






 **Royal Boskalis Westminster nv**

  
**Royal Boskalis Westminster nv**  
**RISICO BEHEERSING**  
**DOOR MONITORING**  
**Chris Dykstra**


 Royal Boskalis Westminster nv 1



 **Royal Boskalis Westminster nv**

 **Risico's**

- Zetting groter dan verwacht (meer zand)
- Zettingen kleiner dan verwacht
- Zettingen verlopen te langzaam (bouwtijd overschrijden)
- Restzettingen te groot

 Royal Boskalis Westminster nv 2



## Voorbeeld

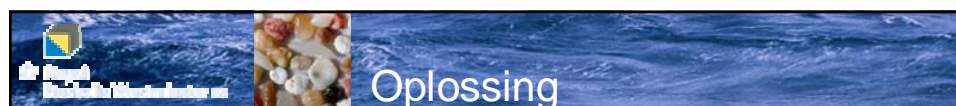
### Uitvoering Betuweroute

#### Voorspellen

- 1) Afwerkhoogte aardebaan (10 cm zand > Euro 100.000)
- 2) Wanneer mag afgraven overhoogte
- 3) Afwerkhoogte bovenkant zandbed (relatie met hoeveelheid/kosten ballast)
- 4) Voorspellen restzetting (toetsen aan eis)




Royal Boskalis Westminster nv 3




## Oplossing

- Isotache Model gebouwd
- Gefit met Zakbaakmetingen

→ Risico's beheerst door toepassen "Observational Method"




Royal Boskalis Westminster nv 4



**INHOUD**

- Isotachen Model
- Monitoren tijdens uitvoering
- Ontwerp en Uitvoering
- Praktijk Voorbeelden



Royal Boskalis Westminster nv 5

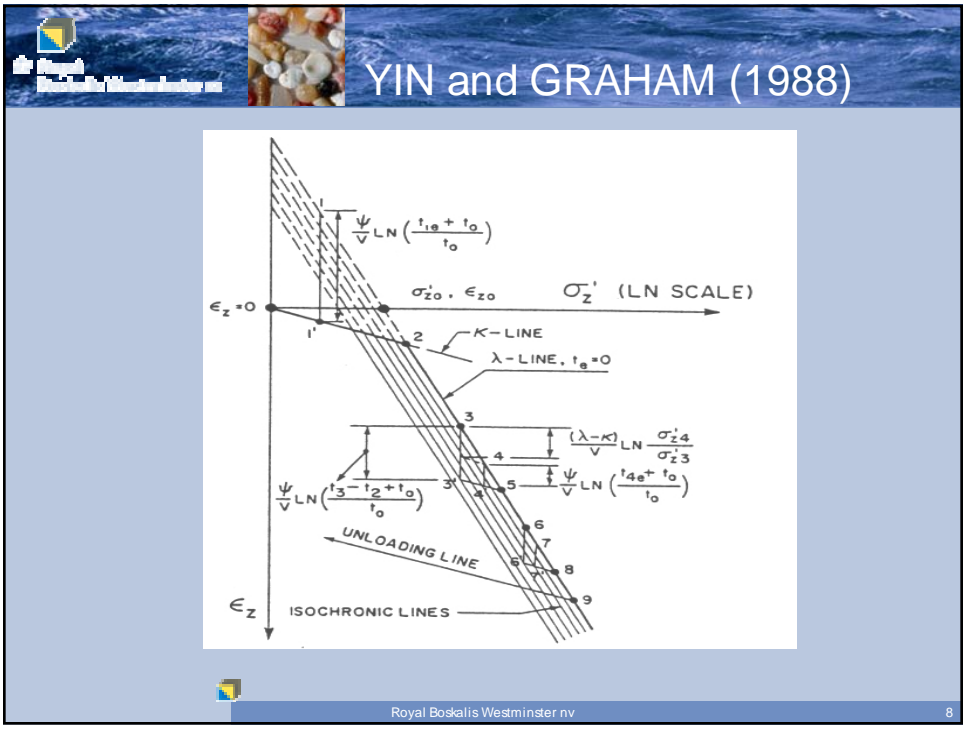
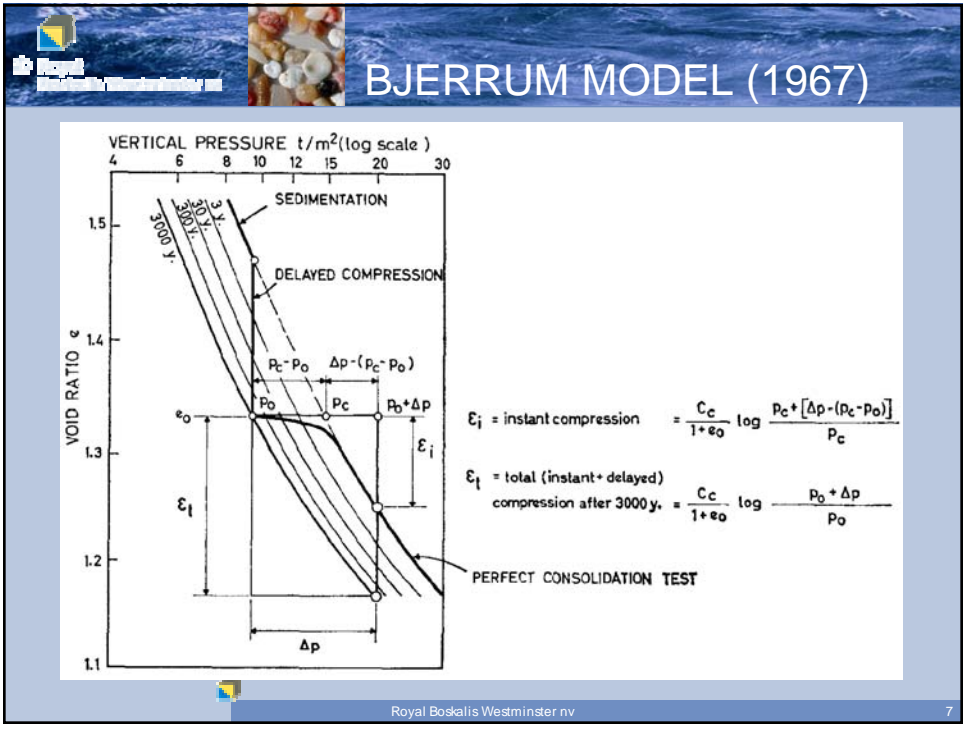


