
Karteren van overstromingsrisico's in data-arme gebieden

Nicole Jungermann¹, Susanne Groot en Jan Huizinga

Om in Ghana op nationaal niveau overstromingsrisico's te karteren hebben we gebruik gemaakt van de HAND (Height Above Nearest Drainage)-methode. Deze methode is geselecteerd op basis van criteria als benodigde gegevens en mogelijkheid voor vlakdekken- de toepassing. We hebben de methode toegepast aan de hand van het vrij beschik- bare hoogtemodel SRTM90 van NASA. Het resultaat is gevalideerd op drie locaties, aan beschikbare inundatiebeelden uit onder andere satelliet metingen. Op nationale en regionale schaal levert de HAND-methode een valide overstromingsrisicokartering. Het overstromingsrisico is in het algemeen gedefinieerd als de kans op maal het gevolg van een overstroming. In de context van dit artikel gebruiken we het woord 'risico' om aan te geven dat overstromingen waarschijnlijk zijn oftewel dat er een gevaar op over- stromingen bestaat. Hierbij wordt de kans op voorkomen niet nader gespecificeerd.

Inleiding

In Ghana bestaat, zoals in veel landen ter wereld, het risico op overstromingen. Het karteren van het risico is een eerste stap om het bewustzijn van de bevolking ten aanzien van overstromingsrisico's te vergroten en daarmee een begin te maken met het beperken van de gevolgen. Maar hoe breng je de risico's in beeld in een gebied waar nauwelijks topografische gegevens, waterstands- of afvoermetingen of andere relevante gegevens beschikbaar zijn? Deze vraag is aan ons gesteld door het United Nations Development Program (UNDP) en de National Disaster Management Organi- sation van Ghana (NADMO). We zijn deze uitdaging aangegaan door om te beginnen een onderzoek te doen naar vlakdekkend beschikbare gegevens, de verschillende mogelijkheden voor het karteren van overstromingsrisico's in beeld te brengen en vervolgens een methode op nationale schaal toe te passen in Ghana.

Wel overstromingsrisico's, geen metingen

Om overstromingsrisico's in beeld te brengen zijn gegevens van het gebied nodig, in dit geval van geheel Ghana. Deze gegevens zijn in Ghana gedeeltelijk beschikbaar via verschillende instituten. De kwaliteit van de gegevens is niet altijd bekend en zowel de gegevens als de kwaliteit zijn niet uniform. Meestal moeten de gegevens via ver- schillende instituten worden gekocht, soms zijn ze binnen projecten of via contacten beschikbaar.

¹ HKV IJN in water, Lelystad (jungermann@hkv.nl)

De komst van remote sensing en open-source-gegevens, zoals OpenStreetMap, brengt daarom veel mogelijkheden voor het karteren van grote gebieden. Voor deze studie is bijvoorbeeld een hoogtemodel met 90 m resolutie, oftewel een digitaal terreinmodel, beschikbaar via NASA. Ook zijn er andere bruikbare remote-sensing-producten, zoals optische beelden van de Landsat, Sentinel- of SPOT-missies, waarmee opgetreden inundaties gekarteerd kunnen worden, beschikbaar. Deze producten bieden nieuwe kansen voor het karteren van landschapkenmerken. Ze kunnen daarmee gebruikt worden als input voor het karteren van overstromingsrisico's.

Mogelijkheden voor het karteren van overstromingsrisico's

Criteria waaraan de methode moet voldoen

Uit literatuur en eerdere studies zijn verschillende methoden voor het karteren van overstromingsrisico's beschikbaar. Hieronder gaan we nader op deze methoden in, waarna we er één kiezen om in Ghana te gebruiken. Het is hierbij belangrijk om rekening te houden met de criteria waaraan de methode moet voldoen om geschikt te zijn voor het doel van deze studie: het karteren van overstromingsrisico's. De drie belangrijkste criteria hiervoor zijn:

1. Benodigde gegevens: voor alle locaties binnen het interessegebied moeten alle gegevens op eenzelfde kwaliteitsniveau beschikbaar zijn, waarbij met kwaliteitsniveau vooral de continuïteit en de compleetheit van de meting wordt bedoeld.
2. Vlakdekkende toepassing: de methode moet voor alle locaties binnen het interessegebied toepasbaar zijn. Dit betekent dat gegevens vlakdekkend moeten zijn (rasterdata) of zonder problemen geëxtrapoleerd kunnen worden (punt/polygoondata).
3. Complexiteit: de methode moet met een beperkte inspanning een realistisch resultaat opleveren.

