versie 2 juni 2017

Richtlijn

voor

Constructieve Toetsingscriteria

bij een aanvraag voor een

Evenementenvergunning

(revisie 2017)

Centraal overleg Bouwconstructies

INHOUD:

	Pag.
Voorwoord	2
Inleiding	3
Toelichting op de wijzigingen	4
Hoofdstuk 1 - Definities	5
Hoofdstuk 2 - Algemene voorwaarden ten aanzien van te plaatsen bouwsels/constructies	7
Hoofdstuk 3 - In te dienen constructieve gegevens	9
Hoofdstuk 4 - Constructieve prestatie-eisen en randvoorwaarden voor bouwsels	11
Hoofdstuk 5 - Normen en richtlijnen	14
Hoofdstuk 6 - Handhaving en toezicht	15
Hoofdstuk 7 - Toelichtingen	16
Bijlage 1: Windsnelheden en windbelastingen	18
Algemeen	18
De fundamentele basiswindsnelheid $v_{b,0}$	19
De basiswindsnelheid v_b	19
De referentieperiode	20
De gemiddelde windsnelheid $v_m(z)$	21
Nabijgelegen bouwwerken	22
De piek- of vlaagwindsnelheid	22
De stuwdruk q_p	23
De Beaufortschaal	24
Terugrekenen van q_p naar $v_{b,0}$	24
Schematisch samenvatting berekening van $v_{b,0}$ tot q_p	26
De tentennorm NEN-EN 13782	27
Windmetingen op locatie	28
Bijlage 2: KNMI frequentie-tabellen windsnelheden	29
Colofon > werkgroepleden COBc	39

Voorwoord

Geachte lezer,

Al sedert jaar en dag worden er in Nederland evenementen georganiseerd, waarbij een scala aan verschillende bouwsels, zoals podia, tribunes, tenten en decor-schermen, gebruikt wordt.

Al die tijd is er discussie over de (constructieve) veiligheid van deze bouwsels en altijd leiden de verschillen tussen de per gemeente gestelde eisen tot verwarring.

Deze richtlijn, opgesteld door constructeurs uit diverse gemeenten in Nederland, beoogt hierin eenduidigheid en helderheid te brengen.

Dit document is in eerste instantie als handreiking voor de gemeentelijke organisaties geschreven, maar kan ook nuttig en informatief zijn voor organisatoren van evenementen en ontwerpend constructeurs.

Ik beveel dit document van harte bij u aan en spreek de verwachting uit dat hiermee een groot deel van de onduidelijkheid en discussie zal verdwijnen en dat gemeenten dit document in hun evenementenbeleid zullen opnemen.

Almere, 2 juni 2017

Joop van Leeuwen

Voorzitter COBc

Inleiding

Jaarlijks worden op verschillende locaties de meest uiteenlopende en aantrekkelijke evenementen georganiseerd. Denk hierbij aan de Haven van Rotterdam, Pinkpop in Landgraaf, concerten in het Gelredome in Arnhem of de Nijmeegse Vierdaagse.

Alle evenementen kennen hun eigen publiek en eigen specifieke randvoorwaarden en voorzieningen.

De vergunningen die hierbij worden afgegeven door de lokale overheid zijn - anders dan bij een Omgevingsvergunning, die zijn oorsprong kent in de WABO, met verwijzing naar o.a. Woningwet en Bouwbesluit - gebaseerd op de Algemene Plaatselijke Verordening (APV) en zijn een directe bevoegdheid van de burgemeester.

Het is niet efficiënt en uniform dat elk plaatselijk bestuur zijn eigen regels opstelt voor de technische eisen aan constructieve onderdelen. Daarom is het goed dat bouwsels getoetst worden aan duidelijke en eenduidige regels.

Bij de opzet van deze richtlijn is ook rekening gehouden met het feit dat het niet proportioneel is om te eisen dat een kortstondig aanwezig bouwsel, bijvoorbeeld een tent, moet voldoen aan de nieuwbouweisen van een permanent bouwwerk met een ontwerplevensduur van 50 jaar. Daarom is voor dit doel een specifiek veiligheidsniveau toegestaan, gerelateerd aan de tijdsduur van het evenement.

Over de wijze van toetsing en het te hanteren veiligheidsniveau bestonden op het moment van het schrijven van dit document veel onduidelijkheden, zowel bij organisatoren, leveranciers van tenten, podia en tribunes e.d. als bij de verschillende overheden die een evenementenvergunning moeten verlenen. Dit document wil deze onduidelijkheden wegnemen en eenduidige veiligheidseisen geven op basis waarvan op een verantwoorde manier (beheersbaar risico) een evenement kan worden voorbereid en een vergunning kan worden verleend.

Uit oogpunt van landelijke uniformiteit verdient het sterke aanbeveling deze richtlijn **integraal** op te nemen in een gemeentelijk evenementenbeleid.

In deze richtlijn is geen onderscheid gemaakt tussen diverse categorieën evenementen (A, B, C), zoals die vaak gehanteerd worden. Onderscheid in deze categorieën is constructief niet relevant.

Deze richtlijn is tot stand gekomen in overleg met diverse vertegenwoordigers uit de evenementen-branche.

<u>Toepassingsgebied</u>

Dit document dient ter beoordeling van bouwsels die worden gebruikt in het kader van een evenement en waarvoor een vergunning moet worden aangevraagd op basis van een plaatselijke verordening (bijv. de APV).

<u>Status</u>

Dit document is een richtlijn die een eenduidig toetsingskader biedt voor gemeentelijke constructeurs en toezichthouders die betrokken zijn bij de vergunningverlening van een evenement en de handhaving hierop.

Toelichting op de wijzigingen

Versie 2015-11-05 > versie 2017

- In de inleiding is expliciet genoemd dat deze richtlijn geen onderscheid naar categorieën evenementen kent;
- Het begrip “object”is gewijzigd in “bouwsel” i.v.m. aansluiting bij BBGOP;
- In verband hiermee zijn de begrippen Bouwsel, Plaats en Bijeenkomsttent toegevoegd aan de definities;
- Verantwoording van de brandveiligheidsaspecten is aan de specifieke indieningsvereisten toegevoegd;
- Toevoeging van HS 4, art. 8 > bij windberekening rekening houden met nabij gelegen hogere bouwwerken;
- HS 4, art. 19 > alleen aan de publiekszijde van een podium hoeft geen vloerafscheiding
- De AMvB – BBGOP is aan de lijst met normen en richtlijnentoegevoegd;
- De toelichting op HS 2, lid 2 (bouwsels met weinig risico) is aangepast;
- Alle toelichtingen op windaspecten zijn samengebracht in een integrale bijlage Windbelastingen

Hoofdstuk 1 - Definities

Bouwsel

Bijeenkomsttent, tribune, podium of elke andere constructie die naar een plaats is gebracht of ter plaatse is geconstrueerd om daar kortstondig te functioneren.

(Bron: BBGOP, Besluit brandveilig gebruik overige plaatsen / versie 24-11-2016)

Plaats

Een ruimtelijk begrensde oppervlakte, bestaande uit ten minste een gebied of bouwsel of een samenstelling daarvan.

(Bron: BBGOP, Besluit brandveilig gebruik overige plaatsen / versie 24-11-2016)

Bijeenkomsttent

Tent, bestemd voor bijeenkomsten

(Bron: BBGOP, Besluit brandveilig gebruik overige plaatsen / versie 24-11-2016)

Constructie

Een systematisch samenstel van met elkaar verbonden constructieve elementen, ontworpen om belasting te dragen en voldoende stijfheid te verschaffen.

(Bron: NEN-EN 1990, art. 1.5.1.6)

Constructief element

Een fysisch goed te onderscheiden deel van een constructie, bijv. een kolom, een balk/ligger, een plaat, een funderingspaal.

(Bron: NEN-EN 1990, art. 1.5.1.7)

Vergunninghouder

De rechtspersoon of natuurlijke persoon op wiens naam de vergunning gesteld is en die op basis daarvan bevoegd is handelend op te treden in het kader van het vergunde evenement.

Beheersmaatregel

Een duidelijk omschreven actie, te ondernemen door de vergunninghouder, die er op gericht is veiligheidsmaatregelen te nemen ten aanzien van publiek, personeel en artiesten ingeval de feitelijke omstandigheden (bijv. weersomstandigheden) ongunstiger zijn of gaan worden dan die tijdens de voorbereidingen of het ontwerp van bouwsels voorzien waren.

Windkracht

Windkracht is de kracht die de wind uitoefent, uitgedrukt in eenheden volgens de schaal van Beaufort (Bft), een schaal van 0 tot 12.

(Bron: KNMI) (zie Bijlage 1, pagina 24)

Fundamentele waarde van de basiswindsnelheid ($v_{b,0}$)

De karakteristieke 10 minuten gemiddelde windsnelheid met een jaarlijkse overschrijdingskans van 0,02, op een hoogte van 10 m boven vlak en open terrein, onafhankelijk van de windrichting en tijd in het jaar, uitgedrukt in m/sec.

(Bron: NEN-EN 1991-1-4, art. 1.6.1, art. 4.2(1)P en tabel NB.1)

Basiswindsnelheid (v_b)

De fundamentele basiswindsnelheid, aangepast met factoren voor windrichting (c_{dir}) en seizoen (c_{season}), uitgedrukt in m/sec.

(Bron: NEN-EN 1991-1-4, art. 1.6.2 en art. 4.2(2)P)
(N.B. voor Nederland is $v_b = v_{b,0}$)

Gemiddelde windsnelheid op een hoogte z boven het terrein ($v_m(z)$)

De basiswindsnelheid, aangepast met factoren voor terreinruwheid ($c_r(z)$) en orografie ($c_o(z)$), uitgedrukt in m/sec.

(Bron: NEN-EN 1991-1-4, art. 1.6.3 en art. 4.3.1, formule 4.3)

Extreme stuwdruk $q_p(z)$

De karakteristieke waarde voor de op bouwsels uitgeoefende horizontale belasting als gevolg van wind op een hoogte z, uitgedrukt in kN/m^2.

(Bron: NEN-EN 1991-1-4, art. 4.5, formule 4.8)

De waarde van de extreme stuwdruk is afhankelijk van:
- de gemiddelde windsnelheid $v_m(z)$;
- de dichtheid van lucht ρ;
- de turbulentie-intensiteit $I_v(z)$;
- de invloed van pieken in de windsnelheid.
  (de invloed van deze pieksnelheden is verwerkt in de factor “7” in formule 4.8)

(zie Bijlage 1, pagina 23)

Hoofdstuk 2 - Algemene voorwaarden ten aanzien van te plaatsen bouwsels

1. Voor constructieve verantwoording van bouwsels dient de vergunninghouder aannemelijk te (laten) maken dat de constructieve veiligheid van op te richten of te plaatsen bouwsels gewaarborgd is.

2. Van bouwsels, waarbij de constructieve veiligheid niet relevant is en waarbij geen risico's van persoonlijk letsel bij falen te verwachten is, hoeft geen constructieve verantwoording te worden afgelegd, e.e.a. in overleg met de vergunningverlener.

(zie toelichting a, pag. 16)

3. De vergunninghouder dient de vergunningverlener proactief te benaderen ten aanzien van het aanleveren van de juiste gegevens en documenten en voor het maken van een afspraak voor inspectie.

4. De constructieve verantwoording dient om aannemelijk te maken, dat bouwsels veilig gebruikt kunnen worden. Deze verantwoording kan daarom voor standaard en meermalig in ongewijzigde vorm te plaatsen bouwsels bestaan uit het overleggen van bijvoorbeeld een productcertificaat, zoals een TUV-keur of een gelijkwaardig document, mits dit document dekkend is ten aanzien van de in deze richtlijn gestelde constructieve eisen.

5. De vergunninghouder is te allen tijde eindverantwoordelijk voor de veilige plaatsing en het veilige gebruik van bouwsels.

6. Opbouw en gebruik dienen conform de productattesten van de leverancier en/of fabrikant of volgens specifieke bouwsel-normen (zie HS. 5) te worden uitgevoerd.

7. Er dienen per bouwsel beheersmaatregelen beschreven te zijn, die voorzien in de situatie dat de belastingen ongunstiger worden dan de waarden waarop de bouwsels zijn berekend. Deze beheersmaatregelen kunnen onderdeel zijn van een veiligheidsplan en/of ontruimingsplan. De vergunninghouder is verantwoordelijk voor het opstellen en uitvoeren van deze beheersmaatregelen.
   In deze beheersmaatregelen dient ten minste aangegeven te zijn tot welke weersomstandigheden het bouwsel kan worden gebruikt, het moment waarbij het bouwsel buiten gebruik gesteld moet worden en de veiligheidsmaatregelen die men dan moet treffen. (zie ook onder HS. 4, lid 9)

(zie toelichting b, pag. 16)

8. De vergunninghouder van het evenement is verplicht zich vooraf en tijdens het evenement op de hoogte te stellen van de voorspelde weersomstandigheden voor het evenement.
   Bij voorspellingen die ongunstiger zijn dan de waarde waarop de bouwsels berekend zijn, moeten de onder punt 7. omschreven beheersmaatregelen uitgevoerd worden, waarbij de nadruk moet liggen op het in veiligheid brengen van de aanwezige mensen (zie ook onder HS. 4, lid 9 en 10).

