



# Bygningsreglementets vejledning om konstruktionsforhold for transportable konstruktioner

## Indholdsfortegnelse

<b>Væsentlige ændringer</b> .....	<b>3</b>
<b>0 Forord</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Indplacering af transportable konstruktioner i konstruktionsklasse</b> .....	<b>4</b>
1.1 <i>Konsekvensklasse</i> .....	5
1.2 <i>Konstruktionens kompleksitet</i> .....	6
1.3 <i>Erfaring med konstruktionstypen</i> .....	6
1.4 <i>Transportable konstruktioner der ikke skal indplaceres i en konstruktionsklasse</i> .....	6
<b>2 Generelt for transportable konstruktioner</b> .....	<b>6</b>
2.1 <i>Projekteringsgrundlag</i> .....	7
2.2 <i>Transportable lavrisikokonstruktioner</i> .....	8
<b>3 Laster på transportable konstruktioner</b> .....	<b>8</b>
3.1 <i>Vindlast generelt</i> .....	8
3.2 <i>Eftervisning for vindlast med tiltag ved overskridelse af hastighedstærskel</i> .....	11
3.3 <i>Overvågning af vindhastigheder</i> .....	12
3.4 <i>Reduktion af partialkoefficient ved overvågning</i> .....	13
3.5 <i>Eksempler</i> .....	13
3.6 <i>Snelast</i> .....	23
3.7 <i>Rytmask personlast</i> .....	24
3.8 <i>Lodret belastning</i> .....	25
<b>4 Fundering og forankring</b> .....	<b>26</b>
4.1 <i>Jordbundsforhold</i> .....	26
4.2 <i>Geoteknisk undersøgelser</i> .....	26
4.3 <i>Geoteknisk dokumentation</i> .....	27
4.4 <i>Jordankre</i> .....	27
4.5 <i>Ballastankre</i> .....	27
4.6 <i>Simple jordankre</i> .....	27
4.7 <i>Prøvetrækning af ankere</i> .....	29



<b>Bilag 1</b>	<b>Vindlast på teltkonstruktioner</b>	<b>30</b>
<i>B1.1</i>	<i>Peakvindhastighed</i>	<i>30</i>
<i>B1.2</i>	<i>Lastklasser</i>	<i>30</i>
<i>B1.3</i>	<i>Formfaktor</i>	<i>31</i>
<i>B1.4</i>	<i>Konstruktionsfaktor</i>	<i>32</i>
<i>B1.5</i>	<i>Anbefalet certificeringsformat</i>	<i>32</i>
<i>B1.5.1</i>	<i>Eksempel: Telt</i>	<i>34</i>
<i>B1.5.2</i>	<i>Transportable lavrisikokonstruktioner</i>	<i>36</i>



## Væsentlige ændringer

Opdateret 27. august 2024

**Afsnit 1.1 Konsekvensklasse** er opdateret således at vejledningen i højere grad understøtter, at det er en teknisk faglig vurdering at indplacere transportable konstruktioner i konsekvensklasse.

**Afsnit 3.1 til nyt afsnit 3.5** er opdateret, således vejledningen indeholder indholdsmæssigt det samme, som den tidligere udgave, men er omskrevet med mere udførlige eksempler.

**Afsnit B1.5.2 Transportable lavrisikokonstruktioner** nyt afsnit, hvoraf baggrunden for de angivne værdier i afsnit 2.2 fremgår.

**Bilag 1 Standarder der skal efterleves og Bilag 2 Frivillige standarder** er udgået.

Der er foretaget mindre redaktionelle ændringer ifm. bl.a. henvisninger og præciseringer.



## 0 Forord

Projektering, udførelse, drift og vedligehold af konstruktioner og bygningsdele skal overholde bygningsreglementet 2018 (BR18), kapitel 15 om konstruktioner. Dette gælder også for transportable konstruktioner, herunder bl.a. skurvogne, pavilloner, telte, scener, tribuner og gangbroer mv.

Denne vejledning redegør for projekteringsgrundlaget og lasterne på transportable konstruktioner, hvor der fokuseres på de særlige forhold, der ofte knytter sig til dimensioneringen af transportable konstruktioner for opnåelsen af tilfredsstillende sikkerhed og funktion.

Transportable konstruktioner betragtes som udgangspunkt som permanente konstruktioner, og skal derfor opfylde reglerne i eurocodes med tilhørende danske nationale annekser. Dette medfører, at der for transportable konstruktioner i Danmark, stilles andre krav end kravene i EN standarderne for transportable konstruktioner, f.eks. EN 13782:2015 for transportable telte.

Vejledningen omhandler ligeledes, hvordan transportable konstruktioner skal indplaceres i en konstruktionsklasse. I bilagene findes en oversigt over relevante standarder samt yderligere information om især vindlast på teltkonstruktioner, samt anbefalinger til certificeringsformat, jf. bekendtgørelse om certificeringsordning for transportable konstruktioner.

## 1 Indplacering af transportable konstruktioner i konstruktionsklasse

Transportable konstruktioner, der kræver byggetilladelse, skal som udgangspunkt indplaceres i en konstruktionsklasse, såfremt det er relevant, jf. BR18, §10. Hvorvidt det er relevant afhænger af den konkrete sag; men det er ofte relevant at indplacere, når der er konstruktionsmæssige forhold, som har betydning for sikkerheden i byggeriet.

Hvis det er relevant at indplacere den transportable konstruktion i en konstruktionsklasse, skal indplaceringen følge BR18, kapitel 26 om konstruktionsklasser, herunder bl.a. § 489, stk. 1, der definerer de forskellige klasser.

Det skal bemærkes, at midlertidige udendørs camping- og salgsområder er undtaget fra indplacering i en konstruktionsklasse efter § 489, stk. 1, hvilket fremgår af § 489, stk. 4. Dette omfatter dog kun områderne som helhed, og det kan således fortsat være et krav, at de transportable konstruktioner i disse områder indplaceres i en konstruktionsklasse, hvis det findes relevant. Derudover er der en række transportable konstruktioner og telte, der f.eks. kan opføres uden byggetilladelse og dermed ikke skal indplaceres i en konstruktionsklasse, se afsnit 1.4 for yderligere.

Transportable konstruktioner skal indplaceres i en konstruktionsklasse på samme baggrund som permanente konstruktioner, dvs. på baggrund af konsekvensklasse, konstruktionens kompleksitet og erfaring med konstruktionstypen. For sædvanlige transportable konstruktioner fremgår inddelingen i konstruktionsklasse KK1 til KK4 som anført i Tabel 1.



	Konsekvensklasse, se afsnit 1.1			
Konstruktion	Lav (CC1)	Middel (CC2)	Høj (CC3)	Ekstra høj (CC3+)
Kompleksitet og erfaring (se afsnit 1.2 og 1.3)				
Simpel og traditionel	KK1	KK2	KK3	KK4
Kompleks eller utraditionel	KK1	KK3	KK3	KK4

Tabel 1: Inddeling i konstruktionsklasser.

Konstruktionsklassen afgør minimumskravene til projekteringskontrol og kontrol af udførelse, se DS/EN 1990 DK NA.

De indgående begreber er i mere generel form forklaret i [bygningsreglementets vejledning om konstruktionsklasser](#), men forklares kort i forhold til transportable konstruktioner i afsnit 1.1, 1.2, og 1.3.

## 1.1 Konsekvensklasse

Konsekvensklassen er et udtryk for risikoen for tab af menneskeliv samt de økonomiske og sociale konsekvenser ved et kollaps i en bærende konstruktion. Transportable konstruktioner henføres på samme vis til konsekvensklasser som permanente konstruktioner.

Ved indplacering i konsekvensklasse skal der foretages en specifik teknisk-faglig vurdering af den konkrete konstruktion og de eventuelle konsekvenser af svigt baseret på DS/EN 1990 DK NA. Vurderingen baseres blandt andet på konstruktionens anvendelse og størrelse samt en helhedsvurdering af de samlede svigtkonsekvenser.

For at foretage denne vurdering, kan man vejledende anvende DS/INF 1990 "Vejledning om indplacering af konstruktioner i konsekvensklasser". I DS/INF 1990 er der angivet en række vejledende grænseværdier, herunder værdier for tribuner og overdækning af tribuner og udendørsscener, som kan indgå i den teknisk-faglige vurdering. Den teknisk-faglige vurdering kan således lægges til grund for indplacering i anden konsekvensklasse end beskrevet i DS/INF 1990. Risiko ved et svigt anses som produktet af konsekvenser af svigt og sandsynligheden for svigt.

Konstruktioner kan ofte indplaceres i CC2, hvis det forventede antal personer, der kan omkomme ved et kollaps maksimalt er 5, jf. BUILD rapporten *Vurdering af klassificering af større telte i CC2 eller CC3*, som baserer sig på eurocodes, ISO 2394 og det danske nationale annekst til EN1990. Ifølge kortlægningen i ovenstående rapport medfører kollaps af telte sjældent, at mere end 5 personer mister livet. Dette skal ses i lyset af at kollaps af et større telt, hvor teltdug, master mm. styrter ned over personerne i teltet, generelt kan forventes at have mindre konsekvens end kollaps af f.eks. en tilsvarende bygning i beton eller stål. Derfor kan telte, eksempelvis festtelte, ofte indplaceres i CC2, selv om der er mange personer i teltet. Det vil dog altid være en konkret teknisk-faglig vurdering af det enkelte telt, dets størrelse og anvendelse, som er bestemmende for indplacering i konsekvensklasse.



## 1.2 Konstruktionens kompleksitet

En konstruktion betegnes ifølge BR18, § 487 som simpel eller kompleks alt efter, hvordan de påvirkninger, der virker på konstruktionen, føres til fundament. Jo mere uoverskuelig fordelingen af påvirkningerne og lastvirkningerne er – jo mere kompleks betegnes konstruktionen.

Eksempler på transportable konstruktioner, der kan betragtes som komplekse:

- Konstruktioner med store deformationer eller flytninger, hvor ligevægtstilstanden for den udeformerede tilstand ikke kan anvendes ved bestemmelsen af snitkræfter, f.eks. teltkonstruktioner og konstruktioner, hvor ligevægt først opnås efter, at flytninger har iværksat låsemekanismer eller kontakt mellem konstruktionsdele.
- Konstruktioner, hvor last- og styrkefastsættelsen i væsentlig grad er knyttet til konstruktionens deformation, f.eks. teltkonstruktioner eller konstruktioner med aktivt/passivt jordtryk.

## 1.3 Erfaring med konstruktionstypen

En konstruktion betegnes ifølge BR18, § 488 som traditionel eller utraditionel alt efter, hvor stor erfaring der er med konstruktionen i byggebranchen. Ved traditionelle konstruktioner forstås således konstruktionstyper, der generelt er stor erfaring med i byggebranchen, og som er baseret på kendte materialer, teknologier og udførelsesmetoder; altså at konstruktionstypen i almindelighed er kendt.

Det fremgår af BR18, § 488, stk. 2, at bærende konstruktioner omfattet af §§ 352 og 356 betragtes som utraditionelle.

Eksempler på andre transportable konstruktioner, der kan betragtes som utraditionelle:

- Svingningsfølsomme slanke konstruktioner, f.eks. gangbroer med stort spænd.
- Tilskuertribuner hvor vandrette dynamiske påvirkninger kan medføre svingninger af konstruktionen på grund af en lav stivhed i vandret retning.

## 1.4 Transportable konstruktioner der ikke skal indplaceres i en konstruktionsklasse

Transportable konstruktioner skal ikke indplaceres i en konstruktionsklasse, hvis de kan opføres uden byggetilladelse. BR18, §§ 6a - 6e omfatter bl.a. de transportable konstruktioner der kan opføres uden ansøgning om byggetilladelse.

# 2 Generelt for transportable konstruktioner

Det fremgår af BR18, kap. 15, § 340, at projektering, udførelse, drift og vedligehold af konstruktioner og bygningsdele skal ske under hensyn til, at der:

- Ikke sker skade på personer og bygninger på egen grund eller på nabogrunde.
- Ikke opstår risiko for personers sundhed på grund af svigt i konstruktionerne.
- Skal opnås tilfredsstillende forhold i funktions- og holdbarhedsmæssig henseende.
- Ikke opstår risiko for personers sundhed på grund af indtrængen af skadedyr.

Specifikt for transportable konstruktioner fremgår af BR18, kap. 15, § 353, at telte og lignende transportable konstruktioner skal dimensioneres i overensstemmelse med *DS/EN 13782, Midlertidige konstruktioner – Telte – Sikkerhed* med *DS/EN 13782 DK NA*, eller på en måde, som sikrer, at de relevante bestemmelser i §§ 344-351 er opfyldt.



Endvidere fremgår det af BR18, kap. 15, § 355, at Teleskopstande og demonterbare tilskuertribuner skal dimensioneres i overensstemmelse med henholdsvis *DS/EN 13200-5* og *13200-6* med *DS/EN 13200-5 DK NA* og *DS/EN 13200-6 DK NA*, eller på en måde, som sikrer, at de relevante bestemmelser i §§ 344-351 er opfyldt.

Generelt gælder det, at når der er risiko for personskade ved svigt ved den transportable konstruktion, skal en konstruktions sikkerhed vurderes på baggrund af svigtsandsynligheden målt per tidsenhed. Konstruktionens sikkerhed skal ikke vurderes ved svigtsandsynligheden målt over konstruktionens levetid. En kort anvendelsestid for den transportable konstruktion kan således ikke retfærdiggøre en nedsat sikkerhed i forhold til den permanente konstruktion.

Opstilles eksempelvis en transportabel konstruktion nær ved en permanent konstruktion i en kort periode, f.eks. et halvt år, og er anvendelsen af de 2 konstruktioner den samme, skal sikkerheden for de personer, som anvender den transportable konstruktion, være lige så stor som sikkerheden for de personer, der anvender den permanente konstruktion.

