

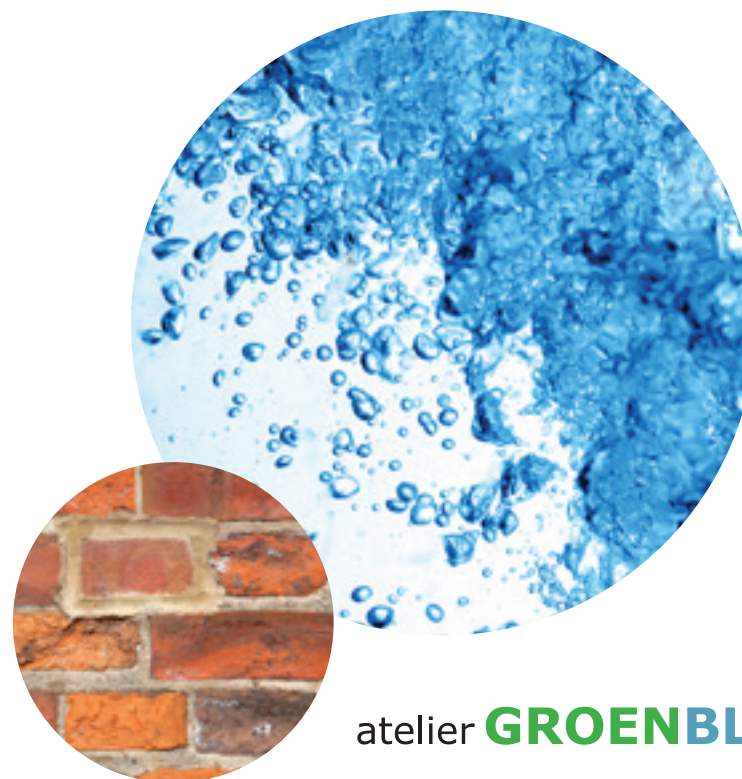
MEERLAAGSVEILIGHEID: WATERROBUUST BOUWEN IN STEDELIJK GEBIED

2014
12



stowa

MEERLAAGSVEILIGHEID: WATERROBUUST BOUWEN IN STEDELIJK GEBIED



atelier **GROENBLAUW**

COLOFON

Amersfoort, juni 2014

Uitgave

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Postbus 2180

3800 CD Amersfoort

Opdrachtgever

Michelle Talsma, STOWA

Auteurs

Hiltrud Pötz m.m.v. Tatjana Anholts, Martijn de Koning | www.ateliergroenblauw.nl

Begeleidingscommissie

Kees Broks (STOWA)

Arjen Grent (Waterschap Hollands Noorderkwartier)

Eugène Heeremans (Waterschap Aa en Maas)

Vormgeving Shapeshifter, Utrecht ism atelier GROENBLAUW

Foto cover Robin Utrecht

Druk Libertas, Bunnik

STOWA-rapportnummer 2014-12

ISBN 978.90.5773.632.2

Op stowa.nl kunt u een exemplaar van dit rapport bestellen, of een pdf van het rapport downloaden.

Kijk onder de kop [Producten](#) | [Publicaties](#).

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

Voor het beeldmateriaal in deze uitgave is toestemming van de eigenaars gevraagd en auteursrecht van toepassing. Niet alle rechthebbenden konden worden achterhaald. Belanghebbenden wordt verzocht contact op te nemen met atelier GROENBLAUW | Koningsplein 93 | 2611 XG Delft | www.ateliergroenblauw.nl

Disclaimer

Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

atelier **GROENBLAUW**

TEN GELEIDE

De verandering van het klimaat brengt grotere weersextremen met zich mee; hevige neerslag, perioden van droogtes en extreme hitte, en hardere stormen. Steeds meer mensen wonen in steden en ondervinden daar de gevolgen van deze weers-extremen. Dit vraagt om een ‘waterrobuuste’ en ‘klimaatbestendige’ inrichting van onze steden.

Van oudsher is in Nederland veel aandacht voor waterveiligheid. Er wordt geïnvesteerd in sterke dijken om overstromingen zo veel mogelijk te voorkomen. Soms is vanwege hoge kosten of maatschappelijke weerstand het investeren in sterkere dijken alleen niet aantrekkelijk. Dan is het goed om ook de mogelijkheden te onderzoeken om de gevolgen van een overstromingen zo veel mogelijk te beperken. Daarnaast kan het wenselijk zijn om vitale en kwetsbare functies zoals energievoorziening, ziekenhuizen en chemische bedrijven via waterrobuuste inrichting extra te beschermen tegen de gevolgen van een overstroming. Dit alles noemen we “Meerlaagsveiligheid”: Investeren in een combinatie van preventieve maatregelen zoals dijkversterking en rivierverruiming (laag 1), investeren in gevolgbeperkende maatregelen door ruimtelijke ordening of waterrobuust bouwen (laag 2) of investeren in rampenbeheersing en evacuatie (laag 3).

Dit boek dient als inspiratie om meerlaagsveiligheid in de stad vorm te geven. Het schetst mogelijkheden voor een andere ruimtelijke inrichting én om gebouwen ‘waterrobuust’ te bouwen. De voorbeelden in dit boek laten zien dat soms met kleine ingrepen grote effecten kunnen worden gehaald.

Steden veranderen, vaak langzaam, soms snel. Wij hopen dat dit boek de inspiratie biedt aan waterschappen, gemeenten, ontwerpers en projectontwikkelaars om een bijdrage te leveren aan de waterrobuuste stad. Nu en in de toekomst, zodat onze steden een veilige en aantrekkelijke plek blijven om in te wonen en te werken.

JOOST BUNTSMA,
Directeur STOWA

DAVID VAN ZELM VAN ELDIK
Programmadirecteur Deltaprogramma Nieuwbouw en Herstructurering

STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de ‘kennisvragen van morgen’ – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook ‘eigenaar’ van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

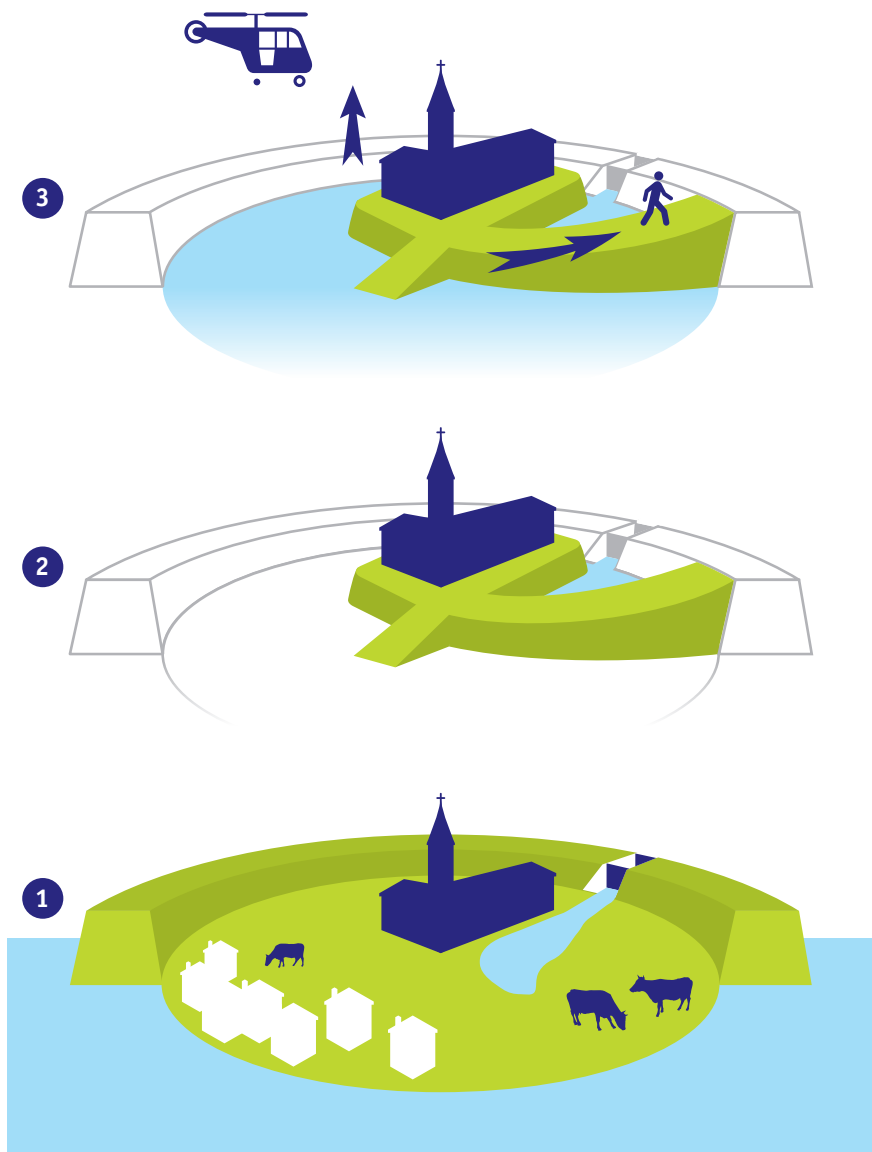
STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

INHOUDSOPGAVE

Colofon	2	2.9	Verhoogde vluchtwegen en paden	31	
Ten geleide	3	2.10	Drijvende gebieden	32	
STOWA in het kort	4	2.11	Tijdelijke waterkeringen	33	
Inleiding	6	2.11.1	<i>Waterbestendige schotten</i>	33	
		2.11.2	<i>Verplaatsbare dammen, gevuld met water of zand</i>	34	
		2.12	Keermuur/keerwand	35	
		2.13	Meestromen	35	
		2.14	Gebouw als kering	36	
		2.15	Waterbestendige nutsvoorzieningen	37	
		2.16	Verhoogde vluchtplaatsen	38	
1	MAATREGELEN OP GEBOUWNIVEAU	9			
1.1	Communicatie en voorlichting	10			
1.2	Bouwen met verdieping en dakraam (verticale evacuatie)	10			
1.3	Drempel of verhoogd vloerpeil	11			
1.4	Afsluitbare gebouwen	11			
1.5	Waterbestendige constructiewijze en materiaalkeuze (dryproof)	13			
1.6	Verhoogd bouwen	14			
1.7	Waterbestendige installaties	16			
1.8	Zelfvoorzienende installaties	17			
1.8.1	<i>Generatoren</i>	17			
1.8.2	<i>Energie uit duurzame bronnen</i>	18			
1.9	Drijvende of amfibische gebouwen	19			
2	MAATREGELEN OP STEDELIJK NIVEAU	21	3	VOORBEELDEN	39
2.1	Herintroductie van het trottoir	22		Drijvende kas Naaldwijk	40
2.2	Holle weg	23		Waterplein Bellamyplein Rotterdam	42
2.3	Geleiding van regenwater over de weg	23		Autark woonschip	44
2.4	Aanvullende waterberging	25		Meander Medisch Centrum Amersfoort	48
2.5	Maaiveldverhoging	27		Amfibiewoningen Maasbommel	50
2.6	Terpen en wierden	27		IJburg Amsterdam	52
2.7	Compartimenteren op stedelijke schaal	29		Zuidplaspolder	58
2.8	Differentiëren in hoogte	29		Plan Tij	60
				Eiland van Dordrecht	64
				Hafencity Hamburg	68
				LITERATUUR	72



Meerlaagsveiligheid: 1|Preventie, 2|Duurzame ruimtelijke inrichting en 3|Rampenbeheersing

INLEIDING

De klimaatverandering met als gevolg grotere weersextremen, zoals meer neerslag in kortere tijd die niet door het bestaande systeem verwerkt kan worden, vraagt om een meer waterrobuuste inrichting van onze steden.

Daarnaast worden de deltasteden ook bedreigd vanuit zee door extreme stormen. Traditioneel is in Nederland veel aandacht voor primaire waterveiligheid door het bouwen van dijken. Klimaatbestendig maken van steden vraagt nu aandacht voor waterrobuust bouwen in de stad.

De grootste steden op de wereld, ook in Nederland, bevinden zich in deltagebieden. Zowel internationaal als nationaal wordt er in onderzoek en in de praktijk gezocht naar oplossingen om de deltasteden voor te bereiden op de verwachte zeespiegelstijging en de weersextremen.

Traditioneel wordt Nederland beveiligd door dijken. Eerder, voordat in de middeleeuwen begonnen werd met het bouwen van dijken, was het gebruikelijk om in de laaggelegen delen van Nederland op terpen of natuurlijke verhogingen te bouwen. Omdat men ook in de laaggelegen delen het land intensief wilde gebruiken en er zelfs wilde bouwen, is men overgestapt op het primair beveiligen door dijken. Uitzonderingen hierop zijn de buitendijkse havengebieden die ook in veel historische steden te vinden zijn en die in het geheel opgehoogd zijn.

Wat waterveiligheid langs de kust en de rivieren betreft moet een principiële verschil gemaakt worden tussen hoger aangelegde buitendijkse gebieden en door dijken omsloten laaggelegen gebieden. Ook is er een verschil tussen overstromingen in riviergebieden die een paar dagen van tevoren redelijk te voorspellen zijn zodat op tijd maatregelen, zoals evacuatie, genomen kunnen worden en overstromingen vanuit zee die minder lang van te voren te voorspellen zijn en waarbij georganiseerde evacuatie meestal niet mogelijk is.

