Faculteit Techniek, Bestuur en Management

Prof.dr Frans Klijn

Gezocht: een rivierloods

Om de toekomst van onze rivieren

TU Delft

Intreerede 30 januari 2019

Gezocht: een rivierloods
Om de toekomst van onze rivieren

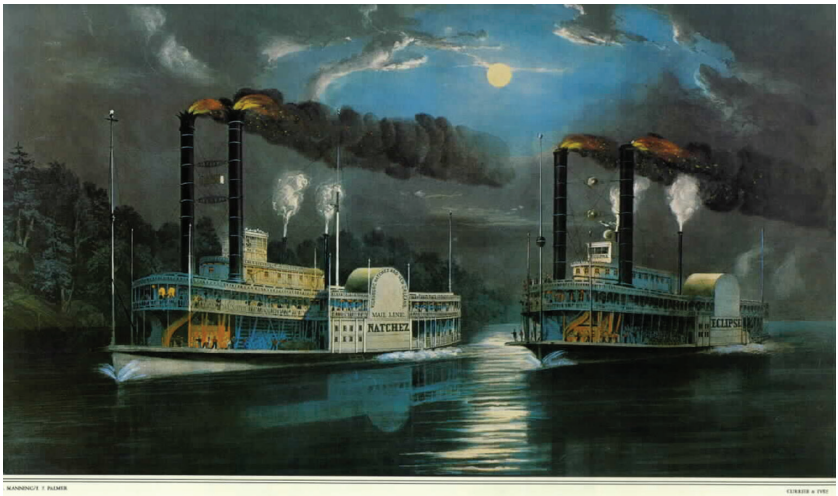
Uitgesproken op 30 januari 2019
ter gelegenheid van de aanvaarding van het ambt
van hoogleraar Adaptive Delta Planning
aan de faculteit Techniek, Bestuur en Management
van de Technische Universiteit Delft

Prof.dr F. Klijn

Foto omslag Rijkswaterstaat

Mijnheer de Rector Magnificus, leden van het College van Bestuur, collega-hoogleraren en andere leden van de universitaire gemeenschap. Zeer gewaardeerde toehoorders, dames en heren,

M-a-r-k three! ….
Quarter-less three! ….
Half twain! ….
Quarter twain! ….
M-a-r-k twain!



A MIDNIGHT RACE ON THE MISSISSIPPI

Inderdaad, Mark Twain, daar wil ik mee beginnen. Mark Twain kennen we als schrijver, maar z'n echte vak was loods. Hoe Samuel Longhorne Clemens aan z'n schrijversnaam kwam heeft u zojuist gehoord. In *Life on the Missisippi* beschrijft hij hoe hij wordt opgeleid tot rivierloods.

De opleiding blijkt vooral te bestaan uit het volledig uit het hoofd leren van ruim 1200 mijl niet-bebakende rivier, in stroomopwaartse richting en in stroomafwaartse, bij daglicht en bij nacht, en niet alleen bij gewone waterstanden, maar ook bij lage en hoge. *'There's only one way to be a pilot, and that is to get this entire river by heart.'* Les 1: ken je systeem. Écht.

Al meteen moet hij ook sturen: *'Here, take her; shave those steamships as close as you'd peel an apple'*, en zich inprenten bij welke plek over te steken naar de andere kant van de rivier om daar weer vlak langs de oever en dus zo ver mogelijk buiten de sterke tegenstroom en liefst via de neren te varen. Zijn les 2 is dus: Werk niet tegen de natuur in.

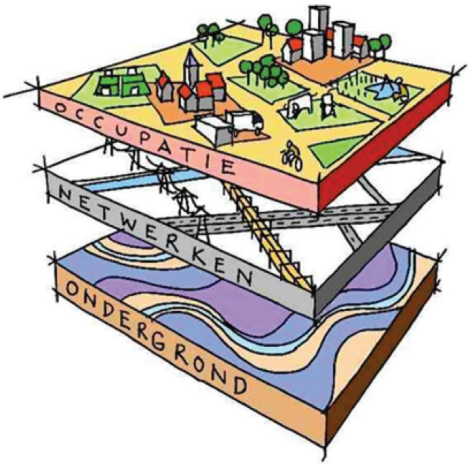
Als je als leerlingloods de rivier dan dacht te kennen, bleek de *mental map* van de rivier steeds weer te moeten worden geactualiseeerd, omdat de rivier voortdurend verandert. De Mississippi heeft zich veelvuldig verlegd, meanderbochten afgesneden, zo z'n lengte binnen een etmaal wel met 30 mijl ingekort, en soms hele dorpen en steden naar een andere staat doen verhuizen (Figuur 1). Die voortdurende veranderingen waren reden voor rivierloodsen die even geen klus hadden om bij een collega aan boord te stappen om "naar de rivier te kijken" (*'the pilot-house was full of pilots, going down to "look at the river"'*). Les 3: Leren omgaan met voortdurende veranderingen en onzekerheden.

Figuur 1 Map of ancient courses of the Mississippi river (Mississippi River Meander Belt) (Fisk, 1944)

Niet alleen veranderde de rivier dus voortdurend en vroegen verschillende omstandigheden om verschillende beslissingen, ook was er soms geen weg terug. Zo kent de Mississippi bochtafsnijdingen (*'chutes'*) die soms tientallen kilometers omvaren kunnen schelen, maar alleen bij bepaalde waterstanden kunnen worden bevaren. Ze zijn zo smal dat er geen weg terug meer is als ze eenmaal zijn ingevaren en het ondiepste punt zit altijd aan het bovenstroomse eind, in de vorm van een instroomdrempel. Daar een beoordelingsfout maken kon vele dagen tot maanden vertraging betekenen. Les 4: Wees beducht voor een *lock-in*.

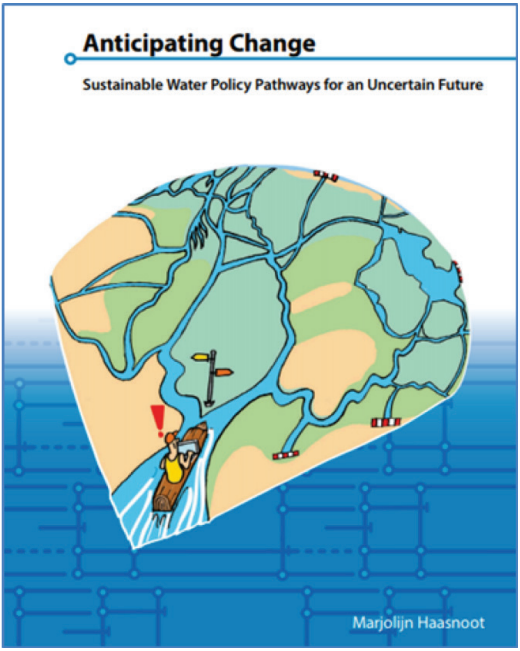
Adaptive Delta Planning

Deze verhandeling over wat het vakmanschap van rivierloods behelst, is natuurlijk slechts een inleiding op waar het bij Adaptive Delta Planning om gaat. Dat is de vraag hoe beslissingen te nemen over de inrichting en het beheer van deltagebieden. Het gaat daarbij om ruimtelijk beleid en het beheer van het natuurlijk systeem, maar vooral om de aanleg en het beheer van infrastructuur die leven in deze zeer dynamische milieus op de grens van land en zee mogelijk maakt. Denk bij die infrastructuur niet zozeer aan wegen of hoogspanningsleidingen, zoals in dit bekende plaatje van het lagenmodel van de ruimtelijke inrichting (Figuur 2; naar McHarg, 1969), maar eerder aan waterafvoer, wateraanvoer en hoogwaterbescherming. Denk dus aan sloten, kanalen en dijken. En aan hun natuurlijke tegenhangers: beken, rivieren en duinen.



Figuur 2 Lagenmodel zoals gebruikt als denkmodel voor ruimtelijke inrichtingsvraagstukken (naar McHarg), maar waarin de interacties en terugkoppelingen tussen de lagen (waar het juist om gaat) ontbreken.

Beslissingen over dergelijke infrastructuur zijn beslissingen over hoe een land er eeuwen later bij ligt. De Afsluitdijk en Deltawerken zijn niet meer weg te denken. En het zijn beslissingen over interventies in een natuurlijk systeem, waarin je niets kunt doen zonder dat het systeem daarop reageert. In die beide verschilt Adaptive Delta Planning van veel andere domeinen waar mijn collega's bij de sectie beleidsanalyse zich mee bezig houden. Want ten eerste zijn mens-milieusystemen veel minder voorspelbaar dan technische systemen en wordt er veel meer kennis van het natuurlijk systeem gevraagd dan je achter een computer of in een collegezaal kunt opdoen. Je zult toch echt naar buiten moeten. En ten tweede gaat het over planning voor heel lange tijdschalen, en dus over beslissen in grote onzekerheid over hoe natuur en maatschappij zich in de toekomst zullen ontwikkelen. Collega Haasnoot verbeeldde dat als volgt op de omslag van haar proefschrift (Figuur 3). De behoefte aan een rivierloods lijkt me evident.



Figuur 3 Adaptive Delta Planning gaat over beslissen in onzekerheid (cover van het proefschrift van Marjolijn Haasnoot, 2013)

Voor zo'n 'loods voor onze delta's' gelden mijns inziens vergelijkbare functievereisten als die aan een rivierloods worden gesteld, zij het op een andere tijdstermijn. Maakt een rivierloods een fout, dan loopt ie aan de grond of hij zit

maanden in een dode arm van de rivier opgesloten omdat het water is gedaald. Maar een deltaplanner zal waarschijnlijk niet meer op z'n fouten (kunnen) worden afgerekend (misschien door z'n kleinkinderen?). Dus:

1) ken het systeem door en door, evenals je opties;
2) werk met de natuurlijke processen mee in plaats van er tegenin;
3) houd rekening met onzekerheden; en
4) wees beducht voor een *lock-in*.

