay yük 10,092 Meganewton(MN), tabanda meydana gelen moment değeri ise 522,812 Meganewtonmetre (MNm) dir. Değerler çizelge 4.1 de verilmiştir.

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

b= 70 metre d=50 metre h_1=100 metre



Şekil 4.7 Bina en, boy ve yüksekliği(Örnek1-Rüzgarın 70m lik duvara dik geldiği durum)

Binaya etkiyen tasarım rüzgâr hızı değeri $V_{m(z)}$ = 40,58 m/sn ve rüzgâr hız basıncı değeri $q_{p(z=100\ m)}$ = 1,929 KN/m^2 dir. Bu çözüm için yapısal katsayı (C_sC_d) değeri ve yapılar için kuvvet katsayısı (C_f) değeri değişecektir. Oluşan yeni şartlar için bu iki değer yeniden hesaplanmıştır.

C_sC_d Yapısal katsayının belirlenmesi;

$$C_sC_d = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}}$$

Rüzgar türbülans uzunluğu; $L_{(z)} = L_t * \left(\frac{z}{zt}\right)^a$

$L_{(z)}$ = 160,40 metre

$f_{L(z,n)} = \frac{n*L(z)}{Vm_{(z)}}$ n=doğal yapı frekansı=0.46 Hz $V_{m(z=60)}$ = ref. yük. rüzgâr hızı=37,85 m/sn

$f_{L(z,n)} = \frac{0,46*160,40}{37,85}$ = 1,949

$S_{L(z,n)} = \frac{6,8*fL(z,n)}{\{1+10,2*fL(z,n)\}^{5/3}} = \frac{6,8*1,949}{\{1+10,2*1,949\}^{5/3}}$ = 0,0837

Geri plan tepki katsayısı;

$B^2 = \frac{1}{1+0,9\left[\frac{b+h}{L_{z(s)}}\right]^{0,63}}$ b=70 m, h=100 m $L_{(z)}$ = 160,40 m

B^2= 0,517

Rezonans Tepki Katsayısı;

$R^2 = \frac{\pi^2}{2*\delta} * S_{L(z_s,n_{1,x})} * R_h(\eta_h) * R_b(\eta_b)$

R^2 = 0,2388

Tepe katsayısı – k_p;

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$

k_p = 3,365

$$C_sC_d = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}}$$

C_sC_d =0,9185

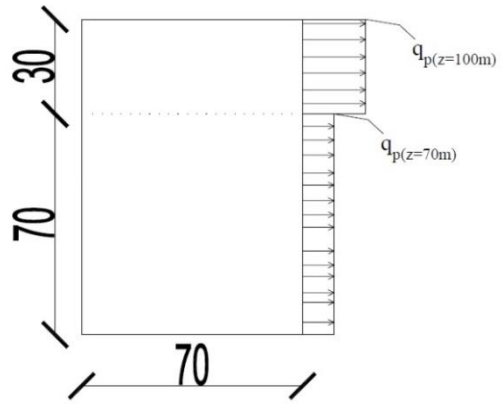
C_f Kuvvet Katsayısının Belirlenmesi;

$\frac{d}{b} = \frac{50}{70}$= 0,714 şekil 4.4 deki grafikten $C_{f,0}$ = 2,375 olarak elde edilir.

λ =1,4 *$\frac{l}{b}$ = 1,4 * $\frac{100}{70}$ =1,99

λ =1,99 için tablonun doluluk oranı φ=1 çizgisi üzerinden ψ_λ =0,63 olarak belirlenir.

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$ C_f = 1,496 olarak elde edilir.



Şekil 4.8 Binanın 70 m genişliği olan cephesine etkidiği durum için hız basınç değerleri

Binanın cephesinde meydana gelen rüzgar yüklerinin hesabı Şekil 4.8 de kabulü yapılan şekilde hesaplanır. Yani ilk 70 metreye kadar yüksekliğe kadar 70. metredeki rüzgâr hız basıncı değeri kullanılır. 70. metreden bina yüksekliği olan 100. metreye kadar ise 100. Metrede meydana gelen rüzgâr hız basıncı kullanılır.

Binaya etkiyen yatay yükün bulunması için 0 metre ile 70 metre arasındaki yüzey alanı 70. Metredeki rüzgâr hız basıncı ile çarpılmalı, 30 metrelik yüzey alanı da 100. metredeki rüzgâr hız basıncı ile çarpılmalı ve bu değerler toplanmalıdır. Yük değerleri ve basınç profiline ait değerler çizelge 4.2 de verilmiştir.

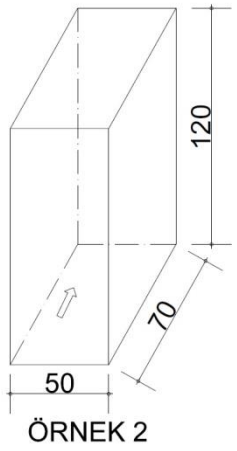
Çizelge 4.2 Tabanda meydana gelen yük etkileri (Rüzgarın 50 mlik yüzeye dik geldiği durum)

Bina yük(m)	q_p (KN/m2)	C_sC_d	C_f	A_{ref} (m^2)	F_w (kN)=C_sC_d*C_f*$qp_{(ze)}$*A_{ref}	h(m)	M_{taban} (kNm) = F_w*h
0-70	1,794	0,9185	1,496	70*70	12080,5719	35	422820,0163
70-100	1,929	0,9185	1,496	70*30	5568,3251	85	473307,6352
					Toplam 17648,89 KN 17,648 MN	Toplam	896127,65 KNm 896,127 MNm

4.1.2 50mx70mx120 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 2- b=50 metre d=70 metre h_2=120 metre



Şekil 4.9 Bina en, boy ve yüksekliği (Örnek 2 Rüzgarın 50m lik duvara dik geldiği durum)

Temel rüzgar hızı; $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo}$ $C_{dir} = C_{season} = 1$ (önerilen değer)

$V_b = 1 * 1 * 28,1$ m/sn (10 dk.) $V_b = 28,1$ m/sn

Ortalama rüzgâr hızı; $V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $C_{0(z)} = 1$

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ z=120 metre, z_0 =0.05(II. Arazi kategorisi için)

$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$ z_0=0,05 (II arazi kategorisi) $z_{0,II} = 0,05$ (Eurocode tarafından verilen değer)

$k_r = 0,19$ $C_{r(z)} = 1,4788$

$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $V_{m(z)} = 1.4788 * 1* 28,1$ m/sn

$V_{m(z)} = 41,55$ m/sn (120 metre yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı)

Referans yapı yüksekliği Eurocode için 0.6h=72 m olarak belirlenmiştir.

Referans yüksekliğindeki rüzgâr hızı; z=72 m z_0=0,05 için

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ $C_{r(z)} = 0,19 * \ln\left(\frac{72}{0,05}\right)$ $C_{r(z)} = 1,3817$

$V_{m(z=72\ metre)} = 1,3817 *1* 28,1$ m/sn $V_{m(z=72\ metre)} = 38,8257$ m/sn

Rüzgar Türbülansı;

$I_{v(z)} = \frac{\sigma_v}{v_{m(z)}} = \frac{k_1}{c_{0(z)} * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$ k_1= 1 (eurocode önerilen değer) $C_{0(z)} = 1$ z=120 m z_0=0,05

$I_{v(z=120\ m)} = 0,128$ $I_{v(z=72\ m)} = 0,1375$

Tepe Rüzgar Hız Basıncı;

$q_{p(z)} = [1+ 7\ I_{v(z)}] * \frac{1}{2} * \rho * V^2_{m(z)} = C_{e(z)} * q_b$

$q_{p(z)} = [1+ 7 * 0,128] * \frac{1}{2} * 1,22 *(41,55\ m/sn)^2$ $q_{p(z=120\ m)} = 2,00$ KN/m^2

Rüzgâr Yükleri; $F_w = C_sC_d * C_f * q_{p(ze)} * A_{ref}$

C_sC_d = Yapısal katsayı

C_f =Kuvvet Katsayısı

A_{ref} = Referans alan (m^2)

C_sC_d Yapısal katsayının belirlenmesi;

$$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}}$$

Rüzgar türbülans uzunluğu; $L_{(z)} = L_t * \left(\frac{z}{zt}\right)^a$ α=0,67 + 0,05*ln(z_0)

L_t = 300 (Eurocode önerilen değer), z_t= 200 (önerilen değer)

z_0 = 0,05 (II. Tip arazi kat.) z=0.6 h =120*0.6 = 72 m

$L_{(z)}$ = 176,36 metre

$f_{L(z,n)} = \frac{n*L(z)}{Vm_{(z)}}$ n=doğal yapı frekansı =0.38 Hz $V_{m(z=72)}$ = ref. yük. rüzgar hızı=38,82 m/sn

$f_{L(z,n)} = \frac{0,38*176,36}{38,82}$= 1,726

$S_{L(z,n)} = \frac{6,8*fL(z,n)}{\{1+10,2*fL(z,n)\}^{5/3}} = \frac{6,8*1,726}{\{1+10,2*1,726\}^{5/3}}$ = 0,0898

Geri plan tepki katsayısı;

$B^2=\frac{1}{1+0,9\left[\frac{b+h}{L_{z(s)}}\right]^{0,63}}$ b=50 m, h=120 m $L_{(z)}$ = 176,36 m

B^2= 0,532

Rezonans Tepki Katsayısı;

$R^2 = \frac{\pi^2}{2*\delta} * S_{L(z_s,n_{1,x})} * R_h(\eta_h) * R_b(\eta_b)$

δ=2*π*x_i x_i = sönüm oranı

δ=2*π*0,01 δ=0,0628

$R_h = \frac{1}{n_h} - \frac{1}{2*{n_h}^2}(1 - e^{-2n_h})$ $n_h = 0\ R_h = 1$

$R_b = \frac{1}{n_b} - \frac{1}{2*{n_b}^2}(1 - e^{-2n_b})$ $n_b = 0\ R_h = 1$

$n_h = \frac{4,6*h}{L_{(ze)}}\ f_L(z_e, n_{1,x})$ ve $n_b = \frac{4,6*b}{L_{(ze)}}\ f_L(z_e, n_{1,x})$

R^2 = 0,4110

Tepe katsayısı – k_p;

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ k_p = 3 den küçük çıkarsa 3 alınır.

$\upsilon = n_{1,x} * \sqrt{\frac{R^2}{B^2 * R^2}}$ $n_{1,x}$ = 0,38 Hz $\upsilon \geq$ 0,08 Hz olmalıdır.

υ = 0,250

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2 * \ln(v * T)}}$ $k_p = \sqrt{2 * \ln(0,250 * 600)} * \frac{0,6}{\sqrt{2 * \ln(0,250 * 600)}}$

k_p = 3,356

$$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}} = \frac{1+2*3,2422*0,1375*\sqrt{0,532+0,4110}}{1+7*0,1375}$$

C_sC_d =0,9662

C_f Kuvvet Katsayısının Belirlenmesi;

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$

$C_{f,0}$ = keskin köşeli dikdörtgenler için kuvvet katsayısı

$\frac{d}{b} = \frac{70}{50}$=1,4 şekil 4.4 deki grafikten $C_{f,0}$ = 1,85 olarak elde edilir.

ψ_r = Bina kenarları yuvarlatılmış binalar için kullanılan katsayı. Örnekte bina kenarları keskin köşeli olduğu için ψ_r =1 alındı.

ψ_λ = Uç tesir katsayısı

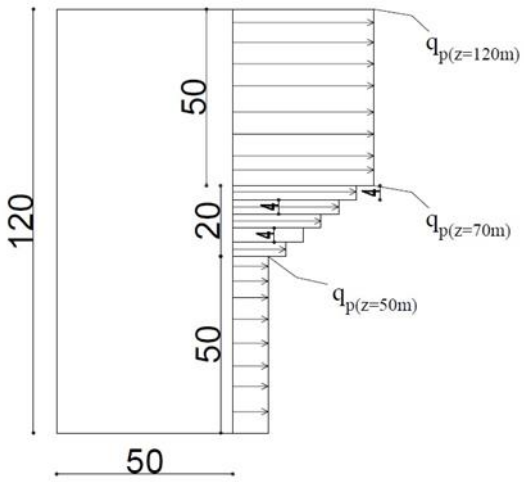
λ =1,4 * $\frac{l}{b}$ = 1,4 * $\frac{120}{50}$ =3,36

λ =3,36 için şekil 4.5 deki doluluk oranı φ=1 çizgisi üzerinden ψ_λ =0,65 olarak belirlenir.

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$ C_f = 1,85 * 1 * 0,65

C_f = 1,2025 olarak elde edilir.

Binaya Etkiyen Rüzgâr Yüklerinin Belirlenmesi;



Şekil 4.10 Rüzgârın 50m lik duvara dik geldiği durum için cephedeki hız basınç dağılımı

Binanın cephesinde meydana gelen rüzgâr yüklerinin hesabı Şekil 4.10 de kabulü yapılan şekilde hesaplanır. Yani ilk 50 metreye kadar 50. metredeki rüzgâr hız basıncı değeri kullanılır. 50. ve 70. metreler arasındaki bölge kat yüksekliği 4 metre olduğu için 4'er metrelik şeritlere bölünmüş ve rüzgâr basınçları ve rüzgârın etkidiği alanlar bu şeritlere göre hesaplanmalıdır. 70. metreden sonraki bölgede ise bina tepesindeki rüzgâr hız basıncı değeri kullanılır.

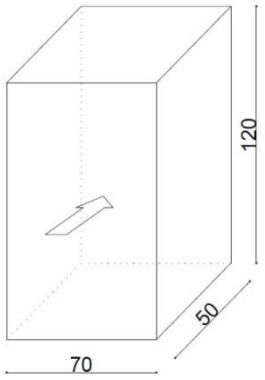
Çizelge 4.3 Rüzgarın bina tabanında meydana getirdiği toplam kesme ve moment değerleri(Örnek 2-50 m lik duvara dik etkidiği durum için)

Bina yük(m)	q_p (KN/m2)	C_sC_d	C_f	A_{ref} (m^2)	F_w (kN)=C_sC_d*C_f*$qp_{(ze)}$*A_{ref}		h(m)	M_{taban} (kNm) = F_w*h
0-50	1,670	0,9662	1,2025	2500	4852,1675		25	121304,1882
50-54	1,698	0,9662	1,2025	200	394,6701		52	20522,84512
54-58	1,724	0,9662	1,2025	200	400,7452		56	22441,73049
58-62	1,749	0,9662	1,2025	200	406,4522		60	24387,13116
62-66	1,772	0,9662	1,2025	200	411,8349		64	26357,43344
66-70	1,794	0,9662	1,2025	200	416,9296		68	28351,21573
70-120	2,000	0,9662	1,2025	2500	5811,2625		95	552069,9359
					Toplam	12,694 MN	Toplam	795,434 MNm

Rüzgârın binanın 50 m lik cephesine dik etkimesi durumunda tabanda meydana gelen yatay yük 12,694 Meganewton(MN), tabanda meydana gelen moment değeri ise 795,434 Meganewtonmetre (MNm) dir. Yüksekliklere göre belirlenen basınç profili değerleri çizelge 4.3 de gösterilmiştir.

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

b= 70 metre d=50 metre h_2=120 metre



Şekil 4.11 Rüzgârın 70m lik duvara dik geldiği durum (Örnek 2-Eurocode)

Temel rüzgâr hızı; $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo}$ $C_{dir} = C_{season} = 1$ (önerilen değer)

V_b= 28,1 m/sn

Ortalama rüzgâr hızı; $V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $C_{0(z)} = 1$

$k_r = 0,19$ $C_{r(z)} = 1,4788$

$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $V_{m(z)} = 1.4788 * 1* 28,1$ m/sn

$V_{m(z)} = 41,55$ m/sn (120 metre yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı)

Referans yapı yüksekliği Eurocode için 0.6h=72 m olarak belirlenmiştir.

Referans yüksekliğindeki rüzgâr hızı; z=72 m z_0=0,05 için

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ $C_{r(z)} = 0,19 * \ln\left(\frac{72}{0,05}\right)$ $C_{r(z)} = 1,3817$

$V_{m(z=72\ metre)} = 1,3817 *1* 28,1$ m/sn $V_{m(z=72\ metre)} = 38,8257$ m/sn

Rüzgar Türbülansı;

$I_{v(z)} = \frac{\sigma_v}{v_{m(z)}} = \frac{k_1}{c_{0(z)} * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$ k_1= 1 (eurocode önerilen değer) $C_{0(z)}$ = 1 z=120 m z_0=0,05

$I_{v(z=120\ m)}$ = 0,128 $I_{v(z=72\ m)}$ = 0,1375

Tepe Rüzgar Hız Basıncı;

$q_{p(z)} = [1+ 7\ I_{v(z)}] * \frac{1}{2} * \rho * V^2_{m(z)} = C_{e(z)} * q_b$

$q_{p(z)} = [1+ 7 * 0,128] * \frac{1}{2} * 1,22 * (41,55\ m/sn)^2$ $q_{p(z=120\ m)}$ = 2,00 KN/m^2

Rüzgâr Yükleri; $F_w = C_sC_d * C_f * q_{p(ze)} * A_{ref}$

C_sC_d = Yapısal katsayı

C_f =Kuvvet Katsayısı

A_{ref} = Referans alan (m^2)

C_sC_d Yapısal katsayının belirlenmesi;

$$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}}$$

Rüzgar türbülans uzunluğu; $L_{(z)} = L_t * \left(\frac{z}{zt}\right)^a$ α=0,67 + 0,05*ln(z_0)

L_t = 300 (Eurocode önerilen değer), z_t= 200 (önerilen değer)

z_0 = 0,05 (II. Tip arazi kat.) z=0.6 h =120*0.6 = 72 m

$L_{(z)}$ = 176,36 metre

$f_{L(z,n)} = \frac{n*L(z)}{Vm_{(z)}}$ n=doğal yapı frekansı =0.38 Hz $V_{m(z=72)}$ = ref. yük. rüzgar hızı=38,82 m/sn

$f_{L(z,n)} = \frac{0,38*176,36}{38,82}$ = 1,726

$S_{L(z,n)} = \frac{6,8*fL(z,n)}{\{1+10,2*fL(z,n)\}^{5/3}} = \frac{6,8*1,726}{\{1+10,2*1,726\}^{5/3}}$ = 0,0898

Geri plan tepki katsayısı;

$B^2=\frac{1}{1+0,9\left[\frac{b+h}{L_{z(s)}}\right]^{0,63}}$ b=70 m, h=120 m $L_{(z)}$ = 176,36 m

B^2= 0,5146

Rezonans Tepki Katsayısı;

$R^2 = \frac{\pi^2}{2*\delta} * S_{L(z_s,n_{1,x})} * R_h(\eta_h) * R_b(\eta_b)$

δ=2*π*x_i x_i = sönüm oranı

δ=2*π*0,01 δ=0,0628

$R_h = \frac{1}{n_h} - \frac{1}{2*{n_h}^2}(1 - e^{-2n_h}) \quad n_h = 0\ R_h = 1$

$R_b = \frac{1}{n_b} - \frac{1}{2*{n_b}^2}(1 - e^{-2n_b}) \quad n_b = 0\ R_h = 1$

$n_h = \frac{4,6*h}{L_{(ze)}}\ f_L(z_e, n_{1,x}) \quad ve \quad n_b = \frac{4,6*b}{L_{(ze)}}\ f_L(z_e, n_{1,x})$

R^2 = 0,3167

Tepe katsayısı – k_p;

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ k_p = 3 den küçük çıkarsa 3 alınır.

$\upsilon = n_{1,x} * \sqrt{\frac{R^2}{B^2*R^2}}$ $n_{1,x}$ = 0,38 Hz $\upsilon \geq$ 0,08 Hz olmalıdır.

υ = 0,234

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ $k_p = \sqrt{2 * \ln(0,234 * 600)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(0,234*600)}}$

k_p = 3,336

$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}} = \frac{1+2*3,235*0,1375*\sqrt{0,5146+0,3167}}{1+7*0,1375}$

C_sC_d =0,9357

C_f Kuvvet Katsayısının Belirlenmesi;

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$

$C_{f,0}$ = keskin köşeli dikdörtgenler için kuvvet katsayısı

$\frac{d}{b} = \frac{50}{70}$=0,714 şekil 4.4 deki grafikten $C_{f,0}$ = 2,375 olarak elde edilir.

ψ_r = Bina kenarları yuvarlatılmış binalar için kullanılan katsayı. Örnekte bina kenarları keskin köşeli olduğu için ψ_r =1 alındı.

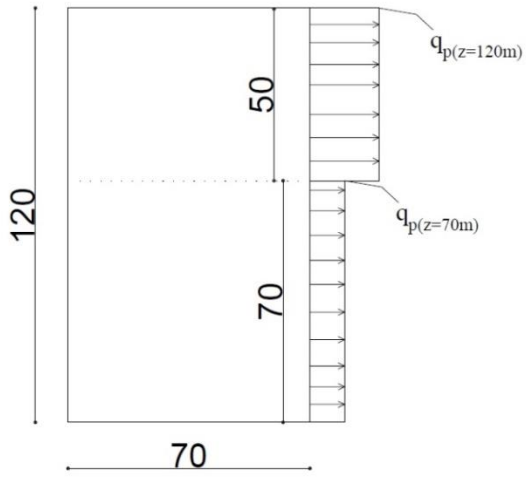
ψ_λ = Uç tesir katsayısı

λ =1,4 *$\frac{l}{b}$ = 1,4 * $\frac{120}{70}$ =2,4

λ =2,4 için şekil 4.5 deki doluluk oranı φ=1 çizgisi üzerinden ψ_λ =0,635 olarak belirlenir.

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$ C_f = 2,375 * 1 * 0,635

C_f = 1,508 olarak elde edilir.



Şekil 4.12 Rüzgârın 70 m lik yöne dik geldiği durum için hız basıncı dağılımı

Binanın cephesinde meydana gelen rüzgâr yüklerinin hesabı Şekil 4.12 de kabulü yapılan şekilde hesaplanır. Yani ilk 70 metreye kadar yüksekliğe kadar 70. metredeki rüzgâr hız basıncı değeri kullanılır. 70. metreden bina yüksekliği olan 120. metreye kadar ise 120. metrede meydana gelen rüzgâr hız basıncı kullanılır.

Binaya etkiyen yatay yükün bulunması için 0 metre ile 70 metre arasındaki yüzey alanı 70. metredeki rüzgâr hız basıncı ile çarpılmalı, 50 metrelik yüzey alanı da 120. metredeki rüzgâr hız basıncı ile çarpılmalı ve bu değerler toplanmalıdır.

Çizelge 4.4 Rüzgarın 70 m lik cepheye dik geldiği durum için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvveti ve moment değerleri(Örnek 2 Eurocode)

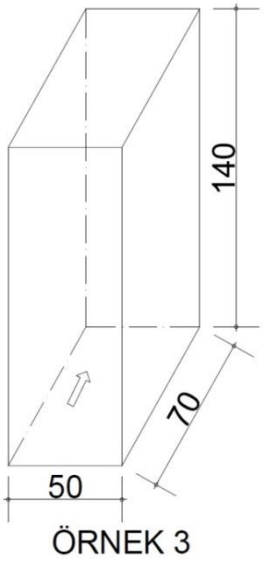
Bina yük(m)	q_p (KN/m2)	C_sC_d	C_f	A_{ref} (m^2)	F_w (kN)=C_sC_d*C_f*$qp_{(ze)}$*A_{ref}	h(m)	M_{taban} (kNm) = F_w*h
0-70	1,794	0,9357	1,5081	4900	12406,3352	35	434221,7306
70-120	2,000	0,9357	1,5081	3500	9881,2794	95	938721,542
					Toplam 22,287 MN		Toplam 1372,943 MNm

Rüzgârın 70 m lik duvara dik geldiği durum için bina tabanında meydana gelen kesme kuvveti 22,287 MN, bina tabanında meydana gelen moment değeri ise 1372,943 MNm dir ve detayları çizelge 4.4 de verilmiştir.

4.1.3 50mx70mx140 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 3- b=50 metre d=70 metre h_3=140 metre



Şekil 4.13 Rüzgârın 50m lik duvara dik geldiği durum (Örnek 3 Eurocode)

Temel rüzgar hızı; $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo}$ $C_{dir} = C_{season} = 1$ (önerilen değer)

$V_b = 1 * 1 * 28,1$ m/sn (10 dk.) $V_b = 28,1$ m/sn

Ortalama rüzgâr hızı; $V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $C_{0(z)} = 1$

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ z=140 metre, z_0 =0.05(II. Arazi kategorisi için)

$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$ z_0=0,05 (II arazi kategorisi) $z_{0,II} = 0,05$ (Eurocode tarafından verilen değer)

$k_r = 0,19$ $C_{r(z)} = 1,508$

$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $V_{m(z)} = 1.508 * 1 * 28,1$ m/sn

$V_{m(z)} = 42,37$ m/sn (140 metre yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı)

Referans yapı yüksekliği Eurocode için 0.6h=84 m olarak belirlenmiştir.

Referans yüksekliğindeki rüzgar hızı ; z=84 m z_0=0,05 için

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ $C_{r(z)} = 0,19 * \ln\left(\frac{84}{0,05}\right)$ $C_{r(z)} = 1,4110$

$V_{m(z=84\ metre)} = 1,4110 * 1 * 28,1$ m/sn $V_{m(z=84\ metre)} = 39,6503$ m/sn

Rüzgar Türbülansı;

$I_{v(z)} = \frac{\sigma_v}{v_{m(z)}} = \frac{k_1}{c_{0(z)} * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$ k_1= 1 (eurocode önerilen değer) $C_{0(z)} = 1$ z=140 m z_0=0,05

$I_{v(z=140\ m)} = 0,1259$ $I_{v(z=84\ m)} = 0,1347$

Tepe Rüzgar Hız Basıncı;

$q_{p(z)} = [1+ 7\ I_{v(z)}] * \frac{1}{2} * \rho * V^2_{m(z)} = C_{e(z)} * q_b$

$q_{p(z)} = [1+ 7 * 0,1259] * \frac{1}{2} * 1,22 * (42,37\ m/sn)^2$ $q_{p(z=140\ m)} = 2,060$ KN/m^2

Rüzgar Yükleri; $F_w = C_s C_d * C_f * q_{p(ze)} * A_{ref}$

C_sC_d = Yapısal katsayı

C_f =Kuvvet Katsayısı

A_{ref} = Referans alan (m^2)

C_sC_d Yapısal katsayının belirlenmesi;

$$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}}$$

Rüzgar türbülans uzunluğu; $L_{(z)} = L_t*\left(\frac{z}{zt}\right)^a$ α=0,67 + 0,05*ln(z_0)

L_t = 300 (Eurocode önerilen değer), z_t= 200 (önerilen değer)

z_0 = 0,05 (II. Tip arazi kat.) z=0.6 h =140*0.6 = 84 m

$L_{(z)}$ = 191,08 metre

$f_{L(z,n)} = \frac{n*L(z)}{Vm_{(z)}}$ n=doğal yapı frekansı =0.33 Hz $V_{m(z=60)}$ = ref. yük. rüzgar hızı=39,65 m/sn

$f_{L(z,n)} = \frac{0,33*191,08}{39,65}$= 1,590

$S_{L(z,n)} = \frac{6,8*fL(z,n)}{\{1+10,2*fL(z,n)\}^{5/3}} = \frac{6,8*1,590}{\{1+10,2*1,590\}^{5/3}}$ = 0,0942

Geri plan tepki katsayısı;

$B^2=\frac{1}{1+0,9\left[\frac{b+h}{L_{z(s)}}\right]^{0,63}}$ b=50 m, h=140 m $L_{(z)}$ = 191,08 m

B^2= 0,5272

Rezonans Tepki Katsayısı;

$R^2 = \frac{\pi^2}{2*\delta} * S_{L(z_s,n_{1,x})} * R_h(\eta_h) * R_b(\eta_b)$

δ=2*π*x_i x_i = sönüm oranı

δ=2*π*0,01 δ=0,0628

$R_h = \frac{1}{n_h} - \frac{1}{2*{n_h}^2}(1 - e^{-2n_h}) \quad n_h = 0\ R_h = 1$

$R_b = \frac{1}{n_b} - \frac{1}{2*{n_b}^2}(1 - e^{-2n_b}) \quad n_b = 0\ R_h = 1$

$n_h = \frac{4{,}6*h}{L_{(ze)}}\ f_L(z_e, n_{1,x}) \quad ve \quad n_b = \frac{4{,}6*b}{L_{(ze)}}\ f_L(z_e, n_{1,x})$

R^2 = 0,4868

Tepe katsayısı – k_p;

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0{,}6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ k_p = 3 den küçük çıkarsa 3 alınır.

$\upsilon = n_{1,x} * \sqrt{\frac{R^2}{B^2*R^2}}$ $n_{1,x}$ = 0,33 Hz $\upsilon \geq$ 0,08 Hz olmalıdır.

υ = 0,228

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0{,}6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ $k_p = \sqrt{2 * \ln(0{,}228 * 600)} * \frac{0{,}6}{\sqrt{2*\ln(0{,}228*600)}}$

k_p = 3,328

$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}} = \frac{1+2*3{,}328*0{,}1347*\sqrt{0{,}5272+0{,}4868}}{1+7*0{,}1347}$

C_sC_d =0,9794

C_f Kuvvet Katsayısının Belirlenmesi;

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$

$C_{f,0}$ = keskin köşeli dikdörtgenler için kuvvet katsayısı

$\frac{d}{b} = \frac{70}{50}$=1,4 Şekil 4.4 deki grafikten $C_{f,0}$ = 1,85 olarak elde edilir.

ψ_r = Bina kenarları yuvarlatılmış binalar için kullanılan katsayı. Örnekte bina kenarları keskin köşeli olduğu için ψ_r =1 alındı.

ψ_λ = Uç tesir katsayısı

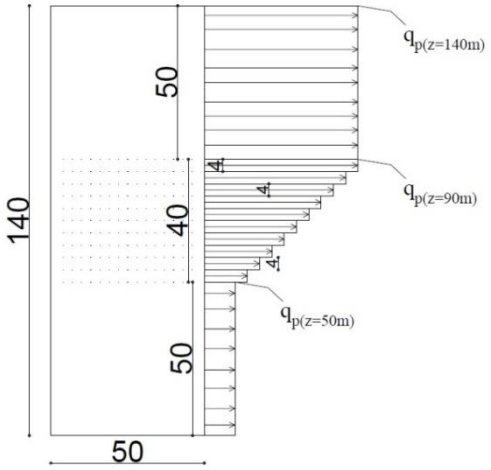
λ =1,4 $*\frac{l}{b}$ = 1,4 $* \frac{140}{50}$ =3,92

λ =3,92 için şekil 4.5 deki doluluk oranı φ=1 çizgisi üzerinden ψ_λ =0,655 olarak belirlenir.

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$ $C_f = 1,85 * 1 * 0,655$

C_f = 1,2117 olarak elde edilir.

Binaya Etkiyen Rüzgâr Yüklerinin Belirlenmesi;



Şekil 4.14 Rüzgârın 50 m lik duvara dik geldiği durum için duvar yüzeyinde oluşan hız basıncı yükleme durumu

Binaya etkiyen yatay yükün bulunması için 0 metre ile 50 metre arasındaki yüzey alanı 50. metredeki rüzgâr hız basıncı ile çarpılmalı, daha sonra 90. Metreye kadar olan mesafede bina yüzeyi kat yüksekliği 4 metre olduğu için 4 er metrelik şeritlere bölünmeli ve her bir şerit için basınç hesaplanmalı, son olarak da 90. metreden bina yüksekliği olan 140. metreye kadar alanda 140. metredeki hız basınç değeri kullanılmalı ve basınç değerleri alan ile çarpılıp yük etkisi hesaplanmalıdır.

Çizelge 4.5 Rüzgarın 50 mlik yüzeye dik geldiği durum için tabanda oluşan yük etkileri(Örnek 3 –Eurocode)

Bina yük(m)	q_p (KN/m2)	C_sC_d	C_f	A_{ref} (m^2)	F_w (kN)=C_sC_d*C_f*$qp_{(ze)}$*A_{ref}	h(m)	M_{taban} (kNm) = F_w*h
0-50	1,670	0,9794	1,2117	2500	4956,0865	25	123902,1622
50-54	1,698	0,9794	1,2117	200	403,1228	52	20962,38326
54-58	1,724	0,9794	1,2117	200	409,3280	56	22922,36544
58-62	1,749	0,9794	1,2117	200	415,1572	60	24909,43079

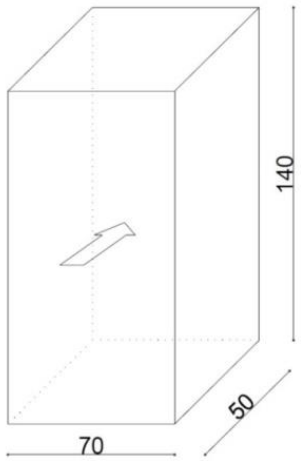
Çizelge 4.5 Rüzgarın 50 mlik yüzeye dik geldiği durum için tabanda oluşan yük etkileri(Örnek 3 –Eurocode) (devam)

62-66	1,772	0,9794	1,2117	200	420,6552	64	26921,93106
66-70	1,794	0,9794	1,2117	200	425,8590	68	28958,41422
70-74	1,815	0,9794	1,2117	200	430,7999	72	31017,59097
74-78	1,834	0,9794	1,2117	200	435,5041	76	33098,3085
78-82	1,853	0,9794	1,2117	200	439,9941	80	35199,52969
82-86	1,871	0,9794	1,2117	200	444,2895	84	37320,31629
86-90	1,889	0,9794	1,2117	200	448,4070	88	39459,81527
90-140	2,061	0,9794	1,2117	2500	6116,4024	115	703386,2767
					Toplam 15,345 MN		Toplam 1128,058MNm

Rüzgârın 50 m lik duvar yüzeyine dik geldiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti 15,345 MN, bina tabanında meydana gelen moment etkisi ise 1128,058 MNm dir.

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 3- b=70 metre d=50 metre h_3=140 metre



Şekil 4.15 Rüzgârın 70m lik duvara dik geldiği durum (Örnek 3)

Temel rüzgâr hızı; $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo}$ $C_{dir} = C_{season} = 1$ (önerilen değer)

V_b= 28,1 m/sn

Ortalama rüzgâr hızı; $V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $C_{0(z)} = 1$

$k_r = 0,19$ $C_{r(z)} = 1,5081$

$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $V_{m(z)} = 1.5081 * 1* 28,1$ m/sn

$V_{m(z)} = 42,37$ m/sn (140 metre yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı)

Referans yapı yüksekliği Eurocode için 0.6h=84 m olarak belirlenmiştir.

Referans yüksekliğindeki rüzgâr hızı; z=84 m z_0=0,05 için

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ $C_{r(z)} = 0,19 * \ln\left(\frac{84}{0,05}\right)$ $C_{r(z)} = 1,4110$

$V_{m(z=72\ metre)} = 1,4110 * 1 * 28,1$ m/sn $V_{m(z=72\ metre)} = 39,65$ m/sn

Rüzgâr Türbülansı;

$I_{v(z)} = \frac{\sigma_v}{v_{m(z)}} = \frac{k_1}{c_{0(z)} * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$ k_1= 1 (eurocode önerilen değer) $C_{0(z)} = 1$ z=160 m z_0=0,05

$I_{v(z=140\ m)} = 0,1260$ $I_{v(z=84\ m)} = 0,1347$

Tepe Rüzgar Hız Basıncı;

$q_{p(z)} = [1+ 7\ I_{v(z)}] * \frac{1}{2} * \rho * V^2_{m(z)} = C_{e(z)} * q_b$

$q_{p(z)} = [1+ 7 * 0,1260] * \frac{1}{2} * 1,22 * (42,37\ m/sn)^2$ $q_{p(z=140\ m)} = 2,060$ KN/m^2

Rüzgâr Yükleri; $F_w = C_sC_d * C_f * q_{p(ze)} * A_{ref}$

C_sC_d = Yapısal katsayı

C_f =Kuvvet Katsayısı

A_{ref} = Referans alan (m^2)

C_sC_d Yapısal katsayının belirlenmesi;

$$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}}$$

Rüzgar türbülans uzunluğu; $L_{(z)} = L_t * \left(\frac{z}{zt}\right)^a$ $\alpha=0,67 + 0,05*\ln(z_0)$

$L_t = 300$ (Eurocode önerilen değer), $z_t= 200$ (önerilen değer)

$z_0 = 0,05$ (II. Tip arazi kat.) z=0.6 h =140*0.6 = 84 m

$L_{(z)} = 191,08$ metre

$f_{L(z,n)} = \frac{n*L(z)}{Vm_{(z)}}$ n=doğal yapı frekansı =0.33 Hz $V_{m(z=84)}$ = ref. yük. rüzgar hızı=39,65 m/sn

$f_{L(z,n)} = \frac{0,33*191,08}{39,65} = 1,590$

$S_{L(z,n)} = \frac{6,8*fL(z,n)}{\{1+10,2*fL(z,n)\}^{5/3}} = \frac{6,8*1,590}{\{1+10,2*1,590\}^{5/3}} = 0,0942$

Geri plan tepki katsayısı;

$B^2=\frac{1}{1+0,9\left[\frac{b+h}{L_{z(s)}}\right]^{0,63}}$ b=70 m, h=140 m $L_{(z)} = 191,08$ m

$B^2= 0,5114$

Rezonans Tepki Katsayısı;

$R^2 = \frac{\pi^2}{2*\delta} * S_{L(z_s,n_{1,x})} * R_h(\eta_h) * R_b(\eta_b)$

$\delta=2*\pi*x_i$ x_i = sönüm oranı

$\delta=2*\pi*0,01$ $\delta=0,0628$

$R_h = \frac{1}{n_h} - \frac{1}{2*n_h{}^2}(1 - e^{-2n_h})$ $n_h = 0\ R_h = 1$

$R_b = \frac{1}{n_b} - \frac{1}{2*n_b{}^2}(1 - e^{-2n_b})$ $n_b = 0\ R_h = 1$

$n_h = \frac{4,6*h}{L_{(ze)}} f_L(z_e, n_{1,x})$ ve $n_b = \frac{4,6*b}{L_{(ze)}} f_L(z_e, n_{1,x})$

$R^2 = 0,3803$

Tepe katsayısı – k_p;

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ k_p = 3 den küçük çıkarsa 3 alınır.

$\upsilon = n_{1,x} * \sqrt{\frac{R^2}{B^2 * R^2}}$ $n_{1,x}$ = 0,33 Hz $\upsilon \geq$ 0,08 Hz olmalıdır.

υ = 0,215

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ $k_p = \sqrt{2 * \ln(0,215 * 600)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(0,215*600)}}$

k_p = 3,310

$$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}} = \frac{1+2*3,310*0,1347*\sqrt{0,5114+0,3803}}{1+7*0,1347}$$

C_sC_d =0,9482

C_f Kuvvet Katsayısının Belirlenmesi;

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$

$C_{f,0}$ = keskin köşeli dikdörtgenler için kuvvet katsayısı

$\frac{d}{b} = \frac{50}{70}$=0,714 şekil 4.4 deki grafikten $C_{f,0}$ = 2,375 olarak elde edilir.

ψ_r = Bina kenarları yuvarlatılmış binalar için kullanılan katsayı. Örnekte bina kenarları keskin köşeli olduğu için ψ_r =1 alındı.

ψ_λ = Uç tesir katsayısı

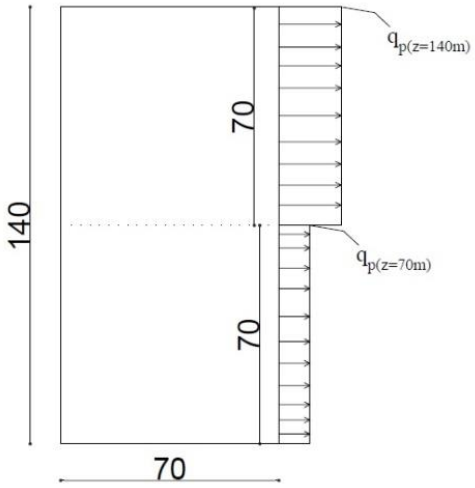
$\lambda = 1,4 * \frac{l}{b} = 1,4 * \frac{140}{70} = 2,8$

λ =2,8 için şekil 4.5 deki grafikten doluluk oranı φ=1 çizgisi üzerinden ψ_λ =0,64olarak belirlenir.

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$ $C_f = 2,375 * 1 * 0,64$

C_f = 1,520 olarak elde edilir.

Rüzgârın 70 m lik duvara dik geldiği durum için duvar yüzeyinde oluşan hız basıncı yükleme durumu



Şekil 4.16 Rüzgârın 70m lik duvara dik geldiği durum için rüzgâr hız basınç profili

Rüzgârın 70 m lik duvara dik geldiği durum için rüzgâr yükleri hesaplanırken ilk 70 metrelik yükseklik için 70. metredeki rüzgâr hız basıncı değeri kullanılır. Sonraki 70 metrelik bölge içinse bina yüksekliği olan 140. metredeki basınç değeri kullanılır.

Çizelge 4.6 Rüzgarın 70m lik duvara dik geldiği durum için oluşan yük etkileri

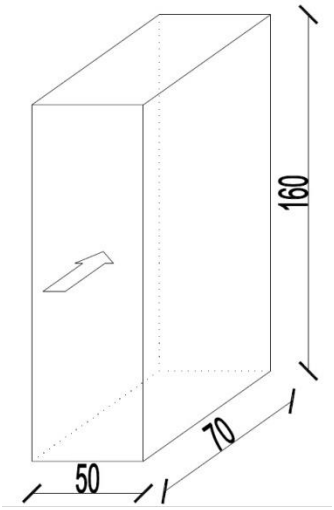
Bina yük(m)	q_p (KN/m2)	C_sC_d	C_f	A_{ref} (m^2)	F_w (kN)=C_sC_d*C_f*$qp_{(ze)}$*A_{ref}	h(m)	M_{taban} (kNm) = F_w*h
0-70	1,794	0,9482	1,52	4900	12671,2739	35	443494,5869
70-140	2,061	0,9482	1,52	4900	14559,2986	105	1528726,353
					Toplam 27,230 MN		Toplam 1972,22 MNm

Rüzgârın 70 m lik duvara dik geldiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti 27,230 MN, tabanda meydana gelen moment değeri ise 1972,22 MNm dir.

4.1.4 50mx70mx160 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 4- b=50 metre d=70 metre h_4=160 metre



Şekil 4.17 Rüzgârın 50m lik duvara dik gelmesi durumu (Örnek 4)

Temel rüzgâr hızı; $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo}$ $C_{dir} = C_{season} = 1$ (önerilen değer)

$V_b = 1 * 1 * 28,1$ m/sn (10 dk.) $V_b = 28,1$ m/sn

Ortalama rüzgâr hızı; $V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $C_{0(z)} = 1$

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ z=160 metre, z_0 =0.05(II. Arazi kategorisi için)

$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$ z_0=0,05 (II arazi kategorisi) $z_{0,II} = 0,05$ (Eurocode tarafından verilen değer)

$k_r = 0,19$ $C_{r(z)} = 1,5334$

$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $V_{m(z)} = 1.5334 * 1 * 28,1$ m/sn

$V_{m(z)} = 43,09$ m/sn (160 metre yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı)

Referans yapı yüksekliği Eurocode için 0.6h=96 m olarak belirlenmiştir.

