



Erik Luijendijk, Grontmij

Mieke de Gunst, Witteveen+Bos

Frans van de Ven, TU Delft / Deltares i.o.

Ellen Tromp, GeoDelft / Deltares i.o.

Bouwen aan een waterrobuuste stad

De gevolgen van klimaatverandering zullen zich in de komende decennia in vele gedaanten laten zien. Zo zullen extreme buien in frequentie en omvang blijven toenemen. Dat geldt ook voor perioden van droogte. Deze ontwikkelingen kunnen hun weerslag hebben op de inrichting van onze steden. De vraag is hoe de samenleving hiermee wil omgaan. Zonder ingrijpen kunnen straten de zwaardere buien straks minder goed verwerken en zullen daardoor (langer) blank komen te staan. Proberen we dat te voorkomen of gaan we juist trachten de schadelijke gevolgen zo beperkt mogelijk te houden? En hoe dan? Vooral die laatste vraag staat centraal in het kennisproject Waterrobuust Bouwen. Tijdens dit project brengt een specialistenteam uit de bouw- en academische wereld de mogelijkheden en onmogelijkheden tot waterrobuust bouwen in kaart.

De wereldwijde gevolgen van klimaatverandering zijn evident. Toenemende weersextremen, zoals hevige neerslag en langdurige droogte, vergroten wereldwijd de kans op overlast en schade¹⁾. De klimaatverandering zal ook in Europa verschillende waarneembare effecten hebben, zoals hogere temperaturen, langere groeiseizoenen en meer extremere buien, zeker ook in de steden.

Romero²⁾ onderzocht welke gevolgen de klimaatverandering zou kunnen hebben op de waterhuishouding in onze steden. Ze gebruikte daarbij de vier door het KNMI opgestelde scenario's voor de verwachte klimaatverandering in Nederland³⁾. Deze zijn gebaseerd op de door IPCC opgestelde mondiale klimaatscenario's. Uit de scenario's van het KNMI blijkt dat de dagsommen van de neerslag die ééns in de tien jaar wordt overschreden, tot 2100 met 5 tot 27 procent kunnen toenemen. Significante toenames dus. Die dagsommen zeggen echter weinig over de benodigde capaciteit van rioleringen en over de behoefte aan een andere vormgeving van het algehele stedelijke watersysteem. Het zijn namelijk de korte, intensieve (zomer)buien die doorslaggevend zijn voor bijvoorbeeld de maten van de buizen, bergingen, infiltratievoorzieningen en grachten. Om dit probleem te ondervangen, kwantificeerde Romero de te verwachten toenames van de extreme uursommen voor de vier klimaatscenario's

en ging vervolgens na wat het effect van die extreme buien is op de hoeveelheid water die op straat blijft staan. Ze concludeerde dat, gegeven de verwachte klimaatverandering, zonder passende maatregelen rond het jaar 2100 sprake zal zijn van fors toegenomen problemen. Vervolgonderzoek zal moeten uitwijzen in hoeverre de gekozen werkwijze meteorologisch gezien de beste keuze is. Desalniettemin lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat de betrokken actoren bij de toekomstige inrichting van de stad en het stedelijk watersysteem meer rekening moeten gaan houden met extremere uursommen. De vraag hoe je steden meer waterrobuust kunt inrichten is dus relevant.

Bouwopgave: nieuwbouw en herstructurering

Nederland wacht de komende decennia een immense (woning)bouwopgave. Tot 2015 moeten volgens prognoses van het ministerie van VROM circa 700.000 nieuwe woningen worden gebouwd en ruim 42.000 ha nieuw bedrijventerrein ingericht, zo blijkt bijvoorbeeld uit de Bouwprognose 2006-2011⁴⁾. De stedelijke herinrichtings- en herstructureringsopgave is wellicht nog groter. Bij de realisatie van die enorme bouwopgave zal het veranderende klimaat een belangrijk onderwerp gaan vormen. Het lijkt wenselijk dat woningen en infrastructuur in nieuwe en oude woonwijken beter bestand zijn tegen de gevolgen van extreme uursommen.

