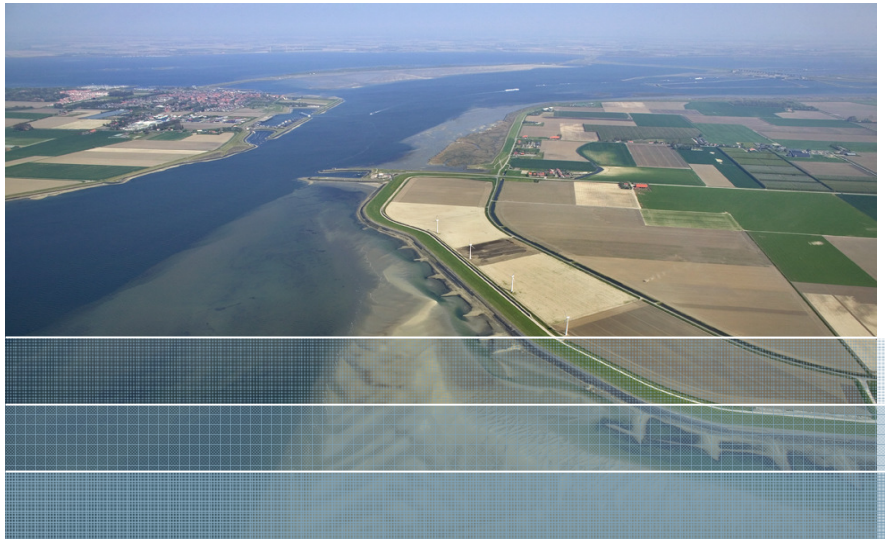


Deltares
Enabling Delta Life

Wat hebben we geleerd van praktijkproeven en wat betekent dat voor de vraag of je een dijk ‘doorbraakvrij’ kunt maken?

Han Knoeff

24 maart 2014

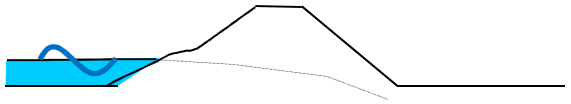
Bezwijkmechanismen dijken



waterstand



waterstand & golven



golven

Deltares

Bezwijkmechanismen dijken

bovenrivieren

benedenrivieren

meren

kust



waterstand

waterstand & golven

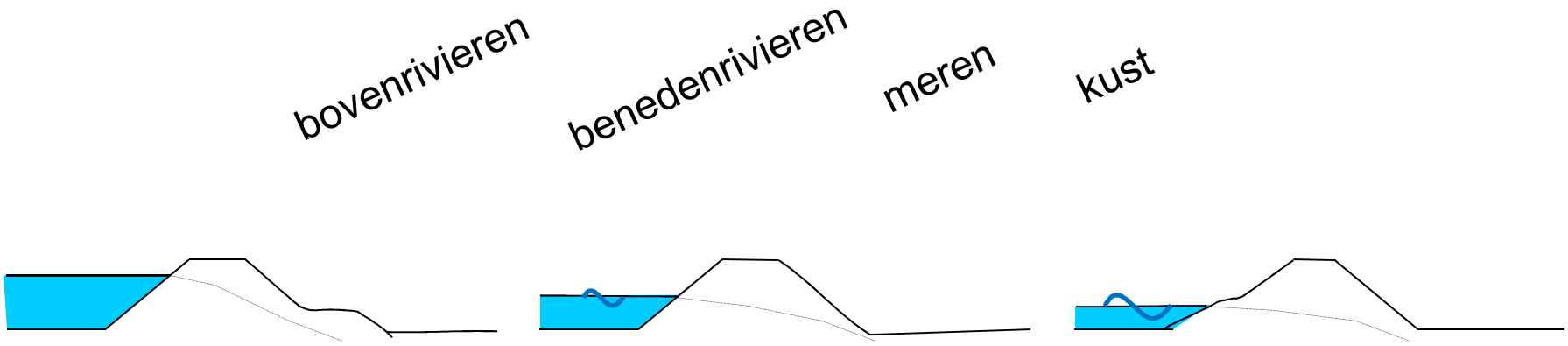
golven





Deltares

Bezwijkmechanismen dijken



waterstand

waterstand & golven

golven

Stabiliteit
- **Macrostabiliteit**
- **Piping**
- Microstabiliteit
- Val van hoogwater
  - Voorland
  - afdrukken bekleding

