

Regenwateroverlast Nijmegen

Onderzoek naar bovengrondse afwatering en toelichting op analyse
2D-modellering met Wodan2D

Definitief

Gemeente Nijmegen

Sweco Nederland B.V.
Houten, 26 april 2016

Verantwoording

Titel : Regenwateroverlast Nijmegen

Subtitel : Onderzoek naar bovengrondse afwatering en toelichting op analyse 2D-modellering met Wodan2D

Projectnummer : 306117

Referentienummer :

Revisie :

Datum : 26 april 2016

Auteur(s) : ing. G.B. Lemmen

E-mail adres : gert.lemmen@sweco.nl

Gecontroleerd door : ing. J.W. de Visser

Paraaf gecontroleerd :

Goedgekeurd door : ing. S.A.W. Jansen

Paraaf goedgekeurd :

Contact : Sweco Nederland B.V.
De Molen 48
3994 DB Houten
Postbus 119
3990 DC Houten
T +31 88 811 66 00
www.sweco.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Projectgebied	4
2	Opzet 2D-modellering met Wodan2D	5
2.1	Onderdelen van de studie	5
2.2	Indeling in subgebieden	5
2.3	Gebruikte gegevens	6
2.4	Werkzaamheden	7
2.4.1	Maken hoogtebestand	7
2.4.2	Bepaling infiltratie	7
2.4.3	Bepalen stroombanen	8
2.4.4	Wodan2D-modellering	8
2.5	Resultaten WODAN ¹²³ -analyse	9
2.6	Overige relevante informatie	9
3	Resultaten	10

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Nederlandse gemeenten worden kwetsbaarder voor wateroverlast. Dit heeft enerzijds te maken met het feit dat de neerslag extremer wordt als gevolg van een klimaatverandering. Anderzijds neemt de verharding toe, waardoor meer hemelwater tot afstroming komt. Riolen raken hierdoor eerder overbelast. Het overtollige hemelwater zal over straat afstromen naar de laagste gebieden. Dit kan bij laaggelegen panden en tunnels voor wateroverlast en schade zorgen.

De gemeente Nijmegen heeft Grontmij opdracht gegeven (briefnummer PR30/12.00117310, d.d. 6 september 2012) om een studie uit te voeren naar de risico's van het optreden van wateroverlast in de gemeente Nijmegen. De gemeente heeft hiervoor de eigen hoogtegegevens aangeleverd.

Op 23 april 2014 heeft de gemeente per mail opdracht gegeven om een nieuwe berekening te maken van het gebied ten zuiden van de Waal, ten oosten van het Maas-Waalkanaal en delen van de gemeenten Heumen en Berg en Dal. Voor deze studie is gewerkt met de hoogtegegevens van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2 uit 2012).

Het doel van de studie is het verkrijgen van inzicht in de locaties die, als gevolg van de inrichting en hoogteligging, gevoelig zijn voor wateroverlast. Daarnaast geeft de studie ook inzicht in de bovengrondse afstroomrichtingen. Deze informatie kan onder andere worden gebruikt bij stadsontwikkelingsprojecten.

Het doel van het rapport is het geven van achtergrondinformatie bij de gemaakte kaarten voor de bovengrondse afstroming. Dit rapport maakt duidelijk welke uitgangspunten zijn gehanteerd en hoe de kaarten geïnterpreteerd moeten worden.

1.2 Projectgebied

De analyse is uitgevoerd voor het stedelijk gebied van Nijmegen, inclusief delen van de gemeenten Heumen en Berg en Dal, die oppervlakkig afstromen naar de gemeente Nijmegen.

2 Opzet 2D-modellering met Wodan2D

2.1 Onderdelen van de studie

De mate waarin wateroverlast optreedt tijdens extreme neerslag wordt maar voor een deel bepaald door de afvoercapaciteit van het rioolstelsel. Het rioleringsmodel (1D-modellering) berekent alleen de afvoercapaciteit van het rioolstelsel. Het model bepaalt op welke punten de druklijn boven maaiveld komt en er sprake is van water op straat. Het model geeft geen inzicht in het effect en het gedrag van het water op straat. Bij een 1D-model wordt het water in een reservoir op het maaiveld boven de put tijdelijk geborgen. Als de belasting vermindert, stroomt het water weer terug, het rioolstelsel in.