9. De constructieve verantwoording dient ten minste 3 weken voor aanvang van het evenement ter beoordeling te worden voorgelegd aan de vergunningverlener.

(zie toelichting c, pag. 16)

10. Het toezicht op de veiligheid van kermisattracties (attractietoestellen) valt onder verantwoordelijkheid van de Nederlandse Voedsel-en Warenautoriteit (NVWA).
    In deze richtlijn wordt hiervoor kortheidshalve verwezen naar:
    https://www.nvwa.nl/onderwerpen/consumentenartikelen/dossier/attractietoestellen

Hoofdstuk 3 - In te dienen constructieve gegevens

Algemeen:

1. De naam en adresgegevens van de vergunninghouder;
2. De naam van het evenement;
3. De naam en het (mobiele) telefoonnummer van de contactpersoon tijdens op- en afbouw en tijdens de duur van het evenement;
4. Inhoudelijke omschrijving van het evenement;
5. De locatie van het evenement;
6. De datum en tijden van het evenement;
7. De op- en afbouwtijden van het evenement.

(bovenstaande gegevens voor zover nog niet elders vermeld in de vergunningaanvraag)

Specifieke gegevens:

1. Situatietekening (min. 1:500), met daarop aangegeven:
   a. Alle te plaatsen bouwsels;
   b. 1e lijns bebouwing rondom het evenemententerrein;
   c. Begrenzing publieksgedeelte;
   d. Legenda, waarin de getekende bouwsels worden omschreven;
   e. Noordpijl en schaalaanduiding.
2. Tekening met daarop plattegrond(en), aanzichten en eventueel doorsneden en details van alle te plaatsen bouwsels, e.e.a. op een goed leesbare schaal. De constructieve tekeningen moeten een volledig en actueel beeld geven van de te maken constructies met eventueel een tekstuele toelichting. De maatvoering en de te gebruiken materialen en profielen moeten zijn aangegeven.
   De uitvoering van de tekeningen moet voldoen aan NEN 47 en/of NEN 2302.
3. Productattest van de standaard en/of meermalig te plaatsen bouwsels.
   (zie onder HS. 2, punt 4)
4. Statische berekeningen, waarin ten minste opgenomen zijn en die ten minste voldoen aan:
   a. Berekeningen van de constructie van de te plaatsen bouwsels;
   b. De constructieschematisering, -geometrie, materiaaleigenschappen, profielafmetingen en de eigenschappen van de ondersteuningen moeten in de berekening zijn weergegeven en gemotiveerd;
   c. Belastingen en belastingcombinaties moeten volledig uitgewerkt worden gepresenteerd;
   d. De toegepaste waarde voor de windsnelheid dient expliciet vermeld te zijn;
   e. De maatgevende berekeningsresultaten moeten duidelijk worden gepresenteerd;
   f. Bij vervolgberekeningen of wijzigingen moet herkenbaar naar eerdere resultaten worden verwezen;

g. Computerberekeningen moeten minimaal voldoen aan het bovenstaande; verder moeten in- en uitvoer duidelijk worden gepresenteerd;
h. EEM-berekeningen moeten voldoen aan de voorwaarden, zoals opgenomen in het document “Uitwerking indieningsvereisten EEM-berekeningen” (april 2011);
i. De constructieve berekeningen moeten een volledige verantwoording geven van de te maken constructies.

5. Een verantwoording van de brandveiligheidsaspecten van constructieve onderdelen, conform de in HS. 5 genoemde normen en richtlijnen.
6. Een beschrijving van de beheersmaatregelen, zoals genoemd in HS. 2, art. 7 (pag. 7), eventueel opgenomen in bijv. een veiligheidsplan of een ontruimingsplan.
7. Alle bescheiden zijn bij voorkeur in het Nederlands opgesteld en zijn voorzien van de hierboven onder "Algemeen" genoemde gegevens.
   Wanneer documenten (van bijv. standaard bouwsels of productspecifieke keurmerken) toch in één der andere moderne talen zijn opgesteld (bijv. Engels of Duits) dan wordt hier een korte Nederlandse toelichting of samenvatting van de belangrijkste punten bij gevoegd.
8. Er dient een duidelijke samenhang te zijn tussen alle berekeningen en tekeningen van een bouwsel.

(N.B. bovenstaande gegevens hebben alleen betrekking op de constructieve verantwoording en sluiten daarom niet volledig aan op de algemene indieningsvereisten, zoals aangegeven in BBGOP, artikel 2.10)

Hoofdstuk 4 - Constructieve prestatie-eisen en randvoorwaarden voor bouwsels

1. Bij elk bouwsel (behoudens bouwsels, zoals bedoeld onder HS. 2, lid 2) dienen de standzekerheid en (kantel)-stabiliteit te zijn gewaarborgd. Hierbij dient een veiligheidsniveau te worden aangehouden, zoals omschreven in de onder HS. 5 genoemde normen.
   Op basis van Eurocode NEN-EN 1990 dient als veiligheidsniveau ten minste gevolgklasse CC2 te worden aangehouden.

   (zie toelichting d, pag. 17)

2. Veranderlijke belastingen mogen worden bepaald op basis van de gewenste ontwerplevensduur volgens de methoden, zoals genoemd in de in HS. 5 genoemde normen.

3. Voor gebruiksbelastingen (vloerbelastingen) dient ten minste uitgegaan te worden van gelijkmatig verdeelde belastingen en puntlasten, conform de onder HS. 5 genoemde normen.

4. Bij vloeren, waarop veel publiek gelijktijdig aanwezig kan zijn, dient een deel van de verticale gebruiksbelasting horizontaal op de constructie in rekening gebracht te worden, conform de onder HS. 5 genoemde normen.

5. Voor de in rekening te brengen windbelasting dient te worden uitgegaan van de in NEN-EN 1991-1-4 beschreven systematiek. Op basis van de tijdelijkheid van het evenement en eventueel gunstige weersvoorspellingen mag een lagere windsnelheid en dus een lagere extreme stuwdrukwaarde worden aangenomen dan aangegeven in NEN-EN 1991-1-4, art. 4.5.
   Er mag geen lagere ontwerplevensduur dan 10 jaar worden aangenomen (C_{prob} = 0,9).

   (zie Bijlage 1, pag. 20)

6. De voor de berekening van bouwsels aangenomen windsnelheid dient expliciet te worden vermeld in duidelijke relatie tot de beheersmaatregelen.

   (zie Bijlage 1, pag. 21)

7. In geval van binnen-evenementen dient eveneens rekening gehouden te worden met windbelastingen, e.e.a. gerelateerd aan de aanwezigheid van grote openingen.

8. Bij de berekening op windbelastingen dient rekening te zijn gehouden met de invloed van nabijgelegen bouwwerken, conform NEN1991-1-4, bijlage A.4.

9. Indien de voor het evenement voorspelde windsnelheid groter is dan de in het ontwerp aangenomen windsnelheden en de hieraan gerelateerde stuwdrukwaarden waarop de bouwsels berekend zijn, dienen de hierbij omschreven beheersmaatregelen te worden uitgevoerd (zie ook onder HS. 2, lid 7). De vergunninghouder is hiervoor verantwoordelijk.

10. De vergunninghouder dient zich tijdens het evenement op de hoogte te houden (door actief te communiceren met het weerstation, dat de meest actuele lokale weersvoorspellingen kan leveren of de meest betrouwbare waarnemingen doet) of de weersomstandigheden (wind, regen, onweer, sneeuw) binnen de voor het ontwerp aangenomen grenzen blijven. Wanneer dit niet meer het geval is dienen de omschreven beheersmaatregelen te worden uitgevoerd, conform HS. 2, lid 7 en 8.

(zie Bijlage 1, pag. 28)

11. Bij de stabiliteitsbeschouwing op basis van windbelastingen dient ook rekening gehouden te worden met een onvoorziene (maar reële) scheefstand.

(zie toelichting e, pag. 17)

12. De standzekerheid en stabiliteit kunnen worden gewaarborgd door het bouwsel te voorzien van stabiliteitsverbanden (windverbanden) en/of het bouwsel af te schoren met spanbanden naar ankerpennen of ballastblokken. Er kan ook gebruik worden gemaakt van momentvaste verbindingen.

13. Bij optredende gronddrukken boven een lokaal bepaalde grenswaarde moet de draagkracht van het funderingselement d.m.v. grondonderzoek + berekening worden aangetoond.
Als grenswaarde (ondergrens) zal in veel gevallen een waarde van ca. 30 – 80 kN/m2 moeten worden aangenomen, afhankelijk van de plaatselijke grondgesteldheid.
Blijven de optredende gronddrukken beneden deze ondergrens, dan hoeft geen aparte verantwoording van de gronddraagkracht te worden gegeven.

(zie toelichting f, pag. 17)

14. Het is zonder uitdrukkelijke toestemming van de eigenaar van het betreffende terrein niet toegestaan om verankeringen aan te brengen in vloeren of bestrating. Als alternatief kan gebruik worden gemaakt van bijv. ballastblokken of watertanks.

15. Voor het afschoren van de bouwsels mag geen gebruik gemaakt worden van straatmeubilair, bomen, struiken of andere aanwezige attributen, die geen onderdeel uitmaken van bijbehorende onderdelen van het bouwsel, zonder een rekentechnische verantwoording en toestemming van de betreffende eigenaar.

16. Borgingen (borgpennen, splitpennen, wiggen, etc.) in de constructie van het bouwsel moeten de benodigde krachten kunnen opnemen en mogen niet door onbevoegden op eenvoudige wijze verwijderd kunnen worden.

17. Bij bevestiging of borging van een bouwsel aan een bestaand gebouw of bouwwerk mag dit bouwwerk niet beschadigd of ontzet worden. De eigenaar van het betreffende gebouw of bouwwerk moet expliciet toestemming verlenen voor deze bevestiging of borging en er dient een rekentechnische verantwoording te worden opgesteld.

18. Van elk bouwsel dienen de voor publiek toegankelijke vloeroppervlakten vlak en waterpas te staan, behalve hellingbanen en andere specifiek hellend ontworpen oppervlakten. Onderstoppingen/uitvullingen dienen strak en stabiel te worden aangebracht, zodat ze niet kunnen afschuiven of kantelen. De ondergrond moet voldoende draagkrachtig zijn en zettingen mogen geen aantasting van de constructieve veiligheid veroorzaken. De plaatsing dient ook zodanig te zijn, dat geen schade wordt toegebracht aan riolering of kabels en leidingen.

19. Op de grens van een hoogteverschil (vloerrand) groter of gelijk aan 1,5 m dient een vloerafscheiding (leuning) met een hoogte van min. 1,0 m aanwezig te zijn, die moet voldoen aan de onder punt 20 omschreven voorwaarden. Bij een podium, waar alleen de uitvoerende artiesten aanwezig zullen zijn, hoeft aan de publiekszijde geen vloerafscheiding aanwezig te zijn.

20. Op vloerafscheidingen, zoals omschreven onder punt 19, van voor publiek toegankelijke vloeren dient een horizontale belasting te worden gerekend conform Eurocode NEN-EN 1991-1-1, bijlage NB.A. of NEN-EN 13200-6:2012, art. 5.6.

21. De toegepaste materialen dienen van een professionele en degelijke kwaliteit te zijn. Productattesten en/of materiaalattesten zijn middelen om dit aan te tonen.

22. Van elk bouwsel (behoudens bouwsels, zoals bedoeld onder HS. 2, lid 2) dient de vergunninghouder een productattest of berekening voorhanden te hebben, dat op verzoek van de vergunningverlener direct kan worden overlegd. In dit attest of deze berekening dient ten minste te staan hoe het bouwsel is opgebouwd, welke belastingen het bouwsel kan hebben, het gebruiksdoel van het bouwsel en tot welke windkracht het gebruik kan worden toegestaan.

Hoofdstuk 5 - Normen en richtlijnen

- NEN-EN 1990 Eurocode 0 – Grondslagen van het constructief ontwerp;
- NEN-EN 1991-1-1 Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen;
- NEN-EN 1991-1-3 Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting;
- NEN-EN 1991-1-4 Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting;
- NEN-EN 1993 of NEN-EN 1999, indien de constructie is vervaardigd van metaal als bedoeld in die normen;
- NEN-EN 1992 of NEN-EN 1996, indien de constructie is vervaardigd van steenachtig materiaal als bedoeld in die normen;
- NEN-EN 1994, indien de constructie is vervaardigd van staal-beton als bedoeld in die norm;
- NEN-EN 1995, indien de constructie is vervaardigd van hout als bedoeld in die norm;
- NEN-EN 1997 en/of NEN 9997-1: Geotechnisch ontwerp – deel 1: Algemene regels;
- NEN 2608, indien de constructie is vervaardigd van glas als bedoeld in die norm;
- Uitwerking indieningsvereisten EEM-berekeningen (COBc, april 2011);
- NEN-EN 12811 deel 1+2: Steigers;
- NEN-EN 13200 deel 1 t/m 8: Toeschouwersaccommodaties;
- NEN-EN 13782 (en): Temporary structures – Tents – Safety;
- NEN-EN 13814 (en): Fairground and amusement park machinery and structures – Safety;
- NEN 8020-41: (Brand)veiligheid van tenten;
- NPR 8020-50: Evenementen – Podiumconstructies - Verantwoordelijkheden;
- NPR 8020-51: Evenementen – Podiumconstructies – Belastingen en constructieve uitgangspunten.
- Amvb – BBGOP: Besluit Brandveilig Gebruik Overige Plaatsen

Bij de toepassing van de Eurocodes dienen ook de Nationale Bijlagen (NB) in beschouwing te zijn genomen.