Referans yüksekliğindeki rüzgâr hızı; z=96 m z_0=0,05 için

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ $C_{r(z)} = 0,19 * \ln\left(\frac{96}{0,05}\right)$ $C_{r(z)} = 1,4364$

$V_{m(z=96\ metre)} = 1,4364 * 1 * 28,1$ m/sn $V_{m(z=96\ metre)} = 40,36$ m/sn

Rüzgar Türbülansı;

$I_{v(z)} = \frac{\sigma_v}{v_{m(z)}} = \frac{k_1}{c_{0(z)} * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$ k_1= 1 (eurocode önerilen değer) $C_{0(z)}$ = 1 z=160 m z_0=0,05

$I_{v(z=160\ m)}$ = 0,1239 $I_{v(z=96m)}$ = 0,1323

Tepe Rüzgar Hız Basıncı;

$q_{p(z)} = [1+ 7\ I_{v(z)}] * \frac{1}{2} * \rho * V^2_{m(z)} = C_{e(z)} * q_b$

$q_{p(z)} = [1+ 7 * 0,1239] * \frac{1}{2} * 1,22 * (43,03\ m/sn)^2$ $q_{p(z=160\ m)}$ = 2,1150 KN/m^2

Rüzgar Yükleri; $F_w = C_sC_d * C_f * q_{p(ze)} * A_{ref}$

C_sC_d = Yapısal katsayı

C_f =Kuvvet Katsayısı

A_{ref} = Referans alan (m^2)

C_sC_d Yapısal katsayının belirlenmesi;

$$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}}$$

Rüzgar türbülans uzunluğu; $L_{(z)} = L_t * \left(\frac{z}{zt}\right)^a$ α=0,67 + 0,05*ln(z_0)

L_t = 300 (Eurocode önerilen değer), z_t= 200 (önerilen değer)

z_0 = 0,05 (II. Tip arazi kat.) z=0.6 h =160*0.6 = 96 m

$L_{(z)}$ = 204,82 metre

$f_{L(z,n)} = \frac{n*L(z)}{Vm_{(z)}}$ n=doğal yapı frekansı =0.29 Hz $V_{m(z=96)}$ = ref. yük. rüzgar hızı=40,36 m/sn

$f_{L(z,n)} = \frac{0,29*204,82}{40,36}$ = 1,472

$S_{L(z,n)} = \frac{6,8*fL(z,n)}{\{1+10,2*fL(z,n)\}^{5/3}} = \frac{6,8*1,472}{\{1+10,2*1,472\}^{5/3}}$ = 0,0984

Geri plan tepki katsayısı;

$B^2=\frac{1}{1+0,9\left[\frac{b+h}{L_{z(s)}}\right]^{0,63}}$ b=50 m, h=160 m $L_{(z)}$ = 204,82 m

B^2= 0,5223

Rezonans Tepki Katsayısı;

$R^2 = \frac{\pi^2}{2*\delta} * S_{L(z_s,n_{1,x})} * R_h(\eta_h) * R_b(\eta_b)$

$\delta=2*\pi*x_i$ x_i = sönüm oranı

$\delta=2*\pi*0,01$ $\delta=0,0628$

$R_h = \frac{1}{n_h} - \frac{1}{2*{n_h}^2}(1 - e^{-2n_h})$ $n_h = 0\ R_h = 1$

$R_b = \frac{1}{n_b} - \frac{1}{2*{n_b}^2}(1 - e^{-2n_b})$ $n_b = 0\ R_h = 1$

$n_h = \frac{4,6*h}{L_{(ze)}}\ f_L(z_e, n_{1,x})$ ve $n_b = \frac{4,6*b}{L_{(ze)}}\ f_L(z_e, n_{1,x})$

R^2 = 0,5676

Tepe katsayısı – k_p;

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ k_p = 3 den küçük çıkarsa 3 alınır.

$\upsilon = n_{1,x} * \sqrt{\frac{R^2}{B^2*R^2}}$ $n_{1,x}$ = 0,29 Hz $\upsilon \geq$ 0,08 Hz olmalıdır.

υ = 0,209

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ $k_p = \sqrt{2 * \ln(0,209 * 600)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(0,209*600)}}$

k_p = 3,301

$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}} = \frac{1+2*3,301*0,1323*\sqrt{0,5223+0,5676}}{1+7*0,1323}$

C_sC_d =0,9927

C_f Kuvvet Katsayısının Belirlenmesi;

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$

$C_{f,0}$ = keskin köşeli dikdörtgenler için kuvvet katsayısı

$\frac{d}{b} = \frac{70}{50}$=1,4 şekil 4.4 deki grafikten $C_{f,0}$ = 1,85 olarak elde edilir.

ψ_r = Bina kenarları yuvarlatılmış binalar için kullanılan katsayı. Örnekte bina kenarları keskin köşeli olduğu için ψ_r =1 alındı.

ψ_λ = Uç tesir katsayısı

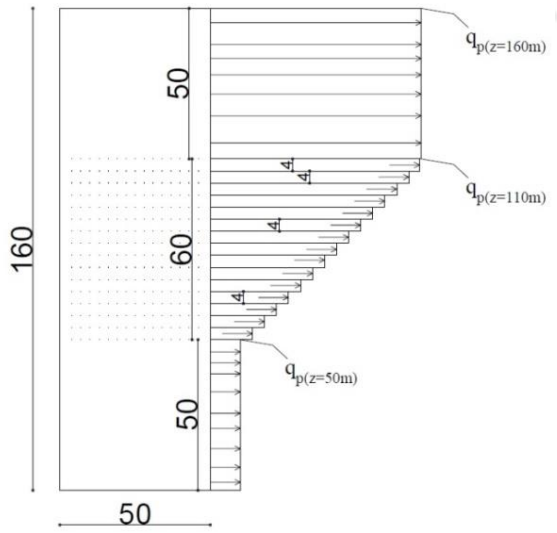
λ =1,4 *$\frac{l}{b}$ = 1,4 * $\frac{160}{50}$ =4,48

λ =4,48 için şekil 4.5 deki doluluk oranı φ=1 çizgisi üzerinden ψ_λ =0,665 olarak belirlenir.

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$ $C_f = 1,85 * 1 * 0,665$

C_f = 1,230 olarak elde edilir.

Binaya Etkiyen Rüzgâr Yüklerinin Belirlenmesi;



Şekil 4.18 Rüzgârın 50m lik cepheye geldiği durum için rüzgâr hız basıncı profili

Rüzgârın 50 metrelik cepheye dik geldiği durumda yüklerin hesaplanması için ilk 50 metreye kadar olan bina yüzey alanı 50. metredeki rüzgâr hız basıncı ile çarpılması, 110. metreye kadar olan mesafede bina cephesi 4 er metrelik şeritler halinde değerlendirilmeli

110. metreden sonra ise 160. metreye kadar 160. metredeki rüzgâr hız basınç değeri kullanılmalıdır.

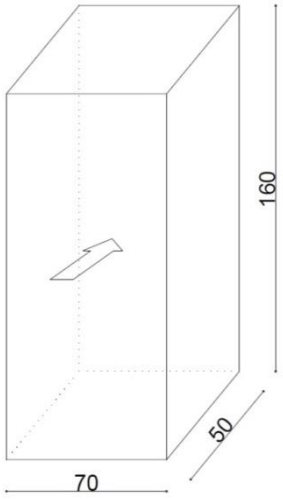
Çizelge 4.7 Rüzgârın 50 m lik duvar yüzeyine dik gelmesi durumu için kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	q_p (KN/m2)	C_sC_d	C_f	A_{ref} (m^2)	F_w (kN)=C_sC_d*C_f*$qp_{(ze)}$*A_{ref}	h(m)	M_{taban} (kNm) = F_w*h
0-50	1,6704	0,9927	1,23	2500	5099,2558	25	127481,3961
50-54	1,6984	0,9927	1,23	200	414,7680	52	21567,93583
54-58	1,7245	0,9927	1,23	200	421,1524	56	23584,53716
58-62	1,7491	0,9927	1,23	200	427,1501	60	25629,00402
62-66	1,7723	0,9927	1,23	200	432,8069	64	27699,64056
66-70	1,7942	0,9927	1,23	200	438,1611	68	29794,9528
70-74	1,8150	0,9927	1,23	200	443,2446	72	31913,61418
74-78	1,834	0,9927	1,23	200	448,0847	76	34054,43862
78-82	1,8537	0,9927	1,23	200	452,7045	80	36216,35901
82-86	1,8718	0,9927	1,23	200	457,1239	84	38398,41
86-90	1,8892	0,9927	1,23	200	461,3604	88	40599,71393
90-94	1,9059	0,9927	1,23	200	465,4290	92	42819,46923
94-98	1,9219	0,9927	1,23	200	469,3431	96	45056,94083
98-102	1,9373	0,9927	1,23	200	473,1145	100	47311,45213
102-106	1,9522	0,9927	1,23	200	476,7536	104	49582,37817
106-110	1,9666	0,9927	1,23	200	480,2698	108	51869,13992
110-160	2,1150	0,9927	1,23	2500	6456,1628	135	871581,9845
					Toplam 18,316 MN		Toplam 1545,161 MNm

Rüzgârın 50 m lik duvara dik geldiği durum için bina tabanında meydana gelen kesme kuvveti 18,316 MN, tabanda meydana gelen moment ise 1545,161 MNm dir. Değerler çizelge 4.7 de gösterilmiştir.

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 4- b=70 metre d=50 metre h_4=160 metre



Şekil 4.19 Rüzgârın 70m lik duvara dik gelmesi durumu(Örnek 4 Eurocode)

Temel rüzgâr hızı; $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo}$ $C_{dir} = C_{season} = 1$ (önerilen değer)

$V_b = 1 * 1 * 28,1$ m/sn (10 dk.) $V_b = 28,1$ m/sn

Ortalama rüzgâr hızı; $V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $C_{0(z)} = 1$

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ z=160 metre, z_0 =0.05(II. Arazi kategorisi için)

$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$ z_0=0,05 (II arazi kategorisi) $z_{0,II} = 0,05$ (Eurocode tarafından verilen değer)

$k_r = 0,19$ $C_{r(z)} = 1,5334$

$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $V_{m(z)} = 1.5334 * 1 * 28,1$ m/sn

$V_{m(z)} = 43,09$ m/sn (160 metre yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı)

Referans yapı yüksekliği Eurocode için 0.6h=96 m olarak belirlenmiştir.

Referans yüksekliğindeki rüzgâr hızı; z=96 m z_0=0,05 için

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ $C_{r(z)} = 0,19 * \ln\left(\frac{96}{0,05}\right)$ $C_{r(z)} = 1,4364$

$V_{m(z=96\ metre)} = 1,4364 * 1 * 28,1$ m/sn $V_{m(z=96\ metre)} = 40,36$ m/sn

Rüzgar Türbülansı;

$I_{v(z)} = \frac{\sigma_v}{v_{m(z)}} = \frac{k_1}{c_{0(z)} * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$ k_1= 1 (eurocode önerilen değer) $C_{0(z)}$ = 1 z=160 m z_0=0,05

$I_{v(z=160\ m)}$ = 0,1239 $I_{v(z=96m)}$ = 0,1323

Tepe Rüzgar Hız Basıncı;

$q_{p(z)} = [1+ 7\ I_{v(z)}] * \frac{1}{2} * \rho * V^2_{m(z)} = C_{e(z)} * q_b$

$q_{p(z)} = [1+ 7 * 0,1239] * \frac{1}{2} * 1,22 * (43,03\ m/sn)^2$ $q_{p(z=160\ m)}$ = 2,1150 KN/m^2

Rüzgar Yükleri; $F_w = C_sC_d * C_f * q_{p(ze)} * A_{ref}$

C_sC_d = Yapısal katsayı

C_f =Kuvvet Katsayısı

A_{ref} = Referans alan (m^2)

C_sC_d Yapısal katsayının belirlenmesi;

$$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}}$$

Rüzgar türbülans uzunluğu; $L_{(z)} = L_t * \left(\frac{z}{zt}\right)^a$ α=0,67 + 0,05*ln(z_0)

L_t = 300 (Eurocode önerilen değer), z_t= 200 (önerilen değer)

z_0 = 0,05 (II. Tip arazi kat.) z=0.6 h =160*0.6 = 96 m

$L_{(z)}$ = 204,82 metre

$f_{L(z,n)} = \frac{n*L(z)}{Vm_{(z)}}$ n=doğal yapı frekansı =0.29 Hz $V_{m(z=96)}$ = ref. yük. rüzgar hızı=40,36 m/sn

$f_{L(z,n)} = \frac{0,29*204,82}{40,36}$= 1,472

$S_{L(z,n)} = \frac{6,8*fL(z,n)}{\{1+10,2*fL(z,n)\}^{5/3}} = \frac{6,8*1,472}{\{1+10,2*1,472\}^{5/3}}$ = 0,0984

Geri plan tepki katsayısı;

$B^2=\frac{1}{1+0,9\left[\frac{b+h}{L_{z(s)}}\right]^{0,63}}$ b=70 m, h=160 m $L_{(z)}$ = 204,82 m

B^2= 0,5080

Rezonans Tepki Katsayısı;

$R^2 = \frac{\pi^2}{2*\delta} * S_{L(z_s,n_{1,x})} * R_h(\eta_h) * R_b(\eta_b)$

$\delta=2*\pi*x_i$ x_i = sönüm oranı

$\delta=2*\pi*0,01$ $\delta=0,0628$

$R_h = \frac{1}{n_h} - \frac{1}{2*{n_h}^2}(1 - e^{-2n_h})$ $n_h = 0\ R_h = 1$

$R_b = \frac{1}{n_b} - \frac{1}{2*{n_b}^2}(1 - e^{-2n_b})$ $n_b = 0\ R_h = 1$

$n_h = \frac{4,6*h}{L_{(ze)}}\ f_L(z_e, n_{1,x})$ ve $n_b = \frac{4,6*b}{L_{(ze)}}\ f_L(z_e, n_{1,x})$

R^2 = 0,4498

Tepe katsayısı – k_p;

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ k_p = 3 den küçük çıkarsa 3 alınır.

$\upsilon = n_{1,x} * \sqrt{\frac{R^2}{B^2*R^2}}$ $n_{1,x}$ = 0,29 Hz $\upsilon \geq$ 0,08 Hz olmalıdır.

υ = 0,198

$k_p = \sqrt{2 * \ln(v * T)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(v*T)}}$ $k_p = \sqrt{2 * \ln(0,198 * 600)} * \frac{0,6}{\sqrt{2*\ln(0,198*600)}}$

k_p = 3,224

$CsCd = \frac{1+2*k_p*I_{v(ze)}*\sqrt{B^2+R^2}}{1+7*I_{v(ze)}} = \frac{1+2*3,232*0,1323*\sqrt{0,5223+1,1904}}{1+7*0,1323}$

C_sC_d =0,9610

C_f Kuvvet Katsayısının Belirlenmesi;

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$

$C_{f,0}$ = keskin köşeli dikdörtgenler için kuvvet katsayısı

$\frac{d}{b} = \frac{50}{70}$=0,714 şekil 4.4 deki grafikten $C_{f,0}$ = 2,375 olarak elde edilir.

ψ_r = Bina kenarları yuvarlatılmış binalar için kullanılan katsayı. Örnekte bina kenarları keskin köşeli olduğu için ψ_r =1 alındı.

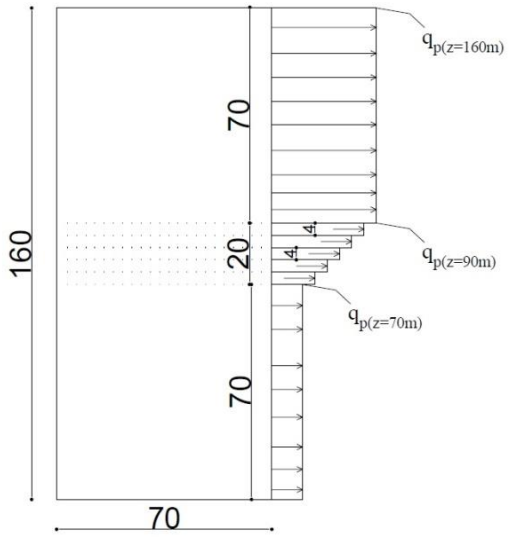
ψ_λ = Uç tesir katsayısı

λ =1,4 *$\frac{l}{b}$ = 1,4 * $\frac{160}{70}$ =3,2

λ =3,2 için şekil 4.5 deki doluluk oranı φ=1 çizgisi üzerinden ψ_λ =0,65 olarak belirlenir.

$C_f = C_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$ C_f = 2,375 * 1 * 0,65

C_f = 1,543 olarak elde edilir.



Şekil 4.20 Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için cephede meydana gelen rüzgâr basınçları (Örnek 4 Eurocode)

Binaya Etkiyen Rüzgâr Yüklerinin Belirlenmesi;

Çizelge 4.8 70 metrelik duvara rüzgârın dik etkimesi sonucu tabanda meydana gelen kesme ve moment değerleri

Bina yük(m)	q_p (KN/m2)	C_sC_d	C_f	A_{ref} (m^2)	F_w (kN)=C_sC_d*C_f*$qp_{(ze)}$*A_{ref}	h(m)	M_{taban} (kNm) = F_w*h
0-70	1,794	0,9610	1,543	4900	13036,6514	35	456282,8002
70-74	1,815	0,9610	1,543	280	753,5945	72	54258,80273
74-78	1,834	0,9610	1,543	280	761,8235	76	57898,58386
78-82	1,853	0,9610	1,543	280	769,6779	80	61574,23186
82-86	1,871	0,9610	1,543	280	777,1917	84	65284,10545
86-90	1,889	0,9610	1,543	280	784,3945	88	69026,71245
90-160	2,115	0,9610	1,543	4900	15367,2702	125	1920908,778
					Toplam 32,250 MN	Toplam 2685,234 MNm	

Rüzgârın 70 metrelik cepheye dik etkimesi durumunda bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti 32,250 MN dur. Bina tabanında meydana gelen tabam moment değeri ise 2685,234 MNm dir. Değerler çizelge 4.8 de verilmiştir.

Çizelge 4.9 Dört örneğin Eurocode 1.4 e göre çözümü sonucu elde edilen yük değerleri ve yüklerin artış oranları

		EUROCODE 1.4	
	b(m)*d(m)*h(m)	Ftaban (MN)	Mtaban (MNm)
Rüzgarın 50 m lik cepheye dik etkidiği durum	50*70*100	10,092	522,812
	Artış Oranı (%)	% 25,78	% 52,15
	50*70*120	12,694	795,434
	Artış Oranı (%)	% 20,88	% 41,82
	50*70*140	15,345	1128,058
	Artış Oranı (%)	% 19,36	% 36,98
	50*70*160	18,316	1545,161
Rüzgarın 70 m lik cepheye dik etkidiği durum	70*50*100	17,648	896,127
	Artış Oranı (%)	26,29%	53,21%
	70*50*120	22,287	1372,943
	Artış Oranı (%)	22,18%	43,65%
	70*50*140	27,230	1972,22
	Artış Oranı (%)	18,44%	36,15%
	70*50*160	32,250	2685,234

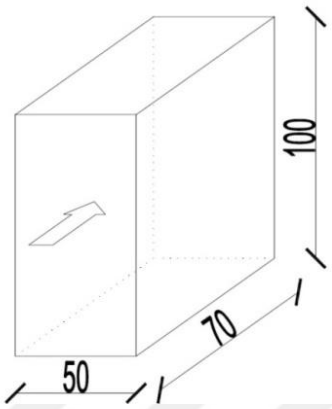
Dördüncü bölümün başında detayları verilen taban alanları 50m*70m olan ve yükseklikleri 100m, 120m, 140m, 160m olan binalara etkiyen rüzgar yüklerinin temel tabanında meydana getirdiği kesme kevveti ve moment değerleri Çizelge 4.9 da verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde beklendiği şekilde yükseklik arttıkça tabana gelen kesme kevveti ve moment değerleri artmaktadır. 50m*70m*100m boyutlara sahip bina tabanında meydana gelen yük etkisi ile yüksekliği 20 m fazla olan 50m*70m*120 m binanın tabanında meydana gelen yük etkisi arasındaki artış miktarı kesme kuvveti açısından %25,78, moment açısından %52,15 dır. Yüksekliği 120m olan bina ile yüksekliği 140m olan binanın taban kesme ve moment değerleri arasındaki artış oranı ise %20,88 ve %41,82 dir. Yükselik miktarı aynı kalmasına rağmen tabanlarda meydana gelen yük etkilerinin oranı azalarak artan bir yüzde ile ilerlemektedir. Aynı şekilde 70m lik cepheye etkiyen rüzgâr yükleri incelendiğinde de birbiri ile çok yakın şekilde ilerleyen artış oranları görülmektedir.

4.2 ASCE 7-05'e Göre Yüksek Bina Örnek Çözümleri

4.2.1 50mx70mx100 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 1- b=50 metre d=70 metre h_1=100 metre



Şekil 4.21 Rüzgârın 50 m lik duvara dik etkidiği durum(Örnek 1 ASCE)

Binanın yapılacağı yer olarak 4. bölümün başında belirtilen 'çayır, çimen gibi bitki örtüsüne sahip ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan araziler' tanımı ASCE yönetmeliğinde ' C ' tipi arazi kategorisine tekabül etmektedir. (Kwon, D., Kareem, A., 2013,) O yüzden bu yönetmelik ile çözülen örneklerde arazi tipi 'C' kategorisidir. Ayrıca yine bölümün basında basit rüzgâr hızı V_b= 40 m/sn (3 sn) olarak verilmişti. ASCE 7-05 basit rüzgâr hızı 3 sn lik ortalama süreye göre tespit edildiğinden basit rüzgâr hızı V_b= 40 m/sn olarak kullanılacaktır ve herhangi bir dönüşüm uygulanmayacaktır.

Rüzgâr hız basıncı;

$q_z = 0{,}613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I$ (N/m^2); (V m/sn)

K_z ; rüzgâr hız basıncına maruz kalma katsayısı

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{z}{z_g}\right)^{2/a}$ z= bina yüksekliği=100 metre zg=274,32 m (Çizelge 3.2) α=9,5

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{100}{274{,}32}\right)^{2/9{,}5}$ =1,6252

K_{zt} =Topografik faktör =1 alındı.

K_d = Rüzgar doğrultu katsayısı =0,85 alındı.

I= Yapı önem katsayısı =1 alındı.

$q_{z=100\ m}$ = 0,613 * 1,6252 * 1 *0,85 * 40^2* 1 (N/m^2); (V m/sn)

$q_{z=100\ m}$ = 1,354 KN/m^2

Rüzgârdan Dolayı Meydana Gelen Yük Etkileri

$F = q_z * G * Cf * A_f$ (N)

G fırtına etkisi faktörü

C_f yapılar için dış basınç katsayısı

A_f referans yüzey alanı

G; Fırtına Etkisi Faktörünün Bulunması

$$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\, I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 * Q^2 + g_R^2 * R^2}}{1+1.7 * g_v I_{\bar{z}}} \right)$$

$L_{\bar{z}} = \ell * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{\epsilon}}$ $\bar{z}$=0,6h = 100*0,6=60 m ℓ=152,4 $\bar{\in}$= 1/5 Çizelge (3.2)

$L_{\bar{z}} = 152{,}4 * \left(\frac{\bar{60}}{10}\right)^{1/5}$ = 218,08 metre

$\bar{V}_{href} = \bar{b} * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{a}}$ $\bar{z}$=0,6h =60 m $\bar{b} = 0{,}65$ $\bar{a} = \frac{1}{6{,}5}$ (Çizelge 3.2)

$\bar{V}_{href} = 0{,}65 * \left(\frac{\bar{\bar{60}}}{10}\right)^{1/6{,}5}$ = 34,24 m/sn

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0{,}63}}}$ B=50 metre, h=100 metre $L_{\bar{z}} = 218{,}08\ m$

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{50+100}{218{,}08}\right)^{0{,}63}}}$ Q^2= 0,667

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * n_1)} + \frac{0,577}{\sqrt{2*\ln(3600*n_1)}}$ n_1= doğal yapı frekansı = 0,46 Hz

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * 0,46)} + \frac{0,577}{\sqrt{2*\ln(3600*0,46)}}$ = 4,00

$I_{\bar{z}} = c * \left(\frac{10}{\bar{z}}\right)^{1/6}$ c= 0,20 z=0,6h =60 metre

$I_{\bar{z}} = 0,20 * \left(\frac{10}{60}\right)^{1/6}$ = 0,1483

$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} * R_n * R_h * R_b * (0,53 + 0,47 * R_L)}$

$R_n = \frac{7,47*N_1}{(1+10,3N_1)^{5/3}}$ =0,07086 $N_1 = \frac{n_1*L_z}{\bar{V}_{\bar{z}}}$ $N_1 = \frac{0,46*218,08}{34,24}$ = 2,9298

$R_\ell = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2}(1 - e^{-2\eta})$ for $\eta > 0$

R_ℓ= R_h için $\eta = 4,6*n_1*h/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4,6*0,46*\frac{100}{34,24}$=6,179 R_h =0,1487

R_ℓ= R_B için $\eta = 4,6*n_1*B/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4,6*0,46*\frac{50}{34,24}$=3,089 R_b =0,2713

R_ℓ= R_L için $\eta = 15,4*n_1*L/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4,6*0,46*\frac{70}{34,24}$=14,482 R_L =0,0666

R^2= 0,1605

$G_f = 0,925 * \left(\frac{1+1.7\ 0,1483\sqrt{3,4^2*0,667+4,00^2*1,0171}}{1+1.7*3,4*0,1483}\right)$ =0,90065

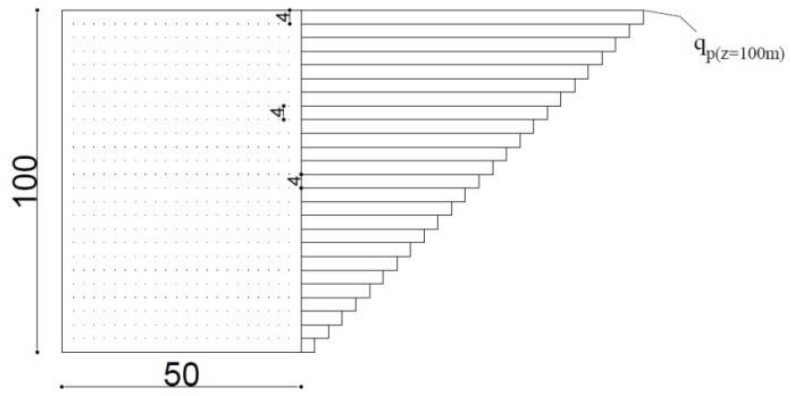
g_v, g_Q = 3,4 alınmıştır.(yönetmelik tarafından önerilen değer)

C_f Dış Basınç Katsayısının Tespit Edilmesi;

Bina yüzeyine etkiyen dış basınç katsayıları 3. bölümde çizelge 3.9 daki dış basınç katsayıları çizelgesinden alınır. Rüzgârın dik etkidiği duvar yüzeyi için L/B ye ait tüm değerler için 0,8 katsayısının kullanılması gerektiği çizelgede belirtiliyor. Rüzgârın etkidiği cephenin tam arkasındaki cephede ise L/B oranlarına göre dış basınç katsayısının seçilmesi gerektiği yine aynı çizelge ile belirtilmiştir.

Rüzgârın etkidiği cepheye ait dış basınç katsayısı 0,8 olarak tablodan alınmıştı. L/B oranı ise bu örnek için 70/50 =1,4 olduğundan arka duvara ait dış basınç katsayısı -0,42 olarak interpolasyon ile belirlenmiştir. Rüzgârın etkidiği yüzey ile tam arkasındaki yüzeyin basınç katsayıları değer olarak farklıdır. İşaretleri açısından ise ön cephedeki dış basınç katsayısı pozitif(cephe duvarına doğru), arka cephedeki duvar da ise cepheden uzaklaşır yönde olduğu için negatiftir. Hesaplamalar yapılırken dikkat edilecek önemli husus; ön cephede basınç hesabı yapılırken yükseklik ile değişen hız basınç değerleri kullanılmalı, arka cephede meydana gelen basınç değeri bulunurken bina tepesinde meydana gelen rüzgâr hız basıncı değeri kullanılmalıdır.

$Cpe_{(ön\ duvar)}$ =0,8 $Cpe_{(arka\ duvar)}$= -0,42



Şekil 4.22 Rüzgârın 50 metrelik cepheye etkidiği durum için ön cephede meydana gelen yükleme durumu(Örnek 1 ASCE)

Çizelge 4.10 Rüzgârın 50 metrelik duvara dik geldiği durum için tabanda meydana gelen taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	G	C_f (Ön duvar)	q_h (KN/m2)	C_f (Arka duvar)	A (m2)	$F=q_z.G.C_{f(ön)}+ q_h.G.C_{f(arka)}.A_{(m2)}$	h (m)	M_{taban}
4	0,688	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	201,66	2	403,3137971
8	0,796	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	217,23	6	1303,40861
12	0,867	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	227,46	10	2274,584182
16	0,921	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	235,26	14	3293,641134
20	0,965	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	241,65	18	4349,617776
24	1,003	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	247,09	22	5435,97936

Çizelge 4.10 Rüzgârın 50 metrelik duvara dik geldiği durum için tabanda meydana gelen taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri (devam)

28	1,036	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	251,86	26	6548,33767
32	1,065	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	256,12	30	7683,520644
36	1,092	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	259,97	34	8839,116858
40	1,1172	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	263,51	38	10013,22457
44	1,1399	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	266,77	42	11204,30144
48	1,1609	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	269,81	46	12411,06871
52	1,1807	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	272,65	50	13632,44707
56	1,199	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	275,32	54	14867,51205
60	1,216	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	277,85	58	16115,46197
64	1,233	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	280,25	62	17375,59423
68	1,249	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	282,53	66	18647,28749
72	1,264	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	284,71	70	19929,98789
76	1,278	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	286,80	74	21223,19826
80	1,292	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	288,80	78	22526,46961
84	1,306	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	290,72	82	23839,39418
88	1,318	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	292,58	86	25161,59985
92	1,331	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	294,36	90	26492,74549
96	1,343	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	296,09	94	27832,51714
100	1,354	0,9007	0,8	1,3549	0,42	200	297,76	98	29180,62478
					Toplam 6,658 MN			Toplam 350,584 MNm	

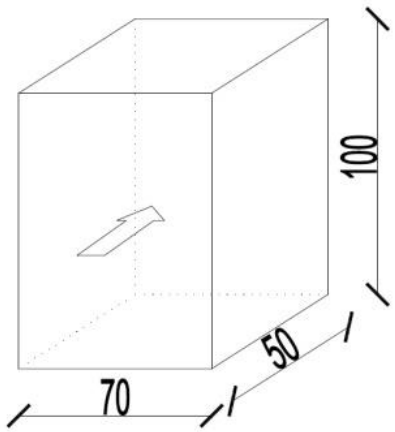
Rüzgârın cephede meydana getirdiği yük etkileri kat yüksekliği 4 metre olduğu için her 4 metrelik alanlar için hesaplanmış ve bu değerlerin toplanması ile tabanda oluşan kesme ve moment değerlerine ulaşılmıştır. Yatay yük hesaplanırken ön cephede her bir yükseklik için belirlenen hız basınç değerleri fırtına etkisi faktörü ve ön cephenin dış basınç katsayısı ile çarpılmıştır. Arka cephede ise bina tepesinde meydana gelen rüzgâr hız basıncı fırtına etkisi faktörü ve arka cephenin dış basınç katsayısı ile çarpılmıştır. Vektörel olarak bina tabanında aynı etkiyi oluşturduğu için bu değerler toplanmış ve bina tabanında meydana gelen yatay yük etkisi hesaplanmıştır. Her bir 4 metrelik cephe alanları için

hesaplanan bu yatay yükler o bölgenin bina tabanına olan mesafeleri ile çarpılmış ve bina tabanında meydana getirdiği moment değerine ulaşılmıştır.

Rüzgârın 50 metrelik cepheye dik etkidiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti 6,658 Mega Newton, bina tabanında meydana getirdiği moment ise 350,584 Mega Newtonmetredir. Taban değerleri çizelge 4.10 da gösterilmiştir.

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 1- b=70 metre d=50 metre h_1=100 metre



Şekil 4.23 Rüzgârın 70m lik duvara dik gelmesi durumu (Örnek 1 ASCE)

Rüzgâr hız basıncı;

$q_{z=100\ m}$ = 1,354 KN/m^2

Rüzgârdan Dolayı Meydana Gelen Yük Etkileri

$F = q_z * G * Cf * A_f$ (N)

G fırtına etkisi faktörü

C_f yapılar için dış basınç katsayısı

A_f referans yüzey alanı

G; Fırtına Etkisi Faktörünün Bulunması

$$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\, I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 * Q^2 + g_R^2 * R^2}}{1+1.7 * g_v I_{\bar{z}}} \right)$$

$L_{\bar{z}} = \ell * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{\epsilon}}$ $\bar{z}$=0,6h = 100*0,6=60 m ℓ=152,4 $\bar{\in}= 1/5$

$L_{\bar{z}} = 152{,}4 * \left(\frac{\bar{60}}{10}\right)^{1/5}$ = 218,08 metre

$\bar{V}_{href} = \bar{b} * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{a}}$ $\bar{z}$=0,6h =60 m $\bar{b} = 0{,}65$ $\bar{a} = \frac{1}{6{,}5}$

$\bar{V}_{href} = 0{,}65 * \left(\frac{\bar{\bar{60}}}{10}\right)^{1/6{,}5}$ = 34,24 m/sn

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0{,}63}}}$ B=70 metre, h=100 metre $L_{\bar{z}} = 218{,}08\, m$

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{50+100}{218{,}08}\right)^{0{,}63}}}$ Q^2= 0,649

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * n_1)} + \frac{0{,}577}{\sqrt{2*\ln(3600*n_1)}}$ n_1= doğal yapı frekansı = 0,46 Hz

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * 0{,}46)} + \frac{0{,}577}{\sqrt{2*\ln(3600*0{,}46)}}$ = 4,00

$I_{\bar{z}} = c * \left(\frac{10}{\bar{z}}\right)^{1/6}$ c= 0,20 z=0,6h =60 metre

$I_{\bar{z}} = 0{,}20 * \left(\frac{10}{60}\right)^{1/6}$ = 0,1483

$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} * R_n * R_h * R_b * (0{,}53 + 0{,}47 * R_L)}$

$R_n = \frac{7{,}47*N_1}{(1+10{,}3N_1)^{5/3}}$ =0,07086 $N_1 = \frac{n_1*L_z}{\bar{V}_{\bar{z}}}$ $N_1 = \frac{0{,}46*218{,}08}{34{,}24}$ = 2,9298

$R_\ell = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2}(1 - e^{-2\eta})$ for $\eta > 0$

R_ℓ= R_h için $\eta = 4{,}6*n_1*h/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4{,}6*0{,}46*\frac{100}{34{,}24}$=6,179 R_h =0,3032

R_ℓ= R_B için $\eta = 4{,}6*n_1*B/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4{,}6*0{,}46*\frac{70}{34{,}24}$=4,3259 R_b =0,2044

$R_\ell = R_L$ için $\eta = 15{,}4 * n_1 * L/\overline{V}\hat{z}$ $\eta = 4{,}6 * 0{,}46 * \frac{50}{34{,}24} = 10{,}3446$ $R_L = 0{,}09196$

$R^2 = 0{,}1235$

$$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\ 0{,}1483\sqrt{3{,}4^2 * 0{,}649 + 4{,}00^2 * 0{,}1235}}{1+1.7 * 3{,}4 * 0{,}1483}\right) = 0{,}8848$$

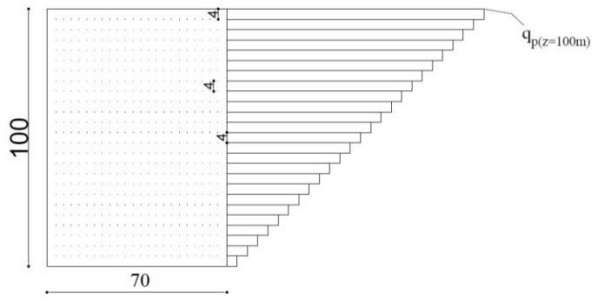
g_v, g_Q = 3,4 alınmıştır.(yönetmelik tarafından önerilen değer)

C_f Dış Basınç Katsayısının Tespit Edilmesi;

Bina yüzeyine etkiyen dış basınç katsayıları 3. bölümde yer verilen çizelge 3.9 daki dış basınç katsayıları çizelgesinden alınır. Rüzgârın dik etkidiği duvar yüzeyi için L/B ye ait tüm değerler için 0,8 katsayısının kullanılması gerektiği çizelgede belirtilmiştir. Rüzgârın etkidiği cephenin tam arkasındaki cephede ise L/B oranlarına göre dış basınç katsayısının seçilmesi gerektiği yine aynı çizelge ile belirtilmiştir.

Rüzgârın etkidiği cepheye ait dış basınç katsayısı 0,8 olarak tablodan alınmıştır. L/B oranı ise bu örnek için 50/70 =0,714 olduğundan arka duvara ait dış basınç katsayısı -0,5 olarak belirlenmiştir. Rüzgârın etkidiği yüzey ile tam arkasındaki yüzeyin basınç katsayıları değer olarak farklıdır. İşaretleri açısından ise ön cephedeki dış basınç katsayısı pozitif(cephe duvarına doğru), arka cephedeki duvar da ise cepheden uzaklaşır yönde olduğu için negatiftir. Hesaplamalar yapılırken dikkat edilecek önemli husus; ön cephede basınç hesabı yapılırken yükseklik ile değişen hız basınç değerleri kullanılmalı, arka cephede meydana gelen basınç değeri bulunurken bina tepesinde meydana gelen rüzgâr hız basıncı değeri kullanılmalıdır.

Cpe (ön duvar) =0,8 Cpe(arka duvar)= -0,5



Şekil 4.24 Rüzgârın 70 m lik cepheye dik geldiği durum için cephede meydana gelen rüzgâr hız basınç yüklemesi

Çizelge 4.11 Rüzgârın 70 m lik duvara etkidiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri

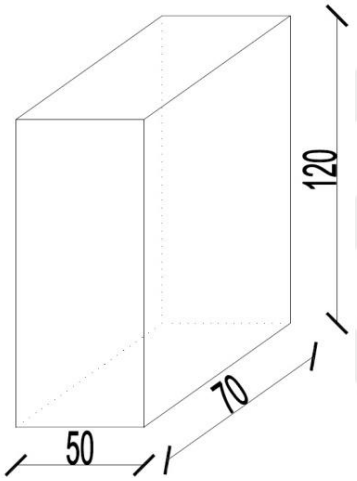
Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	G	C_f (Ön duvar)	q_h (KN/m2)	C_f (Arka duvar)	A (m2)	$F=q_z.G.C_{f(ön)}+ q_h.G.C_{f(arka)}.A_{(m2)}$	h (m)	M_{taban}
4	0,688	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	304,093	2	608,1865324
8	0,796	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	325,518	6	1953,110881
12	0,867	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	339,580	10	3395,797021
16	0,921	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	350,310	14	4904,337402
20	0,965	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	359,092	18	6463,655732
24	1,003	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	366,580	22	8064,764363
28	1,036	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	373,140	26	9701,627909
32	1,065	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	378,996	30	11369,88364
36	1,092	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	384,300	34	13066,21496
40	1,117	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	389,158	38	14788,00631
44	1,139	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	393,646	42	16533,13639
48	1,160	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	397,823	46	18299,84645
52	1,180	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	401,733	50	20086,65205
56	1,199	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	405,413	54	21892,28172
60	1,216	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	408,890	58	23715,63285
64	1,233	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	412,189	62	25555,73911
68	1,249	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	415,329	66	27411,74593
72	1,264	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	418,327	70	29282,89155
76	1,278	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	421,196	74	31168,4922
80	1,292	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	423,948	78	33067,93033
84	1,306	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	426,593	82	34980,64514
88	1,318	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	429,141	86	36906,12481
92	1,331	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	431,599	90	38843,90019
96	1,343	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	433,974	94	40793,53947
100	1,354	0,8848	0,8	1,3549	0,5	280	436,272	98	42754,64373
					Toplam 9,826 MN			Toplam 515,608 MNm	

Rüzgârın 70 metrelik cepheye dik etkidiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti 9,826 mega Newton, bina tabanında meydana getirdiği moment ise 515,608 mega Newton metredir. Değerler çizelge 4.11 de gösterilmiştir.

4.2.2 50mx70mx120 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 2- b=50 metre d=70 metre h_2=120 metre



Şekil 4.25 Rüzgârın 50 m lik duvara etkidiği durum(Örnek 2 ASCE)

Rüzgâr hız basıncı;

$q_z = 0{,}613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I$ (N/m^2); (V m/sn)

K_z ; rüzgâr hız basıncına maruz kalma katsayısı

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{z}{z_g}\right)^{2/a}$ z= bina yüksekliği=120 metre z_g=274,32 m α=9,5

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{120}{274{,}32}\right)^{2/9{,}5}$ =1,688

K_{zt} =Topografik faktör =1 alındı.

K_d = Rüzgâr doğrultu katsayısı =0,85 alındı.

I= Yapı önem katsayısı =1 alındı.