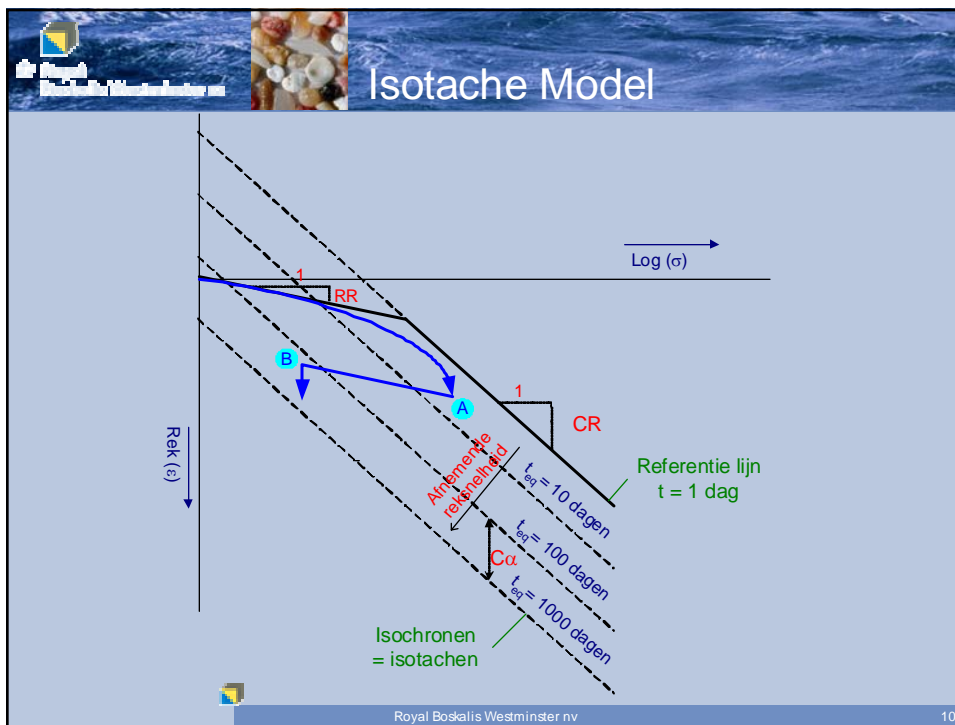
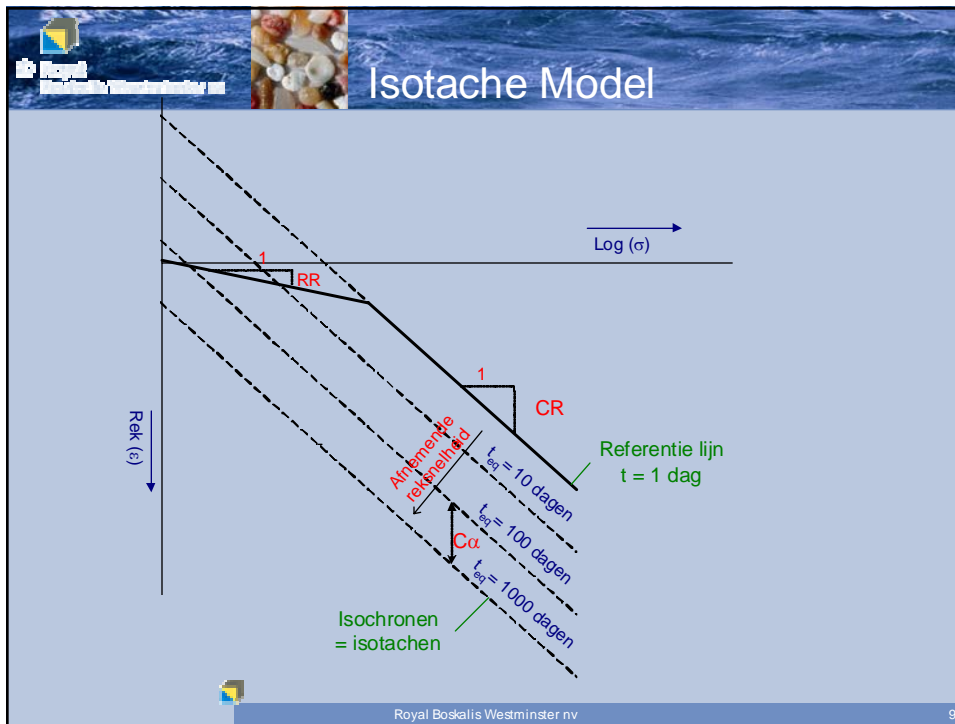
**Isotachen**


