



Naar een nieuw reken- en meetvoorschrift voor windturbines

VVM middagbijeenkomst windenergie en geluidhinder
28 april 2009

Edwin Nieuwenhuizen

Met dank aan M. v.d. Berg (VROM)

Overzicht

- Geschiedenis meten- en rekenen in NL
- Algemene info geluid t.g.v. windturbines
- Emissiemeetmethode
- Rekenmethode

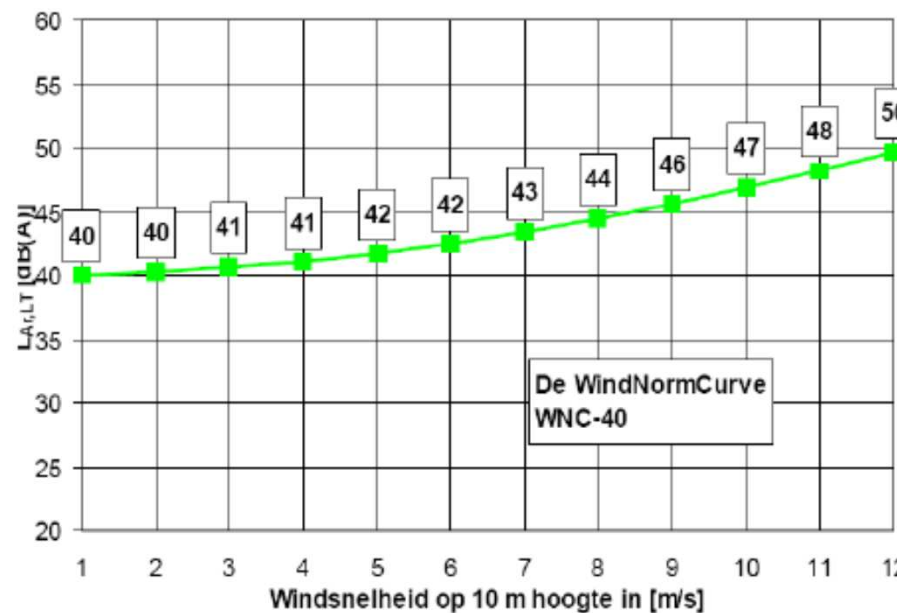
Voorgeschiedenis

1999: HMRI-1999

- Immissiemeetvoorschrift windturbines
- Verwijzing naar IEC 1400-11

2001: AmvB 487

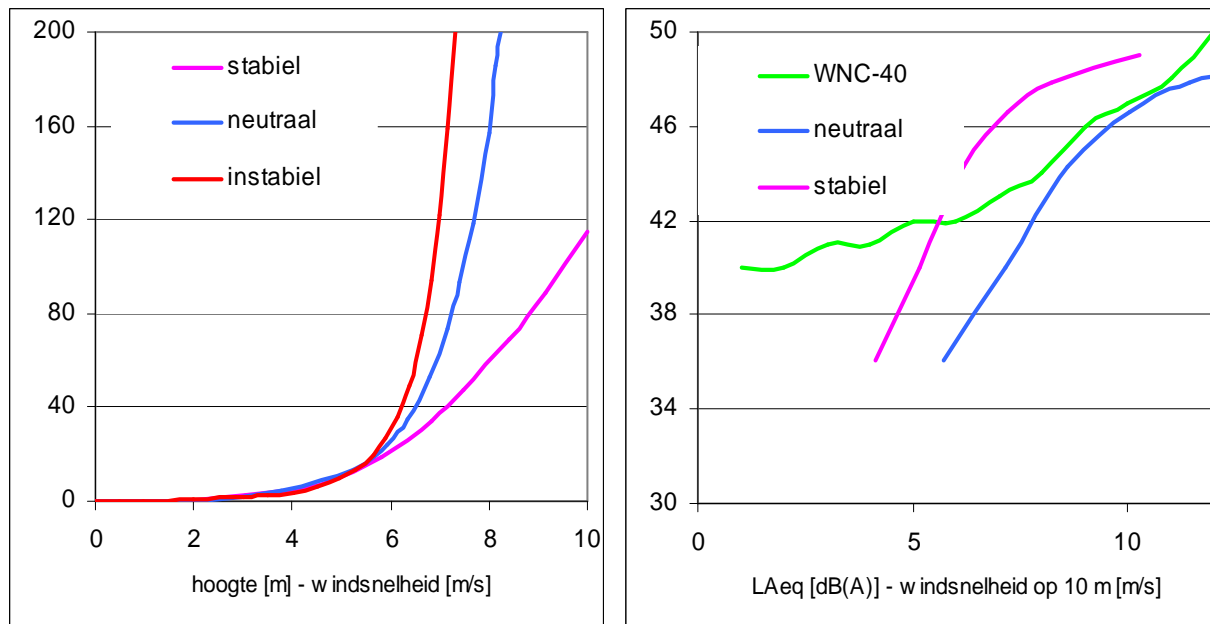
- Windnormcurve ingevoerd
- Verwijzing naar IEC 61400-11