Hoogte
- **Erosie binnentalud**
- Afsch. binnentalud

Falen bekleding (*steenzetting, asfalt, gras)*
- **Golfklap**
- Golfoploop
- Materiaaltransport

Deltares

Normfalen en reststerkte



voldoende reststerkte is 'doorbraakvrij'

- Een dijk is niet meer waterkerend wanneer een bres ontstaat.
- Een bres ontstaat na optreden van een reeks mechanismen
- In toetsen en ontwerpen gaan we uit van 'normfalen'
- Normfalen wordt zo dicht mogelijk bij daadwerkelijk falen (bres) gedefinieerd
- Vervolgmechanismen waarvan we onvoldoende kennis hebben worden niet meegenomen
- Reststerkte is ruimte tussen normfalen en daadwerkelijk falen
- Reststerkte varieert per mechanisme

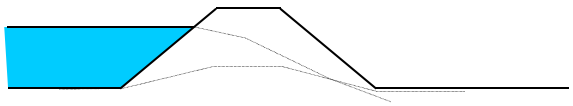
bezweken dijken volgens normfalen



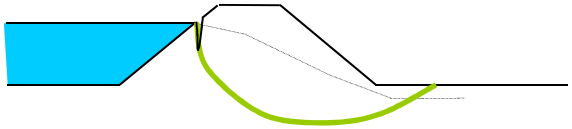


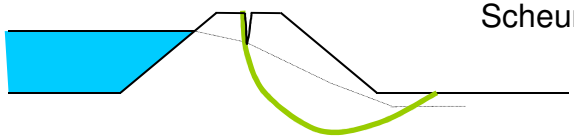
Deltares

Gebeurtenisboom Macrostabiliteit



Stijging freatische lijn
en stijghoogte

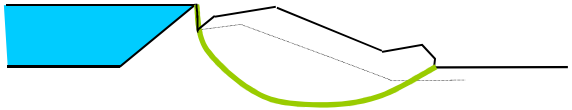


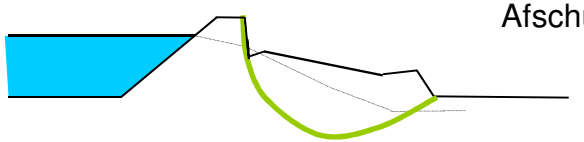


Scheur

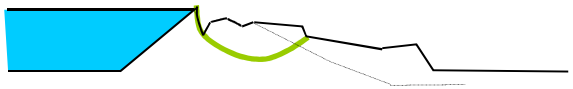
normfalen

reststerkte





Afschuiving



Vervolg afschuiving



Microinstabiliteit



Doorbraak

Deltares

Inzichten Macrostabiliteit

‘initieel’ mechanisme

- Tijdsafhankelijkheid
- Materiaalmodel ➔

  minder afhankelijk fluctuaties waterstand

‘doorbraakvrij’ kust: tijdsafhankelijkheid

Reststerkte mechanismen

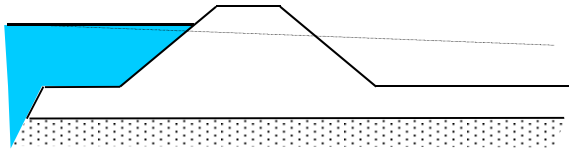
- Verwachting reststerkte vaak aanzienlijk



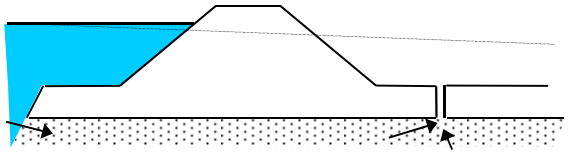
‘doorbraakvrij’ rivieren: Neem voorschot op reststerkte of brede dijk / lange berm / constructie

