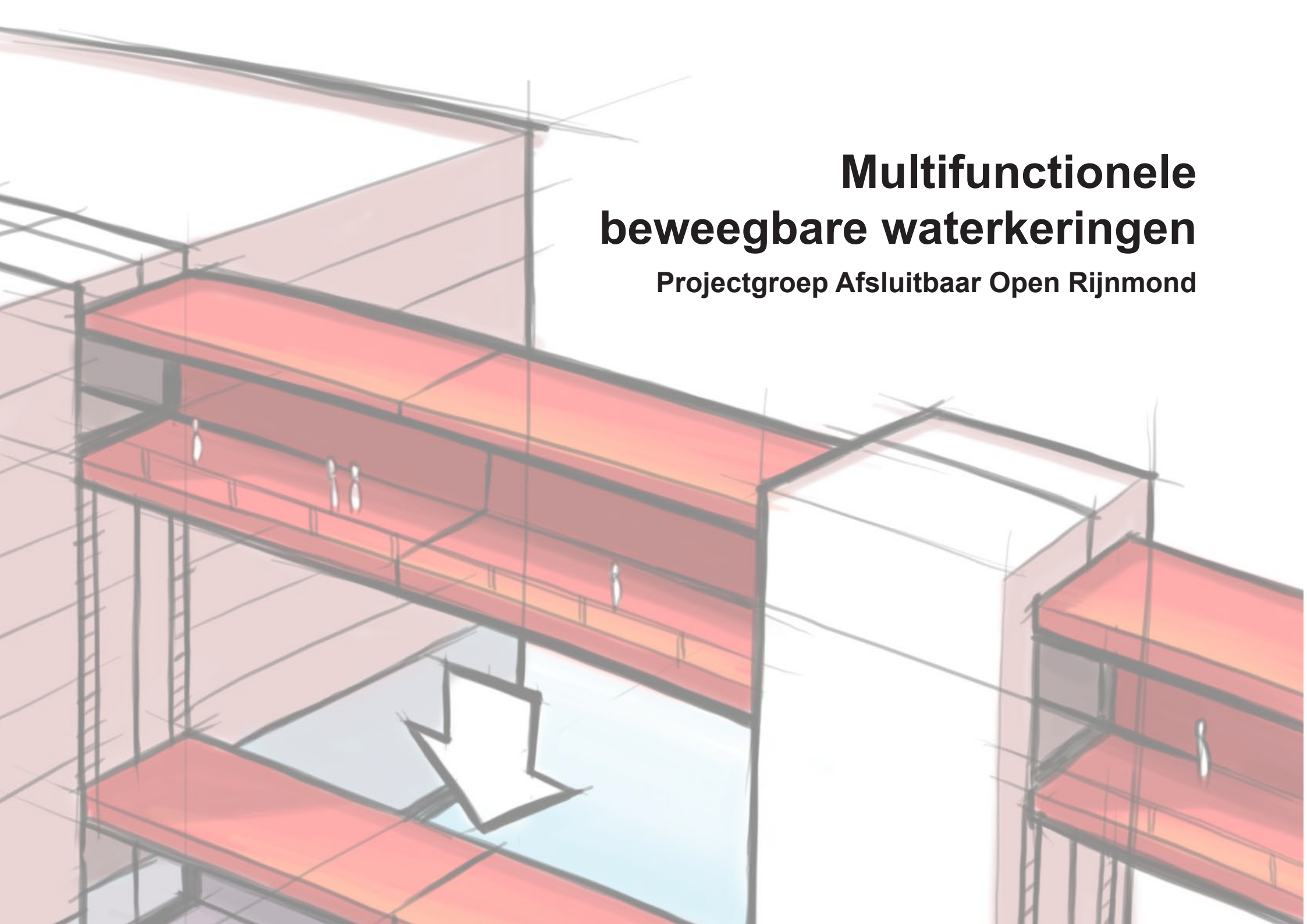


Multifunctionele beweegbare waterkeringen

Projectgroep Afsluitbaar Open Rijnmond

Multifunctionele beweegbare waterkeringen

Projectgroep Afsluitbaar Open Rijnmond

Ir. A. (Anna) Dijk
Architecte
Dijk Architectuur

annadijk@gmail.com
T. +31(0)641286494

Ir. F. (Floris) van der Ziel
Adviseur constructieve waterbouw
Royal Haskoning, divisie Kust & Rivieren

Postbus 151- 6500 AD Nijmegen
T. +31(0)24 3284154 / +31(0)6 22918929
F. +31(0)24 3605483
www.royalhaskoning.com

ROYAL HASKONING

Inhoudsopgave

	blz.
Samenvatting	5
Hoofdstuk 1 Van probleem tot kans	11
1.1 Inleiding	12
1.2 Opgave	12
1.3 Kader	12
1.4 Rivierkeringen van Afsluitbaar Open Rijnmond	13
Hoofdstuk 2 Analyse	15
2.1 Inleiding	16
2.2 Bestaande multifunctionele keringen	16
2.3 Bestaande beweegbare keringen	20
2.4 Technische randvoorwaarden locaties	24
2.5 Stadspoorten	26
2.6 Alternatieve locaties	30

	blz.
Hoofdstuk 3 Concepten	35
Intermezzo	36
3.1 Inleiding	37
3.2 Aanpak	37
3.3 Concepten	37
Hoofdstuk 4 Bespiegeling en aanbevelingen	59
4.1 Inleiding	60
4.2 Multifunctionele kering is een innovatie en wenselijk	60
4.3 Ontwikkeling van een innovatief ontwerp	60
4.4 Aanbevelingen voor AOR rivierkeringen	61
4.5 Tot slot	64
Colofon	66





Samenvatting

Samenvatting

In het onderzoek naar een Afsluitbaar Open Rijnmond (AOR) wordt gekeken of Rotterdam en de Drechtsteden voor de toekomst met beweegbare waterkeringen in de rivieren (rivierkeringen) beschermd kunnen worden tegen het wassende water. Deze keringen moet er voor zorgen dat een hoge rivierafvoer weggeleid wordt van de steden. De Tweede Deltacommissie Veerman benadrukte om naast onderzoek naar een “afsluitbaar en toch open” Rijmond, ook te kijken naar de synergie mogelijkheden in multifunctioneel gebruik van onze waterkeringen. Hierbij wordt in het bijzonder gesproken over onze dijken, zogenaamde “klimaatdijken”. Deze aansporing van hoger hand is aanleiding geweest om ook binnen dit AOR onderzoek verder te studeren naar de kansen die multifunctionele waterkeringen aan ons functionele en verdichte landschap kunnen bieden.
In deze deelstudie naar multifunctionele beweegbare hoogwaterkeringen is op conceptniveau een handreiking gegeven naar mogelijkheden om meer baten te generen voor de rivierkeringen van AOR. Er is gekeken naar de mogelijkheden voor ruimtelijke synergie tussen de beweegbare keringen en additionele functies. Zo zijn er functiecombinaties gemaakt die vervolgens zijn toegespitst op een aantal mogelijke locaties van een Afsluitbaar Open Rijnmond. De geschetste beelden geven perspectieven voor een nieuwe generatie waterkeringen met als doel dat in de plan- en besluitvorming uitvoerig gekeken wordt naar de mogelijke kosten en potentiële baten van beweegbare waterkeringen.

De kracht van multifunctionaliteit van een waterkering manifesteert zich op voor een dijk in het dubbele landgebruik waardoor een verkleinde voetprint gerealiseerd kan worden, t.o.v. als de functies los van elkaar gerealiseerd zouden worden. Dit kan bijdragen aan een hoogwaardige en duurzame verdichting van de stedelijke omgeving waarbij het contact met de rivier positief versterkt wordt. Daarnaast ligt de kracht in de robuustheid van de dijk, namelijk een vergroting van de veiligheid door de grote breedte van de kering.
Bij de beweegbare rivierkeringen ligt de kracht vooral in de kleinere voetprint, de toegenomen baten en de icoonfunctie die de multifunctionele kering kan hebben. Elke beweegbare waterkering heeft een icoon functie in meer en mindere mate. Een multifunctionele kering in de Rijnmond zal een zeer sterkte icoonfunctie kunnen vervullen waardoor “imago building” en marketing grote baten zullen opleveren. Ook financiële exploiteerbaarheid, en een versterkte relatie met het waterlandschap en of stad zijn redenen om een multifunctionele kering te realiseren. Een nadeel is dat in vele gevallen de veiligheid niet toeneemt, maar extra aandacht verdeint. Zo zijn er meer processen rondom en op de kering die in kaart gebracht moeten worden omdat deze kunnen bijdragen aan de bedrijfszekerheid van de waterkering. De mate van “vervlechting” van de functies bepaalt in hoeverre de kering wordt beïnvloed door de nevenfuncties.

Door het combineren van functies is het mogelijk om het maatschappelijk “nut” van de verschillende functies groter te maken. Dit nut manifesteren zich in meer baten en/of in lagere kosten (t.o.v. het apart realiseren van de verschillende functies); bijvoorbeeld door minder materiaal en landgebruik en in een verbeterde ruimtelijke kwaliteit van het landschap. Een constructie dat het maatschappelijk nut efficiënter creëert is veelal duurzamer en is per definitie een innovatie. Innovaties zijn in de waterwereld niet vreemd, echter zijn ze bijna altijd technisch van aard. Hierdoor zijn de veranderingen en beheer, onderhoud en verantwoording klein. Beheerders van de waterkeringen dragen een grote verantwoording voor onze veiligheid en hebben dan ook liever geen “vreemde objecten” in hun keringen. Vanwege de grote verantwoordelijkheid dien er voor de ontwikkelingsfase van een innovatie dan ook nadrukkelijke afspraken gemaakt te worden tussen o.a. de “innovator”, beheerder en het rijk. Bijvoorbeeld: wanneer de innovatie geaccepteerd is en “normaal” getoetst kan worden. Het is belangrijk dat de innovatie, zeker in het geval van functiecombinatie, ondersteund wordt door een bestuurlijke innovatie voor daadwerkelijke realisatie en acceptatie.

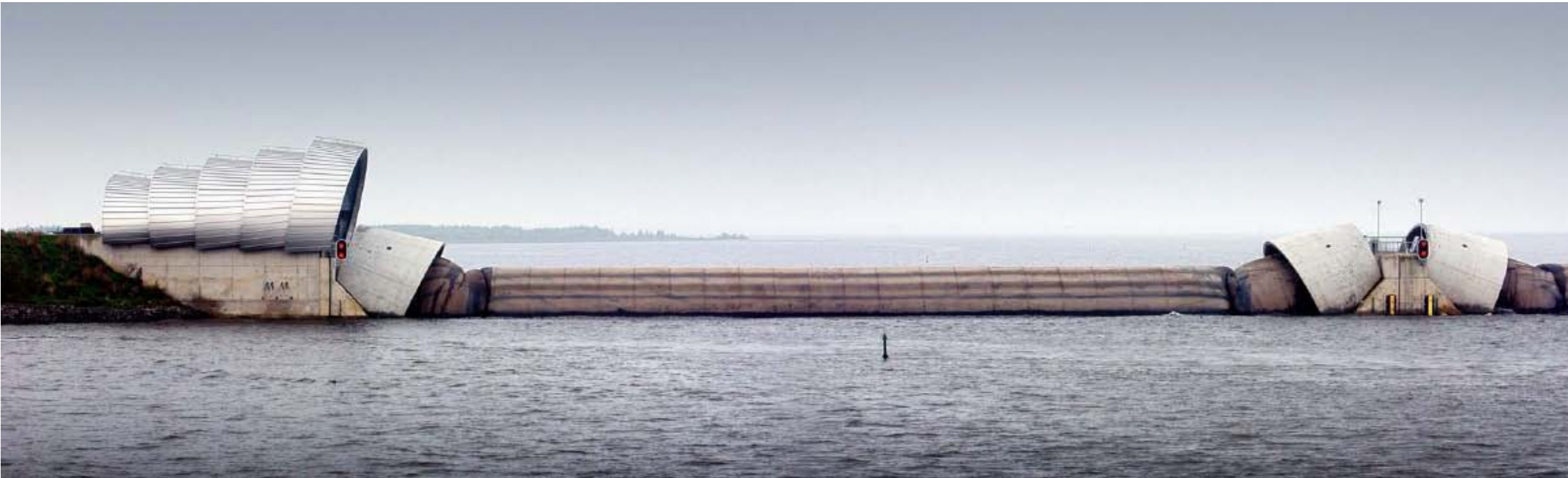
Beweegbare waterkeringen vormen bijna altijd een (tijdelijke) oeververbinding. Het is dan ook niet zo gek dat bestaande beweegbare keringen veelal gecombineerd zijn met bruggen. De Oosterscheldekering is een van de vele voorbeelden van een dergelijke brug – kering combinatie. Andere vormen van functiecombinaties bestaan er weinig. Dit is anders bij de rijke geschiedenis van bruggen waar ‘living bridges’ in de oudheid en in hedendaagse ontwerpen voorkomen. De diverse combinatie van functies bij bruggen kan dan ook richting en inspiratie geven in het ontwerpproces van multifunctionele beweegbare waterkeringen.

Het onderscheid in de typen beweegbare waterkering wordt gekenmerkt door het sluitingsmechanisme, oftewel het type “deur” (hefdeur,, vizierdeur, roldeur, opblaasbare balg). Elk type kering heeft andere eigenschappen en geeft verschillende mogelijkheden om nevenfuncties toe te voegen aan de kering. In deze deelstudie zijn verschillende type keringen en elementen van een beweegbare kering bekeken, samen met locaties en mogelijke nevenfuncties zijn concepten van multifunctionele beweegbare keringen ontwikkelt. De keuze voor een bepaald concept van een multifunctionele kering is uiteindelijk afhankelijk van de locatie met zijn specifieke randvoorwaarden, mogelijkheden en het type waterkering dat daar toepasbaar is. Dit bepaalt welke functiecombinaties wenselijk en mogelijk is.

De AOR-rivierkeringen liggen allemaal op de grens tussen het stedelijk gebied van de Rijnmond en het landelijk gebied van omliggende polders. De keringen vormen samen met het dijkenstelsel een barrière tegen het wassende water. Stadspoorten en waterpoorten in de vestigingsmuren van de middeleeuwse steden bieden dan ook een mooie vergelijking met de rivierkeringen voor de 21e eeuw. De ontwerpen van de nieuwe rivierkeringen vormen samen met de bestaande (Hollandse IJssel, Maeslant en Hartelkering) een serie van waterpoorten rondom de Rijnmond. Het is waardevol en wordt daarom ook aanbevolen om de keringen architectonisch expliciet als serie te benaderen. De kwaliteit van een seriematig ontwerp kan bijdragen aan de imagovorming van de Rijnmond en heel Nederland. Een serie wordt in de ontwerpwereld vaak gekenmerkt door een aantal overeenkomsten en verschillen in het ontwerp. De verschillen tussen de ontwerpen van de keringen zullen worden bepaald door de verschillende locaties.

De Beneden Merwede en de Dordtse Kil zijn beide zeer drukke scheepvaart waterwegen. De oevers langs de waterwegen zijn (gedeeltelijk) stedelijk van karakter door de vele havens. De havens van de Dordtse Kil worden intensief gebruikt. De oevers van de Beneden Merwede hebben uiteenlopende functies van de bedrijvige havens, oude dorpen

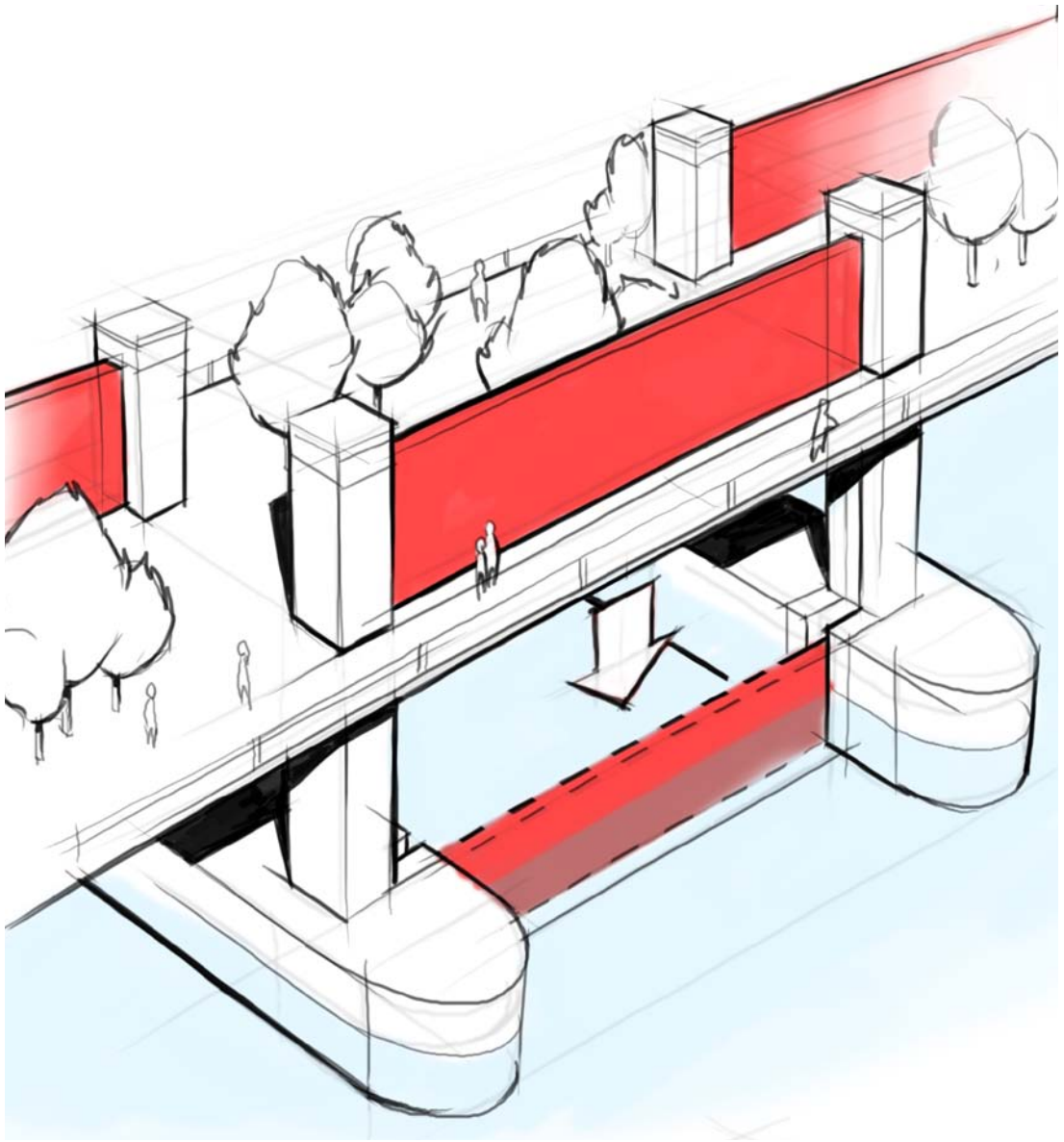
Balstuwkering bij Ramspol



tot de Dordtse Biesbosch. Een rivierkering in de Dordtse Kil leent zich dan ook voor een utilitaire (neven)functie. De Merwede kering, die twee stedelijke gebieden zal verbinden, voor een meer publieke functie.
Het Spui speelt als scheepvaartverbinding nauwelijks een rol maar heeft wel enige recreatievaart. De waterweg heeft een landelijk karakter. ‘Een dagje uit’ is dan ook typerend voor de mogelijke nevenfuncties van deze rivierkering. Maar ook de een combinatie met de nog aan te leggen verbinding van de autosnelweg A4 is interessant.
De Lek heeft het karakter van een typisch Hollandse rivier met brede uiterwaarden. De dijken, dorpen en polders langs de Lek vallen veelal onder cultuur historisch erfgoed. De rivierkering zal dan ook onopvallend vorm gegeven moeten worden waarbij de kering mogelijk de beleving voor de voetganger en fietser kan versterken.

De secundaire functie waarmee de waterkering een synergie aan gaat verschillen sterk per ontwikkeld concept. Terugkomende thema’s zijn infrastructuur, publieke ruimte, en gebouwen. Binnen deze thema’s wordt er gekeken naar verschillende functies die strekken van utilitaire functies tot recreatieve. De concepten laten zien dat er vele mogelijke functiecombinaties mogelijk zijn. Vergaande combinaties waar de kering bijvoorbeeld geïntegreerd is met een gedeelte van het gebouw en meer toegankelijke combinaties worden gevonden in de concepten van een drijvend sportpark en een tunnel in de drempel van de kering. Ook het gebruiken van de oppervlaktes van de openstaande deur voor reclame of ‘float-inn’ bioscoop is makkelijker toepasbaar omdat het niet erg conflicteert met de veiligheid van de kering.
Interessante functiecombinaties zijn gevonden met een meer utilitaire inslag voor dubbel gebruik van het mechaniek of de ruimte in en rondom de kering. Zoals: een algenkwekerij voor de opwekking van energie, opslagruimtes in de holle deuren, een kwekerij voor bijvoorbeeld paddenstoelen en een waterzuiveringsinstallatie lenen zich goed.
Een alternatief is het dubbel gebruik van een gehele constructie. Hiervoor is een interessant concept neergelegd waar de kraanconstructie in een overslaghaven tevens als kering dienst doet. Hier wordt er niet een functie toegevoegd aan de kering maar de kraan wordt ook gebruikt om de keerdeur van de kering in de waterweg te plaatsen. Als alternatief voor de eerder genoemde combinatie van een kering met een brug is een intensievere variant bedacht waar het wegdek de waterkering wordt.

Waar het publiek over het algemeen geweerd wordt van het kunstwerk, zou juist een slim ontwerp er toe kunnen leiden dat zowel de publieke als de waterkerende functie versterkt wordt. Het concept “hefdeurpark”, van de gepresenteerde concepten zie ook hoofdstuk 3, is hier een mooi voorbeeld van. Hier gaat een unieke parkbeleving hand in hand met een goed te inspecteren en te onderhouden waterkering. De negatieve ruimtelijke impact van de kering is verkleind en omgekeerd naar een positieve impact door de kering als een icoon te ontwerpen voor de waterdefentie van de Rijnmo. Deze deelstudie is een verkenning en zeker ook een aansporing om deze synergie tussen beleving en beveiliging van ons landschap op te zoeken en aan te gaan.