Dat is niet het enige. In 'De hype voorbij'⁵⁾ concludeert de VROM-raad dat klimaatverandering ook ruimtelijke aanpassing vergt. Bovendien moet een tegenwicht worden geboden tegen de andere gevolgen van klimaatverandering of calamiteiten, zoals meer extreme hitte of grote droogte.

Radicale gedragsverandering

In het kader van het kennisprogramma 'Beter Bouw en Woonrijp Maken' werkt het projectteam Waterrobuust Bouwen de komende twee jaar aan de vraag hoe dit te realiseren valt. Doel is om te komen tot een antwoord op de vraag hoe we onze leefomgeving - huizen, gebouwen alsmede de inrichting van de infrastructuur en de woon- en werkomgeving - kunnen aanpassen aan de veranderende waterbelasting die in Nederland wordt voorzien. Het project wordt uitgevoerd door een publiek-privaat samenwerkingsverband, onder inhoudelijke begeleiding van de TU Delft. De financiering gebeurt door enerzijds 'Leven met Water', 'Klimaat voor Ruimte', SBR en het Directoraat-Generaal Water en anderzijds door GeoDelft (Deltares i.o.), Grontmij en Witteveen+Bos. Het projectteam Waterrobuust Bouwen wordt gevormd door vakspecialisten van GeoDelft, Grontmij, Witteveen+Bos, de TU Delft en de Waterdienst.

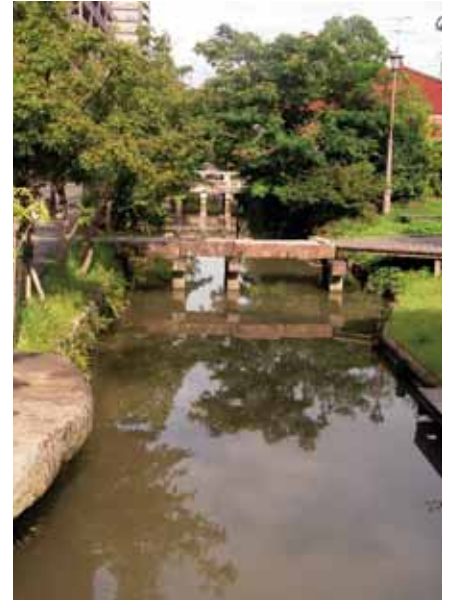
De klimaatverandering vergt een andere omgang met en inrichting van de beschikbare ruimte en een andere



Extra waterberging in één van de grote doorgaande rivieren in Tokyo (foto: Frans van de Ven).



Vijf treden tussen het straat- en vloerpeil in een woonwijk in Saga in het zuidwesten van Japan (foto: Frans van de Ven).



Water heeft een eigen plek in het stedelijk landschap van Saga (foto: Frans van de Ven).

manier van bouwen. Om zoiets in gang te kunnen zetten is, behalve radicaal andere werkwijzen, vooral een radicale gedragsverandering in de bouwsector, bij gemeenten en waterbeheerders nodig. De projectdeelnemers willen deze gedragsverandering tot stand laten komen aan de hand van 'actief leren'. Door intensieve samenwerking in kleine kennisteams ontwikkelen partijen nieuwe, door hen zelf ondersteunde kennis en werkwijzen.

Het projectteam richt zich daarom behalve op de wetenschap ook op de dagelijkse bouwpraktijk. Samen met betrokken gemeenten, waterschappen, ontwikkelaars, bouwbedrijven en andere partijen worden breedgedragen methoden en werkwijzen opgesteld die bijdragen aan de daadwerkelijke totstandkoming van de waterrobuuste stad. Het is aan de betrokken partijen uit de bouwpraktijk om deze vervolgens in concrete projecten ten uitvoer brengen. De eerste fase omvat een vooronderzoek waarin mogelijkheden en opties worden verkend. In de tweede fase zullen de betrokken partijen de sterke en zwakke punten van de methoden en werkwijzen evalueren. Op die manier ontstaat een kruisbestuiving tussen wetenschap en praktijk, waarbij over en weer van elkaar wordt geleerd.