Van alle normen en richtlijnen dient de meest actuele versie te worden gehanteerd.

Hoofdstuk 6 - Handhaving en toezicht

De vergunningverlener heeft het recht om de geplaatste bouwsels aan een inspectie te onderwerpen. Indien de vergunningverlener constateert dat een bouwsel niet conform de verleende vergunning of niet deugdelijk is geplaatst of niet voldoet aan de hierboven genoemde voorwaarden, eisen en normen, is de vergunninghouder gehouden de aanwijzingen van de vergunningverlener op te volgen. Hieronder valt ook het eventueel direct verwijderen van het bouwsel, het buiten gebruik stellen en/of voldoende afstand nemen van het bouwsel.
De aanwijzingen van de vergunningverlener dienen duidelijk gemotiveerd te zijn.

Hoofdstuk 7 - Toelichtingen

De diverse in de evenementenwereld gehanteerde normen (NEN of NPR) zijn gerelateerd aan specifieke bouwsels (bijv. tenten of podia).
Deze richtlijn geeft algemene eisen, die gelden voor alle vormen van bouwsels die bij evenementen kunnen voorkomen.
Hieronder volgt een specifieke toelichting op diverse artikelen, zoals hiervoor genoemd a t/m f.

Toelichting a (pag. 7)

Bij bouwsels waarbij de constructieve veiligheid niet relevant is kan o.a. gedacht worden aan:

- Kleine, niet bedrijfsmatig gebruikte tenten, met een vloeroppervlakte kleiner dan 25 m2 (N.B. dit is conform het gestelde in NEN 8020-41)
- Podia waarvan de vloerhoogte maximaal ca. 1 meter is, een oppervlakte hebben kleiner dan 75 m2 en waarbij geen overkapping of wanden aanwezig zijn;
- Springkussens, waterbakken e.d.;
- Marktkraampjes;

Toelichting b (pag.7)

De beheersmaatregelen die van toepassing zijn bij het te plaatsen bouwsel dienen bij de gebruikers (c.q. de vergunninghouder van het evenement) en de controlerende instantie bekend te zijn. Gezien het feit dat bij de aanvraag voor een evenementenvergunning bij de vergunninghouder (aanvrager) nog niet altijd definitief bekend is welke leverancier van bijvoorbeeld tenten en podia gekozen wordt, is het vaak niet mogelijk om de beheersmaatregelen al op te nemen in het veiligheidsplan of ontruimingsplan dat ingediend moet worden bij de aanvraag. Om die reden worden de beheersmaatregelen beschouwd als later aan te leveren supplement van het veiligheidsplan c.q. ontruimingsplan.

Toelichting c (pag. 8)

De constructieve verantwoording van een bouwsel kan als aanvullende voorwaarde worden opgenomen in de vergunning voor het desbetreffende evenement. Omdat bij aanvraag voor een evenementenvergunning vaak nog niet alle partijen die betrokken zijn (of worden) bij het evenement bekend zijn, kan de constructieve verantwoording als voorwaarde in de vergunning worden opgenomen en dus na verlening van de vergunning worden aangeleverd. Het staat de vergunninghouder (aanvrager) uiteraard vrij alle verantwoordingen bij aanvraag van de vergunning mee in te dienen.

Deze werkwijze is vergelijkbaar met het later indienen van constructieve stukken t.b.v. een bouwaanvraag conform §2.2 van Ministeriële Regelingen Omgevingsrecht (MOR): “**Op een later tijdstip aan te leveren gegevens en bescheiden**”.

Het gaat hierbij om de gegevens en bescheiden met betrekking tot belastingen en belastingcombinaties (sterkte en stabiliteit) en de uiterste grenstoestand van alle constructieve delen van alle bouwsels die worden toegepast bij het evenement.

In de vergunning dient dan bepaald te worden dat gegevens en bescheiden op basis waarvan de constructieve beoordeling kan plaatsvinden, uiterlijk **drie weken** voor de start van de opbouw van het bouwsel worden overlegd.

Toelichting d (pag. 11)

In dit artikel worden algemene randvoorwaarden gesteld aan het totale veiligheidsniveau, dat een bouwsel moet bezitten. Hiervoor worden de Eurocodes en een aantal bouwsel-specifieke normen genoemd. Bij eventuele strijdigheid tussen Eurocode-normen en bouwsel-normen zal een verantwoorde afweging moeten worden gemaakt t.a.v. het veiligheidsniveau.

Wanneer tijdens het evenement de omstandigheden zodanig veranderen, dat belastingen hoger worden dan de voor de berekening gekozen uitgangspunten, moeten de in dit document genoemde beheersmaatregelen worden uitgevoerd. Dit kan met name bij windbelastingen aan de orde komen. (zie ook onder HS. 2, lid 7).

Toelichting e (pag. 12)

Als onvoorziene scheefstand moet ook beschouwd zijn het scheef gaan hangen van hangende bouwsels (bijv. trusses of beeldschermen) als gevolg van windbelasting. Vooral dynamische effecten kunnen daarbij van maatgevende invloed worden. Het verdient daarom aanbeveling hangende bouwsels altijd af te schoren.

Toelichting f (pag. 12)

De meeste bouwsels die worden toegepast bij evenementen, zullen conform NEN-EN 1997-1 (Geotechnisch ontwerp) ingedeeld worden in geotechnische categorie 1 [2.1 Ontwerpeisen, (16) De procedures van geotechnische categorie 1 ….], met rekenwaarden voor funderingsstroken van ten hoogste 100 kN/m en voor platen en poeren van ten hoogste 250 kN. Hierdoor kan het geotechnisch onderzoek, conform artikel 3.2 van deze norm, bestaan uit het inspecteren van de gesteldheid van de bovenste lagen van de bodem en de grondwaterstand. Er moet hierbij gerefereerd worden aan plaatselijke ervaring en algemene kennis van de grondcondities in het gebied.

De maximaal toelaatbare gronddrukken, die bij bovengenoemde uitgangspunten gehanteerd mogen worden, zijn zeer afhankelijk van de lokale grondgesteldheid en zullen per evenement bepaald moeten worden.

Bijlage 1: WINDBELASTINGEN

deze bijlage is informatief
(alleen de rood gemarkeerde delen dienen als normatief onderdeel van deze richtlijn gelezen te worden)

Algemeen

Wind is een horizontale luchtstroming, die ontstaat als gevolg van verschillen in verticale luchtdruk in de atmosfeer tussen twee gebieden.
De lucht stroomt van een gebied met hoge luchtdruk naar een gebied met lage luchtdruk.
De snelheid waarmee de luchtmassa stroomt tussen de twee gebieden, hangt onder andere af van het verschil in verticale luchtdruk tussen de gebieden.
De snelheid hangt ook af van de weerstand, die de bewegende luchtmassa ondervindt van het terrein eronder. Vlak open terrein (of een glad wateroppervlak, zoals de zee) levert een hoge snelheid op en ruw terrein met veel verticale opstanden (bijv. gebouwen of bomen) levert een lagere snelheid op.
Daarnaast is de snelheid afhankelijk van de hoogte ten opzichte van het terrein. Dicht bij het weerstand biedende terrein zal de snelheid lager zijn en op grotere hoogte (verder van het weerstand biedende terrein af) is de snelheid hoger.
Vooralsnog gaan we ervan uit dat de luchtsnelheid, beïnvloed door deze 3 aspecten (luchtdrukverschillen, globale terreinruwheid en hoogte ten opzichte van het terrein), gelijkmatig is.
We kunnen de luchtsnelheden uitdrukken in m/sec of in km/uur. Voor meteorologische doeleinden wordt de windsnelheid ook wel uitgedrukt in een waarde op de schaal van Beaufort. Deze schaal loopt van 1 tot 12 en geeft per windsnelheidswaarde een beschrijving van het waarneembare effect van de windsnelheid op de omgeving.
Ter informatie is hieronder een tabel opgenomen met alle Beaufort-waarden met de daarbij behorende windsnelheden. Meer over de Beaufort-waarde op pagina 24.

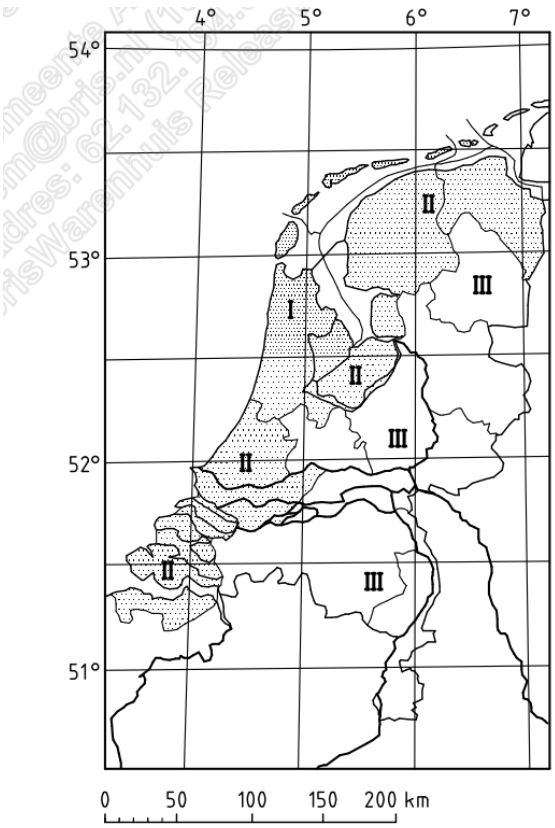
(Bron: www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/windschaal-van-beaufort)

kracht*	benaming	wind gemiddelde snelheid over 10 minuten [km/h]	wind gemiddelde snelheid over 10 minuten [m/sec]	uitwerking boven land en bij mens
0	stil	0-1	0-0,2	rook stijgt recht of bijna recht omhoog
1	zwak	1-5	0,3-1,5	windrichting goed af te leiden uit rookpluimen
2	zwak	6-11	1,6-3,3	wind merkbaar in gezicht
3	matig	12-19	3,4-5,4	stof waait op
4	matig	20-28	5,5-7,9	haar in de war; kleding flappert
5	vrij krachtig	29-38	8,0-10,7	opwaaiend stof hinderlijk voor de ogen; gekuifde golven op meren en kanalen; vuilcontainers waaien om
6	krachtig	39-49	10,8-13,8	paraplu's met moeite vast te houden
7	hard	50-61	13,9-17,1	het is lastig tegen de wind in te lopen of te fietsen
8	stormachtig	62-74	17,2-20,7	voortbewegen zeer moeilijk
9	storm	75-88	20,8-24,4	schoorsteenkappen en dakpannen waaien weg; kinderen waaien om
10	zware storm	89-102	24,5-28,4	grote schade aan gebouwen; volwassenen waaien om
11	zeer zware storm	103-117	28,5-32,6	enorme schade aan bossen
12	orkaan	>117	>32,6	verwoestingen

(Bron: Weergaloos Nederland. Uitgeverij Kosmos/Z&K, Utrecht, 1997/2004)
* de windkracht volgens Beaufort wordt bepaald uit het gemiddelde van de windsnelheid over 10 minuten

De fundamentele basiswindsnelheid $v_{b,0}$

De door het KNMI afgegeven windsnelheidsverwachting is de gemiddelde snelheid over een periode van 10 minuten en optredend in een vrij en open veld op een hoogte van 10 m.
(Bron: www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/windmetingen)
Deze verwachtingen zijn dus gebaseerd op dezelfde uitgangspunten als voor de fundamentele basiswindsnelheid $v_{b,0}$. uit NEN-EN 1991-1-4 gelden.



Figuur NB.1 — Indeling van Nederland in windgebieden

De door het KNMI afgegeven windverwachting in Beaufort kan daarmee direct vergeleken worden met de in NEN-EN-1991-1-4 opgenomen fundamentele basiswindsnelheid $v_{b,0}$.

Voor Nederland zijn 3 windgebieden vastgelegd en daarmee 3 fundamentele basiswindsnelheden.
Deze waarden zijn vastgesteld aan de hand van statistische interpretatie van een groot aantal windmetingen door diverse weerstations.
De terreingesteldheid (glad of ruw) speelt een rol bij de hoogte van deze waarden.

De windgebieden zijn in NEN-EN 1991-1-4 vastgelegd in Figuur NB.1 en de waarden van de fundamentele basiswindsnelheid in Tabel NB.1. Deze figuur en tabel zijn hieronder ter informatie opgenomen.