Hefdeurpark (p. 38)





Hoofdstuk 1

Van probleem tot kans

Synergie van de AOR rivierkeringen

Hoofdstuk 1
Van probleem tot kans
Synergie van de AOR rivierkeringen

1.1 Inleiding
Het project Afsluitbaar Open Rijnmond (AOR) onderzoekt de mogelijkheden voor de waterveiligheid van de regio Rijnmond voor de komende honderd jaar. Mogelijkheden worden bekeken van een watersysteem dat door middel van meerdere beweegbare waterkeringen de regio beschermt tegen het wassende water. Het concept van dit plan is opgenomen in het rapport van de Tweede Deltacommissie. De Deltacommissie heeft met het presenteren van het Deltarapport de waterveiligheid hoog op de agenda gezet. Ook vraagt ze om ‘een bredere kijk dan (water)veiligheid alleen’ door bijvoorbeeld te kijken naar multifunctioneel gebruik van land. De Deelgroep Multifunctionele Waterkeringen heeft een verkennende deelstudie uitgevoerd naar de mogelijkheden van multifunctioneel gebruik van de (beweegbare) waterkeringen in het plan van een Afsluitbaar Open Rijnmond [Deltacommissie, Samen Werken met water. Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst, 2008]

In dit deelrapportrapport wordt een beeld geschetst van de opgave voor de beweegbare AOR keringen in perspectief tot andere keringen. Er is gekeken naar de kansen van synergie met additionele functies en er is een aantal concepten gepresenteerd van hoe deze rivierkeringen van AOR er in de toekomst uit kunnen zien.

In dit hoofdstuk wordt een inleiding gegeven met de opgave, het kader een korte beschrijving in hoofdlijnen van de AOR keringen. In hoofdstuk 2 wordt een analyse uitgevoerd naar de bestaande beweegbare keringen, multifunctioneel en niet multifunctioneel en naar de locaties van de voorgestelde AOR-keringen. In hoofdstuk 3 worden concepten gepresenteerd van mogelijk multifunctionele keringen. Hoofdstuk 4 verbind de voorgaande hoofdstukken tot aanbevelingen per AOR-kering. Ook is in dit hoofdstuk nog een bespiegeling opgenomen over het ontwikkelen en toepassen van multifunctionele keringen.

1.2 Opgave
Naast de opgaven voor waterveiligheid, een uitdagend probleem van de toekomst voor de laag gelegen steden in de Rijnmond, speelt een andere opgave een belangrijke rol in deze deelstudie. Deze opgave is gerelateerd aan behoud van de kwaliteit van het landschap. Door intensief gebruik van onze delta wordt de ruimtelijke kwaliteit veelal bepaald door civiele werken die sterk functioneel ontworpen zijn. Kijkend naar de waterwerken kan worden gesteld dat deze een grote invloed hebben op de indeling en het uiterlijk van ons landschap. De waterwegen, dijken, polders, gemalen en stormvloedkeringen zijn daarbij ook een belangrijk onderdeel van ons huidige beeld van het “traditionele Hollandse landschap”.

De verwachting is dat door klimaatveranderingen en mogelijk aangescherpte normering, daar waar ons geïnvesteerde kapitaal sterk is toegenomen, waterkunstwerken gebouwd en versterkt moeten worden. Tel daar het intensieve landgebruik bij op dan betekent dit dat de ontwerpen van deze keringen letterlijk en figuurlijk dicht op de huid van de bevolking zullen zitten. Vooral de keringen in stedelijke gebieden vragen om extra aandacht. Ten eerste kampen deze keringen met ruimtegebrek in de stedelijke gebieden en ten tweede zijn de eisen aan deze keringen hoog door de dichtbevolkte en economische ontwikkeling in de polders achter deze keringen.

Waterkeringen vormen de grens tussen land en water en zullen wederom invloed hebben op de ervaring van ons toekomstig landschap. Verder is er een tendens in Nederland, zoals ook beschreven door de Tweede Deltacommissie, waarin er een nieuwe kijk op onze waterwerken ontstaat: de waterkeringen moeten niet alleen aan hun primaire functie voldoen maar ook integraal zijn opgenomen in hun omgeving en zodoende meerdere functies voor de maatschappij kunnen vervullen, ofwel ze moeten “synergie” creëren. De uitdaging is dan ook om deze tendens om te zetten in ontwerpen voor waterkeringen van de toekomst.

De vraag is waartoe combinaties van functies bij beweegbare waterkeringen kan leiden en welke synergiemogelijkheden er

potentieel aanwezig zijn. Dit zullen veelal innovatieve keringen zijn, waarbij het “nut” van de kering vergroot wordt (zie ook paragraaf 4.3.) De concepten gelden voor alle beweegbare keringen, hiernaast richt dit rapport zich op beweegbare rivierkeringen van een Afsluitbaar Open Rijnmond. In het laatste hoofdstuk van dit rapport zijn de synergiemogelijkheden voor AOR weergeven.

1.3 Kader

Om te bepalen welke type beweegbare rivierkeringen in de toekomst in de Rijnmond toegepast kunnen worden is het relevant om een kader te scheppen van de huidige mogelijkheden.
In deze studie is er voor gekozen om dit niet (enkel) een technisch kader te laten zijn. Dit omdat één van de meest doorslaggevende (of tot nu toe veelal remmende) elementen in de realisatie van multifunctionele keringen het beslisproces is. Om alle obstakels van beheer, beheerders, verantwoordelijkheden, faalkansen en investeerders te kunnen overwinnen moet er een sterk geloof in de oplossing en politieke enthousiasme zijn. Er moet meer aandacht komen voor het potentiële “nut” van de kering en de waarde van de synergie die een integraal multifunctioneel kunstwerk kan geven. Het nut wordt voor een groot deel door cijfers beïnvloed, echter synergie laat zich minder goed vatten in cijfers. Deze ontwerpstudie is een eerste poging om het geloof te vergroten en te sterken door concepten te genereren van multifunctionele beweegbare waterkeringen. Iconen die synergiemogelijkheden aangeven en een doorkijkvenster geven naar innovatieve beweegbare waterkeringen. De iconen dienen er voor dat er bij de plan- en besluitvorming van a.o. Afsluitbaar Open Rijnmond gekeken wordt naar de mogelijke kosten en potentiële baten.

Voorgaande is een “zwart-wit benadering” omdat er altijd al dammen en dijken zijn geweest die al multifunctioneel zijn, bijvoorbeeld omdat er een weg overheen loopt. In deze studie is dan ook gekeken naar de mogelijkheden van multifunctionaliteit van de keringen, het delen van elementen, die verder gaan dan bestaande deling van functies.

1.4 Rivierkeringen van Afsluitbaar Open Rijnmond

De rivierkeringen voor een Afsluitbaar Open Rijnmond zijn geen stormvloedkeringen voor zee of een meer, maar het zijn ook geen typische rivierkeringen die we uit de eerste helft van de twintigste eeuw kennen. Deze rivierkeringen, stuwen, hebben als doel om bij lage afvoeren het water vast te houden zodat de scheepvaart gebruik kan blijven maken van de rivier. In de tweede helft van de twintigste eeuw zijn er meerdere stormvloedkeringen gebouwd om de zee buiten te houden. De rivierkeringen van AOR zijn keringen die bij hoge rivierafvoeren het water een andere kant op sturen. Dit betekent dat er een nieuwe ontwerpopgave ligt waarbij de stuwen en stormvloedkeringen uit de vorige eeuw niet simpelweg overgenomen of gecombineeerd kunnen worden.

Ook bevinden de keringen zich op een specifieke randlocatie rondom het stedelijk gebied van de Rijnmond: een randlocatie tussen stad en land. Ondanks deze universele conditie bevinden de keringen zich wel allen in specifieke gebieden die vragen om andere oplossingen, variërend bijvoorbeeld van een groene vogelrijke omgeving op de Lek, waar de uiterwaarden breed zijn, tot de stedelijke waterfronts bij Dordrecht en Rotterdam. En van rustige recreatieve vaarwegen als het Spui tot een van de drukste scheepvaartroutes op de Nieuwe Merwede en Dordtsche Kil.

Beweegbare keringen vormen vaak een obstakel in het landschap. Het zijn autonome objecten die hooguit een of enkele malen per jaar hun functie vervullen. Een aantal (relatief) nieuwe type keringen heeft minder visuele ruimtelijke impact, maar de meer bewezen, traditionele oplossingen, zoals de hefdeurkering, hebben een grote ruimtelijke impact. Men kan zich voorstellen dat de vraag voor multifunctionaliteit groter wordt naarmate de druk op de ruimte hoger wordt, dus met name in het stedelijk gebied. In overwegend ‘groene’ gebieden is de vraag groter naar keringen met een zo klein mogelijke ruimtelijke impact om het karakter van het natuurlijke landschap te behouden (denk hierbij aan de voorgestelde kering bij Lexmond).





Hoofdstuk 2

Analyse

Beweegbare keringen en de grens tussen stad en polder

Hoofdstuk 2

Analyse

Beweegbare keringen en de grens tussen stad en polder

2.1 Inleiding

Deze analyse schept een kader voor de nieuwe concepten van de multifunctionele keringen. Bestaande beweegbare (multifunctionele) keringen worden kort besproken waarbij ook de rijke historie van bruggen wordt beschreven. Vervolgens zijn de technische en landschappelijke randvoorwaarden voortkomend uit de locaties van Afsluitbaar Open Rijnmond aangegeven. Naast de oorspronkelijke AOR-locaties zijn ook twee alternatieve locaties aangegeven die buiten de Rijnmond liggen, maar wel het binnen het onderzoek voor een veilige Rijnmond (kunnen) vallen.

2.2 Bestaande multifunctionele keringen

Een wel veelvuldig voorkomende extra functie is de toevoeging van een brug bij een beweegbare kering. Aangezien de kering een oversteek maakt over een waterweg is het een kosten- besparing om beide te combineren. De hoofden en fundatie van de kering worden ook gebruikt als oplegging en fundatie van de brug. Mooie voorbeelden waar kering en brug geïntegreerd zijn, zijn te vinden bij de Oosterscheldekering en de Haringvlietdam. Vaak zijn de twee functies (brug en kering) relatief gescheiden uitgevoerd waardoor veiligheidsaspecten van beiden elkaar weinig beïnvloeden.

Een minder ingrijpende combinatie van functies is het aanbrengen van afbeeldingen op een hefdeur. Er zijn geen voorbeelden van commerciële exploitatie, maar wel van publieke promotie en kunstuitingen. Zo heeft het Project Hollandse IJssel een reclame geplaatst voor een ‘Mooier, Schoner, Hollandscher IJssel’ op de kering in de gelijknamige rivier, en heeft Rijkswaterstaat ‘artwork’ laten maken op de hefdeur van de Prinses Marijke sluis.

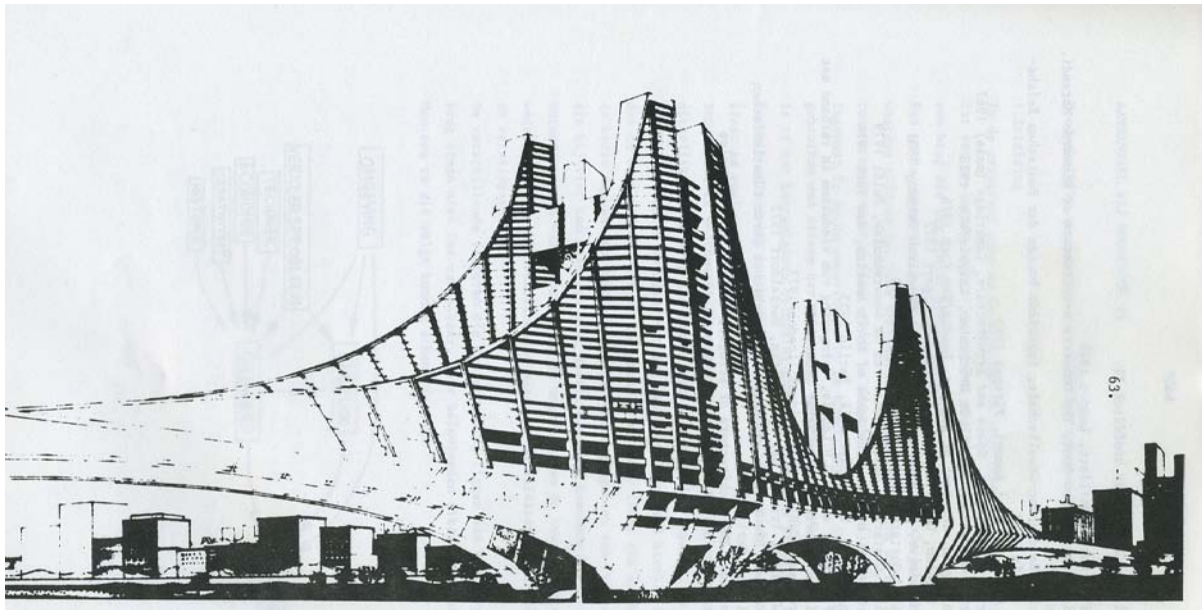
multifunctionele keringen vlnr. reclame Rijkswaterstaat op Prinses Marijkesluis, raftbaan vispassage Tees kering.





De combinatie van een sluis of beweegbare kering met een gebouw-functie bestaat niet maar is ook niet ondenkbaar. De mogelijkheid voor het “bevolken” van een keringdeur wordt gedemonstreerd in het Amsterdam-Rijnkanaal waar zich een schietvereniging in een plofsluis bevindt. Deze kering is echter niet meer functioneel als waterkering.
Een ander bestaand voorbeeld van gemengde functies is te vinden in Engeland. De ‘Tees barrage’ is een monumentaal stuwcomplex dat nog steeds in gebruik is. Hier is niet de kering zelf maar de vispassage multifunctioneel ingericht als wildwaterbaan.
Geconcludeerd kan worden is dat er maar enkele voorbeelden van bestaande multifunctionele beweegbare keringen zijn. Echter de functies zijn vaak niet sterk “vervlochten” of op kleine schaal.

In de literatuur zijn weinig visionaire ontwerpen van multifunctionele beweegbare keringen. Voor bruggen zijn deze echter wel te vinden. De geschiedenis van de brug dateert tot in de oudheid en demonstreert prachtig hoe de ontwikkeling van diverse bouwstijlen zich in de loop van de geschiedenis ontwikkeld hebben terwijl de beweegbare waterkeringen zoals we die nu toepassen vrijwel allemaal uit de 20e eeuw dateren. Kijkend naar deze voorbeelden van multifunctionele, bebouwde bruggen, ook wel ‘living bridges’ genoemd, dan zie je een meanderende geschiedenis:
Rond 1200 is waarschijnlijk het idee van ‘living bridges’ ontstaan uit gebrek aan ruimte in de ommuurde steden of om meer rendement te halen uit een bouwwerk of stuk grond.
Het oudst bekende voorbeeld is het ontwerp van de Old London Bridge. Op deze brug stonden vers chillende bouwwerken zoals

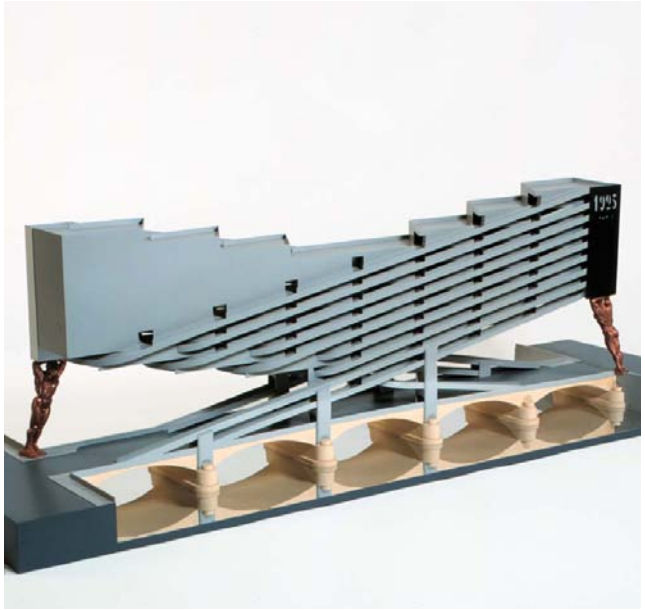




multifunctionele bruggen. boven ontwerp voor woonwijk in brug, East River bridge N.Y.C. J. Chapman &G. McClure 1973
onder Ponte Vecchio Florence 1345

watermolens, korenmolens, herbergen en winkels. Een van de beroemdste bestaande historische voorbeelden is Ponte Vecchio in Florence uit 1345. De bebouwde bruggen verdwenen aan het begin van de negentiende eeuw langzaam uit het stadsbeeld, waar snelle mobiliteit de overhand kreeg. Er zijn nog wel bijzondere plannen gemaakt zoals een ontwerp van een parkeergarage-brug over de Seine van de Russische architect Konstantin Melnikov uit 1925. Tegen het einde van de 20e eeuw ontstaat er weer meer belangstelling voor het concept. Zo is er onlangs een wedstrijd uitgeschreven voor een ‘living bridge’ over de Thames in Londen door de Royal Academy of Arts en zijn er plannen om in Portland een marktbrug te ontwerpen, terwijl in 1994 de (vernieuwde) Galatabrug in Istanbul is gerealiseerd. Deze rijke geschiedenis van multifunctionele bruggen illustreert de mogelijkheden voor de toekomst van de waterkeringen.







multifunctionele bruggen boven Living Bridge Duisburg, Hadi Teherani 2009 onder Old Londen Bridge rond 1200; links ontwep voor parking en brug, Parijs, K. Melnikov, 1925



Huidige Galatabrug, Istanbul, 1994

2.3 Bestaande beweegbare keringen

Het onderscheid in de typen beweegbare waterkeringen wordt gekenmerkt door het sluitingsmechanisme, oftewel het type “deur” (hefdeur, roldeur, opblaasbare balg). Een verscheidenheid aan types keringen zijn in een eigenschappentabel opgesomd. [Design of Movable Weirs and Storm Surge Barriers, PIANC InCom WG26, 2005] De eigenschappen, zoals de toepasbare breedte en hoogte van de deuren, bepalen in sterke mate welke type keringen geschikt zijn voor de Afsluitbaar Open Rijnmond rivierkeringen.

Tabel

In de tabel op de volgende pagina’s (p. 22 - 23) staat een overzicht van de diverse keringen met hun verschillende sluitingsmechanismen. Uit de tabel valt af te lezen wat voor eigenschappen de verschillende type keringen en sluitingsmechanismen hebben in vergelijking met elkaar en daar waar gedeelte toegespitst op de AOR locaties. Doormiddel van een kleurcode zijn deze eigenschappen grofweg op waarde geschat; de gegeven getallen zijn indicatief.

Benadrukt wordt dat deze tabel niet universeel is en dat elke kering in combinatie met de locatie (en haar randvoorwaarden) vaak een uniek ontwerp oplevert. Bij het ontwerpen spelen vele verschillende aspecten een belangrijke rol in de keuze van het type kering en het verdere ontwerp van die kering. Enkele randvoorwaarden zijn de breedte van de waterweg, het debiet en sedimenttransport, de benodigde scheepvaartcapaciteit, waterstanden en golfcondities en de bodemsamenstelling.
Voor de AOR rivierkeringen valt op dat de breedtes van de waterwegen gehandhaafd moeten worden voor de water- en sedimentafvoer en de scheepvaartcapaciteit. De rivierkeringen moeten dus (relatief) breed zijn of uit meerdere deuren naast elkaar bestaan. Ook de scheepvaartbelemmering, en dus het aantal middenhoofden en deuren, moet veelal beperkt blijven, terwijl de doorvaarthoogte gehandhaafd moet blijven. Verder moet er een vrij groot waterstandverval over de deur(en) (in de tabel ook ‘head’ genoemd) opgevangen worden in de orde grootte van 4 à 5 meter. Zie ook de volgende paragraaf, technische randvoorwaarden.

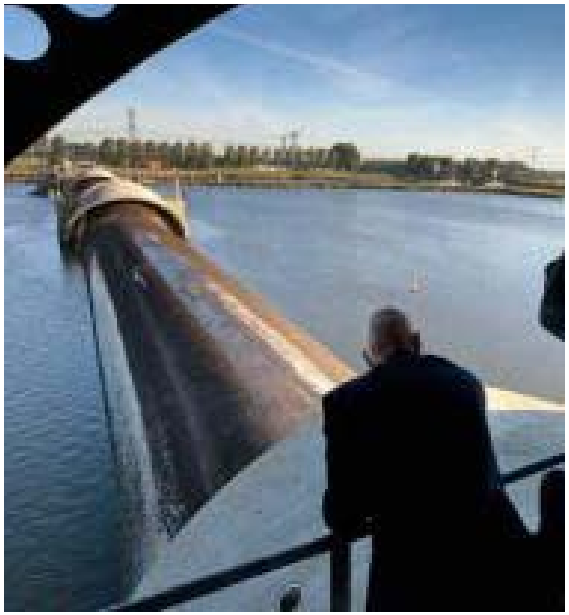
In de tabel valt te zien dat de segmentdeur (Maeslantkering), de rolstuw, de punt- en waaierdeur en de swingdeur om diverse redenen minder goed scoren, hoewel laatstgenoemde wel veel inspiratie voor multifunctioneel gebruik geeft (zie het volgende hoofdstuk). De keringen die positief beoordeeld worden zijn allereerst conventionele keringen waar veel ervaring mee is. De hefdeur en de sectordeur zijn hiervan twee voorbeelden; met het bewegingsmechanisme van boven naar beneden hebben ze in principe een lage faalkans. Aan de andere kant scoren modernere keringen, zoals de automatisch opdrijvende deur, de balgstuw en de parachutekering, ook goed. Alle drie de keringen zijn met (relatief) moderne materialen, in dit geval kunststoffen een duurzaam en veelal goedkoper alternatief. Aan de duurzaamheid draagt minder materiaalgebruik, minder landschappelijke impact, mogelijk hergebruik van materiaal bij. Deze aspecten kunnen een grote invloed hebben op de besluitvorming van het toe te passen type kering.

Faalkans

Een belangrijk aspect is de faalkans: dit is de kans dat de kering niet sluit wanneer nodig of dat de kering om een andere reden niet waterkerend is . De faalkans kan per type kering sterk verschillen, maar de uitwerking van het ontwerp en de randsystemen, zoals de voorspelling van de waterstanden, zijn vergelijkbaar en bepalen mede de faalkans.
Het voldoende laag krijgen van de faalkans is een ontwerpopgave die afhankelijk is van de specifieke condities van het ontwerp en haar omgeving. De vergelijking van de faalkans per type zoals die in de matrix staat is dan ook louter indicatief.

Een lage faalkans kan gerealiseerd worden door een relatief eenvoudig systeem te ontwerpen: een elegante, “straight-forward” oplossing waarbij de ene oplossing niet een ander probleem introduceert. De hoeveelheid beweegbare delen en handelingen om te sluiten dienen daarbij beperkt te zijn. Een hefdeur heeft bijvoorbeeld een relatieve lage faalkans, doordat de deur door de zwaartekracht sluit en er veel ervaring is met het ontwerp, de bediening en het onderhoud.

Niet alleen het technische ontwerp bepaalt de faalkans. Ook de besturing, computersystemen, voorspelfout van de waterstanden spelen een belangrijke rol. Ter toelichting: een softwaremodel voorspelt de waterstand waarbij de kering gesloten moet worden, zodat deze tijdig gesloten is. Echter door een “slim” ontwerp kunnen deze bedragen in de faalkans wel verkleind worden. Voor een kering die snel gesloten kan



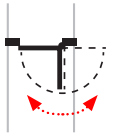


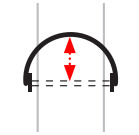
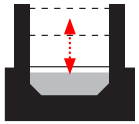
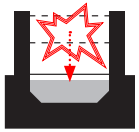
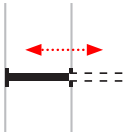
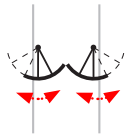
worden hoeft de voorspelling minder ver in de toekomst te liggen, waardoor de bijbehorende voorspelfout relatief klein is.

