

# Berekening van de effecten van windturbines op maritieme RF systemen (SRK)

- Prof. Emmanuel Van Lil, ir. Dave Trappeniers & Prof. Antoine Van de Capelle
- K.U.Leuven, div. ESAT/TELEMIC
- Kasteelpark Arenberg, 10 (new since 1/1/2001)
- B-3001 Leuven-Heverlee; Belgium
- Website:  
[http://www.esat.kuleuven.ac.be/telemic\(/propagation\)](http://www.esat.kuleuven.ac.be/telemic(/propagation))
- E-mail: [Emmanuel.VanLil@ESAT.KULeuven.ac.Be](mailto:Emmanuel.VanLil@ESAT.KULeuven.ac.Be)
- Presentatie voor URSI

# Overzicht

- *Inleiding*
- Radar-effecten
  - Schaduwing
  - Valse echo's
- VHF communicatie
- RDF-effecten
- DGPS-effecten
- AIS-effecten
- Besluiten



# Inleiding

- Literatuur hoofdzakelijk TV

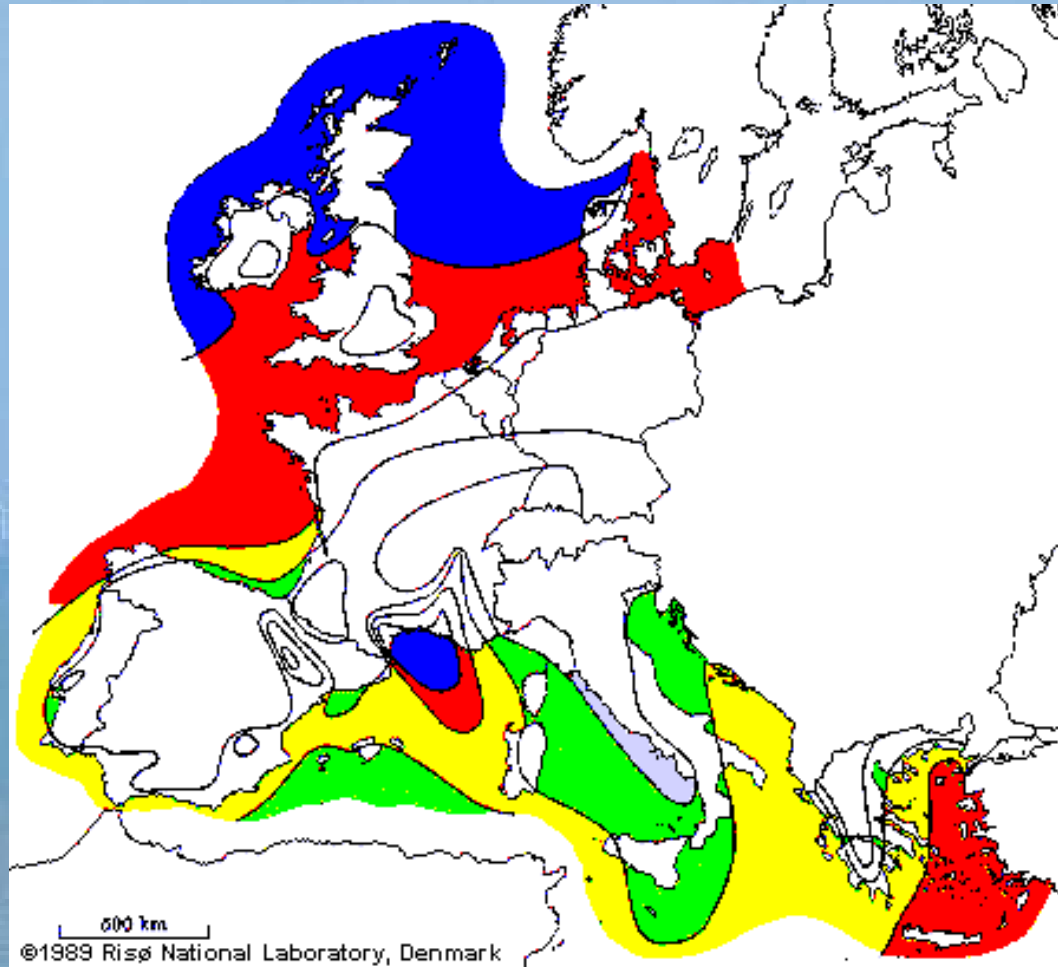
- [BBC1] J.L. Eaton, R.I. Black and G.H. Taylor, "Interference to television reception from large wind turbines", BBC Research Dept., Eng. Div., March 1983
- [BBC2] D.T.Wright, "Effects of Wind Turbines on Television Reception: Field test in Denmark", nov. 1991
- [MEDE] J. Kats and J. Van Rees, "Hinder voor TV ontvangst, een niet te onderschatten aspect van grote windturbines", DNL, Verslag 546 DNL/86, 1986
- [SEN] D. Sengupta and T. Senior, "Electromagnetic Interference to Television Reception Caused by Horizontal Axis Wind turbines", IEEE proceedings, Vol. 67, no. 8, August 1979.

- Spookbeelden waren meest belangrijk



# Beste zones in Europa

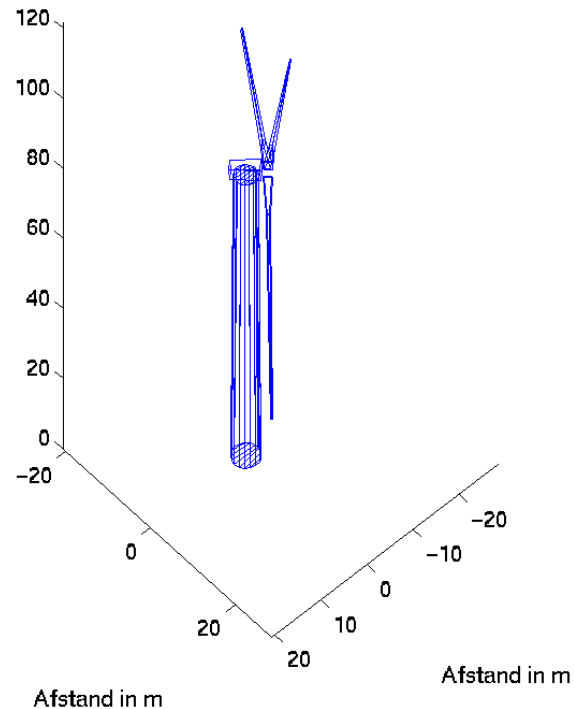
- Windzones in Europa: Vlaanderen/Nederland nog goed



# Inleiding

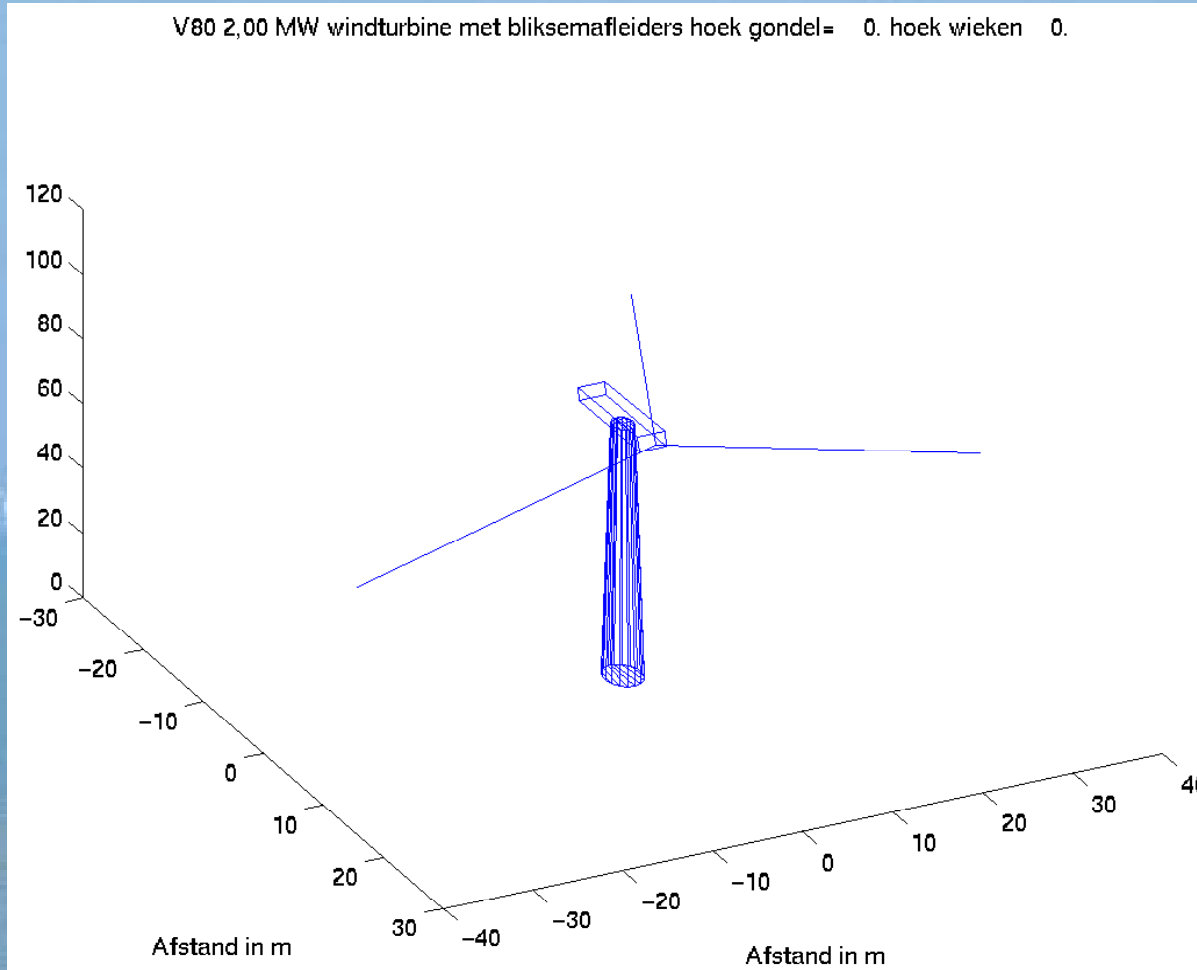
- Modellen van turbines: volledig geleidende wieken (slechtste geval)

Grote V80 windturbine met schuine gondel en volle wieken



# Inleiding

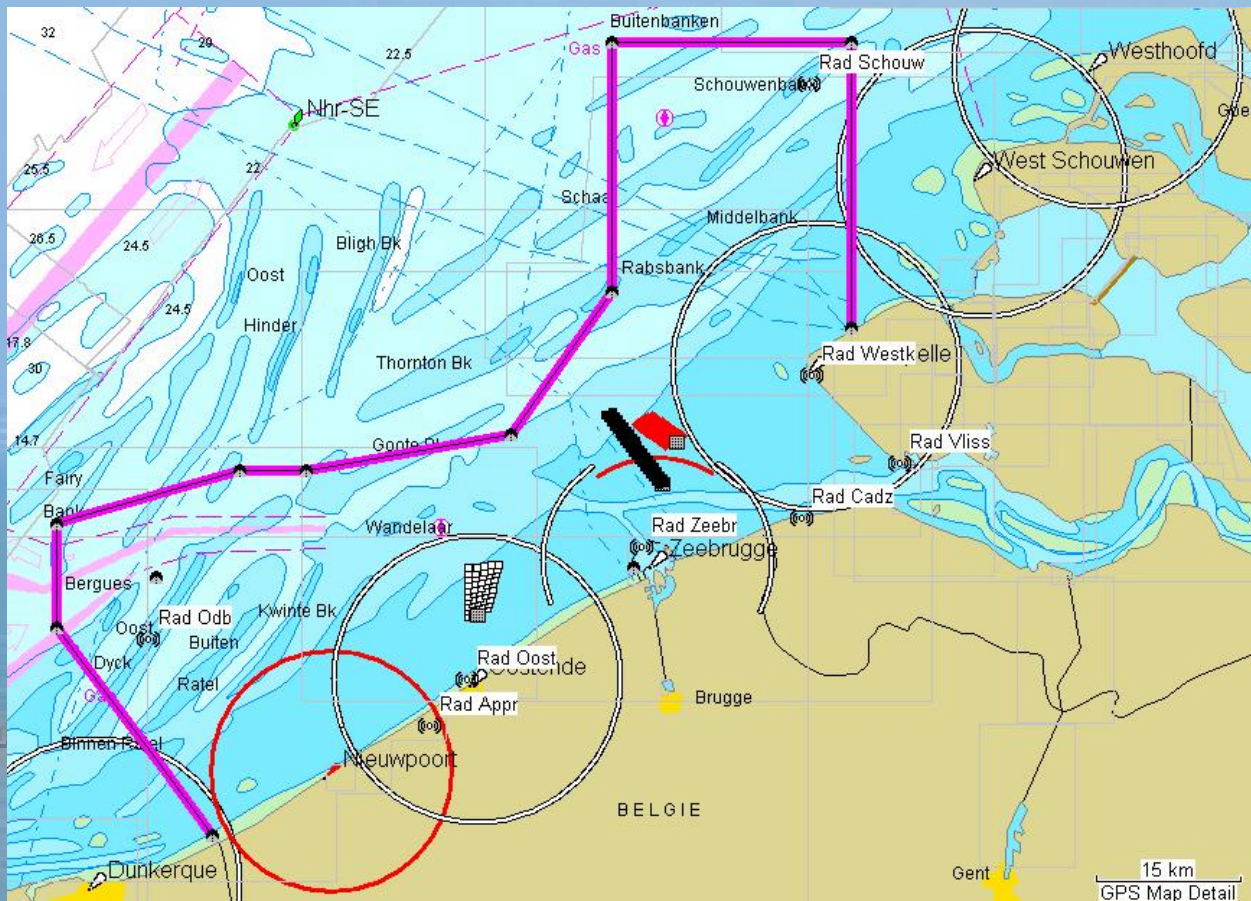
- Modellen van turbines: enkel bliksemafleiders





# Inleiding

• Overzicht van de beschouwde windturbineparken en het VTS-werkingsgebied van de SRK (Vlaamse Kust en Scheldemonding)



