

# Opvijzelen Voorstraat Dordrecht

*Een innovatieve oplossing voor de hoogwaterveiligheid in Dordrecht*

Auteur: Joost Pol

Begeleiders: S.N. Jonkman (TU Delft), M.R. Bruggers (Deltares), F. Klijn (Deltares)

Datum: 22 juni 2012

---

## Samenvatting

De waterkering die wordt gevormd door de Voorstraat in Dordrecht moet met 0,75 m worden verhoogd om de komende eeuw aan de normen te blijven voldoen. Vanwege de historische, stedelijke bebouwing op deze dijk is dijkverhoging moeilijk, en tot op heden niet uitgevoerd. Met vijzeltechnologie is het mogelijk om hele woonblokken op te tillen, zonder dat bewoners en ondernemers het pand uit moeten, en zonder aantasting van het historisch stadsgezicht. Daarbij kan soms meerwaarde worden gecreëerd, met bijvoorbeeld de aanleg van een kelder. De kosten voor het opvijzelen als oplossing voor dijkverhoging liggen tussen de 18 en 28 mln. euro over een lengte van 1,4 km, hiermee kan het kostentechnisch concurreren met bijvoorbeeld een beweegbare kering in de Voorstraat. Aandachtspunt is de ruimtelijke inpassing, omdat een aanzienlijk niveauverschil wordt gecreëerd met de omgeving. Voor de hoogwaterveiligheid van het Eiland van Dordrecht is het een reële oplossing, die het verdient om verder onderzocht en overwogen te worden.

---

## Inleiding

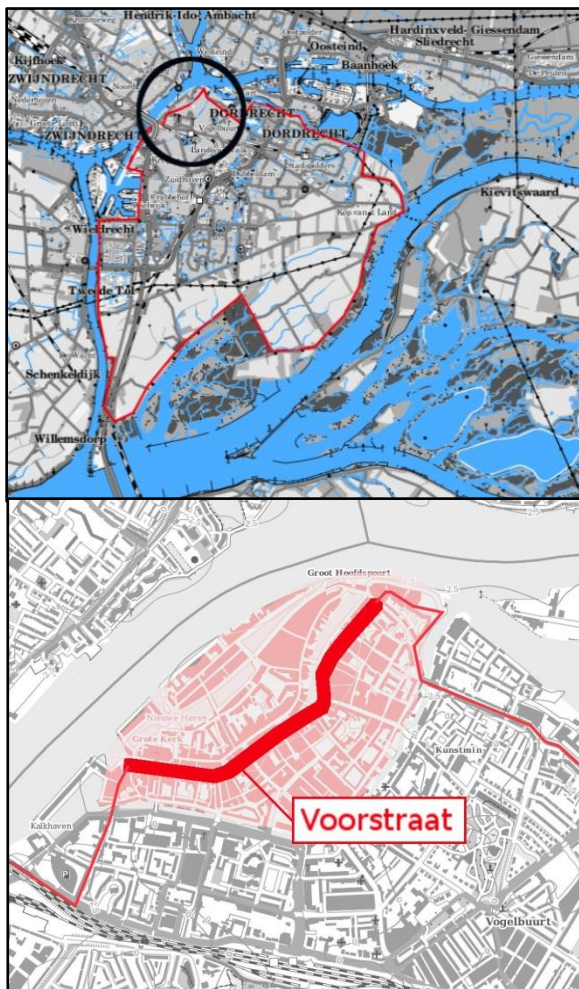
Een stijgende zeespiegel, bodemdaling, hogere rivierafvoeren, en een mogelijke verlaging van de geaccepteerde overstromingsfrequentie zorgen voor nieuwe uitdagingen. Hoewel de grootte en snelheid van deze veranderingen onzeker zijn, moet er tijdig op worden geanticipeerd. In veel gevallen betekent het dat dijken verhoogd of versterkt moeten worden, om aan de normen zoals vastgelegd in de Waterwet, te blijven voldoen.

In Dordrecht vormt de Voorstraat de primaire waterkering. Of deze daadwerkelijk verhoogd of versterkt moet worden is afhankelijk van het beleid dat wordt ingezet. Te denken valt aan de concepten Afsluitbaar Open Rijnmond en Meerlaagsveiligheid (Hoss, 2010), waardoor de vereiste kerende hoogte in Dordrecht mogelijk lager wordt. Welke strategie gevolgd moet worden om op de (onzekere) ontwikkelingen in te spelen, is een complex vraagstuk, waarover nog geen overeenstemming is. In dit onderzoek wordt aangenomen dat de Voorstraat in de toekomst hoe dan ook verhoogd moet worden.

