



Tauw

Witteveen

Bos



Advies in Water



Waterschap
Aa en Maas

Innovatief pipingontwerp

Werksessie gevoeligheidsanalyse Demen Dieden

18 maart 2019

Waterschap Aa en Maas – 's Hertogenbosch

Aanwezigen

- Guido van Rinsum
- Lisa de Gee
- Ruben Jongejan
- Jacco Hoogewoud
- Martine Brinkhuis
- *Margrietha Bor: wel meegewerkt, niet aanwezig op 18 mrt.
- Fer Kalis
- Frank van der Bolt
- Martijn Asschert (vervangt Hendrik Meuwese)
- Kees Jan Leuvenink
- Suan Pwa



Aftrap

Inhoud

- Doel en context
 - Gevoeligheidsanalyse dijkontwerp
 - Quick Scan Ravenstein Lith
 - Gesprek en Vragen
 - Samenvattende conclusies en aanbevelingen
- ADVIES aan Meanderende Maas t.a.v. VKA en Planfase
- AANBEVELINGEN voor het HWBP-innovatietraject tot zomer 2020

Doel en context

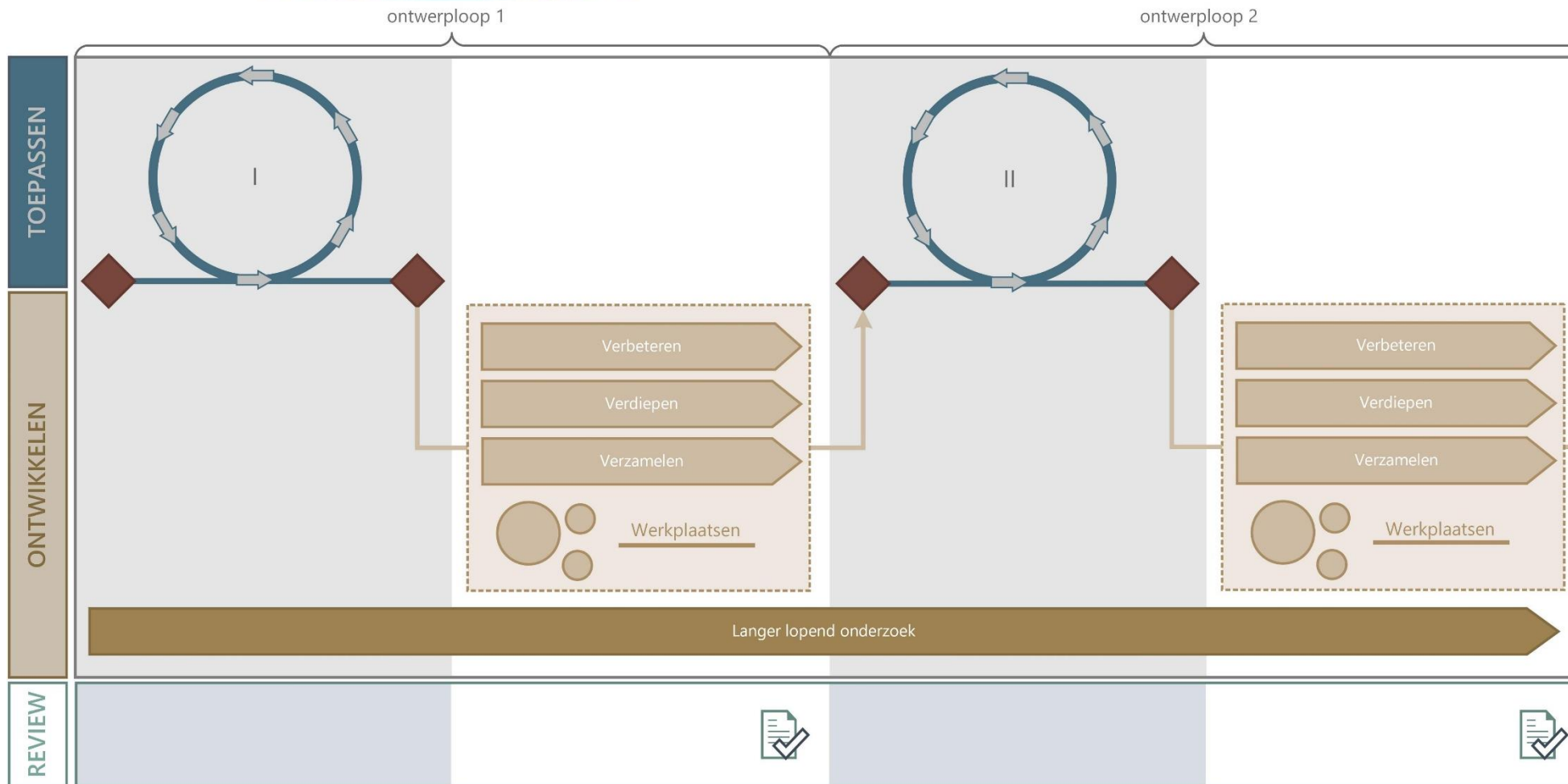
Hypothese van innovatietraject

“Door meer metingen en gebiedsdekkende modellen te gebruiken wordt de pipingopgave realistischer in beeld gebracht. Dit resulteert in een beter onderbouwde pipingopgave die meestal ook kleiner zal zijn in vergelijking tot de gangbare dwarsprofiel benadering. Mede omdat een aantal veiligheidsfactoren beargumenteerd kunnen worden verkleind.”

Opbrengst:

1. Meer dimensies = realistischer beeld
2. Meer dimensies = minder onzekerheid in berekende opgave
3. Informatie stuurt beter voor veldonderzoek
4. Aanpak is beter toetsbaar aan de praktijk
5. Kleinere pipingopgave

Proces



De vragen

DEEL 1

1. Lukt het ons m.b.v. geohydrologische input om op één of meer vakken bij Demen Dieden de pipingopgave ‘weg te rekenen’?
2. Kan je dat doorvertalen naar een hoeveelheid strekkende meter waar je geen piping krijgt onder ontwerpcondities?
3. Als een pipingopgave resteert, hoeveel kleiner kunnen dan de afmetingen van bermen en heaveschermen worden? Wat zijn daarbij de meest bepalende aspecten?

DEEL 2

1. Hoe representatief zijn deze gevoeligheidsanalyses op Demen Dieden voor het gehele traject Ravenstein Lith

DEEL 1

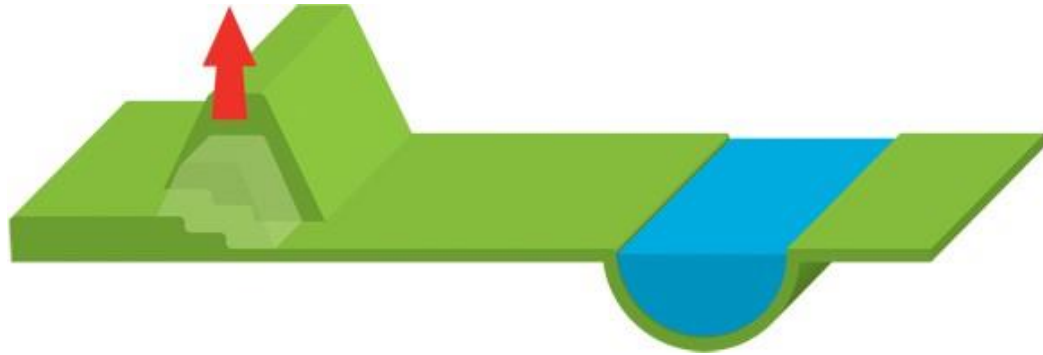
Geotechnische detaillering Demen Dieden



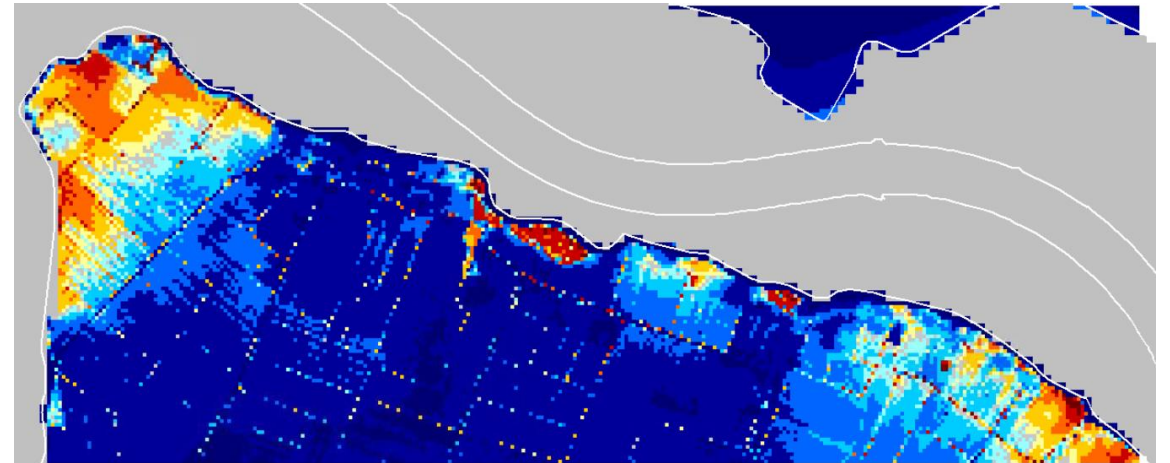
Onze opgave

Pipingontwerp met geohydrologische input

Verkenningfase MeMa
Ontwerp Demen Dieden



Geohydrologische quick scan Demen Dieden



Samenbrengen

Opgave

Pipingontwerp met geohydrologische input

- Is het mogelijk? En zo ja, hoe?
- Wat levert het op?