Deltares

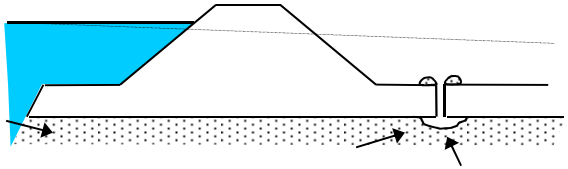
Piping



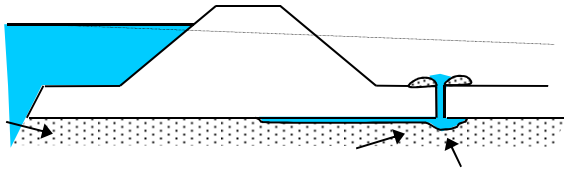
scheurvorming



Welvorming

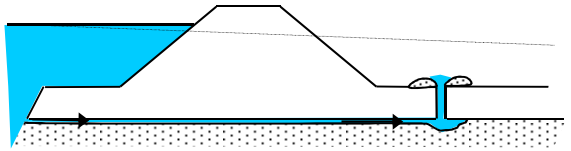


Pipe vorming

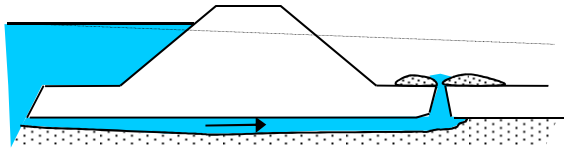


normfalen

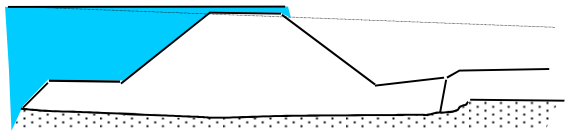
Doorgaande pipe



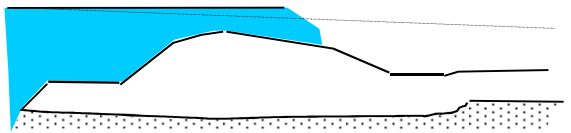
Erosie van de pipe



Verzakking van de kruin



Dijkdoorbraak



reststerkte

Deltares

Inzichten Piping

‘Initieel’ mechanisme

- Schematiseren heterogeniteit
- Tijdsafhankelijk model

Doorbraakvrij kust: tijdsafhankelijkheid

Doorbraakvrij’ rivieren: scherm / filter / drain

Reststerkte mechanisme

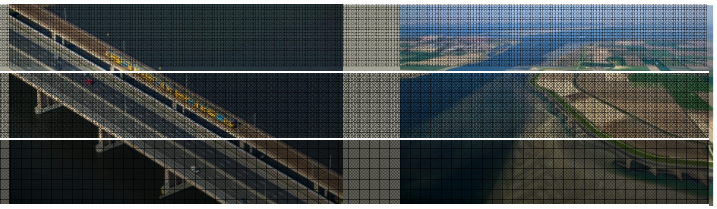
- Fenemenologische beschrijving
- Verwachting: reststerkte veelal onvoldoende