Kwetsbaarheid

De klimaatverandering zal naar verwachting leiden tot meer en tot zwaardere zomerbuien. De vraag in hoeverre en in welke mate zich meer schadelijke gevolgen zullen openbaren, hangt af van de kwetsbaarheid van de stedelijke samenlevingen voor dreigend watertekort en -overlast. Deze kwetsbaarheid van samenlevingen of maatschappelijke systemen kan gekoppeld worden aan vier zogeheten 'capacities': threshold, coping, recovery en adaptive⁶⁾. De mate waarin een samenleving hieraan invulling geeft, bepaalt de mate waarin deze bestand is tegen eventuele calamiteiten. Dit

kader vormt de theoretische basis voor het project Waterrobuust Bouwen.

'Threshold capacity' is het vermogen van een samenleving om een drempel op te bouwen tegen verschillende typen wateroverlast en zo schade te voorkómen. Steden kunnen schade als gevolg van drinkwatertekorten bijvoorbeeld voorkomen door drinkwateropslagen te bouwen. En door grotere rioolbuizen kan schade door water op straat soms worden voorkomen.

'Coping capacity' is het vermogen van een samenleving om schade zoveel mogelijk te beperken op het moment dat de gevolgen van een calamiteit niet meer door diens 'threshold capacity' zijn op te vangen. Met andere woorden: hoe voorkomt een land, stad of regio schade en slachtoffers vanaf het moment dat de dijk doorbreekt? Of hoe

beperk je de schade door water op straat zoveel mogelijk?

'Recovery capacity' is het vermogen van een samenleving om de inrichting en het functioneren van de maatschappij weer op hetzelfde niveau terug te brengen als waarop deze zich voor het watertekort of -overschot bevond. Wanneer bijvoorbeeld de stad New Orleans overstroomt, dan bepaalt de mate waarin men beschikt over 'recovery capacity', óf en hoe snel de maatschappij na afloop van de overstroming weer herstelt.

'Adaptive capacity' is het vermogen van een natie, rivierdelta of stad om zich aan te passen aan een veranderende omgeving en vanuit een voorzorgsprincipe rekening te houden met zeer zeldzame en wellicht nooit optredende rampen. Ontwikkelingen en veranderingen die een zekere bedreiging vormen voor het functioneren van de

Water op straat daags na een fikse regenbui in Biancavilla op Sicilië (foto: Mieke de Gunst).



maatschappij, zoals klimaatverandering, demografische veranderingen en verstedelijking, kunnen dan worden opgevangen.

Vooronderzoek

Momenteel bevindt het project zich nog in de fase van het vooronderzoek. Tijdens dit onderzoek brengt het projectteam in kaart welke kennis en ervaring op het gebied van waterrobuust bouwen reeds bestaat, in Nederland en daarbuiten, en welke daarvan in de praktijk wordt toegepast of onderzocht. Hoewel het vooronderzoek zeer recent gestart is, wordt hier alvast een kleine inkijk geboden. De geïnventariseerde werkwijzen worden geïdentificeerd aan de hand van het type 'capacity' waaraan ze een bijdrage leveren. Daarnaast worden ze onderverdeeld in de thema's techniek, institutioneel, proces en praktisch. Hier wordt uitsluitend ingegaan op de thema's techniek en institutioneel.

Techniek

In Nederland lijkt sprake te zijn van een focus op de technische aspecten van de 'threshold capacity'. De oorsprong hiervan ligt in de Nederlandse traditie van het voorkómen van waterproblemen door water en land te scheiden. Bredere, hogere dijken, (mega) terpen, een hoger vloerpeil ten opzichte van het straatpeil, woningen op palen en zelfs drijvende steden^{7),8)} zijn hierbij bekende oplossingen die breeduit worden aangedragen in onze strijd tegen hogere waterstanden en extreme neerslag. Door onze eenzijdige focus op de vergroting van onze 'threshold capacity' verhogen we onze kwetsbaarheid⁹⁾.

