



TÜRK STANDARDI
TURKISH STANDARD

TS EN 1991-1-4

Aralık 2007

ICS 91.010.30

**YAPILAR ÜZERİNDEKİ ETKİLER - BÖLÜM 1-4: GENEL
ETKİLER – RÜZGÂR ETKİLERİ (EUROCODE 1)**

Eurocode 1 - Actions on structures - Part 1- 4: General actions -
Wind actions

TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA

- Bugünkü teknik ve uygulamaya dayanılarak hazırlanmış olan bu standardın, zamanla ortaya çıkacak gelişme ve değişikliklere uydurulması mümkün olduğundan ilgililerin yayınları izlemelerini ve standardın uygulanmasında karşılaştıkları aksaklıkları Enstitümüze iletmelerini rica ederiz.
- Bu standardı oluşturan Hazırlık Grubu üyesi değerli uzmanların emeklerini; tasarılar üzerinde görüşlerini bildirmek suretiyle yardımcı olan bilim, kamu ve özel sektör kuruluşları ile kişilerin değerli katkılarını şükranla anarız.



Kalite Sistem Belgesi

İmalât ve hizmet sektörlerinde faaliyet gösteren kuruluşların sistemlerini TS EN ISO 9000 Kalite Standardlarına uygun olarak kurmaları durumunda TSE tarafından verilen belgedir.



Türk Standardlarına Uygunluk Markası (TSE Markası)

TSE Markası, üzerine veya ambalâjına konulduğu malların veya hizmetin ilgili Türk Standardına uygun olduğunu ve mamulle veya hizmetle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisi altında olduğunu ifade eder.



Kalite Uygunluk Markası (TSEK Markası)

TSEK Markası, üzerine veya ambalâjına konulduğu malların veya hizmetin henüz Türk Standardı olmadığından ilgili milletlerarası veya diğer ülkelerin standardlarına veya Enstitü tarafından kabul edilen teknik özelliklere uygun olduğunu ve mamulle veya hizmetle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisi altında olduğunu ifade eder.

DİKKAT!

TS işareti ve yanında yer alan sayı tek başına iken (TS 4600 gibi), mamulün Türk Standardına uygun üretildiğine dair üreticinin beyanını ifade eder. **Türk Standardları Enstitüsü tarafından herhangi bir garanti söz konusu değildir.**

Standardlar ve standardizasyon konusunda daha geniş bilgi Enstitümüzden sağlanabilir.

TÜRK STANDARDLARININ YAYIN HAKLARI SAKLIDIR.

Ön söz

- Bu standard, CEN tarafından kabul edilen EN 1991-1-4: 2005 standardı esas alınarak, TSE İnşaat İhtisas Grubu'nca hazırlanmış ve TSE Teknik Kurulu'nun 06 Aralık 2007 tarihli toplantısında Türk Standardı olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.
- Bu standardda kullanılan bazı kelime ve/veya ifadeler patent haklarına konu olabilir. Böyle bir patent hakkının belirlenmesi durumunda TSE sorumlu tutulamaz.

İçindekiler

Kısım 1 - Genel	1
1.1 Kapsam	1
1.2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar	2
1.3 Kabuller	2
1.4 Prensipler ile uygulama kuralları arasındaki farklar	2
1.5 Deney ve ölçme destekli tasarım	2
1.6 Tarifler	2
1.7 Semboller	3
Kısım 2 - Tasarım durumları	7
Kısım 3 - Rüzgâr etkilerinin modellenmesi	8
3.1 Durum	8
3.2 Rüzgâr etkilerinin temsili	8
3.3 Rüzgâr etkilerinin sınıflandırılması	8
3.4 Karakteristik değerler	8
3.5 Modeller	8
Kısım 4 - Rüzgâr hızı ve hız kaynaklı rüzgâr basıncı	9
4.1 Hesaplama esasları	9
4.2 Esas değerler	9
4.3 Ortalama rüzgâr hızı	10
4.4 Rüzgâr türbülansı	12
4.5 Tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı	12
Kısım 5 - Rüzgâr etkileri	14
5.1 Genel	14
5.2 Yüzeylerdeki rüzgâr basıncı	14
5.3 Rüzgâr kuvvetleri	15
Kısım 6 - Yapısal katsayı $c_s c_d$	17
6.1 Genel	17
6.2 $c_s c_d$ 'nin belirlenmesi	17
6.3 Detaylı işlem	17
Kısım 7 - Basınç ve kuvvet katsayıları	20
7.1 Genel	20
7.2 Binalar için basınç katsayıları	21
7.3 Sundurma çatılar	40
7.4 Bağlantısız (müstakil) duvarlar, parapetler, çitler ve direkli işaret levhaları	46
7.5 Sürtünme katsayıları	49
7.6 Dikdörtgen kesitli yapı elemanları	50
7.7 Keskin kenarlı kesitleri olan yapı elemanları	52
7.8 Düzgün çokgen kesitli yapı elemanları	52
7.9 Dairesel kesitli silindirler	54
7.10 Küreler	58
7.11 Kafes yapılar ve iş iskeleleri	59
7.12 Bayraklar	61
7.13 Etkili narinlik λ ve uç tesir katsayısı ψ_λ	62
Kısım 8 - Köprüler üzerindeki rüzgâr etkileri	65
8.1 Genel	65
8.2 Tepki hesaplama işleminin seçimi	68
8.3 Kuvvet katsayıları	68
8.4 Köprü ayakları	73
Ek A (Bilgi için) - Arazi tesirleri	74
Ek B (Bilgi için) - Yapısal katsayı $c_s c_d$'nin belirlenmesi için İşlem 1	83
Ek C (Bilgi için) - Yapısal katsayı $c_s c_d$'nin belirlenmesi için İşlem 2	89
Ek D (Bilgi için) - Değişik tipteki yapılar için $c_s c_d$ katsayıları	91
Ek E (Bilgi için) - Girdap saçılması ve aeroelastik kararsızlık	94
Ek F (Bilgi için) - Yapının dinamik karakterleri	114
Kaynaklar	122

Yapılar üzerindeki etkiler - Bölüm 1-4: Genel etkiler - Rüzgâr etkileri (Eurocode 1)

Kısım 1 - Genel

1.1 Kapsam

(1) Bu standard her bir yük tesir alanı dikkate alınarak, binaların ve inşaat mühendisliği işlerinin yapısal tasarımında doğal rüzgâr etkilerinin tayini için kılavuz bilgileri kapsar. Yükün tesir ettiği alanlar, yapının tümü veya bir kısmı veya bileşenler, kaplamalar ve bunları sabitleme elemanları, güvenlik ve ses bariyerleri gibi yapıya monte edilmiş elemanlardır.

(2) Bu standard aşağıdakiler için geçerlidir:

- Yüksekliği en fazla 200 m olan binalar ve inşaat mühendisliği işleri [ayrıca paragraf (11)],
- Dinamik tepki kriterlerini sağlaması şartıyla 200 m'den daha az açıklıklı köprüler (paragraf (11) ve Madde 8.2).

(3) Bu standardda zemine oturan yapılar, bu yapıların bileşenleri ve ekleri üzerindeki karakteristik rüzgâr etkilerinin tahmin edilmesi tasarlanmıştır.

(4) Bir yapı üzerindeki rüzgâr etkilerini belirlemek için gerekli olan bazı hususlar; yapının konumuna, meteorolojik verilerin elde edilebilirliğine ve kalitesine, arazinin tipine vb. bağlıdır. Bu hususların, Millî Ek'te ve ülkelere ait özel durumların metin içerisinde notlarla açıklandığı Ek A'da ele alınması gerekmektedir. Millî Ek'te bilgi verilmemesi hâlinde, ana metin içerisindeki genel değerler ve metotlar kullanılır.

(5) Ek A'da, arazi kategorileri gösterim ile verilmiştir. Bu ekte yükseklik değişimi, engebellik değişimi, çevre arazinin ve komşu binaların tesirlerini de içeren orografik tesirlere ait kurallar da verilmiştir.

(6) Ek B ve Ek C'de, yapısal katsayı $c_s c_d$ 'nin hesaplanması için alternatif işlemler verilmiştir.

(7) Ek D'de, farklı yapı tipleri için $c_s c_d$ katsayıları verilmiştir.

(8) Ek E'de, girdap (vorteks) kaynaklı tepkilere ait kurallar ile diğer aeroelastik tesirler hakkında bazı kılavuz bilgileri verilmiştir.

(9) Ek F'de, doğrusal davranış gösteren yapıların dinamik özellikleri verilmiştir.

(10) Bu standardda, şiddetli kutupsal ısı yüzey dönüşümü, hortum veya kasırga gibi karakteristik rüzgâra bağlı yerel ısı etkileri hakkında kılavuz bilgileri verilmemiştir.

(11) Bu standardda aşağıdaki hususlarla ilgili kılavuz bilgileri de verilmemiştir:

- Paralel olmayan bağ kirişli kafes yapılı kulelere tesir eden rüzgâr etkileri,
- Çelik halatlarla sabitlenmiş direk ve bacalara tesir eden rüzgâr etkileri,
- Burulma titreşimleri (örneğin çekirdek sistemli yüksek binalarda görülebilir),
- Enine rüzgâr türbülansından kaynaklanan köprü tabliyesi titreşimi,
- Kablo ile sabitlenmiş köprüler,
- Dikkate alınması gerekli olan temel moddan daha fazla sayıda modun hesaba katılması gereken titreşimler.

Not 1 - Millî Ek'te, yukarıda belirtilen hususlarda çelişkili olmayan tamamlayıcı bilgiler verilebilir.

Not 2 - Çelik halatlarla sabitlenmiş direk ve bacalar, paralel olmayan bağ kirişli (chord) kafes yapılı kulelere tesir eden rüzgâr etkileri için EN 1993-3-1 Ek A'ya bakılmalıdır.

Not 3 - Aydınlatma direklerine tesir eden rüzgâr etkileri için EN 40'a bakılmalıdır.

1.2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar

Bu standardda, tarih belirtilerek veya belirtilmeksizin diğer standard ve/veya dokümanlara atıf yapılmaktadır. Bu atıflar metin içerisinde uygun yerlerde belirtilmiş ve aşağıda liste hâlinde verilmiştir. Tarih belirtilen atıflarda daha sonra yapılan tadil veya revizyonlar, atıf yapılan bu standardda da tadil veya revizyon yapılması şartı ile uygulanır. Atıf yapılan standard ve/veya dokümanın tarihinin belirtilmemesi hâlinde en son baskısı kullanılır.

EN, ISO, IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TS No ¹⁾	Adı (Türkçe)
EN 1990	Eurocode basis of structural design	TS EN 1990*	Eurocode-Yapı Tasarımının Temelleri
EN 1991-1-3	Eurocode 1 Actions on structures Part 1-3 Snow Loads	TS EN 1991-1-3*	Yapılar üzerindeki etkiler - Bölüm 1-3: Genel etkiler - Kar yükleri (Eurocode 1)
EN 1991-1-6	Eurocode 1 Actions on structures Part 1-6 Actions during execution	TS EN 1991-1-6*	Yapılar üzerindeki etkiler - Bölüm 1-6: Genel etkiler - Uygulama esnasındaki etkiler
EN 1991-2	Eurocode 1 Actions on structures Part 2 Traffic loads on bridges	TS EN 1991-2	Yapılara olan etkiler - Bölüm 2: Köprülerdeki trafik yükleri (Eurocode 1)
EN 1993-3-1	Eurocode 3 Design of steel structures Part 3-1 Masts and towers	TS EN 1993-3-1*	Çelik yapıların tasarımı Bölüm 3-1 Direk ve Kuleler (Eurocode 1)

1.3 Kabuller

(1) P EN 1990 Madde 1.3'te verilen kabuller uygulanır.

1.4 Prensipler ile uygulama kuralları arasındaki farklar

(1) P EN 1990 Madde 1.4'te verilen kurallar uygulanır.

1.5 Deney ve ölçme destekli tasarım

(1) Hesaplamalara ek olarak, yapının ve doğal rüzgârın uygun modelleri kullanılarak, yapıya etkiyen yük ve yapısal tepkilere ait bilgilerin elde edilmesi için rüzgâr tüneli deneyleri ve ispatlanmış ve/veya geçerliliği onaylanmış nümerik işlemler kullanılabilir.

(2) Yük ve yapısal tepki bilgileri ve arazi parametreleri uygun tam ölçekli veriden elde edilebilir

Not - Deney ve ölçme destekli tasarım için Millî Ek'te kılavuz bilgiler verilebilir.

1.6 Tarifler

Bu standardın amacı bakımından ISO 2394, ISO 3898, ISO 8930'da ve aşağıda verilen tarifler uygulanır. EN 1990 Madde 1.5'te verilen temel tarifler de ayrıca uygulanır.

1.6.1 Temel esas rüzgâr hızı

Yıllık aşılma olasılığı 0,02 olan, açık kırsal arazide 10 m yükseklikte ölçülen ve yükseklik tesirlerinin hesaba katıldığı (gerekliyse), rüzgâr yönüne bağlı olmayan 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızı.

1.6.2 Esas rüzgâr hızı

Dikkate alınan rüzgârın yönünü ve mevsimleri (gerekliyse) hesaba katmak için değiştirilmiş temel esas rüzgâr hızı.

1.6.3 Ortalama rüzgâr hızı

Arazi engebelliği ve orografik tesirleri hesaba katmak için değiştirilmiş esas rüzgâr hızı.

1.6.4 Basınç katsayısı

Dış basınç katsayıları binanın dış yüzeylerine etki eden rüzgâr tesirini, iç basınç katsayıları ise binanın iç yüzeylerine etki eden rüzgâr tesirini verir.

¹⁾ **TSE Notu:** Atıf yapılan standartların TS numarası ve Türkçe adı 3. ve 4. kolonda verilmiştir. * işaretli olanlar bu standardın basıldığı tarihte İngilizce metin olarak yayımlanmış olan Türk Standardlarıdır..

Dış basınç katsayıları genel katsayılar ve kısmi katsayılar olarak ikiye ayrılır. Kısmi katsayılar yüke maruz alanın 1 m^2 veya daha az olduğu durumlara ait basınç katsayısıdır (küçük elemanlar ve sabitleme elemanının tasarımında esas alınır). Genel katsayılar yüke maruz alanın 10 m^2 'den daha fazla olan durumlara ait basınç katsayısıdır.

Net basınç katsayıları bir yapının, yapısal elemanın veya bileşenin birim yüzey alanına etki eden bileşke rüzgâr tesirini verir.

1.6.5 Kuvvet katsayısı

Kuvvet katsayıları; özellikle ihmal edilmediyse sürtünmeleri de kapsayacak şekilde bir yapının, yapısal elemanın veya bileşenin bütününe etki eden toplam rüzgâr tesirini verir.

1.6.6 Geri plan tepki katsayısı

Geri plan tepki katsayısı yapı yüzeyi üzerindeki basıncın tam korelasyon eksikliğini dikkate almak için kullanılmaktadır.

1.6.7 Rezonans tepki katsayısı

Yapının titreşim modunu dikkate alarak, rezonansda türbülansı hesaba katmak için kullanılan katsayı.

1.7 Semboller

(1) Bu standardın amacı bakımından aşağıdaki semboller uygulanır.

Not - Kullanılan semboller ISO 3898:1999'dan alınmıştır. Bu standarddaki ifadelerde verilen nokta sembolü, çarpma işaretinin yerine kullanılmıştır. Nokta sembolünün bu amaçla kullanılmasının sebebi fonksiyon ifadelerinde karışıklık olmasını engellemektir.

(2) EN 1990 Madde 1.6'da verilen temel semboller listesine ek olarak, aşağıda verilen semboller bu standarda özel olarak kullanılan sembollerdir.

Büyük Latin harfleriyle gösterilen semboller:

A	Alan
A_{fr}	Rüzgârın yaladığı (temas edip geçtiği) alan
A_{ref}	Referans alan
B^2	Geri plan tepki bölgesi
C	Köprüler için rüzgâr yük katsayısı
E	Elastisite modülü
F_{fr}	Toplam sürtünme kuvveti
F_j	Yapının j noktasına etki eden girdap kuvveti
F_w	Toplam rüzgâr kuvveti
H	Topoğrafik unsurun yüksekliği
I_v	Türbülans şiddeti
K	Mod şekil katsayısı; şekil parametresi
K_{iv}	Girdap akımlarının girişim katsayısı
K_{rd}	Parapetler için azaltma katsayısı
K_w	Korelasyon uzunluk katsayısı
K_x	Boyutsuz katsayı
L	Köprü tabliyesinin açıklık uzunluğu; türbülans uzunluk ölçeği
L_d	Rüzgâr uzaklaştığı yöndeki eğimli kısmın gerçek uzunluğu
L_e	Rüzgârın yaklaştığı yöndeki eğimli kısmın etkili uzunluğu
L_j	Korelasyon uzunluğu

L_u	Rüzgârın yaklaştığı yöndeki eğimli kısmın gerçek uzunluğu
N	Girdap akımları nedeniyle oluşan çevrim sayısı
N_g	Hamle tepkisi için yük adedi
R^2	Rezonans tepki bölümü
Re	Reynolds sayısı
R_h, R_b	Aerodinamik kabul
S	Rüzgâr etkisi
Sc	Scruton sayısı
S_L	Boyutsuz spektral güç yoğunluk fonksiyonu
St	Strouhal sayısı
W_s	Bacanın rijitliğine katkıda bulunan yapısal kısımların ağırlığı
W_t	Bacanın toplam ağırlığı

Küçük Latin harfleriyle gösterilen semboller:

a_G	Çalkalanım kararsızlık katsayısı
a_{IG}	Girişimli çalkalanım için birleşik kararlılık parametresi
b	Yapının genişliği (aksi belirtilmediyse, rüzgâr yönüne dik doğrultudaki yüzey uzunluğu)
c_{alt}	Rakım katsayısı
c_d	Dinamik katsayı
c_{dir}	Yön katsayısı
$c_e(z)$	Maruz kalma katsayısı
c_f	Kuvvet katsayısı
$c_{f,o}$	Serbest rüzgâr uç akımı olmayan yapı veya yapı elemanları için kuvvet katsayısı
$c_{f,l}$	Kaldırma kuvveti katsayısı
c_{fr}	Sürtünme katsayısı
c_{lat}	Aerodinamik tahrik katsayısı
c_M	Moment katsayısı
c_p	Basınç katsayısı
c_{prob}	Olasılık katsayısı
c_r	Engebelilik katsayısı
c_o	Orografi katsayısı
c_s	Boyut katsayısı
c_{season}	Mevsim katsayısı
d	Yapının derinliği (aksi belirtilmediyse, rüzgâr yönüne paralel doğrultudaki yüzey uzunluğu)
e	Bir kuvvetin dış merkezliği veya kenar mesafesi
f_L	Boyutsuz frekans
h	Yapı yüksekliği
h_{ave}	Engel yüksekliği
h_{dis}	Yer değiştirme yüksekliği
k	Eşdeğer engebelilik

k_p	Tepe (peak) katsayısı
k_r	Arazi katsayısı
k_θ	Burulma rijitliği
l	Yapının yatay uzunluğu
m	Birim uzunluk kütlesi
m_1	Eşdeğer birim uzunluk kütlesi
n_i	Yapının i 'inci modunun doğal frekansı
$n_{1,x}$	Rüzgâr doğrultusundaki titreşim temel frekansı
$n_{1,y}$	Rüzgâr doğrultusuna dik doğrultudaki titreşim temel frekansı
n_o	Oval şekil frekansı
p	Yıllık aşılma ihtimali
q_b	Referans ortalama (esas) hız kaynaklı rüzgâr basıncı
q_p	Tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı
r	Yarıçap
s	Katsayı; koordinat
t	Referans rüzgâr hızının ortalama süresi, plaka kalınlığı
V_{CG}	Çalkalanım için başlangıç rüzgâr hızı
V_{CIG}	Girişimli çalkalanım için kritik rüzgâr hızı
V_{crit}	Girdap (vorteks) akımı için kritik rüzgâr hızı
V_{div}	Dağılan rüzgâr hızı
V_m	Ortalama rüzgâr hızı
$V_{b,0}$	Esas rüzgâr hızının temel değeri
V_b	Esas rüzgâr hızı
w	Rüzgâr basıncı
x	Mahalin bir tepenin zirvesine olan yatay uzaklığı
x -doğrultu	Açıklığa dik yatay doğrultu
y -doğrultu	Açıklık boyunca yatay doğrultu
$Z_{en\ büyük}$	kritik rüzgâr hızında rüzgâra dik yöndeki en büyük genlik
z	Yer seviyesinden yükseklik
Z_{ave}	Ortalama yükseklik
z -doğrultu	Düşey doğrultu
z_o	Engbelilik uzunluğu
Z_e, Z_i	Dış rüzgâr etkisi için referans yükseklik, iç basınç
Z_g	Dikkate alınan yapı elemanının yer seviyesinden yüksekliği
$Z_{en\ büyük}$	En büyük yükseklik
$Z_{en\ küçük}$	En düşük yükseklik
Z_s	Yapısal katsayayı belirlemek için referans yükseklik

Büyük Yunan harfleriyle gösterilen semboller:

Φ	Rüzgârın yaklaştığı yöndeki kısmın eğimi
$\Phi_{1,x}$	Rüzgâr doğrultusundaki temel mod şekli

Küçük Yunan harfleriyle gösterilen semboller:

α_G	Çalkalanım kararsızlık parametresi
α_{IG}	Girişimli çalkalanım'ın birleşik kararlılık parametresi
δ	Logaritmik sönümlenme oranı
δ_a	Sönümlenmenin aerodinamik logaritmik azalımı
δ_d	Özel aletlere bağlı sönümlenmenin aerodinamik logaritmik azalımı
δ_s	Sönümlenmenin yapısal logaritmik azalımı
ε	Katsayı
ε_0	Frekans aralığı katsayısı
ε_1	Frekans katsayısı
η	Değişken
φ	Doluluk oranı, sundurma blokajı
λ	Narinlik oranı
μ	Boşluk oranı, yüzeyin geçirgenliği
ν	Üst geçiş frekansı; Poisson oranı; kinematik viskozite
θ	Burulma açısı; rüzgâr yönü
ρ	Hava yoğunluğu
σ_v	Türbülansın standart sapması
$\sigma_{a,x}$	Rüzgâr yönündeki ivmenin standart sapması
ψ_{mc}	Çok katlı sundurma için azaltma katsayısı
ψ_r	Köşeleri yuvarlatılmış dikdörtgen kesitler için kuvvet katsayısına ait azaltma katsayısı
ψ_λ	Uç tesirli yapısal elemanların kuvvet katsayısına ait azaltma katsayısı
$\psi_{\lambda,\alpha}$	Dairesel kesitli silindireler için uç tesiri katsayısı
ψ_s	Duvarlar ve çitlerin yapıyı rüzgârdan koruma katsayısı
ζ	Mod şeklinin üssü

Alt indisler

crit	Kritik
e	Dış; maruz kalma
fr	Sürtünme
i	İç; mod sayısı
j	Yapıdaki bir nokta veya artan alanın en son dikkate alınan numarası
m	Ortalama
p	Tepe (peak); parapet
ref	Referans
v	Rüzgâr hızı
x	Rüzgâr yönündeki doğrultu
y	Rüzgâr yönüne dik doğrultu
z	Düşey doğrultu

Kısım 2 - Tasarım durumları

(1) P İlgili rüzgâr etkileri, EN 1990 Madde 3.2'ye uygun olarak tanımlanan her tasarım durumu için belirlenmelidir.

(2) Rüzgâr tesirlerini değiştirebilecek kar, trafik ve buzlanma gibi diğer etkiler, EN 1990 Madde 3.2 (3) P'ye uygun olarak dikkate alınmalıdır.

Not - EN 1991-1-3, EN 1991-2 ve ISO FDIS 12494'e de bakılmalıdır.

(3) Uygulama safhaları esnasında rüzgâr tesirlerini farklılaştırabilecek yapıdaki her türlü değişiklik (yapı tamamlanırken meydana gelen farklı safhalar, dinamik özellikler vb.), EN 1990 Madde 3.2 (3) P'ye uygun olarak dikkate alınmalıdır.

Not - EN 1991-1-6'ya da bakılmalıdır.

(4) Tasarım aşamasında, fırtınalar sırasında kapalı olduğu kabul edilen pencere ve kapıların açık olduğu durumda oluşacak etkiler, kazara tasarım durumlarından birisi olarak ele alınmalıdır.

Not - EN 1990 Madde 3.2 (2) P'ye de bakılmalıdır

(5) Rüzgâr etki tesirlerinin neden olduğu yorulma, bu duruma karşı hassas yapılarda göz önünde bulundurulmalıdır.

Not - Yük çevrim adedi Ek B, Ek C ve Ek E'den elde edilebilir.

Kısım 3 - Rüzgâr etkilerinin modellenmesi

3.1 Durum

(1) Rüzgâr etkileri zamana bağlı olarak değişim gösterir ve kapalı yapının dış yüzeyine doğrudan basınç olarak etkidiği gibi yapı dış yüzeyinin gözenekliliği nedeniyle dolaylı olarak yapının iç yüzeylerine de etkir. Bu etkiler, ayrıca dış cephesinde açıklık olan yapılarda da iç yüzeylere doğrudan etkiyebilir. Basınçlar, yapının veya her bir giydirme cephe (kaplama) elemanın yüzey alanına dik kuvvetler oluşturacak şekilde etkir. Buna ek olarak, rüzgârın yaladığı yapı alanların büyük olduğu durumlarda yapı yüzeyine paralel olarak etkiyen sürtünme kuvvetleri de önemli olabilir.

3.2 Rüzgâr etkilerinin temsili

(1) Rüzgâr etkisi, en kritik türbülanslı rüzgâr tesirlerine eşdeğer tesirler meydana getiren basitleştirilmiş basınç ve kuvvet grupları ile temsil edilir.

3.3 Rüzgâr etkilerinin sınıflandırılması

(1) Aksi belirtilmedikçe, rüzgâr etkileri sabitlenmiş değişken etkiler olarak sınıflandırılmalıdır (EN 1990 Madde 4.1.1).

3.4 Karakteristik değerler

(1) EN 1991-1-4 kullanılarak hesaplanan rüzgâr etkileri karakteristik değerlerdir (EN 1990 Madde 4.1.2). Bu değerler, rüzgâr hızının veya hız kaynaklı rüzgâr basıncının esas değerleri kullanılarak hesaplanır. EN 1990 Madde 4.1.2 (7) P'ye göre, bu esas değerler ortalama tekerrür süresi 50 yıla eşit, yıllık aşılma olasılığı ise 0,02 olan karakteristik değerlerdir.

Not - Esas değerlerden rüzgâr etkilerini elde etmek için kullanılan bütün katsayı veya modeller, hesaplanan rüzgâr etkilerinin olasılığı esas değerlerin olasılığını geçmeyecek şekilde seçilmelidir.

3.5 Modeller

(1) Yapı üzerindeki rüzgâr tesiri (yani yapının tepkisi) o yapının boyutuna, şekline ve dinamik özelliklerine bağlıdır. Bu standard, rüzgâr yönündeki türbülansın, rüzgâr yönündeki sabit işaretli temel eğilme modu titreşimleriyle örtüşmesinin neden olduğu dinamik tepkileri kapsar.

Yapı tepkisi, Kısım 5'e uygun olarak, doğal yapısı korunmuş rüzgâr alanındaki referans yükseklikte meydana gelen tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı q_p , kuvvet ve basınç katsayıları ve yapısal katsayı $c_s c_d$ kullanılarak hesaplanmalıdır (Kısım 6). q_p değeri, rüzgârın özelliklerine, arazinin engebeliliğine, orografik özelliklere ve referans yüksekliğe bağlıdır. q_p değeri, kısa süreli basınç değişimlerinin ile ortalama hız kaynaklı rüzgâr basıncının toplamına eşittir.

(2) Kablo, direk, baca ve köprüler gibi esnek yapılarda aeroelastik tepki göz önünde bulundurulmalıdır.

Not - Aeroelastik tepki hakkında basitleştirilmiş kılavuz bilgi Ek E'de verilmiştir.

Kısım 4 - Rüzgâr hızı ve hız kaynaklı rüzgâr basıncı

4.1 Hesaplama esasları

(1) Rüzgâr hızı ve hız kaynaklı rüzgâr basıncı, ortalama ve değişken bileşenlerden oluşur.

Ortalama rüzgâr hızı v_m , Madde 4.2'de tarif edildiği gibi rüzgârın özelliklerine bağlı olan esas rüzgâr hızı v_b ve Madde 4.3'te tarif edildiği gibi arazi engebelliğine ve orografik yapıya bağlı olan rüzgârın yükseklikle değişimi kullanılarak belirlenmelidir. Tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı Madde 4.5'te belirlenmiştir.

Rüzgârın değişken bileşeni Madde 4.4'te tanımlanan türbülans şiddetiyle temsil edilir.

Not - Millî Ekte o ülkeye ait iklim bilgileri verilebilir. Bu bilgilerden dikkate alınan arazi kategorileri için ortalama rüzgâr hızı v_m ve tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı q_p doğrudan elde edilebilir.

4.2 Esas değerler

(1) P Esas rüzgâr hızının temel değeri $v_{b,0}$, yılın herhangi bir bölümünden ve rüzgâr yönünden bağımsız olarak, çayır gibi az bir bitki örtüsüne ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere sahip açık kırsal alanda yer seviyesinden 10 metre yukarıdaki karakteristik 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızıdır.

Not 1 - Yukarıda belirtilen arazi, Çizelge 4.1'de belirtilen arazi kategorisi II'ye karşılık gelir.

Not 2 - Esas rüzgâr hızının temel değeri $v_{b,0}$, Millî Ek'te verilebilir.

(2) P Esas rüzgâr hızı Eşitlik (4.1) kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad (4.1)$$

Burada;

v_b Arazi kategorisi II'de yer seviyesinden 10 metre yükseklikte yılın herhangi bir bölümünün ve rüzgâr yönünün bir fonksiyonu olarak tanımlanan esas rüzgâr hızı,
 $v_{b,0}$ Esas rüzgâr hızının temel değeri (paragraf (1) P),
 c_{dir} Doğrultu katsayısı (Not 2),
 c_{season} Mevsim katsayısı (Not 3)
 dir.

Not 1 - Belirtilen temel değer $v_{b,0}$ içerisinde rakımın esas rüzgâr hızı v_b 'ye olan etkisinin dahil edilmediği durumlarda, Millî Ek'te bu etkinin nasıl dikkate alınacağına ilişkin bir işlem verilebilir.

Not 2 - Farklı rüzgâr yönleri için doğrultu katsayısı c_{dir} değeri Millî Ek'te bulunabilir. Tavsiye edilen değer 1,0'dır.

Not 3 - Mevsim katsayısı c_{season} değeri Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen değer 1,0'dır.

Not 4 - Yıllık aşılma olasılığı p olan 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızı, Madde 4.2 (2) P'de verilen esas rüzgâr hızı v_b ile Eşitlik (4.2) ile hesaplanan olasılık katsayısı c_{prob} 'un çarpımı sonucu elde edilir. (ayrıca EN 1991-1-6'e bakılmalıdır.)

$$c_{prob} = \left(\frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1 - p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right)^n \quad (4.2)$$

Burada;

K Üst sınır uç değer dağılımının değişkenlik katsayısına bağlı olan şekil parametresi,
 n Üstel sayı
 dir.

Not 5 - K ve n değerleri Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen değerler K için 0,2 ve n için 0,5'tir.

(3) Geçici yapılar ve uygulama safhasındaki tüm yapılar için mevsim katsayısı c_{season} kullanılabilir. Yılın herhangi bir zamanında kullanılabilen taşınabilir yapılar için, mevsim katsayısı c_{season} 1,0 alınmalıdır.

Not - EN 1991-1-6'ya da bakılmalıdır.

4.3 Ortalama rüzgâr hızı

4.3.1 Yüksekliğe bağlı değişim

(1) Bir arazide yer seviyesinden z metre yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı $v_m(z)$, o arazinin engebelliğine, orografik özelliklerine ve esas rüzgâr hızı v_b 'ye bağlıdır ve Eşitlik (4.3) kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b \quad (4.3)$$

Burada;

$c_r(z)$ Madde 4.3.2'de verilen engebellik katsayısı,

$c_o(z)$ Orografi katsayısı (Madde 4.3.3'te aksi belirtilmemişse 1,0 olarak alınmalıdır) dir.

Not 1 - Millî Ek'te c_o ile ilgili bilgi verilebilir. Esas rüzgâr hızı hesabında orografi dikkate alınırsa tavsiye edilen değer 1,0'dır.

Not 2 - Millî Ek'te $v_m(z)$ için tasarım çizelgeleri ve grafikleri verilebilir.

Komşu yapıların rüzgâr hızı üzerindeki tesiri dikkate alınmalıdır (Madde 4.3.4).

4.3.2 Arazi engebelliği

(1) Engebellik katsayısı $c_r(z)$ ile yapının bulunduğu mahalde aşağıda belirtilen durumlara bağlı olarak ortalama rüzgâr hızı değişkenliği hesaba katılır:

Yer seviyesinden olan yükseklik,

Rüzgârın doğrultusu dikkate alındığında, yapının rüzgârın yaklaştığı yöndeki arazi parçasının engebelliği.

Not - $c_r(z)$ 'nin hesaplanma işlemi Millî Ek'te verilebilir. z metre yükseklikteki engebellik katsayısının hesaplanması için tavsiye edilen işlem Eşitlik (4.4)'te verilmiştir ve bu eşitlik logaritmik hız profiline dayanmaktadır.

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad z_{min} \leq z \leq z_{max} \quad (4.4)$$

$$c_r(z) = c_r(z_{en\ küçük}) \quad z \leq z_{min}$$

Burada;

z_0 Engebellik uzunluğu

k_r Aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanan, engebellik uzunluğu z_0 'a bağlı arazi katsayısı dir.

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} \quad (4.5)$$

Burada;

$z_{0,II}$ 0,05 (Arazi kategorisi II, Çizelge 4.1)

$z_{en\ küçük}$ Çizelge 4.1'de tanımlanan en düşük yükseklik

$z_{en\ büyük}$ 200 m alınmalıdır.

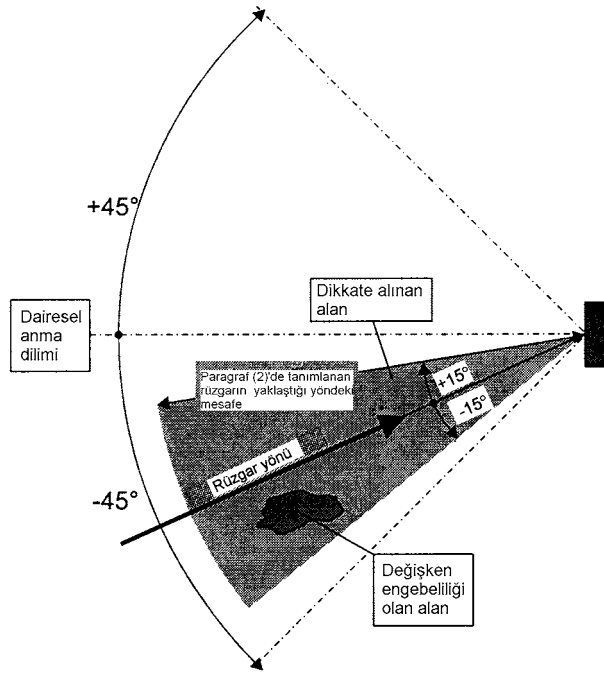
z_0 ve $z_{en\ küçük}$ arazi kategorisine bağlıdır. Tavsiye edilen değerler, Çizelge 4.1'de beş temsili arazi kategorisi için verilmiştir.

Rüzgârın geldiği kısımdaki engebelliği düzgün dağılımlı olanın arazinin profil yeterliliğini kararlı şekilde sağlamaya yeterli uzunlukta olması durumunda Eşitlik (4.4) geçerlidir.

Çizelge 4.1 - Arazi kategorileri ve arazi parametreleri

Arazi kategorisi	Z_0 m	Z_{en} küçük m
0 Açık deniz etkisine maruz deniz veya kıyı alanı	0,003	1
I Göller veya ihmal edilebilecek seviyede bitki örtüsü olan ve engebeli olmayan düz ve yatay alan	0,01	1
II Çayır gibi az seviyede bitki örtüsü olan ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere (ağaçlar, binalar) sahip alan	0,05	2
III Düzgün yayılı şekilde bir bitki örtüsüne veya binalara veya aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere sahip alan (kasabalar, yörekent, ormanlık alan gibi)	0,3	5
IV Yüzeyinin en az % 15'i, yükseklik ortalaması 15 m'yi aşan binalarla kaplı alan	1,0	10
Not: Arazi kategorileri Madde A.1'de şekiller ile gösterilmiştir.		

(2) Belirtilen rüzgâr doğrultusu için kullanılacak arazi engebelleliği, rüzgâr doğrultusu etrafındaki dairesel dilim içerisinde bulunan düzgün yayılı engebelleliğe sahip arazi kısmının uzunluğuna ve yüzey engebelleğine bağlıdır. Değişken engebellelik gösteren küçük alanlar (dikkate alınan arazinin % 10'undan az) ihmal edilebilir (Şekil 4.1).

**Şekil 4.1** - Arazi engebelleğinin değerlendirilmesi

Not - Millî Ek'te dairesel dilim ve rüzgârın yaklaşacağı yöndeki mesafe tanımlamaları verilebilir. Tavsiye edilen dairesel dilimin merkez açısı 30° (rüzgâr doğrultusunun her iki tarafında 15°) olarak alınabilir. Tavsiye edilen rüzgârın yaklaşacağı yöndeki mesafe Madde A.2'den elde edilebilir.

(3) Dairesel dilim için basınç veya kuvvet katsayısının tanımlandığı durumlarda herhangi 30 derecelik dairesel dilimdeki en düşük engebellelik uzunluğu kullanılmalıdır.

(4) Verilen arazinin tanımlanması sırasında iki veya daha fazla arazi kategorisi arasında seçim yapılacaksa en düşük engebellelik uzunluğu olan arazi kullanılmalıdır.

4.3.3 Arazi orografisi

(1) Orografinin (tepeler,yamaçlar vb.) rüzgâr hızını % 5'ten daha fazla arttırdığı yerlerde bunların tesirleri orografi katsayısı c_o kullanılarak dikkate alınmalıdır.

Not - c_o 'ın belirlenmesi için kullanılacak işlem Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen işlem Madde A.3'te verilmiştir.

(2) Rüzgârın yaklaştığı yöndeki ortalama arazi eğiminin 3 dereceden az olduğu durumlarda orografi tesirleri ihmal edilebilir. Rüzgârın yaklaştığı yöndeki arazi boyu olarak orografik unsurun yüksekliğinin 10 katı mesafe kabul edilebilir.

4.3.4 Geniş ve dikkate alınmaya değer yükseklikteki komşu yapılar

(1) Bir yapı, komşu yapıların ortalama yüksekliklerinin en az 2 katı yüksekliğe sahip bir yapının yakınlarında yer alıyorsa, yapının özelliklerine bağlı olarak, bazı yönlerden yapıya etkiyen rüzgâr hızları artabilir. Bu gibi durumlar dikkate alınmalıdır.

Not - Millî Ek'te bu tesirleri hesaba katmak için uygulanacak işlem verilebilir. Tavsiye edilen güvenli tarafta kalan işlem Madde A.4'te verilmiştir.

4.3.5 Sıkışık binalar ve engeller

(1) Sıkışık binaların ve diğer engellerin tesirleri dikkate bilir.

Not - Millî Ek'te sıkışık binaların etkisi ile ilgili uygulanacak işlem verilebilir. Tavsiye edilen ilk yaklaşım için tavsiye edilen değerler Madde A.5'te verilmiştir. Engebeli arazilerde sıkışık binalar, zemine yakın yerlerdeki ortalama rüzgâr akımını değiştirir. Bu değişim, zemin seviyesinin yer değiştirme yüksekliği h_{dis} olarak adlandırılan bir yüksekliğe kadar çıkartılmasıyla oluşan değişime benzerdir.

4.4 Rüzgâr türbülansı

(1) z metre yükseklikteki türbülans şiddeti $I_v(z)$, türbülansın standart sapmasının ortalama rüzgâr hızına oranı olarak tanımlanmıştır.

Not 1 - Rüzgâr hızının türbülans bileşeninin ortalama değeri 0, standart sapması σ_v 'dir. Türbülansın standart sapması σ_v , Eşitlik (4.6) kullanılarak hesaplanabilir.

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_l \quad (4.6)$$

Arazi katsayısı k_r , Eşitlik (4.5)'e, esas rüzgâr hızı v_b , Eşitlik (4.1)'e göre hesaplanır. Türbülans katsayısı k_l için Not 2'ye bakılmalıdır.

Not 2 - $I_v(z)$ 'nin hesaplanması için tavsiye edilen işlem Eşitlik (4.7)'de verilmiştir.

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max} \quad (4.7)$$

$$I_v(z) = I_v(z_{min}) \quad z < z_{min}$$

Burada;

k_l Türbülans katsayısı. Millî Ek'te k_l değeri verilebilir. k_l için tavsiye edilen değer 1,0'dır,

c_o Madde 4.3.3'te tarif edilen orografi katsayısı,

z_0 Çizelge 4.1'de verilen engebelilik uzunluğu

dur.

4.5 Tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı

(1) z metre yükseklikteki, ortalama ve kısa süreli hız değişikliklerini içeren tepe rüzgâr basıncı $q_p(z)$ belirlenmelidir.

Not 1 - Millî Ek'te $q_p(z)$ 'nin belirlenmesi için kurallar verilebilir. Tavsiye edilen işlem Eşitlik (4.8)'de verilmiştir.

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (4.8)$$

Burada;

ρ Fırtınalar esnasında bölgede olması beklenen sıcaklık ve barometrik basınçlara ve rakıma bağlı olan hava yoğunluğu,

$c_e(z)$ Eşitlik (4.9)'da verilen maruz kalma katsayısı,

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b} \quad (4.9)$$

q_b Eşitlik (4.10)'da verilen esas hız kaynaklı rüzgâr basıncı

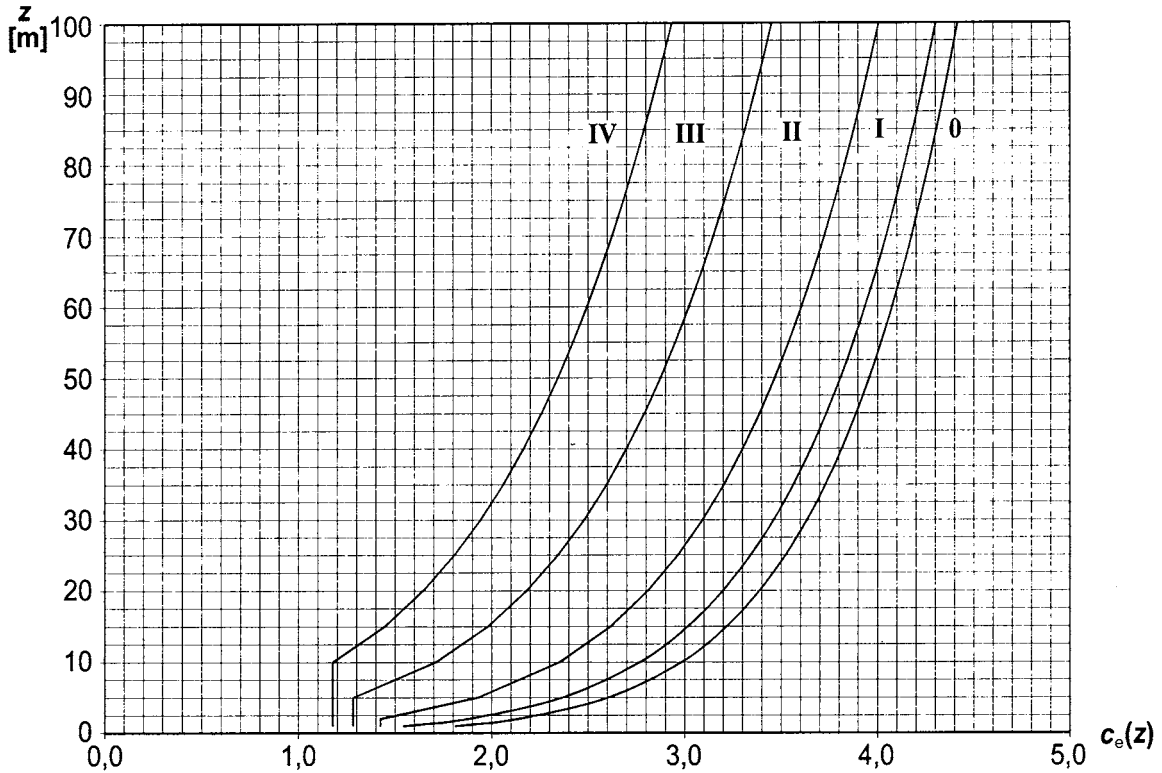
$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (4.10)$$

dır.

Not 2 - ρ için kullanılacak değerler Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen değer $1,25 \text{ kg/m}^3$.

Not 3 - Eşitlik (4.8)'deki "7" değeri 3,5'e eşit olan tepe katsayısı esas alınarak belirlenmiş olup Kısım 7'deki basınç ve kuvvet katsayılarıyla da tutarlıdır.

$c_0(z) = 1,0$ (Madde 4.3.3) olan düz araziler için maruz kalma katsayısı $c_e(z)$ Şekil 4.2'de yer seviyesinden yüksekliğin ve Çizelge 4.1'de tanımlanan arazi kategorilerinin bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.2 - Maruz kalma katsayısı $c_e(z)$ 'nin $c_0=1,0$ ve $k_1=1,0$ için grafik gösterimi

Kısım 5 - Rüzgâr etkileri

5.1 Genel

(1) P Yapıların ve yapısal elemanların üzerindeki rüzgâr etkileri, dış ve iç rüzgâr basınçlarının her ikisi de dikkate alınarak belirlenmelidir.

Not - Rüzgâr etkilerinin belirlenmesi için uygulanacak hesaplama işlemlerine ilişkin özet bilgi Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 - Rüzgâr etkilerinin belirlenmesi için hesaplama işlemleri özeti

Parametre	Referans
Hızın tepe değere ulaştığı rüzgâr basıncı q_p	
Esas rüzgâr hızı v_b	Madde 4.2 (2) P
Referans yükseklik z_e	Kısım 7
Arazi kategorisi	Çizelge 4.1
Karakteristik tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı q_p	Madde 4.5 (1)
Türbülans şiddeti I_v	Madde 4.4
Ortalama rüzgâr hızı v_m	Madde 4.3.1
Orografi katsayısı $c_o(z)$	Madde 4.3.3
Engebelilik katsayısı $c_r(z)$	Madde 4.3.2
Rüzgâr basıncı (sabitleme elemanları, yapısal parçalar ve kaplamalar için)	
Dış basınç katsayısı c_{pe}	Kısım 7
İç basınç katsayısı c_{pi}	Kısım 7
Net basınç katsayısı $c_{p,net}$	Kısım 7
Dış rüzgâr basıncı: $w_e = q_p c_{pe}$	Madde 5.2 (1)
İç rüzgâr basıncı: $w_i = q_p c_{pi}$	Madde 5.2 (2)
Yapıya etkileyen rüzgâr kuvvetleri (bütün rüzgâr tesirleri için)	
Yapısal katsayı: $c_s c_d$	Kısım 6
Kuvvet katsayılarıyla hesaplanan rüzgâr kuvveti F_w	Madde 5.3 (2)
Basınç katsayılarıyla hesaplanan rüzgâr kuvveti F_w	Madde 5.3 (3)

5.2 Yüzeylerdeki rüzgâr basıncı

(1) Dış yüzeylere etkileyen rüzgâr basıncı w_e , Eşitlik (5.1) kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad (5.1)$$

Burada;

$q_p(z_e)$ Tepe rüzgâr basıncı,
 z_e Kısım 7'de ifade edilen dış basınç için referans yükseklik,
 c_{pe} Kısım 7'de iç basınç için verilen basınç katsayısı
 dır.

Not - $q_p(z)$ Madde 4.5'te tanımlanmıştır.

(2) Bir yapının iç yüzeylerine etkileyen rüzgâr basıncı w_i , Eşitlik (5.2) kullanılarak hesaplanmalıdır.

