



Modellering van morfologisch gedrag rond riviersplitsingen

Gevoeligheidsonderzoek van het ruimtelijke
morfologisch gedrag rond riviersplitsingen

Werkdocument 214 X
19 december 2002

N.G.M. Van den Brink
R.M.J Schielen

Modellering van morfologisch gedrag rond riviersplitsingen

Gevoeligheidsonderzoek van morfologisch gedrag rond
riviersplitsingen

Werkdocument 2002 - 214X

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Samenvatting	4
2 Inleiding	5
3 Achtergronden	6
4 Vraag en doelstelling	8
5 Aanpak	9
6 Modelinvoer	10
6.1 Inleiding	10
6.2 voorbereiding	10
6.3 Modelinvoer rechte goot (referentie)	12
6.4 Rechte goot met schotje.	13
6.5 Rechte goot met een dam.	13
6.6 Rechte goot met variabele korrel.	14
6.7 Rechte goot met variabele ruwheid.	14
6.8 Rechte goot met lage ruwheid.	14
6.9 Rechte goot met laag debiet.	14
6.10 Rechte goot met lage debiet en kribben.	15
6.11 Rechte goot met laag debiet, kribben en dam.	15
6.12 Rechte goot met laag debiet, kribben, dam en gestrekte oever.	15
7 Resultaten	16
7.1 Rechte goot	16
7.2 Rechte goot met schot	16
7.3 Rechte goot met splitsing via dam	18
7.4 Rechte goot met variabele ruwheid	21
7.5 Rechte goot met variabele d50	23
7.6 Rechte goot met lage ruwheid	25
7.7 Sommen met kribben	27
7.8 Referentiesom breed rooster verlaagd debiet	27
7.9 Breed rooster verlaagd debiet met kribben	27
7.10 Breed rooster verlaagd debiet met kribben en dam	29
7.11 Breed rooster verlaagd debiet met kribben, schot en gestrekte oever	31
8 Conclusies	33
9 Aanbevelingen	34
10 Literatuur	35
Bijlagen	37

1 Samenvatting

Het morfologische gedrag van het splitsingspunt Pannerdense kop vormt al vele jaren bron van studie. Hiertoe is ook alle reden want de wijze waarop het splitsingspunt het water en sediment verdeelt over de takken is van groot belang voor de bevaarbaarheid en onze veiligheid tijdens hoogwater.

Kennis over het morfologische gedrag van het splitsingspunt kan behalve door metingen ook worden verkregen modelonderzoek. Voor de morfologische modellering van een splitsingspunt is Delft 3 D voornamelijk het meest geschikte instrument. In dit onderzoek is het gedrag van dit modelinstrumentarium bij een riviersplitsing als de Pannerdense kop onderzocht.

Onderzocht zijn:

1. de invloed van de wijze van schematiseren van de 'Pannerdense kop',
2. de invloed van een variabele ruwheid in dwarsrichting,
3. de invloed van een variabele korrelgrootte in dwarsrichting,
4. de invloed van een verlaagde ruwheid,
5. de invloed van kribben,
6. de invloed van één gestrekte oever.

De belangrijkste conclusie is dat de wijze van schematiseren van de splitsing een grote invloed heeft op het resultaat. Schematisering door middel van een schotje blijkt daarbij tot onrealistische resultaten te leiden. Hierdoor moet een goede schematisering van een splitsingspunt voornamelijk via een dam of de rekenroosterbegrenzing geschieden.

Ook laat het onderzoek zien dat de ruwheid van de bodem een belangrijke rol speelt. Een variabele (maar ruimtelijk constante) korreldiameter blijkt een minder sterke invloed te hebben.

Tot slot blijkt dat de aanwezigheid van een gestrekte oever van belang. De aanwezigheid van één gestrekte oever ter hoogte van een splitsingspunt blijkt tot andere evenwichtsbodemliggingen op de takken te leiden.

2 Inleiding

Voor zowel scheepvaart als veiligheid tegen overstromingen is de verdeling van de afvoer en sediment bij de splitsingspunten Pannerdense kop en IJsselkop van groot belang. De verdeling van de afvoer en sediment en de variabiliteit erin wordt in belangrijke mate bepaald door het gedrag van de bodem (de morfologie) rond de splitsingspunten. Hierbij zijn de bodemopbouw, textuur, hoogteligging van belang.

Kennis van het gedrag van de bodem kan worden gevat in vuistregels, eenvoudige wiskundige relaties en in numeriek softwarematig gereedschap. Van dit laatste is Delft 3D een voorbeeld.

In dit werkdocument wordt verslag gedaan van een gevoeligheidsonderzoek van 2D morfologisch gedrag rond splitsingspunten zoals dit door het D3D instrumentarium wordt berekend.

In hoofdstuk drie wordt de aanleiding en de achtergrond van het onderzoek besproken, daaruit voortvloeiend volgen in hoofdstuk vier volgen de vraag en doelstelling van dit onderzoek. Hoofdstuk vijf ligt toe wat de aanpak is en waarom deze is gekozen. In hoofdstuk 6 worden de berekeningsresultaten besproken en in zeven volgen de conclusies en aanbevelingen.

3 Achtergronden

Zoals in de inleiding besproken is het bodemgedrag rond splitsingen in de Rijn van groot belang in het rivierbeheer. Daarom wordt al vele jaren gesleuteld en gestudeerd op het morfologische gedrag van splitsingen in de Rijn.

1984

In de jaren tachtig slaagde het WL er in om met een 2D model de werkelijke bodemligging van de rivier rond het splitsingspunt Pannerdense Kop vrij nauwkeurig na te bootsen (Struiksma 1985, 1989). Dit resultaat is destijds behaald onder verregaande vereenvoudigingen van het systeem. De meest verregaande vereenvoudiging van de werkelijkheid betrof het gebruik van een uniforme korrel. Dat wil zeggen dat aangenomen werd dat de korrelgrootte (en textuur) uniform is in ruimte en tijd ($D=D50=f(x,y,x,t.)= \text{Constant}$).

1998

Toen de programmatuur zover was verbeterd dat ook met een ruimtelijk variabele korrel kon worden gerekend ($D=f(x,y)$) zijn, in de verwachting dat dit tot betere resultaten zou leiden, opnieuw berekeningen verricht voor het splitsingspunt Pannerdense Kop. De verbeterde beschrijving van de werkelijkheid via de invoer en de programmatuur leidde echter tot een verslechtering van het resultaat.

Dit resultaat was aanleiding voor een nadere beschouwing van de interacties tussen de korrels en de morfologie (Mosselman et. al. 1998). Deze analyse maakt aannemelijk dat het gehanteerde modelconcept gevoelig is voor interacties tussen ruwheid en korrelgrootte. Dit leidde tot de hypothese dat ruimtelijke variaties in ruwheid ruimtelijke variaties in korrelgrootte elkaar in het gebied rond de Pannerdense Kop compenseren.

2000

In 2002 heeft Smale met het Delft 3D instrumentarium getoetst of ruimtelijke variaties in ruwheid en ruimtelijke variaties in korrel elkaar kunnen compenseren in het gebied rond de Pannerdense kop. Het antwoord is bevestigend.

2001

Tijdens de hernieuwde bepaling van de Hydraulische randvoorwaarden is het belang van kleine onzekerheden in de afvoerverdeling op de Rijn opnieuw in het brandpunt van de belangstelling komen te staan.

2002

In het kader van de morfologische driehoek wordt verder gewerkt aan de kennis van de morfologie rond de Pannerdense Kop. De Universiteit Utrecht doet onderzoek van de relaties tussen bodemvormen, bodemsamenstelling en hydraulische ruwheid. De UT werkt aan beter kennis van het gedrag van gegradedeerde sedimenten. Het WL werkt aan verbeteringen in het Delft 3D programmapakket. Het RIZA doet onderzoek aan ruimtelijke ruwheidsvoorspellers. Het is de verwachting dat al deze onderzoeken tzt zullen leiden tot meer kennis en betere programmatuur voor de modellering van morfologie.

Als dit ter beschikking komt wil het RIZA over kennis en vaardigheid beschikken om de regionale directies te kunnen adviseren. Tot die kennis en vaardigheden

behoort ook kennis van de modellering van splitsingspunten. En hierop spitst het hier gerapporteerde onderzoek toe.

4 Vraag en doelstelling

Doel

Het doel van deze case studie is: het ontwikkelen van voldoende kennis om 2D morfologische berekeningen te kunnen uitvoeren en de resultaten te kunnen beoordelen. Dit in het bijzonder in relatie tot het morfologische gedrag van splitsingspunten.

Nevendoelstellingen zijn

Het verspreiden van de vergaarde kennis binnen de daarvoor relevante afdelingen van Rijkswaterstaat (i.e. Oost Nederland, RIZA-WSR Zuidoost).

Hypotheses

Aan deze studie liggen twee hypotheses ten grondslag:

1. In voorgaande studies (1998-2000) is het splitsingspunt Pannerdense kop gemodelleerd met de rekenroosterbegrenzing. Dit heeft een splitsingspunt opgeleverd met een breedte van 25 meter (zie evt bijlage 2) op de kop van het splitsingspunt. De hypothese is dat deze wijze van schematiseren is van invloed geweest op berekeningsresultaten.
2. Sieben heeft in 2002 laten zien dat er in de voorkomende bodemliggingen op de Rijn een korrelatie is tussen de bodemhoogte (relatief ten opzichte van de omgeving) en de aanwezigheid van gestrekte oevers. Ook op de Pannerdense kop is aan de rechterzijde een gestrekte oever aanwezig. De hypothese is dat de aanwezigheid van deze gestrekte oever (door vermindering van de impulsuitwisseling met de oever) leidt tot een verdieping van het Pannerdens Kanaal.

Vraagstellingen

In het onderzoek is geprobeerd een antwoord te vinden op de volgende vragen:

- Kunnen met D3D vrij migrerende banken worden berekend en zo ja hoe?
- Welke invloed heeft een splitsing in de rivier op de berekeningsresultaten en zijn deze in overeenstemming met de verwachting?
- Kan de splitsing met een schot of een dam worden aangebracht en heeft dit invloed op de resultaten?
- Welke invloed hebben kribben op de resultaten?
- Welke invloed heeft een stuk gestrekte oever in de kribzone op de resultaten?

Niet in dit onderzoek:

- effecten van gegradeerd materiaal, het is de bedoeling om deze kennis na afronding af te tappen bij de U.U., TU en WL. (zie ook achtergronden),
- hoogwatereffecten,
- effecten van krommingen in de rivierbelijning,

Wel in dit onderzoek

- effecten van kribben en gestrekte oevers,
- demping en opslingering vrije banken,
- effecten van randvoorwaarden,
- roostereffecten,
- splitsingen

5 Aanpak

Om een goed inzicht te verschaffen in de effecten bij wijziging van een schematisatie gaat dit onderzoek uit van de meest eenvoudige 2D schematisering van een stuk rivier. Gaandeweg worden aan dit meest vereenvoudige basismodel, de referentie, elementen toegevoegd. Elke aanpassing wordt zo eenduidig mogelijk geschematiseerd en elke aanpassing wordt ten opzichte van de voorafgaande aanpassing getoetst op het effect.

De volgende stappen zijn gezet:

Stap 0 Voorbereiding

Er wordt een schematisatie gemaakt van een rivier die geschikt is als grondslag voor het gevoeligheids onderzoek.

Stap 1. rechte goot

De dimensies en eigenschappen van basis schematisatie (lengte breedte korrelgrootte e.d.) worden aangepast aan de Bovenrijn tussen Pannerdense Kop en Lobith. Dat wil zeggen dat met een rechte belijning, breedte, diepte, en korreldiameter worden ontleend aan de Bovenrijn.

Stap 2. rechte goot met variabele korrel

Stap 3. rechte goot met variabele ruwheid

Stap 4. in de rechte goot wordt een splitsing aangebracht met een schotje

Stap 5. In de rechte goot wordt een splitsing aangebracht met een dam.

Stap 6. De goot wordt aangevuld met een kribzone aan weerszijde.

Stap 7. De kribzone wordt aangevuld met een stukje gestrekte oever aan de rechterzijde.

6 Modelinvoer

6.1 Inleiding

In de volgende paragrafen wordt per model de invoer beschreven. Omdat de modellen onderling allemaal sterk op elkaar lijken wordt de bespreking van de invoer beperkt tot onderdelen nieuw zijn ten opzichte van voorafgaande modellen. Alleen van het eerste model wordt een meer volledig overzicht besproken.

6.2 voorbereiding

De voorbereiding heeft tot doel een schematisatie op te leveren die geschikt is voor het uit te voeren gevoeligheidsonderzoek. Omdat het een voorbereiding is op de eigenlijke studie beperkt de bespreking van de voorbereiding zich tot de hoofdpunten.

Aan de te gebruiken schematisatie moeten de volgende eisen worden gesteld.

- De berekeningsresultaten moeten betrouwbaar en reproduceerbaar zijn,
- de rekentijd moet minimaal zijn.

De eerste eis is getoetst door beoordeling van de modelresultaten aan de hand van de theoretische verwachtingen. De volgende onderdelen zijn getoetst:

1. Wordt een correct evenwichtsverhang over de lengteas berekend? In het ééndimensionale geval behoort een Delft 3D schematisatie, bij stationaire randvoorwaarden (bodembovenrand, debiet en waterstand op de benedenrand) en een overigens juiste invoer, een bodemverhang te berekenen dat in overeenstemming is met het evenwichtsverhang. Dit is getoetst en bleek inderdaad het geval.
2. Het berekeningsresultaat behoort niet te veranderen bij een verkleining van de maaswijdte van het grid. Voor een maaswijdte van 200, 100 en 50 meter in de lengterichting zijn, bij een overigens realistische invoer, licht geforceerde banken berekend over een traject van 5 kilometer. De bankdimensies tussen 200 en 100 m maaswijdte bleek onderling duidelijk verschillend. Bovendien worden de banken bij een roostermaaswijdte van 200 m in de lengterichting over een traject van 10 kilometer vrijwel volledig uitgedempt (nb!:ook bij $E_s = 2$, $a_s = 5$). Dit in tegenstelling tot de banken bij een maaswijdte van 100 of 50 m waar naar gelang de gehanteerde sturing banken uitdempen of opslingeren net vergelijkbare bankdimensies. De conclusie was dat een maaswijdte van 100 m in de lengterichting (vooralsnog) voldoende fijn is.