Tabel NB.1 — $v_{b,0}$ voor toepassing in Nederland

Windgebied	I	II	III
$v_{b,0}$ [m/s]	29,5	27,0	24,5

De basiswindsnelheid v_b

Naast de genoemde 3 factoren (luchtdrukverschillen, globale terreinruwheid en hoogte ten opzichte van het terrein) die van invloed zijn op de hoogte van de windsnelheid, kan de windsnelheid ook variëren per seizoen en per windrichting. De langjarige gemiddelde maandelijkse windsnelheid is in januari (maximale maand) veel hoger dan in augustus (minimale maand). Dit verschil kan in rekening gebracht worden door de factor c_{season}.
Er kan ook een bepaalde heersende windrichting zijn waarin de windsnelheden gemiddeld hoger zijn. In het westen van Nederland is het westen gemiddeld genomen een heersende windrichting. Deze variatie per windrichting kan in rekening gebracht worden door de factor c_{dir}.
Deze twee factoren geven de basiswindsnelheid:

$$v_b = c_{season} * c_{dir} * v_{b,0}\ [m/sec]$$ (NEN-EN 1991-1-4, formule 4.1)

Uit de statistische interpretatie van een groot aantal metingen door diverse meteostations in Nederland over het gehele jaar zijn de hieronder gegeven reductiefactoren afgeleid. Daarbij is minimale factor van 0,85 als veilige ondergrens aangenomen.

periode	c_{season}
januari - februari	1,00
maart - april	0,90
mei - juni	0,85
juli - augustus	0,85
september - oktober	0,90
november - december	1,00

Dit levert een maximale reductie van de stuwdruk op van $0{,}85^2$ = 0,72 (28% reductie).

Voor de Nationale Bijlage van NEN 1991-1-4 is besloten om, als meest veilige benadering, de beide factoren c_{season} en c_{dir} op 1,0 aan te nemen.
In de voornorm voor de NEN-EN 1991-1-4 werd de factor c_{season} aangeduid als c_{TEM} . Deze factor c_{TEM} is ook gebruikt in de rekennorm voor tenten NEN-EN 13782. Evenementen vinden doorgaans plaats in de zomer.Voor deze reductiefactor wordt daarom in deze norm de waarde 0,8 (versie 2005) resp. 0,7 (versie 2015) opgegeven. We moeten ons er echter rekenschap van geven, dat deze factor een reductie tot $0{,}8^2$ = 0,64 (36% reductie) resp. $0{,}7^2$ = 0,49 (51% reductie) van de uiteindelijke stuwdruk q_p oplevert.

Er moet op worden toegezien dat het betreffende bouwsel alleen gebruikt wordt in het jaargetijde waarin het gebruik van c_{season} = 0,8 verantwoord is. Daarnaast kunnen juist in zomerstormen hoge pieksnelheden optreden. Ook daarom is terughoudendheid in het toepassen van c_{season} op zijn plaats en het verdient dan ook aanbeveling niet verder dan een factor 0,85 te reduceren.

Wanneer een tent langdurig gebruikt wordt voor bijvoorbeeld de huisvesting van vluchtelingen mag deze factor niet in rekening gebracht worden en moet de berekening volledig gebaseerd zijn op NEN-EN 1991-1-4.

<u>De referentieperiode</u>

Een ander aspect dat van invloed is op de hoogte van de meerjarige gemiddelde windsnelheid, is de gebruiksperiode van het betreffende bouwwerk of bouwsel. Voor bouwwerken en gebouwen wordt uitgegaan van een gebruiksperiode (ontwerplevensduur) van 50 jaar. Wanneer deze periode veel korter is (bijvoorbeeld bij evenementen) mag de windsnelheid op statistische gronden verlaagd worden. In NEN-EN 1991-1-4 kan dit met gebruikmaking van de factor c_{prob} (formule 4.2).

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

Hierin is p de jaarlijkse overschrijdingskans > $p = 1 - e^{-1/T}$
waarin T de gekozen ontwerplevensduur in jaren is.
Bij verwerking van de uitdrukking voor p in de formule voor c_{prob} kan deze worden omgezet in de eenvoudiger formule:

$$c_{prob} = \left[\frac{1 + K * \ln(T)}{1 + K * \ln(50)} \right]^n$$

Hierin zijn K en n opgegeven in NEN-EN 1991-1-4, Tabel NB.2.
In de rekennorm voor tenten NEN-EN 13782 is de ontwerplevensduur aangenomen op 10 jaar.
Dit geeft een c_{prob} = 0,9.

Gebruik van deze factor bij een zeer lage ontwerplevensduur (bij evenementen in het kader van deze richtlijn bijvoorbeeld minder dan 3 maanden) leidt het gebruik van deze factor tot niet realistische windsnelheden. Hierbij zouden formeel al bij erg lage windsnelheden de beheersmaatregelen in gang gezet moeten worden.

Er mag dus een verlaagde windsnelheid, en dus een verlaagde extreme stuwdruk aangenomen worden voor het ontwerp van het bouwsel. In de beheersmaatregelen dienen deze lagere ontwerpuitgangspunten, samen met de te nemen maatregelen bij overschrijding van de gekozen waarden, te zijn opgenomen.

Dit kan bijvoorbeeld van belang zijn bij het gebruik van bestaande bouwsels, die ooit op een lagere windbelasting zijn ontworpen. De toen gebruikte ontwerpbelastingen kunnen teruggerekend worden naar een toelaatbare "fundamentele basiswindsnelheid" conform NEN-EN 1991-1-4, waar in het kader van de beheersmaatregelen op gemonitord moet worden (hierover op pagina 24 in deze bijlage meer).

Het KNMI heeft meetresultaten beschikbaar van de frequentie van opgetreden windsnelheden over de jaren 1970 – 2000, gemeten op 28 meetpunten, verspreid door Nederland.
Ter informatie is in Bijlage 2 een 5-tal resultaattabellen van deze KNMI-metingen toegevoegd.
(Bron: http://www.knmi.nl/samenw/hydra/cgi-bin/freqtab.cgi)

Deze tabellen geven een beeld van de variatie in optredende windsnelheden door het land, afhankelijk van locatie en tijd van het jaar. Deze tabellen zijn slechts indicatief.Voor de voor het ontwerp aan te houden windsnelheden moet de in de normen opgegeven snelheden worden aangehouden.

<u>De gemiddelde windsnelheid $v_m(z)$</u>

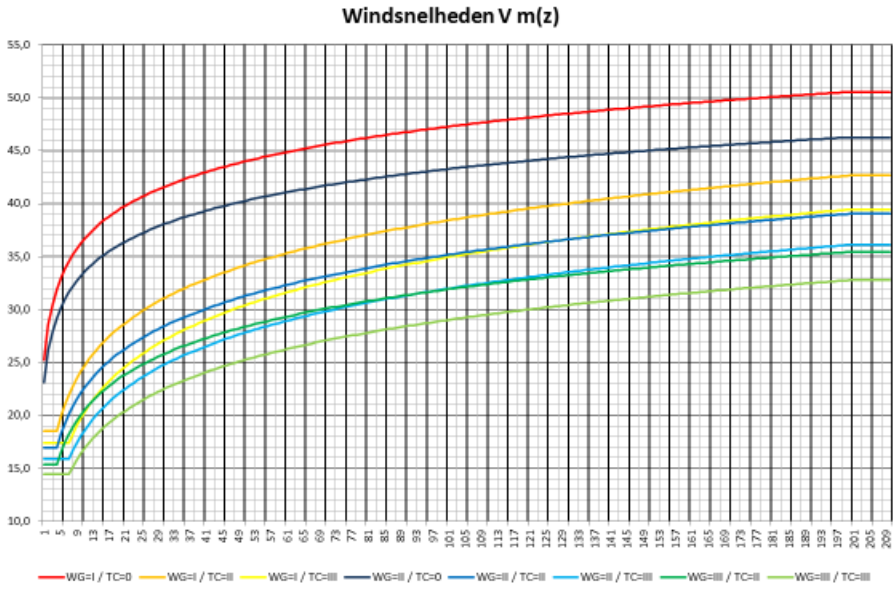
Naast de eerder genoemde globale terreininvloeden, die voor Nederland tot de 3 fundamentele basiswindsnelheden leiden, zijn op meer detailniveau 2 terreinfactoren van invloed, die bij verdere berekening tot een variatie van de windsnelheid in de hoogte leiden. Dit zijn de terreinruwheid, uitgedrukt in de ruwheidsfactor $c_r(z)$, en de invloed van hoogteverschillen in het terrein, uitgedrukt in de orografiefactor $c_o(z)$. Hoogteverschillen in terrein, die een substantiële invloed op de windsnelheid hebben, zijn in Nederland niet aanwezig. Daarom is in de NEN-EN 1991-1-4 deze factor op 1,0 gesteld. Voor een berekening van de ruwheidsfactor wordt hier kortheidshalve verwezen naar NEN-EN 1991-1-4, art. 4.3.2.
Verwerking van deze 2 factoren geeft de gemiddelde windsnelheid $v_m(z)$ op een hoogte z.

$$v_m(z) = c_r(z) * c_o(z) * v_b \; [m/sec] \qquad \text{(NEN-EN 1991-1-4, formule 4.3)}$$

Dit is de gemiddelde windsnelheid, gerelateerd aan terreinruwheid en hoogte. Dit is ook de windsnelheid, zoals we die meten bij een terreinmeting die een tijdsduur van ten minste 10 minuten omvat.

Windmetingen in het terrein moeten dus altijd vergeleken worden met deze $v_m(z)$.

Wanneer we de gemiddelde windsnelheden voor de diverse windgebieden en terreincategorieën ten opzichte van de hoogte in grafiek uitzetten, zien we de invloed van de terreinruwheid duidelijk naar voren komen. Dicht bij de grond neemt de windsnelheid sterk af en op grotere hoogten nemen de snelheden nauwelijks meer toe.



Nabijgelegen bouwwerken

Als laatste aspect dat van invloed is op de gemiddelde windsnelheid, moet genoemd worden de invloed van naburige bouwwerken. Speciaal bij binnenstedelijke evenementen kunnen naburige bouwwerken grote invloed hebben op de gemiddelde windsnelheid. Deze invloed moet berekend worden volgens NEN-EN 1991-1-4, bijlage A.4. Naar deze bijlage wordt hier kortheidshalve verwezen.

De piek- of vlaagwindsnelheid

Tot nu toe zijn alleen de gemiddelde windsnelheden beschouwd.
De snelheid waarmee de luchtmassa zich verplaatst is echter niet constant. Als gevolg van allerlei onderlinge krachten en drukverschillen tussen de luchtdeeltjes varieert de snelheid sterk in tijd en plaats.
De hoogste snelheden die daarbij op kunnen treden, noemen we windpieken of windvlagen.

Voor berekening van de kracht die door de wind op bouwwerken wordt uitgeoefend, moeten we daarom voor de meest veilige benadering geen gebruik maken van de gemiddelde windsnelheid, maar van de hoogst optredende snelheid, de piek- of vlaagwindsnelheid.

De relatie tussen de gemiddelde en de piekwindsnelheid is niet eenvoudig te leggen.
In een rapport van het KNMI (WR-2006-05) lezen we bijvoorbeeld:

Het stochastisch karakter van turbulentie maakt
een deterministische beschrijving onmogelijk.

Toch is men er in geslaagd door middel van uitgebreide metingen een wiskundige relatie te leggen tussen de gemiddelde snelheid en de pieksnelheid.
Bij het bepalen van de totale pieksnelheid (of vlaagsnelheid) zijn twee effecten van belang:

- turbulentie-effecten > wervelingen in de luchtmassa, veroorzaakt door wrijving met de ondergrond en botsingen met hoge opstanden (gebouwen of bomen);
- de variatie in lineaire luchtsnelheid > dit levert kortdurende pieksnelheden op.

De berekening van de turbulentie-invloeden is vastgelegd in NEN-EN 1991-1-4, art. 4.4.
De invloed van turbulentie is vastgelegd in de turbulentie-intensiteit > $I_v(z)$.
Voor de berekening van deze $I_v(z)$ wordt hier kortheidshalve naar dit artikel verwezen.

Turbulentie-effecten zijn sterk afhankelijk van de hoogte en de terreinruwheid.
De waarden van $I_v(z)$ lopen uiteen van 0,1 (boven zee of kust op hoogten > 100 m) tot 0,37 (boven bebouwd gebied op hoogten < 10 m).

De berekening van de pieksnelheden zelf wordt in de eurocode niet verder uitgewerkt, maar deze ligt besloten in een enkele getalswaarde (7) in formule 4.8.

Vastgesteld is dat de verhouding tussen de gemiddelde windsnelheid en de kortdurende pieksnelheid, de piekfactor g, uit de drukken is in de volgende relatie:

$$g = 0{,}42 * LN\left(\frac{T}{t}\right)$$

Hierin is: T = de middelingstijd [sec]
t = de vlaagduur [sec]

Voor de volgende middelingstijden en vlaagduren vinden we dan de volgende piekfactoren:

		T =					
	g	600	1200	2400	3000	3600	4200
t =	1	2,69	2,98	3,27	3,36	3,44	3,50
	2	2,40	2,69	2,98	3,07	3,15	3,21
	3	2,23	2,52	2,81	2,90	2,98	3,04
	4	2,10	2,40	2,69	2,78	2,86	2,92
	5	2,01	2,30	2,59	2,69	2,76	2,83

Hoe langer de middelingstijd en hoe korter de vlaagduur, des te hoger de piekfactor.
Bij de verdere uitwerking van de berekening is ervoor gekozen de meest ongunstige van deze waarden als maatgevend aan te nemen, te weten g = 3,5.

