Deltares

Enabling Delta Life

SO Duurzame Rivier 2009

SO Duurzame Rivier 2009

Sloff, C.J., T.H.M. Bucx, C.D. Erdbrink, M.P. Harkes, E. Mosselman, A.H. Weerts, en H.C. Winsemius

1200182-000

© Deltares, 2010

Deltares

Titel
SO Duurzame Rivier 2009

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Deltares	1200182-000	1200182-000-ZWS-0004-vj	104

Trefwoorden

Samenvatting
In dit rapport zijn de resultaten gepresenteerd van het SO-project "Duurzame Rivier" van 2009. Doel van onderzoek in het thema duurzame rivier is zicht te krijgen op de effecten van toename van rivierafvoeren en de effecten van grootschalige waterbeheersmaatregelen op het watersysteem zelf en op het systeem voor hoogwaterbescherming, en het ontwikkelen van maatregelen die een duurzaam rivierbeheer en bescherming tegen overstromingen mogelijk maken. De onderdelen die zijn gepresenteerd in het rapport zijn:

- Riviermorfologisch onderzoek: ontwikkeling instrumentarium en mobiliseren/bundelen van kennis bij universiteiten en andere instituten.
- Ensemble simulaties van extreme afvoeren: PhD onderzoek
- ERA-net effectiviteitsexperiment: quickscan for onderzoek naar effectiviteit van de ERA-nets CRUE en IWRM-net
- Hydrologisch gedrag van GRADE-Meuse instrumentarium: verbetering van GRADE (Generator of Rainfall and Discharge Extremes) voor de Maas
- Deltadijk: experiment naar toepassing van biogrout om 'piping' onder dijken te voorkomen (door het verkitten van zand onder de dijk)
- Klimaatbestendige morfologie: verkenning gevolgen van klimaatverandering op de morfologie en de consequenties voor inrichting en beheer van de rivier
- Draaiboek metingen: versterking meetplan voor riviermetingen tijdens extreme hoogwaters

Referenties
SO 2009 Duurzame rivieren (DUR); kerndomein Veiligheid zoet (9.1b)

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
0.1	dec. 2009	dr.ir. C.J. Sloff		dr.ir. E. Mosselman		dr.ir. A.G. Segeren	
0.2	jan. 2009	dr.ir. C.J. Sloff		dr.ir. E. Mosselman		dr.ir. A.G. Segeren	

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding 1
1.1 Achtergrond 1
1.2 Doelstelling 2
1.3 Deelthema's 3
1.4 Realisatie 5

2 Deelprojecten 1 en 2: Riviermorfologie 7
2.1 Inleiding 7
2.2 Onderwerpen 9
2.3 Zandbanken in neerstromingen (samenwerking USA) 12
2.4 Morfologie in meanderbochten en oevererosie 16
2.4.1 Gedrag van scherpe bochten: samenwerking TU-Delft 16
2.4.2 Gedrag van scherpe bochten: samenwerking met Universiteit Utrecht in Hydralab project Sharp bends 17
2.4.3 Vrij migrerende riviergeulen, oevererosie en meanderen 20
2.5 Bodemvormen 23
2.6 Grensoverschrijdende samenwerking voor de Rijn: BfG, BAW en WSV 24
2.6.1 Porositeitsmodel van Frings 25
2.6.2 Sedimentsuppletie Boven Rijn 25
2.7 Samenwerking free-software voor 2D riviermorfologische berekeningen (iRIC) 29
2.8 Kennisoverdracht 31

3 Deelproject 4: Ensemble Simulation of Extreme Discharges (PhD) 33
3.1 Introduction 33
3.2 Activities and progress in 2009 34

4 Deelproject 6: ERA-net effectiveness experiment (ERA-net CRUE, IWRM-net) 35
4.1 Introduction 35
4.2 Objectives and approach 35
4.3 Results of network consultation 36
4.4 Results of database search 38
4.5 Conclusions and recommendations 39
4.6 Overall conclusions and recommendations 41

5 Deelproject 7: Investigation of hydrological behaviour of GRADE-Meuse instrument 43
5.1 Introduction 43
5.2 Introduction of criterium for hydrograph irregularity 43
5.2.1 Reproduction of autocorrelation by HBV at Borgharen 44
5.3 Model experiments 46
5.4 Discussion 49
5.5 Outlook 49
5.6 Recommendations 50

6 Deelproject 8: Deltadijk 53
6.1 Aanleiding 53
6.2 Omschrijving 53
6.3 Kennistoepassing 53

6.4 Beschrijving van de activiteiten 53
6.5 Uitgevoerde experimenten 54
6.6 Conclusie 55
6.7 Vervolg 55

7 Deelproject 9: Klimaatbestendige morfologie 57

8 Deelproject 10: Draaiboek metingen 59
8.1 Achtergrond 59
8.2 Stand van zaken 59
8.3 To do project DB metingen 60

Bijlage(n)

A Publicaties Riviermorfologie A-1

B Samenwerking BfG – riviermorfologie B-1

C Samenwerking Utrecht: RIVERLAND C-1
C.1 Onderzoeksplan en aanvang voor promovendus modellering in Riverland C-1
C.2 Samenvatting uit het Riverlandvoorstel C-1
C.3 Onderzoeksvragen uit het Riverlandvoorstel C-1
C.4 Plan voor taak II (taak I is experimenten) uit het Riverlandvoorstel C-2
C.5 Vertaling naar concreet werkplan voor Filip Schuurman (PhD candidate) C-3
C.6 Praktische zaken C-4

D ERA-net CRUE / IWRM-net: network and database consultation D-1
D.1 Overview of replies to questions in section 4.2 for network consultation D-1
D.2 Search results of database consultations D-6

E Deltadijk E-1
E.1 Modelbeschrijving kleine schaal piping E-1
E.2 Feitelijke rapporten uitgevoerde experimenten E-3

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Deltares programmeert zijn strategisch onderzoek (SO) in kerndomeinen. Het project *Duurzame Rivier* is onderdeel van het kerndomein *Waterveiligheid en inrichting* (9.1), of meer specifiek het deeldomein *Veiligheid en inrichting zoete wateren* (9.1b) In dit kerndomein bevinden zich de projecten waarvan het zwaartepunt ligt op veiligheid tegen overstroming (nu en straks), en de interactie van maatregelen hiervoor met de ruimtelijke kwaliteit.
Veiligheid tegen overstroming is een permanente zorg gezien de lage ligging van ons land. Bodemdaling en klimaatverandering verergeren het probleem. Daarnaast stellen we steeds meer eisen aan de ruimtelijke kwaliteit van ons land. Integrale gebiedsontwikkeling van kust- en rivierengebied, slim geconstrueerde dijken, meer zicht op de werkelijke sterkte van en belasting op de dijken, ruimte creëren voor het water, waarschuwingssystemen en calamiteitenbeheersing voor als het onverhoopt toch mis gaat zijn zaken waar hoogwaardige kennis voor nodig is (Onderzoeksplan 2008). Het advies van de commissie Veerman, in de volksmond ook wel Deltacommissie genoemd, versterkt het belang van onderzoek op dit terrein.

Duurzame Rivier richt zich op de vragen die betrekking hebben op rivierfuncties. Door de verwachte toename van de hoogwaterafvoeren, afname van laagwaterafvoeren, en verhoging van de zeespiegel staan rivierfuncties namelijk onder druk. Het veilig afvoeren van water en sediment in wisselwerking met de andere gebruiksfuncties (natuur, scheepvaart, recreatie, delfstoffen, LNC-waarden, etc.) zal ons noodzaken grenzen op te zoeken van wat technisch en maatschappelijk mogelijk is. Enerzijds hebben de rivierfuncties hun eigen grenzen. Worden die grenzen overschreden dan valt de functie terug of weg, anderzijds hebben de oplossingen ook grenzen. Dijken zullen niet eindeloos verhoogd kunnen worden en rivieren zullen niet eindeloos verruimd kunnen worden, rivierafvoer kan mogelijk niet eindeloos toenemen zonder kunstmatig in te grijpen in de sedimentbalans etc. Het is de vraag bij welke belastingtoename (afvoer, zeespiegel) de grenzen in zicht komen en of die belasting ook op termijn met enige redelijkheid te verwachten is. De problematiek vraagt om een *duurzame* aanpak; dus waarbij gestreefd wordt naar een verbeterde algehele kwaliteit van het systeem en tegemoet wordt gekomen aan de eisen die vanuit de verschillende functies worden gesteld. De programmering van het kerndomein heeft plaatsgevonden in nauwe samenwerking met kerndomein *Ondergrond Water en en Ruimte* (11.1) waar specifiek de zogenaamde knikpuntbenadering voor het kunnen opvangen van effecten van klimaatverandering onderwerp van onderzoek is.

Invulling van het onderzoek bij Deltares is gekoppeld aan de maatschappelijke thema's van vraagarticulatie. De maatschappelijke vraag komt heel duidelijk naar voren uit onderzoeksprogramma's van Rijkswaterstaat en de Arena Leven met Water. Deze representeren de vraagstelling of kennisbehoefte vanuit de maatschappij. Voor kennisbehoefte gerelateerd aan het project *Duurzame Rivier* zijn de volgende programma onderdelen relevant:

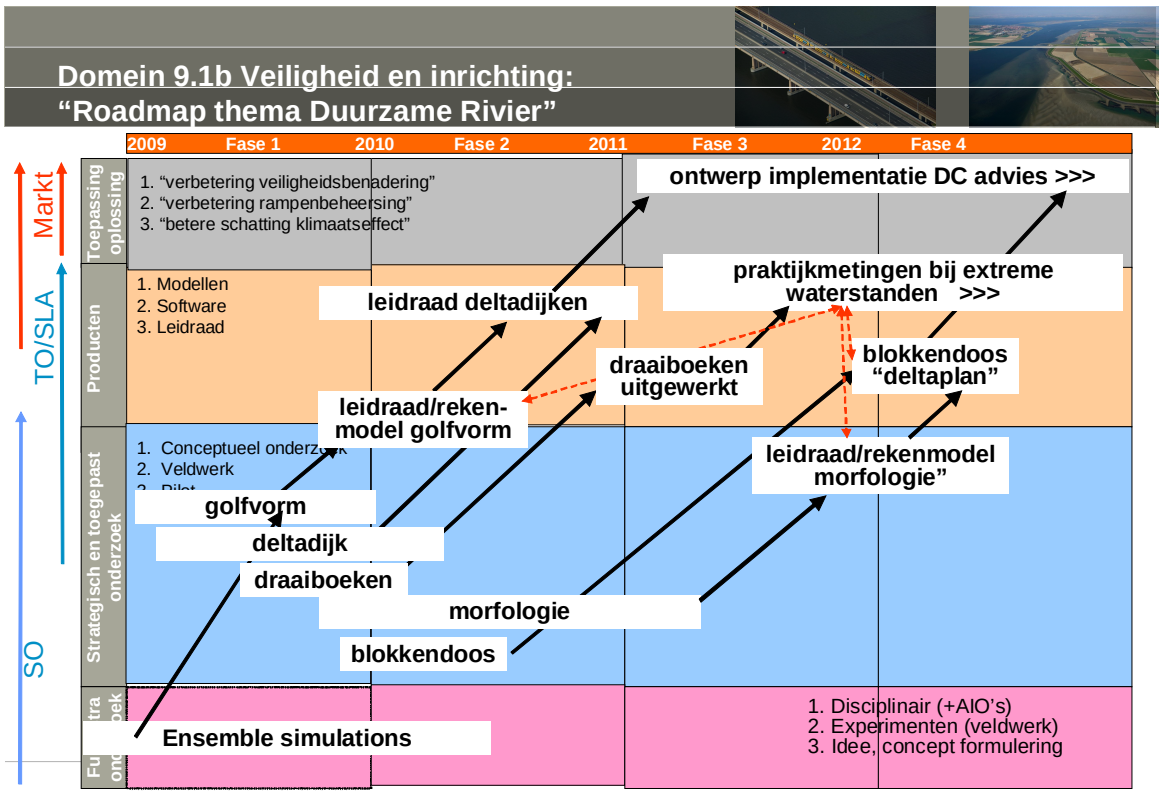
- Onderzoeksprogramma's van Rijkswaterstaat;
    - Gericht op het huidige Nederlandse veiligheidsbeleid (Wettelijk Toetsinstrumentarium, Sterkte en Belastingen van Waterkeringen);
    - Gericht op uitvoering van maatregelen (bijvoorbeeld Ruimte voor de Rivier)
    - Gericht op een vernieuwing van het Nederlandse veiligheidsbeleid (VNK, WV21);

- Arena Leven met Water;
  - *Klimaatbestendige rivieren (fiche 10)* vraagt om manieren om riviersystemen klimaatbestendig en veerkrachtig in te richten, met verfijnde kennis over retentiewerking en manieren om gebruiksfuncties, afhankelijk van het riviersysteem, veilig te stellen.

Onderwerpen die binnen het kerndomein *Veiligheid en Inrichting (zoet)* worden aangepakt zijn:

- Veilig afvoeren van water en sediment met wisselwerking met andere functies (natuur, scheepvaart, recreatie, delfstoffen, LNC-waarden, etc.)
- Aftasten van de grenzen: wat is maatschappelijk en technisch mogelijk, hoever kunnen we gaan met versterken van dijken, hoeveel ruimte hebben we nog om afvoerstijging op te vangen, etc.

De strategische (lange-termijn) visie van het project is grafisch weergegeven via een zogenaamde roadmap. In onderstaande figuur is de Roadmap voor het thema “Duurzame Rivier” weergegeven.



1.2 Doelstelling

Doel van onderzoek in het thema *duurzame rivier* is zicht te krijgen op de effecten van toename van rivierafvoeren en de effecten van grootschalige waterbeheersmaatregelen op het watersysteem zelf en op het systeem voor hoogwaterbescherming, en het ontwikkelen van maatregelen die een duurzaam rivierbeheer en bescherming tegen overstromingen mogelijk maken.

1.3 Deelthema's

In dit rapport worden de volgende deelthema's/deelprojecten onderscheiden, die in dit project zijn opgepakt:

- Deelprojecten 1 en 2: Riviermorfologie.
  Door morfologische processen, als door de autonome ontwikkelingen of door menselijk ingrijpen, verandert de rivierloop continu. Enerzijds geven deze veranderingen aanleiding tot beheersvragen (baggeren voor bevaarbaarheid) en anderzijds zijn deze van belang voor de afvoer van water en ijs (waterstandverhoging, oevererosie, afvoerverdeling riviersplitsingen). Vooral het duurzaam inrichten en beheren van de rivieren (onder andere projecten in Nederland Ruimte voor de Rivier en Duurzame Vaardiepte Rijndelta, en in buitenland) vraagt naast kennisontwikkeling om verdere ontwikkeling van geavanceerde instrumenten. Het onderzoek bij Deltares richt zich vooral op het ontwikkelen van instrumentarium en mobiliseren van de kennis die wordt ontwikkeld bij universiteiten (via begeleiding en faciliteren van werkplekken en software voor Aio's en afstudeerders)
- Deelproject 4: Ensemble simulaties:
  Klimaatstudies geven aan dat klimaatverandering zal leiden tot veranderingen van laagwater- en hoogwaterafvoeren in de Rijn en de Maas. De klimaatmodellen geven een grote variabiliteit in scenario's en het is daarom noodzakelijk daarmee rekening te houden in de effecten op het hydrologische gedrag van de Rijn en Maas. In dit onderzoek wordt een ensemble van uitkomsten van klimaatmodellen gebruikt om de hydrologische effecten te bepalen, en vervolgens om daarmee de uitkomsten van de klimaatmodellen te wegen op basis van hun invloed op de effecten.
- Deelproject 6: EU Eranet-CRUE:
  CRUE ERA-net is een project waar de Waterdienst een contractpartner is bij de Europese Commissie. In de boedelscheiding van RWS/Deltares is overeengekomen dat Deltares wat werkzaamheden uitvoert, t.w.v. 50 k€ / jaar. In de pre-Deltares fase is dit een uitbesteding aan het WL geweest. De werkzaamheden die hiervoor zijn uitgevoerd in 2009 zijn: 1) Het bijwerken van het kennissysteem; 2) Het testen van verschillende internationale en nationale kennissystemen (software), en kennisnetwerken (mensen) aan de hand van enkele vragen die voor Deltares en Nederland van belang zijn. Deze test dient ook als voorbereiding voor een nieuw ERA-net project dat in januari 2010 een voorstel wordt ingediend.

- Deelproject 7: Afvoergolven:
  De vragen van het strategisch onderzoek richten zich op verbetering van onderliggende concepten, die in het kader van GRADE en WTI binnen Toegepast Onderzoek verder worden toegepast. In dit deelproject wordt specifiek ingegaan op veranderingen in de extreme afvoergolven in de Rijn en de Maas onder invloed van klimaatveranderingen en veranderingen in het stroomgebied. Vragen daarbij zijn onder andere (1) Welke invloed hebben de veranderde golfvorm op retentiemogelijkheden in Nederland (bijvoorbeeld Rijnstrangengebied) en (2) Wat betekent de langere duur van de afvoergolf voor de waterkeringen in het benedenrivierengebied?

- Deelproject 8: Deltadijk:
  De Deltacommissie (Commissie Veerman) heeft de Deltadijk geïntroduceerd. Afhankelijk van belasting en gebruiksfuncties zijn verschillende vormen denkbaar, elk met eigen mogelijkheden en beperkingen, en kostenaspecten, die nog (beter) inzichtelijk moeten worden gemaakt. Speciale innovatieve technieken zullen worden ingezet voor ontwikkeling van een stabiele dijk. In 2009 is in dat kader gekeken of 'piping' (uitspoelen van zand onder een dijk door) kan worden tegengegaan door middel van een verkitting door biogrout, een ontwikkeling van Smartsoils.
- Deelproject 9: Klimaatbestendige morfologie
  Dit onderdeel is slechts beperkt opgepakt vanwege kortingen op de SO-budgetten. De verandering van sedimentaanvoer bij door klimaatverandering veroorzaakte hogere rivierafvoeren zal de groot- en kleinschalige morfologie in de rivieren beïnvloeden. Wat dit betekent voor de afvoerverdelingen bij splitsingspunten en wat dit betekent voor nevengeulen en de geometrie van de rivier is nog onbekend. Wel is duidelijk dat belangrijke morfologische veranderingen in onze Rijntakken (zoals autonome bodemdaling, grootschalige effecten van rivierverruiming) eenzelfde tijdschaal en impact hebben op het riviersysteem als de verwachte effecten van klimaatverandering. Bij een duurzame (lange-termijn) inrichting kan dus niet worden volstaan met een extrapolatie van de huidige situatie, maar moet al rekening worden gehouden met deze klimaatsveranderingeffecten. In dit deelproject wordt daarvoor een verkennend onderzoek uitgevoerd. Daarbij komen zowel de veranderende condities (wijziging afvoerregime, verandering in sedimentaanbod) aan de orde, als de mogelijke effecten en eventuele maatregelen.
- Deelproject 10: Draaiboeken voor metingen onder extreme omstandigheden
  Zowel in de rivier als bij de dijken is het verwachte gedrag onder maatgevende omstandigheden gebaseerd op extrapolatie van metingen en andere waarnemingen bij veel minder extreme afvoeren. Empirische kennis van het feitelijke gedrag onder extreme omstandigheden is van belang om de voorspelkracht van rekenmodellen, gebaseerd op die metingen, te valideren. De draaiboeken zijn bedoeld om klaar te staan om de nodige metingen te verrichten op het moment dat hoogwater optreedt.

Niet opgepakt in dit project zijn:

- Deelproject 3: Versterkte baggerspecie:
  Dit project is als afzonderlijk project uitgevoerd, en is dus uit het SO-project verwijderd. Doel van dit project is om versterkte baggerspecie als nieuwe innovatieve bouwstof geschikt maken als een duurzame en kostenaantrekkelijke toepassing voor de grond-, weg- en waterbouw, waarbij een bijdrage wordt gegeven enerzijds aan de hoogwaterveiligheid en anderzijds aan de oplossing van de baggerproblematiek. Daarmee worden een betere waterkwaliteit en doorstroming van het water in onze watersystemen, alsmede een betere doorvaart hierin, bereikt. Deltares is met marktpartijen (onder andere Van Oord, Boskalis en de Vries & van de Wiel), kennisinstituten (WUR Alterra) en diverse belanghebbenden bezig met de ontwikkeling van Versterkte baggerspecie. Volgend op onderzoeken in de voorgaande jaren, zijn in 2009 een pilotstudy en aanvullend erosieonderzoek gestart.

- Deelproject 11: Blokkendoos Deltacommissie:
  Dit deelproject is niet uitgevoerd vanwege kortingen op het budget van 2009. Door de Deltacommissie zijn concrete ingrepen voorgesteld, is voorgesteld het veiligheidsniveau te verhogen en is de te verwachten toename van belastingen ook verhoogd (bijvoorbeeld meer zeespiegelrijzing dan volgens IPCC-scenario's). Het onderzoek moet zich richten op de vraag of het concept van de huidige blokkendoos voor Ruimte voor de Rivier kan worden uitgebreid met de door de Deltacommissie voorgestelde ingrepen (en mogelijke andere ingrepen). Daarbij is speciaal aandacht nodig voor de rol van waterkeringen (en hun faalmechanismen) in het totale water- en hoogwaterbeschermingssysteem. Verdere uitwerking en invulling zouden in het kader van toegepast onderzoek voor Rijkswaterstaat een plek moeten kunnen krijgen.

1.4 Realisatie

De begin 2009 voorziene invulling van het project is slechts ten dele in 2009 gerealiseerd. Dit komt met name door reducties in het budget, waardoor bepaalde activiteiten niet konden worden afgemaakt of uitgevoerd. In onderstaande tabel is de resulterende begroting gepresenteerd, en vergeleken met de oorspronkelijk beoogde besteding. In totaal is circa 138 k€ gekort op het budget (orde 30%), en is er 50 k€ naar een ander projectnummer gegaan (t.b.v. het project "Versterkte baggerspecie").

Deelproject	Naam	Origineel budget (januari 2009)	Budget na kortingen (na nov. 2009)	Uitvoering
1200182.001	River morphology	75,000	70,685	Grotendeels uitgevoerd
1200182.002	Rivermorph PhD	58,000	44,273	Grotendeels uitgevoerd
1200182.003	Versterkte baggerspecie	50,000	0	apart project
1200182.004	Ensemble Simulations	70,000	77,793	Grotendeels uitgevoerd
1200182.005	EU Floodsite	25,000	13,847	Deels uitgevoerd
1200182.006	EU-Eranet CRUE	30,000	16,385	Deels uitgevoerd
1200182.007	Afvoergolven	48,000	22,583	Deels uitgevoerd
1200182.008	Deltadijk	73,000	40,869	Deels uitgevoerd
1200182.009	Klimaatbest morfologie	23,000	6,582	Alleen plannen
1200182.010	Draaiboeken metingen	20,000	14,279	Deels uitgevoerd
1200182.011	Blokkendoos Deltacom.	23,000	0	Niet uitgevoerd
1200182	totaal	495,000	307,476	

2 Deelprojecten 1 en 2: Riviermorfologie

2.1 Inleiding

Morfologische ontwikkeling van de rivierloop kan grote gevolgen hebben voor de functies en het gebruik van de rivier. De lange termijnvragen die worden gesteld bij een duurzame inrichting en beheer van de rivier vragen dus om een gedegen inzicht en voorspelling van de morfologische ontwikkeling. Naast interpretatie van veldmetingen, en procesonderzoek in laboratoria, zijn computermodellen hiervoor essentiële instrumenten. In het SO-onderdeel riviermorfologie bij Deltares spelen deze instrumenten een centrale rol. Daarbij wordt gestreefd om via nationale en internationale samenwerking de ontwikkeling van morfologische kennis te bundelen in de modelsystemen.

Voor rivierenstudies wordt meer en meer gebruik gemaakt van het modelsysteem Delft3D. Het is vooral bedoeld voor het simuleren van ruimtelijke variaties in de rivierbedding. Hoewel het rekenintensief is, wordt dit systeem ook ontwikkeld voor grote afstanden. Bijvoorbeeld het recent opgeleverde DVR-model voor beheer en inrichting van onze Nederlandse Rivieren omvat vrijwel alle Rijntakken. Delft3D wordt in de wereld op dit moment als één van de meest geavanceerde instrumenten voor morfologie beschouwd. In rivierentoepassingen wordt meestal gerekend op basis van een dieptegemiddelde tweedimensionale (2D) aanpak, maar steeds vaker wordt ook volledig driedimensionaal (3D) gerekend. Desondanks is er door een toename van complexiteit en uitgebreidheid van de toepassingen een constante behoefte aan verdere uitbreiding en verbetering van het beschikbare instrumentarium.

Naast het Delft3D-instrumentarium is ook het eendimensionale (1D) SOBEK modelinstrumentarium belangrijk voor grootschalige morfologische berekeningen. Qua rekenefficiëntie leent dit instrument zich beter voor grote hoeveelheden scenario-berekeningen e.d. die bijvoorbeeld in klimaatstudies aan de orde zijn. In de afgelopen jaren is gewerkt aan de migratie van riviermorfologische functionaliteit van SOBEK-RE naar SOBEK-River (SOBEK-Rural). In 2009 wordt verwacht dat daarmee de nieuwe SOBEK-lijn operationeel wordt. Daarbij worden nieuwe mogelijkheden geintroduceerd voor modellering van zand-slib, suspensie, en morfologie in steile rivieren. De onderzoeksbehoefte ligt echter op korte termijn op toepassing van het instrument voor grootschalige studies onder andere in de Rijn, in samenwerking met BfG in Duitsland.

In voorgaande jaren heeft het onderzoeksproject ‘2D riviermorfologisch instrumentarium’ voorzien in deze behoefte door op Nederlandse (en deels ook buitenlandse) riviersituaties gerichte ontwikkelingen te realiseren. Met name de toepassing van het 2D instrumentarium voor betrouwbare simulatie van de morfologie rond de splitsingspunten (de Pannerdense Kop, IJsselkop en de Merwedes) was een belangrijk thema in dit project, hetgeen aansluit bij het kennisontwikkelingproject voor 2D morfologie zoals dat is ingezet door Rijkswaterstaat RIZA, en voortgezet onder de vlag van Deltares. De desbetreffende activiteiten ten aanzien van het Delft3D-instrumentarium worden nu op vergelijkbare wijze voortgezet in het voorliggende SO-project. Belangrijke randvoorwaarden voor dit project zijn:

- realiseren van de aansluiting met het samenwerkingsverband de "Morfologische Driehoek", waarbij eveneens de splitsingspunten als hoofdthema voor samenwerking tussen kennisinstituten (universiteiten, GTI’s en Waterdienst) is aangemerkt.

De Morfologische Driehoek heeft tot doel het riviermorfologische onderzoek in Nederland te coördineren en af te stemmen.

- aansluiten bij de ontwikkelingen die onder andere in het kader van WAQUA en Delft3D ontwikkeling worden uitgevoerd binnen de meerdimensionale simulatiesystemen Delft3D en SIMONA
- ontwikkelingen waarmee het modelsysteem gesteld staat voor grootschalige toepassing in het kader van “Duurzame Vaarweg Rijndelta” (DVR), “Ruimte voor de Rivier” (RVR) en onderhoud en beheer in de Rijn-Maasmonding.
- Samenwerking onderhouden met toonaangevende internationale partners op het terrein van morfologische modellering en kennisontwikkeling.

De nadruk in dit onderdeel van het SO-project ligt verder met name op het initiëren en faciliteren van kennisontwikkeling op het gebied van 2D/3D morfologisch modellen, en nadere toepassing van de nieuwe kennis in Delft3D-simulaties. Beseft wordt dat het budget niet toereikend is om alle onderzoekswensen zelf te kunnen vervullen. Daarom is, in lijn met de aanpak van voorgaande jaren, gestreefd naar het maken van voorstellen voor (co-)financiering en het faciliteren van samenwerking met universiteiten (o.a. via de Morfologische Driehoek) ten aanzien van morfologisch onderzoek. Hoewel het project ook ruimte biedt voor de puur technische implementatie van de functionaliteiten, zijn in het project vooral ook onderdelen opgenomen met betrekking tot het maken van onderzoeksvoorstellen, de publicatie van kennis en resultaten, analyse en kennisontwikkeling, en de toetsing van de functionaliteiten in casestudies (in samenwerking met TO), en de interactie in het project “Morfologische driehoek” (d.w.z. bijwonen meetings e.d).

Voor de implementatie van nieuwe functionaliteiten wordt bij voorkeur uitgegaan van de meest recente officiële versie van het Delft3D-instrumentarium.

Het riviermorfologisch onderzoek bij Deltares is sterk discipline gericht, en heeft daarom een sterke link met de “Discipline morfologie” van Deltares. Het riviermorfologisch onderzoek wordt uitgevoerd op basis van een aantal strategische speerpunten voor de lange-termijn visie. Deze zijn gepresenteerd in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Strategic spearheads for morphological research

Strategic spearheads for morphological research :
(a) Sediment mixtures;
(b) Plan-form changes and bank erosion
(c) Bed forms
(d) Data-model integration;
(e) Validation;
(f) Biogeomorphology;
(g) Uncertainty analysis and predictability;
(h) Long-term developments and extreme conditions

2.2 Onderwerpen

De volgende onderwerpen zijn voor 2009 aan de orde geweest:

A. Grootschalige/lange-termijn morfologisch gedrag
Voor duurzame ontwikkeling van rivieren is lange-termijn en grootschalig morfologisch gedrag een belangrijk aspect (speerpunt *h* in Tabel 2.1). Specifieke eisen die worden gesteld aan het modelinstrumentarium zijn onder andere gerelateerd aan het simuleren van de stabiliteit van splitsingspunten, rivierbochten, vrij-bewegende rivieren, en de invloed van verschillende sedimentfracties en invloed van slecht-erodeerbare fracties.

- Ontwikkeling modelinstrumentarium (2D/3D) en concepten voor transport en morfologie gegradeerd sediment (zand/grind) in rivieren. Vervolg op 2008 project, speerpunt in lange termijn visie riviermorfologie. Sluit direct aan op componenten die worden ontwikkeld in het project “Duurzame Vaardiepte Rijndelta (DVR)”, morfologie van de Maas, projecten voor Duitse Rijn en Elbe (BfG samenwerking, zie volgende paragraaf), Colorado rivier projecten (samenwerking USGS, zie volgende paragraaf). Verder diverse samenwerkingen met Universiteiten (Twente, Utrecht, Delft)

B. Gegradeerd sediment

- (speerpunt *a* in Tabel 2.1)
- Activiteiten 2009: verdere ontwikkeling 2/meer-laags concepten voor onderlagen, concepten voor verticale sortering, transport en beddingvormen op (semi-)vaste lagen (Univ. Twente, tevens gerelateerd aan onderdeel “Los zand, grind en harde klei” in TO-project 1200186, TO-Rivierkundige onderzoeksthema’s), porositeitsmodellering (i.s.m. BfG).

C. Beddingvormen

- (speerpunt *c* in Tabel 2.1)
- Ontwikkeling ten aanzien van beddingvormen (duinen) in relatie met bevaarbaarheid (baggerwerk) en bodemruwheid (waterstanden). Vervolg op 2008 project, i.s.m. Universiteiten Twente (Rough Water) en Delft.
- Activiteiten 2009: verdere samenwerking Twente (zie volgende paragrafen);
- Modellering duinhoogte i.s.m Universiteiten in Japan en USGS (vervolg onderzoek Sanjay Giri).

D. Oevererosie en oeveraangroei

- (speerpunt *b* in Tabel 2.1)
- Modelinstrumentarium voor oevererosie en oeveraangroei (river planform). Opstarten van in 2007 en 2008 voorgestelde aanpak in Delft3D met lokale roosteraanpassingen.
- Activiteiten 2009: uitbreiden Delft3D met verschuiving van (interne) oevers, toepassing van cut-cell technieken. Samenwerking met TU-Delft en Universiteit Utrecht, USDA-ARS National Sedimentation Laboratory. Zie ook volgende paragrafen.