Natuurlijk laten de recente overstromingen in Duitsland en andere landen in Midden-Europa (juni 2013) zien dat ook rivierwateroverstromingen niet altijd

voorspelbaar zijn door de extreem grote hoeveelheid neerslag en de uitzonderlijke belasting die deze betekent voor de dijken. In Nederland is een dijk bij Wilnis in augustus 2003 bezweken juist als gevolg van droogte. De toenemende extremen in het weer betekenen ook extreme belastingen voor het dijkenstelsel.

Meerlaagsveiligheidsbenadering in Nederland

Sinds 2008 is in Nederland het principe van meerlaagsveiligheid gelanceerd. Binnen het concept van meerlaagsveiligheid worden er drie lagen onderscheiden:

- 1 Preventie; dit is voornamelijk het primaire dijkenstelsel. De veiligheid van dit systeem wordt bepaald aan de hand van een kosten-batenanalyse en een slachtofferanalyse gebaseerd op overstromingskansen.
- 2 Duurzame ruimtelijke inrichting; dit is een ruimtelijke inrichting door bijvoorbeeld compartimentering door secundaire dijken, bouwen op terpen of andere bouwwerken. Recent wordt eraan gewerkt om meekoppelkansen voor deze ruimtelijke maatregelen te vinden, zoals natuurbeheer, recreatie en infrastructuur. Ook bij deze tweede laag voor de waterveiligheid wordt de inrichting gebaseerd op overstromingsrisico's. Tweedelaags maatregelen zijn al gebruikelijk in het landelijk gebied van Nederland, zoals slaperdijken en terpen; recent worden deze ook ontwikkeld voor het stedelijk gebied zoals in het concept van het "Zelfredzame Eiland van Dordrecht".
- 3 Rampenbeheersing; hierbij wordt gewerkt aan een betere afstemming tussen de verschillende hulpdiensten en de bestuurlijke besluitvorming, evacuatieplannen en communicatie. Maar ook waterrobuust bouwen, waterrobuuste infrastructuur en het ontwikkelen van vluchtplaatsen behoren tot maatregelen in de derde laag.

Terwijl in het verleden alle aandacht uitging naar de eerste laag van preventie in de vorm van dijken, wordt er aan gewerkt om ook de mogelijkheden van ruimtelijke ordening en de rampenbeheersing te onderzoeken en te benutten.

De introductie van lagen 2 en 3 maakt dat maatregelen in principe lokaal maatwerk zijn die ertoe bijdragen, in het geval van een overstroming, de schade te beperken. In Nederland zijn er duidelijke eisen voor de dimensionering van laag 1,

de dijken. Tot op heden hebben maatregelen in laag 2 en 3 geen invloed op de vereiste veiligheid van laag 1. Zij dienen voornamelijk om gevolgschade, namelijk slachtoffers en economische schade, tijdens een ramp te beperken en de tijd om het getroffen gebied weer te laten functioneren te verkorten.

Het realiseren van veiligheid in laag 2 en 3 is complexer door verschillende gebiedseigenaren. Terwijl voor de eerste laag van de dijkkringen alleen RWS en de waterschappen verantwoordelijk zijn, zijn voor de tweede en derde laag de verantwoordelijkheden verdeeld over meerdere partijen zoals provincies, gemeenten en private partijen. Er zal dan ook veel meer afstemming nodig zijn.

Het realiseren van extra veiligheid en het beperken van gevolgen op lokaal kritieke punten is natuurlijk altijd wenselijk en zal onderwerp van een lokale kosten-batenafweging zijn. Kritieke punten zijn plekken waar veel slachtoffers kunnen vallen en/of waar de gevolgschade groot is. De complexiteit van het MLV-concept ligt ook in het rekening houden met toekomstige ontwikkelingen, zoals klimaatveranderingen, bevolkingsgroei en -krimp, economische ontwikkelingen, wijzigingen in ruimtelijke ontwikkeling enzovoorts.

Binnen het MLV-concept komen de kosten voor laag 2 en 3 bij nieuwe partijen te liggen, zoals ontwikkelaars, lokale overheden, bedrijven en burgers.

Met een goed beschermingsniveau in de eerste laag en een kleine kans op overstromingen is het in Nederland niet snel rendabel om te investeren in de tweede laag in binnendijks gebied. Ook stuit dit vaak op weerstand, zeker als de kosten bij ontwikkelaars en andere partijen komen te liggen in plaats van bij de waterschappen zoals nu gebruikelijk is. Voor buitendijks gebied is dit anders. Hier kunnen investeringen in laag 2 en 3 door de frequentere overstromingen wel degelijk lonend zijn en is de motivatie voor investeringen groter bij burgers en bedrijven.

Vanwege het gevestigde grondgebruik is het niet makkelijk om ruimte te vinden voor tweedelaags maatregelen. Combinaties van maatregelen, zoals een klimaatdijk met woningen, stuiten vaak op weerstand omdat zowel de verantwoordelijk

heden als ook de financiering voor nu en in de toekomst gedeeld moeten worden door verschillende investeerders en beheerders. Zo blijven kansen in laag 2 en 3 nu nog vaak onbenut.

In laag 3 zullen betere afstemming en aansturing van hulpdiensten, goede voorlichting aan de bevolking, het op termijn realiseren van waterbestendige nutsvoorzieningen niet alleen een positief effect hebben op de rampenbeheersing, maar ook op het herstel van een gebied na een ramp. Te denken valt hier aan waterrobuuste nutsvoorzieningen (elektra, water, gas), maar ook communicatievoorzieningen.

Voor lokale knelpunten zijn meerlaagsveiligheidsmaatregelen efficiënt. Meerlaagsveiligheid biedt bij uitstek mogelijkheden voor deltasteden. Dordrecht heeft buitendijkse gebieden en lage polders die bij een ramp, zoals een samengaan van springtij en tegelijk hoge rivierwaterstanden, bedreigd kunnen worden. Evacuatie is in deze gebieden maar beperkt mogelijk. Hier kunnen maatregelen in de eerste laag, zoals primaire keringen aangevuld met maatregelen in de tweede laag en derde laag, namelijk compartimenteringsdijken, verhoogde vluchtroutes en shelters op de hoger gelegen gebieden, en effectieve communicatiestrategieën de veiligheid voor de bevolking verhogen.

In stedelijke buitendijkse, meestal hoger gelegen, gebieden met overstromingsrisico's is flood-proof bouwen een mogelijkheid. De afgelopen jaren zijn diverse oplossingen voor verschillende gebiedstypen en schaalniveaus ontwikkeld.

Het Eiland van Dordrecht wordt door verschillende maatregelen beschermd. HafenCity Hamburg heeft een tweede, verhoogde infrastructuur voor hoogwater. De begane grond van de panden is daar door waterkeringen aan de gebouwen beschermd. Vergelijkbare oplossingen zijn gerealiseerd in de steden langs de Rijn.

Oplossingsrichtingen

Voor de bescherming van gebouwen die in overstromingsgebieden liggen en om mensen, gebouwen en installaties op een overstroming voor te bereiden, zijn er de volgende mogelijkheden:

- De gebouwen worden zo uitgevoerd dat ze een overstroming kunnen doorstaan en na een grondige schoonmaakbeurt weer te gebruiken zijn. Dit vereist waterbestendige constructies, materiaalkeuzes, installaties en infrastructuur.
- De gebouwen zijn afsluitbaar met schotten en luiken.
- De gebouwen zijn verhoogd geplaatst.
- De gebouwen zijn drijvend uitgevoerd.
- Communicatie en voorlichting worden geregeld. Ook gebouwen moeten evacueerbaar zijn.
- De nutsvoorzieningen worden in gebouwen zo uitgevoerd dat ze een overstroming doorstaan.
- Zelfvoorzienende installaties maken gebouwen onafhankelijk van de netwerkinfrastructuur.

Op wijkniveau zijn er eveneens mogelijkheden zoals maaiveldverhoging, drijvende gebieden, gebouwen op palen, tijdelijke waterkeringen, een autonome of verhoogde infrastructuur en vluchtplaatsen.

H1

MAATREGELEN

OP GEBOUWNIVEAU 

1.1 COMMUNICATIE EN VOORLICHTING

Een goede communicatiestrategie die burgers op een ramp voorbereidt, is van groot belang. Die begint met informatie over en bewustwording van de mogelijkheid, kans en omvang van een mogelijke overstroming en een goed waarschuwingssysteem. Dit geldt vooral voor gebieden met een reële overstromingskans, zoals buitendijkse gebieden en polders op kritieke plaatsen. Kritieke plaatsen zijn bijvoorbeeld polders direct achter een dijk met faalkans die snel en diep onderlopen en waar sterke stroming is bij een bres. Ook gebieden met functies zoals gaswinning zijn kritieke plaatsen, omdat deze bij uitval tot maatschappelijke ontwrichting kunnen leiden.

Rijkswaterstaat, gemeenten en waterschappen zullen dan regelmatig moeten informeren en kaartmateriaal met alle relevante gegevens beschikbaar stellen. Ook voorlichting over noodpakketten, evacuatie routes en preventieve maatregelen aan en in huis zijn noodzakelijk.

De Belgische overheid heeft voor burgers in overstromingsgebieden een handleiding "Overstromingsveilig bouwen en wonen" gepubliceerd die nog verdergaande praktische maatregelen voor huiseigenaren geeft.

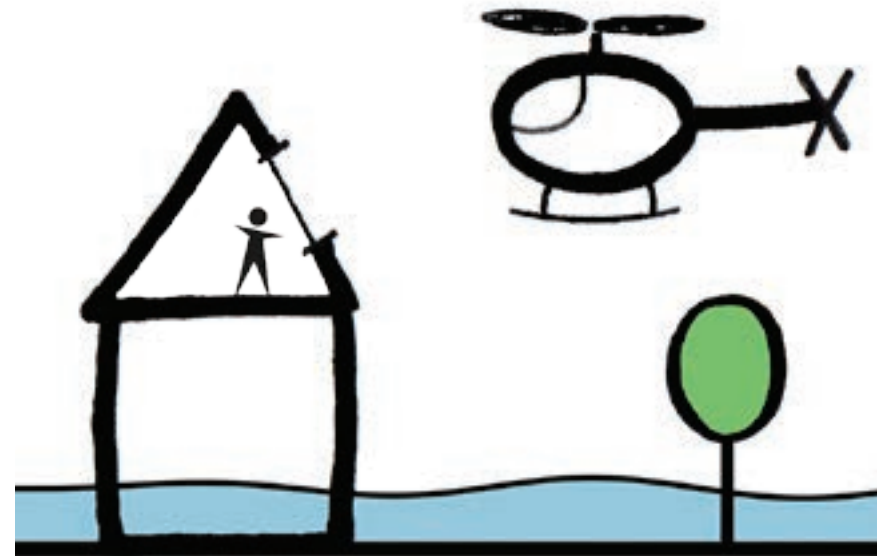
www.integraalwaterbeleid.be



Coördinatiecommissie
Integraal Waterbeleid

1.2 BOUWEN MET VERDIEPING EN DAKRAAM (VERTICALE EVACUATIE)

In polders waar na een overstroming door een bres in de dijk water lang kan blijven staan, blijkt uit eerdere overstromingen dat bouwen met meerdere verdiepingen en dakramen nuttig kan zijn voor verticale evacuatie. Wegen worden namelijk onbegaanbaar en gevaarlijk, waardoor horizontale evacuatie lastig is.



Verticale evacuatie door middel van een dakraam (afbeelding: atelier GROENBLAUW)

1.3 DREMPEL OF VERHOOGD VLOERPEIL

Het herintroduceren van een drempel of een iets verhoogd vloerpeil van de begane grond biedt bescherming tegen matige wateroverlast tot enkele centimeters.



Verkeersdrempel (foto: Floris Boogaard)

1.4 AFSLUITBARE GEBOUWEN

Door gebouwen afsluitbaar te maken met bijvoorbeeld schotten of luiken kan het water buiten het bouwvolume worden gehouden. Hierbij moet niet alleen gedacht worden aan de afsluiting van grote openingen zoals ramen en deuren, maar ook aan de kleine openingen zoals open stootvoegen, ventilatieroosters, mantelpijpen, brievenbussen en dergelijke. Het is lastig om gebouwen volledig dicht te krijgen. Ondanks de hierboven genoemde maatregelen en voorzieningen zal er vrijwel altijd water in het gebouw doordringen waardoor een combinatie met waterbestendige materialen noodzakelijk is.

In veel situaties zal een kering in de openbare ruimte of buiten het gebouw een robuustere en beter te controleren maatregel zijn. In de meeste gevallen zal dit ook economischer zijn omdat voor een tijdelijke waterkering rondom een aantal gebouwen minder kering nodig is dan voor een eigen tijdelijke waterkering voor elk gebouw.

Gebouwen met functies die weinig openingen vereisen zoals parkeerkelders zijn makkelijker afsluitbaar uit te voeren.