Funktionskravene til en transportabel konstruktion vurderes ofte ud fra brugernes forventninger. Eksempelvis vil flytninger og svingninger af visse transportable konstruktioner vurderes som værende acceptable, hvor de samme flytninger og svingninger af en tilsvarende permanent konstruktion vil vurderes som værende ubehagelige.

De fastsatte funktionskrav for permanente konstruktioner i konstruktionsnormerne kan således i visse tilfælde lempes for transportable konstruktioner, og her kan funktionskravene fastlægges af bygherren i samråd med byggeriets parter.

For transportable tribuner udsat for rytmisk personlast kan den tilladelige grænseacceleration således ofte regnes større end 10 % af tyngdeaccelerationen anført som vejledende grænseværdi for permanente tribunekonstruktioner i det nationale annekst til *DS/EN 1990* (Eurocode 0).

Transportable konstruktioner skal dimensioneres og udføres under hensyntagen til deres reelle og faktiske anvendelse. Dimensioneringen skal således omfatte, hvor konstruktionen påtænkes anvendt, idet dette vil påvirke de laster, som konstruktionen skal regnes udsat for, samt de aktuelle modstandsevner i forbindelse med geotekniske forhold, se senere vedrørende sidstnævnte.

Ovenstående generelle krav til sikkerhed og funktion opfyldes normalt ved at følge konstruktionsnormernes specifikationer og vejledninger. For transportable konstruktioner vil der imidlertid ofte være behov for at opfylde kravene på en anden måde, end der sædvanligvis anvendes for permanente konstruktioner.

De følgende afsnit fokuserer på mulige metoder til at opretholde den nødvendige sikkerhed og funktion ved relativt enkle tiltag, der medfører betydelige besparelser for den transportable konstruktion. Disse besparelser omfatter både materialeforbruget ved konstruktionens udførelse og besparelser i transport ved reduceret vægt af konstruktionen.

## 2.1 Projekteringsgrundlag

*DS/EN 1990* (Eurocode 0) opstiller en række grundlæggende krav, som skal opfyldes for permanente konstruktioner såvel som for transportable konstruktioner.

En transportabel konstruktion skal dimensioneres og udføres således, at den i den forventede levetid med tilfredsstillende sikkerhed og på en økonomisk måde vil kunne modstå de laster, den kan forventes at blive udsat for, og vil kunne opfylde de specificerede anvendelseskrav til konstruktionen eller konstruktionsdelen.



En transportabel konstruktion skal dimensioneres således, at den har tilstrækkelig bæreevne, opfylder funktionskravene, og har tilstrækkelig holdbarhed.

En transportabel konstruktion skal dimensioneres og udføres på en sådan måde, at begivenheder som eksplosion, påkørsel og konsekvenser af menneskelige fejl ikke giver skader i et omfang, der står i misforhold til årsagen.

En mulig skade skal forhindres eller begrænses, eksempelvis ved at forebygge, fjerne eller reducere de risici, som den transportable konstruktion kan blive udsat for. Dette aspekt er ofte centralt for transportable konstruktioner, se eksemplerne senere.

I tilfælde af brand skal konstruktionen have tilstrækkelig bæreevne i det krævede tidsrum.

## 2.2 Transportable lavrisikokonstruktioner

For transportable lavrisikokonstruktioner, hvor der er en ubetydelig risiko for personskade ved svigt, kan sikkerhedsbestemmelsen baseres på, at svigtsandsynligheden målt over den transportable lavrisikokonstruktionens levetid skal være den samme som svigtsandsynligheden målt over 50 år for sædvanlige permanente konstruktioner. Den bestemte svigtsandsynlighed baseres på regningsmæssige laster, hvor partialkoefficienten på lasten regnes til 1,5. For en levetid regnet til et år for den transportable lavrisikokonstruktion medfører denne betragtning, at vindens peakhastighedstryk kan regnes til 0,71 gange det normale peakhastighedstryk, og at sneens terrænværdi kan regnes til 0,64 gange den normale terrænværdi (se afsnit B1.5.2 Transportable lavrisikokonstruktioner).

## 3 Laster på transportable konstruktioner

DS/EN 1991-serien (Eurocode 1) beskriver de vigtigste laster, som påvirker permanente konstruktioner såvel som transportable konstruktioner.

Transportable konstruktioner skal dimensioneres for de laster, som forventes at optræde i deres levetid. DS/EN 1991-serien indeholder specifikationer for fastsættelsen af egenlast, nyttelaster herunder rytmisk personlast, snelast, vindlast, termiske laster samt ulykkeslaster i form af stødpåvirkninger og eksplosioner. For de relevante laster, der ikke dækkes eksplicit af DS/EN 1991-serien, fastsættes påvirkningen på basis af vurderinger og efter retningslinjerne i DS/EN 1990.

For naturlasterne vindlast og snelast vil vindhastighedens størrelse og mængden af sne være styret af de udefra kommende forhold, som optræder under konstruktionens aktuelle anvendelse. For nyttelasterne vil påvirkningen være under større grad af kontrol, hvis der etableres de nødvendige tiltag til at styre anvendelsen.

Nedenfor betragtes vindlasten, snelasten samt den rytmiske personlast i forbindelse med transportable konstruktioner.

### 3.1 Vindlast generelt

Vindlasterne afhænger af lokaliteten for den transportable konstruktion, og da der normalt bliver tale om mange lokaliteter for den transportable konstruktion, vil vindlasten variere hen over konstruktionens brugstid. For mange transportable konstruktioner kan der således opereres med flere klasser, eksempelvis mindre udsat, middel udsat og meget udsat, og dimensioneringen af de transportable konstruktioner kan baseres på opfyldelse af forholdene i en given klasse.



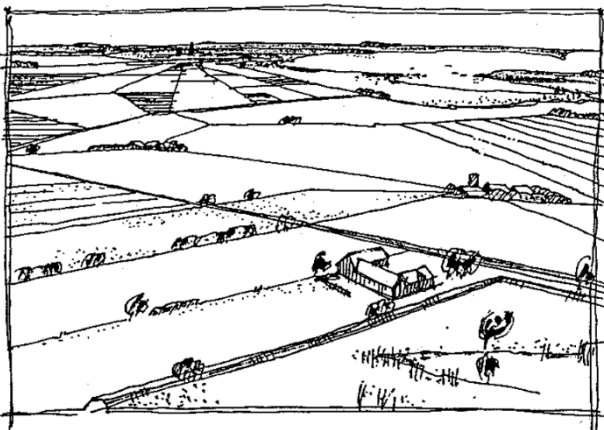


I DS/EN 1991-1-4, herefter benævnt *vindnormen*, specificeres vindklimaet ved hjælp af basisvindhastigheden, der for en returperiode på 50 år beregnes ved

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}, \quad (1)$$

hvor  $v_{b,0}$  er grundværdien af basisvindhastigheden,  
 $c_{dir}$  er retningsfaktoren og  
 $c_{season}$  er årstidsfaktoren.

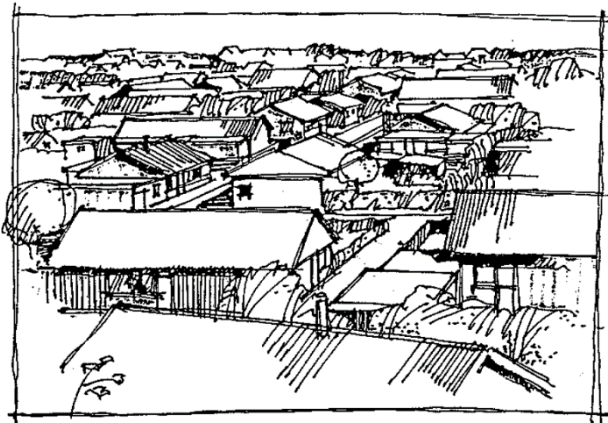
Grundværdien for basisvindhastigheden er den karakteristiske 10-minutters middelvindhastighed i 10 m højde over referenceterrænet, der er et åbent terræn med lav vegetation, se Figur 1. Grundværdien regnes til 24 m/s i hovedparten af Danmark og til 27 m/s ved Vesterhavet og Ringkøbing Fjord. Der interpoleres lineært mellem disse værdier i en 25 km bred randzone langs kysten.



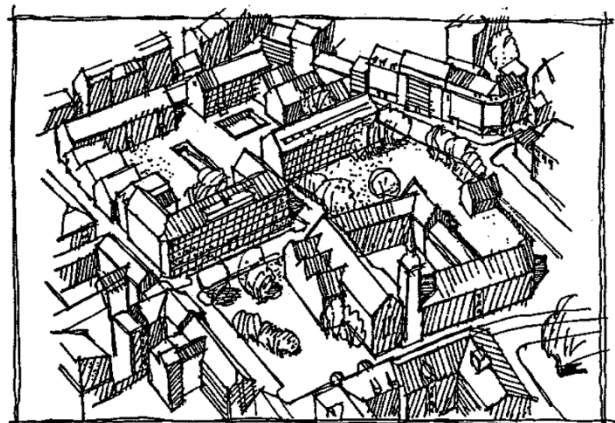
Terrænkategori I – Søer eller områder uden væsentlig vegetation og uden forhindringer



Terrænkategori II – Område med lav vegetation som f.eks. græs og enkelte forhindringer (træer, bygninger) med en afstand på mindst 20 gange forhindringens højde (*referenceterrænet for basisvinden: åbent terræn med lav vegetation*)



Terrænkategori III – Områder med regelmæssig vegetation eller bebyggelse eller med spredte forhindringer med en afstand på højst 20 gange forhindringens højde (som f.eks. landsbyer, forstadsområder, permanent skov)



Terrænkategori IV – Område, hvor mindst 15 % af overfladen er bebygget med bygninger, hvis gennemsnitshøjden er over 15 m

Figur 1: Illustration af terrænkategorier



Retningsfaktoren giver lastreduktioner på op til 40 %, når vinden ikke kommer fra vest eller vestnordvest, og årstidsfaktoren giver lastreduktioner på op til 10-30 % for månederne marts til november.

Årstidsfaktorens lastreduktioner indgår kun i dimensioneringen af de transportable konstruktioner, der ikke anvendes i månederne december til februar. Vindnormen anfører eksplicit, at årstidsfaktoren  $c_{\text{season}}$  regnes til 1 for transportable konstruktioner, der kan benyttes hele året.

For transportable konstruktioner kan varigheden af anvendelsen på en given lokalitet indgå ved fastsættelsen af den karakteristiske vindlast sammen med:

- Muligheden for at forudsige kraftig vind
- Nødvendig tid til at reducere vindlasten på konstruktionen, typisk ved at fjerne vindudsatte flader
- Nødvendig tid til at beskytte eller forstærke konstruktionen i tilfælde af varsel om kraftig vind.

Den karakteristiske vindlast på konstruktionen bestemmes ved at multiplicere det karakteristiske peakhastighedstryk med formfaktorer, konstruktionsfaktorer og de vindudsatte arealer. Det karakteristiske peakhastighedstryk optræder i gennemsnit en gang over en periode på 50 år, og det afhænger af vindklimaet, terrænets ruhed og orografi, og referencehøjden.

Den regningsmæssige vindlast for sædvanlige permanente konstruktioner bestemmes for dominerende vindlast med udtrykket

$$F_d = \gamma_{Q,1} \cdot q_p(z_e) \cdot c_f \cdot c_s c_d \cdot A_{\text{ref}}, \quad (2)$$

hvor  $\gamma_{Q,1}$  er partialkoefficienten på dominerende variabel last,  
 $q_p(z_e)$  er det karakteristiske peakhastighedstryk bestemt i referencehøjden  $z_e$ ,  
 $c_f$  er formfaktoren, se vindnormens afsnit 7,  
 $c_s c_d$  er konstruktionsfaktoren, se vindnormens afsnit 6, og  
 $A_{\text{ref}}$  er konstruktionens referenceareal.

Peakhastighedstrykket ved højden  $z$  bestemmes efter vindnormens afsnit 4.5 som

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v_m^2(z) = \frac{1}{2} \rho \cdot v_p^2(z), \quad (3)$$

hvor  $I_v(z)$  er turbulensintensiteten i højden  $z$ , se vindnormens afsnit 4.4,  
 $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$  er luftens densitet,  
 $v_m(z)$  er middelvindhastigheden i højden  $z$ , se vindnormens afsnit 4.3 og  
 $v_p(z) = \sqrt{1 + 7I_v(z)} \cdot v_m(z)$  er en peakværdi for vindhastigheden hørende til peakhastighedstrykket.

For transportable konstruktioner vil der ofte være en betydelig økonomisk gevinst ved at etablere den krævede sikkerhed og funktion for konstruktionen for vindhastigheder op til et sjældent forekommende niveau, der er væsentlig mindre end svarende til returperioden på 50 år, og for højere vinde reducere de vindudsatte flader eller forstærke konstruktionen. Dette forudsætter overvågning af vindhastighederne med tilhørende gennemførelse af tiltag til nedbringelse af risiko for personskader.



### 3.2 Eftervisning for vindlast med tiltag ved overskridelse af hastighedstærskel

Konstruktionen kan dimensioneres for vindlast svarende til en tærskelværdi for vindhastigheden og dermed peakhastighedsstrykket. Over denne tærskelværdi skal tilstrækkelige tiltag gennemføres, så risikoen for personskade bringes til et niveau svarende til det sædvanlige sikkerhedsniveau, der også gælder for permanente konstruktioner. Disse kan omfatte lastreducerende tiltag, forstærkning eller evakuering. Hvis denne løsning vælges, har tærskelværdiens størrelse betydning for, hvor ofte tiltagene skal gennemføres.

