



Anneks A

Vindlast på teltkonstruktioner

A.1 Baggrund

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

Efter evalueringsmødet om certificeringsordningen for transportable konstruktioner den 29. oktober 2015, har drøftelser med de involverede parter vist, at der er behov for en præcisering af vejledningens krav til de omfattede konstruktioners sikkerhed.

Nærværende revision af annekset giver mulighed for at anvende lavere lastklasser end dem anført i den tidligere udgave af annekset. Derudover er der tilføjet et afsnit om indvendig vindlast på telte opsat i bygninger uden dominerende åbninger.

A.2 Vindlast

Den regningsmæssige globale vindlast $F_{w,d}$ 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.

Den tilhørende peak vindhastighed v_p bestemmes af udtrykket

$$q_p = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_p^2$$

hvor luftens densitet ρ regnes til 1.25 kg/m³.

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 certificeres efter lastklasser. I Tabel A. 3.1 ses valget af peak vindhastighed for evakuering, årstidsfaktor og partialkoefficient for et antal lastklasser.

Lastklasse 1 dækker normal sikkerhed, og last og lastklasse 2 dækker normal sikkerhed for en konstruktion kun opført i perioden maj til september. Anden sidste række i tabellen beskriver, hvad beregningen af peak hastighedstrykket baseres på.

Tabel A. 3.1. Lastklasser med tilhørende faktorer. Lastklasse 1 og 2 følger kravende for permanente konstruktioner. Øvrige lastklasser vælges ud fra Beuforts skala for vindstyrker, se Tabel A. 3.2. I eksemplet er valgt vindstyrker for Orkan, Stærk storm og Storm.

	Ingen evakuering		Evakuering er nødvendig		
	1 Hel års	2 Maj-sept.	3 Orkan	4 Stærk storm	5 Storm
Peak vindhastighed for evakuering, $v_{p,evak}$ [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	$v_{p,evak}$	$v_{p,evak}$	$v_{p,evak}$
Hyppighed 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.

Udover lastklasse 1 og 2, der følger kravende for permanente konstruktioner, er der mulighed for at dimensionere konstruktionen efter nogle lempede lastklasser. Dette kan ske under betingelse af at disse bliver ledsaget med overvågning af vindforhold via vejrudsigt og/eller vindmåler. 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 Tabel A. 3.1 gives et eksempel på tre lempede lastklasser. Disse lastklasser er valgt ud fra Beauforts skala for vindstyrker over land som givet i Tabel A. 3.2.

Tabel A. 3.2 Beauforts skala for de højere vindstyrker over land med angivelse af tilsvarende vindhastighedsintervaller. Sidste kolonne i oversigten giver en karakteristik af vindens virkning [1].

Vindstyrke efter Beufort	Betegnelse	Vindhastighed i højden 10 m. $v_{p,evak}$ [m/s]	Virkning
12	Orkan	32.7 -	Meget omfattende skader på træer og bygninger
11	Stærk storm	28.5 – 32.6	Mange konstruktionsskader.
10	Storm	24.5 – 28.4	Træer rives op med rode. Konstruktionsskader almindelige.
9	Stormende kuling	20.8 – 24.4	Fodgængere risikerer at blive blæst omkuld i vindstødende. Konstruktionsskader begynder at opstå.
8	Hård kuling	17.2 – 20.7	Vanskeligt at holde balancen i vindstødende. Kviste brækkes af.
7	Stiv kuling	13.9 – 17.1	Utryghed ved at gå. Store træer sættes i bevægelse.
6	Hård vind	10.8 – 13.8	Svært at slå paraply op. Store grene bliver sat i bevægelse.



A.4 Terrænkategori – uddrag fra Eurocode

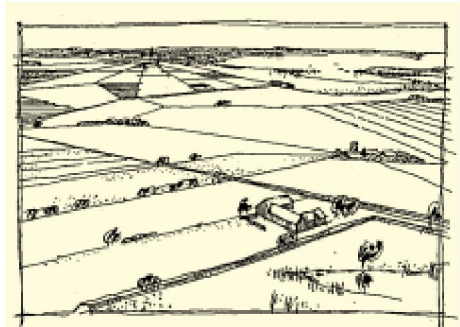
Størrelsen af peak hastighedstrykket q_p afhænger af det omkringliggende terræns ruhed, se Eurocoden. Terrænrugheden inddrages ved at kategorisere området, hvor konstruktionen opføres, i terrænkategori I-IV. Nedenfor beskrives de 4 forskellige kategorier.