E. Samenwerkingsverbanden Nederlandse instituten en Universiteiten (NCR, ICOLD)

- Deelname aan de Reservoir Sedimentation Committee van ICOLD en vertegenwoordiger van Deltares in NETHCOLD door Kees Sloff (Budget: orde 3000 euro in 2009).
- Samenwerking partners Morfologische Driehoek voor het opzetten en faciliteren van afstudeeronderzoeken en stages t.b.v. morfologische modellen. In de praktijk gaat het om circa 4 studenten per jaar die tijdelijk bij ons worden ondergebracht (met nodige ondersteuning): Budget: jaarlijks 10000 euro/jr.

F. Publicaties en congressen

- Deelname aan het RCEM congres in Santa Fe in Argentinie 22-25 september door Kees Sloff, Erik Mosselman en Rolien van der Mark met publicaties (paper).
- Diverse publicaties en bijdrage aan publicaties, zie bijlage A.

Nog openstaande onderwerpen:

- Stochastische morfologie, of modelleren van onzekerheden in morfologische modellen (speerpunt *g* in Tabel 2.1). Toepassing via MC of vergelijkbare technieken vraagt versnelling van simulaties of slimme methoden om aantal simulaties te beperken. Tevens vanuit ZKS wordt op dit gebied interesse getoond.
- Verdere toepassing en ontwikkeling van modelinstrumenten voor Biomorphology: interacties tussen vegetatie, sedimenttransport en morfologie (wederzijds beïnvloeding) (speerpunt *f* in Tabel 2.1). Belangrijke aanleiding waardoor urgentie recent is verhoogd: "the current Water Framework Directive of the European Union ignores sediment and river morphology. The awareness is now growing, however, that hydromorphological changes are the main cause why European rivers are not attaining a good ecological state." Het probleem zal worden opgepakt samen met ex-TNO Jos Brils (Deltares). Daarbij is ook de aansluiting bij SedNet een belangrijke stap. SedNet is een 15-jarig EU-project op het gebied van sedimentmanagement op stroomgebiedschaal. Deltares collega Jos Brils is the initiator en co-ordinator van dit netwerk. Daarnaast is het onderwerp biogeomorfologie een belangrijk speerpunt in het netwerk van de European Science Foundation en uit de morfologie-audit van WL. Op dit onderwerp zal worden samengewerkt met Discipline ecologie en met WKE: Ellis Penning, Harm Duel. Ook wordt gestreefd naar samenwerking met Unesco IHE, TU-Delft en ZKS.
- Opzetten van een internationaal systeem voor validatie van morfologische modellen i.s.m ASCE, vervolg van activiteiten in 2008 (MoU). Tevens daarvoor samenwerking met diverse universiteiten en instituten in NL (morfologische Driehoek, Waterdienst) en buitenland (Japan, USA, Duitsland, Engeland, Frankrijk, Rusland, etc), etc.
- Morfologie van rivieren met steile hellingen met stroomversnellingen (overgangen in sub- en superkritische stroming). Enerzijds heeft deze activiteit betrekking op het robuust maken van de 1D morfologie functionaliteit in SOBEK-River, anderzijds is dit van belang voor onderzoek aan de Colorado Rivier (samen met USGS).
- Simuleren van sedimenttransport en lokale morfologische veranderingen nabij constructies en met complexe 3D stromingen (local scour). Tot heden een sluimerend onderwerp binnen Deltares, maar in samenwerking met Hydroengineering als belangrijk onderwerp voorgedragen. Zogenaamde 'near-field' morfologie en local scour zijn van belang voor stabiliteit van constructies, maar ook lokale effecten die een rol spelen bij beddingvormen (samenwerking TUD, USGS, ASU-Phoenix) en in scherp gekromde stromingen (samenwerking TUD, EPFL, USGS).
- Ontwikkeling niet-hydrostatische flow solver in Delft3D met sigma-lagen, en koppelen van transport en morfologie aan turbulente stroming (samenwerking met Hydroengineering).
- Morfologische berekeningen op geologische tijdschalen. Op dit moment vinden reeds modelsimulaties plaats bij de TU-Delft, Univ. Utrecht en UNESCO-IHE waarbij morfologische ontwikkelingen van rivierdeltas en estuaria worden nagebootst op tijdsschalen van duizenden jaren. Op dit moment wordt verkend welke functionaliteit en versnellingen van de software nodig zijn om de vraagstukken op te pakken (onder andere gerelateerd aan het vinden van olie of klimaatveranderingsstudies).
- pm: morfologische berekeningen met Delft3D voor de planeet Mars: samenwerking met Universiteit Utrecht (eventueel tijdelijke werkplek voor een AIO)

- pm: riviermorfologische processen onder invloed van scheepvaart: zowel de scheepsgeïnduceerde stroming in kribvakken als de invloed van schroefstraal op de bedding zijn aan de orde. Naar verwachting wordt dit onderdeel op de TU en in de discipline morfologie aangedragen.

Veel van het voor Deltares belangrijke morfologische onderzoek wordt uitgevoerd door AIO's (PhD studenten) op de Universiteiten van Delft, Utrecht, Twente (en Wageningen). Het betreft fundamenteel en procesgericht onderzoek dat direct toe te passen is in Deltares-instrumenten of -toepassingen. Daarnaast biedt Deltares de gewenste koppeling tussen het fundamentele onderzoek en de toepassing ervan in praktische situaties (met name via de modelinstrumenten). Dit wederzijdse belang heeft ertoe geleid dat Deltares bij een groot aantal promotieonderzoeken is betrokken. Deze betrokkenheid varieert van het bijwonen van STW-gebruiksercommissievergaderingen tot volledig onderbrengen van de AIO op de afdeling. Door toezeggingen (o.a. via brieven) zijn de deelnames aan deze activiteiten lopende verplichtingen. Voor 2009 (en erna) wordt bijgedragen aan de volgende projecten:

- Project "Development of a quasi-3d morphodynamic model system and its application to meander dynamics at high curvature": STW project TU-Delft: 4 jaar AIO project Willem Ottevanger (met werkplek, begeleiding en gebruikerscommissie): zie paragraaf 2.4.1. periode 2008-2012.
- Project "mathematical modelling of fluvial subaqueous dunes": DC-project TU-Delft AIO 4 jaar Mohamed Nabi (met begeleiding): zie paragraaf 2.5. Periode 2008-2012
- Project "Bed roughness under partial transport conditions" : DC-project Univ. Twente AIO 4 jaar Arjan Tuijnder (met begeleiding en werkplek). Eindigde in oktober 2009.
- Project "The effects of bedform stochastics upon bed roughness in rivers and seas", STW-VICI (Rough Water) van Rolien vd Mark, Univ. Twente (begeleiding en gebruikerscommissie en deelname promotiecommissie door Erik Mosselman en Kees Sloff): Eindigde in 2009
- Project "Large Eddy simulations for the prediction of bank erosion and transport processes in river bends": STW-project TU-Delft AIO 4 jaar Wim van Balen (gebruikerscommissie, begeleiding modelontwikkeling, publicaties). Periode sept.2005-sept.2009
- Project "River Bed Form Evolution Modelling for Flood Management (BedFormFlood)": STW project Univ Twente (Marjolijn Dohmen Jansen): 4 jaar AIO project en afstudeerders (begeleiding SOBEK en Delft-Fews ontwikkeling + werkplek+ gebruikerscommissie door Deltares): moet nog starten. Periode 2009-2013.
- Project RIVERLAND (Meandering river bank and floodplain evolution and natural flooding frequency): NOW-project van Univ. Utrecht (Maarten Kleinhans) met aantal AIO's en postdocs. Deltares draagt bij met Delft3D-modellering (werkplek, ondersteuning, discussie). Is gehonoreerd door NWO en gestart eind 2009. Zie paragraaf 2.4.3.
- Project "Response to Sediment Overloading": projectvoorstel ingediend door Astrid Blom van de TU-Delft: 4 jaar AIO-project en afstudeerders (begeleiding, gebruikerscommissie en eventueel werkplek). Start in 2010.

In 2009 hebben tenslotte de volgende studenten bij Deltares aan hun afstudeerproject gewerkt:

1 Studenten TU-Delft:

- Erik Ravenstijn (zie paragraaf 2.6.2): Onderwerp: modellering sediment suppleties in de Duitse Rijn bij Iffezheim.
- Liz Kemp (zie paragraaf 2.3): Onderwerp: modellering zandbanken in de Grand Canyon in de USA.
- Arco van Sabben (zie paragraaf 2.4.1): Onderwerp: morfologie van scherpe rivierbochten.
- Siem Troost (gestart december): Onderwerp: maatregelen voor het bijsturen van morfologische ontwikkeling van nevengeulen.
- Mathijs Bos (gestart december): Onderwerp: stabilisering loop van getijderivier Nieuw Zeeland.

2 Student Universiteit Wageningen:

- Willem Spies: Onderwerp: langsdammen in de Waal (gerapporteerd in relatie met TO-project 1200186).

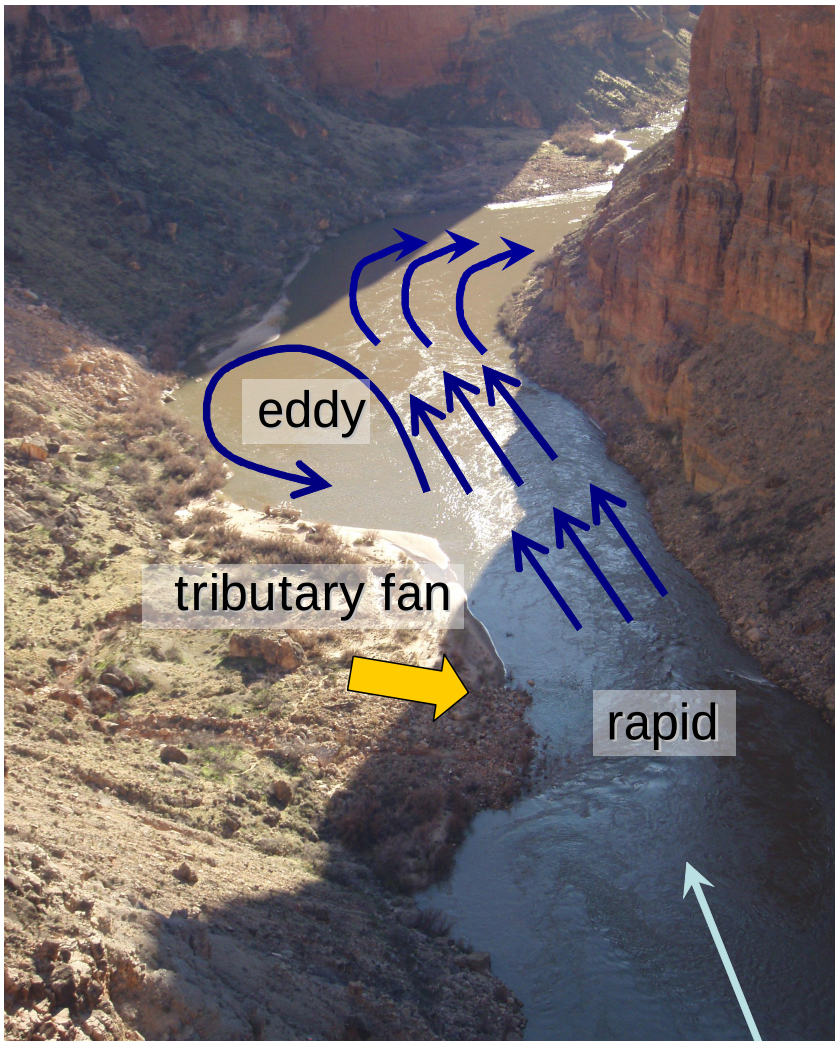
3 Studenten Unesco-IHE:

- Ana Ciucuzan: Onderwerp: vaste lagen Boven Rijn.
- Elena Facchini: Onderwerp: uiterwaardsediment Waal, Ewijkse Plaat.
- Le Thai Binh: Onderwerp: kribverlaging Waal.

2.3 Zandbanken in neerstromingen (samenwerking USA)

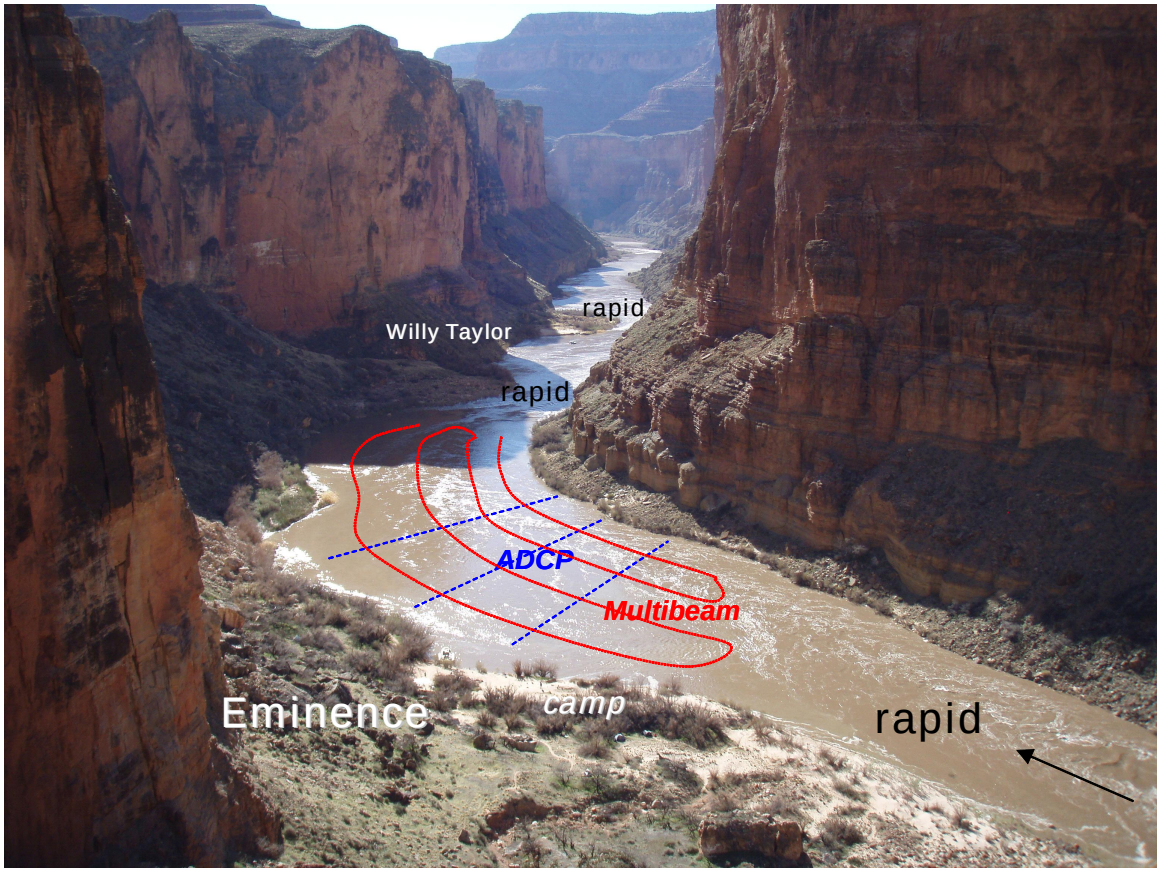
Voor het onderzoek naar morfologische processen in neerstromingen wordt sinds 2007 samengewerkt met de USGS in de Verenigde Staten. De samenwerking richt zich op zandbanken in de Colorado River in de Grand Canyon, en is onderdeel van een USGS co-operation project dat loopt van 2008 - 2010 (met verwachte verlenging als resultaten succesvol zijn).

Een langjarig onderzoeksproject van USGS in de Grand Canyon heeft tot doel het sedimentbeheer van de rivier te beïnvloeden zodanig dat zandbanken in de rivier worden behouden of deels opgebouwd. Deze banken verdwijnen geleidelijk doordat het sedimentaanbod sterk is afgenomen na de bouw van de Glen Canyon dam stroomopwaarts van de Grand Canyon. In het project wordt onderzoek uitgevoerd naar de processen die leiden tot vorming van zandbanken in neren bij de oevers, waarbij ook Deltares (vooral via Delft3D-toepassingen) een actieve rol speelt, zie Figuur 2.1. Het proces heeft een sterke analogie met de aanzandingsprocessen in kribvakken in Nederlandse rivieren, en geeft voor dat onderwerp naar verwachting een belangrijke vooruitgang. Daarnaast heeft dit project een dermate groot prestige en uitstraling, dat dit ongetwijfeld zal leiden tot verdere uitbreiding van internationale onderzoeksmogelijkheden. Het project valt samen met de afspraken in de co- p met de USGS, en wordt voor een deel uitgevoerd met behulp van studenten en ondersteuning door Edwin Elias in de VS (zie ook hieronder).



Figuur 2.1 Schematische weergave van neerstroming en zandbankvorming in de Colorado Rivier

In 2008 is een kunstmatig hoogwater gecreëerd in de Grand Canyon met het doel de zandbanken te laten aangroeien. Tijdens dit hoogwater zijn op een aantal locaties gedetailleerde metingen verricht van stroming, sedimentconcentraties en bodemligging, zie Figuur 2.2. De metingen ter plaatse van Mile 45, “Eminence pool” en “Willy Taylor pool”, worden gebruikt voor een Delft3D-modeltoepassing bij USGS, onder begeleiding van Deltares (de metingen zijn mede uitgevoerd door Kees Sloff). De desbetreffende dataset biedt een belangrijke validatiemogelijkheid voor morfologische processen in neerstromingen.

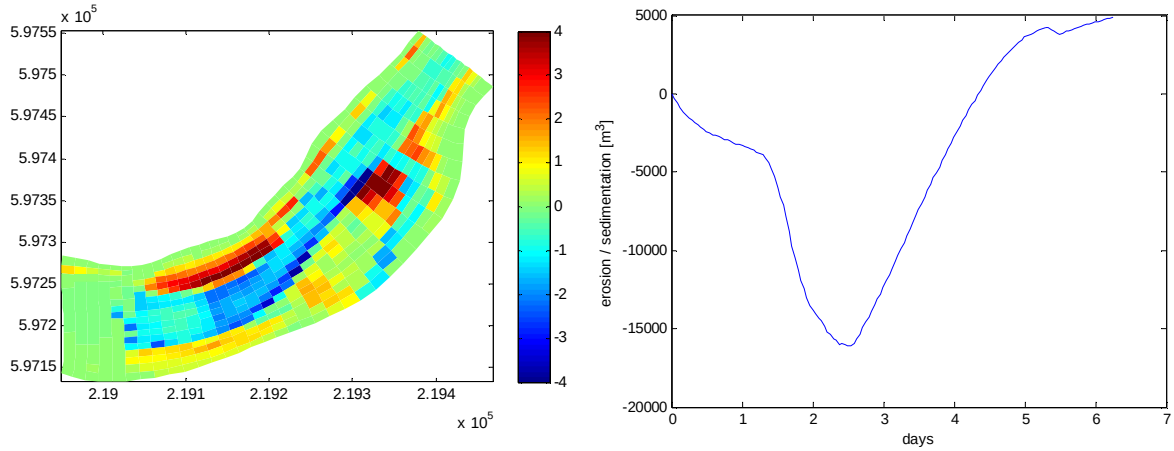


Figuur 2.2 Meetcampagne bij Mile 45 in Maart 2008: lijnen geven indicatief aan op welke raaien de stroming (ADCP) en de bodemligging (multibeam) zijn bepaald met behulp van motorboten

Belangrijkste activiteiten in 2009:

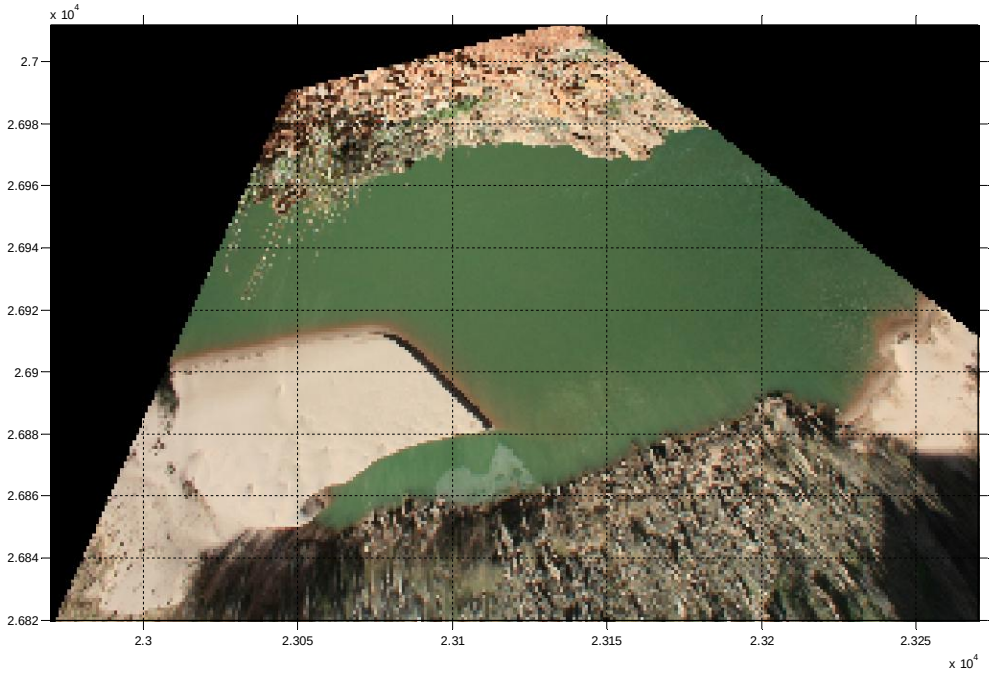
- Support en enkele geringe aanpassingen in de code bij berekeningen die door USGS worden uitgevoerd: Delft3D berekeningen worden uitgevoerd door de groep van Jon Nelson in Golden (Denver, Colorado) in de periode april t/m december (en in 2010). Training heeft plaatsgevonden in juni 2009 tijdens een bezoek in Santa Cruz.
- Eerste opzet van Delft3D-model en berekeningen voor maken van paper voor RCEM-congres op basis van meetgegevens van artificial flood-experiment in maart 2008. Berekeningen en schrijven van paper is grotendeels in TU-tijd en eigen tijd gebeurd door Kees Sloff, gezamenlijk met Scott Wright (USGS). Paper is gepresenteerd tijdens een mondelinge presentatie op het RCEM congres in Argentinie in September 2009. De paper is gepresenteerd in Bijlage A.
- Deelname aan een overleg en workshop in Juni 2009 in de VS door Kees Sloff, met projectoverleg, modelsupport, training en afspraken over de samenwerking. Aan dit overleg/training namen ook Liz Kemp (TUD) en Edwin Elias deel.

In 2009 heeft Liz Kemp voor haar afstudeerproject onderzoek gedaan naar aanzanding van de zandbanken in Eminence en Willy Taylor pools tijdens het kunstmatige hoogwater van 2008, en vervolgens de erosie van de zandbank in de periode na het hoogwater. Voor de aanzanding heeft Liz gebruik gemaakt van het Delft3D model voor dit traject (Figuur 2.3). De gegevens van data-analyses door USGS zijn gebruikt voor vergelijking en analyse.



Figuur 2.3 *Eminence pool: berekende bodemverandering (links) tijdens het hoogwater, en cumulatieve erosie en sedimentatie voor het betreffende modeldomein*

Voor de erosie van de zandbank zijn vooral oevererosieprocessen maatgevend, waarbij het vers afgezette zand langzaam afkalft aan de waterlijn. De terugschrijdende oever van de bovengenoemde Eminence pool is met behulp van een serie digitale foto's van een vast punt geregistreerd. Liz heeft door middel van digitale bewerking de betreffende oevers gedigitaliseerd, zie bijvoorbeeld Figuur 2.4. Met behulp van oevererosiemodellen en het softwarepakket PLAXIS probeert Liz deze waarnemingen te simuleren. Voor deze studie heeft Liz een periode in Santa Cruz bij de USGS doorgebracht, en daar samengewerkt met mensen die eveneens aan het project werken (zoals Dave Rubin en Amy Draught). Het werk wordt vervolgd in 2010.



Figuur 2.4 *Digitale bewerking van opnamen van afkalvende oever in Eminence pool voor digitaliseren van de oevererosie*

2.4 Morfologie in meanderbochten en oevererosie

Onderwerp “rivierbochten”: In 2009 zijn gelijktijdig een aantal onderzoeken uitgevoerd ten aanzien van stroming en morfologie in rivierbochten waarbij vanuit Deltares SO een bijdrage is geleverd. Daarnaast is onderzoek naar implementatie van oevererosie in Delft3D gestart.

2.4.1 Gedrag van scherpe bochten: samenwerking TU-Delft

In de afgelopen jaren is zowel op de TU-Delft als bij EPFL in Lausanne (Koen Blanckaert) een gezamenlijk onderzoeksproject in uitvoering waarbij stroming en morfologie van rivierbochten met een sterke kromming worden onderzocht. Het onderzoeksplan is een vervolg op het promotieonderzoek van Koen Blanckaert waarbij de eerste theoretische en experimentele modellering voor dit onderzoek zijn ontstaan. De AIO’s in dit project worden gefinancierd vanuit STW. Deltares speelt in dit onderzoek meerdere rollen: zowel bijdrage aan gebruikerscommissies van de AIO’s, begeleiding bij toepassing van software (zowel AIO’s als afstudeerders) en leveren van werkplekken voor een AIO en een afstudeerder. In 2009 zijn de volgende resultaten geboekt:

- In Oktober 2009 heeft Wim van Balen het werk afgerond aan zijn promotieonderzoek “Large Eddy simulations for the prediction of bank erosion and transport processes in river bends” aan de sectie Vloeistofmechanica van Civiele Techniek op de TU-Delft. Begeleiders van het onderzoek waren prof.dr.ir. G.S. Stelling and dr.ir. W.S.J. Uijttewaal. Het onderzoek had betrekking op het simuleren van de details van de 3D stroming en turbulentie in scherp gekromde rivierbochten. Belangrijk resultaat was dat de gekozen berekeningstechniek (gebruik makend van LES) de mogelijkheid bood de complexe wervels en secundaire stromingen nabij bodem en wanden goed te simuleren voor eerder uitgevoerde gootexperimenten. De bijdrage van Deltares betrof met name de deelname van Erik Mosselman aan de gebruikerscommissie van dit onderzoek.

- In 2009 hebben Willem Ottevanger (AIO), en Arco van Sabben (Afstudeerder) bij Deltares gewerkt aan verder ontwikkeling van de modellering van scherpe meanderbochten. Het onderzoek, dat deels kan worden beschouwd als een vervolg op het werk van Wim van Balen, richt zich niet alleen op de waterbeweging van de scherpe bochten, maar ook de morfologie (zowel t.a.v. bodemligging als van oevererosie). Het volgende overzicht geeft de stand van zaken aan van het werk van Willem Ottevanger:
  - Doelstellingen:
    - Ontwikkeling van een quasi-3D morfodynamisch model dat geldig is voor sterk gekromde bochten.
    - Validatie van het quasi-3D model tegen lab/veld-metingen, en gedetailleerde softwaremodellen (LES, RANS).
    - Fundamenteel onderzoek naar processen (impulsverdeling, secundaire stroming, oever- en bodemschuifspanningen) en de dynamica (bodemontwikkeling, oevererosie en aangroei, planformontwikkeling) van meanderende rivieren (bij sterke kromming).

— Bereikte resultaten t/m 2009:
  - 1D niet lineair meanderstromingsmodel, gekoppeld met 1D lineair bodemmodel
  - Validatie middels Lausanne-experimenten, Kinoshita-experimenten en Fukuoka experiment
  - Toepassing op het veld (Three Mile Slough)
  - Samengevat in bijdrage voor congres *River Flow*, en presentatie bij *AGU Fall meeting*

– Conclusies:
  - Het 1DV model benadert heel goed de langsprofielen op de rivieras in een LES-simulatie. Het 1D meander-model geeft inzicht in het gedrag van meanderende rivieren met variabele kromming.
  - Secundaire stroming wordt overschat door lineaire meandermodellen in scherpe bochten.
  - De snelheid aan de buitenoever wordt daardoor vaak ook overschat, wat leidt tot een overschatting van de erosie snelheid in de meeste lineaire meandermodellen met eenvoudige oevererosieformulering (gebaseerd op de snelheid aan de buitenoever).
  - De verandering van kromtestraal is een term die vaak niet wordt meegenomen in huidige meandermodellen, die blijkt belangrijk te zijn voor de herverdeling van de impuls in lengterichting

Het werk van Willem Ottevanger en Arco van Sabben wordt in 2010 voortgezet.

2.4.2 Gedrag van scherpe bochten: samenwerking met Universiteit Utrecht in Hydralab project Sharp bends

Onder leiding van Maarten Kleinhans van de Universiteit Utrecht zijn experimenten uitgevoerd in een sterk gekromde goot in de TES (Total Environment Simulator) van de universiteit van Hull. Deze proeven zijn gefinancierd vanuit het 6th EC Framework Programme Integrated Infrastructure Initiative HYDRALAB III

Deelnemers:

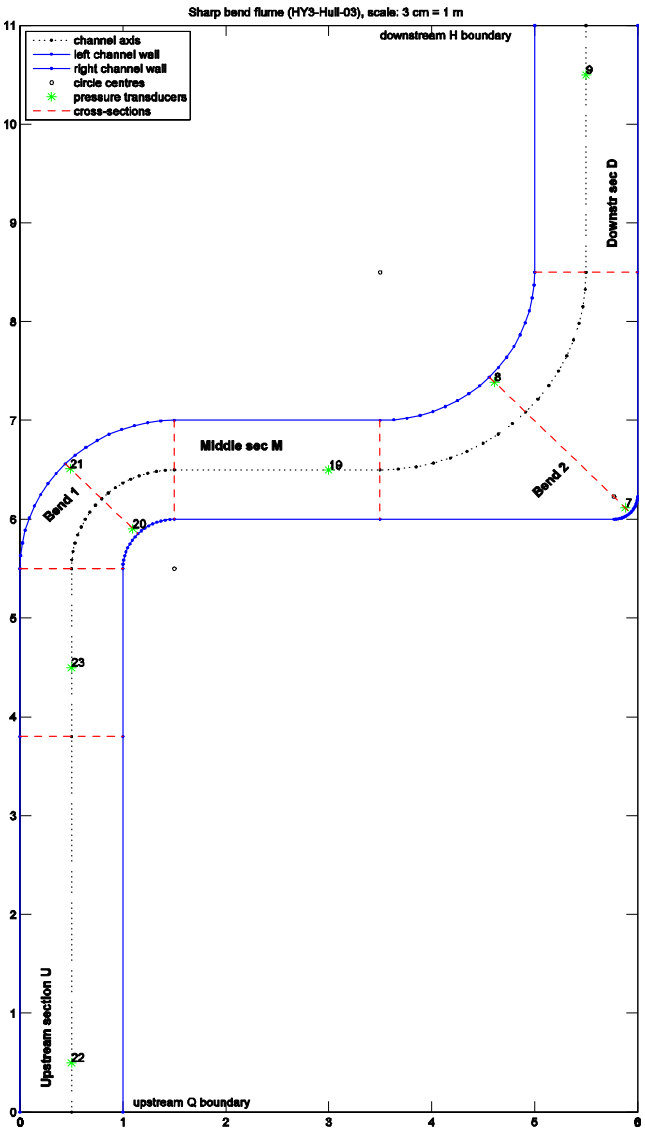
- Dr MG Kleinhans, Utrecht University, Faculty of Geosciences, The Netherlands.
- Dr K Blanckaert, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland.
- Dr D Parsons, University of Leeds, School of Earth Science, UK, and Dr J Peakall.
- Dr W Uijttewaal, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geotechnics.
- Dr R Hardy, Durham University, Faculty of Geography, UK, and Prof S Lane.
- Dr A Sukhodolov, Department of Ecohydrology, Leibnitz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin, and I Schnauder.
- Dr C Camporeale, Politecnico di Torino, Italy.
- Dr C Sloff, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geotechnics.