Der skal tages højde for den tid, det tager at gennemføre tiltagene, eksempelvis ved at iværksætte dem allerede ved en passende, lavere vindhastighed eller ved overvågning af prognoser.

Valget af det peakhastighedsstryk, som konstruktionen skal dimensioneres for, kan fastlægges under hensyntagen til, hvor ofte tærskelværdien må forventes at blive overskredet og konsekvenser heraf. Peakhastighedsstrykkets afhængighed af returperioden  $T$  kan bestemmes ved

$$q_{p,T} = c_{\text{prob}}^2 \cdot q_p, \tag{4}$$

hvor  $q_{p,T}$  er peakhastighedsstrykket for returperioden  $T$ ,  
 $c_{\text{prob}}^2$  er sandsynlighedsfaktorens kvadrat, se udtryk (5).

Returperioden  $T$  er defineret som den gennemsnitlige tid mellem overskridelser af det betragtede peakhastighedsstryk. Peakhastighedsstrykket med en returperiode på eksempelvis 5 år overskrides således i gennemsnit 1 gang hver femte år; men det udelukker ikke, at 2 storme inden for samme måned begge overskrider værdien, eller at værdien slet ikke opnås inden for en 5-års periode.

Vindnormens sandsynlighedsfaktor,  $c_{\text{prob}}$ , kan bestemmes for returperioden,  $T \geq 1$  år, vha. udtrykket

$$c_{\text{prob}} = \left( \frac{1 + K_q \cdot \ln(T)}{1 + K_q \cdot \ln(50)} \right)^n, \tag{5}$$

hvor  $K_q = 0,2$  er formlenparameteren som afhænger af ekstremværdifordelingens variationskoefficient, og  
 $n = 0,5$ .

Nedenstående tabel viser sammenhængen mellem returperioden og det tilsvarende peakhastighedsstryk.

Returperiode, $T$ [år]	1	2	5	10	20	50
Faktor for hastighedsstryk, $c_{\text{prob}}^2$ [-]	0,56	0,64	0,74	0,82	0,90	1,00
Tilsvarende faktor for vindhastighed, $c_{\text{prob}}$ [-]	0,75	0,80	0,86	0,91	0,95	1,00

Tabel 2: Faktor for returperiode i hele år.

Som det kan ses af tabellen, kan faktoren for vindhastigheder svarende til returperioden findes som kvadratroden af den tilsvarende faktor for hastighedsstryk. Af tabellen kan det f.eks. aflæses, at hvis konstruktionen eftervises for vindlast svarende til et peakhastighedsstryk, der er mindre end den karakteristiske 50-årsværdi med en faktor på 0,74, så må det forventes, at denne tærskel overskrides gennemsnitligt hvert 5. år.

De konkrete tiltag, der skal iværksættes ved overskridelse af en fastsat tærskelværdi, fastlægges, så de er tilstrækkelige til at opnå det krævede sikkerhedsniveau. For at denne løsning kan bringes i anvendelse, skal vinden overvåges, så det sikres, at en overskridelse af tærskelværdien fører til iværksættelse af de krævede tiltag.



### 3.3 Overvågning af vindhastigheder

Overvågning af vindhastighederne gennemføres typisk på to måder:

- Overvågning af vindhastighederne vha. en eller flere på stedet opsatte, kalibrerede vindmålere.
- Overvågning af vindhastighederne vha. pålidelige vejrtenester, f.eks. Danmarks Meteorologiske Institut.

I dette afsnit gives retningslinjer for disse to typer overvågning.

Overvågningen kan registrere vindhastigheder svarende til middelværdier over en periode på 10 min. Overvågning vil dog typisk føre til registrering af to forskellige typer middelvindhastigheder. Vindmålere registrerer vindhastigheder i en individuelt fastlagt højde over terræn og under indflydelse af de lokale terrænforhold. Vejrtenester kan give vindhastigheder svarende til referenceforhold, altså i 10 m højde og uden lokale terræneffekter, svarende til vindnormens basisforhold. Vejrtenester giver endvidere den fordel, at prognoser kan anvendes til forudsige vindhastigheder, så tiltag kan iværksættes rettidigt.

Overvåges vindhastighederne vha. en eller flere på stedet opsatte, kalibrerede vindmålere, vil disse registrere vindhastighederne under de lokale forhold, herunder det lokale terræn og den individuelt fastlagte højde. Værdierne fra denne type overvågning sammenholdes med en tærskelværdi svarende til vindnormens middelvindhastigheder i vindmålerens højde,  $z$ . Denne beregnes ud fra en returperiode svarende til det peakhastighedstryk, der er anvendt til eftervisning af konstruktionen

$$v_{m,T}(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_{b,T} = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot c_{\text{prob}} \cdot v_b \quad (6)$$

hvor  $v_{b,T}$  basisvindhastigheden svarende til returperioden  $T \geq 1$  [år],  
 $c_{\text{prob}}$  er sandsynlighedsfaktoren bestemt som beskrevet i afsnit 3.2, og  
 $v_b$  er vindnormens basisvindhastighed svarende til en returperiode på 50 år.

Terræn- og orografiparametrene,  $c_r(z)$  og  $c_o(z)$ , bestemmes efter vindnormen og under hensyntagen til de lokale terrænforhold. Terrænforhold kan tages i betragtning, når terrænet omkring konstruktionen kendes, altså når konstruktionen opstilles på et sted og med en orientering, der kendes på forhånd.

Det bør ved anvendelse af vindmålere tilsikres, at vindmålerne er retvisende og opsat således, at deres målinger er repræsentative for den frie vind fra alle retninger. De bør således være placeret over den transportable konstruktion og de omkringliggende forhindringer. Afstanden ned til konstruktionen bør være tilstrækkelig til, at konstruktionen ikke forstyrrer den frie vind ved vindmåleren. Hvis der i nærheden er høje, store bygningsvolumener, som forstyrrer vinden ved bestemte vindretninger, bør der tages højde for dette. Det kan f.eks. ske ved at sætte yderligere vindmålere op på positioner, hvor vinden ikke i samme grad er forstyrret, således at vindmålerne til sammen kan registrere den frie vind fra alle retninger. Dertil bør vindmålerne registrere en tilhørende vindretning, hvis denne skal anvendes til en detaljeret, retningsafhængig tærskelværdi for vindhastighederne.

Et kopanemometer af høj kvalitet kan registrere vindstøds værdier med en midlingstid på f.eks. 3 sek., svarende til meteorologiske standarder og med god tilnærmelse til vindnormens peakværdier. Vindstøds værdier kan anvendes ved vindovervågning, hvorved hastighedstærsklen i stedet hidrører hastighedens peakværdi,  $v_p$ , fundet ud fra formel (3).

Overvåges vindhastigheder under vindnormens basisforhold vha. en vejrteneste, skal de overvågede vindhastigheder sammenholdes med en tærskelværdi svarende til vindnormens basisvindhastighed,

$$v_{b,T} = c_{\text{prob}} \cdot v_b \quad (7)$$



Det bør i denne sammenhæng tilsikres, at de registrerede vindhastigheder faktisk svarer til vindnormens basisforhold. Dette kan eventuelt gøres ved at sammenholde vejr tjenestens data fra specifikke målestationer med kendte terrænforhold med vejr tjenestens vindhastigheder ved de samme lokaliteter. Erfaringen viser, at vindhastigheder fra Danmarks Meteorologiske Instituts vejrudsigter omtrent svarer til vindnormens basisforhold.

Disse og de øvrige indgående faktorer i udtryk (6) og (7) kan bestemmes efter vindnormen som for permanente konstruktioner.

### 3.4 Reduktion af partialkoefficient ved overvågning

Når vindhastigheden overvåges, kan partialkoefficienten på vindlasten reduceres, hvis lastreducerende tiltag, forstærkning eller evakuering gennemføres, når en tærskelværdi overskrides. En stor del af den normfastsatte partialkoefficient på 1,5 for normal konsekvensklasse tager hensyn til

- muligheden for peakhastighedstryk, som er større end 50-årsværdien og
- usikkerhed på indflydelsen af terrænforholdene.

Den første af de to usikkerheder reduceres ved overvågning vha. vejr tjenester og vha. vindmålere opsat på stedet. Anvendelse af overvågning ved vejr tjenester reducerer dog den første usikkerhed mest effektivt, da vejrprognoser muliggør iværksættelse af tiltag, før tærskelværdien for vindhastigheden overskrides. Den anden usikkerhed reduceres kun ved overvågning vha. vindmålere opsat på stedet.

Som konsekvens af den reducerede usikkerhed, kan partialkoefficienten på lasten nedsættes, da den nu primært skal dække usikkerhed forbundet med omsætningen af vindens peakhastighedstryk til vindlast på konstruktionen. Faktorer, der normalt vil dække de tilbageværende usikkerheder gives i Tabel 3 nedenfor.

Metode til overvågning af vindhastigheder	Vejrtjeneste	Vejrtjeneste og vindmålere på stedet
Reduceret lastpartialkoefficient, $\gamma_{Q,1}$	$1,4 \cdot K_{FI}$	$1,2 \cdot K_{FI}$

Tabel 3: Reducerede partialkoefficienter for dominerende vindlast.  $K_{FI}$  afhænger af konsekvensklassen og er lig med 1,0 for normal konsekvensklasse, se det nationale annekst til DS/EN 1990.

Både vejr tjenester og vindmålere kan anvendes til overvågning af vindforholdene. Vejr tjenester kan forudsige vindforholdene i den nærmeste fremtid med udgangspunkt i de aktuelle forhold. Vindmålere kan give et mere præcist billede af de aktuelle vindforhold ved den transportable konstruktion. Usikkerheden reduceres således mest effektivt ved samtidig anvendelse af både vejr tjeneste og vindmålere, hvilket afspejles i lastpartialkoefficienterne angivet i Tabel 3.

### 3.5 Eksempler

Nedenfor gives fire eksempler. Først et eksempel med en overvågning vha. vindmålere i kombination med en vejr tjenestes prognoser og en detaljeret betragtning af den indkommende vinds egenskaber fra forskellige retninger. Dernæst et simpelt eksempel, hvor vindovervågning vha. en vejr tjeneste anvendes til at overholde en retningsuafhængig tærskelværdi. Det tredje eksempel behandler telte dimensioneret efter eurocodes i Tyskland og Danmark, hvor det fjerde eksempel behandler omklassificering af telte og konstruktioner fra CC2 til CC3.



### 3.5.1 Tribunekonstruktion med overvågning vha. vindmålere i kombination med vejrtjeneste

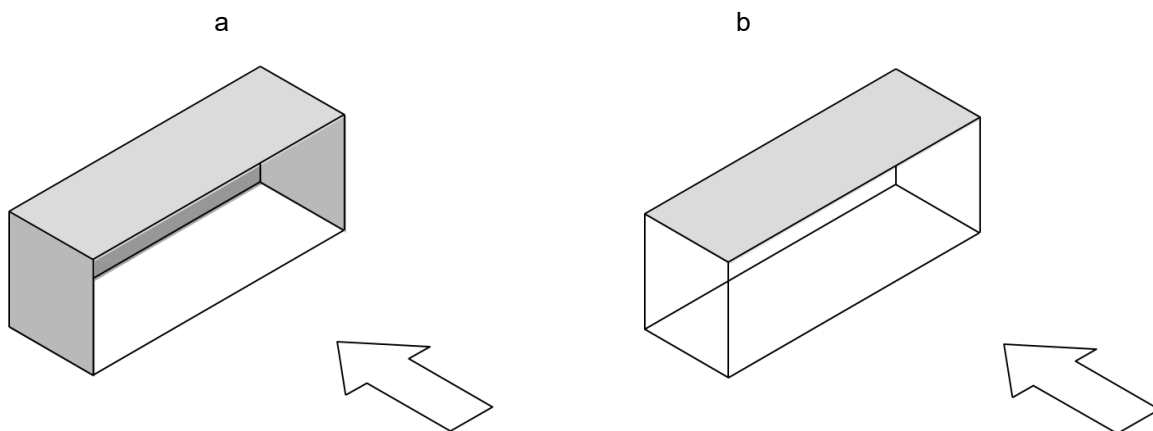
For en specifik tribunekonstruktion vurderes det, at det er uøkonomisk at dimensionere og udføre den, som anført i konstruktionsnormerne for permanente konstruktioner. Sikkerhed og funktion opfyldes derfor ved en række tiltag ved overskridelse af en fastsat hastighedstærskel.

Opgaven består herefter i følgende punkter:

- At bestemme og afveje omkostningerne forbundet med tiltagenes omfang og hyppighed med den gevinst, der opnås i form af reduceret vindlast.
- At bestemme metoden, der anvendes til vindovervågning, så den nødvendige sikkerhed opnås.
- At bestemme en passende tærskelværdi for vindhastigheden.

Der etableres en vindmålestation, f.eks. ved at placere en vindmåler over tribunens tag, og således at tribunekonstruktionen ikke ændrer vindforholdene markant ved målestationen. Der kan eventuelt etableres to målestationer, hvor den uforstyrrede vind altid registreres ved hjælp af mindst en af vindmålerne. En vejrtjeneste anvendes til at forudsige vindforholdene med udgangspunkt i de målte vindhastigheders niveau.

Hvis middelvindhastigheden overstiger den fastlagte tærskelværdi, skal vindlasten på tribunekonstruktionen reduceres, eller der skal etableres forstærkninger af konstruktionen. De lastreducerende tiltag kan omfatte fjernelse af dele af konstruktionens sider, og den øgede forstærkning kan eventuelt være i form af ekstra ballast for at hindre for store opadrettede påvirkninger i understøtningspunkterne. Disse tiltag skal være dokumenteret med tilhørende fastlagte procedure for de enkelte tiltag. De relevante personer, som skal sørge for tiltagenes iværksættelse, skal informeres herom.



Figur 2: Tribunekonstruktion med (a) lukkede sider og (b) åbne sider.

