

Automatisch afleiden van afwateringseenheden

HUGO HAGEDOOREN, MICHIEL PEZIJ, BERTUS DE GRAAFF, KEES PEERDEMAN EN INGRID MENGER

Doordat er steeds meer en gedetailleerdere gegevens van het watersysteem en zijn omgeving beschikbaar komen, hebben waterbeheerders nieuwe mogelijkheden voor het verkrijgen van actuele beschrijvingen van hun beheergebied. We beschrijven in dit artikel een automatische werkwijze voor het afleiden van afwateringseenheden. Deze werkwijze combineert innovatieve automatisering met bestaande tools om afwateringseenheden af te leiden op basis van het beheerregister en maaiveldverloop. De nieuwe afwateringseenheden hebben realistische grenzen en kunnen gebruikt worden voor hydrologische modellering en advisering. Hierdoor hebben waterbeheerders sneller toegang tot de meest actuele beschrijving van hun beheergebied.

Artikel

Inleiding

Steeds meer actuele en gedetailleerdere gegevens komen beschikbaar voor waterbeheerders. Het is een uitdaging om deze gegevens om te zetten in informatie die praktisch ingezet kan worden. Handmatig verwerken van gegevens kost veel tijd. Het automatiseren van de gegevensverwerking op een slimme en innovatieve wijze is een veelbelovende oplossing. Dit artikel beschrijft een geautomatiseerde werkwijze die waterbeheerders in kunnen zetten voor het afleiden van afwateringseenheden op basis van actuele gegevens. De werkwijze maakt gebruik van het bestaande instrument dtm2cat¹ en is door HKV in samenwerking met Waterschap Brabantse Delta ontwikkeld.

Afwateringseenheden vormen de hydrologische afbakening waarmee wordt bepaald welk gebied afwatert op een waterloop, om dit vervolgens te vertalen naar oppervlaktes en afvoeren. Het afleiden van afwateringseenheden is een tussenstap voor de beantwoording van vraagstukken op de schaal van stroomgebieden en bemalingsgebieden. De afwateringseenheden worden gebruikt voor diverse toepassingen:

- Het bepalen van de afvoer per waterloopvak in hydraulische modellen;
- Het in beeld brengen van de kans op wateroverlast vanuit het watersysteem;
- Bepalen van effecten van inrichtingsmaatregelen;

¹ Dtm2cat is door Ab Veldhuizen (WEnR) beschikbaar gesteld. Voor meer informatie over het gebruik en werking van de tool kunt u met hem contact zoeken via: ab.veldhuizen@wur.nl

- Het beoordelen van vergunningsaanvragen;
- Afleiden van peilgebieden, bemalingsgebieden, (sub-) stroomgebieden, etc.

Waterschap Brabantse Delta gebruikt tot op heden afwateringseenheden die afgeleid zijn op basis van Thiessen-polygonen (Thiessen, 1911) rond de primaire waterlopen. Een nadeel van deze aanpak is dat het gebied rondom een primaire watergang aan een afwateringseenheid wordt toegekend op basis van de afstand tot die watergang en de andere primaire watergangen. Andere belangrijke aspecten, zoals het maaiveldverloop en de aanwezigheid van hoge terreindelen zoals kades en keringen, worden daarbij niet meegenomen.

De consequentie is dat deze aanpak vaak tot onrealistische grenzen leidt, wat weer leidt tot fouten in de toewijzing van afvoer aan waterlopen en de afbakening van gebieden. Een meer realistische aanpak is om ook gebruik te maken van de maaiveldhoogte en de locaties van alle kunstwerken en waterlopen, en dus ook van de secundaire waterlopen. Andere bij ons bekende tools via QGIS en ArcGIS maken wel gebruik van het maaiveldverloop maar niet met informatie over waterlopen en kunstwerken.