Wit = C-Power

Zwart = TotalFina Eolia

Rood = Seenergy

# Overzicht

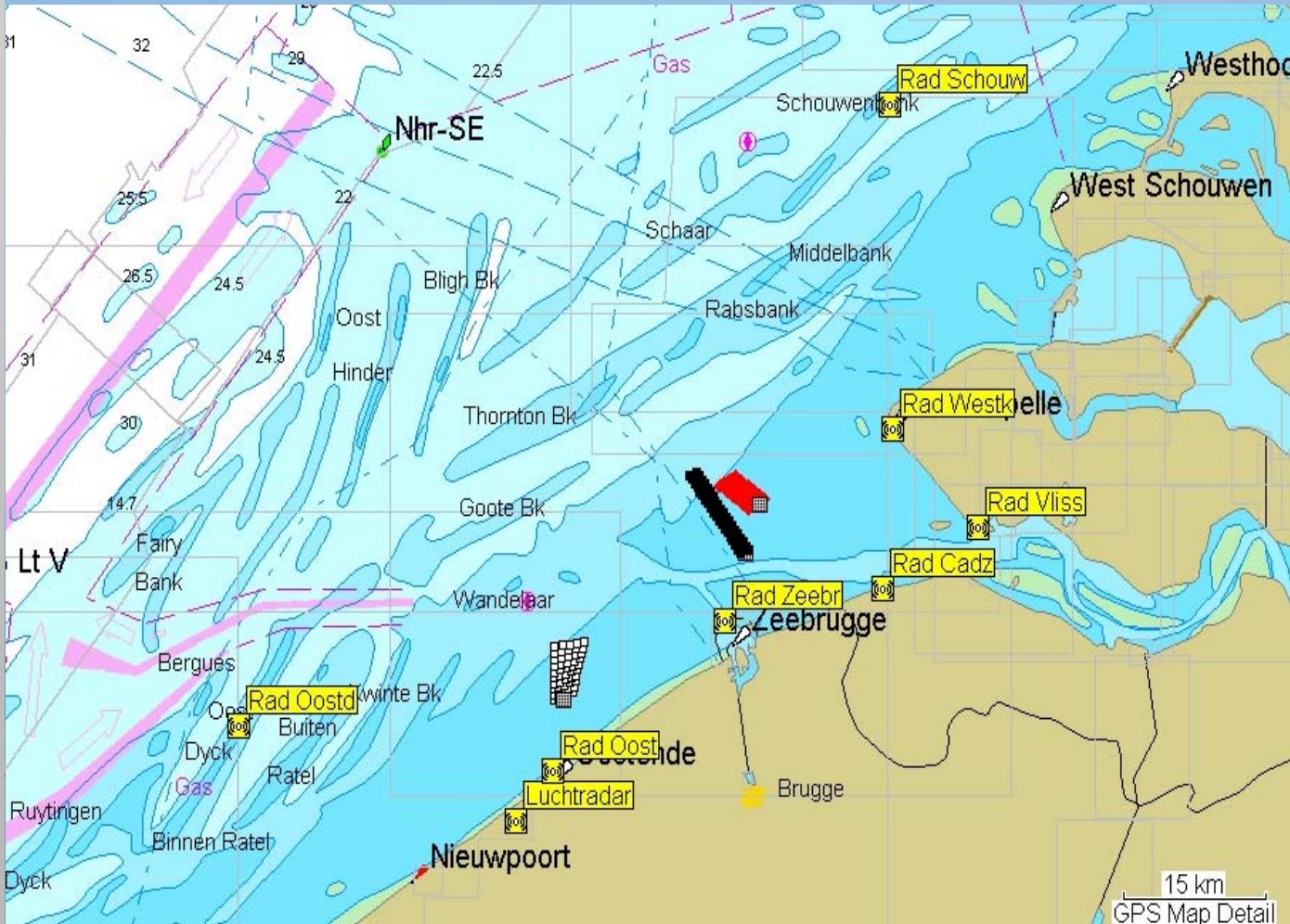
- Inleiding
- *Radar-effecten*
  - *Schaduwing*
  - Valse echo's
- VHF communicatie
- RDF-effecten
- DGPS-effecten
- AIS-effecten
- Besluiten





# Radar-effecten

## Overzicht van de beschouwde radarinstallaties



### Reeds geïnstalleerd:

- Oostende
- Zeebrugge
- Cadzand
- Vlissingen
- Westkapelle

### In aanbouw:

- Oostdyckbank
- Schouwenbank

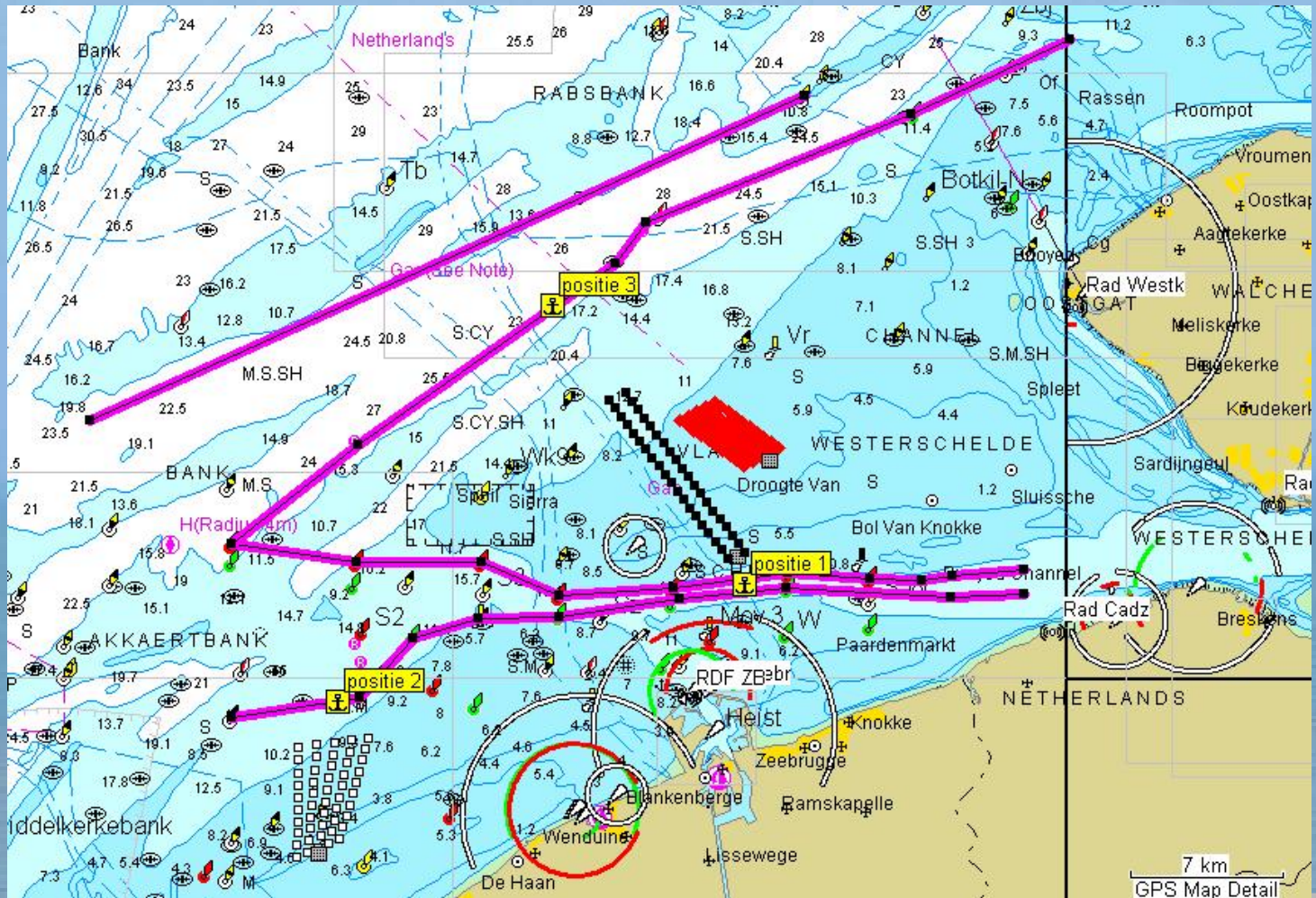
# Radar van Zeebrugge





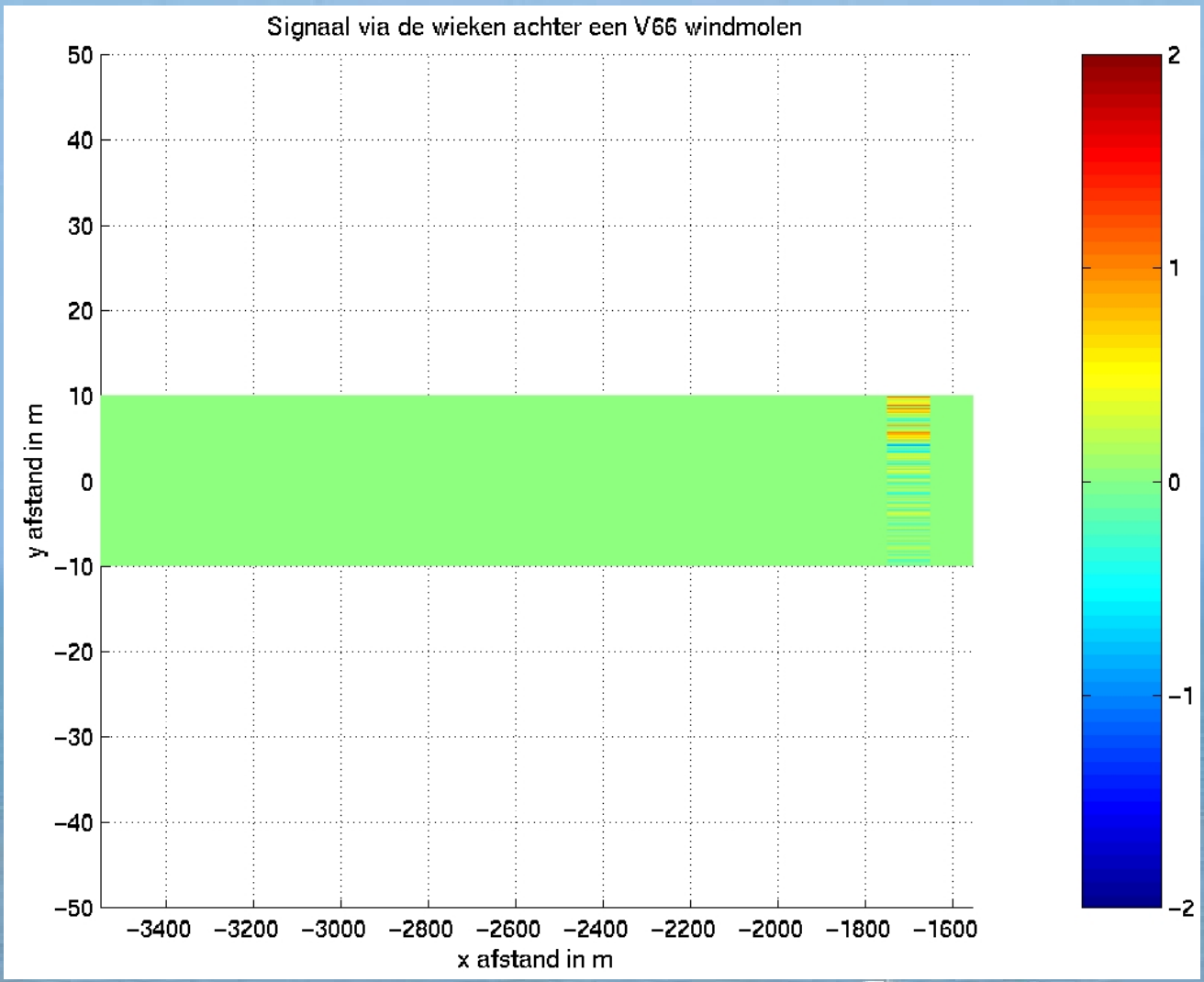
# Radar-effecten

Beschouwde scheepsposities (radar aan boord van de schepen)



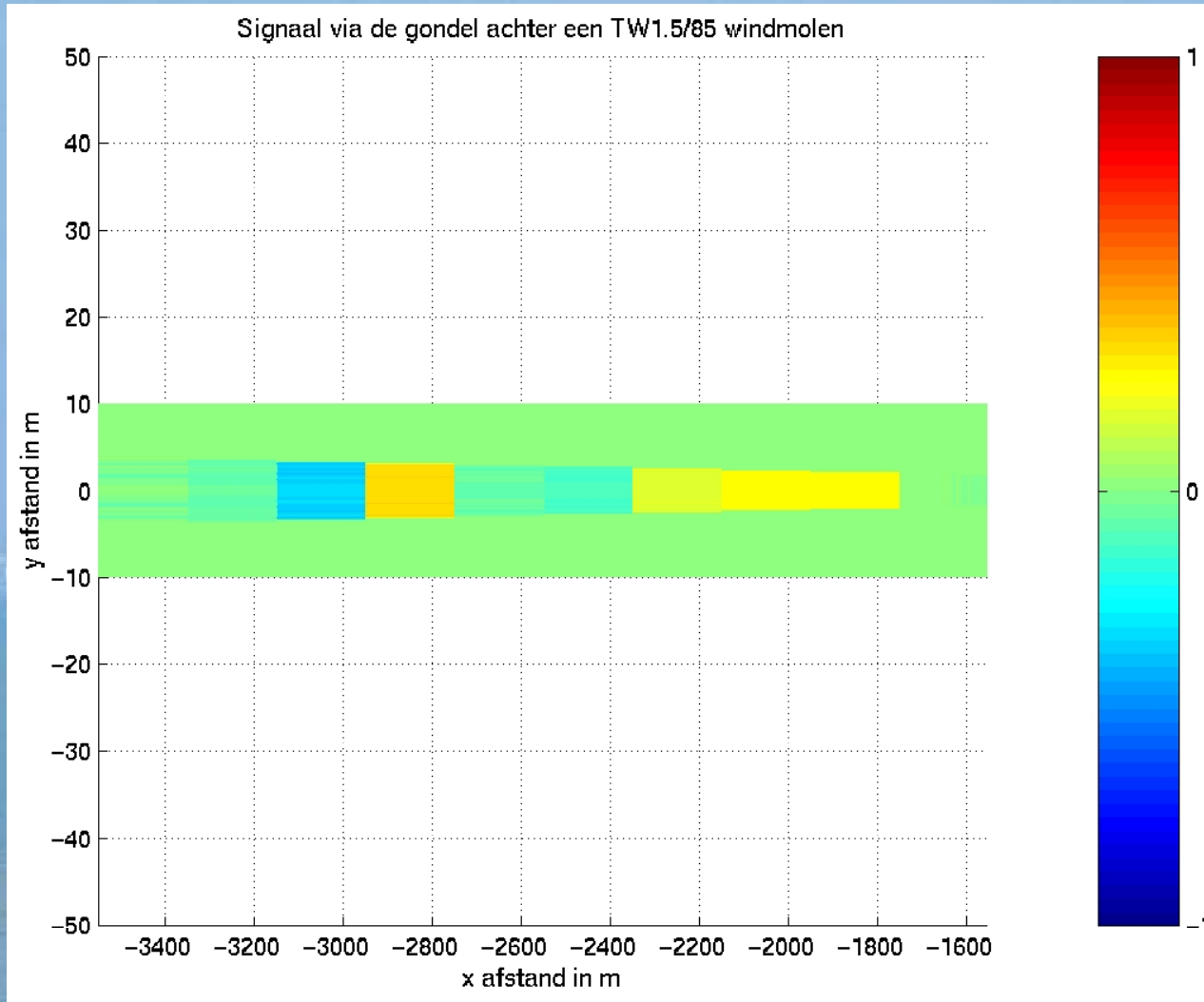
# Enkel wieken (radar op 0, turbine op -1550 m)