Voorgeschiedenis

2002-2006: Onderzoek RUG (De Lethe)

- “v.d. Berg-effect”



- ‘s nachts minder wind aan de grond, maar meer wind op 100m hoogte

Voorgeschiedenis

2007: Activiteitenbesluit

- Geen aanpassing voorschrift geluid

2008: Stavenisse

- Kamervragen Jansen n.a.v. protesten tegen aanleg windpark

2010?

- Separaat voorschrift voor emissiemetingen en overdrachtsberekeningen

Wat gaat er veranderen en wat blijft gehandhaafd?

Nieuwe elementen:

- Bepaling van de jaargemiddelde geluidsbelasting *Lden*
- Convolutie van de windsnelheidsafhankelijke bronsterkte met de lokale meteostatistiek op ashoogte (KNMI)

Zo veel mogelijk aansluiten bij huidige systematiek

Toepassingsgebied nog afbakenen:

- HAWT en VAWT?
- alleen grote windturbines?

Mechanisch geluid

Veroorzaakt door bewegende delen in gondel:

- generator, tandwielkast, koelsysteem, lagers, hulpsystemen, yaw mechanisme

Mechanisch geluid bij moderne turbines van ondergeschikt belang:

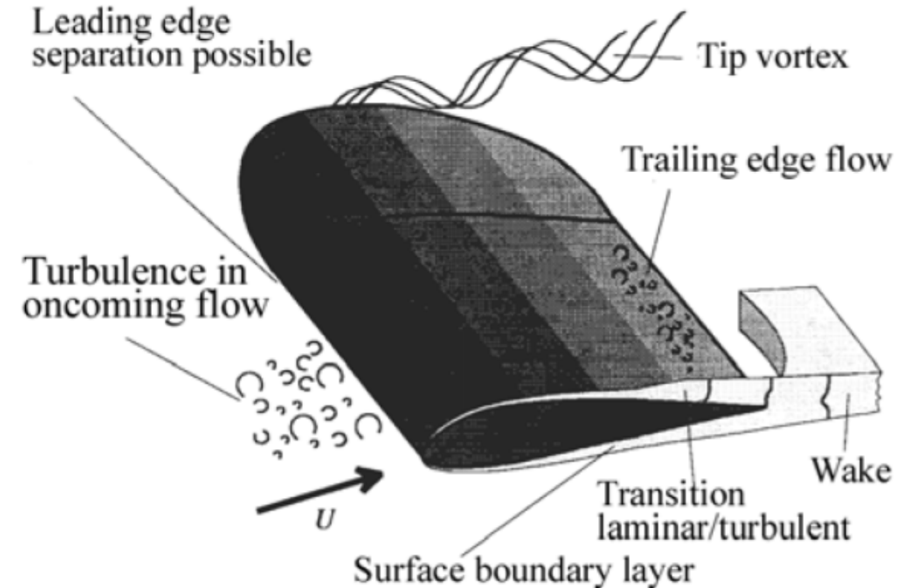
- Geluidsarme tandwielkasten
- Trillingsisolatie
- Geluidsarme koelfan
- Geluidsgedempte louvres
- Isolerende gondelwand



Aerodynamisch geluid (1)

Diverse complexe ontstaansmechanismen:

- Turbulentie bij de achterrاند
- Turbulentie door loslating (overtrekken, stall)
- Turbulentie rond de tip (tip vortex)
- Turbulentie door oneffenheden in het rotorblad
- Interactie met de mast
- Inflow turbulentie!!!