In werkelijkheid stroomt het uittredende water af naar lageregelegen locaties. Daar kan het bijvoorbeeld alsnog via kolken het rioolstelsel instromen, of wellicht overlast veroorzaken in laaggelegen panden. De bovengrondse inrichting speelt dus een belangrijke rol bij het al dan niet optreden van wateroverlast.

Het door Grontmij ontwikkelde Wodan2D-rekenpakket, rekent in 2D. Het model simuleert alleen de waterstroming bovengronds. Hierbij wordt uitgegaan van een gevuld rioolstelsel, waarbij het overschot aan neerslag bovengronds afstroomt. De methodiek brengt in beeld hoe de bovengrondse afwatering plaatsvindt en waar water (tijdelijk) stagneert.

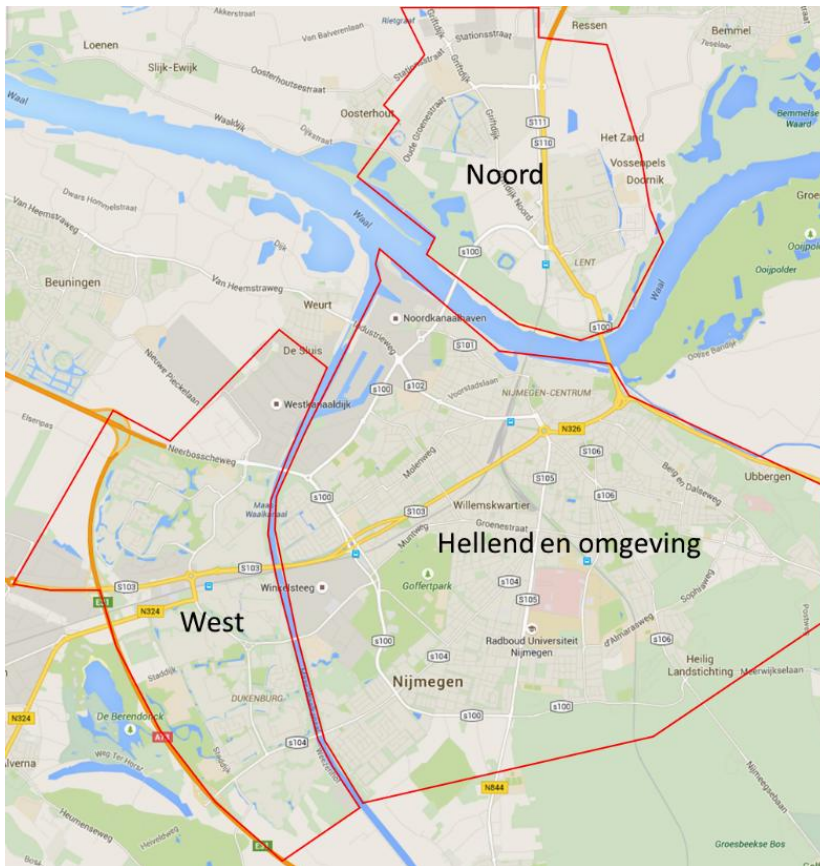
De methodiek bestaat uit verschillende stappen en tools. De uit te voeren stappen zijn afhankelijk van de vraag en de lokale situatie. De gemeente Nijmegen is ten tijde van de uitvoering van de studie nog bezig met het inventariseren van de benodigde gegevens voor rioleringsberekeningen. De hydraulische berekeningen worden volgens planning in 2016 uitgevoerd. Het updaten van het SOBEK-model heeft langer geduurd dan oorspronkelijk gepland.

In het kader van de studie zijn de volgende stappen uitgevoerd:

- opstellen gedetailleerde hoogtekkaart;
- bepalen stroombanen door middel van een GIS-analyse;
- berekenen waterstroming over straat met behulp van Wodan2D-tool.

