

Anneks A: Vindlast på teltkonstruktioner

A.1 Baggrund

Efter udgivelsen af ”Vejledning om certificeringsordning og byggesagsbehandling af transportable telte og konstruktioner, august 2014” har drøftelser med de involverede parter vist, at der er behov for en præcisering af vejledningen i forhold til de omfattede konstruktioners sikkerhed. Herudover har der vist sig et behov for at kunne bestemme mere præcise vindlaste, der medtager virkningen af konstruktionernes eftergivelighed ved fastsættelsen af de karakteristiske værdier, et forhold som ikke er konsistent behandlet i de nuværende normregler i Eurocoden.

Dimensioneringen baseres på Eurocode systemet, herunder sikkerhedsbestemmelserne i EN 1990 og vindnormen EN 1991-1-4 begge med tilhørende Nationalt Annex. De følgende afsnit omhandler bestemmelse af den globale vindlast på telte med tilhørende sikkerheds- og lastfaktorer samt forslag til dokumentationsformat.

A.2 Vindlast

Den regningsmæssige globale vindlast F_w på konstruktionen bestemmes af udtrykket, se Eurocoden:

$$F_{w,d} = \gamma_F \cdot q_p \cdot c_f \cdot c_s c_d \cdot A_{ref}$$

hvor γ_F er lastpartialkoefficienten, q_p er peak hastighedstrykket, c_f er formfaktoren, $c_s c_d$ er konstruktionsfaktoren, og A_{ref} er konstruktionens referenceareal.

Peak hastighedstrykket sættes til

$$q_p = q_{p,0} \cdot c_{season}^2$$

hvor $q_{p,0}$ er peak hastighedstrykket regnet uden årstids variation og c_{season}^2 er årstidsfaktoren.

Formfaktoren c_f sættes til

$$c_f = c_{pe,10} - c_{pi}$$

hvor $c_{pe,10}$ er formfaktoren for det udvendige tryk for lastområder på 10 m² og c_{pi} er formfaktoren for det indvendige tryk.

A.3 Lastklasser

Konstruktionen kan beregnes efter lastklasser. I Tabel A. 3.1 ses valget af peak evakueringshastighed, årstidsfaktor og partialkoefficient for de 5 lastklasser.

Anden sidste række i tabellen beskriver hvad beregningen af peak hastighedstrykket baseres på.

Lastklasse 1. dækker normal sikkerhed og last og lastklasse 2 dækker normal sikkerhed for en konstruktion opført i perioden maj til september.

Peak hastighedstrykket afhænger desuden af det omkringliggende terræns ruhed. I Eurocoden inddeles terrænet i 4 terrænkategorier I-IV, se afsnit A.4.

Tabel A. 3.1. Lastklasser med tilhørende faktorer.

	Ingen evakuering		Evakuering er nødvendig		
	1. Hel års	2. Maj-sept.	3. Orkan	4. Stærk storm	5. Storm
Peak evak. hastighed, $v_{p,evak}$ [m/s]*	-	-	32.7	28.5	24.5
Årstidsfaktor, c_{season}^2 [-]	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0
Partialkoefficient, γ_F [-]	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
Peak hastighedstryk q_p baseres på	50 års vind	50 års vind	$v_{p,evak}$	$v_{p,evak}$	$v_{p,evak}$
Hyppeghed for evakuering	-	-	Ca. 1 gang per 10 år	Ca. 1 gang per år	Flere gange per år

* er baseret på landbrugsland svarende til terrænkategori II i Eurocoden og 10 m højde.

Hvis lastklasse 3-5 anvendes vil overvågning af vindforhold via vejrudsigt og/eller vindmåler være nødvendig. Overvågningen kombineres med en evakueringsplan. Hvis vejrudsigten forudsiger en overskridelse af den tilladte vindstyrke, skal der foretages evakuering af teltet samt konstruktive tiltag for at sikre, at teltet ikke er til fare for dets omgivelser.