Methoden uit de literatuur

Er is een literatuurstudie uitgevoerd naar beschikbare methoden om overstromingsrisico's te karteren. We bespreken hier de drie methoden die voor onze studie het meest relevant zijn. Een optie die eerder op grote schaal werd toegepast is de Africa Adaptation Program (AAP) methode (EPA, 2012). Deze methode gebruikt verschillende hydrologische en fysische parameters zoals neerslag, bodemtype, hoogte, verhang en het oppervlakte-afstromingsverloop. Met behulp van een GIS-analyse worden deze kaartlagen geclassificeerd en ten opzichte van elkaar gewogen.

Een andere methode is de nauwkeurige schematisatie van de hydrologie en de hydraulica in een numeriek model. Deze methode is eerder in Ghana toegepast om de overstromingsrisico's in de uiterwaarden van de White Volta in beeld te brengen (Udo e.a., 2012). De schematisatie van hydrologie en hydraulica vereist nauwkeurige gegevens over de stroomgebieden, de fysische eigenschappen van stroomgebieden, langjarige neerslag- en verdampingsreeksen en dwarsprofielen van waterlopen. Door deze gegevens in een numeriek model, zoals een Sobek of een HEC-model, te verwerken kunnen nauwkeurige simulaties van het neerslag-afvoerproces en de rivierafvoeren worden gemaakt. Aan de hand van simulaties van extreme neerslagsituaties met deze modellen kunnen overstromingskaarten worden gemaakt.

De derde optie is de HAND (Height Above Nearest Drainage)-methode (Rennó e.a., 2008), gebaseerd op een analyse van het hoogtemodel oftewel Digitaal Terrein Model (DTM). Hierin is de belangrijkste parameter de hoogte ten opzichte van de dichtstbijzijnde ontwatering. Rekening houdend met helling, lengte en afwaterend gebied van deze ontwatering wordt elke gridcel toegekend aan een risicoklasse, waarmee een overstromingsrisicokaart kan worden afgeleid.

Voor- en nadelen van de methoden

Aan alle gepresenteerde methoden hangen voor- en nadelen. Om de methoden te beoordelen focussen we vooral op de criteria die we gedefinieerd hebben aan het begin van dit hoofdstuk, betreffende de beschikbaarheid van de benodigde gegevens, de vlakdekkende toepassing en de complexiteit. Daarbij beoordelen we ook de nauwkeurigheid van het resultaat dat met de methode behaald kan worden. Tabel 1 geeft een overzicht van de beoordeling van de drie methoden op deze criteria. '0' betekent een neutrale beoordeling, '-' is negatief en '+' betekent een positieve beoordeling.

De AAP-methode heeft het voordeel dat deze vlakdekkend toegepast kan worden. De methode vereist echter veel hydrologische en fysische inputgegevens waarvan de kwaliteit niet altijd is gegarandeerd. Een numeriek model heeft het grote voordeel dat het in principe nauwkeurige resultaten kan berekenen. Hiervoor moeten echter voldoende gegevens van voldoende kwaliteit beschikbaar zijn, en de uitgangspunten van de modellering moeten kloppen. Dit is in werkelijkheid vaak lastig te realiseren, en een groot nadeel is dat de methode complex en data- en tijdsintensief is. Ook kan deze methode niet vlakdekkend worden toegepast. De HAND-methode is een eenvoudige methode, die alleen een DTM (grid) als input nodig heeft. Hierdoor scoort deze methode goed op de vlakdekkende toepassing, de complexiteit en op de benodigde gegevens. Een nadeel is dat de nauwkeurigheid van deze methode niet zonder meer bekend is.

| Beoordelingsparameter | AAP | Numeriek model | HAND |
|------------------------------|------------|-----------------------|-------------|
| Benodigde gegevens | 0 | - | + |
| Vlakdekkende toepassing | + | - | + |
| Complexiteit methode | - | - | + |
| Nauwkeurigheid resultaten | 0 | + | - |

Tabel 1: Beoordeling van de drie methoden. 0 – neutrale, + - positieve, - - negatieve beoordeling.