Door de historische bebouwing op de dijk is dijkverhoging echter niet zonder meer mogelijk. Al sinds de Watersnoodramp van 1953 wordt gezocht naar een duurzame en veilige oplossing voor dit gebied. Voorstellen voor aanpak van de Voorstraat stuitte in het verleden steeds op weerstand van bewoners of ondernemers (Van 't Verlaat, 1998). Op dit moment wordt gebruik gemaakt van een vloedschottensysteem, maar als de klimaatverandering doorzet zal dit systeem niet meer voldoen. Daarom is een (innovatieve) aanpak nodig, die rekening houdt met maatschappelijke acceptatie. Een recentelijk geopperd idee (Passchier et al., 2010) is het opvijzelen van de bestaande panden tot boven de maatgevende hoogwaterstand en de onderliggende waterkering op te hogen. Het perspectief van deze optie hangt vooral af van de kosten en een goede inpassing in de omgeving. Een vergelijkbare methode is eind jaren '50 toegepast bij de Lekdijken (Deltadienst, 1960, p. 33-37), hier is echter weinig van gedocumenteerd.

## Gebiedsbeschrijving

De stad Dordrecht ligt aan de noordwestelijke kant van het Eiland van Dordrecht (dijkring 22), en beslaat ongeveer de helft van het eiland. Het oude centrum ligt direct aan de Oude Maas en Beneden-Merwede, en is opgebouwd uit drie schillen die worden omringd door grachten. De Voorstraat ligt aan de rivierzijde van de buitenste (nieuwste) schil. Zo zijn de binnenste en middelste schil buitendijks gebied. Hoewel buitendijks, is de ligging relatief hoog, op de natuurlijke oevers van de rivier, waardoor er relatief weinig overlast is bij hoge waterstanden.

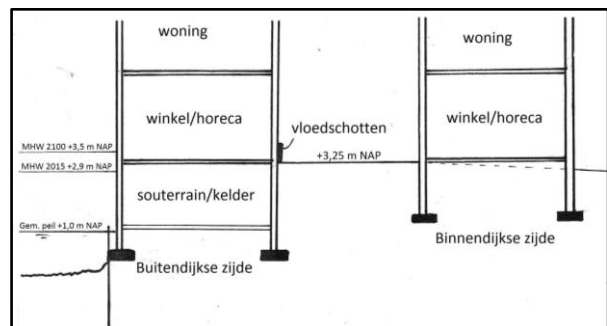


**Figuur 1** Eiland van Dordrecht (boven) en Historisch Centrum met de Voorstraat (onder)

De Voorstraat is de langste winkelstraat van Nederland (1,4 km tussen Lange Geldersekafe en Torenstraat), met vele historische panden, waarvan de helft met de status van

rijksmonument. Het merendeel van de panden is gebouwd in de 17<sup>e</sup> of 18<sup>e</sup> eeuw. In de benedenverdieping zijn winkels, horeca, antiquariaten of kunstenaars gevestigd, terwijl de bovenverdiepingen worden bewoond. Het zuidelijke deel is een drukke winkelstraat.

Het dijkprofiel varieert enigszins over de lengte van de Voorstraat. Er zijn twee profielen te onderscheiden: Bij het grootste deel staan de buitendijkse huizen direct in het water, maar bij het meest noordelijke deel ligt er aan de buitendijkse zijde nog een kade en soms zelfs tuin. Het binnentalud is erg flauw, ongeveer 1:100. Het straatniveau ligt op +3,25 m NAP. Het vloedschottensysteem zorgt voor 0,35 m extra hoogte zodat de totale kerende hoogte +3,60 m NAP is.



**Figuur 2** Karakteristieke dwarsdoorsnede Voorstraat

In de praktijk wordt algemeen aangenomen dat de Voorstraat een doorbraakvrije dijk is, vanwege de breedte en de versterking door bebouwing. Dit betekent dat overloop het relevante faalmechanisme is, en dat de gevolgen bij falen waarschijnlijk slechts bestaan uit materiële schade, en er geen slachtoffers vallen.

## Klimaatscenario's en de maatgevende hoogwaterstand (MHW)

Er zijn verschillende klimaatscenario's opgesteld door het IPCC (2007) en het KNMI (2006). In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van het W+ scenario van het KNMI, voor het jaar 2100. Het W+ scenario is het meest extreme scenario dat het KNMI verwacht, met een Rijnafvoer van 18.000 m<sup>3</sup>/s en een zeespiegelstijging van 85

cm. Er is gekozen voor 2100 als uitgangspunt omdat het opvijzelen vooral een maatregel voor de langere termijn is. Want op korte termijn (tot 2040) kan een voldoende hoog veiligheidsniveau worden bereikt met het vloedschottensysteem (Hinborch, 2010).

Uitgaande van het W+ scenario en geen verandering van het huidige beleid, is de verwachte verhoging van het MHW bij Dordrecht 0,6 m (Slootjes et al., 2011). Voor 2015 is het MHW +2,9 m NAP, in 2100 dus +3,5 m NAP.

Omdat er enige onzekerheid is over de ontwikkeling van het MHW, moet ook worden gekeken naar de flexibiliteit van de oplossing, wanneer en tot hoever deze het best toegepast kan worden, en de meerkosten voor extra hoogte.