Het gecombineerde effect van pieksnelheid en turbulentie kan worden uitgedrukt in de volgende vergelijking:

$$G = \frac{v_{vlaag}}{v_{gem}} = 1 + g * I_v \qquad > \qquad v_{vlaag} = v_{gem} * (1 + g * I_v)$$

Hier zien we de factor (1+7*I_v(z)) uit NEN-EN 1991-1-4, formule 4.8 al voorzichtig tevoorschijn komen.

Bij een factor g = 3,5 vinden we, afhankelijk van I_v de volgende waarden voor G:

I v =	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250	0,275	0,300	0,325	0,350	0,375	0,400
G =	1,35	1,44	1,53	1,61	1,70	1,79	1,88	1,96	2,05	2,14	2,23	2,31	2,40

Hieruit zien we dat de vlaagsnelheid globaal een factor 1,5 tot 2,5 keer hoger kan zijn dan de gemiddelkde snelheid.
Deze vlaagsnelheid is bepalend voor de optredende stuwdruk op het bouwwerk of bouwsel.

<u>De stuwdruk q_p</u>

De snelheid van de bewegende luchtmassa levert een hoeveelheid potentiële kinetische energie op. Wanneer de luchtmassa op een verticaal vlak botst, wordt de beweging omgezet in kinetische energie en daarmee in kracht op het vlak. In de berekening van windbelastingen is dit de stuwdruk.

De door de bewegende luchtmassa opgewekte energie (kracht) kan worden uitgedrukt in de volgende formule:

$$q_p = {}^1/_2 * \rho * {v_{vlaag}}^2 = {}^1/_2 * \rho * (1 + g * I_v)^2 * {v_{gem}}^2$$

Hierin wordt: $(1 + g * I_v)^2 = 1^2 + 2 * g * I_v * (g * I_v)^2$

Met verwaarlozing van de laatste term wordt dit: $1 + 2 * g * I_v$

Met g = 3,5 wordt de formule: $1 + 2 * 3{,}5 * I_v = 1 + 7 * I_v$

Dit levert formule 4.8 op: $q_p = {}^1/_2 * \rho * (1 + 7 * I_v) * {v_{gem}}^2$

Ondanks de verwaarlozing van de laatste term wordt met deze formule toch geacht een veilige benadering te zijn gekozen. De pieksnelheden zijn conservatief hoog gekozen, met name met de keuze van de piekfactor van g = 3,5. Daarnaast bezit een gemiddeld bouwwerk een massatraagheid die het effect van de windkracht met een duur van 1 sec op de inwendige krachten in de constructie aanzienlijk kan reduceren.

Bij lichte constructies, zoals bijvoorbeeld bij evenementen, moeten we het effect van pieksnelheden (met inachtneming van bovenstaande beschouwing) daarom niet onderschatten.

De Beaufortschaal

Door middel van trial-and-error is een formule ontwikkeld voor de relatie tussen de Beaufort-waarde en de daarbij behorende windsnelheid. De windsnelheden hebben een bandbreedte rond iedere Beaufort-waarde, die is opgenomen in de tabel op pagina 18. Wanneer deze formule wordt toegepast, ligt iedere hele Beaufort-waarde ongeveer in het midden van de in de tabel gegeven bandbreedte.

De formule luidt: $$\mathbf{v = 0,836 * B^{\frac{3}{2}}}$$

waarbij:
v = de gemiddelde windsnelheid gedurende 10 minuten op 10 m boven de grond in m/sec
B = de getallen op de Beaufortschaal

Verwarrend kan zijn dat in de meteorologie van "wind-kracht" gesproken wordt in relatie tot de Beaufort-getallen, terwijl hier geen sprake is van een kracht in de natuurkundige betekenis, maar alleen van een dimensieloos getal om de windsnelheden binnen een bepaalde bandbreedte een "naam" te geven.

Terugrekenen van q_p naar een toelaatbare "$v_{b,0}$"

Veel evenementenconstructies zijn ontworpen op basis van uitgangspunten waarmee ze geacht worden in het hele land te kunnen functioneren. Bij oudere bouwsels kunnen deze uitgangspunten afkomstig zijn uit niet meer vigerende normen of wellicht zijn de uitgangspunten niet meer te achterhalen. Wanneer als enige gegeven bekend is de toelaatbare stuwdruk q_p zouden we dus willen weten welke windsnelheid in welk deel van het land hierbij toelaatbaar is.
Zoals we van $v_{b,0}$ naar q_p een bepaalde rekenweg volgen, kunnen we deze weg dus ook in omgekeerde volgorde afleggen (terugrekenen).

Het COBc heeft een spread-sheet ontwikkeld, waarbij vanuit een gegeven q_p, voor elke terreincategorie en elke bouwselhoogte, de toelaatbare $v_{b,0}$ op eenvoudige wijze kan worden berekend.

De sheet is te downloaden van de website van het COBc. Op pagina 25 is een voorbeeld van deze sheet opgenomen.

Samenvatting van de berekeningsgang van $v_{b,0}$ tot q_p

Op pagina 26 is een schematische samenvatting opgenomen van de berekening van $v_{b,o}$ tot q_p.

In dit voorbeeld is een bouwsel aangenomen met een hoogte van 7 m in windgebied III en terreincategorie II (onbebouwd gebied). Volgens tabel NB.5 moet hierbij q_p = 0,62 kN/m^2 worden aangehouden. De terugrekening leidt tot een $v_{b,0}$ = 24,5 m/sec (overeenkomstig windgebied III).

NEN-EN 1991-1-4 / Hfdst. 4 / Terugrekening van q_p (z) naar $v_{b,0}$

Invoergegevens:

Extreme stuwdruk	q_p (z) =	**0,62**	[kN/m2]
Terreincategorie		Onbebouwd gebied (II)	
Ruwheidslengte	z_0 =	0,200	[m]
Minimale hoogte	z_{min} =	4	[m]
Maximale hoogte	z_{max} =	200	[m]
Hoogte bouwsel boven maaiveld	z =	7,0	[m]
Rekenhoogte voor I_v (z) en c_r (z)	z =	7,0	[m]
Dichtheid van lucht	ρ =	1,25	[kg/m^3]
Windrichtingsfactor	c_{dir} =	1,0	[-]
Seizoensfactor	c_{season} =	1,0	[-]
Turbulentiefactor	k_l =	1,0	[-]
Orografiefactor	c_0 (z) =	1,0	[-]

Terreincategorieën - Tabel NB.3-4.1

Terreincategorie		z_0 [m]	z_{min} [m]
Zee of kustgebied aan zee	0	0,005	1
Onbebouwd gebied	**II**	**0,200**	**4**
Bebouwd gebied	III	0,500	7

z_0 = ruwheidslengte volgens art. 4.3.2(1)
z_{min} = minimale hoogte volgens art. 4.3.2(1)

Terreinfactor $k_r = 0{,}19 * \left(\frac{z_0}{0{,}05}\right)^{0{,}07} =$ 0,209 [-]

Ruwheidsfactor $c_r(z) = k_r * ln\left(\frac{z}{z_0}\right) =$ 0,744 [-]

Turbulentie-intensiteit $I_v(z) = \frac{k_l}{c_0(z) * \ln(z/z_0)} =$ 0,281 [-]

$q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * {}^1/_2 * \rho * v_m{}^2(z)$ > $v_m(z) = \sqrt{\frac{2 * q_p(z)}{(1 + 7 * I_v(z)) * \rho}} =$ **18,2** [m/sec]

N.B. > V_m(z) is de in het veld gemeten windsnelheid op hoogte z

$v_m(z) = c_r(z) * c_o(z) * v_b$ > $v_b = \frac{v_m(z)}{c_r(z) * c_{o(z)}} =$ 24,5 [m/sec] windkracht volgens Beaufort

$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}$ > toelaatbare windsnelheid is: $\mathbf{v_{b,0} = v_b} =$ **24,5** [m/sec] > **10** [Bft]

N.B. > $V_{b,0}$ is de door een weerstation (bijv. KNMI) opgegeven of voorspelde windsnelheid en vergelijkbaar met de $V_{b,0}$ - waarden uit tabel NB.1 van NEN-EN-1991-1-4

(versie 30-05-2017)

Om ditzelfde bouwsel aan de kust (en terreincategorie 0) toe te kunnen passen, mag er bij de volgens de specificaties opgegeven q_p = 0,62 kN/m^2 geen hogere gemiddelde windsnelheid toegelaten worden dan $v_{b,0}$ = 19,1 kN/m^2.

NEN-EN 1991-1-4 / Hfdst. 4 / Terugrekening van q_p (z) naar $v_{b,0}$

Invoergegevens:

Extreme stuwdruk	q_p (z) =	**0,62**	[kN/m2]
Terreincategorie		Zee of kustgebied aan zee (0)	
Ruwheidslengte	z_0 =	0,005	[m]
Minimale hoogte	z_{min} =	1	[m]
Maximale hoogte	z_{max} =	200	[m]
Hoogte bouwsel boven maaiveld	z =	7,0	[m]
Rekenhoogte voor I_v (z) en c_r (z)	z =	7,0	[m]
Dichtheid van lucht	ρ =	1,25	[kg/m^3]
Windrichtingsfactor	c_{dir} =	1,0	[-]
Seizoensfactor	c_{season} =	1,0	[-]
Turbulentiefactor	k_l =	1,0	[-]
Orografiefactor	c_0 (z) =	1,0	[-]

Terreincategorieën - Tabel NB.3-4.1

Terreincategorie		z_0 [m]	z_{min} [m]
Zee of kustgebied aan zee	**0**	**0,005**	**1**
Onbebouwd gebied	II	0,200	4
Bebouwd gebied	III	0,500	7

z_0 = ruwheidslengte volgens art. 4.3.2(1)
z_{min} = minimale hoogte volgens art. 4.3.2(1)

Terreinfactor $k_r = 0{,}19 * \left(\frac{z_0}{0{,}05}\right)^{0{,}07} =$ 0,162 [-]

Ruwheidsfactor $c_r(z) = k_r * ln\left(\frac{z}{z_0}\right) =$ 1,172 [-]

Turbulentie-intensiteit $I_v(z) = \frac{k_l}{c_0(z) * \ln(z/z_0)} =$ 0,138 [-]

$q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * {}^1/_2 * \rho * v_m{}^2(z)$ > $v_m(z) = \sqrt{\frac{2 * q_p(z)}{(1 + 7 * I_v(z)) * \rho}} =$ **22,4** [m/sec]

N.B. > V_m(z) is de in het veld gemeten windsnelheid op hoogte z

$v_m(z) = c_r(z) * c_o(z) * v_b$ > $v_b = \frac{v_m(z)}{c_r(z) * c_{o(z)}} =$ 19,1 [m/sec] windkracht volgens Beaufort

$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}$ > toelaatbare windsnelheid is: $\mathbf{v_{b,0} = v_b} =$ **19,1** [m/sec] > **8** [Bft]

N.B. > $V_{b,0}$ is de door een weerstation (bijv. KNMI) opgegeven of voorspelde windsnelheid en vergelijkbaar met de $V_{b,0}$ - waarden uit tabel NB.1 van NEN-EN-1991-1-4

(versie 30-05-2017)

NEN-EN 1991-1-4 - artikel 4.5 - extreme stuwdruk

extreme stuwdruk $q_p(z)$ [kN/m²] (formule 4.8)

$$q_p(z) = \left(1 + 7 * I_v(z)\right) * {}^1/_2 * \rho * v_m{}^2(z) \quad \text{[kN/m}^2\text{]}$$

piekfactor g is verwerkt in de factor "7"

$$7 = 2 * g = 2 * 0{,}42 * ln\frac{T}{t}$$

waarin: T = middelingstijd voor v_{gem} = 3600 sec
t = vlaagduur = 1 sec
> g = 3,4 > 2*g = 6,8 > afgerond = 7

$I_v(z)$ = turbulentie-intensiteit [-] (formule 4.7)

$$I_v(z) = \frac{K_I}{C_0(z) * \ln(z/z_0)} \quad \text{voor } z_{min} <= z <= z_{max}$$

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

waarin: K_I = 1,0 en C_o = 1,0
z = hoogte boven het maaiveld [m] (invoer)
z_{max} = 200 m (maximale hoogte)

Tabel NB.3 / 4.1

Terreincategorie (invoer)		z_0 [m]	z_{min} [m]
0	Zee of kustgebied aan zee	0,005	1
II	Onbebouwd gebied	0,2	4
III	Bebouwd gebied	0,5	7

waarin: z_0 = ruwheidslengte [m]
z_{min} = minimale hoogte [m]

ρ = dichtheid van lucht
= 1,25 kg/m³

$v_m(z)$ = gemiddelde windsnelheid op hoogte z [m/sec]

$$v_m(z) = c_r(z) * c_o(z) * v_b \quad \text{(formule 4.3)}$$

waarin: $c_o(z)$ = 1,0 (vlak terrein)

$c_r(z)$ = ruwheidsfactor [-] (formule 4.4)

$$c_r(z) = k_r * ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{voor } z_{min} <= z <= z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{voor } z < z_{min}$$

waarin: **z = hoogte boven het maaiveld [m] (invoer)**
z_0 = ruwheidslengte [m] > zie tabel NB.3 / 4.1

k_r = terreinfactor [-] (formule 4.5)

$$k_r = 0{,}19 * \left(\frac{z_0}{0{,}05}\right)^{0{,}07}$$

waarin: z_0 = ruwheidslengte [m] > zie tabel NB.3 / 4.1

v_b = basiswindsnelheid [m/sec]