In dit verband hebben we al de nodige concepten en richtinggevende principes geformuleerd, zoals: *'system-based', 'nature-based'*, gebaseerd op veerkracht (*resilience-based*), en van recenter datum: robuust en flexibel (*adaptive*) met het oog op minimale spijt (*minimum regret*). Maar zijn dat nu alleen maar jeukwoorden uit het deltamanagementjargon, of kunnen we er echt iets mee in de praktijk? En wat dan? Daarbij geldt dat *system-based* en *nature-based* al gemeengoed zijn (denk aan '*Design with nature*' (McHarg, 1969; 1976) en '*nature-based solutions*' (bijv. Van Wesenbeeck et al., 2016)), dus ik zal me in het kader van mijn leerstoel vooral bezighouden met robuustheid en spijtminimalisatie, beide in relatie tot onzekerheden. Maar om de eerste twee kunnen we dan niet heen.

Ik zal een en ander zo dadelijk illustreren aan de hand van dat deel van onze eigen Rijn-Maasdelta dat ik het best ken, namelijk onze grote rivieren. Want het grotere plaatje, namelijk dat in delta's alle waterproblemen samenkomen is u natuurlijk genoegzaam bekend. Nu eens te veel water en overstromingen, dan weer te weinig water om te kunnen varen. En u bent ook al gewaarschuwd dat die problemen alleen maar erger worden. Door een stijgende zeespiegel (IPCC, 2014; KNMI, 2014; zie Haasnoot et al., 2018), door bodemdaling waardoor sommige delta's veel sneller wegzinken dan de zeespiegel stijgt (Syvitski et al., 2009; Erkens et al., 2014) en door een groeiende bevolking en economie, waardoor we kwetsbaarder worden. En u realiseert zich terdege dat dat betekent dat we ons niet meer kunnen permitteren maar wat te experimenteren. En dat oplossingen uit het verleden in de toekomst niet meer voldoen.

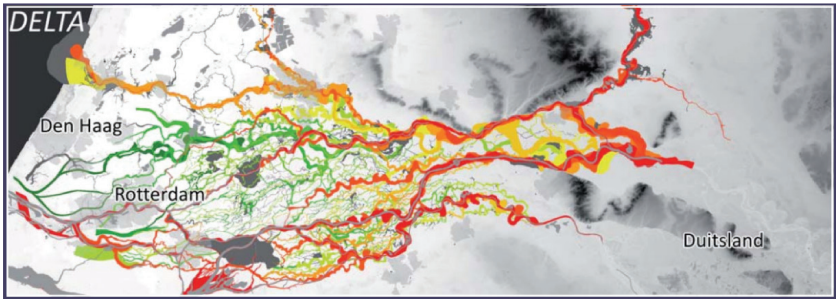
Samengevat staat Adaptive Delta Planning dus voor: anticiperen op toekomstige ontwikkelingen, voorkomen dat we daarbij zodanig afwentelen dat we er later spijt van krijgen, en voorkomen dat we vastlopen (*lock-in*). Het grootste verschil met vroeger, toen we ons aanpasten aan wat ons overkwam (reactief) is dat we nu vooraf bedenken wat ons (en andere belanghebbenden, inclusief toekomstige generaties) zou kunnen overkomen en dat we daarop anticiperen.

Onze grote rivieren

Laten we dan nu eens naar onze grote rivieren kijken, vanuit de lessen van Mark Twain. Dus: 1) ken je systeem (echt), 2) werk met de natuurlijke processen (mee in plaats van ertegenin), 3) houd rekening met onzekerheden en 4) voorkom spijt en wees beducht voor een *lock-in* en *lock-outs*.

Ad 1: Ken je systeem

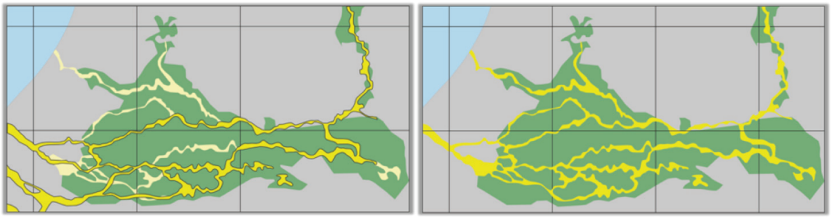
Onze rivieren zijn groot en sterk. Maar ook is de mensheid al heel lang bezig die rivieren naar z'n hand te zetten en daarbij behoorlijk volhardend. Daar komt nog bij dat grote rivieren traag reagerende systemen zijn, die zich bijvoorbeeld nu nog steeds insnijden in reactie op de normalisaties in de 19e eeuw, en bochtafsnijdingen van begin 20e eeuw; maar de gevolgen van die reacties beginnen nu pas problematisch te worden. Men kon dus lang de illusie koesteren dat we zaak onder controle hadden. Maar: in en rivier kun je niets doen zonder dat de natuur daar op een of andere manier op reageert. En '*river engineers*' wisten dat wel, maar kregen (en krijgen nog steeds) weinig gehoor. Sluipende problemen kun je immers lang blijven ontkennen of negeren. Dat alles betekent dat een grote ruimteschaal en een lange tijdschaal in acht moeten worden genomen om het huidig gedrag en de geneigdheid van onze rivieren goed te begrijpen. Laten we dus maar eens de geologische bril opzetten en kijken naar de ontstaansgeschiedenis van onze huidige drie Rijntakken.



Figuur 4 Stroomgordels van de Rijn en de Maas in het centrale rivierengebied in de afgelopen millennia; hoe warmer de kleur (van groen naar rood), des te jonger (Cohen & Stouthamer, 2012)

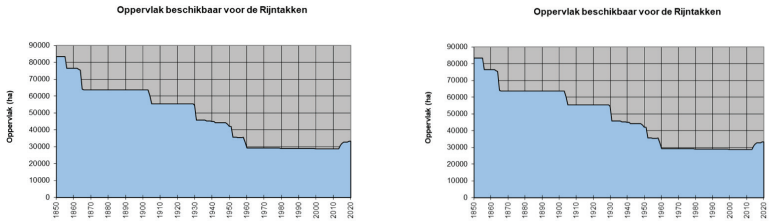
Als we dan de geologische reconstructie van het ontstaan van de Rijntakken van de Universiteit Utrecht erbij pakken (Figuur 4) dan zien we dat de rivieren zich voortdurend hebben verlegd. Dat is logisch, want een rivier zet zand af en verstikt zichzelf zo; zodat een andere route met minder weerstand voor de hand ligt: door de naastgelegen laagtes via de kortste weg naar zee. Daarom

wordt de geschiedenis van de Rijn en Maas in onze delta gekenmerkt door vele zgn. avulsies (Berendsen & Stouthamer, 2001): verleggingen, waarvan er gemiddeld eens per 125 jaar ergens in Nederland een optrad (Kleinhans et al., 2013). Met al die avulsies kwam het centrale rivierengebied (de Betuwe) verhoudingsgewijs omhoog, waardoor in de middeleeuwen de Rijn zelfs begon over te lopen naar het noorden; over de waterscheiding bij Zutphen naar het IJsselmeer (want daarvoor liep de Oude IJssel, die niet voor niets oud heet, naar het zuiden, naar Arnhem). Zo ontstond de Gelderse IJssel.



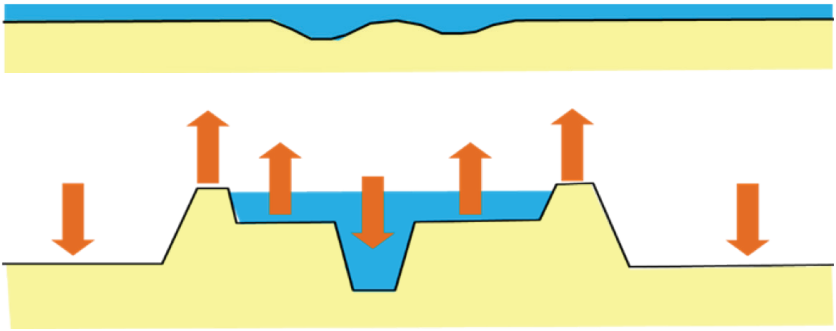
Figuur 5 De loop der rivieren (stroomgordels) in de Middeleeuwen net na het ontstaan van de Gelderse IJssel (links) en het voor rivierafvoer beschikbare areaal na de bedijking (ca 1350 na Chr.) (uit: Klijn et al., 2017, naar gegevens van Cohen et al., 2012)

Vanaf circa 800 doet de mens zich steeds meer gelden. Aanvankelijk nog alleen door hoogtes op te werpen op de oeverwallen, maar die allengs aan elkaar verbindend om de rivieren uiteindelijk volledig te bedijken. In enkele eeuwen werden de rivieren zo in een keurslijf van dijken geperst en werden verscheidene riviertakken afgesloten (Figuur 5, naar Cohen et al., 2012). Hoeveel ruimte we sedert 1850 nog aan de rivieren hebben onttrokken heb ik zelf met enkele Deltares-collega's uitgezocht aan de hand van kaartmateriaal en geschreven bronnen (Klijn et al. 2002). Die resultaten laat ik ook even zien (Figuur 6), want opmerkelijk is dat die lang onder de radar zijn gebleven, maar nu ineens via 'Het Verhaal van de Rivier' (Klijn et al., 2017) en het werkboek van het Ontwerplaboratorium Rijntakken overal opduiken en door velen als *eye-opener* worden beschouwd.



Figuur 6 Ruimteverlies Rijn en Maas sedert 1850 (naar Klijn et al., 2003, geactualiseerd tot 2020)

Het gevolg van die bedijking, en op de daaropvolgende normalisaties en bochtafsnijdingen, was natuurlijk een reactie die kan worden samengevat als 1) snellere opslibbing van de uiterwaarden, die een veel kleiner oppervlak hebben dan de oorspronkelijke overstromingsvlakte, en 2) insnijding van het zomerbed. Daardoor is een landschap van uitersten ontstaan, zonder natuurlijke verjonging. Onze grote rivieren zijn door m'n Utrechtse collega Hans Middelkoop in z'n inaugurele rede al treffend vergeleken met slagaderen, maar daar wil ik nu dan wel bij aantekenen dat ze lijden aan ernstige aderverkalking. Immers: door het verlies aan ruimte en de voortdurende opslibbing van de uiterwaarden is het doorstroomprofiel kleiner geworden en de afvoercapaciteit afgenomen (zie Figuur 7). Dat leidt tot hogere hoogwaterstanden.