### **Probleemstelling**

Vanwege de dichte historische bebouwing en de vele winkels aan de Voorstraat kan deze dijk niet eenvoudig worden opgehoogd. Veel oplossingen stuiten op verzet van bewoners en ondernemers of zijn te duur. Een mogelijke oplossing is het opvijzelen van de panden. Er wordt onderzocht welke vijzelmethoden passen binnen de eisen en randvoorwaarden, en hoe hoog de kosten voor deze oplossing globaal zijn. Dan kan beoordeeld worden of vijzelen een reële oplossing is. De centrale vraag is als volgt:

*In hoeverre is het opvijzelen van de panden aan de Voorstraat in Dordrecht ten behoeve van dijkverhoging haalbaar?*

Hierin komen de volgende aspecten aan bod:

- *Welke methoden zijn geschikt?*
- *Wat zijn de globale kosten van opvijzelen?*
- *Hoe goed scoort de optie van opvijzelen op diverse criteria ten opzichte van andere oplossingen?*

Er zijn veel aspecten die nodig zijn voor een goede beoordeling, maar die buiten de scope

van dit onderzoek vallen. Denk hierbij aan details van de vijzeltechniek, zoals uitvoeringsaspecten en gedetailleerde kosten. Of het draagvlak onder stakeholders en de inpassing in ruimtelijke ontwikkelingen.

### **Randvoorwaarden**

De belangrijkste randvoorwaarde is de vereiste kerende hoogte. Deze is gelijk aan de som van het huidige MHW (+2,9 m NAP), de toename in MHW (0,6 m) en een overhoogte (0,5 m). Dit geeft een vereiste hoogte van +4,0 m NAP. Gezien het feit dat de meeste vloeren ongeveer op straatniveau (+3,25 m NAP) liggen, betekent dit dat de panden in de komende eeuw uiteindelijk ongeveer 0,75 m omhoog moeten.

Om zoveel mogelijk tegemoet te komen aan de bezwaren die tegen eerder voorgestelde oplossingen werden ingebracht, zijn de volgende voorwaarden gesteld:

1. Overlast voor bewoners en ondernemers tijdens het opvijzelen minimaliseren.
2. Oplossing moet passen bij de esthetische waarde van de panden en het gebied.
3. Indien mogelijk meerwaarde creëren voor eigenaren.

### **Werkwijze**

De huidige situatie is in kaart gebracht door middel van locatiebezoek, archiefonderzoek en informatie van het Kadaster, Gemeente Dordrecht en Waterschap Hollandse Delta.

Aan de hand van de huidige situatie is gekeken welke methoden van opvijzelen geschikt zijn. Hiervoor is gebruik gemaakt van het Handboek Funderingsherstel van de CUR, en van ervaring van gespecialiseerde aannemers: Bresser Funderings- en vijzeltechniek en Walinco Funderingstechnieken.

Voor een schatting van de kosten van opvijzelen is ook gebruik gemaakt van de expertise van de aannemers. Daarnaast geeft CUR publicatie 220 een schatting. Deze kostenschattingen geven

een bedrag per m<sup>2</sup>, wat is geëxtrapoleerd naar het geheel van de Voorstraat.

Ten slotte is een vergelijking gemaakt met een aantal alternatieven, op basis van risicoreductie, hinder, behoud van historische waarde, en kosten. Deze vergelijking is, met uitzondering van de kosten, kwalitatief van aard.