Gondel 90°,  
Wieken 40° gedraaid



# Enkel gondel (radar op 0, turbine op -1550 m)

Gondel 0°  
gedraaid



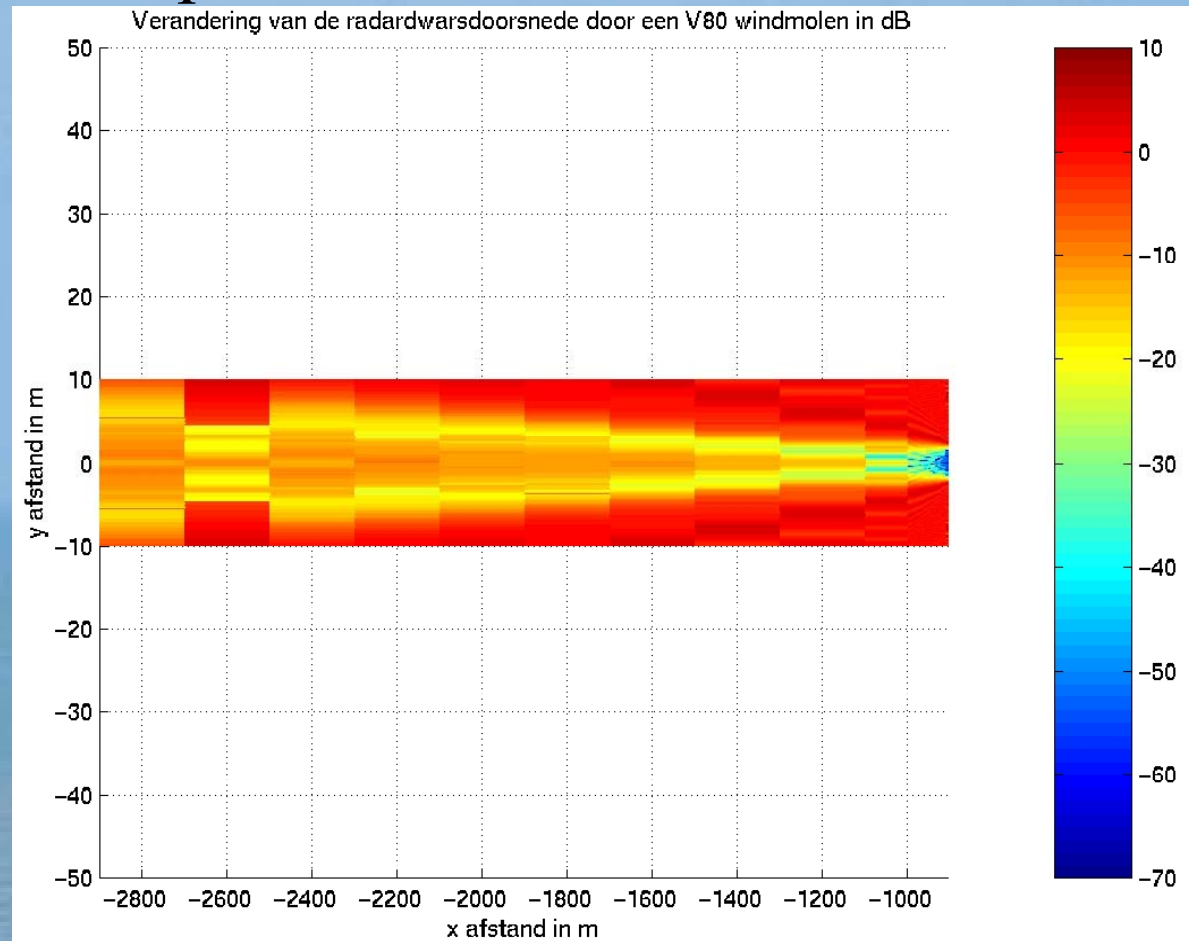


# Radar-effecten

- EPICS-GO gebaseerd op klassieke GO-UTD

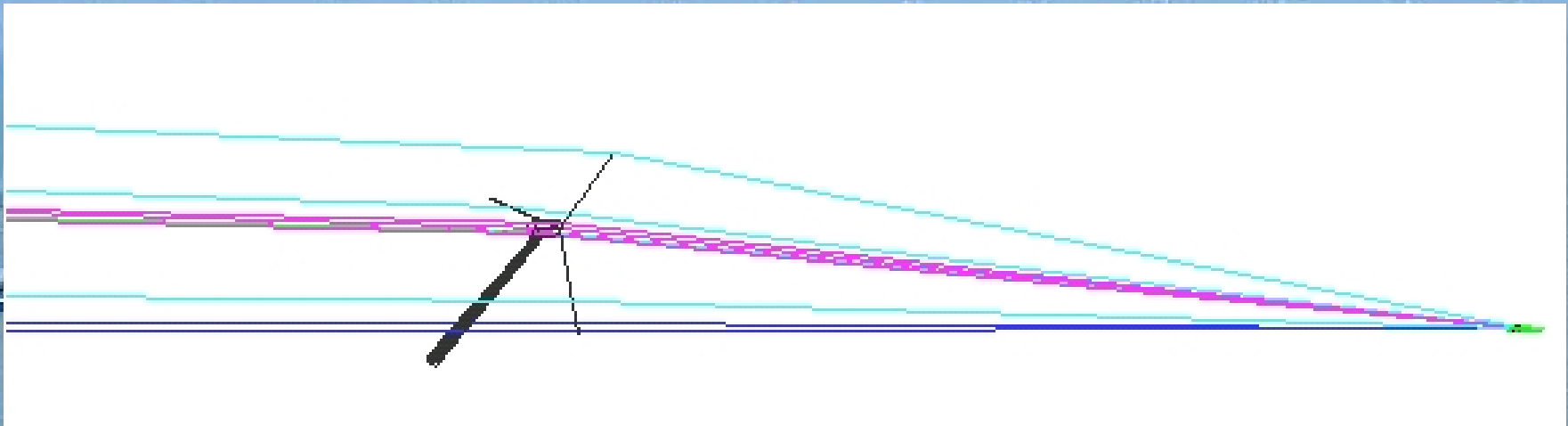
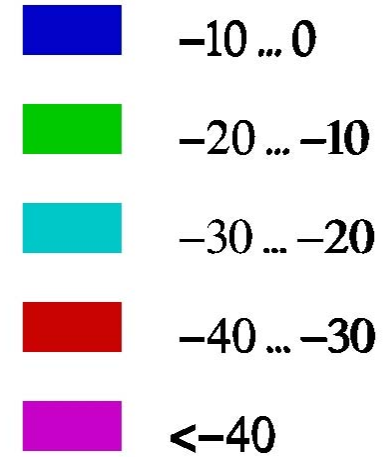
## Gegevens:

- één windturbine in (0,-900 m)
- radar in (0,0)



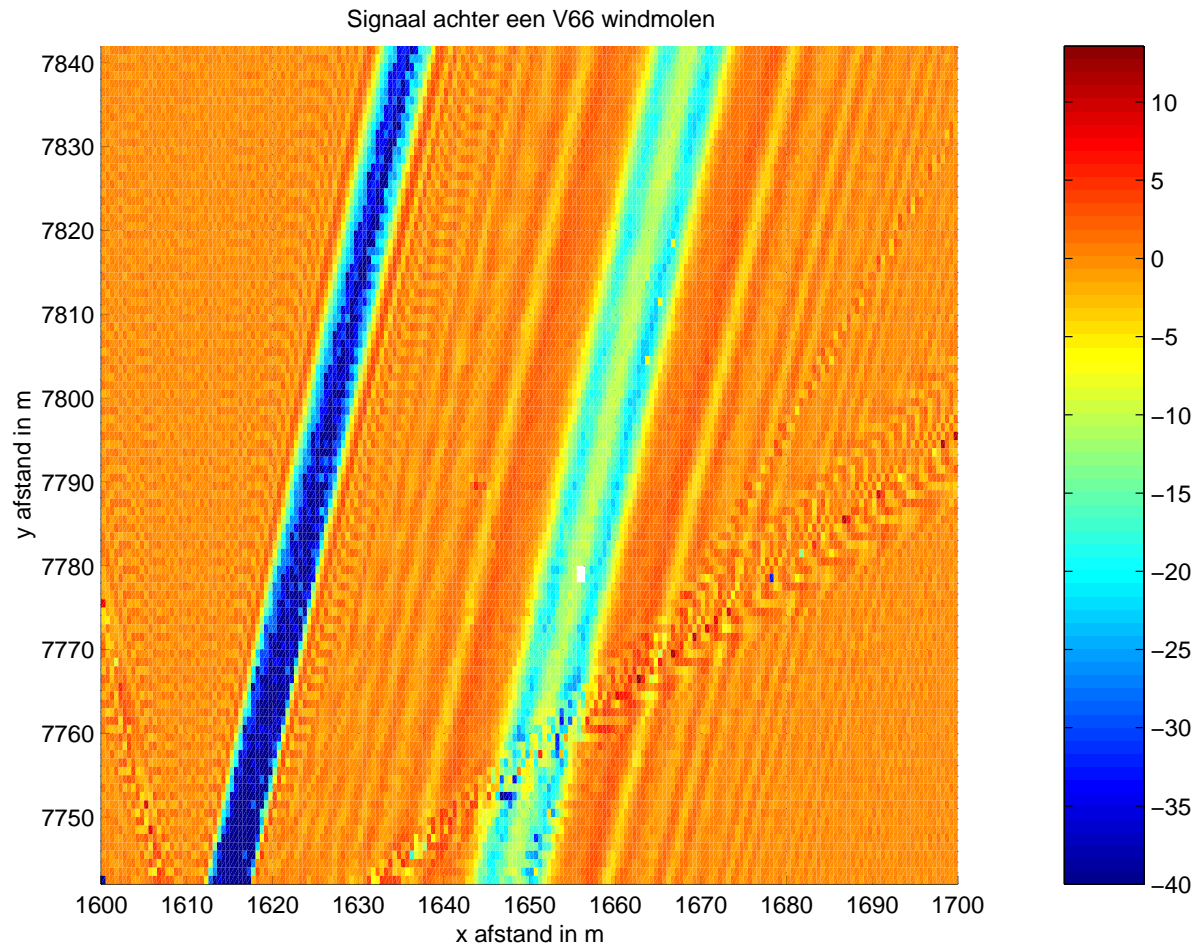
# Radar-effecten

- Verschillende stralen (1 turbine)