Keuze van een methode

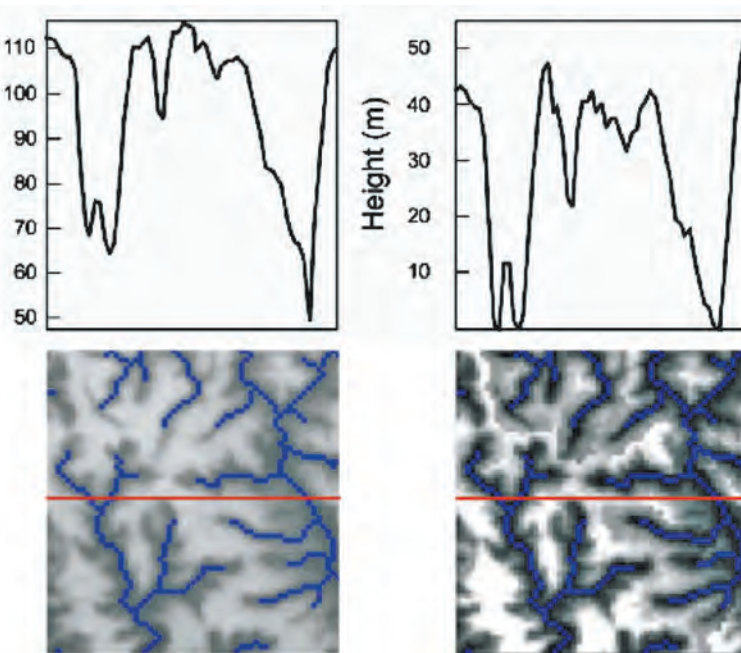
Op basis van de voorgaande vergelijking is de HAND-methode gekozen. Hiermee kunnen we een kwalitatief uniforme, vlakdekkende kaart van overstromingsrisico's voor heel Ghana afleiden. Deze relatief eenvoudige methode is feitelijk de enige methode waarmee binnen beperkte tijd en budget een zo grootschalige kartering uitgevoerd kan worden. Omdat de nauwkeurigheid van het resultaat onbekend is (negatieve beoordeling in tabel 1), is de validatie van het resultaat een belangrijke stap. De techniek van de HAND-methode wordt nader beschreven in het volgende hoofdstuk. Daarna wordt de methode op basis van drie voorbeelden gevalideerd.

Toepassen HAND-methode

De HAND-methode is gebaseerd op een hoogtemodel. Voor de kartering in Ghana op landelijke schaal is het open data SRTM 90 hoogtemodel van NASA gebruikt. Dit model heeft cellen van 90x90m. Alle input voor de HAND-methode wordt in GIS-analyses afgeleid uit dit hoogtemodel:

- afleiden ontwateringsnetwerk;
- bepalen relatieve hoogte ten opzichte van lokaal ontwateringsniveau per gridcel;
- bepalen van de helling, lengte en grootte van het bovenstrooms gebied van waterlopen.

Afbeelding 1 toont een voorbeeld van een hoogtemodel, de vertaling naar relatieve hoogte en de afgeleide HAND-indexen.



