

Opleidingsdocument

# Windinvloeden bij kraanbedrijf



# LIEBHERR

**Colofon:**

4e editie 2017  
Liebherr-Werk Ehingen GmbH  
Dr.-Hans-Liebherr-Straße 1  
D-89582 Ehingen/Donau  
[www.liebherr.com](http://www.liebherr.com)  
[Schulungszentrum.LWE@liebherr.com](mailto:Schulungszentrum.LWE@liebherr.com)

Alle rechten voorbehouden.



### Als de wind waait.

Waar mensen werken, worden fouten gemaakt. Vooral bij kraanwerkzaamheden kunnen de windomstandigheden een niet te onderschatten potentieel gevaar vormen. De kraanmachinist moet ervoor zorgen dat de kraan niet wordt blootgesteld aan een wind die boven de door de kraanfabrikant vastgelegde grenzen komt. Ook moeten op tijd de juiste beslissingen worden genomen en maatregelen worden getroffen, zodat de kraan nooit door windinvloeden in een onveilige toestand kan komen.

Bestaat gevaar, moet de kraanmachinist de maatregelen nemen die door de betreffende ondernemer zijn vastgelegd. De kraanmachinist beslist dus in geval van nood lokaal of de wind te sterk is en de werkzaamheden moeten worden beëindigd. Daarom is het belangrijk op tijd te worden gewaarschuwd voor een in een groot gebied opkomende en langdurige storm. Bijzonder gevaarlijk zijn echter ook lokaal optredende windvlagen, die bijvoorbeeld in combinatie met zware regenbuien en onweer kunnen optreden.

Dit opleidingsdocument dient ter informatie voor kraanmachinisten, projectplanners en kraanondernemers en geeft typische voorbeelden van handelingen tijdens kraanbedrijf onder invloed van wind. Als eerste geven we u de grondbeginselen van de windbelasting. Verder laten we zien hoe de windbelasting evenals specifieke belastingssituaties kunnen worden bepaald, zoals bij het opstellen van windenergie-installaties. Tevens laten we u zien welke informatie hiervoor nodig is.

We hebben dit document zo ontwikkeld dat de lezer, afhankelijk van het kennisniveau, zich de relevante handelwijzen ook door zelfstudie eigen kan maken. Voorbeelden en opgaven dienen ter illustratie en geven de gelegenheid om te oefenen. Daarnaast vindt u nuttige aanwijzingen en hulpmiddelen voor de dagelijkse werkzaamheden met de kraan. Het opleidingsdocument maakt geen aanspraak op volledigheid en is geen vervanging voor de gebruikshandleiding en het hijstabelboek voor de betreffende Liebherr kraan. We kunnen hierbij slechts vragen om uiterste voorzichtigheid bij het werken met grote machines en onze meer dan 40 jaar ervaring als belangrijkste kraanfabrikant inbrengen.

Liebherr-Werk Ehingen GmbH



## Hoe moet met dit document gewerkt worden?



### Verklaring van symbolen

Vraag m.b.t. de lesstof in de vorige paragraaf. (Vergelijk uw eigen antwoorden met de oplossingen achterin het document)



Belangrijke opmerking / informatie over het actuele onderwerp.



Duidt een gevaarlijke situatie aan m.b.t. actueel onderwerp.

**Opmerkingen:** De linker- en rechtermarge op elke pagina dienen voor persoonlijke aantekeningen m.b.t. de lesstof. Deze eigen notities dienen, samen met degene die al zijn gegeven voor een beter begrip en herhaling.

### Werkaanwijzing:

- Lees eerst de tekst van een hoofdstuk aandachtig door.
- Herhaal de inhoud van het betreffende hoofdstuk met behulp van de voorgedrukte en de eigen aantekeningen in de marges.
- Beantwoord de vragen die worden gesteld aan het eind van het hoofdstuk (indien mogelijk zonder terugbladeren).
- De antwoorden op de betreffende vragen vindt u achterin het document.
- Kunt u de vragen nog niet beantwoorden zonder terug te bladeren, neem dan het hoofdstuk nog een keer door.
- Ga daarna pas verder met het bestuderen van het volgende hoofdstuk.
- Controleer na het doorlopen van het gehele document of u de opgegeven leerdoelen hebt bereikt.

### Leerdoelen:

Na het doorwerken van dit document moet u:

- de verschillende invloeden van de wind bij kraanbedrijf kennen
- de vaktermen voor de berekening van de windkracht kunnen noemen
- de windbelasting voor een standaard lastsituatie en een speciale lastsituatie kunnen berekenen
- de nieuwe maximaal toegestane windvlaagsnelheden kunnen berekenen



## Inhoudsopgave

<b>1. Inleiding en probleemstelling</b> .....	<b>7</b>
1. 1 Invloed van de wind op de kraan en de last .....	8
1. 2 Oefeningen .....	11
<b>2. Basiskennis "Wind" .....</b>	<b>12</b>
2. 1 Windvlagen en ruwheid .....	14
2. 2 Wind- en weersberichten.....	17
2. 2. 1 Hoogte-afhankelijke windvlaagsnelheid .....	18
2. 3 Oefeningen.....	19
<b>3. Excursie – schema van een windenergie-installatie .....</b>	<b>20</b>
<b>4. Factoren bij de windkrachtberekening.....</b>	<b>22</b>
4. 1 Beschikbare waarden opvragen.....	22
4. 1. 1 Gewicht van de hijslast ( $m_H$ ).....	22
4. 1. 2 Maximale projectievlak ( $A_p$ ).....	22
4. 1. 3 $c_w$ -waarde.....	23
4. 1. 4 Actuele windsnelheid ( $v_{act}$ ).....	23
4. 2 Niet beschikbare waarden bepalen resp. berekenen .....	25
4. 2. 1 Windaangrijpingsvlak ( $A_w$ ).....	25
4. 2. 2 Toegestane windsnelheid uit het hijstabellenboek .....	25
4. 2. 3 Stuwdruk ( $p$ ).....	26
4. 2. 4 Windbelasting ( $F_w$ ).....	26
4. 3 Oefeningen.....	26
<b>5. Bepalen van de toegestane windsnelheid .....</b>	<b>27</b>
5. 1 Methode (1): Windkrachtgrafiek .....	27
5. 1. 1 Voorbeeld voor het bepalen van de toegestane windsnelheid bij een speciale lastsituatie.....	28
5. 1. 2 Voorbeeld voor het bepalen van de toegestane windsnelheid bij een standaard lastsituatie.....	28
5. 2 Methode (2): Formule.....	33
5. 2. 1 Voorbeeld voor het berekenen van de toegestane windsnelheid bij een standaard lastsituatie.....	33
5. 2. 2 Voorbeeld voor het berekenen van de toegestane windsnelheid bij een speciale lastsituatie.....	33
5. 3 Oefeningen.....	34



## Windinvloeden bij kraanbedrijf

<b>6. Windinvloeden bij „Kraan buiten bedrijf“</b> .....	<b>36</b>
6. 1 Procedure bij een onderbreking van de kraanwerkzaamheden .....	37
6. 2 Gebruik van de windtabellen .....	38
6. 2. 1 Voorbeeld telescoopkranen: .....	38
6. 2. 2 Voorbeeld vakwerkkranen: .....	41
<b>7. Slotopmerking</b> .....	<b>44</b>
<b>8. Bijlage</b> .....	<b>45</b>
8. 1 Liebherr-kranen bij de windenergie .....	45
8. 1. 1 Actuele mobiele kranen (2016).....	45
8. 1. 2 Actuele telescooprupskranen (2016).....	47
8. 1. 3 Actuele rupskranen (2016) .....	47
8. 1. 4 Actuele vakwerkkranen (2016) .....	50
8. 2 Oplossingen van de oefeningen .....	51

## Definitie van begrippen

N	Newton (eenheid voor kracht)
$C_w$	Windweerstandscoefficiënt (stromingsweerstandscoefficiënt)
$A_p$	Projectievlak van een object (m <sup>2</sup> )
$A_w$	Windaangrijpingsvlak (m <sup>2</sup> )
$v_{max}$	Maximaal toegestane 3-seconden-windvlaagsnelheid (m/s) op maximale hijshoogte.
$v_{max\_TAB}$	Maximaal toegestane 3-seconden-windvlaagsnelheid (m/s) op maximale hijshoogte, die voor de hijslastwaarden in de hijs tabel wordt opgegeven.
$v_{act}$	Actueel gemeten windsnelheid (m/s).
$v(z)$	Over een periode van 3 seconden gevormde gemiddelde waarde van de windsnelheid op een hoogte z boven de grond (m/s)
p	Stuwdruk (druk op een object door aanstroming van de wind (N/m <sup>2</sup> ))
$F_w$	Kracht van de wind (uitgeoefende kracht op een object als gevolg van de aanstromende wind)
$m_H$	Hijslast (t) (incl. aanslagmiddelen en hijs haak en evt. ingeschoren hijskabelaandeel). De hijslast mag maximaal de tabelwaarde in de hijs tabel bereiken.



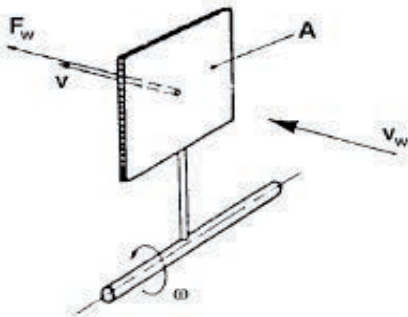
Elke beschrijving van de windsnelheid in dit document heeft altijd betrekking op de windvlaagsnelheid, omdat deze altijd hoger is dan de normale windsnelheid. Daarom moet bij de berekening altijd de windvlaagsnelheid als uitgangspunt worden genomen.



### 1. Inleiding en probleemstelling

Vaak zijn wind en optredende windvlagen een onderschatte factor bij ongevallen met een mobiele kraan of rupskraan. Bij het hijsen van lasten met een groot windaangrijpingsvlak, zoals rotorbladen of complete rotoren van windenergie-installaties (WEI), komt het voor dat de in EN 13000 opgegeven standaardwaarden (vlgs. bijlage hfst. 7.3), die de basis vormen voor de berekening van de kraan, duidelijk kunnen worden overschreden.

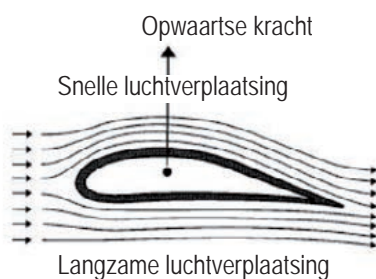
Dergelijke standaardwaarden zijn bijvoorbeeld de zogenaamde **windweerstandscoefficiënt** ( $c_w$ ) of de waarde voor de berekening van het zogenaamde **projectievlak** van een last. Beide waarden samen geven uitsluitsel over het uiteindelijke **windaangrijpingsvlak** van een last. Vooral bij lasten met een groot oppervlak (speciale lastgevallen) kan in dat geval de in de hijstabelen opgegeven windsnelheid voor de werkzaamheden met de kraan ongeldig worden. Een nieuwe, ten opzichte van de oorspronkelijk toegestane windsnelheid, lagere windsnelheid moet worden bepaald voor deze speciale lastsituatie.



Beeld 1: Weerstandsprincipe

Welke rol speelt de wind bij overschrijding van deze standaardwaarden?

Raakt de wind een vlak, veroorzaakt deze een kracht (**weerstandskracht**) op dit vlak, die werkt in de windrichting.



Beeld 2: Opwaartse krachtprincipe

Bij een vleugel of een rotor is er eveneens sprake van een zogenaamde **opwaartse kracht**. Het oppervlak / de lengte aan de bovenkant van een vleugel is groter dan aan de onderkant. De lucht aan de bovenkant moet daarom sneller bewegen als aan de onderzijde. Hierdoor ontstaat een onderdruk aan de bovenkant en een overdruk aan de onderkant. Door de zo ontstane opwaartse kracht wordt de vleugel naar boven geduwd.

De kracht van de wind werkt dus op een last. Dit kan belastend en ontlastend werken. Verorzaker hiervan is het zogenaamde **weerstandsprincipe** en het **opwaartse krachtprincipe**.

Invloed van de wind op de last

Weerstandsprincipe

Opwaartse krachtprincipe

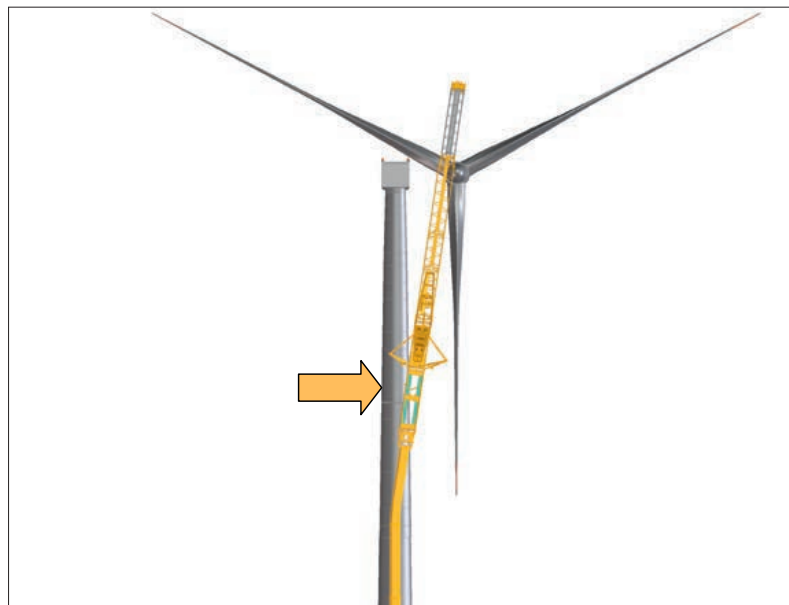


## 1. 1 Invloed van de wind op de kraan en de last

Dit is ook van toepassing op de kraan:



Beeld 3: Wind van voren en van achter



Beeld 4: Wind van de zijkant



### Ongevalgevaar!

De wind van voren reduceert niet de belasting van de haak, hijskabel, hijskabelschijven en hijslier, omdat de last nog steeds met de gewichtskracht (vlgs. 4.1.1) werkt. Bij wind van voren kunnen deze onderdelen bij het hijsen van lasten tot de lastmomentbegrenzingsafschakeling (LMB) worden overbelast! Door de ontlasting van de wind van voren kan de complete kraan met de giektafspanning worden overbelast, als deze al tot aan de LMB-afschakeling is belast! **De kraanmachinist moet daarom het gewicht van de last kennen en mag de maximale hijslast niet overschrijden!**

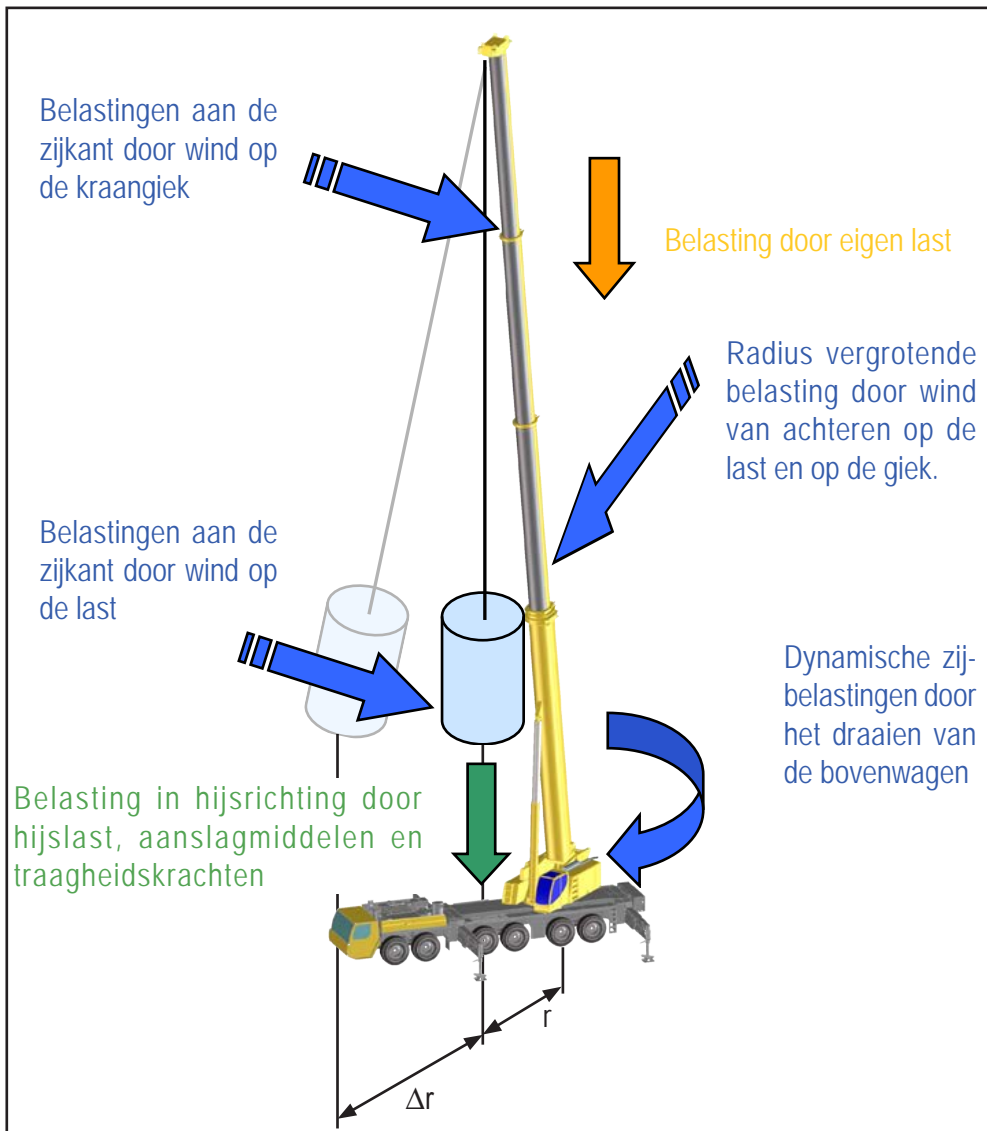




Bijzonder gevaarlijk is de wind van de zijkant op de kraangiek en de last. Deze wordt niet geregistreerd door de LMB. Hierdoor kan de kraan worden overbelast.