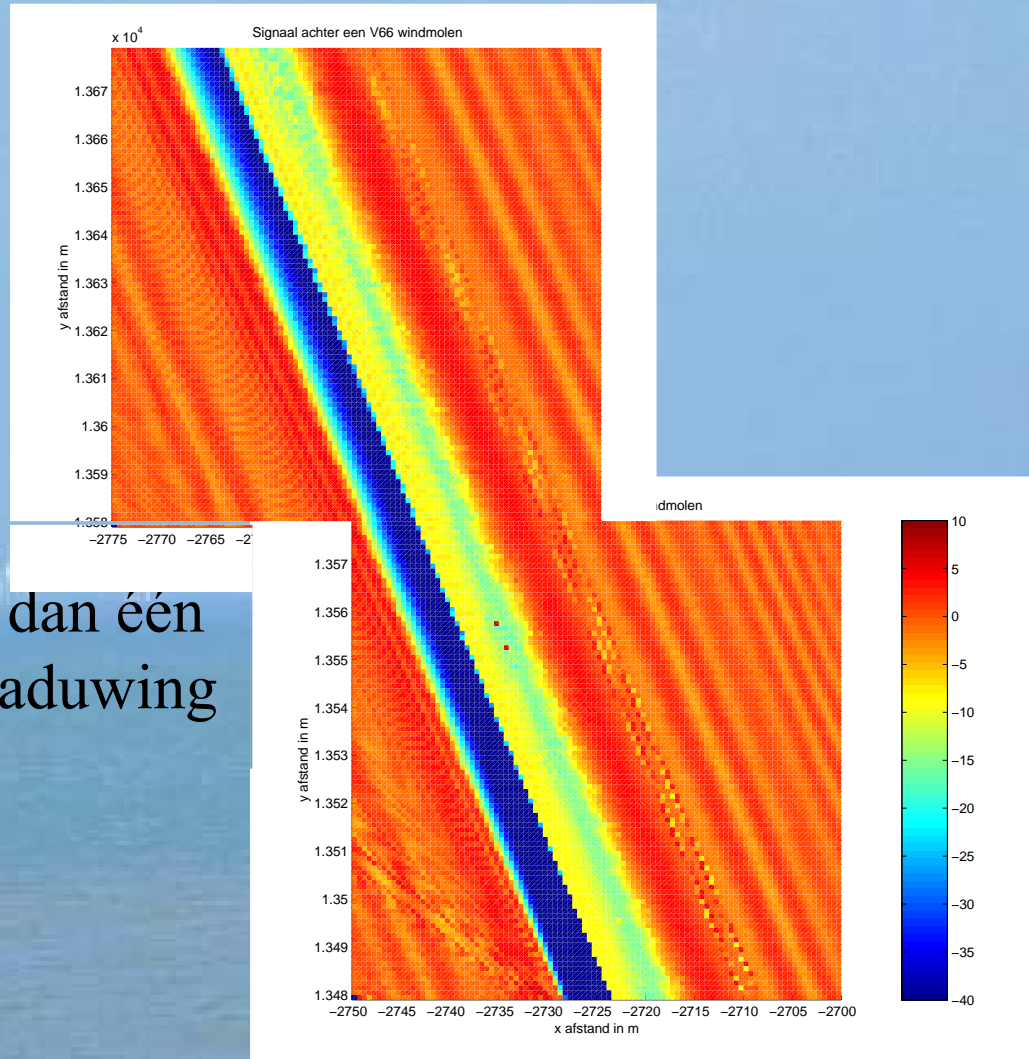
# Radar-effecten

- Problemen indien meer dan één turbine



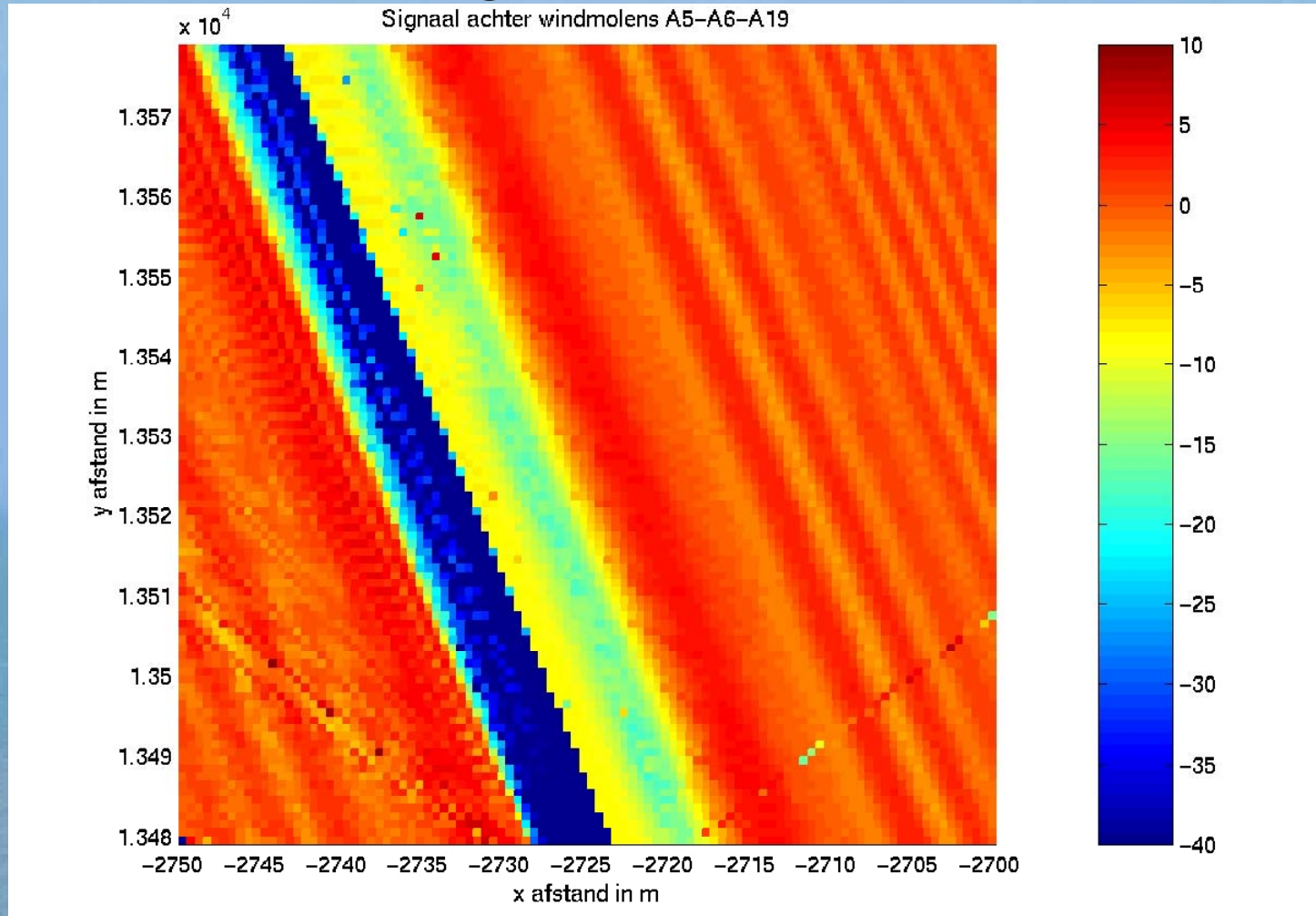
# Radar-effecten

- Problemen indien meer dan één turbine: soms diepe schaduwing



# Radar-effecten

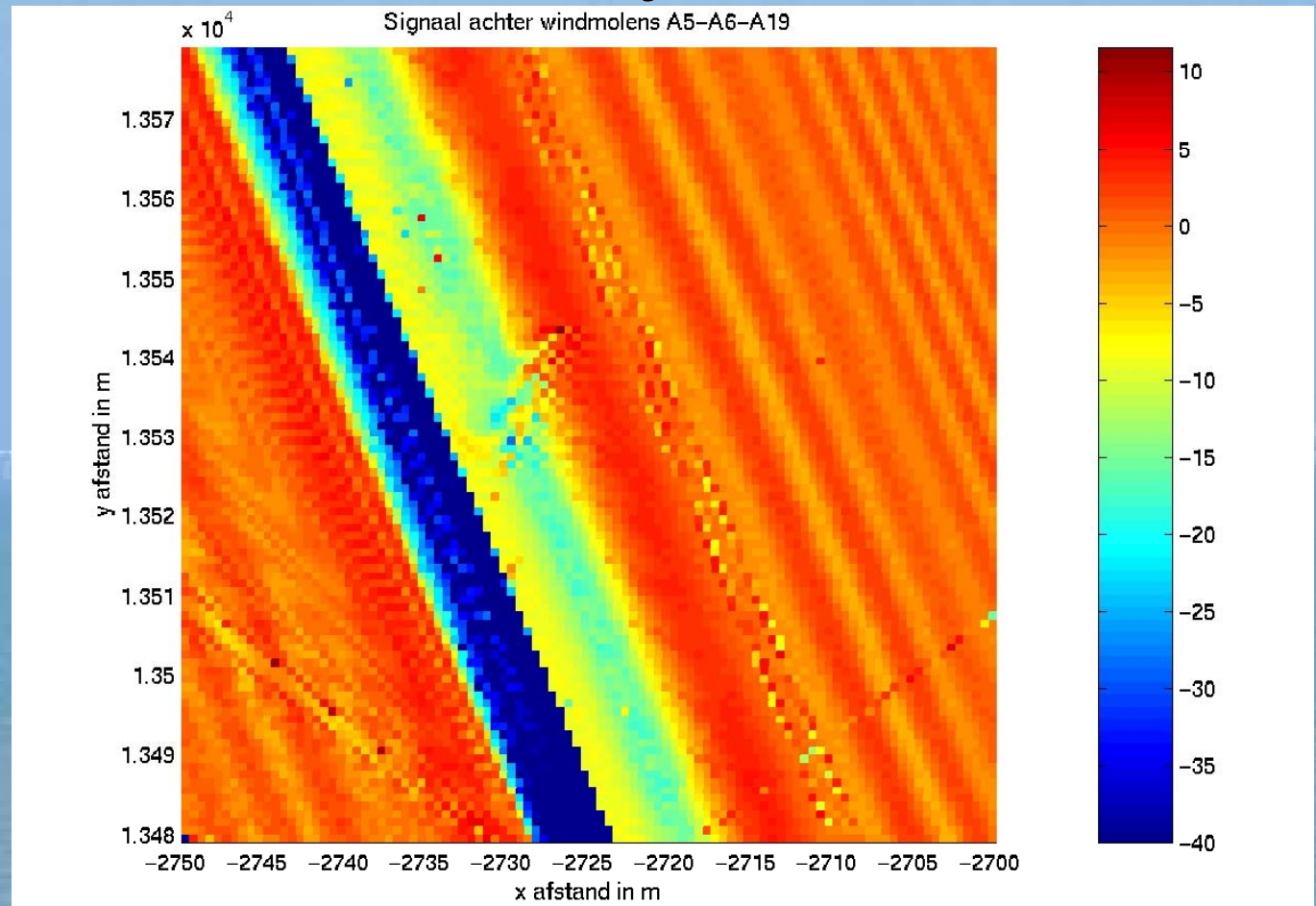
- Wind uit Westen: wieken geschaduwd door toren