De tweede eis tav reketijden is proefondervindelijk vastgesteld. Om de reketijd minimaal te houden wordt stationair gerekend op basis van gemiddelde transporten. Deze aanpak maakt het mogelijk dat de morfologische tijdstap wordt gemaximaliseerd. Afhankelijk van de berekening (debiet, transportformule, opgelegde verstoring, dempingsfactoren e.d.) wordt dan met morfologische tijdstappen van enkele uren tot enkele weken gerekend.

Vrije banken

Op theoretische gronden wordt het instrumentarium waarmee het onderzoek is uitgevoerd in staat geacht om vrije banken te berekenen. Na de voorbereiding zijn drie sommen uitgevoerd met een kleine storingen ($1 \text{ m}^3/\text{s}$) op de bovenrand en een geringe demping ($E_s=2$, $A_s=5$).

Onder deze omstandigheden werd verwacht dat de kleine verstoringen zouden gaan uitgroeien tot banken. Bij geen van de testen werden echter geen banken gevormd.

De indruk bestaat dat de betrekkelijke nabijheid van de randvoorwaarden een grote demping introduceert. Dit kan misschien worden opgelost door een lange goot te maken. De kans is groot dat dan ook de rekentijden groot worden. Ook is de kans groot aanwezig dat de berekeningen morfologisch instabiel worden. Het ontstaan van vrije banken is n.l. het gevolg van een precair evenwicht tussen demping en opslinging.

Mogelijk treedt ook door diffusie, waaronder numerieke, een te grote demping op. Er is getracht de diffusie met de te minimaliseren door minimalisatie van de viscositeitstermen. Dit heeft geen noemenswaardig effect gehad.

Aangezien voortplantende bodemgolven zoals deze om de mutibeam peilingen zijn terug te vinden over een groot deel van de breedte van de rivier liggen (Sieben, Brink 2002) hebben ze meer een 1 dan 2D karakter. Het verdient aanbeveling eerst met een 1D instrumentarium te onderzoeken of migrerende bodemgolven kunnen worden berekend voordat extra kosten worden gemaakt aan de 2D modellering.

Het onderwerp verdient aandacht omdat hoogwatereffecten en migrerende bodemgolven elkaar zowel kunnen uitdempen als versterken. Als wij in staat zijn dit gedrag na te bootsen dan kan waarschijnlijk efficiënter worden gebaggerd.

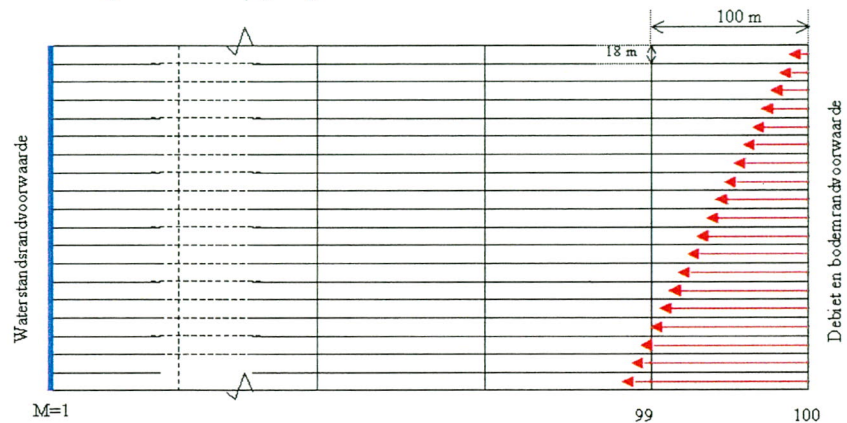
6.3 Modelinvoer rechte goot (referentie)

Randvoorwaarden en het opwekken van banken

Hoewel het berekenen van vrije banken voornamelijk niet is gelukt is het wel mogelijk om banken expliciet te introduceren via de randvoorwaarden. Dit is een normale procedure die voor de meeste 2D morfologische studies wordt gebruikt¹. In de volgende modelstudies worden de banken opgewekt aan de bovenrand.

Bovenrandvoorwaarde

Daarvoor wordt in de eerste plaats een scheve debietverdeling opgelegd die verloopt van 10 m³/s op de linkeroever tot 190 m³/s op de rechteroever. Op dezelfde locatie wordt ook een bodemrandvoorwaarde opgelegd. Deze houdt in dat de bodem aan de bovenrand een vaste hoogte heeft (1 m+ NAP). Verder wordt gesteld dat het binnenkomende sedimenttransport in evenwicht is met deze hoogte en het opgelegde debiet.



Figuur 1 Randvoorwaarden boven en beneden

Benedenrandvoorwaarde

De benedenrandvoorwaarde beperkt zich tot de waterhoogte welke is gekozen op 5 m+ NAP.

Initiële voorwaarden

De initiële bodem helt af van de 1+ Nap aan de bovenrand tot 0 meter aan de benedenrand ($\Delta z/\Delta x=0.0001$). Er is initieel geen dwarselling ($\Delta z/\Delta y=0$). Omdat gerekend wordt naar een evenwichtsbodem is, zolang de randvoorwaarden en de initiële bodem rekenen toelaten, de initiële bodem niet van belang.

Sediment en transportparameters

Er is gekozen voor de transportformulering van Engelund Hanssen. De reden is dat -door de hogere machtfactor van de snelheid- E.H. ten opzichte van Meyer Peter Müller het model kortere banken berekend. De ervaring is bovendien dat MPM over het algemeen te lange banken berekend (Brink 2002, Struikma 1998).

Er is een uniforme korrel van 2 mm gehanteerd.

¹ In de meeste gevallen wordt daarbij behalve een verstoring in de bovenrand ook een kromming in de belijning aangebracht. Deze kromming is een extra verstoring die een scheefstand van de bodem en een bank in de binndenbocht veroorzaakt. De hoogte en lengte van deze bank worden naast door de sediment- en transportparameters bepaald door de kromming van de bocht. In deze studie is er expliciet voor gekozen om de banken niet door de kromming te laten bepalen.

Een overzicht van de belangrijkste kenmerken is opgenomen in de volgende tabel 1 een volledige overzicht van de modelinvoer is opgenomen in bijlage 1.

Lengte	10000 m
Breedte	342 m
ΔX	100 m
ΔY	18 m
Hydraulische randvoorwaarde boven	1900 m ³ /s, lineair schief verdeeld over 19 cellen van 10 m/s tot en met 190 m ³ /s
Hydraulische randvoorwaarde beneden	5 m +NAP
Hydraulische ruwheid	45
Korrelsamenstelling	uniform 0.002 m diameter
Transportformulering en bijbehorende parameters b , RK, ACAL	Engelund Hanssen, $b=5$, $A_{cal}=1$, $RK = 0.08$
E_s	1
A_s	1
B_s	0.5
Alfabd	0
Courantmax	0.9
stabiliteits parameter	1

Tabel 1. overzicht van de belangrijkste parameters van de referentiesom.

6.4 Rechte goot met schotje.

In dit model is als wijziging op de referentie een scheiding aangebracht over roosterlijn 12 tussen $M=3$ en $M=40$. Deze scheiding is te zien als een gele lijn in de volgende figuur. Overigens is in deze figuur ook de bodem hoogte als kleur afgebeeld. De stroomrichting in het model is van rechts naar links.

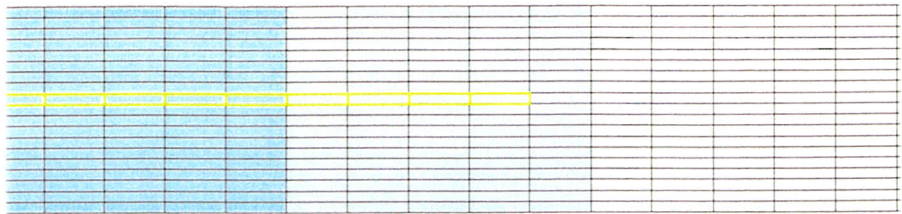


figuur 2 Rooster met dam.

De tak linksonder bestaat nu uit 10 cellen en tak links boven uit 9 cellen. De bovenste tak is dus 18 m smaller.

6.5 Rechte goot met een dam.

In deze schematisatie is een scheiding aangebracht over roosterlijnen 11 en 12 en tussen $M=3$ en $M=40$, bovendien zijn deze lijnen onderling verbonden met schotten. Het verschil van deze met voorgaande berekening wordt zichtbaar als de scheiding in detail wordt bekeken (figuur 2). De dam bestaat nu uit voorgaande som uit twee (ipv 1) evenwijdige lijnen met schotten ertussen.



Figuur 3 Dammen

De scheidingsdam bezit nu een breedte van 18m. Dit betekent eveneens dat de bovenste tak 18 m smaller wordt.

Wat in deze som is opgenomen is vergelijkbaar met wat in eerdere sommen van de Pannerdense kop is gedaan (Struiksma 1998) door de splitsing van de Pannerdensekop via de roosterbegrenzing aan te brengen (bijlage 2).

6.6 Rechte goot met variabele korrel.

In de rechte goot met variabele korrel is de korrel grootte gevarieerd met de breedte van 0.0015 m op de linkeroever tot 0.002 op de rechteroever ($D_{50} \approx 0.0000015 \cdot y + 0.0015$).

Er is geen schot in het model aanwezig.

6.7 Rechte goot met variabele ruwheid.

In de rechte goot met variabele ruwheid is de ruwheid gevarieerd met de breedte van $45 \text{ m}^{0.5}$, op de linkeroever tot 40 op de rechteroever ($D_{50} \approx 0.015 \cdot y + 45$).

6.8 Rechte goot met lage ruwheid.

In de rechte goot met lage ruwheid is de ruwheid op een chezy van $42.5 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ gezet.

6.9 Rechte goot met laag debiet.

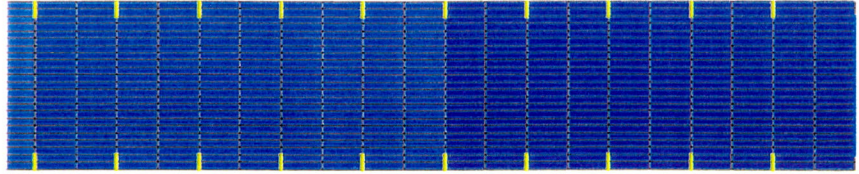
In de rechte goot met laag debiet is het debiet gehalveerd en is de benedenwaterstand terug gebracht naar 3 meter +NAP.

Deze en volgende sommen worden uitgevoerd met een verbreed rooster. Dit verbrede rooster bevat naast de normaallijnen aan beide zijden 2 rijen cellen extra. Voor deze berekening is deze zone afgesloten met de rekenroosterbegrenzing. In de volgende modellen is deze zone geopend en voorzien van kribben.

Per abuis is het debiet op de bovenrand gespiegeld ten opzichte van voorgaande sommen waardoor alle banken op de andere oever komen te liggen. Ook is de bodemrandvoorwaarde boven gewijzigd van +1 naar -1 meter NAP waardoor alle berekende bodems grofweg 2 meter lager komen te liggen dan voorgaande berekeningen. Omdat er voor het verbrede rooster een nieuwe referentie wordt bepaald en de berekeningsresultaten een relatief karakter hebben zijn deze wijzigingen van gering belang.

6.10 Rechte goot met lage debiet en kribben.

In deze som is de rekenroosterbegrenzing op de rand van het brede rooster gelegd waardoor het effectieve rekenrooster 4 cellen breder wordt. In een zone van aan weerszijden twee cellen (2x 18 m) worden kribben (schotjes) symmetrisch aangebracht.



Figuur 4 Kribben.

6.11 Rechte goot met laag debiet, kribben en dam.

Deze som wijkt af van de voorgaande doordat behalve kribben ook een splitsing is aangebracht met een dam.



Figuur 5. Kribben en dam.

6.12 Rechte goot met laag debiet, kribben, dam en gestrekte oever.

Deze som wijkt af van de voorgaande doordat kribzone op de rechter oever (boven) wordt onderbroken door een gestrekte oever².



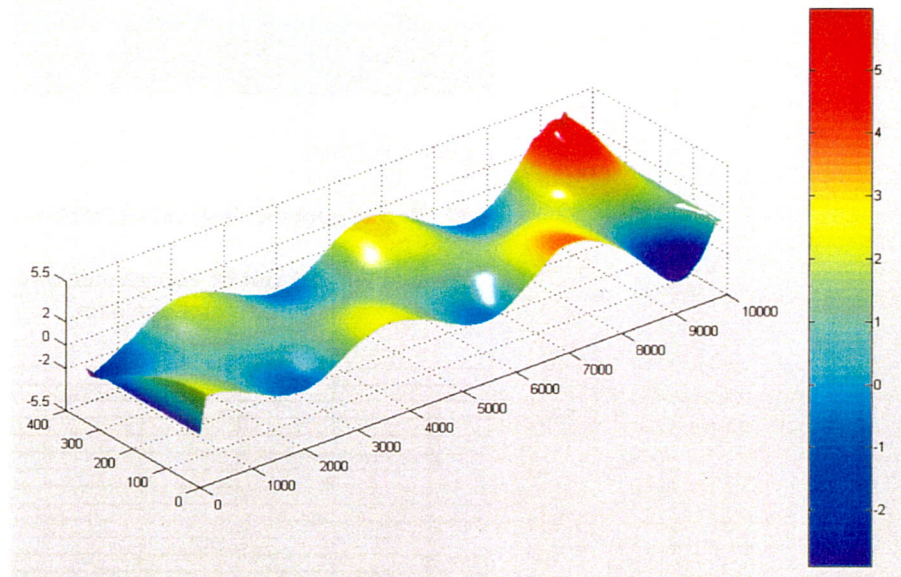
Figuur 6. Kribben, dam en gestrekte oever.