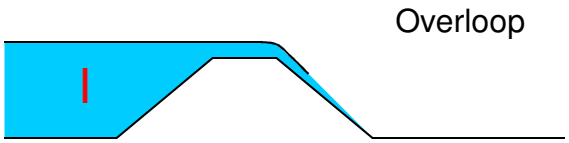




Deltares

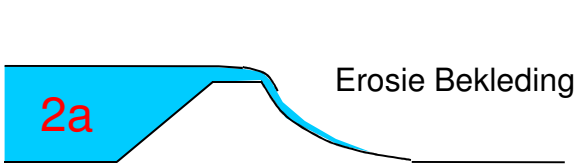
Overloop / overslag

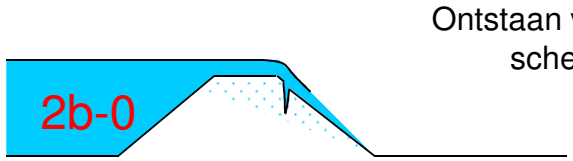


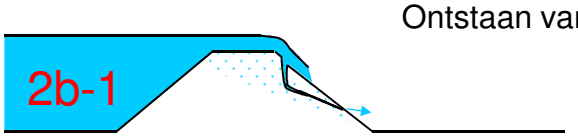


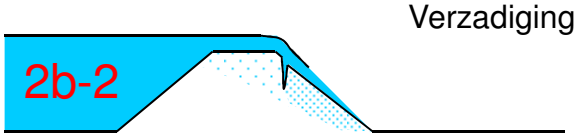
normfalen

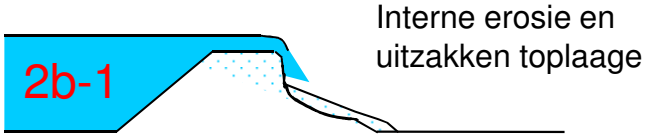
reststerkte

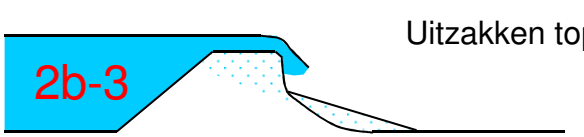


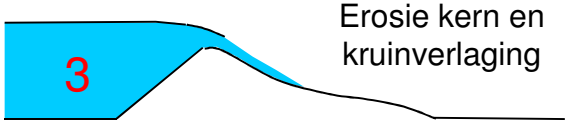






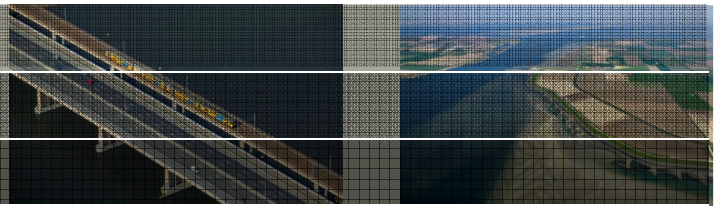






Deltares

Inzichten



Initieel mechanisme

- Erosie: grasmat kan onder voorwaarden meer overslag/overloop aan dan vigerende eisen
- Interne erosie en afschuiving binnentalud minder aandacht