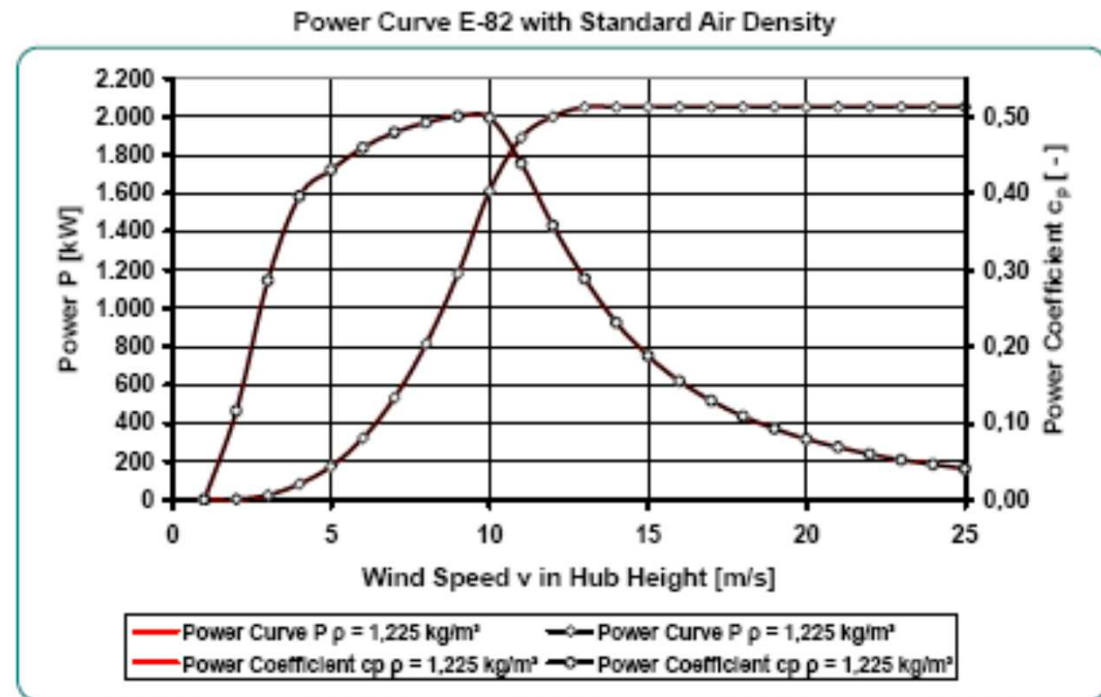
Aerodynamisch geluid (2)

Kenmerken:

- Geluidsemisatie evenredig met $50 \log v$
- Breedbandig
- Mogelijk dipool- of quadpooleffecten

Power Curve

- Geeft verband tussen windsnelheid op ashoogte en opgewekt elektrisch vermogen
- Definieert:
 - V_{ci}
 - V_{rated}
 - V_{co}
- Kan worden gebruikt bij bepaling van windsnelheid op ashoogte