Doorkijk naar resultaat: veel winst te behalen alleen al binnen de faalmechanisme opbarsten

Opbarsten → evenwichtsbeschouwing:

Gewicht deklaag (neerwaartse druk) v.s. stijghoogte onder deklaag (opwaartse druk)

- Respons (mate van het 'voelen' van MHW onder de deklaag t.p.v. binnenteen) speelt een grote rol en is medebepalend voor het resultaat van de opbarstanalyse
- Respons, volgend uit geohydrologisch model, is lager dan verwacht (is gunstiger!) door het modelmatig berekenen van de weerstand in het voorland en niet-stationair rekenen
- Groot positief effect op pipingopgave

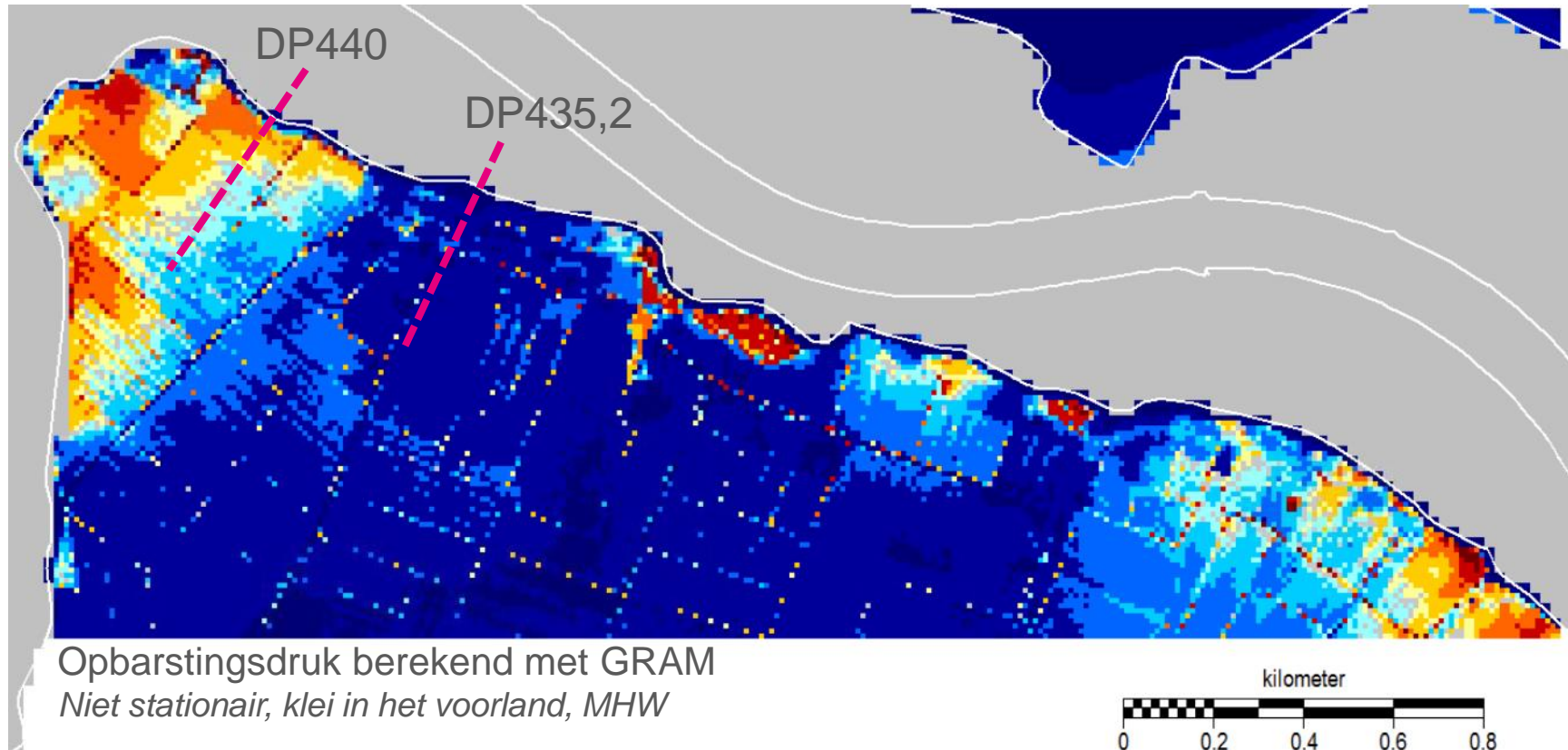
Werkwijze

Onze stappen:

1. Het bepalen van de invloed op de pipingopgave
 - a. Opbarsten → ✓
 - b. Heave → ✗ opbarsten maatgevend
 - c. Terugschrijdende erosie (Sellmeijer) → ✓
2. Het bepalen van de invloed op versterkingsmaatregelen
 - a. Berm lengtes → ✓
 - b. Lengte heaveschermen → ✓