De extra belasting door wind van de zijkant wordt niet aangegeven door de lastmomentbegrenzing (LMB).

Wind van de zijkant



Mogelijke belastingen van de kraan

$r$  = radius  
 $\Delta r$  = vergrote radius door invloed van de wind

Beeld 5: Belastingen die kunnen inwerken op de kraan

Treft de wind de last, zal deze uitwenken in de windrichting. D.w.z. de kracht van de last werkt niet meer loodrecht naar beneden. Afhankelijk van windkracht, windaangrijpingsvlak en windrichting, kan de radius van de last worden vergroot of kunnen ontoelaatbare zijwaartse krachten inwerken op de kraangiek.

Invloed van de wind op de last



Overzicht van gevaren door wind



	Wind van voren	Wind van achter	Wind van de zijkant
Giek	Bij wind van voren wordt het <b>gieksysteem</b> ontlast. De lastaanduiding is te laag. De LMB-afschakeling gebeurt pas bij een last die groter is dan de max. toegestane hijslast.	Bij wind van achter wordt het <b>gieksysteem</b> extra belast. De lastaanduiding is te hoog. De LMB-afschakeling gebeurt al bij een last die kleiner is dan de in de hijstabel opgegeven max. toegestane hijslast.	Bij wind van de zijkant wordt het <b>gieksysteem</b> zijwaarts belast. De lastaanduiding is vrijwel gelijk als bij "Kraanbedrijf zonder wind". De LMB houdt <b>geen</b> rekening met zijwind.
Last	De vorm en het eigen gewicht van de <b>last</b> spelen een grote rol bij de windinvloeden. De wind zorgt dat de last gaat pendelen, waardoor de giek van de kraan omhoog komt. Door dit omhoog bewegen (dynamiek) van de giek neemt de belasting van de kraan toe. In het grensgebied kan het zijn dat de LMB-afschakeling doorlopend in- en uitschakelt. Bij speciale lasten, zoals bij een rotor, kan de wind door de bouwvorm van de rotor lastverlagend werken.		

Onvoorspelbare factoren

De uitstekende techniek en kwaliteit van de kranen, vele jaren vakervaring, een goede opleiding van de kraanmachinisten en een professionele inzetplanning vóór de kraanwerkzaamheden, verminderen het risico op een bedrijfsongeval aanzienlijk. Desondanks: onvoorspelbare factoren, zoals plotselinge windvlagen, zijn bezwarend en ook vooraf amper te berekenen. De begrippen zoals windaangrijp- en windprojectievlak,  $c_w$ -waarde, windvlagen, windsnelheid, windbelasting en ruweidklasse worden hierna verklaard.

Wat betekent dit voor de werkzaamheden met de kraan bij wind?

Hernieuwde berekening van de max. toegestane windsnelheid

Bij de inzetplanning moeten, vooral bij lasten met grote projectievlakken resp.  $c_w$ -waarden, de in de hijstabel opgegeven maximaal toegestane windsnelheden worden verlaagd.

De voor de inzet van de kraan verantwoordelijke persoon moet beschikken over fundamentele kennis op het gebied van de invloed van wind bij kraanbedrijf. Ook moet deze persoon de noodzakelijke verlaging van de toegestane windsnelheden bij speciale lastsituaties kunnen berekenen bij lasten met een groot oppervlak.

De maximaal toegestane windsnelheid ( $v_{max}$ ) en de maximaal toegestane windsnelheid volgens hijstabel ( $v_{max\_TAB}$ ) hebben altijd betrekking op de 3-seconden-windvlaagsnelheid, die op de maximale hijshoogte aanwezig is.



## 1. 2 Oefeningen

### Oefening 1

Welke windtypen kunnen inwerken op de giek? (Meerdere antwoorden mogelijk)

- Windbelasting
- Verdamping
- Wind van voren
- Windenergie
- Wind van achter
- Wind van de zijkant



### Oefening 2

Welke windtypen hebben welke uitwerking op de LMB?

(Antwoord)

De LMB-afschakeling gebeurt al bij een last die kleiner is dan de in de hijstabel opgegeven max. toegestane hijslast.

(Antwoord)

Afschakeling gebeurt pas bij een last die groter is dan de max. toegestane hijslast.

(Antwoord)

Er volgt geen LMB-afschakeling.

### Oefening 3

Welke uitwerking heeft de wind op de last aan de kraan? (Meerdere antwoorden mogelijke)

- helemaal geen
- de last kan gaan pendelen
- de last draait aan de kabel
- radius van de last kan zich vergroten



Hoe ontstaat wind?

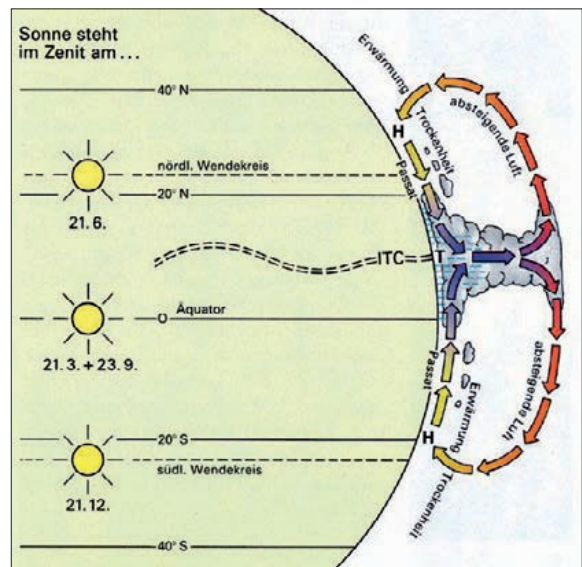
## 2. Basiskennis "Wind"

In dit hoofdstuk maakt u kennis met de grondbeginselen m.b.t. het ontstaan van wind en krijgt u een eerste uitleg m.b.t. windspecifieke vaktermen.

Wind is verplaatsende lucht. De verplaatsing ontstaat door vereffeningsstroming als gevolg van verschillende luchttemperaturen en de daardoor ontstane drukverschillen tussen hoge- en lagedrukgebieden.

De drijvende kracht achter de kracht van de wind is de zonnestraling. Deze treft de aarde en de omringende lucht met verschillende intensiteit: loodrecht op de evenaar, slechts nog als strijklicht op de polen. De aarde en luchtmassa op de evenaar verwarmen, de lucht wordt lichter en stijgt. Hitte boven de tropen, koude in de poolregio's: dit kan niet zo blijven, de natuur wil dit vereffenen. Dus stroomt warme lucht - aan de bovenrand van het weergebied - naar waar het kouder is.

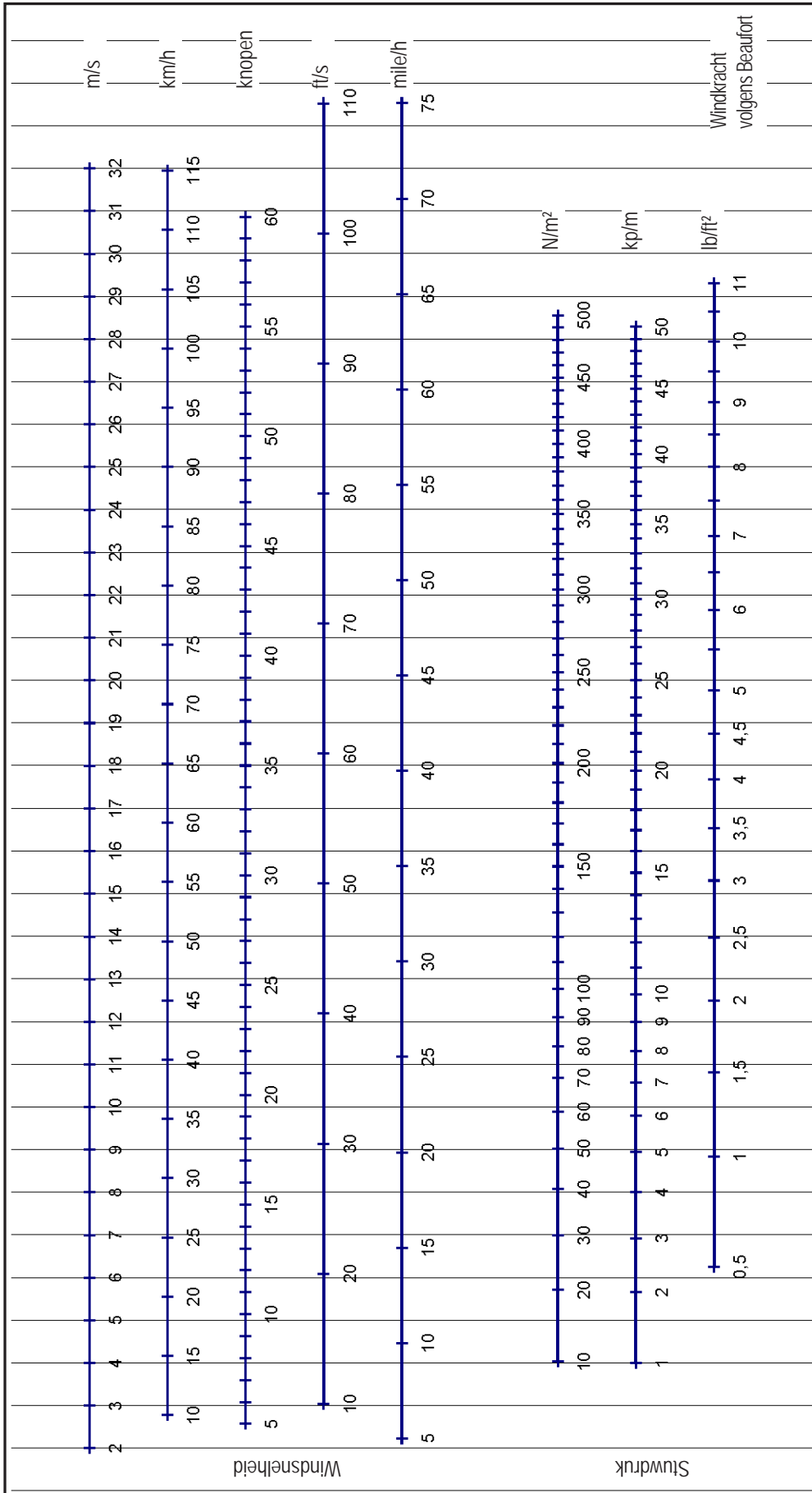
Op de weg naar het noorden verliest de lucht zoveel warmte, dat deze uiteindelijk zwaar wordt en naar beneden zakt. Er ontstaat een kringloop: in de bovenste atmosfeer stroomt warme lucht naar de poolregio's. Onderin stroomt koude lucht terug naar de tropen, als door een stofzuiger aangezogen. Het luchttransport vanaf de evenaar komt nooit aan op de polen: de aardrotatie buigt deze in grote mate af naar de zijkant. De aardrotatie zorgt ook dat de hoge- en lagedrukgebieden gaan roteren.



Beeld 6: Het ontstaan van wind

De hoogste windsnelheid die tot op heden in Duitsland is gemeten is 335 km/h. Deze werd gemeten op de Zugspitze op 12 juni 1985. Deze komt rekenkundig overeen met Beaufortwaarde 23,1.

Beaufort (bft) is een "willekeurige" eenheid. Deze drukt de waargenomen uitwerking van de wind uit. Beaufort (bft) staat echter niet direct in samenhang met de natuurkundig meetbare windsnelheid. De volgende grafiek toont de relatie tussen windsnelheid en windkrachten.



Beeld 7: Vergelijking tussen windkracht en windsnelheid

Windkracht-  
grafiek



Wat is een windv-  
laag?

## 2. 1 Windvlagen en ruwheid

Een **windvlaag**, soms ook rukwind genoemd, is een krachtige windstoot die ontstaat door de wind of bij een actief stormsysteem. Steeds weer zijn mensen verrast als een weerbericht bijvoorbeeld melding maakt van een wind van 33 km/h, terwijl men de indruk heeft dat de wind veel sterker is.

Het gaat bij een windvlaag om een **windstoot**, die onafhankelijk van de gemiddelde windsnelheid krachtiger is. Zo kan een windvlaag 60 km/h of meer bereiken, terwijl de gemiddelde waarde hier duidelijk onder ligt.

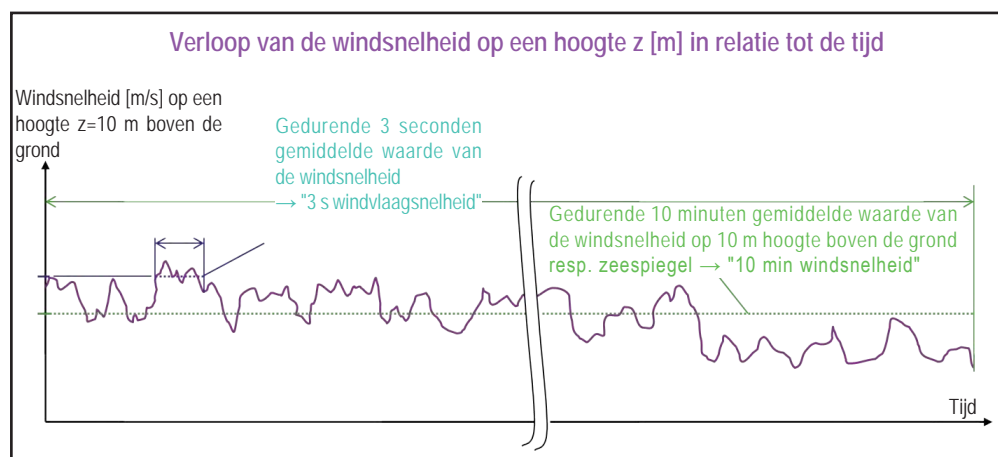
Windvlagen kunnen daarom ook **zeer gevaarlijk** worden, omdat ze plotseling optreden en niet lang duren. De duur is daarbij niet het probleem, maar wel het plotselinge ontstaan van een veel krachtigere luchtbeweging dan op basis van de bestaande wind kan worden verwacht. Zo kunnen windvlagen niet alleen in het straatverkeer tot gevaarlijke situaties leiden.



Beeld 8: Gekantelde bus na een windvlaag

Definitie van een  
windvlaag volgens  
EN 13000

De windsnelheid van een windvlaag is de gemiddelde windsnelheid die wordt gemeten gedurende **3 seconden**. De snelheid van een windvlaag is hoger dan de gemiddelde windsterkte, die gedurende 10 minuten wordt gemiddeld.



Beeld 9: Voorbeeld voor het bepalen van windvlagen

Er zijn externe omstandigheden, die de snelheid van een windvlaag kunnen verhogen of verlagen:

- Gebouwen
- Smalle dalen en ravijnen
- Gladde wateroppervlakken
- Hoogte boven de grond

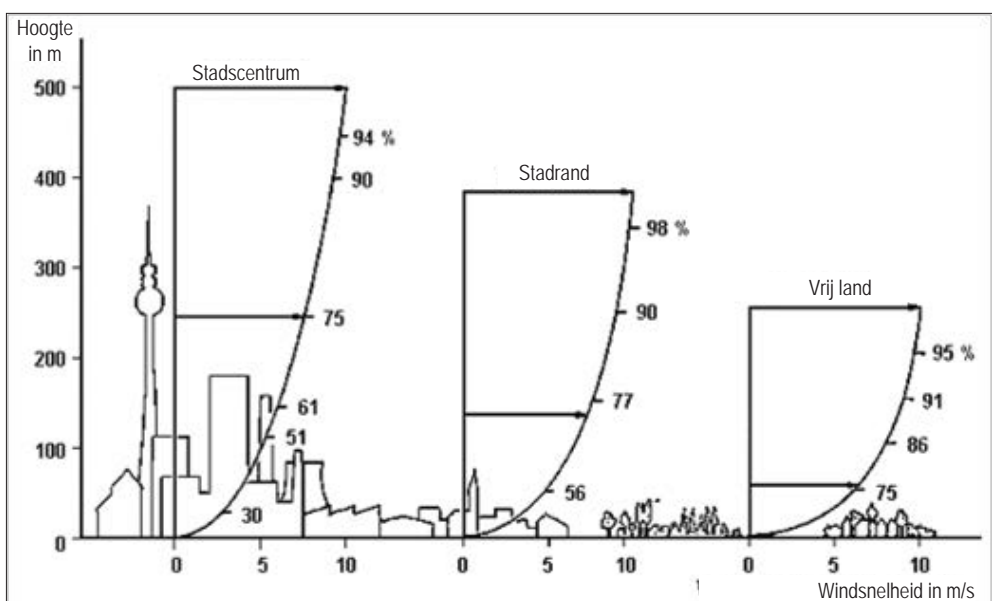


## Windinvloeden bij kraanbedrijf

Hoog boven de grond, op ca. 1 kilometer hoogte, wordt de wind vrijwel niet meer door de oppervlaktegesteldheid van de aarde beïnvloed. In de lagere luchtlagen van de atmosfeer wordt de windsnelheid door de wrijving op de grond verlaagd. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de **ruwheid** van het terrein, de invloed van hindernissen en de invloed van terreincontouren, hetgeen ook wel als "Orografie" van het terrein wordt aangeduid.