Eksempler på konstruktive tiltag

- Reduceret vindlast: åbning af teltets sider
- Øget styrke: tilføjelse af ekstra barduner samt forbedre forankring

Det skal i henhold til ovenstående punkter specificeres, hvem der har ansvaret for overvågning, evakuering og konstruktive tiltag. Tiltagene skal beskrives i detaljer i dokumentationen for konstruktionen og for brugeren.

A.4 Terrænkategori – uddrag fra Eurocode 1

Størrelsen af peak hastighedstrykket q_p afhænger af det omkringliggende terræns ruhed, se Eurocoden. Terrænrugheden inddrages ved at inddеле området, hvor konstruktionen opføres i terrænkategori I-IV. Nedenfor beskrives de 4 forskellige kategorier.

Beskrivelse

Illustration

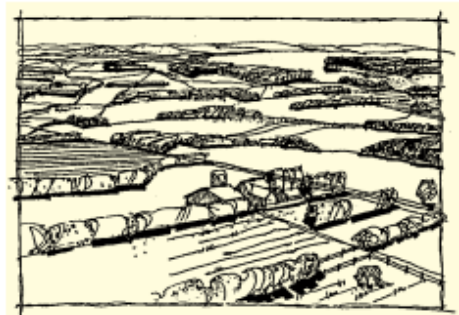
Terrænkategori I

Søer eller områder uden væsentlig vegetation og uden forhindringer.



Terrænkategori II

Område med lav vegetation som fx græs og enkelte forhindringer (træer, bygninger) med en afstand på mindst 20 gange forhindringens højde.



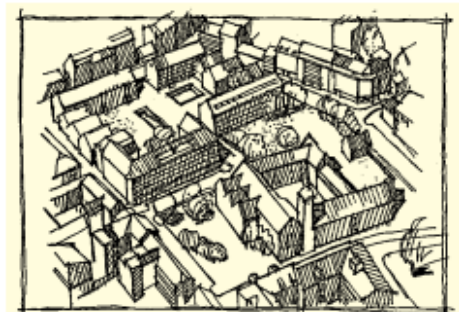
Terrænkategori III

Område med regelmæssig vegetation eller bebyggelse eller med spredte forhindringer med en afstand på højst 20 gange forhindringens højde (som fx landsbyer, forstadsområder, permanent skov).



Terrænkategori IV

Område, hvor mindst 15 % af overfladen er bebygget med bygninger, hvis gennemsnitshøjde er over 15 m.