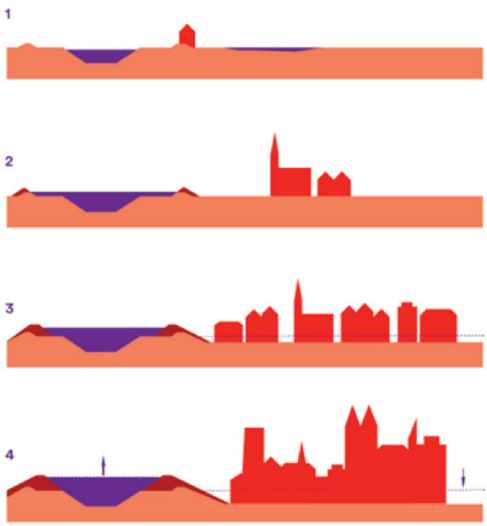
Figuur 7 Door de bedijking werden hoogwaters hoger, daalt het land achter dijken en slibben uiterwaarden sneller op

Tegelijkertijd schuurt het zomerbed zich steeds verder uit, waardoor bij normale en geringe rivierafvoeren de waterstanden juist lager worden. En daardoor verdrogen de uiterwaarden, en plaatselijk ook het achterland van dekzandruggen (IJssel), Maasterrassen en stuwwallen (Nederrijn). En er zijn nog veel meer ongewenste bij-effecten van die natuurlijke respons van de rivier, maar daar zal ik u in deze openbare les niet mee lastig vallen. Daarover hebben we immers 'Het Verhaal van de Rivier' geschreven, en dat vindt u onder die naam gewoon op internet.

Maar als we het over hoogwaters hebben, en over het risico van overstromingen, dan is het systeem dat we moeten bekijken groter dan de rivier. Dan gaat het om het rivieren*gebied*, met inbegrip van de mensen die daarin leven: wonen en werken, bouwen en spullen verzamelen. Want het hele begrip overstromingsrisico bestaat alleen maar als er mensen in het geding zijn; zoals collega Pen-

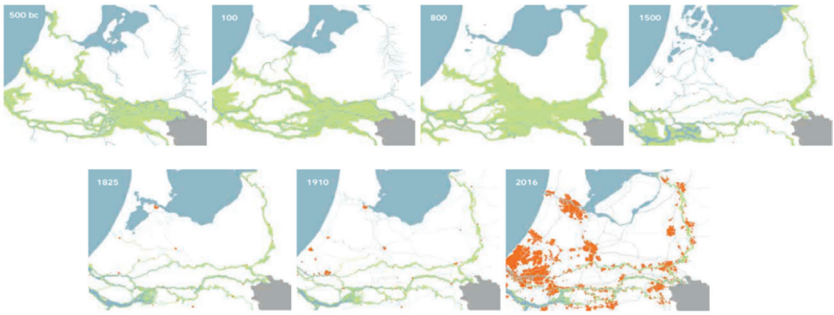
ning-Rowsell uit Oxford het stelde: '*without people, no risk*'. Voor adaptatiebeleid en daarvoor relevante beleidsanalyse moeten we dus het hele 'overstromings-risicosysteem' tot object van studie nemen; en niet alleen het 'watersysteem'.

En als we dan niet alleen de ruimteschaal oprekken naar het hele rivierengebied, maar ook de tijdschaal, dan is het interessant even terug te grijpen op een concept dat ook al van halverwege de vorige eeuw stamt, namelijk het '*levee effect*' (Figuur 8). Gilbert F. White, een prominent geograaf uit de Chicago school die ook wel '*the father of floodplain management*' wordt genoemd, beschreef in 1945 hoe betere hoogwaterbescherming mensen prikkelt tot het doen van investeringen en dus tot een sterkere roep om betere bescherming, en dan weer meer groei en een nog sterkere roep, en zo verder. Een duidelijk geval van *lock-in* dus. Van die dijken komen we niet meer af.



Figuur 8 Het 'levee effect' (White, 1945): de maatschappij wordt kwetsbaarder als respons op kleiner wordende overstromingskansen (bron: College van Rijksadviseurs, 2018)

Het gevolg is dat de aderen ook haast niet meer kunnen worden opgerekt, want langs de dijken is de zaak volgebouwd. Dat is mooi te zien in de verbeelding door Bureau Bosch-Slabbers voor het Ontwerplaboratorium Rijntakken (Figuur 9), die het hiervoor behandelde samenvat, maar waarin we Nederland ook nog eens plotseling rood zien aanlopen: het littekenweefsel van het Antropoceen waar de rivierchirurg die wil dotteren of bypasses wil aanleggen maar beter af heeft te blijven.

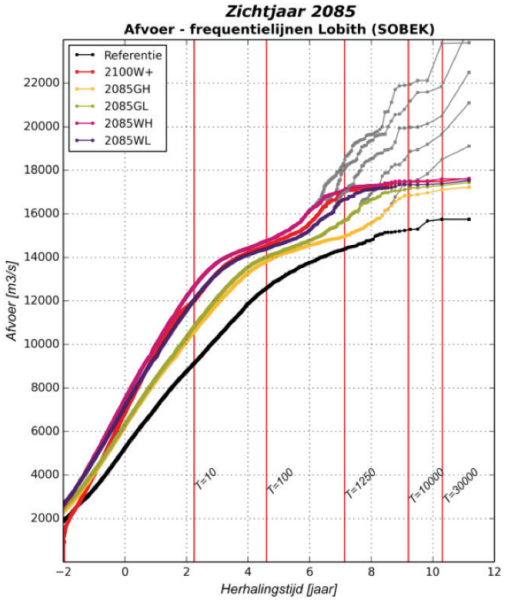


Figuur 9 De loop der rivieren (beschikbaar areaal) in de loop der tijd, en illustratie van de plotselinge bevolkingsgroei in de afgelopen eeuw (uit: Werkboek Ontwerplaboratorium Rijntakken, 2017, naar gegevens van De Mulder, 2003 en Cohen et al., 2012)

Het willen doorbreken van juist dat zichzelf versterkende proces lag mede ten grondslag aan het Ruimte-voor-de-Rivierbeleid dat we in Nederland vanaf 1995 invulling en vorm hebben gegeven en waar we nu de aansprekende ruimtelijke interventies van kunnen ervaren: dijkverlegging Lent, ontpoldering Noordwaard, terpenplan Overdiepse Polder, nevengeulen Deventer, groenblauwe bypass Kampen, om er maar een paar te noemen (zie Sijmons et al., 2017).

Maar is die neerwaartse spiraal nu definitief doorbroken? Mijns inziens niet, want 1) er wordt hardop getwijfeld of het beleid van rivierverruiming wel moet worden gecontinueerd nu we alle dijken toch moeten versterken omdat ze te zwak lijken, en 2) de kwetsbaarheid van de bedijkte gebieden neemt nog steeds toe door het ontbreken van een nationaal ruimtelijk beleid dat dit beperkt. En dat terwijl de zeespiegel stijgt en de rivierafvoeren naar verwachting ook nog verder gaan toenemen.

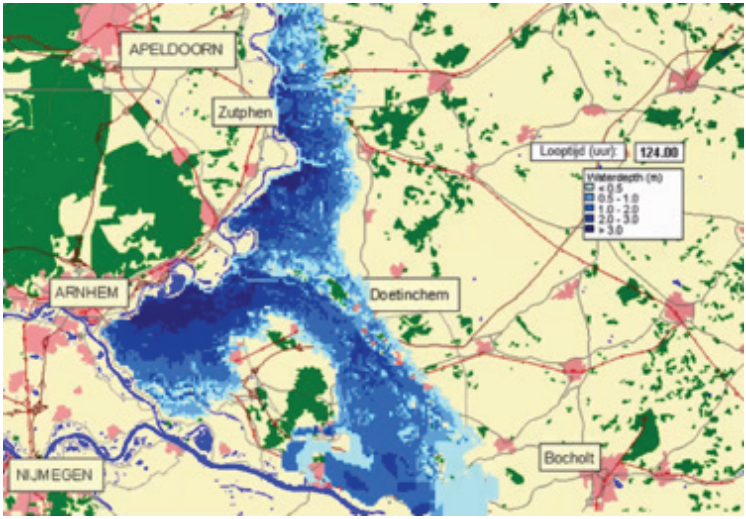
Laten we eerst maar eens kijken wat ons wat de extreme rivierafvoeren betreft te wachten staat. Voor de Rijn hebben het KNMI en Deltares vastgesteld dat de theoretische afvoer door de klimaatverandering makkelijk veel meer dan 20.000 m^3/s kan worden, maar ‘gelukkig` zijn de Duitse dijken dan te laag zodat niet veel meer dan 18.000 m^3/s Nederland kan bereiken; tussen de dijken (Sperna Weiland et al., 2015). We zien in Figuur 10 dan ook dat de maximale hoeveelheid water die we bij klimaatverandering veilig moeten kunnen verwerken niet heel erg toeneemt, maar dat we wel veel vaker veel water te verwerken krijgen. Hoogwaters die nu eens in de 100 jaar voorkomen, zien we straks gemiddeld iedere 10 jaar optreden.



Figuur 10 Hoogwaters worden hoger en komen vaker voor. De kans op een bepaalde Rijnafvoer neemt in alle klimaatscenenario's van het KNMI al in 2050 flink toe: een eens de 500 jaar hoogwater komt gemiddeld eens per 100 jaar, en een eens per 100 jaar hoogwater (denk 1995) komt eens per 20 jaar (Sperna Weiland et al., 2015; Klijn et al, 2015).