- Achtergrond Isotachen Model



Royal Boskalis Westminster nv 6








## Isotache Parameters

- RR, CR, Ca  
(a, b, c)
- CR = compressie ratio
- RR = re-compressie ratio
- Ca = kruip coefficient



Royal Boskalis Westminster nv

11



## Relatie met Koppejan

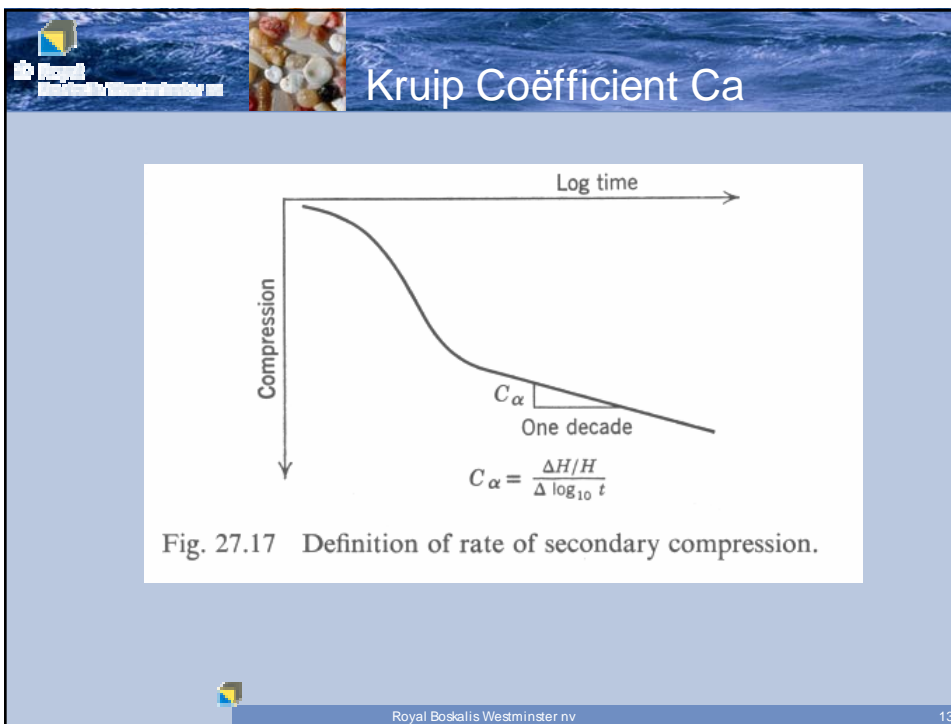
- $RR = \ln(10)/C_p$
- $CR = \ln(10)/C_p'$