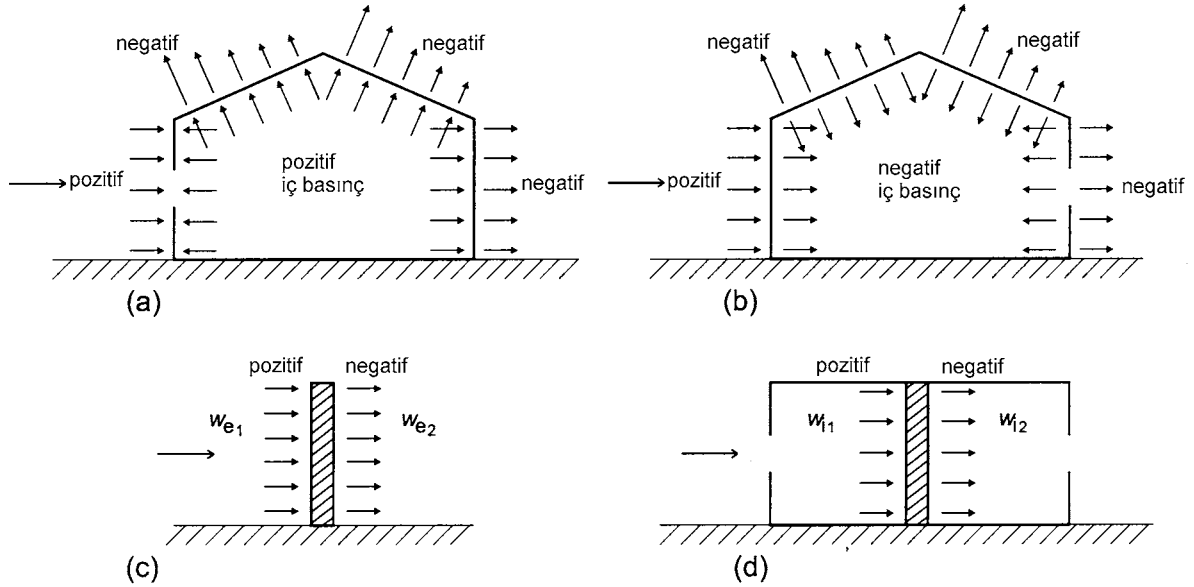
$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi} \quad (5.2)$$

Burada;

$q_p(z_i)$ Tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı,
 z_i Kısım 7'de verilen iç basınç için referans yükseklik,
 c_{pi} Kısım 7'de iç basınç için verilen basınç katsayısı
 dır.

Not - $q_p(z)$, Madde 4.5'te tanımlanmıştır.

(3) Bir duvara, çatıya veya yapı elemanına etkiyen net basınç, elemanların zıt yüzeylerde oluşan basınçların yönleri (işaretleri) de dikkate alınarak hesaplanan farkına eşittir. Yüzeyle doğru yönelen basınç pozitif ve yüzeyden uzaklaşan yöndeki basınçlar ise negatif olarak alınır. Örnekleri Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1 - Yüzeyledeki basınç

5.3 Rüzgâr kuvvetleri

(1) Yapının tümü veya bir yapısal bileşeni için rüzgâr kuvvetleri şu şekilde belirlenmelidir:

- Kuvvetlerin kuvvet katsayıları kullanarak hesaplanması ile (paragraf 2)
- Kuvvetlerin, yüzey basınçları yardımıyla hesaplanması ile (paragraf 3)

(2) Bir yapıya veya yapının bir bileşenine etkiyen rüzgâr kuvveti F_w doğrudan Eşitlik (5.3) kullanılarak belirlenebilir;

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad (5.3)$$

veya Eşitlik (5.4) kullanılarak Şekil 7.2.2'de gösterildiği gibi her bir yapısal eleman için vektörel toplama yapılarak hesaplanabilir.

$$F_w = c_s c_d \cdot \sum_{\text{elemanlar}} c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad (5.4)$$

Burada;

$c_s c_d$ Kısım 6'da tanımlanan yapısal katsayı,
 c_f Kısım 7 veya Kısım 8'de verilen, yapı veya yapısal eleman için kuvvet katsayısı,
 $q_p(z_e)$ z_e referans yüksekliğindeki (Kısım 7 veya Kısım 8'de tanımlanmıştır) tepe rüzgâr basıncı (Madde 4.5'te tanımlanmıştır),
 A_{ref} Yapının veya yapısal elemanın referans alanı (Kısım 7 veya Kısım 8'de verilmiştir)
 dır.

Not - Kısım 7'de prizma, silindir, çatı, işaret panoları, plak ve kafes yapılar gibi yapılar veya yapısal elemanlar için c_f değeri verilir. Bu değerler sürtünme tesirlerini içerir. Paragraf 8'de köprüler için c_f değeri verilmiştir.

(3) Bir yapıya veya yapının bir bileşenine etkileyen rüzgâr kuvveti F_w , Eşitlikler (5.5) ve (5.6) kullanılarak dış ve iç basınçlardan hesaplanan $F_{w,e}$, $F_{w,i}$ ve F_{fr} kuvvetleri ile Eşitlik (5.7) kullanılarak hesaplanan dış yüzeylere paralel rüzgâr sürtünmelerinden kaynaklanan sürtünme kuvvetlerinin vektörel olarak toplanmasıyla belirlenebilir.

Dış kuvvetler:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot \sum_{\text{alanlar}} w_e \cdot A_{ref} \quad (5.5)$$

İç kuvvetler:

$$F_{w,i} = \sum_{\text{alanlar}} w_i \cdot A_{ref} \quad (5.6)$$

Sürtünme kuvvetleri:

$$F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) \cdot A_{fr} \quad (5.7)$$

Burada;

$c_s c_d$ Kısım 6'da tanımlanan yapısal katsayı,
 w_e Eşitlik (5.1)'de verilen z_e yüksekliğindeki her bir yüzeydeki dış basınç,
 w_i Eşitlik (5.2)'de verilen z_i yüksekliğindeki her bir yüzeydeki iç basınç,
 A_{ref} Her bir yüzeyin referans alanı,
 c_{fr} Madde 7.5'e göre elde edilen sürtünme katsayısı,
 A_{fr} Madde 7.5'te verilen rüzgâra paralel dış yüzeylerin alanı
 dır.

Not 1 - Duvar ve çatı gibi elemanlar için rüzgâr kuvveti, dış ve iç bileşke kuvvetler arasındaki farka eşit hale gelir.

Not 2 - Sürtünme kuvvetleri F_{fr} , rüzgârın dış yüzeylere paralel bileşenleri doğrultusunda etkir.

(4) Yüzeydeki rüzgâr sürtünmesinin tesirleri, rüzgâra paralel (veya arasındaki açının az olduğu) yüzeylerin toplam alanlarının rüzgâra dik tüm alanların toplamına eşit veya dört katından az olduğu durumlarda göz ardı edilebilir.

(5) Binalara etkileyen rüzgâr kuvvetlerinin toplanmasında rüzgâr yaklaştığı yönündeki ve rüzgârın uzaklaştığı yöndeki basınçların korelasyon eksikliği hesaba katılabilir.

Not - Millî Ek'te, bu korelasyon eksikliğinin genelde mi uygulanacağını yoksa Madde 7.2.2 (3)'te uygulandığı gibi duvarlarla mı sınırlı kalacağı belirlenebilir. Korelasyon eksikliğinin sadece duvarlar için dikkate alınması önerilir (Madde 7.2.2 (3)).

Kısım 6 - Yapısal katsayı $c_s c_d$

6.1 Genel

(1) Yapısal katsayısı $c_s c_d$ 'nin hesaplanmasında, türbülansa bağlı yapı titreşim tesirleriyle (c_d) beraber yüzeylerdeki en yüksek rüzgâr basıncının (c_s) eşzamanlı şekilde meydana gelmemesi nedeniyle rüzgâr etkileri üzerindeki tesirlerini hesaba katmalıdır.

Not - Yapısal katsayı $c_s c_d$ Madde 6.3'e dayalı olarak boyut katsayısı c_s ve dinamik katsayı c_d olarak ikiye ayrılabilir. Yapısal katsayı $c_s c_d$ 'nin ikiye ayrılıp ayrılmamasına ilişkin bilgi Millî Ek'te verilebilir.

6.2 $c_s c_d$ 'nin belirlenmesi

(1) $c_s c_d$ aşağıda verilenlere göre belirlenebilir:

- Yüksekliği 15 m'den az olan binalarda $c_s c_d$ değeri 1 olarak alınabilir.
- Doğal frekansı 5 Hz'den yüksek olan cephe ve çatı elemanları için $c_s c_d$ değeri 1,0 olarak alınabilir.
- Taşıyıcı duvarları olan yüksekliği 100 metreden az ve bu yüksekliğin rüzgâr doğrultusundaki yapı derinliğinin 4 katından daha az olduğu çerçeve sistemli binalar için $c_s c_d$ değeri 1 olarak alınabilir.
- Yüksekliği 60 metreden ve bu yüksekliği çapının 6,5 katından daha az olan dairesel kesitli bacalar için $c_s c_d$ değeri 1 olarak alınabilir.
- Yukarıda belirtilen a), b), c), ve d) durumlarına ek olarak $c_s c_d$ değeri Madde 6.3.1'den de elde edilebilir.
- İnşaat mühendisliği alanına giren bütün yapılar (Kısım 8'de köprüler haricinde dikkate alınmış) ve yukarıdaki c) ve d) şıklarındaki sınırlandırmaların dışında kalan baca ve binalar için $c_s c_d$ değeri Madde 6.3'ten veya Ek D'den elde edilmelidir.

Not 1 - Cephe ve çatı elemanlarının doğal frekansları Ek F kullanılarak hesaplanabilir (camlar arasındaki açıklığın 3 metreden az olduğu durumlarda doğal frekanslar çoğunlukla 5 Hz'in üstündedir).

Not 2 - Ek D'deki şekillerde değişik yapı tipleri için $c_s c_d$ değerleri verilmiştir. Bu şekillerde Madde 6.3.1'deki gereklere uygun modellerden hesaplanan güvenli değer zarfları da verilmiştir.

6.3 Detaylı işlem

6.3.1 Yapısal katsayı $c_s c_d$

(1) Yapısal katsayı $c_s c_d$ 'nin hesaplanması için kullanılacak detaylı işlem Eşitlik (6.1)'de verilmiştir. Bu işlem yalnızca Madde 6.3.1 (2)'de verilen durumlar geçerli olduğunda kullanılabilir.

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_s)} \quad (6.1)$$

Burada;

- z_s Yapısal katsayısı belirlemek için referans yükseklik (Şekil 6.1). Şekil 6.1'in uygulanmadığı yapılarda z_s yapı yüksekliği h 'ye eşit olarak alınabilir,
- k_p Yapının tepkisinin değişim gösteren bölümündeki en yüksek değerinin standard sapmasına oranı olarak tanımlanan tepe katsayısı,
- I_v Madde 4.4'te tanımlanan 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

dır.

Not 1 - Boyut katsayısı c_s ile, yüzey üzerindeki tepe rüzgâr basıncının eşzamanlı meydana gelmesine bağlı olarak rüzgâr etkilerindeki azalma tesirleri hesaba katılır ve bu katsayı, Eşitlik (6.2) kullanılarak elde edilebilir.

$$c_s = \frac{1 + 7 \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_s)} \quad (6.2)$$

Not 2 - Dinamik katsayı c_d ile, yapıyla rezonansa giren türbülansın neden olduğu titreşimlerin arttırıcı tesirini hesaba katar ve bu katsayı Eşitlik (6.3) kullanılarak elde edilebilir.

$$c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2}} \quad (6.3)$$

Not 3 - k_p , B ve R 'yi belirlemek için kullanılacak işlem Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen bir işlem Ek B'de verilmiştir. Buna alternatif bir işlem de Ek C'de verilmiştir. Kullanıcılara bilgi vermesi açısından Ek C'yi ve Ek B'yi kullanarak hesaplanan $c_s c_d$ değerleri arasındaki fark yaklaşık olarak % 5'i aşmaz.

(2) P Eşitlik (6.1) sadece aşağıda belirtilen gereklerin sağlandığı durumda kullanılmalıdır.

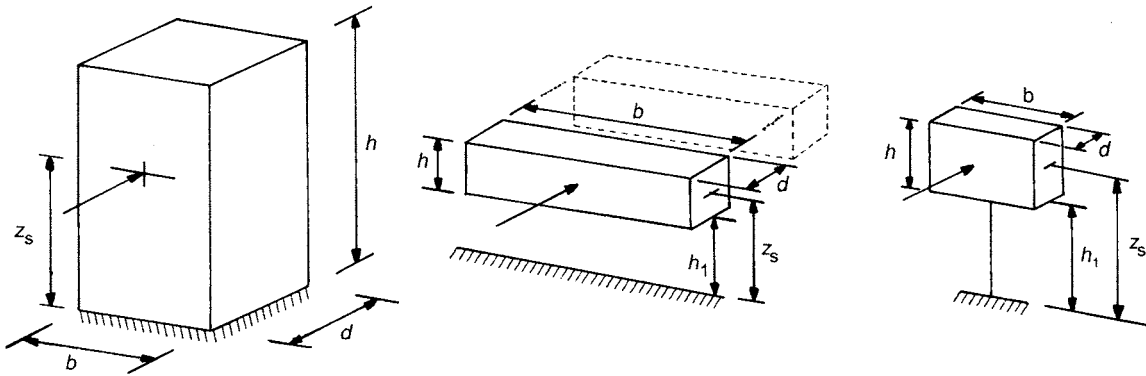
- Yapının Şekil 6.1'de gösterilen genel biçimlerden birine uygun olması,
- Sadece temel moddaki rüzgâr doğrultusundaki titreşimin baskın olması ve bu mod şeklinin sabit işaretli olması.

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

a) Binalar gibi dikey yapılar

b) Paralel salınım yapan elemanlar (kirişler gibi yatay elemanlar)

c) Direkli işaret levhaları gibi noktasal yapılar



Not - Boyut sınırlamaları Madde 1.1 (2)'de verilmiştir.

$$z_s = 0,6 \cdot h \geq z_{en \text{ küçük}}$$

$$z_s = h_1 + h/2 \geq z_{en \text{ küçük}}$$

$$z_s = h_1 + h/2 \geq z_{en \text{ küçük}}$$

Şekil 6.1 - Tasarım işlemi kapsamında olan genel yapı şekilleri (kullanılan yapı boyutları ve referans yüksekliği de gösterilmiştir)

6.3.2 Hizmet verebilirlik değerlendirmeleri

(1) Hizmet verebilirlik değerlendirmeleri için yapının rüzgâr doğrultusundaki en büyük yer değiştirmesi ve z metre yükseklikte yapının rüzgâr doğrultusundaki karakteristik ivmesinin standart sapması kullanılmalıdır. Rüzgâr doğrultusundaki en büyük yer değiştirme için Madde 5.2'de tanımlanan eşdeğer statik rüzgâr kuvveti kullanılmalıdır.

Not - Rüzgâr doğrultusundaki yer değiştirmenin ve rüzgâr doğrultusundaki ivmenin standart sapmasının belirlenmesi için bir metot Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen metot Ek B'de verilmiştir. Buna alternatif bir metot de Ek C'de verilmiştir.

6.3.3 Grup hâlindeki binaların gövde titreşimi

(1) Birbiri ardına veya gruplar halinde sıralanmış narin binalar ($h/d > 4$) ve bacalar ($h/d > 6,5$) için yakındaki yapıların gövdesinde oluşan artmış türbülans tesiri dikkate alınmalıdır.

(2) Gövde titreşimi tesirleri aşağıda belirtilen şartlardan en az bir tanesinin geçerli olduğu durumlarda ihmal edilebilir tesir olarak kabul edilebilir:

- İki bina veya baca arasındaki mesafenin, rüzgârın yaklaştığı yöndeki bina ve bacaların rüzgâra dik boyutunun 25 katından fazla olması

- Rüzgâr uzaklaştığı yöndeki bina veya bacanın doğal frekansının 1 Hz'den fazla olması

Not - Madde 6.3.3 (2)'deki durumların hiçbiri sağlanmıyorsa rüzgâr tüneli testlerinin yapılması veya uzman tavsiyelerinin alınması önerilir.

Kısım 7 - Basınç ve kuvvet katsayıları

7.1 Genel

(1) Bu kısım yapı için uygun aerodinamik katsayıların belirlenmesi için kullanılmalıdır. Yapıya bağlı olarak uygun aerodinamik katsayılar aşağıda verilmiştir:

- İç ve dış basınç katsayıları [Madde 7.1.1 (1)],
- Net basınç katsayıları [Madde 7.1.1 (2)],
- Sürtünme katsayıları [Madde 7.1.1 (3)],
- Kuvvet katsayıları [Madde 7.1.1 (4)].

7.1.1 Aerodinamik katsayıların seçimi

(1) Basınç katsayıları aşağıda verilenler için belirlenmelidir:

- Binalar (iç basınçlar ile dış basınçların her ikisi için de Madde 7.2'yi kullanarak),
- Dairesel kesitli silindirler (iç basınçlar için Madde 7.2.9'u, dış basınçlar için ise Madde 7.9.1'i kullanarak).

Not 1 - Dış basınç katsayıları ile rüzgârın binaların dış yüzeyleri üzerindeki tesirleri, iç basınç katsayıları ile rüzgârın binaların iç yüzeyleri üzerindeki tesirleri verilir.

Not 2 - Dış basınç katsayıları genel katsayılar ve kısmi katsayılar olmak üzere ikiye ayrılır. Kısmi katsayılar 1 m²'lik yüklenmiş alanlar için basınç katsayısını verir. Bunlar küçük elemanların ve sabitleme elemanlarının tasarımında kullanılabilir. Genel katsayılar 10 m²'lik yüklenmiş alanlar için basınç katsayısını verir. Bunlar 10 m²'den büyük yüklenmiş alanlar için de kullanılabilir.

(2) Net basınç katsayıları aşağıdakiler için belirlenmelidir:

- Sundurma çatılar, Madde 7.3 kullanılarak,
- Bağlantısız (müstakil) duvarlar, parapetler ve çitler, Madde 7.4 kullanılarak.

Not - Net basınç katsayıları, bir yapı, yapısal eleman veya bir bileşenin birim alanına etkiyen rüzgâr tesirlerinin toplam değerini verir.

(3) Sürtünme katsayıları, Madde 7.5 kullanılarak Madde 5.3 (3) ve Madde 5.3 (4)'te tanımlanan duvarlar ve yüzeyler için belirlenmelidir,

(4) Kuvvet katsayıları aşağıdakiler için belirlenmelidir:

- Direkli işaret levhaları (Madde 7.4.3 kullanılarak),
- Dikdörtgen en kesitli yapısal elemanlar (Madde 7.6 kullanılarak),
- Dik kenarlı kısımları olan yapısal elemanlar (Madde 7.7 kullanılarak),
- Düzgün çokgen en kesitli yapısal elemanlar (Madde 7.8 kullanılarak),
- Dairesel kesitli silindirler (Madde 7.9.2 ve 7.9.3 kullanılarak),
- Küreler (Madde 7.10 kullanılarak),
- Kafes yapılar ve iş iskeleleri (Madde 7.11 kullanılarak),
- Bayraklar (Madde 7.12 kullanılarak).

Madde 7.13 kullanılarak yapının etkili narinliğine bağlı bir azaltma katsayısı uygulanabilir.

Not - Kuvvet katsayıları, özellikle hariç tutulmadıysa, sürtünmeyi de kapsayacak şekilde, yapının, yapı elemanının veya bileşenin bütünü üzerindeki genel rüzgâr tesirlerini verir.

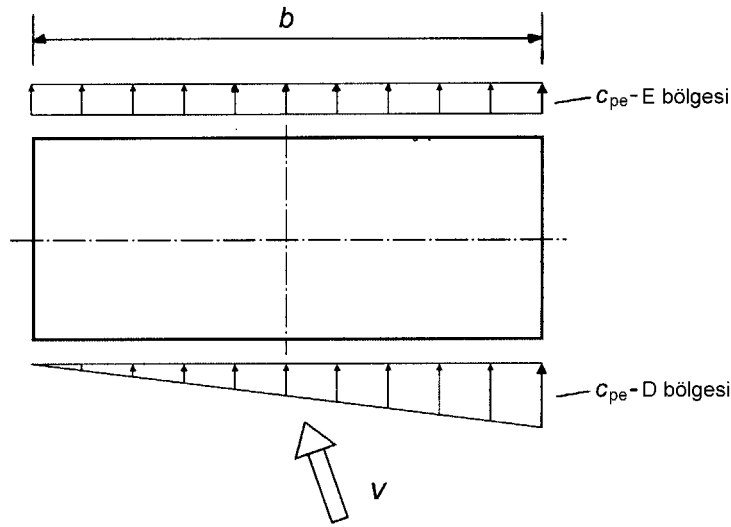
7.1.2 Asimetrik ve zıt şekilde etkiyen basınçlar ve kuvvetler

(1) Yüzeyler üzerindeki anlık rüzgâr etki değişimleri yüklemeye bariz asimetriye sebep oluyorsa ve yapı biçimi bu şekildeki yüklenmeye hassas ise (simetrik tek çekirdekli binalarda burulma gibi) bu etkilerin tesirleri dikkate alınmalıdır.

(2) Bağlantısız sundurma yapılar ve direkli işaret levhaları için Madde 7.3 ve Madde 7.4 uygulanmalıdır.

Not - Millî Ek'te diğer yapılar için işlemler verilebilir. Tavsiye edilen işlemler aşağıda sıralanmıştır:

- Burulma tesirlerine hassas dikdörtgen kesitli yapılar için Şekil 7.1'de gösterilen basınç dağılımı, belli bir eğimle etkiyen rüzgârdan veya yapı üzerindeki değişik yerlere etkiyen rüzgâr kuvvetleri arasındaki korelasyonun düşük olmasından kaynaklanan burulma tesirlerinin temsili için uygulanmalıdır.
- Asimetrik yüklemenin yapının bu yüklemeye maruz kalan kısımlarında olumlu bir etkisinin olacağı diğer durumlarda, bu kısımlar üzerindeki tasarım rüzgâr etkisinin tamamen gözardı edilmesi suretiyle asimetrik yüklemenin oluşmasına izin verilmelidir.



Şekil 7.1 - Burulma tesirlerini hesaba katmak için kullanılan basınç dağılımı (yapıya ait bölgeler ve c_{pe} değerleri Çizelge 7.1 ve Şekil 7.5'te verilmiştir)

7.1.3 Buz ve kar tesirleri

(1) Buz veya karın, referans alanı veya referans şekli değiştirecek biçimde yapının geometrisi üzerinde değişiklikler yaratması halinde, bu durum dikkate alınmalıdır.

Not - Daha fazla bilgi Millî Ek'te verilebilir.

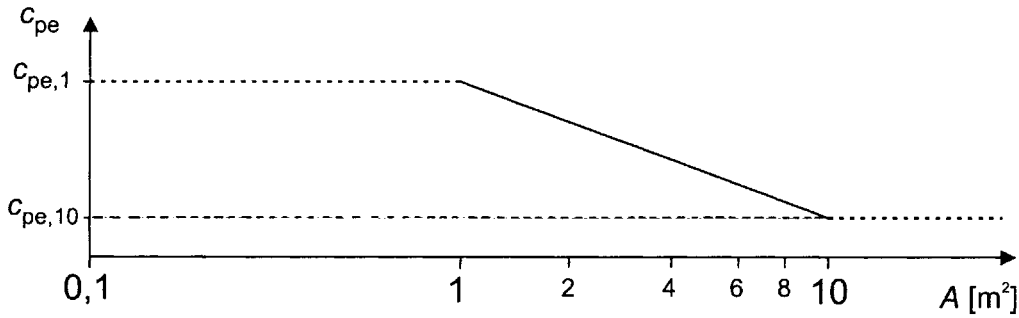
7.2 Binalar için basınç katsayıları

7.2.1 Genel

(1) Binalar ve bina bölümleri için dış basınç katsayıları 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 A için kısmi katsayı $c_{pe,1}$ olarak, değeri 10 m^2 olan yüklenmiş alan A için ise genel katsayı $c_{pe,10}$ olarak verilmiştir.

Not 1 - $c_{pe,1}$ 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. $c_{pe,10}$ değerleri binanın yük taşıyıcı kısmının tamamının tasarımında kullanılabilir.

Not 2 - Millî Ek'te dış basınç katsayıları $c_{pe,1}$ ve $c_{pe,10}$ esas alınarak 1 m^2 'nin üzerindeki yüklenmiş alanlara etkiyen dış basınç katsayılarını hesaplamak için kullanılacak bir işlem verilebilir. Değeri en fazla 10 m^2 'ye kadar olan yüklenmiş alanlar için tavsiye edilen işlem Şekil 7.2'de verilmiştir.



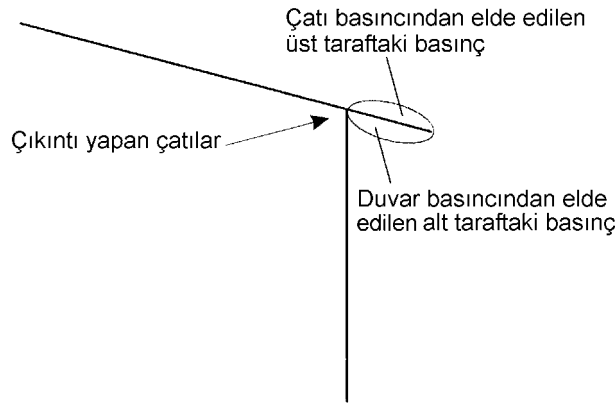
Bu şekil aşağıdaki kabule dayanır.

$$1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2 \quad c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A$$

Şekil 7.2 - Değeri 1 m^2 ile 10 m^2 arasında yüklenmiş alanı bulunan binalarda dış basınç katsayısı, c_{pe} 'nin belirlenmesi için tavsiye edilen işlem

(2) Çizelge 7.1 ilâ Çizelge 7.5'te verilen $c_{pe,10}$ ve $c_{pe,1}$ değerleri 0° , 90° ve 180° lik ortogonal rüzgâr doğrultuları için kullanılmalıdır. Bu değerler ilgili ortogonal doğrultunun her iki tarafından $\theta = \pm 45^\circ$ 'lik bir bölgede elde edilen en gayri müsait değerleri yansıtmaktadır.

(3) Çıkıntı yapan çatılar için çatı konsolunun alt kenarındaki basınç, doğrudan çıkıntı yapan çatıya bağlanan düşey duvarların dikkate alınan bölgesindeki basıncına eşittir. Çatı konsolunun üst kısmındaki basınç ise çatının tamamı dikkate alınarak tanımlanan basınca eşittir.



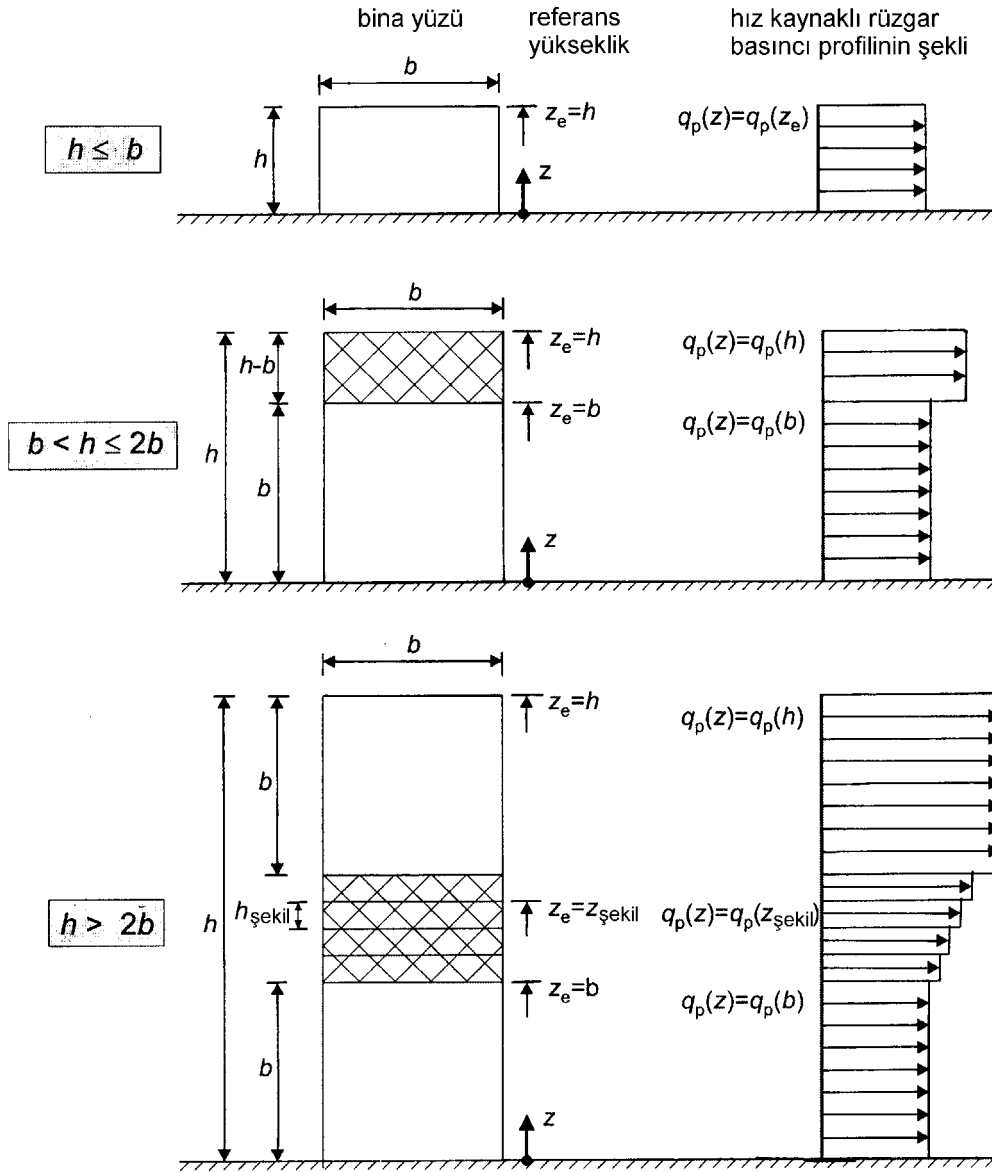
Şekil 7.3 - Çıkıntı yapan çatılar için ilgili basınçların gösterimi

7.2.2 Dikdörtgen planlı binaların düşey duvarları

(1) Dikdörtgen planlı binaların rüzgârın yaklaştığı yöndeki duvarları için (D Bölgesi, Şekil 7.5) z_e referans yükseklikleri, h/b görünüm oranına bağlıdır ve her zaman duvarların değişik kısımlarındaki en büyük yüksekliklere eşittir. Bu yükseklikler aşağıdaki üç durum için Şekil 7.4'te verilmiştir:

- h yüksekliği b 'den daha az olan bir bina tek parça olarak değerlendirilmelidir.
- h yüksekliği b 'den büyük ancak $2b$ 'den daha az olan bir bina, yer seviyesinden b yüksekliğine kadar olan alt bölümü bir parça ve geri kalan üst bölümü diğer parça olan iki parçalı bina olarak değerlendirilebilir.
- 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 7.4'te gösterildiği gibi h_{strip} yüksekliğinde yatay şeritlere bölünebilen orta bölümü içeren çok parçalı bina olarak değerlendirilebilir.

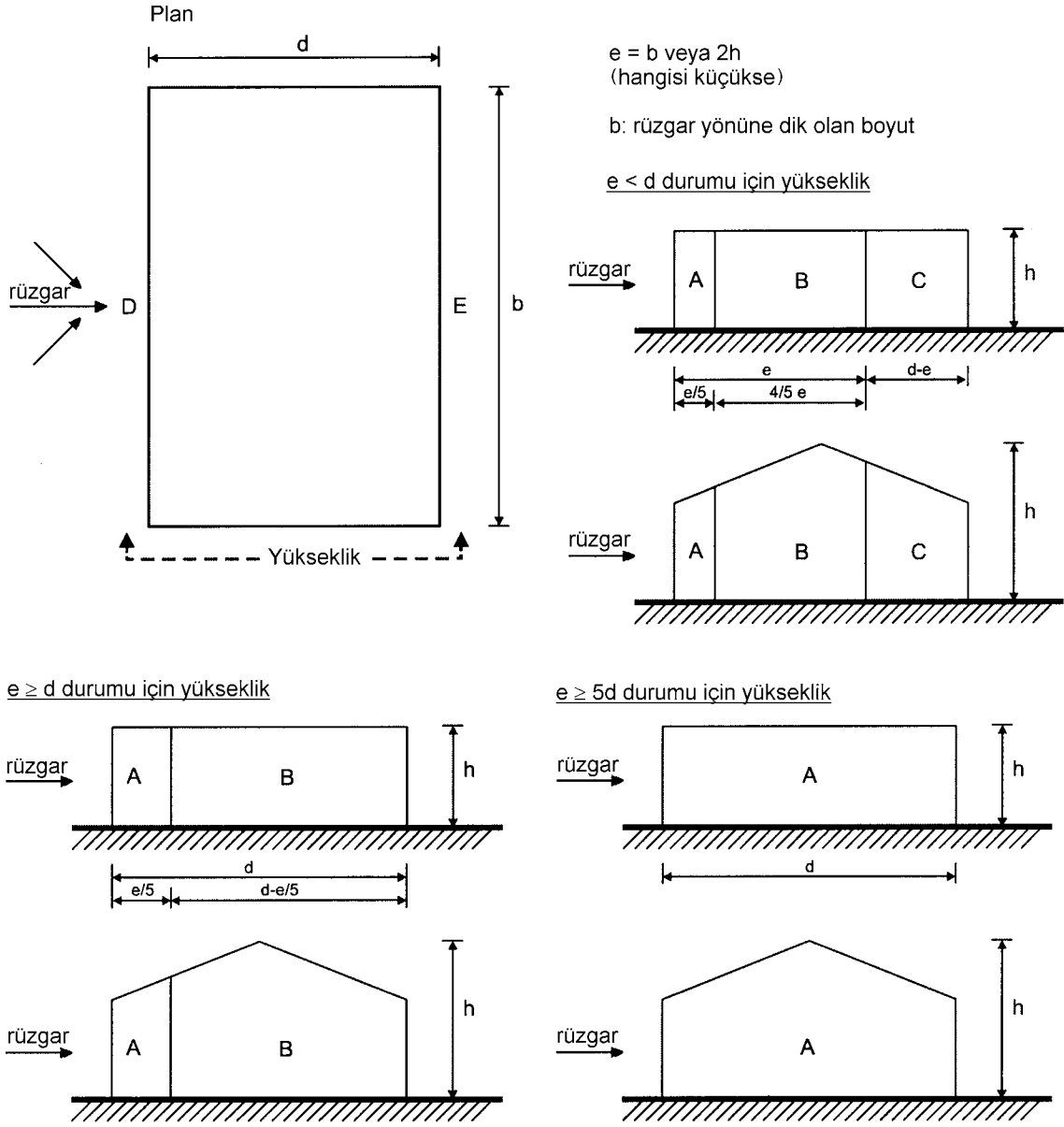
Not - Rüzgârın uzaklaştığı yöndeki duvarlar ve yan duvarlar için (A, B, C ve E Bölgeleri, bakınız Şekil 7.5) hız kaynaklı rüzgâr basıncı dağılımı kuralları Millî Ek'te verilebilir veya özel projeler için tanımlanabilir. Tavsiye edilen işlem, referans yüksekliğini bina yüksekliği olarak almaktır.



Not - Dikkate alınan her yatay şerit için hız kaynaklı rüzgâr basıncının düzgün yayılı olarak etki ettiği kabul edilmelidir.

Şekil 7.4 - h ve b değerlerine bağlı z_e referans yüksekliği ve buna karşılık gelen hız kaynaklı rüzgâr basıncı profili

(2) A, B, C, D ve E Bölgeleri için dış basınç katsayıları $c_{pe,10}$ ve $c_{pe,1}$ Şekil 7.5'te tanımlanmıştır.



Şekil 7.5 - Düşey duvarlar için açıklamalar

Not 1 - $c_{pe,10}$ ve $c_{pe,1}$ değerleri Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen değerler h/d oranına bağlı olarak Çizelge 7.1'de verilmiştir. h/d oranının ara değerleri için doğrusal interpolasyon uygulanabilir. Çift eğimli ve tek eğimli gibi yatay olmayan çatısı bulunan binaların duvarları için Çizelge 7.1'deki değerler de uygulanabilir.

Çizelge 7.1 - Dikdörtgen planlı binaların düşey duvarları için tavsiye edilen dış basınç katsayısı değerleri

Bölge	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
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	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Not 2 - $h/d > 5$ olan binalar için toplam rüzgâr yükü Madde 7.6 ilâ Madde 7.8 ve Madde 7.9.2'de verilen hükümler esas alınabilir.

(3) Yapı üzerindeki rüzgâr kuvvetlerinin, yapının rüzgârın yaklaştığı yönündeki ve rüzgârın uzaklaştığı yöndeki yüzlerine (D ve E Bölgeleri) c_{pe} basınç katsayıları eşzamanlı uygulanarak belirlendiği durumlarda yapının rüzgâr yönündeki ve rüzgârın uzaklaştığı yöndeki yüzleri arasındaki rüzgâr basınçları korelasyonunun eksikliği dikkate alınmalıdır.

Not - Yapının rüzgârın yaklaştığı yöndeki ve rüzgârın uzaklaştığı yöndeki yüzleri arasındaki düşük rüzgâr basıncı korelasyonu aşağıdaki şekilde dikkate alınabilir. $h/d \geq 5$ olan binalar için bileşke kuvvet 1 ile çarpılır. $h/d \leq 1$ olan binalar için bileşke kuvvet 0,85 ile çarpılır. h/d 'nin ara değerleri için doğrusal interpolasyon uygulanabilir.

7.2.3 Düz çatılar

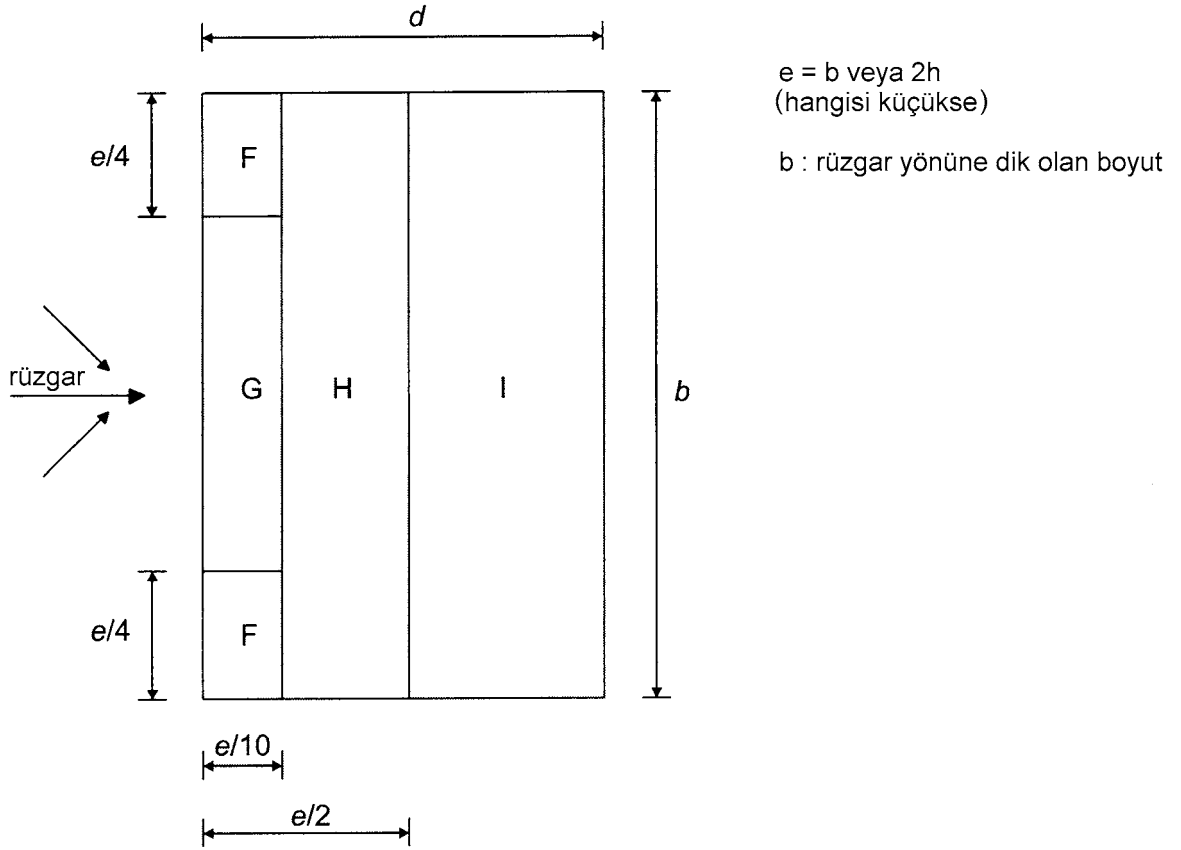
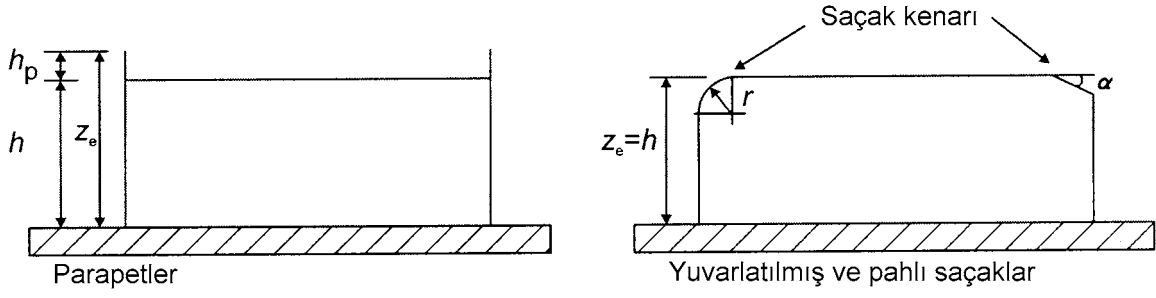
(1) Eğimi (α), $-5^\circ < \alpha < 5^\circ$ olan çatılar düz çatı olarak tanımlanır

(2) Çatı, Şekil 7.6'da gösterildiği gibi bölgelere ayrılmalıdır

(3) Düz çatılar ve saçak kenarları yuvarlatılmış veya pahlı çatılar için referans yükseklik h olarak alınmalıdır. Parapetli düz çatılar için referans yükseklik $h + h_p$ olarak alınmalıdır (Şekil 7.6).

(4) Her bölge için basınç katsayıları Çizelge 7.2'de verilmiştir.

(5) Parapet üzerindeki bileşke basınç katsayısı Madde 7.4 kullanılarak belirlenmelidir.



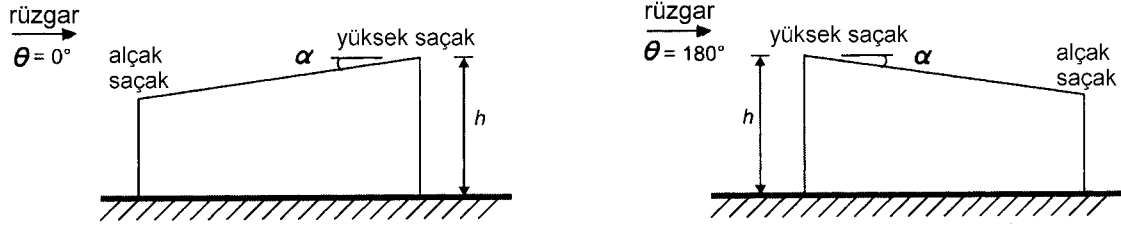
Şekil 7.6 - Düz çatılar için açıklamalar

Çizelge 7.2 – Düz çatılar için dış basınç katsayıları

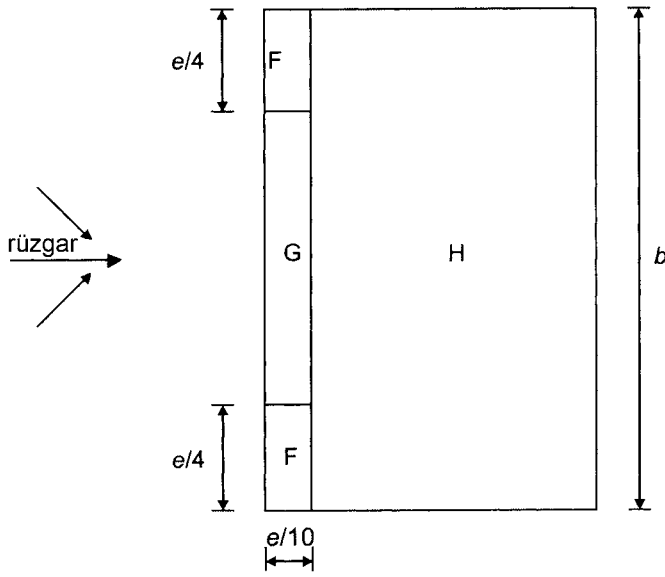
Çatı tipi		Bölge								
		F		G		H		I		
		$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	
Keskin kenarlı saçaklar		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
Parapetli	$h_p/h=0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
	$h_p/h=0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
	$h_p/h=0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
	Kenarları yuvarlatılmış saçaklı	$r/h=0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4	-0,4	+0,2	-0,2
		$r/h=0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3	-0,3	+0,2	-0,2
		$r/h=0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3	-0,3	+0,2	-0,2
Kenarları pahlı saçaklı	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3	-0,3	+0,2	-0,2	
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4	-0,4	+0,2	-0,2	
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5	-0,5	+0,2	-0,2	
	Not 1 - Parapetli veya kenarları yuvarlatılmış saçaklı çatılar için h_p/h ve r/h oranlarının ara değerleri için doğrusal interpolasyon kullanılabilir.									
	Not 2 - Kenarları pahlı saçaklı çatılar için $\alpha = 30^\circ$, $\alpha = 45^\circ$ ve $\alpha = 60^\circ$ arasında doğrusal interpolasyon yapılabilir. $\alpha > 60^\circ$ olan durumlarda $\alpha = 60^\circ$ ile keskin kenarlı saçaklı düz çatılar için verilen değerler arasında doğrusal interpolasyon yapılabilir.									
	Not 3 - Pozitif ve negatif değerlerin verildiği 1. Bölgede her iki değer de dikkate alınmalıdır.									
Not 4 - Kenarları pahlı saçığın kendisi için, dış basınç katsayıları, "Çift eğimli çatılar için dış basınç katsayıları" isimli Çizelge 7.4a'da verilmiştir. Bu çizelgede rüzgârın 0° lik bir açıyla etki ettiği durum göz önüne alınmıştır. F ve G bölgeleri mansard saçığın eğim derecesine (α) bağlı olarak değişir.										
Not 5 - Kenarları yuvarlatılmış saçığın kendisi için, dış basınç katsayıları eğri boyunca duvar üzerindeki değerler ile çatı üzerindeki değerler arasında doğrusal interpolasyon ile elde edilir.										

7.2.4 Tek eğimli çatılar

- (1) Çıkıntı yapan kısımlar içeren çatılar, Şekil 7.7'de gösterildiği gibi bölgelere ayrılmalıdır.
- (2) z_e referans yüksekliği, h yüksekliğine eşit alınmalıdır.
- (3) Kullanılması gereken basınç katsayıları, her bölge için Çizelge 7.3'te verilmiştir.

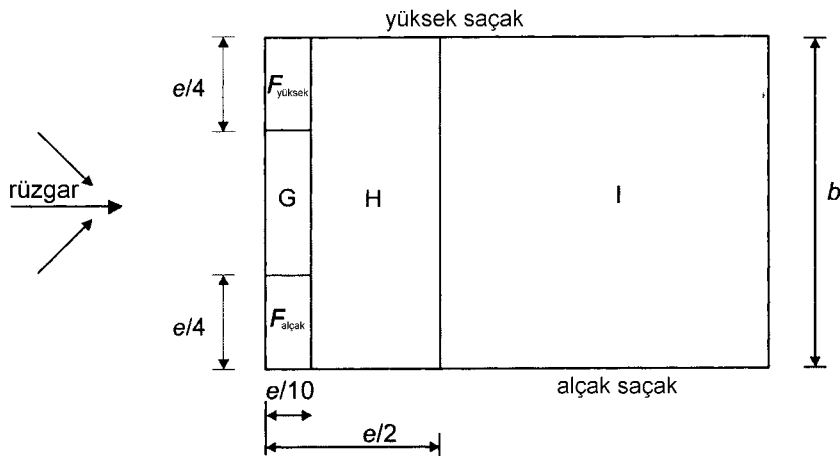


(a) genel

(b) rüzgar yönü $\theta = 0^\circ$ ve $\theta = 180^\circ$

$e = b$ veya $2h$
(hangisi küçükse)

b : rüzgar yönüne dik olan boyut

(c) rüzgar yönü $\theta = 90^\circ$

Şekil 7.7 - Tek eğimli çatılar için açıklamalar

Çizelge 7.3a – Tek eğimli çatılar için dış basınç katsayıları

Eğim açısı α	Rüzgâr yönü $\theta = 0^\circ$ için bölgeler						Rüzgâr yönü $\theta = 180^\circ$ için bölgeler					
	F		G		H		F		G		H	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
10°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		+0,6							
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

Çizelge 7.3b – Tek eğimli çatılar için dış basınç katsayıları

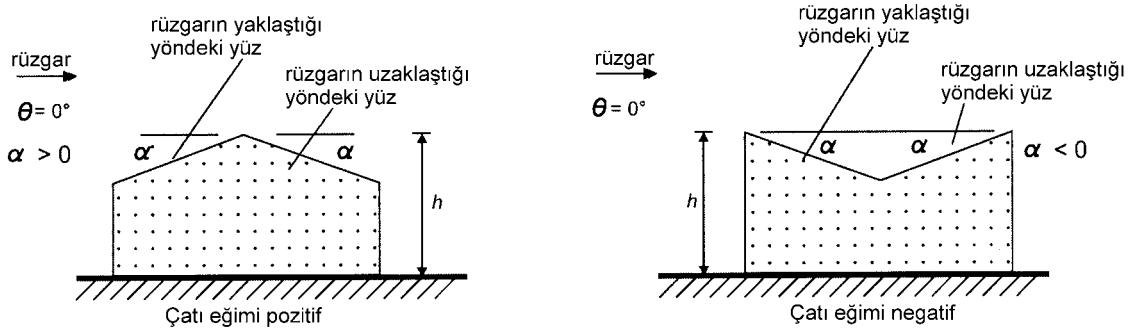
Eğim açısı α	Rüzgâr yönü $\theta = 90^\circ$ için bölgeler									
	F_{up}		F_{low}		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

Not 1 - Basınç, $\theta = 0^\circ$ için (Çizelge a) eğim açısının $\alpha = +5^\circ$ ile $+45^\circ$ arasındaki değerlerinde pozitif ve negatif değerler arasında hızlı bir şekilde değişir. Bu nedenle pozitif ve negatif değerlerin her ikisi de verilmiştir. Bu tür çatılar için tüm pozitif değerlerin ve tüm negatif değerlerin göz önüne alındığı 2 durum vardır. Aynı yüzey için pozitif ve negatif değerlerin birarada kullanılmasına izin verilmez.