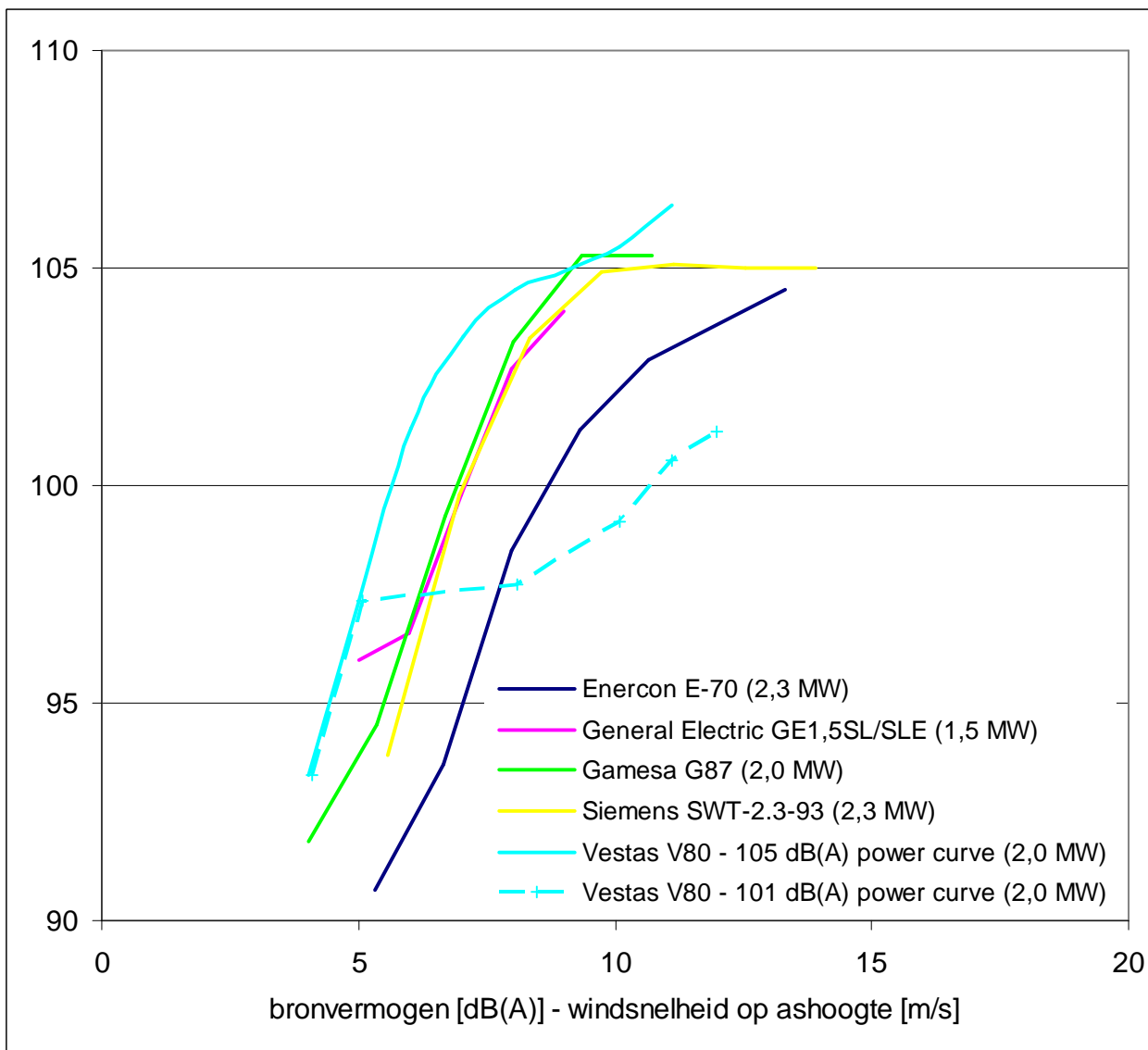
Moderne windturbines

Geluidsrelevante kenmerken

- Horizontale as (HAWT)
- Bovenwindse rotor
- Driebladige rotor
- Variabel toerental
- Pitch control
- Toenemende mast hoogte en rotor diameter



Geluidsvermogen als functie van windsnelheid



Emissiemeetmethode IEC 61400-11

Geluid meten volgens IEC-61400-11 behelst het volgende:

- meetpositie benedenwinds, afstand $R=H+D/2$ (HAWT)
- Backing board-techniek ter onderdrukking van stoorgeluid en ter neutralisatie van bodemeffecten
- De geluidsniveaus worden vastgesteld bij integer windsnelheden **6,7,8,9 en 10 m/s**, genormeerd op $h=10$ m en bodemruwheid (z_0)=0,05 m, uitgaande van neutrale atmosfeer
- Min. 30 metingen van 1 minuut; min. 3 metingen per windsnelheidsklasse.
- Corrigeren voor achtergrondgeluid
- Geluidsvermogens in 1/3 octaafbanden
- De methode geeft **optionele** meetposities ter bepaling van richtingsindex DI

Windsnelheid op ashoogte bepalen volgens IEC 61400-11

- voorkeur: power curve methode
- optioneel: anemometer op $h \geq 10$ m

Mogelijke wijzigingen emissiemeetmethode

- De windsnelheidsklassen normeren op ashoogte
- Uitbreiding windsnelheidsklassen, bijvoorbeeld 4,5,6,.....,12 m/s op ashoogte
- Meting DI of procedurele correctie voor richtingsindex voorschrijven?

- Alternatieve methode voor bepaling windsnelheid op ashoogte
 - Bepalen toerental van de rotor (bij windturbines met VS)
 - Windsnelheid en temperatuur bepalen op 1 en 10 meter en extrapoleren naar ashoogte
 - Niet meten bij zeer stabiel
 - Gebruik van windprofiel met stabiliteitscorrectie:

$$\frac{u}{u_{10}} = \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) - \psi_M\left(\frac{z}{L}\right)}{\ln\left(\frac{10}{z_0}\right) - \psi_M\left(\frac{10}{L}\right)}$$

Overdrachtsmodel methode II.8 HMRI

Immissieniveau = bronvermogen – overdrachtdemping bij gest. omstandigheden:

$$L_i = \sum_{r=1}^9 L_{Wr} + DI - \sum D_i$$

Overdrachtdemping= geometrische uitbreiding + luchtdemping + bodemreflectie +:

$$\sum D_i = D_{geo} + D_{lucht} + D_{bodem} + \dots$$

Equivalent geluidniveau na correctie met meteo-effect en bedrijfsduureffect:

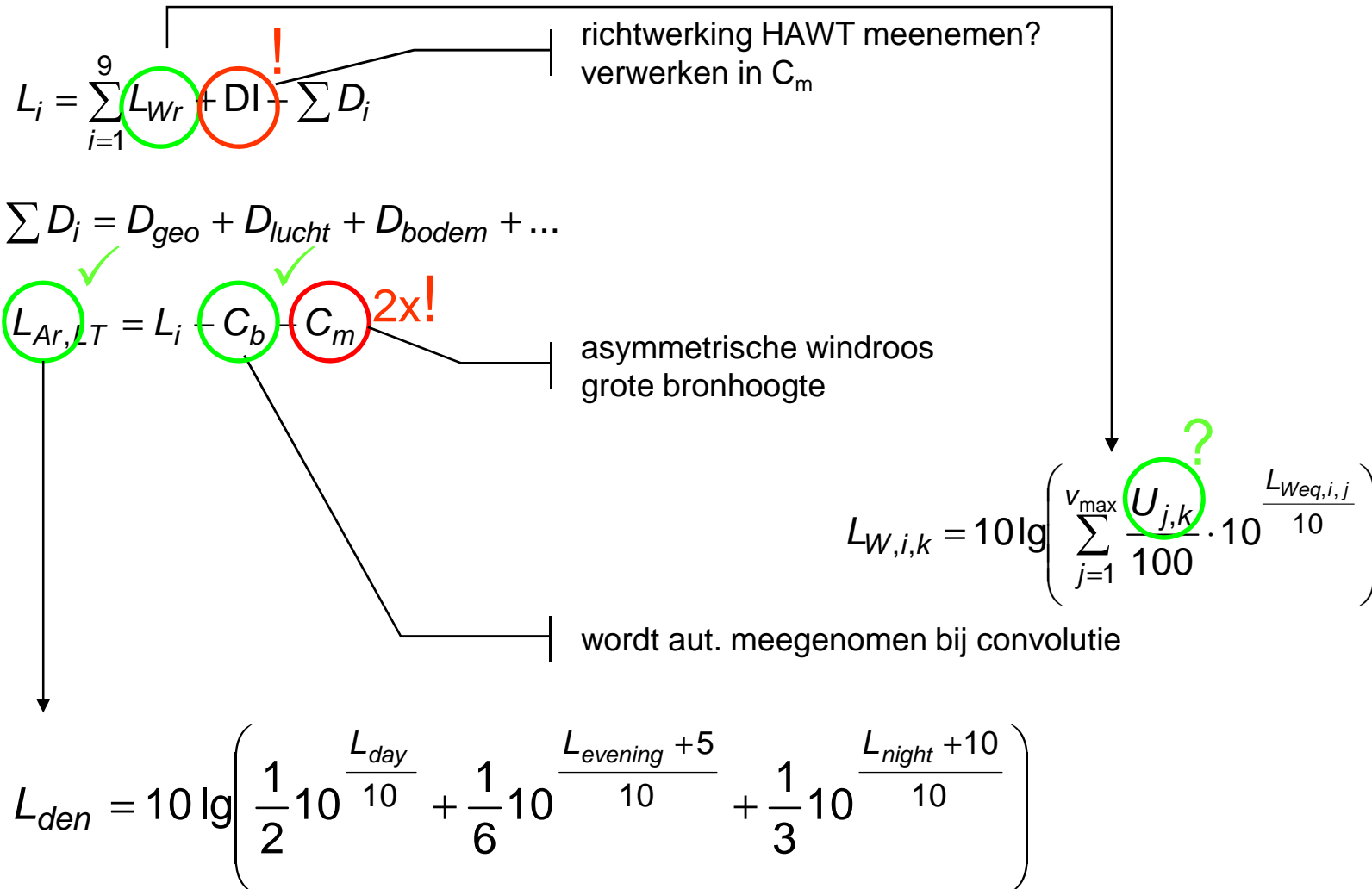
$$L_{Ar,LT} = L_i - C_b - C_m$$

Meteocorrectie voor $r \geq 10(h_b + h_o)$:

$$C_m = 5 \left[1 - 10 \left(\frac{h_b + h_o}{r} \right) \right]$$

Deze methode is voor windturbines niet onverkort van toepassing

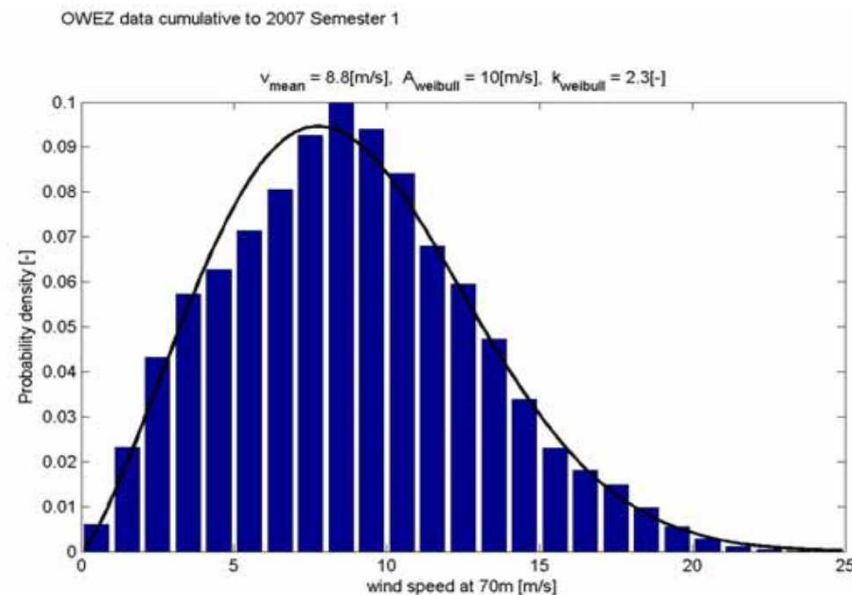
Nieuwe rekensystematiek



Windsnelheidsverdeling

Windsnelheidsverdeling op ashoogte $U_{j,k}$ zal worden aangeleverd door KNMI

- in kaart- of in formulevorm (bijv. Weibullverdeling)?
- interpoleren tussen verschillende hoogtes, bijv 80, 100, 120 meter?
- interpoleren tussen verschillende gebieden/punten?