Ook :  $CR = C_c/(1+e_0)$



Royal Boskalis Westminster nv


12



### Kruip Coëfficiënt, Ca

	Ca/CR	CR/Ca
Organic silts	0.035-0.06	17-29
Amorphous and fibrous peat	0.035-0.085	12-29
Canadian muskeg	0.09-0.1	10-11
Leda clay (Canada)	0.03-0.06	17-33
Post-glacial Swedish clay	0.05-0.07	14-20
Soft blue clay (Victoria, BC)	0.026	38
Organic clays and silts	0.04-0.06	17-25
Sensitive clay, Portland, Maine	0.025-0.055	18-40
San Francisco Bay mud	0.04-0.06	17-25
New Liskeard (Canada) varved clay	0.03-0.06	17-33
Mexico City clay	0.03-0.035	29-33
Hudson river (USA) silt	0.03-0.06	17-33
New Haven (USA) organic clay silt	0.040-0.075	13-25


bron: Goughnour, 2001 (uit Holtz and Kovacs, 1981)




Royal  
Boskalis Westminster nv

## Monitoren Zetting

- Zetting (zakbaken)
- Water-(over)spanning



Royal Boskalis Westminster nv 15




Royal  
Boskalis Westminster nv

## Monitoring

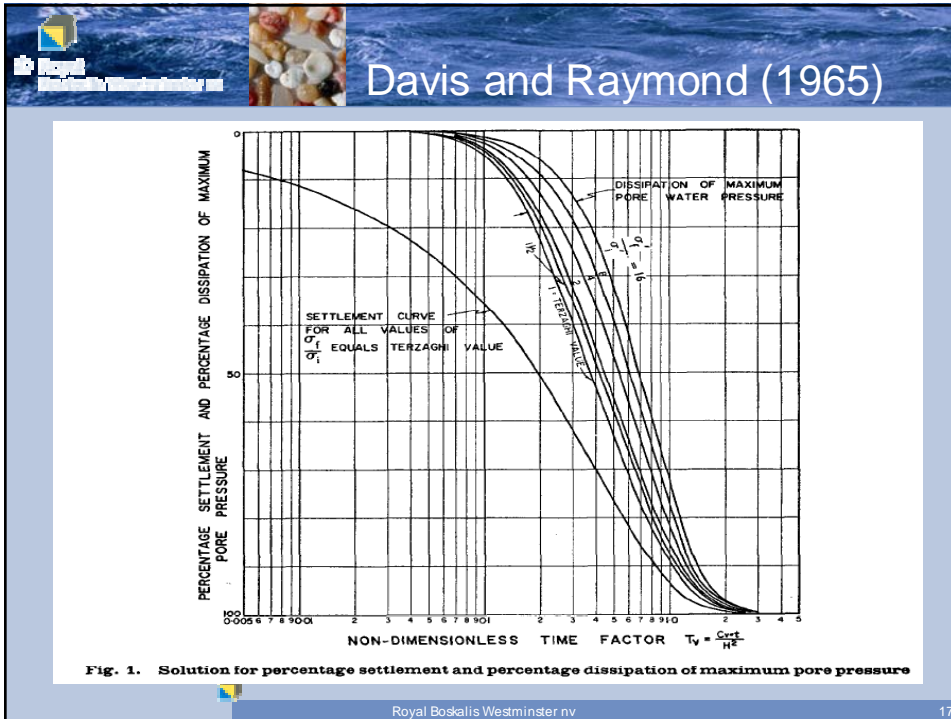
Hoe waterspanning interpreteren?

- Zetting en dissipatie van water overspanning verlopen niet parallel
- Waarom?  $C_v$  wel redelijk constant maar  $k$  en  $m_v$  niet (sterk afhankelijk van spanning)



Royal Boskalis Westminster nv 16







## Referenties

- Janbu (1967), Mikasa (1967), Butterworth ....
- Niet nieuw, wel verwaarloosd

  **Zakbaken**




 Royal Boskalis Westminster nv 19

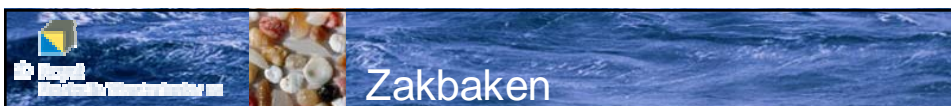
  **Zakbaken**

Aantal bakken

- 3-5 per raai
- 50 m tussen raaien


➔ 60-100 bakken per km

 Royal Boskalis Westminster nv 20



## Zakbaken

- Meetmethode (GPS, waterpassing)
- Arbeidsintensief
- Spanning monitoring ↔ uitvoering