Het doel van dit project is tweeledig: (1) het afleiden van meer realistische afwateringseenheden en (2) het ontwikkelen van een automatische werkwijze voor de afleiding van deze gebieden. We maken hiervoor gebruik van een bestaande tool: dtm2cat. Dtm2cat is ontwikkeld door Alterra, het huidige Wageningen Environmental Research. Deze tool is niet zonder specifieke GIS-kennis toe te passen. Daarom heeft HKV voor het gehele beheergebied van Waterschap Brabantse Delta een geautomatiseerde werkwijze ontwikkeld in Python. De werkwijze verwerkt de benodigde invoergegevens en voert een nabewerking uit op de resultaten, zodat deze direct bruikbaar zijn voor het waterschap. Het waterschap kan met de automatische werkwijze nu eenvoudig zelf afwateringseenheden afleiden bij veranderingen in hun beheergebied, bijvoorbeeld bij wijzigingen in de legger of het beheerregister.

Uitgangspunten werkwijze

De werkwijze heeft een aantal uitgangspunten waarvan we de belangrijkste hier noemen. De gewenste grootte van de afwateringseenheden wordt niet a priori opgelegd. Deze grootte wordt namelijk gebaseerd op de relatie tussen het maaiveld en de waterlopen. Ook worden er geen grenzen van bijvoorbeeld peilgebieden a priori opgelegd. De grenzen van peilgebieden worden idealiter namelijk afgeleid op basis van de nieuw afgeleide afwateringseenheden. Ook zijn de overstorten en rioleringsgebieden niet meegenomen in de analyse, omdat gedetailleerde informatie over deze gebieden niet beschikbaar was. De afwateringseenheden zijn dus met name representatief voor de afwatering van het niet-gerioleerde gebied.

Kunstwerken als stuwen en duikers worden gebruikt om de waterlopen op te knippen, zodat de afwatering rondom kunstwerken nauwkeurig is. Keringen worden niet meegenomen. We nemen aan dat keringen goed in de maaiveldgegevens aanwezig zijn en dus via het hoogtemodel worden meegenomen in de

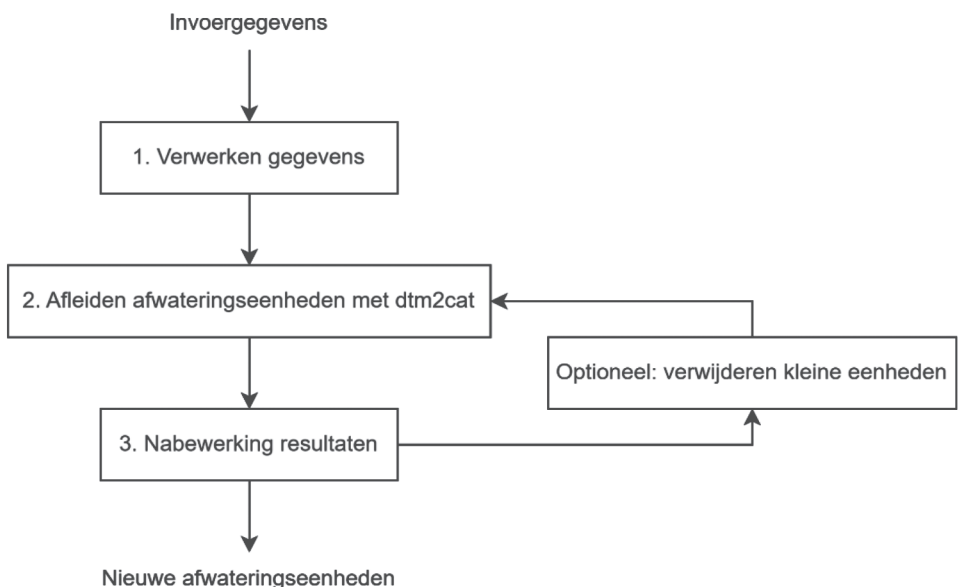
werkwijze. Daarnaast zorgen duikers voor de kruising van keringen en waterlopen. Door het opknippen van de waterlopen bij duikers worden dus automatisch binnendijkse gebieden gescheiden van buitendijkse gebieden.