2.2 Indeling in subgebieden

Uit praktisch oogpunt is het model opgesplitst in drie deelmodellen: Noord, Centrum en Zuid. Deze gebieden zijn gescheiden door watergangen en functioneren onafhankelijk van elkaar. In het kader van de aanvullende opdracht is het gebied Zuid aan de noordoostzijde uitgebreid met gebieden van de gemeenten Heumen en Berg en Dal. Het gebied wordt dan Nijmegen Hellend e.o. genoemd. In figuur 2.1 zijn de deelgebieden weergegeven, waarbij Hellend en omgeving bijna overeenkomt met Zuid.



Figuur 2.1 Deelgebieden modellering

2.3 Gebruikte gegevens

Voor de uitvoering van de analyse zijn de volgende gegevens gebruikt:

- Hoogtebestand gemeente**
 De gemeente Nijmegen heeft de hoogtegegevens zelf laten invliegen omdat het Actueel Hoogtebestand AHN2 op het moment van de start van de studie nog niet beschikbaar was. Het gebruikte bestand heeft een gridresolutie van 1 x 1 m. Elke gridcel heeft een NAP-hoogte. Het bestand is gefilterd en geïnterpoleerd. Dit wil zeggen dat auto's, bomen, daken e.d. uit het bestand zijn gefilterd. Het hoogtebestand van de gemeente is gebruikt voor het berekenen van de deelgebieden Noord en West.
- Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2)**
 In een later stadium van de studie is het centrumgebied opnieuw doorgerekend met de hoogtegegevens van de AHN2 op een resolutie van 1 x 1 m. Het model is hierbij uitgebreid met een deel van het gebied van de gemeenten Berg en Dal en Heumen.
- TOP10**
 De TOP10-kaart is gebruikt als ondergrond (begrenzingswegen, groen enz.) en om typen oppervlak te onderscheiden.
- Basisregistraties Adressen en Gebouwen (BAG)**
 GIS-bestand in Shape-format met de begrenzing van de gebouwen
- Oppervlaktewaterkaart**
 GIS-bestand in Shape-format met oppervlaktewater.

2.4 Werkzaamheden

2.4.1 Maken hoogtebestand

Grontmij heeft de uitgefilterde en ontbrekende hoogtegegevens geïnterpoleerd op basis van de hoogten van het omringende gebied.

Met het oog op de grootte van de gebieden, is gebruik gemaakt van het 1 x 1 m-grid. Voor één deelgebied zijn ook stroombanen gemaakt met een 0,5 x 0,5 m-grid. De verschillen met het 1 x 1 m-grid waren minimaal, zodat de conclusie is getrokken dat rekenen met het 1 x 1 m-grid voldoende nauwkeurig is.

De nauwkeurigheid waaraan AHN2 volgens de eindtermen moet voldoen, is een fout van maximaal 5 cm. Het voordeel hiervan is dat kleine nuances in het terrein, zoals stoepranden en verkeersdrempels, zichtbaar blijven op de hoogtekaart. Muurtjes, schuttingen en andere smalle lijnelementen zijn in het algemeen niet zichtbaar op de hoogtekaart. De stroming achter woningen langs is om deze reden minder betrouwbaar dan de stroming via straat. Indien noodzakelijk, kunnen lijnelementen handmatig aan de hoogtekaart worden toegevoegd. Hiervan is voor de berekeningen voor Nijmegen geen gebruik gemaakt. De indruk bestaat dat de resultaten van de berekeningen voldoende betrouwbaar zijn.

Ter plaatse van de gebouwen is het maaiveld 10 m verhoogd, zodat het water er omheen moet stromen. De locatie van de gebouwen is bepaald op basis van de BAG.

