

Eurocode 1: Last på bærende konstruktioner – Del 1-4: Generelle laster – Vindlast

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

COPYRIGHT Danish Standards. NOT FOR COMMERCIAL USE OR REPRODUCTION. DS/EN 1991-1-4:2007

DANSK STANDARD
Danish Standards

Kollegievej 6
DK-2920 Charlottenlund
Tel: +45 39 96 61 01
Fax: +45 39 96 61 02
dansk.standard@ds.dk
www.ds.dk

DS/EN 1991-1-4

København

DS projekt: M222442

ICS: 91.070.10; 91.080.01

Første del af denne publikations betegnelse er:

DS/EN, hvilket betyder, at det er en europæisk standard, der har status som dansk standard.

Denne publikations overensstemmelse er:

IDT med: EN 1991-1-4:2005.

DS-publikationen er på dansk og engelsk.

Denne publikation erstatter: DS 410:1998, DS 410/Till. 1:2006 og DS/EN 1991-1-4:2005 som kun forelå i engelsksproget version. Der er ikke foretaget ændringer i denne nye udgave, ud over at den danske oversættelse er indføjet.

DS-publikationstyper

Dansk Standard udgiver forskellige publikationstyper.

Typen på denne publikation fremgår af forsiden.

Der kan være tale om:

Dansk standard

- standard, der er udarbejdet på nationalt niveau, eller som er baseret på et andet lands nationale standard, eller
- standard, der er udarbejdet på internationalt og/eller europæisk niveau, og som har fået status som dansk standard

DS-information

- publikation, der er udarbejdet på nationalt niveau, og som ikke har opnået status som standard, eller
- publikation, der er udarbejdet på internationalt og/eller europæisk niveau, og som ikke har fået status som standard, fx en teknisk rapport, eller
- europæisk præstandard

DS-håndbog

- samling af standarder, eventuelt suppleret med informativt materiale

DS-hæfte

- publikation med informativt materiale

Til disse publikationstyper kan endvidere udgives

- tillæg og rettelsesblade

DS-publikationsform

Publikationstyperne udgives i forskellig form som henholdsvis

- fuldtekstpublikation (publikationen er trykt i sin helhed)
- godkendelsesblad (publikationen leveres i kopi med et trykt DS-omslag)
- elektronisk (publikationen leveres på et elektronisk medie)

DS-betegnelse

Alle DS-publikationers betegnelse begynder med DS efterfulgt af et eller flere præfikser og et nr., fx **DS 383**, **DS/EN 5414** osv. Hvis der efter nr. er angivet et **A** eller **Cor**, betyder det, enten at det er et **tillæg** eller et **rettelsesblad** til hovedstandard, eller at det er indført i hovedstandard.

DS-betegnelse angives på forsiden.

Overensstemmelse med anden publikation:

Overensstemmelse kan enten være IDT, EQV, NEQ eller MOD

- **IDT:** Når publikationen er identisk med en given publikation.
- **EQV:** Når publikationen teknisk er i overensstemmelse med en given publikation, men præsentationen er ændret.
- **NEQ:** Når publikationen teknisk eller præsentationsmæssigt ikke er i overensstemmelse med en given standard, men udarbejdet på baggrund af denne.
- **MOD:** Når publikationen er modificeret i forhold til en given publikation.

Kære bruger

Du kan holde dig ajour med den løbende udvikling på eurocode-området via hjemmesiden www.eurocodes.dk, hvor Dansk Standard bl.a. vil oplyse om ændringer til eurocodes, såsom: Tillæg (amendments), rettelsesblade (corrigenda), nationale annekser (NA), vejledninger etc.

På hjemmesiden vil du også kunne finde information om de DS-standardiseringsudvalg, der står bag arbejdet med eurocodes på de enkelte områder.

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1991-1-4

April 2005

ICS 91.010.30

Supersedes ENV 1991-2-4:1995

English version

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

Eurocode 1: - Actions sur les structures - Partie 1-4:
Actions générales - Actions du vent

Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4:
Allgemeine Einwirkungen - Windlasten

This European Standard was approved by CEN on 4 June 2004.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

EN 1991-1-4:2005 (E)