De bijdrage van Dr Sloff in 2009 (en inbreng van Bert Jagers) heeft deels plaatsgevonden vanuit Deltares SO, ondanks dat Sloff in TU-Delft hoedanigheid deelneemt in het voorstel. De bijdragen hebben betrekking op de inzet van Delft3D voor het maken van 3D simulaties van de waargenomen bodemveranderingen in de experimenten. In het onderstaande is een kort overzicht gegeven van de experimenten en de resultaten waarmee de Delft3D-simulaties worden vergeleken.

Doelstelling van het onderzoek (in Engels):

- explore when flow separates: flow conditions and bend geometry.
- dimensions and (turbulence) characteristics separated (and shear) zone.
- sediment transport pathways.
- process and diseminate data.
- model (comparison) to fill in parameter space.

In onderstaande figuur is de layout van de goot in TES gepresenteerd.



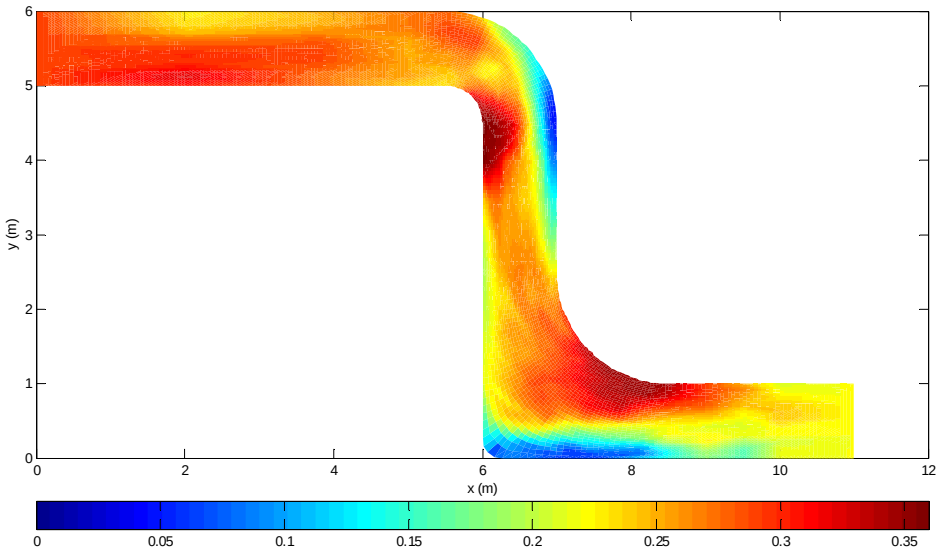
Figuur 2.5 Layout en eigenschappen van de gebruikte goot (stroming is van linksonder naar rechtsboven)

Enkele karakteristieken van de experimenten zijn:

- breedte = 1 m
- helling = $1 \cdot 10^{-3}$ m/m
- straal bocht 1: R = 1 m; straal bocht 2: R= 2 m
- zowel vaste als bewegelijke (zand) bodem zijn onderzocht
- zowel lage als hoge Froude-getallen

Waargenomen verschijnselen (in Engels) zijn:

- Bend 1:
  - flow separation near 60°
  - recirculation downstream of 90°
  - strong outer-bank cell
- Bend 2:
  - 3 cells: including inherited cell of 1st bend
  - flow separation in inner bend; no recirculation
  - flow recirculation in outer bend; size and location varies with Fr
- Mobile bed: zie onderstaande figuur.



Figuur 2.6 Gemeten bodemligging in gootexperiment in Hull

Op basis van de waarnemingen worden berekeningen uitgevoerd door Maarten Kleinhans met behulp van Delft3D. De berekeningen zijn volledig 3D (stroming en sediment transport) en vragen daarom het uiterste van de beschikbare geïmplementeerde concepten.

Uit de berekeningen volgt dat niet alle details van de waargenomen bodemprofielen in de scherpe bochten vergelijkbaar worden gesimuleerd. Uitgezocht wordt welke parameters (of ontbrekende concepten) dit zouden kunnen veroorzaken. De afronding/publicatie van dit werk is voorzien in 2010.

2.4.3 Vrij migrerende riviergeulen, oevererosie en meanderen

Morfologische reacties manifesteren zich in veranderingen in bodemligging, bodemsamenstelling en plattegrond van het watersysteem. Voor veranderingen in bodemligging en bodemsamenstelling is de functionaliteit in Delft3D ver ontwikkeld, maar voor veranderingen in plattegrond door verschuiving van oeverlijnen schiet de functionaliteit in Delft3D nog ernstig tekort. Dit speelt vooral bij steile begrenzingen als rivieroevers en de kliffen van schorren in estuaria, waarvan de verschuivingen niet automatisch volgen uit de berekening van bodemveranderingen. Proceskennis van oevererosie is wel ver ontwikkeld en vormt hier ook niet het probleem. Het centrale probleem betreft de numerieke behandeling van verschuivende oeverlijnen. Oevers laten samenvallen met de meest nabije roosterlijnen van een rechthoekig rekenrooster leidt tot trapjeslijnen die een redelijke bepaling van de belastingen op de oevers in de weg staan. De meest voor de hand liggende remedie leek ooit een kromlijnig rekenrooster dat zich adaptief voegt naar de ligging van de oevers. Bij gestructureerde roosters vervormt willekeurige oevererosie deze roosters echter al gauw onwerkbaar sterk. Daarom is een methode bedacht waarbij verschuivende oevers als afzonderlijke objecten gevolgd worden als ze zich over het rooster verplaatsen. In de naaste omgeving van deze objecten worden stroming en transporten opgelost met cut-cell-technieken of lokaal ongestructureerde roosters.

Figuur 2.7 Eroderende beek-oever in de Geul in limburg

Er is een methode bedacht waarbij verschuivende oevers als afzonderlijke objecten gevolgd worden als ze zich over het rooster verplaatsen. In de naaste omgeving van deze objecten worden stroming en transporten opgelost met cut-cell-technieken of lokaal ongestructureerde roosters.

Een door de units ZWS (rivieroevers) en ZKS (kliffen van schorren) ondersteund functioneel ontwerp is uitgewerkt in het WL-doelfinancieringsrapport Q2934.00/Q3919.00 van december 2006. Numeriek wiskundige Aukje Spruijt, gepromoveerd op adaptieve roosters rond vliegtuigvleugels, is gestart deze methode verder te ontwikkelen en te testen. Er is slechts een eerste verkennende stap gemaakt. De resultaten van deze stap zijn nog niet gerapporteerd. In een vervolg zal dit doelgericht verder worden uitgewerkt om te komen tot een werkend prototype in Delft3D-omgeving.

Belangrijk bij dit onderwerp is de samenwerking op het gebied van oevererosie met USDA-ARS National Sedimentation Laboratory, via Eddy Langedoen. USDA heeft een uitgebreide database met veldgegevens en kennis van oevererosie, en wil graag met Deltares samenwerking op basis van case studies (met studenten) en inzet van Delft3D. Het is belangrijk dit contact te onderhouden (onder andere is met Eddy overlegd tijdens het RCEM congres in Argentinië), met het vooruitzicht dat we straks een oevererosiemodule kunnen valideren in samenwerking met deze club.

Recentelijk is Maarten Kleinhans, onderzoeker op de Universiteit Utrecht, gestart met zijn VIDI project: RIVERLAND, self-organisation of river-channel pattern, banks and floodplains. Het betreft een project met meerdere AIO”s en onderzoekers. Ook in dit project speelt oevererosie een belangrijke rol. Naast bijdragen aan het werven van kandidaten en de start van het project door Deltares in 2009, is in december de AIO Filip Schuurman gestart met zijn onderzoek dat deels bij Deltares zal worden uitgevoerd. In eerste instantie richt Filip zich op de simulatie met Delft3D van de morfologische ontwikkeling van vrij bewegende geulen in een alluviale bedding, zonder vegetatie of oevererosie. In 2010 zal de vervolgstap worden gemaakt naar (meer uitgebreide) Delft3D simulaties met vrij bewegende oevers en vegetatie. De samenvatting van het desbetreffende-VIDI project van Maarten Kleinhans is in het volgende kader gepresenteerd. Op dit moment zijn er nog onvoldoende resultaten om in dit rapport te presenteren.

Rivers self-organise by forming and destroying channels, banks and floodplains. Distinctive river patterns emerge in nature such as braided, wandering or meandering. Generic experimental setups or physics-based numerical models that can produce all patterns do not exist. This reflects the lack of quantitative understanding how feedbacks between the channels and self-formed banks and floodplains lead to these river patterns. This understanding is urgently needed to predict the rivers' response to natural and man-induced changes in forcings, notably climate change, land use change, river restoration and flood mitigation works.

The objective is to understand and quantify how feedbacks between self-forming levee-floodplain complexes and the channel(s) lead to dynamic pattern characteristics, and how these patterns adapt to changes in forcings.

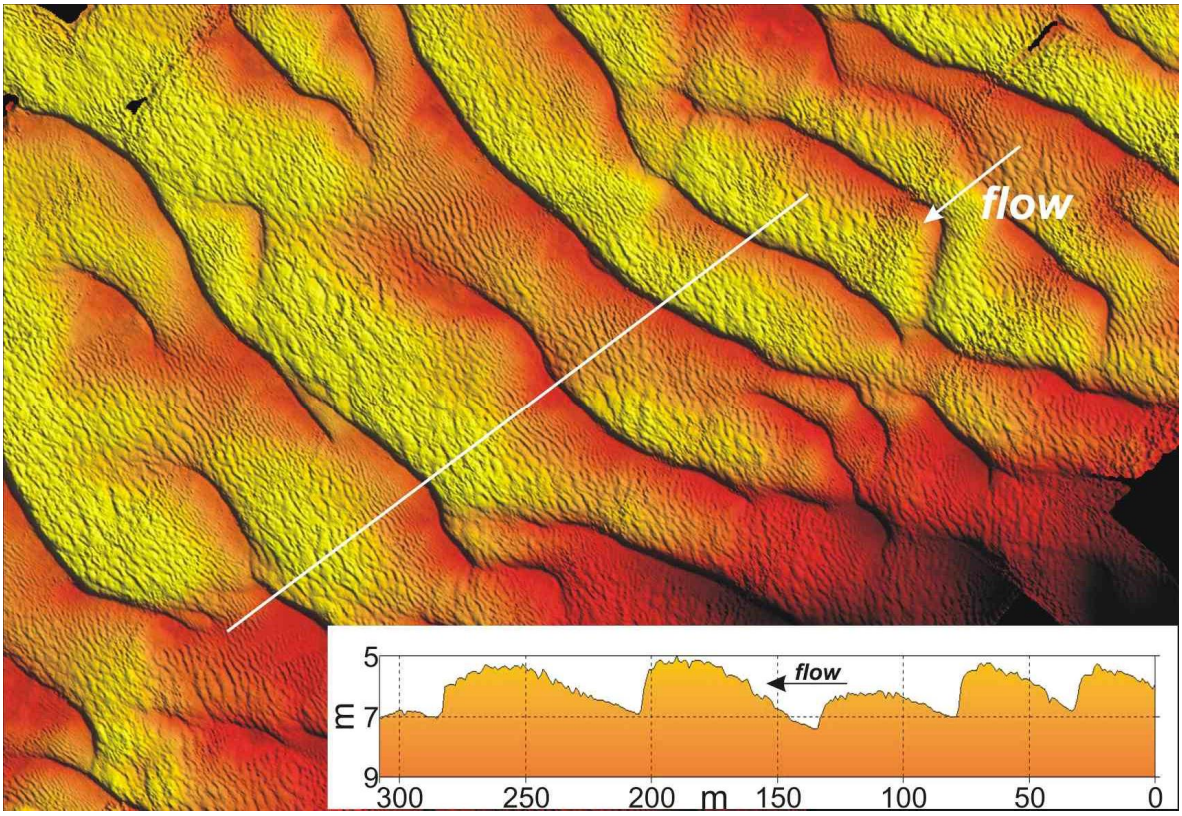
Many fundamental fluvial processes are relatively well understood, but their combined effect on river pattern remains hypothetical. For weak banks braided rivers emerge whereas for strong banks meandering rivers emerge. Vegetated levees and cohesive floodplains provide strength to eroding channel banks. This strength determines width-depth ratio and bar pattern. Bar pattern, in turn, determines the pattern of bank erosion during floods, which may lead to a meandering planform.

I will generate distinctive river patterns by applying appropriate boundary conditions to laboratory experiments and a physics-based numerical model. In experiments, floods will be imposed, vegetation will be grown and a polymere and natural sediment mixtures will be supplied in various combinations for flexible scaling of bank strength and floodplain deposition. I will extend a three-dimensional numerical model with bank erosion, cohesive floodplain sedimentation and effects of vegetation. I will then model equilibria and system response to changing forcings on time scales up to centuries on parallel computers. Finally, I will integrate experimental and modelling insights and verify these with detailed data of the Rhine, Allier and Saskatchewan rivers through dedicated modelling.

Door Alessandra Crosato (UNESCO IHE) en Erik Mosselman is in samenwerking met de TU-Delft onderzoek uitgevoerd naar de ontwikkeling van stationaire banken in een recht kanaal, welke een bijdrage kunnen leveren aan de initiatie van meanderen door concentratie van oevererosie op door de banken opgelegde vaste punten. De eerste resultaten van laboratoriumexperimenten en van theoretische analyses zijn gepresenteerd op het RCEM congres in Argentinië. De paper van Erik Mosselman is genoemd in Bijlage A.

2.5 Bodemvormen

Bodemvormen (ribbels en duinen) op de rivierbedding spelen een belangrijke rol bij de hydraulische ruwheid, de vertical sortering van gegradeerd sediment en het ontstaan van scheepvaartondiepten. Voor een goede beschrijving van de morfologie, en ondersteuning van het rivierbeheer, is het noodzakelijk de dimensies en effecten van deze bodemvormen goed te voorspellen.



Figuur 2.8 Multibeam opname van bodemvormen op de Rio Parana in Argentinië, door Dan Parsons, University of Leeds (inmiddels in Illinois)

Op de Universiteiten Twente en Delft worden diverse onderzoeksprojecten uitgevoerd ten aanzien van deze bodemvormen waarbij Deltares betrokken is. Daarnaast wordt ook via internationale samenwerking (onder andere met de Universiteit van Hokkaido in Japan, en de USGS Sedimentation Laboratory in de VS) kennis uitgewisseld op dit onderwerp. De belangrijkste ontwikkelingen in 2009 op dit gebied zijn:

- Op 28 augustus 2009 heeft Rolien van der Mark haar proefschrift op de Universiteit Twente verdedigd: “A semi-analytical model for form drag of river bedforms”. Daarbij heeft Rolien haar modelconcepten verdedigd die zij heeft ontwikkeld voor het modelleren van vormruwheid van duinen. Zowel Erik Mosselman als Kees Sloff waren lid van de promotiecommissie. Rolien is zomer 2009 in dienst gekomen bij Deltares. Naar aanleiding van haar promotieonderzoek heeft Rolien een paper gepresenteerd op het RCEM congres in Argentinië in september 2009, zie bijlage A.

- In de tweede helft van 2009 heeft Arjan Tuijnder (Universiteit Twente) zijn promotieonderzoek afgerond met de titel “Bed roughness under partial transport conditions”. Het onderzoek heeft betrekking op de ontwikkeling van duinen (en de daaraan gerelateerde ruwheid) door transport van zand over vaste (niet-erodeerbare) lagen. Voor dit onderzoek heeft Arjan enige tijd bij Deltares doorgebracht voor implementatie en toetsing van zijn theoretische concepten met behulp van Delft3D. De resultaten daarvan zijn onderdeel van het proefschrift. Verder zal Arjan in TO-kader de methode verder ontwikkelen en implementeren in Delft3D.
- Op de TUDelft wordt door Mohamed Nabi een promotieonderzoek uitgevoerd naar 3D berekening van zeer gedetaileerde turbulente stroming met simulatie van duinontwikkeling. Het betreft een Delft-Clusterproject met ondersteuning vanuit Deltares. Samenwerking met WL vindt vooral plaats door middel van uitwisseling van kennis en modelleerwerk door Sanjay Giri (overleg e.d.). De bedoeling is dat deze kennis uiteindelijk ten gunste komt aan Delft3D-software. De resultaten van de modelberekeningen zijn zeer veelbelovend, en op dit moment wordt validatie uitgevoerd met behulp van laboratoriumdata. Resultaten van het onderzoek zijn onder andere (samen met Deltares) gepresenteerd op RCEM-congres in Argentinië: zie Bijlage A.
- Marjolijn Dohmen Jansen is op de Universiteit Twente gestart met een STW-project "River Bed Form Evolution Modelling for Flood Management (BedFormFlood)": Het betreft een 4 jarig AIO-project en afstudeerders. Deltares biedt begeleiding ten aanzien van SOBEK en Delft-Fews-ontwikkeling, een werkplek, en deelname aan de gebruikerscommissie. De input van Deltares zal vooral plaatsvinden in de periode 2010-2013.

2.6 Grensoverschrijdende samenwerking voor de Rijn: BfG, BAW en WSV

Tussen Deltares en de BfG zijn begin 2009 afspraken gemaakt over samenwerking op het gebied van riviermorfologie. Enerzijds is deze samenwerkingsbehoefte ontstaan uit een overlap van riviersystemen (m.n. de Rijn), een analogie in onderwerpen ten aanzien van procesonderzoek voor sedimenttransport en morfologie, en gezamenlijke modelontwikkeling. Anderzijds is deze samenwerking een voortzetting van een reeds bestaande RIZA-samenwerking. Ten aanzien van het laatste is het dus ook voorzien dat de Waterdienst een rol blijft spelen in het project. De activiteiten als onderdeel van de formele samenwerking die zijn afgesproken met BfG zijn gepresenteerd in Bijlage B. De volgende onderdelen, en daarbij de activiteiten van 2009, zijn onderdeel van de samenwerking:

- Activiteit PJ M.01a: Opzetten van plannen voor 1D morfologische modellering van de gehele Rijn (van Iffezheim tot Gorinchem). In eerste instantie werd gedacht aan een afstudeerproject, maar vanwege extra uitbreidingen in SOBEK en de omvang van het model wordt door BfG gevraagd dit via een apart Deltaresonderzoek voor te definieren. Het project wordt uitgevoerd met SOBEK-RE met gegradeerd sediment, en omvat onder andere een koppeling van de Duitse schematisatie aan de Nederlandse schematisatie. Voor een groot deel wordt het werk door BfG uitgevoerd. In 2009 is BfG gestart met het gereedmaken van de schematisaties voor de Duitse trajecten. De Deltaresinput is voor begin 2010 voorzien.
- Activiteit PJ M.01b: Implementatie van zwevend transport in het Oberrhein-1D SOBEK River model (vanaf 2010).

Hiervoor moet door BfG een Delwaqschematisatie gekoppeld worden aan een SOBEK-River-schematisatie van de Oberrhein. Afspraken over Deltaresinput zijn nog niet concreet gemaakt.

- Activiteit PJ M.02: Delft 3D models – model development/case studies. Opzetten van case studies met behulp van Delft3D om morfologische processen en ingrepen te simuleren en te valideren. In 2009 is gestart met implementatie van een porositeitsmodel in Delft3D en toetsing op de Rijn door Roy Frings (gastonderzoeker Universiteit Utrecht/BfG, tijdelijke werkplek en ondersteuning Deltares) (zie 2.6.1). Verder is het afstudeerwerk over sedimentsuppletie door Erik Ravenstijn afgerond in 2009 (zie paragraaf 2.6.2).
- Activiteit PJ M.03: Ontwikkeling van methodes en kennisontwikkeling voor diverse sedimenttransport- en morfologieprocessen: onder andere sediment-sortering, begin van beweging, afpleisteren, selectief transport, downstream fining, porositeit.

Voor het onderzoek naar sedimentsuppleties wordt eveneens samengewerkt met Duitse instituten en overheden. Het initiatief voor deze samenwerking ligt met name bij Rijkwaterstaat (DON en WD). De samenwerkende Duitse partijen zijn BfG, BAW en WSV. Zie paragraaf 2.6.2. Voor de BfG is deze samenwerking grotendeels onderdeel van de formele samenwerking tussen Deltares en BfG.

2.6.1 Porositeitsmodel van Frings

In activiteit 1, is door Roy Frings (afkomstig van BfG) bij Deltares gewerkt aan de implementatie van een eerste versie van zijn porositeitsmodel in Delft3D. De volgende onderdelen zijn uitgevoerd:

1. Inbouw van porositeitsvoorspellers in Delft3D (o.a. Yu-Standish en een nieuwe empirische voorspeller obv mijn Rijndata). Deze voorspellers berekenen de porositeit van een laag obv de gemiddelde samenstelling (GSD). Infiltratie van fijn sediment in een grindbed wordt niet expliciet beschreven.
2. Test van de invloed van variaties in porositeit op de morfologische ontwikkeling. Dit kan gebeuren aan de hand van (bestaande/nieuw te schematiseren) modellen voor verschillende morfologische situaties waarvoor we verwachten dat de porositeit ruimtelijk varieert (bijv. grind-zandovergang, laaglandsedimentatie in reactie op stijgende zeespiegel, etc. etc.)

Samen met Roy zijn ook nog enkele vervolgstappen gemaakt ten aanzien van de modellering van “Downstream fining”: het onderwerp van het proefschrift van Roy van 2008. Het betreft met name de afronding van een publicatie ten behoeve van Journal of Hydraulic Research van IAHR.

2.6.2 Sedimentsuppletie Boven Rijn

Een belangrijke maatregel voor het stoppen van de autonome bodemdaling en het verbeteren van de bevaarbaarheid van de Rijn van Duisburg tot Rotterdam is sedimentsuppletie. Beoogd wordt om op korte termijn de sedimentsuppletie in te zetten in Boven-Rijn, Waal en Pannerdensch Kanaal. De uitvoering van deze maatregel wordt echter nog gekenmerkt door een groot aantal onzekerheden over het te suppleren materiaal, de hoeveelheden, locaties en frequenties.

Daarnaast is slechts met beperkte nauwkeurigheid een schatting te maken van de effecten van de suppleties. In 2010 zal gestart worden met een proefsuppletie in de Boven-Rijn om meer kennis te krijgen over de maatregel. Daarnaast wordt ook kennis genomen van de ervaringen van de Duitse suppleties. De Duitsers passen de maatregel al langere tijd met succes toe in onder andere de Duitse Rijn en de Elbe.

Figuur 2.9 Sediment suppletie bij Rees (Duitsland) met behulp van een onderlader

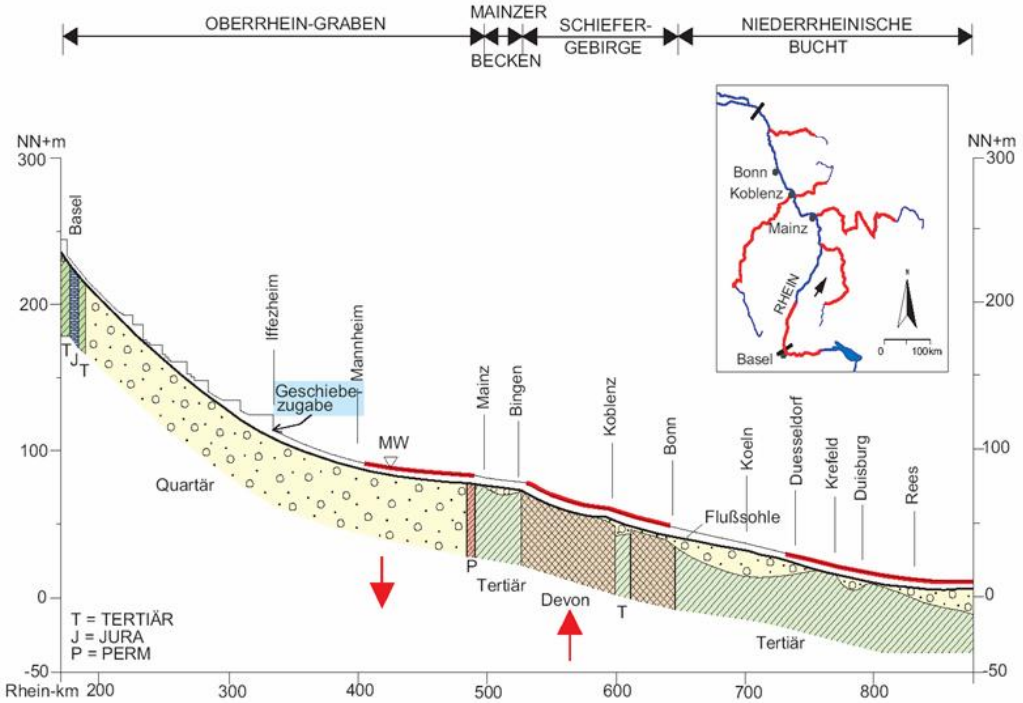
Voor uitwisseling van kennis ten aanzien van sedimentsuppleties heeft op 26 november 2009 een expertbijeenkomst plaatsgevonden in Arnhem, georganiseerd door Rijkswaterstaat DON. Hierbij waren zowel onderzoekers als beheerders aanwezig uit zowel Nederland als Duitsland. Deelnemers waren:

Roman Weichert (BAW);
Michael Schröder (BAW);
Andreas Schmidt (BAW);
Thomas Brudy (BAW);
Stefan Vollmer (BfG);
Emil Gölz (BfG);
Dietmar Abel (WSV);
Sebastian Messing (WSV);
Dietmar Pribil (WSV);
Kees Sloff (Deltares);
Roy Frings (Univ. Utrecht);
Astrid Blom (TU-Delft);
Arjan Sieben (RWS-WD);
Jos Roeberding (RWS-DON-District);
Hendrik Havinga (RWS-DON);
Marco Taal (RWS-DON).

Tijdens deze bijeenkomst heeft Kees Sloff een presentatie gegeven met resultaten van het SO werk en DVR studies: “Numerical modelling for pilot nourishment in the Bovenrijn”. Verder is tijdens deze bijeenkomst veel informatie vanuit Duitsland gepresenteerd, waar de suppletieproef in de Bovenrijn van kan profiteren. Daarnaast was vanuit de BAW en BfG veel interesse voor onze modelontwikkelingen (en Delft3D-toepassingen) ten aanzien van het simuleren van de suppleties.

Een belangrijke bijdrage aan de kennisontwikkeling ten aanzien van de suppletie-modellering met Delft3D is afkomstig uit het afstudeerwerk van Erik Ravenstijn (TU-Delft). In het kader van het SO-project, heeft Erik bij Deltares een modelstudie gedaan om het gedrag van een suppletie in de Duitse Rijn bij Iffezheim te kunnen simuleren. Het afstudeerwerk is uitgevoerd in samenwerking met de BfG. In de volgende alineas (Engelstalig) wordt een samenvatting gegeven van het afstudeerwerk:

<u>Erik Ravenstijn: Behaviour of nourishments in 2-dimensional graded sediment models</u>
Bed degradation in a number of Dutch river branches, like the Bovenrijn, can cause various problems in the near future. At low waters the navigation depth at the nonerodible layer near Emmerich can become too small. Other problems could be lower ground water levels and stability of structures in and near the river, like groynes. To diminish negative effects of bed degradation, nourishing material can be an effective solution. For a better understanding of nourishment behaviour and a better prediction of nourishment propagation, a tracer nourishment released in Germany in 1996 has been modeled and compared with field data. This tracer nourishment was released in the river Rhine at Iffezheim, Southern Germany, chainage kilometre 336.



Figuur 2.10 Langsprofiel van de Rijn met locatie tracerexperiment by Iffezheim

Propagation of this tracer has been recorded to approximately 60 kilometres downstream of the dumpsite. The model used in this research, is a quasi-3D model with a graded sediment module.

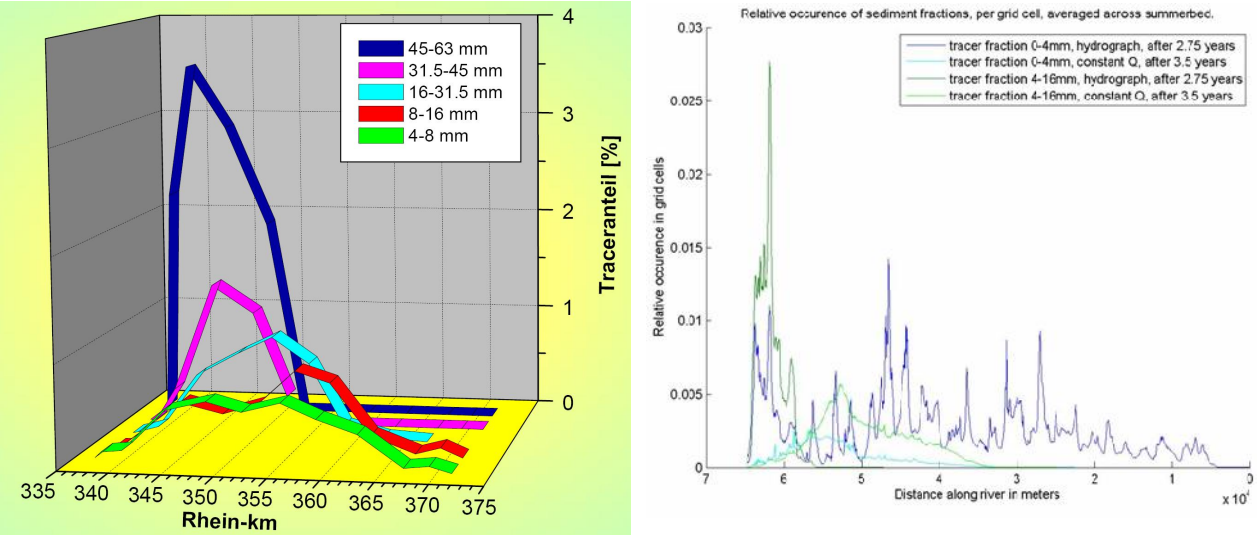
Simulating with a graded sediment module is important, since the mixture of the tracer nourishment modeled is different from the original bed material and there is an interest in the difference in behaviour between the finer and coarser tracer fractions. A quasi-3D format is used, because spatial scales less than the river width and transverse sorting effects might be important, as well as the parameterization of important 3D effects, like spiral flow.

For the description of sediment transport a modified Meyer-Peter-Müller formula is used, the sediment balance of the river bed is described by the model of Hirano. Hiding and exposure effects are implemented by the formulation of Egiazaroff, modified by Ashida & Michiue. The bed load transport vector is adjusted by formulations for the effects of spiral flow and transverse bed slope. The roughness is calibrated against the water level for several relevant discharges. The sediment transport formula is calibrated against the yearly sediment transport. The discharge is schematized in two ways: either a constant representative discharge that yields the same yearly transport, or a hydrograph with five different discharge levels is used. Results of case studies show that the thickness of the active layer, hiding and exposure effects and the discharge schematization are important parameters for propagation of the tracer nourishment. Hiding and exposure effects appear to be quite different for a number of existing formulations. Simulation with a hydrograph instead of a constant representative discharge shows important differences: the propagation speed of specific sediment fractions is different. The coarsest fractions move just a little bit, but are still hardly mobile, though not completely immobile as in the computations with the constant representative discharge.