Afsluitbaar gebouw (foto: WP WASTO flood protection system)



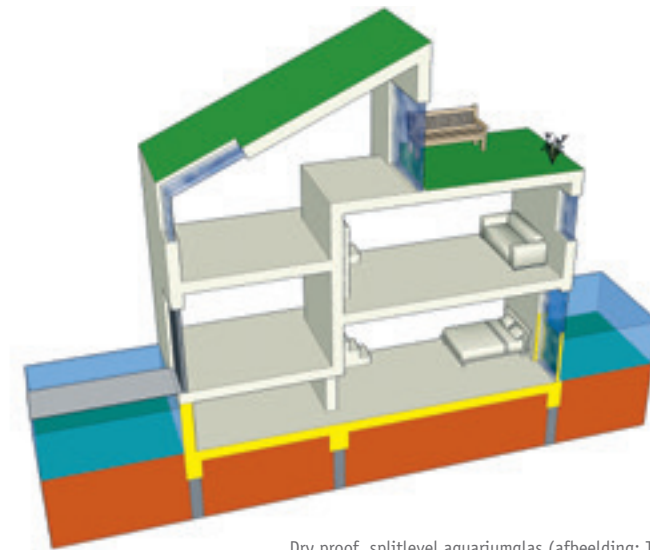
Bewoner Cees kijkt uit het raam van zijn woning aan de Korte Engelenburgerkade in het centrum van Dordrecht naar het hoogwater (foto: Robin Utrecht)

1.5 WATERBESTENDIGE CONSTRUCTIEWIJZE EN MATERIAALKEUZE (DRY PROOF)

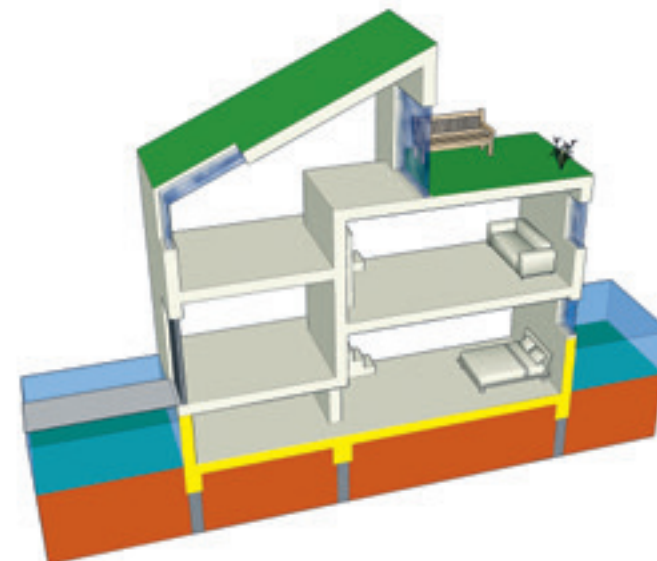
Gebouwen kunnen zo ontworpen worden dat een overstroming niet tot bouwkundige schade leidt. Hierbij moet gedacht worden aan het toepassen van waterbestendige constructie- en afwerkingsmaterialen zoals beton, gesloten celisolatie, baksteen, wand- en vloertegels, aluminium en stalen kozijnen, glas, etc. Kruipruimteloos bouwen is een geschikte constructiewijze, omdat er geen water en verontreinigingen onder het gebouw achter blijven.

Bij toepassing van deze materialen en constructiewijzen is het mogelijk dat een gebouw na een overstroming en na reiniging weer relatief snel functioneel is. De werkzaamheden blijven na overstroming beperkt tot schoonmaken, schilderen en eventueel vervangen van beschadigde inboedel. In veel gebieden langs de grote rivieren is dit een vaker toegepaste oplossing.

Aandachtspunten zijn onder andere dat de bouwelementen bestand moeten zijn tegen eventuele waterdruk of stroming en het opdrijven van de constructie. Ook moet het water makkelijk kunnen afstromen of weggepompt kunnen worden.



Dry proof, splitlevel aquariumglas (afbeelding: TU Delft, Xplorelab)



Dry proof, splitlevel waterbestendige muur (afbeelding: TU Delft, Xplorelab)



Appartementen op palen, Hoek van Holland door Herman de Kovel, DKV Architecten (foto's: Bastiaan Ingen Housz)



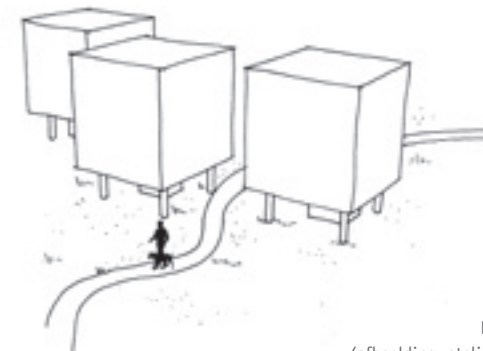
1.6 VERHOOGD BOUWEN

Gebouwen kunnen met een verhoogd peil worden gerealiseerd. De gebouwen kunnen op palen of op een verhoging van grond, zoals de traditionele terp, worden neergezet. Ook kan een begane grond met een functie als bergruimte of parkeren zo vormgegeven worden als beschreven in waterbestendige constructiewijze. Na een overstroming is de begane grond weer bruikbaar na reiniging.

Op maaiveldniveau is er bij een verhoogde bouwwijze op palen ruimte voor andere en minder kwetsbare of tijdelijke functies, zoals bijvoorbeeld parkeren of bergingen.

Als de gebouwen op een verhoging (een terp of dijk) worden gerealiseerd kan de verhoging mogelijk deel uitmaken van de waterkering. Bouwen op een waterkering is in Nederland (nog) niet toegestaan. Een verhoogd maaiveld mag wel gerealiseerd worden tegen een waterkering of dijk.

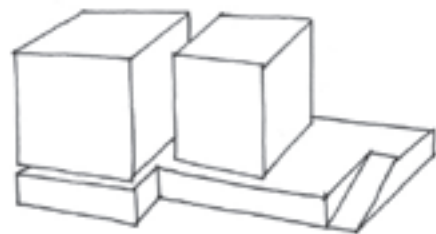
Er is veel weerstand tegen bouwen op een waterkering. In het verleden is gebleken dat deze combinatie bij nodige dijkverzwaringen in technisch en financieel opzicht vaak niet gunstig uitpakt. Ook niet voor de betrokken bewoners.



Bouwen op palen
(afbeelding: atelier GROENBLAUW)



Flood Proof Hind House in Berkshire, United Kingdom, John Pardey Architects
(foto's: www.jamesmorris.info)

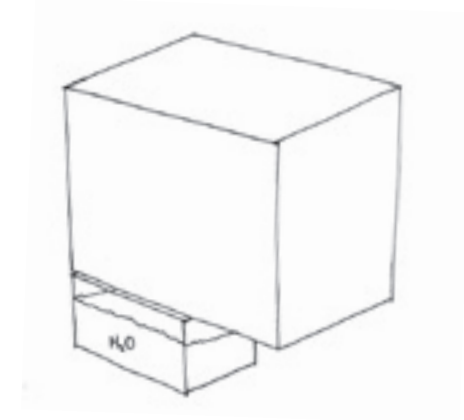


Verhoogd vloerpeil ten opzichte van maaiveld
(afbeelding: atelier GROENBLAUW)



Reinwaterkelder (foto: Oasen.nl)

Reinwaterkelder opgenomen in een gebouw
(afbeelding: atelier GROENBLAUW)



1.7 WATERBESTENDIGE INSTALLATIES

Bij overstromingen moeten nutsaansluitingen (riool, data, drinkwater, energie/warmte) en communicatie functioneel blijven of dienen er alternatieven beschikbaar te zijn. De nutsaansluitingen moeten zo ontworpen worden dat aansluitingen, meterkasten e.d. niet in de laag met overstromingsrisico zijn aangebracht.

Afgesloten drinkwater- of hemelwaterreservoirs kunnen een tijdelijk alternatief

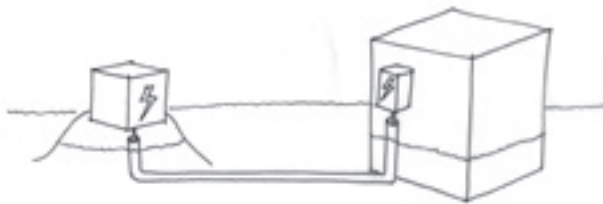
voor de drinkwatervoorziening vormen.

Bij stijgend waterpeil moeten rioleringen voorzien zijn van keerkleppen om te voorkomen dat de gebouwen via het riool volstromen. Kwetsbare functies in gebouwen zoals bijvoorbeeld een computerruimte kunnen beter niet op de begane grond worden geplaatst.

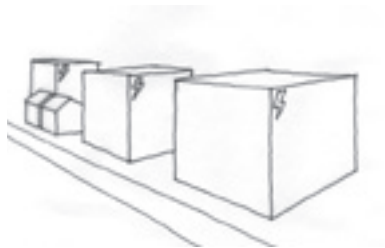
1.8 ZELFVOORZIENENDE INSTALLATIES

Het voordeel van een decentrale voorziening is dat deze onafhankelijk van de netwerkinfrastructuur kan blijven werken mits de voorziening waterrobuust uitgevoerd is.

Voorbeelden zijn zonnepanelen, biomassa, een WKK-installatie, windenergie en een afgesloten drinkwatertank.



Waterrobuuste infrastructuur
(afbeelding: atelier GROENBLAUW)



Generatoren
(afbeelding: atelier GROENBLAUW)

1.8.1 Generatoren

Generatoren maken een tijdelijke energievoorziening van gebouwen mogelijk. In combinatie met accu's is het mogelijk voor de begintijd van de stroomuitval de continuïteit te waarborgen.

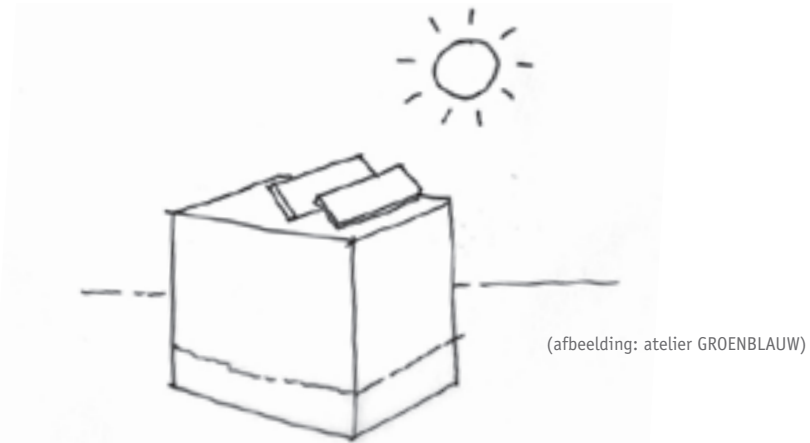
Bij een regionale of landelijke uitval van de energievoorziening blijven essentiële voorzieningen functioneren, eventueel in combinatie met WKK en decentrale energieopwekking.



Dakgenerator (foto: Dwight Burdette)

1.8.2 Energie uit duurzame bronnen

Bij een overstroming kan een gebouw onafhankelijk van het energienet voorzien in de benodigde energie. Energie wordt via duurzame bronnen opgewekt, bijvoorbeeld zonnecellen en verticale windturbines die op gebouwen kunnen worden toegepast.



Sideka Solartechnik Ibbenbüren (foto: Sideka Solartechnik)



verticale-aswindturbine Turby (foto: VanBuren)



Drijvend paviljoen in Rotterdam (foto: R. de Wit, Deltasync)

1.9 DRIJVENDE OF AMFIBISCHE GEBOUWEN

Als gebouwen drijvend of amfibisch worden uitgevoerd treedt er geen waterschade op als het omgevingswater stijgt. Aandachtspunt bij deze wijze van bouwen zijn de aansluitingen: op de omliggende infrastructuur en de nutsaansluitingen. Deze moeten flexibel of zelfvoorzienend zijn uitgevoerd. Bij een stijgend waterpeil stijgt het gebouw of beter de drijvende funderingsconstructie. Voorwaarde voor drijvend bouwen is de aanwezigheid van oppervlaktewater en een lichte wijze van bouwen, bijvoorbeeld (hout)skeletbouw is een goed toepasbare constructiemethode.

De positie van drijvende of amfibische woningen moet gefixeerd worden. Dit kan

op verschillende manieren zoals in Maasbommel is gedaan waarbij de drijvende woningen langs de meerpalen omhoog en omlaag kunnen bewegen. In andere situaties kunnen de woningen aan steigers of door middel van grondankers en staalkabels worden verankerd. Er moet opgelet worden dat er geen grote objecten onder de woningen terecht kunnen komen waardoor de woningen na hoogwater scheef zou kunnen komen te liggen. Ook moet er aandacht zijn voor kruierend ijs. De in hoogte variërende woningen dienen te worden aangesloten op de nutsvoorzieningen die een vaste hoogte hebben. De aansluitingen moeten dus flexibel (en geïsoleerd) uitgevoerd worden.



Amfibische woningen Maasbommel (foto: Dura Vermeer)

H2

**MAATREGELEN
OP WIJKNIVEAU** 



Wateroverlast Paulus-Akkermanwei (foto: Weblog Staphorst)

2.1 HERINTRODUCTIE VAN HET VERHOOGD TROTTOIR

Bij wateroverlast door een hevige regenbui kan door trottoirs het water op straat gehouden worden en blijven de trottoirs begaanbaar en de huizen droog.