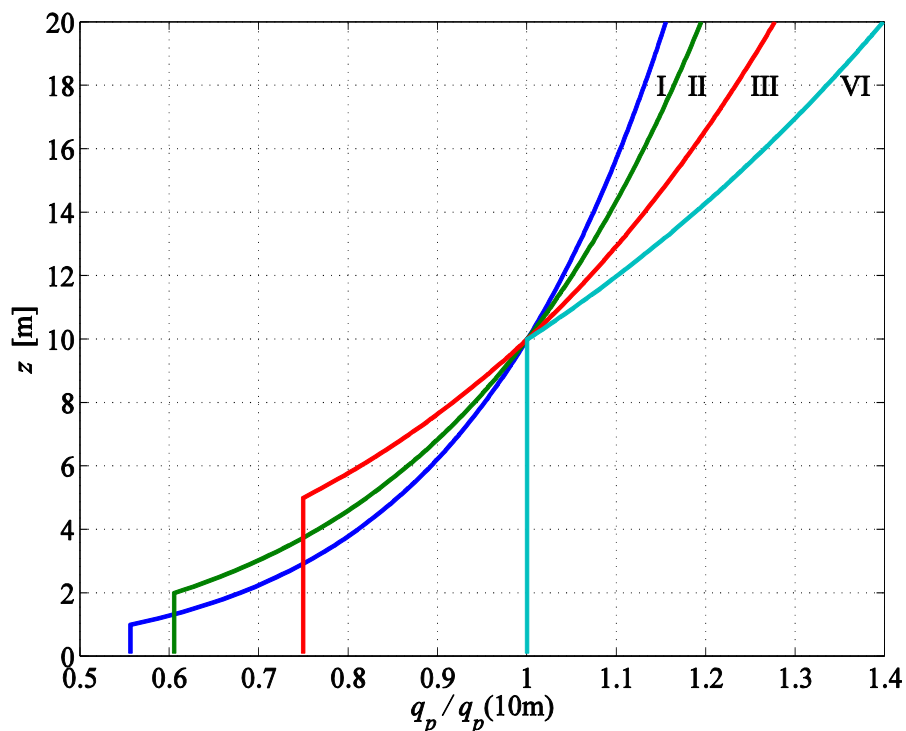
A.5 Peak hastighedstryk

Peak hastighedstrykket afhænger af terrænkategorien og referencehøjden, se Eurocode 1 Peak hastighedstrykket kan inddeles efter lastklassen, se Tabel A. 5.1 for referencehøjden $z = 10$ m.

Tabel A. 5.1. Peak hastighedstryk q_p [kN/m²] i højden 10 m.

Terræn-kategori	Ingen evakuering		Evakuering er nødvendig		
	1. Hel års	2. Maj-sept.	3. Orkan	4. Stærk storm	5. Storm
I	1.00	0.80	0.79	0.60	0.44
II	0.85	0.68	0.67	0.51	0.38
III	0.62	0.49	0.49	0.37	0.27
IV	0.42	0.34	0.33	0.25	0.19

For andre referencehøjder end $z = 10$ m ganges peak hastighedstrykket med faktoren aflæst på Figur A. 5.1 for den specifikke terrænkategori i Eurocode 1 Referencehøjden vælges typisk som teltets højeste punkt.



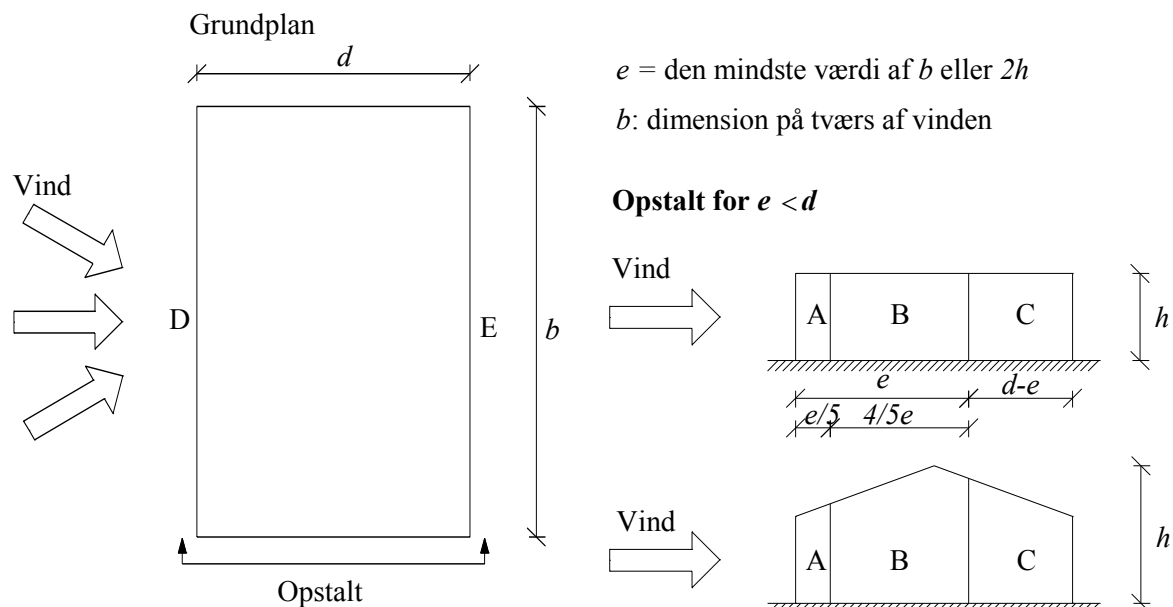
Figur A. 5.1. Korrektionsfaktor afhængig af referencehøjden z og terrænkategori.