Het is interessant om niet alleen naar de afvoer in de rivier te kijken, maar ook naar wat er met de rest van het water gebeurt. Die rest komt immers toch, maar dan 'achterlangs', met misschien wel gevolgen die we ook niet acceptabel vinden (Figuur 11; Vis et al., 2001). Hoe het overstromen van bedijkte gebieden in Duitsland en Nederland precies in z'n werk gaat en de rivier ook deels 'ontlast', en hoe je die kennis kunt gebruiken voor betere besluitvorming, wordt nu door de twee promovendi van Deltares in het Europese project SYSTEM-RISK onderzocht: door Alex Curran bij Civiele Techniek en door Alessio Ciullo, bij mij.

Hoopvol is dat het Waterschap Rijn & IJssel intussen al terdege doordrongen is van het feit dat hun Rijndijk en het verlengde ervan in Duitsland met recht een 'systeemdijk' mag worden genoemd (zie Van der Most & Klijn, 2013), omdat deze niet alleen een overstroming ter plekke voorkomt, maar ook het geheel onbeheersbaar worden van de verdeling van de waterafvoer over de drie Rijntakken kan voorkomen.



Figuur 11 Het gevolg van een dijkdoorbraak bij Rees in Duitsland is dat de IJsselvallei met grootschalige overstromingen te maken krijgt (simulatie door K.M. de Bruijn voor IRMA-SPONGE; zie Vis et al., 2001).

Ook in het sociaal-economisch systeem gebeurt er het nodige. De bevolking groeit immers nog, en mensen trekken naar waar werk is. Zo hebben we met het Planbureau voor de Leefomgeving (Klijn et al., 2012) indertijd vastgesteld dat de laaggelegen Randstad en de voor rivieroverstromingen kwetsbare Betuwe zowel qua aantal mensen als qua economie harder groeien dan gemiddeld, mede door de aanleg van de Betuwelijn en de opwaardering van de A15. Dat heeft repercussies voor de toename van het overstromingsrisico. Voor het overstroombare deel van Nederland hebben we vastgesteld dat de klimaatverandering het gevaar met ongeveer een factor 10 in een eeuw doet toenemen, maar dat de groei daar nog een factor 10 toename van kwetsbaarheid aan toevoegt. En je moet vermenigvuldigen, dus voor het risico betekent het samen een toename met een factor 100. En bedenk: voor ontwikkelingslanden met snelle urbanisatie is de invloed van groei vele malen groter dan die van klimaatverandering (zie bijv. het proefschrift van William Veerbeek, 2017). Het is maar goed dat groei ook financiering van maatregelen om de risico's te beheersen gemakkelijker maakt.

Even terugblikkend: kennen we het systeem nu goed genoeg en doorgronden we de problemen? We hadden al gediagnosticeerd dat de rivieren last hebben van aderverkalking. Daar hebben we al goed op gereageerd met het programma Ruimte voor de Rivier, maar sommige ongewenste ontwikkelingen zijn nog

niet tot staan gebracht. Daar ligt nog een opgave. Het feit dat we tot eind 2016 Russisch roulette speelden door voor alle dijken in het rivierengebied dezelfde normen te hanteren, is met de recente wijziging van de hoogwaterbeschermingsnormen in de praktijk al grotendeels tenietgedaan; we hebben nu normen die zijn gegrond in de verwachte gevolgen van een dijkdoorbraak (zie ENW, 2017); een enorme verbetering, maar sturen op interacties, de zogenaamde systeemwerking (zie De Bruijn et al., 2016) doen we nog niet. En maatregelen om de gevolgen van een dijkdoorbraak te beperken zien we nog nauwelijks overwogen, laat staan toegepast. Daarmee komen we bij het tweede element van 'ken je systeem', namelijk: ken je opties.

Om je opties te kennen moet je een heel scherp beeld hebben van het precieze probleem, en het daar met elkaar ook over eens zijn. Want dan 'ken je de knoppen waar je aan kunt draaien'. Ik hebben hiervoor al laten zien dat het probleem van overstromingsrisico's deels samenhangt met de ontwikkeling van het gevaar van overstroming ('de rivier') en deels met de kwetsbaarheid van de maatschappij ('de mens'). Tussen die beide zit nog een infrastructuur van dijken en aanverwante 'kunstwerken', ter bescherming tegen hoogwater en ter beheersing van het overstromingsproces opdat de blootstelling aan overstromingen beperkt blijft. Dat stelsel moet enerzijds de mens en z'n eigendommen beschermen tegen water, maar langs de rivieren ook (zo niet vooral) zorgen voor een snelle en ongehinderde afvoer van te veel water. En als het toch ergens misgaat, kan dat stelsel de hoeveelheid instromend water beperken, het water tijdelijk ophouden, of het geleiden naar de minst kwetsbare plekken. Dat laatste zijn opties die lange tijd zijn verwaarloosd, omdat het probleem vaak niet in z'n volle omvang wordt onderzocht, en vaak ook ruimtelijk te beperkt. Als het probleem als hoogwaterbeschermingsvraagstuk wordt gezien, kom je natuurlijk op hogere dijken uit. Als je het als een hoogwaterafvoerprobleem '*framet*', kun je ook op ruimte voor de rivier uitkomen. Maar in beide gevallen mis je de ruimtelijke ontwikkelingen als belangrijkste oorzaak van toenemende risico's en zie je evenmin met welke infrastructurele maatregelen de blootstelling aan overstromingen zou kunnen worden beperkt.

Daarom is het zo essentieel naar het hele systeem te kijken, waarbij de systeemgrenzen zo worden gelegd dat het hele probleem in beeld komt, en dus ook alle oplossingsrichtingen. Alleen dan komen compartimentering en praktisch doorbraakvrije dijken in beeld. Met compartimentering kan het overstroomde areaal beperkt worden en met doorbraakvrije dijken beperk je de instroom van water, waardoor het ook nog eens (veel) minder diep wordt. Aan beide hebben we uitgebreid onderzoek gedaan (zie Asselman et al., 2008; Klijn et al., 2010 en Klijn et al., 2014). Met doorbraakvrije dijken kun je grote aantallen slachtoffers

voorkomen terwijl de dijken lager kunnen, maar de praktijk wil er nog niet aan omdat de *'return on investment'* minder is dan die van hogere dijken. En als dat je enige criterium is omdat je het land '*runt*' als een bedrijf ….. Kom ik op terug!

Genoeg over dit onderwerp. Samengevat: begrens je systeem ruim genoeg, '*frame*' het probleem in z'n volle omvang en niet partieel, doe een degelijke probleemanalyse/systeemanalyse om oorzaken te identificeren, evenals de oorzaken achter de oorzaken, en identificeer zo je opties.

Ad 2: Ontwerp en werk met de natuur mee

Al in 1969 schreef McHarg z'n 'Design with nature'. Vanaf de tweede druk (1976) gaat hij uitgebreid in op Nederland als voorbeeld van een land waar het kustbeheer deels berust op het gebruik maken van natuurlijke processen, zoals gelijkmatige verdeling van zand langs de kust door golven en stroming en duinaangroei door verstuiving; al dan niet geholpen met rietmatten of de aanplant van Helm (*Ammophila arenaria*), en tegenwoordig met grootschalige zandsuppleties. De afgelopen decennia heeft het consortium EcoShape in Nederland en de rest van de wereld stevig aan de weg getimmerd met '*building with nature*', en inmiddels wordt alom gesproken over *nature-based* of *system-based solutions*. Waarom eigenlijk en waar hebben we het dan over?

De reden om met natuurlijke processen te willen (mee)werken in rivieren is ten eerste dat de traditionele '*river engineering*' met harde maatregelen in veel gevallen heeft geleid tot sterke bevoordeling van één functie (waar de maatregel voor bedoeld was) en benadeling van een heel stel andere functies en waarden. Afwenteling dus. En vaak niet alleen afwenteling op andere functies, maar ook op gebieden op grote afstand (elders) of in de verre toekomst (later).

Ten tweede wordt aangevoerd dat het mitigeren van die ongewenste effecten inspanning en geld kost, en vaak gepaard gaat met nog meer hard ingrijpen. Weer ten koste van de zwakke waarden, zoals natuurlijke en cultuurlijke landschapswaarden. Eenvoudig gezegd: het werd er bij iedere correctie armetierieger en lelijker op en de kosten liepen op.

Dat brengt ons bij de derde reden, die echter nog deels hypothetisch is, namelijk dat 'met de natuur werken' goedkoper en duurzamer zou zijn. In hoeverre dat laatste het geval is, valt nog te bezien, en verschilt in ieder geval sterk per soort maatregel en per systeemtype. Voor de kust staat wel vast dat het zandsuppletiebeleid relatief goedkoop is en ook andere voordelen kent; voor de rivieren geldt dat baggeren voor vaargeulonderhoud slechts 12 miljoen euro/jaar kost en de rivier de schade zelf herstelt, terwijl het verbouwen van de rivier

door de aanleg van langsdammen waarschijnlijk vele honderden miljoenen zou kosten en je langsdammen niet zomaar weer hebt opgeruimd (en de steengroeves in de Belgische Ardennen kun je ook niet meer onzichtbaar dichten). U begrijpt: over die langsdammen (Figuur 12) ben ik niet enthousiast.

Figuur 12 Langsdammen in de Waal (fot Rijkswaterstaat).
Design with nature of verdere aantasting van de natuurlijkheid van onze rivieren?

Al met al lijkt er dus wel wat te zeggen voor het zoveel mogelijk gebruik maken van natuurlijke processen, maar waar moet je dan aan denken bij onze grote rivieren? Collega Matthijs Kok van Civiele Techniek stelt dat geen enkele ingenieur de zwaartekracht kan negeren, dus werken met de natuur een onzinnige tegenstelling oproept. Daar breng ik graag tegenin dat '*river engineers*' er in het verleden toch aardig in geslaagd zijn de lange-termijnrespons van de rivier te negeren (of over het hoofd te zien?), en al doende enorme schade hebben toegebracht aan natuur en landschap. En met die opmerking geef ik onmiddellijk toe dat een oordeel over welke ingreep dan ook dus normatief is; en per definitie moet zijn. Ik gebruik hier ook nadrukkelijk het woord lange-termijnrespons. Want '*design with nature*' vraagt om het zich rekenschap geven van natuurlijke responsen op lange termijn en grote ruimtelijke schaal. Anders zou het normaliseren van de Nederlandse rivieren, waarbij heel praktisch gebruik is gemaakt van kribben om de hoofdstroom zichzelf op diepte te laten houden tussen 'kogellagers' van neren ook als '*building with nature*' kunnen worden

gekwalificeerd; net als bodemschermen, langsdammen, en ga zo maar door. Toch is dat niet wat meestal wordt bedoeld.