Twee buitenlandse, bouwtechnisch georiënteerde voorbeelden om zowel de 'coping capacity' als de 'recovery capacity' te vergroten, heten 'dry proofing' en 'wet proofing'^{9),10)}. 'Dry proofing' of waterwerend bouwen komt samengevat neer op het tijdelijk weren van water uit een gebouw. Kwetsbare punten, zoals deuropeningen, ventilatieroosters en aansluitingen in de constructie, zijn bij waterwerend gebouwde woningen afsluitbaar. Hiermee vergelijkbaar is het 'wet proofing'. Een 'wet proof' gebouwde ofwel waterbestendige woning is op de begane grond opgetrokken uit waterbestendige materialen en heeft een elektrische installatie die boven de gevarenszone is geplaatst. Als dan ook de infrastructuur en de inrichting van de openbare ruimte daarop is aangepast, blijft de schade als gevolg van een overstroming beperkt.

Ook dringen zich allerlei geotechnische werkwijzen naar de oppervlakte om de 'coping capacity' te vergroten. Zetting en inklinking vormen een groot probleem in veel Nederlandse steden met hun slappe ondergrond. Doordat we bouwterreinen vaak ophogen en door de drooglegging die we in stedelijk gebied hanteren, ontstaan zettingen. Bij de bouw worden weliswaar eisen gesteld aan die zettingen en de toelaatbare restzettingen, maar die zijn veelal slecht onderbouwd. Bovendien zijn de zettingen lastig te voorspellen, deels als gevolg van de heterogeniteit van de ondergrond. Hierdoor kunnen de restzettingen aanzienlijk groter zijn dan was



De straten staan blank na een hevige regenbui in Hoveen door een te krap gedimensioneerde riolering (foto: Ellen Tromp).

voorspeld, waardoor forse schade kan ontstaan. Door het vochtvasthoudend vermogen van de bodem te vergroten, worden deze zettingen en restzettingen beter beheersbaar. Met behulp van geopolymeren¹¹⁾ is het bijvoorbeeld mogelijk om water aan de bodem te binden op een vooraf bepaald niveau, waardoor dit niet de bodem inzakt in tijden van droogte.

Een andere oplossing om schade door toekomstig wateroverlast of -onderlast te voorkomen, is het actief voeren van een flexibel grondwaterregime. Met een flexibel regime wordt de 'adaptive capacity' van de samenleving vergroot, aangezien zo op allerlei scenario's valt te reageren. In sommige wijken staat de grondwaterstand

- veelal noodgedwongen - zo dicht onder het maaiveld dat bij de geringste neerslag water tot aan maaiveld komt. In tijden van calamiteiten, bij hevige neerslag, is daardoor weinig bergingscapaciteit in de ondergrond beschikbaar. Door het grondwaterpeil flexibeler en actief te beheren, ontstaat meer bergingscapaciteit in de bodem, in aanvulling op een actief peilbeheer voor het oppervlaktewater.

Institutioneel

Naast puur technische werkwijzen bieden institutionele oplossingen andere mogelijkheden om de gevolgen van toenemende neerslagextrema te pareren. In Nederland leven verschillende ideeën om bij de ruimtelijke inrichting van gebieden meer

Overvallen door een plotse regenbui op weg van Nicolosi naar Mascalucia op Sicilië (foto: Mieke de Gunst).





In een gemeente met een slappe bodem kunnen onderheide putten voor overlast zorgen door zettingen van de omgeving eromheen (foto: GeoDelft).

rekening te houden met de overstromingsgevoeligheid. In binnen- en buitenland zijn hiertoe inmiddels methoden ontwikkeld en in de praktijk uitgevoerd.