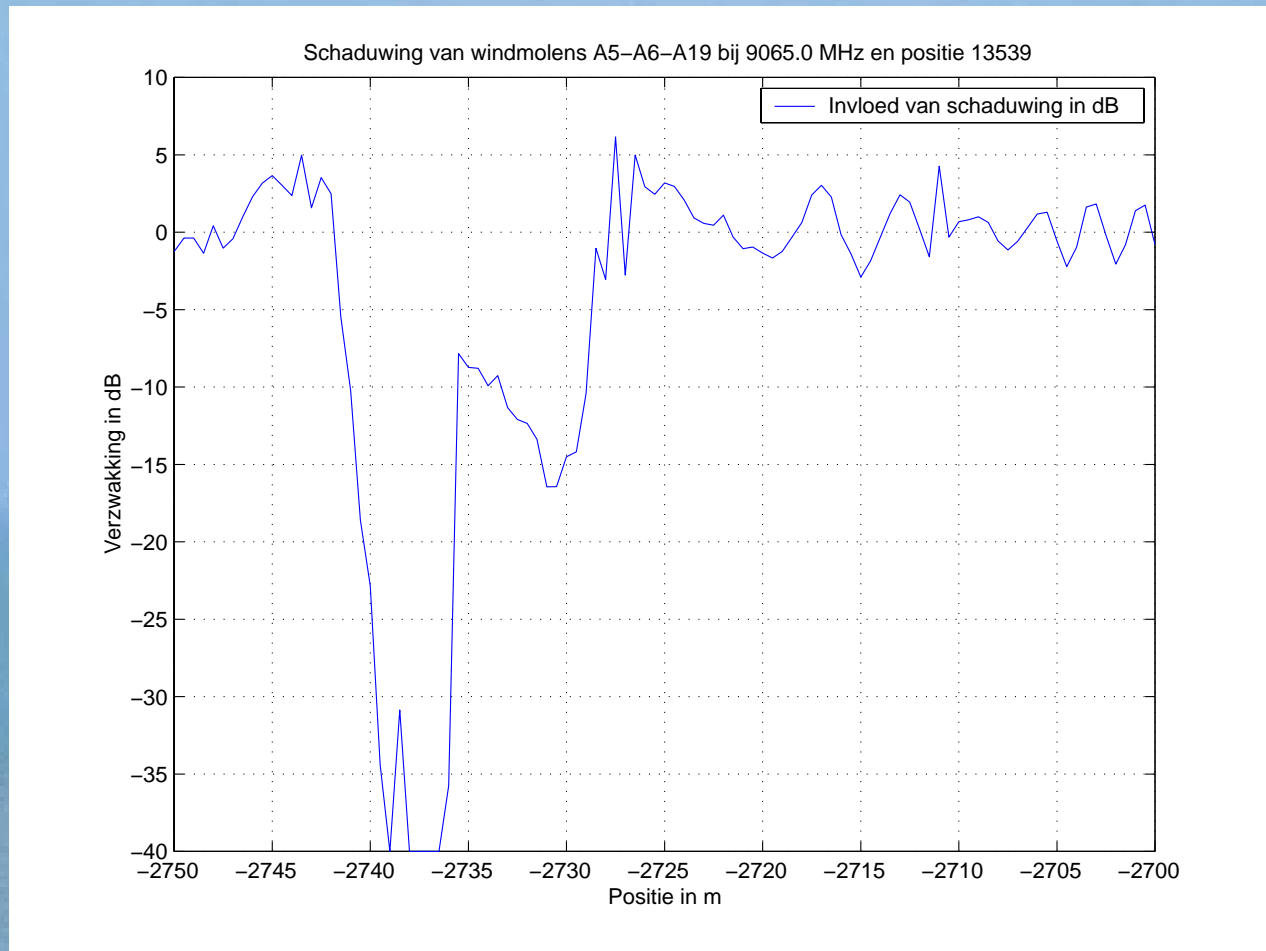
# Radar-effecten

- Wind uit Oosten: wieken duidelijk te zien



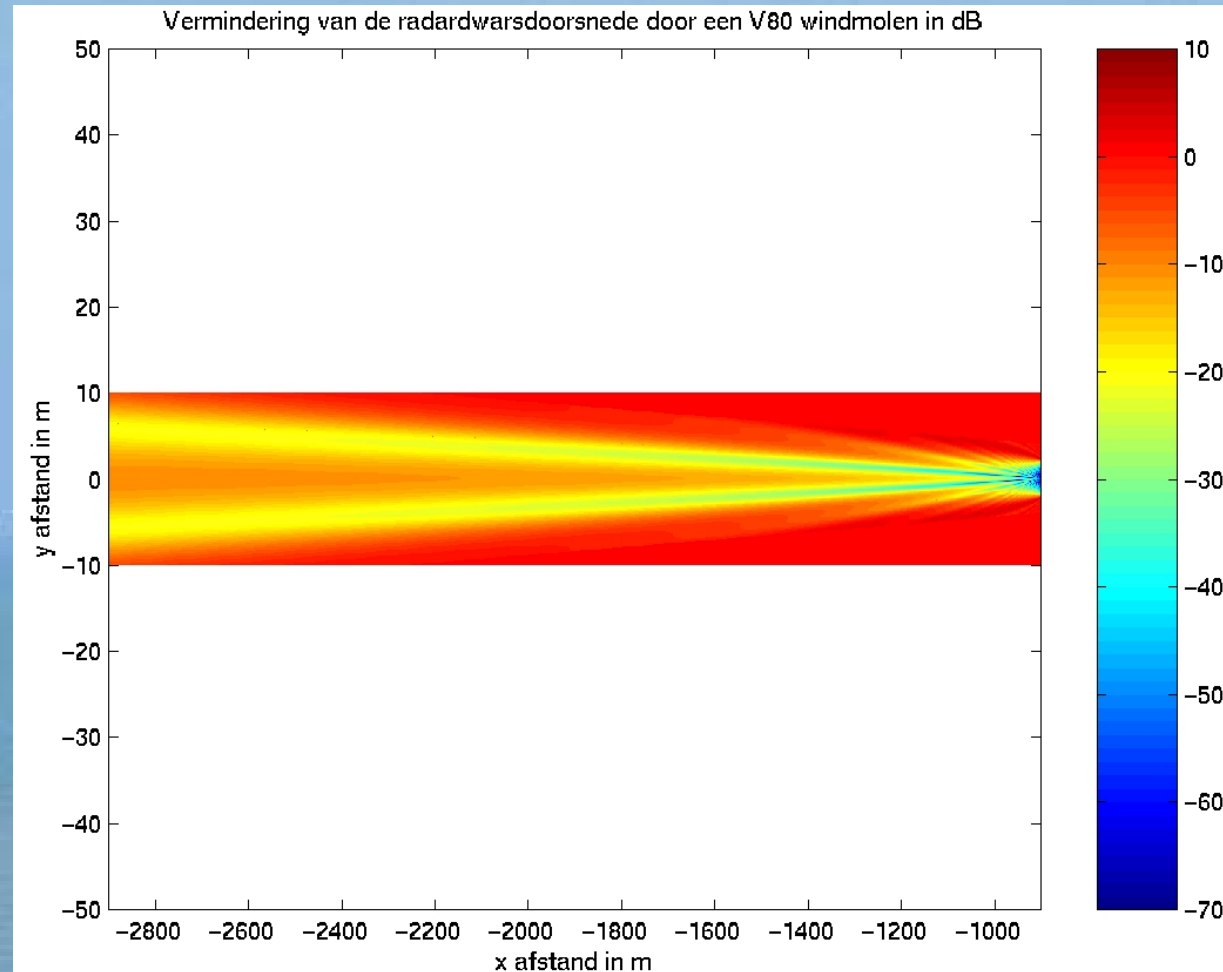
# Radar-effecten

- Benadering voor grote parken: invloed van wieken gering



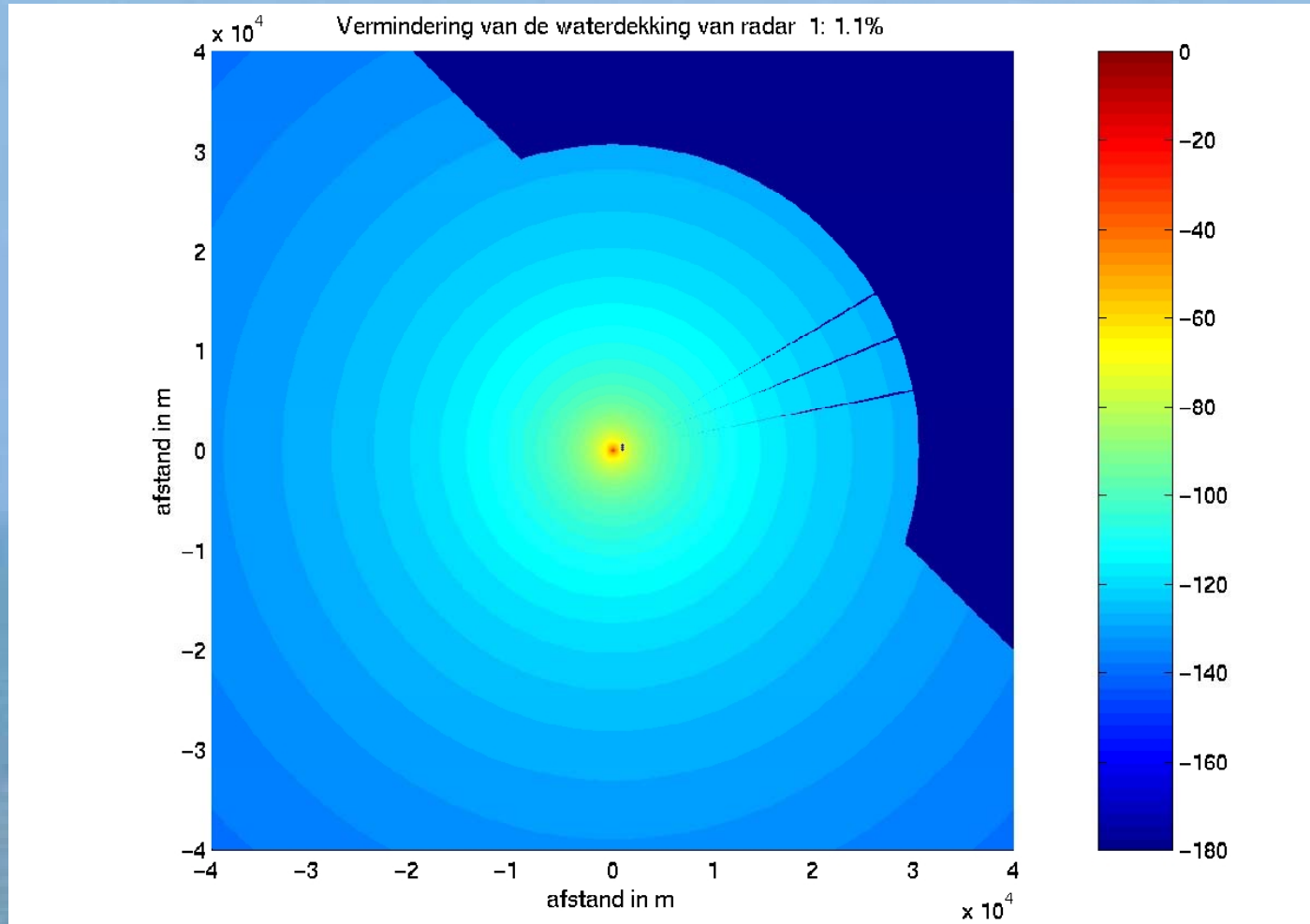
# Radar-effecten

- Benadering voor grote parken: enkel diffractie van toren



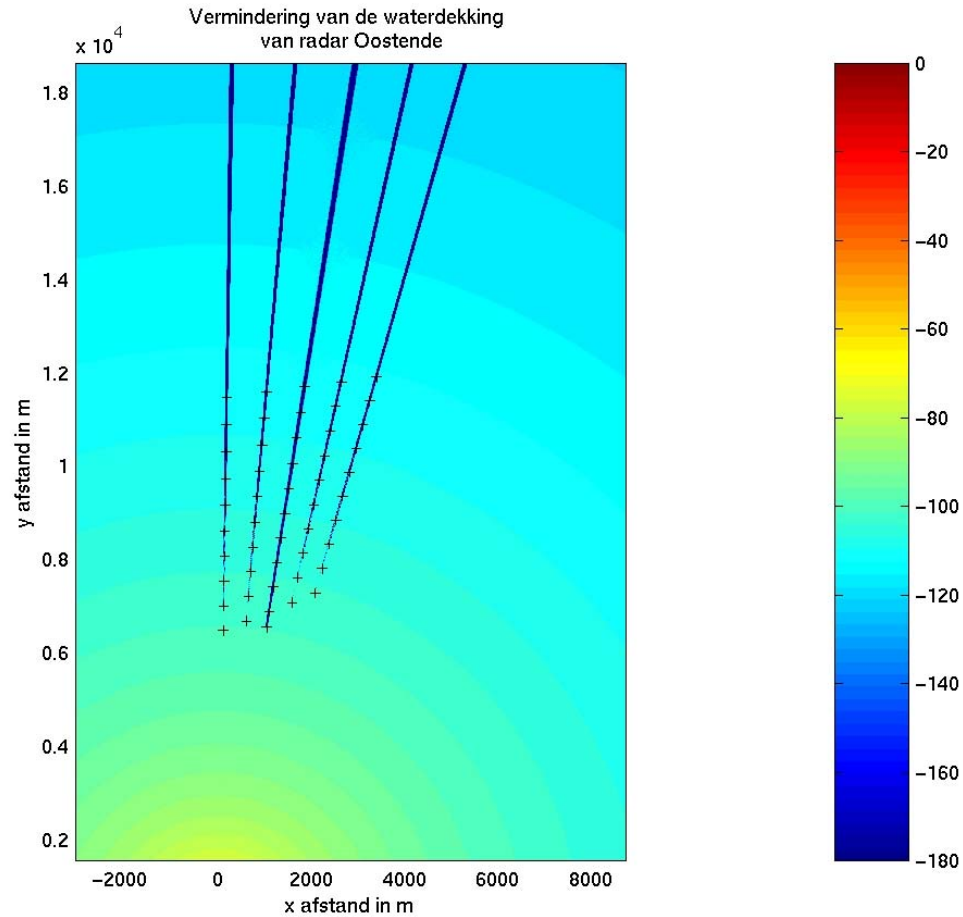
# Radar-effecten

- Simulatie van een fictief park



# Radar-effecten

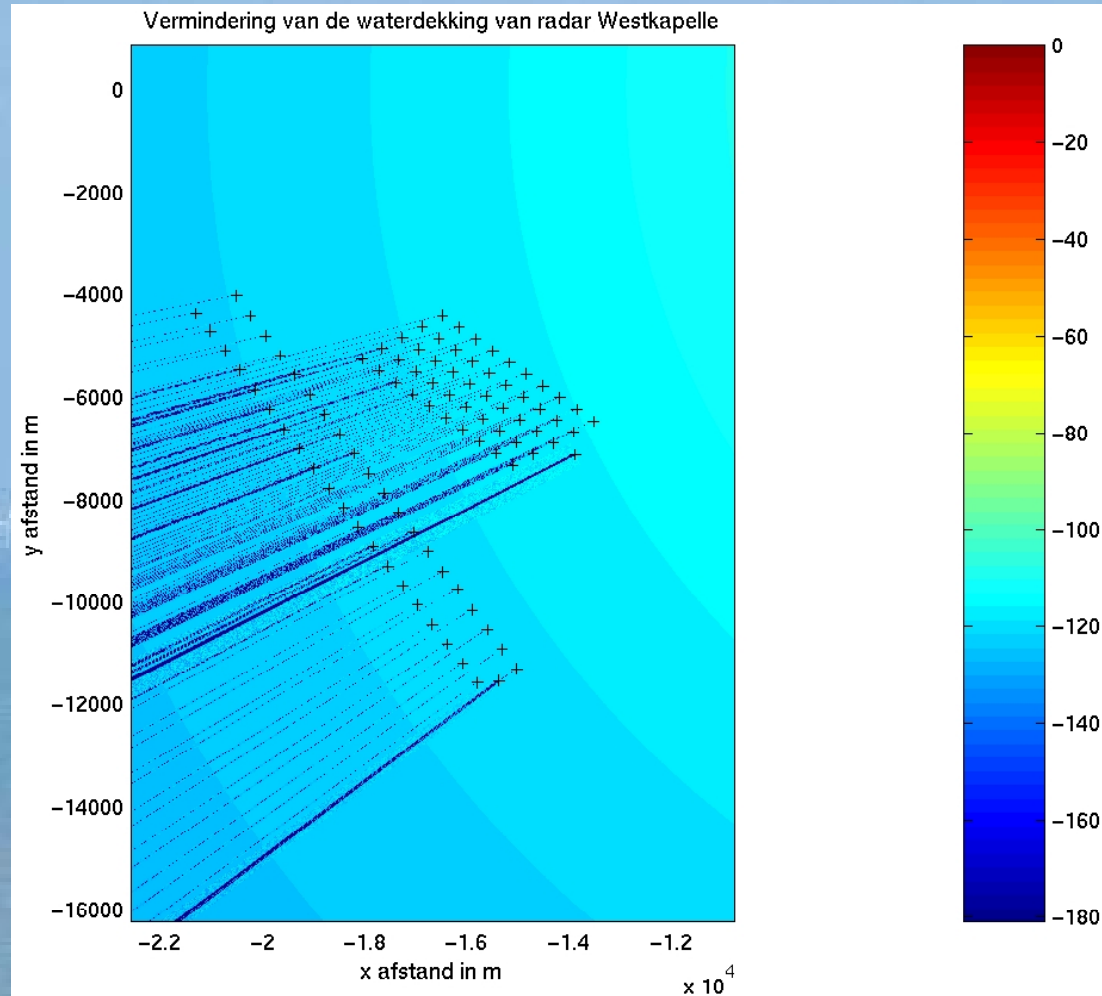
- Voorbeeld voor C-Power:





# Radar-effecten

- Voorbeeld voor Totalfina Eolia en Seanergy:



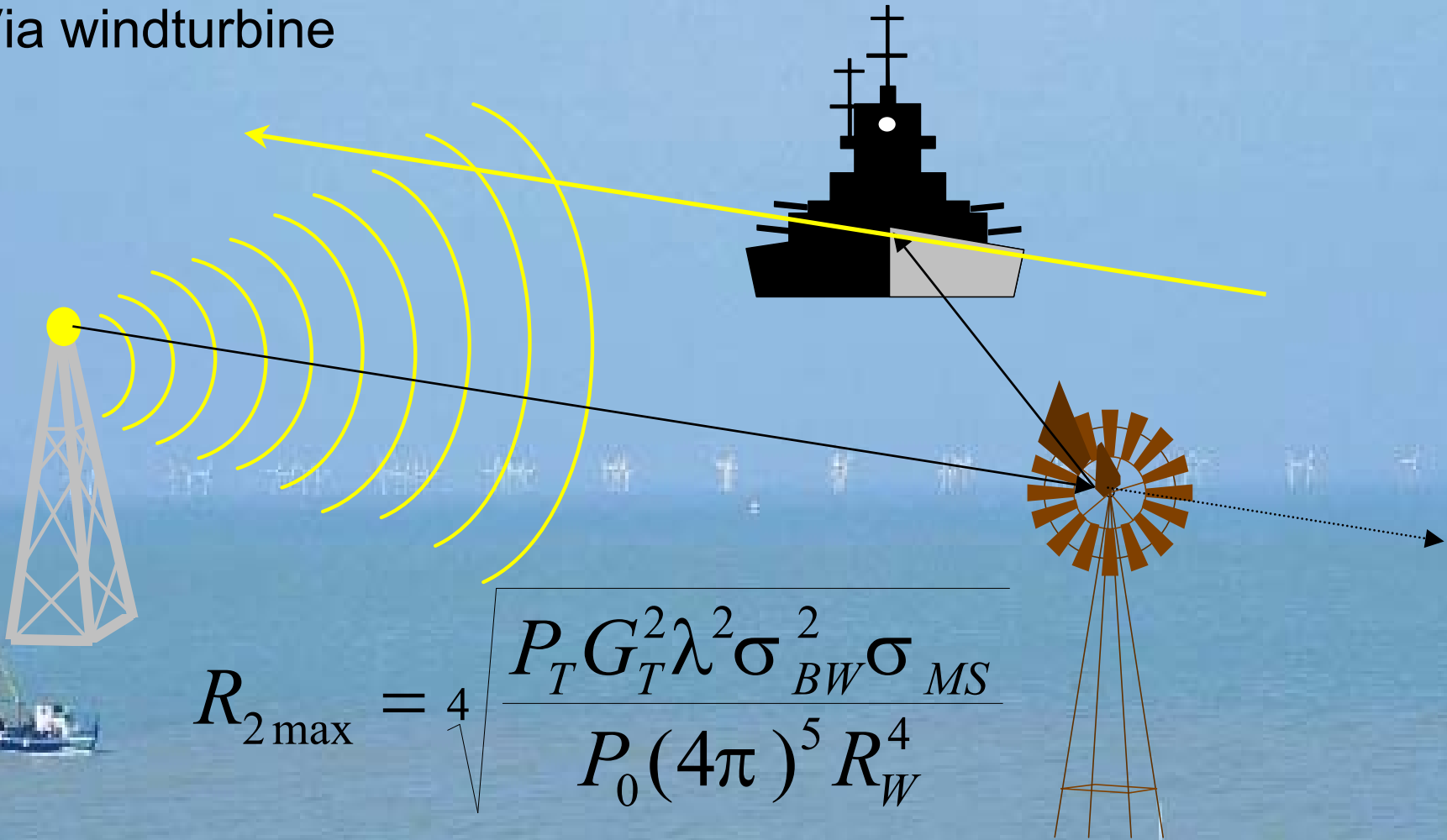
# Overzicht

- Inleiding
- *Radar-effecten*
  - Schaduwing
  - *Valse echo's*
- VHF communicatie
- RDF-effecten
- DGPS-effecten
- AIS-effecten
- Besluiten



# Type 1 valse echo's

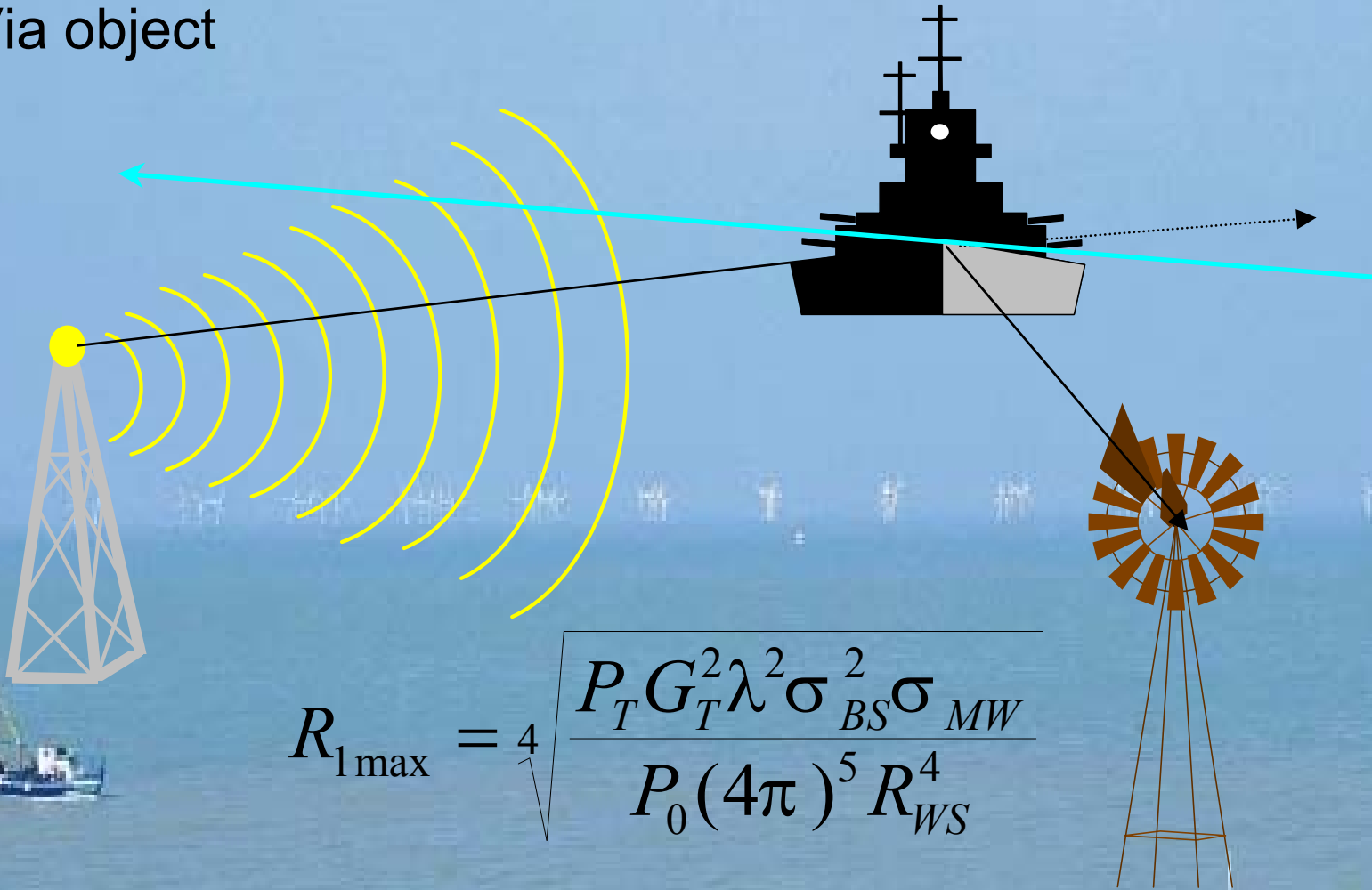
- Via windturbine



$$R_{2\max} = 4 \sqrt{\frac{P_T G_T^2 \lambda^2 \sigma_{BW}^2 \sigma_{MS}}{P_0 (4\pi)^5 R_W^4}}$$

# Type 2 valse echo's

- Via object

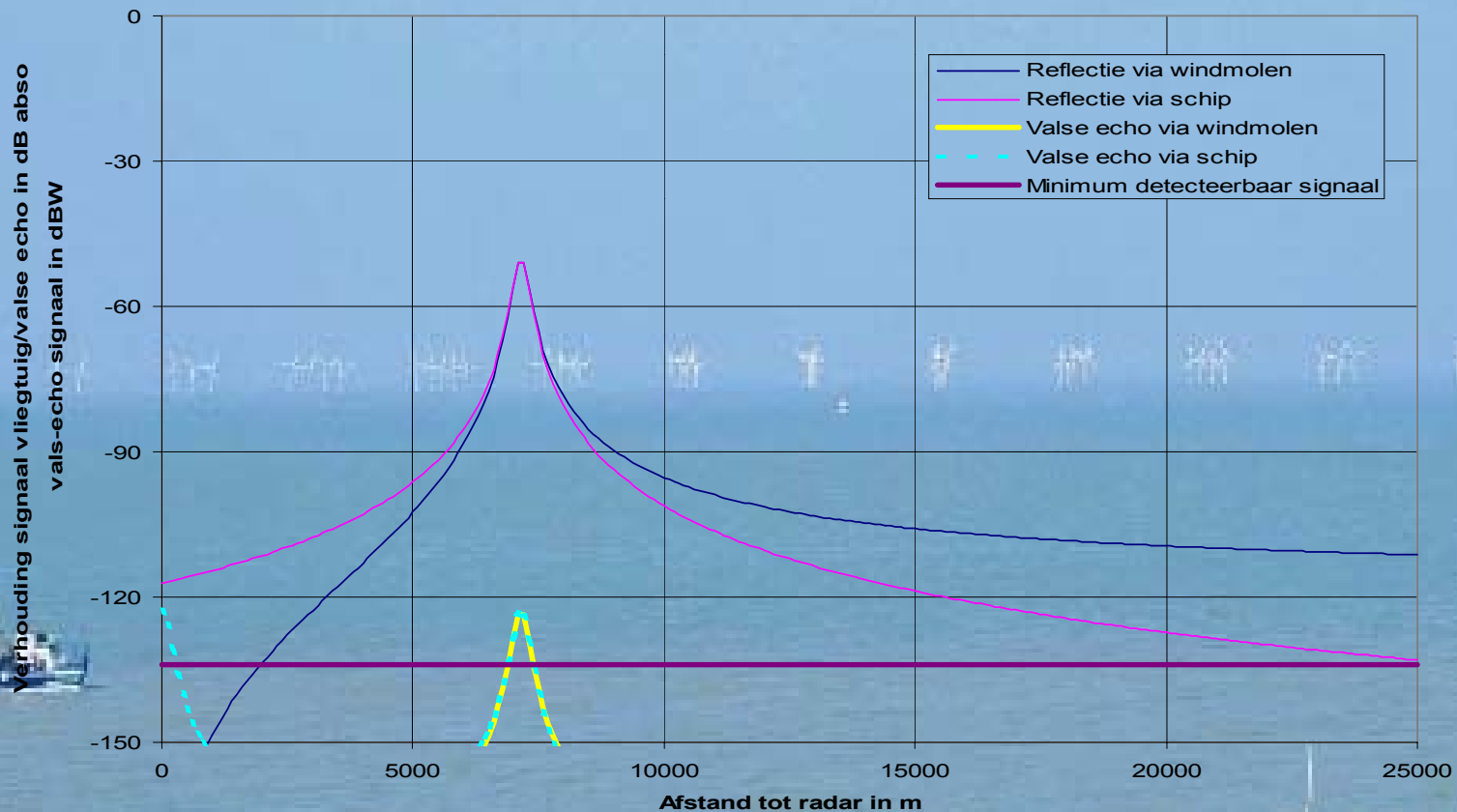


$$R_{1\max} = 4 \sqrt{\frac{P_T G_T^2 \lambda^2 \sigma_{BS}^2 \sigma_{MW}}{P_0 (4\pi)^5 R_{WS}^4}}$$

# Radar-effecten

- Lineaire beweging // windturbine-radar

Verhouding tussen de radardwarsdoorsneden in dB  
of absolute waarde van het ontvangen signaal in dBW zonder Doppler





# Radar-effecten

- *Veronderstelling*: Lineaire beweging // met de lijn windturbine-radar
- **Type 1**: Echo “achter” turbine beweegt aan ongeveer dezelfde snelheid als het schip, en vertraagt tot wanneer het schip het dichtste punt bij de windturbine op zijn koers bereikt. Na dit punt, beweegt de valse echo terug weg van de windturbine volgens dezelfde lijn radar-wind turbine.
- **Type 2**: Een radar operator merkt dit type echo op als een echo “achter” het schip, maar naderend aan **dubbele snelheid (!!)**, tot wanneer het schip de windturbine voorbij is. Vanaf dan blijft de echo nagenoeg onveranderd staan.