A.6 Formfaktorer – uddrag fra Eurocode 1

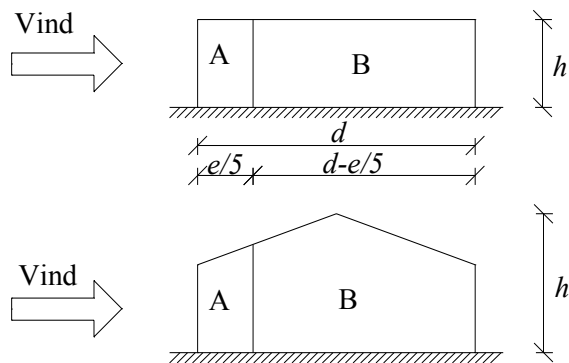
Formfaktorerne angivet i nærværende afsnit er baseret på Eurocode 1

Vind på facader

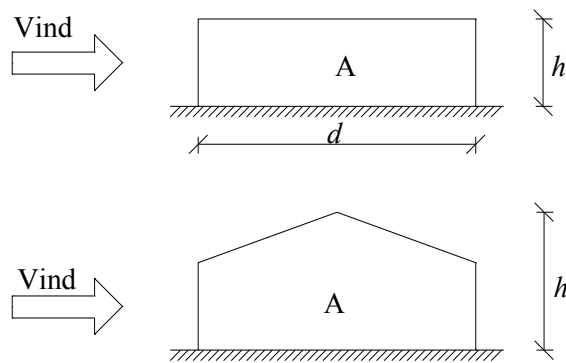
Formfaktoren er baseret på konstruktioner med rektangulær grundplan.



Opstalt for $e \geq d$



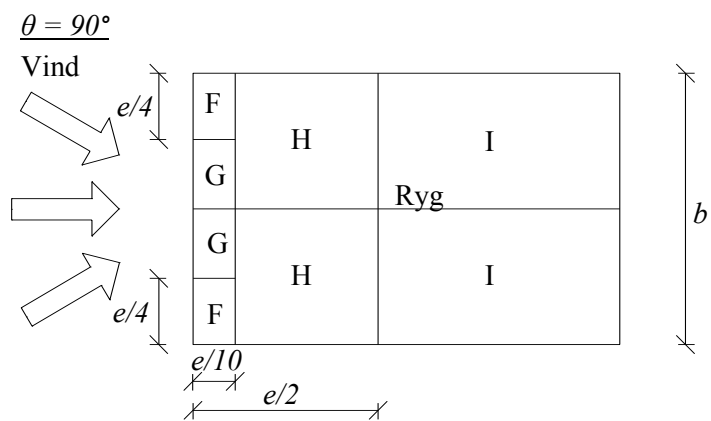
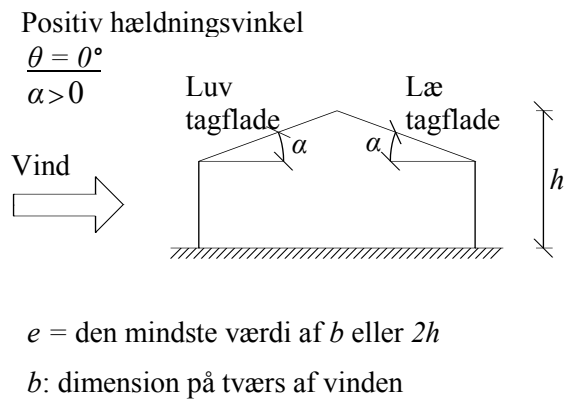
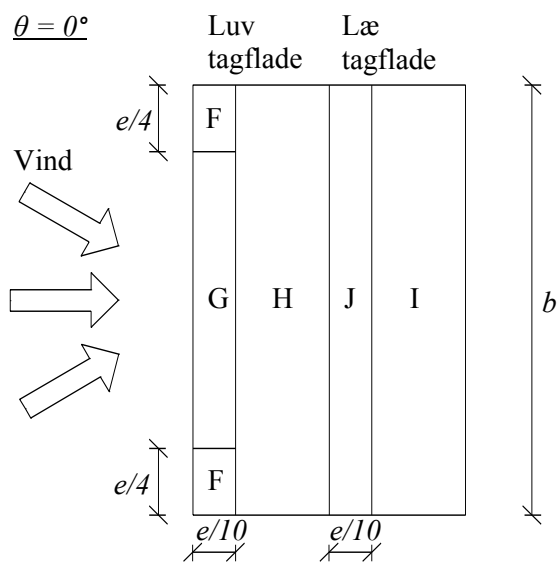
Opstalt for $e \geq 5d$