Multifunctionele keringen kunnen zowel een positieve als negatieve invloed hebben op de faalkans. Meer functies betekent in principe meer processen en dus meer potentiële risico's die kunnen leiden tot falen van de kering. Maar een brug als extra functie maakt inspectie en onderhoud beter mogelijk en kan ook bijdragen aan een simpel sluitingsmechanisme of meer punten om krachten naar af te dragen.



bestaande keringen linksboven balgstuw bij Ramspol; boven plofsluis; onder hefsluis

TYPE DEUR / BEWEGINGS-MECHANISME	EIGENSCHAPPEN												
	maximale breedte deur [m]	maximale hoogte deur [m]	maximaal verval [m]	modulair uitbereidbaar [ja/nee]	2 richtingen keren [ja/nee]	gecontroleerd waterlevel [ja/nee]	schutsluis functie [3] [ja/nee]	openen met head mogelijk [ja/nee]	scheepvaart belemmering[2] [categorie]	materiaal gebruik [categorie]	faalkans gevoeligheid[1] [categorie]	onderhoud [categorie]	zichtbaarheid [categorie]
 sectordeur	15 - 40	8	2	ja	mogelijk	nee	mogelijk	?	geen	groot	groot	groot	gemiddeld
 balg	20 - 120	10	6	ja	ja	nee	nee	?	geen	laag	gemiddeld	laag	laag
 klep	2 - 6	8	2	ja	nee	nee	mogelijk	?	geen	gemiddeld	groot	groot	laag
 puntdeur	4 - 20	25	10	ja	nee	nee	ja	?	gemiddeld (beetje smal)	gemiddeld	laag	gemiddeld	gemiddeld
 swingdeur	20 - 80	20	6	nee	mogelijk	nee	nee	?	geen	groot	groot	laag	groot
 rolstuw	10 - 50	5	2	ja	nee	ja	nee	?	groot	groot	gemiddeld	groot	groot
 waaierdeur	4 - 20	20	10	nee	nee	nee	ja	?	gemiddeld (beetje smal)	groot	laag	gemiddeld	gemiddeld
 opdrijvende deur	5 - 50	5	2	ja	ja	nee	mogelijk	?	geen	gemiddeld	gemiddeld (kan auto, maar kan ook vast zitten)	groot	laag

TYPE DEUR / BEWEGINGS-MECHANISME	EIGENSCHAPPEN												
	maximale breedte deur [m]	maximale hoogte deur [m]	maximaal verval [m]	modulair uitbereidbaar [ja/nee]	2 richtingen keren [ja/nee]	gecontroleerd waterlevel [ja/nee]	schutsluis functie [3] [ja/nee]	openen met head mogelijk [ja/nee]	scheepvaart belemmering[2] [categorie]	materiaal gebruik [categorie]	faalkans gevoeligheid[1] [categorie]	onderhoud [categorie]	zichtbaarheid [categorie]
 Poiree / schotten	1 - 4	5	3	ja	ja, = goed mogelijk	ja	nee	?	groot	groot	laag	veel	groot
 vizier (hor. as)	15 - 65	10	3	ja	mogelijk	ja	nee	?	gemiddeld	laag	laag	gemiddeld	groot
 radiaal stuw / sectordeur	20 - 100	8	6	ja	nee, = heel slecht mogelijk	ja	nee	?	groot	gemiddeld	laag	gemiddeld	groot
 hefdeur	10 - 60	12	4	ja	ja	ja	ja	?	gemiddeld	groot	laag	gemiddeld	groot
 plofdam	5 - 40	5	1	ja	ja	nee	nee	?	groot	groot	laag	laag (het is een weggooi kering)	groot
 roldeur	10 - 60	20	6	nee	ja	nee	ja	?	geen	groot	groot	groot	gemiddeld
 parachute	5 - 250 ?	20	5	ja	mogelijk	nee	mogelijk	?	geen	laag	gemiddeld	laag	laag
 segmentdeur	20 - 360	20	2	nee	nee	nee	nee	?	geen	gemiddeld	groot	groot	groot

2.4 Technische randvoorwaarden locaties

In deze paragraaf zijn de technische randvoorwaarden van de locaties van de beweegbare keringen binnen Afsluitbaar Open Rijnmond besproken. Per aspect wordt er toelichting gegeven en in onderstaande tabel zijn geschatte cijfers gepresenteerd die afkomstig zijn uit het afstudeerwerk van F. van der Ziel. (Zie voor onderliggende referentie, berekeningen en afwegingen dan ook: Movable water barrier for the 21ste century, F. van der Ziel, Master thesis TU Delft, 2009.)

Scheepvaart

Alle waterwegen in Europa zijn opgedeeld in vaarweg CEMT-klasse. Deze klasse geeft aan met welk maatgevend type schip, fysiek grootst mogelijke, de waterweg bevaren kan worden. De grootste klasse is VIc, waarin duwstellen vallen die langer zijn dan 200m. Deze CEMT-klasse moet ook gewaarborgd worden voor de toekomst wat inhoud dat de minimale dimensies, in breedte, diepte en hoogte, van de beweegbare waterkeringen bepaald worden door deze scheepvaart klasse. Ook de capaciteit van de waterweg mag niet sterk verminderd worden. Gezien het veelal relatieve drukke waterwegen betreft is ook lokale vernauwing van de vaart niet wenselijk.
Voor de prognoses van de toename in scheepvaart passages en grote van de schepen wordt verwezen naar de scheepvaartrapportage van het AOR-onderzoek. Voor deze deelstudie is enkel van belang dat de groei van de binnen scheepvaart beperkt is gezien de fysieke barrières in de waterwegen. Bestaande bruggen, nauwe bochten en rivierdieptes laten geen grotere schepen toe. Er kan dus vanuit gegaan worden dat de bestaande randvoorwaarden ook voor de toekomst (grofweg) gehandhaafd kunnen worden.

Waterstanden en afvoeren

In de Rijnmond liggen de gemiddelde waterstanden ongeveer een halve meter boven NAP. Het getij is hier actief in orde van decimeters en de normale lage waterstanden, referentie voor benodigde diepgang, liggen net onder NAP.
De getij stromingen en afvoer vanaf de rivieren zorgen voor een dagelijks maximaal debiet. Deze is in de Lek en Beneden Merwede ongeveer 1050 m3/s en voor het Spui en Dordtsche Kil respectievelijk 790 en 1890 m3/s. De Dordtsche Kil vormt in het gehele watersysteem een belangrijke connectie tussen de noordelijke gelegen Oude en Nieuwe Maas en het zuidelijk gelegen Hollands Diep en Haringvliet.

De Lek en de Beneden Merwede zijn rivieren die ook hoogwatergolven vanaf de rivier moeten kunnen afvoeren naar zee. Dit geldt in (sterk) mindere mate voor de Dordtsche Kil en het Spui. Voor de Beneden Merwede moet ook rekening gehouden worden met sedimenttransport. Beide aspecten leggen minimale breedtes op aan de doorstroom openingen van de beweegbare keringen.
De toekomstige waterstanden voor en achter de gesloten keringen zijn hier niet gegeven. Geschat is dat het verval over de rivierkeringen circa 3,5 tot 5,5 meter zal bedragen. [Master Thesis, Movable water barrier for the 21ste century, F. van der Ziel, 2009]

Bestaande constructies

De bestaande constructies, zoals bruggen en tunnels, die de waterwegen kruisen kunnen als referentie genomen kunnen worden voor de minimale breedte en doorvaart hoogte.

In de tabel zijn de boven genoemde punten samengevat en gekwantificeerd. Ook is er een vertaling gemaakt naar de benodigde hoofddimensies van de beweegbare waterkeringen. Dit zijn geschatte waardes voor de drempel diepte, totale (wenselijke) breedte van de doorgang (maat voor de deur breedte van de beweegbare kering) en een minimale doorvaart hoogte voor een vaste brug constructies. Voor meer achtergrond van deze geschatte waardes wordt verwezen naar [Master Thesis, Movable water barrier for the 21ste century, F. van der Ziel, 2009].

	waterweg					benodigde dimensies (geschat)		
	breedte [m]	gem. waterstand [m NAP]	CEMT-klasse	beroepsvaart	constructies [m NAP / m]	drempel diepte [m NAP]	totale breedte doorgang [m]	hoogte [m NAP]
Spui	140	+0,4	Va	recreatie	-	-5,1	100	-
Dordtsche Kil	260	+0,5	Vlc	zeer druk	tunnel -4,9 / 220	-5,1	220	+35,0
Beneden Merwede	230	+0,6	Vlc	zeer druk	brug +13,1 / 180	-5,1	200	+13,2
Lek	250	+0,8	Vla	redelijk druk	brug +15,5 / 110	-4,8	150	+15,6

technische randvoorwaarden per locatie

Technische randvoorwaarden

- Lek zomerbed ter hoogte van (net westelijk van) Lexmond is 150m, winterbed (zomerbed plus uiterwaarden) is tussen de 700 en 1400m

- De genoemde constructies in de tabel zijn de bestaande constructies met voor de tunnel de garandeerde diepgang t.o.v. normaal laagwater, voor de brug onderkant brughoogte en de breedte van de waterdoorgangen

- De benodigde doorgangbreedte is de grootste van de minimale breedte benodigd voor de scheepvaart dan wel voor de afvoer van water of sediment

- De staande mast route gaat door de Dordsche Kil, waardoor de benodigde doorvaarthoogte 35m is, oftewel: een beweegbare brug nodig is

- Zie voor een uitgebreidere analyse: Master Thesis, Movable water barrier for the 21ste century, F. van der Ziel, 2009.

bestaande keringen vlnr. Visierstuw Hagestein/Driel; hefdeur kering Kromme Nol

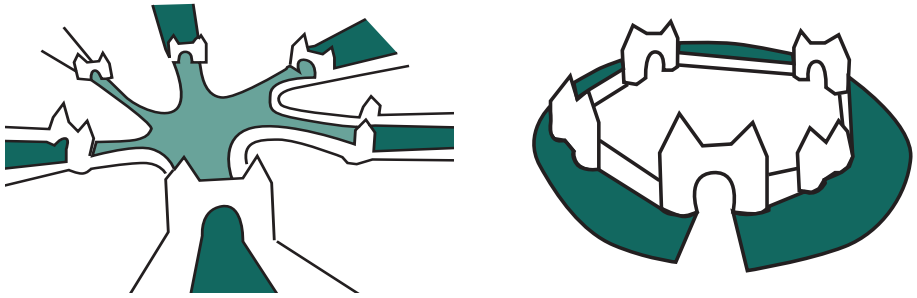




2.5 Stadspoorten

Alle keringen, de bestaande en nieuwe rivierkeringen, in de Rijnmond vormen samen met de primaire dijken een beschermingsring rondom het stedelijk gebied. In de bespiegelingen over het toekomstig ontwerp en de betekenis van deze kunstwerken is het interessant om deze keringen in een historische context te plaatsen. Voor een betekenisvol ontwerp kan een vergelijking getrokken worden met historische stadspoorten.

Stadspoorten stammen uit de Middeleeuwen en zijn poortgebouwen die de in- en uitstroom van personen en goederen van de stad of stedelijk gebied controleren. De poorten dienden ter beveiliging en controle van de stad. Naast deze poortfunctie waren, en zijn het zelfs nog vandaag te dag zonder hun historische context van een stadsmuur, iconische bouwwerken van grote waarde. Een minder bekende variant van de stadspoort is de ‘waterpoort’. Een Waterpoort is zoals een stadspoort ook een poort in de vestingmuur die in plaats van een weg een rivier of gegraven waterweg toegang biedt tot de stad en de haven. De keringen van het AOR kunnen in deze context met recht een moderne versie van een dergelijke waterpoort genoemd worden. De nieuwe keringen controleren de in- en uitstroom van rivier- en zeewater, en daarmee ook van schepen, goederen en personen. De concepten in deze studie gaan qua ontwerp niet in op hun functie als waterpoort gezien de concepten hier niet vergenoeg voor uitgewerkt zijn. Deze iconische functies van waterpoorten is een mooie uitgangspositie bij de toekomstige ontwikkelingen, studies en architectonische ontwerpen van de keringen. Het is waardevol om de keringen expliciet als serie te benaderen. De kwaliteit van een seriematig ontwerp kan bijdragen aan de imagovorming van de Rijnmond.
Een serie wordt in de ontwerpwereld vaak gekenmerkt door een aantal overeenkomsten in de ontwerpen en een aantal verschillen. De overeenkomst kan met behulp van een standaard palet aan kleuren, materialen en vormen gemaakt worden. Als alternatief zou ook een terugkerend element de kunstwerken als serie herkenbaar kunnen maken. De verschillen tussen de ontwerpen van de keringen zullen worden bepaald door de verschillende locaties. Zoals te zien in par. 2.4 hebben zowel de omliggende landschappen als de waterwegen verschillende condities. In de (landschaps-) architectuur is het gebruikelijk om deze aan te grijpen als sturende elementen voor het ontwerp. Zo zullen de verschillende ontwerpen van de serie goed aansluiten bij de verschillende locaties.



Concept afbeeldingen Stadspoort versus Waterpoort.



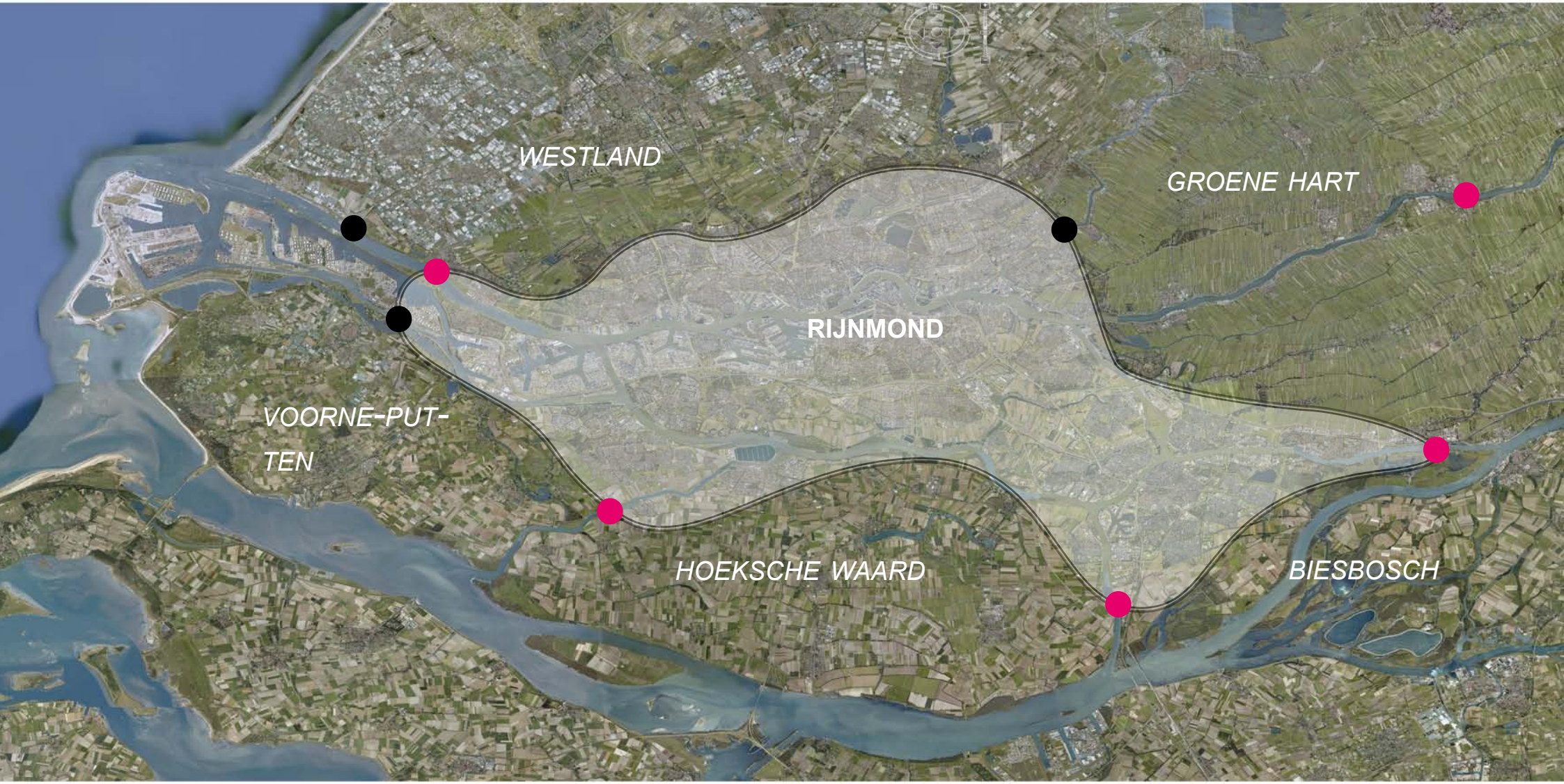
De Amsterdamsche Poort

Mogelijke locatie Nieuwe AOR-kering [uit voorstel Deltacommissierapport]

Bestaande beweegbare waterkering

Stedelijke gebied Rijnmond

De afsluitbare waterkeringen komen op de grens van het stedelijk gebied van de Rijnmond en omringende groene gebieden




het Spuykanaal de Schuddebeursdijk

Spui
Het Spui is een overwegend recreatieve rivier. Met relatief weinig scheepvaart (tussen de 10.000 en 25.000 passages per jaar) en relatief veel recreatievaart (ongeveer 1 op 1 t.o.v. beroepsvaart) is het een rustige rivier. [Scheepvaartinformatie Hoofdwatergen editie 2009, Rijkswaterstaat DVS]
Het aangrenzende landschap is dat van de Zuid Hollandse eilanden Voorne Putten en de Hoeksche Waard. Ook deze hebben een recreatieve waarde met hun groene polderlandschap. Aan de noordzijde van het Spui bevinden zich de dorpen van Oud-Beijerland en Spijkernisse. Deze laatste hebben wel plannen voor uitbreiding, echter in beperkte mate. De groene eilanden bewaken hun grenzen. Hiermee herbergt de locatie op het Spui nu en in de toekomst een overwegend harde grens van de nieuwbouw van Rijnmond-Zuid (Spijkernisse) en traditioneel Hollandse polderlandschap.

Beneden Merwede
Naast dat de Beneden Merwede een zeer drukke scheepvaart route is, kent de waterweg diverse waterfronten. Aan de noord-rand bevindt zich een bevolkt waterfront met overwegend veel woningen en kleinschalige bedrijvigheid strekkend van Papendrecht langs Sliedrecht, en Nederhardinxsveld tot en met Hardinxveld-Giessendam waar de Beneden Merwede aansluit op de Boven en Nieuwe Merwede. Er bevindt zich een aantal kleine havens langs deze noordrand en op een aantal plaatsen vind je openbare ruimte op de waterfronten zoals weg, park of boulevard, maar voornamelijk vind je er veel versplinterd privaat gebied. De zuidrand van de Beneden Merwede ziet er totaal anders uit. Langs de oosthelft van dit waterfront ligt de Dordtse Biesbosch. Verder richting het westen bevindt zich de 3e Merwedehaven dat nu nog een stortplaats is. Dordrecht wil dit tot 2017 blijven gebruiken en in de toekomst transformeren tot groengebied. Links naast deze haven bevindt zich een golfclub met daarnaast een spoortunnel. Links van de spoortunnel bevinden zich oude havengebieden zoals het oude EZH-terrein met de brug voor de N3 en het gebied ‘de Staart’ dat gekoppeld is aan het historisch centrum van Dordrecht. Voor deze gebieden worden diverse plannen ontwikkeld waaronder revitalisering van bedrijventerreinen, transformatie tot woningbouw- en centrumgebieden en OV-verbinding met de waterbus en fastferry. Door de versnippering van de waterfronten zal het toekomstige type ontwerp van de beweegbare waterking op de Beneden Merwede enorm afhangt van de locatie waarop hij gepositioneerd wordt. Het ontwerp kan variëren van een kleinschalig ontwerp dat de kleine dorpen rond Giessendam verbind met het Nationaal Park van de Dordtse Biesbosch tot een medium-grootschalig ontwerp richting het centrum van Dordrecht dat de verschillende mobiliteiten (waterbus, N3, OV richting het centrum) met elkaar kan verbinden.

Dordsche Kil
De Dordtse Kil is een van de drukst bevaarde waterwegen van Nederland (meer dan 125.000 passages per jaar) waarbij het overgrote deel beroepsvaart is (globale verhouding van 5 op 1). [Scheepvaartinformatie Hoofdwatergen editie 2009, Rijkswaterstaat DVS]
De oevers langs het zuiden bestaan voornamelijk uit laagwaardig open dijken met een omgeving van veel landerijen. Bij de zuiderlijke aansluiting op het Hollandsch Diep bevindt zich een spoortunnel en een vakantiepark met een Jachthaven. Ten noorden van de spoortunnel, ten hoogte van Dordrecht, bevind zich het dorp ‘s-Gravendeel achter de westelijke dijk. Dit dorp heeft vrijwel geen relatie met de dijk of het water. De Noord-oostkant wordt gedomineerd door de havens van Dordrecht. De belangrijkste restrictie voor deze locatie wordt bepaald door de scheepvaart en de locatie van de kering zal relatief afgelegen zijn van ‘publiek’. Er moet dan ook niet gedacht worden aan publieke nevenfuncties bij de beweegbare kering Een interessant gegeven is dat de kering een baken zal zijn voor de scheepvaart. Reclame mogelijkheden of een icoonfunctie als branding voor de Rijnmond en utilitaire functies die bijvoorbeeld aansluiten op de bedrijvige havenfuncties zijn aspecten die hier goed mogelijk zijn.

Lek
In het originele AOR-plan wordt de kering op een afgelegen en groene locatie gesitueerd. De bochtige Lek wordt geflankeerd door uiterwaarden en dijken met een weg eroverheen, de Lekdijk. Deze wegen rijgen de vele kleine dorpen aan elkaar. De locatie voor de kering ligt tussen de dorpen Ameide en Lexmond ten westen van Vianen. Beide dorpen kennen een lange geschiedenis die, na men denkt, dateert uit de Middeleeuwen. De dorpen kennen dan ook relatief veel monumenten. Op een inwonertal van 3040 in Ameide en ongeveer 2600 in Lexmond kennen respectievelijk 47 en 13 Rijksmonumenten. Ten zuiden van dit gebied liggen twee Habitatrichtlijn gebieden (nr.108 en nr.140), een richtlijn van de Europese Unie. Het





boven de Beneden Merwede met bedrijventerrein Staart-Oost en de spoorbrug bij Dordrecht
beneden de Dordtse Kil bij Willemsdorp

vogelgebied doorkruist de eventuele ligging van de 'Nieuwe Lek'. Als waterweg zijn het Spui en de Lek vergelijkbaar. De scheepvaart op de lek is vrij laag (tussen 16.000 en 20.000 passages per jaar) waarbij er relatief veel recreatievaart is (ongeveer 1 op 1). [Scheepvaartinformatie Hoofdwatergen editie 2009, Rijkswaterstaat DVS]
Al met al geeft de locatie bij Lexmond aanleiding om een kering te plaatsen die weinig inbreuk doet op het karakter van de historische dorpen en op het natuurlijke karakter van haar omgeving en dus onopvallend is.