In de afgelopen jaren zijn in veel steden en wijken trottoirs verdwenen in het kader van toegankelijkheid voor rolstoelgebruikers en het verkeersluw maken van binnensteden. Een verhoogd trottoir kan bij een beperkte waterdiepte bij een overstrooming wateroverlast in de woning voorkomen.

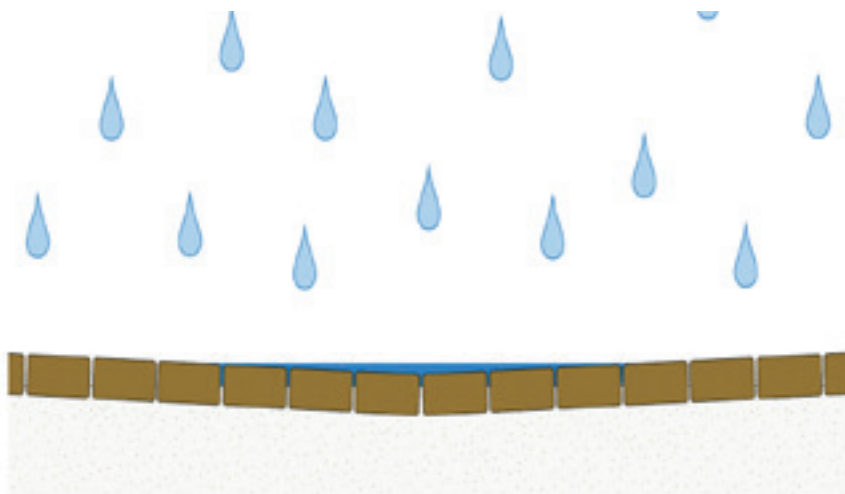
2.2 HOLLE WEG

Het hol uitvoeren van wegen vergroot de bergings- en afvoercapaciteit van de weg. Gecombineerd met een trottoir en een iets verhoogd vloerpeil en/of drempel in de huizen kan dit wateroverlast in de huizen voorkomen.

2.3 GELEIDING VAN REGENWATER OVER DE WEG

Bij herstructurering en bij nieuwbouwwijken kan het verval van het wegensysteem zo gepland worden dat het regenwater naar gebieden geleid wordt waar water geborgen kan worden of waar de schade beperkt blijft.

Andersom kunnen wegen ook zo ingericht worden dat ze water bufferen zodat een lager gelegen kwetsbaar gebied ontzien wordt.



Doorsnede holle weg (afbeelding: atelier GROENBLAUW, Marlies van der Linden)



Bovengrondse hemelwaterafvoer (foto: Atelier Dreiseitl)



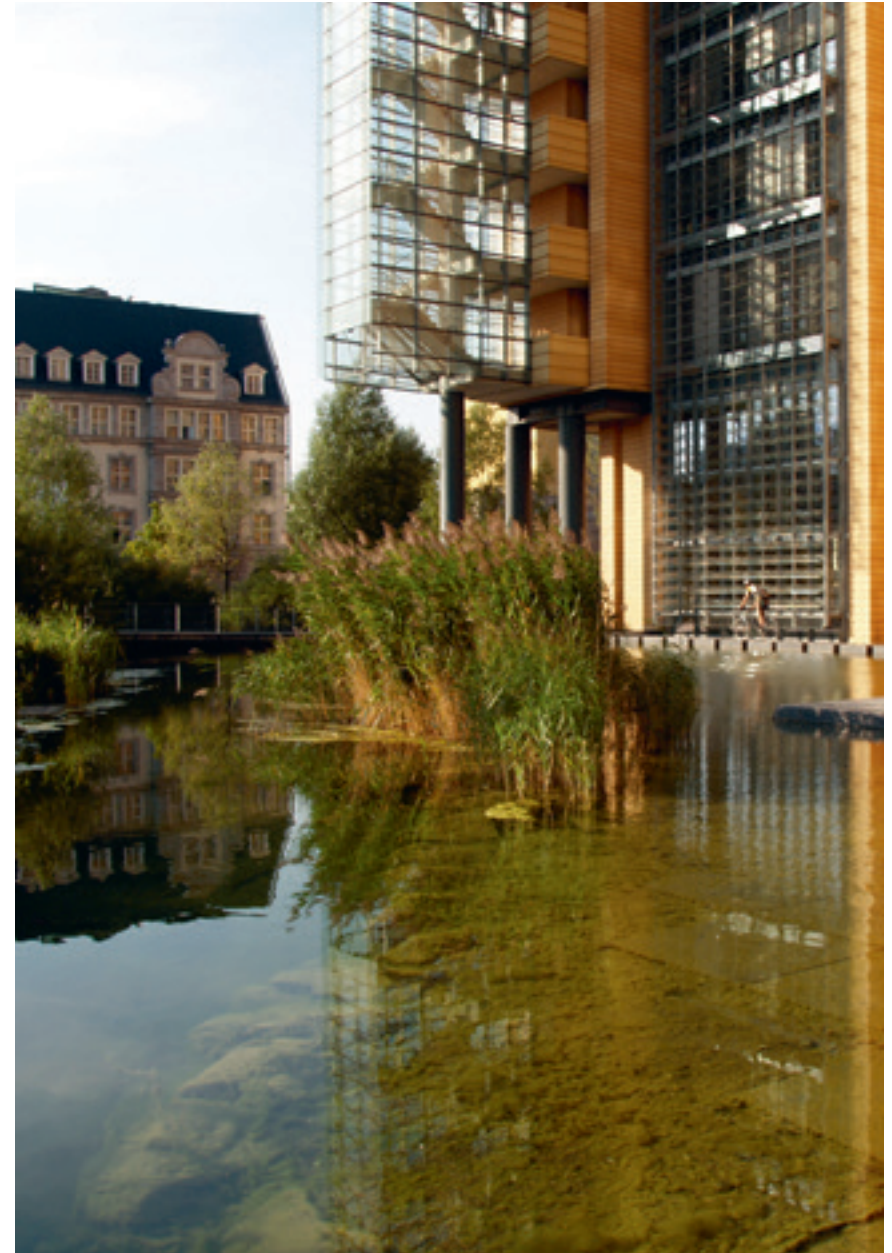
Tanner Springs Park, Portland (foto: atelier GROENBLAUW, Madeleine d'Ersu)

2.4 AANVULLENDE WATERBERGING

In parken, bij sportvelden of op braakliggende terreinen kan extra waterberging gerealiseerd worden.



Solar City (foto: Atelier Drieseitl)



Potsdamer platz Berlijn (foto: Atelier Drieseitl)



Dalmannkai (foto: LBE&FLUT, Hafencity Hamburg GmbH)

2.5 MAAVELDVERHOOGING

Buitendijkse gebieden kunnen integraal worden opgehoogd. Het nadeel hiervan is de grondbehoefte. Toepassingsvoorbeelden hiervan zijn te vinden in de havens van Rotterdam, in IJburg te Amsterdam en in Dordrecht de Stadswerven. In IJburg, Amsterdam is overigens de beleving van het water één van de belangrijkste redenen om het maaiveld integraal op te hogen in tegenstelling tot het meer gebruikelijke bouwen in een diepe polder.

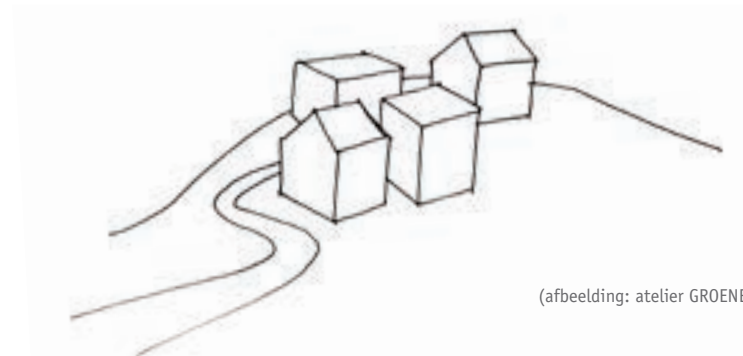


IJburg Amsterdam (foto: dRO Amsterdam)

2.6 TERPEN EN WIERDEN

Kunstmatig opgeworpen heuvels boven het hoogste overstromingsniveau kunnen dienen voor bewoning of als vluchtplaats bij overstroming.

Deze verhogingen zijn ook geschikt voor kwetsbare functies, zoals nutsvoorzieningen, hulpdiensten en ziekenhuizen.



(afbeelding: atelier GROENBLAUW)



De hoogste terp van Nederland Hegebeintum, 8,8 meter boven N.A.P. (foto: Erica Schaafsma / Kerimafotografie)



Compartmentering door gebouw en kleppen (foto: Hiltrud Pötz)



Western Harbour riverbank, Malmö (foto: Madeleine d'Ersu)

2.7 COMPARTIMENTEREN OP STEDELIJKE SCHAAL

Het opdelen van een grote dijkkring in (een aantal) kleinere compartimenten, ook binnen stedelijk gebied, kan de gevolgen van een overstroming beperken tot een kleiner gebied.

2.8 DIFFERENTIËREN IN HOOGTE

Om aansluiting te vinden aan het waterpeil en de verhoogd aangelegde woon- en werkfuncties, kan de overgang getrapt aangelegd worden. Door het toepassen van een getrapte constructie kan extra hoogte worden gecreëerd. Dit kan een positieve bijdrage aan de stedenbouwkundige ruimte leveren.



Magdeburger Hafen (foto: Hafencity Hamburg GmbH)



Verhoogde tweede infrastructuur voor de hoogwatersituatie (foto: Mathieu Schouten)

2.9 VERHOOGDE VLUCHTWEGEN EN PADEN

Verhoogde wegen zorgen er naast goede evacuatiemogelijkheden ook voor dat het gebied ten tijde van een overstroming bereikbaar blijft.



2.10 DRIJVENDE GEBIEDEN

Zoals drijvende woningen kunnen ook stadsdelen op drijvende platforms worden gerealiseerd. Niet alleen gebouwen maar ook andere stedelijke functies, zoals openbare ruimten en voorzieningen, kunnen drijvend worden uitgevoerd. Ook hierbij zijn de verankering en de aansluiting van de infrastructuur punten van aandacht. Over het algemeen zijn het, vergeleken met de standaardoplossingen op land, relatief kostbare oplossingen. Droogleggen of ophogen kan het een alternatief zijn. Voor tijdelijke functies kan het drijvend uitvoeren en verplaatsbaar maken interessant zijn.

Drijvende gebieden zijn niet echt een oplossing vanwege de relatief hoge aanlegkosten. Er moeten steigers gebouwd worden en speciale voorzieningen getroffen worden voor de infrastructuur zoals voor drinkwater: in Amsterdam IJburg moeten bijvoorbeeld in de zomer de drinkwaterleidingen gekoeld en in de winter verwarmd worden om legionella respectievelijk bevroering te voorkomen.



Waterbuurt West, IJburg Amsterdam (foto's: ABC Arkenbouw)

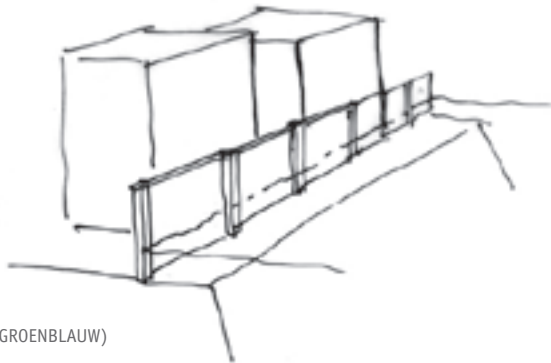
2.11 TIJDELIJKE WATERKERINGEN

Er bestaan verschillende methoden en systemen om tijdelijke waterkeringen te realiseren. Naast beweegbare panelen en schotten kunnen opblaasbare tubes ingezet worden. Voordeel van deze voorzieningen is dat in één keer een heel gebied gecontroleerd en beschermd kan worden. Het beheer, het onderhoud en de bediening zijn in publieke handen en niet afhankelijk van inzicht en medewerking van particulieren en dat verhoogt de robuustheid. De kosten zijn echter relatief hoog en de toegevoegde esthetische waarde voor de stad is nihil. De systemen zijn geschikt om bestaande gebieden te beschermen en kunnen om de bestaande bebouwing heen gerealiseerd worden.

2.11.1 Waterbestendige schotten

Het systeem bestaat uit verticale H-profielen die bevestigd zijn aan de fundering.

Tussen de profielen worden holle aluminium liggers bevestigd.



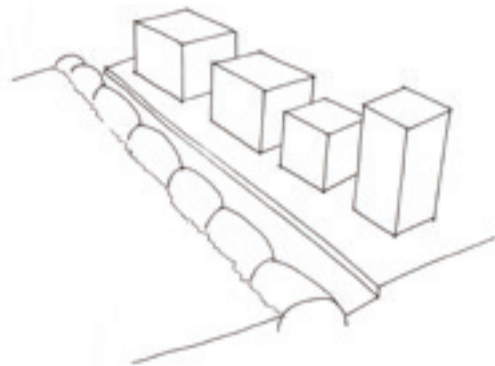
(afbeelding: atelier GROENBLAUW)



Tijdelijke waterkering langs de rivier Kampen tijdens hoogwater januari 2012 (foto's: Cor van 't Hof)

2.11.2 Verplaatsbare dammen, gevuld met water of zand

Deze kunnen bij noodsituaties flexibel ingezet worden.