Royal Boskalis Westminster nv 21




## Raakvlakken/Interactie

- Ontwerp ↔ Uitvoering ↔ Monitoring



Royal Boskalis Westminster nv 22




## ONTWERP & UITVOERING

*In Slagen  
Aangebracht*

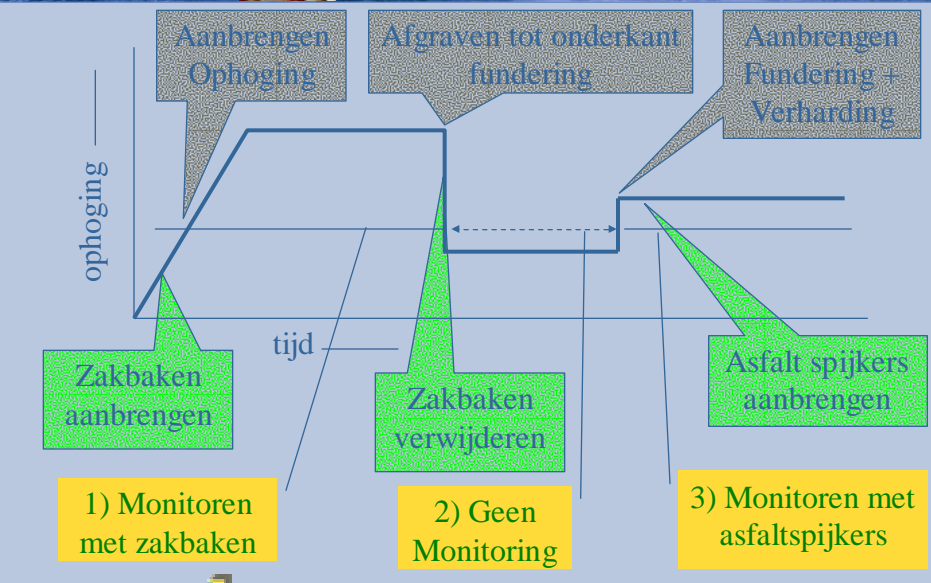
- 1) Belasten: inclusief fundering /verharding (of ballastbed)+ extra overhoogte (bovenop zettings-compensatie)
- 2) Ontlasten: afgraven tot onderkant fundering)
- 3) Belasten: aanbrengen fundering +verharding

**ZAKBAKEN  
GESLOOPT!**

Royal Boskalis Westminster nv 23



## TIJD LIJN



Royal Boskalis Westminster nv 24



Royal Boskalis Westminster nv


## Uitvoering & Monitoring

- Zakbaken: meting onderkant ophoging
- Asfaltspijkers: meting bovenkant verharding

Onbekende: Wat is hier tussen gebeurd?  
Zetting van ondergrond, klink van zand??

Royal Boskalis Westminster nv

25



Royal Boskalis Westminster nv

## Risico's

- Verwaarlozen ophoogtijd (korte bouwtijd)
- Verwaarlozen ontlasten/belasten bij aanleg fundering/verharding
- Gedrag zandbed