Voorliggende analyse gaat uit van het gebruik van primaire en secundaire waterlopen. We hebben ervoor gekozen om de tertiaire waterlopen niet mee te nemen in de analyse. De tertiaire waterlopen hebben een beperkte functie voor waterschappen en zijn met name belangrijk voor het watersysteem van individuele percelen. Daarnaast is de exacte ligging en aansluiting met andere waterlopen vaak niet bekend.

De ruimtelijke resolutie van het maaiveldraaster is daarnaast bepalend voor de eindresultaten. We gebruiken het AHN3 met een ruimtelijke resolutie van 5 bij 5 m. Deze keuze is gebaseerd op een afweging tussen rekentijd en de benodigde mate van detail van het maaiveld om de grenzen van afwateringseenheden te bepalen. Om de rekentijd te beperken is het beheergebied in 15 deelgebieden opgedeeld. De grenzen van deze deelgebieden hebben we op basis van een minder gedetailleerde AHN-versie (25 bij 25 m) bepaald. Vervolgens zijn de afwateringseenheden per deelgebied bepaald met een resolutie van 5 bij 5 m. Door deze werkwijze is het mogelijk om de meer gedetailleerde berekeningen parallel uit te voeren.

Werkwijze

De geautomatiseerde werkwijze volgt drie stappen om de afwateringseenheden af te leiden, zie Afbeelding 1. We bespreken elke stap kort:



Afbeelding 1: Beschrijving werkwijze.

Stap 1: voorbereiding van invoergegevens

Allereerst worden de gegevens voorbereid met een Python-script om ze ge-

schikt te maken voor dtm2cat. We gebruiken de volgende geografische datasets:

- Begrenzing van het studiegebied;
- Ligging van de primaire en secundaire waterlopen uit het beheerregister;
- Locaties van kunstwerken uit het beheerregister;
- Hoogtekaart (AHN3).

De werkwijze knipt de primaire waterlopen op bij kunstwerken. Zo worden de waterlopen bij aquaducten, duikers, gemalen, stuwen, sifons en vaste dammen opgeknipt om de afvoer bovenstrooms zo goed mogelijk in kaart te brengen. Elk waterloopdeel krijgt vervolgens een uniek identificatienummer. Op deze manier wordt elke afwateringseenheid gekoppeld aan één deel van een primaire waterloop. Om meer gedetailleerde watersysteeminformatie toe te voegen, worden de secundaire waterlopen aan de primaire waterlopen gekoppeld.

Het unieke identificatienummer van het bijbehorende deel van de primaire waterloop wordt gekoppeld aan de aangesloten secundaire waterlopen. Alle invoer wordt vervolgens tot rasters verwerkt voor de volgende stap: het afleiden van afwateringseenheden.

Stap 2: afleiden van afwateringseenheden

Dtm2cat bepaalt op basis van de maaiveldhoogte, opgegeven waterlopen met een uniek identificatienummer en per deelgebied de afwateringseenheden. Er wordt gebruik gemaakt van de lokale afstroming via de maaiveldhoogte en de ligging van de waterlopen. Bebouwd gebied wordt volledig meegenomen om afstroming over maaiveld naar waterlopen te bepalen. Bij het opbouwen van modelschematisaties voor hydrologische of rioleringsberekeningen moet het deel dat naar riolering en/of overstorten stroomt in een aanvullende analyse worden bepaald. Dit is in dit project niet uitgewerkt.

Dtm2cat kent de gridcellen van de hoogtekaart toe aan de waterlopen die op basis van het maaiveldverloop naar de waterloop stromen. Het maaiveld in deze cellen ligt dan hoger dan een aangrenzende cel die reeds is toegekend aan een waterloop. Cellen die na deze procedure nog niet zijn toegekend aan een waterloop, bevatten water met de voorkeur om naar een plek te stromen die niet verbonden is met een waterloop. Deze plekken staan bekend als een sink. De sinks worden door dtm2cat opgespoord. Vervolgens worden de sinks verbonden met de waterlopen door per sink het waterpeil zodanig te verhogen tot het water of naar een waterloop of naar een andere sink stroomt.