Afbeelding 1: Voorbeeld van een hoogtemodel (links) en HAND indexen (rechts) (Rennó et al. (2008))

Het indelen van de gridcellen in een risicoklasse (HAND-index) gebeurt op basis van de topografie, met een onderverdeling in grote, middelgrote en kleine rivieren (stroomgebieden). De drie onderscheiden typen stroomgebieden worden gekenmerkt door verschillende overstromingsmechanismen. De berekende HAND-indexen delen we in in drie risicoklassen: hoog, middel en laag. De indeling in slechts drie klassen doet recht aan het detailniveau van de methode. Dit is een pragmatische aanpak en kan in toekomstig onderzoek verder worden vertaald naar waarschuwningsniveaus. De classificering is een inschatting op basis van expertkennis en kan geoptimaliseerd worden aan de hand van validatieresultaten. Tabel 2 geeft de gehanteerde risicoklassen en hun fysieke betekenis. Noot: strikt genomen geeft de HAND-index geen risico

omdat deze index niet gekoppeld is aan een kans. De index geeft wel een kwalitatief risico, namelijk de risicoklassen hoog, middel en laag.

| Type stroomgebied | Indicatie van afwaterend gebied [km ²] | Beschrijving overstromingsgevaar | HAND-risicoklasse | | |
|-------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|-------|
| | | | hoog | middel | laag |
| Groot | 8100 | Het gevaar komt van grote riviersystemen (bijvoorbeeld regenseizoen in het hele stroomgebied, overstorten van stuwdammen). Door de grote hoeveelheden water valt dit in de hoog-risicozone. | <=7 | * | * |
| Middel | 810 | Middelgrote stroomgebieden kennen twee typen overstromingsgevaar: (1) overstromingen als gevolg van grote afvoer uit het bovenstreams gebied en (2) lokale stortregens. De hoog-risicozone wordt bedreigd door hoge waterstanden in de rivier. De middel-risicozone is die zone waar lokale afwatering een grotere bedreiging vormt dan de rivierwaterstanden. | <=5 | 5-10 | * |
| Klein | 16 | Kleine stroomgebieden worden vooral bedreigd door stortregens die resulteren in lokaal hoge afvoeren. Waterstanden in lokale afwateringssysteem kunnen snel stijgen. | <=3 | 3-10 | 10-15 |

* Hogere HAND-waarden worden niet gebruikt; in plaats daarvan wordt de waarde van de laag eronder gebruikt

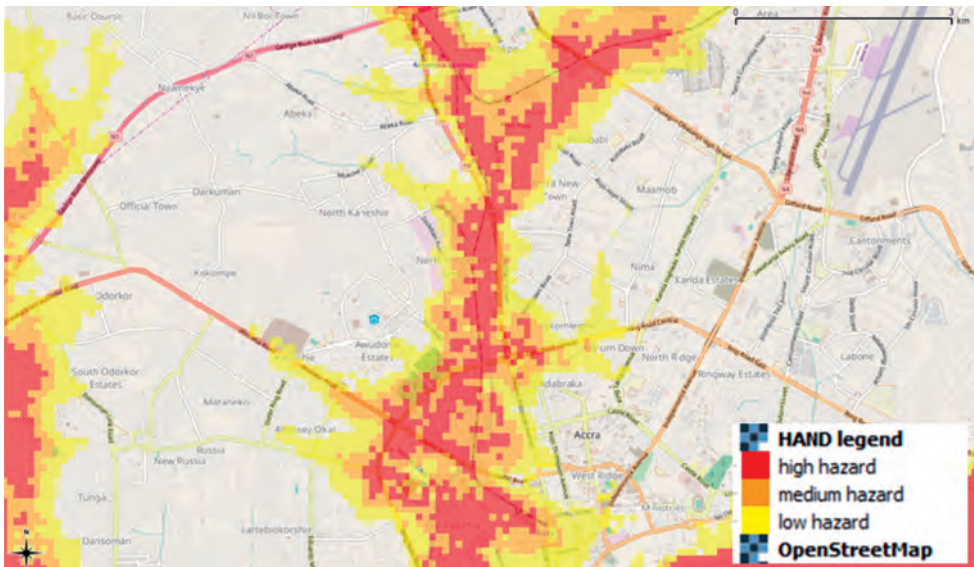
Tabel 2: Fysieke betekenis van de risicoklassen

Validatie van de HAND-resultaten

In dit hoofdstuk valideren we de toepassing van de HAND-methode om te beoordelen of hij geschikt is voor het karteren van overstromingsrisico's in Ghana. We beoordelen de prestatie van de methode voor drie voorbeelden door het resultaat te vergelijken met beschikbare gegevens over opgetreden overstromingen en overstromingsfrequenties. De voorbeelden zijn (1) Accra; een relatief klein, sterk verstedelijkt stroomgebied, (2) de uiterwaarden van de White Volta, die door jaarlijkse overstromingen worden bedreigd en (3) Lake Volta, een stuwmeer.