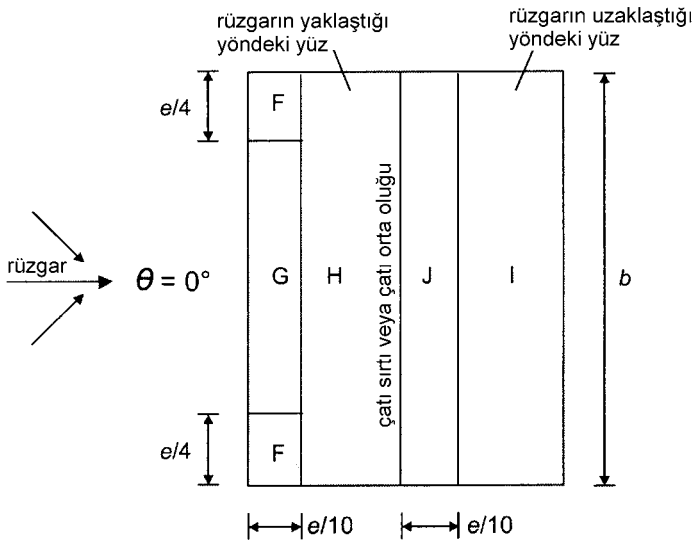
Not 2 - Eğim açısının ara değerleri için aynı işaretli değerler arasında doğrusal interpolasyon yapılabilir. 0,0 değerleri interpolasyon amaçlı verilmiştir.

7.2.5 Çift eğimli çatılar

- (1) Çıkıntı yapan kısımlar içeren çatılar, Şekil 7.8'de gösterildiği gibi bölgelere ayrılmalıdır.
- (2) z_e referans yüksekliği, h yüksekliğine eşit alınmalıdır.
- (3) Her bölge için kullanılması gereken basınç katsayıları Çizelge 7.4'te verilmiştir.

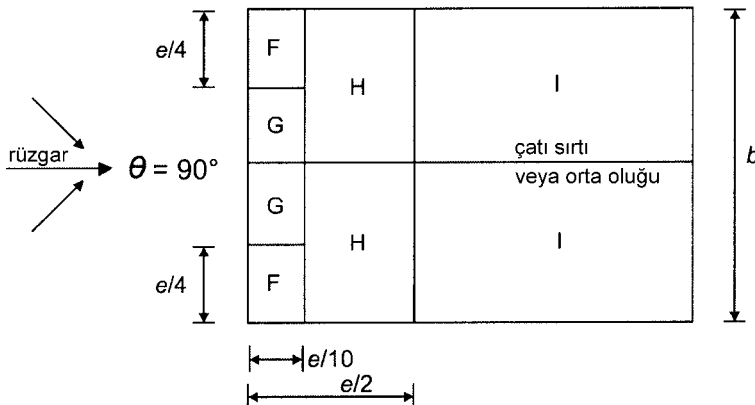


(a) genel

(b) rüzgar yönü $\theta = 0^\circ$

$e = b$ veya $2h$
(hangisi küçükse)

b : rüzgar yönüne dik olan boyut

(c) rüzgar yönü $\theta = 90^\circ$

Şekil 7.8 - Çift eğimli çatılar için açıklamalar

Çizelge 7.4a – Çift eğimli çatılar için dış basınç katsayıları

Eğim açısı α	Rüzgâr yönü $\theta = 0^\circ$ için bölgeler									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

Not 1 - Basınç, $\theta = 0^\circ$ için eğim açısının $\alpha = +5^\circ$ ile $+45^\circ$ arasındaki değerlerinde pozitif ve negatif değerler arasında hızlı bir şekilde değişir. Bu nedenle pozitif ve negatif değerlerin her ikisi de verilmiştir. Bu çatılar için, F, G ve H alanlarındaki en büyük veya en küçük değerlerin I ve J alanlarındaki en büyük veya en küçük değerlerle birlikte kullanıldığı dört durum dikkate alınmalıdır. Aynı yüzde pozitif ve negatif değerlerin bir arada kullanılmasına izin verilmez.

Not 2 - Eğim açısının ara değerleri için aynı işaretli değerler arasında doğrusal interpolasyon yapılabilir ($\alpha = +5^\circ$ ve $\alpha = -5^\circ$ arasında interpolasyon yapılmaz, bunun yerine Madde 7.2.3'te düz çatılar için verilen bilgiler dikkate alınır). 0,0 değerleri interpolasyon amaçlı verilmiştir.

Çizelge 7.4b – Çift eğimli çatılar için dış basınç katsayıları

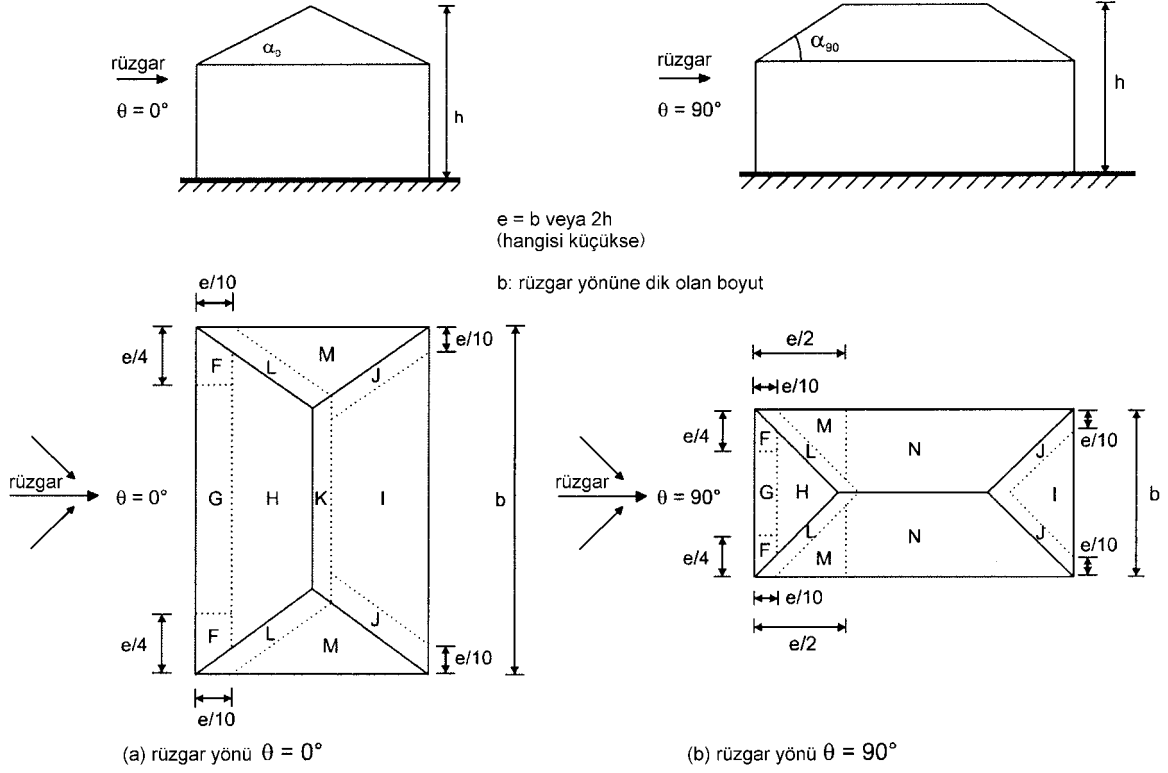
Eğim açısı α	Rüzgâr yönü $\theta = 90^\circ$ için bölgeler							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

7.2.6 Beşik çatılar

(1) Çıkıntı yapan kısımlar içeren çatılar, Şekil 7.9'da gösterildiği gibi bölgelere ayrılmalıdır.

(2) z_e referans yüksekliği, h yüksekliğine eşit alınmalıdır.

(3) Her bölge için kullanılması gereken basınç katsayıları Çizelge 7.5'te verilmiştir.



Şekil 7.9 - Beşik çatılar için açıklamalar

Çizelge 7.5 – Binaların beşik çatıları için dış basınç katsayıları

Eğim açısı	Rüzgâr yönü $\theta = 0^\circ$ ve $\theta = 90^\circ$ için bölgeler																			
	$\theta=0^\circ$ için α_0		F		G		H		I		J		K		L		M		N	
$\theta=90^\circ$ için α_{90}	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3		-0,6		-0,6		-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,4			
	+0,0		+0,0		+0,0															
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3	-0,5		-1,0	-1,5	-1,2	-2,0	-1,4	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3				
	+0,2		+0,2		+0,2															
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2	-0,4		-0,7	-1,2	-0,5		-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,2				
	+0,5		+0,7		+0,4															
45°	-0,0	-0,0	-0,0	-0,3		-0,6		-0,3		-1,3	-2,0	-0,8	-1,2	-0,2						
	+0,7		+0,7		+0,6															
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,3		-0,6		-0,3		-1,2	-2,0	-0,4		-0,2			
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,3		-0,6		-0,3		-1,2	-2,0	-0,4		-0,2			

Not 1 - Basınç, $\theta = 0^\circ$ için eğim açısının $\alpha = +5^\circ$ ile $+45^\circ$ arasında olduğu durumda, yapının rüzgârın yaklaştığı yöndeki yüzü üzerinde pozitif ve negatif değerler arasında hızlı bir şekilde değişir. Bu nedenle pozitif ve negatif değerlerin her ikisi de verilmiştir. Bu tür çatılar için tüm pozitif değerlerin ve tüm negatif değerlerin göz önüne alındığı 2 durum vardır. Pozitif ve negatif değerlerin birarada kullanılmasına izin verilmez.

Not 2 - Eğim açısının ara değerleri için aynı işaretli değerler arasında doğrusal interpolasyon yapılabilir. 0,0 değerleri interpolasyon amaçlı verilmiştir.

Not 3 - Basınç katsayılarını belirleyen unsur yapının rüzgârın geldiği yöndeki yüzün eğim açısıdır.

7.2.7 Çok açıklıklı çatılar

(1) Çok açıklıklı bir çatının her bir açıklığının 0° , 90° ve 180° lik rüzgâr yönleri için basınç katsayıları, her bir açıklığın kendi basınç katsayıları kullanılarak elde edilebilir.

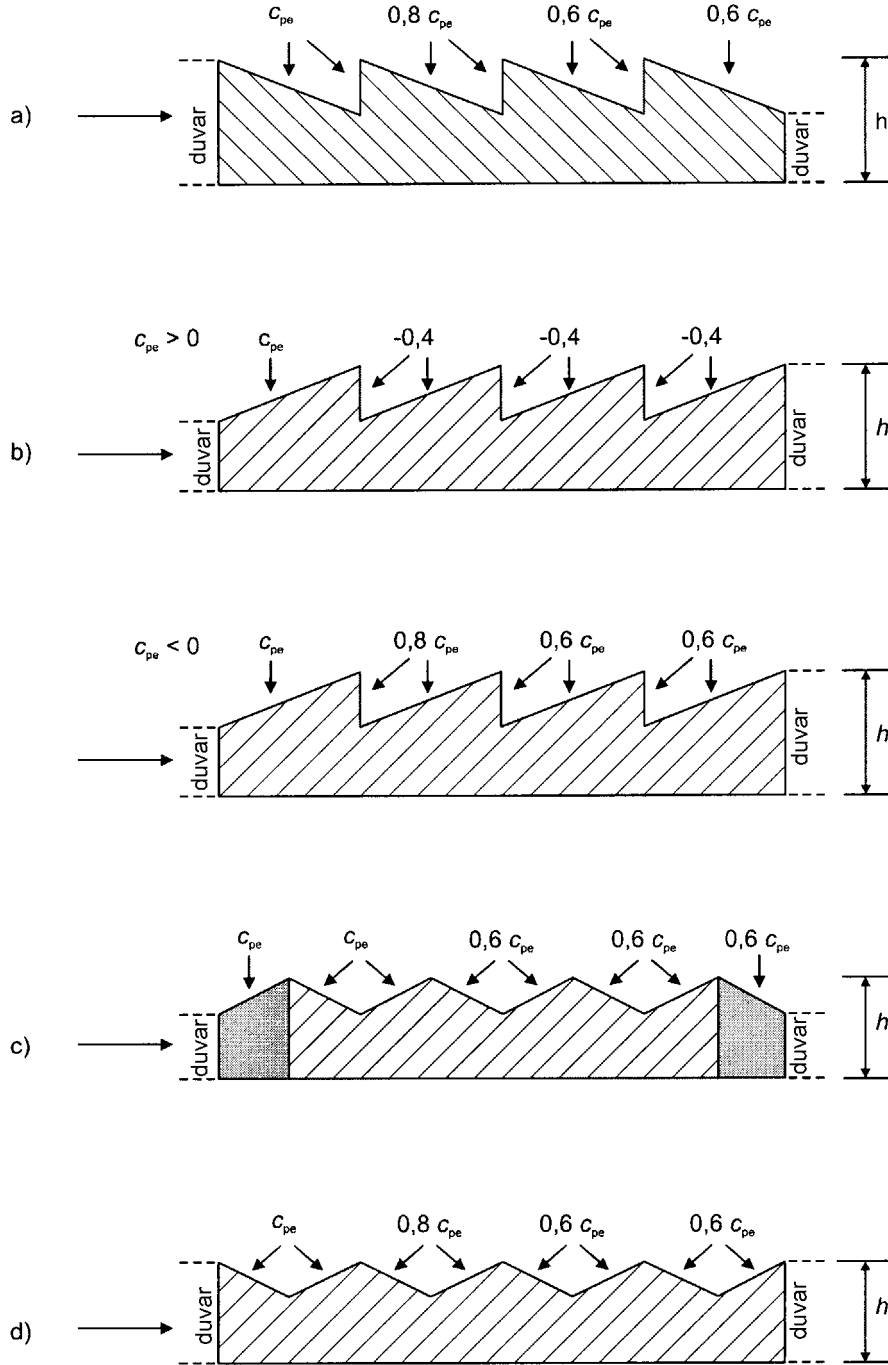
Her bir açıklıktaki 0° ve 180° lik rüzgâr yönleri için kısmi ve genel basınçlara uygulanacak değiştirme katsayıları aşağıdaki şekilde elde edilmelidir:

- Madde 7.2.4 belirtilen tek eğimli çatıların, Şekil 7.10a ve Şekil 7.10b'ye göre konumları değiştirilerek

- Madde 7.2.5'te belirtilen ve $\alpha < 0$ olan çift eğimli çatıların, Şekil 7.10c ve Şekil 7.10d'ye göre konumları değiştirilerek

(2) F, G, J bölgelerinin kullanımı sadece yapının rüzgâr yönüne karşı yüzü için dikkate alınmalıdır. H ve I bölgeleri çok açıklıklı çatıların her bir açıklığı için dikkate alınmalıdır.

(3) z_e referans yüksekliği, yapının yüksekliği h olarak alınmalıdır (Şekil 7.10).



Not 1 - b maddesinde verilen görünümde ilk kattaki çatı üzerinde basınç katsayısı c_{pe} 'nin işaretine bağlı olarak iki durum dikkate alınmalıdır.

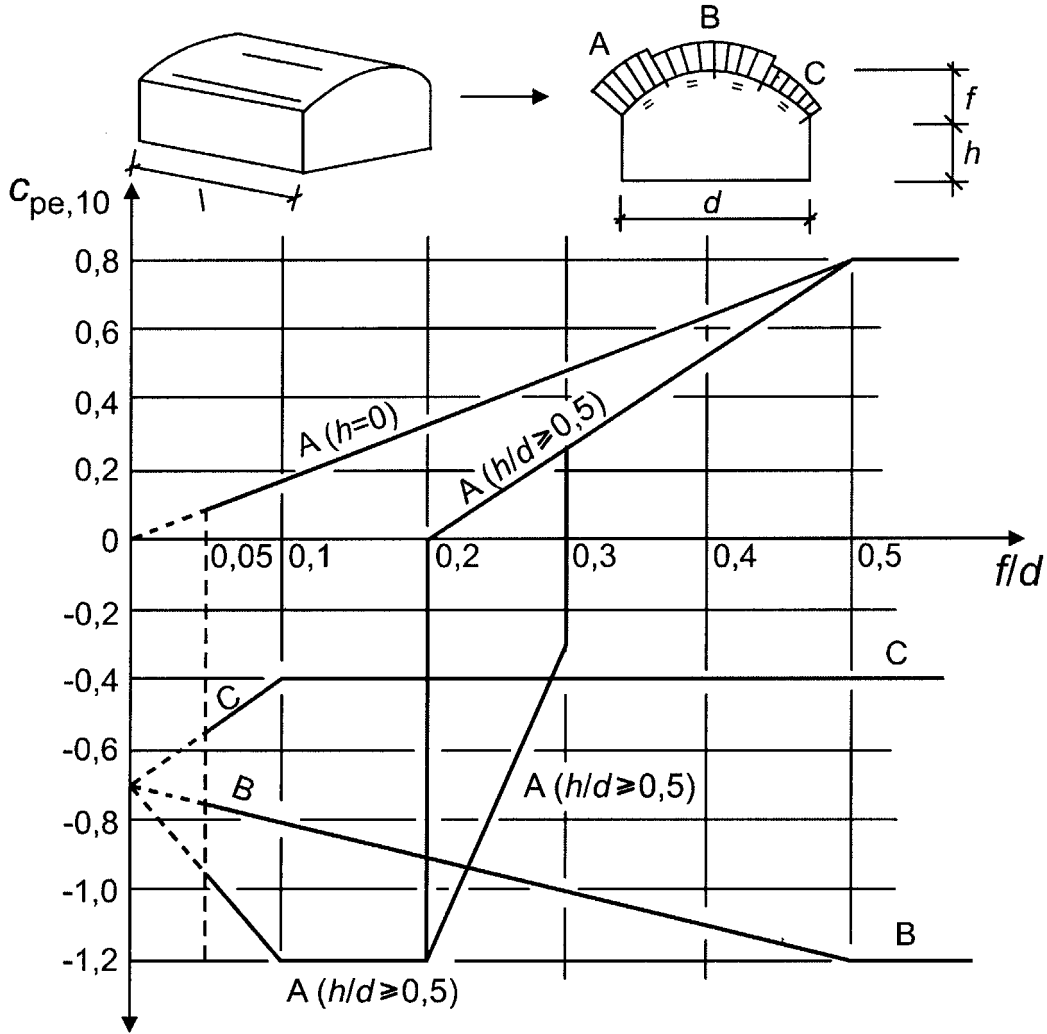
Not 2 - c maddesinde verilen görünümde ilk c_{pe} tek eğimli çatılar için olan c_{pe} ikinci ve takip eden diğer bütün c_{pe} 'ler oluklu çift eğimli çatılar için olan c_{pe} 'dir

Şekil 7.10 - Çok açıklıklı çatılar için açıklamalar

7.2.8 Tonozlar ve kubbeler

(1) Bu kısım, dairesel tonozlara ve kubbelerine uygulanır.

Not - Dairesel tonozlar ve kubbelerde kullanılmak üzere $c_{pe,10}$ ve $c_{pe,1}$ değerleri Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen $c_{pe,10}$ değerleri değişik bölgeler için Şekil 7.11 ve Şekil 7.12'de verilmiştir. Referans yükseklik $z_e = h + f$ olarak alınmalıdır.

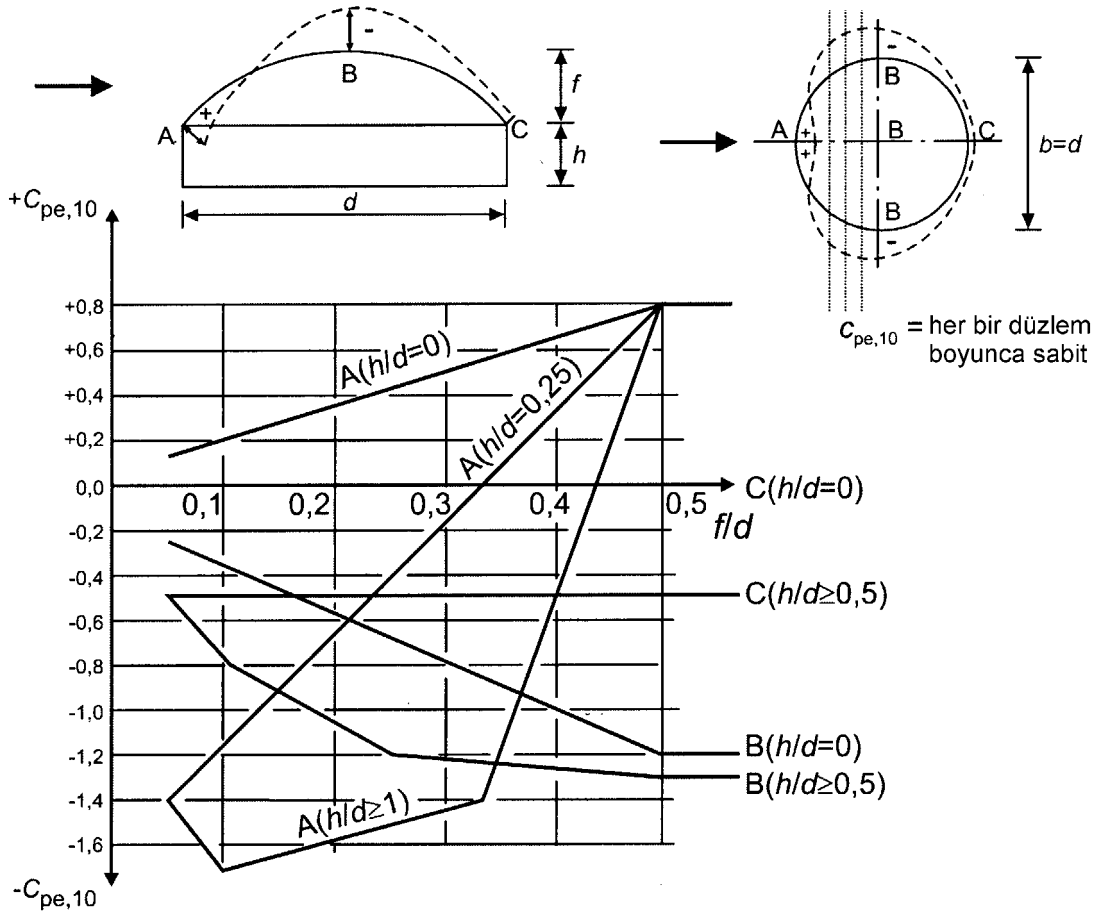


$0 < h/d < 0,5$ aralığında $c_{pe,10}$ doğrusal interpolasyon ile elde edilir.

$0,2 \leq f/d \leq 0,3$ ve $h/d \geq 0,5$ aralığı için $c_{pe,10}$ 'un iki değeri dikkate alınmalıdır.

Bu grafik düz çatılar için geçerli değildir.

Şekil 7.11 - Dikdörtgen tabanlı tonozlar için tavsiye edilen $c_{pe,10}$ dış basınç katsayıları



Şekil 7.12 - Dairesel tabanlı kubbeler için tavsiye edilen $c_{pe,10}$ dış basınç katsayıları

(2) Dikdörtgen planlı tonozlu binaların duvarları için basınç katsayıları Madde 7.2.2'den alınmalıdır.

7.2.9 İç basınç

(1) P iç ve dış basınçlar yapıya aynı anda etkiyecek şekilde dikkate alınmalıdır. Yapıda oluşması muhtemel açıklıklar ile rüzgâr akımının sızdığı diğer hatların her bir kombinasyonu için en kötü durumu oluşturan iç ve dış basınç kombinasyonları dikkate alınmalıdır.

(2) İç basınç katsayısı c_{pi} bina cephesindeki açıklıkların boyutuna ve dağılımına bağlıdır. Binanın bir tarafındaki (cephe ve çatı) toplam boşluk alanının o tarafın toplam alanının % 30'undan fazla olması durumu bir binanın en az iki tarafında görüldüğünde, yapıya tesir eden rüzgâr etkileri bu kısımda belirtilen kurallara göre hesaplanmamalı, bunun yerine Madde 7.3 ve Madde 7.4'te belirtilen kurallar kullanılmalıdır.

Not - Bir binadaki açıklıklar; açık pencereler, havalandırma boşlukları, bacalar vb. ile beraber kapılar, pencereler, tesisat civarındaki ve binanın cephesi etrafındaki hava sızıntılarının olduğu geçirgen alan gibi küçük açıklıkları kapsar. Geçirgen alanın tipik değeri yüzey alanının % 0,01'i ile % 0,1'i arasındadır. İlave bilgi Millî Ek'te verilebilir.

(3) Tasarımda taşıma gücü sınır durumunda kapalı kabul edildikleri halde kuvvetli fırtınalar sırasında kapı ve pencere gibi dış açıklıkların açık olması durumunun yapının davranışı üzerinde baskın olabileceği yerlerde EN 1990'a uygun olarak kapı ve pencerelerin açık olması durumu bir kazai tasarım durumu olarak dikkate alınmalıdır.

Not - Binanın cephesindeki açıklıklar nedeniyle bütün dış rüzgâr etkilerini taşımak zorunda kalan yüksek iç duvarlar (tehlike riski yüksek olan) için kazai tasarım durumunun kontrol edilmesi önemlidir.

(4) Dikkate alınan bir binanın bir yüzündeki açıklıkların toplam alanının geri kalan yüzlerdeki toplam açıklık ve sızıntı alanlarının en az iki katı olduğu durumlarda o yüz, baskın yüz olarak dikkate alınmalıdır.

Not - Bu durum, aynı zamanda binadaki münferit iç hacimlere de uygulanabilir.

(5) Baskın bir yüzü olan bir binadaki iç basınçlar, baskın yüzde bulunan açıklıklardaki dış basınçların bir oranı olarak alınmalıdır. Bunun için Eşitlik (7.1) ve Eşitlik (7.2)'de verilen değerler kullanılmalıdır.

Baskın yüzdeki açıklıkların toplam alanı, geriye kalan yüzlerdeki açıklıkların toplamının iki katı olduğu durumlarda,

$$c_{pi} = 0,75 \cdot c_{pe} \quad (7.1)$$

dir.

Baskın yüzdeki açıklıkların toplam alanı, geriye kalan yüzlerdeki açıklıkların toplamının en az üç katı olduğu durumlarda,

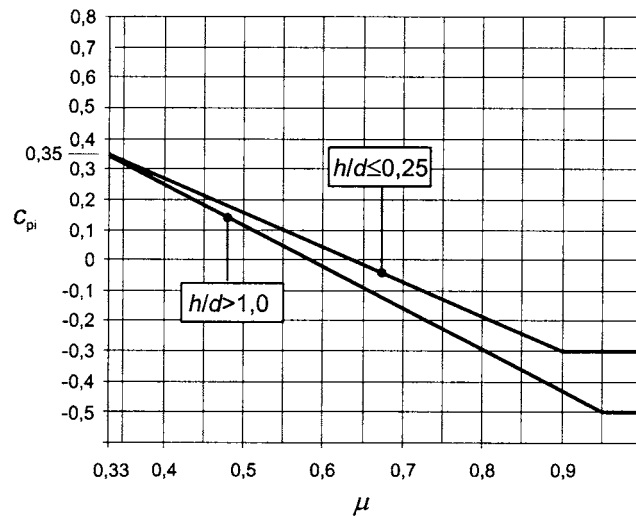
$$c_{pi} = 0,90 \cdot c_{pe} \quad (7.2)$$

dir.

Burada c_{pe} baskın yüzde bulunan açıklıklardaki dış basınç katsayısı değeridir. Bu açıklıkların değişik dış basınç katsayılarına sahip bölgelerde bulunduğu durumlarda alanlara göre belirlenen ortalama bir c_{pe} değeri kullanılmalıdır.

Baskın yüzdeki açıklık alanları toplamının geri kalan yüzlerdeki açıklık alanları toplamının iki ile üç katı arasında olduğu durumlarda c_{pi} 'yi hesaplamak için doğrusal interpolasyon yapılabilir.

(6) Baskın bir yüzü olmayan binalar için iç basınç katsayısı c_{pi} Şekil 7.13 kullanılarak belirlenmelidir. Bu şekilde belirlenen iç basınç katsayısı, bina yüksekliğinin derinliğine oranı (h/d) ile Eşitlik (7.3) kullanılarak belirlenmesi gereken her bir rüzgâr doğrultusu θ için dikkate alınan açıklık oranı μ 'nün bir fonksiyonudur.



Not - $h/d=0,25$ ile $h/d=1,0$ değerleri arasında doğrusal interpolasyon yapılabilir.

Şekil 7.13 - Düzgün dağılım gösteren açıklıklar için iç basınç katsayıları

$$\mu = \frac{\sum c_{pe} \text{ degerinin negatif veya } -0,0 \text{ oldugu açıklık alanı}}{\sum \text{ açıklık alanı}} \quad (7.3)$$

Not 1 - Bu eşitlik, bölme duvarları olan ve olmayan binaların cephe ve çatıları için geçerlidir.

Not 2 - Özel bir durum için μ değeri doğrulanmamış kabul edildiğinde veya bu değer tahmin edilmesi mümkün olmadığında c_{pi} değeri +0,2 ve -0,3 değerlerinden en gayri müsait durumu oluşturanı olarak alınmalıdır.

(7) Yüzeylerindeki açıklıklar nedeniyle iç basınç oluşumuna katkıda bulunan yapı yüzlerinde, iç basınçlar için referans yükseklik z_i dış basınçlar için referans yükseklik z_e 'ye [Madde 5.1 (1) P] eşit olmalıdır. Çok sayıda açıklık varsa z_i 'yi belirlemek için z_e 'nin en büyük değeri kullanılmalıdır.

(8) Açık silolar ve bacalar için iç basınç katsayısı Eşitlik (7.4)'te verilmiştir.

$$c_{pi} = -0,60 \quad (7.4)$$

Küçük açıklıkları bulunan havalandırılmalı tanklar için iç basınç katsayıları Eşitlik (7.5)'te verilmiştir.

$$c_{pi} = -0,40 \quad (7.5)$$

z_i referans yüksekliği, yapının yüksekliğine eşittir.

7.2.10 Birden fazla tabakalı duvarlar veya çatılar üzerindeki basınç

(1) Her tabaka üzerindeki rüzgâr kuvveti ayrı ayrı hesaplanmalıdır.

(2) Bir tabakanın geçirgenliği μ , açıklıkların toplam alanının tabakanın toplam alanına oranı olarak tanımlanır. Bir tabaka için μ , % 0,1'den daha küçük ise o tabaka geçirimsiz olarak tanımlanır.

(3) Sadece bir tabaka geçirgen ise geçirimsiz tabakadaki rüzgâr kuvvetleri Madde 5.2 (3)'te tariflendiği gibi iç ve dış rüzgâr basınçları arasındaki farktan belirlenmelidir. Birden fazla tabaka geçirgen ise her tabakadaki rüzgâr kuvvetleri aşağıdakilere bağlıdır:

- Tabakaların bağıl rijitlikleri,
- Dış ve iç basınçlar,
- Tabakalar arasındaki mesafe,
- Tabakaların geçirgenliği,
- Tabakalar arasındaki katmanın uçlarındaki açıklıklar.

Not 1 - Birden fazla tabakalı çatılar ve dış duvarlar için rüzgâr tesirlerine ait değerler Millî Ek'te verilebilir. İlk yaklaşım olarak en rijit tabakadaki rüzgâr basıncının, iç ve dış basınçlar arasındaki farka eşit alınması tavsiye edilir.

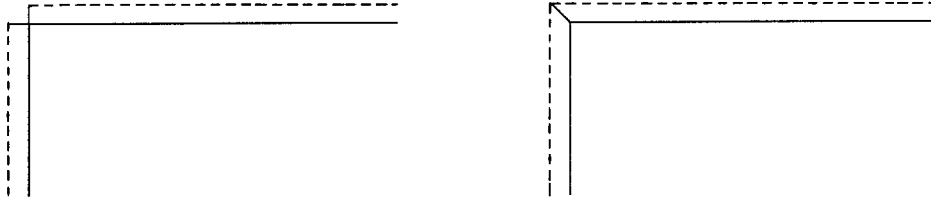
Not 2 - Tabakalar arasındaki katmanların uçlarının hava geçirmez olduğu durumlar (Şekil 7.14(a)) ve tabakalar arasındaki net mesafesinin 100 mm'den daha az olduğu durumlar (tabakalardan birine, yalıtım malzemesi nedeniyle hiçbir hava akımı oluşmaması şartıyla, ısı yalıtım malzemesi yerleştirilmiş olabilir) için Millî Ek'te kurallar verilebilir. İlk yaklaşım olarak aşağıdaki tavsiye edilen kurallar kullanılabilir:

- Geçirimsiz bir iç tabakası ve yaklaşık düzgün dağılım gösteren açıklıkları bulunan ve geçirimli bir dış tabakası olan çatılar ve duvarlar için dış tabakadaki rüzgâr kuvveti yüksek basınç için $c_{p,net} = 2/3 \cdot c_{pe}$ eşitliği kullanılarak, düşük basınç için ise $c_{p,net} = 1/3 \cdot c_{pe}$ eşitliği kullanılarak hesaplanabilir. İç taraftaki tabakaya etkiyen rüzgâr kuvveti $c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi}$ eşitliğiyle hesaplanabilir.

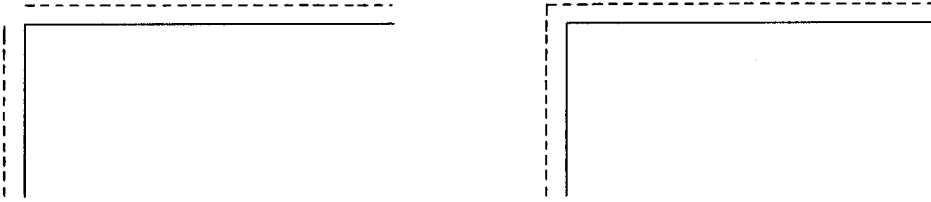
- Geçirimsiz bir iç tabakası ve yine geçirimsiz fakat daha rijit bir dış tabakası olan çatılar ve duvarlar için dış taraftaki tabakaya etkiyen rüzgâr kuvveti $c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi}$ eşitliğiyle hesaplanabilir.

- Yaklaşık düzgün dağılım gösteren açıklıkları olan geçirimli bir iç tabakası ve geçirimsiz bir dış tabakası bulunan çatılar ve duvarlar için dış taraftaki tabakaya etkiyen rüzgâr kuvveti $c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi}$ eşitliğiyle, iç taraftaki tabakaya etkiyen rüzgâr kuvveti ise $c_{p,net} = 1/3 \cdot c_{pe}$ eşitliğiyle hesaplanabilir.
- Geçirimsiz bir dış tabakası ve yine geçirimsiz fakat daha rijit bir iç tabakası olan çatılar ve duvarlar için dış taraftaki tabakaya etkiyen rüzgâr kuvveti $c_{p,net} = c_{pe}$ eşitliğiyle, iç taraftaki tabakaya etkiyen rüzgâr kuvveti ise $c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi}$ eşitliğiyle hesaplanabilir.

Tabakalar arasındaki hava katmanını, duvarın konumlandığı bina yüzünden (Şekil 7.14(b)) binanın diğer yüzlerine doğru hareket ettiren hava girişinin bulunması halinde, bu maddede verilen kurallar uygulanmaz.



a) Tabakalar arasındaki katman uçlarının kapalı olması durumu



b) Tabakalar arasındaki katman uçlarının açık olması durumu

Şekil 7.14 - Birden fazla tabakalı dış duvarlar için köşe detayları

7.3 Sundurma çatılar

(1) Sundurma çatılar, petrol istasyonları ve hollanda ahırları gibi kalıcı duvarları olmayan yapıların çatıları olarak tanımlanır.

(2) Bir sundurma çatının altındaki engel derecesi Şekil 7.15'te gösterilmiştir. Bu derece, sundurma altındaki uygulanabilir gerçek engellerin alanının, sundurma altındaki kesit alanına bölünmesiyle bulunan engel oranı φ 'ye bağlıdır. Burada engellerin alanı ile sundurma altındaki kesit alanı, rüzgâr yönüne dik olan alanlardır..

Not - $\varphi = 0$, boş bir sundurmayı ve $\varphi = 1$ ise sadece rüzgârın uzaklaştığı yöndeki saçaklarla tamamen engellenmiş sundurmayı temsil eder (bu sundurma kapalı bir bina değildir).

(3) $\varphi = 0$ ve $\varphi = 1$ için Çizelge 7.6 ilâ Çizelge 7.8'de verilen genel kuvvet katsayıları c_f ve net basınç katsayıları $c_{p,net}$, bütün rüzgâr yönleri için sundurmaların üst ve alt yüzlerinin her ikisine de etkiyen rüzgârın bileşke tesirini hesaba katmak için kullanılır. Ara değerler doğrusal interpolasyon ile bulunabilir.

(4) En büyük engelin rüzgârın uzaklaştığı yöndeki konumunda $\varphi = 0$ için verilen $c_{p,net}$ değerleri kullanılmalıdır.

(5) Genel kuvvet katsayısı bileşke kuvveti temsil eder. Net basınç katsayısı bütün rüzgâr doğrultuları için en büyük kısmi basıncı temsil eder. Net basınç katsayısı çatı kaplama ve sabitleme elemanlarının tasarımında kullanılmalıdır.

(6) Her sundurma yükleri aşağıda belirtilen durumlarda taşıyabilmelidir:

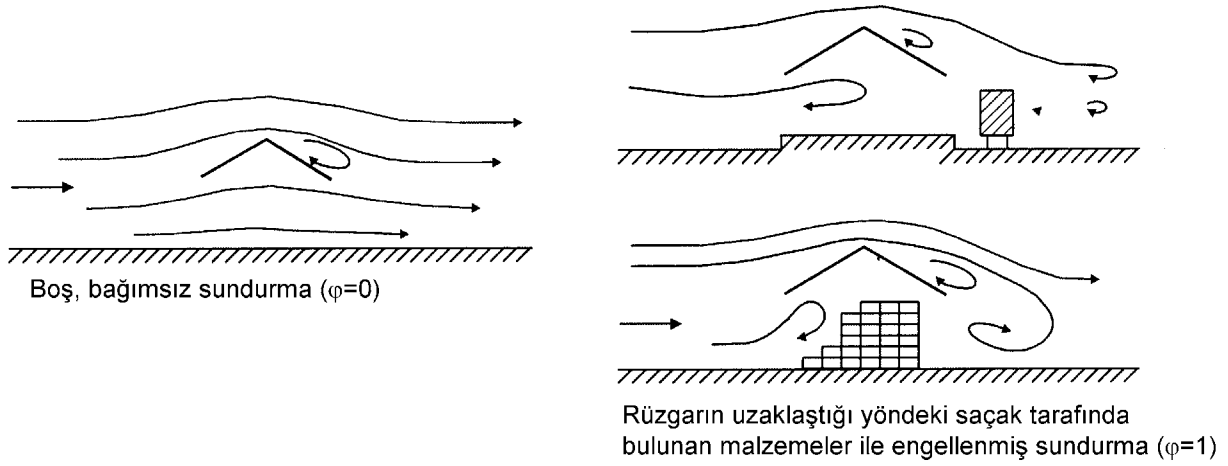
- Tek eğimli sundurma için (Çizelge 7.6) basıncın merkezi, rüzgâr yönündeki kenardan $d/4$ kadar mesafede alınmalıdır (d = rüzgâr yönündeki boyut, Şekil 7.16).

- Çift eğimli sundurma için (Çizelge 7.7) basıncın merkezi, her eğimin merkezinde alınmalıdır (Şekil 7.17). Buna ek olarak, çift eğimli sundurma, eğimli kısımlardan birinin en yüksek veya en düşük yüklemeye maruz kaldığı, diğer eğimli kısmın ise yüksüz olduğu durumdaki yükü taşıyabilmelidir.
- Çok açıklıklı çift eğimli sundurma için bir açıklıktaki her yük Çizelge 7.7'de verilen $c_{p,net}$ değerleri ile Çizelge 7.8'de verilen azaltma katsayıları ψ_{mc} 'lerin çarpılması ile hesaplanabilir.

Çift tabakalı sundurmalarda geçirimsiz tabaka ve bu tabakayı sabitleme elemanlarının hesabında $c_{p,net}$; geçirimli tabaka ve bu tabakayı sabitleme elemanlarının hesabında $1/3 c_{p,net}$ kullanılmalıdır.

(7) Sürtünme kuvvetleri dikkate alınmalıdır (Madde 7.5).

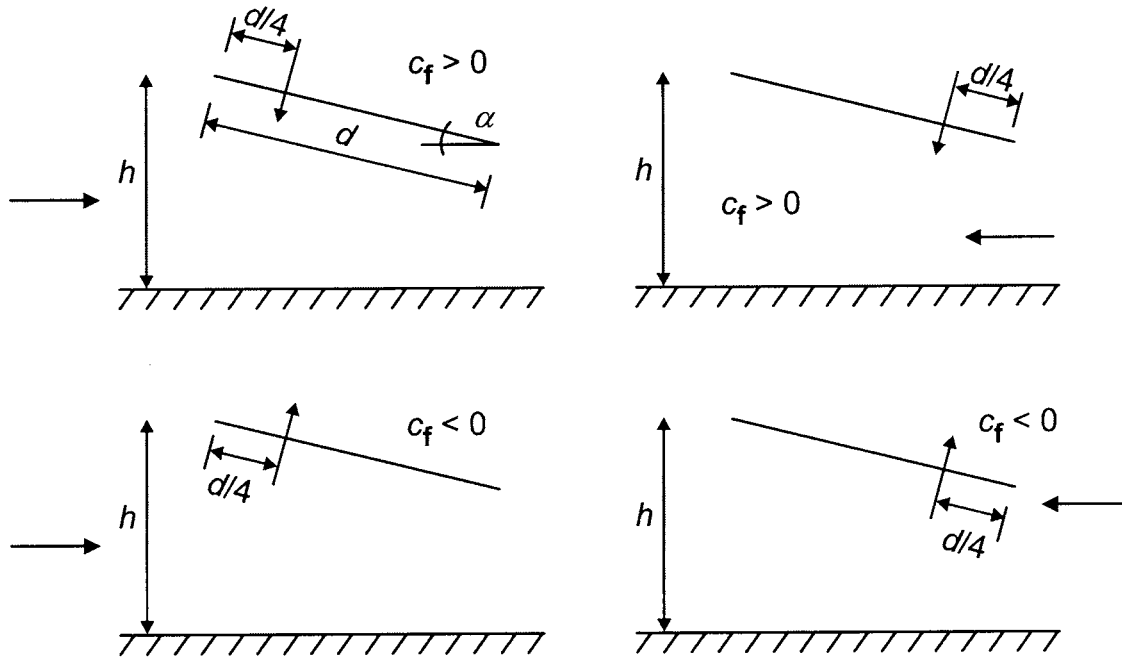
(8) Referans yükseklik z_e , Şekil 7.16 ve Şekil 7.17'de gösterildiği gibi h 'ye eşit alınmalıdır.