Na het uitvoeren van dtm2cat krijgt elke cel het identificatienummer van het bijbehorende deel van een primaire waterloop toegewezen. Alle rastercellen met hetzelfde identificatienummer vormen een afwateringseenheid. Dit resulteert in een raster met vlakdekkende afwateringseenheden die horen bij de waterlopen. Deze stappen worden voor elk van de vijftien deelgebieden herhaald. Vervolgens worden de resultaten per deelgebied samengevoegd.

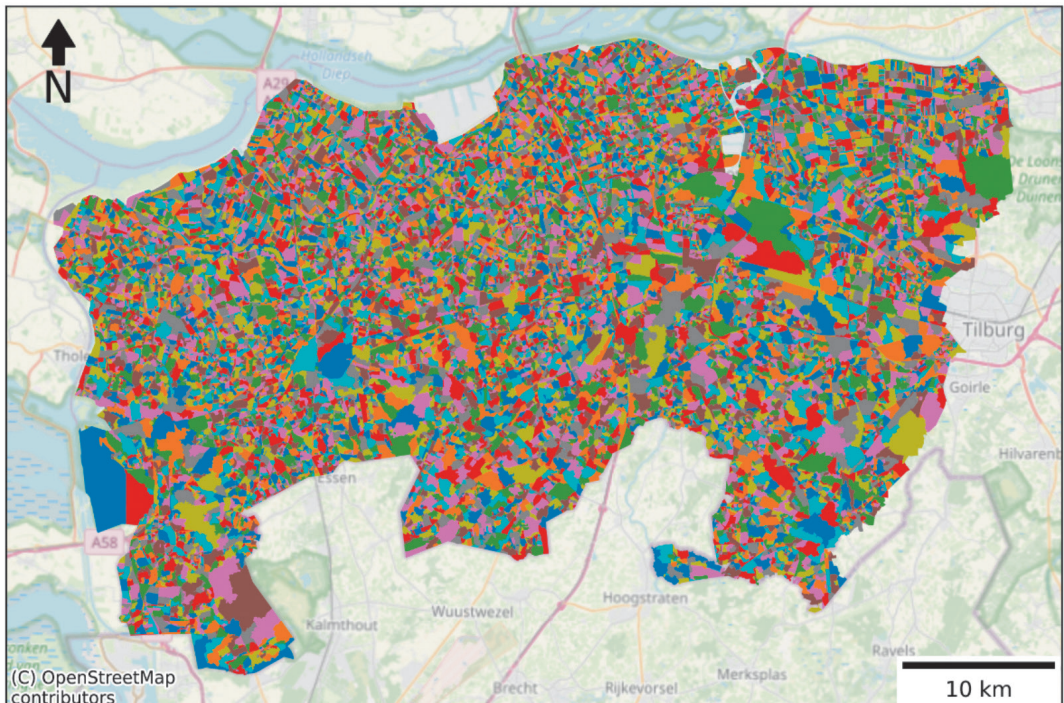
Stap 3: nabewerking van resultaten

In de laatste stap worden de resultaten gecontroleerd. Zo wordt door de gebrui-

ker beoordeeld of de afwateringseenheden de gewenste grootte hebben. Indien er afwateringseenheden zijn met een oppervlak kleiner dan vier hectare, worden de waterloopdelen uit deze afwateringseenheid toegevoegd aan het dichtstbijzijnde waterloopdeel. Vervolgens wordt met het nieuwe waterlopenbestand het programma dtm2cat opnieuw uitgevoerd. Hiermee wordt het aantal afwateringseenheden kleiner dan vier hectare sterk verkleind. Indien gewenst kan deze stap herhaald worden. Dit leidt ertoe dat het aantal te kleine afwateringseenheden wordt verkleind. Het is ook mogelijk om te grote afwateringseenheden te verkleinen door de bijbehorende waterlopen op te splitsen.