² Deze som is ook zonder splitsing uitgevoerd maar de resultaten hiervan geven geen extra inzicht waardoor deze berekening achterwege wordt gelaten.

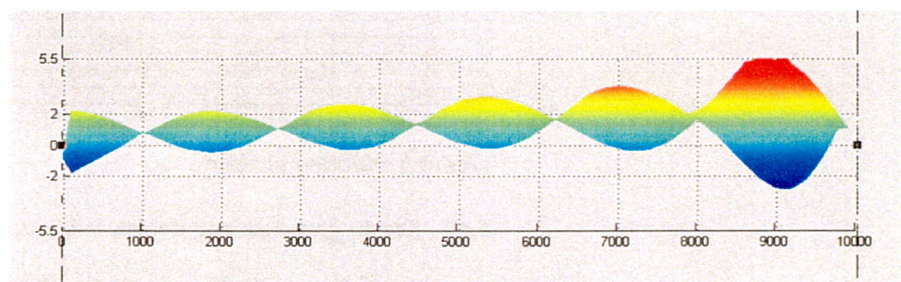
7 Resultaten

7.1 Rechte goot

Na een berekening van 12 jaar is de rechte goot op evenwicht. De resulterende bodem is in de volgende figuren vanuit twee gezichtspunten te zien (tbv visualisatie is lengte breedte hoogte verhouding aangepast, lengte /100, breedte /25).



Figuur 7. Ruimtelijk aanzicht berekende bodem referentiesom

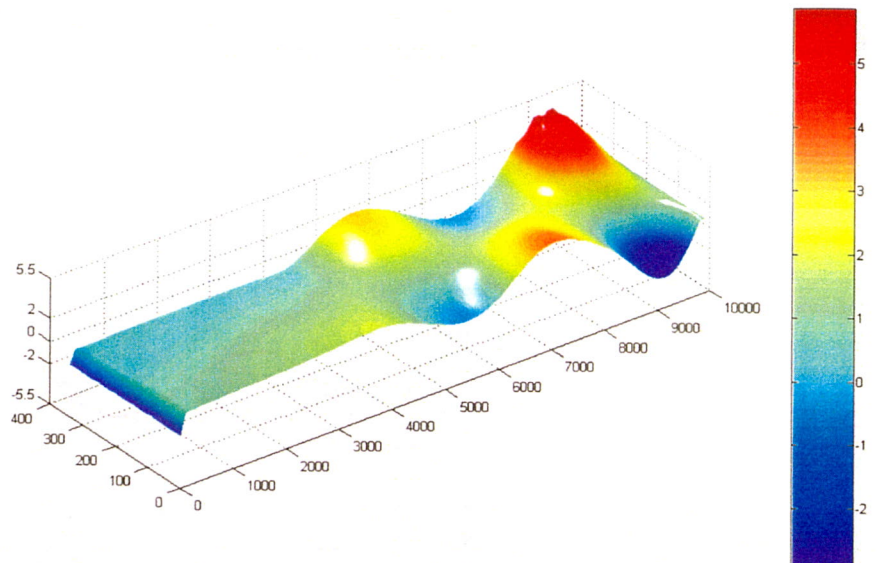


Figuur 8. Zijaanzicht berekende bodem referentiesom

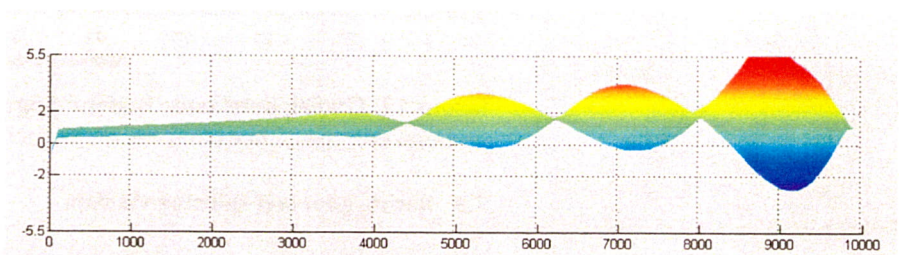
Dat er banken worden gevormd is het gevolg van de opgelegde bovenrandvoorwaarde. De hoogte, lengte en demping van de banken daartegen zijn het gevolg van systeem- eigenschappen van de schematisatie.

7.2 Rechte goot met schot

De berekening met een rechte goot met schot is op evenwicht na 16 jaar. Het resultaat is te zien in de volgende figuren.

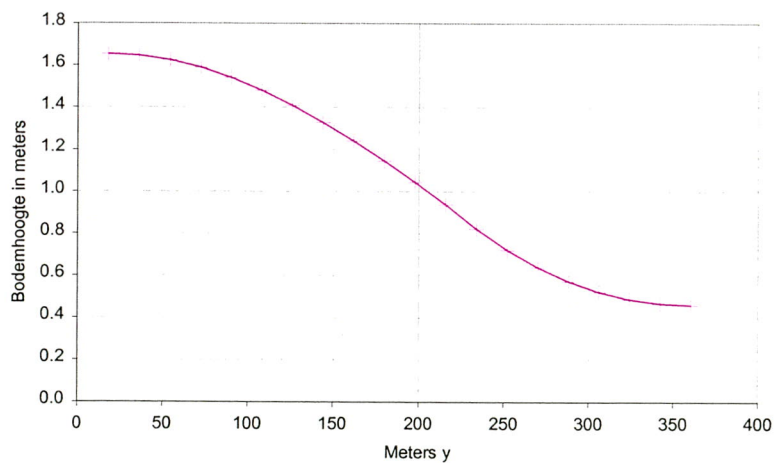


Figuur 9. Ruimtelijk aanzicht berekende bodem som met schot



Figuur 10. Zijaanzicht berekende bodem met schot.

De volgende figuur laat het dwarsprofiel zien van de berekende bodem 1 kilometer na de splitsing ($x=3000$ m).

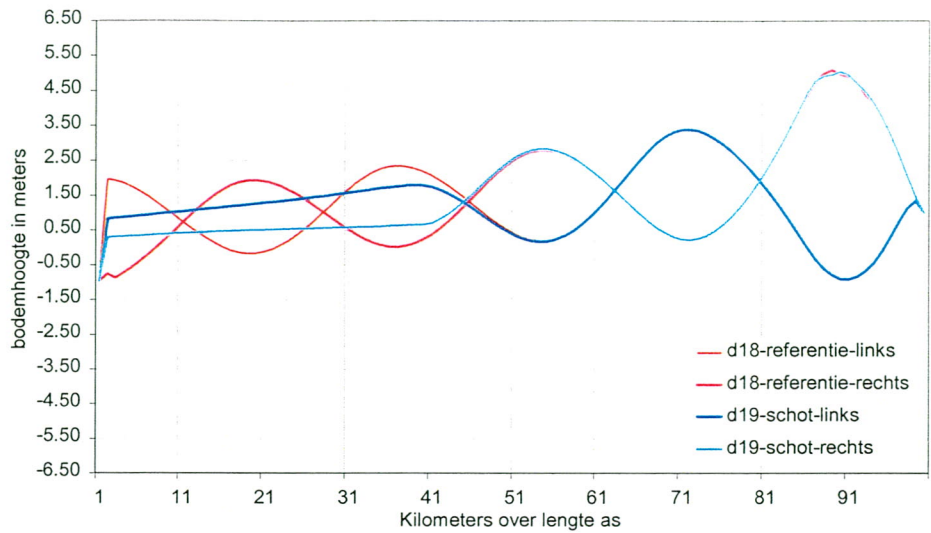


Figuur 11. Dwarsprofiel berekende bodem 1 kilometer na de splitsing.

Tegen de verwachtingen in vertoont het berekende dwarsprofiel (met schot) vertoont geen enkele discontinuïteit ter plaatse van het schot. Gegeven de helling van de bodem is er een transportcomponent naar rechts gericht. Aangezien de dwarscomponent van de stroming ter plaatse van het schot (per definitie) 0 is kan het berekende dwarsprofiel alleen in stand blijven bij een bodemtransport naar rechts. Het lijkt er derhalve op dat de transportroutine geen rekening heeft gehouden met het schot.

Resultaten ten opzichte van referentie

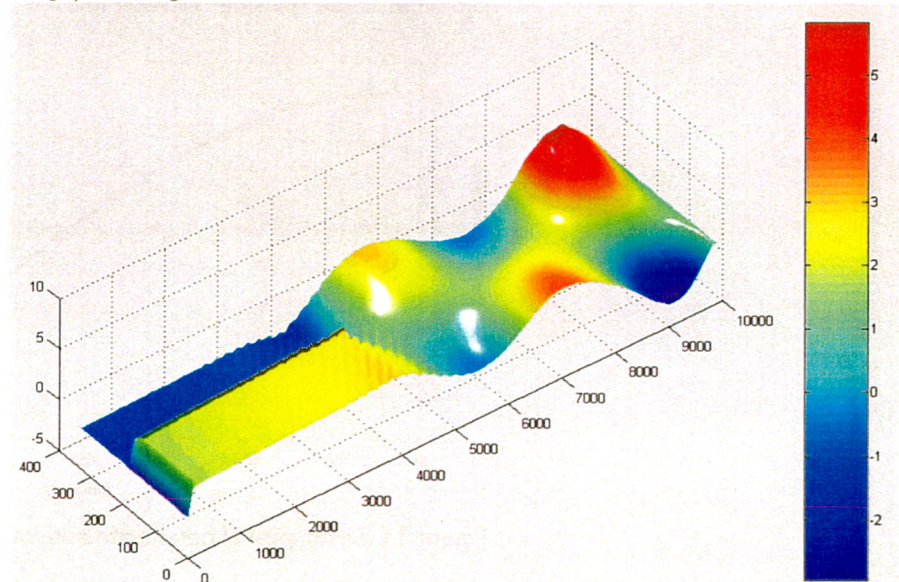
In de volgende figuur zijn de berekende bodemhoogtes op het linker en rechter kwart van de rivier afgebeeld samen met de referentiesom zonder schot.



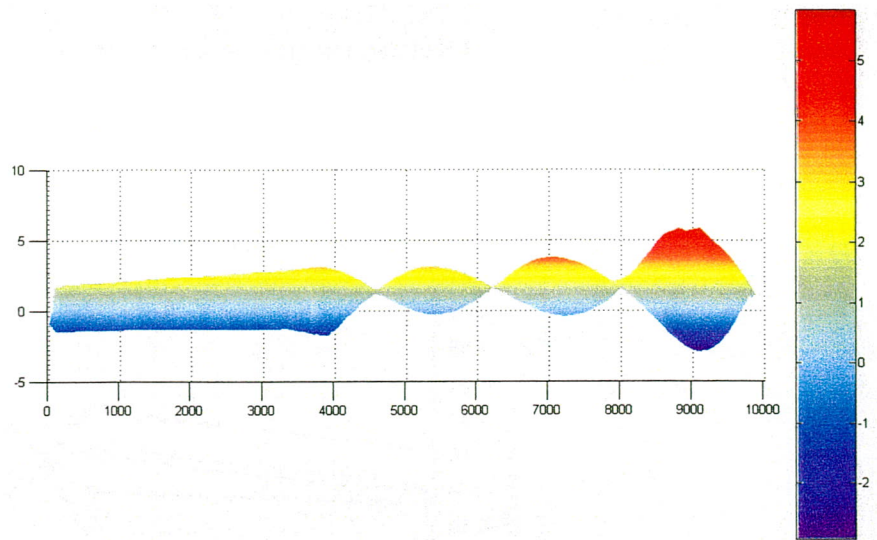
Figuur 12. Grafiek berekende bodemhoogtes linker en rechterkwart, referentie en berekend met schot (links/rechts kijkrichting stroomafwaards).

7.3 Rechte goot met splitsing via dam

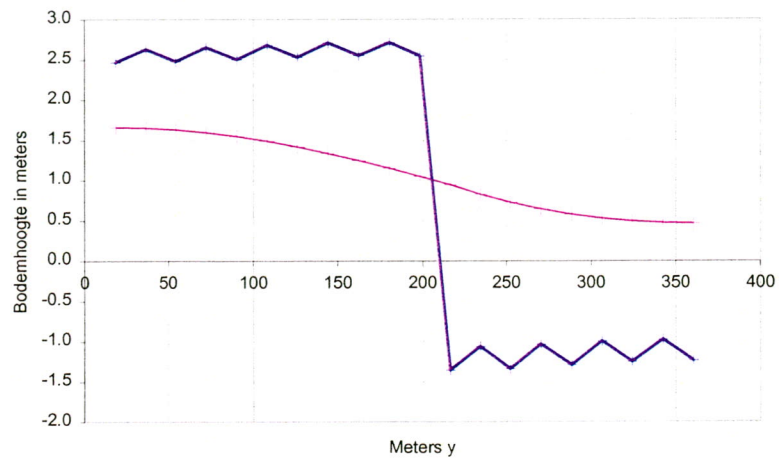
Na een berekening van 12 jaar is de rechte goot met een dam erin op evenwicht. De resulterende bodem is in de volgende figuren vanuit twee gezichtspunten te zien (tbv visualisatie is lengte breedte hoogte verhouding aangepast, lengte /100, breedte /25).