$q_{z=120\ m}$ = 0,613 * 1,688 * 1 *0,85 * 40^2* 1 (N/m^2); (V m/sn)

$q_{z=120\ m}$ = 1,407 KN/m^2

Rüzgârdan Dolayı Meydana Gelen Yük Etkileri

$F = q_z * G * Cf * A_f$ (N)

G fırtına etkisi faktörü

C_f yapılar için dış basınç katsayısı

A_f referans yüzey alanı

G; Fırtına Etkisi Faktörünün Bulunması

$$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\ I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 * Q^2 + g_R^2 * R^2}}{1+1.7 * g_v I_{\bar{z}}} \right)$$

$L_{\bar{z}} = \ell * \left(\frac{\overline{z}}{10}\right)^{\bar{\epsilon}}$ $\bar{z}$=0,6h = 120*0,6=72 m ℓ=152,4 $\bar{\epsilon}= 1/5$

$L_{\bar{z}} = 152{,}4 * \left(\frac{\overline{72}}{10}\right)^{1/5}$ = 226,18 metre

$\bar{V}_{href} = \bar{b} * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{a}}$ $\bar{z}$=0,6h =72 m $\bar{b} = 0{,}65$ $\bar{a} = \frac{1}{6{,}5}$

$\bar{V}_{href} = 0{,}65 * \left(\frac{\overline{\overline{72}}}{10}\right)^{1/6{,}5}$ = 35,226 m/sn

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0{,}63}}}$ B=50 metre, h=120 metre $L_{\bar{z}} = 226{,}18\ m$

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{50+120}{226{,}18}\right)^{0{,}63}}}$ Q^2= 0,655

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * n_1)} + \frac{0{,}577}{\sqrt{2*\ln(3600*n_1)}}$ n_2= doğal yapı frekansı = 0,38 Hz

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * 0{,}38)} + \frac{0{,}577}{\sqrt{2*\ln(3600*0{,}38)}}$ = 3,9521

$I_{\bar{z}} = c * \left(\frac{10}{\bar{z}}\right)^{1/6}$ c= 0,20 z=0,6h =72 metre

$I_{\bar{z}} = 0{,}20 * \left(\frac{10}{72}\right)^{1/6} = 0{,}1439$

$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} * R_n * R_h * R_b * (0{,}53 + 0{,}47 * R_L)}$

$R_n = \frac{7{,}47*N_1}{(1+10{,}3N_1)^{5/3}}$ =0,0792 $N_1 = \frac{n_1*L_z}{\bar{V}_{\bar{z}}}$ $N_1 = \frac{0{,}38*226{,}18}{35{,}226} = 2{,}440$

$R_\ell = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2}(1 - e^{-2\eta})$ for $\eta > 0$

$R_\ell = R_h$ için $\eta = 4{,}6*n_1*h/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4{,}6*0{,}38*\frac{120}{35{,}226}=5{,}9545$ $R_h = 0{,}1538$

$R_\ell = R_B$ için $\eta = 4{,}6*n_1*B/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4{,}6*0{,}38*\frac{50}{35{,}226}=2{,}4810$ $R_b = 0{,}3223$

$R_\ell = R_L$ için $\eta = 15{,}4*n_1*L/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4{,}6*0{,}38*\frac{70}{35{,}226}=11{,}628$ $R_L = 0{,}0822$

$R^2 = 0{,}2234$

$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\ 0{,}1439\sqrt{3{,}4^2*0{,}655+3{,}9521^2*0{,}2234}}{1+1.7*3{,}4*0{,}1439}\right) = 0{,}9159$

g_v, g_Q = 3,4 alınmıştır.(yönetmelik tarafından önerilen değer)

C_f Dış Basınç Katsayısının Tespit Edilmesi;

$C_{pe\ (ön\ duvar)} = 0{,}8$ $C_{pe(arka\ duvar)} = -0{,}42$

Bina tabanında meydana gelen yük etkilerinin hesaplanması;

Çizelge 4.12 Rüzgârın 50 m lik duvara etkimesi durumu için bina tabanında meydana gelen yük etkileri (Örnek 2 ASCE)

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	G	C_f (Ön duvar)	q_h (KN/m2)	C_f (Arka duvar)	A (m2)	$F=(q_z.G.C_{f(ön)}+ q_h.G.C_{f(arka).})A_{(m2)}$	h (m)	M_{taban}
4	0,688	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	209,14898	2	418,2979669
8	0,796	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	224,99062	6	1349,943727

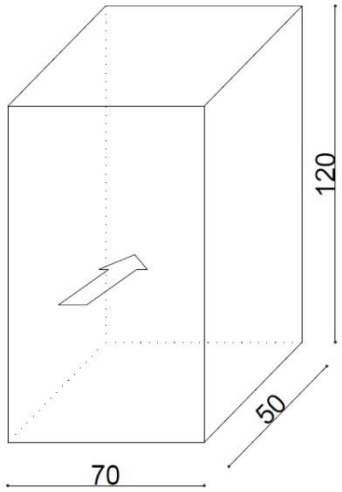
Çizelge 4.12 Rüzgârın 50 m lik duvara etkimesi durumu için bina tabanında meydana gelen yük etkileri (Örnek 2 ASCE) (devam)

12	0,867	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	235,38738	10	2353,8738
16	0,921	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	243,32114	14	3406,495991
20	0,966	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	249,81461	18	4496,663005
24	1,003	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	255,35134	22	5617,729444
28	1,036	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	260,20126	26	6765,232792
32	1,066	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	264,53158	30	7935,947276
36	1,093	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	268,45355	34	9127,420642
40	1,117	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	272,04524	38	10337,71895
44	1,140	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	275,36366	42	11565,27374
48	1,161	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	278,45184	46	12808,78459
52	1,181	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	281,34308	50	14067,15394
56	1,199	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	284,06373	54	15339,44166
60	1,217	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	286,63504	58	16624,83248
64	1,233	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	289,07439	62	17922,61192
68	1,249	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	291,39618	66	19232,14811
72	1,264	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	293,61254	70	20552,87781
76	1,279	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	295,73372	74	21884,29546
80	1,293	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	297,76852	78	23225,94442
84	1,306	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	299,72451	82	24577,41006
88	1,319	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	301,6083	86	25938,31395
92	1,331	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	303,42566	90	27308,30918
96	1,343	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	305,18166	94	28687,07649
100	1,355	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	306,88083	98	30074,32092
104	1,366	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	308,52715	102	31469,76909
108	1,377	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	310,12422	106	32873,16682
112	1,388	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	311,67525	110	34284,2771
116	1,398	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	313,18314	114	35702,87836
120	1,408	0,9159	0,8	1,4079	0,42	200	314,65053	118	37128,76296
					Toplam 8,430 MN			Toplam 533,076 MNm	

Rüzgarın 50m lik duvara dik gelmesi durumunda bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvvetinin değeri 8,430 mega Newton, bina tabanında meydana gelen momentin değeri ise 533,076 mega Newton metredir. Yük değerleri ve basınç profili değerleri 4.12 de verilmiştir.

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 2- b=70 metre d=50 metre h_2=120 metre



Şekil 4.26 Rüzgârın 70m lik duvara dik gelmesi durumu(Örnek 2 ASCE)

Rüzgâr hız basıncı;

$q_z = 0{,}613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I$ (N/m^2); (V m/sn)

K_z ; rüzgâr hız basıncına maruz kalma katsayısı

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{z}{z_g}\right)^{2/a}$ z= bina yüksekliği=120 metre z_g=274,32 m α=9,5

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{120}{274{,}32}\right)^{2/9{,}5} = 1{,}688$

K_{zt} =Topografik faktör =1 alındı.

K_d = Rüzgar doğrultu katsayısı =0,85 alındı.

I= Yapı önem katsayısı =1 alındı.

$q_{z=120\ m} = 0{,}613 * 1{,}688 * 1 * 0{,}85 * 40^2 * 1$ (N/m^2); (V m/sn)

$q_{z=120\ m}$ = 1,407 KN/m^2

Rüzgârdan Dolayı Meydana Gelen Yük Etkileri

$F = q_z * G * Cf * A_f$ (N)

G fırtına etkisi faktörü

C_f yapılar için dış basınç katsayısı

A_f referans yüzey alanı

G; Fırtına Etkisi Faktörünün Bulunması

$$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\, I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 * Q^2 + g_R^2 * R^2}}{1+1.7 * g_v I_{\bar{z}}} \right)$$

$L_{\bar{z}} = \ell * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{\epsilon}}$ $\bar{z}$=0,6h = 120*0,6=72 m ℓ=152,4 $\bar{\epsilon}= 1/5$

$L_{\bar{z}} = 152{,}4 * \left(\frac{\overline{72}}{10}\right)^{1/5}$ = 226,18 metre

$\bar{V}_{href} = \bar{b} * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{a}}$ $\bar{z}$=0,6h =72 m $\bar{b} = 0{,}65$ $\bar{a} = \frac{1}{6{,}5}$

$\bar{V}_{href} = 0{,}65 * \left(\frac{\overline{\overline{72}}}{10}\right)^{1/6{,}5}$ = 35,226 m/sn

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0{,}63}}}$ B=70 metre, h=120 metre $L_{\bar{z}} = 226{,}18\ m$

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{70+120}{226{,}18}\right)^{0{,}63}}}$ Q^2= 0,639

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * n_1)} + \frac{0{,}577}{\sqrt{2*\ln(3600*n_1)}}$ n_1= doğal yapı frekansı = 0,38 Hz

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * 0{,}38)} + \frac{0{,}577}{\sqrt{2*\ln(3600*0{,}38)}}$ = 3,9521

$I_{\bar{z}} = c * \left(\frac{10}{\bar{z}}\right)^{1/6}$ c= 0,20 z=0,6h =72 metre

$I_{\bar{z}} = 0{,}20 * \left(\frac{10}{72}\right)^{1/6} = 0{,}1439$

$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} * R_n * R_h * R_b * (0{,}53 + 0{,}47 * R_L)}$

$R_n = \frac{7{,}47*N_1}{(1+10{,}3N_1)^{5/3}}$ =0,0792 $N_1 = \frac{n_1*L_z}{\bar{V}_{\bar{z}}}$ $N_1 = \frac{0{,}38*226{,}18}{35{,}226} = 2{,}440$

$R_\ell = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2}(1 - e^{-2\eta})$ for $\eta > 0$

$R_\ell = R_h$ için $\eta = 4{,}6*n_1*h/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4{,}6*0{,}38*\frac{120}{35{,}226}=5{,}9545$ $R_h = 0{,}1538$

$R_\ell = R_B$ için $\eta = 4{,}6*n_1*B/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4{,}6*0{,}38*\frac{70}{35{,}226}=3{,}4735$ $R_b = 0{,}2464$

$R_\ell = R_L$ için $\eta = 15{,}4*n_1*L/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4{,}6*0{,}38*\frac{50}{35{,}226}=8{,}3062$ $R_L = 0{,}1131$

$R^2 = 0{,}1751$

$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\ 0{,}1439\sqrt{3{,}4^2*0{,}639+3{,}9521^2*0{,}1751}}{1+1.7*3{,}4*0{,}1439}\right) = 0{,}8981$

g_v, g_Q = 3,4 alınmıştır.(yönetmelik tarafından önerilen değer)

C_f Dış Basınç Katsayısının Tespit Edilmesi;

$Cpe_{(ön\ duvar)} = 0{,}8$ $Cpe_{(arka\ duvar)} = -0{,}5$

Rüzgârın tabanda meydana getirdiği rüzgâr yüklerinin tespiti;

Çizelge 4.13 Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için tabanda meydana gelen yük etkileri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	G	C_f (Ön duvar)	q_h (KN/m2)	C_f (Arka duvar)	A (m2)	$F=(q_z.G.C_{f(ön)}+ q_h.G.C_{f(arka).})A_{(m2)}$	h (m)	M_{taban}
4	0,688	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	315,32819	2	630,6563808
8	0,796	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	337,07546	6	2022,452763
12	0,867	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	351,34805	10	3513,480458

Çizelge 4.13 Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için tabanda meydana gelen yük etkileri (devam)

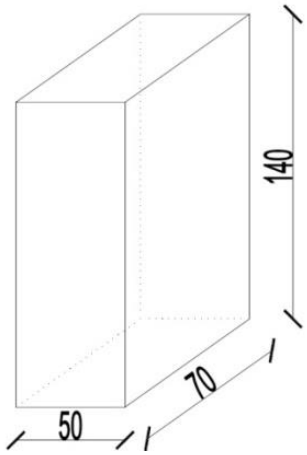
16	0,921	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	362,23945	14	5071,352292
20	0,966	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	371,15363	18	6680,76535
24	1,003	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	378,7544	22	8332,596887
28	1,036	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	385,41234	26	10020,72079
32	1,066	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	391,35696	30	11740,70876
36	1,093	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	396,74101	34	13489,19434
40	1,117	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	401,67165	38	15263,52266
44	1,140	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	406,22716	42	17061,54052
48	1,161	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	410,46658	46	18881,46275
52	1,181	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	414,43565	50	20721,78259
56	1,199	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	418,17055	54	22581,20945
60	1,217	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	421,70042	58	24458,62415
64	1,233	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	425,04913	62	26353,04584
68	1,249	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	428,23647	66	28263,60711
72	1,264	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	431,27907	70	30189,53474
76	1,279	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	434,19101	74	32130,13467
80	1,293	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	436,98436	78	34084,7801
84	1,306	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	439,66953	82	36052,90176
88	1,319	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	442,25558	86	38033,98017
92	1,331	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	444,75043	90	40027,53912
96	1,343	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	447,16107	94	42033,14028
100	1,355	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	449,49366	98	44050,37878
104	1,366	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	451,75372	102	46078,8793
108	1,377	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	453,94616	106	48118,29292
112	1,388	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	456,0754	110	50168,29426
116	1,398	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	458,14543	114	52228,57916
120	1,408	0,8981	0,8	1,4079	0,5	280	460,15985	118	54298,86256
					Toplam 12,421 MN			Toplam 782,582 MNm	

Rüzgarın 70 metre genişliğindeki duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen yatay kesme kuvveti 12,421 mega Newton, bina tabanında meydana gelen moment değeri ise 782,582 mega Newton metredir. Detaylı yük değerleri çizelge 4.13 de gösterilmiştir.

4.2.3 50mx70mx140 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 3- b=50 metre d=70 metre h_3=140 metre



Şekil 4.27 Rüzgârın 50 m lik duvara etkidiği durum(Örnek 3 ASCE)

Rüzgâr hız basıncı;

$q_z = 0{,}613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I$ (N/m^2); (V m/sn)

K_z ; rüzgâr hız basıncına maruz kalma katsayısı

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{z}{z_g}\right)^{2/a}$ z= bina yüksekliği=140 metre z_g=274,32 m α=9,5

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{140}{274{,}32}\right)^{2/9{,}5}$ =1,744

K_{zt} =Topografik faktör =1 alındı.

K_d = Rüzgar doğrultu katsayısı =0,85 alındı.

I= Yapı önem katsayısı =1 alındı.

$q_{z=140\ m}$ = 0,613 * 1,744 * 1 *0,85 * 40^2* 1 (N/m^2); (V m/sn)

$q_{z=120\ m}$ = 1,4544 KN/m^2

Rüzgârdan Dolayı Meydana Gelen Yük Etkileri

$F = q_z * G * Cf * A_f$ (N)

G fırtına etkisi faktörü

C_f yapılar için dış basınç katsayısı

A_f referans yüzey alanı

G; Fırtına Etkisi Faktörünün Bulunması

$$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\ I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 * Q^2 + g_R^2 * R^2}}{1+1.7 * g_v I_{\bar{z}}} \right)$$

$L_{\bar{z}} = \ell * \left(\frac{\overline{z}}{10}\right)^{\bar{\epsilon}}$ $\bar{z}$=0,6h = 140*0,6=84 m ℓ=152,4 $\bar{\epsilon}= 1/5$

$L_{\bar{z}} = 152{,}4 * \left(\frac{\overline{84}}{10}\right)^{1/5}$ = 233,26 metre

$\bar{V}_{href} = \bar{b} * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{a}}$ $\bar{z}$=0,6h =84 m $\bar{b} = 0{,}65$ $\bar{a} = \frac{1}{6{,}5}$

$\bar{V}_{href} = 0{,}65 * \left(\frac{\overline{\overline{84}}}{10}\right)^{1/6{,}5}$ = 36,072 m/sn

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0{,}63}}}$ B=50 metre, h=140 metre $L_{\bar{z}} = 233{,}26\ m$

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{50+140}{233{,}26}\right)^{0{,}63}}}$ Q^2= 0,644

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * n_1)} + \frac{0{,}577}{\sqrt{2*\ln(3600*n_1)}}$ n_3= doğal yapı frekansı = 0,33 Hz

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * 0{,}33)} + \frac{0{,}577}{\sqrt{2*\ln(3600*0{,}33)}}$ = 3,9163

$I_{\bar{z}} = c * \left(\frac{10}{\bar{z}}\right)^{1/6}$ c= 0,20 z=0,6h =84 metre

$I_{\bar{z}} = 0{,}20 * \left(\frac{10}{84}\right)^{1/6}$ = 0,1403

$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} * R_n * R_h * R_b * (0{,}53 + 0{,}47 * R_L)}$

$R_n = \frac{7{,}47*N_1}{(1+10{,}3N_1)^{5/3}}$ =0,0858 $N_1 = \frac{n_1 * L_z}{\bar{V}_{\bar{z}}}$ $N_1 = \frac{0{,}33*233{,}26}{36{,}072}$ = 2,134

$R_\ell = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2}(1 - e^{-2\eta})$ for $\eta > 0$

R_ℓ= R_h için η = 4,6*n_1*h/$\bar{V}\hat{z}$ η = 4,6*0,33*$\frac{140}{36{,}072}$=5,8915 R_h =0,1553

R_ℓ= R_B için η = 4,6*n_1*B/$\bar{V}\hat{z}$ η = 4,6*0,33*$\frac{50}{36{,}072}$=2,104 R_b =0,364

R_ℓ= R_L için η = 15,4*n_1*L/$\bar{V}\hat{z}$ η = 4,6*0,33*$\frac{70}{36{,}072}$=9,861 R_L =0,096

R^2= 0,2791

$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\ 0{,}1403\sqrt{3{,}4^2*0{,}644+3{,}9163^2*0{,}2791}}{1+1.7*3{,}4*0{,}1403}\right)$ =0,9279

g_v, g_Q = 3,4 alınmıştır.(yönetmelik tarafından önerilen değer)

C_f Dış Basınç Katsayısının Tespit Edilmesi;

$Cpe_{(ön\ duvar)}$ =0,8 $Cpe_{(arka\ duvar)}$= -0,42

Rüzgârın tabanda meydana getirdiği rüzgâr yüklerinin tespiti;

Çizelge 4.14 Rüzgârın 50 m lik yüzeye dik geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti ve moment yükleri

Bina yük (m	q_z (KN/m2)	G	C_f (Ön duvar)	q_h (KN/m2)	C_f (Arka duvar)	A (m2)	F=(q_z.G.$C_{f(ön)}$+ q_h.G.$C_{f(arka).}$)$A_{(m2)}$	h (m)	M_{taban}
4	0,688062	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	215,48243	2	430,9648511

Çizelge 4.14 Rüzgârın 50 m lik yüzeye dik geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti ve moment yükleri (devam)

8	0,796164	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	231,53162	6	1389,18971
12	0,86711	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	242,06459	10	2420,645941
16	0,921249	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	250,1023	14	3501,432248
20	0,96556	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	256,68085	18	4620,255285
24	1,003342	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	262,29012	22	5770,382588
28	1,036437	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	267,20358	26	6947,293171
32	1,065987	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	271,59063	30	8147,719001
36	1,09275	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	275,56399	34	9369,175692
40	1,117259	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	279,20274	38	10609,70397
44	1,139904	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	282,56464	42	11867,71481
48	1,160977	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	285,69328	46	13141,89078
52	1,180706	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	288,6224	50	14431,11992
56	1,199272	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	291,3787	54	15734,44978
60	1,216818	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	293,9837	58	17051,05442
64	1,233464	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	296,455	62	18380,20999
68	1,249308	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	298,80722	66	19721,27636
72	1,264432	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	301,05261	70	21073,68288
76	1,278907	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	303,20159	74	22436,91738
80	1,292792	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	305,26304	78	23810,51726
84	1,306139	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	307,24466	82	25194,06242
88	1,318994	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	309,15313	86	26587,16948
92	1,331396	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	310,9943	90	27989,48701
96	1,343378	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	312,77331	94	29400,69154
100	1,354973	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	314,49474	98	30820,48426
104	1,366208	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	316,16263	102	32248,58821
108	1,377106	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	317,78062	106	33684,74587
112	1,38769	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	319,35197	110	35128,71713
116	1,39798	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	320,87963	114	36580,27752
120	1,407993	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	322,36624	118	38039,21667
124	1,417746	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	323,81424	122	39505,33697

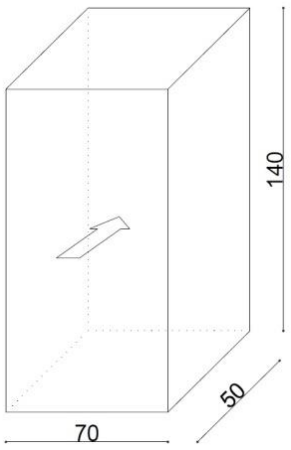
Çizelge 4.14 Rüzgârın 50 m lik yüzeye dik geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti ve moment yükleri (devam)

128	1,427254	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	325,22581	126	40978,45243
132	1,43653	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	326,60298	130	42458,38763
136	1,445587	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	327,94759	134	43944,9768
140	1,454436	0,9279	0,8	1,454	0,42	200	329,26133	138	45438,06304
					Toplam 10,282 MN			Toplam 758,854 MNm	

Rüzgarın 50 metre genişliğindeki duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen yatay kesme kuvveti 10,282 mega Newton, bina tabanında meydana gelen moment değeri ise 758,854 mega Newton metredir. Değerler çizelge 4.14 de verilmiştir.

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 3- b=70 metre d=50 metre h_3=140 metre



Şekil 4.28 Rüzgârın 50m lik duvara dik geldiği durum (Örnek 3 ASCE)

Rüzgâr hız basıncı;

$q_z = 0{,}613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I$ (N/m^2); (V m/sn)

K_z ; rüzgâr hız basıncına maruz kalma katsayısı

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{z}{z_g}\right)^{2/a}$ z= bina yüksekliği=140 metre z_g=274,32 m α=9,5

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{140}{274{,}32}\right)^{2/9{,}5} = 1{,}744$

K_{zt} =Topografik faktör =1 alındı.

K_d = Rüzgar doğrultu katsayısı =0,85 alındı.

I= Yapı önem katsayısı =1 alındı.

$q_{z=140\ m}$ = 0,613 * 1,744 * 1 *0,85 * 40^2* 1 (N/m^2); (V m/sn)

$q_{z=140\ m}$ = 1,4544 KN/m^2

Rüzgârdan Dolayı Meydana Gelen Yük Etkileri

$F = q_z * G * Cf * A_f$ (N)

G fırtına etkisi faktörü

C_f yapılar için dış basınç katsayısı

A_f referans yüzey alanı

G; Fırtına Etkisi Faktörünün Bulunması

$$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\, I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 * Q^2 + g_R^2 * R^2}}{1+1.7 * g_v I_{\bar{z}}} \right)$$

$L_{\bar{z}} = \ell * \left(\frac{\overline{z}}{10}\right)^{\bar{\epsilon}}$ $\bar{z}$=0,6h = 140*0,6=84 m ℓ=152,4 $\bar{\in}= 1/5$

$L_{\bar{z}} = 152{,}4 * \left(\frac{\overline{84}}{10}\right)^{1/5}$ = 233,26 metre

$\bar{V}_{href} = \bar{b} * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{a}}$ $\bar{z}$=0,6h =84 m $\bar{b} = 0{,}65$ $\bar{a} = \frac{1}{6{,}5}$

$\bar{V}_{href} = 0{,}65 * \left(\frac{\overline{\overline{84}}}{10}\right)^{1/6{,}5}$ = 36,072 m/sn

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0{,}63}}}$ B=70 metre, h=140 metre $L_{\bar{z}} = 233{,}26\ m$

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{70+140}{233{,}26}\right)^{0{,}63}}}$ Q^2= 0,629

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * n_1)} + \frac{0,577}{\sqrt{2*\ln(3600*n_1)}}$ n_3= doğal yapı frekansı = 0,33 Hz

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * 0,33)} + \frac{0,577}{\sqrt{2*\ln(3600*0,33)}}$ = 3,9163

$I_{\bar{z}} = c * \left(\frac{10}{\bar{z}}\right)^{1/6}$ c= 0,20 z=0,6h =84 metre

$I_{\bar{z}} = 0,20 * \left(\frac{10}{84}\right)^{1/6}$ = 0,1403

$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} * R_n * R_h * R_b * (0,53 + 0,47 * R_L)}$

$R_n = \frac{7,47*N_1}{(1+10,3N_1)^{5/3}}$ =0,0858 $N_1 = \frac{n_1*L_z}{\bar{V}_{\bar{z}}}$ $N_1 = \frac{0,33*233,26}{36,072}$ = 2,134

$R_\ell = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2}(1 - e^{-2\eta})$ for $\eta > 0$

R_ℓ= R_h için $\eta = 4,6*n_1*h/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4,6*0,33*\frac{140}{36,072}$=5,891 R_h =0,1553

R_ℓ= R_B için $\eta = 4,6*n_1*B/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4,6*0,33*\frac{70}{36,072}$=2,945 R_b =0,282

R_ℓ= R_L için $\eta = 15,4*n_1*L/\bar{V}\hat{z}$ $\eta = 4,6*0,33*\frac{50}{36,072}$=7,044 R_L =0,131

R^2= 0,2225

$G_f = 0,925 * \left(\frac{1+1.7\ 0,1403\sqrt{3,4^2*0,629+3,9163^2*0,2225}}{1+1.7*3,4*0,1403}\right)$ =0,9090

g_v, g_Q = 3,4 alınmıştır.(yönetmelik tarafından önerilen değer)

C_f Dış Basınç Katsayısının Tespit Edilmesi;

$C_{pe\ (ön\ duvar)}$ =0,8 $C_{pe(arka\ duvar)}$= -0,5

Rüzgârın tabanda meydana getirdiği rüzgâr yüklerinin tespiti;

Çizelge 4.15 Rüzgârın 70 m lik duvara dik geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti ve moment yük değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	G	C_f (Ön duvar)	q_h (KN/m2)	C_f (Arka duvar)	A (m2)	$F=(q_z.G.C_{f(ön)}+ q_{h.}G.C_{f(arka).})A_{(m2)}$	h (m)	M_{taban}
4	0,688062	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	325,18737	2	650,374737
8	0,796164	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	347,19858	6	2083,191477
12	0,86711	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	361,64439	10	3616,443872
16	0,921249	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	372,66798	14	5217,351677
20	0,96556	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	381,69035	18	6870,426248
24	1,003342	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	389,38337	22	8566,434119
28	1,036437	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	396,12211	26	10299,17483
32	1,065987	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	402,13888	30	12064,16633
36	1,09275	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	407,58827	34	13858,00131
40	1,117259	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	412,57875	38	15677,99267
44	1,139904	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	417,18955	42	17521,9611
48	1,160977	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	421,48043	46	19388,09973
52	1,180706	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	425,49767	50	21274,88353
56	1,199272	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	429,27789	54	23181,00626
60	1,216818	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	432,85061	58	25105,33514
64	1,233464	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	436,23996	62	27046,87742
68	1,249308	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	439,46599	66	29004,75515
72	1,264432	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	442,54551	70	30978,18574
76	1,278907	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	445,49279	74	32966,46672
80	1,292792	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	448,32005	78	34968,96365
84	1,306139	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	451,03781	82	36985,10038
88	1,318994	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	453,65525	86	39014,3511
92	1,331396	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	456,18038	90	41056,23383
96	1,343378	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	458,62027	94	43110,30494
100	1,354973	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	460,98117	98	45176,15462

Çizelge 4.15 Rüzgârın 70 m lik duvara dik geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti ve moment yük değerleri (devam)

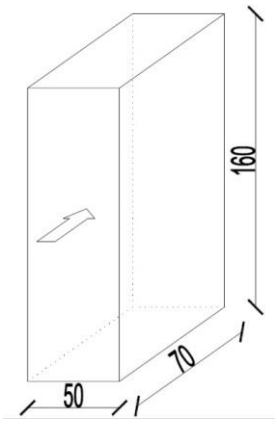
104	1,366208	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	463,26866	102	47253,40301
108	1,377106	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	465,48771	106	49341,69694
112	1,38769	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	467,64279	110	51440,70709
116	1,39798	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	469,73794	114	53550,12562
120	1,407993	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	471,77681	118	55669,66399
124	1,417746	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	473,76271	122	57799,0512
128	1,427254	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	475,69867	126	59938,03217
132	1,43653	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	477,58743	130	62086,36629
136	1,445587	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	479,43154	134	64243,82622
140	1,454436	0,9090	0,8	1,4544	0,5	280	481,23331	138	66410,19679
					Toplam 15,140 MN			Toplam1113,415MNm	

Rüzgarın 70 metre genişliğindeki duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen yatay kesme kuvveti 15,140 mega Newton, bina tabanında meydana gelen moment değeri ise 1113,415 mega Newton metredir. Değerler çizelge 4.15 de gösterilmiştir.

4.2.4 50mx70mx160 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 4- b=50 metre d=70 metre h_4=160 metre



Şekil 4.29 Rüzgârın 50m lik duvara dik geldiği durum(Örnek 4 ASCE)

Rüzgâr hız basıncı;

q_z = 0,613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2* I (N/m^2); (V m/sn)

K_z ; rüzgâr hız basıncına maruz kalma katsayısı

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{z}{z_g}\right)^{2/a}$ z= bina yüksekliği=160 metre z_g=274,32 m α=9,5

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{160}{274{,}32}\right)^{2/9{,}5}$ =1,794

K_{zt} =Topografik faktör =1 alındı.

K_d = Rüzgar doğrultu katsayısı =0,85 alındı.

I= Yapı önem katsayısı =1 alındı.

$q_{z=160\ m}$ = 0,613 * 1,794 * 1 *0,85 * 40^2* 1 (N/m^2); (V m/sn)

$q_{z=160\ m}$ = 1,495KN/m^2

Rüzgârdan Dolayı Meydana Gelen Yük Etkileri

F = q_z * G * Cf *A_f (N)

G fırtına etkisi faktörü

C_f yapılar için dış basınç katsayısı

A_f referans yüzey alanı

G; Fırtına Etkisi Faktörünün Bulunması

$$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\ I_{\bar{z}}\sqrt{g_Q^2*Q^2+g_R^2*R^2}}{1+1.7*g_v I_{\bar{z}}}\right)$$

$L_{\bar{z}} = \ell * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{\epsilon}}$ $\bar{z}$=0,6h = 160*0,6=96 m ℓ=152,4 $\bar{\epsilon}$= 1/5

$L_{\bar{z}} = 152{,}4 * \left(\frac{\overline{96}}{10}\right)^{1/5}$ = 239,57 metre

$\bar{V}_{href} = \bar{b} * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{a}}$ $\bar{z}$=0,6h =96 m $\bar{b} = 0{,}65$ $\bar{a} = \frac{1}{6{,}5}$

$\bar{V}_{href} = 0{,}65 * \left(\frac{\overline{96}}{10}\right)^{1/6{,}5}$ = 36,821 m/sn

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0{,}63}}}$ B=50 metre, h=160 metre $L_{\bar{z}} = 239{,}57\ m$

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{50+160}{239{,}57}\right)^{0{,}63}}}$ Q^2= 0,633

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * n_1)} + \frac{0{,}577}{\sqrt{2*\ln(3600*n_1)}}$ n_1= doğal yapı frekansı = 0,29 Hz

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * 0{,}29)} + \frac{0{,}577}{\sqrt{2*\ln(3600*0{,}29)}}$ = 3,8832

$I_{\bar{z}} = c * \left(\frac{10}{\bar{z}}\right)^{1/6}$ c= 0,20 z=0,6h =96metre

$I_{\bar{z}} = 0{,}20 * \left(\frac{10}{96}\right)^{1/6}$ = 0,1372

$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} * R_n * R_h * R_b * (0{,}53 + 0{,}47 * R_L)}$

$R_n = \frac{7{,}47*N_1}{(1+10{,}3N_1)^{5/3}}$ =0,0923 $N_1 = \frac{n_1*L_z}{\bar{V}_{\bar{z}}}$ $N_1 = \frac{0{,}29*239{,}57}{36{,}821}$ = 1,887

$R_\ell = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2}(1 - e^{-2\eta})$ for $\eta > 0$

R_ℓ= R_h için η = 4,6*n_1*h/$\bar{V}\hat{z}$ η = 4,6*0,29*$\frac{160}{36{,}821}$=5,796 R_h =0,1576

R_ℓ= R_B için η = 4,6*n_1*B/$\bar{V}\hat{z}$ η = 4,6*0,29*$\frac{50}{36{,}821}$=1,811 R_b =0,403

R_ℓ= R_L için η = 15,4*n_1*L/$\bar{V}\hat{z}$ η = 4,6*0,29*$\frac{70}{36{,}821}$=8,490 R_L =0,110

R^2= 0,3418

$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\ 0{,}1372\sqrt{3{,}4^2*0{,}633+3{,}8832^2*0{,}3418}}{1+1.7*3{,}4*0{,}1372}\right)$ =0,9408

g_v, g_Q = 3,4 alınmıştır.(yönetmelik tarafından önerilen değer)

C_f Dış Basınç Katsayısının Tespit Edilmesi;

Cpe $_{(ön\ duvar)}$ =0,8 Cpe$_{(arka\ duvar)}$= -0,42

Rüzgârın tabanda meydana getirdiği rüzgâr yüklerinin tespiti;

Çizelge 4.16 Rüzgârın 50 m lik duvara dik geldiği durum için rüzgâr kaynaklı taban kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	G	C_f (Ön duvar)	q_h (KN/m2)	C_f (Arka duvar)	A (m2)	$F=(q_z.G.C_{f(ön)}+ q_{h.}G.C_{f(arka).})A_{(m2)}$	h (m)	M_{taban}
4	0,688062	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	221,71826	2	443,4365101
8	0,796164	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	237,99057	6	1427,943416
12	0,86711	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	248,66998	10	2486,699785
16	0,921249	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	256,81943	14	3595,472033
20	0,96556	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	263,48943	18	4742,809811
24	1,003342	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	269,17668	22	5921,887059
28	1,036437	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	274,15846	26	7128,119938
32	1,065987	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	278,6065	30	8358,194981
36	1,09275	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	282,6351	34	9609,593263
40	1,117259	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	286,32443	38	10880,32827
44	1,139904	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	289,73307	42	12168,7889
48	1,160977	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	292,9052	46	13473,63938
52	1,180706	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	295,87505	50	14793,7523
56	1,199272	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	298,66967	54	16128,16199
60	1,216818	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	301,31088	58	17476,031
64	1,233464	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	303,81654	62	18836,62543
68	1,249308	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	306,20146	66	20209,29625
72	1,264432	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	308,47807	70	21593,46488
76	1,278907	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	310,65692	74	22988,61201
80	1,292792	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	312,74703	78	24394,26863

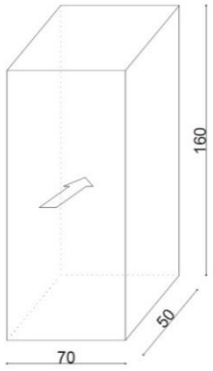
Çizelge 4.16 Rüzgârın 50 m lik duvara dik geldiği durum için rüzgâr kaynaklı taban kesme kuvveti ve moment değerleri (devam)

84	1,306139	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	314,7562	82	25810,00879
88	1,318994	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	316,69121	86	27235,4438
92	1,331396	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	318,55797	90	28670,21731
96	1,343378	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	320,36172	94	30114,00138
100	1,354973	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	322,10707	98	31566,49303
104	1,366208	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	323,79815	102	33027,41145
108	1,377106	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	325,43864	106	34496,49555
112	1,38769	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	327,03184	110	35973,50188
116	1,39798	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	328,58073	114	37458,20285
120	1,407993	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	330,08801	118	38950,38515
124	1,417746	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	331,55613	122	40449,84845
128	1,427254	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	332,98733	126	41956,40415
132	1,43653	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	334,38365	130	43469,8744
136	1,445587	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	335,74695	134	44990,09113
140	1,454436	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	337,07895	138	46516,89525
144	1,463087	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	338,38124	142	48050,13595
148	1,471551	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	339,65527	146	49589,67
152	1,479836	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	340,90241	150	51135,36121
156	1,487951	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	342,1239	154	52687,07988
160	1,495903	0,9408	0,8	1,495	0,42	200	343,3209	158	54244,70237
					Toplam 12,243 MN			Toplam 1033,049 MNm	

Rüzgarın 50 metre genişliğindeki duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen yatay kesme kuvveti 12,243 mega Newton, bina tabanında meydana gelen moment değeri ise 1033,049 mega Newton metredir. Değerler çizelge 4.16 da gösterilmiştir.

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 4 : b=70 metre, d=50 metre h_4=160 metre



Şekil 4.30 Rüzgârın 70m lik duvara etkidiği durum(Örnek 4 ASCE)

Rüzgâr hız basıncı;

$q_z = 0{,}613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I \ (N/m^2)$; (V m/sn)

K_z ; rüzgâr hız basıncına maruz kalma katsayısı

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{z}{z_g}\right)^{2/\alpha}$ z= bina yüksekliği=160 metre z_g=274,32 m α=9,5

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{160}{274{,}32}\right)^{2/9{,}5} = 1{,}794$

K_{zt} =Topografik faktör =1 alındı.

K_d = Rüzgar doğrultu katsayısı =0,85 alındı.

I= Yapı önem katsayısı =1 alındı.

$q_{z=160\ m} = 0{,}613 * 1{,}794 * 1 * 0{,}85 * 40^2 * 1 \ (N/m^2)$; (V m/sn)

$q_{z=160\ m} = 1{,}495 KN/m^2$

Rüzgârdan Dolayı Meydana Gelen Yük Etkileri

$F = q_z * G * Cf * A_f$ (N)

G fırtına etkisi faktörü

C_f yapılar için dış basınç katsayısı

A_f referans yüzey alanı

G; Fırtına Etkisi Faktörünün Bulunması

$$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\, I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 * Q^2 + g_R^2 * R^2}}{1+1.7 * g_v I_{\bar{z}}} \right)$$

$L_{\bar{z}} = \ell * \left(\frac{\overline{z}}{10}\right)^{\bar{\epsilon}}$ $\bar{z}$=0,6h = 160*0,6=96 m ℓ=152,4 $\bar{\epsilon} = 1/5$

$L_{\bar{z}} = 152{,}4 * \left(\frac{\overline{96}}{10}\right)^{1/5}$ = 239,57 metre

$\bar{V}_{href} = \bar{b} * \left(\frac{\bar{z}}{10}\right)^{\bar{a}}$ $\bar{z}$=0,6h =96 m $\bar{b} = 0{,}65$ $\bar{a} = \frac{1}{6{,}5}$

$\bar{V}_{href} = 0{,}65 * \left(\frac{\overline{\overline{96}}}{10}\right)^{1/6{,}5}$ = 36,821 m/sn

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0{,}63}}}$ B=70 metre, h=160 metre $L_{\bar{z}} = 239{,}57\ m$

$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0{,}63\left(\frac{70+160}{239{,}57}\right)^{0{,}63}}}$ Q^2= 0,620

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * n_1)} + \frac{0{,}577}{\sqrt{2*\ln(3600*n_1)}}$ n_1= doğal yapı frekansı = 0,29 Hz

$g_R = \sqrt{2 * \ln(3600 * 0{,}29)} + \frac{0{,}577}{\sqrt{2*\ln(3600*0{,}29)}}$ = 3,8832

$I_{\bar{z}} = c * \left(\frac{10}{\bar{z}}\right)^{1/6}$ c= 0,20 z=0,6h =96metre

$I_{\bar{z}} = 0{,}20 * \left(\frac{10}{96}\right)^{1/6}$ = 0,1372

$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} * R_n * R_h * R_b * (0{,}53 + 0{,}47 * R_L)}$

$R_n = \frac{7{,}47*N_1}{(1+10{,}3N_1)^{5/3}}$ =0,0923 $N_1 = \frac{n_1 * L_z}{\bar{V}_{\bar{z}}}$ $N_1 = \frac{0{,}29*239{,}57}{36{,}821}$ = 1,887

$$R_\ell = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2}(1 - e^{-2\eta}) \quad \text{for } \eta > 0$$

$R_\ell = R_h$ için $\eta = 4{,}6 * n_1 * h/\overline{V}\hat{z}$ $\eta = 4{,}6 * 0{,}29 * \frac{160}{36{,}821} = 5{,}7966$ $R_h = 0{,}1576$

$R_\ell = R_B$ için $\eta = 4{,}6 * n_1 * B/\overline{V}\hat{z}$ $\eta = 4{,}6 * 0{,}29 * \frac{70}{36{,}821} = 2{,}5360$ $R_b = 0{,}3170$

$R_\ell = R_L$ için $\eta = 15{,}4 * n_1 * L/\overline{V}\hat{z}$ $\eta = 4{,}6 * 0{,}29 * \frac{50}{36{,}821} = 6{,}064$ $R_L = 0{,}1513$

$R^2 = 0{,}2772$

$$G_f = 0{,}925 * \left(\frac{1+1.7\ 0{,}1372\sqrt{3{,}4^2 * 0{,}620 + 3{,}8832^2 * 0{,}2772}}{1+1.7 * 3{,}4 * 0{,}1372}\right) = 0{,}9211$$

g_v, g_Q = 3,4 alınmıştır.(yönetmelik tarafından önerilen değer)

C_f Dış Basınç Katsayısının Tespit Edilmesi;

$C_{pe\ (ön\ duvar)} = 0{,}8$ $C_{pe(arka\ duvar)} = -0{,}5$

Rüzgârın tabanda meydana getirdiği rüzgâr yüklerinin tespiti;

Çizelge 4.17 Rüzgârın 70 m lik cepheye geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	G	C_f (Ön duvar)	q_h (KN/m2)	C_f (Arka duvar)	A (m2)	$F=(q_z.G.C_{f(ön)} + q_h.G.C_{f(arka).})A_{(m2)}$	h (m)	M_{taban}
4	0,688062	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	334,75158	2	669,5031553
8	0,796164	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	357,05579	6	2142,334723
12	0,86711	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	371,69389	10	3716,938878
16	0,921249	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	382,86422	14	5360,099027
20	0,96556	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	392,00669	18	7056,12035
24	1,003342	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	399,80211	22	8795,646473

Çizelge 4.17 Rüzgârın 70 m lik cepheye geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti kuvveti ve moment değerleri (devam)

28	1,036437	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	406,63055	26	10572,3944
32	1,065987	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	412,72741	30	12381,82241
36	1,09275	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	418,24935	34	14220,47786
40	1,117259	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	423,30626	38	16085,63785
44	1,139904	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	427,97843	42	17975,09408
48	1,160977	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	432,32643	46	19887,01563
52	1,180706	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	436,39714	50	21819,85717
56	1,199272	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	440,22769	54	23772,29506
60	1,216818	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	443,84796	58	25743,18144
64	1,233464	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	447,28243	62	27731,51037
68	1,249308	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	450,5514	66	29736,39219
72	1,264432	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	453,67191	70	31757,0339
76	1,278907	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	456,65843	74	33792,72367
80	1,292792	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	459,52332	78	35842,81863
84	1,306139	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	462,27726	82	37906,73495
88	1,318994	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	464,92953	86	39983,93984
92	1,331396	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	467,48828	90	42073,94487
96	1,343378	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	469,96064	94	44176,30053
100	1,354973	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	472,35297	98	46290,59155
104	1,366208	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	474,67091	102	48416,43301
108	1,377106	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	476,9195	106	50553,46704
112	1,38769	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	479,10327	110	52701,35994
116	1,39798	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	481,22631	114	54859,79977
120	1,407993	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	483,29232	118	57028,49414
124	1,417746	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	485,30466	122	59207,16847
128	1,427254	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	487,26638	126	61395,56424
132	1,43653	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	489,18029	130	63593,43768
136	1,445587	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	491,04894	134	65800,55841
140	1,454436	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	492,8747	138	68016,70838

Çizelge 4.17 Rüzgârın 70 m lik cepheye geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti kuvveti ve moment değerleri (devam)

144	1,463087	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	494,65972	142	70241,68086
148	1,471551	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	496,40602	146	72475,27954
152	1,479836	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	498,11545	150	74717,31775
156	1,487951	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	499,78973	154	76967,61771
160	1,495903	0,9211	0,8	1,495	0,5	280	501,43044	158	79226,00993
					Toplam 18,015 MN			Toplam 1514,691 MNm	

Rüzgarın 70 metre genişliğindeki duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen yatay kesme kuvveti 18,015 mega Newton, bina tabanında meydana gelen moment değeri ise 1514,691 mega Newton metredir. Değerler çizelge 4.17 de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Dört örneğin ASCE rüzgâr yönetmeliğine taban kesme kuvveti ve moment değerleri

		ASCE	
b(m)*d(m)*h(m)		Ftaban (MN)	Mtaban (MNm)
Rüzgarın 50 m lik cepheye dik etkidiği durum	50*70*100	6,658	350,584
	Artış Oranı (%)	26,61%	52,05%
	50*70*120	8,430	533,076
	Artış Oranı (%)	21,97%	42,35%
	50*70*140	10,282	758,854
	Artış Oranı (%)	19,07%	36,13%
	50*70*160	12,243	1033,049
Rüzgarın 70 m lik cepheye dik etkidiği durum	70*50*100	9,826	515,608
	Artış Oranı (%)	26,41%	51,78%
	70*50*120	12,421	782,582
	Artış Oranı (%)	21,89%	42,27%
	70*50*140	15,140	1113,415
	Artış Oranı (%)	18,99%	36,04%
	70*50*160	18,015	1514,691

Dördüncü bölümde verilen dört örneğin ASCE 7.05 rüzgâr yönetmeliğine göre tabanda meydana gelen taban kesme ve taban moment değerleri Çizelge 4.18 de verilmiştir. Taban alanı 50m*70m olan ve yükseklikleri sırasıyla 100m ve 120m olan

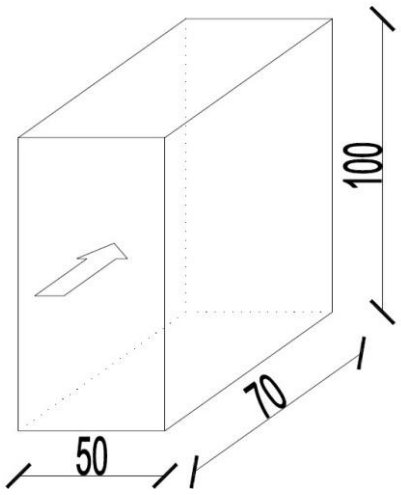
örneklere ait değerler incelendiğinde kesme kuvveti değerinde %26,61 oranında, moment değerinde ise %52,05 oranında bir artış meydana gelmiştir. Yüksekliği 120m olan bina ile 140m olan bina için tabandaki kesme kuvveti %21,97 oranında, moment değeri ise %42,35 oranında artış göstermiştir. Tabloda verilen diğer değerler incelendiğinde ise yüksekliğin sabit 20m artmasına karşılık yükseklik arttıkça taban yüklerinde meydana gelen artışın yüzde cinsinden azalarak artan bir artış eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır. Rüzgârın 70m lik cepheye dik geldiği durum içinde yük değerleri aynı tarzda bir değişim göstermektedir.