Compared to the field data, the finer fractions propagate too slowly, but the coarser fractions hardly move at all. To change this, relevant parameters that can be changed within the model concept used are the active layer thickness, critical Shields value and hiding and exposure relation. It is uncertain however, if the model concept used can represent a satisfactory approximation of the behaviour of all nourishment fractions simultaneously. A number of physical processes that occur in the river reach just downstream Iffezheim, are not included in the model concept. Significant dunes appear to be present in this river reach, introducing vertical and horizontal sorting processes and different hydrodynamic conditions. Furthermore, it is questionable if the critical Shields value should not be variable with the sediment diameter. Finally, navigation appears to be possibly important.

Development of a model which takes into account these physical considerations, could be beneficial for prediction of sediment nourishments. On locations where nourishment could be an effective solution, field data of the propagation of specific tracer fractions could give important information for rough estimations of nourishment behaviour.

With the currently available knowledge about the Dutch river branches, a number of practical recommendations can be done, for nourishing material as a measure against bed degradation. Dumping large amounts of nourishment in a short period is not recommended, since it is difficult to forecast the behaviour precisely, starting with smaller amounts is safer. It is advised to measure the bottom regularly, to see where the nourishment has had effect so far. Nourishment that is relatively coarse compared to the original bed material, will armour the bed more and results in less nourishments needed to keep the river bed on a certain level. Another advantage of a coarsening of the bed could be the river slope, which could be steeper for coarser material.



Figuur 2.11 Germeten (links) en berekende (rechts) verplaatsing van verschillende sedimentfracties (tracers) in de Duitse Rijn benedenstroomse van Iffezheim (okt. 1996 – nov 1999)

Recent (eind 2009) is door Astrid Blom (TU-Delft) een onderzoeksvoorstel geschreven voor een promotieonderzoek naar het effect van sedimentsuppleties. In dit project voorstel, “Reponse to Sediment Overloading”, wordt onder andere onderzoek verricht naar de mogelijkheid de modelconcepten te verbeteren om de problemen met simulaties zoals gevonden door Erik Ravenstijn op te lossen. Deltares zal een rol spelen in het project door begeleiding, softwareontwikkeling, gebruikerscommissie, en eventuele werkplek. Een onderzoeker is eind 2009 gestart, maar de Deltaresinput zal in 2010 starten. Ook hier zal samenwerking met de BfG (Stefan Vollmer) een belangrijke rol spelen.

2.7 Samenwerking free-software voor 2D riviermorfologische berekeningen (iRIC)

Een samenwerkingsverband iRIC is 2 jaar geleden opgericht voor ontwikkeling van vrije morfologiesoftware op het gebied van riviermorfologie. Deltares is, gezien de voorsprong op modelinstrumentarium, door de oprichters uitgenodigd om mee te denken en mee te doen aan dit initiatief. De belangrijkste drijvers achter deze samenwerking zijn de Universiteit van Hokkaido in Japan (prof. Y. Shimizu) en USGS Geomorphology and Sediment Transport Laboratory in Golden/Denver (Jonathan Nelson). Deze partijen zijn bezig hun vrij beschikbare modelsystemen te combineren: namelijk het 2D/3D systeem RIC-NAYS (Japan) en U.S. Geological Survey’s (USGS) Multi-Dimensional Surface-Water Modeling System (MD_SWMS).

Op 25-30 oktober 2009 heeft een bijeenkomst plaatsgevonden waarbij de eerste versie van het instrumentarium is gepresenteerd, en waarbij afspraken voor de vervolgstappen en verdure activiteiten zijn gemaakt. De bijeenkomst vond plaats in de Storm King Room in de Olympic Lodge in Port Angeles. Deelnemers waren:

- Jon Nelson (USGS);
- Richard McDonald (USGS);
- Yasuyuki Shimizu (Hokkaido University);
- Hiroshi Takebayashi (Kyoto University);
- Ichiro Kimura (Hokkaido University);
- Hiroyasu Yasuda (Niigata University);

- Yasuyuki Hirai (CERI);
- Ryosuke Akahori (Tokyo Institute of Technology);
- Kees Sloff (Deltares);
- Yoshinori Nakadai (MHIR);
- Keisuke Inoue (MHIR).

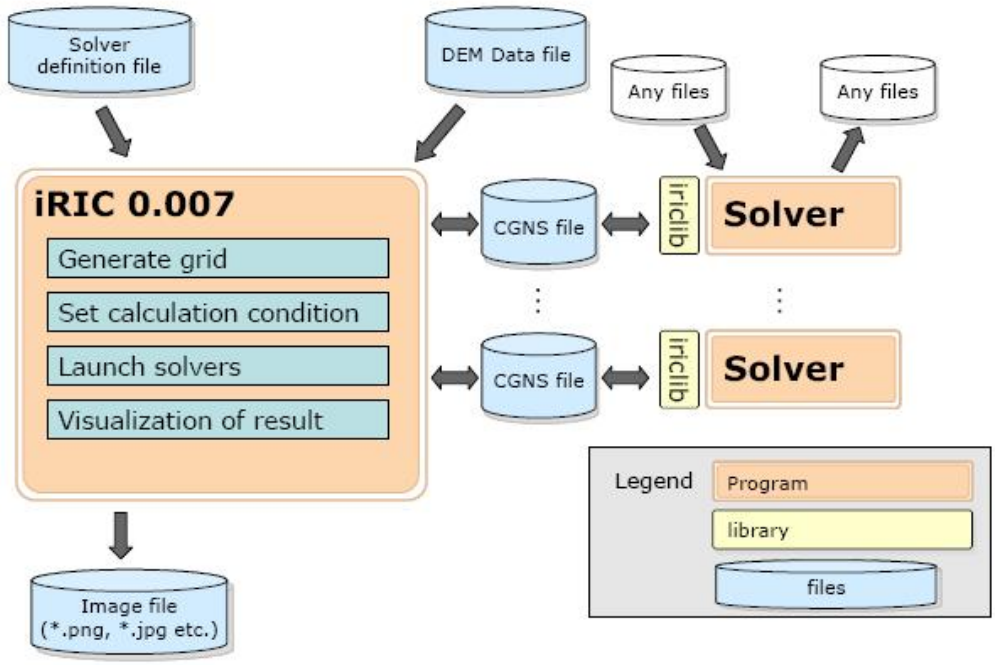
De volgende (engelstalige) tekst geeft een beschrijving van de IRIC software zoals die is gepresenteerd tijdens de workshop:

- Project iRIC was started to build a new software for fluid calculation, which has good points of both RIC-Nays (developed by Foundation of Hokkaido River Disaster Prevention Research Center) and MD_SWMS (developed by United States Geological Survey). As the first step, the project members agreed to build a prototype, named “iRIC 0.007” as the “proof of concept”.

- iRIC 0.007 is based on MD_SWMS, and followings are the different points from MD_SWMS.

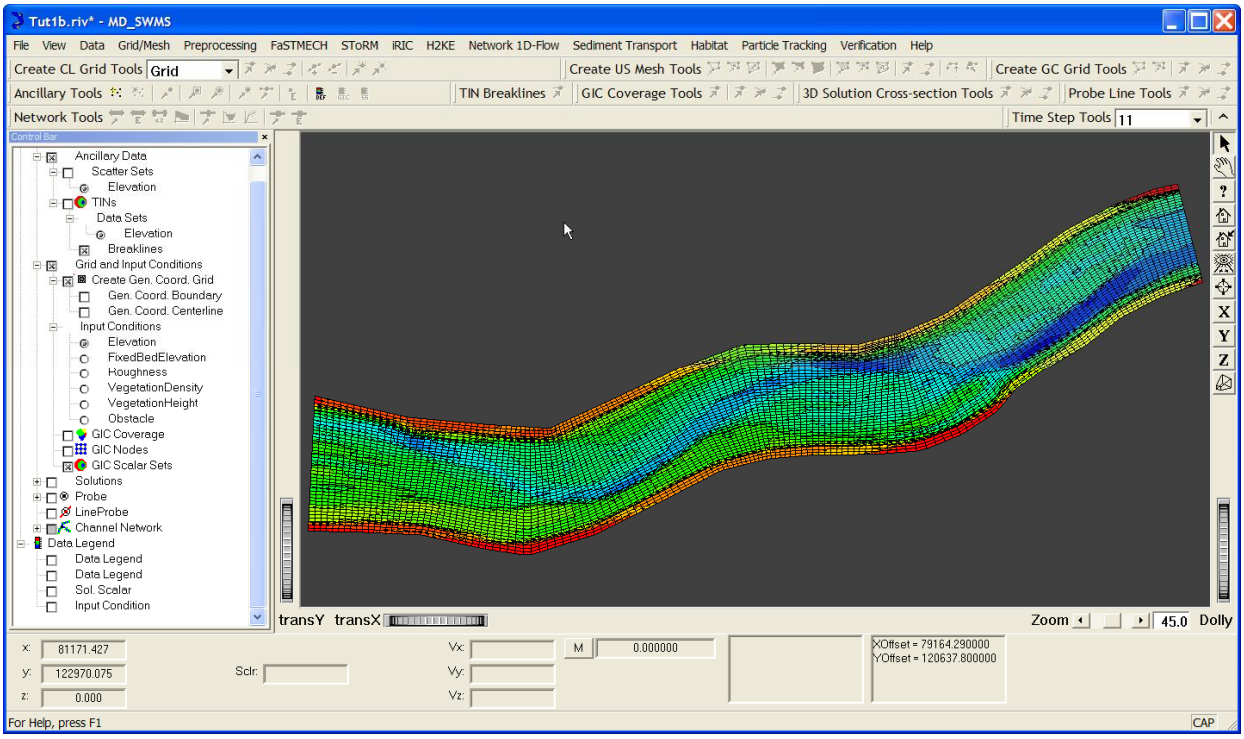
- iRIC 0.007 uses CGNS files for input/output files of solvers, but the structure inside CGNS file is changed. The node names inside CGNS files are now standardized, so the differences of CGNS file structure between solvers is now less than before.

- iRIC 0.007 uses solver definition files (xml files) to build dialogs for editing calculation condition and grid-related conditions. Anyone can adopt their solvers to iRIC 0.007 by creating solver definition files, and modifying their solvers to read calculation conditions from CGNS files



Figuur 2.12 Relationships between iRIC 0.007, solvers, and files used by them

- iRIC 0.007 loads solver definition files, to make itself a suitable GUI for creating grids, calculation conditions for the corresponding solvers. The concept of solver definition file comes from “Calculation condition definition file” used by RIC-NaysPre, but the function is now being extended. In the newr future, solver definition files will handle all solver specific information, such as grid type (structured or unstructured) supported by the solver. So, solver definition file is essential to adopt your solver to iRIC 0.007.



Figuur 2.13 Screendump van het invoerscherm van iRIC 0.007 gepresenteerd tijdens de workshop

De suggesties van Kees Sloff over de opbouw van de interface en uitbreiding van mogelijkheden van deze interface werden zeer gewaardeerd, en zullen worden gebruikt voor een volgende verbeterde versie. De iRIC software biedt een goede mogelijkheid de riviermorfologische modellen aan een breed publiek beschikbaar te stellen. De focus ligt vooral op gebruikers binnen onderwijsinstituten en in arme landen. Daarnaast zal ook een groot aantal USGS-gebruikers van het pakket MDSWMS (enkele honderden USGS medewerkers) overgaan op iRIC. Er is een grote wens van USGS om ook een versie van de Delft3D flow en morfologie solver onder te brengen in iRIC (naast de andere solvers). Het zou kunnen gaan om een beperkte of een afgeschermde solver. Voor dit aspect wordt overleg gevoerd met de afdeling DSC (software) van Deltares (Bert Jagers). In 2010 zal hier verder over worden gediscussieerd.

2.8 Kennisoverdracht

Naast kennisoverdracht door middel van software, publicaties, onderwijs (afstudeerders, stages en colleges TU-Delft en Unesco-IHE) zijn in 2009 ook bijdragen geleverd aan een aantal bijeenkomsten, de Morfologische Driehoek, een cursus voor de Waterdienst en een internationaal congres ten behoeve van kennisoverdracht. Belangrijke bijdragen zijn:

- Workshop “River Engineering & Morphology: Research and Practice” bij Deltares op 16 april 2009, naar aanleiding van bezoek van Dr. Jonathan Nelson, directeur van USGS- Geomorphology and Sediment Transport Laboratory te Golden, USA. Onder andere zijn bijdragen gepresenteerd van Deltares en van Universiteiten. De organisatie was in handen van Sanjay Giri (Deltares). In Tabel 2.2 zijn de voordrachten genoemd die tijdens de workshop zijn gepresenteerd. Onderzoekers van verschillende universiteiten, Rijkswaterstaat en Deltares hebben de bijeenkomst bijgewoond. De reacties waren zeer positief.

Tabel 2.2 Voordrachten tijdens workshop “River Engineering & Morphology: Research and Practice”

Jonathan Nelson	USGS-GSTL	On research activities of USGS-GSTL
Erik Mosselman	Deltares	Morphological research at Deltares
Maarten Kleinhans	Univ. Utrecht	On river bifurcations and the importance of transverse bed slope effects in the presence of dunes
Arjan Sieben	Waterdienst	A brief review on current river morphological questions and aspects in the Netherlands.
Kees Sloff	Deltares	Recent development on Delft3D morphological modeling
Arno Talmon	Deltares	On the influence of oblique dune orientation on the direction of bed-load sediment transport.
Wim Uijttewaal	TU-Delft	On ongoing and planned research at Fluid Mechanics Section of TU Delft.

- Presentatie “Suppleties Iffezheim” bij de BfG in Koblenz op 20 juni 2009 door Kees Sloff, met voorlopige resultaten van het afstudeerwerk van Erik Ravenstijn.
- Deelname en voorbereiding voor “Kennissessie Ecologische effectvoorspelling rivieren” op 17 september 2009. Deze sessie had tot doel kennis uit te wisselen tussen Rijkswaterstaat, Deltares en Alterra met betrekking tot onderzoek voor het beheer, voorspelling en gebruik van de rivieren, met een focus op ecologische effecten. Onderwerpen die hierbij aan de orde kwamen waren onder andere natuurvriendelijke oevers; nevengeulen; veleigheid en natuur; en aanleg en beheer en onderhoud.
- Deelname aan het congres “River, Coastal and Estuarine Morphodynamics (RCEM)” in Santa Fe, Argentina, 21-25 september 2009. Publicaties met mondelinge voordracht zijn gegeven door Kees Sloff, Erik Mosselman en Rolien van der Mark (zie Bijlage A). Het congres is toonaangevend voor de ontwikkelingen op het gebied van riviermorfologie, en er zijn tijdens het congres diverse bestaande en nieuwe contacten gemaakt voor kennisuitwisseling en onderzoekssamenwerking.
- Deelname aan Iric morfologie-modelinstrumentarium bijeenkomst in Port Angeles, USA, 25-30 oktober 2009: zie paragraaf 2.7.
- Cursusbijdrage riviermorfologie door Kees Sloff tijdens cursus Rivierkunde van Rijkswaterstaat Waterdienst in Verkeerspost te Nijmegen op 25-27 november 2009 (50 deelnemers, na 135 aanmeldingen). Zowel de voorbereiding als het geven van de cursus zijn vanuit het SO project gefinancierd. De reacties op de cursus waren zeer positief.
- Expertbijeenkomst “sedimentsuppleties” bij Rijkwaterstaat DON in Arnhem op 26 november 2009: zie paragraaf 2.6.2.

3 Deelproject 4: Ensemble Simulation of Extreme Discharges (PhD)

3.1 Introduction

Climate change will possibly result in changing discharge regimes (floods and droughts) for the two major rivers Rhine and Meuse entering the Netherlands. Insight in these changes is of major importance for planning and mitigation measures on a nationwide, regional and local scale.

To estimate the impact of climate change on river discharges different scenarios of future meteorological conditions are used as input to a hydrological model of the river basin. These climate scenarios are usually constructed by applying simple transformation rules to observed temperature and precipitation series. This method is referred to as the delta approach (Lenderink et al., 2007).

An alternative approach to the delta approach is to use output of climate models as forcing of the hydrological model. This direct forcing approach has the potential advantage of taking into account more complex changes in probability density functions of the input variables of the hydrological model. Correlations between the different regional climatic variables may change in the future, which may affect the characteristics of the hydrological variables. However, these potential advantages may turn into disadvantages if the quality of the climate model output shows considerable bias (Lenderink et al., 2007).

Often one or a few transient climate scenarios are performed for a given emission scenario due to high computational demand. To distinguish trends caused by internal variability from those induced by increased radiative forcing, a large ensemble of climate simulations is necessary (Sterl et al., 2008). Such an experiment (ESSENCE) has been carried out by KNMI, including a 17 member ensemble simulation for the period 1950-2100. This ensemble has been used to determine the signal-to-noise ratio for a set of meteorological quantities. Another set of ensemble simulations is the archive of the operational seasonal forecasts by ECMWF, which can be viewed as a climate ensemble representing present day climate conditions. The short lead-time (up to 6 months) excludes analysis of sources of lower frequency variability, like deep ocean heat content or groundwater reservoirs.

The main objective of this project is to develop a set of tools which can be used to determine the climate change effects on the hydrological behavior of the river Rhine (and possibly the Meuse) using the direct forcing approach applied to an ensemble of climate model simulations. This approach allows a consistent analysis of the importance of various sources and modes of variability in the climate system, both internal (“natural”) variability and anthropogenic induced changes. The developed approach/insights will be used to weigh the output of the different climate models used in the latest IPCC assessment to determine the climate change effects on the discharge regimes of the Rhine and Meuse.

3.2 Activities and progress in 2009

A research plan was put together by Deltares (dr ir AH Weerts) , University of Utrecht (dr ir A van Delden) and University of Utrecht/KNMI (prof dr ir B van den Hurk). The PhD position at UU was advertised nationally and internationally June 2009 with many applicants (>20). Christiana Photiadou (MSc) started September 1, 2009. Although it is early days, much progress has been made putting together an extension of the current measured precipitation and temperature data set from 1961-1995 to 1961-2009. In the near future, this dataset will be used for bias correction of various climate products and impact on discharge simulation of the Rhine and Meuse will be investigated.

4 Deelproject 6: ERA-net effectiveness experiment (ERA-net CRUE, IWRM-net)

4.1 Introduction

In this Chapter the 2009-activities are presented related to a quick-scan experiment for assesment of effectiveness of the ERA-nets CRUE and IWRM-net. Next to this experiment, also an update has been made for the Dutch programs within the CRUISE database.

4.2 Objectives and approach

One of the key aspects of an ERA-net is the exchange of information between research funders on ongoing research. In order to try to assess the effectiveness of the information bases and the human network established by the ERA-nets CRUE and IWRM-net a quick-scan experiment was setup with the following objectives:

- to count and compare the number of responses and number of projects/results found when querying various information bases and the human networks based on real issues;
- to provide a summary of ongoing efforts to water managers.

For this purpose four research questions were identified that are emerging in the Netherlands, but may have been subject to research elsewhere in Europe. Three of the four questions relate to CRUE-type of work, three relate to IWRM-net work.

Research Questions CRUE / IWRM-net

1a) Are (elements of a) method(s) available (past research, present, expected soon) to determine an acceptable risk for large numbers of flood-related casualties and large scale societal disruption? (**CRUE**)

1b) Are there key national research projects (recently finalized, ongoing or planned) dealing with adaptive policy making (pairing short term decision making with long term flexibility) while explicitly considering risk and uncertainty? (**IWRM-net**)

2) Are there (elements for) decision support systems for building in low-lying / flood-prone (polder) areas, including long term notions, flood risk management and cost-benefit analysis? (**CRUE / IWRM-net**)

3) Are there key research projects (recently finalized, ongoing or planned) which aim to predict and assess morphological, environmental, economic and social impacts of large-scale beach nourishments? (**CRUE / IWRM-net**)

Both teams were asked if they have answers to these issues (or if not, just to mention that). Moreover it was not expected to spend much time, so just to provide maybe a URL if one was aware of input or work in progress. Results in any language were welcomed.

Simultaneously for the same research questions a search was executed in a variety of information bases (ERA-net CRUISE, IWRM-net, CORDIS, EUGRIS).

The teams were asked to keep the time needed to invest in the search and to provide the answers. A response time of two weeks was given.

4.3 Results of network consultation

The following Tabel 4.1 gives an overview of the network consultation. Appendix D gives an overview of replies of the network consultation with the full text received.

Tabel 4.1 Overview of number of emails sent and replies received

ERA net	**Number of emails sent**	**Replies received within 2 weeks**			
		useful	**not useful (no time)**	**absence**	**rebounced**
CRUE	18	1	-	2	3
IWRM-net	56	2 + 7*	1 + 1*		
Total	**74**	**10**	**2**	**2**	**3**

* replies from German representative who forwarded the email to the full national network

The following Tabel 4.2 gives an overview of national and international (research) projects and related URLs based on the human network consultation (see also Appendix D).

Tabel 4.2 Overview of national and international (research) projects

Q1a	**National projects**	
	Name / Acronym	*URL*
	ADAPT	http://www.ulb.ac.be/ceese//ADAPT/Home.html
	International projects	
	Name / Acronym	*URL*
	IV B project AMICE	?

Q1b	**National projects**	
	Name / Acronym	*URL*
	many projects	http://www.sniffer.org.uk
	Klimzug	www. Klimzug.de
	KLIWAS	www.kliwas.de/
	Projekt GLOWA-Danube	http://www.glowa-danube.de/de/home/home.php
	SAFER	www.eu-safer.de <http://www.eu-safer.de/
	KLIWA	http://www.kliwa.de/
	BMBF Verbundprojekten	http://www.wasserressourcen-management.de/ www.iwrm.vn www.iwrm-smart.org www.iwrm-indonesien.de
	BMZ/GTZ projekt Integrierte Wasserwirtschaft Algerien	www.eau-algerie.org
	BMBF Vorhaben EPOS	http://ecologic.eu/soef/epos/deutsch.html
	many projects	http://www.kliff-niedersachsen.de.vweb5-test.gwdg.de/
	International projects	
	Name / Acronym	*URL*
	Newater	http://www.newater.info/
	ADAM	http://www.adamproject.eu/
	NoRegret	http://www.noregret.info/
	EU SLIM Project	http://slim.open.ac.uk/page.cfm
	EU Project ADAM	http://www.adamproject.eu/
	EU Project MELIA	http://www.meliaproject.eu/
	EU Project NeWater	http://www.newater.info/
	IDRC Project	http://www.idrc.ca/en/ev-89336-201_102963-1-IDRC_ADM_INFO.html
Q2	**National projects**	
	Name / Acronym	*URL*
	many projects	http://www.sniffer.org.uk
	Rimax	http://www.rimax-hochwasser.de/
	KLIFF-Projekt	www.kliff-niedersachsen.de/
	Projekt GLOWA-Danube	http://www.glowa-danube.de/de/home/home.php
	SAFER	www.eu-safer.de <http://www.eu-safer.de/
	KLIWA	http://www.kliwa.de/
	many projects	http://www.kliff-niedersachsen.de.vweb5-test.gwdg.de/.
	International projects	
	Name / Acronym	*URL*
	EU project MARE	http://www.mare-project.eu/
	GMES-Projekte RISK-EOS	http://www.floodrisk.eu/
	EU Project IRMA-SPONGE	http://www.irma-sponge.org/

Q3	**National projects**	
	Name / Acronym	*URL*
	CLIMAR	http://www.arcadisbelgium.be/climar/
	doctoraatsonderzoek van Wim Kellens	-> sent email to wim.kellens@ugent.be
	many projects	http://www.sniffer.org.uk
	Projekt GLOWA-Danube	http://www.glowa-danube.de/de/home/home.php
	many projects	http://www.kliff-niedersachsen.de.vweb5-test.gwdg.de/.
	International projects	
	Name / Acronym	*URL*

Conclusions

- The number of replies is quite limited, maybe because of the end-of-year period; the overall (useful) response for the two networks together is around 14%, for CRUE around 6% and for IWRM-net around 16% (of which the main part is coming from the German national network).
- The replies are quite diverse but contain valuable information, from rather general url's till specific information on the research issues. Question 3 resulted in minor results, probably because it is a very specific issue (beach nourishments) and relatively a limited amount of people will know about it.
- There is (much) time needed to elaborate and asses thoroughly the replies given. Unfortunately, in this quick-scan experiment there was no time available to do this.

4.4 Results of database search

The following Tabel 4.3 gives an overview of the database search.

Tabel 4.3 Overview of number of relevant programs and projects scored in several databases regarding four research questions and related keywords (""indicates a wildcard, Prog = Programmes, Proj = Projects) (Yellow marked: full results in Appendix D)*

	CRUISE[1]		**IWRM-net**		**CORDIS[2]**		**EUGRIS[3]**
	Prog	**Proj**	**Prog**	**Proj**	**Prog**	**Proj**	**Proj**
Question 1a Keywords							
Flood*	*30*	*261*	16	5	5	402	19 (15)

[1] In CRUISE search of multiple key words is only possible for the 'exact phrase' (not 'AND'); therefore in this case all mentioned key words are searched separately. This makes comparison with the results of the other databases difficult

[2] *Between brackets the number of most relevant projects*

[3] *Between brackets the number of most relevant projects*

	CRUISE[1]		IWRM-net		CORDIS[2]		EUGRIS[3]
	Prog	**Proj**	**Prog**	**Proj**	**Prog**	**Proj**	**Proj**
Flood* + risk	*19*	*97*	2	3	1	82	6 (3)
Flood* + assess*	*5*	*29*	0	1	4	134	3 (2)
Flood* + method*	*3*	*27*	0	0	3	158	9 (5)
Flood* + damage	*1*	*6*	0	0	1	38 (11)	2 (1)
Flood* + risk + assess*	-	-	0	1	1	49 (25)	0
Time needed	10 min		20 min		15 min		10 min
Question 1b Keywords							
Adapt*	*2*	*7*	14	2	139	6424	30
Adapt* + risk	*19*	*97*	0	0	33	371	10
Adapt* + polic*	*11*	*19*	0	0	105	1064	10
Adapt* + decision	*7*	*13*	0	0	69	427	8
Adapt* + manage*	*27*	*104*	0	0	93	2210	19
Adapt* + risk* + polic*	-	-	0	0	37	126	3
Time needed	10 min		20 min		15 min		10 min
Question 2 Keywords							
Flood*	*30*	*261*	16	5	5	402	19
Flood* + protect*	*9*	*15*	0	0	3	204	5
Flood* + build*	*2*	*5*	0	0	2	95	2
Flood* + decision	*7*	*13*	0	0	3	49	10
Flood* + econom*	*11*	*14*	0	0	4	154	9
Flood* + protect* + build*	-	-	0	0	1	54	2
Time needed	10 min		20 min		15 min		10 min
Question 3 Keywords							
Coast*	*5*	*55*	16	4	40	1376	15 (5)
Coast* + beach	*0*	*14*	0	0	0	32 (22)	0
Coast* + nourish*	*0*	*0*	0	0	0	7	0
Coast* + sand	*0*	*4*	0	0	0	32 (22)	0
Coast* + beach + nourish*	-	-	0	0	0	7	0
Time needed	10 min		20 min		15 min		10 min

4.5 Conclusions and recommendations

General

- The selection of key words is extremely important and will determine the usefulness of the search results. It is recommended to put some time in ‘pre-testing’ some key words and combinations in order to find valuable results.

- It can take quite some time to get familiar with the different kind of databases and search engines. However if the search engine is very easy to use, such as in CORDIS and EUGRIS the 'start-up time' needed will be limited
- A point of concern might be the accessibility of the databases. Which information is open for the public and which is not? And what information is directly accessible through internet search engines like google?
- Any information and analysis of customer visits ('hits') might reveal useful information about how the database is used. This can be helpful in getting valuable results by selecting the 'right' databases and the 'right' key words.

CRUISE
- The search of multiple key words is only possible for the 'exact phrase' and for for various combinations of the key words (not AND or 'contains'). Unfortunately this makes the CRUISE search modes not sufficient and not comparable with the search modes of the other databases: it is recommended to adjust the CRUISE search mode on this point.
- The use of a wildcard (*) is not needed

IWRM-net
- The search is done in the 'IWRM database' (you have to select it)
- The use of 'rules' is a bit complex and takes some time to apply; it is advisable to make this more easy
- The use of a wildcard (*) is not needed; it is already as default included in the search
- The search option is not easily accessible on this website; it is recommended to make a direct link to the search engine on the home page of IWRM-net.
- It is remarkable that in almost all searches the number of programmes found is higher than the number of projects. This might reveal that most data available is on programmes and not on projects.
- It is remarkable that many key word combinations did not result in any programme or project found.

CORDIS
- It is recommended to use advanced search (with simple search less hits)
- It is recommended to list the search results in RELEVANCE order (although even then still not all is relevant, because there are many different themes in this database)
- The use of a wildcard (*) is needed
- The search engine is very easy to use
- The database contains abundant data from numerous scientific fields. Therefore more detailed selection criteria (key words) should be used as what has been done in this experiment in order to get most useful results. E.g. In the case of 'adapt' it became clear that this word is not only used regarding climate change but also regarding the process industry.

EUGRIS
- In this database only projects are mentioned (no programmes), but this can be a matter of definition
- The search resulted in very relevant selections of projects on water and soil issues (although still depending on the key word)
- The search engine is very easy to use
- The use of a wildcard (*) is needed

4.6 Overall conclusions and recommendations

- For the network consultation the description of the research questions is very important for receiving valuable results. This is less the case for the database search as only (combinations of) key words are used.
- The database consultation gives potentially much more valuable results than the network consultation, in shorter time (and at any time) and with less efforts. However the selection of key words that is needed for the database search might be very restrictive for the projects/programmes found. A network consultation gives some room for a 'broader interpretation'. Depending on the research question this can be appropriate or not.
- Of the four databases searched CORDIS gives most results although detailed analysis should be done in order to assess how valuable these results are.
- There is (much) time needed to elaborate and asses thoroughly the replies given. Unfortunately, in this quick-scan experiment there was not enough time available to analyse the results in detail, to draw some additional conclusions about effectiveness and to provide a summary of ongoing efforts to water managers.

5 Deelproject 7: Investigation of hydrological behaviour of GRADE-Meuse instrument

5.1 Introduction

The research, described in this chapter, has been performed in the framework of the *Generator of Rainfall And Discharge Extremes*. The purpose of this model tool is to estimate the design discharge on a more physical basis. The added value of GRADE with respect to the classical extreme value analysis is that it has the potential to provide model-based flood wave shapes together with flood peaks, and that it can incorporate hydraulic models to evaluate the effect of floodplain inundation on flood waves.

A final important benefit of the GRADE approach to design discharge estimation, is that its components (in particular the rainfall generator, the hydrological model and the representation of hydraulics) can be continuously improved to reduce uncertainties and to reproduce more realistic flood wave shapes. It is hard if not impossible to find one HBV parameter set that is capable of accurately describing all the hydrograph behaviours that are deemed important for flood wave simulation in GRADE. This includes reproduction of flood peaks, flood volumes and flood wave irregularity. To represent this trade-off, 5 parameter sets have been selected to represent the uncertainties of the respective behaviours.

In this research, a potentially crucial improvement in the GRADE instrument for the Meuse has been identified that can significantly reduce the abovementioned uncertainties and trade-offs. The hypothesis investigated is that the currently used daily HBV model has only limited ability to represent the true hydrological processes in the Meuse basin and that this can be progressively improved by introducing additional process knowledge in the hydrological model structure.

To investigate this hypothesis, first of all, a new measure for reproduction of the irregularities, based on the autocorrelation of discharge, is introduced in Section 1.1. The reproduction of this criterium is evaluated at Borgharen. In Section 1.2, results from several model experiments are shown in an upstream catchment (upstream of St. Mihiel) to identify the trade-off between reproduction of Nash-Sutcliffe (a commonly used criterion for model goodness-of-fit) and the wave shape (by means of the autocorrelation measure) and what could be done to reduce this trade-off and consequently reduce model uncertainty.

