



Carolien Steinweg, Cartesius Instituut & Universiteit Twente

Arjen Hoekstra, Universiteit Twente

Martijn Booij, Universiteit Twente

# Compartimentering in Friesland en Groningen om het overstromingsrisico te verminderen

**Het opdelen van een dijkkring in kleinere gebieden wordt vaak gezien als een methode om het overstromingsrisico te verkleinen, omdat bij een eventuele overstroming het overstroomde oppervlak dan beperkt blijft<sup>1)</sup>. Dit artikel beschrijft onderzoek waarbij is gekeken naar het effect van compartimentering in Groningen en Friesland (dijkkring 6). Het onderzoek bevestigt een eerdere studie die concludeerde dat compartimentering soms ook lokaal het risico kan verhogen<sup>2)</sup>. Door een toenemende waterstand langs de compartimenteringsdijken kan het aantal slachtoffers zelfs hoger worden dan wanneer geen compartimentering zou zijn toegepast. De effectiviteit van de verschillende strategieën is ook afhankelijk van het type overstroming. Strategieën die bij een bepaald overstromingsscenario slechter presteren dan geen maatregelen, presteren bij een scenario met een extremere overstroming wel beter dan niets doen. Wat de beste strategie is, hangt onder meer af van de mate waarin naast het aanleggen van compartimenteringsdijken andere ingrepen verricht worden, zoals het ontmoedigen van bewoning en/of het aanpassen van bebouwing en/of het voorlichten van de bewoners van bepaalde gebieden.**

Een dijkkringgebied kan op verschillende manieren in compartimenten worden opgedeeld. De in deze studie gebruikte strategieën komen overeen met die van de studie van Oost en Hoekstra<sup>3)</sup>, maar zijn aangepast aan de omstandigheden in dijkkring 6.

De eerste strategie is de secundaire dijkstrategie. Deze bestaat uit een secundaire dijk direct achter de primaire dijk. In dijkkring 6 bevinden zich veel aangedijkte polders. De in onbruik geraakte slaperdijken van deze polders worden in deze strategie benut. Het is vaak nodig dat de bestaande slaperdijken versterkt en/of verhoogd worden en dat de coupures worden gesloten. In de delen van het dijkkringgebied waar geen slaperdijken zijn, is het nodig om nieuwe dijken aan te leggen. De steden Harlingen en Delfzijl liggen direct achter de primaire dijk; daarom is er geen mogelijkheid om zonder ingrijpende maatregelen, zoals dijken bouwen door bebouwd gebied, de secundaire dijkstrategie in deze steden te implementeren. Door de secundaire dijk

achter de steden langs te leggen, zou de schade bij het falen van de primaire kering extra groot kunnen worden. Daarom wordt de secundaire dijk bij Harlingen en bij Delfzijl onderbroken.

De tweede compartimenteringsstrategie, de partiestrategie, maakt gebruik van de in het gebied aanwezige (hoofd) wegen en spoorwegen om de dijkkring in compartimenten op te delen. De wegen en spoorwegen zijn in het gebied al vaak verhoogd aangelegd, zodat eventuele verdere verhogingen een minimale invloed zullen hebben op het landschap.

De derde en vierde compartimenteringsstrategie zijn waardebeschermingsstrategieën. Bij dit type strategie wordt rond grote kernen (vaak steden) en/of dorpen een extra dijk aangelegd, die de stad of het dorp beschermt tegen overstromingen. Bij de derde compartimenteringsstrategie worden alleen de grootste kernen in de dijkkring beschermd: de elf grootste bewoningskernen in het gebied (niet alle grote kernen in het

gebied zijn steden) en Bolsward, de 16e bewoningskern in de dijkkring. Delfzijl en Harlingen horen ook bij de grootste kernen in het gebied, maar kunnen door hun ligging, direct aan de primaire dijk, niet goed worden beschermd met de waardebeschermingsstrategie. De 14e en 15e bewoningskernen zijn Wolvega en Burgum. Deze kernen hebben een kleiner overstromingsrisico, omdat ze wat hoger liggen dan Bolsward. De kleine kernen krijgen in de vierde compartimenteringsstrategie ook een beschermingsdijk, zodat bij die strategie zowel de steden als de dorpen extra beschermd worden tegen overstromingen.

