



**M+P - raadgevende ingenieurs**

Müller-BBM groep

*geluid trillingen lucht bouwfysica*

# Het reken- en meetvoorschrift voor windturbines 2010 (concept)

E. Nieuwenhuizen

Met dank aan:

M. v.d. Berg (VROM)

G. Geertsema (KNMI)

# Overzicht



- Inleiding
- Emissiemeetmethode
- Rekenmethode

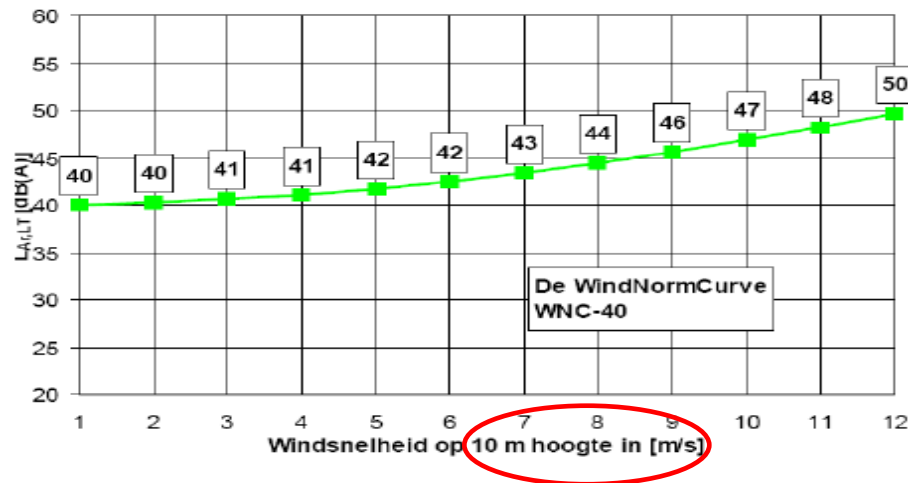
# Huidige systematiek

## Inleiding

Metten en rekenen: HMRI-1999

Verwijzing naar emissiemeting in IEC 61400-11

Praktijk: normering volgens WNC

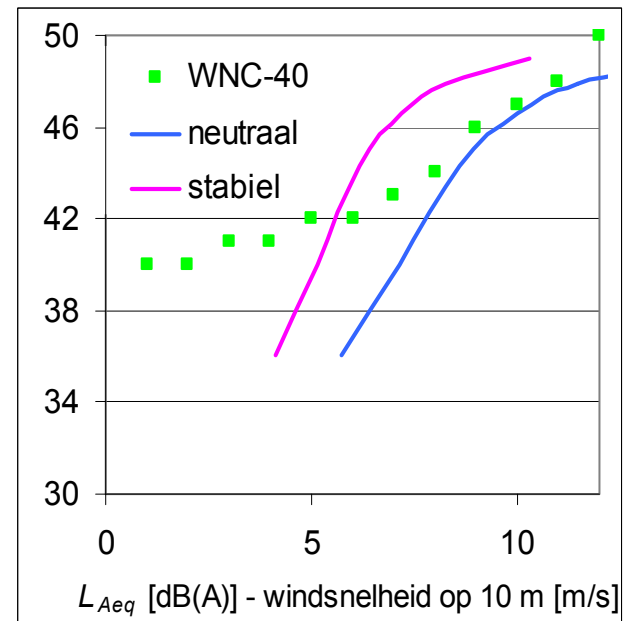
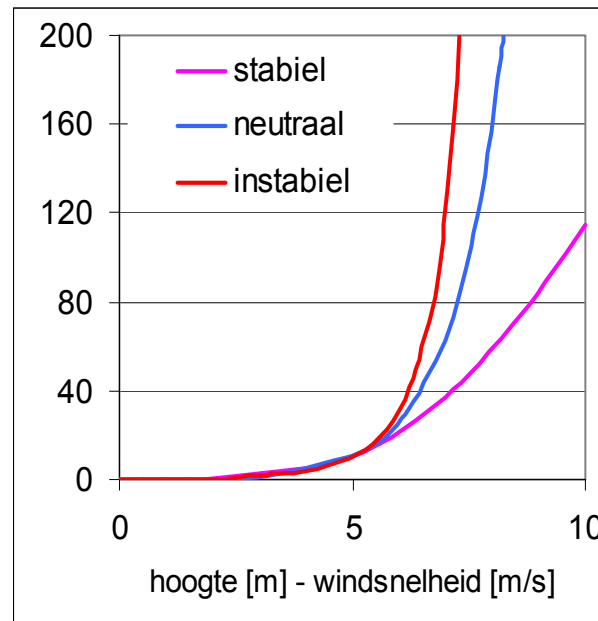