Werkwijze

Beschouwde locaties



Werkwijze

Beschouwde locaties

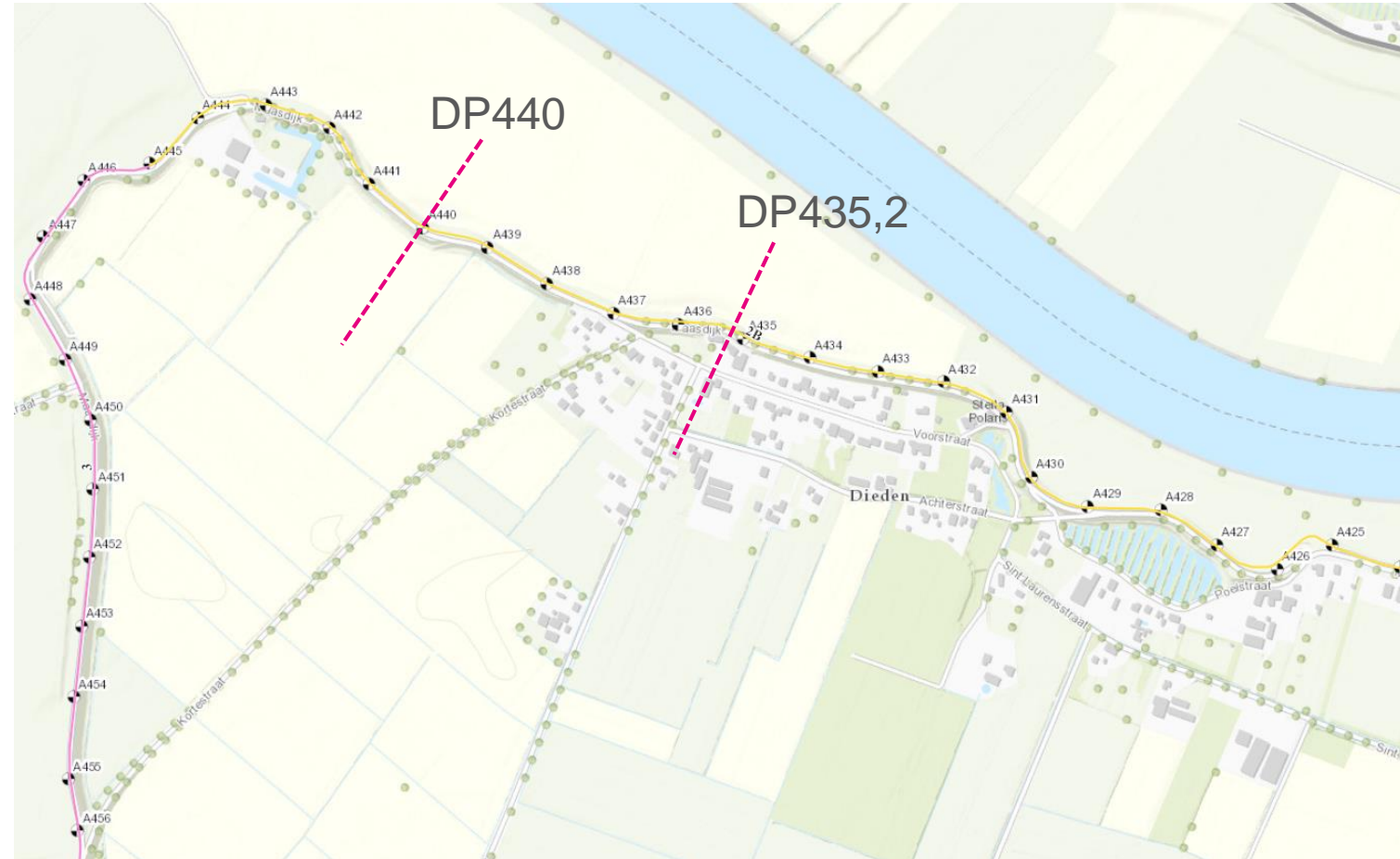
- Profiel 435,2

Uit geohydrologisch model: deklaag barst niet op

- Profiel 440

Geen sloot

Geen bebouwing, dus berm mogelijk



Opbarsten

Werkwijze

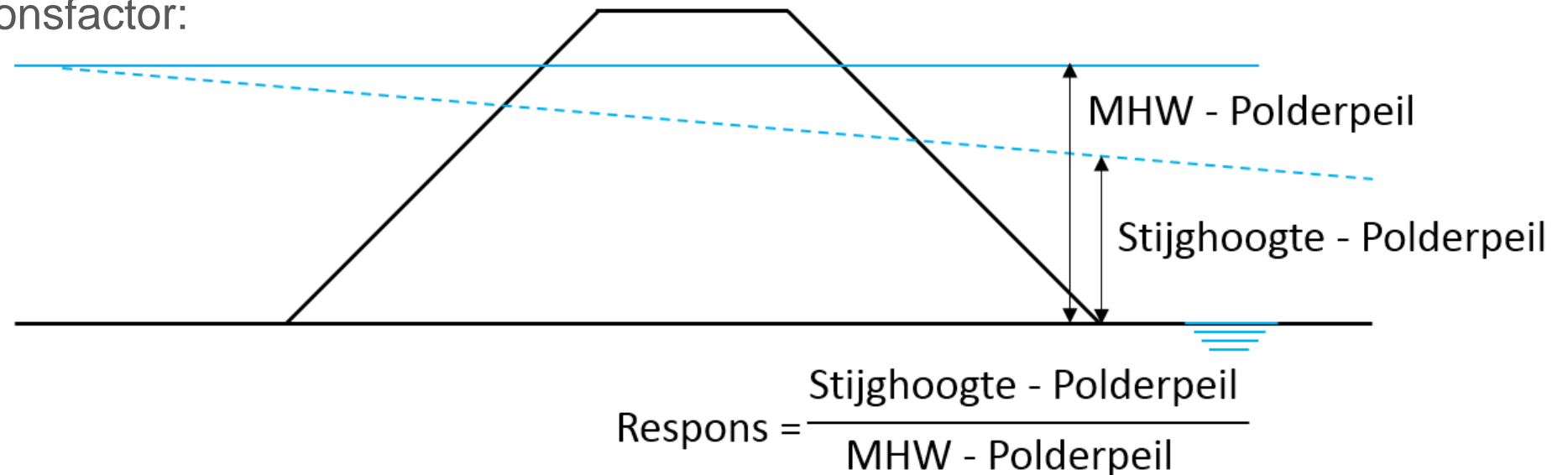
- I. Stijghoogte geohydrologisch model → input traditionele opbarstbeschouwing
- II. Probabilistische opbarstbeschouwing ivm grote normafhankelijke veiligheidsfactor

Opbarsten

Stap I - Werkwijze

I. Stijghoogte uit geohydrologisch model → input traditionele opbarstbeschuwing

Stijghoogte → responsfactor:



Opbarsten

Stap I - Resultaat

I. Stijghoogte geohydrologisch model → input traditionele opbarstbeschouwing

	DP435,2	DP440	
MHW (m+NAP)	10,6	10,5	
Stijghoogte (m+NAP)	8,3	8,1	(stijghoogte buitenteen)
Polderpeil (m+NAP)	6,9	5,9	
Responsfactor	0,38	0,48	
Deklaagdikte (m)	4,0	2,0	
Unity check opbarsten	1,20 (0,47)	0,39 (0,19)	

Opbarsten

Stap II - werkwijze en keuzes: parameters (alleen DP435,2!)

II. Probabilistische opbarstbeschouwing

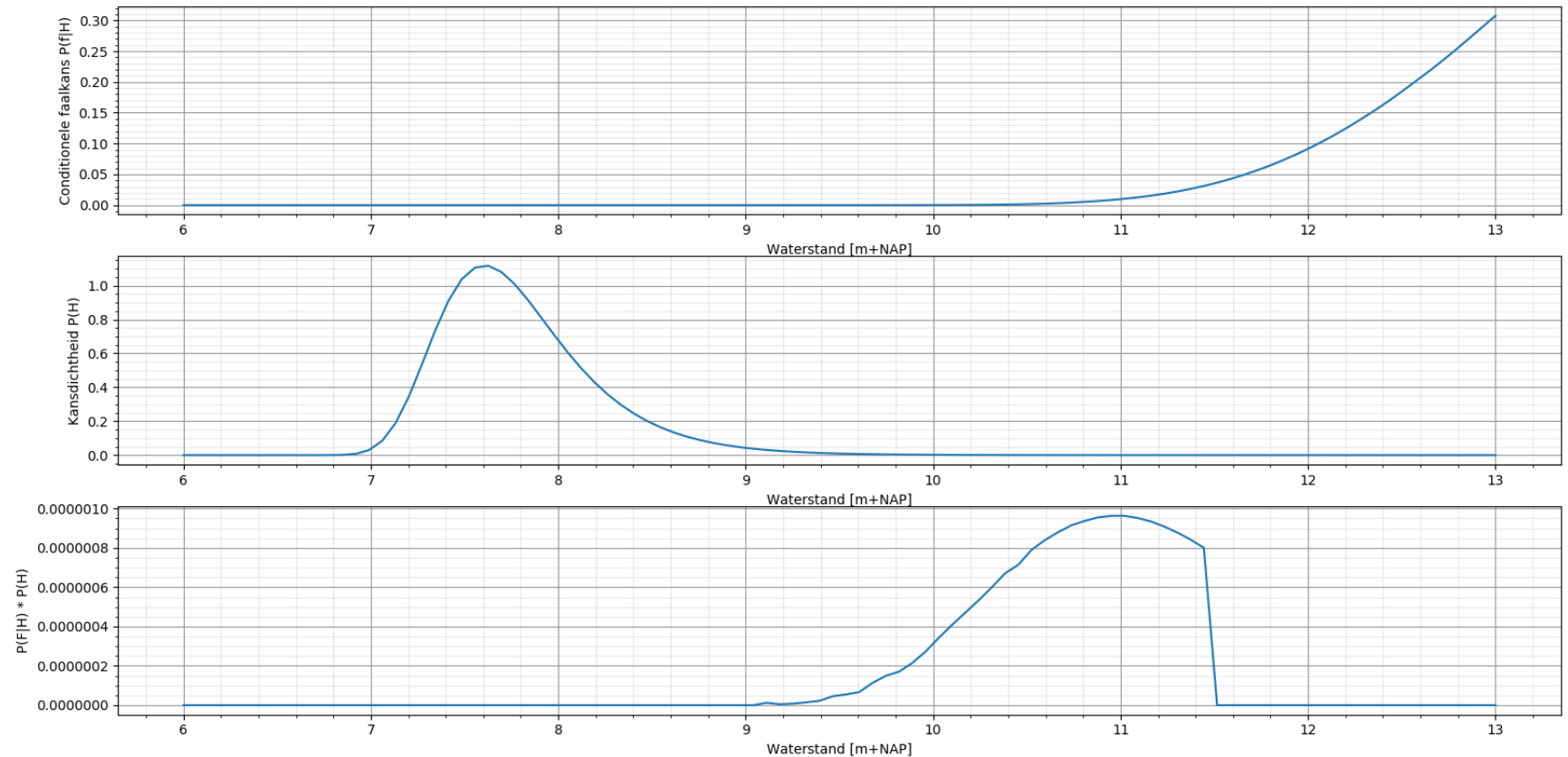
Stochasten:

- Waterstandsverdeling
- Polderpeil
- Gewicht deklaag
- Dikte deklaag
- Responsfactor
- Modelfactor



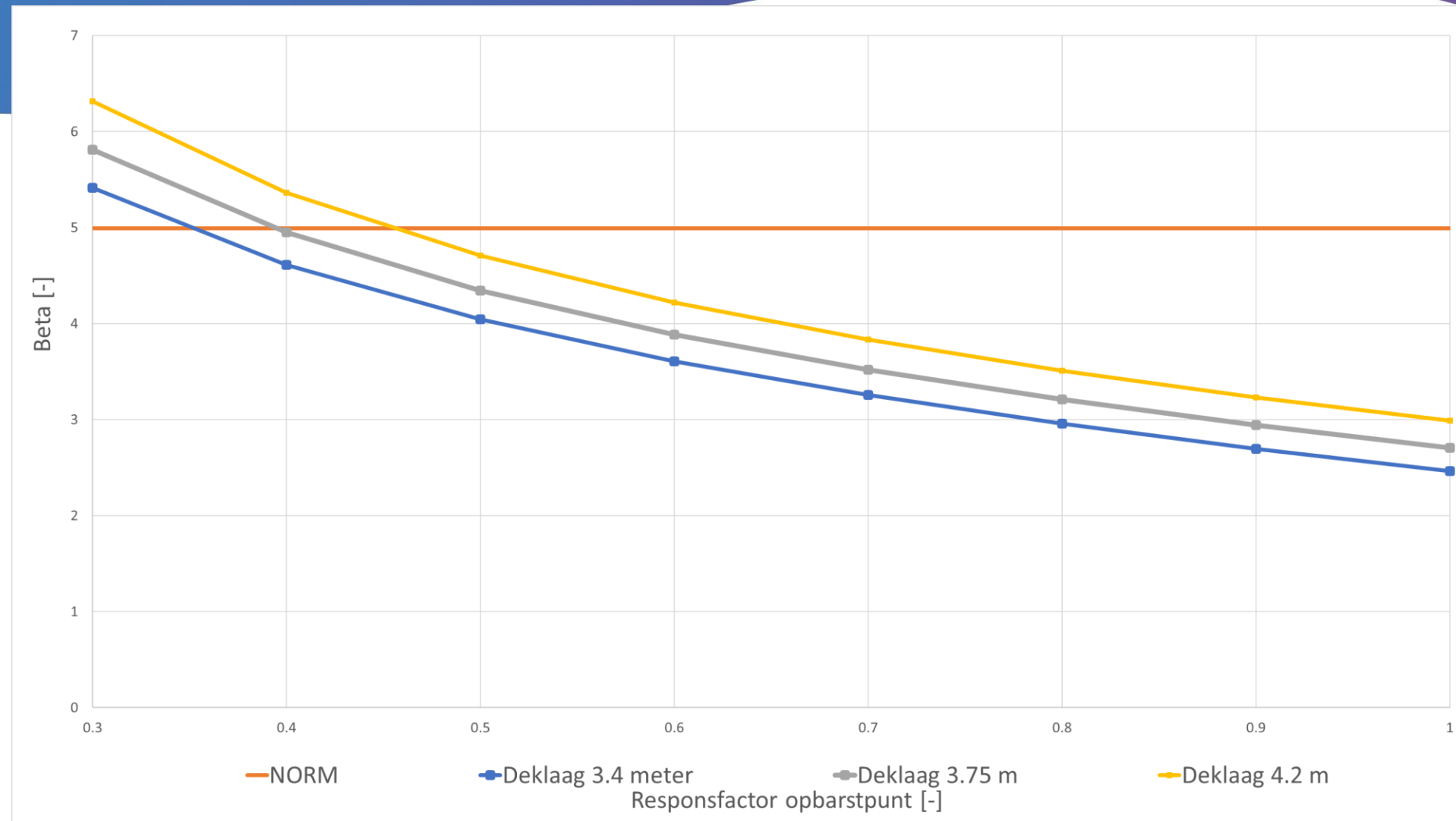
Opbarsten – technische achtergrond (1/2)