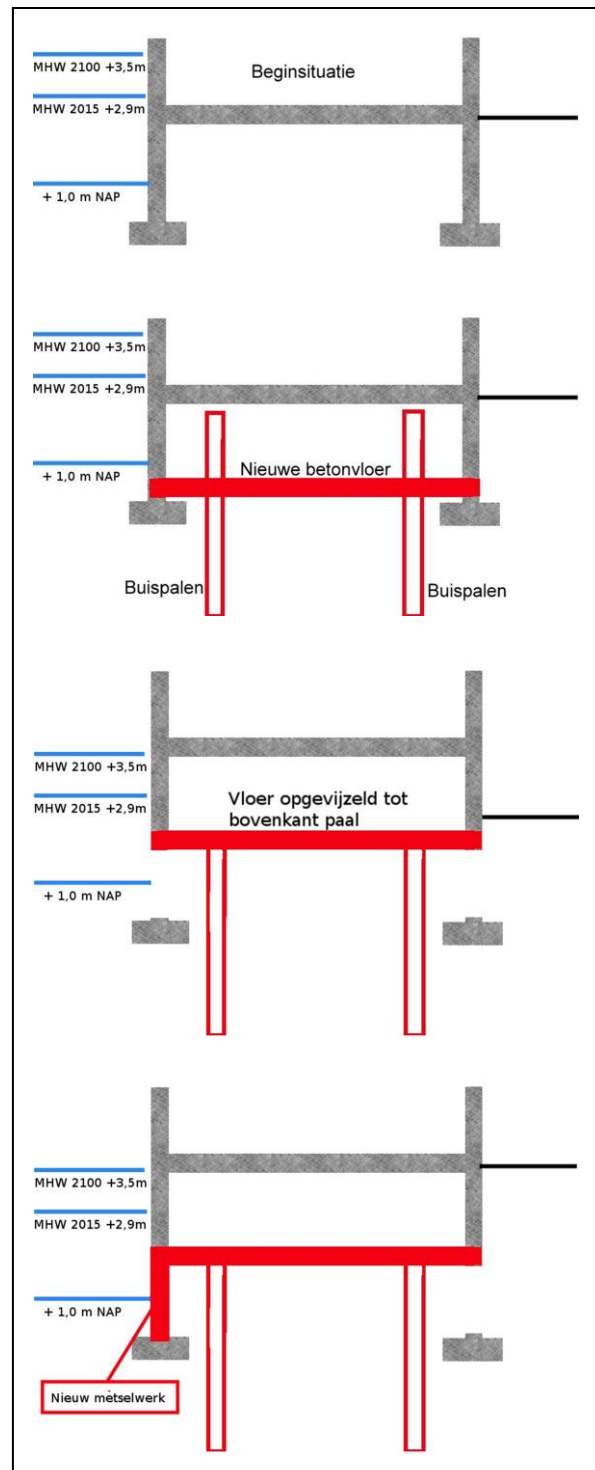
### Vijzelmethoden

Er worden diverse methoden toegepast bij het opvijzelen van gebouwen. De *tafelmethode* en *vijzelen uit de muur* zijn het meest geschikt voor toepassing bij aaneengesloten bebouwing zoals bij de Voorstraat. Voor beide methoden geldt dat per blok (bouwkundige eenheid) wordt opgevijzeld, hierdoor hoeven geen constructieve muren te worden doorgezaagd.

#### Tafelmethode:

Bij deze veel gebruikte methode (Figuur 3) wordt een nieuwe gewapende betonvloer onder het gebouw gestort, die wordt verankerd in de dragende muren. Door uitsparingen in de vloer worden stalen buispalen trillingvrij geboord. Als de draagkrachtige laag is bereikt, worden deze gevuld met beton en via vijzels verbonden met de vloer. Met de vijzels wordt de vloer (en daarmee het gebouw) dan aan de palen omhooggetrokken. In het geval van de Voorstraat moet de gevel aan de waterzijde nog worden dichtgemetseld. De ontstane ruimte onder de vloer wordt aangevuld met grond.

Deze methode is vooral voordelig bij panden waarvan de fundering niet sterk genoeg is. De nieuwe palen nemen de belasting over, zo wordt verzakking voorkomen. Voor het aanbrengen van de palen is een werkhoogte van 2,4 m onder de begane grondvloer nodig, anders moet de vloer worden verwijderd.

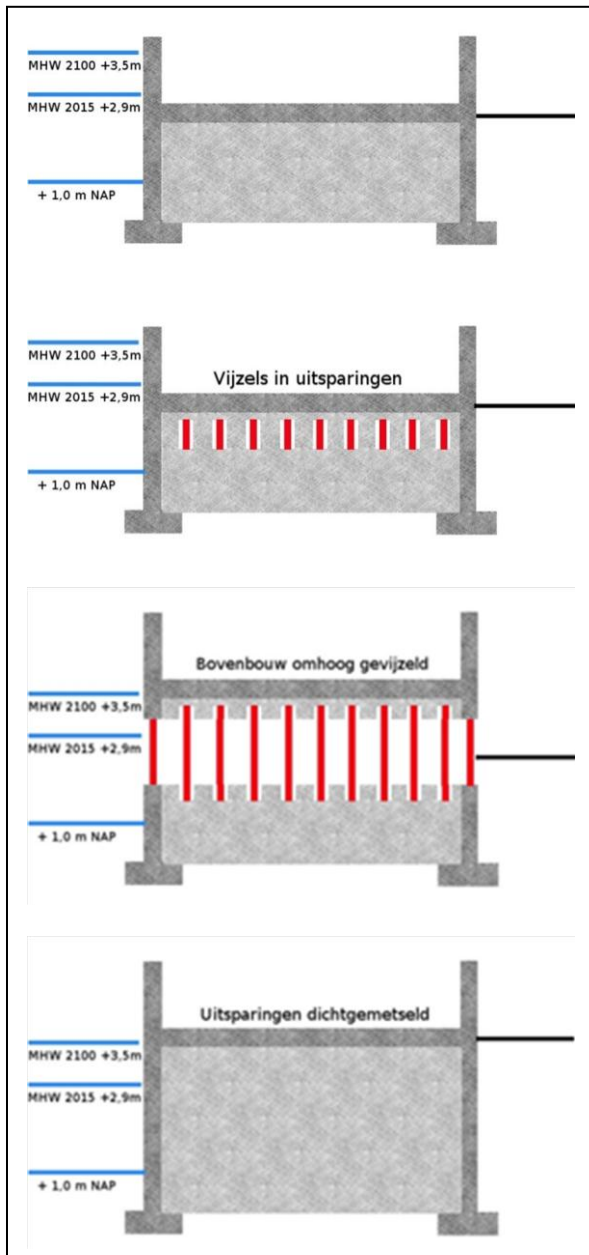


Figuur 3 Tafelmethode (rood is nieuw aangebracht)

#### Vijzelen vanuit de muur:

Deze methode (Figuur 4) wordt veel minder toegepast maar is zeker interessant bij weinig werkruimte. In de muur worden uitsparingen gemaakt, waarin de vijzels worden geplaatst. Door het opspannen van de vijzels scheurt de muur los. Nadat voldoende hoogte is bereikt, worden de muren naast de vijzels

dichtgemetseld. Dit proces wordt meerdere keren herhaald, tot de totale vijzelhoogte is bereikt. Tenslotte worden de vijzels verwijderd en die plaatsen ook dichtgemetseld.