In Nederland kan de ruimtelijke ordening en inrichting van gebieden worden bijgestuurd met behulp van de Watertoets. Ook bestaan inmiddels verschillende manieren om de overstromingsgevoeligheid van een gebied in kaart te brengen. Rijkswaterstaat heeft bijvoorbeeld een methode ontwikkeld waarmee een integraal inzicht in de risico's die samenhangen met het gevoerde waterbeheer, kan worden verkregen. Het model biedt een indicatie van het risico aan de hand van criteria als landgebruik, bevolkingsgroei en investeringsmogelijkheden om

de verwachte schade te herstellen en risico's in te dammen. In enkele delen van het Verenigd Koninkrijk is de overstromingsgevoeligheid van een gebied gekoppeld aan het ruimtelijke ordeningsbeleid. In gebieden of buurten waar de kans op overlast groter is, bestaan bijvoorbeeld verboden op woningbouw of moeten woningen voldoen aan scherpe eisen om de gevolgen van eventuele calamiteiten te beperken. Ook in de Verenigde Staten kent men dergelijke richtlijnen¹²⁾. Daarnaast ontstaan in uiteenlopende kringen ideeën voor ruimtelijke planningsconcepten die rekening houden met klimaatverandering. Deze zijn bijvoorbeeld gestoeld op het besef dat door de voortgaande 'verstening' van stedelijke gebieden de

(Foto: Mieke de Gunst).



bergingscapaciteit afneemt, waardoor neerslag sneller wordt afgevoerd¹³⁾. Een aantal in het pilotproject Water Connects¹⁴⁾ verenigde Europese regio's en gemeenten hebben een methode ontwikkeld om stadsranden zowel waterrobuust als aantrekkelijk voor inwoners in te richten. Bij deze methode legden zij sterke nadruk op het planningsproces en het betrekken van bewoners en belanghebbenden. Deze nadruk werd gevoed door het besef dat het nemen van grootschalige maatregelen tegen wateroverlast kan stuiten op maatschappelijke bezwaren¹⁵⁾ en daardoor ernstig kan vertragen of helemaal niet ten uitvoer komen. Door de maatschappij te betrekken en het belang van een waterrobuuste stad gezamenlijk verder te ontwikkelen trachten de deelnemers aan het pilotproject Water Connects dergelijke problemen te kunnen voorkomen.

LITERATUUR

- 1) Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). WGII Fourth assessment report: climate change impacts, adaptation and vulnerability.
- 2) Romero Y. (2007). Effect of climate change on urban water management design; estimates based on KNMI '06 climate scenarios MSc-thesis. TU Delft en KNMI.
- 3) KNMI (2006). Climate change scenarios 2006 for the Netherlands. Scientific Report WR 2006-01.
- 4) Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (2005). Bouwprognose 2006-2011.
- 5) Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (2007). De hype voorbij.
- 6) De Graaf R., N. van de Giessen en F. van de Ven (2007). The closed city as a strategy to reduce vulnerability of urban areas for climate change. Water Science & Technology nr. 4, pag. 165-173.
- 7) DeltaSync04 (2004). Floating city IJmeer: accelerator for delta technology. TU Delft.
- 8) De Lange G. (2007). The Netherlands Climate Proof. TNO.
- 9) The Scottish executive (2004). Planning and building standards advice on flooding. Development Department Planning.
- 10) Scottish Environment Protection Agency (2005). Protecting your property from flooding.
- 11) Braat C. (2007). Determination of characteristics super absorbent polymer; for use in civil engineering. GeoDelft.
- 12) Federal Emergency Management Agency (2007). Multi-hazard mitigation planning guidance under DMA 2000 a.k.a. mitigation planning 'Blue book'.
- 13) Natuurmonumenten, Vogelbescherming, Staatsbosbeheer, ARK Natuurontwikkeling en Waddenvereniging (2006). Klimaatbuffers.
- 14) Provincie Groningen (2006). PURE North Sea, PURE Guidebook Water Connects.
- 15) Roth D., J. Warner en M. Winnubst (2006). Een noodverband tegen hoog water. Waterkennis, beleid en politiek rond noodoverloopgebieden. Wageningen Universiteit en Research Centrum.