Şekil 7.15 - Sundurma çatılar üzerinden geçen hava akımı

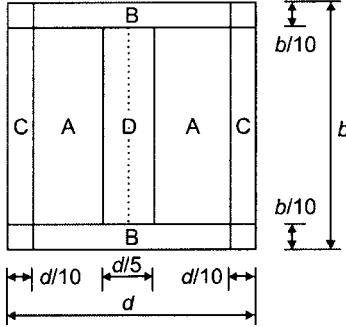
Çizelge 7.6 – Tek eğimli sundurmalar için $c_{p,net}$ ve c_f değerleri

Net basınç katsayısı $c_{p, net}$ Tanımlayıcı plân					
Çatı açısı α	Engel oranı φ	Genel kuvvet katsayıları c_f	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi
0°	En büyük φ	+0,2	+0,5	+1,8	+1,1
	En düşük $\varphi = 0$	-0,5	-0,6	-1,3	-1,4
	En düşük $\varphi = 1$	-1,3	-1,5	-1,8	-2,2
5°	En büyük φ	+0,4	+0,8	+2,1	+1,3
	En düşük $\varphi = 0$	-0,7	-1,1	-1,7	-1,8
	En düşük $\varphi = 1$	-1,4	-1,6	-2,2	-2,5
10°	En büyük φ	+0,5	+1,2	+2,4	+1,6
	En düşük $\varphi = 0$	-0,9	-1,5	-2,0	-2,1
	En düşük $\varphi = 1$	-1,4	-2,1	-2,6	-2,7
15°	En büyük φ	+0,7	+1,4	+2,7	+1,8
	En düşük $\varphi = 0$	-1,1	-1,8	-2,4	-2,5
	En düşük $\varphi = 1$	-1,4	-1,6	-2,9	-3,0
20°	En büyük φ	+0,8	+1,7	+2,9	+2,1
	En düşük $\varphi = 0$	-1,3	-2,2	-2,8	-2,9
	En düşük $\varphi = 1$	-1,4	-1,6	-2,9	-3,0
25°	En büyük φ	+1,0	+2,0	+3,1	+2,3
	En düşük $\varphi = 0$	-1,6	-2,6	-3,2	-3,2
	En düşük $\varphi = 1$	-1,4	-1,5	-2,5	-2,8
30°	En büyük φ	+1,2	+2,2	+3,2	+2,4
	En düşük $\varphi = 0$	-1,8	-3,0	-3,8	-3,6
	En düşük $\varphi = 1$	-1,4	-1,5	-2,2	-2,7
Not - + değerler rüzgârın uzaklaştığı yönde etkiyen net rüzgâr etkisini temsil eder - değerler rüzgârın yaklaştığı yönde etkiyen net rüzgâr etkisini temsil eder					

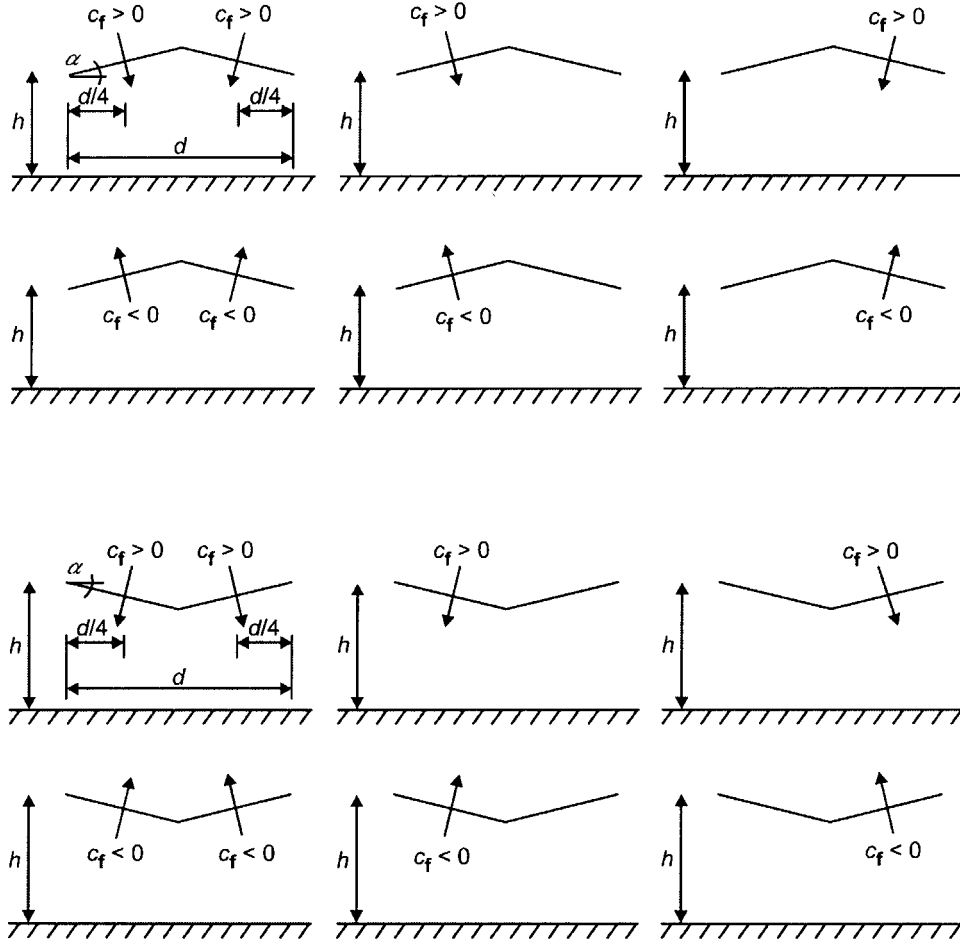


Şekil 7.16 - Tek eğimli sundurmalarda kuvvetin etki ettiği merkezin konumu

Çizelge 7.7 – Çift eğimli sundurmalar için $c_{p,net}$ ve c_f değerleri

			Net basınç katsayısı $c_{p, net}$ Tanımlayıcı plân 			
Çatı açısı α [°]	Engel oranı φ	Genel kuvvet katsayıları c_f	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi
-20	En büyük φ	+0,7	+0,8	+1,6	+0,6	+1,7
	En düşük $\varphi = 0$	-0,7	-0,9	-1,3	-1,6	-0,6
	En düşük $\varphi = 1$	-1,3	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6
-15	En büyük φ	+0,5	+0,6	+1,5	+0,7	+1,4
	En düşük $\varphi = 0$	-0,6	-0,8	-1,3	-1,6	-0,6
	En düşük $\varphi = 1$	-1,4	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6
-10	En büyük φ	+0,4	+0,6	+1,4	+0,8	+1,1
	En düşük $\varphi = 0$	-0,6	-0,8	-1,3	-1,5	-0,6
	En düşük $\varphi = 1$	-1,4	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6
-5	En büyük φ	+0,3	+0,5	+1,5	+0,8	+0,8
	En düşük $\varphi = 0$	-0,5	-0,7	-1,3	-1,6	-0,6
	En düşük $\varphi = 1$	-1,3	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6
+5	En büyük φ	+0,3	+0,6	+1,8	+1,3	+0,4
	En düşük $\varphi = 0$	-0,6	-0,6	-1,4	-1,4	-1,1
	En düşük $\varphi = 1$	-1,3	-1,3	-2,0	-1,8	-1,5
+10	En büyük φ	+0,4	+0,7	+1,8	+1,4	+0,4
	En düşük $\varphi = 0$	-0,7	-0,7	-1,5	-1,4	-1,4
	En düşük $\varphi = 1$	-1,3	-1,3	-2,0	-1,8	-1,8
+15	En büyük φ	+0,4	+0,9	+1,9	+1,4	+0,4
	En düşük $\varphi = 0$	-0,8	-0,9	-1,7	-1,4	-1,8
	En düşük $\varphi = 1$	-1,3	-1,3	-2,2	-1,6	-2,1
+20	En büyük φ	+0,6	+1,1	+1,9	+1,5	+0,4
	En düşük $\varphi = 0$	-0,9	-1,2	-1,8	-1,4	-2,0
	En düşük $\varphi = 1$	-1,3	-1,4	-2,2	-1,6	-2,1
+25	En büyük φ	+0,7	+1,2	+1,9	+1,6	+0,5
	En düşük $\varphi = 0$	-1,0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0
	En düşük $\varphi = 1$	-1,3	-1,4	-2,0	-1,5	-2,0
+30	En büyük φ	+0,9	+1,3	+1,9	+1,6	+0,7
	En düşük $\varphi = 0$	-1,0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0
	En düşük $\varphi = 1$	-1,3	-1,4	-1,8	-1,4	-2,0

Not - + değerler rüzgârın uzaklaştığı yönde etkiyen net rüzgâr etkisini temsil eder
 - değerler rüzgârın yaklaştığı yönde etkiyen net rüzgâr etkisini temsil eder

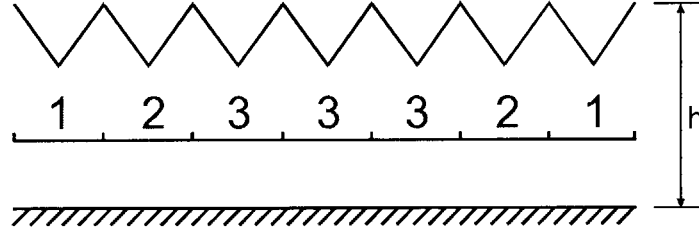


Şekil 7.17 - Çift eğimli sundurmalarda kuvvet katsayılarından elde edilen yüklerin düzeni

(9) Şekil 7.18'de gösterildiği gibi çok açıklıklı sundurmaların her bir eğimli kısmındaki yükler, toplam kuvvet için Çizelge 7.8'de verilen ψ_{mc} azaltma katsayısı ile çift eğimli tek sundurmalar için net basınç katsayıları çarpılarak belirlenir.

Çizelge 7.8 – Çok açıklıklı sundurmalar için ψ_{mc} azaltma katsayıları

Açıklık	Konum	Bütün φ değerleri için ψ_{mc} azaltma katsayıları	
		En büyük kuvvet (rüzgârın uzaklaştığı yön) ve basınç katsayıları için	En küçük kuvvet (rüzgârın yaklaştığı yön) ve basınç katsayıları için
1	Son açıklık	1,0	0,8
2	İkinci açıklık	0,9	0,7
3	Üçüncü ve takip eden açıklıklar	0,7	0,7



Şekil 7.18- Çok açıklıklı sundurmalar

7.4 Bağlantısız (müstakil) duvarlar, parapetler, çitler ve direkli işaret levhaları

(1) Bağlantısız duvarlar ve parapetler ait $c_{p,net}$ bileşke basınç katsayıları doluluk oranı φ 'ye bağlıdır. Dolu duvarlar için doluluk oranı $\varphi=1$ olarak alınmalı ve doluluk oranı % 80 olan duvarlar için (% 20'si açıklıklı olan duvarlar) $\varphi = 0,8$ alınmalıdır. Doluluk oranı $\varphi \leq 0,8$ olan gözenekli duvarlar ve çitler Madde 7.11'e uygun olarak düzlem kafes olarak ele alınmalıdır.

Not - Köprülerin parapet ve ses bariyerleri için Kısım 8'e bakılmalıdır.

7.4.1 Bağlantısız duvarlar ve parapetler

(1) Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait $c_{p,net}$ bileşke basınç katsayıları Şekil 7.19'da gösterildiği gibi A, B, C ve D bölgeleri için belirlenmelidir.

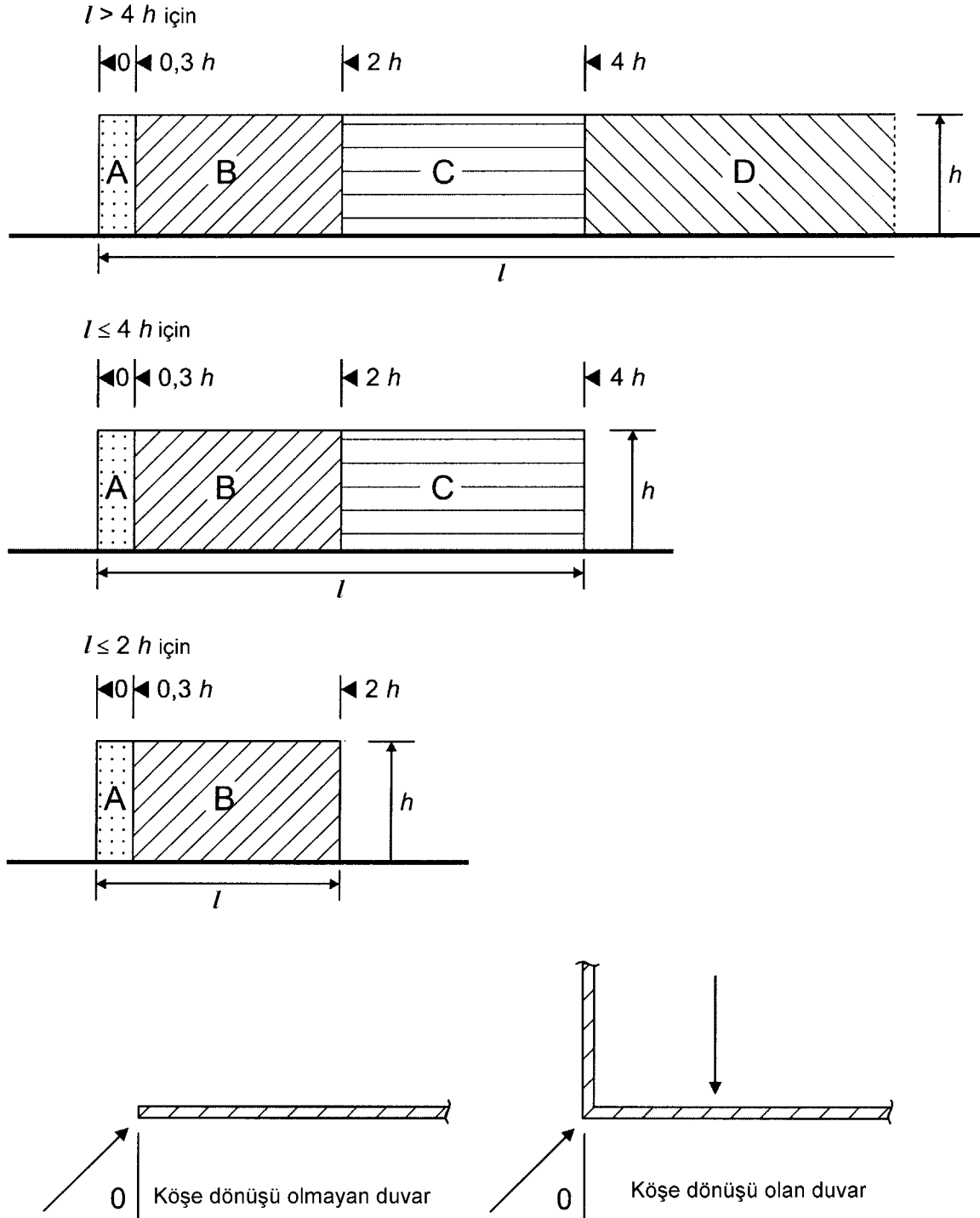
Not - Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait $c_{p,net}$ bileşke basınç katsayıları Millî Ek'te verilebilir. İki farklı doluluk oranı için tavsiye edilen değerler Çizelge 7.9'da verilmiştir (Madde 7.4 (1)). Tavsiye edilen bu değerler köşe dönüşü olmayan (Şekil 7.19) duvarlarda eğik rüzgâr yönüne, köşe dönüşü olan duvarlarda ise Şekil 7.19'da belirtilen iki ters yöne ait değerlere karşılık gelir. Her iki durumda da referans alan brüt alandır. Doluluk oranının 0,8 ile 1 arasındaki değerleri için doğrusal interpolasyon yapılabilir.

Çizelge 7.9 – Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait tavsiye edilen $c_{p,net}$ basınç katsayıları

Doluluk	Bölge	A	B	C	D	
$\varphi = 1$	Köşe dönüşü olmayan duvarlar	$l/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2	1,2
		$l/h = 5$	2,9	1,8	1,4	1,2
		$l/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7	1,2
	Dönüşlü kenar uzunluğu $\geq h^a$ olan duvarlar	2,1	1,8	1,4	1,2	
$\varphi = 0,8$		1,2	1,2	1,2	1,2	

^a Değeri 0,0 ile h arasında değişen dönüşlü kenar uzunlukları için doğrusal interpolasyon yapılabilir.

(2) Bağlantısız duvarlar için referans yükseklik $z_e = h$ olarak alınmalıdır, (Şekil 7.19). Binalardaki parapetler için referans yükseklik $z_e = (h+h_p)$ olarak alınmalıdır(Şekil 7.6).



Şekil 7.19 - Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait bölgeler için açıklamalar

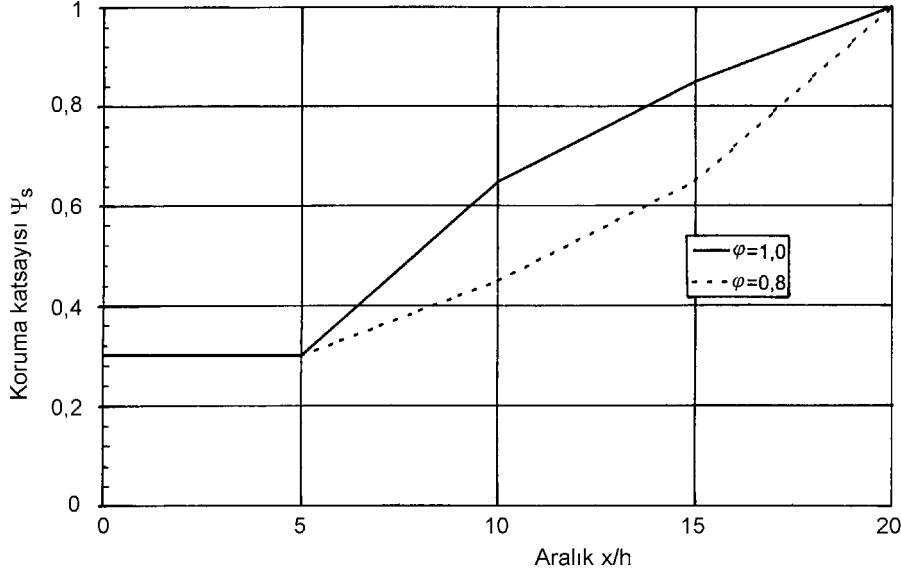
7.4.2 Duvarlar ve çitler için koruma (siper) katsayıları

(1) Rüzgârın yaklaştığı yönde, dikkate alınan h yüksekliğindeki duvar veya çitin yüksekliğine eşit veya daha yüksek duvarlar veya çitlerin var olduğu durumlarda, duvarlar ve kafes çitler için net basınç katsayılarıyla beraber ilâve koruma katsayıları kullanılabilir. Koruma katsayısı ψ_s değeri, duvar veya çitler arasındaki x mesafesine ve koruma sağlayan rüzgârın yaklaştığı yöndeki duvar veya çitin φ doluluk oranına bağlıdır. ψ_s değerleri Şekil 7.20'de verilmiştir.

Koruma altındaki duvara ait bileşke net basınç katsayısı $c_{p,net,s}$ Eşitlik (7.6)'da verilmiştir:

$$c_{p,net,s} = \psi_s \cdot c_{p,net} \quad (7.6)$$

(2) Duvarın serbest ucuna (duvarın başka yapı elemanları ile bağlantısının olmadığı uç) h kadar mesafedeki uç bölgeler için koruma katsayısı uygulanmamalıdır.



Şekil 7.20 - 0,8 ile 1,0 arasındaki ϕ değerleri için duvarlar ve çitler için ψ_s koruma katsayısı

7.4.3 Direkli işaret levhaları

(1) Zeminden ölçülen z_g yüksekliği, $h/4$ 'ten (Şekil 7.21) daha büyük olan direkli işaret levhaları için kuvvet katsayısı Eşitlik (7.7)'de verilmiştir.

$$c_f = 1,80 \quad (7.7)$$

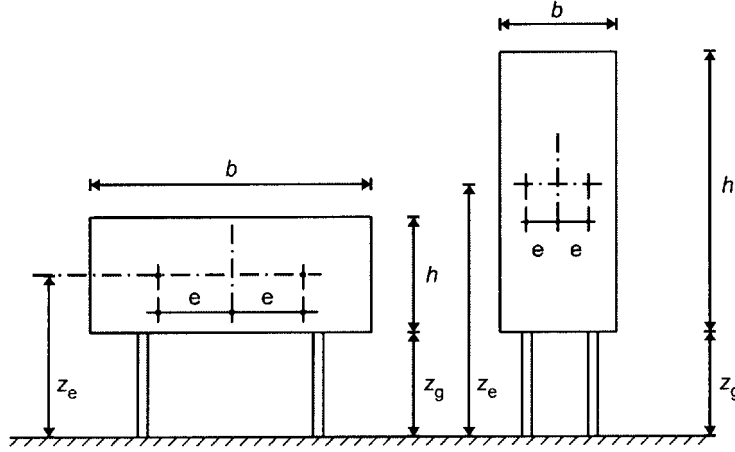
Eşitlik (7.7) aynı zamanda z_g 'nin $h/4$ 'ten küçük ve $b/h \leq 1$ olduğu durumlarda kullanılabilir.

(2) Dik bileşke kuvvetin, direkli işaret levhalarına, yatay bir dış merkezlilik e ile levha merkezinin bulunduğu yükseklikte etkidiği kabul edilmelidir.

Not - Yatay dış merkezlilik e 'nin değeri Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen değer Eşitlik (7.8)'de verilmiştir.

$$e = \pm 0,25b \quad (7.8)$$

(3) Zeminden ölçülen z_g yüksekliği, $h/4$ 'ten daha küçük ve $b/h > 1$ olduğu durumlarda direkli işaret levhaları sınır duvarları olarak kabul edilmelidir (Madde 7.4.1).



Not 1 - referans yükseklik $z_e = z_g + h/2$

Not 2 - referans alan $A_{ref} = b \cdot h$

Şekil 7.21 - Direkli işaret levhaları için açıklamalar

Kuvvet doğrultusundaki sapma veya çarpma nedeniyle oluşan titreşim sonucu oluşan kararsızlıklarda kontrol edilmelidir.

7.5 Sürtünme katsayıları

(1) Madde 5.3 (3)'te tanımlanan durumlar için sürtünme dikkate alınmalıdır.

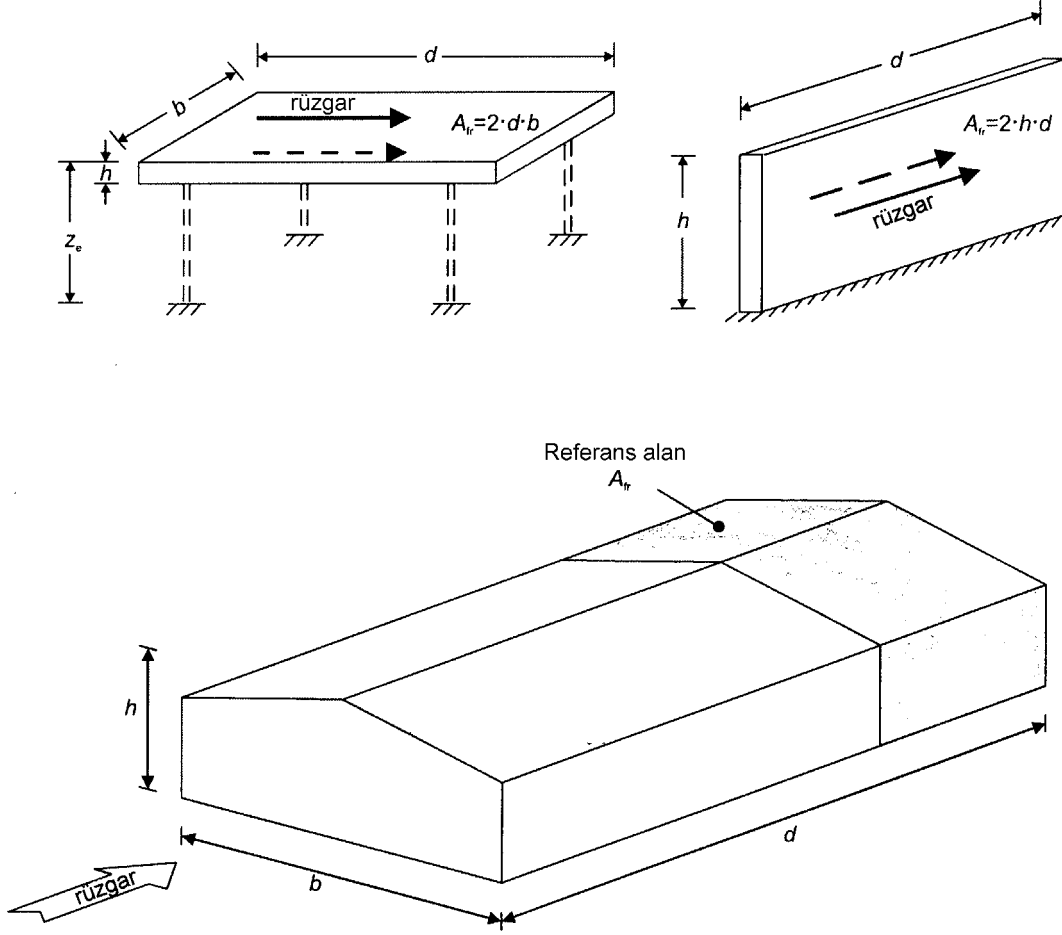
(2) Duvarlar ve çatı yüzeyleri için Çizelge 7.10'da verilen sürtünme katsayıları kullanılmalıdır.

(3) Referans alan A_{ref} Şekil 7.22'de verilmiştir. Sürtünme kuvvetleri rüzgârın yaklaştığı yöndeki saçaklar veya köşelerden $2 \cdot b$ veya $4 \cdot h$ 'den küçük olanı kadar mesafede bulunan rüzgâra paralel dış yüzeylerdeki bölümlere uygulanmalıdır.

(4) Referans yükseklik z_e , yapının zeminden olan yüksekliği veya bina yüksekliği h 'ye eşit alınmalıdır (Şekil 7.22).

Çizelge 7.10 – Duvarlar, parapetler ve çatı yüzeyleri için sürtünme katsayıları c_{fr}

Yüzey	Sürtünme katsayısı c_{fr}
Pürüzsüz (örneğin çelik, pürüzsüz beton yüzeyi)	0,01
Pürüzlü (örneğin pürüzlü beton, katranlı levha yüzeyi)	0,02
Çok pürüzlü (örneğin dalgalı, çıkıntılı, kıvrımlı yüzeyler)	0,04



Şekil 7.22 - Sürtünme için referans alan

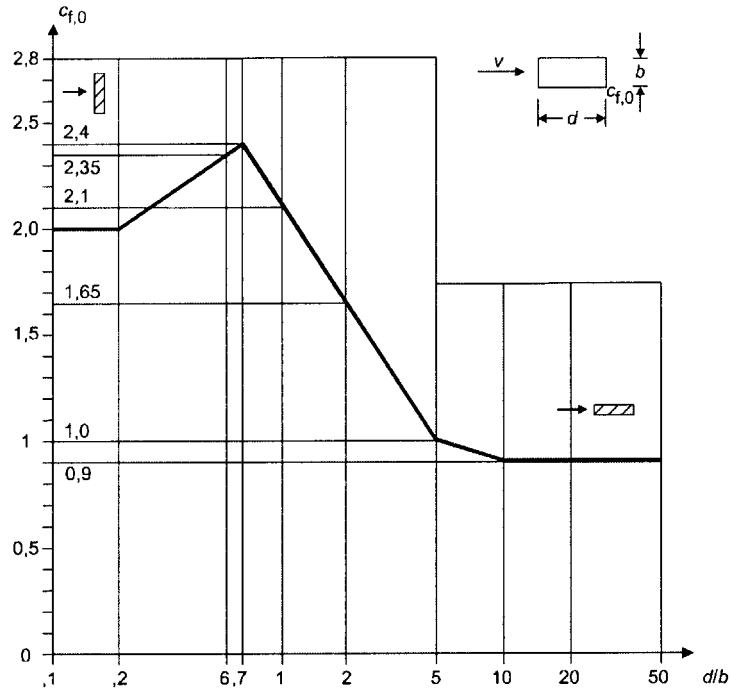
7.6 Dikdörtgen kesitli yapı elemanları

(1) Rüzgârın yüzeyine dik estiği dikdörtgen kesitli yapı elemanları için kuvvet katsayısı c_f Eşitlik (7.9) kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_{\lambda} \quad (7.9)$$

Burada;

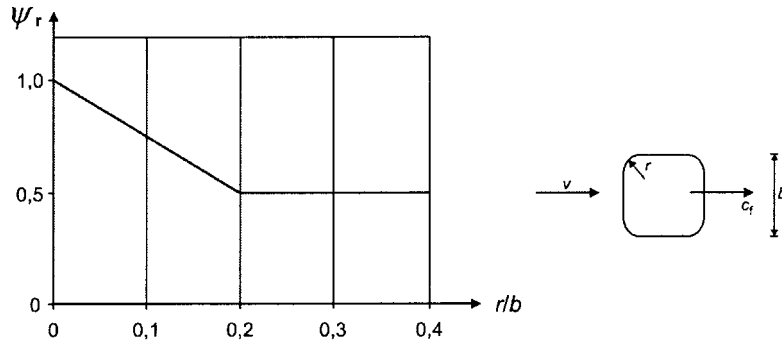
- $c_{f,0}$ Keskin köşeli ve Şekil 7.23'te gösterildiği gibi serbest uç akımı olmayan dikdörtgen kesitler için kuvvet katsayısı,
 ψ_r Reynolds sayısına bağlı olan, yuvarlatılmış köşeli kare kesitler için azaltma katsayısı (Not 1)
 ψ_{λ} Madde 7.13'te tanımlanan serbest uç akımı olan elemanlar için uç tesir katsayısı
 dir.



Şekil 7.23 - Keskin kenarlı ve serbest uç akımı olmayan dikdörtgen kesitler için $c_{f,0}$ kuvvet katsayıları

Not 1 - ψ_r değerleri Millî Ek'te verilebilir. ψ_r 'nin tavsiye edilen yaklaşık üst sınır değerleri Şekil 7.24'te gösterilmiştir. Şekil 7.24'teki değerler düşük türbülanslı durumlarda elde edilmiştir. Bu katsayılar güvenli olarak kabul edilir.

Not 2 - Şekil 7.24, $h/d > 5$ olan binalar için de kullanılabilir.



Şekil 7.24 - Yuvarlatılmış köşeli kare kesit için ψ_r azaltma katsayısı

(2) A_{ref} , referans alanı Eşitlik (7.10) kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$A_{ref} = l \cdot b \quad (7.10)$$

Burada;

l Dikkate alınan yapı elemanının uzunluğu
dur.

z_e referans yüksekliği dikkate alınan kesitin zemin seviyesinden olan en büyük yüksekliğine eşittir.

(3) Plak benzeri kesitlere ($d/b < 0,2$) rüzgârın belirli açılarla etkimesi ile oluşan kaldırma kuvvetleri, c_f 'nin yüksek değerlerini en fazla % 25 oranında artırılabilir.

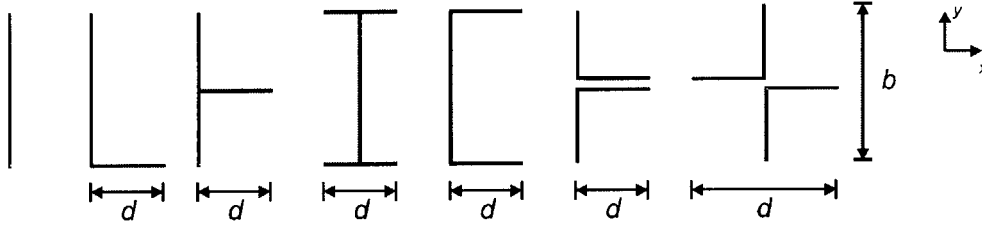
7.7 Keskin kenarlı kesitleri olan yapı elemanları

(1) Keskin kenarlı kesitleri olan yapı elemanları (Şekil 7.25'te gösterilen kesitleri olan elemanlar gibi) için c_f kuvvet katsayısı Eşitlik (7.11) kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} \quad (7.11)$$

Burada;

ψ_{λ} Uç tesir katsayısı (Madde 7.13)
dır.



Şekil 7.25 - Keskin kenarlı yapı elemanı kesitleri

Not 1 - $c_{f,0}$ değerleri Millî Ek'te belirtilebilir. Serbest uç akımı olmayan bütün elemanlar için tavsiye edilen değer 2,0'dır. Bu değer, düşük türbülanslı durumlarda yapılan ölçmelere dayanır. Bu değerler güvenli olarak kabul edilir.

Not 2 - Eşitlik (7.11) ve Şekil 7.25, $h/d > 5,0$ olan binalar için de kullanılabilir.

(2) Referans alanlar (Şekil 7.25) aşağıda belirtildiği gibi alınmalıdır:

$$x - \text{yönünde: } A_{\text{ref},x} = l \cdot b$$

(7.12)

$$y - \text{yönünde: } A_{\text{ref},y} = l \cdot d$$

Burada;

l Dikkate alınan yapı elemanının uzunluğu
dur.

(3) Her durumda z_e referans yüksekliği, dikkate alınan kesitin zemin seviyesinden olan en büyük yüksekliğe eşit alınmalıdır.

7.8 Düzgün çokgen kesitli yapı elemanları

(1) 5 veya daha fazla kenarlı düzgün çokgen kesitli yapı elemanları için kuvvet katsayısı c_f Eşitlik (7.13) kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} \quad (7.13)$$

Burada;

ψ_{λ} Madde 7.13'te tanımlanan uç tesiri katsayısı,
 $c_{f,0}$ Serbest uç akımı olmayan yapı elemanları için kuvvet katsayısı
dır.

Not - $c_{f,0}$ değerleri Millî Ek'te verilebilir. Düşük türbülanslı durumlarda yapılan ölçmelere dayanan güvenli tarafta kalınmasını sağlayan tavsiye edilen değerler Çizelge 7.11'de verilmiştir.

Çizelge 7.11 – Düzgün çokgen kesitler için kuvvet katsayısı $c_{f,0}$

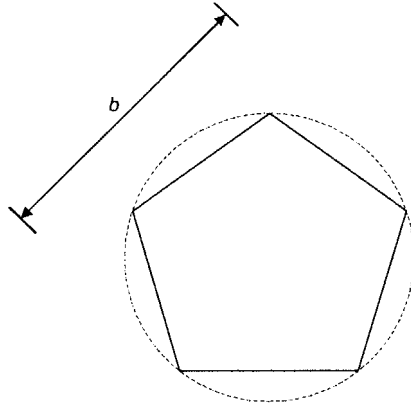
Kenar sayısı	Kesitler	Yüzey ve köşelerin nihai durumu	Reynolds sayısı $Re^{(1)}$	$c_{f,0}$
5	Beşgen	bütün durumlar	hepsi	1,80
6	Altıgen	bütün durumlar	hepsi	1,60
8	Sekizgen	pürüzsüz yüzey $r/b < 0,075^{(2)}$	$Re \leq 2,4 \cdot 10^5$	1,45
			$Re \geq 3 \cdot 10^5$	1,30
		pürüzlü yüzey $r/b \geq 0,075^{(2)}$	$Re \leq 2 \cdot 10^5$	1,30
			$Re \geq 7 \cdot 10^5$	1,10
10	Ongen	bütün durumlar	hepsi	1,30
12	Onikigen	pürüzsüz yüzey ⁽³⁾ köşeleri yuvarlatılmış	$2 \cdot 10^5 < Re < 1,2 \cdot 10^6$	0,90
		diğer hepsi	$Re < 4 \cdot 10^5$	1,30
			$Re > 4 \cdot 10^5$	1,10
16-18	16 ilâ 18 adet iç açısı bulunan çokgen	pürüzsüz yüzey ⁽³⁾ köşeleri yuvarlatılmış	$Re < 2 \cdot 10^5$	Dairesel kesitli silindir gibi kabul edilir, (Madde 7.9)
			$2 \cdot 10^5 \leq Re < 1,2 \cdot 10^6$	0,70

¹ $v = v_m$ olan Reynolds sayısı Re Madde 7.9'da tanımlanmıştır. v_m Madde 4.3'te verilmiştir.

² $r =$ köşe yarıçapı, $b =$ çokgenin köşe noktalarından geçen çemberin çapı (Şekil 7.26).

³ $b = 0,3$ m ve köşe yarıçapı $0,06 \cdot b$ olan bir kesit ve galvanize edilmiş çelik yüzeyden oluşan kesit modelleri üzerinde yapılan rüzgâr tüneli deneylerinden elde edilmiştir.

(2) $h/d > 5$ olan binalar için $c_{f,0}$, Çizelge 7.11 ile Şekil 7.25'te verilen bilgiler kullanılarak Eşitlik (7.13)'ten hesaplanabilir.

**Şekil 7.26 - Düzgün çokgen kesitler**

(3) Referans alan A_{ref} Eşitlik (7.14) kullanılarak elde edilmelidir.

$$A_{ref} = l \cdot b \quad (7.14)$$

Burada;

l Dikkate alınan yapı elemanının uzunluğu,

b Çokgenin köşe noktalarından geçen çemberin çapı (Şekil 7.26)

dir.

(4) z_e referans yüksekliği, dikkate alınan kesitin zemin seviyesinden olan en büyük yüksekliğine eşittir.

7.9 Dairesel kesitli silindirler

7.9.1 Dış basınç katsayıları

(1) Kesitlerin basınç katsayıları Eşitlik (7.15) ile tanımlanan Re Reynold sayısına bağlıdır.

$$Re = \frac{b \cdot v(z_e)}{\nu} \quad (7.15)$$

Burada;

b Çap,

ν Havanın kinematik viskozitesi ($\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$),

$v(z_e)$ Şekil 7.27 Not 2'de tanımlanan z_e yüksekliğindeki en yüksek rüzgâr hızıdır.

(2) Dairesel kesitli silindirlerin dış basınç katsayıları c_{pe} Eşitlik (7.16) kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$c_{pe} = c_{p,0} \cdot \psi_{\lambda\alpha} \quad (7.16)$$

Burada;

$c_{p,0}$ Serbest uç akımı olmayan dış basınç katsayısı (paragraf (3)),

$\psi_{\lambda\alpha}$ Uç tesir katsayısı (paragraf (4)),
dır.

(3) Dış basınç katsayısı $c_{p,0}$, Şekil 7.27'de farklı Reynolds sayıları için α açısının bir fonksiyonu olarak verilmiştir.

(4) Uç tesir katsayısı $\psi_{\lambda\alpha}$ Eşitlik (7.17) ile verilmiştir.

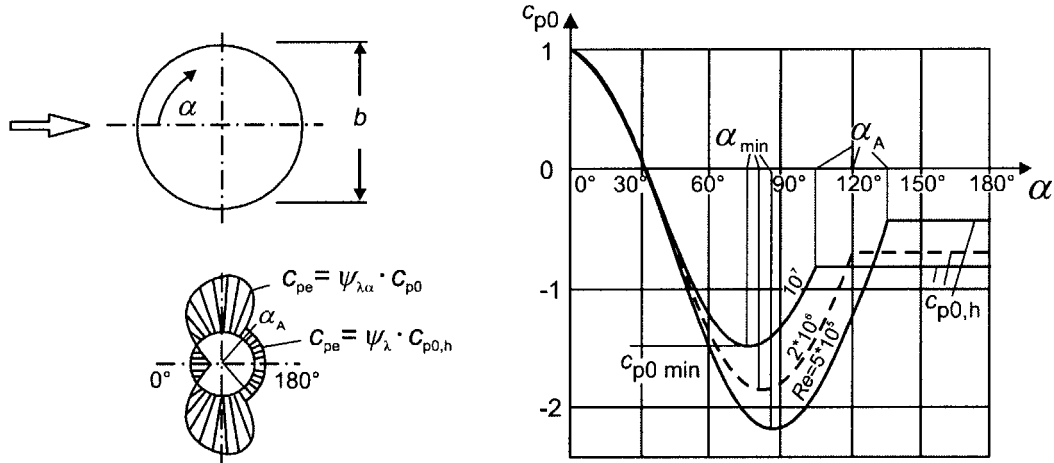
$$\begin{aligned} 0^\circ \leq \alpha \leq \alpha_{min} & \quad \text{için} & \quad \psi_{\lambda\alpha} = 1 \\ \alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A & \quad \text{için} & \quad \psi_{\lambda\alpha} = \psi_\lambda + (1 - \psi_\lambda) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \left(\frac{\alpha - \alpha_{min}}{\alpha_A - \alpha_{min}}\right)\right) \\ \alpha_A \leq \alpha \leq 180^\circ & \quad \text{için} & \quad \psi_{\lambda\alpha} = \psi_\lambda \end{aligned} \quad (7.17)$$

Burada;

α_A Rüzgâr akımı ayırıcısının konumu (Şekil 7.27)

ψ_λ Uç tesir katsayısı (Madde 7.13)

dır.



Not 1 - Ara değerler doğrusal interpolasyonla bulunabilir.

Not 2 - Yukarıdaki şekildeki tipik değerler, Çizelge 7.12'de gösterilmiştir. Bu çizelge ve şekil $v = \sqrt{2q_p/\rho}$ olan Reynolds sayısına ve Madde 4.5'te verilen q_p 'ye bağlıdır.

Not 3 - Yukarıdaki şekil eşdeğer engebellik k/b 'nin $5 \cdot 10^4$ 'ten küçük değerlerine dayalıdır. Engelibellik yüksekliği k için tipik değerler Çizelge 7.13'te verilmiştir.

Şekil 7.27 - Uç tesirinin olmadığı durumlarda değişik Reynolds sayı aralıkları için dairesel kesitli silindirlerdeki basınç dağılımı

Çizelge 7.12 – Uç tesirinin olmadığı durumlarda değişik Reynolds sayı aralıkları için dairesel kesitli silindirlerdeki basınç dağılımı için tipik değerler

Re	α_{\min}	$C_{p0,\min}$	α_A	$C_{p0,h}$
$5 \cdot 10^5$	85	-2,2	135	-0,4
$2 \cdot 10^6$	80	-1,9	120	-0,7
10^7	75	-1,5	105	-0,8

Burada;

α_{\min} en düşük basıncın olduğu konum [°]

$C_{p0,\min}$ en düşük basınç katsayısı değeri

α_A akım ayırıcısının konumu [°]

$C_{p0,h}$ temel basınç katsayısı

(5) Referans alan A_{ref} Eşitlik (7.18) kullanılarak elde edilmelidir.

$$A_{\text{ref}} = l \cdot b \quad (7.18)$$

(6) z_e referans yüksekliği, dikkate alınan kesitin zemin seviyesinden olan en büyük yüksekliğine eşittir.

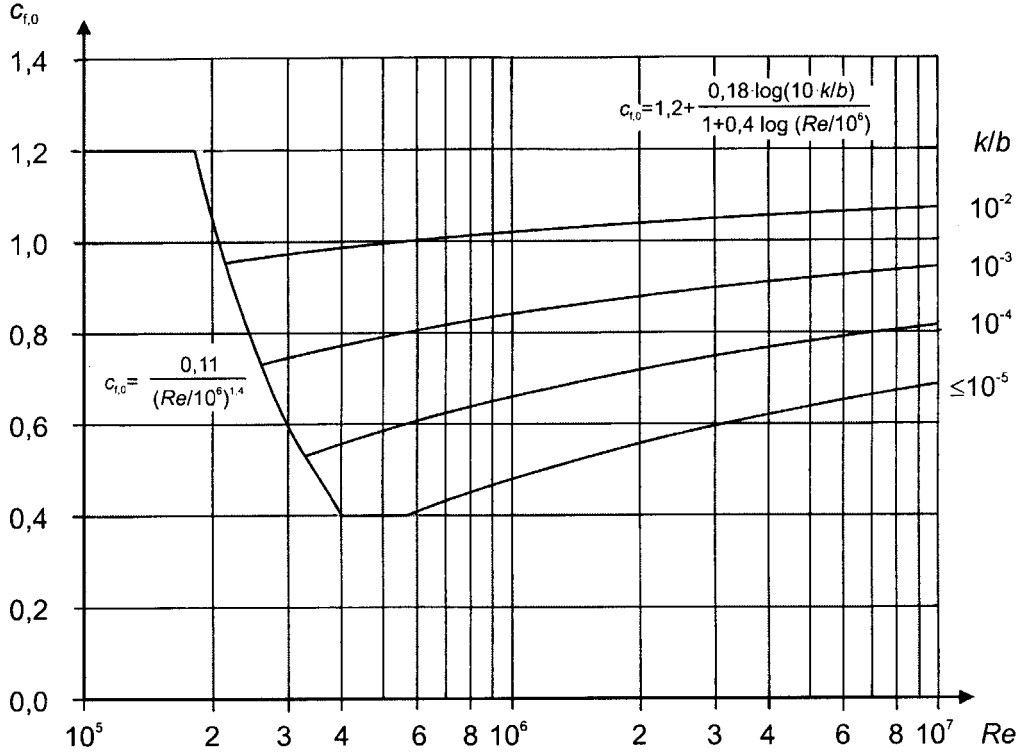
7.9.2 Kuvvet katsayıları

(1) Sonlu bir dairesel kesitli silindir için basınç katsayısı c_f Eşitlik (7.19) kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda \quad (7.19)$$

Burada;

$c_{f,0}$ Serbest uç akımı olmayan silindirler için kuvvet katsayısı (Şekil 7.28),
 ψ/λ Uç tesir katsayısı (Madde 7.13)
 dir.



Şekil 7.28 - Değişik eşdeğer engebellik k/b ile serbest uç akımı olmayan dairesel kesitli silindirler için $c_{f,0}$ kuvvet katsayısı

Not 1 - Şekil 7.28, $h/d > 5.0$ olan binalar için de kullanılabilir.

Not 2 - Şekil 7.28, $v = \sqrt{\frac{2 \cdot q_p}{\rho}}$ olan Reynolds sayısına ve Madde 4.5'te verilen q_p değerlerine bağlıdır.

(2) Eşdeğer yüzey engebelliği k değerleri Çizelge 7.13'te verilmiştir.

(3) Demet kablolar için $c_{f,0}$ değeri Re Reynolds sayısının bütün değerleri için 1,2'ye eşittir.

Çizelge 7.13 – Eşdeğer yüzey engebeliği k

Yüzey tipi	Eşdeğer engebelik k mm	Yüzey tipi	Eşdeğer engebelik k mm
cam	0,0015	pürüzsüz beton	0,2
parlatılmış metal	0,002	planyalanmış ahşap	0,5
ince boya	0,006	pürüzlü beton	1,0
sprey boya	0,02	pürüzlü doğrama ahşap	2,0
parlak çelik	0,05	paslı	2,0
dökme demir	0,2	tuğla	3,0
galvanizli çelik	0,2		

(4) Referans alan A_{ref} , Eşitlik (7.20) kullanılarak elde edilmelidir.

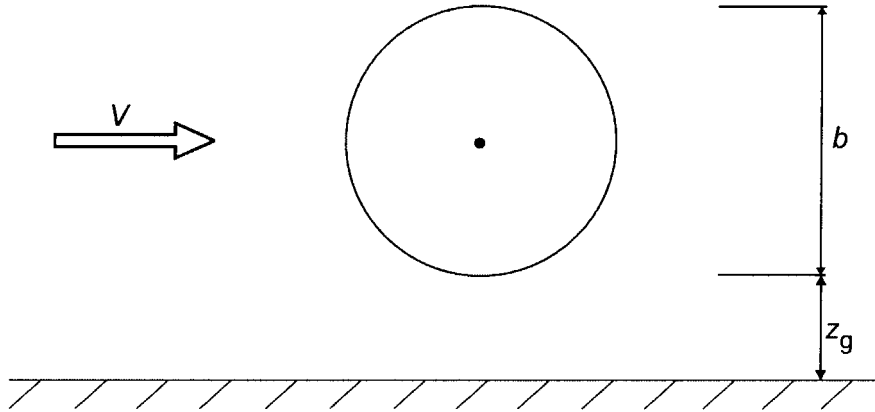
$$A_{ref} = l \cdot b \quad (7.20)$$

Burada;

l Dikkate alınan yapı elemanının uzunluğu dur.

(5) z_e referans yüksekliği, dikkate alınan kesitin zemin seviyesinden olan en büyük yüksekliğine eşittir.

(6) Düzlem bir yüzey yakınında bulunan ve bu yüzeye mesafe oranı $z_g/b < 1,5$ olan silindirler için (Şekil 7.29) özel tavsiyeler alınması gerekir.



Şekil 7.29 - Düzlem yüzey yakınında bulunan silindir

7.9.3 Sıra halinde dizilmiş düşey silindirler için kuvvet katsayıları

Sıra halinde dizilmiş düşey silindirlere ait kuvvet katsayısı $c_{f,0}$, diziliş eksenini ile ilişkili rüzgâr yönü ve Çizelge 7.14'te tanımlanan a mesafesi ve b çapına bağlıdır. Kuvvet katsayısı c_f her silindir için Eşitlik (7.21) kullanılarak elde edilebilir.

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} \cdot \kappa \quad (7.21)$$

Burada;

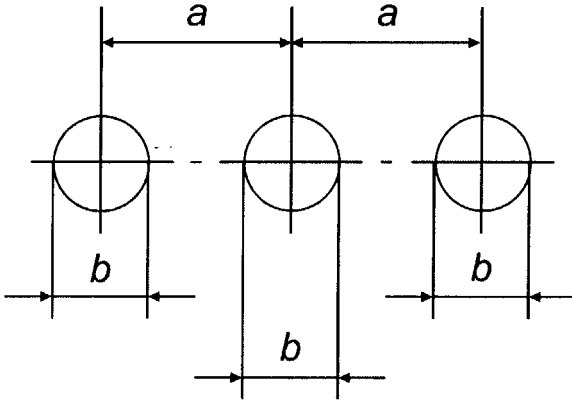
$c_{f,0}$ Serbest uç akımı olmayan silindirler için kuvvet katsayısı (Madde 7.9.2),

ψ_{λ} Uç tesiri katsayısı (Madde 7.13),

κ Çizelge 7.14'te verilen katsayı (en gayrı müsait rüzgâr yönü için)

dir.

Çizelge 7.14 – Sıra halinde dizilmiş düşey silindirler için κ katsayısı

a/b	κ	
$a/b < 3,5$	1,15	
$3,5 < a/b < 30$	$\kappa = \frac{210 - \frac{a}{b}}{180}$	
$a/b > 30$	1,00	

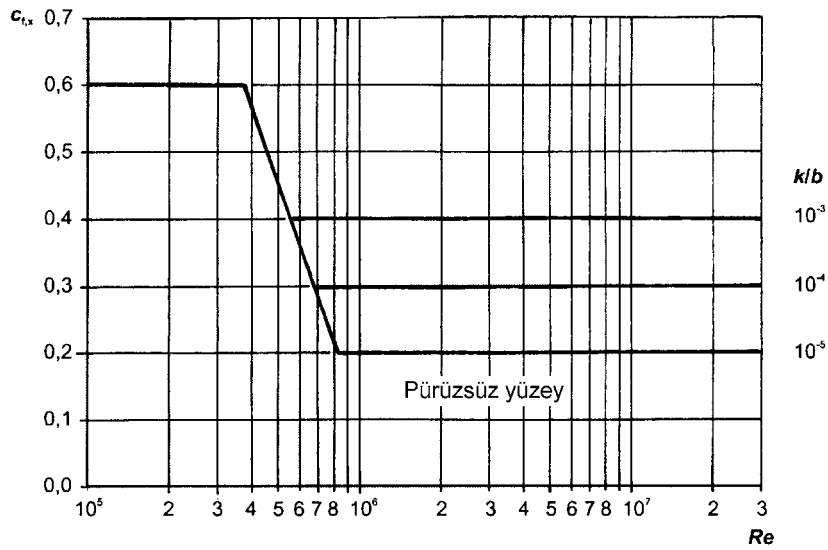
a : Uzaklık
 b : Çap

7.10 Küreler

(1) Kürelerin rüzgâr doğrultusundaki kuvvet katsayısı $c_{f,x}$, Re Reynolds sayısının (Madde 7.9.1) ve k/b eşdeğer engebelliğin (Çizelge 7.13) fonksiyonu olarak belirlenmelidir.

Not 1 - $c_{f,x}$ değerleri Millî Ek'te verilebilir. Düşük türbülanslı akım durumlarında yapılan ölçmelere dayalı tavsiye edilen değerler, Şekil 7.30'da verilmiştir. Şekil 7.30, $v = \sqrt{\frac{2 \cdot q_p}{\rho}}$ olan Reynolds sayısına ve Madde 4.5'te verilen q_p değerlerine bağlıdır.

Not 2 - Şekil 7.30'daki değerler $z_g > b/2$ ile sınırlıdır. Burada; z_g kürenin düzlem yüzeyden olan mesafesi, b çaptır (Şekil 7.31). $z_g < b/2$ değerleri için kuvvet katsayısı $c_{f,x}$, 1,6 katsayısıyla çarpılmalıdır.