De windsnelheid wordt dus meer geremd, hoe ruwer de grond is. Bossen en grote steden remmen de wind natuurlijk aanzienlijk, terwijl betonnen startbanen op een vliegveld de wind slechts in geringe mate afremmen. Nog gladder zijn wateroppervlakken, deze hebben daardoor een nog geringere invloed op de wind, terwijl hoog gras, struiken en struikgewas de wind aanzienlijk remmen.

Gedrag van de wind op grote hoogte



Windsnelheid bij verschillende ruwheidsklassen

Beeld 10: Voorbeeld van de verschillende ruwheidsklassen

In de windindustrie verwijzen de technici vaak naar de ruwheidsklassen bij het beoordelen van de windomstandigheden in een landschap. Een hoge ruwheidsklasse van 3 tot 4 heeft betrekking op een landschap met veel bomen en gebouwen, terwijl een zeeoppervlak in de ruwheidsklasse 0 valt. Betonnen startbanen op vliegvelden vallen in ruwheidsklasse 0,5.



## Ruwheidsklassen in één overzicht

Ruwheidsklasse	Terreinoppervlaktypen
0	Wateroppervlakken
0,5	Open terrein, gladde oppervlakken bijv. landingsbanen.
1	Open terrein zonder schuttingen en struikgewas, evt. met enkele verspreide gebouwen en zeer geleidelijke heuvels.
1,5	Open terrein met enkele huizen en 8 m hoog struikgewas op een afstand van meer dan 1 km.
2	Terrein met enkele huizen en 8 m hoog struikgewas op een afstand van ca. 500 m.
2,5	Terrein met veel huizen, struiken en planten of 8 m hoog struikgewas op een afstand van ca. 250 m.
3	Dorpen, kleine steden, terrein met veel of hoog struikgewas, bossen en zeer ruw en ongelijk terrein.
3,5	Grotere steden met hoge gebouwen.
4	Grote steden met zeer hoge gebouwen.

Tabel 1: Ruwheidsklassen



Het fenomeen "Straaleffect"

In steden met hoge gebouwen ligt de ruwheid op 4 (vgl. tabel 2). Daardoor ontstaat de indruk dat de wind daar niet zo sterk is. In grote steden met hoge gebouwen zijn echter ook grote gebouw-'ravijnen' aanwezig. De lucht wordt aan de windzijde van de huizen gecompriëerd en de windsnelheid neemt aanzienlijk toe terwijl de wind tussen de gebouwen doorblaast. Dit fenomeen wordt aangeduid als "Straaleffect". Is de normale windsnelheid in open terrein bijv. 6 m/s, kan deze in een gebouwen-'ravijn' zonder meer 9 m/s bereiken.





# Windinvloeden bij kraanbedrijf

## 2. 2 Wind- en weersberichten

Bij kraanbedrijf en vooral bij het hijsen van lasten met een groot oppervlak, moet absoluut rekening worden gehouden met de invloed van de wind.

De kraanmachinist moet zich vóór aanvang van de werkzaamheden door de verantwoordelijke meteorologische dienst laten informeren over de te verwachten maximale windsnelheid. Zijn ontoelaatbare windsnelheden te verwachten, is het verboden de last te hijsen of de kraan op te richten.



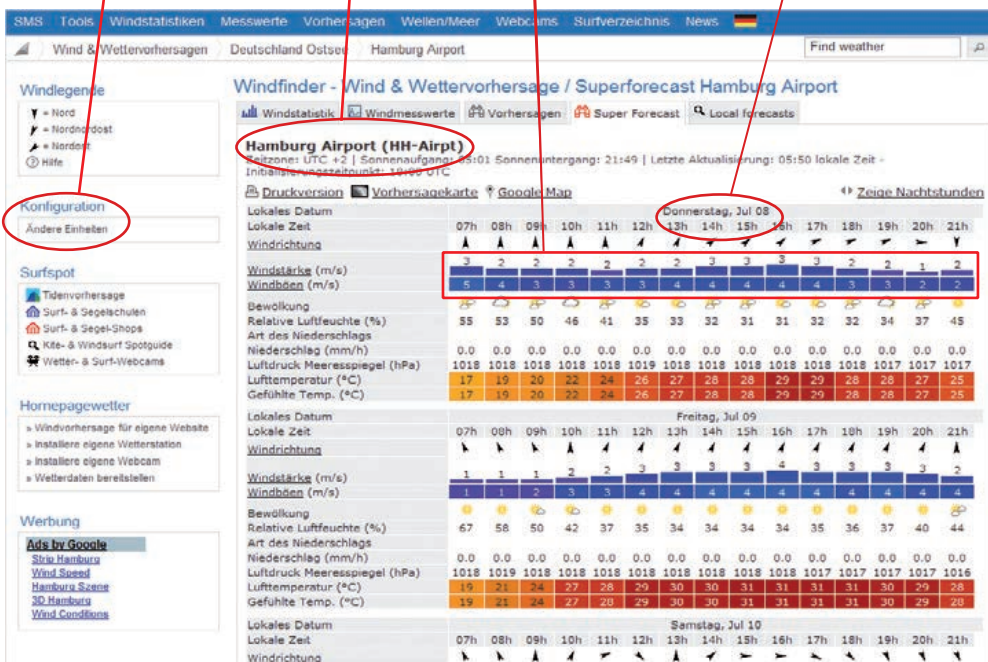
Actuele weergegevens vindt u ook op Internet (bijv. [www.windfinder.com](http://www.windfinder.com) onder het tabblad "Super Forecast"). Houd er echter rekening mee dat de windsnelheid van windvlagen, zoals in het voorbeeld, betrekking hebben op een hoogte van 10 m.

Wijzigen van de eenheid van [m/s] naar [knt]

Locatie

Weergave van de windkracht resp. windvlagen in [m/s] of [knt]

Datum



Windwaarden op internet

Beeld 11: Schermafbeelding van de pagina [www.windfinder.com](http://www.windfinder.com)

Kan de kraan bij onderbreking van de werkzaamheden niet op de werklocatie worden neergelegd, moeten de windsnelheden voor de totale inzetperiode worden opgevraagd. De optredende windsnelheden mogen de toegestane windsnelheden uit de windtabellen niet overschrijden.





Hoogte-afhankelijke windsnelheid

### 2. 2. 1 Hoogte-afhankelijke windvlaagsnelheid

De meteorologische dienst levert doorgaans de gemiddelde windsnelheid gedurende 10 minuten en / of de betreffende windvlaagsnelheid, altijd op een referentiehoogte van 10 m. Afhankelijk van de beschikbare informatie, moet voor de hoogte-afhankelijke windvlaagsnelheden rekening worden gehouden met andere factoren. Deze zijn opgenomen in de volgende tabel.

Zijn via de meteorologische dienst de windvlaagsnelheden op 10 m hoogte beschikbaar, moet bij de berekening van de windvlaagsnelheden op de betreffende werkhoogte rekening worden gehouden met de factoren in de blauw gemarkeerde kolom.

Zijn echter alleen waarden voor de 10 min gemiddelde windsnelheden beschikbaar, moet de geel gemarkeerde kolom worden gebruikt. Op basis van deze factoren kan de actuele windvlaagsnelheid op de aanwezige werkhoogte worden berekend.

Werkhoogte	Factoren bij beschikbare 10 minuten gemiddelde windsnelheid op een hoogte van 10 m	Factoren bij een beschikbare windvlaagsnelheid op een hoogte van 10 m
10	1,400	1,000
20	1,502	1,073
30	1,566	1,119
40	1,614	1,153
50	1,653	1,181
60	1,685	1,204
70	1,713	1,224
80	1,738	1,241
90	1,760	1,257
100	1,780	1,272
110	1,799	1,285
120	1,816	1,297
130	1,832	1,309
140	1,847	1,319
150	1,861	1,329
160	1,874	1,339
170	1,887	1,348
180	1,899	1,356
190	1,910	1,364
200	1,921	1,372

Tabel 2: Factoren voor het bepalen van de hoogte-afhankelijke windvlaagsnelheid op basis van de wind-/windvlaagsnelheid op 10 m hoogte

**Voorbeeld**

$$6,2 \text{ m/s} \times 1,272 = 7,89 \text{ m/s}$$

U krijgt bijv. van de meteorologische dienst een windvlaagsnelheid van 6,2 m/s op 10 meter boven de grond.

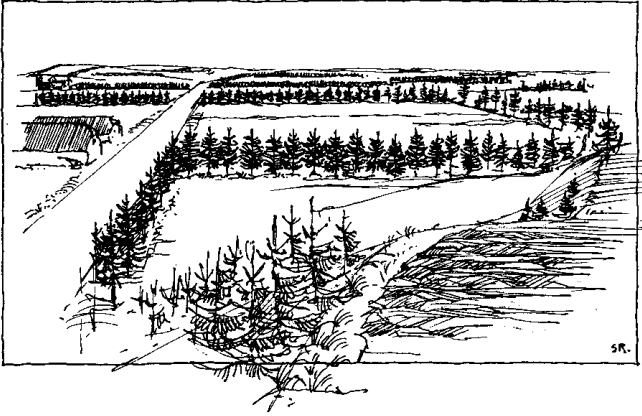
U heeft bijv. een max. werkhoogte van 100 meter. Volgens de berekening (zie links) is de windvlaagsnelheid op 100 m hoogte **7,89 m/s**. Bij een maximaal toelaatbare windvlaagsnelheid van 9 m/s volgens de hijstabel, mag het hijsen van lasten plaatsvinden.



## 2. 3 Oefeningen

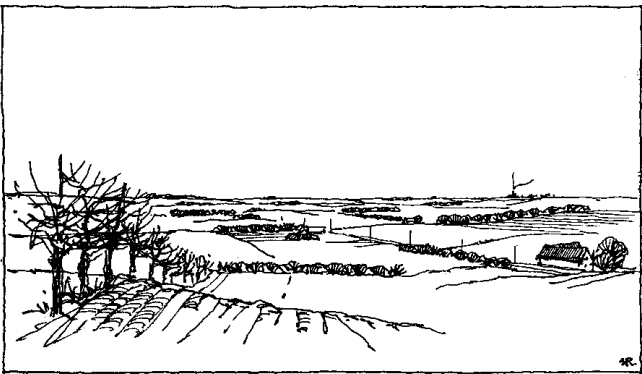
### Oefening 4

Bepaal op basis van "Tabel 1: Ruwheidsklassen" van welke ruwheid in de beide onderstaande afbeeldingen sprake is!



Beeld 12: Bepaal de ruwheidsklasse!

Antwoord:



Beeld 13: Bepaal de ruwheidsklasse!

Antwoord:

### Oefening 5

Wat verstaat men volgens EN 13000 onder een "windvlaag"?

- zwakke wind op basis van een luchtdrukverschil
- heftige windstoot van korte duur
- heftige windstoot die gedurende 3 seconden hoger is dan de gemiddelde windsnelheid

### Oefening 6

Bepaal op basis van „Afbeelding 11“ (pagina 17) en de „Tabel 2“ (pagina 18) welke windvlaagsnelheid bij de luchthaven van Hamburg op 9 juli om 15 uur op 140 meter hoogte heerst?

Antwoord:



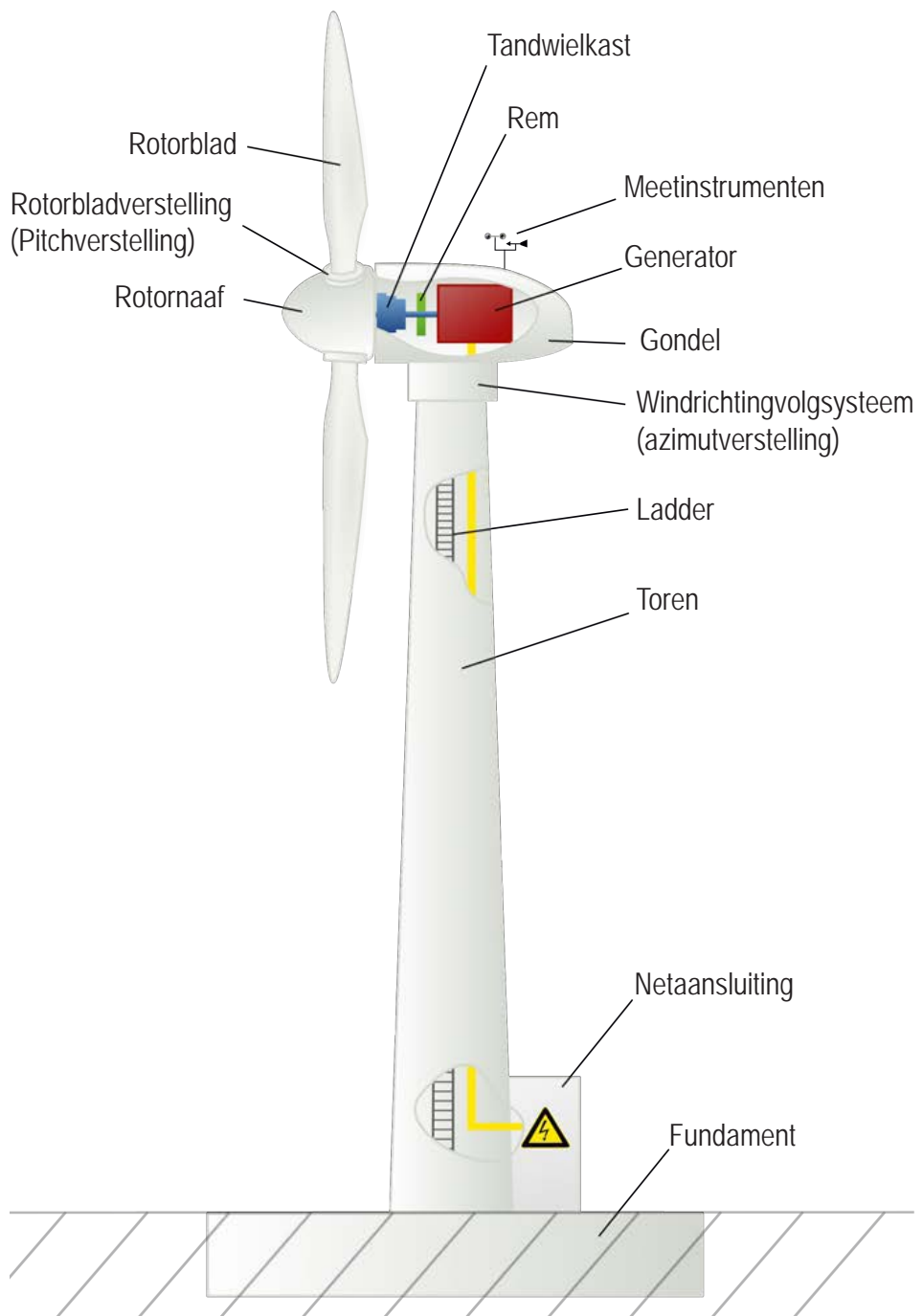


### 3. Excursie – schema van een windenergie-installatie

*In dit hoofdstuk maakt u kennis met de schematische opbouw van een windenergie-installatie. Tevens tonen we u hoe de windsnelheden zich op de verschillende hoogten verhouden.*

Het gebruik van windenergie is al honderden jaren bekend. De ontwikkeling van steeds krachtigere **windenergie-installaties** neemt een grote vlucht. De hoogte van de torens waarop de installaties worden gebruikt neemt toe. De afmetingen van nieuwe installaties zijn adembenemend. Op een naafhoogte tot wel 135 meter draait een rotor met een diameter van 126 meter. Ter vergelijking: de spanwijdte van een Airbus A380 is amper 80 meter.

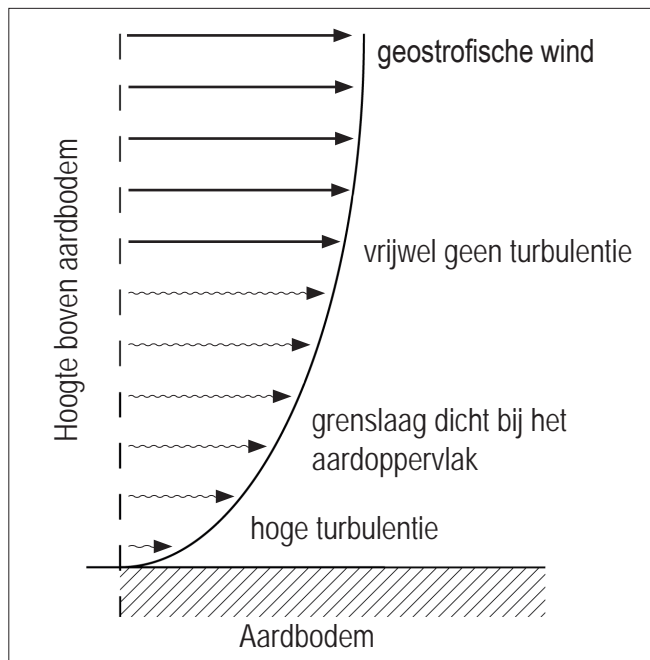
Onderdelen van een windenergie-installatie





## Windinvloeden bij kraanbedrijf

Worden individuele windenergie-installaties of complete windparken gebouwd, gebeurt dit meestal daar waar de wind het hardst waait. Elke meter hoger in de atmosfeer, zal daarbij een hoger rendement opleveren. Bekijken we de verticale **onderverdeling van de atmosfeer** is alleen de onderste laag hiervan bruikbaar voor het gebruik van de windenergie. Dit heeft te maken met de opbouw van de luchtlagen dichtbij het aardoppervlak. Bij toenemende hoogte heeft de ruwheid van de aardbodem minder invloed op de windsnelheid. Daarom waait de wind op grotere hoogten gelijkmatiger en wordt in principe minder door turbulentie beïnvloed. Hiervan maken fabrikanten van windenergie-installaties graag gebruik.