(afbeelding: atelier GROENBLAUW)



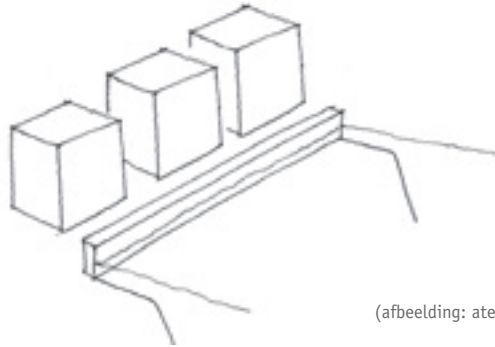
Enorme zandzakken moeten de woonhuizen in Zwijndrecht beschermen tegen het hoge water (foto: Robin Utrecht)



Watergepulde waterkering (foto's: hochwasserschutz-agentur.de)

2.12 KEERMUUR/KEERWAND

Een wand die het hoogwater 'keert' helpt de achterliggende wijk langer droog te houden.



(afbeelding: atelier GROENBLAUW)



Keermuur op de Elisabethkai, Salzburg (foto: Stadtgemeinde Salzburg, J. Killer)

2.13 MEESTROMEN

In gebieden die regelmatig overstromen, kunnen gebouwen het beste zo geplaatst worden dat ze zo min mogelijk de doorstroming en afstroming van het water belemmeren. Hierdoor wordt de kans op instorten van gebouwen door waterdruk en onderspoeling kleiner.



Inrichten op meestromen, Tierpark Dählhölzli Bern (foto: Tierpark Dählhölzli)

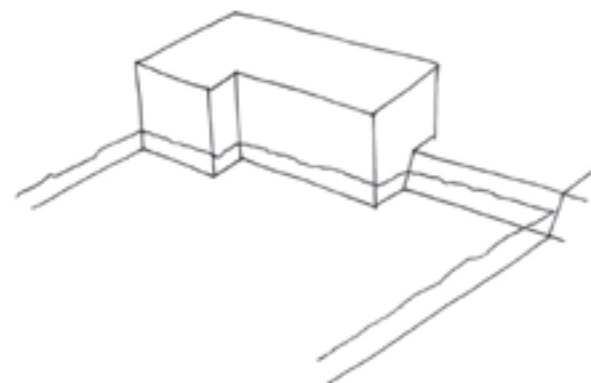


Door middel van waterbestendige deuren en luiken kan het gebouw functioneren als kering (foto: Salino01)

2.14 GEBOUW ALS KERING

Gebouwen zijn multifunctioneel en fungeren als waterkering bij overstromingen.

Toepassingsmogelijkheden bevinden zich voornamelijk in het grensgebied tussen binnendijks en buitendijks gebied.



(afbeelding: atelier GROENBLAUW)

2.15 WATERBESTENDIGE NUTSVOORZIENINGEN

Voor het blijven functioneren van wijken tijdens een overstroming en een spoedig herstel na een overstroming is de waterrobuuste uitvoering van de vitale infrastructuur essentieel. Zo is bijvoorbeeld de energievoorziening van belang voor het werken van pompen. Energie- en drinkwatervoorziening is essentieel om te kunnen blijven of te kunnen terugkeren in een overstroomde wijk.

Het waterrobuust uitvoeren van de infrastructuur zorgt er ook voor dat deze niet te zeer beschadigd raakt, bijvoorbeeld het diep genoeg aanleggen van riolen en nutsleidingen zorgt ervoor dat deze niet gaan opdrijven. Ook drinkwaterleidingen die diep genoeg liggen beschadigen minder. Elektriciteitsleidingen in huis en transformatorhuisjes in de wijk kunnen beter verhoogd aangelegd worden.

Verder is het vanzelfsprekend dat communicatienetwerken moeten blijven werken. Dit kan eveneens bereikt worden door tenminste de schakelkasten in de wijk en de aansluitingen in huis verhoogd aan te leggen.



(bron: Eelko Wester, column telefoonverslaving)

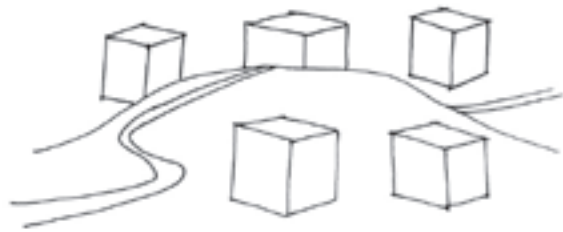


(afbeelding: atelier GROENBLAUW)

2.16 VERHOOGDE VLUCHTPLAATSEN

In diep gelegen polders die niet snel geëvacueerd kunnen worden, bieden verhoogde vluchtplaatsen beschutting. Deze gebouwen moeten voorzien zijn van decentrale voorzieningen voor energie en drinkwater, en van voedsel.

In een gebied zoals de Eemsdelta in het noorden van Groningen zouden de oude wierden met hun kerken een dergelijke functie kunnen krijgen. In Dordrecht wordt erover gedacht om op de hoger gelegen buitendijkse gebieden shelters te realiseren voor de bewoners van de laaggelegen polders.



(afbeelding: atelier GROENBLAUW)



Van de vele in de 11de en 12de eeuw op Walcheren en Zuid-Beveland opgeworpen verhoogde vluchtplaatsen zijn er zevenendertig overgebleven, waaronder deze vliedberg bij Koudekerke (bron: Bert van As, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed)



Hallig Hooge, Duitsland (foto: Sandra Buhmann)

H3 VOORBEELDEN



DRIJVENDE KAS | NAALDWIJK

De drijvende kas is ontwikkeld om in gebieden die voor waterberging worden gebruikt dubbel grondgebruik mogelijk te maken. In Nederland zullen in de toekomst meer gebieden voor waterberging gereserveerd moeten worden. De toenemende druk op de beschikbare ruimte maakt meervoudig grondgebruik noodzakelijk. Ook kunnen drijvende kassen het verlies aan grondwaarde beperken bij het aanleggen van extra waterberging. Het gebruik van drijvende kassen kan het verlies door waterschade beperken bij overstromingen.

Een aandachtspunt bij de toepassing van de drijvende kassen is dat ze alleen daar gerealiseerd kunnen worden waar permanent water aanwezig is en dat het toestaan van peilfluctuatie voor de waterberging flexibele aansluitingen noodzakelijk maakt. Daarnaast is in bestaande waterrijke gebieden over het algemeen kassenbouw niet gewenst omdat deze gebieden meer voor wonen, recreëren of natuurontwikkeling bestemd zijn. Een nog niet toegepast alternatief zouden amfibische kassen kunnen zijn.

De eerste drijvende kas is in 2005 gerealiseerd en te bezichtigen in Naaldwijk op het terrein van Flora Holland. De kas is te huur als vergaderlocatie.

Techniek

Het drijflichaam van de kas bestaat uit een combinatie van EPS (geëxpandeerd polystyreen) en staalvezelbeton. Het drijflichaam is direct op het water gebouwd.

Het afvalwater van de drijvende kas wordt gereinigd in een IBA-systeem (Individuele Behandeling Afvalwater). De kas is ingericht als presentatie- en expositieruimte en heeft een afmeting van 600 m². Het drijflichaam heeft een afmeting van 900 m². [Pötz *et al.*, 2009]

PROJECTGEGEVENS:

Adres:	Flora Holland, Middel Broekweg 29, Naaldwijk, Nederland
Contact:	Flora Holland Naaldwijk
Ontwerp/Adviseurs:	Dura Vermeer
Schaal:	900 m ²
Realisatie:	2005



Bellamyplein Rotterdam (afbeeldingen: dS+V Rotterdam)



GROEN WATERPLEIN, BELLAMYPLEIN | ROTTERDAM

In de Rotterdamse wijk Spangen is bijna geen open water aanwezig en is er vrij veel verharding. Om de wijk bestand te maken tegen de hevigere regenbuien in de toekomst is voor een getrapte aanpak gekozen met buffering in oppervlaktewater, de realisatie van een waterplein en zoveel mogelijk ontharden van onnodig verharde oppervlakken. Het Bellamypark is een van de lagere gedeelten van de wijk. Dat is bij sterke neerslag te merken aan wateroverlast en modder op het huidige plein. In het nieuwe Bellamypark wordt een waterplein gerealiseerd waarin de wateropgave op een vanzelfsprekende manier in het ontwerp is meegenomen.

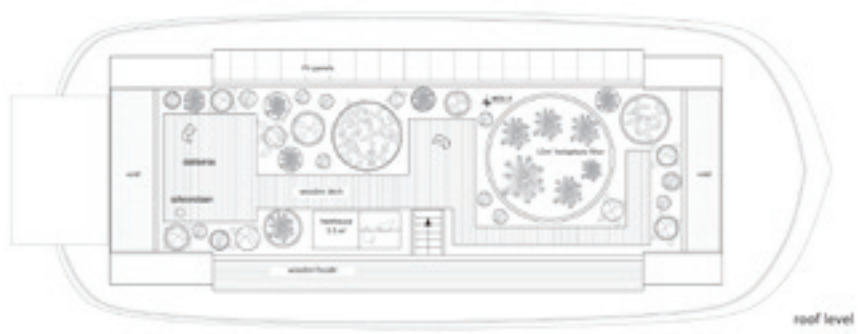
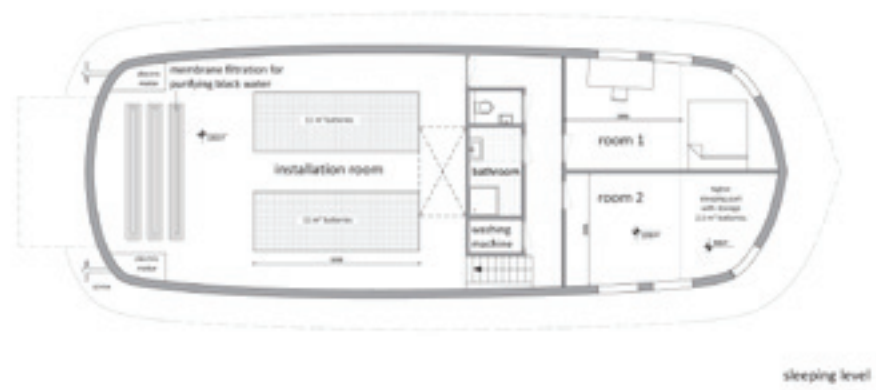
Het overwegend groene plein heeft een centraal gelegen verdiept en verhard gedeelte dat als regenwaterbuffer is ontworpen. De omliggende verharding is hierop aangesloten. Deze combinatie van groen en waterberging is een integrale oplossing waarin ook een bijdrage wordt geleverd aan de reductie van hittestress, vergroting van biodiversiteit en uiteraard beleving. In de aanpak voor het Bellamypark is op een interessante en realistische manier gekeken naar de mogelijkheden om de wateropgave op een subtiele en effectieve manier aan te pakken.

De gekwantificeerde wateropgave van 5300 m³ wordt zover mogelijk gerealiseerd in het bestaande oppervlaktewater, namelijk 1500 m³. Daarnaast is een groot deel van de opgave gerealiseerd door middel van waterpleinen met elk een capaciteit van 750 m³. De resterende bergingsbehoefte is gecompenseerd door het ontharden van delen van de wijk wat een capaciteit van 1550 m³ water kan verwerken.

Deze subtiele aanpak is in vrijwel alle stedelijke situaties toe te passen en heeft als resultaat een groenere en aantrekkelijkere wijk met meer waterberging. [Nooijer, 2011]

PROJECTGEGEVENS:

Ontwerp:	Rik de Nooijer, dS+V Rotterdam
Schaal:	0,55 ha
Retentie:	750 m ³
Max bufferhoogte:	120 cm
Realisatie:	2012



(alle afbeeldingen: atelier GROENBLAUW/LA)

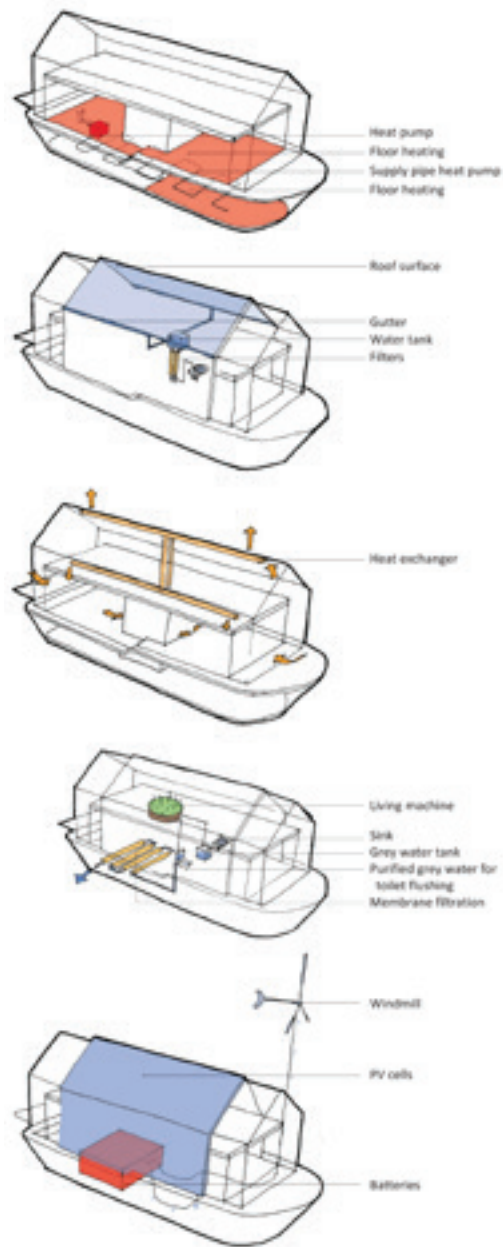


AUTARK WOONSHIP

In deze studie voor een woonschip wordt het thema 'autarkie' in brede zin uitgewerkt. Niet alleen energetisch maar ook met betrekking tot afval en voedsel is deze woning autark (zelfvoorzienend).