**Figuur 4 Vijzelen uit de muur**

Hoewel geen nieuwe vloer en palen nodig zijn, is deze variant arbeidsintensiever vanwege het metselwerk, zeker bij grotere opvijzelhoogte. Voorwaarde is ook dat de huidige fundering de extra belasting moet kunnen dragen. Bij deze methode is 1,5 m onder de begane grondvloer nodig om de vijzels aan te brengen.

#### *Overlast beperken*

Vaak wordt de begane grondvloer gesloopt om zo voldoende werkruimte te creëren. Maar in sommige gevallen is het mogelijk om de begane grondvloer te laten zitten. Voor de ondernemers is dit een aantrekkelijke optie, omdat de winkel of horeca op deze manier open kan blijven.

Als er voldoende werkruimte onder de vloer aanwezig is, wordt al het materiaal door een kleine opening in de muur van de kruipruimte vanaf de straat aan- en afgevoerd. Eventueel wordt nog extra ontgraven tot 2,4 m bij het boren van palen. Vanwege de stabiliteit van de ondergrond is uitgraven alleen mogelijk bij een fundering op palen.

Als er niet voldoende werkruimte is kan de vloer ook blijven zitten, mits er geen dragende tussen/binnenmuren zijn én in de naastgelegen panden wel onder de vloer gewerkt kan worden. De vijzels worden dan geplaatst vanuit het naastgelegen pand.

Zo kan bij de meeste panden de vloer behouden worden. De keuze om de vloer te laten zitten, brengt wel hogere bouwkosten en een langere bouwtijd met zich mee.

#### *Waarde toevoegen*

In sommige gevallen kan er tijdens de werkzaamheden een kelder worden geconstrueerd, wat waarde kan toevoegen voor de eigenaar. Waarde toevoegen kan lang niet altijd, omdat veel panden al een kelder hebben. Bij de tafelmethode moet eerst worden ontgraven tot kelderdiepte+vloerdikte. Als de kelderbak is gestort en uitgehard, kan pas worden begonnen met vijzelen. De dragende muren moeten op de kelderbak rusten. Zo wordt het gebouw met de kelderbak opgevijzeld. De ruimte onder de keldervloer moet worden aangevuld met grond. Bij het uit de muur vijzelen wordt het gebouw eerst opgevijzeld, zodat er extra hoogte wordt gecreëerd in de kruipruimte. Dan wordt de kelderbak gestort. De ruimte onder de keldervloer hoeft nu niet worden aangevuld.

Andere mogelijkheden om waarde toe te voegen zijn vloerisolatie en funderingsherstel. Deze maatregelen zijn eenvoudig te combineren met het opvijzelen, en kunnen het project (financieel) iets aantrekkelijker maken voor de eigenaren.

### Keuze van methode

Welke van deze methoden gekozen wordt, is afhankelijk van een combinatie van de volgende factoren: de draagkracht en het type van de fundering, de ruimte onder de begane grondvloer, de economische waarde van de ruimte (bijv. omzet van winkel), de grootte van het blok, en de gewenste opvijzelhoogte. In de tabel is weergegeven hoe deze factoren van invloed zijn op de te gebruiken methode.

Factor	Invloed op methode
Draagkracht fundering	Uit muur methode alleen bij sterke fundering
Type fundering	Kruipruimte ontgraven kan alleen bij palen
Ruimte onder vloer	Benodigde werkruimte verschilt per methode (2,4 m of 1,5 m)
Waarde van ruimte	Invloed op vraag of vloer moet blijven zitten
Grootte van blok	Invloed op bouwtijd; bij lange bouwtijd vloer eerder laten zitten
Opvijzelhoogte	Bij grotere hoogtes wordt tafelmethode efficiënter (zie ook kosten en adaptiviteit)

Tabel 1 Factoren m.b.t. keuze van methode

Bij een te zwakke fundering moet altijd gebruik worden gemaakt van de tafelmethode, de oude fundering kan anders de extra belasting van vijzelen en een extra stuk muur niet dragen.

De keuze om de vloer te laten zitten of te slopen wordt mede bepaald door de winkelomzet en blok grootte (bouwkundige eenheid). De extra kosten die het laten zitten van de vloer met zich meebrengt moeten lager zijn dan de kosten voor sloop, herinrichting, gedeerde winst en andere schade. Bij een groot blok zullen de kosten voor gedeerde winst hoger zijn, omdat de vloer voor langere tijd verwijderd moet worden. De nieuwe

vloer kan immer pas worden gestort als alle panden in het blok zijn opgevijzeld.

