



Maartje van Reedt Dortmund, Universiteit Twente

Wout de Fijter, Oranjewoud

Arjen Hoekstra, Universiteit Twente

Vluchtplaatsen in zelfredzame cellen als oplossing bij overstromingen

Zelfredzaamheid en bewustwording worden steeds meer gezien als belangrijke onderdelen in het beperken van de gevolgen van rampen¹⁾. Daarnaast bestaat in Nederland steeds meer aandacht voor het beperken van de gevolgen bij een overstroming naast het verkleinen van de kans op een overstroming²⁾. In lijn met deze ontwikkelingen is een concept van zelfredzame cellen in combinatie met het gebruik van vluchtplaatsen ontwikkeld en toegepast op twee dijkkringgebieden. Het houdt in dat mensen binnen een bepaald gebied (cel) zijn aangewezen op een heuvel of bestaande constructie die bescherming biedt tegen overstromingen. Bij een dreigende of daadwerkelijke overstroming kunnen mensen hierheen vluchten. Het belangrijkste doel van vluchtplaatsen is het beperken van het aantal slachtoffers. Dit artikel beschrijft de ontwikkelde ontwerpmethodes en de toepassing ervan op dijkkring 6 (Friesland, Groningen en een deel van Drenthe).

Het idee van vluchtplaatsen dateert al van de 5e eeuw voor Christus³⁾. Terpen en wierden boden toen veiligheid ten tijde van hoog water in het noorden van Nederland. Ook in andere landen waar men regelmatig met overstromingen te maken heeft, wordt gebruik gemaakt van vluchtplaatsen, zoals in Bangladesh, waar een derde van het land jaarlijks overstroomt. Onder een vluchtplaats wordt in dit onderzoek verstaan een voldoende hoge en sterke constructie, heuvel of een combinatie van beide, die dient als een vluchtoord voor mensen bij een dreigende of daadwerkelijke overstroming. Iedere vluchtplaats is toegewezen aan de inwoners van een zelfredzame cel. Onder zelfredzame cellen worden ruimtelijke eenheden verstaan, waarin men het in veiligheid brengen van haar bewoners zelf organiseert, vanaf de waarschuwing voor een overstroming tot aan het verder evacueren vanaf de vluchtplaats. De strategie met vluchtplaatsen in zelfredzame cellen kan robuust worden genoemd, omdat afhankelijkheid van (overheids)instanties wordt gereduceerd, waardoor ook de faalkans afneemt. Bovendien is acute evacuatie uit het overstromingsgebied niet nodig, wat risicofactoren rondom grootschalige evacuatie wegneemt.

Overstromingsrisico's

Het concept van de zelfredzame cellen is er één in het groeiende aantal veiligheids-

strategieën bij overstromingen. Deze zijn er allemaal op gericht om het risico van overstromingen te verminderen. In de literatuur worden verschillende definities gegeven van risico. De meest gangbare, die ook in de studie Veiligheid Nederland in Kaart²⁾ wordt gebruikt, is 'kans x gevolg'. De gevolgenkant van deze vergelijking krijgt steeds meer aandacht in het Nederlandse waterbeleid. Het gevolg wordt meestal gemeten aan de hand van het aantal slachtoffers en de grootte van de (directe en indirecte) economische schade.

Dit onderzoek gaat uit van nog een ander risicobegrip: het systeemrisico. Een systeemrisico refereert naar een mogelijke gebeurtenis die het functioneren van een samenleving als geheel verstoort, bijvoorbeeld een overstroming die zoveel slachtoffers en schade maakt dat de gemeenschap en economie als geheel worden getroffen⁴⁾. De aandacht gaat dus uit naar het 'ergst denkbare scenario'. Een dergelijke ramp kenmerkt zich door een kleine kans, die echter buitengewoon moeilijk is te schatten omdat empirisch materiaal om kleine kansen te onderbouwen ontbreekt, en een groot gevolg. Juist die onzekerheid rondom de kans van optreden vormt een reden om een dergelijke ramp mee te nemen in het ontwikkelen van een veiligheidsstrategie.