Stap II - Resultaat



Opbarsten - technische achtergrond (2/2)

Stap II - Resultaat



Opbarsten

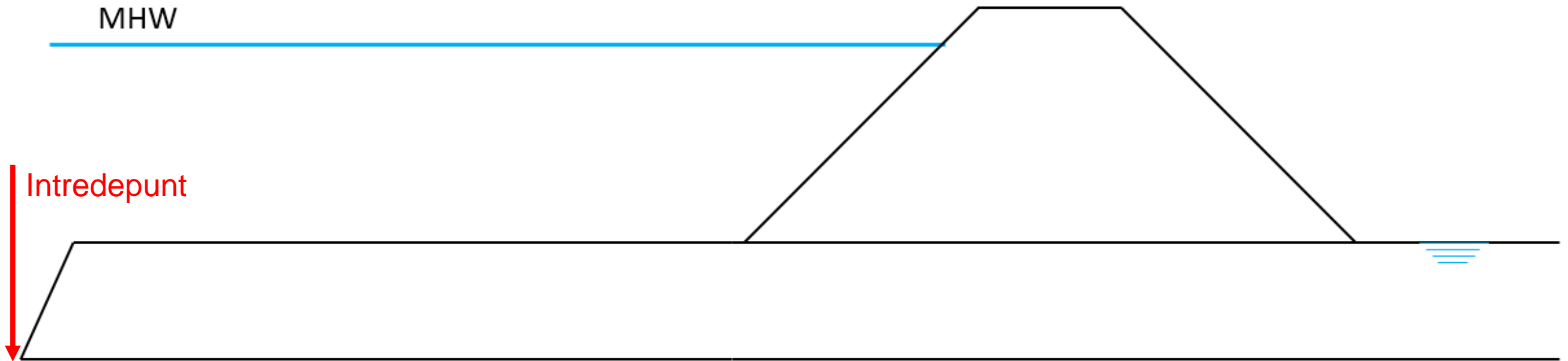
Conclusies

- I. Stijghoogte geohydrologisch model → input traditionele opbarstbeschouwing
 - Responsfactor verrassend laag
 - Levert dus veel op bij dikke deklagen
 - Eenvoudig indien stijghoogte bekend vanuit model

- II. Probabilistische opbarstbeschouwing i.v.m. grote veiligheidsfactor
 - Komt gunstiger uit dan de semi-probabilistische beschouwing
 - Maar: normafhankelijke veiligheidsfactor van 1,75 lijkt niet onrealistisch

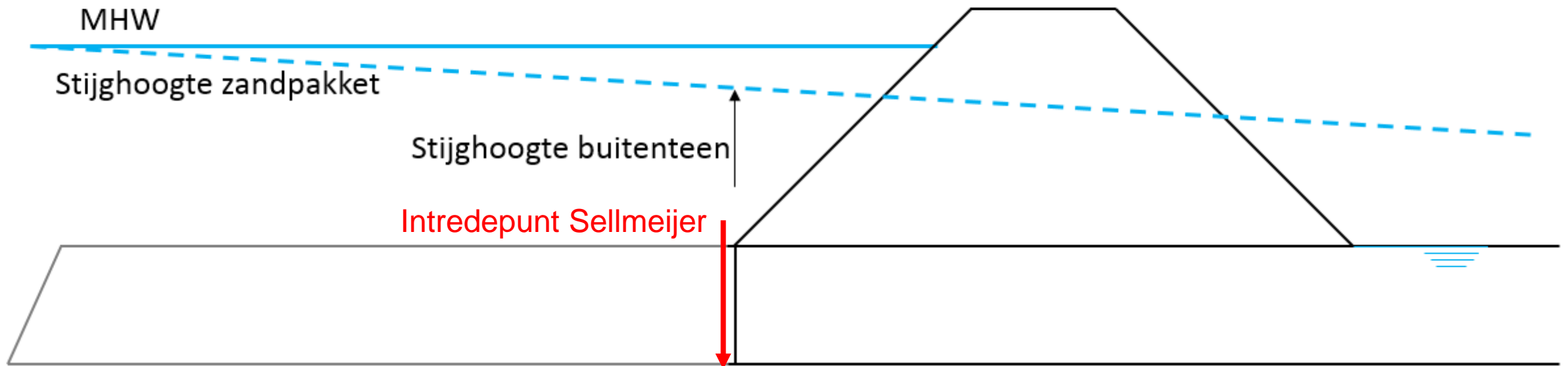
Terugschrijdende erosie (Sellmeijer)

Traditionele sellmeijer beschouwing



Terugschrijdende erosie (Sellmeijer)

Aangepast sellmeijer model



Terugschrijdende erosie (Sellmeijer)

Sellmeijer

	DP435,2	DP440
Responsfactor r	0,38	0,48
Kwelwegtekort ontwerp (m)	33,7	115
Kwelwegtekort nu (m)		
met r o.b.v. stijghoogte	0	35
met $r = 0,5$	0	40
met $r = 0,7$	13	90

Heaveschermen

Impact op lengte

- Ontwerp Demen Dieden: responsfactor = 1
lengte heaveschermen ~10m
- Nu: responsfactor uit model

	DP435,2	DP440
Responsfactor	0,38	0,48
Reductie lengte heavescherm	62%	52%

Conclusies

Afgelopen weken

Het meenemen van geohydrologie in de traditionele rekenregels:

1. Het is mogelijk!

- Opbarsten: responsfactor meenemen in beschouwing
- Terugschrijdende erosie: aangepaste werkwijze meenemen voorland Sellmeijer

2. Het levert wat op!

- De opgave reduceert
- Maatregelen optimaliseren
 - Bermlengtes
 - Lengte heaveschermen

Hoe verder?

- Resultaat = proof of concept
- Nog stappen te zetten voor toepassing (ook voor Demen Dieden!)

DEEL 2

Geohydrologische quickscan van Ravenstijn - Lith

Opzet geohydrologisch model

Uitgangspunten en technische aanpassingen

Voor het traject Ravenstijn – Lith is een geohydrologische model opgezet.

De belangrijkste kenmerken zijn:

- Model met grid grootte van 25m, geschikt om stijghoogtes in het WVP1 met te berekenen
- Combinatie van GRAM en MORIA, gekoppeld op de waterschapsgrens
- Aanpassingen in het topsysteem op een conceptueel kloppend grondwatermodel te hebben tijdens hoog water op de Maas
- Zomerbed ligging aangepast op 25m schematisatie
- Randvoorwaarden zijn aangepast op berekeningen met een hoogwater op de Maas

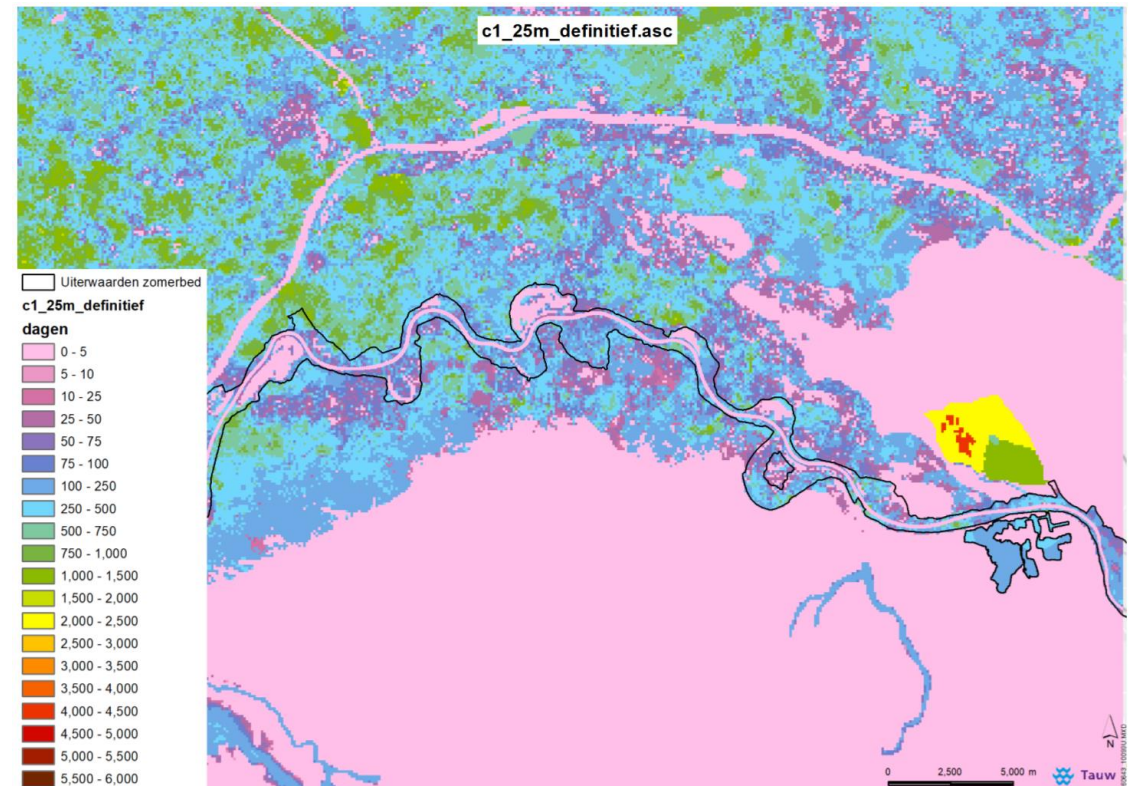
Het model is NIET gekalibreerd.