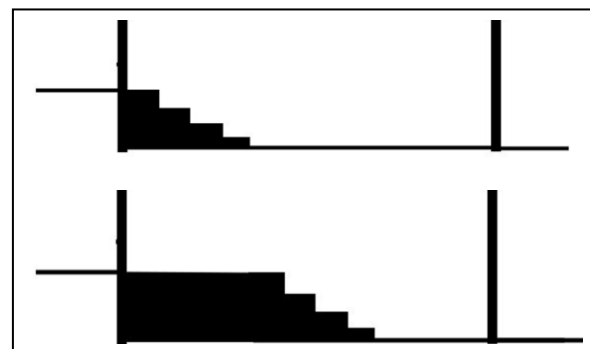
Deze afweging moet worden gemaakt per pand. Door middel van computergestuurd vijzelen is het wel mogelijk met verschillende methodes te werken in naastgelegen panden, maar het heeft vanwege de eenvoud de voorkeur om in één blok met dezelfde methode te werken.

### Inpassing in omgeving

Hoewel het opvijzelen op zich weinig afbreuk doet aan het stadsgezicht, ontstaat er wel een significant hoogteverschil tussen de huizen aan beide zijden van de straat. Zeker bij winkels is een groot niveauverschil tussen straat en vloer onacceptabel. Twee zijden van de straat opvijzelen is in verband met de kosten geen optie, omdat deze panden weer verbonden zijn aan achterliggende bouwwerken.

De eenvoudigste optie is dat de panden aan de hoge zijde een trapje krijgen. Omdat de toegankelijkheid hier wel mee wordt beperkt, zullen winkeliers dit moeilijker accepteren.

Het hoogteverschil kan ook worden overbrugd door een hoger en een lager straatniveau te creëren, met een overgang daartussen door middel van een trappartij. Voor de trap is een breedte van 1,5 m nodig. Bij een straatbreedte van 6-8 m blijft dan twee keer 2,25-3,25 m over voor voetgangers. Voor smalle profielen kan een keermuur in plaats van een trap overwogen worden. Dit beperkt wel de toegankelijkheid van winkels; publiek kan lokaal niet 'oversteken'. Het blijkt wel dat goede inpassing niet eenvoudig is.



Figuur 5 Verschillende oplossingen voor inpassing (niet op schaal).

## Kosten

Het is lastig om een voldoende nauwkeurige kostenschatting te geven van het opvijzelen, omdat de kosten sterk afhankelijk zijn de situatie; ieder vijzelproject is uniek.

De schattingen door aannemers voor het opvijzelen variëren van € 1000 (Bresser) tot € 2000 (Walenco) per m<sup>2</sup>. CURNET/RWS (2008) geeft op basis van uitgevoerde projecten in het kader van Ruimte voor de Rivier een bedrag van € 20.000 tot € 120.000 voor een standaard huis van 100 m<sup>2</sup>. Per m<sup>2</sup> loopt dit dus uiteen van € 200 tot € 1200. Aangezien er in Dordrecht geen sprake is van een standaard huis, maar aaneengesloten historische bebouwing in een drukke winkelstraat, lijkt het redelijk om hier een bovengrens van € 1200 aan te houden. Het totale vloeroppervlak van de 196 panden aan de noordwestzijde is 10.600 m<sup>2</sup>. Op basis van bovenstaande bedragen, betekent dit een kostenpost van 10,6 tot 21,2 mln. euro (7,6 tot 15,1 mln. €/km) voor het opvijzelen. De kosten voor grondophoging en het realiseren van een overgang tussen hoog en laag zijn geschat op 4 mln. €/km. Met het gemiddelde van de schattingen voor opvijzelkosten (11,4 mln. €/km) geeft dit totale kosten van 15,4 mln. €/km. Voor de gehele Voorstraat komt dit neer op 21,6 mln. euro. Naast deze kosten voor vijzelen zijn er kosten voor het herinrichten van panden, gedeelde winst van winkeliers, ontwerp- en plankosten, et cetera.

Door De Grave & Baarse (2011) is in het kader van het project *Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw (WV21)* voor het stedelijk gebied van Dordrecht een kostenpost geraamd van 17,6 mln. €/km voor 50 cm kruinverhoging en 20,6 mln. €/km voor 100 cm kruinverhoging. Opvijzelen zit in dezelfde orde van grootte, en is dus kostentechnisch een reëel alternatief.

Vooraf bij de tafelmethode zijn de initiële kosten vele malen groter dan de variabele kosten. De meeste kosten zitten in het aanbrengen van de

nieuwe betonvloer en de buispalen. 10 cm meer of minder vijzelen maakt geen groot verschil. Bij vijzelen uit de muur is dit verschil minder groot, de initiële kosten zijn daar veel lager. Hoe de verhoudingen tussen initiële en variabele kosten precies liggen is niet bekend.