Beeld 14: Turbulentie op verschillende hoogten

Een ander feit is dat de windsnelheid afneemt, hoe verder de aardbodem wordt genaderd. Als we een installatie bekijken met een naafhoogte van 40 meter en een rotordiameter van 40 meter, wordt de top van een rotorblad bijv. aangestroomd met 9,3 m/s, als deze zich in de **hoogste positie** bevindt. De windsnelheid in de **laagste positie** van het rotorblad is slechts 7,7 m/s. Dit betekent dat de krachten op het rotorblad (lagerbelasting) in de hoogste positie aanzienlijk groter zijn dan in de laagste.

Opbouw van  
luchtlagen

Waar komt  
welke  
turbulentie  
voor



## 4. Factoren bij de windkrachtberekening

*In dit hoofdstuk maakt u kennis met de vaktermen en de uitgangspunten voor de berekeningen, die noodzakelijk zijn voor het berekenen van de invloed van de wind tijdens kraanbedrijf. Tevens leert u hoe u de toegestane windsnelheid kunt aflezen uit een diagram.*

De volgende factoren spelen een centrale rol bij de berekening van windbelastingen:

- gewicht van de Last
- maximale projectievlak
- $c_w$ -waarde
- maximale windsnelheid
- windaangrijpingsvlak
- stuwdruk

### 4. 1 Beschikbare waarden opvragen

De volgende waarden moet u vóór de kraanwerkzaamheden opvragen:

- het **gewicht van de hijslast** ( $m_H$ ) (volgens hfst. 4.1.1)
- het **maximale projectievlak** ( $A_p$ ) van de last (volgens hfst. 4.1.2)
- de **weerstandcoëfficiënt** ( $c_w$ -waarde) (volgens hfst. 4.1.3)
- de actuele **windsnelheid** ( $v_{act}$ ) (volgens hfst. 4.1.4)

#### 4. 1. 1 Gewicht van de hijslast ( $m_H$ )

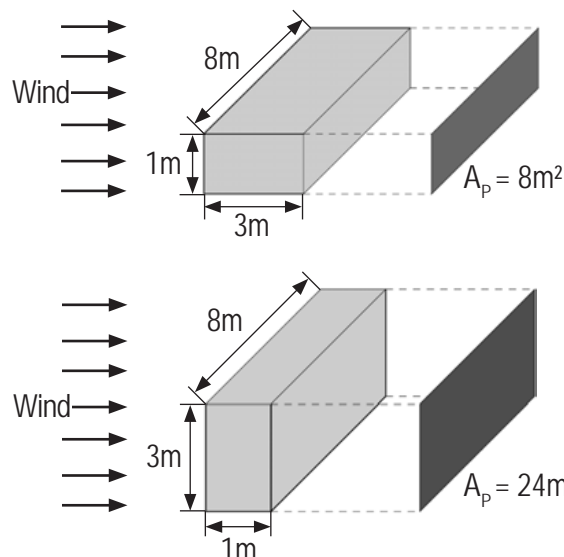
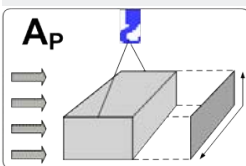
Het **gewicht** van de te hijsen last (last en haak) wordt gemeten in kilogram (kg) of ton (t). Het gewicht van de last kan de kraanmachinist vinden in de leverdocumenten, resp. direct op de last aflezen of bij de fabrikant opvragen. Een last waarvan het gewicht, de  $c_w$ -waarde en het projectievlak niet bekend is, mag niet worden gehesen.

**Definitie van het gewicht van de hijslast**

#### 4. 1. 2 Maximale projectievlak ( $A_p$ )

Wordt een object door een lichtbron bestraald, vormt het object een schaduw. Deze schaduw is het **projectievlak**  $A_p$  van het object. Wordt het object niet door licht maar door wind aangestroomd, ontstaat dezelfde schaduw (projectievlak). Afhankelijk van de windrichting kan de schaduw groter of kleiner worden. Het maximale projectievlak kunt u verkrijgen bij de fabrikant van de last.

**Definitie projectievlak**



Op basis van het voorbeeld op de linkerpagina wordt toegelicht dat een voorwerp verschillende projectievlakken kan hebben. Daarom moet altijd het maximale projectievlak van een last of object worden gebruikt.

Hoe groter het projectievlak, hoe groter het aangrijpvlak voor de wind is.



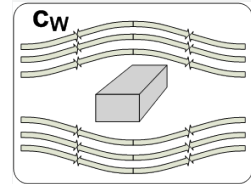
## Windinvloeden bij kraanbedrijf




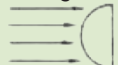
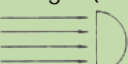

### 4. 1. 3 $c_w$ -waarde

Wordt een object aangestroomd of omstroomd met lucht, wordt de lucht hierdoor geremd. Het object vormt een hindernis voor de lucht (stromingsweerstand). Afhankelijk van de vorm van het object verandert de stromingsweerstand. Voor het beschrijven van de vorm van het object wordt de **weerstandscoefficiënt** gedefinieerd.

De **weerstandscoefficiënt** ( $c_w$ -waarde) van een object geeft aan hoe groot de hindernis door het object voor de lucht is. De  $c_w$ -waarde kunt u opvragen bij de fabrikant van de last.

#### Definitie weerstandscoefficiënt



Object	Weerstandscoefficiënt $c_w$
Plaat / rechthoekig blok 	1,1 tot 2,0
Cilinder 	0,6 tot 1,0
Kogel 	0,3 tot 0,4
Halve kogel (voor) 	0,2 tot 0,3
Halve kogel (achter) 	0,8 tot 1,2
Rotor van een windenergie-installatie 	ca. 1,6

Tabel 3:  $c_w$ -waarden van gangbare objecten

### 4. 1. 4 Actuele windsnelheid ( $v_{act}$ )

De actuele **windsnelheid** wordt opgegeven in [m/s] of [km/h]. Vóór aanvang van de werkzaamheden moet u bij de verantwoordelijke meteorologische dienst of op internet (bijv. [www.wetterfinder.com](http://www.wetterfinder.com)) informatie opvragen over de te verwachten windsnelheid. Zijn ontoelaatbare windsnelheden te verwachten, mag de last niet worden gehesen!

U kunt de actuele windsnelheid ook aflezen met behulp van de **windmeter** van het LICCON-computersysteem.

Waar kan ik informatie krijgen over de actuele windsnelheid?



De actuele waarde van de windmeter op de kraan mag niet als berekeningsuitgangspunt worden genomen voor het hijsen van lasten. Vóór het begin van het hijsen van lasten moet altijd bij de verantwoordelijke meteorologische dienst of via internet de actueel verwachte/actuele windsnelheid gedurende de periode waarbinnen lasten worden gehesen worden opgevraagd.

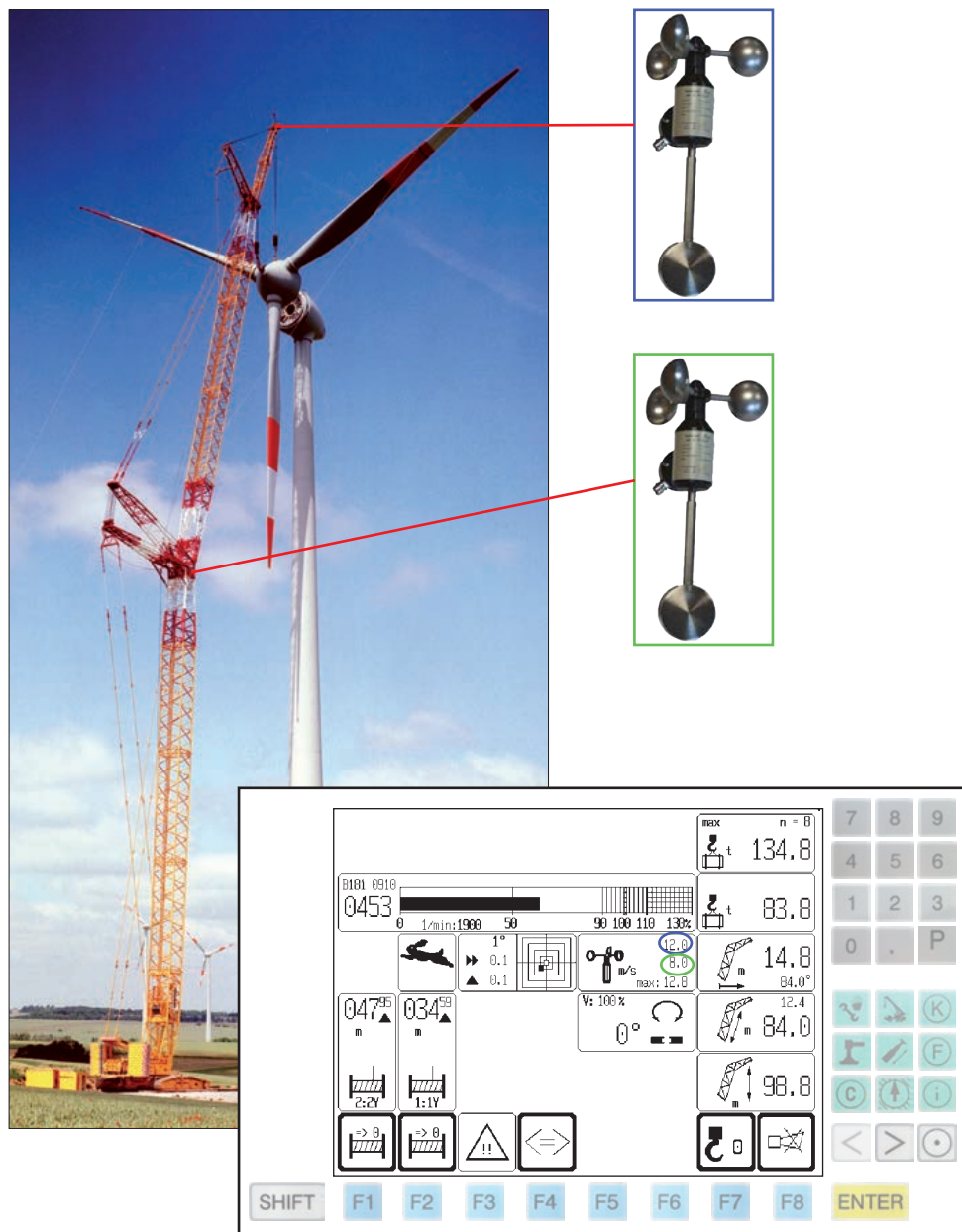


Windmeter (anemometer)

Op een kraan kunnen maximaal twee windmeters zijn gemonteerd. De windwaarschuwing gebeurt op het bedrijfsscherm van het LICCON-computersysteem. Komt de actuele waarde van de windsnelheid boven de weergegeven maximale waarde, begint het symbool „Windwaarschuwing“ te knipperen en klinkt het akoestische alarm >>KORT CLAXONSIGNAAL<<. Er vindt echter geen uitschakeling van de kraanbewegingen plaats. Het hijsen van de last moet zo snel mogelijk worden beëindigd en eventueel moet de giek worden neergelegd. Hierbij moeten de toegestane windsnelheden uit de windtabel, resp. de opricht- en neerlegtabel worden aangehouden.

De **bovenste waarde** in het symbool "Windwaarschuwing" van het bedrijfsscherm toont de waarde van de windmeter op de vaste jib.

De **onderste waarde** in het symbool "Windwaarschuwing" van het bedrijfsscherm toont de waarde van de windmeter op de hoofdgiek.



Beeld 15: Montagepositie van de windmeters en bedrijfsscherm LICCON







## Windinvloeden bij kraanbedrijf

### Definitie Stuwdruk

#### 4. 2. 3 Stuwdruk (p)

Raakt wind een plaat met veerophanging (zie afbeelding rechts), wordt deze omstroemd door lucht. Daarbij ontstaat stuwing van een deel van de lucht op het oppervlak van de plaat. Deze stuwing heeft een drukverhoging tot gevolg, die de plaat tegen de veer drukt. Deze druk wordt **stuwdruk** genoemd.

Verdubbelt de windsnelheid (v), neemt de stuwdruk met het viervoudige toe.

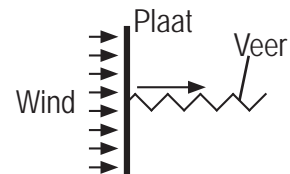
Formule stuwdruk (p):

Luchtdichtheid:  
 $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$$p = F_w : A_w$$

of

$$p = 0,5 \cdot \rho \cdot v^2$$



### Definitie van kracht

#### 4. 2. 4 Windbelasting (F<sub>w</sub>)

Om een windrotor aan te drijven is een harde wind nodig. D.w.z. de **stuwdruk** van de wind moet zo groot zijn, dat de rotor gaat draaien. Hoe groter het windaangrijpingsvlak van de rotor, des te kleiner de stuwdruk van de wind om deze te kunnen aandrijven.

Formule Windbelasting (F<sub>w</sub>):

$$F_w = A_w \cdot p$$

#### 4. 3 Oefeningen



##### Oefening 7

U moet met uw kraan een ruit in een glasgevel vervangen. De ruit heeft een projectievlak van 2,6 m<sup>2</sup> en een c<sub>w</sub>-waarde van 1,2. Bereken het windaangrijpingsvlak.

Antwoord:

$$A_w = \quad \text{m}^2$$

##### Oefening 8 (ontbrekende tekst invullen!)

Overschrijdt de ..... windsnelheid de ..... windsnelheid uit de hijstabel, moet het kraanbedrijf ..... en de giek ..... worden als de toegestane windsnelheid volgens de windtabel van de kraan wordt .....

##### Oefening 9

Bepaal op basis van „Afbeelding 16“ (pagina 25), welke toegestane windsnelheid bij een teleconfiguratie van 92-/46+/46+/46+/0 is toegestaan.

Antwoord:



## 5. Bepalen van de toegestane windsnelheid

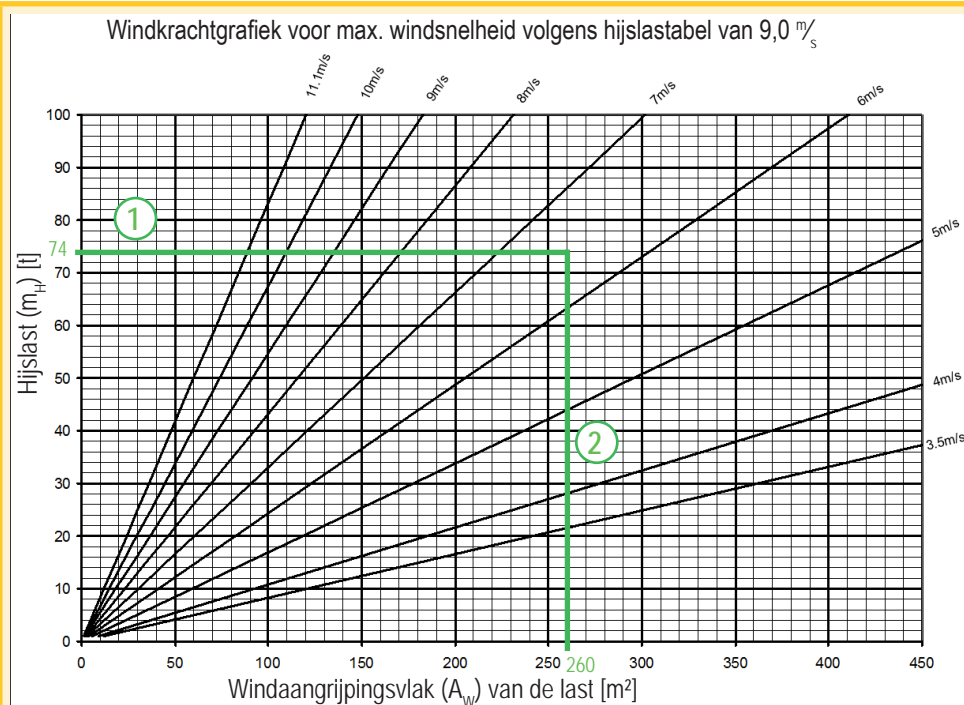
Op de volgende manieren kan de maximaal toegestane windsnelheid worden bepaald:

- Methode (1): Windkrachtgrafiek (volgens hfst. 5.1)
- Methode (2): Formule (volgens hfst. 5.2)
- Methode (3): De bepaling van de maximaal toegestane windsnelheid uit de oudere hijslasttabellenboeken (diagram 1 en 2) wordt niet meer toegepast.

### 5.1 Methode (1): Windkrachtgrafiek

Deze methode voor het bepalen van de toegestane windsnelheid is onderdeel van het hijslastenboek. In dit hoofdstuk willen wij u informeren over deze nieuwe methode.

Is het **windaangrijpingsvlak** van de last **groter** dan de **1,2 m<sup>2</sup> per t last**, zijn de maximaal toegestane windsnelheden uit de hijslastabel **niet** meer geldig. Vergelijk in dit geval de maximaal toegestane windsnelheid uit de hijslastabel met de windsnelheid uit de **windkrachtgrafiek**. Deze beide waarden moeten overeenkomen, omdat u anders een verkeerde windsnelheid uit de verkeerde windkrachtgrafiek leest. In dat geval kunnen ongelukken ontstaan.