4.3 AIJ' ye Göre Yüksek Bina Örnek Çözümleri

4.3.1 50mx70mx100 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 1- b=50 metre d=70 metre h_1=100 metre



Şekil 4.31 Rüzgârın 50m lik duvara dik etkidiği durum(Örnek 1 AIJ)

Tasarım rüzgâr hızının bulunması (U_H);

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

U_0; basit rüzgar hızı Japonya yapı yönetmeliğine göre 100 yıllık dönüş periyodu baz alınarak hesaplanır. Bizim örnekler için verdiğimiz V_0=40 m/sn basit rüzgâr hızı 3 sn lik ortalama hız ve 50 yıllık dönüş periyoduna göre verildiği için basit rüzgâr hızını hem 10

dakikalık ortalama süreye hem de 100 yıllık dönüş periyoduna dönüştürmemiz gerekmektedir. Farklı dönüş periyodları için ASCE7-10 da verilen formül kullanılabilir.

$\frac{V_T}{V_{50}} = (0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * T)$

V_0=40 m/sn (3 sn) = V_0=28,1 m/sn (10 dk.)

$\frac{U_{100}}{U_{50}} = (0{,}36 + 0{,}1 * (ln12 * 100)$ $U_{0(r=50)}$=28,1 m/sn $U_{0(r=100)}$=30,09 m/sn

K_d = Rüzgâr yön katsayısı = 1 alındı.

E_H= E_r*E_g E_r= Arazi parametrelerine bağlı katsayı Eg=topografya katsayısı=1 alındı.

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^a$ z=100 m z_G=350 m α=0,15

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{100}{350}\right)^{0{,}15} = 1{,}4087$ E_H= E_r*E_g E_H= 1,4087*1=1,4087

Dönüş periyodu çevirim katsayısı;

k_{rw} = 0,63(λ_U-1)ln r -2.9 λ_U + 3.9 λ_U=$\frac{U_{500}}{U_0}$

$\frac{U_{500}}{U_{50}} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * T)$ $\frac{U_{500}}{28{,}1} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * 500)$ U_{500}= 34,56 m/sn

λ_U=$\frac{U_{500}}{U_{100}} = \frac{34{,}56}{30{,}039} = 1{,}1505$

k_{rw} = 0,63(1,1505-1)ln 50 –(2.9*1,1505 + 3.9) k_{rw} =0,934

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

U_H = 30,03*1*1,4087*0,934 U_H =39,511 m/sn

Tasarım rüzgâr hız basıncı; $q_H = 1/2 * \rho * U_H^2 = 1/2 * 1{,}22 kg/m^3 * 39{,}511^2$

q_H = 0,952 KN/m^2

$W_D = q_H * C_D * G_D * A(m^2)$

G_D fırtına etkisi faktörünün hesaplanması;

$S_D = \frac{0,9}{\left(1+6\left(\frac{f_D * H}{U_H}\right)^2\right)^{0,5}\left(1+3\frac{f_D * B}{U_H}\right)}$ f_D=0,46 H=100m B=50 m U_H=34,511m/sn S_D=0,108

$L_z = 100 * \left(\frac{z}{30}\right)^{0,5}$ $L_z = 100 * \left(\frac{100}{30}\right)^{0,5}$ $L_z = 182,57\ m$

$F = \frac{4\frac{f_D L_H}{U_H}}{\left[1+71\left(\frac{f_D L_H}{U_H}\right)^2\right]^{5/6}}$ $F = \frac{4\frac{0,46*182,57}{39,51}}{\left[1+71\left(\frac{0,46*182,57}{39,51}\right)^2\right]^{5/6}}$ F =0,069

$R = \frac{1}{1+20\frac{f_D * B}{U_H}}$ $R = \frac{1}{1+20\frac{0,46*50}{39,51}}$ R =0,0791

$I_{rz} = 0,1 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^{-a-0,05}$ $I_{rz} = 0,1 * \left(\frac{100}{350}\right)^{-0,15-0,05}$ $I_{rz=100m} = 0,1284$

C'_g=2*I_H * $\frac{0,49-0,14a}{\left\{1+\frac{0,63*\left(\sqrt{BH}/L_H\right)^{0,56}}{(H/B)^k}\right\}}$ C'_g=2*0,1284 * $\frac{0,49-0,14*0,15}{\left\{1+\frac{0,63*\left(\sqrt{50*100}/182,57\right)^{0,56}}{(100/50)^{0,07}}\right\}}$ C'_g=0,089

$F_D = \frac{I_H^2 * F * S_D(0,57-0,35a+2R\sqrt{0,053-0,042a})}{C_g'^2}$ F_D= 0,008607

$R_D = \frac{\pi * F_D}{4*\delta_D} = \frac{\pi*0,008607}{4*0,01}$ =0,676 δ_D=0,01 (sönüm oranı)

$V_D = f_D * \sqrt{\frac{R_D}{1+R_D}} = 0,46 * \sqrt{\frac{0,676}{1+0,676}} = 0,292$

$g_D = \sqrt{2 * \ln(600_{vD}) + 1,2}$ $g_D = \sqrt{2 * \ln(600 * 0,292) + 1,2}$ g_D =3,396

$C_g = \frac{1}{3+3\alpha} + \frac{1}{6}$ $C_g = \frac{1}{3+3(0,15)} + \frac{1}{6}$ C_g=0,456

$\emptyset_D = \frac{1}{2+\beta} * \frac{M}{M_D}\lambda$ $\lambda = 1 - 0,4 * ln * \beta$

β=1; λ=1 ; M=bina kütlesi M_D=Genelleştirilmiş kütle

$\emptyset_D = \frac{1}{2+1} * 4 * 1 = \frac{4}{3} = 1,33$

$G_D = 1+g_D * \frac{C'_g}{Cg} * \sqrt{1 + \emptyset_D^2 * R_D}$ $G_D = 1+3,246 * \frac{0,089}{0,4565} * \sqrt{1 + 1,33^2 * 0,676}$

G_D =1,9827

Dış basınç katsayılarının hesaplanması;

Rüzgârın dik etkidiği ön duvar için dış basınç katsayısı 0,8 olarak yönetmelik tarafından belirlenmiştir. Rüzgârın arka cephede oluşturduğu basınç için basınç katsayısı ise D/B oranına bağlı olarak -0,35 olarak alınmıştır. Ön cephe dış basınç katsayısının yönü cepheye doğru olduğundan pozitif, arka cephedeki basınç etkisi ise duvardan uzaklaşan yönde olduğu için negatiftir. Fakat vektörel olarak yönleri aynı olduğu için dış basınç katsayısını bulmak için bu iki değer toplanmasıdır. Dış basınç katsayısı 0,8+0,35 =1,15 dir.

Rüzgâr yüklerinin hesaplanması;

Çizelge 4.19 Rüzgârın 50 m lik duvara dik gelme durumu için taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	C_D	G_D	A (m2)	W_D	h (m)	M_{taban}
4	0,362602	1,15	1,9827	200	165,35393	2	330,70786
8	0,446415	1,15	1,9827	200	203,57457	6	1221,447403
12	0,504157	1,15	1,9827	200	229,90631	10	2299,063135
16	0,549601	1,15	1,9827	200	250,62969	14	3508,815674
20	0,587653	1,15	1,9827	200	267,98194	18	4823,674874
24	0,62069	1,15	1,9827	200	283,04787	22	6227,053217
28	0,650068	1,15	1,9827	200	296,44487	26	7707,566515
32	0,676638	1,15	1,9827	200	308,56134	30	9256,840318
36	0,700975	1,15	1,9827	200	319,65925	34	10868,41445
40	0,723485	1,15	1,9827	200	329,92447	38	12537,12968
44	0,74447	1,15	1,9827	200	339,49417	42	14258,75534
48	0,76416	1,15	1,9827	200	348,47281	46	16029,74918
52	0,782731	1,15	1,9827	200	356,9419	50	17847,09483
56	0,800328	1,15	1,9827	200	364,96644	54	19708,18779
60	0,817066	1,15	1,9827	200	372,59918	58	21610,75265
64	0,83304	1,15	1,9827	200	379,88357	62	23552,78163
68	0,848329	1,15	1,9827	200	386,85588	66	25532,48781
72	0,863001	1,15	1,9827	200	393,5467	70	27548,26886

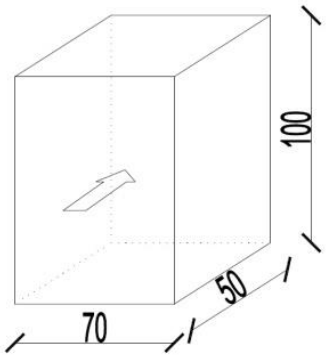
Çizelge 4.19 Rüzgârın 50m lik duvara dik gelme durum için taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri (devam)

76	0,877113	1,15	1,9827	200	399,98214	74	29598,67849
80	0,890715	1,15	1,9827	200	406,18466	78	31682,40364
84	0,903848	1,15	1,9827	200	412,17373	82	33798,24596
88	0,916551	1,15	1,9827	200	417,96636	86	35945,10668
92	0,928855	1,15	1,9827	200	423,57749	90	38121,97407
96	0,940791	1,15	1,9827	200	429,02035	94	40327,91299
100	0,952383	1,15	1,9827	200	434,30669	98	42562,05608
					Toplam 8,521 MN		Toplam 476,905 MNm

Binanın 50 metrelik cephesine rüzgârın dik etkidiği durum için bina tabanında meydana gelen toplam kesme kuvveti 8,521 MN, taban moment değeri ise 476,905 MN m dir. Değerler çizelge 4.19 da verilmiştir.

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 1: b=70 metre d=50 metre h_1=100 metre



Şekil 4.32 Rüzgârın 70m lik duvara etkidiği durum(AIJ Örnek 1)

Tasarım rüzgâr hızının bulunması (U_H);

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

V_0=40 m/sn (3 sn) = V_0=28,1 m/sn (10 dk.)

$\frac{U_{100}}{U_{50}} = (0{,}36 + 0{,}1 * (ln12 * 100)$ $U_{0(r=50)}$=28,1 m/sn $U_{0(r=100)}$=30,09 m/sn

K_d = Rüzgâr yön katsayısı = 1 alındı.

$E_H = E_r * E_g$ E_r= Arazi parametrelerine bağlı katsayı Eg=topografya katsayısı=1 alındı.

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^a$ z=100 m z_G=350 m α=0,15

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{100}{350}\right)^{0{,}15} = 1{,}4087$ $E_H = E_r * E_g$ E_H= 1,4087*1=1,4087

Dönüş periyodu çevirim katsayısı;

$k_{rw} = 0{,}63(\lambda_U - 1)\ln r - 2.9\ \lambda_U + 3.9$ $\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_0}$

$\frac{U_{500}}{U_{50}} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * T)$ $\frac{U_{500}}{28{,}1} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * 500)$ U_{500}= 34,56 m/sn

$\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_{100}} = \frac{34{,}56}{30{,}039} = 1{,}1505$

$k_{rw} = 0{,}63(1{,}1505-1)\ln 50 - (2.9*1{,}1505 + 3.9)$ k_{rw} =0,934

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

U_H = 30,03*1*1,4087*0,934 U_H =39,511 m/sn

Tasarım rüzgar hız basıncı; $q_H = 1/2 * \rho * U_H^2 = 1/2 * 1{,}22 kg/m^3 * 39{,}511^2$

q_H = 0,952 KN/m^2

$W_D = q_H * C_D * G_D * A(m^2)$

G_D fırtına etkisi faktörünün hesaplanması;

$S_D = \frac{0{,}9}{\left(1+6\left(\frac{f_D * H}{U_H}\right)^2\right)^{0{,}5}\left(1+3\frac{f_D * B}{U_H}\right)}$ f_D=0,46 H=100m B=70 m U_H=39,511m/sn S_D=0,086

$L_z = 100 * \left(\frac{z}{30}\right)^{0{,}5}$ $L_z = 100 * \left(\frac{100}{30}\right)^{0{,}5}$ $L_z = 182{,}57\ m$

$F = \frac{4\frac{f_D L_H}{U_H}}{\left[1+71\left(\frac{f_D L_H}{U_H}\right)^2\right]^{5/6}}$ $F = \frac{4\frac{0{,}46*182{,}57}{39{,}51}}{\left[1+71\left(\frac{0{,}46*182{,}57}{39{,}51}\right)^2\right]^{5/6}}$ F =0,069

R = $\frac{1}{1+20\frac{f_D*B}{U_H}}$ R = $\frac{1}{1+20\frac{0,46*70}{39,51}}$ R =0,057806

$I_{rz} = 0,1 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^{-a-0,05}$ $I_{rz} = 0,1 * \left(\frac{100}{350}\right)^{-0,15-0,05}$ $I_{rz=100m} = 0,1284$

C'_g=2*I_H * $\frac{0,49-0,14a}{\left\{1+\frac{0,63*\left(\sqrt{BH}/L_H\right)^{0,56}}{(H/B)^k}\right\}}$ C'_g=2*0,1284 * $\frac{0,49-0,14*0,15}{\left\{1+\frac{0,63*\left(\sqrt{70*100}/182,57\right)^{0,56}}{(100/70)^{0,07}}\right\}}$ C'_g=0,086

F_D= $\frac{I_H^2*F*S_D(0,57-0,35a+2R\sqrt{0,053-0,042a})}{C_g'^2}$ F_D= 0,007195

R_D = $\frac{\pi*F_D}{4*\delta_D}$ = $\frac{\pi*0,007195}{4*0,01}$ =0,565 δ_D=0,01 (sönüm oranı)

V_D = f_D* $\sqrt{\frac{R_D}{1+R_D}}$ = 0,46* $\sqrt{\frac{0,565}{1+0,565}}$ = 0,276

g_D = $\sqrt{2 * \ln(600_{vD}) + 1,2}$ g_D = $\sqrt{2 * \ln(600 * 0,276) + 1,2}$ g_D =3,380

C_g = $\frac{1}{3+3\alpha} + \frac{1}{6}$ C_g = $\frac{1}{3+3(0,15)} + \frac{1}{6}$ C_g=0,456

$ø_D$=$\frac{1}{2+\beta} * \frac{M}{M_D}\lambda$ $\lambda = 1 - 0,4 * ln * \beta$

β=1; λ=1 ; M=bina kütlesi M_D=Genelleştirilmiş kütle

$ø_D$=$\frac{1}{2+1} * 4 * 1$ =$\frac{4}{3} = 1,33$

G_D= 1+g_D * $\frac{C'_g}{Cg}$ * $\sqrt{1 + \emptyset_D^2 * R_D}$ G_D= 1+3,246 * $\frac{0,086}{0,4565}$ * $\sqrt{1 + 1,33^2 * 0,565}$

G_D =1,9037

Dış basınç katsayılarının hesaplanması;

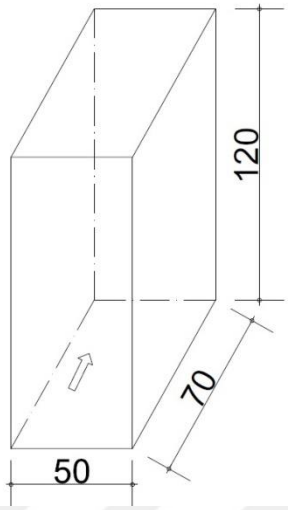
Ön cephe için yönetmelik tarafından önerilen değer 0,8 dir. Arka cephe için önerilen değer D/B =50/70 <1 olduğundan arka cephe için dış basınç katsayısı -0,5 dir. Vektörel olarak aynı yönlerde olduğu için dış basınç katsayısını elde etmek için bu iki değer toplanmalıdır. 0,8+0,5=1,3 dür.

Rüzgârın bina tabanında meydana getirdiği yüklerin hesaplanması;

Çizelge 4.20 Rüzgârın 70 m lik duvar yüzeyine dik geldiği durum için bina tabanında oluşan yük etkileri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	C_D	G_D	A (m2)	W_D	h (m)	Mtaban
4	0,362602	1,3	1,9037	280	251,2636	2	502,5271935
8	0,446415	1,3	1,9037	280	309,34177	6	1856,050641
12	0,504157	1,3	1,9037	280	349,35418	10	3493,541838
16	0,549601	1,3	1,9037	280	380,8444	14	5331,821546
20	0,587653	1,3	1,9037	280	407,21201	18	7329,816101
24	0,62069	1,3	1,9037	280	430,10545	22	9462,319937
28	0,650068	1,3	1,9037	280	450,46285	26	11712,03421
32	0,676638	1,3	1,9037	280	468,87445	30	14066,23352
36	0,700975	1,3	1,9037	280	485,73827	34	16515,10131
40	0,723485	1,3	1,9037	280	501,33679	38	19050,79786
44	0,74447	1,3	1,9037	280	515,87844	42	21666,89448
48	0,76416	1,3	1,9037	280	529,52192	46	24358,0085
52	0,782731	1,3	1,9037	280	542,39113	50	27119,55646
56	0,800328	1,3	1,9037	280	554,58483	54	29947,58063
60	0,817066	1,3	1,9037	280	566,18316	58	32838,62343
64	0,83304	1,3	1,9037	280	577,25216	62	35789,63395
68	0,848329	1,3	1,9037	280	587,84692	66	38797,89686
72	0,863001	1,3	1,9037	280	598,01396	70	41860,97735
76	0,877113	1,3	1,9037	280	607,79294	74	44976,67771
80	0,890715	1,3	1,9037	280	617,21798	78	48143,00267
84	0,903848	1,3	1,9037	280	626,31867	82	51358,13128
88	0,916551	1,3	1,9037	280	635,12086	86	54620,3939
92	0,928855	1,3	1,9037	280	643,64726	90	57928,25317
96	0,940791	1,3	1,9037	280	651,91796	94	61280,2881
100	0,952383	1,3	1,9037	280	659,95082	98	64675,18067
					Toplam 12,948 MN		Toplam 724,681 MNm

4.3.2 50mx70mx120 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması



Şekil 4.33 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durum (AIJ Örnek 2)

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;

Örnek 2- b=50 metre d=70 metre h_2=120 metre

Tasarım rüzgâr hızının bulunması (U_H);

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

V_0=40 m/sn (3 sn) = V_0=28,1 m/sn (10 dk.)

$\frac{U_{100}}{U_{50}} = (0{,}36 + 0{,}1 * (ln 12 * 100)$ $U_{0(r=50)}$=28,1 m/sn $U_{0(r=100)}$=30,09 m/sn

K_d = Rüzgâr yön katsayısı = 1 alındı.

$E_H = E_r * E_g$ E_r= Arazi parametrelerine bağlı katsayı Eg=topografya katsayısı=1 alındı.

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^a$ z=120 m z_G=350 m α=0,15

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{120}{350}\right)^{0,15} = 1{,}4478$ $E_H = E_r * E_g$ E_H= 1,4478*1=1,4478

Dönüş periyodu çevirim katsayısı;

$k_{rw} = 0{,}63(\lambda_U - 1)\ln r - 2.9\ \lambda_U + 3.9$ $\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_0}$

$\frac{U_{500}}{U_{50}} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * T)$ $\frac{U_{500}}{28{,}1} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * 500)$ U_{500}= 34,56 m/sn

$\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_{100}} = \frac{34{,}56}{30{,}039} = 1{,}1505$

k_{rw} = 0,63(1,1505-1)ln 50 –(2.9*1,1505 + 3.9) k_{rw} =0,934

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

U_H = 30,03*1*1,4478*0,934 U_H =40,60 m/sn

Tasarım rüzgar hız basıncı; $q_H = 1/2 * \rho * U_H^2 = 1/2 * 1{,}22 kg/m^3 * 40{,}60^2$

q_H = 1,005 KN/m^2

$W_D = q_H * C_D * G_D * A(m^2)$

G_D fırtına etkisi faktörünün hesaplanması;

$S_D = \frac{0{,}9}{\left(1+6\left(\frac{f_D * H}{U_H}\right)^2\right)^{0{,}5}\left(1+3\frac{f_D * B}{U_H}\right)}$ f_D=0,38 H=120m B=50 m U_H=40,60 m/sn S_D=0,128

$L_z = 100 * \left(\frac{z}{30}\right)^{0{,}5}$ $L_z = 100 * \left(\frac{120}{30}\right)^{0{,}5}$ $L_z = 200{,}0\ m$

$F = \frac{4\frac{f_D L_H}{U_H}}{\left[1+71\left(\frac{f_D L_H}{U_H}\right)^2\right]^{5/6}}$ F =0,075

$R = \frac{1}{1+20\frac{f_D * B}{U_H}}$ R =0,0965

$I_{rz} = 0{,}1 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^{-a-0{,}05}$ $I_{rz} = 0{,}1 * \left(\frac{120}{350}\right)^{-0{,}15-0{,}05}$ $I_{rz=100m} = 0{,}1239$

C_g'=2*I_H * $\frac{0{,}49-0{,}14a}{\left\{1+\frac{0{,}63*\left(\sqrt{BH}/L_H\right)^{0{,}56}}{(H/B)^k}\right\}}$ C_g'=0,086

$F_D = \frac{I_H^2 * F * S_D(0{,}57-0{,}35a+2R\sqrt{0{,}053-0{,}042a})}{C_g'^2}$ F_D= 0,0111

$R_D = \frac{\pi * F_D}{4 * \delta_D} = \frac{\pi * 0{,}0111}{4 * 0{,}01}$ =0,873 δ_D=0,01 (sönüm oranı)

$V_D = f_D * \sqrt{\frac{R_D}{1+R_D}} = 0{,}259$

$g_D = \sqrt{2 * \ln(600_{vD}) + 1{,}2}$ g_D =3,361

$C_g = \frac{1}{3+3\alpha} + \frac{1}{6}$ $C_g = \frac{1}{3+3(0{,}15)} + \frac{1}{6}$ C_g=0,4565

$\emptyset_D = \frac{1}{2+\beta} * \frac{M}{M_D}\lambda$ $\lambda = 1 - 0{,}4 * ln * \beta$

β=1; λ=1 ; M=bina kütlesi M_D=Genelleştirilmiş kütle

$\emptyset_D = \frac{1}{2+1} * 4 * 1 = \frac{4}{3} = 1{,}33$

$G_D = 1+g_D * \frac{c'_g}{cg} * \sqrt{1 + \emptyset_D^2 * R_D}$ G_D= 2,0135

Dış basınç katsayılarının hesaplanması;

Ön cephe için; 0,8 Arka cephe için; -0,35

Çizelge 4.21 Rüzgârın 50m lik duvar yüzeyine dik geldiği durum için bina tabanında oluşan yük etkileri

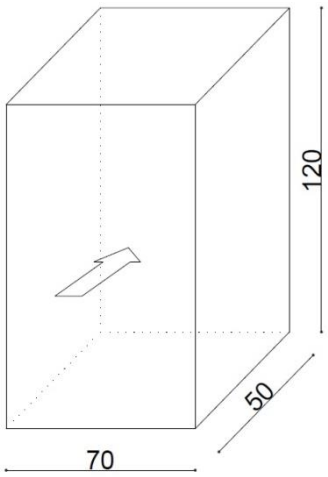
Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	C_D	G_D	A (m2)	W_D	h (m)	Mtaban
4	0,362602	1,15	2,0135	200	167,9226	2	335,845199
8	0,446415	1,15	2,0135	200	206,73697	6	1240,421822
12	0,504157	1,15	2,0135	200	233,47776	10	2334,777638
16	0,549601	1,15	2,0135	200	254,52307	14	3563,322924
20	0,587653	1,15	2,0135	200	272,14487	18	4898,607635
24	0,62069	1,15	2,0135	200	287,44484	22	6323,78658
28	0,650068	1,15	2,0135	200	301,04995	26	7827,298723
32	0,676638	1,15	2,0135	200	313,35465	30	9400,639522
36	0,700975	1,15	2,0135	200	324,62495	34	11037,24845
40	0,723485	1,15	2,0135	200	335,04963	38	12731,88612

Çizelge 4.21 Rüzgârın 50m lik duvar yüzeyine dik geldiği durum için bina tabanında oluşan yük etkileri (devam)

44	0,74447	1,15	2,0135	200	344,768	42	14480,25616
48	0,76416	1,15	2,0135	200	353,88611	46	16278,76127
52	0,782731	1,15	2,0135	200	362,48676	50	18124,33825
56	0,800328	1,15	2,0135	200	370,63597	54	20014,34212
60	0,817066	1,15	2,0135	200	378,38728	58	21946,46213
64	0,83304	1,15	2,0135	200	385,78483	62	23918,65931
68	0,848329	1,15	2,0135	200	392,86544	66	25929,11898
72	0,863001	1,15	2,0135	200	399,6602	70	27976,21393
76	0,877113	1,15	2,0135	200	406,19561	74	30058,47539
80	0,890715	1,15	2,0135	200	412,49449	78	32174,5699
84	0,903848	1,15	2,0135	200	418,57659	82	34323,2805
88	0,916551	1,15	2,0135	200	424,4592	86	36503,49135
92	0,928855	1,15	2,0135	200	430,1575	90	38714,175
96	0,940791	1,15	2,0135	200	435,68491	94	40954,38181
100	0,952383	1,15	2,0135	200	441,05338	98	43223,23091
104	0,963655	1,15	2,0135	200	446,27356	102	45519,90267
108	0,974628	1,15	2,0135	200	451,35502	106	47843,63221
112	0,98532	1,15	2,0135	200	456,3064	110	50193,70377
116	0,995747	1,15	2,0135	200	461,13549	114	52569,44589
120	1,005926	1,15	2,0135	200	465,84938	118	54970,22725
					Toplam 10,934 MN		Toplam 735,410 MNm

Rüzgârın 50 metrelik cepheye dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti 10,934 MN dur. Tabanda meydana gelem moment değeri ise 735,410 MN metredir. Değerler çizelge 4.21 de verilmiştir.

Rüzgârın 70 m lik duvara dik geldiği durum için yapılan çözümler;



Şekil 4.34 Rüzgârın 70m lik duvara etkidiği durum (AIJ Örnek 2)

Örnek 2- b=70 metre d=50 metre h_2=120 metre

Tasarım rüzgâr hızının bulunması (U_H);

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

V_0=40 m/sn (3 sn) = V_0=28,1 m/sn (10 dk.)

$\frac{U_{100}}{U_{50}} = (0{,}36 + 0{,}1 * (ln12 * 100)$ $U_{0(r=50)}$=28,1 m/sn $U_{0(r=100)}$=30,09 m/sn

K_d = Rüzgâr yön katsayısı = 1 alındı.

$E_H = E_r * E_g$ E_r= Arazi parametrelerine bağlı katsayı Eg=topografya katsayısı=1 alındı.

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^a$ z=120 m z_G=350 m α=0,15

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{120}{350}\right)^{0{,}15} = 1{,}4478$ $E_H = E_r * E_g$ E_H= 1,4478*1=1,4478

Dönüş periyodu çevirim katsayısı;

$k_{rw} = 0{,}63(\lambda_U - 1)\ln r - 2.9\ \lambda_U + 3.9$ $\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_0}$

$\frac{U_{500}}{U_{50}} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * T)$ $\frac{U_{500}}{28{,}1} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * 500)$ U_{500}= 34,56 m/sn

$\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_{100}} = \frac{34,56}{30,039} = 1,1505$

k_{rw} = 0,63(1,1505-1)ln 50 –(2.9*1,1505 + 3.9) k_{rw} =0,934

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

U_H = 30,03*1*1,4478*0,934 U_H =40,60 m/sn

Tasarım rüzgar hız basıncı; $q_H = 1/2 * \rho * U_H^2 = 1/2 * 1,22 kg/m^3 * 40,60^2$

q_H = 1,005 KN/m^2

$W_D = q_H * C_D * G_D * A(m^2)$

G_D fırtına etkisi faktörünün hesaplanması;

$S_D = \frac{0,9}{\left(1+6\left(\frac{f_D * H}{U_H}\right)^2\right)^{0,5}\left(1+3\frac{f_D * B}{U_H}\right)}$ f_D=0,38 H=120m B=70 m U_H=40,60 m/sn S_D=0,104

$L_z = 100 * \left(\frac{z}{30}\right)^{0,5}$ $L_z = 100 * \left(\frac{120}{30}\right)^{0,5}$ $L_z = 200,0\ m$

$F = \frac{4\frac{f_D L_H}{U_H}}{\left[1+71\left(\frac{f_D L_H}{U_H}\right)^2\right]^{5/6}}$ F =0,075

$R = \frac{1}{1+20\frac{f_D * B}{U_H}}$ R =0,0709

$I_{rz} = 0,1 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^{-a-0,05}$ $I_{rz} = 0,1 * \left(\frac{120}{350}\right)^{-0,15-0,05}$ $I_{rz=100m} = 0,1239$

$C_g' = 2 * I_H * \frac{0,49-0,14a}{\left\{1+\frac{0,63*\left(\sqrt{BH}/L_H\right)^{0,56}}{(H/B)^k}\right\}}$ C_g'=0,083

$F_D = \frac{I_H^2 * F * S_D(0,57-0,35a+2R\sqrt{0,053-0,042a})}{C_g'^2}$ F_D= 0,009414

$R_D = \frac{\pi * F_D}{4 * \delta_D} = \frac{\pi * 0,009414}{4 * 0,01}$ =0,739 δ_D=0,01 (sönüm oranı)

$V_D = f_D * \sqrt{\frac{R_D}{1+R_D}} = 0,248$

$g_D = \sqrt{2 * \ln(600_{vD}) + 1,2}$ g_D =3,347

$C_g = \frac{1}{3+3\alpha} + \frac{1}{6}$ $C_g = \frac{1}{3+3(0,15)} + \frac{1}{6}$ C_g=0,4565

$ø_D = \frac{1}{2+\beta} * \frac{M}{M_D}\lambda$ $\lambda = 1 - 0,4 * ln * \beta$

β=1; λ=1 ; M=bina kütlesi M_D=Genelleştirilmiş kütle

$ø_D = \frac{1}{2+1} * 4 * 1 = \frac{4}{3} = 1,33$

$G_D = 1+g_D * \frac{C'_g}{C_g} * \sqrt{1 + \emptyset_D^2 * R_D}$ G_D= 1,9311

Dış basınç katsayılarının hesaplanması;

Ön cephe için; 0,8 Arka cephe için; -0,5

Çizelge 4.22 Rüzgârın 70m lik duvar yüzeyine dik etkidiği durum için taban kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	C_D	G_D	A (m2)	W_D	h (m)	Mtaban
4	0,362602	1,3	1,9311	280	254,88004	2	509,7600795
8	0,446415	1,3	1,9311	280	313,79414	6	1882,764822
12	0,504157	1,3	1,9311	280	354,38245	10	3543,82447
16	0,549601	1,3	1,9311	280	386,3259	14	5408,562582
20	0,587653	1,3	1,9311	280	413,07302	18	7435,314321
24	0,62069	1,3	1,9311	280	436,29597	22	9598,511336
28	0,650068	1,3	1,9311	280	456,94638	26	11880,6058
32	0,676638	1,3	1,9311	280	475,62297	30	14268,68916
36	0,700975	1,3	1,9311	280	492,72952	34	16752,80356
40	0,723485	1,3	1,9311	280	508,55254	38	19324,99645
44	0,74447	1,3	1,9311	280	523,30349	42	21978,74661
48	0,76416	1,3	1,9311	280	537,14335	46	24708,59391
52	0,782731	1,3	1,9311	280	550,19778	50	27509,88889

Çizelge 4.22 Rüzgârın 70m lik duvar yüzeyine dik etkidiği durum için taban kesme kuvveti ve moment değerleri (devam)

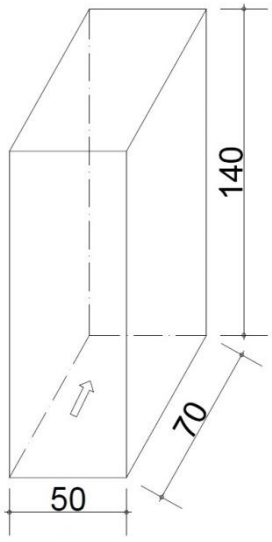
56	0,800328	1,3	1,9311	280	562,56698	54	30378,61688
60	0,817066	1,3	1,9311	280	574,33225	58	33311,27053
64	0,83304	1,3	1,9311	280	585,56056	62	36304,75502
68	0,848329	1,3	1,9311	280	596,30782	66	39356,31593
72	0,863001	1,3	1,9311	280	606,62119	70	42463,48341
76	0,877113	1,3	1,9311	280	616,54092	74	45624,02812
80	0,890715	1,3	1,9311	280	626,10162	78	48835,92607
84	0,903848	1,3	1,9311	280	635,33329	82	52097,3301
88	0,916551	1,3	1,9311	280	644,26217	86	55406,54655
92	0,928855	1,3	1,9311	280	652,91129	90	58762,01591
96	0,940791	1,3	1,9311	280	661,30103	94	62162,29676
100	0,952383	1,3	1,9311	280	669,44951	98	65606,0521
104	0,963655	1,3	1,9311	280	677,37292	102	69092,03787
108	0,974628	1,3	1,9311	280	685,08578	106	72619,09306
112	0,98532	1,3	1,9311	280	692,60119	110	76186,13129
116	0,995747	1,3	1,9311	280	699,93099	114	79792,1334
120	1,005926	1,3	1,9311	280	707,08594	118	83436,14111
					Toplam 16,596 MN		Toplam 1116,237 MNm

Rüzgârın 70 metrelik duvara dik gelmesi durumunda bina tabanında meydana gelen toplam kesme kuvveti 16,596 MN dur. Tabanda meydana gelen toplam moment değeri ise 1116,237 MNm dir. Değerler çizelge 4.22 de gösterilmiştir.

4.3.3 50mx70mx140 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Örnek 3- b=50 metre d=70 metre h_3=140 metre

Rüzgârın 50 metrelik duvara dik gelmesi durumu için yapılan hesaplar;



Şekil 4.35 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durum (AIJ Örnek 3)

Tasarım rüzgâr hızının bulunması (U_H);

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

V_0=40 m/sn (3 sn) = V_0=28,1 m/sn (10 dk.)

$\frac{U_{100}}{U_{50}} = (0{,}36 + 0{,}1 * (ln 12 * 100)$ $U_{0(r=50)}$=28,1 m/sn $U_{0(r=100)}$=30,09 m/sn

K_d = Rüzgâr yön katsayısı = 1 alındı.

$E_H = E_r * E_g$ E_r= Arazi parametrelerine bağlı katsayı Eg=topografya katsayısı=1 alındı.

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^a$ z=140 m z_G=350 m α=0,15

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{140}{350}\right)^{0,15} = 1{,}4816$ $E_H = E_r * E_g$ E_H= 1,4816*1=1,4816

Dönüş periyodu çevirim katsayısı;

$k_{rw} = 0{,}63(\lambda_U - 1)\ln r - 2.9\ \lambda_U + 3.9$ $\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_0}$

$\frac{U_{500}}{U_{50}} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * T)$ $\frac{U_{500}}{28{,}1} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * 500)$ U_{500}= 34,56 m/sn

$\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_{100}} = \frac{34{,}56}{30{,}039} = 1{,}1505$

$k_{rw} = 0{,}63(1{,}1505 - 1)\ln 50 - (2.9 * 1{,}1505 + 3.9)$ k_{rw} =0,934

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

$U_H = 30,03*1*1,4816*0,934$ $U_H = 41,55$ m/sn

Tasarım rüzgar hız basıncı; $q_H = 1/2 * \rho * U_H^2 = 1/2 * 1,22 kg/m^3 * 41,55^2$

$q_H = 1,0535$ KN/m^2

$W_D = q_H * C_D * G_D * A(m^2)$

G_D fırtına etkisi faktörünün hesaplanması;

$S_D = \frac{0,9}{\left(1+6\left(\frac{f_D * H}{U_H}\right)^2\right)^{0,5}\left(1+3\frac{f_D * B}{U_H}\right)}$ f_D=0,33 H=140m B=50 m U_H=41,55m/sn S_D=0,142

$L_z = 100 * \left(\frac{z}{30}\right)^{0,5}$ $L_z = 100 * \left(\frac{140}{30}\right)^{0,5}$ $L_z = 216,02\ m$

$F = \frac{4\frac{f_D L_H}{U_H}}{\left[1+71\left(\frac{f_D L_H}{U_H}\right)^2\right]^{5/6}}$ F =0,080

$R = \frac{1}{1+20\frac{f_D * B}{U_H}}$ R =0,1118

$I_{rz} = 0,1 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^{-a-0,05}$ $I_{rz} = 0,1 * \left(\frac{140}{350}\right)^{-0,15-0,05}$ $I_{rz=100m} = 0,1201$

$C'_g = 2 * I_H * \frac{0,49-0,14a}{\left\{1+\frac{0,63*\left(\sqrt{BH}/L_H\right)^{0,56}}{(H/B)^k}\right\}}$ C'_g=0,084

$F_D = \frac{I_H^2 * F * S_D(0,57-0,35a+2R\sqrt{0,053-0,042a})}{C_g'^2}$ F_D= 0,0131

$R_D = \frac{\pi * F_D}{4 * \delta_D} = \frac{\pi * 0,0131}{4 * 0,01}$ =1,030 δ_D=0,01 (sönüm oranı)

$V_D = f_D * \sqrt{\frac{R_D}{1+R_D}} = 0,235$

$g_D = \sqrt{2 * \ln(600_{vD}) + 1,2}$ g_D =3,331

$C_g = \frac{1}{3+3\alpha} + \frac{1}{6}$ $C_g = \frac{1}{3+3(0,15)} + \frac{1}{6}$ C_g=0,4565

$\text{ø}_D=\frac{1}{2+\beta}*\frac{M}{M_D}\lambda$ $\lambda = 1-0{,}4*ln*\beta$

β=1; λ=1 ; M=bina kütlesi M_D=Genelleştirilmiş kütle

$\text{ø}_D=\frac{1}{2+1}*4*1 =\frac{4}{3}=1{,}33$

G_D= 1+g_D $*\frac{c'_g}{c_g}*\sqrt{1+\emptyset_D^2*R_D}$ G_D= 2,0288

Dış basınç katsayılarının hesaplanması;

Ön cephe için; 0,8 Arka cephe için; -0,35

Çizelge 4.23 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durum için bina tabanıda meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	C_D	G_D	A (m2)	W_D	h (m)	Mtaban
4	0,362602	1,15	2,0288	200	169,19859	2	338,3971889
8	0,446415	1,15	2,0288	200	208,3079	6	1249,847426
12	0,504157	1,15	2,0288	200	235,25189	10	2352,518933
16	0,549601	1,15	2,0288	200	256,45711	14	3590,399577
20	0,587653	1,15	2,0288	200	274,21282	18	4935,830728
24	0,62069	1,15	2,0288	200	289,62905	22	6371,839192
28	0,650068	1,15	2,0288	200	303,33754	26	7886,776086
32	0,676638	1,15	2,0288	200	315,73574	30	9472,072243
36	0,700975	1,15	2,0288	200	327,09168	34	11121,11728
40	0,723485	1,15	2,0288	200	337,59558	38	12828,63201
44	0,74447	1,15	2,0288	200	347,3878	42	14590,28741
48	0,76416	1,15	2,0288	200	356,57519	46	16402,45883
52	0,782731	1,15	2,0288	200	365,2412	50	18262,05982
56	0,800328	1,15	2,0288	200	373,45232	54	20166,42527
60	0,817066	1,15	2,0288	200	381,26253	58	22113,2269
64	0,83304	1,15	2,0288	200	388,71629	62	24100,41024

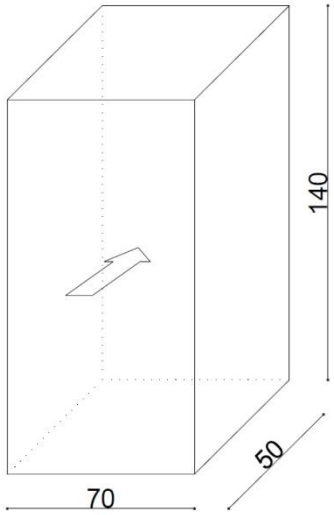
Çizelge 4.23 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durum için bina tabanıda meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri (devam)

68	0,848329	1,15	2,0288	200	395,85071	66	26126,14681
72	0,863001	1,15	2,0288	200	402,6971	70	28188,79703
76	0,877113	1,15	2,0288	200	409,28218	74	30286,88098
80	0,890715	1,15	2,0288	200	415,62891	78	32419,05508
84	0,903848	1,15	2,0288	200	421,75723	82	34584,09311
88	0,916551	1,15	2,0288	200	427,68454	86	36780,87074
92	0,928855	1,15	2,0288	200	433,42614	90	39008,35274
96	0,940791	1,15	2,0288	200	438,99556	94	41265,58223
100	0,952383	1,15	2,0288	200	444,40481	98	43551,67165
104	0,963655	1,15	2,0288	200	449,66466	102	45865,79516
108	0,974628	1,15	2,0288	200	454,78474	106	48207,18204
112	0,98532	1,15	2,0288	200	459,77374	110	50575,1111
116	0,995747	1,15	2,0288	200	464,63952	114	52968,9058
120	1,005926	1,15	2,0288	200	469,38924	118	55387,93
124	1,01587	1,15	2,0288	200	474,02938	122	57831,58427
128	1,025592	1,15	2,0288	200	478,56589	126	60299,30264
132	1,035104	1,15	2,0288	200	483,00423	130	62790,54971
136	1,044416	1,15	2,0288	200	487,34939	134	65304,81815
140	1,053538	1,15	2,0288	200	491,60599	138	67841,62636
					Toplam 13,431 MN		Toplam 1055,066MNm

Rüzgârın 50 metrelik duvara dik geldiği durum içn tabanda meydana gelen kesme kuvveti 13,431 MN dur. Tabanda meydana gelen moment değeri ise 1055,066 MNm dir. Değerler çizelge 4.23 de verilmiştir.

Rüzgârın 70 metrelik duvara dik gelmesi durumu için yapılan hesaplar;

Örnek 3 – b=70 metre d=50 metre h_3=140 metre



Şekil 4.36 Rüzgârın 70m lik duvara dik etkidiği durum (AIJ Örnek 3)

Tasarım rüzgâr hızının bulunması (U_H);

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

V_0=40 m/sn (3 sn) = V_0=28,1 m/sn (10 dk.)

$\frac{U_{100}}{U_{50}} = (0{,}36 + 0{,}1 * (ln12 * 100)$ $U_{0(r=50)}$=28,1 m/sn $U_{0(r=100)}$=30,09 m/sn

K_d = Rüzgâr yön katsayısı = 1 alındı.