Op enkele plekken doorsnijden de vaarwegen in het gebied de compartimenteringsdijken. Op die locaties worden stuwen geplaatst, die bij de overstromingssimulaties gesloten zijn, zodat de overstroming niet via de vaarwegen het achter de compartimenteringsdijk gelegen gebied kan bereiken. Een speciaal geval vormen de sluisen bij Dokkumer Nieuwe Zijlen en Zoutkamp. Op deze plekken liggen sluisen in de vaarwegen,

maar ze maken geen deel uit van de primaire kering. Wanneer de dijken rondom het Lauwersmeer deel uitmaken van de compartimenteringsdijken, wordt aangenomen dat deze sluisen gesloten zijn, omdat ze dan deel uit maken van de compartimenteringsstrategie. Wanneer ze geen deel uitmaken van de compartimenteringsstrategie, wordt aangenomen dat ze open staan.

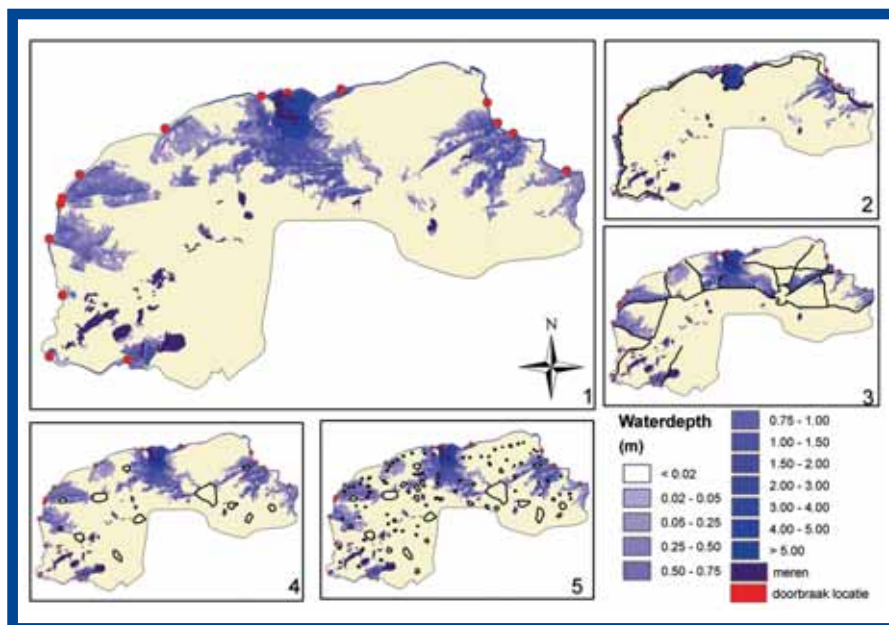
### Twee overstromingsscenario's

De overstromingsberekeningen zijn gemaakt met behulp van het 1D2D-Sobek-model van Deltares. De gridcellen van het model zijn 100 x 100 m<sup>2</sup>. Als uitgangspunt voor de studie is de toepassing van het model voor dijkkring 6 genomen, zoals ontwikkeld door HKV Lijn in Water<sup>4</sup>. Voor het 1D-model zijn alleen die kanalen gebruikt die geïnclassificeerd zijn als vaarwegklasse III<sup>5</sup> of hoger. Twee verschillende overstromingen zijn gesimuleerd.