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

waarin: c_{dir} = windrichtingsfactor = 1,0
c_{season} = seizoensfactor = 1,0

Tabel NB.1

Windgebied (invoer)	I	II	III
$v_{b,0}$ [m/sec]	29,5	27,0	24,5

Beschrijving windgebieden:
art. 4.2(1)P en figuur NB.1

De tenten-norm NEN-EN 13782

In de norm voor tenten NEN-EN 13782 is onder artikel 6.4.2.2 (versie 2005) een tabel met voorgeschreven stuwdrukken opgenomen. De waarden van deze tabel zijn vergelijkbaar met de waarden in NEN-EN 1991-1-4, tabel NB.5, zoals in onderstaande tabel te zien is. Deze waarden zijn ook volgens dezelfde berekeningsmethodiek tot stand gekomen.
Enkele uitgangspunten zijn echter anders gekozen, te weten:

$v_{b,0}$ = 28,0 m/sec
c_{season} = 0,8
T = 10 jaar
z_0 = 0,05

Windbelasting - NEN-EN 13782, artikel 6.4.2.2 (versie 2005)

$v_{b,0}$ =	28,0	[m/sec]	$K_r = 0{,}19 * \left(\frac{z_0}{0{,}05}\right)^{0{,}07}$ = 0,19	terreinfactor (formule 4.5)
c_{season} =	0,8	[-]		
v_b =	22,4	[m/sec]	$c_r(z) = K_r * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$	ruwheidsfactor (afh. van hoogte z)
K =	0,200	[-]		
n =	0,5	[-]	$v_m(z) = c_r(z) * c_o(z) * v_{b;red}$	gemiddelde windsnelheid op hoogte z
T =	10	jaar		
c_{prob} =	0,905	[-]	$I_v(z) = \frac{K_I}{c_o(z) * ln(z/z_0)}$	turbulentie-intensiteit (afh. van hoogte z)
$v_{b;red}$ =	20,3	[m/sec]		
			$q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * 1/2 * \rho * v_m(z)^2$	extreme stuwdruk (afh. van hoogte z)
ρ =	1,25	kg/m³		
z_0 =	0,050	[m]	$v_{piek/vlaag} = \sqrt{\frac{2 * q_p(z)}{\rho}}$	piek- of vlaag windsnelheid
c_{dir} =	1,0	[-]		
K_I =	1,0	[-]		
c_o =	1,0	[-]		

Terug naar "13782"-waarden

						Piek/vlaagwaarden	
Hoogte z	$c_r(z)$	$I_v(z)$	$v_m(z)$		$q_p(z)$	$v_{piek/vlaag}(z)$	
[m]	[-]	[-]	[m/sec]	[km/uur]	kN/m²	[m/sec]	[km/uur]
1	0,569	0,334	11,5	41,5	0,28	21,1	75,9
2	0,701	0,271	14,2	51,2	0,37	24,2	87,1
3	0,778	0,244	15,8	56,8	0,42	26,0	93,5
4	0,833	0,228	16,9	60,8	0,46	27,2	97,9
5	0,875	0,217	17,7	63,9	**0,50**	28,2	101,4
6	0,910	0,209	18,4	66,4	0,52	28,9	104,2
7	0,939	0,202	19,0	68,5	0,55	29,6	106,5
8	0,964	0,197	19,6	70,4	0,57	30,2	108,6
9	0,987	0,193	20,0	72,0	0,59	30,7	110,4
10	1,007	0,189	20,4	73,5	**0,60**	31,1	112,0
11	1,025	0,185	20,8	74,8	0,62	31,5	113,4
12	1,041	0,182	21,1	76,0	0,63	31,9	114,7
13	1,057	0,180	21,4	77,1	0,65	32,2	115,9
14	1,071	0,177	21,7	78,2	0,66	32,5	117,0
15	1,084	0,175	22,0	79,1	**0,67**	32,8	118,1
16	1,096	0,173	22,2	80,0	0,68	33,1	119,0
17	1,107	0,172	22,5	80,8	0,69	33,3	119,9
18	1,118	0,170	22,7	81,6	0,70	33,6	120,8
19	1,129	0,168	22,9	82,4	0,71	33,8	121,6
20	1,138	0,167	23,1	83,1	**0,72**	34,0	122,4
21	1,148	0,166	23,3	83,8	0,73	34,2	123,1
22	1,156	0,164	23,4	84,4	0,74	34,4	123,8
23	1,165	0,163	23,6	85,0	0,75	34,6	124,4
24	1,173	0,162	23,8	85,6	0,75	34,7	125,1
25	1,181	0,161	23,9	86,2	**0,76**	34,9	125,7

In de laatste versie van deze norm (2015) is de reductiefactor c_{TEM} (c_{season}) verlaagd van 0,8 naar 0,7.
De tabelwaarden zijn echter ongewijzigd gebleven. De waarden voor de stuwdruk worden in deze versie niet meer “pressure” maar “peak velocity pressure” genoemd. Een correcte aanduiding, omdat de stuwdruk gebaseerd is op de gemiddelde snelheid met medeneming van piekfactor en turbulentie.

Bij toepassing van deze norm op bouwsels die aan de kust gebruikt worden, moet er rekening mee worden gehouden dat daar de voorgeschreven $v_{b,0}$ = 29,5 m/sec.
Dit is dus hoger dan de in NEN-EN 13782 aangenomen 28,0 m/sec.

N.B. voor een "gewoon"bouwwerk" moet er bij een hoogte van 5 m een q_p (z) = 1,37 kN/m2 worden aangehouden.

Windmetingen op locatie

Met een windmeting ter plaatse kan gecontroleerd worden of de optredende windsnelheid onder de waarde blijft van de gemiddelde windsnelheid $v_m(z)$ waar het bouwsel (via q_p) op berekend is.
Bij een dergelijke windmeting moeten de meetomstandigheden (meethoogte en terreinruwheid) overeen komen met de ontwerpuitgangspunten van het te controleren bouwsel. Zijn deze omstandigheden anders, dan moet een omrekening gemaakt worden.
Zoals in de richtlijn is aangegeven, mag een bouwsel bij een evenement ontworpen zijn op een lagere stuwdruk dan in NEN-EN 1991-1-4 of NEN-EN 13782 is opgegeven. Voorwaarde hierbij is, dat beheersmaatregelen in gang gezet worden als de optredende windsnelheden hoger dreigen te gaan worden dan de ontwerpsnelheid.
Het hoger worden van windsnelheden kan op twee manieren worden geconstateerd:

- uit voorspellingen;
- uit metingen ter plaatse.

Bij het uitvoeren van beheersmaatregelen kunnen we globaal de volgende stappen benoemen:

1. het aanhoren van voorspellingen of het uitvoeren van windmetingen;
2. het interpreteren en beoordelen van voorspellingen of metingen;
3. de beslissing of maatregelen in gang gezet moeten worden;
4. het informeren van publiek en artiesten;
5. het begeleiden van de uitvoering van de maatregelen;
6. het ontruimen en/of afbreken van kritische bouwsels;
7. de controle of alle maatregelenstappen zijn uitgevoerd;
8. de constatering dat publiek en artiesten zijn veilig gesteld.

Na afronding van stap 8 “mogen” de hogere windsnelheden gaan optreden.
Bij de uitvoering van stappen 2. t/m 8. behoort een bepaald tijdpad. Dit tijdpad moet in de omschrijving van de beheersmaatregelen zijn vastgelegd. Dit betekent, dat een windmeting ter plaatse geen goede methode is om te beoordelen of beheersmaatregelen uitgevoerd moeten worden. Er is na constatering van te hoge windsnelheden onvoldoende tijd om de hele procedure van beheersmaatregelen uit te voeren.
Althans, wanneer de gemeten windsnelheid als directe indicator gehanteerd wordt om de beheersmaatregelen in gang te zetten.
Er is dus alleen voldoende tijd voor het uitvoeren van de maatregelen, als bij stap 2. bekend is dat de te hoge windsnelheden bij stap 8. een feit zullen zijn.
Dit is alleen te realiseren met behulp van voorspellingen. Dit kan met behulp van:

a. korte termijnvoorspellingen;
b. lange termijnvoorspellingen.

Korte termijnvoorspellingen kunnen bestaan uit informatie van een betrouwbaar lokaal weerstation, dat bij voorkeur enige tijd vóór “stap 2.” informatie kan geven over de te verwachten windsnelheden.
Lange termijnvoorspellingen zijn bijvoorbeeld de weersvoorspellingen van het KNMI. Hierbij kan ca. 24 uur vóór aanvang van het evenement bekend zijn of er kritische windsnelheden te verwachten zijn.
De lange termijnvoorspellingen kunnen een zo duidelijk negatief weerbeeld geven, dat besloten moet worden het gehele evenement af te gelasten.
Bij minder zekere voorspellingen kan besloten worden het evenement wel door te laten gaan, maar op basis van lokale korte termijnvoorspellingen en/of windmetingen ter plaatse te besluiten of beheersmaatregelen in gang gezet moeten worden. Hierbij kan in dat geval het gehele evenement beëindigd worden of kunnen bepaalde kritische bouwsels ontruimd en eventueel afgebroken worden.

Windmetingen hebben in dat geval niet als doel de kritische windsnelheid daadwerkelijk te meten (dan zijn we te laat voor het nemen van maatregelen) maar om op basis van het oplopen van de windsnelheden een bevestiging te krijgen van de voorspellingen.
Bij windmetingen ter plaatse moet er ook rekening mee gehouden worden, dat de gemeten waarden sterk afhankelijk zijn van de terreinruwheid en de meethoogte.

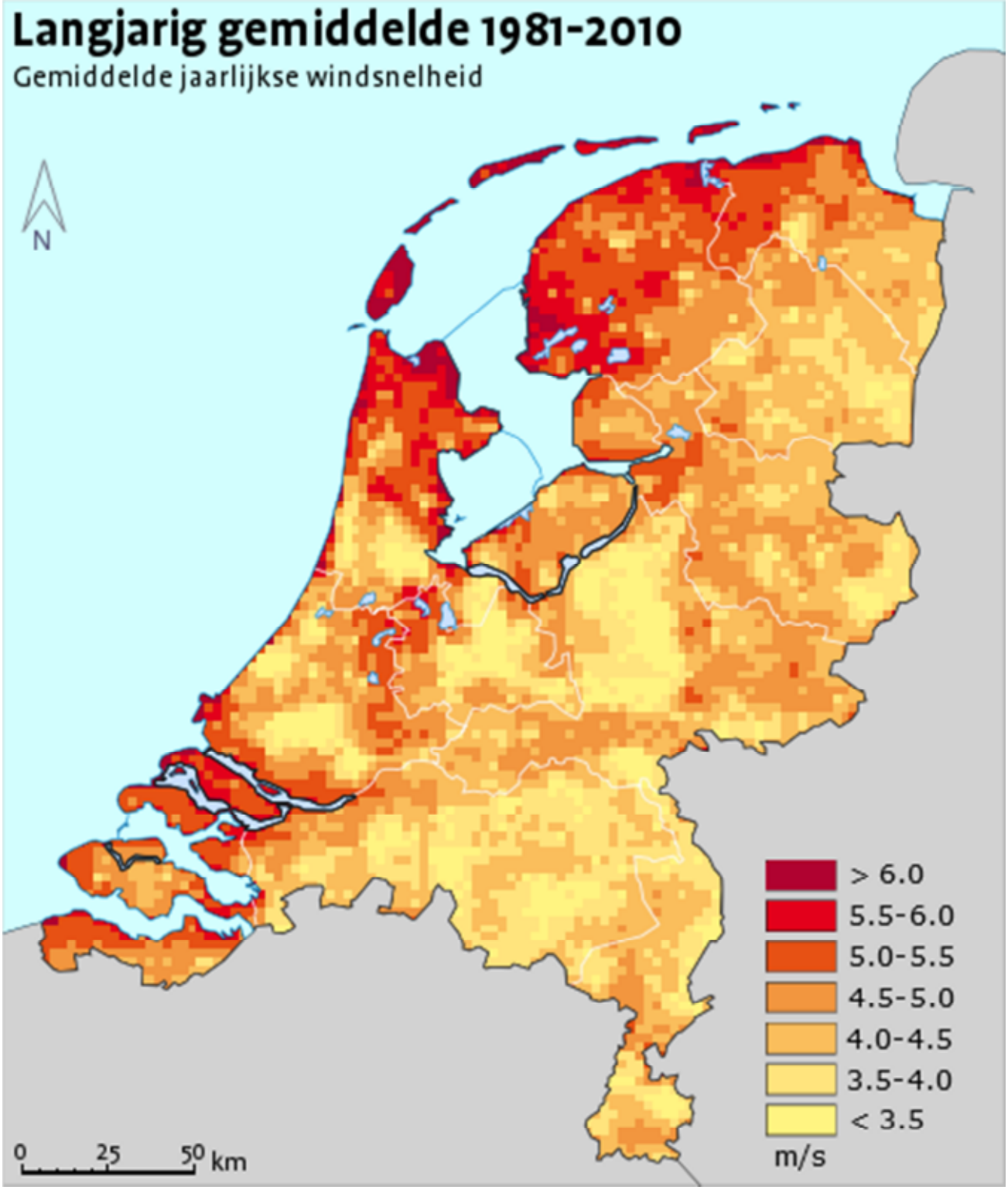
Het optreden van hoge windsnelheden ter plaatse kent vele onzekerheden:

- gaan de snelheden wel optreden op de evenementenlocatie;
- binnen welk tijdbestek na voorspelling treden de windsnelheden ter plaatse op.