En reduceret partialkoefficient anvendes, så  $\gamma_{Q,1} = 1,2$ , se afsnit 3.4. Hvis anvendelse af vindmålere var blevet fravalgt, havde lastpartialkoefficienten været  $\gamma_{Q,1} = 1,4$ . Teltets ejer er villig til at gennemføre de ovennævnte tiltag omtrent en gang om året, og idet tribunen vurderes at være opsat nærmest hele året, svarer dette til, at tribunen skal eftervises for et karakteristisk peakhastighedstryk med en returperiode på 1 år. Som angivet i Tabel 2 svarer dette til at peakhastighedstrykkets 50-årsværdi kan reduceres med en faktor på  $c_{\text{prob}}^2 = 0,56$ . Samlet reduceres den regningsmæssige vindlast dermed med en faktor på  $1,2/1,5 \cdot 0,56 = 0,45$ . Dette fører til en væsentlig besparelse ved dimensioneringen af tribunekonstruktionen.

Overvågning skal dermed sikre, at konstruktionen ikke udsættes for et peakhastighedstryk, der overstiger det forudsatte. Konstruktionens referencehøjde er i dette eksempel  $z_e = 8$  m, og det er således i denne højde, peakhastighedstrykket til eftervisning af konstruktionerne bestemmes. Her anvendes udtryk (3) med



middelvindhastigheden  $v_{m,T}(z_e)$  svarende til den fastlagte returperiode,  $T = 1$  år, se ligning (6). Da der anvendes vindmålere, opstilles der tærskelværdier for vindhastigheden i vindmålerens højde,  $z = 15$  m.

Terrænet omkring tribunekonstruktionen er veldefineret, da den ikke flyttes fra sted til sted. Dette muliggør en detaljeret analyse, hvor den indkommende vinds egenskaber fra forskellige retninger kan tages i betragtning. Tolv vindretninger med tilhørende retningsfaktorer og terrænforhold betragtes, og de fire retninger langs de rene kompasretninger vises nedenfor. Med en grundværdi for basisvindhastigheden på  $v_{b,0} = 24$  m/s, en orografifaktor på  $c_o(z) = 1$  og en fastlagt nederste grænse for returperioden af lastreducerende tiltag på  $T = 1$  år bestemmes vindparametre for dimensionering og tærskelværdier,  $v_{m,T}^*$ , for vindhastigheder, som indikeret i Tabel 4.

Der skal i denne tærskelværdi indtænkes en passende sikkerhed, således at evakuering og/eller lastreducerende tiltag kan iværksættes i tide. Dette kan gøres ved hjælp af overvågning af prognoser fra vejrtjenesten.

Vindretning	N	Ø	S	V	Referencer
<b>Basisvind og terræn</b>					
Retningsfaktorens kvadrat, $c_{dir}^2$ [-]	0,8	0,7	0,7	1,0	NA, 4.2(2)
Basisvindhastighed, 50-årsvind, $v_b$ [m/s]	21,5	20,1	20,1	24,0	Ligning (1)
Returperiode, $T$ [år]	1	6	100	50	
Sandsynlighedsfaktor, $c_{prob}$ [-]	0,75	0,87	1,04	1,00	Ligning (5)
Basisvindhastighed, returperiode $T$ , $v_{b,T}$ [m/s]	16,1	17,5	20,8	24,0	Ligning (7)
Terrænkategori	I	II	III	IV	EN, 4.3.2
<b>Peakhastighedstryk for vindlast på konstruktion</b>					
Referencehøjde, $z_e$ [m]	8,0	8,0	8,0	8,0	
Ruhedsfaktor, $c_r(z_e)$ [m]	1,13	0,96	0,71	0,54 <sup>(1)</sup>	EN, 4.3.2
Karakteristisk peakhastighedstryk, $q_{p,T}(z_e)$ [N/m <sup>2</sup> ]	426	425	425	423 <sup>(1)</sup>	Ligning (3)
<b>Tærskelværdi for middelvind ved vindmålere</b>					
Højde til vindmålere, $z$ [m]	15,0	15,0	15,0	15,0	
Ruhedsfaktor, $c_r(z)$ [m]	1,24	1,08	0,84	0,63	EN, 4.3.2
Tærskelværdi for middelvindhastighed, $v_{m,T}^*(z)$ [m/s]	20,0	19,0	17,6	15,2	Ligning (6)
Turbulensintensitet, $I_v(z)$ [-]	0,14	0,18	0,26	0,37	EN, 4.4
Tærskelværdi for peakvindhastighed, $v_{p,T}^*(z)$ [m/s]	27,9	28,4	29,3	28,8	Ligning (3)
<sup>(1)</sup> : Ruhedsfaktor og peakhastighedstryk i referencehøjden for vestlige vinde er, jf. vindnormens afsnit 4, bestemt i minimumshøjden for terrænkategori IV, $z_{min} = 10$ m.					

Tabel 4: Eksempel på detaljerede vindparametre til bestemmelse af vindlast og vindovervågning med tærskelværdier for fire vindretninger. I referencerne henviser forkortelsen EN til vindnormen og NA til vindnormens nationale annekse.

Det ses af tabellen, at det omtrent samme dimensionsgivende peakhastighedstryk kan opnås med forskellige returperioder for de forskellige retninger. Vindhastighedsgrænsen for den nordlige vind må forventes at blive overskredet mest hyppigt og bliver dermed afgørende for, hvor tit der skal iværksættes tiltag. I dette eksempel er det tilstrækkeligt præcist at antage, at den samlede returperiode svarer til den laveste af de betragtede retningers returperioder, hvorved ejerens ønske om højest at skulle gennemføre tiltag én gang om året, er imødekommet.



På grund af vindhastighedernes variation i højden, svarer vindforholdene ved de beregnede tærskelværdier ved vindmålerne til vindforholdene ved peakhastighedstrykkene i referencehøjden  $z_e$  og ved de angivne basisvindhastigheder i 10 m højde. Basisvindhastighederne kan derfor udgøre tærskelværdier for vejrtjenestens værdier, hvis disse svarer til basisforhold,  $v_{b,T}^* = v_{b,T}$ .

Et overvågningssystem kan opsættes til overvågning af, om tærskelværdien overskrides for hver af de forskellige retningssektorer. Alternativt kan et overvågningssystem opsættes, så den mindste tærskelværdi på tværs af alle vindretninger udløser lastreducerende tiltag. I eksemplet overvåges middelvindhastigheder, hvorfor den laveste tærskelværdi her stammer fra den vestlige vindretning.

I dette eksempel er det antaget, at formfaktorer og udnyttelsesgrader for tribunens konstruktioner er de samme for alle vindretninger. Dermed vil det dimensionsgivende peakhastighedstryk også være det samme for alle vindretninger. Tabellen kan udvides ved at regne udnyttelsesgrader for de forskellige vindretninger med tilhørende varierede formfaktorer, således at den samme udnyttelse opnås ved de forskellige, betragtede vindretninger.

Bemærk, at ovenstående beregninger kan gennemføres med udgangspunkt i et peakhastighedstryk defineret af konstruktionens bæreevne. En returperiode svarende til dette peakhastighedstryk kan dernæst defineres, hvorefter de øvrige parametre kan fastlægges.

### 3.5.2 Teltkonstruktion med overvågning vha. vejrtjeneste

Ved styrkeeftervisningen af teltet observeres det, at teltets styrke ikke kan øges over et bestemt niveau, uden at dette vil have uforholdsmæssige økonomiske omkostninger. De statiske beregninger af teltet viser, at den regningsmæssige last svarende til et peakhastighedstryk med en returperiode på 50 år i udgangspunktet er ca. 45% større end teltets styrke. Det forudsættes i dette eksempel, at dette svarer til, at teltet kan dimensioneres for regningsmæssige vindlaster svarende til et karakteristisk peakhastighedstryk på  $q_p = 863 \text{ N/m}^2$ . Det besluttet, at vindhastighederne i området skal overvåges vha. vejrmeldinger fra en vejrtjeneste.

Opgaven består herefter i følgende punkter:

- At bestemme passende omfang af de tiltag, der skal til for at eliminere overskridelsen af konstruktionens bæreevne.
- At bestemme, hvor ofte der er risiko for, at disse tiltag skal gennemføres, så det bliver muligt at afveje omkostningerne ved at udføre tiltagene med omkostningerne ved at dimensionere konstruktionen for et højere peakhastighedstryk.
- At fastlægge en tærskelværdi for vindhastigheder, hvorover de nødvendige tiltag iværksættes.

For transportable telte vil understøtningerne ofte være nøgleelementer, hvor styrken er afgørende for konstruktionens sikkerhed. I tilfælde af høj vind kan der være visse enkle tiltag, som reducerer risikoen for personskade samt reducerer løftet i de kritiske nøgleelementer og dermed risikoen for svigt:

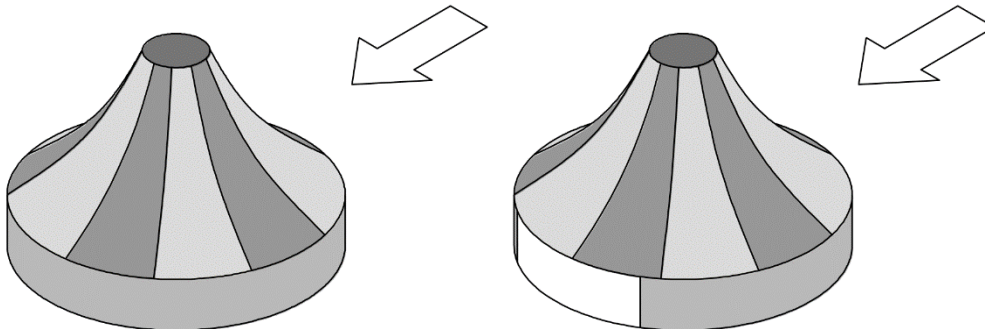
- Når vindhastigheden nærmer sig et givet kritisk niveau, rømmes teltet, og der indføres en sikkerhedsafstand fra teltet.
- Alle åbninger lukkes i vindsiden for at reducere de opadrettede kræfter inde i teltet.
- Konstruktionen åbnes i læsiden for at øge de nedadrettede kræfter inde i teltet.

Ovenstående tiltag skal være dokumenteret, og de relevante personer, som skal sørge for tiltagenes iværksættelse, skal informeres herom.





Figur 3 viser et eksempel på tiltag til reduktion af vindlasten ved at ændre geometrien.



Figur 3: Teltkonstruktion, (a) lukket og (b) med åbninger i læsiden.

Da vindovervågning, evakuering og lastreducerende tiltag bringes i anvendelse, kan der regnes med en reduceret partialkoefficient på  $\gamma_{Q,1} = 1,4 \cdot K_{FI} = 1,4$ , se Tabel 3. Da udgangspunktet var en partialkoefficient på 1,5, reducerer det overskridelsen af bæreevnen til ca.  $1,4/1,5 \cdot 1,45 - 1 = 35\%$ . Dermed kan teltet eftervises for laster svarende til et peakhastighedstryk på  $1,5/1,4 \cdot 863 \text{ N/m}^2 = 805 \text{ N/m}^2$ .

Overskridelsen af bæreevnen svarer til, at teltet kan belastes med  $1/1,35 = 74\%$  af vindlasten svarende til en returperiode på 50 år. Af Tabel 2 ses det, at dette svarer til et peakhastighedstryk med en returperiode på 5 år. Evakuering og lastreduktion må altså forventes i gennemsnit at skulle foregå hvert femte år. Teltets ejer vurderer, at dette er acceptabelt, og det skal hernæst fastlægges, hvilken tærskelværdi,  $v_{b,T}^*$ , der skal sættes for vindhastighederne.

Sandsynlighedsfaktoren for vindhastighederne bestemmes som kvadratroden af sandsynlighedsfaktoren for peakhastighedstryk,  $c_{\text{prob}} = \sqrt{0,74} = 0,86$ . Da en vejrtjeneste anvendes til at monitorere vindhastigheden under vindnormens referenceforhold, svarer de observerede vindhastigheder til basisvindhastigheder, og udtryk (7) kan hernæst anvendes til at bestemme tærskelværdien for varslede vindhastigheder. Et eksempel på således bestemte vindlastparametre er vist i Tabel 5.

Vindretning	Alle	Referencer
<b>Basisvind og terræn</b>		
Retningsfaktorens kvadrat, $c_{\text{dir}}^2$ [-]	1,0	
Basisvindhastighed, 50-årsvind, $v_b$ [m/s]	24,0	Ligning (1)
Returperiode, $T$ [år]	5	Tabel 2
Sandsynlighedsfaktor, $c_{\text{prob}}$ [-]	0,86	Ligning (4)
Tærskelværdi for basisvindhastighed, $v_{b,T}^*$ [m/s]	20,7	Ligning (7)
Terrænkategori	I	
<b>Peakhastighedstryk for vindlast på konstruktion</b>		
Referencehøjde, $z_e$ [m]	15,0	
Karakteristisk peakhastighedstryk, $q_{p,T}$ [N/m <sup>2</sup> ]	805	Ligning (3)

Tabel 5: Vindlastparametre for telt til opstilling i hele den del af Danmark, hvor  $v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$ . I referencerne henviser forkortelsen EN til vindnormen og NA til vindnormens nationale anneks.



Ved hjælp af de beskrevne tiltag kan teltet eftervises for en femårsværdi af vindlasten, hvilket eliminerer den regningsmæssige overskridelse, så den endelige udnyttelsesgrad under regningsmæssig vindlast bliver  $145\% \cdot 1,4/1,5 \cdot 0,74 = 1,00$ .