# Radar-effecten

- Valse echo type 2:



# Valse echo van “Antigoon”

- Radarbeeld van “Antigoon” opgenomen te Zeebrugge op 28/01/2002



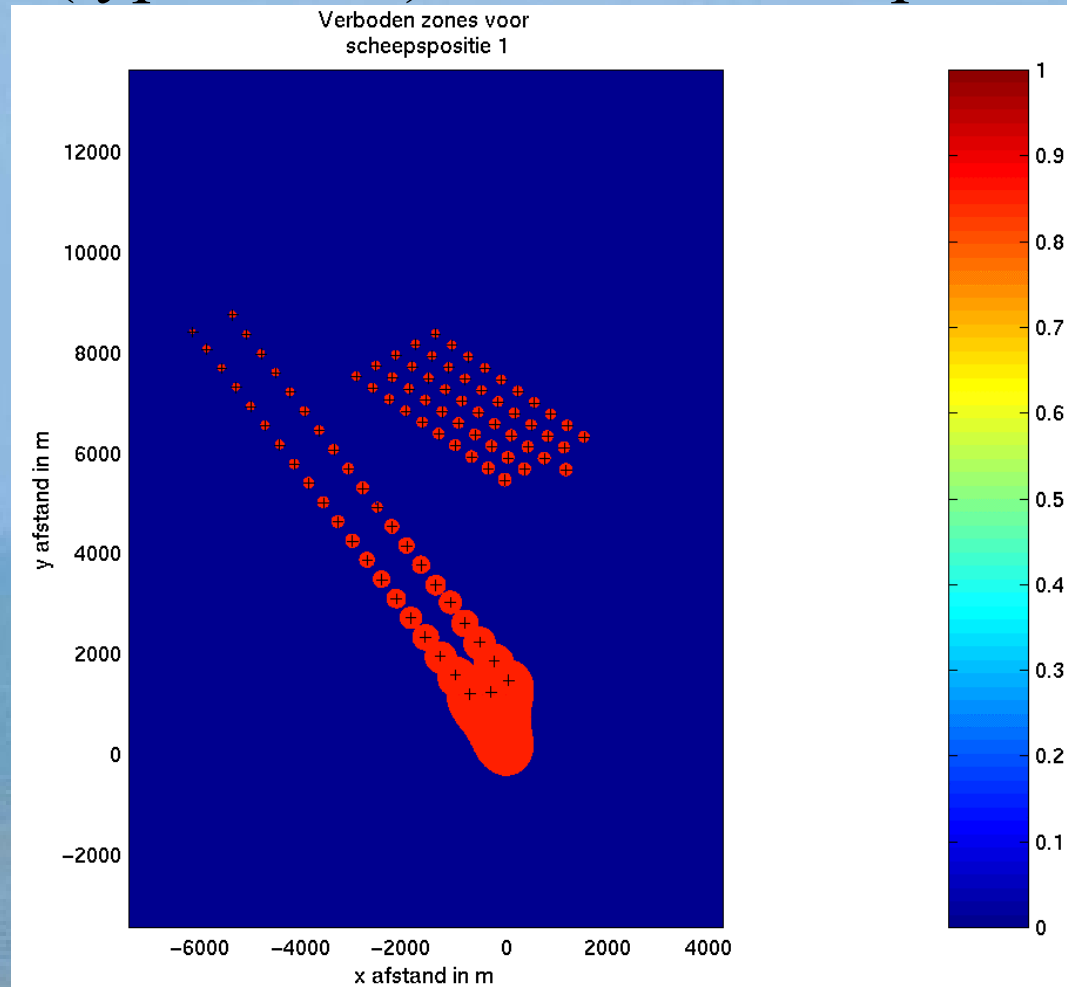
# Valse echo van “Antigoon”

- Schip “Antigoon”



# Radar-effecten

- Globaal beeld (types 1 + 2) voor een scheepsradar (positie 1):





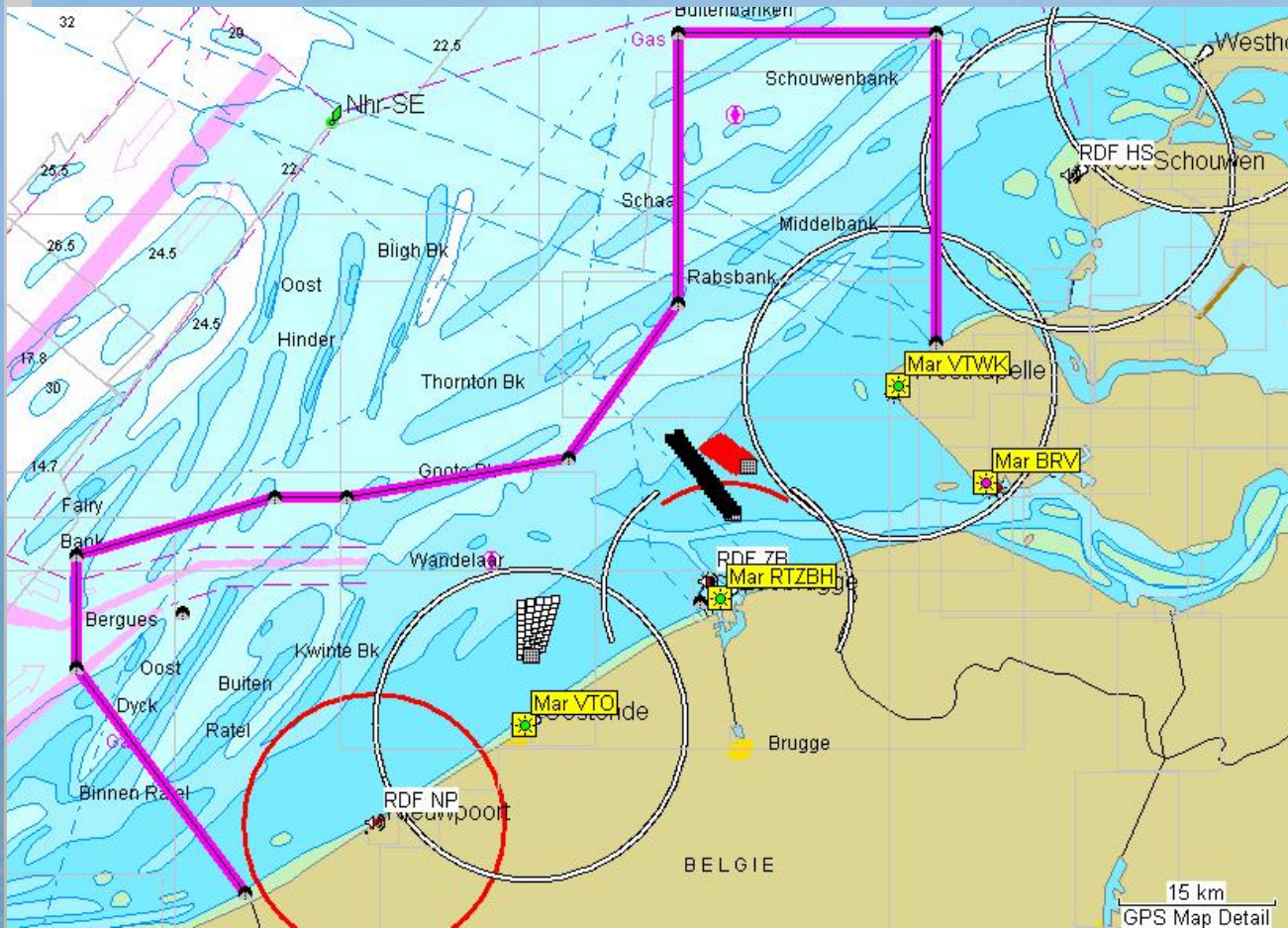
# Overzicht

- Inleiding
- Radar-effecten
  - Schaduwing
  - Valse echo's
- *VHF communicatie*
- RDF-effecten
- DGPS-effecten
- AIS-effecten
- Besluiten



# VHF communicatie

## Overzicht van de beschouwde communicatie- en RDF-installaties



### VHF-communicatie (geel):

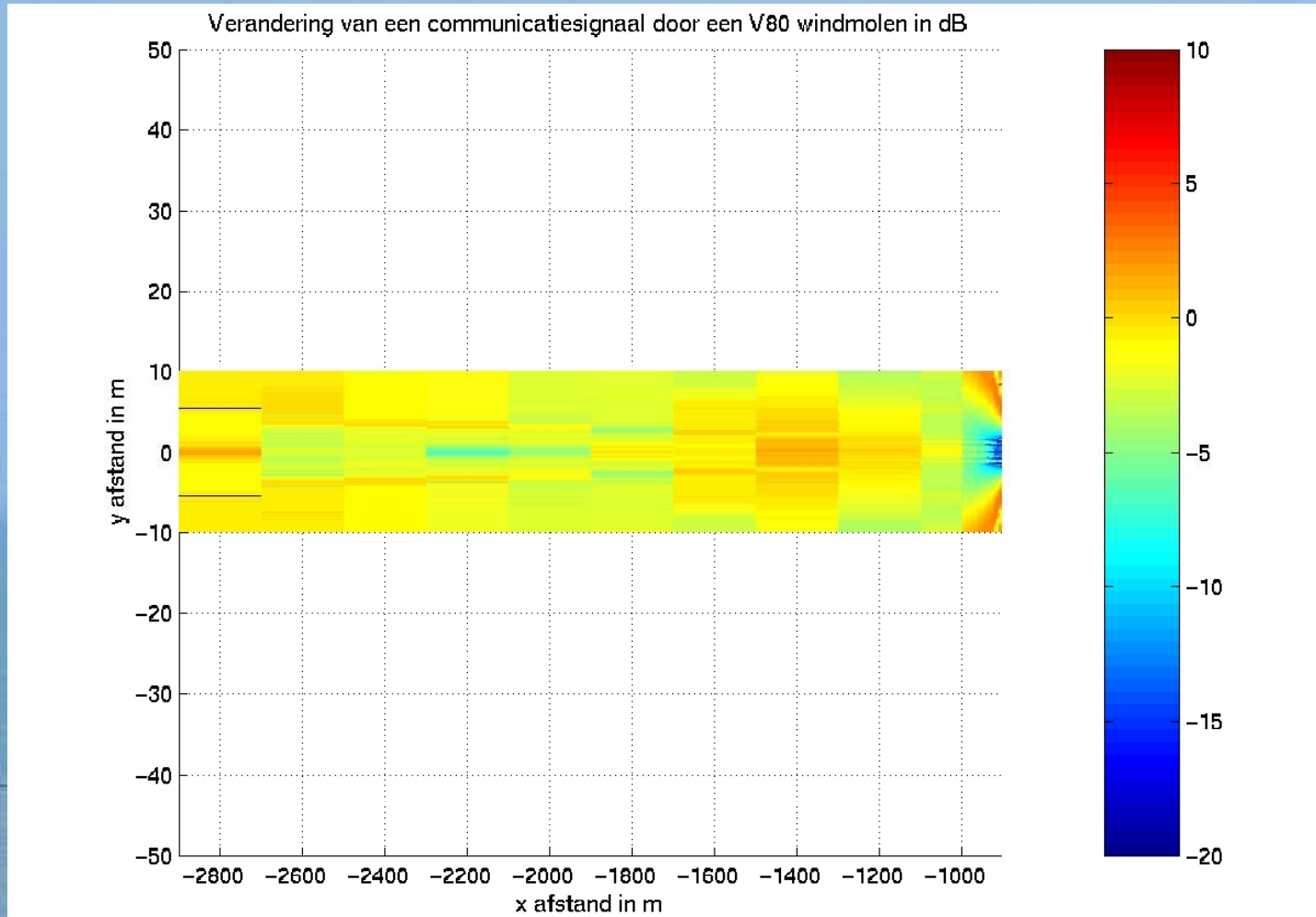
- Oostende (tx + rx)
- Zeebrugge (tx + rx)
- Vlissingen (tx + rx)
- Vlissingen Bachtenreede (tx = rx)
- Westkapelle (tx + rx)

### RDF (wit):

- Nieuwpoort
- Zeebrugge
- Haamstede

# VHF communicatie-effecten: kleiner dan radar

- Hoogste frequentie: 162,55 MHz



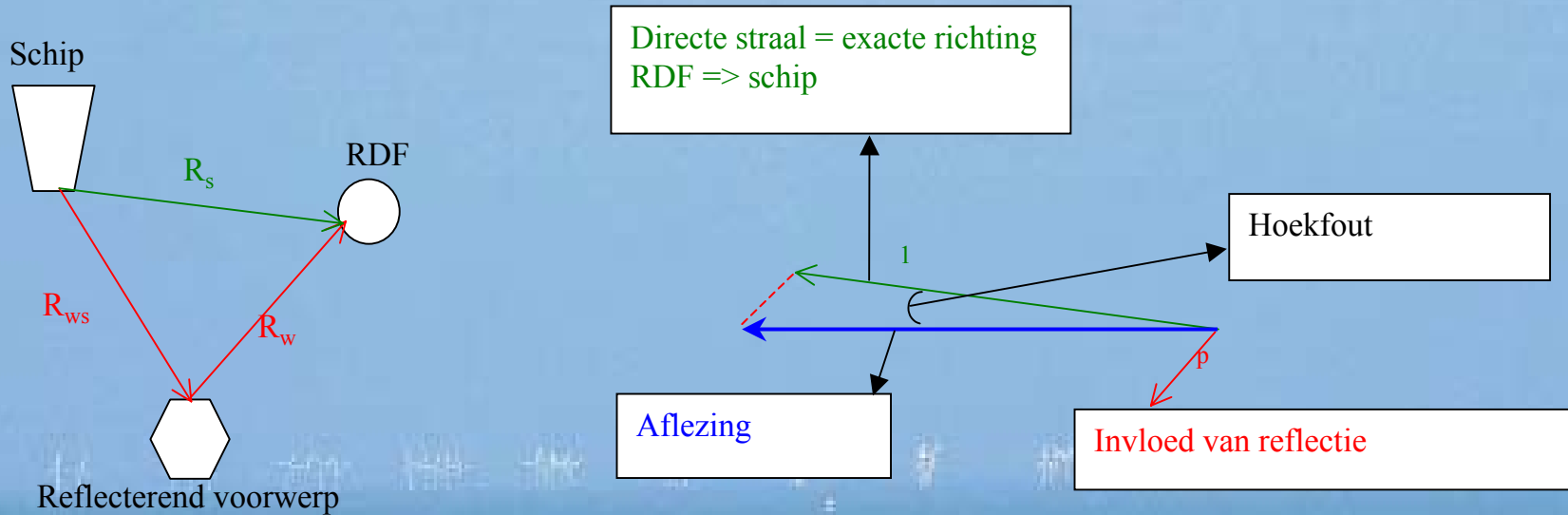
# Overzicht

- Inleiding
- Radar-effecten
  - Schaduwing
  - Valse echo's
- VHF communicatie
- *RDF-effecten*
- DGPS-effecten
- AIS-effecten
- Besluiten