Figuur 13. Ruimtelijk aanzicht berekend met dam (gespiegeld)



Figuur 14. Ruimtelijk aanzicht berekend met dam

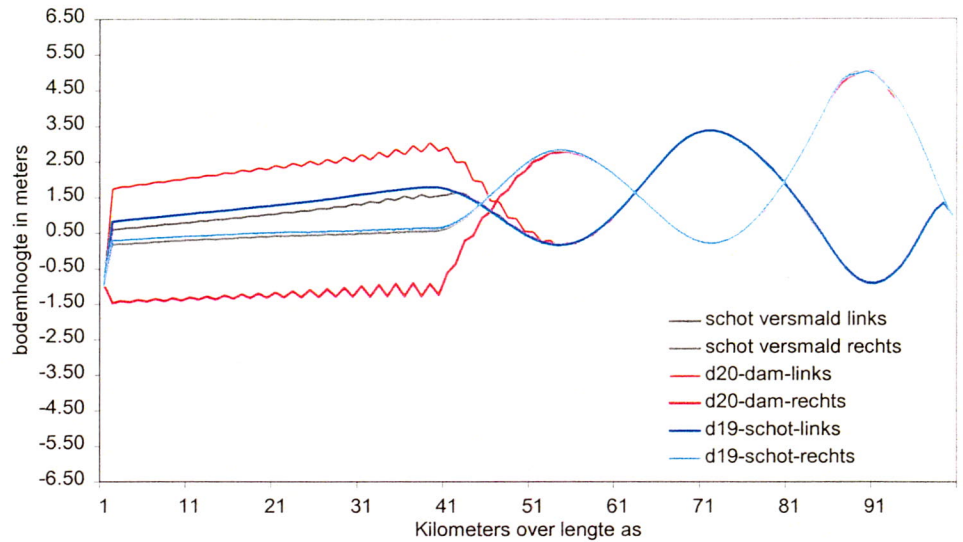


Figuur 15. Dwarsprofiel berekende bodem met dam op 1 km na de splisting (donkerblauw)

Het berekende dwarsprofiel is duidelijk discontinu. Afgezien van storingen op de takken links en rechts zijn de berekende bodems op de takken nagenoeg vlak.

Resultaten ten opzichte van referentie

De berekening met een dam als scheiding laat zich het beste vergelijken met de som met een schot als scheiding. Daarbij moeten we bedenken dat door de dam de ene tak 18 meter smaller is geworden. Om het effect hiervan in beeld te brengen is een extra som verricht met schot en 18m versmalling op de bovenste tak in combinatie met een schot. De versmalling is door schotjes op



de rechteroever aangebracht. De resultaten zijn in de volgende grafiek samengevat.

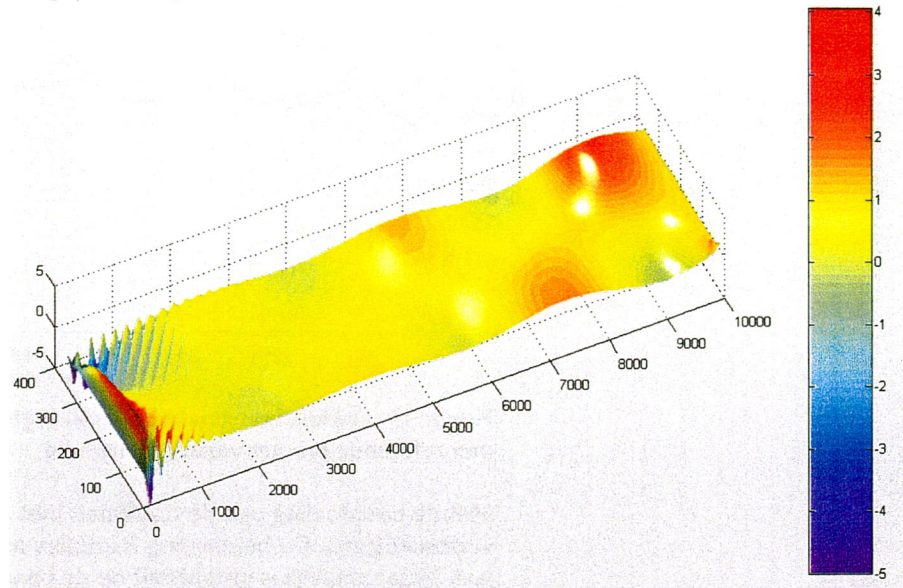
Figuur 16. Grafiek berekende bodemhoogtes linker en rechterkant, berekend met schot en dam.

Het blijkt duidelijk verschil te maken of de scheiding met een dam dan wel met een schotjes is aangebracht. Dit verschil is niet verklaarbaar door de versmalling.

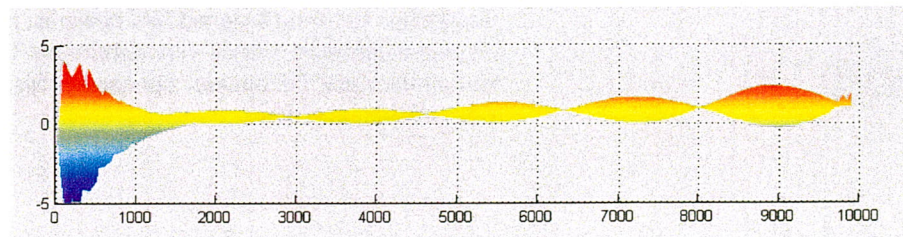
Naar alle waarschijnlijkheid wordt de bodem met een schot niet goed berekend. Vermoedelijk introduceren bodemhoogte verschillen links en rechts van een schot in sommige gevallen bodemtransport door het schot.

7.4 Rechte goot met variabele ruwheid

Na een berekening van 12 jaar is de rechte goot met een variabele ruwheid **niet** op evenwicht. De bodem op 12 jaar is in de volgende figuren vanuit twee gezichtspunten te zien (tbv visualisatie is lengte breedte hoogte verhouding aangepast, lengte /100, breedte /25).

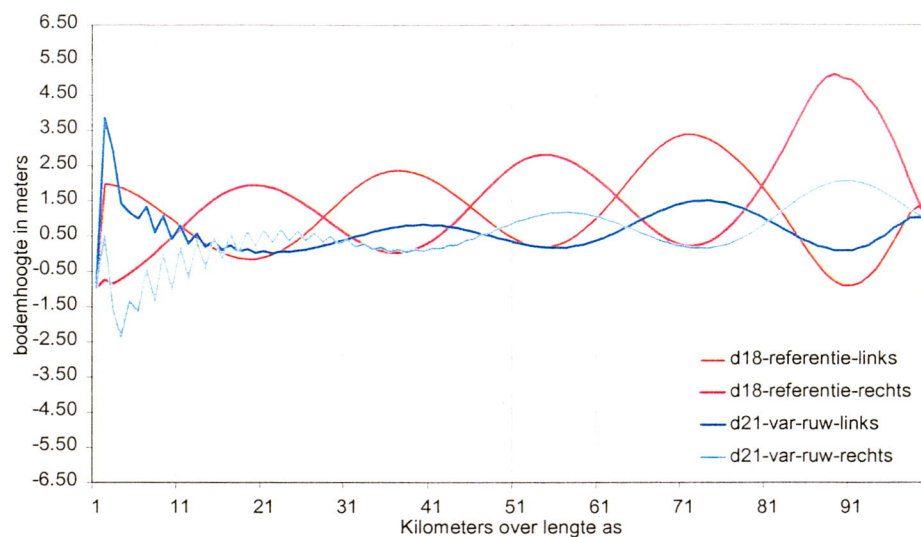


Figuur 17. Ruimtelijk aanzicht berekening met variabele ruwheid



Figuur 18. zijaanzicht berekening met variabele ruwheid.

Resultaten ten opzichte van referentie



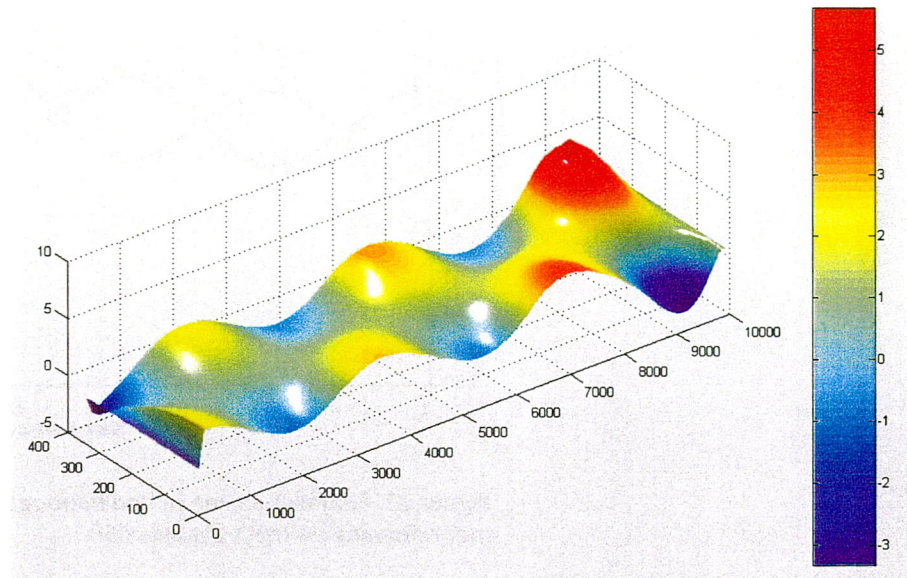
Figuur 19. Grafiek berekende bodemhoogtes linker en rechterkant, berekend met referentie en met variabele ruwheid.

Met de beoordeling van de resultaten met variabele ruwheid moeten we voorzichtig zijn. De berekening is immers niet op evenwicht gekomen na 30 jaar. Waarschijnlijk is instabiliteit op de benedenrand de oorzaak.

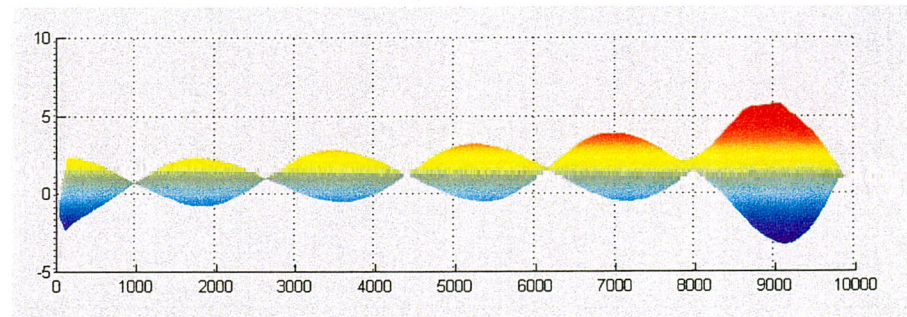
De voorgaande grafiek laat zien dat de oplossing met variabele ruwheid naar een overwegend lagere bodemhoogte en dus een grotere diepte tendeert. Aangezien het model gemiddeld ruwer is, is een lagere bodem in overeenstemming met de verwachtingen. Opvallend is echter ook het effect op de bankhoogte. De banken zijn aanzienlijk lager dan de referentie. Ook lijken de banken iets korter.

7.5 Rechte goot met variabele d50

Na een berekening van 12 jaar is de rechte goot met een variabele D50 op evenwicht. De resulterende bodem is in de volgende figuren vanuit twee gezichtspunten te zien (tbv visualisatie is lengte breedte hoogte verhouding aangepast, lengte /100, breedte /25).



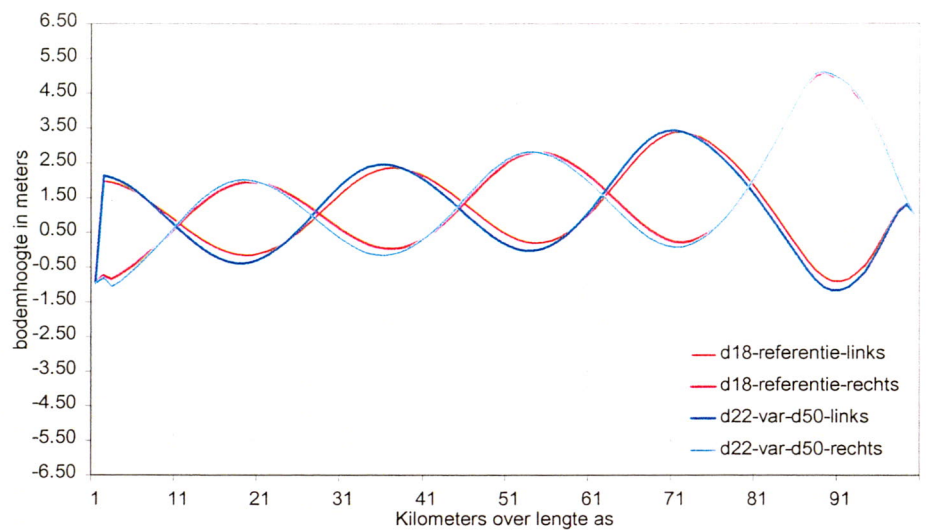
Figuur 20. Ruimtelijk aanzicht rechte goot met variabele D50



Figuur 21. Zijaanzicht rechte goot met variabele D50

Resultaten ten opzichte van referentie

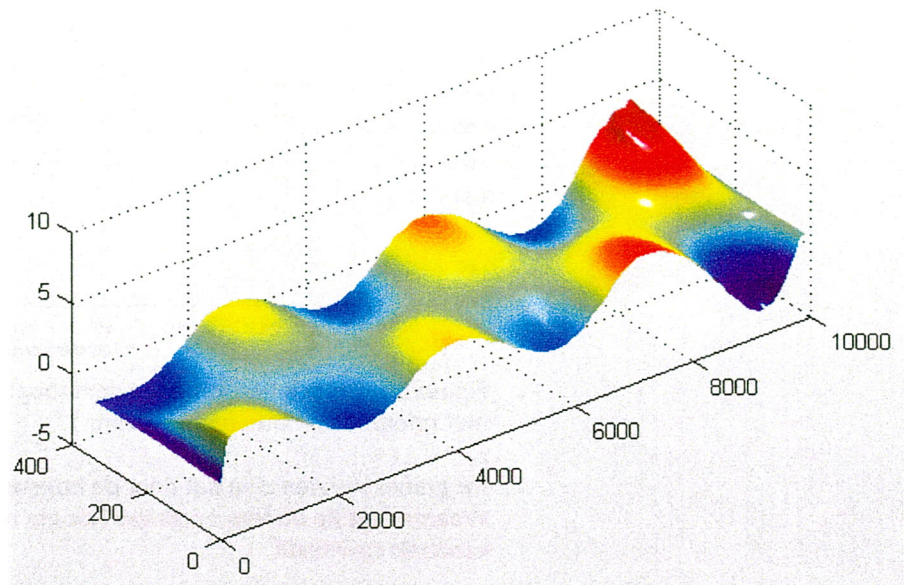
Ten opzichte van de referentie heeft een variabele D50 betrekkelijk weinig effect gehad.