Voor de locatie van oppervlaktewater is gebruik gemaakt van een door de gemeente aan-geleverd GIS-bestand (in Shape-format). Oppervlaktewater met voldoende afvoercapaciteit krijgt een grote diepte, zodat het afstromende water daarin volledig verwerkt kan worden. Naast het gewone oppervlaktewater, heeft Nijmegen ook natte en droge bergingsvijvers die fungeren als expansievaten van het rioolstelsel. Na vulling, ledigen deze zich weer in het stelsel en/of het water infiltreert in de bodem. Deze vijvers hebben een beperkte afvoercapaciteit en berging. De vijvers krijgen in het hoogtebestand het gemiddelde oppervlaktewaterpeil. Dit betreft de volgende bergingsvijvers:

1. Archipelstraat - watervoerend - waterniveau op NAP +29,25 m;
2. Houtlaan - watervoerend - waterniveau op NAP +18,50 m;
3. Hatertseweg - droogvallend - bodemhoogte op NAP +10,50 m;
4. Grootstalselaan - watervoerend - bodemhoogte op NAP +12,00 m;
5. Weg door Jonkerbosch - watervoerend - waterpeil op NAP +9,00 m;
6. De Biezen - droogvallend - bodemhoogte op NAP +7,50 m. Bij een waterpeil van NAP +8,50 m begint het systeem af te voeren, via een duiker naar een A-watergang.

Op basis van de TOP10-kaart is onderscheid gemaakt tussen verharde en onverharde oppervlakken.

2.4.2 Bepaling infiltratie

Op basis van de TOP10-kaart is onderscheid gemaakt tussen verschillende typen oppervlakken (verharde en onverharde oppervlakken). In een aantal proefberekeningen zijn twee afstromingsvarianten onderzocht. In variant 1 valt alleen neerslag op verharde oppervlakken, het afstromende water kan zonder verliezen ook over onverharde oppervlakken stromen. Bij variant 2 valt er neerslag op alle oppervlakken. Bij onverharde oppervlakken infiltreert er per tijdstap een deel van het afstromende water. De snelheid waarmee het water infiltreert kan worden gevarieerd.

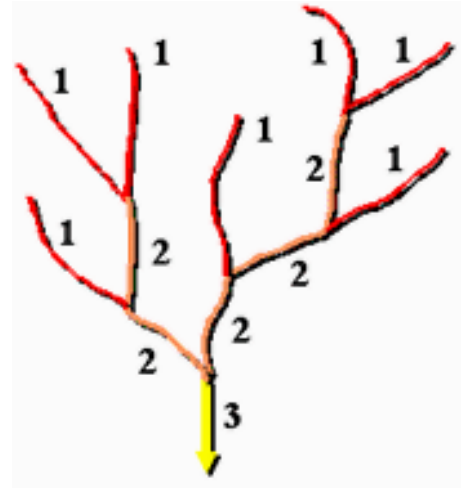
Uit de proefberekeningen is gebleken dat de variant waarbij het complete stedelijk gebied als verhard wordt beschouwd en er alleen neerslag valt op het verharde oppervlak, het meest overeenkomt met de praktijk. De berekeningen zijn met deze uitgangspunten uitgevoerd.

2.4.3 Bepalen stroombanen

Met behulp van een GIS-analyse zijn stroombanen berekend, die de belangrijkste afstroomrichting van het afstromende hemelwater weergegeven.

De analyse maakt gebruik van de Stahler-methode. Per gridcel wordt vastgesteld wat de laagste naastgelegen cel is.