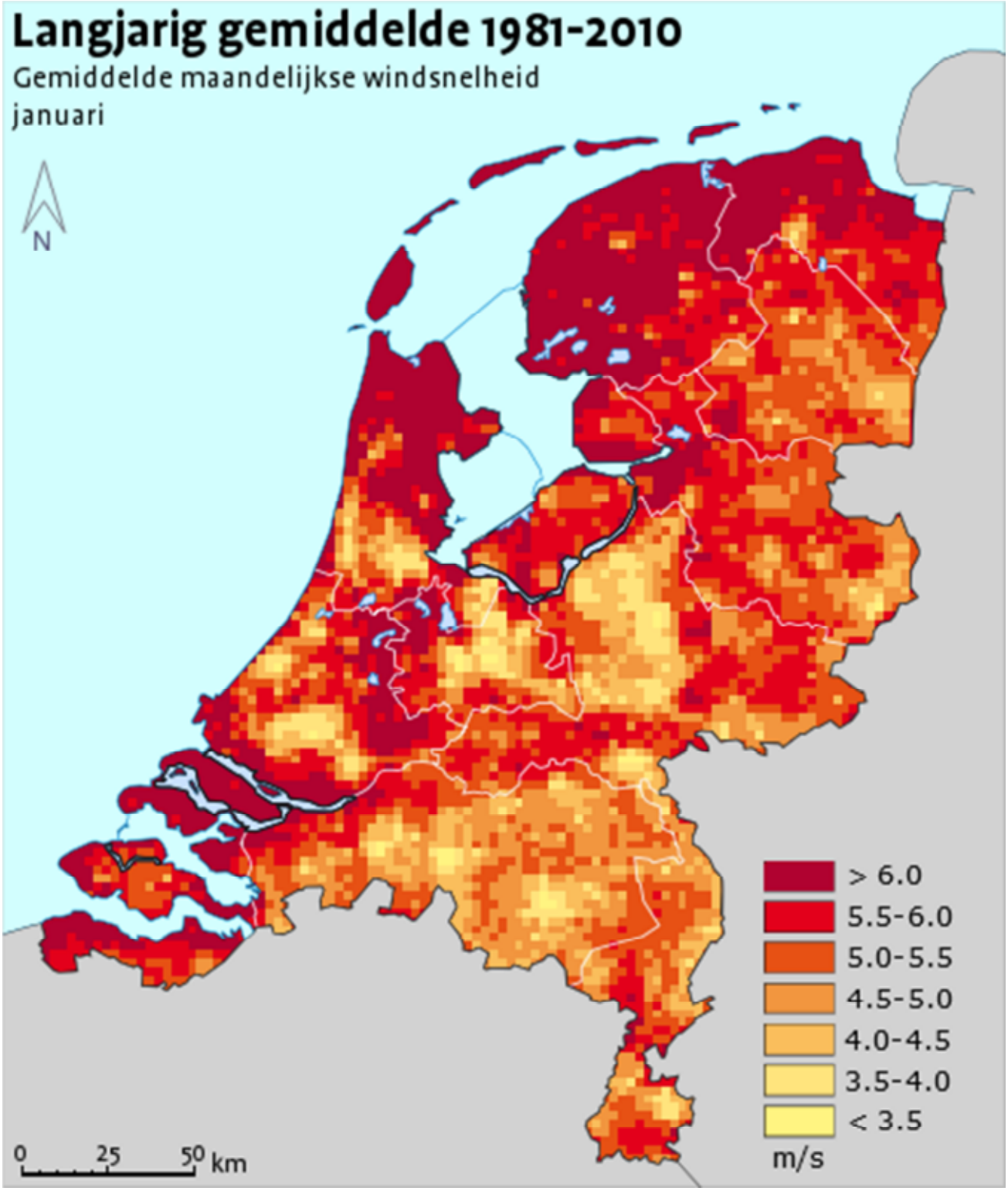
Het in gang zetten van beheersmaatregelen op basis van deze voorspelling-bevestigende windmetingen levert daarom het minst veilige scenario op. Daarom moet gehandeld worden op basis van betrouwbare voorspellingen, die ruim voor het “beheersmaatregelen-traject” gegeven zijn.

Bijlage 2: KNMI frequentie-tabellen windsnelheden

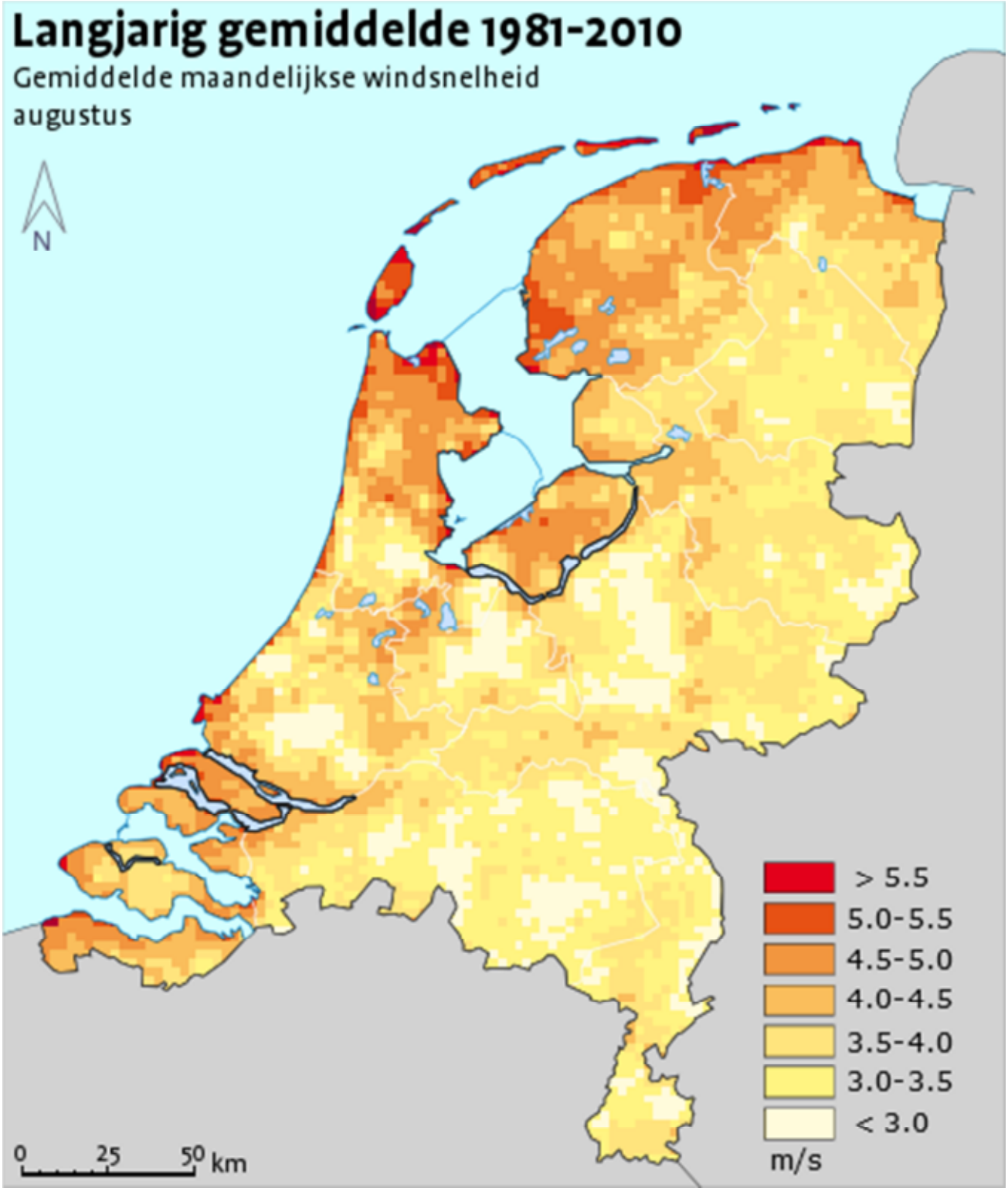
Overzichtskaart windsnelheden:
- gemiddeld jaarlijks
- maximaal maandgemiddelde > januari
- minimaal maandgemiddelde > augustus



De maand met de hoogste windsnelheden



De maand met de laagste windsnelheden



Overzicht van waarnemingsstations.

Van de omkaderde locaties zijn hierachter de frequentietabellen opgenomen.

Waarnemingsstation > **De Kooy**

FREQUENCY TABLE OF POTENTIAL WIND SPEED - DISTRIBUTIVE RELATIVE

235 De Kooy Year 1972-2000

Wind speed (m/s)	Var/ Calm	35-01	02-04	05-07	08-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28	29-31	32-34	Cum.
		Wind direction (*10 degrees)												
		Distributive in percentage												
0.0 - 0.9	0.47	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.10	0.09	0.07	0.07	0.06	0.06	1.19
1.0 - 1.9	0.62	0.36	0.26	0.26	0.31	0.36	0.51	0.69	0.48	0.40	0.43	0.40	0.37	5.44
2.0 - 2.9	0.20	0.66	0.58	0.76	0.82	0.75	0.98	1.20	0.64	0.56	0.72	0.68	0.60	9.16
3.0 - 3.9	0.01	0.86	0.90	1.09	1.14	1.11	1.26	1.51	0.76	0.89	1.00	0.94	0.75	12.22
4.0 - 4.9	0.01	1.01	1.01	1.12	1.15	1.13	1.10	1.24	0.86	1.16	1.12	1.02	0.97	12.91
5.0 - 5.9	-	0.74	0.90	0.97	0.94	0.93	0.88	1.03	0.96	1.37	1.23	0.98	0.90	11.83
6.0 - 6.9	0.00	0.59	0.73	0.79	0.88	0.84	0.66	0.93	1.17	1.61	1.33	1.08	0.83	11.45
7.0 - 7.9	-	0.58	0.66	0.69	0.70	0.50	0.41	0.68	0.98	1.62	1.18	0.93	0.73	9.67
8.0 - 8.9	-	0.36	0.42	0.44	0.52	0.32	0.27	0.51	1.21	1.40	1.05	0.85	0.62	7.95
9.0 - 9.9	-	0.18	0.23	0.33	0.29	0.16	0.13	0.34	1.05	1.16	0.59	0.45	0.43	5.34
10.0 - 10.9	-	0.09	0.12	0.22	0.20	0.07	0.08	0.23	0.87	0.96	0.61	0.41	0.27	4.13
11.0 - 11.9	-	0.07	0.06	0.12	0.10	0.03	0.05	0.18	0.77	0.71	0.47	0.29	0.16	3.00
12.0 - 12.9	-	0.03	0.05	0.09	0.07	0.01	0.03	0.12	0.57	0.48	0.38	0.20	0.10	2.12
13.0 - 13.9	-	0.02	0.02	0.05	0.03	0.00	0.01	0.08	0.44	0.33	0.28	0.15	0.06	1.47
14.0 - 14.9	-	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.04	0.26	0.18	0.19	0.09	0.04	0.85
15.0 - 15.9	-	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.15	0.12	0.16	0.06	0.02	0.56
16.0 - 16.9	-	0.00	0.00	0.01	-	0.00	0.00	0.02	0.08	0.04	0.06	0.04	0.01	0.26
17.0 - 17.9	-	0.00	0.00	0.00	-	-	-	0.01	0.06	0.03	0.06	0.03	0.01	0.21
18.0 - 18.9	-	0.00	0.00	-	-	-	-	0.01	0.04	0.02	0.04	0.01	0.01	0.13
19.0 - 19.9	-	0.00	-	-	-	-	-	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	-	0.06
20.0 - 20.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03
21.0 - 21.9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
22.0 - 22.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
23.0 - 23.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
24.0 - 24.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	0.00
25.0 - 25.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00
26.0 - 26.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00
27.0 - 27.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	0.00
28.0 and higher	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00
Cumulative	1.31	5.60	5.98	7.00	7.19	6.26	6.45	8.95	11.47	13.13	10.99	8.69	6.96	100.00