Resultaten beheergebied Waterschap Brabantse Delta

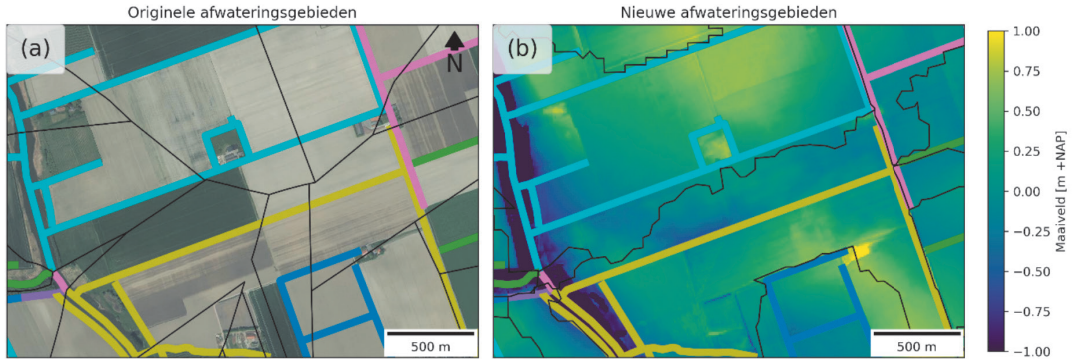
Afbeelding 2 geeft de nieuw afgeleide afwateringseenheden weer voor het gehele beheergebied van Waterschap Brabantse Delta. De nieuwe gebieden bestaan uit 14.545 gebieden met een gemiddelde grootte van 11,1 hectare. In grootte variëren ze tussen de 0,5 en 803 hectare, waarbij het 25^e percentiel 1,77 ha is en het 75^e percentiel 12 ha. Door meerdere iteraties met dtm2cat uit te voeren, is het mogelijk om het aantal kleine gebieden (< 4 ha) verder te verminderen. Een aantal grote gebieden vallen op. Dit zijn stedelijk gebieden waar in werkelijkheid rioleringsstelsels aanwezig zijn en natuurgebieden zonder (bekende) waterlopen. Feitelijk zijn dit geen afwateringseenheden, maar infiltratiegebieden. Deze gebieden kunnen indien gewenst verwijderd worden.



Afbeelding 2: Overzichtkaart met de nieuwe afwateringseenheden.

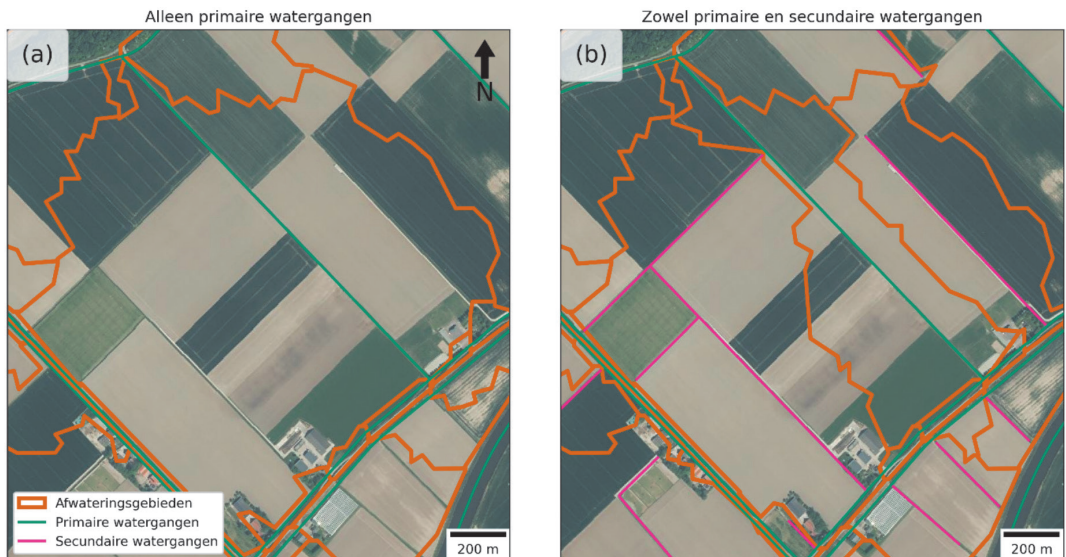
De nieuw afgeleide afwateringseenheden volgen meer realistische grenzen dan de oude gebieden, zoals zichtbaar in Afbeelding 3. Het linker paneel geeft de

oude afwateringseenheden weer. Zichtbaar is dat de grenzen van deze gebieden waterlopen en percelen onrealistisch kruisen. Het rechter paneel toont de nieuw afgeleide afwateringseenheden met als achtergrond het maaiveldverloop volgens het AHN3. De grenzen van deze gebieden kruisen waterlopen alleen bij kunstwerken en volgen het maaiveldverloop.