De financiering zal voor het grootste deel voor rekening van het Waterschap als dijkbeheerder komen. Daarnaast zou de Gemeente een bijdrage kunnen leveren, met name voor de kosten van ruimtelijk inpassing. Ook eigenaren zouden een (kleine) bijdrage kunnen leveren, aangezien het risico op wateroverlast gereduceerd wordt, en soms de fundering wordt verbeterd.

## Vergelijking met alternatieven

Om de waterkering in Dordrecht te verbeteren, zijn vele alternatieven mogelijk, waarvan enkele hier kort worden besproken en vergeleken:

1. Huidig tracé met schuifkering
2. Kering om middelste schil
3. Kering om binnenste schil
4. Opvijzelen

Maatregelen die de maatgevende waterstand verlagen zijn buiten beschouwing gelaten.

### *Huidig tracé*

Het huidige tracé van de waterkering over de Voorstraat wordt aangehouden, met eventueel een uitbreiding langs de Taankade en Merwekade. Er wordt gebruik gemaakt van een verticaal beweegbare waterkering geïntegreerd in het wegdek. In normale situaties is er geen overlast door de kering, omdat deze is weggewerkt in de straat. Het omhoog komen van de kering kan hydraulisch of met behulp van opdrijven. Voordeel van deze optie is dat er al een dijk aanwezig is, en de extra benodigde hoogte dus beperkt. Daar staat tegenover dat de wateroverlast voor het buitendijks gebied niet gereduceerd wordt. De kosten van deze oplossing zijn geschat op 22 mln. euro (Hinborch, 2010).

### *Middelste schil*

Het tracé om de middelste schil (Houttuinen-Kuipershaven) lijkt het gemakkelijkst omdat er geen bebouwing langs de kades is.



**Figuur 6** Tracé middelste schil

Een beweegbare kering wordt zo veel mogelijk verwerkt in de kades, waardoor het stadsgezicht niet wordt aangetast. Probleem is echter dat de kades vrij laag liggen. Bij significante MHW stijging zoals op basis van huidige inzichten wordt verwacht, zal een verval van 2 m gekeerd moeten worden. Dit vereist een zwaardere kering, en deze zal ook frequent gesloten moeten worden. Een beweegbare kering brengt meer onderhoud en onzekerheid met zich mee. De kosten van deze oplossing zijn geschat op 32-41 mln. euro (Hinborch, 2010).

### *Binnenste schil*

Om de schade zo veel mogelijk te reduceren kan de waterkering om de binnenste ring (Buiten Walevest – Wolwevershaven) worden gelegd, waardoor het hele centrum wordt beschermd.



**Figuur 7** Tracé binnenste schil

Voor het grootste deel wordt ook hier een opdrijvende waterkering in de kades geïntegreerd, alleen ter plaatse van de Wolwevershaven wordt een nieuwe kade in de Oude Maas aangelegd. Verder zijn er op plaatsen waar schepen moeten passeren vijf kunstwerken nodig om de havens bereikbaar te houden. Veel nadelen van de middelste schil zijn hier ook van toepassing, en daarnaast beïnvloedt de nieuwe kade het stadsgezicht, en is het erg duur. De kosten van deze oplossing zijn geschat op 65 mln. euro (Hinborch, 2010). Voordeel is het extra beschermde gebied, en de grotere flexibiliteit.

### *Opvijzelen*

De laatste mogelijkheid is het opvijzelen zoals besproken in het voorgaande. Vijzelen is een relatief complexe oplossing en veroorzaakt tijdens de uitvoering wel hinder, maar is robuuster dan de alternatieven met een beweegbare kering. Vooral de tafelmethode is veel flexibeler en kan dus beter inspelen op de onzekerheden in de ontwikkeling van het MHW. Bij verhoging van de vereiste kerende hoogte kan er relatief eenvoudig een stuk buispaal worden toegevoegd en het geheel weer een stukje opgevijzeld. Wel moet dan de straat weer worden aangepast aan het nieuwe niveau. Vijzelen uit de muur is minder flexibel, omdat de hele procedure in feite weer opnieuw moet worden uitgevoerd.

Het is ook mogelijk om deels te vijzelen en deels een andere oplossing te gebruiken. Bijvoorbeeld bij stukken waar vijzelen erg duur is, gebruik maken van een verticale schuifkering.

In Tabel 2 zijn de voor- en nadelen van ieder alternatief kwalitatief weergegeven, de kosten kwantitatief. Hierdoor kunnen de alternatieven enigszins vergeleken worden, maar een gefundeerd afgewogen keuze is niet mogelijk. Daarvoor moeten meer criteria worden toegevoegd, en moet aan elk criterium een weging worden toegekend.



Variant	Reductie van risico	Hinder voor omgeving	Esthetisch	Flexibiliteit	Kosten (€)
1 Huidig tracé met schuifkering	-	+	++	+	22 mln.
2 Om middelste schil	+	+	+	--	32-41 mln.
3 Om binnenste schil	++	-	-	-	65 mln.
4 Huidig tracé met opvijzelen	+	-	+	-/+	16-27 mln.