Waarnemingsstation > **Rotterdam**

FREQUENCY TABLE OF POTENTIAL WIND SPEED - DISTRIBUTIVE RELATIVE

343 Rotterdam Geulhaven Year 1981-2000

Wind speed (m/s)	Var/ Calm	35-01	02-04	05-07	08-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28	29-31	32-34	Cum.
	Wind direction (*10 degrees)													
	Distributive in percentage													
0.0 - 0.9	0.09	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.04	0.37
1.0 - 1.9	0.27	0.47	0.31	0.19	0.11	0.18	0.32	0.33	0.23	0.18	0.20	0.35	0.54	3.71
2.0 - 2.9	0.08	1.27	0.98	0.58	0.22	0.39	0.92	0.82	0.56	0.48	0.43	0.66	1.34	8.72
3.0 - 3.9	0.01	1.19	1.48	1.14	0.43	0.65	1.87	1.28	0.81	0.87	0.67	0.93	1.28	12.60
4.0 - 4.9	0.00	0.96	1.41	1.45	0.69	0.71	1.65	2.04	1.24	1.32	1.01	1.06	1.23	14.77
5.0 - 5.9	-	0.71	0.86	1.02	0.64	0.73	1.22	1.93	1.57	1.49	1.17	0.99	1.11	13.44
6.0 - 6.9	-	0.57	0.76	1.03	0.91	0.65	0.72	1.50	1.65	1.59	1.24	0.87	0.90	12.39
7.0 - 7.9	-	0.40	0.58	0.76	0.76	0.55	0.40	1.28	1.67	1.61	1.22	0.69	0.70	10.63
8.0 - 8.9	-	0.22	0.37	0.45	0.53	0.36	0.18	1.02	1.49	1.41	1.01	0.55	0.48	8.07
9.0 - 9.9	-	0.14	0.17	0.28	0.33	0.16	0.07	0.72	0.87	1.07	0.65	0.43	0.33	5.24
10.0 - 10.9	-	0.10	0.13	0.13	0.16	0.06	0.04	0.41	0.75	0.88	0.59	0.30	0.19	3.75
11.0 - 11.9	-	0.04	0.06	0.07	0.07	0.03	0.01	0.25	0.55	0.70	0.46	0.25	0.13	2.63
12.0 - 12.9	-	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.13	0.32	0.45	0.32	0.17	0.09	1.60
13.0 - 13.9	-	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.06	0.14	0.29	0.17	0.09	0.06	0.86
14.0 - 14.9	-	0.01	-	0.00	0.01	-	0.00	0.03	0.07	0.20	0.10	0.06	0.03	0.50
15.0 - 15.9	-	0.00	-	0.00	0.00	-	0.00	0.02	0.05	0.13	0.07	0.04	0.01	0.32
16.0 - 16.9	-	0.00	-	-	-	-	-	0.01	0.03	0.07	0.04	0.02	0.01	0.18
17.0 - 17.9	-	0.00	-	-	-	-	-	0.00	0.02	0.04	0.03	0.02	0.00	0.11
18.0 - 18.9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.05
19.0 - 19.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03
20.0 - 20.9	-	0.00	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
21.0 - 21.9	-	0.00	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.01	0.00	-	0.01
22.0 - 22.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	0.00
23.0 - 23.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
24.0 - 24.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	0.00	-	0.00
25.0 - 25.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
26.0 - 26.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27.0 - 27.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28.0 and higher	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumulative	0.46	6.16	7.18	7.14	4.90	4.51	7.43	11.87	12.05	12.83	9.44	7.54	8.48	100.00

Waarnemingsstation > **Eelde**

FREQUENCY TABLE OF POTENTIAL WIND SPEED - DISTRIBUTIVE RELATIVE

280 Eelde Year 1971-2000

Wind speed (m/s)	Var/ Calm	35-01	02-04	05-07	08-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28	29-31	32-34	Cum.
	Wind direction (*10 degrees)													
	Distributive in percentage													
0.0 - 0.9	1.00	0.06	0.09	0.09	0.11	0.14	0.09	0.09	0.09	0.14	0.11	0.08	0.06	2.17
1.0 - 1.9	2.64	0.30	0.56	0.80	0.96	0.95	0.70	0.77	0.78	0.81	0.74	0.65	0.37	11.05
2.0 - 2.9	0.61	0.76	1.14	1.33	1.39	1.16	1.10	1.37	1.69	1.58	1.19	0.95	0.59	14.88
3.0 - 3.9	0.04	0.86	1.14	1.28	1.59	1.33	1.10	1.62	1.95	1.97	1.29	0.92	0.75	15.84
4.0 - 4.9	0.01	0.78	0.93	1.14	1.26	0.98	0.94	1.60	2.33	1.86	1.13	0.85	0.75	14.55
5.0 - 5.9	0.00	0.56	0.56	0.90	0.95	0.69	0.59	1.37	2.00	1.55	1.04	0.77	0.70	11.68
6.0 - 6.9	0.00	0.45	0.57	0.66	0.55	0.36	0.38	1.06	1.80	1.61	0.99	0.76	0.68	9.88
7.0 - 7.9	-	0.23	0.30	0.40	0.41	0.19	0.19	0.75	1.27	1.41	0.82	0.58	0.43	6.99
8.0 - 8.9	-	0.13	0.19	0.31	0.20	0.08	0.12	0.48	1.01	1.10	0.64	0.40	0.28	4.94
9.0 - 9.9	0.00	0.06	0.10	0.15	0.12	0.03	0.06	0.31	0.62	0.72	0.38	0.23	0.13	2.90
10.0 - 10.9	-	0.03	0.03	0.07	0.05	0.01	0.03	0.17	0.48	0.59	0.34	0.18	0.09	2.06
11.0 - 11.9	-	0.02	0.01	0.04	0.01	0.00	0.01	0.09	0.33	0.46	0.24	0.10	0.05	1.36
12.0 - 12.9	-	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.04	0.18	0.32	0.15	0.05	0.02	0.80
13.0 - 13.9	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.02	0.08	0.17	0.09	0.03	0.01	0.41
14.0 - 14.9	-	0.00	-	-	-	-	0.00	0.01	0.05	0.11	0.05	0.02	0.01	0.24
15.0 - 15.9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.02	0.05	0.02	0.01	0.00	0.11
16.0 - 16.9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.02	0.04	0.01	0.01	0.00	0.08
17.0 - 17.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.01	0.01	0.00	-	0.03
18.0 - 18.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.00	-	-	0.02
19.0 - 19.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.01
20.0 - 20.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
21.0 - 21.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00
22.0 - 22.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00
23.0 - 23.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	0.00
24.0 - 24.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	0.00
25.0 - 25.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26.0 - 26.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27.0 - 27.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28.0 and higher	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumulative	4.30	4.26	5.62	7.17	7.61	5.94	5.32	9.76	14.72	14.52	9.26	6.58	4.94	100.00

Waarnemingsstation > **Deelen**

FREQUENCY TABLE OF POTENTIAL WIND SPEED - DISTRIBUTIVE RELATIVE

275 Deelen Year 1971-2000

Wind direction (*10 degrees)

Wind speed (m/s)	Var/ Calm	35-01	02-04	05-07	08-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28	29-31	32-34	Cum.
	Distributive in percentage													
0.0 - 0.9	3.25	0.08	0.05	0.05	0.12	0.42	0.17	0.12	0.10	0.08	0.07	0.07	0.12	4.69
1.0 - 1.9	2.89	0.53	0.38	0.44	0.91	1.70	0.82	0.71	0.80	0.64	0.56	0.59	0.81	11.79
2.0 - 2.9	0.37	0.73	0.64	0.86	1.36	1.84	0.96	0.99	1.39	1.35	1.01	0.79	0.92	13.23
3.0 - 3.9	0.05	0.73	0.93	1.25	1.63	1.37	1.14	1.10	1.76	1.68	1.02	0.83	0.76	14.25
4.0 - 4.9	0.01	0.58	0.92	1.31	1.31	0.85	1.09	1.27	2.40	2.02	1.25	1.03	0.71	14.74
5.0 - 5.9	0.00	0.42	0.73	1.01	0.76	0.56	0.76	1.06	1.86	1.76	0.95	0.75	0.55	11.17
6.0 - 6.9	0.00	0.36	0.79	1.10	0.80	0.48	0.72	1.04	2.04	1.99	0.95	0.65	0.53	11.44
7.0 - 7.9	-	0.24	0.38	0.52	0.40	0.20	0.33	0.68	1.49	1.56	0.74	0.67	0.37	7.58
8.0 - 8.9	-	0.11	0.22	0.31	0.24	0.11	0.18	0.41	0.99	1.10	0.56	0.36	0.22	4.81
9.0 - 9.9	-	0.05	0.08	0.14	0.11	0.04	0.07	0.21	0.67	0.80	0.35	0.22	0.13	2.86
10.0 - 10.9	-	0.02	0.03	0.08	0.05	0.01	0.03	0.12	0.34	0.45	0.22	0.11	0.06	1.53
11.0 - 11.9	-	0.01	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.05	0.20	0.31	0.14	0.07	0.03	0.89
12.0 - 12.9	-	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.12	0.22	0.11	0.04	0.02	0.55
13.0 - 13.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.09	0.05	0.02	0.01	0.22
14.0 - 14.9	-	0.00	-	0.00	-	-	-	0.01	0.03	0.05	0.02	0.01	0.00	0.12
15.0 - 15.9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.06
16.0 - 16.9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.03
17.0 - 17.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.01
18.0 - 18.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
19.0 - 19.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	0.00
20.0 - 20.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00
21.0 - 21.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	0.00
22.0 - 22.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00
23.0 - 23.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	0.00
24.0 - 24.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.0 - 25.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26.0 - 26.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27.0 - 27.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28.0 and higher	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumulative	6.57	3.88	5.17	7.10	7.71	7.59	6.30	7.78	14.25	14.15	8.04	6.23	5.23	100.00

Waarnemingsstation > **Maastricht**

FREQUENCY TABLE OF POTENTIAL WIND SPEED - DISTRIBUTIVE RELATIVE

210 Valkenburg Year 1982-2000

Wind speed (m/s)	Var/ Calm	35-01	02-04	05-07	08-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28	29-31	32-34	Cum.
		Wind direction (*10 degrees)												
		Distributive in percentage												
0.0 - 0.9	1.26	0.04	0.04	0.04	0.02	0.05	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.04	0.03	1.87
1.0 - 1.9	2.16	0.28	0.52	0.59	0.34	0.44	0.84	0.94	0.59	0.43	0.33	0.26	0.26	7.99
2.0 - 2.9	0.43	0.58	0.96	1.07	0.73	0.88	1.64	1.77	0.83	0.60	0.54	0.58	0.61	11.23
3.0 - 3.9	0.04	0.78	1.13	1.05	0.97	1.06	1.66	1.67	0.93	0.78	0.81	0.92	0.88	12.69
4.0 - 4.9	0.01	0.91	0.97	1.04	1.09	1.06	1.27	1.49	1.12	1.12	1.16	1.10	1.07	13.40
5.0 - 5.9	0.00	0.91	0.65	0.93	0.71	0.77	0.72	0.81	1.27	1.05	1.28	1.01	0.85	10.97
6.0 - 6.9	0.00	0.87	0.60	0.87	0.64	0.55	0.45	0.90	1.31	1.50	1.33	0.81	0.78	10.63
7.0 - 7.9	-	0.64	0.39	0.58	0.44	0.36	0.25	0.65	0.87	1.59	1.16	0.73	0.76	8.42
8.0 - 8.9	-	0.44	0.27	0.38	0.27	0.19	0.12	0.56	1.00	1.51	0.80	0.56	0.63	6.73
9.0 - 9.9	-	0.26	0.17	0.22	0.11	0.06	0.07	0.31	0.77	1.22	0.64	0.44	0.44	4.72
10.0 - 10.9	-	0.18	0.08	0.13	0.06	0.05	0.03	0.23	0.68	1.14	0.67	0.36	0.28	3.90
11.0 - 11.9	-	0.10	0.03	0.07	0.02	0.01	0.01	0.15	0.46	0.76	0.46	0.26	0.14	2.49
12.0 - 12.9	-	0.05	0.02	0.05	0.01	0.00	0.00	0.09	0.31	0.64	0.33	0.19	0.10	1.79
13.0 - 13.9	-	0.03	0.01	0.01	0.00	-	0.00	0.04	0.22	0.60	0.26	0.12	0.07	1.36
14.0 - 14.9	-	0.02	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.01	0.14	0.33	0.15	0.08	0.04	0.78
15.0 - 15.9	-	0.01	-	0.00	-	-	-	0.01	0.07	0.22	0.11	0.04	0.02	0.48
16.0 - 16.9	-	0.00	-	-	-	-	-	0.01	0.03	0.12	0.06	0.03	0.02	0.26
17.0 - 17.9	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.02	0.05	0.05	0.02	0.00	0.15
18.0 - 18.9	-	0.00	-	-	-	-	-	0.00	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.08
19.0 - 19.9	-	0.00	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.04
20.0 - 20.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.00	-	0.00	0.02
21.0 - 21.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.00	-	0.00	0.01
22.0 - 22.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.01
23.0 - 23.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
24.0 - 24.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	0.00
25.0 - 25.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	-	0.00
26.0 - 26.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27.0 - 27.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28.0 and higher	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumulative	3.90	6.10	5.86	7.03	5.41	5.47	7.15	9.73	10.75	13.80	10.24	7.55	7.02	100.00

Colofon

COBc-werkgroep “constructieve veiligheid evenementen”:

Adri Borst	Gemeente Utrecht	a.borst@utrecht.nl
Rob Jense	Omgevingsdienst Regio Arnhem	rob.jense@odra.nl
Frans Raijmakers	Gemeente Eindhoven	f.raijmakers@eindhoven.nl
Patrick Willemen	Gemeente Rotterdam	pajat.willemen@rotterdam.nl
Bert Winkel	Gemeente Hengelo	b.winkel@hengelo.nl

Bijlage 1 is samengesteld door ir. R. (Rob) Jense.