**Şekil 7.30 - Kürenin rüzgâr doğrultusundaki kuvvet katsayısı**

(2) Küreler için düşey kuvvet katsayısı $c_{f,z}$ Eşitlik (7.22)'de verilmiştir.

$$z_g > \frac{b}{2} \text{ için } c_{f,z} = 0 \quad (7.22)$$

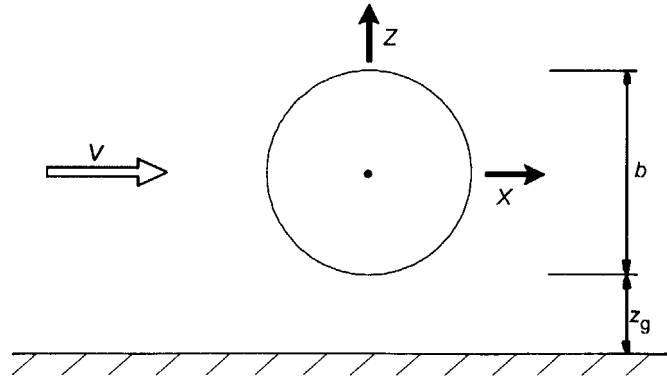
$$z_g < \frac{b}{2} \text{ için } c_{f,z} = +0,60$$

(3) Her iki durum için de referans alan A_{ref} , Eşitlik (7.23) kullanılarak elde edilmelidir.

$$A_{ref} = \pi \cdot \frac{b^2}{4} \quad (7.23)$$

(4) Referans yükseklik aşağıdaki gibi hesaplanmalıdır.

$$z_e = z_g + \frac{b}{2} \quad (7.24)$$



Şekil 7.31 - Düzlem yüzeye yakın küre

7.11 Kafes yapılar ve iş iskeleleri

(1) Kafes yapılar ve paralel bağ kirişleri olan iş iskeleleri için kuvvet katsayısı c_f Eşitlik (7.25) kullanılarak elde edilmelidir.

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda \quad (7.25)$$

Burada;

$c_{f,0}$ Uç tesirleri olmayan kafes yapılar ve iş iskeleleri için kuvvet katsayısı (doluluk oranı φ (Madde 7.11 (2)) ile Reynolds sayısı Re 'nin bir fonksiyonu olarak Şekil 7.33 ilâ Şekil 7.35'te verilmiştir).

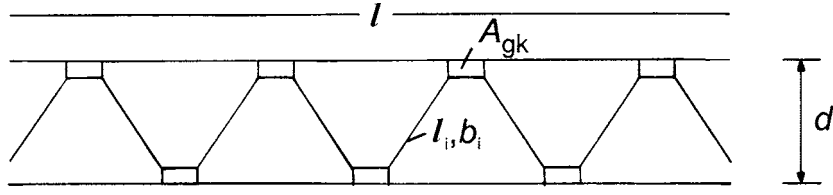
Re Eleman çapı b_i 'nin ortalama değeri kullanılarak hesaplanan Reynolds sayısı (Not 1),

ψ_λ l ve genişlik $b = d$ kullanılarak hesaplanan yapı narinliği λ 'nın bir fonksiyonu olan uç tesiri katsayısı (Şekil 7.32'ye bakılmalıdır.)

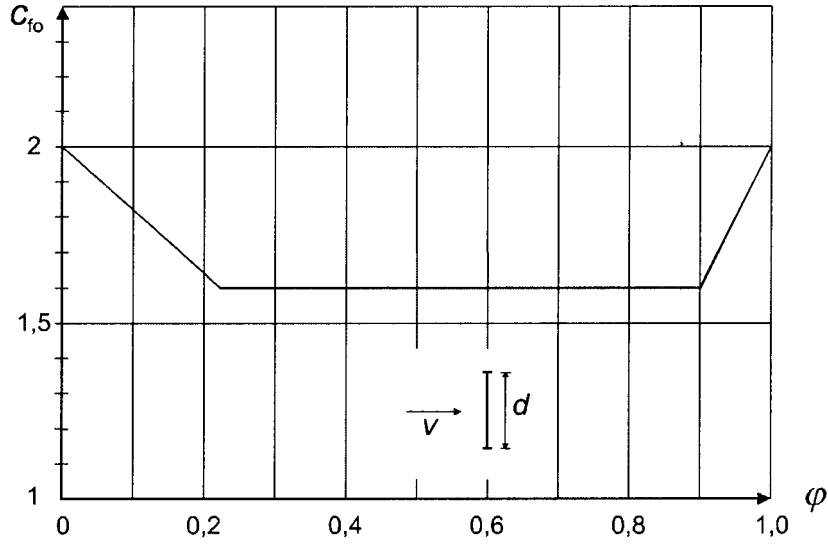
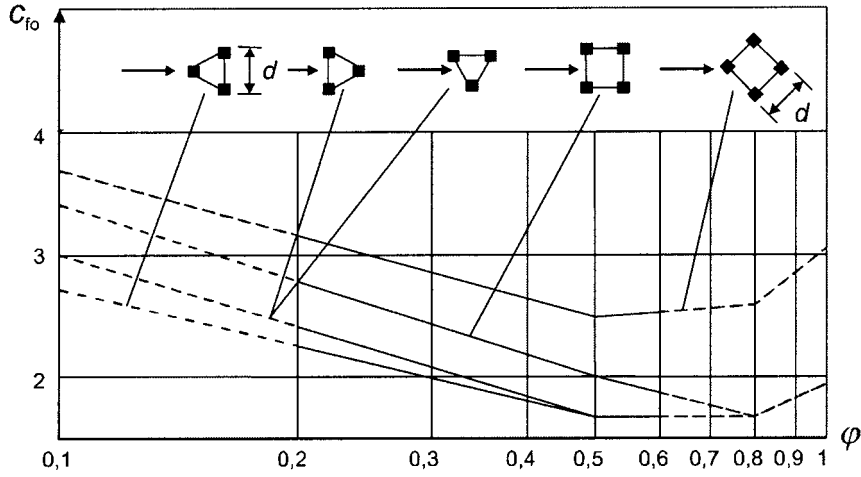
dır.

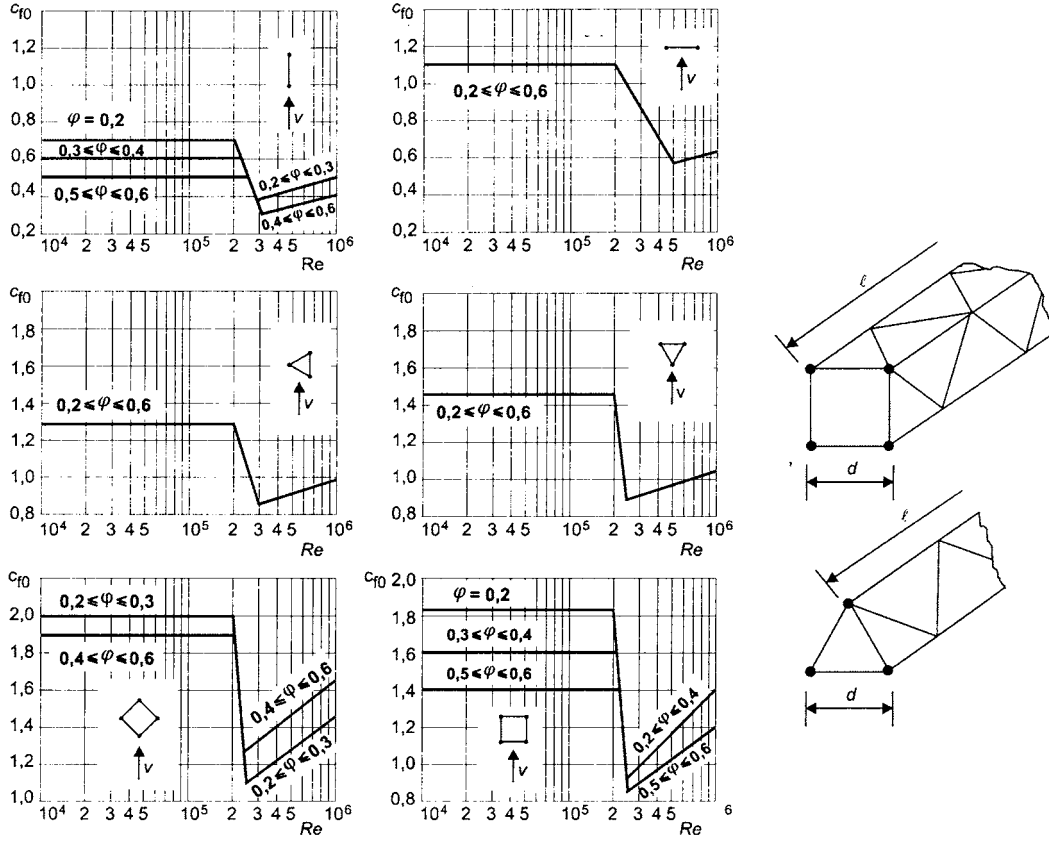
Not 1 - Şekil 7.33 ilâ Şekil 7.35, $v = \sqrt{\frac{2 \cdot q_p}{\rho}}$ olan Reynolds sayısına ve Madde 4.5'te verilen q_p 'ye bağlıdır.

Not 2 - Hava geçirimsizlik sağlayan tertibatları bulunmayan ve dolu bina kısmı tarafından etkilenen iş iskeleleri için bir azaltma katsayısı Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen azaltma katsayısı değeri prEN 12811'de verilmiştir.



Şekil 7.32 - Kafes yapılar veya iş iskeleleri

Şekil 7.33 - φ doluluk oranının bir fonksiyonu olarak, açılı elemanları olan bir düzlem kafes yapı için $c_{f,0}$ kuvvet katsayısıŞekil 7.34 - φ doluluk oranının bir fonksiyonu olarak, açılı elemanları olan bir uzay kafes yapı için $c_{f,0}$ kuvvet katsayısı



Şekil 7.35 - Dairesel kesitli elemanları bulunan düzlem ve uzay kafes yapılar için $c_{f,0}$ kuvvet katsayısı

(2) Doluluk oranı φ , Eşitlik (7.26)'da tanımlanmıştır.

$$\varphi = \frac{A}{A_c} \quad (7.26)$$

Burada;

A Düzlem yüzeyde, kafes elemanlarının iz düşüm alanlarının ve bağlantı levhalarının yüzeye dik iz düşüm alanlarının toplamı: $A = \sum_i b_i \cdot l_i + \sum_k A_{gk}$,

A_c Düzlem yüzeyde bu yüzeye dik iz düşümü sınırlarıyla kapatılan alan ($d \cdot l$),

l Kafes uzunluğu,

d Kafes genişliği,

b_i, l_i Her bir i kafes elemanının (Şekil 7.32) düzlem yüzeye dik iz düşümlerin genişliği ve uzunluğu,

A_{gk} k bağlantı levhasının alanıdır.

(3) Referans alan A_{ref} , Eşitlik (7.27) kullanılarak belirlenmelidir.

$$A_{ref} = A \quad (7.27)$$

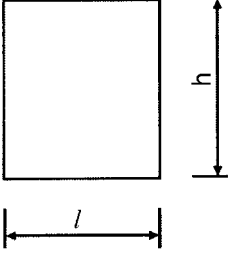
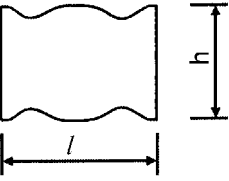
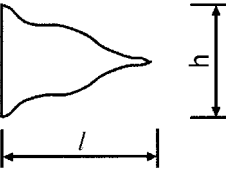
(4) z_e referans yüksekliği, dikkate alınan kesitin zemin seviyesinden olan en büyük yüksekliğine eşittir.

7.12 Bayraklar

(1) Bayraklar için kuvvet katsayıları c_f ile referans alanlar A_{ref} , Çizelge 7.15'te verilmiştir.

(2) z_e referans yüksekliği, bayrağın zemin seviyesinden yüksekliğine eşittir.

Çizelge 7.15 – Bayraklar için c_f kuvvet katsayıları

Bayraklar	A_{ref}	C_f
<p>Sabit bayraklar</p>  <p>Düzleme dik kuvvet</p>	$h \cdot l$	1,8
<p>Serbest bayraklar</p> <p>a)</p>  <p>b)</p>  <p>Düzlemdeki kuvvet</p>	$h \cdot l$ $0,5 \cdot h \cdot l$	$0,02 + 0,7 \cdot \frac{m_f}{\rho \cdot h} \cdot \left(\frac{A_{ref}}{h^2} \right)^{-1,25}$
<p>Burada;</p> <p>m_f Bayrağın birim alan kütlesi, ρ Hava yoğunluğu (Madde 7.1), z_e Bayrağın yerden yüksekliği, dir. Not - Serbest bayraklar için kullanılan eşitlik, bayrakların dalgalanmasından kaynaklanan dinamik kuvvetleri kapsar.</p>		

7.13 Etkili narinlik λ ve uç tesir katsayısı ψ_λ

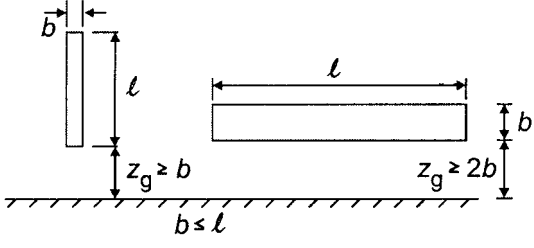
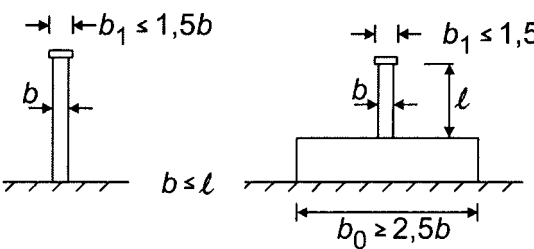
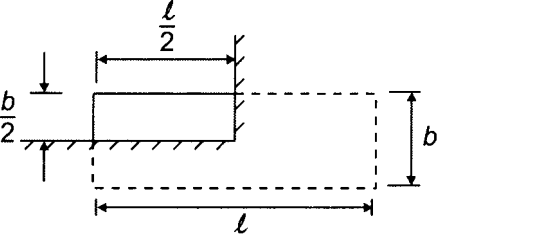
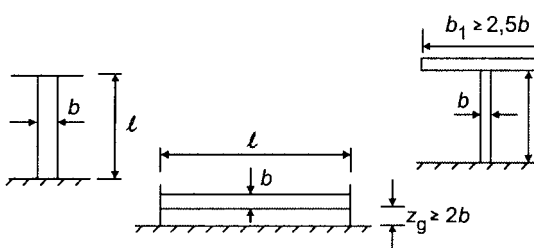
(1) Dikkate alınması halinde, uç tesir katsayısı ψ_λ , narinlik oranı λ 'nın bir fonksiyonu olarak belirlenmelidir.

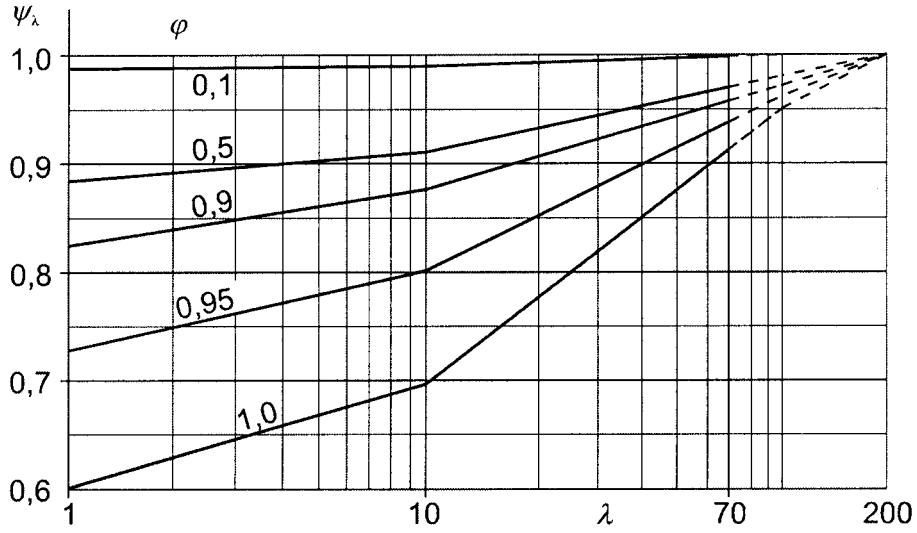
Not - Madde 7.6 ilâ 7.12'de verilen kuvvet katsayıları $c_{f,0}$, zemin seviyesinden yukarıda serbest uç akımı olmayan yapılarda yapılan ölçümlere dayanır. Uç tesiri katsayısıyla, yapının uçlarındaki (uç tesiri) rüzgâr akımlarının sebep olduğu azaltılmış yapı dayanımını dikkate alınır. Şekil 7.36 ve Çizelge 7.16'da verilenler düşük türbülanslı akım durumlarında yapılan ölçümlere dayanır. Türbülans tesirlerinin hesaba katıldığı değerler, Millî Ek'te verilebilir.

(2) Etkili narinlik katsayısı λ , yapının boyutlarına ve konumuna bağlı olarak tanımlanmalıdır.

Not - λ ve ψ_s değerleri Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen λ değerleri Çizelge 7.16'da ve farklı doluluk oranı φ için gösterge niteliğindeki ψ_s değerleri Şekil 7.36'da verilmiştir.

Çizelge 7.16 – Silindirler, çokgen kesitler, dikdörtgen kesitler, keskin kenarlı yapı elemanı kesitleri ve kafes yapılar için tavsiye edilen λ değerleri

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



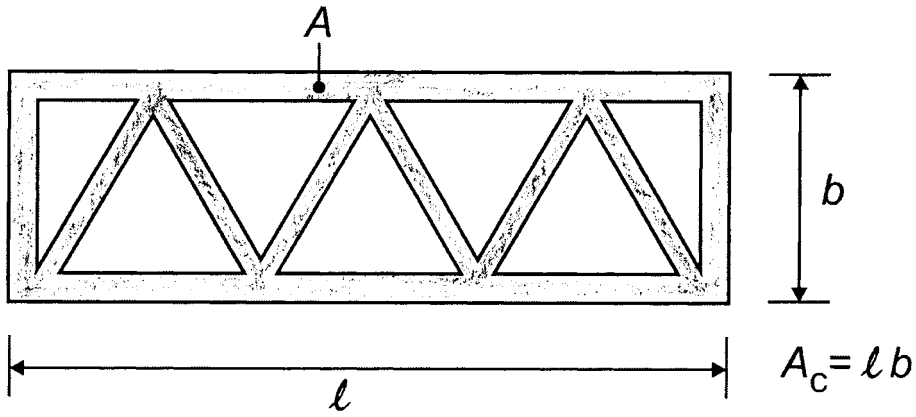
Şekil 7.36 - λ narinlik değerlerine karşılık gelen φ doluluk oranının bir fonksiyonu olarak uç tesir katsayısı ψ_λ 'nin gösterge niteliğindeki değerleri

(3) Doluluk oranı φ , (Şekil 7.37) Eşitlik (7.28)'de verilmiştir.

$$\varphi = \frac{A}{A_c} \quad (7.28)$$

Burada;

A Elemanların iz düşümü alanlarının toplamı,
 A_c Toplam yüzey alanı ($A_c = l \cdot b$)
 dir.



Şekil 7.37 - φ doluluk oranının tanımı

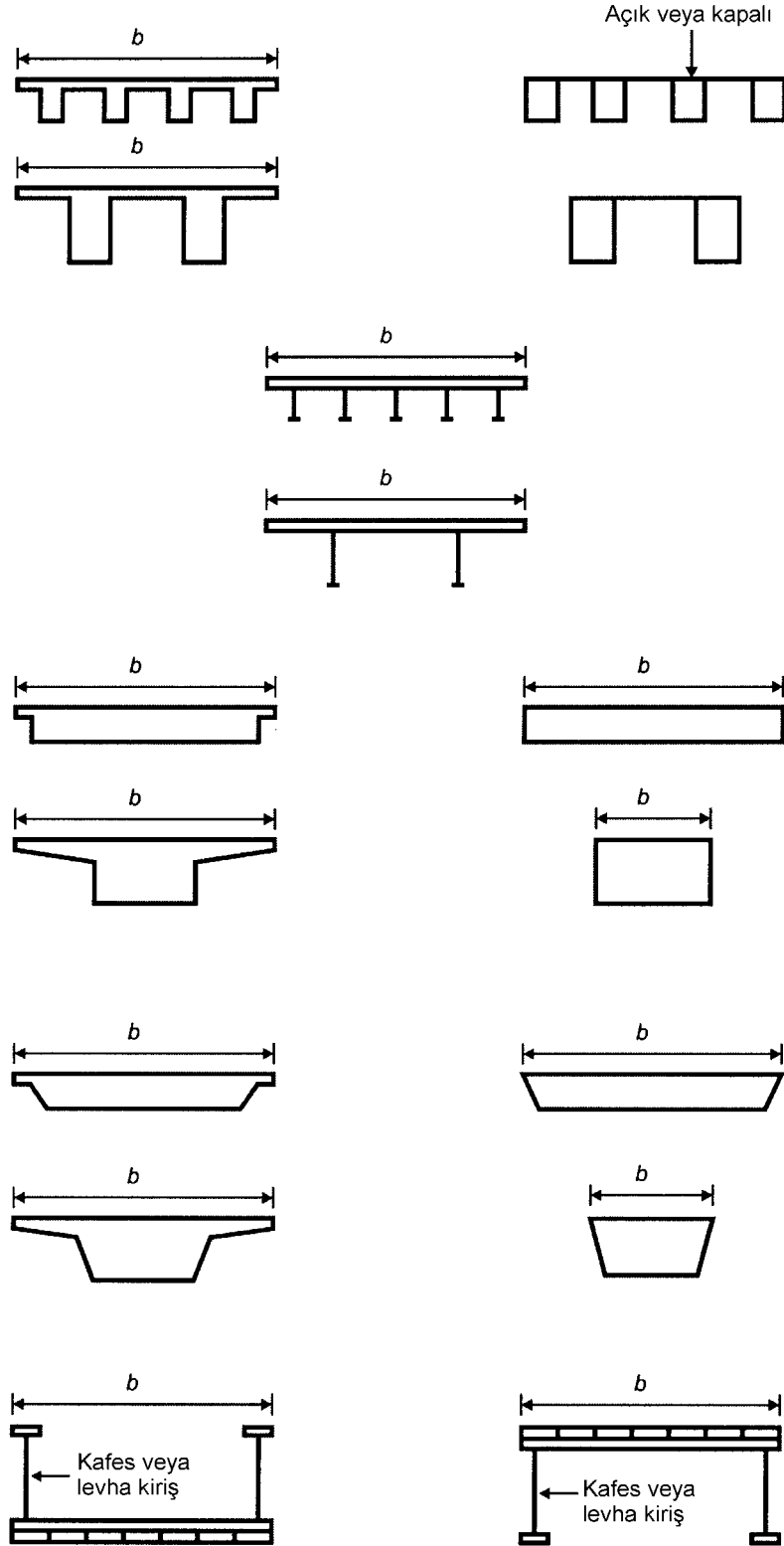
Kısım 8 - Köprüler üzerindeki rüzgâr etkileri

8.1 Genel

(1) Bu kısım sadece sabit derinlikli ve kesit alanı Şekil 8.1’de gösterildiği gibi olan, bir veya daha çok açıklıklı tek bir tabliyeden oluşan köprüler için geçerlidir.

Not 1 - Diğer köprü tipleri (kemer köprüler, kablolar ile payandalanmış veya sabitlenmiş asma köprüler, üstü çatıyla kaplı köprüler, hareketli köprüler, çok tabliyeli veya tabliyeleri dikkate değer ölçüde eğrilikli olan köprüler gibi) için rüzgâr etkileri Millî Ek’te verilebilir.

Not 2 - Düşey ve yatay düzlemlerde döşemeyle rüzgâr doğrultusunun yaptığı açısı, Millî Ek’te tanımlanabilir.



Şekil 8.1 - Normal yapımlı tabiyelerin kesit alanları

(2) Tabiyelere etkiyen rüzgâr kuvvetleri Madde 8.2 ve Madde 8.3'te incelenmiştir. Köprü ayaklarına etkiyen rüzgâr kuvvetleri Madde 8.4'te incelenmiştir. Köprü'nün farklı bölümleri üzerine bölüm ile aynı yönde esen rüzgâr nedeniyle etkiyen kuvvetler, en gayrı müsait durumu oluşturmaları halinde eşzamanlı etki olarak kabul edilmelidir.

(3) Köprü üzerindeki rüzgâr etkileri Şekil 8.2'de gösterildiği gibi x, y ve z yönlerinde kuvvetler oluşturur.

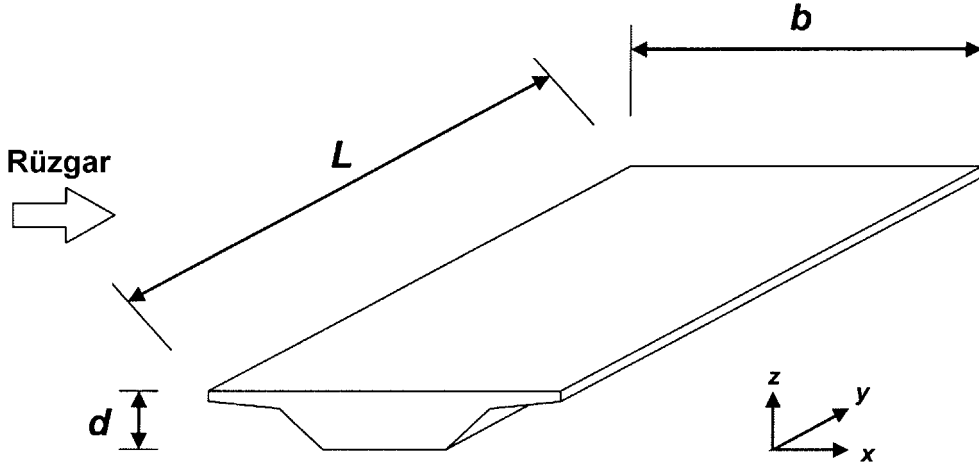
Burada;	
x yönü	Tabliye genişliğine paralel, açıklığa dik yön
y yönü	Açıklık boyunca olan yön
z yönü	Tabliyeye dik yön
dür.	

x ve y yönlerinde oluşan kuvvetler değişik yönlerde esen rüzgârdan kaynaklanır ve bunlar normalde eşzamanlı değildir. z yönünde oluşan kuvvetler değişik yönlerden esen rüzgârdan kaynaklanabilir, bunların en gayri müsait durumu oluşturması ve dikkate alınacak derecede olması halinde, diğer herhangi bir yönde oluşan kuvvetlerle eşzamanlı olarak dikkate alınmalıdır.

Not - Köprüler için kullanılan semboller, Madde 1.7'de tanımlananlardan farklıdır. Köprüler için kullanılan semboller şunlardır:

L	y yönündeki uzunluk
b	x yönündeki genişlik
d	z yönündeki derinlik

Şekil 8.2'de gösterilen L , b ve d boyutlarına ait çeşitli durumlarda verilecek değerler, standardın ilerleyen maddelerinde ilgili yerlerde daha ayrıntılı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 8.2 - Köprü üzerindeki rüzgâr etkilerinin yönü

(4) Köprü trafiğinin rüzgârla eşzamanlı olduğu kabul edildiğinde (EN 1990 Madde A2.2.1 ve Madde A2.2.2) rüzgâr etkisinin köprü ve araçlar üzerindeki bileşke değeri $\psi_0 F_{wk}$, temel esas hız $v_{b,0}$ yerine $v_{b,0}^*$ konularak belirlenen F_w^* ile sınırlandırılmalıdır.

Not - $v_{b,0}^*$ değeri Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen değer 23 m/s'dir.

(5) Demiryolu trafiğinin rüzgârla eşzamanlı olduğu kabul edildiğinde (EN 1990 Madde A2.2.1 ve Madde A2.2.4), rüzgâr etkisinin köprü ve trenler üzerindeki bileşkesi $\psi_0 F_{wk}$, temel esas hız $v_{b,0}$ yerine $v_{b,0}^{**}$ konularak belirlenen F_w^{**} ile sınırlandırılmalıdır.

Not - $v_{b,0}^{**}$ değeri Millî Ek'te verilebilir. $v_{b,0}^{**}$ için tavsiye edilen değer 25 m/s'dir.

8.2 Tepki hesaplama işleminin seçimi

(1) Köprülerde, dinamik tepkilerin hesaplanma işlemine gerek olup olmadığı değerlendirilmelidir.

Not 1 - Kriter ve işlemler Millî Ek'te verilebilir.

Not 2 - Dinamik tepki hesaplama işleminin kullanılması gerekiyorsa, $c_s c_d$ katsayısı 1,0 olarak alınabilir.

Not 3 - Açıklığı 40 m'den az olan otoyolu ve tren yolu köprülerinin tabliyeleri için genelde bir dinamik tepki işleminin kullanılması gerekmez. Bu sınıflandırmanın amacı bakımından kompozit yapılar da kapsayacak şekilde çelik, beton, alüminyum veya ahşaptan yapılmış köprüler ve kesit şekli genel olarak Şekil 8.1 kapsamına giren köprüler normal köprü olarak kabul edilebilir.

8.3 Kuvvet katsayıları

(1) Köprülerdeki parapetler ve yanal köprü kafesleri için kuvvet katsayıları gerekli olduğunda belirlenmelidir.

Not - Köprülerdeki parapetler ve yanal köprü kafesleri için kuvvet katsayıları Millî Ek'te verilebilir. Madde 7.4'te verilenlerin kullanılması tavsiye edilir.

8.3.1 x yönündeki kuvvet katsayıları (genel metot)

(1) Köprü tabliyesi üzerindeki rüzgâr etkileri için x yönündeki kuvvet katsayıları Eşitlik (8.1) ile verilir:

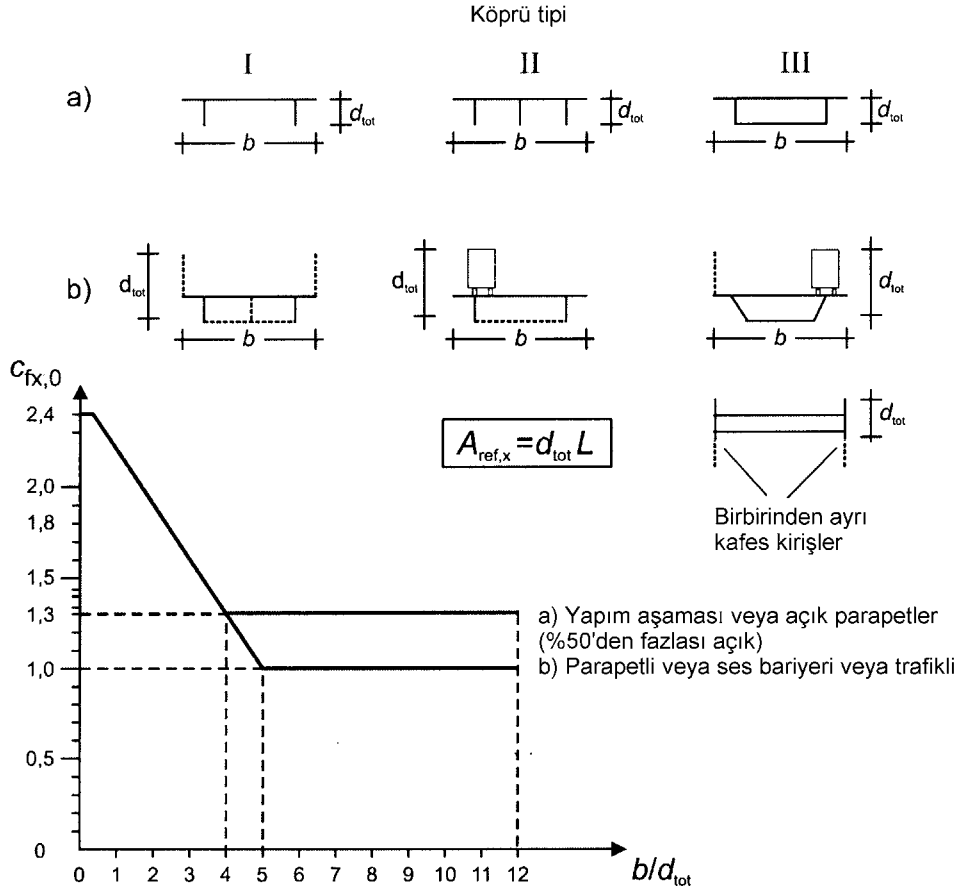
$$C_{f,x} = C_{f_x,0} \quad (8.1)$$

Burada;

$C_{f_x,0}$ Serbest uç akımı olmayan kuvvet katsayısı (Madde 7.13) dır.

Not 1 - Rüzgâr akımı sadece iki yüzey (köprü tabliyesinin üst ve alt yüzeyi) boyunca dağıldığından köprülerde genellikle serbest uç akımı oluşmaz.

Not 2 - Normal köprüler için $c_{f_x,0}$ değeri 1,3 olarak alınabilir. Alternatif olarak $c_{f_x,0}$ değeri Şekil 8.3'ten alınabilir.

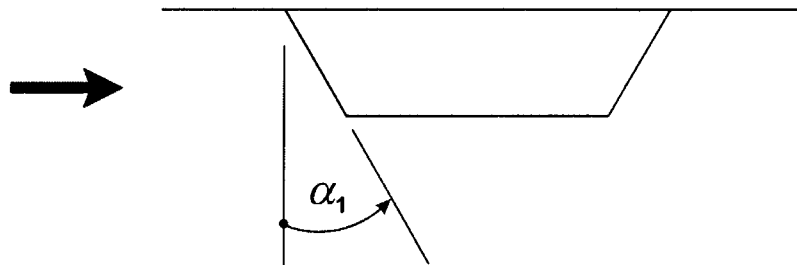


Şekil 8.3 - Köprüler için $c_{fx,0}$ kuvvet katsayısı

Not 3 - Rüzgârın eğim açısının 10° 'yi aştığı durumlarda sürüklenme katsayısı özel bilimsel çalışmalardan elde edilmelidir. Rüzgârın bu eğim açısı, rüzgârın yaklaştığı yöndeki arazinin eğimine bağlı olabilir.

Not 4 - Genel olarak benzer iki köprü tabliyesinin aynı seviyede ve birbirinden yatayda 1 m'yi aşmayacak bir boşlukla ayrıldığı durumlarda, rüzgârın yaklaştığı yöndeki yapı üzerindeki rüzgâr kuvveti, tek bir yapıya etkiyormuş gibi hesaplanabilir. Diğer durumlarda, rüzgâr-yapı etkileşimi özel olarak ele alınmalıdır.

(2) Rüzgârın yaklaştığı yöndeki yüzün düşey düzlemle bir açı yapması durumunda (Şekil 8.4) sürüklenme katsayısı $c_{fx,0}$, toplamda en fazla % 30'luk azaltma oranı ile sınırlı kalınarak, her bir derecelik eğim açısı (α_1 düşey düzlemle yapılan açı) için % 0,5 olacak şekilde azaltılmalıdır.



Şekil 8.4 - Rüzgârın yaklaştığı yöndeki yüzü eğimli olan köprü

Not - Millî Ek'te aksi belirtilmemişse, bu azaltma işlemi Madde 8.3.2'de tanımlanan F_w için geçerli değildir.

(3) Bir köprü tabliyesinin yanal eğimli olduğu durumlarda $c_{fx,0}$, % 25'i geçmeyecek şekilde her bir derecelik eğim için % 3 artırılmalıdır.

(4) Trafik yükünü içermeyen yük kombinasyonları için referans alan $A_{ref,x}$, aşağıdaki gibi tanımlanmalıdır:

a) Dikdörtgen (gövde) kirişli tabliyeler için aşağıdakilerin toplamı (Şekil 8.5 ve Çizelge 8.1):

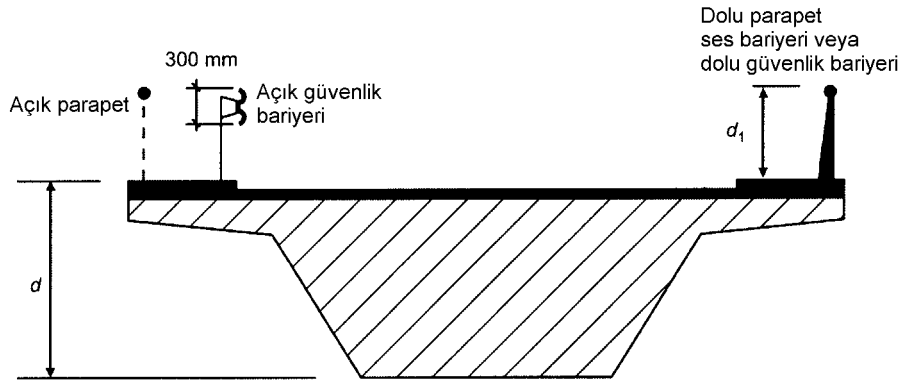
- 1) öndeki ana kirişin yüzey (yanal) alanı ,
- 2) diğer ana kirişler üzerindeki ilk ana kirişin izdüşümünün dışında kalan yüzey alanı,
- 3) korniş, kaldırım veya rayın öndeki ana kirişin yanal yüzeyi ile kesisen kısmının yüzey alanı,
- 4) a bendinin 3. maddesinde tanımlanan alan üzerindeki dolu korkulukların veya yan bariyerlerin yüzey alanı veya bu türden elemanlar yok ise açık parapet ve bariyer yüksekliği yerine 0,3 m alınarak hesaplanan alan.

b) Kafes kirişleri olan tabliyeler için aşağıdakilerin toplamına eşittir:

- 1) korniş, kaldırım veya rayın yüzey alanı
- 2) bütün ana kafes kirişin dolu kısımlarının yüzey alanı veya b bendinin 1. maddesinde tanımlanan alanın altında kalan alan
- 3) b bendinin 1. maddesinde tanımlanan alan üzerindeki dolu korkulukların veya yan bariyerlerin yüzey alanı veya bu türden elemanlar yok ise açık parapet ve bariyer yüksekliği yerine 0,3 m alınarak hesaplanan alan

Bununla birlikte, toplam referans alan, aynı derinliğe sahip eşdeğer dikdörtgen (gövde) kesitli bir ana kirişin dikkate alınmasıyla elde edilmiş alanı geçmemelidir.

c) Taşıyıcı yol tabliyesinin yerleştirilmesinden önce, inşaat sırasında bir çok ana kirişli olan tabliyeler için: iki ana kirişin yüzey alanı.



Şekil 8.5 - $A_{ref,x}$ için kullanılacak derinlik

Çizelge 8.1 – $A_{ref,x}$ için kullanılacak derinlik

Yol kenarı korkuluk sistemi	Bir kenarda	İki kenarda
Açık parapet veya açık güvenlik bariyeri	$d + 0,3$ m	$d + 0,6$ m
Dolu parapet veya dolu güvenlik bariyeri	$d + d_1$	$d + 2d_1$
Açık parapet ve açık güvenlik bariyerleri	$d + 0,6$ m	$d + 1,2$ m

(5) Trafik yükünü içeren yük kombinasyonları için referans alanlar $A_{ref,x}$ aşağıdaki değişikliklerle beraber Madde 4'te tanımlandığı gibidir. Yukarıda a bendi 3) ve 4) ile b bendi 3) 'te tanımlanan alanların yerine daha büyük oldukları durumlarda aşağıdaki alanlar dikkate alınmalıdır:

a) Otoyol köprüleri için, düşey trafik yük bölgelerinden bağımsız, en gayri müsait uzunlukta yol yüzeyinden 2 m'lik yüksekliğin meydana getirdiği alan,

b) Demir yolu köprüleri için köprünün toplam uzunluğu üzerinde raylardan 4 m'lik yüksekliğin meydana getirdiği alan.

(6) Referans alanların diğer parçalarını (örneğin parapetler) dikkate almadan, z_e referans yüksekliği en alçak zemin seviyesinden köprü tabliyesinin merkezine olan mesafe olarak alınabilir.

(7) Geçen araçların rüzgâr basıncı tesirleri bu bölümün kapsamı dışındadır. Geçen trenlerin sebep olduğu rüzgâr tesirleri için EN 1991-2'ye bakılmalıdır.

8.3.2 x yönündeki kuvvet - basitleştirilmiş metot

(1) Yapılan değerlendirme sonucunda bir dinamik tepki işleminin kullanılmasının gerekli olmadığı durumlarda x yönündeki rüzgâr kuvveti Eşitlik (8.2) kullanılarak hesaplanabilir:

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} \quad (8.2)$$

Burada;

v_b Esas rüzgâr hızı (Madde 4.2 (2)),

C Rüzgâr yük katsayısı ($C = c_e \cdot c_{f,x}$. Burada c_e Madde 4.5'te verilen maruz kalma katsayısıdır. $c_{f,x}$ Madde 8.3.1 (1)'de verilmiştir),

$A_{ref,x}$ Madde 8.3.1'de verilen referans alan,

ρ havanın yoğunluğu (Madde 4.5)

dur.

Not - C değerleri Millî Ek'te tanımlanabilir. Tavsiye edilen değerler Çizelge 8.2'de verilmiştir.

Çizelge 8.2 – Köprüler için kuvvet katsayısı C 'nin tavsiye edilen değerleri

b/d_{tot}	$z_e \leq 20$ m	$z_e = 50$ m
$\leq 0,5$	6,7	8,3
$\geq 4,0$	3,6	4,5

Bu çizelge aşağıdaki kabullere dayanır:

- Çizelge 4.1'e göre arazi kategorisi II

- Madde 8.3.1 (1) göre kuvvet katsayısı $c_{f,x}$

- $c_o = 1,0$

- $k_l = 1,0$

b/d_{tot} oranının ve z_e 'nin ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılabilir.

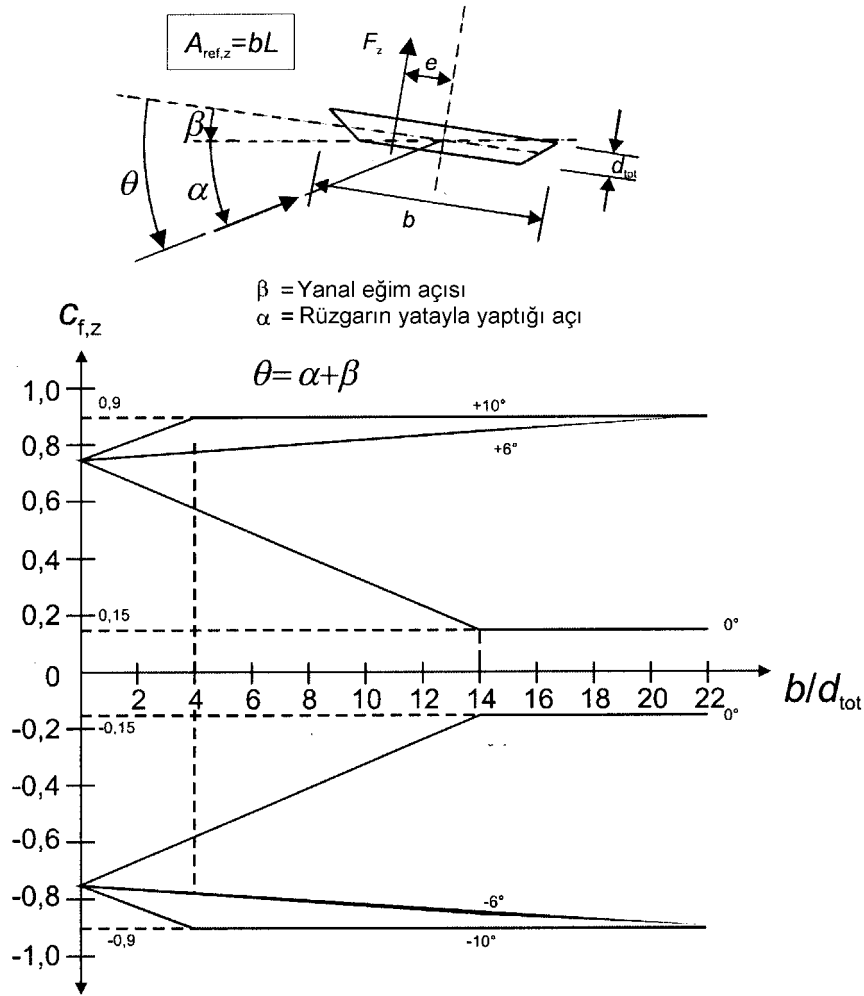
8.3.3 Köprü tabliyeleri üzerine z doğrultusunda etki eden rüzgâr kuvvetleri

(1) Kuvvet katsayısı $c_{f,z}$, köprü tabliyeleri üzerine, z doğrultusunda yukarı ve aşağı yönlü rüzgâr etkisi için tanımlanmalıdır (kaldırma kuvveti katsayıları). $c_{f,z}$ köprü tabliyesinin düşey doğrultudaki titreşimlerini hesaplamak için kullanılmamalıdır.

Not 1 - $c_{f,z}$ değerleri, Millî Ek'te verilebilir. Rüzgâr tüneli testlerinin yapılmadığı durumlarda tavsiye edilen değer $\pm 0,9$ olarak alınabilir. Bu değerle, köprü tabliyesine ait muhtemel yanal eğim etkisi, arazi eğim etkisi ve rüzgâr doğrultusunun tabliye ile yaptığı açının türbülans nedeniyle değişkenlik göstermesinin etkisi genel olarak hesaba katılmış olur.

Alternatif olarak $c_{f,z}$, Şekil 8.6 kullanılarak bulunabilir. Bu değer bulunurken, d_{tot} derinliği köprü üzerindeki trafik ve köprü ekipmanları dikkate alınmadan köprü tabliyesinin derinliği ile sınırlandırılabilir. Düz yatay arazi için, türbülans etkiyle rüzgârın yatay düzlemle yaptığı açı α , $\pm 5^\circ$ olarak alınabilir. Bu değer aynı zamanda, köprü tabliyesinin zeminden yüksekliğinin en az 30 m olduğu durumda engebeli arazi için de geçerlidir.

Not 2 - Köprü tabliyelerine etkileyen z yönündeki rüzgâr kuvveti, zatî yük ile aynı mertebede ise, önemli tesirlere neden olabilir.



Şekil 8.6 - Yanal eğimli olan ve rüzgâr doğrultusuyla tabliyenin yatay eksenini arasında bir açı bulunan köprüler için kuvvet katsayısı $c_{f,z}$

(2) Referans alan $A_{ref,z}$, plan alanına eşit olduğu durumda (Şekil 8.2):

$$A_{ref,z} = b \cdot L \quad (8.3)$$

dir.

(3) Uç tesir katsayısı dikkate alınmamalıdır.

(4) $c_{f,x}$ için kullanılacak yükseklik, Madde 8.3.1 (6)'da ifade edilen referans yükseklik ile aynıdır.

(5) Aksi belirtilmedikçe x yönündeki kuvvetin dış merkezliği $e=b/d$ olarak alınabilir.

8.3.4 Köprü tabliyeleri üzerine y doğrultunda etki eden rüzgâr kuvvetleri

(1) Gerekliyse, y yönündeki boyuna rüzgâr kuvvetleri dikkate alınmalıdır.

Not - Millî Ek'te bu değerler verilebilir. Tavsiye edilen değerler:

Plak kirişli köprüler için, x yönündeki rüzgâr kuvvetlerinin % 25'i,
Kafes kirişli köprüler için, x yönündeki rüzgâr kuvvetlerinin % 50'si
dir.

8.4 Köprü ayakları

8.4.1 Rüzgâr yönleri ve tasarım durumları

(1) Dikkate alınan tesir için, köprü tabliyeleri ve bu tabliyelerin üzerine oturduğu ayaklardaki rüzgâr etkileri bütün yapı üzerine etkiyen rüzgârın en gayrı müsait yönü belirlenerek hesaplanmalıdır.

(2) Tabliye üzerindeki rüzgâr etkilerinin yatay yönde iletiminin veya yeniden dağılımının mümkün olmadığı yapım aşamaları esnasındaki geçiş tasarım durumları için rüzgâr etkileri ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Yapım aşamaları esnasında, bir köprü ayağının konsol tabliye bölümlerini veya iş iskelesini taşıma ihtimali varsa, bu yapı elemanı üzerindeki rüzgâr etkilerinin muhtemel asimetrisi dikkate alınmalıdır.

Not - Uygulama geçiş durumları, genellikle köprü ayakları ve özel uygulama metotlarına tâbi bazı tabliye tipleri için kalıcı uygulama durumlarından daha kritiktir. Geçiş tasarım durumları esnasında kullanılacak karakteristik değerler için EN 1991-1-6'ya, iş iskeleleri için ise Madde 7.11'e bakılmalıdır.

8.4.2 Köprü ayakları üzerindeki rüzgâr tesirleri

(1) Köprü ayakları üzerindeki rüzgâr tesirleri, bu standard içerisinde verilen genel format kullanılarak hesaplanmalıdır. Bileşke yükler için Madde 7.6, Madde 7.8 veya Madde 7.9.2'de belirtilen hükümler kullanılmalıdır.

Not - Millî Ek'te basitleştirilmiş kurallar verilebilir.