Beskrivelse

Terrænkategori I

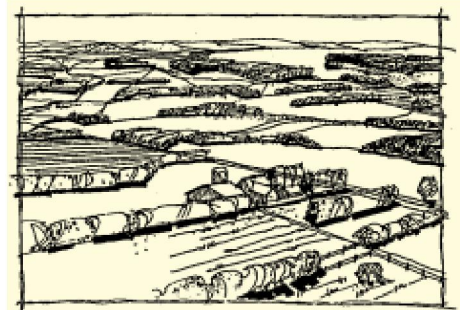
Søer eller områder uden væsentlig vegetation og uden forhindringer.

Illustration



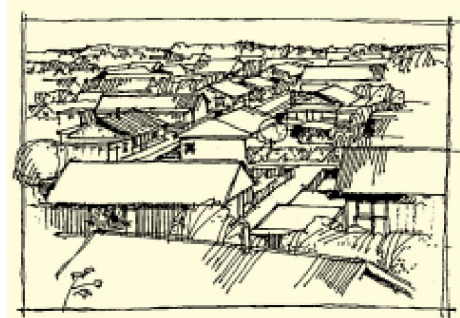
Terrænkategori II

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



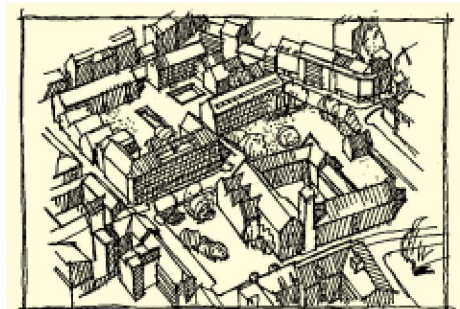
Terrænkategori III

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

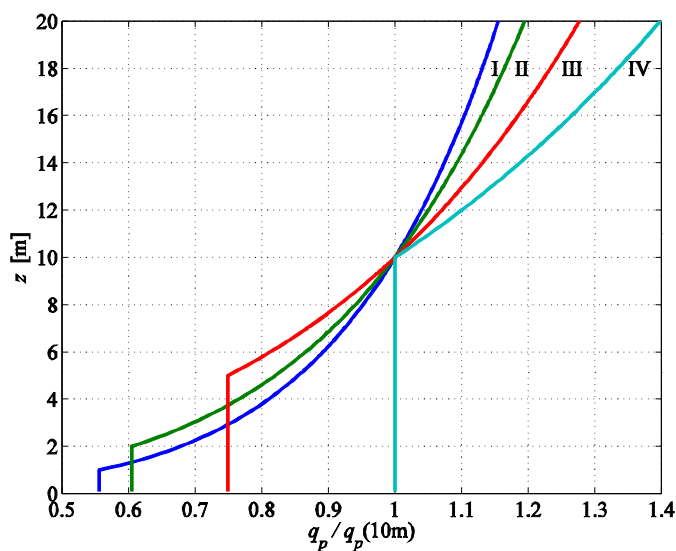
Peak hastighedstrykket afhænger af terrænkategorien og referencehøjden, se Eurocoden. Peak hastighedstrykket for referencehøjden $z = 10$ m kan inddeles efter lastklassen, se Tabel A. 5.1. I Lastklasse 1 og 2 er der anvendt en basis vindhastighed på 24 m/s.

Tabel A. 5.1. Peak hastighedstryk q_p [kN/m^2] i højden 10 m. I eksemplet er der for lastklasse 3-5 valgt Orkan, Stærk storm og Storm.

Terræn-kategori	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

Peak hastighedstrykkene angivet ud for terrænkategori II er de hastighedstryk som der skal evakueres efter og som følger af Tabel A. 3.1. og Tabel A. 3.2.