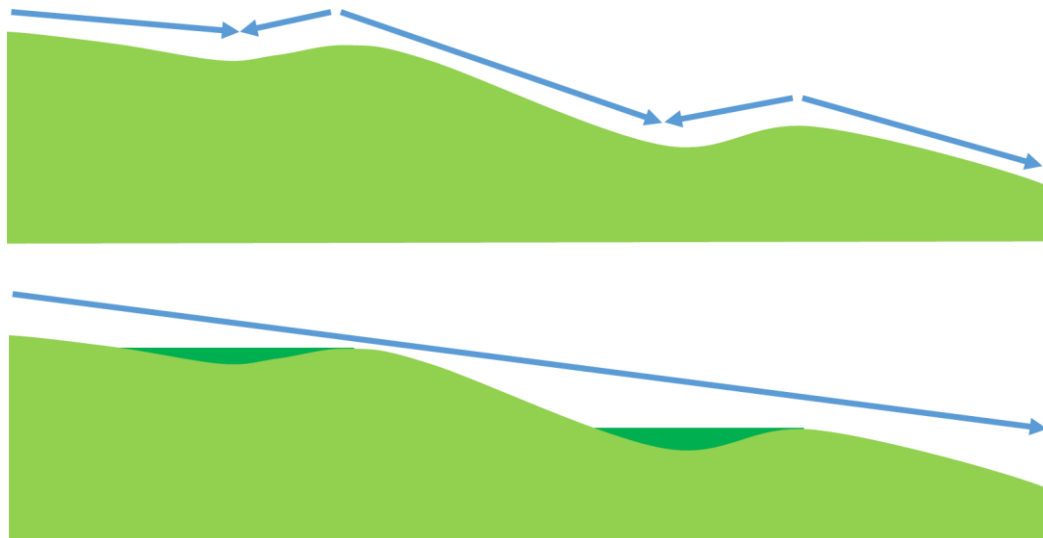
De stroombaan vanuit de hoger gelegen cel loopt naar deze cel. Stroombanen die vertrekken vanuit cellen waar geen andere stroombaan arriveert (dus meestal hooggelegen cellen), krijgen het rangordenummer 1. Als twee of meer stroombanen van de eerste orde samenkomen, ontstaat een stroombaan van de tweede orde. Als stroombanen van de tweede orde samenkomen, ontstaat een stroombaan van de derde orde enz.



Op de kaart worden de stroombanen met een lage rangorde niet weergegeven. De rangorde van de stroombanen is in een aantal klassen ingedeeld. De dikte van de stroombaan is gekoppeld aan de klasse: hoe dikker de stroombaan, hoe hoger het rangordenummer.

Om te voorkomen dat een stroombaan al eindigt bij een minimale kuil in het maaiveld, worden kleine kuilen in het maaiveld opgevuld. Het is een benadering van de werkelijkheid met een aantal beperkingen. Het maaiveld wordt hierbij opgevuld, zodat kleine kuilen verdwijnen.

In figuur 2.2 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 2.2 Stroombanen voor opvullen (boven) en na opvullen (onder)

2.4.4 Wodan2D-modellering

De Wodan2D-tool simuleert de stroming van hemelwater over het maaiveld. De riolering wordt hierbij niet mee gemodelleerd. Het model maakt gebruik van sterk vereenvoudigde afstromingsvergelijkingen. De uitwisseling tussen de gridcellen vindt plaats op basis van de relatieve hoogteverschillen tussen de cellen. Aspecten als weerstand van het oppervlak en massa-tragheid zijn niet meegenomen. Hierdoor is het mogelijk om grote gebieden relatief snel door te rekenen.

Nijmegen is getoetst met een bui van 60 mm in één uur. Hiermee wordt een situatie gecreëerd die circa 1 keer per 100 jaar voorkomt (inclusief klimateffect). Aangenomen wordt dat 20 mm van de neerslag via het rioolstelsel wordt geborgen en afgevoerd. Netto wordt 40 mm op het grid geloosd.

De berekening wordt uitgevoerd tot het water (grotendeels) is afgestroomd naar de laagst gelegen gebieden. Gedurende de berekening is er geen uitwisseling met de riolering.

De analyse is dynamisch: dat wil zeggen dat de waterstanden per rekenstap kunnen worden gepresenteerd in een waterdieptekaart. Met de dynamische berekening is het hierdoor mogelijk om behalve de eindsituatie, de tussenliggende stappen te tonen. Hierdoor wordt ook wateroverlast zichtbaar als gevolg van stromend water in hellende gebieden. Doordat de afstroming sterk vereenvoudigd gemodelleerd is, komen de rekenstappen niet overeen met concrete tijdstippen.