### 3.5.3 Telte dimensioneret efter eurocodes i Tyskland og Danmark

De nationale valg i DS/EN 13782 DK NA:2014 angiver skærpede krav til vindlasten og sikkerhed ift. DS/EN 13782, idet vindlasten skal beregnes efter BR18, kapitel 15, herunder DS/EN 1991-1-4, hvor sikkerheden eftervises efter DS/EN 1990 med tilhørende danske nationale annekser. Et telt der er dimensioneret efter minimumsværdierne angivet i DS/EN 13782 kan derfor ikke uden videre anvendes som helårstelt i Danmark.

I dette eksempel ses på telte, der er dimensioneret med udgangspunkt i DS/EN 13782 og som opfylder kravene i eurocodes med tilhørende tyske nationale annekser for eurocodes, specielt DS/EN 1991-1-4 og DS/EN 1990. Det undersøges hvilke ekstra krav der skal opfyldes for at teltene kan benyttes i Danmark således at kravene i eurocodes med tilhørende danske nationale annekser for eurocodes opfyldes. Princippet i dette eksempel kan også anvendes på visse andre konstruktioner.

I dette eksempel opstilles tærskelværdier til et telt dimensioneret efter minimumsværdierne angivet i DS/EN 13782, som gør det muligt at anvende teltet i Danmark, forudsat at vindhastigheden overvåges, og at der indføres tiltag ved overskridelse af tærskelværdien. Kravene for brug af teltet i Danmark opstilles under hensyntagen til forskelle mellem danske partialkoefficienter og værdierne anvendt i designgrundlaget for teltet. I dette eksempel antages det at teltet har et tyske certifikat, som viser at teltet er dimensioneret efter DS/EN 13782, og at det kan indplaceres i konsekvensklasse CC2.

Egenlasten er normalt forholdsvis lille sammenlignet med vindlast for kritiske konstruktionselementer og virker i mange tilfælde til gunst. Derfor ses der kun på vindlast, og en repræsentativ designligning kan opskrives

$$\frac{R_k}{\gamma_M} \geq Q_k \gamma_Q K_{FI} \quad (8)$$

hvor  $R_k$  den karakteristiske værdi for bærevnen,  
 $Q_k$  den karakteristiske værdi for lasten,  
 $\gamma_M$  partialkoefficient for bærevnen,  
 $\gamma_Q$  partialkoefficient for lasten og  
 $K_{FI}$  faktor, som tager højde for konsekvensklassen.

For eftervisning af lastkombinationer for statisk ligevægt med ballast i lastkombinationen EQU uden geotekniske og strukturelle træelementer er partialkoefficienter på stabiliserende og destabiliserende laster ens i Tyskland og Danmark, og således ikke mindre konservative end designligningen (8).

Vindlasten på konstruktionen beregnes som et produkt af peakhastighedsstryk  $q_p$  i referencehøjden  $z_e$ , formfaktor, konstruktionsfaktor samt referenceareal. I en sammenligning mellem telte certificeret i Danmark og Tyskland, vil det ofte kunne antages, at produktet af formfaktor, konstruktionsfaktor samt referenceareal er konservative i Tyskland sammenlignet med Danmark. Under denne antagelse kan den regningsmæssige last skrives som en konstant  $k$  ganget på peakhastighedsstrykket og designligningen bliver

$$\frac{R_k}{\gamma_M} \geq k q_p(z_e) \gamma_Q K_{FI} \quad (9)$$



Da faktoren for konsekvensklassen er  $K_{FI} = 1.0$  for CC2 i Danmark og ikke anvendes i Tyskland, er den udeladt i det følgende. For et telt dimensioneret til grænsen i Tyskland vil flg. derfor være opfyldt, idet værdier som kan være forskellige i hhv. Danmark og Tyskland er rykket til højre side, og markeret med ' for de tyske værdier

$$\frac{R_k}{k} = q'_p(z_e) \gamma'_Q \gamma'_M \quad (10)$$

Det bemærkes at der her på den sikre side ikke er taget hensyn til forskel i definition af karakteristisk værdi for stål og aluminium i de 2 lande.

Hvis teltet skal kunne certificeres i Danmark, skal følgende være opfyldt:

$$\frac{R_k}{k} \geq q_p(z_e) \gamma_Q \gamma_M \Rightarrow q'_p(z_e) \gamma'_Q \gamma'_M \geq q_p(z_e) \gamma_Q \gamma_M \quad (11)$$

Formuleres dette som et krav til peakhastighedstrykket, fremkommer flg.

$$q_p(z_e) \leq q'_p(z_e) \frac{\gamma'_Q \gamma'_M}{\gamma_Q \gamma_M} \quad (12)$$

Telte vil såfremt at de har et tysk certifikat derfor kunne godkendes/certificeres til forhold i Danmark, hvor denne ulighed er opfyldt.

For at telte kan certificeres uden at angive en tærskelværdi for peakvindhastigheden, skal uligheden være opfyldt, når lastpartialkoefficienten har den værdi, der også benyttes for permanente konstruktioner  $\gamma_Q = \gamma'_Q = 1.5$ .

Hvis der forudsættes overvågning vha. vindmålere i kombination med vejrtjeneste, og der iværksættes tiltag ved overskridelse af en fastsat tærskelværdi, er  $\gamma_Q = 1.2$  jævnfør afsnit 3.4. Konservativt vælges den mindste værdi af forholdet  $\gamma'_M/\gamma_M$  som optræder for partialkoefficienten  $\gamma_{M0}$  for stål hvor  $\gamma'_M/\gamma_M = 1.0/1.1$ . For telte dimensioneret i Tyskland efter EN 13782 og som opfylder kravene i eurocode med tilhørende nationale annekser i Tyskland, kan  $q'_p(z_e)$  konservativt sættes til minimumsværdierne angivet i DS/EN 13782 tabel 1, idet det er de mindste værdier, de kan være dimensioneret efter. Dermed kan det maksimale peakhastighedstryk, som teltet kan certificeres til, beregnes afhængig af telthøjden for telte hhv. uden og med overvågning og tiltag ved overskridelse af en fastsat tærskelværdi.

Telte kan således opsættes uden tiltag, hvis følgende er opfyldt:

$$q_p(z_e) \leq q'_p(z_e) \frac{1.5 \cdot 1.0}{1.5 \cdot 1.1} \approx 0.91 q'_p(z_e) \quad (13)$$

Hvis teltet ikke kan opsættes uden tiltag, skal tærskelværdien specificeres på baggrund af følgende peakhastighedstryk:

$$q_p(z_e) \leq q'_p(z_e) \frac{1.5 \cdot 1.0}{1.2 \cdot 1.1} \approx 1.14 q'_p(z_e) \quad (14)$$

Dette kan omregnes til en peakvindhastighed  $v_p$  ved toppen af teltet ud fra

$$q_p = \frac{1}{2} \rho v_p^2 \Rightarrow v_p = \sqrt{2q_p/\rho} \quad (15)$$



hvor  $\rho$  er luftens densitet på  $1,25 \text{ kg/m}^3$ . Peakvindhastigheden er defineret som forventningsværdien af det største vindstød (typisk 2-3 sek.), der optræder i en 10 minutters periode.

Ved hjælp af disse udtryk beregnes de maksimale værdier af peakhastighedstrykket i Danmark, som telte dimensioneret i Tyskland efter EN 13782 kan certificeres til uden tiltag ved overskridelse af en fastsat tærskelværdi, samt hvilken tærskelværdi af peakhastighedstryk og peakvindhastighed, som skal angives. I Tabel 6 er disse beregnet for værdierne af minimum peakhastighedstryk angivet i DS/EN 13782. Det kan ses at peakhastighedstrykket, hvor tiltag er nødvendig  $q_p(z_e)$ , overstiger peakhastighedstrykket i designgrundlaget ifølge DS/EN 13782  $q'_p(z_e)$ , som følge af den reducerede partialkoefficient på lasten. Dermed sker der ikke en overskridelse af den regningsmæssige lastværdi anvendt i forbindelse med dimensioneringen.

Referencehøjde $z_e$ [m]	Minimum peakhastighedstryk ifølge DS/EN 13782 $q'_p(z_e)$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Maksimalt peakhastighedstryk uden tiltag $q_p(z_e)$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Tiltag er nødvendig	
			Peakhastighedstryk $q_p(z_e)$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Peakvindhastighed $v_p(z_e)$ [m/s]
$5 \leq z_e$ samt bredde under 10 m	0,30	0,27	0,34	23,4
$5 \leq z_e$	0,50	0,45	0,57	30,2
$5 < z_e \leq 10$	0,60	0,55	0,68	33,0
$10 < z_e \leq 15$	0,66	0,60	0,75	34,6
$15 < z_e \leq 20$	0,71	0,65	0,81	35,9
$20 < z_e \leq 25$	0,76	0,69	0,86	37,2

Tabel 6: Minimum peakhastighedstryk ifølge DS/EN 13782 samt maksimale værdier af peakhastighedstrykket i Danmark (BR18), som telte dimensioneret i Tyskland efter EN 13782 kan certificeres til. Hvis peakhastighedstrykket for et telt på en lokalitet er under værdierne i kolonnen "Maksimalt peakhastighedstryk uden tiltag" betyder det, at teltet kan opsættes uden krav til tiltag. Hvis dette ikke opfyldes, skal der formuleres krav til tiltag ved overskridelse af en fastsat tærskelværdi på baggrund af peakhastighedstrykket.

Et telt kan anvendes i Danmark uden tiltag, hvis peakhastighedstrykket på lokaliteten ikke overstiger værdierne angivet i Tabel 6 i kolonnen maksimalt peakhastighedstryk uden tiltag  $q_p(z_e)$ . Peakhastighedstrykket afhænger af basisvindhastigheden  $v_{b,0}$ , terrænkategorien, retningsfaktoren, årstidsfaktoren samt højden. For et telt med en given højde kan peakhastighedstrykket beregnes afhængig af terrænkategori og måned.

Tabel 7 viser resultatet for et telt med en højde på 10 m for  $v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$ . Det ses, at telte med en højde på 10 m kan opstilles hele året uden tiltag i terrænkategori IV, men det kan ikke opstilles i kategori I og II uden tiltag. I kategori III kan det opstilles uden tiltag i månederne maj-september med årstidsfaktorerne fra DK NA EN 1991-1-4.

Peakhastighedstryk $q_p(10\text{m})$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Hele året	marts-november	maj-september	juni-august
Årstidsfaktor	1,0	0,9	0,8	0,7
Terrænk. I	<b>1,00</b>	<b>0,90</b>	<b>0,80</b>	<b>0,70</b>
Terrænk. II	<b>0,85</b>	<b>0,76</b>	<b>0,68</b>	<b>0,59</b>
Terrænk. III	<b>0,62</b>	<b>0,55</b>	0,49	0,43
Terrænk. IV	0,42	0,38	0,34	0,30

Tabel 7: Peakhastighedstryk for telte på en højde på 10 m afhængig af terrænkategori og årstid. Værdier markeret med kraftig kursiv er større end den maksimale værdi på  $0,55 \text{ kN/m}^2$ .



### 3.5.4 Eksempel på omklassificering af telte og konstruktioner fra CC2 til CC3

I dette eksempel undersøges betydningen for tærskelværdierne samt hyppighed for overskridelse heraf ved at omklassificere et telt fra CC2 til CC3. Dette kan være aktuelt for telte med et tysk certifikat efter DS/EN 13782. Der tages udgangspunkt i et telt der er certificeret til CC2 med en givet tærskelværdi for peakvindhastigheden. Samme fremgangsmåde kan anvendes for øvrige transportable konstruktioner, hvor forudsætnin-  
gerne angivet i eksempel 3.5.3 er opfyldt.

Som i eksempel 3.5.3 skrives designligningen på følgende form

$$\frac{R_k}{\gamma_M} \geq k q_p(z_e) \gamma_Q K_{FI} \quad (16)$$

For CC2 er  $K_{FI} = 1.0$  mens der for CC3 gælder  $K_{FI} = 1.1$ . De øvrige faktorer  $k$ ,  $\gamma_M$  og  $\gamma_Q$  er ens for CC2 og CC3.

Hvis et telt dimensioneret til grænsen i CC2 skal vurderes ift. CC3, vil det ikke have tilstrækkelig bæreevne  $R_k$  til at klare samme peakhastighedstryk  $q_p(z_e)$ . For et telt dimensioneret til grænsen i CC2 vil flg. derfor være opfyldt, idet værdier som kan være forskellige i hhv. CC2 og CC3 vurderingen er rykket til højre side, og markeret med CC2

$$\frac{R_k}{k \gamma_M \gamma_Q} = q_p^{CC2}(z_e) K_{FI}^{CC2} \quad (17)$$

Hvis teltet skal kunne certificeres i CC3, skal følgende være opfyldt

$$\frac{R_k}{k \gamma_M \gamma_Q} \geq q_p^{CC3}(z_e) K_{FI}^{CC3} \Rightarrow q_p^{CC2}(z_e) K_{FI}^{CC2} \geq q_p^{CC3}(z_e) K_{FI}^{CC3} \quad (18)$$

Formuleres dette som et krav til peakhastighedstrykket, for at teltet kan certificeres til CC3, fremkommer flg.

$$q_p^{CC3}(z_e) \leq q_p^{CC2}(z_e) \frac{K_{FI}^{CC2}}{K_{FI}^{CC3}} \quad (19)$$

Det antages at tærskelværdi i CC2 er opstillet på baggrund af peakvindhastigheden svarende til teltets højde. Dermed har telthøjde og terrænkategori ikke indflydelse på beregningen.

I princippet kan det være muligt at opstille telte i nogle terrænkategorier uden tiltag, selvom det er et krav i de øvrige, men da denne beregning også afhænger af telthøjden, ses der ikke yderligere på dette.