5.2 Introduction of criterium for hydrograph irregularity

Kramer et al. (2008) conducted Monte-Carlo experiments to identify feasible parameter sets for use in GRADE. This resulted in the previously studied GLUE parameter sets which adequately represent the total reproduced volume, the Nash & Sutcliffe coefficient and the 1/20 year recurring flood, according to available measurements at Borgharen.

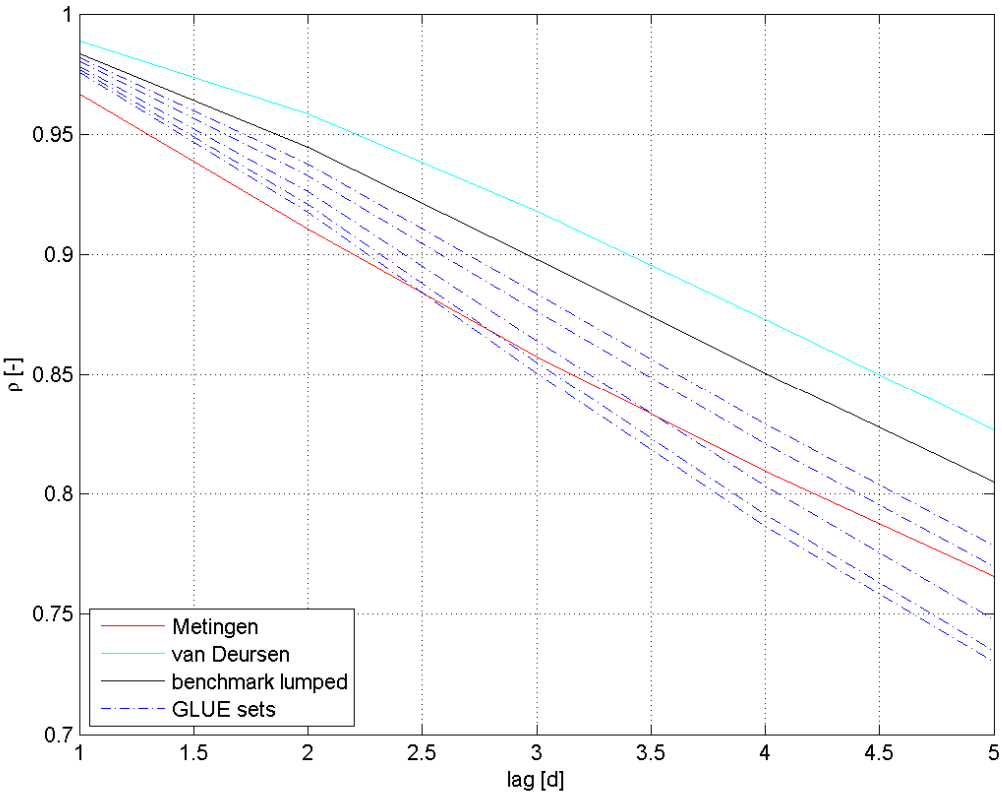
During the 2008 GRADE workshop, it was concluded that the Meuse model (running with the original Meuse HBV parameter set, derived by Van Deursen) generated flood waves with a *less irregular shape than the observed values*. Therefore, it is deemed useful to use a statistical measure for hydrograph irregularity, besides the use of regular fit criteria such as Nash & Sutcliffe and the volume error.

It is here proposed to use *the deviation of the lag-1 autocorrelation from unity* as this measure. Autocorrelation as a constraint of the spectral properties of discharge, has been used as a measure of performance in earlier studies (see e.g. Montanari and Toth 2007; Winsemius et al. in press)

5.2.1 Reproduction of autocorrelation by HBV at Borgharen

First of all, let us investigate how well all HBV parameter sets considered so far are able to reproduce the autocorrelation (AR) function, in particular AR lag-1 (lag-2, 3, 4 etcetera are of less importance because in discharge time series they generally exhibit a strong relation with lag-1). In Figuur 5.1 a comparison of the autocorrelation functions of models and observations is given. Besides all known models, a fully lumped model has been generated and optimized on volume error and Nash & Sutcliffe, much in the same manner as the GLUE sets. The major difference is that the rainfall has been averaged over the 15 original subbasins and one parameter is derived for the full river basin (instead of one set per subbasin).

The results show that HBV typically overestimates AR-1 thus not resolving the full irregularity implicitly contained in the available discharge observations. An AR-1 of one is associated with a process with no irregularity at all (i.e. a straight line). Therefore the deviation of AR-1 from one is a measure for the irregularity of the time series. This yields as a functional relationship for resemblance in irregularity



Figuur 5.1 *Autocorrelation function of observation (red), the 'Van Deursen' set (light blue) and the GLUE parameter sets (blue dashed). Also (black) a 'benchmark lumped' model has been created, in which rainfall is considered fumbers have been averaged over the whole Meuse*

Tabel 5.1 The AR-1 for the observation and all relevant model results so far. Also the deviation of the AR-1 coefficient from the observations is shown

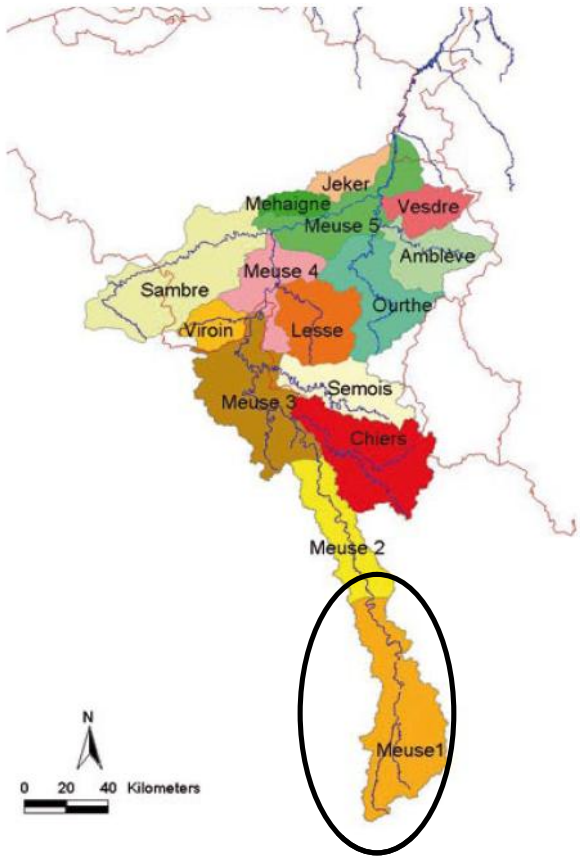
data set	**ρ_1 [-]**	**$\Delta\rho$ [%]**
Observations	0.96691124	0%
benchmark model	0.983493001	50%
van Deursen	0.988609142	66%
GLUE 5%	0.982011988	46%
GLUE 25%	0.980071738	40%
GLUE 50%	0.976878565	30%
GLUE 75%	0.978364584	35%
GLUE 95%	0.975772151	27%

$$\Delta\rho = 1 - \frac{1-\rho_{model}}{1-\rho_{obs}} \tag{5.1}$$

where $\Delta\rho$ is the irregularity fit criterium, ρ_{model} is the AR-1 of the model and ρ_{obs} is the AR-1 of the observed time series. When $\Delta\rho$ reaches a value of zero, the modelled series perfectly resembles the observed irregularity. Tabel 5.1 shows the irregularity fit as a percentage.

It is obvious that the additional value of the GLUE-criteria (compared to the ‘old’ van Deursen set) is also noticeable in the reproduction of autocorrelation: the GLUE sets clearly outperform the Van Deursen set.

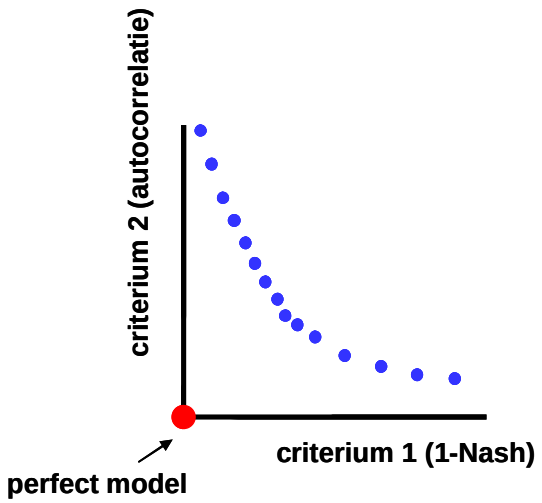
Furthermore, the benchmark model also significantly overestimates AR-1. The major difference between the regular HBV models and the benchmark model is the fully spatially averaged rainfall, used for the latter model. The spatial averaging results in smoothing of the information content of the observed rainfall which thus inevitably leads to a larger smoothing of the lumped model results. Smoothing of the rainfall inputs logically leads to a smoother discharge pattern.



Figuur 5.2 Meuse river basin, the studied subbasin is encircled in black

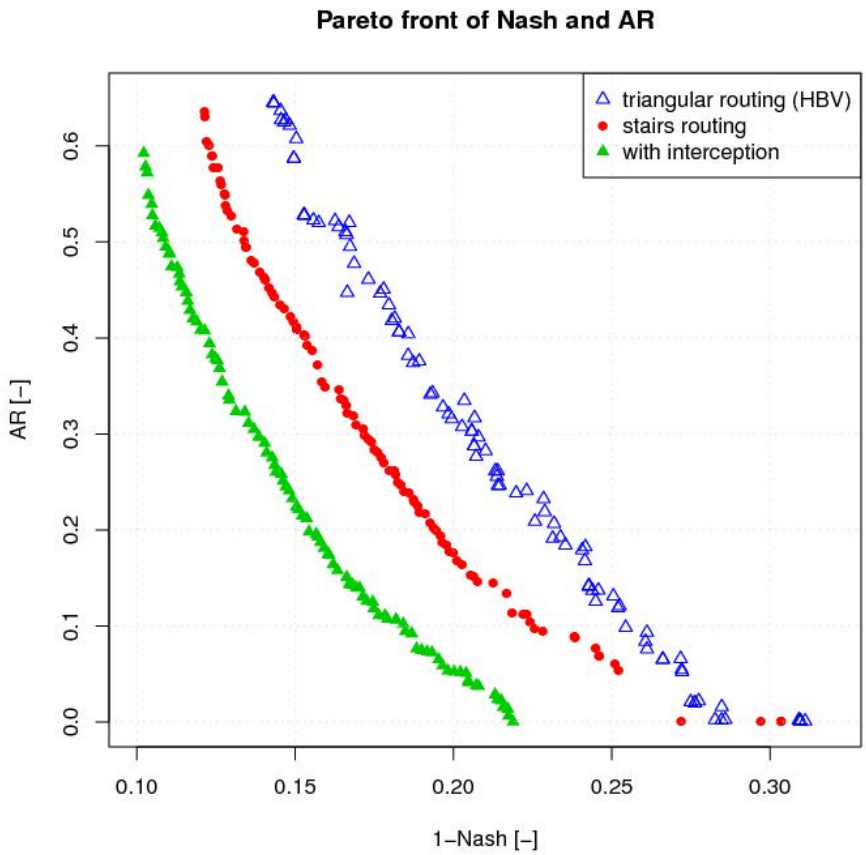
5.3 Model experiments

To gain further understanding in the capability of HBV to reproduce multiple fit criteria, a multi-objective conditioning experiment has been conducted on one of the tributaries of the Meuse, the area identified as “Meuse1”, upstream of discharge station St. Mihiel (Figuur 5.2). The principle of multi-objective conditioning is that a condensed set of parameter combination is sought that reproduce a trade-off between several objectives. The most extreme parameter sets that are found during optimisation reflect the sets that are optimal for one of the objectives, in between, there are multiple parameter sets that reflect the trade-off between the objectives. The perfect model in this case would be the one that yields a “1-Nash” and $\Delta\rho$ of zero (note that the objectives are transformed so that the optimum is zero).



Figuur 5.3 *Illustration of the principle of multi-objective optimisation. This figure shows the so-called pareto front. Note that the data shown here are purely synthetical and not the result of a real model experiment*

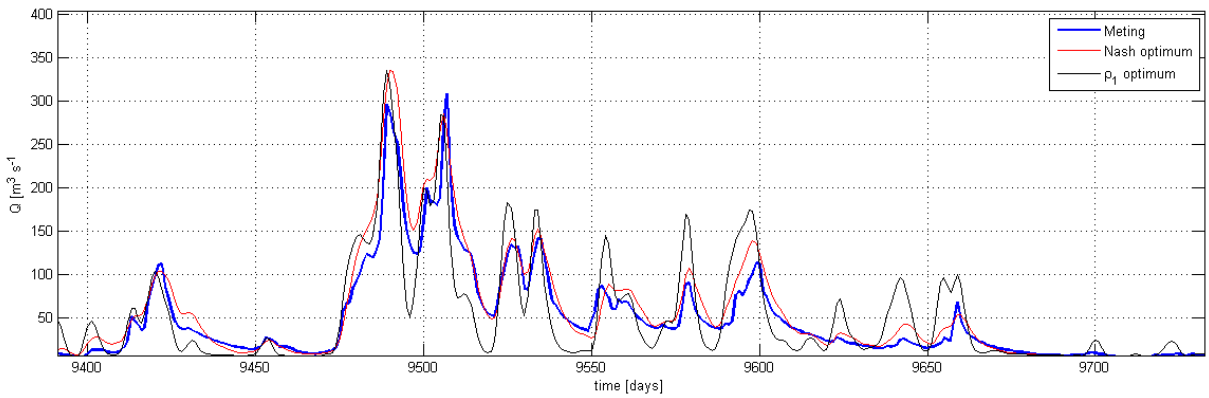
This is illustrated for the case that 2 objective functions are used in Figuur 5.3. The blue dots here represent the models that are closest to the objectives used and therefore provide a measure of the trade-off between both objectives. This is called the 'pareto front'.



Figuur 5.4 *Pareto fronts of the different model experiments*

Model 1: original HBV

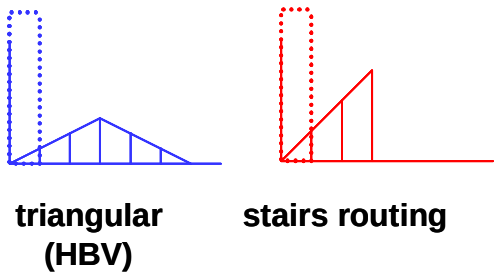
The original HBV model setup (same input/output from 1968 until 1998) for St. Mihiel has been used to optimize the pareto front using the NSGA-II multi-objective optimisation tool, programmed in the open-source statistical programming language R. As objectives, the Nash and Sutcliffe coefficient and $\Delta\rho$ have been used. Furthermore, any model with a volume error larger than 5% has been considered unbehavioural and thus discarded. In this manner, 3 objectives are used of which two are optimized. InFiguur 5.2, the blue triangles represent the pareto front of Nash and Sutcliffe and $\Delta\rho$. It reveals a clear trade-off between both objectives, meaning that the model is only to a limited extent capable of reproducing both Nash Sutcliffe and $\Delta\rho$ with one parameter set. As an illustration, Figuur 5.5 shows the concurrent hydrographs of the two most extreme models (giving either a good autocorrelation or a good Nash and Sutcliffe) for a short period. It is evident that autocorrelation can only be well simulated at the cost of a clear mismatch between the observed and simulated hydrograph.



Figuur 5.5 Hydrographs of the two extreme solutions on the pareto front

Model 2: HBV with modified lag-function

In the second experiment, the HBV model is slightly adapted by introducing a different lag function. Figuur 5.6 shows the difference between the original function used in HBV , which conceptualises river routing and the new function. The new function (stairs function) introduces less smoothing by putting more emphasis on the lag between runoff generation and release of runoff to the river than on attenuation due to river routing.



Figuur 5.6 Left: the original routing function used in HBV. Right: the stairs lag function used in model 2

In Figuur 5.4 the red dots show the pareto front when the new routing function is introduced. The trade-off has slightly decreased and therefore overall performance improved. This is believed to be caused by the lower attenuation in the new lag function.

Model 3: introducing interception as additional process

In the third experiment, an additional process is experimentally introduced in the model structure: an interception reservoir has been added, which intercepts the first amount of rainfall so that less rainfall enters the soil reservoir. This reservoir conceptualises the interception of rainfall by canopy, forest floor cover (Gerrits et al. 2007) and the upper layer of soil moisture, typically evaporating within a very short time span after the event took place. Interception is often a poorly recognized process in hydrological modelling (Fenicia et al. 2008). It is a typical threshold process, yielding no effective rainfall (i.e. rainfall that enters the soil zone) when the amount of rainfall is less than the interception capacity. Therefore, the effective rainfall becomes more irregular, hence resulting in a slightly more irregular discharge. Moreover, it can be expected that during calibration, the storage capacity of the soil reservoir will become smaller at the expense of the introduced interception process. Less storage in a hydrological model yields more irregularity in the runoff production.

In Figuur 5.4 the green triangles form the pareto front when interception is introduced as additional degree of freedom. Again, the trade-off between the two crucial objectives has decreased significantly and performance increases. Note that in this step an additional degree of freedom has been introduced.

5.4 Discussion

The above experiments reveal potential additional information in the rainfall/runoff records used to condition the models and show that improvements in our ability to model hydrological responses are possible and feasible, by optimally using the information content of available data. This information content is revealed by altering the hydrological model structure so that it includes more high frequent processes, either by reducing the attenuating effect of certain parts of the model (this was done in model 2) or by pre-treating the rainfall so that it becomes more peaky (done in model 3). These are however not artificial improvements but represent realistic physical processes that really occur in the basin. The result is in both cases that the trade-off between different objectives becomes smaller by introducing more expert knowledge in the model structure. In case this experiment would have been conducted in a GLUE framework, stricter criteria could have been used in selecting feasible models, resulting in lower parameter uncertainty.

5.5 Outlook

What we cannot see in the above experiments is what would happen if we would be able to increase the temporal or spatial resolution of the model along with its inputs. Naturally, the daily rainfall used to drive the model is in fact a sum of smaller rainfall events, both in time and space, which probably manifest a large variability. Imagine for instance what would happen if a daily sum of rainfall actually occurs in two hours. For model 3, this would mean that a too high amount of rainfall is captured in the interception zone (assuming part of the rainfall already evaporates within the event itself). In reality the zone will be completely filled after a short time, resulting in a much higher effective rainfall. These non-linear processes benefit a denser spatial and temporal model resolution. This could not be further tested here because extensive records of overlapping hourly rainfall and runoff are needed and were not yet available. We therefore hypothesize here the following:

"Including a higher temporal and/or spatial resolution of the rainfall process in hydrological modelling in the Meuse may reveal "hidden" hydrological processes which cannot be captured while modelling at the daily, spatially averaged basis"

These hidden processes may be revealed in improved parameter sets by raising the temporal/spatial resolution of the rainfall data and model and reperforming a multi-objective calibration as mentioned before while adapting or including additional process descriptions in the rainfall-runoff model used. This could be tested by using flexible model architecture (see Fenicia 2008). Note that such model improvements may serve many goals, also improved operational flood forecasting.

Reducing the aforementioned trade-offs would lead to the following improvements:

- A smaller trade-off means that we have more knowledge of how the hydrology functions and leads to parameter sets that are better able to capture multiple responses (such as the required flood peaks, flood volumes and flood hydrograph shapes)
- This would lead to application of stricter selection criteria in the GLUE procedure and thus in a smaller parameter uncertainty of the GRADE parameter sets.

5.6 Recommendations

The hypothesis posed above requires further testing by performing comparative experiments between

- Daily and hourly models (using hourly rainfall)
- Spatially lumped and distributed models (using spatially distributed rainfall)
- The previous and different model structures allowing for inclusion of additional high frequency processes

We recommend that in any experiment performed in GRADE, the modeller should test on certain benchmarks whether the performance is better than the status quo. In order to do so, we recommend to perform such analyses in a multi-objective framework as demonstrated above. The objective functions used should be dependent on the purpose of the model. For GRADE we recommend using the following objectives:

- Volume error (overall performance)
- Nash and Sutcliffe (overall performance)
- Objective for matching of extreme value distribution of floods (i.e. also used in the original GLUE analysis)
- Measure for autocorrelation correspondence (shape of flood waves and combined with Extreme value distribution also the flood volume)

Model performance should be regarded as 'improved' when the trade-off (and thus the uncertainty) between model parameter sets reduces.

Literatuur

Fenicia, F. 2008. Understanding catchment behaviour through model concept improvement. PhD thesis, Delft, University of Technology.

Fenicia, F., H. H. G. Savenije, P. Matgen, and L. Pfister. Understanding catchment behavior through stepwise model concept improvement. *Wat. Resour. Res.* 44 (2008b): W01402. doi:10.1029/2006WR005563.

Gerrits, A. M. J., H. H. G. Savenije, L. Hoffmann, and L. Pfister. 2007. New technique to measure forest floor interception – an application in a beech forest in Luxembourg. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11, no. 2 (January 17): 695-701.

Kramer, N., J. Beckers, and A. Weerts. 2008. *Generator of Rainfall and Discharge Extremes (GRADE) - Part D & E*. Technical Report. Deltares.

Kramer, N., H.C. Winsemius, and O. de Keizer. 2010. *GRADE 2009*. Tech. Rep. Delft: Deltares.

Montanari, A., and E. Toth. 2007. Calibration of hydrological models in the spectral domain: an opportunity for scarcely gauged basins? *Wat. Resour. Res.* 43: W05434. doi:10.1029/2006WR005184.

Winsemius, H. C., B. Schaefli, A. Montanari, and H. H. G. Savenije. On the calibration of hydrological models in ungauged basins: a framework for integrating hard and soft hydrological information. *Wat. Resour. Res.* (in press).

6 Deelproject 8: Deltadijk

6.1 Aanleiding

De Deltacommsissie (Commissie Veerman) heeft de Deltadijk geïntroduceerd. Afhankelijk van belasting en gebruiksfuncties zijn verschillende vormen denkbaar, elk met eigen mogelijkheden en beperkingen, en kostenaspecten, die nog (beter) inzichtelijk moeten worden gemaakt. We verwachten dat innovatieve concepten zullen moeten worden ontwikkeld om de Deltadijk ook daadwerkelijk uit te kunnen voeren. Voor 2009 is in dit kader onderzoek verricht naar de mogelijkheid BioGrout in te zetten als versterking van dijken tegen bezwijken door piping.

6.2 Omschrijving

Piping is een zeer relevant bezwijkmechanisme voor dijken, voornamelijk bij relatief smalle rivierdijken. Binnen het project Veiligheid Nederland in Kaart is piping momenteel als meest dominante faalmechanisme naar voren gekomen. Om piping tegen te gaan worden dijken breder gemaakt, worden bermen achter de dijk aangebracht of worden kwelschermen geplaatst. Dit zijn bewezen technologieën, maar die niet altijd mogelijk zijn bijvoorbeeld vanwege ruimtegebrek door bebouwing. Het grootste probleem bij piping is het uitspoelen van zand waardoor er eerst kanaaltjes onder de dijk ontstaan wat uiteindelijk tot falen van de dijk kan leiden. Hierdoor zou het vastzetten van het zand een mogelijk nieuwe kansrijke technologie zijn om piping te voorkomen.

BioGrout, een ontwikkeling van SmartSoils, is een in situ cementatieproces waarbij met behulp van bacteriën zandkorrels aan elkaar “gekit” worden d.m.v. kalkkristallen. Doordat de doorlatendheid van het zand nauwelijks beïnvloed wordt, zal water onder de dijk kunnen blijven stromen. Door BioGrout toe te passen wordt het zand vastgehouden en wordt piping voorkomen. Voordeel t.o.v. traditionele oplossingen is dat hiervoor geen extra ruimtereservering nodig is, dit slechts lokaal (bijvoorbeeld ter plaatse van de binnenteen van de dijk) nodig is en dat installatie geen nadelige effecten heeft voor bijvoorbeeld bebouwing (schade door trillingen of zetting). Ruwe kostenschattingen geven aan dat de kosten voor SmartSoilstoepassingen aanmerkelijk lager kunnen zijn dan die van een verticaal pipingscherm (d.m.v. stalen damwanden of een cement bentonietwand).

Met behulp van kijkproeven is onderzocht of BioGrout een geschikte methode is om piping tegen te gaan en hoe dit proces plaatsvindt.

6.3 Kennistoepassing

De toegevoegde waarde is evident. Sprake is van een toegevoegde waarde op het gebied van hoogwaterveiligheid, een kostenbesparing in orde van tientallen miljoenen euro, een impuls aan SmartSoils®-toepassingen en de mogelijkheid van export van een bv-Nederland product (kennistransfer).

6.4 Beschrijving van de activiteiten

In het kader van Sterkte & Belastingen Waterkeringen (SBW) zijn pipingproeven uitgevoerd in een horizontaal liggende bak met doorzichtige bovenkant.

Het ontstaan van piping is zeer goed zichtbaar gemaakt met behulp van deze proefopzet waarbij kleurstof werd gebruikt om de stroming goed zichtbaar te maken.

In dit SO-onderzoek is een aantal proeven uitgevoerd waarbij het zand lokaal is versterkt met BioGrout. Tijdens de proeven zijn video-opnames gemaakt teneinde het proces (grondwaterstroming, erosie) optimaal te kunnen bestuderen.

6.5 Uitgevoerde experimenten

Proefopzet
Er zijn twee serie proeven uitgevoerd waarbij BioGrout in het zandpakket in de kleine schaal pipingbak is aangebracht. Voor de beschrijving van de proefopstelling wordt verwezen naar bijlage E.

De proeven B93 en B94 zijn uitgevoerd met een volledige BioGroutzandlaag. Proef B95 is gestart met een BioGroutlaag over de volledige breedte van de bak met een lengte van vijf centimeter en een volledige diepte van tien centimeter. Na de proef is er vijf centimeter van de diepte weggeschraapt en aangevuld met ‘los’ Baskarpzand. Hierna is proef B97 uitgevoerd. Na deze proef is nog eens een aantal centimeter afgeschraapt waardoor er een blokje van twee centimeter lengte en twee centimeter diepte over de volledige breedte is ontstaan. Op dit blokje is proef B98 uitgevoerd.

BioGrout
Het verstevigen van het zand is uitgevoerd met de bacterie *Sporosarcina pasterurii*. Na het aanbrengen van de bacterie in het zandpakket met 50mM $CaCl_2$ is er tweemaal een spoeling uitgevoerd met een 1 M ureum- en calciumchloride-oplossing. De wachttijd tussen de twee spoelingen bedroeg 24 uur.

Resultaten
De resultaten die in het kader van dit onderzoek zijn uitgevoerd, zijn zichtbaar in de diverse filmpjes (alleen ruw materiaal beschikbaar) die opgeslagen zijn onder het project 1200182. In Figuur 6.1 zijn de namen van de filmpjes weergegeven met de corresponderende specifieke afmetingen van de BioGroutlaag.

De filmpjes zijn te vinden op DELTARES projectschijf N:\Projects\1200000\1200182\B. Measurements and calculations\pipingproeven. De meetdata zijn weergegeven in bijlage E.

Figuur 6.1 Overzicht uitgevoerd experimenten

	B54	B93	B94	B95	B97	B98
BioGrout	nee	ja	ja	ja	ja	ja
BioGrout diepte	-	volledig[1]	volledig[1]	volledig[1]	5 cm	2 cm
BioGrout lengte		volledig[2]	volledig[2]	5 cm	5 cm	2 cm
Piping	ja	nee	nee	ja	ja	ja
Piping gestopt	nee	n.v.t.	n.v.t.	ja	ja	ja

[1]: volledige diepte is 10 cm

[2]: volledige lengte is 36 cm

Medio 2009 is het budget voor dit project geblokkeerd juist na het voltooien van de labproeven. Er is een gering budget toegekend teneinde de labresultaten in minimale vorm vast te leggen in een factual report. Dit heeft plaatsgevonden.
Resultaten verwerken, analyse en maken presentaties en animaties heeft niet plaatsgevonden.

6.6 Conclusie

BioGrout heeft een remmende invloed op het pipingproces. Zowel bij de BioGroutlaag over de gehele diepte (B95) als bij het kleine blokje (B98) wordt de ontstane piping gestopt. Een dunne laag BioGrout is voldoende om de piping te stoppen. De kleurstofinjectie heeft aangetoond dat de BioGroutlaag doorlatend is.

6.7 Vervolg

Afronden project dient nog plaats te vinden (zie conclusies: resultaten verwerken, analyse en maken presentaties en animaties)

Vervolg (buiten de scope van onderhavig project) is:

- Fase 2 (2010): van een bekende locatie waar al een pipingmaatregel is uitgevoerd de optie met een SmartSoils variant nagaan. Opstellen haalbaarheidsonderzoek, plan van aanpak en formuleren kennisvragen,
- Fase 3 (2010 – 2012): uitvoeren pilotproject op de geselecteerde fase 2 locatie. Go/no-go beslissing (IJkdijk?).

7 Deelproject 9: Klimaatbestendige morfologie

Veranderingen in de aanvoer van water en sediment als gevolg van klimaatverandering zullen de groot- en kleinschalige morfologie in de rivieren beïnvloeden. Wat dit betekent voor de afvoerverdelingen bij splitsingspunten en wat dit betekent voor nevengeulen en de geometrie van de rivier is nog onbekend. Wel is duidelijk dat belangrijke morfologische veranderingen in onze Rijntakken (zoals autonome bodemdaling, grootschalige effecten van rivierverruiming) eenzelfde tijdschaal en zelfs grotere tijdschaal hebben van het riviersysteem als/dan de verwachte effecten van klimaatverandering. Bij een duurzame (lang-termijn) inrichting kan dus niet worden volstaan met een extrapolatie van de huidige situatie, maar al rekening worden gehouden met deze klimaatveranderingseffecten. In dit deelproject wordt daarvoor een verkennend onderzoek uitgevoerd. Daarbij komen zowel de veranderende condities (wijziging afvoerregime, verandering in sedimentaanbod) aan de orde, als de mogelijke effecten en eventuele maatregelen.

In 2009 zijn voor dit project "Klimaatbestendige riviermorfologie" gesprekken gevoerd met onder meer Ad Jeuken en Emiel van Velzen om het onderzoek nader af te bakenen. Dit heeft geleid tot een aanpak waarin de volgende activiteiten worden ontwikkeld:

1. Creatie van allianties met internationale academische onderzoeksgroepen voor onderzoek naar de invloed van klimaatverandering en andere vormen van "global change" op de sedimentproductie van de stroomgebieden van Rijn en Maas. Uitvoering door Nathalie Asselman en Gilles Erkens.
2. Aanvullende communicatie en disseminatie rond het Kennis-voor-Klimaatproject "Hotspot Rotterdam - Effecten van klimaatverandering op de binnenvaart via Rotterdam".
3. Morfologische ondersteuning bij verkenningen van radicaal andere inrichtingen van de Nederlandse rivieren, zoals bijvoorbeeld kanalisering van de Waal met behulp van stuwen ten behoeve van de bevaarbaarheid en ter vergroting van de zoetwaterbuffer in het IJsselmeer via afvoeren door de IJssel. Deze ondersteuning kan eventueel ook geleverd worden in het raamwerk van een knikpuntenanalyse binnen Toegepast Onderzoek om de grenzen van het systeem zonder radicale ingrepen op te zoeken.
4. Ontwikkeling van modelconcepten voor gegradeerd sediment op stroomgebied-niveau, waarbij de overgang van spoeltransport in bovenlopen op actief met de bodem uitwisselend gegradeerd sediment in benedenlopen adequaat wordt beschreven. Tijdschalen van decennia maken modellering op stroomgebied-niveau noodzakelijk, maar de huidige concepten voor sedimenttransport schieten op die schaal nog te kort. Uitvoering door Kees Sloff, Erik Mosselman en waar mogelijk studenten.
5. Ondersteuning van vervolgactiviteiten bij een Europees projectvoorstel in het Zevende Kaderprogramma met de titel "Global change effects on sediment processes and resulting impacts on river ecosystems", getrokken door Jos Brils van Deltares BGS.