Wat dan wel? Ik maak daarvoor graag gebruik van het rapport 'Wat wil de rivier zelf eigenlijk?' dat we met de Universiteit Utrecht hebben opgesteld om het deltaprogramma te inspireren (Kleinhans et al., 2013). In dat rapport wordt dezelfde problematiek geschetst als in Het Verhaal van de Rivier, maar wordt ook geprobeerd aan te geven hoe de rivier zich zou ontwikkelen als de mens daar niet steeds een stokje voor zou steken.

Op het schaalniveau van de planvorm van de zich vertakkende rivieren (*river-alluvial plain complex*) wordt vastgesteld dat de harde en permanente scheiding tussen binnen- en buitendijks oorzaak is van de bodemdaling binnendijks en de hogere hoogwaters buitendijks; en dus eigenlijk vraagt om het toestaan dan wel bevorderen van rivierverleggingen en een andere afvoerverdeling ten tijde van extreem hoogwater. En op het schaalniveau van de uiterwaarden en het zomerbed (*floodplain-channel complex*) wordt vastgesteld dat de uitschuring van de vaargeul en de opslibbing van de uiterwaarden het onvermijdelijke gevolg zijn van de normalisatie, waardoor laterale erosie en aanzanding zoals we die kennen van zich verplaatsende meanders en geulenstelsels onmogelijk zijn geworden; en dus eigenlijk vraagt om het weghalen van de oeverbescherming en kribben.

Volledig met de natuur meewerken zou dus betekenen dat we de oevers niet langer beschermen en de rivier zichzelf de makkelijkste (kortste) weg laten zoeken in de overstromingsvlakten van onze delta. Het is evident dat dat niet kan. Want dan blijft de rivier niet langer bevaarbaar en het rivierengebied nauwelijks meer bewoonbaar.

Maar we kunnen wel gebruik maken van deze kennis om de rivier wat minder strak aan de teugel te houden (zie Ten Brinke, 2005) in het licht van de aanpassingen waar de klimaatverandering en de maatschappelijke veranderingen ons toe nopen, en daarbij veel meer met de natuurlijke neigingen mee ontwerpen. In dat verband hebben we in het rapport van Kleinhans et al. (2013) een aantal concrete aanbevelingen gedaan. Zonder de nuances die wel in het rapport staan (zie daar) komen die neer op: geef de rivieren weer een veel groter winterbed ter beschikking, en stuur de door klimaatverandering toenemende hoogwaterafvoeren van de Rijn door het IJsseldal naar het noorden, waarbij de Bovenrijn al vanaf de Duitse grens de bocht naar het noorden zou mogen afsnijden, en de Waal bijvoorbeeld hetzij door de Betuwe zou mogen of bij Heerewaarden naar de Maas zou mogen overlopen.

Genoeg hierover, we gaan naar het onderwerp van Twain's derde les: onzekerheden en hoe daar mee om te gaan.

Ad 3: Onzekerheden en veranderingen

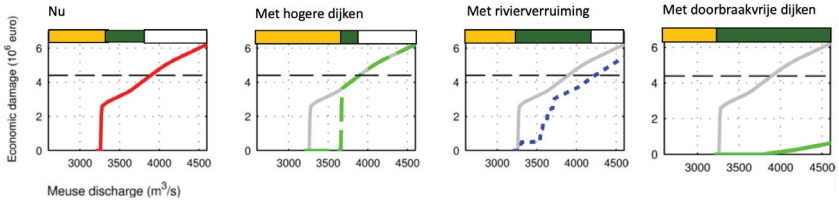
Voor veel ingenieurs is het omgaan met onzekerheden gesneden koek, zeker in de waterbouw. Daar heb je immers te maken met natuurlijke systemen, met natuurlijke variatie in de ruimte en met variabiliteit in de tijd. Met veel meten en statistiek kunnen we met dat soort onzekerheden rekening houden. Waar onze meetreeksen te kort zijn, genereren we met combinaties van weersmodellen, neerslag-afvoermodellen en hydraulische modellen 'gewoon' een reeks rivierafvoeren van vele tienduizenden jaren (met het GRADE-instrumentarium; zie Hegnauer et al., 2014).

Maar onzekerheid over de toekomst is wezenlijk anders. Die onzekerheid is namelijk niet klein te krijgen door meer onderzoek. We spreken dan ook van '*deep uncertainty*'. Daarom is het essentieel onderscheid te maken tussen onzekerheid over het systeem en onzekerheid over toekomstige veranderingen. Er zijn andere methoden en technieken nodig om ze te kwantificeren of alleen maar te verkennen (denk aan scenario-analyse en *exploratory modelling* (Kwakkel & Pruijt, 2013)), en er moet op een andere manier mee worden omgegaan, zoals door collega Warren Walker al in 2000 in z'n intreerede betoogd. En zo komen we bij dat wat ik het interessants vind: hoe in de (beleids)praktijk om te gaan met onzekerheid en hoe met verandering? Ik heb het dan dus over risicobeheersing en over adaptatie. Twee wezenlijk verschillende dingen.

De beheersing van risico's, bijvoorbeeld overstromingsrisico's langs rivieren, wordt tegenwoordig steeds meer gestoeld op een kwantitatieve risicobenadering. Daarbij bestaat de neiging het begrip risico wiskundig plat te slaan tot *Expected Annual Damage* en *Expected Annual Number of Fatalities*: verwachte schade en verwacht aantal dooien per jaar. Maar uit risicoperceptieonderzoek blijkt dat mensen scherp onderscheid maken tussen kans en gevolg, en dus tussen grote kans → klein gevolg versus kleine kans → groot gevolg; vaak een klein gevolg wordt aanvaard, maar een ramp, ook al treedt die nog zo zelden op, moet liefst worden voorkomen (Sjöberg, 2000; Slovic & Weber, 2002; Baan & Klijn, 2004). En daar lopen de rekenwereld van de ingenieurs en de ervaringswereld van gewone mensen dus uiteen; tenzij we een concrete invulling weten te geven aan begrippen als veerkracht en robuustheid, want daarmee kunnen we de kloof overbruggen.

Karin de Bruijn (2005) en Marjolein Mens (2009), voor wie beiden ik co-promotor mocht zijn, hebben al forse stappen gezet om die begrippen (*resilience*

respectievelijk *robustness*) concreet en meetbaar te maken. Simpel gezegd komt het erop neer dat het niet erg is als een hoogwaterbeschermings-systeem faalt, mits 1) het gevolg klein blijft, 2) het hele proces bij voorkeur vanzelf uitdooft en 3) de maatschappij er makkelijk van kan herstellen. Daarmee raken de begrippen veerkracht en robuustheid aan het onder ingenieurs bekendere onderscheid tussen *fail-safe* en *safe-fail*; voor *safe-fail* moet (en kan) het systeem zo worden aangepast dat er geen sprake zal zijn van een lont in een kruitvat, maar eerder van een vuurwerkbom die nat is geworden. Van het ontwerp van vliegtuigen tot kerncentrales is zo denken gemeengoed, maar in de wereld van de overstromingsrisicobeheersing wordt dit principe nog steeds niet breed omarmd. Terwijl de interventies zo voor de hand liggen; ik noemde al de praktisch doorbraakvrije dijk en compartimentering, maar ook ruimtelijk beleid en aanpassing van het bouwbesluit zijn niet moeilijk te bedenken.



Figuur 13 De robuustheid van verschillende alternatieve inrichtingen van het gebied langs de Maas afgezet tegen steeds grotere rivierafvoeren, waarbij de robuustheid is gedefinieerd als opgebouwd uit een deel weerstand (geel) en een deel veerkracht (groen). (Op basis van analyses van Mens, zie Klijn et al., 2014).

Waarom gebeurt er dan niets? Drie redenen. Ik denk dat er ten eerste (1) een te groot vertrouwen is in de kennis en kunde van onze waterbouwers die zich materialiseert in techniek, dat er ten tweede (2) ook sprake kan zijn van de bekende ontkenningsmechanismen van de mens als het gaat om vervelende kwesties, maar dat het uiteindelijk vooral (3) het korte-termijndenken van de utilitarist is dat een transitie naar wezenlijke verduurzaming steeds weer blokkeert. Die wil immers rendement op korte termijn.

Over het mijns inziens onterecht grote vertrouwen in onze techniek wil ik u het boek *Normal Accidents*, van de socioloog Charles Perrow (1984), graag aanraden. Dat heeft in de 80er jaren grote invloed gehad op het denken over technologie, maar lijkt nu volstrekt vergeten te zijn. Hij stelt dat door de vele afhankelijkheden in onze complexe systemen meervoudig en onverwacht falen onvermijdelijk is, en ook dat grote ongelukken vaak klein beginnen door een schijnbaar triviale oorzaak maar dan escaleren. Niet doordat technologie het probleem is, maar door de organisaties waarvoor of waarbinnen deze techno-

logie moet functioneren. De vele mensen in die complexe organisaties zitten namelijk niet op hun handen. En dan gaat het fout. Aanbevolen.

Voor wat betreft het tweede punt, de vele ontkenningsmechanismen ten aanzien van het ondraaglijke zodat we steeds weer verrast worden door 'rampen die niet konden optreden', verwijs ik naar het overzicht van cognitieve dwalingen dat collega Bruno Merz van de universiteit Potsdam samenstelde (zie Merz et al., 2015). Nu niet allemaal relevant voor mijn betoog, maar de uitleg spreekt voor zich. En mijn vorige punt, '*overconfidence*', staat ook weer in het lijstje.