2.6 Alternatieve locaties
Naast de vier locaties die in het initiële Afsluitbaar Open Rijnmond plan waren opgenomen (hierboven behandeld), worden ook twee andere locaties in deze rapportage besproken. (Binnen het AOR-onderzoek zijn de exacte locaties niet gedefinieerd maar onderdeel van de ontwerpopgaven.)
Het is gebleken dat de Maeslantkering een grote impact heeft op het watersysteem en de veiligheid van de Rijnmond. Een tweede Maeslantkering zou dan ook uitkomst kunnen bieden. Hiernaast is de kering in de Lek met een nieuw te graven rivier zeer kostbaar en discutabel om o.a. cultuurhistorische redenen. Voor deze kering is een andere mogelijkheid geopperd, namelijk een kering bij de splitsingspunten van de Rijn.
Beide locaties zijn hieronder kort behandeld.

Tweede Maeslantkering
Als bekend verondersteld voldoet de Maeslantkering niet aan haar ontwerpopgave. De faalkans van deze beweegbare kering is dusdanig hoog dat de achterliggende polders

niet goed beschermd zijn, met gevolg dat een gedeelte van de dijken achter de kering als nog versterkt moeten worden. Op het moment wordt (verder) onderzocht of de faalkans te verkleinen valt, echter staat vast dat de ooit beoogde veiligheid die de Maeslantkering zou moeten geven, maatgevend water kering dat eens in de 10.000 jaar voor komt, niet haalbaar is. [Systeemanalyse Rijn- Maasmonding; Inclusief Verkenning faalkansreductie Maeslantkering. Rijkswaterstaat, Zuid-Holland, 2008]
Een mogelijke oplossing, naast de dijken alsnog versterken, is het construeren van een tweede beweegbare kering achter of voor de Maeslantkering. Deze keuze is sterk afhankelijk van de dominante faalmechanismes van de Maeslantkering (is in deze studie niet bekeken) en de mate van zeespiegelstijging in de tijd (welke grofweg variëren tussen de 0,3 en 1,3 meter in deze eeuw).

Als een beweegbare kering aan zeezijde van de Maeslantkering geplaatst wordt, kunnen de extreme waterstanden afgetopt worden zodat de Maeslantkering behouden blijft van extreme belastingen en haar functie blijft vervullen. Groot voordeel is dat de nieuwe kering zo gedimensioneerd kan worden dat de combinatie van de twee keringen een hogere/sneller stijgende zeespiegel aan kan. De frequentie dat de Nieuwe Waterweg is afgesloten zal niet veranderen. Met stijgende zeespiegel zal deze frequentie toenemen.

Als de kering aan landzijde van de huidige Maeslantkering geplaatst wordt kan deze nieuwe kering meerdere functies vervullen. Hiernaast zijn er meerdere synergie mogelijkheden voor de kering en haar omgeving gezien de locatie niet meer afgelegen, maar in de stad ligt.
Een hoge sluitingsfrequentie voor deze nieuwe kering is minder problematisch dan dat voor de huidige kering geldt, mits de kering ten oosten van de uitmonding van de Oude Maas geplaatst wordt. De binnenscheepvaart kan dan door de Oude Maas, en niet door de stad, naar het achterland. Dit kan ook een betere bescherming bieden voor het achterliggende gebied.
Het is mogelijk dat deze kering een tweede functie vervult als zoutkering in tijden van lage rivierafvoeren. De kering voorkomt dan vergaande zoutindringing in de Rijnmond.
De huidige Maeslantkering zal vooral de waterveiligheid voor de polders langs de Oude Maas en het Spui waarborgen, terwijl Rotterdam wordt

de Lek tussen Ameide en Lexmond



beschermd door de nieuwe kering. Zo valt de “faalkans-dominantie” op de waterveiligheid van de huidige kering op het stedelijk gebied weg. Nadelen zijn dat de huidige Maeslantkering beperkt blijft in de mate van zeespiegelstijging en dat de nieuwe kering, gezien de grote faalkans van de huidige, nagenoeg ontworpen moet worden alsof er geen Maeslantkering bestaat.

Mocht de snelheid waarin de zeespiegel stijgt, relatief gering of gemiddeld zijn dan is het goed mogelijk dat het eerst plaatsen van een kering aan zeezijde van de huidige Maeslantkering en het daarna vervangen van beide keringen het meest economisch is.

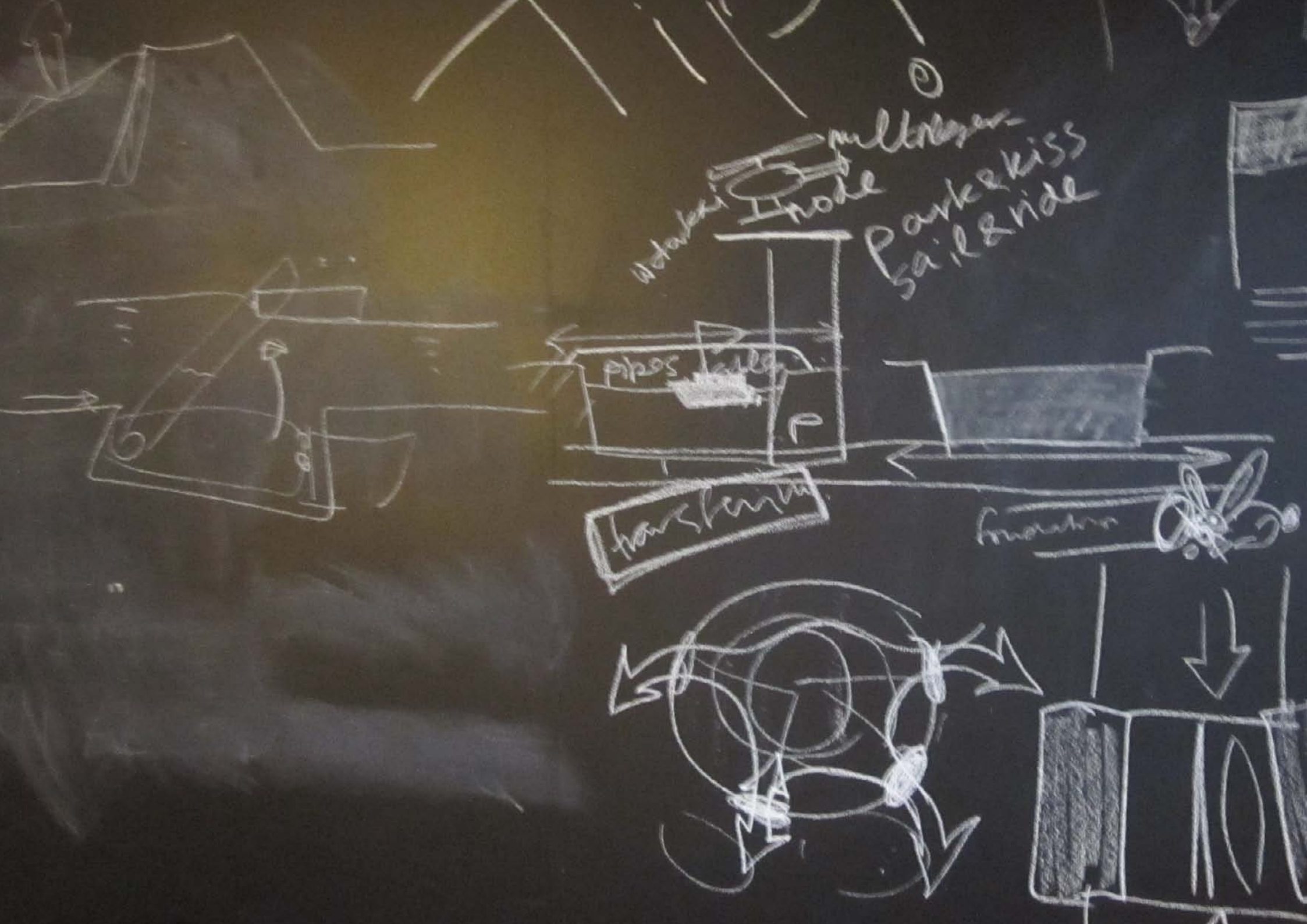
Er zijn voor beide locaties interessante aanknopingspunten en kansen voor de inpassing van deze nieuwe kering. Een van de grote problemen in dit gebied is de wegcapaciteit van de Beneluxtunnel die op dit moment al te wensen overlaat. In de toekomst zal de Tweede Maasvlakte met bijkomend vrachtverkeer een grote druk leggen op het wegennet in de regio. Er wordt al gewerkt aan plannen voor een extra oeververbinding over (of onder) de Nieuwe Waterweg om dit probleem op te vangen. Er is tot nu toe een aantal varianten voorgesteld van deze ‘Nieuwe Westerlijke Oeververbinding’: de Blankenburgtunnel, de Oranjetunnel, de Oranjebrug (Rijksweg 54) en de Maasvlaktetunnel. De varianten hebben locaties zowel aan zee als aan landzijde van de Maeslantkering. Hier kunnen functies gecombineerd worden om o.a. kosten en bouwoverlast te beperken.

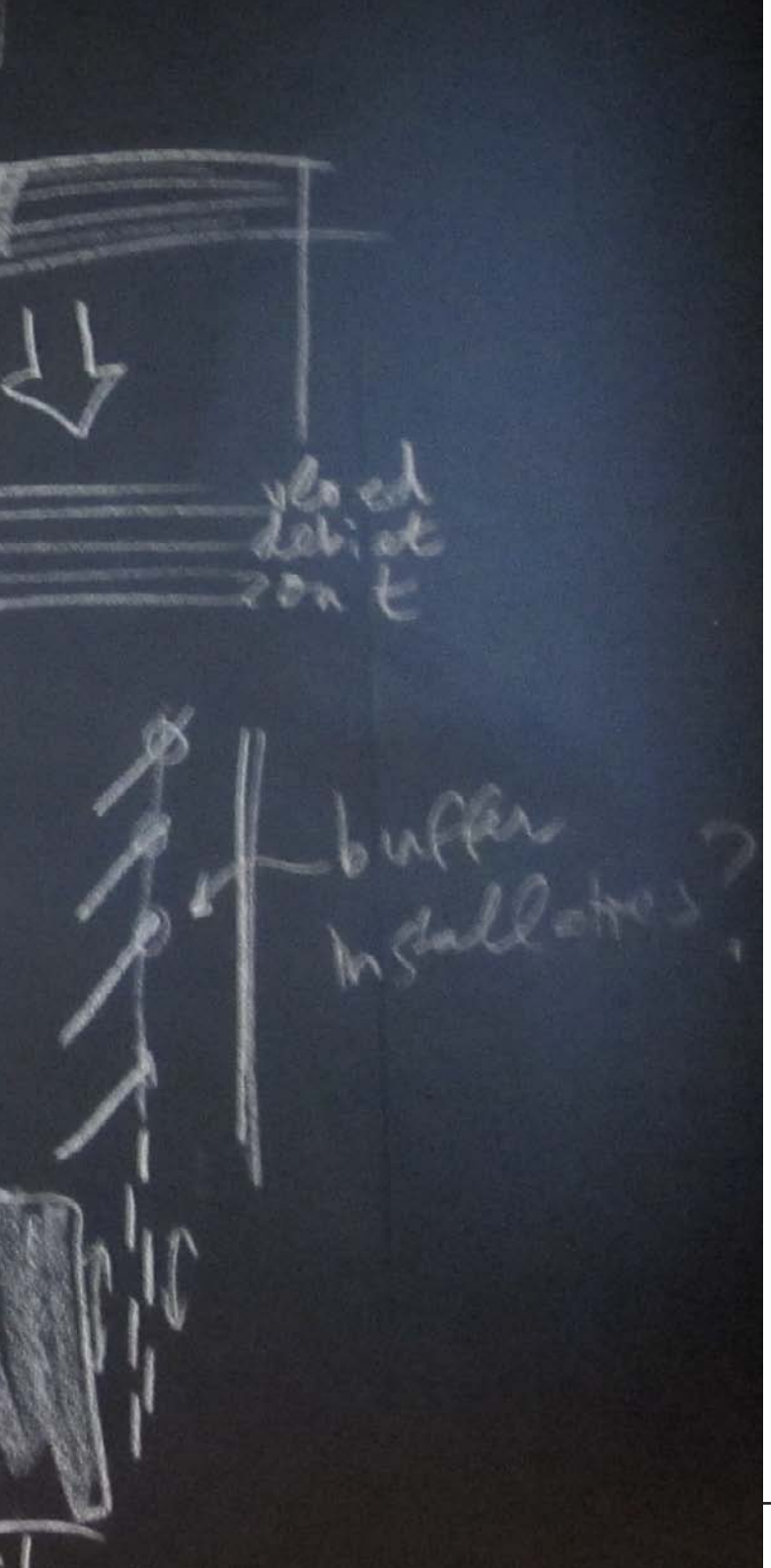
Als de kering aan landzijde van de huidige Maeslantkering wordt ontworpen, kan er synergie gezocht worden met de toekomstige ontwikkeling van de stadshavens. Om de mogelijkheid open te houden voor een “Gesloten Open Rijnmond” waarbij de scheepvaart nog wel door kan naar het achterland lijkt de meest logische locatie ten oosten van de verbinding van de Oude Maas met de Nieuwe Waterweg. Dit betekent dat de kering in een sterk stedelijk gebied van de (oude) stadshavens komt. Diverse transformaties in het voormalig haventerrein, zowel de zuiderlijke als de noordelijke stadshavens, geven ruimte voor de inpassing van een (hoog)stedelijke multifunctionele kering. Ook hier kan een combinatie met een oeververbinding wenselijk zijn. Voor deze opties zou het erg interessant zijn om de kering te gebruiken om de relatie tussen rivier en stad te vergroten door bijvoorbeeld stedelijke parken met boulevards.

Lek bij Arnhem
Vooralsnog is binnen het Afsluitbaar Open Rijnmond onderzoek aangenomen dat de afvoer vanaf de Lek over de Nieuwe Merwede wordt afgevoerd naar het Holllands Diep en Haringvliet. Het is echter nog niet duidelijk hoe dit water het beste van de Lek naar het Hollands Diep geleid kan worden. Er zijn vooralsnog twee mogelijkheden.

De eerste is om het water door een nieuw te graven rivier te sturen van de Lek bij Lexmond naar de Boven Merwede tussen Hardixveen-Giessendam en Gorinchem. Hierbij zal dus een beweegbare waterkering de Lek moeten afsluiten en zal een inlaat constructie voor de nieuwe rivier gemaakt moeten worden.
De tweede mogelijkheid is om bij Arnhem waar de rijntakken worden opgesplitst de afvoer van de Rijn zo te sturen dat het rivierwater afvloeit via de Waal en niet de Neder-Rijn en Lek. We spreken hier over hoogwaterafvoeren en niet laagwaterafvoeren waarbij de stuwen in de Neder-Rijn gesloten zijn. In deze variant zou er ook (meer) rivierwater over de IJssel gestuurd kunnen worden i.p.v. de Lek en of de Waal. Als er niet alleen in de Neder-Rijn maar ook in de IJssel en (zelfs in de grootste Rijn-tak) de Waal beweegbare waterkeringen aangelegd worden is het gehele riviersysteem stuurbaar in tijden van hoge en lage afvoeren. Mogelijke voordelen zijn de optimalisatie van de zoetwaterberging in het IJsselmeer, betere bestrijding van zoutindringing in de Rijnmond en dat tijdens extreem hoge rivierafvoeren er nog gestuurd kan worden als op een van de Rijntakken het water te hoog komt. In combinatie met meettechnieken zoals de LiveDijk Eemshaven, kan deze hoge mate van sturing de waterveiligheid voor alle polders langs de Rijntakken verbeteren. Hiervoor zijn meerdere en relatief grote beweegbare waterkeringen nodig. Mogelijk door een innovatief ontwerp kunnen de kosten voor de keringen beperkt blijven. Immers de keringen hoeven de rivier niet geheel af te sluiten maar hoeven “enkel” de afvoeren te sturen / debieten te regelen.

De locatie eigenschappen (landschappelijk en technische randvoorwaarden) van de keringen bij Arnhem zijn niet verder uitgewerkt.


Parker Kiss
Sail & Ride



Hoofdstuk 3

Concepten

Multifunctionele beweegbare waterkeringen

Intermezzo
voorgaande studies en brainstormsessie

De basis voor het generen van nieuwe concepten voor multifunctionele beweegbare keringen is gelegd door de volgende afstudeerprojecten: parachutekering (F. van der Ziel, Waterbouw, TU Delft) en een waterslot (A. Dijk, Architectuur, TU Delft). In deze afstudeerprojecten is tot in detail ingegaan op de mogelijkheden van een toekomstige multifunctionele kering. Innovatie lag voor de parachutekering in het duurzame materiaalgebruik en bij het Waterslot is gekeken naar de mogelijkheden van de synergie van architectuur en civiele kunstwerken. Voor de concepten, die in deze studie gepresenteerd zijn, is er teruggegrepen naar de conceptuele beginfase en de kennis die is op gedaan in beide afstudeerprojecten. Deze kennis samen met een brainstormsessie met vakgenoten heeft geleid tot de concepten. Een groot aantal ideeën in deze studie is dan ook te danken aan de aanwezigen van de brainstormsessie. Aanwezig bij deze sessie waren studenten en professionals, welteverstaan: Ad van der Toorn (civiel ingenieur, TUDelft); Mariska Hamelink (architecte, NAI); Marco Gazzola (architect, Defacto); Frouke Hoss (student CiTG, studeert af bij Waterschap Hollandse Delta); Renout van Rijn (student CME, studeert af bij bij Aronsohn Management); Tom Wijdenes (student CiTG, studeert af bij zijn faculteit) en Jelle van der Vlucht (architect, illustrator, student IO).





Boven Parachutekering, F. van der Ziel; Onder Waterslot in het Spui, A. Dijk

Hoofdstuk 3
Concepten
Multifunctionele beweegbare waterkeringen

3.1 Inleiding
Meerdere concepten zijn gepresenteerd die toekomstige synergiemogelijkheden aangeven voor beweegbare waterkeringen. Kansrijke concepten zijn wat verder in woorden en beeld gebracht dan andere. Er is gekeken naar de interactie en consequenties van de functiecombinatie en er zijn beschrijvingen gegeven in welke omgeving deze keringen toegepast zouden kunnen worden. De beschrijvingen van de interacties zijn niet volledig, maar geven louter enkele mogelijke gevolgen aan. In hoofdstuk 4 zijn de concepten gekoppeld aan de specifieke locaties van Afsluitbaar Open Rijnmond.

3.2 Aanpak
Aan de hand van voorgaande afstudeerstudies en een brainstormsessie met studenten en professionals (zie ook het kader met intermezzo) zijn concepten ontwikkelend voor multifunctionele beweegbare waterkeringen.
In de opzet zijn eerst de basis types van beweegbare keringen besproken en vervolgens is een conventionele kering in meer detail bekeken. Hiervan zijn de losse elementen van een conventionele kering vastgelegd met de bijbehorende subfuncties. Denk hierbij aan de deur, de drempel en fundatie, het contragewicht, bedieningshuis, etc. De mogelijke nevenfuncties voor de kering zijn gecategoriseerd in infrastructuur, gebouw, publieke ruimte, recreatie, energie en private functies.
Met deze informatie als basis zijn nieuwe concepten ontwikkeld waar de nevenfuncties een integratie vinden met de kering als geheel of met een van de elementen van de kering. De oorspronkelijke ideeën die voortkwamen uit de brainstorm-sessies zijn niet gekoppeld aan de AOR-locaties. Ook is er niet gekeken in hoeverre het toevoegen van nieuwe functies de betrouwbaarheid van het functioneren van de waterkering nadelig beïnvloed of juist versterkt. Deze oorspronkelijke ideeën zijn vervolgens verder uitgewerkt en gecombineerd tot de onderstaande concepten. De verschillende categorieën van de nevenfuncties infrastructuur, gebouw, publieke ruimte, recreatie en private functies zijn herkenbaar in de nieuwe concepten.

3.3 Concepten
Het verschil in concepten (zie hieronder) illustreert dat er allerlei baten beoogd kunnen worden bij de ontwikkeling van een multifunctionele kering. Sommige ideeën richten zich voornamelijk op de ruimtelijke kwaliteit van de kering en de inpassing in het landschap. Hierbij worden geen directe financiële baten beoogd maar de belasting op het landschap wordt geminimaliseerd en de beleving versterkt. Door met een iconisch ontwerp bij te dragen aan imagebuilding van de regio kan het wel voor secundaire financiële baten zorgen bijvoorbeeld door het vergroten van toerisme of de aantrekkelijkheid van de regio om zich te vestigen voor bedrijven. Een alternatief is een kering waar de nevenfuncties zorgen voor een (gedeeltelijke) financiële afschrijving van de kering. Hoe meer elementen geïntegreerd zijn hoe meer er bespaard kan worden in o.a. materiaal en bouwkosten en delen kunnen zomogelijk commercieel geëxploiteerd worden. Een laatste groep is wanneer de constructie dusdanig inzetbaar is zodat de nevenfunctie, die nu eerder de hoofdfunctie is geworden, voor een commerciële terugverdientijd zorgt van deze constructie.

Een andere indeling, deels gekoppeld aan bovenstaande, is te geven in de mate van “verstrengeling” van de functies. Zo zijn er concepten waar een nevenfunctie is toegevoegd zodoende dat er nauwelijks interactie bestaat tussen de functies. Dit geeft een multifunctionele kering die zonder al te veel aanpassingen, in ontwerp en regelgeving, goed voor te stellen valt. Een stap verder is wanneer een element van de kering twee functies vervult. Normaal wordt het element voor de nevenfunctie gebruikt, maar als het nodig is zal het ingezet worden om het water te keren. Bij de derde categorie is er een functie die ook de functie van waterkering op zich kan nemen. De rollen zijn omgedraaid: de nevenfunctie is de hoofdfunctie geworden waaraan de waterkerende functie secundair is. Deze laatste categorie is het moeilijkst voor te stellen, echter is deze categorie heel interessant omdat het een systeem representeert dat altijd gebruikt wordt en niet eens in de zoveel jaar als de beweegbare hoogwaterkering gesloten dient te worden. In de tweede categorie geldt dit ook, echter op elementniveau.