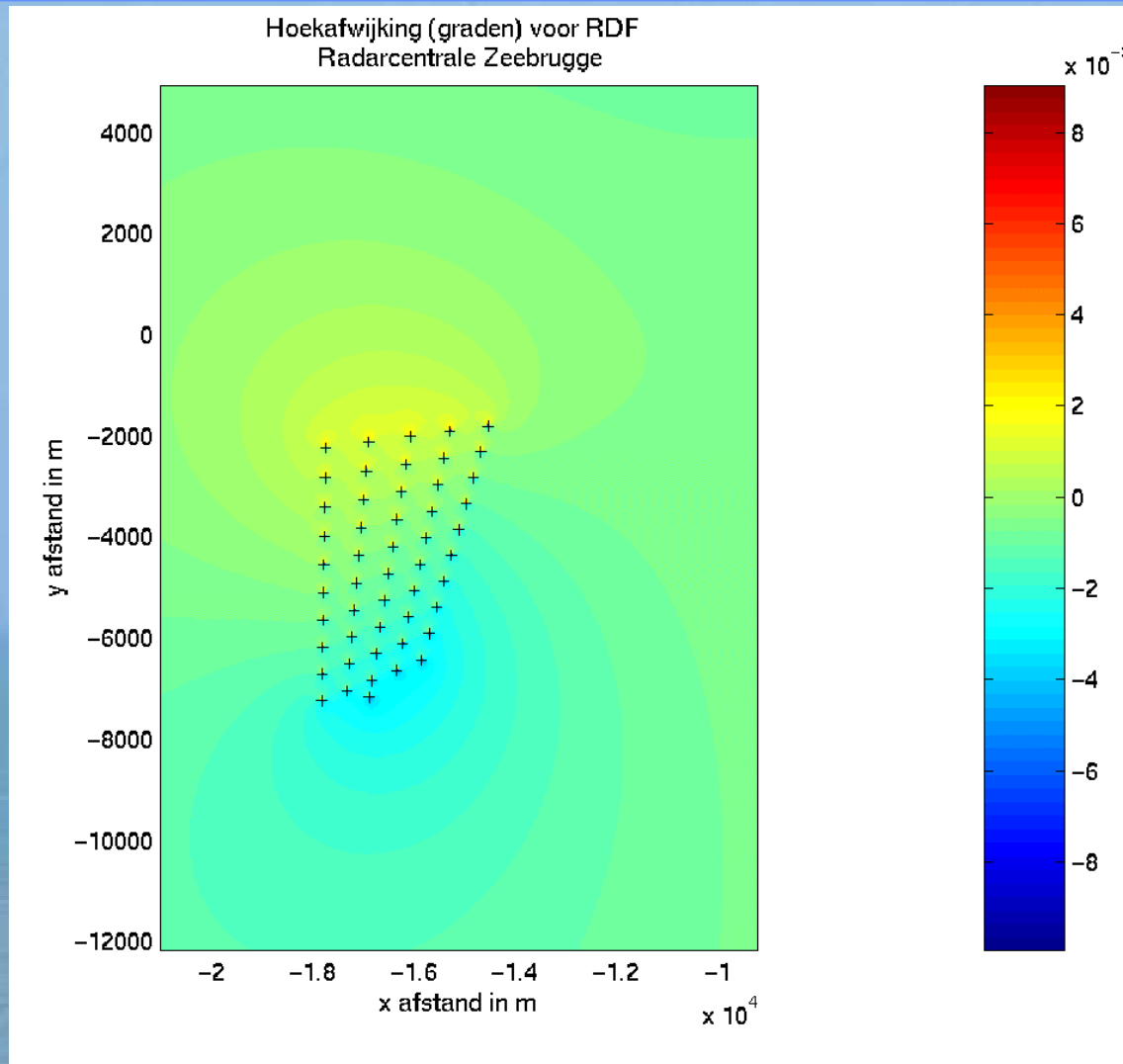
# RDF-effecten: principe



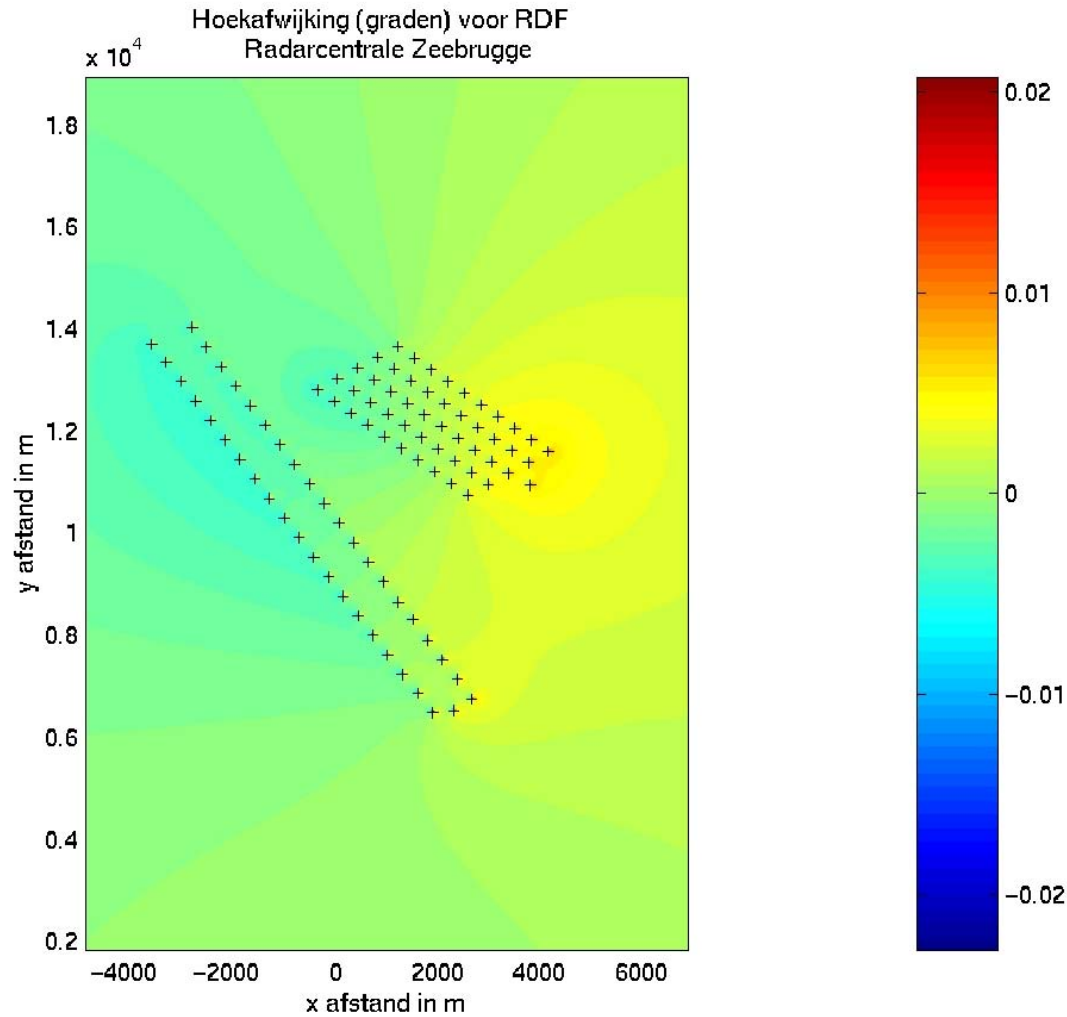
$$p = \frac{\sigma_{BW} R_S^2}{4\pi R_W^2 R_{WS}^2}$$



# RDF: Voorbeeld voor C-Power



# RDF: Voorbeeld voor Totalfina Eolia en Seanergy



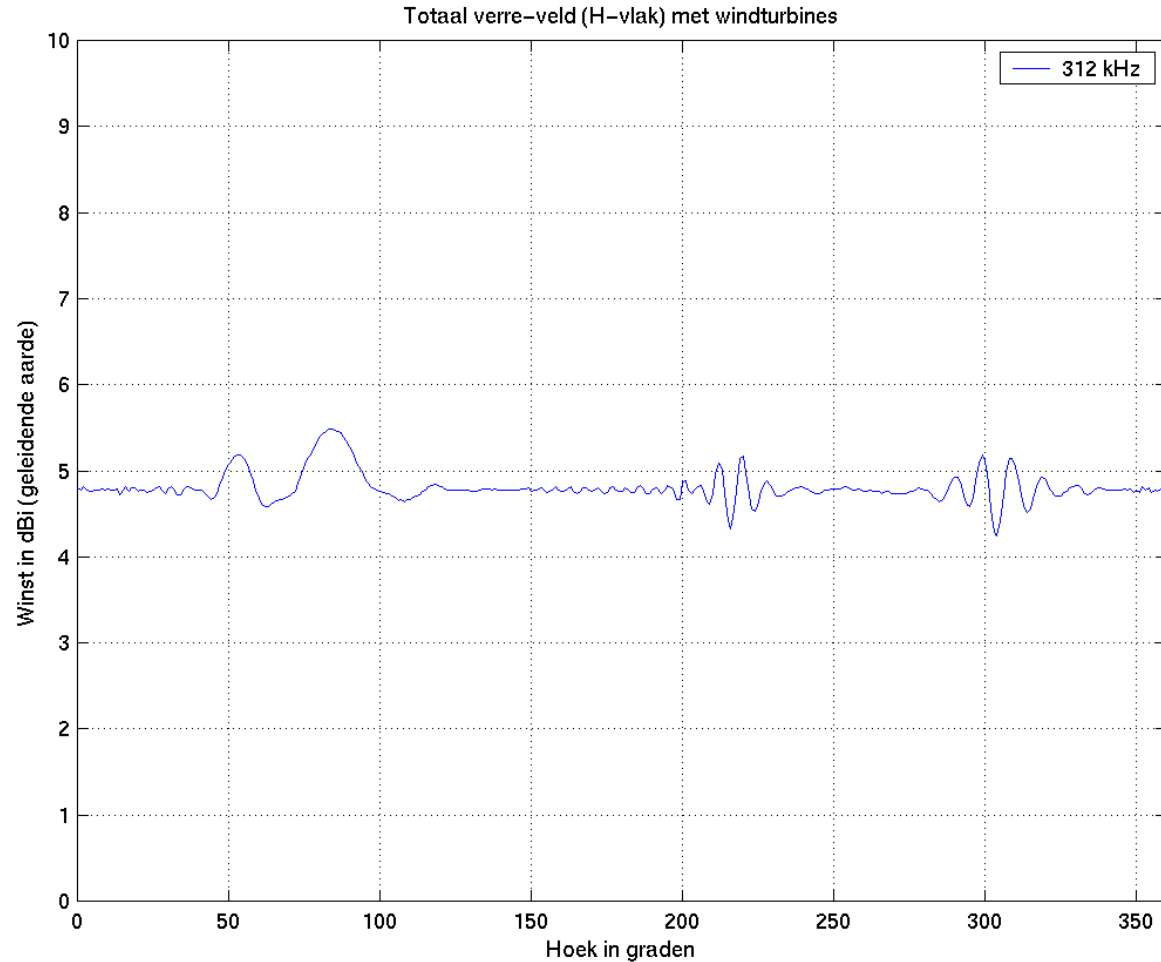
# Overzicht

- Inleiding
- Radar-effecten
  - Schaduwing
  - Valse echo's
- VHF communicatie
- RDF-effecten
- *DGPS-effecten*
- AIS-effecten
- Besluiten