Opzet geohydrologisch model

Schematisatie

Ter illustratie de weerstand van de deklaag (modellaag 1) in het opgezette model.

- Gemiddeld c.a. 100d weerstand in de uiterwaarden
- Geen weerstand onder de maas
- Afgesneden meanders in de Maas niet altijd herkenbaar in de uiterwaarden.

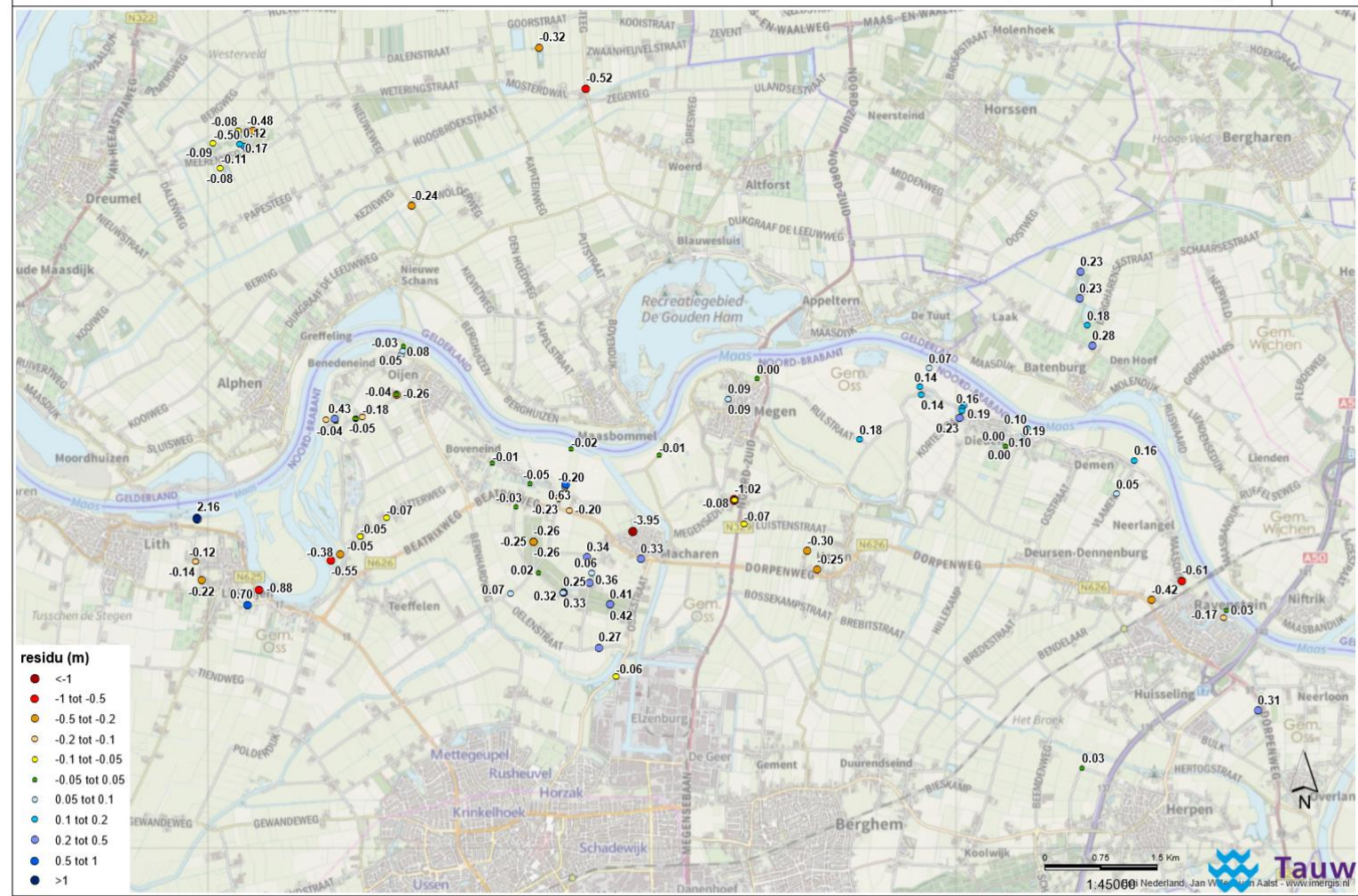


Berekeningen

Model vs metingen

Residuen voor het stationaire referentie model

Residuen stationair referentie model modellagen 1 t/m 3 (deklaag)



Scenario's

Doel van de scenario's

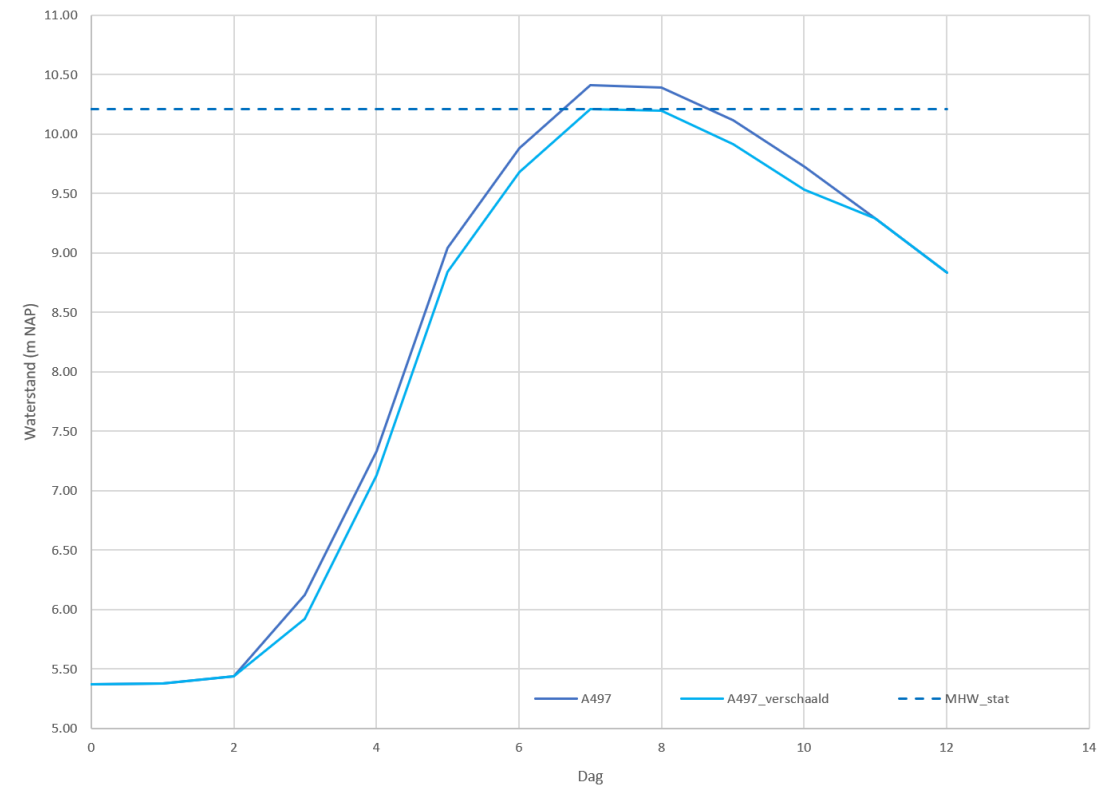
scenario	doel	beschrijving
referentie	Berekenen stijghoogte tijdens laagwater	Model "as is" en laag Maaspeil
HW1995	Berekening van stijghoogte in de tijd voor hoogwatergolf van 1995	Als ref, met HW1995
MHWref - stat	Verschil tussen stationaire en niet stationair stijghoogten	Als ref, met stationair MHW
MHWref	Om de reëel te verwachten stijghoogte tijdens een MHW te berekenen	Als ref, met niet stationair MHW
Worst A	Gevoeligheid op schematisatie uiterwaard	Als ref, alle klei in uiterwaard buiten 70m zone vergraven
Worst B	Gevoeligheid op schematisatie WVP	Als ref, KD verhoogd
Worst AB	Maximaal te verwachten stijghoogte	Als ref, klei vergraven en kD verhoogd.