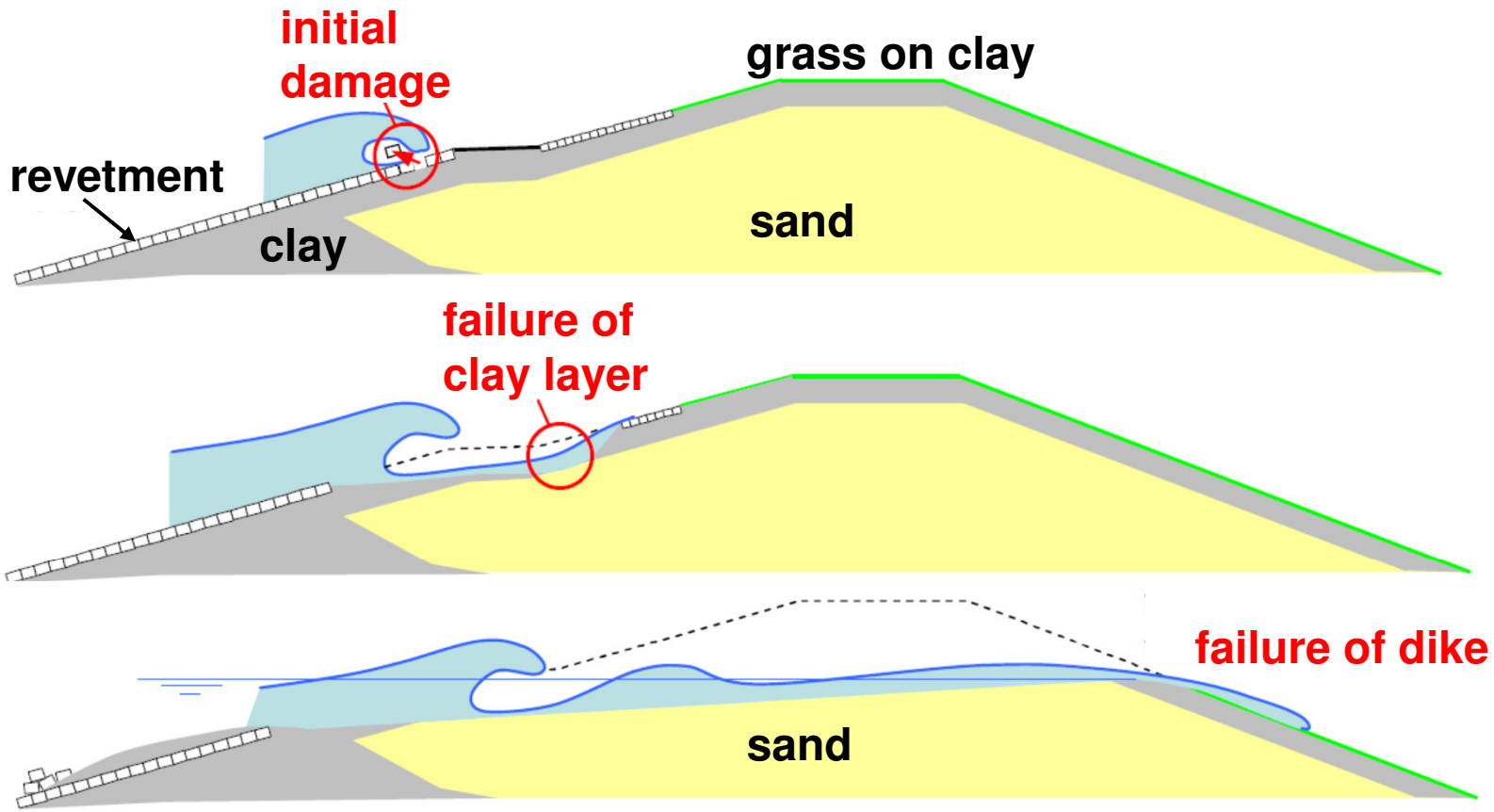
Reststerktemechanismen

- Verwachting is dat na beschadiging binnentalud weinig reststerkte meer aanwezig is