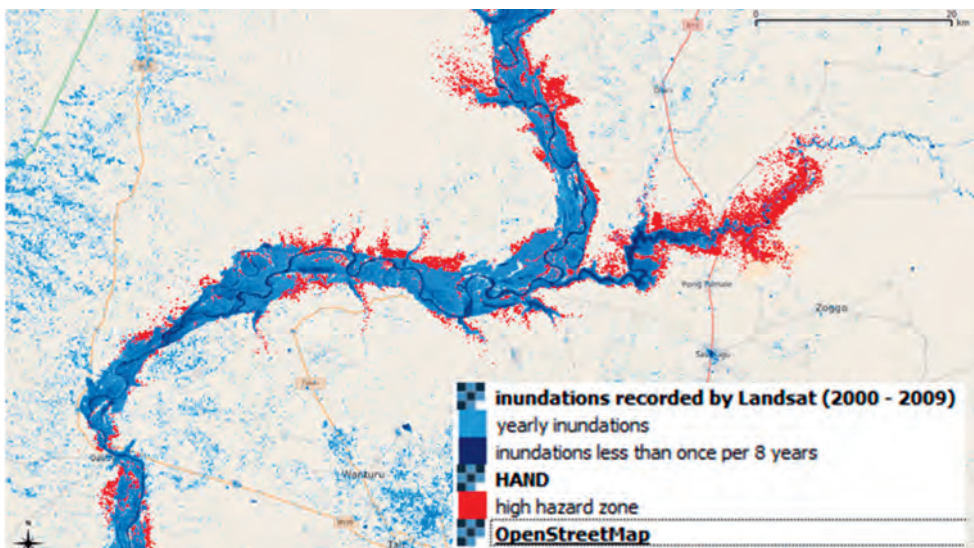
Accra

De Odow-Drain in Accra is een sterk verstedelijkt stroomgebied in Greater Accra. Jaarlijks overstroomt de wijken nabij de drain meerdere keren. Deze overstromingen worden veroorzaakt door sterke neerslaggebeurtenissen. Doordat overstromingen hier regelmatig optreden, is aan de hand van krantenberichten en interviews in het gebied met redelijke nauwkeurigheid in te schatten welke delen van dit stroomgebied het vaakst worden overstroomd. Afbeelding 2 toont het HAND-risico voor het gebied. Dit blijkt niet helemaal overeen te komen met het inundatierisico dat volgt uit de inventarisatie, doordat het detailniveau van het gebruikte hoogtemodel (90 m SRTM) erg grof is voor toepassing in dit stedelijke gebied.



Afbeelding 2: HAND-risico voor de Odow-Drain, waarop gevalideerd is op basis van informatie van bewoners