Contents	Page
Section 1 General	9
1.1 Scope	9
1.2 Normative references	10
1.3 Assumptions	10
1.4 Distinction between Principles and Application Rules	10
1.5 Design assisted by testing and measurements	10
1.6 Definitions	10
1.7 Symbols	11
Section 2 Design situations	16
Section 3 Modelling of wind actions	17
3.1 Nature	17
3.2 Representations of wind actions	17
3.3 Classification of wind actions	17
3.4 Characteristic values	17
3.5 Models	17
Section 4 Wind velocity and velocity pressure	18
4.1 Basis for calculation	18
4.2 Basic values	18
4.3 Mean wind	19
4.3.1 Variation with height	19
4.3.2 Terrain roughness	19
4.3.3 Terrain orography	21
4.3.4 Large and considerably higher neighbouring structures	21
4.3.5 Closely spaced buildings and obstacles	22
4.4 Wind turbulence	22
4.5 Peak velocity pressure	22
Section 5 Wind actions	24
5.1 General	24
5.2 Wind pressure on surfaces	24
5.3 Wind forces	25
Section 6 Structural factor $c_s c_d$	28
6.1 General	28
6.2 Determination of $c_s c_d$	28
6.3 Detailed procedure	28
6.3.1 Structural factor $c_s c_d$	28
6.3.2 Serviceability assessments	30
6.3.3 Wake buffeting	30
Section 7 Pressure and force coefficients	31
7.1 General	31
7.1.1 Choice of aerodynamic coefficient	31
7.1.2 Asymmetric and counteracting pressures and forces	32
7.1.3 Effects of ice and snow	32
7.2 Pressure coefficients for buildings	33
7.2.1 General	33
7.2.2 Vertical walls of rectangular plan buildings	34
7.2.3 Flat roofs	37
7.2.4 Monopitch roofs	40
7.2.5 Duopitch roofs	43
7.2.6 Hipped roofs	47
7.2.7 Multispan roofs	48
7.2.8 Vaulted roofs and domes	50

Indholdsfortegnelse

	Side
1 Generelt	9
1.1 Emne	9
1.2 Normative referencer.....	10
1.3 Forudsætninger	10
1.4 Forskellen mellem principper og anvendelsesregler	10
1.5 Projektering ved hjælp af prøvning og måling.....	10
1.6 Definitioner	10
1.7 Symboler	11
2 Dimensioneringstilfælde	16
3 Modellering af vindlast	17
3.1 Natur.....	17
3.2 Repræsentation af vindlast	17
3.3 Klassifikation af vindlast	17
3.4 Karakteristiske værdier	17
3.5 Modeller.....	17
4 Vindhastighed og hastighedstryk	18
4.1 Beregningsgrundlag	18
4.2 Basisværdier	18
4.3 Middelvind.....	19
4.3.1 Højdevariation	19
4.3.2 Terrænets ruhed	19
4.3.3 Terrænets orografi	21
4.3.4 Store og væsentligt højere nærliggende konstruktioner	21
4.3.5 Tætstående konstruktioner og forhindringer	22
4.4 Vindens turbulens	22
4.5 Peakhastighedstryk	22
5 Vindlast	24
5.1 Generelt	24
5.2 Vindtryk på overflader.....	24
5.3 Vindkraft.....	25
6 Konstruktionsfaktor $c_s c_d$	28
6.1 Generelt	28
6.2 Bestemmelse af $c_s c_d$	28
6.3 Detaljeret procedure	28
6.3.1 Konstruktionsfaktor $c_s c_d$	28
6.3.2 Bedømmelse af anvendelighed	30
6.3.3 Wake buffeting.....	30
7 Formfaktorer for vindtryk og vindkraft	31
7.1 Generelt	31
7.1.1 Valg af aerodynamisk formfaktor.....	31
7.1.2 Asymmetriske og modsat virkende tryk og kræfter	32
7.1.3 Virkninger af is og sne	32
7.2 Formfaktorer for vindtryk på bygninger	33
7.2.1 Generelt	33
7.2.2 Lodrette vægge i bygninger med rektangulær grundplan.....	34
7.2.3 Flade tage	37
7.2.4 Pulltage.....	40
7.2.5 Sadel- og trugtage.....	43
7.2.6 Valmtage	47
7.2.7 Sammenbyggede tage (shedtage)	48
7.2.8 Buede tage og kupler.....	50

EN 1991-1-4:2005 (E)

7.2.9	Internal pressure	51
7.2.10	Pressure on walls or roofs with more than one skin	53
7.3	Canopy roofs	54
7.4	Free-standing walls, parapets, fences and signboards	61
7.4.1	Free-standing walls and parapets	61
7.4.2	Shelter factors for walls and fences	63
7.4.3	Signboards	63
7.5	Friction coefficients	64
7.6	Structural elements with rectangular sections	65
7.7	Structural elements with sharp edged section	67
7.8	Structural elements with regular polygonal section	67
7.9	Circular cylinders	69
7.9.1	External pressure coefficients	69
7.9.2	Force coefficients	71
7.9.3	Force coefficients for vertical cylinders in a row arrangement	74
7.10	Spheres	74
7.11	Lattice structures and scaffoldings	76
7.12	Flags	78
7.13	Effective slenderness λ and end-effect factor ψ_λ	80
Section 8	Wind actions on bridges	82
8.1	General	82
8.2	Choice of the response calculation procedure	85
8.3	Force coefficients	85
8.3.1	Force coefficients in x-direction (general method)	85
8.3.2	Force in x-direction – Simplified Method	88
8.3.3	Wind forces on bridge decks in z-direction	89
8.3.4	Wind forces on bridge decks in y-direction	90
8.4	Bridge piers	91
8.4.1	Wind directions and design situations	91
8.4.2	Wind effects on piers	91
Annex A (informative)	Terrain effects	92
A.1	Illustrations of the upper roughness of each terrain category	92
A.2	Transition between roughness categories 0, I, II, III and IV	93
A.3	Numerical calculation of orography coefficients	95
A.4	Neighbouring structures	100
A.5	Displacement height	101
Annex B (informative)	Procedure 1 for determining the structural factor $c_s c_d$	102
B.1	Wind turbulence	102
B.2	Structural factor	103
B.3	Number of loads for dynamic response	105
B.4	Service displacement and accelerations for serviceability assessments of a vertical structure	105
Annex C (informative)	Procedure 2 for determining the structural factor $c_s c_d$	108
C.1	Wind turbulence	108
C.2	Structural factor	108
C.3	Number of loads for dynamic response	109
C.4	Service displacement and accelerations for serviceability assessments	109
Annex D (informative)	$c_s c_d$ values for different types of structures	111
Annex E (informative)	Vortex shedding and aeroelastic instabilities	114
E.1	Vortex shedding	114
E.1.1	General	114
E.1.2	Criteria for vortex shedding	114
E.1.3	Basic parameters for vortex shedding	115
E.1.4	Vortex shedding action	118
E.1.5	Calculation of the cross wind amplitude	118
E.1.6	Measures against vortex induced vibrations	128
E.2	Galloping	129
E.2.1	General	129