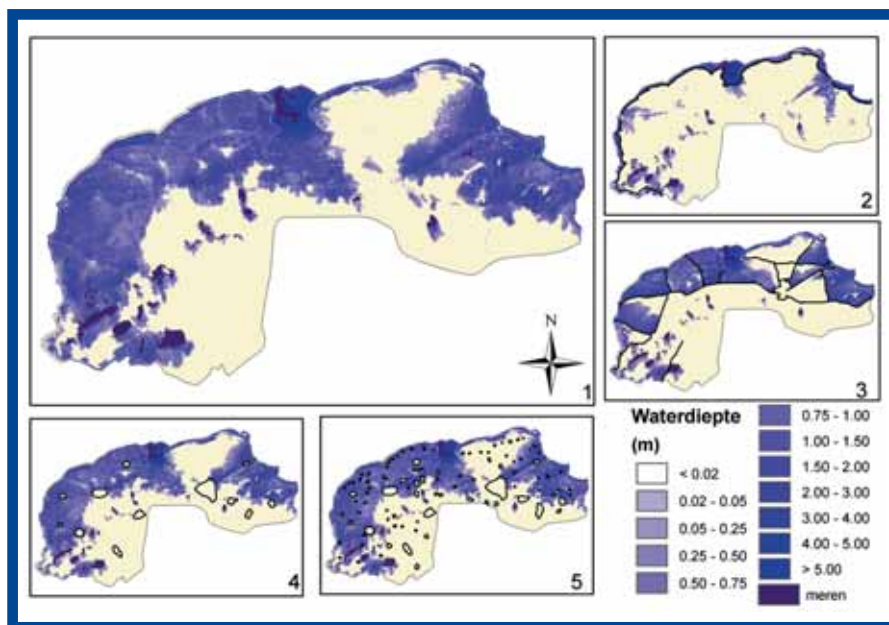
Het eerste scenario gaat uit van het falen van de primaire kering op 15 locaties: de drie sluisen bij Harlingen, Lauwersoog en Delfzijl en twaalf dijkdoorbraken langs het IJsselmeer en de Waddenzee. De dijken breken twee uur voordat de hoogste waterstand wordt bereikt. Er wordt op dat moment op elke doorbraaklocatie een bres van tien meter in de dijk geslagen. Op het moment dat de hoogste waterstand wordt bereikt, heeft de bres in de dijk zich tot op maaiveldhoogte verdiept. Vanaf dat moment zal de bres in de breedte gaan toenemen. De bresgroei wordt in het model gebaseerd op de waterstand voor en achter de dijk en het materiaal waarvan de dijk gemaakt is. De maximum bresbreedte varieert van 22 meter bij Workum tot 98 meter bij Harlingen.

De tweede overstroming die gesimuleerd is, gaat uit van het falen van de sluisen op dezelfde locaties als bij de eerste overstroming. In dit scenario vinden veel meer dijkdoorbraken plaats dan in het eerste scenario. In plaats van 15 doorbraken verspreid over de hele kust, is er in dit scenario elke 1000 meter een dijkdoorbraak. Dit leidt tot een totaal van 191 dijkdoorbraken langs het IJsselmeer en de Waddenzee. Dit extreme scenario geeft een goed beeld van de gebieden die gevaar lopen bij een overstroming.

Voor het modelleren van het verloop van de stormopzet is gebruik gemaakt van het waterstandsverloop van de Noordzee<sup>6</sup>, omdat voor de Waddenzee nog geen waterstandsverloop bekend is. De duur van de stormopzet is 35 uur. De maximale waterstand die behaald wordt tijdens de storm, is gelijk aan het toetspeil. Voor de Waddenkust en de IJsselmeerkust gelden verschillende toetspeilen. Na het berekenen van de waterstanden en stijgsnelheden zijn met de Schade- en SlachtofferModule van het Hoogwater-InformatieSysteem van het ministerie van Verkeer en Waterstaat, de schade en de slachtoffers uitgerekend bij de twee overstromingsscenario's en de vier compartimenteringsstrategieën. De twee overstromingsscenario's zijn ook doorgerekend voor de huidige situatie.



Afb. 1: Overstromingspatronen bij het scenario met 15 doorbraken: 1) huidige situatie, 2) secundaire dijkstrategie, 3) partitiestrategie, 4) waardebeschermingsstrategie grote kernen, 5) waardebeschermingsstrategie grote en kleine kernen.



Afb. 2: Overstromingspatronen bij het scenario met om de kilometer een dijkdoorbraak: 1) huidige situatie, 2) secundaire dijkstrategie, 3) partitiestrategie, 4) waardebeschermingsstrategie grote kernen, 5) waardebeschermingsstrategie grote en kleine kernen.