‘doorbraakvrij’:
Verhoging
Zeer flauw talud
Harde binnenbekleding

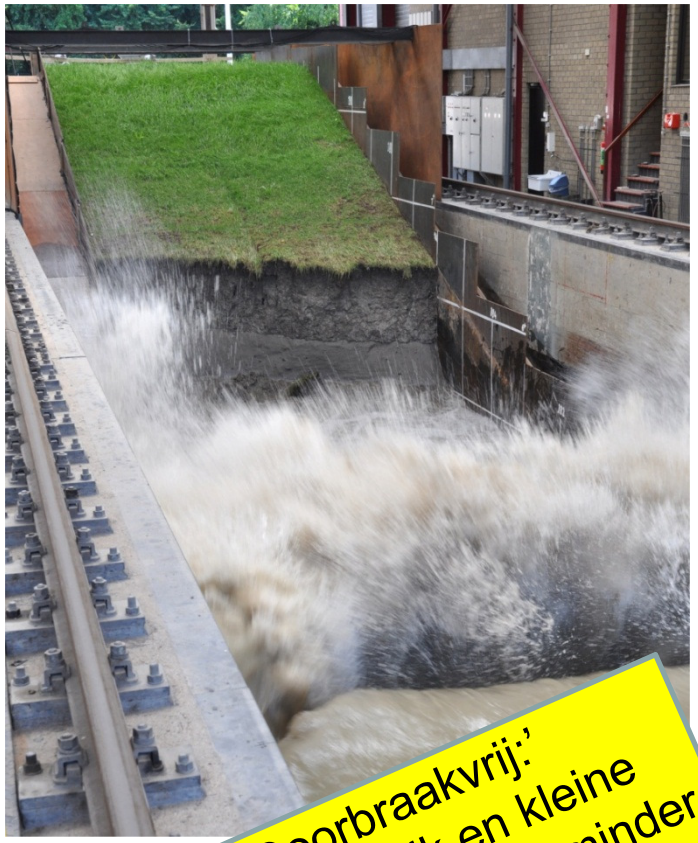
Deltares

Steenzetting golfaanval



Deltares

Inzichten

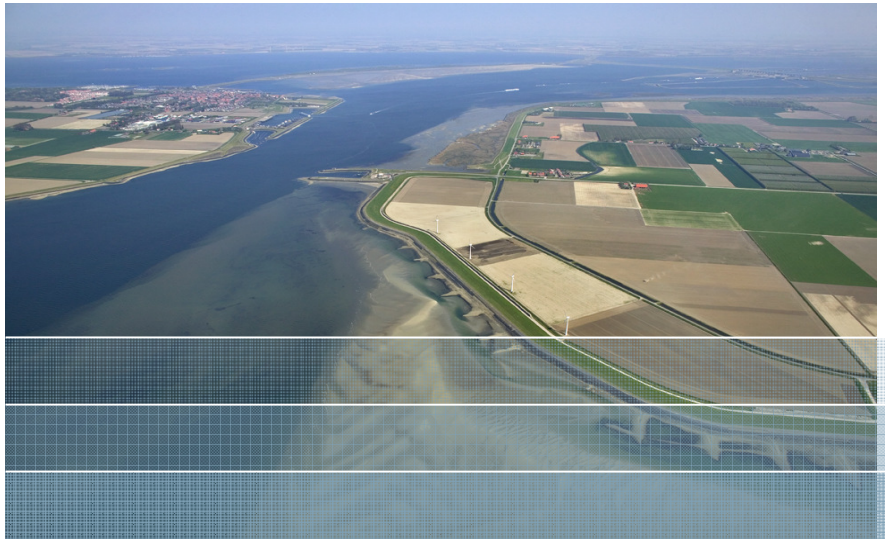


‘Doorbraakvrij:’
Bij brede dijk en kleine golven is bekleding minder relevant



‘Doorbraakvrij:’
Bij hoge golven zwaardere en hogere bekleding

Deltares



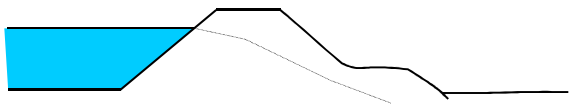
Deltares
Enabling Delta Life

Hoe gebruik ik deze kennis bij het ontwerp van een ‘doorbraakvrije’ dijk?

- ontwerpinstrumentarium
- ontwerpproces

Ontwerpinstrumentarium

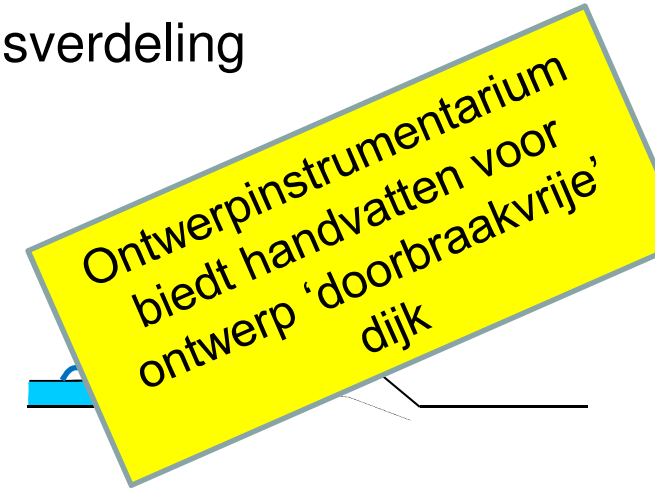
- Nieuw: flexibele faalkansverdeling
- Ontwerpinstrumentarium geeft voorstel voor faalkansverdeling meest economische alternatief
- Mogelijkheden om af te wijken van deze faalkansverdeling



waterstand



waterstand & golven



golven

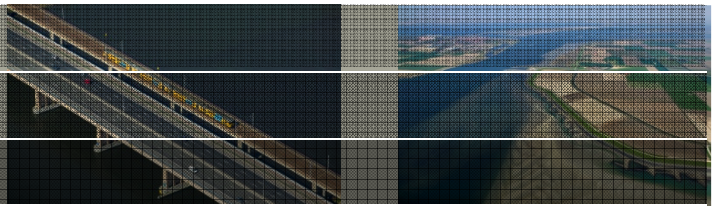
Stabiliteit
- Macrostabiliteit 5%
- Piping 25%