Voor het bepalen van de maximaal toegestane windsnelheid op basis van een windkrachtgrafiek, moet eerst de hijslast  $m_H$  (last + aanslagmiddel) horizontaal worden ingetekend (zie lijn 1).

In de volgende stap moet verticaal het windaangrijpingsvlak  $A_W$  (projectievlak x  $c_w$ -waarde) worden ingetekend (zie lijn 2).

Op het snijpunt kan de maximaal toegestane windsnelheid worden afgelezen.





Voorbeeld 1

$$280 \text{ m}^2 / 65 \text{ t} = 4,31 \text{ m}^2/\text{t}$$



### 5. 1. 1 Voorbeeld voor het bepalen van de toegestane windsnelheid bij een speciale lastsituatie

De te hijsen last weegt **65 t**, heeft een  $c_w$ -waarde van **1,4** en bij een projectievlak van **200 m<sup>2</sup>** een windaangrijpingsvlak van **280 m<sup>2</sup>**. Wordt het windaangrijpingsvlak gedeeld door de last, krijgt u een waarde van 4,31 m<sup>2</sup> per t. Deze waarde is groter dan het maximale windaangrijpingsvlak van de last van 1,2 m<sup>2</sup> per t. Voor de benodigde uitrustingsstoestand is volgens de hijstabel een maximale windsnelheid van 11,1 m/s toegestaan. Op basis van de windkrachtgrafiek 11,1 m/s (zie afbeelding 22 pagina 32) moet nu de maximaal toegestane windsnelheid worden bepaald.

De maximaal toegestane windsnelheid voor de last is **5,9 m/s**.

De bepaalde maximaal toegestane windsnelheid van 5,9 m/s wordt niet overgenomen in het LICCON-computersysteem. Bij overschrijding van de bepaalde maximaal toegestane windsnelheid van 5,9 m/s volgt geen waarschuwing. Daarom moet de kraanmachinist zelf de windsnelheidswaarde in het LICCON-computersysteem in de gaten houden. Wordt de bepaalde maximaal toegestane windsnelheid bereikt, moet de kraanmachinist het hijsen afbreken.

### 5. 1. 2 Voorbeeld voor het bepalen van de toegestane windsnelheid bij een standaard lastsituatie

Voorbeeld 1

Windaangrijpings-  
vlak:  
 $1,2 \cdot 50 \text{ m}^2 = 60 \text{ m}^2$

Een last weegt **85 t**, heeft een  $c_w$ -waarde van **1,2** en een projectievlak van **50 m<sup>2</sup>**. Bij een  $c_w$ -waarde van 1,2 en een projectievlak van 50 m<sup>2</sup> is er een windaangrijpingsvlak van **60 m<sup>2</sup>**. Wordt het windaangrijpingsvlak gedeeld door de last, krijgt u een waarde van 0,71 m<sup>2</sup> per t. De hijstabel heeft in dit voorbeeld een maximale windsnelheid van 9 m/s. Daarom moet de windkrachtgrafiek met 9 m/s worden gebruikt. Teken nu in de **windkrachtgrafiek 9,0 m/s** (zie afbeelding 19 pagina 31) bij de waarde **60 m<sup>2</sup>** windaangrijpingsvlak **lijn 1** verticaal naar boven. Teken daarna bij de te hijsen last van **85 t** een horizontale **lijn 2** naar rechts. Op het snijpunt raken de beide lijnen de 9 m/s-lijn.

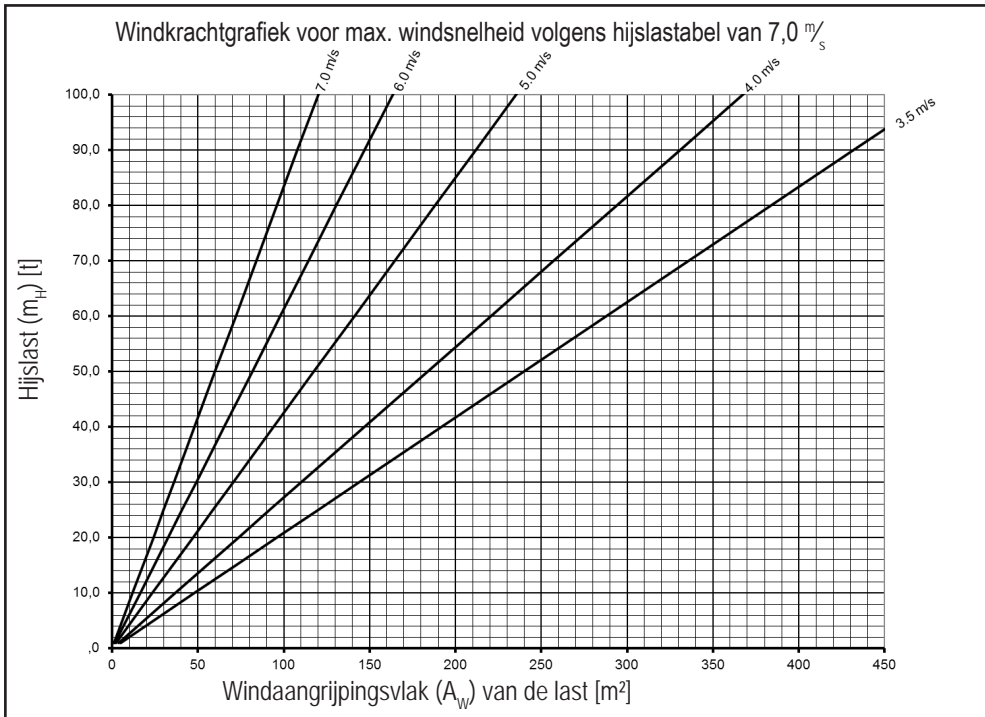
Dit betekent dat de last tot een maximale windsnelheid van **9 m/s**, zoals opgegeven in de hijstabel, kan worden gehesen.

#### Oefening 10

Teken voor het bepalen van de maximaal toegestane windsnelheid de waarde uit het voorbeeld 5.1.1 in de betreffende windkrachtgrafiek op de volgende pagina's.

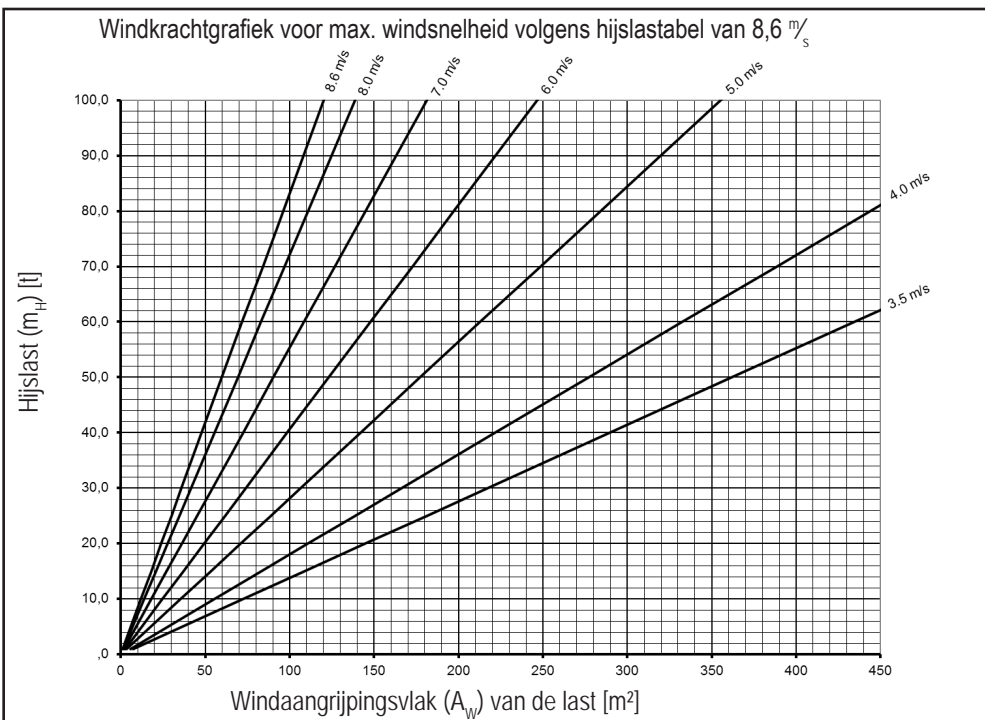
#### Oefening 11

Teken voor het bepalen van de maximaal toegestane windsnelheid de waarde uit het voorbeeld 5.1.2 in de betreffende windkrachtgrafiek op de volgende pagina's.



Windkrachtgrafiek 7,0 m/s

Beeld 17: Windkrachtgrafiek 7,0 m/s (alleen geldig voor tabellen met max. windsnelheid van 7,0 m/s)

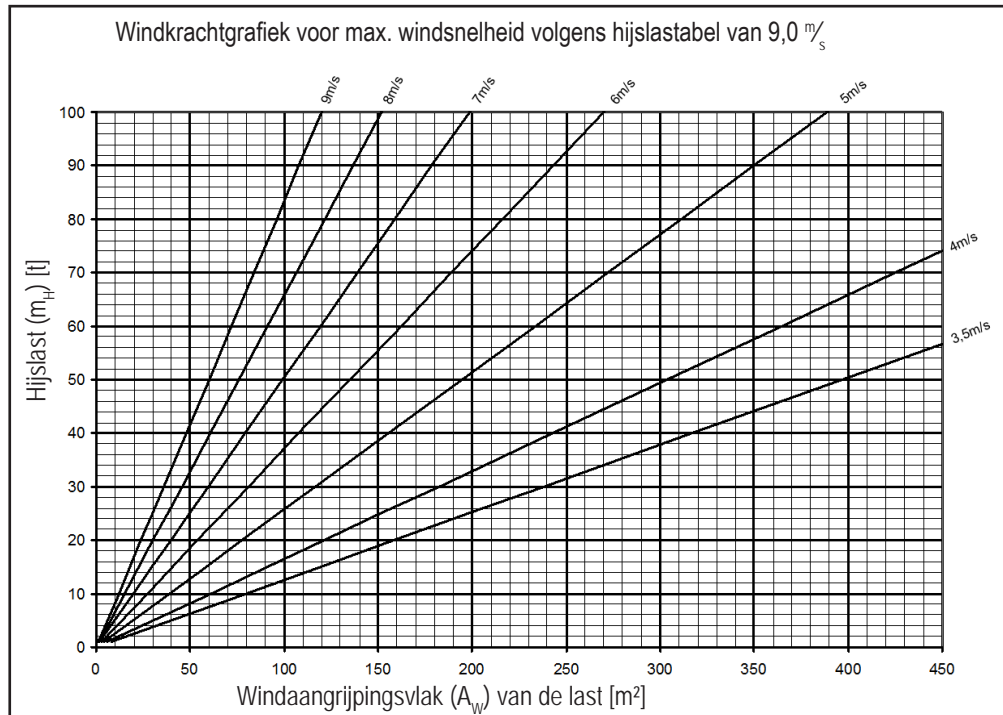


Windkrachtgrafiek 8,6 m/s

Beeld 18: Windkrachtgrafiek 8,6 m/s (alleen geldig voor tabellen met max. windsnelheid van 8,6 m/s)

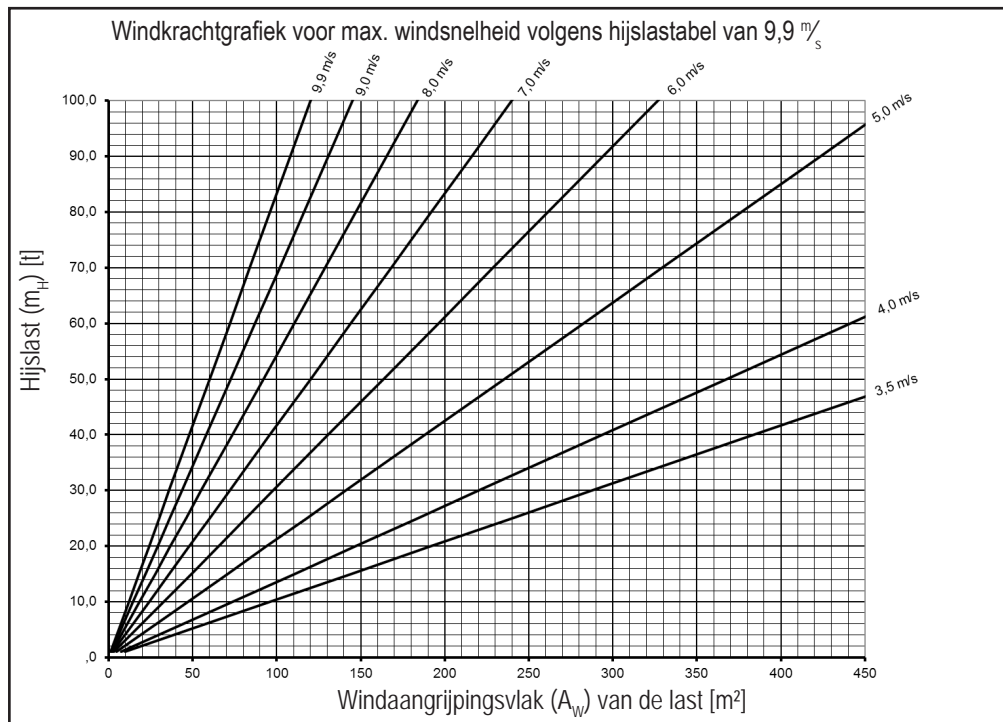


Windkracht-  
grafiek  
9,0 m/s

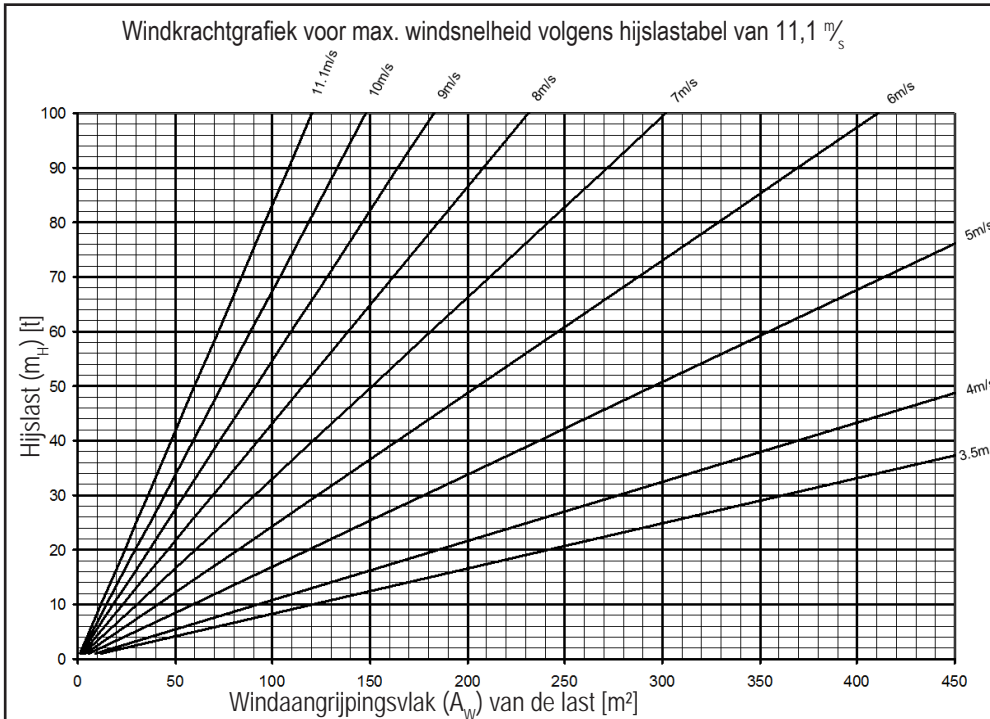


Beeld 19: Windkrachtgrafiek 9,0 m/s (alleen geldig voor tabellen met max. windsnelheid van 9,0 m/s)

Windkracht-  
grafiek  
9,9 m/s

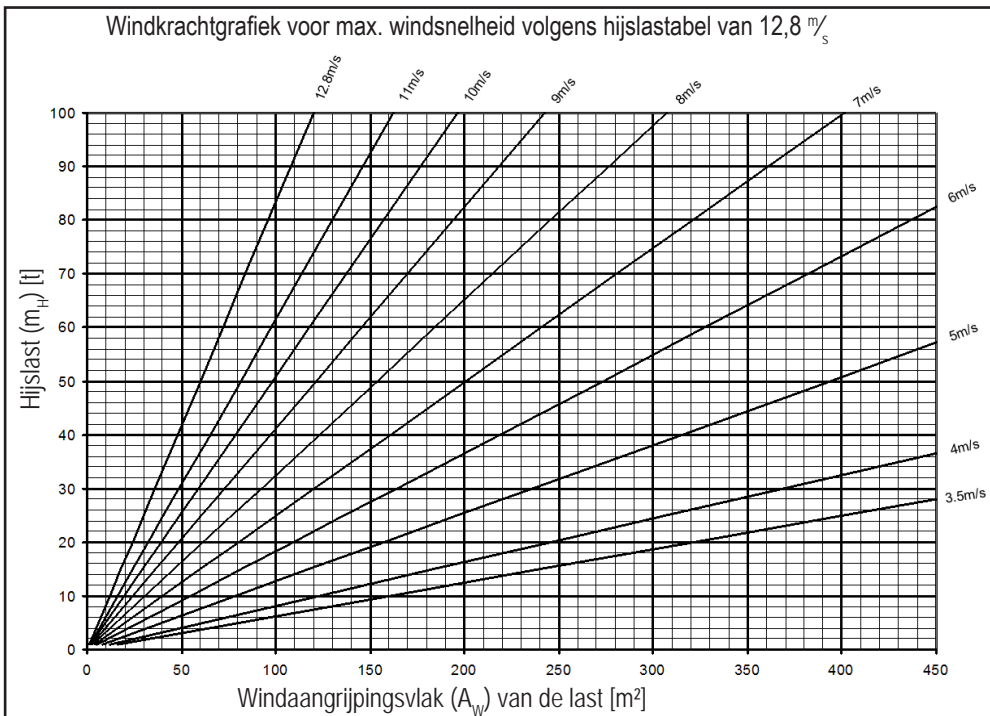


Beeld 20: Windkrachtgrafiek 9,9 m/s (alleen geldig voor tabellen met max. windsnelheid van 9,9 m/s)