I det følgende undersøges, hvilken tærskelværdi for peakvindhastigheden  $v_p^{CC3^*}$  der skal specificeres for CC3, når teltet har tærskelværdier specificeret på  $v_p^{CC2^*}$ . Indsættes udtrykket for peakvindhastigheden i ligningen med kravet til peakhastighedstrykket fås

$$\frac{1}{2} \rho (v_p^{CC3^*})^2 = \frac{1}{2} \rho (v_p^{CC2^*})^2 \frac{K_{FI}^{CC2}}{K_{FI}^{CC3}} \Rightarrow v_p^{CC3^*} = v_p^{CC2^*} \sqrt{\frac{K_{FI}^{CC2}}{K_{FI}^{CC3}}} = v_p^{CC2^*} \sqrt{\frac{1.0}{1.1}} \approx 0.95 v_p^{CC2^*} \quad (20)$$

Returperioden,  $T$ , for et givet peakhastighedstryk  $q_{p,T}$  kan beregnes ved hjælp af følgende sammenhæng, hvor  $q_p$  er peakhastighedstrykket med en returperiode på 50 år og  $K_q = 0.2$ .

$$\frac{q_{p,T}}{q_p} = \frac{1 + K_q \ln(T)}{1 + K_q \ln(50)} \quad (21)$$



Isoleret for  $T$  fås

$$T = \exp\left(\frac{1}{K_q} \left[ \frac{q_{p,T}(1 + K_q \ln(50))}{q_p} - 1 \right]\right) \quad (22)$$

Den årlige hyppighed for overskridelse,  $\lambda$ , kan derefter beregnes af

$$\lambda = 1/T \quad (23)$$

Hvis et telt ikke bruges om vinteren, hvor de største vindhastigheder forekommer hyppigst, vil hyppigheden af overskridelser og derved tiltag blive mindre. Et estimat for dette kan beregnes ved hjælp af årstidsfaktoren,  $c_{\text{season}}$ , der afhænger af måneden som angivet i DS/EN 1991-1-4 DK NA.

Ifølge DS/EN 1991-1-4 DK NA kan peakhastighedstrykket reduceres for konstruktioner der kun står i nogle af årets måneder som følger

$$q_{p,\text{season}} = q_p c_{\text{season}}^2 \quad (24)$$

Da DS/EN 1991-1-4 DK NA anvender et peakhastighedstryk med en returperiode på 50 år som karakteristisk værdi, må den reducerede værdi  $q_{p,\text{season}}$  have en returperiode på 50 år, forudsat at man hele året har vindklimaet svarende til de pågældende måneder.

Hyppigheden (pr. år),  $\lambda$ , for bestemte måneder estimeres af

$$1/\lambda = \exp\left(\frac{1}{K_q} \left[ \frac{q_{p,T,\text{season}}(1 + K_q \ln(50))}{q_p c_{\text{season}}^2} - 1 \right]\right) \quad (25)$$

Det antages, at et telt er certificeret i CC2 med krav om overvågning af peakvindhastigheden i toppen af teltet, og krav om at der iværksættes tiltag, hvis tærskelværdien overstiger  $v_p^{\text{CC2}^*}$ . Krav til vindhastighedens tærskelværdier er angivet i Tabel 8 sammen med hyppigheder for et telt på 10 m højde opstillet i terrænklasse II, idet  $v_b = 24$  m/s. Idet hyppighederne er angivet pr. år, kan det forventede antal overskridelser på en sæson beregnes ved at tage højde for, hvor mange dage i løbet af sæsonen det anvendes. For et telt i CC2 med en hastighedstærskel på  $v_p^{\text{CC2}^*} = 18$  m/s, der bruges 40 dage om året, og kun bruges i sommermånederne, bliver det forventede antal overskridelser pr. år

$$9.51/\text{år} \cdot \frac{40 \text{ dage}}{365 \text{ dage}} = 1.04/\text{år} \quad (26)$$



CC2 Hastighedstærskel $v_p^{CC2^*}$ [m/s]	CC2 overskridelseshyppighed pr. år (hele året) [/år]	CC3 Hastighedstærskel $v_p^{CC3^*}$ [m/s]	CC3 Overskridelseshyppighed			
			Hele året [/år]	Marts – November [/år]	Maj – September [/år]	Juni – August [/år]
10	76.9	9.5	82.0	76.7	70.7	63.6
12	57.6	11.4	63.1	57.4	51.0	43.8
14	40.9	13.3	46.4	40.7	34.7	28.2
16	27.6	15.2	32.5	27.4	22.2	16.9
18	17.6	17.1	21.7	17.5	13.4	9.51
20	10.7	19.0	13.8	10.6	7.63	4.99
22	6.15	20.9	8.39	6.10	4.09	2.45
24	3.36	22.8	4.86	3.32	2.07	1.12
26	1.74	24.7	2.68	1.72	0.98	0.48
28	0.85	26.6	1.41	0.84	0.44	0.19
30	0.40	28.5	0.71	0.39	0.19	0.07
32	0.18	30.4	0.34	0.17	0.07	0.03
34	0.07	32.3	0.16	0.07	0.03	0.01
36	0.03	34.2	0.07	0.03	0.01	0.00
38	0.01	36.1	0.03	0.01	0.00	0.00
40	0.00	38.0	0.01	0.00	0.00	0.00

Tabel 8: Evakueringskrav for eksempel 3.5.4.

### 3.6 Snelast

For transportable konstruktioner kan varigheden af anvendelsen på en given lokalitet indgå ved fastsættelsen af den karakteristiske snelast sammen med:

- Muligheden for at forudsige kraftigt snefald,
- Nødvendig tid til at beskytte eller forstærke konstruktionen i tilfælde af varsel om kraftigt snefald, og
- Muligheden for at fjerne sne fra konstruktionen.

Såfremt den transportable konstruktion er opført i en kort periode, hvor vejrudsigten relativt sikkert forudser ingen sne, eller der er tale om sommermånederne, vil der således helt kunne ses bort fra snelasten.

I DS/EN 1991-1-3 er angivet betingelserne for, hvordan der kan tages hensyn til afsmeltning (den termiske faktor,  $C_t$ ). Hvorvidt der kan tages hensyn til afsmeltning, bør ske på baggrund af en konkret vurdering af konstruktionens opvarmning og varmetab, og i hvilket omfang sneen eksempelvis vil kunne glide af konstruktionen.

Fjernelsen af sne fra taget skal igangsættes, når snemængden har nået en vis kritisk værdi. Denne snelast kan baseres på en vurdering af den aktuelle snedybde på taget og en densitet af sneen, som normalt kan regnes som angivet i Tabel 9.



Snetype	Rumvægt [kN/m <sup>2</sup> ]
Nyfalden	1,0
Fastliggende (flere timer eller dage efter nedbør)	2,0
Gammel (flere uger eller måneder efter nedbør)	2,5 - 3,5
Våd	4,0

Tabel 9: Middelrumvægt af sne (fra DS/EN 1991-1-3).

Sneens karakteristiske terrænværdi regnes til 1 kN/m<sup>2</sup>, se det nationale anneks til DS/EN 1991-1-3. Terrænværdiens afhængighed af returperioden  $T$  er som følger

$$s_{k,T} = c_{\text{prob},s_k} \cdot s_k, \quad (27)$$

hvor  $s_{k,T}$  sneens terrænværdi for returperioden  $T$ ,  
 $c_{\text{prob},s_k}$  er sandsynlighedsfaktoren, se udtryk (28).

Sandsynlighedsfaktor for sneens terrænværdi,  $c_{\text{prob},s_k}$ , kan bestemmes for returperioden,  $T \geq 1$  år, vha.

$$c_{\text{prob},s_k} = \frac{1+K_s \cdot \ln(T)}{1+K_s \cdot \ln(50)}, \quad (28)$$

hvor  $K_s = 0,3$  er forparameteren afhængigt af ekstremværdifordelingens variationskoefficient

Beregningen af reduktionsfaktoren på 0,64 for sneens terrænværdi anført i afsnit 2.2 for transportable lavrisikokonstruktioner med en levetid regnet til et år er baseret på faktoren  $K_s = 0,30$  og følger fremgangsmåden illustreret i B1.5.2.

### 3.7 Rytmask personlast

Egenlaster og de sædvanlige statiske nyttelaster følger den sædvanlige projektering for statiske laster (Se EN 1991-1-1 med nationalt anneks). For visse transportable konstruktioner er de dynamiske virkninger imidlertid helt afgørende at medtage i projekteringen. Disse dynamiske virkninger kan baseres på lastfastsættelsen i det danske nationale anneks til EN 1991-1-1.

Rytmask personlast har forårsaget mange skader og også dødsfald på transportable konstruktioner. Der skal således være stor fokus på denne påvirkning under dimensioneringen. Der skal bl.a. være fokus på de vandrette virkninger af rytmask personlast, idet denne last kan få katastrofale følger, hvis der ikke er taget hensyn til den i dimensioneringen.

Dimensioneringen kan følge de sædvanlige regler i konstruktionsnormerne. For tribuner og gangbroer kunne der imidlertid også følges en strategi, som ligner ovenstående beskrivelser angående naturlasterne:

1) Egenfrekvenserne for svingningsformer med primært vandrette bevægelser skal for tribuner og gangbroer mindst være henholdsvis 1,5 Hz og 1,3 Hz. Personernes masse indgår som en del af den medsvingende masse anvendt i beregningen af konstruktionens egenfrekvenser.

2) Egenfrekvenserne for svingningsformer med primært lodrette bevægelser skal for tribuner og gangbroer mindst være henholdsvis 3,0 Hz og 2,5 Hz. Personernes masse indgår som en del af den medsvingende masse ved bestemmelsen af egenfrekvenserne.

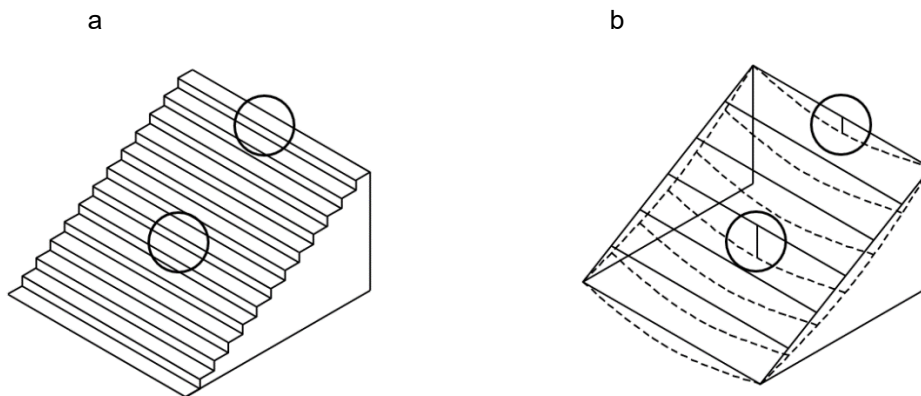




3) Hvis konstruktionsnormernes krav ikke er opfyldt ved ovenstående punkt 1 og 2, registreres der accelerationer af konstruktionen, når den udsættes for rytmisk personlast. Hvis accelerationerne overstiger de fastsatte grænseværdier i projekteringen, skal påvirkningen af konstruktionen reduceres på en forud fastlagt måde, som f.eks. ved at stoppe eller slukke for musikken.

I mange smartphones er indbygget accelerometre og overvågningen kan således foregå ved hjælp af fastmonterede smartphones.

Når kravene til egenfrekvenser i ovenstående punkt 1 og 2 er opfyldt, vil de mest afgørende sikkerhedsforhold for konstruktionen normalt være opfyldt. Figur 4 viser et eksempel på en tribune, hvor accelerationerne måles på de udsatte steder for at øge sikkerheden.



Figur 4: Tribune (a) og eksempler (b) på udvalgte punkter, hvor accelerationerne måles.

Konstruktionsnormernes krav til maksimale accelerationer kan muligvis blive overskredet; men da der her er tale om transportable konstruktioner, kan disse krav i visse tilfælde lempes. Tilladelige accelerationer kunne være af størrelsesordenen 10 -20 % af tyngdeaccelerationen. Det bør forud fastlægges hvilke accelerationer, der kan tillades.

### 3.8 Lodret belastning

Den lodrette belastning fra søjler, tribuner, scener portaler mv. overføres til jorden ved hjælp af fodplader, der er lagt ud på et afrettet fast underlag. Konstruktionens fodplader skal hvile på hele støttefladen. Niveauforskelle i terræn kan udlignes med halve rammeelementer, indstillelige fodspindler eller opklodsninger.

Hvor der anvendes opklodsninger, må de ikke være højere end 0,2 meter og skal være udført af egnede materialer, f.eks. træ. Porøse materialer, f.eks. porebeton og mursten, må ikke anvendes, idet de kan knække. Hvis opklodsningen består af flere lag, skal disse være forsvarligt sammenholdt. Støtteben højere end 0,6 meter skal afstives i to retninger vinkelret på hinanden.

Hvis der ikke udføres en egentlig dimensionering af fodplader/fundamenter, kan tilladeligt tryk på fast underlag af sand eller ler uden væsentligt organisk indhold sættes til 1,0 til 1,5 kg/cm<sup>2</sup>.



## 4 Fundering og forankring

Ved opstilling af transportable telte og konstruktioner, skal det overvejes, hvordan konstruktionen skal funderes, og hvordan konstruktionens stabilitet skal sikres.

Det er jordbunden, der skal optage den lodrette last af konstruktionen, og det er også jordbunden der skal optage vandrette og opadrettede trækbelastninger, hvad enten disse belastninger forekommer for at sikre konstruktionens indre stabilitet, eller det er for at sikre konstruktionen under forskellige vejrforhold.