Royal Boskalis Westminster nv

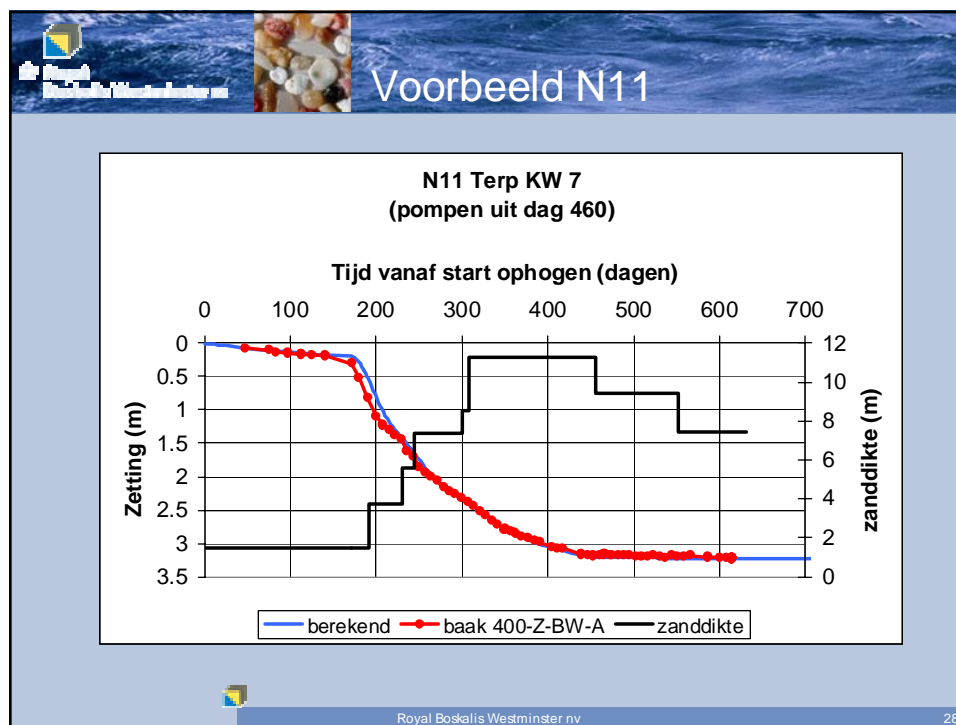
26

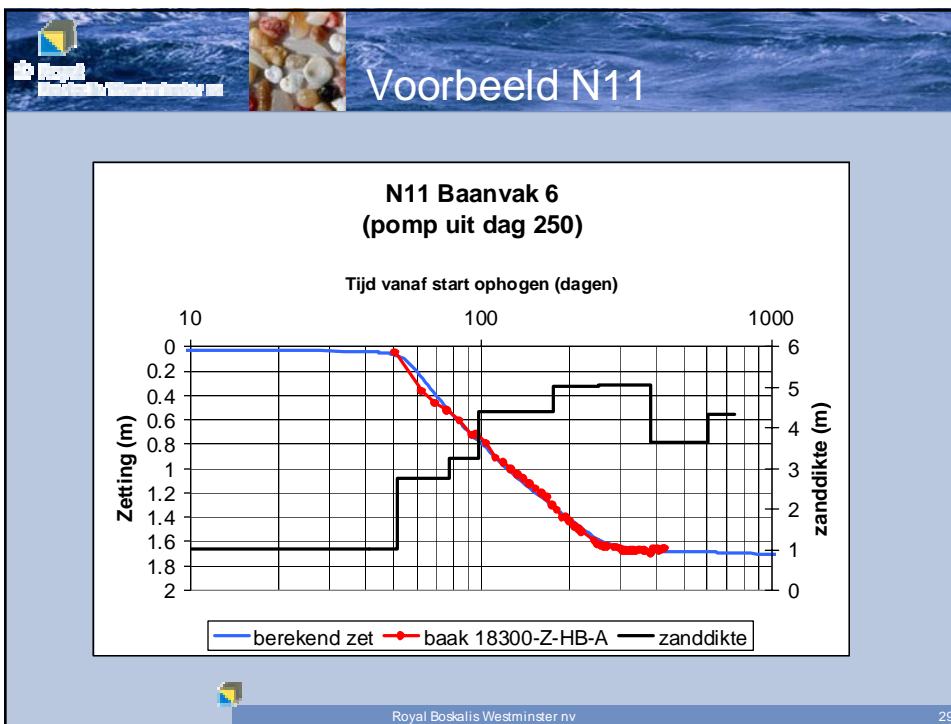
Royal Boskalis Westminster nv