Bij een grootschalige ramp is men vooral op zichzelf aangewezen. Hierop anticipeert

het concept van de zelfredzame cellen door het aantal slachtoffers tijdens en na een overstroming te beperken. De meeste slachtoffers vallen tijdens een ramp, maar ook als gevolg van gebrek aan medische zorg. Samen met een uitgesteld (economisch) herstel leidt dit tot ontwrichting van de samenleving. Deze ontwrichting kan worden gereduceerd door belangrijke objecten, zoals ziekenhuizen en economisch waardevolle gebouwen, te beschermen tegen overstromingen.

Ontwerpcomponenten

Het ontwerp voor vluchtplaatsen in zelfredzame cellen moet vier componenten bevatten. Dit volgde uit een literatuurstudie en interviews met deskundigen. De ontwerpcomponenten zijn: zelfredzaamheid, logistiek, bestuurlijk arrangement en infrastructuur. Voor elk van deze vier componenten is een globaal ontwerp gemaakt. Voor een aantal gemeenten is de infrastructurele component verder uitgewerkt. Drie ernstige overstromingen dienden als inspiratie voor de invulling van de ontwerpcomponenten: de orkaan Katrina in New Orleans in 2005, de cycloon in Bangladesh in 1991 en de watersnoodramp in het zuidwesten van Nederland in 1953.

Het concept van vluchtplaatsen in zelfredzame cellen is toegepast op twee dijkkringen: dijkkring 6 (Friesland, Groningen



De terp van Hegebeintum.

en een deel van Drenthe) en dijkkring 43 (de Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden). Voor deze dijkringen zullen de omstandigheden voor en tijdens overstromingen verschillen: in dijkkring 6 zal men te maken hebben met dijkdoorbraken vanuit zee ten gevolge van zwaar weer, terwijl in dijkkring 43 hoge rivierwaterstanden voor overstromingen zullen zorgen. Rivieroverstromingen zijn in de meeste gevallen langer van te voren te voorspellen en bieden dus meer gelegenheid voor grootschalige evacuatie. Toch kan het concept van zelfredzame cellen ook hier een extra waarborg zijn bij het in veiligheid brengen van mensen. In dit artikel laten we alleen de toepassing voor dijkkring 6 zien; voor de uitwerking voor dijkkring 43 verwijzen we naar het achtergrondrapport⁵⁾.

Globaal ontwerp

De eerste component in het ontwerp is zelfredzaamheid. Zelfredzaamheid tijdens incidenten betreft de handelingen van burgers om vanuit een bedreigde omgeving zelfstandig en/of met hulp van aanwezige anderen een ruimte te bereiken die niet bedreigd wordt door de dreiging, het ongeval of de effecten daarvan¹⁾. Als men niet weet wat te doen bij een overstroming, zullen vluchtplaatsen geen nut hebben. Eén van de belangrijkste manieren om mensen zelfredzaam te maken, is bewustwording. Risicoperceptie en bewustwording zijn onderwerp van veel studies, waarvoor dit onderzoek geen sluitende oplossing geeft. We denken wel dat de voorbereiding op overstromingen in het onderwijs een voorwaarde is. Huizen van risicokaarten voorzien en mensen voorlichten wanneer ze een huis kopen, kunnen ook bijdragen aan bewustwording.

De tweede ontwerpcomponent (logistiek) omvat alle voorbereidingen en handelingen

om vluchtplaatsen uit te rusten met de benodigde goederen. Schoon water is de meest primaire levensbehoefte die op alle vluchtplaatsen aanwezig zou moeten zijn. Verder zal vanuit financieel en organisatorisch oogpunt een afweging moeten worden gemaakt wat per vluchtplaats nodig is. Alle vluchtplaatsen zouden voorzien moeten zijn van boten om op eigen kracht mensen uit het overstroomde gebied te brengen en communicatiemiddelen, zoals een satelliet-telefoon voor lokalisering en noodoproepen.