Windkracht-  
grafiek  $11,1 \frac{m}{s}$

Beeld 21: Windkrachtgrafiek  $11,1 \frac{m}{s}$  (alleen geldig voor tabellen met max. windsnelheid van  $11,1 \frac{m}{s}$ )

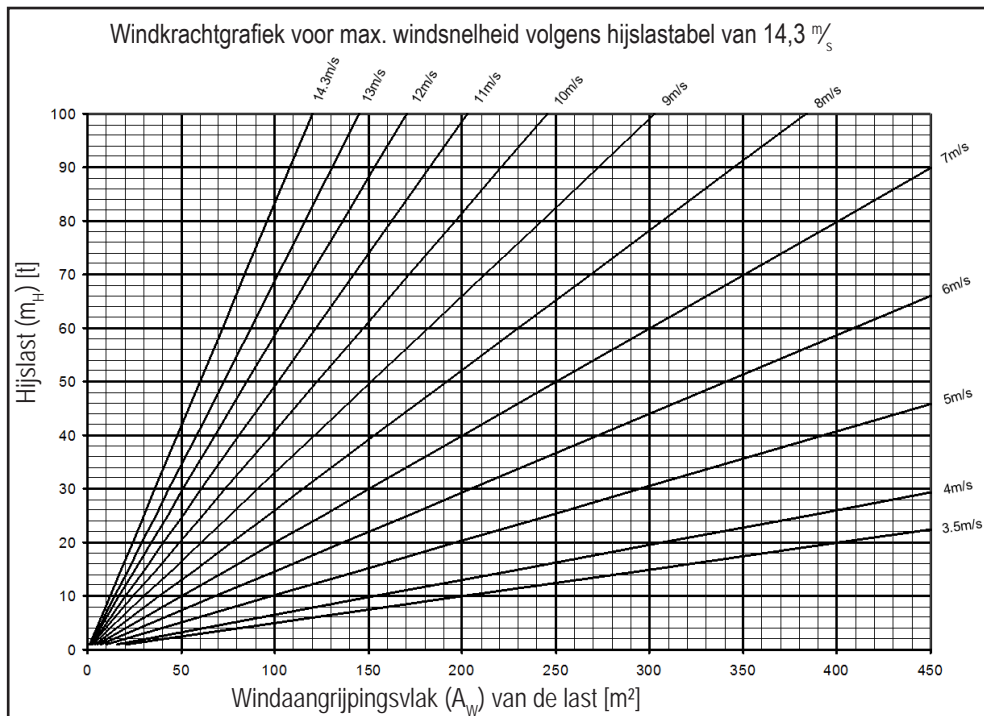


Windkracht-  
grafiek  $12,8 \frac{m}{s}$

Beeld 22: Windkrachtgrafiek  $12,8 \frac{m}{s}$  (alleen geldig voor tabellen met max. windsnelheid van  $12,8 \frac{m}{s}$ )



Windkracht-  
grafiek  
14,3 m/s



Beeld 23: Windkrachtgrafiek 14,3 m/s (alleen geldig voor tabellen met max. windsnelheid van 14,3 m/s)





## Windinvloeden bij kraanbedrijf

### 5. 2 Methode (2): Formule

De toegestane windsnelheid kan met één enkele formule worden berekend. Hiervoor moeten vooraf de volgende gegevens worden verzameld:

- de hijslast ( $m_H$ ) (incl. aanslagmiddelen, hijsblok en evt. hijskabelaandeel)
- het windaangrijpingsvlak ( $A_W$ )
- de maximale windsnelheid volgens hijstabel

Formule voor het berekenen van de toegestane windsnelheid

$$V_{\max} = V_{\max\_TAB} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m^2}{t} \cdot m_H}{A_W}}$$

De waarde  $1,2 \frac{m^2}{t}$  onder het wortelteken is een constante volgens EN 13000 en niet de  $c_w$ -waarde! Deze waarde mag niet worden gewijzigd!

#### 5. 2. 1 Voorbeeld voor het berekenen van de toegestane windsnelheid bij een standaard lastsituatie

Een last weegt 85 t, heeft een  $c_w$ -waarde van 1,2 en een projectievlak van 50 m<sup>2</sup>. Bij een  $c_w$ -waarde van 1,2 en een projectievlak van 50 m<sup>2</sup> is er een windaangrijpingsvlak van 60 m<sup>2</sup>. De hijstabel heeft in dit voorbeeld een maximale windsnelheid van 9 m/s.

$$V_{\max} = 9 \frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m^2}{t} \cdot 85 t}{60 m^2}}$$

$$V_{\max} = 11,73 \frac{m}{s}$$

Is het resultaat van  $v_{\max}$  groter dan  $v_{\max\_TAB}$ , kan de last tot de in de hijstabel opgegeven maximale windsnelheid, hier 9 m/s, worden gehesen.

#### 5. 2. 2 Voorbeeld voor het berekenen van de toegestane windsnelheid bij een speciale lastsituatie

De te hijsen last weegt 65 t, heeft een  $c_w$ -waarde van 1,4 en bij een projectievlak van 200 m<sup>2</sup> een windaangrijpingsvlak van 280 m<sup>2</sup>. Voor de benodigde uitrustingsstoestand is volgens de hijstabel een maximale windsnelheid van 11,1 m/s toegestaan.

$$V_{\max} = 11,1 \frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m^2}{t} \cdot 65 t}{280 m^2}}$$

$$V_{\max} = 5,86 \frac{m}{s}$$

De windsnelheid uit de hijstabel wordt verlaagd van 11,1 m/s naar 5,86 m/s. De last mag tot een maximale windsnelheid van 5,86 m/s worden gehesen.

De bepaalde maximaal toegestane windsnelheid van 5,86 m/s wordt niet overgenomen in het LICCON-computersysteem. Bij overschrijding van de bepaalde maximaal toegestane windsnelheid van 5,86 m/s volgt geen waarschuwing. Daarom moet de kraanmachinist zelf de windsnelheidswaarde in het LICCON-computersysteem in de gaten houden. Wordt de bepaalde maximaal toegestane windsnelheid bereikt, moet de kraanmachinist het hijsen afbreken.

Voorbeeld 1

Windaangrijpingsvlak:  
 $1,2 \cdot 50 m^2 =$   
60 m<sup>2</sup>



Voorbeeld 2

Windaangrijpingsvlak:  
 $1,4 \cdot 200 m^2 =$   
280 m<sup>2</sup>





### 5. 3 Oefeningen

#### Oefening 12

U moet met een LTM 1150-6.1 (CODE 0050) een last van 47 t en een windaangrijpingsvlak van 235 m<sup>2</sup> op 21 m hoogte hijsen bij een vlucht van 6 m. De kraan is afgestempeld met een afstempelbasis van 9,30 m x 8,30 m. Het contragewicht is 46,8 t.

Bepaal de juiste telescoopconfiguratie via het uittreksel uit het hijstabelenboek (zie hieronder). Bepaal daarnaast de toegestane windsnelheid voor deze hijsopdracht op basis van de betreffende windkrachtgrafiek (volgens hfst. 5.1).

m	CODE > 0050 < T186.00301x(x)													
	13,7	18,5	18,5	18,5	23,3	23,3	23,3	23,3	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	32,9
3,0	96,4	81,8	61,6	57,5	71,6	61,2	58,4	41,2						
3,5	92,3	82,1	62,2	56,0	71,0	61,6	58,6	39,5	54,0	56,1	53,9	40,1		
4,0	85,6	82,5	62,7	54,6	70,0	62,0	58,3	37,8	53,5	55,6	53,4	38,3	37,2	
4,5	79,6	79,7	63,2	52,7	68,6	62,5	56,1	36,0	53,1	55,0	52,8	36,4	35,5	41,0
5,0	74,2	74,3	63,8	50,5	67,1	62,9	54,0	34,1	52,5	54,3	52,3	34,5	33,8	40,3
6,0	64,9	65,1	64,0	45,9	63,1	63,5	49,6	30,6	50,4	52,1	49,9	31,5	31,0	38,9
7,0	57,1	57,4	57,8	42,3	56,9	57,7	46,1	28,1	48,1	49,8	47,1	28,7	28,4	37,5
8,0	51,0	51,1	51,5	39,3	51,0	51,7	42,6	25,7	45,9	47,6	44,2	26,2	26,0	36,1
9,0	45,6	45,7	46,2	36,3	45,7	46,4	39,4	23,7	43,6	45,5	41,2	24,4	24,2	34,7
10,0	41,1	41,2	41,7	34,0	41,2	41,9	36,8	22,2	40,6	41,7	38,2	22,5	22,5	33,0
11,0	35,9	37,4	37,9	32,0	37,3	38,1	34,2	20,6	36,9	37,9	35,4	20,8	20,8	31,0
12,0		34,0	34,6	30,2	33,9	34,7	31,6	19,1	33,5	34,5	33,5	19,6	19,7	29,0
14,0		28,0	28,6	27,3	27,9	28,8	28,0	17,0	27,4	28,6	29,5	17,3	17,5	25,4
16,0		21,1	21,6	22,0	23,4	24,3	24,9	15,2	22,9	24,1	25,1	15,3	15,6	22,3
18,0					19,9	20,8	21,6	13,8	19,4	20,6	21,6	13,8	14,1	18,9
20,0					17,1	18,0	18,8	12,7	16,6	17,8	18,8	12,5	12,8	16,1
22,0									14,4	15,5	16,5	11,5	11,8	13,8
24,0									12,5	13,7	14,7	10,6	11,0	12,0
26,0														10,4
28,0														9,1
30,0														7,6
32,0														
34,0														
36,0														
38,0														
40,0														
42,0														
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
* n *	12!	10	8	7	9	8	7	5	7	7	7	5	5	5
1	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	46+	0+	0+	0+	0+	92+
2	0+	0+	0+	0+	46+	0+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	0+	46+
3	0+	46+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	46+	46+	46+	0+	0+	46+
4	0+	0+	46+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	46+	46+	92+	46+	0+
5	0+	0+	0+	46+	0+	0+	46+	92+	0+	0+	46+	46+	92+	0+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1



Beeld 24: Uittreksel uit het hijstabelenboek van de LTM 1150-6.1



## Windinvloeden bij kraanbedrijf

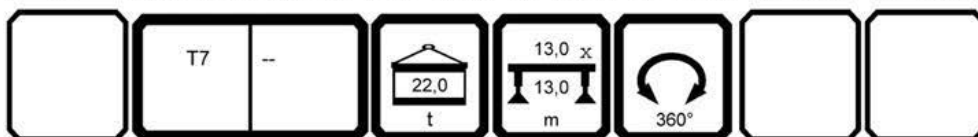
### Oefening 13

U moet met een LTM 11200-9.1 (CODE 0016) een last van 45 t en een windaangrijpingsvlak van 112 m<sup>2</sup> op 42 m hoogte hijsen bij een vlucht van 18 m. De kraan is afgestempeld met een afstempelbasis van 13 m x 13 m. Het contra-gewicht is 22 t.

Bepaal de juiste telescoopconfiguratie via het uittreksel uit het hijstabelenboek (zie hieronder). Bepaal daarnaast de toegestane windsnelheid voor deze hijsopdracht op basis van de betreffende windkrachtgrafiek (volgens hfst. 5.1).



m	CODE > 0016 < V178 0F00 .x(x)													
	18,3	24,1	24,1	30,0	30,0	30,0	35,8	35,8	41,6	41,6	41,6	47,5	47,5	47,5
3,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0						
3,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	190,0						
4,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	183,0	213,0	213,0	92,0			
4,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	176,0	213,0	213,0	88,0			
5,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	170,0	213,0	213,0	84,0	213,0	161,0	110,0
6,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	158,0	213,0	213,0	78,0	213,0	150,0	101,0
7,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	209,0	213,0	148,0	213,0	213,0	72,0	207,0	140,0	94,0
8,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	189,0	213,0	139,0	213,0	198,0	67,0	194,0	131,0	87,0
9,0	213,0	213,0	213,0	211,0	213,0	174,0	194,0	130,0	181,0	186,0	63,0	171,0	123,0	81,0
10,0	211,0	192,0	196,0	171,0	184,0	158,0	160,0	121,0	151,0	159,0	59,0	144,0	116,0	76,0
12,0	143,0	134,0	137,0	120,0	131,0	135,0	114,0	105,0	109,0	117,0	52,0	106,0	103,0	67,0
14,0	100,0	98,0	100,0	89,0	99,0	104,0	85,0	92,0	83,0	90,0	46,0	82,0	93,0	60,0
16,0	73,0	72,0	74,0	68,0	78,0	81,0	65,0	81,0	64,0	71,0	41,0	64,0	77,0	54,0
18,0		55,0	57,0	53,0	60,0	63,0	51,0	70,0	51,0	57,0	37,0	51,0	64,0	48,0
20,0		42,0	44,5	40,0	47,5	51,0	39,5	57,0	40,0	46,5	33,5	41,0	54,0	44,0
22,0		32,0	34,5	29,7	38,0	41,0	30,5	47,5	31,5	37,5	31,0	32,5	45,0	40,0
24,0				21,8	29,9	33,5	23,6	40,0	24,6	30,5	28,4	26,0	38,0	36,0
26,0				15,5	23,4	26,8	17,2	33,5	19,0	24,9	26,0	20,6	32,5	33,5
28,0					18,2	21,6	12,1	28,3	14,4	19,8	24,4	16,0	27,6	28,8
30,0							7,8	23,8	10,3	15,4	22,7	12,2	23,1	24,2
32,0								20,1	6,0	11,8	21,1	9,0	19,3	20,4
34,0								17,1		8,7	20,0	5,3	16,1	17,1
36,0										5,8	17,5		13,4	14,4
38,0										3,0	15,0		11,0	11,9
40,0											13,0		8,9	9,8
42,0													7,1	8,0
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
58,0														
* n *	14	14	14	14	14	14	14	13	14	14	6	14	11	7
1	0+	0+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	0+
2	0+	50+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	0+	0+
3	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	0+
4	0+	0+	0+	0+	50+	50+	0+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	100+
5	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	50+
6	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
7	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
TAB ***	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019



Beeld 25: Uittreksel uit het hijstabelenboek van de LTM 11200-9,1



### 6. Windinvloeden bij „Kraan buiten bedrijf“

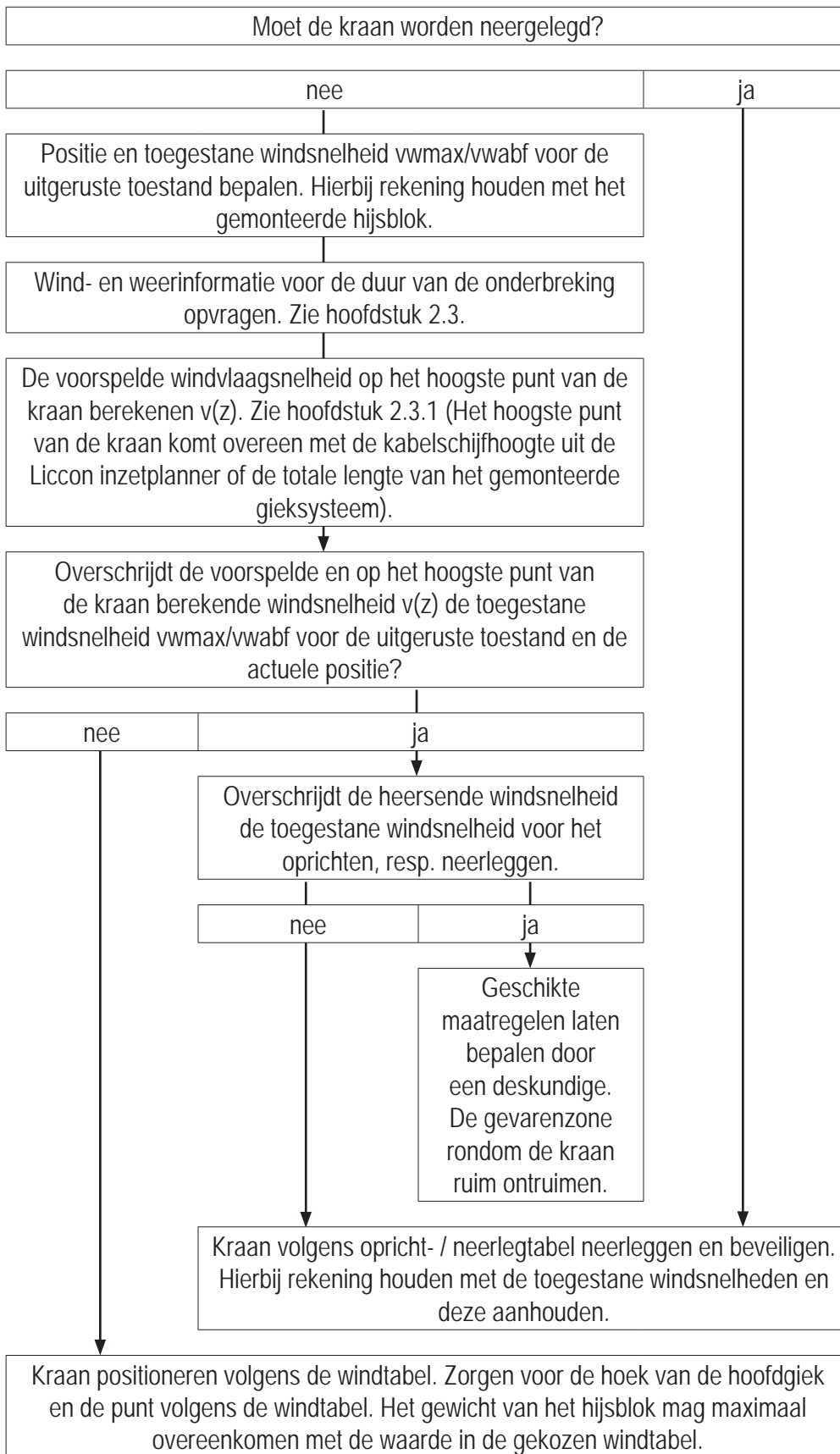
Naast de gevaren die door de wind tijdens kraanbedrijf optreden, is het gevaar voor een kraanongeluk door windinvloeden bij een kraan buiten bedrijf, resp. zonder last van belang. Mobiele kranen en rupskranen hebben ondanks hun uitgekiende constructie, ook zonder last, zeer grote windaagrijpingsvlakken. Zelfs bij vakwerkgieken zijn aangrijpingsvlakken van enkele honderden vierkante meters mogelijk. Zeer grote giek lengten en een compacte stempelbasis, zorgen dat een groot potentieel gevaar bestaat bij overschrijding van de toegestane windsnelheden.