Om budgetaire redenen is dit SO-project echter in 2009 stilgezet. Het ligt in de bedoeling dat het in 2010 weer wordt opgepakt.

8 Deelproject 10: Draaiboek metingen

8.1 Achtergrond

Rijkswaterstaat beschikt over een meetplan voor het uitvoeren van riviermetingen tijdens extreme hoogwaters. Het idee bestaat echter dat dit meetplan versterkt kan worden door alle potenties in Nederland optimaal te benutten. De volgende overwegingen spelen hierbij een rol:

1. Het bestaande meetplan van Rijkswaterstaat lijkt zich te concentreren op bepaling van de totale hoogwaterafvoer per riviertak, en lijkt minder aandacht te hebben voor het verifieren van de hydraulische ruwheden van uiterwaarden, kribben en zomerbed in de huidige WAQUA-modellen. Verificatie van de hydraulische ruwheden vraagt wellicht andere meetraaien die meer representatief zijn voor de verdeling van de stroming over uiterwaarden, kribvakken en zomerbed. De verificatie heeft ook baat bij het bepalen van ruimtelijke stroombeelden, bijvoorbeeld met behulp van PIV (Particle Image Velocimetry) en PTV (Particle Tracking Velocimetry) technieken vanaf een brug;
2. Binnen Nederland zijn ook buiten Rijkswaterstaat partijen met expertise en capaciteit op het gebied van riviermetingen: TU Delft (faculteiten Civiele Techniek en Lucht & Ruimtevaart), Universiteit van Wageningen en Deltares (hoogwatermetingen Bangladesh in River Survey Project). Het verdient aanbeveling om deze partijen bij meetplannen voor hoogwaters te betrekken;
3. Er zijn nieuwe meettechnieken die met vrucht ingezet zouden kunnen worden. Het verdient aanbeveling om het meetplan regelmatig op dit punt te actualiseren;
4. Omdat het gaat om metingen onder soms moeilijke en tegelijkertijd zeldzame omstandigheden, is het verstandig om redundantie in het meetplan aan te brengen. Redundantie vermindert niet alleen het risico dat de metingen mislukken, maar levert bovendien het vergelijkingsmateriaal op basis waarvan verschillende methoden naderhand kunnen worden vergeleken, gevalideerd en verbeterd;
5. De meetbehoefte betreft niet alleen de waterbeweging, maar ook de morfologische ontwikkeling onder extreme hoogwateromstandigheden. Hoogwatermorfologie is een van de speerpunten van onderzoek in de Morfologische Driehoek.

Doel van dit deelproject is versterking van het Rijkswaterstaat-meetplan voor riviermetingen tijdens extreme hoogwaters.

8.2 Stand van zaken

Voor het SO project Draaiboek Metingen is in 2009 een start gemaakt met het in kaart brengen van hoogwatermetingen op rivieren. Uit een veelheid van (deel)onderwerpen is een selectie gemaakt op grond van wat zinvol en actueel is. Na gesprekken met Rinus Schroevers (projectleider Meetnet van de Toekomst) en Maarten van de Wal (projectleider Innovatieve Kribben) is de opzet voor dit project aangepast en is de doelstelling verscherpt. En iets uitgebreid Nu is het definitief duidelijk wat de haalbare vragen zijn. Voorts zijn enkele korte interviews afgenomen van modelgebruikers om de behoefte aan meetdata te peilen en is begonnen met een overview van het gebruik van PIV en PTV in veldmetingen.
Een drietal items is nu beschikbaar: de inhoudsopgave, hoofdstuk 1 van het conceptrapport en (hieronder) de ‘to do’-lijst voor continuering van dit project. De afronding van de betreffende rapportage is gepland voor 2010.

8.3 To do project DB metingen

- Samenvatting afmaken van het bestaande meetplan voor riviermetingen tijdens extreme hoogwaters; inclusief (recente versies van) monitoring kribverlaging, innovatieve kribben en Meetnet vd Toekomst.

- Inventarisatie van relevante aanvullende meettechnieken voor waterstanden, waterbeweging en bodemligging in rivieren. Dit gebeurt voor wat betreft technieken die nodig zijn voor huidige vragen al in Meetnet vd Toekomst. Inventarisatie wordt in dit rapport beperkt tot wat er aanvullend en nieuw is of kan zijn.

- Overleg TU (Civiel sectie kusten) over gebruik jetski's op rivieren, i.h.bijz. tijdens HW. Misschien ADCP eraan hangen ipv. alleen sonar? Eventueel in combinatie met Wim Uijttewaal (bijv. lunch op TU).

- Overleg over meettechnieken en mogelijke rol in hoogwatermetingen met WUR (contactpersoon Ton Hoitink voor meetervaringen Mahakam). Gesprek te plannen met+via Rinus Schroevers en Ton Hoitonk over wensen en activiteiten WUR.

- Overleg over meettechnieken en mogelijke rol in hoogwatermetingen met HYE-HLI binnen Deltares. Gesprek te plannen met Bas Blok en Irv Elshoff (DSC).

- Nog te verwerken: mogelijke raakvlakken met andere lopende projecten/vragen binnen Deltares, zoals Floodcontrol 2015 en i.h.k.v. stromingsbelasting op dijken.

A Publicaties Riviermorfologie

De volgende papers zijn in 2009 verschenen als product van het deelproject “Riviermorfologie” (met bijdragen van Deltares projectteam):

M.M. Busnelli, F. Schuurman, C.J. Sloff and A. Sieben (2009) Modeling the effects on the river morphology of lowering groins in the Netherlands. The 4th International Yellow River Forum (4th IYRF), Session G-2. Oct. 20-23, 2009, Zhengzhou, China

Giri, S. (2009), An overview on recent advances on computational modeling of bed form evolution using detailed hydrodynamics. Journal of the Saint Petersburg State University of Waterways Communications (Журнал Университета Водных Коммуникаций), Saint-Petersburg, Russia, Issue II, 2009, ISSN 2073-6169, pp.56-69.

Groenenberg, RM, Sloff, CJ & Weltje, GJ (2009). A high-resolution 2-DH numerical scheme for process-based modelling of 3-D turbidite fan stratigraphy. Computers & geosciences, 35(8), 1687-1700.

Mosselman, E. (2009), River morphology and river engineering at Deltares. Journal of the Saint Petersburg State University of Waterways Communications (Журнал Университета Водных Коммуникаций), Saint-Petersburg, Russia, Issue I, 2009, ISSN 2073-6169, pp.62-76.

Mosselman, E. (2009), Intrinsic steady alternate bars in alluvial channels; Part 2: Theoretical analysis. Proc. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2009, Eds. C.A. Vionnet, M.H. García, E.M. Latrubesse & G.M.E. Perillo, Santa Fe, Argentina, 21-25 Sept. 2009, pp.767-772.

Nabi, M., H.J. de Vriend, E. Mosselman, C.J. Sloff & Y. Shimizu (2009), Simulation of subaqueous dunes using detailed hydrodynamics. Proc. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2009, Eds. C.A. Vionnet, M.H. García, E.M. Latrubesse & G.M.E. Perillo, Santa Fe, Argentina, 21-25 Sept. 2009, pp.967-974.

Shimizu Y., S. Giri, S. Yamaguchi & J. Nelson (2009), Numerical simulation of dune–flat bed transition and stage-discharge relationship with hysteresis effect. Water Resources Res., AGU, Vol.45, W04429, doi:10.1029/2008WR006830.

Sloff, K., S. Wright & M. Kaplinski (2009), High resolution three dimensional modeling of river eddy sandbars, Grand Canyon, USA. Proc. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2009, Eds. C.A. Vionnet, M.H. García, E.M. Latrubesse & G.M.E. Perillo, Santa Fe, Argentina, 21-25 Sept. 2009, pp.883-890.

Toyama, A., S. Yamaguchi, Y. Shimizu, I. Kimura & S. Giri (2009), Experiments on bed form development and transition process under varying discharge. Proc. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2009, Eds. C.A. Vionnet, M.H. García, E.M. Latrubesse & G.M.E. Perillo, Santa Fe, Argentina, 21-25 Sept. 2009, pp.643-650.

Van der Mark, C.F., A. Blom, W.S.J. Uijttewaal, S.J.M.H. Hulscher & H.W.M. Hoeijmakers (2009), An analytically-based form drag model for river dunes. Proc. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2009, Eds. C.A. Vionnet, M.H. García, E.M. Latrubesse & G.M.E. Perillo, Santa Fe, Argentina, 21-25 Sept. 2009, pp.845-852.

S. Yamaguchi, Y. Shimizu, I. Kimura & S. Giri (2009), Significance of bed slope effect and non-equilibrium sediment transport on bed form evolution process: A numerical analysis using detailed hydrodynamics. Proc. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2009, Eds. C.A. Vionnet, M.H. García, E.M. Latrubesse & G.M.E. Perillo, Santa Fe, Argentina, 21-25 Sept. 2009, pp.659-666.

Andere (aan het project gerelateerde) papers zijn:

A.P. Tuijnder, J.S. Ribberink en S.J.M.H. Hulscher (2009) Morphodynamic modeling of rivers under supply-limited conditions. Proc. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2009, Eds. C.A. Vionnet, M.H. García, E.M. Latrubesse & G.M.E. Perillo, Santa Fe, Argentina, 21-25 Sept. 2009, pp.877-882.

Crosato, A. & E. Mosselman (2009), Simple physics-based predictor for the number of river bars and the transition between meandering and braiding, Water Resources Res., AGU, Vol.45, W03424, doi:10.1029/2008WR007242.

B Samenwerking BfG – riviermorfologie

Title	**Morphology – sediment transport models, case studies, research on processes**
Persons	Emil Gölz, Kees Sloff, Arjan Sieben, Stefan Vollmer, Roy Frings
Description	1) 1D SOBEK model for the German and Dutch Rhine (set up of a large-scale/long-term modelling instruments for climate change impacts, long-term management etc.) a) <u>coupling of the 1D SOBEK RE (graded) models of BfG (Iffezheim – Andernach) and Waterdienst/Deltares (Andernach – Rotterdam)</u> The first (high temporal priority) project is on coupling the 1D SOBEK-RE models for the German and Dutch Rhine in relation to setting up a large-scale/long-term modelling instrument for climate change impacts, long-term management etc. This is work that could be done with a student from Delft and/or Germany that will get a working place at Deltares and would be guided and advised by Deltares. Funding for this work might be needed, if no student from Delft or Germany is found. Recent data (on sediment transport and bed material) for the Niederrhein (Andernach – Lobith) can be provided by BfG. b) <u>implementing suspended load transport for the Oberrhein-1D SOBEK model</u> The 1D SOBEK River model (Basel – Iffezheim) is being planned and prepared in cooperation with BfG/M2 Hydrology, see Cluster C and “Vorstudie Schwanenberg”). When the set up and calibrating of the hydraulic model is done, the model shall be extended towards suspended load transport and water quality (see Cluster Q - project “Sediment modeling – cohesive sediments/particle bound pollutants transport”). With respect to Cluster M-Morphology, only the suspended load module needs to be activated, which implies that minor funding is needed for Cluster M. 2) Delft 3D models – model development/case studies (set up of case studies to reproduce sedimentological processes and improve the model) a) <u>application of the Delft 3D model for studying sedimentological processes</u> (i.e. selective transport, dispersion) Two-dimensional simulation of the Iffezheim tracer experiments (master thesis of Erik Ravenstijn supervised by Kees Sloff). BfG has already transferred the data set (geometry, hydrology, sediment and transport data) and results of the data analysis. A research license is desired to share the model/results. Another potential application for a case study on tracer experiments is the Elbe River (“Erosionsstrecke”).

b) <u>modelling graded-sediment processes, bed-mobility, bed-porosity, etc.</u> (i.e. implementing a porosity predictor in Delft 3D).
Work in relation to modelling graded-sediment processes, bed-mobility, bed-porosity, etc. is being planned by Deltares (Kees Sloff) and BfG (Roy Frings) in April 2009, and could potentially be continued. In this project Deltares can provide a working place for Roy Frings, implementation of extra functionality in the software (presumably Delft3D), and contribution to papers/reports. BfG can provide funding for the contribution of Roy Frings (some weeks in April) in this project. A research license for BfG is needed to share the results.

c) <u>simulating nourishments</u>
Application of the improved model functionality (graded-sediment processes, see above) for simulating nourishment case studies (Iffezheim, Lobith, Elbe).

d) <u>application in estuaries</u>
BfG is interested in information on case studies in estuaries (i.e. Delft 3D model applications in North Sea Estuaries/applications on water quality or ecology issues/combination with modules DELWAQ/HABITAT).

3) Research on morphological/sedimentological processes - Development of methods
(studies on bed sediment composition, grain exposure, incipient motion, selective transport, armouring, downstream fining, dispersion)

a) <u>case studies on the phenomenon of gravel-sand transition</u> (Oberrhein, Bovenrijn, Mittelelbe).
River bed sediments generally become finer in the downstream direction. One of the most evident expressions of downstream fining is the gravel-sand transition: the rapid change from a gravel-bed channel to a sand-bed channel. The transition marks a fundamental boundary between two river types with different sediment transport mechanisms, channel morphology and bed slope.
Although our understanding of gravel-sand transitions greatly increased in the past decade, it is still incomplete. This is mainly due to the scarcity of field data from gravel-sand transition zones. Due to the incomplete understanding, morphological modelling of gravel-sand-transition zones has been proved to be very difficult.
The existence of a large field database (sediment transport, bed grain size) at the BfG and the experience with morphological modelling at Deltares creates the opportunity to improve the theoretical knowledge of the causes of gravel-sand transitions, with the ultimate goal to improve sediment management strategies. The cooperation between Deltares and BfG will focus on the gravel-sand transitions in the Oberrhein, Niederrhein/Bovenrijn and Elbe, areas for which both field data and advanced morphological models are available.

	Mainly exchange and cooperation on field data (vessels etc.) is needed. b) For the Deltares "Applied Research" program a couple of case-studies for modelling morphological processes in the Rhine delta are planned in the coming 4 years. This area can possibly be compared to the lower Elbe (where tidal influence, sand/mud issues, suspended-sediment issues are relevant). This may give the opportunity to have somebody from BfG in Delft to carry out (part of) the case-study supervised and trained by Deltares. The case-study will be related to state-of-the-art modelling with Delft3D and SOBEK-River. c) In the "Applied Research" Deltares is working together with the University of Delft on using backscatter from multibeam measurements to determine the bed-surface composition (grain size). This project will also run the coming 4 years, and it might be possible to create a case-study together with BfG for the Rhine or Elbe in which this method is applied and validated. It should be a situation with conditions that are different than those already studied to make this a success. It might for instance be interesting to find a combination of multibeam back-scatter recordings directly followed by an inspection using the diver-bell (availability would be checked by BfG). The input of deltares is help with monitoring plan and supplying the methods. It is not possible to fund the extra hours of University staff from the available fund. d) There is also a topic in the "Applied Research" that is related to the development and break-up of quasi-non-erodible layers (can be peat layers in delta reaches, but also armour layers). This work will be done together with the University of Twente (Jan Ribberink). The possibilities for case-studies can be considered here (Twente will probably need case-studies for validating new concepts).
Deliverables [year]	1) a) coupled SOBEK RE (graded) Rhine model [2009] 1) b) SOBEK River (incl. suspended load transport) model (Basel – Iffezheim) [2010 -2011] 2) a) Delft 3D model - case study Oberrhein tracer experiments [2009] 2) b) implementation of a porosity predictor in Delft 3D [2009] 2) d) exchange on (Delft 3D/DELWAQ/HABITAT) case studies in estuaries [2009] 1) c), 2) c), 3) collection of ideas for research – mainly exchange/cooperation [2009-2012]
Links to projects	Deltares „Applied Research", KLIWAS 4.02 "Feststoffhaushalt und Flussbettentwicklung", KLIWAS 5.01 "Änderungen im Sedimenthaushalt und Risiken durch kohäsive Sedimente"
Collaboration	Exchange of data, information and people
Finances	Project resources (KLIWAS, Applied Research), additional funds for models/case studies

C Samenwerking Utrecht: RIVERLAND

C.1 Onderzoeksplan en aanvang voor promovendus modellering in Riverland

Maarten Kleinhans, 13 oktober 2009

C.2 Samenvatting uit het Riverlandvoorstel

Rivers self-organise by forming and destroying channels, banks and floodplains. Distinctive river patterns emerge in nature such as braided, wandering or meandering. Generic experimental setups or physics-based numerical models that can produce all patterns do not exist. This reflects the lack of quantitative understanding how feedbacks between the channels and self-formed banks and floodplains lead to these river patterns. This understanding is urgently needed to predict the rivers' response to natural and man-induced changes in forcings, notably climate change, land use change, river restoration and flood mitigation works.
The objective is to understand and quantify how feedbacks between self-forming levee-floodplain complexes and the channel(s) lead to dynamic pattern characteristics, and how these patterns adapt to changes in forcings.
Many fundamental fluvial processes are relatively well understood, but their combined effect on river pattern remains hypothetical. For weak banks braided rivers emerge whereas for strong banks meandering rivers emerge. Vegetated levees and cohesive floodplains provide strength to eroding channel banks. This strength determines width-depth ratio and bar pattern. Bar pattern, in turn, determines the pattern of bank erosion during floods, which may lead to a meandering planform.
I will generate distinctive river patterns by applying appropriate boundary conditions to laboratory experiments and a physics-based numerical model. In experiments, floods will be imposed, vegetation will be grown and a polymere and natural sediment mixtures will be supplied in various combinations for flexible scaling of bank strength and floodplain deposition. I will extend a three-dimensional numerical model with bank erosion, cohesive floodplain sedimentation and effects of vegetation. I will then model equilibria and system response to changing forcings on time scales up to centuries on parallel computers. Finally, I will integrate experimental and modelling insights and verify these with detailed data of the Rhine, Allier and Saskatchewan rivers through dedicated modelling.

C.3 Onderzoeksvragen uit het Riverlandvoorstel

1. Do distinct river patterns indeed form because of differences in bank strength?
2. In what parameter space of vegetation, fine sediment deposition (density, size, thickness) and flooding (magnitude, frequency) do transitions between river patterns take place?
3. What are mechanisms and time-scales for transitions between river patterns in response to changes in forcings?
4. Are there thresholds that the system can cross during changing forcings and due to extreme events? Can such threshold crossings lead to irreversible change?

C.4 Plan voor taak II (taak I is experimenten) uit het Riverlandvoorstel

The task is to adapt and extend a physics-based (quasi) 3D flow and morphodynamics model so that it produces dynamic riverlands with a minimum of arbitrarily imposed boundary conditions and behavioural model rules; to explore the full range of `equilibrium' river; to test sensitivity to changing boundary conditions (PI and PhD candidate).
The best state-of-the-art model of which code is available will be selected. The capability of this model will first be extended with mud, vegetation dynamics and possibly bank retreat. The model should solve the shallow flow equations in three dimensions (including discharge and tidal fluctuations, with kε-turbulence closure) (or quasi-3D (2DH) with a well-tested approximation for secondary flow), calculate sediment transport of bed and suspended load (advection-diffusion) including effects of arbitrary bed slopes and deal with grain size-mixtures for bed load and suspended load with the active layer concept.
Large grids, long time scales and many processes will make the modelling very slow. The possibility for parallellisation of the code must be explored. Three feasible possibilities for parallellisation are: use a suitable (explicit) numerical scheme and assign one or a few grid nodes to a computer node, or divide the grid in several subgrids, or (escape route in case of unforseen problems) run several scenarios parallel.
Darby et al. (2007) suggest two methods to include an eroding bank in a grid (also see Mosselman 1998, Simon et al. 2000, Duan), but a third more flexible one is to work with split cells and subgrid calculations where the split location is the bank. This allows free channel initiation, migration and cutoff. The bank slope processes will be solved as a subgrid operation. This allows the implementation of bank retreat by simple entrainment as well as more realistic detail, e.g. stochastic bank failure and deposition of bank material on the bed.
Hydraulic resistance by vegetation is relatively well understood and will be implemented following Baptist (et al. 2006) and extended such that sediment dynamics, particularly trapping of fines, in vegetated areas is still possible. Bank strengthening by plant roots is poorly understood and must be parameterised from settling and growth rules as a function of past water depth and flow velocity through a fiber bundle model based on tensile strength (Simon et al. 2000). Succession and diversity will be implemented as empirical rules (e.g. transition matrices of Geerlings et al. 2006) at a complexity level necessary for bank strength change over time.
We will implement suspended sediment mixture transport and cohesive floodplain sediment deposition and compaction in terms of semi-empirical and physics-based laws following Winterwerp & Van Kesteren (2004). The stratigraphy (content of size fractions including mud and rooting density/depth over time) will be stored in the same manner as for sand-gravel mixtures on a regular depth grid and each voxel will be assigned a critical shear stress and critical shear/tensile strength.
PhD candidate and PI will model various scenarios systematically to study self-organisation of riverlands under constant forcings until equilibrium has been obtained. Emergent relations will be quantified between sediment cohesion and vegetation properties, channel, levee and floodplain dimensions, river pattern, flooding frequency change during the self-organisation and final (dynamic, statistical) equilibrium, flood magnitude and frequency associated to bankfull discharge, etc. The results will be compared to statistical and theoretical relations for river pattern (e.g. channel planform classification diagrams) and meander and channel dimensions (e.g. hydraulic geometry relations).
Furthermore, PI and PhD candidate will model scenarios of changing forcings (imposed as model boundary conditions) to quantify the above mentioned effects and feedbacks on transitional riverlands, and to explore the parameter space for thresholds and hysteresis.

C.5 Vertaling naar concreet werkplan voor Filip Schuurman (PhD candidate)

De stappen 1 en 2 helpen Filip snel op weg en bereiden latere stappen 3-5 voor.

1. JAAR 1: Kort en krachtig inlezen

- Eerste leeswerk wordt aangereikt:
    - i. Delft3D: Struiksma et al 1984, Lesser et al 2004 en Kleinhans et al 2008
    - ii. rivierpatronen: Ferguson 1987, van den Berg 1995, Church 2005, Kleinhans 2010, van den Berg en Kleinhans in prep
    - iii. modellering rivierpatronen: Mosselman 1992 (proefschrift), Jagers 2003 (proefschrift), BSc theses Marra en Lentink (supervisie Kleinhans), Crosato en Mosselman 2009
- Uitgebreider inlezen kan gaandeweg naar behoefte en in de trein naar Delft:
    - i. rapporten en papers WL over actieve laag en zand-slibinteractie
    - ii. rapporten en papers WL/Baptist over vegetatieruwheid
    - iii. werk van Aukje voor oevererosiegrid

2. JAAR 1: Modellering rivierpatronen met de state-of-the-art versie

- opbouwend om de theorie (uit meerdere disciplines) en het model en mogelijkheden van analyse (matlabcode) te leren kennen;
- dit laaghangend fruit is makkelijk te oogsten en te publiceren wegens mijn voorwerk;
- lijkt veel maar is goeddeels automatiseerbaar
- moet zo snel mogelijk worden aangezet op zoveel mogelijk processoren wegens rekentijd
- onderzoeksvraag 1 (nulhypothese: geen oeversterkte nodig!)
- serie runs met systematische variatie rond het criterium van van den Berg 1995 gebaseerd op het werk van BSc thesis Lentink:
    - i. 3 korreldiameters (zand, 2 mm, grind)
    - ii. 3 streampowers per korreldiameter (meanderend, transitioneel, vlechtend)
    - iii. toetst hypothese dat potential (valley) streampower het rivierpatroon bepaalt. *Met andere woorden: geven verschillende combinaties van Q en i die dezelfde streampower hebben ook hetzelfde patroon?*
- serie runs (op de 2 mm transitionele setting uit hierboven) met systematische variatie in bovenstroomse randvoorwaarden gebaseerd op het werk van BSc thesis Marra:
    - i. constant debiet
    - ii. varierend debiet
    - iii. varierende sedimenttoevoer (ism Crosato en Mosselman)
    - iv. toetst hypothesen dat variatie en/of overvoeden nodig is voor vlechten en gematigdheid en/of lichte ondervoeding voor meanderen
- serie runs (op de 2 mm transitionele setting uit hierboven) met gevoeligheid voor keuzes:
    - i. sedimenttransportvoorspeller (2 alternatieven)
    - ii. keuze ruwheidsvoorspeller (van Rijn dynamisch, ks constant, C constant)
    - iii. keuze dwarshellingcorrectie (AShield 2 alternatieven en BShield 1 alternatief)
    - iv. zal onthutsend grote effecten hebben waar het laatste woord nog niet over is gezegd...

- voor al deze runs een quantitatieve analyse van bankpatronen (braiding indices en spectra) en vergelijking met empirie van den Berg en met theorie Struiksma et al en Crosato en Mosselman en evt anderen

3. JAAR 2: Modellering rivierpatronen met zand-slibmengsels

- onderszoeksvragen 2 en 3
- zoeken naar de juiste randvoorwaarden en initiele voorwaarden om een rivier zelf geulen en slibplaten te laten vormen
- zoeken naar de juiste randvoorwaarden en initiele voorwaarden om een rivier met initieel hoger (en slibgedomineerd) floodplain stabiel te laten zijn
- startpunt vlechtende rivier (2 mm transitionele setting) met plotselinge bovenstroomse slibtoevoer

4. JAAR 2: Modellering rivierpatronen met vegetatie

- onderszoeksvragen 2 en 3
- dynamische modellering met regels voor pioniervegetatie en successie (bestaat database en enige code voor die aan Delft3D gevoerd moeten worden)
- startpunt vlechtende rivier (2 mm transitionele setting) met diverse scenario's voor vegetatie (klein, groter, waterdiepte-afhankelijk)

5. Modellering rivierpatronen met zand-slibmengsels en vegetatie

- onderzoeksvragen 2 en 3
- in te vullen met de verkregen inzichten

C.6 Praktische zaken

- circa 2x per maand in Utrecht; in het begin misschien meer, interactie met experimentpromovendi en begeleiding essentieel
- kick off meeting voor de jaarwisseling met begeleidingscommissie
- start modellering bij Deltares in December 2009

D ERA-net CRUE / IWRM-net: network and database consultation

D.1 Overview of replies to questions in section 4.2 for network consultation

Replies from CRUE network

Wouter.Vanneuville@mow.vlaanderen.be

Question 1

Een volledige, overal toegepaste methode niet.

Voor slachtoffers aan de kust en dan vooral op de zeedijken wordt gekeken naar de groepsrisicocurve voor externe veiligheid die ook voor SEVESO-bedrijven e.d. gebruikt worden.

Voor wat betreft de sociale aspecten was er een onderzoeksproject ADAPT van Belspo (Federaal Wetenschapsbeleid België in het "Science for Sustainable Development Program"). http://www.ulb.ac.be/ceese//ADAPT/Home.html

Wij zijn niet zo tevreden over het project als geheel en de case studie Dender, maar in het verhaal van HIVA over sociale risico's zien we wel een goed verhaal. We gaan dan ook verder met hen samenwerken om deze methode toe te passen in het Interreg IV B project AMICE langs de maas. Dit onderwerp stond hier oorspronkelijk in de projectomschrijving maar is om budgettaire redenen gesneuveld. Vlaanderen wil zelf in de marge van AMICE ervaring opdoen en dit voor de Grensmaas terug toevoegen.

Question 2

Er is een volledige methodologie voor het berekenen van overstromingsrisico's (vergelijkbaar met VNK) die geïmplementeerd is in de software LATIS. Deze zal ook gebruikt worden voor de Europese Overstromingsrichtlijn (ROR). Deze kijkt naar economische schade en slachtoffers, door waterstanden en hoge stroom- en/of stijgsnelheden.

Voor nieuwe gebouwen is er de watertoets: www.watertoets.be en kaarten hiervoor zijn te vinden via het geoloket van AGIV (Agentschap voor Geografische informatie Vlaanderen): http://geo-vlaanderen.agiv.be/geo-vlaanderen/watertoets/

Omdat woningen op de private markt verzekerd zijn tegen natuurrampen (toegevoegd aan de brandverzekering) waaronder overstroming zijn ook hiervoor kaarten gemaakt (die afwijken van deze voor de watertoets), ook terug te vinden in een geoloket: http://geo-vlaanderen.agiv.be/geo-vlaanderen/overstromingskaarten/

Voor grote projecten wordt een maatschappelijke kosten-batenanalyse uitgevoerd, zoals voor het Sigmaplan voor de Schelde en het Geïntegreerd KustVeiligheidsPlan (GKVP). Van dit laatste zal in de volgende nieuwsbrief ingegaan worden op de MKBA (ik stuur deze door van zodra ik hem ontvang).

Er zijn voor de rivieren 3 klimaatscenario's voor Vlaanderen gedefinieerd (http://www.kuleuven.be/hydr/CCI-HYDR.htm en http://www.watlab.be/nieuws/impact-van-klimaatverandering-op-hydrologie-en-de-gevolgen-voor-overstromingen-en-watertekorten) die meegenomen worden in de MKBA, net zoals zeespiegelstijgingscenario's langs de kust.

Question 3

Een MER studie is gepland omwille van het GKVP, maar dat is geen onderzoeksproject.