Het bestuurlijke arrangement van vluchtplaatsen heeft te maken met de verantwoordelijkheden voor de aanleg, het beheer en onderhoud en het inzetten van de vluchtplaatsen. Uit interviews blijkt dat de verantwoordelijkheden zoals die nu gelden bij rampen, bij voorkeur worden gehandhaafd. Dat geldt ook voor verantwoordelijkheden rond de bouw en het onderhoud van vluchtplaatsen. Wel zien we voor de zelfredzame cellen de noodzaak van burgerorganisaties op celniveau die mensen direct kunnen waarschuwen en de lokale organisatie rond de vluchtplaats voor hun rekening kunnen nemen.

De vierde component in het ontwerp is de infrastructuur. Hieronder wordt verstaan het totaal aan onroerende goederen dat nodig is om het functioneren van vluchtplaatsen mogelijk te maken. In de eerste plaats zijn dit de vluchtplaatsen zelf. De indeling van het overstroombare gebied in cellen en de keuze voor het type en de locatie van de vluchtplaats per cel hangen af van de bevolkingsdichtheid en het vervoermiddel dat kan worden ingezet om de vluchtplaats te bereiken. Daarnaast is een waarschuwingssysteem nodig en een vorm van bewegwijzering (zie bord). We gaan uit

van het gebruik van de huidige waarschuwingssystemen, zoals sirenes, kerkklokken, sms-alarm, radio en televisie en auto met luidspreker. Deze functioneren wederom het beste in combinatie met zelfredzaamheid.

Gevarezones

De onderzoeksgebieden zijn onderverdeeld in vier gevarezones. Deze bepalen de te volgen strategie van zelfredzaamheid. Bij de indeling gaan we uit van het ergst denkbare scenario. Hiervoor zijn bestaande overstromingsberekeningen gebruikt voor dijkkring 43⁶⁾. Voor dijkkring 6 waren ook simulaties beschikbaar⁷⁾, maar deze waren niet gebaseerd op het ergst denkbare scenario. Daarom hebben we voor dijkkring 6 het ergst denkbare scenario geschat door middel van eigen berekeningen.

Gebaseerd op eerder onderzoek door onder andere Jonkman⁸⁾ en het Ruimtelijk Planbureau⁹⁾ zijn vier gevarezones gedefinieerd op basis van de tijd om te reageren aan de ene kant en het gevaar dat uitgaat van een overstroming aan de andere kant (zie afbeelding 1). De tijd om te reageren hangt af van de afstand tot de doorbraak. We spreken van 'weinig' tijd om te reageren als het water binnen vijf uur na de doorbraak bij een cel is.

Het gevaar dat uitgaat van een overstroming wordt bepaald door overstromingskenmerken, zoals stroom- en stijgsnelheden en de maximaal optredende waterdiepte. Een eerste overstromingskenmerk is de stroomsnelheid. Deze kan vooral hoog zijn achter een dijkdoorbraak en kan leiden tot het instorten van huizen. Rondrijvend puin in snel stromend water kan veel schade en slachtoffers aanrichten. Waterdiepte is dodelijk wanneer ook bovenste verdiepingen van huizen onder water komen te



Verkeersbord voor de locatie van vluchtplaatsen.

staan. Het product van stroomsnelheid en waterdiepte is een indicator voor het verwoestende effect van water, waardoor ook vervoermiddelen en wegen kunnen wegspoelen. De stijgsnelheid ten slotte, de ontwikkeling van de waterdiepte over de tijd, beïnvloedt het aantal slachtoffers doordat het de mogelijkheid om een vluchtplaats te bereiken, kan belemmeren. Het gevaar dat uitgaat van een overstroming wordt geclassificeerd als groot als de stroomsnelheid groter is dan twee meter per seconde, het product van de stroomsnelheid en de waterdiepte (de kracht van het water) groter is dan $7 \text{ m}^2/\text{s}$, het water sneller stijgt dan een halve meter per uur of de maximaal optredende waterdiepte meer dan twee meter bedraagt. Is er geen sprake van één van deze zaken, dan noemen we het gevaar klein.