Dit betekent concreet dat de complete kraan omvalt. Het is echter ook mogelijk dat bij wind van voren de beweegbare vakwerkjib en hoofdgiek naar achteren klappen. Verder kan bij zijwind de zwenkwerkrem worden overbelast, waardoor de kraan onbedoeld kan zwenken.

Zoals in de gebruikshandleiding van Liebherr-Werk Ehingen GmbH is beschreven, moet de kraangiek altijd worden neergelegd als de kraan bij een onderbreking van de kraanwerkzaamheden onbewaakt is. Is dit door een beperkte ruimte op de bouwplaats niet mogelijk, moet de kraan in de door de fabrikant voorgeschreven positie worden gebracht. Deze positie is echter alleen tot de opgegeven windsnelheid veilig. Om de positie en de bijbehorende maximale windsnelheid te kunnen bepalen, zijn alle Liebherr vakwerkkranen en alle Liebherr telescoopkranen, die met een beweegbare vakwerkjib kunnen worden uitgerust, voorzien van windtabellen. Deze informatie kan uit deze windtabellen worden afgeleid. Zijn voor een uitrustingsstoestand geen windsnelheidstabellen beschikbaar, moet de waarde voor de maximaal toegestane windsnelheid uit de hijstabel worden gebruikt.



6. 1 Procedure bij een onderbreking van de kraanwerkzaamheden





## 6. 2 Gebruik van de windtabellen

### 6. 2. 1 Voorbeeld telescoopkranen:

LTM 1750-9.1 – TYVEN

Stempelbasis: 12 m x 12 m

Contragewicht: 184 t

Telescoopgiek: T-49.1 (92/92/92)

Beweegbare vakwerkjib: N-59.5

Hijsblokgewicht: 1.5 t

Bedrijfsmodus, contragewicht en stempelbasis in de tabelbeschrijving opvolgen!

Het hijsblokgewicht in de tabel mag niet worden overschreden.



### **TYVEN - 64.0t t/m 204.0t contragewicht - stempelbasis: 12.0m \* 12.0m**

#### **Aanwijzing**

- ▶ TYVEN - afgespannen telescoopgiek met TY-afspanning, vakwerkverlenging en beweegbare vakwerkjib
- ▶ 5m vakwerkverlenging
- ▶ Y-bokstand 45°
- ▶ 64.0t t/m 204.0t contragewicht
- ▶ Afspanpunt van de afspanning van de telescoopgiek bij de excenter
- ▶ De hoek van de Y-bokken moet men conform de hijstabel instellen
- ▶ De aangegeven windsnelheden gelden voor de afgespannen toestand, voor zover de giek mag worden afgespannen
- ▶ Uitschuiftoestanden, waarvoor geen hijslasten in de afgespannen toestand beschikbaar zijn, mogen niet worden afgespannen
- ▶ Bij de kortste telescoopgiek T-16.3 en NA-bok 3 trekstangen bedraagt de maximale hoek van de beweegbare vakwerkjib 58°
- ▶ Beweegbare vakwerkjibs vanaf een lengte van 80.5m kunnen niet worden getelescopeerd en moeten worden neergelegd
- ▶ Stempelbasis 12.0m \* 12.0m



Maximaal toegestane windvlaagsnelheid bij het opbouwen van de kraan  
 Maximaal toegestane windvlaagsnelheid op het hoogste punt voor het zwenken van de kraan  
 Maximaal toegestane windvlaagsnelheid op het hoogste punt van de kraan  
 Contragewicht  
 Maximaal toegestaan hijsblokgewicht  
 Radius van de katrollkop  
 Hoek vakwerkjib  
 Hoek hoofdgiek  
 Vakwerkjib  
 Adapter  
 Telescoopgiek

Toegestane windsnelheden											WAB-TAB198-007-001-00										
H A	A	H I	W H A	W H I	R A D	H K F L	O W B	V W M A X	V W A B F	V W R S T	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[m]	[t]	[t]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9											
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9											
T-21.8 (0/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9											
T-21.8 (0/0/46)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9											
T-27.2 (46/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	50	43.7	2.0	var.	16.1	12.9	8.9											
T-32.7 (92/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	43.5	2.0	var.	15.8	12.6	8.9											
T-38.2 (92/92/0)	A-9.0	N-59.5	84	49	45.6	2.0	var.	15.2	12.4	8.9											
T-43.7 (92/92/46)	A-9.0	N-59.5	84	50	45.4	2.0	var.	14.9	12.2	8.9											
T-49.1 (92/92/92)	A-9.0	N-59.5	84	48	47.6	2.0	var.	14.3	11.9	8.9											

Door het intescoren van de telescoopgiek van T-49.1 (92/92/92) naar T-16.3 (0/0/0) neemt de toegestane windsnelheid van 14,3 m/s toe naar 16,8 m/s.



Welke windvlaagsnelheid is op 10 m hoogte toegestaan voor T-49.1 (92/92/92)?

Bepaling van de kabelschijfhoogte via de inzetplanner:

END R2 TL

T198.007.01103 EN 13000 [m] [t]

TYVEN: TY-45°VE N-59.5m

184 t

12.00 x 12.00m

360°

OK

END >><

LTM 1750-9.1 096035/0005 CODE >007.01103<

Hohe [m]

Ausladung [m]

13-10	6.0	34.3
m	84.0°	42.8
t	m	2°
%	49.1	
54.0°	m	108.9
0.0°		
45.0°		





Schijfhoogte: 108,9 m

Bepaling van de hoogte via de totale systeemplengte:  $49.1 + 9 + 59.5 = 117,6$  m

De voorspelde windvlaagsnelheid is 11 m/s op een hoogte van 10 m.

Door berekening op basis van tabel 2.3.1 wordt een windvlaagsnelheid van 14,2 m/s op 120 m hoogte bepaald, d.w.z. de kraan kan zo worden geparkeerd.

Door het intelescoperen van de giek stijgt de toegestane windvlaagsnelheid tot 16,8 m/s, hetgeen een duidelijke toename van de veiligheid betekent en moet dit bij langere onderbrekingen altijd worden uitgevoerd.

### 6. 2. 2 Voorbeeld vakwerkkranen:

LR 11000 - SDWB

Hoofdgiek: S-54 m

Beweegbare vakwerkjib: W-114 m

Derrickgiek: D-36 m

OW-ballast: 210 t

Centrale ballast: 50 t

Hijsblokgewicht: 14 t

Zijn geen tabellen met derrickballast beschikbaar, maar is opgebouwd voor een bedrijfsmodus met derrick, moeten tabellen zonder derrickballast worden gebruikt. De derrickballast moet op de grond worden gezet.

Voorbeeld:

Opgebouwd te gebruiken tabel

SDB - SD

SDWB - SDW

SDWB2- SDW - de ballastgeleiding moet worden afgebouwd



## SDWB- systeem

### Aanwijzing

- ▶ Hijsblokgewicht 18t
- ▶ Derrickballast 0t
- ▶ Bovenwagenballast 210t
- ▶ Centrale ballast 50t
- ▶ Derrickradius 12m
- ▶ Aantal zwenkwerken: 3

Maximaal toegestane windvlaagsnelheid bij het opbouwen van de kraan  
 Maximaal toegestane windvlaagsnelheid op het hoogste punt voor het zwenken van de kraan  
 Maximaal toegestane windvlaagsnelheid op het hoogste punt van de kraan  
 Derrickradius  
 Centrale ballast  
 Contragewicht  
 Maximaal toegestaan hijsblokgewicht  
 Radius van de katrolkop  
 Hoek vakwerkjib  
 Hoek hoofdgiek  
 Vakwerkjib  
 Derrick  
 Hoofdgiek

wab\_235\_008\_00001\_00\_000

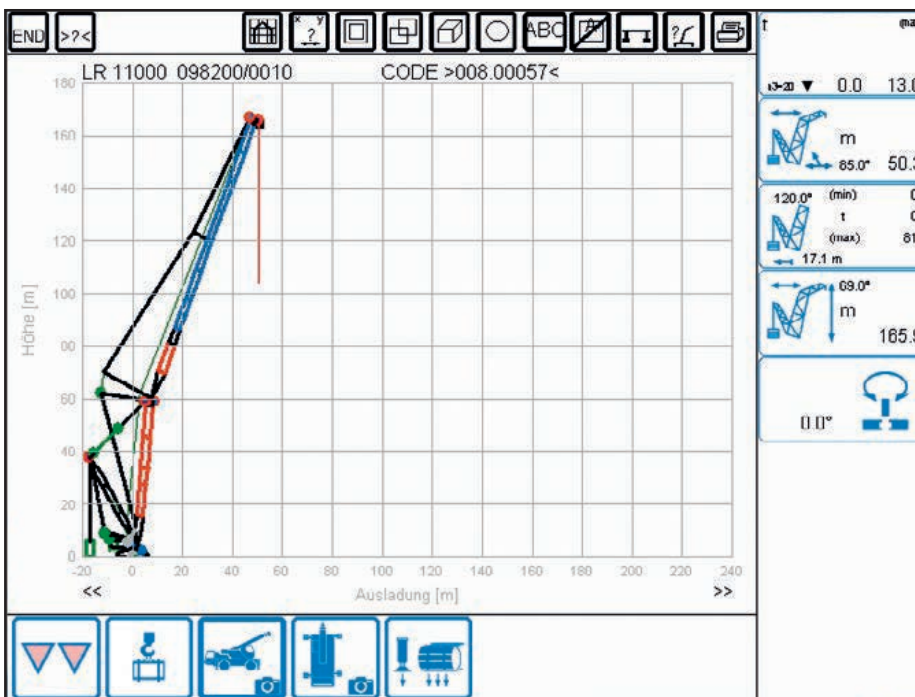
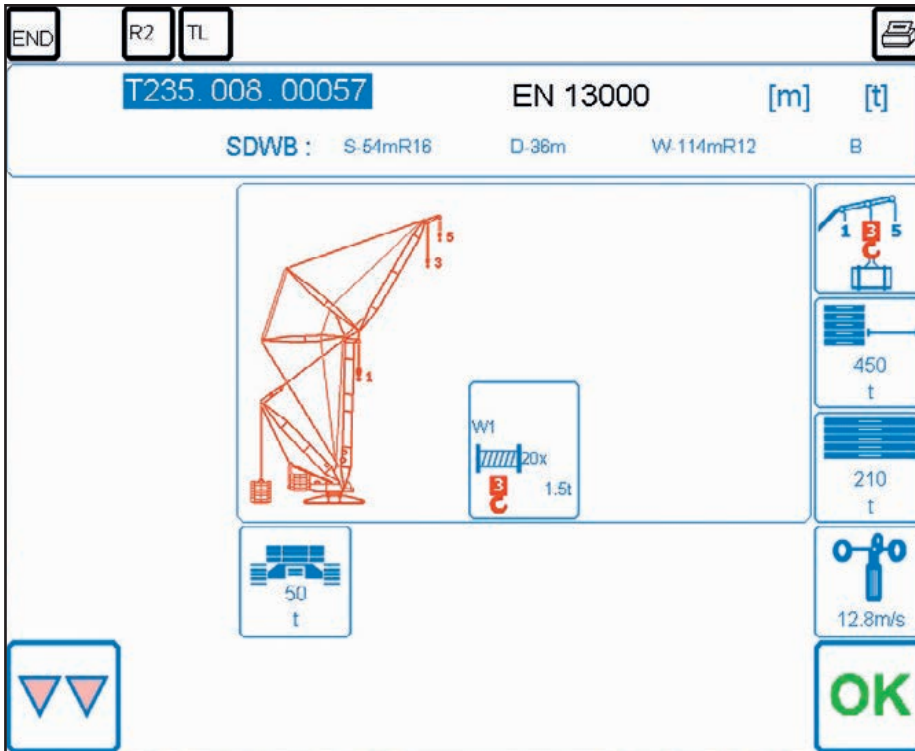
Toegestane windsnelheden												
H A	D	H I	W A	W I	R A D	H K F L	O W B	Z B L	D R A D	V W A B	V W A B F	V W R S T
[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[m]	[t]	[t]	[t]	[m]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
S-48	D-36	W-108	85	67	51.1	18.0	210	50	12	17.6	14.3	8.9
S-48	D-36	W-114	85	68	51.6	18.0	210	50	12	17.1	13.5	8.9
S-54	D-36	W-18	75	0	35.2	18.0	210	50	12	23.4	23.4	8.9
S-54	D-36	W-24	75	0	41.2	18.0	210	50	12	24.9	24.9	8.9
S-54	D-36	W-30	75	30	44.1	18.0	210	50	12	24.0	24.0	8.9
S-54	D-36	W-36	75	45	43.9	18.0	210	50	12	23.6	23.6	8.9
S-54	D-36	W-42	75	55	42.8	18.0	210	50	12	23.2	23.1	8.9
S-54	D-36	W-48	75	60	42.8	18.0	210	50	12	22.6	21.8	8.9
S-54	D-36	W-54	75	65	41.7	18.0	210	50	12	22.1	20.4	8.9
S-54	D-36	W-60	80	52	50.9	18.0	210	50	12	21.2	21.0	8.9
S-54	D-36	W-66	80	58	49.0	18.0	210	50	12	20.7	19.7	8.9
S-54	D-36	W-72	80	62	47.9	18.0	210	50	12	20.2	18.5	8.9
S-54	D-36	W-78	80	66	45.9	18.0	210	50	12	19.7	17.3	8.9
S-54	D-36	W-84	80	68	45.7	18.0	210	50	12	19.2	16.4	8.9
S-54	D-36	W-90	85	61	53.0	18.0	210	50	12	18.5	16.8	8.9
S-54	D-36	W-96	85	63	52.9	18.0	210	50	12	18.0	15.8	8.9
S-54	D-36	W-102	85	66	50.9	18.0	210	50	12	17.5	15.0	8.9
S-54	D-36	W-108	85	68	49.9	18.0	210	50	12	17.2	14.2	8.9
S-54	D-36	W-114	85	69	50.3	18.0	210	50	12	16.7	13.4	8.9



## Windinvloeden bij kraanbedrijf

Welke windvlaagsnelheid is op 10 m hoogte toegestaan?

Bepaling van de kabelschiifhoogte via de inzetplanner



Schiifhoogte: 165,9 m

Bepaling van de hoogte via de totale systeemplengte:  $54 \text{ m} + 114 \text{ m} = 168 \text{ m}$

De voorspelde windvlaagsnelheid is 11 m/s op een hoogte van 10 m

Door berekening op basis van tabel 2.3.1 wordt een windvlaagsnelheid van 14,9 m/s op 170 m hoogte bepaald, d.w.z. de kraan kan zo worden opgesteld. Toegestaan is 16,7 m/s.



### 7. Slotopmerking

De snelle groei op het gebied van windenergie heeft veel innovatie teweeggebracht bij de kraanfabrikanten. Nooit eerder werden zoveel grote machines in bedrijf genomen om te kunnen voldoen aan de toenemende eisen aan nieuwe windenergie-installaties en de daarmee verbonden technologieën.

Bij het bouwen van een moderne windenergie-installatie moet er steeds op worden gelet dat de grootte van de kraan bepaald wordt op basis van het gewicht van het machinehuis en het windaangrijpingsvlak van de rotor, in relatie tot de naafhoogte. Bij reparatiewerkzaamheden en onderhoudswerkzaamheden moet hier eveneens rekening mee worden gehouden.

De invloed van de wind op kraan en last tijdens de montage van windenergie-installaties vraagt meer aandacht van de kraanmachinist, omdat hier kranen worden ingezet op locaties waar rekening moet worden gehouden met hardere wind.

"Een dubbele windsnelheid betekent een 4-voudige windbelasting op de giek en last", zo luidt de regel.