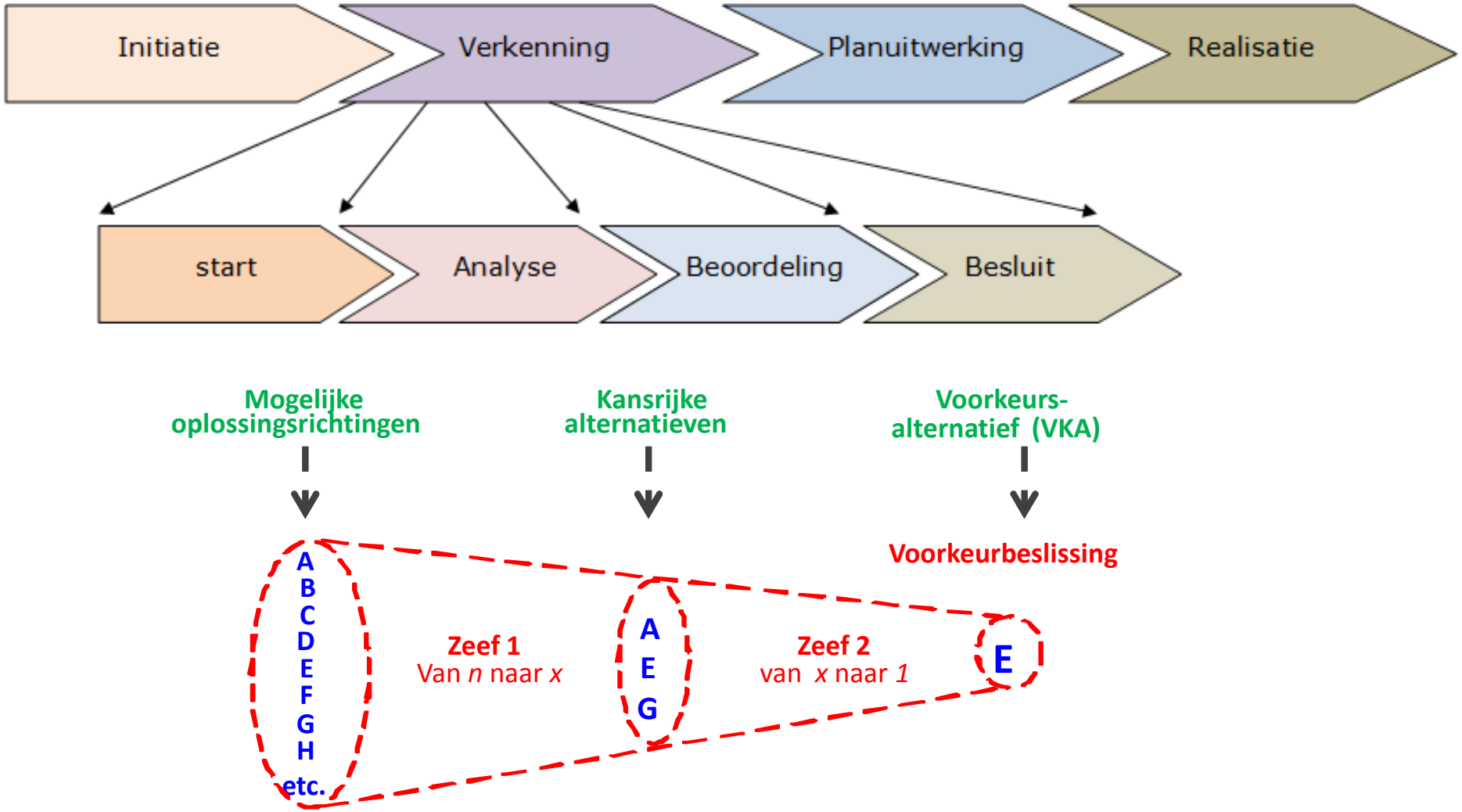
Hoogte
- Erosie binnentalud 25%

Falen bekleding
- Golfklap 10%

Deltares

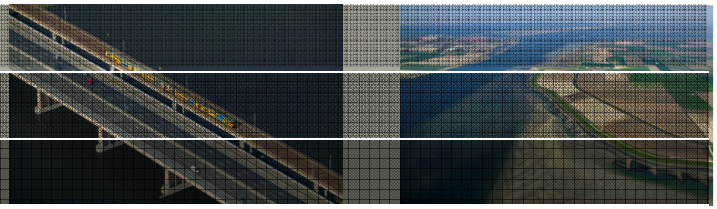
Ontwerpproces verkenning





Deltares

Stappenplan verkenning



Fase	Analyse	Issues
Start	1 Uitvoeren veiligheidsanalyse	- veiligheidseisen (nieuwe normering) - **(nieuwe) kennis (piping, reststerkte, …)** - (toekomstige) veranderingen watersysteem (Deltaprogramma, RvR) - aannamen in uitgangspunten (vb voorland, aardbevingen, …)
	2 Bepalen versterkingsopgave *(discussie op basis van van diverse scenario's en verschillende tijdstippen, bijv. t = 5, 10, 25 en 50 jr)*	- **(tussen) vakken -** invloed nieuwe normering - Onzekerheden (ivm robuustheid, uitbreidbaarheid) - ontwikkelingen (vb Deltaprogramma, initiatieven derden)
	3 Uitvoeren ruimtelijke analyse *(discussie op basis van kaart met ruimtelijke ontwikkelingen in de tijd)*	- (belangrijke) omgevingsaspecten (bv LNCA, **gevolgen**) - Actoren en hun eisen/wensen en hun rol - Vaststellen ontwerpuitgangspunten en u… beoordelingskader.
	4 Inventariseren oplossingsrichtingen	- Welke aspecten bepalen kan… opportunities, en wat de risic… …ijn de