### Resultaten

Afbeelding 1 laat de overstromingspatronen zien die ontstaan bij 15 doorbraaklocaties verspreid langs de gehele kust. Het overstromingspatroon dat ontstaat bij de huidige situatie wordt getoond in afbeelding 1.1. Zoals te zien in afbeelding 1.2 zorgt de secundaire dijkstrategie ervoor dat de overstroming beperkt blijft tot de kuststrook. Alleen bij Delfzijl komt de overstroming verder landinwaarts, omdat daar de secundaire dijk niet doorloopt. De waterdiepten in de gebieden tussen de primaire en secundaire dijk worden groter dan wanneer er geen secundaire dijk is. De partitiestrategie (afbeelding 1.3) zorgt ervoor dat de overstroming niet te ver landinwaarts kan komen en dat de overstroming beperkt blijft tot het compartiment direct

achter de bres. De waterdiepten langs de partitiedijken kunnen hoger worden dan wanneer er geen partitiedijk is. De waardebeschermingsstrategie in afbeelding 1.4 zorgt ervoor dat de grote kernen in het gebied beschermd worden tegen overstromingen. Het overstromingspatroon is gelijk aan afbeelding 1.1 met één belangrijk verschil, namelijk dat de grote kernen in het gebied niet overstromen. Afbeelding 1.5 toont het overstromingspatroon wanneer zowel de grote als de kleine kernen in het gebied beschermd zijn. Ook bij deze strategie bestaat weinig verschil met het overstromingspatroon van afbeelding 1.1, maar zijn de kleine en de grote kernen in het gebied beschermd.

In afbeelding 2 zijn de overstromingspatronen te zien bij het scenario waarin er

elke kilometer een dijkdoorbraak plaats vindt. Afbeelding 2.1 toont het overstromingspatroon bij de huidige situatie. Langs bijna de hele Friese en Groningse kust is het overstromingsrisico hoog. Alleen het relatief hoog gelegen 'hoge land' in Groningen heeft geen hoog overstromingsrisico. Het overstromingsrisico van het Friese merengebied is niet zo groot als misschien verwacht zou worden gezien de lage ligging. Dit komt doordat een overstroming vanuit de Waddenzee dit gebied niet direct bereiken kan en eerst over de, iets hoger gelegen, kuststrook moet stromen. Het gebied wordt ook niet direct bedreigd door een overstroming vanuit het IJsselmeer, omdat de waterstanden in het IJsselmeer daar niet hoog genoeg voor worden. Uit afbeeldingen 2.2. en 2.3 blijkt opnieuw dat de waterdiepte bij de compartimenteringsdijken flink toe kan nemen. De waardebeschermingsstrategieën (afbeeldingen 2.4 en 2.5) beschermen de steden en de dorpen in het gebied ook als de overstroming extremere vormen aan neemt.

De resultaten van de berekeningen staan in tabel 1. Bij het scenario met 15 doorbraken zorgt de secundaire dijkstrategie voor de sterkste reductie in de overstromingsschade. Doordat bij deze strategie het overstroome oppervlak het kleinst is, worden bij deze strategie ook de minste inwoners getroffen. Door de hoge waterstanden in het overstroome gebied vallen er wel meer slachtoffers dan in de huidige situatie. De partitiestrategie presteert bij het scenario met 15 doorbraken het slechtst, omdat de schade en het aantal slachtoffers respectievelijk 15 procent en 193 procent hoger zijn dan zonder compartimentering. De reden voor deze toenames wordt gevormd door de hogere waterstanden langs de partitiedijken. De waardebeschermingsstrategieën reduceren schade, getroffen inwoners en slachtoffers. De reductie in de schade is kleiner dan die bij de secundaire dijkstrategie, omdat het overstroome oppervlak veel groter is.

Wanneer er elke 1000 meter een dijkdoorbraak plaatsvindt, presteren alle comparti-

menteringsstrategieën beter dan de huidige situatie. De secundaire dijk en de partitiestrategie reduceren bij dit scenario wel het aantal slachtoffers, omdat beide strategieën de overstroming indammen en zo voorkomen dat steden als Leeuwarden en Groningen getroffen worden door de overstroming. Het aantal slachtoffers dat bij deze strategieën wordt voorkomen in bijvoorbeeld Leeuwarden, is groter dan het aantal slachtoffers dat veroorzaakt wordt door de grotere waterdieptes langs de compartimenteringsdijken. De waardebeschermingsstrategieën reduceren bij het scenario met elke kilometer een dijkdoorbraak het aantal slachtoffers sterker dan bij het scenario met 15 doorbraken. Dit komt doordat bij dit scenario en zonder waardebescherming wel water in de dorpen en steden stroomt, maar dit water wordt niet zo diep dat het gevaarlijk wordt. Bij het extremere scenario met elke kilometer een dijkdoorbraak veroorzaakt de overstroming in de steden en dorpen wel slachtoffers. De reductie door de waardebescherming wordt bij het scenario met elke kilometer een dijkdoorbraak groter, omdat de inwoners van de dorpen en steden bij dat scenario meer gevaar lopen.