Het energetisch concept is gebaseerd op eigen energieopwekking door middel van PV-panelen en een kleine windmolen. De opslag van energie vindt plaats in con-

ventionele accu's en luchtaccu's. De opgeslagen hoeveelheid stroom is voldoende om een week op eigen kracht (dus zonder zon en wind) te kunnen functioneren. Technisch is een dergelijk concept haalbaar. De eis om één week zonder wind en zon te kunnen functioneren, maakt het concept kostbaar. De kosten voor de installatie voor dit volledig autarke schip voor vier personen bedragen circa 200.000 euro waarvan circa 100.000 euro voor de energieopslag (prijspeil 2009).



Energie

De benodigde energie voor de ark wordt gewonnen door de zonnepanelen en de windmolen. De energie wordt opgeslagen in de kern van de ark geplaatste accu's. Uit het oogpunt van energiebesparing en een gezond leefmilieu is bewust niet gekozen voor een WTW-installatie. In het ontwerp is ditzelfde principe op een natuurlijke wijze geïntegreerd: De verschillende ruimtes fungeren als compartimenten met een verschillende comfortklasse. Hier worden ventilatielucht en koude buitenlucht langs elkaar geleid. Door de ventilatie van de ark via de serres te realiseren worden de warmteverliezen door ventilatie beperkt.

Water

Het hemelwater dat op het dak valt van de ark wordt opgevangen en wordt voor de wasmachine en de douche gebruikt. Het afvalwater wordt in de helofytenfilter in de serre op het dak gezuiverd en wordt gebruikt om de waterbesparende toilet te spoelen en voor de bewatering van de planten voor de voedselproductie.

Voedsel

Onder het inklapbare dak (100 m²) is ruimte voor 12 m² helofytenfilter, een terras en ook nog ruimte voor het kweken van groente, bijvoorbeeld tomaten, courgette, paprika, sla maar ook vijgen, aardbeien, druiven en zelfs kunnen een paar kippen voor verse eieren zorgen. De permacultuur laat zien dat al een paar vierkante meter slim gebruikt voldoende zijn om een groot deel van het voedsel voor een gezin te verbouwen. [opMAAT]

PROJECTGEGEVENS:

Architect: opMAAT/atelier GROENBLAUW i.s.m. Lüchinger
Ontwerp: 2009
Bouwfysica: Cauberg Huygen



(alle afbeeldingen: atelier GROENBLAUW/LA)



Meander Medisch Centrum (foto: Dirk Verwoerd)

MEANDER MEDISCH CENTRUM | AMERSFOORT

In dit ziekenhuis is bij het ontwerp rekening gehouden met een mogelijke overstrooming van de Eem door alle vitale functies boven een hoogte van 2,6 m boven het maaiveld te situeren. Hierdoor kan bij een eventuele overstrooming het ziekenhuis veilig geëvacueerd worden. Bij de inrichting van de lager gelegen ruimten is rekening gehouden met het overstromingsrisico; de ruimten kunnen na reiniging weer gebruikt worden. In 2010 is met de bouw begonnen en het ziekenhuis is eind 2013 in gebruik genomen. [Meander Medisch Centrum, 2011]



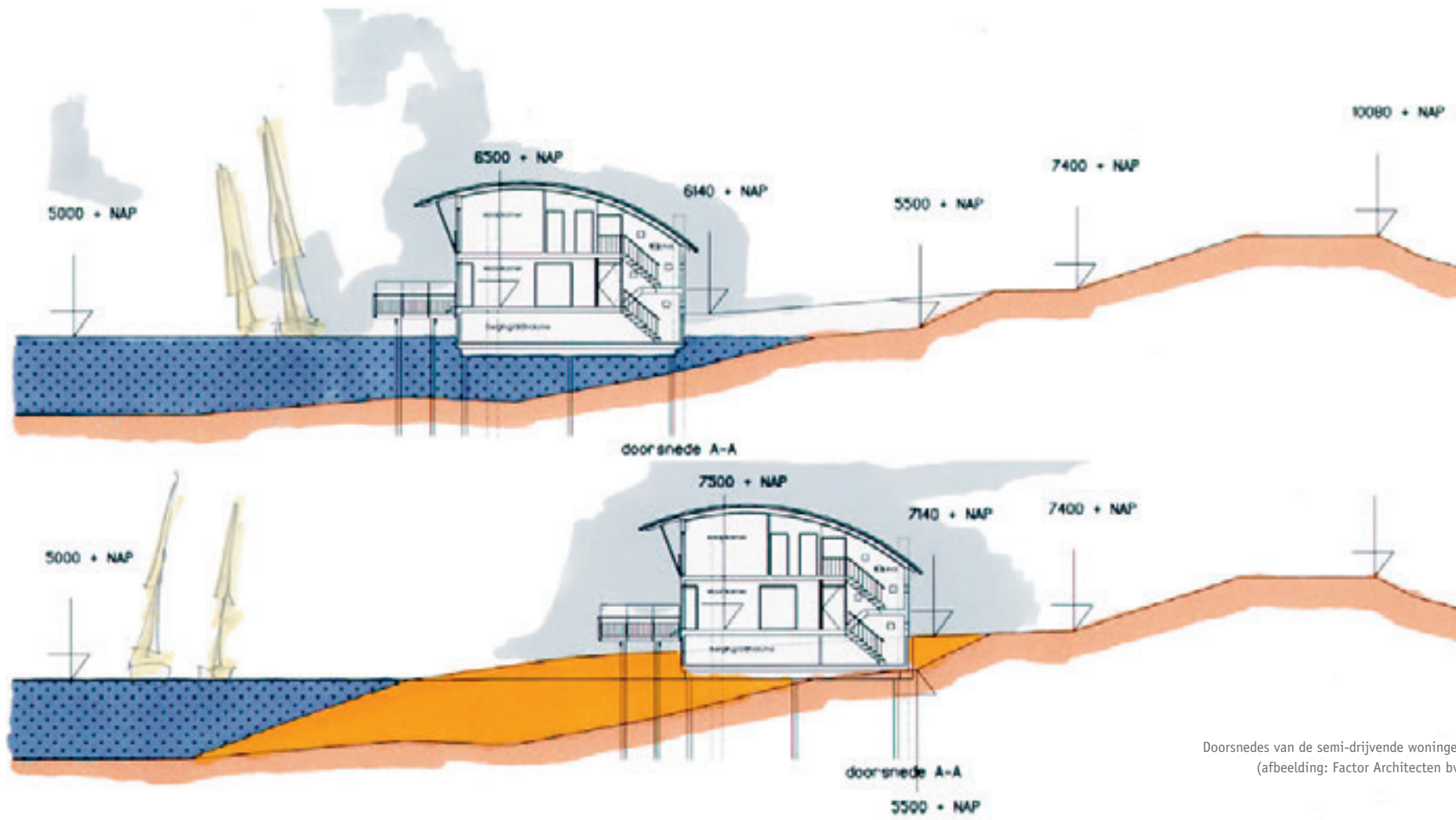
Luchtfoto (foto: Staalverleggend.nl)

PROJECTGEGEVENS:

Adres: Maatweg, Amersfoort, Nederland
Opdrachtgever: Meander Medisch Centrum,
www.meandermedischcentrum.nl
Ontwerp: Atelier PRO
Schaal: 96,000 m²
Realisatie: 2006 - 2013



Interieur (foto: Dirk Verwoerd)



Doorsnedes van de semi-drijvende woningen
(afbeelding: Factor Architecten bv)

AMFIBIEWONINGEN | MAASBOMMEL

Buitendijks in een recreatiegebied, in de nabijheid van het Gelderse Maasbommel, zijn 32 amfibische en 14 drijvende woningen gerealiseerd. De amfibische woningen zijn bevestigd aan flexibele meerpalen en rusten op een betonfundering en kunnen in het geval van hoge rivierwaterstanden omhoog bewegen en drijven. De bevestiging aan de meerpalen zorgt ervoor dat een deel van de deining wordt opgevangen. De drijvende woningen zakken bij lage waterstanden en rusten dan op een betonfundering.

PROJECTGEGEVENS:

Adres:	Bovendijk, Maasbommel, Nederland
Opdrachtgever:	De Gouden kust bv: Dura Vermeer Infrastructuur in samenwerking met Watersportcentrum Maasbommel, www.duravermeerbusinessdevelopment.nl
Ontwerp/Adviseurs:	Factor Architecten bv/Dura Vermeer
Schaal:	14 drijvende en 32 semi-drijvende woningen
Realisatie:	2006



Amfibisch wonen Maasbommel (foto: Dura Vermeer)



De huizen kunnen langs de meerpalen op en neer bewegen, afhankelijk van het waterniveau (foto: Dura Vermeer)

De drijvende en de semi-drijvende woningen hebben een zelfde opbouw, een betonnen bak met daarop een relatief lichte houtskeletbouwconstructie. De betonbakken wegen 72 ton per stuk, de houtskeletbouwconstructie circa 22 ton. Het lage zwaartepunt geeft extra stabiliteit. De betonbakken zijn uitgevoerd in normaal beton met een toeslagmateriaal om ze waterdicht te maken. Op de naden is een extra waterkerende voegenband toegepast.

De betonbakken zijn ongeveer 2 m hoog en hierdoor alleen als kelder te gebruiken of, als een deel van de woning als splitlevel wordt uitgevoerd, ook als slaapkamer. De verwachting is dat eens in de vijf jaar het water meer dan 70 cm stijgt en de woningen dan meebewegen. De woningen kunnen een verschil in waterpeil opvangen van 5,5 m. [Pötz *et al.*, 2009]



IJburg Amsterdam (foto: dRO Amsterdam)



IJburg stedenbouwkundig plan (dRO Amsterdam)

PROJECTGEGEVENS:

Adres:	IJburg Amsterdam, Nederland
Contact:	Projectbureau IJburg
Opdrachtgever:	Gemeente Amsterdam
Ontwerp water systeem:	dRO i.o.m. Waternet
Schaal:	540 ha
Realisatie:	sinds 1997



IJburg, Amsterdam (foto: atelier GROENBLAUW, Madeleine d'Ersu)

IJBURG | AMSTERDAM

IJburg is een uitbreidingswijk in het oosten van Amsterdam en zal na afronding van het project circa 18.000 woningen tellen. IJburg is en wordt gebouwd in het IJmeer. IJburg moest dan ook gerealiseerd worden met oog voor de aanwezige natuurfuncties en waterhuishoudkundige eisen. Zowel in de eerste fase van IJburg als in de tweede fase, die in de komende jaren van start gaat, is getracht natuurwaarden, een buitengewoon hoge dichtheid van gemiddeld 71 woningen per hectare (in de tweede fase zelfs 90 woningen per hectare), het behoud van de waterkwaliteit van het IJmeer en ook een hoge belevingskwaliteit te realiseren.

Op bijna elke plek van de eilanden is het water beleefbaar, uiteraard aan de randen van de eilanden maar door het vele binnenwater ook bij bijna elke woning in het midden van de eilanden. Het Haveneiland heeft een meer stenig stedelijk karakter en de hoogste dichtheid en een groot aandeel gestapelde woningbouw. Op het Steigereiland staat wonen op en in het water centraal. Hier worden ook experimenten met betrekking tot architectuur en particulier opdrachtgeverschap mogelijk gemaakt. Op de rieteilanden zijn voornamelijk grondgebonden woningen gerealiseerd.

In de tweede fase moet er door strengere wetgeving op landelijk en Europees niveau gewerkt worden aan de verbetering van de natuurwaarden in de directe omgeving van de nieuwe eilanden. Het IJmeer is een Natura 2000 gebied. Vanwege het ondiepe, luwe, voedselrijke karakter en de rijkdom aan schelpdieren en waterplanten is het gebied aantrekkelijk voor watervogels. In het IJmeer komen rond de 100 vogelsoorten voor waarvan een aantal beschermd is. IJburg zelf valt weliswaar net buiten de beschermingszone maar bij de aanleg van de nieuwe eilanden moet er wel rekening mee gehouden worden dat er geen significante invloed op het beschermde gebied ontstaat. IJburg ligt bovendien in de ecologische hoofdstructuur tussen Vechtstreek en Waterland.