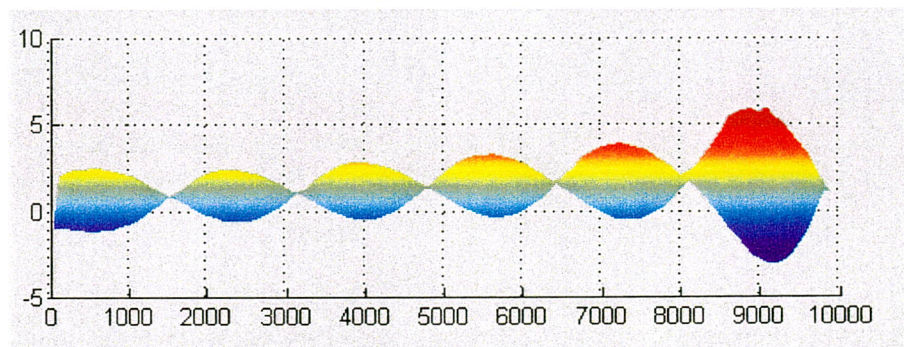
Figuur 22. Grafiek berekende bodemhoogtes linker en rechterkant, berekend met referentie en met variabele d50

7.6 Rechte goot met lage ruwheid

In deze berekening is een hoge ruwheid gebruikt voor de berekening (Chezy = 42.5).

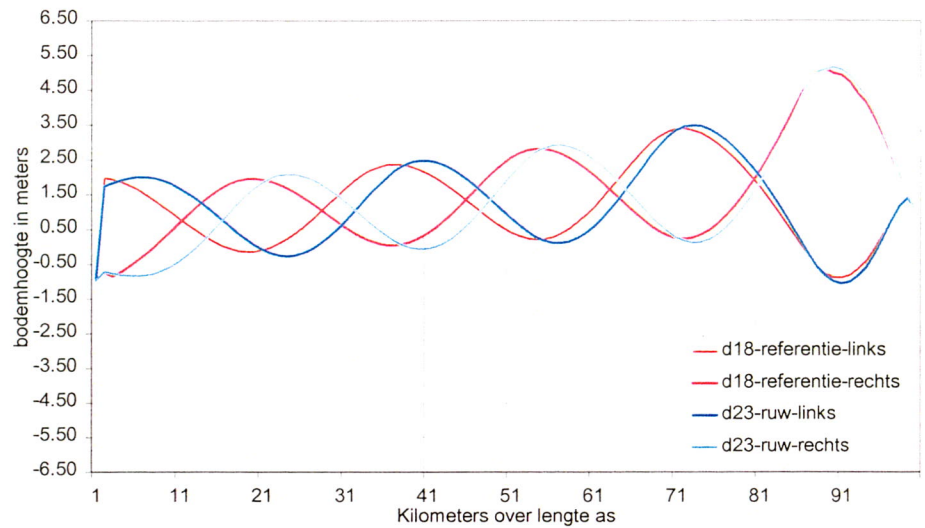


Figuur 23. Ruimtelijk aanzicht rechte goot met hoge ruwheid



Figuur 24. Zijaanzicht berekeningsresultaat met hoge ruwheid

Resultaat ten opzichte van referentie



Figuur 25. Grafiek berekende bodemhoogtes linker en rechterkant, berekend met referentie en met ruwe variant.

De grafieken laten zien dat door de hogere ruwheid de banklengte verkort. **Waarom ligt de bodem op gelijke hoogte spoort dit wel met lagere bodem bij variabele ruwheid?**

7.7 Sommen met kribben

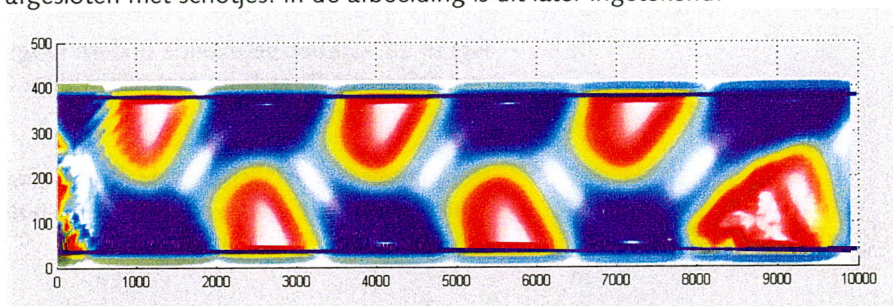
In de volgende paragrafen komen sommen aan de orde waarbij met kribben is gerekend.

Voor deze sommen is het rekenrooster verbreed (twee cellen aan beide zijden voor de kribvakzone) zodat de breedte binnen de normaallijnen hetzelfde kan blijven als in de voorgaande sommen.

Om het effect op de bankenvorming beter te kunnen bekijken is de bankvorming versterkt. Dit is gedaan door halvering van het debiet, verlaging van de benedenstroomse randvoorwaarde en verlaging van de ruwheid naar 42.5. Deze ingrepen hebben een sterker bankvormend gedrag als gevolg.

7.8 Referentiesom breed rooster verlaagd debiet

De referentiesom voor het brede rooster is verricht met een debiet van 950 m³/s en een benedenwaterstand van 3 M + NAP. Het debiet is opgelegd aan de zone tussen normaal lijnen. De kribvakzone tussen oeverlijn en normaallijn is afgesloten met schotjes. In de afbeelding is dit later ingetekend.



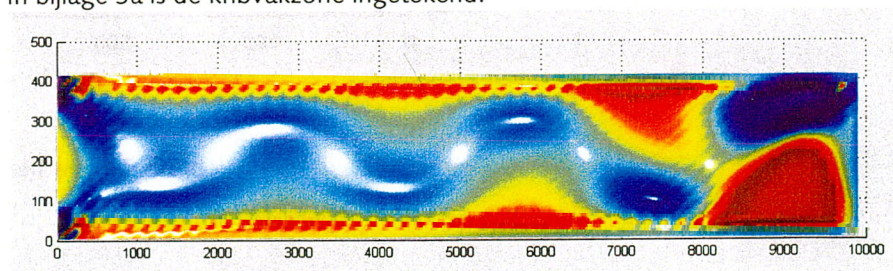
Figuur 26. Bodem referentie brede model laag debiet bovenaanzicht

Aan de benedenrand lijkt de afhandeling niet erg soepel te verlopen.

Dat er banken worden berekend is het gevolg van de opgelegde bovenrandvoorwaarde. De hoogte en lengte van de banken is grotendeels een eigenschap van de schematisatie.

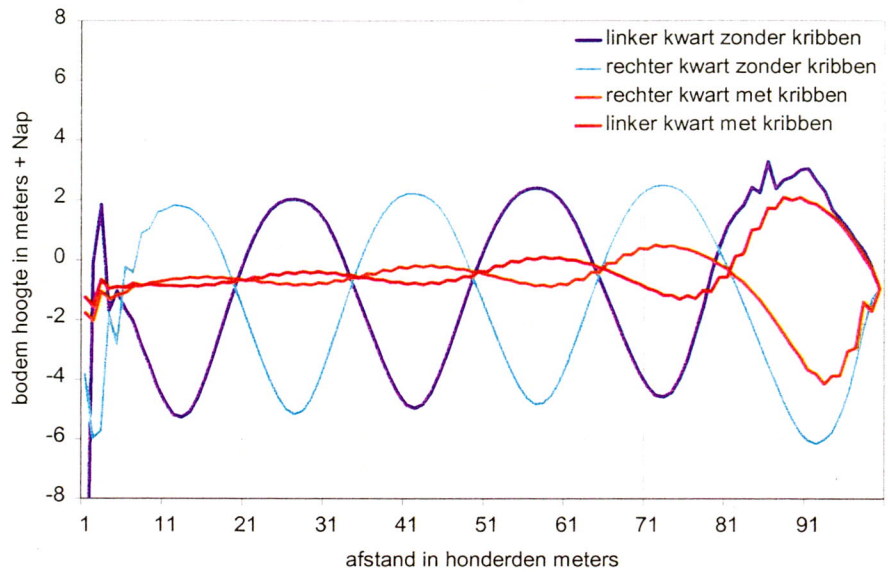
7.9 Breed rooster verlaagd debiet met kribben

In de voorgaande som was de kribvakzone afgesloten in de volgende som is deze geopend. Wel is om de 200 m een krib gelegd die de stroming blokkeerd. In bijlage 3a is de kribvakzone ingetekend.



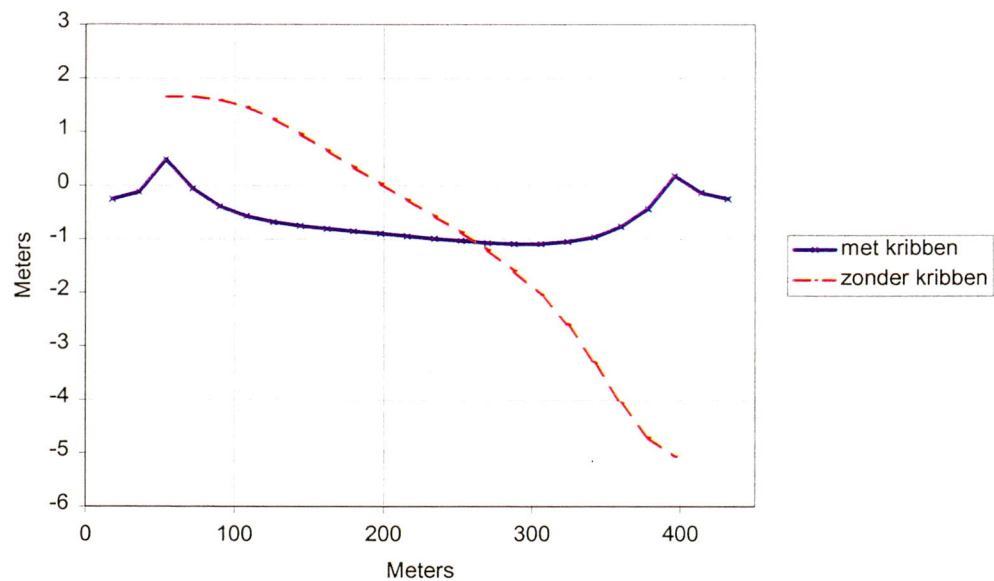
Figuur 27. Bodem breed model met kribben

Resultaten ten opzichte van de referentie (breed)



Figuur 28. Grafiek berekende bodemhoogtes linker en rechterkwart, berekend met referentie (breed) en met krib variant (breed). (links rechts kijkrichting stroomafwaards).

De grafiek laat zien dat er kribvakzone zoals gemodelleerd een sterk dempend effect heeft op de bankvorming in het model. Ook in het dwarsprofiel is dit

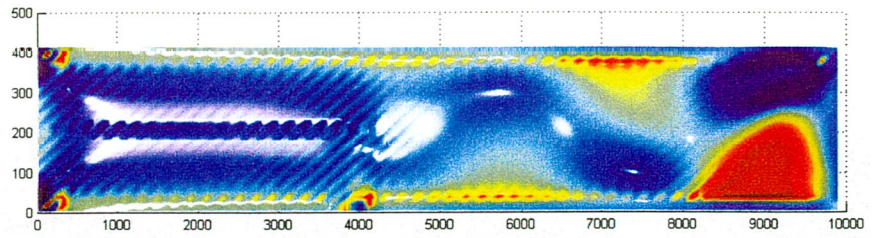


terug te zien.

Figuur 29. Dwarsprofiel op 3000 meter met en zonder kribben.

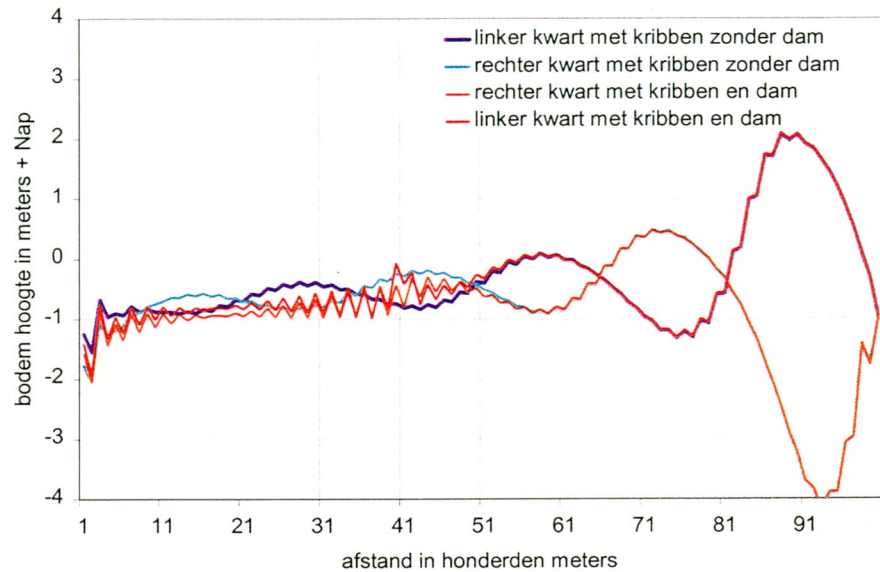
7.10 Breed rooster verlaagd debiet met kribben en dam

Hieronder volgen de resultaten als behalve kribben ook een scheidingswand wordt toegevoegd.



Figuur 30. Bodem breed model met kribben en dam.