Overvejelserne og resultatet af disse overvejelser skal dokumenteres. Formålet med dokumentationen af fundering og forankring - kaldet "geostatisk dokumentation" - er at vise, at et bygværks fundamenter og forankringer opfylder definerede krav til styrke og anvendelighed. Den, der søger om byggetilladelse, har ansvaret for den geostatiske dokumentation. Ansøgeren kan udpege en bygværksprojekterende for de geotekniske forhold, hvem det påhviler at samle og koordinere den geotekniske dokumentation således, at denne udgør et hele. Ansøgeren kan selv fungere som bygværksprojekterende.

Den geotekniske dokumentation skal udarbejdes og kontrolleres i overensstemmelse med DS/EN 1997-1 Eurocode 7: Geoteknik - Del 1: Generelle regler med tilhørende nationalt annek, afsnit 2.8 "Den geotekniske projekteringsrapport", dokumentationen for mindre konstruktioner er beskrevet efterfølgende i afsnit 4.3.

I forbindelse med opførelsen af permanente konstruktioner er jordens styrkeegenskaber undersøgt og beskrevet inden arbejdet påbegyndes, og funderingsniveau og eventuelle forankringer udføres sædvanligvis i lidt dybere, faste jordlag. Når transportable konstruktioner skal funderes, foregår det ofte direkte på vækstlaget, og forankring udføres ofte i den øvre del af jorden.

### 4.1 Jordbundsforhold

Hvis der ses bort fra klippe- og klintområderne på Bornholm, Møn og Stevns består jordbunden i Danmark af sedimenter, der er aflejret under eller efter istiden.

Bæreevnen af de øvre uorganiske jordlag bestemmes af fordelingen mellem grove og fine korn, kornenes form og lejringsstæthed samt af vandindholdet. Bæreevnen af det øverste vækstlag samt eventuelle organiske jordlag som tørv og gytje, er derudover bestemt af vegetation.

Jordens bæreevne kan variere i årets løb. De finkornede, ikke for fede jordtyper har forholdsvis let ved at optage vand, og har derfor stærkt varierende bæreevne afhængigt af årstiden. F.eks. må det påregnes, at de øvre jordlags bæreevne i tørtidstiden og måneden efter kan være reduceret til ca. 50 % af bæreevnen i sensommeren.

Et fingerpeg på om der skal træffes særlige foranstaltninger, er om arealet kan bære de køretøjer, der kommer med udstyret.

### 4.2 Geotekniske undersøgelser

For telte med en spændvidde på mere end 10 m skal der, jf. DS/EN 13782 Midlertidige konstruktioner – Telte – Sikkerhed, udføres en geotekniske undersøgelser og en dimensionering af fundamenter og ankre, som angivet i DS/EN 1997 med tilhørende nationalt annek. Forankring af mindre konstruktioner skal som minimum udføres efter de retningslinjer, der er beskrevet i DS/EN 13782 kapitel 8 "Ground anchorages".



### 4.3 Geoteknisk dokumentation

Forudsætninger, data, beregningsmetoder og resultater af eftervisning af sikkerhed og anvendelighed skal registreres i en geoteknisk projekteringsrapport. Detaljeringsniveauet i den geotekniske projekteringsrapport kan variere meget afhængigt af projekttype. For simple projektyper kan et enkelt ark være tilstrækkeligt.

Den geotekniske projekteringsrapport bør normalt omfatte følgende punkter – evt. med krydsreferencer til andre dokumenter, der indeholder flere detaljer:

- En beskrivelse af pladsen, omgivelserne og jordoverfladen,
- En beskrivelse af jordbundsforholdene (ofte blot muldlagets tykkelse og det underliggende lag),
- En beskrivelse af den foreslåede konstruktion,
- Angivelse af pladsens egnethed med hensyn til den foreslåede konstruktion samt de acceptable risici,
- anbefaling for udformning af fundamenter og forankringer,
- Fortegnelse over forhold, der skal kontrolleres under udførelsen, eller som kræver vedligeholdelse eller overvågning.

Det skal aftales, hvem der skal foretage kontrol under udførelsen, og hvem der følger op med overvågning af fundering og forankring.

Det anbefales, at lodsejere/udlejere, hvis grund ofte bruges til opstilling af midlertidige konstruktioner, får udført en geoteknisk undersøgelse, som kan danne grundlag for udarbejdelsen af den geotekniske projekteringsrapport, samt en eventuel optimering af fundering og forankring.

Projekteringsrapporten skal angive de punkter, der skal inspiceres, og den hyppighed, hvormed inspektionen skal foretages.

### 4.4 Jordankre

I DS/EN 13782, kap. 8, er principperne for forankring begrænset til ballastankre og simple jordankre.

Ifølge DS/EN 13782, kap 8, skal bæreevnen af øvrige ankre f.eks. vingeankre, foldeankre, skrueankre og ankerplader bestemmes ved beregning og/eller ud fra markforsøg. Simple ankre er ikke alene ankre med et cirkulært tværsnit. Simple ankre kan også have kvadratisk tværsnit, være lavet af opsvejste eller valsede profiler eller være skrueankre med flere vindinger, se efterfølgende.

### 4.5 Ballastankre

Når bæreevnen af helt eller delvist nedgravede ballastankre skal bestemmes, må det passive jordtryk tages i regning, hvis små flytninger og drejninger af ballastankret kan kompenseres ved f.eks. opstramning af barduner – og under forudsætning af, at disse flytninger ikke kommer til at skade konstruktionen.

Nedgraves en ballast, skal der tilfyldes og stampes omkring den, for at minimere flytninger og vinkeldrejninger. Hvis den opgravede jord er leret og meget våd, kan tilfyldning med fordel udføres med grus. Den beregnede tyngde af ballastankre skal ganges med 0,9. Græs virker som smøremiddel under en ballast.

### 4.6 Simple jordankre

Når der er tale om simple jordankre med et cirkulært tværsnit og en minimum nedramningsdybde på 80 cm, kan bæreevnen bestemmes i henhold til DS/EN 13782 pkt. 8.3 tabel 5.



Udføres jordankrenes bæreevnebestemmelse efter disse principper, skal man være opmærksom på, at jorden, specielt i det tidlige forår kan have lavere styrker end de nedenfor angivne. Tabel 5's (i DS/EN 13782) angivelse af bæreevnebestemmelsen i sand, "Dense cohesion less soils" kan være på den usikre side – specielt hvor der er tale om sand med meget lavt lerindhold (når det tørre sand kan løbe ud mellem fingrene).

På den anden side vil man ofte skulle opstille de midlertidige konstruktioner på steder med gunstigere jordbundsforhold. Det anbefales derfor at udføre de for det angivne projekt nødvendige undersøgelser, og på den baggrund foretage den nødvendige dimensionering af jordankrene.

Tabel 5 i DS/EN 13782 omhandler tre jordtyper:

- "Stiff cohesive soils" kan beskrives som "stift sammenhængende jord" – LER med en karakteristisk udrænet forskydningsstyrke,  $C_u >$  eller  $= 80 \text{ kN/m}^2$ .
- "Dense cohesion less soils" kan beskrives som "fast ikke sammenhængende jord" – fastlejret SAND.
- "Very stiff cohesive soils" kan beskrives som "meget hård sammenhængende jord" – f.eks. fast møneler med en karakteristisk udrænet forskydningsstyrke,  $C_u >$  eller  $= 100 \text{ kN/m}^2$ .

Beregningsprincippet er vist i figur 4 i DS/EN 13782.

Tabel 5 (i DS/EN 13782) giver bæreevnen for et anker med cirkulært tværsnit, der minimum nedrammes 80 cm i jorden (total længde ca. 1,0 m), og hvor diameteren af ankerstangen er 3,0 cm, jf. udtrykket

$$d_{\min} = 0,025 \cdot l' + 0,5, \quad (29)$$

hvor  $l'$  er ankerlængde (i jorden) angivet i cm  
 $d$  er diameteren af ankeret angivet i cm

Ankerstangen skal have konstant diameter. Bardunens fastgørelse skal være fikseret i eller umiddelbart under terræn. Værdierne for forskellige vinkler er vist i på figur 5 i DS/EN 13782. Det er en forudsætning, at ankret ikke er løst efter nedramning eller glider ned under ganske få slag, se dog tabel 3.

Bæreevnebestemmelsen, som angivet ovenfor, finder også anvendelse på simple ankre med kvadratisk tværsnit, på opsvejste eller valsedede profiler og på skrueankre med flere vindinger.

- Tværsnittets sidelængde indsættes i formlen som  $d$ , når tværsnittet er kvadratisk.
- Er ankerstangen opsvejst eller valset, indsættes diameteren af tværsnittets omskrevne cirkel som  $d$ , og  $l'$  er længden af den del af ankret, der har dette profil
- For skrueankre med flere vindinger er  $d$  skruevindingernes diameter, og  $l'$  er længden af den del af ankret, der har den anvendte diameter.

For ankre i lerfrit fastlejret sand foreslås de i Tabel 10 angivne værdier for  $Z_{v,h}$  og  $Z_{h,d}$ . Som grundlag for værdierne er forudsat en karakteristisk plan friktionsvinkel på 33, og en rumvægt på  $18 \text{ kN/m}^3$  – idet grundvandsspejlet forudsættes at være lavere end forankringsdybden. Ligger grundvandsspejlet umiddelbart under terræn i sand, halveres værdierne.



$l'$ [m]	$d = 2,5$	3,8	5	7,5	10	15
80	245\300	370\420	490\515	730\690	980\850	1470\1140
90	-	470\560	620\690	930\930	1240\1140	1860\1530
100	-	580\720	760\980	1150\1200	1530\1480	2290\1990
120	-	830\1130	1100\1390	1650\1890	2200\2330	3300\3110
140	-	-	1500\2020	2250\2740	3000\3392	4500\4543
160	-	-	1960\2760	2930\3781	3910\4680	5870\6280

Tabel 10: Vandret og lodret ankertræk i sand i N. (Venstre tal er max. lodret træk i N \ Højre tal er max. vandret træk i N).

Det aktuelle skrå træk,  $Z_d$ , kan bestemmes ved at tegne det på figur 4 i DS/EN 13782 viste kraftdiagram og derefter måle diagonalen.

Hvis jordbundsforholdene er af en sådan beskaffenhed, at de ankre, der ønskes anvendt, ikke har den fornødne bæreevne, kan der anvendes flere indbyrdes forbundne ankre, således at toppen af det primære anker forbindes med en bardun til et eller flere sekundære ankre – fastgørelsespunkt på det sekundære anker skal også være i eller under terræn. Afstanden mellem ankrene skal overalt være min. 1,5 gange rammedybden. Alternativt anvendes ballastankre.

Anvend altid den tungest mulige hammer. En for lille hammer ødelægger ankrets top og kan medføre, at ankret løsnes fra den omgivende jord. Hvis jorden er hård, er det bedre at bruge små slag med en tung hammer, i stedet for mange hårde slag med en lille hammer.

#### 4.7 Prøvetrækning af ankre

På lokaliteten skal der udføres forsøg på flere ankre af samme konstruktion. Den lavest fundne karakteristiske brudlast, hvor formationerne holder sig inden for en for konstruktionen acceptabel grænse, skal reduceres med faktoren  $v = 1,6$ .

Hvis funderingsforholdene er sammenlignelige, kan bæreevnen, bestemt på en anden lokalitet, tillades anvendt.

Fremgangsmåden ved udførelsen af prøvebelastning af jordankre skal tilpasses de aktuelle bundforhold og ankrets antagne virkemåde.

- Hvor forsøgene skal tjene til en bestemmelse af den karakteristiske brudlast, skal deformationshastigheden ved slutningen af det belastningstrin, der bestemmer brudlasten, være aftagende og må ikke overstige 20 mm/time.
- Hvis lasten når op på en maksimalværdi og herefter med voksende deformation holder sig uændret eller aftager, defineres brudlasten som den største last, der kan fastholdes ved en deformationshastighed mindre end 20 mm/time.
- Såfremt lasten vedbliver at stige, uden at den tilladelige slutdeformation overskrides, defineres brudlasten som svarende til en blivende deformation på 20 mm.



## Bilag 1 Vindlast på teltkonstruktioner

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 vejledningens krav til de omfattede konstruktioners sikkerhed. Herudover har der vist sig et behov for at kunne bestemme mere præcise vindlaste, der medtager virkningen af konstruktionernes eftergivelse 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 anneks. De følgende afsnit omhandler bestemmelse af den globale vindlast på telte med tilhørende sikkerheds- og lastfaktorer samt forslag til certificeringsformat, jf. bekendtgørelse om certificeringsordning for transportable konstruktioner.

### B1.1 Peakvindhastighed

Peakvindhastighed bestemmes af udtrykket

$$q_p = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_p^2, \quad (30)$$

hvor  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$  er luftens densitet, og  $q_p$  er peakhastighedstrykket defineret i EN 1991-1-4.

### B1.2 Lastklasser

I Tabel 11 angives skala for vindstyrke over land.

Betegnelse	Vindhastighed i højden 10 m	Virkning
Hård vind	10,8	Svært at slå paraply op. Store grene bliver sat i bevægelse.
Stiv Kuling	13,9	Utryghed ved at gå. Store træer sættes i bevægelse.
Hård Kuling	17,2	Vanskeligt at holde balancen i vindstødene. Kviste brækkes af.
Stormende kuling	20,8	Fodgængere risikerer at blive blæst omkuld i vindstødene. Konstruktionsskader begynder at opstå.
Storm	24,5	Træer rives op med rode. Konstruktionsskader almindelige.
Stærk storm	28,5	Mange konstruktionsskader.
Orkan	32,7	Meget omfattende skader på træer og bygninger.

Tabel 11: Skala for vindstyrker over land, se SBI-Anvisning 158.



Konstruktionen kan certificeres efter lastklasser. I Tabel 12 ses valget af tærskelværdi baseret på de tre nederste betegnelser i Tabel 11, årstidsfaktor og partialkoefficient for 5 lastklasser.