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



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

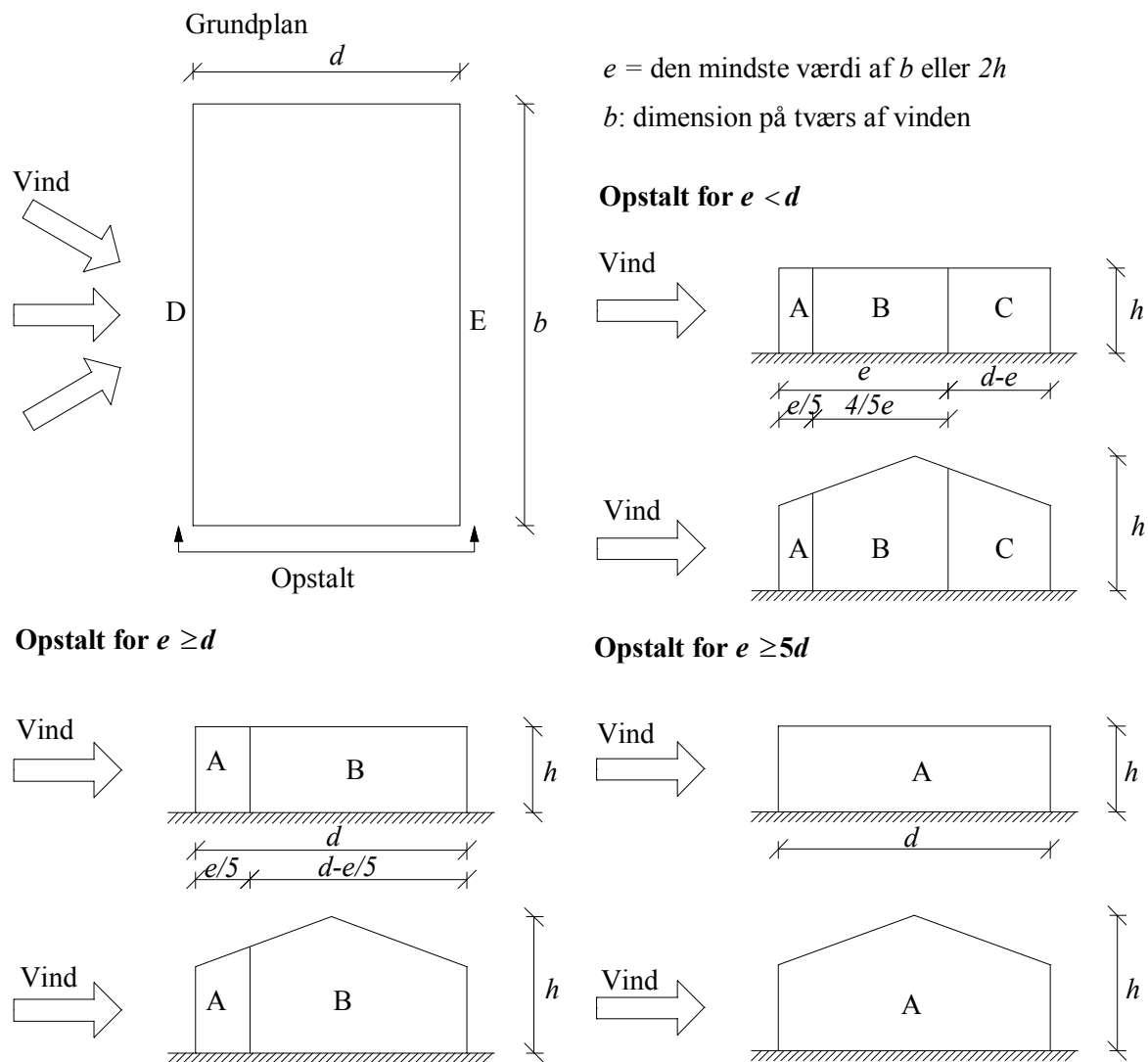


A.6 Formfaktorer – uddrag fra Eurocode

Formfaktorerne angivet i nærværende afsnit er baseret på Eurocoden.

Vind på facader

Formfaktoren er baseret på konstruktioner med rektangulær grundplan.