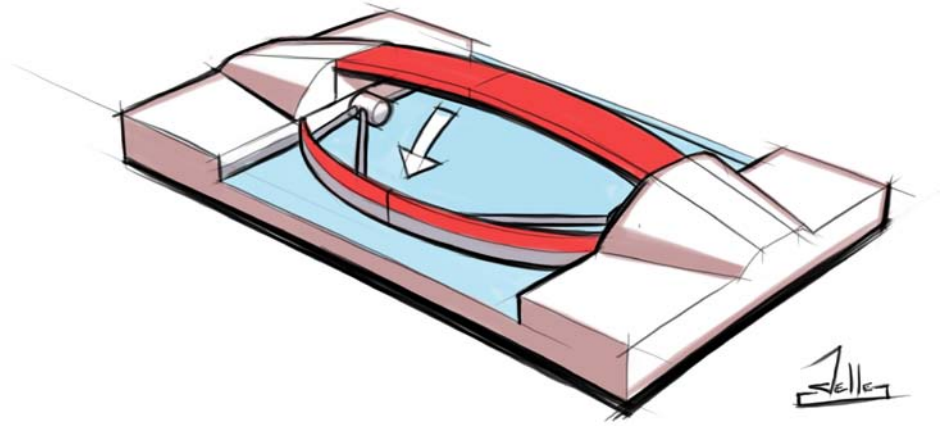
Concept 01 ‘Keerbrug’

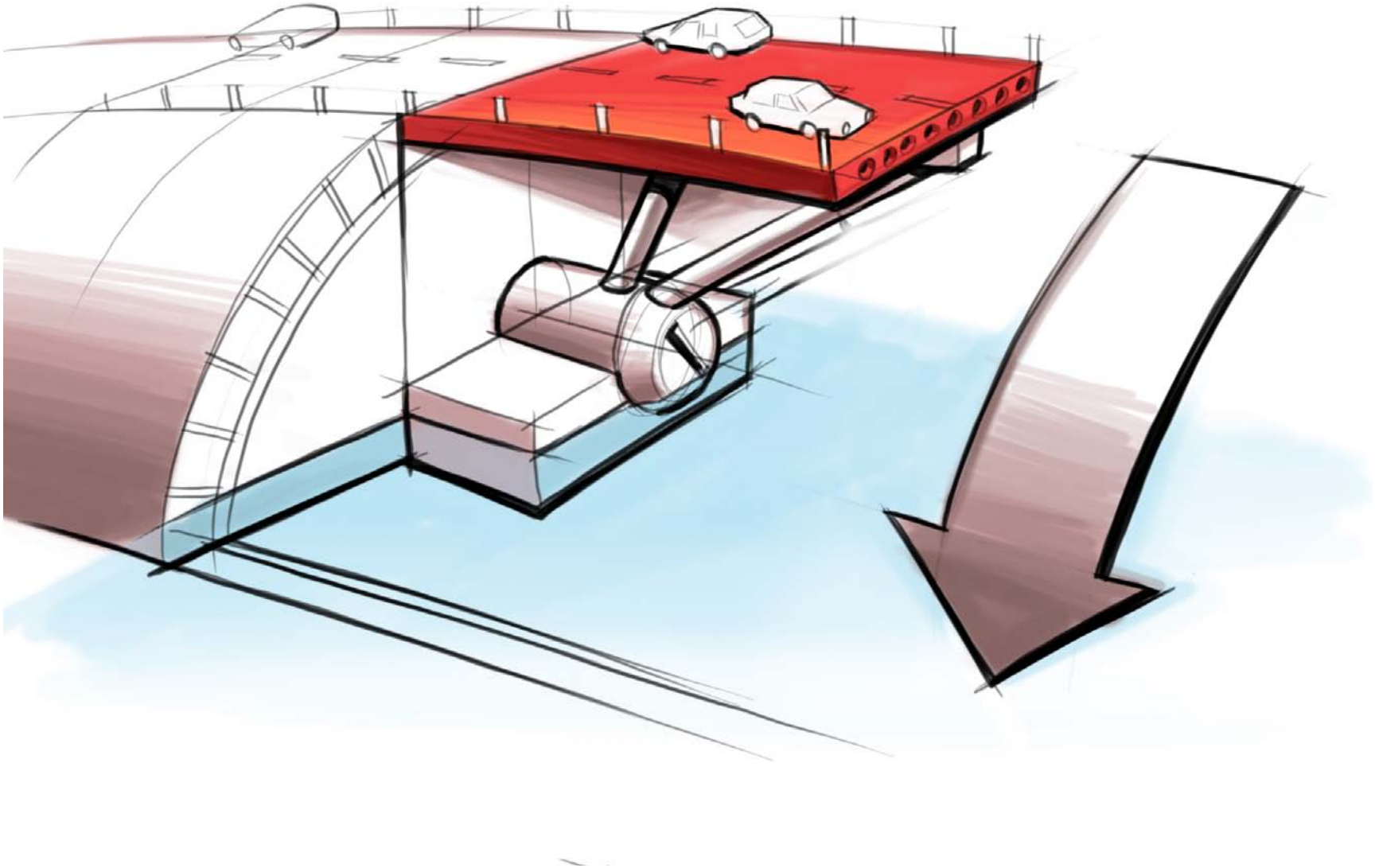
Een aantal bestaande keringen in Nederland is, zoals benoemd in de analyse in hoofdstuk 2, gecombineerd met een brug. Het gaat dan om een constructie waarbij de fundering en de pijlerconstructie gebruikt wordt voor zowel de brug als voor de kering. In dit eerste concept is er een meer geïntegreerde combinatie van deze beide functies gemaakt. Het wegdek van de brug kan op het moment dat de kering moet sluiten gebruikt worden als keerdeur. Het afgebeelde systeem is een variant op de sectordeur die van boven indraait. Alternatieven op deze sectordeur wat betreft de brugconstructie en het bewegingsmechanisme zijn goed denkbaar. De synergie van de functies is erg sterk van dit ontwerp aangezien het betekent dat een van de grootste onderdelen van de beide constructies bespaard kan worden; immers de functies zijn sterk “verstrengeld”. Er moet wel nagedacht worden over de duurzaamheid van het wegdek: ‘Wordt het wegdek na functioneren als kering vervangen?’, ‘Wat is de tijd dat het kost voordat de weg weer gebruikt kan worden?’ Ook moet er worden gekeken naar de invloed van het wegdek op het water; uitloging van stoffen die in wegdek zitten. Tot slot is het noodzakelijk om rekening te houden met de ontsluiting van de regio en de rol van de betreffende brug daarin. Aangezien de brug niet als zodanig zal kunnen functioneren als de kering gesloten is mag deze geen onderdeel zijn van een evacuatieplan.

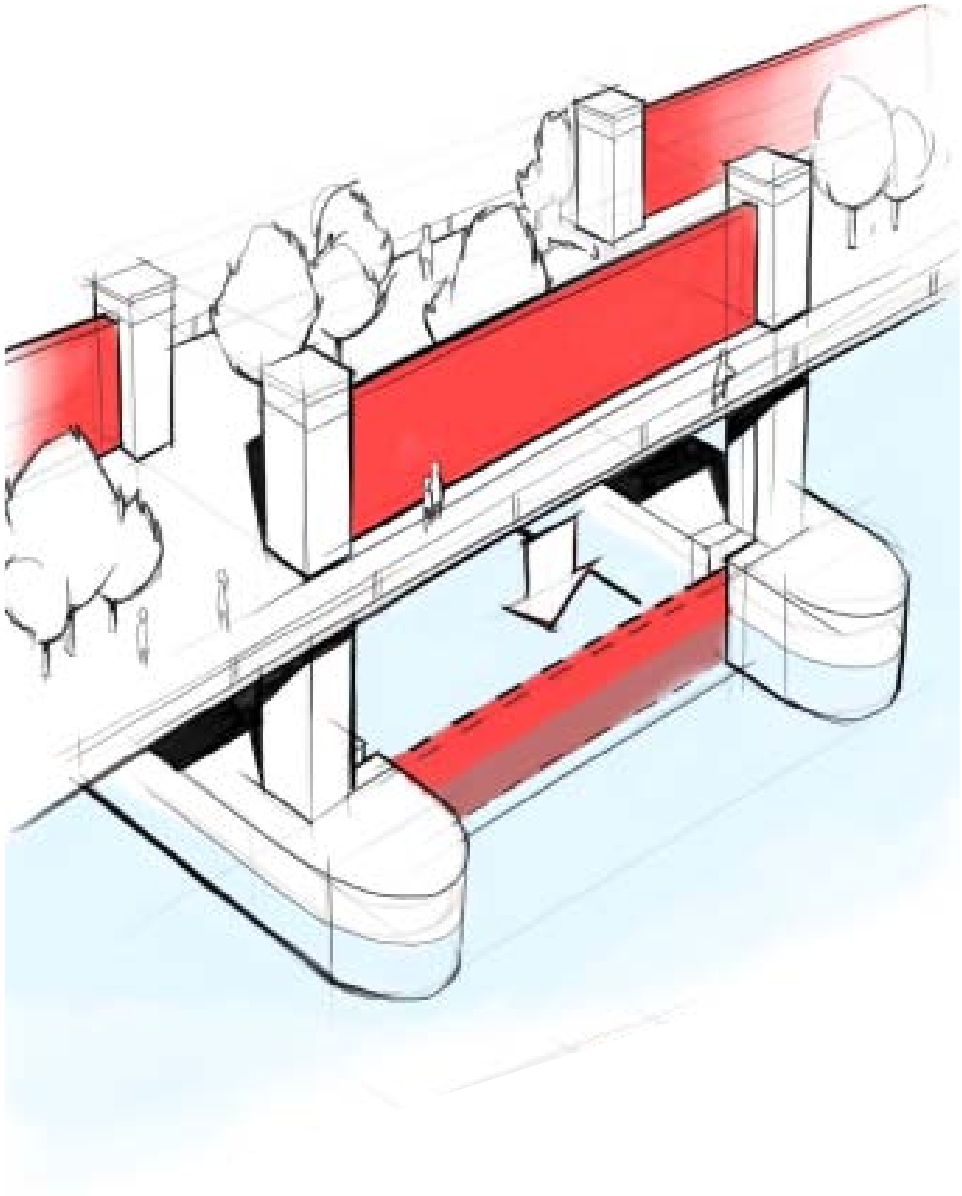
De potentie van dit concept zit hem in het feit dat de kosten van een kering voor het overgrote deel in de keerdeur zitten, welke nu met een kostbaar brugdek wordt gecombineerd. Aangezien ook de pijlers en fundering dubbel gebruikt worden zou je kunnen zeggen dat de brugconstructie door een duurdere versie van de kering er voor niets bij verkregen wordt. Dit concept is daarom een interessante optie voor een locatie waar ook een brug gepland is. Onderzoek naar de effecten van deze intense vorm van het combineren van functies op de individuele functies zal moeten uitwijzen hoe rendabel het idee is.



fietsbrug: Millenium bridge, Newcastle

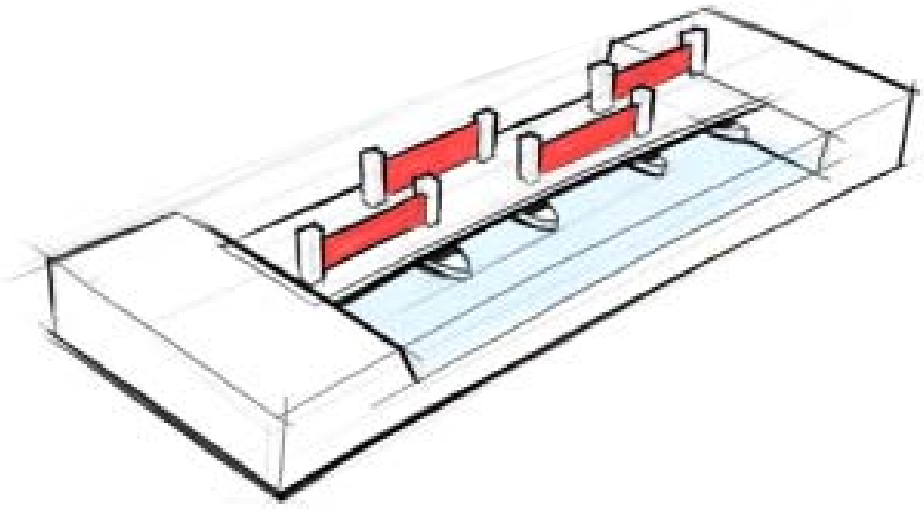








verhoogd park: Highline Park, New York



Concept 02 ‘Delta Park’

Een van de problemen van grote waterwegen zoals die van de Rijnmond is dat er meerdere keerdeuren nodig zijn om de gehele waterweg af te kunnen sluiten. Een hefdeur constructie kan bijvoorbeeld maximaal een afstand van tussen de 10 en de 60 meter overbruggen. Voor de waterwegen met breedtes van meer dan 200 meter betekent het dat er meerdere keringen naast elkaar geplaatst moeten worden. (Versmallen van de waterwegen is niet of nauwelijks en optie in de Rijnmond.)
Het tweede concept focust zich op de kansen die ontstaan bij deze herhaling van elementen. Dit concept gaat uit van de hefdeur, een ‘straight-forward’ keringen en daarmee een van de meest toegepast type deuren. Hiernaast wordt er een oeververbinding gemaakt van een brede park-achtige boulevard. De brede brug zal toegankelijk zijn voor voetgangers en fietsers. De deuren steken boven het park uit. Door de zichtbaarheid van de hefdeur, de grote deur hangt in de lucht, heeft de kering normaal gesproken een grote visueel ruimtelijke impact. Het park elimineert dit bezwaar en maakt zelfs gebruik van deuren. De deuren zijn monumentale wanden in het Deltapark. Door te variëren in de standen van de deuren ten opzichte van elkaar ontstaat er diversiteit in de locaties en afmetingen van de pleintjes en de route van de boulevard en het fietspad. De monumentale wanden bieden beschutting tegen wind en zon en geven een gevarieerd uitzicht aan de beide zijden van de brug.

Optioneel: de deuren van de kering kunnen voor verschillende doeleinden gebruikt worden. Ze bieden plaats voor kunstprojecten zoals schilderingen, graffiti of projecties, of het interieur van de deuren kunnen ruimte bieden aan kleine functies die gekoppeld zijn aan het Deltapark zoals winkeltjes, toiletten, een kiosk of zelfs een café.
Een praktisch nadeel, mist de deuren toegankelijk zijn, is het feit dat een bezoeker dicht bij het mechaniek van de kering kan komen. Voordat de keringen ingezet kunnen worden, moet er geïnspecteerd moet worden of er geen objecten zoals fietsen de deuren belemmeren om neer te zakken.

Een bijkomend voordeel van het park is dat de deuren goed inspecteerbaar zijn en onderhouden kunnen worden. Een nadeel van dit concept is dat de directe financiële baten niet groot zijn. De maatschappelijk baten, publiek groen en een oeververbinding zouden apart goedkoper gerealiseerd kunnen worden. Echter de reden om een dergelijk ontwerp toch te willen bouwen heeft natuurlijk ook te maken met imago van de stad / omgeving. Door zijn imposante aanwezigheid zal het een icoon zijn van de nieuwe generatie Nederlandse Deltawerken. Afhankelijk van de animo voor een iconisch object en de behoefte aan een langzaam verkeersverbinding tussen beide oevers kan het een interessant concept zijn dat ook realistisch is gezien de functies relatief geschieden zijn. Het concept voor een Deltapark kan dus met zijn opvallende ontwerp een sterke bijdrage leveren aan het imago van een vooruitstrevende 21e eeuwse Rijnmond.

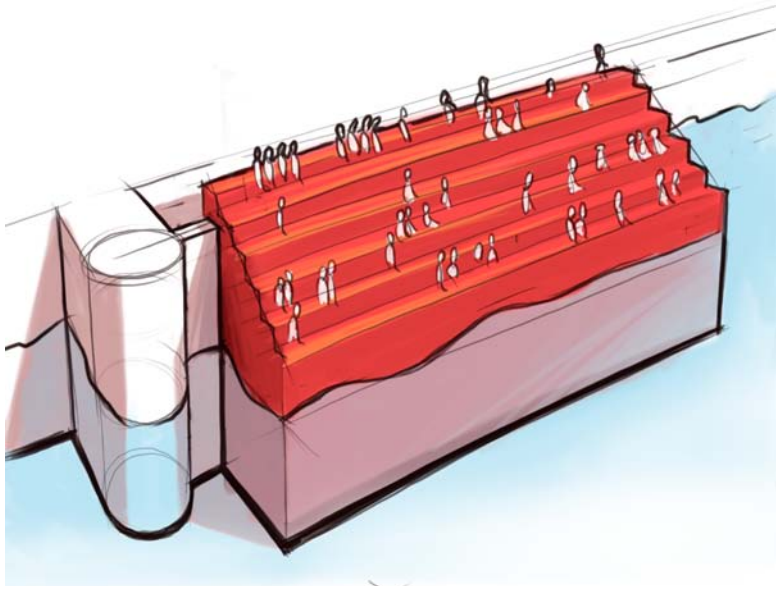
lopen tussen de deuren in het Delta Park; Visualisatie

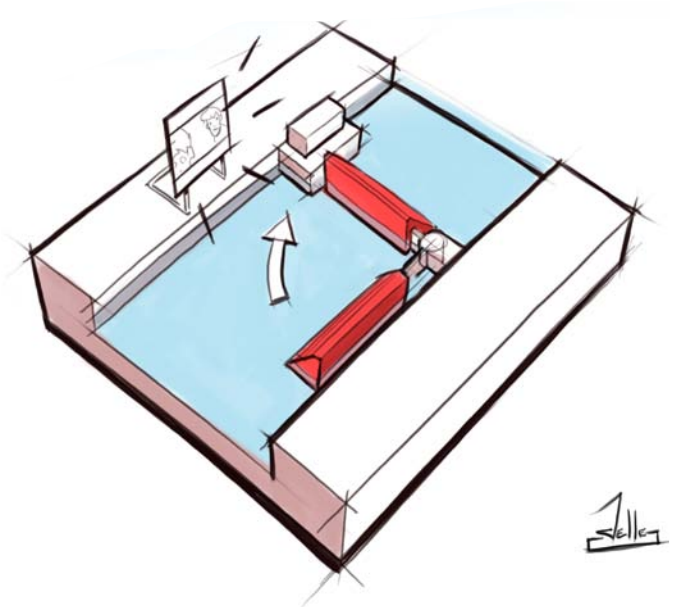


Concept 03 ‘Trapkering’

Vele functiecombinaties zijn mogelijk met de ‘swing gate’. Deze kering bestaat simpel gezegd uit een drijvend ponton (caisson) dat rond een scharnier de waterweg ingedreven kan worden en vervolgens wordt afgezonken om de waterweg af te sluiten. Het ponton bevindt zich geopende toestand langs de oever in de waterweg. Dit maakt hem erg geschikt voor een stedelijke omgeving waar de druk op de ruimte vaak groot is Het kering-type zelf, de ‘swing gate’, wordt niet veel meer toegepast door veel materiaalgebruik en technische aspecten bij het sluiten van de kering. Echter het geeft wel vele synergie mogelijkheden voor een recreatieve omgeving, dan wel een stedelijke omgeving. Het voordeel van deze kering is namelijk dat het een relatief simpele constructie is waarbij het ponton voor diverse doeleinden langs de rivier gebruikt kan worden. Men kan op, aan en in het ponton relatief kleine en “lichte” functies plaatsen, maar ook een drijvend gebouw dat als ponton dient is mogelijk. De nevenfuncties kunnen van tijd tot tijd verschillen en de investeringen kunnen ook gefaseerd in de tijd uitgevoerd worden

In de schets is de vorm van het ponton, een betonnen constructie, aangepast tot een tribune. De tribune biedt plaats voor recreanten en is geschikt voor tijdelijke evenementen zoals watersportwedstrijden. Ook kunnen drijvende elementen voor de tribune ingevaren worden zoals een bioscoop, sportveld, of een podium. Een variant van de Trapkering die minder ingrijpend is voor uitvoering wordt gebouwd als een normaal caisson waarbij het bovenste oppervlakte vrijgegeven wordt voor gebruik. Vooral in een stedelijke omgeving kan dit waarde toevoegen aan de openbare ruimtes langs het waterfront. Zo kan er bijvoorbeeld een sport-park gerealiseerd worden. Het formaat van het caisson biedt ruimte voor in ieder geval twee basketbal velden.
In een meer ingrijpende variant kan ook de holte van het caisson gebruikt worden. Je zou het caisson dan als een drijvend gebouw kunnen zien dat in zijn geheel in de waterweg gedreven kan worden. Denk bijvoorbeeld aan het watersnood museum dat in een van de oude caissons van de watersnoodramp is gebouwd. De constructie van de waterwerende functie kan een prachtige symbiose vinden met een architectonisch ontwerp.





De functiecombinatie heeft weinig invloed op het functioneren van de kering. De kering moet wel eerst ontruimd worden van losse elementen en worden afgesloten voor recreanten (voor zover die er zijn tijdens opkomende storm).

Door in een vroege fase een relatief simpel park te realiseren, met reserves in de constructie, wordt er rekening gehouden met de toekomst. Zo kan de kering gefaseerd in de tijd in gebruik genomen worden. Beheerders kunnen wennen aan het multifunctioneel gebruik door bijv. eerst enkele evenementen toe te staan en in een later stadium een sportpark of zelfs een gebouw. Door een dergelijke faseerbaarheid kan een multifunctionele kering voor diverse partijen interessanter worden om in te investeren omdat de stappen, financieel en mentaal, kleiner zijn.



impressie swing-stadspark

drijvende ijsshow Rotterdam; roeiwedstrijden bekijken; drijvend openlucht theater; Watersnoodramp museum in een ponton, Ouwekerk



Concept 04 ‘Heftorens’

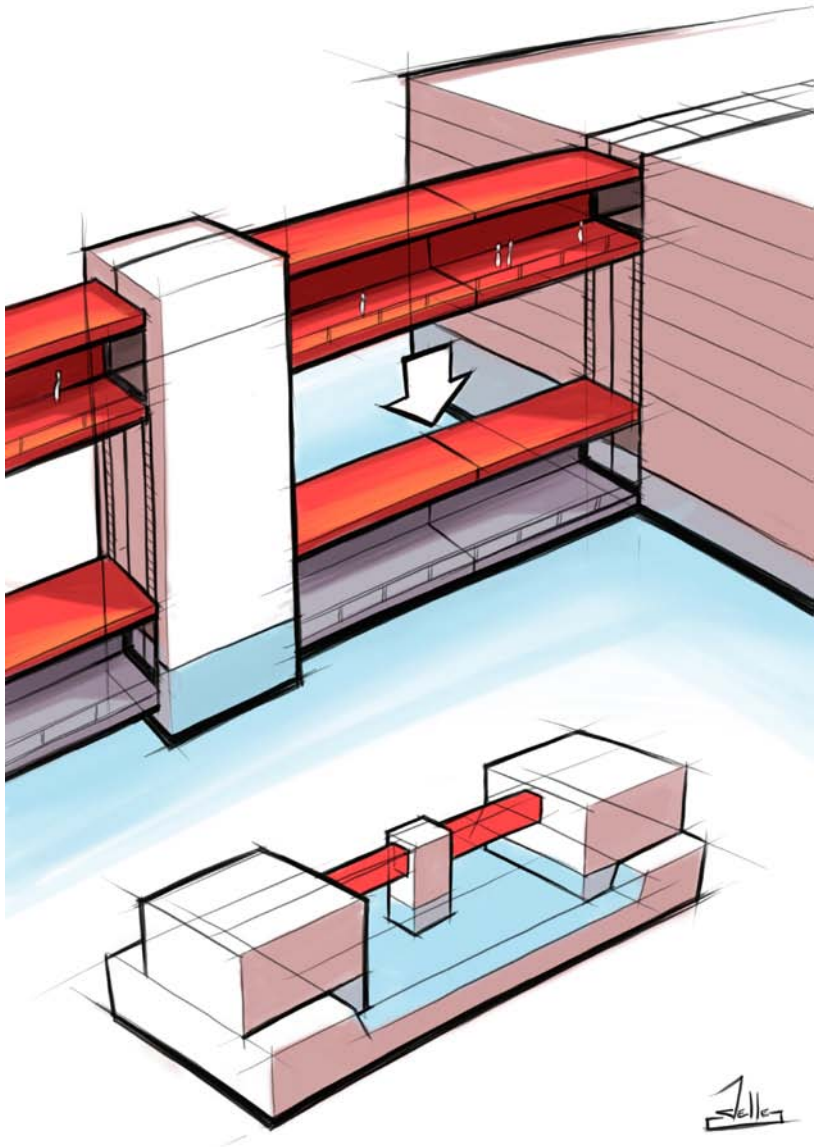
Het volgende concept gaat uit van een verstedelijkte omgeving waar de druk op de ruimte hoog is. Het speelt in op de grote vraag naar hoogbouw dicht langs de rivier.
Het concept is gebaseerd op een hefdeur constructie. Deze heftorens zijn aan beide zijden van de kering opgenomen in een gebouw. De hefdeur tussen beide gebouwen kan in geopende (rust-) stand als loopbrug gebruikt worden. Een gebouw als dit is een icoon voor de eindgebruiker.