Fitten

- Praktijk Voorbeelden

Royal Boskalis Westminster nv 27



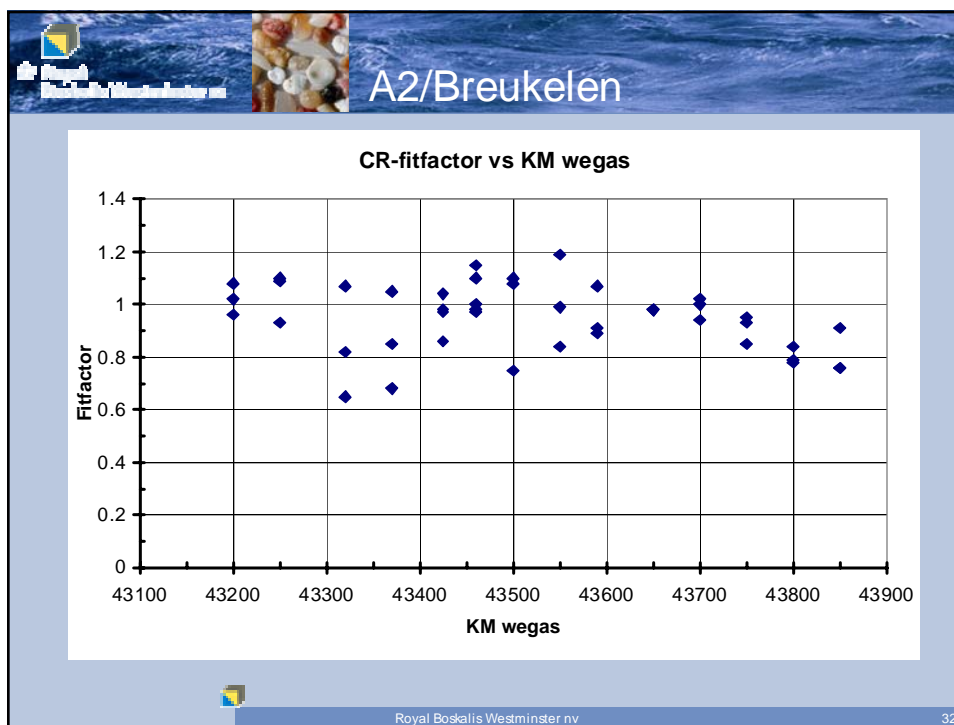
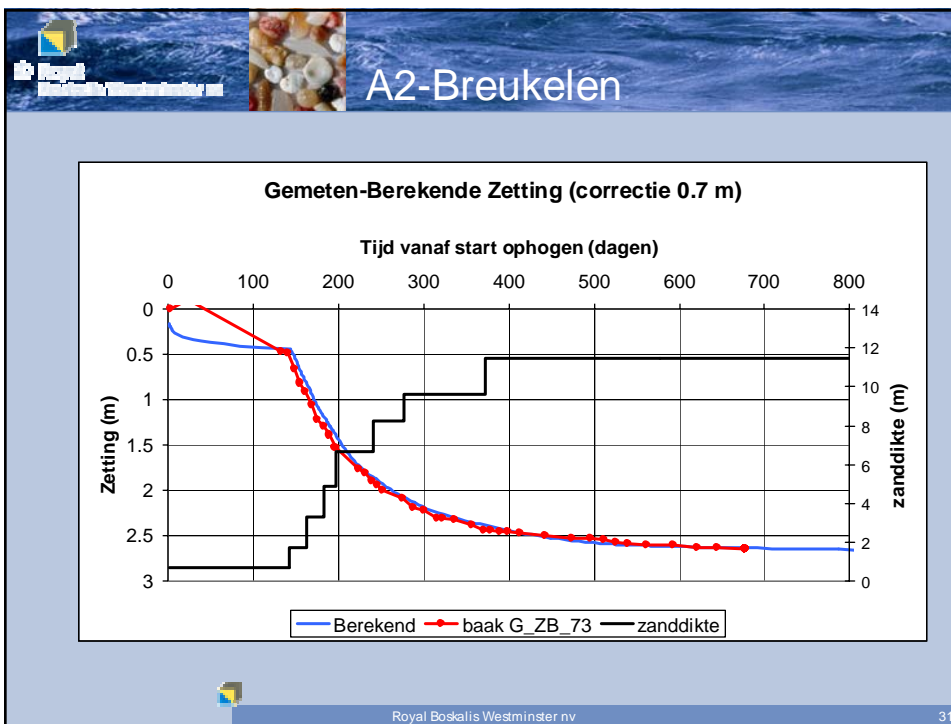