Tabel A. 6.1. Anbefalede værdier af formfaktorer $c_{pe,10}$ [-] for udvendige vindtryk på lodrette facader i konstruktioner med rektangulær grundplan.

h/d	Zone				
	A	B	C	D	E
5	-1.2	-0.8	-0.5	+0.8	-0.7
1	-1.2	-0.8	-0.5	+0.8	-0.5
≤ 0.25	-1.2	-0.8	-0.5	+0.7	-0.3

Vind på sadeltage



Tabel A. 6.2. Formfaktorer $c_{pe,10}$ [-], for udvendige vindtryk på sadeltage.

Hældningsvinkel α	Zone for $\theta = 0^\circ$					Zone for $\theta = 90^\circ$			
	F	G	H	I	J	F	G	H	I
5°	-1.7	-1.2	-0.6	-0.6	+0.2	-1.6	-1.3	-0.7	-0.6
	+0.0	+0.0	+0.0	-0.6	-0.6				
15°	-0.9	-0.8	-0.3	-0.4	-1.0	-1.3	-1.3	-0.6	-0.5
	+0.2	+0.2	+0.2	+0.0	+0.0				
30°	-0.5	-0.5	-0.2	-0.4	-0.5	-1.1	-1.4	-0.8	-0.5
	+0.7	+0.7	+0.4	+0.0	+0.0				
45°	+0.0	+0.0	+0.0	-0.2	-0.3	-1.1	-1.4	-0.9	-0.5
	+0.7	+0.7	+0.6	+0.0	+0.0				
60°	+0.7	+0.7	+0.7	-0.2	-0.3	-1.1	-1.2	-0.8	-0.5
75°	+0.8	+0.8	+0.8	-0.2	-0.3	-1.1	-1.2	-0.8	-0.5

For mellemliggende hældningsvinkler med samme fortegn kan der interpoleres lineært mellem værdier med samme fortegn.

For $\theta = 0^\circ$ skifter trykket hurtigt mellem positive og negative værdier i vindsiden ved en hældningsvinkel på $\alpha = +5^\circ$ til $+45^\circ$, og derfor er både positive og negative værdier anført. For disse tage bør fire situationer betragtes, hvor den største eller mindste værdi for alle arealerne F, G og H kombineres med den største eller mindste værdi i både areal I og J. Positive og negative værdier blandes ikke på samme tagflade.

Den indvendige vindlast c_{pi} regnes til den mindst gunstige af +0.2 og -0.3, når der ikke er dominerende åbninger i konstruktionen.