De functies van het gebouw kunnen uiteraard de voor de hand liggende opties van een kantoorgebouw, hotel of een appartementen complex zijn. Andere functies die interessant kunnen zijn voor de Heftorens zijn functies die in zichzelf al een bepaalde hoogte nodig hebben. Denk bijvoorbeeld aan een brandweerkazerne, waarbij het ophangen van de slangen hoogte nodig heeft, of een klimhal.
Als er een sluis bij de AOR keringen gebouwd wordt, zal deze enkel dienst doen bij hoge waterafvoeren en testsituaties. Dit concept zou, gezien deze lage frequentie van gebruik en de afstand over de waterweg, ook goed geschikt kunnen zijn voor een sluis. In dat geval kan natuurlijk ook de machinekamer in het gebouw opgenomen worden.

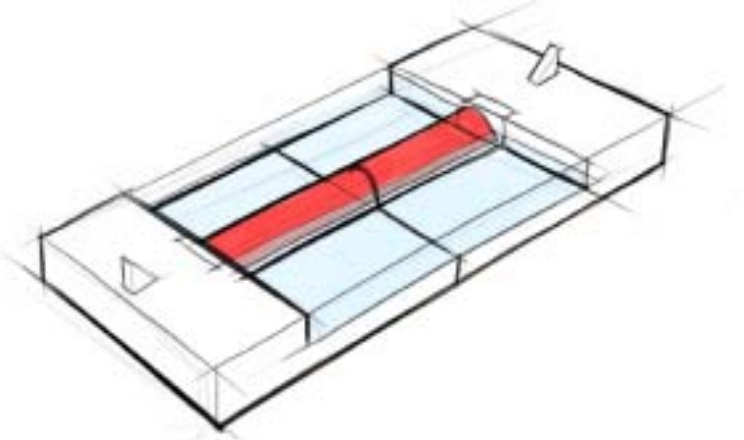
Door een interessante integratie van de heftorens zal de kering echt opgaan in het stedelijk landschap waarbij de voetgangersbrug zorgt voor een specifieke beleving van de functiecombinatie. De vorm van de deur en de brug met daarbij de ophanging van de brug moet verder uitgewerkt worden. Maar gezien de relatieve grote van deur t.o.v. de benodigde grote van de loopbrug wordt dit goed mogelijk geacht.



klimhal; kantoorgebouwen Rotterdam

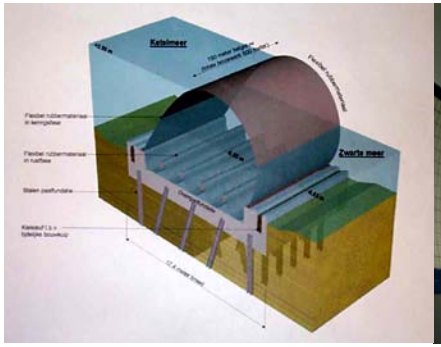






Concept 05 ‘De Drempel’

Voor dit concept is gekeken naar de mogelijkheden van de drempel van de deur. Een betonnen drempel zal bij (zo goed als) alle type keringen toegepast moeten worden. Deze drempel dient in sommige gevallen, zoals bij een balgstuw, als fundatie. Bekend van de Balgstuw bij Ramspol. Bij anderen wordt wel eens een verbindingsschacht voor inspectie tussen de pierhoofden in de drempel gebouwd.
In dit concept wordt de fundatie van een balgstuw gecombineerd met een fietstunnel en een ruimte waar kabels en leidingen, zoals data en energie, aangelegd kunnen worden. Een van de voordelen van een balgstuw is dat het een lage impact op haar omgeving heeft doordat de deur van de kering onderwater wordt opgeborgen in geopende toestand. De keuze voor een tunnel in plaats van een brug past daarom naast technisch, ook landschappelijk goed bij de ruimtelijke eigenschappen van dit type kering.
Een tunnel en een dergelijke fundatie zijn dure elementen die na verwachting bij een combinatie dan ook (een stuk) goedkoper zijn dan als de functies apart geconstrueerd worden. Hiernaast is door het materiaal gebruik (kunststof) de kering relatief goedkoop en duurzaam. De functiecombinatie heeft weinig invloed op het functioneren van de kering. Het is een ingreep met weinig impact maar met veel potentie.





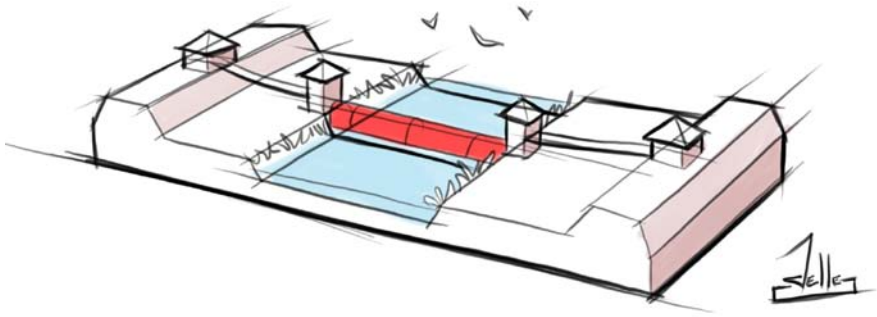
Balgstuw bij Ramspol; Sint Anna ietstunnel, Antwerpen

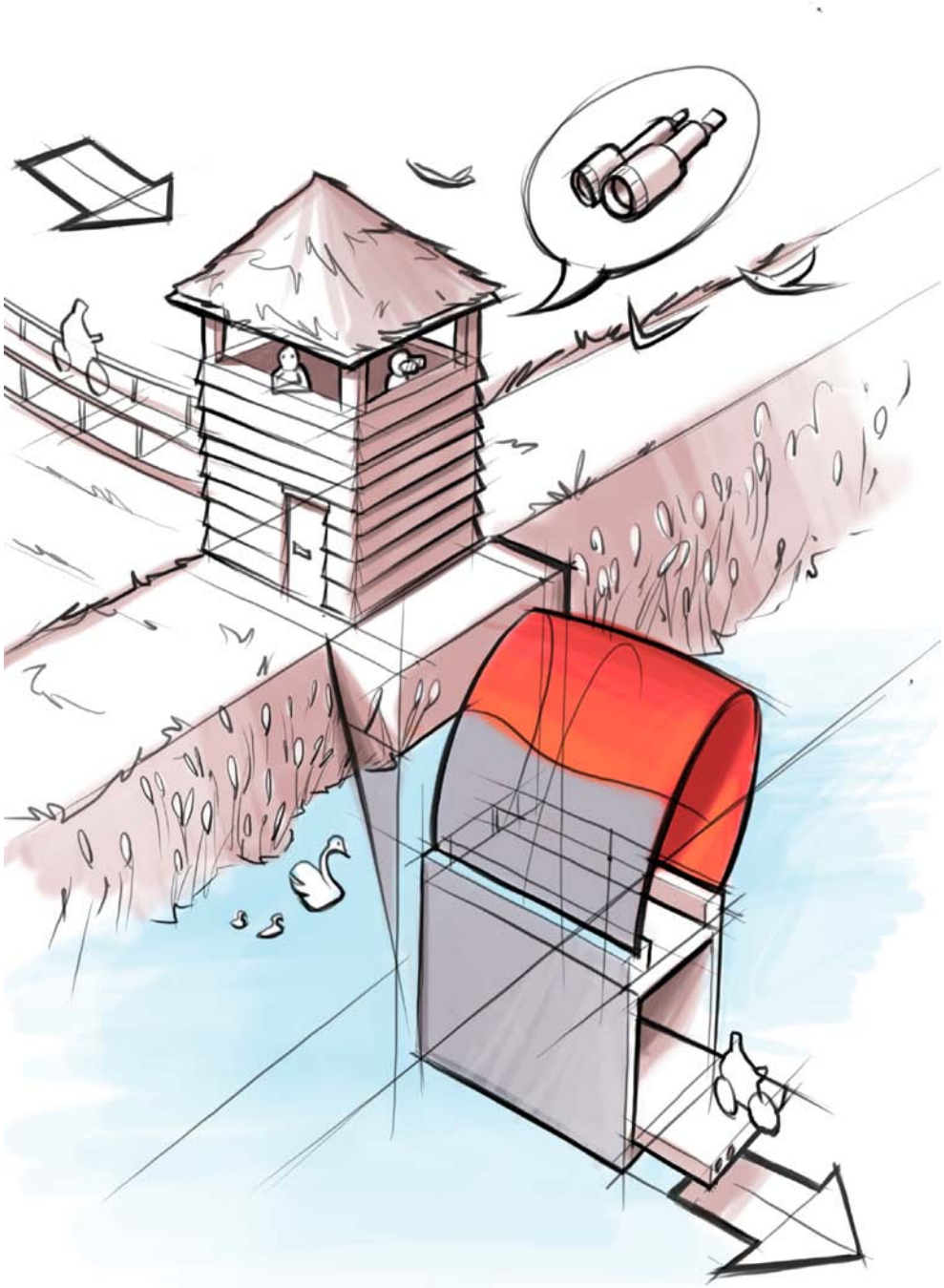
Concept 06 ‘Uitkijk Kering’

Het volgende concept kan gezien worden als een multifunctionele balgstuw met een toepassing van het voorgaande idee. Dit concept is bedoeld voor de toepassing in een landelijk gebied met ruime uiterwaarden zoals langs de Lek en de omgeving van Arnhem. Voor keringen die in een natuurlijke omgeving geplaatst zullen worden is de wens groot om de ruimtelijke impact zo laag mogelijk te houden in verband met de flora en fauna en de aanblik van het weidse landschap. De mogelijke locaties in de Lek zijn veelal beschermde broedgebieden voor vogels en traditionele dorpen die op de Nationaal erfgoed lijst te vinden zijn. De types balgstuw, en parachutekering zijn beide erg geschikt voor een dergelijke lage impact op de omgeving. Een combinatie van de balgstuw en parachutekering is ook goed mogelijk waarbij een verschil wordt gemaakt in de zomerbed/ vaargeul (een balgstuw, van uitgaande van een tunnel combinatie) en de uiterwaarden (een parachute).

Het concept voor de ‘Uitkijk Kering’ gaat wederom uit van een aantal keringen naast elkaar. Er worden vijf machinehuisjes op een rij geplaatst waartussen de doeken geplaatst zijn. Deze machinehuisjes huisvesten niet alleen de bediening van de kering maar ook een uitkijk post en een trappenhuis en/of lift. De machinehuisjes zijn onderling verbonden door ‘baordwalks’ in de uiterwaarden en een tunnel onder het zomerbed door (zie vorig concept). Wanneer men in een van de huisjes naar boven gaat ontvouwt zich een prachtig uitzicht over het waterlandschap. Zo worden de huisjes gebruikt als uitkijktorens voor vogelliefhebbers, wandelaars of om boten te kijken. De huisjes bevinden zich op drie verschillende locaties: op de dijk, op de grens van de uiterwaard met de rivier, en midden in de rivier. De boardwalks leidt de bezoeker door de moerassige uiterwaarden. Deze steigerconstructie drijft op met het water op momenten dat de kering nog niet dicht hoeft. Onder de boardwalk kan het doek droog en vrij van UV-straling opgeborgen worden.

De functiecombinatie is dusdanig dat de kering afgesloten dient te worden voor publiek voordat de kering gesloten worden. De ingepaste infrastructuur maakt inspectie en onderhoud van de kering goed mogelijk.
Notitie: als balgkeringen in de uiterwaarden worden toegepast moeten deze zodanig ontworpen worden dat de balg niet aan de oevers en middenhoofden bevestigd is. Dit is technisch mogelijk mede omdat de benodigde keringhoogte in de uiterwaarden relatief klein is.





Impressie boardwalk door de uiterwaard als toegang voor de uitkijkpost



Impressie uitkijk-torens in de uiterwaard.

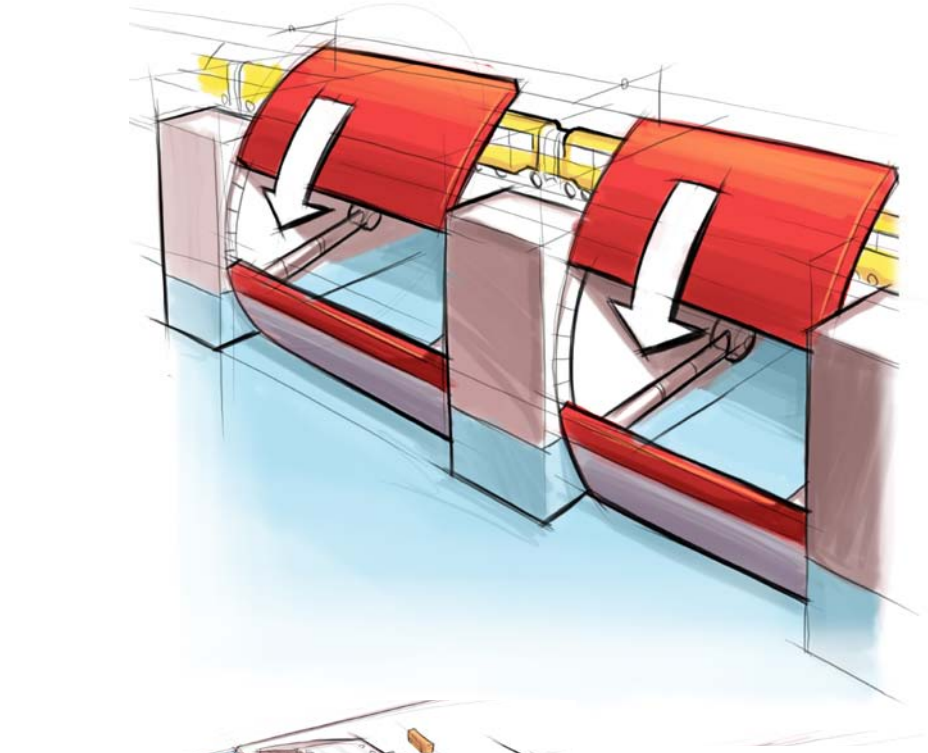


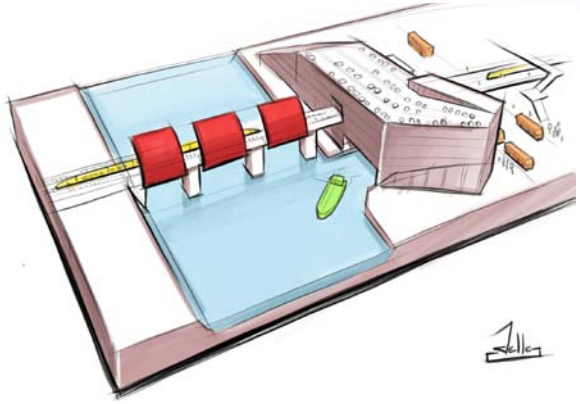
Concept 07 ‘Watertransferium’

Het concept voor een ‘Watertransferium’ richt zich voornamelijk op een knooppunt van infrastructuren waarbij de kering net zozeer een technische rol maar een architectonische rol kan spelen in het ontwerp.

Een waterkering is economisch erg aantrekkelijk om een water kering te combineren met een brug voor auto’s of treinverkeer. Dit is een veelvuldig voorkomende combinatie zoals beschreven in paragraaf 2.2. Aangezien de locaties van de AOR-keringen zich aan de rand van het stedelijk gebied zullen bevinden is er ook veel mogelijkheid voor verbindingen met (stads)centra en “woon-hubs”. De keringen bevinden zich op de verbinding van deze infrastructuren wat een grote potentie met zich meebrengt. Door de verbinding te leggen tussen bestaande netwerken van waterbussen, watertaxi’s, openbaar vervoer en carpool parkings kan een transferium een interessante koppeling bieden van de twee netwerken: op land en op water. Dit knooppunt is naast een “personen-hub”, ‘met het OV de stad in’, ook zeker interessant voor goederenoverslag.

Het transferium-concept gaat niet in op een combinatie met een bepaald type kering of deur omdat het daar niet mee valt of staat. Wat dat betreft kan de synergie van beide functies aangescherpt worden in verdere ontwerpfases gezien de functies vooral architectonisch verbonden moeten worden. Wel is er gekeken of de kering iets kan toevoegen aan de kwaliteit van de brugverbinding. In de afbeelding is bijvoorbeeld te zien dat de deuren in geopende toestand een geluidsscherm vormen voor het verkeer dat over de brug komt.



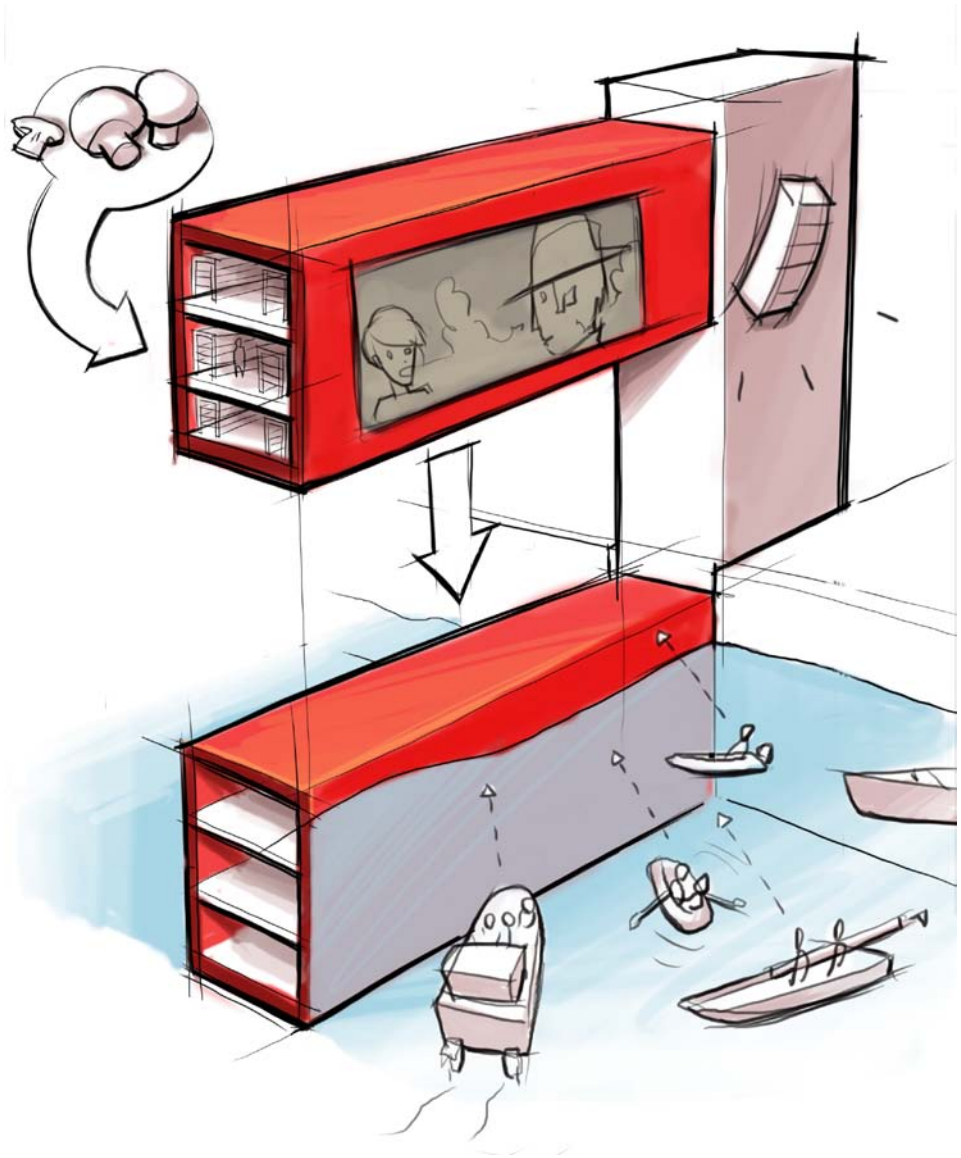


Concept 08 ‘Holle Hefdeur’

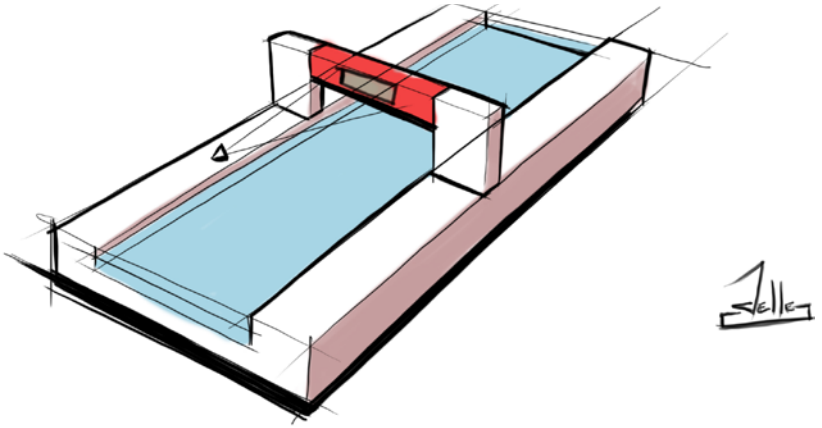
Meerdere nevenfuncties zijn gecombineerd in dit concept. Als uitgangspunt is een hefdeur genomen met de hoge heftorens en rechthoekige deur. Deze twee elementen worden met verschillen functies gecombineerd. De heftorens zullen dienst doen als watertoren, klimmuur en uitkijktoren. Door de hoogte van de kering kunnen de torens ook dienst doen als een platform voor bijvoorbeeld vuurwerk en lichtshows. De deur van de kering leent zich ook goed voor meer utilitaire functies. De deur, uitgevoerd als een open deur met vakwerkconstructie, kan er met behulp van buizen een algenkwekerij gemaakt worden. Uitgevoerd als een gesloten deur constructie van hoogtesterkte beton kan de afgesloten donkere holte van de deur gebruikt worden voor opslag van bijvoorbeeld veevoeder.