$E_H = E_r * E_g$ E_r= Arazi parametrelerine bağlı katsayı Eg=topografya katsayısı=1 alındı.

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^a$ z=140 m z_G=350 m α=0,15

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{140}{350}\right)^{0,15} = 1{,}4816$ $E_H = E_r * E_g$ E_H= 1,4816*1=1,4816

Dönüş periyodu çevirim katsayısı;

$k_{rw} = 0{,}63(\lambda_U - 1)\ln r - 2.9\ \lambda_U + 3.9$ $\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_0}$

$\frac{U_{500}}{U_{50}} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * T)$ $\frac{U_{500}}{28{,}1} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * 500)$ U_{500}= 34,56 m/sn

$\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_{100}} = \frac{34{,}56}{30{,}039} = 1{,}1505$

$k_{rw} = 0{,}63(1{,}1505 - 1)\ln 50 - (2.9 * 1{,}1505 + 3.9)$ k_{rw} =0,934

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

$U_H = 30,03*1*1,4816*0,934$ $U_H = 41,55$ m/sn

Tasarım rüzgar hız basıncı; $q_H = 1/2 * \rho * U_H^2 = 1/2 * 1,22 kg/m^3 * 41,55^2$

$q_H = 1,0535$ KN/m^2

$W_D = q_H * C_D * G_D * A(m^2)$

G_D fırtına etkisi faktörünün hesaplanması;

$S_D = \frac{0,9}{\left(1+6\left(\frac{f_D * H}{U_H}\right)^2\right)^{0,5}\left(1+3\frac{f_D * B}{U_H}\right)}$ f_D=0,33 H=140m B=70 m U_H=41,55m/sn S_D=0,116

$L_z = 100 * \left(\frac{z}{30}\right)^{0,5}$ $L_z = 100 * \left(\frac{140}{30}\right)^{0,5}$ $L_z = 216,02\ m$

$F = \frac{4\frac{f_D L_H}{U_H}}{\left[1+71\left(\frac{f_D L_H}{U_H}\right)^2\right]^{5/6}}$ F =0,080

$R = \frac{1}{1+20\frac{f_D * B}{U_H}}$ R =0,0825

$I_{rz} = 0,1 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^{-a-0,05}$ $I_{rz} = 0,1 * \left(\frac{140}{350}\right)^{-0,15-0,05}$ $I_{rz=100m} = 0,1201$

$C'_g = 2 * I_H * \frac{0,49-0,14a}{\left\{1+\frac{0,63*\left(\sqrt{BH}/L_H\right)^{0,56}}{(H/B)^k}\right\}}$ C'_g=0,081

$F_D = \frac{I_H^2 * F * S_D(0,57-0,35a+2R\sqrt{0,053-0,042a})}{C_g'^2}$ F_D= 0,01122

$R_D = \frac{\pi * F_D}{4 * \delta_D} = \frac{\pi * 0,01122}{4 * 0,01}$ =0,881 δ_D=0,01 (sönüm oranı)

$V_D = f_D * \sqrt{\frac{R_D}{1+R_D}} = 0,226$

$g_D = \sqrt{2 * \ln(600_{vD}) + 1,2}$ g_D =3,319

$C_g = \frac{1}{3+3\alpha} + \frac{1}{6}$ $C_g = \frac{1}{3+3(0,15)} + \frac{1}{6}$ C_g=0,4565

$\text{ø}_D=\frac{1}{2+\beta}*\frac{M}{M_D}\lambda$ $\lambda = 1-0{,}4*ln*\beta$

β=1; λ=1 ; M=bina kütlesi M_D=Genelleştirilmiş kütle

$\text{ø}_D=\frac{1}{2+1}*4*1 =\frac{4}{3}=1{,}33$

G_D= 1+g_D $*\frac{c'_g}{c_g}*\sqrt{1+\emptyset_D^2*R_D}$ G_D= 1,9457

Dış basınç katsayılarının hesaplanması;

Ön cephe için; 0,8 Arka cephe için; -0,5

Çizelge 4.24 Rüzgârın 70m lik duvara dik etkidiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	C_D	G_D	A (m2)	W_D	h (m)	Mtaban
4	0,362602	1,3	1,9457	280	256,80705	2	513,6140991
8	0,446415	1,3	1,9457	280	316,16656	6	1896,999386
12	0,504157	1,3	1,9457	280	357,06174	10	3570,617405
16	0,549601	1,3	1,9457	280	389,2467	14	5449,453791
20	0,587653	1,3	1,9457	280	416,19604	18	7491,528701
24	0,62069	1,3	1,9457	280	439,59457	22	9671,080476
28	0,650068	1,3	1,9457	280	460,4011	26	11970,42862
32	0,676638	1,3	1,9457	280	479,2189	30	14376,56698
36	0,700975	1,3	1,9457	280	496,45478	34	16879,46242
40	0,723485	1,3	1,9457	280	512,39743	38	19471,10227
44	0,74447	1,3	1,9457	280	527,2599	42	22144,916
48	0,76416	1,3	1,9457	280	541,2044	46	24895,40219
52	0,782731	1,3	1,9457	280	554,35752	50	27717,87624
56	0,800328	1,3	1,9457	280	566,82024	54	30608,29313
60	0,817066	1,3	1,9457	280	578,67447	58	33563,11898
64	0,83304	1,3	1,9457	280	589,98767	62	36579,23558
68	0,848329	1,3	1,9457	280	600,81618	66	39653,86769

Çizelge 4.24 Rüzgârın 70m lik duvara dik etkidiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri (devam)

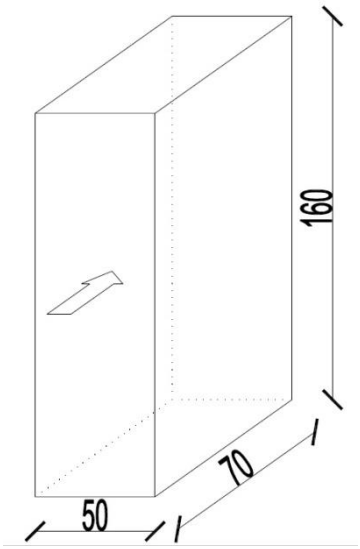
72	0,863001	1,3	1,9457	280	611,20753	70	42784,52678
76	0,877113	1,3	1,9457	280	621,20225	74	45968,96666
80	0,890715	1,3	1,9457	280	630,83523	78	49205,14803
84	0,903848	1,3	1,9457	280	640,1367	82	52491,20977
88	0,916551	1,3	1,9457	280	649,13309	86	55825,4454
92	0,928855	1,3	1,9457	280	657,8476	90	59206,28365
96	0,940791	1,3	1,9457	280	666,30077	94	62632,27218
100	0,952383	1,3	1,9457	280	674,51086	98	66102,06389
104	0,963655	1,3	1,9457	280	682,49417	102	69614,4053
108	0,974628	1,3	1,9457	280	690,26535	106	73168,12665
112	0,98532	1,3	1,9457	280	697,83758	110	76762,13332
116	0,995747	1,3	1,9457	280	705,22279	114	80395,39845
120	1,005926	1,3	1,9457	280	712,43184	118	84066,95653
124	1,01587	1,3	1,9457	280	719,47457	122	87775,89777
128	1,025592	1,3	1,9457	280	726,36002	126	91521,36312
132	1,035104	1,3	1,9457	280	733,09646	130	95302,53999
136	1,044416	1,3	1,9457	280	739,69148	134	99118,65832
140	1,053538	1,3	1,9457	280	746,15208	138	102968,9872
					Toplam 20,386 MN		Toplam 1601,363MNm

Rüzgârın 70 metrelik duvara dik geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti 20,386 MN dur. Tabanda meydana gelen moment değeri ise 1601,363 MN m dir. Değerler çizelge 4.24 de verilmiştir.

4.3.4 50mx70mx160 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Örnek 4- b=50 metre d=70 metre h_4=160 metre

Rüzgârın 50 metrelik duvara dik gelmesi durumu için yapılan çözümler;



Şekil 4.37 Rüzgârın 50m lik duvara dik etkidiği durum (AIJ Örnek 4)

Tasarım rüzgâr hızının bulunması (U_H);

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

V_0=40 m/sn (3 sn) = V_0=28,1 m/sn (10 dk.)

$\frac{U_{100}}{U_{50}} = (0{,}36 + 0{,}1 * (ln 12 * 100)$ $U_{0(r=50)}$=28,1 m/sn $U_{0(r=100)}$=30,09 m/sn

K_d = Rüzgâr yön katsayısı = 1 alındı.

$E_H = E_r * E_g$ E_r= Arazi parametrelerine bağlı katsayı Eg=topografya katsayısı=1 alındı.

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^a$ z=160 m z_G=350 m α=0,15

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{160}{350}\right)^{0,15} = 1{,}511$ $E_H = E_r * E_g$ E_H= 1,511*1=1,511

Dönüş periyodu çevirim katsayısı;

$k_{rw} = 0{,}63(\lambda_U - 1)\ln r - 2.9\ \lambda_U + 3.9$ $\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_0}$

$\frac{U_{500}}{U_{50}} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * T)$ $\frac{U_{500}}{28{,}1} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * 500)$ U_{500}= 34,56 m/sn

$\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_{100}} = \frac{34{,}56}{30{,}039} = 1{,}1505$

k_{rw} = 0,63(1,1505-1)ln 50 –(2.9*1,1505 + 3.9) k_{rw} =0,934

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

U_H = 30,03*1*1,511*0,934 U_H =42,40 m/sn

Tasarım rüzgar hız basıncı; $q_H = 1/2 * \rho * U_H^2 = 1/2 * 1{,}22 kg/m^3 * 42{,}40^2$

q_H = 1,0965 KN/m^2

$W_D = q_H * C_D * G_D * A(m^2)$

G_D fırtına etkisi faktörünün hesaplanması;

$S_D = \frac{0,9}{\left(1+6\left(\frac{f_D * H}{U_H}\right)^2\right)^{0,5}\left(1+3\frac{f_D * B}{U_H}\right)}$ f_D=0,29 H=160m B=50 m U_H=42,40 m/sn S_D=0,155

$L_z = 100 * \left(\frac{z}{30}\right)^{0,5}$ $L_z = 100 * \left(\frac{160}{30}\right)^{0,5}$ $L_z = 230{,}94\ m$

$F = \frac{4\frac{f_D L_H}{U_H}}{\left[1+71\left(\frac{f_D L_H}{U_H}\right)^2\right]^{5/6}}$ F =0,084

$R = \frac{1}{1+20\frac{f_D * B}{U_H}}$ R =0,1275

$I_{rz} = 0{,}1 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^{-a-0,05}$ $I_{rz} = 0{,}1 * \left(\frac{160}{350}\right)^{-0,15-0,05}$ $I_{rz=100m} = 0{,}1169$

$C'_g = 2 * I_H * \frac{0,49-0,14a}{\left\{1+\frac{0,63*\left(\sqrt{BH}/L_H\right)^{0,56}}{(H/B)^k}\right\}}$ C'_g=0,082

$F_D = \frac{I_H^2 * F * S_D(0,57-0,35a+2R\sqrt{0,053-0,042a})}{C_g'^2}$ F_D= 0,0152

$R_D = \frac{\pi * F_D}{4 * \delta_D} = \frac{\pi * 0,0152}{4 * 0,01}$ =1,201 δ_D=0,01 (sönüm oranı)

$V_D = f_D * \sqrt{\frac{R_D}{1+R_D}} = 0{,}214$

$g_D = \sqrt{2 * \ln(600_{vD}) + 1,2}$ g_D =3,303

$C_g = \frac{1}{3+3\alpha} + \frac{1}{6}$ $C_g = \frac{1}{3+3(0,15)} + \frac{1}{6}$ C_g=0,4565

$\emptyset_D = \frac{1}{2+\beta} * \frac{M}{M_D} \lambda$ $\lambda = 1 - 0,4 * ln * \beta$

β=1; λ=1 ; M=bina kütlesi M_D=Genelleştirilmiş kütle

$\emptyset_D = \frac{1}{2+1} * 4 * 1 = \frac{4}{3} = 1,33$

$G_D = 1+g_D * \frac{C'_g}{Cg} * \sqrt{1 + \emptyset_D^2 * R_D}$ G_D= 2,0479

Dış basınç katsayılarının hesaplanması;

Ön cephe için; 0,8 Arka cephe için; -0,35

Çizelge 4.25 Rüzgârın 50m lik duvara dik etkidiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	C_D	G_D	A (m2)	W_D	h (m)	Mtaban
4	0,362602	1,15	2,0479	200	170,7915	2	341,5830062
8	0,446415	1,15	2,0479	200	210,269	6	1261,614029
12	0,504157	1,15	2,0479	200	237,46666	10	2374,666563
16	0,549601	1,15	2,0479	200	258,87151	14	3624,20115
20	0,587653	1,15	2,0479	200	276,79438	18	4982,298771
24	0,62069	1,15	2,0479	200	292,35575	22	6431,82644
28	0,650068	1,15	2,0479	200	306,19329	26	7961,025604
32	0,676638	1,15	2,0479	200	318,70821	30	9561,246425
36	0,700975	1,15	2,0479	200	330,17107	34	11225,81629
40	0,723485	1,15	2,0479	200	340,77385	38	12949,4063
44	0,74447	1,15	2,0479	200	350,65825	42	14727,64668
48	0,76416	1,15	2,0479	200	359,93214	46	16556,87867
52	0,782731	1,15	2,0479	200	368,67973	50	18433,98674
56	0,800328	1,15	2,0479	200	376,96816	54	20356,28072

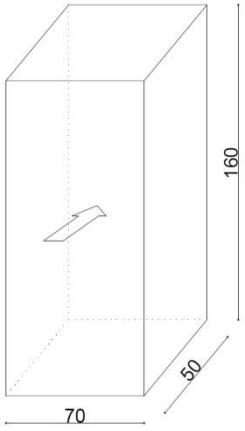
Çizelge 4.25 Rüzgârın 50m lik duvara dik etkidiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri (devam)

60	0,817066	1,15	2,0479	200	384,8519	58	22321,41038
64	0,83304	1,15	2,0479	200	392,37584	62	24327,30192
68	0,848329	1,15	2,0479	200	399,57742	66	26372,10964
72	0,863001	1,15	2,0479	200	406,48826	70	28454,17854
76	0,877113	1,15	2,0479	200	413,13533	74	30572,01477
80	0,890715	1,15	2,0479	200	419,54182	78	32724,26208
84	0,903848	1,15	2,0479	200	425,72784	82	34909,68271
88	0,916551	1,15	2,0479	200	431,71095	86	37127,14176
92	0,928855	1,15	2,0479	200	437,5066	90	39375,59423
96	0,940791	1,15	2,0479	200	443,12845	94	41654,07425
100	0,952383	1,15	2,0479	200	448,58863	98	43961,68591
104	0,963655	1,15	2,0479	200	453,898	102	46297,59557
108	0,974628	1,15	2,0479	200	459,06628	106	48661,02528
112	0,98532	1,15	2,0479	200	464,10225	110	51051,24706
116	0,995747	1,15	2,0479	200	469,01384	114	53467,57797
120	1,005926	1,15	2,0479	200	473,80827	118	55909,37591
124	1,01587	1,15	2,0479	200	478,4921	122	58376,0358
128	1,025592	1,15	2,0479	200	483,07132	126	60866,98633
132	1,035104	1,15	2,0479	200	487,55144	130	63381,68709
136	1,044416	1,15	2,0479	200	491,93751	134	65919,62593
140	1,053538	1,15	2,0479	200	496,23418	138	68480,31675
144	1,062479	1,15	2,0479	200	500,44576	142	71063,29741
148	1,071248	1,15	2,0479	200	504,57622	146	73668,12795
152	1,079853	1,15	2,0479	200	508,62926	150	76294,3889
156	1,088301	1,15	2,0479	200	512,60831	154	78941,67983
160	1,096599	1,15	2,0479	200	516,51657	158	81609,61802
					Toplam 16,101 MN		Toplam 1446,576MNm

Rüzgârın 50 metrelik duvara dik geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti 16,101 MN dur. Tabanda meydana gelen moment değeri ise 1446,576 MN m dir. Değerler çizelge 4.25 de verilmiştir.

Örnek 4- b=70 metre d=50 metre h_4=160 metre

Rüzgârın 70 metrelik duvara dik gelmesi durumu için yapılan çözümler;



Şekil 4.38 Rüzgârın 70m lik duvara dik gelmesi durumu (AIJ Örnek 4)

Tasarım rüzgâr hızının bulunması (U_H);

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

V_0=40 m/sn (3 sn) = V_0=28,1 m/sn (10 dk.)

$\frac{U_{100}}{U_{50}} = (0{,}36 + 0{,}1 * (ln12 * 100)$ $U_{0(r=50)}$=28,1 m/sn $U_{0(r=100)}$=30,09 m/sn

K_d = Rüzgâr yön katsayısı = 1 alındı.

$E_H = E_r * E_g$ E_r= Arazi parametrelerine bağlı katsayı Eg=topografya katsayısı=1 alındı.

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^a$ z=160 m z_G=350 m α=0,15 (Bölüm 4-Çizelge 4.2)

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{160}{350}\right)^{0,15} = 1{,}511$ $E_H = E_r * E_g$ E_H= 1,511*1=1,511

Dönüş periyodu çevirim katsayısı;

$k_{rw} = 0{,}63(\lambda_U - 1)\ln r - 2.9\ \lambda_U + 3.9$ $\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_0}$

$\frac{U_{500}}{U_{50}} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * T)$ $\frac{U_{500}}{28{,}1} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * 500)$ U_{500}= 34,56 m/sn

$\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_{100}} = \frac{34{,}56}{30{,}039} = 1{,}1505$

k_{rw} = 0,63(1,1505-1)ln 50 –(2.9*1,1505 + 3.9) k_{rw} =0,934

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

U_H = 30,03*1*1,511*0,934 U_H =42,40 m/sn

Tasarım rüzgar hız basıncı; $q_H = 1/2 * \rho * U_H^2 = 1/2 * 1{,}22 kg/m^3 * 42{,}40^2$

q_H = 1,0965 KN/m^2

$W_D = q_H * C_D * G_D * A(m^2)$

G_D fırtına etkisi faktörünün hesaplanması;

$S_D = \frac{0{,}9}{\left(1+6\left(\frac{f_D * H}{U_H}\right)^2\right)^{0{,}5}\left(1+3\frac{f_D * B}{U_H}\right)}$ f_D=0,29 H=160m B=70 m U_H=42,40 m/sn S_D=0,129

$L_z = 100 * \left(\frac{z}{30}\right)^{0{,}5}$ $L_z = 100 * \left(\frac{160}{30}\right)^{0{,}5}$ $L_z = 230{,}94\ m$

$F = \frac{4\frac{f_D L_H}{U_H}}{\left[1+71\left(\frac{f_D L_H}{U_H}\right)^2\right]^{5/6}}$ F =0,084

$R = \frac{1}{1+20\frac{f_D * B}{U_H}}$ R =0,9455

$I_{rz} = 0{,}1 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^{-a-0{,}05}$ $I_{rz} = 0{,}1 * \left(\frac{160}{350}\right)^{-0{,}15-0{,}05}$ $I_{rz=100m} = 0{,}1169$

C_g'=2*I_H * $\frac{0{,}49-0{,}14a}{\left\{1+\frac{0{,}63*\left(\sqrt{BH}/L_H\right)^{0{,}56}}{(H/B)^k}\right\}}$ C_g'=0,079

$F_D = \frac{I_H^2 * F * S_D(0{,}57-0{,}35a+2R\sqrt{0{,}053-0{,}042a})}{C_g'^2}$ F_D= 0,0132

$R_D = \frac{\pi * F_D}{4 * \delta_D} = \frac{\pi * 0{,}0132}{4 * 0{,}01}$ =1,037 δ_D=0,01 (sönüm oranı)

$V_D = f_D * \sqrt{\frac{R_D}{1+R_D}} = 0{,}207$

$g_D = \sqrt{2 * \ln(600_{vD}) + 1{,}2}$ g_D =3,293

$C_g = \frac{1}{3+3\alpha} + \frac{1}{6}$ $C_g = \frac{1}{3+3(0{,}15)} + \frac{1}{6}$ C_g=0,4565

$ø_D = \frac{1}{2+\beta} * \frac{M}{M_D}\lambda$ $\lambda = 1 - 0{,}4 * ln * \beta$

β=1; λ=1 ; M=bina kütlesi M_D=Genelleştirilmiş kütle [4]

$ø_D = \frac{1}{2+1} * 4 * 1 = \frac{4}{3} = 1{,}33$

$G_D = 1+g_D * \frac{c'_g}{cg} * \sqrt{1 + ø_D^2 * R_D}$ G_D= 1,9641

Dış basınç katsayılarının hesaplanması;

Ön cephe için; 0,8 Arka cephe için; -0,5

Çizelge 4.26 Rüzgârın 70m lik duvara dik etkidiği durum için bina tabanıda meydana gelen toplam kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	C_D	G_D	A (m2)	W_D	h (m)	M taban
4	0,362602	1,3	1,9641	280	259,23561	2	518,4712196
8	0,446415	1,3	1,9641	280	319,15647	6	1914,938837
12	0,504157	1,3	1,9641	280	360,43838	10	3604,383844
16	0,549601	1,3	1,9641	280	392,92771	14	5500,987918
20	0,587653	1,3	1,9641	280	420,1319	18	7562,37422
24	0,62069	1,3	1,9641	280	443,7517	22	9762,537474
28	0,650068	1,3	1,9641	280	464,755	26	12083,62998
32	0,676638	1,3	1,9641	280	483,75075	30	14512,52259
36	0,700975	1,3	1,9641	280	501,14963	34	17039,08729
40	0,723485	1,3	1,9641	280	517,24304	38	19655,23563
44	0,74447	1,3	1,9641	280	532,24607	42	22354,33495

Çizelge 4.26 Rüzgârın 70m lik duvara dik etkidiği durum için bina tabanıda meydana gelen toplam kesme kuvveti ve moment değerleri (devam)

48	0,76416	1,3	1,9641	280	546,32243	46	25130,8318
52	0,782731	1,3	1,9641	280	559,59995	50	27979,99729
56	0,800328	1,3	1,9641	280	572,18052	54	30897,74813
60	0,817066	1,3	1,9641	280	584,14685	58	33880,51704
64	0,83304	1,3	1,9641	280	595,56704	62	36925,1563
68	0,848329	1,3	1,9641	280	606,49795	66	40028,86444
72	0,863001	1,3	1,9641	280	616,98756	70	43189,12939
76	0,877113	1,3	1,9641	280	627,07681	74	46403,68372
80	0,890715	1,3	1,9641	280	636,80088	78	49670,46885
84	0,903848	1,3	1,9641	280	646,19032	82	52987,60605
88	0,916551	1,3	1,9641	280	655,27178	86	56353,37273
92	0,928855	1,3	1,9641	280	664,0687	90	59766,18272
96	0,940791	1,3	1,9641	280	672,60181	94	63224,56997
100	0,952383	1,3	1,9641	280	680,88954	98	66727,17463
104	0,963655	1,3	1,9641	280	688,94835	102	70272,73138
108	0,974628	1,3	1,9641	280	696,79301	106	73860,05939
112	0,98532	1,3	1,9641	280	704,43685	110	77488,05368
116	0,995747	1,3	1,9641	280	711,89191	114	81155,6777
120	1,005926	1,3	1,9641	280	719,16913	118	84861,95679
124	1,01587	1,3	1,9641	280	726,27846	122	88605,97256
128	1,025592	1,3	1,9641	280	733,22903	126	92386,85784
132	1,035104	1,3	1,9641	280	740,02917	130	96203,79236
136	1,044416	1,3	1,9641	280	746,68656	134	100055,9988
140	1,053538	1,3	1,9641	280	753,20826	138	103942,7392
144	1,062479	1,3	1,9641	280	759,60079	142	107863,3123
148	1,071248	1,3	1,9641	280	765,87021	146	111817,0502
152	1,079853	1,3	1,9641	280	772,02211	150	115803,3162
156	1,088301	1,3	1,9641	280	778,0617	154	119821,5025
160	1,096599	1,3	1,9641	280	783,99385	158	123871,0282
					Toplam 24,439 MN		Toplam 2195,836MNm

Rüzgârın 70 metrelik duvara dik geldiği durum için tabanda meydana gelen kesme kuvveti 24,439 MN dur. Tabanda meydana gelen moment değeri ise 2195,836 MN m dir. Değerler çizelge 4.26 da verilmiştir.

Çizelge 4.27 Dört örnek için tabanda meydana gelen yükler ve değişim oranları

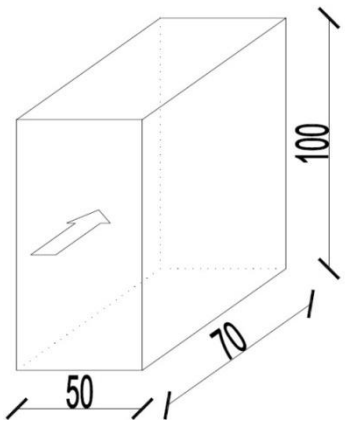
		AIJ	
	b(m)*d(m)*h(m)	F taban (MN)	M taban (MNm)
Rüzgarın 50 m lik cepheye dik etkidiği durum	50*70*100	8,521	476,905
	Artış Oranı (%)	28,32%	54,20%
	50*70*120	10,934	735,41
	Artış Oranı (%)	22,84%	43,47%
	50*70*140	13,431	1055,066
	Artış Oranı (%)	19,88%	37,11%
	50*70*160	16,101	1446,576
Rüzgarın 70 m lik cepheye dik etkidiği durum	70*50*100	12,948	724,681
	Artış Oranı (%)	28,17%	54,03%
	70*50*120	16,596	1116,237
	Artış Oranı (%)	22,84%	43,46%
	70*50*140	20,386	1601,363
	Artış Oranı (%)	19,88%	37,12%
	70*50*160	24,439	2195,836

Yukarıda verilen çizelge 4.27 de AIJ yönetmeliğine göre yapılan örneklere ait taban kesme ve taban moment değerleri verilmiştir. Yük değerleri incelendiğinde bina yüksekliği arttıkça yük etkilerindeki değişim de artmakta, artış oranında azalan yönlü bir artış olduğu görülmektedir.

4.4 AS/NZS ye Göre Yüksek Bina Örnek Çözümleri

4.4.1 50mx70mx100m boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;



Şekil 4.39 Rüzgârın 50m lik duvara dik geldiği durum(Örnek 1 AS/NZS)

Tasarım rüzgâr hızının belirlenmesi;

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$

V_R; basit rüzgâr hızı V_R=40m/sn

M_d=rüzgar yön çarpanı =1

$M_{z,cat}$= II. tip arazi kategorisi ve h=100 metre için $M_{z,cat}$=1,24

M_s =Engelleme çarpanı =1

M_t = topografya çarpanı =1

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$ $V_{des,\Theta} = 40 * 1 * 1,24 * 1 * 1)$ $V_{des,\Theta}$ =49,60 m/sn

Rüzgâr hızı basıncı; $q_{z=100\ m}$=1/2*1,22kg/m^3*49,60^2 m/s $q_{z=100\ m}$ = 1,50 KN/m^2

I_h=0,131 (Tablodan h=100 m için II. arazi kategorisi)

Rüzgâr kaynaklı binaya etkiyen basıncın hesaplanması;

$\rho = (0,5 * \rho_{air}) [V_{des,\Theta}]^2 * C_{fig} * C_{dyn}$

C_{fig}=Aerodinamik Şekil Faktörü

C_{dyn}=Dinamik etki faktörü

Aerodinamik Şekil Faktörünün Hesaplanması;

Binanın ön yüzüne etkiyen rüzgâr yükünün bulunması için 3. Bölümde verilen dikdörtgen kesitli binaların ön yüzüne etkiyen dış basınç katsayısı tablosundan h>25 m için dış basınç katsayısı 0,8 olarak seçilir. Binaya etkiyen yükleri hesaplarken hız basınçları için yükseklik ile değişen değerleri kullanacağımızdan bu değer 0,8 olarak seçilmiştir.

Binanın arka yüzüne etkiyen dış basınç katsayısının bulmak için ise 3. bölüm den faydalanılmıştır. Bu katsayı d/b oranına göre seçilen bir değerdir. Çatı eğimi derecesinin 10 dan küçük olduğu durum ve d/b =70/50 =1,4 olduğundan arka yüz için dış basınç katsayısı -0,42 olarak seçilmiştir. Bu değerlerin yönleri farklı olsa da vektörel olarak yönleri aynıdır ve aerodinamik şekil faktörü bu değerlerin toplanması ile elde edilir.

C_{fig}=0,8+0,42 =1,22 olarak bulunur.

Dinamik etki faktörünün hesaplanması C_{dyn};

$$C_{dyn}=\frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2*B_S+\frac{H_S*g_R^2*S*E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v*I_H)}$$

Türbülans uzunluğu; $L_h= 85*\left(\frac{h}{10}\right)^{0,25}$ $L_h= 85*\left(\frac{100}{10}\right)^{0,25}$ =151,15 m

$B_s=\frac{1}{1+\frac{\sqrt{\left(0.26(h-s)^2+0.46b_{sh}^2\right)}}{L_h}}$ h=100 m b=50 m L_h = 151,15 m B_s =0,7116

$S=\frac{1}{\left[1+\frac{3,5n_ah(1+g_vI_h)}{V_{des,\theta e}}\right]*\left[1+\frac{4n_ab_{0h}(1+g_vI_h)}{V_{des,\theta}}\right]}$ n_a=0,46 Hz gv=3,7(önerilen değer) I_h=0,131

V_{des}=49,6 m/sn S=0,046

$E_t=\frac{\pi*N}{(1+70,8N^2)^{5/6}}$ $N= n_a*L_h*[1+(g_v*I_h)] / V_{des,\Theta}$ N=2,0813 Et=0,0554

$g_R=\sqrt{2log_e(600n_a)}$ n_a=0,46 Hz g_R=3,353 H_s=1

$$C_{dyn}=\frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2*B_S+\frac{H_S*g_R^2*S*E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v*I_H)}$$ C_{dyn}=0,9799

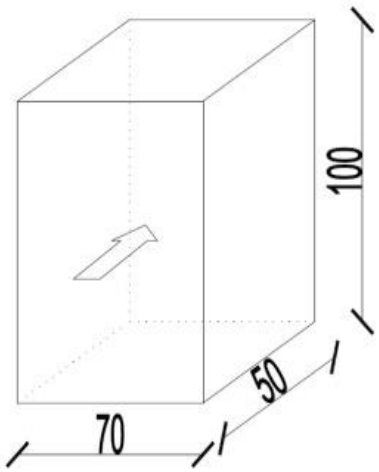
Binaya etkiyen rüzgâr yüklerinin belirlenmesi;

Çizelge 4.28 Rüzgârın 50 m lik duvara dik gelmesi durumu için taban kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	Pa(KN/m2)	A(m^2)	V taban	h(m)	M taban
4	0,9653285	200	193,0656984	2	386,1313969
8	1,0832942	200	216,658835	6	1299,95301
12	1,2128098	200	242,5619522	10	2425,619522
16	1,2999306	200	259,9861257	14	3639,80576
20	1,3596898	200	271,9379672	18	4894,88341
24	1,4002754	200	280,0550731	22	6161,211607
28	1,4414577	200	288,2915481	26	7495,580251
32	1,483237	200	296,6473924	30	8899,421771
36	1,525613	200	305,1226058	34	10374,1686
40	1,5685859	200	313,7171885	38	11921,25316
44	1,5902962	200	318,0592433	42	13358,48822
48	1,6121557	200	322,4311404	46	14831,83246
52	1,6319568	200	326,3913629	50	16319,56815
56	1,6496593	200	329,9318535	54	17816,32009
60	1,6674572	200	333,4914432	58	19342,5037
64	1,6853507	200	337,0701319	62	20898,34818
68	1,7033396	200	340,6679197	66	22484,0827
72	1,721424	200	344,2848066	70	24099,93646
76	1,7373262	200	347,4652498	74	25712,42848
80	1,7464461	200	349,2892112	78	27244,55847
84	1,7555897	200	351,1179474	82	28791,67169
88	1,7647573	200	352,9514584	86	30353,82542
92	1,7739487	200	354,7897441	90	31931,07697
96	1,783164	200	356,6328046	94	33523,48363
100	1,7924032	200	358,4806399	98	35131,10271
Toplam			7,791 MN	Toplam	419,337 MNm

Rüzgârın 50 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında 7,791 MN kesme kuvveti, tabanda oluşan moment ise 419,337 MNm dir. Hesaplanan değerler çizelge 4.28 de gösterilmiştir.

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;



Şekil 4.40 Rüzgârın 70m lik duvara dik gelmesi durumu(Örnek 1 AS/NZS)

Tasarım rüzgâr hızının belirlenmesi;

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$

V_R; basit rüzgâr hızı V_R=40m/sn

M_d=rüzgar yön çarpanı =1

$M_{z,cat}$= II. tip arazi kategorisi ve h=100 metre için $M_{z,cat}$=1,24

M_s =Engelleme çarpanı =1

M_t = topografya çarpanı =1

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$ $V_{des,\Theta} = 40 * 1 * 1,24 * 1 * 1)$ $V_{des,\Theta}$ =49,60 m/sn

Rüzgâr hızı basıncı; $q_{z=100\ m}$=1/2*1,22kg/m^3*49,60^2 m/s $q_{z=100\ m}$ = 1,50 KN/m^2

I_h=0,131 (Tablodan h=100 m için II. arazi kategorisi)

Rüzgâr kaynaklı binaya etkiyen basıncın hesaplanması;

$\rho = (0{,}5 * \rho_{air}) [V_{des,\Theta}]^2 * C_{fig} * C_{dyn}$

C_{fig}=Aerodinamik Şekil Faktörü

C_{dyn}=Dinamik etki faktörü

Aerodinamik Şekil Faktörünün Hesaplanması;

Binanın ön yüzüne etkiyen rüzgâr yükünün bulunması için 3. Bölümde verilen dikdörtgen kesitli binaların ön yüzüne etkiyen dış basınç katsayısı tablosundan h>25 m için dış basınç katsayısı 0,8 olarak seçilir. Binanın arka yüzüne etkiyen dış basınç katsayısının bulmak için ise 3. bölüm den faydalanılmıştır. Bu katsayı d/b oranına göre seçilen bir değerdir. Çatı eğimi derecesinin 10 dan küçük olduğu durum ve d/b =50/70 =0,714 olduğundan arka yüz için dış basınç katsayısı -0,5 olarak seçilmiştir. Bu değerlerin yönleri farklı olsa da vektörel olarak yönleri aynıdır ve aerodinamik şekil faktörü bu değerlerin toplanması ile elde edilir.

C_{fig}=0,8+0,5 =1,3 olarak bulunur.

Dinamik etki faktörünün hesaplanması C_{dyn};

$$C_{dyn}= \frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2 * B_S + \frac{H_S * g_R^2 * S * E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v * I_H)}$$

Türbülans uzunluğu; $L_h= 85*\left(\frac{h}{10}\right)^{0,25}$ $L_h= 85*\left(\frac{100}{10}\right)^{0,25}$=151,15 m

$B_s = \frac{1}{1+\frac{\sqrt{\left(0.26(h-s)^2+0.46b_{sh}^2\right)}}{L_h}}$ h=100 m b=70 m L_h = 151,15 m B_s =0,6845

$S = \frac{1}{\left[1+\frac{3,5n_a h(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta e}}\right]*\left[1+\frac{4n_a b_{0h}(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta}}\right]}$ n_a=0,46 Hz g_v=3,7(önerilen değer) I_h=0,131

h=100 m b_o=70 m V_{des}=49,6 m/sn S=0,035

$E_t = \frac{\pi * N}{(1+70,8N^2)^{5/6}}$ $N= n_a * L_h * [1+(g_v * I_h)] / V_{des,\Theta}$ N=2,0812 Et=0,0554

$g_R=\sqrt{2log_e(600n_a)}$ n_a=0,46 Hz g_R=3,353 H_s= 1

$$C_{dyn}=\frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2*B_S+\frac{H_S*g_R^2*S*E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v*I_H)}$$ C_{dyn}=0,9604

Binaya etkiyen rüzgâr yüklerinin belirlenmesi;

Çizelge 4.29 Rüzgârın 70 m lik cepheye dik geldiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri

Bina yük(m)	Pa(KN/m2)	A(m^2)	V taban	h(m)	M taban
4	1,0090858	280	282,5440313	2	565,0880626
8	1,1323988	280	317,0716557	6	1902,429934
12	1,2677852	280	354,9798456	10	3549,798456
16	1,3588551	280	380,4794359	14	5326,712103
20	1,4213232	280	397,9704844	18	7163,468719
24	1,4637484	280	409,8495485	22	9016,690067
28	1,5067975	280	421,9033047	26	10969,48592
32	1,5504705	280	434,1317531	30	13023,95259
36	1,5947675	280	446,5348936	34	15182,18638
40	1,6396883	280	459,1127262	38	17446,28359
44	1,6623827	280	465,467152	42	19549,62038
48	1,685233	280	471,8652509	46	21705,80154
52	1,7059317	280	477,6608803	50	23883,04401
56	1,7244366	280	482,8422486	54	26073,48142
60	1,7430413	280	488,0515676	58	28306,99092
64	1,7617458	280	493,2888373	62	30583,90791
68	1,7805502	280	498,5540578	66	32904,56781
72	1,7994544	280	503,847229	70	35269,30603
76	1,8160774	280	508,5016821	74	37629,12448
80	1,8256106	280	511,1709777	78	39871,33626
84	1,8351688	280	513,847261	82	42135,4754
88	1,8447519	280	516,5305319	86	44421,62575
92	1,85436	280	519,2207906	90	46729,87115

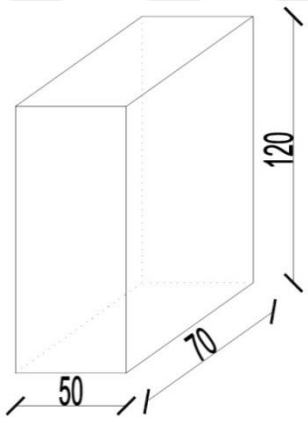
Çizelge 4.29 Rüzgârın 70 m lik cepheye dik geldiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri (devam)

96	1,863993	280	521,9180369	94	49060,29547
100	1,873651	280	524,6222709	98	51412,98255
Toplam			11,401 MN	Toplam	613,683 MNm

Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti 11,401 MN ve bina tabanında meydana gelen moment değeri 613,683 MN m dir. Değerler çizelge 4.29 da verilmiştir.

4.4.2 50mx70mx120 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;



Şekil 4.41 Rüzgârın 50 m lik cepheye dik geldiği durum(Örnek 2 AS/NZS)

Tasarım rüzgâr hızının belirlenmesi;

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$

V_R; basit rüzgâr hızı V_R=40m/sn

M_d=rüzgâr yön çarpanı =1

$M_{z,cat}$= II. tip arazi kategorisi ve h=120 metre için $M_{z,cat}$=1,252

M_s =Engelleme çarpanı =1

M_t = topografya çarpanı =1

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$ $V_{des,\Theta} = 40 * 1 * 1,252 * 1 * 1)$ $V_{des,\Theta} = 50,08$ m/sn

Rüzgâr hızı basıncı; $q_{z=100\ m} = 1/2 * 1,22 kg/m^3 * 50,08^2$ m/s $q_{z=100\ m} = 1,529$ KN/m^2

I_h=0,1254 (Tablodan h=120 m için II. arazi kategorisi)

Rüzgâr kaynaklı binaya etkiyen basıncın hesaplanması;

$\rho = (0,5 * \rho_{air}) [V_{des,\Theta}]^2 * C_{fig} * C_{dyn}$

C_{fig}=Aerodinamik Şekil Faktörü

C_{dyn}=Dinamik etki faktörü

Aerodinamik Şekil Faktörünün Hesaplanması;

Ön cephe dış basınç katsayısı 0,8 bulunur. Arka cephe dış basınç katsayısı -0,42 bulunur.

C_{fig}=0,8+0,42 =1,22 olarak bulunur.

Dinamik etki faktörünün hesaplanması C_{dyn};

$$C_{dyn} = \frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2 * B_S + \frac{H_S * g_R^2 * S * E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v * I_H)}$$

Türbülans uzunluğu; $L_h = 85 * \left(\frac{h}{10}\right)^{0,25}$ $L_h = 85 * \left(\frac{120}{10}\right)^{0,25} = 158,20$ m

$B_s = \frac{1}{1+\frac{\sqrt{\left(0.26(h-s)^2+0.46b_{sh}^2\right)}}{L_h}}$ h=120 m b=50 m L_h = 158,20 m B_s =0,6934

$S = \frac{1}{\left[1+\frac{3,5n_a h(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta e}}\right] * \left[1+\frac{4n_a b_{0h}(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta}}\right]}$ n_a=0,38Hz gv=3,7(önerilendeğer) I_h=0,1254 b_{oh}=50m

V_{des}=50,08 m/sn S=0,055

$E_t = \frac{\pi * N}{(1+70,8N^2)^{5/6}}$ $N = n_a * L_h * [1+(g_v * I_h)] / V_{des,\Theta}$ N=1,7574 Et=0,0619

$g_R = \sqrt{2log_e(600n_a)}$ n_a=0,38 Hz g_R=3,295 H_s=1

$$C_{dyn} = \frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2 * B_S + \frac{H_S * g_R^2 * S * E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v * I_H)}$$ C_{dyn}=0,9909

Bina tabanında meydana gelen taban kesme ve moment değerlerinin hesaplanması;

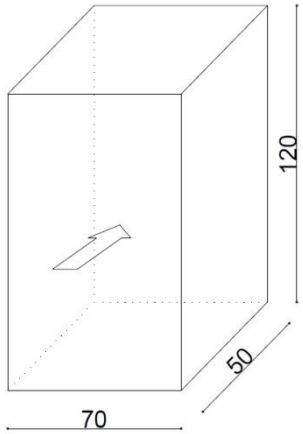
Çizelge 4.30 Rüzgârın 50 m lik cepheye dik geldiği durum için oluşan yük değerleri

Bina yük(m)	Pa(KN/m2)	A(m^2)	V taban	h(m)	M taban
4	0,9770623	200	195,4124623	2	390,8249246
8	1,0964619	200	219,2923796	6	1315,754278
12	1,2275518	200	245,5103559	10	2455,103559
16	1,3157316	200	263,1463248	14	3684,048547
20	1,3762172	200	275,243444	18	4954,381993
24	1,4172961	200	283,4592154	22	6236,102739
28	1,458979	200	291,795807	26	7586,690981
32	1,5012661	200	300,2532187	30	9007,596561
36	1,5441573	200	308,8314506	34	10500,26932
40	1,5876525	200	317,5305026	38	12066,1591
44	1,6096267	200	321,9253362	42	13520,86412
48	1,6317519	200	326,3503749	46	15012,11724
52	1,6517937	200	330,358735	50	16517,93675
56	1,6697113	200	333,9422611	54	18032,8821
60	1,6877256	200	337,5451185	58	19577,61687
64	1,7058365	200	341,1673071	62	21152,37304
68	1,7240441	200	344,808827	66	22757,38258
72	1,7423484	200	348,4696781	70	24392,87746
76	1,7584439	200	351,6887804	74	26024,96975
80	1,7676746	200	353,5349126	78	27575,72318
84	1,7769294	200	355,3858775	82	29141,64196
88	1,7862084	200	357,2416753	86	30722,78408
92	1,7955115	200	359,1023059	90	32319,20753
96	1,8048388	200	360,9677693	94	33930,97031
100	1,8141903	200	362,8380654	98	35558,13041
104	1,8212198	200	364,2439591	102	37152,88383
108	1,8282629	200	365,6525713	106	38759,17255

Çizelge 4.30 Rüzgârın 50m lik cepheye dik geldiği durum için oluşan yük değerleri(devam)

112	1,8353195	200	367,0639018	110	40377,0292
116	1,8423898	200	368,4779509	114	42006,4864
120	1,8494736	200	369,8947184	118	43647,57677
		Toplam	9,721 MN	Toplam	626,377 MNm

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;



Şekil 4.42 Rüzgârın 70 m lik duvara etkidiği durum(Örnek 2 AS/NZS)

Tasarım rüzgâr hızının belirlenmesi;

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$

V_R; basit rüzgâr hızı V_R=40m/sn

M_d=rüzgar yön çarpanı =1

$M_{z,cat}$= II. tip arazi kategorisi ve h=120 metre için $M_{z,cat}$=1,252

M_s =Engelleme çarpanı =1

M_t = topografya çarpanı =1

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$ $V_{des,\Theta} = 40 * 1 * 1,252 * 1 * 1)$ $V_{des,\Theta}$ =50,08 m/sn

Rüzgâr hızı basıncı; $q_{z=100\ m}$=1/2*1,22kg/m^3*50,08^2 m/s $q_{z=100\ m}$ = 1,529 KN/m^2

I_h=0,1254 (Tablodan h=120 m için II. arazi kategorisi)

Rüzgâr kaynaklı binaya etkiyen basıncın hesaplanması;

$\rho = (0{,}5 * \rho_{air}) [V_{des,\Theta}]^2 * C_{fig} * C_{dyn}$

C_{fig}=Aerodinamik Şekil Faktörü

C_{dyn}=Dinamik etki faktörü

Aerodinamik Şekil Faktörünün Hesaplanması;

Ön cephe dış basınç katsayısı 0,8 bulunur. Arka cephe dış basınç katsayısı -0,5 bulunur.