### Afstemming landgebruik

De schade- en slachtofferberekeningen die bij de verschillende compartimenteringsstrategieën horen, gaan uit van onveranderd landgebruik. De strategieën kunnen geoptimaliseerd worden als het landgebruik is aangepast aan de compartimenteringsstrategie. De grootste winst kan behaald worden bij de secundaire dijkstrategie, omdat daar een relatief klein landoppervlak aangepast moet worden aan overstromingen. In het gebied tussen de primaire en secundaire dijk zou de (nieuwe) bewoning kunnen worden beperkt en zouden geen (nieuwe) industrieën mogen zijn. Minder economische activiteiten en minder inwoners beperken de schade en het aantal slachtoffers. De waardebeschermingsstrategie kan geoptimaliseerd worden door toekomstige woningbouw en economische activiteiten te concentreren in de dorpen en steden. Tevens zouden

bewoners van buiten de beschermde steden en dorpen een veilig heenkomen kunnen vinden in de dorpen en steden<sup>7)</sup>. Zo wordt het aantal slachtoffers verder beperkt.

Welk van de twee waardebeschermingsstrategieën de voorkeur geniet, is moeilijk te zeggen. Hoe meer kernen beschermd worden, des te lager het aantal slachtoffer en des te lager de schade, maar des te meer dijken er aangelegd moeten worden. Alleen op basis van de beperking van de schade is niet te zeggen welke kernen wel en niet beschermd dienen te worden, omdat dan voorbij gegaan wordt aan het feit dat de dijken ook het aantal slachtoffers verminderen. De schade en het aantal slachtoffers bij de partitiestrategie kan verminderd worden door de bewoners die vlak bij de partitiedijk wonen, in te lichten over het extra risico dat zij lopen bij een eventuele overstroming. Om de schade langs de partitiedijk te verminderen, zou bij het bouwen ook rekening gehouden moeten worden met de hogere waterstanden langs de partitiedijken.

### Inpasbaarheid

De secundaire dijkstrategie zal in grote delen van het gebied landschappelijk goed in te passen zijn. Door de historische aandijkningen liggen al veel zogeheten slaperdijken in het gebied die deel uit kunnen gaan maken van de secundaire dijk.

De waardebeschermingsdijken zijn niet altijd goed landschappelijk inpasbaar. Bij een industrieterrein of een rondweg aan de rand van een stad zal het waarschijnlijk geen problemen opleveren, maar een extra dijk rond een beschermd dorpsgezicht is lastiger te realiseren.

De partitiestrategie is minder lastig te implementeren, omdat de partitiedijken de (spoor)wegen in het gebied volgen. Het zal niet goedkoop zijn om de (spoor)wegen te verhogen, maar wanneer dit gecombineerd wordt met andere grote onderhoudswerkzaamheden zullen de kosten worden gedrukt. Een moeilijkheid voor deze strategie is dat nieuwe wegen bij voorkeur verdiept

Tabel 1. Schade, getroffen inwoners en aantal slachtoffers in het overstroome gebied. Absolute getallen en relatieve verandering ten opzichte van de huidige situatie.

	huidige situatie	secundaire dijkstrategie		partitiestrategie		waardebeschermingsstrategie grote kernen		waardebeschermingsstrategie grote en kleine kernen	
	totaal	totaal	%	totaal	%	totaal	%	totaal	%
lengte te verbeteren of nieuw aan te leggen dijken (km)	-	240		390		170		530	
<b>15 doorbraaklocaties</b>									
schade (miljard euro)	4.5	2.8	-39	5.2	15	4.2	-8	3.7	-18
getroffen inwoners (x 1000)	119.6	58.5	-51	116.4	-3	93.6	-22	66.3	-45
slachtoffers	289	300	4	847	193	270	-7	242	-16
<b>elke kilometer een dijkdoorbraak</b>									
schade (miljard euro)	24.3	5.5	-77	12.3	-50	12.2	-50	10.5	-57
getroffen inwoners (x 1000)	444.2	95.8	-78	218.2	-51	238.6	-46	161.0	-64
slachtoffers	8719	1351	-85	3284	-62	630	-93	387	-96

worden aangelegd om horizonvervuiling en geluidshinder te verminderen.