Type of bias	Description
Wishful thinking	Being overly optimistic and letting own preferences affect expectations of the future. Overestimating the influence on events over which one has little or no control.
Erring on the side of least drama	Asking for greater levels of evidence in support of dramatic, alarming conclusions.
Selective perception	Analyzing problems in terms of own experience and background.
Availability bias	Associating higher occurrence probability to events that can be more easily remembered or imagined.
Recency bias	Putting stronger weight on more recent events.
Illusory correlation bias	Perceiving patterns, trends, correlations when they do not exist.
Illusion of certainty, over-confidence	Emotional need for certainty when none exists. Overrating one's own knowledge.
Hindsight bias	Overestimating the likelihood with which one would have correctly predicted known outcomes.
Confirmation bias	Favoring information that confirms existing preconceptions or hypotheses.

Maar dan de dominantie van het nutsdenken, ofwel het doorgeschoten utilitarisme. Door steeds de vraag te stellen hoe tegen de minste kosten het grootste maatschappelijk rendement kan worden bereikt, en daarbij als rendementscriterium consequent slechts risicoreductie te blijven hanteren, worden steeds kleine aanpassingen tegen marginale kosten bevoordeeld boven wezenlijke verbeteringen tegen integrale kosten. Simpel gezegd: een paar decimeter op een bestaande dijk is altijd goedkoper en dus efficiënter dan rivierverruiming, dan een veel betere (doorbraakvrije) dijk, of dan compartimentering. Dat hebben we al lang geleden gesignaleerd in het rapport 'Ruimte voor Water, op welke gronden?' (WL, 2000). Helaas wordt deze manier van redeneren te zelden ter discussie gesteld, waardoor een bezinning op waar het wezenlijk om zou moeten gaan, niet aan de orde komt. En dat terwijl het zoveel beter kan.

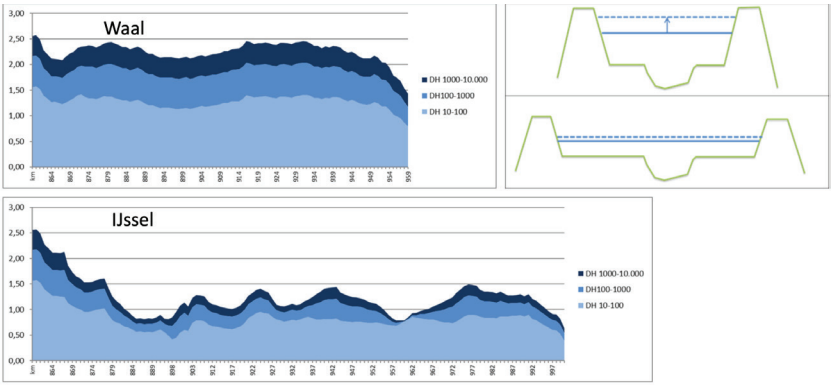
Bijvoorbeeld door een groter belang te hechten aan de consequenties van een overstroming, vooral in termen van aantallen slachtoffers, zoals bepleit met het

Planbureau voor de Leefomgeving (Klijn et al., 2013), en door dus vrij principieel te kiezen voor het voorkomen van maatschappelijke ontwrichting door het overstromingsproces onder controle te houden met doorbraakvrije dijken en compartimentering. En door er principieel voor te kiezen dat het gevaar van onze rivieren niet groter mag worden door de effecten van de klimaatverandering op de rivierafvoeren. Alleen zo geven we werkelijk en concreet invulling aan *omgaan* met onzekerheden en aan adaptatie aan veranderende omstandigheden. In plaats van onzekerheden te verstoppen in kansberekening en de toekomst weg te verdisconteren in kosten-batenanalyses.

De trefwoorden in deze gedachtenlijn zijn dus de al genoemde robuustheid en flexibiliteit of adaptiviteit. Aan een goede duiding en invulling van beide begrippen hebben al promovendi gewerkt (Mens, 2015; respectievelijk Zandvoort, 2017), maar concretisering voor de beleids- en beheerspraktijk vraagt nog flink wat denkwerk. Wel is al duidelijk dat er principieel moet worden gekozen voor robuustheid als antwoord op onzekerheden over systeem en toekomst. En dat flexibiliteit daarbij een goede aanvulling is, maar dat als we daar teveel op vertrouwen we vaak achter de feiten zullen aanlopen en er gezien de grote risico's niet zonder kleerscheuren afkomen. Dat laatste kunnen we voorkomen door systemen eerst maar eens robuuster te maken.

Wat dat betekent, illustreer ik kort aan de hand van de robuustheid van ons huidige rivierstelsel in z'n functie van hoogwaterafvoer. Een beperkte interpretatie, maar ook slechts ter verduidelijking. In Figuur 14 zien we hoeveel de waterstanden in de Waal (van Lobith tot Werkendam) en die in de IJssel (van Lobith tot Kampen) hoger worden bij steeds grotere rivierafvoeren: van 1/10 per jaar tot 1/10.000 per jaar. We zien dat de Waal over de hele lengte zo'n 2 a 2,5 m stijgt bij toenemende rivierafvoer, terwijl de IJssel na z'n afsplitsing slechts op enkele plaatsen met maximaal 1,5 m stijgt en de extremere omstandigheden dus gemakkelijk lijkt aan te kunnen. De IJssel is dan ook het minst gevoelig voor onzekerheden over de rivierafvoer en in die zin onze meest robuuste rivier.

Als we de vergelijking met een aderstelsel hier nog een keer van stal halen, zou je kunnen stellen dat de Waal last heeft van sterk oplopende bloeddruk bij toenemende stress. Als we dan ook nog bedenken dat de Waal de meest gevaarlijke rivier is, die het hoogst boven z'n omgeving uit steekt (ruim 2 m boven z'n buren; zie Klijn et al., 2018) en het meeste water afvoert langs de meest kwetsbare delen van ons rivierengebied, is er alle reden ons daarover zorgen te maken.



Figuur 14 Cumulatieve decimeringshoogten voor Bovenrijn-Waal (boven), en Bovenrijn-Pannerdens Kanaal-IJssel (onder), en hun verklaring (rechtsboven)

Ad 4: Minimale spijt en het voorkomen van lock-in en lock out

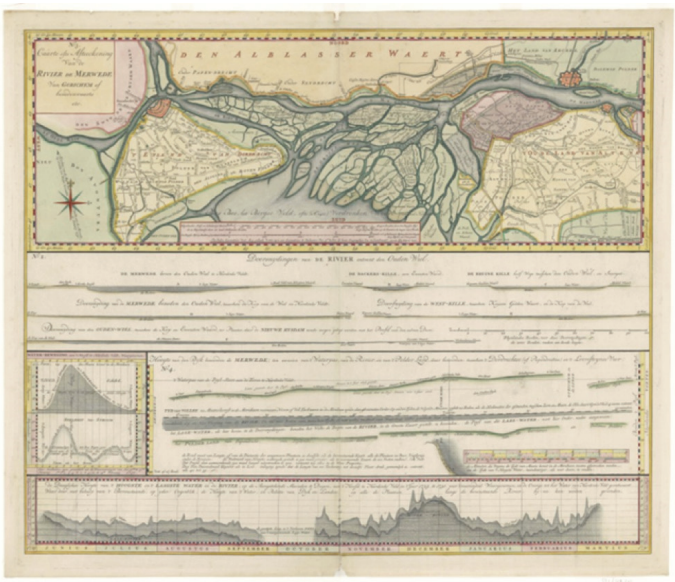
Uit psychologisch onderzoek blijkt dat mensen vaker spijt hebben van wat ze niet hebben gedaan, dan van gedane zaken, en in het bijzonder van niet hun eigen idealen te hebben nagestreefd: *''… leaving people more likely to regret not being all they could have been more than all they should have been'* (Davidai & Gilovich, 2017). Maar of dat nu een goed houvast biedt aan overheden, die het algemeen belang horen te dienen?

Waar zou je zoal spijt van kunnen krijgen? Vooralsnog kan ik slechts wat exemplarische voorbeelden geven, waarbij de kwalificatie 'spijtig' ook nog eens geheel subjectief is. Hoewel ik er niet alleen zo over denk. Ik noem drie voorbeelden.

Ten eerste: industriegebied Moerdijk. Een planologische miskleun die niet meer valt te herstellen. We zijn daardoor gedwongen het watersysteem van Oude Maas en Dordtse Kil op voldoende diepte te houden voor zeeschepen, terwijl we voortdurend moeten corrigeren om erosiekuilen te voorkomen waar dijken in zouden kunnen wegzakken en de zwaartekracht-gedreven zoutindringing via de diepe geulen ons steeds meer hoofdbrekens kost.

Als tweede: lange taluds om brugoverspanningen over de rivieren kort (en goedkoop) te houden, maar die de rivierafvoer belemmeren en dus nopen tot hogere dijken. En dat we sedert de 60er jaren bij Gorinchem een Merwedebrug hebben, bepaalt de huidige voorkeur voor een tweede ernaast, omdat de marginale kosten daarvan nu eenmaal veel lager zijn dan de integrale voor een tunnel: maar het verruimen van de krappe Boven-Merwede wordt daarmee steeds

verder uitgesloten. Zo wordt een *lock-in* (brug) onbedoeld algauw ook een lock-out. En dat terwijl Cruquius daar al in 1730 een bypass voorstelde (Figuur 15).