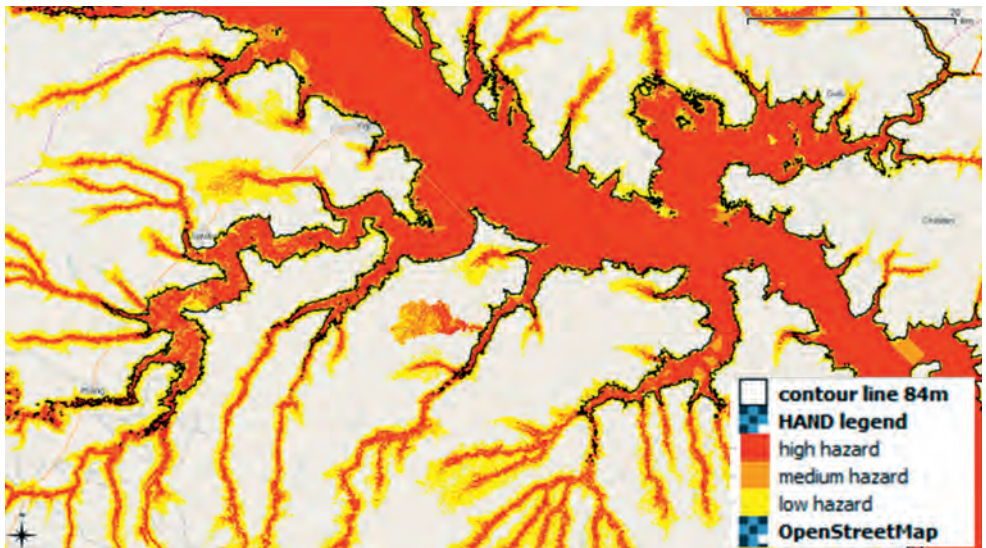
Afbeelding 3 toont de validatiecase voor de White Volta. De uiterwaarden van de White Volta worden jaarlijks door overstromingen bedreigd. De opgetreden inundaties zijn ingetekend op basis van beelden van de LANDSAT-satelliet over een periode van 10 jaar. De blauwe vlakken in de afbeelding geven aan dat hier in de afgelopen 10 jaar een of meerdere overstromingen hebben plaatsgevonden. Voor deze gebieden geldt dus een hoog overstromingsrisico. Hier geeft de HAND-methode een zeer redelijk resultaat. Alle waargenomen inundaties vallen in de hoog-risicozone van de



Afbeelding 3: Validatie van de hoog-risicozone uit de HAND-methode voor de White Volta

HAND-methode. Een deel van de hoog-risicozone uit de HAND-methode is niet overstroomd tussen 2000 en 2009. Volgens de HAND-methode is hier dus een hoog risico op overstroming, terwijl deze gebieden niet overstroomd zijn in de afgelopen 10 jaar. Nader onderzoek kan nog uitwijzen of deze gebieden terecht als hoog-risicogebieden zijn gekarteerd.

De derde validatiecase is weergegeven in afbeelding 4. Hier vergelijken we de hoog-risicozone van de HAND-methode met de 84 m hoogtelijn rond Lake Volta. Lake Volta is een groot stuwmeer in het westen van Ghana. Hier treden in principe geen overstromingen op, maar de maximale waterstand van ongeveer 84 m kan worden beschouwd als een extreem-hoogwatergebeurtenis. Het gebied dat bij deze waterstand onder water staat, valt binnen de hoog-risicozone van de HAND-methode, zoals we zouden verwachten.



Afbeelding 4: Validatie van de hoog-risicozone uit de HAND-methode voor Lake Volta met de 84 m hoogtelijn

Uit de validatie blijkt dat de vastgestelde overstromingsrisico's sterk afhankelijk zijn van de kwaliteit van het hoogtemodel (verticale nauwkeurigheid) en de gridcelgrootte (horizontale nauwkeurigheid). Voor stedelijk gebied is meer detail nodig dan voor grootschaliger (stroom)gebieden. Op nationaal niveau is de HAND-indeling acceptabel, en biedt deze het grote voordeel dat op nationale schaal alle overstromingsrisico's op dezelfde manier gekarteerd kunnen worden. Op dit niveau komt ook een gebied als de Odow-Drain naar voren als een gebied met een hoog risico. Meer gedetailleerde overstromingsrisico's op dergelijke kleinschaliger gebieden zouden in meer lokale studies moeten worden uitgewerkt. Dit is in onze studie gedaan in de vorm van tien pilotgebieden. De overstromingsrisicokaarten van de pilotgebieden zijn met de lokale bevolking in meerdere workshops besproken. De gekarteerde overstromingsrisico's schetsen een voor hen herkenbaar beeld van de risico's. Uit deze workshops is duidelijk geworden dat het in kaart brengen van de overstromingsrisico's een eerste stap is voor de risicoperceptie van de gemeenschappen. De informatie over waar overstromingsrisico's groter en waar ze kleiner zijn, biedt hen handelingsperspectief.