Wodan2D registreert per gridcel de hoeveelheid water die is weggestroomd via de cel. Dit is de flowaccumulatie. In vergelijking met stroombanen, geeft deze analyse een veel gedetailleerder beeld van de afstroming. De kaarten die hiermee gemaakt zijn, heten *flow-acc* en geven de grootte van het gepasseerde volume aan.

2.5 Resultaten WODAN¹²³ -analyse

De resultaten van de uitgevoerde WODAN¹²³ analyse zijn weergegeven in drie tekeningen:

- hoogtekaart, op basis van AHN2 met stroombanen;
- flowaccumulatiekaart (met stroombanen);
- waterdieptekaart in de eindsituatie (met stroombanen).

Tevens zijn de GIS-bestanden van de berekeningen aangeleverd. Hierin zijn ook de resultaten van de tussenstappen in de berekening opgenomen. De gemeente heeft deze kaarten gebruikt om ze te vergelijken met de regenwateroverlastmeldingen van een 20-tal gebeurtenissen in de afgelopen 30 jaar.

Voor de gebieden Noord en West zijn de berekeningen gebaseerd op de hoogtekaart van de gemeente Nijmegen. De definitieve berekening van het gebied Hellend en omgeving is gebaseerd op de AHN2.

2.6 Overige relevante informatie

Bij de analyse van potentiële risicolocaties is ook gebruik gemaakt van beschikbare waarnemingen van water op straat en de resultaten van hydraulische berekeningen. De gemeente heeft hiertoe de wateroverlastmeldingen van 27 juni 2009 en 28 juli 2012 in Shape-format aangeleverd.

Aanname bij de Wodan-analyse is dat het water niet de riolering in kan stromen. Bij matige buien, met herhalingstijden van 1 tot 5 jaar, heeft de riolering op de meeste locaties nog voldoende afvoercapaciteit en kan het water nog steeds de kolken instromen. Bij deze buien zullen de meeste knelpuntlocaties volgens de Wodan-analyse dan ook niet zichtbaar zijn. De Wodan-analyse gaat uit van een aanzienlijk zwaardere bui dan bui 08. Van locaties waar bij bui 08 al hoge waterstanden worden berekend, kan worden aangenomen dat bij zwaardere buien het water niet het stelsel in kan stromen.

3 Resultaten

De resultaten van de studie zijn de wateroverlastkaarten (zie tabel 1).

Tabel 1 Resultaten van de studie en bijbehorend kaartmateriaal

jaar opdracht	deelgebied	inhoud	benaming tekening	opmerkingen	bron hoogte- gegevens
2012	Noord	hoogtekaart	Nijmegen Noord Ahn.pdf		gemeente
		flow- accumulatie	Nijmegen Noord Flow Acc.pdf		
		waterdiepten eindsituatie	Nijmegen Noord Waterdiepte.pdf		
	West+Hellend Nijmegen	hoogtekaart	Nijmegen Zuid Ahn.pdf	inclusief oude berekening van Nijmegen Hellend	gemeente
		flow- accumulatie	Nijmegen Zuid Flow Acc.pdf		
		waterdiepten eindsituatie	Nijmegen Zuid Waterdiepte.pdf		
2014	Hellend en omgeving	flow- accumulatie	Nijmegen_Flow Acc_T36000.pdf		AHN2
		waterdiepte per tijdstap	Nijmegen_Waterdiepte_Txxxx.pdf	xxx = tijdstap	
		film detail	Nijmegen bewegende		
		centrum	beelden.ppsx		

De inhoud van de kaarten is hierna toegelicht.