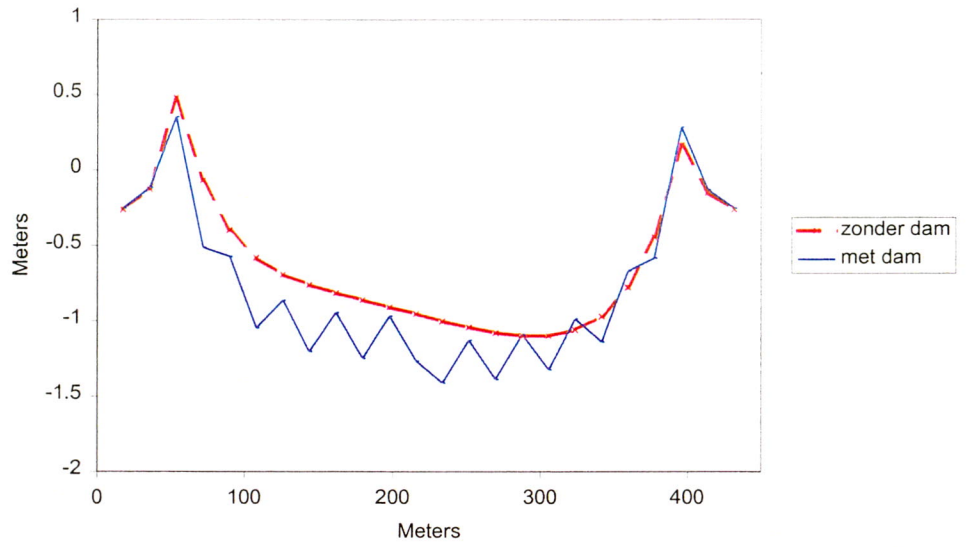
Resultaten ten opzichte van referentie (zonder schot)



Figuur 31. Grafiek berekende bodemhoogtes linker en rechterkant, berekend met kribben (breed) en met kribben en splitsing.

De berekeningsresultaten laten zien dat door het aanbrengen van de scheiding de banken sneller verdwijnen. Behalve dat de banken verdwijnen komt de bodem, gemiddeld genomen, ook lager te liggen na de splitsing. Dit komt doordat de rivier 18 meter smaller is geworden door de dam. De stompe top van de dam veroorzaakt ook een golf in de bodem vanaf het splitsingspunt naar beneden en een kort stukje naar boven.

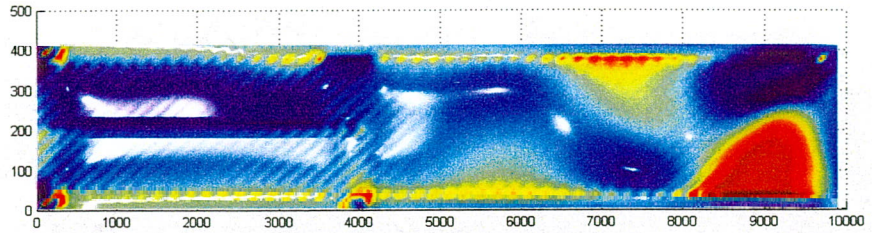
Het is niet geheel duidelijk waardoor de bodem op beide takken vrijwel op dezelfde hoogte uitkomt. Waarschijnlijk is dit het gevolg van een combinatie van de effecten van de scheiding en de versmalling; de scheiding voldoende dicht bij de bochtvergang en leidt dit in combinatie met de versmalling tot de berekende bodem. Het dwarsprofiel op 1 kilometer na de splitsing is te zien in de volgende figuur.



Figuur 32. Berekende dwarsprofiel op 3000 met en zonder splitsing.

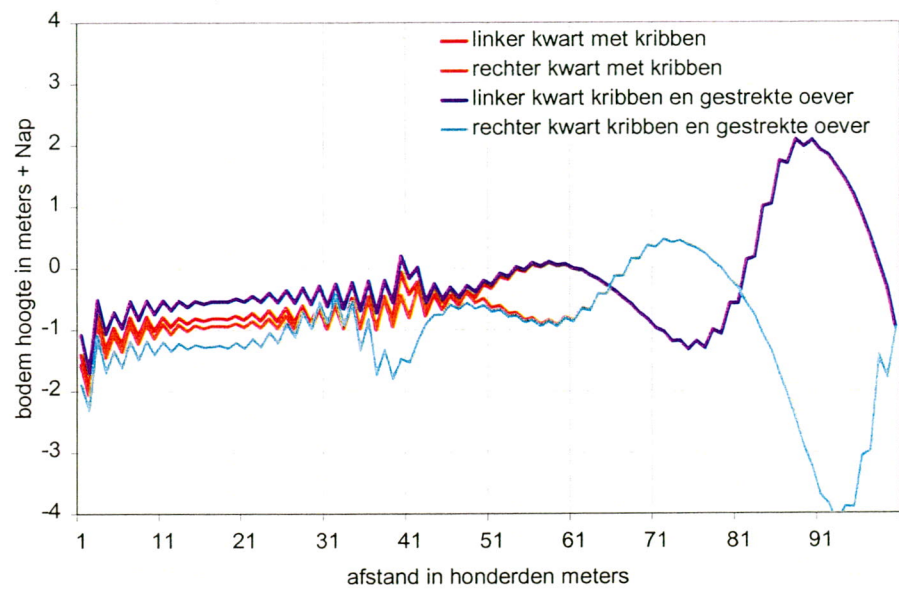
7.11 Breed rooster verlaagd debiet met kribben, schot en gestrekte oever

Bij de Pannerdense kop is de rechteroever (noorzijde) gestrekt precies op het splitsingspunt. De hypothese is dat dit effect heeft op de bodemligging van de takken. Dit is getest met de volgende som. De schematisatie van de gestrekte oever en de kribben is te zien in bijlage 3b.



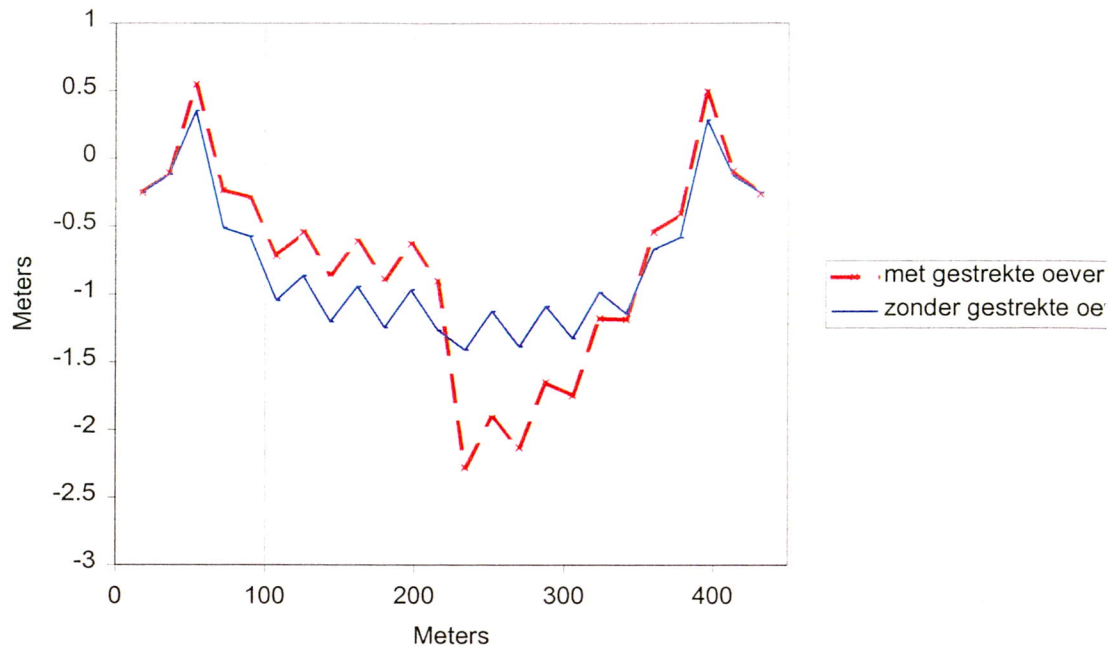
Figuur 33. Bodem breed model met kribben, splitsing en gestrekte oever.

Resultaten ten opzichte van referentie



Figuur 34. Grafiek berekende bodemhoogtes linker en rechterkwart, berekend met kribben en splitsing en met kribben, splitsing en gestrekte oever.

De gestrekte oever heeft duidelijk effect op de evenwichtsbodem die op de takken wordt berekend. De rechtentak wordt lager en de linker hoger. Dit is op 3000 m ook in het dwarsprofiel terug te zien.



Figuur 35 dwarsprofiel met splitsing, met en zonder gestrekte oever.

8 Conclusies

Tussen de varianten met een splitsing zijn grote verschillen waar te nemen. Deze verschillen zijn opvallend omdat de splitsing op dezelfde afstand over de lengteas intreedt. De wijze van schematiseren van het splitsingspunt kan dus grote effecten hebben op de evenwichts-bodemligging op de takken.

Waarschijnlijk houdt de transportroutine onvoldoende rekening met een scheiding door middel van schotjes. Dit betekent dat splitsingen met dammen of met de rekenroosterbegrenzing moeten worden gemodelleerd. Dit heeft als consequentie dat splitsingen met een kleine breedte alleen met een klein rooster kunnen worden gemodelleerd.

Splitsingen met dammen of met de rekenroosterbegrenzing hebben per definitie een bepaalde breedte. Bij het aanstroompunt worden hier dwarscomponenten in de stroomsnelheid veroorzaakt die in de bodem tot uiting komen. Bij een voldoende klein rooster zijn deze effecten aanvaardbaar.

Bij toenemende ruwheid worden de bij de Pannerdense kop de banken korter. Dit geldt misschien niet in zijn algemeenheid en misschien ook niet voor gegradeerd sediment maar wel voor deze situatie.

De kribbenzone heeft een sterk dempend effect op 2D banken die via de bovenrand het modelgebied inkomen. Dit heeft als belangrijke consequentie dat modelparameters die voor 2D morfologische modellen worden gebruikt bij met schematisaties tussen de normaallijnen, mogelijk niet van toepassing zijn op schematisaties met kribben.

De aanwezigheid van een gestrekte oever op de rechteroever van het Pannerdens kanaal ter hoogte van de Pannerdense kop heeft waarschijnlijk invloed op de evenwichtsbodemligging van de takken. Echter, de gemodelleerde lengte van de gestrekte oever bedraagt 300 meter. De werkelijke lengte is ongeveer 150 meter. Waarschijnlijk is het effect in het prototype derhalve geringer.

9 Aanbevelingen

Het verdient aanbeveling eerst met een 1D instrumentarium te onderzoeken of migrerende bodemgolven kunnen worden berekend voordat extra kosten worden gemaakt aan de 2D modellering. Het onderwerp verdient aandacht omdat hoogwatereffecten en migrerende bodemgolven elkaar zowel kunnen uitdempen als versterken. Als wij in staat zijn dit gedrag na te bootsen dan kan waarschijnlijk efficiënter worden gebaggerd.

Het verdient aanbeveling om de programmatuur te verbeteren zodanig dat splitsingspunten met schotjes kunnen worden gemodelleerd. Deze verbetering is gewenst voor een meer eenvoudige en natuurgetrouwe 2D modellering van de Pannerdensekop.

Tot slot verdient het aanbeveling nader onder te verrichtten naar de 2D morfologische effecten als gevolg van de complexe geometrie rond de splitsingspunten. Met het oog op de afvoerdeling en veiligheid zal dit onderzoek zich, op termijn, ook moeten gaan uitstrekken naar de effecten bij hogere afvoeren.

10 Literatuur

Struiksma N., Flokstra C. et al. ,1985, Bed deformation in curved alluvial channels, J.H.R. Vol 23 1985 No1 blz 57 – 79.

Struiksma N., Corsato A. ,1989, Analysis of a 2D bed Topography Model for Rivers, 1989 American Geophysical union.

Mosselman & Sloff, 1998, Probleemanalyse ijking Delft3D voor Pannerdense Kop, verslag WL Q 2494.

Struiksma, N. 1998, Morfologisch model Pannerdense Kop op basis van Delft3D-MOR, verslag WL Q 2403.

Smale, A.J. 2000, Morphological effects of spatially varying grain size and roughness, TU Delft.

Brink, N.G.M., van den, 2002, Case Ewijk, Sedimenttransport en uiterwaardstroming, simulatie van 2D zandtransport tijdens hoogwater, Riza Werkdocument 2002-060X

Wolters, A.F. 1998 Vaste laag bij Nijmegen, Case studie in het kader van kennisontwikkeling 2D morfologie, RIZA Rapport 98-058.