C_{fig}=0,8+0,5 =1,3 olarak bulunur.

Dinamik etki faktörünün hesaplanması C_{dyn};

$$C_{dyn}= \frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2*B_S+\frac{H_S*g_R^2*S*E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v*I_H)}$$

Türbülans uzunluğu; $L_h= 85*\left(\frac{h}{10}\right)^{0,25}$ $L_h= 85*\left(\frac{120}{10}\right)^{0,25}$ =158,20 m

$B_s = \frac{1}{1+\frac{\sqrt{\left(0.26(h-s)^2+0.46b_{sh}^2\right)}}{L_h}}$ h=120 m b=70 m L_h = 158,20 m B_s =0,6713

$S = \frac{1}{\left[1+\frac{3,5n_a h(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta e}}\right]*\left[1+\frac{4n_a b_{0h}(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta}}\right]}$ n_a=0,38Hz gv=3,7(önerilendeğer) I_h=0,1254 b_{oh}=70m

V_{des}=50,08 m/sn S=0,043

$E_t = \frac{\pi*N}{(1+70,8N^2)^{5/6}}$ $N= n_a*L_h*[1+(g_v*I_h)] / V_{des,\Theta}$ N=1,7574 Et=0,0619

$g_R=\sqrt{2log_e(600n_a)}$ n_a=0,38 Hz g_R=3,295 H_s=1

$$C_{dyn}= \frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2*B_S+\frac{H_S*g_R^2*S*E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v*I_H)}$$ C_{dyn}=0,9708

Bina tabanında meydana gelen taban kesme ve moment değerlerinin hesaplanması;

Çizelge 4.31 Rüzgârın 70 m lik duvara dik geldiği durum için tabanda meydana gelen yük etkileri

Bina yük(m)	Pa(KN/m2)	A(m^2)	V taban	h(m)	M taban
4	1,020013	280	285,6036501	2	571,2073003
8	1,1446613	280	320,5051681	6	1923,031008
12	1,2815138	280	358,823859	10	3588,23859
16	1,3735699	280	384,5995798	14	5384,394117
20	1,4367144	280	402,2800357	18	7241,040642
24	1,4795991	280	414,287736	22	9114,330193
28	1,5231144	280	426,4720202	26	11088,27253
32	1,5672603	280	438,8328883	30	13164,98665
36	1,6120369	280	451,3703401	34	15346,59156
40	1,6574442	280	464,0843758	38	17635,20628
44	1,6803843	280	470,5076126	42	19761,31973
48	1,7034821	280	476,9749954	46	21940,84979
52	1,7244049	280	482,8333846	50	24141,66923
56	1,7431102	280	488,070861	54	26355,82649
60	1,7619164	280	493,3365908	58	28613,52227
64	1,7808235	280	498,630574	62	30915,09559
68	1,7998315	280	503,9528106	66	33260,8855
72	1,8189404	280	509,3033006	70	35651,23104
76	1,8357434	280	514,008156	74	38036,60354
80	1,8453798	280	516,7063569	78	40303,09584
84	1,8550415	280	519,4116212	82	42591,75294
88	1,8647284	280	522,1239488	86	44902,6596
92	1,8744405	280	524,8433398	90	47235,90058
96	1,8841778	280	527,5697941	94	49591,56064
100	1,8939404	280	530,3033117	98	51969,72455

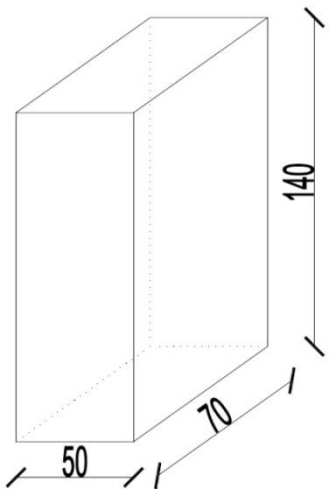
Çizelge 4.31 Rüzgârın 70 m lik duvara dik geldiği durum için tabanda meydana gelen yük etkileri (devam)

104	1,9012789	280	532,3580853	102	54300,5247
108	1,9086315	280	534,416832	106	56648,1842
112	1,9159984	280	536,4795519	110	59012,75071
116	1,9233794	280	538,5462449	114	61394,27192
120	1,9307747	280	540,616911	118	63792,7955
Toplam			14,207 MN	Toplam	915,477 MNm

Rüzgârın 70 m lik duvara dik geldiği durum için bina tabanında meydana gelen toplam kesme kuvveti 14,207 MNdur. Bina tabanında meydana gelen toplam taban momenti ise 915,477 MN m dir. Değerler çizelge 4.31 de gösterilmiştir.

4.4.3 50mx70mx140 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;



Şekil 4.43 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durum(Örnek 3 AS/NZS)

Tasarım rüzgâr hızının belirlenmesi;

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$

V_R; basit rüzgâr hızı V_R=40m/sn

M_d=rüzgâr yön çarpanı =1

$M_{z,cat}$= II. tip arazi kategorisi ve h=140 metre için $M_{z,cat}$=1,264

M_s =Engelleme çarpanı =1

M_t = topografya çarpanı =1

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$ $V_{des,\Theta} = 40 * 1 * 1{,}264 * 1 * 1)$ $V_{des,\Theta}$ =50,56 m/sn

Rüzgâr hızı basıncı; $q_{z=100\ m}=1/2*1{,}22 kg/m^3 * 50{,}56^2$ m/s $q_{z=140\ m}$ = 1,559 KN/m^2

I_h=0,1198 (Tablodan h=140 m için II. arazi kategorisi)

Rüzgâr kaynaklı binaya etkiyen basıncın hesaplanması;

$\rho = (0{,}5 * \rho_{air}) [V_{des,\Theta}]^2 * C_{fig} * C_{dyn}$

C_{fig}=Aerodinamik Şekil Faktörü

C_{dyn}=Dinamik etki faktörü

Aerodinamik Şekil Faktörünün Hesaplanması;

Ön cephe dış basınç katsayısı 0,8 bulunur. Arka cephe dış basınç katsayısı -0,42 bulunur.

C_{fig}=0,8+0,42 =1,22 olarak bulunur.

Dinamik etki faktörünün hesaplanması C_{dyn};

$$C_{dyn} = \frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2 * B_S + \frac{H_S * g_R^2 * S * E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v * I_H)}$$

Türbülans uzunluğu; $L_h = 85*\left(\frac{h}{10}\right)^{0,25}$ $L_h = 85*\left(\frac{140}{10}\right)^{0,25}$ =164,42 m

$B_s = \frac{1}{1+\frac{\sqrt{\left(0.26(h-s)^2+0.46b_{sh}^2\right)}}{L_h}}$ h=140 m b=50 m L_h = 164,42 m B_s =0,6754

$S = \frac{1}{\left[1+\frac{3{,}5 n_a h(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta e}}\right] * \left[1+\frac{4 n_a b_{0h}(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta}}\right]}$ n_a=0,33Hz gv=3,7(önerilendeğer) I_h=0,1198 b_{oh}=50m

V_{des}=50,56 m/sn S=0,062

$E_t = \frac{\pi * N}{(1+70{,}8N^2)^{5/6}}$ N= n_a*L_h*[1+(g_v*I_h)] / $V_{des,\Theta}$ N=1,5488 Et=0,0673

$g_R=\sqrt{2log_e(600n_a)}$ n_a=0,33 Hz g_R=3,252 H_s=1

$C_{dyn}= \frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2*B_S+\frac{H_S*g_R^2*S*E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v*I_H)}$ C_{dyn}=0,9992

Bina tabanında meydana gelen taban kesme ve moment değerlerinin hesaplanması;

Çizelge 4.32 Rüzgârın 50 m lik duvara dik geldiği durum için taban yüklerinin hesaplanması

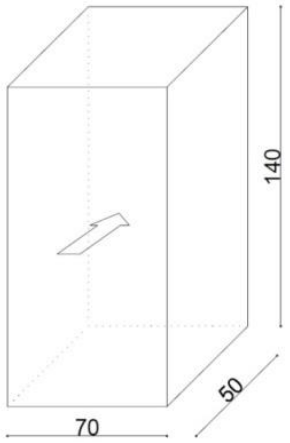
Bina yük(m)	Pa(KN/m2)	A(m^2)	V taban	h(m)	M taban
4	0,9852464	200	197,0492808	2	394,0985615
8	1,1056461	200	221,1292216	6	1326,77533
12	1,237834	200	247,5668056	10	2475,668056
16	1,3267525	200	265,3504972	14	3714,906961
20	1,3877447	200	277,5489447	18	4995,881004
24	1,4291677	200	285,8335332	22	6288,33773
28	1,4711998	200	294,2399539	26	7650,238802
32	1,513841	200	302,7682068	30	9083,046204
36	1,5570915	200	311,4182919	34	10588,22192
40	1,600951	200	320,1902091	38	12167,22795
44	1,6231093	200	324,6218548	42	13634,1179
48	1,6454198	200	329,0839586	46	15137,8621
52	1,6656295	200	333,1258936	50	16656,29468
56	1,6836972	200	336,7394362	54	18183,92955
60	1,7018624	200	340,3724719	58	19741,60337
64	1,720125	200	344,0250008	62	21329,55005
68	1,7384851	200	347,6970228	66	22948,00351
72	1,7569427	200	351,388538	70	24597,19766
76	1,773173	200	354,6346043	74	26242,96072
80	1,782481	200	356,4962	78	27806,7036
84	1,7918133	200	358,3626691	82	29385,73887

Çizelge 4.32 Rüzgârın 50 m lik duvara dik geldiği durum için taban yüklerinin hesaplanması (devam)

88	1,8011701	200	360,2340115	86	30980,12499
92	1,8105511	200	362,1102271	90	32589,92044
96	1,8199566	200	363,991316	94	34215,18371
100	1,8293864	200	365,8772782	98	35855,97327
104	1,8364747	200	367,294948	102	37464,08469
108	1,8435768	200	368,715359	106	39083,82805
112	1,8506926	200	370,1385112	110	40715,23623
116	1,857822	200	371,5644046	114	42358,34212
120	1,8649652	200	372,9930392	118	44013,17863
124	1,8721221	200	374,4244151	122	45679,77864
128	1,8792927	200	375,8585322	126	47358,17506
132	1,886477	200	377,2953905	130	49048,40077
136	1,893675	200	378,7349901	134	50750,48867
140	1,9008867	200	380,1773309	138	52464,47166
Toplam			11,689 MN	Toplam	876,925 MNm

Rüzgârın 50 m lik duvara dik geldiği durum için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti 11,689 MN dur. Bina tabanında meydana gelen taban moment değeri ise 876,925 MN m dir. Değerler çizelge 4.32 de verilmiştir.

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;



Şekil 4.44 Rüzgârın 70m lik duvara dik geldiği durum(Örnek 3 ASNZS)

Tasarım rüzgâr hızının belirlenmesi;

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$

V_R; basit rüzgâr hızı V_R=40m/sn

M_d=rüzgar yön çarpanı =1

$M_{z,cat}$= II. tip arazi kategorisi ve h=140 metre için $M_{z,cat}$=1,264

M_s =Engelleme çarpanı =1

M_t = topografya çarpanı =1

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$ $V_{des,\Theta} = 40 * 1 * 1{,}264 * 1 * 1)$ $V_{des,\Theta}$ =50,56 m/sn

Rüzgâr hızı basıncı; $q_{z=100\ m}$=1/2*1,22kg/m^3*50,56^2 m/s $q_{z=140\ m}$ = 1,559 KN/m^2

I_h=0,1198 (Tablodan h=140 m için II. arazi kategorisi)

Rüzgâr kaynaklı binaya etkiyen basıncın hesaplanması;

$\rho = (0{,}5 * \rho_{air}) [V_{des,\Theta}]^2 * C_{fig} * C_{dyn}$

C_{fig}=Aerodinamik Şekil Faktörü

C_{dyn}=Dinamik etki faktörü

Aerodinamik Şekil Faktörünün Hesaplanması;

Ön cephe dış basınç katsayısı 0,8 bulunur. Arka cephe dış basınç katsayısı -0,5 bulunur.

C_{fig}=0,8+0,42 =1,3 olarak bulunur.

Dinamik etki faktörünün hesaplanması C_{dyn};

$$C_{dyn} = \frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2 * B_S + \frac{H_S * g_R^2 * S * E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v * I_H)}$$

Türbülans uzunluğu; $L_h = 85*\left(\frac{h}{10}\right)^{0,25}$ $L_h = 85*\left(\frac{140}{10}\right)^{0,25}$ =164,42 m

$B_s = \frac{1}{1+\frac{\sqrt{\left(0.26(h-s)^2+0.46b_{sh}^2\right)}}{L_h}}$ h=140 m b=70 m L_h = 164,42 m B_s =0,6573

$S = \frac{1}{\left[1+\frac{3,5n_a h(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta e}}\right]*\left[1+\frac{4n_a b_{0h}(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta}}\right]}$ n_a=0,33Hz gv=3,7(önerilendeğer) I_h=0,1198 b_{oh}=70m

V_{des}=50,56 m/sn S=0,049

$E_t = \frac{\pi*N}{(1+70,8N^2)^{5/6}}$ N= n_a*L_h*[1+(g_v*I_h)] / $V_{des,\Theta}$ N=1,5488 Et=0,0673

$g_R=\sqrt{2log_e(600n_a)}$ n_a=0,33 Hz g_R=3,252 H_s=1

$C_{dyn}= \frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2*B_S+\frac{H_S*g_R^2*S*E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v*I_H)}$ C_{dyn}=0,9788

Bina tabanında meydana gelen taban kesme ve moment değerlerinin hesaplanması;

Çizelge 4.33 Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için tabanda meydana gelen kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	Pa(KN/m2)	A(m^2)	V taban	h(m)	M taban
4	1,0284186	280	287,9572031	2	575,9144062
8	1,154094	280	323,1463314	6	1938,877988
12	1,2920743	280	361,7807923	10	3617,807923
16	1,384889	280	387,7689212	14	5428,764896
20	1,4485538	280	405,5950751	18	7300,711352
24	1,4917919	280	417,7017264	22	9189,437982
28	1,5356658	280	429,9864168	26	11179,64684
32	1,5801755	280	442,4491461	30	13273,47438
36	1,6253211	280	455,0899144	34	15473,05709
40	1,6711026	280	467,9087217	38	17780,53143
44	1,6942318	280	474,38489	42	19924,16538
48	1,7175199	280	480,905568	46	22121,65613
52	1,7386151	280	486,8122341	50	24340,61171
56	1,7574745	280	492,0928706	54	26573,01501

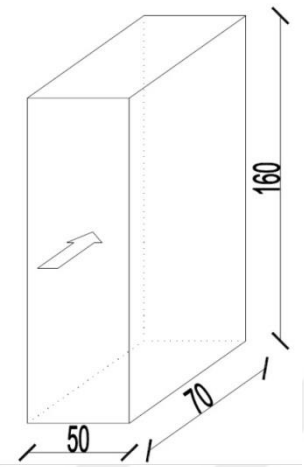
Çizelge 4.33 Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için tabanda meydana gelen kesme kuvveti ve moment değerleri (devam)

60	1,7764357	280	497,4019933	58	28849,31561
64	1,7954986	280	502,7396022	62	31169,85534
68	1,8146632	280	508,1056974	66	33534,97603
72	1,8339296	280	513,5002788	70	35945,01951
76	1,8508711	280	518,2439051	74	38350,04898
80	1,8605869	280	520,9643409	78	40635,21859
84	1,8703282	280	523,6918982	82	42942,73565
88	1,8800949	280	526,4265771	86	45272,68563
92	1,8898871	280	529,1683776	90	47625,15398
96	1,8997046	280	531,9172996	94	50000,22616
100	1,9095477	280	534,6733432	98	52397,98763
104	1,9169466	280	536,7450494	102	54747,99504
108	1,9243599	280	538,8207614	106	57115,00071
112	1,9317874	280	540,9004794	110	59499,05273
116	1,9392293	280	542,9842032	114	61900,19917
120	1,9466855	280	545,0719329	118	64318,48809
124	1,954156	280	547,1636685	122	66753,96756
128	1,9616408	280	549,25941	126	69206,68566
132	1,9691398	280	551,3591573	130	71676,69045
136	1,9766533	280	553,4629106	134	74164,03002
140	1,984181	280	555,5706697	138	76668,75241
		Toplam	17,081 MN	Toplam	1281,491 MNm

Rüzgârın 70 m lik duvar yüzeyine dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen toplam kesme kuvveti 17,081 MN dur. Bina tabanında meydana gelen moment değeri ise 1281,491 MN m dir. Değerler çizelge 4.33 de gösterilmiştir.

4.4.4 50mx70mx160 Metre boyutlara sahip yüksek binanın rüzgâr etkisi altında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerlerinin bulunması

Rüzgârın 50 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;



Şekil 4.45 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durum(Örnek 4 ASNZS)

Tasarım rüzgâr hızının belirlenmesi;

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$

V_R; basit rüzgâr hızı V_R=40m/sn

M_d=rüzgar yön çarpanı =1

$M_{z,cat}$= II. tip arazi kategorisi ve h=160 metre için $M_{z,cat}$=1,274

M_s =Engelleme çarpanı =1

M_t = topografya çarpanı =1

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$ $V_{des,\Theta} = 40 * 1 * 1,274 * 1 * 1)$ $V_{des,\Theta}$ =50,96 m/sn

Rüzgâr hızı basıncı; $q_{z=160\ m}$=1/2*1,22kg/m^3*$50,96^2$ m/s $q_{z=160\ m}$ = 1,584 KN/m^2

I_h=0,115 (Tablodan h=160 m için II. arazi kategorisi)

Rüzgâr kaynaklı binaya etkiyen basıncın hesaplanması;

$\rho = (0,5 * \rho_{air}) [V_{des,\Theta}]^2 * C_{fig} * C_{dyn}$

C_{fig}=Aerodinamik Şekil Faktörü

C_{dyn}=Dinamik etki faktörü

Aerodinamik Şekil Faktörünün Hesaplanması;

Ön cephe dış basınç katsayısı 0,8 bulunur. Arka cephe dış basınç katsayısı -0,42 bulunur.

C_{fig}=0,8+0,42 =1,22 olarak bulunur.

Dinamik etki faktörünün hesaplanması C_{dyn};

$$C_{dyn}=\frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2*B_S+\frac{H_S*g_R^2*S*E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v*I_H)}$$

Türbülans uzunluğu; $L_h= 85*\left(\frac{h}{10}\right)^{0,25}$ $L_h= 85*\left(\frac{160}{10}\right)^{0,25}$ =170,0 m

$B_s=\frac{1}{1+\frac{\sqrt{\left(0.26(h-s)^2+0.46b_{sh}^2\right)}}{L_h}}$ h=160 m b=50 m L_h = 170,0 m B_s =0,6580

$S=\frac{1}{\left[1+\frac{3,5n_ah(1+g_vI_h)}{V_{des,\theta e}}\right]*\left[1+\frac{4n_ab_{0h}(1+g_vI_h)}{V_{des,\theta}}\right]}$ n_a=0,29 Hz gv=3,7(önerilen değer) I_h=0,115 b_{oh}=50m

V_{des}=50,96 m/sn S=0,069

$E_t=\frac{\pi*N}{(1+70,8N^2)^{5/6}}$ $N= n_a*L_h*[1+(g_v*I_h)] / V_{des,\Theta}$ N=1,3791 Et=0,0726

$g_R=\sqrt{2log_e(600n_a)}$ n_a=0,29 Hz g_R=3,212 H_s=1

$$C_{dyn}=\frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2*B_S+\frac{H_S*g_R^2*S*E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v*I_H)}$$ C_{dyn}=1,0079

Bina tabanında meydana gelen taban kesme ve moment değerlerinin hesaplanması;

Çizelge 4.34 Rüzgârın 50 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen toplam kesme kuvveti ve moment değerleri

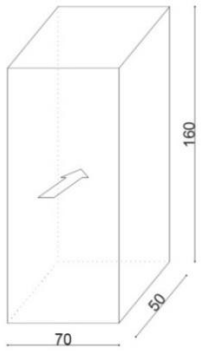
Bina yük(m)	Pa(KN/m2)	A(m^2)	V taban	h(m)	M taban
4	0,9938249	200	198,7649821	2	397,5299641
8	1,1152729	200	223,0545861	6	1338,327517
12	1,2486118	200	249,7223612	10	2497,223612
16	1,3383045	200	267,6608949	14	3747,252528
20	1,3998278	200	279,9655538	18	5039,379968
24	1,4416114	200	288,3222759	22	6343,09007
28	1,4840095	200	296,8018911	26	7716,849167
32	1,527022	200	305,4043992	30	9162,131975
36	1,570649	200	314,1298002	34	10680,41321
40	1,6148905	200	322,9780943	38	12273,16758
44	1,6372416	200	327,4483262	42	13752,8297
48	1,6597464	200	331,9492813	46	15269,66694
52	1,680132	200	336,0264093	50	16801,32046
56	1,6983571	200	339,6714149	54	18342,2564
60	1,7166804	200	343,3360833	58	19913,49283
64	1,7351021	200	347,0204146	62	21515,26571
68	1,753622	200	350,7244088	66	23147,81098
72	1,7722403	200	354,4480659	70	24811,36461
76	1,788612	200	357,7223956	74	26471,45727
80	1,798001	200	359,6002002	78	28048,81561
84	1,8074146	200	361,4829205	82	29641,59948
88	1,8168528	200	363,3705566	86	31249,86787
92	1,8263155	200	365,2631084	90	32873,67975
96	1,8358029	200	367,1605759	94	34513,09413
100	1,8453148	200	369,0629591	98	36168,16999

Çizelge 4.34 Rüzgârın 50 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen toplam kesme kuvveti ve moment değerleri (devam)

104	1,8524649	200	370,4929724	102	37790,28319
108	1,8596288	200	371,9257509	106	39424,1296
112	1,8668065	200	373,3612944	110	41069,74239
116	1,873998	200	374,7996031	114	42727,15475
120	1,8812034	200	376,2406768	118	44396,39986
124	1,8884226	200	377,6845156	122	46077,5109
128	1,8956556	200	379,1311195	126	47770,52106
132	1,9029024	200	380,5804885	130	49475,46351
136	1,9101631	200	382,0326226	134	51192,37143
140	1,9174376	200	383,4875218	138	52921,27801
144	1,9247259	200	384,9451861	142	54662,21642
148	1,9320281	200	386,4056154	146	56415,21985
152	1,9381238	200	387,6247521	150	58143,71282
156	1,9430072	200	388,601444	154	59844,62238
160	1,9478968	200	389,5793649	158	61553,53965
		Toplam	13,727 MN	Toplam	1175,180 MNm

Rüzgârın 50 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen toplam kesme kuvveti 13,727 MN dur. Bina tabanında meydana gelen toplam moment değeri ise 1175,180 MN m dir. Değerler çizelge 4.34 de gösterilmiştir.

Rüzgârın 70 Metre Genişliği Olan Cepheye Dik Etkidiği Durum İçin Yapılan Çözümler;



Şekil 4.46 Rüzgârın 70m lik duvara etkidiği durum(Örnek 4 ASNZS)

Tasarım rüzgâr hızının belirlenmesi;

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$

V_R; basit rüzgâr hızı V_R=40m/sn

M_d=rüzgar yön çarpanı =1

$M_{z,cat}$= II. tip arazi kategorisi ve h=160 metre için $M_{z,cat}$=1,274

M_s =Engelleme çarpanı =1

M_t = topografya çarpanı =1

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$ $V_{des,\Theta} = 40 * 1 * 1,274 * 1 * 1)$ $V_{des,\Theta}$ =50,96 m/sn

Rüzgâr hızı basıncı; $q_{z=160\ m}$=1/2*1,22kg/m^3*50,96^2 m/s $q_{z=160\ m}$ = 1,584 KN/m^2

I_h=0,115 (Tablodan h=160 m için II. arazi kategorisi)

Rüzgâr kaynaklı binaya etkiyen basıncın hesaplanması;

$\rho = (0,5 * \rho_{air}) [V_{des,\Theta}]^2 * C_{fig} * C_{dyn}$

C_{fig}=Aerodinamik Şekil Faktörü

C_{dyn}=Dinamik etki faktörü

Aerodinamik Şekil Faktörünün Hesaplanması;

Ön cephe dış basınç katsayısı 0,8 bulunur. Arka cephe dış basınç katsayısı -0,5 bulunur.

C_{fig}=0,8+0,5 =1,3 olarak bulunur.

Dinamik etki faktörünün hesaplanması C_{dyn};

$$C_{dyn} = \frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2 * B_S + \frac{H_S * g_R^2 * S * E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v * I_H)}$$

Türbülans uzunluğu; $L_h = 85*\left(\frac{h}{10}\right)^{0,25}$ $L_h = 85*\left(\frac{160}{10}\right)^{0,25}$ =170,0 m

$B_s = \frac{1}{1+\frac{\sqrt{\left(0.26(h-s)^2+0.46b_{sh}^2\right)}}{L_h}}$ h=160 m b=70 m L_h = 170,0 m B_s =0,6430

$S = \frac{1}{\left[1+\frac{3,5n_a h(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta e}}\right]*\left[1+\frac{4n_a b_{0h}(1+g_v I_h)}{V_{des,\theta}}\right]}$ n_a=0,29 Hz gv=3,7(önerilen değer) I_h=0,115 b_{oh}=70m

V_{des}=50,96 m/sn S=0,055

$E_t = \frac{\pi*N}{(1+70,8N^2)^{5/6}}$ N= n_a*L_h*[1+(g_v*I_h)] / $V_{des,\Theta}$ N=1,3791 Et=0,0726

$g_R=\sqrt{2log_e(600n_a)}$ n_a=0,29 Hz g_R=3,212 H_s=1

$C_{dyn}= \frac{1+2I_H\sqrt{g_v^2*B_S+\frac{H_S*g_R^2*S*E_t}{\zeta}}}{(1+2g_v*I_H)}$ C_{dyn}=0,9871

Bina tabanında meydana gelen taban kesme ve moment değerlerinin hesaplanması;

Çizelge 4.35 Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen yük etkileri

Bina yük(m)	Pa(KN/m2)	A(m^2)	Vtaban	h(m)	M taban
4	1,0371393	280	290,3990143	2	580,7980285
8	1,1638805	280	325,8865383	6	1955,31923
12	1,3030308	280	364,8486106	10	3648,486106
16	1,3966325	280	391,0571129	14	5474,79958
20	1,4608372	280	409,0344285	18	7362,619713
24	1,5044419	280	421,2437415	22	9267,362313
28	1,5486879	280	433,6326032	26	11274,44768
32	1,593575	280	446,2010136	30	13386,03041
36	1,6391035	280	458,9489728	34	15604,26507
40	1,6852731	280	471,8764806	38	17931,30626
44	1,7085984	280	478,4075653	42	20093,11774
48	1,7320841	280	484,9835372	46	22309,24271
52	1,7533582	280	490,9402904	50	24547,01452
56	1,7723775	280	496,2657055	54	26798,3481
60	1,7914995	280	501,6198483	58	29093,9512

Çizelge 4.35 Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen yük etkileri (devam)

64	1,810724	280	507,002719	62	31434,16858
68	1,8300511	280	512,4143174	66	33819,34495
72	1,8494809	280	517,8546436	70	36249,82505
76	1,8665661	280	522,6384948	74	38675,24862
80	1,8763643	280	525,3819993	78	40979,79594
84	1,8861882	280	528,1326857	82	43306,88023
88	1,8960377	280	530,890554	86	45656,58765
92	1,9059129	280	533,6556043	90	48029,00439
96	1,9158137	280	536,4278366	94	50424,21664
100	1,9257402	280	539,2072507	98	52842,31057
104	1,9332019	280	541,2965245	102	55212,2455
108	1,940678	280	543,3898382	106	57599,32285
112	1,9481685	280	545,4871917	110	60003,59108
116	1,9556735	280	547,588585	114	62425,09869
120	1,9631929	280	549,6940182	118	64863,89415
124	1,9707268	280	551,8034912	122	67320,02593
128	1,978275	280	553,9170041	126	69793,54252
132	1,9858377	280	556,0345568	130	72284,49239
136	1,9934148	280	558,1561494	134	74792,92402
140	2,0010064	280	560,2817818	138	77318,88589
144	2,0086123	280	562,4114541	142	79862,42648
148	2,0162327	280	564,5451662	146	82423,59426
152	2,0225941	280	566,3263456	150	84948,95184
156	2,0276904	280	567,753309	154	87434,00959
160	2,0327931	280	569,182068	158	89930,76674
Toplam			20,056 MN	Toplam	1716,958 MNm

Rüzgârın 70 m lik duvara dik gelmesi durumu için taban alanında meydana gelen taban kesme kuvveti 20,056 MN dur. Bina tabanında meydana gelen toplam moment ise 1716,958 MNm dir. Değerler çizelge 4.35 de verilmiştir.

Çizelge 4.36 Dört örnek için bina tabanında meydana gelen yük etkileri ve artış oranları

		AS/NZS	
	b(m)*d(m)*h(m)	F taban (MN)	M taban (MNm)
Rüzgarın 50 m lik cepheye dik etkidiği durum	50*70*100	7,791	419,337
	Artış Oranı (%)	24,77%	49,37%
	50*70*120	9,721	626,377
	Artış Oranı (%)	20,24%	40,00%
	50*70*140	11,689	876,925
	Artış Oranı (%)	17,44%	34,01%
	50*70*160	13,727	1175,18
Rüzgarın 70 m lik cepheye dik etkidiği durum	70*50*100	11,401	613,683
	Artış Oranı (%)	24,61%	49,18%
	70*50*120	14,207	915,477
	Artış Oranı (%)	20,23%	39,98%
	70*50*140	17,081	1281,491
	Artış Oranı (%)	17,42%	33,98%
	70*50*160	20,056	1716,958

Yukarıda verilen çizelge 4.36 ile AS/NZS yönetmeliğine göre bina tabanlarında meydana gelen yük değerleri ve artış oranları verilmiştir. Bina yüksekliğinin artması ile taban yük değerlerinde meydana gelen artış oranıda azalarak artan bir eğilim göstermektedir.

4.5 Eurocode, ASCE, AIJ ve AS/NZS Yönetmeliklerine Göre Yapılan Yüksek Bina Örnek Çözümlerin İrdelenmesi

Dört yönetmeliğe göre yapılan çözümlere ait taban kesme ve moment değerleri çizelge 4.37 de verilmiştir.

Çizelge 4.37 Eurocode, ASCE, AIJ ve ASNZS yönetmelikleri için elde edilen taban kesme kuvveti ve moment değerleri

Taban Alanı 50m*70m Olan Binaya Etkiyen Rüzgar Yükleri									
		EUROCODE		ASCE		AIJ		ASNZS	
	b(m)*d(m)*h(m)	Fbase (MN)	Mbase (MNm)	Fbase (MN)	Mbase (MNm)	Fbase (MN)	Mbase (MNm)	Fbase (MN)	Mbase (MNm)
Rüzgarın 50 m lik cepheye dik etkidiği durum	50*70*100	10,092	522,812	6,658	350,584	8,521	476,905	7,791	419,337
	Artış Oranı (%)	25,78%	52,15%	26,61%	52,05%	28,32%	54,20%	24,77%	49,37%
	50*70*120	12,694	795,434	8,43	533,076	10,934	735,41	9,721	626,377
	Artış Oranı (%)	20,88%	41,82%	21,97%	42,35%	22,84%	43,47%	20,24%	40,00%
	50*70*140	15,345	1128,058	10,282	758,854	13,431	1055,066	11,689	876,925
	Artış Oranı (%)	19,36%	36,98%	19,07%	36,13%	19,88%	37,11%	17,44%	34,01%
	50*70*160	18,316	1545,161	12,243	1033,049	16,101	1446,576	13,727	1175,18
Rüzgarın 70 m lik cepheye dik etkidiği durum	70*50*100	17,648	896,127	9,826	515,608	12,948	724,681	11,401	613,683
	Artış Oranı (%)	26,29%	53,21%	26,41%	51,78%	28,17%	54,03%	24,61%	49,18%
	70*50*120	22,287	1372,943	12,421	782,582	16,596	1116,237	14,207	915,477
	Artış Oranı (%)	22,18%	43,65%	21,89%	42,27%	22,84%	43,46%	20,23%	39,98%
	70*50*140	27,23	1972,22	15,14	1113,415	20,386	1601,363	17,081	1281,491
	Artış Oranı (%)	18,44%	36,15%	18,99%	36,04%	19,88%	37,12%	17,42%	33,98%
	70*50*160	32,25	2685,234	18,015	1514,691	24,439	2195,836	20,056	1716,958

Yukarıda verilen çizelge incelendiğinde Eurocode yönetmeliğinin diğer ASCE, ASNZS ve AIJ yönetmeliklerinden daha yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür. Eurocode dan sonra yük değerleri sıralaması AIJ, ASNZS ve ASCE olarak devam etmektedir. Bu sıralama hem taban kesme kuvveti hemde taban moment değerlerinde değişmemektedir. Rüzgârın bina tepesinde meydana getirdiği hız basıncı için elde edilen değerleri incelediğimizde ise Eurocode un yine en yüksek değer ile karşımıza çıktığını görmekteyiz. Eurocode yönetmeliği ile hesaplanan taban kuvvetlerinin diğer yönetmeliklerden fazla olmasının temel nedeni ise Eurocode ile hesaplanan binanın tepesinde meydana gelen hız basınç değerinin diğer yönetmeliklerin basınç değerlerinden kendine en yakın olanından bile en az %25 fazla olması ile açıklanabilir. Taban yük değerlerinin elde edilmesi için izlenecek yolda fırtına etkisi, dış basınç katsayısı gibi diğer etmenler olsa da, bu değerlerin elde edilmesi büyük oranda tüm yönetmeliklerde benzer ve yakın değerlere sahip olduğundan Eurocode un bina tepesinde meydana gelen basınç değerindeki yüksek değer

taban yük değerlerine de doğrudan tesir etmektedir. Tepe rüzgar hız basıncı açısından basınç değerlerini incelediğimizde en yüksek değer Eurocode dan sonra ASNZS, ASCE ve AIJ dir. Burada gözümüze çarpan bir detay şudur ki; AIJ rüzgâr yönetmeliğinin en düşük rüzgâr hız basıncı değerine sahip olmasına rağmen tabanda meydana gelen yük değerleri açısından baktığımızda ise Eurocode dan sonra ikinci sırada yer almasıdır. Bu durumun sebebini ise AIJ yönetmeliğinde hesaplanan fırtına etkisi faktörü (G_D) nün diğer yönetmeliklerde ki karşılığından değer olarak yüksek olması şeklinde açıklayabiliriz.

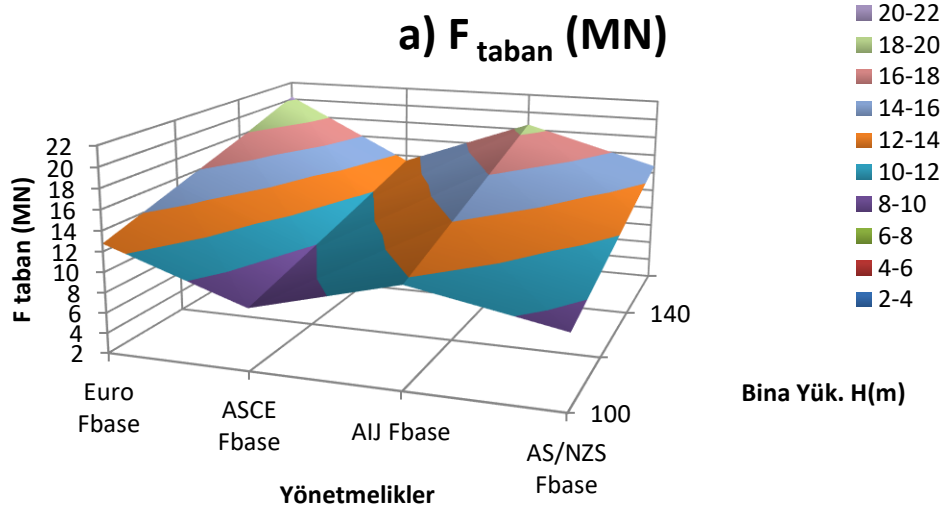
Ayrıca beklenildiği gibi 70m lik cepheye rüzgârın dik etkimesi durumu için meydana gelen yük etkileri 50m lik cepheye rüzgârın etkidiği duruma göre %60, %70 daha fazla çıkmaktadır.

Eurocode 1.4 ün diğer yönetmeliklerdeki yük etkilerinden yüksek çıkmasının bir diğer nedeni de rüzgarın dik etkidiği cephe için 3. Bölüm Şekil 3.3 de verilen tarif ile yükleme profilinin oluşturulmuş olmasıdır. Rüzgârın dik geldiği cephenin genişliği eğer yapı yüksekliğinden büyük ise tüm cepheye en yüksek noktadaki rüzgâr basıncı etkidiği düşünülmektedir. Eğer yapı yüksekliği rüzgârın geldiği cephenin genişliğinin bir katından fazla, iki katından az ise bina tabanında yapı genişliği kadar mesafe o yüksekliğe ait rüzgâr hız basıncı göz önüne alınarak hesaplanır. Diğer üstte kalan alan ise yapı yüksekliğindeki hız basıncı değeri ile hesaba katılır. Eğer bina çeşidi bu çalışmada incelenen bina tipleri gibiyse; yani rüzgârın geldiği cephe genişliği bina yüksekliğinin yarısına eşit veya daha küçük ise bina tabanından yukarıya doğru genişlik kadar, bina tepesinden de aşağıya doğru genişlik kadar alana rüzgâr tek bir değerde etkiyormuş gibi düşünülür. Arada kalan bölge ise belirli aralıklara bölünür ve her bir parça için ayrı ayrı basınç hesabı yapılır. Diğer üç yönetmelikte ise bu şekilde bir tasarım kriteri yoktur ve her bir yüksekliğe kendi bulunduğu yükseklikteki basınç değeri etki ettiği kabul edilmiştir. Binanın rüzgar yönüne paralel olan cephelerinde meydana gelen basınç katsayıları incelendiğinde ise Eurocode, AIJ, ve ASNZS yönetmeliklerinin yan cepheleri, rüzgarın geldiği tarafa olan uzaklıkları ile ilişkilendirerek üç parçaya bölündüğü görülmektedir. ASCE için ise yan duvarlardaki basınç katsayısı yükseklik ile değişmeyen tek bir değerdir. Rüzgârın geldiği cephenin arkasındaki cephede meydana gelen basınç katsayısı ise dört yönetmelikte de tek parça olarak düşünülmüştür ve tek bir basınç katsayısı verilmiştir.

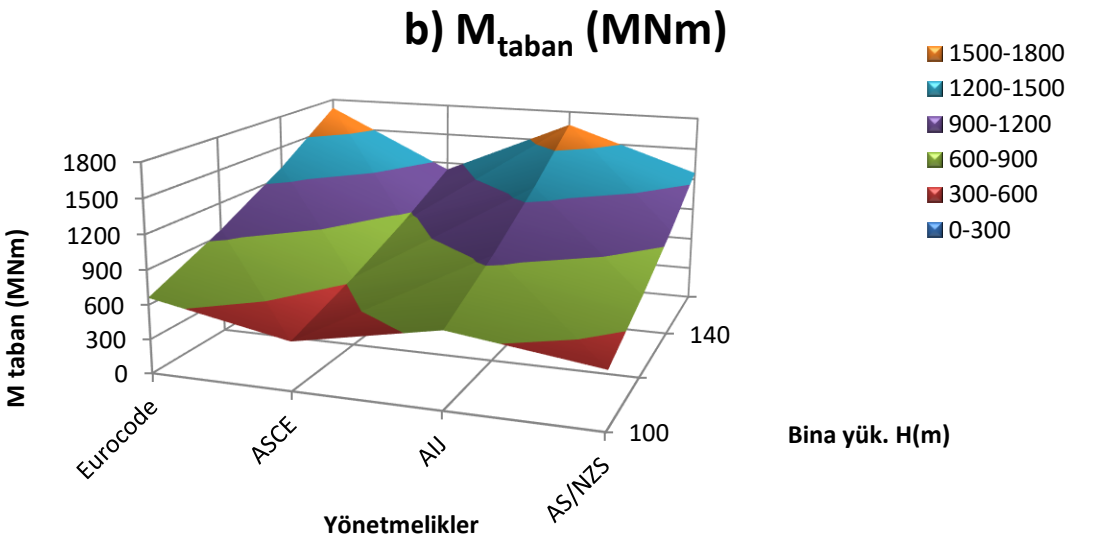
Tez çalışması içerisinde çözümü yapılan aynı taban alanına sahip, yükseklikleri 100m, 120m, 140m, 160 m olan binaların tabanda meydana gelen yük değerleri

incelendiğinde Eurocode 1.4 yönetmeliğinde yapılan çözüm için 120 metre yüksekliğe sahip binanın tabanında meydana gelen yük etkilerinin 100m yüksekliğe sahip bina yüklerine göre taban kesme kuvveti açısından % 25,78 taban moment değeri açısından %52,15 fazla olduğu görülmüştür. 140m yüksekliğe sahip binanın tabanında meydana gelen kesme kuvveti etkileri de 120 metre yüksekliğe sahip binanın tabanında ki kesme kuvveti değerinden %20,88 oranında fazladır. Taban moment yükü değerindeki artış ise %41,82 dir. 160 metre yüksekliğe sahip binanın taban kesme kuvveti ve moment değerleri ise 140 metre yüksekliğe sahip binanın taban kesme kuvveti değerinden %19,36 oranında, moment değerinden ise %36,98 oranında fazladır. Sonuçlar incelendiğinde örnekler arası yükseklik farkının sabit şekilde 20 m olmasına rağmen taban kesme ve moment değerlerindeki artışın azalarak artan bir eğilimde olduğu anlaşılmaktadır. Bahsedilen artış oranındaki azalma eğilimi rüzgârın hem 50 m lik duvara dik etkimesi durumu için, hem de 70 m lik duvara dik etkimesi durumu için birbirine çok yakın artış oranları ile aynı şekilde gözlemlenmiştir.