Twee typen vluchtplaatsen

We onderscheiden twee typen vluchtplaatsen. Het eerste type is een verhoging waar mensen bij een daadwerkelijke overstroming naar toe kunnen vluchten. Er zijn geen faciliteiten en er is geen bescherming tegen weer en wind. Dit type vluchtplaats is geschikt voor gevallen waarin het gevaar van overstromen groot is en de tijd om een veilige plek te vinden klein (gevaarzone 1). Er zijn binnen een cel mogelijk meer van dit soort vluchtplaatsen. Dit type vluchtplaats is niet bedoeld om er lang te verblijven maar wel geschikt om bij groot gevaar heen te gaan. Vanaf een vluchtplaats van het eerste type kan men - zodra de omstandigheden dat toelaten - naar de vluchtplaats van het tweede type binnen



Afb. 1: Vier verschillende gevaarzones.

dezelfde cel worden geëvacueerd, met hulp van mensen die zich daar reeds eerder in veiligheid hadden gesteld. Het tweede type vluchtplaats is een hoog gebouw of hoge grond voorzien van faciliteiten en ruimte voor beschutting. Van dit type vluchtplaats moet er één per cel zijn.

Verschillende strategieën van zelfredzaamheid

We onderscheiden drie verschillende strategieën van zelfredzaamheid, waarvan de geschiktheid afhangt van de gevaarzone waarin een cel zich bevindt. De eerste strategie is bruikbaar als het overstromingsgevaar klein is (gevaarzones 3-4). Men blijft in eerste instantie thuis, omdat het gevaar dat uitgaat van overstromen klein is (waterdiepte relatief laag, stroomsnelheid klein). Wanneer de elementen weer tot rust zijn gekomen, kan men wadend of per boot naar de lokale vluchtplaats (van het tweede type, met beschutting) gaan, om vervolgens later verder te worden geëvacueerd naar buiten het overstromde gebied. Dit is de beste optie wanneer het gevaarlijker is om tijdens een overstroming te evacueren dan thuis te blijven. De tweede strategie is bruikbaar bij cellen waar het gevaar groot is maar de tijd om te reageren voldoende (gevaarzone 2). Men gaat naar de vluchtplaats van het tweede type, waar men veilig en beschermt is.

Tabel 1: Strategie van zelfredzaamheid per gevaarzone.

zone	kenmerken	strategie van zelfredzaamheid	type vluchtplaats	vervoermiddel	bij extreme wind	maximale reisafstand (m)
1	groot gevaar, weinig tijd	zo snel mogelijk naar vluchtplaats, beschut of niet	1, 2	voet, fiets	voet	1000
2	groot gevaar, voldoende tijd	naar vluchtplaats van type 2	2	voet, fiets auto	voet	2000 3000
3	klein gevaar, weinig tijd	thuis blijven, later naar vluchtplaats	2	voet, boot	-	2000
4	klein gevaar, voldoende tijd	thuis blijven, later naar vluchtplaats	2	voet, boot	-	2000

De derde strategie is toepasbaar bij cellen waar het gevaar groot is en de reactietijd klein (gevaarzone 1). Men gaat zo snel mogelijk naar een hogere plek van het eerste of tweede type. Bevinden mensen zich op een vluchtplaats van het eerste type (veilig maar geen beschutting), dan kan men naar de lokale vluchtplaats van het tweede type gaan zodra de omstandigheden dit toelaten. Dit gebeurt met hulp van de mensen die al bij de beschutte vluchtplaats zijn en over een boot beschikken. Voor cellen die grenzen aan hoger gelegen gebied buiten de dijk, is een vluchtplaats niet nodig; de meest voor de hand liggende optie is hier om het overstromingsgebied te ontvluchten.