Bijlagen

Bijlage 1 overzicht invoer referentie

```
Main routine
*1 CASE IDENTIFIERS
*2 CASE LABEL LABW LABR
's2' ' ' ' ' '
* INITP
0
*1 ITO1 ITO2
*2 JJMMDD UUMMSS
20020308 0
* TIMA TSCALE
0 15.00
* NBACK
0
*1 POINTERING SEQUENCE
*2 NINPFI
3
* IPROC IVERS
2 1 's2.mdf'
3 1 'md-tran.s2'
4 1 'md-bott.s2'
* SPECIFICATION OF THE TRISULA TIDAL PERIOD
50
*1 SPECIFICATION OF THE PROCESS TREE
*2 NORDER NDPROC
3 2
*1 CHILD-PARENT RELATIONS
*2 ICH IPA
2 3
1 3
3 4
*1 SPECIFICATION OF CONTROLS
*2 I NCTR ITELCM XTELM
1 2 4 .0000E+00
* NTIMIN1 NTIMIN2 NTIMIN3 NTIMIN4
2 1 1 4
*1 DTSV/DTSF
*2 NTIMIN5 NTIMIN6
1 4
* I NCTR ITELCM XTELM
2 4 50 .0001
* NAMITQ IEPSC
'U1' 1
* NTIMIN1 NTIMIN2 NTIMIN3 NTIMIN4
4 0 3 0
*1 DTSV/DTSF
*2 I NCTR ITELCM XTELM
3 2 1600 0.0
* NTIMIN1 NTIMIN2 NTIMIN3 NTIMIN4
2 1 3 0
*1 DTSV/DTSF
*2 DEFINITION ELEMENTARY SUBPROCESSES
*3 IFE K L M N
1 0 0 1 1
*1 TIME INTERVALS
*2 I TA TB
3 0 0
4 0 120
* DEFINITION ELEMENTARY SUBPROCESSES
* IFE K L M N
2 0 1 0 0
* TIME INTERVALS
* I TA TB
2 0 60
* END OF MAIN INPUT
```

```

Invoer Trisula routine
Ident = #DELFT3D.UI .03.02 3.34.03#
Runid = #s2.#
Commnt=
Runtxt= #Splittings stap 18#
#meter 100 x 20 cellen #
#m horiz n vertic #
#x0=0 y0 = 0 #
#8-3-2002 #
Filcco= #S3.grd #
Fmtcco= #FR#
DxDy = [.] [.]
Anglat= 0.000000
Grdang= 0.000000
Filgrd= #S2.enc #
Fmtgrd= #FR#
MNgrd = [.] [.]
MNKmax= 101 21 1
Thick = 100.000
Fildep= #s2.dep #
Fmtdep= #FR#
Commnt=
MNdry = [.] [.] [.] [.]
Fildry= # #
Fmtdry= #FR#
MNtd = [.] [.] [.] [.] #U#
Filt d = # #
Fmttd = #FR#
Nambar= # #
MNbar = [.] [.] # #
MNwlos= [.] [.]
Commnt=
Itdate= #2002-03-08#
Tunit = #M#
Tstart= 0.000000
Tstop = 2.62800e+006
Dt = 0.250000
Tzone = 0
Commnt=
Sub1 = # I#
Sub2 = # #
Namc1 = # #
Namc2 = # #
Namc3 = # #
Namc4 = # #
Namc5 = # #
Wnsvwp= #N#
Filwnd= # #
Fmtwnd= #FR#
Wdint= #Y#
Commnt=
Filic = # #
Zeta0 = 3.30000
U0 = [.]
V0 = [.]
S0 = 0.000000
T0 = 0.000000
I0 = 0.000000
Restid= # #
Commnt=
Filbnd= #s2.bnd #
Fmtbnd= #FR#
FilbcH= # #
FmtbcH= #FR#
FilbcT= #s3.bct #
FmtbcT= #FR#
Filana= # #
Filcor= # #
FilbcC= # #
FmtbcC= #FR#
Rettis= 0.000000
0.000000
0.000000
0.000000

```

```

0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
Rettib= 0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
0.000000
Commnt=
Ag = 9.81000
Rhow = 1000.00
Alph0 = [.]
Tempw = 15.0000
Salw = 31.0000
Rouwav= # #
Wstres= 0.000630000 0.000000 0.00723000 100.000
Rhoa = 1.00000
Betac = 0.500000
Equili= #N#
Tkemod= # #
Ktemp = 0
Fclou = 0.000000
Sarea = 0.000000
Filtmp= # #
Fmtmp= #FR#
Temint= #Y#
Tstmp = [.] [.]
Commnt=
Roumet= #C#
Filrgh= # #
Ccofu = 45.0000
Ccofv = 45.0000
Xlo = 0.000000
Filedv= # #
Vicouv= 1.00000
Dicouv= 10.0000
Vicoww= [.]
Dicoww= [.]
Irov = 0
ZOv = [.]
Cmu = [.]
Cpran = [.]
Commnt=
Iter = 2
Dryflp= #MAX #

```

```

Dryflc= 1.00000
Dco = -999.000
Tlfsmo= 30.0000
Forfuv= #Y#
Forfw= #N#
Sigcor= #N#
Trasol= #Cyclic-method#
Commnt=
Filsrc= # #
Fmtrsrc= #FR#
Fildis= # #
Fmtdis= #FR#
Commnt= no. observation points: 0
Filsta= # #
Fmtsta= #FR#
Tpar = [.] [.]
XYpar = [.] [.]
Commnt=
Eps = [.]
Commnt=
Commnt= no. cross sections: 0
Namcrs= # #
MNcrs = [ ] [ ] [ ] [ ]
Commnt=
PMhydr= #YYYYYYY#
PMproc= #YYYYYYY#
PMderiv= #YYY#
PHhydr= #YYYYYYY#
PHproc= #YYYYYYY#
PHderiv= #YYY#
PHflux= #YYY#
SMhydr= #YYYYYYY#
SMproc= #YYYYYYY#
SMderiv= #YYY#
SHhydr= #YYY#
SHproc= #YYYYYYY#
SHderiv= #YYY#
SHflux= #YYY#
Commnt= attribute file fourier analyzed
Filfou= # #
Online= #NO #
Prmap = [.]
Prhis = 0.000000 0.000000 0.000000
Flmap = 0.000000 60.0000 2.62800e+006
Flhis = 0.000000 60.0000 2.62800e+006
Flpp = 0.000000 60.0000 2.62800e+006
First = 0.000000
Commnt=
Commnt=

```



```

Invoer transport routine
*****
* 4.0 Composition of the input file TRSTOT *
*****
*
* project: splitsingspunt stap 1
* datum: 10 maart 2002
*
*****
* -1- Transport option (1=total, 2=suspended, 3=bed+suspended) MODSDA
1
* -2- Type of bed boundary condition IBBC
* (1=gradient type, 2=concentration type) NEXPRS (0= integral; 1= fit)
*2 1
* -3- Instationary/stationary flow (.true./.false.) INSTF
.false.
* -4- Type of concentration boundary condition INSTC
.false.
* -5- Wave effects not included/included (.false./.true.) NWAVE
.false.
* If NWAVE Then
* -6- Stationary/instationary wave field (.false./.true.) INSTW
.false.
* -9- Maximum number of flow fields MAXFLT
100
* If NWAVE Then
* -11- Maximum number of wave fields MAXWAT
*10
* -13- Time step, number of initial timesteps IDTS, NTSI
1 0
* -15- Cycle length flow ITPERQ
0
* If NWAVE Then
* -16- Cycle length waves ITPERW
*0
* -17- Spiral flow included/not included (1/0) LSECBO
1
* If LSECBO = 1 then spiral flow included
* -18- Spiral flow coefficient ESPIR
1.0
* -19- Secondary flow effect wrt suspended sediment transport LSECU
*0
* -20- Correction coefficient for the shields number FYTA
1.00
* -21- Coefficients slope effect ASHLD, BSHLD
0.85 0.5
* -22- Fixed layers present/not present (.true./.false.) NVA
ST
.false.
* If NVA
ST Then
* -23- Rigid bed level (>0: uniform, 0:uniform, <0:from file) DPFC
* -1
* If NVA
ST and DPFC=0 Then
* -24- Bed levels (1:NMAX,1:MMA
X) DPF
*1.
* If NVA
ST and DPFC<0 Then
* -25- File name fixed bed levels DPF
FIL
* vastexact5.d
* If NVA
ST Then
* -26- Coefficient effective layer thickness EVA
ST
* 0.2
* -27- Initial concentration field RUNI
*0.01
* -30- Type of outflow boundary condition NSBNDI NSBND
O
*4
*2
* -31.1 Boundary number and type (for NTO boundaries) IBNDNR,IBNDTP
* eerste 19 zijn bovenrand; laatste is benedenrand.
* Randen zijn nu VAST (en vlak).
1 0
2 0
3 0
4 0
5 0

```

60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
* -31.2 constant sedimenttransport NAME
* benedenrand volgt de op-een-na-laatste cellen.
* CONSTANT
* -31.3 linear interpolation IBOUND3
*1
* -31.4 sediment transport beginrand opening FAVAL
*.1
* -31.4 sediment transport eindrand opening FBVAL
*.1
* -34- how to determine dispersion coefficient in convection diff. eq NDISP
*1
* -35- dispersion coefficient in convection diff. eq.
*0.0000001
* -39- settling velocity of the suspended sediment (WAQUA < 0.01 m/s)
*0.005
* -40- Density of sediment RHOS
2650
* -41- Kinematic viscosity of water RNU
1.0E-6
* -42- D50 of sediment. (see manual for non-uniform D50) D50C
0.002
* -44- file name containing D50 for all gridpoints
* -45a za1 za2
*0.02 0.0
* -45b da
*1
* -46- Number of transport formula IFORM
1
#1 ENGELUND-HANSEN
1 -47- ACAL
0.08 -47- RK
#4 GENERAL FORMULA
2.1
0
1.5
0.7
0.047
0.001131
end of transport formulations
*
* -48- Coefficient bed slope effect ALFABD
0.0
* -49- Coefficient bed slope effect ALFASU
* 1.0
* -50- Stability coefficient NSTAB
6
* -50a Power of transport relation, porosity BBTRS, PORSTA
5.0 0.4
* -51- Stability coefficient ALFSTA
* 1.1 is stabiliteitsfactor. de -1- is dan 1*tscale. Dus: geen automatische timestep
* (immers:zie volgende regel) en 1 op 1 morfologie en flow doorrekenen. Let wel: het
* gaat hier om de tijdstap van de bodem.
1.0
*1.1 1
* -53- Automatic timestep (1/0), maximum Courant number NTYDA, CRNMAX
1 .9
*0.9
* -54- Time averaging option INTVAL
3

```

* -55-
OUTPUT DATA
* -56- Output option MODDM
0
* -57- Extend history file NOUTH5
1
* -58- Start,end,increment for writing his file ITHISA, ITHISB,IDTHIS
0 10 10000
* -59- Number of locations for output sx,sy,sr etc NOSE
0
* IF NOSED >0 Then
* -60- I, MC(I), NC(I)
*1 5 35
*2 25 35
*3 51 35
* -61- Number of cross-sections of type ksi=constant NTRAU
0
* -63- Number of cross-sections of type eta=constant NTRAV
0
* -65- kpol
0
* -66b nosil
*0
* -67- Grain size D50 output NQUALT3
0
* -68- Grain size D90 output NQUALT4
0
* -69- Extend time dependent map file NOUTFI
0 10 10000
* -70- Start,end,increment for writing map file ITMPIA,ITMPIB,IDTMP1
1
* -71- Chezy at u-point NQUALT5
1
* -72- Chezy at v-point NQUALT6
1
* -73- Intensity of spiral motion NQUALT7
1
* -74- U-component of bed load transport Sx NQUALT8
1
* -75- V-component of bed load transport Sy NQUALT9
1
* -76- u-component of suspended load SxS NQUALT12
*1 -77- v-component of suspended load SyS NQUALT13
*1 -78- sediment concentration distribution NQUALT16
*1 -78b erosion or deposition rate NQUALT17
*1
* -79- Extend averaged map file NOUTFA
0 10 10000
* -80- Start,end,increment averaged map file ITMPAA, ITMPAB, IDTMPA
1
* -81- Initial integral of u-component of bed load transport NQUALT30
1
* -82- Initial integral of v-component of bed load transport NQUALT31
1
* -83- Averaged u-component of bed load transport ttxa NQUALT32
1
* -84- Averaged v-component of bed load transport ttya NQUALT33
*1
* -85- Initial integral of u-component of suspended load ttxsi NQUALT34
*1
* -86- Initial integral of v-component of suspended load ttysi NQUALT35
*1
* -87- Averaged u-component of suspended load ttxsa NQUALT36
*1
* -88- Averaged v-component of suspended load ttysa NQUALT37
1
#
* -88a- Averaged erosion or deposition rate NQUALT38
* End of input of the transport module TRSTOT

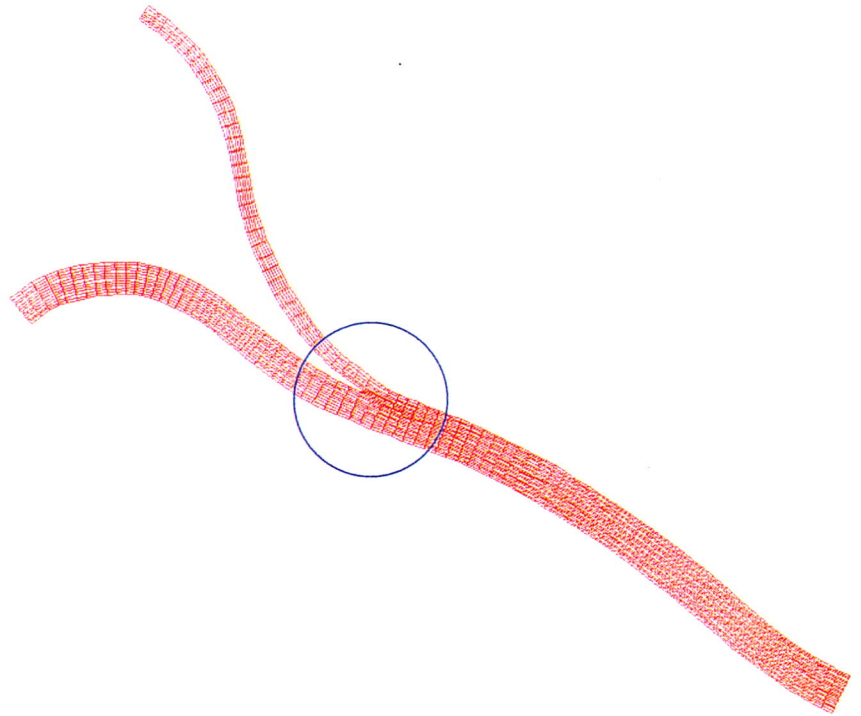
```

```

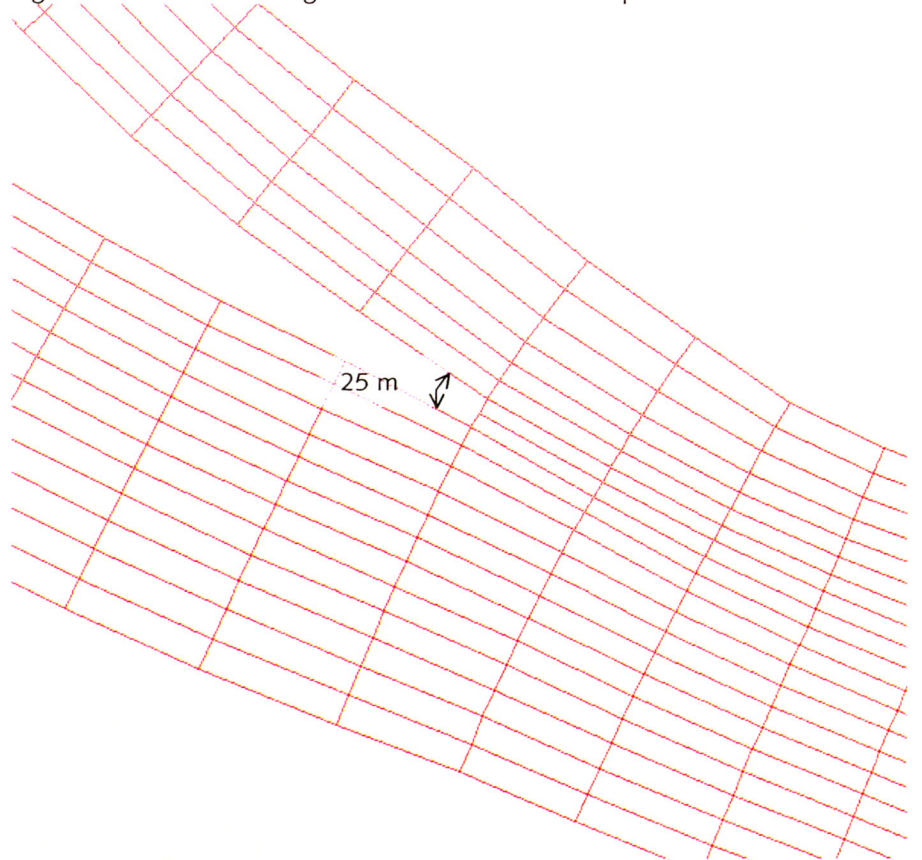
Invoer bodem routine
**** INPUT FILE OF BOTTOM MODULE ****
*
* PROJ :splisting step 1
*
* DATUM : 11-03-02
*
*****
* (INORES(1),I=1,3),KWITS integers
* INORES(1) = 1/0 : The data module of TRISULA is_not/is memory resident
* INORES(2) = 1/0 : Idem for transport module
* INORES(3) = 1/0 : Idem for bottom module
* KWITS = 1/0 : Yes/no auxilliary output
*****
1 0 0 0
*****
* POROSI IINTRA real integer
* POROSI = Porosity
* IINTRA = 1/0 : Initial transport is/is_not taken into account
*****
.4 0
*****
* (ITIMFR(I),I=1,6),INTCOM integers
* ITIMFR(1:3) First Last Increment times for writing History file
* ITIMFR(4:6) Idem for Map file
* INTCOM 0 : Bottom on COM file overwritten (also starting bottom)
* 1 : As 0 but starting bottom will be kept
* 2 : All new Bottoms stored
*****
0 2628000 240 0 2628000 240 2
*****
* ILLUST ILUEN ILUDP IAPPND integers
* ILLUST 1/0 Over 1 bottom time step integrated transports are/not
* written
* ILUEN 1/0 The entrainment is/not written
* ILUDP 1/0 Differences in depths in one time step are/not written
* IAPPND 1/0 Map and History files extended/updated
*****
1 1 1 1
*****
* NOSTAB integer Number of stations/locations for History
*****
0
*****
* NOSTAB records Station name (char*40), M, N (integers)
*****
*
*
*
*****
* For non specified open boundary segments :
* IBNDNR = Open boundary number (TRISULA number)
* IBNDTP = 3 The bottom depth will be specified
* (in this case extra records must follow)
*
* 4 Bottom depth unchanged
*****
1 4
2 4
3 4
4 4
5 4
6 4
7 4
8 4
9 4
10 4
11 4
12 4
13 4
14 4
15 4
16 4
17 4