A. Hoogtekaart

Kaarten:

- a. Nijmegen Noord Ahn.pdf
- b. Nijmegen Zuid Ahn.pdf

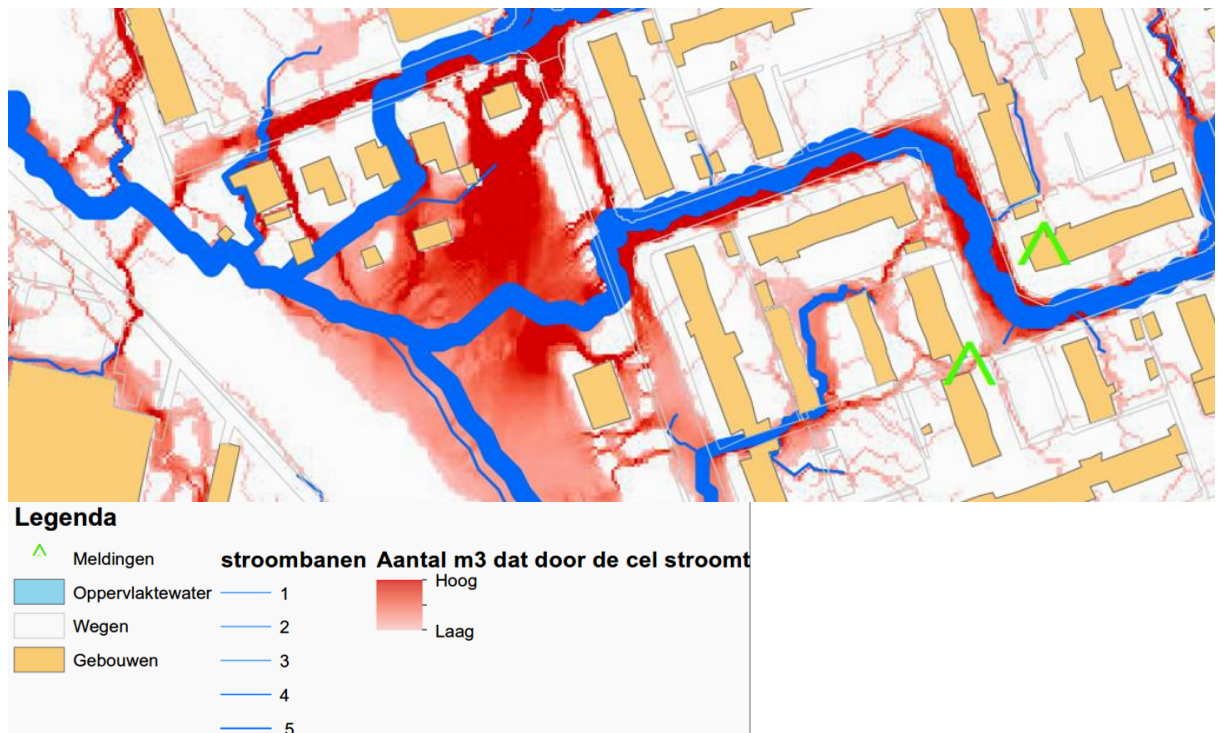
Op deze kaarten staat de volgende informatie:

- Topografie op basis van AHN;
- Bebouwing op basis van BAG;
- Hoogtegegevens op basis van gegevens gemeente;
- Stroombanen op basis van GIS-analyse. De stroombanen zijn onderverdeeld in vijf categorieën, genummerd 1 t/m 5.

B. Flowaccumulatie

Kaarten:

- Nijmegen Noord Flow Acc.pdf
- Nijmegen Zuid Flow Acc.pdf
- Nijmegen Flow Acc T36000.pdf