Figuur 15 Voorstel voor een bypass om de afvoercapaciteit van de Merwede te vergroten in een kaart van de Biesbosch van Cruquius uit 1730. Ook na het graven van de Nieuwe Merwede zit hier nog steeds een flessehals

En als derde voorbeeld wijs ik op de tunnel in de Betuwelijn onder het Pannerdens Kanaal en de brug in de A15 die ernaast wordt aangelegd. Beide komen uit in het Rijnstrangebied. Dat, in combinatie met het steeds verder volgebouwd worden van de ruimte tussen Duiven en Zevenaar, maakt een toekomstige hoogwatergeul richting IJssel voor extreme hoogwaters zo goed als onmogelijk. Zo zijn we via spijt vanzelf bij de begrippen *lock-out* en *lock-in* aanbeland. Dat we ooit met dijken zijn begonnen heeft ons zonder twijfel in een *lock-in* situatie gebracht. En aanpassing aan overstromingen zoals we die kennen van niet door dijken beschermde gebieden, of zelfs maar een doordacht ruimtelijk beleid, uitgesloten. Desalniettemin lijkt na ruim een millennium het eind van ons land nog niet in zicht (Haasnoot et al., 2018). Alhoewel aan de vooruitziende ir. Van Veen de uitspraak wordt toegeschreven (hetgeen ik niet heb kunnen verifiëren): '*eens zullen we met een zucht van verlichting dit land aan de golven prijsgeven*.' Maar hebben we dan spijt van dat millennium? Ik betwijfel het. Want we hebben hier intussen geleefd, economische voorspoed gekend en ook nog flink wat genoten.

Figuur 16 Rivierverruimingsproject Noordwaard heeft een landbouwpolder in een voor recreanten en trekvogels uiterst aantrekkelijk wetland omgetoverd (foto Robbert de Kooning, tijdens hoogwater januari 2018)

En dat brengt me op de vraag hoe dan te voorkomen dat je spijt krijgt van beleidskeuzes. Want ook daarvan bestaat een goed voorbeeld, namelijk Ruimte voor de Rivier. Daar is inmiddels (bijna) iedereen trots op en bijna iedereen voelt zich mede-ouder. Maar waaraan is dat succes te danken? Want vanuit het oogpunt van verkleining van de overstromingsrisico's (de oorspronkelijke hoofddoelstelling) worden er tegenwoordig weleens vraagtekens bij gezet, omdat geen rekening was gehouden met de te zwakke dijken (Ten Brinke et al., 2018). Maar zelfs als daar een kern van waarheid in zou zitten, worden de uitgevoerde plannen nog steeds met trots en tevredenheid bezien. Omdat ze een niet te onderschatten bijdrage hebben geleverd aan de ruimtelijke kwaliteit van ons rivierenlandschap, in veel verschillende gedaanten: als woon- (bijv. Nijmegen-Lent), werk- (bijv. Gorkum), landbouw- (bijv. Overdiepse Polder), recreatie- (bijv. Deventer) of natuurlandschap (bijv. Munnikenland) (Klijn et al., 2013; Sijmons et al., 2017; Havinga & Der Nederlanden, 2018).

We zouden hieruit kunnen afleiden dat als we nu maar een meervoudige doelstelling nemen en in de volle breedte hoogwaardige kwaliteit nastreven, dat we dan geen spijt zullen krijgen van de investering en moeite, omdat de neven-baten (*co-benefits*) dit volstrekt verantwoorden. Zo bezien valt er misschien toch al wel een concrete en praktische aanbeveling te doen om toekomstige spijt te voorkomen: beperk ongewenste neveneffecten en maximaliseer de nevenbaten.

Dat eerste lijkt vrij gemakkelijk en wordt procedureel al decennia geborgd door

eisen ten aanzien van milieu-effectrapportage, inspraakprocessen, etc. Het tweede is lastiger. Dat het programma Ruimte voor de Rivier ook door Berenschot (Olde Wolbers et al., 2018) zo goed wordt beoordeeld, wordt niet voor niets grotendeels toegeschreven aan het vooraf formuleren van de dubbele doelstelling: veiligheid en ruimtelijke kwaliteit waren evenwaardig (Busscher et al., 2018). In huidig beleid voor water en ruimte, te weten het Deltaprogramma en het Hoogwaterbeschermings-programma (HWBP), ontbreekt zo'n dubbele doelstelling vooralsnog. Waarmee de verworvenheden van integrale planvorming en integraal ontwerpen weer dreigen te worden verkwanseld.

Ik heb me nog niet echt verdiept in 'minste spijt' als besliscriterium, noch in *lock-in* en *lock-out.* Juist dat wil ik in het kader van mijn leerstoel graag gaan doen. Om te beginnen met een ontologie van spijt in de waterbouw. En aansluitend met de vraag hoe spijt vervolgens de geëigende plek en zwaarte moet krijgen in methoden ter ondersteuning van besluitvorming in onzekerheid.

Afrondend

Ik begon deze openbare les door te refereren aan de lessen die Mark Twain leerde in zijn opleiding tot rivierloods. En ik hoop u te hebben overtuigd van het feit dat aan een loods naar de toekomst van onze delta's vergelijkbare eisen moeten worden gesteld. Daarmee heb ik impliciet laten zien dat Adaptive Delta Planning mijns inziens meer een ambacht is dan een wetenschap. Daarom past dit vak ook zo goed op een Technische Universiteit.

Mijn aanstelling betreft maar één dag per week, dus ik moet m'n ambities beperken. Ik heb u al verteld dat ik me vooral wil richten op de vraag hoe we onze delta's robuuster kunnen maken en hoe we kunnen anticiperen op voorzienbare veranderingen zonder het risico op spijt in de toekomst. Met die onderwerpen sluit ik ook het best aan bij mijn meer direct beleidsgerichte werk bij Deltares. Want Deltares is en blijft mijn eerste en echte werkgever, die deze aanstelling mogelijk heeft gemaakt.

Ik wil via deze aanstelling namelijk vooral ook een brug slaan tussen theorie (universiteit) en praktijk (Deltares). Want de praktijk vraagt om concrete oplossingen voor reële beslisproblemen. Wie de moeite neemt het handboek Public Policy Analysis van de hooggeleerde emeriti Thissen & Walker eens te lezen, zal onmiddellijk beseffen hoe groot de potentie is van TBM-MAS met z'n combinatie van beleidsanalyse, *systems engineering en governance* (mijn verontschuldigingen voor het Engels, ik heb het niet bedacht). Maar we moeten het nog waarmaken.

Ik zal op onderzoeksgebied vooral samenwerken met de collega's binnen de sectie beleidsanalyse die kennis van en belangstelling voor waterproblemen hebben. Maar verder binnen TBM ook met collega Neelke Doorn die zich richt op ethische dilemma's in het waterbeheer, en hopelijk ook met de mensen van het 4TU *resilience centre*, met name Tina Comes. Breder binnen de TU ligt verdere samenwerking voor de hand met collega's bij waterbouw en bouwkunde in het kader van DIMI: het Delta Initiative on Mobility and Infrastructure.

Tenslotte nog een enkel woord over onderwijs. Zoals gezegd: beleidsanalyse is meer een ambacht *(craft)* dan een wetenschap (*science*), en *craftsmanship* vraagt domweg veel uren maken (Sennett, 2008). De afdeling heeft een enorme kwaliteit aan onderwijzend personeel en ons onderwijs wordt keer op keer als uitstekend beoordeeld, mede door de vele contacturen en de intensieve coaching door onze topdocenten. De inspanning die dat vraagt wordt mijns inziens onvoldoende gewaardeerd. Onderwijs is de kerntaak van een universiteit.

Helaas was er in het curriculum van de Bachelor-opleiding bij TBM tot recentelijk nog weinig aandacht voor Adaptive Delta Planning of zelfs maar waterbeheer. En zonder bachelors komen er geen potentiele *masters* naar je toe. Dat is jammer, niet het minst voor de toekomst van ons land dat nieuwe rivierloodsen nodig heeft. Maar het ziet ernaar uit dat daar op korte termijn verandering in gaat komen. En dan zullen de studenten ook naar buiten moeten!

Dankwoord
Dank aan Deltares voor het financieren van deze leerstoel, dank aan het college van bestuur van de TU voor het in mij gestelde vertrouwen, dank aan de faculteit TBM voor de gastvrijheid en aan de collega's van zowel Deltares als TBM voor de inspirerende samenwerking tot nu toe.

Ik wil ook de collega's van het Kwaliteitsteam Ruimte voor de Rivier en van de werkgroep Rivieren van het Expertisenetwerk Waterveiligheid danken voor de inspirerende discussies die mede hebben bijgedragen aan de vorming van mijn visie op het Nederlandse rivierbeleid.

Tenslotte, dank aan u, luisteraars.

Referenties

- Asselman, N.E.M., F. Klijn, H. van der Most, 2008. Verkenning van nadere compartimentering van dijkringgebieden. Deltares-rapport T2513.00, Delft.
- Baan, P.J.A. & F. Klijn, 2004. Flood risk perception and implications for flood risk management in the Netherlands. DOI:10.1080/15715124.2004.9635226, Journal of River Basin Management 2(2004)/1: 1-10
- Berendsen, H.J.A. & E. Stouthamer, 2001. Palaeogeographic development of the Rhine-Meuse delta, the Netherlands. Van Gorcum, Assen
- Busscher, T., van den Brink, M., & Verweij, S., 2018. Strategies for integrating water management and spatial planning: organising for spatial quality in the Dutch “Room for the River” program. Journal of Flood Risk Management. DOI: 10.1111/jfr3.12448
- Cohen, K.M., E. Stouthamer, H.J. Pierik & A.H. Geurts, 2012. Digitaal Basisbestand Paleogeografie van de Rijn-Maasdelta. Dept. Fysische Geografie. Universiteit Utrecht. Digitale Dataset.
- College van Rijksadviseurs, 2018. Naar een breder en gezamenlijk toekomstperspectief voor de rivieren. Ruimte voor de Rivier 2.0. Advies Lange-termijnambitie Rivieren. College van Rijksadviseurs, Den Haag.
- Davidai, S. & T. Gilovich, T., 2017. The Ideal Road Not Taken: The Self-Discrepancies Involved in People’s Most Enduring Regrets. Emotion. Advance online publication. http://dx.doi.org/10.1037/emo0000326
- De Bruijn, K.M., 2005. Resilience and flood risk management: A systems approach applied to lowland rivers. Delft University Press, Delft, the Netherlands.
- De Bruijn, K.M., F.L.M. Diermanse, J.V.L. Beckers & F. Klijn, 2016. Hydrodynamic system behaviour: its analysis and implications for flood risk management. FLOODrisk 2016, 3rd European Conference on Flood Risk Management, Innovation, Implementation, Integration. 18 – 20 October 2016 - Lyon, France. DOI: 10.1051/e3sconf/20160711001
- De Mulder, E.F.J., M.C. Geluk, I.L. Ritsema, W.E. Westerhof & T.E. Wong, 2003. De ondergrond van Nederland. Noordhoff Uitgevers B.V.
- ENW, 2017. Grondslagen voor hoogwaterbescherming. 2e herziene druk. ExpertiseNetwerk Waterveiligheid (ENW).
- Erkens, G., T. Bucx, R. Dam, G. de Lange & J. Lambert, 2014. Sinking coastal cities. Geophys Res Abstr 16, EGU2014-14606, EGU General Assembly 2014
- Haasnoot, M. 2013. Anticipating change: sustainable water policy pathways for an uncertain future. Proefschrift, University of Twente, Enschede. doi.org/10.3990/1.9789036535595
- Haasnoot, M., L.M. Bouwer, F. Diermanse, J.C.J. Kwadijk, A. van der Spek, G. Oude Essink, J. Delsman, O. Weiler, M. Mens, J. ter Maat, Y. Huismans,