```

18 4
19 4
20 4
* Filename input bed levels
* 1 of 2 (interpolatie of invoeren per gridcel)
* scalefactor for times
* scalefactor for depth

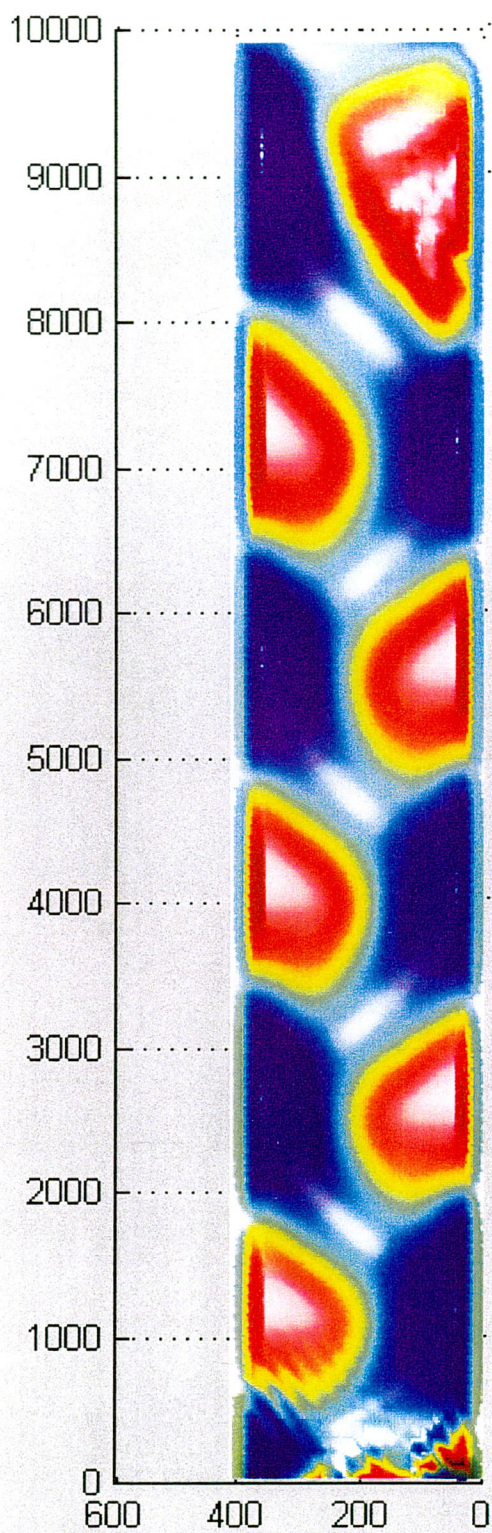


Figuur 1. Rooster morfologisch model Pannerdense kop

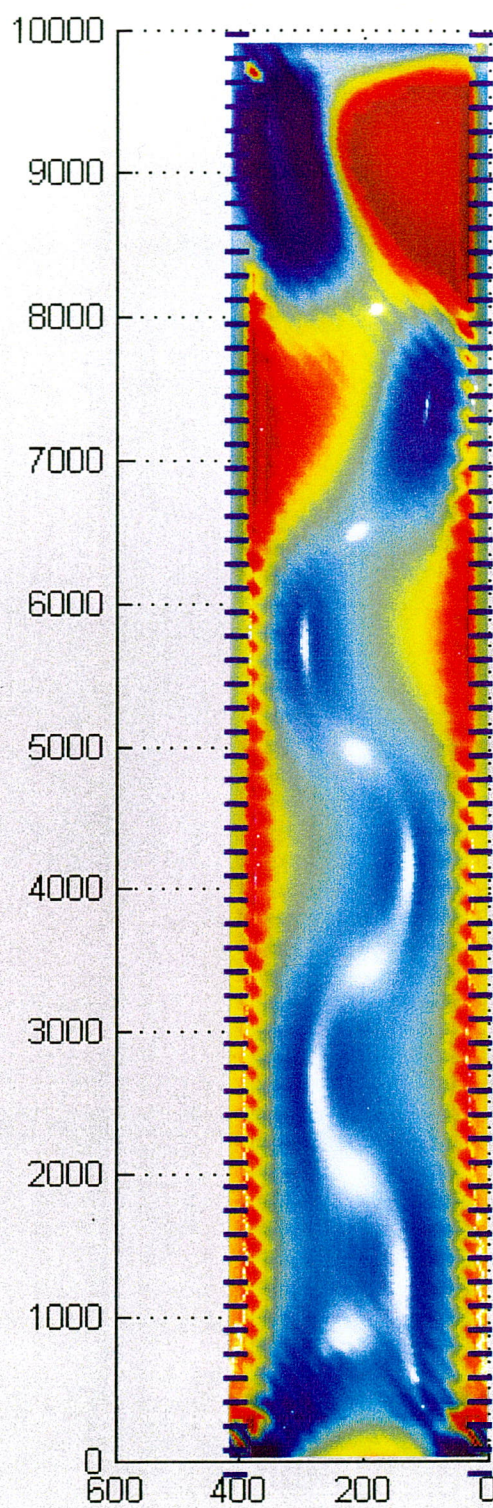


Figuur 2. Detail rooster morfologisch model Pannerdense kop

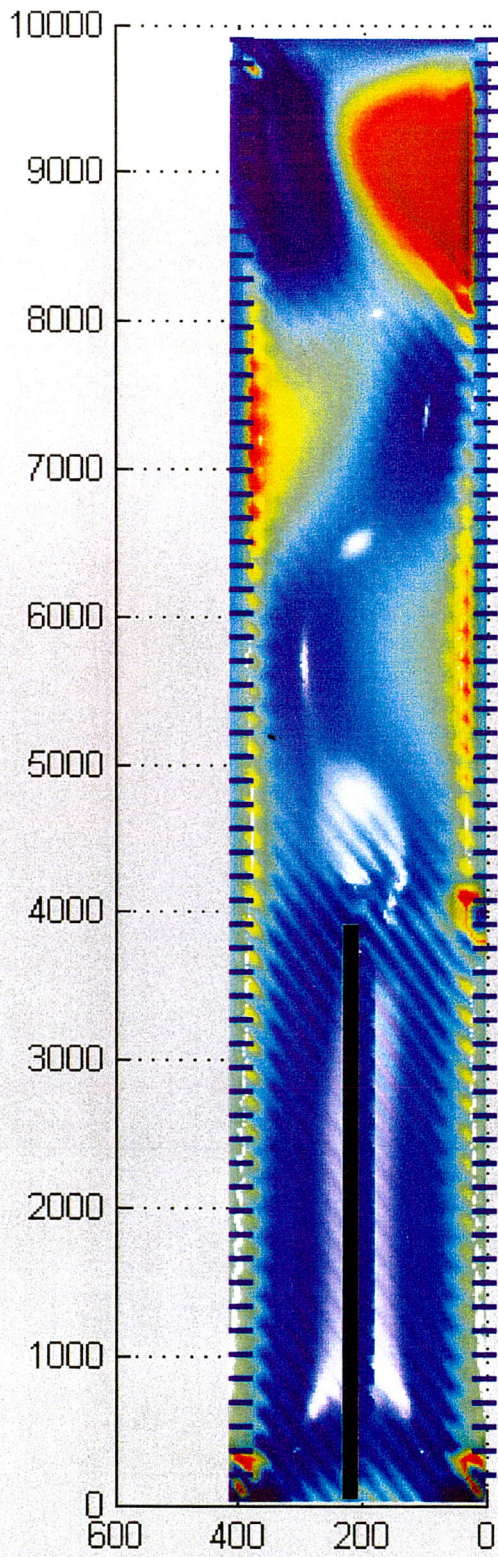
Bijlage 3



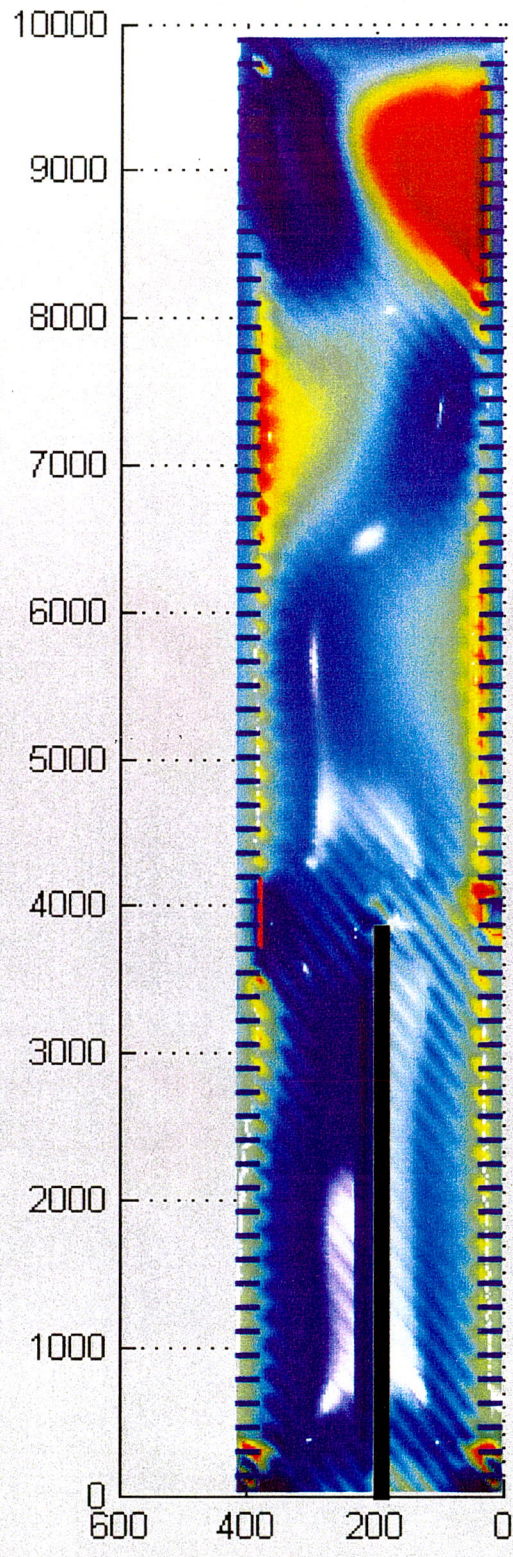
Figuur a basis (breed 1)



Figuur b basis + kribben (breed 5)
Kribzone horizontaal gearceerd



Figuur c basis+kribben+schot



Figuur d basis+kribben+gestrekte oever

Classic DFS, 3 mm for 16-30 sheets 219
www.bindomatic.com