Bahsedilen bu artış oranlarındaki yüzde değişimleri ve artış oranındaki azalma eğilimi aynı şekilde diğer ASCE, AIJ, ASNZS yönetmeliklerinde birbirlerine çok yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Dört farklı yüksek yapı örneği ile yapılan çözümler sonucunda 50 m lik cepheye etkiyen rüzgâr yönü için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti grafiği Şekil 4.47 de ‘a’ ile adlandırılmış grafikte, tabanda meydana gelen moment değerleri ise Şekil 4.47 de ‘b’ ile tanımlanmış grafikte gösterilmiştir.

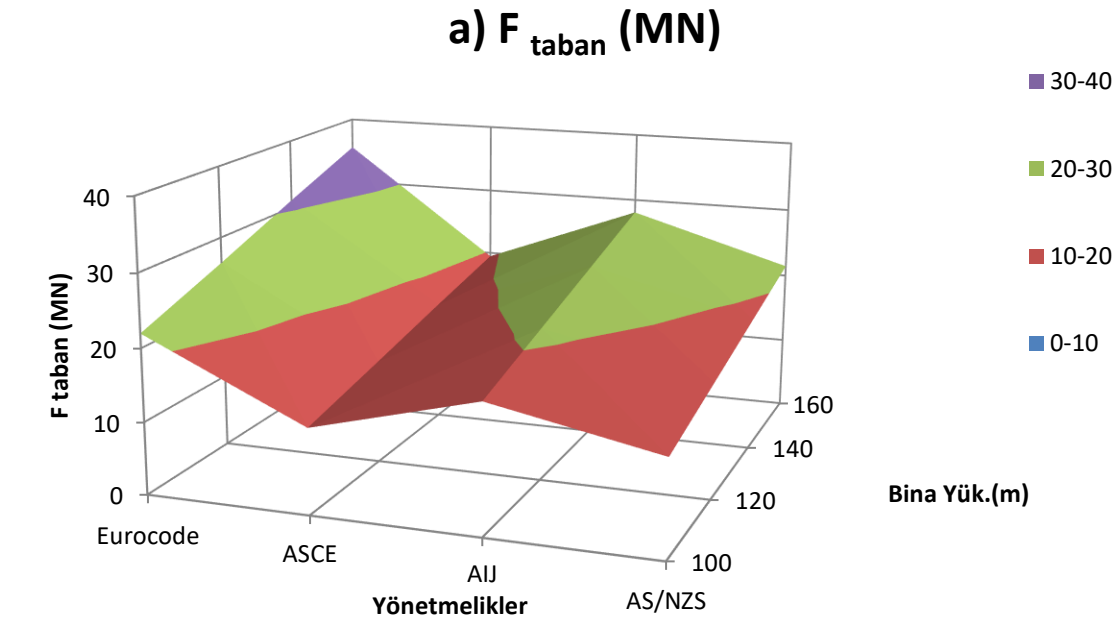


Şekil 4.47 a) Rüzgarın 50m lik duvara dik etkidiği durum için taban kesme kuvvetleri

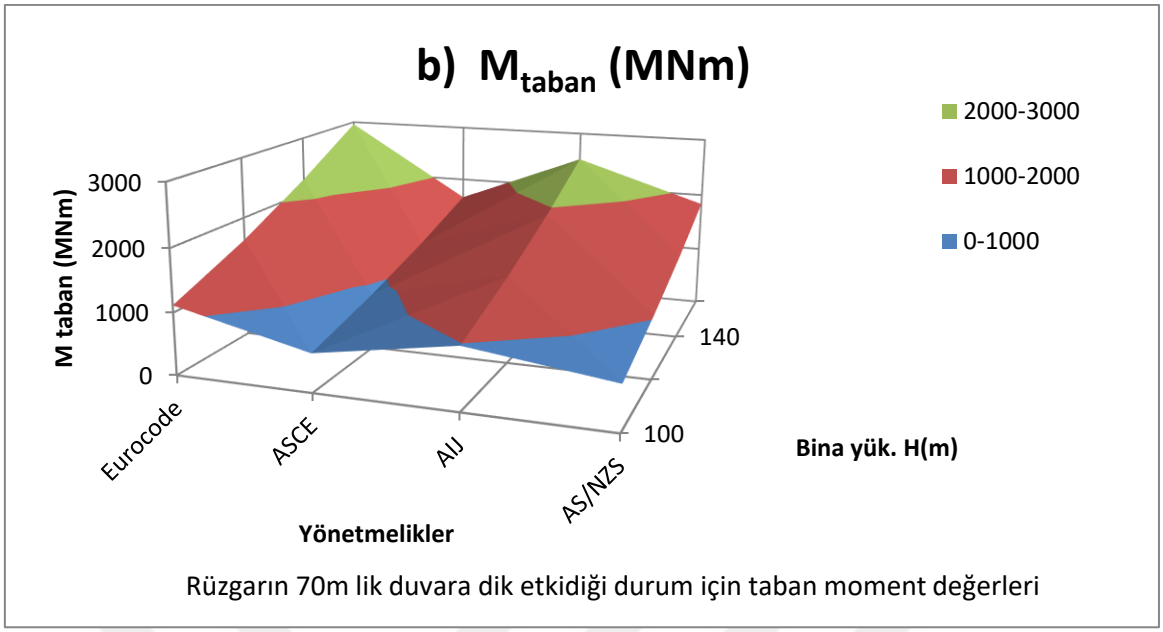


Şekil 4.47 b) Rüzgarın 50m lik duvara dik etkidiği durum için taban moment değerleri

Şekil 4.47 Rüzgârın 50m lik duvara etkidiği durumda tabanda oluşan yük değerleri grafiği a) taban kesme değerleri Ftaban (MN) b) taban moment değerleri Mtaban(MNm)



Rüzgarın 70m lik duvara dik etkidiği durum için taban kesme



Rüzgarın 70m lik duvara dik etkidiği durum için taban moment değerleri

Şekil 4.48 Rüzgârın 70m lik duvara etkidiği durumda tabanda oluşan yük etkileri grafiği a) Taban kesme değerleri Ftaban(MN) b) taban moment değerleri Mtaban (MNm)

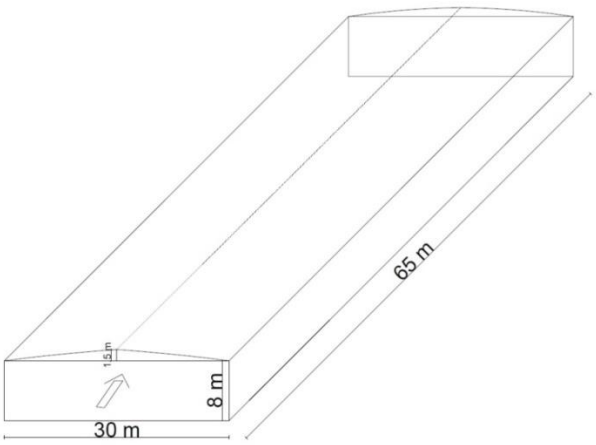
Rüzgârın 70 m lik cepheye dik etkidiği durum için bina tabanında meydana gelen kesme kuvvetleri ve moment değerleri grafiği şekil 4.48 de verilen ‘a’ ve ‘b’ grafikleri ile gösterilmiştir.

4.6 Taban Alanı Dikdörtgen Olan Tonoz Çatıya Sahip Binaya Gelen Rüzgâr Yüklerinin Dört Farklı Yönetmelik İle Hesaplanması

4.6.1 Eurocode 1.4 ‘e Göre Rüzgar Yüklerinin Hesaplanması

Örnek 5. b=30m d=65 m h=8 m f=1,2 m

Arazi kategorisi II, Basit rüzgâr hızı(3 sn)=40 m/sn



Şekil 4.49 Tonoz çatısı olan dikdörtgen taban alanına sahip yapı örneği

Binanın 30 m lik duvara dik geldiği durum için yapılan çözümler;

$V_{(3sn)}$ = 40 m/sn

$V_{(10\ dk.)}$ = 28,1 m/sn

Temel rüzgâr hızı; $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo}$ $C_{dir} = C_{season} = 1$ (önerilen değer)

$V_b = 1 * 1 * 28{,}1$ m/sn (10 dk.) $V_b =$ 28,1 m/sn

Ortalama rüzgâr hızı; $V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $C_{0(z)} = 1$

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ z=9,5 metre, z_0 =0.05(II. Arazi kategorisi için)

$k_r = 0{,}19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$ z_0=0,05 (II arazi kategorisi) $z_{0,II}$ = 0,05 (Eurocode tarafından verilen değer)

$k_r = 0{,}19$ $C_{r(z)} = 0{,}9969$

$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $V_{m(z)} = 0{,}9969 * 1 * 28{,}1$ m/sn

$V_{m(z)}$ = 28,01 m/sn (9,5 metre yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı)

Rüzgâr Türbülansı;

$I_{v(z)} = \frac{\sigma_v}{v_{m(z)}} = \frac{k_1}{c_{0(z)} * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$ k_1= 1 (eurocode önerilen değer) $C_{0(z)} = 1$ z=9,5 m z_0=0,05

$I_{v(z=9,5\ m)} = 0{,}1905$

Tepe Rüzgar Hız Basıncı;

$q_{p(z)} = [1 + 7\ I_{v(z)}] * \frac{1}{2} * \rho * V^2_{m(z)} = C_{e(z)} * q_b$

$q_{p(z)} = [1 + 7 * 0{,}1905] * \frac{1}{2} * 1{,}22 * (28{,}01\ m/sn)^2$ $q_{p(z=9,5\ m)} = 1{,}116\ KN/m^2$

Dış Basınç Katsayılarının Belirlenmesi;

Rüzgarın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina yüzeylerinde oluşan dış basınç katsayıları 3. bölüm şekil 3.4 kullanılarak hesaplanabilir.

Binaya etkiyen rüzgar yüklerinin bulunması;

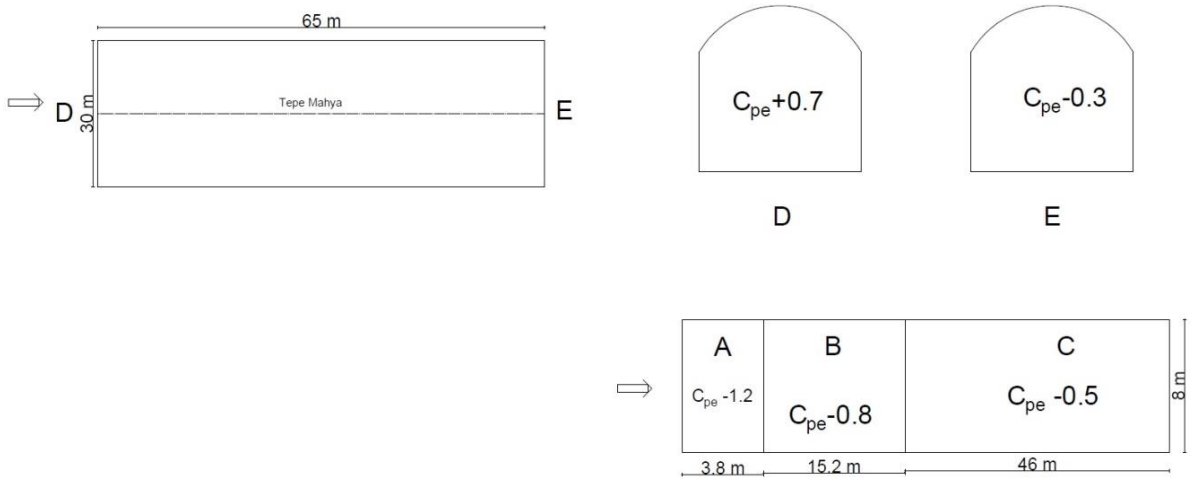
$F_w = C_sC_d * C_f * q_{p(ze)} * A_{ref}$

C_sC_d katsayısı 15 metreden alçak binalar için 1 alınabilir.

Rüzgardan kaynaklanan hız basıncı değeri h=9,5 m < b=30 m olduğundan rüzgar hız basınç değeri yükseklik ile değişen şekilde kullanılmayacak 9,5 m yükseklikteki hız basınç değeri kullanılacaktır.

$q_{p(ze)}$ =1,116 KN/m^2

Alan $_D$= Alan $_E$ =267 m^2 $Alan_A$=30,4 m^2 $Alan_C$=121,6m^2 Alan $_C$= 368 m^2

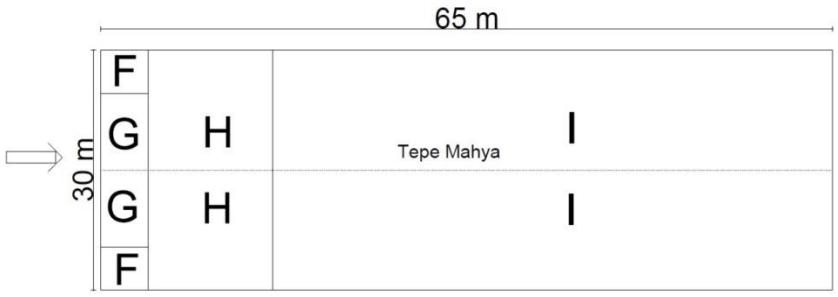


Şekil 4.50 Rüzgârın 30 m lik duvara dik geldiği durum için bina cephelerindeki dış basınç katsayıları

W_D=1,116KN/m^2 *0.7 * 267 m^2 W_D=208,58 KN

W_E=1,116KN/m^2 *0,3 * 267 m^2 W_E=89,39 KN

W_A, W_B, W_C bölgelerinde meydana gelen rüzgâr, rüzgâr doğrultusuna dik şekilde yük etkileri meydana getirir ve her iki cephede de bu yüklerin değeri birnirine eşittir. Birbirine zıt yönlü olan bu yükler birbirini götürerek rüzgâra dik yönde herhangi bir yük etkisi oluşmaz.



Şekil 4.51 Rüzgarın 30 metrelik yüzeye dik gelmesi durumu için çatı yüzeyindeki basınç katsayısı bölgeleri

Rüzgârın 30 metrelik duvara dik gelmesi durumu için çatıda çatı yüzeyine dik çekme gerilmeleri meydana gelmektedir. Bu çekme gerilmeleri çatı yüzeyine dik olduğundan bileşenlerinden birisi düşey düzlemde yük etkisi, diğeri ise rüzgârın yönüne paralel duvarlarda çekme gerilmeleri meydana getirir. Binanın yan yüzleri simetrik, çatı simetrik olduğu için bu yatay bileşenlerde birbirine eşit ve ters yönlüdür. Bu yüzden herhangi bir yük etkisi oluşturmazlar.

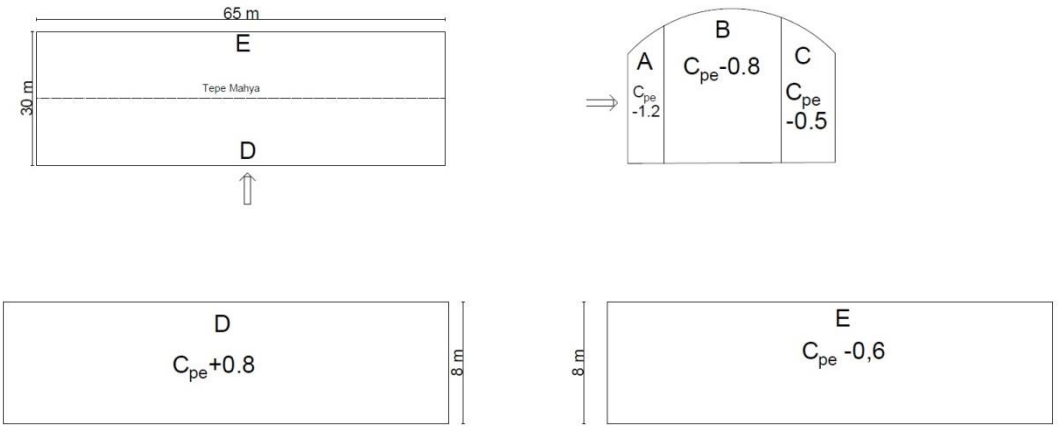
Bina tabanında meydana gelen yatay yüklerin toplamıW_D=208,58 KN ve W_E=89,39 KN yüklerinin toplamına eşittir. D ve E yüzeylerine gelen rüzgârın tabanda oluşturduğu moment değeri ise rüzgâr yük bileşkesinin cephenin merkezinin bina tabanına olan uzaklığının çarpılması ile bulunur. D ve E cephelerinin geometrik merkezinin bina tabanına olan uzaklığı 4,75 m olarak kabul edilmiştir.

D cephesine etkiyen toplam yükün tabanda oluşturduğu moment M_D=208,58 KN * 4,75 m = 990,75 KNm dir

E cephesine toplam yükün bina tabanında oluşturduğu moment etkiyen M_E=89,39 KN * 4,75 m = 424,60 KNm dir.

Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana getirdiği toplam yatay yük 297,97 KN, moment değeri ise 1415,35 KNm dir.

Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için yapılan çözümler;



Şekil 4.52 Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için dış basınç katsayıları

Rüzgârın yönü ile paralel olan duvarlarda (30 m lik A, B ve C bölgelerinin olduğu duvarlar) meydana gelen etki rüzgâra dik yönde bir etki yaratacaktır ve diğer duvar ile aynı değerlere sahip, fakat zıt yönlü olduklarından birbirini götüreceklerdir.

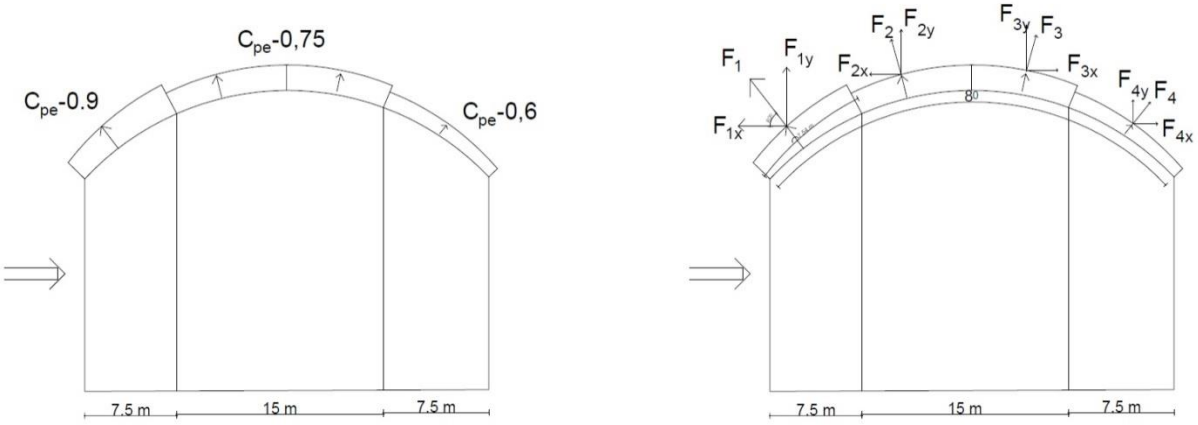
D duvarına gelen yatay yük değeri;

W_D=1,116KN/m^2 *0.8 * (65*8) m^2 W_D=464,25 KN

E duvarına gelen yatay yük değeri;

W_E=1,116KN/m^2 *0.6 * (65*8) m^2 W_E=348,19 KN

Çatı yüzeyine gelen yüklerin tespit edilmesi;



Şekil 4.53 Çatı yüzeyine ait dış basınç katsayıları ve bileşke kuvvetlerin gösterimi

F_1 bölgesine gelen rüzgâr yükünün etkili olduğu yay çatı yay uzunluğu 7,54 m.

F_1 bölgesine gelen bileşke yük değeri F_1= 1,116KN/m2*0,9* (65*7,54 m^2) F_1= 492,25 KN

F_{1x} = bileşeni =68,51 KN F_{1y} bileşeni =487,45 KN

F_2 ve F_3 bölgesine gelen bileşke yük değerileri özdeş yüklerdir ve yatay bileşenlerinin değerleri birbirine eşittir. Yatay bileşenler birbirine zıt yönlü olduğundan birbirini götürür.

F_4 bölgesine gelen rüzgâr yükünün etkili olduğu yay çatı yay uzunluğu 7,54 m.

F_4 bölgesine gelen bileşke yük değeri F_4= 1,116KN/m2*0,6* (65*7,54 m^2) F_4= 328,17 KN

F_{4x} bileşeni =45,67 KN F_{4y} bileşeni =324,97 KN

Bina tabanına etkiyen toplam yatay yük değeri;

W_D=464,25 KN + W_E=348,19 KN - F_{1x} = 68,51 KN+ F_{4x} = 45,67 KN = 789,6 KN

Tabana gelen moment değeri ise;

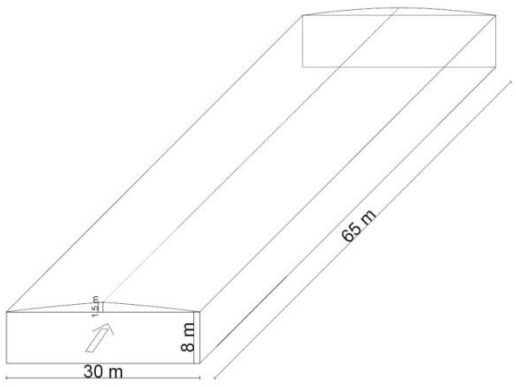
W_D=464,25 KN *4m + W_E=348,19 KN * m - F_{1x} = 68,51 KN*8,75m+ F_{4x} = 45,67 KN*8,75 m = 3049,91 KNm dir.

4.6.2 ASCE'ye Göre Rüzgâr Yüklerinin Hesaplanması

Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için;

b=30 m d=65 m h=8 m f=1,5 m Arazi kategorisi C, Basit rüzgar hızı 40 m/sn

Rüzgarın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için yapılan çözümler;



Şekil 4.54 Tonoz çatıya sahip dikdörtgen taban alanına sahip yapı

Rüzgâr hız basıncı;

$q_z = 0{,}613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I \ (N/m^2)$; (V m/sn)

K_z ; rüzgâr hız basıncına maruz kalma katsayısı

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{z}{z_g}\right)^{2/a}$ z= bina yüksekliği=9,5 metre zg=274,32 m α=9,5

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{9{,}5}{274{,}32}\right)^{2/9{,}5}$ =0,990

K_{zt} =Topografik faktör =1 alındı.

K_d = Rüzgar doğrultu katsayısı =0,85 alındı.

I= Yapı önem katsayısı =1 alındı.

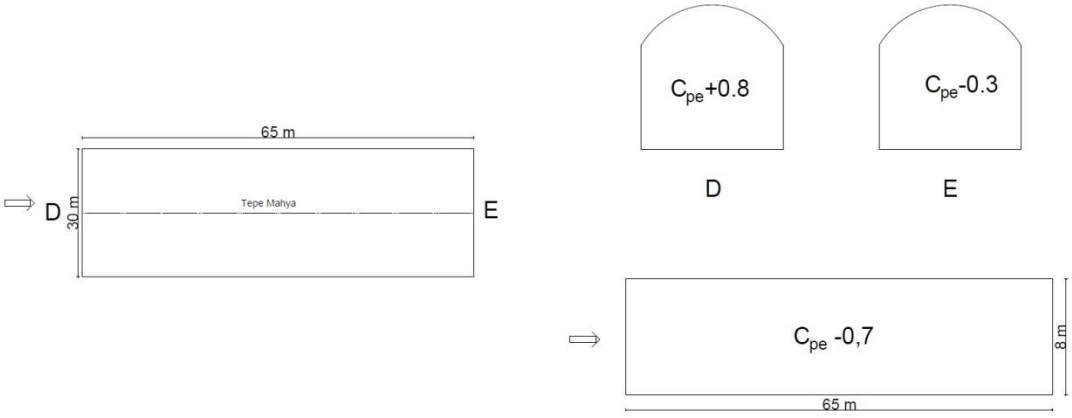
$q_{z=9{,}5\ m} = 0{,}613 * 0{,}990 * 1 * 0{,}85 * 40^2 * 1 \ (N/m^2)$; (V m/sn)

$q_{z=9{,}5\ m} = 0{,}825\ KN/m^2$

Rüzgârdan Dolayı Meydana Gelen Yük Etkileri

$F = q_z * G * Cf * A_f$ (N)

G; fırtına etkisi faktörü 1 alındı.



Şekil 4.55 Rüzgârın 30 m lik duvara dik geldiği durum için bina duvarlarında meydana gelen dış basınç katsayıları

Çizelge 4.38 Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen kesme kuvveti ve moment değerleri

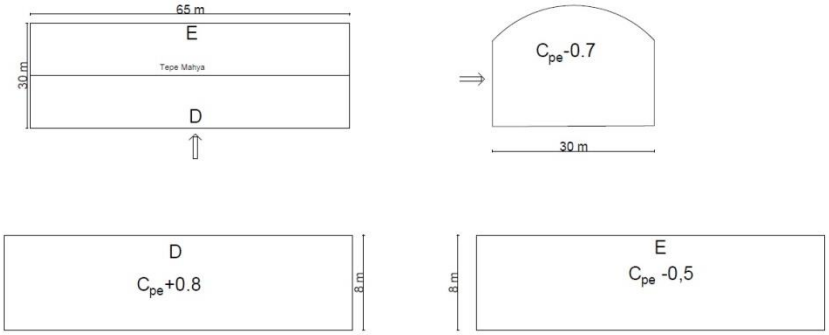
Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	G	C_f (Ön duvar)	q_h (KN/m2)	C_f (Arka duvar)	A (m2)	$F=(q_z.G.C_{f(ön)}+ q_h.G.C_{f(arka).})A_{(m2)}$	h (m)	M taban
0-1	0,513899	1	0,8	0,825	0,3	30	19,758585	0,5	9,879292333
1-2	0,594638	1	0,8	0,825	0,3	30	21,696317	1,5	32,54447562
2-3	0,647627	1	0,8	0,825	0,3	30	22,968038	2,5	57,42009416
3-4	0,688062	1	0,8	0,825	0,3	30	23,938487	3,5	83,78470483
4-5	0,721157	1	0,8	0,825	0,3	30	24,732761	4,5	111,2974263
5-6	0,749375	1	0,8	0,825	0,3	30	25,410008	5,5	139,755044
6-7	0,774094	1	0,8	0,825	0,3	30	26,003245	6,5	169,0210954
7-8	0,796164	1	0,8	0,825	0,3	30	26,532925	7,5	198,9969373
8-9,5	0,825495	1	0,8	0,825	0,3	22,82	20,718193	8,75	181,2841882
					Toplam 211,758 KN			Toplam 983,983 KN	

Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için D ve E bölgelerinde meydana gelen yükler hesaplanmıştır. Bu rüzgâr yönü için çatı yüzeyinde meydana gelen yükler çatı yüzeyinden uzaklaşır yönde çatı yüzeyine dik şekilde basınçlar olışturur. Bu basınçlar yüzgar yönüne dik ve düşey yönde etkiler oluşturacağından dolayı rüzgâr yönünde herhangi bir etki oluşturmaz. Bu yüzden rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için meydana gelen toplam yük değeri 211,759 KN ve 983,983 KNm dir.

Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için;

b=65 m d=30 m h=8 m f=1,5 m Arazi kategorisi C, Basit rüzgar hızı 40 m/sn

Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için yapılan çözümler;

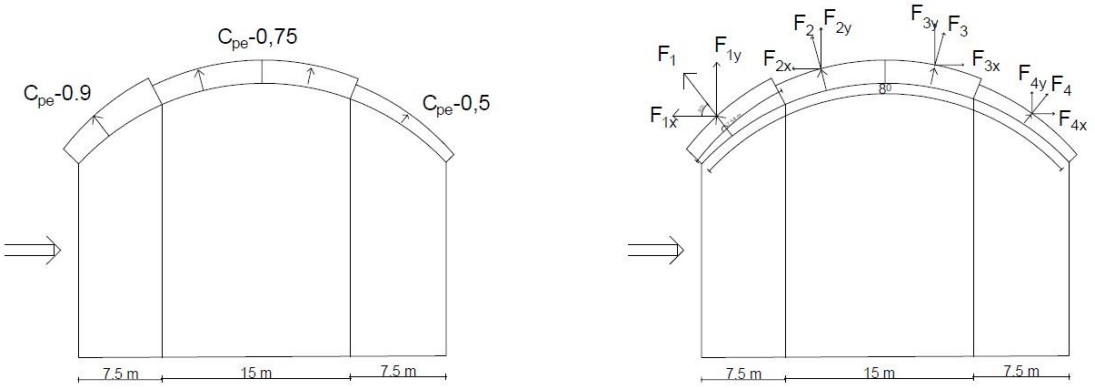


Şekil 4.56 Rüzgarın 65 m lik cephey dik gelmesi durumu için bina duvarlarında meydana gelen dış basınç katsayıları

Çizelge 4.39 Rüzgarın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment yükleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	G	C_f (Ön duvar)	q_h (KN/m2)	C_f (Arka duvar)	A (m2)	$F=(q_z.G.C_{f(ön)}+ q_h.G.C_{f(arka).})A_{(m2)}$	h (m)	M taban
0-1	0,513899	1	0,8	0,796	0,5	65	52,592767	0,5	26,29638339
1-2	0,594638	1	0,8	0,796	0,5	65	56,791187	1,5	85,18678051
2-3	0,647627	1	0,8	0,796	0,5	65	59,546582	2,5	148,866454
3-4	0,688062	1	0,8	0,796	0,5	65	61,649222	3,5	215,7722771
4-5	0,721157	1	0,8	0,796	0,5	65	63,37015	4,5	285,1656736
5-6	0,749375	1	0,8	0,796	0,5	65	64,837517	5,5	356,6063453
6-7	0,774094	1	0,8	0,796	0,5	65	66,122865	6,5	429,7986234
7-8	0,796164	1	0,8	0,796	0,5	65	67,270504	7,5	504,5287807
					Toplam 492,180 KN			Toplam 2052,291 KN	

Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için çatı yüzeyinde meydana gelen rüzgâr yükleri;



Şekil 4.57 Çatı yüzeyinde meydana gelen rüzgâr dış basınç katsayıları

F_1 bölgesine gelen rüzgâr yükünün etkili olduğu yay çatı yay uzunluğu 7,54 m.

F_1 bölgesine gelen bileşke yük değeri F_1= 0,825KN/m2*0,9* (65*7,54 m^2) F_1= 363,89 KN

F_{1x} = bileşeni =50,64 KN F_{1y} bileşeni =360,31 KN

F_2 ve F_3 bölgesine gelen bileşke yük değerileri özdeş yüklerdir ve yatay bileşenlerinin değerleri birbirine eşittir. Yatay bileşenler birbirine zıt yönlü olduğundan birbirini götürür.

F_4 bölgesine gelen rüzgâr yükünün etkili olduğu yay çatı yay uzunluğu 7,54 m.

F_4 bölgesine gelen bileşke yük değeri F_4= 0,825 KN/m2*0,5* (65*7,54 m^2) F_4= 202,16 KN

F_{4x} bileşeni =28,13 KN F_{4y} bileşeni =200,19 KN

Bina tabanına etkiyen toplam yatay yük değeri;

$W_D + W_E$=492,180 KN - F_{1x} = 50,64 KN+ F_{4x} = 28,13 KN = 496,67 KN

Tabana gelen moment değeri ise;

2052,29 KNm - F_{1x} = 50,64 KN*8,75m+ F_{4x} = 28,13*8,75 m = 1855,32 KN m dir.

Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen toplam kesme kuvveti 496,67 Kn ve toplam moment değeri ise 1855,32 KNm dir.

4.6.3 AIJ'ye Göre Rüzgâr Yüklerinin Hesaplanması

Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için;

b=30 m d=65 m h=8 m f=1,5 m Arazi kategorisi II, Basit rüzgar hızı 40 m/sn

Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için yapılan çözümler;

Tasarım rüzgâr hızının bulunması (U_H);

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

V_0=40 m/sn (3 sn) = V_0=28,1 m/sn (10 dk.)

$\frac{U_{100}}{U_{50}} = (0{,}36 + 0{,}1 * (ln12 * 100)$ $U_{0(r=50)}$=28,1 m/sn $U_{0(r=100)}$=30,09 m/sn

K_d = Rüzgâr yön katsayısı = 1 alındı.

$E_H = E_r * E_g$ E_r= Arazi parametrelerine bağlı katsayı Eg=topografya katsayısı=1 alındı.

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^a$ z=9,5 m z_G=350 m α=0,15

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{9{,}5}{350}\right)^{0,15} = 0{,}989$ $E_H = E_r * E_g$ E_H= 0,989*1=0,989

Dönüş periyodu çevirim katsayısı;

$k_{rw} = 0{,}63(\lambda_U - 1)\ln r - 2.9\ \lambda_U + 3.9$ $\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_0}$

$\frac{U_{500}}{U_{50}} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * T)$ $\frac{U_{500}}{28{,}1} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * 500)$ U_{500}= 34,56 m/sn

$\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_{100}} = \frac{34{,}56}{30{,}039} = 1{,}1505$

$k_{rw} = 0{,}63(1{,}1505-1)\ln 50 - (2.9 * 1{,}1505 + 3.9)$ k_{rw} =0,934

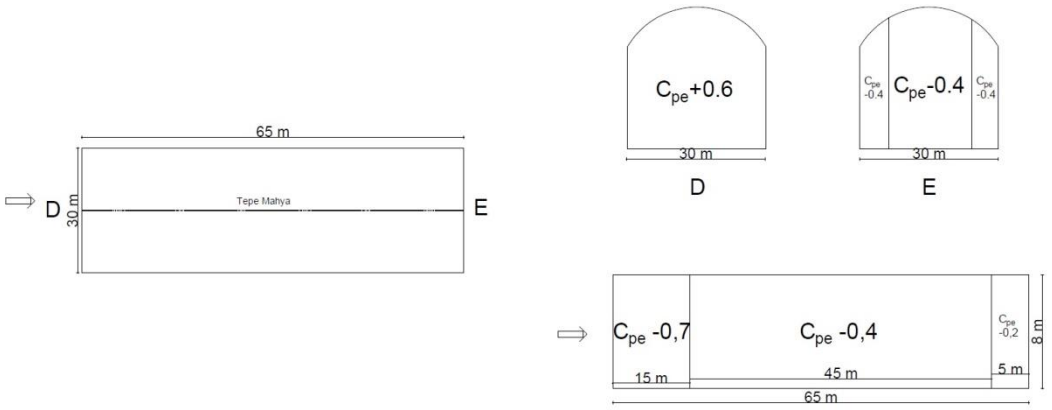
$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

U_H = 30,03*1*0,989*0,934 U_H =27,75 m/sn

Tasarım rüzgâr hız basıncı; $q_H = 1/2 * \rho * U_H^2 = 1/2 * 1{,}22 kg/m^3 * 27{,}75^2$

q_H = 0,470 KN/m^2

$W_D=q_H * C_D * G_D * A(m^2)$



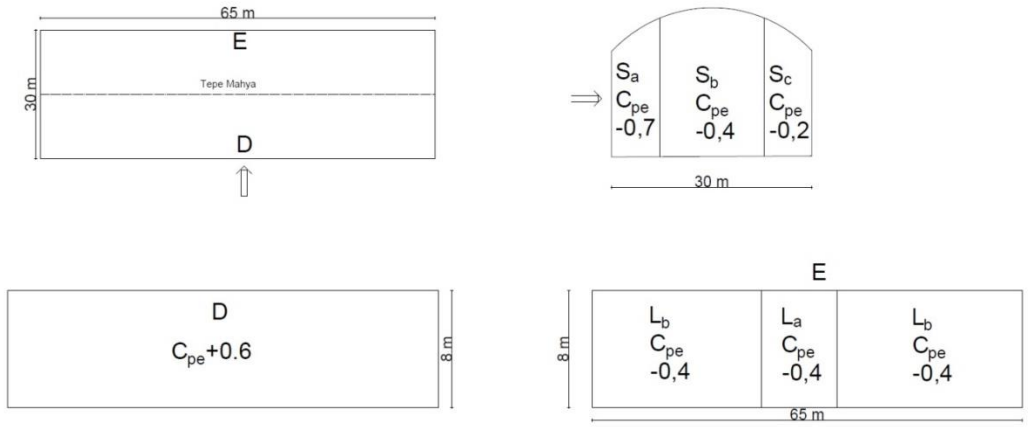
Şekil 4.58 Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için duvar yüzeylerinde meydana gelen dış basınç katsayıları

Çizelge 4.40 Rüzgârın 30 metrelik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	C_D (0,6+0,4)	G_D	A (m2)	W_D	h (m)	M taban
0-1	0,239228	1	1	30	7,1768346	0,5	3,588417288
1-2	0,294524	1	1	30	8,8357198	1,5	13,25357969
2-3	0,33262	1	1	30	9,9785931	2,5	24,94648268
3-4	0,362602	1	1	30	10,878047	3,5	38,07316472
4-5	0,387706	1	1	30	11,631184	4,5	52,34032935
5-6	0,409503	1	1	30	12,285089	5,5	67,56799013
6-7	0,428885	1	1	30	12,866557	6,5	83,63262045
7-8	0,446415	1	1	30	13,392447	7,5	100,4433515
8-9,5	0,470033	1	1	22,82	10,726163	8,75	93,85392853
					Toplam 97,77 KN		Toplam 477,69 KNm

Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen toplam kesme kuvveti 97,77 KN dur. Bina tabanında meydana gelen toplam moment ise 477,69 KNm dir. Rüzgârın bu yönü için çatı yüzeyinde çatı ya dik rüzgâr yükleri meydana gelir. Bu yüklerin kendileri tüzgar yönünde herhangi bir etki oluşturmaz.

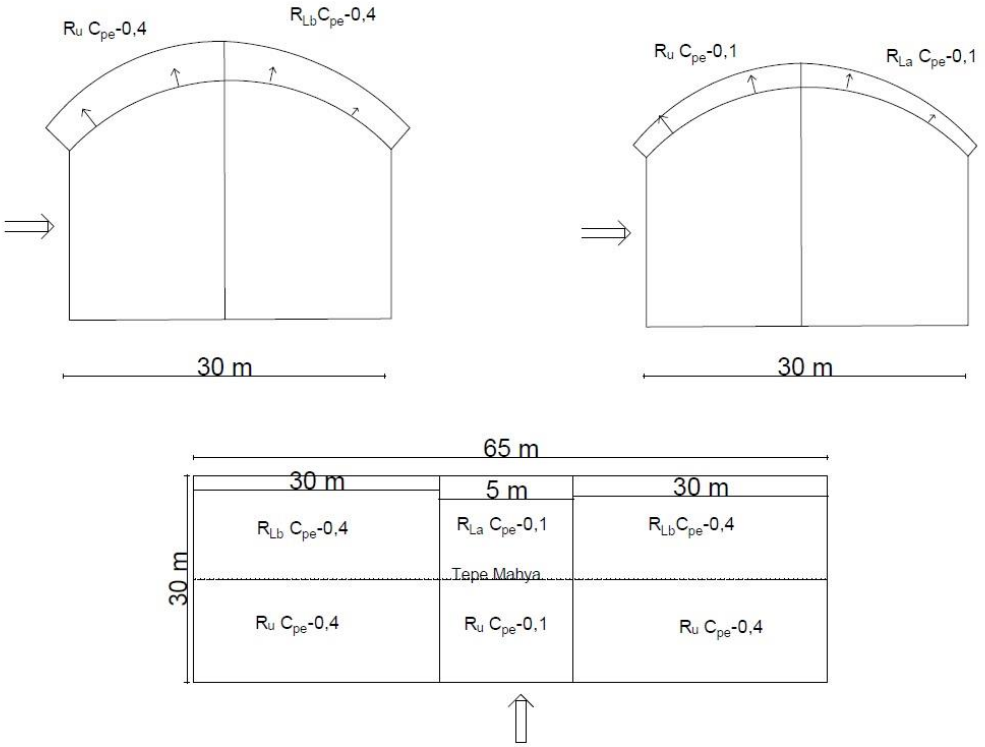
Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için yapılan çözümler;



Şekil 4.59 Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina duvararında meydana gelen dış basınç katsayıları

Çizelge 4.41 Rüzgarın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	C_D (0,6+0,4)	G_D	A (m2)	W_D	h (m)	M taban
0-1	0,239228	1	1	65	15,549808	0,5	7,774904125
1-2	0,294524	1	1	65	19,14406	1,5	28,71608933
2-3	0,33262	1	1	65	21,620285	2,5	54,05071248
3-4	0,362602	1	1	65	23,569102	3,5	82,4918569
4-5	0,387706	1	1	65	25,200899	4,5	113,4040469
5-6	0,409503	1	1	65	26,617693	5,5	146,397312
6-7	0,428885	1	1	65	27,87754	6,5	181,204011
7-8	0,446415	1	1	65	29,016968	7,5	217,6272616
					Toplam 188,59 KN		Toplam 831,666 KNm



Şekil 4.60 Rüzgârın 65 m ye dik gelmesi durumu için çatı yüzeyinde meydana gelen dış basınç katsayıları

Çatı dış basınçları incelendiğinde çatının tepe mahyanın her iki tarafında aynı yük etkisi oluştuğu anlaşılmaktadır. Bu sebepden dolayı çatı yüzeyinde meydana gelen yük etkileri çatı yüzeyine dik şekilde meydana gelecek ve yatay bileşenleri birbiri ile aynı fakat zıt yönlü olduğundan birbirini götürecek ve bina tabanında herhangi bir yük etkisi meydana getirmeyecektir.

4.6.4 AS/NZS 'ye Göre Rüzgâr Yüklerinin Hesaplanması

Örnek 5. b=30m d=65 m h=8 m f=1,2 m

Arazi kategorisi II, Basit rüzgâr hızı(3 sn)=40 m/sn

Binanın 30 m lik duvara dik geldiği durum için yapılan çözümler;

Tasarım rüzgâr hızının belirlenmesi;

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$

V_R; basit rüzgâr hızı V_R=40m/sn

M_d=rüzgar yön çarpanı =1

$M_{z,cat}$= II. tip arazi kategorisi ve h=9,5 metre için $M_{z,cat}$=0,991

M_s =Engelleme çarpanı =1

M_t = topografya çarpanı =1

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$ $V_{des,\Theta} = 40 * 1 * 0,991 * 1 * 1)$ $V_{des,\Theta}$ =39,64 m/sn

Rüzgâr hızı basıncı; $q_{z=9,5\ m}$=1/2*1,22kg/m^3*39,64^2 m/s $q_{z=9,5\ m}$ = 0,958 KN/m^2

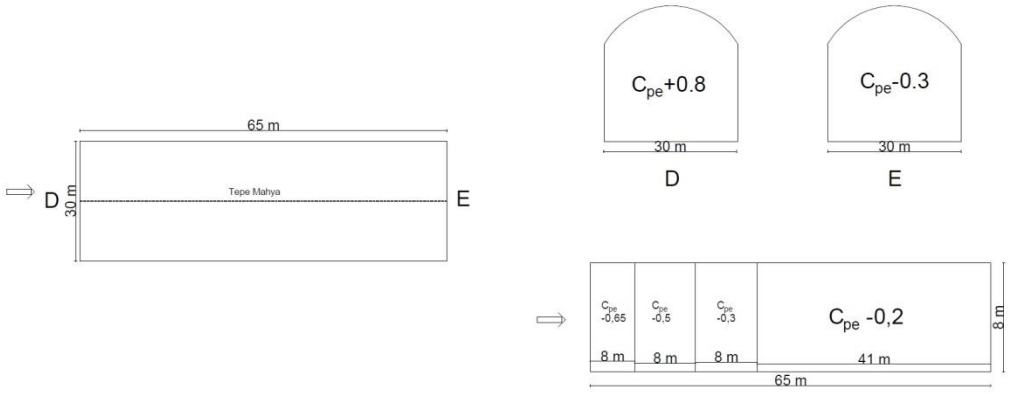
Rüzgâr kaynaklı binaya etkiyen basıncın hesaplanması;

$\rho = (0,5 * \rho_{air}) [V_{des,\Theta}]^2 * C_{fig} * C_{dyn}$

C_{fig}=Aerodinamik Şekil Faktörü

C_{dyn}=Dinamik etki faktörü= 1 alındı.