7.2.9	Indvendigt vindtryk	51
7.2.10	Vindtryk på vægge eller tage med mere end ét lag	53
7.3	Frie tage	54
7.4	Fritstående mure, brystninger, hegn og skilte	61
7.4.1	Fritstående mure og brystninger	61
7.4.2	Lævirkningsfaktorer for mure og hegn	63
7.4.3	Skilte	63
7.5	Formfaktorer for friktion	64
7.6	Konstruktionselementer med rektangulært tværsnit	65
7.7	Konstruktionselementer med kantet tværsnit	67
7.8	Konstruktionselementer med tværsnit som en regulær mangekant	67
7.9	Cirkulære cylindre	69
7.9.1	Formfaktorer for udvendigt vindtryk	69
7.9.2	Formfaktorer for vindkraft	71
7.9.3	Formfaktorer for vindkraft på lodrette cylindre opstillet på række	74
7.10	Kugler	74
7.11	Gitterkonstruktioner og stilladser	76
7.12	Flag	78
7.13	Effektiv slankhed λ og endomstrømningsfaktor ψ_λ	80
8	Vindlast på broer	82
8.1	Generelt	82
8.2	Valg af metode til beregning af respons	85
8.3	Formfaktorer for vindkraft	85
8.3.1	Formfaktorer for vindkraft i x-retningen (almindelig metode)	85
8.3.2	Kraft i x-retningen – Forenklet metode	88
8.3.3	Vindkraft på brodæk i z-retningen	89
8.3.4	Vindkraft på brodæk i y-retningen	90
8.4	Bropiller	91
8.4.1	Vindretninger og dimensioneringstilfælde	91
8.4.2	Vindens virkninger på bropper	91
Anneks A	(informativt) Terrænvirkninger	92
A.1	Illustration af de største ruheder for hver terrænkategori	92
A.2	Skift mellem ruhedskategori 0, I, II, III og IV	93
A.3	Numerisk beregning af orografifaktorer	95
A.4	Nærliggende konstruktioner	100
A.5	Løfthøjde	101
Anneks B	(informativt) Metode 1 til bestemmelse af konstruktionsfaktoren $c_s c_d$	102
B.1	Vindens turbulens	102
B.2	Konstruktionsfaktor	103
B.3	Antal laster for dynamisk respons	105
B.4	Flytning og acceleration for vurdering af en lodret konstruktions anvendelighed	105
Anneks C	(informativt) Metode 2 til bestemmelse af konstruktionsfaktoren $c_s c_d$	108
C.1	Vindens turbulens	108
C.2	Konstruktionsfaktor	108
C.3	Antal laster for dynamisk respons	109
C.4	Flytning og acceleration for vurdering af anvendelighed	109
Anneks D	(informativt) $c_s c_d$-værdier for forskellige typer konstruktioner	111
Anneks E	(informativt) Hvirvelafløsning og aeroelastisk instabilitet	114
E.1	Hvirvelafløsning	114
E.1.1	Generelt	114
E.1.2	Kriterier for hvirvelafløsning	114
E.1.3	Grundparametre for hvirvelafløsning	115
E.1.4	Hvirvelafløsningens lastvirkning	118
E.1.5	Beregning af amplitude på tværs af vindretningen	118
E.1.6	Forholdsregler mod svingninger fremkaldt af hvirvelafløsning	128
E.2	Galloping	129
E.2.1	Generelt	129

EN 1991-1-4:2005 (E)

E.2.2	Onset wind velocity	129
E.2.3	Classical galloping of coupled cylinders	131
E.3	Interference galloping of two or more free standing cylinders	133
E.4	Divergence and Flutter	134
E.4.1	General	134
E.4.2	Criteria for plate-like structures	134
E.4.3	Divergency velocity	134
Annex F	(informative) Dynamic characteristics of structures	136
F.1	General	136
F.2	Fundamental frequency	136
F.3	Fundamental mode shape	141
F.4	Equivalent mass	143
F.5	Logarithmic decrement of damping	143
Bibliography		146