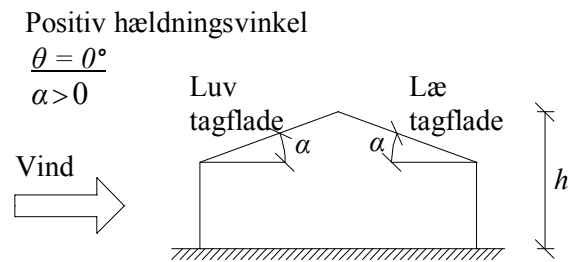
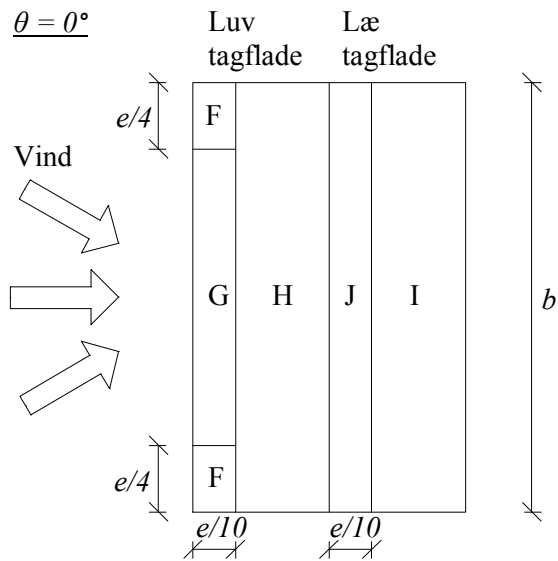


Tabel A. 6.1. Anbefalede værdier af formfaktorer $c_{pe,10}$ [-] for udvendige vindtryk på lodrette facader i konstruktioner med rektangulær grundplan.

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

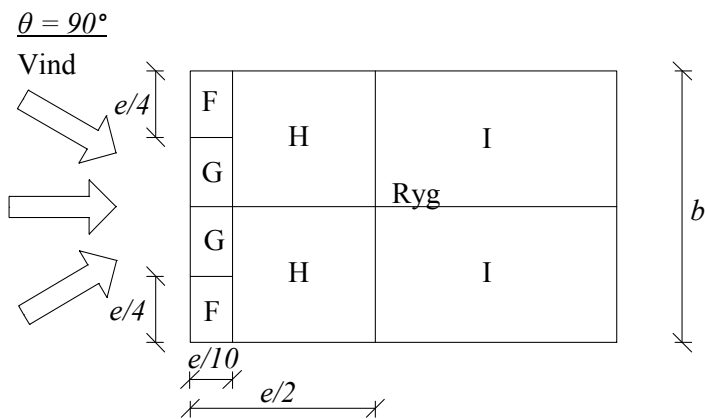


Vind på sadeltage



$e =$ den mindste værdi af b eller $2h$

$b:$ dimension på tværs af vinden





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

Hældnings- vinkel 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 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 de 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. For teltkonstruktioner, hvor der fortrinsvis vil være åbninger i områder med udvendig sug, og når åbningerne er ikke-dominerende, kan den indvendige vindlast regnes til den mest ugunstige af +0.0 og -0.3.

A.7 Indvendig vindlast på telte opsat i bygninger uden dominerende åbninger.

I tilfælde hvor der er fri passage for luften rundt om hele teltkonstruktionen regnes der efter kravene til permanente konstruktioner, svarende til lastklasse 1, men med en faktor $\xi=0.05$ på peak hastighedsstrykket q_p .

I tilfælde hvor der ikke er fri passage for luften rundt om hele teltkonstruktionen, regnes der for en vindlast svarende til formfaktoren $c_f = \pm 0.4$ på teltets sider.

A.8 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 teltets rammekonstruktion samt konstruktionens løft og glidning undervurderes konstruktionsfaktoren ikke ved at anvende $c_s c_d = 0.80$.

A.9 Forslag til certificerings format

Konklusionen på certificeringen 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. 9.1 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. 9.1. Konklusion ved certificering af teltkonstruktion. I eksemplet er der for lastklasse 3-5 valgt Orkan, Stærk storm og Storm.

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. 9.1, dokumenteres 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. 9.2. 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. 9.2. Minimum lastkapacitet for fastgørelser efter lastklasserne i Tabel A. 9.1 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 certificeringen indeholde teltopstillingsvejledning og andet.

A.10 Litteratur

- [1] Dyrbye, C. , Hansen, S.O.: *Vindlast på bærende konstruktioner - SBI-anvisning 158*, Statens Byggeforskningsinstitut, 1989.

København, den 18. januar 2016

Svend Ole Hansen ApS

Svend Ole Hansen

Projektingeniør

Hakon Christensen

Projektingeniør

Jonas Syders Knudsen

Projektingeniør

Marie Louise Pedersen