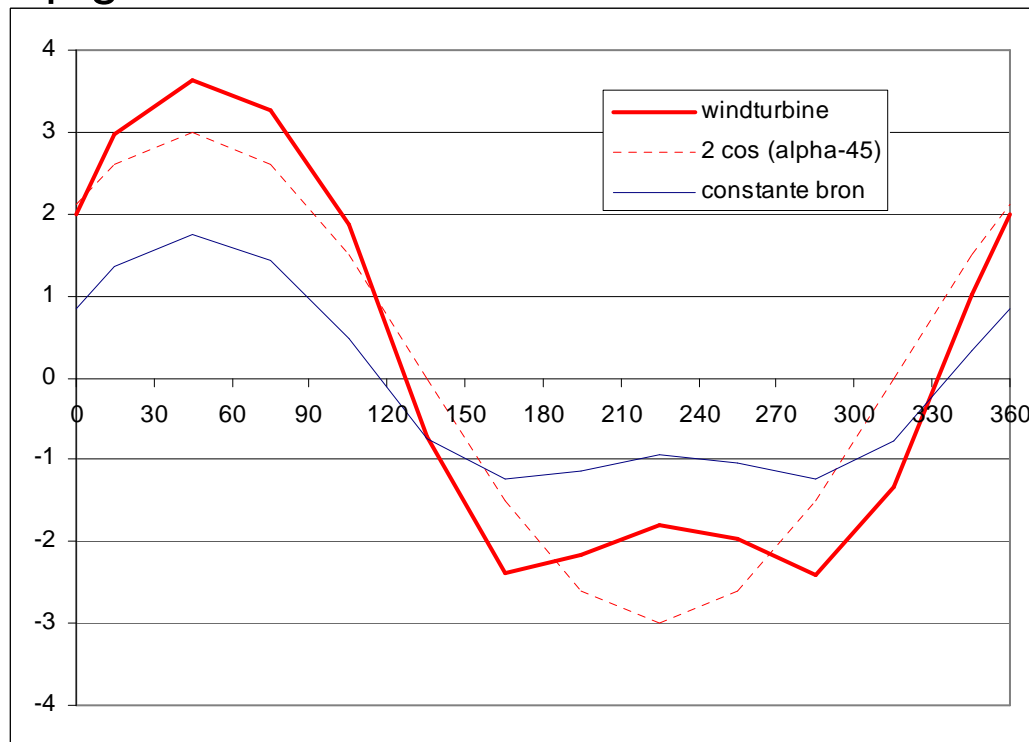


Asymmetrische verdeling windsnelheid (1)

- 50% van de tijd komt de wind uit ZW richting $\pm 120^\circ$
- 75% van de windenergie komt uit ZW richting $\pm 120^\circ$

Asymmetrische verdeling windsnelheid (2)

illustratie v.d. geluidsbelasting bij meteoraamcondities op grote afstand van de bron



x: oriëntatie bron-ontvanger in graden (0=Noord)

y: verschil tussen locale en rondom gemiddelde geluidsbelasting

Effect van grote bronhoogte (1)

Windgradiënt veroorzaakt straalkromming en is van invloed op:

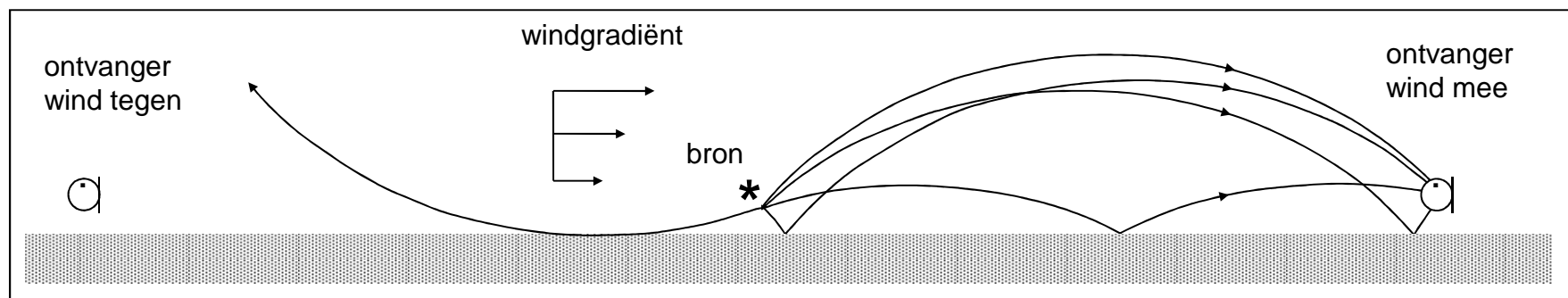
- Schaduwzone

Bij lage bronnen

- dv/dh ongeveer constant

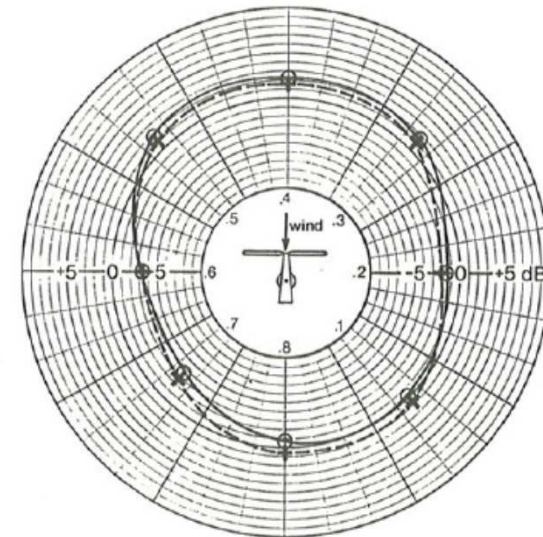
Bij hoge bronnen

- dv/dh mede afhankelijk van stabiliteit > kan van grote invloed zijn op de vorming van schaduwzone (C_m)



Richtingsindex windturbines

- Praktijk: geluidsuitstraling in het rotorvlak tot 3 dB lager dan in asrichting
- Afhankelijk van windrichting
- Onafhankelijk van afstand tot de bron
- Verwerken in C_m ?



d: \bar{L}_{Aeq} (8m/s), $+$ \bar{L}_{Aeq} (7m/s)

Overzicht drie effecten

- Asymmetrische verdeling van de wind over de windroos leidt bij windturbines tot grote afwijkingen in geluidsbelasting op grote afstand
 - schatting: ± 3 dB
- Door lage waarde van de windgradiënt op grote hoogte verschuift het schaduwgebied naar grotere afstanden
 - schatting: +3 dB
- Door dipool-effecten is de rondomgemiddelde geluidsbelasting lager dan in de richting van de rotoras
 - schatting: -2 dB

Mogelijke aanpassing C_m

$$C_{m,WT} = C_{m,dipool} (*)$$

$$r \leq 10(h_b + h_o)$$

$$C_{m,WT} = 5 \left[1 - 10 \left(\frac{h_b + h_o}{r} \right) \right] + C_{m,as. windroos} (**) + C_{m,dipool} (*)$$

$$r \geq 10(h_b + h_o)$$

$$h_b > H$$

(*) mogelijk functie van $\cos(\alpha-45)$

(**) mogelijk functie van $\cos(\alpha-45)$, afhankelijk van r



Dank u voor de aandacht!

Vragen?