Het maken van eilanden bleek zowel uit milieuoverwegingen alsook met oog op de woonkwaliteit de betere oplossing ten opzichte van inpolderen. Binnen de plannen is veel aandacht voor natuurlijke oevers en een goede doorstroming. Door de aanleg van IJburg hoeven de natuurwaarden niet per se achteruit te gaan; er ontstaan meer oevers en luwte, en helderder water doordat het slib bezinkt. Door de aanleg van de nieuwe eilanden worden wel mosselbanken en dus de voedselbron van veel watervogels bedekt; deze worden gecompenseerd door de aanleg van nieuwe mosselbanken.

Ter compensatie van de aanleg van IJburg legt Amsterdam in samenwerking met



veel andere partijen drie nieuwe natuurgebieden aan, de Hoekelingsdam, de Diemer Vijfhoek en de Zuidelijke IJmeerkust.

Watersysteem

Het watersysteem van de eerste fase van IJburg wijkt af van de watersystemen in de andere landaanwinningen in het IJsselmeer. Voor IJburg is namelijk gekozen voor een ophoging in plaats van de gebruikelijke inpoldering. Reden voor deze afwijkende wijze van landaanwinning was onder andere het stand-still principe wat inhoudt dat de aanleg van het nieuwe land geen invloed mag hebben op de waterkwaliteit van het omringende water. Op de IJburger eilanden wordt het neerslagwater om deze reden zolang mogelijk vastgehouden en gezuiverd. Het grootste gedeelte van de verharde oppervlakken is afgekoppeld. Via infiltratiedrains wordt dit water in de bodem geïnfiltrerd. Vanuit de bodem stroomt het water via rietoevers, die het water verder nazuiveren in het oppervlaktewater van het eiland. Vanuit dit oppervlaktewater kan het schone water op het IJsselmeer worden gespuid. In een traditionele polder moet er continu en gecontroleerd water uit de polder gepompt worden. De waterkwaliteit van het gespuid water kan niet of beperkt gecontroleerd worden; dit geldt zeker bij piekafvoeren. Het systeem van IJburg biedt daarentegen de mogelijkheid voor zuivering vooraf.

[Projectbureau IJburg, 2007; Lang, 2009]



IJburg Amsterdam (foto's: dRO Amsterdam)



IJburg Amsterdam (foto's: dRO Amsterdam)



Steigereiland IJburg Amsterdam (foto: atelier GROENBLAUW, Madeleine d'Ersu)

STEIGEREILAND IJBURG | AMSTERDAM

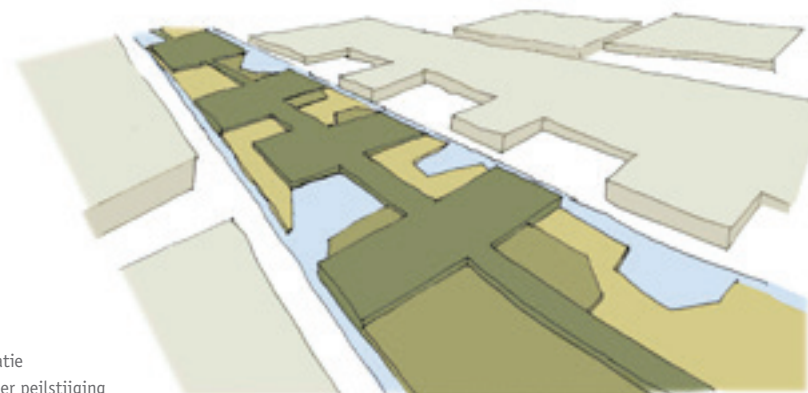
Op Steigereiland in IJburg worden alle nutsvoorzieningen (gas, elektriciteit, drinkwater, riool, telefoon, kabel) aangeboden op de centrale steiger die hiervoor speciaal is ontworpen.

Om ook in de winter een probleemloos functioneren van de nutsaansluitingen te kunnen garanderen wordt de zone met leidingen in de winter verwarmd om bevriezen van de drinkwaterleiding te voorkomen en in de zomer gekoeld om legionella te voorkomen in het drinkwater. Hoewel het water door een schutsluis van het IJmeer is afgesloten varieert het waterpeil maximaal 60 cm. De steiger is op palen gefundeerd en heeft dus een vast peil. De drijvende woningen bewegen mee met het waterpeil; de verbinding tussen de steiger en de woningen is flexibel uitgevoerd. De meterkasten zijn niet in de woningen maar op de steiger geplaatst. De verantwoordelijkheid voor de flexibele aansluiting tussen meterkast en woning ligt bij de eigenaar van de woning; de nutsleveranciers dragen de verantwoordelijkheid alleen tot de meterkast.

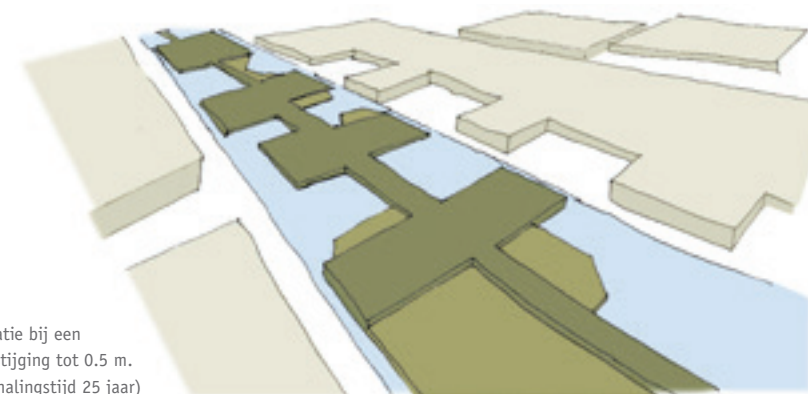
De planning van nutsaansluitingen van drijvende of amfibische woningen kan in de planfase van projecten door het nodige overleg en afstemming met de verschillende nutsbedrijven extra tijd vergen. [Projectbureau IJburg, 2003; Pötz *et al.*, 2009]



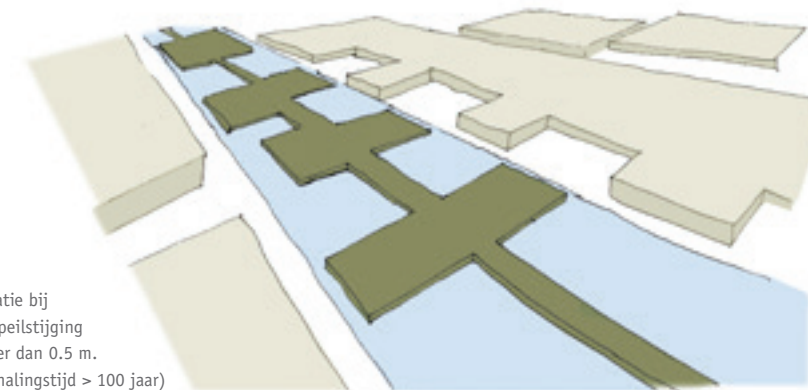
De drijvende huizen zijn verankerd aan meerpalen, de leidingen ten behoeve van de installaties lopen onder de steiger (foto: Ilse de Jong, dRO Amsterdam)



Situatie
zonder peilstijging



Situatie bij een
peilstijging tot 0.5 m.
(herhalingsjijd 25 jaar)



Situatie bij
een peilstijging
groter dan 0.5 m.
(herhalingsjijd > 100 jaar)

(afbeeldingen: atelier GROENBLAUW)



(afbeelding: Willem van de Hoed)

ZUIDPLASPOLDER

Een combinatie van kassen, wonen, waterberging en ecologie. De woningen zijn geclusterd op hoger gelegen gebieden, verbonden door hoger gelegen infrastructuur. De tussengebieden kunnen gebruikt worden als extra ruimte voor waterberging. Tijdens de zogenaamde 'Westlandbui' kunnen deze gebieden overstroomden zonder dat het functioneren, de veiligheid en de leefbaarheid van het gebied wordt aangetast. De lager gelegen gebieden van de woonlinten kunnen in noodgevallen ook nog een deel van de noodoverstort uit de kassengebieden tijdelijk bufferen.

PROJECTGEGEVENS:

Architect:	opMAAT/atelier GROENBLAUW
Ontwerp:	Pierre Bleuzé, Hiltrud Pötz
m.m.v.:	Janneke ten Kate, Afer Pastor
Tekening:	Willem van de Hoed
Ontwerp:	2009



Vogelvlucht (afbeelding: Stijlgroep)

PROJECTGEGEVENS:

Locatie:	Dordrecht	Omvang:	11 ha
Landschapsontwerp:	Stijlgroep	Programma:	96 woningen
Architect:	Klunder Architecten	Ontwerp:	2001-2004
Opdrachtgever:	VolkerWessels	Uitvoering:	2007-2010

PLAN TIJ

Op de grens van het natuurgebied de Biesbosch en de stad Dordrecht is een buitendijks woningbouwproject gerealiseerd waar de getijdenstroom tot onder de huizen mag komen. Het ontpolderen van de bestaande polder en deze weer onder invloed van het getijdenlandschap te brengen creëert de voorwaarden voor het ontstaan van nieuwe natuur. Er is gewerkt met een gesloten grondbalans en er is gebouwd op palen. De locatie werd zo ingericht dat de door eb en vloed wisselende waterstanden kunnen worden opgevangen. Bij een eens in de 50 jaar voorkomende springvloed zijn dat verschillen van 2 meter.

Het Plan Tij, als overgang tussen Wantijpark en aangrenzende woonbuurten, is in de directe invloedssfeer gebracht van de getijden; de polder werd 'teruggegeven aan de natuur'. Eb en vloed hebben weer vrij spel en bepalen in belangrijke mate de beleving van de woonomgeving. Het is juist deze getijdenbeweging die de sfeer in dit gebied kenmerkt. Rietlanden, griendachtige houtopstanden, struwelen en moerasbossen worden afgewisseld met grote watervlakken en domineren het beeld. De vrije ligging van de dijken benadrukt de openheid aan de zijde van de stad ten opzichte van de groene verdichting aan de getijdenlandschapszijde. Door middel van een geulen- en krekensysteem wordt het nieuw aangelegde water in contact gebracht met een dichte groene rand van het Wantijpark. Met grote ecologische elementen zoals natuurlijke oevers, eilanden en zachte- en hardhoutzones wordt de landschappelijke context verder uitgewerkt.

Op de grens van stad en landschap, waar water en land elkaar ontmoeten heeft zich inmiddels een uniek woonmilieu ontwikkeld. Uniek voor Dordrecht, maar zeker ook voor de wijde omgeving. Een karakteristiek woonmilieu waar natuur, wonen en recreëren als vanzelfsprekend samensmelten. De gemaakte gradiënten en overgangen met behulp van water, bodem en reliëf zorgen ervoor dat hier sprake is van een verscheidenheid aan 'landschappen'. De benadering vanuit het landschap blijkt succesvol in een optimale integratie tussen wonen en landschap, alsook in een aantrekkelijk en duurzaam woonmilieu. Bewoners wanen zich dagelijks op vakantie in hun eigen woon- en leefomgeving en inmiddels voelt de natuur zich ook steeds meer thuis. De jongste bewoner in Plan Tij is een beverfamilie, die zich onlangs vanuit de Biesbosch in dit gebied heeft gevestigd.



(foto's: Klunder Architecten)



(foto's: Stijlgroep)



(foto's: Stijlgroep)



Het gebied Eiland van Dordrecht (afbeelding: Concept Gebiedsrapportage Eiland van Dordrecht)

EILAND VAN DORDRECHT

Dordrecht wordt bedreigd bij storm vanuit zee en door hoge rivierwaterstanden. Door de ligging op een eiland is evacuatie bij een bres maar zeer beperkt mogelijk. Dordrecht werkt daarom aan de optimalisatie van meerlaagsveiligheid vertaald naar het Zelfredzaam Eiland van Dordrecht. Er is vanuit deze specifieke ligging, naast maatregelen in laag 1, een duidelijke aanleiding voor maatregelen van laag 2 en laag 3; deze krijgen dan ook veel aandacht. Dordrecht is hierin een voorloper.

Gebiedsomschrijving

Het Eiland van Dordrecht, met een oppervlak van circa 9.000 ha, ligt in het overgangsgebied van zee en rivier. Op het eiland bevindt zich één dijkkring van ongeveer 7.000 ha, in beheer bij het waterschap Hollandse Delta. De gemeente Dordrecht omvat het totale Eiland van Dordrecht. Dit wordt omsloten door de Beneden Merwede en de Oude Maas in het noorden, de Nieuwe Merwede in het zuiden en de Dordtsche Kil in het westen. Het eiland wordt in tweeën gedeeld door het Wantij, dat een verbinding vormt tussen de Beneden Merwede/Oude Maas en de Nieuwe Merwede. Op het noordwestelijke deel van het eiland ligt de stad Dordrecht. Het zuidelijk deel maakt onderdeel uit van het zoetwatergetijdengebied de Biesbosch. Dagelijks is er een getijdenverschil van circa 80 cm in de buitendijkse historische binnenstad en circa 30 cm in de Biesbosch. Het eiland is via een beperkt aantal bruggen, tunnels en vaarverbindingen verbonden met omliggend gebied. Dordrecht telt ongeveer 119.000 inwoners en de economische waarde van de bebouwing in het gebied is ongeveer 15 miljard euro (DPRD, 2012).