# Knelpunt

## Inleiding



2002-2006: Onderzoek RUG (De Lethe), “v.d. Berg-effect”  
‘s nachts minder wind aan de grond, maar meer wind op 100m



# Principe van het nieuwe RMVW

## Inleiding

- Bepaling van de jaargemiddelde geluidsbelasting  $L_{den}$
- Jaargemiddelde geluidsvermogen berekenen met de lokale meteostatistiek op ashoogte (KNMI)
- Zo veel mogelijk aansluiten bij huidige systematiek
- Emissiemeetmethode en rekenmethode
- Alle windturbines met horizontale as

# Windturbines

## Inleiding

### Geluidsrelevante kenmerken

- Bovenwindse rotor
- Driebladige rotor
- Variabel toerental
- Pitch control
- Toenemende masthoogte en rotordiameter



# Meting geluidsvermogen (1/5)

## Standaardmeetmethode

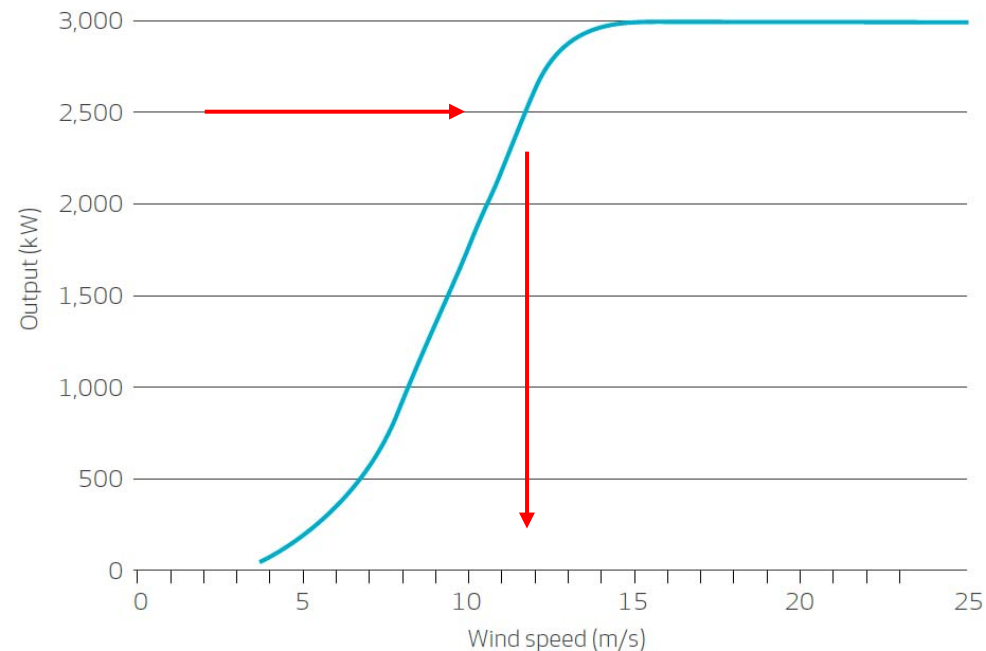
Bepaling windsnelheidsafhankelijke geluidsvermogen:

- Meting benedenwinds, afstand  $R=H+D/2$
- Microfoon op reflecterende plaat
- Meten bij relevante windsnelheden, gerelateerd aan ashoogte
- Min. 30 metingen van 1 minuut; min. 3 metingen per windsnelheidsklasse
- Corrigeren voor achtergrondgeluid, indien nodig
- Windsnelheid op ashoogte bepalen via power curve methode

# Meting geluidsvermogen (2/5)

## Standaardmeetmethode

Afleiden windsnelheid op ashoogte uit power curve





# Meting geluidsvermogen (3/5)

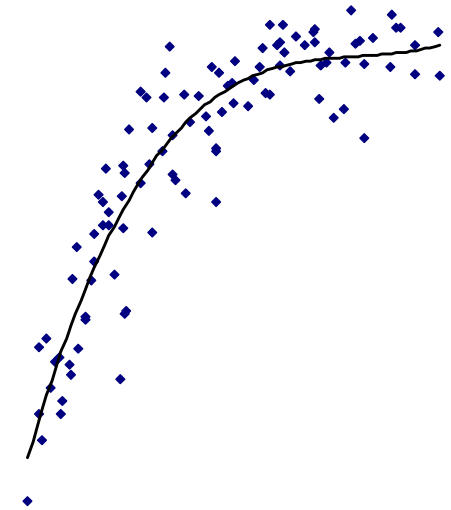
## Standaardmeetmethode

Dataverwerking:

- Data fitten met polynoom
- Bereken eq. geluidsniveau bij iedere gehele windsnelheid

Vervolgens:

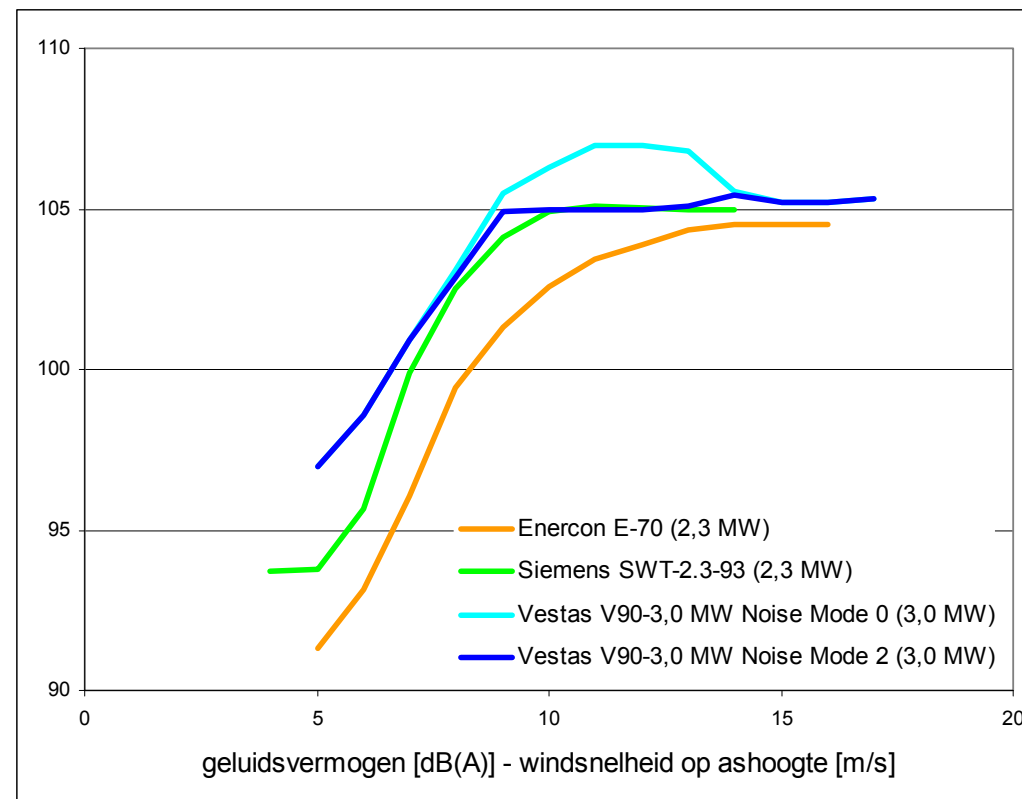
$$L_{W,i,j} = L_{eq,i,j} - 6 + 10 \lg(4\pi R_1^2)$$