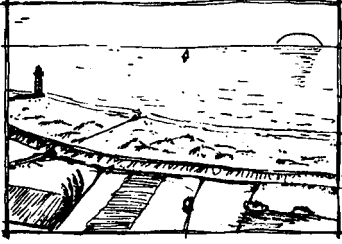
Ek A (Bilgi için)

Arazi tesirleri

A.1 Her arazi kategorisi için arazi yüzey engebелiliğinin gösterimi

Arazi kategorisi 0

Açık deniz etkisine maruz deniz veya kıyı alanı



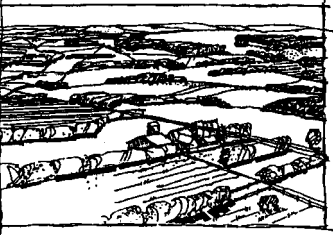
Arazi kategorisi I

Göller veya ihmal edilebilecek seviyede bitki örtüsü olan ve engebeli olmayan düz veya yatay alan



Arazi kategorisi II

Çayır gibi az seviyede bitki örtüsü olan ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere (ağaçlar, binalar) sahip alan



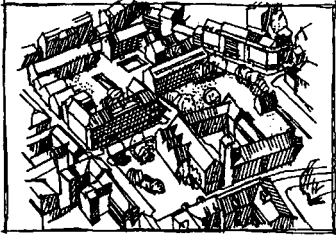
Arazi kategorisi III

Düzensiz yayılı şekilde bir bitki örtüsüne veya binalara veya aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere sahip alan (kasabalar, yörekent, ormanlık alan gibi)



Arazi kategorisi IV

Yüzeyinin en az % 15'i, yükseklik ortalaması 15 m'yi aşan binalarla kaplı alan

**A.2 Arazi engebellenliği kategorileri 0, I, II, III ve IV arasındaki geçişler**

Farklı arazi engebellenliği kategorileri arasındaki geçişler q_p ve $c_s c_d$ değerleri hesaplanırken dikkate alınmalıdır.

Not - Kullanılacak işlem Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen işlemler (İşlem 1 ve İşlem 2) aşağıda verilmiştir.

İşlem 1

Yapı, arazi engebellenliği değişiminin olduğu bir alana yerleştirilmiş ve;

- Engelibeli olmayan bir arazi kategorisi olan Kategori 0 'dan en fazla 2 km uzaklıkta ise,
- Kategori I, Kategori II ve Kategori III'e uzaklığı en fazla 1 km uzaklıkta ise

rüzgârın yaklaştığı yöndeki engebellenliği daha az olan arazi kategorisi kullanılmalıdır.

Engelibellikte değişmelerin bulunduğu küçük alanlar (söz konusu alanın % 10'undan daha az olan) ihmal edilebilir.

İşlem 2

- a) Dairesel dilim dikkate alındığında rüzgârın yaklaştığı yöndeki arazi kategorisi için engebellenlik belirlenir
- b) Her daireysel dilim için, rüzgârın yaklaştığı yöndeki engebellenlik değişikliğinin olduğu yerin yapıya olan x mesafesi belirlenir
- c) Az engebellenlik uzunluğuna sahip arazi ile yapı arasındaki mesafe x'in Çizelge A.1'de verilen değerlerden daha küçük olması durumunda, dikkate alınan daireysel dilim için engebellenlik uzunluğunun küçük olan değeri kullanılmalıdır. Bu mesafe x'in Çizelge A.1'de verilen değerden büyük olması durumunda engebellenlik uzunluğunun büyük değeri kullanılmalıdır.

Engelibellikte değişmelerin bulunduğu küçük alanlar (söz konusu alanın % 10'undan daha az olan) ihmal edilebilir.

Çizelge A.1 de verilmeyen x mesafeleri ve 50 m'den fazla yükseklikler için küçük engebellenlik uzunlukları kullanılmalıdır.

Yükseklik z'nin ara değerleri için lineer interpolasyon yapılabilir.

Belirli bir arazi kategorisi içerisindeki bir bina, Çizelge A.1 de tanımlanan mesafe sınır değerleri dahilinde kalan bir konumda bulunuyorsa küçük olan arazi kategorisi içerisinde kabul edilmeli ve hesaplamalar buna göre yapılmalıdır.

Çizelge A.1 - x uzunlukları

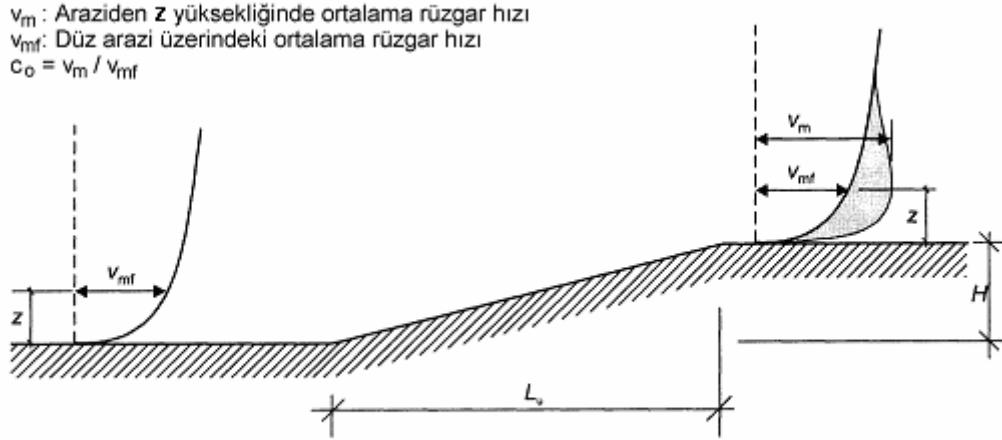
Yükseklik z	Kategori I'den Kategori II'ye	Kategori I'den Kategori III'e
5 m	0,50 km	5,00 km
7 m	1,00 km	10,00 km
10 m	2,00 km	20,00 km
15 m	5,00 km	
20 m	12,00 km	
30 m	20,00 km	
50 m	50,00 km	

Yükseklik z	Kategori II'den Kategori III'e	Kategori II'den Kategori IV'e
5 m	0,30 km	2,00 km
7 m	0,50 km	3,50 km
10 m	1,00 km	7,00 km
15 m	3,00 km	20,00 km
20 m	7,00 km	
30 m	10,00 km	
50 m	30,00 km	

Yükseklik z	Kategori III ile Kategori IV
5 m	0,20 km
7 m	0,35 km
10 m	0,70km
15 m	2,00 km
20 m	4,50km
30 m	7,00 km
50 m	20,00 km

A.3 Orografi katsayılarının sayısal hesabı

(1) Birbirinden bağımsız tepeler ve sırtlar veya yamaç ve yarlarda farklı rüzgâr hızları rüzgâr doğrultusunda rüzgârın yaklaştığı yöndeki eğime ($\Phi=H/L_u$) bağlıdır. Yükseklik H ve uzunluk L_u Şekil A.1'de gösterilmiştir.



Şekil A.1 – Orografik yapı üzerindeki rüzgâr hızının yükselişinin gösterimi

(2) Rüzgâr hızlarındaki en büyük, artış eğimin tepe noktasında olur ve orografi katsayısı c_o 'dan elde edilir (Şekil A.1). Eğimin, Madde 4.4 (1)'de tanımlanan türbülansın standard sapması üzerinde önemli bir etkisi yoktur.

Not - Türbülans şiddeti standard sapma değerine eşit olup n rüzgâr hızını artmasıyla azalır.

(3) Orografi katsayısı $c_o(z) = v_m/v_{mf}$ ile birbirinden ayrılmış tepe ve sırtlar (sıradağlar gibi birbirinden ayrılmamış dağların bulunduğu bölgeler hariç) üzerindeki ortalama rüzgâr hızındaki artışı dikkate alınır. $c_o(z)$, tepe ve sırtın alt noktasındaki rüzgâr hızıyla ilişkilidir. Orografi etkileri aşağıdaki durumlarda dikkate alınmalıdır.

a) Tepe ve sırtlarda rüzgârın yaklaştığı yöndeki eğimli kısımda bulunan aşağıdaki özelliklere sahip mahaller için:

$$0,05 < \Phi \leq 0,3 \text{ ve } |x| \leq L_u/2$$

b) Tepe ve sırtlarda rüzgârın uzaklaştığı yöndeki eğimli kısımda bulunan aşağıdaki özelliklere sahip mahaller için:

$$\Phi < 0,3 \text{ ve } x < L_d/2$$

$$\Phi \geq 0,3 \text{ ve } x < 1,6H$$

c) Yamaç ve yarlarda rüzgârın yaklaştığı yöndeki eğimli kısımda bulunan aşağıdaki özelliklere sahip mahaller için:

$$0,05 < \Phi \leq 0,3 \text{ ve } |x| \leq L_u/2$$

d) Yamaç ve yarlarda rüzgârın uzaklaştığı yöndeki eğimli kısımda bulunan aşağıdaki özelliklere sahip mahaller için:

$$\Phi < 0,3 \text{ ve } x < 1,5L_e$$

$$\Phi \geq 0,3 \text{ ve } x < 5H$$

c_o aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\Phi < 0,05 \quad \text{için} \quad c_o = 1 \quad (\text{A.1})$$

$$0,05 < \Phi \leq 0,3 \quad \text{için} \quad c_o = 1 + 2.s. \Phi \quad (\text{A.2})$$

$$\Phi > 0,3 \quad \text{için} \quad c_o = 1 + 0,6.s \quad (\text{A.3})$$

Burada;

s Rüzgârın yaklaştığı yöndeki etkili eğim uzunluğu L_e için ölçeklendirilmiş Şekil A.2 ve Şekil A.3 den elde edilen orografik bölge katsayısı,

Φ Rüzgâr doğrultusunda rüzgârın yaklaştığı yöndeki eğim, H/L_u (Şekil A.2 ve Şekil A.3),

L_e Çizelge A.2'de belirtilen rüzgârın yaklaştığı yöndeki etkili uzunluk,

L_u Rüzgâr doğrultusunda rüzgârın yaklaştığı yöndeki gerçek uzunluk,

L_d Rüzgâr doğrultusunda rüzgârın uzaklaştığı yöndeki gerçek uzunluk,

H Eğimin etkili yüksekliği,

x Doruk noktasından yapı mahalline kadar olan yatay mesafe,

z Yapı mahalinin zemininden düşey olarak ölçülen mesafesi

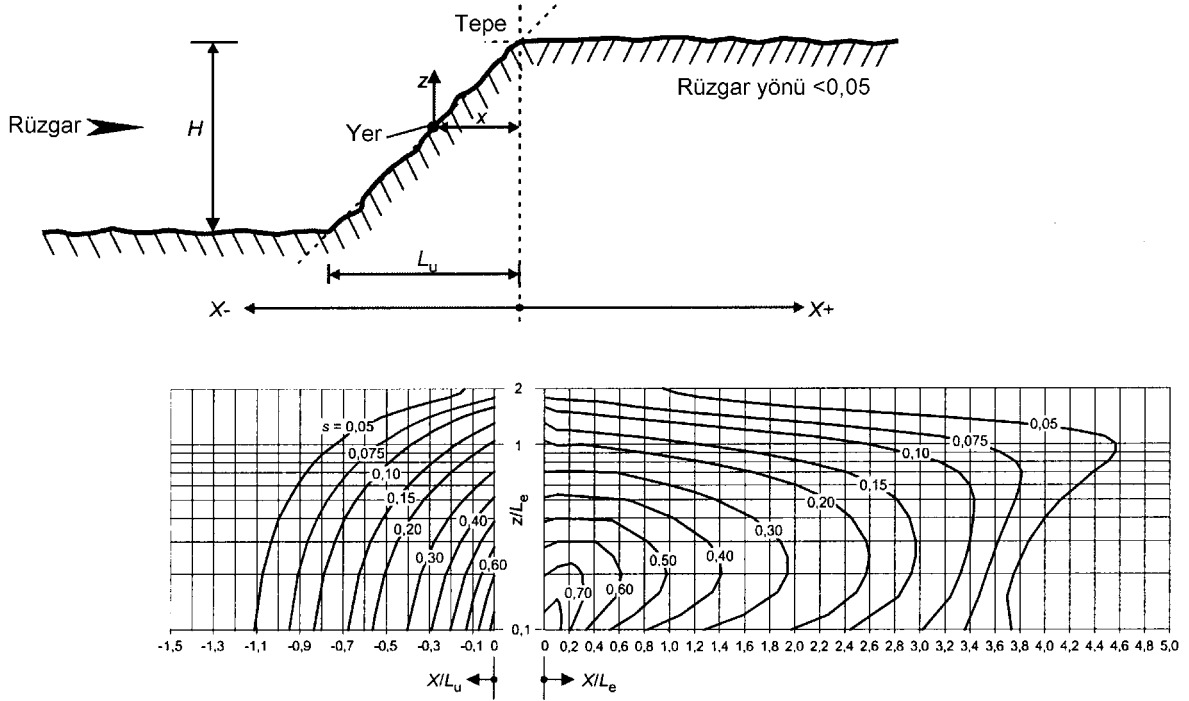
dir.

Çizelge A.2 – Etkili uzunluk L_e değerleri

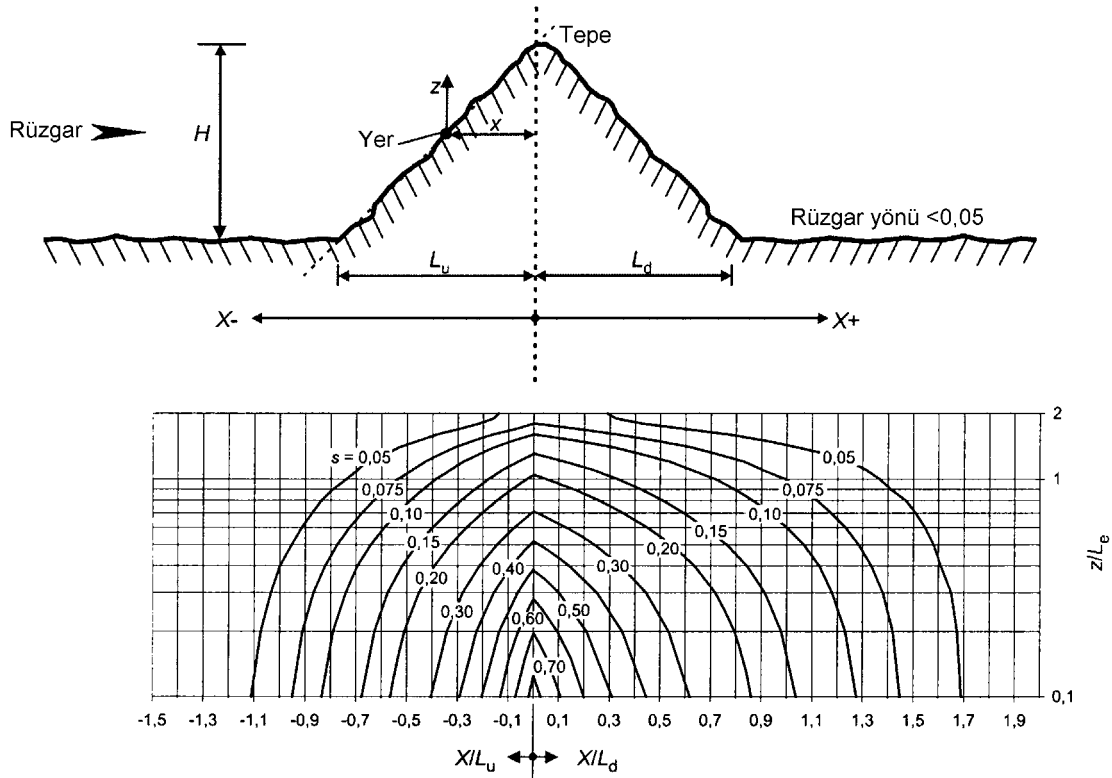
Eğimin tipi ($\Phi = H/L_u$)	
Düşük eğim ($0,05 < \Phi < 0,3$)	Yüksek eğim ($\Phi > 0,3$)
$L_e = L_u$	$L_e = H/3$

Not - Yukarıda tanımlanan şekliyle, Şekil A.2 ve Şekil A.3'te bulunan hesaplanmış grafiklerin yeterli olmadığı durumlarda bu sınırların ötesindeki orografi etkisinin hesaba dahil edilmesi isteğe bağlıdır.

(4) Vadilerde, hortum tesiri yüzünden herhangi bir hız artışı beklenmiyorsa $c_o(z)$ değeri 1 olarak alınabilir. Vadi içerisine inşa edilen yapılar ve dik yamaçlı vadilerde inşa edilmiş köprü açıklıkları için hortum nedeniyle meydana gelecek rüzgâr hızı artışı dikkate alınmalıdır.



Şekil A.2 - Yamaç ve yarılar için s katsayısı



Şekil A.3 - Tepe ve sırtlar için s katsayısı

(5) Madde A.11 ve Madde A.4 ilâ Madde A.7'deki bağıntılar, orografik bölge katsayısı s değerinin hesaplanması için kullanılabilir. Bu bağıntılar ampirik olduğundan kullanılan parametrelerin değerlerinin belirtilen sınırlar içerisinde işleme tabi tutulması çok önemlidir. Aksi takdirde geçersiz değerler ortaya çıkacaktır.

a) Bütün orografi için rüzgârın yaklaştığı yöndeki kısım ile ilgili s katsayılarının hesaplanması (Şekil A.2 ve Şekil A.3)

$-1,5 \leq \frac{X}{L_u} \leq 0$ ve $0 \leq \frac{Z}{L_e} \leq 2,0$ sınırları için s aşağıdaki eşitlikten elde edilir:

$$s = A \cdot e^{\left[\frac{B \cdot X}{L_u} \right]} \quad (\text{A.4})$$

Burada;

$$A = 0,1552 \cdot \left[\frac{Z}{L_e} \right]^4 - 0,8575 \cdot \left[\frac{Z}{L_e} \right]^3 + 1,8133 \cdot \left[\frac{Z}{L_e} \right]^2 - 1,9115 \cdot \left[\frac{Z}{L_e} \right] + 1,0124 \quad (\text{A.5})$$

$$B = 0,3542 \cdot \left[\frac{Z}{L_e} \right]^2 - 1,0577 \cdot \left[\frac{Z}{L_e} \right] + 2,6456 \quad (\text{A.6})$$

$\frac{X}{L_u} < -1,5$ ve $\frac{Z}{L_e} > 2$ sınırları için s değeri 0,0 alınır.

b) Yamaç ve yarlar için rüzgâr yönündeki kısım ile ilgili s katsayılarının hesaplanması (Şekil A.2)

$0,1 \leq \frac{X}{L_e} \leq 3,5$ ve $0,1 \leq \frac{Z}{L_e} \leq 2,0$ sınırları için s aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

$$s = A \cdot \left[\log \left(\frac{X}{L_e} \right) \right]^2 + B \cdot \left[\log \left(\frac{X}{L_e} \right) \right] + C \quad (\text{A7})$$

Burada;

$$A = -1,3420 \cdot \left(\log \left[\frac{Z}{L_e} \right] \right)^3 - 0,8222 \cdot \left(\log \left[\frac{Z}{L_e} \right] \right)^2 + 0,4609 \cdot \left(\log \left[\frac{Z}{L_e} \right] \right) - 0,0791 \quad (\text{A.8})$$

$$B = -1,0196 \cdot \left(\log \left[\frac{Z}{L_e} \right] \right)^3 - 0,8910 \cdot \left(\log \left[\frac{Z}{L_e} \right] \right)^2 + 0,5343 \cdot \left(\log \left[\frac{Z}{L_e} \right] \right) - 0,1156 \quad (\text{A.9})$$

$$C = 0,8030 \cdot \left(\log \left[\frac{Z}{L_e} \right] \right)^3 + 0,4236 \cdot \left(\log \left[\frac{Z}{L_e} \right] \right)^2 - 0,5738 \cdot \left(\log \left[\frac{Z}{L_e} \right] \right) - 0,1606 \quad (\text{A.10})$$

$0 \leq \frac{X}{L_e} \leq 0,1$ sınırları için

$\frac{X}{L_e} = 0$ (Eşitlik A.5'te $s=A$ 'dır) ile $\frac{X}{L_e} = 0,1$ arasında interpolasyon yapılır.

$\frac{Z}{L_e} < 0,1$ ise $\frac{Z}{L_e} = 0,1$ için kullanılan değerler dikkate alınmalıdır.

$\frac{Z}{L_e} > 3,5$ veya $\frac{Z}{L_e} > 2,0$ ise s değeri 0,0 alınmalıdır.

c) Tepe ve sırtlar için rüzgâr yönündeki kısım ile ilgili s katsayılarının hesaplanması (Şekil A.3)

$0 \leq \frac{X}{L_d} \leq 2,0$ ve $0 \leq \frac{Z}{L_e} \leq 2,0$ sınırları için s aşağıdaki eşitlikten elde edilir:

$$s = A \cdot e^{\left[\frac{B \cdot X}{L_d} \right]} \quad (\text{A.11})$$

Burada;

$$A = 0,1552 \cdot \left[\frac{Z}{L_e} \right]^4 - 0,8575 \cdot \left[\frac{Z}{L_e} \right]^3 + 1,8133 \cdot \left[\frac{Z}{L_e} \right]^2 - 1,9115 \cdot \left[\frac{Z}{L_e} \right] + 1,0124 \quad (\text{A.12})$$

$$B = -0,3056 \cdot \left[\frac{Z}{L_e} \right]^2 + 1,0212 \cdot \left[\frac{Z}{L_e} \right] - 1,7637 \quad (\text{A.13})$$

$\frac{X}{L_d} > 2,0$ ve $\frac{Z}{L_e} > 2$ sınırları için s değeri 0,0 alınır.

Not – Madde A.5 ve Madde A.12 eşitlikleri birbirlerinin aynısıdır.

A.4 Komşu yapılar

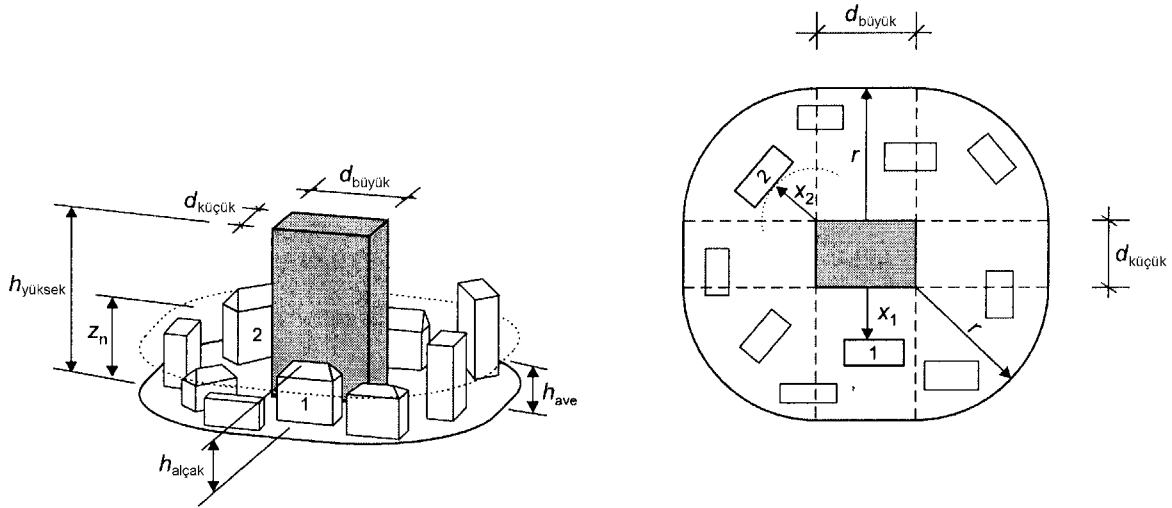
(1) Bir yapı, komşu yapıların ortalama yüksekliklerinin (h_{ave}) 2 katından daha fazla yüksekliğe sahip ise, birinci yaklaşım olarak, herhangi bir komşu yapının tasarımında zemin üzerinden (Eşitlik A.14) z_n ($z_e = z_n$) yükseklikteki tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı esas alınabilir (Şekil A.4).

$$\begin{aligned} x \leq r \quad \text{ise} \quad & z_n = \frac{1}{2} \cdot r \\ r < x < 2 \cdot r \quad \text{ise} \quad & z_n = \frac{1}{2} \left[r - \left(1 - \frac{2 \cdot h_{low}}{r} \right) \cdot (x - r) \right] \\ x \geq 2 \cdot r \quad \text{ise} \quad & z_n = h_{low} \end{aligned} \quad (\text{A.14})$$

Yukarıdaki r değerleri aşağıdaki şekilde alınır:

$$\begin{aligned} h_{high} \leq 2 \cdot d_{large} \quad \text{ise} \quad & r = h_{high} \\ h_{high} > 2 \cdot d_{large} \quad \text{ise} \quad & r = 2 \cdot d_{large} \end{aligned}$$

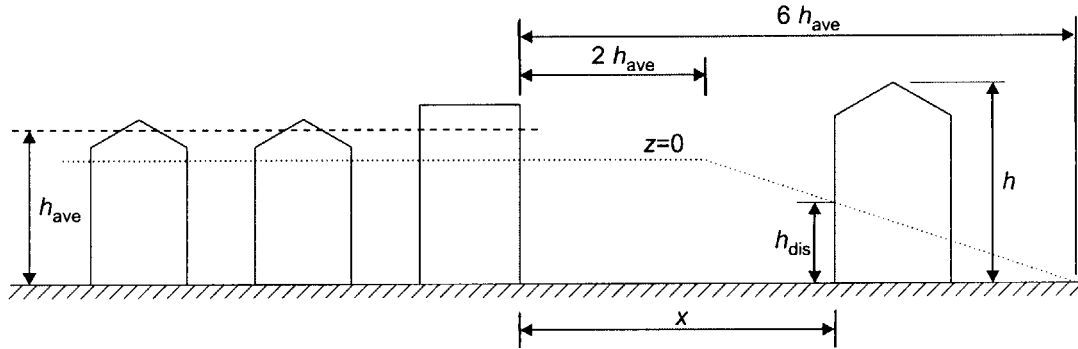
Yapı yüksekliği h_{low} , yarıçap r , mesafe x ve d_{small} ve d_{large} boyutları Şekil A.4'te gösterilmiştir. h_{low} , yüksek bina yüksekliği h_{high} değerinin yarısından daha fazlaysa arttırılmış rüzgâr hızları dikkate alınmayabilir (yani $z_n = h_{low}$).



Şekil A.4 - İki farklı komşu yapıya (1 ve 2 nolu yapılar) daha yüksek bir yapının etkisi

A.5 Yer değiştirme yüksekliği

(1) Arazi kategorisi IV içerisinde bulunan yapılar için, birbirine yakın olarak yerleştirilmiş binalar ve diğer engeller sanki zemin seviyesinin yer değiştirme yüksekliği h_{dis} seviyesine yükseltilmesiyle oluşana benzer rüzgâr davranışına neden olurlar. h_{dis} Eşitlik A.5 kullanılarak belirlenebilir (Şekil A.5). Herhangi bir yükseklik üzerindeki tepe hız basınç profili, (Şekil 4.2) h_{dis} yüksekliği kullanılarak yükseltilebilir.



Şekil A.5 – Engel yüksekliği ve rüzgârın yaklaştığı yöndeki açıklık

- | | | |
|-----------------------------|-----|---|
| $x \leq 2.h_{ave}$ | ise | h_{dis} değeri olarak, $0,8.h_{ave}$ veya $0,6.h$ bağıntıları kullanılarak elde edilen değerlerden küçüğü alınır, |
| $2.h_{ave} < x < 6.h_{ave}$ | ise | h_{dis} değeri olarak, $1,2.h_{ave} - 0,2.x$ veya $0,6.h$ bağıntıları kullanılarak elde edilen değerlerden küçüğü alınır, |
| $x \geq 6.h_{ave}$ | ise | $h_{dis}=0,0$ dır. |

Engel yüksekliği hakkında daha doğru bir bilginin olmadığı durumda, arazi kategorisi IV için, ortalama engel yüksekliği $h_{ave}=15$ m olarak alınabilir.

Ek B (Bilgi için)

Yapısal katsayı $c_s c_d$ 'nin belirlenmesi için İşlem 1

B.1 Rüzgâr türbülansı

(1) Türbülans uzunluk ölçeği $L(z)$ doğal rüzgârlar için ortalama hamle büyüklüğünü temsil eder. 200 m'nin altındaki yükseklik, z için türbülans uzunluk ölçeği Eşitlik (B.1) kullanılarak hesaplanabilir.

$$z \geq z_{en \text{ küçük}} \quad \text{için} \quad L(z) = L_t \cdot \left[\frac{z}{z_t} \right]^\alpha \quad (\text{B.1})$$

$$z < z_{en \text{ küçük}} \quad \text{için} \quad L(z) = L(z_{en \text{ küçük}}), \text{ eşitlikleri kullanılır.}$$

Bu eşitliklerde referans yüksekliği $z_t=200$ m, referans uzunluk ölçüsü $L_t=300$ m ve $\alpha=0,67+0,05 \cdot \ln(z_0)$ 'dir (Burada z_0 engebelilik uzunluğu olup birimi m'dir). En küçük yükseklik $z_{en \text{ küçük}}$ değeri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

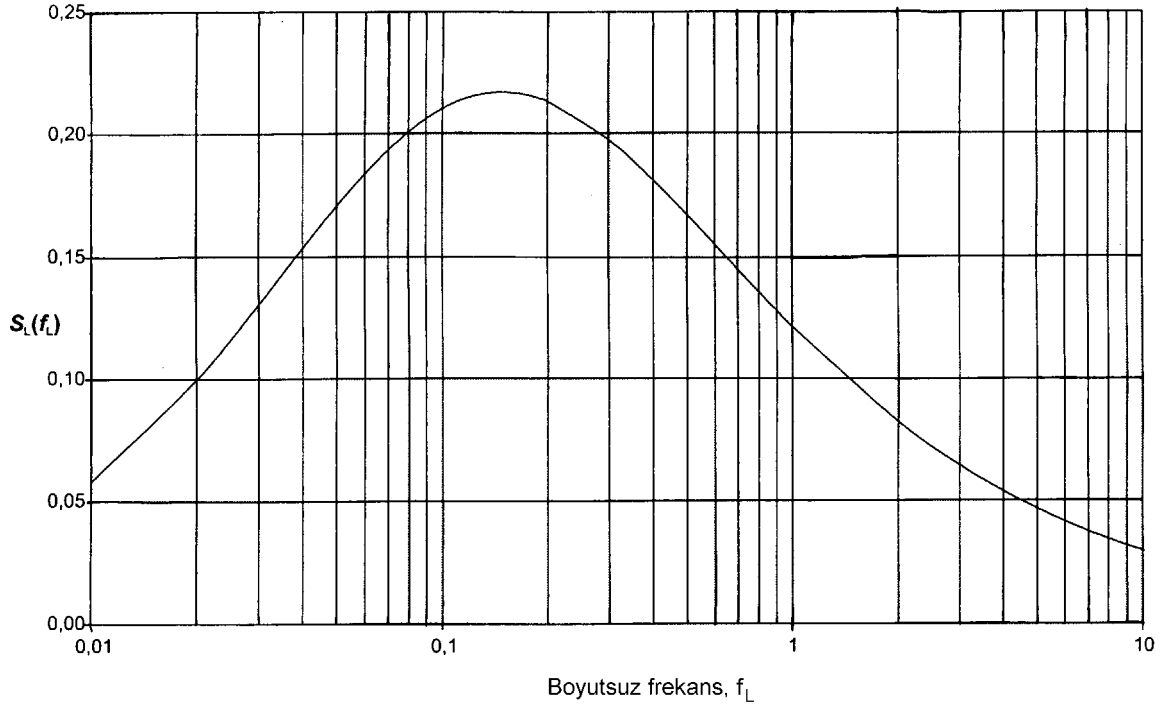
(2) Rüzgâr frekansları üzerindeki rüzgâr dağılımı Eşitlik (B.2) kullanılarak belirlenmiş boyutsuz güç spektral yoğunluk fonksiyonu $S_L(z,n)$ dikkate alınarak ifade edilir.

$$S_L(z,n) = \frac{n \cdot S_v(z,n)}{\sigma_v^2} = \frac{6,8 \cdot f_L(z,n)}{(1 + 10,2 \cdot f_L(z,n))^{5/3}} \quad (\text{B.2})$$

Burada;
 $S_v(z,n)$ Tek taraflı değişkenlik spektrumu

$f_L(z,n)$ Yapının Hz birimli doğal frekansı; ortalama hız $V_m(z)$ ile Madde B.1'de tanımlanan türbülans uzunluk ölçüsü $L(z)$ ve frekans $n=n_{1,x}$ tarafından belirlenen boyutsuz bir frekanstır.
 $(f_L(z,n) = \frac{n \cdot L(z)}{V_m(z)})$

Spektral güç yoğunluk fonksiyonu Şekil B.1'de gösterilmiştir.



Şekil B.1 - Spektral güç yoğunluk fonksiyonu $S_L(f_L)$

B.2 Yapısal katsayı

(1) Yapısal katsayı $c_s c_d$ Madde 6.3.1'de tanımlanmıştır.

(2) Yapı yüzeyi üzerindeki basıncın tam korelasyon eksikliğini dikkate almak için kullanılan geri plan tepki katsayısı B^2 , Eşitlik (B.3) kullanılarak hesaplanabilir.

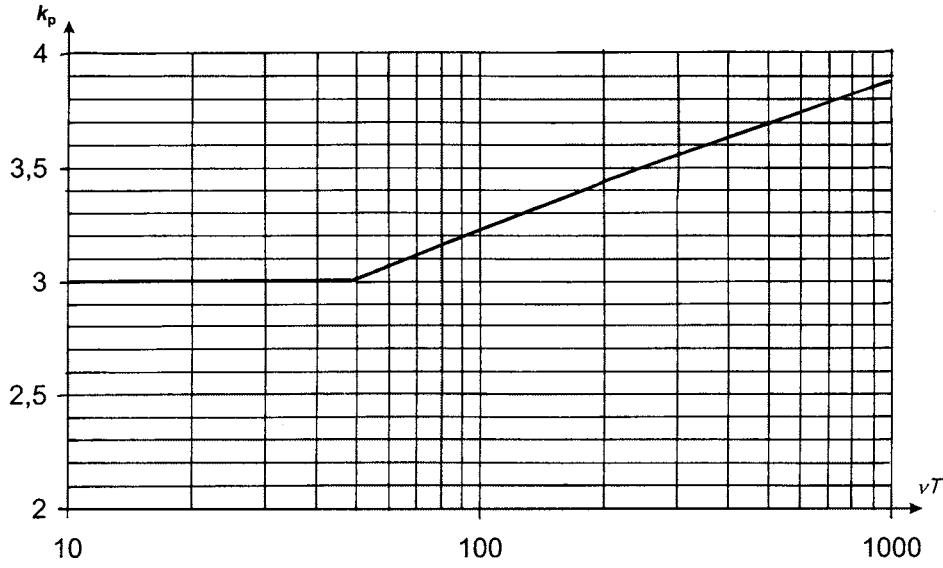
$$B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \left(\frac{b+h}{L(z_s)} \right)^{0,63}} \quad (\text{B.3})$$

Burada;

b, h Yapının genişlik ve yüksekliği (Şekil 6.1),

$L(z_s)$ Madde B.1(1) de verilen ve Şekil 6.1'de tanımlanan referans yükseklikteki türbülans uzunluk ölçeğidir. B^2 değeri 1 olarak alındığında $L(z_s)$ emniyetli tarafta kalmaktadır.

(3) Tepkinin dalgalı bölümünün en büyük değerinin onun standard sapmasına oranı olarak tanımlanan ve Şekil B.2'de gösterilen tepe katsayısı, k_p Eşitlik (B.4) kullanılarak elde edilmelidir ve bu eşitlikle bulunan k_p değeri 3'ten büyük olması hâlinde bu değer, 3'ten küçük olması hâlinde 3 alınır..



Şekil B.2 - Tepe katsayısı

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} \quad (\text{B.4})$$

veya k_p için 3'ten büyük değer hesaplanması durumunda $k_p=3$ alınmalıdır.

Burada;

v Paragraf 4'te verilen üst geçiş frekansı
 T Ortalama rüzgâr hızı için ortalama süre ($T=600$ saniye),
 dır.

(4) Üst geçiş frekansı v , Eşitlik (B.5)'ten elde edilmelidir.

$$v = n_{1,x} \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}}; \quad v \geq 0,08 \text{ Hz olmalıdır.} \quad (\text{B.5})$$

Bu eşitlikte $n_{1,x}$, Ek F kullanılarak belirlenebilen yapının doğal frekansıdır. Doğal frekansın üst sınır değeri ($v \geq 0,08$ Hz) 3,0 değerine sahip tepe katsayısına tekabül eder.

(5) Yapının titreşim modunu dikkate alan rezonansla türbülansı hesaba katan rezonans tepki katsayısı R^2 Eşitlik (B.6) kullanılarak belirlenmelidir.

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_L(z_s, n_{1,x}) \cdot R_h(\eta_h) \cdot R_b(\eta_b) \quad (\text{B.6})$$

Burada;

δ Madde F.5'te verilen sönümlenmenin toplam logaritmik azalımı,
 S_L Madde B.1(2)'de verilen boyutsuz spektral güç yoğunluk fonksiyonu,
 R_h, R_b Paragraf 6'da verilen aerodinamik kabul fonksiyonları
 dır.

(6) Bir temel mod şekli için aerodinamik kabul fonksiyonları R_h ve R_b Eşitlik (B.7) ve Eşitlik (B.8) kullanılarak yaklaşık olarak bulunabilir.

$$R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} (1 - e^{-2 \cdot \eta_h}); \quad \eta_h=0 \quad \text{için} \quad R_h=1 \quad (\text{B.7})$$

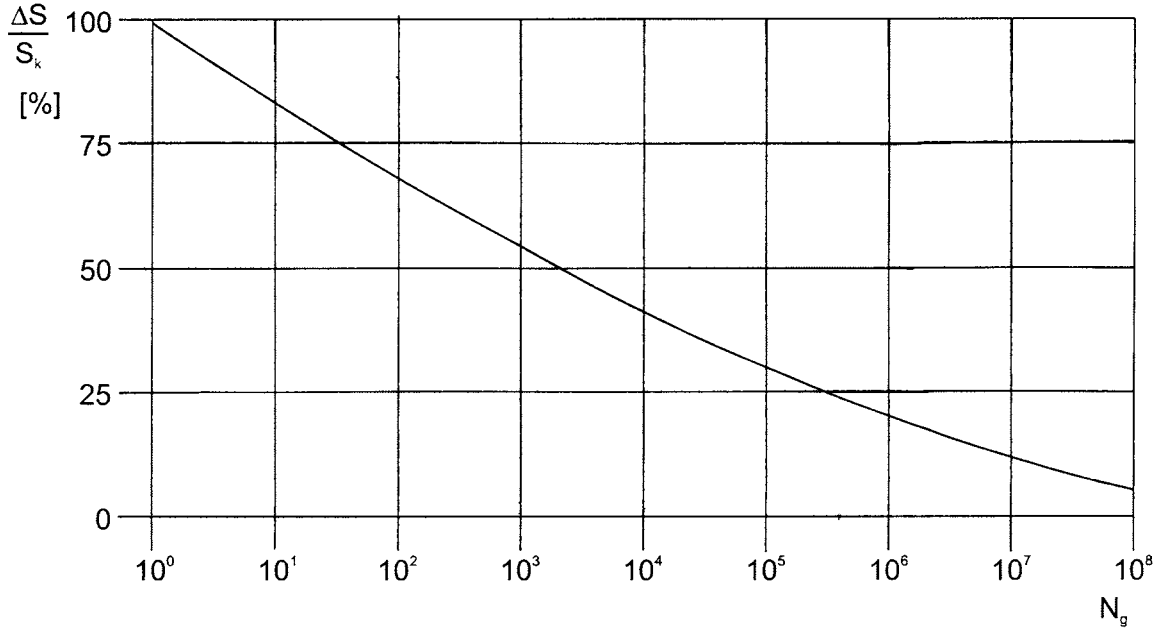
$$R_h = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2\eta_b^2}(1 - e^{-2\eta_b}); \quad \eta_b=0 \quad \text{için} \quad R_b=1 \quad (\text{B.8})$$

$$\eta_h = \frac{4,6 \cdot h}{L(z_s)} \cdot f_L(z_s, n_{1,x}) \quad \text{ve} \quad \eta_b = \frac{4,6 \cdot b}{L(z_s)} \cdot f_L(z_s, n_{1,x})$$

Not - İç düğüm noktalı mod şekilleri için daha detaylı hesaplamalar yapılmalıdır.

B.3 Dinamik tepki için yük adedi

(1) Rüzgâr etkisinin ΔS değerine 50 yıllık bir periyot süresinde ulaşıldığı veya geçildiği yük adedi N_g , Şekil B.3'te gösterilir. ΔS , 50 yıllık bir tekerrür süresine sahip rüzgâr etkisi nedeniyle meydana gelen tesir S_k değerinin bir yüzdesi olarak ifade edilir.



Şekil B.3 - 50 yıllık bir periyot süresince $\Delta S/S_k$ etkisi için hamle yük adedi, N_g

$\Delta S/S_k$ ve N_g arasındaki ilişki Eşitlik (B.9)'da verilmiştir.

$$\frac{\Delta S}{S_k} = 0,7 \cdot (\log(N_g))^2 - 17,4 \cdot \log(N_g) + 100 \quad (\text{B.9})$$

B.4 Bir düşey yapının hizmet verebilirlik değerlendirilmesi için kullanım esnasında oluşan yer değiştirme ve ivme

(1) Rüzgâr doğrultusundaki en büyük yer değiştirme, Madde 5.3'te tanımlanan eşdeğer statik rüzgâr kuvveti kullanılarak belirlenir.

(2) z yüksekliğindeki bir yapısal noktanın karakteristik rüzgâr doğrultusu ivmesinin standard sapması, $\sigma_{a,x}$ Eşitlik (B.10) kullanılarak elde edilmelidir.

$$\sigma_{a,x}(z) = \frac{c_t \cdot \rho \cdot b \cdot l_v(z_s) \cdot V_m^2(z_s)}{m_{1,x}} \cdot R \cdot K_x \cdot \Phi_{1,x}(z) \quad (\text{B.10})$$

Burada;

- c_t Kuvvet katsayısı (Kısım 7),
- ρ Hava yoğunluğu (Madde 4.5.(1)),
- b Şekil 6.12'de tanımlanan yapı genişliği,

- $I_v(Z_s)$ Zeminden $z=z_s$ kadar yükseklikteki türbülans şiddeti (Madde 4.4 (1)),
 $V_m(Z_s)$ $z=z_s$ için ortalama rüzgâr hızı (Madde 4.3.1 (1)),
 z_s Referans yükseklik (Şekil 6.1),
 R Rezonans tepkisinin kareköküdür. (Madde B.2 (5)),
 K_x Madde B.11'de verilen boyutsuz katsayı,
 $m_{1,x}$ Rüzgâr doğrultusundaki temel eşdeğer kütle (Madde F.4 (1)),
 $n_{1,x}$ yapının rüzgâr doğrultusundaki titreşiminin temel frekansı (kullanılacak yaklaşık değerler Ek F'de verilmiştir)
 $\Phi_{1,x}(z)$ Esas rüzgâr doğrultusu mod şekli (ilk yaklaşım olarak Ek F'deki ifadeler kullanılabilir) dir.

(3) Boyutsuz K_x katsayısı aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

$$K_x = \frac{\int_0^h V_m^2(z) \cdot \Phi_{1,x}(z) dz}{V_m^2(z_s) \cdot \int_0^h \Phi_{1,x}^2(z) dz} \quad (\text{B.11})$$

Burada;

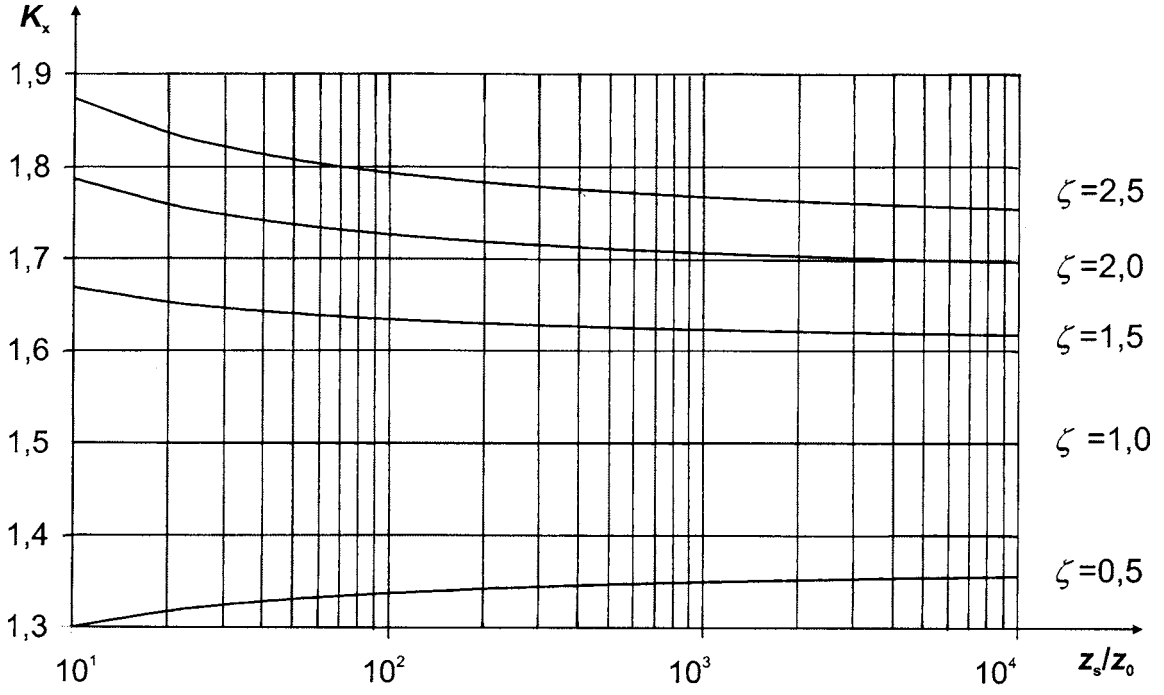
h Yapının yüksekliği (Şekil 6.1)
dir.

Not - $\Phi_{1,x}(z) = (z/h)^\zeta$ (Ek F) ve $c_0(z)=1$ (düz arazi, Madde 4.3.3'e bakılmalıdır.) olduğu kabul edilerek Eşitlik (B.11)'in Eşitlik (B.12)'ye yaklaşık olarak dönüştürülebilir. Bu dönüşüm, Şekil B.4'te gösterilmiştir.

$$K_x = \frac{(2.\zeta + 1) \cdot \left\{ (\zeta + 1) \cdot \left[\ln\left(\frac{z_s}{z_0}\right) + 0,5 \right] - 1 \right\}}{(\zeta + 1)^2 \cdot \ln\left(\frac{z_s}{z_0}\right)} \quad (\text{B.12})$$

Burada;

z_0 Engebелilik uzunluğu (Çizelge 4.1),
 ζ Mod şeklinin üstel sayısı (Ek F)
dir.



Şekil B.4 – Madde B.12'ye uygun boyutsuz katsayı K_x 'nin tahmini değerleri

(4) Karakteristik tepe ivmeleri, doğal frekansı üst geçiş frekans olarak kabul ederek ($v=n_{1,x}$) Paragraf 2'de ifade edilen standard sapma ile Madde B.2(3)'de ifade edilen tepe katsayısının çarpımından elde edilir

Ek C (Bilgi için)

Yapısal katsayı $c_s c_d$ 'nin belirlenmesi için işlem 2

C.1 Rüzgâr Türbülansı

(1) Türbülans Madde B.1'e uygun olarak dikkate alınmalıdır.

C.2 Yapısal katsayı

(1) Yapısal katsayı $c_s c_d$ Madde 6.3.1'de tanımlanmıştır.

(2) Yapı yüzeyi üzerindeki basıncın tam korelasyon eksikliğini dikkate almak için kullanılan geri plan tepki katsayısı B^2 , Eşitlik (C.1) kullanılarak hesaplanabilir.

$$B^2 = \frac{1}{1 + \frac{3}{2} \cdot \sqrt{\left[\frac{b}{L(z_s)} \right]^2 + \left[\frac{h}{L(z_s)} \right]^2 + \left[\frac{b}{L(z_s)} \cdot \frac{h}{L(z_s)} \right]^2}} \quad (C.1)$$

Burada;

b, h Yapının genişlik ve yüksekliğidir (Şekil 6.1),

$L(z_s)$ Madde B.1 (1) de verilen ve Şekil 6.1'de tanımlanan referans yükseklikteki türbülans uzunluk ölçüğüdür. B^2 değeri 1 olarak alındığında $L(z_s)$ emniyetli tarafta kalmaktadır.

(3) Tepe katsayısı k_p , Madde B.2.3'ten elde edilmelidir.

(4) Yapının titreşim modunu dikkate alarak, rezonansda türbülansı hesaba katmak için kullanılan rezonans tepki katsayısı R^2 , Eşitlik (C.2) kullanılarak belirlenmelidir.