Afbeelding 3: *Verskil tussen de (a) oude en (b) nieuwe afwateringseenheden. De grenzen van de gebieden zijn met zwarte lijnen weergegeven. De bijbehorende primaire en secundaire waterlopen zijn met unieke kleuren aangegeven. Het rechter paneel geeft ter illustratie ook de hoogtekaart weer.*

Het effect van het toevoegen van secundaire waterlopen is weergegeven in Afbeelding 4. Het linker paneel geeft de afgeleide afwateringseenheden weer als alleen de primaire waterlopen worden gebruikt. Het rechter paneel geeft de afgeleide afwateringseenheden weer als zowel de primaire als secundaire waterlopen worden gebruikt. De grenzen van de afwateringseenheden veranderen sterk en bevatten ook de informatie van het secundaire afwateringsstelsel als de secundaire waterlopen meegenomen worden. Het toevoegen van secundaire



Afbeelding 4: *Verskil tussen het gebruik van (a) alleen primaire waterlopen en (b) het gebruik van zowel primaire als secundaire waterlopen om afwateringseenheden af te leiden.*

waterlopen heeft dus een positief effect en draagt bij aan plausibelere afwateringseenheden.

Meerwaarde van de nieuwe afwateringseenheden

De afwateringseenheden worden in de eerste plaats gebruikt om in hydraulische modellen de afvoer toe te kennen aan het waterlopenstelsel. Een eenvoudige toepassing van een hydraulisch model is het maken van een maatgevende afvoerkaart. Deze kaart wordt gebruikt voor het dimensioneren van kunstwerken en de beantwoording van vergunningsaanvragen. Met de nieuwe afwateringseenheden is de afvoer in de waterlopen plausibeler en kunnen kunstwerken beter worden gedimensioneerd en kunnen vergunningsaanvragen beter worden beoordeeld.

Een uitgebreide toepassing bij hydraulische modellering is de toetsing op de provinciale normen voor wateroverlast. Bij deze toetsing worden de afwateringseenheden niet alleen gebruikt om afvoer toe te kennen aan het waterlopenstelsel, maar ook om de berekende piekwaterstanden te projecteren op het maaiveld binnen de afwateringseenheid behorend bij het waterloopvak waarin de piekwaterstand optreedt². Bij de bestaande afwateringseenheden leidt deze projectie tot relatief veel foutieve overstromingsvlakken die handmatig moeten worden gecorrigeerd. Door de meer gedetailleerde en op maaiveldhoogte gebaseerde afwateringseenheden te gebruiken, verwachten we meer betrouwbare overstromingsvlakken.

Daarnaast kunnen de afwateringseenheden geaggregeerd worden tot afvoergebieden voor peilgebieden, bemalingsgebieden en (deel)stroomgebieden. Op die manier is de begrenzing van deze aggregatieniveaus onderling consistent.

Discussie over mogelijke verbeteringen

We voorzien diverse mogelijke verbeteringen in de werkwijze om de afleiding van de afwateringseenheden te verbeteren. Zo wordt stedelijk gebied niet onderscheiden, terwijl men kan verwachten dat riolering een grote impact op de afstroming heeft. Ook infiltratiegebieden worden niet onderscheiden doordat kwel en wegzijging niet in acht worden genomen door dtm2cat. Infiltratiegebieden dienen daarom handmatig uit de afwateringseenheden geknipt te worden.