Ook het Belspo project CLIMAR kijkt hiernaar, maar ik ben niet goed op de hoogte van de kwaliteit en de voortgang. http://www.arcadisbelgium.be/climar/

Er is ook het doctoraatsonderzoek van Wim Kellens (UGent, Vakgroep Geografie) over beleving van kustverdediging. Wij zijn ex-collega's dus als je hierover meer informatie zoekt mag je hem gerust mailen op wim.kellens@ugent.be

2. Replies from IWRM-net

philippe vervier <directeur@ecobag.org>
Question 2
Thank you for your proposition of buidling a information database.
I can start to fill up the information database with reference to the Concert'Eau decision support tool. It is a methodology for the co-construction of progamme of measures with scenarios and evaluation for environmental, economic and sociological dimensions.
It has been developped for the question of "agriculture and water quality" ; it could be adapted to low-lying / flood-prone (polder) areas. You can get more information on "http://www.mediameeting.fr/projets/concerteau/en/sommaire_en-p1.html"
Stephen@sniffer.org.uk
Question 1, 2, 3
These following responses were taken directly from the SNIFFER website and took approximately 20 minutes:

- Business Risks of Climate Change to Public Sector Organisations in Scotland
http://www.sniffer.org.uk/Resources/CC02/Layout_Default/0.aspx?backurl=http%3a%2f%2fwww.sniffer.org.uk%3a80%2fproject-search-results.aspx%3fsearchterm%3duncertainty&selectedtab=completed
- Estimating Uncertainty Within WFD Classification Tools
http://www.sniffer.org.uk/Resources/WFD78/Layout_Default/0.aspx?backurl=http%3a%2f%2fwww.sniffer.org.uk%3a80%2fproject-search-results.aspx%3fsearchterm%3duncertainty&selectedtab=completed
- Digital Good Practice Manual for Flood Risk Management
http://www.sniffer.org.uk/Resources/WFD98/Layout_Default/0.aspx?backurl=http%3a%2f%2fwww.sniffer.org.uk%3a80%2fproject-search-results.aspx%3fsearchterm%3drisk&selectedtab=active
- Scoping Study PM2.5 Concentrations, Sources and Regulatory Impacts of New Policy Framework
http://www.sniffer.org.uk/Resources/ER12/Layout_Default/0.aspx?backurl=http%3a%2f%2fwww.sniffer.org.uk%3a80%2fproject-search-results.aspx%3fsearchterm%3dpolicy&selectedtab=proposed
- Review of Climate Change Mitigation Tools for Local Authorities
http://www.sniffer.org.uk/Resources/CC06/Layout_Default/0.aspx?backurl=http%3a%2f%2fwww.sniffer.org.uk%3a80%2fproject-search-results.aspx%3fsearchterm%3dpolicy&selectedtab=completed
- Policy Development Decision Making Framework for the Tertiary Treatment Commercial and Industrial Waste
http://www.sniffer.org.uk/Resources/UKW08/Layout_Default/0.aspx?backurl=http%3a%2f%2fwww.sniffer.org.uk%3a80%2fproject-search-results.aspx%3fsearchterm%3dpolicy&selectedtab=completed
- Peer Review for Natural Flood Management Project
http://www.sniffer.org.uk/Resources/FRM15A/Layout_Default/0.aspx?backurl=http%3a%2f%2fwww.sniffer.org.uk%3a80%2fproject-search-results.aspx%3fsearchterm%3dflood&selectedtab=active
- Natural Flood Management - Scoping Project
http://www.sniffer.org.uk/Resources/FRM15/Layout_Default/0.aspx?backurl=http%3a%2f%2fwww.sniffer.org.uk%3a80%2fproject-search-results.aspx%3fsearchterm%3dflood&selectedtab=active
- Morphological Alterations Database (Scotland)

http://www.sniffer.org.uk/Resources/WFD74/Layout_Default/0.aspx?backurl=http%3a%2f%2fwww.sniffer.org.uk%3a80%2fproject-search-results.aspx%3fsearchterm%3dflood&selectedtab=completed

- Assessing the Benefits of Flood Warning: Phase 3
http://www.sniffer.org.uk/Resources/UKCC10B/Layout_Default/0.aspx?backurl=http%3a%2f%2fwww.sniffer.org.uk%3a80%2fproject-search-results.aspx%3fsearchterm%3dflood&selectedtab=completed
- Assessing the Benefits of Flood Warning Phase 2
http://www.sniffer.org.uk/Resources/UKCC10A/Layout_Default/0.aspx?backurl=http%3a%2f%2fwww.sniffer.org.uk%3a80%2fproject-search-results.aspx%3fsearchterm%3dflood&selectedtab=completed
- Assessing the Benefits of Flood Warning
http://www.sniffer.org.uk/Resources/UKCC10/Layout_Default/0.aspx?backurl=http%3a%2f%2fwww.sniffer.org.uk%3a80%2fproject-search-results.aspx%3fsearchterm%3dflood&selectedtab=completed

Replies from the German IWRM network

Dagmar Ridder [mailto:dagmar.ridder@seecon.org]

Question 1

Klimzug (www. Klimzug.de) ... European/national: Newater (www.newater.info <http://www.newater.info/>), ADAM (www.adamproject.eu <http://www.adamproject.eu/>), NoRegret (www.noregret.info <http://www.noregret.info/>)

Question 2

Rimax (www.rimax-hochwasser.de <http://www.rimax-hochwasser.de/>), Mare (www.mare-project.eu <http://www.mare-project.eu/>), KLIFF-Projekt (www.kliff-niedersachsen.de/)

Martin Pusch [mailto:pusch@igb-berlin.de]

Question 1

The German KLIWAS projects explicitely uses a moidl chain that progressively elarges its range of scenarios (model funnel) considering uncertainty of the specific scenarios for climate and hydrology: KLIWAS - Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt - Entwicklung von Anpassungsoptionen

Ein Ressortforschungsprogramm des BMVBS

"KLIWAS berücksichtigt deshalb - wann immer dies verfahrenstechnisch möglich ist - alle verfügbaren Klimaprojektionen, um die Bandbreite möglicher zukünftiger klimatischer Entwicklungen aufzuzeigen. ..... Ein Ergebnis der KLIWAS-Forschung wird also eine möglichst gute Schätzung der Bandbreite möglicher zukünftiger Zustände unserer Gewässer sein. Im Binnenland werden vor allem Rhein, Elbe und Donau untersucht. Parallel dazu werden klimabedingte Änderungen der Küstengewässer und Ästuare und deren Auswirkungen auf die Seeschifffahrt untersucht."

(Zitat aus: www.kliwas.de/cln_005/nn_522974/KLIWAS/DE/01__ueber__kliwas/ueber__kliwas__node.html?__nnn=true)

"Überprüfen, verifizieren und bestimmen der Fehlerbreiten für die verwendeten regionalen Klimasimulationen anhand eines Vergleichs der Modellergebnisse im Kontrollzeitraum mit Referenzdaten, d.h. belastbaren Analysen auf der Grundlage gemessener bzw. beobachteter Klimadaten.

Analyse und Darstellung des Unsicherheitsbereichs der Klimaprojektionen und der daraus abgeleiteten Impakt-Analysen durch das Anwenden geeigneter statistischer Verfahren auf die Ergebnisse verschiedener Klimamodelle;" (Zitat aus:
www.kliwas.de/cln_005/nn_594086/KLIWAS/DE/03__Vorhaben/01__vh1/vh1__node.html
?__nnn=true)
Question 2
Here our Dutch colleagues should be specialists?! Depending on projections for increase of river floods and sea level rise it should be possible to calculate risks of flooding for floodplain/ polder areas. Also, big building insurances and reinsurance companies (e.g. "Münchner Rück") do studies on flood risk for buildings in (former) floodplains, and partially require higher insurance contributions in flood-prone areas.
Question 3
No knowledge.

Soboll Anja [mailto:anja.soboll@geographie.uni-muenchen.de]
Question 1, 2, 3
anbei der Link zum Projekt GLOWA-Danube, das in Teilen zu 1), sicher aber zu 2) und 3) passt: http://www.glowa-danube.de/de/home/home.php

Stefan Kaden [mailto:S.Kaden@dhi-wasy.de]
Question 1 and 3
Not known
Question 2
IWRM Shandong (China) (see IWRM descriptions and IWRM Web-Page)

Reich, Jürgen (UM) <Juergen.Reich@um.bwl.de>
Question 1 and 2
zu Frage 1 und 2 darf ich Ihnen die Projekte SAFER www.eu-safer.de <http://www.eu-safer.de/> und KLIWA www.kliwa.de <http://www.kliwa.de/> nennen, die auch Bezüge zum Hochwasserrisikomanagement, zu Schadenpotenzialbetrachtungen und zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft aufweisen.
Question 3
Bezüglich Frage 3 liegen uns keine Informationen vor.

Andreas Kron <Kron@kit.edu>
(aufgrund eines Missverständnisses hatte ich in der gestrigen Mail unter Punkt 1 und 2 nur die Projekte aufgeführt, an denen das IWG bzw. weitere KIT-Institute beteiligt sind. Es gibt aber natürlich eine Vielzahl weitere nationaler/internationaler Projekte, die uns bekannt sind, aber in die wir nicht direkt eingebunden sind. Anbei also eine entsprechend ergänzte Liste mit einigen (aus unserer Sicht) wichtigen Projekten)

Question 1
BMBF Verbundprojekt IWRM Vietnam: www.iwrm.vn
BMBF Verbundprojekt SMART: www.iwrm-smart.org
BMZ/GTZ Programm: Integrierte Wasserwirtschaft Algerien: www.eau-algerie.org
BMBF Verbundprojekt IWRM Indonesien: www.iwrm-indonesien.de

- http://www.wasserressourcen-management.de/, u.a. mit BMBF Verbundprojekten IWRM Vietnam: www.iwrm.vn, SMART: www.iwrm-smart.org, IWRM Indonesien: www.iwrm-indonesien.de
- BMZ/GTZ Programm: Integrierte Wasserwirtschaft Algerien: www.eau-algerie.org

- BMBF Vorhaben EPOS – Evaluating Policies for Sustainable Development: http://ecologic.eu/soef/epos/deutsch.html
- EU Project: adaptive policy making of flood risk in the North Sea Region: http://www.northsearegion.eu/ (see also point 2)
- EU Project: SLIM Project (slim = social learning for the integrated management and sustainable use of water at catchment scale) http://slim.open.ac.uk/page.cfm
- EU Project: ADAM project (Adaptation and Mitigation Strategies - Supporting European Climate Policy) http://www.adamproject.eu/
- EU Project: MELIA project (Mediteranian Dialogue on Integrated Water Management) http://www.meliaproject.eu/
- EU Project: NeWater, New Approaches at Adaptive Water Management Under Uncertainty http://www.newater.info/
- IDRC Project : Adaptive Policy Making for Agriculture and Water Resources http://www.idrc.ca/en/ev-89336-201_102963-1-IDRC_ADM_INFO.html

Question 2
BMBF-Vorhaben "Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse"
http://www.rimax-hochwasser.de/

- BMBF-Vorhaben "Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse"
http://www.rimax-hochwasser.de/
- EU Project: Hochwasserinformationssystem, GMES-Projekte RISK-EOS http://www.floodrisk.eu/
- EU Project: European Flood Research http://www.crue-eranet.net/
- EU Project: Managing Adaptive Responses to changing flood risk in the North Sea Region http://www.northsearegion.eu/
- EU Project: EU Project IRMA-SPONGE (flood risk management in all countries in the Rhine and Meuse River Basins) http://www.irma-sponge.org/
- Deltares: Flood risk analysis and flood risk management
http://www.deltares.nl/en/about-deltares

Question 3
BAW: http://kfki.baw.de/
ForschungsZentrumk Küste: http://www.fzk-nth.de/

Lienau, Gerhild [mailto:Gerhild.Lienau@mu.niedersachsen.de]
Question 1, 2, 3
Hinsichtlich Ihrer Fragestellungen möchte ich Sie auf die folgende Internetseite hinweisen: http://www.kliff-niedersachsen.de.vweb5-test.gwdg.de/. Dort sind wesentliche Projekte Niedersachsens zum Klimawandel dargestellt, dazu gehört auch ein Projekt zu Auswirkungen von Klimaänderungen auf Wasserdargebot, Hochwasserrisiko und Gewässerbelastung.

Das niedersächsische Ministerium für Umwelt und Klimaschutz hat eine Regierungskommission Klimaschutz iniitiert, in denen auch der Bereich Hochwasser thematisiert wird.
Ein weiteres Projekt mit dem Thema "Globaler Klimawandel - Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland" ist für Anfang 2010 geplant. Wesentliche Projektziele sollen die Quantifizierung bisher eingetretener Folgen und die Qualifizierung der Fachplanung (Hochwasserschutz, Hochwasserrisikomanagement) sein.

D.2 Search results of database consultations

CORDIS Programmes

Q1a / Q2 – Flood*

Date	Title	Acronym	Status	RCN	Relevance
1997-01-10	Transnational cooperation on spatial planning (Strand C of the Interreg initiative)	INTERREG 2 C	Completed	607	100
1990-03-26	Two specific research and technological development programmes (EEC) in the field of the environment STEP/EPOCH - EPOCH -, 1989-1992	EPOCH	Completed	149	37
2007-11-05	Support for the coordination of research activities of the European Research Area under the Seventh Framework Programme	FP7-COORDINATION	Execution	869	29
1998-05-05	Task forces to develop priorities for research projects of common industrial interest - "Environment-Water" - 1996-	TF-WATER C	Completed	601	21
2007-11-07	Specific Programme carried out by means of direct actions by the Joint Research Centre under the Seventh Framework Programme	FP7-JRC	Execution	844	18

Q1b – Adapt* risk* polic* (top10)

Date	Title	Acronym	Status	RCN	Relevance
1998-05-07	Community initiative on the adaptation of the workforce to industrial change (ADAPT), aimed at promoting employment and the adaptation of the workforce to industrial change, 1994-1999.	ADAPT	Completed	485	100

Date	Title	Acronym	Status	RCN	Relevance
1998-05-04	Specific programme of targeted socio-economic research, 1994-1998	TSER	Completed	465	69
2005-02-10	Daphne II programme	DAPHNE II	Execution	835	65
2006-05-10	Policy support: Specific activities covering wider field of research under the Focusing and Integrating Community Research programme 2002-2006.	FP6-POLICIES	Completed	719	59
2003-05-23	Barcelona European Council, 15 and 16 March 2002, Presidency Conclusions.	BARCELONA 2002C	Execution	805	59
1990-11-14	Specific research and technological development programme (EEC) in the field of the environment, 1990-1994	ENV 1C	Completed	193	57
2001-12-21	Establishing an exchange, assistance and training programme for the protection of the euro against counterfeiting (The 'Pericles' programme)	PERICLES	Completed	705	52
2003-07-29	The Community Environment Action Programme 2001-2010	ENVAP 6C	Execution	706	52
2003-05-20	Lisbon European Council, 23 and 24 March 2000, Presidency Conclusions.	LISBON 2000C	Execution	804	51
2007-11-06	FP7 Specific Programme 'Cooperation'- Research Theme: 'Environment (including climate change)'	FP7-ENVIRONMENT	Execution	855	49

Q3 - Coast* (top10)

Date	Title	Acronym	Status	RCN	Relevance
1990-08-23	Community initiative (EEC) concerning the environment, 1990-1993	ENVIREG	Completed	180	100

Date	Title	Acronym	Status	RCN	Relevance
2000-06-05	Community action (EEC) to protect the environment in the coastal areas and coastal waters of the Irish Sea, North Sea, English Channel, Baltic Sea and North-East Atlantic Ocean (NORSPA), 1991-1992	NORSPA	Completed	279	88
1997-08-13	Action (EEC) by the Community for the protection of the environment in the Mediterranean region (MEDSPA), 1991-1992	MEDSPA	Completed	218	84
1990-08-23	Commission work programme concerning an experimental project for gathering, coordinating and ensuring the consistency of information on the state of the environment and natural resources in the Community, 1985-1990	CORINE	Completed	226	65
2007-10-24	Galileo - The European programme for Global Navigation Services	GALILEO	Execution	871	53
2000-06-05	Research programme (Euratom, EEC) to be implemented by the Joint Research Centre - Remote sensing from space -, 1980-1983	JRC-REMSENS 1C	Completed	59	49
2000-06-05	Specific research and technological development programme (EEC) in the field of marine science and technology (MAST), 1989-1992	MAST 1	Completed	117	38
2000-06-05	Specific research and technological development programme (EEC) in the field of marine science and technology, 1990-1994	MAST 2	Completed	190	36
1990-03-26	Specific research programmes (EEC) to be implemented by the Joint Research Centre - Application of remote-sensing techniques -, 1988-1991	JRC-REMSENS 3C	Completed	69	36
1990-03-26	Action (EEC) by the Community	ACE 1	Completed	133	34

Date	Title	Acronym	Status	RCN	Relevance
	relating to the environment (ACE), 1984-1987				

CORDIS – Projects

Q1a – Flood* risk assess* (top10)

Title	Project Acronym	Project Reference	Programme Acronym	Country	Status	RCN	Relevance
Systematic, palaeoflood and historical data for the improvement of flood risk estimation	SPHERE	EVG1-CT-1999-00010	EESD	SPAIN	Completed	52072	100
Flood zoning in Southeast Attica using gauge calibrated radar rainfall and advanced modeling techniques	FLADAR	211108	FP7-PEOPLE	GREECE	Execution	88732	87
Risk of Inundation - Planning and Response Interactive User System	RIPARIUS	EN4302	TELEMATICS 2C	UNITED KINGDOM	Completed	43355	81
Flood risk reduction by space borne recognition of indicators of ex cess runoff generating areas	FLOODGEN	ENV4960368	ENV 2C	FRANCE	Completed	36442	73
Flash-flood risk	N.A.	ENV4970529	ENV 2C	ITALY	Completed	40071	73

Title	Project Acronym	Project Reference	Programme Acronym	Country	Status	RCN	Relevance
assessment under the impact of land use changes an d river engineering works							
Decision support system for Risk Assessment and Management of FLOODs	RAMFLOOD	IST-2001-37581	IST	SPAIN	Completed	67049	69
INTEGRATED FLOOD RISK ANALYSIS AND MANAGEMENT METHODOLOGIES	FLOODSITE	505420	FP6-SUSTDEV	UNITED KINGDOM	Completed	74268	68
Natural hazards	N.A.	36	FP5-JRC	ITALY	Accepted	64611	62
An european flood forecasting system	EFFS	EVG1-CT-1999-00011	EESD	NETHERLANDS	Completed	51603	50
Integrated flooding control and standard for stability and crises management	FLOODSTAND	218532	FP7-TRANSPORT	FINLAND	Execution	91138	45

Q1b – Adapt* risk* polic* (top10)

Title	Project Acronym	Project Reference	Programme Acronym	Country	Status	RCN	Relevance
Modellin	ALM-PF	42469	FP6-MOBILITY	ITALY	Completed	85094	100

Title	Project Acronym	Project Reference	Programme Acronym	Country	Status	RCN	Relevance
g and software prototyping for asset-liability management applied to pension funds							
MODULAR HYBRID ARTEFACTS WITH ADAPTIVE FUNCTIONALITY	ORESTEIA	IST-2000-26091	IST	GREECE	Completed	54869	94
Preparing for the construction of the European extremely large telescope	E-ELT PREP	211257	FP7-INFRASTRUCTURES	GERMANY	Execution	86748	92
Genetic profile of breast cancers in mediterranean countries: implications in preventive and	BREAST MED	ICA3-CT-2002-10005	INCO 2	FRANCE	Completed	64774	73

Title	Project Acronym	Project Reference	Programme Acronym	Country	Status	RCN	Relevance
predictive medicine							
Models for adaptive forest management	MOTIVE	226544	FP7-ENVIRONMENT	GERMANY	Execution	91252	71
Climate change - terrestrial adaption and mitigation in Europe	CCTAME	212535	FP7-ENVIRONMENT	AUSTRIA	Execution	88871	70
SOYMANTRY: Soyuz at CSG Programme Management and Launch System Telemetry and remote Adaptations	SOYMANTRY	980025	FP6-AEROSPACE	FRANCE	Execution	81112	63
World Climate Conference 3 - «Better Climate Information for a Better Future»	WCC 3	245418	FP7-ENVIRONMENT	SWITZERLAND	Completed	91821	63

Title	Project Acronym	Project Reference	Programme Acronym	Country	Status	RCN	Relevance
Precautionary risk methodology in fisheries	PRONE	22589	FP6-POLICIES	FINLAND	Completed	81419	56
Optimised Network Architectures for Multimedia Services	OPTIMUM	AC226	ACTS	NORWAY	Completed	35037	56

Q2 – Flood* protect* build* (top10)

Title	Project Acronym	Project Reference	Programme Acronym	Country	Status	RCN	Relevance
Risk of Inundation - Planning and Response Interactive User System	RIPARIUS	EN4302	TELEMATICS 2C	UNITED KINGDOM	Completed	43355	100
Stabilization of the population of beaver and otter	N.A.	LIFE96NAT/D/003040	LIFE 2	GERMANY	Completed	39273	90
UROPEAN LOOD TUDY	N.A.	EV3C0035	CLIMAT 2C	UNITED KINGDOM	Completed	12431	81
sh-flood k sessment der the pact of d use anges an d er	N.A.	ENV4970529	ENV 2C	ITALY	Completed	40071	79

Title	Project Acronym	Project Reference	Programme Acronym	Country	Status	RCN	Relevance
gineering rks							
Ecological bases for the sustainable management of flooded tropical ecosystems - case studies in the Llanos, Venezuela and the Pantanal, Brazil	N.A.	IC18960087	INCO	SPAIN	Completed	34464	69
Applied research on a transferable metthodology, devoted to flood awareness and mitigation, helping the decision and negotiation processes, a dpated to a changing environment, and respecting the water resources	FLOODAWARE	ENV4960293	ENV 2C	FRANCE	Completed	32536	66
Rehabilitat	N.A.	LIFE96NAT/B/003035	LIFE 2	BELGIUM	Complete	39270	66

Title	Project Acronym	Project Reference	Programme Acronym	Country	Status	RCN	Relevance
ion and development of nature in the 'Grensmaas' area					d		
Protecting from natural hazards using new technologies. The role of the researcher	PRO-TECH NATURE	245026	FP7-PEOPLE	GREECE	Execution	92129	62
Storms, Floods and Radar Hydrology	N.A.	EV5V0182	ENV 1C	UNITED KINGDOM	Completed	5266	62
Cultural heritage protection against Flood	CHEF	44251	FP6-POLICIES	GERMANY	Execution	84083	60

Q3 – Coast* beach nourish*

Title	Project Acronym	Project Reference	Programme Acronym	Country	Status	RCN	Relevance
Innovative nourishment techniques evaluation	NOURTEC	MAS20049	MAST 2	NETHERLANDS	Completed	5620	100
Performance of Soft Beach Systems and Nourishment Measures for European Coasts	SAFE	MAS3950004	MAST 3	FRANCE	Completed	31268	84

Title	Project Acronym	Project Reference	Programme Acronym	Country	Status	RCN	Relevance
Application of integrated sea-bottom exploration by hydro-acoustic methods: Forecast of marine aggregates resources in Lithuania	ISEMAR	36565	FP6-MOBILITY	LITHUANIA	Completed	82483	71
Risk analysis of coastal nourishment techniques	N.A.	MAS20084	MAST 2	NETHERLANDS	Completed	24019	69
Evaluation of the efficiency of artificial reefs by advanced numerical simulations - towards environmentally friendly coastal protection	EVERANS	210085	FP7-PEOPLE	BULGARIA	Execution	89825	53
Operational radar and optical mapping in monitoring hydrodynamic, morphodynamic and environmental parameter for coastal management	OROMA	EVK3-CT-2001-00053	EESD	GERMANY	Completed	61232	41
Sediment Transport Modelling in Marine Coastal Environments	SEDMOC	MAS3970115	MAST 3	NETHERLANDS	Completed	44095	36

EUGRIS - Projects

Q1a / Q2 - Flood* (top10)

1. FLOODRELIEF Real-time flood decision support system integrating hydrological, meteorological and remote sensing radar technologies [Projects]
... FLOODRELIEF Real-time flood decision support system integrating hydrological, meteorological **...** in the United Kingdom. Flooding in Poland captured Europe ? **...** FLOODRELIEF Real-time flood decision support system integrating hydrological, meteorological **...**
Terms matched: 4 - Score: 2910 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4598&Aw=FLOODRELIEF&Cat=Project
2. FLOBAR2 Floodplain Biodiversity and Restoration [Projects]
... impact of floodplain vegetation on flood retention. Furthermore the project **...** abiotic and biotic factors on floodplains with the decision-making mechanisms involved **...** FLOBAR2 Floodplain Biodiversity and Restoration Country: EU Projects Start **...**
Terms matched: 4 - Score: 1274 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4432&Aw=FLOBAR2&Cat=Project
3. FLOBAR 2 Floodplain Biodiversity and Restoration [Projects]
... impact of floodplain vegetation on flood retention. Furthermore the project **...** abiotic and biotic factors on floodplains with the decision-making mechanisms involved **...** FLOBAR 2 Floodplain Biodiversity and Restoration Country: EU Projects **...**
Terms matched: 4 - Score: 1274 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4433&Aw=FLOBAR 2&Cat=Project
4. ELISE A decision support system (DSS) for river-basin management in the Elbe catchment [Projects]
... Water Framework Directive demands, flood control, and also the **...** loads, flood control/flooding risks, ecological state of **...** , navigability, as well as external scenarios such as climate **...**
Terms matched: 3 - Score: 182 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4669&Aw=ELISE&Cat=Project
5. FLOODsite Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies [Projects]
... FLOODsite Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies Country: EU Projects Start Date: **...** FLOODsite Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies Country: EU Projects Start Date: **...**
Terms matched: 2 - Score: 240 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4638&Aw=FLOODsite&Cat=Project
6. CARE-S Computer Aided REhabilitation of Sewer Networks [Projects]
... floods (a particular problem being basement flooding), traffic disturbance, street and surface **...**) and insufficient capacity which can cause floods, pollution of receiving waters, pollution of **...**
Terms matched: 2 - Score: 78 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4502&Aw=CARE-S&Cat=Project
7. HYDRATE Hydrometrical data resources and technologies for effective flash flood forecasting [Projects]
... HYDRATE Hydrometrical data resources and technologies for effective flash flood forecasting Country: EU Projects Start Date: 1/9/2006 Duration: 36 months Project Type: **...**
Terms matched: 1 - Score: 86 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4581&Aw=HYDRATE&Cat=Project

8. MAGWAT Magnetic Resonance Imaging System for Ground Water Investigations [Projects]
... user are as follows: (i) environmental studies, forecasting of pollution and flooding, reclassifying industrial wastelands, water catchment determination (ii) agronomic and pedologic studies **...**
Terms matched: 1 - Score: 65 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4317&Aw=MAGWAT&Cat=Project
9. TRANSCAT Integrated water management of transboundary catchments [Projects]
... county) regions. The DSS to be developed will focus mainly on pollution, flooding and water use issues. Another objective of the project will be the establishment of **...**
Terms matched: 1 - Score: 26 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4462&Aw=TRANSCAT&Cat=Project
10. CD4WC Cost effective development of urban wastewater systems for Waterframework directive compliance [Projects]
... , inflow/infiltration, exfiltration (leaking) and insufficient capacity which can cause floods, pollution of receiving waters, pollution of ground water and soil, treatment plant **...**
Terms matched: 1 - Score: 26 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4503&Aw=CD4WC&Cat=Project

Q1a - Flood* damage

1. CITYFISH Modelling the Ecological Quality of Urban Rivers: Ecotoxicological Factors Limiting Restoration of Fish Populations [Projects]
... complex changes in water chemistry, following flood spates. These measurements will be related to **...** of cytochrome P450 and metallothioneins; DNA damage, in terms of strand breaks; estrogenic **...**
Terms matched: 2 - Score: 78 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4428&Aw=CITYFISH&Cat=Project
2. SWITCH Sustainable Water Management Improves Tomorrow's Cities' Health [Projects]
... of water related diseases, droughts and flooding events. Improved governance of water as a **...** without creating environmental, social or economic damage is an ever more difficult challenge. The **...**
Terms matched: 2 - Score: 52 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4609&Aw=SWITCH&Cat=Project

Q1b - Adapt* (top10)

1. DAYWATER Adaptive Decision Support System for Stormwater Pollution Control [Projects]
... along road maps which are adapted to the way decisions are **...** DAYWATER Adaptive Decision Support System for Stormwater Pollution Control Country **...** projects aims at developing an adaptative decision support (ADSS) **...**
Terms matched: 3 - Score: 390 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4461&Aw=DAYWATER&Cat=Project
2. DIFPOLMINE DIFPOLMINE - Diffuse Pollution from Mine Activity [Projects]
... installations wil be built or adapted. Progressive phytostabilisation of the **...** monitoring will allow to progressively adapt the system and to minimize **...** during raining periods. The adaptation of the approach to an **...**

Terms matched: 3 - Score: 208 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4512&Aw=DIFPOLMINE&Cat=Project

3. NeWater New Approaches to Adaptive Water Management under Uncertainty [Projects]

... NeWater New Approaches to Adaptive Water Management under Uncertainty Country: Germany Start Date: **...** spatial planning; integration with climate change adaptation strategies, cross-sectoral optimisation and cost-benefit analysis) **...**

Terms matched: 2 - Score: 546 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4514&Aw=NeWater&Cat=Project

4. The Resilience Alliance [Projects]

... them to gain or lose resilience and adaptive capacity?* How do we measure resilience **...** * How do we recover resilience and adaptability in systems where they are being eroded, **...**

Terms matched: 2 - Score: 112 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4629&Aw=&Cat=Project

5. Development of De-toxicants of Combined Action on the Basis of Humic Substances and their Derivatives. [Projects]

... organic contaminants. To evaluate safety and adaptogenic activity of the obtained humic preparations using bioassays **...** HS are known to act as natural adaptogens increasing the resistance of living organisms to non-specific **...**

Terms matched: 2 - Score: 84 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4659&Aw=&Cat=Project

6. AquaStress Mitigation of Water Stress through new Approaches to Integrating Management, Technical, Economic and Institutional Instruments [Projects]

... multi-disciplinary expertise for participatory vulnerability assessment and adaptive planning; The development of IT knowledge management **...** culture and nurtures long-term change and social adaptivity. Aquastress adopts a Case Study- stakeholder **...**

Terms matched: 2 - Score: 78 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4616&Aw=AquaStress&Cat=Project

7. BIOTOOL Biological procedures for diagnosing the status and predicting evolution of polluted environments [Projects]

... of mechanisms, whereby most of these adaptive responses are connected with changes in the composition **...** plant/microbe interactions and microbial community adaptations that determine microbial-driven soil and groundwater attenuation processes **...**

Terms matched: 2 - Score: 78 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4434&Aw=BIOTOOL&Cat=Project

8. LEPOB Lifelong Educational Project on Brownfields. Leonardo da Vinci pilot project [Projects]

... local language course versions using project products adapted to the local language.* Students will **...** education and reference internet site.* Adapt local language versions of it to be managed **...**

Terms matched: 2 - Score: 78 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4520&Aw=LEPOB&Cat=Project

9. CLEANSOIL CLEANSOIL - An Innovative Method for the On-Site Remediation of Polluted Soil under existing Infrastructures [Projects]

... applied research is required in order to adapt the method to different soil conditions and contamination **...** CLEANSOIL system. By making the necessary adaptations, selective systems for each kind of contaminant **...**

Terms matched: 2 - Score: 52 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4590&Aw=CLEANSOIL&Cat=Project

Q1b - Adapt* risk polic*

1. NeWater New Approaches to Adaptive Water Management under Uncertainty [Projects]
... NeWater New Approaches to Adaptive Water Management under Uncertainty Country **...** ; integration with climate change adaptation strategies, cross-sectoral optimisation and **...** climate extremes) finances and risk mitigation strategies in water management **...**
Terms matched: 4 - Score: 2288 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4514&Aw=NeWater&Cat=Project
2. ETCA Concerted Action Environmental Technologies [Projects]
... which can be used by adaptation for different sites New and **...** management methods to reduce the risk of diffuse pollution Project Summary **...** relevance, strategic aspects and policy implications Protection of European Water **...**
Terms matched: 4 - Score: 496 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4548&Aw=ETCA&Cat=Project
3. MAGIC Management of Groundwater at Industrially Contaminated Areas [Projects]
... tools, which can be adapted to the specific needs of **...** the areas concerned, health risk assessment according to scenarios for **...** implement the demanding EU environmental policies and standards, e.g. **...**
Terms matched: 3 - Score: 130 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4591&Aw=MAGIC&Cat=Project

Q2 - Flood* protect* build*

1. MAGWAT Magnetic Resonance Imaging System for Ground Water Investigations [Projects]
... , forecasting of pollution and flooding, reclassifying industrial wastelands, ... EC Project Topics: Groundwater protection-- Monitoring-- ... installations, (iii) building industry, motorways, risk ...
Terms matched: 4 - Score: 832 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4317&Aw=MAGWAT&Cat=Project
2. AQUATERRA Integrated modelling of the river-sediment-soil-groundwater system; advanced tools for the management of catchment areas and river basins in the context of global change [Projects]
... groundwater river as well as floodplain sediment river interactions. Building ... to medium enterprises and environmental protection agencies. Achieved Objectives: ... floodplain sediment river interactions. Building on this, BIOGEOCHEM investigates ...
Terms matched: 3 - Score: 130 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4476&Aw=AQUATERRA&Cat=Project

Q3 - Coast*

1. EUROCAT European catchments, catchment changes and their impact on the **coast** [Projects]
... assessment Project objectives: The coastal zone is under heavy pressure ... and their impact on the coast Country: EU Projects Start ... governments have treated catchments and coasts as separate entities. However ...

Terms matched: 3 - Score: 422 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4637&Aw=EUROCAT&Cat=Project

2. NEW! Delta NEW! Delta: Ports and Nature, Striking a New Balance [Projects]

... which are located next to coastal areas of world ecological importance ... from Haute-Normandie and the French coast to the neighbouring Belgian and ... coasts up to the Provinces of South and North Holland and ...