$L_{eq}$  [dB(A)] -  $V_H$  (m/s)

# Meting geluidsvermogen (4/5)

## Standaardmeetmethode

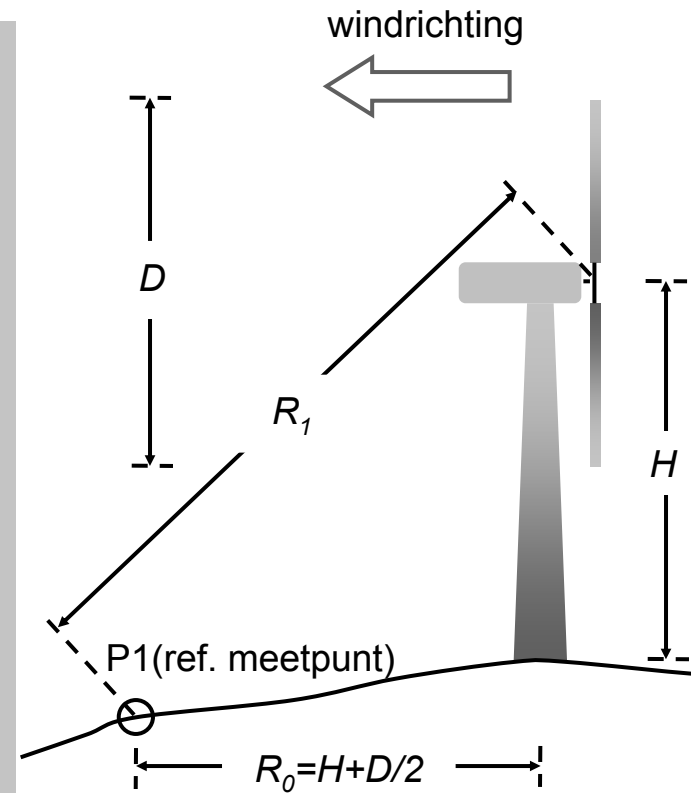


# Meting geluidsvermogen (5/5)

## Standaardmeetmethode

Verschillen met IEC-61400:

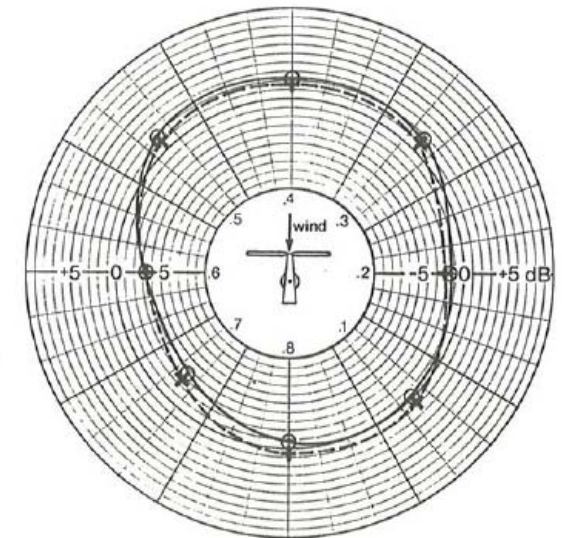
- Windsnelheid op ashoogte niet afleiden uit meting op lage hoogte
- Meten bij alle relevante windsnelheden



# Meting richtwerking

## Standaardmeetmethode

- Aerodynamisch geluid heeft dipoolkarakter
- Geluidsuitstraling in het rotorvlak lager dan in asrichting
- Optie: effect bepalen door rondom meten (simultaan)