Het concept zoals hier is afgebeeld wordt de donkere holte van de deur gebruikt als champignonkwekerij. ‘Wellicht komt er in een van de heftorens een mooi paddenstoelenrestaurant met uitzicht over de omgeving?’ Doormiddel van een buizensysteem door het beton kan het relatief koude rivierwater gebruikt worden om de deur en het restaurant te koelen.

De buitenkant van de hefdeur krijgt een extra functie door er reclame op te projecteren. Veel bestaande keringen staan dicht bij doorgaande wegen en samen met de hoogte van de kering maakt dit een uitstekende mogelijkheid voor reclame uitingen. Het projecteren van de reclame is niet alleen handig omdat de buitenkant van de deuren moeilijk bereikbaar zijn maar het maakt het wisselen van reclame



ook zeer gemakkelijk. De reclame kan dan in de zomermaanden afgewisseld kunnen worden door een ‘floot-inn’ bioscoop, een leuke en unieke recreatiegelegenheid voor de omgeving.
De synergie van de functies is vrij sterk in dit concept als er opslag, of een kwekerij in de deur plaats vindt. Er zal aandacht moeten zijn voor extra handelingen als het loskoppelen dan wel meebewegen van leidingen. Ook kan er schade voor de kwekerij ontstaan als de kering gesloten wordt. Daarom zullen de testsluitingen afgestemd moeten worden met de nevenfuncties.



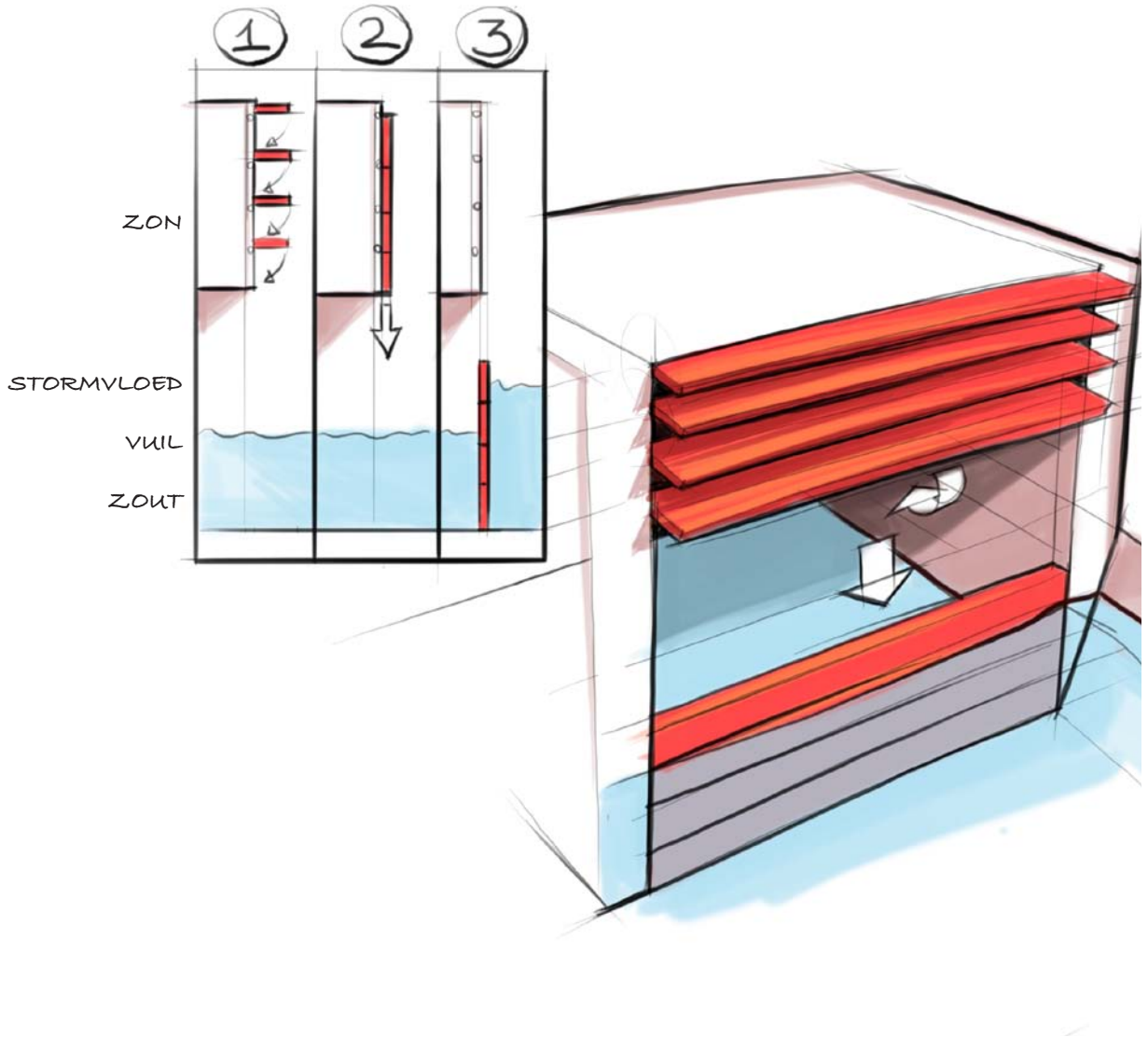
Champignonkwekerij; Watertoren Gent; Hefdeur sluis Beernem





Concept 09 ‘Luifelschuiven’

Het concept ‘Luifelschuiven’ gebruikt architectonische kenmerken om verschillende civieltechnische functies te kunnen vervullen. Het gaat hierbij in op verschillende problemen die op een waterweg/rivier voor kunnen komen.
Voor het concept is gekeken naar wat de mogelijkheden zijn met een brug-gebouw (voorbeelden hiervan zijn te zien in paragraaf 2.2). De luifels van een gebouw worden gebruikt als schuiven van de keerdeur. De beweegbare onderdelen zijn onderdelen van de gevel van het gebouw, in dit geval als zonnewering. Het heeft als zonnewering geen invloed op de water- en windwerende en de isolerende functie van de gevel. De luifels kunnen, wanneer ze als waterkering gebruikt dienen te worden, omgeklapt worden en langs geleiders in het water worden gezakt.

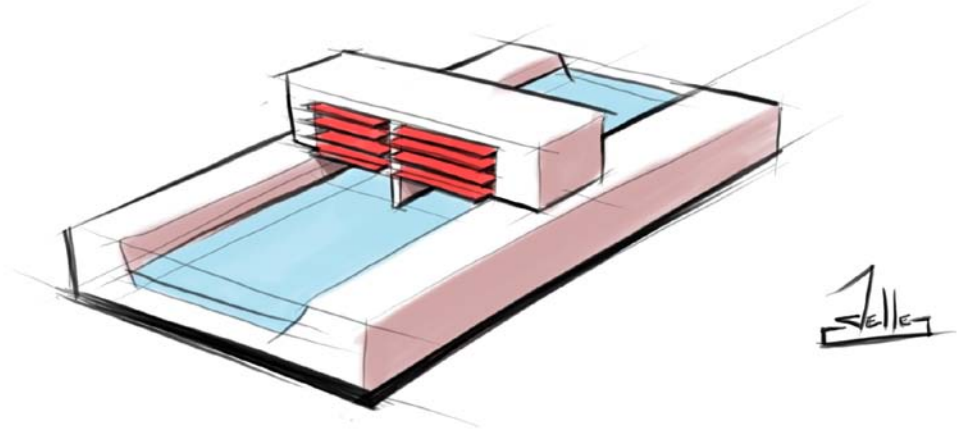


een luifel als zonnewering; faculteit architectuur Porto, Alvaro Siza



De opdeling van de luifels in losse panelen zorgen er voor dat de kering verschillende functies kan vervullen naast de hoogwater kering. Door alleen de onderste schuif geheel naar beneden te laten zakken wordt er een zoutscherm gemaakt op de bodem van de waterweg. Een andere situatie waarin de kering dienst kan doen is een calamiteit waarin drijvend afval of bijvoorbeeld olie zich op de rivier verspreidt. De onderste schuif wordt ter hoogte van het wateroppervlakte gehangen zodat het vuil wordt opgevangen. Door alleen het oppervlakte van het water te blokkeren wordt de rest van het rivierwater er toch onderdoor gelaten. Een andere functie die de kering kan vervullen is als stuw door niet alle schuiven te gebruiken. Afhankelijk van de waterkerende functies en lokale condities kan een optimale vorm van de panelen gezocht worden. Ook andere vormen van gebouw en type kering zijn mogelijk.

Een constructie waarbij een gebouw over de waterweg heen is gebouwd is in principe een goede synergie optie voor een sluiscomplex, dit gezien de kering beperkt is in de breedte (hoe breder: hoe dikker de schuiven). Door de gevel, of een ander element van het gebouw, te gebruiken als keermiddel krijg je bij het schutten een continu veranderende gevelindeling. Dit zorgt voor een veranderend uiterlijk van het gebouw. Ook beïnvloedt het schuiven en klappen van de luifels de ervaring binnenin het gebouw; de lichtinval en het uitzicht veranderen. Regelmatig gebruik van de sluis heeft een negatief effect hebben op de het binnenklimaat van het gebouw. Om dit te voorkomen kan er ook gekozen worden voor een meer esthetische gevelonderdelen.



Concept 10 ‘Maeslantplein’

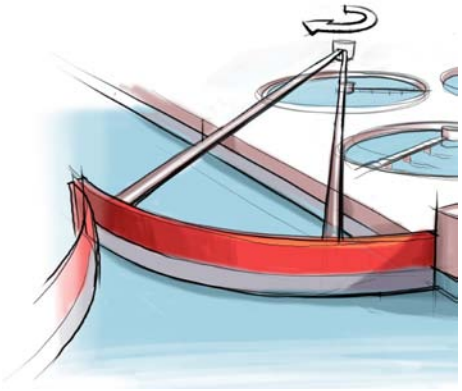
De Maeslantkering is een veel besproken kering om allerlei redenen. Een opvallende eigenschap van de kering is dat het relatief veel ruimte inneemt. Onder de armen van de deur bevindt zich een groot geasfalteerd oppervlakte dat nooit voor iets gebruikt wordt aangezien de constructieve armen van de kering erboven zweven. Deze ruimte kan ook voor andere functies benut worden. Een functie die uiteraard niet in gedrang mag komen met de armen van de deur wat betekent dat het relatief laag bij de grond moet blijven en een groot oppervlakte beslaan.

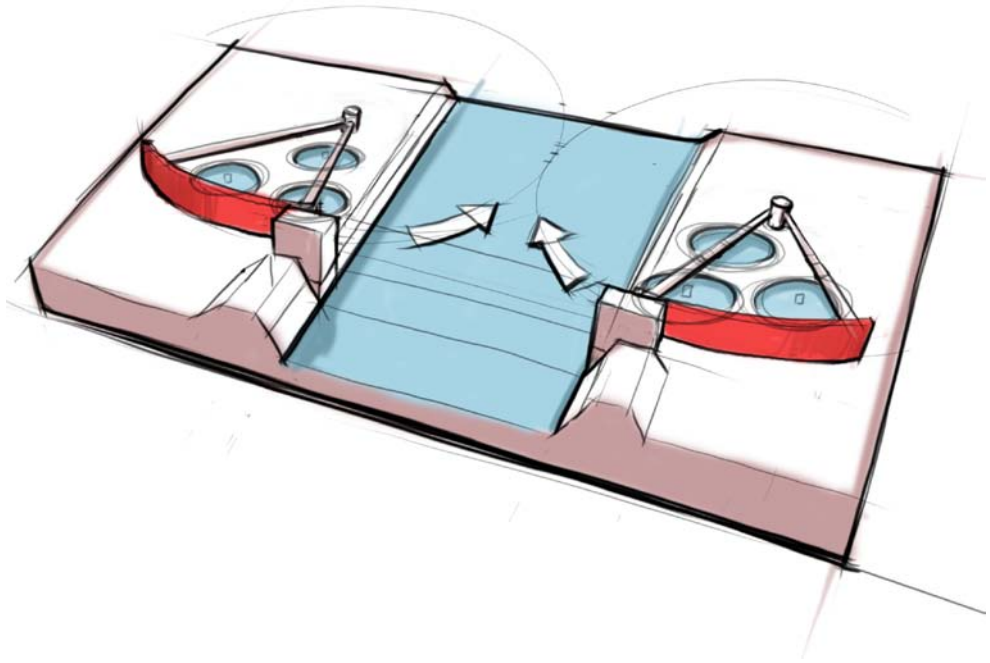
Mogelijke nieuwe functies voor dit oppervlakte zijn een eerder ook al genoemde algenkwekerij of een viskwekerij. Ook (een gedeelte van) een waterzuiveringsinstallatie is mogelijk om het landgebruik van de aparte functie te reduceren. Een interessant gegeven van een waterzuiveringsinstallatie is dat het een machinale aandrijving nodig heeft. De aandrijving die nodig is voor de zuiveringsinstallatie kan nu ook gebruikt worden om de kering te sluiten. Zo wordt er op element niveau functies gecombineerd. Dit zijn in dit geval de aandrijving bestaande uit motor, mechaniek en het aansturingsysteem. De aandrijving voor de kering wordt dagelijks getest wat mogelijk (een klein) effect heeft op het reduceren van de faalkans van de waterkering.

Een andere mogelijkheid voor toepassing van het oppervlak onder de kering is een meer recreatief gebruik waarbij de ruimte toegankelijk gemaakt wordt voor publiek. Buiten het stormseizoen worden dan de armen van de kering overspanning met tentdoek. Zo wordt de arm van de kering een dak en wordt er een ruime evenementenhal gecreëerd. Deze ruimte wordt dan bijvoorbeeld gebruikt voor symposia, conferenties, exposities, of grote feesten. Bij deze functiecombinatie moet goed gekeken worden hoe tijdens gebruik (en bij mogelijk wijziging van de functie onder de kering) de bereikbaarheid is met vrachtwagens en eventueel kranen: beschadiging van de kering door groot materieel moet voorkomen worden.



algenkwekerij voor biobandstoffen





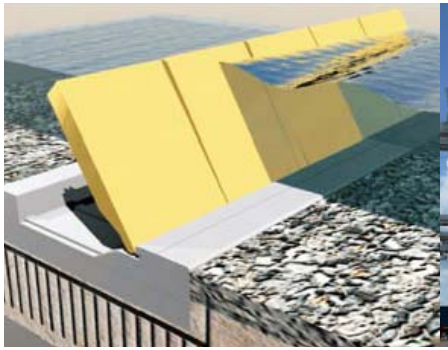


Concept 11 ‘Overslagkering’

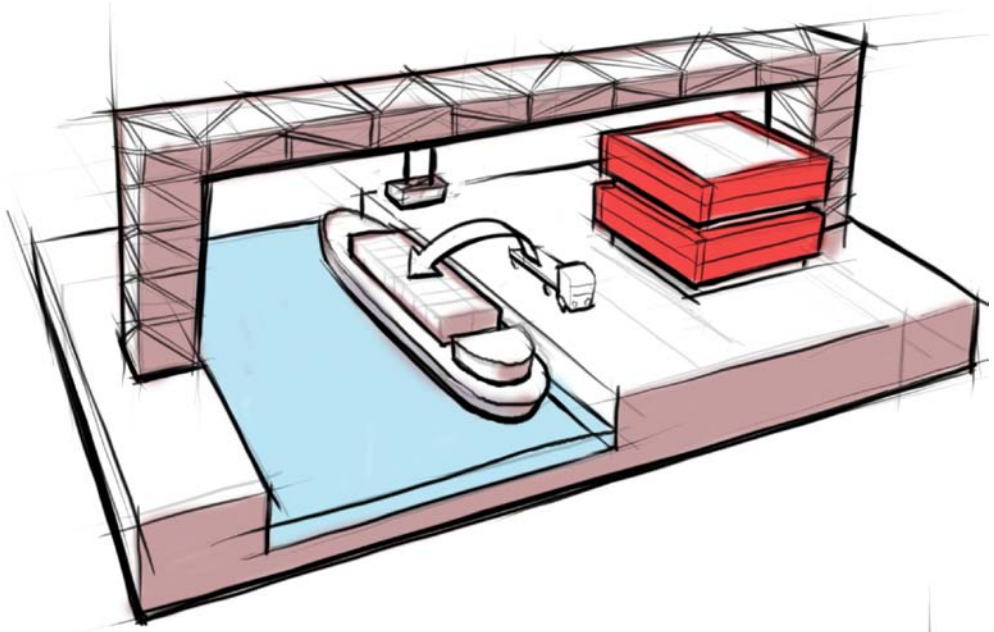
De ‘Overslagkering’ is een concept dat gebruikt maak van zijn locatie op grens van land en water. Dit keer er geen nevenfunctie aan de kering toegevoegd maar is de kering zelf eerder een nevenfunctie van de overslagterminal. In het concept wordt dubbel gebruik gemaakt van materieel, namelijk de kraan (of kranen) van een overslagterminal. Normaal gesproken slaan deze goederen over van schepen op vrachtwagens, treinen en andersom, maar als de kering moet sluiten hangen zo ook de keerdeuren in het water.

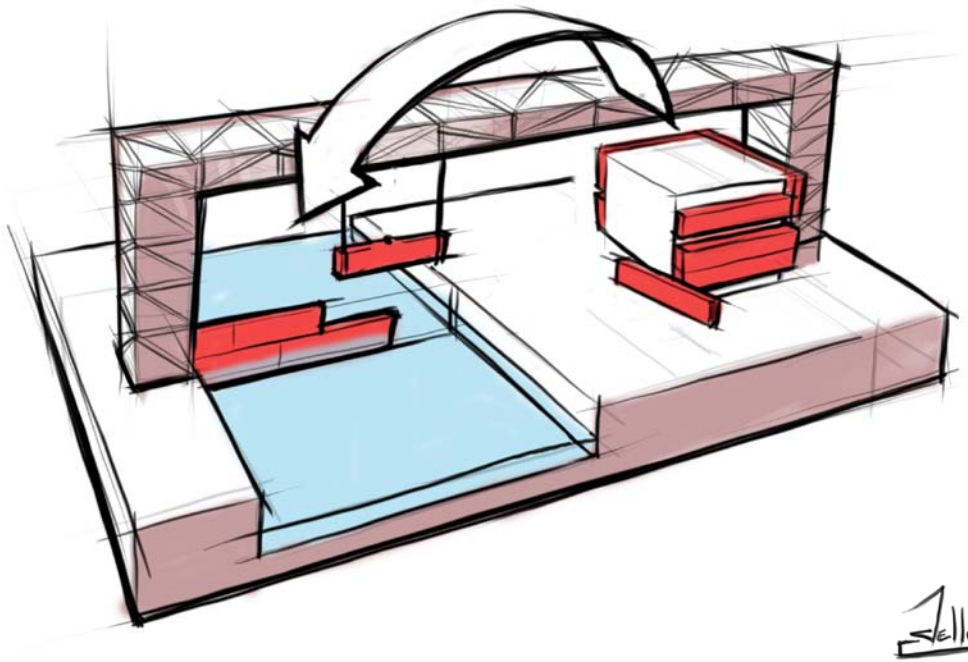
De deur van de waterkering bestaat uit relatief kleine elementen van bijvoorbeeld vijf bij tien meter. Deze keerelementen staan in dit geval niet opgeslagen op de kade, maar zijn onderdeel van de gevelconstructie van een loods. De opslagloods is opgebouwd uit een skelet waar de keerelementen als geveldelen in het skelet gehangen worden.
De keerelementen kunnen gebaseerd worden op een klepkering zoals de Mozes-kering bij Venetië. Deze drijvende keerelementen zijn scharnierend bevestigd aan de bodem. Een nadeel van deze toepassing is dat er relatief veel elementen nodig zijn waardoor het plaatsen van de kering veel tijd kost. Een bijkomend probleem is dat er hoge stromingen ontstaan als de waterweg deels gesloten is waardoor het plaatsen van de resterende keerelementen bemoeilijkt of zelfs onmogelijk is. Dit betekent dat de elementen bijvoorbeeld eerst op de bodem gelegd moeten worden om vervolgens gezamenlijk omhoog te draaien/drijven om de waterweg/rivier af te sluiten.
Een eenvoudiger variant is als er in de loods een hefdeur of een parachutekering wordt opgeborgen die wordt in-gehangen wanneer dit nodig is. In het geval van een parachutekering zou een kraan op beide oevers voldoende kunnen zijn zonder dat deze de waterweg overbruggen. Naast dat de kraan de kering in het water hangt zou deze in het geval van een parachute kering ook mee kunnen helpen bij het keren van het water.

Doordat het systeem moeilijk geheel automatisch uitgevoerd kan worden, en dus menselijk handelen aan te pas moet komen, is de faalkans van de kering relatief groot. De faalkans wordt vergroot doordat een persoon een fout kan maken en omdat deze persoon mogelijk persoonlijke (emotionele) belangen heeft om de kering dan wel of niet te sluiten. (Te vroeg sluiten van de kering wordt ook als falen beschouwd.)













Hoofdstuk 4

Bespiegeling en aanbevelingen

Multifunctionele keringen als innovatie en concepten voor AOR

Hoofdstuk 4

Bespiegeling en aanbevelingen

Multifunctionele keringen als innovatie en concepten voor AOR

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is een bespiegeling gegeven waarom de besproken multifunctionele keringen (toekomstige) innovaties en (dus) wenselijk zijn en hoe een innovatieve waterkering verder kan worden ontwikkeld. Vervolgens worden er aanbeveling gegeven voor de synergiemogelijkheden van de rivierkeringen die toegepast zouden kunnen worden op locaties van een Afsluitbaar Open Rijnmond. Hiervoor zijn de analyses van hoofdstuk 2, met o.a. de beschreven AOR-locaties, met hoofdstuk 3, de concepten, gekoppeld.