Scenario's

Schematisatie van MHW

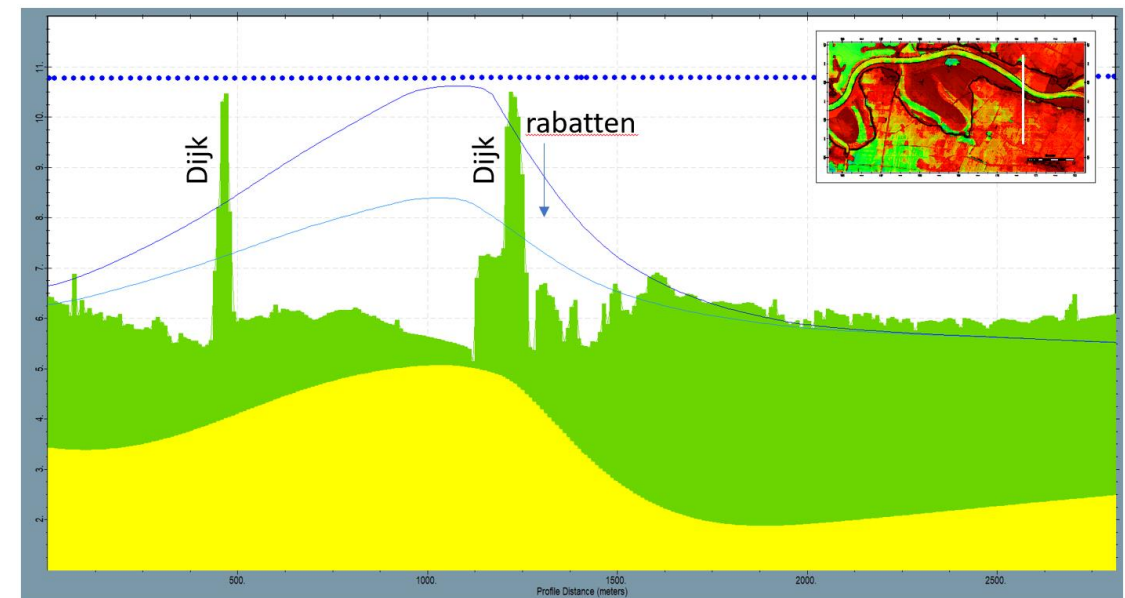
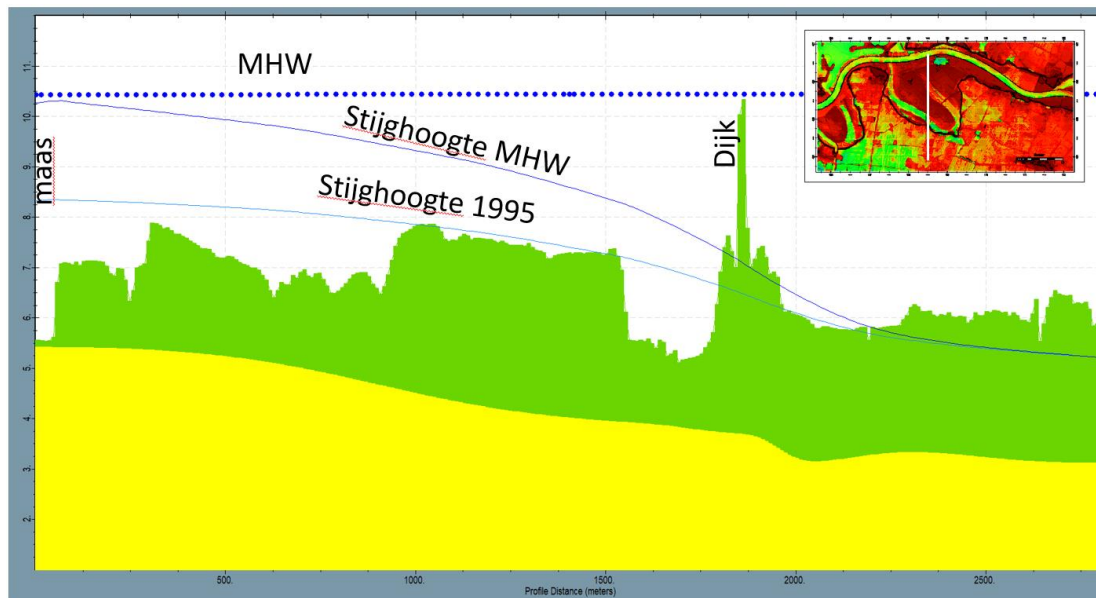
MHW golf met juiste toets hoogtes niet aanwezig.

→ De Standaard golf voor 5500 m³/s is verschaald naar de goede top.



Berekeningen

Berekende stijghoogtes tijdens een hoogwater

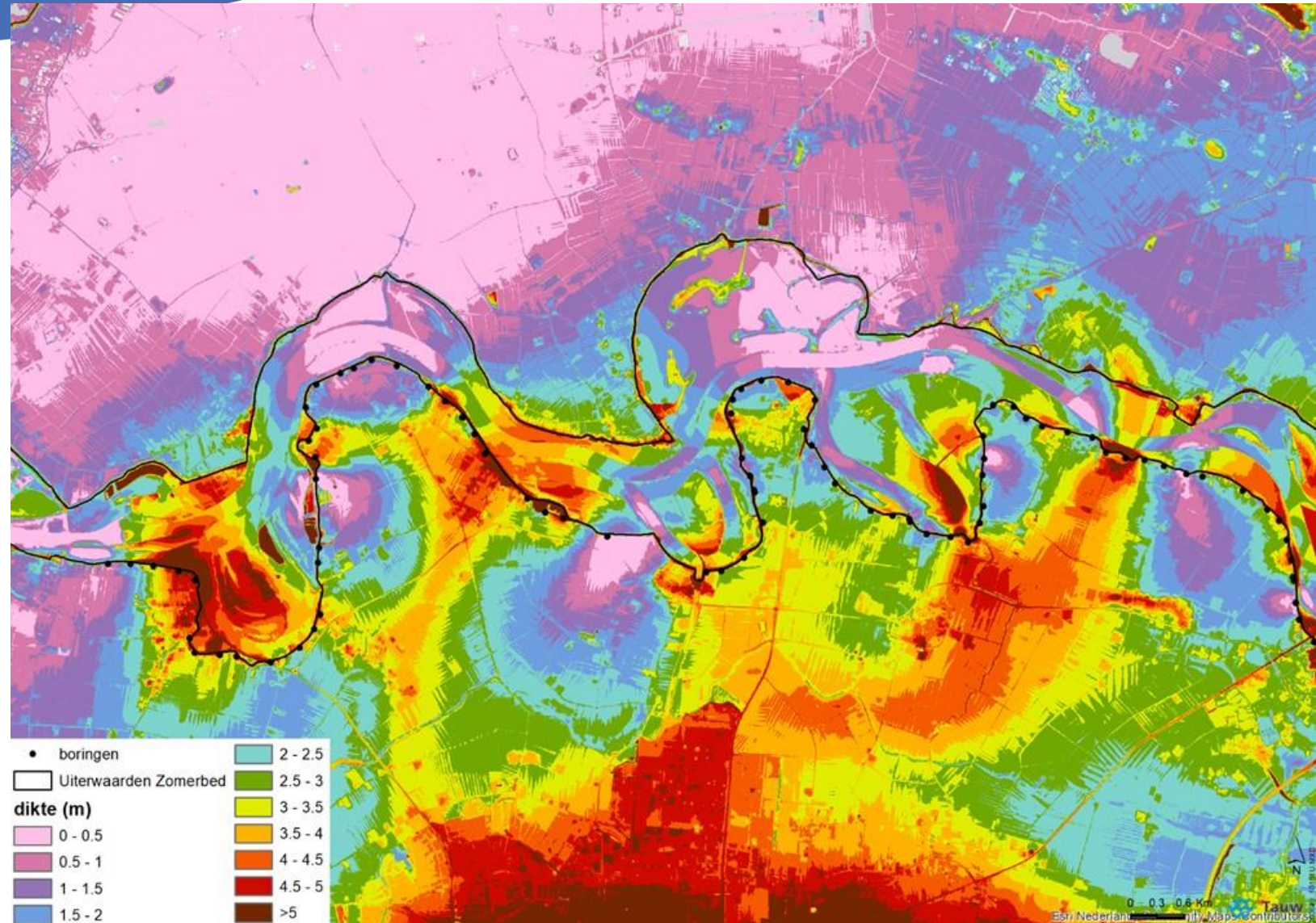


Berekeningen

Lagenmodel deklaag binnendijs

Voor de opbarst berekening is de deklaagdikte ingeschat aan de hand van metingen om de 275m aan de binnenteen van de dijk.

In de figuur wordt de deklaagdikte weergegeven in een zone binnendijs voor het traject Ravenstijn – Lith. De deklaagdikte varieert veelal tussen de 2 en 4 meter.



Berekeningen

Opbarst risico tijdens hoogwater 1995

Het opbarst risico tijdens het hoogwater van 1995 is berekend en vergeleken met de waarneming van wellen tijdens dat hoogwater.

Op de plekken van de wellen wordt in vrijwel alle gevallen ook een hoog risico op opbarsten berekend