Tabel 1 laat per gevaarzone de beste strategie zien, het benodigde type vluchtplaats(en), gebruikt transportmiddel en maximale reisafstand binnen een cel.

Ontwerp voor gemeente Dongeradeel

Een uitwerking van bovenstaande voor de gemeente Dongeradeel in dijkkring 6 laat het volgende zien. In deze gemeente ligt een smalle strook direct achter de primaire dijk in gevaarzone 1; ook een gebied aangrenzend aan het Lauwersmeer ligt in zone 1 (zie afbeelding 2). Meer landinwaarts betreft het gevaarzone 3 en nog verder landinwaarts gevaarzone 4. De gemeente is ingedeeld in cellen. Per cel is gekeken of al iets aanwezig is dat als vluchtplaats zou kunnen dienen (zie afbeelding 3). De grenzen van een cel komen, om organisatorische reden, overeen met de kleinste bestaande administratieve grens: de buurt. Indien nodig worden de buurten verder opgedeeld. In het ontwerp is een balans gezocht tussen een zo klein mogelijke reisafstand binnen een cel (en dus kleine cellen) en een zo klein mogelijk aantal vluchtplaatsen (dus grote cellen). Dit laatste dient om kosten te besparen en het aantal locaties waar hulpverleners zich op moeten richten, minimaal te houden.

Per cel is gekeken welke bestaande hoogten er zijn die als vluchtplaats kunnen dienen en welke capaciteit ze hebben. Terpen, dijken en viaducten zijn bestaande hoogten die als vluchtplaats ingezet kunnen worden. Indien deze afwezig zijn, kunnen strategische locaties worden aangewezen, zoals woonkernen. Bestaande vluchtplaatsen moeten sterk en hoog genoeg zijn en voldoende capaciteit bezitten. In het andere geval kunnen ze worden aangepast of nieuw aangelegd. De benodigde capaciteit per vluchtplaats is weergegeven in termen van 'aantal sporthallen'. Plaatsen die nu al geschikt zijn om te fungeren als een vluchtplaats van het tweede type (beschut), zijn nergens aanwezig. Er is al wel een groot aantal cellen die plaatsen hebben die kunnen fungeren als een vluchtplaats van het eerste type (onbeschut).

Conclusie

Overstromingen in het verleden hebben laten zien dat grootschalige evacuatie tijdens de ramp een kwetsbaar element vormt in het beperken van slachtoffers. Door zelfredzaamheid als uitgangspunt te nemen, is er minder afhankelijkheid van externe hulpfor-

organisaties, wat het concept robuust maakt. De strategie van zelfredzaamheid verschilt van de strategie van grootschalige evacuatie in de schaal waarop een eventueel falen zich manifesteert. Faalt de organisatie van zelfredzaamheid in een cel, dan blijven de gevolgen daarvan beperkt tot die ene cel. De cellen zijn immers onafhankelijk van elkaar georganiseerd. Faalt een grootschalige evacuatie, dan treft dit mogelijk alle overgebleven mensen in het overstroomde gebied. Grootschalige evacuatie van mensen uit een overstroomd gebied heeft daarnaast een complexiteit die een orde groter is dan de organisatie van kleinschalige zelfredzaamheid binnen een cel. Een hoge graad van complexiteit gecombineerd met grote onzekerheden is een slecht recept voor beheersbaarheid.

Het implementeren van het idee van vluchtplaatsen zou een uitdaging vormen voor planologen en stedenbouwkundigen. Met dit concept kan Nederland bewijzen dat naast grootschalige projecten ook kleinschalige robuuste oplossingen voor waterveiligheid bestaan. Het concept van vluchtplaatsen in zelfredzame cellen is al eeuwen oud, maar in de huidige context een innovatieve oplossing voor het beheersbaar maken van de grootste rampscenari'o's.