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_L(z_s, n_{1,x}) \cdot K_s(n_{1,x}) \quad (C.2)$$

Burada;

δ Ek F'de verilen sönümlenmenin toplam logaritmik azaltması,

S_L Madde B.1(2)'de verilen boyutsuz rüzgâr spektral güç yoğunluk fonksiyonu,

$n_{1,x}$ Ek F kullanılarak belirlenen yapının doğal frekansı,

K_s Paragraf 5'te ifade edilen boyut azaltma fonksiyonu

dur.

(5) Boyutsuz azaltma katsayısı, K_s Eşitlik (C.3) kullanılarak tahmin edilebilir

$$K_s(n) = \frac{1}{1 + \sqrt{(G_y \cdot \varphi_y)^2 + (G_z \cdot \varphi_z)^2 + \left(\frac{2}{\pi} \cdot G_y \cdot \varphi_y \cdot G_z \cdot \varphi_z \right)}} \quad (C.3)$$

$$\varphi_y = \frac{c_y \cdot b \cdot n}{V_m(z_s)} \quad \varphi_z = \frac{c_z \cdot h \cdot n}{V_m(z_s)}$$

G_y ve G_z katsayıları, sırasıyla, yatay y aksı ve dikey z aksı boyunca meydana gelen mod şekil değişkenliğine bağlıdır. Bozulma katsayısı c_y ve c_z 'nin ikisi de 11,5'e eşittir.

(6) Paragraf 5'te verilen G katsayısı ve ivmeleri hesaplamak için kullanılan K katsayısı Çizelge C.1'de gösterilmiştir.

Çizelge C.1 - Mod şeklinin bir fonksiyonu olarak G ve K sabitleri

Mod şekli	Düzgün Doğrusal	Lineer	Parabolik	Sinüzoidal
G	1/2	3/8	5/18	$4/\pi^2$
K	1	3/2	5/3	$4/\pi$

Not 1 - Düzgün yayılı yanal mod şekil değişkenliğine ve lineer düşey mod şekil değişkenliğine sahip binalar için $\Phi_{(y,z)}=z/h$, $G_y=1/2$, $G_z=3/8$, $K_y=1$ ve $K_z=3/2$.

Not 2 - Düzgün yayılı yanal mod şekil değişkenliğine ve parabolik düşey mod şekil değişkenliğine sahip bacalar için $\Phi_{(y,z)}=z^2/h^2$, $G_y=1/2$, $G_z=5/18$, $K_y=1$ ve $K_z=5/3$.

Not 3 - Sinüzoidal yatay mod şekil değişkenliğine sahip köprüler için $\Phi_{(y,z)}=\sin(\pi.y/b)$, $G_y=4/\pi^2$, $G_z=1/2$, $K_y=4/\pi$ ve $K_z=1$.

C.3 Dinamik tepki için yük adedi

(1)Yük adedi Madde B.3'ten elde edilmelidir.

C.4 Hizmet verebilirlik değerlendirilmesi için kullanım esnasında oluşan yer değiştirme ve ivme

(1) Rüzgâr doğrultusundaki en büyük yer değiştirme, Madde 5.2'de tanımlanan eşdeğer statik rüzgâr kuvveti kullanılarak belirlenmiş statik yer değiştirmedir.

(2) (y,z) koordinatlarındaki yapısal noktanın karakteristik rüzgâr doğrultusu ivmesinin standard sapması, $\sigma_{a,x}$ yaklaşık olarak Eşitlik (C.4)'te verilmiştir.

$$\sigma_{a,x}(y,z) = c_t \cdot \rho \cdot I_v(z_s) \cdot V_m^2(z_s) \cdot R \cdot \frac{K_y \cdot K_z \cdot \Phi(y,z)}{\mu_{ref} \cdot \Phi_{max}} \quad (C.4)$$

Burada;

- c_t Kuvvet katsayısı (Kısım 7),
- ρ Hava yoğunluğu (Madde 4.5),
- $I_v(z_s)$ Zemin seviyesinden $z=z_s$ kadar yükseklikteki türbülans şiddeti (Madde 4.4 (1)),
- $V_m(z_s)$ $z=z_s$ için ortalama rüzgâr hızı (Madde 4.3.1 (1)),
- z_s Referans yükseklik (Şekil 6.1),
- R Rezonans tepkisinin karekökü (Madde C.2 4),
- K_y, K_z Madde C.2.6'da verilen boyutsuz katsayı,
- μ_{ref} Birim alandaki referans kütle (Madde F.5.(3)),
- $\Phi(y,z)$ Mod şekli,
- $\Phi_{en\ büyük}$ En büyük genliğe sahip noktadaki mod şekil değeri dir.

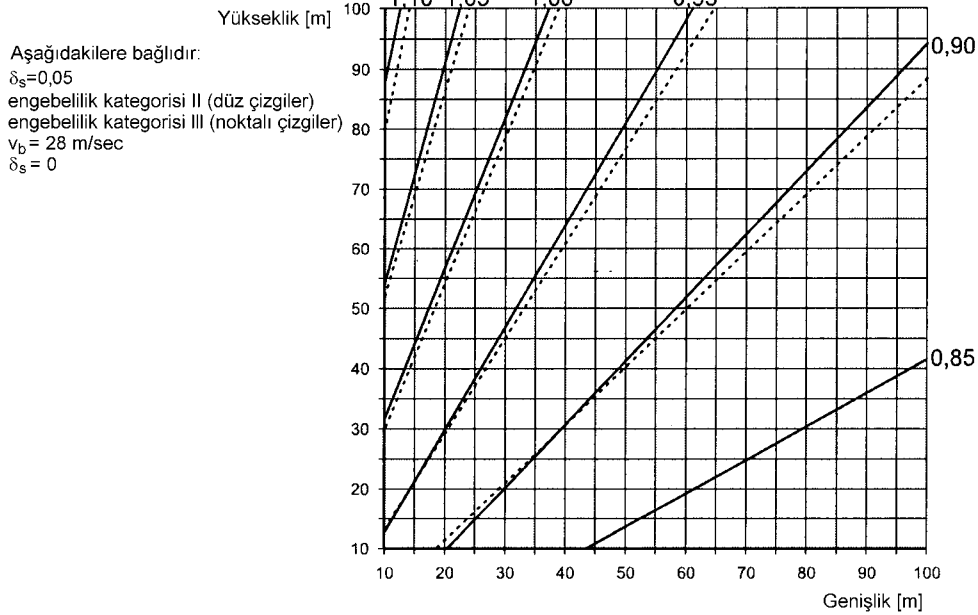
(3) Karakteristik tepe ivmeleri, doğal frekansı üst geçiş frekans olarak kabul edilmek suretiyle ($v=n_{1,x}$) Paragraf 2'de ifade edilen standard sapma ile Madde B.2(3)'de ifade edilen tepe katsayısının çarpımından elde edilir.

Ek D (Bilgi için)

Değişik tipteki yapılar için $c_s c_d$ katsayıları

(1) Bu ekte sunulan yapıların mod şekilleri ve doğal frekansları, doğrusal (lineer) analizden türetilmiş veya Ek F'de verilen eşitlikler kullanılarak tahmin edilmiştir.

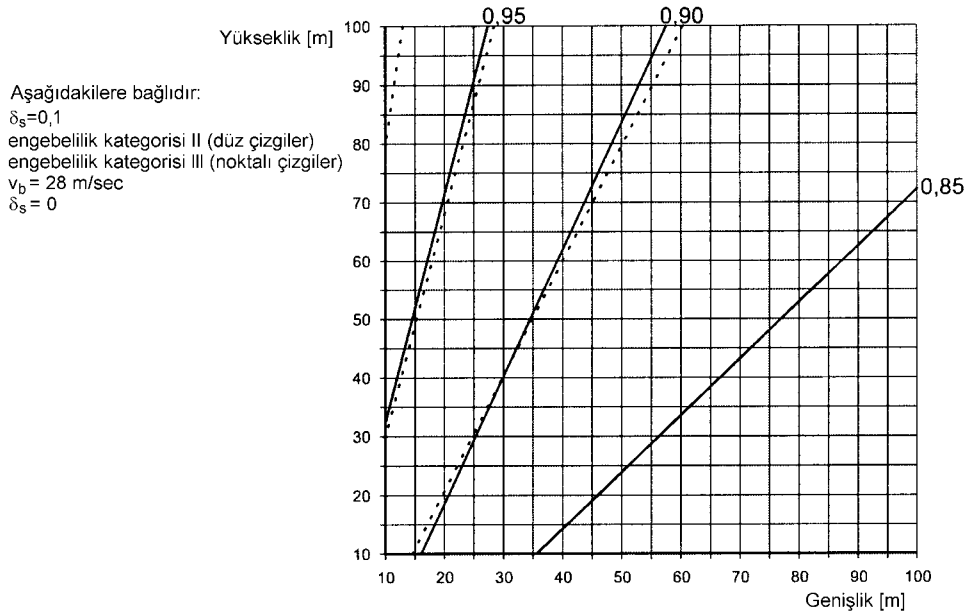
Çok katlı çelik binalar için $c_s c_d$



Not - 1.1'den büyük olan değerler için Madde 6.3'te verilen detaylı işlem kullanılabilir (uygun bulunan en küçük $c_s c_d$ değeri 0,85'dir).

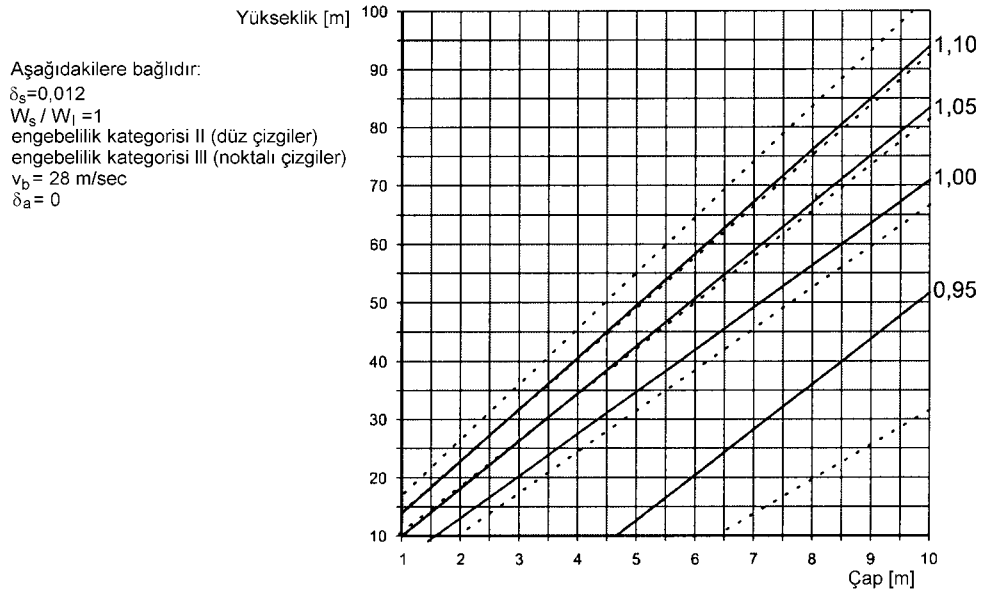
Şekil D.1 - Düzenli rijitlik ve kütle dağılımına sahip dikdörtgen biçiminde planı ve düşey dış duvarları olan çok katlı çelik yapılar için $c_s c_d$ değerleri (frekans Eşitlik F.2'ye göre hesaplanmıştır)

Çok katlı beton binalar için $c_s c_d$ değerleri



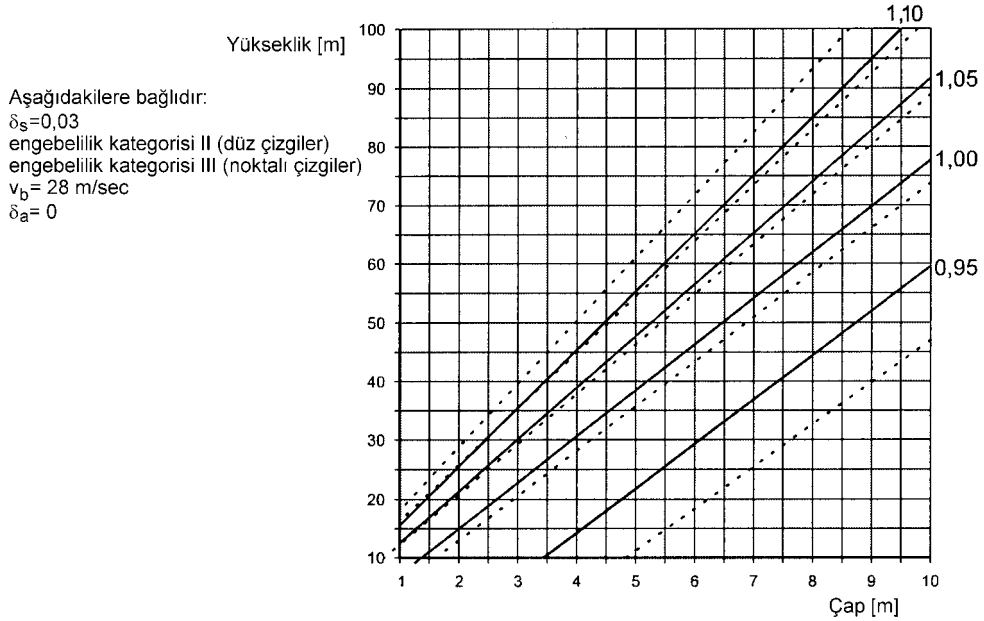
Not - 1.1'den büyük olan değerler için Madde 6.3'te verilen detaylı işlem kullanılabilir (uygun bulunan en küçük $c_s c_d$ değeri 0,85'dir).

Şekil D.2 - Düzenli rijitlik ve kütle dağılımına sahip dikdörtgen biçiminde planı ve düşey dış duvarları olan çok katlı betonarme yapılar için $c_s c_d$ değerleri (frekans Eşitlik F.2'ye göre hesaplanmıştır)

Kaplamasız çelik binalar için $c_s c_d$ değerleri

Not - 1.1'den büyük olan değerler için Madde 6.3'te verilen detaylı işlem kullanılabilir (uygun bulunan en küçük $c_s c_d$ değeri 0,85'dir).

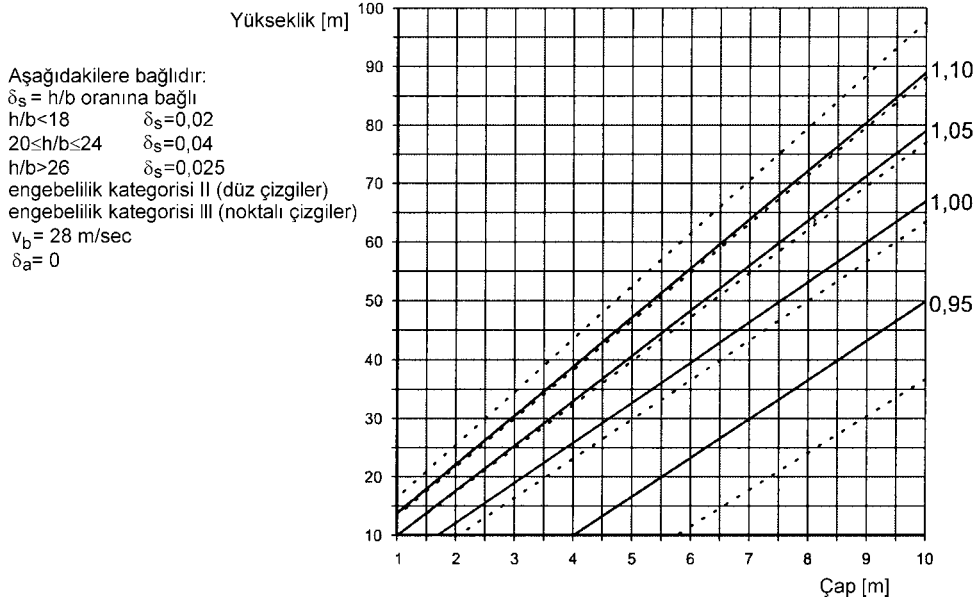
Şekil D.3 - Kaplamasız, çelik bacalar için $c_s c_d$ değerleri ($\epsilon_1=1000$ ve $W_s/W_l=1,0$ değerleri kullanılarak frekans Eşitlik F.3'e göre hesaplanmıştır)

Kaplamasız beton bacalar için $c_s c_d$ değerleri

Not - 1.1'den büyük olan değerler için Madde 6.3'te verilen detaylı işlem kullanılabilir (uygun bulunan en küçük $c_s c_d$ değeri 0,85'dir).

Şekil D.4 - Kaplamasız, betonarme bacalar için $c_s c_d$ değerleri ($\epsilon_1=700$ ve $W_s/W_l=1,0$ değerleri kullanılarak frekans Eşitlik F.3'e göre hesaplanmıştır)

Kaplamalı çelik bacalar için $c_s c_d$ değerleri



Not - 1.1'den büyük olan değerler için Madde 6.3'te verilen detaylı işlem kullanılabilir (uygun bulunan en küçük $c_s c_d$ değeri 0,85'dir).

Şekil D.5 - Kaplamalı çelik bacalar için $c_s c_d$ ve Çizelge F.2'ye uygun farklı δ_s değerleri ($\epsilon_1=1000$ ve $W_s/W_t=0,5$ frekans Madde F.3'e göre hesaplanmıştır)

Ek E (Bilgi için)

Girdap saçılması ve aeroelastik kararsızlık

E.1 Girdap saçılması

E.1.1 Genel

(1) Yapının karşılıklı kenarlarında, birbiri ardına girdapların saçıldığı (bölünerek küçüldüğü) zaman girdap saçılması oluşur. Bu durum rüzgâr yönüne dik dalgalı yük miktarını artırır. Yapının doğal frekansı ile girdap saçılmasının frekansı aynı ise yapısal titreşimler meydana gelebilir. Bu durum, rüzgâr hızının Madde E.1.3.1'de tanımlanan kritik rüzgâr hızına eşit olduğu durumda ortaya çıkar. Tipik olarak, kritik rüzgâr hızı yük döngü adedinin önemli olduğu ve yorulmanın meydana gelmesine sebep olan olağan rüzgâr hızıdır.

(2) Girdap saçılmasının neden olduğu tepki, yapının hareket edip etmemesine bağlı olmayarak meydana gelen geniş şeritli tepki ile rüzgârın neden olduğu hareket kaynaklı dar şeritli tepkiden oluşmaktadır.

Not 1 - Geniş şeritli tepki, normal olarak betonarme ve ağır çelik yapılar için çok daha fazla önemlidir.

Not 2 - Dar şeritli tepki, normal olarak hafif çelik yapılar için çok daha fazla önemlidir.

E.1.2 Girdap saçılması kriterleri

(1)Yapının rüzgâr doğrultusuna dik yöndeki en büyük boyutun en küçük boyuta oranı (bu boyutlar, rüzgâr yönüne dik düzlemde alınır) 6'ya geçtiği zaman girdap saçılması tesiri incelenmelidir.

(2) Girdap saçılması tesirinin incelenmesine aşağıdaki durumda ihtiyaç duyulur.

$$v_{crit,i} > 1,25 \cdot v_m \quad (E.1)$$

Burada;

$v_{crit,i}$ Madde E.1.3.1'de tanımlandığı gibi Mod "i" için kritik rüzgâr hızı,

v_m Girdap saçılmasının olduğu kesitteki Madde 4.3.1.(1)'de belirlenen 10 dakikalık karakteristik ortalama rüzgâr hızı (Şekil E.3)

dır.

E.1.3 Girdap saçılması için temel parametreler

E.1.3.1 Kritik rüzgâr hızı $v_{crit,i}$

(1) Eğilme titreşim modu "i" için kritik rüzgâr hızı, girdap saçılması frekansının bir yapı veya yapı elemanının doğal frekansına eşit olduğu rüzgâr hızı olarak tanımlanmıştır ve aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmiştir.

$$v_{crit,i} = \frac{b \cdot n_{i,y}}{St} \quad (E.2)$$

Burada;

b Bir yapı veya yapı elemanı dikkate alındığında modal sapmanın (deflection) en büyük olduğu ve rezonans girdap saçılmasının meydana geldiği kesitin referans genişliği; ayrıca dairesel kesitli silindireler için referans genişlik dış çaptır,

$n_{i,y}$ Dikkate alınan rüzgâra dik yöndeki titreşimin eğilme modu "i" nin doğal frekansı; $n_{i,y}$ için kabuller Madde F.2'de verilmiştir,

St Madde E.1.3.2'de tanımlanan Strouhal sayısı

dır.

(2) Silindirik kabuk yapıların oval şekilli titreşim modu "i" için kritik rüzgâr hızı, girdap saçılması frekansının 2 katının silindirik kabukların oval şekilli mod "i"nin (ovalling mode) doğal frekansına eşit olduğu rüzgâr hızı olarak tanımlanmıştır ve aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmiştir:

$$v_{crit,i} = \frac{b \cdot n_{i,0}}{2 \cdot St} \quad (E.3)$$

Burada;

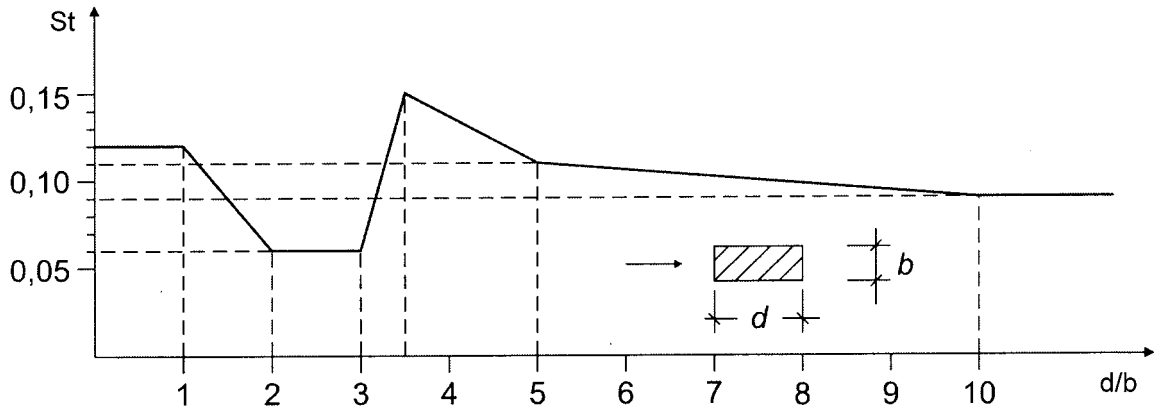
b Dış kabuk çapı,
 S_t Madde E.1.3.2'de tanımlanan Strouhal sayısı,
 $n_{i,0}$ Kabuğun oval şekilli modu "i" için doğal frekans
dır.

Not 1 - Rijitleştirici halkaların olmadığı kabuklar için n_0 Madde F.2 (3)'de verilmiştir.

Not 2 - Oval şekilli titreşimlerin hesaplanması için kullanılacak işlemler Ek E kapsamında değildir.

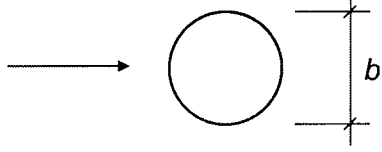
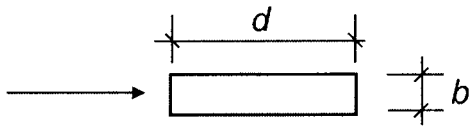
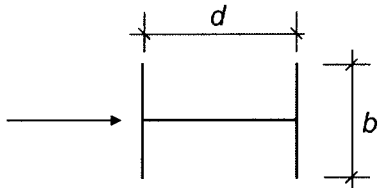
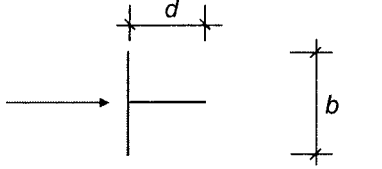
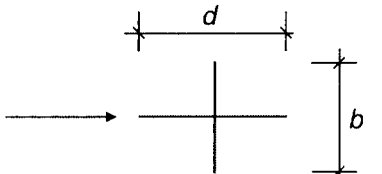
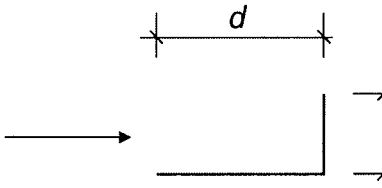
E.1.3.2 Strouhal sayısı S_t

Farklı kesitler için Strouhal sayısı S_t , Çizelge E.1'den alınır.



Şekil E.1 - Keskin kenarlı dikdörtgen kesitler için Strouhal sayısı S_t

Çizelge E.1 - Farklı kesitler için Strouhal sayısı St

		St
	Bütün Re sayıları için	0,18
	$0,5 \leq d/b \leq 10$	Şekil E.1'den
	Doğrusal interpolasyon	$d/b = 1$ 0,11 $d/b = 1,5$ 0,10 $d/b = 2$ 0,14
	Doğrusal interpolasyon	$d/b = 1$ 0,13 $d/b = 2$ 0,08
	Doğrusal interpolasyon	$d/b = 1$ 0,16 $d/b = 2$ 0,12
	Doğrusal interpolasyon	$d/b = 1,3$ 0,11 $d/b = 2,0$ 0,07
Not - d/b 'nin fonksiyonu olarak Strouhal sayısı için ekstrapolasyona müsaade edilmez.		

E.1.3.3 Scruton sayısı S_c

(1) Titreşimlerin hassasiyeti, yapısal sönüm ve yapısal kütlelerin akışkan kütleyle olan oranına bağlıdır. Bu Eşitlik (E.4)'de verilen Scruton sayısı S_c ile ifade edilir.

$$S_c = \frac{2 \cdot \bar{\delta}_s \cdot m_{i,e}}{\rho \cdot b^2} \quad (\text{E.4})$$

Burada;

$\bar{\delta}_s$ Logaritmik azalma ile ifade edilen yapısal sönüm,
 ρ Girdap saçılması durumunda hava yoğunluğu,
 $m_{i,e}$ Madde F.4(1)'de tanımlandığı gibi mod "i" için birim uzunluktaki eşdeğer kütle, m_e ,
 b Rezonans girdap saçılması meydana geldiğinde kesitin referans genişliği
 dır.

Not - Hava yoğunluğu ρ değeri Millî Ek'te verilebilir. Tavsiye edilen değer $1,25 \text{ kg/m}^3$ 'tür.

E.1.3.4 Reynolds sayısı Re

(1) Kritik rüzgâr hızı $v_{crit,i}$ 'de, dairesel kesitli silindir üzerindeki girdap saçılması etkisi, Reynolds sayısına bağlıdır. Reynolds sayısı Eşitlik E.5'te verilmiştir.

$$Re(v_{crit,i}) = \frac{b \cdot v_{crit,i}}{\nu} \quad (\text{E.5})$$

Burada;

b Dairesel kesitli silindirin dış çapı,
 ν Havanın kinematik viskozitesi ($\nu \approx 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$),
 $v_{crit,i}$ Kritik rüzgâr hızı (Madde E.1.3.1)
 dır.

E.1.4 Girdap saçılması etkisi

(1) Girdap saçılmasının neden olduğu titreşimlerin etkisi yapı üzerindeki bir s alanına rüzgâr yönüne dik olarak etkiyen etkiyen birim uzunluktaki atalet kuvvetinin $F_w(s)$ tesirinden hesaplanmalıdır ve Eşitlik (E.6)'da verilmiştir.

$$F_w(s) = m(s) \cdot (2 \cdot \pi \cdot n_{i,y})^2 \cdot \Phi_{i,y}(s) \cdot Y_{F,en \text{ büyük}} \quad (\text{E.6})$$

Burada;

$m(s)$ Birim uzunluktaki yapının titreşim kütlesi (kg/m),
 $n_{i,y}$ Yapının doğal frekansı,
 $\Phi_{i,y}(s)$ En büyük yer değiştirmenin meydana geldiği noktada, 1'e normalize edilmiş yapının mod şekli,
 $Y_{F,en \text{ büyük}}$ $\Phi_{i,y}(s)$ 'nin 1'e eşit olduğu andaki noktadaki zamana göre en büyük yer değiştirmesi (Madde E.1.5)
 dır.

E.1.5 Rüzgâr doğrultusuna dik yöndeki genliğin hesaplanması

E.1.5.1 Genel

(1) Girdap kaynaklı rüzgâr doğrultusuna dik genlikler için iki farklı yaklaşım Madde E.1.5.2 ve Madde E.1.5.3'te verilmiştir.

Not 1 - Hesaplama yaklaşımının seçimi veya alternatif hesaplama işlemleri Millî Ek'te belirtilebilir.

Not 2 - Bazı giriş parametrelerinin farklı çevre şartlarında seçilmesi nedeniyle Madde E.1.5.2 ve Madde E.1.5.3'te verilen yaklaşımların doğrudan kıyaslanması mümkün değildir. Millî Ek'te yaklaşımların her biri için uygulama aralığı belirlenebilir.

Not 3 - Metin içerisinde özellikle belirtilmemişse, Madde E.1.5.2 ve Madde E.1.5.3'te verilen yaklaşımların karışık olarak kullanılmasına izin verilmez.

(2) Madde E.1.5.2'de verilen yaklaşım farklı tipteki yapılar ve mod şekilleri için kullanılabilir. Türbülans ve engebellik etkileri bu yaklaşımda dikkate alınır ve normal iklim şartları için kullanılabilir.

(3) Madde E.1.5.3'te verilen yaklaşım, yapının ana aksı boyunca rüzgâr yönüne dik düzenli dağılıma gösteren boyutlara sahip konsol yapıların ilk modu içerisindeki titreşimler için tepkinin hesaplanmasında kullanılabilir. Genellikle, kaplamalı yapılar, bacalar ve direklerdir. Bu yaklaşım, grup hâlinde veya bir hat üzerinde bulunan düzenlemeler ve birleştirilmiş silindirler için kullanılmaz; meteorolojik şartlar yüzünden farklılıklar gösterebilen değişik türbülans şiddetlerinin hesaba katılmasına izin verir. Tabakalı akım şartlarının meydana gelme ve havanın çok soğuk olma ihtimalinin bulunduğu bölgeler (meselâ Kuzey Avrupa'daki kıyı bölgeleri) için Madde E.1.5.3'teki yaklaşım kullanılabilir.

Not - Millî Ek'te çok soğuk ve tabakalı akım durumlarının bulunduğu bölgeler verilebilir. Bu bölgeler için Madde E.1.5.3'teki yaklaşım daha uygundur. Millî Ek'te bu yaklaşım için kullanılacak uygun giriş parametreleri (K_a veya türbülans şiddeti) verilebilir.

E.1.5.2 Rüzgâr doğrultusuna dik yöndeki genliklerin hesabı için Yaklaşım 1

E.1.5.2.1 Yer değiştirmenin hesabı

En büyük yer değiştirme $y_{F, en büyük}$ Eşitlik (E.7) kullanılarak hesaplanır.

$$\frac{y_{F, max}}{b} = \frac{1}{St^2} \cdot \frac{1}{Sc} \cdot K \cdot K_W \cdot c_{lat} \quad (E.7)$$

Burada;

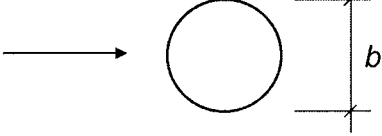
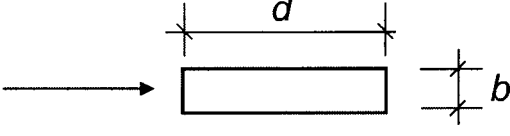
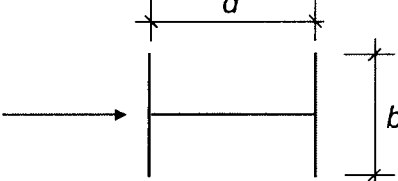
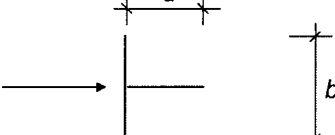
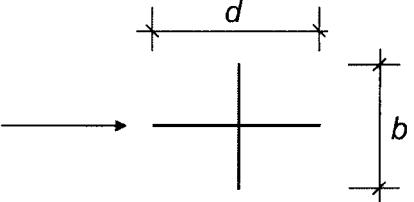
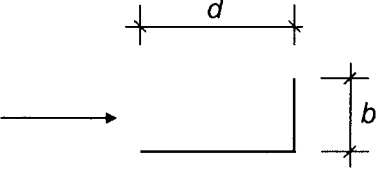
- St Çizelge E.1'de verilen Strouhal sayısı,
- Sc Madde E.1.3.3'te verilen Scruton sayısı,
- K_W Madde E.1.5.2.4'te verilen etkili korelasyon uzunluk katsayısı,
- K Madde E.1.5.2.5'te verilen mod şekil katsayısı,
- c_{lat} Çizelge E.2'de verilen yanal kuvvet katsayısıdır.

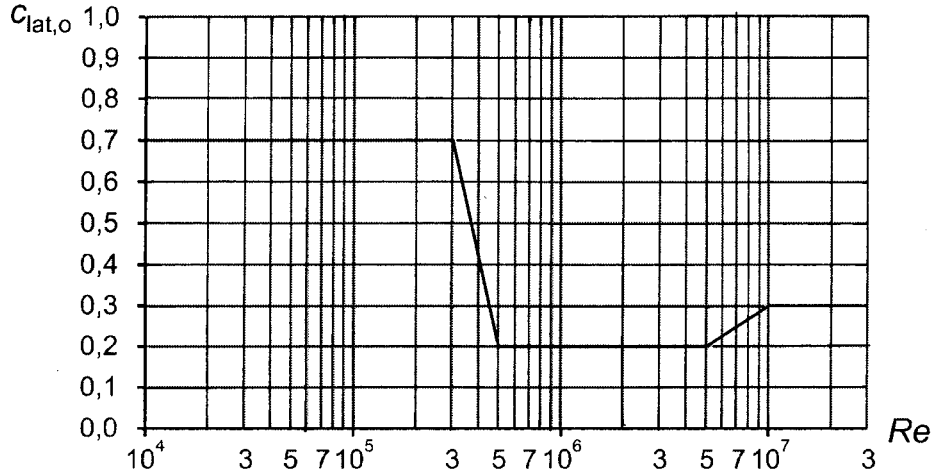
Not - Aeroelastik kuvvetler etkili korelasyon uzunluk katsayısı K_W ile dikkate alınır.

E.1.5.2.2 Yanal kuvvet katsayısı c_{lat}

(1) Yanal kuvvet katsayısının esas değeri $c_{lat,0}$, Çizelge E.2'de verilmiştir.

Çizelge E.2 - Farklı kesitler için yanal kuvvet katsayısının esas değeri, $C_{lat,0}$

Kesit		$C_{lat,0}$
 <p>Bütün Re sayıları için</p>		Şekil E.2'den
 <p>$0,5 \leq d/b \leq 10$</p>		1,1
 <p>Doğrusal interpolasyon</p>		$d/b = 1$ 0,8 $d/b = 1,5$ 1,2 $d/b = 2$ 0,3
 <p>Doğrusal interpolasyon</p>		$d/b = 1$ 1,6 $d/b = 2$ 2,3
 <p>Doğrusal interpolasyon</p>		$d/b = 1$ 1,4 $d/b = 2$ 1,1
 <p>Doğrusal interpolasyon</p>		$d/b = 1,3$ 0,8 $d/b = 2,0$ 1,0
<p>Not - d/b'nin fonksiyonu olarak Strouhal sayısı için ekstrapolasyona müsaade edilmez.</p>		



Şekil E.2 - Dairesel kesitli silindir için Reynolds sayısı $Re(v_{crit,i})$ 'ne karşı yanal kuvvet katsayısının temel değeri $C_{lat,0}$

(2) Yanal kuvvet katsayısı C_{lat} Çizelge E.3'te verilmiştir.

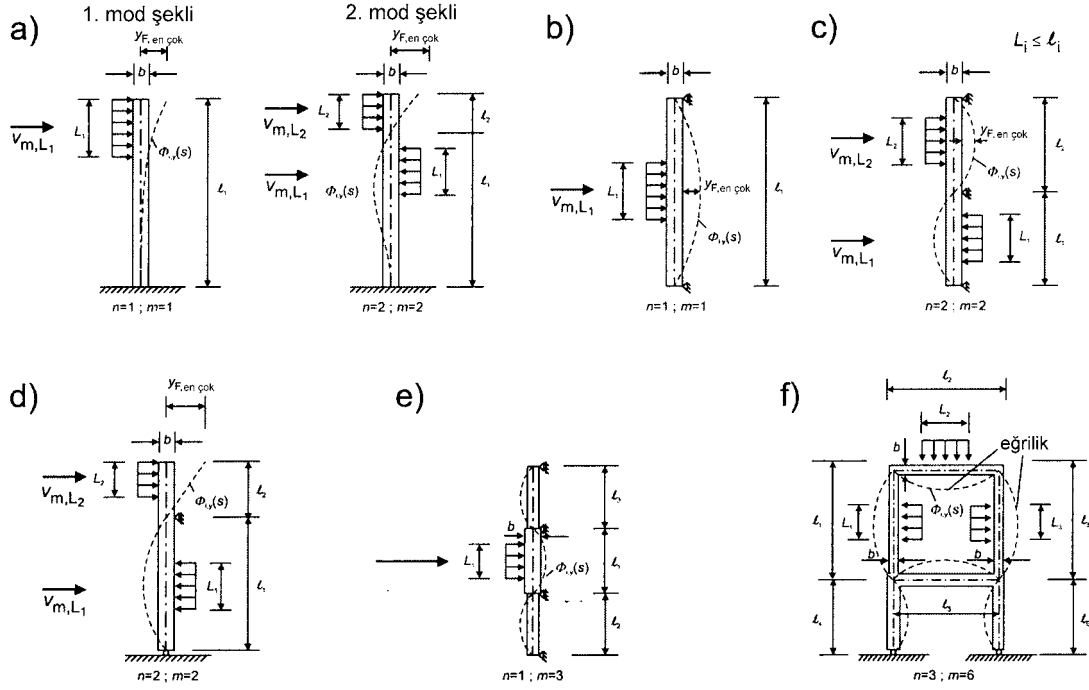
Çizelge E.3 - Kritik rüzgâr hız oranını , $v_{crit,i}/v_{m,Lj}$ 'ne karşı yanal kuvvet katsayısı C_{lat}

Kritik rüzgâr hız oranı	C_{lat}
$\frac{v_{crit,i}}{v_{m,Lj}} \leq 0,83$	$C_{lat} = C_{lat,0}$
$0,83 \leq \frac{v_{crit,i}}{v_{m,Lj}} < 1,25$	$C_{lat} = \left[3 - 2,4 \cdot \frac{v_{crit,i}}{v_{m,Lj}} \right] \cdot C_{lat,0}$
$1,25 \leq \frac{v_{crit,i}}{v_{m,Lj}}$	$C_{lat} = 0$

Burada;
 $C_{lat,0}$ Çizelge E.2'de verilen yanal kuvvet katsayısının esas değeri (daireli kesitli silindirler için Şekil E.2)
 $v_{crit,i}$ Kritik rüzgâr hızı (Eşitlik (E.1))
 $v_{m,Lj}$ Şekil E.3'te belirtilen etkili korelasyon uzunluğunun merkezindeki ortalama rüzgâr hızı (Madde 4.2)
 dır.

E.1.5.2.3 Korelasyon uzunluğu L

(1) Korelasyon uzunluğu L, eğrilik aralığına yerleştirilmelidir. Örnekler Şekil E.3'te verilmiştir. Çelik halatlı direkler ve çok açıklıklı köprüler için özel öneriler gereklidir.



Not - Bir korelasyon uzunluğundan daha fazla sayıda korelasyon uzunluğu varsa, onları aynı anda kullanmak emniyetlidir ve C_{lat} 'in en büyük değeri kullanılmalıdır.

Şekil E.3 - Korelasyon uzunluğu L_j ($j=1,2,3$) uygulamaları için örnekler

Çizelge E.4 - Titreşim genliği $y_F(s_j)$ 'nin bir fonksiyonu olarak, etkili korelasyon uzunluğu L_j

$y_F(s_j)/b$	L_j/b
<0,1	6
0,1 ilâ 0,6	$4,8 + 12 \cdot \frac{y_F(s_j)}{b}$
>0,6	12

E.1.5.2.4 Etkili korelasyon uzunluk katsayısı K_w

(1) Etkili korelasyon uzunluk katsayısı K_w , Eşitlik (E.8)'de verilmiştir.

$$K_w = \frac{\sum_{j=1}^n \int_{L_j} |\Phi_{i,y}(s)| ds}{\sum_{j=1}^m \int_{\ell_j} |\Phi_{i,y}(s)| ds} \leq 0,6 \quad (E.8)$$

Burada;

$\Phi_{i,y}$ Mod şekli i (Madde F.3),

L_j Korelasyon uzunluğu,

ℓ_j İki nokta arasında, yapının uzunluğu (Şekil E.3); konsol yapılar için bu uzunluk yapının yüksekliğine eşittir.

n Aynı anda girdap uyarılmalarının meydana geldiği bölge sayısı (Şekil E.3),

m Dikkate alınan mod şekli $\Phi_{i,y}$ için yapı titreşimindeki dalga karınlarının sayısı,

s Çizelge E.5'te belirlenen koordinat tır.

- (2) Rüzgâr doğrultusuna dik temel mod içerisinde titreşen ve Çizelge E.5'te gösterilen uyarma kuvvetine sahip bazı basit yapılar için etkili korelasyon uzunluk katsayısı K_w , Çizelge E.5'te verilen bağıntılarla tahmini olarak bulunabilir.

E.1.5.2.5 Mod şekil katsayısı

(1) Mod şekil katsayısı K , Eşitlik (E.9)'da verilmiştir.

$$K = \frac{\sum_{j=1}^m \int_{\ell_j} |\Phi_{i,y}(s)| ds}{4 \cdot \pi \cdot \sum_{j=1}^m \int_{\ell_j} |\Phi_{i,y}^2(s)| ds} \quad (\text{E.9})$$

Burada;

m Dikkate alınan mod şekli $\Phi_{i,y}$ için yapı titreşimindeki dalga karınlarının sayısı,

$\Phi_{i,y}(s)$ Rüzgâr yönüne dik mod şekli i (Madde F.3),

ℓ_j İki nokta arasındaki, yapının uzunluğu (Şekil E.3)

dur.

(2) Temel rüzgâr yönüne dik mod içerisinde titreşen bazı basit yapılar için mod şekil katsayısı Çizelge E.5'te verilmiştir.

E.1.5.2.6 Yük döngü adedi

(1) Salınım kaynaklı girdabın neden olduğu yük döngü adedi, Eşitlik (E.10)'da verilmiştir.

$$N = 2 \cdot T \cdot n_y \cdot \varepsilon_0 \cdot \left(\frac{v_{crit}}{v_0} \right)^2 \cdot \exp \left[- \left(\frac{v_{crit}}{v_0} \right)^2 \right] \quad (\text{E.10})$$

Burada;

n_y Rüzgâr yönüne dik modun Hz biriminde doğal frekansı (n_y için kabuller Ek F'de verilmiştir),

v_{crit} Madde E.1.3.1'de verilen kritik rüzgâr hızı (m/s),

v_0 Rüzgâr hızı için farz edilen Weibull olasılık dağılımının modal değerinin $\sqrt{2}$ katı (Not 2),

T Yıl cinsinden tahmin edilen yapı ömrünün, $3,2 \cdot 10^7$ ile çarpılarak saniye cinsinden elde edilen yapı ömrü,

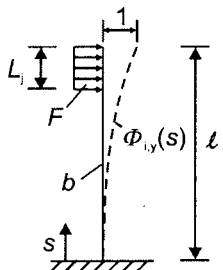
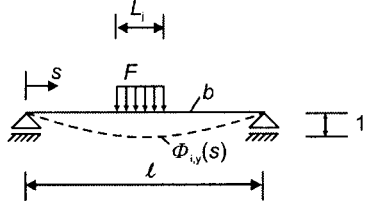
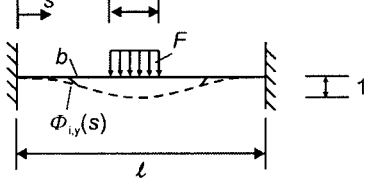
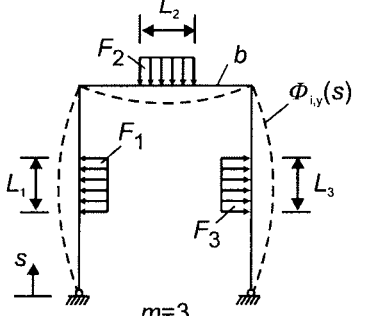
ε_0 Girdap nedeniyle oluşan titreşimli rüzgâr hızı şeritlerini tanımlayan şerit genişliği katsayısı (Not 3) dır.

Not 1 - Millî Ek'te N 'nin en küçük değeri belirtilebilir. Tavsiye edilen değer: $N \geq 10^4$ 'tür.

Not 2 - v_0 değeri, girdap saçılmasının meydana geldiği kesit yüksekliğinde, Madde 4.3.1 (1)'de belirtildiği gibi karakteristik ortalama rüzgâr hızının % 20'si olarak alınabilir.

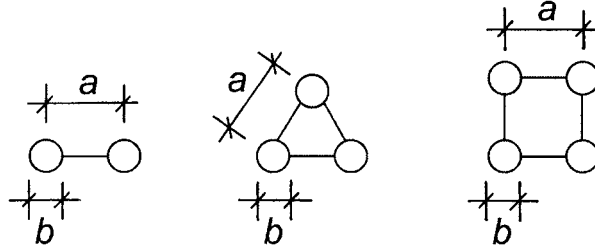
Not 3 - Şerit genişliği katsayısı ε_0 , 0,1 ile 0,3 aralığındadır. $\varepsilon_0=0,3$ alınabilir.

Çizelge E.5 - Bazı basit yapılar için korelasyon uzunluk katsayısı K_w ve mod şekil katsayısı K

Yapı	Mod şekli $\Phi_{i,y}(s)$	K_w	K
	<p>Madde F.3'e bakılmalıdır.</p> <p>$\zeta = 2,0$</p> <p>$n = 1 ; m = 1$</p>	$3 \cdot \frac{L_1/b}{\lambda} \cdot \left[1 - \frac{L_1/b}{\lambda} + \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{L_1/b}{\lambda} \right)^2 \right]$	0,13
	<p>Çizelge F.1'e bakılmalıdır.</p> <p>$n = 1 ; m = 1$</p>	$\cos \left[\frac{\pi}{2} \cdot \left(1 - \frac{L_1/b}{\lambda} \right) \right]$	0,10
	<p>Çizelge F.1'e bakılmalıdır.</p> <p>$n = 1 ; m = 1$</p>	$\frac{L_1/b}{\lambda} + \frac{1}{\pi} \cdot \sin \left[\pi \cdot \left(1 - \frac{L_1/b}{\lambda} \right) \right]$	0,11
	<p>modal analiz</p> <p>$n = 3$</p> <p>$m = 3$</p>	$\frac{\sum_{i=1}^n \int_{L_i} \Phi_{i,y}(s) ds}{\sum_{j=1}^m \int_{\ell_j} \Phi_{i,y}(s) ds}$	0,10
<p>NOT 1: Mod şekli, $\Phi_{i,y}(s)$, Madde F.3'den alınır. n ve m parametreleri Madde E.7 ve şekil E.3'de belirtilmiştir.</p> <p>Not 2: $\lambda = \ell/b$</p>			

E.1.5.2.7 Bir sıra veya grup hâlinde düzenlenmiş düşey silindirlerin girdap rezonansı

(1) Birbirlerine bağlı veya bağlı olmayan bir sıra veya grup hâlinde düzenlenmiş (Şekil E.4) dairesel kesitli silindirlere girdap kaynaklı titreşimler meydana gelebilir.



Şekil E.4 - Silindirlerin bir sıra veya grup hâlinde düzenlenmeleri

(2) Salınımın en büyük yer değiştirmeleri, Eşitlik (E.7) kullanılarak tahmin edilebilir. Ayrıca Eşitlik (E.11) ve (E.12)'deki küçük değişikliklerin dikkate alınmasıyla Madde E.1.5.2'de verilen hesaplama işlemi kullanılabilir.

Bir sıra hâlinde birbirine bağlı olmayan ayırık dairesel kesitli silindirler.

$1 \leq \frac{a}{b} \leq 10$	için	$C_{lat} = 1,5 \cdot C_{lat(tekil)}$	
$\frac{a}{b} \geq 15$	için	$C_{lat} = C_{lat(tekil)}$	
$10 < \frac{a}{b} \leq 15$	için	doğrusal interpolasyon	(E.11)
$1 \leq \frac{a}{b} \leq 9$	için	$S_i = 0,1 + 0,085 \cdot \log\left(\frac{a}{b}\right)$	
$\frac{a}{b} > 9$	için	$S_i = 0,18$	

Burada;

Çizelge E.3'te verildiği gibi $C_{lat} = C_{lat(tekil)}$

Birbirine bağlı silindirler için

$$1 \leq \frac{a}{b} \leq 3 \quad \text{için} \quad C_{cat} = K_{iv} \cdot C_{lat(tekil)} \quad (E.12)$$

Burada;

K_{iv} Girdap saçılması için girişim katsayısı (Çizelge E.8),

S_t Strouhal sayısı, (Çizelge E.8'de verilmiştir)

S_c Scruton sayısı, (Çizelge E.8'de verilmiştir)

dır.