Terms matched: 3 - Score: 234 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4602&Aw=NEW! Delta&Cat=Project

3. NAME Nitrate from Aquifers and influences on carbon cycling in Marine Ecosystems [Projects]

... on the state of euthrophication of the coastal marine environment is presently unknown. This project ... face at many locations along the European coast. The impact of this process on the ...

Terms matched: 2 - Score: 104 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4468&Aw=NAME&Cat=Project

4. COMET Composition of dissolved organic matter and its interaction with metals and ultraviolet radiation in river-ocean systems: impact on the microbial food web [Projects]

... work will concentrate on 4 characteristic study sites (Rhine River, Rhine estuary, coastal North Sea and Skagerrak). Additionally, a high latitude coastal Arctic station will ...

Terms matched: 1 - Score: 86 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4430&Aw=COMET&Cat=Project

5. SALTRANS Methods for assessing salt intrusion and transport in heterogeneous and fractured aquifers [Projects]

... assessment of saline intrusion in aquifers. Widespread salinization phenomena occur during seawater intrusion into coastal aquifers, salt intrusion from natural and anthropogenic sources, and upcoming caused by over ...

Terms matched: 1 - Score: 78 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4467&Aw=SALTRANS&Cat=Project

6. DITTY Development of an information technology tool for the management of Southern European lagoons under the influence of river-basin runoff [Projects]

... objectives: As a consequence of their location between land and the open sea, coastal lagoons receive fresh water, rich in organic and mineral nutrients derived from urban, ...

Terms matched: 1 - Score: 73 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4594&Aw=DITTY&Cat=Project

7. ALIANCE Advance Logging Investigations of Aquifers in **Coastal** Environments [Projects]

... ALIANCE Advance Logging Investigations of Aquifers in Coastal Environments Country: EU Projects Start Date: Duration: 36 months Project Type: RTD Contract Number: EVK1-CT-2001-00091 Organisation Type ...

Terms matched: 1 - Score: 73 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4473&Aw=ALIANCE&Cat=Project

8. SWIMED Sustainable water management in Mediterranean **coastal** aquifers: recharge assessment and modelling issues [Projects]

... SWIMED Sustainable water management in Mediterranean coastal aquifers: recharge assessment and modelling issues Country: EU Projects Start Date: Duration: 36 months Project Type: RTD Contract ...

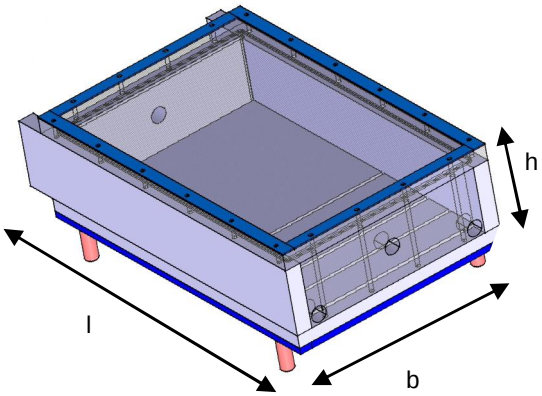
Terms matched: 1 - Score: 39 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4472&Aw=SWIMED&Cat=Project

9. EUROHARP Towards European Harmonised Procedures for Quantification of Nutrient Losses from Diffuse Sources [Projects]
... to estimate diffuse nutrient (N, P) losses to surface freshwater systems and coastal waters. Thereby facilitate the implementation of the EC Water Framework Directive. The second ...
Terms matched: 1 - Score: 13 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4665&Aw=EUROHARP&Cat=Project
10. OPTIMA Optimisation for Sustainable Water Resources Management [Projects]
... and efficient use and allocation are paramount to sustainable development, in particular in the coastal zone of the South and East, undergoing fast economic development, land use and ...
Terms matched: 1 - Score: 13 - URL: http://www.eugris.info/displayProject.asp?ProjectID=4515&Aw=OPTIMA&Cat=Project

E Deltadijk

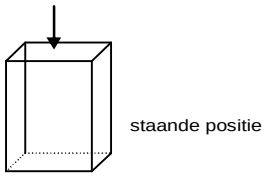
E.1 Modelbeschrijving kleine schaal piping

Piping kan worden bestudeerd op een kleine schaal, in een homogene of heterogene omgeving. Hiervoor is een doorstroombak gemaakt van PVC materiaal met een perspex bovenplaat. De afmetingen zijn: (lxbxh) 55 x 35 x 15 cm zonder het onderstel. De binnenmaten hebben de volgende afmetingen (lxbxh) 50,21 x 29,95 x 9,95 cm. Zie figuur E1.1.



Figuur E1.1 Illustratie van de doorstroombak.

De doorstroombak kan in rechtopstaande positie vanaf de oorspronkelijke zijkant worden gevuld en voor het uitvoeren van het experiment worden gekanteld naar de uitgangspositie. Zie figuur E1.2.



Figuur E1.2 Positie van de doorstroombak voor het vullen.

In de staande positie van de doorstroombak kan (ontlucht) water worden toegevoegd. Ook kunnen in deze positie verschillende patronen in het zand worden aangebracht. Vlak achter de inlaatzijde is een filter aanwezig (29,9 x 9,95 cm). Dit filter bestaat uit geotextiel met aan twee kanten grof geperforeerd staal. Dit filter is aan weerszijden telkens circa 11 cm afgeplakt, zodat er een opening van circa 8 cm aanwezig is, waar het water door kan stromen. Aan de uitstroomzijde is een ander filter aanwezig, deze heeft echter een kleinere hoogte (ca. 8 cm), om zandafvoer toe te staan en is niet afgeplakt.

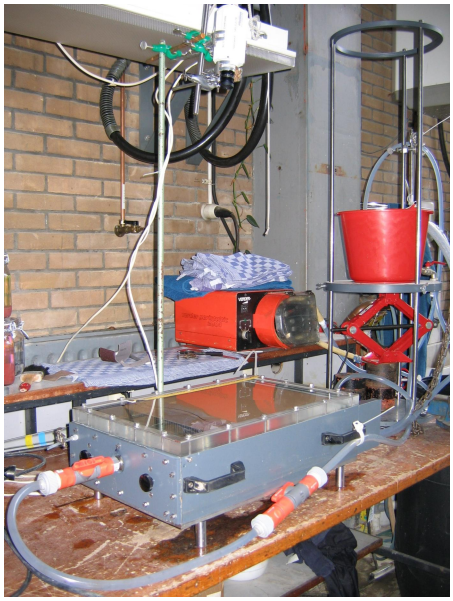
De inlaat is verbonden met een emmer, welke op hoogte verstelbaar is, door middel van slangen. Zo kan het aan te brengen verval worden gevarieerd. De emmer is via een overloop verbonden met een reservoir, gevuld met ontlucht water. Via een slang en een pomp wordt het waterniveau in de emmer constant gehouden. Een kraan is aan de uitstroomzijde aangebracht om water uit te laten stromen.

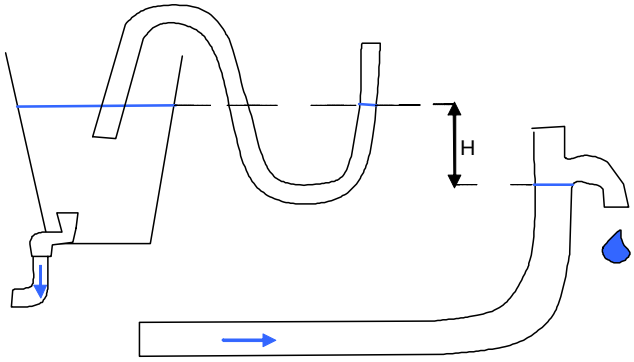
Ook een kleine nippel met een slangetje, dat afsluitbaar is, is aangebracht aan de uitstroomzijde om eventuele aanwezige lucht uit de doorstroombak te laten stromen. Voor details zie figuren E1.3 t/m E1.5.

Boven de doorstroombak hangt een camera, zodat het proces van de vorming van pipingkanalen later nogmaals kan worden bestudeerd en de resultaten gepresenteerd kunnen worden. Voor het beste resultaat van de camerabeelden staat er een bouwlamp gericht op de doorstroombak.

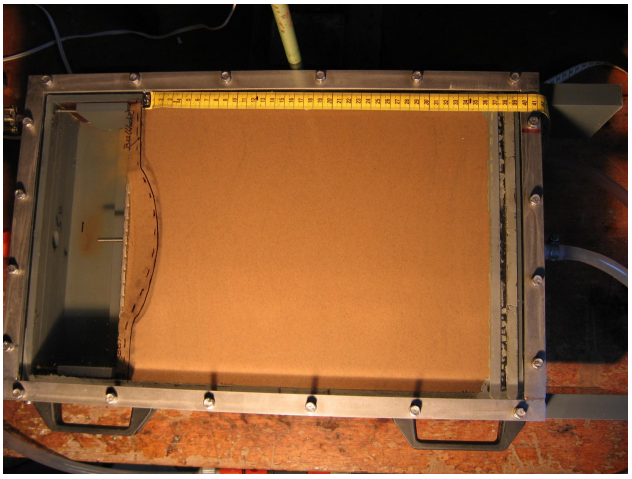
Reproduceerbaarheid van de experimenten speelt een grote rol. Zo is gebruik gemaakt van een zandpreparatietechniek die zich heeft bewezen bij meerdere GeoCentrifuge-onderzoeken, waarbij de homogeniteit en reproduceerbaarheid (van de dichtheid) zijn aangetoond. Losse tot zeer losse pakkingen zijn met deze techniek met hoge nauwkeurigheid en reproduceerbaarheid te maken. Tevens is het voordeel van deze techniek dat het zand volledig verzadigd is, dit in tegenstelling tot droge preparatietechnieken, waarbij vaak de nodige complicaties optreden bij het verzadigen van droog zand.

Figuur E1.3
Overzicht van de gehele proefopstelling. De doorstroombak ligt op de tafel met daarboven een camera. De rode emmer bevat een kraantje onderin, welke is verbonden met een slang die naar de instroomzijde van de bak leidt. De uitstroomzijde is verbonden via slangen naar achter de emmer. Het waterniveau in de emmer wordt constant gehouden door de pomp (die links van de emmer staat) die in verbinding staat met een reservoir. Het verval (de waterdruk over het zandpakket) wordt hoger gemaakt door de uitstroomslang te verschuiven (zie figuur E1.4).





Figuur E1.4 Schematisatie van de methode waarmee het aan te brengen verval H over de modelopstelling wordt gevarieerd. Het verval wordt groter gemaakt door de rechter slang (uitstroom slang) naar beneden te schuiven langs een paal. Rechts in het plaatje is een waterdruppel getekend, dit is de locatie waar het water uitstroomt in een reservoir. De linker slang welke hetzelfde waterniveau heeft als in de emmer is ook verbonden aan dezelfde paal.



Figuur E1.5 *Detail modelopstelling (bovenaanzicht). Holle lijn in zandpakket is aangebracht om op deze manier de kwelweg lengte te verkorten, zodat piping zich in het midden van de bak afspeelt.*

E.2 Feitelijke rapporten uitgevoerde experimenten

Test	B93_bio
Datum uitgevoerd	27-08-2009
Type zand	Baskarp zand
Relatieve dichtheid	82%
Min.-max porositeit	34 – 46,9
Doorlatendheid	
Kwelweglengte	35,4 cm

Opbouw:
Filter 2/3 open, verkitting door BioGrout over gehele zandpakket.

B93_bio							
27/08/2009							
L	35.4 cm						
Dr	82%						
biogrout	gehele bak						
verval	tijd	tijd (eind)	actuele tijd	flow	h1	h2	opmerkingen
[cm]			[u:mm]	[ml/min]	[cm]	[cm]	
0					87.1	87.1	start 9h40
1	0	5	9.40	0	87.4	87.2	
2	5	10	9.45	2.07	86.8	87.9	
3	10	15	9.50	3.64	86.1	87.8	
4	15	20	9.55	4.95	85.4	87.5	
5	20	25	10.00	6.2	84.7	87.3	
6	25	30	10.05	6.97	84	87	
7	30	35	10.10	7.42	83.5	86.7	

8	35	40	10.15	7.81	83.1	86.4	
9	40	45	10.20	8.43	82.6	86.1	
10	45	50	10.25	9.47	81.7	85.7	
11	50	55	10.30	10.5	80.8	85.3	
12	55	1h	10.35	11.45	79.8	84.8	
13	1h00	1h05	10.40	12.5	78.8	84.35	
14	1h05	1h10	10.45	13.74	77.8	83.85	
15	1h10	1h15	10.50	14.6	76.8	83.75	!
16	1h15	1h20	10.55	15.88	75.8	83.35	
17	1h20	1h25	11.00	17.05	74.9	82.9	
18	1h25	1h30	11.05	18.1	73.9	82.6	
19	1h30	1h35	11.10	19.4	73	82.2	
20	1h35	1h40	11.15	20.6	72	82	
21	1h40	1h45	11.20	21.87	71.1	81.7	
22	1h45	1h50	11.25	23.5	70.1	81.5	
24	1h50	1h55	11.30	25.2	68.2	80.8	NAAR 2CM
26	1h55	2h	11.35	29.5	66.4	80.5	
28	2h	2h05	11.40	31.4	64.5	79.8	
30	2h05	2h10	11.45	36.05	62.8	79.4	
32	2h10	2h15	11.50	39.1	61	78.8	
34	2h15	2h20	11.55	42.8	59.2	78.3	
36	2h20	2h25	12.00	46.8	57.5	77.9	
38	2h25	2h30	12.05	51.5	55.8	77.7	airco uit
40	2h30	2h35	12.10	54.83	54	77.2	
42	2h35	2h40	12.15	59.47	52.2	76.9	
44	2h40	2h45	12.20	63.2	51.5	76.6	
46	2h45	2h50	12.25	68.4	48.6	76.1	
48	2h50	2h55	12.30	73.15	46.9	75.7	
50	2h55	3h	12.35	76	45.1	75.5	
55	3h	3h05	12.40	85.7	40.8	74.4	
60	3h05	3h10	12.45	96.6	36.4	73.7	
65	3h10	3h15	12.50	107.55	32.1	72.8	
70	3h15	3h20	12.55	117.2	27.7	72	
75	3h20	3h25	13.00	128	23.3	71.5	
80	3h25	3h30	13.05	141	19.2	70.3	stop proef, geen piping geconstateerd.
							let op drukhoogte. Veel kalkafzetting op oppervlak.

Test	**B94_bio**
Datum uitgevoerd	3-09-2009
Type zand	Baskarp zand
Relatieve dichtheid	81,4%
Min.-max porositeit	34 – 46,9
Doorlatendheid	
Kwelweglengte	35,3 cm

Opbouw
Filter 2/3 open
Duploproef van B93 (B94 is betrouwbaarder)
BioGrout verdeeld over gehele zandpakket

B94_bio							
2009-09-03							
L	35.3 cm						
Dr	81,4%						
biogrout	gehele bak						
verval	tijd	tijd (eind)	actuele tijd	flow	h1	h2	opmerkingen
[cm]			[u:mm]	[ml/min]	[cm]	[cm]	
0					87.7	87.9	slangetje bovenstrooms (h2) lijkt verstopt
1	0	5	9h45	0	87.4	87.7	
2	5	10		0.4	87.2	87.7	
3	10	15		0.5	86.3	87.7	
4	15	20		0.6	85.5	88	
5	20	25		0.55	84.7	88	
6	25	30		0.9	83.8	88.1	
7	30	35		1.3	83.2	88.1	
8	35	40		1.2	82.5	88.1	
9	40	45		1.2	81.8	87.9	
10	45	50		1.3	81.2	87.8	
11	50	55		1.2	80.5	87.5	
12	55	1h		1.5	79.7	87.4	
13	1h	1h05		1.7	78.6	87.2	
14	1h05	1h10		1.9	77.5	87	
15	1h10	1h15		2	76.5	86.7	
16	1h15	1h20		1.9	75.8	86.6	
17	1h20	1h25		2	74.8	86.4	
18	1h25	1h30		2	74	86.3	
19	1h30	1h35		2.3	73.2	86.1	

20	1h35	1h40		2.3	72.7	85.9	
21	1h40	1h45		2.4	71.4	85.8	
22	1h45	1h50		3	70	85.8	
23	1h50	1h55		2.9	68.55	85.5	
24	1h55	2h		3.4	67.3	85.4	
25	2h	2h05		3.8	65.8	85.3	
26	2h05	2h10		4.3	63.8	85.2	
27	2h10	2h15		4.9	61.8	85.1	
28	2h15	2h20		5	59.3	85	
29	2h20	2h25		5.7	57.4	84.9	
30	2h25	2h30		6.3	55.2	84.9	
31	2h30	2h35		6.5	53.3	84.7	
32	2h35	2h40		7.1	51.3	84.7	
33	2h40	2h45		7.5	49.3	84.6	
34	2h45	2h50		8.1	47.2	84.4	
35	2h50	2h55		8.7	45	84.4	
36	2h55	3h		10.18	39.5	83.9	
37	3h	3h05		11.3	34.5	83.85	
38	3h05	3h10		12.1	29.2	83.7	stop proef. Extreem hoog verval, geen piping
							is er sprake van verstopping?

Uitbouw: zand vrij hard bij uitbouw, dus redelijke verkitting. Zand verwijderd tot 5 cm boven bovenstroomse filter, nog verstopt!
Zand geheel verwijderd - bodemfilter blijkt niet verstopt.

Test	**B95_bio**
Datum uitgevoerd	23-09-2009
Type zand	Baskarp zand
Relatieve dichtheid	80%
Min.-max porositeit	34 – 46,9
Doorlatendheid	
Kwelweglengte	34 cm

Opbouw
Filter 2/3 open
Verkitte laag BioGrout in vorm van balk van 5 cm breed, dwars op stroomrichting.

B95_bio							
23/9/2009							
L	34cm	L2 9,3 cm (front biogrout tot benedenstroomse uitvoer)					
Dr	80%						
biogrout	verkitte laag 5 cm, gesloten						
verval	tijd	tijd (eind)	actuele tijd	flow	h1	h2	opmerkingen
[cm]			[u:mm]	[ml/min]	[cm]	[cm]	
0							
1	0	5	9h30	1.55	88.2	88.7	
2	5	10		3.66	87.4	88.7	
3	10	15		5.75	86.5	88.6	
4	15	20		8	85.5	88.4	
5	20	25		10.5	84.6	88.3	
6	25	30		12.49	83.7	88.1	
7	30	35		14.77	82.7	87.9	
8	35	40		17.07	81.8	87.7	
9	40	45		19.11	80.9	87.4	
10	45	50		21.2	79.9	87.2	korrelbeweging? In midden bak
11	50	55		23.04	78.9	86.9	
12	55	1h		24.95	77.9	86.6	
13	1h	1h05		26.62	76.9	86.3	
14	1h05	1h10		29	76	86.1	
15	1h10	1h15		30.6	75	86	
16	1h15	1h20		33.31	74	85.6	
17	1h20	1h25		34.05	73	85.1	
18	1h25	1h30		35.93	72.1	85	

19	1h30	1h35		37.74	71.2	84.5	
20	1h35	1h40		39.8	70.5	84.1	korrelbeweging aan zijkant, bij punt waar h1 is aangesloten op bak
							kanaal loopt door naar grensvlak, meer naar midden
20	1h40	1h45		39.28	70.5	83.9	
20	1h45	1h50		39.64	70.4	83.8	
20	1h50	1h55		39.2	70.3	83.8	
20	1h55	2h		38.7	70.2	83.7	weinig zandtransport, dus doorgegaan
21	2h	2h05		41.23	69.3	83.2	bij verhogen neemt zandtransport toe. Kanaal groeit verder naar midden.
							zandtransport stagneert vrij snel. Iedere 5 min ophogen om zien hoe barriere in stand blijft
22	2h05	2h10		44.27	68.2	82.9	kanaal groeit 1 cm verder naar midden, daarna stagnatie zandtransport
23	2h10	2h15		46.43	66.8	82.4	idem
24	2h15	2h20		48.74	65.9	81.8	idem, pipingkanaal voorbij midden
25	2h20	2h25		50.93	65	81.5	idem
26	2h25	2h30		53.14	63.9	81	idem
27	2h30	2h35		55.48	63	80.9	bijna geen zandtransport. Kanaal groeit niet verder langs rand
28	2h35	2h40		57.73	62	80.4	idem
30	2h40	2h45		61.34	60.2	79.8	bijna geen zandtransport. Kanaal greoit minder dan 1 cm
32	2h45	2h50		67.18	58.2	79.1	
34	2h50	2h55		72	56.3	78.5	kanaal groeit weer ca 1 cm en zandtransport stopt, af en toe wolkje zand 4 cm van rand
36	2h55	3h		77.56	54.4	77.2	zandtransport neemt weer toe. Kanaal groeit naar rand van de bak
38	3h	3h05		80.97	52.3	76.6	idem
40	3h05	3h10		86.06	50.3	76	kanaal is ongeveer aan rand -> geen transport tot zeer weinig
42	3h10	3h15		92.25	48.3	75.4	idem
44	3h15	3h20		95.94	46.4	74.8	weinig transport - verdieping/verbreding kanaal. Varieert van 0.5-1cm
46	3h20	3h25		101.06	44.5	74.1	idem
48	3h25	3h30		106.42	42.6	73.4	idem
50	3h30	3h35		110.5	40.8	72.8	idem
55	3h35	3h40		122.97	35.8	71.5	kanaal wordt breder. Transport wordt meer continu
60	3h40	3h45		135.35	30.9	70.8	idem, bocht wordt flauwer kanaal gaat opzij. Continu transport
65	3h45	3h50		149.7	26	71.9	idem
70	3h50	3h55		167.86	20.9	71.1	idem, in midden ook kanaal
75	3h55	4h		180.2	15.9	70.2	splitsing in middenkanaal
75	4h	4h05		187.8	15.9	70.2	
75	4h05	4h10		180.04	15.9	71.1	

75	4h10	4h15		180.9	15.8	71.4	
80	4h15	4h20		193.01	11	70.2	
80	4h20	4h25		191.43	10.9	69	kleine middenkanaal maakt verbinding met kanaal langs bio
80	4h25	4h50		191.67	10.8	69	
80	4h50	4h55	14h25	186.21	10.7	68.6	
80	5h30		15h00	177.17	10.6	68.1	stop proef

Test	**B97_bio**
Datum uitgevoerd	1-10-2009
Type zand	Baskarp zand
Relatieve dichtheid	78%
Min.-max porositeit	34 – 46,9
Doorlatendheid	
Kwelweglengte	33,7 cm

Opbouw
Filter 2/3 open
Verkitte laag BioGrout in vorm van balk van 5 bij 5 cm, dwars op stroomrichting.

B97_bio						
1/10/2009						
L	33.7cm	L2=9.0 cm				
Dr	77.80%					
biogrout	blokje 5cm (onderin opening)					
verval	stopwatch	act tijd	flow	h1	h2	Opmerkingen
[cm]	[min]		[cc/min]	[cm]	[cm]	
0				90	90	
1	0	9.45	1.1	89.3	89.9	
2	5	9.5	2.6	88.5	89.6	
3	10	9.55	4.07	87.8	89.2	
4	15	10	5.5	86.9	88.9	
5	20	10.05	6.78	85.85	88.4	
6	25	10.1	8.12	84.9	88.1	
7	30	10.15	9.58	84	87.7	
8	35	10.2	10.73	83.1	87.15	
9	40	10.25	12.44	82.2	87	
10	45	10.3	13.43	81.3	86.7	
11	50	10.35	14.28	80.2	86.1	
12	55	10.4	14.98	79.35	85.6	
13	60	10.45	15.8	78.35	85	
14	65	10.5	16.4	77.35	84.2	
15	70	10.55	16.7	76.5	83.5	
16	75	11	17.43	75.6	82.9	
17	80	11.05	18.2	74.8	82.3	
18	85	11.1	18.72	73.8	81.6	
19	90	11.15	19.28	72.9	81	
20	95	11.2	20.05	72	80.4	
21	100	11.25	20.6	70.9	79.6	
22	105	11.3	21.4	70	78.9	
23	110	11.35	22.1	69.15	78.4	
24	115	11.4	22.75	68.25	77.8	
25	120	11.45	23.4	67.4	77.2	

26	125	11.5	24.3	66.3	76.85	
27	130	11.55	25.1	65.35	76.35	
28	135	12	25.6	64.3	75.85	
29	140	12.05	26.65	63.4	75.3	korrelbeweging?
30	145	12.1	27.7	62.4	74.8	
31	150	12.15	28.46	61.4	74.4	
32	155	12.2	29.75	60	73.9	
33	160	12.25	30.74	59.4	73.7	
34	165	12.3	31.4	58.4	73	
35	170	12.35	32.3	57.7	72.7	
36	175	12.4	33.4	56.8	72.2	
37	180	12.45	34.8	55.9	71.8	
38	185	12.5	35.6	54.9	71.3	
39	190	12.55	37.3	54	70.9	
40	195	13	37.95	52.9	70.7	
41	200	13.05	39.2	52.1	70.2	
42	205	13.1	40.15	51.3	69.85	
43	210	13.15	41.5	50.25	69.05	
44	215	13.2	42.4	49.35	68.4	
45	220	13.25	43.62	48.4	68.25	
46	225	13.3	44.95	47.4	67.9	
47	230	13.35	45.9	46.5	67.5	
48	235	13.4	47.5	45.6	67.2	
49	240	13.45	48.9	44.8	67.3	
50	245	13.5	50	43.6	66.7	korrelbeweging
	250	13.55				kanaaltje ontstaat in midden aan uitstroomzijde. Zandtransport naar uitstroomzijde toe. Kanaaltje verplaatst zich in T splits
						kleurstofinjectie
	4h14					snellere korrelstroming, kanaaltje verbreedt zich. Verspreidt zich verder naar achteren richting stippellijn (naar instroomzijde toe)
	4h15					ontstaan 2 kanalen
	4h16					bij stippellijn buitg kanaal af, van zijkant zandtoevoer
	4h19					verbreding van kanaaltjes die langs stippellijn lopen (langszij biogrout blokje)
	4h21					meerdere kanaaltjes aan de voet
50	265	13.55	64.73	42.9	67.7	geulen in midden verdiepen zich
50	4h30					extra kleurstof geinjecteerd ivm blijven hangen kleurstof door communicerende vaten. Verspreidt zich diffuus. Via zijkant langs schuurpapier kleine hoeveelheid, tegen biogrout blok aan.
	4h33					laatste shot kleurstof. De kleurstof bevindt zich nu in kanaaltje dat langs biogroutblok stroomt, aan noordkant (links uitstroom, rechts instroom)
						in kanaaltjes bewegen korrels wel, maar geen

						kanaalgroei (of nauwelijks te zien). Kleurstof is in streep uit kanaal aan uitstromzijde te zien, in een 'laserstraal' in het water. Aan zijkant bij schuurpapier is het rood van de kleurstof.
50	275	14	59.9	42.5	67.3	
	4h40/280 min					kleurstof verplaatst zich door biogrout blok verder
	4h42					nu is kleurstof voorbij biogrout blok, in kanaaltje rechtdoor. Geen groei van kanaaltjes. Door biogroutgedeelte langzame diffuse verspreiding van kleurstof (biogrout = doorlatend!)
50	285	14.05	56.61	42.5	67.3	kanaaltjes groeien niet verder dus doorgaan met verhogen. Eerst 1 cm, later 2 cm (langzaam opbouwen, kanaalgroei in gaten houden)
51	290	14.1	54.81	41.8	67.2	
52	295	14.15	56.4	40	66.5	geen korrelbeweging
54	300	14.2	58.46	38.1	65.75	2 cm verhoogd, beetje korrelbeweging, langzaam. Lastig waarnemen ivm rode kleurstof in geulen! Wel goede aansluiting van zandpakket tegen bovenkant perspexplaat
56	305	14.25	60.57	36.1	65	direct na verhogen verval bewegen enkele korrels, geen kanaalgroei
58	310	14.3	62.9	34.2	64.5	
60	315	14.35	65.38	32.1	63.7	
65	320	14.4	74.1	28.7	62	korrels bewegen, geen kanaalvorming
70	325	14.45	83.5	24	57.9	korrels bewegen sneller, geen kanaalvorming. Vooral korrels van de bovenkant (tov kanaaltje)
75	330	14.5	94.28	18.9	56.6	snellere korrelstroming, geen nieuwe kanaaltjes.
80	335	14.55	105.64	13.7	55.4	korrels stromen snel door midden kanaal, vanaf stippellijn ontstaan kleine korte kanaaltjes.
85	340	15	116.18	10.3	54.4	versnelling in korrelstroming, vooral door midden baan
85	350	15.1	117.81	7.8	54.7	korrelsnelheid lijkt af t enmen, kleine kanaaltjes langs stippellijn breiden zich niet verder uit
			stop op 15h40 (kraan dicht) maximum verval bereikt met huidige proefopstelling			

Test	**B98_bio**
Datum uitgevoerd	8-10-2009
Type zand	Baskarp zand
Relatieve dichtheid	79%
Min.-max porositeit	34 – 46,9
Doorlatendheid	
Kwelweglengte	33,6 cm

Opbouw
Filter 2/3 open
Verkitte laag BioGrout in vorm van balk van 2 bij 2 cm, dwars op de stroomrichting.

B98_bio							
8/10/2009							
L	33.6 cm	L2=11,8 cm (van biogrout laag naar uitstroomzijde)					
Dr	79%						
biogrout	balk 2 cm bij 2 cm, onderzijde open						
verval	tijd	tijd (eind)	actuele tijd	flow	h1	h2	opmerkingen
[cm]			[u:mm]	[ml/min]	[cm]	[cm]	
0					88.4	88.4	
1	0	5	9h30	0.1	88.8	89.1	
2	5	10		0.2	88.8	89.1	
3	10	15		0.5	87.9	88.4	
4	15	20		0.8	87	87.5	
5	20	25		1.2	86	86.6	
6	25	30		1.5	85	85.9	
7	30	35		1.5	84	85.2	
8	35	40		1.9	82.9	84.2	
9	40	45		2.1	82	83.4	
10	45	50		2.3	80.9	82.4	
11	50	55		2.5	79.8	81.7	
12	55			2.7	78.8	80.8	
13	85			2.9	77.8	79.9	let op flink verhogen verval
23	90			5.5	68.3	72.5	
33	100			9.1	58.6	64.9	
43	1h50			13.5	48.9	57.7	
48	2h05			15.8	44.6	54.4	
53	2h15			18.4	39.5	50.7	
58	2h25			20.7	34.6	47	
63	2h35			24.5	-	-	
68	2h45			27.9	24.9	40.6	

73	2h55			34	20	37.7	
78	3h05			38.8	15.9	35.3	
83	3h15			46.7	11.1	33.2	kanaaltje in midden van de bak, trekt zich terug. Lijkt na 1 min stoppen
85	3h25			51	9.3	32.5	geen korrelbeweging
				79.6	8.1	34.4	op 3h30 min afschuiving in midden + kleurstofinjectie. In midden kanaaltje.
							piping gaat horizontaal langs biogrout laag
	3h48						kleurstof lijkt onderdoor te gaan. Aan uitstroomzijde te zien (midden en rechts,
							bij meetlint).
87	3h55			77.7	6.1	32.3	
90	4h05		13h35 - 13h45				stop 13h45
emmer op vloer vol laten lopen (180-165)							
uitbouw: balk was 2 bij 2 cm (aanvankelijk geschat op 2 bij 1,4 cm bij aftrimmen). Is namelijk uit balk van 5 bij 5 cm 'gemaakt'							
bodemfilter was niet verstopt							
voorlopige verdenking van slechte doorlatendheid bij vrijgekomen kalkfractie door trimmen balk naar balkje (van B97 naar B98)							

www.deltares.nl

Deltares