4.2 Multifunctionele kering is een innovatie en wenselijk

Een nieuw ontwerp is een innovatie als het “nut” voor de samenleving efficiënter gecreëerd wordt, waarbij “nut” alle “baten” zijn min alle “kosten”. Baten en kosten dienen hier breed te worden beschouwd: zo kunnen parkgroen, sociale acceptatie en bereikbaarheid als baten gezien worden en kunnen emissies, onderhoud en grondgebruik als kosten worden beschouwd. Naast sloop- en afvalkosten aan het einde van de levenscyclus is het van belang om ook de restwaarden van hergebruik mee te nemen als extra baten volgens het Cradle-to-Cradle® (C2C) concept.
Een innovatief ontwerp is een ontwerp waarbij de baten worden vergroot en/of de kosten gereduceerd. Met andere woorden: met een innovatie zet je kennis om in netto nuttige maatschappelijke baten, vaak uitgedrukt in geld. Onderzoek, geld omzetten in kennis, is echter wel nodig om tot een praktisch toepasbare innovatie te komen, maar is op zichzelf geen innovatie. Verder is vergroting van het draagvlak nodig om vertrouwen te krijgen in de innovatie, daadwerkelijk te kunnen realiseren en uiteindelijk geaccepteerd te krijgen.

Bij het multifunctioneel maken van beweegbare waterkeringen snijdt het mes aan twee kanten en kan er een gunstige wisselwerking plaats vinden tussen baten en kosten. Door meerdere functies vlak bij elkaar in een beperkte ruimte te vervullen, aangenomen dat deze functies wenselijk zijn, worden de baten vergroot. Aan de andere kant kunnen de bouw-, onderhouds- en exploitatiekosten gereduceerd worden omdat bijvoorbeeld grondstoffen worden uitgespaard, t.o.v. alle functies apart te realiseren. Hiernaast kunnen meerdere investeerders betrokken worden: er zijn immers meer baten te verdelen, waardoor het maatschappelijk draagvlak voor de constructie en ook voor de financiering vergroot wordt.

De wenselijkheid om iets multifunctioneel te maken wordt ‘getriggerd’ door de totale balans van baten en kosten: een kleinere voetprint (t.o.v. de functies apart te construeren) en ruimtelijke verdichting is duurzaam en het combineren van elementen is doorgaans goedkoper. Echter, ruimtelijke verdichting mag nooit een doel op zich zijn: de bestaande situatie moet door “ontwerpend onderzoek” naar potentiële locaties en verbetering van ruimtelijke kwaliteit verbeterd worden.
[Green Metropolis, why living smaller, living closer, and driving less are the keys to sustainability, David Owen, 2009] [Prachtig Compact NL, Deel 1: visie, College van Rijksadviseurs (CRA), Ministerie van VROM. 2010]

De kosten van een project worden altijd uitgemeten in beeld gebracht. De baten worden in de huidige tendens steeds uitgebreider meegenomen, mits deze duurzaam zijn. De huidige innovaties zijn dan ook veelal op duurzaam gericht dan wel door duurzaamheid gedreven. De wenselijkheid voor multifunctionele keringen is dan ook gebaseerd op een meer duurzamere maatschappij. Een ander belangrijke rede, die al enkele keren bespreken is in dit rapport, is de icoonfunctie van een multifunctionele kering; denk hierbij aan prestige, imago, marketing en verkoopbaarheid.

4.3 Ontwikkeling van een innovatief ontwerp

In deze paragraaf wordt een aantal aspecten benadrukt die van belang zijn bij het ontwerpen van een waterkering, en in het bijzonder van een innovatieve waterkering.

Na het bouwen van de kering is de kering nog niet af. De betrouwbaarheid van de kering is sterk afhankelijk van de ontwerpkeuzes (materialen en dergelijke), het beheer, de bediening en het onderhoud en vooral in ervaring en kennis van deze aspecten. De kering wordt optimaal afgesteld (“getuned”) in de eerste jaren van

haar bestaan. Voor kunstwerken zijn dit voornamelijk de beweegbare delen. Zwakke schakels in de constructie, zoals slijtageplekken, worden onder handen genomen en de betrouwbaarheid van de kering neemt daarmee dus toe. De kritieke onderdelen die het meest vatbaar zijn voor (vroegtijdige) veroudering, ofwel die voor de betrouwbaarheid bepalend zijn, dienen dan ook inspecteerbaar en vervangbaar te zijn.

Bij innovaties speelt dit in versterkte mate omdat niet van te voren bekend is wat de kritieke onderdelen zijn van de nieuwe kering. Tijdens het ontwerpen moet er nagedacht worden wat de mogelijke achilleshiel in onderhoud en betrouwbaarheid is. Bij bestaande en veel gebruikte keringen is dit door ervaring en vakkennis bekend, voor innovaties moet deze kennis nog opgebouwd worden.
Daarom is monitoren van de innovatieve kering dan ook zeer belangrijk. Aldus kan worden vastgesteld of de kering werkt zoals deze zou moeten werken en wordt de achilleshiel vastgesteld. Tijdens de bouw dient te worden gemonitored om vast te stellen of het object wel volgens bestek gebouwd is. De aannemer moet dit kunnen bewijzen en bij innovaties speelt dit in nog sterkere mate. Er is immers ook met de aanleg weinig ervaring. Het gaat er dus niet alleen om de aannemer te controleren, maar voor toetsing van de keringen is het belangrijk om te weten of deze gebouwd zijn zoals ontworpen en of er (noodgedwongen) afwijkingen zijn opgetreden.
Bij het vaststellen van de achilleshiel is van belang terugvalscenario's met alternatieve uitvoeringsmethoden voor de bouw of onderhoud te ontwikkelen, zowel tijdens als na de bouw. Het is hierbij van belang onderscheid te maken tussen de elementen van de kering die zichtbaar en die niet zichtbaar zijn en waar men voor inspectie en vervanging dus wel bij niet bij kan (en waarbij het in het laatste geval het wellicht niet mogelijk is de toestand van het onderdeel te meten). Het is in dit laatste geval dan zeer belangrijk tijdens de bouw de toestand 'as-built' goed te kunnen vaststellen.

Tijdens het ontwerp moet goede documentatie zijn van de ontwerpkeuzes, uitwerking en berekeningen. Bij het ontwerpen zal ook bekend moeten zijn bij welke belastingen de kering zal moeten voldoen, als robuustheidtoets voor de toekomst, bijvoorbeeld als de zeespiegelstijging meer stijgt dan verwacht. Ook de omgekeerde vraag is van belang, bijvoorbeeld: hoe veel langer kan de kering mee als de zee minder hard stijgt. Verder speelt de vraag hoe flexibel de kering is voor allerhande veranderingen, m.a.w. de 'adaptiviteit' van de kering.

Bij het ontwerp moet worden nagedacht over het onderhoud tot het eind van de levensduur, gezien de hoge kosten die onderhoud met zich mee kan brengen en welke bepalend kan zijn voor de faalkans. Ook de toetsingsvraag hoe de kering later moet worden getoetst de zesjaarlijkse toetsrondes, is belangrijk voor de beheerders van deze keringen, om een innovatie daadwerkelijk te kunnen accepteren. Beheerders zullen allen willen accepteren als ze weten dat de constructie door de toetsrondes heen kan komen zonder dat er uitgebreid onderzoek, een geavanceerde toetsing of zelfs verbeteringen plaats moeten vinden.
In praktijk zal een pilot vaak een uitweg bieden tot vertrouwen en acceptatie. Echter een pilot van een dijk of een grote beweegbare kering is vaak erg lastig.

Hierbij komt de vraag op wanneer een innovatie geaccepteerd is en dus normaal getoetst kan worden op ervaring. 'Ga je geavanceerd toetsen, omdat je een stukje informatie mist, terwijl de kering nog '"getuned" moet worden?' Als er dingen missen om goed te kunnen toetsen zal dit bij de initiatiefnemer gelegd kunnen worden. De bewijslast dat zijn kering werkt, rust bij hem. Hierover moeten duidelijk afspraken gemaakt worden tussen beheerder (het waterschap dat eindverantwoordelijke is voor de veiligheid), de initiatiefnemer en andere overheidinstanties. Het rijk en Rijkswaterstaat zullen gebruik moeten maken van hun instrumentarium om met diverse overheden concrete werkafspraken te maken. Leidraden voor innovatieve waterkeringen zullen hierbij wel helpen als handvat, echter elke innovatie vraagt om maatwerk. Naast een actieve regierol van de overheid is ook aandacht voor de financieringsmethodiek van projectontwikkeling van belang.

4.4 Aanbevelingen voor AOR rivierkeringen
De concepten die in deze studie ontwikkeld zijn hebben een diversiteit in het soort synergie dat ze nastreven. De één richt zich bijvoorbeeld specifiek op een intensiever gebruik van een element van een bepaald type kering en een ander gaat meer in op een mogelijke toevoeging die voor zijn omgeving. De concepten variëren ook in praktische bruikbaarheid en toepasbaarheid van het idee; de één heeft meer maatschappelijk nut dan de andere, en de één wijkt meer af van het huidige denken dan een ander.
De concepten zijn ideeën voor toekomstige ontwikkeling van

beweegbare hoogwaterkeringen. Het is noodzakelijk om de ideeën te koppelen aan een locatie met specifieke randvoorwaarden en toekomstwensen; dan wordt het pas een ontwerpconcept waar de baten en kosten van bepaald kunnen worden.
Ideeën uit verschillende concepten kunnen samenkomen of in een andere vorm uitgevoerd worden. Ze werken ter inspiratie en aanmoediging voor toekomstige durfals.
Als aanbeveling wordt hier per AOR-locatie een beeld geschetst van welke van de concepten in welke vorm geschikt zijn voor rivierkeringen.

Spui
Voor de kering in het Spui zijn vele functiecombinaties interessant. Een van de opvallende eigenschappen van deze rivier is het recreatieve karakter. Onder andere daarom zal de ‘Uitkijk Kering’ goed bij deze locatie passen. Er is weinig scheepvaart op het Spui waarvan relatief veel recreatief verkeer. In de Zuid Hollandse eilanden Voorne Putten en de Hoekse Waard, die het water van elkaar scheidt vind veel dagrecreatie plaats door fietsers en wandelaars en wordt er veel gevist. Ondanks deze recreatieve bezoeken zijn de oevers van het Spui niet overal “zacht”. Ze zijn niet zo zeer natuurlijk en weelderig, maar ze bestaan grotendeels uit open, met gras begroeide dijken. Op een aantal locaties is de uiterwaarden wat breder en natuurlijker. De uitkijkpunten zijn erg aantrekkelijk voor dagrecreanten als korte stop om tijdens een pauze over het polderlandschap te kunnen kijken.
Een andere reden waarom dit concept interessant kan zijn is vanwege zijn tunnelfunctie. De oevers van het Spui zijn op geen enkele plek fysiek met elkaar verbonden. De enige manier om met de auto of de fiets over te steken is momenteel met een pontje. In de huidige gebiedsvisies is over het Spui ook een verbinding door de A4 gepland. Deze verlenging van de A4 zal een verbinding moeten maken tussen het knooppunt Beneluxplein en de A29 in de Hoekse Waard. Indien deze verbinding daadwerkelijk gerealiseerd gaat worden kan het concept van de ‘Keerbrug’, de brug waarvan het wegdek als keermiddel in de rivier geplaatst wordt, ook erg interessant zijn voor deze locatie.
Indien er gekozen wordt voor een minder ingrijpende functiecombinatie, dan kan er gekozen worden voor het concept van de ‘Holle Hefdeur’ waar het recreatieve verkeer van tijd tot tijd kan genieten van de vloot-in bioscoop. De openheid van het traditionele polderlandschap wordt echter wel erg gecompromitteerd door de ruimtelijke impact van een hefdeur constructie.

Dordtse Kil
De dijken langs de Dordtse Kil geven de sfeer van de waterweg van de Dordtse Kil weer: louter functioneel. De waterweg is één van, zo niet de, de drukste in Nederland, de dijken zijn open en met gras begroeit zonder uiterwaarden en de huizen liggen netjes achter de dijk. De grote hoeveelheid scheepvaart leent zich goed voor veel bekijks. Hierom past op deze locatie een kering met veel allure. Een iconisch kering waar de schippers graag langs zullen varen en de dagjes mensen even komen “schepen-spotten”.
Het noorden van de Dordtse Kil, vlak bij Dordrecht en ’s-Gravendeel, wijkt af met de rest van de waterweg. Hier bevinden zich bedrijven terreinen en havens. Voor de Dordtse Kil moet gezocht worden naar een kering die past bij dit bedrijvige karakter en die ook de gewenste allure heeft. Eén van de mogelijkheden hiervoor is de ‘Heftoren’.
Een combinatie tussen een kantoorgebouw en een kering biedt een interessante hoeveelheid ‘exposure’ langs de drukke waterweg.
Het beste concept op deze plek is echter de ‘Overslagkering’. Deze past functioneel erg goed in de havens van Dordrecht. Wellicht is het interessant voor deze locatie om de demontabele keerdeur te vervangen door een “parachutedeur”. De grote overspanning van de kraan constructie zal iconisch genoeg zijn en leent zich goed voor een indrukwekkende ‘Poort bij Dordrecht’.

Beneden Merwede
Het lastige van de kering in de Beneden Merwede is dat de waterweg heel diverse mogelijkheden biedt. De primaire kering aan de zuidelijke oever ligt veel verder richting Dordrecht wat een complexere oplossing vergt dan een spanne van dijk tot dijk. De Dordtse Biesbosch als de Merwedehavens liggen buitendijks. Een van de oplossingen is om gebruik te maken van het dijklichaam van het spoor dat vanaf de brug richting zuid loopt en aansluit op de primaire kering bij het Wantij.
Dit zal in ieder geval het grote buitendijkse gebied van Dordrecht veiliger maken. Aangezien de Drechtsteden een sterk openbaar vervoerssysteem over het water hebben tot in Rotterdam, is deze locatie waar het spoor, weg en water elkaar ontmoeten een hele interessante locatie voor het concept van een ‘Watertransferium’. De plaatsing van een transferium kan hand in hand gaan met de herontwikkeling van de Merwedehavens. De gemeente heeft grootse plannen met de havens voor bovenregionale voorzieningen, gemengde bedrijventerreinen (droog en nat) en vrijetijdsvoorzieningen. Het concept voor een

transferium kan de ontwikkeling van deze gebieden sterk vergroten. Voor deze locaties, waar de bebouwing relatief hoog is, kan ook het toepassing van een ‘gebouwkering’ zoals de ‘Heftorens’ of de ‘Luifelschuiven’ het maatschappelijk nut sterk laten toenemen. Ze zouden opgenomen kunnen worden in de ontwikkelingsperspectieven van de havens.
Als alternatief kan het sterke, recreatieve concept van het ‘Deltapark’ met een stoer parkontwerp een verbinding leggen tussen de opgedeelde Drechtsteden. Het zal een passende poort vormen van de Drechtsteden. Bij de meer oostelijke locaties zal er aandacht geschonken moeten worden op de aansluiting met de Biesbosch. De kering verbindt de dorpse bebouwde dijken vanaf Hardinxveld-Giessendam met de natuurlijke oever van de Biesbosch. Zoals gezegd zal er een verbinding gezocht moeten worden met de primaire kering in het achterland. De beweegbare kering en het dijklichaam zal landschappelijk ingepast moeten worden waarbij enkel aan recreatieve functies gedacht kan worden.

Lek en Arnhem
Het ontwerp van de ‘Uitkijk Kering’ is bedacht voor een locatie zoals de oevers van de Lek. Zoals in hoofdstuk 2.2 beschreven zijn er brede natuurlijke uiterwaarden en traditionele dorpslinten met nationaal erfgoed. De rivierhistorie en het milieu spelen een belangrijke rol. De ‘Uitkijk Kering’ biedt naast een kering zonder een al te grote impact op het landschap en haar horizon een plaats waar dit landschap in al haar glorie bekeken kan worden. Zowel bij Lexmond / Ameide, als bij Arnhem is dit concept zeer interessant om toe te passen. Daarbij moet wel de kanttekening geplaatst worden, dat bij Arnhem nog heel veel andere mogelijkheden zijn waar in deze studie geen aandacht naar uit is gegaan.

Tweede Maeslant kering
De locatie voor een eventuele tweede Maeslantkering kan op verschillende locaties en gezien de stedelijke omgeving zijn er vele synergie mogelijkheden.
Een van de meer belovende locaties, zoals besproken in par. 2.6, is aan de landzijde van de huidige Maeslantkering ten oosten van de verbinding van de Oude Maas met de Nieuwe Waterweg. Dit betekent dat de kering in het gebied van de (oude) stadshavens komt. Een gedeelte van de havens zoals de petroleumhavens zal voorlopig zijn functie behouden maar een aanzienlijk aantal, op zowel de noord-, als de zuidoever, wordt geherstructureerd. De kering zal hier aansluiten bij het industriële karakter van de havens na hun revitalisering en tegelijkertijd aansluiten bij een hoogwaardig stedelijk gebied.
De ‘Trapkering’ zou goed op deze locatie passen. Langs het water wordt het trapvormige ponton aangelegd wat een permanente tribune vormt richting de Nieuwe Waterweg. Het imago van de stad Rotterdam wordt neergezet als de “Jonge, internationale, verrassende stad aan het water”. Zo kunnen er direct aan het water evenementen georganiseerd waar de tribune dienst zou kunnen doen. Een float-inn bioscoopscherm, drijvende podia en watersport wedstrijden zijn geen vreemde evenementen voor Rotterdam. De swing-gate in trapvorm zal het stedelijke landschap van de ‘nieuwe stadshavens’ versterken, maar er kan gekozen worden voor een sportpark op het ponton.
Een alternatief op deze locatie valt samen met de plannen voor een nieuwe oeververbinding. Zoals in paragraaf 2.6 al wordt voorgesteld kan het erg interessant zijn om een van de nieuwe bruggen in de toekomst te combineren met een kering. Hier zou het concept van de Keerbrug interessant kunnen zijn, echter naast een opstopping op het water ook en op de weg is geen handige combinatie. Als alternatief kan er ook gekeken worden naar een functiecombinatie zoals in het ‘Watertransferium-concept’ waar de keerdeuren een wind en geluidsscherm kunnen vormen voor de autoweg.
Een alternatief voor deze binnenstedelijke locatie kan een “gebouwkering” zijn. In Rotterdam is de vraag naar hoogbouw langs de rivier hoog, dus dit zou een locatie bij uitstek zijn om een dergelijke kering toe te passen. Het concept van de ‘Heftorens’ kan als voorbeeld gebruikt worden voor de toepassing, echter met het concept ‘Luifelschuiven’ kan ook de problematiek rondom de zoutindringing tegen gegaan worden. Een laatste mogelijkheid is het ‘Hefpark’ waar een iconisch stadspark de stedelijke beleving en welvaart kan vergroten.

4.5 Tot slot

Er lijken mogelijkheden genoeg te zijn om synergievoordelen te realiseren met het combineren van functies, multifunctioneel gebruik van beweegbare waterkeringen, dan wel van elementen van beweegbare waterkeringen. Op de, in beeld en woord, geschetste concepten zijn vele varianten en combinaties te bedenken die in principe realiseerbaar zijn.

Naast dat multifunctionele keringen veelal een innovatie betekend in de zin van het effectief creëren van netto maatschappelijk nut, zullen multifunctionele keringen door hun meervoudige landgebruik en verkleinen van de voetprint (t.o.v. als de functies apart geconstrueerd worden) doorgaans ook duurzaam zijn.
De innovatie, van een waterkering, moet niet beperkt blijven tot het technisch aspect; innovatie is ook relevant voor het bestuurlijke aspect, bijvoorbeeld m.b.t. de beheerders van de waterkering (de waterschappen en Rijkswaterstaat-diensten) die medegebruik toelaten of zelfs ruimte verpachten. Door functies toe te voegen aan de kering kunnen ook investeerders aangetrokken worden die de waterkering mede-financieren, bijvoorbeeld doordat de fundatie van de twee objecten gedeeld wordt. Het is aan te bevelen om concepten te zoeken waarbij de nevenfuncties ook later ingevuld kunnen worden en waar fasering goed mogelijk is. Alle partijen kunnen dan gefaseerd in het multifunctioneel gebruik van het kunstwerk/object worden meegenomen en hierbij hun gebruikservaring kan toenemen zonder dat de veiligheid in het geding raakt.

Maar er zijn ook valkuilen, vooral in de ontwikkeling en beheer van innovatieve keringen.
Zo moeten er verregaande afspraken gemaakt worden over wie verantwoordelijk is voor wat en tot wanneer, bijvoorbeeld qua ontwikkeling van de innovatie, het onderhoud en de toetsing. De wetgeving zal vermoedelijk aangepast moeten worden zodat er meer ruimte is om deze afspraken juridisch houvast te geven.

Een ander aspect is dat de bedienings- en calamiteitenprotocollen (kennis van hoe de kering te sluiten en wat te doen als deze bijvoorbeeld niet sluit), noodzakelijkerwijs uitvoeriger zullen worden. Hier speelt het gevaar dat deze niet meer praktisch uitvoerbaar zullen zijn.

Qua ontwerp moet goed nagedacht worden in hoeverre verschillende functies met elkaar verstrengeld zijn. Hiervoor zijn uitgebreide functie- en gebruikanalyses nodig die mogelijk nieuwe faalmechanismen voor de



waterkering aan het licht brengen. Zo kunnen er extra handelingen nodig zijn om de kering in werking te laten treden en kunnen bijvoorbeeld winkelwagentjes of fietsen schade ondervinden als deze zich dicht bij de bewegende delen van kering bevinden. Maar ook moet er onderzocht worden welke handelingen er nodig zijn, en hoeveel tijd en geld dit kost, om alle functies weer te kunnen gebruiken na het keren van hoogwater.

Waar het publiek over het algemeen geweerd wordt van het kunstwerk (hier: de waterkering), zou juist een slim ontwerp er toe kunnen leiden dat zowel de publieke als de waterkerende functie versterkt wordt. Het concept “delta park” (concept 02) is hier een mooi voorbeeld van. Hier gaat een unieke parkbeleving hand in hand met een goed te inspecteren waterkering waarbij de negatieve ruimtelijke impact van de kering verkleind is. Het ontwerpen van multifunctionele kunstwerken betekent een versterking van multidisciplinair ontwerpen en het leveren van maatwerk. Uit het voorgaande blijkt dat het ontwerp van een multifunctionele beweegbare hoogwaterkering niet alleen door (ervaren) ingenieurs en architecten moet geschieden, maar dat ook beheerders moeten worden betrokken, en dat zij allen gesteund worden door de toezichthouder van de waterveiligheid, het Rijk, voor het omgaan met de extra onzekerheden die dit met zich meebrengt.



Colofon

Dit rapport is product van *Rotterdam Climate Initiative - Climate Proof*

ROTTERDAM.CLIMATE.INITIATIVE
Climate Proof

Auteurs

ir. A. (Anna) Dijk
Architect
Dijk Architectuur

ir. F. (Floris) van der Ziel
Adviseur constructieve waterbouw
Royal Haskoning, divisie Kust & Rivieren

ROYAL HASKONING

Artist impressions

J. van der Vegt & A. Dijk

Dit onderzoek is onderdeel van het onderzoek naar een Afsluitbaar Open Rijnmond 2009/2010
Projectgroep Afsluitbaar Open Rijnmond

Kennis voor Klimaat
provincie ZUID HOLLAND
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard
Hoogheemraadschap van Delfland
Gemeente Rotterdam
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
waterschap Hollandse Delta
HKV LIJN IN WATER
TU Delft
D.EFAC.TO architectuur, stedenbouw & research
aabf RESEARCH
rivm