$a/d > 3$ olan birbirine bağlı silindirler için uzman görüşünün alınması tavsiye edilir.

Not - Birbirine bağlı olmayan dairesel kesitli silindirler için $1,5 \cdot C_{lat}$ katsayısı yaklaşık bir kabuldür. Bu değer emniyetli tarafta kaldığı tahmin edilmektedir.

E.1.5.3 Rüzgâr doğrularına dik yöndeki genliklerin hesabı için Yaklaşım 2

(1) En büyük hareketin olduğu noktadaki, en büyük karakteristik yer değiştirme Eşitlik (E.13)'de verilmiştir.

$$y_{en\ büyük} = \sigma_y \cdot K_p \quad (E.13)$$

Burada;

σ_y Yer değiştirmenin standard sapması (Paragraf 2),
 k_p tepe katsayısı (Paragraf 2)
 dir.

(2) En büyük sapmanın ($\Phi=1$) olduğu noktadaki b genişliği ile ilgili yer değiştirmenin standard sapması, Eşitlik (E.14) kullanılarak hesaplanabilir.

$$\frac{\sigma_y}{b} = \frac{1}{St^2} \cdot \frac{C_c}{\sqrt{\frac{Sc}{4\pi} - K_a \left[1 - \left(\frac{\sigma_y}{b \cdot a_L} \right)^2 \right]}} \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot b^2}{m_e}} \cdot \sqrt{\frac{b}{h}} \quad (E.14)$$

Burada;

C_c Kesit şekline bağlı aerodinamik sabit, bu sabit aynı zamanda bir silindir dikkate alındığında Madde E.1.3.4 (1)'de tanımlandığı gibi ve Reynolds sayısı Re 'ye bağlıdır ve Çizelge E.6'da verilmiştir,
 K_a Madde E.1.5.3 (4)'de verilen şekli ile aerodinamik sönümlenme parametresi,
 a_L Çok düşük sönümlenmeye sahip yapının sapmasını veren normalize edilmiş sınır genlik (Çizelge 6'da verilmiştir),
 St Madde E.1.6.2'de verilen Strouhal sayısı,
 ρ Girdap saçılması durumu altındaki hava yoğunluğu (Not 1),
 m_e Madde F.4.(1)'de verilen ve birim uzunluktaki etkili kütle,
 h, b Yapının yükseklik ve genişliği (değişen genişliğe sahip binalar için en büyük yer değiştirmenin meydana geldiği noktadaki genişlik kullanılır)
 dir.

Not 1 - Millî Ek'te hava yoğunluğu değeri verilebilir. Tavsiye edilen değer 1.25 kg/m^3 'dür.

Not 2 - Aerodinamik sabit C_c , hareket etmeyen bir yapıya etkiyen kaldırma kuvvetine bağlıdır.

Not 3 - Rüzgâr yükünün neden olduğu hareket K_a , a_L ile dikkate alınır.

(3) Eşitlik (E.14)'ün çözümü, Eşitlik (E.15)'te verilmiştir.

$$\left(\frac{\sigma_y}{b} \right)^2 = c_1 + \sqrt{c_1^2 + c_2} \quad (E.15)$$

Yukarıdaki eşitlikteki, c_1 ve c_2 katsayıları aşağıda verilmiştir.

$$c_1 = \frac{a_L^2}{2} \cdot \left(1 - \frac{Sc}{4\pi \cdot K_a} \right) ; \quad c_2 = \frac{\rho \cdot b^2}{m_e} \cdot \frac{a_L^2}{K_a} \cdot \frac{C_c^2}{St^4} \cdot \frac{b}{h} \quad (E.16)$$

(4) Aerodinamik sönümlenme sabiti K_a , türbülans şiddeti artarken azalır. % 0 türbülans şiddeti için aerodinamik sönümlenme sabiti, $K_a = K_{a, \text{en büyük}}$ olarak alınabilir (Çizelge E.6'da verilmiştir).

Not - % 0'dan daha büyük değere sahip türbülans şiddeti için $K_{a, \text{en büyük}}$ sabitinin kullanımı yer değiştirmenin emniyetli tarafta kalan tahmini değerlerini verir. K_a üzerindeki türbülans şiddetinin tesiri hakkındaki daha detaylı bilgi Millî Ek'te verilebilir.

(5) Dairesel kesitli silindir ve kare kesitler için C_c , $K_{a, \text{en büyük}}$ ve a_L , Çizelge E.6'da verilmiştir.

Çizelge E.6 - Girdap saçılması tesirinin belirlenmesi için kullanılan sabitler

Sabit	Dairesel kesitli silindir $Re \leq 10^5$	Dairesel kesitli silindir $Re = 5 \cdot 10^5$	Dairesel kesitli silindir $Re \geq 10^6$	Kare kesit
C_c	0,02	0,005	0,01	0,04
$K_{a, \text{en büyük}}$	2	0,5	1	6
a_L	0,4	0,4	0,4	0,4

Not - Dairesel kesitler için C_c , $K_{a, \text{en büyük}}$ sabitlerinin Reynolds sayısının logaritması ile, sırasıyla, $10^5 < Re < 5 \cdot 10^5$ ve $5 \cdot 10^5 < Re < 10^6$ aralıklarında neredeyse tam doğrusal olarak değiştiği kabul edilebilir.

(6) Tepe katsayısı k_p belirlenmelidir.

Not - Millî Ek'te tepe katsayısı belirtilebilir. Eşitlik (E.17) ile tavsiye edilen değer elde edilir.

$$k_p = \sqrt{2} \cdot \left[1 + \frac{1,2}{\tan\left(0,75 \cdot \frac{Sc}{4 \cdot \pi \cdot K_a}\right)} \right] \quad (\text{E.17})$$

(7) Yük döngü adedi, $\varepsilon_0 = 0,15$ şerit genişliği katsayısı kullanılarak Madde E.1.5.2.6'dan elde edilebilir.

E.1.6 Girdap kaynaklı titreşim etkisi için alınacak önlemler

(1) Girdap nedeniyle meydana gelen genlikler, aerodinamik aletler (yalnızca özel durumlar altında, mesela scruton sayısı 8'den daha büyük olduğu durum) ve yapıya yerleştirilmiş sönümlenme aletleri vasıtasıyla azaltılabilir. Esas boyut b 'ye dayalı aerodinamik aletlere sahip dairesel kesitli silindir kesitli bir yapı için kullanılan sürüklenme katsayısı c_f , 1,4 değerine kadar yükseltilebilir. Her iki uygulama için uzman tavsiyesi gereklidir.

(2) Daha fazla bilgi için özel yapı standardlarına bakılmalıdır.

E.2 Çalkalanım (Galloping)**E.2.1 Genel**

(1) Çalkalanım rüzgâr yönüne dik eğilme modunda esnek bir yapının kendinden kaynaklı titreşimdir. Dairesel olmayan L-,I-,U- ve T gibi kesitler çalkalanıma eğilimlidir. Buzlanma, bir kararlı kesitin, kararsız olmasına neden olabilir.

(2) Çalkalanım salınımı bir özel başlangıç hızında v_{CG} başlamaktadır ve normal olarak artan rüzgâr hızıyla hızlı bir şekilde genlikler de yükselmektedir.

E.2.2 Başlangıç rüzgâr hızı

Çalkalanımı başlatan başlangıç rüzgâr hızı v_{CG} Eşitlik (E.18)'de verilmiştir.

$$v_{CG} = \frac{2 \cdot Sc}{a_G} \cdot n_{1,y} \cdot b \quad (\text{E.18})$$

Burada;

Sc Madde E.1.3.3(1)'de verildiği şekli ile Scruton sayısıdır,

$n_{1,y}$ Yapının rüzgâra dik yönündeki temel frekansdır; $n_{1,y}$ ile ilgili kabuller Madde F.2'de verilmiştir,

b Çizelge E.7'de tanımlanan şekliyle genişliktir,

a_G Çalkalanım kararsızlık katsayısıdır (Çizelge E.7); herhangi bir çalkalanım kararsızlık değeri bilinmiyorsa $a_G = 10$ değeri kullanılabilir,

(2) Çalkalanımı başlatan rüzgâr hızı aşağıdaki bağıntıyı sağlamalıdır.

$$v_{CG} > 1,25 \cdot v_m \quad (E.19)$$

Burada;

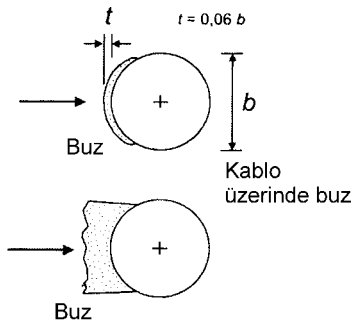
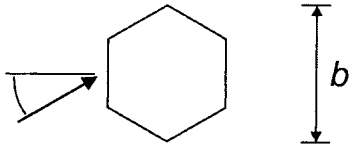
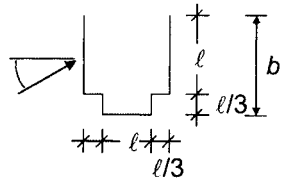
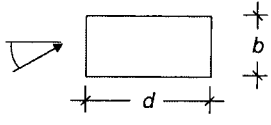
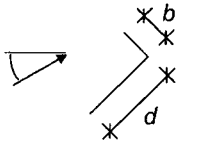
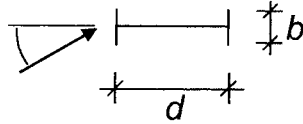
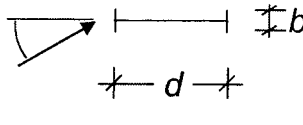
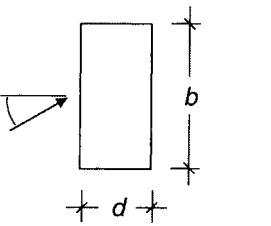
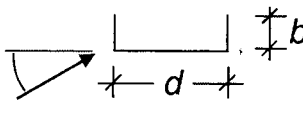
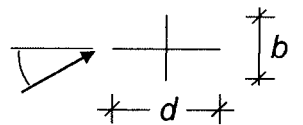
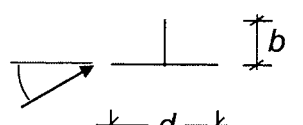
v_m Eşitlik (4.3)'te tanımlanan şekliyle ortalama rüzgâr hızıdır. Muhtemelen salınım genliğinin en büyük olduğu noktada ve çalkalanım oluşumunun beklenildiği yükseklikte hesaplanır.

(3) Kritik girdap saçılması hızı v_{crit} , çalkalanımı başlatan rüzgâr hızı v_{CG} 'ye yakın ise

$$0,7 < \frac{v_{CG}}{v_{crit}} < 1,5 \quad (E.20)$$

girdap saçılması ile Çalkalanım arasında etkileşim tesirleri meydana gelir. Bu durumda uzman görüşünün alınması tavsiye edilir.

Çizelge E.7 - Çalkalanım kararsızlık a_G katsayısı

Kesit		Çalkalanım kararsızlık katsayısı a_G	Kesit		Çalkalanım kararsızlık katsayısı a_G
		1,0			1,0
					4
 <p>doğrusal interpolasyon</p>	$d/b=2$	2		$d/b=2$	0,7
	$d/b=1,5$	1,7		$d/b=2,7$	5
	$d/b=1$	1,2		$d/b=5$	7
 <p>doğrusal interpolasyon</p>	$d/b=2/3$	1		$d/b=3$	7,5
	$d/b=1/2$	0,7		$d/b=3/4$	3,2
	$d/b=1/3$	0,4		$d/b=2$	1
NOT: d/b 'nin fonksiyonu olarak, a_G katsayısı için ekstrapolasyona izin verilmez.					

E.2.3 Birbirlerine bağlı silindirlerdeki klâsik çalkalanım

(1) Birbirlerine bağlı silindirlerde (Şekil E.4) klâsik Çalkalanım meydana gelebilir.

(2) Birbirlerine bağlı silindirlerdeki klâsik Çalkalanım için başlangıç hızı v_{CG} aşağıdaki eşitlik ile tahminen bulunabilir:

$$v_{CG} = \frac{2 \cdot Sc}{a_G} \cdot n_{1,y} \cdot b \quad (E.21)$$

Burada; Sc, a_G ve b Çizelge E.8'de verilmiştir ve $n_{1,y}$ eğilme modunun doğal frekansdır (Madde F.2).

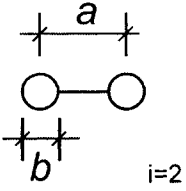
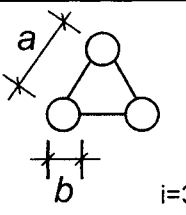
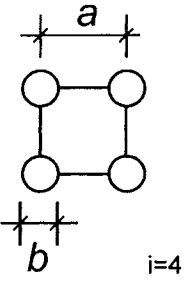
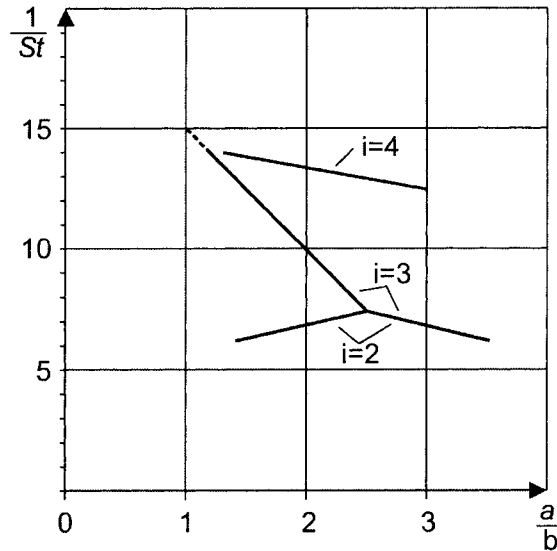
(3) Aşağıdaki bağıntı sağlanmalıdır:

$$v_{CG} > 1,25 \cdot v_m(z) \quad (E.22)$$

Burada;

$v_m(z)$ Eşitlik 4.3'te tanımlanan şekliyle ortalama rüzgâr hızıdır. Salınım genliğinin en büyük olduğu noktada meydana gelen çalkalanım uyarılmasının beklendiği z yüksekliğinde hesaplanır.

Çizelge E.8 - Bir hat ve grup hâlinde düzenlenmiş birbirlerine bağlı silindirlere için rüzgâr doğrultusuna dik yöndeki tepkinin tahmini için veriler

Bağlı silindirlere	Scruten sayısı $Sc = \frac{2 \cdot \delta_s \cdot \sum m_{i,y}}{\rho \cdot b^2}$ (Eşitlik (E.4) ile kıyaslanmalıdır)			
	$a/b = 1$	$a/b \geq 2$	$a/b \leq 1,5$	$a/b \geq 2,5$
	$K_{iv} = 1,5$	$K_{iv} = 1,5$	$a_G = 1,5$	$a_G = 3,0$
	$K_{iv} = 4,8$	$K_{iv} = 3,0$	$a_G = 6,0$	$a_G = 3,0$
	$K_{iv} = 4,8$	$K_{iv} = 3,0$	$a_G = 1,0$	$a_G = 2,0$
doğrusal interpolasyon				
				
<p>Bir hat ve grup halindeki birbirine bağlı silindir adedine karşılık gelen strouhal sayıları</p>				

E.3 İki veya daha fazla sayıdaki birbirinden ayrıık silindirlerin girişim çalkalanımı

(1) Girişim çalkalanımı kendinden kaynaklı salınımlardır ve iki veya daha fazla sayıdaki silindirler birbirlerine yakın ama birbirlerine bağılı olmadan düzenlenmişlerse girişim Çalkalanım meydana gelir.

(2) Rüzgâr etkisi açısı, kritik rüzgâr hızı yönü B_k aralığı içerisinde ve $a/b < 3$ ise (Şekil E.5), kritik rüzgâr hızı, v_{CIG} aşağıdaki eşitlikten tahmini olarak elde edilebilir.

$$v_{CIG} = 3,5 \cdot n_{1,y} \cdot b \sqrt{\frac{a}{b} \cdot \frac{Sc}{a_{IG}}} \quad (E.23)$$

Burada;

Sc Madde E.1.3.3 (1)'de tanımlanan Scruton sayısı,

a_{IG} Birleşik kararlılık parametresi $a_{IG}=3$,

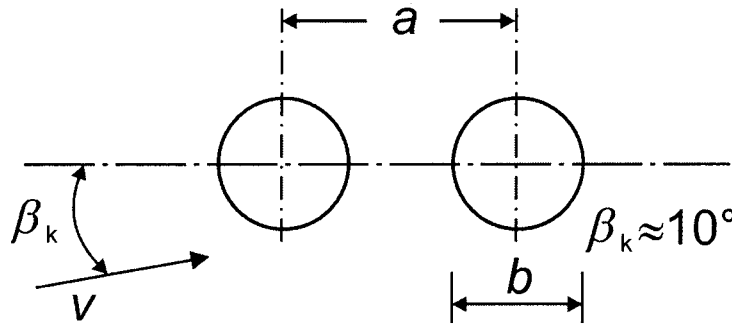
$n_{1,y}$ Rüzgâr doğrultusuna dik moddaki temel frekans (kabuller Madde F.2'de verilmiştir),

a Silindirler arasındaki mesafe,

b Çap

dır.

Not - Millî Ek'te a_{IG} hakkında ilâve kılavuz bilgiler verilebilir.



Şekil E.5 - Girişim çalkalanımı için geometrik parametreler

3) Girişim çalkalanımı ayrıık silindirlerin bağlanmasıyla önlenir. Bu durumda, klasik çalkalanım oluşabilir (Madde E.2.3).

E.4 Ayrılma ve titreme

E.4.1 Genel

(1) Ayrılma ve titreme, belirli bir eşik veya kritik rüzgâr hızı üzerinde, direkli işaret levhası ve asma köprü tabliyesi gibi levhaya benzeyen esnek yapılarda meydana gelen kararsızlıklardır. Yapı sehimlerinin aerodinamik yapıyı değiştirerek yüklemeyi farklılaştırması nedeniyle bu kararsızlıklar oluşur.

(2) Ayrılma ve titremenin meydana gelmesinden sakınılmalıdır.

(3) Aşağıda verilen işlemler, basit yapı kriterleri açısından yapı hassasiyetinin değerlendirilmesi için bir yöntem sunmaktadır. Bu kriterler sağlanmazsa, uzman görüşünün alınması tavsiye edilir.

E.4.2 Levhaya benzeyen yapılar için kriterler

(1) Bir yapı aşağıdaki kriterlerin üçünü de sağladığında, yapı ayrılma veya titreme eğilimindedir. Kriterler aşağıda verilen sıra ile (en kolayından başlamak üzere) kontrol edilmelidir. Herhangi bir kriter sağlanmazsa, yapı ayrılma veya titreme eğiliminde değildir.

- Bir yapı veya yapının önemli bir bölümü, b/d oranı 0,25'ten daha küçük olan kesite (düz levha gibi) sahip ise (Şekil E.6).

- Burulma aksı levha düzlemine paralel ve rüzgâr doğrultusuna dik; burulma merkezi, rüzgârın yaklaştığı taraftaki levha kenarından rüzgârın yaklaştığı yöne doğru en az $d/4$ uzaklıkta ise. Burada b , burulma aksına normal olarak ölçülmüş levhanın rüzgârın girdiği yöndeki derinliğidir. Bu yaklaşım, yaygın durumları kapsar. Bu yaygın durumlar: geometrik merkezde burulma merkezinin bulunması (merkezi bir şekilde desteklenmiş direkli işaret levhası veya sundurma) ve rüzgâr yönündeki kenarda burulma merkezinin bulunması (konsol sundurma).
- En küçük doğal frekansı bir burulma modu ile örtüşür ise veya en küçük burulma doğal frekansı en düşük dönüştürülmüş doğal frekansın 2 katından daha az ise.

E.4.3 Ayrılma hızı

(1) Ayrılma için kritik rüzgâr hızı, Eşitlik (E.24)'de verilmiştir.

$$v_{div} = \left[\frac{2 \cdot k_{\theta}}{\rho \cdot d^2 \cdot \frac{dc_M}{d\theta}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (E.24)$$

Burada;

k_{θ} Burulma rijitliği,

c_M Eşitlik (E.25)'de verilen aerodinamik moment katsayısı,

$$c_M = \frac{M}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot d^2} \quad (E.25)$$

$dc_M/d\theta$ Yaklaşık burulma merkezindeki dönmeye göre aerodinamik moment katsayısının değişim oranı, θ radyan olarak ifade edilir,

M Yapının birim uzunluğundaki aerodinamik moment,

ρ Madde 4.5'te verilen hava yoğunluğu,

d Yapının Şekil E.6'da gösterilen rüzgâr derinliği (bağ kiriş),

b Şekil E.6'da gösterilen genişlik

dir.

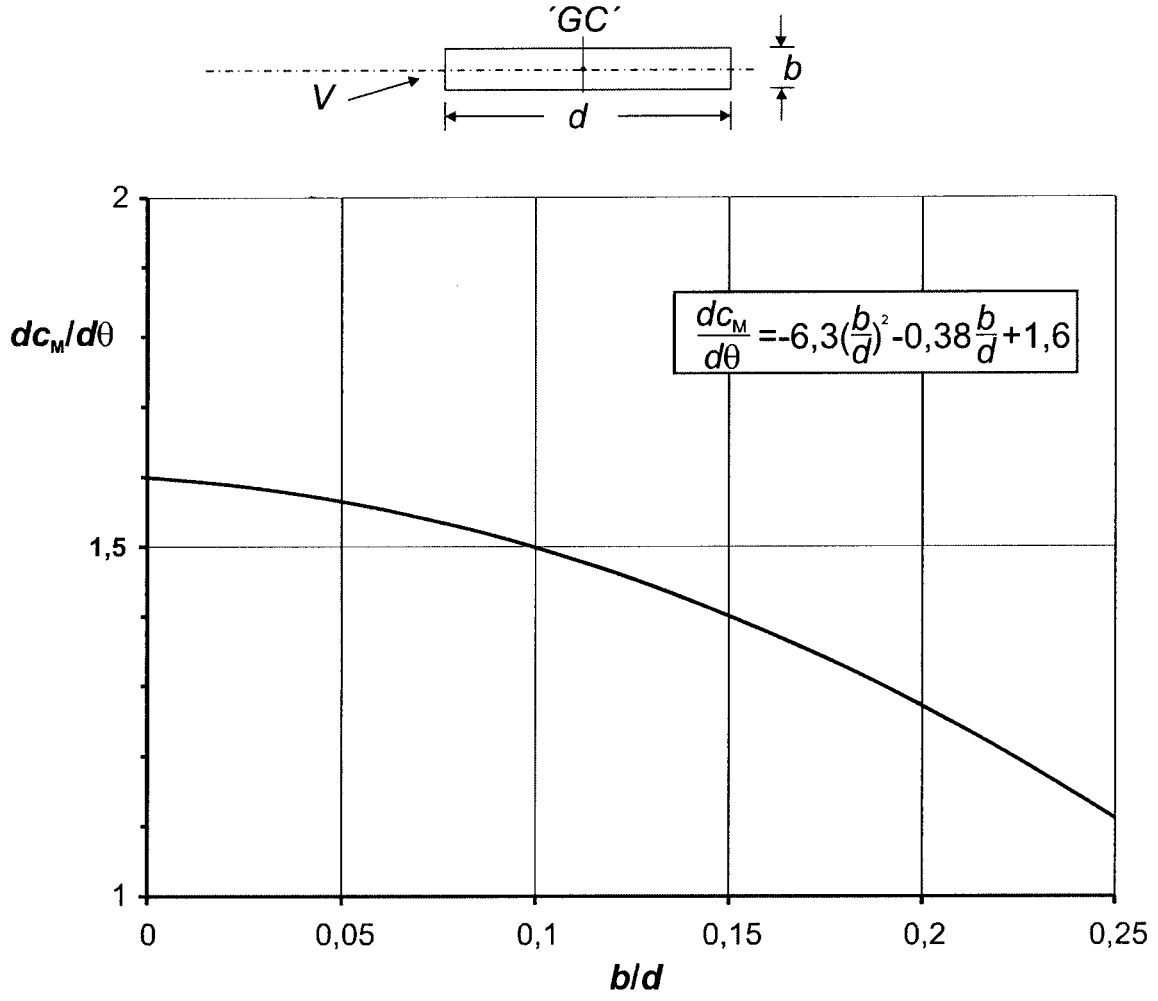
(2) Çeşitli dikdörtgen kesitlerin yaklaşık olarak geometrik merkezlerinde ölçülmüş $dc_M/d\theta$ değerleri, Şekil E.6'da verilmiştir.

(3) Aşağıdaki bağıntı sağlanmalıdır:

$$v_{div} > 2 \cdot v_m(z_s) \quad (E.26)$$

Burada;

$v_m(z)$ Madde 4.3'te tanımlanan şekliyle z yüksekliğindeki ortalama rüzgâr hızı (Şekil 6.1'de tanımlanmıştır) dir.



Şekil E.6 - Çeşitli dikdörtgen kesitlerin yaklaşık olarak geometrik merkezlerinde ölçülmüş $dc_M/d\theta$

Ek F (Bilgi için)

Yapının dinamik karakterleri

F.1 Genel

(1) Bu kısımda tavsiye edilen hesap işlemlerinde, yapıların doğrusal elastik davranışa ve klâsik normal moda sahip olduğu kabulü yapılmıştır. Bundan dolayı dinamik yapı özellikleri aşağıda verilenler ile karakterize edilmiştir:

- Doğal frekanslar,
- Mod şekilleri,
- Eşdeğer kütleler,
- Sönümlenmenin logaritmik azalımı.

(2) Teorik veya deneysel olarak, doğal frekanslar, mod şekilleri, eşdeğer kütleler ve sönümlenmenin logaritmik azalımı, yapı dinamiği yöntemleri kullanılarak değerlendirilmelidir.

(3) Temel dinamik özellikler, doğrulukları yeterli seviyede ispatlanmış olması şartıyla, basitleştirilmiş analitik, yarı ampirik veya ampirik eşitlikler kullanılarak yaklaşık terimler ile değerlendirilebilir. Bu eşitliklerin bazıları Madde F.2 ile Madde F.5 arasında verilmiştir.

F.2 Temel frekans

(1) Ucundan yüklenmiş konsol giriş için, yapının temel eğilme frekansı n_1 'in hesaplanmasında aşağıdaki basitleştirilmiş eşitlik kullanılır.

$$n_1 = \frac{1}{2. \pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{x_1}} \quad (\text{F.1})$$

Burada;

g Yer çekimi ivmesi (9,81 m/s²),

x_1 Titreşim yönünde uygulanan, kendi ağırlığı yüzünden meydana gelen, m cinsinden, en büyük yer değiştirme

dir.

(2) 50 m'den daha yüksek çok katlı binaların temel eğilme frekansı n_1 , Eşitlik (F.2) kullanılarak hesaplanır.

$$n_1 = \frac{46}{h} \text{ (Hz)} \quad (\text{F.2})$$

Burada;

h Yapı yüksekliği (m)

dir.

Eşitlik (F.2), tek katlı bina ve kuleler için kılavuz bilgiler verebilir.

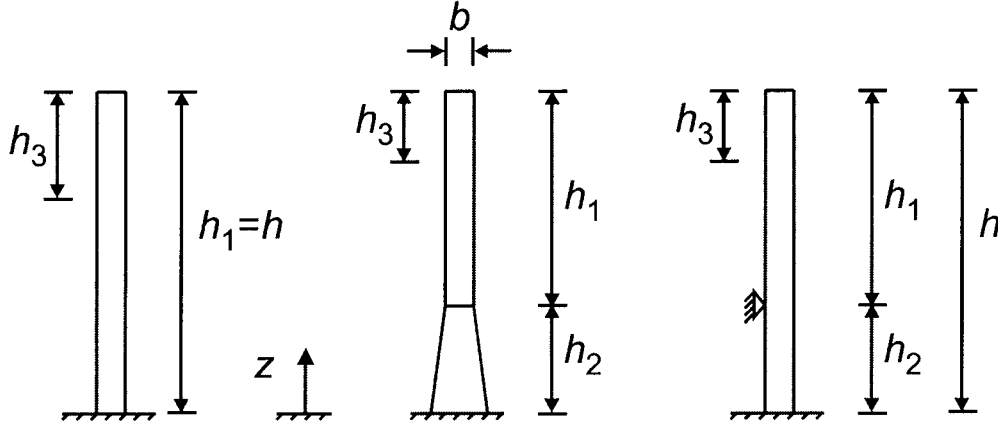
(3) Bacalar için temel eğilme frekansı n_1 , Eşitlik (F.3) kullanılarak hesaplanır.

$$n_1 = \frac{\epsilon_1 \cdot b}{h_{eff}^2} \cdot \sqrt{\frac{W_s}{W_t}} \text{ (Hz)} \quad (\text{F.3})$$

$$h_{eff} = h_1 + \frac{h_2}{3} \quad (\text{F.4})$$

Burada;

- b Baca üst çapı (m),
 h_{eff} Baca etkili yüksekliği (m) (h_1 ve h_2 Şekil F.1'de verilmiştir),
 W_s Baca rijitliğine katkıda bulunan yapı elamanının ağırlığı,
 W_t Bacanın toplam ağırlığı,
 ε_1 Çelik bacalar için 1000, beton ve kâgir bacalar için 700
 dır.



Not – $h_3 = h_1/3$ (Ek F Madde 4.2).

Şekil F.1 - Bacalar için geometrik parametreler

(4) Rijitleştirme halkalarının bulunmadığı uzun silindirik kabukların temel oval şekilli frekansı $n_{1,0}$, Eşitlik (F.5) kullanılarak hesaplanabilir.

$$n_{1,0} = 0,492 \cdot \sqrt{\frac{t^3 \cdot E}{\mu_s \cdot (1 - \nu^2) \cdot b^4}} \quad (F.5)$$

Burada;

- E Elastisite modülü (N/mm^2),
 T Kabuk kalınlığı (m),
 ν Poisson oranı,
 μ_s Kabuğun birim alandaki kütlesi (kg/m^2),
 b Kabuk çapı (m)
 dır.

Eşitlik (F.5), kabuk yapının en küçük doğal frekansını verir. Rijitleştirme halkaları n_0 değerini yükseltir.

(5) Levha veya kutu kesitli tabliyeli köprülerin düşey temel eğilme frekansı Eşitlik (F.6) kullanılarak hesaplanabilir.

$$n_{1,B} = \frac{K^2}{2 \cdot \pi \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_b}{m}} \quad (F.6)$$

Burada;

- L Ana açıklık uzunluğu (m),
 E Elastisite modülü (N/m^2),
 I_b Orta açıklıktaki düşey eğilme için kesit alanının atalet momenti (m^4),
 m Orta açıklıktaki bütün kesitin birim uzunluktaki kütlesi (zafî ve ilâve zafî yükler için) (kg/m),
 K Aşağıda belirtilmiş açıklık düzenlenmesine bağlı boyutsuz katsayı
 dır.

a) Tek açıklıklı köprüler için:

Basit mesnetli açıklık	için	$K=\pi$
Konsol açıklık	için	$K=3,9$
Ankastre mesnetli açıklık	için	$K=4,7$

b) İki açıklıklı sürekli köprüler için:

K , Şekil F.2'deki iki açıklıklı köprülere uygun eğri kullanılarak elde edilir. Şekilde;

L_1 Kenar açıklık uzunluğu ($L > L_1$ olmalıdır).

c) Üç açıklıklı sürekli köprüler için:

K , Şekil F.2'deki üç açıklıklı köprülere uygun eğri kullanılarak elde edilir. Şekilde;

L_1 En büyük kenar açıklık uzunluğu

L_2 Diğer kenar açıklık uzunluğu ($L > L_1 > L_2$)

Bu aynı zamanda üç açıklıklı, ana açıklığı konsol/askıya alınmış köprüler için uygulanır.

$L_1 > L$ ise, K , en küçük kenar açıklığı ihmal edilerek ve en büyük kenar açıklığı iki açıklıklı denk köprünün ana açıklığı olduğunu kabul edilerek, iki açıklıklı köprülere uygun eğriden elde edilir.

d) Simetrik dört açıklıklı sürekli köprüler (orta mesnede göre simetrik):

K , köprünün her bir yarısının denk iki açıklıklı köprü olduğu kabul edilerek, Şekil F.2'deki iki açıklıklı köprülere uygun eğriden elde edilir.

e) Simetrik olmayan dört açıklıklı sürekli köprüler ve dört açıklıktan daha fazla açıklıklı sürekli köprüler

K , en büyük iç açıklık olarak ana açıklık seçilerek, Şekil F.2'den üç açıklıklı köprülere uygun eğri kullanılarak elde edilir.

Not 1 - Mesnetteki $\sqrt{\frac{E \cdot I_b}{m}}$ değeri, orta açıklıktaki değer 2 katını geçerse veya orta açıklık değerinin %80'inden daha az ise, Eşitlik (F.6), ayrıca yaklaşık değerler yeterli olmadığı durumda kullanılmamalıdır.

Not 2 - Tutarlı değerler, her sanideki döngüler içerisinde $n_{1,B}$ değerini elde etmek için kullanılmalıdır.

(6) Levha tabliyeli köprülerin temel burulma frekansı, birim genişlikteki ortalama uzunlamasına eğilme ataleti birim uzunluktaki ortalama enine ataletin 100 katından daha küçük olmaması şartı ile Eşitlik (F.6)'dan hesaplanan temel eğilme frekansına eşittir.

(7) Kutu kesit tabliyeli köprülerin temel burulma frekansı yaklaşık olarak Eşitlik (F.7)'den elde edilebilir.

$$n_{1,T} = n_{1,B} \cdot \sqrt{P_1 \cdot (P_2 + P_3)} \quad (F.7)$$

$$P_1 = \frac{m \cdot b^2}{I_p} \quad (F.8)$$

$$P_2 = \frac{\sum r_j^2 \cdot I_j}{b^2 \cdot I_p} \quad (F.9)$$

$$P_3 = \frac{L^2 \cdot \sum J_j}{2 \cdot K_2 \cdot b^2 \cdot I_p \cdot (1 + \nu)} \quad (F.10)$$

Burada;

- $n_{1,B}$ Temel eğilme frekansı (Hz),
 b Köprünün toplam genişliği,
 m Madde F.2 (5)'te tanımlanan r birim uzunluktaki kütle,
 ν Tabliye malzemesinin poisson oranı,
 r_j Köprü merkez hattından tek bir kutunun merkez hattına olan uzaklığı,
 I_i Orta açıklıktaki düşey eğilme için gövdenin etkili derinliğini içeren, tek bir kutunun birim uzunluktaki kütesinin atalet momenti,
 I_p Orta açıklıktaki kesitin birim uzunluğundaki kütesinin Eşitlik (F.11) ile tanımlanan atalet momenti

$$I_p = \frac{m_d \cdot b^2}{12} + \sum (I_{pj} + m_j \cdot r_j^2) \quad (F.11)$$

- m_d Orta açıklıktaki, sadece, birim uzunluktaki tabliye kütlesi
 I_{pj} Orta açıklıktaki tek bir kutu için atalet momenti
 m_j Orta açıklıktaki, tabliyenin herhangi bir kısmını içermeyen, sadece tek bir kutunun birim uzunluktaki kütlesi
 J_i Orta açıklıktaki tek bir kutu için burulma sabiti (Eşitlik (F.12)'den elde edilir)

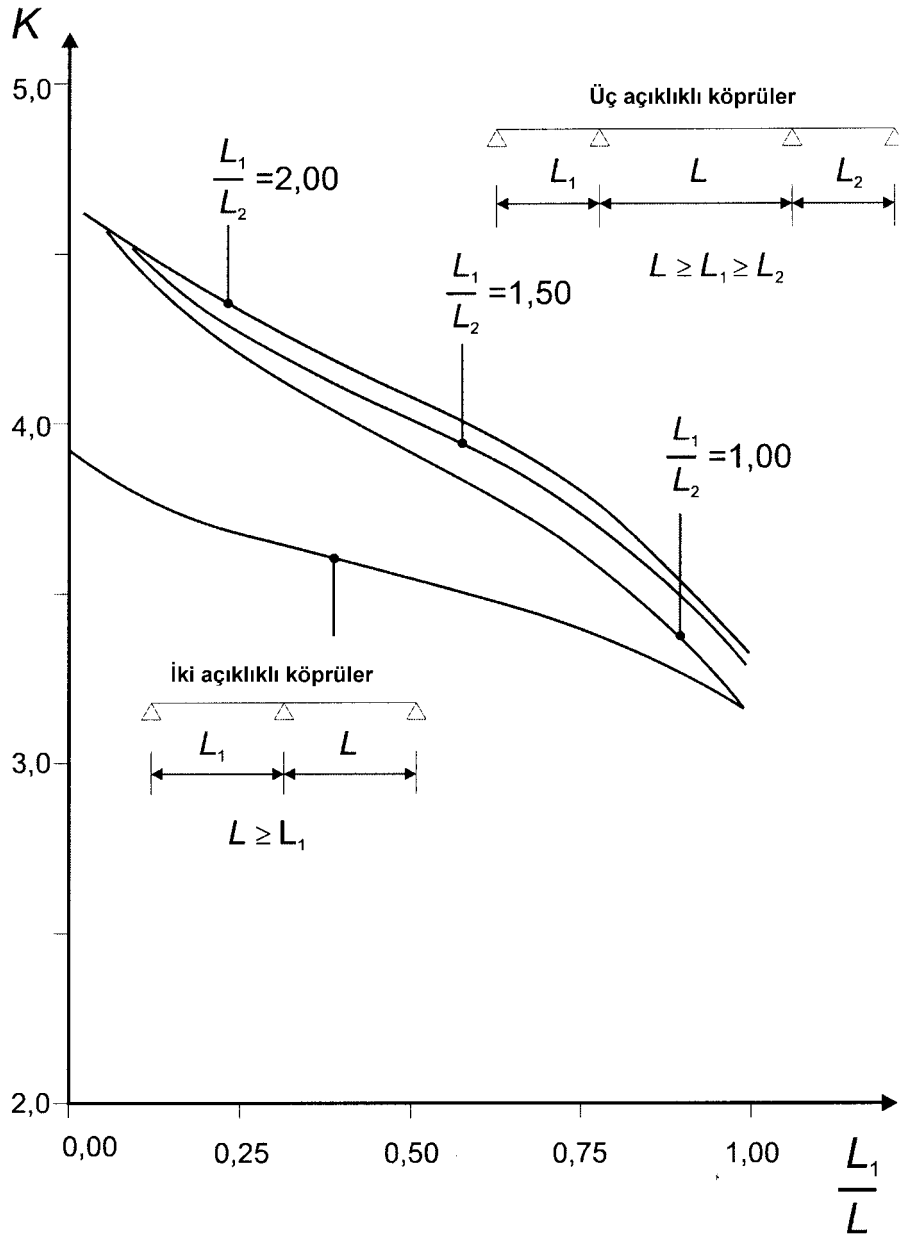
dir.

$$J_j = \frac{4 \cdot A_j^2}{\oint \frac{ds}{t}} \quad (F.12)$$

Burada;

- A_j Orta açıklıktaki çevrelenmiş hücre alanı,
 $\oint \frac{ds}{t}$ Orta açıklıkta her kutu duvarının parçası için uzunluk/kalınlık oranının kutu çevresi integrali
 dır.

Not - Eşitlik (F.12), plan görünüş oranı (açıklık/genişlik) 6 değerini geçen çok kutulu köprülere uygulanırsa, doğru sonuçtan az miktarda sapma meydana gelebilir.



Şekil F.2 – Temel eğilme frekansının elde edilmesi için kullanılan K katsayısı

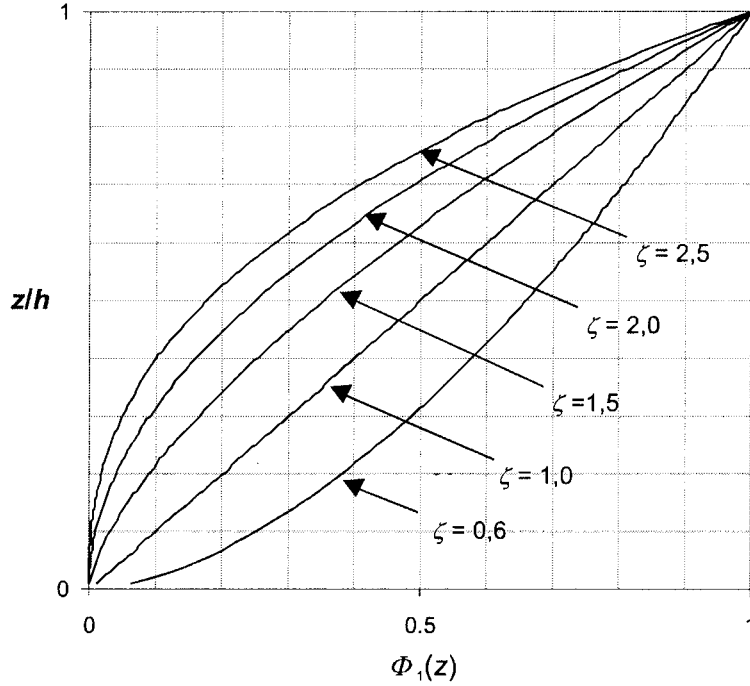
F.3 Temel mod şekli

(1) Zemine konsol şekilde sabitlenen binaların, kulelerin ve bacaların temel eğilme modu $\Phi_1(z)$, Eşitlik (F.13) kullanılarak hesaplanabilir (Şekil F.3).

$$\Phi_1(z) = \left(\frac{z}{h}\right)^\zeta \quad (\text{F.13})$$

Burada;

- $\zeta = 0,6$ Yükün, duvar ve kaplamalar ile paylaşılmadığı narin çerçeve yapılar için,
 - $\zeta = 1,0$ Merkezi çekirdeğe ilâve çevresel kolonlar veya büyük kolonlara ilâve kesme kuşakları için,
 - $\zeta = 1,5$ Narin konsol yapılar ve merkezi betonarme çekirdek ile desteklenmiş yapılar için,
 - $\zeta = 2,0$ Kuleler ve bacalar için,
 - $\zeta = 2,5$ Kafes çelik kuleler için
- dir.



Şekil F.3 - Zemine konsol şekilde sabitlenen binalar, kuleler ve bacalar için temel eğilme mod şekli

(2) Köprülerin temel eğilme düşey modu $\Phi_1(s)$, Çizelge F.1'den hesaplanabilir.

Çizelge F.1 - Basit mesnetli ve kelepçelerle sağlamlaştırılmış yapılar ve yapı elemanları için temel eğilme düşer mod şekli

Şekil	Mod şekli	$\Phi_1(s)$
		$\sin\left(\pi \cdot \frac{s}{l}\right)$
		$\frac{1}{2} \cdot \left[1 - \cos\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{s}{l}\right)\right]$

F.4 Eşdeğer Kütle

(1) Temel modun birim uzunluktaki eşdeğer kütlesi m_e , Eşitlik (F.14)'de verilmiştir.

$$m_e = \frac{\int_0^l m(s) \cdot \Phi_1^2(s) ds}{\int_0^l \Phi_1^2(s) ds} \quad (\text{F.14})$$

Burada;

- m Birim uzunluktaki kütle,
 - l Yapı veya yapı elemanının yüksekliği veya açıklığı,
 - $i=1$ Mod numarası
- dır.

(2) Değişken kütle dağılımına sahip konsol yapılar için, m_e , yapının üst tarafındaki 1/3'lik kısmının (h_3) ortalama değeri alınarak tahmini olarak bulunabilir (Şekil F.1).

(3) Birim uzunluk kütle dağılımı değişkenlik gösteren ℓ açıklığının her iki tarafından da mesnetli yapılar için m_e , $\Phi(s)$ değerinin en büyük olduğu, yapının merkezindeki $\ell/3$ 'lük kısmının, m ortalama değeri alınarak yaklaşık olarak bulunabilir (Çizelge F.1).

F.5 Sönümlenmenin logaritmik azalımı

(1) Temel eğilme modu için sönümlenmenin logaritmik azalımı δ , Eşitlik (F.15) ile hesaplanabilir.

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d \quad (F.15)$$

Burada;

δ_s Yapısal sönümlenmenin logaritmik azalımı,

δ_a Temel mod için aerodinamik sönümlenmenin logaritmik azalımı,

δ_d Özel aletler (ayarlı kütle azaltıcı (damper), kar ve yağmur sularının toplandığı tank, vb.) nedeniyle meydana gelen sönümlenmenin logaritmik azalımı

dır.

(2) Yapısal sönümlenmenin logaritmik azalımı δ_s için yaklaşık değerler, Çizelge F.2'de verilmiştir.

(3) Rüzgâr doğrultusundaki titreşimlerin temel eğilme modu için aerodinamik sönümlenmenin logaritmik azalımı δ_a , Eşitlik (E.16) ile hesaplanabilir.

$$\delta_a = \frac{c_f \cdot \rho \cdot v_m(Z_s)}{2 \cdot n_1 \cdot \mu_e} \quad (F.16)$$

Burada;

c_f Kısım 7'de ifade edilen rüzgâr yönündeki rüzgâr etkisi için kuvvet katsayısı,

μ_e Dikdörtgen alanlar için, yapının birim alanındaki Eşitlik (F.17) ile verilen eşdeğer kütle

dir.

$$\mu_e = \frac{\int_0^h \int_0^b \mu(y, z) \cdot \Phi_1^2(y, z) dy dz}{\int_0^h \int_0^b \Phi_1^2(y, z) dy dz} \quad (F.17)$$

Burada;

$\mu(y, z)$ Yapının birim alanındaki kütlesi,

$\Phi(y, z)$ Mod şekli

dir.

Mod şeklinin en büyük genişliğinin meydana geldiği noktadaki yapının birim alanının kütlesi, μ_e 'nin değerlendirilmesi açısından normal olarak iyi bir yaklaşımdır.

(4) Bir çok durumda modal sapmalar $\Phi(y, z)$, her z yüksekliği için sabittir ve rüzgâr doğrultusundaki titreşimleri için aerodinamik sönümlenmenin logaritmik azalımı δ_a , Eşitlik (E.16) yerine Eşitlik (E.18) kullanılarak hesaplanabilir.

$$\delta_a = \frac{c_f \cdot \rho \cdot b \cdot v_m(Z_s)}{2 \cdot n_1 \cdot m_e} \quad (F.18)$$

(5) Yapıya özel sönümleyici aletler eklenmişse, δ_a , uygun teorik ve deneysel teknikler kullanılarak hesaplanmalıdır.

Çizelge F.2 - Temel moddaki yapısal sönümlenimin logaritmik azalımı δ_s için yaklaşık değerler

Yapı tipi	Yapısal sönümlenme δ_s	
Betonarme yapılar	0,10	
Çelik yapılar	0,05	
Kompozit yapılar (beton+çelik)	0,08	
Betonarme kule ve bacalar	0,03	
Bir hat üzerinde kaynaklanmamış dış ısı izolasyonsuz çelik bacalar	0,012	
Bir hat üzerinde kaynaklanmamış dış ısı izolasyonlu çelik baca	0,020	
Bir kat astara sahip dış ısı izolasyonlu çelik baca ^a	h/b<18	0,020
	20≤h/b<24	0,040
	h/b≥26	0,014
İki veya daha fazla kat astara sahip dış ısı izolasyonlu çelik baca ^a	h/b<18	0,020
	20≤h/b<24	0,040
	h/b≥26	0,025
İç tarafı tuğla astarlı çelik baca	0,070	
İç tarafı püskürtme harçlı baca	0,030	
Birbirine bağlı astarsız bacalar	0,015	
Halatlarla tutturulmuş astarsız çelik bacalar	0,04	
Çelik köprüler + kafes çelik kuleler	kaynaklı	0,02
	yüksek dayanımlı bulonlu	0,03
	normal dayanımlı bulonlu	0,05
Kompozit köprüler	0,04	
Beton köprüler	çatlaksız ön gerilmeli	0,04
	çatlaklı	0,10
Ahşap köprüler	0,06-0,12	
Köprüler, alüminyum alaşımdan imal edilmiş	0,02	
Köprüler, cam elyaf veya benzer diğer elyaf takviyeli plastikten imal edilmiş	0,04-0,08	
Kablolar	paralel kablolar	0,006
	spiral kablolar	0,020
<p>Not 1 - Ahşap ve plastik kompozitler için kullanılacak değerler sadece yol göstericidir. Tasarımda, aerodinamik tesirlerin önemli olduğu durumlarda, hassas değerler uzman görüşüne ihtiyaç duyar (uygun yetkili uzman kuruluşun görüşü alınmışsa).</p> <p>Not 2 - Kablolarla desteklenmiş köprüler için, Çizelge F.2'de verilmiş değerlerin 0,75 katsayısıyla çarpılması gereklidir.</p>		
^a h/b'nin ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılabilir.		

Kaynaklar

ISO 2394	General principles on reliability for structures
ISO 3898	General principles on reliability for structures
ISO 8930	General principles on reliability for structures – List of equivalent terms