Om het ongevalrisico hierbij beter te kunnen inschatten en daardoor ongevallen bij het werken met de kraan te kunnen vermijden, hebben we u in dit document uitgebreid geïnformeerd m.b.t. het onderwerp "Invloed van de wind tijdens kraanbedrijf". Daarnaast staan de lezer voor vragen competente medewerkers van **LIEBHERR-Werk Ehingen GmbH** ter beschikking.



## 8. Bijlage

### 8. 1 Liebherr-kranen bij de windenergie

#### 8. 1. 1 Actuele mobiele kranen (2016)



Technische gegevens LTM 1350-6.1	
Maximale hijslast	350 t bij 3 m
Telescoopgiëk	70 m
Max. hijshoogte	134 m
Vermogen rijmotor	Liebherr 8 cilinder turbodiesel 450 kW
Vermogen kraanmotor	Liebherr 4 cilinder turbodiesel 180 kW
Aandrijving, stuurinrichting	12 x 8 x 12
Rijsnelheid	80 km/h
Gewicht	72 t (6 x 12 t aslast)
Windenergie-installaties - vermogen	< 1 MW*

LTM 1350-6.1



Technische gegevens LTM 1400-7.1	
Maximale hijslast	400 t bij 3 m
Telescoopgiëk	60 m
Max. hijshoogte	130 m
Vermogen rijmotor	Liebherr 8 cilinder turbodiesel 450 kW
Vermogen kraanmotor	Liebherr 6 cilinder turbodiesel 240 kW
Aandrijving, stuurinrichting	14 x 8 x 14
Rijsnelheid	80 km/h
Gewicht	84 t (7 x 12 t aslast)
Windenergie-installaties - vermogen	< 1,5 MW*

LTM 1400-7.1



Technische gegevens LTM 1450-8.1	
Maximale hijslast	450 t bij 3 m
Telescoopgiëk	85 m
Max. hijshoogte	131 m
Vermogen rijmotor	Liebherr 8 cilinder turbodiesel 505 kW
Vermogen kraanmotor	Één-motor-concept
Aandrijving, stuurinrichting	16 x 8 x 16
Rijsnelheid	85 km/h
Gewicht	96 t (8 x 12 t aslast)
Windenergie-installaties - vermogen	< 1,5 MW*

LTM 1450-8.1

\* De opgegeven vermogens van windenergie-installatie zijn slechts voorbeelden. Door een gedetailleerde inzetplanning op basis van de windbelasting moet de juiste kraangrootte worden bepaald.



LTM 1500-8.1



Technische gegevens LTM 1500-8.1	
Maximale hijslast	500 t bij 3 m
Telescoopgiek	50/84 m
Max. hijshoogte	142 m
Vermogen rijmotor	Liebherr 8 cilinder turbodiesel 500 kW
Vermogen kraanmotor	Liebherr 6 cilinder turbodiesel 240 kW
Aandrijving, stuurinrichting	16 x 8 x 12
Rijsnelheid	80 km/h
Gewicht	96 t (8 x 12 t aslast)
Windenergie-installaties - vermogen	< 2 MW*

LTM 1750-9.1



Technische gegevens LTM 1750-9.1	
Maximale hijslast	750 t bij 3 m
Telescoopgiek	52 m
Max. hijshoogte	154 m
Vermogen rijmotor	Liebherr 8 cilinder turbodiesel 505 kW
Vermogen kraanmotor	Liebherr 6 cilinder turbodiesel 300 kW
Aandrijving, stuurinrichting	18 x 8 x 18
Rijsnelheid	80 km/h
Gewicht	108 t (9 x 12 t aslast)
Windenergie-installaties - vermogen	2 MW*

LTM 11200-9.1



Technische gegevens LTM 11200-9.1	
Maximale hijslast	1.200 t bij 2,5 m
Telescoopgiek	100 m
Max. hijshoogte	188 m
Vermogen rijmotor	Liebherr 8 cilinder turbodiesel 500 kW
Vermogen kraanmotor	Liebherr 6 cilinder turbodiesel 270 kW
Aandrijving, stuurinrichting	18 x 8 x 18
Rijsnelheid	75 km/h
Gewicht	108 t (9 x 12 t aslast)
Windenergie-installaties - vermogen	2 - 3 MW*

\* De opgegeven vermogens van windenergie-installatie zijn slechts voorbeelden. Door een gedetailleerde inzetplanning op basis van de windbelasting moet de juiste kraangrootte worden bepaald.



## 8. 1. 2 Actuele telescooprupskranen (2016)

Technische gegevens LTR 11200	
Maximale hijslast	1.200 t bij 3 m
Bodemdruk	~ 14 t/m <sup>2</sup>
Max. hijshoogte	189 m
Vermogen rijmotor / kraanmotor	Liebherr 6 cilinder turbodiesel 270 kW
Max. klimvermogen	17,6 %
Totaalgewicht	~ 380 t
Rijsnelheid	max. 1,8 km/h
Totale ballast	202 t
Windenergie-installaties - vermogen	2 - 3 MW*



LTR 11200

## 8. 1. 3 Actuele rupskranen (2016)

Technische gegevens LR 1350	
Maximale hijslast	350 t bij 6 m
Max. vlucht	110 m
Max. hijshoogte	152 m
Vermogen rijmotor / kraanmotor	Liebherr 6 cilinder turbodiesel 270 kW
Spoorbreedte	8,4 m
Ballast bovenwagen	max. 125 t
Centrale ballast	max. 38 t
Derrickballast	max. 210 t x R 15 m
Windenergie-installaties - vermogen	< 1,5 MW*



LR 1350

Technische gegevens LR 1400/2	
Maximale hijslast	400 t bij 4,5 m
Max. vlucht	120 m
Max. hijshoogte	164 m
Vermogen rijmotor / kraanmotor	Liebherr 6 cilinder turbodiesel 270 kW
Spoorbreedte	8,7 m
Ballast bovenwagen	max. 155 t
Centrale ballast	max. 43 t
Derrickballast	max. 260 t x R 15 m
Windenergie-installaties - vermogen	< 2 MW*



LR 1400

\* De opgegeven vermogens van windenergie-installatie zijn slechts voorbeelden. Door een gedetailleerde inzetplanning op basis van de windbelasting moet de juiste kraangrootte worden bepaald.

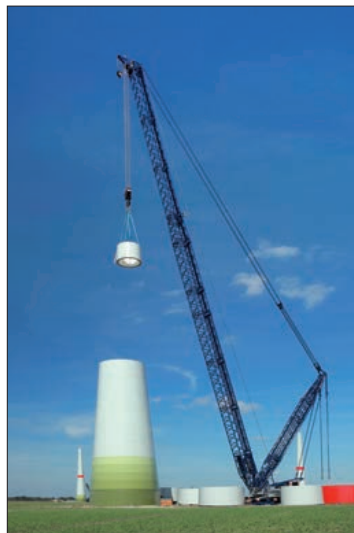


LR 1500



Technische gegevens LR 1500	
Maximale hijslast	500 t bij 11 m
Max. vlucht	144 m
Max. hijshoogte	165 m
Vermogen rijmotor / kraanmotor	Liebherr 6 cilinder turbodiesel 350 kW
Spoorbreedte	9,1 m
Ballast bovenwagen	max. 170 t
Centrale ballast	max. 40 t
Derrickballast	max. 280 t x R 16 m
Windenergie-installaties - vermogen	2 MW*

LR 1600/2



Technische gegevens LR 1600/2	
Maximale hijslast	600 t bij 11 m
Max. vlucht	152 m
Max. hijshoogte	187 m
Vermogen rijmotor / kraanmotor	Liebherr 6 cilinder turbodiesel 400 kW
Spoorbreedte	9,9 m
Ballast bovenwagen	max. 190 t
Centrale ballast	max. 65 t
Derrickballast	max. 350 t x R 18 m
Windenergie-installaties - vermogen	2 - 3 MW*

LR 1600/2-W



Technische gegevens LR 1600/2-W	
Maximale hijslast	600 t bij 11 m
Max. vlucht	144 m
Max. hijshoogte	166 m
Vermogen rijmotor / kraanmotor	Liebherr 6 cilinder turbodiesel 400 kW
Spoorbreedte	5,8 m
Ballast bovenwagen	max. 190 t
Derrickballast	max. 350 t x R 18 m
Windenergie-installaties - vermogen	2 - 3 MW*

\* De opgegeven vermogens van windenergie-installatie zijn slechts voorbeelden. Door een gedetailleerde inzetplanning op basis van de windbelasting moet de juiste kraangrootte worden bepaald.





Technische gegevens LR 1750/2	
Maximale hijslast	750 t bij 7 m
Max. vlucht	156 m
Max. hijshoogte	191 m
Vermogen rijmotor / kraanmotor	Liebherr 8 cilinder turbodiesel 455 kW
Spoorbreedte	10,3 m
Ballast bovenwagen	max. 245 t
Centrale ballast	max. 95 t
Derrickballast	max. 400 t x R 20 m
Windenergie-installaties - vermogen	3 MW*



LR 1750/2

Technische gegevens LR 11000	
Maximale hijslast	1000 t bij 11 m
Max. vlucht	180 m
Max. hijshoogte	224 m
Vermogen rijmotor / kraanmotor	Liebherr 8 cilinder turbodiesel 500 kW
Spoorbreedte	11,2 m
Ballast bovenwagen	max. 250 t
Centrale ballast	max. 90 t
Derrickballast	max. 450 t x R 20 m
Windenergie-installaties - vermogen	< ? MW*



LR 11000

Technische gegevens LR 11350	
Maximale hijslast	1.350 t bij 12 m
Max. vlucht	128 m
Max. hijshoogte	196 m
Vermogen rijmotor / kraanmotor	Liebherr 6 cilinder turbodiesel 641 kW
Spoorbreedte	11 m
Ballast bovenwagen	max. 340 t
Centrale ballast	max. 30 t
Derrickballast	max. 600 t x R 25 m
Windenergie-installaties - vermogen	5 - 6 MW*



LR 11350

\* De opgegeven vermogens van windenergie-installatie zijn slechts voorbeelden. Door een gedetailleerde inzetplanning op basis van de windbelasting moet de juiste kraangrootte worden bepaald.



LG 1750

8. 1. 4 Actuele vakwerkkranen (2016)



Technische gegevens LG 1750	
Maximale hijslast	750 t bij 7 m
Max. vlucht	136 m
Max. hijshoogte	193 m
Vermogen rijmotor	Liebherr 8 cilinder turbodiesel 505 kW
Vermogen kraanmotor	Liebherr 8 cilinder turbodiesel 455 kW
Aandrijving, stuurinrichting	16 x 8 x 16
Rijsnelheid	80 km/h
Totale ballast	650 t
Windenergie-installaties - vermogen	3 - 5 MW*

\* De opgegeven vermogens van windenergie-installatie zijn slechts voorbeelden. Door een gedetailleerde inzetplanning op basis van de windbelasting moet de juiste kraangrootte worden bepaald.



### 8. 2 Oplossingen van de oefeningen

#### Oplossing voor oefening 1:

- |  |   |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Windlast       | <input type="checkbox"/> Windenergie                    |
| <input type="checkbox"/> Verdamping                | <input checked="" type="checkbox"/> Wind van achteren   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Wind van voren | <input checked="" type="checkbox"/> Wind van de zijkant |

#### Oplossing voor oefening 2:

Wind van achteren: De LMB-afschakeling gebeurt al bij een last die kleiner is dan de in de hijstabel opgegeven max. toegestane hijslast.

Wind van voren: Afschakeling gebeurt pas bij een last die groter is dan de max. toegestane hijslast.

Wind van de zijkant: Er volgt geen LMB-afschakeling.

#### Oplossing voor oefening 3:

- helemaal niet
- de last kan gaan pendelen
- de last draait aan de kabel
- radius van de last kan zich vergroten

#### Oplossing voor oefening 4:

- Op afbeelding 12 zijn bossen en ongelijk terrein te zien, hetgeen overeenkomt met een ruwheidsklasse van 3.
- Op afbeelding 13 is een landschap met enkele huizen en bomen met vrij terrein te zien, hetgeen overeenkomt met ruwheidsklasse 2.

#### Oplossing voor oefening 5:

- zwakke wind op basis van een luchtdrukverschil
- heftige windstoot van korte duur
- heftige windstoot die gedurende 3 seconden hoger is dan de gemiddelde windsnelheid

#### Oplossing voor oefening 6:

Bepaalde windvlaagsnelheid volgens afbeelding 11: **4 m/s**  
Factor voor 140 m bij aanwezige windvlaagsnelheid: **1,319**

$$4 \text{ m/s} \times 1,319 = \underline{\underline{5,276 \text{ m/s}}}$$



Oplissing voor oefening 7:

$$2,6 \text{ m}^2 \times 1,2 = \underline{3,12 \text{ m}^2}$$

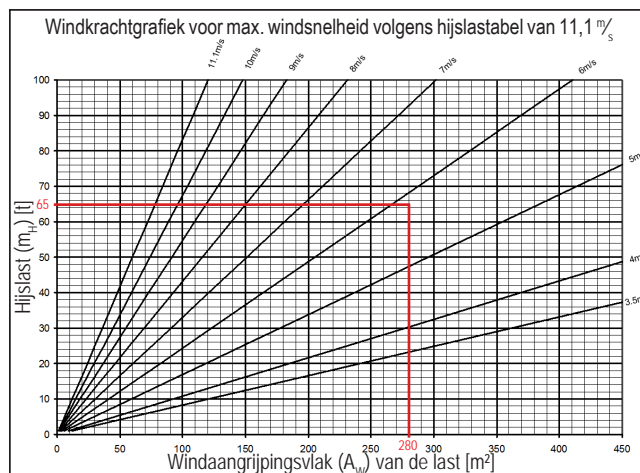
Oplissing voor oefening 8:

Komt de **actuele windsnelheid** boven de **toegestane windsnelheid** uit de hijstabel, moet het kraanbedrijf worden **afgebroken** en de giek worden **neergelegd** als de **toegestane windsnelheid** volgens de windtabel van de kraan **wordt overschreden**.

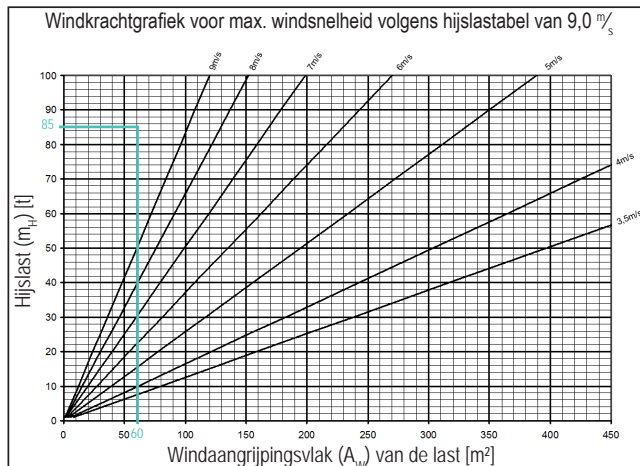
Oplissing voor oefening 9:

$$11,1 \text{ m/s}$$

Oplissing voor oefening 10:



Oplissing voor oefening 11:



Oplissing voor oefening 12:

Voor de juiste telescoopconfiguratie moeten telescoop 4 en 5 op 46% worden vastgezet met pennen. Volgens windkrachtgrafiek 12,8 m/s is de toegestane windsnelheid 6,2 m/s.

Oplissing voor oefening 13:

Voor de juiste telescoopconfiguratie moet telescoop 4 op 100 % en de telescopen 5 - 7 op 50% worden vastgezet met pennen. Volgens windkrachtgrafiek 11,1 m/s is de toegestane windsnelheid 7,7 m/s.







Source: @Westermeerwind

# Partner voor windenergie-industrie

Liebherr is een sterke partner voor de windenergie-industrie. Liebherr grondverzetmachines, offshore-kranen en mobiele kranen en rupskranen, worden voor het bouwen van windparken en het bouwen van windkrachtinstallaties toegepast. Individuele

Liebherr-componenten, zoals aandrijvingen en motoren, worden direct in de installaties toegepast en Liebherr-gereedschapsmachines bij de productie van producten voor de windenergie-industrie altijd een belangrijke rol.



## Grondverzetmachines en mixtechniek

Bij de bouw van windparken hebben de grondverzetmachines van Liebherr zich bewezen. Voor de funderingen van windkrachtinstallaties worden mobiele betonmixinstallaties en betonmixers van Liebherr toegepast, bij de bouw van torens van gewapend beton speciale stationaire installaties.

## Offshore-kranen

Ook bij het opbouwen van windkrachtinstallaties op zee biedt Liebherr overtuigende oplossingen. Aan alle eisen kan hierbij worden voldaan: dieselaangedreven of elektrische aandrijfeenheden, explosieveilige kranen of kranen voor beschermde zones, evenals kranen voor toepassing bij omgevingstemperaturen tussen +40 °C en -50 °C.

## Componenten

Liebherr is de enige fabrikant wereldwijd, die niet alleen individuele componenten, maar ook met grote rollagers, zwenkaandrijvingen, elektromotoren en hydraulische cilinders het totale systeem voor de elektrotechnische en hydraulische rotorblad- en ook de windrichtingsverstelling voor windkrachtinstallaties kan leveren.

## Gereedschapsmachines en automatiseringstechniek

Vertandingsmachines van Liebherr zorgen er in hoge mate voor dat vertande onderdelen in windkrachtinstallaties, bijv. in hoofdaandrijvingen, voldoen aan de hoge kwaliteitseisen. Automatiseringstechniek van Liebherr zorgt voor een hoge productiviteit bij de productie van rotorbladen.

[www.liebherr.com](http://www.liebherr.com)