Analyse	Bepalen kansrijke oplossingen *(Discussie op basis van uitgewerkte alternatieven op kaart)*	- Welke aspecten bepalen voorke… …natief? (update beoordelingskader) - Wat zijn de kansrijke oplossingen?

Ontwerpproces geeft ruimte voor 'doorbraakvrije' dijk

Deltares

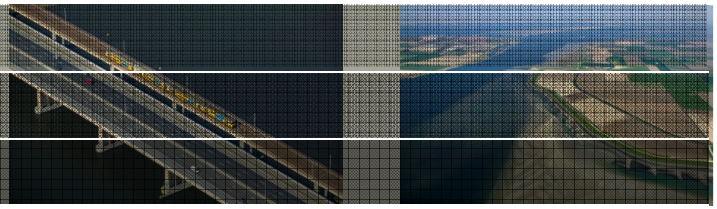
Hoe diomensioneer ik een doorbraakvrij alternatief



1. Kijk naar dominant mechanisme(n). Deze bepaalt de huidige dimensies van de dijk
2. Wordt veracht dat dit mechanisme reststerkte heeft?
    1. Nee: Geef dit/deze mechanismen een lage faalkans bijdrage
    2. Ja: ga uit van faalkansbijdrage OI2014
3. Kies lange planperiode (100 jaar)
4. Dimensioneer ‘doorbraakvrij’ alternatief
5. Zijn andere mechanismen nu bepalend voor faalkans?
    1. Ja: herhaal stap 2 en 3 voor deze mechanismen
    2. Nee: neem alternatief stap 4 mee in startfase

Deltares

Conclusies



- Praktijkproeven en onderzoek tonen aan dat dijken sterker kunnen zijn dan volgt uit toets- en ontwerpberekeneingen
- De reststerkte is afhankelijk van mechanisme en dijkdimensies
- Bij onvoldoende reststerkte is het mogelijk een ‘ doorbraakvrij’ ontwerp van een dijk te ontwerpen
- Het ontwerpinstrumentarium en –proces geeft ruimte om de ‘doorbraakvrije’ dijk als alternatief mee te nemen

Deltares