A.7 Konstruktionsfaktor

Konstruktionsfaktoren beskriver både den lastreducerende virkning af manglende samtidighed af de største vindtryk på konstruktionens flader samt de forstærkninger, der opstår på grund af konstruktionens svingninger. For nærværende konstruktioner er svingninger ikke afgørende, og her beskriver konstruktionsfaktoren således primært virkningen af manglende samtidighed af de største vindtryk på konstruktionens flader og virkningen af konstruktionens eftergivelse.

Når vindlasten i vindsiden kombineres med vindlasten i læsiden, tager konstruktionsfaktoren også hensyn til den manglende samtidighed mellem tryk i vindsiden og sug i læsiden. Den manglende samtidighed mellem tryk i vindsiden og sug i læsiden bidrager væsentligt til lastreduktionen indregnet i konstruktionsfaktoren. Konstruktionernes eftergivelse vil medføre reducerede virkninger af vinden.

For dimensionering af rammekonstruktionen og konstruktionens løft undervurderes konstruktionsfaktoren ikke ved at anvende $c_s c_d = 0.80$.

A.8 Forslag til dokumentationsformat

Konklusionen på beregningen af teltet kan baseres på eftervisning af bæreevnen

$$R_d \geq E_d$$

hvor R_d er den regningsmæssige bæreevne og E_d er lastvirkningen, der inkluderer vindlasten.

I Tabel A. 8.1 kan overholdelsen af teltets bæreevne ses i forhold til lastklasserne. Farverne beskriver, hvornår teltets regningsmæssige bæreevne R_d er henholdsvis større eller mindre end den regningsmæssige lastvirkning E_d .

Tabel A. 8.1. Konklusion ved certificering af teltkonstruktion.

Terræn-kategori	Ingen evakuering		Evakuering er nødvendig		
	1. Hel års	2. Maj-sept.	3. Orkan	4. Stærk storm	5. Storm
I	$R_d < E_d$	$R_d < E_d$	$R_d < E_d$	$R_d < E_d$	$R_d > E_d$
II	$R_d < E_d$	$R_d < E_d$	$R_d < E_d$	$R_d > E_d$	$R_d > E_d$
III	$R_d < E_d$	$R_d < E_d$	$R_d > E_d$	$R_d > E_d$	$R_d > E_d$
IV	$R_d < E_d$	$R_d > E_d$	$R_d > E_d$	$R_d > E_d$	$R_d > E_d$

I lastvirkningen kan specielle beregningstilfælde såsom oprullede teltsider og retningsfaktor for vinden medtages, men dette vil ikke være typisk.

Som tillæg til Tabel A. 8.1, hvor teltkonstruktionen godkendes, angives minimumsværdier for lastkapaciteten af samtlige teltfastgørelser til terræn. Lastkapaciteten kan fx angives som vægt af ballast eller antal, størrelse og vinkel af jordankre. Et eksempel på formidling af minimumsværdier for fastgørelsernes lastkapacitet kan ses i Tabel A. 8.2. Fastgørelserne $f_1 - f_N$ kan angive barduner og rammeben. f_1 kan fx angive alle fastgørelser ved rammeben i hjørnerne af teltkonstruktionen. Tabellen kan suppleres med figurer der angiver fastgørelsernes placering og type.

Tabel A. 8.2. Minimum lastkapacitet for fastgørelser efter lastklasserne i Tabel A. 8.1 for $R_d > E_d$.

Lastklasse	Terræn-kategori	f_1	f_2	f_3	f_N
1.	I	-	-	-	-
	II	-	-	-	-
	III	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-
2.	I	-	-	-	-
	II	-	-	-	-
	III	-	-	-	-
	IV	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
3.	I	-	-	-	-
	II	-	-	-	-
	III	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
	IV	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
4.	I	-	-	-	-
	II	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
	III	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
	IV	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
5.	I	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
	II	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
	III	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
	IV	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg

Udover dokumentationen i form af statiske beregninger kan den indeholde teltopstillingsvejledning og andet.