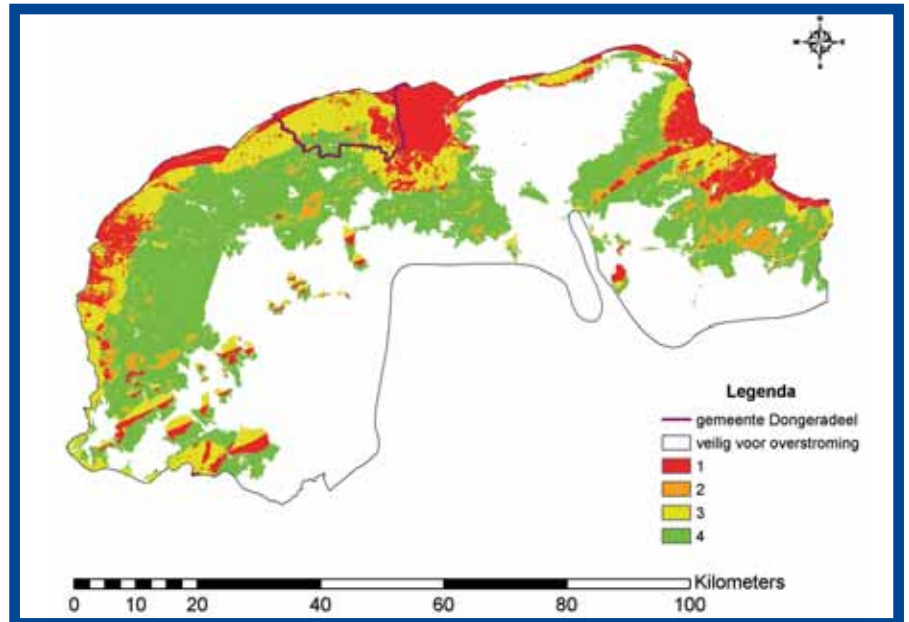
Toegevoegde waarde van de strategie kan worden bereikt door vluchtplaatsen multifunctioneel te maken. Bijvoorbeeld door aanleg te koppelen aan de opslag van baggerspecie, een idee dat wordt onderzocht binnen het innovatieprogramma WaterIN-Novatiebron (WINN) van Rijkswaterstaat. Ook kunnen cultuurhistorische waarden behouden blijven door oude terpen te herstellen. Bij de aanleg van nieuwe wijken kunnen hogere plaatsen eenvoudig worden geïntegreerd in het ontwerp.

Het huidige onderzoek is exploratief van aard geweest. De grootte van cellen is grofweg geschat door een balans te zoeken tussen een zo klein mogelijke reisafstand binnen een cel (effectiviteit) en een zo klein mogelijk aantal benodigde vluchtplaatsen (kosten). Vervolgonderzoek zou zich kunnen richten op een optimalisatie van de celgrootte, die afhankelijk is van lokale omstandigheden zoals bevolkingsdichtheid, wegennet en gevaarzone. Verder zou in het ontwerp rekening kunnen worden gehouden met te verwachten veranderingen in klimaat, zeespiegel en landgebruik en met sociaal-geografische ontwikkelingen.