De mate van aanwezigheid van verhang in het maaiveld speelt een grote rol. Zo zien we dat de werkwijze beter functioneert voor hellende gebieden in vergelijking met bemalen gebieden met kleine hoogteverschillen. In hellende gebieden vormt het watersysteem een boomstructuur met een kleinere slootdichtheid, waardoor dtm2cat goed bruikbaar is. Doordat de hoogteverschillen in bemalen gebieden kleiner zijn, is dtm2cat gevoeliger voor kleine afwijkingen in de hoogtegegevens. Ook is het watersysteem ingewikkelder omdat sloten

² De berekening van overstromingsvlakken met een 2D-model zou de voorkeur verdienen. Dit is tot op heden bij het doorrekenen van grotere gebieden soms te bewerkelijk en vergt lange rekentijden.

soms dicht bij elkaar liggen en er meer kunstwerken zijn. Daarnaast liggen de grenzen van de nieuw afgeleide afwateringseenheden soms dicht bij waterlopen in bemalen gebied. De oorzaak is een verhoogd maaiveld langs de sloot ten opzichte van het naastliggende perceel. In de praktijk is het echter onwaarschijnlijk dat water in een dergelijke situatie een (veel) langere weg naar een andere waterloop zoekt. Een alternatief is om in bemalen en vlakke gebieden afwateringseenheden af te leiden op basis van een afstandscriterium waarbij rekening gehouden wordt met secundaire waterlopen.

Verder ontstaan in poldersystemen met een grote dichtheid aan kunstwerken en waterlopen soms kleine afwateringseenheden (kleiner dan 1 ha). Bij elk kunstwerk wordt een primaire waterloop namelijk gesplitst, waardoor er veel aparte primaire waterloopvakken ontstaan. Dtm2cat leidt voor elk van deze aparte waterloopvakken een afwateringseenheid af, waardoor de kleine afwateringseenheden ontstaan.

De kwaliteit van de informatie over secundaire waterlopen is voor verbetering vatbaar. Het ontbreken van dammen in secundaire waterlopen kan leiden tot verkeerde toewijzing van afwateringseenheden aan primaire waterlopen.

De buitengrenzen van de afwateringsgebieden stoppen in dit geval bij de grens van het beheergebied van waterschap Brabantse Delta. Echter kan er wel uitwisseling plaatsvinden voorbij deze grenzen. Om dit mee te nemen zou de analyse moeten worden uitgevoerd met een buffer om de grenzen van het waterschap heen. Hiervoor moeten ook de gegevens uit het beheerregister over waterlopen en kunstwerken worden opgevraagd van aangrenzende waterschappen en/of landen.

Tot slot is het belangrijk dat het bestand met afwateringseenheden door het waterschap wordt onderhouden, vergelijkbaar met de legger en het beheerregister. Met een automatische werkwijze is het mogelijk om dit bestand automatisch te actualiseren bij wijzigingen en verbeteringen in het beheerregister en te ontsluiten in de database van het waterschap. Hierdoor kan bij het bepalen van gebiedsbegrenzings op verschillende aggregatieniveaus altijd gebruik worden gemaakt van een actueel bestand met afwateringseenheden. Door het uniformeren van de werkwijze worden bij het actualiseren steeds dezelfde uitgangspunten gebruikt.

Literatuur

Thiessen, A.H. (1911). Precipitation Averages for Large Areas; in: *Monthly Weather Review*, 39(7): 1082-1084.

Summary Workflow to Automatically Generate Catchment Boundaries

We have developed an automatic workflow to derive catchment boundaries. This workflow combines innovative scripting with existing tools to derive catchments based on the location and orientation of water courses and a digital elevation model (e.g. AHN). The new catchments have realistic boundaries and are usable for many hydrological applications. The workflow enables water managers to have access to the most current description of their water systems.

Auteurs

HUGO HAGEDOOREN
HKV lijn in water
h.hagedooren@hkv.nl

MICHIEL PEZIJ
HKV lijn in water
m.pezij@hkv.nl

BERTUS DE GRAAFF
HKV lijn in water
b.degraaff@hkv.nl

KEES PEERDEMAN
Waterschap Brabantse Delta
k.peerdeman@brabantsedelta.nl

INGRID MENGER
Waterschap Brabantse Delta
i.menger@brabantsedelta.nl