Aerodinamik Şekil Faktörünün Hesaplanması;



Şekil 4.61 Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumu için duvarlarda meydana gelen dış basınç katsayıları

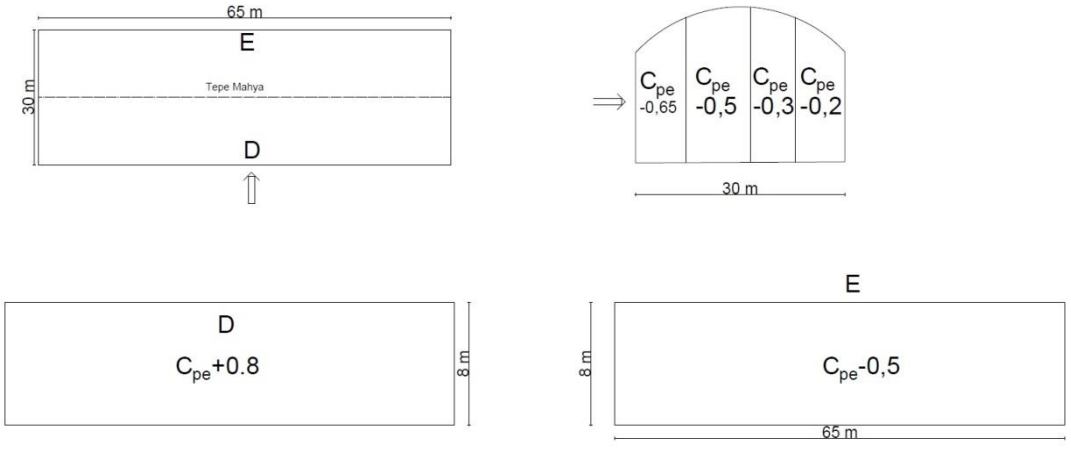
C_{fig}= 0,8 +0,3 =1,1 dir. Rüzgârın dik geldiği duvar ile arka cephesindeki duvarın dış basınç katsayıları toplanarak elde edilir. Çünkü temel tabanında meydana getirdikleri etki aynı yönlüdür. Vektörel yönleri aynıdır.

Çizelge 4.42 Rüzgarın 30 lik duvara dik gelmesi durumunda bina tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	Pa(KN/m2)	A(m^2)	V taban	h(m)	M taban
0-1	0,8890482	30	26,6714448	0,5	13,3357224
1-2	0,8890482	30	26,6714448	1,5	40,0071672
2-3	0,8890482	30	26,6714448	2,5	66,678612
3-4	0,8890482	30	26,6714448	3,5	93,3500568
4-5	0,8890482	30	26,6714448	4,5	120,0215016
5-6	0,9245671	30	27,73701427	5,5	152,5535785
6-7	0,9607818	30	28,82345453	6,5	187,3524544
7-8	0,9976922	30	29,93076557	7,5	224,4807418
8-9,5	1,0543622	22,82	24,06054453	8,75	210,5297646
Toplam			243,90 MN	Toplam	1018,31 MNm

Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumunda çatı yüzeyinde oluşan basınçlar çatı simetrik olduğu için tepe mahyanın sağında ve solunda eşit değerlerde meydana gelir. Bu basınç değerlerinin yatay bileşenleri rüzgâra dik etki yaratır ve şiddetleri birbirine eşittir. Dolayısı ile rüzgâr yönünde herhangi bir yük etkisi meydana getirmez.

Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için yapılan çözümler;

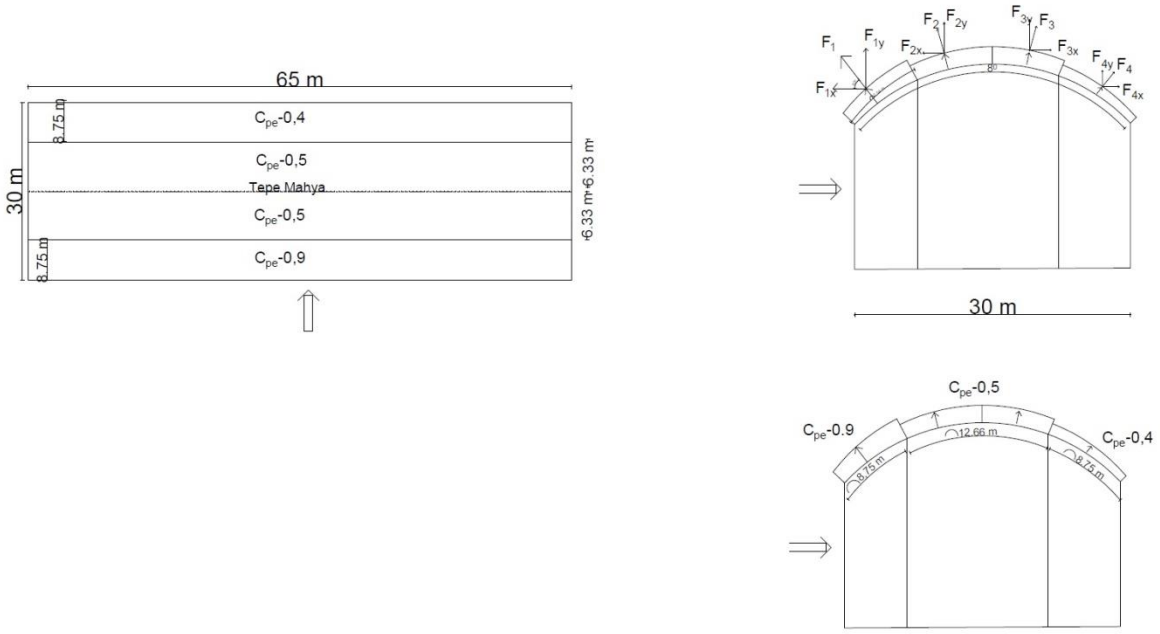


Şekil 4.62 Rüzgârın 65 m lik duvara dik geldiği durum için duvarlarda meydana gelen dış basınç katsayısı

Çizelge 4.43 Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana gelen toplam taban kesme kuvveti ve moment değeri

Bina yük(m)	Pa(KN/m2)	A(m^2)	V taban	h(m)	M taban
0-1	0,8890482	65	57,7881304	0,5	28,8940652
1-2	0,8890482	65	57,7881304	1,5	86,6821956
2-3	0,8890482	65	57,7881304	2,5	144,470326
3-4	0,8890482	65	57,7881304	3,5	202,2584564
4-5	0,8890482	65	57,7881304	4,5	260,0465868
5-6	0,9245671	65	60,09686426	5,5	330,5327534
6-7	0,9607818	65	62,45081814	6,5	405,9303179
7-8	0,9976922	65	64,84999206	7,5	486,3749405
Toplam			476,33 MN	Toplam	1945,18 MNm

Rüzgârın çatı yüzeyinde meydana getirdiği basınçların hesaplanması;



Şekil 4.63 Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için çatı yüzeylerinde meydaa gelen dış basınç katsayıları

F_1 = 0,959 KN/m^2 * 0,9 *1*(8,75*65)m^2= 490, 88 KN

F_{1x} =cos(82)* F_1 = 68,31 KN F_{1y} =sin(82)*490,88 =486,10 KN

F_2 ve F_3 basınç değerleritepa mahyasının sağında ve solunda meydana gelen yönleri farklı iki bileşke yüklerdir. Değerleri eşit fakat yönleri zıt olduğu için bina tabanına herhangi bir tesirde bulunmazlar.

F_4 = 0,959 KN/m^2 * 0,4 *1*(8,75*65)m^2= 218,17 KN

F_{4x} = cos(82)*218,17 KN =30,36 KN F_{4y} = 216,04 KN dur.

Çatıda meydana gelen yüklerin bina tabanında meydana getirdiği toplam kesme kuvveti;

F_{toplam} =476,33 KN -68,31 KN + 30,36 KN =438,38 KN dur.

Toplam moment değeri ise;

M_{toplam}=1945,18 KNm –(68,31 KN * 8,75) +(30,36 KN * 8,75m) =1613,11 KNm

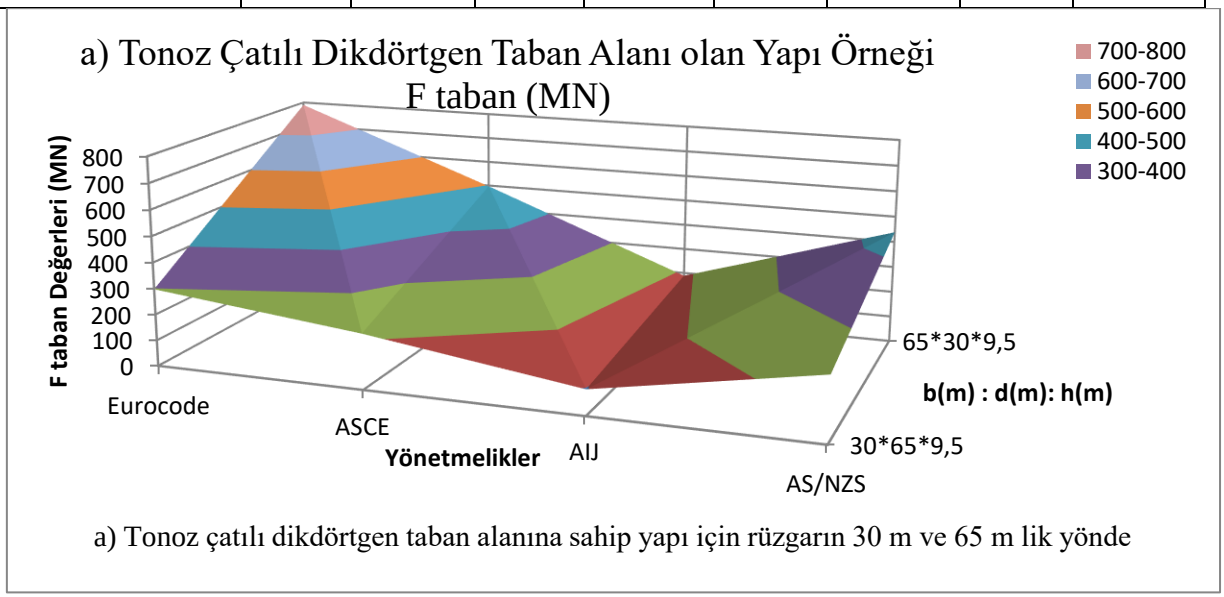
Rüzgârın 65 m lik duvara dik gelmesi durumu için bina tabanında meydana getirdiği toplam kesme kuvveti 438,38 KN dur. Toplam moment değeri ise 1613,11 KNm dir.

4.6.5 Tonoz Çatıya Sahip Örneklerin Sonuçlarının İrdelenmesi

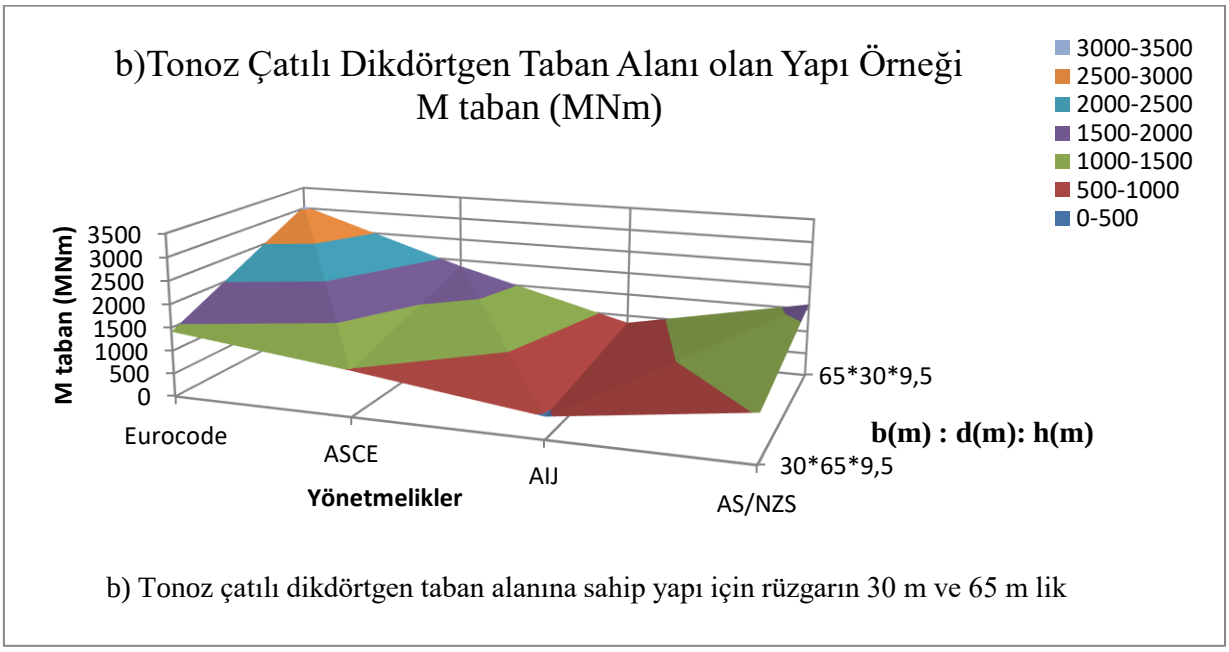
Tez çalışmasındaki örneklerden biride 30 m x 65 m taban alanına sahip 9,5 m toplam yüksekliği, 1,5 m de tonoz çatı yüksekliği bulunan bir yapının dört farklı yönetmelik ile çözümü ve taban kesme ve taban moment değerlerinin karşılaştırılmasıdır. Bina tabanında meydana gelen yük etkileri çizelge 4.44 de verilmiştir. Yük etkileri büyüklük sıralaması Eurocode, ASNZS, ASCE, AIJ olarak gerçekleşmiştir. Rüzgârın 30 m lik duvara dik gelmesi durumunda çatı yüzeyinde meydana gelen yük etkileri çatı sırtının sağında ve solunda birbirine eşit değerlerde gerçekleşmektedir ve rüzgârın estiği yönün dikine bir etki oluşturduğu için bina tabanında bir kesme veya moment değeri meydana getirmez. Bu durum için çatı yüzeyinde oluşan basınç değerleri çatı elemanları, kaplama ve montaj elemanlarının tasarımında kullanılacak değerlerdir. Tonoz çatıda meydana gelen rüzgâr yüklerinin tayininde tüm yönetmelikler birbiri ile yakın dış basınç katsayıları kullanmaktadır. Rüzgârın 65 m lik duvara dik geldiği durum için çatı yüzeyinde oluşan basınç katsayılarını incelediğimizde ise yönetmeliklerin hepsinde çatı yüzeyinin üç parçaya bölündüğü, rüzgârın geldiği yöndeki parçanın basınç katsayısının en büyük, rüzgârın terk ettiği çatı bölümündeki basınç katsayısının en küçük olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.44 Taban Alanı 30m*65m Olan Tonoz Çatısı Bulunan Yapıya Etkiyen Rüzgar Yükü Değerleri

	EUROCODE		ASCE		AIJ		ASNZS	
b(m) * d(m) * h(m)	F_{taban} (KN)	M_{taban} (KNm)	F_{taban} (KN)	M_{taban} (KNm)	F_{taban} (KN)	M_{taban} (KNm)	F_{taban} (KN)	M_{taban} (KNm)
30 x 65 x 9,5	297,97	1415,35	211,75	983,98	97,77	477,69	243,9	1018,31
65 x 30 x 9,5	789,60	3049,91	496,67	1855,32	188,59	831,66	438,38	1613,11



a) Tonoz çatılı dikdörtgen taban alanına sahip yapı için rüzgarın 30 m ve 65 m lik yönde

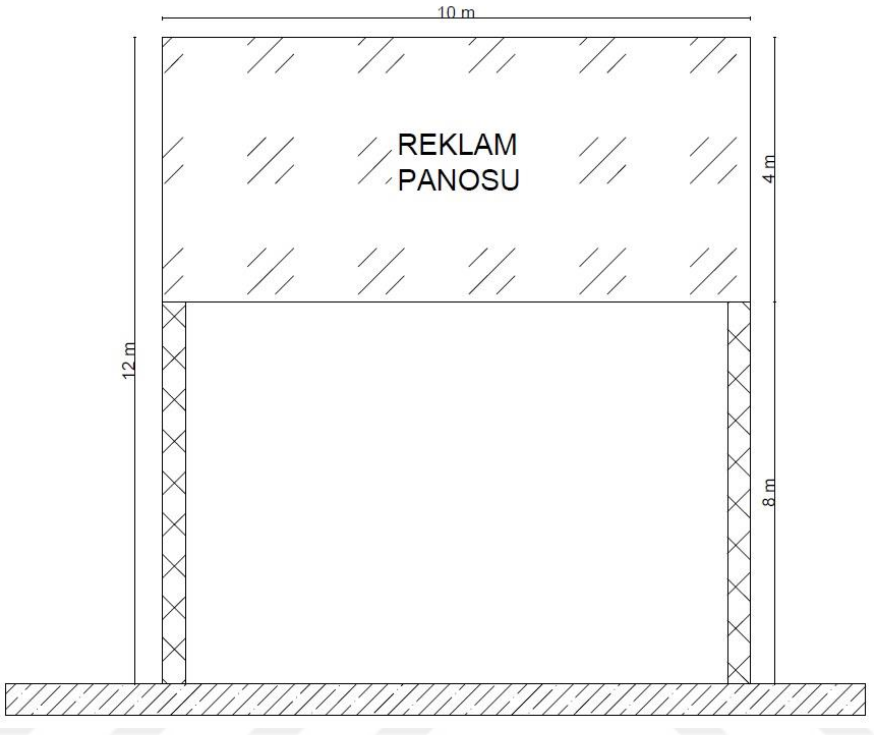


b) Tonoz çatılı dikdörtgen taban alanına sahip yapı için rüzgarın 30 m ve 65 m lik

Şekil 4.64 Tonoz çatılı yapıya etkiyen yüklerin gösterildiği grafik a) F taban b) M taban

4.7 4m x 10m Boyutlarındaki Reklam Panosuna Gelen Rüzgâr Yüklerinin Dört Farklı Yönetmelik İle Hesaplanması

4.7.1 Eurocode 1.4 'e Göre Rüzgar Yüklerinin Hesaplanması



Şekil 4.65 Reklam panosu boyutları

Arazi kategorisi II, b=10 m, Pano yük=4 m Tabelanın yerden yük =12 m V_{b0}=40 m/sn (3 sn) $V_{(10\ dk.)}$ = 28,1 m/sn

Temel rüzgâr hızı; $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo}$ $C_{dir} = C_{season} = 1$ (önerilen değer)

$V_b = 1 * 1 * 28{,}1$ m/sn (10 dk.) $V_b = 28{,}1$ m/sn

Ortalama rüzgâr hızı; $V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $C_{0(z)} = 1$

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ z=12 metre, z_0 =0.05(II. Arazi kategorisi için)

$k_r = 0{,}19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0{,}07}$ z_0=0,05 (II arazi kategorisi) $z_{0,II}$ = 0,05 (Eurocode tarafından verilen değer)

$k_r = 0{,}19$ $C_{r(z)} = 1{,}041$

$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * V_b$ $V_{m(z)} = 1.041 * 1 * 29,25$ m/sn

$V_{m(z)} = 29,25$ m/sn (12 metre yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı)

Referans yapı yüksekliği Eurocode için 8m +(4/2) m =10 m olarak belirlenmiştir.

Referans yüksekliğindeki rüzgâr hızı; z=10 m z_0=0,05 için

$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ $C_{r(z)} = 0,19 * \ln\left(\frac{10}{0,05}\right)$ $C_{r(z)} = 1,00$

$V_{m(z=10\ metre)} = 1,00 * 1 * 28,1$ m/sn $V_{m(z=10\ metre)} = 28,1$ m/sn

Rüzgâr Türbülansı;

$I_{v(z)} = \frac{\sigma_v}{v_{m(z)}} = \frac{k_1}{c_{0(z)} * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$ k_1= 1 (eurocode önerilen değer) $C_{0(z)} = 1$ z=12 m z_0=0,05

$I_{v(z=12\ m)} = 0,1825$ $I_{v(z=10\ m)} = 0,1887$

Tepe Rüzgar Hız Basıncı;

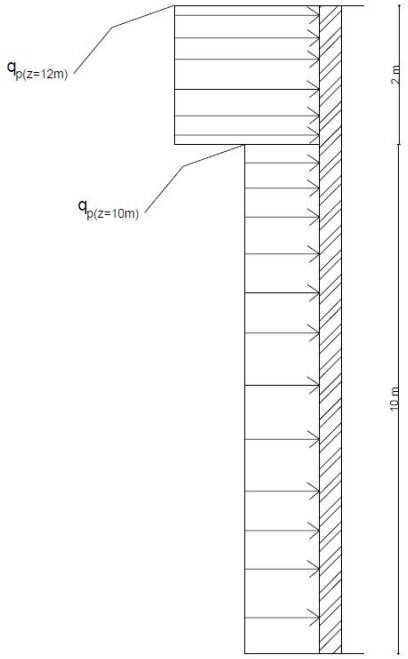
$q_{p(z)} = [1+ 7\ I_{v(z)}] * \frac{1}{2} * \rho * V^2_{m(z)} = C_{e(z)} * q_b$

$q_{p(z)} = [1+ 7 * 0,1825] * \frac{1}{2} * 1,22 * (29,25\ m/sn)^2$ $q_{p(z=12\ m)} = 1,189$ KN/m^2

Rüzgâr Yükleri; $F_w = C_sC_d * C_f * q_{p(ze)} * A_{ref}$

C_sC_d yapısal katsayı bu örnek için 1 kabul edildi.

Eurocode zeminden ölçülen referans yüksekliği (bu örnek için 10 m) h/4 den büyük olan direkli işaret levhaları için C_f değerini 1,80 önermiştir. C_f =1,80



Şekil 4.66 Eurocode'a göre reklam panosu rüzgar yükü dağılımı

Reklam panosu 8. metreden başladığı için panonun alttan 2 metre genişliğindeki alana $q_{p=10\ m}$ deki rüzgâr hız basıncı etki edecektir. Diğer kalan kısıma ise $q_{p=12\ m}$ deki rüzgâr hız basıncı etki edecektir.

Çizelge 4.45 Reklam panosuna gelen toplam yatay yük ve toplam moment değeri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	G	C_f	A (m2)	$F=C_sC_d * C_f * q_z * A_{(m2)}$	h (m)	M_{taban}
8-10	1,133008953	1	1,8	20	40,7883	9	367,0949007
10-12	1,189371935	1	1,8	20	42,8174	11	470,9912861
			Toplam		83,60 KN	Toplam	838,086 KNm

4.7.2 ASCE 7-05'e Göre Rüzgâr Yüklerinin Hesaplanması

Arazi kategorisi ' C ', b=10 m, Pano yük=4 m Tabelanın yerden yük =12 m V_{b0}=40 m/sn Referans yük =10 m

Rüzgâr hız basıncı;

$q_z = 0{,}613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I$ (N/m^2); (V m/sn)

K_z ; rüzgâr hız basıncına maruz kalma katsayısı

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{z}{z_g}\right)^{2/a}$ z= bina yüksekliği=12 metre zg=274,32 m α=9,5

$K_z = 2{,}01*\left(\frac{12}{274{,}32}\right)^{2/9{,}5} = 1{,}040$

K_{zt} =Topografik faktör =1 alındı.

K_d = Rüzgar doğrultu katsayısı =0,85 alındı.

I= Yapı önem katsayısı =1 alındı.

$q_{z=12\ m} = 0{,}613 * 1{,}040 * 1 * 0{,}85 * 40^2 * 1$ (N/m^2); (V m/sn)

$q_{z=12\ m} = 0{,}867$ KN/m^2

Rüzgârdan Dolayı Meydana Gelen Yük Etkileri

$F = q_z * G * Cf * A_f$ (N)

G; Fırtına etkisi faktörü bu örnek için 1 alındı.

C_f kuvvet katsayısının belirlenmesi;

$$\frac{\text{Pano yük=4m}}{\text{tabelanın yerden yük= 12m}} = \frac{s}{h} = \frac{4}{12} = 0{,}33$$

$$\frac{\text{Panonun genişliği=10m}}{\text{Panonun yüksekliği= 4m}} = \frac{B}{s} = \frac{10}{4} = 2{,}5$$

C_f ilgili tablodan 1,785 olarak belirlenir. C_f =1,785

Çizelge 4.46 Rüzgârın reklam panosuna etkidiği durum için pano tabanında meydana gelen taban kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	G	C_f	A (m2)	$F=q_z*G*C_f*A_{(m2}$	h (m)	M taban
8-9	0,816152	1	1,785	10	14,56832	8,5	123,8307159
9-10	0,834458	1	1,785	10	14,895072	9,5	141,5031863
10-11	0,851371	1	1,785	10	15,196965	10,5	159,5681326
11-12	0,86711	1	1,785	10	15,477911	11,5	177,9959785
				Toplam	60,138 KN	Toplam	602,898 KNm

Rüzgârın reklam panosuna dik geldiği durum için reklam panosunun tabanında toplam kesme kuvveti 60,138 KN durr. Toplam moment ise 602,898 KNm dir. Değerler çizelge 4.46 da verilmiştir.

4.7.3 AIJ'ye Göre Rüzgâr Yüklerinin Hesaplanması

Arazi kategorisi ' II ', b=10 m, Pano yük=4 m Tabelanın yerden yük =12 m V_{b0}=40 m/sn Referans yük =10 m

Tasarım rüzgâr hızının bulunması (U_H);

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

V_0=40 m/sn (3 sn) = V_0=28,1 m/sn (10 dk.)

$\frac{U_{100}}{U_{50}} = (0{,}36 + 0{,}1 * (ln12 * 100)$ $U_{0(r=50)}$=28,1 m/sn $U_{0(r=100)}$=30,09 m/sn

K_d = Rüzgâr yön katsayısı = 1 alındı.

E_H= E_r*E_g E_r= Arazi parametrelerine bağlı katsayı Eg=topografya katsayısı=1 alındı.

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^{a}$ z=12 m z_G=350 m α=0,15

$E_r = 1{,}7 * \left(\frac{12}{350}\right)^{0,15} = 1{,}024$ E_H= E_r*E_g E_H= 1,024*1=1,024

Dönüş periyodu çevirim katsayısı;

k_{rw} = 0,63(λ_U-1)ln r -2.9 λ_U + 3.9 $\lambda_U=\frac{U_{500}}{U_0}$

$\frac{U_{500}}{U_{50}} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * T)$ $\frac{U_{500}}{28{,}1} = 0{,}36 + 0{,}1 * \ln(12 * 500)$ U_{500}= 34,56 m/sn

$\lambda_U=\frac{U_{500}}{U_{100}} = \frac{34{,}56}{30{,}039} = 1{,}1505$

k_{rw} = 0,63(1,1505-1)ln 50 –(2.9*1,1505 + 3.9) k_{rw} =0,934

$U_H = U_0 * K_D * E_H * k_{rW}$

U_H = 30,03*1*1,024*0,934 U_H =28,73 m/sn

Tasarım rüzgâr hız basıncı; $q_H = 1/2 * \rho * U_H^2 = 1/2 * 1{,}22 kg/m^3 * 28{,}73^2$

$q_H = 0{,}504$ KN/m^2

$W = q_H * C_D * G_D * A(m^2)$

G_D= Fırtına etkisi faktörü bu örnek için 1 alındı.

C_D=Basınç katsayısı

Reklam panosuna gelen rüzgâr yükünün hesaplanması için rüzgar katsayısının hesaplanması panonun boyutları ve doluluk oranına bağlı olarak hesaplanır.

C_D= doluluk oranı 1 olduğundan C_x=2 olarak seçilir.

Çizelge 4.47 Reklam panosuna gelen rüzgârın pano tabanında meydana getirdiği toplam kesme kuvveti ve moment değerleri

Bina yük(m)	q_z (KN/m2)	C_D	G_D	A (m2)	W_D	h (m)	M taban
8-9	0,462471	2	1	10	9,2494185	8,5	78,62005721
9-10	0,477322	2	1	10	9,546445	9,5	90,69122796
10-11	0,491167	2	1	10	9,8233469	10,5	103,1451428
11-12	0,504157	2	1	10	10,083146	11,5	115,9561777
					Toplam 38,70 KN		Toplam 388,41 KNm

Reklam panosunun tabanında 38,70 KN kesme kuvveti, 388,41 KNm taban momenti meydana gelmektedir. Değerler çizelge 4.47 de gösterilmiştir.

4.7.4 AS/NZS'ye Göre Rüzgâr Yüklerinin Hesaplanması

Arazi kategorisi II , b=10 m, Pano yük=4 m Tabelanın yerden yük =12 m V_{b0}=40 m/sn (3 sn) Referans yük =10 m

Tasarım rüzgâr hızının belirlenmesi;

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$

V_R; basit rüzgâr hızı V_R=40m/sn

M_d=rüzgar yön çarpanı =1

$M_{z,cat}$= II. tip arazi kategorisi ve h=12 metre için $M_{z,cat}$=1,02

M_s =Engelleme çarpanı =1

M_t = topografya çarpanı =1

$V_{des,\Theta} = V_R * M_d * (M_{z,cat} * M_s * M_t)$ $V_{des,\Theta} = 40 * 1 * 1,02 * 1 * 1)$ $V_{des,\Theta}$ =40,8 m/sn

Rüzgâr hızı basıncı; $q_{z=12\ m}$=1/2*1,22kg/m^3*40,8^2 m/s $q_{z=9,5\ m}$ = 1,015 KN/m^2

Rüzgâr kaynaklı binaya etkiyen basıncın hesaplanması;

$\rho = (0,5 * \rho_{air}) [V_{des,\Theta}]^2 * C_{fig} * C_{dyn}$

C_{dyn}=Dinamik etki faktörü= 1 alındı.

C_{fig}=Aerodinamik Şekil Faktörü

$\frac{b}{c} = \frac{10}{4} = 2,5$ $\frac{c}{h} = \frac{4}{12} = 0,33$ Tablodan bu değerlere karşılık gelen denklem;

$C_{fig} = C_{p,n} = 1,3 + 0,5\left(0,3 + \log_{10}\left(\frac{b}{c}\right)\right) * (0,8 - \frac{c}{h}) = 1,463$

Çizelge 4.48 Reklam panosuna etki eden toplam kesme kuvveti ve pano tabanında meydana gelen toplam moment değerleri

Bina yük(m)	Pa(KN/m2)	A(m^2)	V_{taban}	h(m)	M_{taban}
8-9	1,3769467	10	13,76946668	8,5	117,0404668
9-10	1,427888	10	14,27888	9,5	135,64936
10-11	1,4565885	10	14,56588549	10,5	152,9417976
11-12	1,4855747	10	14,85574675	11,5	170,8410876
Toplam			57,47 KN	Toplam	576,47 KNm

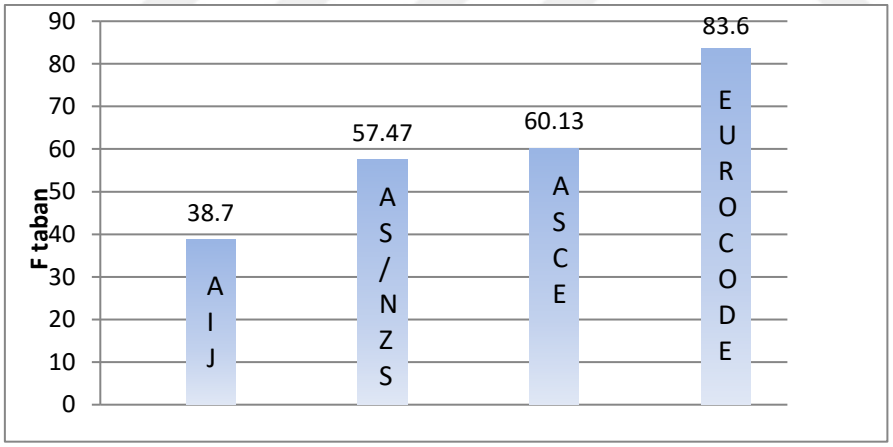
4.7.5 Reklam Panosunda Meydana Gelen Yük Etkilerinin İrdelenmesi

Tezin son bölümünde ise 4m x 10 m boyutlara sahip yerden 8 metre yükseklikte bulunan bir reklam panosuna etkiyen rüzgâr yükleri hesaplanmış ve değerler çizelge 8.5 de verilmiştir. Diğer iki örnek grubunda olduğu gibi Eurocode yönetmeliğinin pano üzerinde oluşturduğu taban kesme ve moment değeri diğer yönetmeliklerin yük değerlerinden fazla çıkmaktadır. Yük büyüklükleri açısından oluşan sıralama Eurocode, ASCE, ASNZS ve AIJ dir.

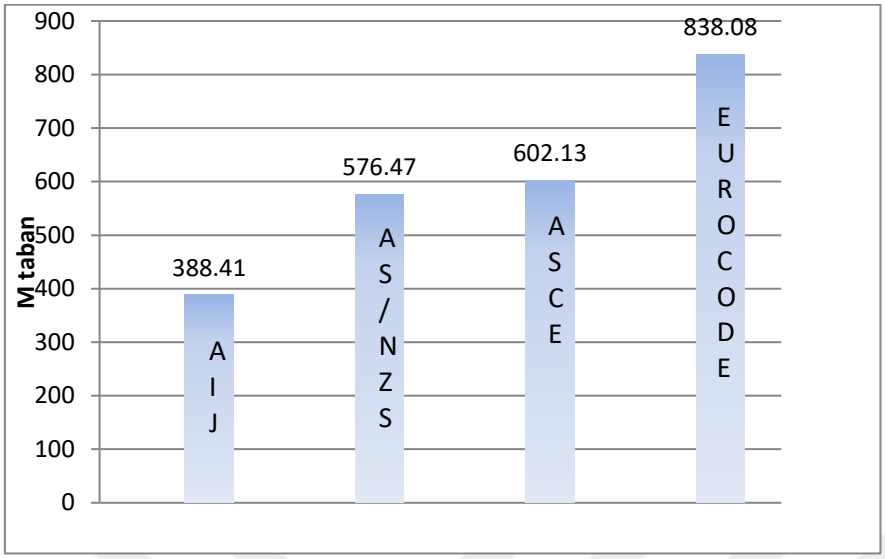
Çizelge 4.49 Reklam Panosu Üzerine Etkiyen Rüzgar Hızının Pano Tabanında Meydana Getirdiği Yük Etkileri

	EUROCODE		ASCE		AIJ		ASNZS	
	F_{taban} (KN)	M_{taban} (KNm)	F_{taban} (KN)	M_{taban} (KNm)	F_{taban} (KN)	M_{taban} (KNm)	F_{taban} (KN)	M_{taban} (KNm)
Reklam Panosu	83,6	838,086	60,138	602,89	38,7	388,41	57,47	576,47

Şekil 4.67 Reklam panosuna etkiyen kesme kuvveti değerleri grafiği



Şekil 4.68 Reklam panosuna etkiyen taban moment değerleri grafiği



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında yüksek bina olarak kabul edebileceğimiz dikdörtgen taban alanına sahip 4 farklı bina türü incelenmiştir. Taban alanı 50 m x 70 m olan binaların hem 50 m lik cephesine hem de 70 m lik cephesine rüzgârın dik etkidiği düşünülmüş ve rüzgâr yönünde meydana gelen taban kesme kuvveti ve taban moment değerleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Yüksek binaların üzerine etki eden rüzgâr yükleri Eurocode 1-4, ASCE 7-05, AIJ ve AS/NZS olmak üzere dört faklı yapı yönetmeliği ile çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Ayrıca yüksek yapı örneklerine ilave olarak taban alanı 30m x 65m olan tonoz çatıya sahip bir yapıda dört farklı yönetmelik ile çözülmüş ve taban kesme kuvveti ve moment değerleri elde edilmiştir. Son olarak 4 m x 10 m genişliğinde yerden 8 metre yükseklikte bulunan reklam veya işaret levhası örneği yine dört farklı rüzgâr yönetmeliği ile çözülmüştür.

5.1 Sonuç ve Öneriler

Dört yapı yönetmeliğinin de rüzgâr etkisi ile meydana gelen yükleri tespit etmede birbiri ile bazı farklılıklar olsa da genel anlamda çok benzer hesap adımları izlendiği anlaşılmıştır. Dört yönetmelikte de yapısal katsayı veya fırtına etkisi faktörü gibi isimlerle anılan yapının kendine özgü fiziksel birtakım özelliklerinin etkili olduğu katsayılar elde edilmektedir. Yine birbiri ile benzer olan rüzgârın etkidiği bölge için önerilen basınç katsayıları benzer yaklaşım gösterilerek yönetmeliklerde yerini almıştır.

Eurocode 1.4 yönetmeliğinde incelenen diğer tezlere göre daha analitik yaklaşım sergilenmiş ve hemen her adımda formülasyon kullanılmıştır. Diğer üç yönetmelikte ise çizelge ve şekiller daha etkin şekilde kullanılmış yalın bir şekilde sonuca ulaşmak hedeflenmiştir.

Eurocode 1.4 de rüzgarın etkidiği cephe için binanın alt ve üst bölgelerinden bina genişliği kadar bölgeyi tek basınç değeri ile ele almış, orta bölge içinse belirli yüksekliklere bölünmesi yöntemini önermiştir. Diğer ASCE, AS/NZS ve AIJ yönetmeliklerinde bu şekilde bir hız profili önerilmemiş, her bir yükseklikteki basınç değerinin sadece o alana etkidiği varsayılarak değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım Eurocode

1.4 den elde edilen sonuçların en yüksek olmasının ana sebebi denilebilir. Eurocode un yüksek basınç değerleri vermesinin bir diğer nedeni ise türbülans etkisini göz önüne alarak tepe hız basınç değeri elde etmesidir.

Yapı yoğunluğunun etkisi sadece AIJ yönetmeliğinde ele alınmıştır. Diğer yönetmeliklerde bu değişkene hesaplamaların içerisinde yer verilmemiştir.

Tonoz çatı yüzeyine gelen basınç değerleri dört yönetmelik için de birbirine oldukça yakın yöntemlerle elde edilmektedir. Çatı yüzeyinde meydana gelen basınç değeri tüm yönetmeliklerde çatı eğim açısına bağlı olarak hesaplanmıştır.

AIJ yönetmeliğinde reklam veya işaret panosu için özel olarak verilen dış basınç katsayısı bulunmamaktadır. AIJ yönetmeliğinde reklam panosu bir yapı elemanı olarak ele alınmış ve yük etkisi hesaplanmıştır.

Yapılan çalışma kapsamında kapalı yapılar veya kısmi kapalı olmasına bağlı olarak iç basınç etkisi göz ardı edilmiştir.

Tez çalışmasında sadece rüzgâr yönünde meydana gelen tesirler hesaplanmış, rüzgâr yönüne dik oluşan etkiler ele alınmamıştır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

AIJ, 2004, Architectural Institute of Japan (AIJ). RLB recommendations for loads on buildings. Tokyo (Japan): Structural Standards Committee, Architectural Institute of Japan; 2004.

ASCE 7-05, 2005, American Society of Civil Engineers (ASCE). Minimum design loads for buildings and other structures. Reston (VA): ASCE; 2010.

Ashcroft, J., 1994, The Relationship between the gust ratio, terrain roughness, gust duration and the hourly mean wind speed, journal of wind engineering and ındustrial aerodynamics, 53, 331-355.

AS/NZS, 2011, AS/NZS 1170.2:2011 Structural design actions –Part 2: Wind actions. Australian/New Zealand Standard (AS/NZS): Joint Technical Committee BD-006, Australia/New Zealand; 2011.

Chopra, K.,A., 2000, Dynamics of structures, theory and applications to earthquake engineering.

Davenport, A.G., 1960, Rationale for determining design wind velocities, Journal of structural Division, 86(5), 39-68.

Davenport, A.G., 1961, The application of statistical concepts to the wind loading of structures, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 19:444-71.

Durst, C.S., 1960, Wind speeds over short periods of time, The Meteorological Magazine, 89(1056), 181-186.

Eurocode 1, 2004, European Committee for Standardization (CEN). Eurocode 1: Actions on structures – Part 1–4: General actions – wind actions. EN 1991-1-4:2005/ AC:2010 (E). Europe: European Standard (Eurocode), European Committee for Standardization (CEN); 2010.

Gürses, P.,2012, Yapılara Etki Eden Rüzgâr Yüklerinin Eurocode 1-4 Ve Asce 7-05 Standardları Kullanılarak Karşılaştırılması

Hira A. and Mendis P., 1995 Wind Design of Tall Buildings. Conference on High-rise Buildings in Vietnam. Hanoi, Vietnam, February

Holmes, J.D., 2003, Wind Loading on Structures, SPON PRES, New Fetter Lane, London.

Kjewski, T., Kareem, A., 1998 Dynamic Wind Effects: a Comparative Study of Provisions in Codes and Standarts with Wind Tunnel Data, Wind and Structures, Vol 1, No 1, 77-109

Kurç, Ö., Kayışoğlu, B., Shojaee, S.M. Uzol, O., 2012, Yüksek binalarda rüzgar etkilerinin rüzgar tüneli deneyleriyle tespiti, İMO Teknik Dergi, 23(114), 6163-6186.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Kwon, D.,Kareem A., 2013, Comparative study of major international wind codes and standards for wind codes and standarts for wind effects on tall buildings, Engineering Structures 51,(23-35)

Kwon, D., Kijewski Correa, T., Kareem, A., 2008, e-Analysis of high rise buildings subjected to wind loads, Journal of Structural Engineering, 134(7), 1139-1153.

Lin, N., Letchford, C., Tamura, Y., Liang, B., Nakamura, O., 2005, Characteristics of wind forces acting on tall buildings, Journal of wind Engineering and Indasrial Aerodynamics, 93,217-242.

Polat, Ö.O., 2010, ASCE 7-05, Eurocode 1-4, ve TSE 498 yönetmelikleri kullanılarak yapılara gelen rüzgar yüklerinin karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, İTÜ Fen Bilimleri Esntütüsü, 164 s.

Şafak, E., 2011, Yüksek yapılardaki rüzgar yüklerinin hesabı, 4. ulusal çelik yapılar sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi İstanbul, Ekim 2010, s. 1-16.

Tozan, S., 2013, Yüksek binalarda rüzgar etkisi ve konfor şartlarının çeşitli yönetmeliklere göre incelenmesi. Yüksek lisans tezi, İTÜ Fen Bilimleri Esntitüsü, 115 s.

Umut, Ö., 2014, Yüksek yapılarda rüzgar etkilerinin stokastik yöntemle çözümlenmesi ve baskın etkilerin parametrik incelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Esntitüsü, 157 s.

Van Koten, H., 1967, Wind measuraments on high buildings in the Netherlands, Proc. Int. Res. Seminar on Wind Effects on Buildings and Structures, University of Toronta Press, Ottowa.

Zhou, Y., Kijewski, T. Kareem, A., 2003, Aerodynamics loads on tall buildings: İnteractive database, Journal of Structural Engineering, 129(3), 394-404.