Tabel 2 Vergelijking van de alternatieven

### Conclusie

Vanuit technisch oogpunt is opvijzelen als oplossing voor dijkverhoging op de Voorstraat op grote lijnen haalbaar. Welke vijzelmethode toegepast moet worden, hangt af van de omstandigheden van ieder individueel pand en van het blok waar het pand deel van uitmaakt. Met vijzeltechniek, met name de tafelmethode, is voldoende ervaring; deze techniek heeft zich bewezen als zeer betrouwbaar. Het is, in veel gevallen, mogelijk om de begane grond tijdens de werkzaamheden te blijven gebruiken. Opvijzelen behoudt het monumentale uiterlijk van de panden; er wordt slechts een stuk metselwerk toegevoegd. De kosten van deze oplossing worden geschat op 21,5 mln. euro, wat een reëel bedrag is gezien het bedrag wat hiervoor begroot is voor WV21. De grootste uitdagingen liggen op het vlak van inpassing in de huidige functie van winkelstraat. Er is een spanning tussen de belangen veiligheid en toegankelijkheid; er moet een hoogteverschil worden overbrugd zonder dat dit ernstige hinder veroorzaakt. In vergelijking met de alternatieve oplossingen is opvijzelen robuuster, en vaak flexibeler en goedkoper. Het is een reële oplossing, die het verdient om verder onderzocht en overwogen te worden.

### Discussie

Het onderzoek is een inventarisatie op hoofdlijnen. Dit betekent dat er relevante aspecten buiten beschouwing worden gelaten, en dat de kostenschattingen indicatief zijn.

### Adaptiviteit

De huidige situatie met de vloedschotten kan nog wel een even volgehouden worden, zeker met toepassing van de tweede en derde veiligheidslaag. Er zal echter een moment komen wanneer een verhoging van de kering noodzakelijk is.

Het probleem van veel oplossingen is dat als het MHW meer stijgt dan nu voorzien, de kering niet eenvoudig kan worden verhoogd, dus de oplossingen in feite niet flexibel zijn. Bij de tafelmethode kan veel beter worden ingespeeld op veranderingen en onzekerheden. Door de lage variabele kosten en moeite kan de verhoging eenvoudig in meerdere stappen worden uitgevoerd, bijvoorbeeld elke 30 jaar ongeveer 30 cm. Als blijkt dat het MHW sneller of minder snel stijgt, kan eenvoudig besloten worden om meer of minder te verhogen. Dit voordeel heeft vijzelen uit de muur niet, omdat iedere keer de hele procedure wordt herhaald.

### Verder onderzoek

Om de haalbaarheid beter te kunnen beoordelen is aanvullend onderzoek nodig. Dit zal zich voornamelijk moeten toespitsen op drie punten:

1. De kosten moeten nauwkeuriger worden berekend, maar daarbij moet ook onderscheiden worden naar de methode en variaties daarbinnen (vloer slopen of niet?), en moet worden gekeken hoe de kosten afhangen van de kerende hoogte.

2. Hoe kan het opvijzelen worden ingepast in de huidige omgeving, met behoud van de gebiedsfuncties? Kan het ook gecombineerd worden met ruimtelijke ontwikkeling?
3. Wat is het draagvlak onder stakeholders? Dit is essentieel voor een dergelijk project. Hiervoor is een uitgebreide stakeholderanalyse nodig, maar ook helderheid over de zaken waar stakeholders mee te maken krijgen.

Het beste alternatief naast opvijzelen is waarschijnlijk een verticale schuifkering in de Voorstraat. Verder onderzoek zal zich ook moeten richten op de verschillen tussen deze twee opties.

#### Referenties

CURNET/RWS (2008). *Waarde van wonen aan de rivier*. Stichting CURNET, uitgave 220, Gouda.

Deltadienst (1960). *Driemaandelijks bericht Deltawerken nr. 14*. Deltadienst, 's Gravenhage.

Grave, P. de en G. Baarse (2011). *Kosten van maatregelen – Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw*. Projectnummer 1204144. Deltares, Delft.

Hinborch, M. (2010). *Flood defence town centre Dordrecht*. Afstudeerrapport TU Delft, Delft.

Hoss, F. (2010). *A comprehensive assessment of Multilayered Safety in flood risk management*. Afstudeerrapport TU Delft, Delft.

IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva.

KNMI (2006). *Climate in the 21st century: Four scenarios for the Netherlands*. Brochure (16 pp). KNMI, De Bilt

Passchier, R., Klijn, F. en H. Holzhauser (2010). *Beleidsomslagpunten in de Zuidwestelijke Delta? Verkenning van klimaatveranderingsbestendigheid*. Projectnummer 1200163-006. Deltares, Delft.

SBR:628.12/CUR:242, *Handboek Funderingsherstel*, Rotterdam 2012.

Slootjes, N., T. Botterhuis, A. Jeuken en Q. Gao (2011). *Resultaten MHW berekeningen t.b.v. probleemanalyse en verkenning hoekpunten. Voor het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden*. Projectnummer 1202134-016. HKV/Deltares, Delft.

Verlaat, S. van 't (1998). *Waterkering Dordrecht*. Afstudeerrapport TU Delft, Delft.