Hierbij plaatsen we de kanttekening dat de HAND-index alleen uitgaat van topografie. De fysieke gesteldheid van het gebied, het gegeven of er überhaupt afvoerbare neerslag valt en bijvoorbeeld retentie van afvoer door bovenstreams gelegen stuwmeren is niet beschouwd. Dit kan echter als expertkennis worden ingebracht bij het indelen in de risicozones. Als er meer en meer gedetailleerde kennis aanwezig is, kan de methode nauwkeuriger en gedetailleerder worden uitgewerkt.

Conclusies en aanbevelingen

De HAND-methode heeft zich in dit onderzoek bewezen als een methode waarmee in Ghana overstromingsrisico's in kaart gebracht kunnen worden. De methode heeft in deze toepassing een aantal sterke punten laten zien. Er zijn weinig gegevens nodig, een hoogtemodel volstaat. Daarbij is de methode toepasbaar binnen een korte doorlooptijd en gering budget. Door het onderverdelen in de drie typen stroomgebieden kan onderscheid worden gemaakt in de dreigende overstromingen en is een realistisch beeld van de overstromingsrisico's ontstaan. Andere gegevens kunnen, indien voorhanden, gebruikt worden voor validatie waarmee de methode verbeterd en meer gedetailleerd kan worden. Wij gebruiken het SRTM90 hoogtemodel om de HAND-index te berekenen. Dit hoogtemodel is afgeleid uit remote-sensingbeelden en als open data vrij beschikbaar gesteld door de NASA. Het model levert op globale schaal in uniforme kwaliteit hoogtegegevens. Voor validatie van de methode kan onder andere gebruikt worden gemaakt van remote-sensing-inundatiebeelden (bijvoorbeeld LANDSAT), ook open data. De HAND-methode is hiermee eenvoudig toe te passen en zo nauwkeurig en gedetailleerd uit te werken als mogelijk aan de hand van beschikbare data.

De risicokaarten van de voorbeeldgebieden zijn besproken met de lokale bevolking, en door hen herkend. De informatie over risicogebieden biedt hen handelingsperspectief. Verbeteringen die nog doorgevoerd zouden kunnen worden zijn het toevoegen van meer lokale gebiedskennis in de GIS-analyse en de validatie en het gebruiken van hoogtegegevens met een grotere verticale nauwkeurigheid.

Op basis van onze bevindingen achten we de HAND-methode geschikt om in gegevensarme gebieden een globaal beeld van de overstromingsrisico's te geven. De methode is simpel en eenvoudig toe te passen aan de hand van vrij beschikbare data.

Mapping of inundation risk in data-poor areas

To map inundation risks in Ghana on a national level we used the HAND (height above nearest drainage) method. This method was selected as it is possible to apply on a nation-wide scale and with a limited amount of input data. The mapping is based on the open-data SRTM90 elevation model of NASA. The result is validated on three locations and, among others, on available inundation images from optical satellites. We conclude that on national level the HAND method results in valid inundation risk maps. In flood management, risk is generally defined as the probability times the effect. In the context of this paper we use the word 'risk' to denote peril or danger of flooding.

Literatuur

OpenStreetMap; Map data © OpenStreetMap contributors, CC BY-SA;
<http://www.openstreetmap.org>

NASA – SRTM: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>

EPA (2012) Flood and drought risk mapping in Ghana – 5 AAP Pilot districts. Wide-ranging Flood and Drought Risk Mapping in Ghana Starting with the Five African Adaptation Programme (AAP) Pilot Districts (i.e. Aowin Suaman, Keta, West Mamprusi, Sissala East, and Fanteakwa Districts) for Community Flood and Drought Disaster Risk Reduction.

Udo, J., Klopstra, D., Hartman, M., Andah, W., Van der Giessen, P., en Bijkerk, T. (2012) North Ghana sustainable development, disaster prevention and water resources management, flood hazard assessment White Volta; HKV Consultants.

Rennó, C.D., Nobre, A.D., Cuartas, L.A, Soares, J.V., Hodnett, M.G., Tomasella, J., Waterloo, M.J. (2008). HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments; in *Amazônia. Remote Sensing of Environment*, vol 112, pag. 3469-3481.