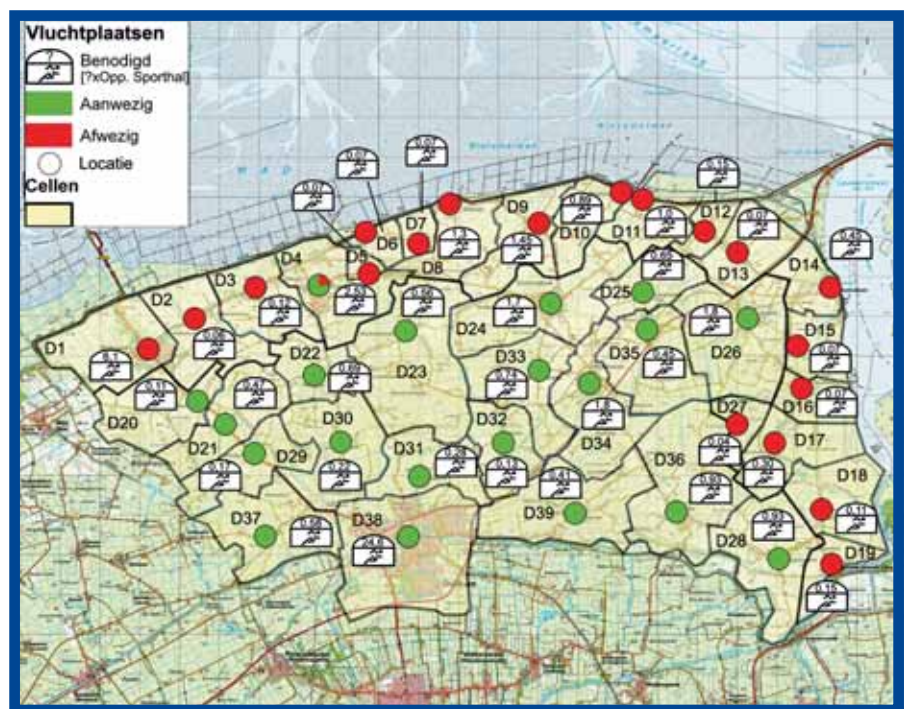
Ten slotte: belangrijke vragen staan nog open. De strategie van zelfredzaamheid zou moeten worden afgewogen tegen andere strategieën, een afweging die anders kan uitvallen in verschillende gebieden. Andere strategieën gericht op het verminderen van slachtoffers bij een dijkdoorbraak zijn de reeds genoemde grootschalige evacuatie, maar ook een strategie als compartimentering of een secundaire dijk kan bijdragen aan het verminderen van slachtoffers.

LITERATUUR

1) Van den Brand R., M. Duyvis, M. Kobes, N. Oberijé, S. Sillem en P. Verhallen (2005). Zelfredzaamheid



Afb. 2: De situering van de gevarezones in dijkringgebied 6.



Afb. 3: Opdeling van de gemeente Dongeradeel in zelfredzame cellen, met daarin aangegeven het benodigde oppervlak voor een vluchtplaats. Per cel is met groen of rood aangegeven of al een geschikte vluchtplaats van het eerste type (onbeschut) aanwezig is. Plaatsen die nu al geschikt zijn om te fungeren als een vluchtplaats van het tweede type (beschut), zijn nergens aanwezig.

en fysieke veiligheid van burgers, verkenningen. Nederlands Instituut voor Brandweer en Rampenbestrijding.

2) Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2005). Veiligheid Nederland in kaart, hoofdrapport onderzoek overstromingsrisico's. DWW-2005-081.

3) Van de Ven G. (red.) (2003). Leefbaar laagland: geschiedenis van de waterbeheersing en landaanwinning in Nederland. Stichting Matrij's.

4) Hoekstra A. (2005). Generalisme als specialisme: waterbeheer in de context van duurzame ontwikkeling, globalisering, onzekerheden en risico's. Oratie Universiteit Twente.

5) De Fijter W. (2007). Vluchtplaatsen tegen overstromingen: een ontwerp voor de waterbestendigheid van dijkringgebieden in Nederland. M.Sc. thesis Universiteit Twente.

6) Gudden J. (2006). Eindrapport Projectgroep Overstromingsberekeningen VIKING. Provincie Gelderland.

7) Wouters C. en T. Hoffman (2006). Overstromingsmodel dijkkring 6 - modelbouw en scenarioberekeningen. HKV Lijn in Water. Rapport PR1134.10.

8) Jonkman S. (2007). Loss of life estimation in flood risk assessment: theory and applications. Ph.D. thesis TU Delft.

9) Pols L. et al. (2007). Overstromingsrisico als ruimtelijke opgave. NAI Uitgevers. et al. (2007). Overstromingsrisico als ruimtelijke opgave. NAI Uitgevers.