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

Peakhastighedstrykket afhænger desuden af det omkringliggende terræns ruhed. I eurocoden inddeles terrænet i 4 terrænkategorier I-IV.

	Ingen tiltag		Tiltag er nødvendig		
	1. Hel års	2. Maj-sept.	3. Orkan	4. Stærk storm	5. Storm
Tærskelværdi for peakvindhastighed, $v_{p,T}^*$ [m/s] <sup>(1)</sup>	-	-	32,7	28,5	24,5
Årstidsfaktor, $c_{season}^2$ [-]	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0
Partialkoefficient, $\gamma_{Q,1}$ [-]	1,5	1,5	1,2	1,2	1,2
Peakhastighedstryk $q_p$ baseres på	50-års-vind	50-års-vind	$v_{p,T}^*$	$v_{p,T}^*$	$v_{p,T}^*$
Hyppeghed for overskridelse af tærskelværdi	-	-	Ca. 1 gang per 10 år	Ca. 1 gang per år	Flere gange per år

Tabel 12: Lastklasser med tilhørende faktorer.

<sup>(1)</sup> er baseret på landbrugsland svarende til Terrænkategori II i EN 1991-1-4 og en højde på 10 m.

Hvis lastklasse 3-5 anvendes, vil overvågning af vindforhold være nødvendig, se afsnit 3.3. 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.

### B1.3 Formfaktor

Den karakteristiske nettovindlast på en facade bestemmes af

$$w_{p,net} = q_p \cdot (c_{pe,10} - c_{pi}), \quad (31)$$

Formfaktoren for udvendig vindlast  $c_{pe,10}$  specificeres i EN 1991-1-4. Formfaktoren for indvendig 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.

#### B1.4 Konstruktionsfaktor

Konstruktionsfaktoren angivet i formel (2) 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 samt konstruktionens løft og glidning undervurderes konstruktionsfaktoren ikke ved at anvende  $c_s c_d = 0,80$ .

#### B1.5 Anbefalet certificeringsformat

Konklusionen på certificeringen af teltet kan baseres på eftervisning af bæreevnen

$$R_d \geq E_d, \tag{32}$$

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

I Tabel 13 kan overholdelsen af teltets bæreevne ses i forhold til lastklasserne. Tabellen beskriver, hvornår teltets regningsmæssige bæreevne  $R_d$  er henholdsvis større eller mindre end den regningsmæssige lastvirkning  $E_d$ .

Terrænkategori	Ingen tiltag		Tiltag 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	$R_d < E_d$	$R_d > E_d$	$R_d > E_d$	$R_d > E_d$	$R_d > E_d$

Tabel 13: Konklusion ved certificering af teltkonstruktion.

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

Som tillæg til Tabel 13, hvor teltkonstruktionen godkendes, angives minimumsværdier for lastkapaciteten af samtlige telfastgørelser til terræn. Lastkapaciteten kan f.eks. 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 14. Fastgørelserne  $f_1 - f_N$  kan angive barduner og rammeben.  $f_1$  kan f.eks. angive alle fastgørelser ved rammeben i hjørnerne af teltkonstruktionen. Tabellen kan suppleres med figurer, der angiver fastgørelserne placering og type.

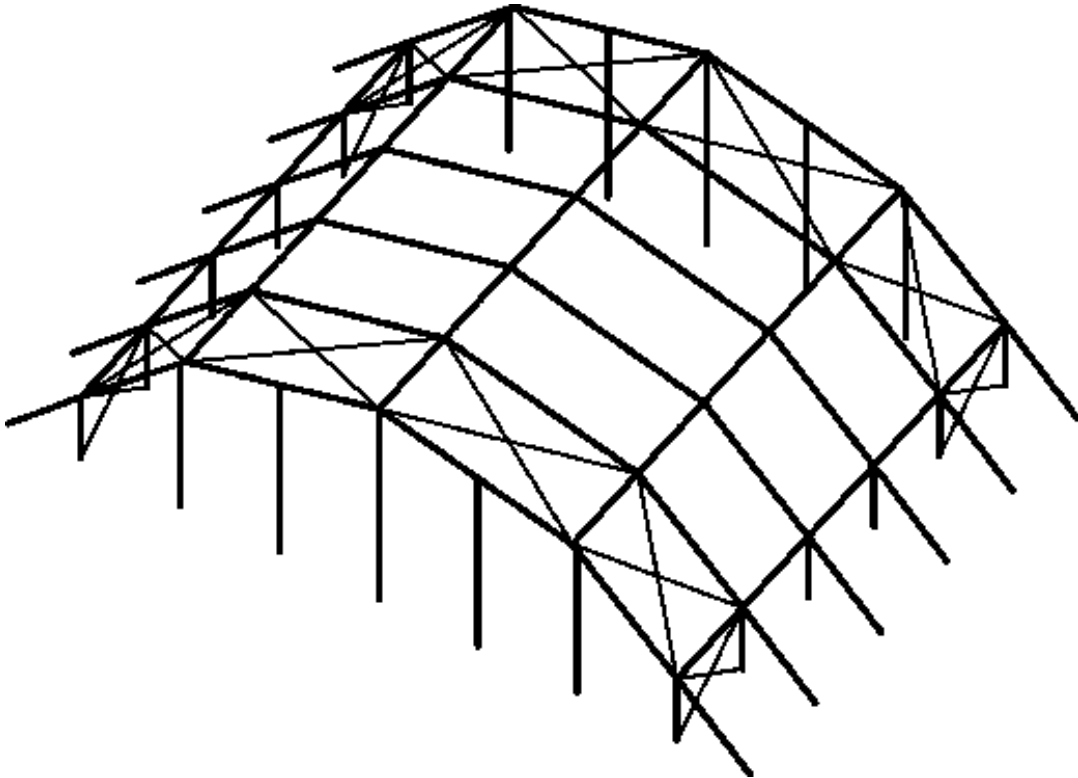
Lastklasse	Terrænkategori	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$
1	I	-	-	-	-
	II	-	-	-	-
	III	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-
2	I	-	-	-	-
	II	-	-	-	-
	III	-	-	-	-
	IV	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
3	I	-	-	-	-
	II	-	-	-	-
	III	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
	IV	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
4	I	-	-	-	-
	II	xx kg	xx kg	xx kg	xx kg
	III	xx kg	xx kg	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

Tabel 14: Minimum lastkapacitet for fastgørelser efter lastklasserne i Tabel 12 for  $R_d > E_d$  (Tabel 13).

Ud over dokumentationen i form af statiske beregninger kan certificeringen indeholde teltopstillingsvejledning og andet.



### B1.5.1 Eksempel: Telt



Figur 5: Eksempel på teltkonstruktion der skal certificeres

Et telt med en bredde på 18 m og en højde på 2,2 m skal certificeres, og teltets ejer hyrer en ingeniør med relevant ekspertise til opgaven. Nedenfor gives et eksempel på, hvordan dette certifikat kan udformes.

I certifikatet redegøres for konstruktionens bærende og stabiliserende system. Teltrammerne har momentstive samlinger, og deres støttepunkter på jorden regnes som vippelejer. Teltets bærende konstruktion består således af 2-charnière-rammer. Der redegøres i certifikatet for, hvordan sne- og vindlast håndteres.

Det beslutes ikke at regne på snelast, og teltet må derfor ikke opstilles på steder og tidspunkter, hvor der kan forekomme sne, hvis ikke der træffes foranstaltninger for at forhindre, at sne lægger sig på teltet. Sådanne foranstaltninger kan eksempelvis være opvarmning af teltet, der (1) er aktiveret før snevejret starter, (2) holdes aktiveret under hele snevejret og (3) kan holde hele teltdugens yderside opvarmet til mindst 2°C. Dette kombineres med, at teltdugen opsættes og spændes op, således at vand ikke kan samle sig i fordybninger på teltdugen.

Vandrette laster på gavlene overføres til jorden vha. bånd af vindkryds placeret ved hver gavl. Vandrette vindlaste parallelt med gavlene overføres fra teltrammerne til forspændte barduner på vindsiden af teltet. Bardunerne overfører vindlasten til jorden.

Kunden ønsker teltet certificeret for fem forskellige vindlasttilfælde, se Tabel 11 med skala for vindstyrker, der angiver begrænsningerne for teltets anvendelse. I disse fem lasttilfælde bestemmes snitkræfterne for de fire forskellige terrænkategorier, der anvendes i Danmark. Denne beregning kan gennemføres med FE-beregningsprogram eller ved hjælp af manuelle beregninger. Teltets bærende konstruktioner og forankringer beregnes og sammenholdes med disse snitkræfter. Resultatet er nedenstående tabel, hvor relevante værdier for de enkelte situationer fremhæves, og hvoraf det fremgår tydeligt, hvilke forhold teltet må opsættes under.



Begrænsninger for anvendelse					
Lasttilfælde	Uden tiltag		Tiltag nødvendig		
	1. Anvendelse hele året	2. Anvendelse fra maj til september	3. Stormende kuling	4. Stiv kuling	5. Hård vind
Tærskelværdi for peakvindhastighed, $v_{p,T}^*$ [m/s]	-		20,8	17,2	13,9
Årstidsfaktor, $c_{season}^2$ [-]	1,0	0,8	1,0		
Peakhastighedstryk $q_p$ baseres på	50-årig returperiode		$v_{p,T}^*$		
Hyppighed for overskridelse af tærskelværdi	-		Flere gange om året		
Opsætning af telt samt krav til forankring og ballast, hvis nødvendigt					
Terrænkategori I	Ikke tilladt	Ikke tilladt	Tilladt Forankring	Tilladt Forankring	Tilladt Forankring
Terrænkategori II	Ikke tilladt	Ikke tilladt	Tilladt Forankring	Tilladt Forankring	Tilladt Ballast > eller = 700 kg
Terrænkategori III	Ikke tilladt	Tilladt Forankring	Tilladt Forankring	Tilladt Ballast > eller = 800 kg	Tilladt Ballast > eller = 600 kg
Terrænkategori IV	Tilladt Forankring	Tilladt Forankring	Tilladt Forankring	Tilladt Ballast > eller = 700 kg	Tilladt Ballast > eller = 600 kg

Tabel 15: Eksempel på udformning af certifikat.

I nogle tilfælde er der for dette telt behov for ballast ved forskellige støttepunkter – f.eks. ved rammebenene i teltets hjørner. Teltets ejer ønsker ikke at etablere mere ballast end nødvendigt, og tabellen giver derfor værdier for i kg, hvor meget ballast, der kræves, og certifikatet inkluderer en tydelig anvisning af, hvordan og hvor denne ballast skal etableres.



### B1.5.2 Transportable lavrisikokonstruktioner

Ser man på det regningsmæssige hastighedstryk – altså efter det er blevet ganget med en lastpartialkoefficient på 1,5 – kan man regne ud, hvilken returperiode dette hastighedstryk svarer til vha. udtryk (4) og (5):

$$c_{\text{prob}}^2 = \frac{1+K_q \cdot \ln(T)}{1+K_q \cdot \ln(50)} = 1,5, \quad (33)$$

hvor  $K_q = 0,2$  er formparameteren som afhænger af ekstremværdifordelingens variationskoefficient, og  $T \approx 4307$  år er returperioden.

Sandsynligheden for en overskridelse i konstruktionens levetid på 50 år bestemmes ved

$$p = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{50} = 0,012 \quad (34)$$

hvor  $T \approx 4307$  år returperiode

For en transportabel lavrisikokonstruktion, hvor den bestemte svigtsandsynlighedes, baseret på den regningsmæssige last, hvor partialkoefficienten på lasten regnes til 1,5, må for en levetid på et år, have følgende returperiode.

$$T = -\frac{1}{\left((1-p)^{\frac{1}{t}} - 1\right)} \approx 87 \text{ år} \quad (35)$$

hvor  $p = 0,012$  sandsynlighed for overskridelse i en levetid  $t = 1$  år forventet levetid

For en levetid regnet til et år for den transportable lavrisikokonstruktion medfører denne betragtning, at vindens peakhastighedstryk kan regnes til 0,71 gange det normale peakhastighedstryk.

$$\frac{c_{\text{prob}}^2(T)}{1,5} = 0,71 \quad (36)$$

hvor  $T \approx 87$  år returperiode



Ser man på den regningsmæssige terrænværdi for sne – altså efter det er blevet ganget med en lastpartialkoefficient på 1,5 – kan man regne ud, hvilken returperiode sneens regningsmæssige terrænværdi svarer til vha. udtryk (28)

$$c_{\text{prob},s_k} = \frac{1+K_s \cdot \ln(T)}{1+K_s \cdot \ln(50)} = 1,5 \quad (37)$$

hvor  $K_s = 0,3$  er formparameteren som afhænger af ekstremværdifordelingens variationskoefficient, og  
 $T \approx 1872$  år returperiode

Sandsynligheden for en overskridelse i konstruktionens levetid på 50 år bestemmes ved

$$p = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{50} = 0,0264 \quad (36)$$

hvor  $T \approx 1872$  år returperiode

For en transportabel lavrisikokonstruktion, hvor den bestemte svigtsandsynlighedes, baseret på den regningsmæssig last, hvor partialkoefficienten på lasten regnes til 1,5, må for en levetid på et år, have følgende returperiode.

$$T = -\frac{1}{\left((1-p)^{\frac{1}{t}} - 1\right)} \approx 38 \text{ år} \quad (37)$$

hvor  $p = 0,0264$  sandsynlighed for overskridelse i en levetid  
 $t = 1$  år forventet levetid

For en levetid regnet til et år for den transportable lavrisikokonstruktion medfører denne betragtning, at sneens terrænværdi kan regnes til 0,64 gange den normale terrænværdi.

$$\frac{c_{\text{prob},s_k}(T)}{1,5} = 0,64 \quad (38)$$

hvor  $T \approx 38$  år returperiode