PROJECTGEGEVENS:

Locatie:	Dordrecht
Opdrachtgever:	Gemeente Dordrecht in samenwerking met DPNH
Uitvoering:	de Urbanisten
Ontwerp:	2013

Het binnendijkse gebied ligt gemiddeld op 0 meter NAP. De hoogte van het buitendijkse gebied varieert van ongeveer 1.7 m tot 2.5 m +NAP voor het historisch havengebied, van ongeveer 3 m tot 4 m +NAP voor de buitendijkse flanken, en van ongeveer 0 m tot 2 m +NAP voor de Biesbosch. De historische binnenstad van Dordrecht is van grote waarde vanuit cultureel en toeristisch oogpunt en vormt hierdoor ook een bijzondere uitdaging. Er zullen lokale oplossingen voor waterveiligheid gevonden moeten worden die het aanzien van de historische stad zo min mogelijk aantasten.

Kenmerken waterveiligheid

Dordrecht opteert voor een 'Zelfredzaam Eiland' in het jaar 2035, omdat de fysieke evacuatiemogelijkheden van het eiland beperkt zijn (3 bruggen) en alle omliggende dijkkringen ook bedreigd zijn bij een preventieve evacuatie. Het grootste deel van Dordrecht zou bij een bres snel en diep onderlopen.

Uitgaande van een extreme hoogwatersituatie met storm op zee en een hoge rivierwaterafvoer zijn de mogelijkheden van een zelfredzaam eiland verkend in een proeftuin. Hierbij werd onder zelfredzaamheid verstaan dat de bewoners bij een eventuele overstroming een concreet handelingsperspectief hebben om een bepaalde periode (ongeveer een maand) op het eiland te overleven.

Meerlaagsveiligheid

In de proeftuin was aandacht voor de drie lagen van Meerlaagsveiligheid; laag 1: voorkomen van overstromingen, laag 2: duurzame ruimtelijke planning, laag 3: rampenbeheersing.

Op de afbeelding (1) is de MLV-strategie op basis van een gebiedsgerichte risicobepaling voor het Eiland van Dordrecht gevisualiseerd: Laag 1 toont een gedifferentieerde primaire kering met aanleg van een deltadijk en een maatwerkoplossing voor de Voorstraat. Laag 2 toont het benutten van aanwezige compartimenteringsdijken, adaptief bouwen buiten compartiment 1 en het veilig stellen van de vitale infrastructuur. Laag 3 toont het instellen van evacuatieroutes, een life-line, shelters en het garanderen van een operationele vitale infrastructuur.

**Laag 3
Rampenbestrijding**



**Laag 2
Ruimtelijke
ordening & inrichting**



**Laag 1
Preventie**



Uitwerking van de drie Meerlaagsveiligheidlagen op basis van een gebiedsgerichte risicobenadering (afbeelding: de Urbanisten)

Resultaten proeftuin

In de proeftuin bleek Meerlaagsveiligheid een instrument voor het beheersbaar maken en verkleinen van risico's met betrekking tot waterveiligheid in een situatie zoals het Eiland van Dordrecht. De beperkte evacuatiemogelijkheden, de bijzondere ligging met dreigingen vanuit zee en de rivier maken meerlaagsveiligheidsmaatregelen niet alleen noodzakelijk maar ook haalbaar en door de ruimtelijke meekoppelmogelijkheden mogelijk. Maar ook in deze bijzondere situatie vervangen tweede en derde laags maatregelen niet de eerste laags veiligheid.

In laag 1 (preventie) wordt het compartiment (1 in de afbeelding 'Anders omgaan met Water') waarin 75% van alle inwoners van de gemeente Dordrecht wonen, veilig gesteld. Hiervoor is het nodig dat het noordelijk deel van de dijkkring naar het niveau van een Deltadijk wordt gebracht. Dat betekent dat de kans dat deze doorbreekt naar 1:100.000 gaat waardoor dit compartiment altijd als veilige haven op het eiland kan dienen.

De realisatie van de Deltadijk Dordrecht kan in eerste instantie beperkt worden tot een plaatselijke versterking van de dijkvakken Wantij en Kop van 't Land (zie de afbeelding), omdat deze het meest gerichte effect op de waterveiligheid hebben. Op termijn (na 2030/2040) is het nodig dat de Voorstraat (waterkering in de binnenstad) wordt aangepakt/vervangen.

In laag 2 (ruimtelijke ordening en inrichting) is vervolgens het behouden en normeren van bestaande compartimenteringskeringen als waterkerend element bij een doorbraak van een primaire waterkering nodig. Het betreft hier het benutten van de bestaande 'Noord/Zuid en Dordrecht compartimenteringen'. Tezamen met de primaire keringen garanderen ze de beschikbaarheid van voldoende veilige/droge plekken bij een eventuele overstrooming. Hierdoor wordt compartiment 1 een veilige haven. Buiten dit compartiment wordt adaptief bouwen aangemoedigd (vooral buitendijs) of wordt bouwen niet gestimuleerd (compartiment 3).

De bescherming van de concentratie van knopen van vitale infrastructuur die in het noordoosten buitendijs is gelegen, verdient extra aandacht.















Als deze randvoorwaarden gerealiseerd zijn, kan met maatregelen in laag 3 (rampenbestrijding) de preventieve evacuatie in compartiment 2 verbeterd worden, zodat de evacuatiefractie lokaal toeneemt van 15% naar 80% (15% verlaat het eiland en de overige 65% evacueert naar compartiment 1). Daarbij is het van belang dat er 'smart shelters' zijn voor niet-zelfredzamen, bijvoorbeeld door de benutting van bestaande bouw of nieuwbouw van scholen of hotels en dat het cluster van vitale infrastructuur blijft functioneren en het veilige compartiment 1 kan blijven 'voeden'. Dit bevat primaire functies die van noodzaak zijn voor het blijven functioneren van het eiland.

Met dit pakket aan maatregelen wordt de lange-termijn-opgave zoveel mogelijk beperkt en worden de gevolgen van een eventuele overstroming beheersbaar gemaakt door de blootstelling te beperken met een deltdijk en middels een waterrobuuste ruimtelijke ordening en inrichting. In alle MLV-lagen wordt gezocht naar 'slim meekoppelen' van publieke en private investeringen zodat de benodigde randvoorwaarden voor zelfredzaamheid worden gecreëerd tegen beperkte extra investeringskosten.

Bron tekst:

Boer, F., Peijpe, D. van, Marin, E., Wissing, A. en Matysiak, M. (2013) *Proeftuin Zelfredzaam Eiland van Dordrecht* - Deltaprogramma Nieuwbouw & Herstructurering, 13 juni 2013

Kelder, E., Gersonius, B. & Hulsebosch, M., (2012) *Concept Gebiedsrapportage Eiland van Dordrecht*, versie 2.0v

- | | |
|--|---|
|  Deltadijk |  Shelters |
|  Primaire waterkering |  Cluster van knopen in netwerk van vitale infrastructuur |
|  Compartimenteringsdijk |  Afvalenergiecentrale (HVC) |
|  Voorstraat |  BRZO-bedrijf (meest risicovolle bedrijven) |
|  Golfbrekende natuur |  Drinkwaterzuiveringslocatie |
|  Restrictief bouwbeleid |  Rioolwaterzuiveringsinrichting (RWZI) |
|  Evacuateroutes |  Hoogspanning schakelstation |



Maatregelen in de strategie 'Anders omgaan met Water' (afbeelding: de Urbanisten)



Hamburg Hafencity luchtfoto (foto: Fotofrizz, Hafencity Hamburg GmbH)



PROJECTGEGEVENS:

- Opdrachtgever:** Hafencity Hamburg GmbH
www.hafencity.com
- Schaal:** 126 ha
- Realisatie:** gedeeltelijk gerealiseerd, gedeeltelijk nog in ontwikkeling



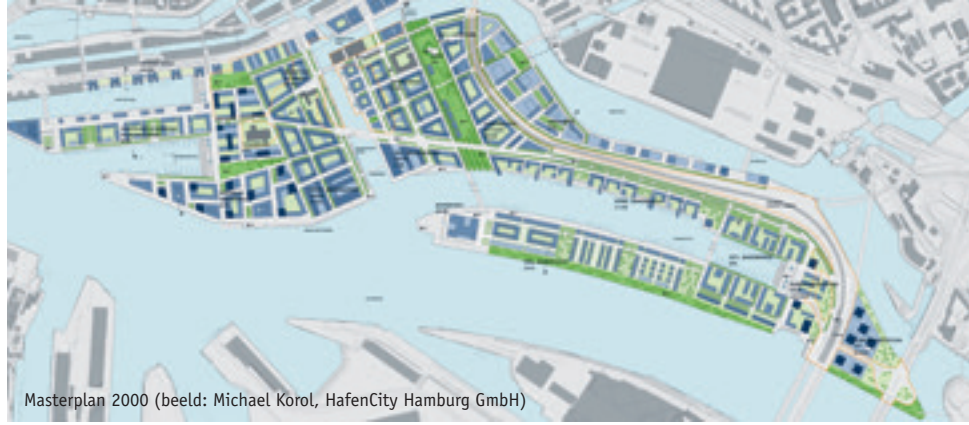
Aan de linkerkzijde de nieuwe gebouwen met de plint die tegen overstromen bestand is, rechts de oude pakhuizen van het havengebied (foto: ELBE&FLUT, HafenCity Hamburg GmbH)

HAFENCITY | HAMBURG

In dit buitendijkse gebied van 126 ha met een reëel overstromingsrisico is ervoor gekozen deels een tweede infrastructuur voor voetgangers te realiseren op een niveau van 7,5 m boven NN (Normalnull, dit komt overeen met het NAP). Dit niveau is in geval van hoogwater ook te gebruiken voor nooddiensten. Het bestaande maaiveld in HafenCity ligt op 3,5 tot 5,5 m boven NN. Deze hoogte voldoet niet. De hoogte van 7,5 m is hoger dan de hoogst gemeten vloedhoogte.

Ook de plinten van alle gebouwen zijn tot dit niveau gesloten, behalve toegangen en dergelijke. Openingen (deuren, ramen, enzovoorts) zijn allemaal afsluitbaar volgens speciale richtlijnen.

De kosten voor de verhoging van de gebouwen zijn voor de eigenaren/ontwikkelaars. De sokkels van de gebouwen worden hoofdzakelijk benut als parkeergarages.



Masterplan 2000 (beeld: Michael Korol, Hafencity Hamburg GmbH)



(foto: atelier GROENBLAUW, Madeleine d'Ersu)



Dalmanckai (foto: LBE&FLUT, Hafencity Hamburg GmbH)



Magdeburger Hafen (foto: Hafencity Hamburg GmbH)



Westelijk deel van de haven (foto: Fotofrizz, HafenCity Hamburg GmbH)

Dit heeft als voordeel dat parkeren op het maaiveld niet nodig is en dat er dus relatief veel grond uitgegeven kan worden. De hooggelegen infrastructuur, die ervoor zorgt dat ook bij hoogwater de stad veilig en snel verlaten kan worden, is door de stad Hamburg gefinancierd. [HafenCity Hamburg, 2011]

LITERATUUR

Boer, F., Peijpe, D. van, Marin, E., Wissing, A. en Matysiak, M. (2013) *Proeftuin Zelfredzaam Eiland van Dordrecht - Deltaprogramma Nieuwbouw & Herstructurering*, 13 juni 2013

HafenCity Hamburg; <http://www.hafencity.com/de/konzepte/warften-statt-deiche-hochwasserschutz-in-der-hafencity.html>; 2011

Kelder, E., Gersonius, B. & Hulsebosch, M., (2012) *Concept Gebiedsrapportage Eiland van Dordrecht*, versie 2.0

Kolen, B., Maaskant, B. en Hoss, F. (2010) "Meerlaagsveiligheid; zonder normen geen kans", *Ruimtelijke veiligheid en risicobeleid*, jrg. 1, nr. 2, pp. 18-25.

Lang L. de & Milanovic M.; *De afronding van Amsterdam* (in PlanAmsterdam nr.2); DRO, Amsterdam, 2009

Luyendijk, E., et al (2010) *Handreiking Overstromingsrobuust Inrichten*. Provincie Utrecht.

Meander Medisch Centrum; www.meandermedischcentrum.nl; 2011

Nooijer R. de, (2011) *Vasthouden van regenwater in de openbare ruimte van Rotterdam*, presentatie

Pötz H. & Bleuzé P. (2009) *Vorm geven aan stedelijk water*, SUN architecture: Amsterdam

Pötz, H. en Bleuzé, P. (2012) *Groenblauwe Netwerken voor duurzame en dynamische steden*. Delft: coop for life.

Projectbureau IJburg (2003) *Waterbuurt West Steigereland - Stedenbouwkundig deelplan*; Amsterdam

Projectbureau IJburg (2007) *IJburg - De kracht van water*; Amsterdam

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE AMERSFOORT
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