### Nieuw aan te leggen dijken

De kosten die de compartimenteringsstrategie met zich meebrengt, is onder meer afhankelijk van het aantal kilometers dijk dat moet worden aangelegd en het aantal kunstwerken dat in de dijk geplaatst moet worden. Voor het implementeren van de secundaire dijkstrategie is veel minder nieuw aan te leggen dijk nodig dan bij de partitiestrategie en bij bescherming van grote en kleine kernen (tabel 1). Verder is de hoogte en de sterkte van de dijk van belang. De waterhoogte en de stroomsnelheid hebben invloed op deze twee factoren. Langs de secundaire dijk zal de waterstand en de stroomsnelheid veel hoger zijn dan langs de beschermingsdijken van steden en dorpen, zeker wanneer de stad of het dorp verder landinwaarts ligt. De secundaire dijk zal dus een stuk hoger en steviger dienen te worden dan de beschermingsdijken. Doordat verdere studie noodzakelijk is om in te schatten hoe hoog en stevig de compartimenteringsdijken moeten worden, is het nog niet mogelijk om een uitspraak te doen over de kosteneffectiviteit van de compartimenteringsstrategieën.

### Conclusie

De waardebeschermingsstrategieën reduceren bij beide scenario's de schade, het

aantal getroffen inwoners en de slachtoffers. De secundaire dijkstrategie zorgt in beide overstromingsscenario's voor de sterkste reductie van de schade en het aantal getroffen inwoners, maar zorgt voor een verhoging van het aantal slachtoffers in het eerste overstromingsscenario. De partitiestrategie zorgt bij het eerste overstromingsscenario voor een stijging van het aantal slachtoffers. Bij het tweede overstromingsscenario worden de schade, het aantal getroffen inwoners en het aantal slachtoffers wel gereduceerd, maar niet zo sterk als bij de andere strategieën.

Welke compartimenteringsstrategie de beste is, hangt af van de combinatie van maatregelen die genomen wordt samen met het aanleggen van de compartimenteringsdijk. Wanneer er naast het aanleggen van de compartimenteringsdijken geen extra maatregelen getroffen worden, is de waardebeschermingsstrategie de beste keuze, omdat zij bij verschillende scenario's altijd tot een vermindering van de schade en het aantal getroffen inwoners en slachtoffers leidt. Voor zowel de partitie- als de secundaire dijkstrategie zijn extra maatregelen nodig om ze bij beide scenario's goed te laten werken. Deze extra maatregelen zijn bij de secundaire dijkstrategie het makkelijkst te nemen, omdat het erg duidelijk is welk gebied het meeste

gevaar loopt en omdat het gebied tussen de primaire en secundaire dijk dunner bevolkt is dan het gebied langs de partitiedijken. Wanneer maatregelen worden genomen om het gebied tussen de primaire en secundaire dijk minder kwetsbaar te maken, dan is de secundaire dijkstrategie de meest effectieve compartimenteringsstrategie voor dijkkring 6.

### LITERATUUR

- 1) Alkema D. en H. Middelkoop (2005). The influence of floodplain compartmentalization on flood risk within the Rhine-Meuse Delta. *Natural Hazards* nr. 36, pag. 125-145.
- 2) Theunissen R., M. Kok en H. Vrijling (2006). Compartimentering van dijkringen: niet altijd dé oplossing. *H<sub>2</sub>O* nr. 21, pag 29-31.
- 3) Oost J. en A. Hoekstra (2007). Schadereductie door compartimentering in een dijkkringgebied. *H<sub>2</sub>O* nr. 16, pag. 44-47.
- 4) Wouters C. en T. Hoffman (2006). Overstromingsmodel dijkkring 6: modelbouw en scenarioberekeningen. *HKV Lijn in Water*.
- 5) Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Vervoer (2008). *Vaarwegen in Nederland*.
- 6) Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007). *Hydraulische randvoorwaarden primaire waterkeringen voor de derde toetsronde 2006-2011*.
- 7) Van Reedt Dortland M., W. de Fijter en A. Hoekstra (2008). *Vluchtplaatsen in zelfredzame cellen als oplossing bij overstroming*. *H<sub>2</sub>O* nr. 7, pag. 52-54.