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

# Basisformules

## Standaardrekenmethode

$$L_{den} = 10 \lg \left( \frac{12}{24} 10^{\frac{L_{dag}}{10}} + \frac{4}{24} 10^{\frac{L_{avond} + 5}{10}} + \frac{8}{24} 10^{\frac{L_{nacht} + 10}{10}} \right)$$

$$L_{eq} = L_E - \Sigma D - C_m$$

Asymmetrische windroos verrekenen

Methode II.8 HMRI-1999

$$\Sigma D = D_{geo} + D_{lucht} + D_{bodem} + \dots$$

Convolutie van bronvermogen met windstatistiek  
Optioneel: richtwerking verrekenen

# Emissieterm $L_E$

## Standaardrekenmethode

Berekening jaargemiddelde geluidsvermogen:

$$L_E = 10 \lg \left( \sum_{j=V_{ci}}^{V_{co}} \left( \frac{U_j}{100} - 10^{L_{W,i,j}/10} \right) \right) + \Delta L$$

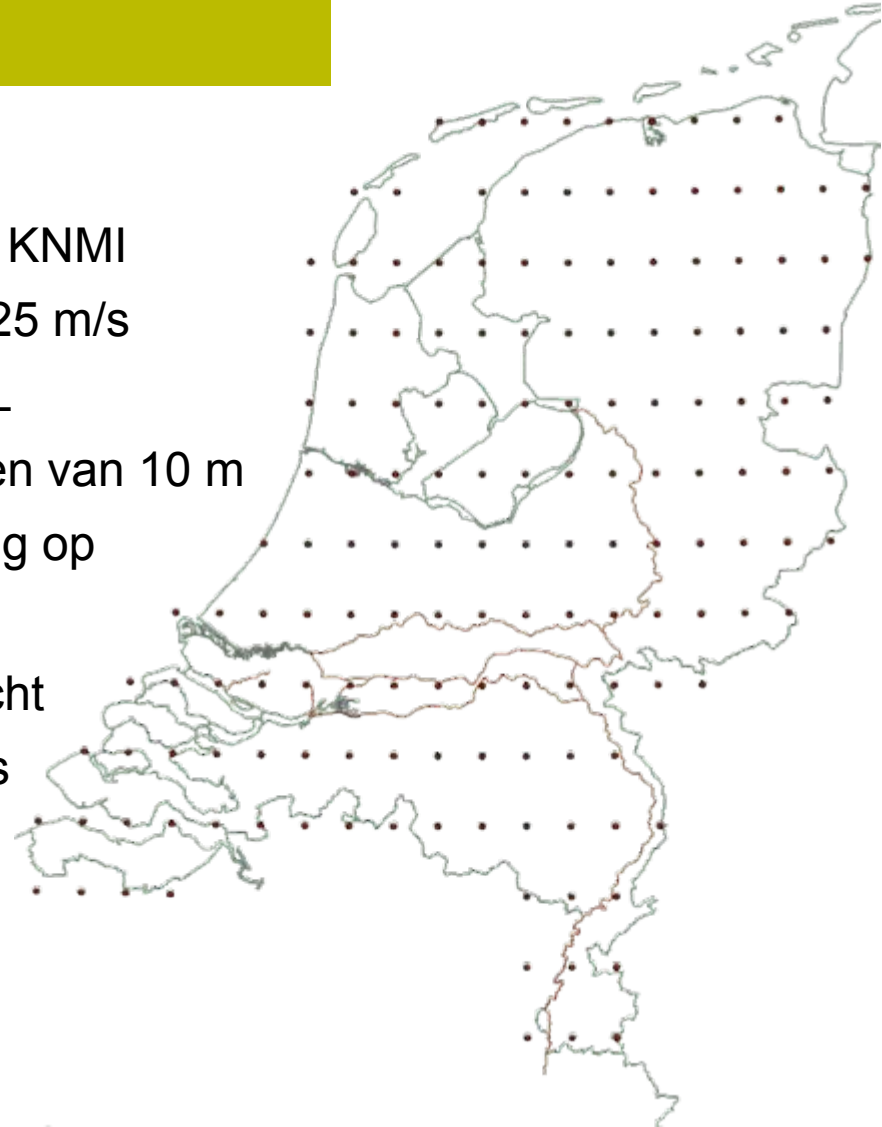
Diagram illustrating the components of the formula:

- $U_j$ : frequentie van voorkomen windsnelheid  $j$
- $L_{W,i,j}$ : geluidsvermogen bij windsnelheid  $j$
- $\Delta L$ : effect van richtwerking

# Windsnelheidsverdeling (1/2)

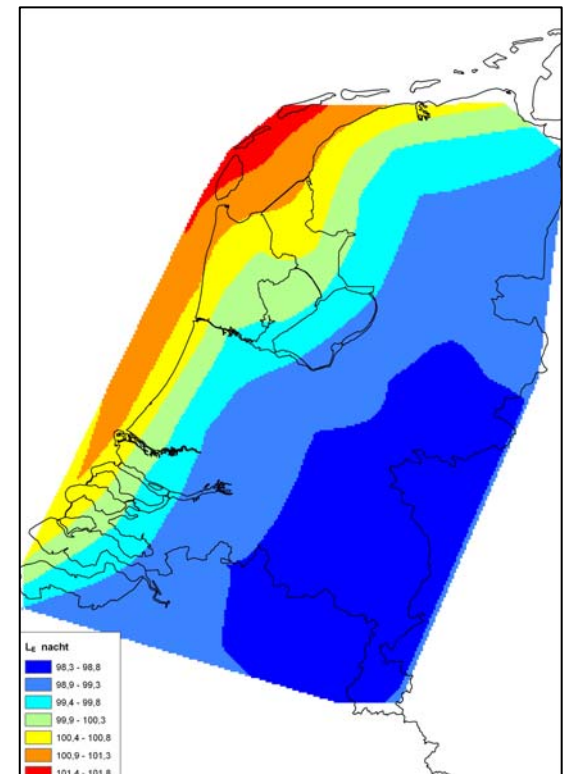
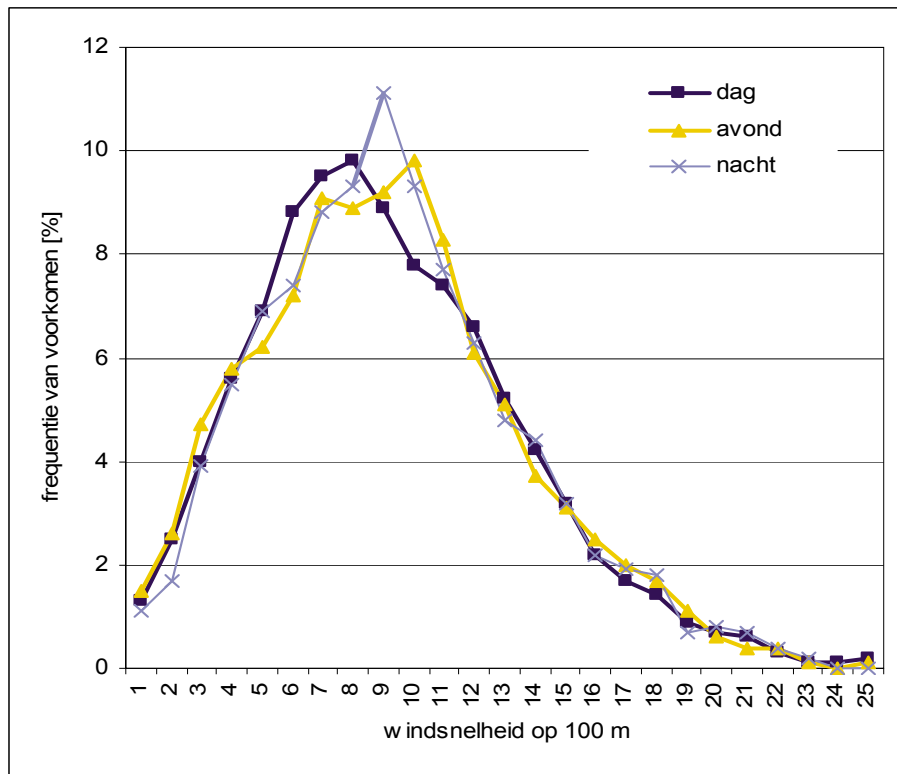
## Standaardrekenmethode