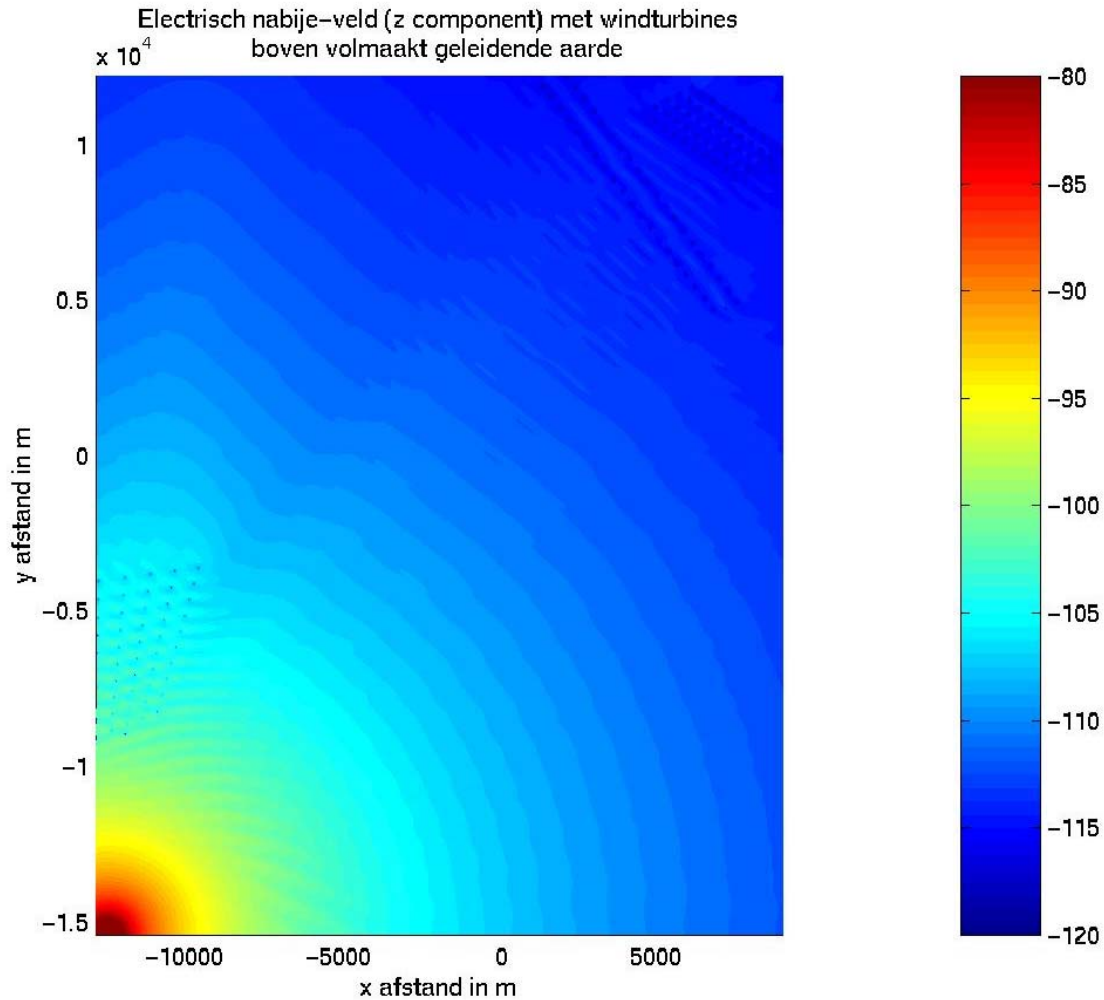


# DGPS (volmaakt geleidende aarde benadering)

- Verre veld

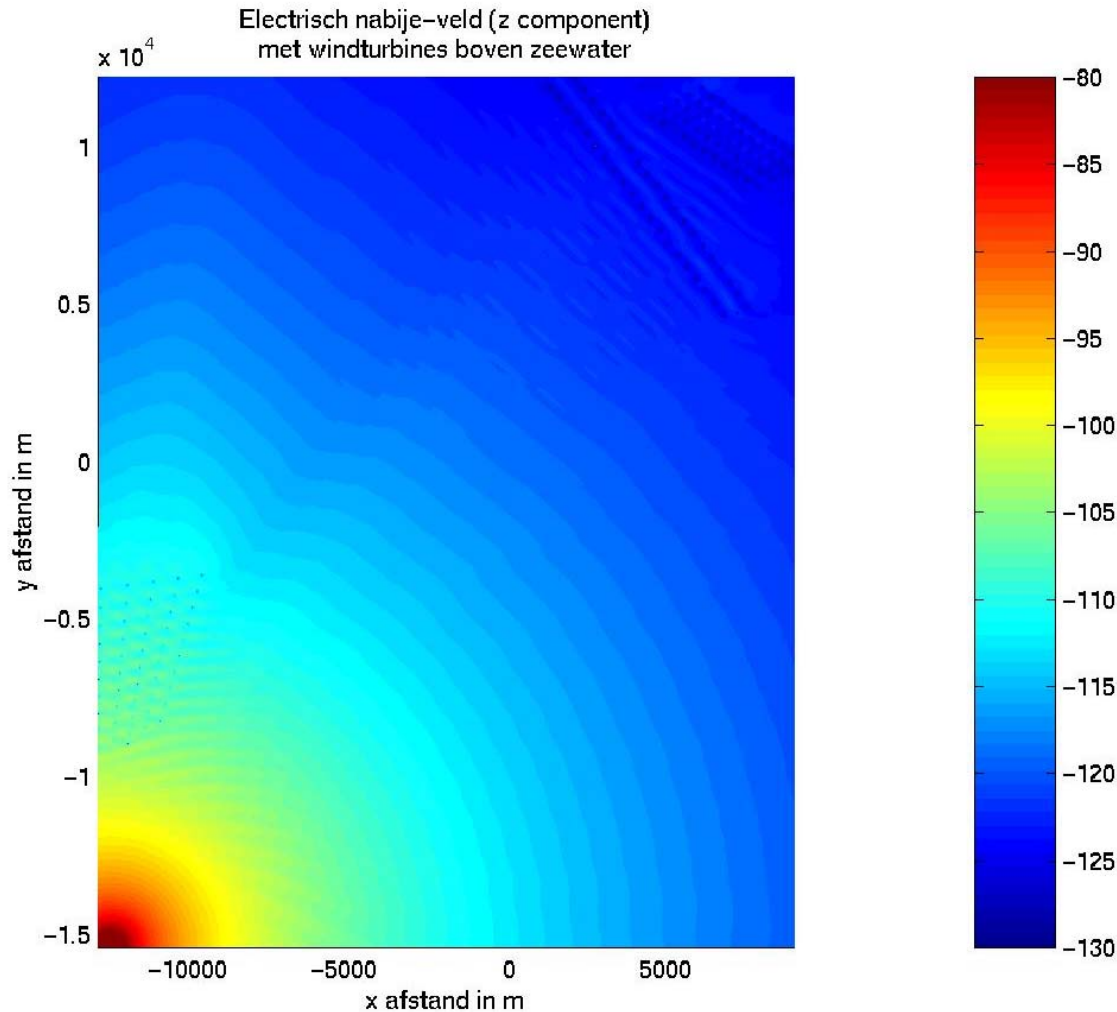


# DGPS (volmaakt geleidende aarde benadering)





# DGPS (zeewater ( $\epsilon_r=70$ ; $\sigma=5$ ) benadering)



# DGPS beschrijving en besluiten

- DGPS zender te Oostende op 312 kHz (frequenties gecoördineerd door IALA)
- Berekeningen (nabije-veld !!!) met NEC-2.
- Versterkt in de richting van de zee!!! (de parken vormen een passief “endfire” rooster met een maximum naar de zee en interferenties te wijten aan reflecties tegen het park naar het land toe)
- Afwijkingen beperkt tot 1 dB piek tot piek of 0,75 dB van de waarde zonder de windturbines

# Overzicht

- Inleiding
- Radar-effecten
  - Schaduwing
  - Valse echo's
- VHF communicatie
- RDF-effecten
- DGPS-effecten
- *AIS-effecten*
- Besluiten

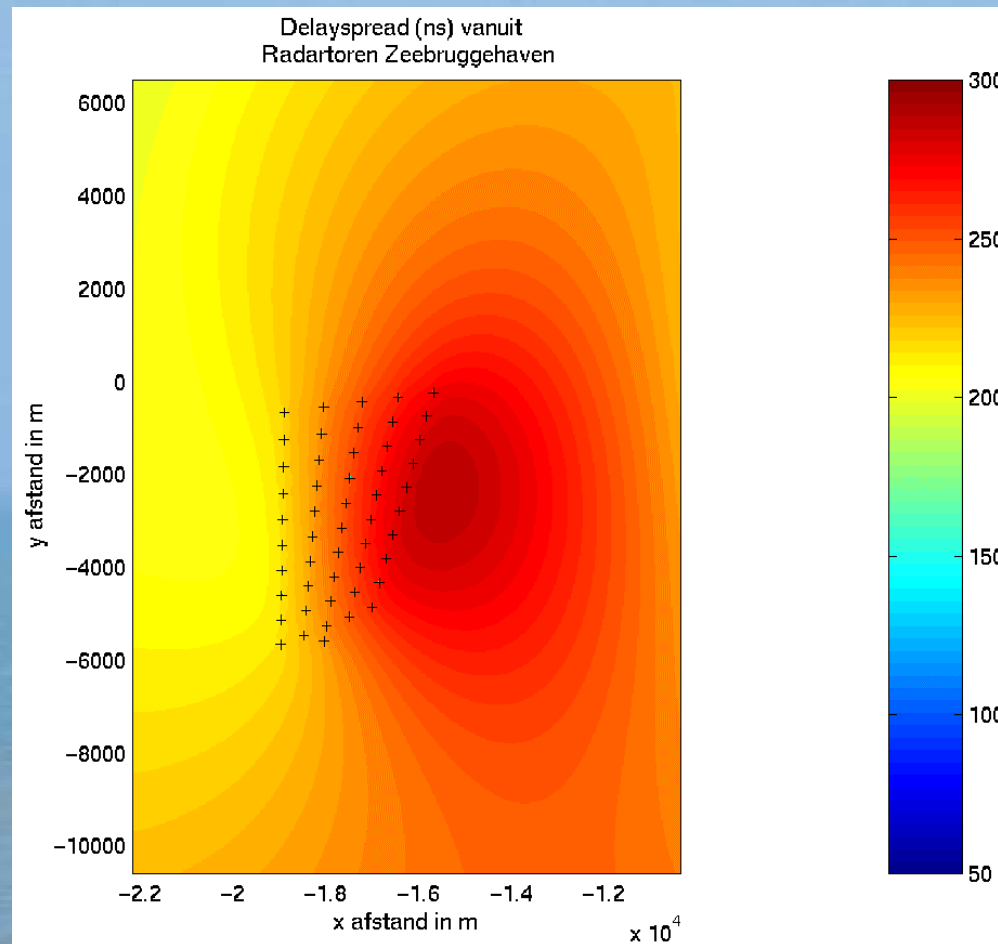


# AIS systeem

- “Automatic Identification System”
- Wordt een verbeterde “transponder” voor maritieme toepassingen
- Elk schip zendt zijn GPS positie via VHF kana(a)l(en): 161,975 & 162,025 MHz in TDMA mode (update rate hangt af van de snelheid van het schip; kan ook opgevraagd worden (C(ollision)A(voidance)S(ystem)))
- Modulatie: gebaseerd op aanbeveling ITU-R M.1371-1, (1998-2001) & “IALA Guidelines on Universal Shipborne Automatic Identification System”, AIS 9, Kiel, 6 april 2001

# AIS: Delay Spreads (C-Power)

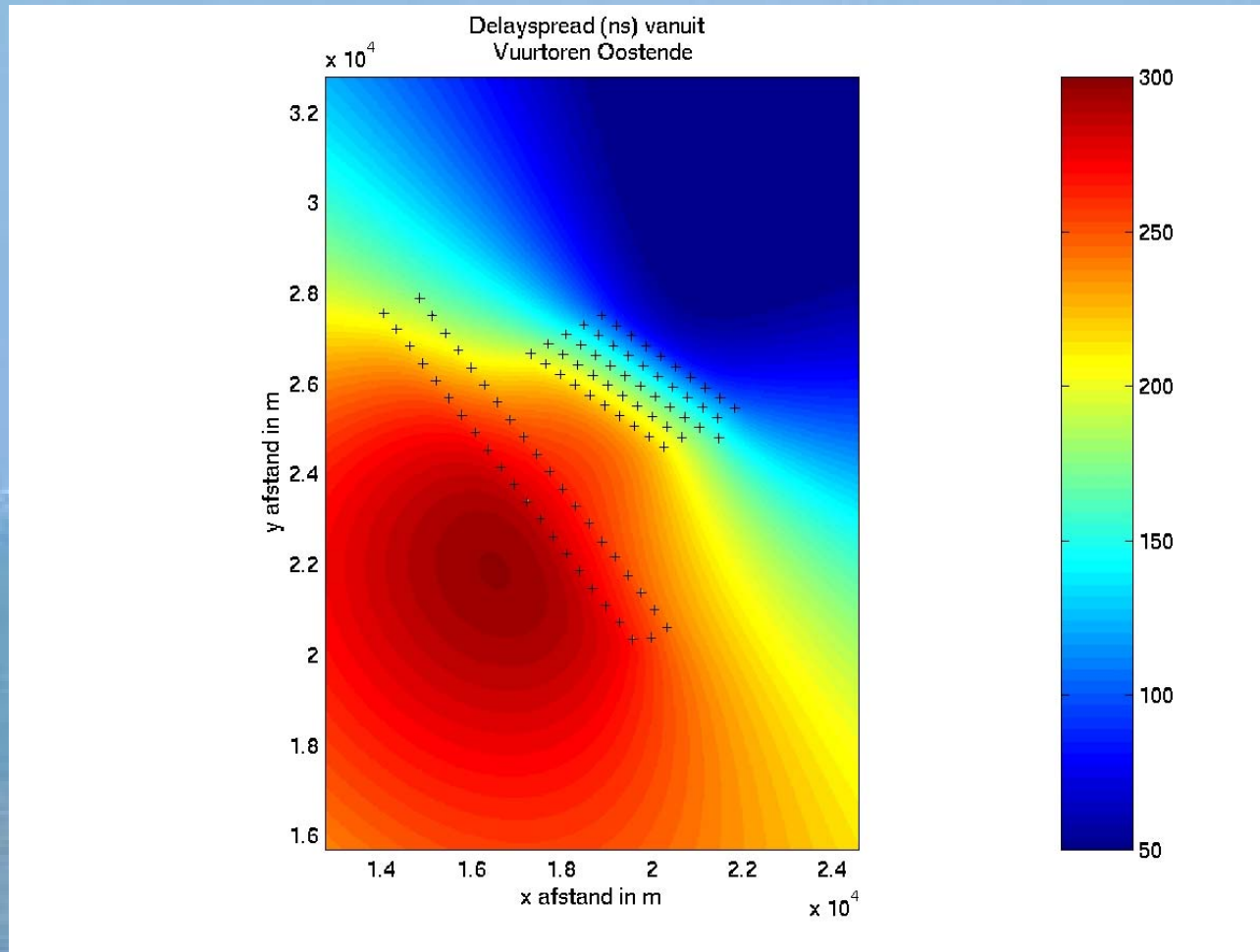
- AIS: Delay spread  $< 400$  nsec (2,5 Mbps)





# AIS: Delay Spreads (Totalfina Eolia en Seanergy)

- AIS: Delay spread  $< 400$  nsec (2,5 Mbps)



# Overzicht

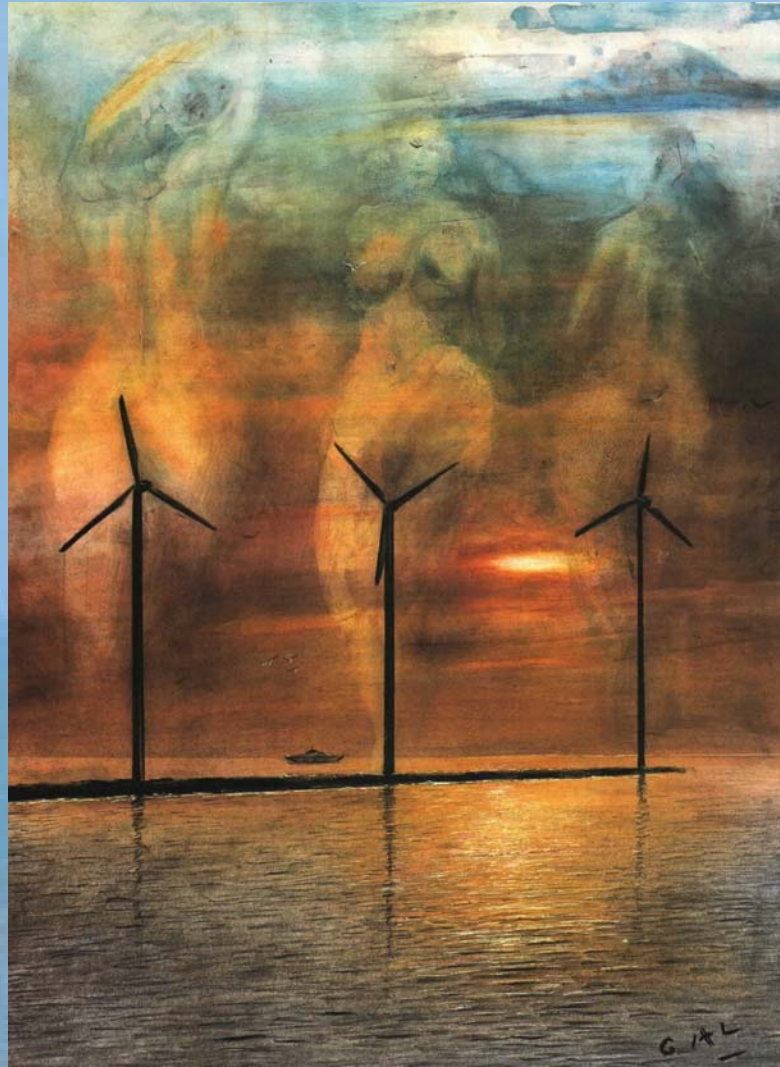
- Inleiding
- Radar-effecten
  - Schaduwing
  - Valse echo's
- VHF communicatie
- RDF-effecten
- DGPS-effecten
- AIS-effecten
- *Besluiten*



# Besluiten

- De invloed van de turbines is vrij gering op de schaduw en de valse echo's na
- Maritieme communicaties zullen geen hinder ondervinden van de turbineparken
- Het DGPS systeem wordt door een gelukkig toeval zelfs verbeterd, hoewel niet op een significante wijze, vermits de parken een passieve “versterking” van het signaal verwezenlijken (in de richting van de parken)
- Het AIS systeem zal veel hogere datarates toelaten dan vooropgesteld in de “normen”

# Poëtische ontboezemingen over windturbines



# Dankwoord

- BET-SRK= Beheer- en ExploitatieTeam van de ScheldeRadarKeten (ir. Johan Raes & ir. Victor Cox)
- Belgocontrol (ir. Jan Cottyn, ir. Manu Deklerck, ir. Alain Bruggeman, ir. Luc Lauvrijs)
- B(elgisch)I(nstituut) voor P(ost) en T(elecommunicatie) (ir. Freddy Baert) & R(adiocommunication)A(gency) (dr. David Eden)
- Sponsors (Totalfina-ELF (Fina Eolia), Shell, Electrabel-Tractebel, SPE, WVEM, ...)



# Vragen ??