K. Sloff & E. Mosselman, 2018. Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning. Deltares rapport 11202230-005-0002.
- Havinga, R. & H. der Nederlanden, 2018. Ruimte voor de Rivier, oogst ruimtelijke kwaliteit. Programmabureau Ruimte voor de Rivier, Rijkswaterstaat
- Hegnauer M., J.J. Beersma, H.F.P. van den Boogaard, T.A. Buishand & R.H. Passchier, 2014. Generator of Rainfall and Discharge Extremes (GRADE) for the Rhine and Meuse basins. Final report of GRADE 2.0. Deltares-rapport 1209424-004, Delft, 2014.
- IPCC, 2014. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge
- Kleinhans, M. G., F. Klijn, K.M. Cohen & H.J.H. Middelkoop, 2013. Wat wil de rivier zelf eigenlijk? Deltares-rapport 1207829, Universiteit Utrecht & Deltares, Utrecht
- Klijn, F., N. Asselman, W. Silva & K. Stone, 2002. Ruimteverlies van Rijn en Maas verkend. Het WATERschap 13: 590-601
- Klijn, F., J.D. Karssemeijer & S.A.M. van Rooij (2004). Welke ruimte biedt ruimte voor de rivier aan de natuur? Landschap 21(2004)/1: 29-45
- Klijn, F., N. Asselman & H. van der Most (2010). Compartmentalisation: flood consequence reduction by splitting-up large polder areas. DOI: 10.1111/j.1753-318X.2009.01047.x, Journal of Flood Risk Management 3(2010): 3–17
- Klijn, F., K.M. de Bruijn, J. Knoop & J.C.J. Kwadijk (2012). Assessment of the Netherlands' flood risk management policy under global change. DOI: 10.1007/s13280-011-0193-x, Ambio (2012) 41:180-192
- Klijn, F., B. Kolen, J. Knoop, D. Wagenaar, K. de Bruijn, L. Bouwer (2013). Maatschappelijke ontwrichting door overstromingen voorkomen? Verkenning van groepsrisico als normatieve grondslag en beïnvloedings-mogelijkheden. Deltares-rapport 1208052, Delft.
- Klijn, F., M. van der Doef & N.E.M. Asselman (2014). Doorbraakvrije dijken: een nadere verkenning. KvK rapport 124/2014, Kennis voor Klimaat, Utrecht. 63 pp.
- Klijn, F, M. Hegnauer, J. Beersma & F. Sperna Weiland (2015). Wat betekenen de nieuwe klimaatscenario's voor de rivierafvoeren van Rijn en Maas? Samenvatting van onderzoek met GRADE naar implicaties van nieuwe klimaatprojecties voor rivierafvoeren. Deltares-rapport 1220042, Delft. DOI: 10.13140/RG.2.1.4399.5601
- Klijn, F., W. ten Brinke, N. Asselman & E. Mosselman, 2017. Het verhaal van de rivier. Een eerste versie. Deltares i.o.v. Rijkswaterstaat-WVL, Delft.

- Klijn, F., N.E.M. Asselman & E. Mosselman (2018). Robust river systems: on assessing the sensitivity of embanked rivers to discharge uncertainties, exemplified for the Netherlands' main rivers. Journal of Flood Risk Management
- Klijn, F., N.E.M. Asselman & D. Wagenaar (2018). Room for Rivers: risk reduction by enhancing the flood conveyance capacity of the Netherlands' large rivers. Geosciences 2018, 8, 224 (20 pp.); doi:10.3390/geosciences8060224
- KNMI (Van den Hurk, B., P. Siegmund, A. Klein Tank (eds)), 2014. KNMI'14: climate change scenarios for the 21st Century—a Netherlands perspective. KNMI Scientific Report WR2014-01, De Bilt
- Kwakkel, J.H. & E. Pruyt (2013). Exploratory Modeling and Analysis, an approach for model-based foresight under deep uncertainty. Technological Forecasting and Social Change 80/3: 419-43. DOI: 10.1016/j.techfore.2012.10.005
- McHarg, I., 1969. Design with nature. 1995: 25th Anniversary Edition, Wiley. ISBN: 978-0-471-11460-4: 208 pp.
- Mens, M.J.P., 2015. System Robustness Analysis in Support of Flood and Drought Management. IOS Press BV, Amsterdam
- Merz, B., S. Vorogushyn, U. Lall, A. Viglione & G. Blöschl, 2015. Charting unknown waters–On the role of surprise in flood risk assessment and management. Water Resour. Res. 51: 6399–6416; doi:10.1002/2015WR017464
- Olde Wolbers, M., L. Das, J. Wiltink & F. Brave, 2018. Eindevaluatie Ruimte voor de Rivier. Sturen en ruimte geven. Berenschot, in opdracht van Rijkswaterstaat
- Perrow, C, 1984. Normal accidents: living with high-risk technologies. Princeton University Press.
- Sennett, R., 2008. The craftsman. Yale University Press, Newhaven & London.
- Sjöberg, L., 2000. Factors in Risk Perception. Risk Analysis 20(1): 1–11.
- Slovic, P. & E.U. Weber, 2002. Perception of Risk Posed by Extreme Events. Paper prepared for discussion at the conference 'Risk management strategies in an Uncertain World'. Palisades, New York, April 12–13, 2002 (www.ldeo.columbia.edu/res/pi/CHRR/Roundtable/slovic_wp.pdf).
- Sperna Weiland, F., J. Beersma, M. Hegnauer & L. Bouaziz, 2015. Implications of the KNMI'14 climate scenarios on the future discharge of the Rhine and the Meuse; comparison with earlier scenarios. Deltares report 1220042
- Sijmons, D., Feddes, Y., Luiten, E., Feddes, F., Nolden M., and others (2017) Room for the river – safe and attractive landscapes. Uitgeverij Blauwdruk, Wageningen. ISBN 978-94-92474-96-4.
- Syvitski, J.P.M., A.J. Kettner, I. Overeem, E.W.H. Hutton, M.T. Hannon,

G.R. Brakenridge, J. Day, C. Vörösmarty, Y. Saito, L. Giosan & R.J. Nicholls, 2009. Sinking deltas due to human activities. Nat Geosci 2:681–686. doi:10.1038/ngeo629
- Ten Brinke, W.B.M, 2005. De beteugelde rivier. Uitgave Natuurwetenschap & Techniek, Veen Magazines, Amsterdam.
- Ten Brinke, W., W. Silva & E. van Velzen, 2018. Evaluatie PKB Ruimte voor de Rivier. Achtergronddocument deel veiligheid. Blueland Consultancy, Rapport B18.0, Utrecht
- Thissen, W.A.H. & W.E. Walker (eds.), 2014. Public Policy Analysis. New Developments. Springer New York Heidelberg Dordrecht London.
- Van Alphen, J., 2013. The Delta Program in the Netherlands, a long-term perspective on flood risk management. In: A. Chavosian and K. Takeuchi, eds. Floods from risk to opportunity, Proc. of the 5th international Conference of Flood Management, Tokyo, 2011. IAHS publication 357: 13–20
- Van der Most, H. & F. Klijn (2013). De werking van het waterkering-systeem: de dijkring voorbij? Naar een doelmatiger inrichting op basis van risicobenadering en systeemanalyse. Deltares-rapport 1206262-015, Delft. 56 pp.
- Van Wesenbeeck, B.K., J.P.M. Mulder, M. Marchand, D.J. Reed, M.B. de Vries, H.J. de Vriend & P.M.J. Herman, 2014. Damming deltas: A practice of the past? Towards nature-based flood defenses. Estuarine, Coastal and Shelf Science 140/1: 1-6
- Veerbeek, W., 2017. Estimating the impacts of urban growth on future flood risk. A comparative study. Proefschrift IHE/ TU Delft, CRC Press/Balkema, Leiden.
- Vis, M., F. Klijn, S.A.M. van Rooij & M. van Buuren (eds.) (2001). Living with floods. Resilience strategies for flood risk management and multiple land use in the lower Rhine River basin. Final report. WL-report R3470, Delft.
- Vis, M., F. Klijn, K.M. de Bruijn & M. van Buuren. Resilience strategies for flood risk management in the Netherlands. DOI: 10.1080/15715124.2003.9635190, Journal for River Basin Management 2003/1: 33-40, 2003.
- White, G.F. , 1945. Human Adjustment to Floods. Department of Geography Research Paper no. 29. The University of Chicago, Chicago
- WL (WL| delft hydraulics), 2000. Ruimte voor water: op welke gronden? Brochure, WL, Delft.
- Zandvoort, M., 2017. Planning amid uncertainty: adaptiveness for spatial interventions in delta areas. PhD-thesis Wageningen University, Wageningen.

TU Delft
Faculteit Techniek, Bestuur en Management

Jaffalaan 5
2628 BX Delft

T: +31 (0)15 27 89801

www.tudelft.nl/tbm/