Figuur 3.1 Uitsnede flowaccumulatiekaart, met legenda

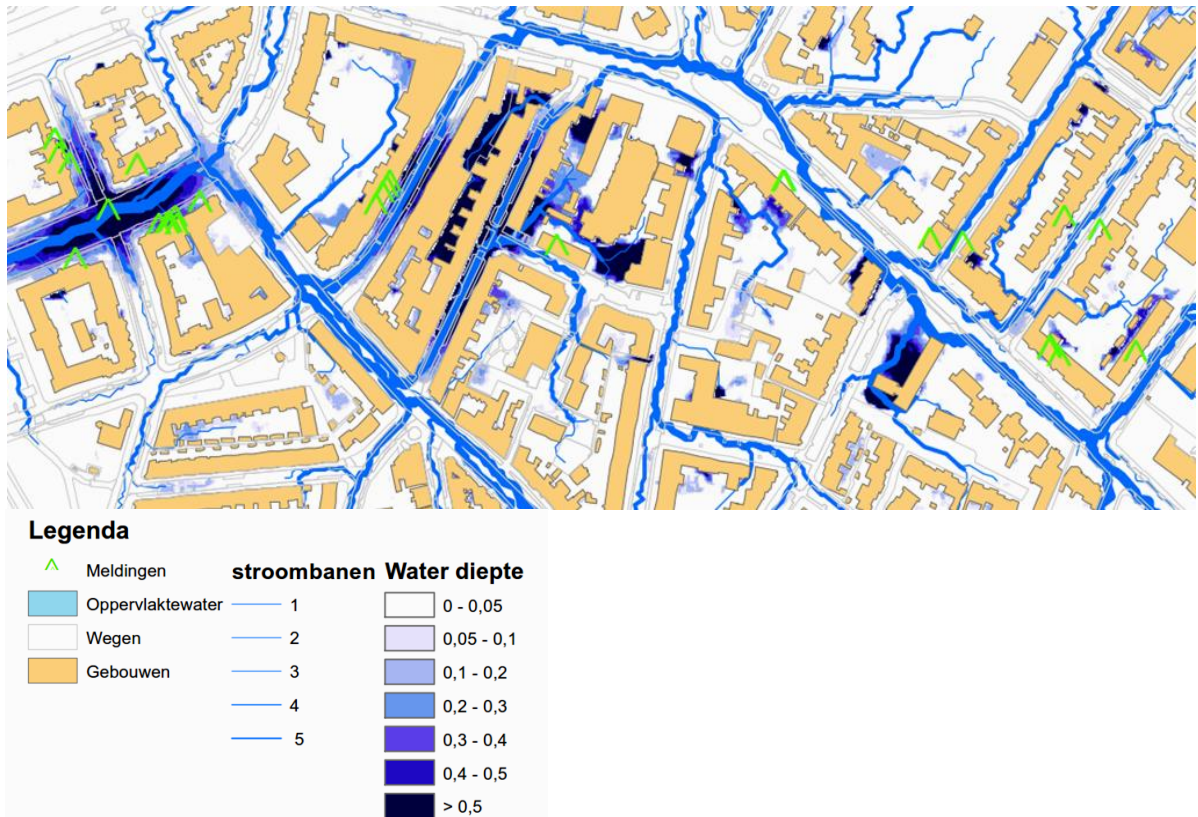
Op deze kaarten staat de volgende informatie:

- Topografie op basis van AHN;
- Bebouwing op basis van BAG;
- Stroombanen op basis van GIS-analyse. De stroombanen zijn onderverdeeld in vijf categorieën, genummerd 1 t/m 5.
De in blauw weergegeven stroombanen geven de belangrijkste afvoerroutes van het water aan. De dikte van de lijn (stroombaan) geeft het aantal rastercellen aan dat via de betreffende stroombaan tot afstroming komt. Stroombanen met een beperkt afvoer-gebied zijn niet weergegeven.
- Gepasseerd watervolume per cel. Donkerrood is een hoog gepasseerd volume en lichtrood is een laag gepasseerd volume.

C. Waterdiepte

Kaarten:

- Nijmegen Noord Waterdiepte.pdf
- Nijmegen Zuid Waterdiepte.pdf
- Nijmegen Waterdiepte T36000.pdf



Figuur 3.2 Uitsnede waterdieptekaart, met legenda

Op deze kaarten staat de volgende informatie:

- Topografie op basis van AHN;
- Bebouwing op basis van BAG;
- Stroombanen op basis van GIS-analyse. De stroombanen zijn onderverdeeld in vijf categorieën, genummerd 1 t/m 5;
- Waterdiepte per cel aan eind van de berekening (per tijdstap). De waterdiepte is met een blauwe kleur weergegeven (zie legenda).