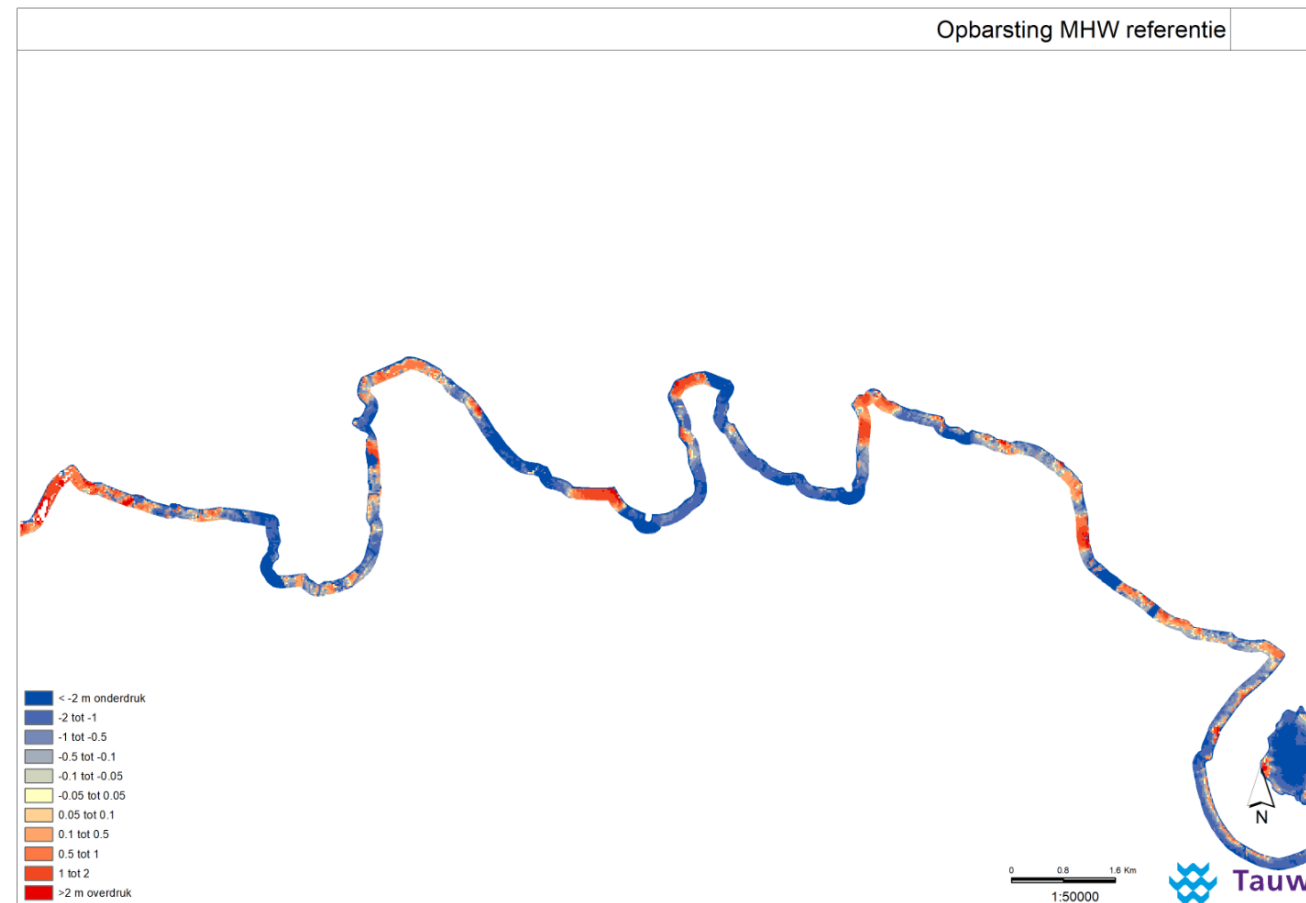


Berekeningen

Opbarst risico tijdens een MHW

Tijdens MHW neemt risico op opbarsten behoorlijk toe t.o.v. 1995.

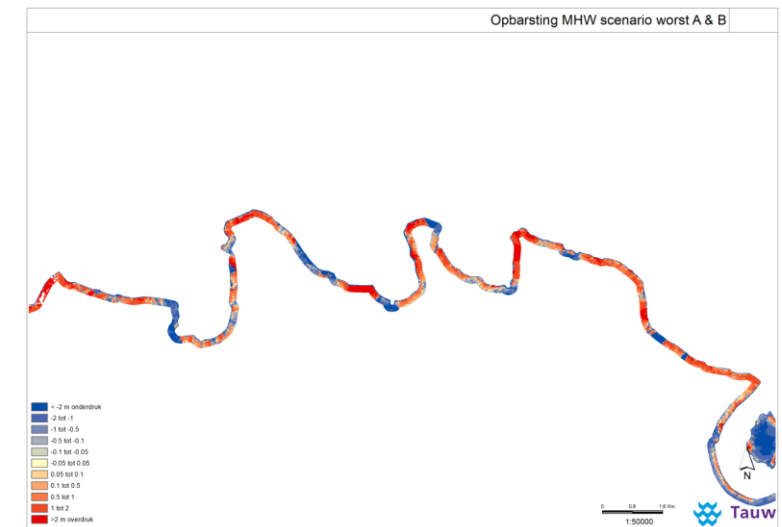
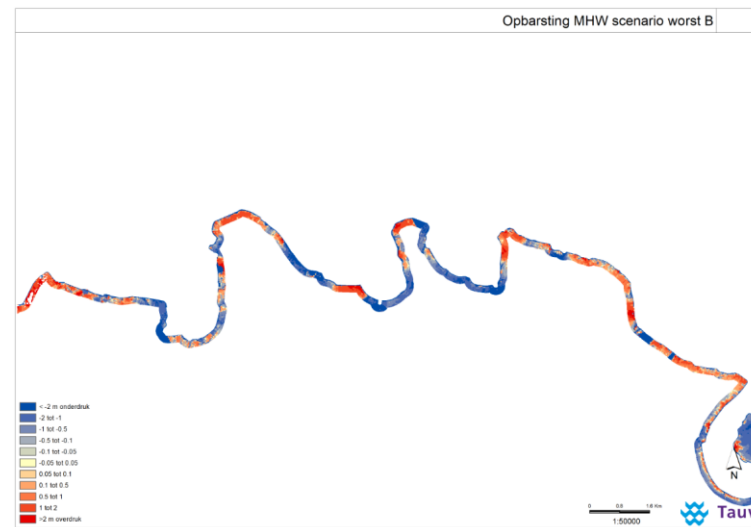
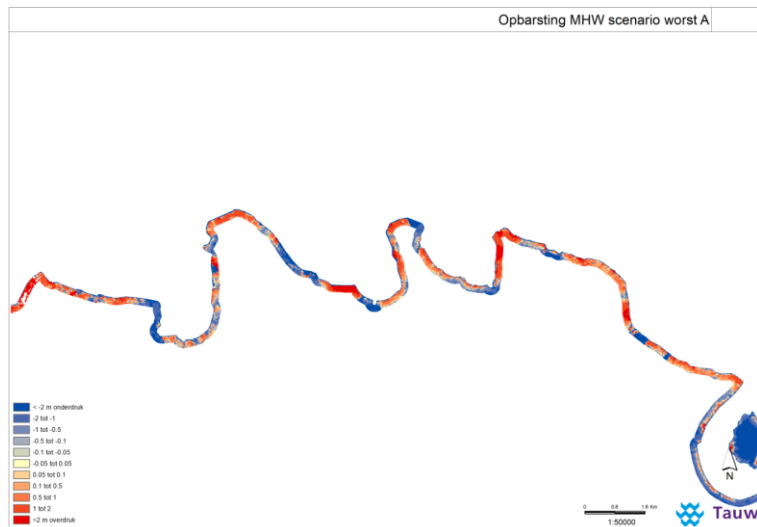
Er zijn delen langs de dijk waar het berekende risico (zonder veiligheidsfactoren) klein is.



Berekeningen

Gevoeligheid opbarsten

Voor de verschillende scenario's is het opbarstrisico in beeld gebracht. Effect van afgraven uiterwaarden is veel groter dan effect vergroten kD



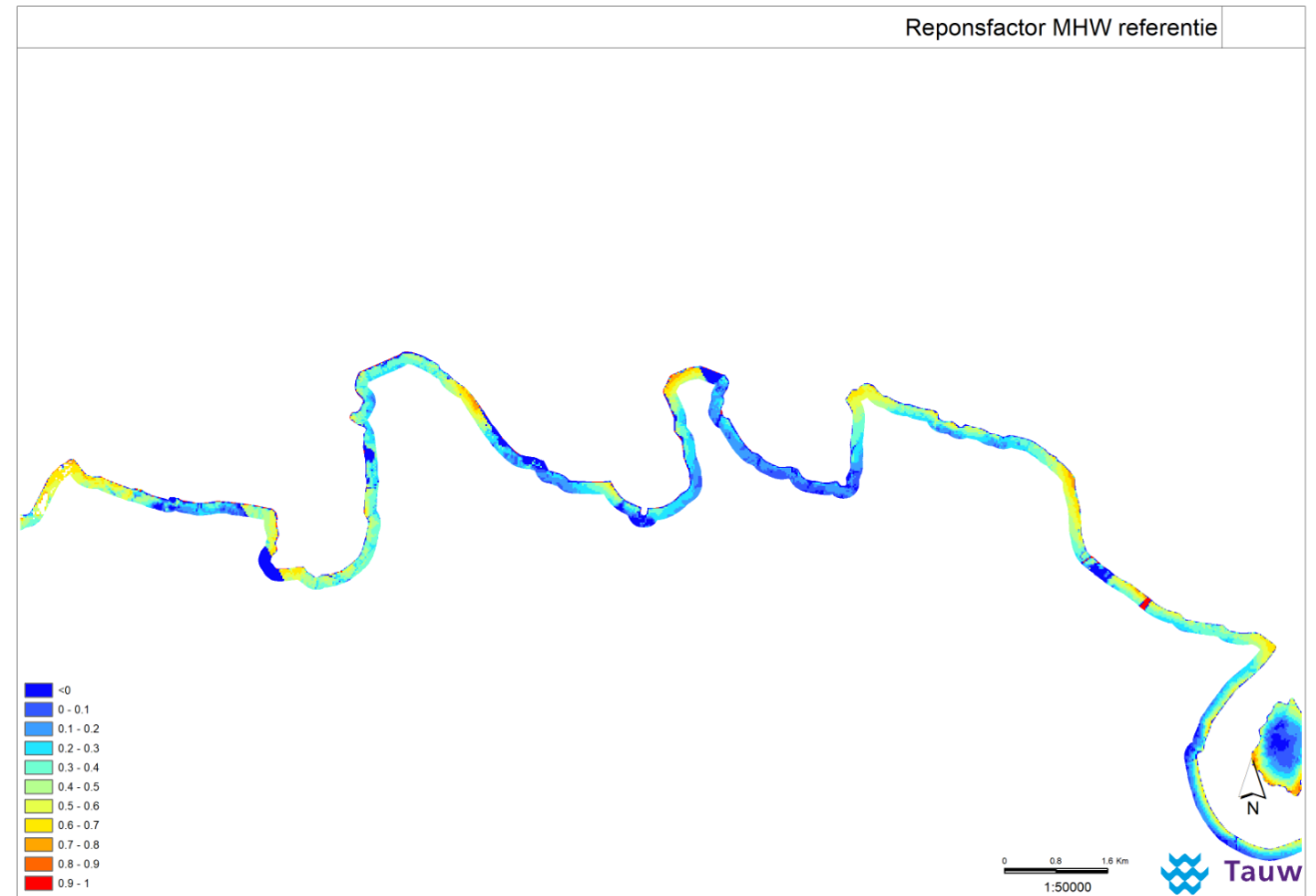
Berekeningen

Berekende responsfactoren

Berekend uit:

- Stijghoogte van de cel
- Maaiveld van de cel
- MHW uit de omgeving

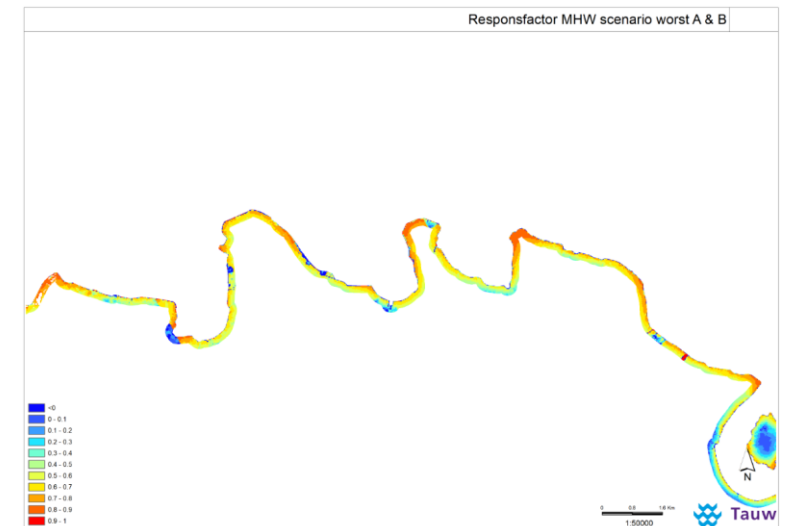
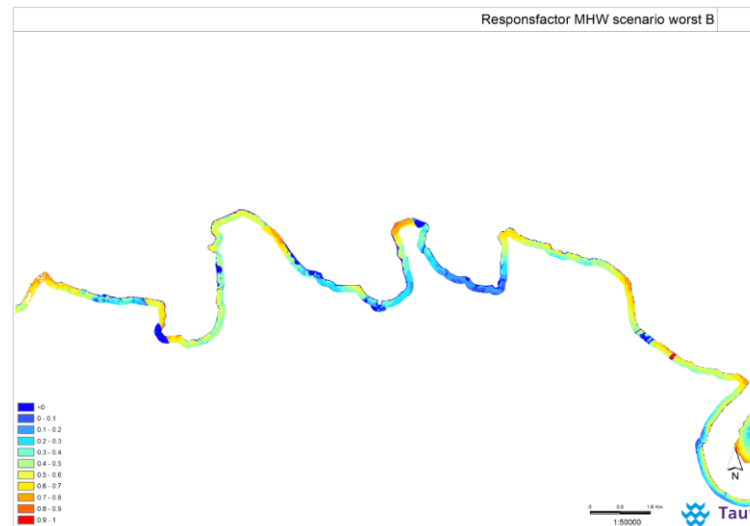
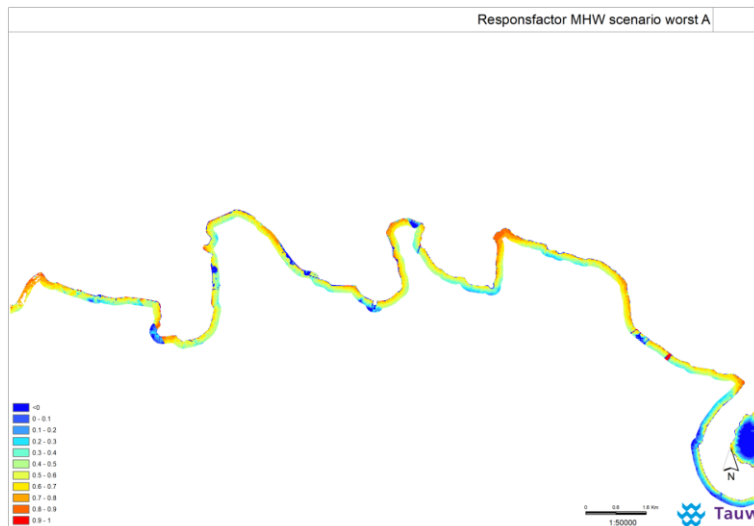
Voor MHWref zijn de factoren typisch tussen de 0.2 en 0.6



Berekeningen

Gevoeligheid opbarsten

Ook in de worst case AB zijn de responsfactoren nog geen 1.
In dit scenario variëren ze veelal tussen de 0.6 en 0.85



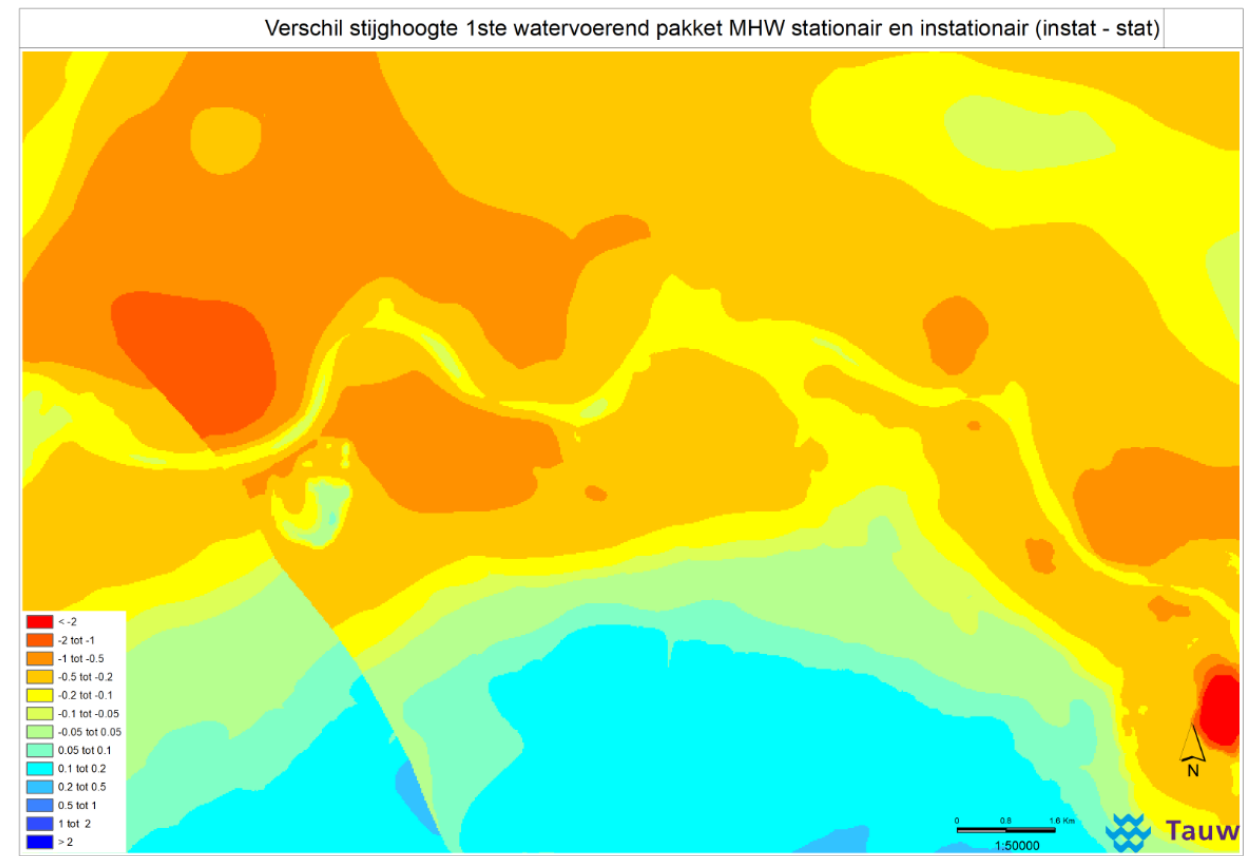
Berekeningen

Klein responsfactoren?

De berekende responsfactoren voor het MHWref scenario zijn veel kleiner dan verwacht door de geotechnicie.

Verklaring:

- Afstand tot de rivier wordt nu mee genomen
- Reële weerstand van de kleilaag in uiterwaarden
- Er is niet stationair gerekend, i.p.v. stationair.



Conclusies

Geohydrologische quickscan van Ravenstijn - Lith

De geohydrologische patronen die we in Demen Dieden zagen tijdens een MHW, zien we ook in het groter traject van Ravenstein – Lith, te weten:

- Er zijn een aantal gebieden waar de risico's op opbarsten tijdens een MHW klein lijken (ca. 9 km)
- Er zijn een groot aantal gebieden waar de reëel te verwachten responsfactoren kleiner zijn dan 0.7. Dit heeft potentieel effect op:
 - de diepte van een heave scherm
 - de benodigde pipingberm.
- Grote ingrepen in de uiterwaarden, zoals het vergraven van de klei, hebben veel invloed op de te verwachten maximale stijghoogte binnendijks en de bijbehorende responsfactoren.

DEEL 2

Aandachtspunten voor vervolg

1. Onderkant deklaag verbeteren
 - Aanvullende metingen
 - betere interpolatie technieken
 - Verwerken in het grondwatermodel
2. Beter verwerken inrichting uiterwaard in het grondwatermodel.
3. (conceptuele) verschillen tussen schematisatie GRAM en MORIA oplossen
4. 1995 nader bekijken
5. **Het model kalibreren**
6. $\Delta\phi$ mechanische belasting vs. grondwaterstroming