- Meerjarige windstatistiek van KNMI
- windsnelheidsklassen van 1-25 m/s
- $\pm 200$  roosterpunten boven NL
- Hoogtes: 80-120 m, in stappen van 10 m
- Locale windsnelheidsverdeling op ashoogte interpoleren
- Onderscheid dag, avond, nacht
- (Gebruik van andere datasets is ter beoordeling van BG)



# Windsnelheidsverdeling (2/2)

## Standaardrekenmethode





## Meteocorrectieterm $C_{meteo}$ (1/3)

### Standaardrekenmethode

Windverdeling over de windroos in asymmetrisch:

- 50% van de tijd komt de wind uit ZW richting  $\pm 60^\circ$
- 75% van de windenergie komt uit ZW richting  $\pm 60^\circ$

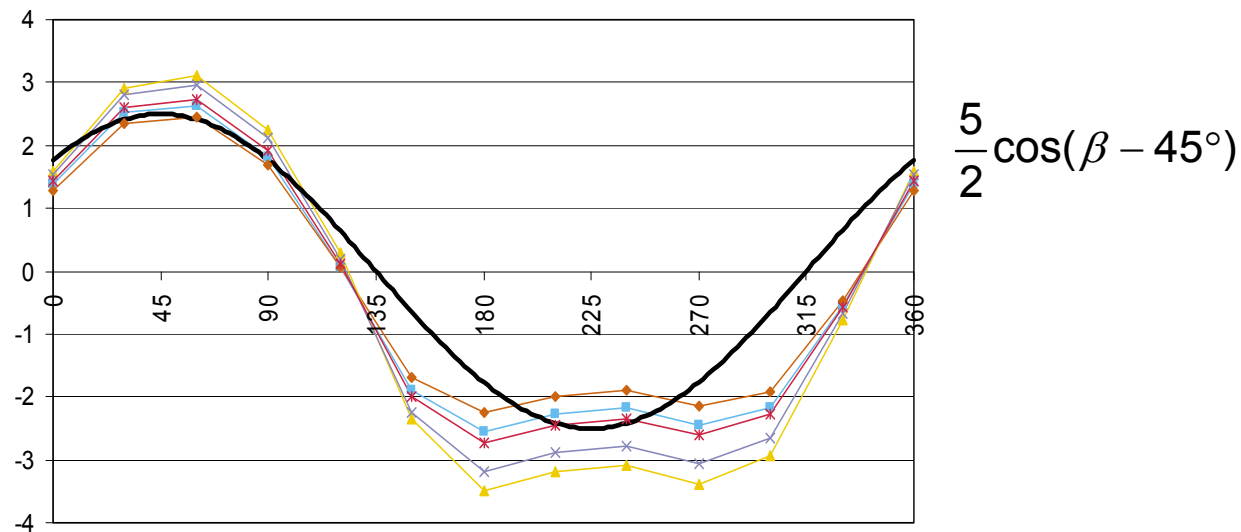
Effecten:

- Gemiddelde overdrachtdemping in NO-richting lager dan in andere richtingen
- Windturbines: door koppeling windsnelheid en bronvermogen is dan de geluidsemissie ook hoger

# Meteocorrectieterm $C_{meteo}$ (2/3)

## Standaardrekenmethode

geluidsbelasting op grote afstand van de bron



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

y: verschil tussen locale en rondom gemiddelde geluidsbelasting

## Meteocorrectieterm $C_{meteo}$ (3/3)

### Standaardrekenmethode

$$\begin{aligned}
 r \leq 10(h_b + h_o): & \quad C_{meteo} = 0 \\
 r > 10(h_b + h_o): & \quad C_{meteo} = 5 \left[ 1 - 10 \left( \frac{h_b + h_o}{r} \right) \right] \left[ 1 - \frac{1}{2} \cos(\beta - 45^\circ) \right]
 \end{aligned}$$

Alleen van toepassing bij grote afstanden

**Tot slot**



Vragen?