Royal Boskalis Westminster nv

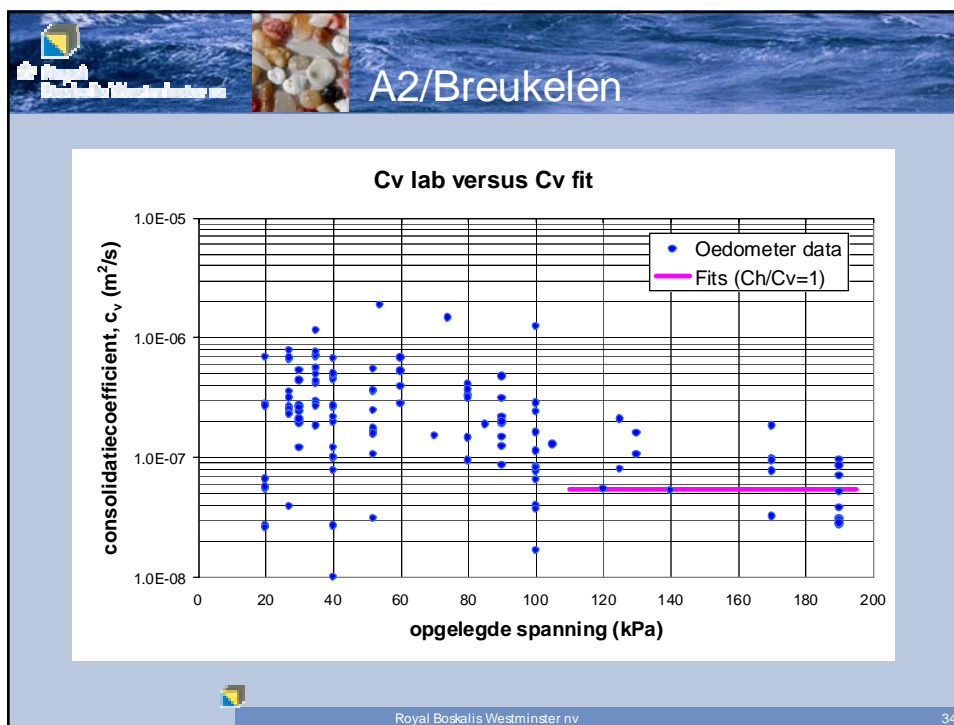
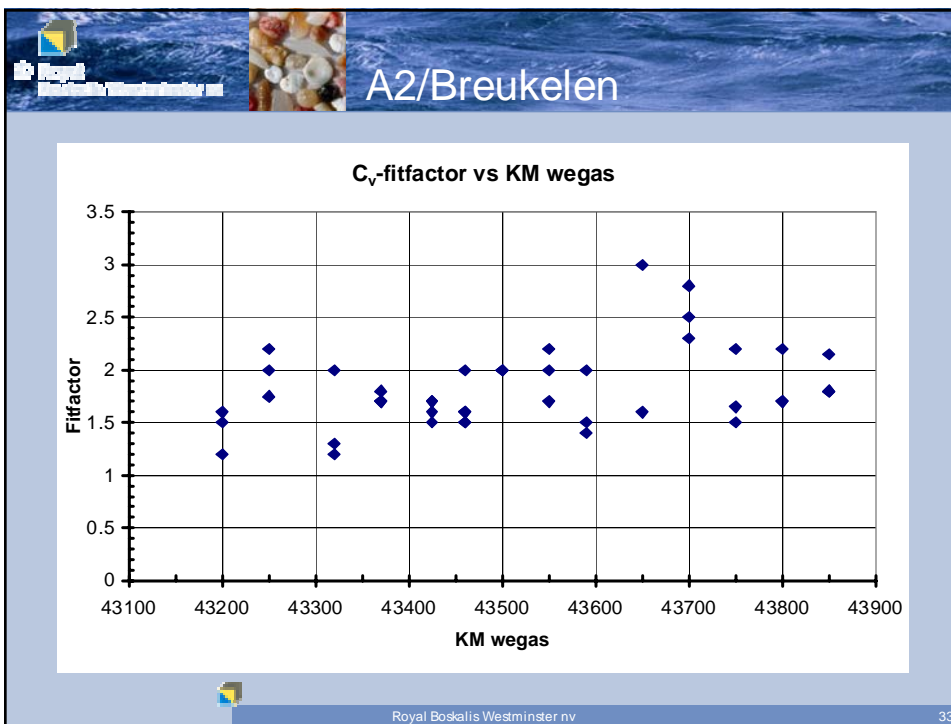
## Fit Procedure


- Fitten

Royal Boskalis Westminster nv 30











Royal  
Boskalis Westminster nv

## A2 Breukelen

- Samendrukbare pakket 6 m
- Zetting 3,35 m
- 56% rek




Royal Boskalis Westminster nv 35



Royal  
Boskalis Westminster nv

## Conclusies

- Ook bij hoge Rek geeft Lineaire Rek goede fit
- Terzaghi  $c_v$  nog steeds bruikbare parameter
- Geen aanwijzing voor  $C_h \gg C_v$



Royal Boskalis Westminster nv 36

Royal Boskalis Westminster nv

## Risico Beheersing

- Nu model waarmee waarnemingen gefit kunnen worden
- Met fit kan voorspelling gemaakt worden waaruit noodzaak voor aanvullende maatregelen blijkt

→ Risico's beter beheersbaar door combinatie model & "Observational Method"

Royal Boskalis Westminster nv 37

Royal Boskalis Westminster nv

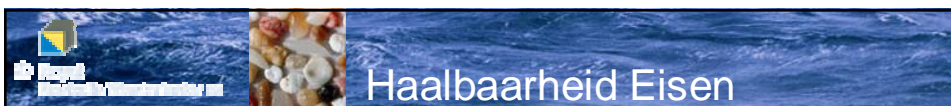
## Maar toch...

- Er is veel voortgang gemaakt



• Laten we de kop niet in 't zand steken

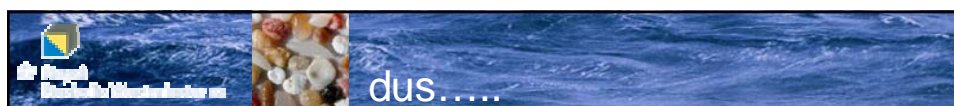
Royal Boskalis Westminster nv 38



## Haalbaarheid Eisen

- Aannames/vereenvoudigingen tijdens (voor) ontwerp
- Haalbaarheid restzetting afhankelijk van o.a. dikte samendrukbare pakket
- Altijd 1 à 2 m boven Pleistoceen (of WVP) = niet gedraineerd
- Ontbreken lange termijn metingen
- Verschil zetting i.p.v absolute zetting

Royal Boskalis Westminster nv 39



## dus.....

### STELLING

- Restzettingseisen niet afgestemd op beperkingen vanuit ontwerp (model) en uitvoering.

Royal Boskalis Westminster nv 40